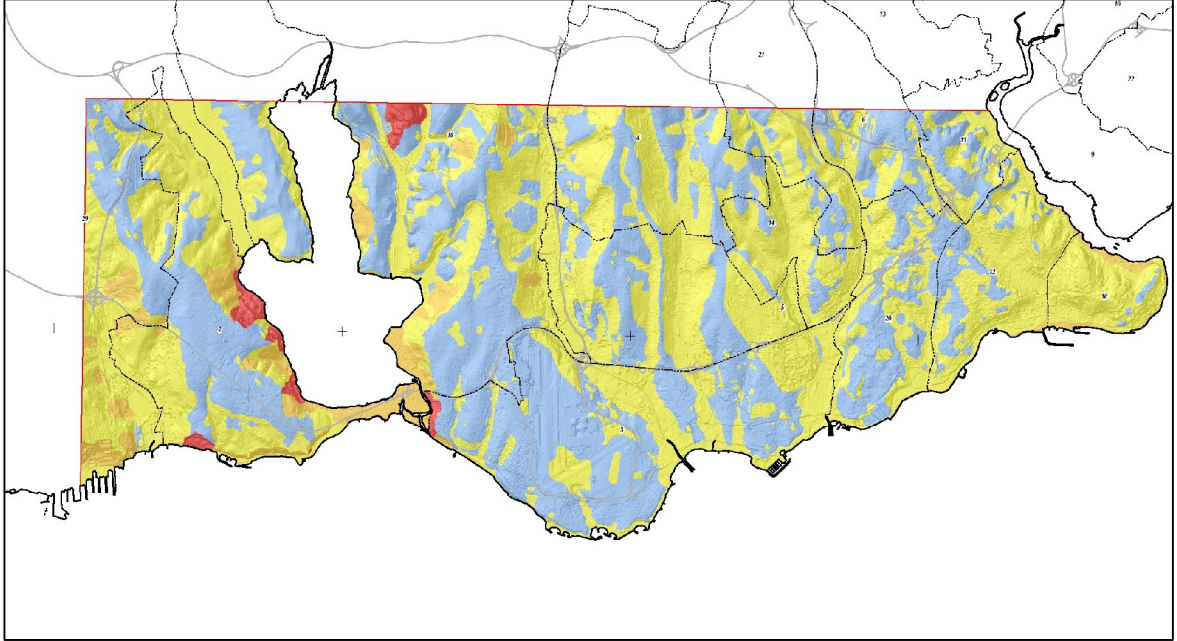




T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
DEPREM RİSK YÖNETİMİ VE KENTSEL İYİLEŞTİRME DAİRE BAŞKANLIĞI
DEPREM VE ZEMİN İNCELEME MÜDÜRLÜĞÜ



AVRUPA YAKASI GÜNEYİ MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMASI



YÖNETİCİ ÖZETİ

EKİM 2007
İSTANBUL

OYO INTERNATIONAL CORPORATION

İÇİNDEKİLER

1	AMAÇ VE KAPSAM	1
1.1	Çalışmanın Amacı	1
1.2	Çalışmanın Kapsamı	1
1.3	Çalışma Organizasyonu	2
2	ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ	3
2.1	Çalışma Alanının Yeri	3
2.2	Veritabanı, Haritalama ve Veri Tabanı	5
2.3	Çalışmanın Özeti	6
3	COĞRAFİ KONUM VE JEOMORFOLOJİ	7
3.1	Coğrafi Konum	7
3.2	Jeomorfoloji	7
4	İMAR PLANI	9
5	JEOLOJİ	10
5.1	Genel Jeoloji	10
5.2	Çalışma Alanının Jeolojisi.....	13
5.3	Yapısal Jeoloji	15
5.4	Tarihsel Jeoloji	16
6	JEOLOJİK ÇALIŞMALAR, JEOFİZİK ÖLÇÜMLER VE IN-SITU (YERİNDE) TESTLER	
6.1	Jeolojik Çalışmalar	17
6.2	Jeofizik Ölçümler.....	17
6.3	Yerel Zemin Karakteristikleri	18
7	LABORATUAR TESTLERİ	24
7.1	Laboratuar Test İçerikleri	24
7.2	Labouratuar Test Sonuçları	24
8	ZEMİN VE KAYA TİPLERİNİN JEOTEKNİK KARAKTERİSTİKLERİ	26
8.1	Yüzey Zemin Hareketi Analizi.....	26
8.2	Sıvılaşma Tehlikesi Analizi.....	37
8.3	Kütle Hareketleri (Şev Duyarsızlığı).....	42

9	SU DURUMU	47
9.1	Zemin Suyu Seviyesi	47
9.2	Taşkın (Sel) Tehlike Analizi	50
9.3	Tsunami Tehlike Analizi	56
10	DEPREM TEHLİKE ANALİZİ	67
10.1	Aktif Fay Analizi	68
10.2	Sismik Aktivite Analizi.....	71
10.3	Azalım İlişkileri	71
10.4	Olasılıklı Sismik Tehlike Analizi	72
11	YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ	78
11.1	Değerlendirmenin Teknik ve Hukuki Kısıtları	78
11.2	Yerleşime Uygunluk Açısından Tehlikelerin Değerlendirilmesi.....	78
11.3	Uygun Alanlar (UA)	78
11.4	Önlemler Alanlar (ÖA)	79
11.5	Uygun Olmayan Alanlar (UOA)	82
12	SONUÇ VE ÖNERİLER	84

1 AMAÇ VE KAPSAM

Bu rapor, OYO International Corporation tarafından hazırlanmış ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)'ne sunulmuş olan "MİKROBÖLGELEME RAPOR VE HARİTALARININ HAZIRLANMASI – AVRUPA YAKASI (GÜNEY)" nin içeriğini, yöntemlerini ve sonuçlarını açıklamaktadır. (bundan sonra "çalışma" olarak söz edilecektir)

1.1 Çalışmanın Amacı

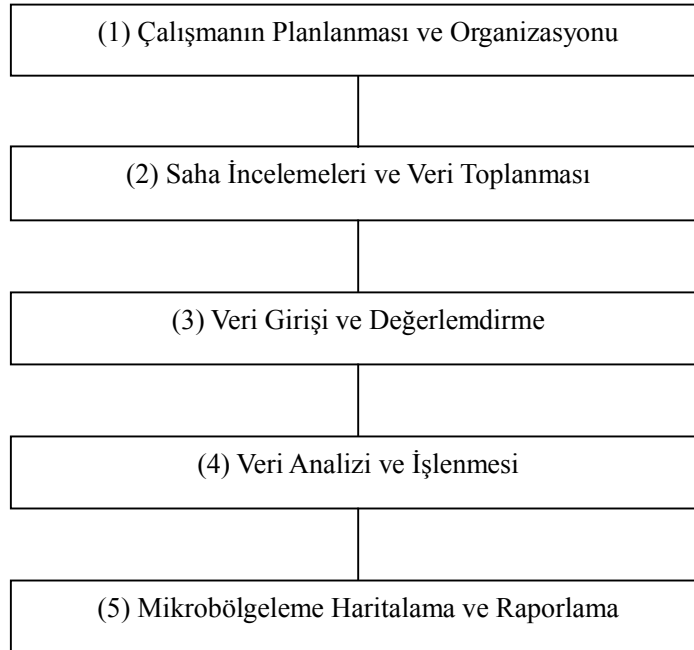
Çalışmanın amacı, mühendislik ve jeolojik özellikleri birbirinden farklı alanların, depreme karşı taşıdığı potansiyel risklerin belirlenmesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları dahilinde "tehlike-ilişkili arazi kullanım yönetimi ve şehir planlaması" için bir temel teşkil edebilecek olan mikrobölgeleme rapor ve haritalarının hazırlanmasıdır. Bu çalışmada

- Her tür ve ölçekteki planlara altlık oluşturmak
- Kentsel dönüşüm projelerine veri sağlamak
- Zarar azaltma planları için altlık oluşturmak
- Büyük yatırımlar (baraj, tünel, metro vb.) ve mühendislik yapılarının genel projelendirmesi ile sigorta ve benzeri gibi düzenlemeler için veri tabanı oluşturmaktır.

Bu çalışmada olası deprem etkilerinin elde edilebilmesi için, detaylı jeolojik, jeofizik, jeoteknik ve sismolojik incelemeler ve etütler gerçekleştirilmiştir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

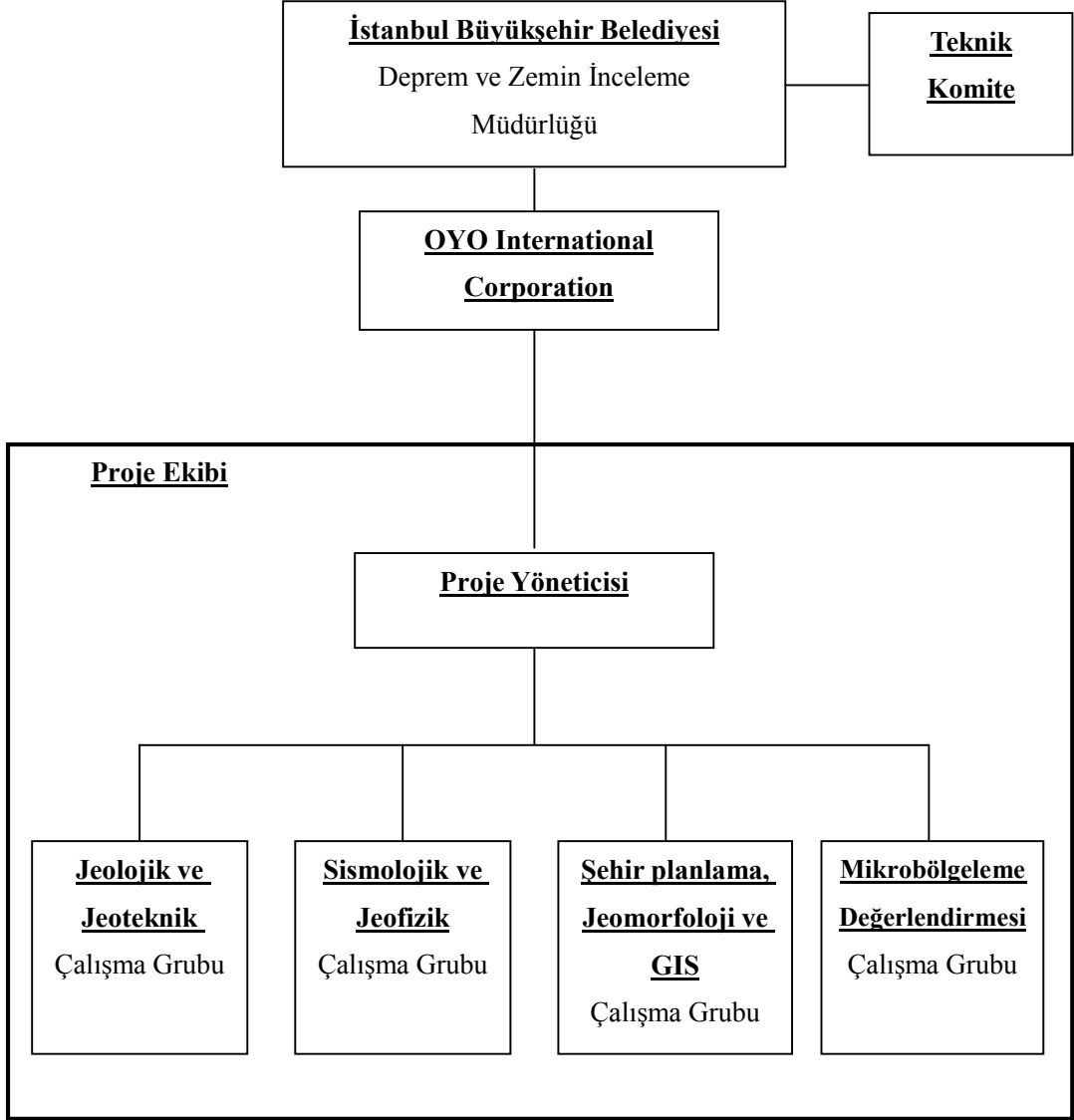
Tüm çalışmanın akış tablosu Şek. 1.2.1. de gösterilmektedir.



Şek. 1.2.1 Çalışma Akış Tablosu

1.3 Çalışma Organizasyonu

Çalışma organizasyonu Şek. 1.3.1. de gösterilmiştir.



Şek. 1.3.1 Çalışma Organizasyonu

2 ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

2.1 Çalışma Alanının Yeri

Çalışma alanının yeri Şek. 2.1.1. de gösterilmektedir.



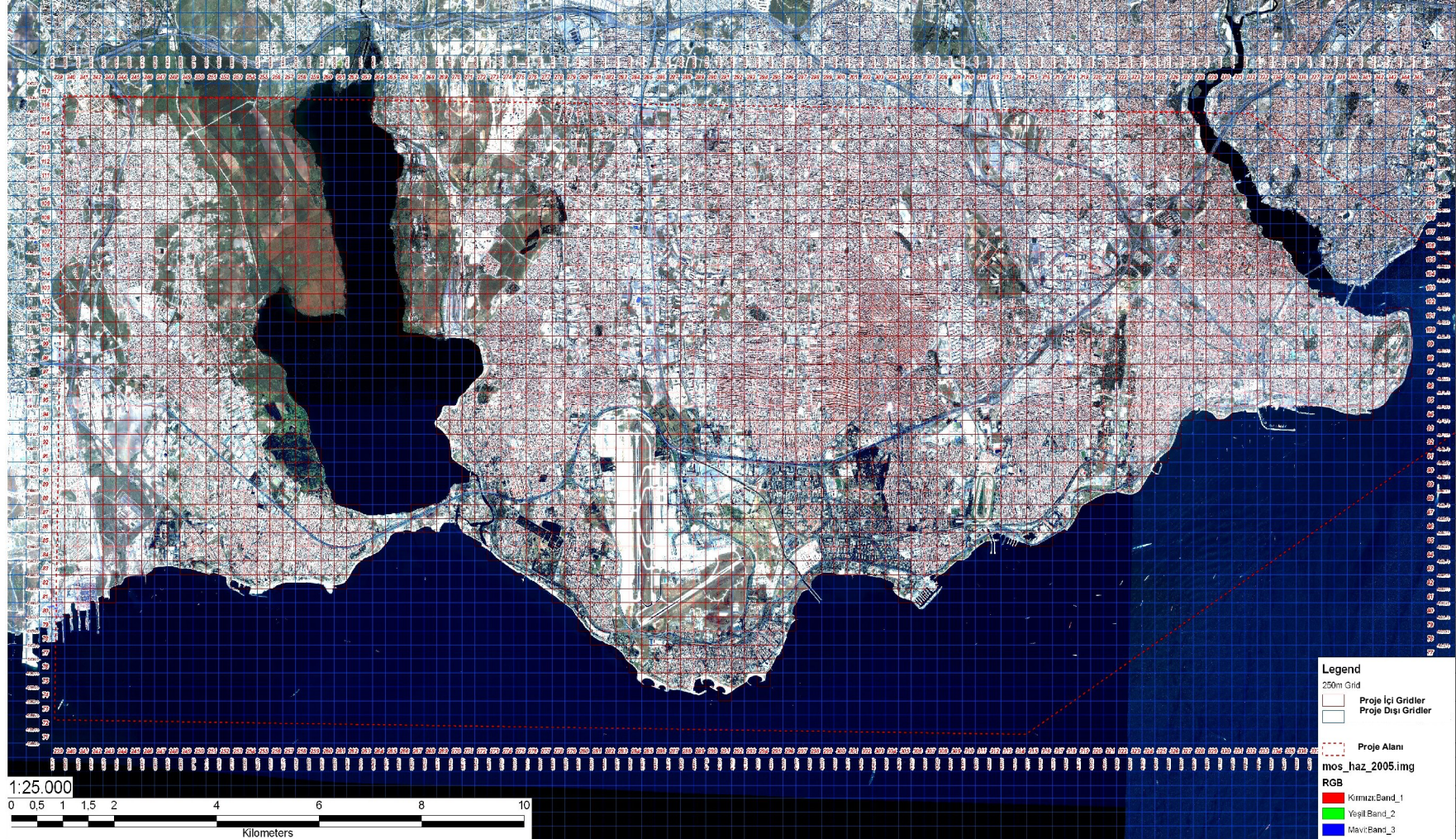
Şek. 2.1.1 Çalışma Alanının Yeri

Şek.2.1.2 de gösterilmiş olan İnceleme alanı aşağıdaki koordinatlar ile çevrili kara parçasıdır:

- | | | | |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1) X: 388,598.72 | Y: 4,547,051.31 | 2) X: 388,430.19 | Y: 4,535,945.17 |
| 3) X: 407,375.58 | Y: 4,535,681.75 | 4) X: 415,860.39 | Y: 4,541,134.16 |
| 5) X: 415,892.19 | Y: 4,543,910.66 | 6) X: 411,720.15 | Y: 4,546,736.56 |

Toplam alan yaklaşık 182 km² dir.

Çalışma aralığı 18.01.2006 – 19.10.2007 tarihleri arasındadır ve bu nihai rapor Ekim 2007 de hazırlanmıştır.



Şek. 2.1.2 Çalışma Alanı Grid Haritası (250 x 250 m. Avrupa Yakası (Güney), İstanbul)

2.2 Veritabanı, Haritalama ve Çalışma Yöntemleri

Belediye ile yapılan mutabakat sonucunda veri ve haritalar ArcInfo¹ ortamında hazırlanmıştır. Ulusal arazi koordinat sistemleri veri ve haritaların üretiminde kullanılmaktadır. 1/1000 ölçekli 1999 yılı DGN dosyaları genel olarak temel harita olarak kullanılmıştır. 1/5000 ölçekli 2005 yılı DGN ve GEO-TIFF dosyaları yardımcı temel harita olarak kullanılmıştır. Jeolojik açıklamalar (legend) MTA'nın jeolojik haritalama standartlarına dayanmaktadır ve İstanbul için kontrol mühendisleri, profesörler ve diğer mühendislerin görüşleri doğrultusunda güncelleştirilmiştir. "1/1000 ölçekli 1999 yılı DGN dosyaları'nın başlangıç noktası (datum) "1950 Avrupa Başlangıç Noktası (Datum)" dır. Başlangıç noktası ArcGIS 9.1'de önceden tanımlanmıştır.

Bu proje içerisinde geliştirilen başlıca veri sistemleri Tablo 2.2.1 de listelenmiştir.

Tablo 2.2.1 Ana Veri Sistemleri

İsim	Yol	Açıklama
Sondaj Logu	I:/Project2006/ drilling data/ log excel/	Excel formatındaki sondaj loglarında litolojiyi ve N Şemasını çizecek sistemleri içeren bir sondaj log sistemi ve verisidir
GeoDB	I:/Project2006/ GeoDB	Saha inceleme sonucu veri dosyalarını bir GIS veritabanında birleştiren, sondaj loglarını belirtmek için gerekli sistemleri, laboratuvar test sonucunu, CPT saha test sonucunu, zemin suyu izleme sonucunu, PS logging sonucunu, ReMi saha inceleme sonucunu, mikrotremor saha inceleme sonucunu ve direnç saha inceleme sonucunu içeren bir sistemdir. Ayrıca bu sistem, DEM verileri ile saha inceleme lokasyonu yükselme değerlerinin kontrol sistemini ve sıvılaşma potansiyeli hesaplama sistemini de içermektedir.
Bina Çıkartımı	I:/Project2006/ Tools	Bu sistem, bina sınır polyline'nin tüm 2005 yılı 1/5000 ölçekli ana haritalardan çıkartılması ve bina poligonuna dönüştürülmesi sistemidir. Bu sistemin çıktısı, Tsunami simülasyonu için kullanılmaktadır.
1/1000 ana harita dosya dönüşümü	I:/Project2006/ Tools	Bu, tüm DGN dosyalarının 3D-Spline (3D Oluk)'ların polyline'a çevirmek ve ardından şekil dosyalarına dönüştürmek için kullanılan bir sistemdir. Hem Microstation/J 7.1J BASIC ortamı hemde ArcGIS 9.1 VBA sistem geliştirilmesi için kullanılmaktadır.
PDF İhracı	I:/Project2006/ Tools	Bu sistem harita kapsamını yükseltmek ve PDF dosyalarını ihraç etmek amaçlı kullanılmaktadır.

¹ Versiyon 9.1

2.3 Çalışmanın Özeti

Proje kapsamında bulunan 2912 grid de (250 * 250 m) toplam 2830 adet derinliği 30 m olan normal sondaj, 27 adet derin sondaj, 764 adet sıvılaşıma sondajı, 608 adet heyelan sondajı, 100 adet değişik derinliklerde anakaya derinliği ile bazı birimlerin kalınlığını belirlemek için yapılan sondajlar ile fay gibi yapısal unsurları ve alüvyon kalınlıklarının tespiti için 35 adet sondaj olmak üzere toplam 4364 adet mekanik sondaj çalışması yapılmış ve sondaj derinliği toplamı 125578,90 m ye ulaşmıştır. Arazi de yerinde(in-stu) yapılan SPT deneylerinin yanı sıra 663 adet CPT deneyi yapılmıştır.

2762 adet Sismik Kırılma – REMİ ölçümü, 2625 adet Elektrik Özdirenç ölçümü, 201 adet PS Logging deneyi, 30 noktada Array Mikrotremor ve 20 Km uzunluğunda Sismik Yansıma ölçümü, jeofizik çalışmalar kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Sahada yapılan bu çalışmalar, laboratuvar da yapılan deneylerle desteklenmiş ve büro çalışmasında derlenip gerekli analizler yapılarak olası ve mevcut tehlikeler gruplandırılmıştır. Laboratuvar da yapılan deneyler de şunlardır; Doğal Su Muhtevası 53,938 adet, Elek Analizi 53,938 adet, Hidrometre 124 adet, Kıvam Limitleri Tayini 46,432 adet, Serbest Basınç Deneyi 1,120 adet, Üç Eksenli Basınç Deneyi 462 adet, Konsolidasyon Deneyi 2,315 adet ve Şişme Deneyi 2,315 adettir.

Sonuç olarak, yukarıda belirtilen çalışmalar sonucunda Mikrobölgeleme haritaları oluşturulmuş ve bu haritalardan yerleşime uygunluk haritası üretilmiştir.

3 COĞRAFI KONUM VE JEOMORFOLOJİ

3.1 Coğrafi Konum

İstanbul Bölgesi'ne genel olarak bakıldığında; Boğaziçi, doğrusala yakın dar bir kanal şeklinde, Marmara Denizi'ni Karadeniz'e bağlar ve İstanbul'u Avrupa Yakası ve Anadolu Yakası olarak iki ana kısma ayırır. İstanbul'un Avrupa Yakası, Boğaziçi'ne bağlanan bir dar kanal olan Haliç tarafından tarihsel alanlar ile modern alanlar olarak ayrılmaktadır.

Çalışma alanı; Haliç'in batısını kapsamakta olup, Doğu'da Haliç ve İstanbul Boğazı'nın Marmara Denizi girişi, Güney'de Marmara Denizi, Batı'da Yakuplu Beldesi'nin Doğu yamaçları (Haramidere Batı yamaçları) ve Kuzey'de TEM Otoyolu (Güney) ile sınırlıdır.

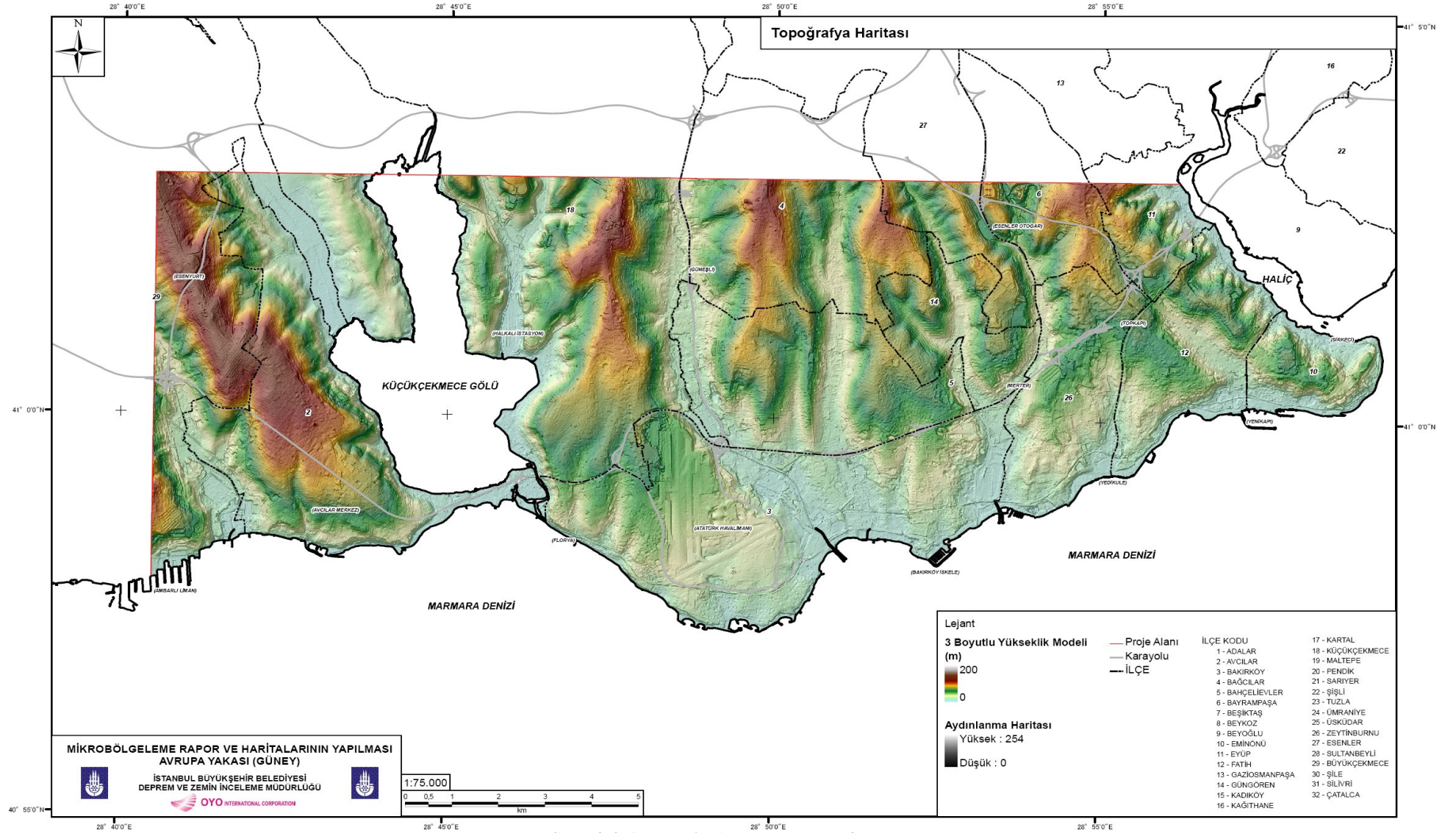
3.2 Jeomorfoloji

Şek. 3.2.1 proje alanındaki topografyayı göstermektedir. Güneye doğru Marmara Denizi'ni gören proje alanı, doğu ve batıya doğru yayılır. Kuzeyden güneye uzanan vadiler ile ayrılan pek çok sırt gözlemlenmektedir.

Ambarlı, Avcılar, Bakırköy'ün doğu ve batı yakası, Bahçelievler batı yakası, Esenler güney yakası, Güngören doğu yakası, Zeytinburnu, Fatih güney ve kuzey yakası, Eminönü vb. gibi yerlerde çeşitli büyük sırtlar bulunmaktadır. Bu sırtlar güneyden kuzeye doğru uzanmaktadır.

Küçükçekmece Gölü, proje alanını batı kesimi ve doğu-orta kesimleri olarak ayırmaktadır. Bu alanlarda kuzeyden güneye akan Harami Dere, Karagos Deresi, Hasan Deresi, Ayamama Deresi, Tavukçu Deresi, Çinçin Deresi, Terazidere gibi çeşitli dereler bulunmaktadır.

Proje alanının kuzey-doğusu Haliç tarafından sınırlandırılmıştır. En önemli topografik özelliklerden bir tanesi, sırtların yüksek düzlüklerinin Marmara Denizi'ne karşı güney yönlü eğilmesidir. Bakırköy kireçtaşı ile kaplı bu düzlükler, bu katmanın tortu düzlükleri olarak düşünülmektedir. Yatay formdaki düzlükler, deniz suyu seviyesindeki değişiklikler ve yapısal hareketler sebebi ile eğimli hale gelmişlerdir. Bu süreç içerisinde, kuzeyden güneye akarsular boyunca vadiler ortaya çıkmıştır..



Şek. 3.2.1 Proje Alanı Topografyası

4 İMAR PLANI

Çalışma Alanı içerisinde; Bakırköy, Bahçelievler, Güngören, Zeytinburnu, Fatih, Eminönü, Avcılar İlçelerinin tamamı ve B.Çekmece, K.Çekmece, Bağcılar, Esenler, Bayrampaşa, Eyüp, Esenyurt ilçelerinin bir kısmı girmektedir. Çalışma alanında, Büyükşehir Belediyesi'nin hazırlamış olduğu 1/5000 Ölçekli Nazım İmar Planı mevcut olup, ilçe belediyeleri de 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planlarını hazırlamışlardır. Bazı ilçe sınırları içerisinde İslah İmar Planları (K.Çekmece Gölü Kuzeyi vb.) yapılmıştır. Ayrıca, Marmara Denizi'ne kıyısı bulunan Bakırköy ve Zeytinburnu İlçelerinin bu bölgelerinde Turizm Bakanlığı yetkisinde Turizm Merkezi İmar Planları mevcuttur.

Mevcut planlara esas jeolojik etütler genelde 1999 Marmara Depremi sonrasında hazırlanmış olan çalışmalardır. Çalışma alanına ait tüm bölgelerin Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanmış olan 1/5000 Ölçekli Nazım İmar Planına Esas "Jeoloji ve Yerleşime Uygunluk" çalışması mevcuttur. Ayrıca, tüm ilçe belediyelerinin hazırlattırılmış olduğu 1/1000 veya 1/2000 Ölçekli Uygulama İmar Planına Esas "Jeoloji ve Yerleşime Uygunluk" çalışmaları mevcuttur.

İlçelere ait mevcut çalışmalarda yerleşime uygun olmayan alanlar:

Avcılar ilçesi sınırlarında; Ambarlı Mahallesi'nin denize bakan yamacında gelişen Balaban Heyelanı'nın etki ettiği bölge (28/06/2005 tarih ve 9109 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile Afete Maruz Bölge ilan edilmiştir), Firuzköy Mahallesi'nin K.Çekmece Gölü'ne bakan yamacı, Bakırköy İlçesi sınırları içerisinde bulunan Menekşe Heyelanı, K.Çekmece İlçesi Halkalı Mahallesi sınırlarında bulunan Halkalı Çöplük Alanı özellikleri itibarıyla çoğu kesim tarafından bilenen uygun olmayan alanlardır. Bu alanların dışında ise; sahillere kıyısı bulunan ilçelerdeki sahil dolgu alanlarının bulunduğu yerler ile Karayolları istimalik sınırlarındaki dolgu alanları yerleşime uygun olmayan alanlar olarak görülmektedir.

5 JEOLJİ

5.1 Genel Jeoloji

Şek. 5.1.1 projenin genel stratigrafisini göstermektedir. Proje alanındaki tek paleozoik istif Trakya Formasyonu'dur. Litolojide bu katman, üst katmanlardan oldukça farklı olduğu için kolaylıkla tanımlanabilmektedir.

Ceylan Formasyonu da stratigrafik olarak altındaki Trakya Formasyonundan ve üstündeki Gürpınar üyesi ya da Güngören Üyesi fasiyeslerinden kolayca ayrıt edilebilir.

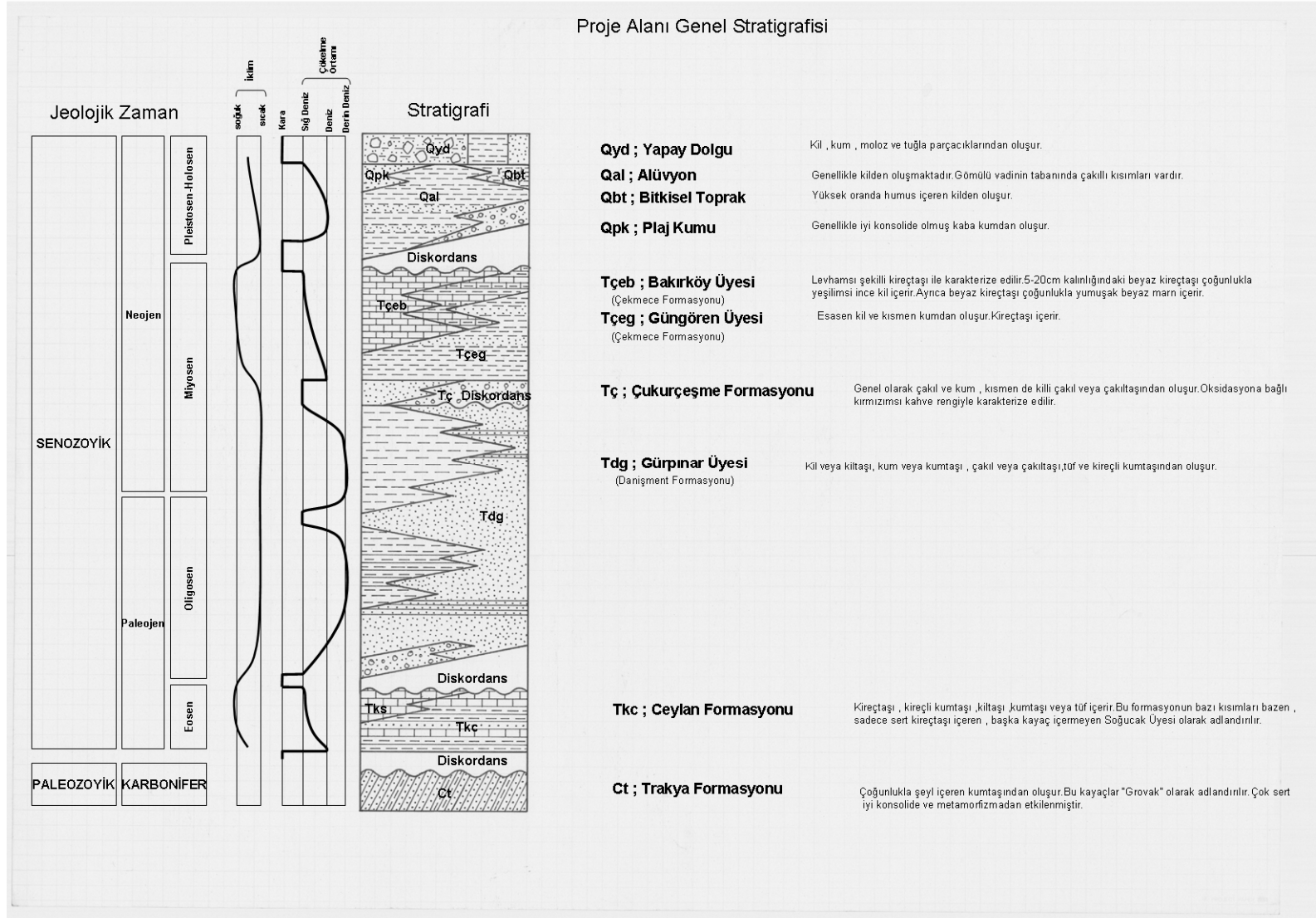
Soğucak Üyesi IBB Jeoloji Haritasına göre Ceylan Formasyonunun alt katmanına atanmış olsa da, soğucak üyesini karakterize eden kireçtaşının Ceylan Formasyonu ile iç içe bulunması ve heteropik yüzey olarak adlandırıldığı için bu projede Ceylan Formasyonuna dahil edilmiştir.

IBB Jeoloji Haritasına göre genel olarak kilden oluşan Danişment Formasyonu (Gürpınar Üyesini içeren) çalışma alanının batısında Büyükçekmece Gölünün batı yakasındaki tepelik alanlarda geniş bir şekilde dağılmaktadır. Genel olarak kum ve çakıldan oluşan Çukurçeşme Formasyonu, tepelik alanların kuzeyinde Danişment Formasyonunun üzerinde yer alır.

Genel olarak kilden oluşan Güngören Üyesi ve üstündeki kireçtaşı ya da marn dan oluşan Bakırköy Üyesi proje alanının doğu kesimleri, güney, güneydoğu ve güneybatı kesimlerinde tepe düzlüklerde yatay veya yataya yakın biçimde, hemen altında, Kil den oluşan Güngören üyesi yer almaktadır. Bu iki üyenin Danişmen ve çukurçeşme Formasyonlarının biriktiği yerden daha küçük bir havzada toplanmış olan tek bir tabaka olduğu tahmin edilmektedir. Birikme ortamında ve tabakanın geçici veya yerleşik sınırında büyük bir farklılık olmaması dolayısıyla hem Güngören hem de Bakırköy Üyesinin Çekmece Formasyonuna dahil edilmesi mümkündür.

Şek. 5.1.2 proje alanı jeolojisini kuş bakışı olarak göstermektedir. Jeolojideki stratigrafi Şek. 5.1.3 de gösterilmiştir. Bu kuş bakışı görüntü proje alanının güneyinde (deniz kıyısı) Bakırköy Üyesi olarak adlandırılan kireçtaşı katmanlar ile kaplanmış eğimli (şevli) tepeler bulunduğunu göstermektedir. Yamaçlar, Güngören Üyesi olarak adlandırılan killi zeminler (yeşilimsi gri renk) ile kaplanmıştır. Bu alanlar Güngören ve üst kesimlerde Bakırköy den oluşmaktadır.

Kçükçekmece Gölünün doğu yakasının bazı kesimleri Ceylan Formasyonu (koyu mavimsi renk) olarak adlandırılan kireçtaşı katmanları ile kaplıdır. Proje alanının doğusunda bulunan Haliç i gören yamaç eğimleri Trakya Formasyonu (Koyu Yeşil Renk) olarak adlandırılan Paleozoik katman ile kaplıdır. Ceylan ya da Trakya Formasyonu mühendislik anakayasası ile uygunluk göstermektedir.

