

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİNİN
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE
YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülçin TÜRKKAN KARAOĞLU

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Haziran 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İstanbul Küçükçekmece İlçesinin Mühendislik Jeolojisi ve
Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gülçin TÜRKKAN KARAOĞLU
(Enstitü No:505061307)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL

Haziran 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 50506307 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Gülçin TÜRKKAN KARAOĞLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**İstanbul Küçükçekmece İlçesinin Mühendislik Jeolojisi ve Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Atiye TUĞRUL**
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **05 Haziran 2013**

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın amacı, İstanbul Küçükçekmece ilçesinin mühendislik jeolojisi özelliklerinin ve zemin koşullarının belirlenmesi ve yerleşime uygunluk açısından bölgelendirilmesidir.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilimsel ve manevi desteğini yanında sabrını ve anlayışını hiç esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimde beni destekleyen Küçükçekmece Belediyesi Plan ve Proje Müdürü Birgül KIRAN AKSOY'a, verdikleri manevi destekten dolayı çalışma arkadaşlarıma ve arkadaşım Arş. Gör. Oya TÜRKDÖNMEZ'e (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi) teşekkür ederim.

Tüm eğitimim boyunca sevgisini ve desteğini hep hissettiğim annem ve babama, özellikle annelik sorumluluklarımı üstlenerek eğitimime devam etmeme olanak sağlayan anneme ve hayatımda olduğu için şanslı hissettiğim eşim Emre KARAOĞLU'na ve biricik kızıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2013

Gülçin TÜRKKAN KARAOĞLU

(Jeoloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve İçeriği.....	1
1.2 Coğrafi Konum ve Ulaşım	2
1.3 Morfoloji	3
1.4 İklim ve Bitki Örtüsü.....	4
1.5 Literatür Özeti	5
2. MATERYAL VE YÖNTEM	9
2.1 Materyal	9
2.2. Yöntem	11
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	13
3.1 İnceleme Alanının Jeolojisi	13
3.2 Stratigrafi.....	13
3.2.1. Soğucak kireçtaşı	16
3.2.2. Ceylan formasyonu	17
3.2.3. Gürpınar formasyonu	18
3.2.4. Çukurçeşme formasyonu.....	19
3.2.5. Güngören formasyonu.....	20
3.2.6. Bakırköy formasyonu.....	22
3.2.7. Alüvyon.....	22
3.2.8. Yapay dolgu	23
3.3 Yapısal Jeoloji	24
3.4 Hidrojeoloji	27
3.4.1. Hidrojeolojik özellikler	27
4. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ	33
4.1 Eğim Durumu	33
4.2 Heyelanlar	35
4.3 Sıvılaşma	39
4.4 Depremsellik	41
4.5 Taşkın	54
4.6 Jeolojik Birimlerin Mühendislik Özellikleri	57
4.6.1. Soğucak formasyonu.....	57
4.6.2. Ceylan formasyonu	58
4.6.3. Gürpınar formasyonu	58
4.6.4. Çukurçeşme formasyonu.....	59

4.6.5. Güngören formasyonu.....	60
4.6.6. Bakırköy formasyonu.....	61
4.6.7. Alüvyon.....	62
4.7 Arazi Deneyleri	63
4.7.1. Standart penetrasyon testi (SPT).....	63
5. Yerleşim Uygunluk Değerlendirmesinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi	69
5.1 Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi.....	69
5.2 Karar Matrisinin Etki-Tepki Grafiği	73
5.3 Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesinde Kullanılan Kriterler Katmanlarının Hazırlanması.....	75
5.3.1. Heyelan.....	75
5.3.2. Sıvılaşma	76
5.3.3. Eğim	77
5.3.4. Taşkın.....	78
5.3.5. Yeraltısuyunun yüzeyden derinliği	79
5.3.6. SPT-N ₃₀ (6 m derinlik) dağılımı.....	80
5.3.7. Depremsellik	81
5.4 Sonuç Analizi	83
5.4.1. Yerleşime uygun alanlar.....	86
5.4.2.Önlemliler alanlar-1.....	86
5.4.3.Önlemliler alanlar-2.....	87
5.4.4. Yerleşime uygun olmayan alanlar	87
6. ZEMİN YAPI İLİŞKİSİ.....	89
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	95
EKLER	105
ÖZGEÇMİŞ	107

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : İstanbul’u Etkilemiş olan tarihsel depremler Utsu(1990).....	42
Çizelge 4.2 : NEHRP’ e göre Zemin Sınıfları.	48
Çizelge 4.3 : Yerel zemin sınıfı (TDY, 2007).	49
Çizelge 4.4 : Deprem yönetmeliğine göre sınıflandırılan zemin grupları (TDY,2007).	50
Çizelge 4.5 : Türk deprem kodu yerel zemin belirleme tablosu (İBB, 2007).	51
Çizelge 4.6 : (1/2) Türk Deprem Kodu Yerel Zemin Belirleme Tablosu.....	52
Çizelge 4.7 : Yerel zemin sınıflamasına giren hücre sayısı.....	54
Çizelge 4.8 : Zeminlerin plastisite değerlerine göre sınıflandırılması.....	57
Çizelge 4.9 : Killer için SPT-N ₃₀ arazi, serbest basınç direnci ve kıvamlilik ilişkisi (Das,1998).....	64
Çizelge 4.10 : Daneli (kohezyonsuz) zeminlerin SPT-N arazi ile Relatif Sıkılık ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1948).....	64
Çizelge 5.1 : 4 parametreden oluşan karar matrisi	70
Çizelge 5.2 : Hudson tarafından verilen ağırlık katsayıları	71
Çizelge 5.3 : Karar matrisinin yapısı Hudson (1991).....	71
Çizelge 5.4 : İnceleme alanının karar matrisi	72
Çizelge 5.5 : Parametrelerin etki ağırlığının hesaplanması	74
Çizelge 5.6 : Dengeleme Çarpanları	74
Çizelge 5.7 : . Heyelan sayısal kodlama değerleri.....	75
Çizelge 5.8 : Sıvılaşma tehlikesine atanan ağırlık değerleri.....	76
Çizelge 5.9 : Sınıflandırılan eğim derecelerine atanan ağırlık değerleri	77
Çizelge 5.10 : Sınıflandırılan taşkın derecelerine atanan ağırlık değerleri.....	78
Çizelge 5.11 : Yeraltısuyunun yüzeyden derinliğine atanan ağırlık değerleri.....	79
Çizelge 5.12 : SPT-N ₃₀ (6 m derinlik) dağılımında atanan ağırlık değerleri.....	80
Çizelge 5.13 : Birimlerin zemin sınıflamasında atanan ağırlık değerleri	82
Çizelge 5.14 : Ağırlık Katsayıları.....	83
Çizelge 5.15 : Çizelge: Yerleşime uygun alanlar için taban ve tavan değerler.	85
Çizelge 6.1 : 17 Ağustos 1999 (M:7.4) Kocaeli depremi Küçükçekmece İlçe sınırları içinde tespit edilmiş hasarlı binalar	89

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnceleme alanın yer bulduru haritası.	2
Şekil 1.2 İnceleme alanının sayısal yükseklik modeli.	4
Şekil 2.1 : İnceleme alanına ilişkin verilerin toplanması.	10
Şekil 2.2 : İnceleme Alanında kullanılan coğrafi veri katmanları.	11
Şekil 3.1 : Küçükçekmece İlçesi'nin Genelleştirilmiş Sütun Kesiti (İBB, 2005).	14
Şekil 3.2 : Jeoloji Haritası (İBB 2007'den değiştirilerek).	15
Şekil 3.3 : Soğucak formasyonuna ait kireçtaşları.	16
Şekil 3.4 : Ceylan Formasyonuna ait kireçtaşı marn ardalanması.	17
Şekil 3.5 : Gürpınar Formasyonunun görünüm.	18
Şekil 3.6 : Halkalı bölgesinde bir fore kazık uygulamasında Çukurçeşme kumlarından görünüm.	19
Şekil 3.7 : Çukurçeşme Formasyonuna ait görünüm.	20
Şekil 3.8 : . Güngören formasyonuna ait marn - kil ve kum mercekleri.	21
Şekil 3.9 : Güngören Formasyonunda ait killer ve ince kum bantları.	21
Şekil 3.10 : Bakırköy Formasyonuna ait kireçtaşları.	22
Şekil 3.11 : Sondaj kuyularında 6 m-10 m kalınlıkta alüvyon kesilen alanlar.	23
Şekil 3.12 : Yapay dolgu tabakası.	24
Şekil 3.13 : İnceleme alanındaki fayların sayısal arazi modelindeki konumu (İBB, 2007).	26
Şekil 3.14 : Küçükçekmece İlçesinde açılan sondaj kuyuları.	30
Şekil 3.15 : Yeraltı suyu seviye haritası.	31
Şekil 3.16 : Yeraltı suyu derinlik haritası.	32
Şekil 4.1 : İnceleme Alanı eğim analizi haritası.	35
Şekil 4.2 : Heyelan envanter haritası (İBB,2007).	37
Şekil 4.3 : Heyelan tehlike haritası (İBB,2007).	38
Şekil 4.4 : Sıvılaşma Tehlike Haritası (İBB,2007).	40
Şekil 4.5 : 1905-2001 arasındaki depremlerin episanırlarının dağılımı (JICA,2002).	41
Şekil 4.6 : Senaryo depremler model A (JICA,2002).	44
Şekil 4.7 : Senaryo depremler model B (JICA,2002).	44
Şekil 4.8 : Senaryo depremler model C (JICA,2002).	45
Şekil 4.9 : Senaryo depremler model D (JICA,2002).	45
Şekil 4.10 : İstanbul Deprem Bölgeleri Haritası.	46
Şekil 4.11 : İnceleme Alanı Yerel Zemin Sınıflaması.	53
Şekil 4.12 : Ayamama deresi sel felaketi (kaynak:www.hurriyet.com.tr).	55
Şekil 4.13 : İnceleme alanı taşkın tehlike haritası.	56
Şekil 4.14 : Gürpınar Formasyonda SPT-N ₃₀ değerinin derinlikle değişimi.	59
Şekil 4.15 : Güngören Formasyonun SPT-N ₃₀ değerinin derinlikle değişimi.	61
Şekil 4.16 : Bakırköy Formasyonun SPT-N ₃₀ değerinin derinlikle değişimi.	62
Şekil 4.17 : 3 m derinlik için SPT-N ₃₀ zonlama haritası.	65
Şekil 4.18 : 6 m derinlik için SPT-N zonlama haritası.	67

Şekil 5.1 : Değişkenlerin etkileme ve etkilenmesine ilişkin değerlendirme grafiği. .	73
Şekil 5.2 : Heyelan tehlike haritası ve sınıflama katmanı.....	75
Şekil 5.3 : Sıvılaşma tehlike haritası ve sınıflama katmanı.	76
Şekil 5.4 : Eğim ve eğim sınıflama katmanları.....	77
Şekil 5.5 : Taşkın ve taşkın sınıflama katmanı.	78
Şekil 5.6 : Yeraltısuyu ve yeraltısuyu sınıflama katmanları.....	80
Şekil 5.7 : SPT N ₃₀ (6 m derinlik) haritası ve sınıflama katmanı.	81
Şekil 5.8 : Birimlerin yerel zemin haritası ve sınıflama katmanı.	82
Şekil 5.9 : Tehlike sınıflarının ağırlık katsayıları ile çarpılması.....	84
Şekil 5.10 : İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizi.	88
Şekil 6.1 : Tablo 6.1’den yola çıkılarak hasar gören binaların lokasyon haritası.	90
Şekil 6.2 : Hasar gören binaların lokasyonları ile yerleşime uygunluk analizinin karşılaştırılması.	91
Şekil 6.3 : Cennet Mahallesinde hasarlı binaların konumu ve jeolojik kesit.....	92
Şekil 6.4 : Halkalı merkez mahallesinde hasarlı binaların konumu ve jeolojik kesit.....	93
Şekil 6.5 : Halkalı Mahallesi jeolojik kesiti (Jeodinamik, 2012).....	94

İSTANBUL KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERENDİRMESİ

ÖZET

Hızla artan nüfus ve göç dolayısıyla yeni kent alanlarının seçiminde yerleşime uygun alan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Ancak, arsa değerlerinin hızlı artışı ve ulaşım akslarına yakınlık yeni kent alanlarının seçiminde ve kentleşmede doğal afetlerin etkisini ve halkın güvenliğini geri plana atmaktadır.

İstanbul ili yoğun kentleşme ve Kuzey Anadolu Fayına yakınlığı nedeniyle, çok yüksek bir deprem riski altındadır. Deprem sırasında yapılara gelecek olan deprem kuvveti, zemin tabakalarının özellikleri ve yerel zemin koşullarına bağlı olarak farklı etkiler yaratacaktır. Bu sebeple yapılaşmaya uygunluk açısından sorunlu zeminlerin özelliklerinin ayrıntılı olarak saptanmasının gerekliliği açıktır.

Bu çalışma, Küçükçekmece ilçesi yerleşim alanında bulunan jeolojik ortamların mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin yerleşime olan etkisinin Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Çalışma amacına ulaşmak için; öncelikle inceleme alanının jeolojik ve mühendislik jeolojisi modeli oluşturulmuştur. Mühendislik jeolojisi modelinin oluşturulmasında önceki çalışmalar kapsamında yapılan toplam 550 adet araştırma kuyusu verileri derlenmiş, ve jeolojik birimlerin mühendislik özelliklerine ait veri tabanı hazırlanmıştır. İnceleme alanında bulunan zeminlerin yapılaşma ve yerleşime olan etkisinin belirlenebilmesi için; öncelikle yerleşime uygunluğu yönlendiren etki faktörleri belirlenmiştir. Bu etki faktörleri; kütle hareketleri, sıvılaşma, taşkın, eğim, yeraltı suyu, zeminlerin SPT N_{30} değerleri ve depremsellik olarak seçilmiştir. Bu etki faktörleri doğrultusunda inceleme alanı için sayısal tematik tehlike haritalar oluşturulmuştur. Yerleşime uygunluğu denetleyen parametrelerin karşılıklı etkileme ağırlıkları atanarak karar matrisi oluşturulmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla üst üste çakıştırılarak yerleşime uygunluk haritası hazırlanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, inceleme alanının % 43.50'si yerleşime uygun (YU), % 29.48'si yerleşime önlemlili uygun-1 (ÖA-1) , % 6.94'ü yerleşime önlemlili uygun-2 (ÖA-2) ve % 20.08'i uygun olmayan alan (UOA) olarak sınıflandırılmıştır. İnceleme alanında 17 Ağustos 1999 Kocaeli (M:7.4) ve 12 Kasım 1999 Düzce (M:7.2) depremlerinde hasar gören mühendislik yapılarının bulundukları bölgeler belirlenmiş ve bu bölgelerde zeminlerin yapı hasarlarına olan etkisi tartışılmıştır.

ENGINEERING GEOLOGY AND INVESTIGATION OF SUITABILITY FOR SETTLEMENT AREA OF ISTANBUL KUCUKCEKMECE

SUMMARY

The population of the Istanbul metropolitan area has increased rapidly by migration and new urban areas needed more day by day for settlement. But on the other hand the rapid increase in land values and closer to transportation lines becomes more important than the earthquakes risk. İstanbul is at a very high risk due to closeness of North Anatolian Fault and intense urbanization.

Land-use planning with geology becomes more important due to development of urban areas and the growth of megacities. Engineering geological evaluation for urban land-use planning often requires a large amount of spatial information. Natural geohazards such as earthquakes, landslides and floods are must be researched to reduction of the impact of hazards.

The aim of this study is to determine the engineering properties of soils in Küçükçekmece settlement area and to prepare geotechnical maps using Geographical Information Systems (GIS). A geographic information system (GIS) can be used in many areas to determine land-use problems. System can be integrated, stores, edits, analyzes, shares, and displays different types of geographic information to make true decision for areas. Also system gives advantage to users to produce their maps with different parameters and applications tools.

The most effective application of Geographical Information Systems is suitability analysis and maps in planning and management. The aim of this: is to organize suitable spatial model for special needs and forecasting some works.

Investigation area includes wide range of different rock formations that composed in a very long time interval from Paleozoic to present. In the basin, Eocene age rock units by the name of Sogucak formation and Ceylan formation located.

Sogucak formation is formed from carbonates which are representative of reef environment's different facies. It is surfacing at investigation area's north Mehmet Afif and Atakent district and Küçükçekmece lake north.

Ceylan formation which is surfacing at near Halkali station, Hasan river and Ayamama valley flowing up sections and Küçükçekmece lake north represented with big divisions of claystones and marls. Ceylan formation formed with changing different percentage of marl-clay, limestone-lime, claystone layers. Between layers sandstone and limestone can be seen.

Gurpinar formation is surfacing east of Küçükçekmece lake at Yarımburgaz district. Sayar (1977) gave this unit name, from the this common surfacing of Gurpinar district. Yildirim and Savaskan (2003) specified, at Küçükçekmece-Halkali drillings,

formation on Sogucak Limestone, begins with limestone block, sand with pebble and clay, and continue at the upper part, coal bands including green clay. (İBB,2007)

Cukurcesme formation is surfacing east of Kucukcekmece lake gradual transition with Gungoren formation and at north it is uniform fine sand size at Atatürk and Mehmet Akif district.

Gungoren formation is surfacing at large areas compatible with Cukurcesme formation. Dominate lithology, forming blackish, dark gray in color and swelling properties of the clay, which is located in the clay-sand and marl.

Bakirkoy formation which is covers limestone - marl-clay, surfacing at the south of the investigation area and also settlement areas.

In this study, land-use map which is the special type of engineering geological maps were prepared using GIS applications to plan the field according to the field measurements and office works. The study started with determine the effects which are more important for land-use planning. These effects are determined as the slope, formations which carries the groundwater, earthquake, mass movements, flood susceptibility, liquefaction potential and SPTN values for different depth were prepared for the chosen area.

In order to prduce the maps drilling investigations are collected and associated with investigation area with the grid size of data 250 x 250 m. Data base prepared with geographical information system to make all maps in same coordinate and to determine relationship of each other.

Consist of weight, scoring and sorting of criteria for each effect is used in settlement suitability analysis. Multi-criteria decision of weighted overlay analysis were used to combine effects. Weighted overlay analysis provides the ability to weight each factor and combine them with their weights anad relative importance to create land-use map. It is prefered for best known and simplest multi criteria decision making making metod to combine effects.

A decision matrix which combine effects is weighted with their relative. It is important that to make weight effects with expert of study. The effects are weighted 0 to for 4 with their relationship. Score 0 means there is no relationship with effects, 1 means there is slightly relationship with effects, 2 means medium relationship with effects, 3 means there is powerful

relationship with effects and 4 means there is strong relationship with effects. After all balancing factor used for calculate their rates.

On the other hand by using slope, formations which carries the groundwater, earthquake, mass movements, flood susceptibility, liquefaction potential and SPTN values for different depth criterion maps are prepared. Each effect classificated with their risk factor with grid size of data 250 x 250 m by using Geographical Information Systems. Then the criterion maps weighted for land use map. Weighted each criterion map scored for land- use map as Suitable Settlement Areas, Slightly risticted Area (ÖA-1), Severely risticted Area (ÖA-2) and Unsuitable Settlement Areas.

At the sum, Suitable Settlement Areas, Slightly risticted Area (ÖA-1), Severely risticted Area (ÖA-2) and Unsuitable Settlement Areas are shown on the land-use map of the study area.

Suitable Settlement Areas are zones with Ceylan and Sogucak formation with a slope of 10-20 degree and Bakirkoy formation's highly resistant limestones areas. There is no risk for liquefaction or ground amplification and also landslide or similar mass movements were not developed. It can be said as these areas are suitable for foundation engineering.

Slightly restricted Areas (ÖA-1) are zone at Yarımburgaz district and Gungoren formation's clays which has swelling properties . Groundwater is close to the surface with a 0-5m. These areas has liquefaction potential and also flood potential. There must be site investigations before planning.

Severely restricted Area (ÖA-2) are zones with Gurpınar and Gungoren formations which includes sand level under clay. There is landslides risk for buildings which are at the Küçükçekmece Lake's eastern hills.

Unsuitable Settlement Areas are the zones expected susceptibility for liquefaction is very high. This areas should not be planned and opened to the settlement. Groundwater is close to the surface and slope degree changes with 5 to 25. The artificial fill area which was known as before Halkalı dump area not used during overlay analysis and directly classified as "Unsuitable Settlement Areas" formed according to the land-use planning in the study area.

Finally, buildings which has damaged at 17 Ağustos 1999 Kocaeli (M:7.4) ve 12 Kasım 1999 Düzce (M:7.2) earthquakes determined. A comparison analyzed with damaged buildings location and land use map. It seem that most common reason for damaged buildings is build quality at both suitable and unsuitable settlement areas.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Bu çalışmanın amacı, İstanbul Küçükçekmece ilçesinin mühendislik jeolojisi özelliklerinin ve zemin koşullarının belirlenmesi ve yerleşime uygunluk açısından bölgelendirilmesidir.

Hızla artan nüfus ve göç dolayısıyla yeni kent alanlarının seçiminde yerleşime uygun alan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Ancak, arsa değerlerinin hızlı artışı ve ulaşım akslarına yakınlık yeni kent alanlarının seçiminde ve kentleşmede doğal afetlerin etkisini ve halkın güvenliğini geri plana atmaktadır.

İstanbul ili yoğun kentleşme ve Kuzey Anadolu Fayına yakınlığı nedeniyle, çok yüksek bir deprem riski altındadır. Deprem sırasında ve yapılara gelecek olan deprem kuvveti, zemin tabakalarının özellikleri ve yerel zemin koşullarına bağlı olarak farklı etkiler yaratacaktır. Bu sebeple yapılaşmaya uygunluk açısından sorunlu zeminlerin özelliklerinin ayrıntılı olarak saptanmasının gerekliliği açıktır.

Yapılaşma açısından uygun alanların belirlenmesinde plan kararlarının temelini oluşturan yerbilimsel araştırmalar yönlendirici bir öneme sahiptir. Yerbilimlerindeki ve bilgisayar sistemlerindeki gelişmeler, yürütülen çalışmaların daha hasas ve fazla sayıda parametre ile değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Günümüzde coğrafi bilgi sistemlerinin (GBS) mekana bağlı verilerin oluşturulmasında, depolanmasında, kontrol edilmesinde, güncellenmesinde ve analiz edilmesinde bütün dünyada yaygın bir kullanım alanı vardır. İnceleme alanının yapılaşmayı etkileyen yerleşime uygunluk kriterlerinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmıştır.

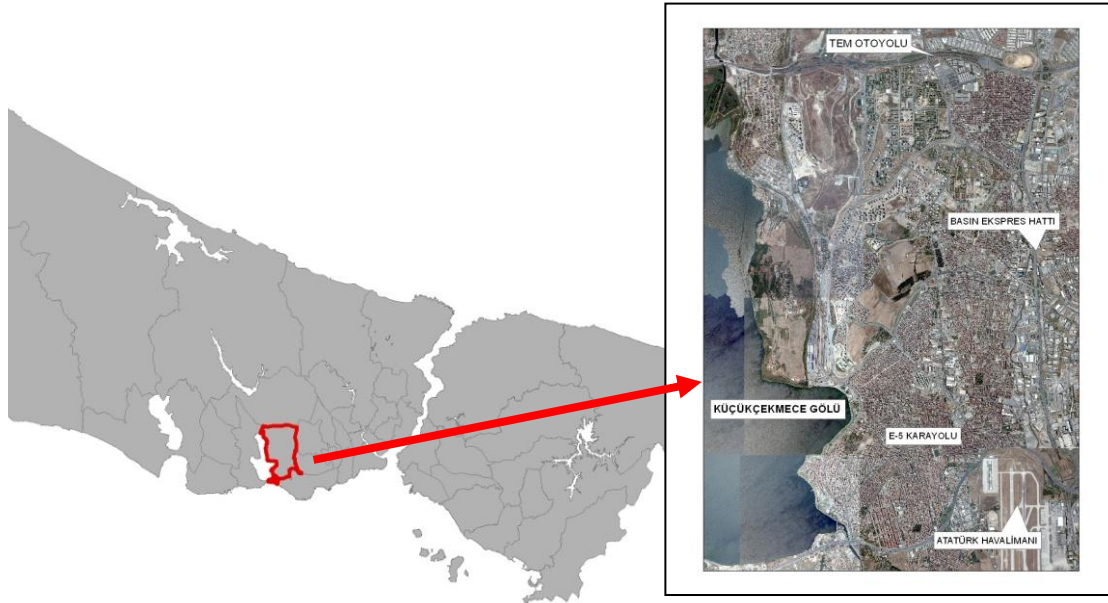
Bu çalışma kapsamında inceleme alanının yerleşime uygunluk çalışmaları ile ilgili detaylı bir literatür araştırması yapılmıştır. Öncelikle inceleme alanının 1/25.000 ölçeğindeki jeoloji haritası, önceki çalışmalar ve saha gözlemleri yardımıyla hazırlanmıştır. İnceleme alanındaki zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde yerleşim alanı içerisinde önceki çalışmalardan elde edilen tüm

mekanik sondaj kuyuları verileri ve laboratuvar verileri değerlendirilerek veri tabanı oluşturulmuştur. İnceleme alanına ait eğim haritası, yeraltısuyu yüzeyden derinlik ve seviye haritaları oluşturulmuş ve alana ilişkin risklerin belirlenmesinde kullanılan diğer tematik haritalar elde edilen verilerle güncellenerek geliştirilmiştir. İnceleme alanına ait riskleri içeren altlık haritaların oluşturulmasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden ağırlıklı etkileşim yöntemi kullanarak yerleşime uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Son bölümde oluşturulan yerleşime uygunluk haritalarında belirlenen yüksek riskli bölgelerde zeminlerin yapılarla olan etkisi değerlendirilmiştir.

1.2 Coğrafi Konum ve Ulaşım

İnceleme alanı olan Küçükçekmece İlçesi İstanbul'un batı yakasında Küçükçekmece gölünün doğusunda yer almaktadır. 06.02.2008 tarihinde yayınlanan "5747 sayılı Büyükşehir Sınırları İçerisinde İlçe Kurulması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanunla"; 6 mahalle, yeni kurulan Başakşehir ilçesi sınırlarında yer almasıyla İlçenin yeni yüzölçümü 118 km² olmuştur.

Ulaşım açısından son derece önemli bir konumda yer almakta olup, güneyde D-100 (O-1) güney doğusunda Atatürk Havaalanı, güney batısında Ambarlı Limanı, kuzeyinde Anadolu Otoyolu (TEM,O-2) ve doğusunda Basın Ekspres yolu ile sınırlanmıştır.Ayrıca ilçenin Edirne-Sirkeci demiryolu hattı ile de bağlantısı vardır.Bu hat ilçenin güneyinden geçerek, Küçükçekmece gölünün doğusundan devam etmektedir.İnceleme alanına ait yer bulduru haritası Şekil 1.1'de verilmiştir.



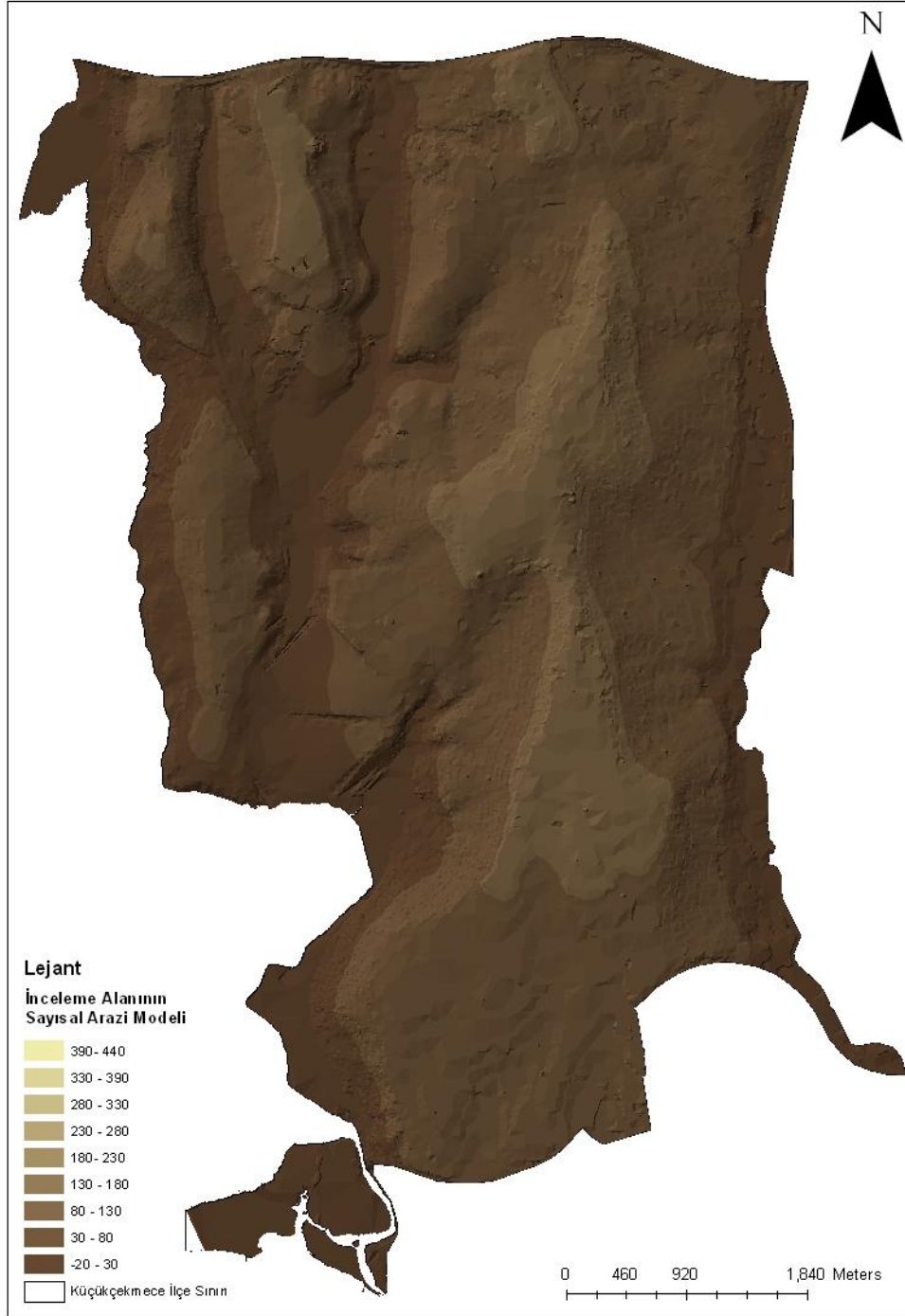
Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

1.3 Morfoloji

İnceleme alanı genel olarak, güney yöne doğru giderek alçalan bir topoğrafyaya sahiptir. Bölge, yüksekliği güneyde yaklaşık +20 m ile kuzeyde +120 m kotu arasında değişen kuzey- güney doğrultuda uzanan hafif güneye doğru alçalan bir sırtta yer almaktadır. TEM Otoyolu güneyinde bu sırtın üst kotları yatay, ya da yataya yakın yayvan düzlükleri oluşturmakta, batıya ve doğuya eğimli yamaçlar ise genellikle % 5-15 arasında değişen eğimlerden oluşmaktadır. Eğimli yamaçların son bulunduğu kesimler alt kotlarda, yerlerini oldukça geniş düzlük alanlara bırakmaktadır. Bu alanlar, dere yatakları ve yakın kesimleri olup, sırtın batısında Küçükçekmece Gölü'ne birleşen Hamam Dere (Sazlı Bosna Deresi), doğu sınırı ise Marmara Denizi'ne birleşen Ayamama Deresi'dir.

Bu morfoloji, yapısal unsurlar yanında litolojilerinin mukavemetleri ile de yakından ilgilidir. Kuzeyden güneye doğru düşük eğimle alçalan bir topoğrafyada yer alan inceleme alanına ait sayısal yükseklik modeli Şekil 1.2'de gösterilmektedir.

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) yeryüzünün tüm yapay ve doğal ayrıntılarının sayısal bir gösterimidir. Bilgisayar teknolojileri ve Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak Sayısal Yükseklik Modellerinin çeşitli alanlar için oluşturulması ve kullanımı daha da kolaylaşmıştır. Genel arazi özelliklerinden olan arazi eğimi, arazi bakışı, arazi eğriliği, havza alanı, eğim uzunluğu gibi özellikler sayısal yükseklik modelleri ile kolaylıkla belirlenebilmektedir (Gündoğdu, 2003).



Şekil 1.2 İnceleme alanının sayısal yükseklik modeli.

1.4 İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanında Akdeniz İklim Kuşağı'nın bir alt bölümü olan Marmara Bölgesi iklim koşulları egemendir. Buna göre, kışlar yağışlı ve ılık, yazlar ise kurak ve sıcak geçmektedir.

Bunlardan Florya istasyonu, 40° 59' N enlemi, 26° 48' E boylamında, deniz seviyesinden 38 m yükseklikte yer almaktadır. Konum itibarıyla, inceleme alanını en iyi temsil eden istasyondur.

1.5 Literatür Özeti

Zarif, İ. H., (1996), Küçükçekmece-Büyükekmece Gölleri arasındaki bölgede yamaçların duraylılığını etkileyen bölgede yamaçların duraylılığını etkileyen ve yapılarda hasarların oluşmasına neden olan zemin özellikleri parametreleriyle birlikte ortaya konulmuştur.

