

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL ESENLER ZEMİNLERİNİN COĞRAFİ
BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TABANLI GEOTEKNİK
MİKROBÖLGELEMESİ

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Yük. Müh. T.Fikret KURNAZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Şefik
RAMAZANOĞLU

Mayıs 2011

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

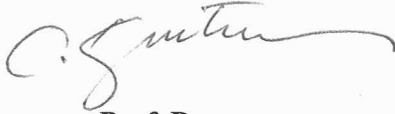
İSTANBUL ESENLER ZEMİNLERİNİN COĞRAFI
BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TABANLI GEOTEKNİK
MİKROBÖLGELEMESİ

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Yük. Müh. T.Fikret KURNAZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 04 / 05 / 2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.




Prof. Dr.
Cengiz KURTULUŞ
Jüri Başkanı



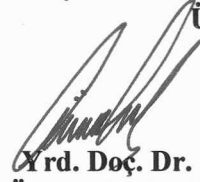
Prof. Dr.
Zeki GÜNDÜZ
Üye



Yrd. Doç. Dr.
Şefik RAMAZANOĞLU
Üye



Yrd. Doç. Dr.
Can KARAVUL
Üye



Yrd. Doç. Dr.
Özkan CORUK
Üye

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının başlangıcından itibaren danışmalığımı yürüten, değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Şefik RAMAZANOĞLU'na sonsuz teşekkürler ederim. Tez çalışmam boyunca adeta ikinci bir danışman gibi çalışmalarında beni yönlendiren ve destek olan değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Can KARAVUL'a teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince fikirleri, yapıcı eleştirileri ve görüşleri ile katkı sağlayan değerli hocam Prof.Dr. Zeki GÜNDÜZ'e teşekkür ederim. Tez aşamasına kadar olan süreçte doktora danışmalığımı yürüten değerli hocam Prof.Dr. Hasan ARMAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışması için gerekli verilerin sağlanmasında büyük yardımlarını gördüğüm başta Esenler Belediye Başkanı M.Tevfik GÖKSU ve Başkan Yardımcısı O.Oğuz TÜRK olmak üzere Esenler Belediyesi ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmasının özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) alt yapısının oluşturulması aşamasında, CBS yazılımlarının temini ve kullanılmasında büyük yardımlarını gördüğüm, zor zamanlarımda desteğini esirgemeyen, kardeşten yakın Alper KIYAK'a sonsuz teşekkürler ederim. Doktora eğitimim ve tez çalışması boyunca her türlü sıkıntıda bilgisine başvurduğum ve büyük yardımlarını gördüğüm sevgili arkadaşım ve dostum Arş.Gör. Uğur DAĞDEVİREN'e teşekkür ederim. Tez çalışmasının çeşitli aşamalarında çok önemli yardımlarını gördüğüm mesai arkadaşlarım Arş.Gör. Emrah BUDAKOĞLU ve Arş.Gör. Hilal DOMAÇ ile iyi niyetli desteği için Arş.Gör. Nihan ARIĞ'a teşekkür ederim.

Son olarak yaşamım boyunca ilgi ve desteğini esirgemeyen, iyi ve kötü günde yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xxi
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY.....	xxiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
MİKROBÖLGELEMENİN TEMEL İLKELERİ.....	6
2.1. Mikrobölgeleme.....	6
2.1.1. Birinci aşama (Genel Bölgeleme).....	10
2.1.2. İkinci aşama (Ayrıntılı Bölgeleme).....	12
2.1.3. Üçüncü aşama (Çok Ayrıntılı Bölgeleme).....	13
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	14
2.2.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin tanımı.....	15
2.2.1.1. Veri depolama.....	16
2.2.1.2. Veri yönetimi.....	18
2.2.1.3. Veri işlem.....	18
2.2.1.4. Veri sunumu.....	18
2.2.2. CBS'nin Bileşenleri.....	18
2.2.2.1. Donanım (Hardware).....	19
2.2.2.2. Yazılım (software).....	20

2.2.2.3. Veri (data).....	20
2.2.2.4. İnsanlar	24
2.2.2.5. Yöntemler.....	24
2.2.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin uygulama alanları.....	25
2.2.4. Tez çalışmasında kullanılan CBS yazılımları.....	27
2.2.4.1. MapInfo Professional.....	27
2.2.4.2. Vertical Mapper.....	28
BÖLÜM 3.	
İNCELEME ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	29
3.1. Tarihi Geçmiş.....	29
3.2. Coğrafi Konum ve Morfoloji.....	29
3.3. İklim ve Bitki Örtüsü.....	32
3.4. Genel Jeoloji.....	33
3.5. İnceleme Alanının Jeolojisi.....	37
3.5.1. Trakya Formasyonu.....	47
3.5.2. Gürpınar Formasyonu.....	47
3.5.3. Güngören Formasyonu.....	48
3.5.4. Bakırköy Formasyonu.....	48
3.5.5. Alüvyon.....	48
3.5.6. Yapay dolgular.....	49
3.6. Marmara Bölgesinin Tektoniği.....	49
BÖLÜM 4.	
İNCELEME ALANININ GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE	
MİKROBÖLGELENMESİ.....	53
4.1. İnceleme Alanı İçin Mikrobölgeleme Amaçlı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Alt Yapısının Oluşturulması.....	53
4.2. Tez Çalışmasında Değerlendirilen Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları.....	55
4.2.1. Geoteknik Amaçlı Sondajlar.....	55
4.2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	58
4.2.2.1. Doğal su muhtevası (Wn).....	58

4.2.2.2. Kıvam Limitleri.....	58
4.2.2.3. Dane boyu dağılımları.....	59
4.2.2.4. Konsolidasyon deneyi.....	59
4.2.2.5. Üç eksenli basınç (UU) deneyi.....	59
4.2.2.6. Nokta yükü dayanım indeksi (I_{s50}).....	60
4.2.2.7. Tek eksenli basınç dayanımı (UCS).....	60
4.2.3. Jeofizik Çalışmalar.....	60
4.3. SPT- N_{30} Darbe Direnci.....	62
4.4. Kayma Dalgası Hızı (V_s).....	75
4.4.1. ReMi Tekniği.....	75
4.5. Zemin Sınıflarının Belirlenmesi.....	85
4.5.1. Birleştirilmiş zemin sınıflaması (USCS).....	85
4.5.2. Yerel zemin sınıfları.....	99
4.5.2.1. Türkiye deprem yönetmeliğine göre zemin sınıfları...	99
4.5.2.2. NEHRP (A.B.D.) deprem yönetmeliğine göre zemin sınıfları.....	103
4.6. İnceleme Alanında Yeraltı Suyu Durumu.....	106
4.7. İnceleme Alanını Oluşturan Formasyonların Geoteknik Özellikleri	107
4.7.1. Trakya Formasyonu.....	107
4.7.2. Gürpınar Formasyonu.....	108
4.7.3. Güngören Formasyonu.....	109
4.7.4. Bakırköy Formasyonu.....	110
4.7.5. Alüvyon.....	111

BÖLÜM 5.

İNCELEME ALANININ DEPREM TEHLİKESİ AÇISINDAN

DEĞERLENDİRİLEREK MİKROBÖLGELENMESİ.....	113
5.1. İstanbul ve Çevresinin Depremselliği.....	113
5.1.a. 1509 depremi.....	114
5.1.b. 1766 depremi.....	114
5.1.c. 1894 depremi.....	114
5.2. Deprem Tehlike Analizi.....	118
5.2.1. Deterministik deprem tehlike analizi.....	119

5.2.2. Probabilistik (Olasılıksal) deprem tehlike analizi.....	121
5.2.2.1. Deprem kaynak bölgelendirmesi.....	122
5.2.2.2. Tekrarlama ilişkileri.....	124
5.2.2.3. Azalım ilişkileri.....	126
5.2.2.4. Deprem oluşumu modellemesi.....	126
5.3. İnceleme Alanı İçin Deprem Tehlikesinin Değerlendirilmesi.....	129
5.3.1. İnceleme alanının olasılıksal deprem tehlike analizi.....	129
5.3.2. İnceleme alanının deterministik deprem tehlike analizi.....	135

BÖLÜM 6.

İNCELEME ALANININ ZEMİN BÜYÜTME ETKİSİ VE YAMAÇ STABİLİTESİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLEREK

MİKROBÖLGELENMESİ.....	154
6.1. Zemin Büyütmesi.....	154
6.1.1. Yerel zemin etkisinin önemi.....	154
6.1.2. Yerel zemin etkisinin belirlenmesi.....	157
6.1.3. İnceleme alanında zemin büyütme etkisinin belirlenmesi.....	161
6.2. Zemin Hakim Titreşim Periyodu.....	169
6.3. İnceleme Alanının Yamaç Stabilitesi Açısından Değerlendirilmesi	171

BÖLÜM 7.

İNCELEME ALANININ KONSOLİDASYON OTURMALARI

AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLEREK MİKROBÖLGELENMESİ.....	174
7.1. Zeminlerin Sıkışabilirliği.....	174
7.1.1. Sıkışma eğrisi.....	175
7.1.2. Sıkışma katsayısı.....	177
7.1.3. Sıkışma indisi.....	178
7.1.4. Yeniden yükleme indisi.....	179
7.2. Jeolojik Geçmişin Sıkışabilirliğe Etkisi.....	180
7.2.1. Ön konsolidasyon basıncı.....	180
7.2.2. Normal konsolide killer.....	182
10.2.2.1. Yaşlanmanın sıkışabilirliğe etkisi.....	183
7.2.3. Aşırı konsolide killer.....	183

7.2.3.1. Yaşlanmanın aşırı konsolidasyona etkisi.....	185
7.2.4. Konsolide olmamış killler.....	186
7.3. Sıkışabilirliğin ölçümü.....	186
7.3.1. Sıkışabilirliğin Ödometre’de ölçümü.....	186
7.3.1.1. Ödometre deneyinde karşılaşılan sorunlar.....	188
7.4. İnceleme Alanında Konsolidasyon Oturmalarının Hesaplanması.....	189

BÖLÜM 8.

İNCELEME ALANININ TAŞIMA GÜCÜ AÇISINDAN

DEĞERLENDİRİLEREK MİKROBÖLGELENMESİ.....	205
8.1. Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü.....	205
8.1.1. Genel kayma göçmesi.....	206
8.1.2. Yerel kayma göçmesi.....	206
8.1.3. Zımbalama kayma göçmesi.....	207
8.1.4. Yüzeysel temellerin taşıma gücü hesabı.....	208
8.2. Kayaçlarda Taşıma Gücü Hesabı.....	210
8.3. İnceleme Alanının Taşıma Gücü Açısından Değerlendirilmesi.....	212

BÖLÜM 9.

İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK AÇISINDAN

DEĞERLENDİRİLMESİ.....	218
9.1. Yerleşime Uygun Alanlar (UA)	220
9.2. Yerleşime Önlemlili Uygun Alanlar – 1 (ÖUA-1).....	220
9.3. Yerleşime Önlemlili Uygun Alanlar – 2 (ÖUA-2).....	221
9.4. Yerleşime Önlemlili Uygun Alanlar – 3 (ÖUA-3).....	222
9.5. Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar (UOA).....	222
9.6. İnceleme Alanında Yerleşime Uygunluğun CBS İle Sorgulanması.....	222
9.6.1. Birinci grup sorgulamalar.....	223
9.6.2. İkinci grup sorgulamalar.....	227

BÖLÜM 10.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	231
KAYNAKLAR.....	240
ÖZGEÇMİŞ.....	251

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

V_s	: Kayma Dalgası Hızı
$V_s(30)$: Üst 30 m'deki ortalama kayma dalgası hızı
c	: Kohezyon
\emptyset	: İçsel Sürtünme Açısı
W_n	: Doğal Su Muhtevası
LL	: Likit Limit
PL	: Plastik Limit
PI	: Plastisite İndisi
C_c	: Sıkışma indisi
C_r	: Yeniden yükleme indisi
a_v	: Sıkışma katsayısı
m_v	: Hacimsel sıkışma katsayısı
S_t	: Toplam oturma
S_i	: Ani oturma
S_c	: Konsolidasyon oturması
S_s	: İkincil oturma
ϵ	: Birim boy kısalması
e	: Boşluk oranı
e_0	: Başlangıç boşluk oranı
Δ_e	: Boşluk oranı değişimi
H_0	: Sıkışabilir tabakanın kalınlığı
σ_c	: Ön konsolidasyon basıncı
u	: Boşluk suyu basıncı
LIR	: Yük artım oranı
δ	: Sıkışma
S_r	: Doygunluk derecesi

K	: Etki katsayısı
B	: Temel genişliği
Q	: Yük
q	: Yük
q_u	: Güçlendirilmiş zemin durumunda nihai taşıma kapasitesi
Δ_s	: Oturma artımı
Df	: Temel Derinliği
γ	: Birim hacim ağırlığı
N_c, N_q, N_γ	: Taşıma gücü katsayıları
K1, K2	: Temel şekil katsayıları
J	: Kitle faktörü
q_{un}	: Tek eksenli basınç dayanımı
q_a	: Kayacın izin verilebilir taşıma basıncı
UU	: Konsolidasyonsuz–drenajsız üç eksenli basınç deneyi
I_{s50}	: Nokta Yüğü Dayanım İndeksi
C_u	: Uniformluluk katsayısı
C_r	: Süreklilik katsayısı
Fm	: Formasyon
ML	: Düşük Plastisiteli Silt
CL	: Düşük Plastisiteli Kil
CH	: Yüksek Plastisiteli Kil
SM	: Siltli Kum
SC	: Killi Kum
GM	: Siltli Çakıl
GC	: Killi Çakıl
GW	: İyi Derecelenmiş Çakıl
Su	: Drenajsız Kayma Mukavemeti
T_A, T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları
Z1,Z2,Z3,Z4	: Yerel Zemin Sınıfları (TDY, 2007)
MMI	: Değiştirilmiş Mercalli Yoğunluğu
λ_m	: Magnitudü M olan depremin yılda ortalama aşılma oranı
M	: Magnitud
R	: Fay kırığına olan en kısa mesafe (km)

10^a	: Büyüklüğü sıfır ya da sıfırdan büyük depremlerin yıllık ortalama sayısı
b	: Büyük ve küçük depremlerin göreceli oluş ihtimallerini ifade eden katsayı
b_1, b_2, b_3, b_4	: Regresyon sabitleri
PGA	: Pik yer ivmesi
SA	: Spektral ivme
$\sigma \log PGA$: Standart sapma
$P_A(n/m,t)$: t zaman aralığında, $M=m$ büyüklüğüne eşit veya daha büyük, n sayıda depremlerin meydana gelme olasılığı
$-\lambda_A(m)$: Depremlerin meydana gelme hızının ortalaması
$RI_A(m)$: Bir depremin ortalama tekrarlama aralığı
v_z	: Bir sahada z seviyesi üstünde gerçekleşen yer hareketinin yıllık oranıdır
RP	: Kuvvetli yer hareketi seviyesi için ortalama dönüşüm periyodu
L	: Fay Boyu
g	: Yerçekimi ivmesi
M_w	: Sismik moment magnitüdü
M_s	: Yüzey dalgası magnitüdü
σ	: Toplam gerilme
σ^1	: Efektif gerilme
$\Delta\sigma$: Toplam gerilme değişimi
AHSA	: 0.4-2 sn spektral aralığında ortalama yatay büyütme
A	: En büyük yer hızına göre relative büyütme katsayısı
UCS	: Tek Eksenli Basınç Dayanımı
USCS	: Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
GIS	: Geographic Information Systems
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
$SPT-N_{30}$: Standart Penetrasyon Testi Darbe Sayısı
OCR	: Aşırı konsolidasyon oranı
ASTM	: Amerikan standart

ESC	: Avrupa Sismoloji Komisyonu
TDY	: Türkiye Deprem Yönetmeliği
A.B.D.	: Amerika Birleşik Devletleri
NEHRP	: Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı
ISSMFE	: Uluslararası Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Birliği
MERM	: Deprem Risklerini Azaltmak İçin Mikrobölgeleme
DRM	: Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü
PYİ	: Pik yer ivmesi
CPT	: Konik Penetrasyon testi
SQL	: Yapısal Sorgulama Dili
TS	: Türk Standart
BSSC	: Yapı Sismik Güvenlik Konseyi
FEMA	: Federal Acil Yönetim Acentası
TCR %	: Toplam Karot Verimi
RQD %	: Kaya Kalitesi Göstergesi
NP	: Non Plastik
GS	: Güvenlik Sayısı
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
YTÜ	: Yıldız Teknik Üniversitesi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Konumsal veri işleme teknikleri ve CBS arasındaki ilişkiler	17
Şekil 2.2.	Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde verilerin integrasyonu	17
Şekil 2.3.	Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin temel bileşenleri	19
Şekil 2.4.	Grafik ve Grafik olmayan bilgilerin basit bir gösterimi	21
Şekil 2.5.	Coğrafi veri modellerinin gösterimi	22
Şekil 2.6.	Vektör gösterimi	23
Şekil 2.7.	Gerçek modelin hücresele (raster) gösterimi	24
Şekil 3.1.	İnceleme alanı yerbulduru haritası	30
Şekil 3.2.	İnceleme alanı yükseklik haritası	31
Şekil 3.3.	İnceleme alanı eğim haritası	32
Şekil 3.4.	İstanbul ve çevresinin sadeleştirilmiş genel jeoloji haritası	34
Şekil 3.5.	İstanbul ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti	35
Şekil 3.6.	İstanbul ve dolayının genelleştirilmiş Senozoyik-Kuvaterner stratigrafik kesiti.....	36
Şekil 3.7.	İnceleme alanının ait jeoloji haritası	37
Şekil 3.8.	İnceleme alanı için oluşturulan jeolojik kesit hatları	38
Şekil 3.9.	A - A ¹ kesiti	39
Şekil 3.10.	B - B ¹ kesiti	40
Şekil 3.11.	C - C ¹ kesiti	41
Şekil 3.12.	D - D ¹ kesiti	42
Şekil 3.13.	E - E ¹ kesiti	43
Şekil 3.14.	F - F ¹ kesiti	44
Şekil 3.15.	G - G ¹ kesiti	45
Şekil 3.16.	H - H ¹ kesiti	46

Şekil 3.17.	Marmara Denizi çevresinde Kuzey Anadolu Fayı'nın başlıca aktif kolları ve bu kollar üzerinde gerçekleşmiş tarihi depremler (Barka, 1997) Sarı alanlar 1700-1900 yılları arasında kırılan fay segmentleri ve etkiledikleri alanları göstermektedir	50
Şekil 3.18	Marmara Denizi'nin yapısı	50
Şekil 4.1.	İnceleme alanında bulunan yol, mahalle sınırı ve donatıların aynı katman üzerinde sayısallaştırılmış görünümü.....	54
Şekil 4.2.	İnceleme alanının 250x250 m karelajlanarak gridlere bölünmesi.....	55
Şekil 4.3.	İnceleme alanında Esenler Belediyesi'ne ait çalışmalarda ve laboratuvar verisine ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmaları tarafından gerçekleştirilen sondajlara ait lokasyon haritası.....	56
Şekil 4.4.	Tez çalışması kapsamında değerlendirilen toplam 370 sondaja ait lokasyon haritası.....	57
Şekil 4.5.	İnceleme alanında Esenler Belediyesi'ne ait çalışmalarda ve eksik görülen yerlerde zemin etüt firmaları tarafından gerçekleştirilen sismik kırılma çalışmalarına ait lokasyon haritası	61
Şekil 4.6.	Tez çalışması kapsamında değerlendirilen toplam 150 sismik kırılma çalışmasına ait lokasyon haritası	62
Şekil 4.7.	SPT-N darbe sayılarının, bağıl yoğunluğun ve içsel sürtünme açısının tahmininde kullanımı	64
Şekil 4.8.	Yüzeyden 1.5 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	65
Şekil 4.9.	Yüzeyden 3 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	66
Şekil 4.10.	Yüzeyden 4.5 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	67
Şekil 4.11.	Yüzeyden 6 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	68
Şekil 4.12.	Yüzeyden 7.5 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	69
Şekil 4.13.	Yüzeyden 9 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	70
Şekil 4.14	Yüzeyden 10.5 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	71
Şekil 4.15.	Yüzeyden 12 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	72
Şekil 4.16.	Yüzeyden 13.5 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	73
Şekil 4.17.	Yüzeyden 15 m derinlikte SPT-N ₃₀ dağılımı haritası	74
Şekil 4.18.	ReMi izgesel oran haritasında dispersiyon eğrisinin işaretlenmesi	76

Şekil 4.19. Yüzeyden 5 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası	78
Şekil 4.20. Yüzeyden 10 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası	79
Şekil 4.21. Yüzeyden 15 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası	80
Şekil 4.22. Yüzeyden 20 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası	81
Şekil 4.23. Yüzeyden 25 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası	82
Şekil 4.24. Yüzeyden 30 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası	83
Şekil 4.25. Yüzeyden itibaren ilk 30 m derinliğe ait ortalama kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası	85
Şekil 4.26. İnce taneli zeminlerin sınıflamasında kullanılan plastisite kartı ...	86
Şekil 4.27. Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi	87
Şekil 4.28. Yüzeyden 1.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası	89
Şekil 4.29. Yüzeyden 3 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası	90
Şekil 4.30. Yüzeyden 4.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası	91
Şekil 4.31. Yüzeyden 6 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası	92
Şekil 4.32. Yüzeyden 7.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası	93
Şekil 4.33. Yüzeyden 9 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası	94
Şekil 4.34. Yüzeyden 10.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası ...	95
Şekil 4.35. Yüzeyden 12 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası	96
Şekil 4.36. Yüzeyden 13.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası ...	97
Şekil 4.37. Yüzeyden 15 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası	98
Şekil 4.38. İnceleme alanında SPT-N ₃₀ değerlerine göre oluşturulan TDY yerel zemin sınıfları haritası	102
Şekil 4.39. İnceleme alanında Vs hızlarına göre oluşturulan TDY yerel zemin sınıfları haritası	103
Şekil 4.40. İnceleme alanının NEHRP'e göre zemin sınıflama haritası	105
Şekil 4.41. İnceleme alanının yer altı suyu haritası	106
Şekil 5.1. Türkiye deprem bölgeleri haritasında İstanbul ilinin konumu	113

Şekil 5.2.	M.S 1500'den beri Marmara Denizi'ndeki Tarihsel Depremler ve kaynak faylar	117
Şekil 5.3.	Deterministik deprem tehlike analizinin dört aşaması	120
Şekil 5.4.	Probabilistik deprem tehlike analizinin dört aşaması	121
Şekil 5.5.	Deprem oluşumlarından ve tektonikten yararlanarak sismik kaynakların belirlenmesi	123
Şekil 5.6.	Farklı kaynak geometrilerine örnekler (a) nokta kaynak olarak modellenen kısa fay; (b) çizgisel kaynak olarak modellenen sığ bir fay; (c) üç boyutlu kaynak zonu	124
Şekil 5.7.	(a) a ve b parametrelerinin anlamlarını gösteren Gutenberg-Richter tekrarılma yasası ve (b) Gutenberg-Richter yasasının küresel depremsellik verilerine uygulanması	125
Şekil 5.8.	Poisson Yöntemi için farklı parametreler arasındaki ilişki	129
Şekil 5.9.	İnceleme alanı ve çevresinde 1900-2010 (Eylül) arasında meydana gelen $M \geq 4$ depremlerin dağılımı	133
Şekil 5.10.	Poisson olasılık modeli için magnitüd-oluşum sayısı ilişkisi	134
Şekil 5.11.	İnceleme alanının deprem tehlikesinin araştırılmasında Marmara Bölgesi içerisinde belirlenen 14 adet çizgisel kaynak.....	136
Şekil 5.12.	1 nolu çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	139
Şekil 5.13.	2 nolu çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	140
Şekil 5.14.	3 nolu çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	141
Şekil 5.15.	4 nolu çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	142
Şekil 5.16.	5 nolu çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	143

Şekil 5.17.	6 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	144
Şekil 5.18.	7 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası.....	145
Şekil 5.19.	8 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	146
Şekil 5.20.	9 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	147
Şekil 5.21.	10 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	148
Şekil 5.22.	11 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	149
Şekil 5.23.	12 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	150
Şekil 5.24.	13 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	151
Şekil 5.25.	14 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası	152
Şekil 6.1.	Zemin büyütmesini etkileyen faktörler: 1- Empedans oranı ve rezonans etkisi, 2- Basen altı topografyasına bağlı olarak oluşan odaklanma, 3- Basen kenarlarından oluşan yüzey dalgaları, 4- Doğrusal olmayan zemin davranışı, 5- Topografya etkisi	155
Şekil 6.2.	Kayma dalgası hızına ($V_{s,30}$) bağlı zemin büyütme faktörünün grafik görünümü	160

Şekil 6.3.	İnceleme alanının Midorikawa (1987)'ya göre zemin büyütme haritası	165
Şekil 6.4.	İnceleme alanının Joyner ve Fumal (1984)'a göre zemin büyütme haritası	166
Şekil 6.5.	İnceleme alanının Borcherdt ve ark. (1991)'na göre kuvvetli hareket zemin büyütme haritası	167
Şekil 6.6.	İnceleme alanının Borcherdt ve ark. (1991)'na göre zayıf hareket zemin büyütme haritası	168
Şekil 6.7.	İnceleme alanına ait zemin hakim titreşim periyodu haritası	170
Şekil 6.8.	Duraylılık sayısı N_1 'in ivme ve yamaç açısına göre değişimi	172
Şekil 6.9.	İnceleme alanı yamaç tehlikesi haritası	173
Şekil 7.1.	Değişmez yük altında zaman-sıkışma eğrisi	175
Şekil 7.2.	Konsolidasyon deneyinden gerilme-sıkışma eğrisi	176
Şekil 7.3.	Sıkışma eğrisi a) aritmetik ölçek b) yarı logaritmik ölçek	176
Şekil 7.4.	Sıkışma katsayısı (a_v) ve hacimsel sıkışma katsayısı (m_v)	177
Şekil 7.5.	Sıkışma indisinin bulunması	178
Şekil 7.6.	Numunenin örselenmesinin sıkışma indisine etkisinin Schmertmann yöntemi ile düzeltilmesi a) normal konsolide killerde b) aşırı konsolide killerde	179
Şekil 7.7.	Sıkışma indisi C_c ve yeniden yükleme indisi C_r	179
Şekil 7.8.	Ön konsolidasyon basıncının Casagrande yöntemi ile bulunması	181
Şekil 7.9.	Ön konsolidasyon basıncının Schmertmann yöntemi ile bulunması	182
Şekil 7.10	Normal konsolide kilde yaşlanmanın etkisi	183
Şekil 7.11	Aşırı konsolide kilde yaşlanmanın sıkışabilirliğe etkisi	185
Şekil 7.12	Ödometre tipleri a) yüzen halkalı b) sabit halkalı	188
Şekil 7.13	Uniform kare yük altında gerilme dağılışı	192
Şekil 7.14	Dikdörtgen yük altında gerilme artışı için etki sayısı	194
Şekil 7.15	İnceleme alanında $B=10$ m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası temel altında meydana gelmesi muhtemel oturmalar	201

Şekil 7.16	İnceleme alanında B=15 m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası temel altında meydana gelmesi muhtemel oturmalar	202
Şekil 7.17	İnceleme alanında B=20 m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası temel altında meydana gelmesi muhtemel oturmalar	203
Şekil 7.18	İnceleme alanında BxL=10 m x 15 m olan dikdörtgen temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası temel altında meydana gelmesi muhtemel oturmalar	204
Şekil 8.1.	a. Genel Kayma Göçmesi, b. Yerel (Kısmi) Kayma Göçmesi c. Zımbalama Kayma Göçmesi	205
Şekil 8.2.	Genel Kayma Göçmesi	206
Şekil 8.3.	Yerel Kayma Göçmesi	207
Şekil 8.4.	Zımbalama Kayma Göçmesi	208
Şekil 8.5.	Terzaghi taşıma gücü teorisi göçme modeli	208
Şekil 8.6.	İnceleme alanında yüzeysel temeller için hesaplanan güvenli taşıma güçleri ve kaya birimler için hesaplanan izin verilebilir taşıma güçlerinin aynı haritada görünümü.....	217
Şekil 9.1.	İnceleme alanı yerleşime uygunluk haritası.....	219
Şekil 9.2.	SPT-N ₃₀ değeri ve Vs hızına göre zemin grubu C veya D, taşıma güçleri ise 150 -350 kPa arasında olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen verilerin dağılımı.....	224
Şekil 9.3.	SPT-N ₃₀ değeri ve Vs hızına göre zemin grubu A veya B, taşıma güçleri ise 350 – 15000 kPa arasında olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen verilerin dağılımı.....	225
Şekil 9.4.	SPT-N ₃₀ ve Vs hızlarına göre belirlenen zemin grupları ile yüzeysel temeller ve kayalar için hesaplanan taşıma gücü değerlerine ait sorgulama haritası.....	226
Şekil 9.5.	Şekil 12.5. Zemin büyütme riski orta, yamaç stabilite riski orta olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı	227

Şekil 9.6.	Zemin büyütme riski düşük, yamaç stabilite riski düşük olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı	228
Şekil 9.7.	Zemin büyütme riski orta, yamaç stabilite riski düşük olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı	228
Şekil 9.8.	Zemin büyütme riski düşük, yamaç stabilite riski orta olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı	228
Şekil 9.9.	Zemin büyütme riski orta, yamaç stabilite riski yok olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı	229
Şekil 9.10	Zemin büyütme riski düşük, yamaç stabilite riski yok olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı.....	229
Şekil 9.11	İnceleme alanında zemin büyütme ve yamaç stabilite riskine ait sorgulama haritası	230

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Üç aşamada mikrobölgeleme için veri kullanımı	10
Tablo 4.1.	SPT değerlerine göre kohezyonsuz zeminlerde, nisbi yoğunluk, relatif sıklık, kohezyonlu zeminlerde kıvamlılık ve serbest basınç değerleri	63
Tablo 4.2.	Zemin grupları (TDY, 2007)	100
Tablo 4.3.	Yerel zemin sınıfları (TDY, 2007)	101
Tablo 4.4.	NEHRP'e göre zemin sınıflama kriterleri	104
Tablo 4.5.	Trakya formasyonu üzerinde gelişen zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler	107
Tablo 4.6.	Kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarına göre sınıflaması	108
Tablo 4.7.	Gürpınar formasyonu üzerinde gelişen zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler	109
Tablo 4.8.	Güngören formasyonu üzerinde gelişen zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler	110
Tablo 4.9.	Bakırköy formasyonu üzerinde gelişen zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler	111
Tablo 4.10	Alüvyon zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler	112
Tablo 5.1.	Marmara Denizi içerisindeki ve çevresindeki Tarihsel Depremler	115
Tablo 5.2.	Marmara Denizi içerisindeki ve çevresindeki Tarihsel Depremler	116
Tablo 5.3.	İnceleme alanı ve çevresinde 1900-2010 (Eylül) arasında meydana gelen $M \geq 4$ depremler	130
Tablo 5.4.	Deprem olasılık hesaplamalarında kullanılan veriler	133
Tablo 5.5.	Farklı büyüklükteki depremlerin farklı zaman süreleri için oluşum olasılıkları	134

Tablo 5.6.	Çeşitli araştırmacılar tarafından Fay Boyu (L) & Büyüklük (M) arasında geliştirilen ilişkiler	135
Tablo 5.7.	Belirlenen çizgisel kaynaklara ait uzunluk ve üretebilecekleri max deprem büyüklüğü bilgileri	137
Tablo 5.8.	European Seismological Commission'a (ESC) göre, ivme değeri – tehlike düzeyleri ilişkisi	153
Tablo 6.1.	Yüzey jeolojisi ve şiddet artımı arasındaki ilişkiler	156
Tablo 6.2.	Yüzey jeolojisi ve göreceli büyütme faktörü arasındaki ilişkiler ..	157
Tablo 6.3.	Standart Penetrasyon Testi deneylerinden kayma dalgası hızı hesabı için önerilen eşitlikler	159
Tablo 6.4.	Kayma dalgası hızına ($V_{s,30}$) bağlı zemin büyütme ilişkileri ...	160
Tablo 6.5.	İnceleme alanı için hesaplanan zemin büyütme değerleri	161
Tablo 6.6.	Türk deprem yönetmeliğinde yerel zemin sınıflarına bağlı olarak zemin hakim periyodu (T_0) ve tepki spektrumlarının (TA-TB) hakim periyot aralığı.....	169
Tablo 6.7.	Yamaçlar için hesaplanan güvenlik faktörleri ile tehlike seviyeleri	172
Tablo 7.1	Dörtgen alanlar için etki sayıları.....	195
Tablo 7.2	Oturma hesaplamalarında kullanılan deneysel veriler, derinlik ve efektif gerilme (σ^1) bilgileri.....	196
Tablo 7.3	Tasarlanan temel boyutlarına göre yapı yükünden kaynaklanacak gerilme artışları ve hesaplanan nihai oturma değerleri.....	198
Tablo 8.1	\emptyset 'ye bağlı taşıma gücü katsayıları	209
Tablo 8.2	Temel tipine göre şekil katsayıları	210
Tablo 8.3	Kayaç kalitesi RQD ile kitle faktörü J arasındaki ilişki	211
Tablo 8.4	Kitle faktörü J ile tabakalanma düzlemi süreksizlik aralığı ilişkisi	212
Tablo 8.5	Taşıma gücü hesaplarında kullanılan kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (\emptyset) bilgileri ile birlikte yüzeysel temeller için elde edilen taşıma gücü değerleri	213
Tablo 8.6	Kayaç örneklerine ait nokta yükü dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı ve izin verilebilir taşıma gücü bilgileri	216

ÖZET

Anahtar kelimeler: Mikrobölgeleme, Deprem Tehlikesi, Esenler, CBS

Bu çalışma, İstanbul'un Avrupa Yakasında yer alan Esenler ilçesinin, jeolojik, jeofizik ve geoteknik verilerin birlikte kullanımı ile özellikle geoteknik açıdan değerlendirilmesi ve mikrobölgelenmesi amacı ile yapılmıştır. İnceleme alanının kuzey kesimleri, genel olarak düşük dayanımlı kumtaşı ve grovak ile temsil edilmektedir. Bununla birlikte, inceleme alanının güney kesimlerinde, çok düşük dayanımlı kireçtaşları ile temsil edilen alanlar da mevcuttur. Zemin ortamları ise genellikle yüksek plastisiteli, sert-katı kıvamda ve aşırı konsolide olmuş kalın kil tabakalarından oluşmaktadır. Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre yapılan sınıflamada, inceleme alanında zemin sınıfları ağırlıklı olarak CH ve CL olarak belirlenmiştir. İnceleme alanında SPT-N₃₀ darbe sayılarının 15 m derinliğe kadar olan değişimi incelenmiş ve ayrılmış kaya birimlerde darbe sayılarının 30-50 arasında olduğu, zemin ortamlarda ise darbe sayılarının genelde 20-40 arasında değiştiği tespit edilmiştir. ReMi tekniği kullanılarak yapılan sismik ölçüm sonuçlarına göre, inceleme alanında yüzeyden 30 m derinliğe kadar, kayma dalgası hızları genel olarak 200-400 m/sn arasında değişirken, kuzey kesimlerde kumtaşı ve grovak etkisinden dolayı hız değerleri 800-1200 m/sn seviyelerine çıkmaktadır.

İnceleme alanının deprem tehlikesi, olasılıksal ve deterministik yaklaşımlara göre belirlenmiştir. İnceleme alanını da içine alan 150 km yarıçaplı bölge için yapılan olasılıksal risk analizine göre, İstanbul'u etkilemesi muhtemel 7 büyüklüğündeki bir depremin 10 yıl içinde olma olasılığı % 7.42 iken, 50 yılda olma olasılığı % 32'dir. Bunun yanında, Marmara Bölgesi'nde inceleme alanı için deprem tehlikesi oluşturma potansiyeline sahip 14 tane fay segmenti belirlenerek, bu segmentlerin her birinde meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depremlerin, inceleme alanında yaratacağı yer hareketleri deterministik yaklaşımla hesaplanmıştır. İnceleme alanında zemin büyütme etkisinin belirlenebilmesi için 30 m'lik derinliğe ait kayma dalgası hız bilgilerinden yararlanılmış ve büyütme açısından inceleme alanının güney kesimlerinin yer yer orta düzeyde, kuzey kesimlerinin ise ağırlıklı olarak düşük düzeyde tehlikeye sahip olduğu anlaşılmıştır.

İnceleme alanında kentsel dönüşüm projesi vesilesi ile yeniden yapılaşmaya gidileceğinden, laboratuvar verileri kullanılarak, yüzeysel temeller ve kaya ortamları için taşıma gücü, killi zeminler için ise oturma potansiyeli değerlendirmelerinde bulunulmuştur. İnceleme alanının geoteknik özellikleri ile birlikte, tez kapsamında yapılan analiz ve değerlendirmelere ait sonuçlar da Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı mikrobölgeleme haritaları ile sunulmuş, inceleme alanında deprem tehlikesinin azaltılmasına yönelik yapılacak çalışmalarda kullanılabilecek ön bilgiler oluşturulmuştur.

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) BASED GEOTECHNICAL MICROZONATION FOR ESENLER SOILS (ISTANBUL)

SUMMARY

Key Words: Microzonation, Earthquake Hazard, Esenler, GIS

This study aimed to execute a geotechnical assessment and microzonation for Esenler town located on european side of Istanbul by using geological, geophysical and geotechnical data together. The northern sides of the study area generally represented by low strength sandstone and graywacke. Besides, some areas in the southern parts, represented by very low strength limestones. As for the soil units are consist of high placity, hard-solid consistency and overconsolidated thick clay layers. The soil classes are determined as CH and CL according to USCS in study area. The SPT-N₃₀ values are generally changing between 30-50 at the weathered rock units and generally changing between 20 – 40 at the soil units in the study area. According to seismic measurements applied by ReMi technic, the shear wave velocities are generally changing between 200 – 400 m/s in the study area in the depth of 30 m. The shear wave velocities are increases to 800 – 1200 m/s in the northern parts of the study area due to the sandstone and greywacke effects.

The earthquake hazard of the study area is determined by using deterministic and probabilistic approaches. The probabilistic analysis indicated that the occurrence probability of a 7 magnitude (M_w=7) earthquake is %7.42 in 10 years and %32 in 50 years in Istanbul and its environment. Deterministic earthquake hazard analysis is also performed for 14 fault segments in Marmara region which can be cause an earthquake hazard in study area. Soil amplification values in the study area were estimated by shear wave velocities in the depth of 30 m and it was found out that while the southern parts of the study area have middle level hazard in terms of soil amplification, the northern parts have low level hazard.

On the other hand, bearing capacity for shallow foundations and rock sites and consolidation settlement assessment executed in this study due to the re-construction planning in the study area. All the assessment results and geotechnical features of the study area presented with gis based microzonation maps. Thus, pre-informations and maps created for the study area that can be use in earthquake hazard reduction studies.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemiz, aktif bir tektonik kuşak üzerinde bulunmakta olup, deprem, heyelan ve benzeri doğal afetlere elverişli bir topoğrafyaya sahiptir. Bu da, yerleşim alanlarının planlamalarında, zemin özellikleri açısından iyi ve riskli olan bölgelerin tespit edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle 1999 yılında meydana gelen İzmit ve Düzce depremlerinde yaşanan ağır kayıplar ve zararlar, ülkemizde deprem bilincinin ve olası depremlere karşı alınacak önlemler konusundaki duyarlılığın gelişmesine vesile olmuştur.

Yerleşim alanları için deprem riskinin değerlendirilmesinde, depremin olma olasılığı, büyüklüğü ve inceleme alanına olan uzaklığı gibi özelliklerin yanında yerel zemin koşulları da önemli rol oynamaktadır. Deprem dalgaları, zemin tabakaları içinden geçerken yerel zemin koşullarına göre özellikleri değişebilmekte ve zemin yüzeyinde yer alan yapılara etki eden deprem kuvvetlerini azaltabilmekte veya arttırabilmektedir. Aynı şekilde deprem dalgalarının yayılımı sırasında, zemin tabakalarının özellikleri de değişebilmektedir. Yerel zemin koşulları, deprem hareketi sırasında, bir bölgedeki zemin özelliklerinin, kısa mesafelerde bile değişkenlik göstermesine ve meydana gelen yapısal hasarlarda da farklılıklar görülmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, deprem riski yüksek olan bölgelerde yerel zemin koşullarının detaylı olarak araştırılması, depreme dayanıklı yapı tasarımının gelişmesi ve meydana gelebilecek hasarların en aza indirilmesi açısından büyük öneme sahiptir.

Yerel zemin koşullarının detaylı olarak araştırılarak, depreme dayanıklı yapı tasarım parametrelerinin belirlenmesi ile yerleşim alanlarının planlamasına katkı veren en iyi yöntemlerden biri mikrobölgeleme çalışmalarıdır. Mikrobölgeleme terimi genel olarak, yerleşime açılacak bölgelerde planlamaların yapılabilmesi veya mevcut

yerleşim alanlarında meydana gelecek bir deprem sırasında oluşabilecek hasar potansiyelinin belirlenmesi amacı ile, özellikle deprem riski yüksek bölgelerde zeminlerin mühendislik özelliklerinin incelenerek, deprem tehlikesinin yerel zemin koşullarına bağlı olarak bölge içerisindeki değişiminin belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Mikrobölgelemenin aşamalarından söz edilecek olunursa: İlk aşamada inşaat mühendisliği ve şehir planlama amaçları için ön şart olan gerekliliklerin sağlanmasına yönelik olarak, çalışma alanı için deprem kaynak özelliklerinin olasılıksal bir yaklaşımla doğru bir şekilde belirlenmesi gereklidir. İkinci aşamada, jeolojik ve geoteknik saha özelliklerinin ilgili tüm etkenler hesaba katılarak araştırılmasıdır. Bu bilgiler, sahaya bağlı deprem tehlike çalışmaları için gerekli başlıca verilerdir. Üçüncü aşamada ise şehir planlamasında ve deprem riskini azaltmada kullanılabilir uygun ve uygulanabilir mikrobölgeleme parametrelerinin, ilk iki aşamada elde edilen verilerin analizi ve değerlendirilmesi ile oluşturulmasıdır.

Mikrobölgeleme amaçlı hazırlanan haritalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin kullanımı büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Mikrobölgeleme çalışmalarında büyük hacimli veri tabanları ile çalışılmakta ve bu veri tabanlarının hızlı bir şekilde değerlendirilmesi, görüntülenmesi ve sorgulamaların yapılması ancak Coğrafi Bilgi Sistemleri ile sağlanabilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri, dünya üzerinde var olan nesnelere ve meydana gelen olaylara ait bilgileri toplamaya, bunları bilgisayar ortamında depolamaya, sorgulama yapmaya, istenilen format ve ölçekte haritalamaya ve analizlerini yapmaya yarayan yüksek performanslı bir bilgisayar sistemidir. Bu sistem, coğrafi konumu olan nesne ve olaylara ait tüm verilerin toplanmasının ve depolanmasının yanı sıra güncelleştirilmesini, sorgulanmasını, sentezlenmesini ve yeni seçenekler üretilmesini çok kısa bir sürede yapabilecek nitelikte bir teknolojik sistemler bütünüdür. Bu gibi özellikler CBS'ni diğer sistemlerden ayırmakta ve eski haritalama yöntemlerinin yerini almasını sağlamaktadır. Ayrıca, her bir coğrafik nesne için veri girilebilmesi gibi özellikleri sayesinde, bu veri tabanından yararlanmak suretiyle değişik türde sorgulama ve konulu haritalar üretiminde de önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu gibi özelliklerinden dolayı CBS'nin geniş bir kullanım alanı mevcuttur.

Marmara Bölgesinin aktif tektoniği, genel karakteristiği sağ yönlü doğrultu atımlı faylanma olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile kontrol edilmektedir. KAFZ, doğuda Varto'dan başlayarak, batıda Saros Körfezi'ne kadar uzanıp, yaklaşık olarak 1400 km uzunluğundadır ve bu fay zonu üzerinde tarih boyunca pek çok şiddetli deprem meydana gelmiştir. Özellikle 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremlerinin ardından deprem bilimciler, bu kuvvetli depremlerin merkezlerinin Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca doğudan batıya doğru kaydığı öngörüsüyle, KAFZ'nun batı ucunda bulunan İstanbul'un, büyük bir depreme maruz kalacağı olasılığı üzerinde durmaktadırlar. İstanbul'un sahip olduğu nüfus yoğunluğu ve bina stoğu düşünüldüğünde, olası depremde yaşanabilecek kayıplar ve zararlar endişe yaratmaktadır.

Tez çalışmasına konu olan Esenler ilçesi İstanbul'un Avrupa Yakası'nda yer almaktadır. Yaklaşık 11 km²'lik bir alana sahip olmasına rağmen 2008 nüfus sayımına göre, ilçede yaklaşık yarım milyon (464.557) kişi yaşamaktadır. Belediyeden edinilen bilgiye göre ilçede 24.415 adet bina bulunmaktadır ve bu binaların % 70'i kaçak yapılaşma ürünüdür. Muhtemel İstanbul depreminden asgari düzeyde etkilenmek ve ilçeyi kaçak yapılaşmadan arındırmak için Esenler Belediyesi tarafından kentsel dönüşüm projesi hayata geçirilerek, ilçede mahalle bazında kademeli olarak yeniden yapılaşmaya gidilecektir. Bu noktada, özellikle olası depremlerde Esenler ilçesinde yaşanabilecek kayıplar ve zararlar ile bunlara karşı alınacak tedbirler konusunda yapılması gerekli çalışmalar için Esenler Belediyesi'nin ihtiyaç duyduğu akademik danışmanlık hizmeti karşılanarak, başta Esenler Belediyesi tarafından yaptırılanlar olmak üzere, inceleme alanı içerisinde yapılan jeolojik, jeofizik ve geoteknik araştırmalara ait verilerin tez çalışmasında kullanılmasına imkan sağlanmıştır. Tez çalışması için gerekli olan verilerin bir kısmı, Esenler Belediyesi'nin imar planına göre, bazı yerleşime uygun ve önlemler alanlardaki kat sınırlamasının kaldırılmasına yönelik jeolojik-jeoteknik etüt raporu kapsamında yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilmiştir. Bunun yanında, tez çalışmasında oluşturulacak mikrobölgeleme haritalarının inceleme alanını iyi bir şekilde temsil edebilmesi için, belediye aracılığı ile, parsel bazında zemin etüdü yapan firmalar ile görüşülerek, bu firmaların Esenler ilçe sınırları içerisinde, tez için yapılacak çalışmalarda özellikle laboratuvar verisine ihtiyaç

duyulan alanlarda uyguladığı özellikle sondaj çalışmalarına ait bilgilerin kullanımı ile beraber, sondajlar sırasında alınan örselenmiş ve örselenmemiş numunelere ait laboratuvar deney sonuçları temin edilmiştir. Ayrıca İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin 2006 yılında tamamladığı Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi kapsamında Esenler ilçe sınırları içerisinde yapılan arazi çalışmaları ve alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait veriler, tez çalışmasında ve belediye için yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere Esenler Belediyesi tarafından ilgili kurumdan temin edilmiştir. Bunlara ek olarak son 5 yıl içerisinde bölgede çeşitli amaçlar için yapılmış olan sondaj çalışmalarına ait bilgiler de tez kapsamında değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasında, Esenler ilçesinin, mühendislik açısından önem arz eden temel zemin özelliklerini ortaya koyarak, mikrobölgelemede yapılması amacı ile toplam 370 adet sondaj ve 150 adet sismik kırılma çalışmasına ait veriler ile 908 adet örselenmiş, 174 adet örselenmemiş numune ve 39 adet kayaç örneği üzerinde yapılan deney sonuçlarından yararlanılmıştır. Çalışmada öncelikli olarak sondaj bilgileri ve çeşitli kaynaklardan yola çıkarak inceleme alanının jeoloji haritası oluşturulmuştur. Sondaj ve sismik çalışmaların sonuçları kullanılarak inceleme alanında SPT-N₃₀ değerleri ve kayma dalgası hızlarının (Vs) derinlikle değişimi belirlenmiştir. Aynı şekilde, örselenmiş zemin numuneleri üzerinde yapılan kıvam limitleri ve elek analizi deney sonuçları göre yapılan Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması ile inceleme alanında zemin sınıflarının derinlikle değişimi de belirlenmiştir. İnceleme alanında yerel zemin sınıfları ise Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne (TDY) ve NEHRP (A.B.D.) Deprem Yönetmeliği'ne göre belirlenmiştir. İnceleme alanının deprem tehlikesinin belirlenmesi için ise öncelikle aletsel dönemin başlangıcından günümüze kadar olan deprem verileri kullanılarak bölgenin olasılıksal deprem risk analizi yapılmıştır. Bununla beraber, Marmara Bölgesi içerisinde inceleme alanını etkilemesi muhtemel 14 fay segmenti belirlenerek bunların her biri için deterministik deprem tehlike analizleri yapılmış, her bir kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depremler sonrası, inceleme alanında meydana gelebilecek yer hareketleri belirlenmiştir. Bilindiği gibi yerleşim alanlarının planlaması safhasında olası depremlerden kaynaklanacak yerel zemin etkisinin belirlenmesi, depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından oldukça önemlidir. İnceleme alanında yerel zemin

etkisinin belirlenmesi konusunda, sismik çalışmalar sonucu elde edilen kayma dalgası hızı verilerinden yararlanılmıştır. Çeşitli araştırmacılar (Midorikawa, 1987; Joyner ve Furnal 1984; Borchardt ve ark., 1991) tarafından geliştirilen bağıntılar kullanılarak inceleme alanı için zemin büyütme etkisi araştırılmıştır. İnceleme alanı, Siyahi ve Ansal (1993) tarafından mikrobölgeleme çalışmaları için geliştirilen yamaç stabilitesi yöntemine göre değerlendirilerek, çalışma alanında deprem nedeniyle oluşabilecek yamaç stabilitesi sorunları araştırılmıştır. İnceleme alanında yeniden yapılaşmaya gidileceği göz önüne alınarak, konsolidasyon ve üç eksenli basınç deneylerinin sonuçları ve günümüz koşullarına uygun seçilen temel boyutlarına göre inceleme alanında yüzeysel temeller ve kaya ortamlar için taşıma gücü, killi zeminler için ise oturma potansiyeli değerlendirmelerinde bulunulmuştur. Tez kapsamında yapılan araştırmalar, incelemeler, analizler ve değerlendirmelere ait sonuçlar CBS tabanlı oluşturulan mikrobölgeleme haritaları ile sunularak, inceleme alanının yeniden yapılaşması konusunda yapılacak planlamalara katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

BÖLÜM 2. MİKROBÖLGELEMENİN TEMEL İLKELERİ

Bu bölümde, mikrobölgeleme hakkında genel bilgi ve tanımlamalar ile mikrobölgelemenin aşamaları ve içeriğine ait genel bilgiler ile mikrobölgeleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile ilgili genel tanımlamalar, CBS'nin temel bileşenleri ve kullanım alanları ile tez çalışmasında kullanılan CBS yazılımları hakkında bilgilere yer verilmiştir.

2.1. Mikrobölgeleme

Deprem riskinin azaltılmasına yönelik yapılan çalışmaların başlangıç aşamasını oluşturan mikrobölgeleme, yer hareketi karakteristiklerinin belirlenmesi için deprem kaynağı ve zemin şartlarının karşılıklı etkileşimini göz önüne alan disiplinler arası bir konudur (Yağcı, 2005).

Bir bölgede uygun yerleşim alanlarını belirlemek, güvenli binalar yapmak ve yaşam güvenliğini sağlamak için deprem tehlikesinin belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla, son yıllarda depremle birlikte oluşabilecek yıkıcı dinamik kuvvetler, yüzey faylanması, zemin büyütmesi, sıvılaşma ve toprak kayması gibi doğal olayların etkilerini azaltmak için mikrobölgeleme ya da diğer bir adıyla sismik mikrobölgeleme çalışmaları yapılmaktadır. Mikrobölgeleme çalışmalarındaki en önemli nokta, deprem tehlikesini belirlemeye yönelik farklı etkilerin nasıl birleştirileceği ve her bir etkinin ağırlıklarının birbirine göre hangi oranda olacağıdır (Ulutaş, 2006).

Mikrobölgeleme konusunda literatürde pek çok tanımlama bulunmaktadır. Sharma ve Kovaks (1980) mikrobölgelemeyi, sismik etkiye maruz kalan bölgelerde zemin davranışı etkilerinin değişimi olarak modellerken, Nigg (1982) ise mikrobölgelemenin amacının, depremden sonra hasarı en aza indirgeyebilecek doğru

plan ve politikaların uygulanması için riskli bölgelerin küçük parçalara bölünmesi olarak tanımlanmışlardır.

Ansal vd. (2001) tarafından mikrobölgeleme, bir bölgede olabilecek deprem özellikleri göz önüne alınarak zemin tabakalarının nasıl bir davranış göstereceklerinin ve yapıları etkileyecek deprem kuvvetlerinin inceleme bölgesi içinde nasıl bir değişim göstereceğinin belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır.

Finn vd. (1995)'nin tanımlanması ile mikrobölgeleme, yerel zemin şartlarının etkisini göz önüne alarak tasarım için sismik tehlike tahminlerinin geliştirilmesi prosedürüdür. Mikrobölgelemenin amacı doğrultusunda deprem kuvvetlerine karşı yapı tasarımında etkili parametreler kullanılmaktadır. Ancak mikrobölgeleme uygulamalarında amaç parsel bazında uygulamaya yönelik tasarım parametrelerinin kullanılması olmamalıdır. Bu çalışmalar öncelikli olarak, kent planlaması ve arazi kullanım amaçlı parametrelerin belirlenmesini hedeflemektedir. Mikrobölgelemenin temel hedefi gelecekteki deprem kayıplarının önlenmesi olmasına rağmen, bu tür çalışmaların çoğunun, hasar verici bir depremden sonra yeniden yapılması için uygun yerin seçilmesi amacıyla oluşturulduğu bilinmektedir (Marcellini and Slejko, 1995).

Mikrobölgeleme, olumsuz deprem etkilerinden zemin açısından farklı oranda etkilenebilecek bölgelerin belirlenmesidir. Bölgeleme ise, deprem tehlikesinin geniş bir bölge ya da ülke çapında dağılımını dikkate almaktadır. 1/1.800.000 ölçekli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası bir sismik bölgeleme haritasıdır ve genel olarak yerleşimin planlanmasında kullanılabilir. Fakat, bina tasarımı için zeminle alakalı ivme parametrelerinin belirlenmesi konusunda yetersiz kalmaktadır. Çünkü zemin koşulları bölgesel olarak çok değişkenlikler gösterebilmekte ve bu durumda Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanmış olan 4 tip zemin için verilen ivme tasarım spektrumları, her zaman için geçerli olmamaktadır. Bu nedenle mikrobölgeleme yapılarak zemin koşullarının etkisinin gerçekçi bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir (İnce, 2005).

Ansal ve diğ. (2003)'e göre mikrobölgeleme çalışmaları yapılmasının başlıca nedeni kent planlaması ve arazi kullanım amaçlı çalışmalarda yararlanılabilecek parametrelerin tanımlanması ve inceleme bölgesi içinde değişimlerinin belirlenmesidir. Bu nedenle mikrobölgeleme için seçilen parametrelerin bu anlamda kent plancıları ve kamu yöneticilerince anlaşılabilir ve kullanılabilir parametreler olması istenir. Diğer yandan mikrobölgelemenin ana amacı insan yapısı ortamlarda deprem hasarlarının en aza indirilmesidir. Dolayısıyla seçilen parametreler bu amaca da uygun olmalıdır. Ancak bu şekilde belirlenebilecek farklı alanlarda kent planlaması için yerleşim yoğunlukları ve yapı özellikleri gibi konularda bazı kararlar alınabilir. Diğer önemli bir konu da, yapılacak çalışmaların olasılıksal bir çerçevede değerlendirilmesinin uzun dönemli bir kent planlaması için farklı kaynak bölgelerinde oluşabilecek farklı depremlerin göz önüne alınması açısından gerekli gözükmektedir.

Sherif (1982)' e göre mikrobölgelemenin genel amacı, deprem hasarlarını en aza indirmek için doğru arazi kullanımını sağlamaktır. Arazilerin bir plan çerçevesinde düzenli olarak kullanılabilmesi için mikrobölgeleme, jeolojik, sismolojik ve geoteknik etkenleri göz önüne alarak, uygun yerleşim alanlarının oluşturulması ile ilgilenir. Böylece mühendisler, deprem sırasında hasarın en az olabileceği bölgelerde tasarım yapma şansına kavuşmuş olacaklardır. Mikrobölgelemede amaç, sadece yeni yerleşim bölgelerinin planlanması değildir. Mevcut yapılarda oluşabilecek hasara karşı da gerekli tedbirlerin alınması amaçlanır. Bu nedenle sağlıklı bir mikrobölgeleme çalışması mevcut binalardaki hasar potansiyelinin belirlenmesi için gerekli bilgilerle donatılmış olmalıdır.

Bir mikrobölgeleme çalışmasında ilk aşama, deprem kaynak ve yol karakteristiklerini göz önüne alarak olabilecek yer hareketi için tehlike analizidir. İkinci aşamada, geoteknik zemin şartları ve belirlenen yer hareketi altında zemin tabakalarının davranışları belirlenmektedir. Son aşamada, ilk iki aşamadan elde edilen sonuçlara dayanan bir bölgeleme oluşturulmaktadır (Ansal ve Marcellini, 1998).

Mikrobölgeleme için, ISSMFE (Uluslararası Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Birliği) tarafından hazırlanan el kitabı, bölgesel yer hareketi davranışı, şev stabilitesi ve sıvılaşma olmak üzere üç tip geoteknik olayın değerlendirmesi için kabul edilmiş yaklaşımları içermektedir (Tablo 2.1). Yer hareketi için mikrobölgeleme çalışmaları, içeriğine dayalı olarak üç farklı aşamada gruplanmaktadır. Birinci aşama, mevcut bilgilerin ve tarihi dokümanların derlenmesine ve yorumlanmasına dayalı genel bir bölgeleme ile tanımlanabilir. İkinci aşama, basit geoteknik çalışmaları ve mikrotremor ölçümlerini kapsamaktadır. Üçüncü aşama bölgeleme ise detaylı geoteknik araştırmalar ve sayısal analiz yöntemlerine dayanmaktadır (TC-ISSMFE, 1993).

Mikrobölgeleme çalışmalarında teoride ve uygulamada gelinen en son durum, “Deprem Risklerini Azaltmak için Mikrobölgeleme” (MERM) adı verilen çalışma ile “Belediyeler için Sismik Mikrobölgeleme” genel başlıklı projede derlenmiştir. DRM (World Institute for Disaster Risk Management) tarafından Marmara Bölgesi için organize edilen projede, 1999 Kocaeli depreminden ciddi olarak etkilenen, Kocaeli ve Sakarya illeri bu detaylı bilimsel çalışma için seçilen pilot illerdir. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin ardından, etkilenen bölgedeki bina standartlarının ve arazi kullanımının düzenlenmesine ait yaklaşımların yetersizliği konusunda genel bir görüş birliği sağlanmıştır. Bu projenin, mikrobölgeleme ile ilgili, sismolojik, geoteknik ve yapısal faktörlerin bilimsel değerlendirmesinde teknik bir destek sağlanması planlanmıştır. Bu iki pilot çalışmadan çıkarılan sonuçlara da dayalı olarak, Türkiye’de arazi kullanımının düzenlenmesi ve mikrobölgeleme için bir el kitabı hazırlanmıştır (MERM, 2003).