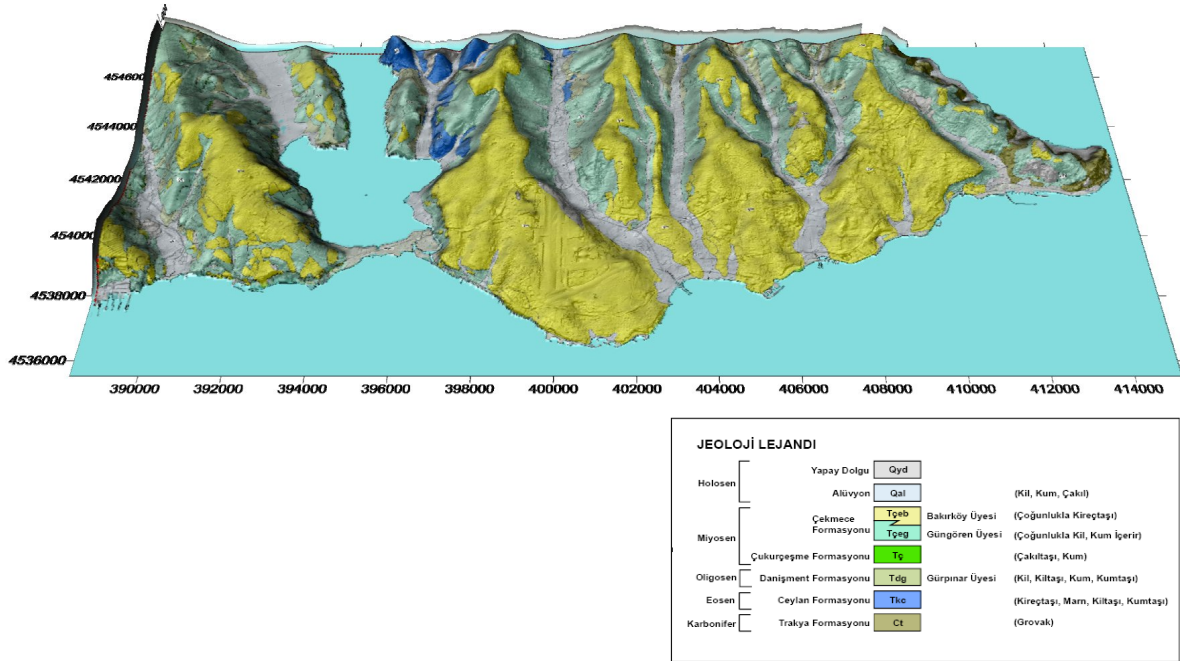


Şek. 5.1.1 Genel Statigrafisi

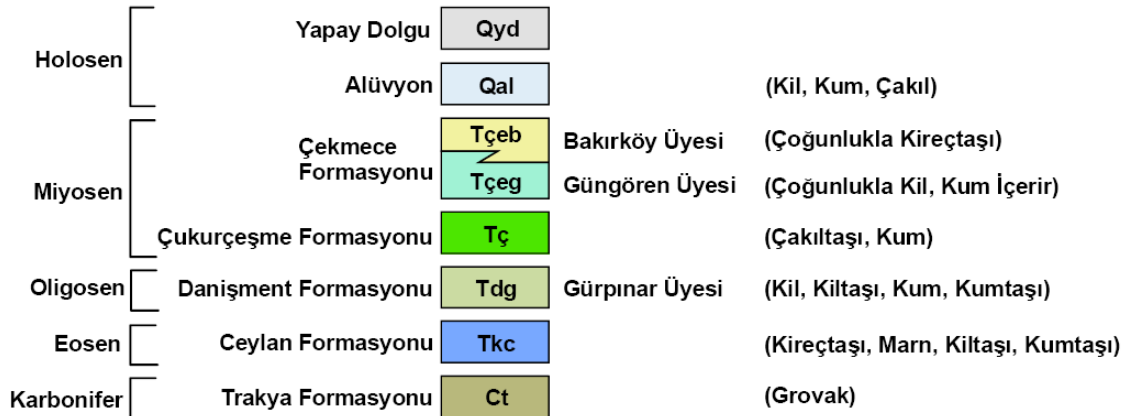
Anakaya, proje alanının kuzey kesimlerindeki alçak yükseltilerde kısmen gözlemlenen Gürpınar Üyesi (yeşilimsi gri renk) ile kaplanmaktadır. Çukurçeşme Formasyonu kısmen Gürpınar ve Güngören arasında bulunmaktadır.

Alüvyon tortuların (açık gri) dağıldığı alüvyon düzlükler, güneyden kuzeye kadar vadiler boyunca bulunmaktadır. Geniş sahil düzlükleri yoktur. Büyük bir kumsal (2km uzunluğunda) Küçükçekmece Gölü ve Marmara Denizi arasında bulunmaktadır.

Kalın yapay dolgular (10m den daha fazla kalın) sahil kesimlerinde ve bazı iç kesimlerde bulunmaktadır. Doğu sahil kesimi, denizin ıslah edilmesi ile oluşturulmuştur. Ayrıca proje alanı içerisinde yer alan halkalı çöplüğü olarak adlandırılan alan, dolgu kalınlığı en fazla olan alan olarak göze çarpmaktadır.



Şek. 5.1.2 Proje alanının kuş bakışı Jeolojisi



Şek. 5.1.3 Jeolojide Statigrafi

5.2 Proje Alanı Jeolojisi

Şek. 5.2.1 proje alanının jeolojisini göstermektedir. Proje alanında bulunan formasyon ve üyeler alttan üste doğru aşağıdaki şekildedir ;

(a) Trakya Formasyonu

(Palaeozoik, kumtaşı ve diğerleri)

(b) Ceylan Formasyonu

(Eosen, Kireçtaşı ve diğerleri)

(c) Gürpınar Üyesi (Danışmen Formasyonuna bağlı)

Oligosen - Miyosen, kum, kil, kil taşı, ve diğerleri.

(d) Çukurçeşme Formasyonu

Miyosen, Çakıl ve kum.

(e) Güngören Üyesi (Çekmece Formasyonuna bağlı)

Miyosen, çoğunlukla kil.

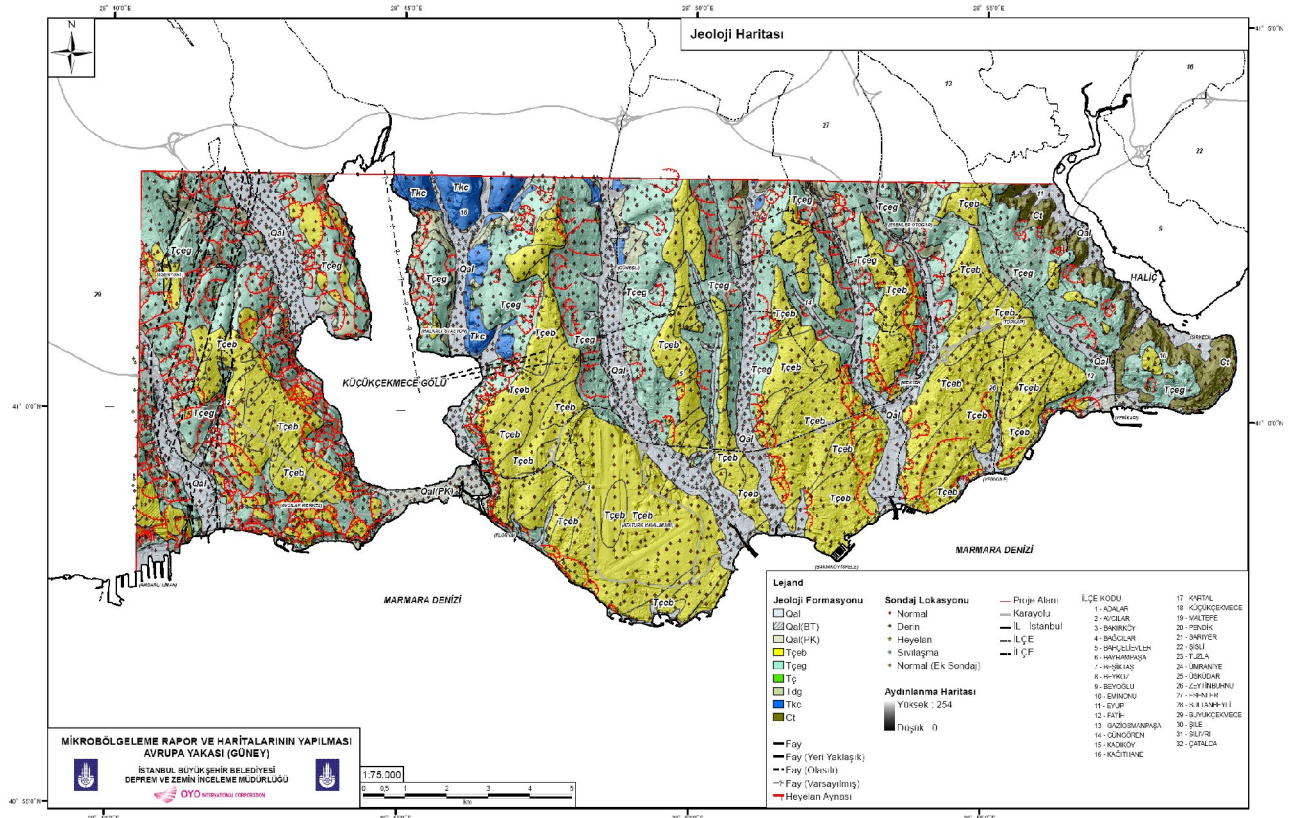
(f) Bakırköy Member (Çekmece Formasyonuna bağlı Bakırköy üyesi)

Miyosen, kireçtaşı marn ve diğerleri

(g) Alüvyon Birikinti ve diğerleri

Çoğunlukla holosen, kil, kum, plaj kumu, bitkisel toprak

(h) Yeni Dolgular



Şek. 5.2.1 Proje alanının Jeolojisi

(1) Trakya Formasyonu

Trakya Formasyonu Paleozoik Karbonifer’de çökelmiştir. Katman çoğunlukla pek çok durumda tortulu şist içeren kum taşından meydana gelmiştir. Bir çeşit pyroklastik kaya olan tuf gibi kayalar nadiren bulunur. Bu kayaların tümüne “Grovak” adı verilir. Bozulmamış kaya oldukça sert, iyi çimentolanmış ve metamorfoza maruz kalmıştır.

(2) Ceylan Formasyonu

Ceylan Formasyonu Paleogen ve Eosen’de çökelmiştir. Ceylan Formasyonu kireçtaşı, kalkerli kumtaşı, tuf ya da kumtaşından meydana gelir. Bu formasyonun sadece sert kireçtaşı içeren bazı kesimleri Soğucak Üyesi olarak adlandırılmıştır.

(3) Gürpınar Üyesi (Danışmen Formasyonuna bağlı)

Gürpınar Üyesi, Danışmen Formasyonu nun üst kısmına bağlıdır. Alt kısım Oligosen yaşlı iken Üst kısım Miyosen yaşlıdır. Gürpınar Üyesi kil ya da kıltaşı (koyu yeşil), kum ya da kumtaşı, çakıl ya da çakıl taşı (koyu gri), tuff (koyu yeşil) ve kalkerli kumtaşından (gri) meydana gelmektedir.

(4) Çukurçeşme Formasyonu

Çukurçeşme Formasyonu Miyosen devrinde çökelmiştir. Proje alanının ortasından batı kısmına doğru dağılmıştır. Çukurçeşme Formasyonu çoğunlukla çakıl ya da kum, kısmen kil ile çakıl ya da çakıltaşından oluşmuştur. Çakıl muhteviyatı kuzeybatı alanında yüksek iken, kum muhteviyatı güneydoğu alanında daha fazladır.

(5) Güngören Üyesi (Çekmece Formasyonuna bağlı)

Güngören Üyesi Miyosen devrinde çökelmiştir ve Çekmece Formasyonu nun alt kısmıdır. Güngören Üyesi çoğunlukla kil ve kısmen kumdan meydana gelmektedir. İyi konsolide olmuş bir kil kesimi, kil taşı oluşturmaktadır. Bu üye nadiren kireçtaşı seviyeleri ince bantlar halinde gözlenebilir.

(6) Bakırköy Üye (Çekmece Formasyonuna bağlı)

Bakırköy Üyesi Çekmece Formasyonunun üst kısmıdır ve üst Miyosen yaşındadır. Bakırköy kireçtaşı levha-gibi görünen şekli ile karakterize edilebilir. İnce yeşilimsi kil genellikle 5 ila 20cm kalınlığındaki beyaz kireçtaşı katmanında bulunmaktadır. Kireçtaşı ayrıca genellikle yumuşak beyaz marn ya da kum içerir.

(7) Alüvyon, Bitkisel Toprak, Plaj Kumu

Alüvyon nehir kenarları boyunca bulunan alçak arazilerde birikmiştir. Alüvyon zaman içerisinde denizen alçalması ile oluşan vadilerde biriken bir istiftir. Proje alanındaki alüvyon çoğunlukla kilden oluşmaktadır. Gürpınar kumunun gömülü vadilerin çevresinde dağılması durumunda, alüvyon genellikle Gürpınar kumundan kum katmanları içerir. Gömülü vadilerin dipleri kısmen çakıl içermektedir.

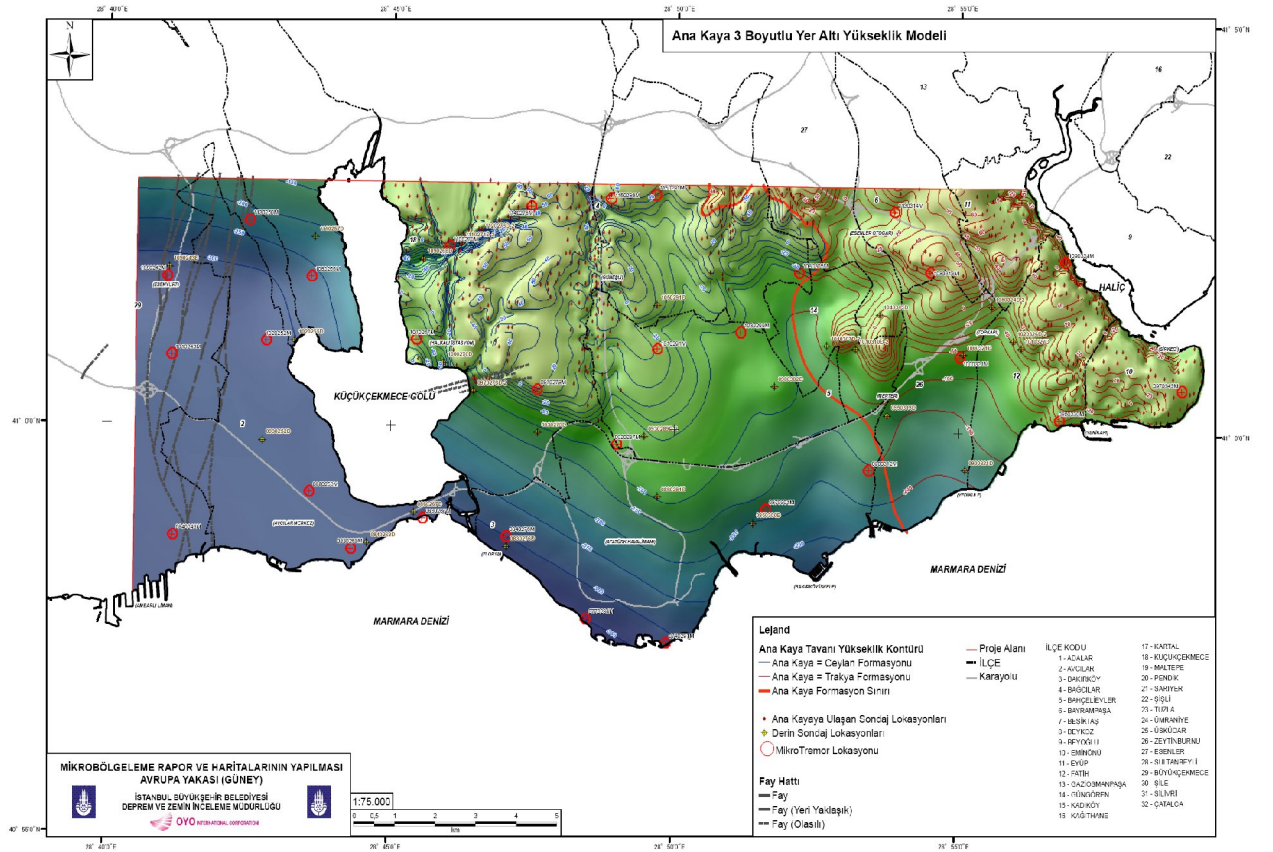
(8) Yeni Dolgular

Proje alanında çeşitli dolgular bulunmaktadır. Bu dolgular fabrika inşaatları, havaalanları, okullar için yada yollar ya da demiryolları için olanlar veya tarihsel alanlar içerisinde oluşanlar, sahil kesiminin ıslahı için yapılanlar, alüvyon düzlüklerin doldurulması ile oluşanlar ve kaynağı belirsiz olanlar gibi çeşitli malzemelerden meydana gelmektedir.

5.3 Yapısal Jeoloji

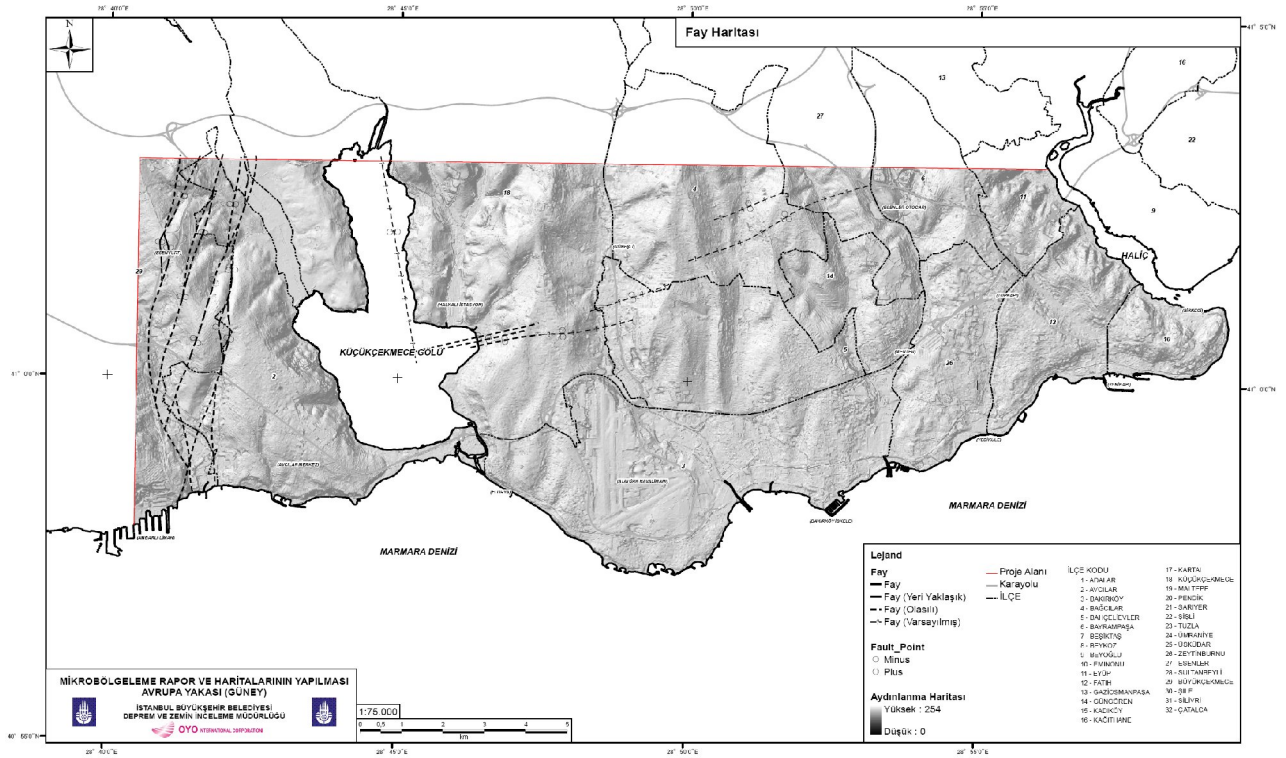
Şek. 5.3.1 sondaj (derin sondajlar dahil) sonuçlarına ve mikrotremor ölçümüne dayalı olarak hazırlanmış olan anakayaların yükselti konturlerini göstermektedir. Proje alanının doğusundaki anakaya Trakya Formasyonu iken batıdan orta kesimlere kadar Ceylan Formasyonudur. Anakayanın, kuzey kesimlerde 50m yükseltisinde ve Marmara denizi sahili çevresinde ise -200m ila -300m arasında olan üst düzlükleri genellikle Küçükçekmece Gölü'nün doğusunda, kuzeyden güneye doğru eğimlenir.

Küçükçekmece Gölünde bir fay (güneyden kuzeye) varsayılmıştır çünkü gölün sağ ve sol yakası arasında büyük bir yükselti boşluğu bulunmaktadır. Gölün doğu yakasında array sondaj sonuçlarından pek çok fay çıkarılmıştır.



Şek.5.3.1 Anakayanın üst sınır konturu

Şek. 5.3.2 proje alanındaki fayları göstermektedir. Küçükçekmece Gölünde bir fay (güneyden kuzeye) varsayılmıştır, çünkü gölün sağ ve sol yakası arasında büyük bir yükselti boşluğu bulunmaktadır.



Şek. 5.3.2 Fayların Dağılımı

Avcılar alanının kuzey-batısında fay hatları vadilerin kolları boyunca uzanmaktadır. Fay, bir tanesi için yapılan araştırma çukuru çalışması ile teyit edilmiştir.

5.4 Tarihsel Jeoloji

Eosenin ortalarında, yaklaşık 40 milyon yıl önce, kil, karboniferik kum, volkanik kül ya da kireçtaşı gibi çeşitli topraklar denizde Trakya Formasyonu üzerinde birikiyordu. Bunlar Ceylan Formasyonu haline geldiler.

Oligosenin ortalarında, yaklaşık 30 milyon yıl önce, proje alanının batı yakası yeniden deniz haline geldi. Bu zamanda kum ve kilden oluşan çökeltiler (sediments) Gürpınar Üyesi olarak adlandırılmaktadır.

Kısa bir süre sonra, deniz alçalmaya başladı ve nehirlerden gelen çakıllarla doldu. Bu çakıllar Çukurçeşme Formasyonu olarak adlandırılmaktadır.

Bunun ardından, Miyosenin ileri safhalarında, yaklaşık 10 milyon yıl önce, denizin çevresinde her hangi bir büyük nehir olmaması sebebiyle killi topraklar birikmeye başladı. Bu killi katman Güngören Üyesidir. Deniz sığ hale gelmeye başladığında Bakırköy Formasyonu olarak adlandırılan kireçtaşı oluştu.

Yaklaşık 5 milyon yıl önce Miyosen bitip Pliyosen başladığında Akdeniz göreceli olarak alçalmıştı. Güngören kili (yumuşak ve birleşmemiş topraklar) Bakırköy kireçtaşı (sert toprak) tarafından kaplanmıştır.

6 JEOLOJİK ÇALIŞMALAR, JEOFİZİK ÖLÇÜMLER VE IN-SITU (YERİNDE) TESTLER

6.1 Jeolojik Çalışmalar

Jeolojik çalışmaların içerikleri ve miktarları Tablo 6.1.1 de gösterilmektedir.

Tablo 6.1.1 Jeolojik Çalışmaların İçeriği

Çalışmanın Adı	Nokta Sayısı	Toplam miktar (m)
Normal Sondajlar	2,830	86,840
Derin Sondajlar	27	4,201
Sıvılaşma Analizi Sondajları	764	12,344
Heyelan Analizi Sondajları	608	18,144
Faylar, alüvyon, temel vs için ekstra sondajlar	135	4,754
CPT	663	8,769
Trenç Çalışmaları	2	-

6.2 Jeofizik Ölçümler

Jeofizik çalışmaların içeriği ve miktarı Tablo 6.2.1 de gösterilmektedir.

Tablo 6.2.1 Jeofizik Ölçümlerin İçeriği

Ölçüm Şekli	Nokta Sayısı	Toplam Miktar (m)
Sismik Kırılma ve ReMi	2,762	-
Sismik Yansıma	-	20 km
PS-Logging	201	8,069
Array Microtremor	30	-
Elektrik Direnci	2,625	-

6.3 Yerel Zemin Karakteristikleri

6.3.1 Yerel Zemin Durumu

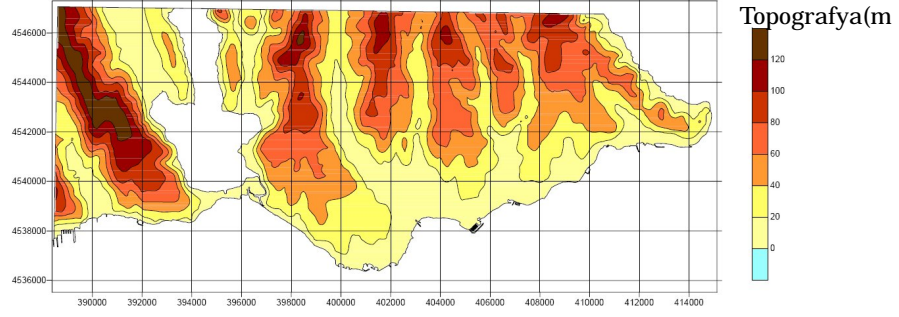
P-dalga hızı (V_p), Sdalga hızı (V_s) ve Elektrik Direnci (Rho) 30 metre derinliğe kadar çoğu grid hücresinde elde edilmiştir.

Şek.6.3.1.1 10m derinlikteki P-Dalga hızı, S-Dalga hızı ve Direnç kontur çizgisi haritalarını tomografi ve jeoloji haritaları ile birlikte göstermektedir.

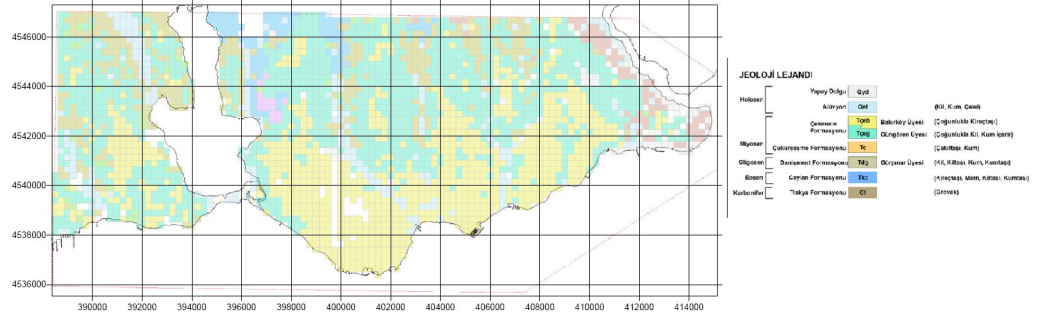
Aşağıda P-dalga hızı, S-dalga hızı ve Direnç'in proje alanındaki belirgin özellikleri sırlanmaktadır.

- a) P-dalga hızı dağılımları jeoloji bilgi haritası ile tutarlılık göstermektedir. Örnek olarak, görece yüksek P-dalga hızı olan bölgeler, Ceylan Formasyonu ya da Trakya Formasyonu'nun dağıldığı yerlerde bulunmaktadır.
- b) 10m ya da daha derinde P-Dalga hızları alüvyon bitikintilerinin bulunduğu durumlarda bile genellikle 1.5km/s in üzerindedir. Bunun anlamı toprak birikintilerinin 10mden fazla derinlikte zemin suyuna doymuş olmasıdır.
- c) S-Dalga hızı dağılımları, jeoloji bilgi haritası ile uyumluluk göstermektedir. Örneğin görece yüksek S-dalga hızı bölgeleri Ceylan Formasyonu ve Trakya Formasyonu'nun dağıldığı yerlerde bulunmaktayken, düşük S-dalga hızı bölgeleri Alüvyon birikinti alanlarında bulunmaktadır.
- d) Düşük dirençli bölgeler Alüvyon birikintisi ile uygunluluk göstermektedir.
- e) Yüksek dirençli bölgeler Ceylan ya da Trakya Formasyonlarının bulunduğu alanlar ile uygunluk göstermektedir.

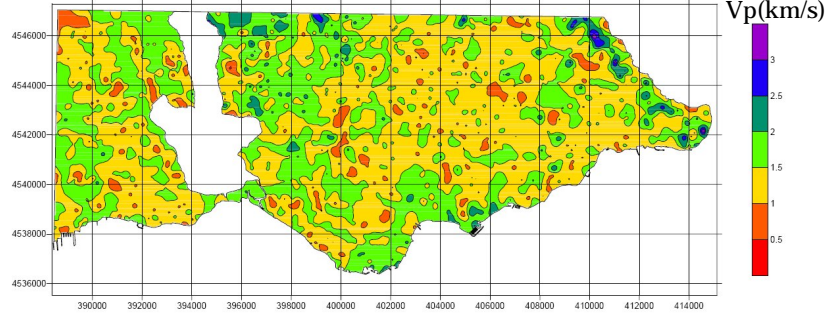
Topographical map (above the Sea Level)



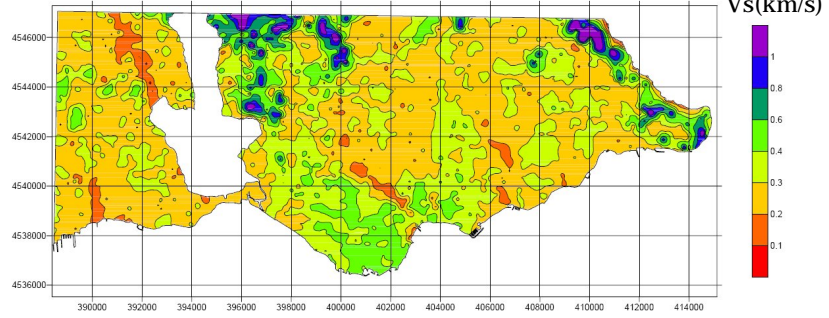
Geological information map at 10m depth



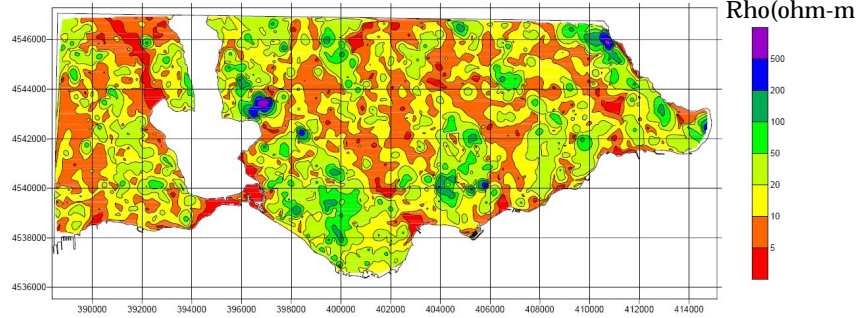
Vp Contour Map at 10m depth



Vs Contour Map at 10m depth



Resistivity Contour Map at 10m depth



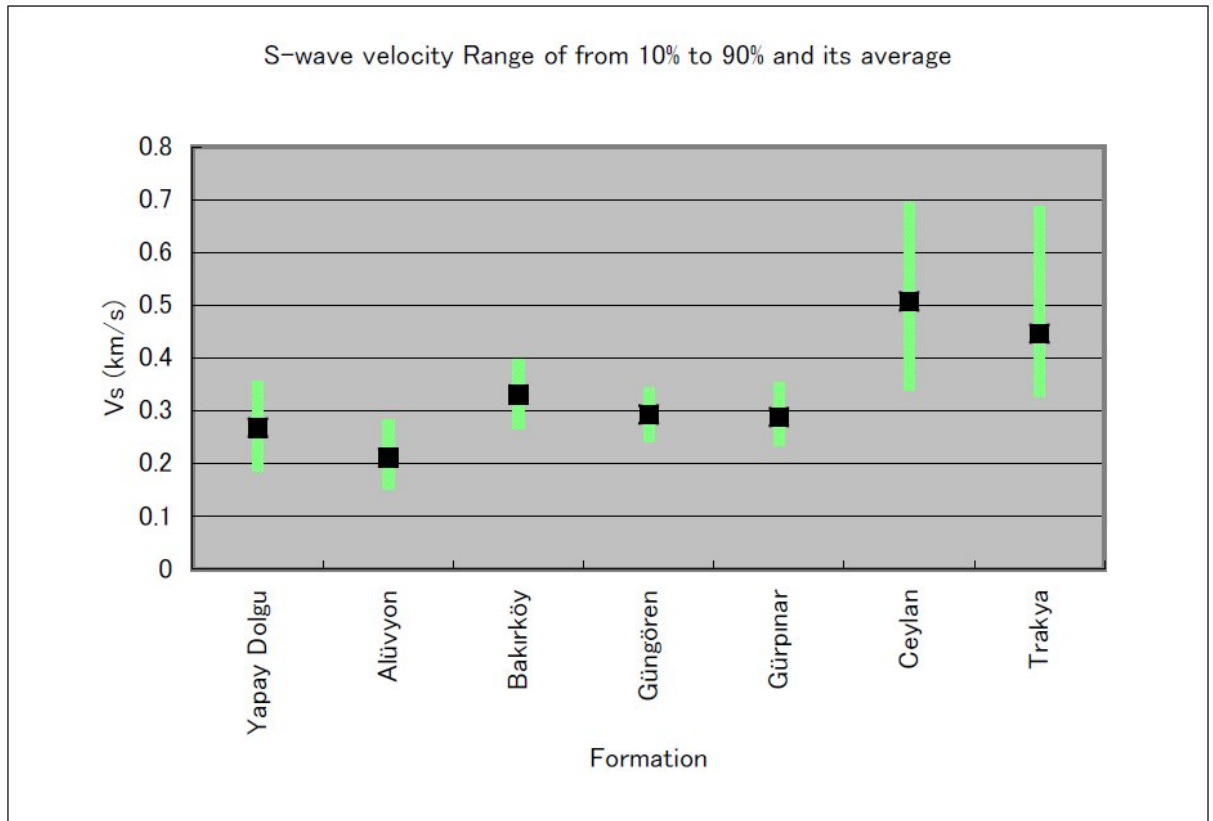
Şek. 6.3.1.1 Vp,Vs ve Rho Kontur Çizgisi Haritaları ile Topoğrafya ve Jeoloji Haritası

6.3.2 S-Dalga Hızı (AVs30)

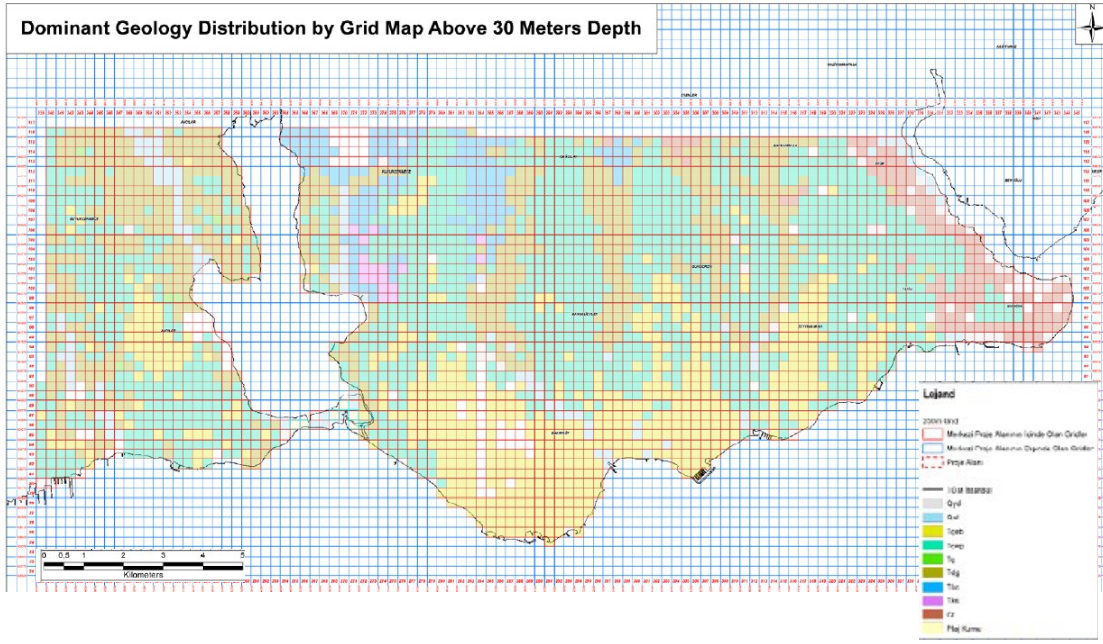
30m derinliğe kadar ortalama S-dalga hızı PS-Logging ve ReMi/MASW sonuçlarına dayalı olarak hesaplanmıştır.

Şek.6.3.2.1 AVs30 kapsama alanını hakim jeolojik özelliklere dayalı olarak göstermektedir. Hakim jeolojik formasyon burada, 30m derinliğin üzerinde jeoloji bakış açısıyla en fazla alanı kaplayan jeolojik formasyon/üye olarak tanımlanmaktadır.

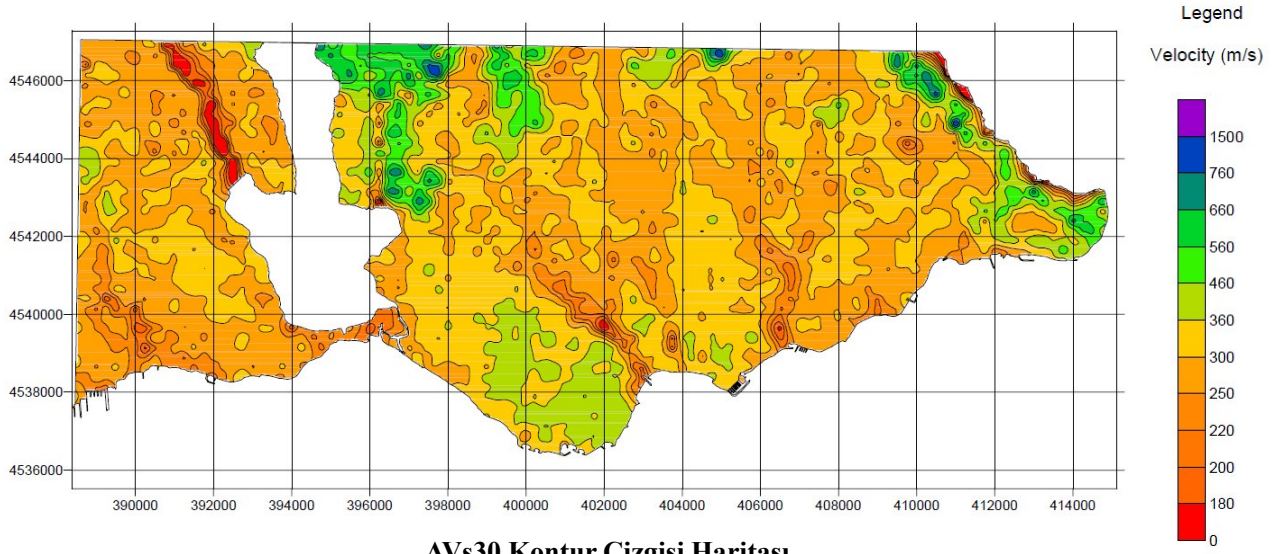
Şek.6.3.2.2 hakim jeolojik formasyonun jeoloji haritası ile birlikte AVs30 dağılım haritasını göstermektedir.



Şek. 6.3.2.1 Jeolojik formasyona dayalı Vs30 kapsam alanı



Hakim jeolojik formasyon dağılımı haritası



AVs30 Kontur Çizgisi Haritası

Şek. 6.3.2.2 AVs30 Kontur Çizgisi Haritası ile birlikte (aşağıda) Hakim jeolojik formasyon dağılımı haritası (yukarıda)

6.3.3 Yerel Zemin Sınıfları

Şek. 6.3.3.1 NEHRP, Avrupa Kodu ve Türk Deprem Kodu 'na uygun olarak yerel zemin sınıflarının dağılımını göstermektedir.