Tohumcu., P., vd (2003), Küçükçekmece İlçesi sınırları içinde, Sefaköy ve Küçükçekmece yerleşim bölgelerinin yerleşime uygunluğunun incelenmesi çalışmaları kapsamında toplam 13.43 km² lik bir alan jeolojik ve geoteknik olarak incelenmiştir. Bu çalışmada, arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen bulgular ışığında yerel zemin koşulları Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne ve NEHRP'e göre sınıflandırılarak incelenen bölge için her iki yöntemle göre tasarım davranış spektrumları belirlenmiştir. Ayrıca, inceleme bölgesinde yapılan tek boyutlu dinamik davranış analizlerinden belirlenen spektral ivmeler ile bu spektrum değerleri karşılaştırılmıştır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen zemin sınıfları ve yerel zemin koşullarına göre bölgeleme çalışması yapılmıştır.

Demir., H., (2006), Küçükçekmece-Halkalı yerleşim bölgesinin MERM (2003)'e göre mikrobölgelemesini yapmıştır. Bu amaçla, inceleme alanı 250 m × 250 m' lik karelere bölünmüş ve her bir kare için idealize edilmiş zemin profilleri hazırlanmıştır. Türkiye Deprem Yönetmeliği (1998) ve NEHRP (2001)' e göre yerel zemin sınıfları belirlenerek, tek boyutlu dinamik davranış analizlerini iki farklı bilgisayar programı kullanılarak elde ederek, Coğrafi Bilgi Sistemi (GBS) yardımıyla inceleme alanının yer sarsıntısına göre bölgelemesini yapmıştır.

Dalgıç., S., vd (2009), İstanbul'un Avrupa yakasında saptanan doğal olayların yanı sıra kazılardan (temel kazısı, tünel kazısı, taş ocağı) kaynaklanan jeoteknik sorunlar ortaya konmuştur.

Okutgen., N., (2012), İstanbul Haramidere-Küçükçekmece Gölü arasındaki bölgede coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilen iki farklı çok kriterli karar verme analiz

metodu doğrultusunda alanının yerleşime uygunluk araştırması yapılmış ve en doğru arazi kullanım yaklaşımları belirlenmeye çalışılmıştır.

Şener., E., (2001), Burdur yerleşim alanına ait imar paftaları, mühendislik jeolojisi haritaları, Burdur fay zonuna ait veriler, yeraltısuyu seviye egrileri, temel sondajı yapılan yerler ve örnek alınan noktaların sayısallaştırılmasıyla üretilen veriler Arcview 3.2 programı ile karşılaştırılarak Burdur yerleşim alanı yerleşime uygunluk açısından 4 bölgeye ayrılmıştır.

Yekola vd., (2012), Günümüzde çok yaygın kullanım alanına sahip Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Vijayawada yerleşim alanı Andhra Pradesh, Hindistanın arazi kullanım planları hazırlanmıştır. Kentsel planlamada zorunlu olan bilgiler Vijayawada-Guntur-Tenali-Mangalagiri Kentsel Kalkınma Kurumu'ndan elde edilmiş ve Geo- Referans, sayısallaştırma ve farklı katmanların ilişkilendirilmesi yapılmıştır. Sonuç olarak tüm katmanlar CBS ile birleştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuç haritasıyla su dağıtım ağı, eğitim tesisi alanları, gecekondu alanları ve demiryolu ağları gibi karar vericilerin uygulamada karar verme stratejileri CBS ortamında uygulanarak Vijayawada şehrinin gelişimi için ve öneriler sunulmuştur.

Dai vd. (2001), Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla Lanzhou kentsel alanının ve çevresinin yerleşime uygunluk planlaması yapılmıştır. Çevresel jeoloji değerlendirmeleriyle yerleşime uygunluk planlamalarında alansal bazlı çok yönlü bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) mekansal ilişkili çok yüklü bilgilerin yönetimine ve birden fazla bilgi katmanlarının birleştirilmesiyle toplam bilgi katmanı oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Bu değerlendirme topoğrafya, yüzey ve temel jeolojisi, yeraltısuyu koşulları ve tarihsel jeolojik hasarları içermektedir. Kentsel alan kullanımı arazi kullanımı ile yüksek katlı, çok katlı, az katlı binalar, atık öğütme ve doğal koruma alanları gibi planlanan projelere göre categorize edilmiştir. Çok kriterli analiz yöntemi ile her bir kategori için ölçülen ve ağırlıklan faktörler ile uygunluk haritası geliştirilmiş olup, bu çalışma Coğrafi Bilgi Sistemi metodolojilerinin çevresel jeoloji değerlendirmelerinde yüksek fonksiyonlu olduğunu göstermiştir.

Tudeş, Ş.,(2011), Planlamada Jeolojik Eşiklerin Değerlendirilmesine İlişkin Analitik Bir Model Önerisi- Portsmouth (İngiltere) Örneği çalışmasıyla, çoklu kriter karar destek sistemine dayalı analitik bir model geliştirilerek, kentsel kullanım amacına göre değişen ve arazi kullanım kriterlerini etkileyen birden fazla kriterin önceliği ve ağırlık değerleri ile İngiltere'nin güney ucunda yer alan Portsmouth Kenti için uygulama yapılmıştır.Yapılan uygulamada alanın karakteristik yüzey ve yeraltı jeolojisi verileri, eğimi, arazi kullanım

değerleri, taşkın alanları ve hidrojeolojik özellikleri, sayısal yükseklik modeli gibi verileri raster formatına getirilerek AHP aracılığı ile hesaplanan ağırlıklı puanlara göre sınıflandırılmış ve her bir arazi kullanımı için, yerleşime uygunluk durumu analiz edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın amacı doğrultusunda; saha, laboratuvar ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

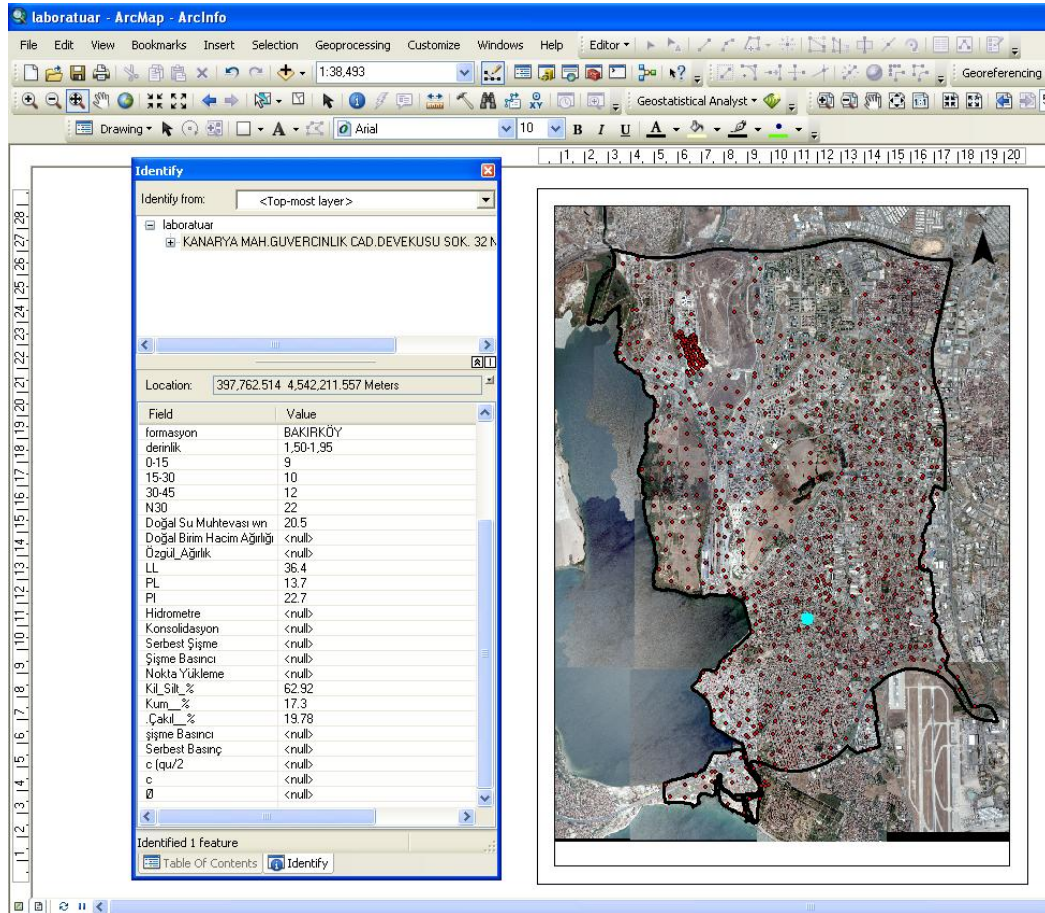
2.1 Materyal

İnceleme alanındaki zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla aşağıda sıralanan çalışmalaradan yararlanılmıştır;

- a. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü'nce 2007 yılında yapmış olduğu yerleşim amaçlı mikrobölgeleme çalışmaları sonucu hazırlanan imar planlarına esas jeolojik-jeoteknik etüd raporu ve Mikro Bölgeleme Rapor ve Haritalarının Hazırlanması Avrupa Yakası Güney raporuna ait 470 adet sondaj verisinden,
- b. İstanbul Mühendislik Tic.Ltd.Şti.'nin tarafından 2005 yılında yapmış olduğu İkitelli ve Altınşehir Bölgelerinin TEM Otoyolu Altında Kalan 584.3 Hektarlık Alanlarının Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporları ve Yerleşime Uygunluk Haritalarının Yapılması İş 543.7 Hektarlık Altınşehir- Yarımburgaz Bölümü Raporuna ait 30 adet sondaj verisi,
- c. İstanbul Mühendislik Tic.Ltd.Şti.'nin 2005 yılında yapmış olduğu İkitelli ve Altınşehir Bölgelerinin TEM Otoyolu Altında Kalan 584.3 Hektarlık Alanlarının Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporları ve Yerleşime Uygunluk Haritalarının Yapılması İş 40,6 Hektarlık İkitelli Bölümü Raporuna ait 6 adet sondaj verisi,
- d. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı'nın 2001 yılında yapmış olduğu Sefaköy ve Küçükçekmece Bölgelerinin Jeoloji,Mühendislik Jeolojisi Raporu ve Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi Raporuna ait 23 adet sondaj verisi,

- e. Yertek Mühendislik Araştırma ve Sondaj San.Tic.Ltd.Şti'nin 2007 yılında yapmış olduğu Küçükçekmece Kıyı ve Dolgu Alanı İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Araştırma Raporuna ilişkin 21 adet sondaj verisi. çalışma amacına yönelik olarak toplam 550 adet temel araştırma sondaj verisinden ve laboratuvar analizinden yararlanılmıştır.

İnceleme alanına ilişkin her bir sondaj noktasının koordinatı aynı koordinat sisteminde veri tabanına 250x250 m'lik hücreleri temsil edecek biçimde işlenmiştir. Sondaj çalışmalarından ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler bu veri tabanına işlenerek birimlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde ve tematik haritaların oluşturulmasında kullanılmıştır. Derlenen verilerden yeterliliği sağlamayan ve alanı temsil etmediği düşünülenler değerlendirme dışı bırakılmıştır (Şekil 2.1). İnceleme alanına ilişkin yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılacak parametrelerin belirlenmesiyle ve eğim analizi, sayısal yükseklik modeli gibi tematik haritalarda aynı koordinat sisteminde birbirleriyle uyumlu depolama ve sorgulama olanağı sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımının araçları kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 2.1 : İnceleme alanına ilişkin verilerin toplanması.

2.2. Yöntem

Çalışmanın amacına ulaşmak için aşağıdaki araştırmalar ve çalışmalar yapılmıştır:

- Genel Jeoloji Haritasının hazırlanması

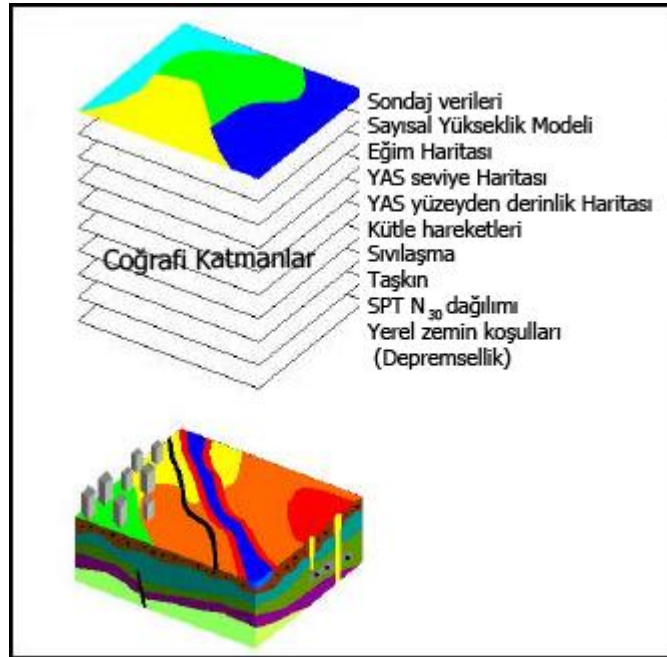
Önceki çalışmalar ve saha çalışmaları yardımıyla 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır,

- Mekanik Sondajlar

- a) Temel araştırma sondajlarından alınan örneklerden mühendislik özelliklerine ilişkin veri tabanı oluşturulması,
- b) Sondaj kuyularında yapılan Standart Penetrasyon Testi (SPT) verilerinden veri tabanı oluşturulmuş ve farklı derinlikler için SPT-N arazi zonlama haritalarının hazırlanması

- Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak çeşitli tematik haritaların hazırlanması

- Topografik harita
- Eğim haritası
- Yeraltısuyu seviye ve yüzeyden derinlik haritaları
- SPT zonlama haritaları
- Kütle hareketleri envanter haritası
- Sıvılaşma potansiyeli haritası
- Taşkın potansiyeli haritası
- Yerel zemin koşulları (Depremsellik)



Şekil 2.2 : İnceleme Alanında kullanılan coğrafi veri katmanları.

Hazırlanan haritalar CBS ortamında birer veri katmanını oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Bu veri katmanlarının birbirleriyle olan ilişkilerinin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile her bir katmanın ağırlığının hesaplanıp üst üste çakıştırılmasıyla inceleme alanına ilişkin “Yerleşime Uygunluk Haritası” hazırlanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

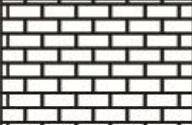
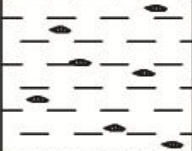
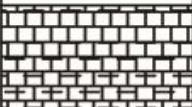
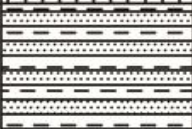
3.1 İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı batısında Küçükçekmece Gölü, doğusunda Ayamama Deresi, kuzeyde TEM Otoyolu ve güneyde E-5 karayolu ile sınırlanmıştır (Şekil 1.1).

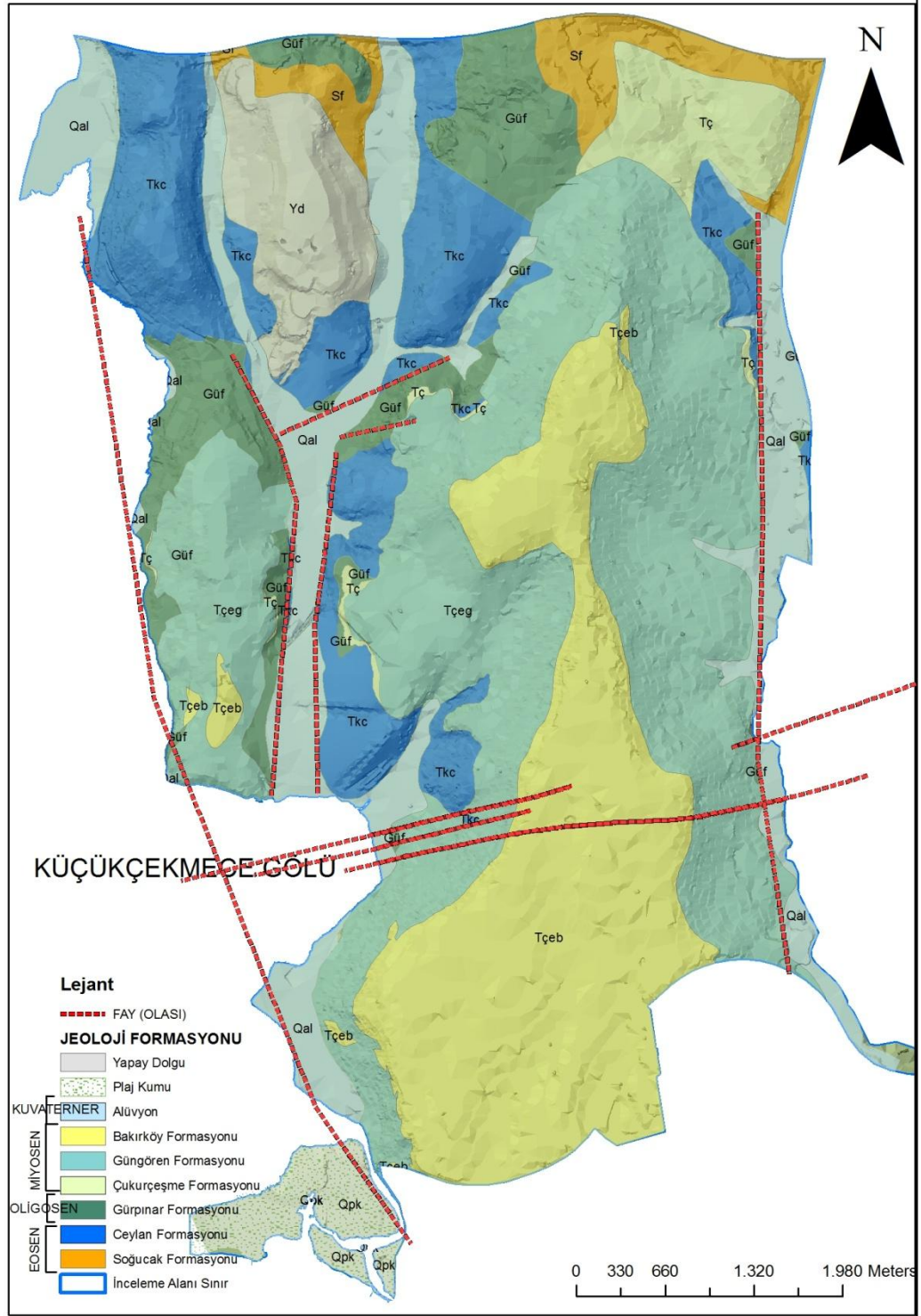
Bölgede yoğun yapılaşma sonucu yapısal unsurların ve mostraların izlenmesi güçleşmiştir. Bu nedenle inceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ve kesitleri önceki çalışmalar kapsamında yapılan harita ve sondaj verileri ile bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen saha gözlemlerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

3.2 Stratigrafi

İnceleme alanının sınırları içinde kaya birimleri başlıca temelde Eosen yaşlı Kırklareli Grubuna ait Soğucak Kireçtaşı ve Ceylan Formasyonu yer almaktadır. Oligosen yaşlı Gürpınar formasyonu temel üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Tabanda çamurtaşı, çakıltası, kum ve kumtaşı ara tabakalı ince-orta ve yataya yakın katmanlı silt-siltaşı, kumtaşı-çamurtaşı ve kil- kiltası killerden oluşan Gürpınar formasyonunun üst seviyeleri hakim litolojisi kum olan Çukurçeşme formasyonu kum mercekleri ile normal geçişlidir. Miyosen yaşlı Çukurçeşme formasyonunun üzerinde ise grimsi yeşilimsi kahve renkli kum mercekli, marn seviyeli killerden oluşan Miyosen yaşlı Güngören formasyonu ile maktralı kireçtaşı- marn-kil ardalanmalarından oluşan Bakırköy formasyonu haritalanmıştır. İnceleme alanında en geç birim ise kuvaterner yaşlı Kuşdili formasyonu ile geçişli olan alüvyonlardır (Şekil 3.1).

SİSTEM	YAŞ		FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	SERİ	KAT				
KUVATERNER			HOLOSEN	ALÜVYON KUŞDILI	0-30	 Kum-çakıllı kum-kil-gevşek
SENOZOYİK	MİYOSEN		ÜST MİYOSEN	BAKIRKÖY	15-30	 Maktralı kireçtaşı-marn-kil-ardalanması
				GÜNGÖREN	6-60	 Kil-kum mercekli marn seviyeli grimsi yepilimsi kahve renkli
				ÇUKURÇEŞME	15-20	 Çakıl-çakıllı kum- kum, sarımsı kahve renkli
				ALT MİYOSEN	GÜRPINAR	>200
	OLİGOSEN		ÜST OLİGOSEN			
	EOSEN		KIRKLARELİ	CEYLAN		
	KIRKLARELİ		SOĞUCAK	10-40	 Kireçtaşı-kırıntılı kireçtaşı	
	PALEOZOYİK	KARBONİFER	ALT KARBONİFER	TRAKYA	>1500	 Feldspatlı-mikalı kumtaşı GROVAK Killi-mikalı kiltası çamurtaşı şeyl

Şekil 3.1 : Küçükçekmece İlçesi'nin Genelleştirilmiş Sütun Kesiti (İBB, 2005).



Şekil 3.2 : Jeoloji Haritası (İBB 2007'den değiştirilerek).

3.2.1. Soğucak kireçtaşı

Kırklareli Gurubu'nun ayırtman kayatürlerinden birini oluşturan Soğucak Kireçtaşı, inceleme alanının kuzeyinde Mehmet Afif ve Atakent mahallelerinde geniş bir alanda mostra vermekte olup, Küçükçekmece gölünün kuzeyinde yüzeylemektedir (Şekil 3.2).

Yaklaşık 720 m kalınlığa sahip olan Soğucak Kireçtaşı genellikle kalın katmanlı sert, kirli beyaz, açık krem-boz, bol kavkılı, resif ortamının çeşitli fasiyeslerini temsil eden karbonatlardan oluşur (Şekil 3.3). Çok zengin denizel mikro ve makrofosil topluluğunu kapsar. Yapılan mekanik sondajlarda Soğucak kireç taşlarına ait litolojiler kısa seviyeler halinde çoğunlukla Ceylan formasyonuna ait litolojilerle girift ve dağınık yüzeylemekte olup Soğucak formasyonunun jeoloji haritasında gösterimini oldukça güçleşmektedir (İBB, 2007).

İnceleme alanında yapılan sondajlarda beyaz kahverengi sarımsı renkli kireçtaşlarından oluştuğu görülmüştür. Kireçtaşları içerisinde bol miktarda Nummulites sp, tek mercan ve mollusk fosili gözlenmiştir.



Şekil 3.3 : Soğucak formasyonuna ait kireçtaşları.

3.2.2. Ceylan formasyonu

Trakya havzasında geniş alanlar kaplayan Ceylan Formasyonu, büyük bölümüyle kilitaşı ve marnlarla temsil edilmiştir. İnceleme alanında Halkalı istasyonu dolayında, Hasan deresinin ve Ayamama vadisinin akış yukarı kesimlerinde ve Kùçùkçekmece gölünün kuzey kesimlerinde yüzeylemektedir (Şekil 3.4).

Ceylan Formasyonu değişen oranda marn-killi kireçtaşı-kireçli kilitaşı ar dalanmasından oluşur; kumtaşı ve kireçtaşı arakatkılıdır, değişik düzeylerinde birkaç metre kalınlıkta, beyaz, gri, açık yeşilimsi renkli ince dokulu tûf- tûffit ara katkılıdır. Formasyonun egemen kayatûrünü oluşturan kilitaşı taze iken mavimsi külrengi, ayrışmış sarımsı boz-kremrengi, orta ve düzgün katmanlı, dışbükey ya da içbükey kırılma yüzeylidir.



Şekil 3.4 : Ceylan Formasyonuna ait kireçtaşı marn ar dalanması.

Ceylan Formasyonu gerek sondaj kuyularında gerekse bazı yüzeylemelerinin üst kesimlerinde Nümmülit vb. bentonik foraminiferli mikrit ve biyomikrit türü kireçtaşı, killi kireçtaşı, biyoklastik kireçtaşı-kalkarenit aradüzeylerini içerir.

Ceylan Formasyonu içinde, genellikle yüksek oranda kil kapsamından dolayı, Soğucak Kireçtaşı'nın aksine karstlaşma ve erime gelişmemiştir. Dolayısıyla YAS açısından geçirimsiz yarı geçirimsiz kaya niteliği taşır. Taze iken sert ve dayanımlı

olan birim kil kapsamından dolayı hava ile temasta, kolay nemlenerek yumuşak kaya (zemin benzeri kaya) özelliği kazanır (İBB, 2007).

3.2.3. Gürpınar formasyonu

Gürpınar formasyonu Küçükçekmece gölünün doğu yakasında Yarımburgaz mahallesinde yüzeylenmektedir. Gürpınar formasyonu tabana yakın alt düzeylerinde çakıl- çakıltaşı merceklerini ve yer yer kum-kum taşı ara katkılarını içermekte olup, egemen kaya türünü kil, kilitaşı istifi oluşturmaktadır. Birim adı, Sayar (1977) tarafından, yüzeylemelerinin yaygın olduğu Gürpınar semtinden alınmıştır.

Gürpınar formasyonunun egemen kaya türünü oluşturan başlıca ince kum arakatkılı kil- kilitaşı, seyrek olarak çakıl-kum merceklerini kapsar. Kilitaşı, taze iken morumsu, yeşilimsi-koyu gri, ayrıışmış boz, açık gri, ince-orta katmanlı ve laminalıdır. Katmanlanmaya koşut dizilmiş kireçli konkresyon ve kil topaklarını kapsar.

Gürpınar formasyonu Soğucak Kireçtaşı'nı doğrudan üstlediği yerlerde, Soğucak kireçtaşı'ndan türemiş çakıl ve blokları kapsayan kum-çakıl düzeyi ile başlar. Yıldırım ve Savaşkan (2003), Küçükçekmece-Halkalı'da yapılan sondajlarda formasyonun, Soğucak Kireçtaşı'nın üstünde "kireçtaşı blok ve çakıllı kum ve kil ile başladığını, üste doğru kömür bantları içeren yeşil killere geçtiğini belirtir (İBB, 2007).



Şekil 3.5 : Gürpınar Formasyonunun görünüm.



Şekil 3.6 : Halkalı bölgesinde bir fore kazık uygulamasında Çukurçeşme kumlarından görünüm.

3.2.4. Çukurçeşme formasyonu

Arıç (1955) tarafından adlandırılan formasyon sarı, açık kahverengi renklerde siltli ince kum ve çakıl seviyelerinden oluşur. İnceleme alanında Küçükçekmece Gölü'nün doğusunda Güngören formasyonu ile dereceli geçiş ilişkisi göstermekte olup, kuzeyde ince üniform kum boyutunda Atatürk ve Mehmet Akif mahallerinde yaygınca yüzeylenmektedir. Çukurçeşme formasyonunda, seyrek silt ve kil bantları ve sık sık da çakıl mercekleri gözlenmektedir. Genelde yataya yakın tabakalanma gösteren birim içinde çapraz tabalanmaya da rastlanmaktadır (Şekil 3.7). Çukurçeşme formasyonunun kalınlığı 15-20 m olarak verilmektedir.



Şekil 3.7 : Çukurçeşme Formasyonuna ait görünüm.

Küçükçekmece Halkalı bölgesinde de dar bir bölgede Gürpınar formasyonu üzerinde uyumlu olarak ince bantlar halinde mostra veren Çukurçeşme formasyonu değişik seviyelerde diğer Üst-Miyosen yaşlı formasyonlar olan Güngören ve Bakırköy formasyonları ile yanal ve düşey yönde aşamalı geçiş göstermesinden dolayı birbirleri ile olan dokanakları kesin değildir.

3.2.5. Güngören formasyonu

İnceleme alanında Çukurçeşme formasyonunun üzerinde uyumlu olarak oldukça geniş bir alanda gözlenen grimsi yeşilimsi kahve renkli Güngören Formasyonunun yüksek plastisiteli killeri yer almaktadır. Hakim litolojiyi oluşturan siyahımsı, koyu gri renkli ve şişme özelliği gösteren kilin içinde kil-kum ve marn yer almaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : . Güngören formasyonuna ait marn - kil ve kum mercekleri.

Güngören Formasyonu özellikle üst kesimlerinde Bakırköy Formasyonu kireçtaşlarına benzer özellikte kireçtaşı, killi kireçtaşı, kireçli kilitaşı ara katkılıdır. Formasyon mostra verdiği düşük eğimli topografyada, ya da açılan şevlerde istif duraysızlaşabilmekte ve kütle hareketlerine neden olabilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Güngören Formasyonunda ait killi ve ince kum bantları.

3.2.6. Bakırköy formasyonu

Bakırköy formasyonu inceleme alanının güneyinde, Küçükçekmece yerleşim alanlarının yer aldığı sırtların üst kotlarındaki yatay düzlükleri oluşturur. Güngören formasyonu üzerine geçişli olarak gelen üst miyosen yaşlı Bakırköy Formasyonu genellikle 15-30 m kalınlıkta maktrali kireçtaşı – marn- kil aradalanmasını kapsar. Formasyonun içerdiği kil-karbonat oranı bölgeye göre değişkenlik göstermekte olup, alt düzeylerde kil, üst düzeylerde kireç kapsamı artmaktadır (Şekil 3.10). Bakırköy ilçesi ve dolayındaki tipik mostraları nedeniyle Bakırköy formasyonu olarak adlandırılmıştır.



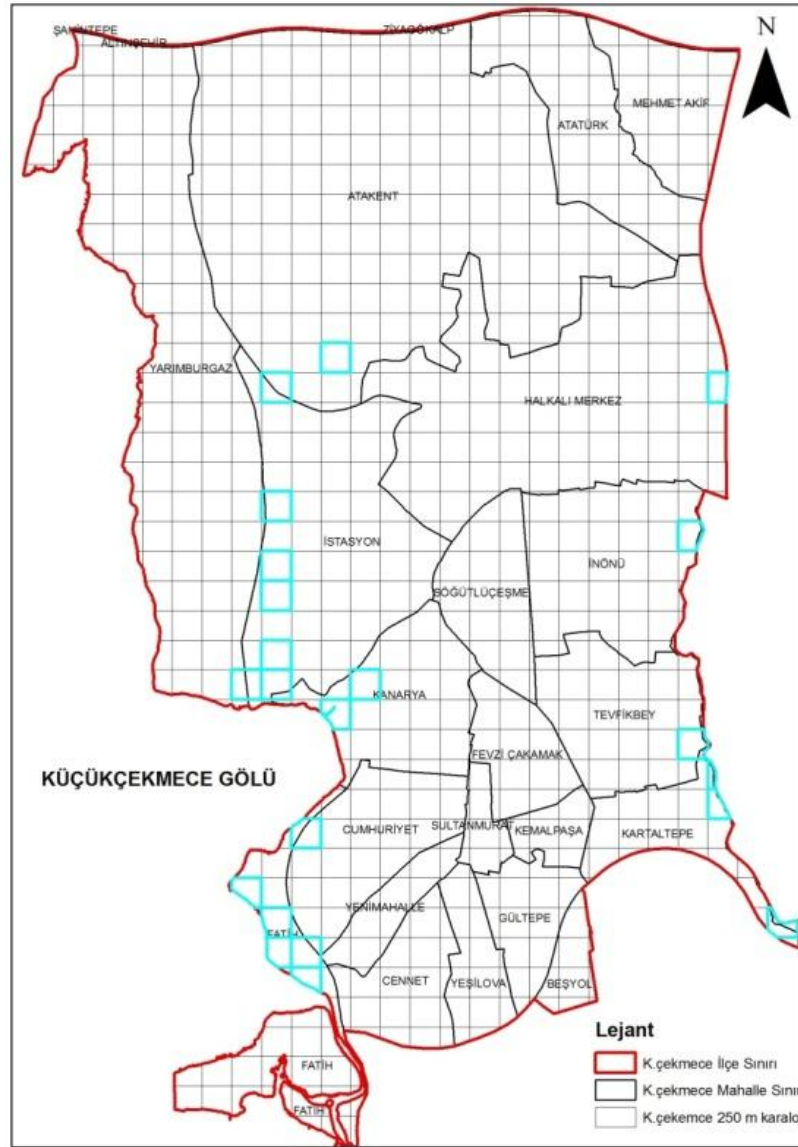
Şekil 3.10 : Bakırköy Formasyonuna ait kireçtaşları.

3.2.7. Alüvyon

Alüvyonlar çevre kayaçların değişik boyuttaki çakıl, kum, silt ve kil gibi ayrık malzemesinden oluşmaktadır. Alüvyonların kalınlıkları ve boyutları kendilerini oluşturan malzemeye, akarsuların fiziksel ve geometrik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

İnceleme alanında alüvyonlar Küçükçekmece sahil şeridinde, Nakkaşdere ve Ayamama Deresi düzlüğünde haritalanmıştır. Bunların kalınlıkları 10 m'ye ulaşmaktadır. Araştırma kuyularında 6,5 m ile 10 m arasında değişen alüvyon delinen alanlar Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Bu alanlar düşük kotlu olup, yeraltısuyu bulundurmaları ve olası depremlerde sıvılaşma potansiyeli beklenen kesimleri oluşturmaktadır.