Tablo 2.1. Üç aşamada mikrobölgeleme için veri kullanımı (ISSMFE, 1993)

	GENEL BÖLGELEME (1. AŞAMA)	AYRINTILI BÖLGELEME (2. AŞAMA)	ÇOK AYRINTILI BÖLGELEME (3. AŞAMA)
YER HAREKETİ	<ul style="list-style-type: none"> •Alel ve tarihsel deprem katalogları •Kuvvetli yer hareketi kayıtları •Jeolojik haritalar •Bölge halkı ile bilgi alış verışı 	<ul style="list-style-type: none"> •Kuvvetli yer hareketi kayıtları •Mikrotremör ölçümleri •Geoteknik çalışmalar 	<ul style="list-style-type: none"> •Geoteknik araştırmalar •Yer tepki çözümlemesi
YAMAÇ DURAYSIZLIĞI	<ul style="list-style-type: none"> •Alel ve tarihsel deprem katalogları •Jeolojik ve jeomorfolojik haritalar 	<ul style="list-style-type: none"> •Hava fotoğrafları ve uzaktan algılama •Arazi çalışmaları •Bitki örtüsü ve yağış bilgisi 	<ul style="list-style-type: none"> •Geoteknik araştırmalar •Laboratuar analizleri
SIVILAŞMA	<ul style="list-style-type: none"> •Alel ve tarihsel deprem katalogları •Jeolojik ve jeomorfolojik haritalar 	<ul style="list-style-type: none"> •Hava fotoğrafları ve uzaktan algılama •Arazi çalışmaları •Bölge halkı ile bilgi alış verışı 	<ul style="list-style-type: none"> •Geoteknik araştırmalar •Laboratuar analizleri
HARİTA ÖLÇEĞİ	1:1.000.000 – 1:50.000	1:100.000 – 1:10.000	1:25.000 – 1:5.000

2.1.1. Birinci aşama: Genel Bölgeleme

Bu ilk aşama, tarihsel kaynaklar, yayınlanmış raporlar ve inceleme alanına ait önceki çalışmalardan elde edilen verilerin sayısal ortama aktarılıp yorumlanması temeline dayanmaktadır. Bu yaklaşım genellikle ülke sınırlarının tamamı, ülkenin büyük bir bölümü veya kent sınırlarının tümünü kapsayacak şekilde hazırlanan en genel ve en düşük maliyetli bir bölgeleme yaklaşımıdır. Bölgelemenin bu düzeyi için haritalama 1:1.000.000-1:50.000 ölçek aralığında yapılabilir.

Bu aşamada, yer hareketi tehlikesinin bölgelendirilmesi için alel ve tarihsel döneme ait kataloglar kullanılabilir. Bu kataloglar, her bir depreme ait magnitüd ve dışmerkez dağılımlarını içermelidir. Özellikle büyük depremler için kataloglardan elde edilen bilgiler, odak mekanizması çözümlerini ve depremlerin kayma dağılımlarını da içermelidir. Böylece kuvvetli yer hareketine etkileyen kaynak etkisi ve fay geometrisi hesaba katılabilir. Kuvvetli yer hareketi azalım ilişkileri, olası yer hareketinin değerlendirilmesinde önemli rol oynamakta ve inceleme alanını etkileyecek pik ivmenin belirlenmesinde kullanılmaktadır. İnceleme alanı için eğer kuvvetli yer hareketi dağılım haritaları oluşturulamıyorsa tarihsel depremlerin yol

açtığı hasar verisi kullanılarak sarsıntı şiddetinin alansal dağılımı, yer hareketi etkisini belirlemede kullanılabilir. Ayrıca geçmiş deprem bilgisi, sismik kaynak bölgelerinin doğru değerlendirilmesi ve bu bölgelerin gelecekteki deprem etkinliğinin kestirilmesi açısından da önemlidir. Sismik kaynak bölgelerinin belirlenmesinde, bölgenin tektonik aktivitesinden de yararlanılabilir. Belirlenen sismik kaynaklar, deprem oluşum modelleri ile bir arada değerlendirilerek, inceleme alanının gelecek deprem etkinliğine yönelik deterministik veya olasılıksal modeller oluşturulur ve inceleme alanı için yer hareketi etkisi belirlenebilir.

Genel bölgelemenin belirlenmesinde zemin büyütme etkisi için yüzey jeolojisine bağlı çeşitli yöntemlerden yararlanır. Borchardt ve Gibbs (1976), nükleer denemeler sırasında oluşan yer hareketinin, değişik zemin yapısına sahip bölgelerde neden olacağı büyütme etkisini, granit zemin üzerinde belirledikleri referans noktasına göre belirlemeye çalışmışlardır. Sonuç olarak yer hareketinin etkisinde zemin yapısına bağlı meydana gelen artışın, ortaya çıkacak bağıl büyütme faktörü ile yakından ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Shima (1978) ve Midorikawa (1987) yaptıkları benzer çalışmalarda, farklı yüzey jeolojisi nedeniyle görülebilecek bağıl büyütme faktörü değerlerini, zeminin sismik davranışını dikkate alarak yaptıkları analitik hesaplamalar ile belirlemeye çalışmışlardır. Zemin büyütme etkisinin belirlenmesine yönelik kullanılan bir diğer yöntem de kuvvetli yer hareketi kayıtları kullanılarak belirlenen deneysel büyütme yöntemidir (Kremidjian ve diğ., 1991). Bu yöntemle göre farklı zeminlerde alınan pik yer ivmesi (PYİ) değerleri birbirine oranlanarak yüzeydeki zemin büyütme etkisi için PYİ artış oranı belirlenebilir.

Bu aşamada mikrobölgeleme için kullanılan bir diğer etki yamaç duraysızlığıdır. Yamaç duraysızlığının belirlenmesinde tarihsel depremlerden ve bölgede yapılan daha önceki çalışmalardan yararlanılabilir. Bu, daha önceki depremlerin hangi uzaklıklarda ve ne tür jeolojik koşullarda, depremlerin yamaç duraysızlığına yol açtığı belirlenmesi şeklinde olabilir.

Genel bölgelemenin belirlenmesinde bir diğer önemli etki de sıvılaşma etkisidir. Bu etkinin belirlenmesinde tarihsel depremlerden, bölge için daha önce oluşturulmuş jeolojik ve jeomorfolojik haritalardan yararlanır. Özellikle bu tür haritalarda

Kuvaterner yaşlı sedimentlerin jeolojik karakteristikleri üzerine ne kadar ayrıntıya gidilebilirse, bölgeleme haritaları da o kadar başarılı olacaktır. Çünkü bu aşamada geoteknik parametreler kullanılmıyorsa, sivilaşmaya ve zemindeki yenilmeye yol açan Kuvaterner yaşlı sedimentlerin dağılımından yararlanılabilir.

Mikrobölgeleme çalışmalarında hesaba katılan bir diğer yerel etki, fay etkisidir. Bu etki, faylanmayla oluşan yer değiştirme etkisini hesaba katmak için yapılır. İnceleme alanında deterministik veya olasılıksal tehlike çözümleri yapılarak aktif faylar etrafında özel tampon (buffer) kuşaklar oluşturulur ve verilen farklı magnitüdüler için yer değiştirme etkisi mikrobölgeleme çalışmalarına dahil edilir (ATC, 1985). Bu yöntem gerçekte fayın bir parçasının kırılması temeline oturtulmuş çalışmalara göre daha iyi bir yaklaşımdır. Çünkü inceleme alanının herhangi bir bölgesinde depreme bağlı bir faylanma oluşabilir. Ancak, bölgede bulunan diğer tali faylar süreksizlik kuşağı olduğundan dolayı salınıma bağlı olarak etkileneceklerdir. Bu yaklaşım mikrobölgeleme çalışmalarında fay tehlikesine bağlı bir etki olarak kullanılır.

2.1.2. İkinci aşama: Ayrıntılı Bölgeleme

İkinci aşama yöntemleri için birinci aşamadan daha fazla zemin bilgisine gerek vardır. Birinci aşamada kullanılan bölgeleme haritasının yeterliliği ek veri kaynakları ile önemli oranda geliştirilebilir. Yerel alanlar için geoteknik özellikler değerlendirilmelidir. Bölgelemenin bu düzeyi için haritalama 1:100.000 ile 1:10.000 ölçek aralığında yapılabilir.

Yer hareketinin belirlenmesinde, bu aşamada kuvvetli yer hareketi verileri kullanılabilirdiği gibi mikrotremor ölçümleri de kullanılabilir. Genel bölgelemede olduğu gibi bölgelemenin bu aşamasında da kuvvetli yer hareketi çalışmaları ile bölgenin maksimum yer ivmesi dağılımı belirlenebilir. Mikrotremör ölçümleri ile bölgeye ait yer hakim titreşim periyodu belirlenerek, zeminin olası yer hareketlerine karşı frekans tepkisi hesaba katılabilir.

Zemin büyütmesinin belirlenmesinde, farklı zeminlerde alınan kuvvetli yer hareketi kayıtları, birbirine oranlanarak göreceli olarak zeminler arasında yaklaşık bir

büyütme oranı belirlenebilir (King ve Kiremidjian, 1994). Yine bu ölçekte mühendislik jeolojisinden yararlanılarak jeolojik birimlerin yer büyütmesi ile ilgili tehlike etkileri belirlenebilir. Fakat bu ölçekte daha ayrıntılı ölçümlere gerek vardır. Bunun için mikrotremör ölçümleri ve geoteknik araştırmalar kullanılabilir.

Ayrıntılı bölgelemede yamaç duyarsızlığı etkisi uzaktan algılama teknikleri, hava fotoğrafları, geçmiş depremlerde oluşan yamaç duyarsızlıkları bilgisi, bitki örtüsünün türü, inceleme alanına düşen ortalama yağış bilgisi, eğim, yükseklik, faylanma alanına uzaklık, dolgu yamaç boyu, yamacı oluşturan kayacın sertlik derecesi gibi ayrıntılı çalışmalara bağlıdır.

Sıvılaşma etkisi ise uzaktan algılama teknikleri, hava fotoğrafları, ayrıntılı jeolojik ve jeomorfolojik haritaların oluşturulması, sıvılaşmaya uygun birimlerin sınıflandırılmasına yönelik arazi çalışmaları, geçmiş depremlerde sıvılaşma oluşmuş alanlar üzerine yöre halkı ile görüşmeler yapılarak belirlenebilir.

Bu aşamada hava fotoğrafları ve uzaktan algılama çalışmaları, fayları ve jeolojik formasyonları tanımlamada da yardımcı olabilir. Böylece inceleme alanı içerisindeki ana fay kuşaklarına ek olarak, tali faylar da bölgeleme haritalarına dahil edilerek süreksizlik oluşturan bölgelerde tehlike etkisi belirlenebilir.

2.1.3. Üçüncü aşama: Çok Ayrıntılı Bölgeleme

1:25.000 ile 1:5.000 ölçek arasında çok ayrıntılı olarak belirlenen yerel zemin etkilerine dayalı mikrobölgeleme çalışmalarıdır. Bu aşamada, birinci ve ikinci aşamalarda tanımlanan yöntemlere ek olarak, geoteknik ölçümlerin birleşimi sonucu daha ayrıntılı bir bölgeleme yapılabilir. Diğer iki aşamada olduğu gibi yer hareketi, zemin büyütmesi, yamaç duyarsızlığı, fay etkisi ve sıvılaşma potansiyeli gibi etkenler bir arada değerlendirilerek mikrobölgeleme yapılabilir. Ayrıntılı saha incelemesi bazlı özel bilgiye gereksinim duyulan bu bölgeleme seviyesi, diğer aşamalara göre hem daha zaman alıcı hem de daha pahalıdır. Ancak deprem tehlike potansiyelinin çok yüksek olduğu alanlar için bu seviyede mikrobölgeleme yapılmalıdır.

Yer hareketini etkisinin ve zemin büyütmesinin belirlenmesinde mikrotremör ölçümlerinden, geoteknik araştırmalardan ve yer tepki çözümlemesi (ground response analyses) çalışmalarından yararlanılır.

Çok ayrıntılı bölgelemede yamaç duraysızlığı etkisi, genellikle arazi çalışmalarıyla yürütülür. Bu etki, kaymayı oluşturacak kritik ivme, yerçekimi, zeminin kohezyonu, tabakanın içsel sürtünme açısı, zeminin birim hacim ağırlığı, yamacın eğimi, taşıma gücü, kayma yüzeyi gibi geoteknik faktörlere bağlı olarak belirlenir.

Bu aşamada sıvılaşma etkisinin belirlenmesi, diğer aşamalara göre daha ayrıntılı zemin bilgisi gerektirir. Zeminin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde sıvılaşma direncinin ve depremle birlikte zeminde oluşan en büyük ya da eşdeğer tekrarlı (cyclic) kayma gerilmesinin kestirilmesi gereklidir. Ayrıca bu iki parametreye bağlı olarak zeminin sıvılaşma potansiyeli ile ilgili güvenlik katsayısı belirlenmelidir. Sıvılaşma potansiyeli, zemin numuneleri üzerinde laboratuvar testleri ya da arazide yapılan testler kullanılarak belirlenebilir. Bu testlerden en yaygın kullanılanları Standart Penetrasyon Testi (SPT) ve Konik Penetrasyon Testi'dir (CPT). Kayma dalgası hız (Vs) değerleri de sıvılaşma etkisinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Fay etkisinin belirlenmesi için, bu aşamada da daha önceki aşamada olduğu gibi uydu görüntülerinden ve hava fotoğraflarından yararlanılabilir.

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Bir mikrobölgeleme çalışmasında, yerel zemin koşullarını açıklayan parametrelerin bölgedeki değişimin belirlenmesi ve bu parametrelerin analizi sonucu elde edilen veri tabakalarının birleştirilerek aralarındaki ilişkilerin anlaşılması gerekmektedir. Ayrıca elde edilen tüm veriler coğrafi koordinatlar ile ilişkilendirilmelidir. Bütün bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi ve uygulanabilmesi için istatistiksel veya matematiksel coğrafi analizlerine ve verilerin görsel olarak sunumlarının yapılmasına gereksinme vardır. Bu amaç için kullanılan en iyi araçlardan birisi de Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)' dir (Demir, 2006).

2.2.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin tanımı

Coğrafi Bilgi Sistemlerini, kısa adıyla CBS'yi, yeryüzüne ait bilgileri belirli bir amaca yönelik olarak toplama, bilgisayar ortamında depolama, güncelleştirme, kontrol etme, analiz etme ve görüntüleme gibi işlemlere olanak sağlayan bir bilgisayar sistemi olarak tanımlamak mümkündür. Yeryüzüne ait bilgiler genellikle coğrafi koordinatları referans aldıklarından CBS, harita sistemi olarak da algılanmaktadır.

Veri tabanı yönetim sistemlerinin bilgi paylaşımındaki önemi, harita destekli uygulamalarla daha fazla ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle temel altlığı çeşitli ölçeklerde harita olan CBS, harita destekli uygulamalardan mümkün olan en iyi şekilde yararlanmayı ve analiz etmeyi sağlamaktadır. Harita üzerindeki bilgiler grafiksel olarak ifade edilebildiğinden konuma dayalı grafik ve grafik olmayan nitelikleri açıklayan bilgilerin bir bütün içinde aynı sistemde toplanıp analiz edilmesi gereği, CBS'nin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bilgilerin tek bir sistem içerisinde toplanarak depolanması, modellenerek analiz edilmesi, eldeki bilgilere hızlı ve güvenli bir ulaşımı sağlayacağından sistemin etkinliği ve güvenilirliği daha fazla olacaktır. CBS'nin dünyada konumsal bilgi ile ilgilenen kişi, kurum ve kuruluşlar arasında geniş bir merak uyandırması, gelişmelerdeki hızlı değişiklikler, özellikle ticari beklentiler, farklı uygulama ve fikirler, CBS ile ilgili çok farklı tanımları ortaya çıkarmıştır. CBS, bazı araştırmacılara göre konumsal bilgi sistemlerinin tümünü içeren ve coğrafik bilgiyi irdeleyen bir bilimsel kavram, bazılarına göre; konumsal bilgileri sayısal yapıya kavuşturan bilgisayar tabanlı bir araç, bazılarına göre de; organizasyona yardımcı olan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak nitelendirilmektedir (Mola, 2005).

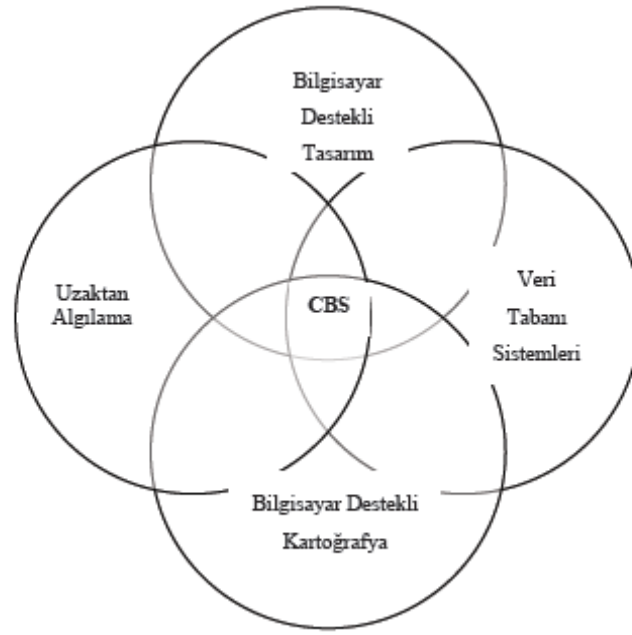
Burrough (1998), CBS'ni belirli bir amaç ile yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transferi ve görüntülenmesi işlevini yerine getiren araçların tümü olarak tanımlamaktadır. Diğer bir tanım Dale ve McLaughlin (1988) tarafından "CBS genel harita bilgilerini görüntülemeye yarayan bilgi yönetimi sisteminin bir şeklidir" olarak yapılmıştır. Yomralıoğlu, (2000) ise "Coğrafi Bilgi Sistemleri konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin

toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir” şeklinde tanımlamaktadır.

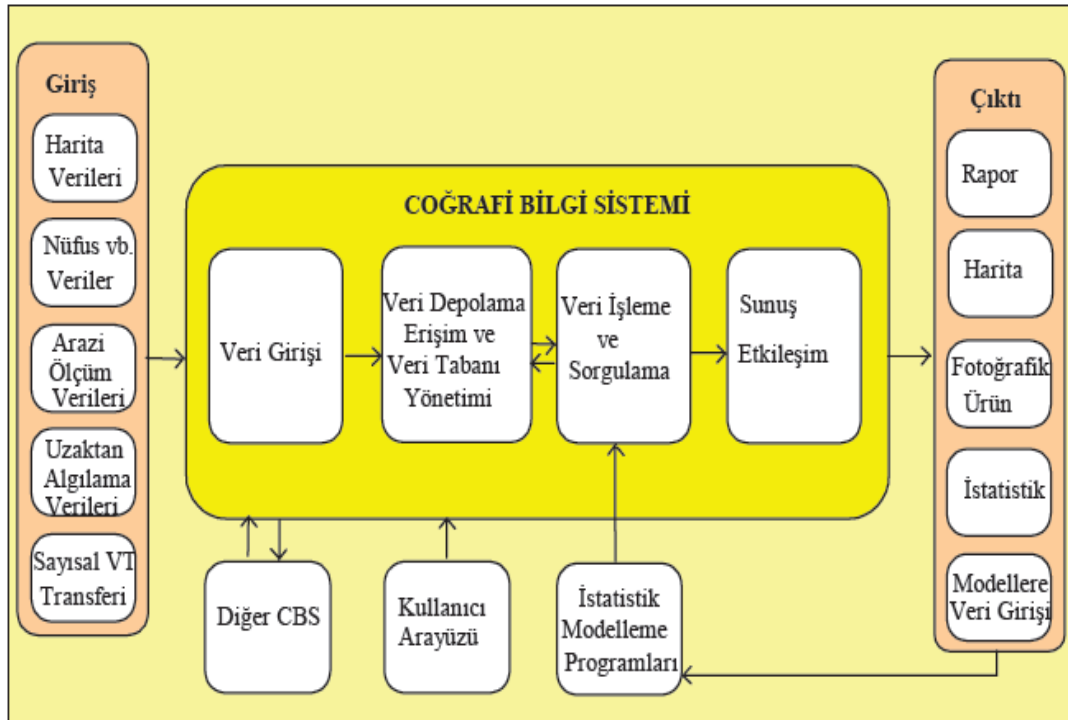
CBS’de grafik olan (harita) ve grafik olmayan (tanımsal/tablosal) bilgiler arasında etkili bir iletişim yapısı mevcuttur. Coğrafi Bilgi Sistemleri’ni diğer bilgi sistemlerinden ayıran en önemli özellik coğrafi analiz, diğer bir ifade ile konumsal analitik işlemleri gerçekleştirebilme yeteneğidir. Genellikle bilgisayar destekli sistemler yapılan işlemlerde tam otomasyonu tesis etmek üzere geliştirilmişken, CBS, bu sistemlerden farklı olarak gereğinde konum verilerinden yeni bilgiler üretme yeteneğine sahiptir. Bilhassa grafik ve grafik olmayan veri tabanlarının birbirleri ile olan etkileşimi kullanıcıya çok yönlü çözümler sunarak CBS’ni diğer klasik sistemlerden farklı kılmaktadır. Sözü edilen sistemlerle CBS arasındaki ilişki Şekil 2.1’de gösterilmektedir (Yomralıoğlu, 2000). Şekilden görüleceği gibi bu sistemlerin CBS ile birçok ortak yönleri vardır. Coğrafi Bilgi Sistemleri bir anlamda bu sistemlerin evrimlerini tamamlamaları ile ortaya çıkmış, dolayısı ile CBS, birçok yönü ile bu sistemlerden esinlenmiştir (Yomralıoğlu, 2000). Şekil 2.2’de ise CBS’de verilerin integrasyonu şematik olarak gösterilmektedir (Batuk, 2001). Coğrafi bilgi sistemlerinin sağlıklı bir şekilde çalışması için dört temel ilkenin yerine getirilmesi gerekmektedir. Bunlar; veri depolama, veri yönetimi, veri işlem ve veri sunumudur.

2.2.1.1. Veri depolama

Coğrafi veriler CBS’de kullanılmadan önce mutlaka dijital forma dönüştürülmelidir. Verilerin kağıt ya da harita ortamından bilgisayar ortamına dönüştürülmesi işlemine sayısallaştırma denilmektedir. Büyük boyutlu projelerde bu tür işlemler tarama tekniği kullanılarak otomatik olarak gerçekleştirilirken, küçük boyutlu projelerde daha çok masa tipi sayısallaştırıcılar kullanılarak elle sayısallaştırma yapılabilmektedir.



Şekil 2.1. Konumsal veri işleme teknikleri ve CBS arasındaki ilişkiler (Yomraloğlu, 2000)



Şekil 2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde verilerin integrasyonu (Batuk, 2001)

2.2.1.2. Veri yönetimi

Küçük boyutlu CBS projelerinde coğrafi bilgilerin küçük boyuttaki dosyalarda saklanması mümkün olmaktadır. Ancak, veri hacimlerinin geniş ve kapsamlı olması durumunda Veri Tabanı Yönetim Sistemleri ile verilerin saklanması, organize edilmesi ve yönetilmesi mümkün olmaktadır. Veri Tabanı Yönetim Sistemleri bir bilgisayar yazılımı olup veri tabanlarını yönetmekte veya birleştirmekte kullanılabilir. Birçok yapıda tasarlanmış Veri Tabanı Yönetim Sistemleri vardır ancak CBS için en kullanışlı ilişkisel veri tabanı sistemleridir. Bu sistem tasarımında veriler tablo bilgilerinin elde edilmiş mantığına uygun olarak bilgisayar belleğinde saklanmaktadır. Farklı bilgilerin birbiri ile ilişkilendirilmesinde bu tablodaki ortak sütunlar kullanılmaktadır.

2.2.1.3. Veri işlem

CBS projeleri içerisinde verilerin birbirine dönüştürülmesi veya irdelenmesi gerekebilmektedir. Örneğin konumsal bilgiler farklı ölçeklerde olabilir ve bilgiler birleştirilmeden önce bu ölçeklerin aynı ölçeğe dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm geçici olarak görüntü üzerinde olabileceği gibi analiz yapılarak kalıcı bir hale de getirilebilmektedir. CBS teknolojisi, konumsal verilerin sorgulanması ve analizinde, yazılımlar sayesinde bir çok veriyi her türlü geometrik ve mantıksal işleme tabi tutabilmektedir.

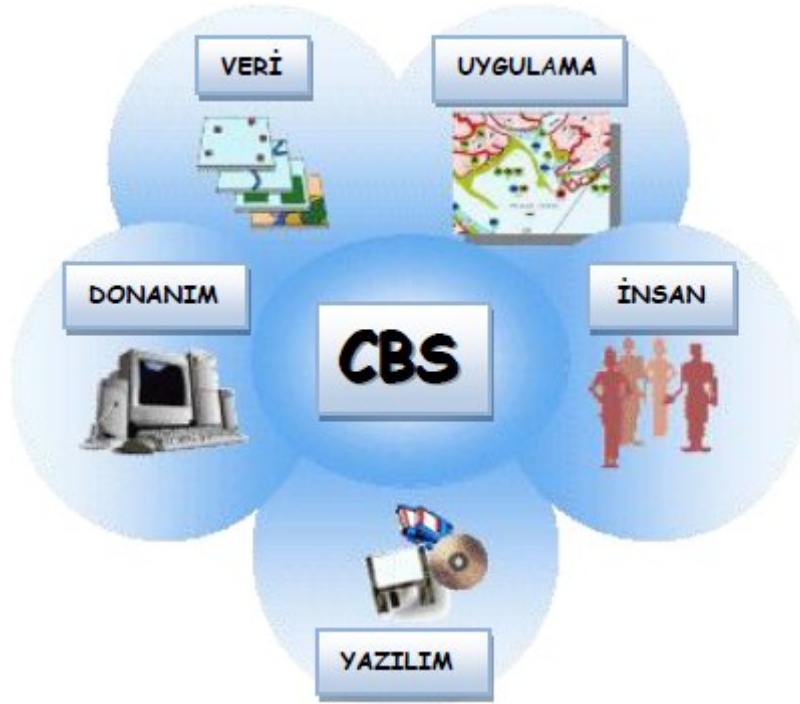
2.2.1.4. Veri sunumu

Yapılan birçok coğrafi işlemin sonuçları harita ve grafik gösterimlerle CBS’de görsel hale getirilebilmektedir. Elde edilen bu haritalarla coğrafi bilgilerin değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

2.2.2. CBS’nin bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri’nin temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için Şekil 2.3’de gösterildiği gibi en az beş ana unsurun bir arada olması gerekmektedir (Batuk,

2001). Bu unsurlar CBS'nin bileşenleri olarak isimlendirilen, donanım, yazılım, veri, insanlar ve yöntemlerdir.



Şekil 2.3 Coğrafi Bilgi Sistemler'nin temel bileşenleri

2.2.2.1. Donanım (hardware)

CBS'nin işlemlerini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözüken bilgisayar yanında, yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin, yazıcı (printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner), sayısallaştırıcı (digitizer), veri kayıt üniteleri (data collector) gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır. Bugün birçok CBS yazılımı farklı donanımlar üzerinde çalışmaktadır. Merkezileştirilmiş bilgisayar sistemlerinden masaüstü bilgisayarlara, kişisel bilgisayarlardan ağ (network) donanımlı bilgisayar sistemlerine kadar çok değişik donanımlar mevcuttur.

2.2.2.2. Yazılım (software)

Yazılım, bilgisayarda koşabilen program, coğrafik bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarıdır. Yazılımların pek çoğunun ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmesi yanında üniversite ve benzeri araştırma kurumlarınca da eğitim ve araştırmaya yönelik geliştirilmiş yazılımlar da mevcuttur. Dünyadaki CBS pazarının önemli bir kısmı yazılım geliştiren firmaların elindedir. Bu bakımdan günümüzde CBS, bu tür yazılımlarla neredeyse özdeşleşmiş durumdadır. En popüler CBS yazılımları olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass vb. verilebilir. Coğrafi Bilgi Sistemi'ne yönelik bir yazılımda olması gereken temel unsurlardan bazıları şunlardır; a) Coğrafik veri/bilgi girişi ve işleme için gerekli araçları bulundurması, b) Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olmak, c) Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemeli, d) Ek donanımlar ile olan bağlantılar için ara-yüz desteği olmalıdır.

2.2.2.3. Veri (data)

CBS'nin en önemli bileşenlerinde biri de "veri"dir. Grafik yapıdaki coğrafik veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. CBS, konumsal veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Böylece birçok kurum ve kuruluşa ait veriler organize edilerek konumsal veriler bütünleştirilmektedir. Veri, uzmanlarca CBS için temel öge olarak kabul edilirken, elde edilmesi en zor bileşen olarak da görülmektedir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. Nitekim CBS'ne yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin yaklaşık % 50' den fazlası veri toplamak için gerekmektedir.

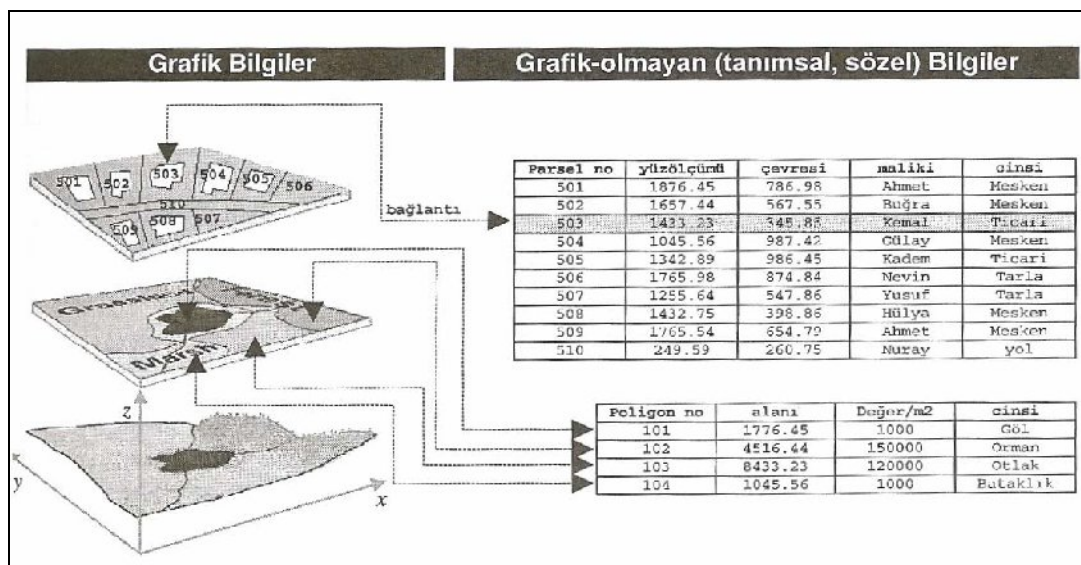
CBS, temel olarak iki tür veri grubundan oluşmaktadır. Bunlar; Grafik ve/veya Mekansal Veriler ve Öznitelik veya Grafik Olmayan Verilerdir. Şekil 2.4'de Grafik ve Grafik olmayan bilgilerin basit bir gösterimi sunulmuştur (Yomralıoğlu, 2000).

Grafik bilgiler;

Belli bir koordinat sistemini referans kabul ederek, sistem uzayında koordinatla ifade edilen bilgilerdir. Grafik bilgiler koordinatlarla ifade edildiğinden detayın büyüklüğü hakkında da bilgi verirler. Böylece grafik bilgiler, değişik ortamlarda, örneğin kağıt ortamında gerçekte oldukları gibi görünürler. Buna en iyi örnek haritalardır. Haritalar, koordinat bilgisine dayalı olarak, coğrafik detayların belli ölçeklerdeki gösterim şeklidir ve bu bakımdan CBS’de grafik bilgi olarak algılanmaktadırlar.

Grafik olmayan bilgiler;

Coğrafi varlıkların koordinat bilgilerinin yanında bu varlıkların diğer özelliklerini belirten bilgiler de CBS’de kullanılmaktadır. Bu bilgiler genellikle tanımlayıcı nitelikteki yazılı bilgiler olup coğrafi varlıkların öznelik bilgilerinden oluşmaktadır. Öznelik bilgisi, grafik olarak ifade edilemeyen bilgilerin metin olarak ifade edilmeleridir. Örneğin nokta şeklinde grafik bilgisi olan bir varlığın tam olarak tanımlanabilmesi için o noktanın adı, numarası, işlevi gibi grafik olmayan bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. CBS ile örneğin nokta şeklinde koordinat bilgisine sahip bir varlığın diğer grafik olmayan bilgileri birbirleriyle ilişkilendirilebilmekte ve istenilen sorgulamalar yapılarak, yapılan bu sorgulamalar görsel olarak izlenebilmektedir.



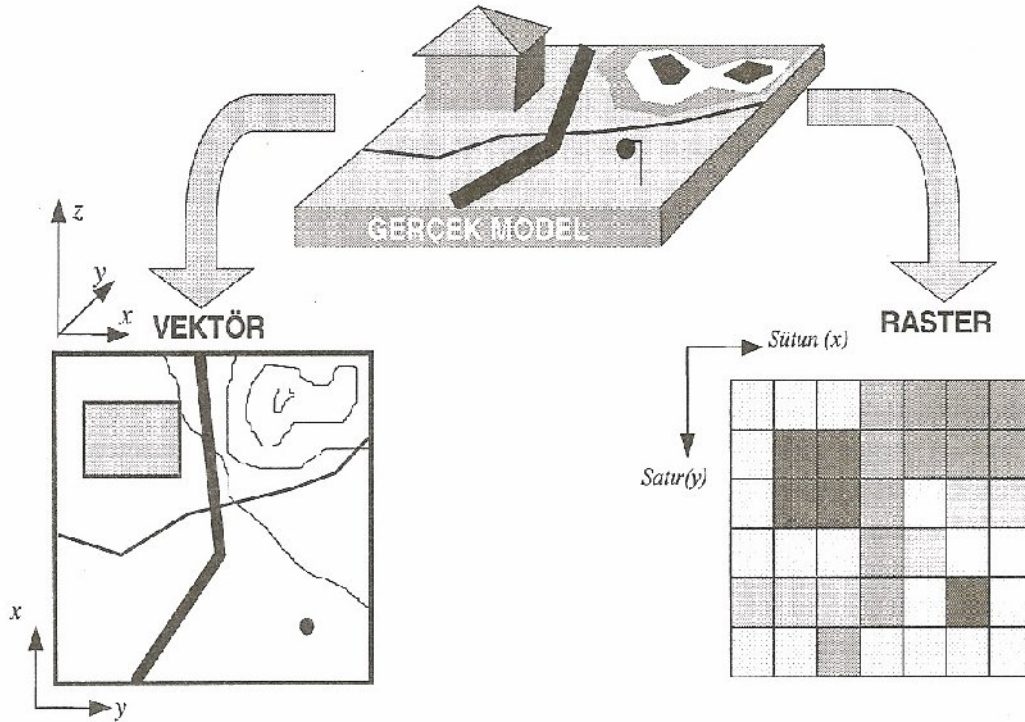
Şekil 2.4. Grafik ve Grafik olmayan bilgilerin basit bir gösterimi (Yomralıoğlu, 2000)

CBS’de kullanılan veri yapıları;

Coğrafi verilerin bilgisayara aktarılması, bilgisayarda işlenmesi ve görüntülenmesi için öncelikle verilerin bilgisayarda anlaşılır bir hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm, verilerin sayısal diğer bir deyişle dijital forma getirilmeleri ile mümkün olmaktadır. Ayrıca dijital şekle dönüştürülen verilerin, bilgisayarda gerçek modeli yansıtabilmesi için konumsal veri modellerinden birinin tercih edilmesi ve veri yapısının buna göre tasarlanması gerekmektedir. Coğrafi bilgi sistemlerinde konumsal veri modelleri Şekil 2.5’de görüldüğü gibi ikiye ayrılmaktadır (Yomralıoğlu, 2000). Bunlar; Vektör Veri Modeli ve Raster Veri Modeli’dir.

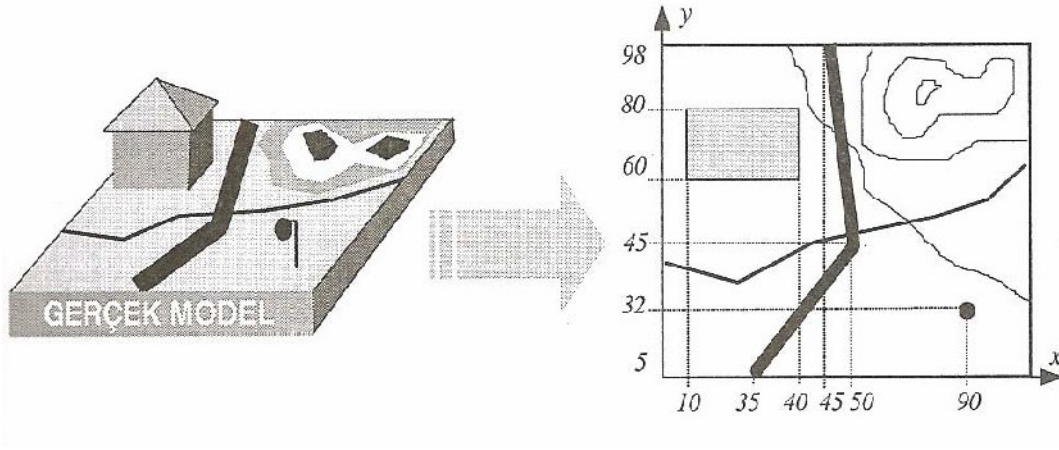
Vektör veri yapısı;

Coğrafi veriler, vektör veri modelinde tıpkı bir harita görünümüne sahiptirler. Bu görünümde, noktalar; sabit alanların çok küçük boyutlu şekillerini, çizgiler; süreklilik ve alan özelliği gösteren yine çok küçük boyutlu coğrafik varlıkları, poligonlar ise; homojen yapıya sahip bütünlük gösteren coğrafik varlıkları temsil etmektedir. Şekil 2.6’da vektörel gösterimle ilgili bir örnek bulunmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).



Şekil 2.5. Coğrafi veri modellerinin gösterimi (Yomralıoğlu, 2000)

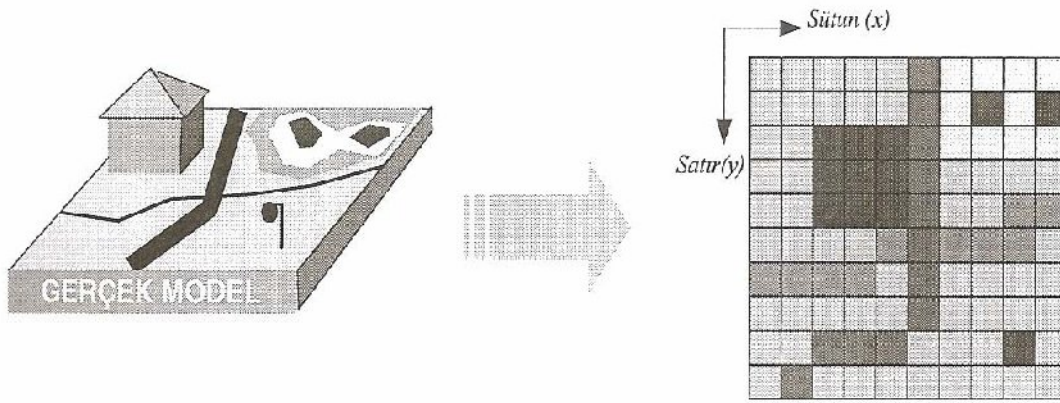
Vektör verilerin bilgisayar ortamında daha az bellek kullanılarak saklanması için uygulanan çizgi-düğüm veri yapısının, veri tabanına özgü dinamik yapıda olabilmesi, bilhassa kullanıcıların veri sorgulamasında daha esnek olabilmeleri için bu tür veriler iki değişik şekilde bilgisayar ortamında saklanabilmektedir. Bu veri yapıları ise şunlardır; Spagetti veri yapısı ve Topolojik veri yapısı.



Şekil 2.6. Vektör gösterimi (Yomralıoğlu, 2000)

Raster veri yapısı;

Coğrafi özelliklerin gösteriminde kullanılan diğer bir veri modeli ise hücresel diğer bir deyişle raster veri modelidir. Vektör gösterim daha çok harita üzerinde özelliklerin çizgisel gösterimi şeklinde olurken, raster gösterim, aynı coğrafi özelliklerin çekilmiş bir fotoğrafı gibidir. Bu fotoğraf çok küçük boyutta farklı renklere sahip kare biçimindeki kutucukların bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Fotoğraf özelliğine sahip raster veri modelinde herhangi bir görüntü bütünü piksel veya hücre adı verilen seri haldeki küçük boyutlu kutulardan ya da diğer deyişle gridlerden meydana gelmektedir. Gridler aynı boyutta olup, farklı renklerde olabildikleri gibi, birbirini izleyen herhangi bir rengin tonları şeklinde de olabilmektedir. Şekil 2.7'de gerçek şeklin raster şekilde gösterimine örnek verilmiştir (Yomralıoğlu, 2000).



Şekil 2.7. Gerçek modelin hücresel (raster) gösterimi (Yomralıoğlu, 2000)

2.2.2.4. İnsanlar

CBS teknolojisi, insanlar olmadan sınırlı bir yapıda olurdu. Çünkü insanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve gelişme planları hazırlar. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını artırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir. Dolayısıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde, insanların istekleri ve yine insanların bu istekleri karşılamaları gibi bir süreç yaşanır. CBS'nin gelişmesi, mutlak suretle insanların yani kullanıcıların ona sahip çıkmalarına ve konuma bağlı her türlü analiz için CBS'ni kullanabilme yeteneklerini artırmaya ve değişik disiplinlere yine CBS'nin avantajlarını tanıtmakla mümkün olabilecektir.

2.2.2.5. Yöntemler

Başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani metodların geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir. Konuma dayalı verilerin elde edilerek kullanıcı talebine göre üretilmesi ve sunulması mutlaka belli standartlar yani kurallar çerçevesinde gerçekleşir. Genellikle standartların tespiti şeklinde olan bu uygulamalar bir bakıma

kurumun yapısal organizasyonu ile doğrudan ilgilidir. Bu amaçla yasal düzenlemelere gidilerek gerekli yönetmelikler hazırlanarak ilkeler tespit edilir.

2.2.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin uygulama alanları

Günümüzde coğrafya ve coğrafyayı tanımlayan veriler günlük yaşantımızın bir parçasıdır. Hemen hemen her konudaki kararlarımız bu verilerden etkilenmekte, bu veriler ile sınırlanmakta ve yönetilmektedir. Genel olarak; hızlı nüfus artışına karşılık giderek azalan doğal kaynaklar dünya üzerinde çok önemli ve geri dönülmez etkiler yaratmaktadır. Ozon tabakasının incilmesi, tropik ormanların yok edilmesi, bitki türü çeşitliliğinin azalması, asit yağmuru, sera etkisi, zehirli kimyasalların artan doğal dengeyi bozucu etkisi, tarımsal alanların kentleşmesi ve göç gibi birbiri ile ilişkili etkiler toplumsal ve ekonomik yapıyı etkilemektedir. Tıpkı makro ölçeklerdeki kararların alınmasında olduğu gibi, günlük kent yaşamında da elektrik, su, altyapı gibi minimum kentsel yaşam standartlarının sağlanması ve yönetilmesi ile gerek doğal, gerekse insan nedenli afetlerin etkilerinin azaltılmasında, bilim adamları ve karar vericiler tarafından bu önemli doneler hızla anlaşılacak zorundadır. Esas amaç, karar verme süreci içerisinde gerek alternatif üretmek, gerekse aynı anda farklı senaryoları değerlendirerek tüm süreci hızlandırmaktır. Bu ise ancak Coğrafi Bilgi Sistemleri sayesinde gerçekleştirilebilir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi verilerin söz konusu olduğu her alanda uygulanabilir bir yapı sunmaktadır. Coğrafi verinin tanımının ne kadar geniş olduğu hatırlanırsa, CBS uygulama alanlarının da o denli uzun bir liste oluşturacağı sonucuna varılır. Hatta CBS kullanıcı sayısı ile doğru orantılı kabul edilebilecek kadar değişik kullanıcıları vardır denilebilir. Yapılan araştırmalara göre CBS teknolojisinin 9 temel uygulama alanında uygulamalar yapıldığı ortaya çıkmıştır. Bu uygulama alanları ise;

- Tesis ve Demirbaş Envanteri: Doğal kaynakları en uygun kullanmak amacı ile yer yüzeyinin üzerinde, üstünde ve altında dağılmış olan nesnelerin konumlanması, sayımı, dağılımı ve analizleri gibi uygulamalar. Örneğin orman amirajmanı, kadastral parsellerin kayıtları, altyapı ağı yönetimi gibi uygulamalar.

- Coğrafi Veri Toplama ve Üretimi: Uzaysal veri tabanları kurmak yaşatmak üzere coğrafi verilerin toplanması. Örneğin elektronik kontrol, mühendislik ve arazi ölçmeleri, sayısal arazi ölçmeleri, sayısal harita üretimi, fiziksel ve kültürel olguların uzaktan algılanması gibi uygulamalar.

- Harita ve Plan Üretiminde: Karmaşık verilerin çok hızlı bir şekilde işlendiği ve güncel verilerle çalışma imkanı olan bu sistemler planlama sektörü için bulunmaz bir kolaylıktır. Bu sayede sağlıklı bir planlama yapma imkanı vardır. Haritaların baskı kalitesinde ve planların üretiminde de kullanılmaktadır. Örneğin planimetrik, topografik, deniz, hava ve tematik haritaların ve diğer benzeri kartografik ürünlerin tek başlarına dağıtım için ya da diğer basılı veya elektronik dokümanların içerisinde yer almak üzere üretimi.

- Kaynak Tahsisi: Doğal ve insan yapısı kaynakların politik, ekonomik veya sosyal kriterlere göre tahsisi için konum, kalite, sayı ve hareketlerin analizinde uygulama alanları bulmuştur. Hedef pazarlama, satış bölge planlaması, hizmet ağı dağıtımı, öğrenci yerleştirme gibi uygulamaları yapılmaktadır.

- Rota ve Akış Optimizasyonu: Hizmet ağları kapasite yönetimi, ulaşım ağı analizi, okul servis güzergahlarının yönetimi, dağıtım ve toplama araçlarının güzergah ve zamanlama yönetimi gibi uygulamalarında yönlendirme ve optimum çözümleri amaçlar.

- Rota Seçimi ve Navigasyon: Sağlık ve güvenlikle ilgili olayların izlenmesi, analizi ve görüntülenmesinde uzmanlar CBS'nin faydasını anlamışlardır. CBS teknolojisi bu hizmetlerin hızlı, sürekli, yüksek güvenilirlikli ve ekonomik olarak gerçekleştirebilmektedir. Saptanmış kriterlere göre bir ağ içinde en uygun güzergahın seçimi gibi uygulamalarda, acil hizmet araçlarının hizmete gönderilmesi, tehlikeli madde taşıyan araçların ve taksilerin güzergahlarının belirlenmesi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

- Tesis Yerlerinin Belirlenmesi: Tesisler için en uygun yerlerin araştırılması saptanması için kullanılabilir. Üniversiteler ve araştırma kuruluşları, sosyal, ekonomik ve endüstriyel alanlardaki araştırmalarını, kolaylıkla ve doğru bir şekilde

yapabilmektedir. İtfaiye, karakol, fabrika, alışveriş merkezi ve tehlikeli atık depolama yerleri seçimi gibi alanlarda geniş uygulamalar yapılmaktadır.

- Yeraltı ve Yerüstü değerlendirmeleri: Doğal kaynakların tespiti, korunması en avantajlı kullanımı için yeraltı ve yerüstündeki fiziksel olguların analizinde kullanılmaktadır. Topoğrafik, hidrolojik, jeolojik, meteorolojik, jeofizik ve manyetik anomali modellendirmeleri gibi uygulamalar yapılmaktadır.

- İzleme ve Gözleme: Tamamlayıcı ve düzenleyici tedbirler geliştirmek üzere, üzerine çalışılan süreci anlamak için tekrarlı olayları kaydetmek ve analiz etmek ile çözüm üretmekte kullanılmaktadır. Reklam kampanyası sonuçlarının izlenmesi, seçim, suç, trafik kazaları ve çevre analizi gibi.

2.2.4. Tez çalışmasında kullanılan CBS yazılımları

Tez çalışması kapsamında “MapInfo Professional” ve “Vertical Mapper” olmak üzere iki CBS yazılımı kullanılmıştır.

2.2.4.1. MapInfo Professional

MapInfo Professional; haritacılık ve coğrafi analiz işlevleri için kullanılan etkili bir analiz yeteneğine sahiptir. Windows işletim sistemiyle rahatlıkla çalışabilmektedir. Programın öne çıkan özellikleri; internet desteği, tablo/grafik hazırlama işlevleri, üç boyutlu görüntüleme esnekliği, tematik harita ve şablonlar, raster görüntü desteği, harita objelerine veri eklenmesi ve ilişkilendirilmesi, SQL sorgulamalar, nesnelere etrafında tampon bölgeler oluşturma, coğrafi aramalar, sunum geliştirmek için farklı yazılımlara dönüşüm (MS Word, Excel, Photoshop) dönüşüm, server tabanlı depolama ve veri yönetimi, bir çok CBS yazılımı formatına dönüşüm sağlaması şeklinde sıralanabilmektedir.

2.2.4.2. Vertical Mapper

Bu yazılım, verilerin coğrafik modellenmesi konusunda temel olarak Şu yeteneklere sahiptir;

- Coğrafik lokasyonlu verilerin modellenmesinde, veriler arasındaki değerleri matematiksel veya istatistiksel olarak hesaplayarak s¼rekli y¼zeyler elde edip g¼stermek.

- İçerdiği coğrafik analiz araçları ile birlikte, karışık matematiksel bağıntılar kullanarak, farklı harita tabakalarını hem karşılaştırmalı hem de ayrı olarak analiz etmek.

MapInfo, nokta, çizgi ve alan objeleri ile veriler üzerinde birtakım coğrafik analizler yapabilir ancak bu objeleri kullanarak coğrafya üzerinde s¼rekli y¼zeyler elde edemez, yani y¼zeysel modelleme yapamaz. Bunun yapılabilmesi için, coğrafik lokasyonlu veriler arasındaki noktaların da anlamlı olarak bulunup yeni bir grid dosyasında oluşturulan veri ve coğrafi lokasyon noktalarının analiz edilmesi gerekir. Bu işlem için Vertical Mapper'daki standart hesaplama yöntemlerine dayalı interpolasyon ve modelleme araçlarından yararlanır. Ayrıca Vertical Mapper, oluşturulan modeli sahip olduğu renk kapasitesiyle iki veya üç boyutlu olarak etkili bir görünümle sunma yeteneğine de sahiptir.

Bu iki program birlikte çalışacak şekilde üretilmiş olup, MapInfo'nun geniş veri tabanı analiz araçları Vertical Mapper'da y¼zeysel modelleme seçenekleri kullanılarak, verilerin CBS ortamında analizi ve modellenmesi rahatlıkla yapılabilir.

BÖLÜM 3. İNCELEME ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde inceleme alanının tarihi, coğrafi konumu, ulaşım olanakları, yerleşimi, morfoloji ve bitki örtüsü ile ilgili genel bilgiler ile çalışma alanını da içinde bulunduran bölgenin genel jeolojisi, inceleme alanının jeolojisi ve Marmara Bölgesi'nin tektoniği ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

3.1. Tarihi Geçmiş

Bölge, Bizans'lılardan kalma bir yerleşim alanıdır. Bu bölgenin en eski ahalisi Litros (Esenler) ve Avas (Atışalanı) adlarıyla kurulan köylerde yaşayan Rumlardır. Esenler veya Atışalanı Köyleri eski tarihlerde Bizans'ın şaşalı devirlerinde İstanbul'un Türk'ler tarafından fethine kadar Bizans köyleri olup, Bizans İmparatorluğuna türlü tarım ürünleri yetiştirerek ekonomik katkıda bulunmuşlardır. Daha sonraları Rumların Litros (Esenler) veya Avas (Atışalanı) köylerini terk etmeleriyle, Devlet bu köyleri iskan yerleri olarak kabul etmiş, bilahare Yunanistan'dan gelen mübadele göçmenlerini bu köylere yerleştirmiştir.

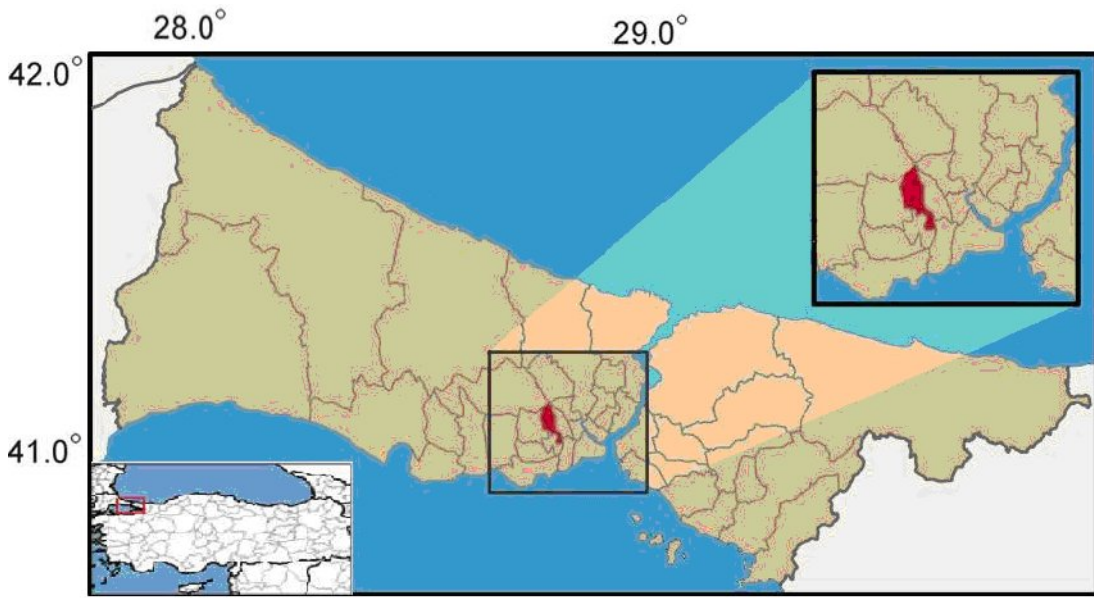
Esenler'in Davutpaşa yoluna bağlanan Ayazma yolu üzerindeki su kontrol kuyuları, şimdi Belediye Oto garajı olarak kullanılan Üçyüzlü, Ayazma Çeşmesi, Su Terazisi ve garaj içinde yıkık vaziyette bulunan Kilise güzel bir mimari örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. İstanbul surlarının yıkılmasından sonra bu bölge toprakları askeri bakımından önem kazanmıştır.

3.2. Coğrafi Konum ve Morfoloji

Esenler İlçesi coğrafi yönden güzel bir yerleşim alanına sahiptir. Önceleri bir tepe üzerine kurulan ilçe etrafında bulunan arazilerin, İstanbul'a çok yakın olması sebebi

ile parsellenmesi, yerleşim alanı olarak gelişmesine neden olmuş ve yayılarak bugünkü görünümünü almıştır. İlçe şu anda kısmen şehirleşmiş, kısmen de kırsal durumdadır.

Esenler İlçesi, İstanbul, Avrupa yakasında yer alır. İlçenin doğusunda Bayrampaşa, kuzey ve kuzeydoğusunda Gaziosmanpaşa, güneydoğusunda Zeytinburnu, güney ve güneybatısında Güngören ve batısında Bağcılar İlçesi bulunmaktadır. Şekil 3.1’de inceleme alanı yerbulduru haritası görülmektedir.