(1) NEHRP

The followings are major features of distribution of NEHRP classifications

- 1) Proje alanındaki NEHRP sınıflamasına göre B sınıftan E sınıfına kadar elde edilmiştir. NEHRP sınıflamasına göre hiç bir sınıf A 'ya giren grid bulunmamıştır..

- 2) E sınıfı genelde Avcılar bölgesinin Kuzey kısmına yayılmıştır. Ek olarak E sınıfı diğer gridler Alüvyon çökel alanları ile Yapay Dolgu alanlarında gözlenir. Örneğin, Haliç, Ayamama deresi ve Halkalı tren istasyonu ve Haramidere bölgesi gibidir.
- 3) D sınıfı proje alanının çoğuna yayılmıştır. Proje alanının % 80 'den fazlasını kapsar.
- 4) C sınıfı yayılımı Bakırköy Formasyonunun kireçtaşı uzanan kesimleridir. Ceylan Formasyonun hakim olduğu Küçükçekmece gölünün kuzey kesimleri ve Trakya Formasyonun yayıldığı Haliçteki tepelerde de C sınıfı bulunmuştur.
- 5) B sınıfı sadece 8 adet bulunmuştur. Bunlarda Küçükçekmecenin Kuzeyi (Ceylan) ve Haliçin tepelerindedir (Trakya).

(2) Avrupa Kodu (Euro Code)

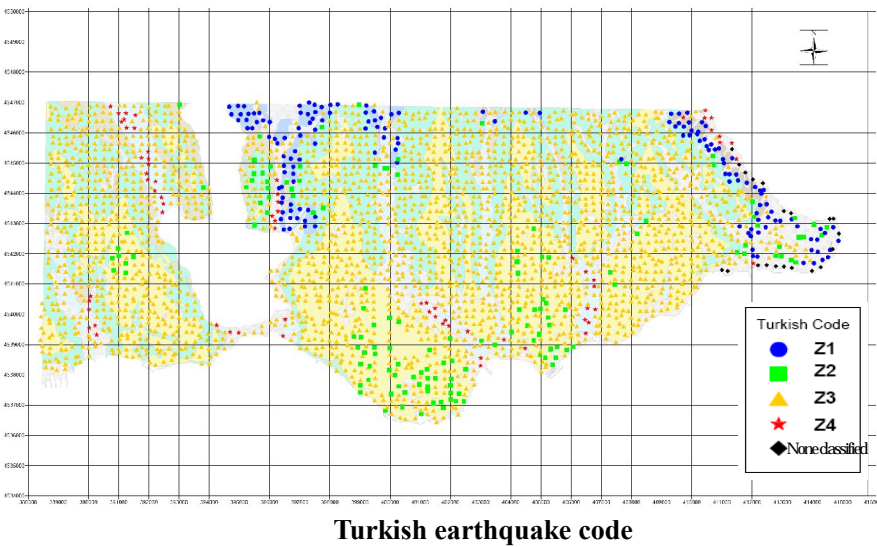
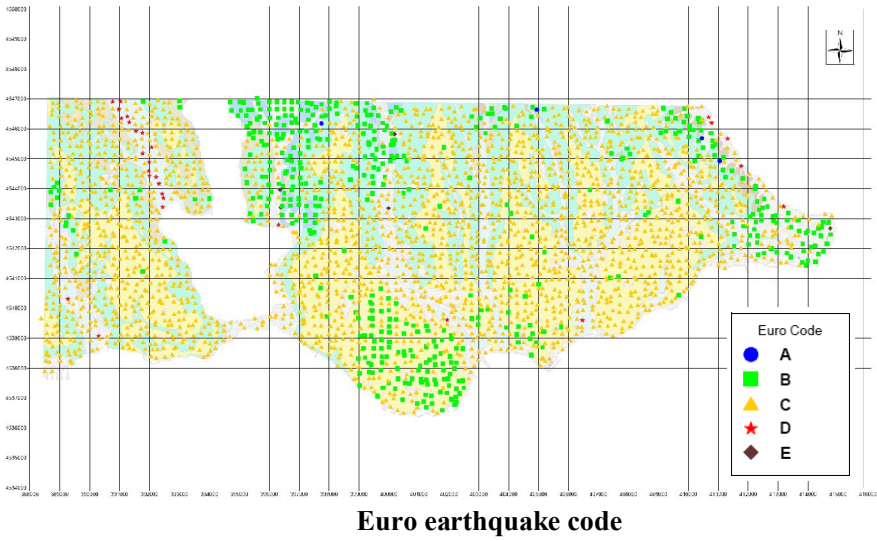
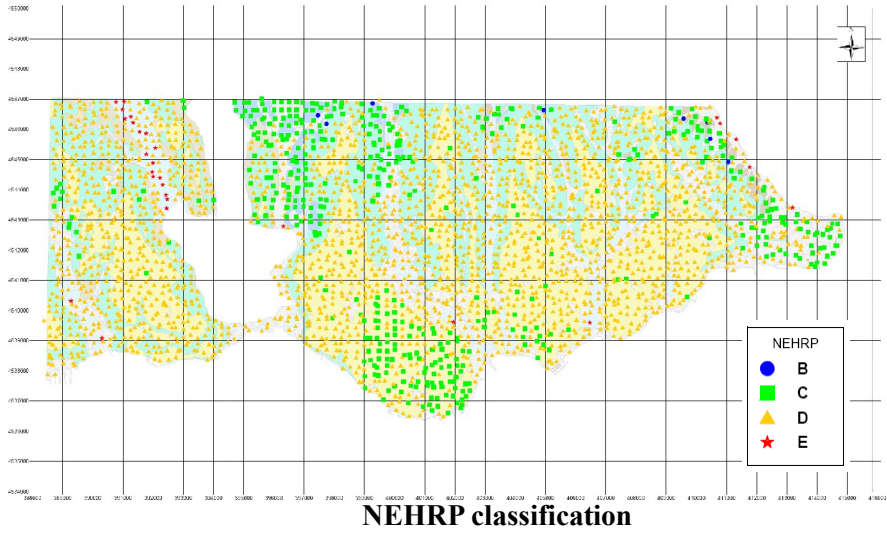
Avrupa kodu tanımlaması NEHRP sınıflaması ile hemen hemen aynıdır. Bu nedenle, Şek.103.2.1'de gösterilen Avrupa sınıflandırması dağılımı haritası NEHRP sınıflandırması dağılımı haritası ile oldukça benzerlik gösterir. Bunun yanı sıra, dağılım haritasının özellikleri de yukarıdaki paragrafta açıklanan NEHRP sınıflandırma dağılım haritasına benzemektedir.

Sınıf E, S1 ve S2 NEHRP ile karşılaştırıldığında Avrupa kodunun tek farklılığıdır. anakaya ve yeraltı toprağı arasındaki S-dalga hızı farklılığının çok yüksek olduğu 5 grid, E sınıfı olarak tanımlanmıştır. E sınıfı gridleri Halkalı tren istasyonu ve Eminönü bölgesinde bulunmaktadır. Proje bölgesinde S1 ve S2 sınıfları bulunmamaktadır.

(3) Türk Deprem Kodu

Aşağıdakiler yerel saha sınıflarının başlıca özellikleridir.

- 1) Bu projede Türk deprem kodunun yerel saha sınıfları Z1 ile Z4 arasındadır. Buna rağmen,proje alanının %84 ü Z3 olarak sınıflandırılmaktadır.
- 2) Z4, Alüvyon birikintisi boyunca, özellikle Avcılar bölgesinin kuzeyinde, Ayamama Nehri yakınlarında, Haliç kıyısı boyunca, Halkalı Tren İstasyonu çevresinde ve Haramidere bölgesinde bulunmaktadır.
- 3) Z3 proje alanının büyük bir kısmında bulunabilir.
- 4) Z2 sınıfları genellikle Bakırköy, Ceylan ve Trakya Formasyonlu alanlarda bulunmaktadır.
- 5) Z1 sınıfları Küçükçekmece'nin kuzey kesiminde ve Haliç kıyısı boyunca tepelerde bulunmaktadır.
- 6) Eminönü bölgesinde, sahildeki kalın dolgu tabakası sebebiyle sınıflandırılmayan küçük bölgeler bulunmaktadır.



Şek. 6.3.3.1 Sınıflandırmaların Dağılım Haritaları

7 LABORATUAR TESTLERİ

7.1 Laboratuar Deneylerinin İçerikleri

Laboratuar test içerikleri Tablo 7.1.1.'de özetlenmektedir.

Tablo 7.1.1 Laboratuar test içerikleri

Test Tipi	Test Adı (Standart)		Örnek Tipi	Ölçülen Veri
Fiziki Karakteristikler	Doğal Su Muhtevası (ASTM D2216)		SPT	Doğal Su Muhtevası (%)
	Dane Çapı Dağılımı	Elek Analizi Deney (ASTM D422)	SPT	Dane Çapı Dağılımı (iri –ince dane)
		Hidrometre (ASTM D4221)	SPT	Dane Çapı Dağılımı (kil-silt ayrımı)
	Kıvam Limitleri Deney (ASTM D4318)		SPT	Likit Limit (LL) Plastik Limit (PL) Plastisite İndisi (PI)
Zemin Kuvveti ve Konsolidasyonu	Serbest Basınç Deney (ASTM D2166)		UD	Serbest Basınç değeri (qu), Kohezyon C (qu/2)
	Üç Eksenli Basınç Deney (ASTM D2850)		UD	İçsel sürtünme açısı () Kohezyon (c)
	Konsolidasyon Deney (ASTM D2435)		UD	Hacimsel Sıkışma (mv)
	Şişme Deney (ASTM D4546)		UD	Serbest Şişme (%)

7.2 Laboratuar Test Sonuçları

Test edilen örnek sayısı Tablo 7.2.1'de gösterilmektedir. Her formasyonun ortalama zemin karakteristikleri Tablo 7.2.2'de gösterilmektedir.

Tablo 7.2.1 Laboratuar Testlerinden Geçen Örnek Sayısı

Deney	Doğal Su Muhtevası	Dane Çapı Dağılımı		Kıvam Limitleri	Serbest Basınç	Üç Eksenli Basınç	Konsolidasyon	Şişme
		Elek Analizi	Hidrometre					
Adedi	53,938	53,938	124	46,432	1,120	462	2,315	2,315

Tablo 7.2.2 Her formasyon için ortalama zemin karakteristikleri

Formation	Su Muhtevası	Atterberg limitleri			Dane Çapı Dağılımı			Şişme		Tek Eksenli Basınç	
	Wn(%)	LL(%)	PL(%)	PI(%)	Kil ve Silt (%)	Kum (%)	Çakıl (%)	Serbest Şişme (%)	Şişme Basıncı (kg/cm2)	qu (kgf/cm2)	c(qu/2) (kgf/cm2)
YENİ DOLGU	23.8	46.5	13.2	33.3	48.41	28.34	23.27	1.407	0.076	1.71	0.85
ALLUVYON	32.2	50.3	13.0	37.3	68.15	26.24	5.98	0.969	0.058	1.38	0.69
DENİZ KUMU	20.8	40.4	16.7	23.6	12.20	77.83	9.78	0.905	0.055		
BİTKİSEL TOPRAK	27.2	56.6	13.4	43.2	79.58	14.31	6.11	1.501	0.083	2.14	1.07
BAKIRKÖY	24.1	47.1	15.2	31.9	62.78	17.98	19.25	1.531	0.071	1.56	0.78
GÜNGÖREN	28.9	60.6	16.0	44.5	79.21	17.78	3.06	2.223	0.112	1.96	0.98
ÇUKURÇEŞME	17.8	41.3	13.5	27.8	36.59	54.20	9.21	2.007	0.112	3.27	1.64
GÜRPINAR	24.6	56.1	15.7	40.4	73.57	23.41	3.07	2.228	0.132	2.53	1.27
CEYLAN	24.7	47.3	15.3	32.0	64.67	23.94	11.38	1.283	0.048	1.83	0.91
TRAKYA	14.6	35.5	15.3	20.2	35.18	37.70	27.11	0.689	0.038	1.82	0.91

8 ZEMİN VE KAYA TİPLERİNİN JEOTEKNİK KARAKTERİSTİKLERİ

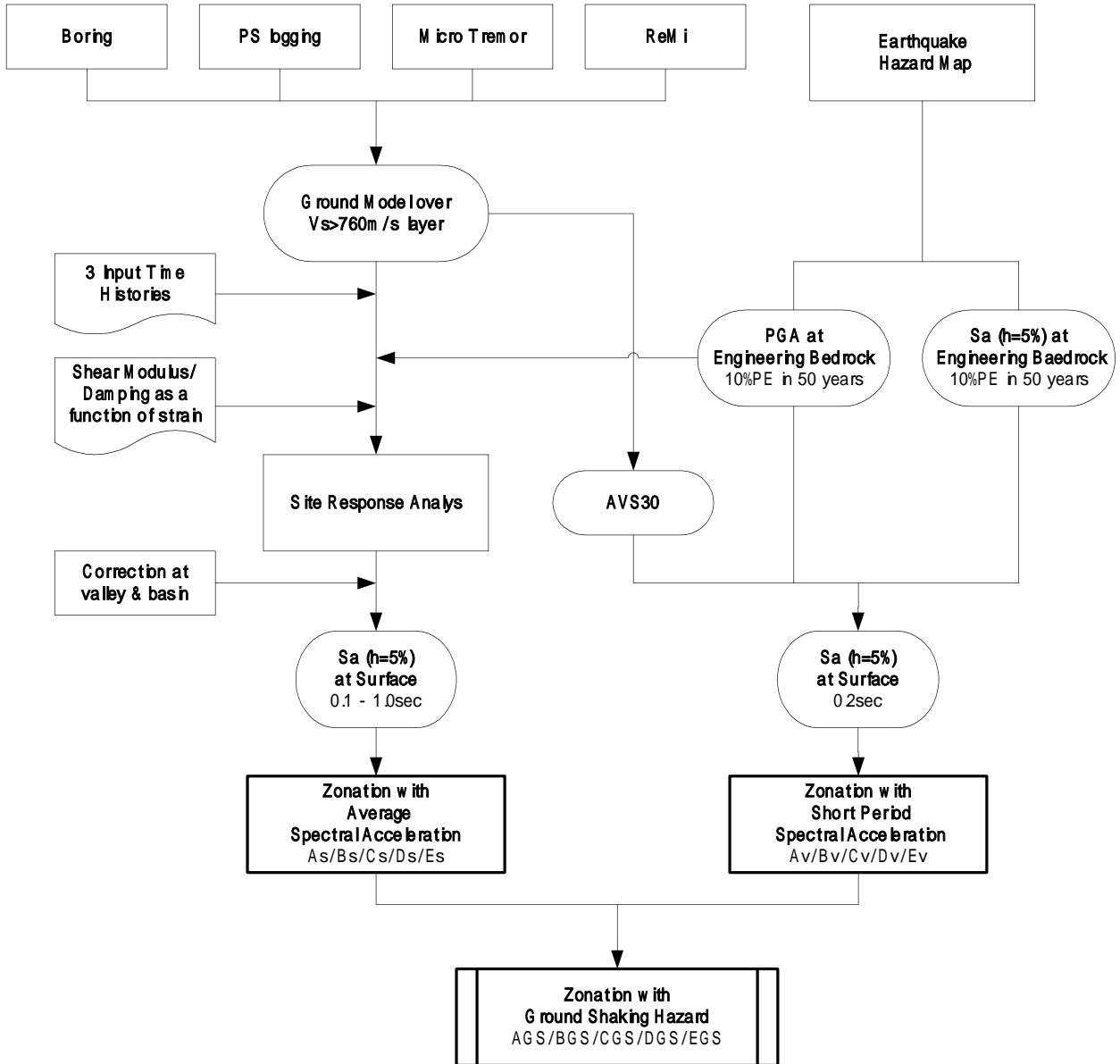
8.1 Yüzey Zemin Hareketi Analizi

Yüzey zemin hareketi ile ilgili bölgeleme haritasının üretimi için, aşağıda belirtilen iki tür bölgeleme rapor için yürütülmüştür.

Bölgeleme A): Saha tepki analizi (site response) ortalama spektral hızlanmaya dayalı

Bölgeleme B): Ortalama S-Dalgası hızına bağlı yeraltı zemininin kısa dönem spektral amfilikasyon (büyütme) faktörüne dayalı

Analizin akış çizelgesi Şek.8.1.1'de gösterilmektedir. Ana bileşenler, zemin modelleme, saha analizi ve bölgelemedir (zonlama).



Şek. 8.1.1 Yüzey Zemin Hareketi Analizi Akış Tablosu

8.1.1 Zemin Modelleme

8.1.1.1 Sığ Yer Modeli

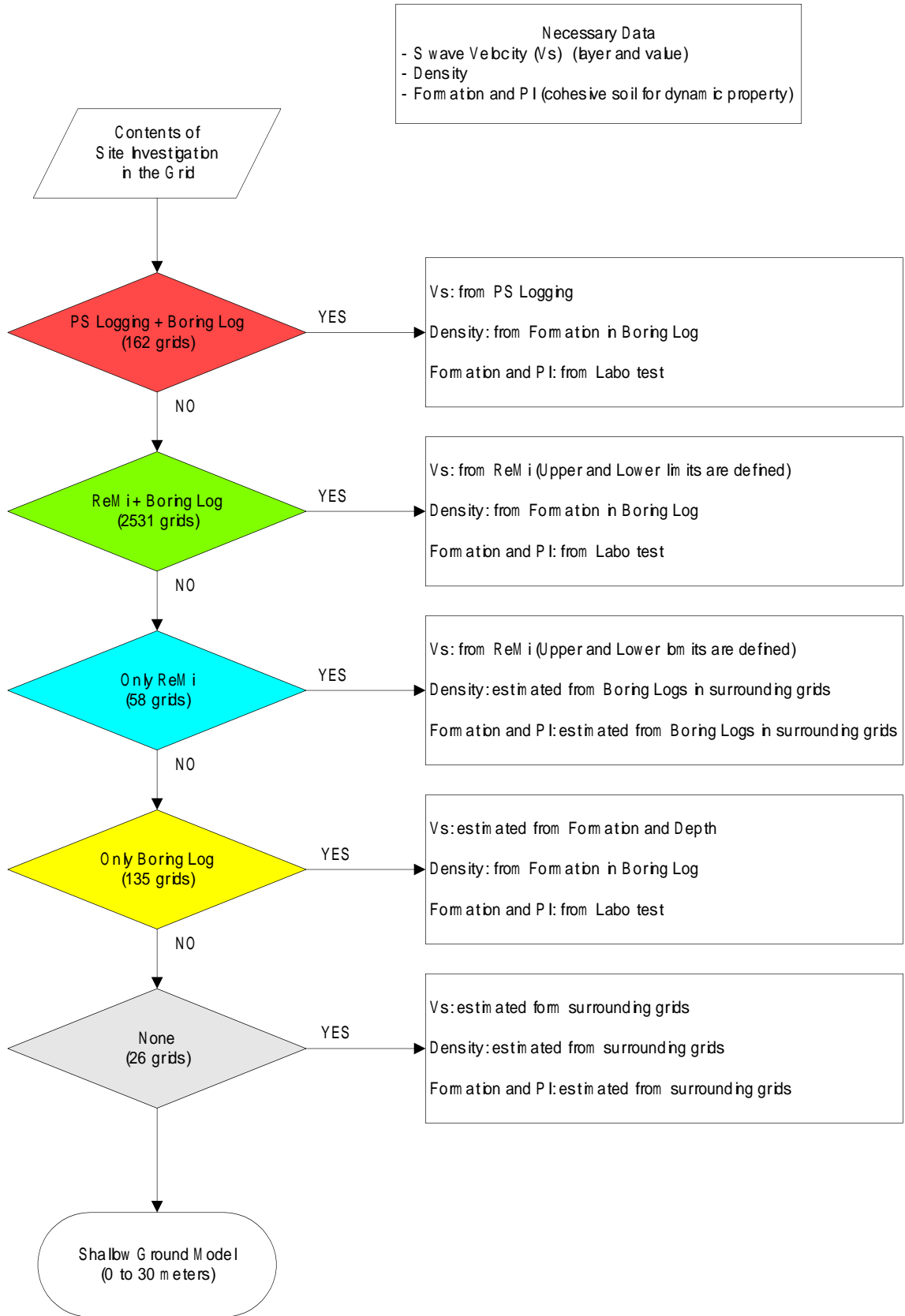
Sığ zeminin modellenmesinde, aşağıdaki üç inceleme verisi kullanılmıştır;

- PS Logging
- Sondaj Logu (Formasyon, Litoloji)
- ReMi

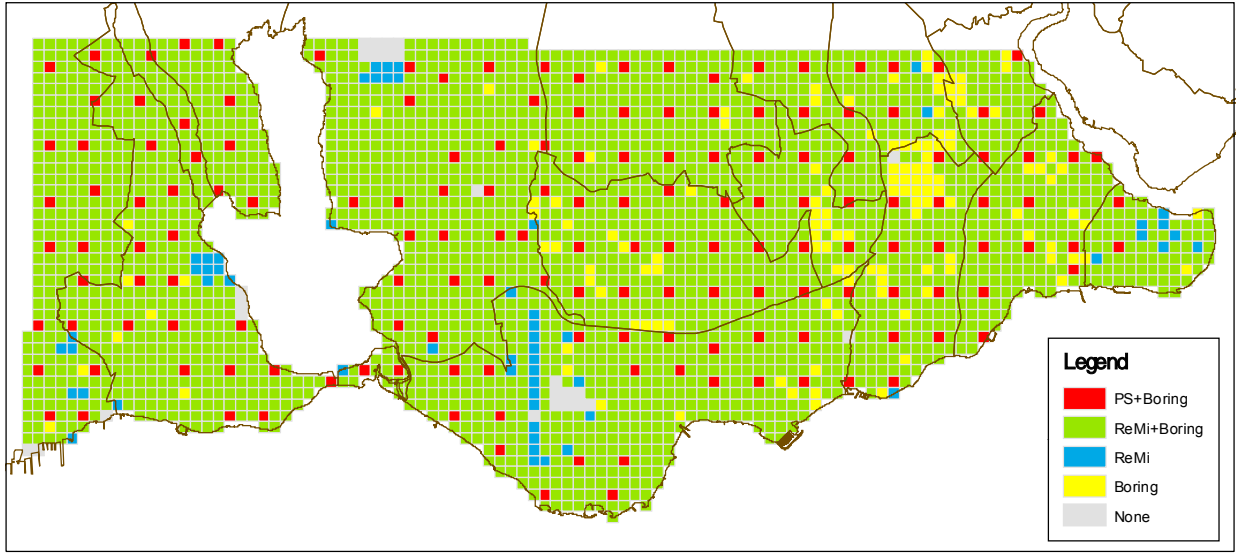
Sığ zemin modellemesinin akış tablosu **Şek. 8.1.1.1**'de gösterilmektedir. Veri uygunluğuna bakılarak, gridler aşağıdaki beş sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıfların dağılımı **Şek. 8.1.1.2**'de gösterilmektedir.

- a) PS Logging + Sondaj Logu (162 grid)
- b) ReMi + Sondaj Logu (2531 grid)
- c) Sadece ReMi (58 grid)
- d) Sadece Sondaj Logu (135 grid)
- e) Hiçbirisi (26 grid)

Her formasyonun medyan Vs derecesi **Tablo 8.1.1.1**'de gösterilmektedir.



Şek. 8.1.1.1 Sığ Yer Modellemesi için Akış diyagramı



Şek. 8.1.1.2 Sığ Yer Modeli Hazırlanmasında Kullanılan Saha İncelemeleri

Tablo 8.1.1.1 0 ila 30 Metre derinlik için S dalgası hızı

Formation	Lithology	Symbol	Depth	Vs(km/sec)		
				10%	Median	90%
Yapay Dolgu		Qyd		0.13	0.19	0.26
Bitkisel Toprak		Qts		0.15	0.25	0.35
Plaj Kum	Sand	As		0.16	0.22	0.32
Alüvyon Kuşdili						
Alüvyon Kuşdili	Clay, Silt	Ac		0.13	0.20	0.26
	Gravel	Ag ¹⁾		-	-	-
Bakırköy	Soil	Tceb1		0.21	0.29	0.44
	Rock	Tceb2		0.24	0.36	0.48
Güngören	Soil	Tceg1		0.20	0.31	0.40
	Rock	Tceg2		0.27	0.37	0.43
Çukurçeşme	Soil	Tc1		0.20	0.33	0.48
	Rock	Tc2		0.27	0.37	0.43
Gürpınar	Soil	Tdg1		0.26	0.36	0.48
	Rock	Tdg2		0.28	0.39	0.50
Ceylan Soğucak	Soil	Tkc1		0.40	0.55	0.65
	Rock	Tkc2	0 - 10m	0.31	0.47	0.85
			10 - 20m	0.45	0.81	0.89
20 - 30m			0.47	0.85	1.03	
Trakya	Soil	Ctw ²⁾		0.27	0.57	0.77
	Rock	Ct	0 - 10m	0.27	0.57	0.77
			10 - 20m	0.59	0.93	1.83
			20 - 30m	0.83	1.19	1.83

1) No Vs data was available by PS logging

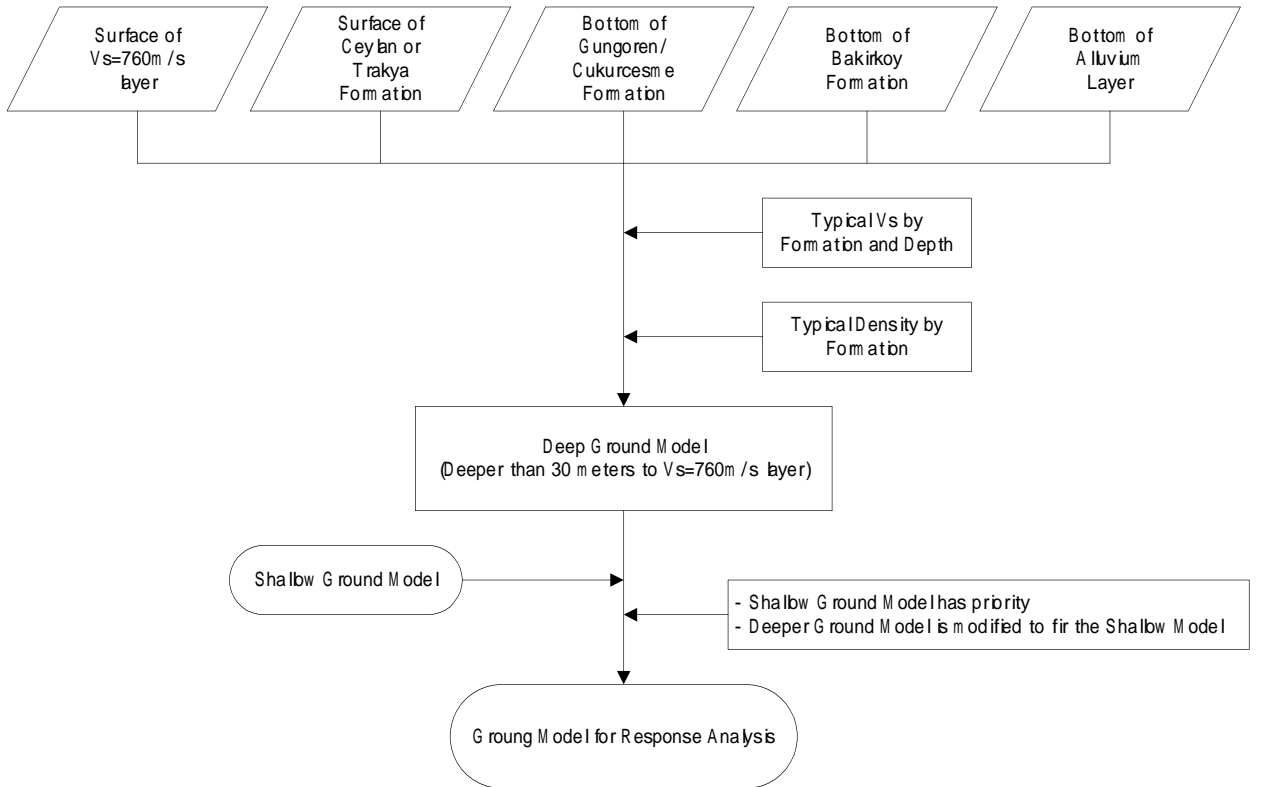
2) No Vs data was available by PS logging. Vs is assumed to be same to Ct (0-10m).

8.1.1.2 Derin Zemin Modeli

Derin zemin modellemesinde, aşağıda belirtilen üç saha incelemesi verisi ve JICA çalışmasındaki mevcut PS loglama verileri kullanılmıştır.

- Derin PS Logging
- Derin Sondaj Logu (Formasyon,Litoloji)
- Sismik ağ mikrotremor (Array Microtremor) Ölçümü
- JICA Çalışmasındaki PS Logging

PS Logging in JICA Study Derin yer modellemesi ve toplam yer modellemesi akış tablosu Şek.8.1.1.3'te gösterilmektedir. İlk olarak, Alüvyon tabakasının, Bakırköy, Güngören/Çukurçeşme formasyonlarının tabanı ve Ceylan veya Trakya formasyonunun üstüzeyi genel olarak derin sondaj kayıtları ile tanımlanmıştır. Ardından, mühendislik anakayasının yüzeyi derin PS Logging sonuçları, mevcut PS Logging'ler, sismik ağ ölçüm (array) mikrotremor sonuçları ve derin sondaj kayıtları ile belirlenmiştir. Her formasyonun Vs değeri, PS Logging ve formasyon Vs değerleri arasındaki ilişki analizine dayalı olarak belirlenmiştir.



Şek. 8.1.1.3 Tepki Analizi İçin Derin Zemin Modeli ve Toplam Zemin Modellemesinin Akış Tablosu

Tablo 8.1.1.2 derin zemin için Vs değeri olarak uyarlanmıştır.

Tablo 8.1.1.2 30 metreden fazla derinlikte S dalgası hızı

Formation	Symbol	Depth	Vs(km/sec)
Alüvyon	A		0.32
Bakırköy	Tceb		0.47
Güngören Çukurçeşme	Tceg+Tc		0.38
Gürpınar	Tdg	30 - 50m	0.40
		50 - 100m	0.44
		100 - 150m	0.51
		150m -	0.59
Ceylan Soğucak	Tkc		0.87
Trakya	Ct		1.20

8.1.2 Saha Amplifikasyon (Büyütme) Hareketi Analizi

Yer yüzeyindeki deprem hareketi, yeraltı zemin yapılarından, özellikle de kuvaritler çökeller (sediment) ile kaplı alanlardan oldukça fazla etkilenir. Zeminlerin sismik hareket üzerine etkisi, her 250m gridin yer modeline dayanan tepki analizi ile değerlendirilmiştir. Vadi ve havzalarda, büyütmenin (amplifikasyonun) 2 Boyutlu etkilerinin (2D efekt) beklendiği yerlerde, 1D analizi ve 2D analizi arasındaki karşılaştırmadan ek büyütme faktörü çıkartılmış ve kullanılmıştır.

8.1.2.1 Saha Tepki Analizi

Mühendislik sismik anakaya üzerindeki zemin ara yüzeylerinin büyütmesi 1 Boyutlu (1D) tepki analizi "SHAKE 91" tarafından hesaplanmıştır. Bu kod, S dalgasının mühendislik anakayası üzerinde yatay olarak tabakalaşmış ortam içinde yayılmasını analiz eder. Aşağıdaki ayarlar yada koşullar analiz içinde kabul edilmiştir

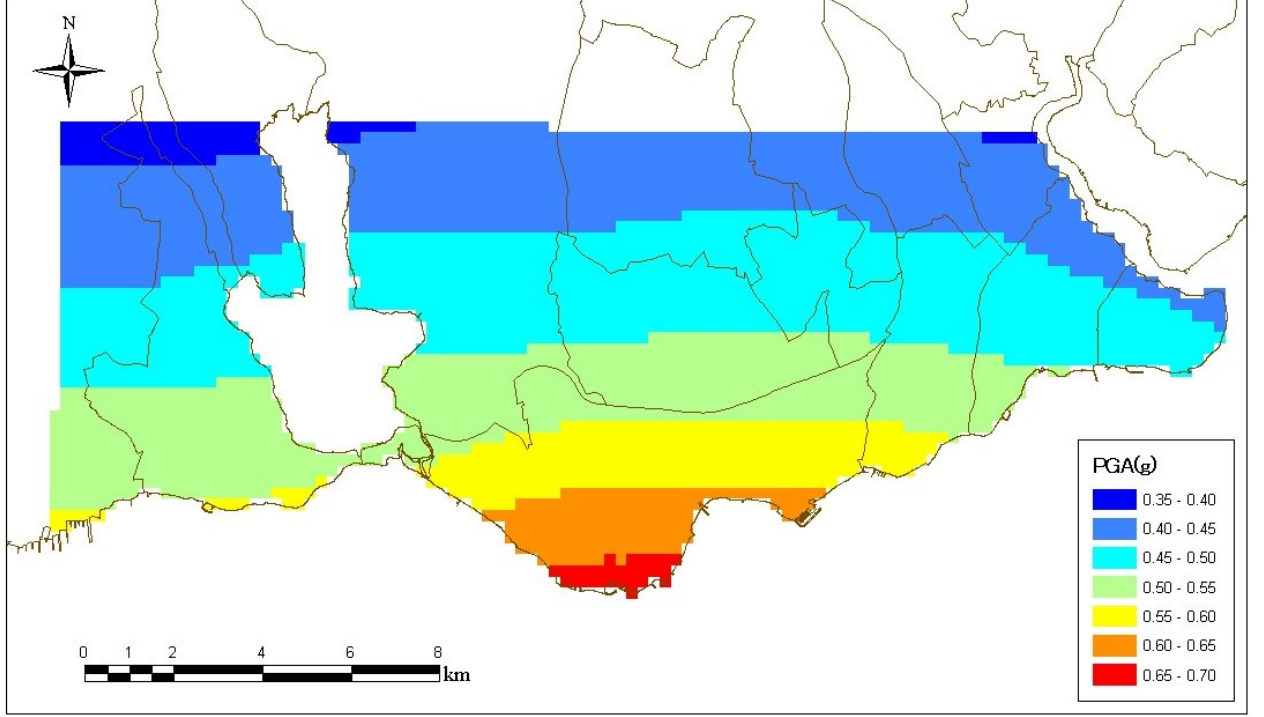
(1) Girdi Hareket Genliği

12.Bölüm'de hesaplanan mühendislik sismik anakaya hareketi NEHRP B/C sınırında yani $V_s=760\text{m/sn}$ tabakası olarak tanımlanmıştır. Bununla beraber, mühendislik anakaya formasyonu tekdüze değildir ve mühendislik anakayanın V_s değeri çalışma alanı içerisinde tekdüze değildir. Tepki analizi için girdi hareket genliği (input motion amplitude), mühendislik anakayadaki V_s 'nin farklılıklarına bağlı olarak düzeltilmelidir. Aşağıdaki Midorikawa ve diğ. (1994) tarafından ortaya konulan V_s ve büyütmenin deneysel (ampirik) ilişkisi bu amaçla kullanılmıştır. $V_s=760\text{m/sn}$ değerli tabaka için bu ilişkinin büyütmesi yaklaşık 1.0'dir ve diğer V_s için büyütme faktör oranı düzeltme faktörü olarak kullanılmıştır. $V_s=760\text{m/sn}$ değerli mühendislik anakayadaki PGA dağılımı, Şek.8.1.2.1'de gösterilmektedir.

$$\log R = 1.35 - 0.47 \log V$$

R : amplification factor for PGA

V : average S - wave velocity to a depth of 30 m (m/sec)



Şek. 8.1.2.1 NEHRP B/C sınırında girdi yer hareketi ivme seviyeleri

(2) Girdi Sismik dalgası

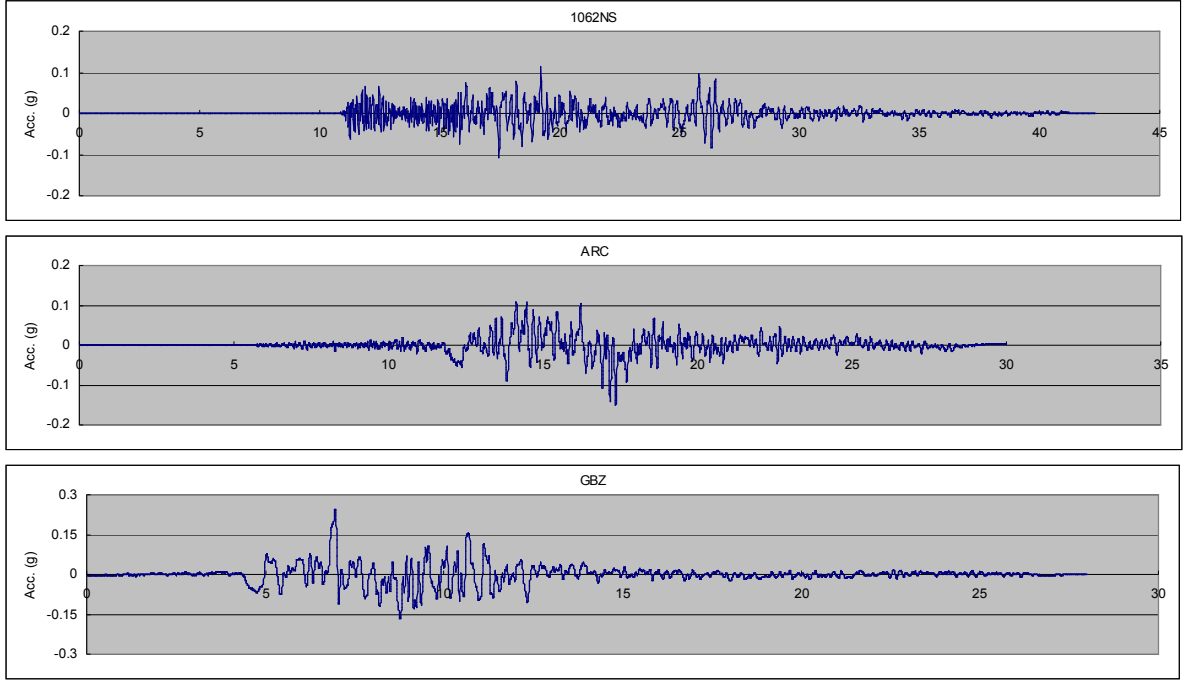
Yeraltı tabakalarının büyütme karakteristikleri yer modelindeki girdi (input) sismik dalgalarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu çalışmada, aşağıda belirtilen 1999 İzmit Depremi ve Düzce Depremi sırasında kaydedilmiş olan üç güçlü yer hareket kaydı kurul üyesinin gözetimi altında kullanılmıştır. Parametreler ve dalga formları **Tablo 8.1.2.1** ve **Şek. 8.1.2.2** 'de gösterilmektedir.

Dalgaların genlikleri her grid içindeki mühendislik sismik anakayasındaki PGA için ayarlanmıştır. Üç girdi dalgasına karşılık gelen üç sonucun ortalama değeri, final dalga olarak kullanılmıştır.