Tüm birimleri örten alüvyal çökeller yer yer bitkisel ya da yapay dolgularla örtülmektedir.



Şekil 3.11 : Sondaj kuyularında 6 m-10 m kalınlıkta alüvyon kesilen alanlar.

3.2.8. Yapay dolgu

İnceleme alanının kuzey batısında geniş bir alanda yapay dolgu haritalanmıştır. Kalınlıkları 0,5-12 m arasında değişen dolgular yer alır. Bu dolgular genellikle toprak, kil, çöp ve inşaat artığı malzemedir. dolgu alanlarından özellikle katı atık bulunan kesimlerin üzeri toprak örtüsü ile kapatılmıştır (Şekil 3.12).



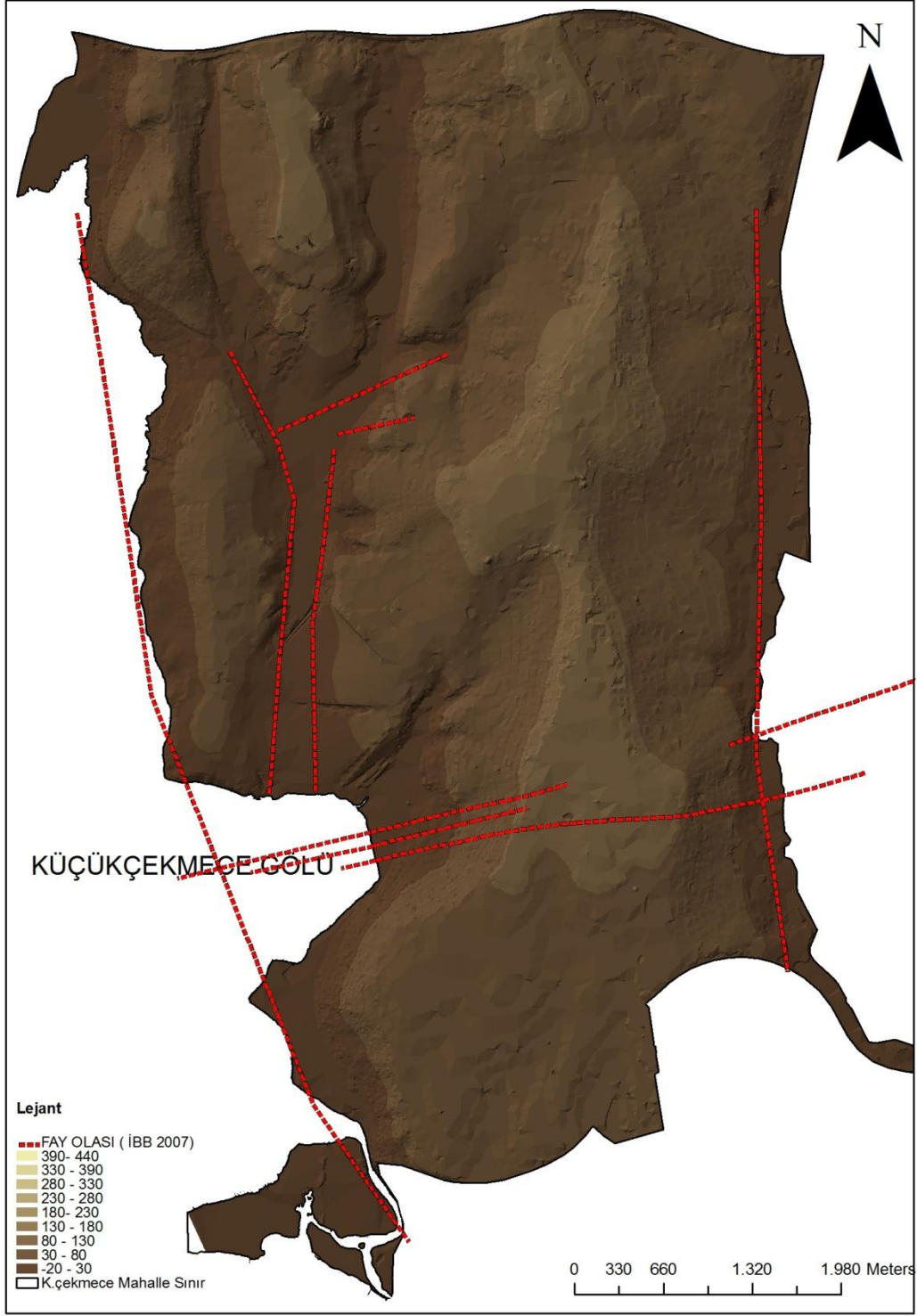
Şekil 3.12 : Yapay dolgu tabakası.

3.3 Yapısal Jeoloji

Gölün sağ ve sol kısmı arasında büyük bir anakaya yükseklik boşluğu olması sebebiyle, Küçükçekmece Gölü'nde bir fay (güneyden kuzeye) bulunduğu sonucu çıkartılmıştır. Array sondaj sonuçlarından, Göl'ün doğu kısmında pek çok fay olduğu sonucu çıkartılmıştır. Bu fayların Halkalı istasyonu çevresi ve Bağcıların pek çok kesiminde anakayayı yükselttiği düşünülmektedir. Fay aktivitesi yaşı Oligosen ortası yani Ceylan Formasyonu'nun tortulaşmasından sonra ve Gürpınar Üyesinin tortulaşmasında önceki yaş olarak hesaplanmaktadır. Büyük formasyon boşluğu gözlemlendiği için, Göl'deki bu faylar Gürpınar Üyesi biriktiğinde aktivite yaratma olasılığına sahiptir. İBB (2007) tarafından proje alanında haritalanan faylar Şekil 3.13'de gösterilmektedir.

İnceleme alanın kuzeyinde erken veya orta Oligosen yaşında, 5 km veya daha fazla uzunluğunda NNW-SSE doğrultulu Küçükçekmece Fayının, Ceylan ve Gürpınar Formasyonları arasındaki uyumsuz seviyeye dayanılarak düşeyde 100 m ile 200 m yer değiştirme miktarının olduğu sonucu anakaya kontur haritasına dayanılarak çıkarılmıştır. Halkalı ve Bağcıların güneyinde ise yine erken veya orta Oligosen yaşında, ENE-WSW doğrultulu 12 km veya daha fazla uzunluğunda Halkalı-

Bağcılar Fay Sisteminin, Ceylan ve Gürpınar Formasyonları arasındaki uyumsuz seviyeye dayanılarak düşeyde 10 m ile 20 m yer değiştirme miktarının olduğu sonucu dizili sondajlarla elde edilen ana kaya kontur haritasındaki sert eğime dayanılarak çıkarılmıştır. Küçükçekmece Fayına ilişkin son aktivitenin Gürpınar Formasyonunda, Halkalı-Bağcılar Fay Sisteminin son aktivitenin Gürpınar Formasyonundan önce olduğu belirlenmesiyle birlikte her iki fay sistemine ilişkin aktif fay kanıtına rastlanılmamıştır (İBB, 2007).



Şekil 3.13 : İnceleme alanındaki fayların sayısal arazi modelindeki konumu (İBB, 2007).

3.4 Hidrojeoloji

3.4.1. Hidrojeolojik özellikler

İnceleme alanında yüzeyleyen jeolojik birimler bünyelerinde suyu tutma, verme ve iletebilme gibi hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesinde litolojik ve gözlemsel fiziksel özellikleri yanı sıra tanımlamaya ve geçirimsizliğe yönelik deneysel çalışmalardan yararlanılmıştır.

Eosen kireçtaşlarından Soğucak formasyonu kırıklı çatlaklı ve erime boşluklu yapısı ile akifer özelliği sergilemektedir. Soğucak formasyonu içerisinde bulunan karstik boşluklar üzerinde bulunan Ceylan formasyonu bünyesinde yer alan kırık-çatlak sistemleri boyuna süzülen yüzey suları ile beslenmekte olup Orta-Yüksek akifer özelliği göstermektedir. Birim içerisinde yapılan yeraltı su seviye ölçümleri değişkenlik arz eder.

İnceleme alanının kuzeyinde yüzeyleyen ve genelde geçirimsiz kil tabakalarından oluşan Gürpınar formasyonu yeraltı suyu üretimi açısından uygun değildir. Ancak yersel olarak içerdiği kum, çakıl ve karbonat mercekleri nedeniyle formasyon, düşük miktarlarda da olsa yeraltı suyu bulundurmaktadır. Bu özellikleri ile birim yersel zayıf akifer olarak tanımlanmaktadır.

İnceleme alanında geniş bir alanda yayılım gösteren Güngören formasyonu kil ve marn içermesi dolayısıyla düşük geçirimli olup, yeraltı suyu üretimi açısından uygun değildir. Ancak, formasyonun içindeki yer alan ince kum katmanları ve merceklerinde bulunan su kazı stabilitesi ve temel davranışını etkilemesi bakımından önemlidir.

İnceleme alanında dar bir alanda yüzeyleyen ve kum-çakıl seviyelerinden oluşan Çukurçeşme formasyonu önemli kalınlığa ulaştığı kesimlerde akifer özelliği taşımaktadır. .

Tabanda Güngören formasyonuna ait geçirimsiz kil tabakaları bulunan ve kireçtaşlarından oluşan Bakırköy formasyonu kırıklı çatlaklı ve erime boşluklu yapısı ile inceleme alanında önemli bir akiferdir. Ancak, Bakırköy formasyonu üzerinde gelişen yoğun kentsel yapılaşma, akiferin beslenmesini engelleyerek yeraltı suyu potansiyelinin azalmasına neden olmuştur.

İnceleme alanında geniş bir alanda yayılım gösteren Güngören formasyonu kil ve marn içermesi dolayısıyla düşük geçirimli olup, yeraltı suyu üretimi açısından uygun değildir. Ancak, formasyonun içindeki ince kum katmanı ve merceklerinde bulunana su kazı stabilitesi ve temel davranışını etkilemesi bakımından önemlidir.

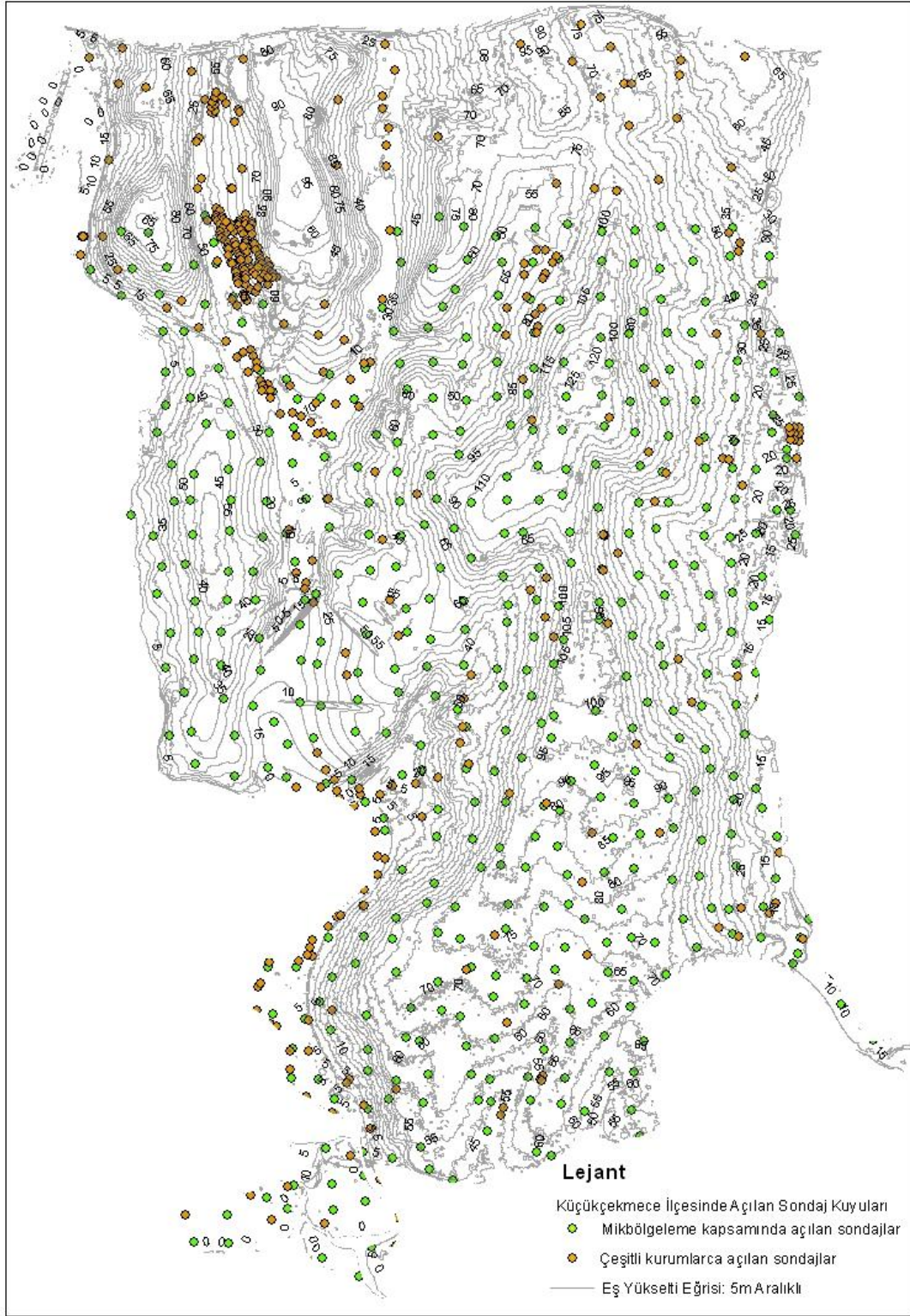
İnceleme alanında dar bir alanda yüzeyleyen ve kum-çakıl seviyelerinden oluşan Çukurçeşme formasyonu önemli kalınlığa ulaştığı kesimlerde akifer özelliği taşımaktadır.

İnceleme alanının kuzeyinde yüzeyleyen ve genelde geçirimsiz kil tabakalarından oluşan Gürpınar formasyonu yeraltı suyu üretimi açısından uygun değildir. Ancak yersel olarak içerdiği kum, çakıl ve karbonat mercekleri nedeniyle formasyon, düşük miktarlarda da olsa yeraltı suyu bulundurmaktadır. Bu özellikleri ile birim yersel zayıf akifer olarak tanımlanmaktadır.

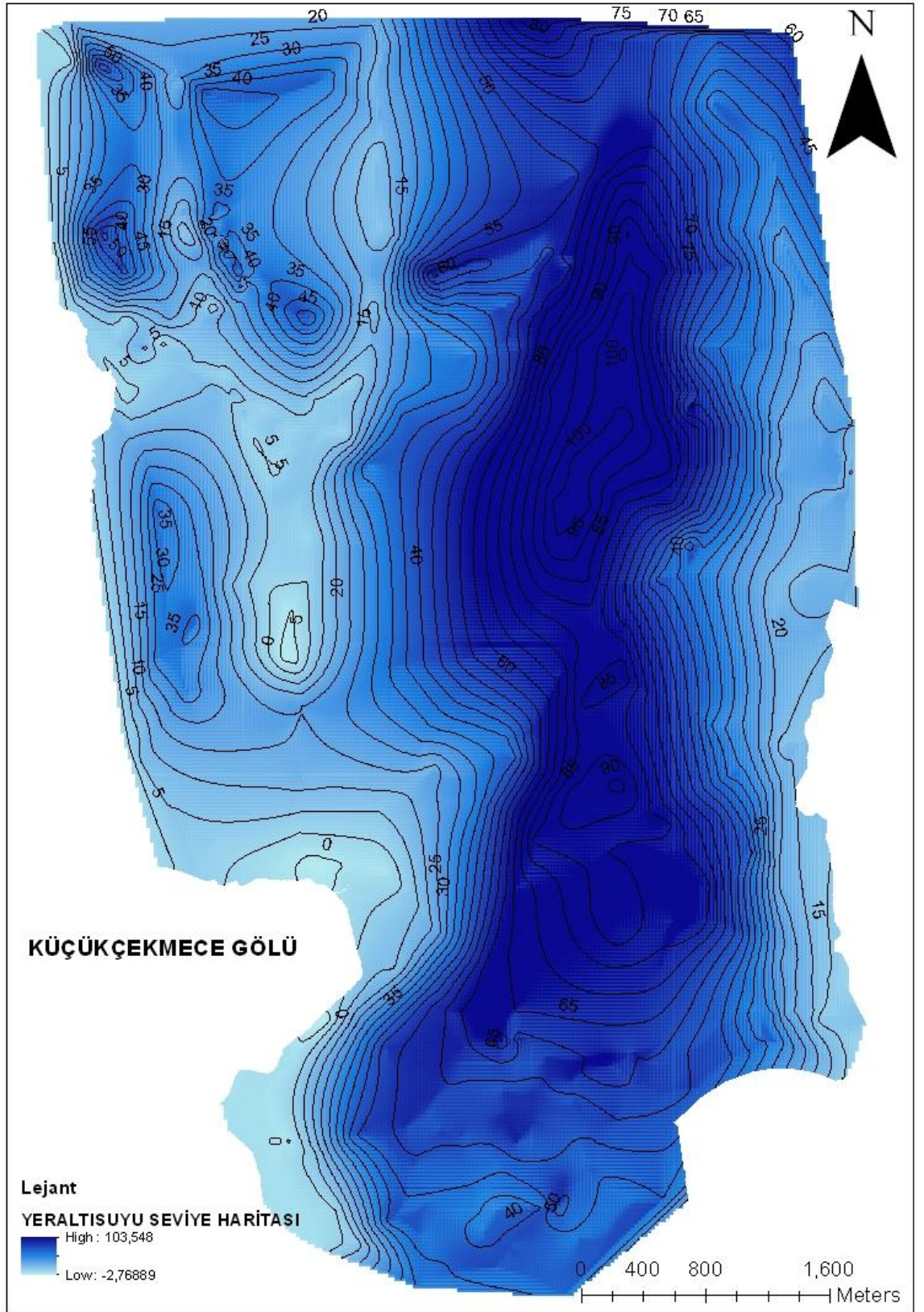
Dere yataklarında ve ovalarda yüzeyleyen, çimentosuz tanelerden oluşan alüvyonlar genel olarak akifer özellikleri taşırlar. Ancak, İnceleme alanında alüvyonların yayılımları dar şeritler halinde ve kalınlıkları da düşük oldukları için yeraltı suyu üretimi beklenmemektedir. Ayamama Deresi ve civarında 3,00-5,00 m kalınlığa ulaşan oluşan alüvyal çökeller genellikle killerden oluştuğu için sızıntı suları içermektedir. Alüvyal çökellerin olduğu kesimlerde yapılan zemin araştırma sondajlarında su seviyelerinin 1-2,5 m derinde yer aldığı görülmüştür.

İnceleme alanında yeraltı sularının akım yönlerini belirlemek ve yapı temellerine etkisini değerlendirmek amacıyla farklı amaca yönelik olarak açılan toplam 897 adet sondaj kuyularında yapılan seviye ölçümlerinden yararlanılmıştır (Şekil 3.14). Amaca yönelik olarak yeraltı suyu seviye (Şekil 3.15) ve yeraltı suyu yüzeyden derinlik (Şekil 3.16) haritaları hazırlanmıştır. Bölgede önemli bir yeraltı suyu üretimi olmadığı için yukarıda değinilen haritaların oluşturulmasında yer yer kuyuların açıldıkları tarihlerdeki seviye ölçümlerinden de yararlanılmıştır. Ancak, bu çalışma süresince açılan kuyulardaki ölçümlerle kontrolleri yapılmıştır.

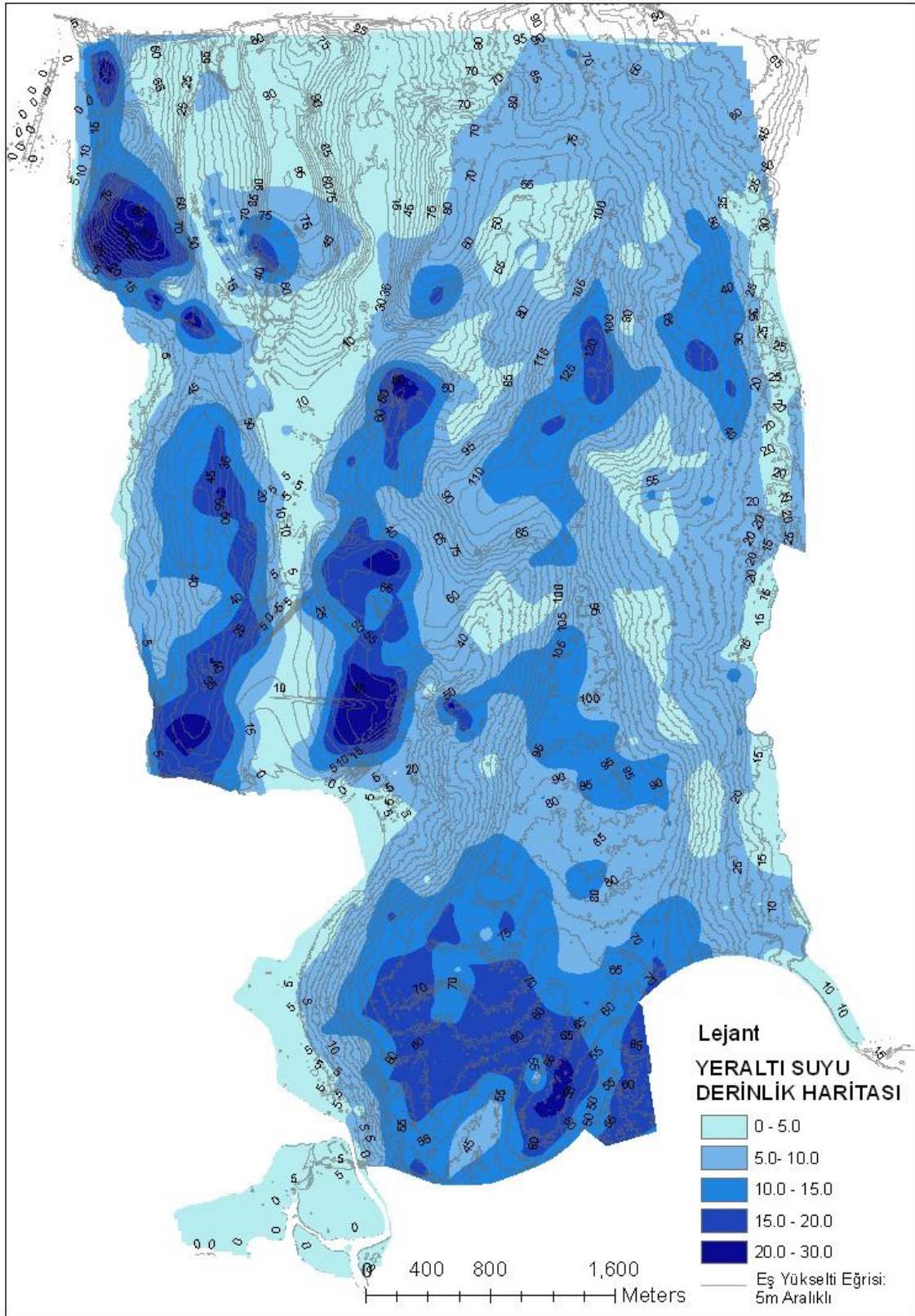
İnceleme alanında yeraltı suyu seviye haritası hazırlanmasında çeşitli kurumlarca gerek yerleşime uygunluk çalışmaları kapsamında gerekse parsel bazında zemin etüd raporları oluşturulması amacıyla ölçümü yapılmış 897 adet sondaj kuyusundan yeraltı suyu seviye ölçüm değerleri alınmış, koordinatladırılarak veri tabanı



Şekil 3.14 : Küçükçekmece İlçesinde açılan sondaj kuyuları.



Şekil 3.15 : Yeraltı suyu seviye haritası.



Şekil 3.16 : Yeraltı suyu derinlik haritası.

4. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Mühendislik jeolojisi haritaları doğal afetlerden korunma ve önlem almada son derece önemlidir. Ayrıca mühendislik jeolojisi haritaları, jeolojik birimlerin mühendislik özelliklerinin sayısal verilerle tanımlandığı ve üst yapı ile arasındaki ilişkiyi irdelleyen niteliktedir. Bu haritalar benzer mühendislik özelliklere sahip jeolojik birimlerin tanımlanmasında, depremsellik, zemin sınıfları, heyelanpotansiyeli, yeraltı suyu derinliği, taşkın alanları, sıvılaşma potansiyeli vb. doğal faktörleri ortaya koymasıyla yerleşim kararlarını yönlendirir niteliktedir.

İnceleme alanında bulunan birimlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde daha önce çeşitli kurum ve kuruluşlarca yapılan çalışmaların verilerinden yararlanılmıştır.

Bu bölümde yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılacak olan parametreler ayrıntılı irdelenmektedir.

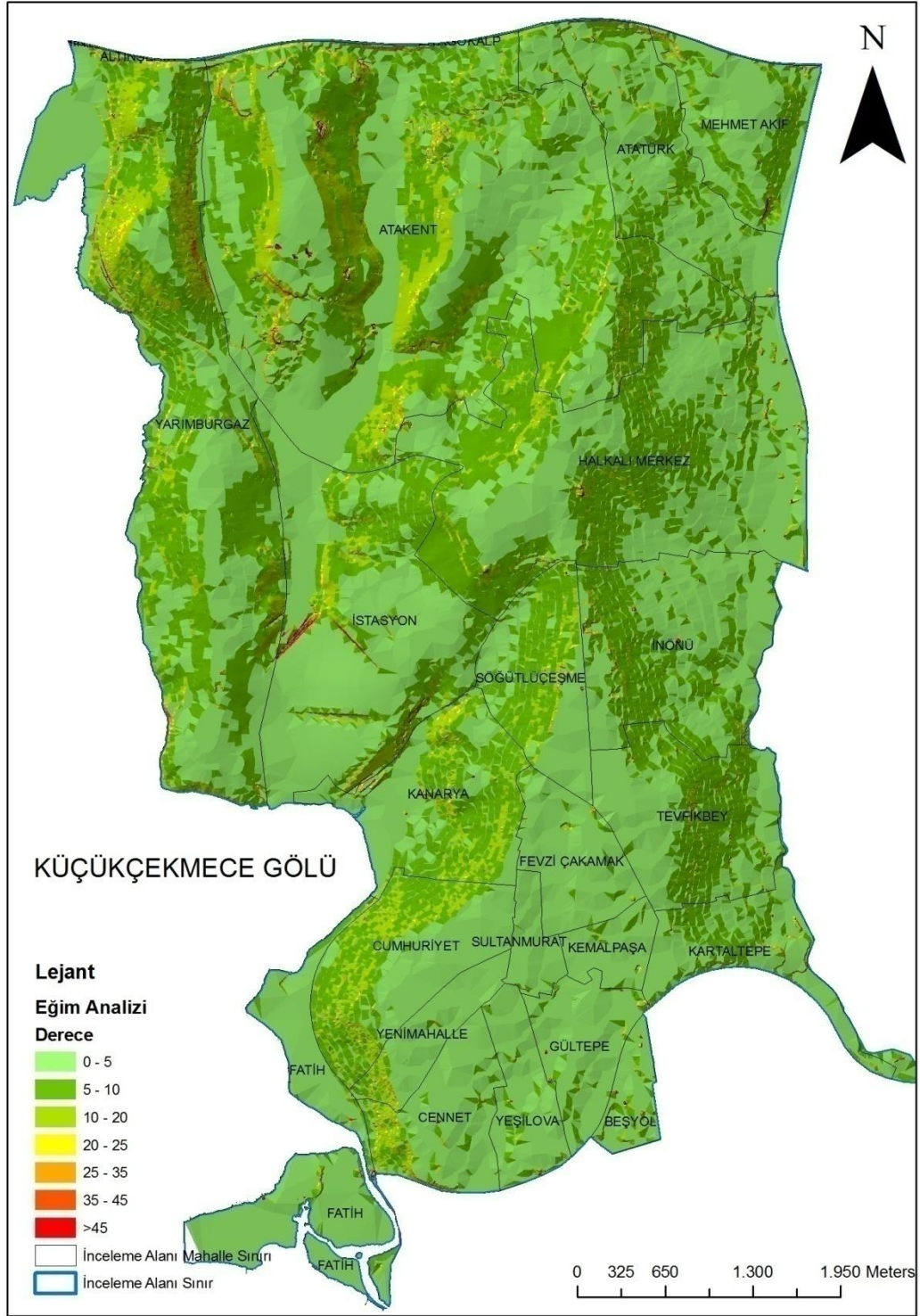
4.1 Eğim Durumu

İnceleme alanının eğim haritası 5 m aralıklı eş yükselti eğrilerinden yararlanılarak eğim zonlama haritası hazırlanmıştır. Hazırlanan haritada eğim değerleri 0-5°, 5-10°, 10-20°, 20-25°, 25-35°, 35-45°, ve >45° gibi aralıklara bölünmüştür ve farklı renklerle belirtilmiştir (Şekil 4.1). Eğim zonlama haritası ile jeoloji haritasının birlikte yorumlanmasıyla dayanımı yüksek olan Bakırköy Formasyonuna ait kireçtaşlarının gibi jeolojik birimlerin direnç parametrelerinin yüksek oluşuna paralel olarak yamaç eğimi değerinin yüksek, dayanımı düşük olan alüvyon gibi jeolojik birimlerde ise yamaç eğim değerlerinin düşük olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra jeolojik birimlerin kendi içinde de değişik eğim değerlerine sahip oldukları gözlenmiştir.

İnceleme alanın kuzeyinde Soğucak Formasyonun ve Ceylan Formasyonun yüzeylendiği alanlarda eğim derecesi eğim değerlerinin orta-yüksek değerler

arasında (15-20° ve 20-30°) değiştiği gözlenmiştir. Güngören Formasyonunun yüksek plastisiteli killlerinde ise eğim değerlerinin çoğunlukla 5-10° derece arasında olduğu gözlenmiştir.

Yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılmak üzere 7 sınıfa ayrılan eğim haritasında 25°'den yüksek olan alanlar, yerleşmede bazı teknik altyapı sorunları yarattığı ve yamaç duraylılığında önemli bir etken olduğu için ağırlıklı çakıştırma yönteminde yüksek risk derecesi ile değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1 : İnceleme Alanı eğim analizi haritası.

4.2 Heyelanlar

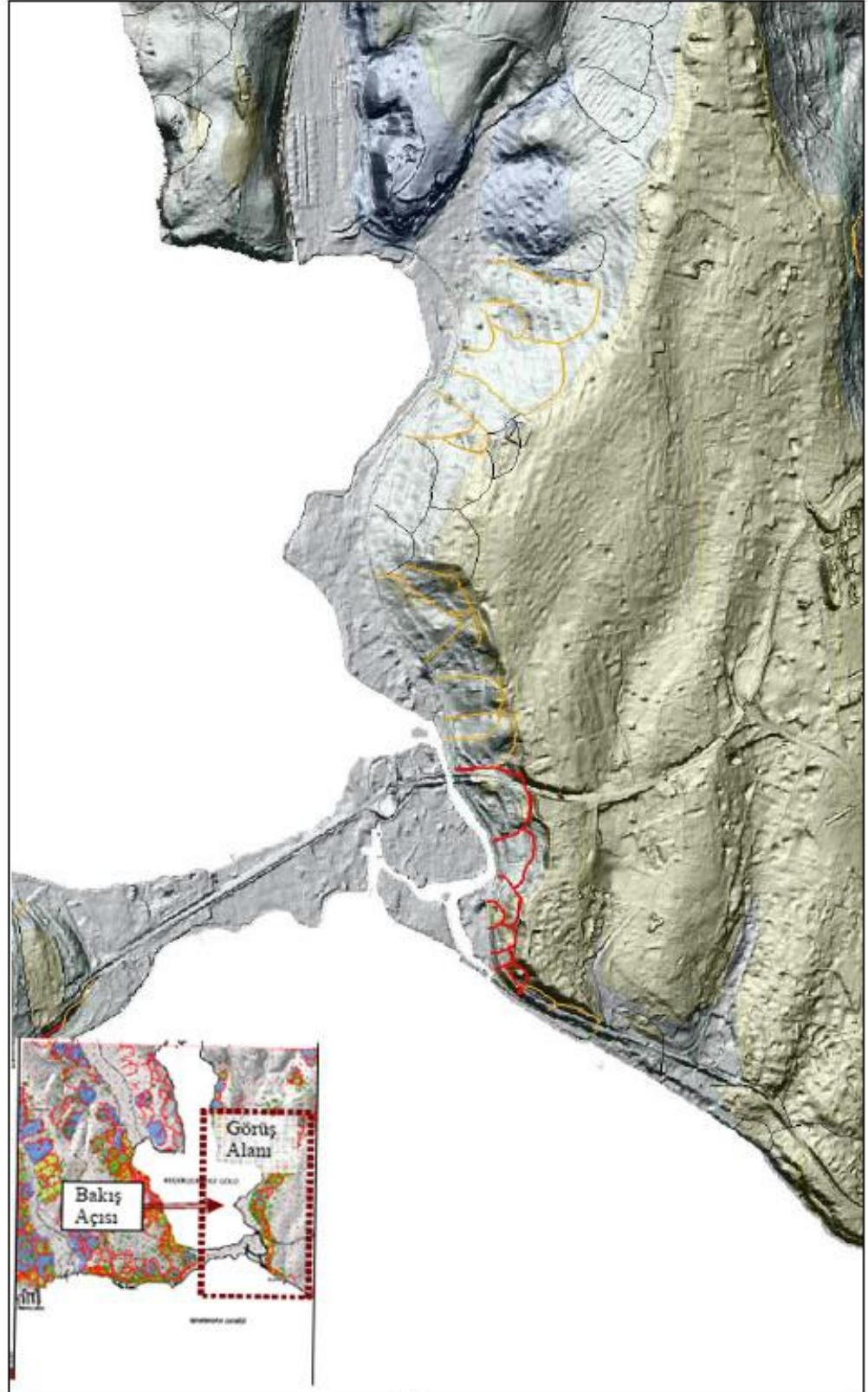
Heyelan, yamaç dengesinin bozulması sonucu yer çekiminin etkisiyle arazinin bir bölümünün yamaç eğimi doğrultusunda hareket ederek şekil ve yer değiştirmesidir.