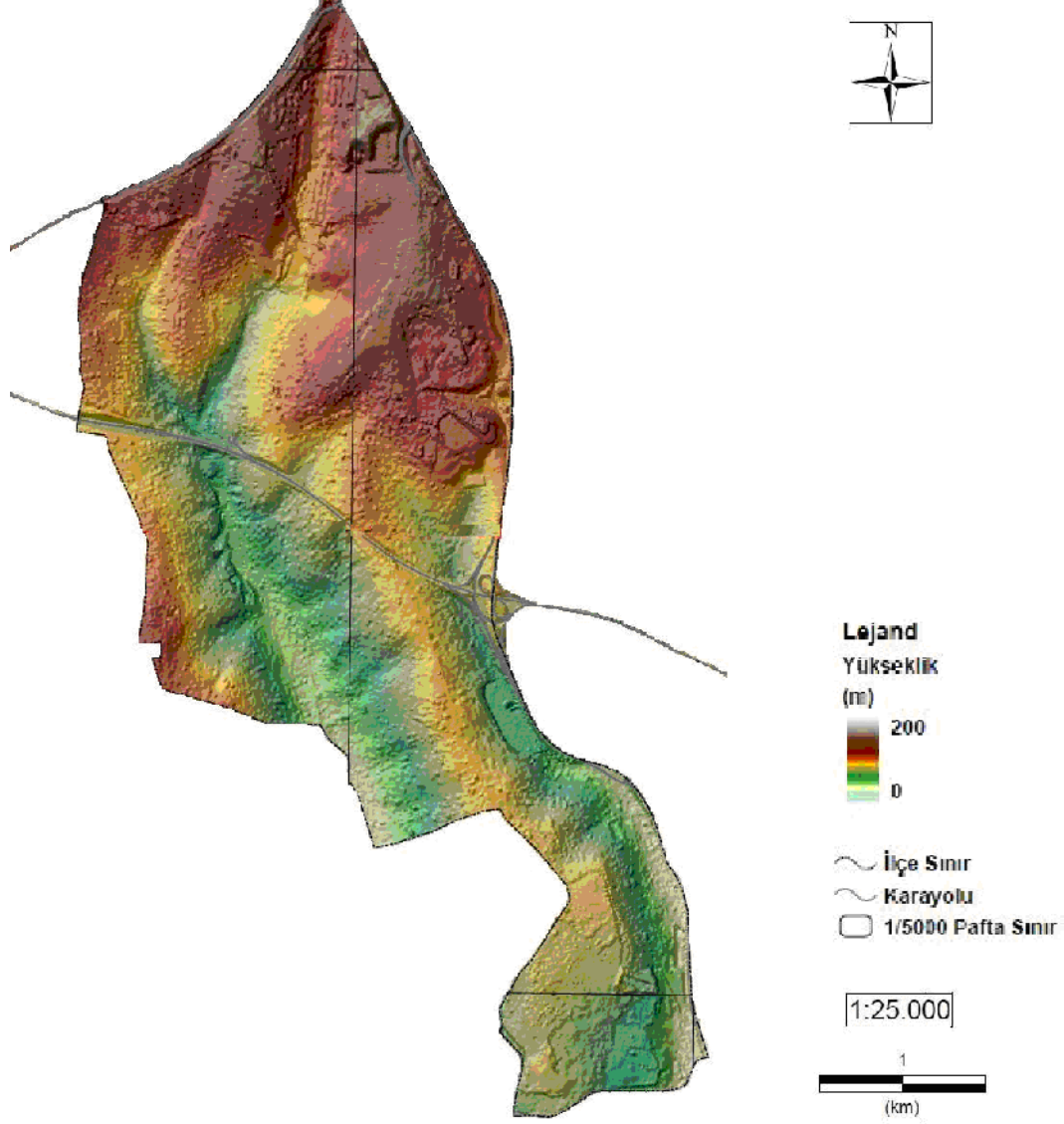


Şekil 3.1. İnceleme alanı yerbulduru haritası

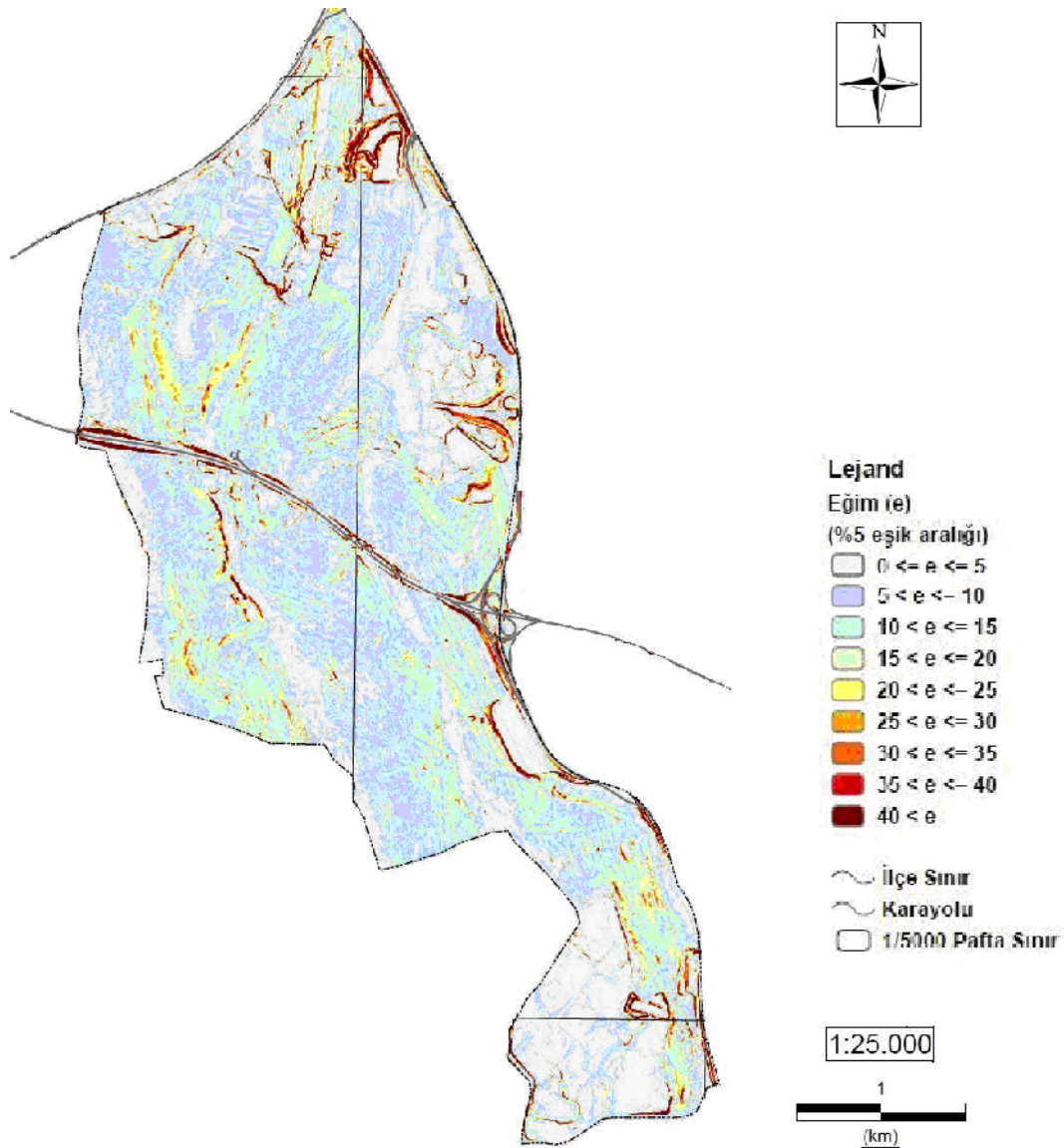
İnceleme alanına, TEM otoyolunun Esenler – Otogar istikametini ve E5 karayolunun Cevizlibağ yol ayrımından Davutpaşa – Terazidere yolunu takiple gelinebilir. İlçenin toprakları 29 derece doğu boylamı ile 41 derece kuzey enlemi üzerinde bulunmaktadır. Bu enlem ve boylam dereceleri üzerinde şekilsiz durumdadır. İlçe, askeri alanlar dahil, yaklaşık 18,83 km² olup, askeri alanlar hariç yaklaşık 10,47 km² alana sahiptir.

İnceleme alanı kuzeyden güneye doğru eğimli bir topoğrafya sunmaktadır. Topoğrafya eğimlerinin, vadiler ve tepe düzlüklerinde %0 ile %10 arasında, yamaçlarda ise çoğunlukla %10 ile %20, yer yer % 20 ile % 30, ender olarak da %30

ile %40 arasında olduğu görülmektedir (Şekil 3.3). Bölgeye hakim olan yüzey şekli, kuru vadilerle parçalanmış, yayla görünümlü düzlüklerden oluşmaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği kuzey kesimlerde 100 – 150 m arasında değişmektedir. Güney kesimlerde ise deniz seviyesine göre yükseklik değerleri 10 - 70 m arasında değişmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İnceleme alanı yükseklik haritası (Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi Sonuç Raporu, 2006, İBB)



Şekil 3.3. İnceleme alanı eğim haritası (Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi Sonuç Raporu, 2006, İBB)

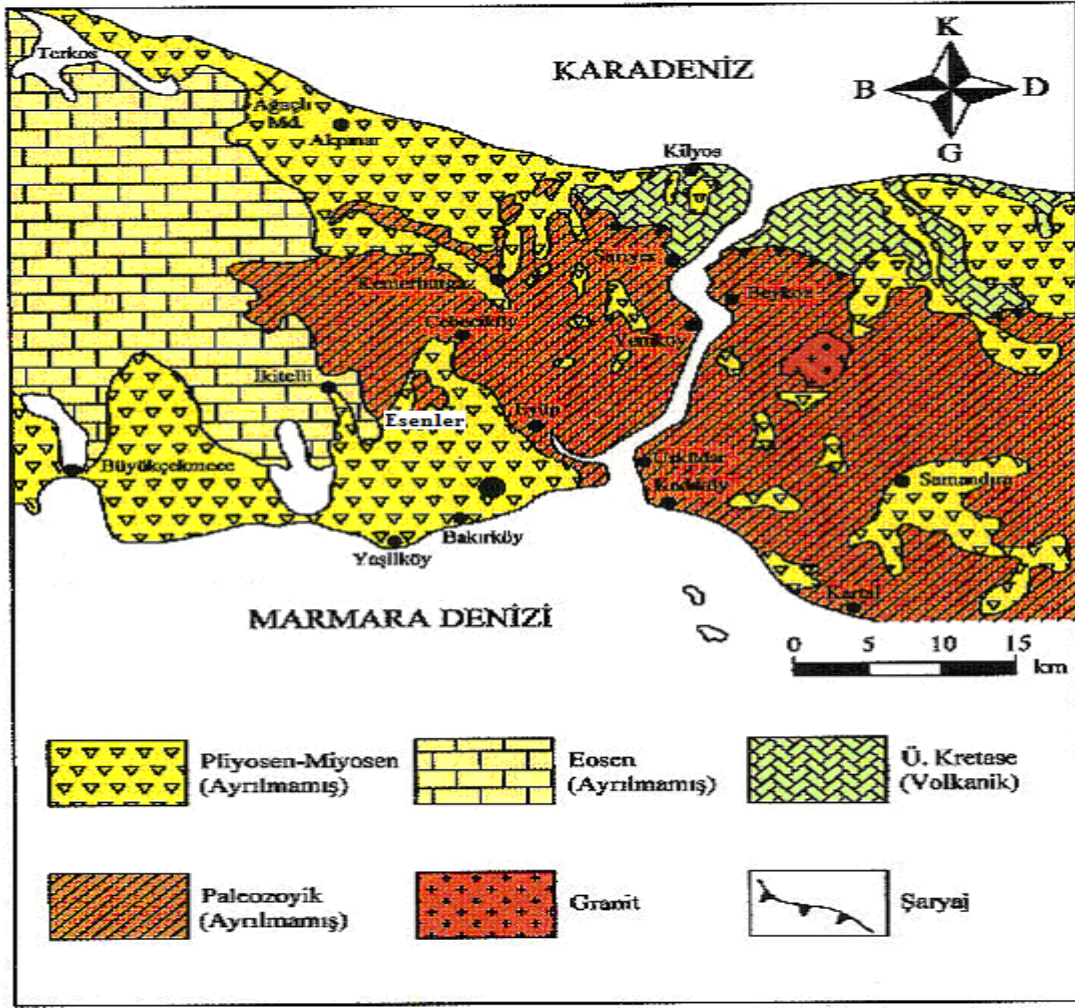
3.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Bölgenin iklimi, Akdeniz ile Karadeniz iklimi arasında geçiş tipi olan Marmara iklim tipi kapsamında değerlendirilir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılıman ve yağışlıdır. Kış aylarında kuzeyden esen hakim rüzgarlarla sıcaklığın çok düştüğü görülür. En soğuk ay 12.90 derece ile Ocak, en sıcak ay ise 39.33 derece ile Ağustos ayıdır. Meteoroloji İstasyonu ölçümlerine göre, bölgede yağış genellikle Eylül-Ekim aylarında başlamakta ve Aralık ayında (107,9 mm) en yüksek değerini almaktadır. Kasım ve Ocak aylarında ise, bu değere yaklaşmaktadır. En düşük yağış durumuna

Ağustos ayında (18,9 mm) ulaşılmaktadır. Haziran ve Temmuz aylarında ise, genelde en düşük yağışlar gerçekleşmektedir. Bölge ortalama yıllık yağış miktarı ortalama 673,3 mm kadar olup ortalama nispi nem oranı % 78.8'dir. Daha önce bitki örtüsü bodur çalılıklarla kaplı olan ilçe toprakları halen yerleşim ve sanayi alanı olmuştur.

3.4. Genel Jeoloji

Çalışma alanının da üzerinde bulunduğu Çatalca Yarımadası'nın temelinde Paleozoyik yaşlı formasyonlar yer almaktadır (Şekil 3.4, 3.5). Paleozoyik yaşlı bu formasyonlar yakından incelendiklerinde, bunların kumtaşı, silttaşı ve kilttaşlarından oluştuğu gözlenmektedir (Yıldırım, 2003). Genellikle grovakların hakim olduğu bu seri, çoğunlukla İstanbul Boğazı'nın doğusunu oluşturan Kocaeli Yarımadası'nın büyük bir kısmında mostra vermektedir. Kocaeli Yarımadası'ndaki Paleozoyik istif, Ordovisiyen dönemiyle başlayıp, Alt Karbonifer-(Permiyen?) dönemi boyunca kesiksiz olarak çökelen bir istiftir. İstif en altta Ordovisiyen yaşlı mor renkli "Arkoz Serisi" olarak adlandırılan (Kurtköy Fm., Aydos Fm.) kırıntılı kayalardan oluşmaktadır. İstif üste doğru Silüryen yaşlı grovak-alacalı şeyl (Gözdağ Fm), Üst Silüryen yaşlı kumlu-mercanlı kireçtaşı (Dolayoba Fm.), Alt Devoniyen yaşlı, iri yumrulu mavi kireçtaşı- pembe şeyller (İstinye Fm.), Alt-Orta Devoniyen yaşlı kireçtaşı mercekli grovak-şeyller ile daha üst seviyelerinde çapraz tabakalı kireçtaşı-kumtaşı ve şeyl aralanmalarından (Kartal Fm.), Üst Devoniyen dönemi ise gri kireçtaşı-kahverengi şeyller ile başlayıp radiolaryalı çört-silisli şeyl ve üstte ince yumrulu kireçtaşları (Tuzla Fm.), Alt Karbonifer dönemi ise radiolaryalı çört ve silisli şeyllerle başlayıp (Baltalimanı Fm.) gri-kahverengi grovak ve şeyl aralanmasıyla (Trakya Formasyonu) devam ederek son bulmaktadır. Bu istifte, Alt Karbonifer öncesi dönemde oluşan kayalar yer yer granitler (Çavuşbaşı graniti) tarafından kesilmektedir.

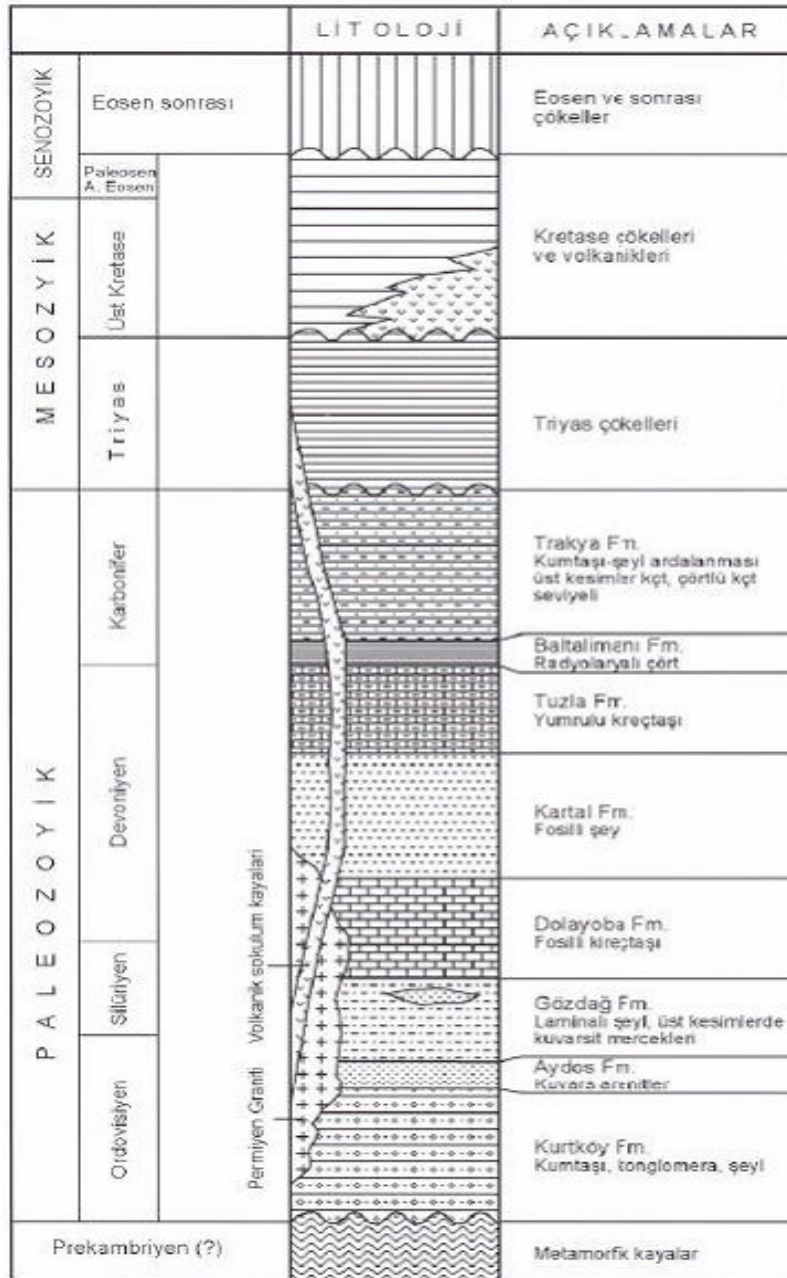


Şekil 3.4. İstanbul ve çevresinin sadeleştirilmiş genel jeoloji haritası (Yıldırım, 2003)

İstanbul ve dolaylarındaki Paleozoyik yaşlı kayaları uyumsuzlukla örten iki farklı tür Üst Kretase istifi vardır. Bunlardan ilki, boğazın kuzey-kuzeybatı kesimlerinde mostra verir ve genel olarak volkanik ara katkılı denizel bir istif niteliğindedir. Yaygın mostraları, Karadeniz kıyısında Kilyos ve Şile-Ağva dolaylarında yer alan birim, tabanda çakıltaşı-kumtaşı ile başlayarak silttaşı, marn, kiltası ve kireçtaşlarına geçmekte ve andezit, dasit, riyolitik lav ve bunların piroklastik eşdeğerleriyle ardalanmaktadır.

Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı formasyonlar, Senozoyik yaşlı genç çökeller tarafından diskordan olarak örtülmektedir (Şekil 3.6). Tersiyer yaşlı genç çökeller genellikle İstanbul Boğazı batısında Trakya Havzası'nda oluşmuşlar ve bu bölgede geniş mostra yayılımlarıyla dikkati çekmektedirler. Edirne-İstanbul arasında yer alan

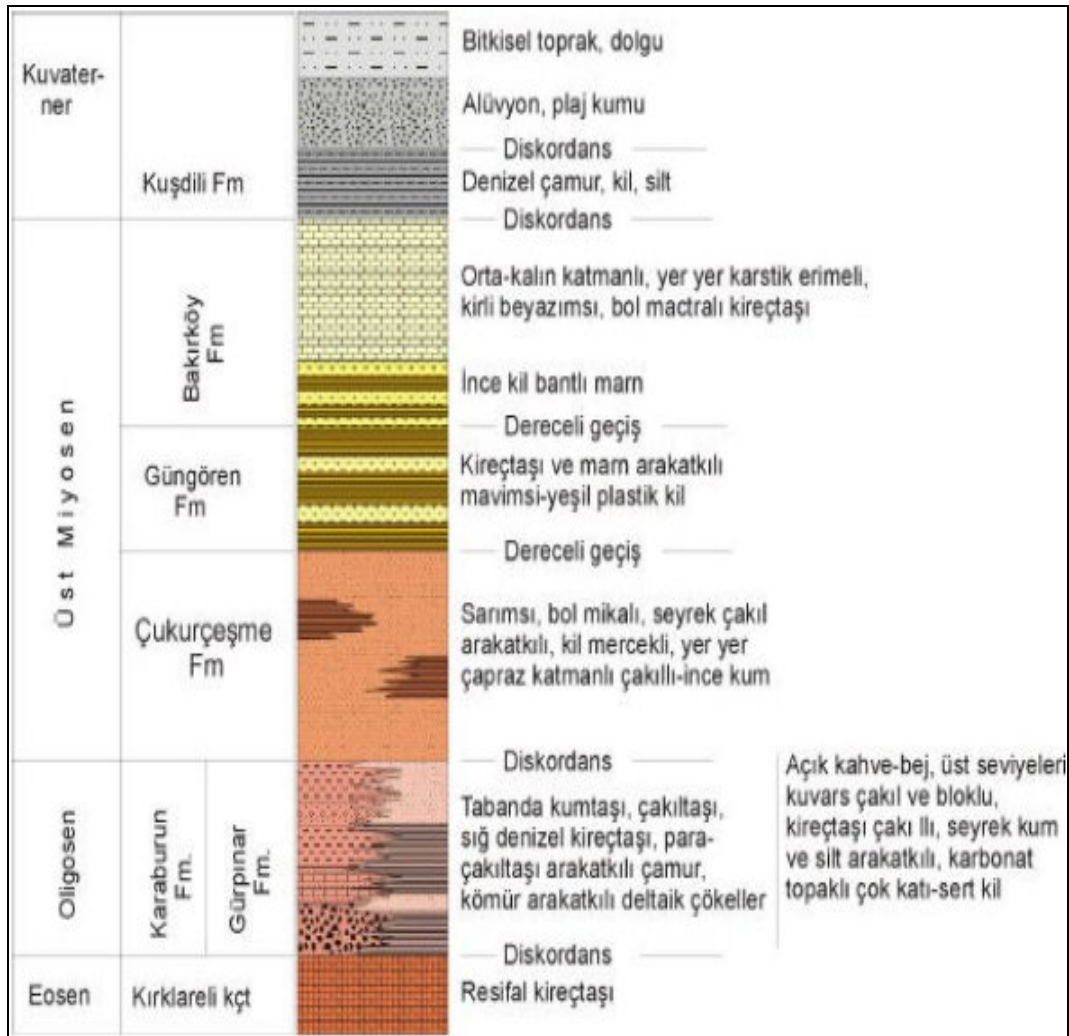
bu sedimentlerin kalınlıkları yer yer iki bin metreyi geçmektedir. Trakya Havzası'nın Orta Eosen döneminde çökelmeye başlayan sedimentlerinde birbirini izleyen dönemlerde transgresyon oluşmuş ve Alt Oligosen döneminde regresyonla sonlanarak gelişmişlerdir.



Şekil 3.5. İstanbul ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Tüysüz, 2003)

Çökelme önce sığ deniz tortularıyla başlamış, bunu derinleşen deniz tortuları izlemiş, daha sonra tekrar sığ deniz ve karasal tortularla sonuçlanmıştır. Bunun sonucu, ya kireçtaşı ve sığ deniz kırıntıları, ya da mikalı kum ve killerden oluşan tortullar

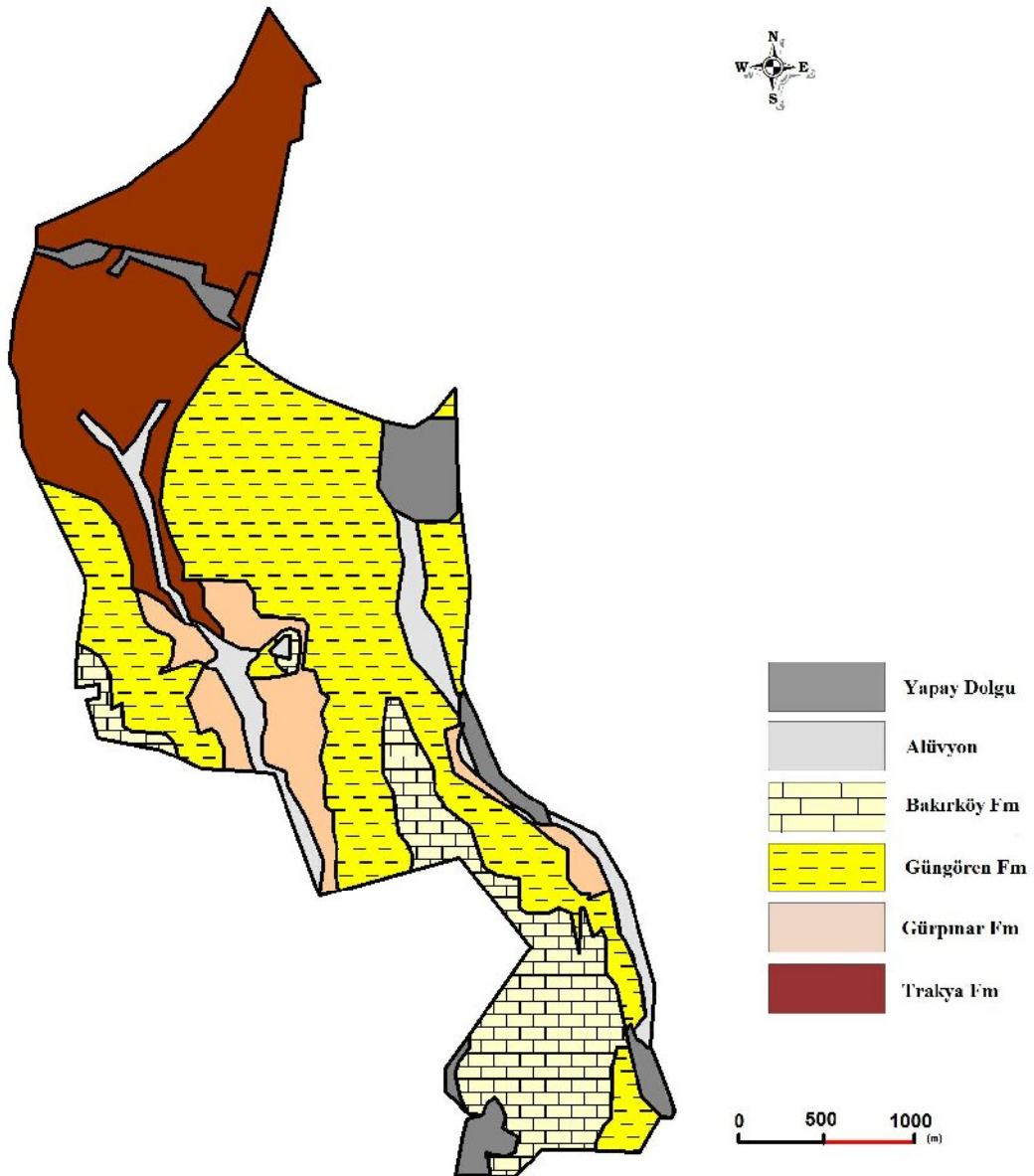
çökelmişlerdir. Neojen yaşlı genç çökeller ise, Orta Eosen-Alt Oligosen yaşlı formasyonlar üzerinde diskordan olarak gelişen ve birbirleriyle yan-al-düşey yönde geçişli sığ denizel karasal-görsel oluşuklardır (Yıldırım, 2003). Neojen (Üst Oligosen-Üst Miyosen) yaşlı bu çökeller, alttan üste doğru aşırı konsolide kil (Gürpınar Formasyonu), çakıllı siltli kum mercekleri (Çukurçeşme Formasyonu), organik kil mercekleri (Güngören Formasyonu) marnkireçtaşı mercekleri (Bakırköy Formasyonu) ve kumlu çakıl merceklerinden oluşmaktadır (Belgrad formasyonu). Tüm bu formasyonlar dere yataklarında güncel alüvyal çökeller tarafından diskordan olarak örtülmektedirler (Yıldırım, 2003).



Şekil 3.6. İstanbul ve dolayının genelleştirilmiş Senozoyik-Kuvaterner stratigrafi kesiti (Tüysüz, 2003)

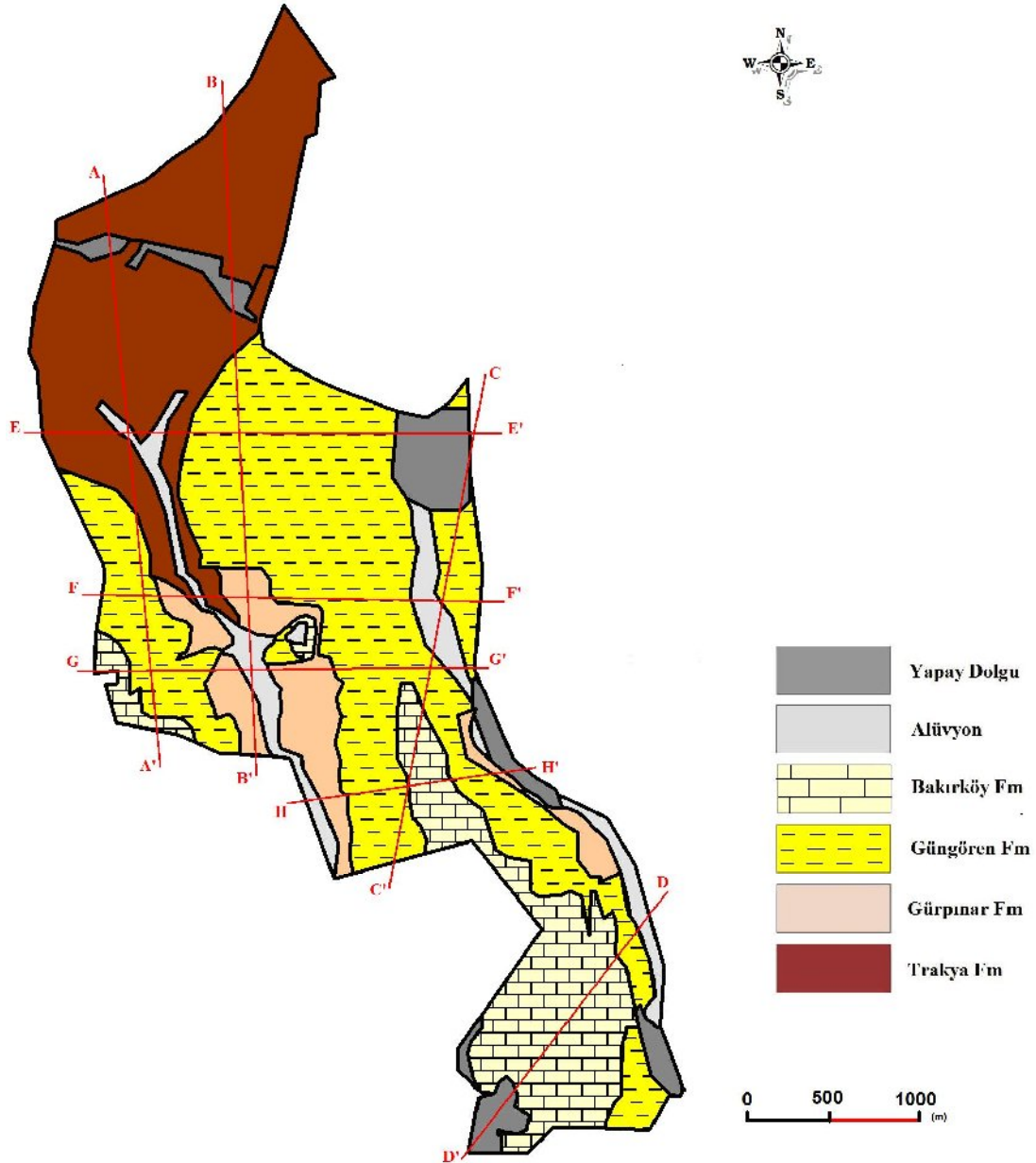
3.5. İnceleme Alanının Jeolojisi

Çalışma alanında, alttan üste doğru Trakya Formasyonu, Gürpınar Formasyonu, Güngören Formasyonu, Bakırköy Formasyonu ve vadilerde alüvyon mevcuttur. Bunun yanında, arazinin çeşitli yerlerinde, yer yer yapay dolgu alanlar mevcuttur. Şekil 3.7' de inceleme alanında yapılan sondajlardan ve çeşitli kaynaklardan yola çıkılarak oluşturulan çalışma alanının jeoloji haritası görülmektedir.

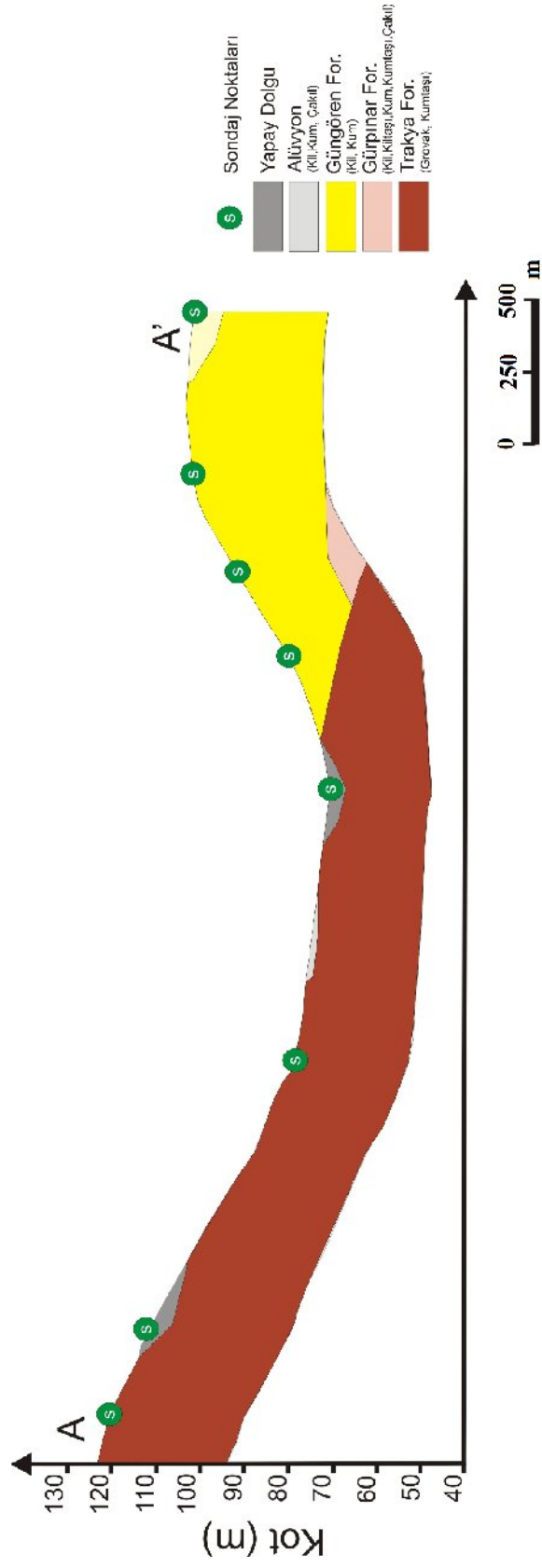


Şekil 3.7. İnceleme alanının jeoloji haritası

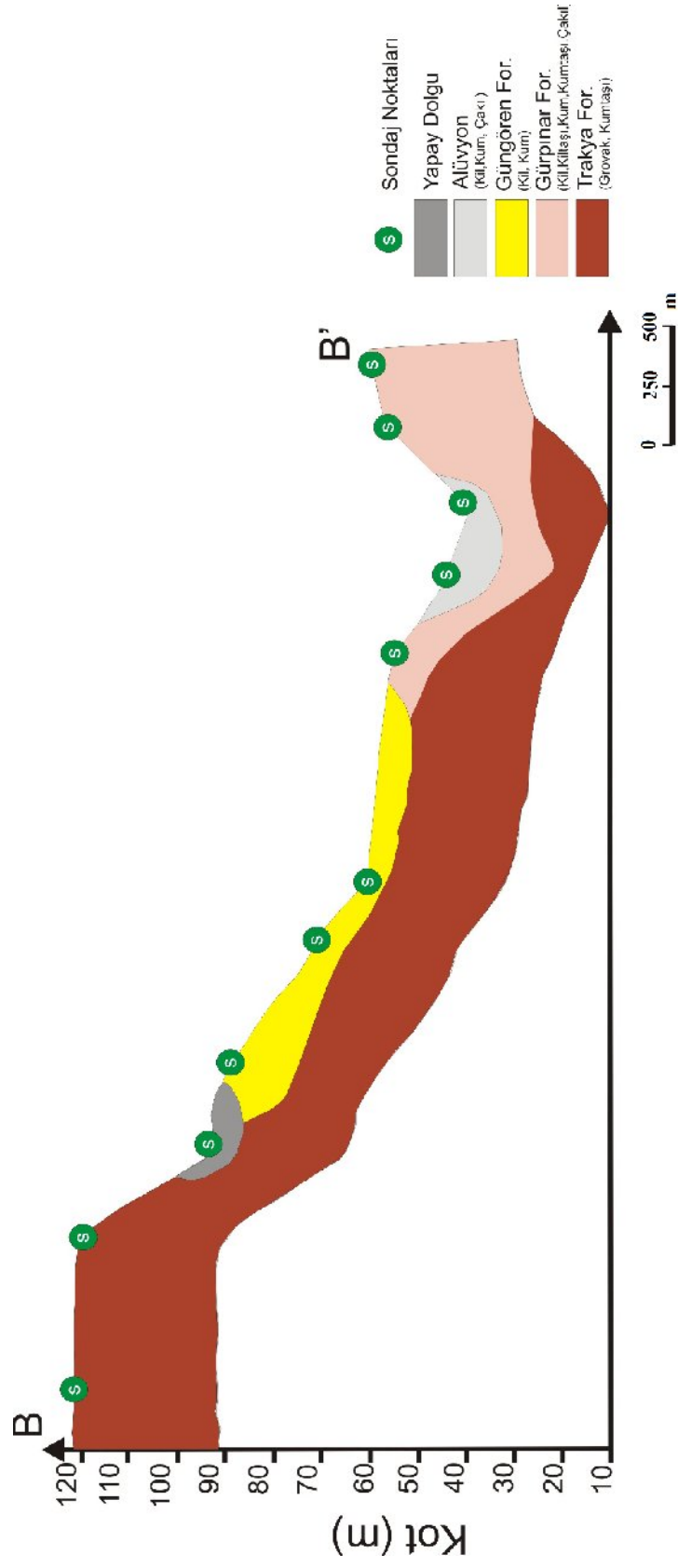
İnceleme alanındaki jeolojik birimlerin yayılımını gösterebilmek amacıyla kuzey-güney ve doğu-batı doğrultulu jeolojik kesitler oluşturulmuştur. Şekil 3.8’ de kesit hatları Şekil 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16’ da ise sırasıyla oluşturulan kesitler görülmektedir.



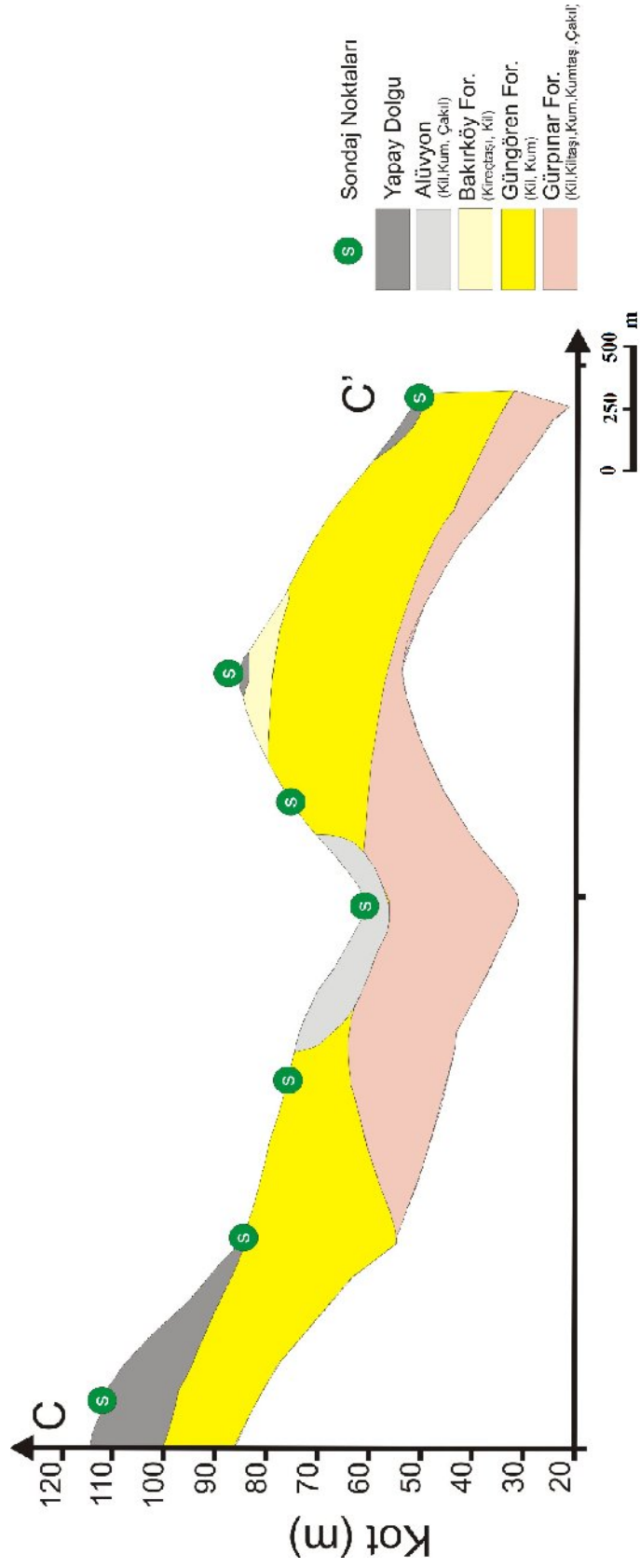
Şekil 3.8. İnceleme alanı için oluşturulan jeolojik kesit hatları



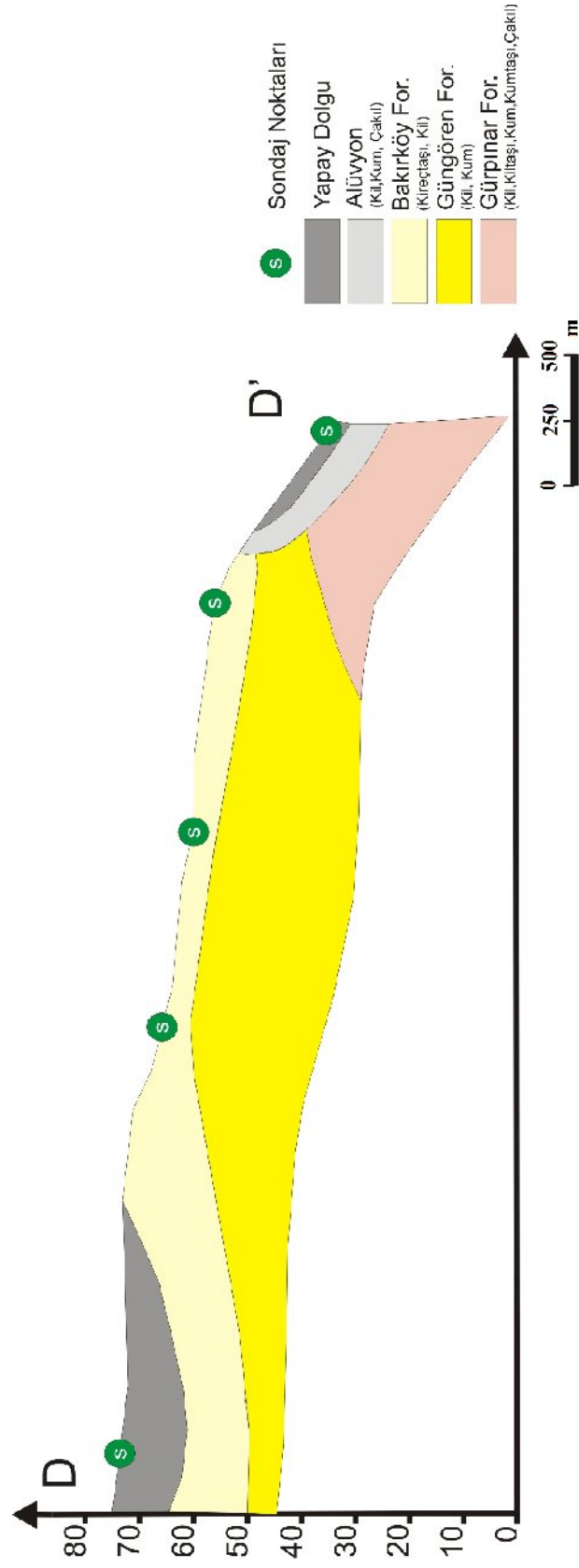
Şekil 3.9. A - A' kesiti



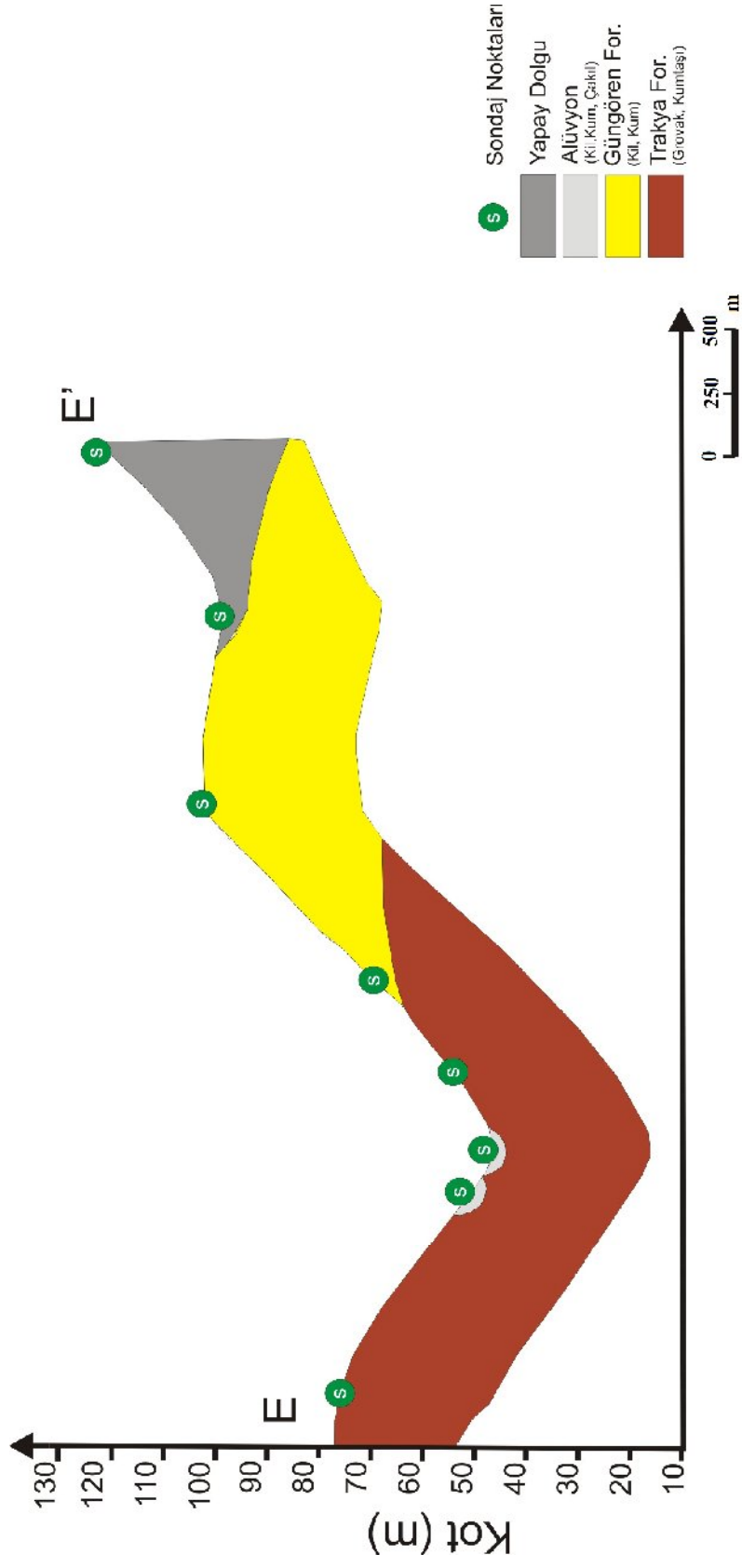
Şekil 3.10. B - B' kesiti



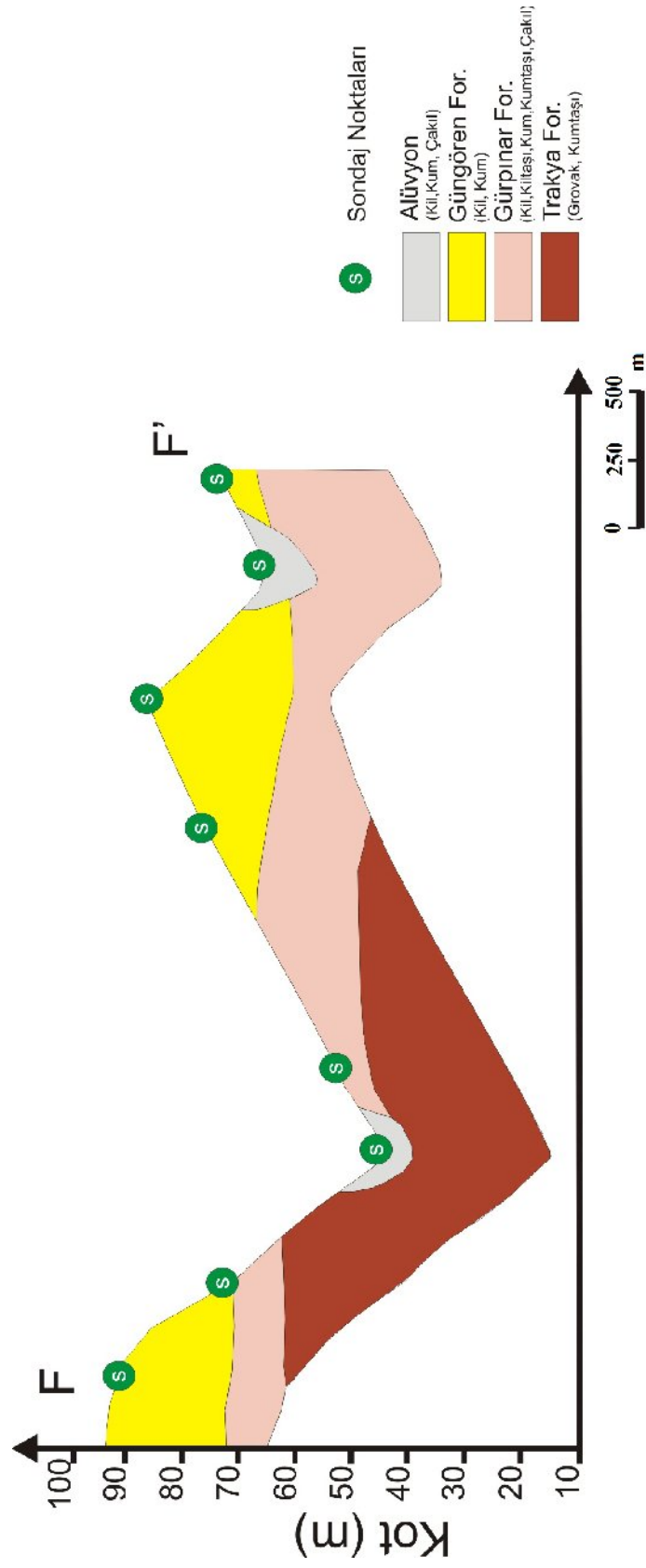
Şekil 3.11. C - C' kesiti



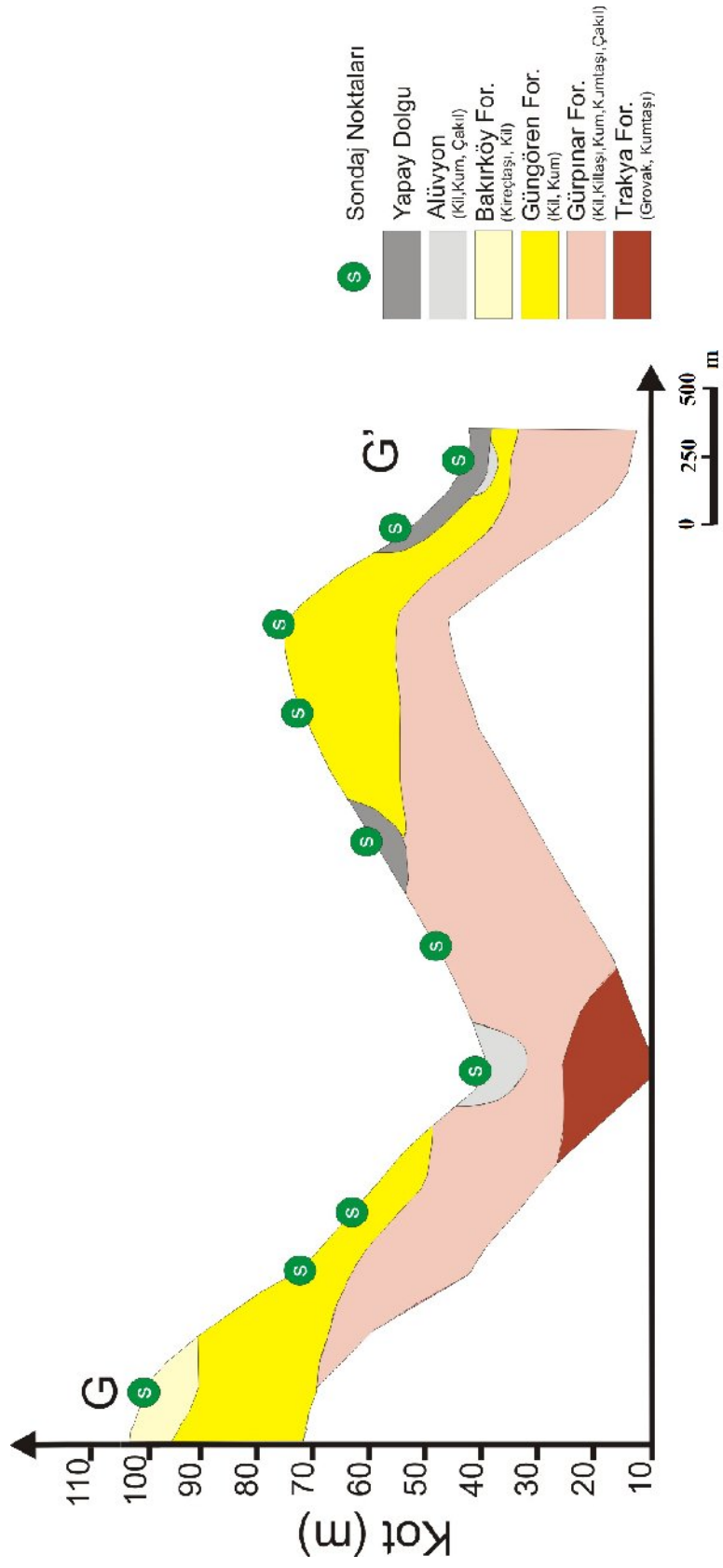
Şekil 3.12. D - D' kesiti



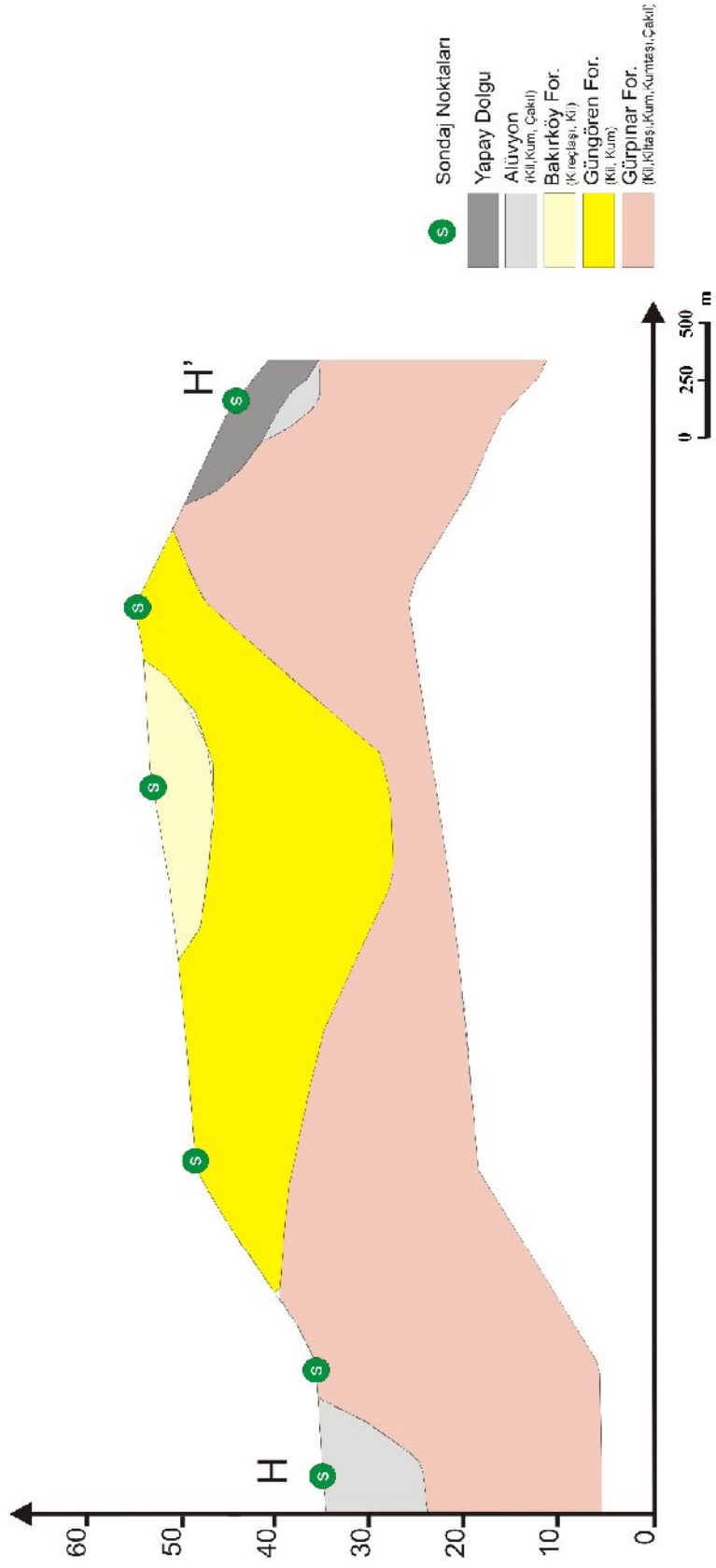
Şekil 3.13. E - E' kesiti



Şekil 3.14. F - F' kesiti



Şekil 3.15. G - G' kesiti



Şekil 3.16. H - H' kesiti

3.5.1. Trakya Formasyonu

İnceleme alanının temeli Paleozoik yaşı Trakya Formasyonu ile kaplıdır. Trakya Formasyonu, inceleme alanının kuzey kesimlerinde yüzeylemektedir. Arazide Trakya Formasyonu, çoğunlukla kumtaşı, kiltası ve grovak (köşeli kuvars ile feldspat taneleri içeren kumtaşı türü) ardalanması şeklinde istiflenmiştir. Kahverengi, gri, yeşil renklerde görülebilmektedir. Tabakalanma olarak ince ve kalın tabakalanmaya sahiptir.

Trakya Formasyonu'nun üst kesimleri ayrışarak killeşmiştir. Ayrışmış kesimlerde bileşen taneleri kuvars, koyu renkli çört, taş kırıntıları mika feldspattan meydana gelmiştir. Ayrışmış kesimler, sarı ile soluk kahverengi renkli, bol mikalı ve dirençlidir. Üzerinde görülen ayrışma zonunun kalınlığı, topoğrafik eğimin azaldığı yerlerde artmaktadır. Ayrışmış kesimler genellikle ilk 5 m derinliğe kadar kendini göstermektedir. Daha alt seviyelere inildikçe sert, dayanıklı grovoklara geçilmektedir. Grovoklarla ardalanmış silttaşı, çamurtaşı tabakaları, Trakya Formasyonu'nun çörtlü seviyelerinde yer alır. Bu tabakalar daha koyu gri renkli ve ince taneli dokularıyla dikkat çekerler. Formasyonun yaşı Alt Karbonifer (Vizeen)'dir.

3.5.2. Gürpınar Formasyonu

Gürpınar Formasyonu, sarımsı gri, kahverengimsi gri, gri, kiltası, miltaşı, kumtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. İnceleme alanında daha çok dere yatağı uzantısı boyunca eğimin arttığı yamaçlarda görülmektedir. Gürpınar formasyonunun ana litolojisi grimsi yeşil renkli aşırı konsolide killerden oluşmaktadır. İstif tabanda killi kum-çakıl düzeyi ile başlamaktadır. Kum, çakıl ve siltten oluşan bu düzeylerin, bağlayıcı hamuru sarımsı kahverengi kil olup, iri daneleri düzensiz, kötü boylanmış, yuvarlak ve az yuvarlaktır. Tabanda yer alan çakıl-kum düzeylerinin hemen üst seviyelerinde kolay dağılan kil/kiltası ve silt/silttaşları yer almaktadır. İstif, daha üstte ise, aşırı konsolide yeşil, kahverengi, kahverengimsi yeşil renkli, kolay dağılan, laminalı, ince-orta tabakalı, fissürlü killerden oluşup, arada silt, çapraz tabakalı merceksel kum ve yer yer ince marn bantları içermektedir. Formasyon, Stampiyen (Oligosen) yaşındadır.

3.5.3. Güngören Formasyonu

Güngören Formasyonu, genelde yeşilimsi renkli, çok katı, sert kıvamlı killerden oluşmaktadır. İnceleme alanında geniş bir yayılım göstermektedir. Formasyonun kumlu seviyeleri mercek şeklindedir. Güngören Formasyonunun içinde marnlı seviyeleri de görmek mümkündür. Marnlar çoğunlukla beyaz renklidir. Formasyonun hakim rengi yeşil olmakla birlikte sarımsı rengi de görmek mümkündür. Formasyon içinde yer yer kumtaşı ve kiltası seviyeleri ara tabaka olarak izlenmektedir. Bu seviyeler kırılğan ve dağılgan özelliğe sahiptir. Killi kireçtaşı–kil aralanımı, Bakırköy kireçtaşına geçişte çoğalır. Arıç (1955), çalışmasında Güngören Formasyonu içinde bulduğu mactra, helix, omurgalı diş ve omurlara göre formasyona Miyosen yaşını vermiştir.