Tablo 8.1.2.1 Girdi Dalgaları Parametreleri

Name	Latitude	Longitude	Earthquake	Date	M	Closest Distance	Component	Acc. max	Preferred AVS30
1062NS	40.723	30.82	Duzce	1999.11.12	7.1	9.2km	NS	0.114g	338m/s
ARC	40.8236	29.3607	Kocaeli	1999.8.17	7.4	13.5km	EW	0.149g	523m/s
GBZ	40.82	29.44	Kocaeli	1999.8.17	7.4	10.9km	NS	0.244g	792m/s

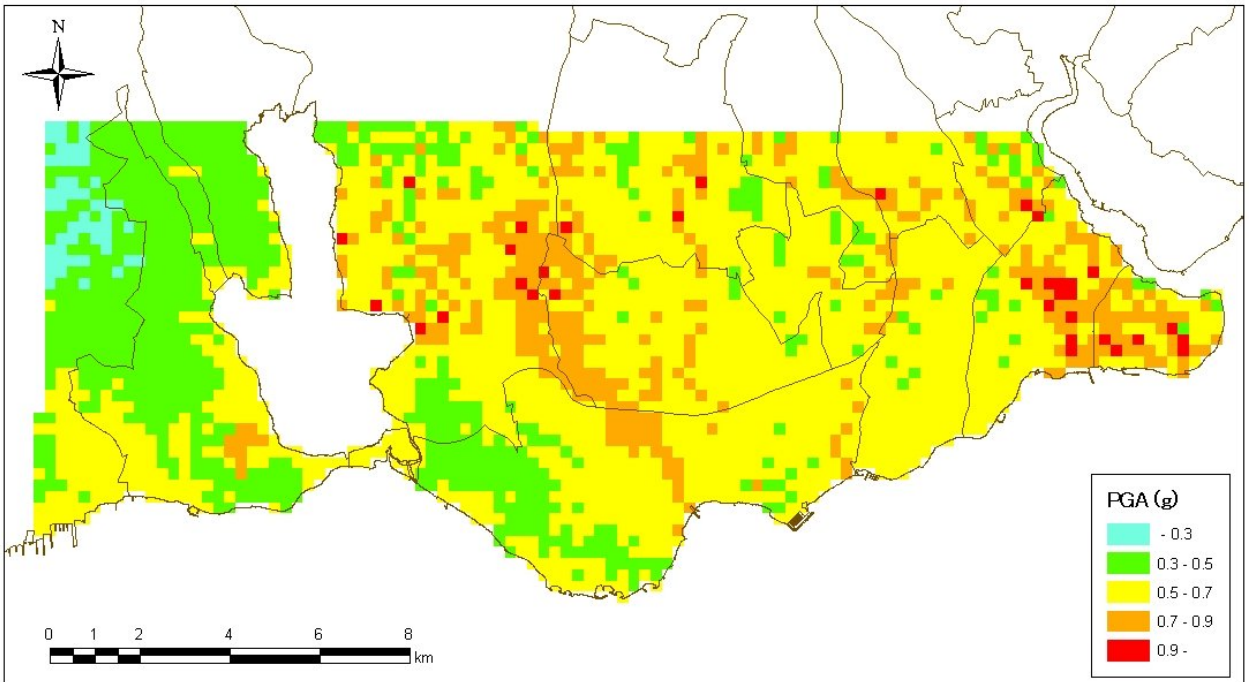
Source: PEER Strong Motion Database



Şek. 8.1.2.2 Tepki Analizi için Kullanılan Girdi Dalgaları

8.1.2.2 Deprem Zemin Hareketi

Deprem zemin hareketi, tepki analizi ve vadi/havza düzeltmesi ile değerlendirilmiştir. Yer yüzeyindeki PGA dağılımı Şek.8.1.2.3'de gösterilmiştir.



Şek. 8.1.2.3 Vadi/havza düzeltmesini içeren yer yüzeyindeki PGA dağılımı

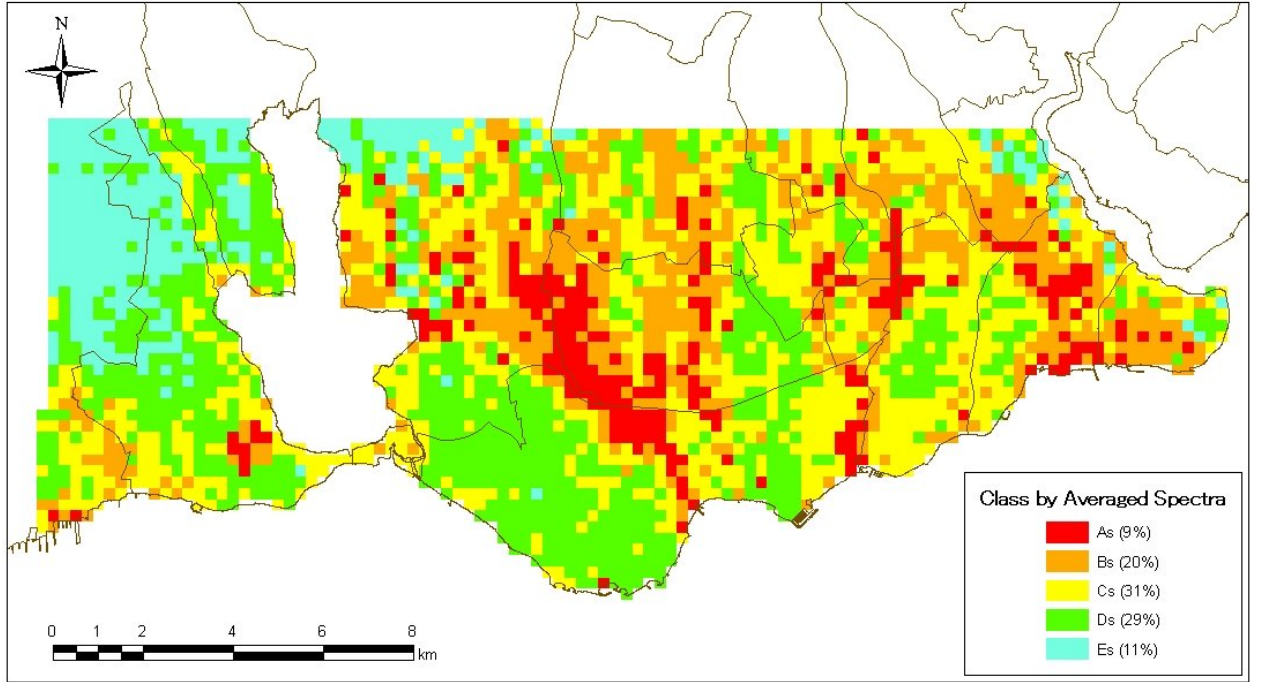
8.1.3 Yüzey Zemin Hareketine Dayalı Bölgeleme

8.1.3.1 Ortalama Spektral İvmeye İlişkin Bölgeleme

Şek. 8.1.3.1 Tablo 8.1.3.1 'de gösterilen kriteri kullanan ortalama spektral ivmelenme (Ssi) bölgelemesini gösterir.

Tablo 8.1.3.1 Ortalama Spektral İvmeye Dayalı Bölgeleme Kriteri

Bölge	Kriter
As	$Ssi \geq 1.4g$
Bs	$1.4g > Ssi \geq 1.2g$
Cs	$1.2g > Ssi \geq 1.0g$
Ds	$1.0g > Ssi \geq 0.8g$
Es	$0.8g > Ssi$



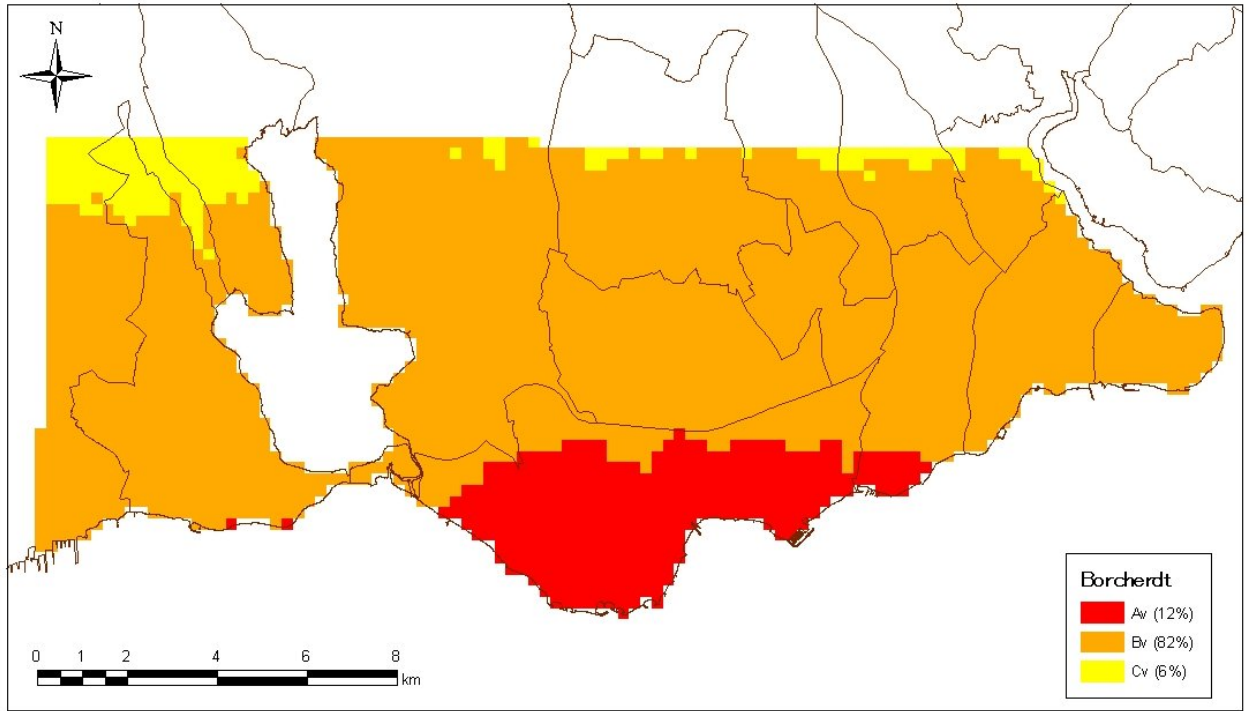
Şek. 8.1.3.1 Ortalama Spektral İvmeye Dayalı Bölgeleme

8.1.3.2 Kısa Süreli (short period) Spektral İvmeye Dayalı Bölgeleme

Yer yüzeyindeki kısa süreli ($T=0.2sn$) spektral ivme aşağıdaki formüle dayanarak Borchardt (1994) takiben hesaplanmıştır. Şek. 8.1.3.2 Tablo 8.1.3.2'de gösterilen kriteri kullanan kısa süreli spektral ivmelenmenin bölgelemesini göstermektedir.

Tablo 8.1.3.2 Spektral Büyütmeye Göre Bölgeleme Kriteri

Bölge	Kriter
Av	$S_{vi} \geq 1.2g$
Bv	$1.2g > S_{vi} \geq 1.0g$
Cv	$1.0g > S_{vi} \geq 0.8g$
Dv	$0.8g > S_{vi} \geq 0.6g$
Ev	$0.6g > S_{vi}$



Şek. 8.1.3.2 Borcherdt (1994) Kısa Süreli Spektral İvmeye Dayalı Bölgeleme

8.1.3.3 Zonation with Respect to the Ground Shaking Hazard

Açıklama

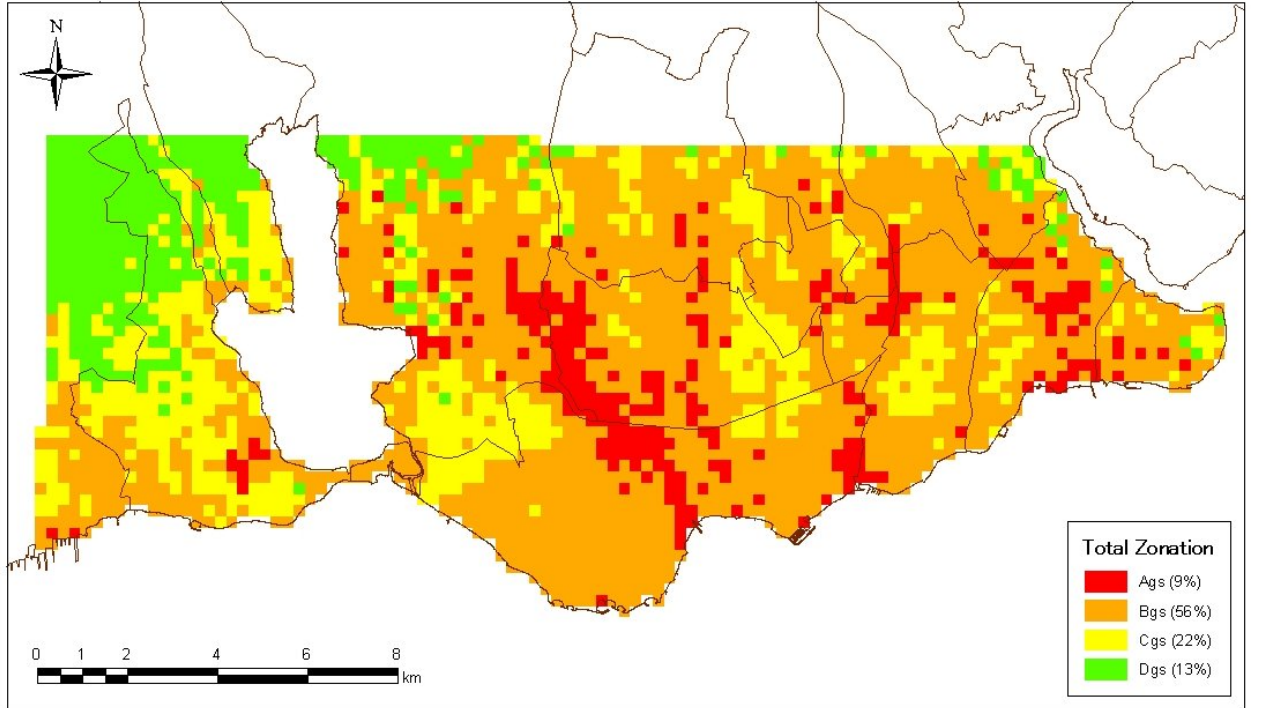
Bu metodoloji ile hazırlanan imar haritası, genel anlamda iyi zemin koşuluna sahip alanların, İstanbul'da oldukça yaygın olan orta-yükseklikli RC bina iskeletli tuğla duvarlı konutlar için daima güvenli olmadığı konusundaki farkındalığın artmasını amaçlamıştır. Lütfen, "kötü" zemin koşullarının binalar için güvenli olduğunu yanlış anlamayınız.

Şek.8.1.2.4 ve Şek.8.1.3.1 toplam sismik tehlike haritası olarak kullanılmalıdır.

Yer sarsıntı (ground intensity shaking) haritası iki bölgeleme sonucundan hazırlanmıştır. Aşağıdaki **Tablo 8.1.3.3**'te “Ortalama Spektral İvmeye Dayalı Bölgeleme (As’ten Es’ye)” ve “Kısa Süreli Spektral İvmeye Dayalı Bölgeleme (Av’dan Ev’ye)” yi kaplayacak şekilde her gride bir bölge atanmıştır. **Şek. 8.1.3.3** Yer Sarsıntı Tehlikesine dayalı bölgelemeyi gösterir.

Tablo 8.1.3.3 Yer Sarsıntı Tehlikesine Göre Bölgeleme Kriteri

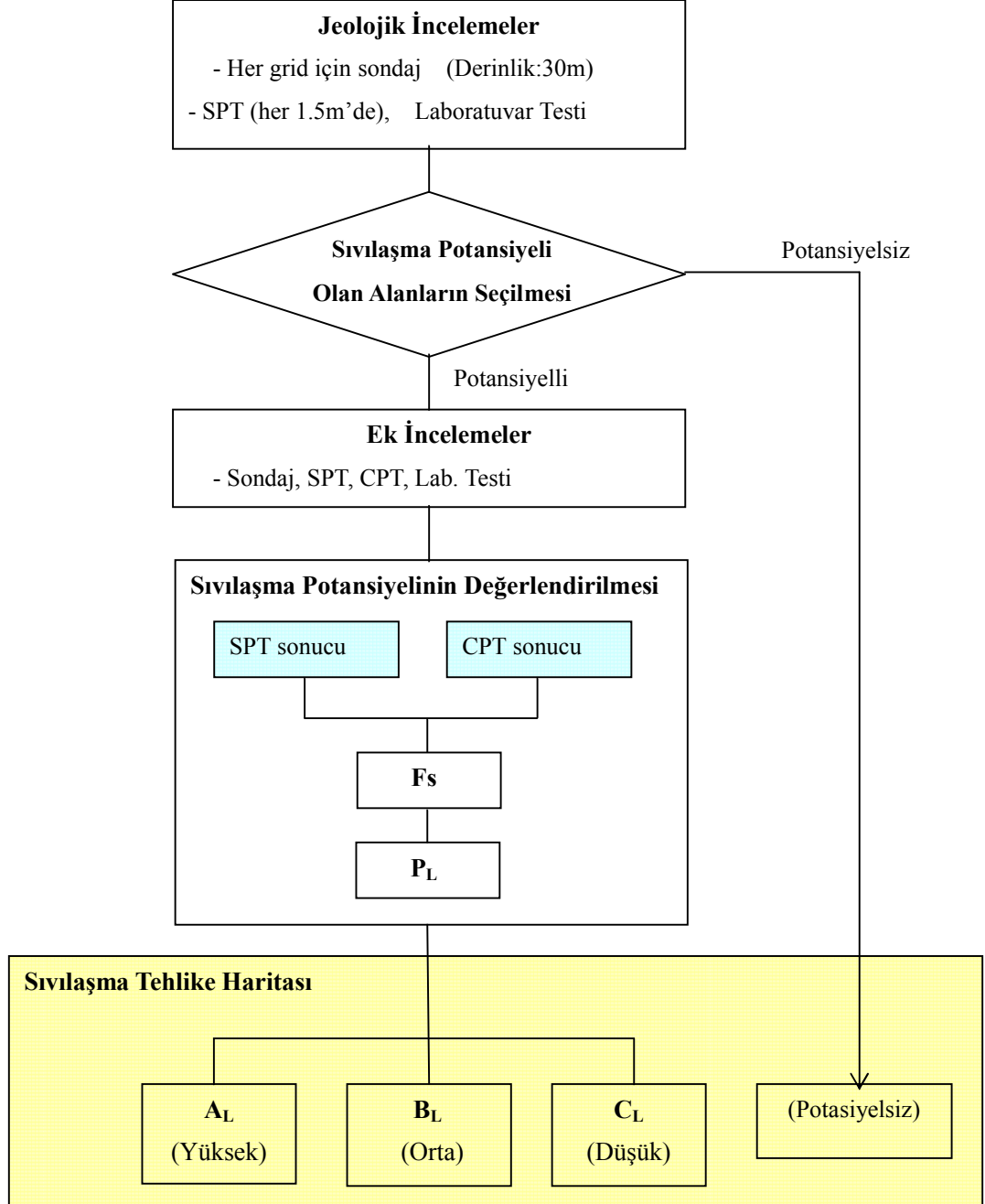
		Ortalama Spektral İvmeye Dayalı Bölgeleme				
		As	Bs	Cs	Ds	Es
Kısa Süreli Spektral İvmeye Dayalı Bölgeleme	Av	A _{GS}	A _{GS}	B _{GS}	B _{GS}	C _{GS}
	Bv	A _{GS}	B _{GS}	B _{GS}	C _{GS}	D _{GS}
	Cv	B _{GS}	B _{GS}	C _{GS}	D _{GS}	D _{GS}
	Dv	B _{GS}	C _{GS}	D _{GS}	D _{GS}	E _{GS}
	Ev	C _{GS}	D _{GS}	D _{GS}	E _{GS}	E _{GS}



Şek. 8.1.3.3 Yer Sarsıntı Tehlikesine dayalı Bölgeleme

8.2 Sıvılaşma Tehlikesi Analizi

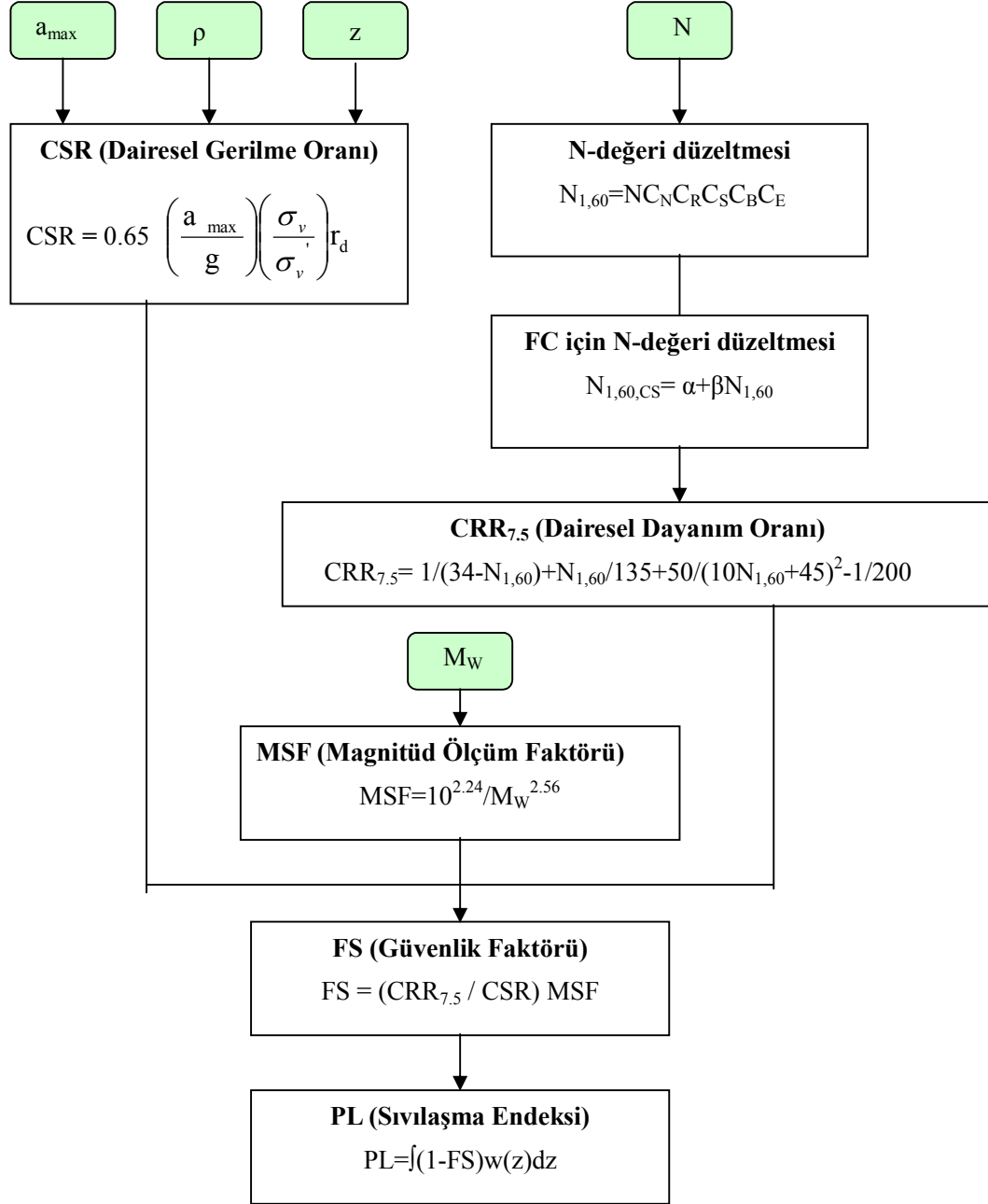
Proje alanı içerisindeki alanların sıvılaşma potansiyelinin hesaplanması için; beklenen depremden ötürü oluşacak yer hareketinin yol açacağı dairesel stres oranı (CSR-Cyclic Stress Ratio) ile zeminin dairesel direnç oranı (CRR – Cyclic Resistance Ratio) karşılaştırılmıştır. Sıvılaşma tehlikesi analizi için prosedürün genel açıklaması Şek.8.2.1’de gösterilmiştir.



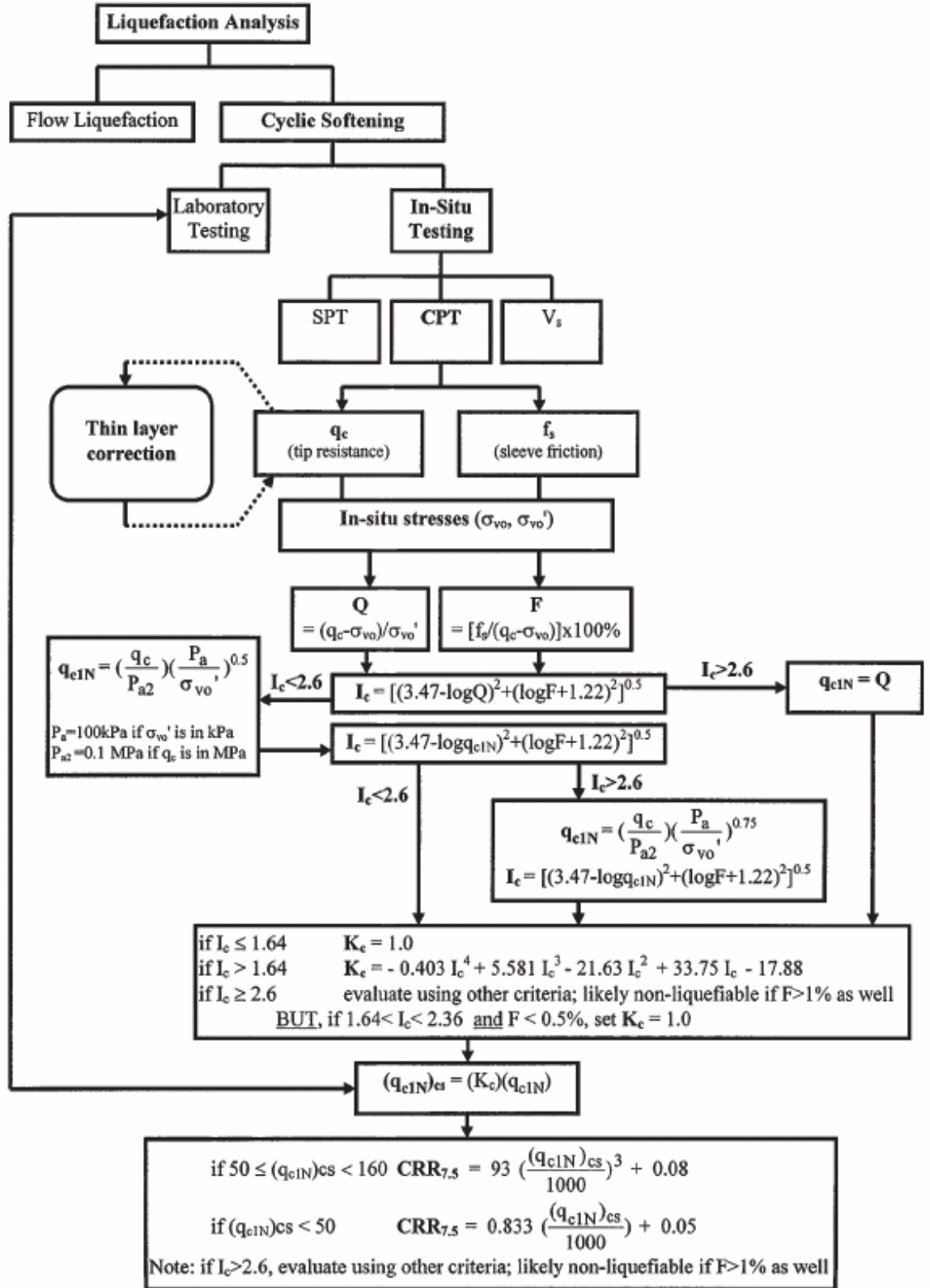
Şek. 8.2.1 Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmesinin Akış Tablosu

8.2.1 Sıvılaşma Hassasiyeti Hesaplaması

Sıvılaşma potansiyeli hesaplamaları, bir tanesi SPT sonuçlarını ve diğeri CPT sonuçlarını kullanmak suretiyle, iki metot ile gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplama akışı, sırasıyla Şek.8.2.1.1 ve Şek.8.2.1.2'de gösterilmiştir.



Şek. 8.2.1.1 SPT Verileri ile Sıvılaşma Potansiyelinin Hesaplanması



Şek. 8.2.1.2 CPT Verileri ile Sıvılaşma Potansiyeli Hesaplamaları

Sıvılaşma potansiyeli hesaplandıktan sonra, Tablo 8.2.1.1’de üç bölge tanımlanmıştır.

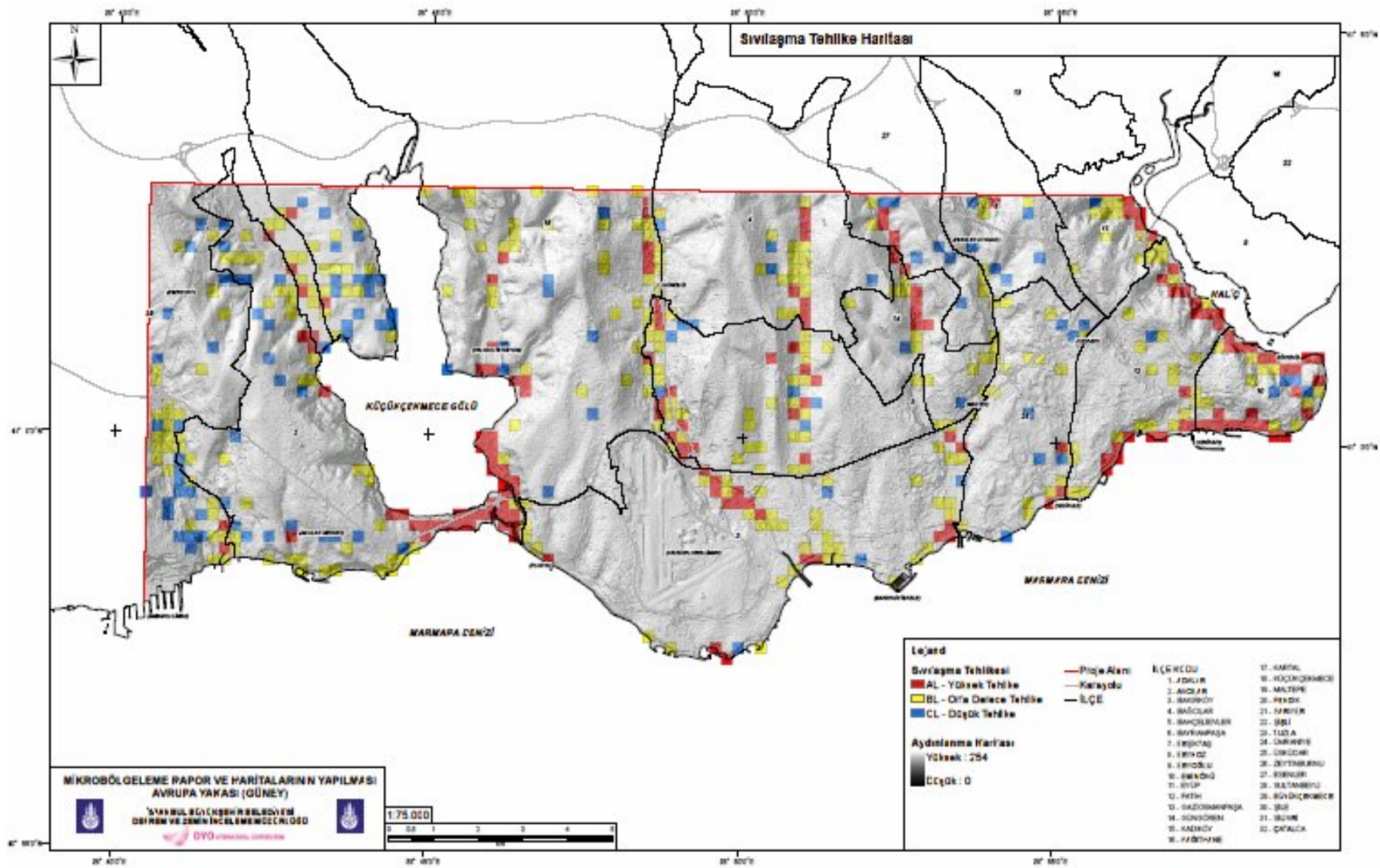
Tablo 8.2.1.1 Sıvılaşma Tehlikesine Göre Bölgeleme

Bölge	Kriter	Açıklama
A _L	$P_L > 15$	Yüksek Potansiyelli
B _L	$5 \leq P_L \leq 15$	Orta Potansiyelli
C _L	$P_L < 5$	Düşük Potansiyelli

8.2.2 Sıvılaşma Tehlikesinin Değerlendirilmesi

Sıvılaşma Tehlikesi Haritası Şek.8.2.2.1’de gösterildiği gibi hazırlanmıştır. Aşağıdaki sonuçlar sıvılaşma potansiyeli açısından türetilmiştir.

- a) A_L, “yüksek sıvılaşma potansiyeli” ne sahip alanlar genel olarak aşağıdaki alanlarda gözlemlenmiştir;
 - Küçükçekmece Gölü’nün güney kumsalı ve doğu kesimi.
 - Gölün batı yakasındaki alüvyon birikintisinin bir kısmı
 - Ayamama Deresi boyunca bulunan alüvyon birikintisinin bir kısmı
 - Bakırköy’den Eminönü’ne kadar olan Marmara Denizi sahil kesimleri
 - Haliç’in batı yakasının bir kısmı.
- b) B_L, “orta potansiyel” e sahip alanlar ya da C_L, “düşük potansiyel”li alanlar genellikle aşağıdaki alanlarda gözlemlenmiştir;
 - Gölün batı kesimleri.
 - Proje alanının batı yakasının büyük kısmı.
 - Proje alanının ortasındaki alüvyon birikintilerinin büyük çoğunluğu.
- c) Orta – yüksek potansiyelli alanlar genellikle alüvyon ya da dolgu birikinti alanlarında gözlemlenmiştir. Yüksek yeraltı suyu seviyesi ile birlikte kum ya da killi kumdan meydana gelen tersiyer (üçüncül) birikintilerin bulunması durumunda, bu topraklar çok nadir olarak sıvılaşma potansiyeline sahiptirler.
- d) Genel olarak, yüksek potansiyelli bölgeler Küçükçekmece Gölü’nün güney kumsalı ve doğu kesimi dışında oldukça yerel bir şekilde bulunmaktadır.



Şek. 8.2.2.1 Sıvılaşma Tehlike Haritası

8.3 Kütle Hareketleri (ev Duyarsızlığı)

8.3.1 Heyelan Tehlike Analiz Yöntemi

8.3.1.1 Güncel Heyelan Aktivitelerinin Değerlendirilmesi

Kategorize edilmiş heyelanlar Tablo 8.3.1.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 8.3.1.1 Güncel heyelan aktiviteleri için önerilen değerlendirme

Aktivite kategorisi	Bina hasarları, topoğrafik zellikler
Aktivite I	<ul style="list-style-type: none">- çok belirgin heyelan morfolojisi- 10cm ya da daha fazla yer değiştirme ile birlikte iki ya da üzeri hasar bulunmakta. Bunun yanında, diğer hasarlar da oldukça fazla bir Şekilde gözlemlenmektedir.- Buradan anlaşılmaktadır ki bu heyelanlar her yıl 1 ila 10cm arası hareket edecektir.
Aktivite II	<ul style="list-style-type: none">- Belirgin heyelan morfolojisi- 1 ila 10cm yer değiştirme ile iki yada daha fazla hasar bulunmakta.- Buradan anlaşılmaktadır ki bu heyelanlar her yıl 1cm yada daha az hareket edecektir.
Aktivite III	<ul style="list-style-type: none">- Belirgin olmayan heyelan morfolojisi- Muhtemelen heyelanların sebep olduğu çok sayıda hasar gözlemlenmektedir.- Bu heyelanlar hafif derecede aktif görülmekte veya yamaçlar duraysız.
Aktivite IV	<ul style="list-style-type: none">- Belirgin olmayan heyelan morfolojisi- Muhtemelen heyelanların sebep olduğu bazı hasarlar gözlemlenmektedir- Bu heyelanlar hafif derecede aktif görülmekte veya yamaçlar duraysız
Aktivite V	<ul style="list-style-type: none">- Belirgin olmayan heyelan morfolojisi- Muhtemelen heyelanların sebep olduğu bazı hasarlar gözlemlenmektedir- Bu heyelanlar çok az aktif görülmektedir

8.3.1.2 Kesme Kutusu Deneyi ile Zeminlerin Kayma Direncinin Bulunması

Kesme kutusu deneyleri, heyelan bölgelerinde UD ve SPT örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu örnekler 7 m ila 10 m derinlikten alınmış olup Güngören kili yada Gürpınar kili ihtiva etmektedir.

Tablo 8.3.1.2 her heyelan aktivitesi için kayma direnç açısını göstermektedir.

Tablo 8.3.1.2 Her Heyelan Aktivitesi için Kayma Dayanım Açısı

Aktivite Düzeyi	I	II	III	IV	V
Kayma Direnç Açısı (derece)	5	7	10	15	20

8.3.1.3 Kayma Direnç Açısı Hesaplamasının İncelenmesi

Güvenlik faktörü, heyelan eğim yönü ve kayma yüzeyinin direnci ilişkisi Siyahi ve Ansal (1999) tarafından hazırlanan aşağıdaki formülasyonda (1) ve grafikte (Şek.8.3.1.1) gösterilmektedir.