Heyelanlar, Türkiye’de depremlerden ve su baskınlarından sonra gelen en önemli doğal afetler içerisinde yer almaktadır. Türkiye’de yaşanan heyelanlar, başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere, İç ve Doğu Anadolu Bölgelerinde, sıkça görülmektedir. Hemen her yıl ülkenin pek çok yerinde görülen heyelanlar, çok sayıda can ve mal kayıplarına yol açmaktadır.

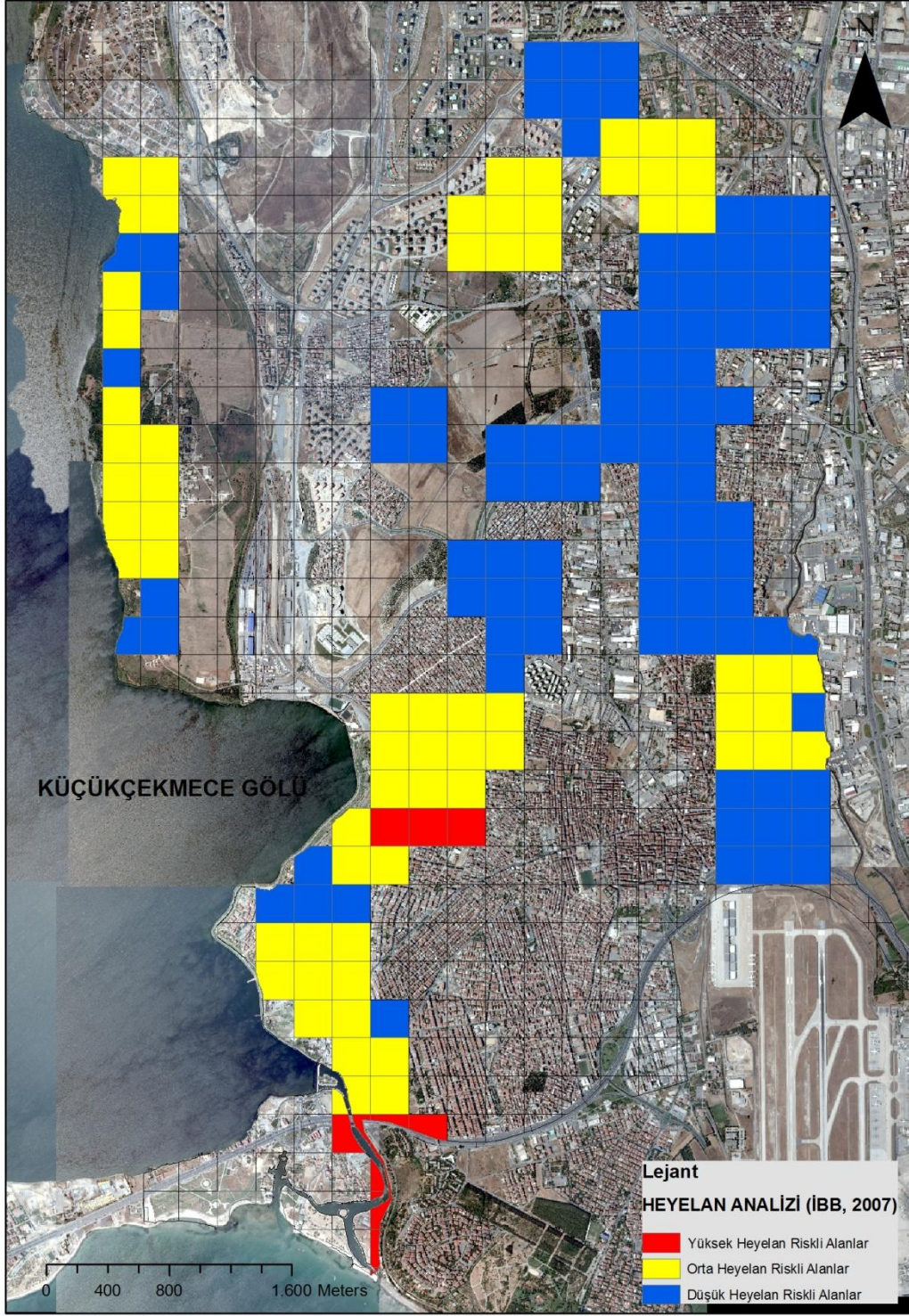
Bu çalışma kapsamında yeterli veri bulunmadığından dolayı heyelan tehlike potansiyeli analizi yapılamamıştır. Ancak, çalışma amacına yönelik olarak İBB (2007) tarafından hazırlanan heyelan tehlike haritası yerleşime uygunluk analizinde değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında Küçükçekmece Gölü’nün batısında göle bakan yamaçlarda eğimin 5 ile 25 derece arasında değiştiği yamaçlarda kum, çakıl, kil ve marndan oluşmuş jeolojik yapı heyelanlara neden olan en önemli faktör olarak gözlenmiştir.

Proje alanının batı kısmında pek çok aktif heyelan ile belirginleşmiş zemin hareket formları Marmara Denizi ve Küçükçekmece gölünün yamaçlarına dağılmıştır. Topoğrafik gözlemler ışığında, tektonik hareketler bu kısım için aktif gözükmektedir ve bu bölgede yükselme devam etmektedir. Bu durum, bölgedeki aktif heyelanlara bir sebep teşkil edebilir niteliktedir. Şekil 4.2’de Küçükçekmece Gölü’nün doğu yamaçlarında yüksek heyelan riski içeren alanlar kırmızı ile, orta derecede heyelan riski içeren alanlar sarı ile ve düşük heyelan riski içeren alanlar siyah ile gösterilmiştir. Şekil 4.3’de ise inceleme alanında heyelan tehlikesi açısından yüksek,orta ve düşük riskli bölgeler gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : Heyelan envanter haritası (İBB,2007).



Şekil 4.3 : Heyelan tehlike haritası (İBB,2007).

4.3 Sıvılaşma

Zemin sıvılaşması, depremlerde meydana gelen hasarların en önemli etkenlerinden biridir. Bin yılın son depremlerinde de (Adapazarı, Düzce, Türkiye, Chi-Chi,Tayvan 1999) görüldüğü üzere sıvılaşma olayı önemli hasar sebeperi arasında kalmaya devam etmektedir (Çetin ve Unutmaz, 2004). Ancak tarihsel sürece bakıldığında, 1960'lı yıllara kadar deprem sırasında zemin davranışlarının yapılar üzerindeki etkisine çok fazla önem verilmemiştir. Sıvılaşma mekanizması ve doğurduğu sonuçların anlaşılmasına yönelik çalışmalar, 1964 yılında meydana gelen ve sismik sıvılaşma nedeniyle yıkıcı hasara neden olan Niigata-Japonya ve Büyük Alaska-ABD depremleri sonrası hızlanmıştır. Ülkemizde ise zemin sıvılaşmasının önemi 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminden sonra daha iyi kavranmıştır (Karanlık, 2006).

Sıvılaşma durumunda, toprağın yapısı küçük bir kırıcı dirençle bozulabilir ve ortaya çıkan deformasyonlar, binaları veya diğer yapıları hasara uğratacak kadar büyük olabilir. Bu tür zeminler bozuk (gevşek) zemin olarak adlandırılır. Sıvılaşmaya neden olabilecek bir gevşeme, esas olarak birimlerin gözenekliliğine, partiküller arasındaki kil veya diğer tutucu parçacık miktarına ve su boşaltma (akıtma) konusundaki kısıtlamalara bağlıdır. Bir sıvılaşmayı takiben toprakta oluşacak deformasyonun miktarı, materyalin gevşekliğine, derinliğine, kalınlığına ve sıvılaşan tabakanın zeminde kapsadığı alana, zeminin eğimine, bina ve diğer yapılar nedeniyle toprağa uygulanan yükün dağılımına bağlıdır (Cal.Div.of Mines,1992).

Bu çalışma kapsamında (İBB,2007) tarafından hazırlanan sıvılaşma potansiyeli haritası yeraltısuyu yüzeyden derinlik haritası ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. . Buradan zemin sıvılaşması görülen alanlarda yer altı suyunun yüzeyden derinliğinin 0-10 m arasında değiştiği saptanmıştır (Şekil 4.4).

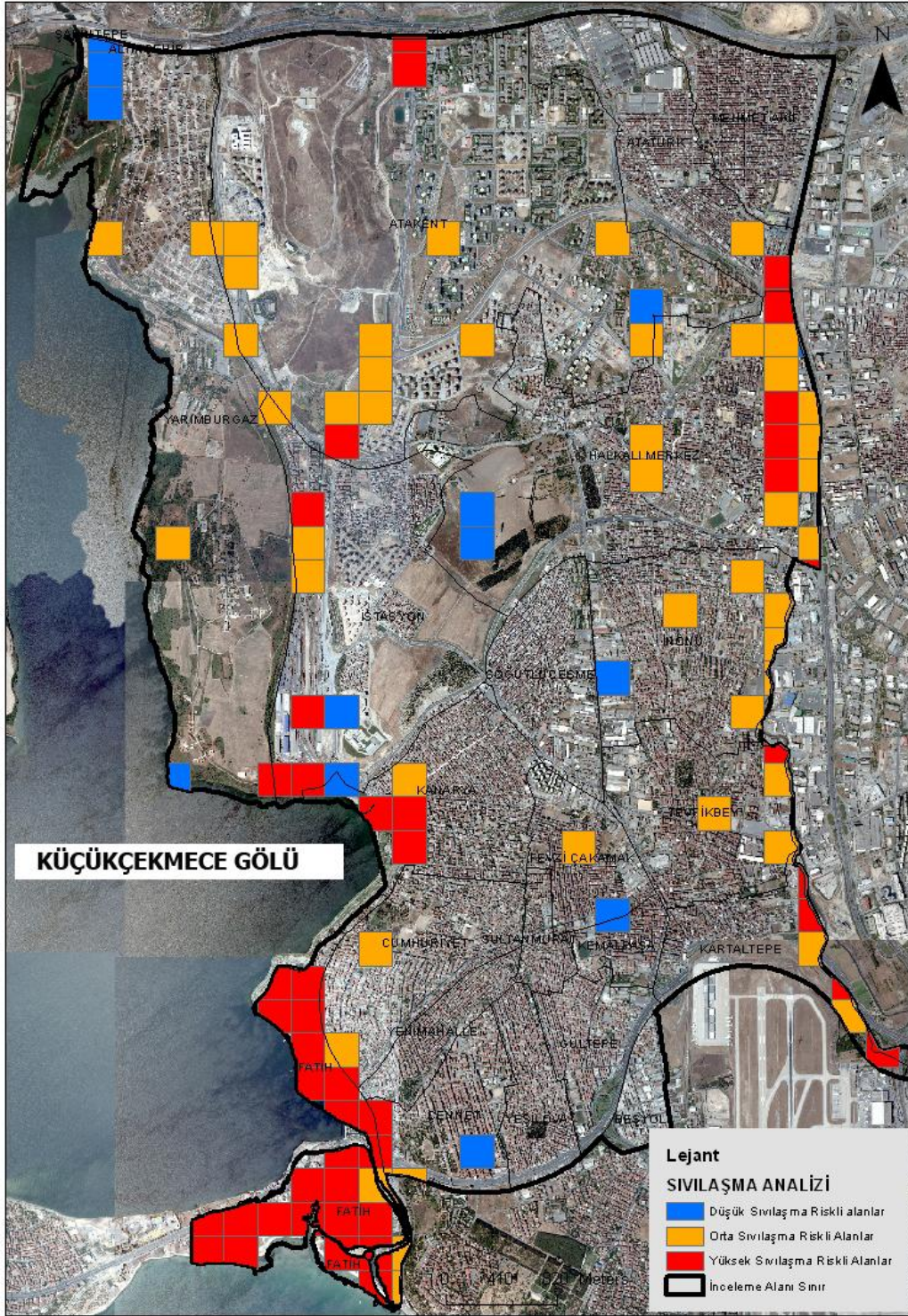
Yüksek sıvılaşmaya duyarlı bölgeler tipik olarak aşağıdaki alanlarda gözlemlenmiştir;

- Küçükçekmece Gölü ile Marmara Denizi arasında kalan iç-dış kumsal,
- Fatih mahallesi Göl kıyısı boyunca yer alan yapay dolgu alanlardır.

Orta duyarlı bölgeler ya da Düşük duyarlı bölgeleri tipik olarak aşağıdaki alanlarda gözlemlenmiştir;

- Güngören ve Gürpınar formasyonlarının kum ve silt bakımından zengin bölgeleri

- Proje alanındaki alüvyon birikintisi alanlarının büyük çoğunluğu

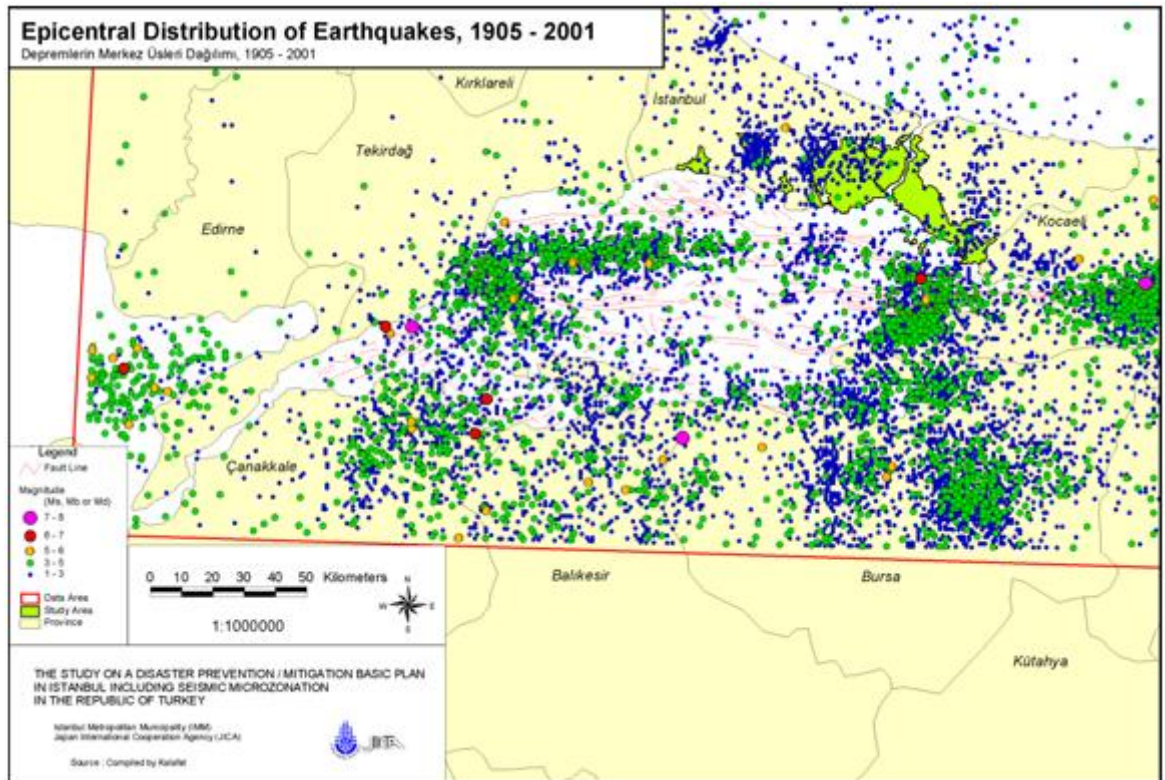


Şekil 4.4 : Sivilaşma Tehlike Haritası (İBB,2007).

4.4 Depremsellik

17 Ağustos 1999 tarihinde İstanbul'un 110 km doğusunda bulunan İzmit ve Adapazarı çevresinde Kocaeli depremi adı verilen büyüklüğü 7.4 olarak kaydedilen deprem ile 12 Kasım 1999 tarihinde yine Kuzey Anadolu Fay hattında meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki Düzce depremleri ciddi oranlarda ölüm ve yaralanmalara neden olmuştur.

1905 ila 2001 yılları arasında büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olan depremlerin aletsel dağılımı Tablo 4.5'de gösterilmekte olup, Kuzey Anadolu Fay hattının Marmara Denizi içerisindeki aktivitesinin yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca İstanbul ve çevresinde tarih boyunca oluşan depremler ve bu depremlerin yarattığı hasar oranları Çizelge 4.1'de Utsu (1990) tarafından hazırlanan tarihsel katalogta gösterilmektedir.



Şekil 4.5 : 1905-2001 arasındaki depremlerin episantırlarının dağılımı (JICA,2002).

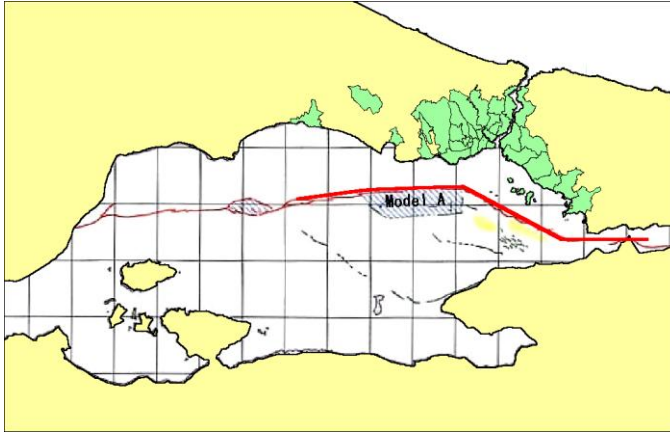
Çizelge 4.1 : İstanbul’u Etkilemiş olan tarihsel depremler Utsu(1990).

Yıl	Ay	Gün	Enlem	Boylam	Mağnitüd	Tsunami Gözlenmiş	Hasarlı alan	Hasar derecesi	İstanbul’daki şiddeti
427			40.5	28.5			Türkiye:İstanbul	Ağır	10
438			40.8	29	6.6		Türkiye:İstanbul		9
440	10	26	41	29			Türkiye:İstanbul	Ağır	7
441							Türkiye:İstanbul	Ağır	
447	11	8	40.2	28	7.3	Evet	Türkiye:Marmara Denizi,İstanbul	Ağır	9
477	9	25	41	29	7.0		Türkiye:İstanbul	Ağır	10
533	11	29	36.1	37.1			Suriye:Aleppo(Halep)/ Türkiye:İstanbul	Çok yüksek	
541	8	16	40.7	39	6.6		Türkiye:İstanbul		9
553	8	15	40.7	29.3	7.0		Türkiye:İstanbul	Ağır	10
555	8	16	41	29	7.6	Evet	Türkiye:Izmit(Nicomedia),İstanbul	Hafif	
557	10	6	41	29			Türkiye:İstanbul		
557	12	14	41.8	29	7.2	Evet	Türkiye:İstanbul	Ağır	10
732			41	29			Türkiye:İstanbul		
740	10	26	40.7	29.3	7.3	Evet	Türkiye:Marmara Denizi,İstanbul,Izmit	Ağır	
815	8		41	29			Türkiye:İstanbul		
865	5	16	40.8	28	6.7		Türkiye:İstanbul		9
957	10	26				Evet	Türkiye:İstanbul		
975	10	26				Evet	Türkiye:İstanbul,Trakya kıyıları	Hafif	
989	10	26	40.9	29.3	7.3		Türkiye:İstanbul/Yunanistan	Hafif	
1037	12	18	41	29.5			Türkiye:Buccellariis,İstanbul	Hafif	
1063	9	23	40.8	28.3	7.0		Türkiye:İstanbul		9
1082	12	6	40.5	28.5			Türkiye:İstanbul (1083?)	Hafif	10

Yıl	Ay	Gün	Enlem	Boylam	Mağnitüd	Tsunami Gözlenmiş	Hasarlı alan	Hasar derecesi	İstanbul'daki şiddeti
1087	12	6	40.9	28.9	6.5		Turkiye:Istanbul		9
1346							Turkiye:Istanbul	Hafif	
1419	5	11	41	28.6			Turkiye:Istanbul	Oldukça büyük	9
1490			41	29			Turkiye:Istanbul		
1509	9	14	40.8	28.1	7.7	Evet	Turkiye:Tsurlu,Istanbul	Ağır	10-11
1556	3	10	41	29			Turkiye:Istanbul		
1556	5	10	41	29			Turkiye:Rosanna Istanbul'a yakın	Orta	
1646	4	5				Evet	Turkiye:Istanbul	Hafif	
1659			41	29			Turkiye:Istanbul		
1719	3	6					Turkiye:Istanbul,Villanova	Hafif	
1719	5	25	40.8	29.5	7.0		Turkiye:Istanbul,Izmit	Ağır	
1754	9	2					Turkiye:Istanbul,Izmit/Mısır:Kahire	Hafif	
1766	5	22	40.8	29	6.5	Evet	Turkiye:Istanbul	Hafif	9-10
1856	2	22	41.3	36.3	6.1		Turkiye:Karpan?,Korgo?,Istanbul	Sınırlı	
1894	7	10	40.6	28.7	6.7	Evet	Turkiye:Gebze,Istanbul,Adapazari	Sınırlı	

Kuzey Anadolu Fayı' nın Marmara Denizi içindeki bölümü konusunda yapılmış alan birçok araştırma bulguları temel alınarak Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü tarafından hazırlanan 'Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/ Azaltma Temel Planı Çalışması'nda dört senaryo deprem modeli geliştirilmiştir.

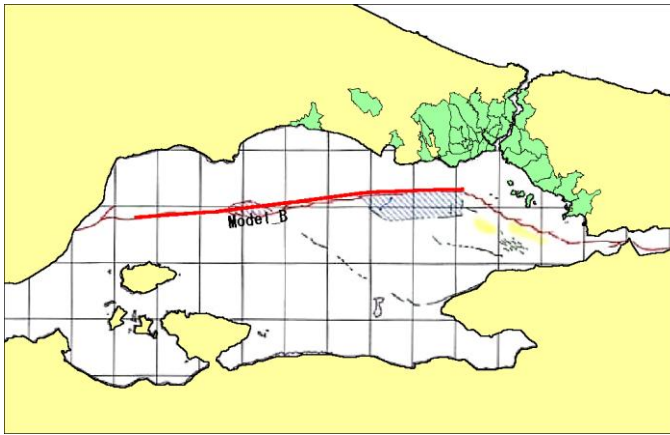
Model A:



Şekil 4.6 : Senaryo depremler model A (JICA,2002).

Yaklaşık 120 km. uzunluğundaki hat 1999 İzmit depremi fayının tam batısından Silivri'ye kadar uzanan hattır. Bu model dört senaryo deprem içinde meydana gelme olasılığı en yüksek olanıdır. Moment büyüklüğünün (Mw) 7.5 olacağı tahmin edilmektedir.

Model B:



Şekil 4.7 : Senaryo depremler model B (JICA,2002).

Yaklaşık 110 km. uzunluğundaki hat 1912 Mürefte-Şarköy depremi fayının doğu ucundan Bakırköy açıklarına kadar uzanan hattır. Mement büyüklüğünün 7.4 olacağı tahmin edilmektedir.

Model C:

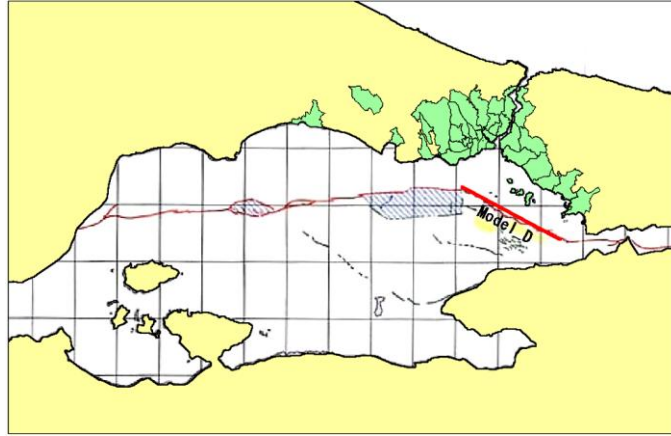
Bu model Marmara Denizindeki 170 km.uzunluğundaki KAF'nın aynı anda kırılacağını varsaymaktadır. Moment büyüklüğünün 7.7 olacağı tahmin edilmektedir. Bu büyüklük bugüne kadar bölgede meydana gelmiş olan en yüksek değerdir,

Marmara Denizi civarında meydana gelmiş olan en büyük tarihsel depremin büyüklüğü 7.6'dır. Tüm hattın aynı anda kırılmasıyla ilgili bir delil yoktur ancak; eğer fayın maksimum uzunluğu varsayılırsa, Mayıs 1766 depreminde doğu tarafında hattın 1/3'ü ve geri kalanı da Ağustos 1766'da kırılmıştır. Diğer bir deyişle makul ölçüler dahilinde bu model en kötü durumu ifade etmektedir.



Şekil 4.8 : Senaryo depremler model C (JICA,2002).

Model D:



Şekil 4.9 : Senaryo depremler model D (JICA,2002).

Marmara Denizi'nin kuzeyinde devam eden fay hattı Çınarcık Çukuruna kuzeyden dik eğimle girmektedir. Birçok yeni araştırma çalışmaları referans alınarak, Çınarcık Çukurunun kuzey yamacını takip eden Normal faylanma modeli oluşturulmuştur. Normal faylanma için kullanılan ampirik formülasyon ile Moment büyüklüğünün (Mw) 6.9 olacağı tahmin edilmektedir.

Hazırlanan tüm senaryo depremler Kuzey Anadolu Fayı' nın Marmara Denizi içindeki bölümünün ana ve tali faylar olmak üzere farklı uzunlukdaki parçalardan

1999 Kocaeli (Türkiye) depremleri üzerine yapılan araştırmalarla açık olarak ortaya konmuştur (Singh vd., 1988; Özel vd., 2002; Ansal vd., 2003; Ergin vd., 2004).

İnceleme alanının yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi ile ilgili yapılan önceki çalışmalardan ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin yapmış olduğu Avrupa yakası güneyinin mikrobölgeleme raporundan yararlanılmıştır.

Deprem Yönetmeliğine göre zemin grupları Standart Penetrasyon Deneyi sonuçları (N_{30}), kayma dalgası hızı değerleri, eksenel basınç deneyleri ve kumlu zeminler için relatif sıkılık değerleri gibi çeşitli parametrelere göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma yapılırken, yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyinden itibaren 10 m içinde olduğu durumlarda ve aşırı hassas killer, çok yüksek plastisiteli killer gibi D grubu zeminlerin bulunduğu alanlarda saha ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile detaylı inceleme gerekmektedir.

İnceleme alanındaki zeminler 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 yönetmelikten yararlanılarak Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre sınıflandırılmıştır.

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 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : 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 (Sıvılaşabilir 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)

Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY)'ne göre zemin sınıflandırılması ve buna bağlı olarak davranış spektrumlarının belirlenmesi için kullanılan zemin grupları ve tanımlamaları, zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığını dikkate alan 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 4.3'te yerel zemin sınıfları, Çizelge 4.4'te Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan zemin grupları ve Çizelge 4.5'te de Türk Deprem Kodu Yerel Zemin Belirleme Tablosu gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Yerel zemin sınıfı (TDY, 2007).

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Tabaka Kalınlığı
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

Çizelge 4.4 : Deprem yönetmeliğine göre sınıflandırılan zemin grupları (TDY,2007).

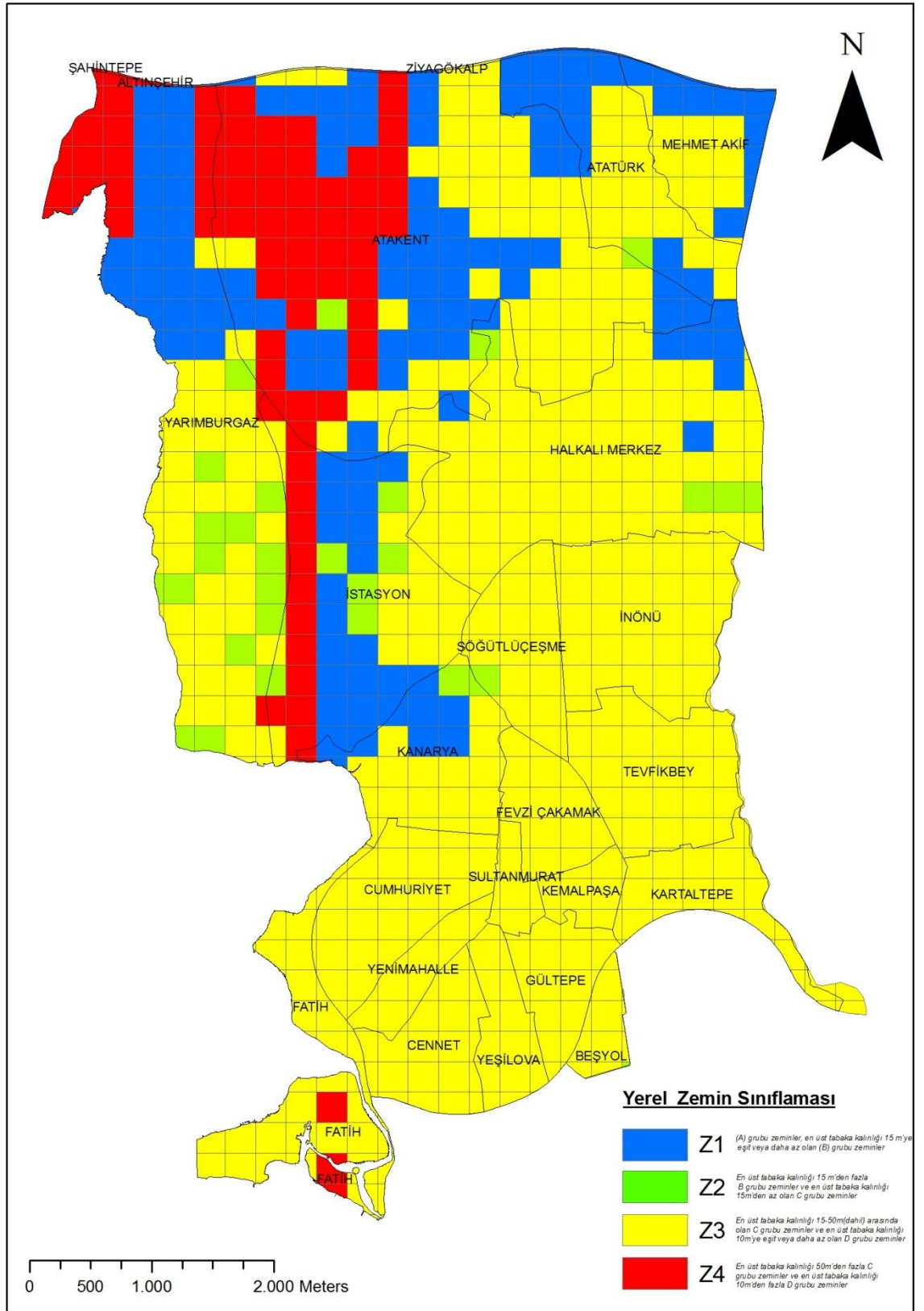
Zemin Grubu	Tanım	Standart Penetrasyon (N/30 cm)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/sn)
A	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar 2. Çok sıkı kum, çakıl 3. Sert kil, siltli kil	>50 >32	85-100	> 1000 > 400	>1000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

Çizelge 4.5 : Türk deprem kodu yerel zemin belirleme tablosu (İBB, 2007).

Jeolojik Zaman	Formasyon	Sebol	Vs m/s (10-90% aralığı)	Zemin Grubu	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	$h_1 \leq 15$	Z2
					$15 < h_1 \leq 50$	Z3
				N≤30 ise D	$h_1 > 10$	Z4
					$h_1 \leq 15$	Z2
		Ac	130-260	N>16 ise C	$15 < h_1 \leq 50$	Z3
					$h_1 > 50$	Z4
				N≤16 ise D	$h_1 \leq 10$	Z3
					$h_1 > 10$	Z4
					$h_1 \leq 15$	Z2
					$h_1 > 15$	Z3
Pleyistosen	Kuşdili	Ag	--	C	$h_1 \leq 15$	Z2
					$h_1 > 15$	Z3
					$h_1 \leq 15$	Z2
					$h_1 > 15$	Z3
Miyosen	Bakırköy	Tceb1 (zemin)	210-450	N>30 ise C	$h_1 > 15$	Z3
					$h_1 \leq 10$	Z3
		Tceb2 (kaya)	260-480	N≤30 ise D	$h_1 > 10$	Z4
					$h_1 \leq 15$	Z2
				C	$h_1 > 15$	Z3

Çizelge 4.6 : (1/2) Türk Deprem Kodu Yerel Zemin Belirleme Tablosu.