3.5.4. Bakırköy Formasyonu

Güngören formasyonunun üst seviyelerini oluşturan Bakırköy Formasyonu'nun hakim litolojisi, gölssel ortamda çökelmiş, kirli beyaz – krem renkli, yatay katmanlı, genellikle yeşil kil ara tabakalı, zayıf-orta dayanımlı, mactralı kireçtaşları ile marnlardan oluşmaktadır. İnceleme alanının daha çok güney kesimlerinde yüzeylenmektedir. Arıç (1955), bulduğu fosillere göre Bakırköy Formasyonu'na Üst Miyosen yaşını vermiştir. Çok bol miktarda mactra, daha az olmakla birlikte melanopsis, helix, unio, theodoxus fosilleri yer alır.

3.5.5. Alüvyon

Alüvyonlar, geç Kuvaterner'de İstanbul yarımadasında mevcut olan çeşitli akarsu ortamlarında depolanmış, gevşek blok–çakıl-kum-kilden yapılmış çökellerdir. Genelde çapraz tabakalı ve devresel çökeller şeklinde olup, kalınlıkları ve kendilerini oluşturan malzeme, çevrelerine ve akarsuların fiziksel ve geometrik özelliklerine bağlıdır. İnceleme alanında, kuzeyden güneye akışlı olan dere yatağı uzantıları boyunca görülmektedir. Tabanda çakıllı seviye ile başlayan birim üste doğru yanal devamlılığı fazla olmayan kum ve siltlere geçer. Üste doğru siyah renkli bol kavkılı

kil ve çamurtaşları yer alır. Bu birimler arasındaki geçişler düzensiz olup sıklıkla değişir. Kalınlığı 1.00 ile 7.50 metreler arasında değişir. Bu birim, Holosen yaşlıdır.

3.5.6. Yapay dolgular

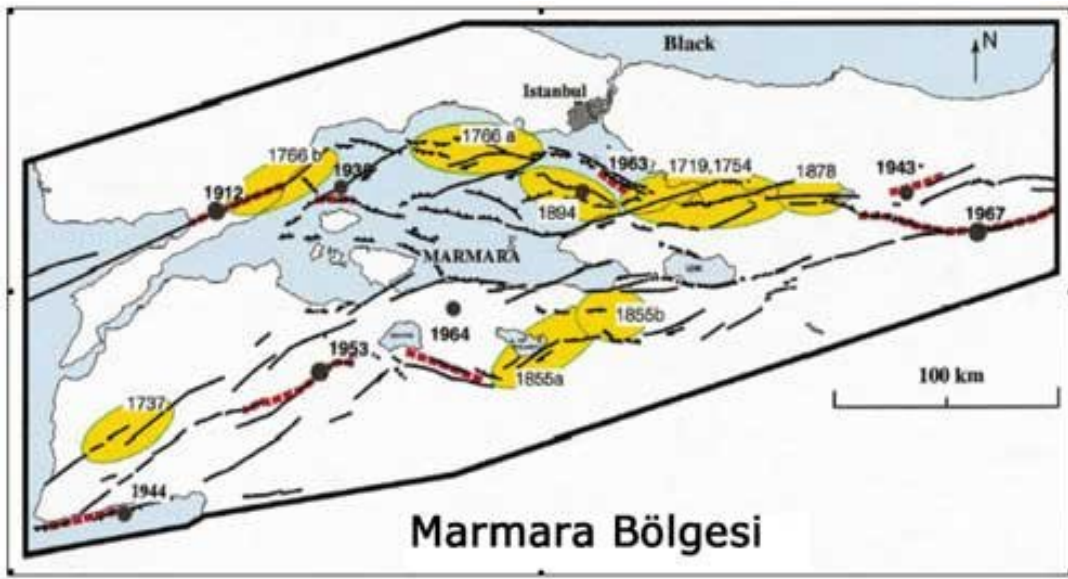
Çalışma alanının bazı kesimlerinde dolgu alanları mevcuttur. Litolojisini heterojen kaya parçaları, bloklar, kumlar ve killer oluşturmaktadır. Kontrolsüz atılan bu dolgular araştırma alanında özellikle Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü, Çiftahavuzlar Mah., eski taş ocakları mevkilerinde, Tekstilkent, Giykop ve Tedaş bölgelerinde görülür. Kalınlıkları ise konumuna göre 2 m ile 34.5 m arasında değişmektedir.

3.6. Marmara Bölgesinin Tektoniği

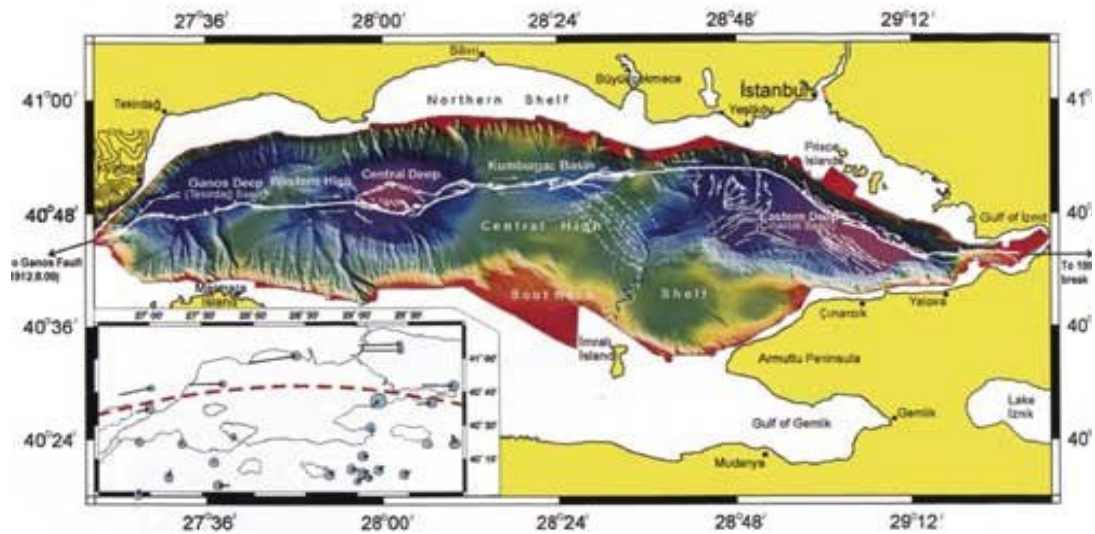
Başta İzmit Körfezi olmak üzere, Marmara Bölgesinin tektoniğinin araştırılmasına yönelik bugüne değin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Barka ve Cadinsky-Cade, 1988; Barga ve Yüksel, 1993; Koral ve Eryılmaz, 1995; Barka, 1997; Okay vd.,1999a). Bölgenin tektonizmasıyla ilgili pek çok husus açıklığa kavuşturulmuş olmakla birlikte, halen tartışmaya açık olan konular bulunmaktadır. Barka (1997)'nin, Marmara Bölgesi'nin güncel tektoniğini incelediği çalışmasında, bölgeye ait önceki araştırmaları özetleyerek, Kuzey Anadolu Fayı'nın Mudurnu Vadisi civarında üç kola ayrıldığını belirtmektedir. Bu kollar; İzmit'ten geçip Marmara Denizi ve Saros Körfezi boyunca Yunanistan'a kadar uzanan kuzey kol, Geyve, İznik, Mudanya, Bandırma ve Biga'yı izleyen bir hat boyunca merkezi kol ve Bursa, Manyas Gölü, Balıkesir üzerinden Edremit Körfezi'ne kadar uzanan güney koldur. Marmara Denizindeki çukurluklar ile Sapanca, İznik ve Manyas gölleri, KAFZ'na ait kolların doğrultu atımlı hareketiyle ilişkili olan çek-ayır (pull-apart) mekanizmasının ürünleri olarak değerlendirilmektedir.

Kuzey Anadolu Fayı'nın batı alanlardaki gerilmeli tektoniği, Marmara Denizi'nin batimetrisi ile karşılaştırıldığında Marmara Denizi içerisindeki çukurlukların üç büyük çek-ayır havzaya karşılık geldiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu görüşten hareketle Marathon Oil firmasının yapmış olduğu ancak yayımlanmamış sismik

kesitleri de kullanarak Barka ve Kadinsky-Cade (1988) Marmara Denizi'nin bir çek ayır havzalar dizisi şeklinde açıldığı görüşünü ileri sürmüşlerdir (Şekil 3.17). Buna bağlı olarak Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi içerisinde çok parçalı bir yapıda olduğu ileri sürülmüştür. Yakın zamanda Le Pichon vd. (2001) Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi içerisindeki geometrisini Le Suroit gemisi ile elde edilen veriler ışığında yorumlamışlardır. Batimetri ve sismik yansıma profillerine dayanan bu araştırmaya göre Marmara Denizi'nin yapısı, Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Marmara Denizi çevresinde Kuzey Anadolu Fayı'nın başlıca aktif kolları ve bu kollar üzerinde gerçekleşmiş tarihi depremler (Barka, 1997) Sarı alanlar 1700-1900 yılları arasında kırılan fay segmentleri ve etkiledikleri alanları göstermektedir.



Şekil 3.18. Marmara Denizi'nin yapısı (Le Pichon vd., 2001)

Bu haritalara göre Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi'ne İzmit Körfezi doğusundan giren ana kolu Körfez çıkışında, Çınarcık Çukurluğu içerisine girmekte ve bu çukurluğu kuzeyden sınırlar bir şekilde, Adaların güney ve batısına kadar izlenmektedir. Çınarcık Çukurluğu'nun güneyinde Çınarcık-Yalova arasında uzanan ve bilhassa 17 Ağustos Depremi'nin artçıları ile açık bir biçimde takip edilebilen fay, bu haritada (sığ sularda çalışılmamış olmasından dolayı) görülememektedir. Bu fay ile Çınarcık Çukurluğu arasında ise az eğimli bir şelf bulunmaktadır (Okay vd., 2000).

Güney Şelf'in haritada izlenen en önemli unsurlarından biri de İmralı Adası'nın hemen batısından geçerek Çınarcık Çukurluğu'nun batısına uzanan ve bugün Marmara Denizi'nin suları altında kalmış bir nehir yatağıdır. Bu yatak Marmara Denizi'nin henüz olmadığı dönemlerde güney alanlardan kuzeye, olasılıkla Karadeniz'e kadar uzanıyordu. Nehir yatağının menderesli yapısı yatak eğiminin düşük olduğunu işaret etmektedir.

Adaların güneyinden sonra, ana fay kolu dönerek doğu-batı uzanım kazanır. Yeşilköy açıklarındaki bu dönüş alanı kuzey-güney gidişli bindirme fayları ile karakterize edilir. Bu durum fayın dönüşünün burada sıkışmalı bir etki yarattığını işaret etmektedir.

Çınarcık Çukurluğu, batıda Orta Marmara Yükselimi ile sınırlanır. Bu yükselimin kuzeyinden devam eden ana fay, Kumburgaz Havzası'ndan geçerek batıdaki Orta Marmara Havzası'na (ya da çukurluğu) girer. İçerisi tutturulmamış yumuşak ve suya doygun çökellerle dolu olan bu çukurluk içerisinde fay, diğer kesimlerdeki kadar iyi izlenememekte, çok sayıda küçük faylar şeklinde izlenmektedir. Le Pichon vd. (2001) nin makalesinde bir kısım yazarlar burada fayın tek parça olduğunu belirterek fayın saçılmasının havzayı dolduran çökellerin yapısından kaynaklandığını kabul etmişler, aynı makalenin yazarlarından bir kısmı ise bu yoruma katılmamışlardır. Bu yazarlara göre fay burada farklı segmentlerden oluşmaktadır.

Orta Marmara Havzası'nın batı sınırını oluşturan Batı Marmara Yükselimi'nde ana fayın izi son derece belirgindir. Burada sırtı keskin bir biçimde kesen fay batıya

doğru Tekirdağ Havzası içerisine girer. Havzanın güneyinden geçen ana fay daha sonra karaya çıkararak Ganos dağlarının güneyinden Saros Körfezi'ne devam eder.

Yukarıda tanımlanan hali ile Marmara Denizi içerisindeki Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolu, 17 Ağustos 1999 depremini oluşturan fay ile 9 Ağustos 1912 şarky-Mürefte depremini oluşturan fayı birbirine bağlayan tek bir parça faydan oluşmaktadır. Bu fay üzerinde geçmişte yaşanan büyük depremler olmuştur. Bilindiği gibi Marmara evresi 1509, 1766 ve 1894'te büyük depremlerden etkilenmişlerdir. Marmara Denizi içerisi ve çevresinde yapılan araştırmalar Marmara Denizi içerisindeki bu fayın da yakın bir zamanda kırılma olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

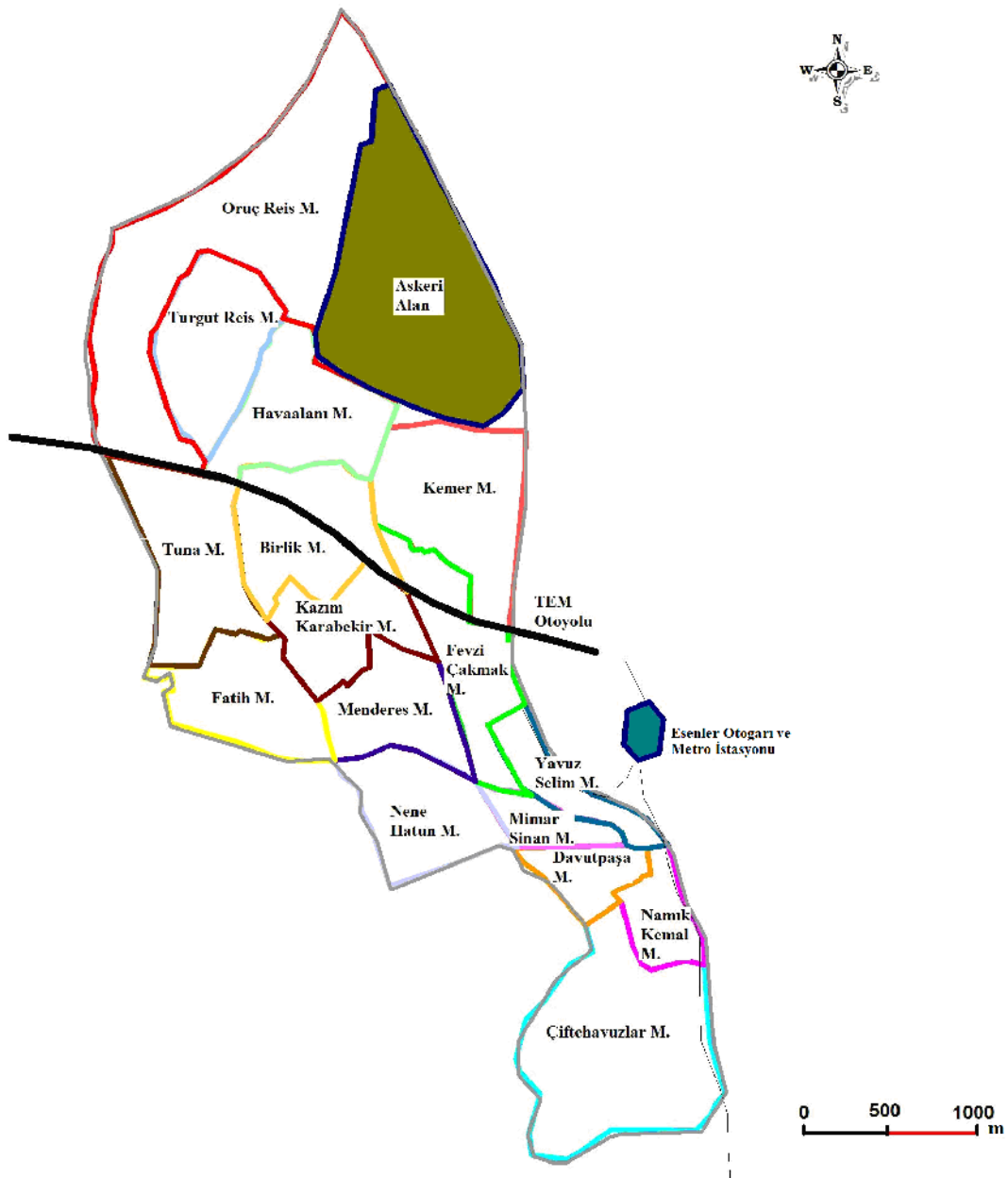
Kuzey Anadolu Fay Zonu, çok sayıda segment ile bu segmentleri oluşturan kademeli ve sağ yanal atımlı faylar tarafından temsil edilmektedir. KAFZ'nun Doğu Marmara Depremi'nde rol oynayan kuzey kolu, biri Sapanca-Gölcük segmenti, diğerisi ise Karamürsel segmenti veya fayı olmak üzere iki segmentten oluşmaktadır (Koral ve Eryılmaz, 1995; Barka, 1997). Sapanca-Gölcük segmenti, Sapanca Gölü ile İzmit Körfezi arasında yaklaşık D-B doğrultusunda uzanırken, İzmit Körfezinden itibaren Gölcük civarında GB'ya doğru yön değiştirmektedir. Hava fotoğraflarından yapılan değerlendirmeler (Barka, 1997) ve Gölcük ile Hersek deltası arasında kalan kıyı çizgisinin çok düzgün olması (Koral ve Eryılmaz, 1995), KD-GB doğrultulu Karamürsel segmentinin Gölcük'ten itibaren kıyının çok yakınından geçtiği, ancak Hersek deltasının batısına kadar devam etmediği şeklinde değerlendirilmektedir. Karamürsel segmentinin kuzeyinde, Hereke'den başlayıp Marmara Denizi'nin içinden ve Hersek deltasının kuzeyinden ınarcık'a doğru geçen, KD-GB doğrultulu Yarımca-Yalova segmenti yer almaktadır (Barka, 1997).

BÖLÜM 4. İNCELEME ALANININ GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE MİKROBÖLGELENMESİ

İnceleme alanının geoteknik özellikleri, çalışma alanında yapılmış olan 370 adet geoteknik amaçlı sondaj ve 150 adet jeofizik sismik kırılma çalışmasına ait veriler ile 908 adet örselenmiş, 174 adet örselenmemiş numune ve 39 adet kayaç örneği üzerinde yapılan deney sonuçları ile belirlenmiştir. Bu bölümde, tez çalışmasında değerlendirilmiş olan arazi ve laboratuvar çalışmalarına ait bilgiler ile bu çalışmaların sonuçlarına göre, inceleme alanının geoteknik özellikleri ve bu özelliklerine göre mikrobölgelenmesine yer verilmiştir.

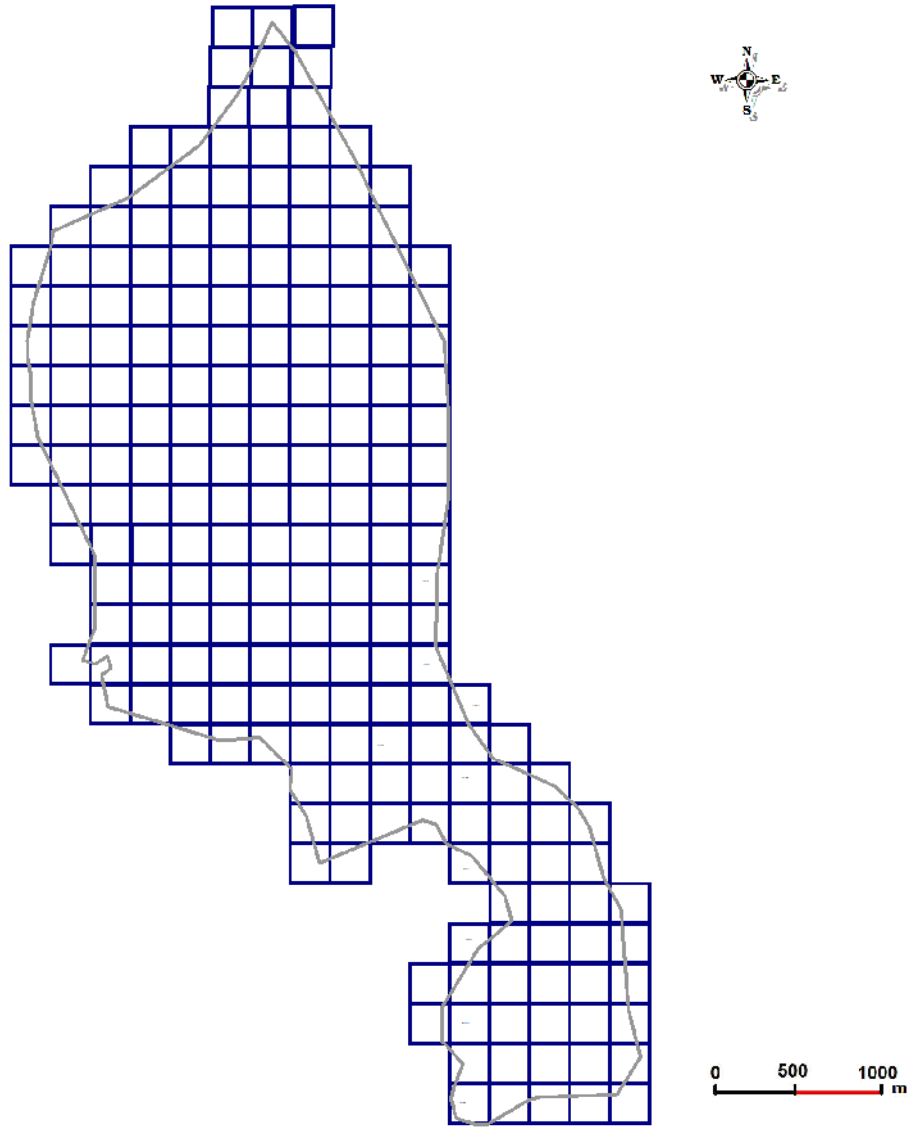
4.1. İnceleme Alanı İçin Mikrobölgeleme Amaçlı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Alt Yapısının Oluşturulması

Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak haritalama işlemleri yapılırken, çalışma alanına ait altlık yani verilerin ilgili olduğu noktalar üzerinde görüntülenmesine yarayan pafta anahtarı ile kullanılmak istenilen alanlara ait (donatı alanları, yollar, mahalleler, vb.) katmanların sayısallaştırma ve projeksiyonlama (koordinatlandırma) işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Bundan dolayı çalışma alanı olan Esenler İlçesi'ne ait pafta anahtarında projeksiyonlama yapılarak verilerin doğru yerlerde görüntülenmesi sağlanmıştır. Daha sonra pafta anahtarı üzerinde bulunan yollar, mahalle sınırları ve donatılar ayrı ayrı katmanlara işlenerek sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. İnceleme alanında bulunan yol, mahalle sınırı ve donatıların aynı katman üzerinde sayısallaştırılmış görünümü

Ayrıca, hazırlanacak mikrobölgeleme haritalarında detay yorumlamalara katkı sağlayacağı düşünülerek inceleme alanı için 250x250 m'lik gridler oluşturulmuştur (Şekil 4.2). Bunun yanında, inceleme alanının jeoloji haritasında görülen (Şekil 3.7) yapay dolgu alanlar, yapılacak analizlerde ve oluşturulacak haritalarda hatalı yorumlara sebebiyet verebileceğinden ötürü çalışma alanı dışında tutulmuştur.



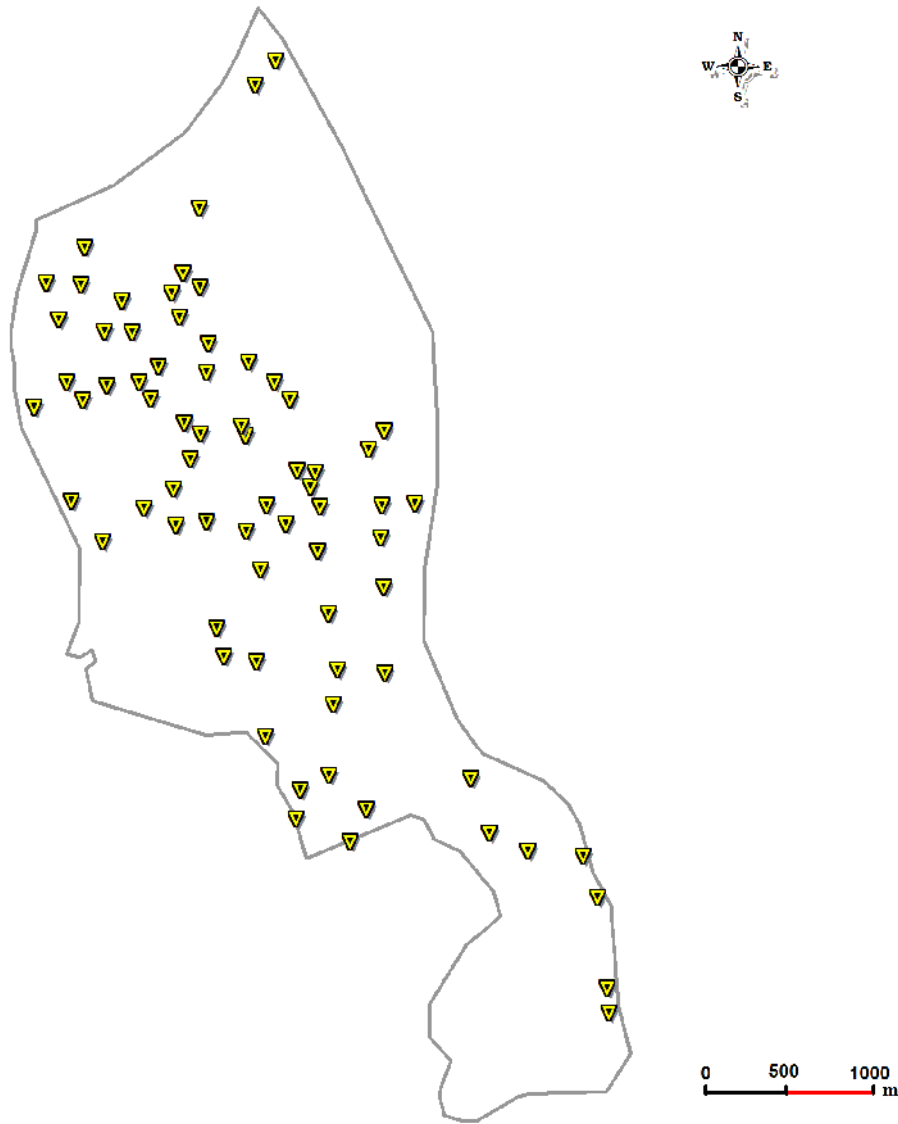
Şekil 4.2. İnceleme alanının 250x250 m karelajlanarak gridlere bölünmesi

4.2. Tez Çalışmasında Değerlendirilen Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

4.2.1 Geoteknik amaçlı sondajlar

Tez çalışması kapsamında öncelikli olarak, Esenler Belediyesi'nin imar planına göre bazı yerleşime uygun ve önemli alanlardaki kat sınırlamasının kaldırılmasına yönelik jeolojik-jeoteknik etüt raporu kapsamında yapılan 41 adet sondaj bilgisinden yararlanılmıştır. Buna ek olarak, belediye aracılığı ile parsel bazında zemin etüdü yapan firmalar ile görüşülerek, bu firmaların Esenler ilçe sınırları içerisinde, özellikle

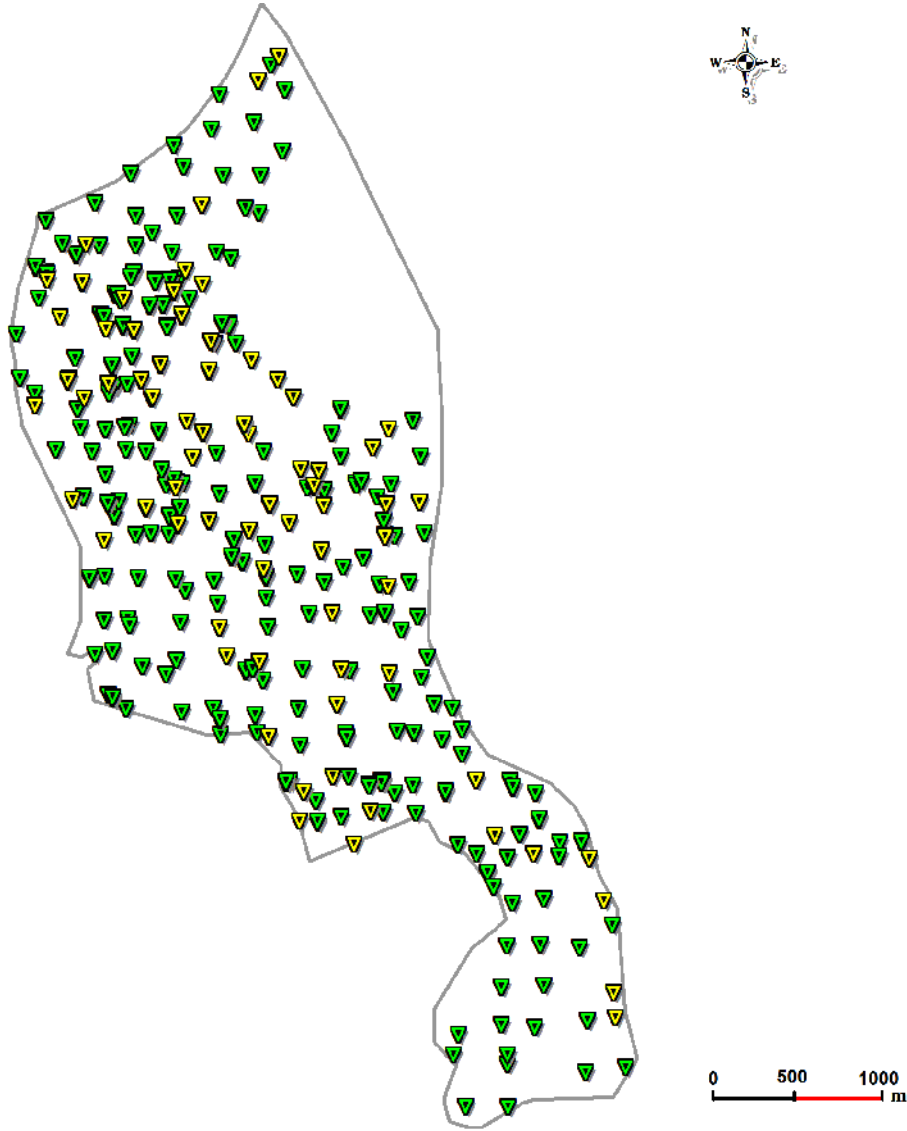
laboratuvar verisine ihtiyaç duyulan alanlarda uyguladığı 31 adet sondaja ait bilgiler kullanılmıştır. Derinlikleri 9 ile 30 m arasında değişen toplam 72 adet sondaj çalışmasına ait lokasyon haritası Şekil 4.3’de, verilmektedir. Sondajlarda zeminlerin kıvamını ve sıklığını belirlemek amacıyla her 1.50 m’de bir SPT (Standart Penetrasyon Testi) deneyi uygulanmıştır. Ayrıca uygun derinliklerde örselenmemiş, SPT uygulanan derinliklerde ise örselenmiş numuneler alınmıştır. Sondajlarda yer altı su seviyesi ölçümleri de yapılmıştır.



Şekil 4.3. İnceleme alanında Esenler Belediyesi’ne ait çalışmalarda ve laboratuvar verisine ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmaları tarafından gerçekleştirilen sondajlara ait lokasyon haritası

İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ne ait Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi (2006), Esenler ilçesinin güney kısmını içine almaktadır. Proje kapsamında

Esenler ilçe sınırları içerisinde yapılmış olan sondajlardan 61 adet sondaja ait bilgiler tezle ilgili çalışmalarda kullanılmıştır. Bunun yanında, son 5 yıl içerisinde bölgede çeşitli amaçlar için uygulanmış olan 237 adet sondaja ait veriler de toplanarak, toplam 370 adet sondaj verisinden oluşan geniş bir veri tabanı oluşturulmuştur. Tez çalışması için kullanılan 370 adet sondaja ait lokasyon haritası Şekil 4.4'de görülmektedir.



Şekil 4.4. Tez çalışması kapsamında değerlendirilen toplam 370 sondaja ait lokasyon haritası.

▼ İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi (2006) kapsamında yapılan 61 adet sondaj ile birlikte son 5 yıl içerisinde bölgede çeşitli amaçlar için uygulanmış olan 237 adet sondaja ait lokasyon noktaları.

▼ İnceleme alanında Esenler Belediyesi'ne ait çalışmalarda ve laboratuvar verisine ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmaları tarafından gerçekleştirilen sondajlara ait lokasyon noktaları.

4.2.2. Laboratuvar çalışmaları

Tez çalışması kapsamında, inceleme alanı içerisinde, Esenler Belediyesi için uygulanan 41 adet sondaj çalışması ile birlikte, laboratuvar verisine ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmalarının gerçekleştirdiği 31 adet sondaj çalışması ve değerlendirilen diğer sondaj çalışmaları sırasında alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler ve kayaç örneklerine ait laboratuvar deney sonuçları kullanılarak, her deney türü için ayrı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu kapsamda, zemine ait örselenmiş numunelerin, dane boyu dağılımları, kıvam limitleri ve doğal su muhtevaları bilgileri ile birlikte, örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan konsolidasyon ve üç eksenli basınç deneylerine ait sonuçlar kullanılarak, zeminlerin sıkışma parametreleri (C_c , C_r , σ_c , vb.) ile kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) gibi kayma direnci parametrelerine ait veri tabanları hazırlanmıştır. Kayaç örneklerinin dayanımlarına ait veri tabanı ise uygulanmış olan nokta yükü dayanımı deneyleri ve tek eksenli basınç deneyleri sonuçlarından elde edilmiştir.

4.2.2.1. Doğal su muhtevası (W_n)

Esenler Belediyesi için uygulanan 41 sondaj çalışması ile birlikte, laboratuvar verisine ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmalarının gerçekleştirdiği 31 sondaj çalışması sırasında alınan örselenmiş 401 adet zemin numunesine ait doğal su muhtevası deney sonucu mevcuttur. Tez kapsamında değerlendirilen diğer sondajlar sırasında alınan 507 adet örselenmiş zemin numunesine ait doğal su muhtevası deney sonuçları ile birlikte toplam 908 adet zemin numunesinin doğal su muhtevası deney sonucuna ait veri tabanı oluşturulmuştur.

4.2.2.2. Kıvam limitleri

Esenler Belediyesi için uygulanan 41 sondaj çalışması ile birlikte, veriye ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmalarının gerçekleştirdiği 31 sondaj çalışması sırasında alınan örselenmiş 401 adet zemin numunesine ait Likit Limit (LL), Plastik Limit (PL) deney sonucu ve Plastisite İndisi (PI) bilgisi mevcuttur. Tez kapsamında değerlendirilen diğer sondajlar sırasında alınan 507 adet örselenmiş zemin

numunesine ait kıvam limitleri deney sonuçları ile birlikte toplam 908 adet zemin numunesinin kıvam limitleri deney sonucuna ait veri tabanı oluşturulmuştur.

4.2.2.3. Dane boyu dağılımları

İnceleme alanı içerisinde, Esenler Belediyesi için uygulanan 41 sondaj çalışması ile birlikte, veriye ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmalarının gerçekleştirdiği 31 sondaj çalışması sırasında alınan örselenmiş 401 adet zemin numunesine ait elek analizi deney sonucu mevcuttur. Tez kapsamında değerlendirilen diğer sondajlar sırasında alınan 507 adet örselenmiş zemin numunesine ait elek analizi deney sonuçları ile birlikte toplam 908 zemin numunesinin elek analizi deney sonucuna ait veri tabanı oluşturulmuştur.

4.2.2.4. Konsolidasyon deneyi

İnceleme alanı içerisinde, Esenler Belediyesi için uygulanan 41 sondaj çalışması ile birlikte, veriye ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmalarının gerçekleştirdiği 31 sondaj çalışması sırasında alınan örselenmemiş 49 adet zemin numunesine ait konsolidasyon deneyi sonucu mevcuttur. Tez kapsamında değerlendirilen diğer sondajlar sırasında alınan 34 adet örselenmemiş zemin numunesine ait konsolidasyon deney sonuçları ile birlikte toplam 83 zemin numunesinin konsolidasyon deneyi sonucuna ait veri tabanı oluşturulmuştur.

4.2.2.5. Üç eksenli basınç (UU) deneyi

İnceleme alanı içerisinde, Esenler Belediyesi için uygulanan 41 sondaj çalışması ile birlikte, veriye ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmalarının gerçekleştirdiği 31 sondaj çalışması sırasında alınan örselenmemiş 47 adet zemin numunesine ait üç eksenli basınç (UU) deneyi sonucu mevcuttur. Tez kapsamında değerlendirilen diğer sondajlar sırasında alınan 44 adet örselenmemiş zemin numunesine ait üç eksenli basınç deneyi sonuçları ile birlikte toplam 91 adet zemin numunesinin kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) bilgilerine ait veri tabanı oluşturulmuştur.

4.2.2.6. Nokta yükü dayanım indeksi (I_{s50})

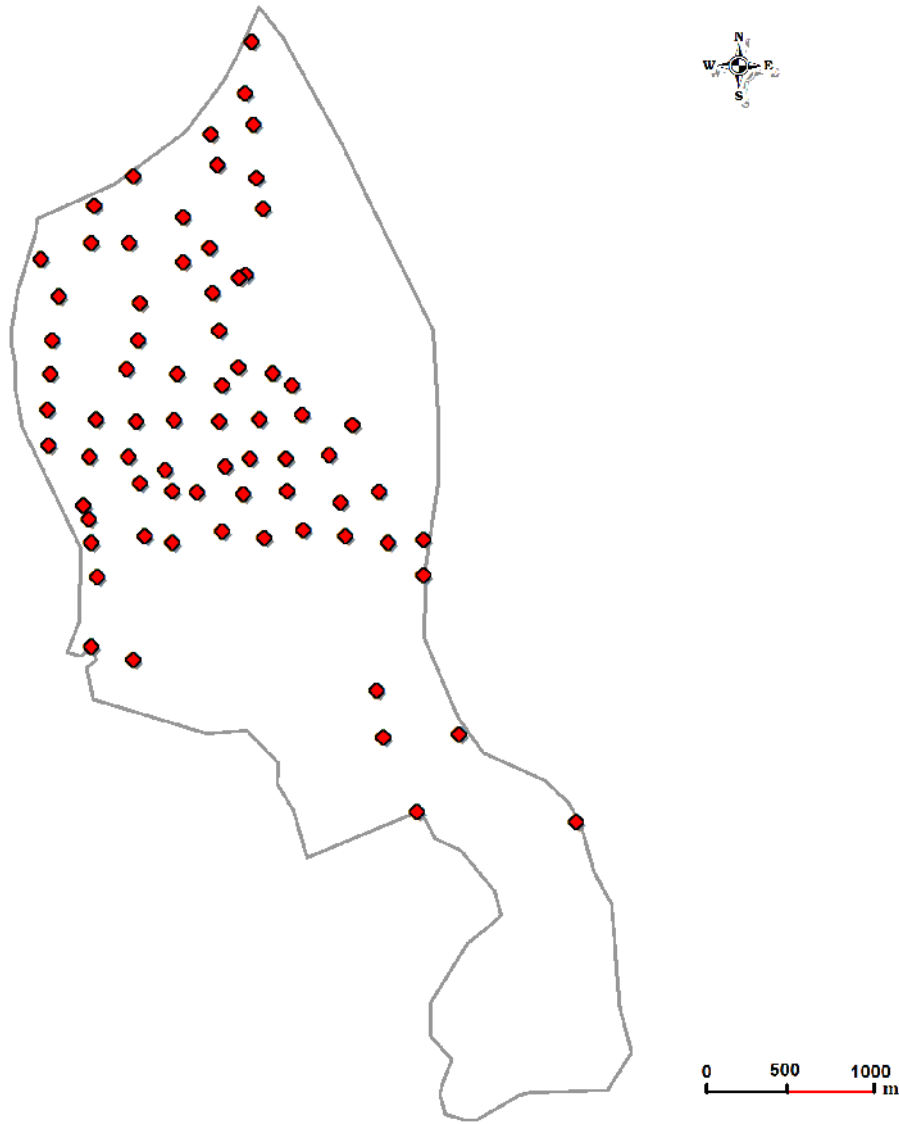
İnceleme alanı içerisinde, Esenler Belediyesi için uygulanan 41 sondaj çalışması ile birlikte, veriye ihtiyaç duyulan alanlarda zemin etüt firmalarının gerçekleştirdiği 31 sondaj çalışması içinde, kaya birimler üzerinde uygulanan sondajlarda alınan 18 adet kayaç örneğine ait nokta yükü dayanım indeksi (I_{s50}) deney sonucu mevcuttur.

4.2.2.7. Tek eksenli basınç dayanımı (UCS)

İnceleme alanında çeşitli amaçlar için uygulanmış ve tez kapsamında değerlendirilen sondajlar sırasında alınan 21 adet kayaç örneği üzerinde yapılmış tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçlarına ek olarak, nokta yükü dayanım indeksi belirlenen 18 adet kayaç örneğinin de tek eksenli basınç dayanımlarının belirlenmesiyle toplam 39 adet kayaç örneğinin tek eksenli basınç dayanımına ait veri tabanı oluşturulmuştur.

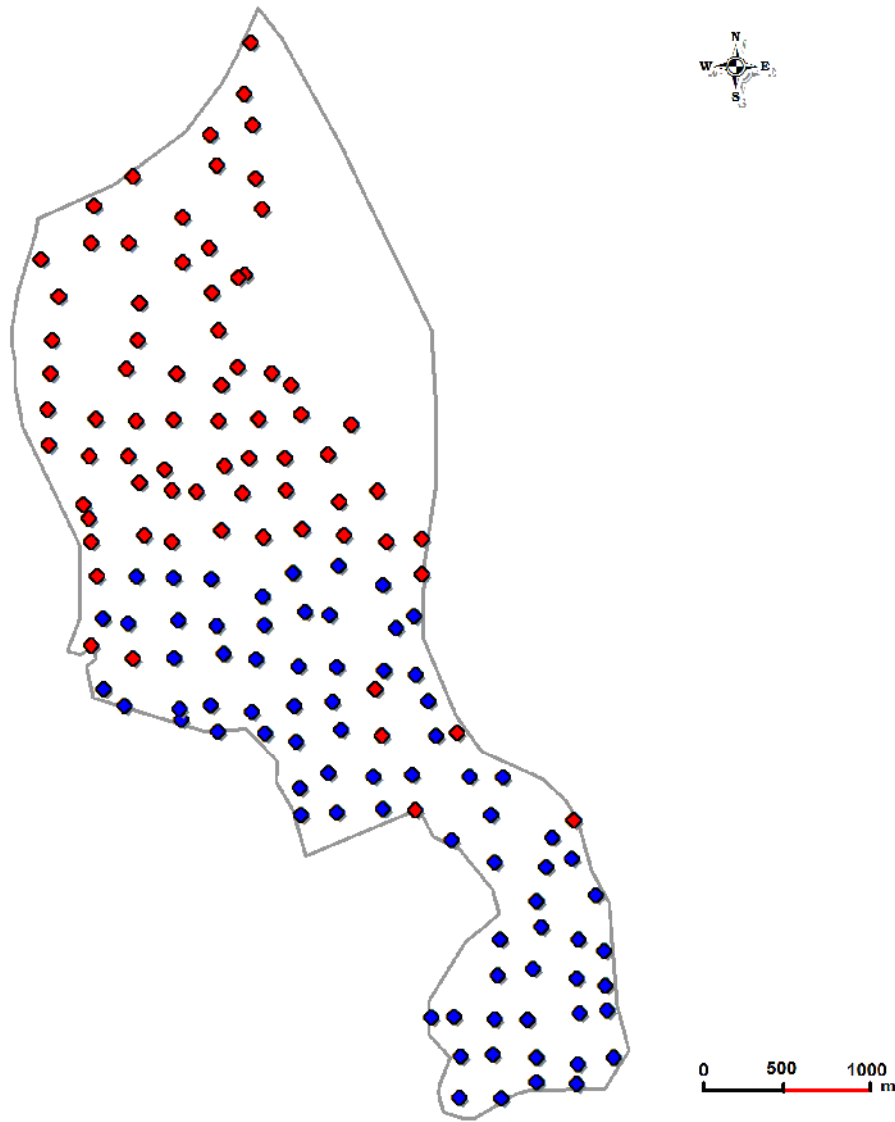
4.2.3. Jeofizik Çalışmalar

Geoteknik araştırmalarda, özellikle sondaj çalışmaları sonucu elde edilen parametrelerin desteklenmesi amacıyla jeofizik çalışmalardan yararlanılmaktadır. Bu amaçla, tez çalışması kapsamında, sondaj çalışmalarına ek olarak, Esenler Belediyesi'nin imar planına göre bazı yerleşime uygun ve önlemlen alanlardaki kat sınırlamasının kaldırılmasına yönelik jeolojik-jeoteknik etüt raporu kapsamında gerçekleştirilen 45 profil sismik kırılma çalışması ile birlikte eksik görülen yerlerde zemin etüt firmaları tarafından uygulanmış olan 28 profil sismik kırılma çalışmasına ait bilgilerden yararlanılmıştır. Yararlanılan sismik kırılma çalışmaları, ReMi tekniği kullanılarak uygulanmıştır. Geoteknik değerlendirmeler yapılırken zemine ait sismik dalga hızları arasından, daha çok S dalga hızı (kayma dalgası hızı) dikkate alınmaktadır. ReMi yöntemi ile, S dalga hızları, yaklaşık 100 metrelik derinliğe kadar elde edilebilmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilen toplam 73 profil sismik kırılma çalışmasına ait lokasyon haritası Şekil 4.5'de görülmektedir.



Şekil 4.5. İnceleme alanında Esenler Belediyesi'ne ait çalışmalarda ve eksik görülen yerlerde zemin etüt firmaları tarafından gerçekleştirilen sismik kırılma çalışmalarına ait lokasyon haritası

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi (2006), kapsamında inceleme alanının güney kesimlerinde 77 profil boyunca yine ReMi tekniği kullanılarak sismik kırılma çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalara ait veriler ve sonuçlar da tez kapsamında değerlendirilmiştir. Tez çalışması için kullanılan toplam 150 sismik kırılma çalışmasına ait lokasyon haritası ise Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4.6. Tez çalışması kapsamında değerlendirilen toplam 150 sismik kırılma çalışmasına ait lokasyon haritası

- ◆ : İnceleme alanında Esenler Belediyesi'ne ait çalışmalarda ve eksik görülen yerlerde zemin etüt firmaları tarafından gerçekleştirilen sismik kırılma çalışmalarına ait lokasyon noktaları
- ◆ : İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi (2006), kapsamında inceleme alanında gerçekleştirilen sismik kırılma çalışmalarına ait lokasyon noktaları

4.3. SPT-N₃₀ Darbe Direnci

Tez çalışması kapsamında değerlendirilen toplam 370 adet sondaj çalışması sırasında ince daneli zeminlerin kıvamını ve iri daneli zeminlerin sıklığını belirlemek amacıyla her 1.50 m de bir SPT (Standart Penetrasyon Testi) deneyi uygulanmıştır. SPT deneyi, geoteknik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan arazi deneylerinden

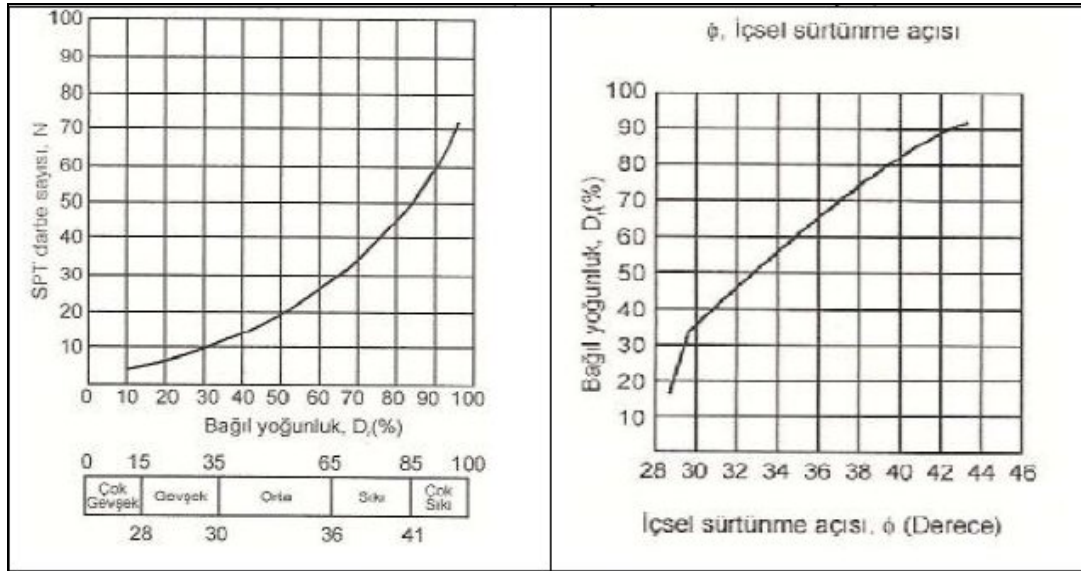
biridir. Deneyde, sondaj tijlerine takılmış, ortasından ikiye ayrılabilen (yarık) ve içinde pirinçten yapılmış bir iç tüpün bulunduğu bir örnekleyicinin, 63,5 kg ağırlığında bir şahmerdanın 760 mm yükseklikten tijlerin üzerine düşürülmesiyle, zemine 15 cm'lik kademelerle toplam 45 cm girdirilinceye kadar gereken darbe adedi tespit edilir. Örselenmeden ötürü ilk 15 cm'lik kısım dikkate alınmaz ve son iki kademedeki düşüş sayıları toplamı, zeminin SPT-N₃₀ sayısı olarak değerlendirilir.

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), ilk defa ABD'de kullanılmaya başlamış olup çapı 60-100 mm arasında değişen sondaj deliklerinde uygulanabilen basit ve ucuz bir deneydir. Bu deney, dikkatli yapıldığı zaman zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında faydalı bilgiler sağlamaktadır. Esas olarak kumlu zeminlerde kullanılan bu deney, yumuşak killerden zayıf kayalara kadar değişiklik malzemelerde farklı amaçlar için uygulanabilmektedir.

Terzaghi ve Peck, SPT darbe sayıları ile kohezyonsuz zeminler için relatif sıklık, nisbi yoğunluk ve kohezyonlu zeminler için kıvam, serbest basınç değerleri arasında bağıntılar olduğunu belirlemişlerdir (Tablo 4.1). Yine SPT verilerinden hareketle, bağıl yoğunluğun ve buna bağlı olarak da içsel sürtünme açısının alabileceği değerlerin kestirimi, Şekil 4.7'de verilmiştir.

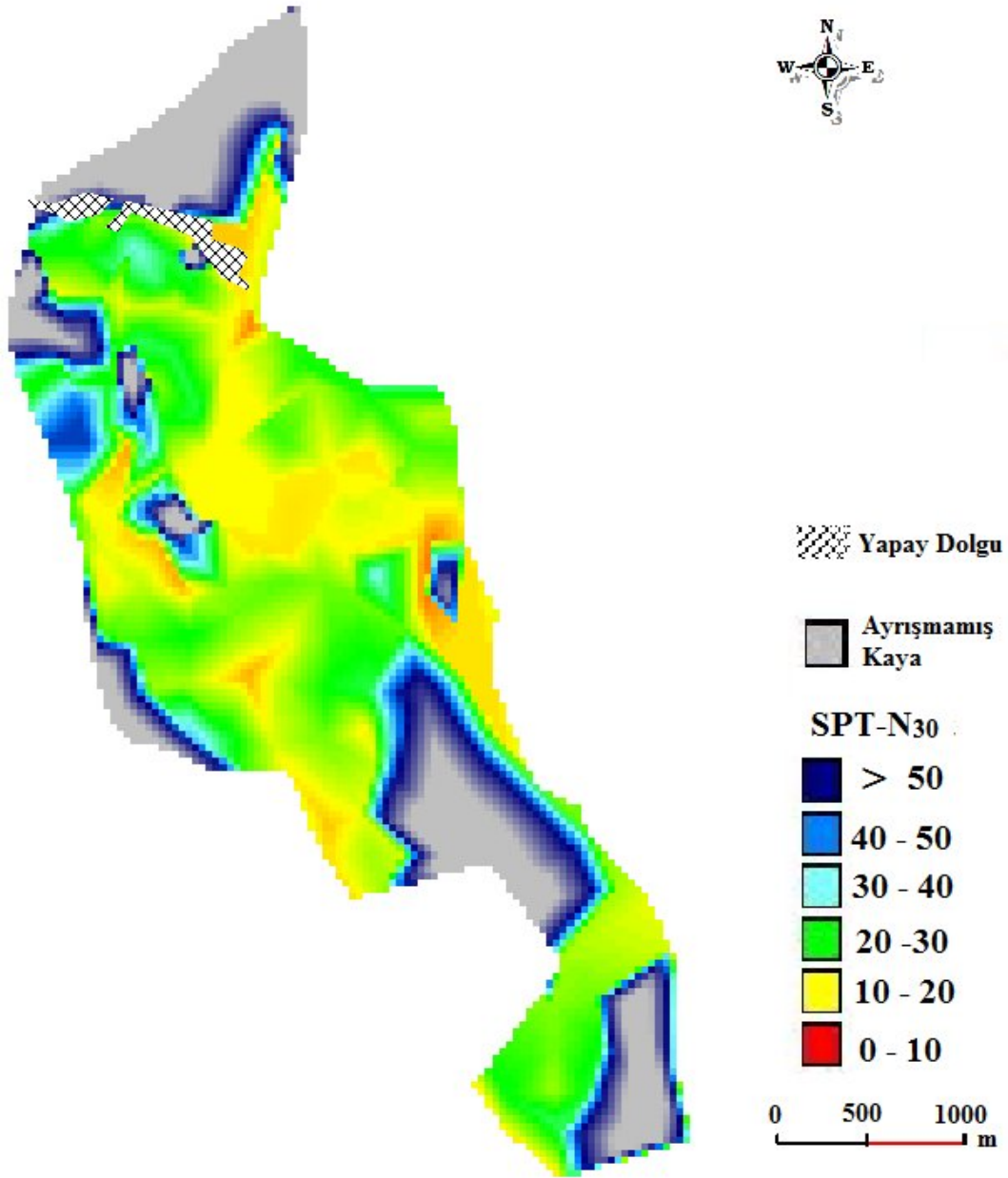
Tablo 4.1. SPT değerlerine göre kohezyonsuz zeminlerde, nisbi yoğunluk, rölatif sıklık, kohezyonlu zeminlerde kıvamlılık ve serbest basınç değerleri (Terzaghi ve Peck, 1948)

		N darbe sayısı	Yerleşim Sıklığı	Rölatif Sıklık
Kohezyonsuz Zeminler		4>	Çok gevşek	0,15>
		4-10	Gevşek	0,15-0,35
		10-30	Orta	0,35-0,65
		30-50	Sıkı	0,65-0,85
		50<	Çok sıkı	0,85<
		N darbe sayısı	Kıvamlılık	S. Basınç direnci (kg/cm²)
Kohezyonlu Zeminler		2>	Çok yumuşak	0,25'den az
		2-4	Yumuşak	0,25-0,50
		4-8	Orta	0,50-1,00
		8-15	Katı	1,00-2,00
		15-30	Çok katı	2,00-4,00
		30<	Sert	4'den fazla



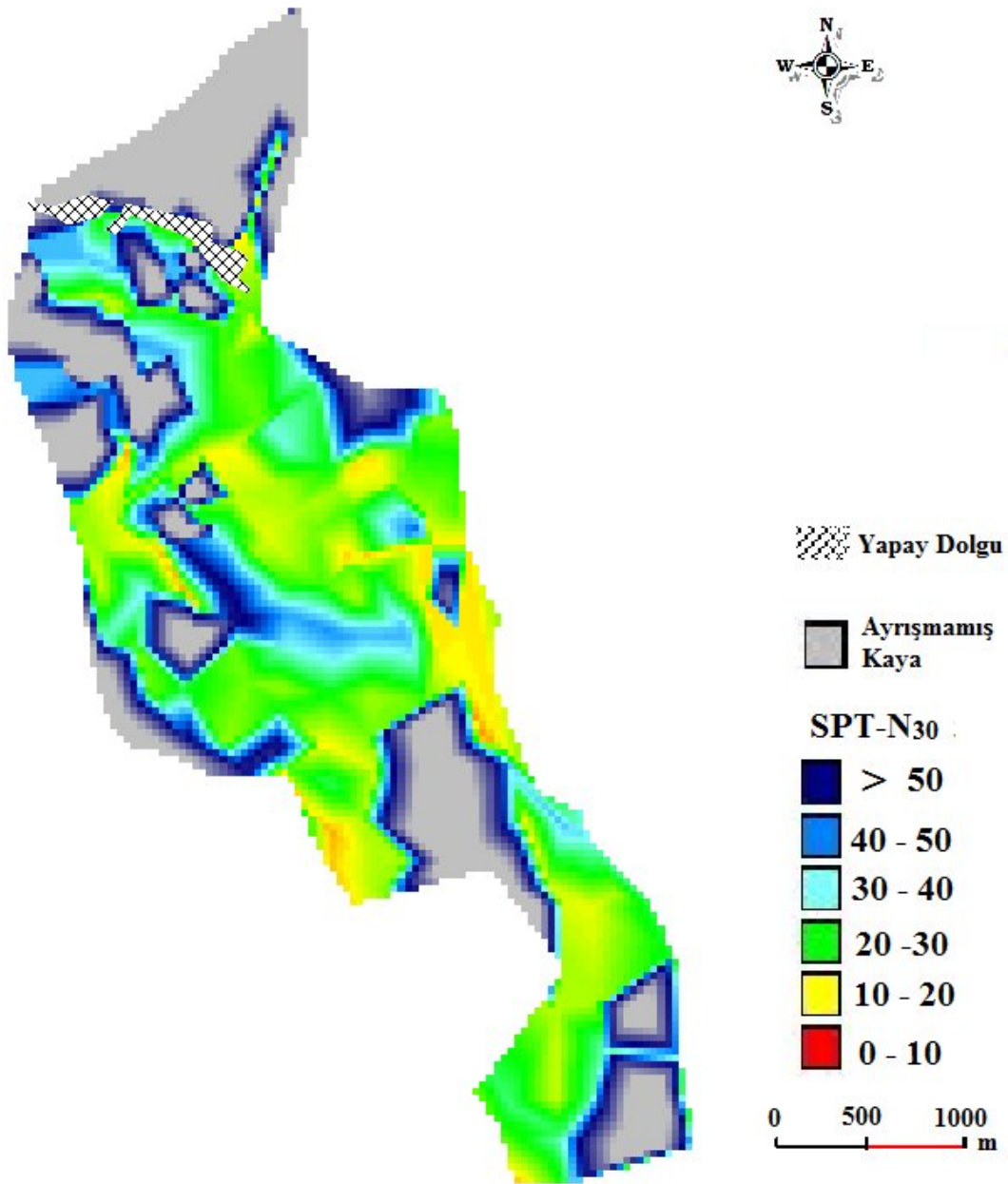
Şekil 4.7. SPT-N darbe sayılarının, bağıl yoğunluğun ve içsel sürtünme açısının tahmininde kullanımı (Ulusay, 2001)

İnceleme alanında, yüzeyden itibaren 15 m derinliğe kadar SPT-N₃₀ değerlerinin dağılımını ve derinlik artışı ile birlikte değişimini görebilmek amacıyla 1,5 m'den başlayarak 3, 4.5, 6, 7.5, 9, 10.5, 12, 13.5 ve 15 m derinlikleri için haritalar oluşturulmuştur. SPT deneyi, ince taneli zeminlerde kıvam, iri taneli zeminlerde ise sıklığın araştırılması için geliştirilmiş bir yöntem olduğu için haritalar oluşturulurken her araştırma derinliğinde ayrışmamış kaya özelliğinde olan alanlar ayrı bir renkle simgenerek zemin - kaya ayrımı ortaya konmuştur. 1.5 m derinlikte (Şekil 4.8) inceleme alanı genelinde SPT-N₃₀ değerleri ağırlıklı olarak 10 – 30 arasında değişmektedir. Kemer, Havaalanı, Birlik, Fevzi Çakmak, Nene Hatun, Kazım Karabekir ve Tuna mahalleleri içerisinde kalan bazı lokal alanlarda ise 10'dan düşük SPT-N₃₀ değerleri mevcuttur.