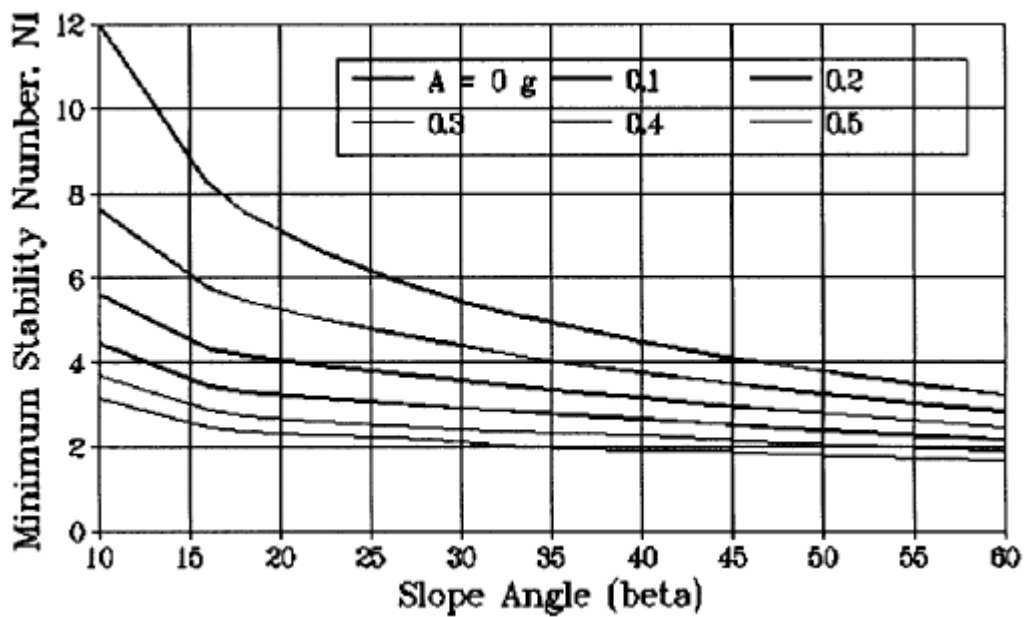
Bu formül kullanılarak kayma yüzeyi direncinin, mevcut durumlar için hesaplanarak, back colculation(back analiz) yaparak, her bir kayan blok için güvenlik faktörünün belirlenmesidir. Burada PGA(g) deprem sırasındaki uç zemin ivmesidir ve “PGA=0” depremin olmadığı durumu belirtir.

$$F_s = \tan\phi N_1(PGA) \quad \text{-----} \quad (1)$$

F_s : güvenlik faktörü

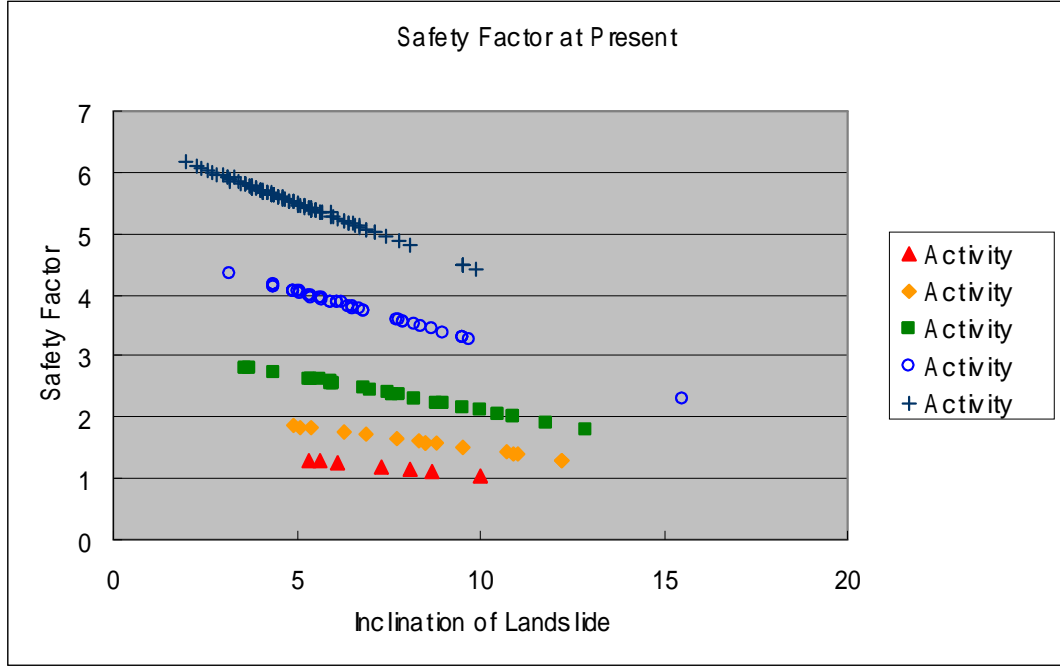
ϕ : sürtünme açısı (toplam stres için)

$N_1(PGA)$: PGA'ya göre minimum stabilite değeri (katsayı aşağıdaki grafik ile verilmiştir.)



Şek. 8.3.1.1 Heyelan Eğim Meyilli ve Kayma Yüzeyi Kuvveti İlişkisi

Mevcuttaki güvenlik faktörü (deprem harici), bir önceki formüle $PGA=0$ eşitliği uygulanarak hesaplanabilir. (1). Şekil. 8.3.1.2 tüm heyelan aktiviteleri için mevcut güvenlik faktörlerini göstermektedir.



Şek. 8.3.1.2 Her Heyelan Aktivitesi İçin Mevcut Güvenlik Faktörleri

Bulunan sonuca göre; en yüksek aktiviteye sahip heyelanların güvenlik faktörleri 1.0-1.2 olmaktadır. Bu heyelanların günümüzde duraysız oldukları ve binalarda bazı hasarlara yol açtıkları düşünüldüğünde, bulunmuş olan bu değerler oldukça makul görünmektedir. Düşük aktiviteli heyelanlar görece yüksek güvenlik faktörüne sahiptir. Tahmin edilen kayma direnç açılarının bir bütün olarak değerlendirilmesi daha uygundur.

8.3.1.4 Depremde Güvenlik Faktörünün Hesaplanması

Depremde güvenlik faktörü bir önceki formül (1) kullanılarak hesaplanabilir. Bu formül, depremler sebebiyle zemin direnci oldukça düşük olacağı için, Caolin (düşük plastisiteli bir kil) kullanılarak bir laboratuvar testine göre tasarlanmıştır. Sıradan killi zeminler genelde yüksek plastisiteye sahiptir. Bu demektir ki formül (1) en tehlikeli durumu ifade etmektedir.

Yukarıdaki düşünceler hesaba katılarak; PGA'nın kendisi formül (1) için kullanılırsa, bu olduğunda fazla bir yaklaşıma neden olacaktır. Genel olarak, zemin peak (tepe) değeri, hareketinin (PGA) yaklaşık %30'u zeminler ya da binalar için efektif zemin hareketinde kullanılmaktadır. Bu nedenle, formül için PGA'nın %30'u zemin hareketi olarak kullanılmaktadır.

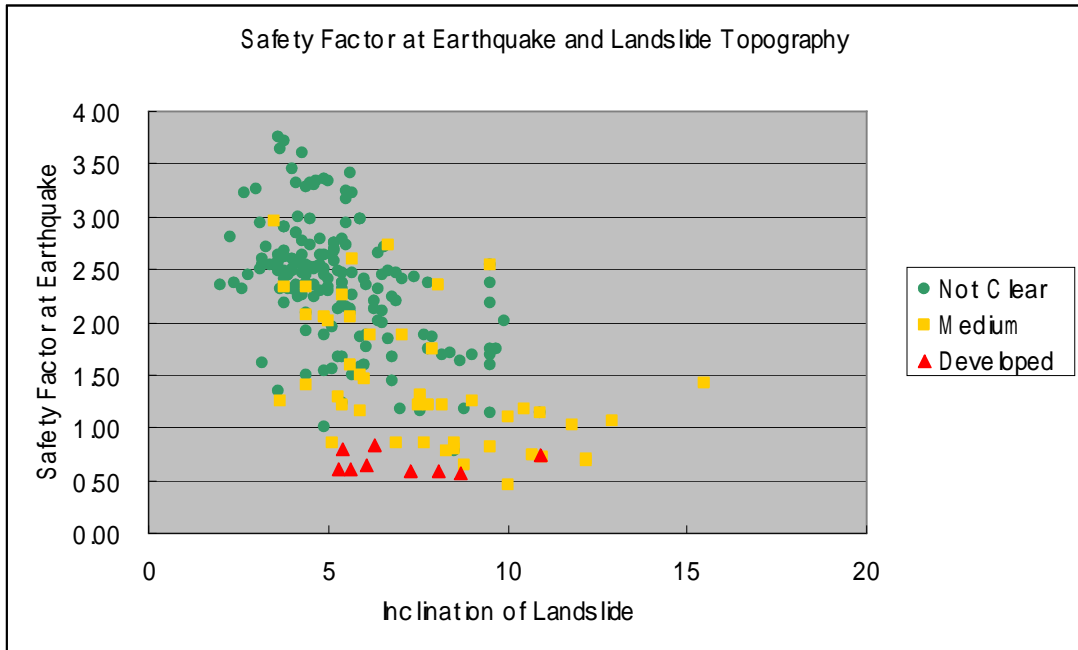
8.3.2 Heyelan Tehlikesinin Değerlendirilmesi

Depremde güvenlik faktörü ile yapılan değerlendirme, mevcut güvenlik faktörünün varsayımına ve PGA'nın azaltılmasına dayanan değerlendirme ile ilişkilidir.

Proje alanındaki heyelanların, anlaşılır heyelan morfolojisi ve anlaşılır olmayan morfolojisi olanları bulunmaktadır. Anlaşılır morfolojisi olan heyelanların, her büyük depremde hareket etmiş olma olasılığı vardır ve anlaşılır olmayan morfolojili heyelanlar 1,000 yıldan fazla süredir hareket etmemişlerdir.

Bu sebeple, anlaşılır heyelan morfolojisi olan heyelanlar ile aynı güvenlik faktörüne sahip olan bir heyelanın gelecekteki bir büyük depremde hareket etmesi beklenmektedir. Diğer yandan, anlaşılır olmayan morfolojiye sahip heyelanlar ile aynı güvenlik faktörüne sahip olan bir heyelanın, gelecekteki bir büyük depremde hareket etmesi beklenmemektedir.

Şek. 8.3.2.1 heyelan morfolojisinin gelişme büyüklüğü ve depremde güvenlik faktörü ilişkisini göstermektedir. Bu ilişkiye göre, anlaşılır morfolojiye sahip heyelanların güvenlik faktörü 1,0'den azdır. Güvenlik faktörünün 2.0'den fazla olduğu durumda, heyelan tehlikesi riski göreceli olarak düşük olacaktır.

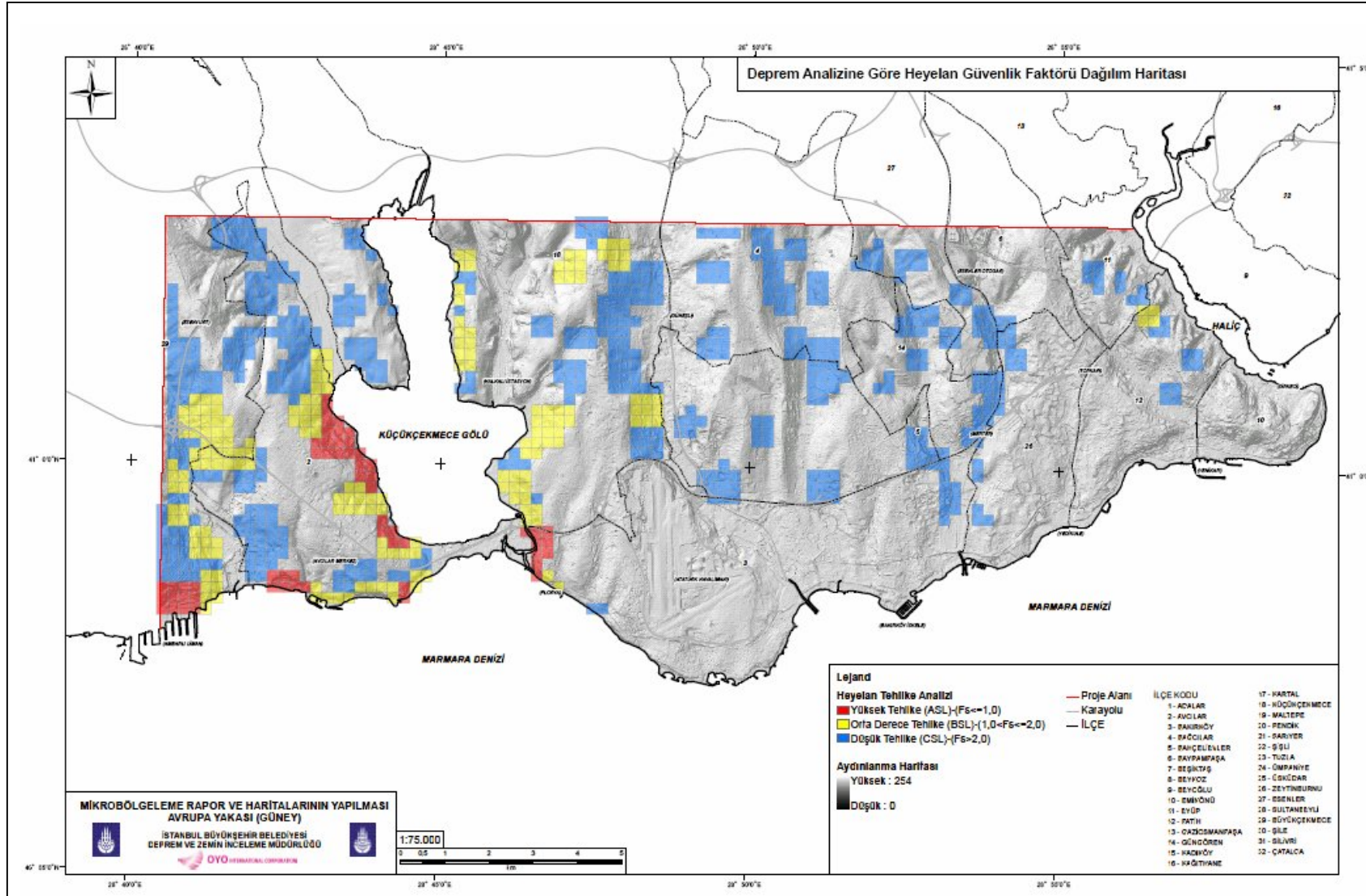


Şek. 8.3.2.1 Heyelan topografyasının gelişimi ve depremde güvenlik faktörü

Bu düşünceler ışığında, heyelan tehlikesi riski aşağıdaki üç kategoriye bölünebilir

$F_s \leq 1.0$	ASL (Yüksek Risk)
$1.0 < F_s < 2.0$	BSL (Orta derece Risk)
$F_s \geq 2.0$	CSL (Düşük Risk)

Şek. 8.3.2.2 Heyelan Tehlike Haritası' nı gösterir.



Şek. 8.3.2.2 Heyelan Tehlike Haritası

9 SU DURUMU

9.1 Yeraltı Su Seviyeleri

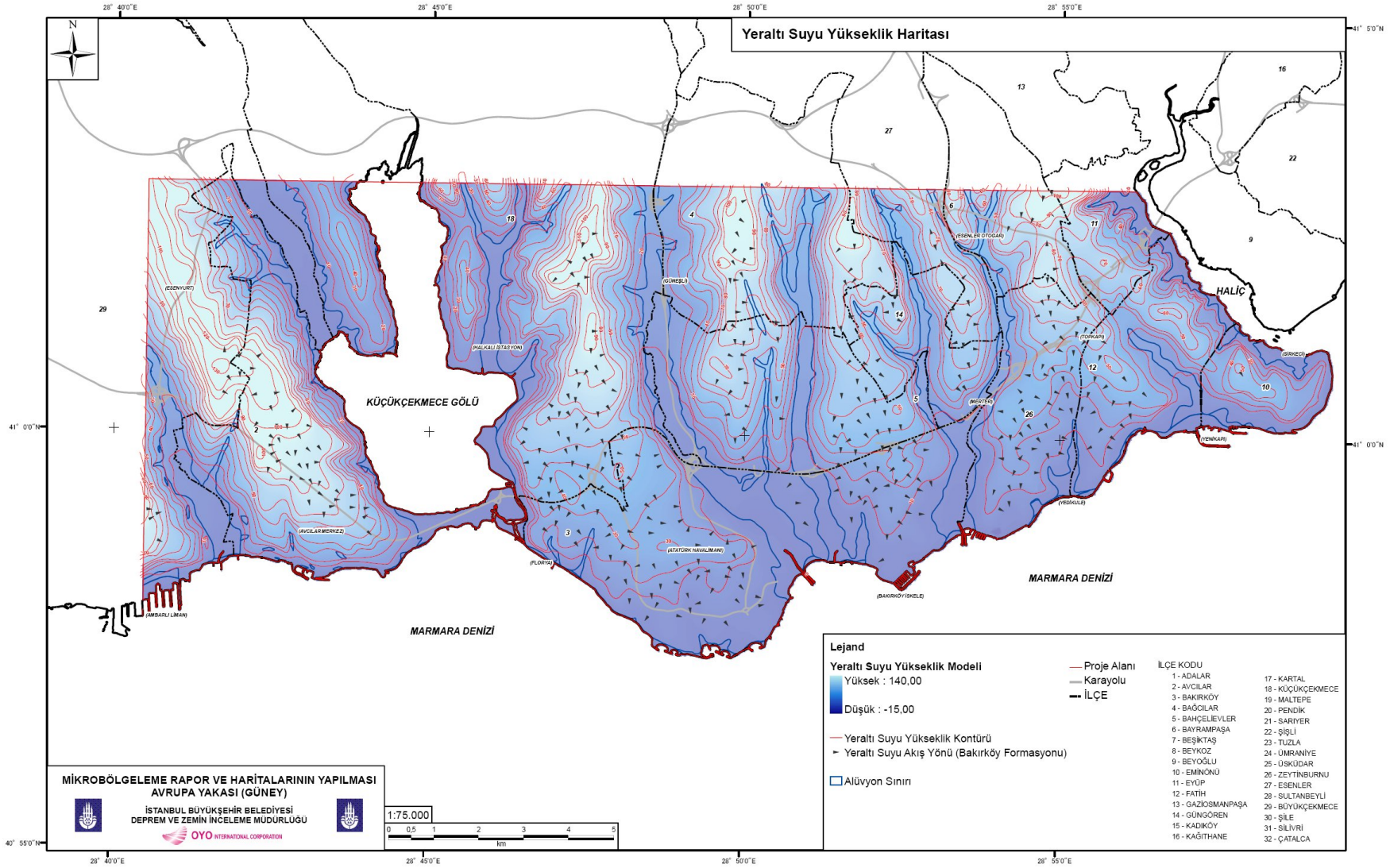
Mikrobölgeleme çalışması kapsamında hazırlanan 4364 adet ve farklı derinliklerdeki mekanik sondaj kuyuları (PS Logging ve Derin kuyular hariç) 50 mm çapında delikli PVC borular ile borulanmış ağız muhafaza demirleri takılarak kuyu ağızları beton kalıplarla muhafaza altına alınmıştır.

Hazırlığı bittikten kuyularda 2-3 gün içerisinde ilk yeraltı su seviye ölçümleri yapılmıştır. Devam eden süreçte periyodik olarak imalatı biten kuyular bir yıl boyunca her ay birer kez olmak üzere optimum on iki kez ölçülmüştür. Ölçülen tüm sonuçlar önceden hazırlanan ölçü föylerine kaydedilmiş ve bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

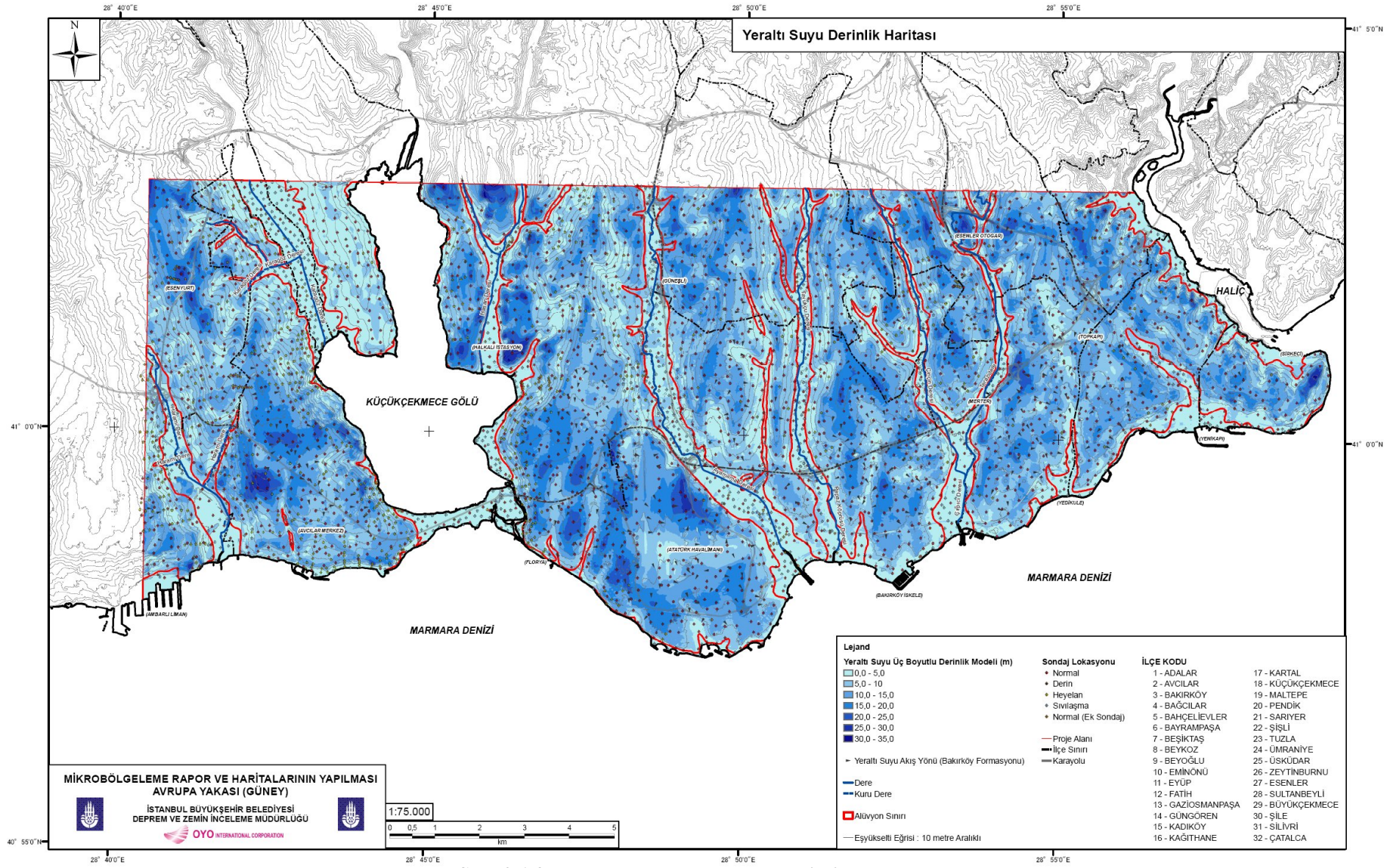
Ölçümler esnasında bazı kuyularda sondaj suyunun kaldığı (sondaj bitiminde yeterince tahliye edilemediği) ve bu nedenle bu kuyularda su seviyelerinin çevredeki kuyulara göre yüksek ölçüldüğü tespit edilmiştir. İki üç aylık bir dönem içerisinde çevredeki kuyularla benzer seviyelere düşen bu tür kuyulardan alınan ölçümler hesaplamalarda kullanılmıştır. Çevre kuyulardaki ölçümler ile aşırı uyumsuzluk gösteren (çok düşük veya çok yüksek) ölçümler ihmal edilmiştir. Çeşitli nedenlerle tahrip olan ve yeterli sayıda ölçüm alınamayan noktalardaki değerler jeofizik verilerle ve çevre kuyulardaki ölçümlerle korelasyon yapılmak sureti ile haritalara yansıtılmıştır.

Nihai tabloda yaz döneminde ölçülen su seviyeleri ile, kış döneminde ölçülen su seviyelerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür. Özellikle sıvılaşma ve heyelan analizlerinde yeraltı su seviyeleri sorunu tetikleyen en önemli etkenler olması nedeni ile en yüksek su seviye değerleri bahsedilen haritalarda kullanılmıştır. Tüm ölçümlerin işlenmiş olduğu föyler rapor ekindeki cd'lerde sunulmuştur

Şek. 9.1.1 yer altı suyu tablasının yükselti dağılımını deniz suyu seviyesine dayalı olarak göstermektedir. Ortalama yer altı suyu seviyeleri topoğrafya ile tutarlılık göstermektedir ki su seviyesi tepelerde yüksek iken alçak kesimlerde azalmaktadır. Su seviyesi deniz suyu seviyesi ya da bitişik nehir seviyeleri ile aynıdır ya da benzerlik taşır. Şek.9.1.2 yüzeyden itibaren yer altı suyu derinlik konturunu gösterir.



Şek. 9.1.1 Ortalama Deniz Seviyesinden Yer altı suyu Seviyesinin Yükseklik Haritası



Şek. 9.1.2 Yüzeiden yeraltı suyu derinlik kontürü

9.2 Taşkın (Sel) Tehlike Analizi

Bu bölüm içerisindeki “Sel Tehlikesi” aşağıdaki iki tip tehlikeden meydana gelmektedir;

- Alçak nehir boyu alanları boyunca, baraj hasarının neden olduğu sel baskınları (“Baraj Hasarı (kırılma) Modeli” olarak belirtilmiştir).
- Nehir bölgesi boyunca ,aşırı yağışın neden olduğu sel baskınları (“Nehir Taşkını Modeli” olarak belirtilmiştir).

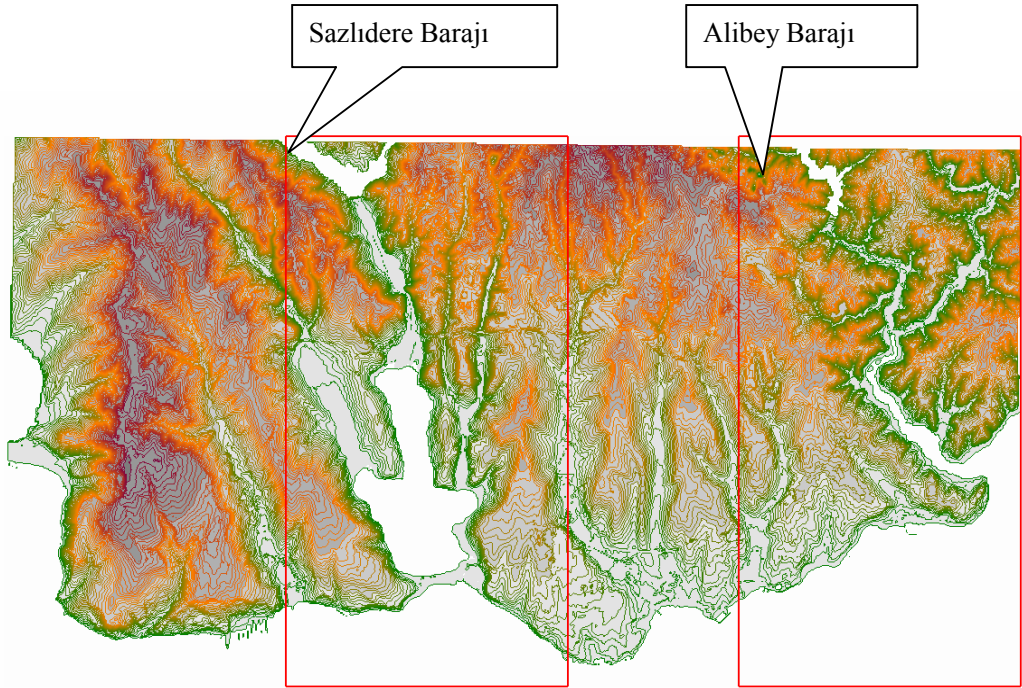
9.2.1 Analiz Yöntemi

2D Sığ Su Denklemi'nin sonlu farklılık metodu Sel Analizinin sayısal analizi için kullanılmıştır (Baraj Hasarı Modeli ve Nehir Taşkını Modeli için).

9.2.2 Analiz Sonuçları

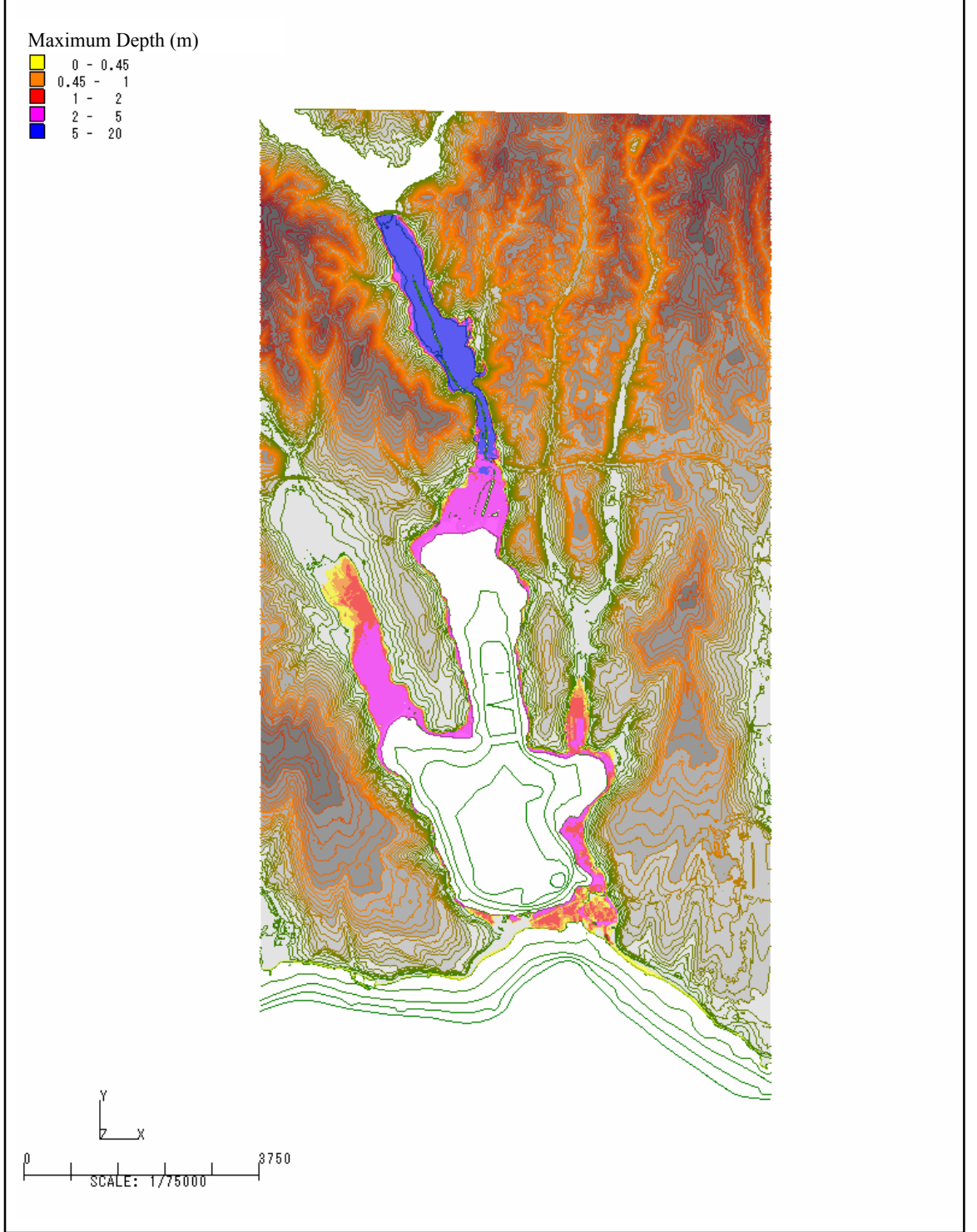
9.2.2.1 Baraj Hasar Modeli

Baraj Hasar Modeli ile gerçekleştirilen analiz için Şek.9.2.2.1 'de gösterilen iki alan bulunmaktadır.

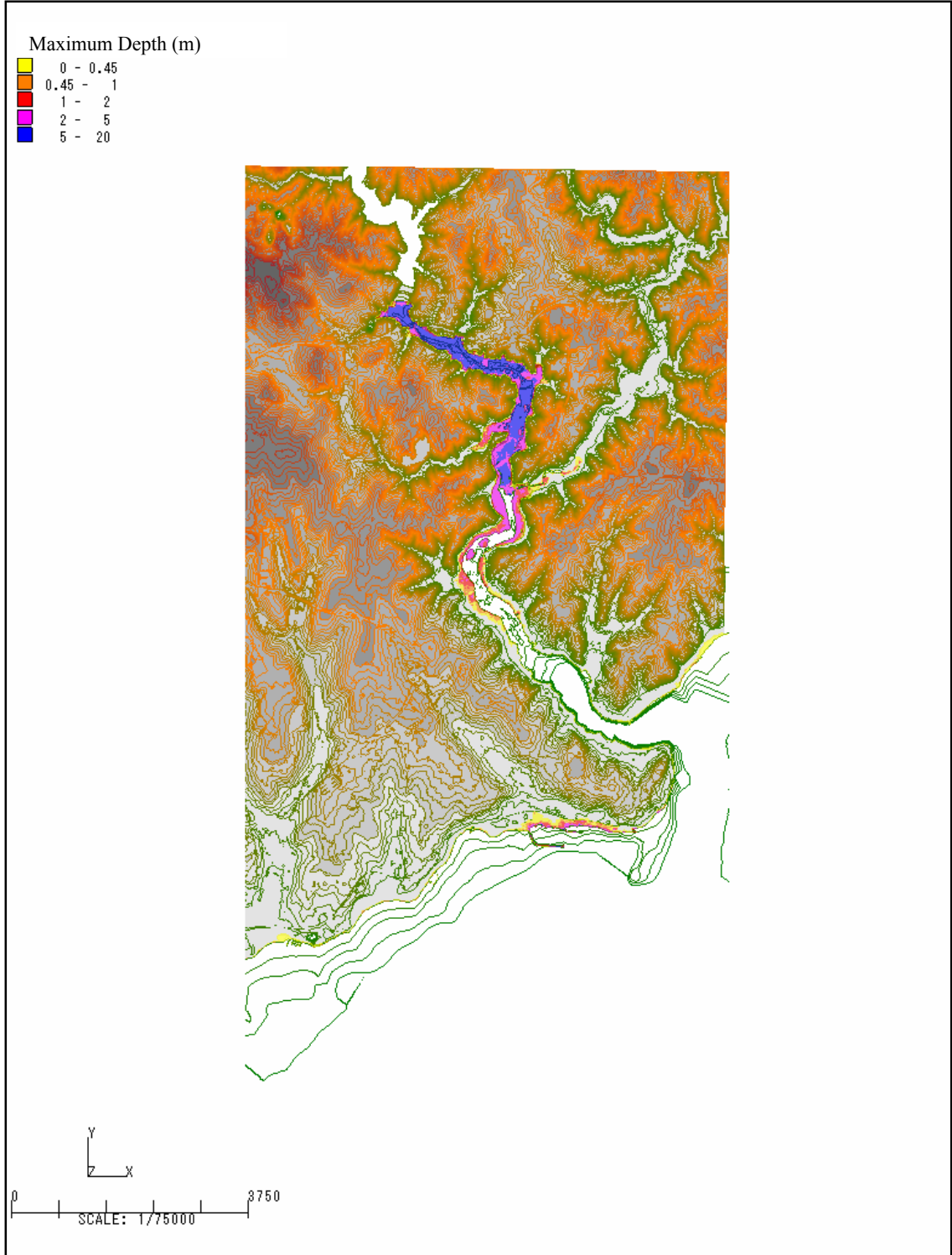


Şek. 9.2.2.1 Baraj Hasar Modeli Alanı

Baraj hasarına bağlı maksimum akış sırasıyla Sazlıdere Barajı için Şek.9.2.2.2’de, Alibey Barajı için Şek.9.2.2.3’te gösterilmektedir.



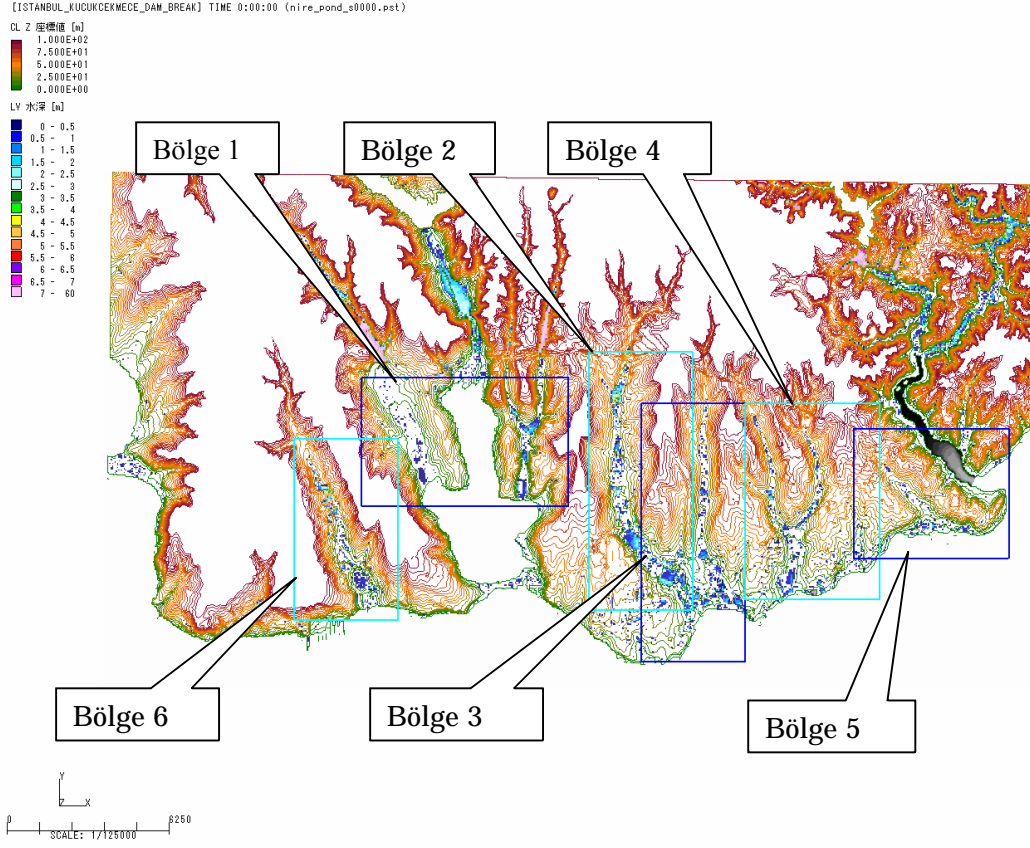
Şek. 9.2.2.2 Maksimum Derinlik (Sazlıdere Barajı)



Şek. 9.2.2.3 Maksimum Derinlik (Alibey Barajı)

9.2.2.2 Akarsu Taşkın Modeli

Akarsu taşkın modeli ile gerçekleştirilen analiz için Şek.9.2.2.4'te gösterilen toplam 6 bölge seçilmiştir



Şek. 9.2.2.4 Akarsu Taşkın Modeli Alanları

9.2.3 Su Baskını (Taşkın) Tehlikesinin Değerlendirilmesi

Hesaplanan sonuçlar tehlike tayini açısından değerlendirilmiştir. Hesaplanan sonuçlar oldukça “abartılı” ve bazı “gerçekçi olmayan veriler” içermektedir. Örneğin, Nehir Taşkını Modelindeki bazı geniş su baskını oluşan alanlar, alçak kısımlardaki köprülerin (yollar yada tren yolları) göreceli yüksekliğinden ötürü oluştuğu görülmektedir. Bu tür veriler tehlike haritalarından çıkarılmıştır.