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



Şekil 4.11 : İnceleme Alanı Yerel Zemin Sınıflaması.

Şekil 4.11'e göre inceleme alanında zeminler, yerel zemin sınıflamasına göre geniş bir alanda Z3 sınıfını içermekte olup, yerel zemin sınıflamasında zeminlerin yüzde dağılımları Çizelge 4.7'de gösterilmektedir. Z4 zemin sınıfı alüvyal çökellerin ve yapay dolgu alanlarının bulunduğu alanlarda, Z1 zemin sınıfı inceleme alanının kuzeyinde yayılmaktadır.

Çizelge 4.7 : Yerel zemin sınıflamasına giren hücre sayısı

Sınıf	Hücre Sayısı	Yüzdesi
Z1	136	% 19.65
Z2	29	% 4.19
Z3	448	% 64.74
Z4	79	% 11.42

4.5 Taşkın

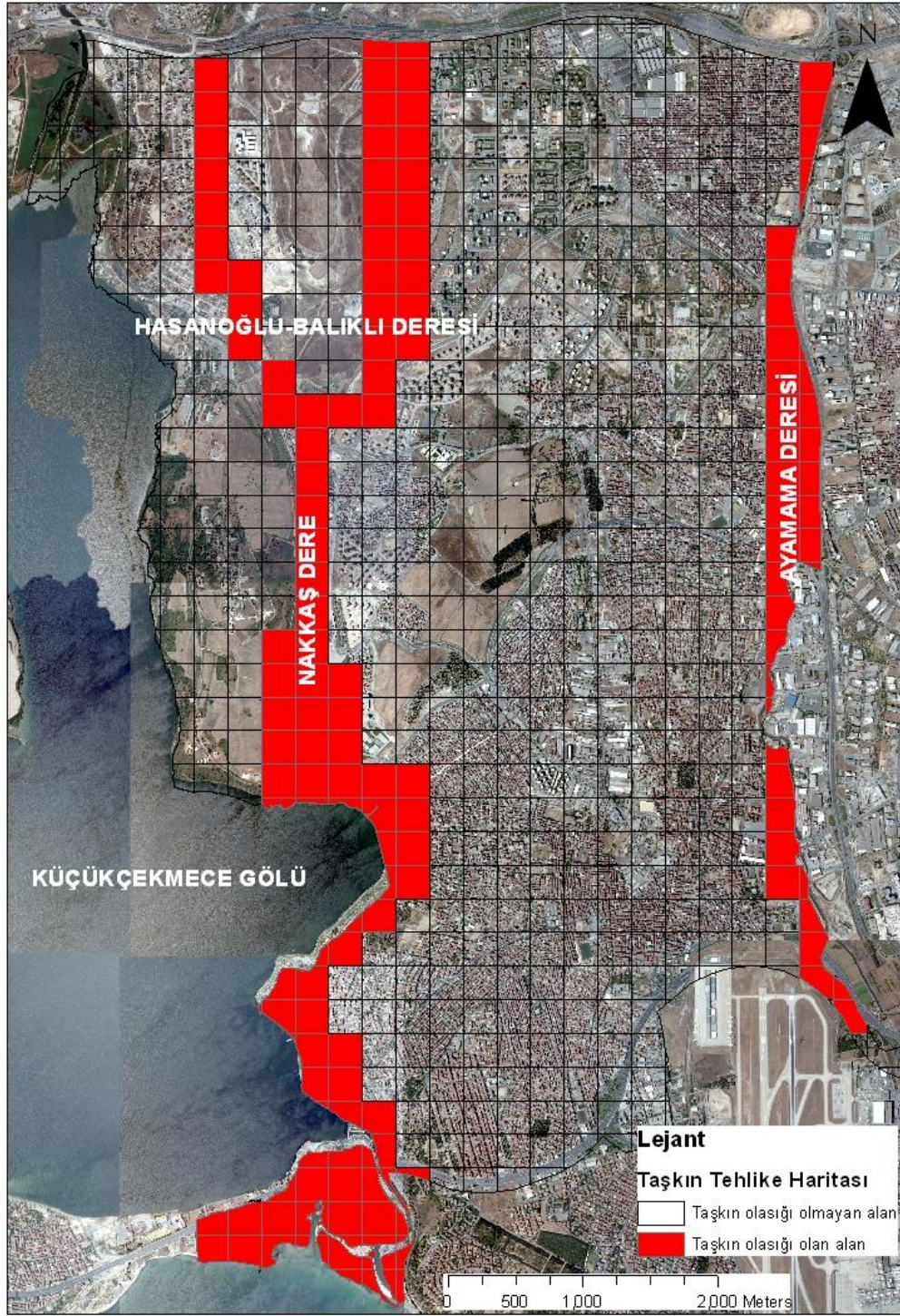
Ülkemizde taşkın, depremlerden sonra en büyük can ve mal kaybına neden olan doğal afetlerdir. Taşkınlar su basmasıyla birlikte çamur ve diğer kalıntılarında akması sağlayan tahrip gücü yüksek doğal afetlerdir. İstanbul'un hızla artan nüfusunun bir sonucu olan plansız yerleşimler ve yetersiz altyapı taşkın afetinin sonucunun can ve mal kaybıyla sonuçlanmasına neden olmaktadır. İnceleme alanında 2009 yılında mevsim normallerinin çok üstünde yağışın düşmesiyle İkitelli Basın Ekspres Yolu Ayamama Deresi taşmış birçok kişinin yaşamını yitirmesinin yanında ve yüzlerce işyeri ve aracın su altında kalmıştır (Şekil 4.12).

Taşkın tehlikesinin bulunduğu alanların gerek çevreye verdikleri zarar, gerekse mühendislik yapılarına olan olumsuz etkileri göz önüne alınarak yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılması gerekli doğal afet parametrelerinden biri olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında taşkın tehlikesi altında bulunan alanlar Nakkaşdere ve Ayamama deresinin bulunmuş koruma kuşakları ile Küçükçekmece Gölü'nün batısında sahil şeridini boyunca alüvyon ile yapay dolgu kaplı alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.12 : Ayamama deresi sel felaketi (kaynak:www.hurriyet.com.tr).



Şekil 4.13 : İnceleme alanı taşkın tehlike haritası.

4.6 Jeolojik Birimlerin Mühendislik Özellikleri

İnceleme alanında haritalanan zemin/kaya birimlerinin yapı temeli olabilme özelliklerini araştırmak amacıyla daha önce açılan ve bu çalışma sırasında yapılan zemin etütleri kapsamındaki sondaj kuyu verilerinden yararlanılmıştır. Her bir sondaj verisinden elde edilen değer formasyon bazında derlenerek jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir.

İnceleme alanında yaygın olarak killi zeminler ile yer yer de kumlu arakatmanlar bulunduğundan dolayı plastisite özelliklerine (Çizelge 4.8) ve SPT-N₃₀ değerlerine göre bir değerlendirme yapılmıştır. Kaya ortamlarda ise karot yüzdesi ve RQD değerleri esas alınmıştır.

Çizelge 4.8 : Zeminlerin plastisite değerlerine göre sınıflandırılması.

Burmister,1951

Plastisite İndisi PI(%)	Plastisite Derecesi	Tanım
0	Plastik değil	Silt
1-5	Önemsiz derecede plastisiteli	Killi silt
5-10	Düşük plastisiteli	Silt ve kil
10-20	Orta plastisiteli	Kil ve silt
20-40	Yüksek Plastisiteli	Siltli kil
>40	Çok yüksek plastisiteli	Kil

Leonars,1962

Plastisite İndisi PI(%)	Plastisite Derecesi	Kuru Dayanım
0-5	Plastik değil	Çok düşük
5-15	Az plastik	Düşük
15-40	Plastik	Orta
>40	Çok Plastik	Yüksek

4.6.1. Soğucak formasyonu

Soğucak formasyonu, beyaz, krem renkli olup, sıkı tutturulmuş oldukça sert ve dayanımlı, genellikle orta ve kalın katmanlı masif görünüşlü, sert-sıkı kaya özelliği taşıyan resifal kireçtaşıdır. Birimin Küçükçekmece Gölünün doğusunda 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 arasındadır.

4.6.2. Ceylan formasyonu

Ceylan formasyonunun taze yüzeyleri gri, koyu gri beyaz,sarımsız beyaz renklerde bulunur. Birim sert kaya özelliği göstermekte olup, yüksek karot verimi alınan sert kaya özelliğindedir. Ceylan formasyonunun karot yüzdesi %50-100 ,RQD değeri ise %50-80 arasındadır.

Ortama tabi birim hacim ağırlığı γ_n :2,40 gr/cm³, dane birim hacim ağırlığı γ_s 2,45-2,75 gr/cm³, kohezyon $C \leq 100$ kpa, içsel sürtünme açısı Φ :200 aralığında değişmektedir (İBB, 2005). Killi numunelerde serbest basınç dirençleri 8-10 kg/cm² civarında olup kil içermeyen resifal kireçtaşlarında maksimum 1200 kg/cm² kadar yükselmektedir.

4.6.3. Gürpınar formasyonu

Gürpınar formasyonun ana litolojisi grimsi yeşil renkli aşırı konsolide killerden oluşmaktadır.

İstif, tabanda killi kum – çakıl düzeyi ile başlar. Kum, çakıl, siltten oluşan bu düzeylerin, bağlayıcı hamuru sarımsı kahverengi kil olup, iri taneleri düzensiz, kötü boylanmış yuvarlak, az yuvarlaktır. Tabanda yer alan çakıl-kum düzeylerinin hemen üst seviyelerinde zayıf çimentolu kilaşı ve siltaşları yer almaktadır. İstif daha üstte ise aşırı konsolide yeşil, kahverengi, kahverengimsi yeşil renkli kolay dağılan laminalı, ince orta tabakalı, fissürlü killerden oluşup, arada silt, çapraz tabakalı merceksel kum ve yer yer ince marn kömür bantları içerir. Serbest basınç dayanımı genellikle q_u :1.7-4 kg/cm² değerleri arasındadır. (İBB, 2005).

Gürpınar killerinin Standart Penetrasyon Testleri sonucunda N_{30} değerlerinin 30-50 arasında değişmektedir. N_{30} değerinin genelde >50 olduğu kesimler sert kil ve aşırı konsolidasyon göstergesi görülmektedir.

Gürpınar formasyonunun killi seviyelerinden alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda

Doğal su muhtevası (%) : 20-40 (ortalama %27)

Likit Limit (%) : 22,6- 106,2 (ortalama %55,6)

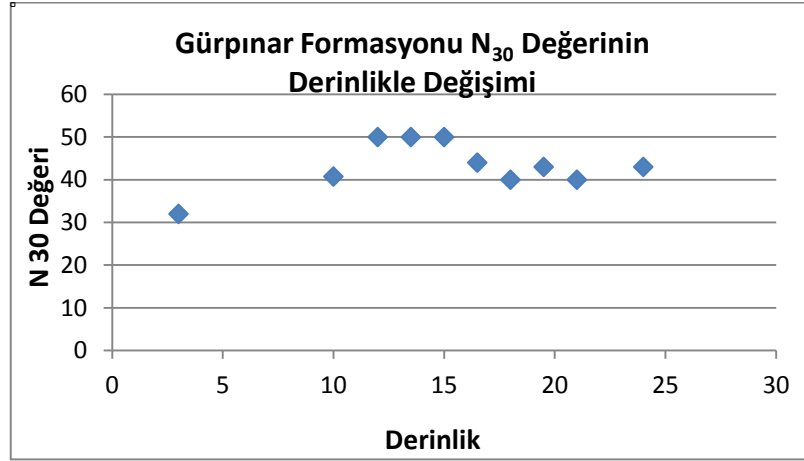
Plastik Limit(%) : 10- 40 (ortalama %16)

Plastisite İndeksi(%) : 10-70 (ortalama %40)

Gürpınar formasyonuna ait plastisite indisi değerleri %10-70 arasında değişen değerlerin ortalamasının % 40 olduğu gözlenmiştir. Burmister (1951) sınıflaması esas alındığında plastisite derecesi “yüksek plastisiteli” siltli kil, Leonards (1962) sınıflaması esas alındığında “plastik” olarak tanımlanmaktadır.

Formasyondan alınan çeşitli örnekler üzerinde yapılan elek analizi sonuçları “Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına” göre değerlendirildiğinde, Gürpınar formasyonunun ana içeriğinin Kil & Silt olduğu (% 75), kum içeriğinin ise daha az (% 23) olduğu görülmüştür.

İnceleme alanında Küçükçekmece Gölü boyunca farklı noktalarda açılmış sondaj kuyularında Gürpınar formasyonuna ait N_{30} değerlerinin $N_{30} > 30$ değerlerle “sıkı” artan derinlikle “çok sıkı” değerlere ulaştığı görülmektedir (Şekil 4.14)



Şekil 4.14 : Gürpınar Formasyonda SPT- N_{30} değerinin derinlikle değişimi.

4.6.4. Çukurçeşme formasyonu

İnceleme alanı sınırlarında ortalama 15-20 m kalınlık gösteren çakıl-kum seviyelerini içeren yanal ve düşey yönde devamlılığı olmayan killi-siltli seviyeler içermektedir. Formasyon, esas olarak çimentosuz veya gevşek çimentolu kum ve çakıl seviyeleri ile temsil edilmektedir. Arada seyrek kil ve silt bantları görülmüştür. Çukurçeşme Formasyonu’ nun inceleme alanındaki kum mercceklerinin indeks özellikleri:

Doğal Birim Ağırlığı γ_n : 1.7-2gr/cm³

Dane Birim Hacim Ağırlığı γ_s : 2.63-2.65gr/cm³

Kuru Birim Hacim Ağırlığı γ_k : 1.50-1.75gr/cm³

Doğal su muhtevası (%) : 10-40 (ortalama % 17,11)

Likit Limit (%) : 30-90 (ortalama % 52)

Plastik Limit(%) : 10- 20 (ortalama % 13)

Plastisite İndeksi(%) : 20-70 (ortalama % 39)

Çukurçeşme formasyonuna ait plastisite indisi değerleri %20-70 arasında değişen değerlerin ortalamasının % 39 olduğu gözlenmiştir. Burmister (1951) sınıflaması esas alındığında plastisite derecesi “yüksek plstisiteli”siltli kil, Leonards (1962) sınıflaması esas alındığında plstisite derecesi “ plastik” olarak tanımlanmaktadır.

İnceleme alanında alınan çeşitli örnekler üzerinde yapılan elek analizi sonuçları Kil &Silt (% 47,92) oranı ile Kum (% 47,10) oranının birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre SC olarak sınıflandırılmaktadır.,

İnceleme alanında açılmış sondaj kuyularında Çukurçeşme Formasyonunda yapılmış olan Standart Penetrasyon Test sonuçlarında SPT-N₃₀ >50 değeri hakimdir.

4.6.5. Güngören formasyonu

Güngören formasyonunun tipik yüzeylenmeleri Halkalı-İkitelli yerleşim alanlarında görülmektedir. Katı-sert zemin karakterinde, siyah-koyu gri yüksek organik içerikli bataklık ortamı ürünü olan ve şişme özelliği gösteren, yüksek plastisiteli (CH) killerin indeks özellikleri aşağıdaki gibidir.

Doğal su muhtevası (%) : 10-60 (ortalama % 27,8)

Likit Limit (%) : 20-115 (ortalama % 61,78)

Plastik Limit(%) : 10-35 (ortalama % 16,17)

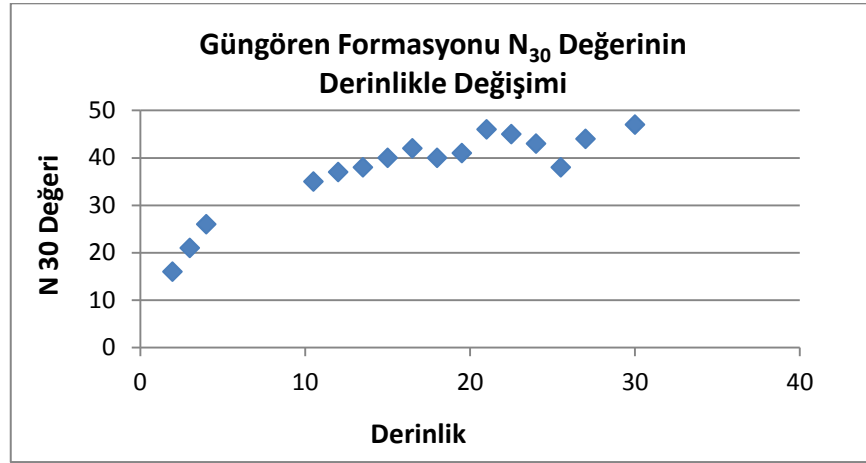
Plastisite İndeksi(%) : 20-95 (ortalama % 45,61)

Güngören formasyonuna ait plastisite indisi değerleri %20-95 arasında değişen değerlerin ortalamasının % 45,60 olduğu gözlenmiştir. Burmister (1951) sınıflaması

esas alındığında plastisite derecesi “çok yüksek plastisiteli” kil, Leonards (1962) sınıflaması esas alındığında plastisite derecesi “çok plastik” olarak tanımlanmaktadır.

Formasyondan alınan çeşitli örnekler üzerinde yapılan elek analizi Güngören formasyonunun ana içeriğinin Kil & Silt olduğu (% 81,82), kum içeriğinin ise oldukça az (% 14,76) olduğu görülmüştür. Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre değerlendirildiğinde zeminler CL/CH grubunda olduğu görülmektedir

İnceleme alanında açılmış sondaj kuyularında Güngören formasyonunda yapılmış olan Standart Penetrasyon Test sonuçlarında sığ derinliklerde $N_{30} = (< 30)$ değerlerinde olduğu, derinlik arttıkça $N_{30} = (>50)$ değerinin hakim olduğu görülmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 : Güngören Formasyonun SPT- N_{30} değerinin derinlikle değişimi.

4.6.6. Bakırköy formasyonu

Bakırköy formasyonunun ana litolojisi gölsel ortamda çökelmiş, kirli beyaz – krem renkli, yatay katmanlı genellikle yeşil kil ara tabakalı, orta – yüksek dayanımlı, Maktra’lı kireçtaşları ile zayıf – orta dayanımlı marnlardır. Üst seviyelerde yer alan ve Üst Miyosen yaşlı bu litolojiler bazen kalınlıkları 15m – 20m arasında değişen kil tabakaları ile birkaç düzeyde aralanmalı olabilmektedir. (Demir,2006)

Doğal su muhtevası (%) : 10-44 (ortalama % 23,36)

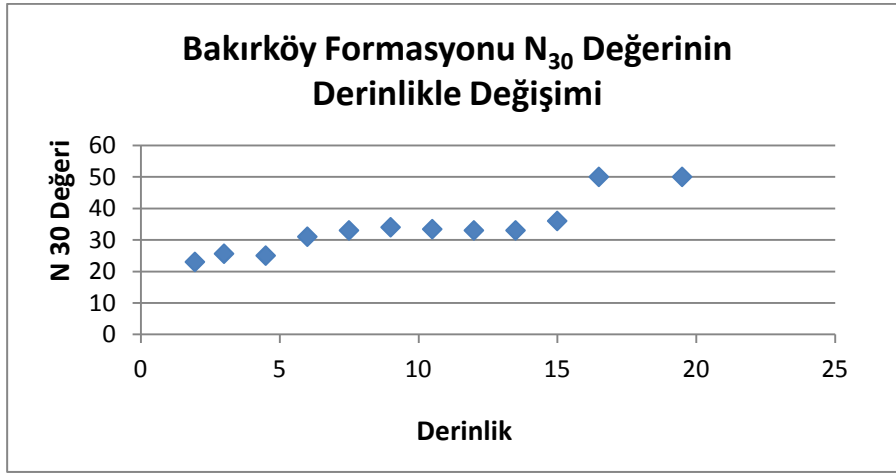
Likit Limit (%) : 20-90 (ortalama % 47,06)

Plastik Limit(%) : 8-25 (ortalama % 15,71)

Plastisite İndeksi(%) : 10-80 (ortalama % 31,35)

Bakırköy formasyonuna ait plastisite indisi değerleri %10-80 arasında değişen değerlerin ortalamasının % 31,35 olduğu gözlenmiştir. Burmister (1951) sınıflaması esas alındığında plastisite derecesi “yüksek plstisiteli” Sitli kil, Leonards (1962) sınıflaması esas alındığında plstisite derecesi “plastik” olarak tanımlanmaktadır.

İnceleme alanında açılmış sondaj kuyularında Bakırköy formasyonunda yapılmış olan Standart Penetrasyon Test sonuçlarında sığ derinliklerde ortalama $N_{30}=30$ değerlerinde olduğu, 15m’den itibaren $N_{30} > 50$ değerinin hakim olduğu görülmektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 : Bakırköy Formasyonun SPT- N_{30} değerinin derinlikle değişimi.

4.6.7. Alüvyon

İnceleme alanı içerisinde Soğuksu Deresi ve Ayamama Deresi çevresinde görülen, çakıl, kum, silt ve kil gibi ayrık malzemelerden oluşan alüvyonun kalınlığı genellikle 10m’yi aşmamaktadır. Tüm yaşlı birimleri açılı uyumsuzlukla örten alüvyal çökeller yer yer bitkisel ya da yapay dolgularla örtülmektedir.

Doğal su muhtevası (%) : 12-70 (ortalama % 33)

Likit Limit (%) : 24-65 (ortalama % 47)

Plastik Limit(%) : 8-27 (ortalama % 14)

Plastisite İndeksi(%) : 11-56 (ortalama % 33)

4.7 Arazi Deneyleri

4.7.1. Standart penetrasyon testi (SPT)

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) dinamik bir penetrasyon deneyi olup, zemin incelemelerinde en sık kullanılan ve en eski arazi deneylerinden biridir. SPT oldukça kapsamlı şekilde Kuzey ve Güney Amerika, Büyük Britanya ve Japonya'da kullanılmaktadır. Kuzey Amerika'da SPT zemin incelemelerinin anahtar taşı olmuş ve olmaya da devam etmektedir (Horn, 1979). Mori (1979)'a göre Japonya'da ön inceleme aşamasında sondajların % 90 dan fazlası SPT ile birlikte yapılmaktadır. Bu deney Türkiye'de ve bir çok ülkede en fazla tercih edilen deneydir (Durgunoğlu ve Toğrol, 1974). Türkiye'de SPT hemen hemen her zemin inceleme programının ana kısımlarından biri olarak değerlendirilmektedir. (Sivrikaya vd.2005)

SPT deneyi; sondaj sırasında birbirine vidalanmış standart tijlerin ucuna takılan konik uçlu bir borunun standart bir enerji uygulanarak zemine çakılması sırasında, zeminin gösterdiği direncin ölçülmesi esasına dayanır. Standart penetrasyon direnci, kısaca SPT sayısı ağırlığındaki bir tokmağın 76 cm yükseklikten düşürülerek ilk 15 cm'den sonra, kaşığın zemine 30 cm çakılması için gerekli vuruş sayısıdır. Deneyin genel olarak her 1.5 m'de bir yapılarak, SPT'den elde edilen sonuçlar (SPT-N) olarak gösterilir. Bu deney, yumuşak killer ve gevşek kumlardan çok sert killer ve sıkı kumlara kadar çeşitli zemin türlerinde uygulanabilmektedir.

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), zemin mukavemet ve yoğunluğunu değerlendirmek ve örselenmiş örnek almak amacıyla sondaj kuyusu içerisinde (insitu) yapılan bir dinamik sondaj deneyidir. Pratikte çok sık kullanılan bu deneyin temel prensibi, zemin tabakalarında penetrometrenin karşılaştığı mukavemetten yola çıkılarak zeminin birim hacim ağırlığının ve dolayısıyla yaklaşık mukavemetinin belirlenmesidir. (İnalkaç, 2011)

SPT-Narazi deney sonuçlarına göre koheziv zeminlerin kıvam durumları ile serbest basınç dayanımı değerleri arasında bir ilişki kurmak mümkündür. İlk kez 1948 yılında Terzaghi ve Peck tarafından tanımlanan bu ilişki, daha sonraları bazı araştırmacılar tarafından değiştirilse de temelde aynı kalmıştır. Das (1998), bu Das (1998), bu ilişkiyi Çizelge 4.9'daki gibi tanımlamıştır. Terzaghi ve Peck (1948), SPT-Narazi ile relatif sıklık arasındaki ilişkiyi Çizelge 4.10'daki gibi vermiştir.

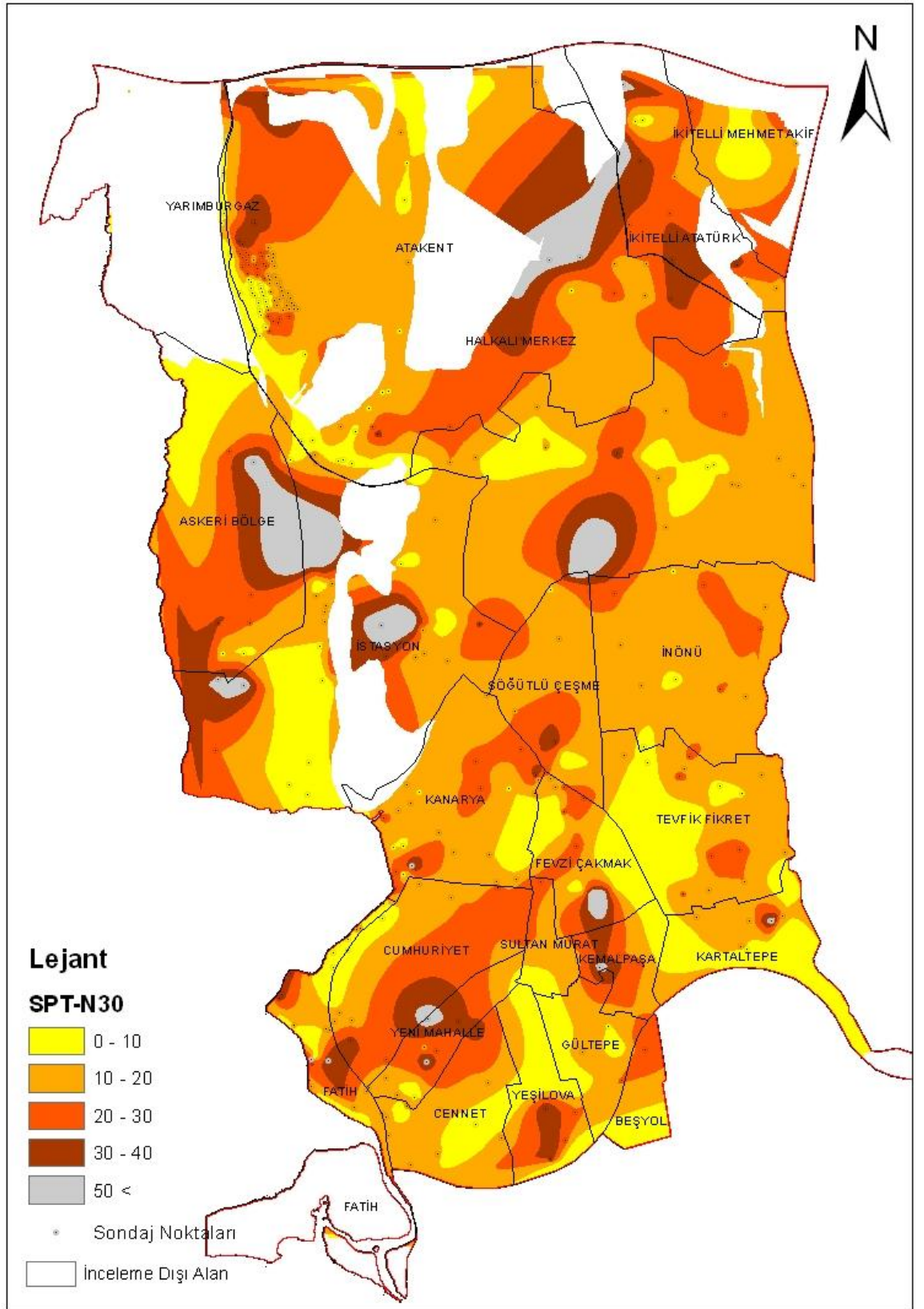
Çizelge 4.9 : Killer için SPT-N₃₀ arazi, serbest basınç direnci ve kıvamlılık ilişkisi (Das,1998).

SPT-N (darbe/30 cm)	Serbest basınç direnci (qu)(kg/cm ²)	Kıvam durumu
0-2	0-0.25	Çok yumuşak
2-4	0.25-0.50	Yumuşak
4-8	0.50-1.00	Orta katı
8-16	1.00-2.00	Katı
16-32	2.00-4.00	Çok Katı
>32	>4.00	Sert

Çizelge 4.10 : Daneli (kohezyonsuz) zeminlerin SPT-N arazi ile Relatif Sıklık ilişkisi (Terzaghi ve Peck, 1948).

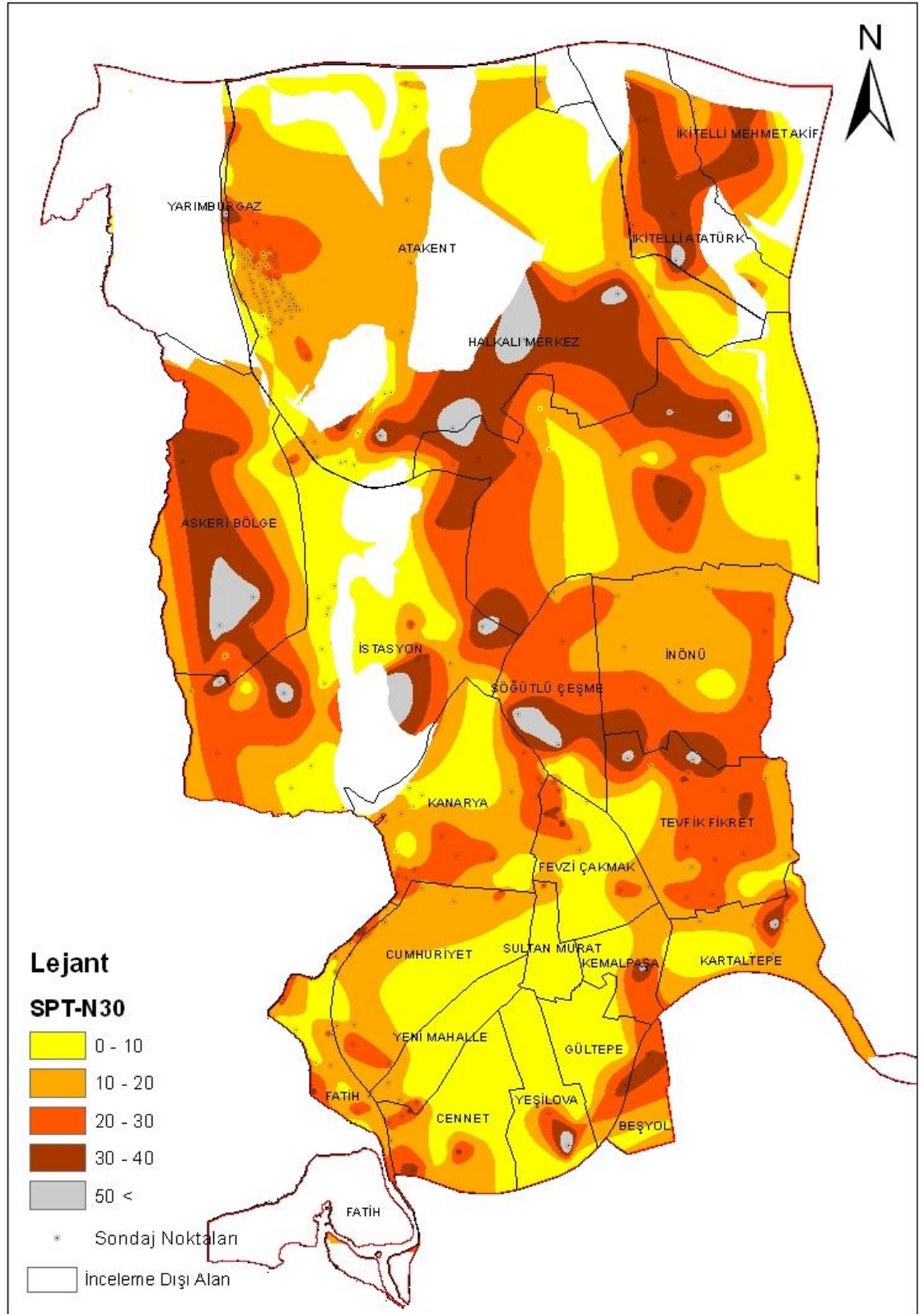
SPT-N (darbe/30 cm)	Relatif Sıklık	Kuru Birim HacimAğırlık (kN/m3)	İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)
0-4	Çok gevşek	<14	<30
4-10	Gevşek	14-16	30-32
10-30	Orta sıkı	16-18	32-35
30-50	Sıkı	18-20	35-38
>50	Çok sıkı	>20	>38

Küçükçekmece İlçesinde yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen SPT-N₃₀ değerlerinden SPT-N₃₀ darbe sayısını içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Sondaj kuyularında yapılan SPT değerlerinden elde edilen N₃₀ arazi değerlerinde diğer verilerle daha rahat karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla herhangi bir düzeltme yapılmamış olup, Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla SPT-N₃₀ değerlerine göre Küçükçekmece ilçesinde 3 m, 6 m, 9 m ve 12 m derinliklere ait zonlama haritaları yapılmıştır. Ancak 9 m ve 12 m için inceleme alanını temsil eden yeterli sondaj verisi bulunmadığından, hazırlanan SPT-N₃₀ zonlama haritalarına yer verilmemiştir. Hazırlanan haritalarda koyu sarı ve turuncu renkli gösterilen taneli zeminlerin hakim olduğu aynı zamanda SPT-N₃₀≤30 değeri; orta sıkı, gevşek ve çok gevşek zeminleri gösterir. Harita üzerinde sarı renkli gösterilen ve SPT-N₃₀≤10 olan bölgeler, taşıma gücü ve zemin sıvılaşması açısından sorunlu olabilecek bölgeleri göstermektedir. SPT-N₃₀≤8 değerindeki bölgeler, çok yumuşak-orta katı kıvamdaki zeminleri ifade eder (qu<2.0 kg/cm²).