Şekil 4.8. Yüzeiden 1.5 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası

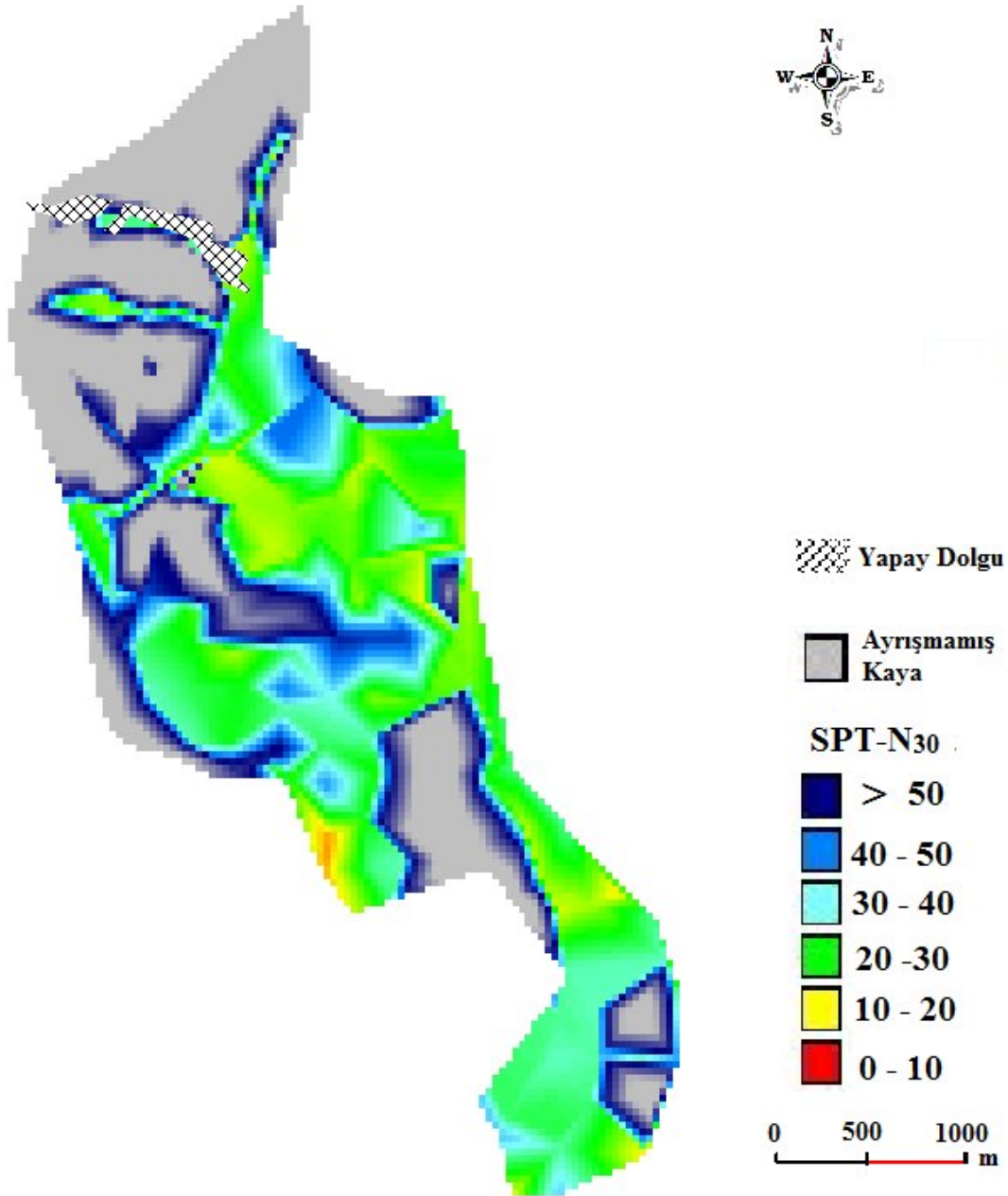
Bunun yanında genellikle inceleme alanının güneyinde, ayrışmış kireçtaşının egemen olduğu alanlarda SPT-N₃₀ değerlerinin 30 – 50 arasında değiştiği görülmüştür. Kuzey kesimlerde ise ayrışmış kumtaşı ve grovaktan oluşan alanlarda SPT-N₃₀ değerlerinin çoğunlukla 30 – 50 arasında değiştiği hatta kimi kesimlerde 50’den yüksek değerler aldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Yüzeiden 3 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası

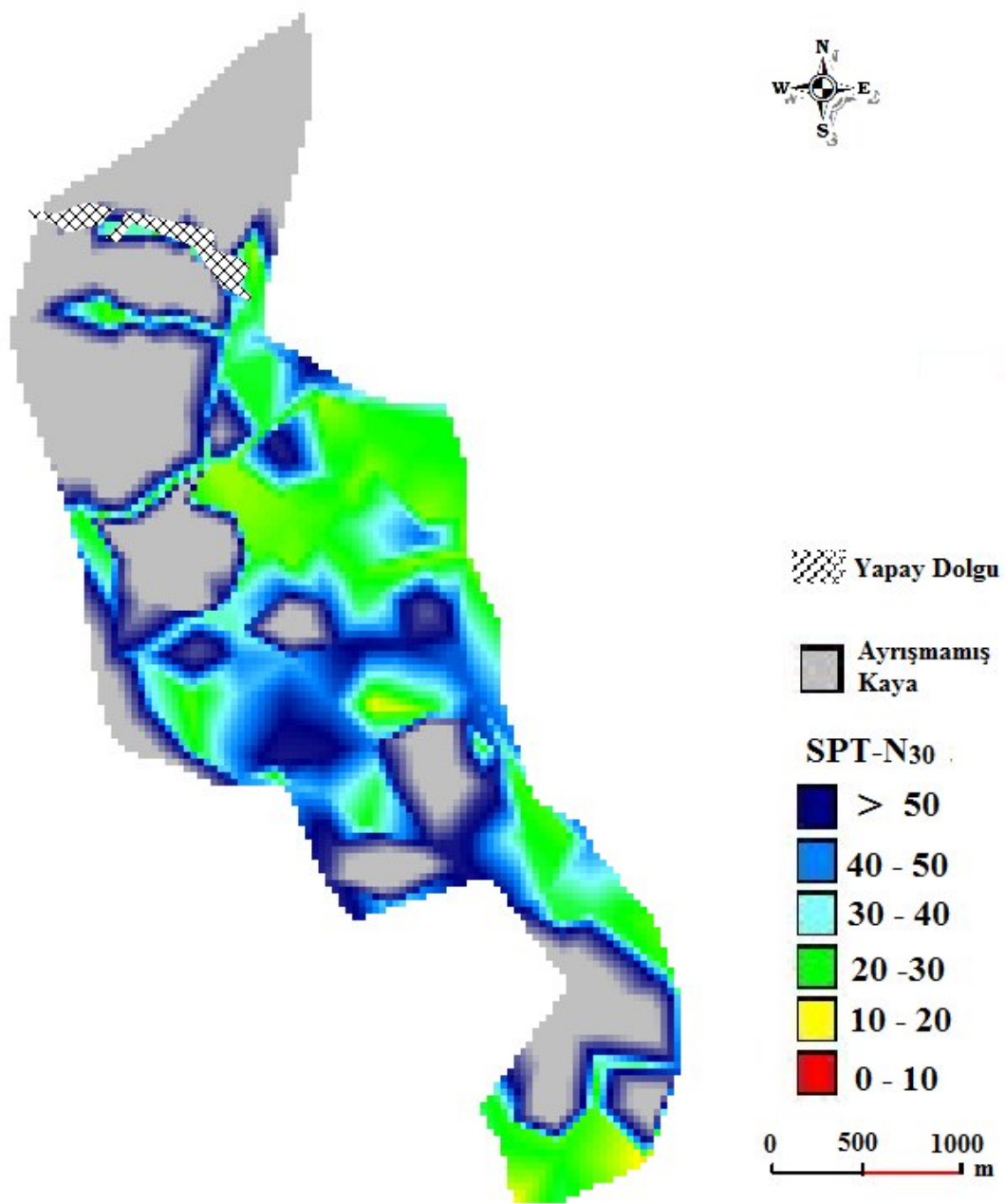
Şekil 4.9' daki 3 m derinliğe ait haritaya bakıldığında Kemer, Yavuz Selim, Fevzi Çakmak, Nene Hatun ve Tuna gibi mahallelerde yine 10'dan düşük SPT-N₃₀ değerine sahip lokal alanlar görülmektedir. İnceleme alanı genelinde ise SPT-N₃₀ değerleri ağırlıklı olarak 20 – 30 arasında değerler almaktadır. Bu seviyede ayrılmış kireçtaşının egemen olduğu alanlarda SPT-N₃₀ değerleri yine 30 – 50 arasında değişirken, kuzey kesimlerde ayrılmış kumtaşı ve grovaktan oluşan alanlarda SPT-N₃₀ değerlerinin 40'dan büyük olduğu görülmektedir.

4.5 m derinliğe ait haritaya bakıldığında (Şekil 4.10), bu derinlikte sadece Nene Hatun mahallesi içerisinde kalan lokal alanlarda 10'dan düşük SPT-N₃₀ değerleri göze çarpmaktadır. Bu seviyede zemin olarak nitelenen alanlarda SPT-N₃₀ değerleri 20 – 30 arasında değişmektedir. Temel kaya seviyesine yaklaşılan alanlarda ise SPT-N₃₀ değerlerinin oldukça yüksek olduğu göze çarpmaktadır.

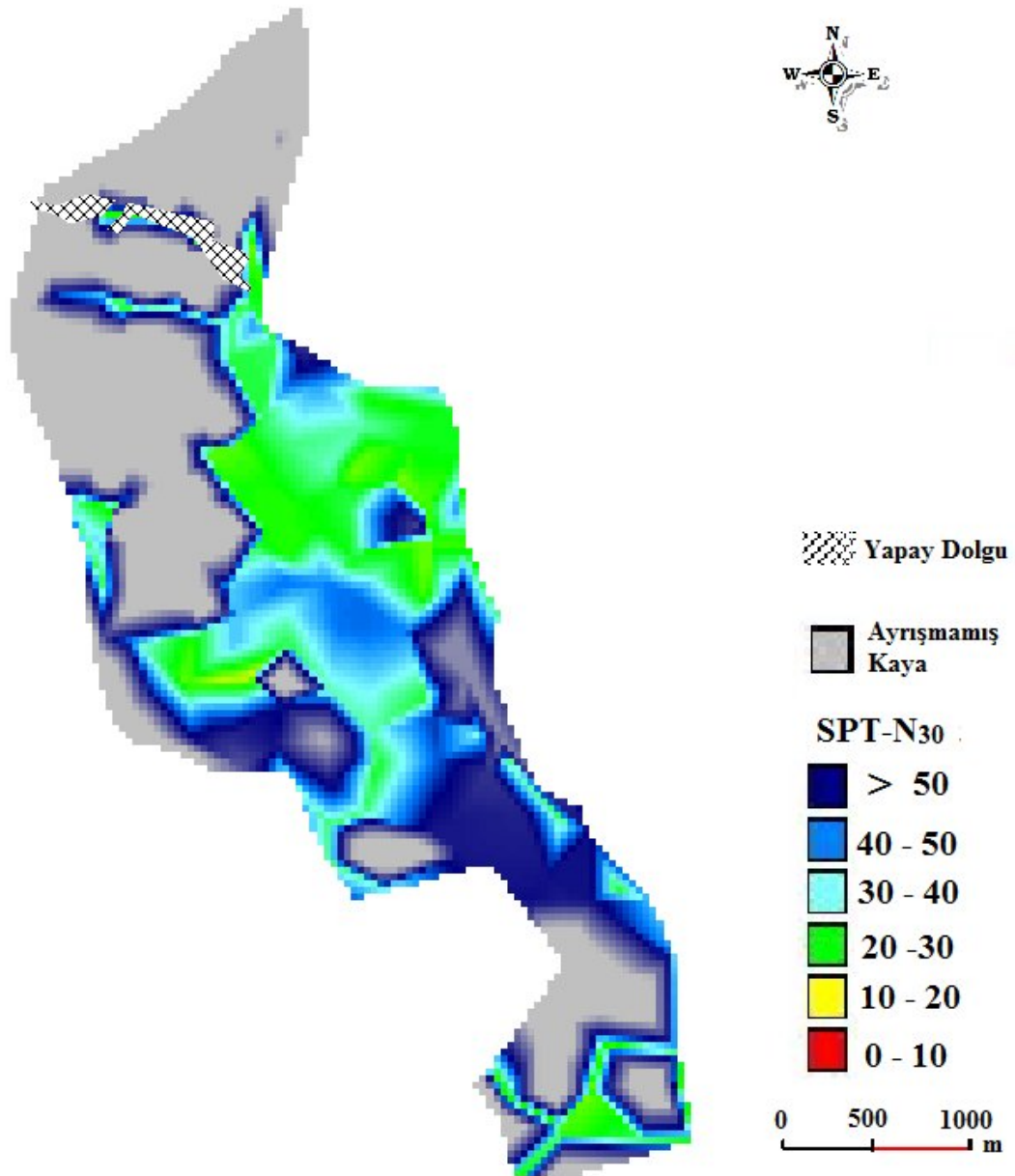


Şekil 4.10. Yüzeyden 4.5 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası

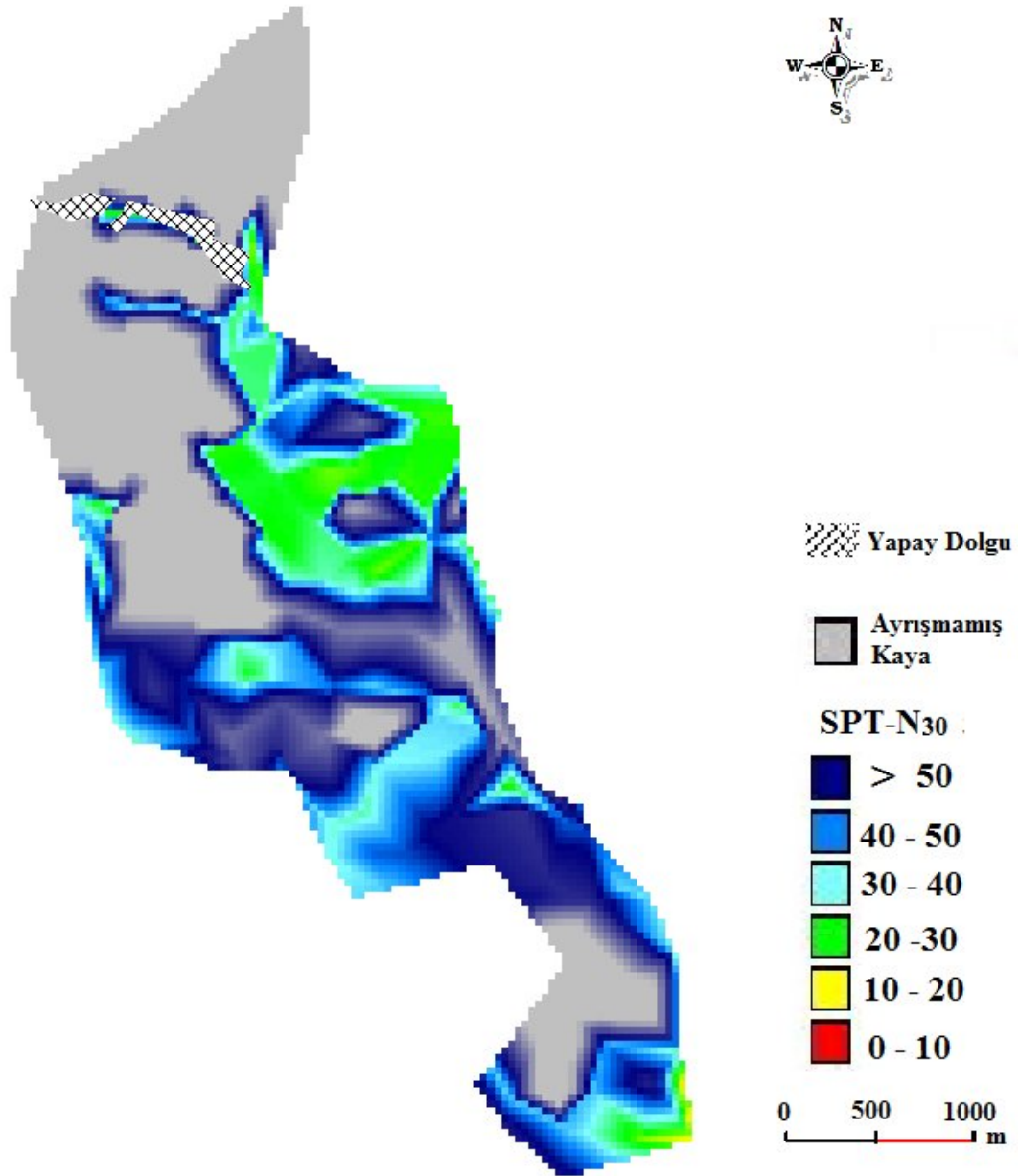
6 m derinlikten itibaren zemin ortamlarda sert-katı özellikli killer, sıkı-çok sıkı kumlar ve yer yer çakıllı birimlerin varlığından ötürü SPT-N₃₀ değerlerinde belirgin bir artış görülmektedir (Şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17). Bu derinlikten itibaren kuzey kesimlerin büyük çoğunluğunda ise temel kaya seviyesine ulaşılmaktadır. Bununla birlikte kuzeyde Birlik, Kemer ve Havaalanı, güneyde ise Çiftelavuzlar gibi mahallelerde derinliğin 15 m'ye yaklaştığı seviyelerde dahi SPT-N₃₀ değerlerinin 20 – 30 arasında kaldığı alanların mevcut olduğu da görülmektedir.



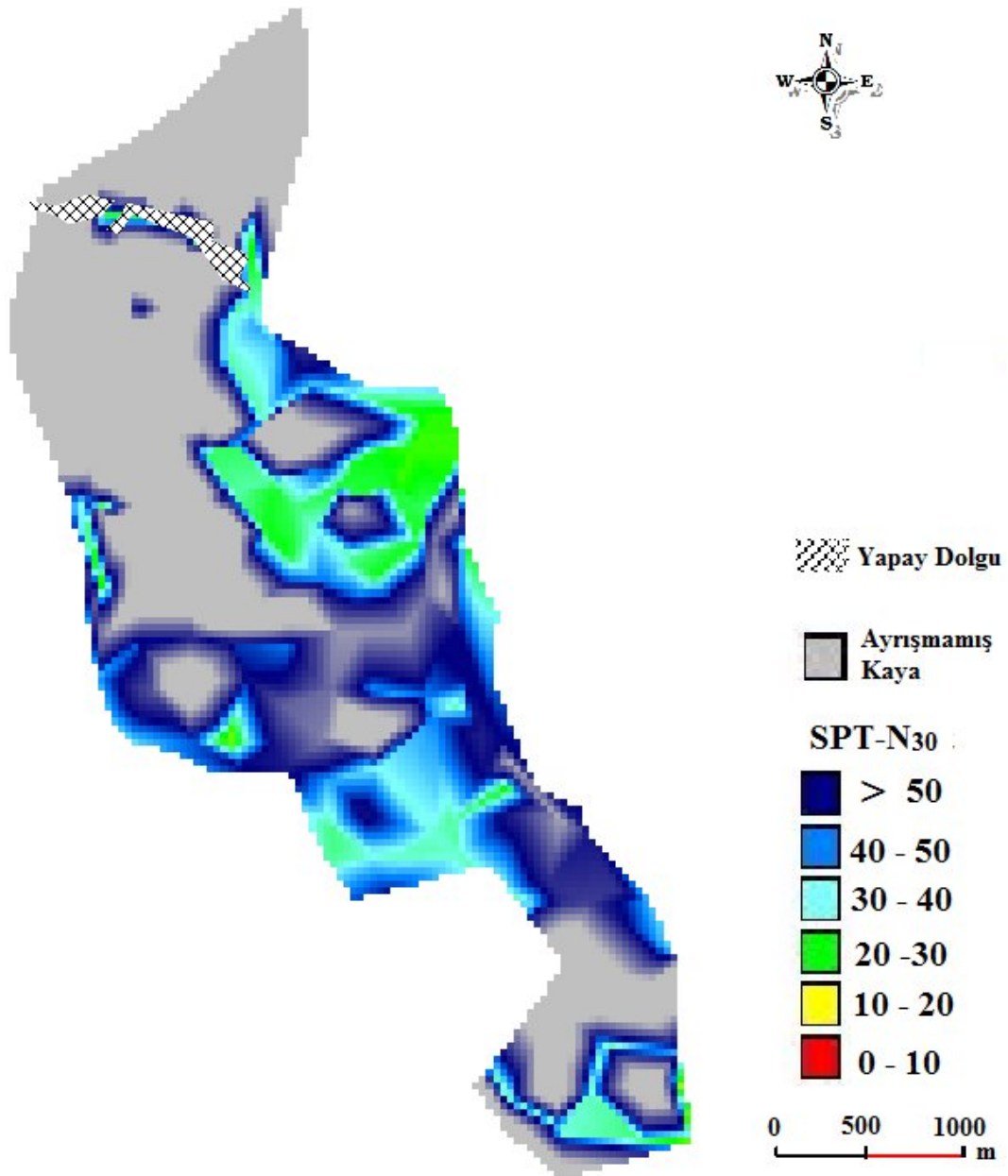
Şekil 4.11. Yüzeyden 6 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası



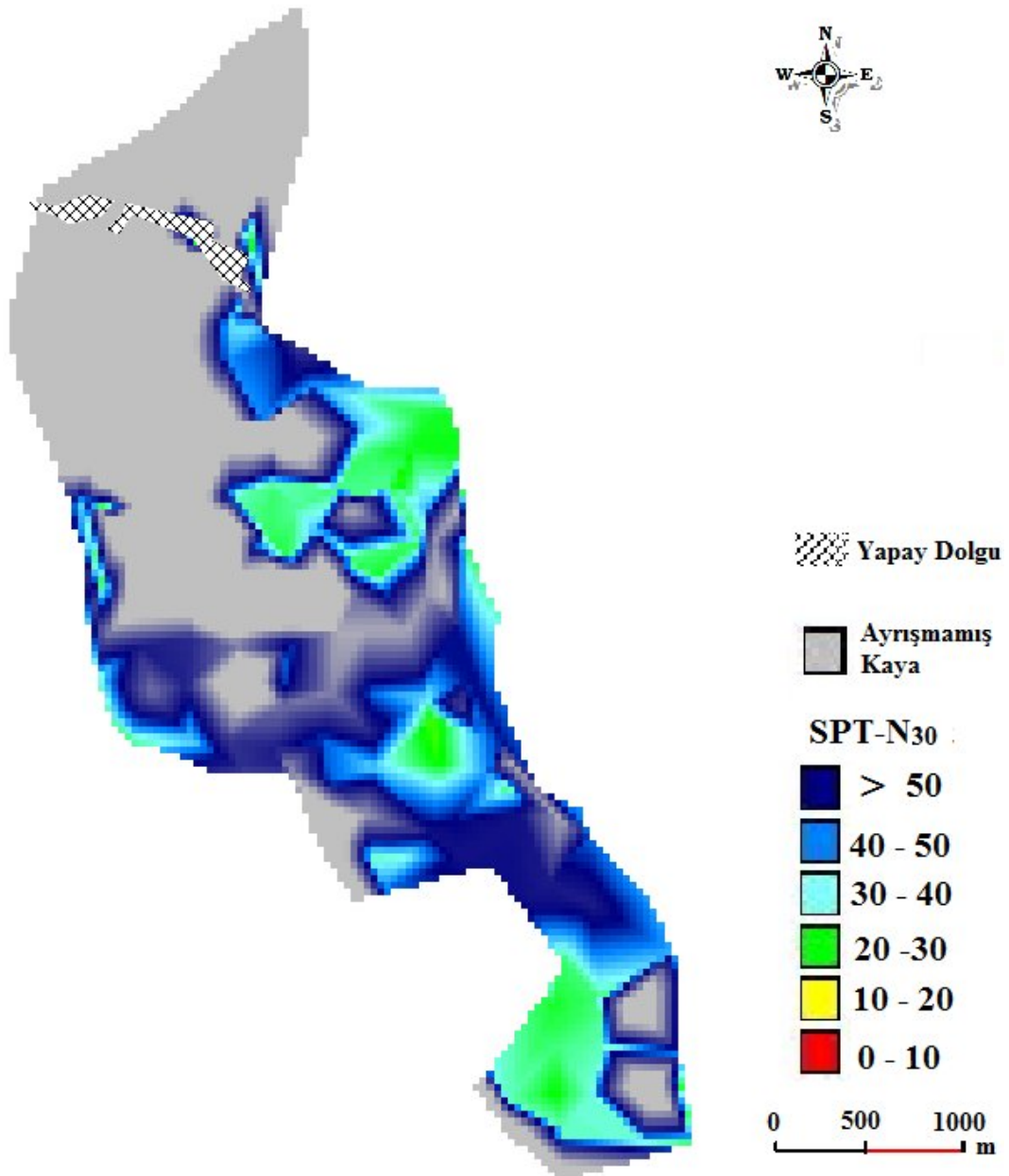
Şekil 4.12. Yüzeyden 7.5 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası



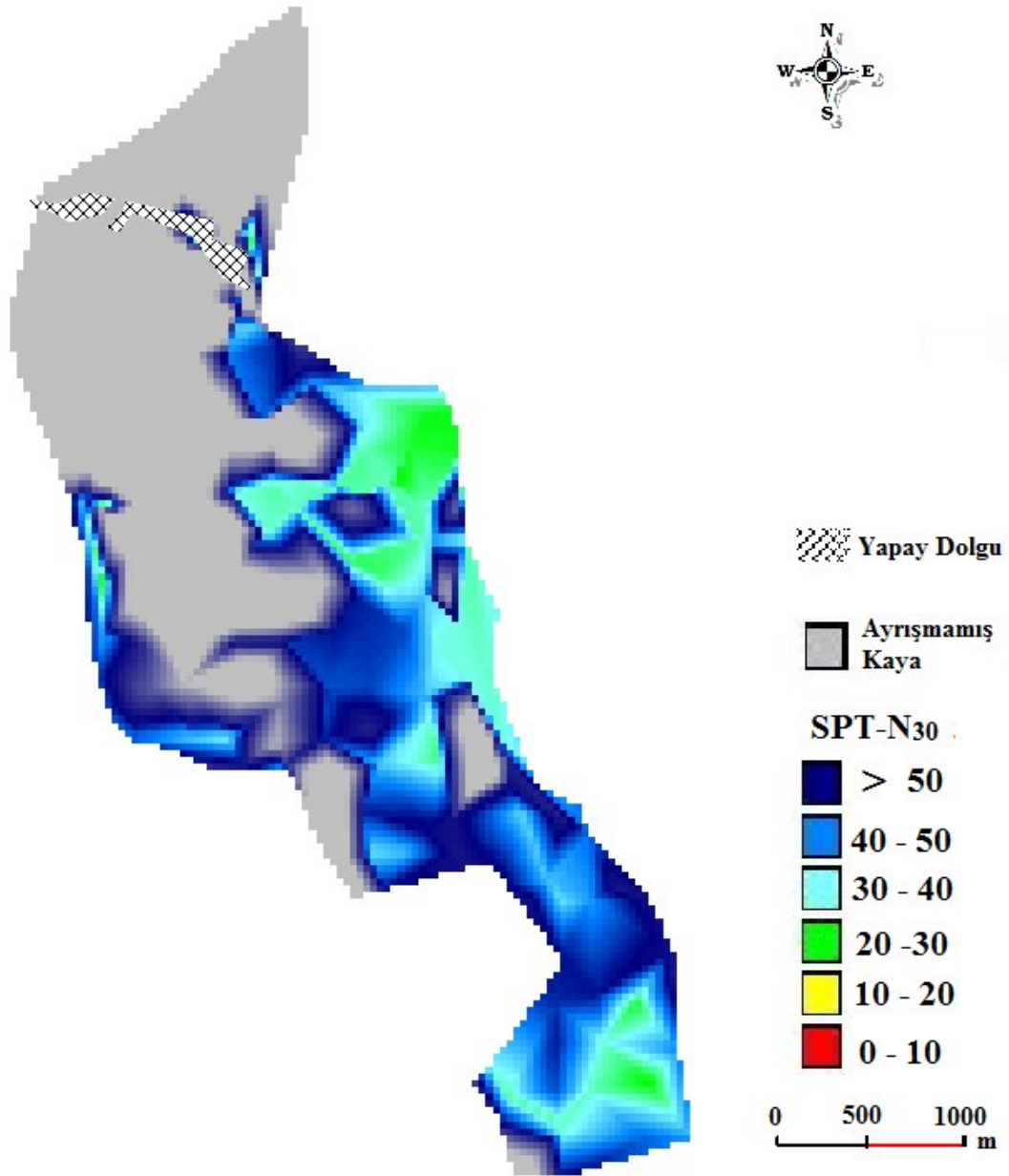
Şekil 4.13. Yüzeyden 9 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası



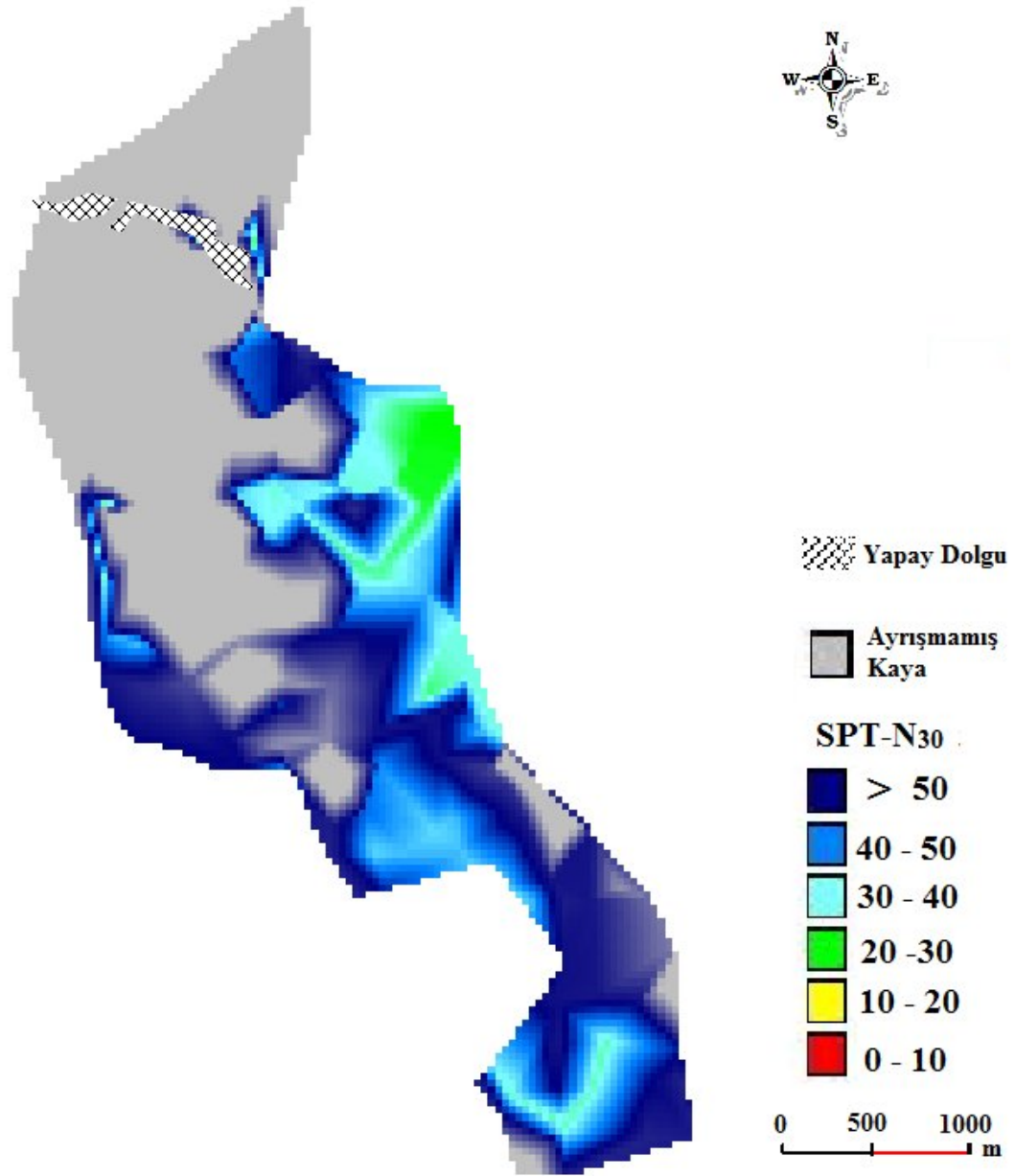
Şekil 4.14. Yüzeyden 10.5 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası



Şekil 4.15. Yüzeyden 12 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası



Şekil 4.16. Yüzeyden 13.5 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası



Şekil 4.17. Yüzeyden 15 m derinlikte SPT-N₃₀ dağılımı haritası

4.4. Kayma Dalgası Hızı (V_s)

Dinamik yükler altında zemin davranışlarının önceden kestirilebilmesi, depreme dayanıklı yapı tasarımı için son derece önemlidir. Dalga genliğinin periyoda bağımlı olarak elde edilmesi, yapı-yeri tepkisinin hesaplanması ile olanaklıdır. Bu hesaplama için inceleme yerine ait kayma dalgası hızlarına ve yer altı hız dağılımına gereksinim bulunmaktadır (Başokur 2005). Geoteknik incelemelerde, özellikle SPT gibi arazi penetrasyon deneylerinin yaygın olarak kullanılmasına karşılık sismik deneyler, afet riski taşıyan sahalarda ve daha önemli projelerde tercih edilmektedir. Kayma dalgası hızı, zeminin dinamik analizinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Kayma dalgası hızı ile başlıca zeminin; kayma modülü, sıkışma modülü, poisson oranı, elastisite modülü, bulk modülü, zemin hakim titreşim periyodu v.b. bir çok parametre bulunabilir. Kayma dalgası hızı, arazide ölçülebildiği gibi laboratuvar ortamında da ölçülebilmektedir. Kayma dalgası hızı ölçülemediği zaman çeşitli ampirik bağıntılar kullanılarak yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir. İnceleme alanında kayma dalgası hızlarının derinliğe bağlı değişiminin belirlenebilmesi için toplam 150 profil boyunca yapılan sismik kırılma çalışmasına ait veriler kullanılmıştır.

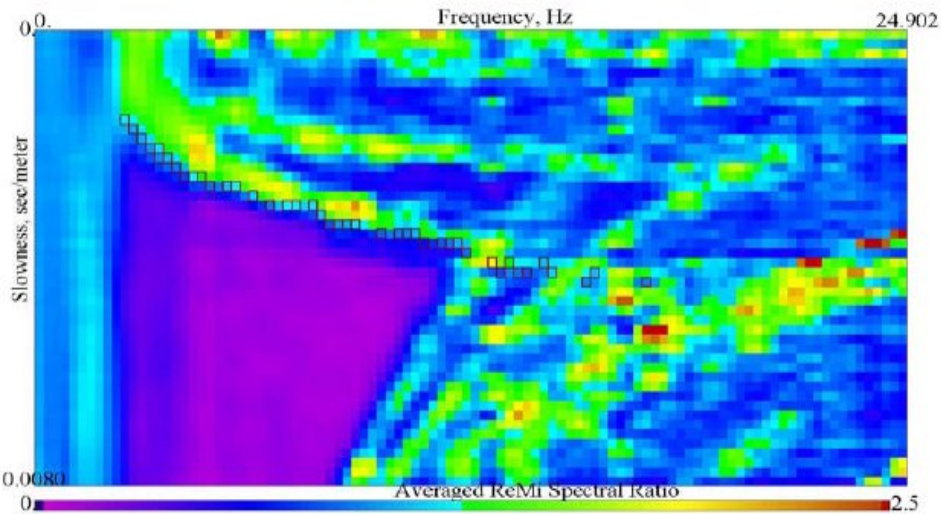
4.4.1. ReMi Tekniği

Yöntemin amacı, S dalgası hız kesitini yaklaşık 100 metrelik derinliğe kadar elde etmektir. Veri toplamada kırılma yönteminde kullanılan jeofonlar ve kayıt cihazları kullanılmaktadır. Özellikle 1 s frekanslı mikrotremor ve ReMi kayıtları deprem dalgası elde edebilmek için kullanılmaktadır. Kırılma verisinden sığ derinliklere (0-30 m) ait bilgiler net olarak elde edilmekte iken ReMi yöntemi ile 100 m derinliğe kadar hız değişimini saptamak olanaklıdır. Her iki yöntemden elde edilen bilgiler tamamlayıcı olduğundan, kırılma ölçüleri sonrası aynı serim düzeni kullanılarak, ReMi ölçümleri gerçekleştirilebilir. Böylelikle, hem sığ hem de derin hız bilgisine erişmek olanaklı hale gelir (Başokur 2005). Yöntem, Rayleigh dalgasının dispersiyonu nedeni ile nüfuz derinliğinin dalga boyuna bağımlı olmasından yararlanır. Veri-işlem aşamasında τ - p ve Fourier dönüşümleri kullanılarak frekans bağımlı faz hızı eğrisi elde edilir. Bu eğriden ise ters-çözüm ile katman kalınlıkları ve S-dalgası hızları hesaplanmaktadır. Gürültü verisinin yavaşlık-frekans (p - f)

dönüşümü ile Rayleigh dalgası gelişlerinin diğer sismik faaliyetlerden ayrılması ilkesine dayanmaktadır. Bu amaç için önce τ -p (Radon) dönüşümü hesaplanır. Daha sonra her τ izinin Fourier dönüşümü alınarak, yavaşlık-frekans (p-f) bölgesinde güç izgesi bulunur. Bu işlem her kayıt için yinelenir ve güç izgeleri toplanır. Yavaşlık-frekans (p-f) güç izgesi haritası, ‘Ortalama ReMi İzgesel Oran (Averaged ReMi Spectral Ratio) olarak da anılır. Gerçek faz hızları, bu haritadan frekansa veya periyoda bağlı olarak elde edilir ve ‘Dispersiyon Eğrisi’ olarak adlandırılır. Dispersiyon eğrilerinden bir-boyutlu (1B) her serim için ReMi veri-işlem aşamaları için üç durum görüntülenmiştir (Şekil 4.18). Bunlar, (p-f) dönüşüm haritası üzerinde dispersiyon eğrisinin işaretlenmesi (1), ölçülen ve kuramsal dispersiyon verisi (2) ve bu verilerin çakışmasını sağlayan 1-B yer altı modelidir (3). Eğer sismik temel üzerindeki her katmanın kalınlığı ve S-dalgası hızı ReMi yöntemi ile elde edilebilir ise zemin sınıflamalarında kullanılan ve katmanlı ortam için ilk 30 metrelik bölümün ortalama kayma dalgası hızını ifade eden V_{s30} parametresi izleyen bağıntı ile hesaplanabilir;

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_i}} \quad (7.1)$$

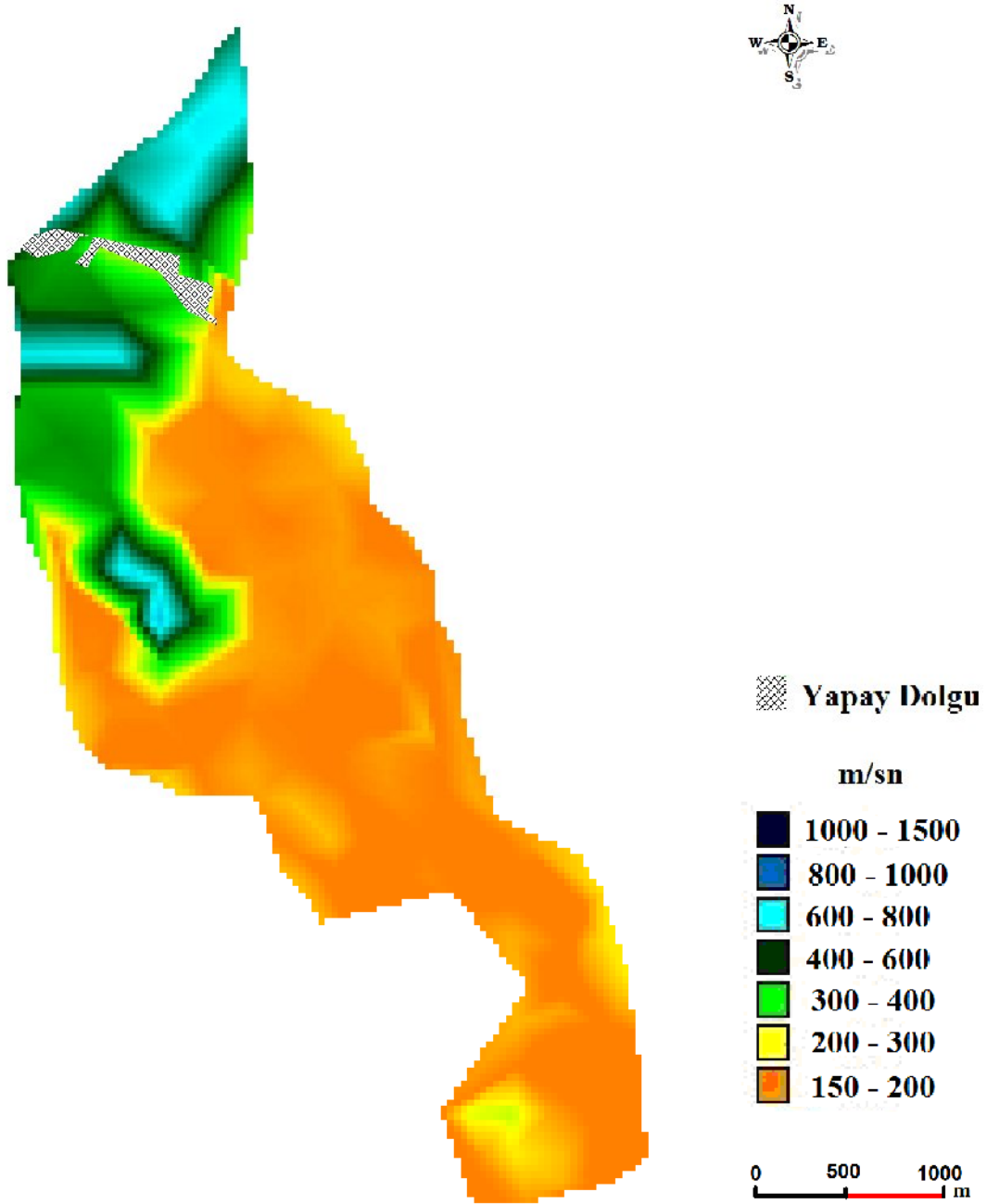
Burada, h_i ; katman kalınlıkları, V_i ; her katmandaki kayma dalgası hızı ve n yüzeyden itibaren ilk 30 metredeki katman sayısıdır.



Şekil 4.18. ReMi izgesel oran haritasında dispersiyon eğrisinin işaretlenmesi

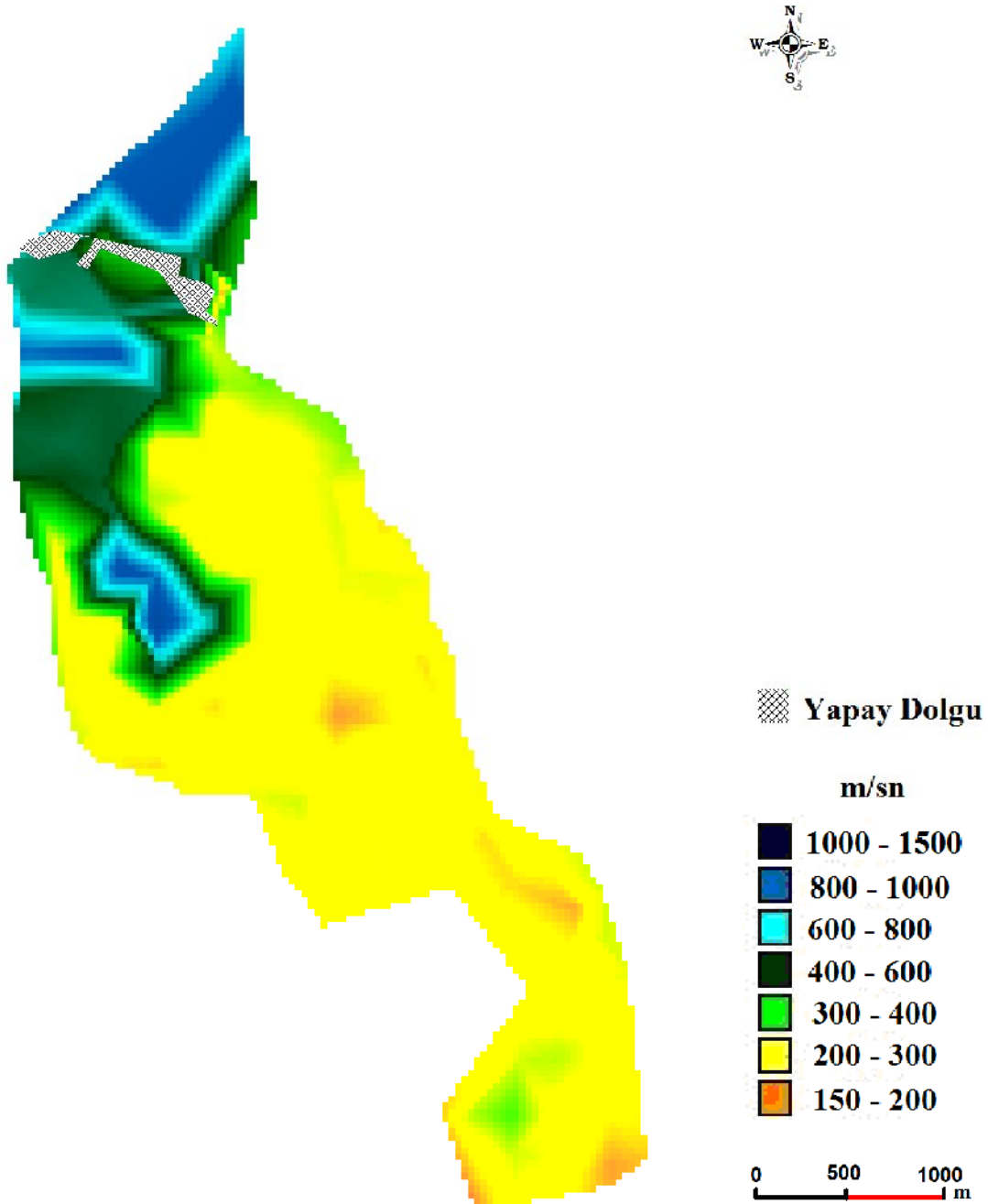
Yönetmeliklerde mühendislik çalışmaları için kayma dalgası hızının 30 m derinliğe kadar olan durumunun belirlenmesi yeterli görülmektedir. Bununla birlikte bazı zemin sınıflandırma sistemleri ve deprem tehlike analizlerinde de zemine ait 30 m'lik ortalama kayma dalga hızı bilgisi kullanılmaktadır. Bu nedenle sismik çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak çalışma alanında 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 m derinlikler için kayma dalgası hızı dağılımını gösteren haritalar oluşturulmuştur. Ayrıca tez çalışması içerisinde farklı amaçlar için de kullanılan, yüzeyden itibaren 30 m'lik derinliğe ait ortalama kayma dalga hızı bilgisinden yararlanılarak çalışma alanında 30 m derinliğe ait ortalama kayma dalga hızı dağılımını gösteren harita da oluşturulmuştur.

Şekil 4.19' da çalışma alanında 5 m derinlikte kayma dalgası hız dağılımını gösteren harita görülmektedir. Bu seviyede çalışma alanında ölçülen en düşük kayma dalga hızı 160 m/sn'dir. Haritaya bakıldığında genel görünüm olarak kayma dalgası hızlarının 150 – 300 m/sn arasında değiştiği görülmektedir. Kuzey kesimlerde ise diğer alanlara göre oldukça yüksek hız değerleri göze çarpmaktadır. Kuzey kesimlerde 5 m derinlikte kimi yerlerde temel kaya olan kumtaşı – grovak birimine ulaşılmış olması ya da temel kayaya yaklaşılması olması kayma dalgası hızlarının yüksek çıkmasına neden olmaktadır.



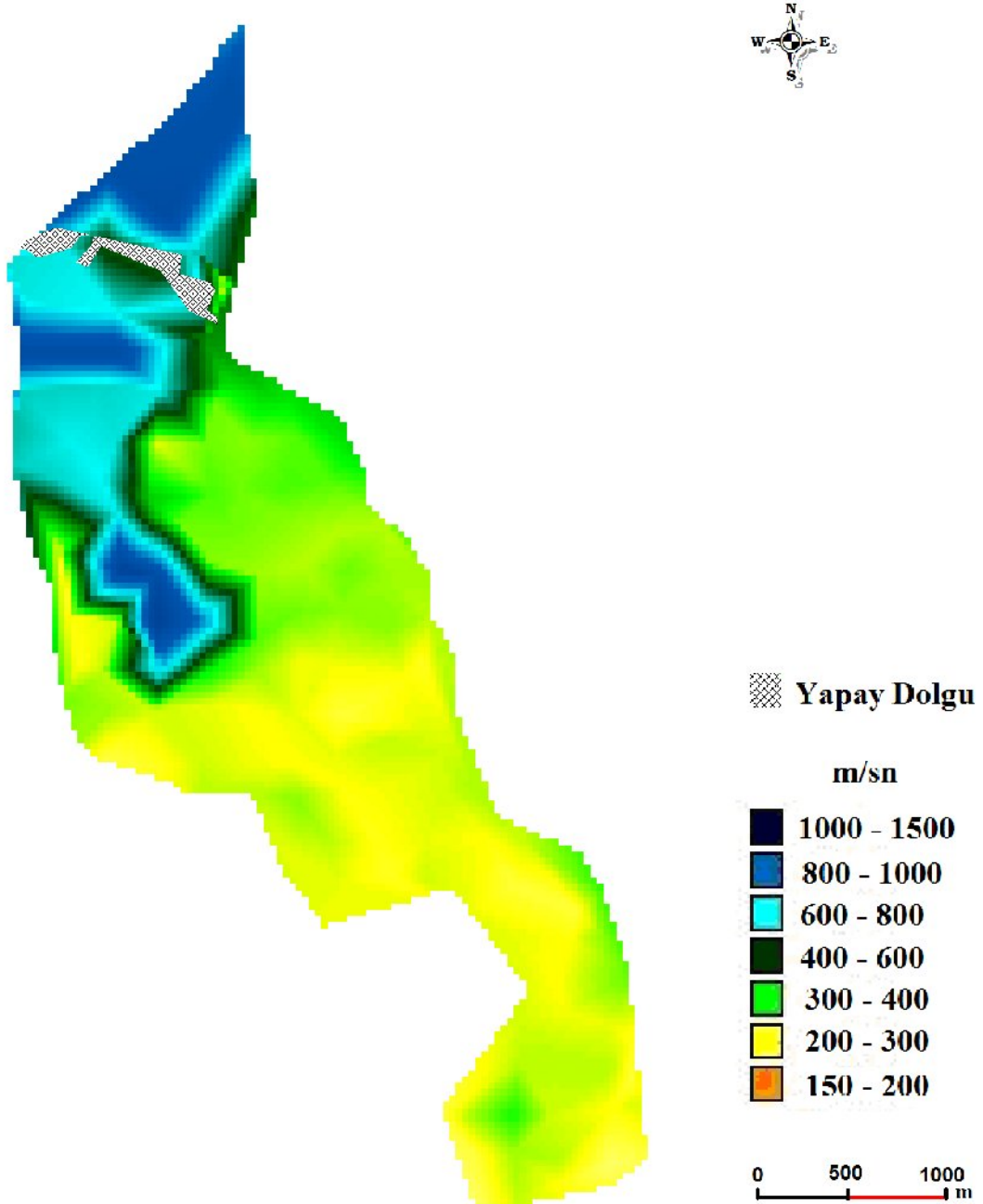
Şekil 4.19. Yüzeyden 5 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası

10 m derinlikteki kayma dalgası hız dağılımına bakıldığında (Şekil 4.20), zemin ortamların 5 m derinlikte görülen karakterlerini korudukları, kaya ortamların ise artan derinlikle birlikte daha rijit yapıya kavuşmaları nedeniyle kimi yerlerde 1000 m/sn hız değerlerini geçtikleri görülmüştür.



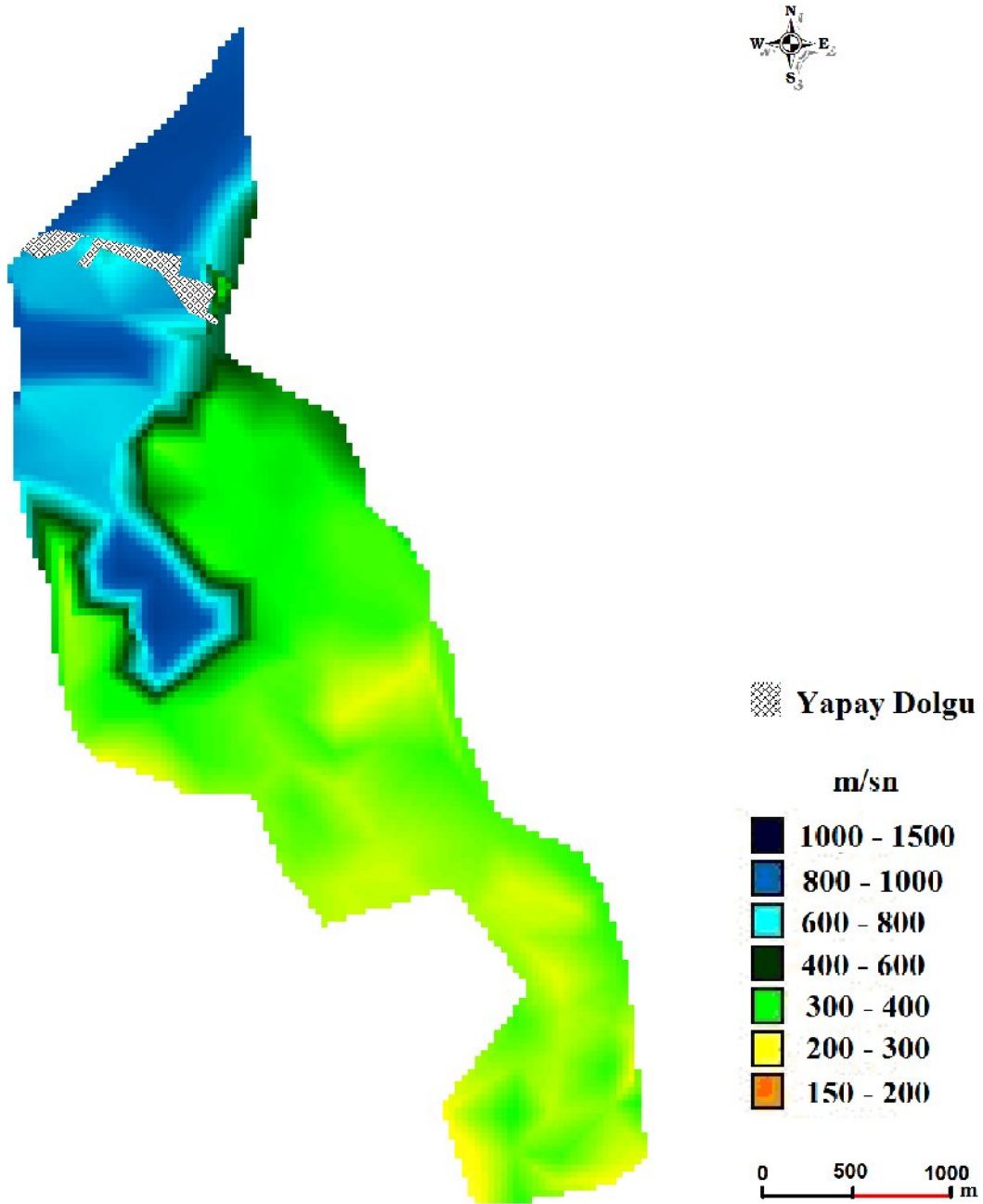
Şekil 4.20. Yüzeyden 10 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası

15 m derinlikte, zemin ortamlarda 5 m derinlikteki kayma dalgası hızı değerlerinden ortalama 100 m/sn'lik bir artış olduğu görülmüştür (Şekil 4.21). Bununla beraber kuzey kesimlerde hız değerlerinin 1000 m/sn hıza yaklaştığı alanların genişlediği de dikkat çekmektedir.