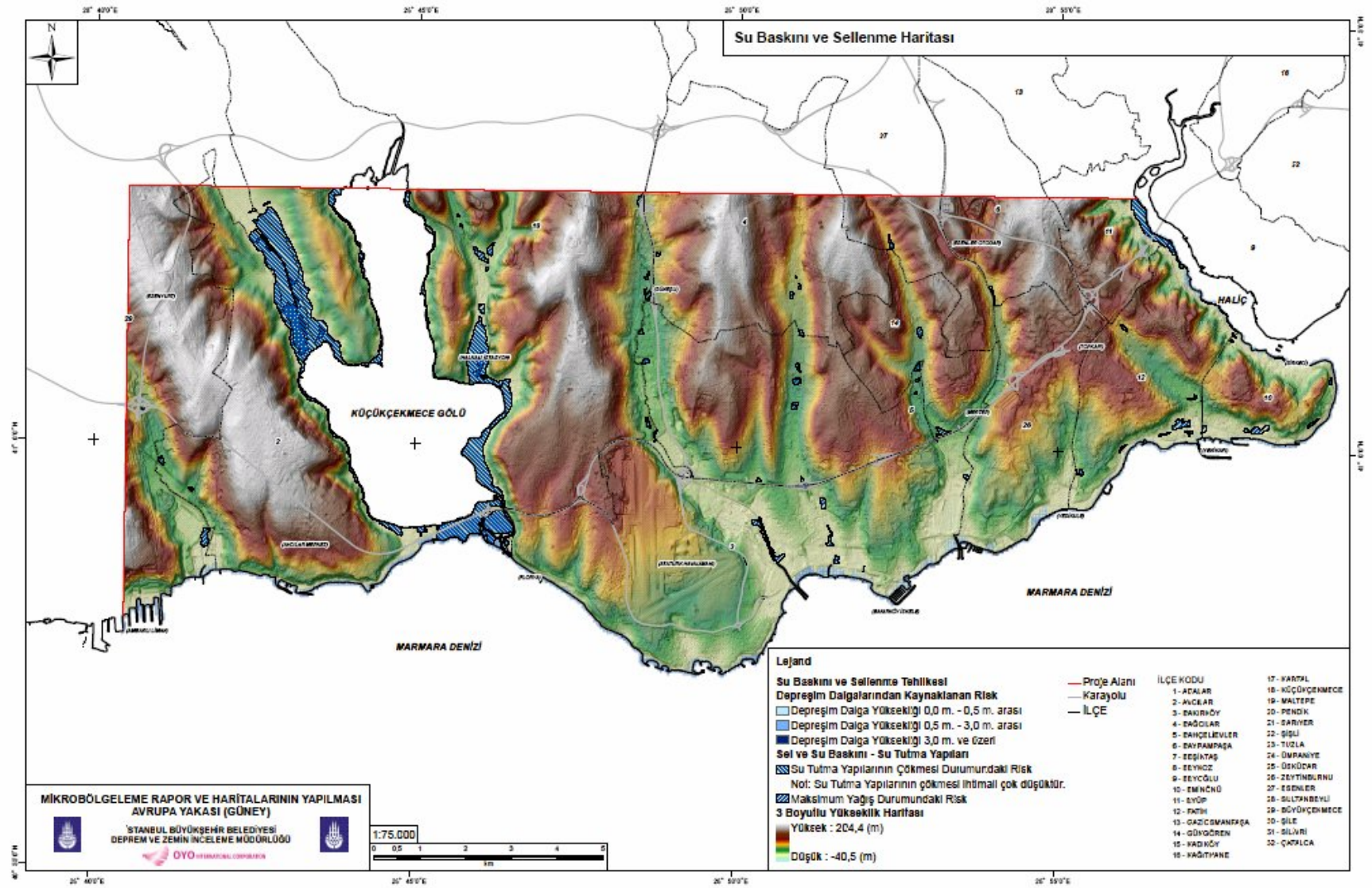
Değerlendirilen alanlar Tablo 9.2.3.1’de gösterildiği üzere üç sel tehlikesi bölgesine ayrılmıştır. Sel Tehlikesi Haritası Şek.9.2.3.1’de gösterildiği şekilde hazırlanmıştır.

Tablo 9.2.3.1 Su Baskını Tehlikesi Bölgelemesi

Bölge	Kriter
A _F (Yüksek tehlikeli alan)	Taşkın derinliği > 3m
B _F (Orta derece tehlikeli alan)	0.5 m < Taşkın derinliği ≤ 3m
C _F (Düşük tehlikeli ya da tehlikesiz alan)	Taşkın derinliği ≤ 0.5m

“Baraj Hasarı Modeli” ne göre; baraj hasarı “en kötü” senaryodur ve barajın kırılma olasılığı göreceli olarak oldukça düşük olacaktır Bu sebeple, baraj hasarı ile su baskınına uğrayan alanlar “C_F” bölgesi olarak kategorize edilmiştir.

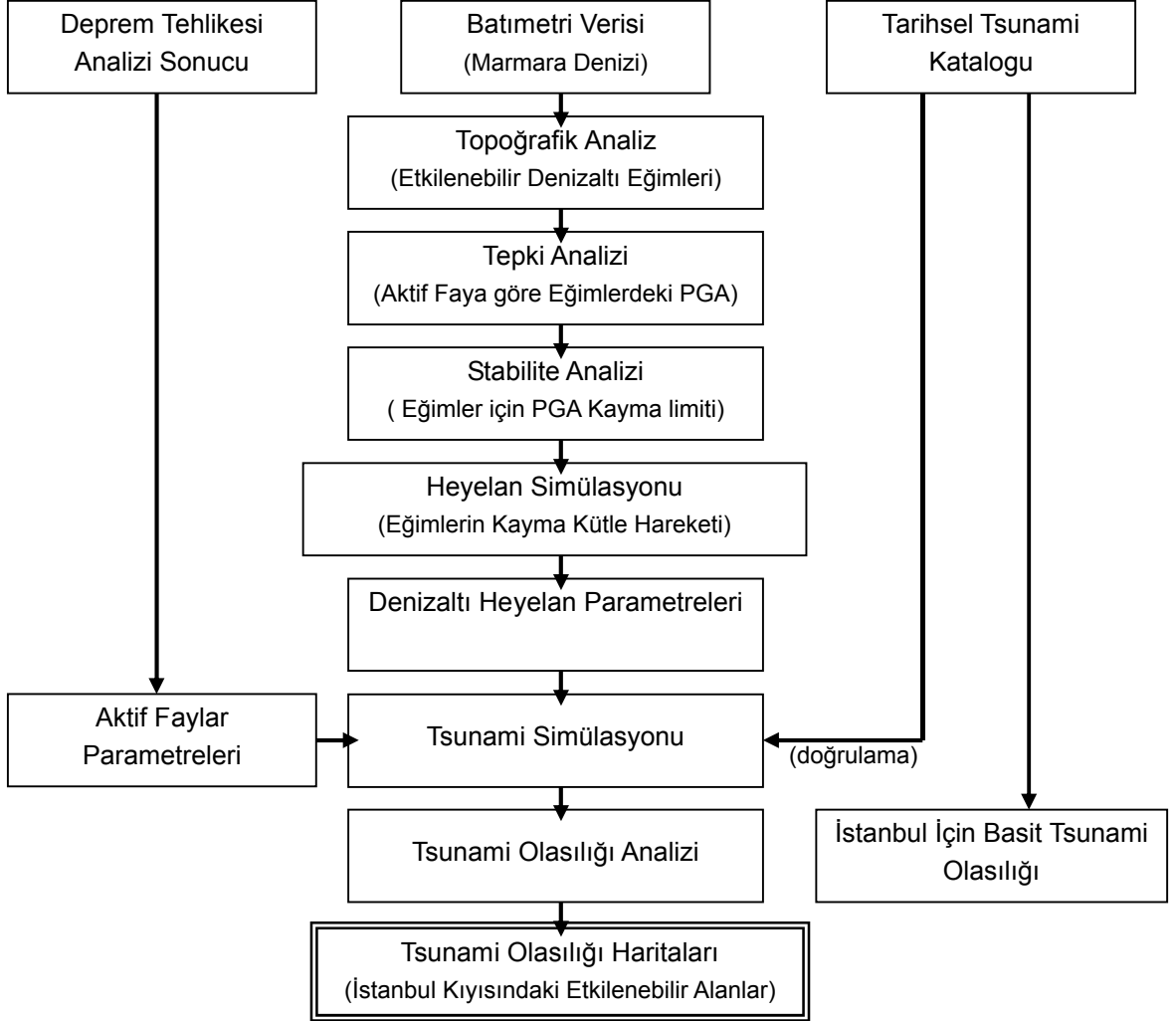
“Akarsu taşkını” sonucu su baskınına uğrayan alanlar için tehlike seviyeleri, mevcut su taşkını kayıtları hesaba katılarak değerlendirilmiştir. Daha sonra bu alanlar B_F ve C_F olarak iki kategoriye ayrılmıştır. En yüksek tehlike derecesi olan A_F derecesini alan hiç bir alan bulunmamaktadır.



Şek. 9.2.3.1 Taşkın (Sel) Tehlike Haritası

9.3 Tsunami Tehlike Analizi

Şek. 9.3.1 Tsunami tehlike analizi akış tablosunu gösterir.



Şek. 9.3.1 Çalışmadaki Tsunami Tehlikesi Analizi Akışı

9.3.1 İstanbul'da Tarihsel Tsunamiler

Şek.9.3.1.1 Marmara Denizi'ndeki tarihsel tsunamilerin dağılımını boşluklar ile göstermektedir (Altinok, 2006b). Altinok (2006b) ..vb dayanılarak, İstanbul için 20 yüzyıllık süre zarfında 30 tarihsel tsunami tanımlanmıştır.

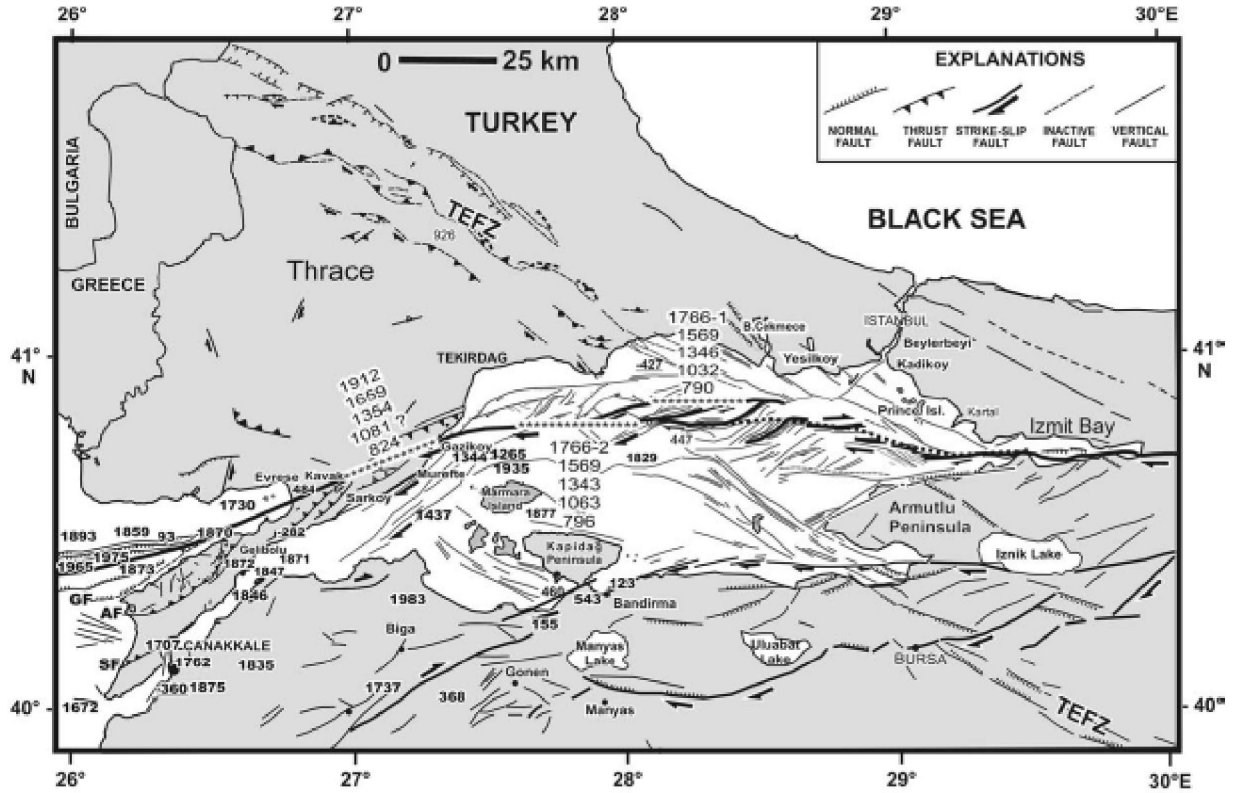


Figure 2. Historical earthquakes (from 360 B.C. to present) of the Western Marmara Sea region (compiled from Soysal et al., 1981; Ambraseys and Finkel, 1991, 1995; Guloboni, 1994; Ozansoy, 2001; Demirel, 2001). Tectonic setting of the Marmara Sea is compiled from Yalırak (2002). GF: Gelibolu fault, AF: Anafaralar thrust fault, SF: Sigirci thrust fault.

Şek. 9.3.1.1 M.S 120 ile 1999 arasında aralıklar ile Marmara Denizi'ndeki Tarihsel Tsunamiler (Altinok, 2003)

9.3.2 Tsunami Simülasyonu

Adalar fayları için simüle edilmiş sonuçların örnekleri Şek.9.3.2.1'de gösterilmektedir. İstanbul şehrinin doğu yakası özellikle Adalar bölgesi daha yüksek tsunami yüksekliklerinden ve olayların çoğundan etkilenecektir. İlk dalganın varış zamanı 10 dakika içerisinde olacaktır ve en büyük tsunami dalgası depremin oluşmasından sonra 60 ila 90 dakika arasında sahile varacaktır.

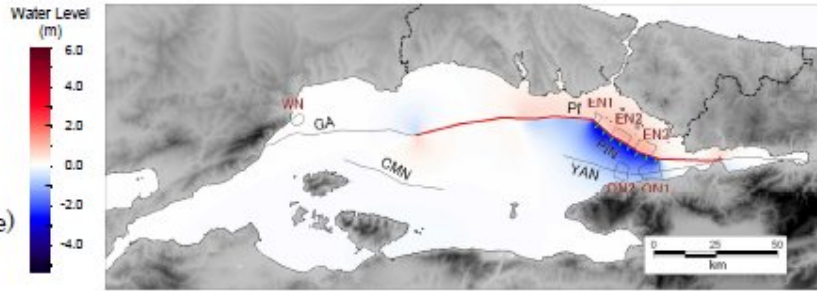
Adalar veya Yalova fayı hareket ettiğinde, İstanbul şehir alanı diğer Ganos yada Merkez Marmara faylarından daha fazla etkilenecektir. Adalarda tsunami yüksekliği 4 ila 7 metreye kadar yükselecek, Kadıköy ya da Tuzla'yı da içeren doğu yakasında 3 ila 5 metre, Yenikapı, Yeşilköy yada Avcılar'ı da içeren batı yakasında 3 ila 4 metre olacaktır. Fakat Boğaziçi ve Haliç'te tsunami yüksekliği maksimum 2 metre olacaktır.

Tırmanma yüksekliği (m; deniz seviyesinden yükseklik) sahil boyunca tsunami yüksekliği ile benzerdir fakat, taşkın derinliğinden % 30 ila %80 daha yüksektir. Bundan dolayı taşkın derinliği kıyı boyunca tsunami yüksekliğinin % 50 ila % 80'i dir.

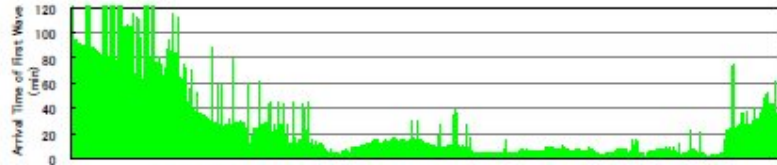
Simulation Case : 15 (PI+PIN)

1) Fault model and Initial water level

Fault : PI+PIN (red line)
Land Slide : (none)



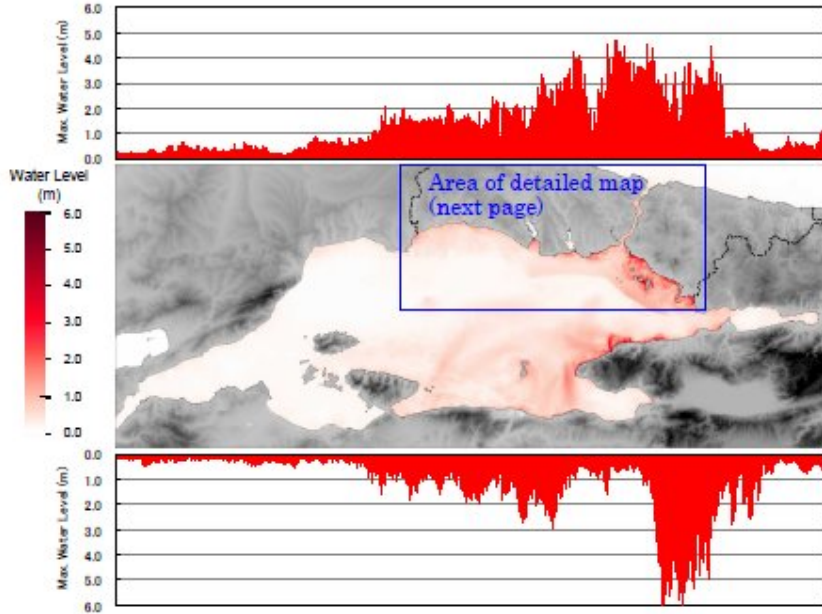
2) Arrival time of First wave



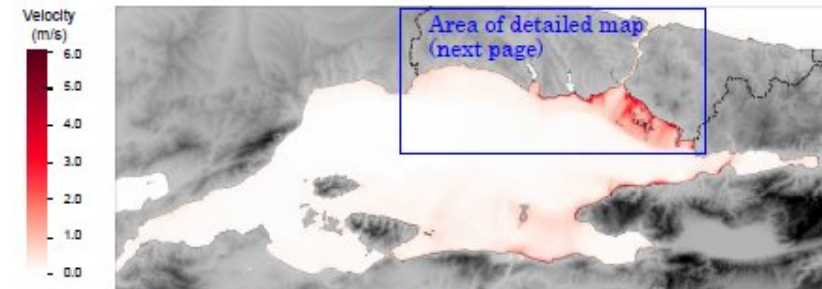
3) Arrival time of Maximum wave



4) Maximum height

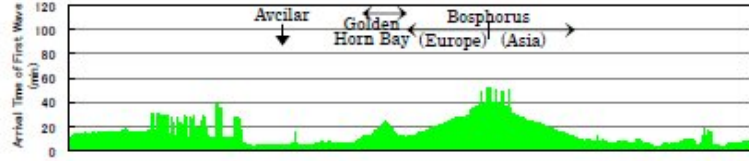


5) Maximum wave velocity

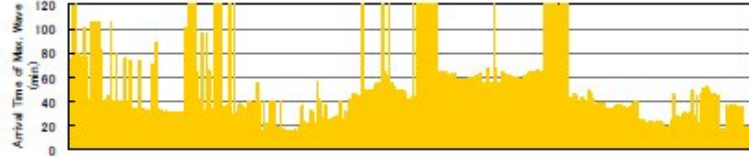


Şek. 9.3.2 1(a) Adalar Fayı için Simüle Edilmiş Sonuçlar

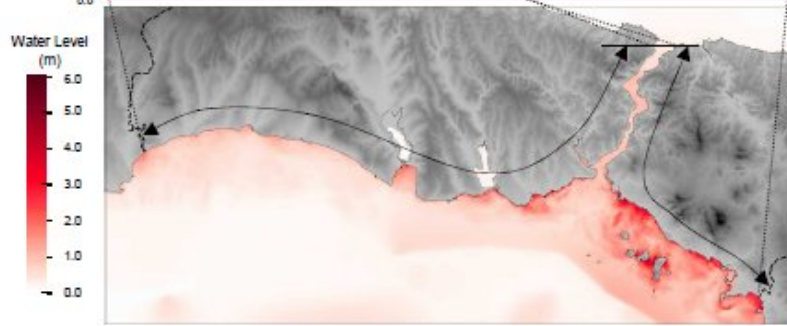
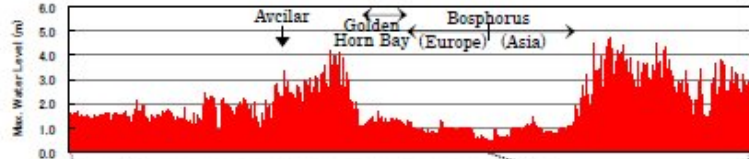
6) Arrival time of First wave



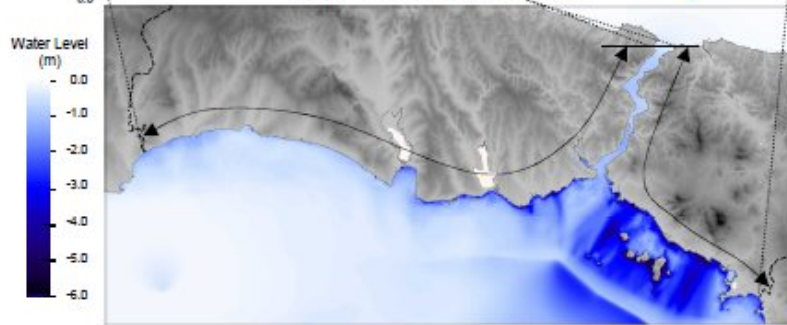
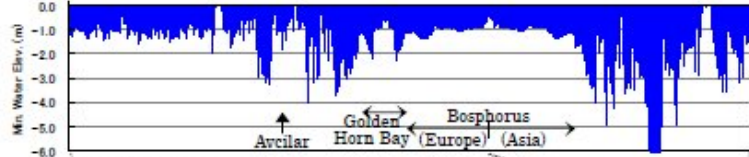
7) Arrival time of Maximum wave



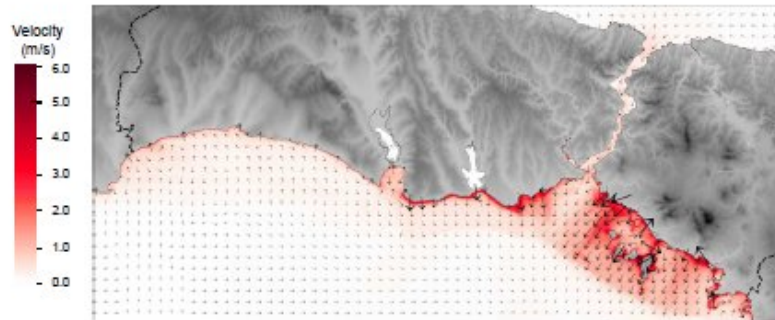
8) Maximum height



9) Minimum height



10) Maximum wave velocity



Şek. 9.3.2 1(b) Adalar Fayı için Simüle Edilmiş Sonuçlar

9.3.3 Denizaltı Heyelanları için Simülasyon Sonuçları

Çınarcık Baseninin güney yamacı ON1 için simüle edilmiş sonuçlar Şek. 9.3.3.1'de gösterilmektedir. İstanbul şehrinin doğu yakası özellikle Adalar bölgesi daha fazla tsunami yüksekliklerinden etkilenecektir. İlk dalganın varış zamanı 10 dakika içerisinde olacaktır ve en büyük tsunami dalgası depremin oluşmasından sonra 60 ila 90 dakika arasında sahile varacaktır.

Tsunami dalgaları Batı Marmara veya ON2 güney Çınarcık Havzası haricinde maksimum 4 ila 5 metredir. Taşkın derinliği EN1,EN3 ve ON1 durumları için maksimum 3-4 metredir. Tırmanma yükseklikleri taşkın derinlikleri ile benzerdir.

9.3.4 Aktif Faylar ve Denizaltı Heyelanlarını Birleştiren Simülasyon Sonuçları

Şek. 9.3.4.1 Aktif Faylar ve Denizaltı Heyelanlarını Birleştiren Simülasyon Sonuçları'nın bir örneğini göstermektedir.

9.3.5 İstanbul için Tsunami Olasılığı

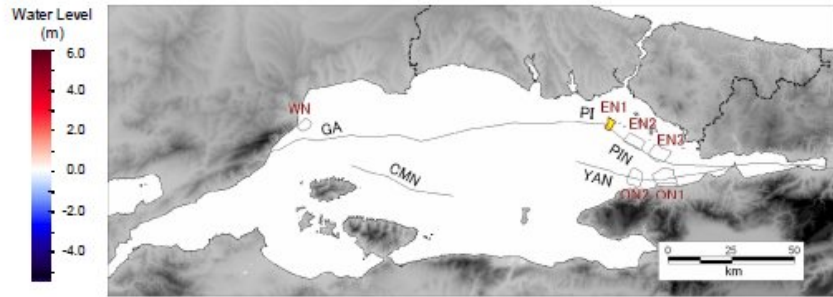
Şek. 9.3.5.1 de olasılıklı tsunami dalga yüksekliği 50 yıl içerisinde %10 aşma olasılığı ile 2.2 metre olarak gösterilmektedir. İstanbul'un Asya Yakası, Avrupa Yakasına göre daha tehlikelidir. Maksimum dalga yüksekliği Adalarda beklenmektedir ve bu yükseklik 9 metreyi aşmaktadır. Kartal ve Kadıköy Asya Yakasındaki diğer tehlikeli alanlardır. Avrupa Yakasında, Bakırköy'den Zeytinburnu'na kadar 3 ila 4 metre yüksekliğinde dalgalar beklenmektedir.

Deniz kenarında Tsunami taşkın derinliği 50 yıl için %10 aşma olasılığı ile Şek 9.3.5.3 ve Şek.9.3.5.3'te gösterilmektedir. Küçükçekmece gölünün güneyindeki taşkın dikkat çekicidir. Sahilden itibaren maksimum taşkın uzaklığı 600 metreye yaklaşmaktadır. Kadıköy ve Kartal'dan Tuzla'ya kadar olan sahil şeridinin de sahilden 100 ila 300m içeriye doğru ilerleme ile karşı karşıya kalması beklenmektedir.

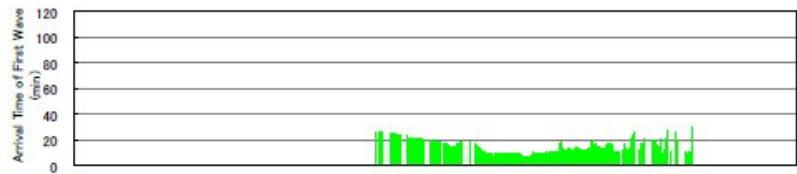
Simulation Case : 44 (EN1)

1) Fault model and
Distribution of
Initial water level

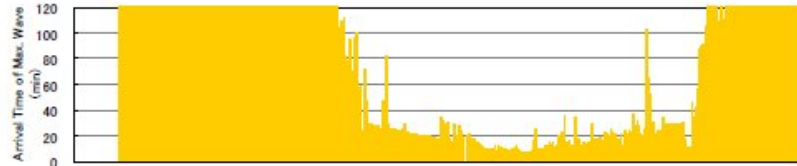
Fault : (Nothing)
Land Slide : EN1



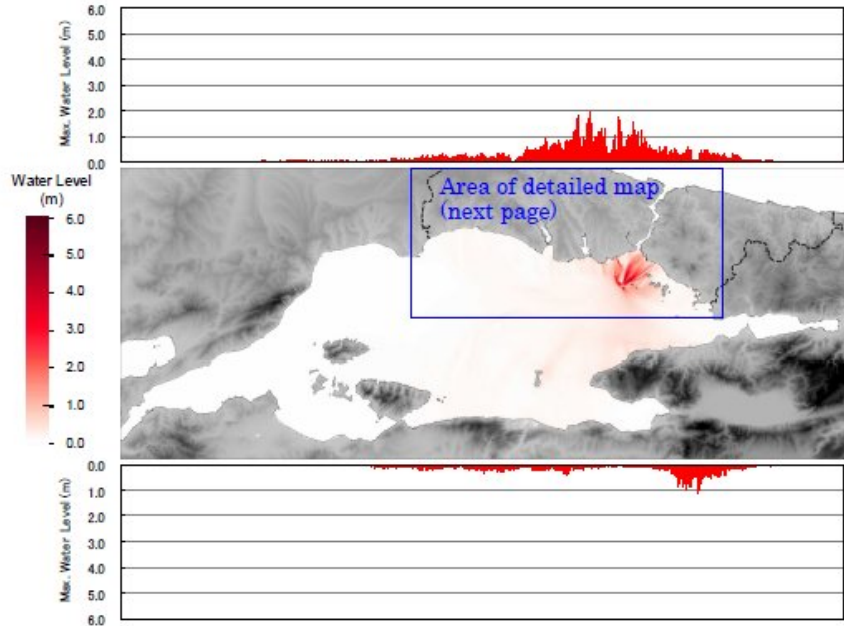
2) Arrival time of
First wave



3) Arrival time of
Maximum wave



4) Maximum height



5) Maximum
wave velocity

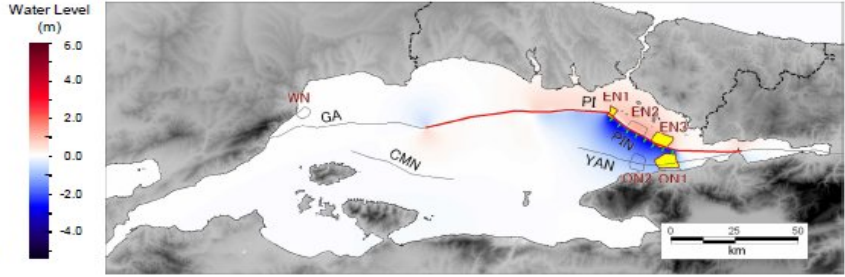


Şek. 9.3.3.1 EN1 Simülasyon Sonuçları(Çınarcık Havzası Kuzeyi)

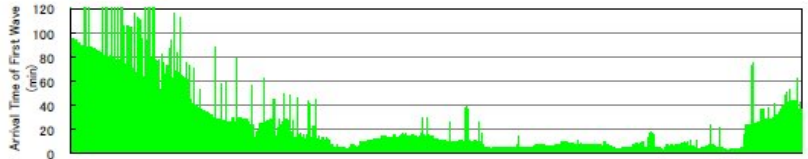
Simulation Case : 18 (PI+PIN+EN3+EN1+ON1)

1) Fault model and
Distribution of
Initial water level

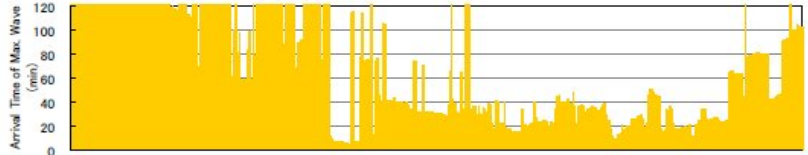
Fault : PI+PIN
Land Slide : EN3+EN1
+ON1



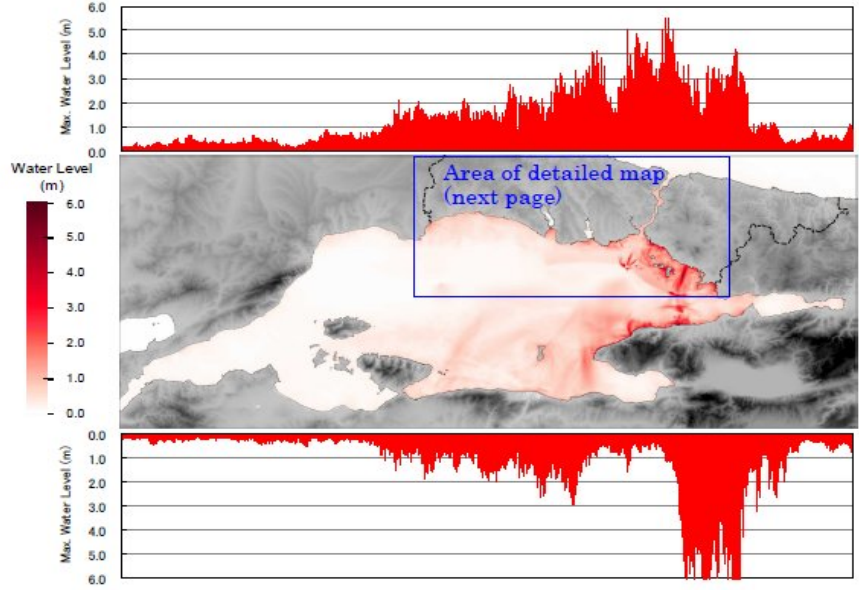
2) Arrival time of
First wave



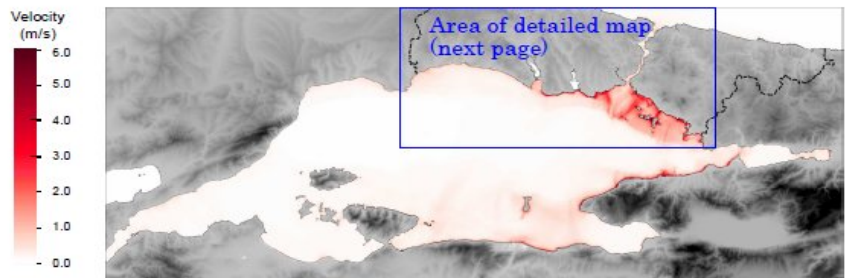
3) Arrival time of
Maximum wave



4) Maximum height

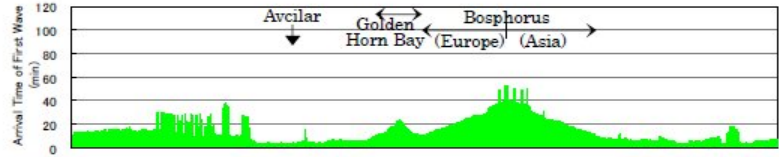


5) Maximum
wave velocity

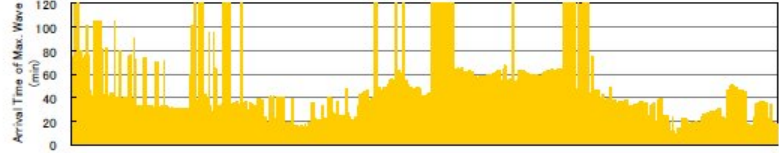


Şek. 9.3.4 1(a) Aktif Fay ve Heyelanlar için Simulasyon Sonuçları

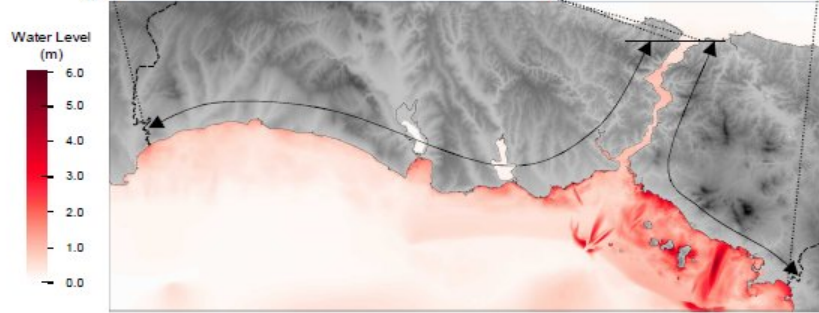
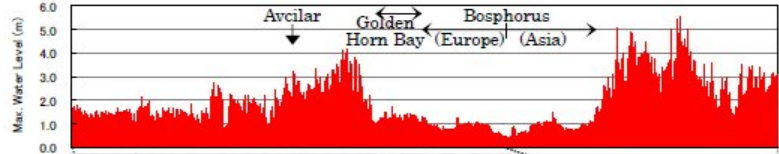
6) Arrival time of
First wave