Şekil 4.17 : 3 m derinlik için SPT-N₃₀ zonlama haritası.

Küçükçekmece İlçesinde alüvyon sahalarının bulunduğu alanlarda SPT-N₃₀ değerleri 10-20 arasında değişirken yoğun toplu konut projelerinin bulunduğu Atakent mahallesinde Ceylan formasyonunun marnlı kireçtaşı seviyelerinde ve Halkalı Merkez mahallesinde Bakırköy formasyonunun yüzeylendiği alanlarda SPT-N₃₀ değeri 20 ve üstü değerleri ile katı kıvamlıdır (Şekil 4.17).



Şekil 4.18 : 6 m derinlik için SPT-N zonlama haritası.

6 m derinlikteki SPT-N₃₀ değerlerinde derinliğin artmasıyla birlikte göreceli bir azalma söz konusudur. Bakırköy formasyonunun bulunduğu Kkekemece E-5 karayolu hattında SPT-N₃₀ değerlerinde düşüş gözlenmektedir. İnceleme alanının kuzeyinde İkitelli bölgesinde Soğucak formasyonu kireçtaşları üzerinde Çukurçeşme formasyonunun seyrek kil bantleri ve sık sık çakıl seviyelerinin orta sıklıkta olduğu görülmektedir (şekil 4.18).

5. YERLEŞİM UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin genel amacı çoklu seçim kriterleri ve farklı kriter önceliklerinin varlığında olanaklı birçok seçenek arasından “en iyi” seçeneğin seçilmesinde karar vericiye yardım sağlamaktır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); jeoreferanslandırılmış sayısal haritaların düzenlenebilmesiyle mekânsal verinin depolanması, yönetilmesi, görüntülenmesi ve modellenmesi için mekânsal analiz modülleri sunmaktadır. Mekansal değişkenlerin kombinasyonlarını ve istatistiksel yorumlanmalarını içeren hesaplamalarda sayısal özelliği ve esnek bir yapıya sahip olması dolayısıyla CBS, bölgesel planlama ve afet yönetimi gibi birçok alanda yer seçim sürecinin tanımlanması, izlenmesi, değerlendirilmesi ve optimizasyonu gibi mekansal veri analizlerini içeren bir çok uygulama alanında kullanılmaktadır (Sadek ve dig., 2005).

Yerleşim alanlarının planlamasında verilerin bilgisayar teknolojileri kullanılarak geliştirilmesi sadece daha hızlı sonuca ulaşılmasını sağlamaz, aynı zamanda analiz ve farklı senaryoları değerlendirebilme imkânı da sunarak, karar vericiler için önemli bir karar destek aracı olarak da yarar sağlamaktadır. CBS konumsal sorgulama, konumsal analiz, karar-verme analizleri, sayısal veri analizleri, model analizleri, görüntüleme ve akıllı harita fonksiyonları ile karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülmesinde verimli bir şekilde kullanılmaktadır (Sadek ve dig., 2001; Lunkapis ve dig., 2002; Nas ve Berkay, 2002).

Bu çalışma kapsamında, çok kriterli karar verme yöntemlerinden ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile inceleme alanında yerleşime uygunluk durumunun değerlendirilmesi yapılmıştır.

5.1 Ağırlıklı Çakıştırma Yöntemi

İnceleme alanın yapılaşma ve yerleşime uygunluk analizlerinin yapılabilmesi için; öncelikle yerleşime uygunluğu yönlendiren etki faktörleri belirlenmiştir. Bu etki

faktörleri; kütle hareketleri, sıvılaşma, taşkın, eğim, yeraltı suyu derinliği, 6 m temel derinliğinde zeminlerin SPT-N₃₀ değerleridir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığıyla yerleşime uygunluğu yönlendiren etki faktörlerinin birbirlerini etkileme derecelerine göre ağırlık katsayıları belirlenmiş ve üst üste çakıştırılması ile alana ilişkin yerleşim açısından uygun alanlar, yerleşim açısından önlemleri alanlar ve yerleşim açısından uygun olmayan alanlar sınıflandırılmıştır.

Hudson (1992) tarafından geliştirilen matris sisteminde alınacak kararın birden fazla parametreye bağlı olması ve bu parametreler arasındaki ilişkinin irdelenmesinde karar vericilerin tecrübelerinde değerlendirilmesinden dolayı son kararın başarılı olma durumu güçlenmektedir.

Bu yöntemde matrisin diyagonal hücrelerine karar için etkili olacağı düşünülen parametreler, yatay ve düşey hücrelerine ise karar vericinin tecrübelerine dayanarak verdiği ağırlık katsayıları yerleştirilir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 : 4 parametreden oluşan karar matrisi

P1	2	1	3
4	P2	0	2
0	1	P3	4
1	1	2	P4

Matris sisteminin boyutu karar vericinin seçtiği parametre sayısına göre geliştirilebilmektedir. Karar matrisinin temeli alınacak kararı etkileyen parametrelerden önemli olanlarının bulunup, alınacak karar üzerindeki etkilerinin ve tepkilerinin belirlenmesine dayanmaktadır (Şekil 5.2). Bu etki ve tepki ifadeleri Hudson tarafından verilen bir ağırlık katsayılarına göre yapılmaktadır (Şekil 5.3). Karar matrisini oluşturan etki- tepki derecesini gösteren ağırlık katsayılarının verilmesinde bölge hakkında detaylı bilgi sahibi olma ve konu hakkında uzman olmakta değerlendirmede önemli bir etmendir.

Çizelge 5.2 : Hudson tarafından verilen ağırlık katsayıları

İki Paremetre Arasında Etki-Tepki ilişkisi	Ağırlık Değeri
Yok	0
Çok Az	1
Orta	2
Kuvvetli	3
Kritik (Çok Kuvvetli)	4

Çizelge 5.3 : Karar matrisinin yapısı Hudson (1991)

P1	P1'in P2 üzerine etkisi 2	1	3	1. Satır Toplam Puan:6
P2'nin P1 üzerine tepkisi 4	P2	0	2	2. Satır Toplam Puan:6
0	1	P3	4	3. Satır Toplam Puan:5
P4'ün P1 üzerine tepkisi 1	1	2	P4	4. Satır Toplam Puan:4
1. SütunToplam Puan:5	2.SütunToplam Puan:4	3. SütunToplam Puan:3	4.SütunToplam Puan:9	

Etki-tepki kodlama işlemini takiben matris genelinde her bir satır ve sütunda bulunan ağırlık katsayılarının toplamı hesaplanmaktadır. Sonuçta elde edilen toplam etki ve toplam tepki değerleri kendi aralarında toplanıp ortalamaları alınırsa etki-tepki grafiğinin ortalama değerlerinden oluşan P noktası bulunur. Hesaplanan P noktası P(Etki,Tepki) olarak tariflenir. Ortalama değer grafikte ne kadar sağ üst köşeye yakın ise (maksimum etki ve tepki) sistem elemanları arasındaki göreceli ilişkilerin seviyesi o derece kritik ve önemlidir (Yıldırım v.d.,

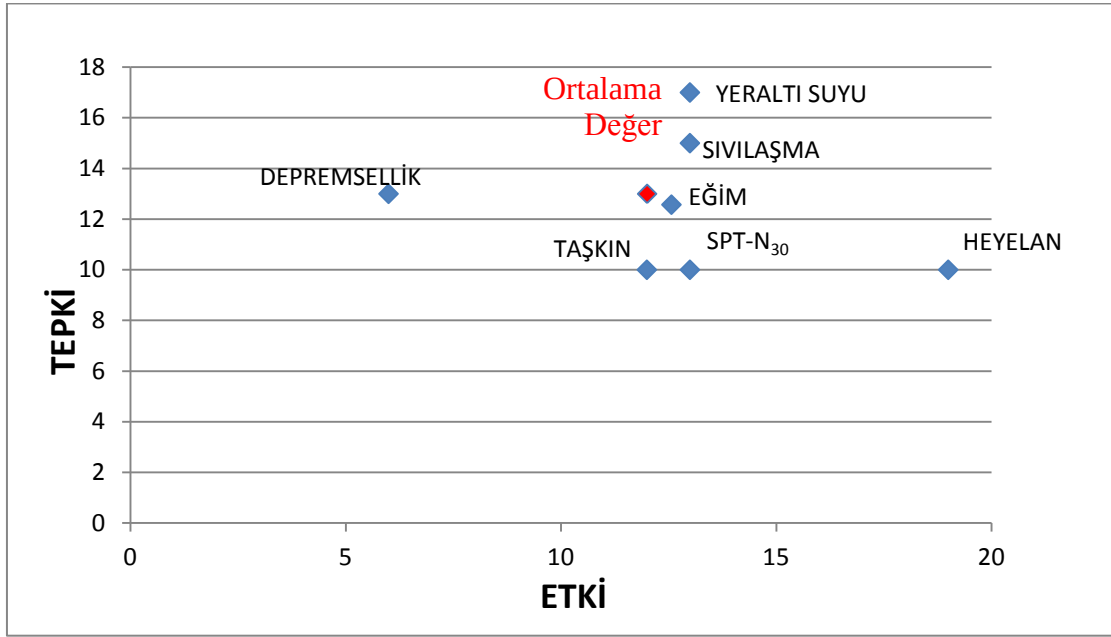
1994, Yıldırım,1995).

İnceleme Alanında Ağırlıklı Çakıştırma Yönteminin Uygulamasında yerleşime uygunluk kriterlerini yönlendiren parametrelerden Heyelan, Sıvılaşma, Taşkın, Eğim, Yeraltı suyu, zemin özelliklerinin ortaya konmasında SPT N_{30} değerleri ve depremsellik (yerel zemin sınıfları) etki paremetresi olarak belirlenmiştir (Şekil 5.4).

Çizelge 5.4 : İnceleme alanının karar matrisi.

							Etki Toplamları		
	HEYELAN	0	3	2	2	2	1	10	
	3	SIVILAŞMA	1	2	3	3	1	13	
	2	1	TAŞKIN	4	3	0	0	10	
	4	2	3	EĞİM	3	2	1	15	
	3	4	3	2	YERALTI SUYU YÜZEYDEN DERİNLİK		3	2	17
	3	2	0	2	2	SPT-N ₃₀	1	10	
	4	3	2	1	0	3	DEPREMSELLİK (Yerel Zemin Sınıfı)		13
Tepki Toplamları	19	12	12	13	13	13	6		

5.2 Karar Matrisinin Etki-Tepki Grafiği



Şekil 5.1 : Değişkenlerin etkileme ve etkilenmesine ilişkin değerlendirme grafiği.

Şekil 5.1’de inceleme alanındaki yerleşime uygunluk parametrelerinin en önemli etmenlerinin Heyelan ve Yeraltı suyudur. Taşkın, SPT-N₃₀, Eğim, Sıvılaşma gibi etmenler yerleşime uygunluk durumuna katkıda bulunurken diğer etmenlerden de etkilenmektedirler. Sonuç olarak depremsellik diğer etmenlerin hazırlayıp potansiyel hale getirdiği ve hareketi tetikleyen etmen olarak ortaya çıkmaktadır.

İnceleme alanının bütünü için yerleşime uygunluğun irdelenmesinde etkili olan parametreler belirlendikten sonra karar matrisinin etki toplamalarının sayısal değerlerinden yararlanılarak bunların denge bozulmalarının oluşumundaki etki ağırlıkları saptanır.

Etki ağırlıkları belirlenirken, en etkili parametrenin etki ağırlığı 1 kabul edilir. Diğer parametrelerinki ise bulundukları satırdaki sayısal toplamaların, en etkili parametrenin bulunduğu satırdaki toplam değere bölünmesi ile hesaplanır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 : Parametrelerin etki ağırlığının hesaplanması.

Parametreler	N+E	N-E	Etki Ağırlığı
HEYELAN	29	-9	0,97
SIVILAŞMA	25	1	0,83
TAŞKIN	22	-2	0,73
EĞİM	28	2	0,93
YERALTI SUYU	30	4	1,00
SPT N30	23	-3	0,77
DEPREMSELLİK	19	7	0,63

İnceleme alanının yerleşime uygunluğunda etkili olan parametreler ve etki ağırlıkları belirlendikten sonra inceleme alanı 250x250m’lik hücreler şeklinde bölünerek her bir hücreye denk gelen parametre sıfır değerinin en uygun durumu temsil ettiği biçimde giderek artarak değerlendirilmiştir. Alanı temsil eden her bir parametre kendi içinde farklı riskli sayılarında gruplandığı için bu değerlerin birbirlerine orantılanmasında dengeleme çarpanları kullanılmıştır. Dengeleme çarpanları bulunurken risk parametrelerinden en fazla sayıda gruplanan parametrenin sayısı 1 kabul edilir ve diğer parametrelerin dengeleme çarpanları bir olarak kabul edilen sayıya bölünerek elde edilir (Çizelge 5.6) .

Çizelge 5.6 : Dengeleme Çarpanları.

Parametreler	Dengeleme Çarpanı
Heyelan	2
SIVILAŞMA	2
TAŞKIN	6
EĞİM	1
YERALTI SUYU	1,5
SPT N ₃₀	1,5
Depremsellik	2

5.3 Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesinde Kullanılan Kriterler Katmanlarının Hazırlanması

İnceleme alanında yerleşime uygunluk analizini yönlendiren parametrelerin belirlenmesinden sonra bu parametrelere bağlı olarak risk faktörlerini içeren tehlike sınıfları oluşturulmuştur.

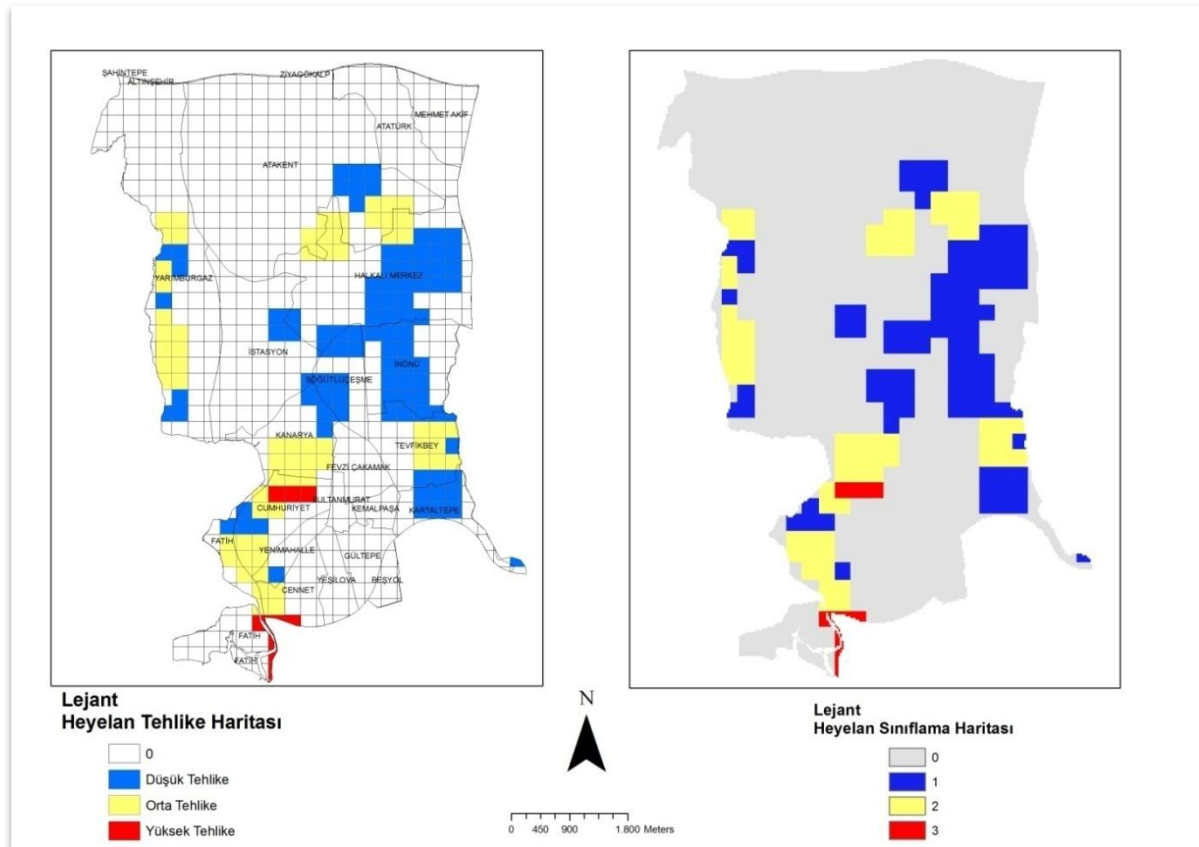
5.3.1. Heyelan

İBB (2007) tarafından hazırlanan heyelan tehlike haritasında heyelan tehlikesi açısından duraylı alanlar 0, düşük ve orta riskli alanlar 1, çok riskli ve heyelan tehlikesi açısından potansiyel alanlar 2 ve heyelan tehlikesi açısından aktif olduğu tespit edilen alanlar 3 puanla değerlendirilmiştir (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 : . Heyelan sayısal kodlama değerleri.

Heyelan

Duraylı	Düşük ve Orta Riskli	Çok Riskli	Aktif
0	1	2	3



Yapılan değerlendirme sonucunda heyelan tehlike haritası ve oluşturulan heyelan sınıflama haritası Şekil 5.2’de sunulmaktadır.

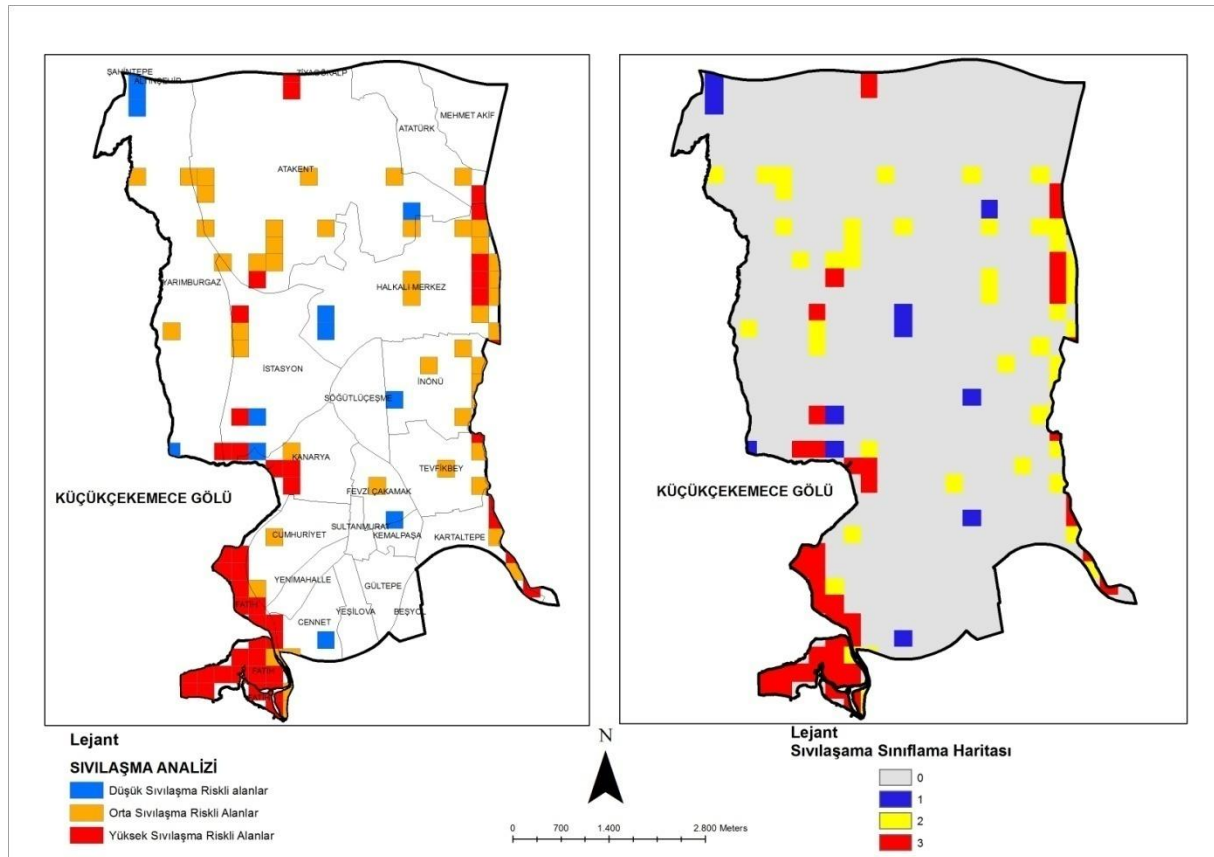
5.3.2. Sıvılaşma

İBB (2007) tarafından hazırlanan sıvılaşma potansiyeli haritası 4 tehlike sınıfına ayrılarak; sıvılaşma olasılığı olmayan alanlar 0, Sıvılaşma olasılığı az olan alanlar 1, Sıvılaşma olasılığı orta olan alanlar 2 ve Sıvılaşma olasılığı yüksek olan alanlar 3 puanla değerlendirilmiştir (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8 : Sıvılaşma tehlikesine atanan ağırlık değerleri.

Sıvılaşma

Sıvılaşma Olasılığı yok	Sıvılaşma Olasılığı Az	Sıvılaşma Olasılığı Orta	Sıvılaşma Olasılığı Çok
0	1	2	3



Şekil 5.3 : Sıvılaşma tehlike haritası ve sınıflama katmanı.

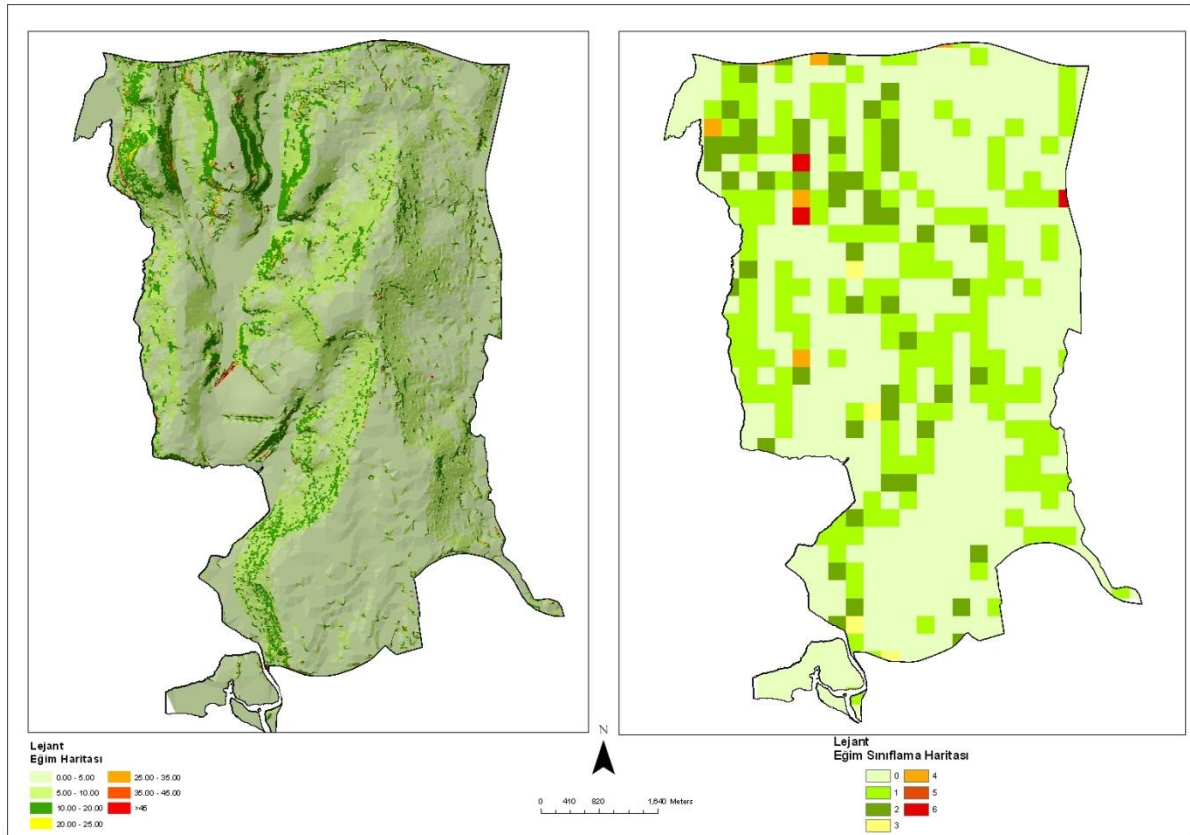
Yapılan değerlendirme sonucunda sivilaşma tehlike haritası ve oluşturulan sivilaşma sınıflama haritası Şekil 5.3’de sunulmaktadır. İnceleme alanında sivilaşma tehlikesi açısından yüksek risk içeren bölgelerin Küçükçekmece Gölü kıyısında yoğunlaştığı görülmektedir.

5.3.3. Eğim

Sayısal yükseklik modeli kullanılarak oluşturulan eğim analizinin sınıflandırılmasında katmanlar 6 sınıfa ayrılmış olup düz-çok az eğimli alanlar 0, az eğimli alanlar 1, orta eğimli alanlar 2, Çok eğimli alanlar 3, Oldukça Sarp alanlar 4, Sarp alanlar 5, Çok Sarp alanlar 6 puanla değerlendirilmiştir (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9 : Sınıflandırılan eğim derecelerine atanan ağırlık değerleri.

Eğim:						
Düz-Çok az eğimli (0° -5°)	Az eğimli (5°-10°)	Orta eğimli (10°-20°)	Çok eğimli (20°-25°)	Oldukça Sarp (25°-35°)	Sarp (35°-45°)	Çok Sarp (>45°)
0	1	2	3	4	5	6



Şekil 5.4 : Eğim ve eğim sınıflama katmanları.

Her bir hücreye denk gelen eğim değeri Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla hesaplanarak tehlike katsayısı doğrultusunda sınıflanmıştır. Şekil 5.4’de Düz-Çok az eğimli alanlar açık renk ile gösterilirken, çok eğimli ve oldukça sarp alanlar turuncu ve kırmızı renk ile gösterilmiştir. İnceleme alanının %67’si düz –çok az eğimli alanda kalmaktadır.

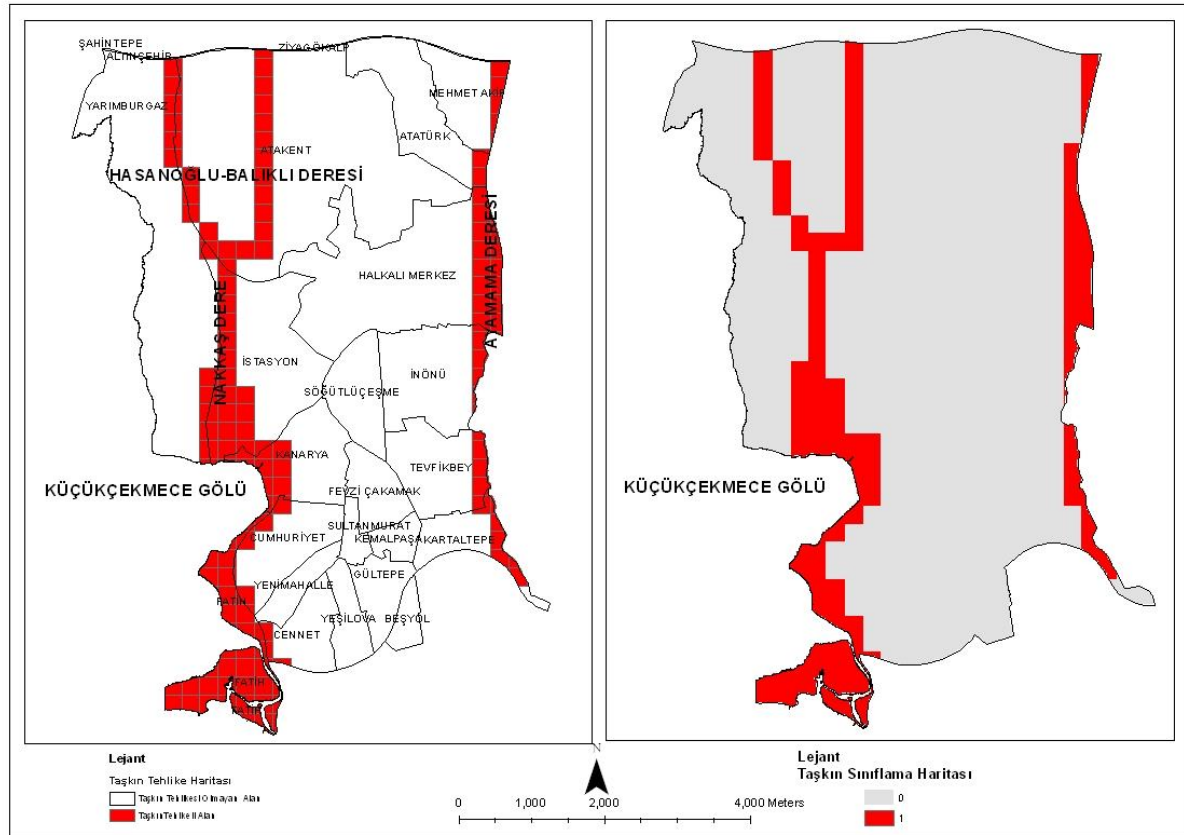
5.3.4. Taşkın

Yerleşime uygunluk analizlerinde taşkın parametresi taşkın olasılığının olup olmaması durumuna göre 2 sınıfta değerlendirilmiş olup, taşkın beklenmeyen alanlar 0, taşkın olasılığı olan alanlara 1 puan verilerek değerlendirilmiştir (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 : Sınıflandırılan taşkın derecelerine atanan ağırlık değerleri.

Taşkın

Taşkın Beklenmeyen Alan	Taşkın Alanı
0	1



Şekil 5.5 : Taşkın ve taşkın sınıflama katmanı.

Yerleşime uygunluk analizinde taşkın alanları yerleşime uygun olmayan alan kapsamına alınmıştır (Şekil 5.5). İnceleme alanında Nakkaşdere ve Ayamama deresinin hatları ile Küçükçekmece Gölü'nün batısında sahil şeridini boyunca alüvyon ile yapay dolgu kaplı alanlar taşkın tehlikesi altında bulunan alanlar olarak görülmektedir.

5.3.5. Yeraltısuyunun yüzeyden derinliği

İnceleme alanında gözlenen formasyonlarda değişik karakterlerdeki litoloji grupları geçirimsiz, yarı geçirimli ve geçirimli olarak yer almaktadır.