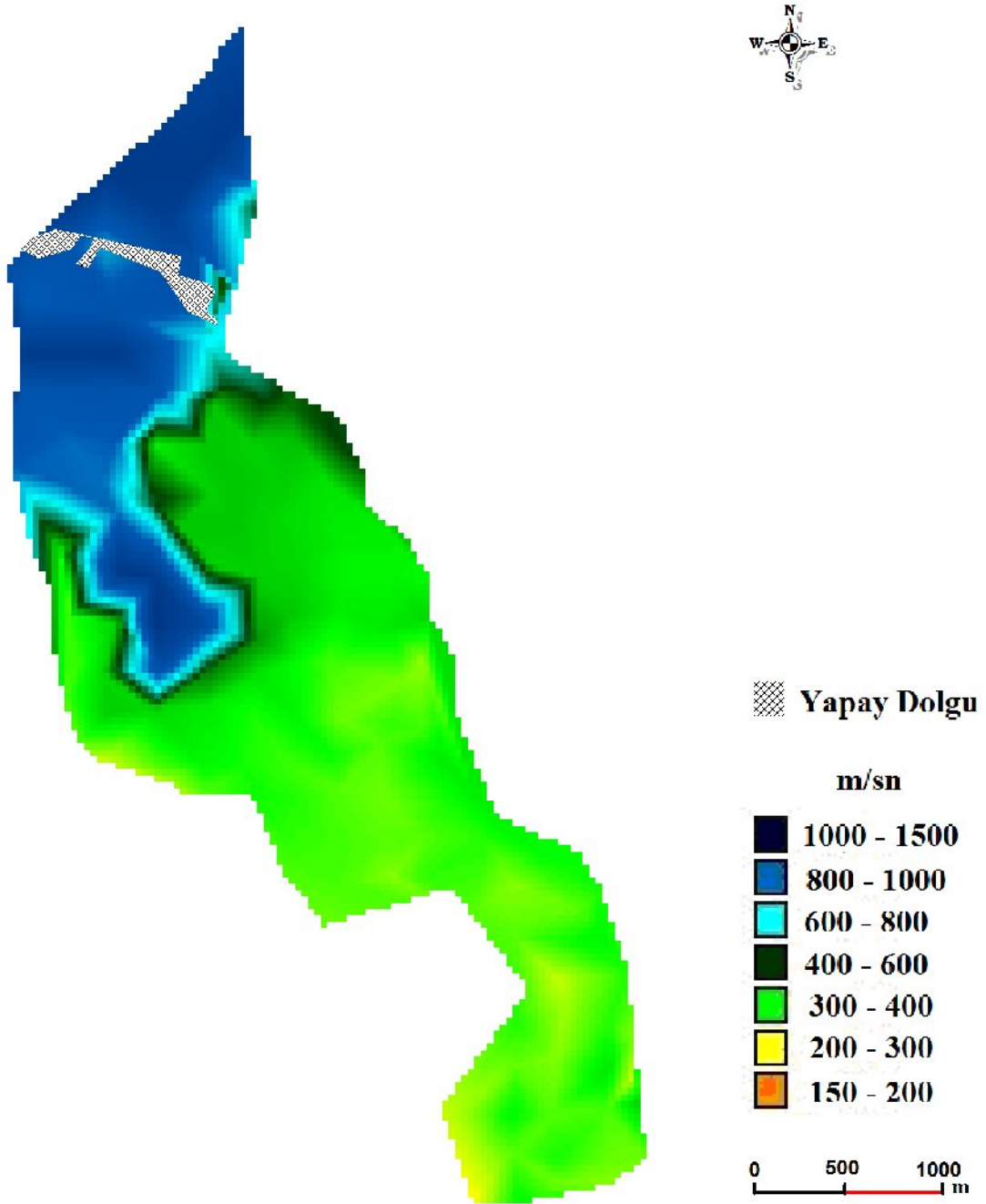


Şekil 4.21. Yüzeiden 15 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası

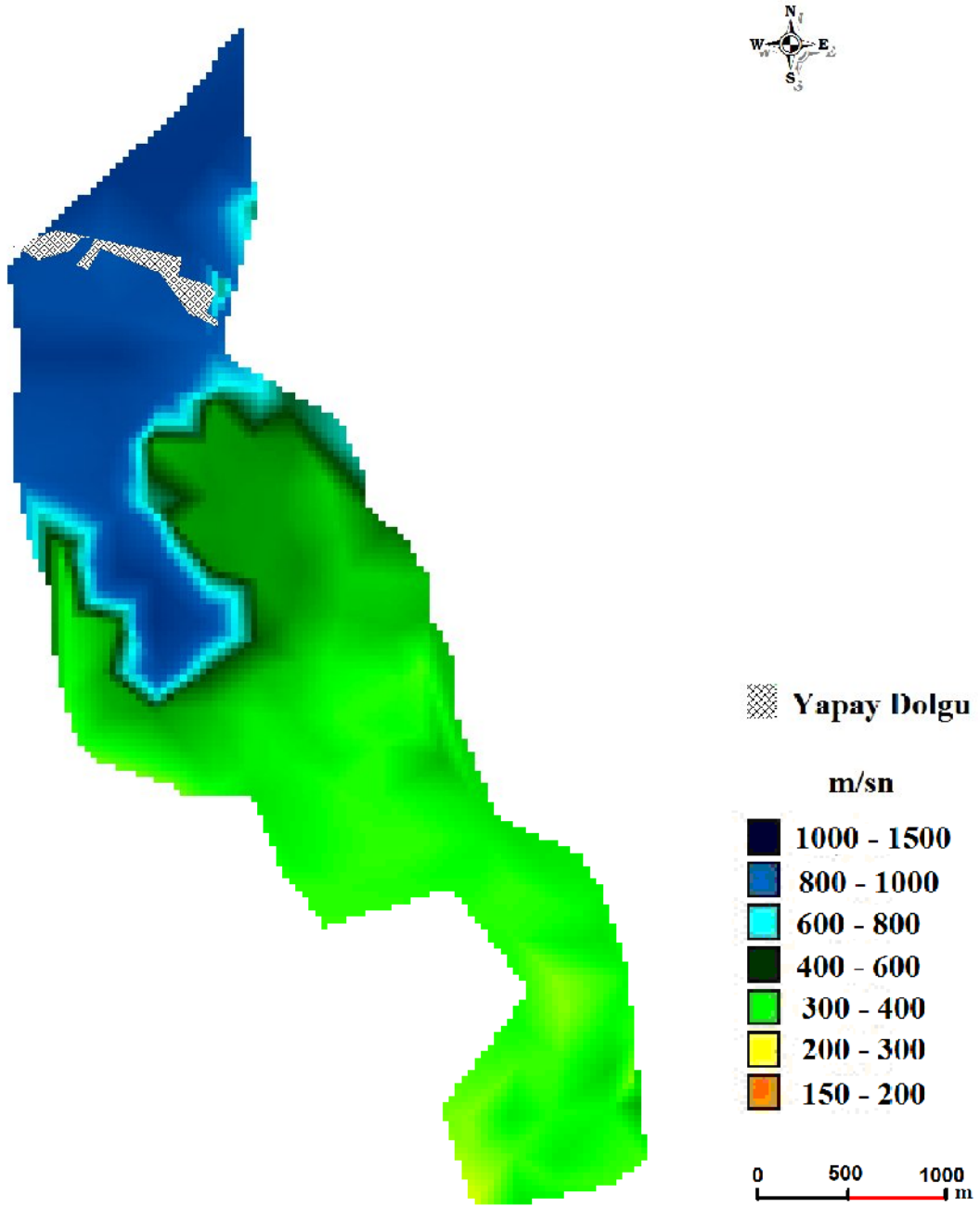
20, 25 ve 30 m derinliklere bakıldığında (Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24) kayma dalgası hızlarının kademeli bir şekilde arttığı gözlemlenmektedir. 30 m derinlikte en düşük kayma dalga hızı 315 m/sn olarak ölçülürken, en yüksek kayma dalga hızı ise 1440 m/sn olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.22. Yüzeiden 20 m derinlikte kayma dalgası (V_s) hız dağılımı haritası

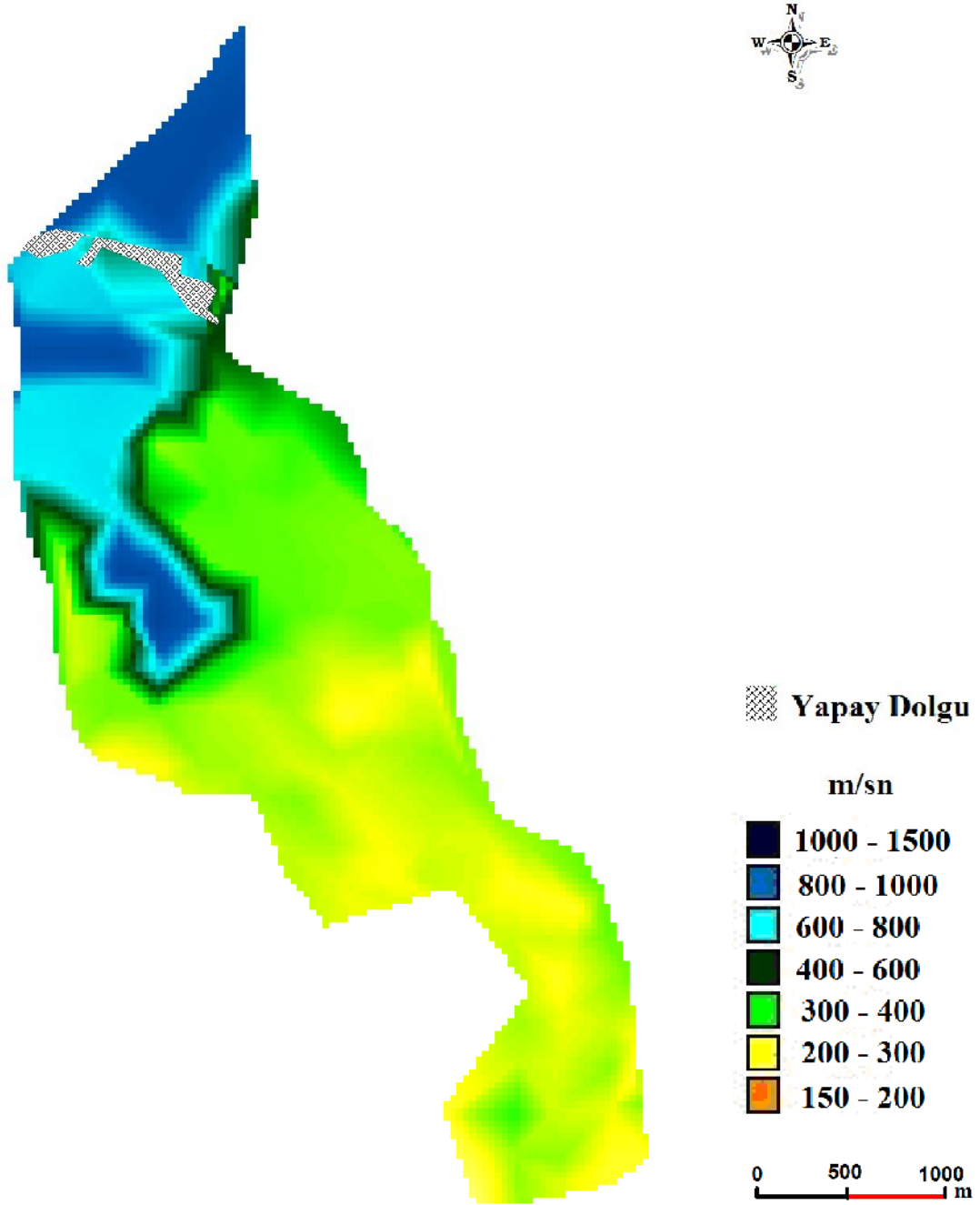


Şekil 4.23. Yüzeiden 25 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası



Şekil 4.24. Yüzeyden 30 m derinlikte kayma dalgası (Vs) hız dağılımı haritası

Çalışma alanında yüzeyden itibaren 30 m'lik derinliğin ortalama kayma dalgası hızlarına bakıldığında ise (Şekil 4.25) hız değerlerinin ağırlıklı olarak 300 – 400 m/sn arasında olduğu gözlenmiştir. En düşük ortalama kayma dalga hızı 257 m/sn, en yüksek ortalama kayma dalga hızı ise 1255 m/sn bulunmuştur.



Şekil 4.25. Yüzeyden itibaren ilk 30 m derinliğe ait ortalama kayma dalgası (V_s) hız dağılımı haritası

4.5. Zemin Sınıflarının Belirlenmesi

İnceleme alanında zemin sınıflarının belirlenmesinde 370 adet sondaj ve bu sondajlardan alınmış 908 adet örselenmiş numune üzerinde yapılmış deney sonuçları ile 150 adet jeofizik sismik kırılma çalışması sonuçları kullanılmıştır.

4.5.1. Birleştirilmiş zemin sınıflaması (USCS)

Zeminlerin sınıflandırılması mühendisler arasında kullanılan ortak bir dil olarak düşünülebilir. Bir zemine atanabilecek birkaç harf veya sayı, mühendise ya da teknikere zeminin olası fiziksel özellikleri, hatta mekanik davranışları hakkında çok hızlı bir fikir sağlamaktadır. 1910 yılından günümüze geliştirilen zemin sınıflama sistemleri sayesinde günümüzde ülkelerin çoğunluğunda aynı kriterler ve sistemler zemin sınıflaması için kullanılmaktadır.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (Unified Soil Classification System: USCS), günümüzde kullanılan en yaygın zemin sınıflandırma sistemidir. Bu sistemle sınıflamada aşağıdaki kriterler kullanılmaktadır.

- a- Zemin numunesinin No. 200 elekten geçen yüzdesi
- b- İri daneli olanların No. 4 elek üzerinde kalan yüzdesi
- c- Dane dağılımı karakteristikleri; Cu ve Cr değerleri
- d- Kıvam limitleri
- e- No. 40 elekten geçenlerin plastisite kartındaki yeri
- f- Organik madde içeriği

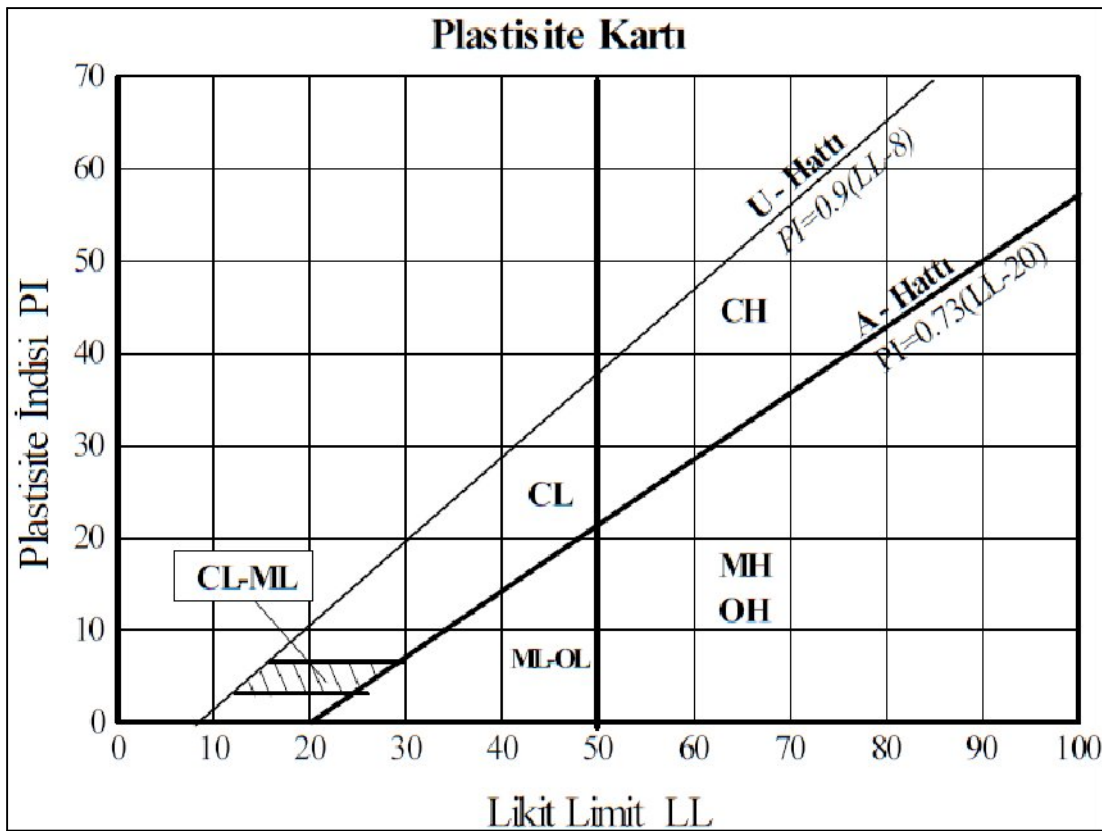
Bu kriterler kullanılarak zemin, iri taneli, ince taneli, organik zemin ve turba olarak dört ana sınıfa ayrılmakta ve numuneye iki veya dört harfli simge verilmektedir (GW, SM, GW-GM, v.b.). Birleştirilmiş sistemde zeminler dane büyüklüklerine (D) göre şu şekilde sıralanmıştır;

Blok	>300 mm
Taş	75<D<300 mm
Çakıl	75<D<4.76 mm (No.4)
Kum	4.76<D<0.076 mm (No.200)
İnceler	<0.076 mm

Sınıflamada kullanılan sembollerin anlamları ise aşağıdaki gibidir;

G: Çakıl, **S:** Kum, **M:** Silt, **C:** Kil, **H:** Yüksek Plastisiteli zemin, **L:** Düşük Plastisiteli zemin, **O:** Organik madde içeriği, **Pt:** Turba Zemin, **W:** İyi derecelenmiş zemin, **P:** kötü derecelenmiş zemin.

Şekil 4.26'de ince taneli zeminlerin sınıflaması için kullanılan plastisite kartı görülürken, Şekil 4.27'de ise Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi için akış şeması görülmektedir.



Şekil 4.26. İnce taneli zeminlerin sınıflamasında kullanılan plastisite kartı (Casagrande, 1948, Howard, 1977)

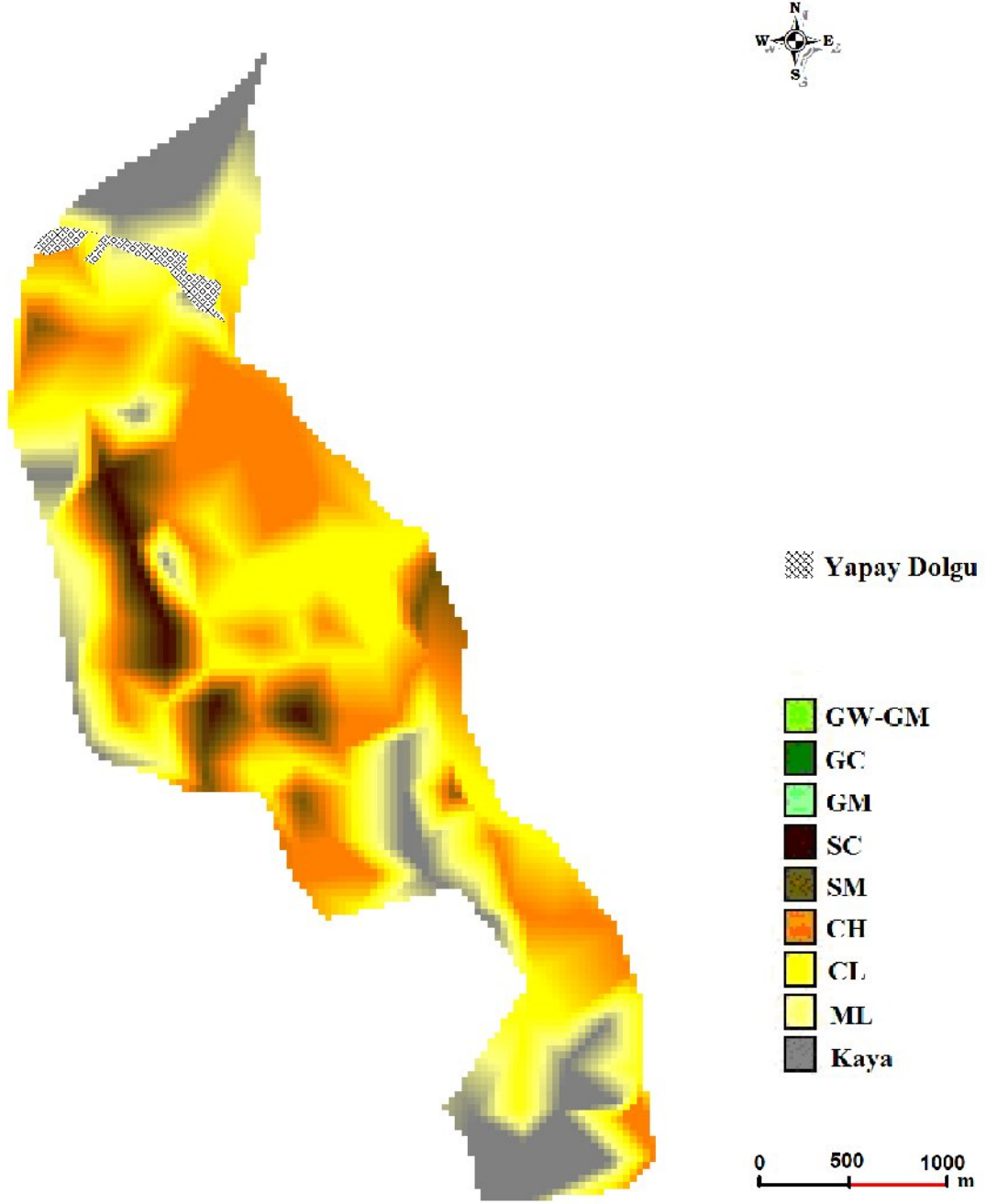
Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırması (USCS)						
Ana Bölümler	Grup Simgeleri	Tipik Adlama	Laboratuvar Sınıflama Ölçütleri			
Iri Tanelli Zeminler	Çakıllar (Iri Tanelli malzemenin yarıdan fazlası 4 nolu elek açıklığından daha büyük)	GW	lyi derecelenmiş çakıl, çakıl kum karışımı, ince malzeme çok az ya da hiç yok	Cu > 4 ve Cz 1 ve 3 arasında		
		GP	Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl kum karışımı, ince malzeme çok az ya da hiç yok	GW için gerekli olan derecelenme/granülometri koşullarının hiçbirini karşılamaz.		
		GM	Siltli Çakıl, Çakıl-Kum-Silt Karışımı	Atterberg limitleri "A" çizgisinin altında veya PI < 4	"A" çizgisinin üstünde ve PI 4 ile 7 arasında sınır zonunu oluşturur. Her iki simge (GM ve GC) birlikte kullanılır.	
		GC	Killi Çakıl, Çakıl-kum-silt karışımı	Atterberg limitleri "A" çizgisinin üstünde ve PI > 7		
	Kumlar (Iri Tanelli malzemenin yarıdan fazlası 4 nolu elek açıklığından daha küçük)	Sat Kum (Temiz Kum, ince az yada yok)	SW	lyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az ya da hiç yok	Cu > 6 ve Cz 1 ve 3 arasında	
			SP	Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az ya da hiç yok	SW için gerekli olan derecelenme/granülometri koşullarının hiçbirini karşılamaz.	
		İnce Malzemeli Kum	SM	Siltli Kum, Kum-Silt karışımı	Atterberg limitleri "A" çizgisinin altında veya PI < 4	Taralı zon içinde ve PI 4 ile 7 arasında sınır zon oluşturur.
			SC	Killi Kum, kum-Kil karışımı	Atterberg limitleri "A" çizgisinin üstünde ve PI > 7	
		İnce Tanelli Zeminler	Siltler ve Killler (Likit Limit 50'nin altında)	ML	İnorganik silt ve çok ince kum, kayış unu, siltli veya killi ince kum veya plastisitesi düşük killi silt	<p>The chart plots Plasticity Index (PI) on the y-axis (0 to 60) against Liquid Limit (LL) on the x-axis (0 to 100). A diagonal line labeled 'A Çizgisi' separates high plasticity soils from low plasticity soils. The chart is divided into several regions: 'A Çizgisi' (top left), 'MH & OH' (middle left), 'CH' (middle left), 'ML & OL' (middle right), 'CL' (middle right), 'MH & OH' (middle right), 'ML & OL' (middle right), 'CL&M' (bottom left), and 'ML & OL' (bottom right).</p>
				CL	Plastisitesi düşük veya orta inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, zayıf kil	
OL	Organik Silt ve plastisitesi düşük organik siltli kil					
Siltler ve Killler (Likit Limit 50'nin üstünde)	MH		İnorganik silt, mikah veya diyotemelli, ince kumlu veya siltli toprak, elastik silt			
	CH		Plastisitesi yüksek inorganik kil, şişen kil			
	OH		Plastisitesi orta veya yüksek organik kil, organik silt			
Organik Zeminler	Pt		Turba ve oldukça organik diğer zeminler			

Şekil 4.27. Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi (USCS)

İnceleme alanında yapılan sondajlarda, SPT uygulanan derinliklerden alınan 908 adet örselenmiş zemin numunesi üzerinde yapılan elek analizi ve kıvam limitleri deneyleri sonuçları kullanılarak Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması'na göre zemin sınıflaması yapılmıştır. Yapılan sınıflama sonuçlarına ait veriler kullanılarak çalışma alanında 1.5 m'den başlayarak 1.5 m aralıklarla 15 m'ye kadar olan derinlikler için zemin sınıflarının dağılımı gösteren haritalar oluşturulmuştur (Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31, Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.37). Bu sayede inceleme alanında zemin sınıflarının derinliğe bağlı değişimi de belirlenmiştir.

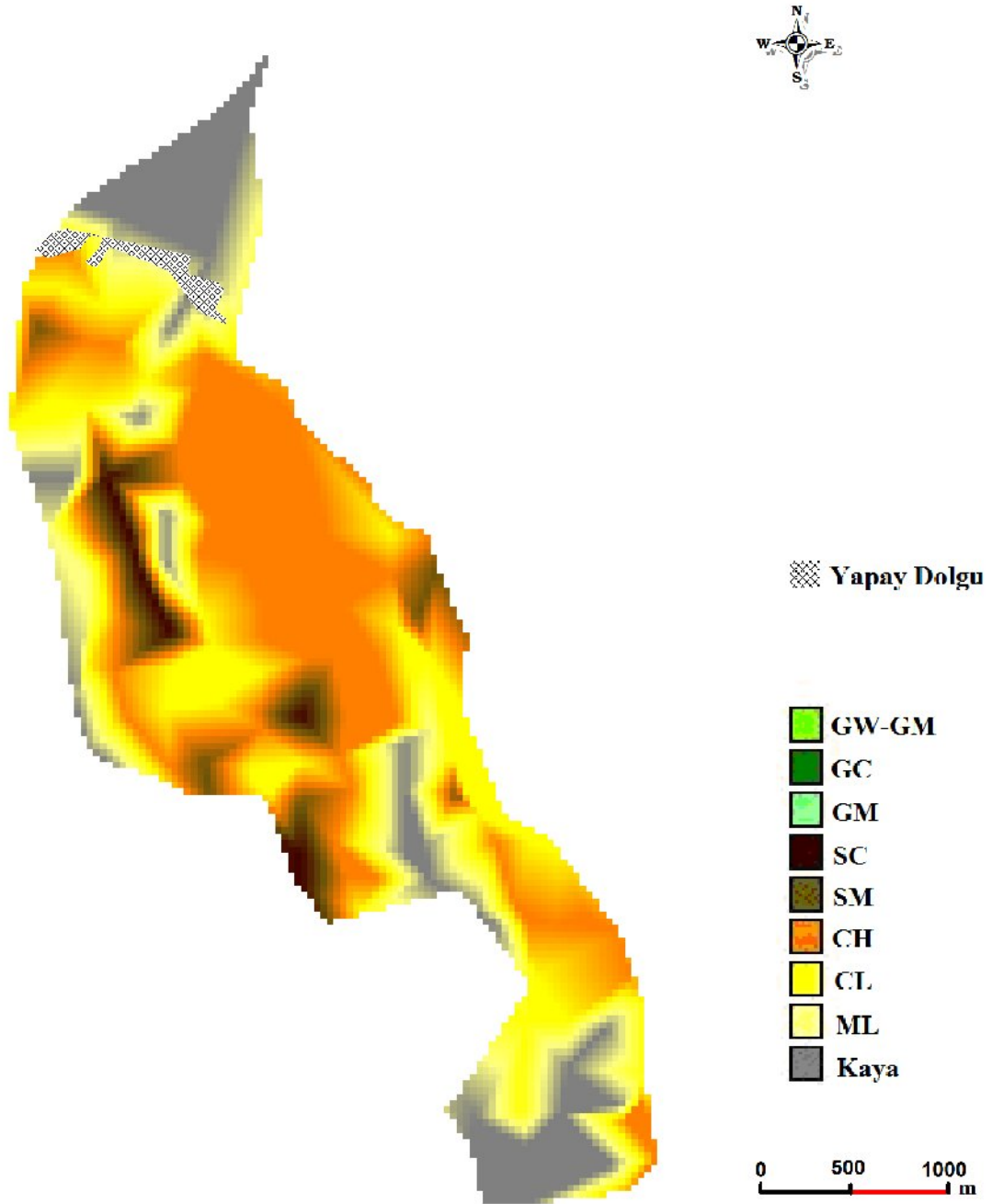
Çalışma alanında Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre yapılan sınıflamada 8 adet farklı zemin sınıfı tespit edilmiştir. Bunlar ML, CL, CH, SM, SC, GM, GC ve GW-GM'dir. Haritalar oluşturulurken bu 8 farklı zemin sınıfı için ayrı ayrı renkler seçilmiştir. Çalışma alanının çeşitli bölgelerinde, yüzeyde veya derinlere inildikçe kaya birimlerin (kireçtaşı, kumtaşı, grovak gibi) yer almasından ötürü ve çalışma alanında zemin-kaya sınırlarının ayrımını daha net görebilmek amacıyla, oluşturulan haritalarda kaya birimler de sabit bir renk ile simgelenmiştir.

Çalışma alanında zemin sınıflarının derinliğe bağlı değişimi ve dağılımına bakıldığında özellikle göze çarpan, çalışma alanının genelde killi birimlerden oluştuğudur. 1,5 m derinlikte (Şekil 4.28) yer yer kumlu birimlerin varlığına rağmen zemin ortamların nerdeyse tamamı düşük ve yüksek plastisiteli killerden oluşmaktadır.



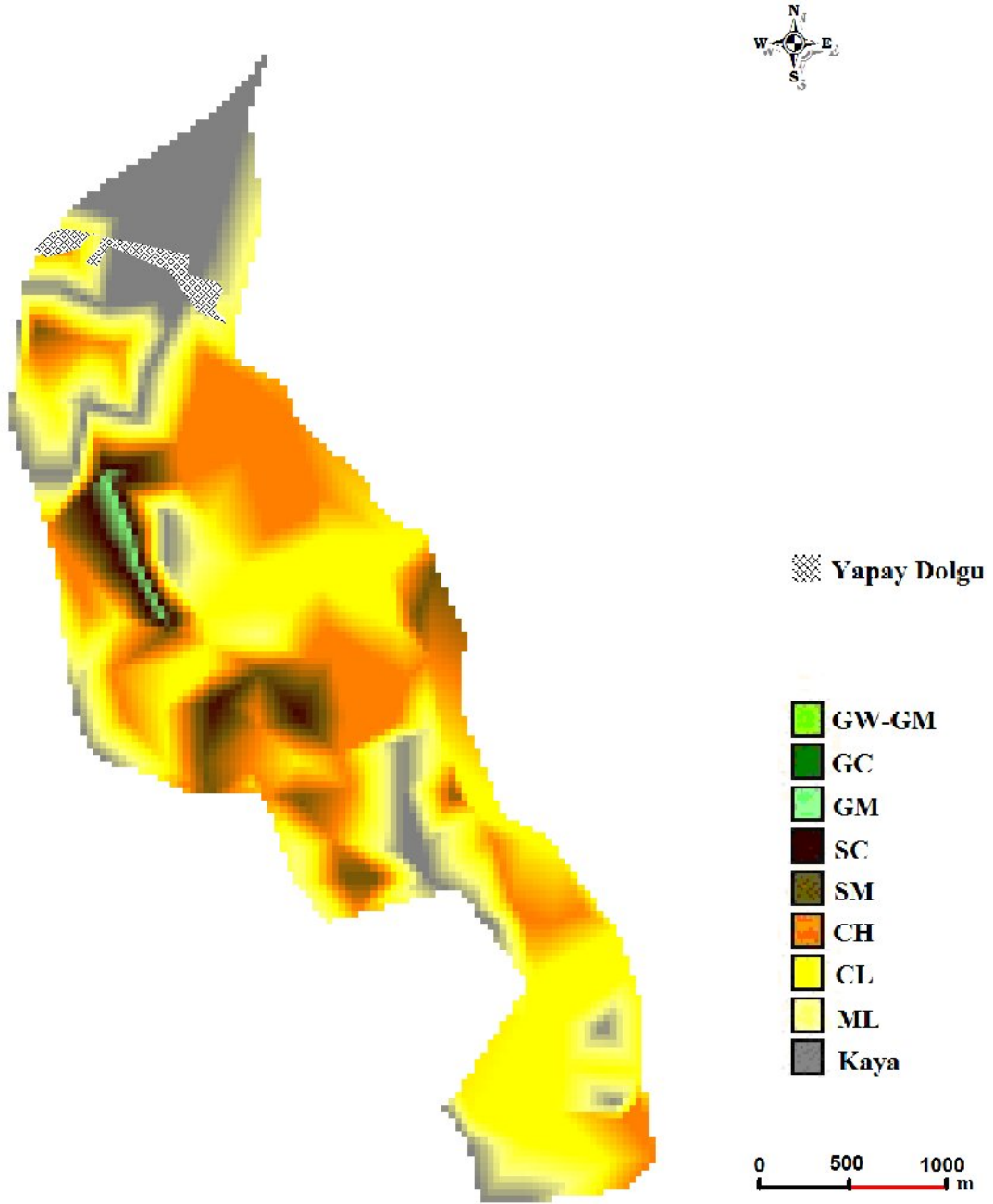
Şekil 4.28. Yüzeyden 1.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

3 m derinlikte (Şekil 4.29) yine yer yer kumlu birimler bulunmakla beraber yüksek platisiteli killerin kapladığı alanlar artmaktadır.



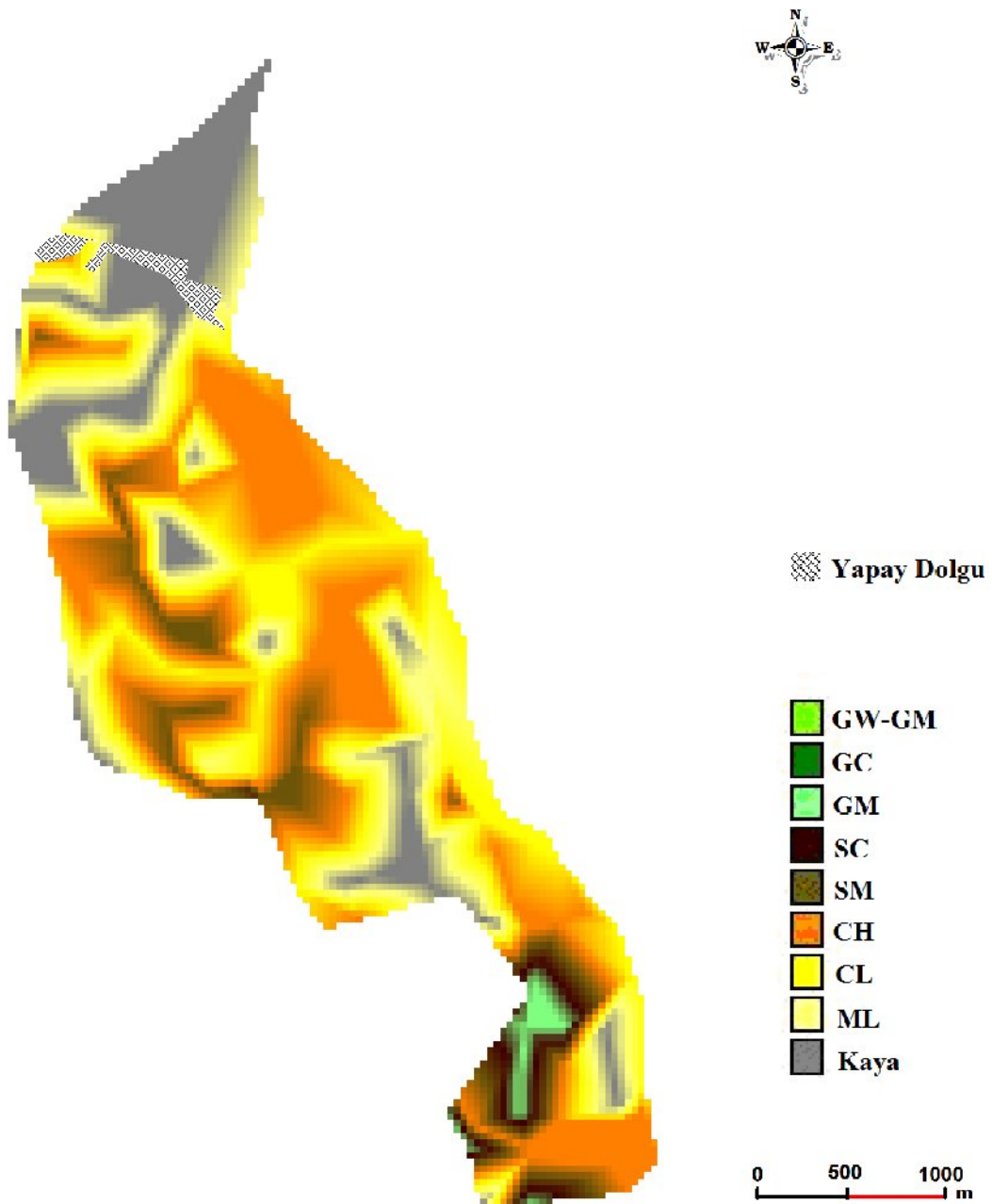
Şekil 4.29. Yüzeiden 3 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

4.5 m derinlikte (Şekil 4.30) düşük ve yüksek plastisiteli killer dengeli bir şekilde yine çalışma alanını kaplarken, çok küçük bir alanda da olsa ilk kez çakıllı birimlere rastlanılmaktadır.



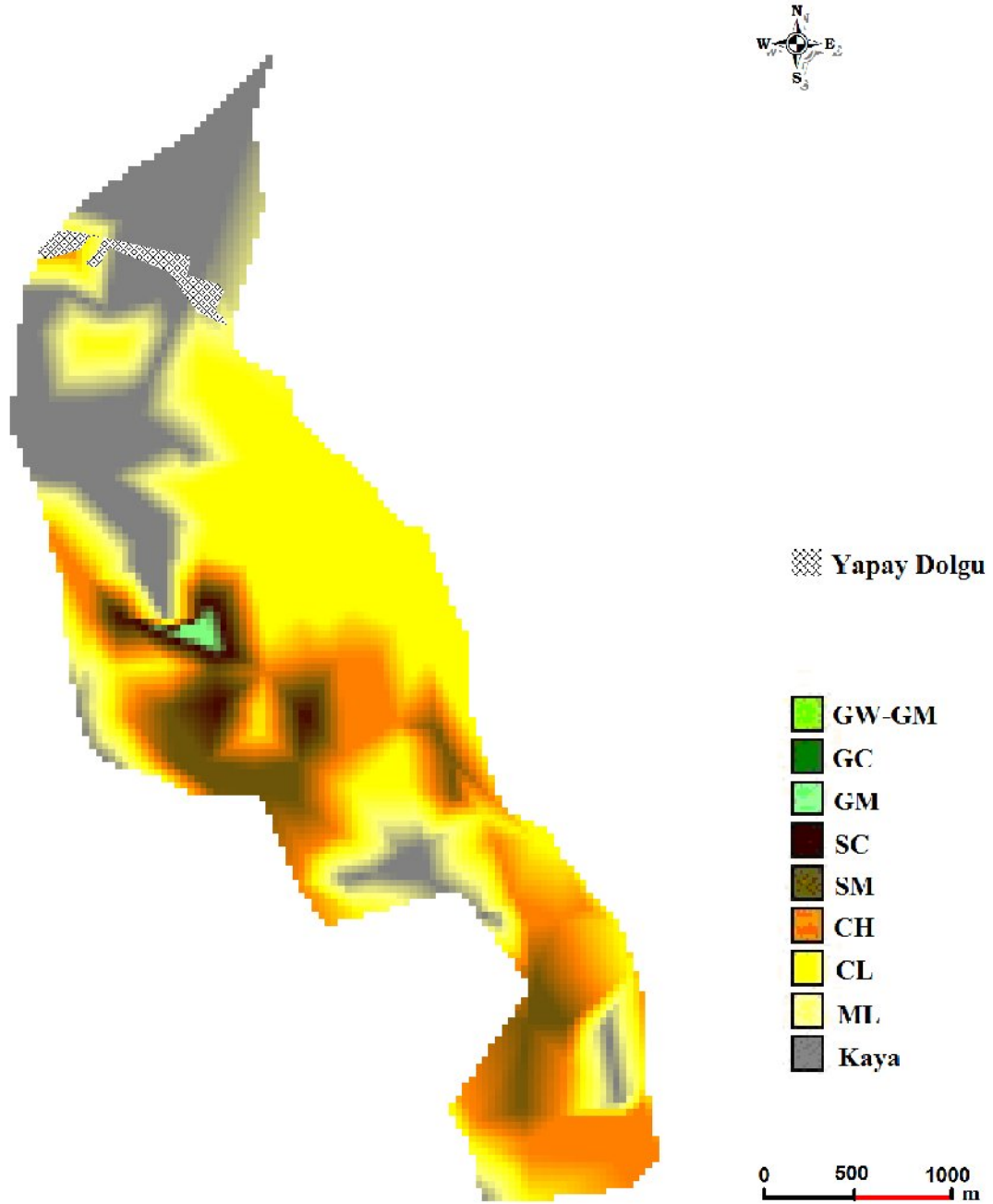
Şekil 4.30. Yüzeyden 4.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

6 m derinlikte (Şekil 4.31) yüksek plastisiteli killerin daha ağırlıkta olduğu bir tablo görünmekle beraber inceleme alanının güneyinde Bakırköy formasyonuna ait kireçtaşları ile temsil edilen Çiftelhavuzlar ve Davutpaşa mahallelerinin bulunduğu alanlarda çakıllı birimlerin varlığı dikkat çekmektedir. Bunun nedeni, söz konusu derinliğe ait örselenmiş zemin numuneleri üzerinde, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi (2006) kapsamında yapılan elek analizi deneylerinde, 4 nolu elek üzerinde kalan ayrışma ürünü kireçtaşı parçalarının çakıl olarak sınıflanmış olmasıdır.



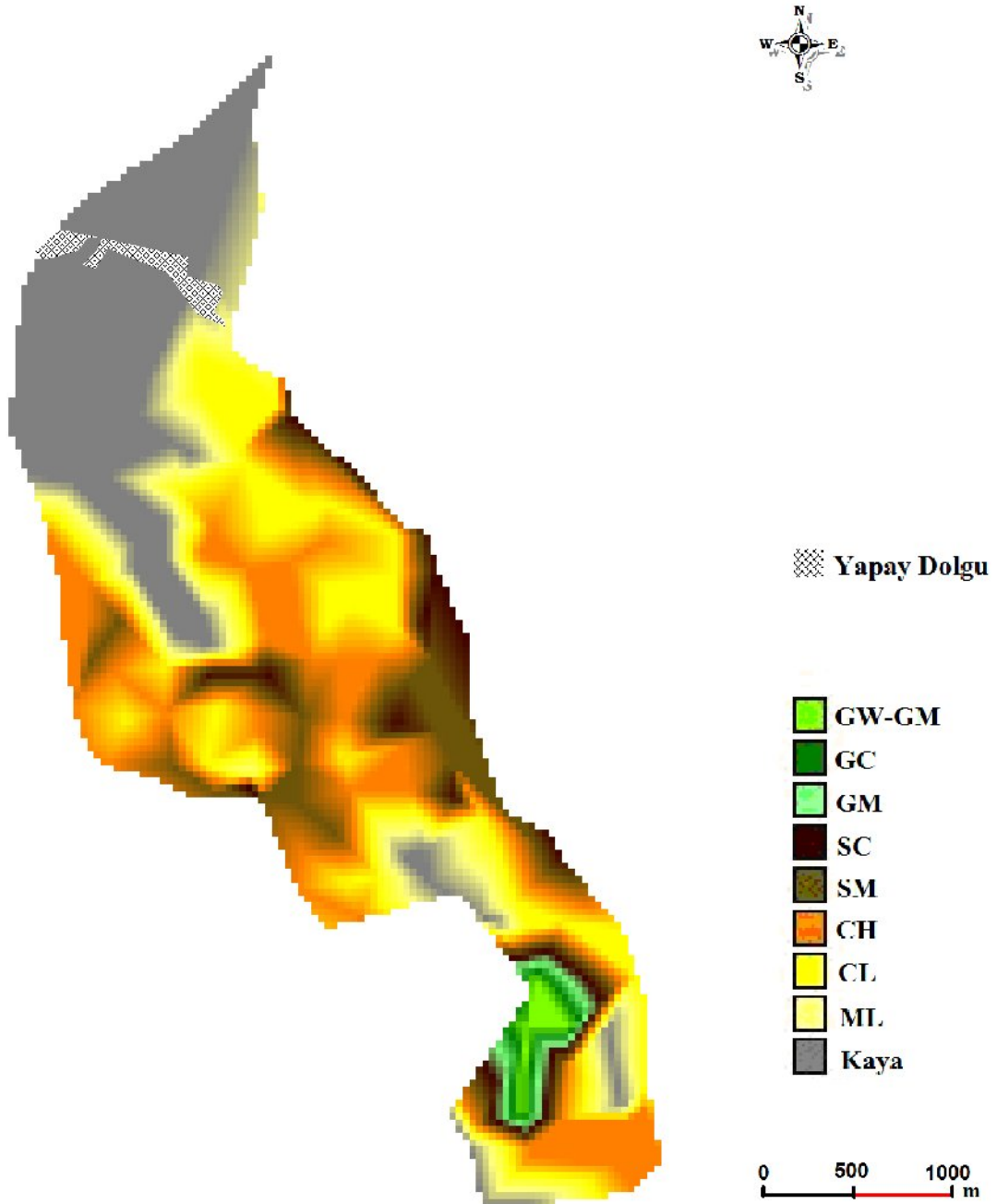
Şekil 4.31. Yüzeiden 6 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

7.5 m derinlikte (Şekil 4.32) ise çalışma alanının kuzey kesimleri düşük plastisiteli kil, güney kesimleri ise genelde yüksek plastisiteli kil ve kumlu birimlerden oluşmaktadır.



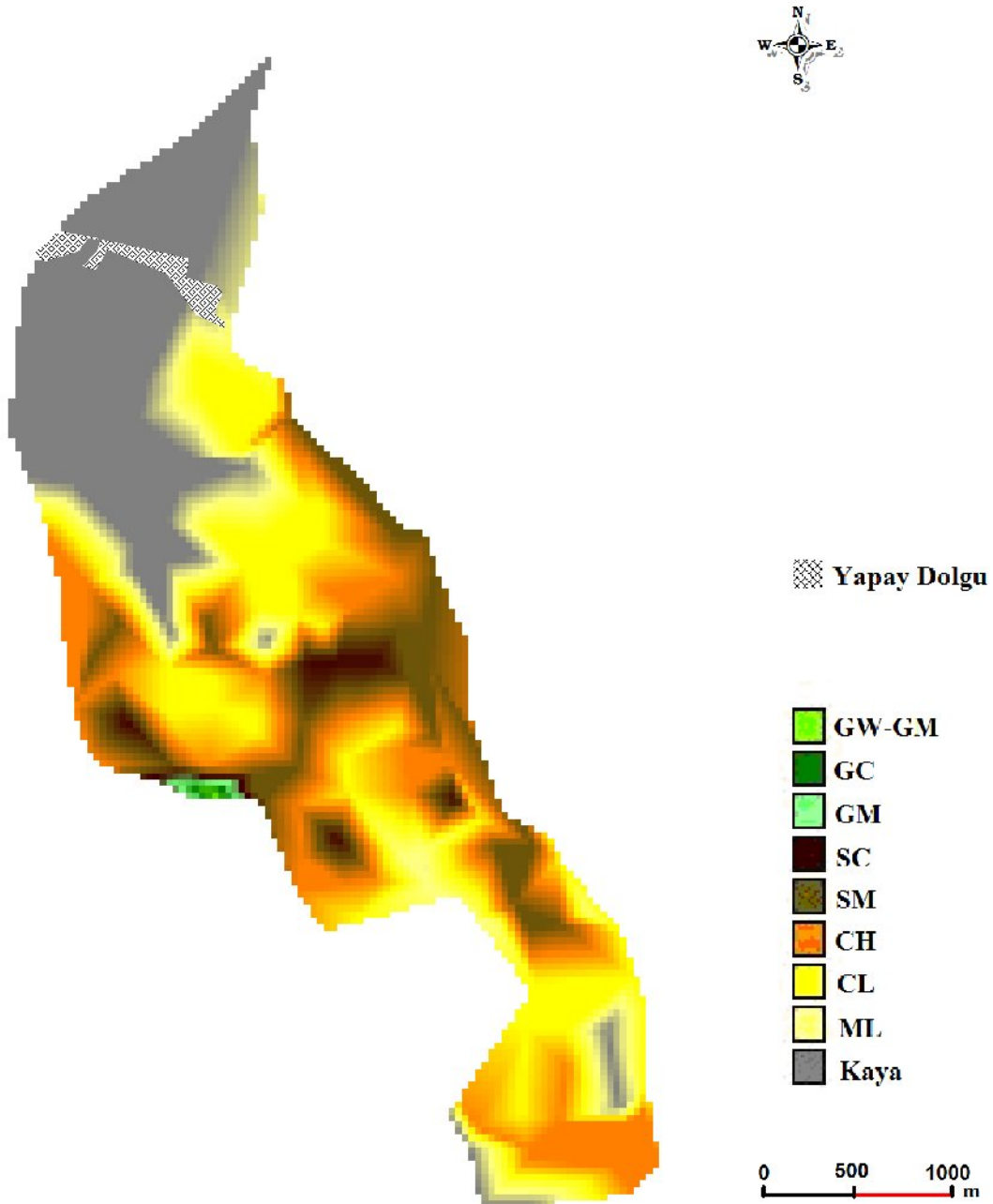
Şekil 4.32. Yüzeyden 7.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

9 m derinlikte (Şekil 4.33) çalışma alanının batı sınırını kumlu birimlerin kapladığı görülmekle beraber bu seviyede yine düşük ve yüksek plastisiteli killerin yayılımı yüksektir. Güneyde kesimlerde görülen çakıllı birimler, tıpkı 6 m derinlikte olduğu gibi İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi (2006) kapsamında yapılan elek analizi deneylerinde, 4 nolu elek üzerinde kalan ayrışma ürünü kireçtaşı parçalarının çakıl olarak sınıflanmış olmasından kaynaklanmaktadır.



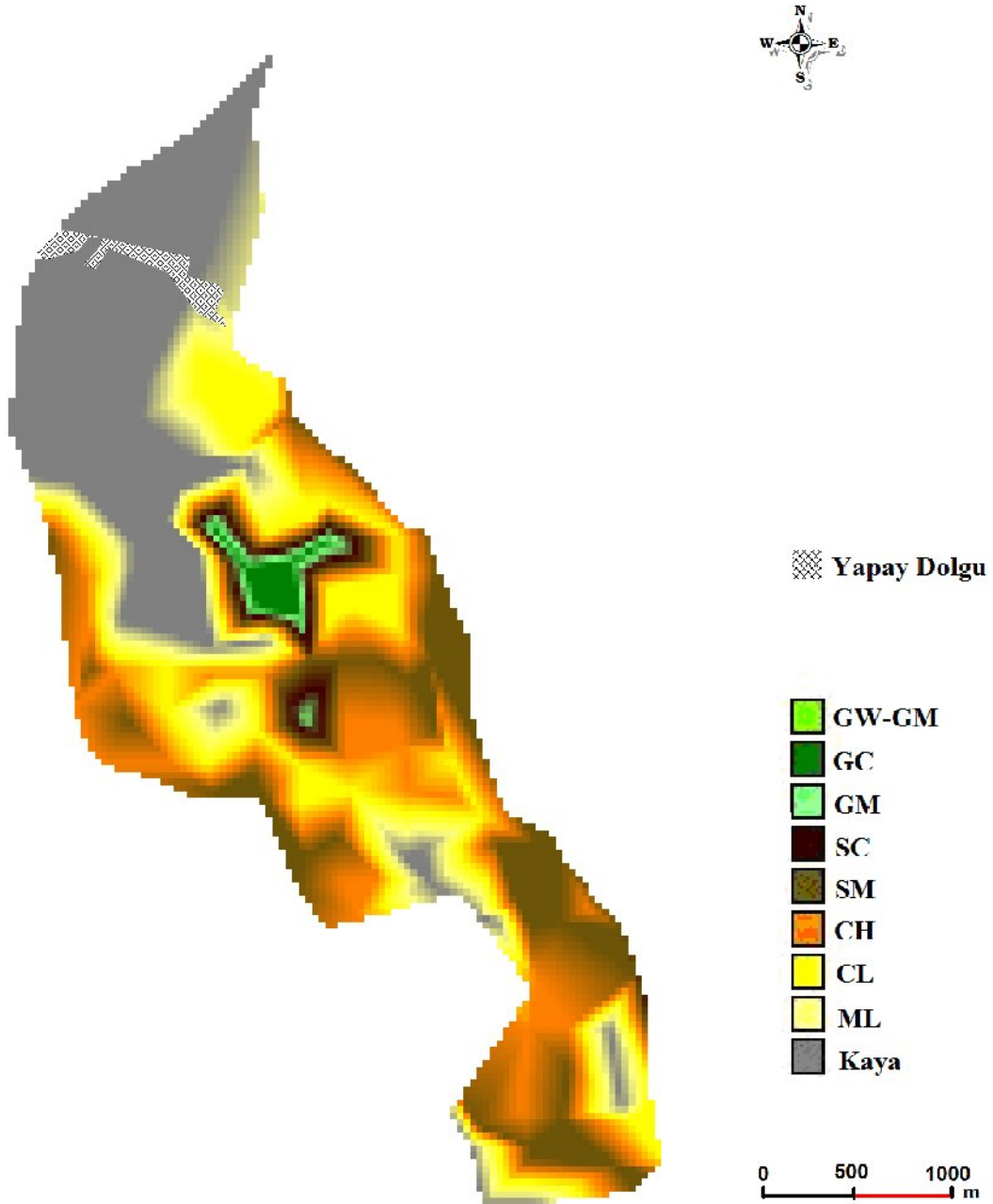
Şekil 4.33. Yüzeyden 9 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

10.5 m derinlikte (Şekil 4.34) inceleme alanının doğu ve batı sınırlarıyla birlikte merkez kesimlerinde özellikle yüksek plastisiteli kil-kum ardanması görülmektedir. Bunun dışında kalan alanlar ise genelde düşük plastisiteli killerden oluşmaktadır. Ayrıca bu seviyeden itibaren inceleme alanının kuzey kesimlerinin büyük çoğunluğu kaya birimden oluşmaktadır.

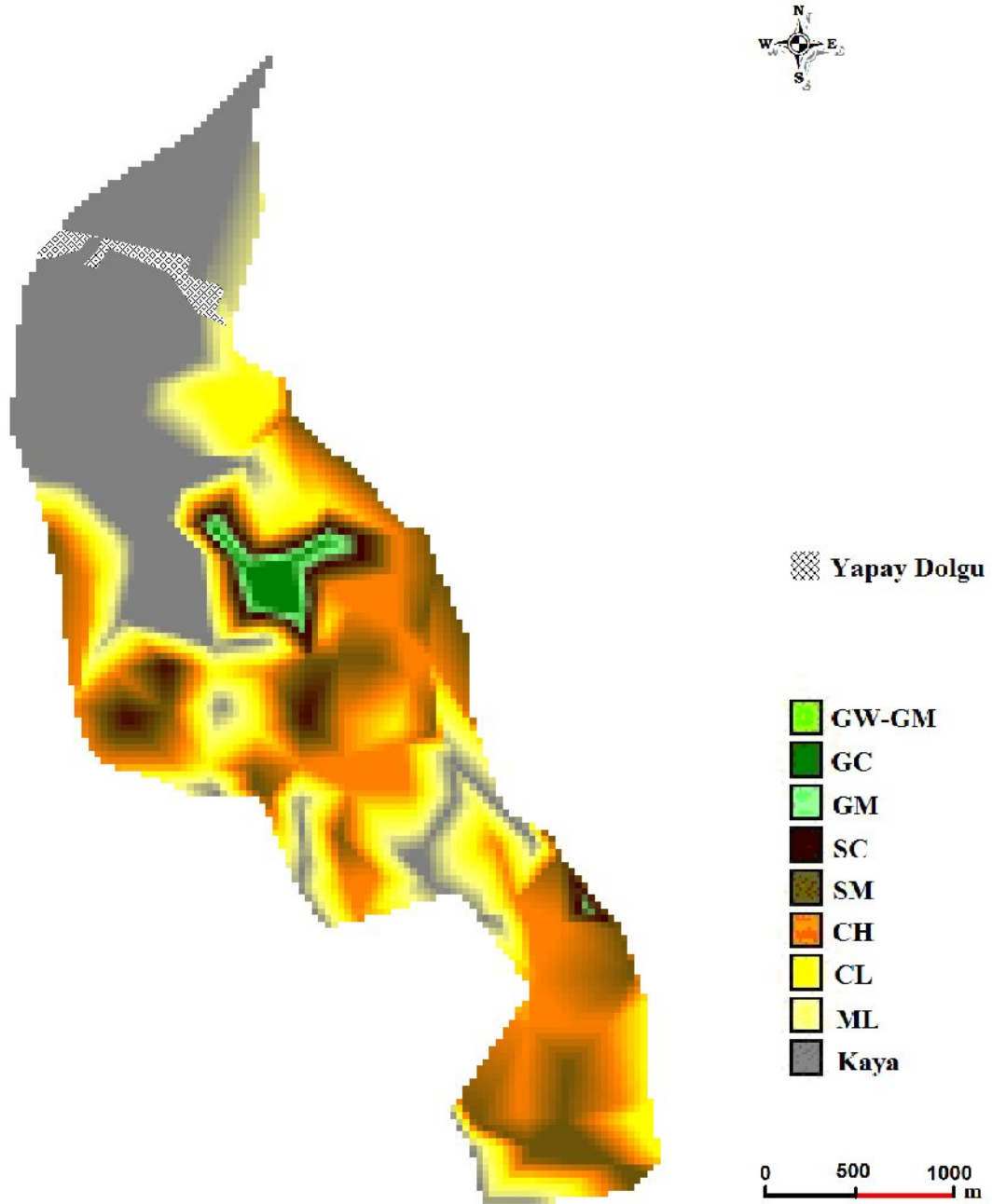


Şekil 4.34. Yüzeyden 10.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

12 m ve 13.5 m derinliklerde (Şekil 4.35, Şekil 4.36) ise, 10.5 m derinlikte sadece belli alanlarda görülen yüksek plastisiteli kil – kum ardalanması, inceleme alanının geneline yayılmış durumdadır.

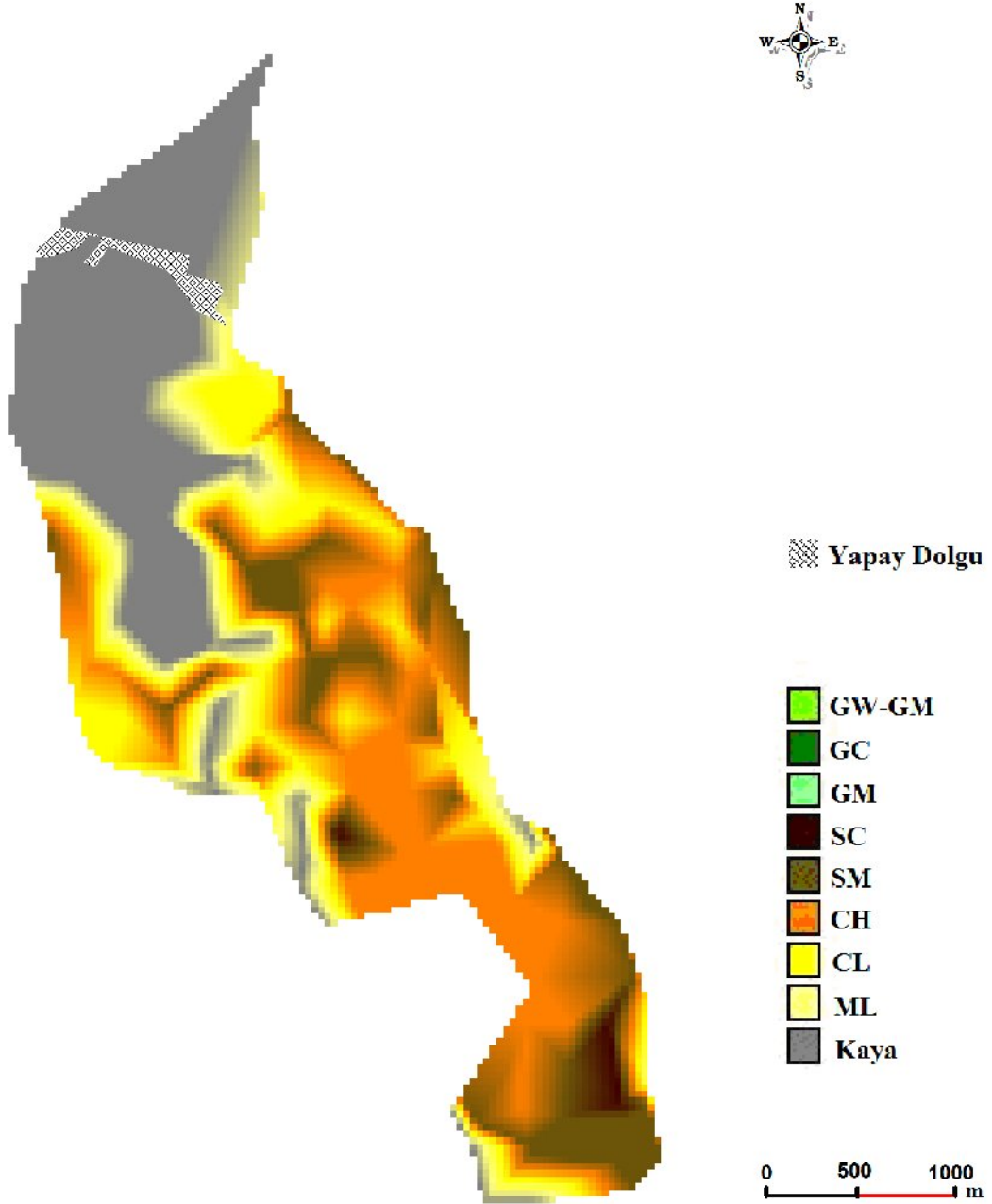


Şekil 4.35. Yüzeyden 12 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası



Şekil 4.36. Yüzeyden 13.5 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

15 m derinlikte (Şekil 4.37) çalışma alanının güney bölümünde kumlu birimler egemen görünmekte, diğer alanlar ise genelde düşük ve yüksek plastisiteli killerden oluşmaktadır.