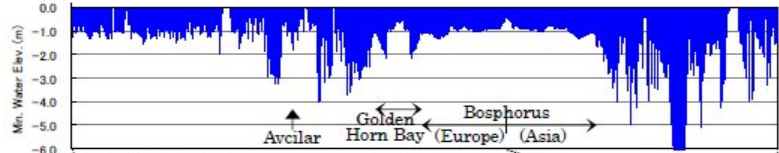
7) Arrival time of
Maximum wave



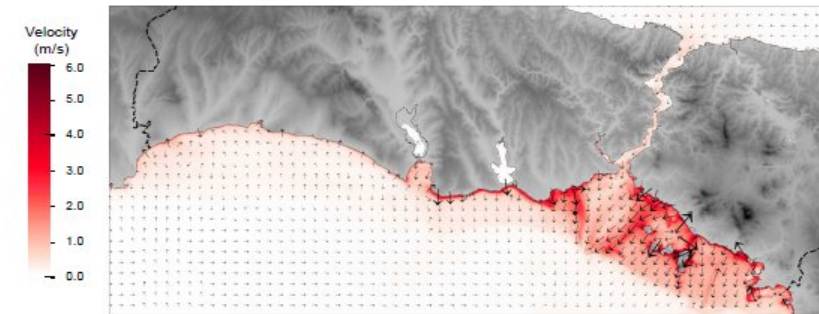
8) Maximum height



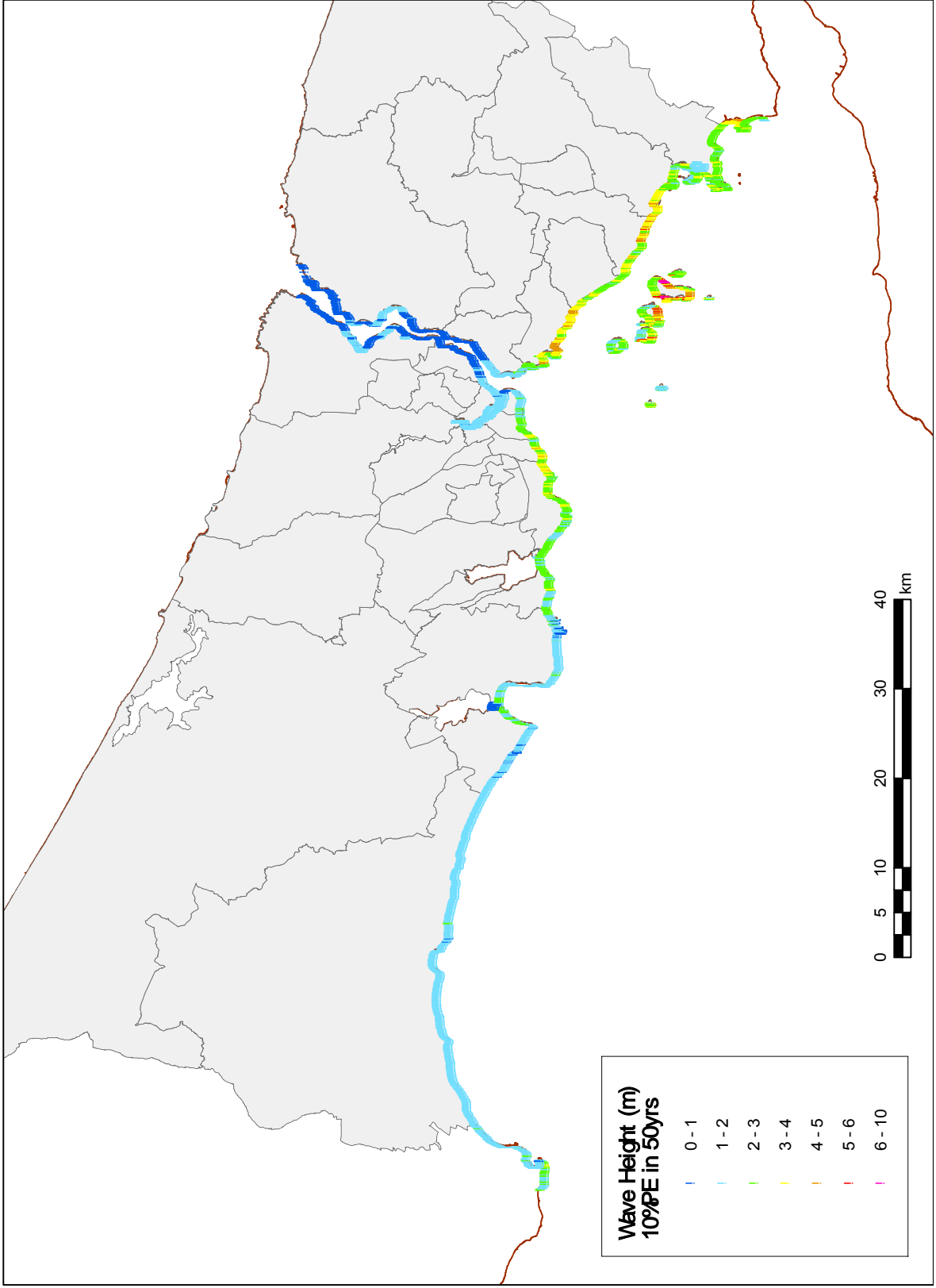
9) Minimum height



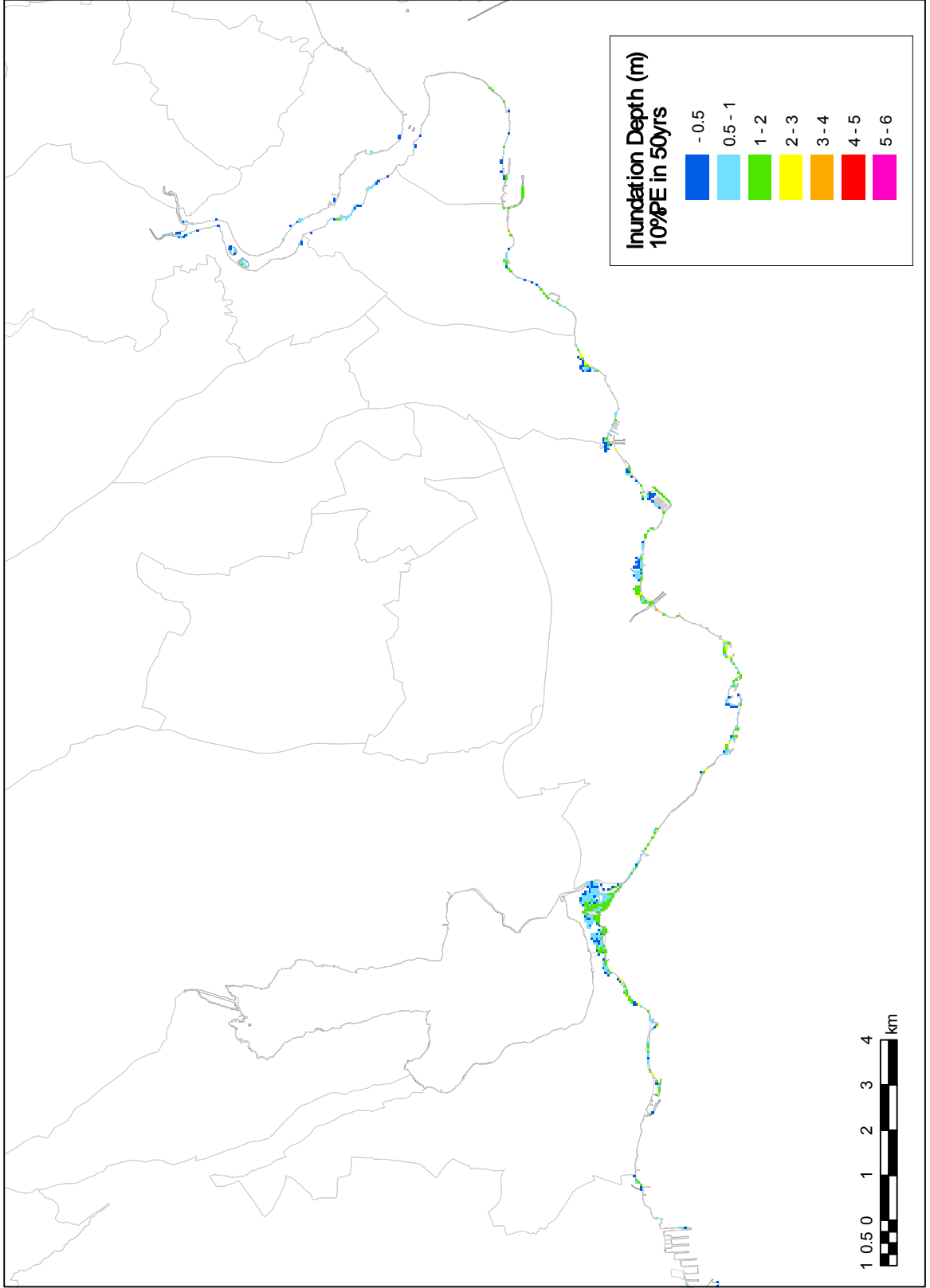
10) Maximum
wave velocity



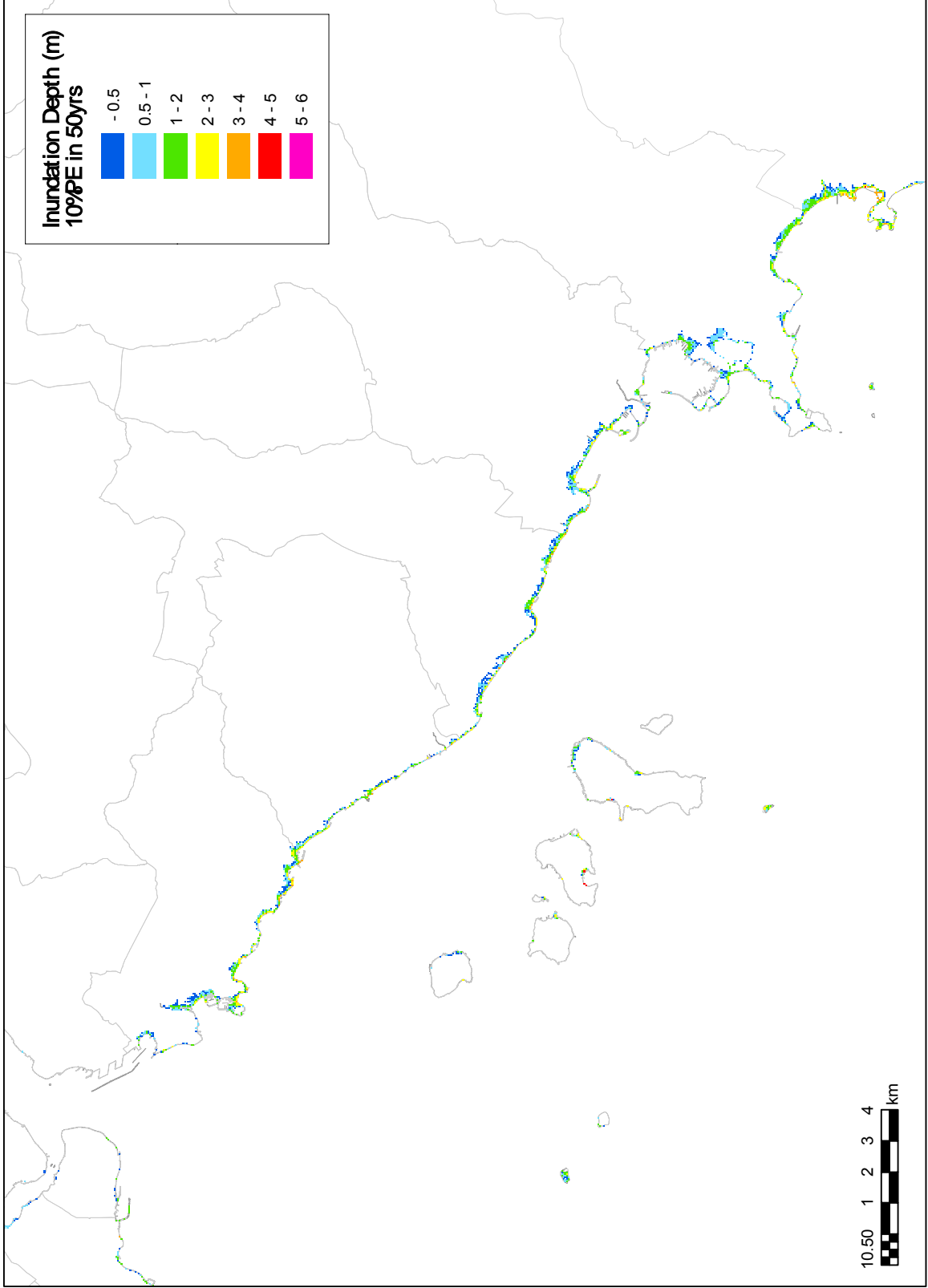
Şek. 9.3.4 1(b) Aktif Fay ve Heyelanlar için Simulasyon Sonuçları



Şek. 9.3.5.1 %10 PE Sahilde 50 yıl içinde Tsunami Dalga yüksekliği



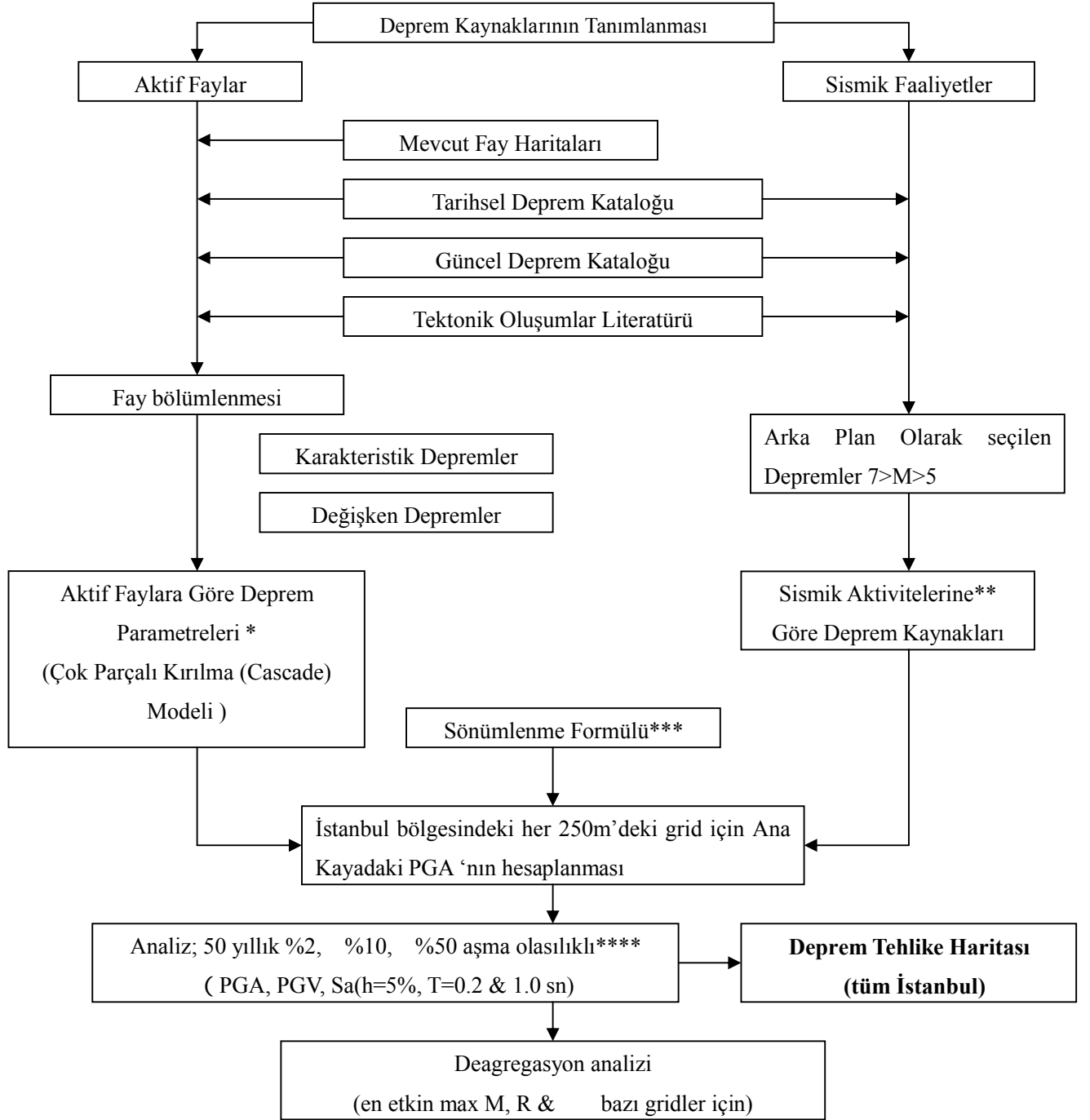
Şek. 9.3.5.2 %10 PE sahilde 50 yıl içinde Tsunami Taşkın Derinliği –Batı–



Şek. 9.3.5.3 10 PE sahilde 50 yıl içinde Tsunami Taşkın Derinliği-Doğu--

10 DEPREM TEHLİKE ANALİZİ

Şek. 10.1 bu analizin özetini göstermektedir.



* Geometri, M_w , Tekrarlama periyodları, Oluşma olasılığı

** G-R ilişkisinden her bir 0.25 derece grid için a- & b-değeri dahil, kaynak Erdik et al., 2004

*** Belirsizlikler ve standart sapmalar hesaba katılacaktır, kaynak Erdik, et al. 2004

**** Poisson & Yenileme modellenmesi stokastik modelleme için kullanılacaktır

10.1 Aktif Faylar Üzerinde Analiz

10.1.1 Tarihsel Depremler ve Kaynak Faylar

Marmara Denizi'nde M.S. 1500'den sonra meydana gelen tarihsel depremleri, **Şekil 10.1.1**'de gösterildiği gibi, karakteristik depremler ve değişken (floating) depremler olarak ikiye ayırmak mümkündür. Karakteristik depremlerin büyüklüğü $M_w \approx 7.0$ civarında olup spesifik fay üzerinde tekrarlanma periyodu ve yer değiştirme gibi karakteristik özelliklere sahiptir. Değişken depremlerin büyüklüğü $M_w = 7.0$ civarı ya da daha az olmakta ve çoğunlukla karakteristik depremler arasında meydana gelmektedir

10.1.1.1 Segmentasyon Modeli Analizi

(1) Segmentasyon modeli

Marmara Denizi bölgesindeki aktif fayların segmentasyon modeli **Şekil 10.1.2**'de gösterilmiştir. Fay segmentleri, karakteristik depremler ve değişken depremlerle bağlantılı olmalarına göre sınıflandırılmıştır. Karakteristik depremler kendi aralarında A tipi ve B tipi olarak alt gruplara ayrılmışlardır. A tipi segment, deprem oluşma olasılığının değerlendirilmesi için gereken uygun paleo-deprem verilerini içermektedir. B tipi segment yetersiz paleo-deprem verilerini içermesine rağmen karakteristik deprem olarak düşünülebilir.

1) A tipi segmentler (Karakteristik Depremler)

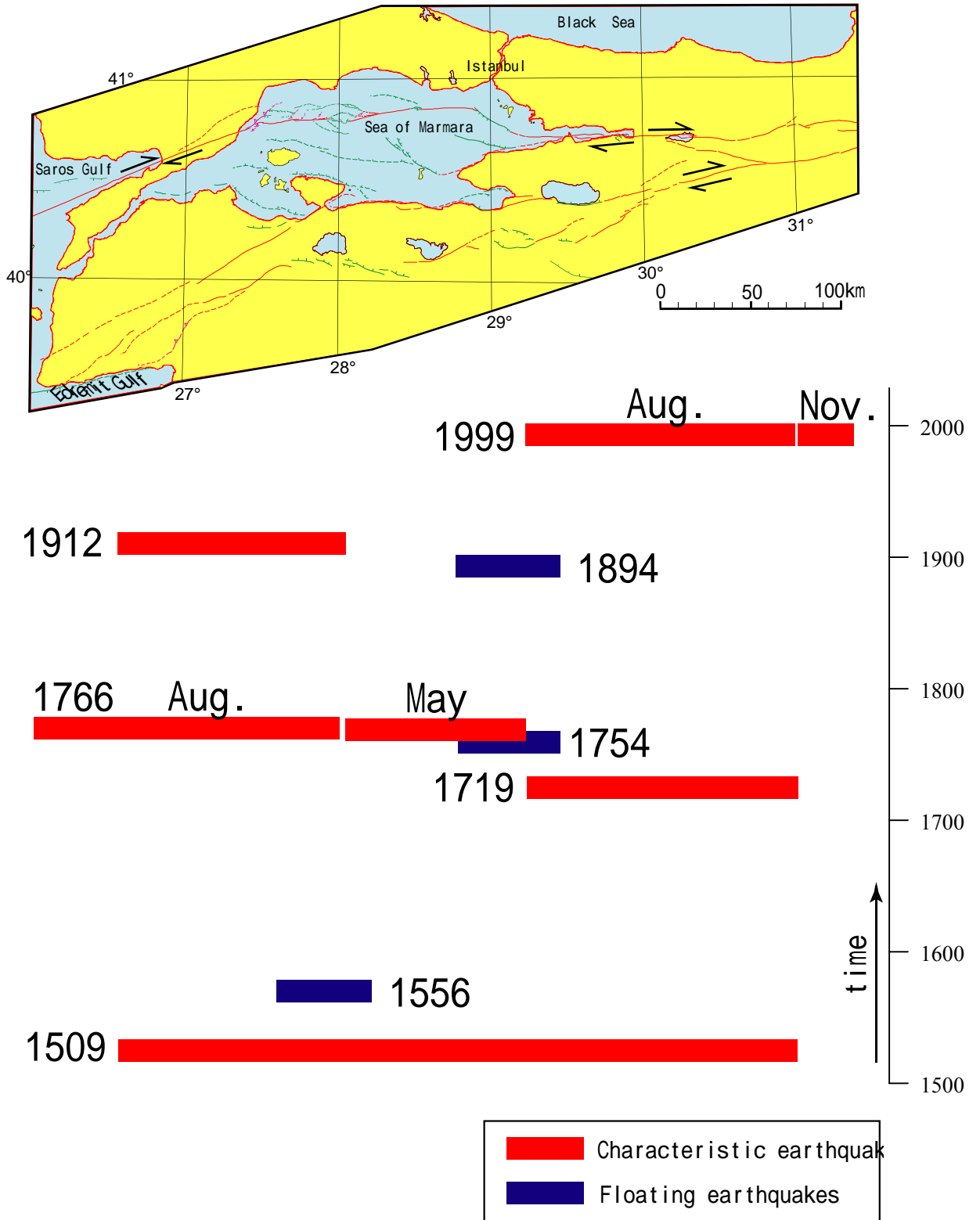
Segmentler, 1509, 1668, 1719, 1766 Mayıs, 1766 Ağustos, 1912, 1967 ve 1999 Kasım depremleri ile ilişkili olarak Ganos (GA), Adalar (PI), İzmit (IZ), Düzce (DU) ve Mudurnu Vadisi (MV) olarak Tip A için hesaplanmıştır.

2) B Tipi segmentler (Karakteristik depremler)

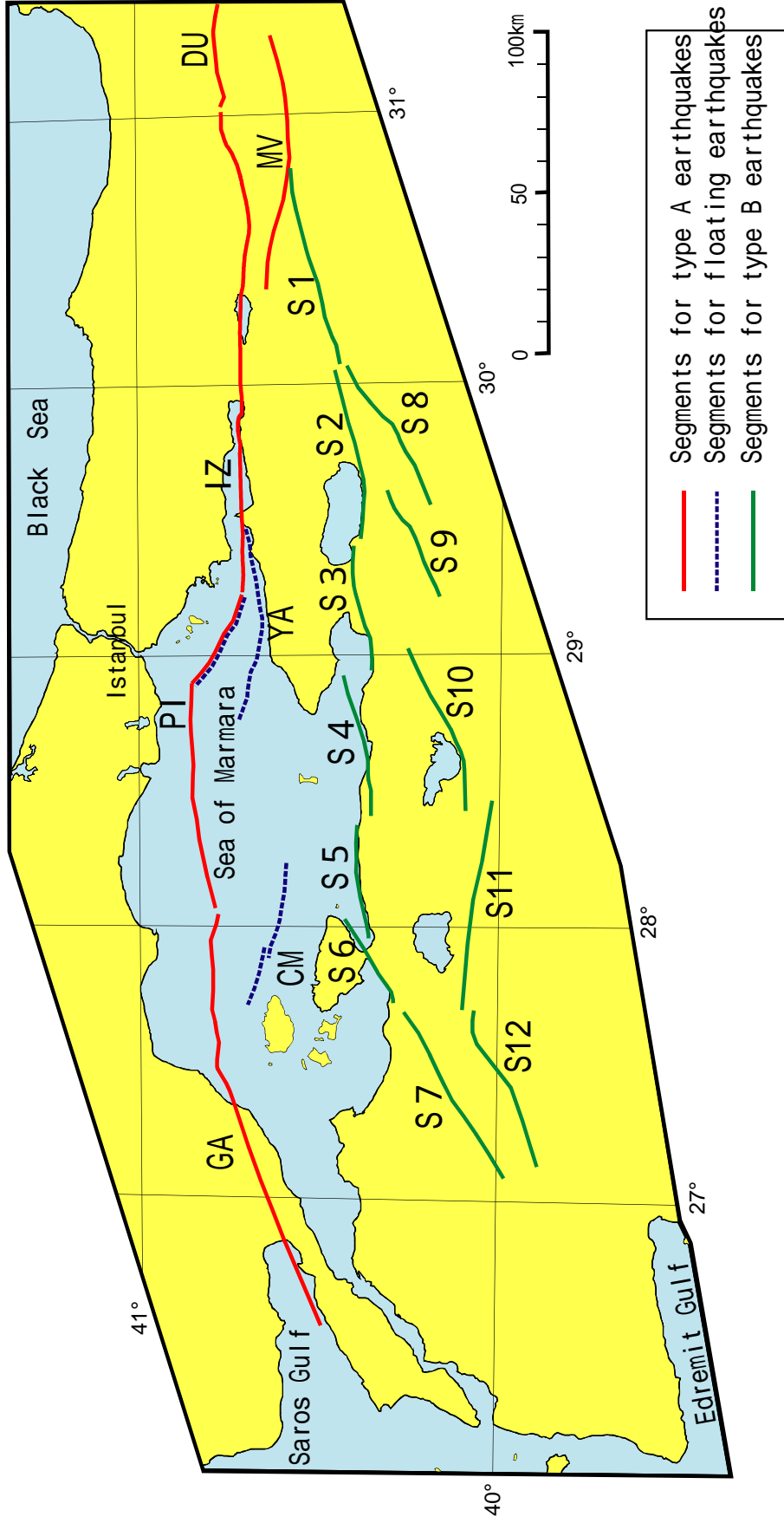
Marmara Denizi'nin güney ucu ve güney kıyısına yayılan iki kola ayrılmış fay sistemi B tipi segmentler olarak ele alınmıştır. Bunlar S1'den S12'ye kadar segmentlere ayrılmışlardır. Bu segmentlerde, M.S. 1500 'den sonra, sadece 1737, 1855, 1953 ve 1964 depremleri bilinmektedir. Böylece, birkaç segment M.S. 1500 den sonra sadece bir kez kırılmış ve pek çok segmentin tarihte kırılmış olduğunu gösteren kanıtlara rastlanmamıştır.

3) Değişken (floating) depremler için segmentler

Çınarcık havzasının kuzeydoğu ile güney uçlarındaki ve Marmara denizinin merkez kısmındaki normal faylar, değişken depremler için normal fayları üreten segmentler olarak ele alınmaktadır.



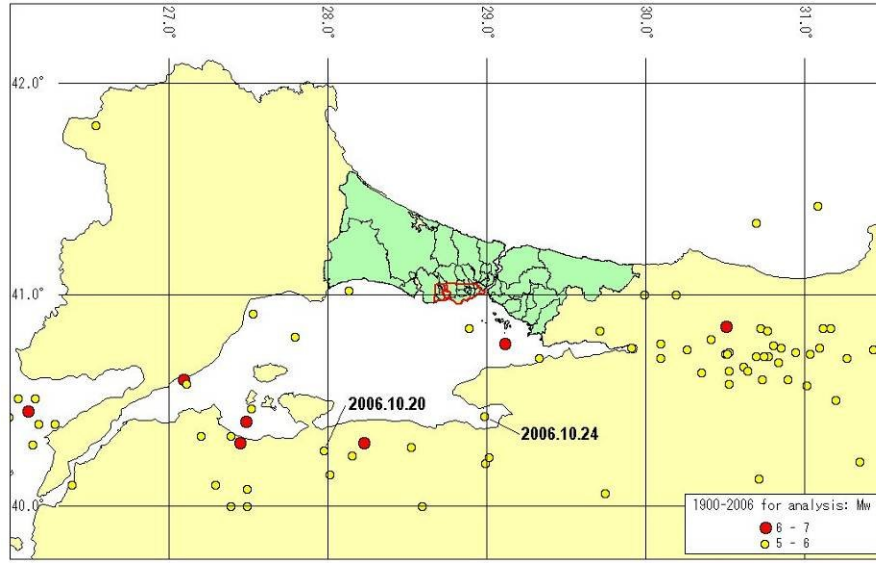
Şek. 10.1.1 Marmara Denizindeki Tarihsel Depremler



Şek. 10.1.2 Marmara Denizi Bölgesinde Segmentasyon Modeli

10.2 Sismik Aktivite Analizi

Dikkate alınması gereken diğer sismik kaynak İstanbul ve çevresindeki sismik aktivitelerdir. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Enstitüsü (KOERI) tarafından 1900'den günümüze kaydedilmiş olan sismik gözlem veri seti büyüklük, derinlik ve merkez üssü lokasyonları olarak edinilmiştir. Kataloğun sınırları 26.0°-31.5°D boylam ve 40.0°-42.0°K enlemdir. Artçı depremler ile deprem fırtınaları filtrelenmiş ayrıca büyüklük aynılıkları (uniformity) kontrol edilmiştir. **Şekil 10.2.1** büyüklükleri 1.0'dan fazla olan depremlerin merkez üslerini göstermektedir.



Şek. 10.2.1 Sismik Aktivite ($5 < Mw < 7$, 1900 den 2006 ya)

10.3 Azalım İlişkileri

Türkiye'deki kuvvetli yer hareket verileri ile Batı ABD verilerinin karşılaştırılmasına dayanılarak ve Anadolu ile Kaliforniya'nın jeolojik ve jeoteknik olarak benzerliklere sahip olması nedeni ile, Erdik ve diğ. (2004) pek çok azalım ilişkilerini Kaliforniya verilerinden türeterek kabul etmiştir

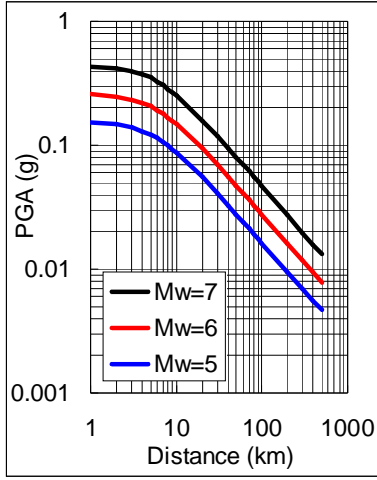
Bu çalışmada, aşağıda belirtilen sönümlenme ilişkileri, kurul üyesinin yol göstericiliği altında uyarlanmıştır.

Aşağıdaki üç azalım ilişkisinin ortalaması, 0.2 sn. ve 1.0 saniyedeki PGA (En Yüksek Zemin İvmesi) ve Sa (Spektral İvme) değerlerinin hesaplanması için uyarlanmıştır.

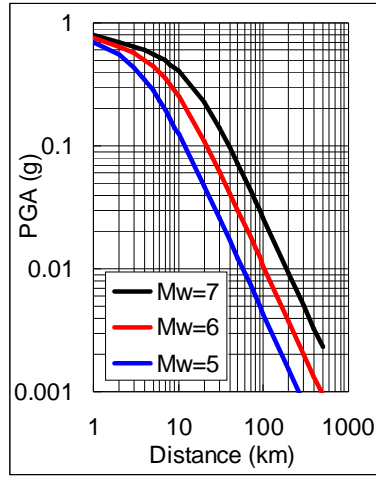
- 1) Boore et al. (1997)
- 2) Campbell (1997)
- 3) Sadigh et al. (1997)

Şek.10.3.1 üç sönümlenme ilişkisi ile uzaklık ve büyüklüğün PGA karşılaştırmasını göstermektedir.

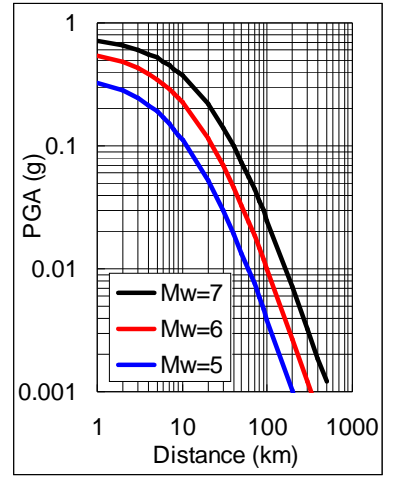
Şek.10.3.2 üç sönümlenme ilişkisi ile büyüklüğün Sa ($h=5\%$) karşılaştırmasını göstermektedir.



a) Boore et al. (1997)

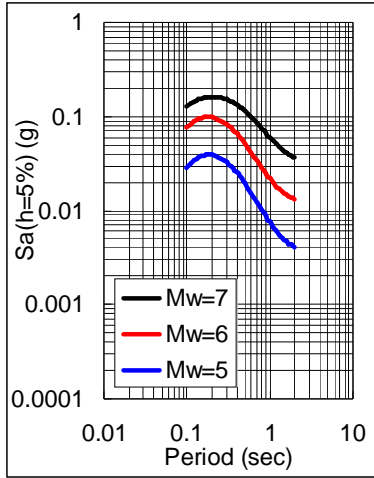


b) Campbell (1997)

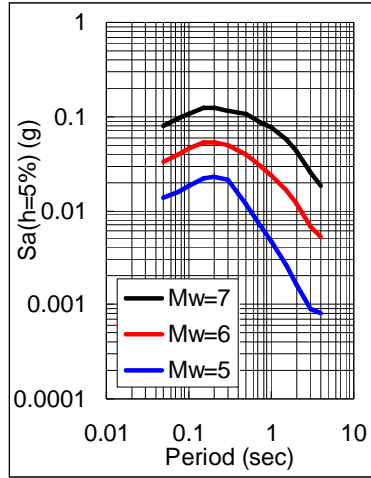


c) Sadigh et al. (1997)

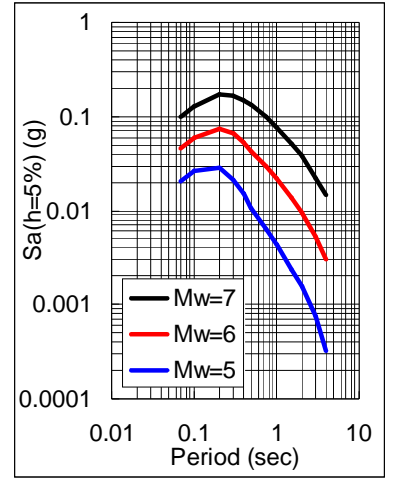
Şek. 10.3.1 NEHRP B/C sınırında yanal atımlı fay için PGA sönümlenme ilişkileri



a) Boore et al. (1997)



b) Campbell (1997)



c) Sadigh et al. (1997)

Şek. 10.3.2 NEHRP B/C sınırında yanal atımlı fay için spektral ivmeler (d=50km)

10.4 Olasılıklı Sismik Tehlike Analizi

Olasılıklı (probabilistik) sismik tehlike analizi (PSHA) USGS tarafından oluşturulan kod kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu program, sismik tehlike analizi için standart metodolojiyi kullanarak sismik tehlike hesaplaması yapar.

(1) Zaman-bağımlı model

Zaman-bağımlı olasılık hesaplamaları, son gerçekleşmenin hemen ardından bir sismik kaynaktan deprem olma olasılığının en düşük seviyede olması gibi, tekrar deprem (rejenerasyonu) yineleme hipotezini izlemektedir.

(2) Tehlike Haritaları

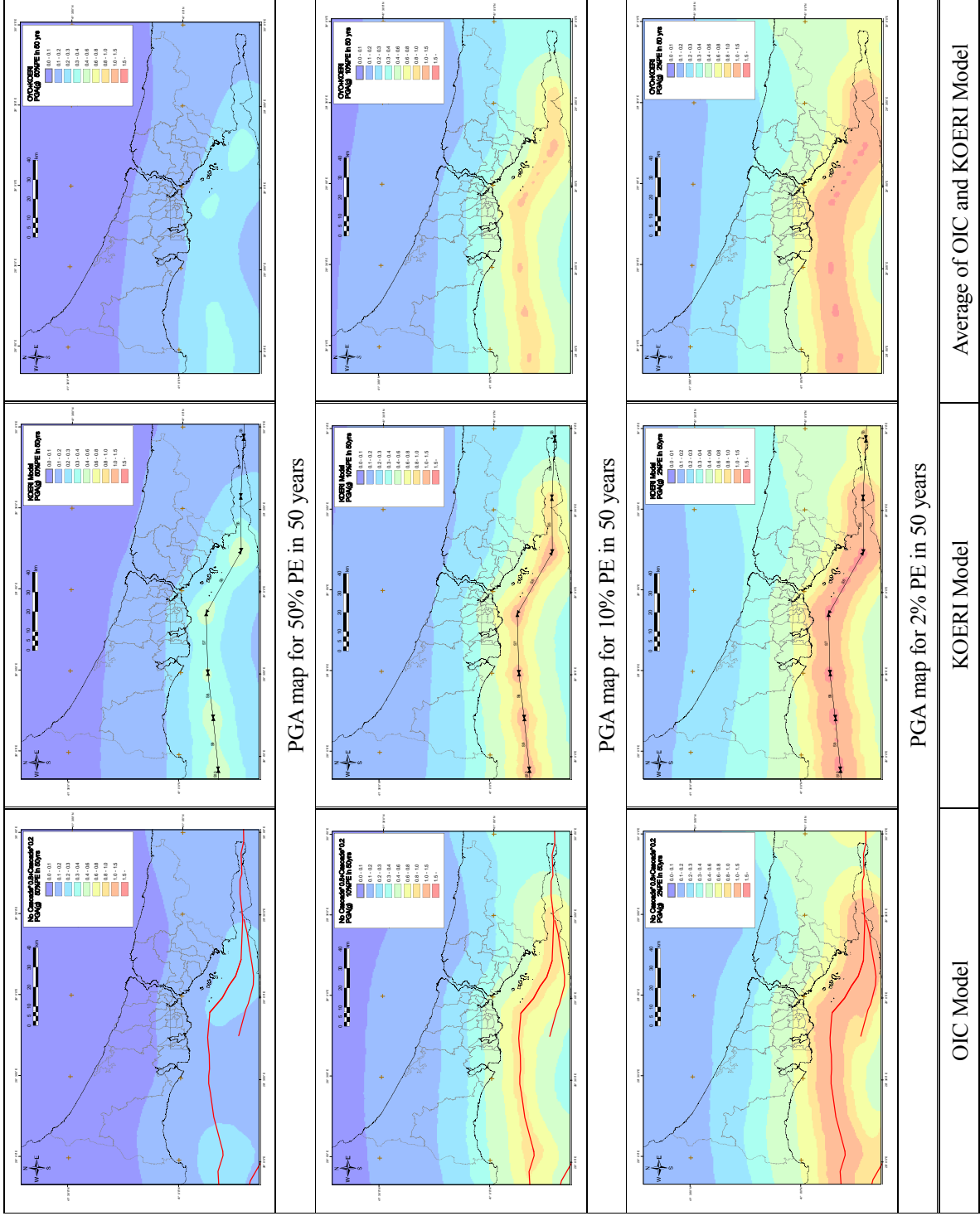
Olasılıklı (probabilistik) tehlike haritaları, fayların “Ardışık (Cascade) modeli” ve “Ardışık (Cascade) olmayan modeli” için yapılmıştır. Bu fay modellerinin yanı sıra bu modeller (OIC Model) bu proje içerisinde yeni olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca KOERI tarafından oluşturulan mevcut fay modeli (KOERI Modeli, Erdik ve diğ. (2004)) de kullanılmıştır. Bu üç sismik tehlike kurulu üyelerinin gözetiminde birleştirilmiştir.

Sayısal göstergeler aşağıda özetlenmiştir

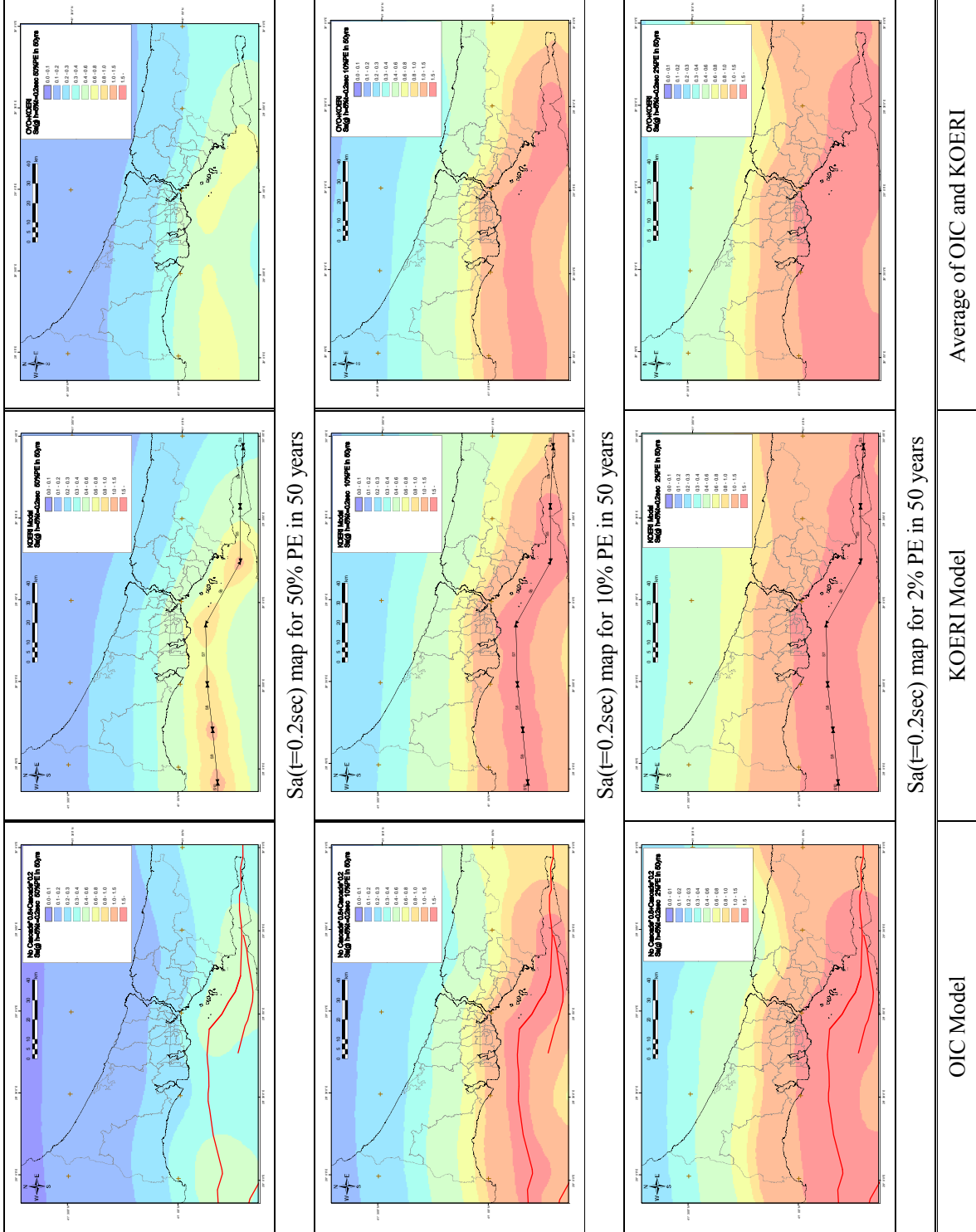
- Zemin durumu : NEHRP B/C sınırı (30m ortalama kayma dalga hızı 760m/sn)
- Hesaplanmış fiziksel değer: PGA, PGV, Sa (h=%5) 0.2 sn. ve 1.0 sn
- Olasılık: %2, %10 ve %50 2006 dan sonra 50 yıl içinde aşma olasılıkları (2006-2055)
- BPT modelinin içsel değişkenliği : $\alpha=0.5$ (Parsons (2004) sonrasında)

OIC Modelinden, KOERI Modelinden elde edilen sonuçlar ve bunların Ortalaması **Şek.10.4.1** ile **Şek. 10.4.4** arasında gösterilmiştir. Her modeldeki Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın izleri bu şekillerde gösterilmiştir.