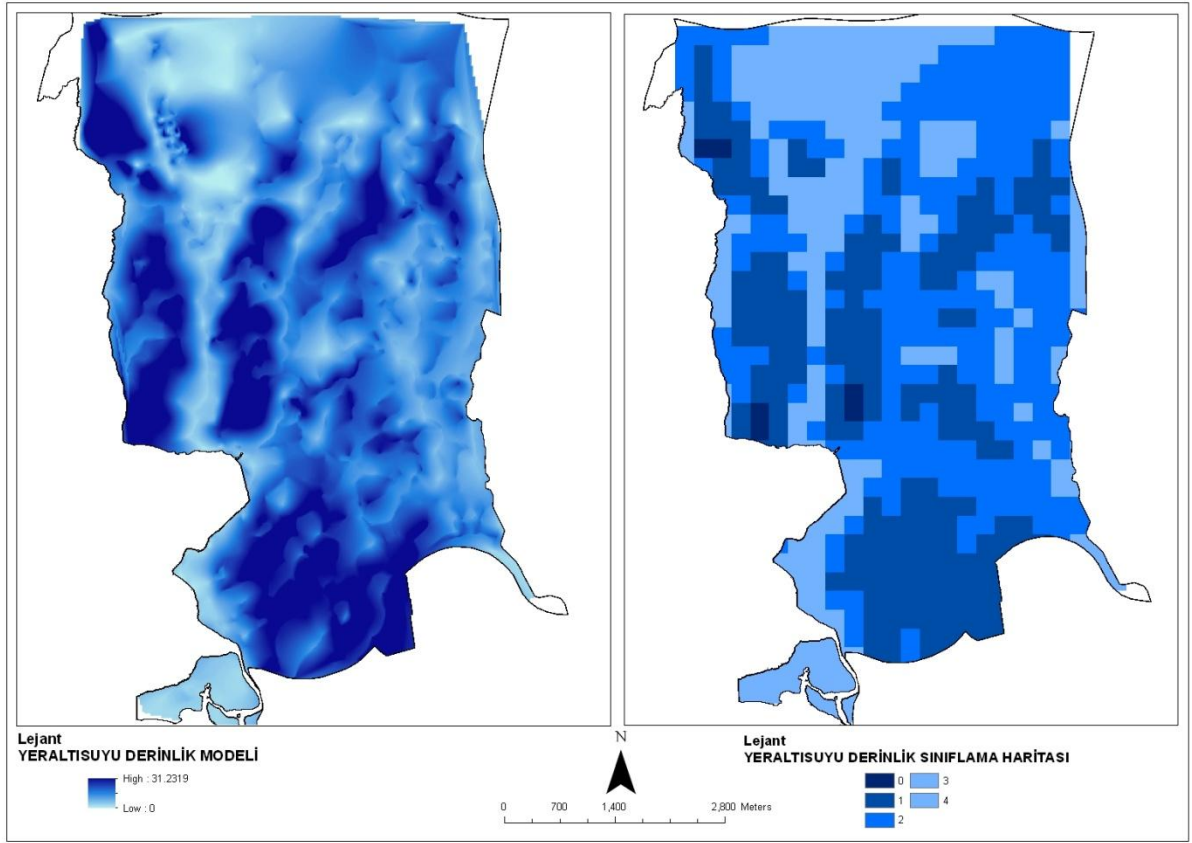
Çalışmaların başında oluşturulan sondaj veri tabanına işlenen yeraltısuyu derinlikleri doğrultusunda noktasal bazda elde edilen değerler interpolasyon yöntemi kullanılarak yeraltısuyu derinlik haritası oluşturulmuştur. Yeraltısuyunun yüzeyden derinliği 5 sınıfa ayrılarak değerlendirilmiş olup, yeraltısuyunun yüzeyde olduğu alanlar 4, Yüzeye çok yakın alanlar 3, Derinde olduğu alanlar 2, Orta Derinde olduğu alanlar 1 ve Çok Derinde olduğu alanlar 0 puanla değerlendirilmiştir (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11 : Yeraltısuyunun yüzeyden derinliğine atanan ağırlık değerleri

Yeraltısuyunun yüzeyden derinliği

Yüzeyde	Yüzeye çok yakın	Derinde	Orta Derinde	Çok Derin
0-1 m	1-5 m	5-10 m	10-20 m	>20 m
4	3	2	1	0

İnceleme alanının batısı, akifer niteliğine sahip formasyonların sınırlı yayılımları, konumları, kalınlıkları ve beselenme havzalarının az oluşu ve çevrenin morfolojisi nedeni ile yeraltısuyu açısından oldukça fakirdir. İnceleme alanının doğusunda ise Ayamama deresi boyunca düşük kotlarda yeraltısuyuna rastlanmaktadır (Şekil 5.6)



Şekil 5.6 : Yeraltısuyu ve yeraltısuyu sınıflama katmanları

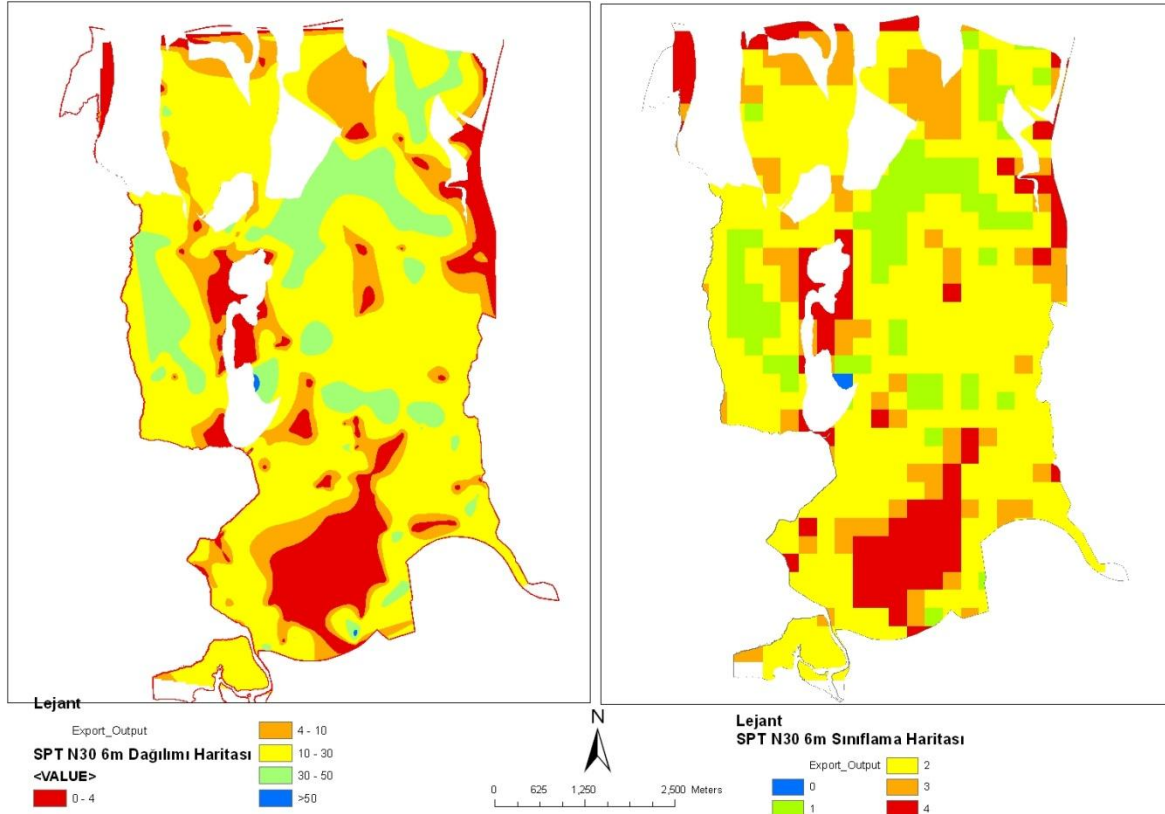
5.3.6. SPT-N₃₀ (6 m derinlik) dağılımı

İnceleme alanında zemin mukavemet ve yoğunluğunu değerlendirmek amacıyla sondaj çalışmalarından 6 m derinlik için elde edilen değerler Daneli (kohezyonsuz) zeminlerin SPT-N₃₀ arazi ile Relatif Sıklık ilişkisi doğrultusunda 5 sınıfta değerlendirilmiştir. Sondaj çalışmalarında 6 m derinlikte 0-4 darbe sayısı alan zeminler yerleşime uygunluk açısından elverişsizliği dolayısıyla yüksek ağırlık değeri atanarak 4 puanla, 4-10 darbe sayısı alan gevşek zeminler 3 puanla, 10-30 darbe sayısı alan orta sıkı zeminler 2 puanla, 30-50 darbe sayısı alan sıkı zeminler 1 puanla ve 50 darbe sayısının üstünde çok sıkı zeminler herhangi bir tehlike içermemeleri dolayısıyla 0 puanla değerlendirilmiştir (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12 : SPT-N₃₀ (6 m derinlik) dağılımında atanan ağırlık değerleri.

SPT N ₃₀ (6 m derinlik) (darbe/30 cm)				
Çok Gevşek	Gevşek	Orta Sıkı	Sıkı	Çok Sıkı
0-4	4-10	10-30	30-50	>50
4	3	2	1	0

İnceleme alanının kuzeyinde İkitelli bölgesinde Soğucak formasyonu kireçtaşları üzerinde Çukurçeşme formasyonunun seyrek kil bantları ve sık sık çakıl seviyelerinin 2 puan ağırlık değeri olarak orta sıklıkta olduğu görülmektedir. Güneyde Bakırköy formasyonun gözlemlendiği alanlarda da 2 değeri görülürken Ceylan formasyonun gözlemlendiği alanlar sınıflama haritasında yeşil olarak 1 puanla ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 : SPT N₃₀ (6 m derinlik) haritası ve sınıflama katmanı.

5.3.7. Depremsellik

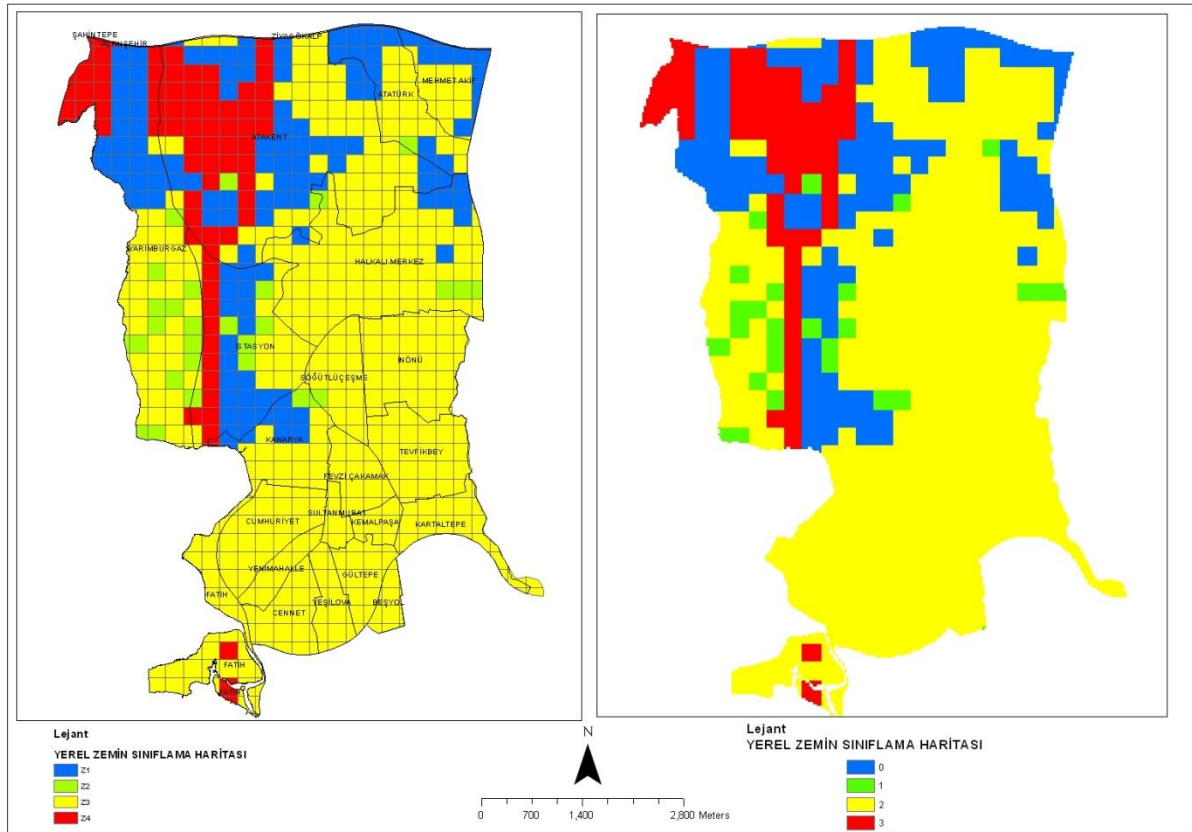
İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılan depremsellik parametresi yerel zemin koşullarına göre sınıflandırılarak haritalanmıştır. Bu sınıflandırma, NEHRP'den yararlanılarak Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre yapılmıştır. İnceleme alanındaki zeminler Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Z1 zemin sınıfı zeminlere 0 puan, Z2 zemin sınıfı zeminlere 1 puan, Z3 zemin sınıfı zeminlere 2 puan ve Z4 zemin sınıfı zeminlere 0 puan verilerek zemin sınıflaması ağırlıklandırılmıştır (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.13 : Birimlerin zemin sınıflamasında atanan ağırlık değerleri.

Depremsellik: (Birimlerin zemin sınıflamasına göre değerlendirilmiştir.)

Z1	Z2	Z3	Z4
0	1	2	3

İnceleme alanı, yerel zemin sınıfı dağılımına göre çoğunlukla Güngören, Gürpınar ve Çukurçeşme formasyonlarının bulunduğu alanlar Z3 sınıfını içermektedir. Yerleşime uygunluk analizlerinde Z4 zemin sınıfına puanlamada en yüksek puan olan 3 puan verilerek yerleşime uygun olmayan alanlara dahil edilmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Birimlerin yerel zemin haritası ve sınıflama katmanı.

5.4 Sonuç Analizi

Yerleşime uygun alanların risk gruplarına göre değerlendirilmesinde her bir hücrenin ağırlık katsayısı, etki ağırlığı ve dengeleme çarpanının çarpılmasıyla elde edilir (Çizelge 5.14).

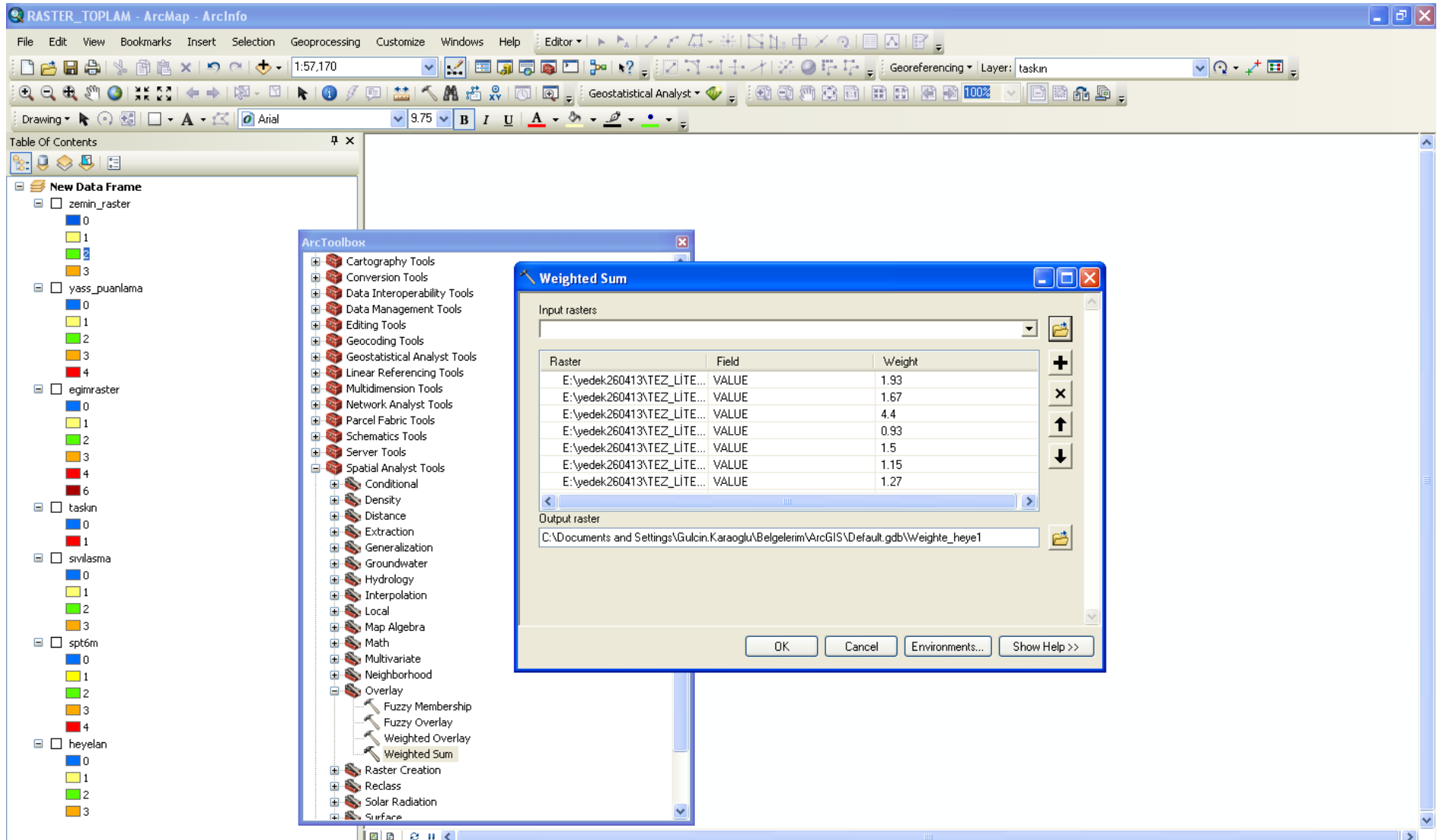
Çizelge 5.14 : Ağırlık Katsayıları

Parametreler	Etki Ağırlığı	Dengeleme Çarpanı	Ağırlık Katsayıları
HEYELAN	0,97	2	1,93
SIVILAŞMA	0,83	2	1,67
TAŞKIN	0,73	6	4,40
EĞİM	0,93	1	0,93
YERALTI SUYU	1,00	1,5	1,50
SPT -N ₃₀	0,77	1,5	1,15
Depremsellik	0,63	2	1,27

İnceleme alanında belirlenen tehlike sınıfına ait sınıflama katsayısının, ağırlık katsayısı ile çarpılmasıyla hücresel bazda toplam tehlike değeri elde edilmiştir (Şekil 5.9).

İnceleme alanında yerleşim açısından riskli bölgelerin belirlenmesinde alanı temsil eden parametrelerin yerleşime uygun alanlar, yerleşime önlemleri uygun alanlar ve yerleşime uygun olmayan alanlar için alabileceği minimum ve maksimum değerlerin ağırlık katsayıları ile çarpılmasıyla bölgelemeye gidilmiştir. Örneğin çizelge 5.15’de yerleşime uygun alanlar için heyelan, sivilaşma ve taşkın gibi parametrelerin risk değerlerinin minimum ve maksimum değerleri sıfır kabul edilirken eğim değeri az eğimli (6^0 - 10^0) kodlamaya karşılık gelen maksimum bir değerini almıştır.

Sonuç olarak inceleme alanının 1/25.000 ölçekli yerleşime uygunluk değerlendirmesi neticesinde inceleme alanının % 43.50’si yerleşime uygun (YU), % 29.48’si yerleşime önlemleri uygun-1 (ÖA-1) , % 6.94’ü yerleşime önlemleri uygun-2 (ÖA-2) ve % 20.08’i uygun olmayan alanlarda kalmaktadır (UOA).



Şekil 5.9 : Tehlike sınıflarının ağırlık katsayıları ile çarpılması.

Çizelge 5.15 : Yerleşime uygun alanlar için taban ve tavan değerler.

Risk Bölgesinde Yerleşime Uygun alanlar için Taban ve Tavan Değerler					
Kriterler	(min)	(max)	Ağırlık Katsayısı	RDK min	RDK maks
HEYELAN	0	0	1,93	0,00	0,00
SIVILAŞMA	0	0	1,67	0,00	0,00
TAŞKIN	0	0	4,40	0,00	0,00
EĞİM	0	1	0,93	0,00	0,93
YERALTI SUYU	0	1	1,50	0,00	1,50
SPT -N ₃₀	0	2	1,15	0,00	2,30
Depremsellik	0	1	1,27	0,00	1,27
			Toplam	0,00	6,00

Risk Bölgesinde Yerleşime Önemli alanlar için Taban ve Tavan Değerler					
Kriterler	(min)	(max)	Ağırlık Katsayısı	RDK min	RDK maks
HEYELAN	1	2	1,93	1,93	3,87
SIVILAŞMA	1	2	1,67	1,67	3,33
TAŞKIN	0	0	4,40	0,00	0,00
EĞİM	2	3	0,93	1,87	2,80
YERALTI SUYU	2	3	1,50	3,00	4,50
SPT -N ₃₀	1	2	1,15	1,15	2,30
Depremsellik	1	2	1,27	1,27	2,53
			Toplam	10,88	19,33

Risk Bölgesinde Yerleşime uygun olmayan alanlar için Taban ve Tavan Değerler					
Kriterler	(min)	(max)	Ağırlık Katsayısı	RDK min	RDK maks
HEYELAN	3	3	1,93	5,80	5,80
SIVILAŞMA	3	3	1,67	5,00	5,00
TAŞKIN	1	1	4,40	4,40	4,40
EĞİM	4	5	0,93	3,73	4,67
YERALTI SUYU	4	4	1,50	6,00	6,00
SPT -N ₃₀	2	3	1,15	2,30	3,45
Depremsellik	3	3	1,27	3,80	3,80
			Toplam	31,03	33,12

5.4.1.Yerleşime uygun alanlar

Şekil 5.10'da verilen yerleşime uygunluk haritasında mavi olarak gösterilen inceleme alanında yerleşime uygun alanlardır.

Bu alanlar;

- Eosen yaşlı Ceylan ve Soğucak Formasyonlarının yüzde eğimlerinin % 10 - % 20 arasında değişim gösterdiği alanlar ile Bakırköy Formasyonuna ait birimlerin bulunduğu sert-sıkı, orta-kalın katmalı, yüksek dirençli kireçtaşlarının yer aldığı alanlardır.
- Heyelan veya bezeri kütle hareketi tehlikesi bulunmamaktadır.
- Sıvılaşma, taşkın tehlikesi bulunmamaktadır.
- Temel mühendisliği bakımından yeterli taşıma gücüne sahip alanlardır.
- Eğim değeri 0^0 - 5^0 olup düzlük alanları içermektedir.
- Yerel zemin sınıflamasına göre Z1 grubu zemin sınıfını içermektedir.

Bununla birlikte bu bölgede kireçtaşının karstik boşlukları olabilir. Bu nedenle parsel bazı zemin etüd özellikle yapıların sağlam derinliği esas alınmalı karstik boşluklara dikkat edilmeli gerekmesi halinde mühendislik önlemler alınmalıdır.

5.4.2.Önlemler alanlar-1

Şekil 5.10'da verilen yerleşime uygunluk haritasında sarı ile gösterilen inceleme alanında yerleşime önlemler alanlarıdır.

Bu alanlar;

- Yarımburgaz Mahallesinin sahil kesimlerini çevreleyen ağırlıklı olarak alüvyonların yaygın olduğu alanlar ile yer yer Güngören Formasyonunun şişme özelliği gösteren killerin bulunduğu alanlardır.
- Bu alanlarda yer yer orta, yer yerde potansiyel kütle hareketlerinin olabileceği alanlardır.
- Taşkın tehlikesi bulunduran alanlardır.
- Yeraltısuyu yüzeye çok yakın olup 0-5 m arasındadır.
- Sıvılaşma tehlikesi içeren alanlardır.

5.4.3.Önlemler alanlar-2

Şekil 5.10’da verilen yerleşime uygunluk haritasında turuncu renk ile gösterilen inceleme alanında yerleşime önlemler uygun -2 alanlardır.

Bu alanlar;

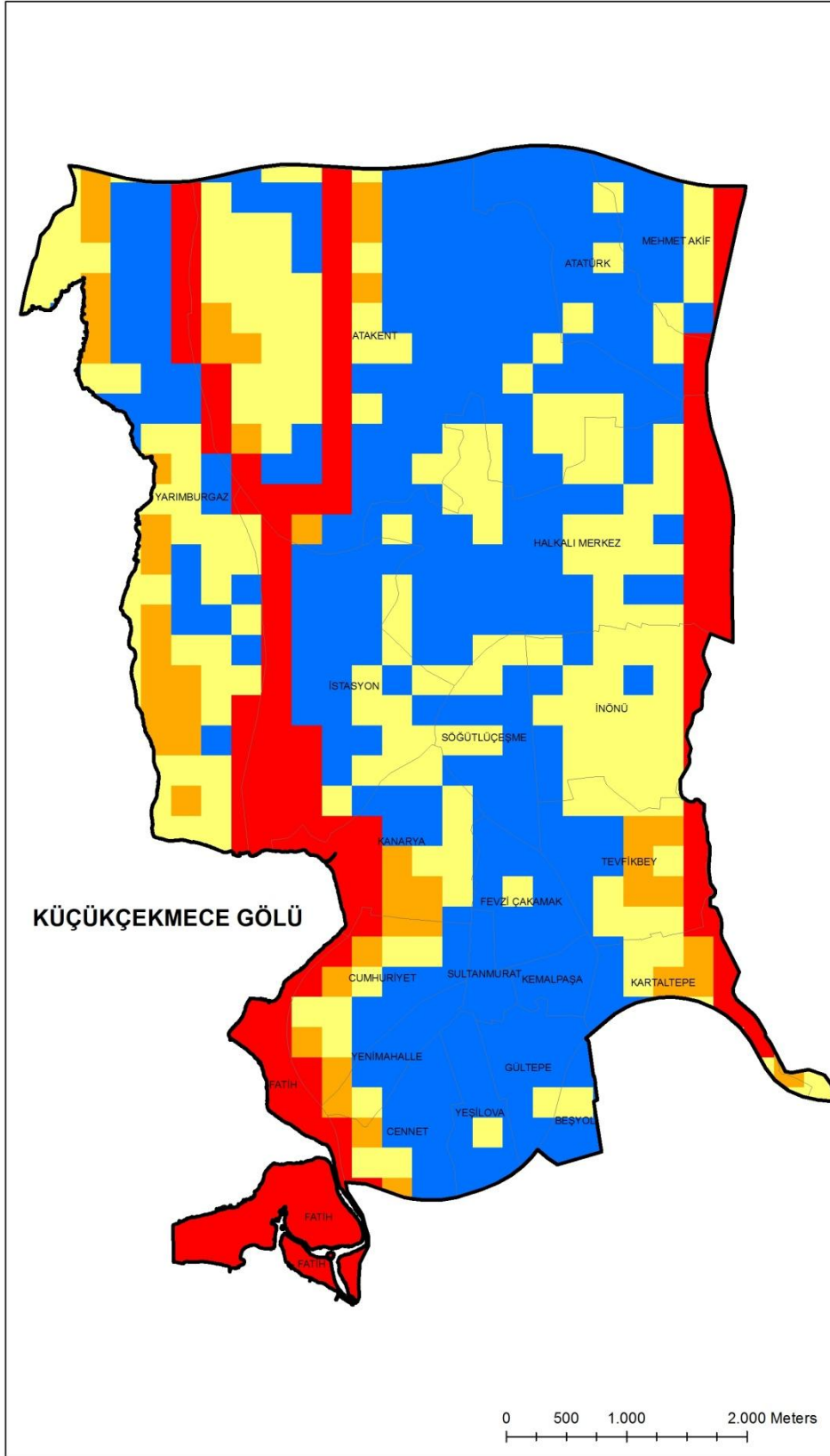
- Gürpınar, Güngören formasyonlarının bulunduğu kil, silt ve bu malzemelerin altında kumlu seviyelerden oluşan alanlardır.
- Küçükçekmece Gölü’nün doğu yamaçlarında orta derecede heyelan tehlikesi içeren alanlardır.
- Sıvılaşma, eğim gibi riskleri içermemesine rağmen ve yeraltı suyu seviyesine bağlı olarak risk içeren alanlardır.

5.4.4.Yerleşime uygun olmayan alanlar

Şekil 5.10’da verilen yerleşime uygunluk haritasında kırmızı ile gösterilen inceleme alanında yerleşime uygun olmayan alanlardır. Nakkaş Dere ile Ayamama Deresinin bulunduğu hatlar ile Küçükçekmece Gölü’nün sahil şeridini oluşturan kalın alüvyonların bulunduğu alanlar değerlendirilmeye tabii tutulmaksızın yerleşime uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilmiştir.

Bu alanlar;

- Küçükçekmece Gölü’nün doğusunda göle bakan yamaçlarda eğimin 5 ile 25 derece arasında değiştiği alanlardır.
- Heyelan bakımından yüksek tehlikeli alanlardır.
- Katı atıkların, çöplerin depolandığı eski Halkalı Çöplüğünün bulunduğu alanlardır.
- Yeraltı suyu seviyesi yüzeye çok yakındır.
- Yerel zemin sınıflamasına göre Z3 ve Z4 zemin sınıflarını içermektedir.
- Taşkın alanlarını içermektedir.
- Sıvılaşma tehlikesi bakımından yüksek tehlikeli bölgelerdir.



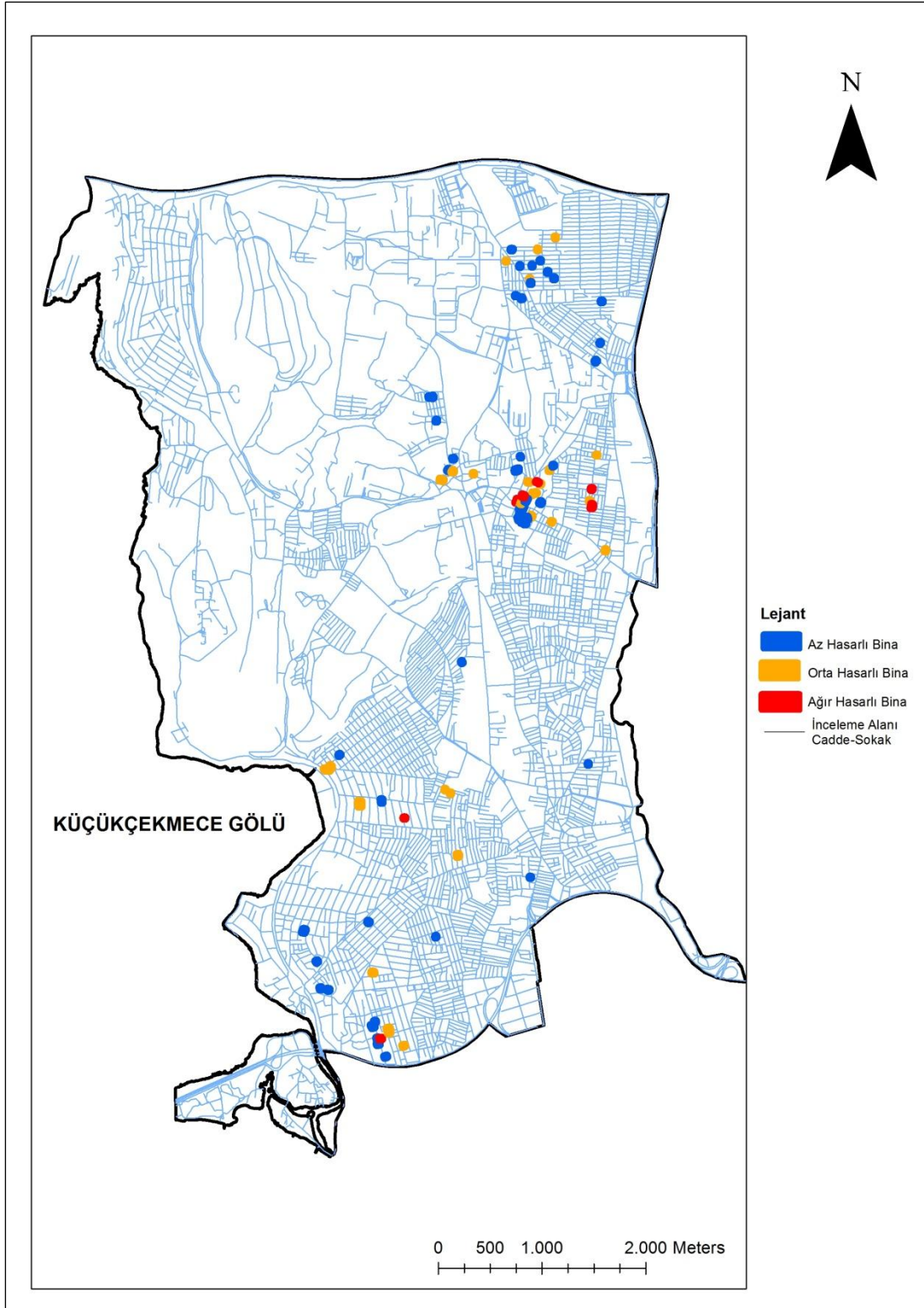
Şekil 5.10 : İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizi.