Şekil 4.37. Yüzeiden 15 m derinlikte zemin sınıflarının dağılım haritası

4.5.2. Yerel zemin sınıfları

Depremler sırasında arazi davranışının değerlendirilmesi açısından ve mikrobölgeleme çalışmaları gibi arazi sınıflandırmalarında kullanılan başlıca kriterler kayma dalgası hızı (V_s), Standart Penetrasyon Darbe sayısı (N) ve killi zeminler için drenajsız kayma mukavemeti (S_u)'dir. İnceleme alanında yerel zemin sınıfları Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne ve NEHRP (A.B.D.) Deprem Yönetmeliği'ne göre belirlenmiştir.

4.5.2.1. Türkiye deprem yönetmeliğine göre zemin sınıfları

1998'de yürürlüğe giren Türkiye Deprem Yönetmeliği, depreme karşı dayanıklı tasarımlarda yerel zemin koşullarının etkisini dikkate almak için dört yerel zemin sınıfını göz önüne alarak, spektrum katsayısı hesabında yerel zemin koşullarına göre seçilecek spektrum karakteristik periyotları kullanılması öngörülmektedir. Spektrum karakteristik periyotları olan T_A ve T_B nin değerleri ise yine yönetmelikte verilen ve yerel zemin sınıflarının belirlenmesinde etkili olan dört farklı zemin grubuna göre ve en üst zemin tabakası kalınlığına göre belirlenmektedir.

Deprem Yönetmeliğine göre zemin grupları belirlenirken çeşitli parametrelere göre sınıflandırma yapılmaktadır. Bu parametreler Standart Penetrasyon Deneyi sonuçları (N_{30}), kayma dalgası hızı değerleri, eksenel basınç deneyleri ve kumlu zeminler için relatif sıkılık değerleridir. Bu sınıflandırma yapılırken, yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyinden itibaren 10 m içinde olduğu durumlarda D grubuna giren zeminler için sıvılaşma potansiyelinin bulunup bulunmadığının saha ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi gerekmektedir. Gruplandırma, zeminler, en üst tabaka kalınlığına bağlı olarak A, B, C, D gibi dört ana zemin sınıfına ayrılır ve temel tabanı altındaki en üst zemin tabakası kalınlığının 3 m' den az olması durumunda, bir alttaki tabaka, en üst zemin tabakası olarak göz önüne alınabilmektedir. Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY)'ne göre zemin sınıflandırılması ve buna bağlı olarak davranış spektrumlarının belirlenmesi için kullanılan zemin grupları ve tanımlamaları, zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığını dikkate alan yerel zemin sınıfları yönetmelikte ayrıntılı bir şekilde tablolar halinde sunulmuştur (Tablo 4.2 ve 4.3). Yerel zemin sınıfları Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak

üzere dört zemin sınıfına ayrılmıştır. Tablo 4.2’de Türkiye Deprem Yönetmeliği’nde tanımlanan zemin grupları ve Tablo 4.3’de de yerel zemin sınıfları gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Zemin grupları (TDY, 2007)

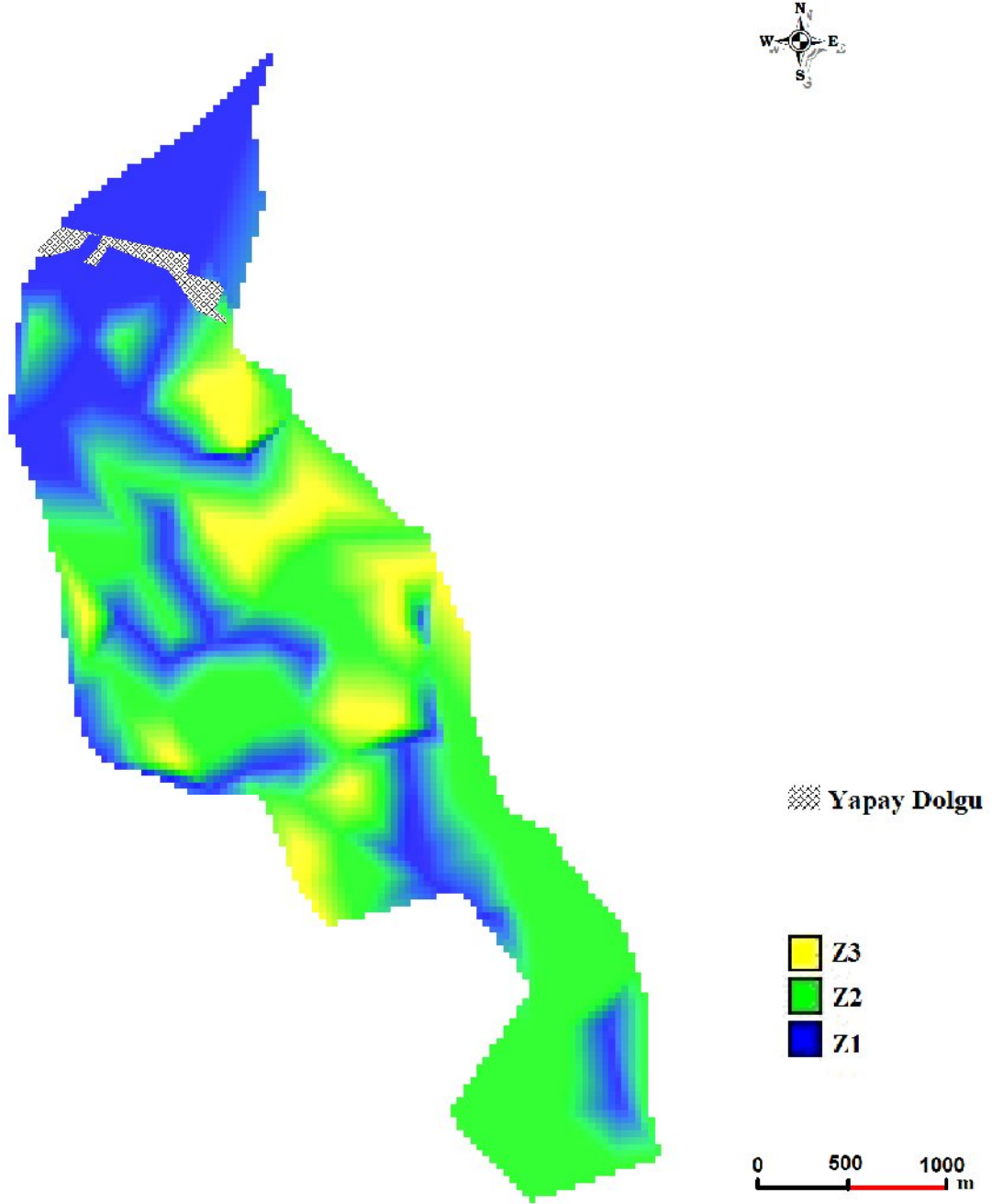
Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Sertbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/sn)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar...	— > 50	— 85 – 100	> 1000 —	> 1000 > 700
	2. Çok sıkı kum, çakıl...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

Tablo 4.3. Yerel zemin sınıfları (TDY, 2007)

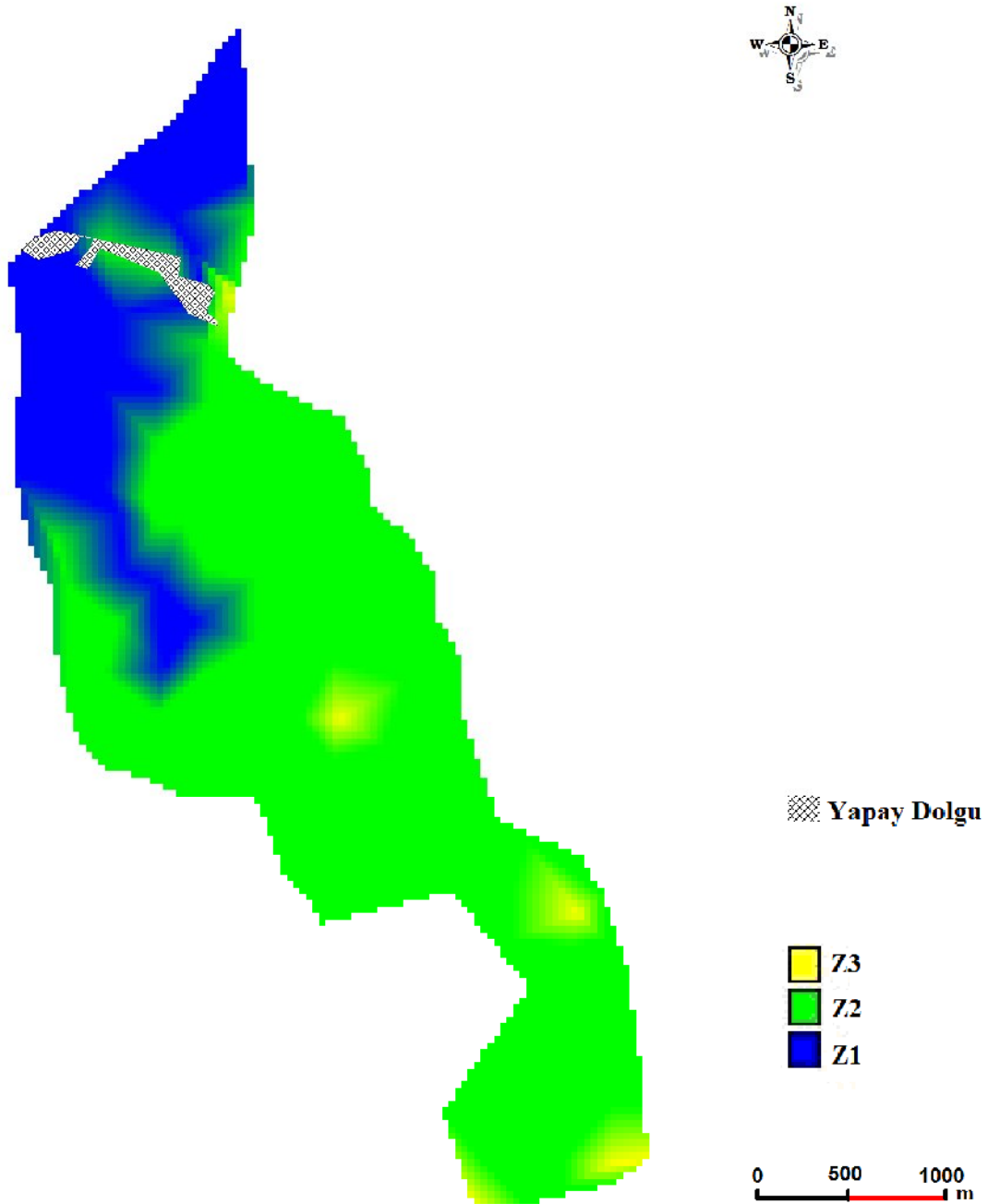
Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Tabaka Kalınlığı
Z1	(A) grubu zeminler, en üst tabaka kalınlığı 15m'ye eşit veya daha az olan (B) grubu zeminler
Z2	En üst tabaka kalınlığı 15m'den fazla (B) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 15m'den az (C) grubu zeminler
Z3	En üst tabaka kalınlığı 15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

Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre yerel zemin sınıflaması yapılırken genellikle zemine ait SPT-N₃₀ değeri ya da kayma dalga hızı parametreleri kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında, her iki parametreye ait veriler ve sonuçların elde bulunması ve bu iki parametreye göre yapılacak sınıflandırmanın karşılaştırılabilmesi için hem SPT-N₃₀ verilerine hem de kayma dalgası hızı verilerine göre yerel zemin sınıflaması yapılmıştır. Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre yerel zemin sınıfları, yapı temeli altında kalan zeminin karakterini temsil etmektedir. Buradan hareketle, çalışma alanı için yerel zemin sınıflaması yapılırken yapılar için temel derinliği 3 m olarak alınmıştır. SPT-N₃₀ sonuçlarına göre sınıflama yapılırken zemin gruplarının belirlenmesinde, temel derinliği noktasından itibaren 5 m'lik derinliğin ortalama SPT-N₃₀ değeri kullanılmıştır. Kayma dalgası hızlarına göre sınıflama yapılırken, zemin gruplarının belirlenmesinde ise temel derinliği noktası olan 3 m ile 10 m derinlik arasında kalan kesimin ortalama kayma dalga hızı bilgisinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak, çalışma alanı için her iki parametreye göre yerel zemin sınıflama haritaları oluşturulmuştur. Şekil 4.38' de SPT-N₃₀ verilerine göre, Şekil 4.39' de ise kayma dalgası hızlarına göre oluşturulan yerel zemin sınıfı haritaları verilmektedir. Kayma dalgası hızlarına göre yapılan sınıflamada inceleme alanında Trakya formasyonu ile temsil edilen alanların Z1, geri kalan alanların ise ağırlıklı olarak Z2 sınıfı olduğu görülmektedir. SPT-N₃₀ verilerine göre yapılan sınıflamada ise Trakya formasyonu ile temsil edilen alanların büyük kısmı ile birlikte Bakırköy formasyonu ile temsil edilen alanların bir kısmı ve bazı

lokal alanların Z1 sınıfı, geri kalan alanların ise yer yer Z3 sınıfı da olmakla beraber genelde Z2 sınıfı olduğu görülmektedir. Her iki yöntemle göre yapılan sınıflamada da inceleme alanında Z4 sınıfı zemine rastlanmamıştır.



Şekil 4.38. İnceleme alanında SPT-N₃₀ değerlerine göre oluşturulan TDY yerel zemin sınıfları haritası



Şekil 4.39. İnceleme alanında Vs hızlarına göre oluşturulan TDY yerel zemin sınıfları haritası

4.5.2.2. NEHRP (A.B.D.) deprem yönetmeliğine göre zemin sınıfları

NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program); Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılacak olan yeni binalar ve diğer yapıların depreme dayanıklı tasarım ve inşaatı için uyulması gereken koşulları belirleyen ve BSSC (Building Seismic Safety Council) tarafından FEMA (Federal Emergency Management

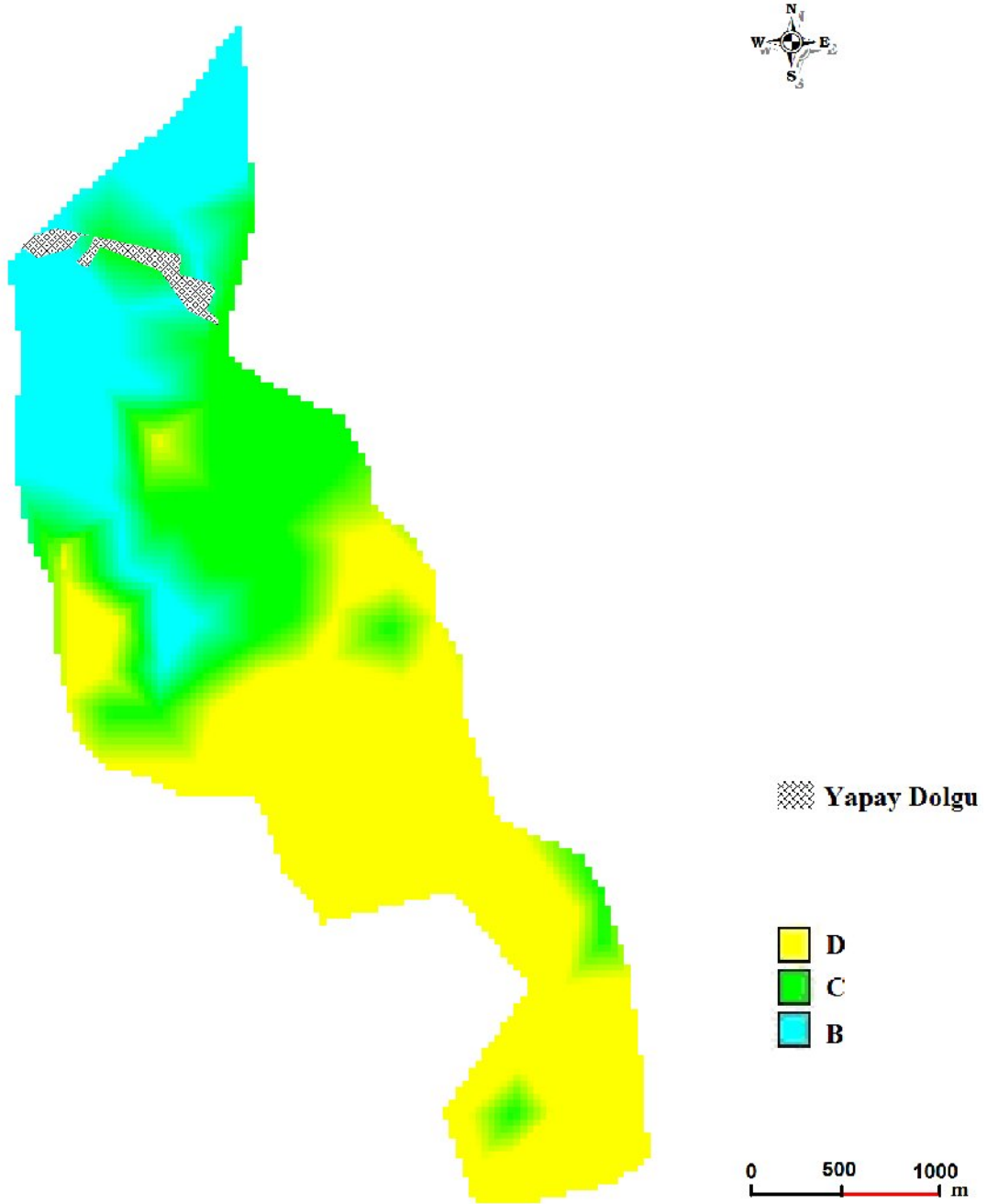
Agency) için hazırlanmış bir yönetmeliktir. Hazırlanan bu yönetmelikle, özellikle deprem riski yüksek olan bölgelerde inşa edilecek yapıların ve inşa edilmiş olan yapıların maruz kalabilecekleri tehlikeleri en aza indirerek, önemli binaların herhangi bir deprem sırasında veya sonrasında beklenen performanslarını arttırmak amaçlanmaktadır.

NEHRP'e göre zemin sınıfı, S-dalga hızının 30 m derinliğe kadar olan ortalama hızına (V_{s30}), dayanmaktadır ve bu sınıflar Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4. NEHRP'e göre zemin sınıflama kriterleri.

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Sert Kaya	$V_s > 1500$
B	Kaya	$760 < V_s \leq 1500$
C	Çok Sıkı/Sert Zemin yada Yumuşak Kaya	$360 < V_s \leq 760$
D	Sert/Sıkı Zemin	$180 < V_s \leq 360$
E	Zayıf Zemin	$V_s < 180$

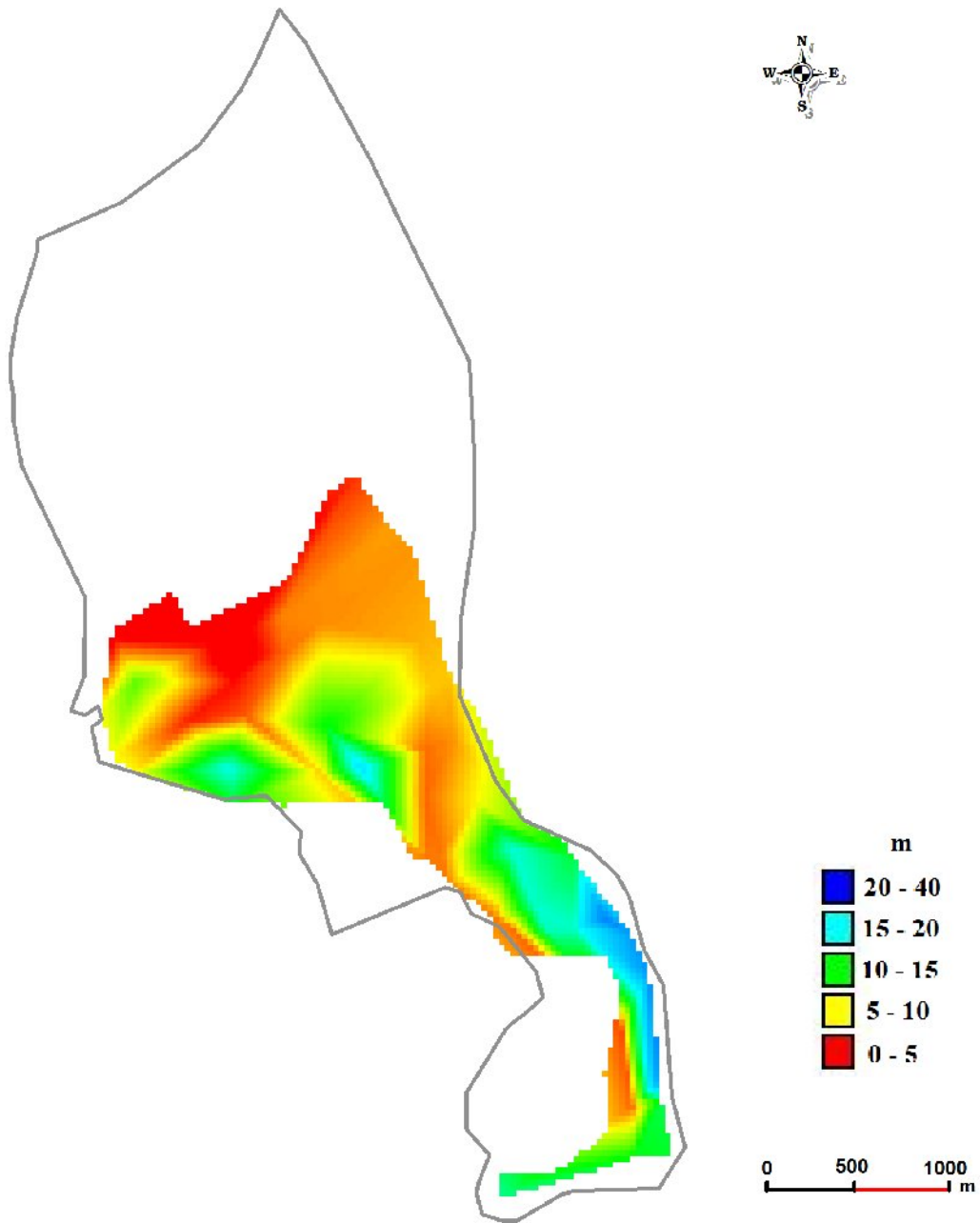
İnceleme alanında NEHRP'e göre zemin sınıflaması yapılırken, elde mevcut olan 30 m derinliğe ait kayma dalgası hızı verilerinden yararlanılmıştır. Şekil 4.40' da inceleme alanının NEHRP'e göre zemin sınıflama haritası görülmektedir. Yapılan sınıflamaya göre, çalışma alanı olan Esenler'in, güney bölümünün nerdeyse tamamının D grubu, kuzey bölümünün ise C ve B grubu sınıfına girdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.40. İnceleme alanının NEHRP'e göre zemin sınıflama haritası

4.6. İnceleme Alanında Yeraltı Suyu Durumu

İnceleme alanında uygulanan 370 adet sondaj sırasında yer altı suyu ölçümleri yapılmıştır. Çıkan sonuçlar göz önüne alındığında çalışma alanı olan Esenler'in yer altı suyu bakımından oldukça fakir olduğu anlaşılmıştır. Şekil 4.41.' de inceleme alanında yer altı suyu durumunu gösteren harita görülmektedir. Yer altı suyu haritası oluşturulurken, sondaj derinlikleri boyunca yer altı suyuna rastlanılmayan alanlar renklendirme dışında tutulmuştur.



Şekil 4.41. İnceleme alanının yer altı suyu haritası

İnceleme alanında sadece Birlik, Kazım Karabekir, Tuna ve Fatih mahallelerinin kesişiminde bulunan alanlarda yüzeye yakın (2-4 m) derinliklerde yer altı suyuna rastlanmıştır. Bu alanlar kuzeyden güneye akışlı olan Çiçin Deresi'nin akış doğrultusu üzerinde bulunmaktadır. Bunun yanında inceleme alanının özellikle güney kesimlerinde Bakırköy formasyonuna ait kireçtaşı seviyelerinde de yer altı suyu, 5 – 10 m arasında değişen derinliklerde bulunmaktadır.

4.7. İnceleme Alanını Oluşturan Formasyonların Geoteknik Özellikleri

4.7.1. Trakya Formasyonu

İnceleme alanının temeli Paleozoik yaşlı Trakya Formasyonu ile kaplıdır. Arazide Trakya Formasyonu çoğunlukla grovak, kumtaşı, kilitaşı ardalanması şeklinde istiflenmiştir. İstifin yüzeye yakın ilk 10-20 m'lik kesimleri oldukça ayrılmış kahverengi grovaklardan, daha alt seviyeleri ise grimsi, yeşil renklerde ayrılmamış grovaklardan oluşmaktadır. Trakya Formasyonunun üst kesimleri ayrılarak killeşmiştir. Ayrılarak killeşmiş grovakların kalınlığı 0.0 ile 5.0 m'ler arasında değişmekte olup doğal birim hacim ağırlıkları 18 – 21 kN/m³ dolaylarındadır. Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre yapılan sınıflamaya göre ayrılarak zemin özelliği kazanmış kesimlerde ince taneli zeminler CL, iri taneliler ise ağırlıklı olarak SM grubu zemin sınıfına girmektedir. Ayrılarak zemin özelliği kazanmış numuneler üzerinde yapılan deney sonuçlarına ait bilgiler Tablo 4.5'de verilmektedir.

Tablo 4.5. Trakya formasyonu üzerinde gelişen zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler

	Örnek sayısı	Min	Max	Ort.
W_n (%)	21	5.1	24	12.73
LL (%)	21	NP	33.9	11.95
PL (%)	21	NP	21.2	6.1
PI (%)	21	NP	19.7	6.15
Kil-Silt (%)	21	12.96	76.14	32.42
Kum (%)	21	15.61	67.21	42.44
Çakıl (%)	21	4.25	61.34	26.76

İnceleme alanında Trakya formasyonuna ait kayaç örnekleri üzerinde yapılan nokta yükü dayanım indeksi değerleri ($I_{s(50)}$) 155.5 - 3950 kPa, tek eksenli basınç dayanımı değerleri (UCS) ise 2243 - 71100 kPa arasında değişmektedir. Deere ve Miller (1966) tarafından kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarına göre verilen sınıflamaya göre (Tablo 4.6) inceleme alanında bulunan grovaklar, genel olarak düşük dayanımlı kaya sınıfına girmektedir.

Tablo 4.6. Kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarına göre sınıflaması (Deere and Miller, 1966)

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm^2)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kPa)
Çok yüksek dayanımlı	> 2000	> 200000
Yüksek dayanımlı	2000 – 1000	200000 – 100000
Orta dayanımlı	1000 – 500	100000 – 50000
Düşük dayanımlı	500 – 250	50000 – 25000
Çok düşük dayanımlı	< 250	< 25000

Bununla birlikte, inceleme alanının kuzey kesimlerinde yer yer yüksek-çok yüksek dayanımlı kaya sınıfına giren grovaklar da bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda, inceleme alanında yer alan grovakların ayrılmış kısımlarında SPT- N_{30} darbe sayılarının 20-40 arasında değiştiği, ayrıca, grovakların TCR değerlerinin 20-60, RQD değerlerinin ise 0-40 arasında değiştiği belirlenmiştir.

4.7.2. Gürpınar Formasyonu

Gürpınar formasyonun ana litolojisi, grimsi yeşil renkli aşırı konsolide killerden oluşmaktadır. İçerisinde çeşitli kalınlıklarda kum mercekleri ve karbonat çimentolu ince taneli, orta-kalın katmanlı kumtaşları yer alır. Gürpınar formasyonunun killi seviyelerinden alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda doğal birim hacim ağırlığının $16.8 - 20.1 \text{ kN/m}^3$ arasında değiştiği belirlenmiştir. İnceleme alanında Gürpınar formasyonuna ait 19 adet aşırı konsolide kil numunesi üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucu elde edilen sıkışma indisi C_c , $0.07 - 0.34$ arasında değerler alıp ortalama 0.18, yeniden yükleme indisi C_r ise $0.018 - 0.065$ arasında değerler alıp ortalama 0.041 değerine sahiptir. Diğer fiziksel ve mekanik özellikler ile ilgili bilgiler Tablo 4.7’de verilmektedir.

Tablo 4.7 Gürpınar formasyonu üzerinde gelişen zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler

	Örnek sayısı	Min	Max	Ort.
W_n (%)	298	10.3	48.1	22.87
LL (%)	298	NP	103.1	26.55
PL (%)	298	NP	26.3	9.31
PI (%)	298	NP	80.9	17.25
Kil-Silt (%)	298	6.93	99.62	59.15
Kum (%)	298	0.38	87.03	36.71
Çakıl (%)	298	0	73.03	4.34
c (kPa)	20	8.8	81.3	33.6
Ø°	20	4	24	16.68

Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre 298 örnek üzerinde yapılan sınıflamaya göre Gürpınar formasyonuna ait zemin numunelerinin % 36.24'ü SM, % 29.2'si CL, % 20.8'i CH, % 7'si SC, % 3.69'u ML, % 1.67'si GC, % 1'i GM ve % 0.01' i ise GW-GM grubu zemin sınıfına girmektedir. Yüzeğe yakın kısımlarda SPT-N₃₀ darbe sayıları 30 civarında değerler alırken, 15-20 m derinlikten itibaren killi seviyelerin çok sert kıvamda ve N>50 olduğu belirlenmiştir. Kumlu-çakıllı seviyelerde ise SPT-N₃₀ darbe sayıları genellikle N>40 dolaylarındadır.

4.7.3. Güngören Formasyonu

İnceleme alanında Güngören formasyonu yeşilimsi renkli çok katı sert kıvamlı killerden oluşmaktadır. Formasyon içinde yer yer marnlı ve kumlu seviyeleri de görmek mümkündür. Bunun yanında yer yer kumtaşı ve kiltası seviyeleri, ara tabaka olarak izlenmektedir. Bu seviyeler kırılğan ve dağılğan özelliğe sahiptir. Güngören formasyonuna ait killi seviyelerden alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda doğal birim hacim ağırlığının 16 - 20 kN/m³, ortalama doğal birim hacim ağırlığının 18.2 kN/m³ olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanında Güngören formasyonuna ait 53 adet kil numunesinden 50 tanesi aşırı konsolide özellikte olup bunlar üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucu elde edilen sıkışma indisi C_c, 0.07 – 0.348 arasında değerler alıp ortalama 0.21, yeniden yükleme indisi C_r ise

0.015 – 0.096 arasında değerler alıp ortalama 0.044 değerine sahiptir. 3 adet kil numunesi ise normal konsolide özellikte olup, bunlar üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucu elde edilen sıkışma indisi C_c , 0.07 – 0.22 arasında değerler alıp ortalama 0.14, yeniden yükleme indisi C_r ise 0.022 – 0.072 arasında değerler alıp ortalama 0.05 değerine sahiptir. Diğer fiziksel ve mekanik özellikler ile ilgili bilgiler Tablo 4.8’de verilmektedir.

Tablo 4.8. Güngören formasyonu üzerinde gelişen zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler

	Örnek sayısı	Min	Max	Ort.
W_n (%)	485	8.9	68	30.7
LL (%)	485	NP	105.4	51.47
PL (%)	485	NP	25.2	12.8
PI (%)	485	NP	85.3	38.7
Kil-Silt (%)	485	11.77	99.62	81.34
Kum (%)	485	0.38	88.23	17.89
Çakıl (%)	485	0	46.6	0.85
c (kPa)	55	9	133	61.85
Ø°	55	4	24	8.94

Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre 485 örnek üzerinde yapılan sınıflamaya göre Güngören formasyonuna ait zemin numunelerinin % 55.45’i CH, % 29.3’ü CL, % 10.5’i SM, % 3.1’i ML, % 1.2’si GC, % 0.82’si ise SC grubu zemin sınıfına girmektedir. İnceleme alanı genelinde Güngören formasyonuna ait SPT-N₃₀ değerleri 20 – 50 arasında değişmekte olup çok katı – sert kıvamdadır.

4.7.4. Bakırköy Formasyonu

Çalışma alanının güney kesimlerinde görülen formasyonun egemen litolojisi kireçtaşıdır. Beyazımsı krem renkli, boşluklu, kil ara katmanlı, ince orta – tabakalı bol Maktra’lı killi kireçtaşlarından oluşan istifte formasyona ait killerin doğal birim hacim ağırlıkları 18 – 18.5 kN/m³, kireçtaşlarının doğal birim hacim ağırlıkları ise

ortalama 21 kN/m³ seviyelerindedir. Diğer fiziksel ve mekanik özellikler ile ilgili bilgiler Tablo 4.9’da verilmektedir.

Tablo 4.9. Bakırköy formasyonu üzerinde gelişen zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler

	Örnek sayısı	Min	Max	Ort.
W_n (%)	57	4.4	34.9	18.2
LL (%)	57	NP	66.1	17
PL (%)	57	NP	16.1	5.2
PI (%)	57	NP	50.3	11.7
Kil-Silt (%)	57	0.97	96.9	42.8
Kum (%)	57	3	76.4	26.9
Çakıl (%)	57	-	91.4	31.5

Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre 57 örnek üzerinde yapılan sınıflamaya göre Bakırköy formasyonuna ait zemin numunelerinin % 45.6’sı CL, % 29.8’i GM, % 14’ü SM, % 10.5’i ise GW-GM grubu zemin sınıfına girmektedir. Bakırköy formasyonunun killi, marnlı seviyelerinde SPT-N₃₀ değerleri 10-30 arasında değişirken, yüzeye yakın kesimlerdeki ayrıışmış kireçtaşlarında SPT-N₃₀ değerlerinin 20-40 arasında olduğu belirlenmiştir.

İnceleme alanında Bakırköy formasyonuna ait kireçtaşından alınan örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre, tek eksenli basınç dayanımı 1800 - 4130 kPa arasında değişmektedir. Deere ve Miller (1966) sınıflamasına göre (Tablo 4.6) kireçtaşlarının “çok düşük dayanımlı” oldukları saptanmıştır. İnceleme alanındaki kireçtaşlarının TCR değerlerinin genellikle 15-40 arasında değiştiği, RQD değerlerinin ise 0-30 arasında değiştiği ve genellikle “0” olduğu belirlenmiştir.

4.7.5. Alüvyon

Alüvyon, inceleme alanında düşük kotlarda görülür. Koyu kahve, açık sarı kil-silt, sarı renkli kum ve çakıllardan oluşmuştur. İnceleme alanında Çinçin dere yatağı uzantısı boyunca görülür. Tabanda çakıllı seviye ile başlayan birim, üste doğru yanal devamlılığı fazla olmayan kum ve siltlere geçer. Üste doğru siyah renkli bol kavkılı

kil ve çamurtaşları yer alır. Bu birimler arasındaki geçişler düzensiz olup sıklıkla değişir. Kalınlığı 1.0 - 6.5 m arasında değişmektedir. Alüvyon birimlerin doğal birim hacim ağırlıkları ortalama 18 kN/m^3 seviyelerindedir. İnceleme alanında alüvyona ait 11 adet kil numunesinden 5 tanesi aşırı konsolide özellikte olup bunlar üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucu elde edilen sıkışma indisi C_c , 0.096 – 0.21 arasında değerler alıp ortalama 0.15, yeniden yükleme indisi C_r ise 0.015 – 0.031 arasında değerler alıp ortalama 0.022 değerine sahiptir. 6 adet kil numunesi ise normal konsolide özellikte olup bunlar üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucu elde edilen sıkışma indisi C_c , 0.052 – 0.16 arasında değerler alıp ortalama 0.094, yeniden yükleme indisi C_r ise 0.016 – 0.032 arasında değerler alıp ortalama 0.024 değerine sahiptir. Diğer fiziksel ve mekanik özellikler ile ilgili bilgiler Tablo 4.10'da verilmektedir.

Tablo 4.10. Alüvyon zemin numunelerinde yapılan deney sonuçlarına ait genel bilgiler

	Örnek sayısı	Min	Max	Ort.
W_n (%)	47	12.3	33.1	21.2
LL (%)	47	NP	56.8	31.8
PL(%)	47	NP	13.9	9.05
PI (%)	47	NP	44.1	22.82
Kil-Silt (%)	47	12.3	95.7	61.5
Kum (%)	47	4.3	66.7	30.6
Çakıl (%)	47	-	55.7	8.5
c (kPa)	15	8.7	150	74.74
ϕ^0	15	1	21	8.55

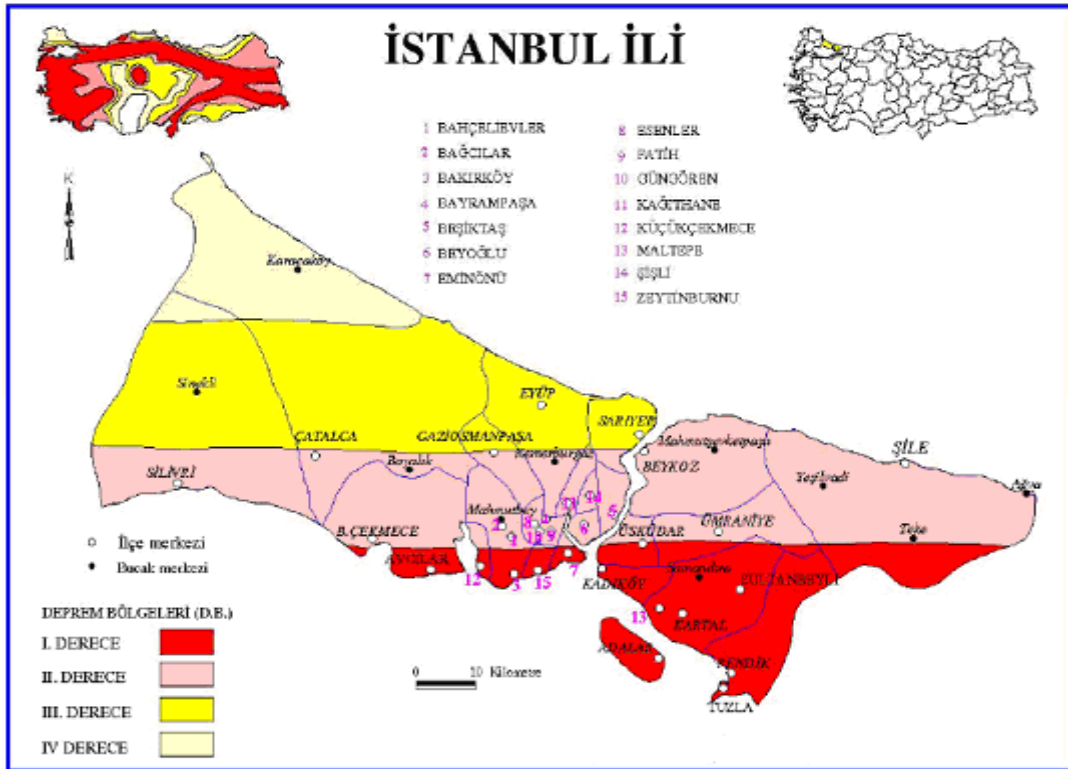
Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre 47 örnek üzerinde yapılan sınıflamaya göre alüvyona ait zemin numunelerinin % 53.2'si CL, % 14.9'u CH, % 14.9'u SC, % 8.5'i GM, % 6.4'ü SM grubu zemin sınıfına girmektedir. İnceleme alanındaki alüvyon birimlerde, yüzeyden itibaren 1 – 4 m arası seviyelerde SPT N değerleri 5 – 25 arasında değişirken, 4 m'den sonra SPT-N₃₀ değerlerinin yer yer N>30 olduğu belirlenmiştir.

BÖLÜM 5. İNCELEME ALANININ DEPREM TEHLİKESİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLEREK MİKROBÖLGELENMESİ

Bu bölümde, çalışma alanını da içine alan İstanbul'un, depremselliği ve tarihsel deprem aktivitesi ile birlikte, deprem tehlike analizleri hakkında genel bilgiler ve inceleme alanı için yapılan deprem tehlike analizlerine ait sonuçlara yer verilmiştir.

5.1. İstanbul ve Çevresinin Depremselliği

Tarihsel ve aletsel dönemde İstanbul'u etkileyen birçok deprem olmuştur. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan 1996 tarihli Türkiye Deprem bölgeleri haritasında İstanbul'un konumu Şekil 5.1' de görülmektedir. Buna göre İstanbul il sınırları içerisinde 1, 2, 3 ve 4. derece deprem bölgeleri bulunmaktadır.



Şekil 5.1. Türkiye deprem bölgeleri haritasında İstanbul ilinin konumu (Özmen, 2002)

Tarihsel dönemde (1900 yılı öncesi) meydana gelmiş depremlerin en önemlileri 1509, 1766 ve 1894 depremleridir.

5.1.a. 1509 depremi: Küçük kıyamet olarakta isimlendirilen bu depremin şiddeti IX, episantrı 40.75N ve 29.00E dir (Soysal ve diğ. 1981). Bu deprem nedeniyle İstanbul'da oldukça fazla hasar olmuştur. Genellikle, 109 cami ve 1070 konutun yıkıldığı ve şehirde birçok yerde duvarların yıkıldığı en kabul gören hasar durumudur. Depremin yarattığı dalgalar ve su baskınları yüzünden Yenikapı ve Aksaray'da hasarlar olmuştur. 5.000 – 13.000 arasında can kaybı olmuştur (Öztin ve Bayülke, 1990). Ambraseys ve Finkel (1990) ise İstanbul ve Beyoğlu'nda hemen hemen bütün evlerin hasar gördüğünü ve bazı yerlerde yüzeyde açılmalar ve kum fişkirmalarının meydana geldiğini belirtmişlerdir.

5.1.b. 1766 depremi: Depremin maksimum şiddeti IX, episantrı 41.00N ve 29.00E dir (Soysal ve diğ. 1981). Büyük ve Küçük Çekmece, Çorlu, Büyükkarıştıran ve Burgaz adasında oldukça ağır hasara neden olmuştur. İstanbul'daki cami ve duvarlar önemli hasar görmüştür. Bu deprem 1509 depreminden sonra olmuş en şiddetli depremdir (Öztin ve Bayülke, 1990).

5.1.c. 1894 depremi: 10 Temmuz 1894 Salı günü öğle vakti İstanbul ve çevresinde hasar yapan, Bükreş, Girit, Yunanistan, Konya ve anadolunun büyük kısmında hissedilen ve literatürde "1894 İstanbul Depremi" olarak yer alan deprem, İstanbul il sınırları içinde 474 kişinin ölümüne, 482 kişinin yaralanmasına, 387 dayanıklı yapı ile 1087 ev ve 299 dükkanın önemli ölçüde hasar görmesine yol açmıştır (Öztin, 1994).

Bazı literatürlerde, Marmara Denizi Bölgesi'nde M.Ö. 2100 yılından bu yana meydana gelmiş tarihsel depremlerden bahsedilmiştir (Altınok et. al., 2001,2003, Parsons, 2004) Marmara Denizi Bölgesi'nde meydana gelen tarihsel depremler ve hasarın dağılımı, Ambraseys ve Finkel (1990,1991,1995) tarafından tanımlanmıştır. M.S 32 'den günümüze kadar olan kısmı tanımlamış olmalarına rağmen, M.S 1500 tarihinden sonraki zamanlara göre veriler daha güvenilir ve daha az kayıplı tarihsel veriler olmuştur. Tarihsel Deprem Kataloğu Tablo 5.1 ve Tablo 5.2' de özetlenmiştir

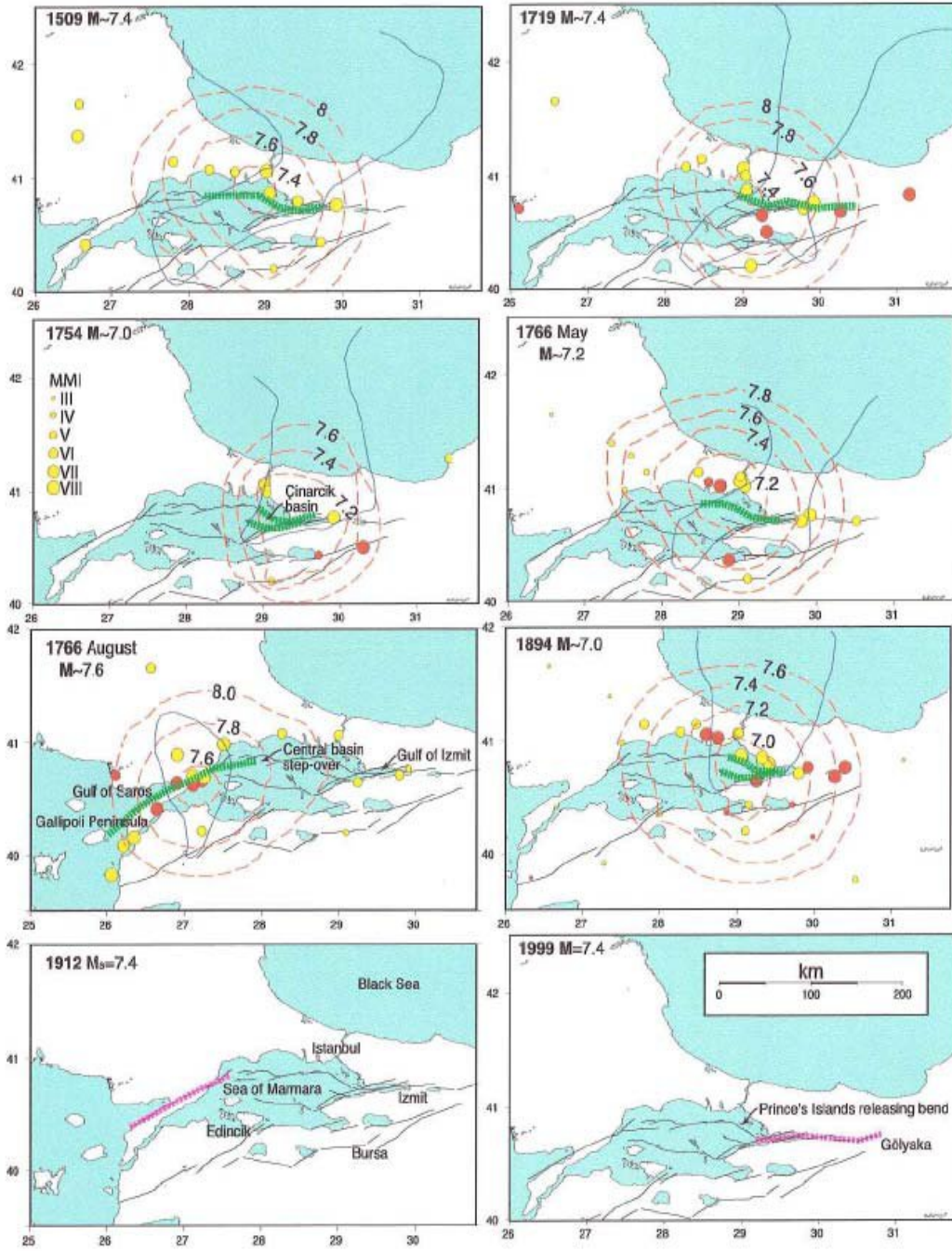
Tablo 5.1. Marmara Denizi içerisindeki ve çevresindeki Tarihsel Depremler (Ambraseys ve diğ., 1990, 1991 ve 1995)

	:Marmara Region			:M>7	Affected area	Tsunami	Note	
	Year	Month	Day					Magnitude
1		32		>7	Izmit, Athens			
2		69			Izmit			
3	Iz?	121		>7	Izmit, Izmit			
4		123	11	10	Erdek			
5		128		>7	Aoria, Izmit			
6		155		>7	Erdek, Mytilini			
7		181	5	3	Izmit, Mudurnu?, Sakaria river			
8	Iz	269		>7	Izmit, Gebze, Sakaria river	The sea flooded the coast		
9	Iz	358	8	24	>7	Izmit, Izmit, Constantinople, Marmaraeğlisi	A seismic sea-wave in Izmit	
10		362	12	2	>7	Izmit, Izmit		
11		368	10	11		Izmit		
12		368	11			M.Kemalpaşa		
13		394	11					
14		396				Constantinople		
15		402	6			Constantinople		
16		403				Constantinople		
17		407	4	1		The Sea of Marmara, Makrikoy / Bakirkoy, Constantinople	Many ships were disabled by sea-wave?	
18		412				Constantinople		
19	East & West	447	11	6	>7	The Sea of Marmara, Constantinople (Bithynia, Phrygia, Hellespont)	A damaging sea-wave	A preceding earthquake on 26 January
20		460	4	7	>7	Erdek, Hellespont, Thrace		
21	East	478	9	25	>7	The eastern part of the Marmara Sea, Karamursel, Izmit, Constantinople	A damaging sea-wave	The emperor fled the capital and took refuge in Kadıkoy.
22	West	484			>7	The western part of the Marmara Sea, Thrace, Sehitkiler, Gelibolu, Bozcaada, Lapseki, Canakkale, Ortakoy		
23		542	8	16		Constantinople		
24		543	9	6		Erdek, Constantinople		
25	Iz or East	554	8	16	>7	Izmit, Constantinople	The sea flooded the coast inland to a distance of two miles, sinking many ships	
26		557	12	14		the north coast of the Marmara Sea, Constantinople, K.Cekmece		
27	Iz ?	740	10	26	>7	Thrace, Bithynia, Izmit, Karamursel, Izmit, Constantinople		The sea retired from the land permanently, in places changing the coastline.
28		824	5	5		Barbaros, Marmaraeğlisi, felt in Constantinople		
29		861	4	10		Constantinople		
30		869	1	9		Constantinople		
31		925	8			Thrace		
32		967	9	2	>7	Honorias, Paphlagonia, Bolu, felt in Constantinople		
33	East	989	10	25	>7	The eastern part of the Marmara Sea, Thrace, Bithynia, Constantinople, Izmit	Damage was in places aggravated by a seismic sea-wave?	
34		1011	3	9		Byzantium, Constantinople		
35		1032	8	13		The Asiatic side of the Marmara Sea		
		1035	5					
36		1037	12	18		Grede		A aftershock of May 1035
37	East & West	1063	9	23	>7	The north coast of the Marmara Sea, Constantinople to the Dardanelles, southern Thrace, Murefte, Barbaros, Tekirdag, Izmit, Constantinople, Erdek		
38		1143	11	26		Bursa		
39		1296	6	1		Constantinople		
40		1296	7	17		Bergama, Kirkagac, Anatolian highlands		
41		1323			>7	Constantinople, Karacabey, Apolyontkoy		The beginning of a period of seismic activity in this part of the Marmara region
42		1332	1	17		Constantinople		
43	West	1343	10	18	>7	The western part of the Marmara Sea, Thrace, Gallipoli Peninsula, Murefte, Hoskoy, Bolayir, Constantinople	A seismic sea-wave flooded the coast to a great distance. The sea advanced 2.2 km inland causing extensive damage to settlements and towns along the coast of Thrace.	
44	West	1344	11	6	>7	Gazikoy, Hoskoy, Marmara Island, Ortakoy		A aftershock of the 1343 earthquake in Thrace
45		1346	5	19		Constantinople		
46	West	1354	3	1	>7	The coast of Marmara Sea from Tekirdag to Hacıbad, Gelibolu, Constantinople, Macedonia, Bozcaada		Its epicenter is sought in the peninsula of Gallipolis
47		1384	8	6		Lesvos Island		
48		1400	1			Bursa		
49	Iz	1419	3	15	>7	Rum, Bursa, Constantinople, Kastamonu, Amasya, Tokat	The sea in the Gulf of Izmit(?) flooded the coast	The epicenter is outside the Marmara Sea region, the east of Constantinople
50		1489	1	16		Istanbul		

Tablo 5.2. Marmara Denizi içerisindeki ve çevresindeki Tarihsel Depremler (Ambraseys ve diğ., 1990, 1991 ve 1995)

Marmara Region					M>7			
	Year	Month	Day	Magnitude	Affected area	Tsunami	Note	
51	East & West	1509	9	10 >7	The Marmara Sea area from Galibolu to Bolu and from Edirne and Demitoka to Bursa, Istanbul, Izmit	A seismic sea-wave in the eastern part of the Marmara Sea.	5000 people were killed in Istanbul. The shock was felt within a radius of 750 km.	
52	West	1542	6	12 >7	The region between Galibolu, Edirne and Istanbul.		4500 people were killed in Istanbul. The epicentral area may be the central part of the northern coast of the Marmara Sea. Damage may be grossly exaggerated.	
53	East	1556	5	10 >7	The east part of the Marmara Sea. Erdek, Bursa, Istanbul		The epicenter may be offshore in the Sea of Marmara	
54		1567	10	1	Sapanca area			
55		1577			Balikesir			
56		1625	5	18	Istanbul			
57		1648	6	28	Istanbul			
58		1659	2	17	Istanbul, Tekirdag			
59		1671	11	20	Bozcaada Island, Lesvos Island			
60		1688	9	10	Istanbul, Stalimne, Mytilene, Chios, Izmir, the coast of Asia Minor			
61		1689	4	25	The west coast of the Black Sea.			
62		1690	7	11	Istanbul		20 people were killed in Istanbul.	
63		1707	6	2	Izmir			
64	Iz	1719	5	25 >7	Either side of the Gulf of Izmit, Yalova, Pazarkoy, Karamursel, Kazikli, Izmit, Duzce		More than 6000 people were killed in this earthquake.	
65		1730	6	10	Kadikoy, Athos to Istanbul			
66		1737	3	6 >7	Biga, Erzincan, Gisarukoy			
67		1752	7	29	Ibriktepe, Hafa, Haskoy, Edirne			
68	Iz	1754	9	2 >7	The Gulf of Izmit, Uskudar, Balat, Istanbul	There was a seismic sea-wave, but no damage.	About 2000 people were killed in Istanbul 60 people.	
69	East	1766	5	22 >7	The east part of the Marmara Sea, from Tekirdag to Izmit, the south coast of the Sea from Mudanya to Karamursel, Galibolu, Edirne, Izmit, Bursa	A seismic sea-wave was particularly strong along the Bosphorus, and in the Gulf of Mudanya.	About 4000 people were killed in this earthquake, and in Istanbul 880 people were killed. The Ayvad dam on the upper Kasthane, north of Istanbul, was damaged.	
70	West	1766	8	5 >7	The west part of the Marmara Sea, Tekirdag, Galibolu, the region between Silivri and Bozcaada, Bursa, Istanbul			
71a		1776	5	29	The coast from Galibolu to Istanbul.			
71b		1800	9	26	Istanbul			
72		1802	10	26	Transylvania			
73		1809	2	7	Eskistanbul, Tenedos, Imroz Island			
74		1826	2	8	The west part of the Karesi, Erzincan			
75		1845	10	11	Between the island of Lesvos and the coast of Asia Minor			
76		1850	4	19	Ulubat, Susurluk			
77		1855	2	28 >7	Bursa, the villages from Yenisehir to Celtikoi, Edirne, Balikesir, Istanbul		A much larger number of people (in excess of 2000) were killed in Bursa.	
78		1855	4	11	The area north of Bursa		The largest aftershock of the earthquake of 28 February. 140 people were killed.	
79		1857	9	17	The region northeast of Bursa, the region between Gemlik, Katirdi and Izmit			
80		1859	8	21	Imroz Island, mainland from Ciblak to Kutahya			
81		1860	12	2	Kutahya			
82		1863	11	6	The region of Lake Izmit			
83		1865	7	22	The Gulf of Edremit			
84		1867	3	7	The Gulf of Edremit, Lesvos Island, the coast of Asia Minor	A small seismic sea-wave was observed in the port of Mytilene	145 people were killed.	
85		1873	1	13	Imroz Island, the coast of the Gulf of Saros			
86		1877	10	13	The Marmara Islands			
87		1878	4	19	Esrne, Sapanca, Adapazari	A sea-wave propagated into the Sea of Marmara.		
88		1889	10	26 >7	The Gulf of Edremit, the west part of the island of Lesvos			
89		1893	2	9	The islands of Samothraki and Imroz	A damaging sea-wave were generated in Samothraki and Dedesagac		
90	Iz or East	1894	7	10 >7	The Gulf of Izmit, the area between Silivri, Istanbul, Adapazari and Katirdi, especially the area between Heybeliada, Yalova and Sapanca	A seismic sea-wave had a height of 1.5m at Yesilkoy.	In Adapazari 83 people were killed and another 990 in the Sapanca area. 276 people were killed in Istanbul. Three of dams for the water supply of Istanbul were badly damaged.	
91		1896	4	16	The region of Ermet			
92		1896	9	14	The region of Balikesir			
		1901	12	18 Ms5.9	Avvalik			
		1903	5	26 Ms5.9	Marmara			
		1905	10	22 Ms5.9	Marmara			
93	West	1912	8	9 Ms7.4	The north of the Dardanelles, Edirne, Istanbul	A small seismic sea-wave	2000 people were killed.	
		1919	11	18 Ms6.9	Soma			
		1924	11	20 Ms6.0	Altintas			
		1928	5	2 Ms6.2	Ermet			
		1935	1	4 Ms6.4	Marmara			
		1939	9	22 Ms6.5	Dikili			
		1942	11	15 Ms6.2	Bigadic			
		1943	6	20 Ms6.4	Hendek			
		1944	6	25 Ms6.0	Saphane			
		1944	10	6 Ms6.8	Avvalik			
		1953	3	18 Ms7.2	Yanice			
		1956	2	20 Ms6.1	Sogut			
		1957	5	26 Ms7.0	Abant			
		1963	9	18 Ms6.4	Yalova			
		1964	10	6 Ms6.9	Manyas			
		1965	8	23 Ms5.9	Saros			
		1967	7	22 Ms7.1	Mudurnu			
		1969	3	25 Ms6.1	Demirci			
		1970	3	28 Ms7.1	Gediz			
		1975	3	27 Ms6.6	Saros			
	Iz	1998	8	17 Mw7.4	Izmit			
		1999	11	12 Mw7.1	Duzce			

Tarihsel depremlerin her bir karakteristik özelliği için, Parsons (2004), M.S 1500' den sonraki yıkıcı depremler için sismik yer hareketinin MMI (değiştirilmiş Mercalli yoğunluğu) değerlerini ilgili literatürlerin tarihsel tanımlamalarına dayanarak hesaplamıştır. Buna ek olarak tarihsel depremlerin kaynak fayları ve büyüklükleri, ampirik sönümlenme ilişkisi kullanılan her bölgenin, MMI değerlerinden faydalanılarak hesaplanmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. M.S 1500'den beri Marmara Denizi'ndeki Tarihsel Depremler ve kaynak faylar (Parsons, 2004)

5.2. Deprem Tehlike Analizi

Deprem tehlikesi, hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanır ve deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali olarak tanımlanan, deprem riski kavramının önemli bir ögesini oluşturur. Gelecek depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri, belirsizlik arz ettiği için deprem tehlikesi tayinlerinde olasılık hesaplarına dayalı tahminler önemli karar araçlarıdır (Erdik ve diğ., 2006).