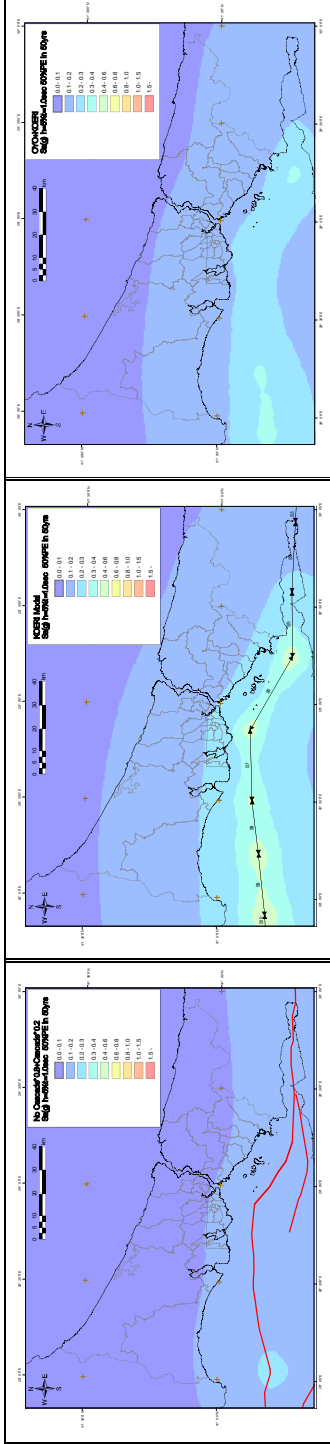
OIC Modeli ve KOERI Modeli ile hesaplanan PGA, PGV ya da Sa dağılımı 50 yılda %2 ve %10 PE olarak benzerlik göstermekte iken, buna karşılık 50 yıl için %50 PE değeri önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılığın temel sebebi olarak, Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın daha küçük segmentlere ayrılması ve OIC Modeli'ne kıyasla KOERI modelinin her ufak segmentinin oluşma olasılığının büyük olması gösterilebilir.



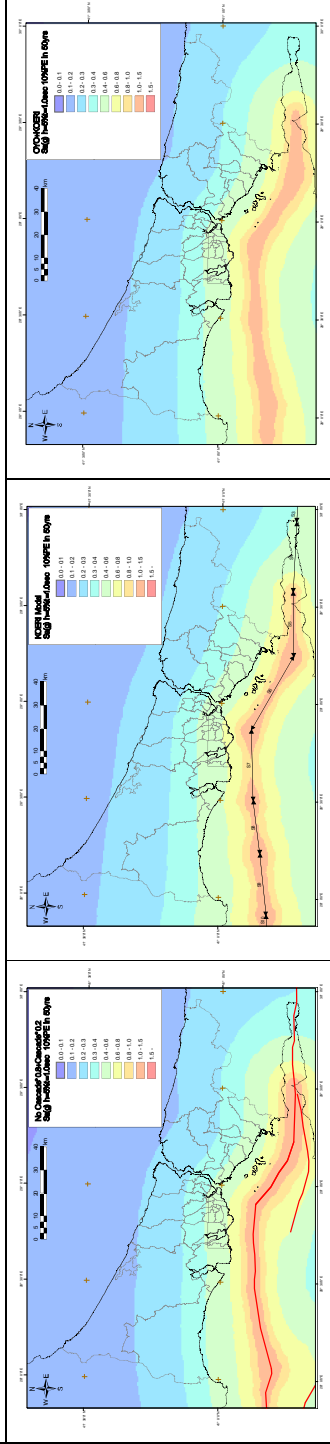
Şek. 10.4.1 OIC Modeli ve KOERI Modeli PGA haritası ve Ortalamaları



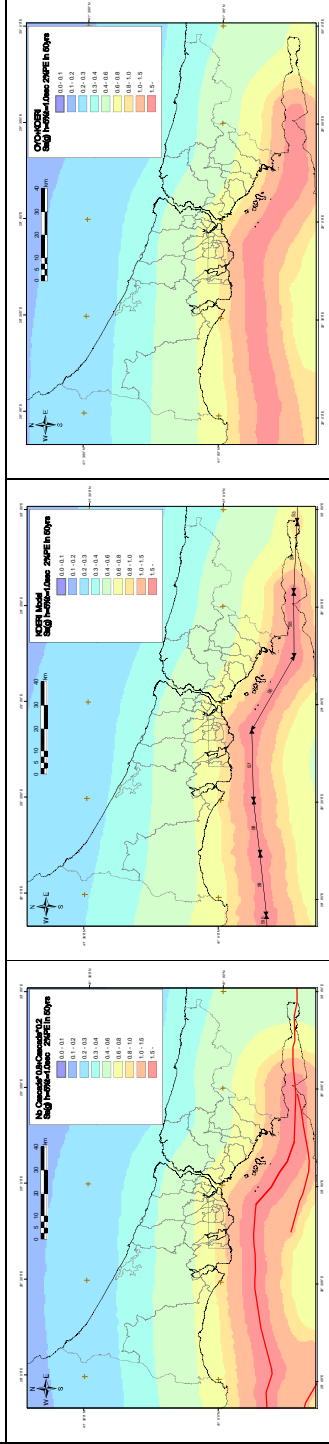
Şek. 10.4.2 OIC Modeli ve KOERI Modeli Sa(t=0.2sec) haritası ve Ortalamaları



Sa(t=1.0sec) map for 50% PE in 50 years



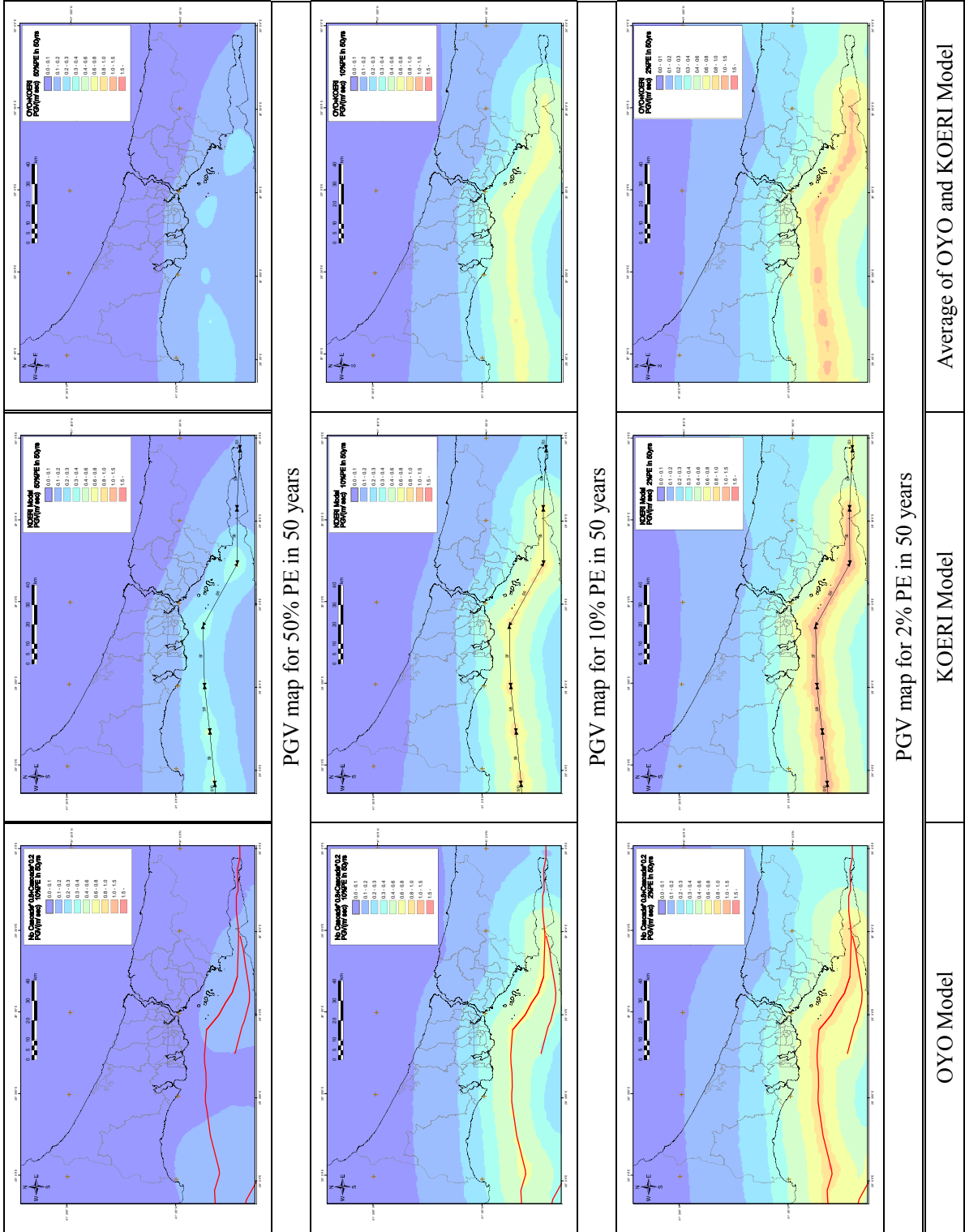
Sa(t=1.0sec) map for 10% PE in 50 years



Sa(t=1.0sec) map for 2% PE in 50 years

IOC Model	KOERI Model	Average of IOC and KOE
-----------	-------------	------------------------

Şek. 10.4.3 IOC Modeli ve KOERI Modeli Sa(t=1.0s) haritası ve Ortalamaları



Şek. 10.4.4 OIC Modeli ve KOERI Modeli PGV haritası ve Ortalamaları

11 YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ

11.1 Değerlendirmenin Teknik ve Yasal Kriterleri

Yapılan yerleşime uygunluk değerlendirmesi, işin sözleşmesinde belirtilen teknik hususlara uyacak şekilde hazırlanan altlık 15 çeşit Mikrobölgeleme Haritaları'ndan üretilmiş olup, altlık haritalar çalışma alanındaki her türlü afet tehlike değerlendirmesini içermektedir. İşin Sözleşmesinin eki olan Teknik şartname ve bu şartnamede atıfta bulunulan çeşitli standartlar, yönetmelikler, genelgeler vb. Değerlendirmenin teknik gerekçesini oluşturmuşlardır.

Yerleşime uygunluk haritaları ve bu haritalara ait rapor hazırlanırken, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın ilgili birimlerinin çeşitli tarihlerde yayınlamış olduğu yönetmelikler ve genelgeler kriter olarak alınmıştır. Değerlendirmede, 31.05.1989 tarih ve 4343 sayılı (89/16 nolu) genelgede belirtilen formata sadık kalınmaya çalışılmış ancak, çalışmanın temelini Mikrobölgeleme haritaları oluşturduğundan ve çalışmanın yoğun ve çok detaylı olmasından dolayı anılan Bakanlıkça Aralık 2006 tarihinde hazırlanan "Yerbilimsel Verilerin Planlamaya Entegrasyonu" El Kitabı'nın içeriğinden faydalanılmıştır.

11.2 Yerleşime Uygunluğu Etkileyen Tehlikelerin Değerlendirilmesi

Aşağıdaki tehlikeler yerleşime uygunluk değerlendirmesi için dikkate alınmıştır;

- Sıvılaşma tehlikesi
- Heyelan tehlikesi
- Sel Baskını tehlikesi (Tsunami tehlikesi dahil)
- Mühendislik sorunları (Dolgu, Tasman, Jeolojik koşullar vb.)

Bu tehlikelerin değerlendirilmesinin ardından, her bir tehlike için altlık haritalar hazırlanmış ve bu haritalardan da Yerleşime Uygunluk Haritaları üretilmiştir. Yer sarsıntı şiddetinin yerleşime uygunluk açısından kullanılacak bir faktör olup olmadığı konusunda tartışmalar vardır.

Sonuç olarak, proje alanı yerleşime uygunluk açısından, aşağıda belirtilen üç (3) temel gruba ayrılmıştır.

- (a) Uygun Alanlar (UA)
- (b) Önlemler Alanlar (ÖA)
- (c) Uygun Olmayan Alanlar (UOA)

Çeşitli tehlikeler için bu uygunluk alanlarının belirlenmesi için, her bir tehlike yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiştir.

11.3 Uygun Alanlar (UA)

Rapor eki Yerleşime Uygunluk Haritaları'nda "UA" simgesiyle gösterilen alanlar 'Yerleşime Uygun Alanlar' olarak tanımlanmıştır. Bu alanlar, proje alanının % 39,64' nü kapsamaktadır.

Bu alanlarda;

-Jeolojik olarak Trakya, Ceylan Formasyonları, Bakırköy Üyesi'ne ait birimler ile Gürpınar Formasyonu ve Güngören Üyesine ait birimlerin bulunduğu bazı bölgeler bulunmaktadır.

- Morfolojik olarak bu alanlarda yapılaşmaya engel hususlar bulunmamaktadır.
- Sıvılaşma ve zemin büyütmesi riski bulunmamaktadır.
- Heyelan ve benzeri kütle hareketleri gelişmemiştir.
- Tsunami ve Sel Baskını tehlikesi bulunmamaktadır.
- Temel Mühendisliği bakımından yapılaşmaya elverişli alanlardır.

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

11.4 Önlemlen Alanlar(ÖA)

Rapor eki Yerleşime Uygunluk Haritaları'nda "ÖA" simgesiyle gösterilen alanlar 'Önlemlen Alanlar' olarak tanımlanmıştır.Bu alanlar, proje alanının % 58,94'ünü kapsamaktadır.

Bu alanlar, proje alanı içerisinde doğal afet tehlikeleri ve jeolojik-jeoteknik özellikleri nedeniyle yerleşime uygunluğu etkileyebilecek hususlara sahip alanlar olup, yapılaşma öncesi veya esnasında belirli önlemleri almak şartıyla planlamaya ve yapılaşmaya gidilebilecek alanlardır.

Bu alanlarda; sıvılaşma, heyelan, tsunami ve sel baskını, mühendislik sorunları(zemin büyütmesi, taşıma kapasitesi, oturma, şişme, tasman, kaya düşmesi vb.) problemlerin biri veya birkaçı birarada görülebilir.Önlemlen Alanlar(ÖA), karşılaşılan ve/veya karşılaşılabilecek sorunların ve alınacak önlemlerin niteliğine göre alt başlıklar halinde tanımlanıp sınıflara ayrılmıştır.Bu alanlar;

-Önlemlen Alan 1(ÖA1): Sıvılaşma Tehlikesi açısından,

-Önlemlen Alan 2(ÖA2): Stabilite tehlikesi açısından,

-Önlemlen Alan 3(ÖA3): Tsunami ve Sel Baskını tehlikesi açısından,

-Önlemlen Alan 4,5(ÖA4 ve ÖA5): Mühendislik Problemleri açısından,

-Önlemlen Alan 4(ÖA4): Yapay Dolgu ve Alüvyon alanları,

-Önlemlen Alan 5(ÖA5): Kaya Düşmesi, Tasman tehlikesi ve Taş Ocakları alanları,

-Önlemlen Alan 6(ÖA6): Birden fazla tehlike olasılığı (karmaşık sorunlar) açısından risk oluşturan alanlardır.

Ayrıca, önlemlen alanlar sorunları ve alınması gereken önlemlerin yoğunluğu ve çeşitliliği açısından kendi içlerinde 2 alt bölgeye ayrılmışlardır.

-ÖA(a): 1.nci dereceden önlemlen alanlar,

-ÖA(b): 2.nci dereceden önlemlen alanlar.

11.4.1 Önlemlen Alanlar-1

Bu alanlar, zemin sıvılaşması tehlikesinin bulunduğu alanlardır.

Yerleşime uygunluğa yönelik sıvılaşma tehlikesinin değerlendirilmesi durumunda, binalarda ya da

zeminde oluşan hasar ile ilgili tüm faktörler incelenmelidir. Bu faktörlerden biri, sıvılaşma nedeni ile oluşan zemin oturması deformasyonudur. Yerleşime uygunluk, zemin deformasyonu miktarından hareketle hesaplanabilir.

Sonuç olarak, sıvılaşma tehlikesi açısından önemli alanlar “ÖA-1(a)” ve “ÖA-1(b)” diye 2 alt bölüme ayrılmıştır.

11.4.1.1 Önlemler Alanlar-1(a); ÖA1(a)

Bu alanlar, Kuvaterner yaşlı, taneli ve karasal kökenli alüvyal birimler ve sahil kesimlerinde izlenen denizel kökenli gevşek zeminlerin bulunduğu bölgelerdir.

Bu alanlarda;

- Sıvılaşma potansiyeli yüksektir,
- Kil, silt, kum ve çakıllı seviyeler bulunmaktadır,
- Yeraltı suyu yüzeye çok yakındır,
- Zemin büyütmesi riski bulunmaktadır,
- Temel mühendisliği yönünden zayıf zeminler yer almaktadır,
- Temel kazılarında yeraltı suyu ve stabilite problemleri ile karşılaşılır,
- Yapılan analiz sonuçlarına göre 10-30 cm oturmalar beklenmektedir.
- Küçük çatlaklar, kum akıntıları gibi Zemin hasarları beklenir.

11.4.1.2 Önlemler Alanlar-1(b); ÖA1(b)

Bu alanlar, kuvaterner yaşlı, taneli ve karasal kökenli alüvyal birimler ve sahil kesimlerinde izlenen denizel kökenli gevşek zeminlerin bulunduğu bölgelerdir.

Bu alanlarda;

- Sıvılaşma potansiyeli düşüktür,
- Bu alanlarda kil, silt, kum ve çakıllı seviyeler bulunmaktadır,
- Yeraltı suyu yüzeye yakındır,
- Zemin büyütmesi riski bulunmaktadır,
- Temel mühendisliği yönünden zayıf zeminler yer almaktadır,
- Temel kazılarında gevşek malzemenin kalınlığına bağlı olarak yeraltı suyu ve stabilite problemleri ile karşılaşılabilir,
- Bu alanlarda yapılan analiz sonuçlarına göre 1-10 cm oturmalar beklenmektedir.
- Bu alanlarda, küçük çatlaklar gibi zemin hasarları beklenir.

11.4.2 Önlemler Alanlar-2

Bu alanlar, kütle hareketlerinin bazı koşullar altında oluşabileceği (Heyelan) alanlardır. Kütle hareketleri tehlikesi açısından önlemler alanlar “ÖA-2(a)” ve “ÖA-2(b)” olarak 2 alt bölüme ayrılmıştır.

11.4.2.1 Önlemler Alanlar-2(a): ÖA2(a)

Gürpınar, Güngören üyelerinin temsil edildiği yüksek eğime sahip yamaçlarda karşılaşılan ciddi stabilite sorunlarının görülebileceği alanlardır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen mevcuttaki güvenlik faktörünün ($1.0 < F_s < 2.0$) olduğu alanlar bu grup da değerlendirilmiştir.

Bu alanlar;

- Kil, silt ve bu malzemelerin altında kumlu seviyelerden oluşur,
- Stabiliteyi olumsuz etkileyecek eğime sahiptirler,
- Yeraltı suyu problemi içerir,
- Stabiliteyi etkileyen kayma yüzeyleri 10 m den daha derinde bulunma olasılığına sahiptirler.

11.4.2.2 Önlemler Alanlar-2(b): ÖA2(b)

Gürpınar, Güngören üyelerinin temsil edildiği yüksek eğime sahip yamaçlarda karşılaşılan orta-düşük stabilite sorunlarının görülebileceği alanlardır. ($F_s \geq 2.0$) Bu alanlar;

- Kil, silt ve bu malzemelerin altında kumlu seviyelerden oluşur,
- Stabiliteyi olumsuz etkileyebilecek eğime sahiptirler,
- Yeraltı suyu problemi içerir,
- Stabiliteyi etkileyen kayma yüzeyleri 3-10 m arası derinliklerindedir.

11.4.3. Önlemler Alanlar-3

Bu alanlar, olası bir Deprem sonrasında oluşabilecek su baskını tehlikesinin görülebileceği alanlardır. Bu alanlar, genelde sahile yakın alanlar ile sahil kesimi ile kesişen vadiler ve deniz ile bağlantılı Haliç ve göl kıyılarıdır.

Bu alanlar, oluşabilecek dalga yüksekliği açısından “ÖA3(a)” ve “ÖA3(b)” olarak 2 alt bölüme ayrılmıştır.

11.4.3.1. Önlemler Alanlar-3(a): ÖA3(a)

Bu alanlarda, dalga yüksekliği veya taşkın miktarı $3m < H_w < 10m$ arasında olması beklenen alanlardır. Çalışma alanında bu tür bir alan bulunmamaktadır

11.4.3.2 Önlemler Alanlar-3(b): ÖA3(b)

Bu alanlarda, tsunami etkisiyle meydana gelecek dalga yüksekliği veya taşkın miktarı $0m < H_w \leq 3m$ arasında olması beklenen alanlardır. Ayrıca, yağış rejimine bağlı olarak vadilerde ve diğer taşkın alanlarında oluşabilecek sel baskınlarına karşı planlama aşamasında ilgili konunun uzmanı kuruluşlardan (İSKİ, DSİ gibi) görüş alınmalıdır.

11.4.4 Önlemler Alanlar-4 ve Önlemler Alanlar-5

Bu alanlar, mühendislik problemleri açısından sorunların görüldüğü alanlardır. Bu sorunların başlıcaları; alüvyon alanlar, yapay dolgular, tasman, taş ocakları, kaya düşmesi vb. sorunlardır.

Bu alanlar olabilecek mühendislik problemleri yönünden ve alınacak önlemlerin derecesi yönünden “ÖA4(a), ÖA4(b), ÖA5(a) ve ÖA5(b)” olarak 4 alt bölgeye ayrılmıştır.

11.4.4.1. Önlemler Alanlar-4(a): ÖA4(a)

Bu alanlar, mühendislik sorunları açısından, çok kalın alüvyon ve çok kalın yapay dolgu benzeri büyük çok ciddi sorunlu alanlardır. Proje alanında bu tür bölgeler mevcut değildir.

11.4.4.2. Önlemler Alanlar-4(b): ÖA4(b)

Bu alanlar, alüvyon ve yapay dolgu ile temsil edilirler.

Bu alanlarda bulunan yapay dolgular; taşıyıcı olarak değerlendirilemediği için, yapılaşma öncesi yapılacak çalışmalarda kalınlıkları ve yayılımları tesbit edilmelidir. Yapılaşma aşamasında bu dolgular sıyrılmalı veya yapılar dolgu altındaki taşıma kapasitesine sahip tabakalara taşıtılmalıdır.

Proje alanında bulunan alüvyonlar kuvarterner yaşlı olup, karasal kökenli kil, silt, kum ve çakıldan oluşmaktadır. Temel mühendisliği yönünden zayıf olan bu zeminler, içerdiği malzemenin özelliğine göre farklı oturmalar ya da sıvılaşma riskleri gösterebilir. Uygulama öncesinde yapılacak etüdüde, uygulama alanı çok iyi incelenmeli, malzemenin özellikleri, mühendislik parametreleri, kalınlık ve yayılım tesbiti ve malzemenin göstereceği problemler çok iyi analiz edilmelidir. Bu analiz sonrası, zemin-temel-yapı parametreleri belirlendikten sonra, uygun zemin iyileştirme yöntemlerine gidilmelidir.

11.4.4.3. Önlemler Alanlar-5(a): ÖA5(a)

Bu alanlar, mühendislik sorunları açısından, kaya düşmesi, tasman ve taş ocakları benzeri büyük çok ciddi sorunlu alanlardır. Proje alanında bu tür bölgeler mevcut değildir.

11.4.4.4. Önlemler Alanlar-5(b): ÖA5(b)

Bu alanlar, kaya düşmesi tehlikesinin bulunduğu alanlar, tasman alanları ve taş ocakları ile temsil edilirler. Bu alanlar çalışma alanımızın bazı bölgelerinde dik kaya şevlerinin yeraltı karstik boşlukların ve eski taş ocaklarının bulunduğu yerlerdir. Kaya ortamlarında derin kazı ve dik yamaçlarda kama tipi kaymalar görülebilir. Bakırköy mevkiinde karstik boşluklardan dolayı tasman tehlikeleri oluşabilir.

11.4.5. Önlemler Alanlar-6

Bu alanlar; sıvılaşma, kütle hareketleri, sel baskını, mühendislik problemleri gibi sorunların birden fazlasının görülebileceği alanlardır. Bu alanlar, sorunların ve alınacak önlemlerin derecelerine göre 2 alt bölgeye ayrılmıştır.

11.4.5.1 Önlemler Alanlar-6(a): ÖA6(a)

Bu alanlar, yukarıda belirtilen sorunların birden fazlasının görüldüğü ve bu sorunlardan en az bir tanesinin 1.inci dereceden (a) soruna ve önleme sahip olduğu alanlardır. Bu bölgelerde uygulama öncesi yapılacak çalışmalarda ayrıntılı araştırmalar yapılmalı ve alınması gerekli önlemler tesbit edilmelidir.

11.4.5.2 Önlemler Alanlar-6(b): ÖA6(b)

Bu alanlar, yukarıda belirtilen sorunların birden fazlasının görüldüğü ve bu sorunlardan tamamının 2.inci dereceden (b) soruna ve önleme sahip olduğu alanlardır. Bu bölgelerde uygulama öncesi yapılacak çalışmalarda ayrıntılı araştırmalar yapılmalı ve alınması gerekli önlemler tesbit edilmelidir.

11.5 Uygun Olmayan Alanlar (UOA)

İlgili tehlikelerin daha önceki değerlendirmeleri dikkate alınarak, “UOA” (Uygun Olmayan Alanlar) Tablo 11.5.1’de gösterildiği şekilde tanımlanmaktadır. Bu alanlar proje alanının % 1,4’karşılıktaadır.

Yerleşime uygunluk açısından, çeşitli yüksek tehlikeler bulunması sebebiyle, bu alanlarda yapılaşmaya gidilmemelidir. Bu alanlar Avcılar Ambarlı Balaban Mahallesi, Denizköşkler Mahallesi, Bakırköy Menekşe Mahallesi, Firuzköy’ün doğusundaki göl yamaçları ile Halkalı çöplüğünün bulunduğu bölgelerdir.

Tablo 11.5.1 “UOA” (Uygun Olmayan Alanlar) ‘ın Tanımlanması

Alan Kategorisi	Açıklamalar
UOA (Uygun Olmayan Alan)	Aşağıdaki tehlike kalemlerinden en az biri için en yüksek tehlikeli alanlar UOA olarak tanımlanmıştır : (1) Sıvılaşma Tehlikesi (2) Heyelan Tehlikesi (3) Sel Tehlikesi (4) Mühendislik Sorunlar

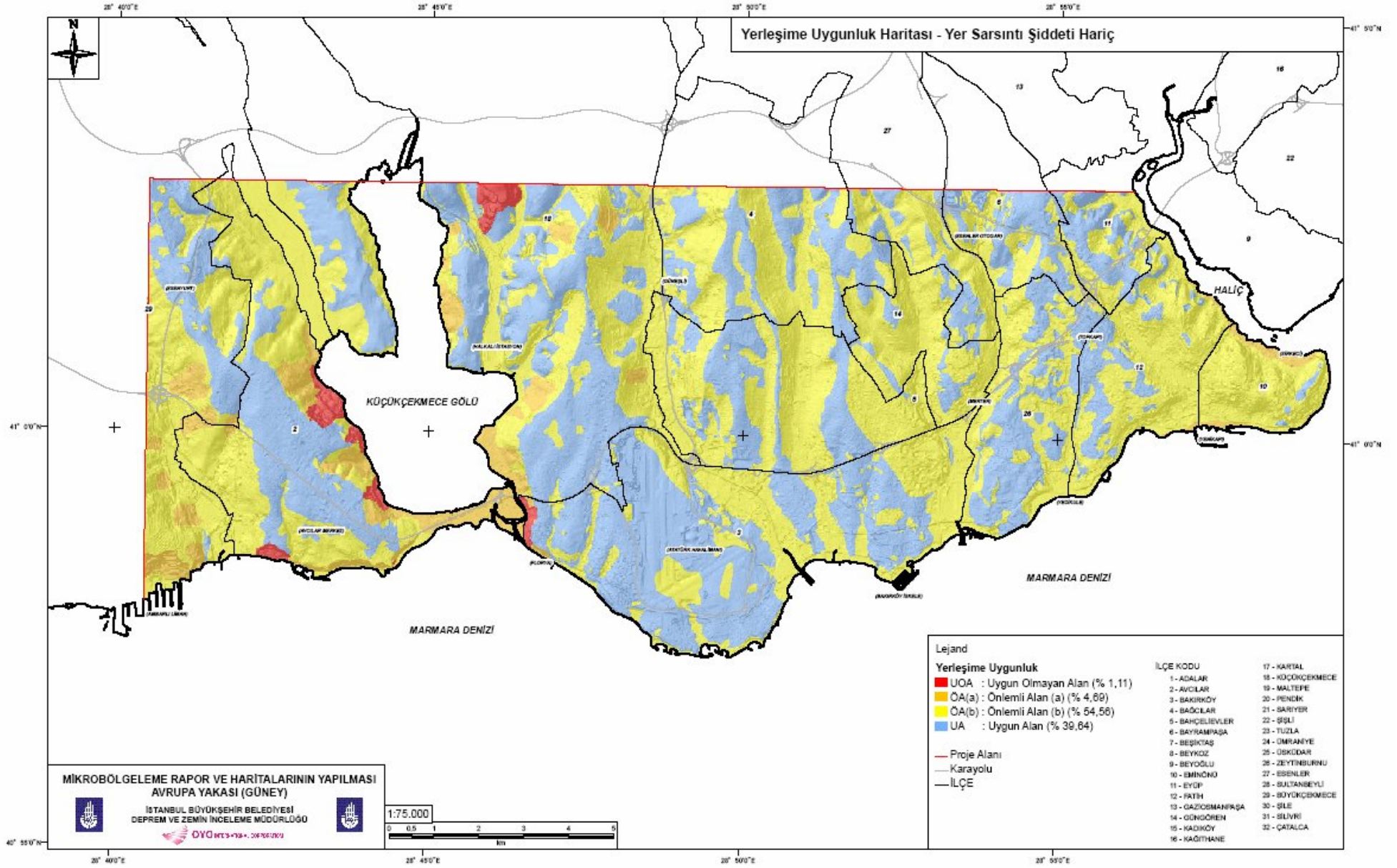
Bu alanlar, sorunun kaynağı doğrultusunda 4 alt bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgelerden; sıvılaşma tehlikesi(UOA1) ve Sel Baskını tehlikesi(UOA3) proje alanımızda mevcut değildir. Uygun Olmayan Alanlar, proje alanının % 1,42’ sini kapsamaktadır.

11.5.1 Uygun Olmayan Alanlar-2: UOA-2

Bu alanlar, proje alanında aktif kütle hareketlerinin olduğu tesbit edilen ve daha önceki çalışmalarda da aktif heyelan alanı olarak belirlenen alanlardır. Bu alanlarda, hiç bir şekilde yapılaşma amaçlı planlamaya gidilmemelidir. ($F_s \leq 1.0$)

11.5.2 Uygun Olmayan Alanlar-4: UOA-4

Bu alanlar, proje alanında bulunan kalın yapay dolgu alanlarıdır. Bu tür dolguların kalınlıkları ve fiziksel-kimyasal özellikleri nedeniyle üzerlerinde hiç bir yapının planlanmaması gereken alanlardır. Proje alanında **Halkalı Çöplüğü** bu gruba girmektedir.



12 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

- (1) İstanbul İli, Avrupa Yakası Güneyi'ne ait olan “YERLEŞİM AMAÇLI MİKROBÖLGELEME RAPOR VE HARİTALARI'NIN YAPILMASI AVRUPA YAKASI(GÜNEY) PROJESİ” işi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi adına, OYO International Corporation tarafından yürütülmüştür. Çalışma alanının Jeolojik, jeoteknik, jeofizik karakteristikleri tanımlanmış ve veriler analiz edilmiştir.
- (2) Proje kapsamında, işin sözleşme eki teknik şartnamesi gereği 15 çeşit mikrobölgeleme tehlike haritaları hazırlanmıştır. Ayrıca, ek olarak 11 adet yardımcı ve korelasyon haritaları yapılmıştır. Tüm bu haritalar ve haritalara işlenmiş olan risklerin değerlendirilmesi sonucu **1/2000 Ölçekli Yerleşime Uygunluk Haritaları** hazırlanmıştır
- (3) Saha çalışmalarında; 2830 adet 30m derinliğinde normal tarama sondajları, 27 adet 80-250 m derinliklerinde derin sondaj, 764 adet 20 m derinliğinde sıvılaştırma araştırma sondajı, 608 adet 30 m derinliğinde heyelan araştırma sondajı ve 100 adet değişik derinliklerde anakaya derinliği ile bazı birimlerin kalınlığını belirlemek için yapılan sondajlar ile fay gibi yapısal unsurları ve alüvyon kalınlıklarının tesbiti için 35 adet sondaj olmak üzere toplam 4364 adet mekanik sondaj çalışması yapılmış ve bu çalışmalarda ki sondaj derinliği toplamı 125.578,90 m'ye ulaşmıştır. Arazide yerinde yapılan SPT deneylerinin yanı sıra 663 adet sıvılaştırma araştırması için CPT yapılmıştır. Jeofizik çalışmalardan Sismik Kırılma-REMİ ölçümü 2762 adet, Elektrik Özdirenç ölçümü 2625 adet, PS Logging deneyi 201 adet ve Array Mikrotremör ölçümü 30 noktada gerçekleştirilmiştir.
- (4) Çalışma alanı, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre farklı deprem tehlikesi taşıyan bölgelerde(1.ve 2.) yer almaktadır. Gerek son depremlerde elde edilen kuvvetli yer hareketleri ve ivmelere bakıldığında ve bu proje dahilinde yapılan Olasılıksal Deprem Tehlike Haritalarına göre ve ayrıca çalışma alanının mevcut jeolojik-jeofizik ve jeomorfoolojik durumu bununla birlikte tektonik yapısı göz önüne alındığında geçmiş depremlerle ilgili bilgilerin ve mevcut deprem tehlike haritalarının yeniden gözden geçirilmesi ve güncellenmesi gerekmektedir.
- (5) İnceleme alanında Menekşe Mah., Balaban Mah., Küçükçekmece gölü (Firuzköy) doğu yamaçlarında, Denizköşkler Mahallesi aktif heyelanların gözlemlendiği alanlardır. Bu alanlar yerleşime uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilmiştir. Bu alanlardan Avcılar Ambarlı Mahallesi için 28/06/2005 gün ve 9109 sayılı Afete Maruz Bakanlar Kurulu kararı bulunmaktadır. Bunun dışında inceleme alanında kaya düşmesi ve çığ düşmesi riski bulunmamaktadır. İnceleme alanında bulunan dere yatakları için planlama öncesinde DSİ (İSKİ) görüşü alınmalıdır.
- (6) Yapılan Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi'nde çalışma alanı; **Uygun Alanlar(UA), Önlemlili Alanlar(ÖA)** ve **Uygun Olmayan Alanlar(UOA)** olarak 3 ana gruba ayrılmıştır.

Uygun Alanlar(UA),

Bu alanlarda; Jeolojik olarak Trakya, Ceylan Formasyonları, Bakırköy Üyesi'ne ait birimler ile Gürpınar Formasyonu ve Güngören Üyesine ait birimlerin bulunduğu bazı bölgeler bulunmaktadır. Bu alanlar proje alanının % 39,64' nü kapsamaktadır

Önemli Alanlar(ÖA)

Bu alanlar, proje alanı içerisinde doğal afet tehlikeleri ve jeolojik-jeoteknik özellikleri nedeniyle yerleşime uygunluğu etkileyebilecek hususlara sahip alanlar olup, yapılaşma öncesi veya esnasında belirli önlemleri almak şartıyla planlamaya ve yapılaşmaya gidilebilecek alanlardır. Bu alanlar; Sıvılaşma Tehlikesi açısından, Stabilitate tehlikesi açısından, Tsunami ve Sel Baskını tehlikesi açısından, Mühendislik Problemleri açısından, Yapay Dolgu ve Alüvyon alanları, Kaya Düşmesi, Tasman tehlikesi ve Taş Ocakları alanları, Birden fazla tehlike olasılığı (karmaşık sorunlar) açısından risk oluşturan alanlardır.

Bu alanlar, proje alanının % 58,94' nü karşılamaktadır.

Uygun Olmayan Alanlar(UOA)

Yerleşime uygunluk açısından, çeşitli yüksek tehlikeler bulunması sebebiyle, bu alanlarda yapılaşmaya gidilmemelidir. Bu alanlar Avcılar Ambarlı Balaban Mahallesi, Denizköşkler Mahallesi, Bakırköy Menekşe Mahallesi, Firuzköy'ün doğusundaki göl yamaçları ile Halkalı çöplüğünün bulunduğu bölgelerdir. Bu alanlar proje alanının %1,42' ni kapsamaktadır.

(7) Bu çalışma, İmar Planlarına Esas “**Yerleşim Amaçlı Mikrobölgeleme Çalışmaları Sonucu Hazırlanan Jeolojik – Jeoteknik Etüt Çalışması**” olup, kesinlikle parsel bazında Zemin Etüt çalışması olarak kullanılamaz.