6. ZEMİN YAPI İLİŞKİSİ

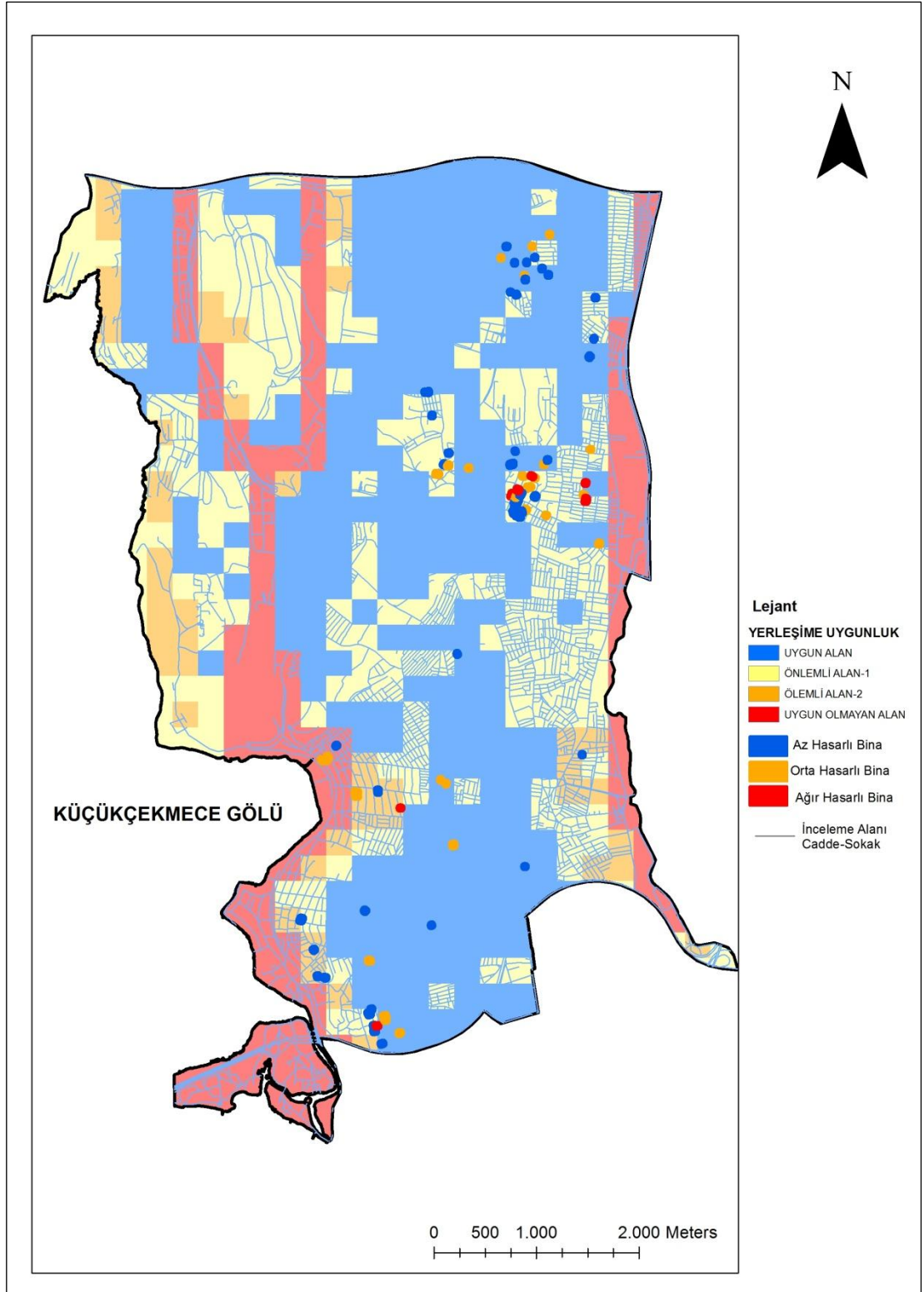
Tablo 6.1’de İnceleme alanında Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nün 17 Ağustos 1999 Kocaeli (Gölcük) ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinde inceleme alanında tespit edilen yapıların hasar oranları görülmektedir (Koçak,2003). Ağır hasarlı binalar Cennet, Kanarya ve Halkalı Merkez mahallelerinde tespit edilmiştir. Hasarlı yapıların konumları Şekil 6.1 ve 6.2’de sunulmuştur. Şekil 6.2’de sunulan karşılaştırmada ağır hasarlı binaların yerleşime uygun olmayan, önlemleri uygun ve uygun alanlarda da bulunduğu görülmektedir. Küçükçekmece merkez yerleşimi (Kanarya mahallesi) hasarlı yapılar yerleşime uygun olmayan ve önlemleri uygun alanlarda bulunmaktadır. Bu bölge Şekil 4.2’de gösterilen heyelan envanter haritasına göre de pasif heyelan alanlarıdır.

Çizelge 6.1 : 17 Ağustos 1999 (M:7.4) Kocaeli depremi Küçükçekmece İlçe sınırları içinde tespit edilmiş hasarlı binalar.

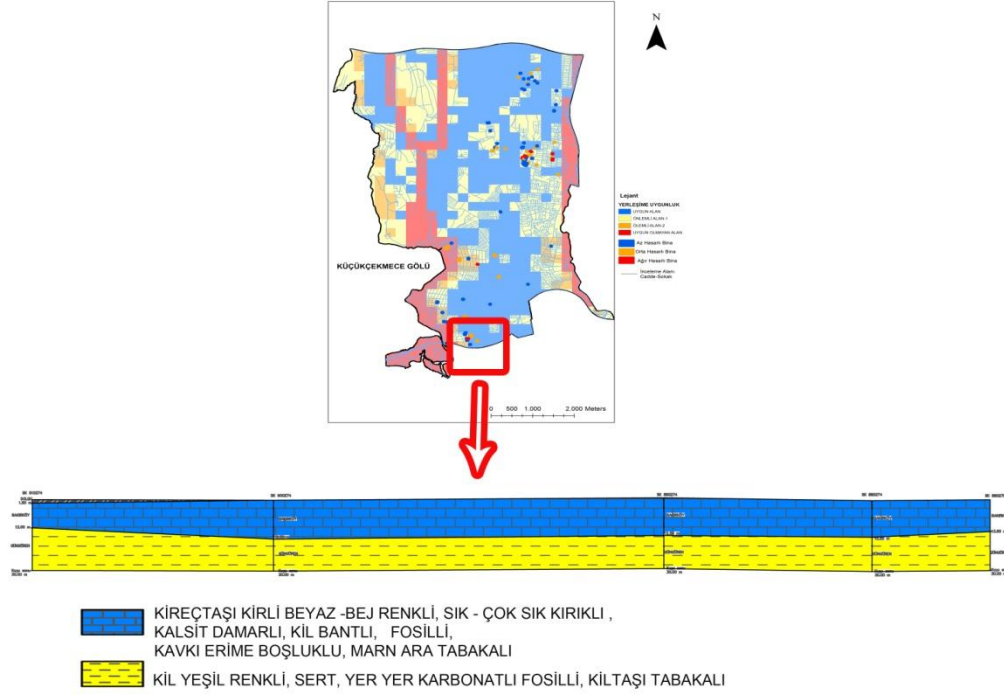
Mahalle Adı	Ağır hasar	Orta hasar	Az hasarlı
Cennet mah	1	4	5
Kanarya mah.	2	6	2
Halkalı Merkez mah.	8	31	39
Atatürk mah.		5	13
Fevzi Çakmak mah.		4	
Yeşilova mah.			2
Cumhuriyet mah.			2
Söğütluçeşme mah.			1
Kemalpaşa mah.			1
Yeni mah.			4
TevfikBey mah.			1
Toplam	11	50	70



Şekil 6.1 : Tablo 6.1’den yola çıkılarak hasar gören binaların lokasyon haritası.

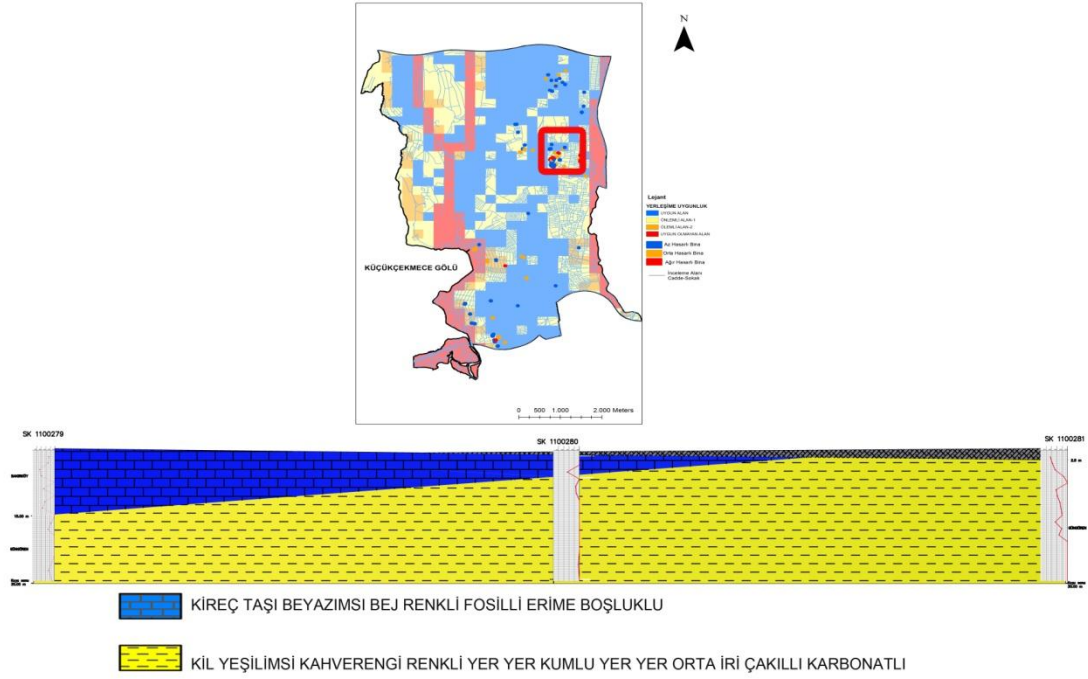


Şekil 6.2 : Hasar gören binaların lokasyonları ile yerleşime uygunluk analizinin karşılaştırılması.



Şekil 6.3 : Cennet Mahallesi'nde hasarlı binaların konumu ve jeolojik kesit.

İnceleme alanının güneyinde, Cennet mahallesinde 17 Ağustos 1999 Kocaeli (M:7.4) ve 12 Kasım 1999 Düzce (M:7.2) depremlerinde 1 bina ağır hasarlı 4 bina orta hasarlı, 5 adet binada az hasarlı olarak tespit edilmiştir. Hasarlı binaların bulunduğu aks boyunca İBB (2007) tarafından yapılmış 5 adet sondaj verilerinden yararlanarak bir jeolojik kesit hazırlanmıştır (Şekil 6.3). Söz konusu hasarların meydana geldiği bölgede üstte ortalama 15 m kalınlığa sahip kirli beyaz, bej renkli, sık-çok sık kırıklı, erime boşluklu ve marn ara tabakalı Bakırköy Formasyonu bulunmaktadır. Altında ise yeşil renkli, sert, yer yer karbonat fosilli Güngören Formasyonu yer almaktadır. Bina hasarlarının zemin yapısı dolayısıyla değil yapı kalitesinin düşük olması sebebiyle meydana geldiği düşünülmektedir.

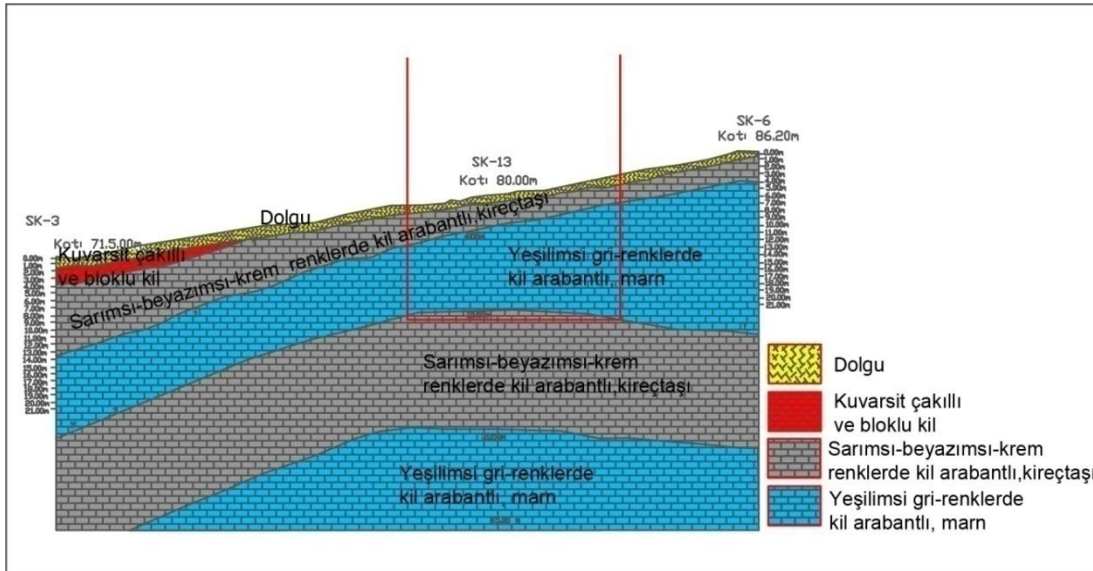


Şekil 6.4 : Halkalı merkez mahallesinde hasarlı binaların konumu ve jeolojik kesit.

İnceleme alanının kuzeyinde, Halkalı Merkez Mahallesi'nin bulunduğu alanda erime boşluklu kireçtaşlarından oluşan Bakırköy Formasyonu ile yer yer kumlu, yer yer orta iri çakıllı killerden oluşan Güngören formasyonuna geçiş söz konusudur. 17 Ağustos 1999 Kocaeli (Gölcük) ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinde Halkalı Merkez Mahallesi en çok hasarın meydana geldiği bölgedir. Hasarlı binaların tespit edildiği bölge çalışma kapsamında yapılan yerleşime uygunluk çalışmasında ÖA-1 alanında kalmaktadır. İBB (2007) tarafından yapılmış 3 adet sondaj çalışmasından yararlanarak hazırlanmış sondaj korelasyonu Şekil 6.4'de sunulmaktadır. Aynı zamanda hasarın meydana geldiği bölge İBB (2007) tarafından yapılmış sıvılaşma tehlikesi haritasında, sıvılaşma tehlikesi açısından orta riskli alanda kalmaktadır. Bina temellerinin zemin koşullarına aykırı olarak tasarlanması ve imal edilmesinin yanında binaların mühendislik hizmeti almaksızın projelendirilmiş olması hasarların başlıca sebeplerindendir.

Şekil 6.5' de gösterilen sondaj korelasyonu 17 Ağustos 1999 Kocaeli (M:7.4) ve 12 Kasım 1999 Düzce (M:7.2) depremlerinde yapılaşmanın henüz yoğun olmaması nedeniyle bina hasarlarının gerçekleşmediği bölgeden seçilmiştir. Çalışma

kapsamında yapılan yerleşime uygunluk analizinde kesitin alındığı bölge, farklı kalınlıkta yayılım gösteren yapay dolgu alanında kalması sebebiyle ÖA-1 alanı olarak belirlenmiştir. Söz konusu kesit alanının bulunduğu bölgede temelde Eosen yaşlı sert kil arabanlı kireçtaşı-marn aradalanmasından oluşan Ceylan Formasyonu yer almaktadır. Kireçtaşı-marn birimleri yumuşak-orta sert kaya veya çok sert zemin özelliğindedir. Birimler genel olarak taşıma gücü sorunu göstermemesine karşın yer yer yumuşak ve kalın kil arabantlarda temellendirilen yapılarda olası farklı oturma problemleri ile karşılaşmaktadır. Güvenli bir kentleşme için yeni yapılan binaların zemin koşullarına ve deprem yönetmeliğine uygun inşası zorunlu görünmektedir.



Şekil 6.5 : Halkalı Mahallesi jeolojik kesiti (Jeodinamik, 2012).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul ili Küçükçekmece İlçesinin mühendislik jeolojisi özellikleri doğrultusunda yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılmış ve zemin özelliklerinin bina temellerine etkisi değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada inceleme alanında literatür araştırılması ve birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerinin ortaya konmasından sonra yerleşime uygunluk analizini yönlendiren kriterlerin belirlenmesiyle Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) metodu ile üretilen tematik haritaların kullanılmasıyla yerleşime uygunluk haritası üretilmiştir.

İnceleme alanında öncelikle kurumlardan elde edilen sondaj çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları 250x250 m'lik hücrelerle ilişkilendirilerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Hazırlanan veri tabanı birimlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde ve tematik haritaların oluşturulmasında kullanılmıştır. Yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılacak parametrelerin belirlenmesiyle ve eğim analizi, sayısal yükseklik modeli gibi tematik haritalarda aynı koordinat sisteminde Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımının araçları kullanılarak oluşturulmuştur.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) veri tabanı yönetimi ve analiz tekniklerinin üstünlüğü ile mekansal ve mekansal olmayan verilerin birleştirilmesi, depolanması, analiz etme ve sorgulama yeteneği sayesinde birçok kullanım alanında gün geçtikçe daha yaygın kullanılan bir bilgi teknolojisidir. CBS tabanlı karar destek sistemleri ile risk analizlerinin yapılması doğrultusunda yerleşime uygunluk haritalarının üretilmesi bu kullanım alanlarından birisidir. CBS tabanlı risk analiz uygulamaları birçok kriterin bir arada değerlendirilmesine olanak sağlayarak doğru yerleşim kararlarının verilmesinde önemi bir altlık oluşturmaktadır.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizleri için yapılan literatür araştırması sonucunda uygunluk kriterleri belirlenmiştir. Yerleşime uygunluk kararlarını yönlendiren kriterlerin belirlenmesinde CBS teknolojilerinin sunduğu olanaklar ile dijital yükseklik modeli, jeolojik yapı ve hidrojeolojik özellikler analiz temelinin

oluşturmuştur. Bu verilerden yararlanarak eğim, yeraltı suyunun yüzeyden derinliği, 6 m derinlik için üretilmiş SPT-N₃₀ haritası, zemin sınıflaması, taşkın gibi kriter haritaları üretilmiştir. Bunun yanında yerleşime uygunluk analizinde önemli kriterlerinden heyelan ve sıvılaşma analizi haritaları yeterli veri olmadığı için üretilenmeyerek İBB (2007) çalışmasından faydalanılarak kullanılmıştır. Yerleşime uygunluk analizinde önemli sayılabilecek farklı kriter haritalarının da kullanılması olasıdır. Yerleşime uygunluk haritası üretiminde Çok Kriterli Karar Analizi metodu ile ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılmıştır.

Yerleşime uygunluk haritalarının üretilmesinde kullanılacak faktörlerin seçimi ve bu faktörlerin birbirleriyle göreceli ağırlıklandırılması yapılan çalışmanın en önemli adımını oluşturmaktadır. Ağırlık katsayılarının verilmesinde bölge hakkında detaylı bilgi sahibi olma ve konu hakkında uzman olmakta değerlendirmede önemli bir etmendir. İnceleme alanının yerleşime uygunluğunda etkili olan parametreler ve etki ağırlıkları belirlendikten sonra inceleme alanı 250x250m'lik hücreler şeklinde bölünerek her bir hücreye denk gelen parametre sıfır değerinin en uygun durumu temsil ettiği biçimde giderek artarak değerlendirilmiştir.

İnceleme Alanında Ağırlıklı Çakıştırma Yönteminin Uygulamasında çalışmaların temelini oluşturan 1/25000 ölçekli jeoloji haritasının önceki çalışmalar ve saha gözlemlerinden yararlanılarak hazırlanmasının yanında, yerleşime uygunluk kriterlerini yönlendiren parametrelerden Heyelan, Sıvılaşma, Taşkın, Eğim, Yeraltısuyu, zemin özelliklerinin ortaya konmasında SPT-N₃₀ değerleri ve deprensellik (yerel zemin sınıfları) etki parametresi olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanının sınırları içinde kaya birimleri başlıca temelde Eosen yaşlı Kırklareli Grubuna ait Soğucak Kireçtaşı ve Ceylan Formasyonu yer almaktadır. Oligosen yaşlı Gürpınar formasyonu temel üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Tabanda yataya yakın katmanlı silt-siltaşı, kumtaşı-çamurtaşı ve kil- kilitaşı killerden oluşan Gürpınar formasyonunun üst seviyeleri hakim litolojisi kum olan Çukurçeşme formasyonu kum mercekleri ile normal geçişlidir. Miyosen yaşlı Çukurçeşme formasyonunun üzerinde ise grimsi yeşilimsi kahve renkli kum mercekli, marn seviyeli killerden oluşan Miyosen yaşlı Güngören formasyonu ile maktrali kireçtaşı-marn-kil ardalanmalarından oluşan Bakırköy formasyonu haritalanmıştır. İnceleme alanında en geç birim ise kuvaterner yaşlı Kuşdili formasyonu ile geçişli olan alüvyonlardır.

İBB (2007) tarafından hazırlanan heyelan tehlike haritasında heyelan tehlikesi açısından duraylı alanlar 0, düşük ve orta riskli alanlar 1, çok riskli ve heyelan tehlikesi açısından potansiyel alanlar 2 ve heyelan tehlikesi açısından aktif olduğu tespit edilen alanlar 3 puanla değerlendirilmiştir.

İBB (2007) tarafından hazırlanan sıvılaşma potansiyeli haritası 4 tehlike sınıfına ayrılarak; sıvılaşma olasılığı olmayan alanlar 0, Sıvılaşma olasılığı az olan alanlar 1, Sıvılaşma olasılığı orta olan alanlar 2 ve Sıvılaşma olasılığı yüksek olan alanlar 3 puanla değerlendirilmiştir

Sayısal yükseklik modeli kullanılarak oluşturulan eğim analizinin sınıflandırılmasında katmanlar 6 sınıfa ayrılmış olup düz-çok az eğimli alanlar 0, az eğimli alanlar 1, orta eğimli alanlar 2, Çok eğimli alanlar 3, Oldukça Sarp alanlar 4, Sarp alanlar 5, Çok Sarp alanlar 6 puanla değerlendirilmiştir.

Yerleşime uygunluk analizlerinde taşkın parametresi taşkın olasılığının olup olmaması durumuna göre 2 sınıfta değerlendirilmiş olup, taşkın beklenmeyen alanlar 0, taşkın olasılığı olan alanlara 1 puan verilerek değerlendirilmiştir. Taşkın alanları yerleşime uygun olmayan alan kapsamına alınmıştır

Çalışmaların başında oluşturulan sondaj veri tabanına işlenen yeraltısuyu derinlikleri doğrultusunda noktasal bazda elde edilen değerler interpolasyon yöntemi kullanılarak yeraltısuyu derinlik haritası oluşturulmuştur. Yeraltısuyunun yüzeyden derinliği 5 sınıfa ayrılarak değerlendirilmiş olup, yeraltısuyunun yüzeyde olduğu alanlar yeraltı suyunun bina temellerine olan etkisi göz önüne alınarak en elverişsiz durumu temsil eden 4, yüzeye çok yakın alanlar 3, derinde olduğu alanlar 2, orta derinde olduğu alanlar 1 ve çok derinde olduğu alanlar 0 puanla değerlendirilmiştir.

Zemin mukavemet ve yoğunluğunu değerlendirmek amacıyla sondaj çalışmalarından 6 m derinlik için elde edilen değerler daneli (kohezyonsuz) zeminlerin SPT-N arazi ile Relatif Sıklık ilişkisi doğrultusunda 5 sınıfta değerlendirilmiştir. Sondaj çalışmalarında 6 m derinlikte 0-4 darbe sayısı alan zeminler yerleşime uygunluk açısından elverişsizliği dolayısıyla yüksek ağırlık değeri atanarak 4 puanla, 4-10 darbe sayısı alan gevşek zeminler 3 puanla, 10-30 darbe sayısı alan orta sıkı zeminler 2 puanla, 30-50 darbe sayısı alan sıkı zeminler 1 puanla ve 50 darbe sayısının üstünde çok sıkı zeminler herhangi bir tehlike içermemeleri dolayısıyla 0 puanla değerlendirilmiştir.

Depremsellik 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. Z1 zemin sınıfı zeminlere 0 puan, Z2 zemin sınıfı zeminlere 1 puan, Z3 zemin sınıfı zeminlere 2 puan ve Z4 zemin sınıfı zeminlere 0 puan verilerek zemin sınıflaması ağırlıklandırılmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı oluşturulan sınıflama haritalarında ağırlıklı çakıştırma yöntemi, kriterlerin bir birleriyle olan etkilenme dereceleri doğrultusunda oluşturulan karar matrisi ile kriterlerin etki ağırlıkları ve ağırlık kat sayıları belirlenmiştir. Alanı temsil eden her bir kriter haritası kendi içinde farklı riskli sayılarında gruplandığı için bu değerlerin birbirlerine orantılanarak ortak birim ve değer aralığında ifade edilmesi gereğiyle dengeleme çarpanları kullanılmıştır. Etki ağırlığı ve dengeleme çarpanının çarpılmasıyla her bir hücrenin ağırlık katsayısı elde edilmiştir. İnceleme alanında belirlenen tehlike sınıfına ait sınıflama katsayısının, ağırlık katsayısı ile çarpılmasıyla hücresel bazda toplam tehlike değeri elde edilmiştir

İnceleme alanında yerleşim açısından riskli bölgelerin belirlenmesinde alanı temsil eden parametrelerin yerleşime uygun alanlar, yerleşime önlemleri uygun alanlar ve yerleşime uygun olmayan alanlar için alan içinde alabileceği minimum ve maksimum değerlerin ağırlık katsayıları ile çarpılmasıyla verilen puanlara göre haritalar CBS ortamında tekrar sınıflandırılmıştır.

Sonuç olarak inceleme alanının 1/25.000 ölçekli yerleşime uygunluk değerlendirmesi neticesinde inceleme alanının % 43.50'si yerleşime uygun (YU), % 29.48'si yerleşime önlemleri uygun-1 (ÖA-1) , % 6.94'ü yerleşime önlemleri uygun-2 (ÖA-2) ve % 20.08'i uygun olmayan alanlarda kalmaktadır (UOA).

Çok kriterli risk değerlendirmesine göre hazırlanan yerleşime uygunluk haritası değerlendirildiğinde Bakırköy, Ceylan ve Soğucak Formasyonuna ait kaya niteliğindeki birimler yapılaşma açısından uygun alanları teşkil etmektedir. Ancak Soğucak ve Bakırköy Formasyonlarının içinde bulunan karstik boşluklar, Bakırköy Formasyonunun kil seviyeleri Ceylan Formasyonundaki yüzeydeki ayrışmalar çözülmesi gereken problemler arasında yer almaktadır.

Zemin özelliği gösteren Güngören ve Gürpınar Üyelerinde şişme, oturma ve eğimli yamaçlarda heyelan problemleri olasıdır. Alüvyon düzlüklerde ise yüksek su

seviyesinden ve zemin yumuşamasından kaynaklanan problemler ve depreme bağılı sivilaşma sorunları beklenmektedir.

İnceleme alanında yerleşime uygunluk çalışması kapsamında belirlenen tüm riskler detaylarıyla sunulmuş olup, yerleşim açısından risk ve ayrıtılı inceleme gerektiren alanlarda yapılacak yapıların zemin özellikleri göz önüne alınarak yeterli güvenliğe sahip olmaları için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. İnceleme alanı hali hazırda yoğun yapılaşmış olması sebebiyle ise yapıların özellikle temel yönünden deprem güvenliğinin sorgulanması gerekmektedir.

Çalışmanın son bölümünde ise, Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün 17 Ağustos 1999 Kocaeli (Gölcük) ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinde inceleme alanında tespit edilen yapıların hasar oranları ile yerleşime uygunluk çalışması karşılaştırılarak bina hasarları ve zemin ilişkisi değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede ağır hasarlı binaların yerleşime uygun olmayan, önlemleri uygun alanlarda bulunduğu ve uygun alanlarda da yapı kalitesinin düşük olması sebebiyle de hasarların oluştuğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., and Boyce, G. M. (2002). *Slope Stability Concepts*. Slope Stabilisation and Stabilisation Methods, Second edition, published by John Wiley & Sons, Inc., pp. 329-461.

Azizi, F., (2000), "Finite element modelling in geotechnics", Applied analyses in geotechnics, : E & FN Spon, London, 713-741.

Bromhead, E. N. (1986) The Stability of Slope. Surrey University press, A.B.D

Bishop, A.W., (1955), The use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slopes, Geotechnique, Vol.5, No.1, pp.7-17.

California Division of Mines and Geology (CDMG), (1992). *Draft Guide Lines; Liquefaction Hazard Zones*, Sacramento, California.

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 61 (2001) 257-271.

Dalgıç, S., Turgut., M., Kuşku., İ., Coşkun., Ç., Coşkun., T., (2009) İstanbul'un Avrupa yakasındaki zemin ve kaya koşullarının bina temellerine etkisi, Uygulamalı yerbilimleri sayı:2, 47-70

De Mello, V.B.F., (1977), Reflections on Design Decisions of Practical, Significance to Embankment Dams, Rankine Lecture, Geotechnique, 27, No.3, 279-355.

Demir., H., (2006) *Küçükçekmece- Halkalı Yerleşim Bölgesinin Yerel Zemin Koşullarına Göre Depremselliğinin incelenmesi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi), İstanbul.

- Eroskay, O.,** Kale, S., 1986 İstanbul Boğazı Tüp Geçiş Güzergahında Jeoteknik Bulgular,Mühendislik Jeolojisi Bülteni, No 8, S.2-7
- Gündoğdu, K.S.,** (2003) Sayısal yükseklik modellerinin arazi boy kesitlerinin çıkarılmasında kullanımı. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17, 149–157.
- Hudson, J.,** (1992) Rock Engineering Systems Theory and Practice, Rock Engineering Consultants and Imperial College,University of London
- Hoek,E., Carvalho, J.L. ve Corcum, B.T.,** (1993),“Phases 2D program manuel”, *University of Toronto*, 6-69.
- İBB, 2007,** 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 Kentselİyileştirme Daire Başkanlığı Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü,Nihai Rapor, İstanbul.
- İBB,2005,** Küçükçekmece İlçesi’nin Depreme Karşı Güvenli Kılınması Kapsamında, Yeniden Yapılandırma, Rehabilitasyon ve Güçlendirme Projeleri’ni Yönlenderen Kentsel Dönüşüm Planlama ve Yerel Eylem Planı ve Projelerinin hazırlanması işi, İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Yerleşmeler ve Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü,İstanbul
- İmar ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Etüd Araştırma Dairesi Başkanlığı Jeolojik Etüd Baş Uzmanlığı,** (1980) , Jeolojik İnceleme Raporu, İstanbul.
- İnalkaç., G., M.,** (2011) *Zemin Parametrelerinin Deneysel ve Teorik Olarak İrdelenmesi*,Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi),Adana.
- Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA)** İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) (2002), Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması, Son Rapor, Cilt V.

- Jeodinamik Yerbilimleri Müh. İnş. San. Tic. Ltd. Şti.,** (2012) , Küçükçekmece Halkalı Mahallesi (Pafta: F21C16B4D, Ada:800, Parsel:11) Alanına ait Zemin ve Temel Etüt Raporu, İstanbul
- Karanlık., S.,** (2006) *Hatay Altinkoy Çevresinin Zemin Sıvılaşma Riskinin Belirlenmesi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi),Adana.
- Koçak., A.,** (2003) 17 Ağustos 1999 Gölcük depremi sonrası Küçükçekmece İlçesi, Küçükçekmece ve Yakın Çevresi Teknik Kongresi, İstanbul.
- Krahn, J.** (2004). *Stability Modelling with SLOPE/W*. An Engineering Methodology, Published by GeoSlope International.
- Okutgen,N.,** (2012) İstanbul-Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının yerleşime uygunluğunun araştırılmasında mühendislik jeolojisi yaklaşımlarının irdelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi),İstanbul.
- Önalp, A. ve Arel, E.,** 2004. Geoteknik Bilgisi II, Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği,Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul.
- Özgül, N., Üner, K., Bilgin, İ., Korkmaz, R., Özcan, İ., Akmeşe, İ., Yıldız, Z., Yıldırım, Ü., Akdağ, Ö., Tekin, M.,** (2005). “İstanbul İl Alanının Genel Jeoloji Özellikleri”, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü.
- Öztürk, K.,** (2002) Heyelanlar ve Türkiye’ye etkileri. Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22, 35-50.
- Sivrikaya., O., Toğrol E.,** (2003) İnce daneli zeminlerde SPT sonuçlarının düzeltilmesi üzerine bir çalışma, İTÜ dergisi/d Mühendislik, Cilt2, Sayı:6, 59-67
- Selçuk, M. E., Kılıç., H., Özaydın., K.,**(2007) Kalın Zemin Çökellerinde Eşdeğer- Lineer ve Nonlineer Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul.
- Sener, E., Özçelik M.,** (2001) Burdur şehir merkezinde Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak yerleşime uygunluk haritasının hazırlanması, Fatih Üniversitesi, Coğrafi bilgi sistemleri bilişim günleri.

- Tohumcu, P.,** Kılıç, H., Özaydın, K., (2003) Yerel zemin koşullarının depremler sırasında yapısal davranış üzerinde etkileri yönünden sınıflandırılması, Araştırma makalesi
- Tudeş, Ş.,** (2011)), Planlamada Jeolojik Eşiklerin Değerlendirilmesine İlişkin Analitik Bir Model Önerisi- Portsmouth (İngiltere) Örneği, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 26, No 2, 273-288, Ankara.
- Utsu, T.,** 1990, Table of world hazardous earthquakes.
- Yağcı, B.** (2005) “Mikrobölgeleme Metodolojileri ve Balıkesir İçin Bir Uygulama”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Yekola, S., R.,** Yarrakula K., Prasad, K., L., Madhu, T., (2012) Land use Planning using Geographical Information Systems (GIS), International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)
- Yıldız Teknik Üniversitesi, T.C.,** (2002). Sefaköy ve Küçükçekmece Bölgelerinin Jeolojik ve Jeoteknik Etüd Raporu ve Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi, İstanbul.
- Zarif, İ. H.,** (1996). Küçükçekmece – Büyükçekmece Gölleri arasındaki alanın yamaç stabilitesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (doktora tezi), İstanbul.

EKLER

EK 1: İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası

EK 2 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli eğim haritası

EK 3 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli yeraltı suyu derinlik haritası

EK 4 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli yerel zemin sınıfı haritası

EK 5 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli heyelan tahlikesi haritası

EK 6 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli heyelan tehlikesi haritası

EK 7 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli sıvılaşma tehlikesi haritası

EK 8 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli taşkın tehlikesi haritası

EK 9 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli yerel zemin sınıfı haritası

EK 10 : İnceleme Alanının 1/25 000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gülçin TÜRKKAN KARAOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi: Silivri, 1981

Adres:

E-Posta: gulcinturkkan@gmail.com

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği

Mesleki Deneyim: Küçükçekmece Belediyesi Plan ve Proje Müdürlüğü
(2007, halen)