Bir bölge için deprem tehlikesi, depremlerin zaman, uzay ve büyüklük boyutundaki dağılımlarının, uzaklık-yer hareketi azalım ilişkisi modelleriyle birlikte değerlendirilerek belirlenebilir. Sismik tehlike çözümlerindeki amaç, geçmişte oluşan depremlere ait eldeki verileri jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle birleştirerek, belirlenen bir bölgede ileride olası sismik etkinliğin olasılık yöntemleriyle saptanmasıdır (Ulutaş, 2006).

Yapılar üzerinde depremlerin yıkıcı ve zarar verici etkisi nedeni ile yapı tasarımında depremlerin dikkatli bir şekilde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımının amacı, belirli bir düzeydeki sarsıntıyı, aşırı hasar meydana gelmeden atlatabilecek yapı ve tesisleri inşa etmektir. Sarsıntının düzeyi ise belirli yer hareketi parametreleri ile karakterize edilebilen tasarım yer hareketi ile tanımlanmaktadır. Tasarım yer hareketinin belirlenmesi ise geoteknik deprem mühendisliğinin en zor ve önemli problemlerinden birini oluşturmaktadır (Kramer, 1996).

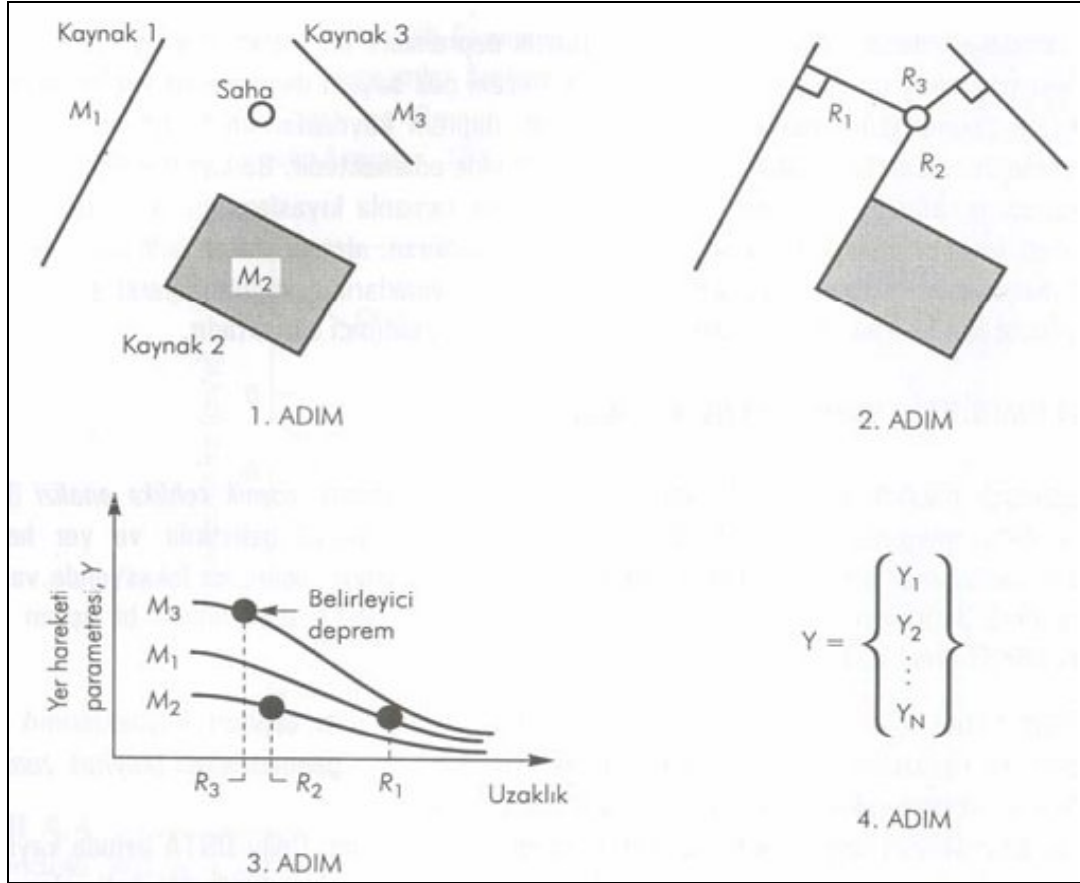
Deprem ile ilgili çalışmalar yapılırken öncelikli olarak yapılması gereken, çalışılan bölgeyi etkileyebilecek, deprem oluşturabilecek tüm tektonik unsurların göz önüne alınarak değerlendirilmenin yapılmasıdır. Böyle bir çalışma için yer bilimi ile ilgili olan bilim dallarının bir arada çalışması, yapılan çalışmanın doğruluğu ve güvenilirliği için gerekli olmaktadır. Tasarım yer hareketinin belirlenmesi için öncelikli olarak geçmişte bölgede olmuş sismik aktiviteye ait aletsel ve tarihsel bilgiler derlenmeli, bölge jeolojik ve morfolojik olarak araştırılarak depremi yaratan

kaynakların varlığı tespit edilmeli ve kaynağın özellikleri ortaya konularak gelecekte olabilecek deprem tehlikesi matematiksel olarak ifade edilmelidir (İnce, 2005).

Deprem tehlikesinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan iki yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, özel bir senaryo depremin varsayıldığı deterministik deprem tehlike analizi, diğeri ise yöntemleriyle veya depremin büyüklüğü, yeri ve oluş zamanıyla ilgili belirsizliklerin açık bir şekilde göz önüne alındığı olasılıksal (probabilistik) deprem tehlike analizidir (Kramer, 1996). Bu anlamda sismik tehlike analizleri, bir bölge için tasarım yer hareketi geliştirmenin de önemli bir aşamasını oluşturmaktadır. Deterministik yöntemler deprem tehlikesinin belirlenmesinde ayırık tek değerli olay (en büyük magnitüd) ve modelleri kullanmasına rağmen olasılık yöntemler çok değerli ve devamlılık gösteren olay ve modelleri kullanırlar. Olasılıksal deprem tehlikesi yöntemleri, bir bölgeyi etkileyebilecek büyüklükteki tüm depremlerin etkilerinin birleştirilmesi temeline dayanır. Bu yöntemin bir diğeri avantajı da ilgilenilen alanda oluşacak yer hareketi olasılığının belirlenmesidir. Bu durum deprem tehlikesinden yararlanarak deprem riskinin de belirlenmesini sağlar ve bu yaklaşımla depremlerden korunmanın geliştirilmesi sağlanabilir. Olasılıksal deprem tehlike analizlerinde, deterministik analizlerin aksine depremin büyüklüğü, yeri ve inceleme alanını etkileyebilecek sismik kaynakların konumlarındaki belirsizlikler, temel olasılık yöntemleri kullanılarak belirlenebilmekte ve deprem tehlikesinin değerlendirilmesinde hesaba katılabilmektedir.

5.2.1. Deterministik deprem tehlikesi analizi

Deprem tehlikesinin belirlenmesinde deterministik deprem tehlike analizi, deprem mühendisliğinin ilk zamanlarından beri kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde belirli bir sismik senaryo geliştirilmekte ve yer hareketi tehlikesinin değerlendirilmesi buna göre yapılmaktadır. Senaryo deprem, genellikle oluşması beklenen depremlerden en riskli olanlarının seçilmesi şeklinde olmaktadır. Deterministik tehlike analizi dört adımdan oluşmaktadır. Şekil 5.3'de deterministik deprem tehlike analizinin aşamaları gösterilmiştir (Kramer, 1996).



Şekil 5.3. Deterministik deprem tehlike analizinin dört aşaması (Kramer, 1996)

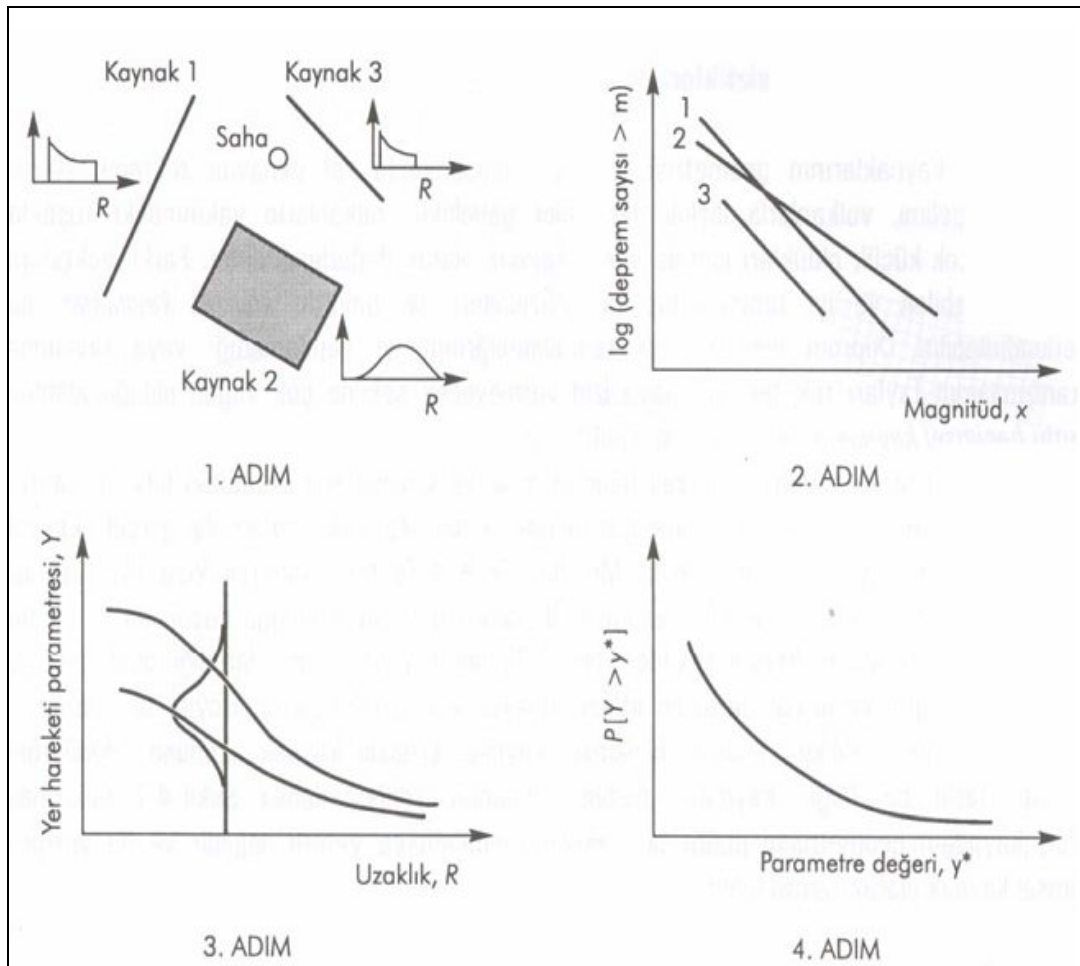
İlk adımda inceleme alanında önemli ölçüde bir yer hareketi oluşturabilecek tüm deprem kaynakları tespit edilmekte ve bu kaynakların özellikleri ortaya konulmaktadır. Bu özellikler, kaynağın geometrisi, yeri, derinliği gibi unsurlardan oluşmaktadır. İkinci adımda seçilen deprem kaynaklarının inceleme alanına olan uzaklıkları belirlenmekte ve kaynağın özelliklerine uygun azalım ilişkisi bağıntıları kullanılarak yaratacakları sarsıntı düzeyleri tespit edilmektedir. Üçüncü adımda, bulunan sarsıntı düzeylerinden en kuvvetli sarsıntıyı üreten deprem seçilmektedir. Bu deprem genellikle magnitüd şeklinde ifade edilmektedir. Dördüncü ve son adımda ise inceleme alanındaki deprem tehlikesi pik ivme, pik hız ve tepki spektrumları şeklinde ifade edilmektedir.

Deterministik deprem tehlike analizinde potansiyel deprem tehlikesinin seçilmesi aşaması en önemli aşamadır. Sismologlar, deprem sismologları, mühendisler, risk analizcileri gibi farklı disiplinlerin bir arada karar verdiği bu aşamada bu farklı

disiplinlerin amaçlarının farklılık göstermesi nedeni ile ortak bir karara varmakta güçlük çekilmektedir (İnce, 2005).

5.2.2. Probabilistik (Olasılıksal) deprem tehlikesi analizi

Probabilistik deprem tehlikesi, hasar yapıcı yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde meydana gelme olasılığı olarak tanımlanır. Bu yöntemde, gelecekte oluşabilecek deprem oluşumlarına ilişkin modeller, incelenecek alanın tektoniği, jeolojisi, sismotektonik açıdan diğer bölgelerle ilişkisi ile oluşturulur. Probabilistik deprem tehlike analizi de deterministik yöntemle benzer şekilde dört aşamada ifade edilebilmektedir. Bu aşamalar Şekil 5.4'de genel olarak gösterilmektedir (Kramer,1996).



Şekil 5.4. Probabilistik deprem tehlike analizinin dört aşaması (Kramer, 1996)

İlk aşamada, bölgeyi etkileyebilecek deprem kaynakları (deprem kaynak bölgelendirmesi) tespit edilmektedir. Bir sonraki adımda, deprensellik veya deprem tekrarlanmasının zamansal dağılımı (yinelenme ilişkileri) ortaya konulmaktadır. Üçüncü adımda, kaynak alanının herhangi bir noktasında oluşabilecek herhangi bir büyüklükteki depremin inceleme alanında üreteceği yer hareketi, azalım ilişkileri kullanılarak belirlenmektedir. Dördüncü ve son adımda ise deprem lokasyonu, deprem büyüklüğü ve yer hareketinin kestirilmesi ile ilgili belirsizlikler birleştirilerek, belirli bir zaman aralığında yer hareketi parametresinin aşılma ihtimali deprem oluşum modelleri ile elde edilmektedir.

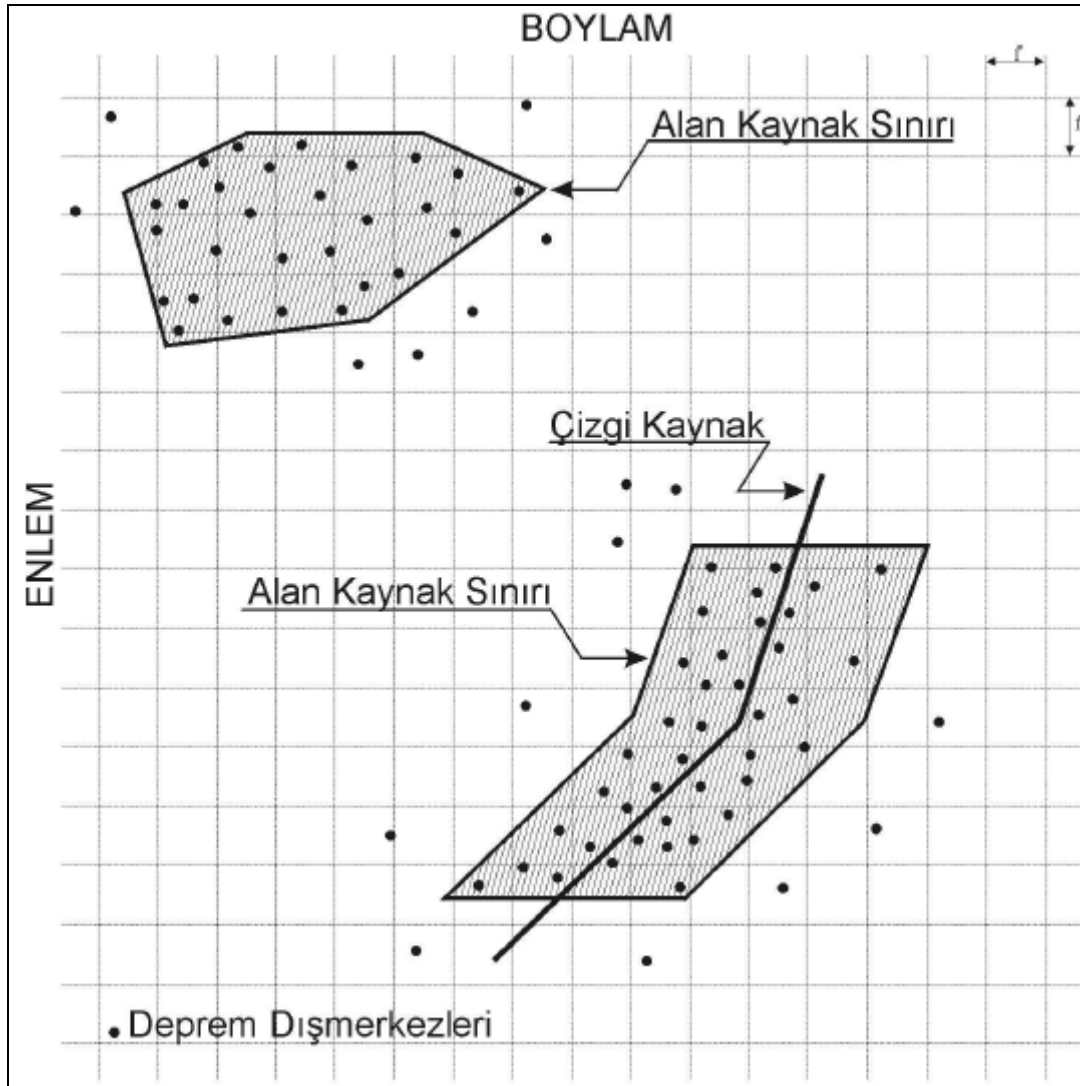
5.2.2.1. Deprem kaynak bölgelendirmesi

Bir bölge için deprem tehlikesinin belirlenmesindeki en önemli unsurlardan biri, içinde zaman ve uzaysal dağılımları bilinen depremlerin olduğu ve gelecekte yüksek deprenselliğe sahip olacağı düşünülen kaynak alanlarının saptanmasıdır. Bir bölgenin sismik aktivitesinin potansiyel kaynağı olan tektonik özellikler (fay, rift, v.s.) sismik kaynakların saptanmasında etkin rol oynarlar. Bu işlemin yapılmasında tektonik haritalar ve geçmiş depremlerin dışmerkez dağılımını gösteren haritalardan yararlanılır (Ulutaş, 2006).

Sismik kaynakların geometrilerinin belirlenmesi iki temel adım içerir. Birinci adım, kaynak içindeki aktif tektonik özelliklerin saptanması ya da kaynak alanının aktif olduğunu belirleyen diğer unsurların ortaya çıkarılmasıdır. Örneğin bir tektonik oluşum deprem üretiyorsa diri olduğu düşünülür. Tektonik oluşumların sismik etkinlik durumu, deprem tehlikesinin belirlenmesi için de çok önemlidir. Çünkü tektonik oluşumlardan yararlanarak sismik kaynakların belirlenmesi, deprem tehlikesi modeli için başlıca girdiyi oluşturmaktadır (Şekil 5.5). Bu yaklaşım bir sismik kaynağın geometrisine ve etkinliğine bağlı olarak da deprem oluşturma olasılığının belirlenmesini sağlar (Ulutaş, 2006).

Sismik kaynakların geometrilerinin belirlenmesindeki ikinci adım, deprem kümelenmelerine bakılarak tanımlanan kaynağın içine, tektonik yapının oturtulmasıdır. Bu durum, özellikle parçalı fay sistemlerinin olduğu yerlerde

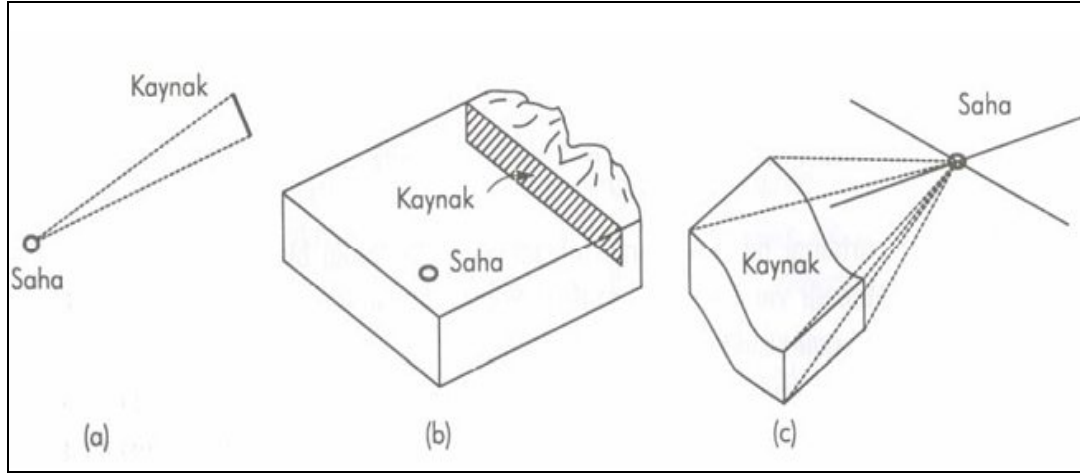
uygulanabilir. Bir fay sisteminin tek bir uzun faydan ya da parça parça fay segmentlerinden oluşması deprem tehlikesi modellemesindeki girdilerin de farklı olmasına yol açacaktır. Bu nedenle bu tür fay sistemlerinin olduğu bölgelerde, fayları çevreleyecek olan kaynakların tek bir kaynak mı yoksa parça parça kaynaklar olarak mı alınmasına karar verilmelidir (Ulutaş, 2006).



Şekil 5.5. Deprem oluşumlarından ve tektonikten yararlanarak sismik kaynakların belirlenmesi (Perkins ve diğ., 1988)

Deprem kaynaklarının geometrisi, bunların oluşumunda rol oynayan tektonik süreçlere bağlı olmaktadır. Örneğin volkanlarla ilişkili olan depremler çok küçük oldukları için nokta kaynak olarak değerlendirilirken farklı noktalarında deprem oluşabilen ve iyi tanımlanmış fay düzlemleri, iki boyutlu alansal kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Deprem mekanizması tanımlamalarının iyi yapılamadığı veya

faylanmanın mekanizmasının fayları tek tek ayırmaya izin vermeyecek şekilde çok yoğun olduğu alanlar, üç boyutlu hacimsel kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Şekil 5.6’da farklı kaynak geometrilerine örnekler verilmiştir (Kramer, 1996).



Şekil 5.6. Farklı kaynak geometrilerine örnekler (a) nokta kaynak olarak modellenebilir kısa fay; (b) çizgisel kaynak olarak modellenebilir sığ bir fay; (c) üç boyutlu kaynak zonu (Kramer, 1996)

5.2.2.2. Tekrarlama ilişkileri

Deprem kaynağı tespit edilip kaynak zonu özellikleri de belirlendikten sonra kaynak zonunun üretebileceği depremin boyutunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Kimi küçük, kimi büyük olmak üzere tüm kaynak zonlarının aşılamayan bir maksimum deprem büyüklüğü vardır. Deprem boyutlarının belirli bir zaman aralığındaki dağılımı tekrarlama yasası olarak tanımlanmaktadır. Probabilistik deprem tehlike analizinin temel varsayımı ise, geçmişteki deprensellikten bulunan tekrarlama yasasının gelecekteki deprenselliği kestirmede kullanılabileceğidir (Kramer, 1996).

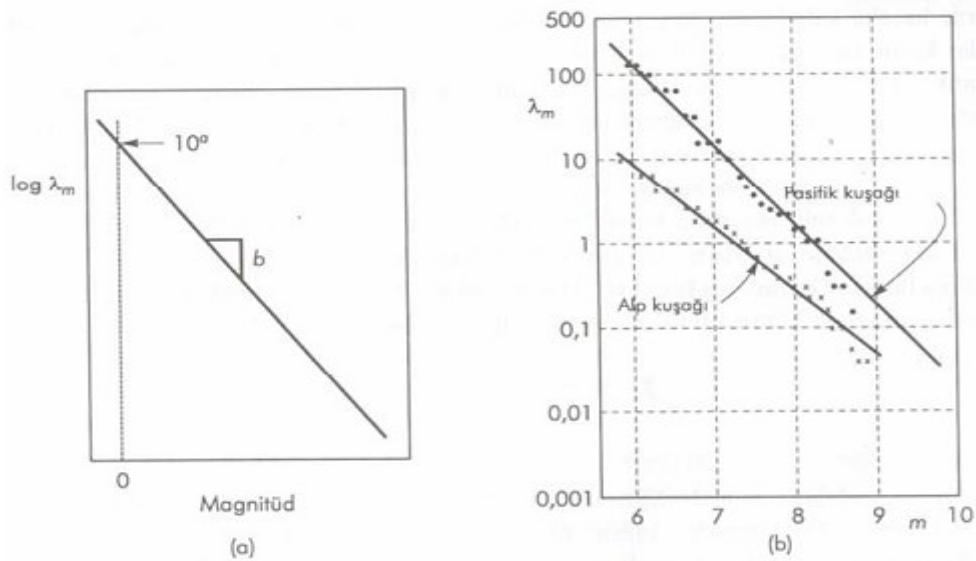
Depremlerin meydana gelme sıklığı, depremlerin yenilenmesinin değerlendirilmesi ile elde edilmektedir. Yenilenme eğrileri, belirli bir deprem büyüklüğüne eşit veya büyük depremlerin meydana gelme sıklığını ifade etmektedir.

Kaynak bölgelerindeki deprem yinelenme ilişkilerinin belirlenmesi için, farklı büyüklük gruplarının meydana gelme sıklığı her büyüklük grubu için verilerin eksiksiz olarak toplandığı zaman aralığı belirlenerek düzenlenmektedir. Depremler için amirik yinelenme ilişkisi Gutenberg ve Richter (1944) tarafından Güney

Kaliforniya depremlerine ait veriler kullanılarak geliştirilmiştir. Toplanan bu veriler farklı magnitüdüleri aşan depremlerin sayısına göre düzenlenerek, her magnitüdün aşılma sayıları zamana bölünerek M magnitüdündeki depremlerin yıllık aşılma oranı λ_m 'yi tanımlamışlardır. Tahmin edilebileceği gibi, küçük depremlerin yılda ortalama aşılma oranları büyük depremlerinkinden daha büyük olmaktadır. Belirli bir büyüklükteki depremlerin ortalama aşılma oranının tersi, genellikle o büyüklüğü aşan depremin dönüş periyodu olarak tanımlanmaktadır. Güney Kaliforniya depremlerinin yılda ortalama aşılmalarının logaritması alınarak deprem büyüklüğüne göre grafiği çizildiğinde doğrusal bir ilişki bulunmuş ve deprem tekrarlaması için bulunan Gutenberg Richter (1944) yasası aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$\text{Log } \lambda_m = a - bM \quad (5.1)$$

Burada λ_m = magnitüdü M olan depremin yılda ortalama aşılma oranı; 10^a = büyüklüğü sıfır veya sıfırdan büyük depremlerin yıllık ortalama oluş sayısı ve b = büyük ve küçük depremlerin göreceli oluş ihtimallerini ifade eden katsayı olmaktadır. Gutenberg-Richter (1944) yasası Şekil 5.7a'da şematik olarak gösterilmektedir. b değeri artarken küçük depremlere kıyasla büyük depremlerin sayısı azalmaktadır. Gutenberg-Richter yasasındaki belirleyici parametre deprem büyüklüğü ile sınırlı değildir; şiddetin kullanıldığı durumlar olmuştur. Küresel tekrarlamaya verileri Şekil 5.7b'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 (a) a ve b parametrelerinin anlamlarını gösteren Gutenberg-Richter tekrarlamaya yasası ve (b) Gutenberg-Richter yasasının küresel depremsellik verilerine uygulanması (Esteva, 1970'den)

5.2.2.3. Azalım ilişkileri

Probabilistik deprem tehlike analizinin önemli aşamalarından biri de yer hareketi azalım modelleri kullanılarak incelenen bölgedeki deprem yer hareketinin bulunmasıdır. Sonlu elemanlar ve sonlu farklar yöntemlerinin kullanıldığı azalım modellerinde kaynak, ilerleme çizgisi ve bölge özellikleri kullanılmaktadır.

Sismik tehlike çalışmalarında en çok kullanılan yer hareketi belirleyicisi, maksimum yer ivmesinin yatay bileşenidir. Bunun nedeni, yatay bileşenin yer hareketinin durumunu belirleyen en iyi parametre olması ve yapı davranışını kontrol etmesidir. Kullanılan azalım ilişkilerinin çoğunda maksimum yer ivmesi, magnitüd (M), mesafe(R) ve lokal zemin koşullarına bağlı olarak ifade edilmektedir. Magnitüd, yer deplasmanının sınırlı bir ölçüsüdür. Magnitüd için kullanılan tarif, azalım ilişkisinde, frekans-magnitüd verilerinin toplanmasında ve maksimum magnitüdün tespitinde kendi içinde tutarlı olması gerekmektedir. Maksimum yer ivmesi azalım ilişkileri genellikle lokal magnitüd kavramına dayanmaktadır. Azalım ilişkilerinde kullanılan mesafe parametresi (R), odak noktasına, episantra, enerji boşalma merkezine, fay yüzeyine ve fay episantrına olan mesafe olabilmektedir. Mesafenin tanımı bilhassa faya yakın bölgelerde çok önemli rol oynamakta ve bu tanımın lokal özelliklerle uyum göstermesi gerekmektedir. Ülkemizde meydana gelen depremler genellikle sığ odaklı depremler olup, yüzeysel yırtılmalar göstermektedir. Bu tip bölgelerde lokal bölgeden fay çizgisine olan mesafenin kullanılması daha uygun olmaktadır. Maksimum yer ivmesinin M ve R'ye göre değişimini veren azalım bağıntılarının çoğunda maksimum yer ivmesi log-normal dağılım göstermekte ve ortalama değeri

$$PGA = b_1 \exp(b_2 M) (R+b_4)^{b_3} \quad (5.2)$$

ile ifade edilmektedir. Standart sapma σ $\log PGA$ ve bu denklemde b_1, b_2, b_3, b_4 katsayıları regresyon sabitlerdir.

8.2.2.4. Deprem oluşumu modellenmesi

Probabilistik deprem tehlikesi hesaplarında deprem oluşumlarının zaman boyutunda tamamen olasılıksal ve hafızasız olarak (zaman bağımsız) ve belirli bir periyodisite

(zaman bağımlı) ile meydana geldiği kabul edilmektedir. Zaman bağımlı modellerde, aktif fay üzerinde oluşmuş olan son büyük (karakteristik, yani bir fay segmentinin tamamının kırıldığı) depremlerden sonra geçen süre arttıkça yeni bir büyük (karakteristik) depremin oluşum olasılığı artmaktadır. Zaman bağımlı modelin diğer modellerden ayırıcı özelliği karakteristik depremlerin yineleme aralığına ait olasılık yoğunluğu fonksiyonlarıdır. Zaman bağımlı modelleme için gerekli bilgilerin olmadığı tektonik birimler veya büyük bölgesel sismik kaynaklar için homojen Poisson modeli gibi zaman bağımsız yöntemler kullanılabilir. Poisson modelinde bir sonraki depremin oluşum olasılığı önceki depremin oluşum zamanına bağlı değildir. Kuzey Anadolu Fay hattının da dahil olduğu bir çok tektonik element üzerinde yürütülen yoğun paleosismik ve tarihsel deprem araştırmaları bu faylardaki büyük (karakteristik) depremlerin hemen hemen periyodik olarak oluştuklarını (Schwartz ve Coppersmith, 1984) ve bu nedenle probabilistik deprem tehlikesi belirlemelerinde zaman bağımlı modelleme (Yenilenme Modeli) yönteminin daha uygun olacağını göstermektedir. (Erdik vd., 2003a)

Poisson modeli

Depremlerin meydana gelmesi üzerine geliştirilmiş olan modellerden en basit olanı Homojen Poisson Modeli'dir (Cornell, 1968). Depremlerin bu modelin kurallarına uyabilmesi için mekansal ve zamansal bağımsızlık şartının olması gerekmektedir. İstatistiksel Poisson yönteminde belirli bir sismik kaynak için depremlerin meydana gelmesi aşağıdaki bağıntı ile ifade edilebilmektedir:

$$P_A(n/m,t) = [\exp (-\lambda_A(m) t)^n] / n! \quad (5.3)$$

Burada $P_A(n/m,t)$, t zaman aralığında, $M=m$ büyüklüğüne eşit veya daha büyük, n sayıda depremlerin meydana gelme olasılığıdır. Meydana gelme hızının ortalaması ise $-\lambda_A(m)$ ile ifade edilmektedir. T zaman diliminde meydana gelmesi beklenen $M=m$ büyüklüğüne eşit veya daha büyük depremlerin sayısı aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$E_A(n/m,t) = \lambda_A(m) \quad (5.4)$$

T zaman aralığında, $M=m$ büyüklüğüne eşit veya daha büyük en az bir depremin meydana gelme olasılığı:

$$P(n>0|m,t) = 1.0 - \exp[-\lambda_A(m)t] \quad (5.5)$$

ile ifade edilmiştir. Bir depremin ortalama tekrarlama aralığı, $RI_A(m)$, meydana gelme hızının tersi ile ifade edilmektedir:

$$RI_A(m) = 1/\lambda_A(m) \quad (5.6)$$

Basit Poisson Yöntemi kullanılarak, t sene içerisinde, z seviyesi üstünde en az bir depremin meydana gelme olasılığı

$$P_E(A>z,t) = 1 - \exp[-v_z(A>z)t] \quad (5.7)$$

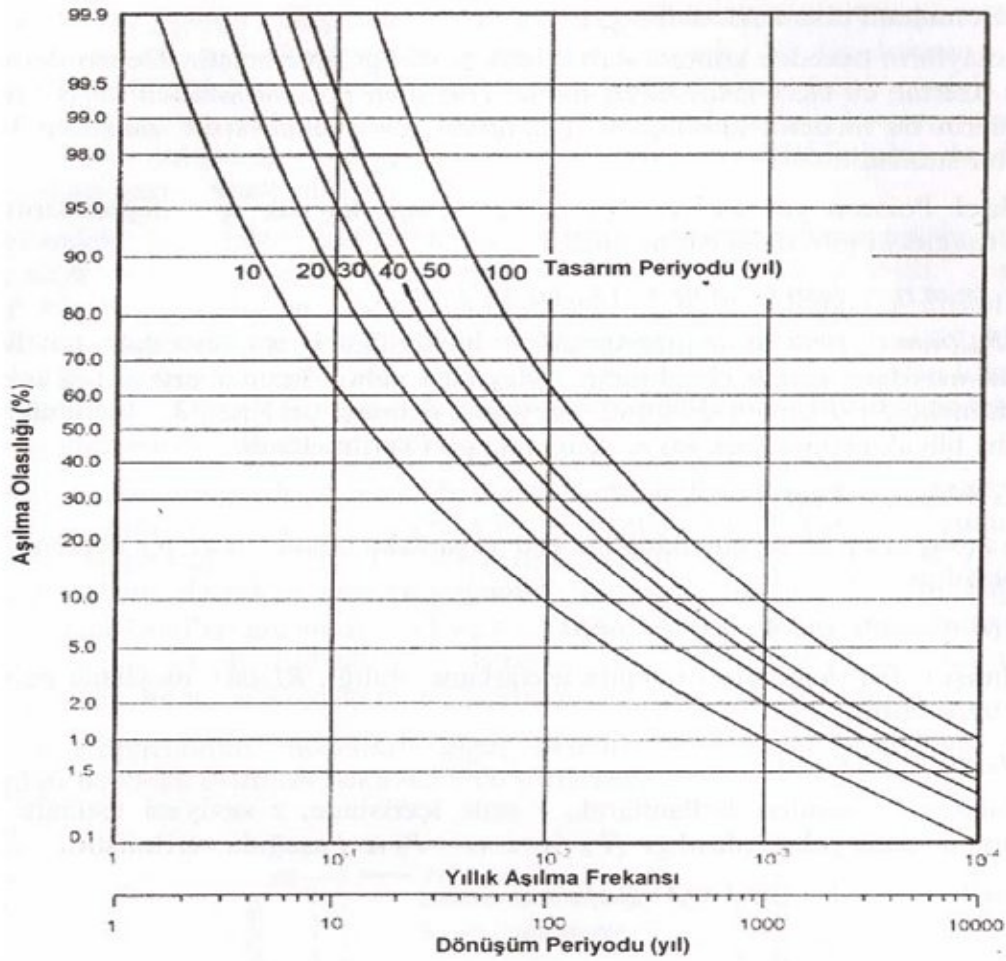
veya

$$P_E(z) = 1 - \exp[-v_z t] \quad (5.8)$$

Burada $v_z = v(A>z)$ bir sahada z seviyesi üstünde gerçekleşen yer hareketinin yıllık oranıdır (frekansıdır). Kuvvetli yer hareketi seviyesi için ortalama dönüşüm periyodu (RP), v_z 'nin tersi olarak tanımlanmaktadır:

$$RP = 1/v_z \quad (5.9)$$

Uygulamada probabilistik sismik tehlike analizi sonuçları, $P_E(z)$, RP ve v_z parametrelerinden biri veya birkaçı ile ifade edilmektedir. Bu parametreler arasındaki ilişki ise Şekil 5.8'de gösterilmiştir (MERM, 2003).



Şekil 5.8. Poisson Yöntemi için farklı parametreler arasındaki ilişki (MERM, 2003)

5.3. İnceleme Alanı İçin Deprem Tehlikesinin Değerlendirilmesi

İnceleme alanının deprem tehlikesi, olasılıksal ve deterministik yaklaşımlara göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

5.3.1. İnceleme alanının olasılıksal deprem tehlike analizi

Olasılıksal deprem tehlikesi, hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde meydana gelme olasılığı olarak tanımlanır. İnceleme alanının olasılıksal deprem riskini belirlemede öncelikli olarak inceleme alanı merkez olmak üzere 150 km yarıçaplı alan içinde aletsel dönemin başlangıcı olan 1900 yılından günümüze kadar meydana gelen 4 ve daha büyük magnitudlü depremler Boğaziçi Üniv. Kandilli

Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. İnceleme alanının da içinde bulunduğu yaklaşık 150 km yarıçapındaki alanda 1900-2010 (Eylül) yılları arasında olmuş 4 ve daha büyük magnitudlü deprem kayıtları Tablo 5.3'de, depremlerin dağılımı ise Şekil 5.9' da verilmektedir.

Tablo 5.3. İnceleme alanı ve çevresinde 1900-2010 (Eylül) arasında meydana gelen $M \geq 4$ depremler (Boğaziçi Üniv., Kandilli Rasathanesi)

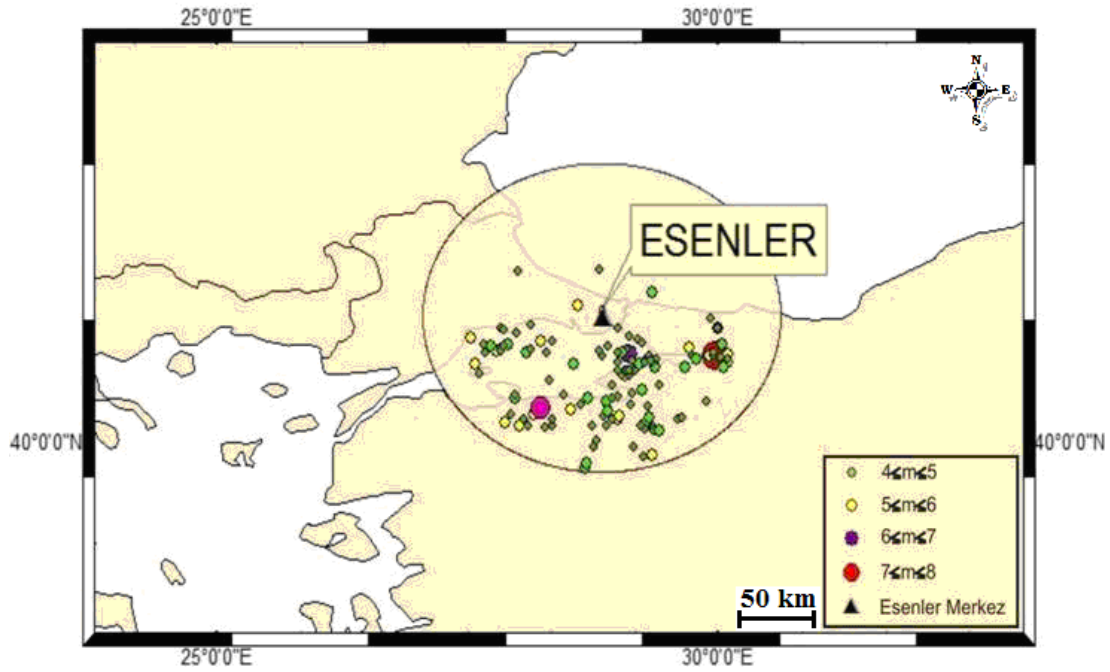
Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Büyükklük (M)	Derinlik (km)	Tarih
40.20	29.00	5.6	6	15.04.1905
41.00	29.00	4.5	12	22.01.1907
40.70	30.10	5.5	15	21.08.1907
41.50	28.00	4.5	12	13.10.1919
41.00	30.00	5.5	25	29.05.1923
41.20	28.60	5.0	24	26.10.1923
40.90	29.20	4.3	15	
41.00	29.00	4.4	8	06.10.1925
40.17	27.88	5.0	10	07.02.1938
40.13	28.27	4.6	15	02.09.1941
40.80	27.80	5.6	20	16.06.1942
40.23	29.02	5.6	60	13.11.1948
41.00	30.00	4.2	15	13.12.1948
39.89	29.35	5.1	40	02.05.1949
40.15	28.02	5.0	40	15.09.1951
41.02	28.14	4.9	11	13.03.1952
40.28	28.53	5.3	20	06.03.1953
41.08	29.93	4.6	80	28.08.1956
40.83	29.72	5.2	10	26.12.1957
40.50	29.41	4.6	20	04.02.1959
40.91	27.54	5.4	10.	26.07.1959
40.75	28.84	4.3	10	09.04.1962
40.77	29.12	6.3	40	18.09.1963
40.84	28.90	4.8	10	24.09.1963
40.24	28.16	5.0	23	10.06.1964
40.30	28.23	7.0	34	10.06.1964
40.20	28.06	4.1	56	20.11.1964
40.02	28.79	4.5	26	15.12.1964
40.14	28.10	4.2	36	02.12.1967
40.60	27.62	4.2	4	31.07.1967
40.33	28.63	4.3	4	05.06.1968
40.15	28.35	4.2	24	11.09.1968
40.95	27.99	4.6	13	05.01.1971
40.40	29.00	4.1	6	28.02.1972
40.31	29.30	4.2	26	06.11.1973
40.36	29.88	4.2	8	22.11.1973
40.50	28.94	4.3	18	18.01.1974
40.79	28.29	4.2	8	13.09.1974
40.36	28.89	4.0	6	29.05.1976

Tablo 5.3. Devamı

Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Büyükük (M)	Derinlik (km)	Tarih
39.78	28.68	4.0	10	01.07.1978
40.33	29.13	4.2	10	16.01.1978
40.14	28.74	4.2	10	13.02.1978
40.20	29.60	4.3	10	05.11.1978
40.79	27.68	4.6	28	15.06.1978
40.84	27.73	4.0	2	10.08.1979
40.80	28.09	4.7	12	03.12.1981
40.79	28.09	4.0	24	05.03.1981
40.23	28.86	4.1	1	21.07.1981
40.27	28.90	4.0	2	22.07.1981
40.14	28.89	4.4	10	06.09.1982
41.00	27.83	4.6	25	07.12.1982
40.38	28.95	4.3	11	27.07.1982
40.98	27.87	4.4	10	09.09.1982
40.20	28.94	4.8	3	02.01.1983
40.14	29.35	4.9	12	21.10.1983
40.16	29.30	4.3	18	27.10.1983
40.10	29.36	4.6	4	11.02.1983
40.16	29.28	4.0	14	11.03.1983
40.12	29.28	4.4	7	15.11.1983
40.10	29.41	4.0	7	30.12.1983
40.70	29.01	4.2	6	04.11.1985
40.89	28.35	4.1	5	27.06.1986
40.46	29.24	4.0	8	09.03.1987
40.42	28.46	4.4	18	27.10.1987
40.14	29.23	4.5	6	01.01.1988
39.96	29.16	4.2	8	14.01.1988
40.88	28.24	5.0	11	24.04.1988
40.43	29.15	4.1	11	27.01.1989
41.31	29.35	4.0	6	06.10.1990
40.69	28.56	4.0	8	01.07.1991
40.80	28.82	4.8	10	02.12.1991
40.63	29.00	4.6	10	03.03.1991
40.85	27.91	4.5	11	03.08.1991
40.20	28.35	4.9	24	22.03.1992
40.85	27.90	4.0	26	04.05.1992
40.38	27.98	4.0	14	18.03.1993
40.42	27.98	4.3	10	18.03.1993
41.51	28.82	4.8	28	12.12.1993
40.22	29.32	4.0	6	21.02.1994
40.83	27.83	4.4	12	02.08.1995
40.85	27.67	4.3	12	13.04.1995
40.80	27.84	4.2	13	18.04.1995
40.22	29.64	4.2	17	19.08.1995
39.81	28.69	4.0	17	18.10.1997
40.76	29.97	7.4	18	17.08.1999
40.78	29.05	4.3	5	17.08.1999
40.73	29.39	4.4	17	17.08.1999

Tablo 5.3. Devamı

Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Büyükük (M)	Derinlik (km)	Tarih
40.75	29.75	4.1	10	17.08.1999
40.38	28.71	4.0	7	17.08.1999
40.72	29.29	4.3	19	17.08.1999
40.75	29.32	4.3	16	17.08.1999
40.81	29.09	4.3	14	18.08.1999
40.65	29.67	4.0	5	18.08.1999
40.79	29.04	4.0	9	18.08.1999
40.86	30.04	4.0	1	18.08.1999
40.60	29.06	4.5	12	19.08.1999
40.61	29.10	4.0	14	19.08.1999
40.59	29.08	5.0	11	19.08.1999
40.64	29.15	4.3	12	19.08.1999
40.71	29.79	4.3	11	20.08.1999
40.59	29.12	4.6	8	20.08.1999
40.62	29.18	4.6	17	20.08.1999
40.59	29.05	4.3	9	20.08.1999
40.72	29.96	4.1	8	21.08.1999
40.68	29.21	4.0	23	21.08.1999
40.62	29.08	4.3	10	22.08.1999
40.66	29.38	4.0	9	22.08.1999
40.66	30.06	4.0	1	22.08.1999
40.75	29.92	5.2	17	31.08.1999
40.78	29.96	4.6	10	31.08.1999
40.63	29.09	4.1	19	31.08.1999
40.74	30.03	4.2	17	09.04.1999
40.73	29.79	4.0	12	09.06.1999
40.71	29.14	4.6	11	09.09.1999
40.75	29.95	4.1	14	09.09.1999
40.77	30.10	5.8	19	13.09.1999
40.72	30.10	4.5	15	17.09.1999
40.62	29.12	4.3	9	18.09.1999
40.69	27.58	5.0	16	20.09.1999
40.70	29.34	4.8	12	29.09.1999
40.79	29.00	4.4	10	20.10.1999
40.70	29.27	4.1	7	31.01.2000
40.78	29.95	4.2	22	02.09.2000
40.87	29.24	4.2	11	07.07.2000
40.92	29.11	4.7	13.5	16.01.2001
40.81	28.13	4.8	11.	28.02.2002
40.84	27.85	4.8	13.6	23.03.2002
40.54	28.31	4.3	6.3	05.05.2002
39.96	28.76	4.5	13.4	20.03.2003
40.24	27.94	4.1	15.5	06.09.2003
39.86	29.25	4.1	8.3	23.12.2003
40.70	29.33	4.2	13	16.05.2004



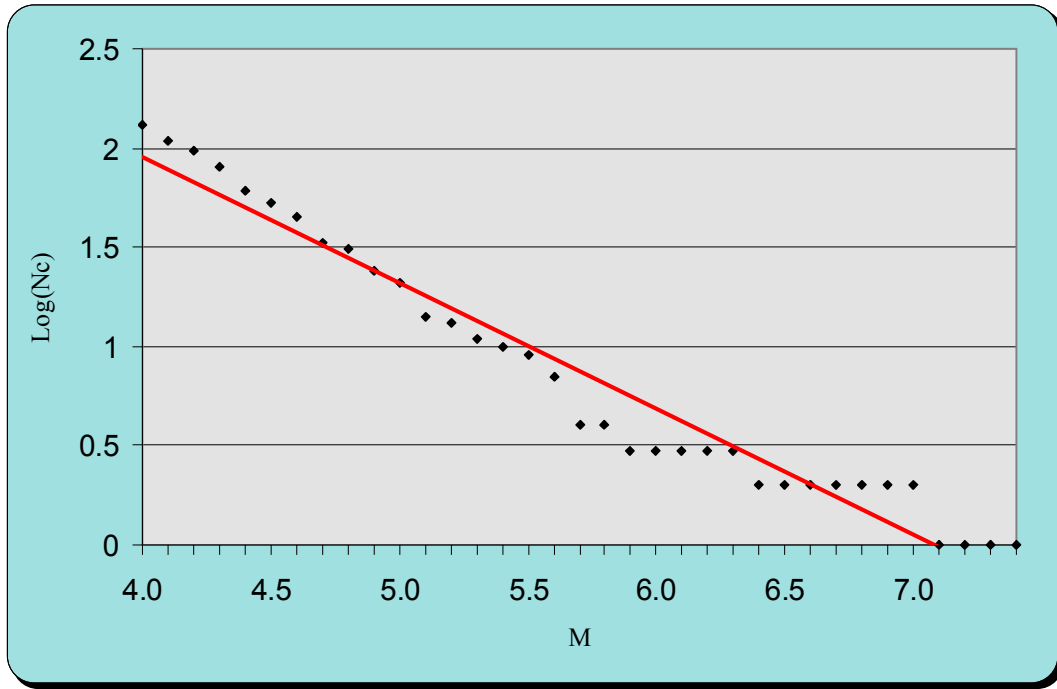
Şekil 5.9. İnceleme alanı ve çevresinde 1900-2010 (Eylül) arasında meydana gelen $M \geq 4$ depremlerin dağılımı

Bölgenin olasılıksal deprem tehlikesi, Poisson olasılık dağılımına göre çeşitli yıllar ve deprem büyüklükleri için hesaplanmıştır. Tablo 5.4' de hesaplamada kullanılan veriler görülmektedir.

Tablo 5.4. Deprem olasılık hesaplamalarında kullanılan veriler

Büyüklik (M) aralıkları	$4.0 \leq M < 5.0$	$5.0 \leq M < 5.5$	$5.5 \leq M < 6.0$	$6.0 \leq M < 6.5$	$6.5 \leq M < 7.0$	$7.0 \leq M < 7.5$
Oluş sayıları (N)	111	12	6	1	0	2

Tablo 5.4' de görülen veriler kullanılarak (5.1)' de verilen Gutenberg bağıntısındaki a ve b katsayıları için en küçük kareler yöntemi uygulanmış, a ve b katsayısı sırasıyla 4.5 ve $- 0.63$ olarak bulunmuştur. Şekil 5.10' da Poisson olasılık için deprem magnitüdü ile deprem oluş sayısı arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 5.10. Poisson olasılık modeli için magnitüd-oluşum sayısı ilişkisi

Elde edilen sonuçlar kullanılarak, Poisson olasılık dağılımına göre, inceleme alanı ve çevresinin, farklı magnitüd ve süreler için olasılıksal deprem tehlikesi belirlenmiştir. Tablo 5.5’ de Poisson olasılık dağılımı ile hesaplanan farklı büyüklükteki depremlerin farklı zaman süreleri için oluşum olasılıkları verilmektedir.

Tablo 5.5. Farklı büyüklükteki depremlerin farklı zaman süreleri için oluşum olasılıkları

M	10 Yıl için olasılık (%)	30 Yıl için olasılık (%)	50 Yıl için olasılık (%)	70 Yıl için olasılık (%)	80 Yıl için olasılık (%)	90 Yıl için olasılık (%)	100 Yıl için olasılık (%)	Tekrarlama Peryodu (Yıl)
4,0	99.75	100	100	100	100	100	100	1.67
4,5	94	99.98	100	100	100	100	100	3.45
5,0	75	99	99.91	99.99	100	100	100	7.13
5,5	49.30	87	97	99.14	99.56	99.78	99.89	14.72
6,0	28.03	62.72	80.69	90	93	95	96	30.41
6,5	14.72	37.98	54.90	67.20	72.03	76.14	79.66	62.80
7,0	7.42	20.65	31.99	41.71	46.03	50.04	53.74	129.70
7,1	6.45	18.13	28.35	37.30	41.35	45.13	48.67	149.95
7,2	5.61	15.89	25.06	33.22	36.96	40.50	43.83	173.36
7,3	4.87	13.90	22.08	29.48	32.91	36.18	39.28	200.42
7,4	4.22	12.14	19.41	26.07	29.20	32.19	35.05	231.71
7,5	3.66	10.59	17.03	23	25.82	28.54	31.15	267.89

5.3.2. İnceleme alanının deterministik deprem tehlike analizi

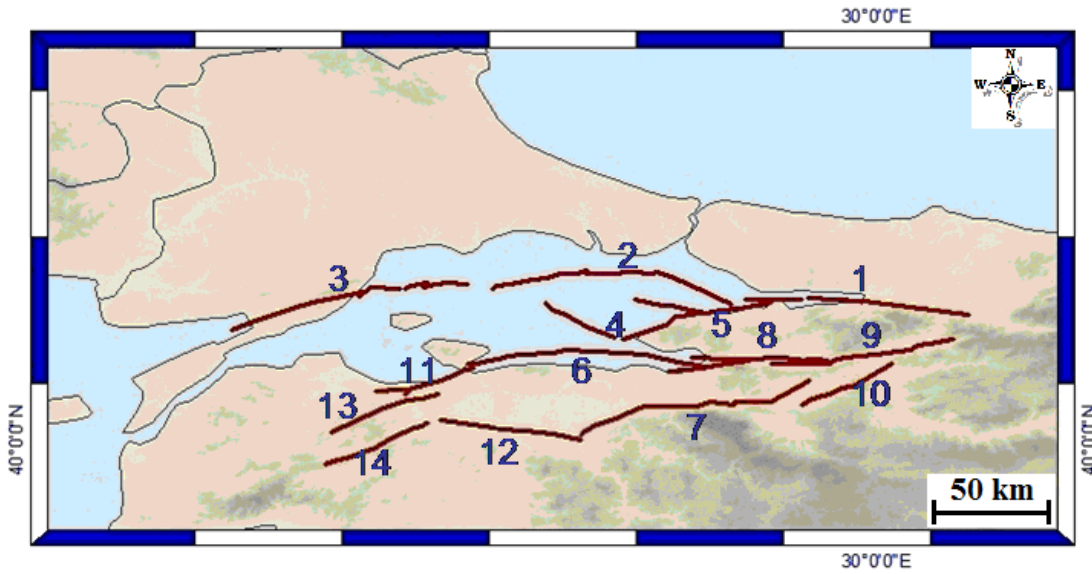
Deterministik olarak belirlenen deprem tehlikesi, zaman boyutundan bağımsız olarak, bölgede meydana gelebilecek en büyük depremin yaratacağı yer hareketinin düzeyi olarak açıklanabilir. Deterministik deprem tehlikesini belirlemede kullanılacak Fay Boyu (L) & Büyüklük (M) arasında, çeşitli araştırmacılarca geliştirilen ilişkiler sırasıyla Tablo 5.6 'da verilmiştir.

Tablo 5.6. Çeşitli araştırmacılar tarafından Fay Boyu (L) & Büyüklük (M) arasında geliştirilen ilişkiler

Araştırmacı	M (magnitüd)	Sınır Koşulları	Magnitüd Türü
Ambraseys ve Zatopek (1968)	$M = (0,881 \text{ LOG}(L)) + 5,62$	5,8 ile 8.0	Ms
Bolinger (1968)	$M = (0,79 \text{ LOG}(L)) + 6,04$	5,8 ile 8.0 (sığ depremler)	Ms
Bollinger (1968)	$M = (1 \text{ LOG}(L)) + 5,47$	5,8 ile 8.0 (derin depremler)	Ms
Douglas ve Ryall (1975)	$M = (\text{LOG}(L) + 4,673) / 0,9$	6,4'den büyük	Ms
Ezen (1981)	$M = (\text{LOG}(L) + 2,19) / 0,577$	6 ile 8	Ms
Matsuda (1975)	$M = (\text{LOG}(L) + 2,9) / 0,6$	-	Ms
Patwardan ve diğ. (1975)	$M = (\text{LOG}(L) 2,7) + 2,88$	6,'den küçük	Ms
Patwardan ve diğ. (1975)	$M = (\text{LOG}(L) 1,1) + 5,13$	6'dan büyük	Ms
Tocher (1958)	$M = (\text{LOG}(L) + 5,76) / 1,02$	6,'den küçük	Ms
Toksöz ve diğ. (1979)	$M = (\text{LOG}(L) + 3,62) / 0,78$	5,9 ile 7,9	Ms
Wells ve Coppersmith (1994)	$M = 5,16 + (1,12 \text{ LOG}(L))$	(Doğrultu Atımlı)	Mw
Wells ve Coppersmith (1994)	$M = 5 + (1,22 \text{ LOG}(L))$	(Ters)	Mw
Wells ve Coppersmith (1994)	$M = 4,86 + (1,32 \text{ LOG}(L))$	(Normal)	Mw
Wells ve Coppersmith (1994)	$M = 5,08 + (1,16 \text{ LOG}(L))$	(Tüm Fay Türleri)	Mw

İnceleme alanında deprem tehlikesinin deterministik olarak tespiti için öncelikle Esenler'i de içine alan Marmara Bölgesi içerisinde, inceleme alanı için deprem tehlikesi oluşturma potansiyeline sahip 14 adet çizgisel kaynak (fay segmenti)

belirlenmiştir (Şekil 5.11). Belirlenen 14 adet çizgisel kaynağın her birinin üretebileceği maksimum deprem büyüklükleri hesaplanarak inceleme alanında yaratabilecekleri yer hareketi etkileri belirlenmiştir. Deprem büyüklüklerinin hesaplanmasında literatürde yaygın olarak kabul görmesi itibari ile Wells ve Coppersmith (1994) tarafından geliştirilmiş bağıntılardan yararlanılmıştır (Tablo 5.6).



Şekil 5.11. İnceleme alanının deprem tehlikesinin araştırılmasında Marmara Bölgesi içerisinde belirlenen 14 adet çizgisel kaynak (Barka and Cadinsky, 1988, Armijo ve diğ., 2005)

Deterministik yaklaşımda, bir bölgeyi etkileyebilecek maksimum deprem büyüklüğüne göre tehlike analizi yapıldığından, belirlenen 14 çizgisel kaynak için maksimum deprem büyüklükleri hesaplanırken, kırılma boyu (L) için, her bir fay segmentinin toplam uzunluğu alınmıştır. Tablo 5.7' de, 14 adet çizgisel kaynağa ait uzunluk ve üretebilecekleri maksimum deprem büyüklüğü bilgileri verilmektedir.

Tablo 5.7. Belirlenen çizgisel kaynaklara ait uzunluk ve üretebilecekleri maksimum deprem büyüklüğü bilgileri

Kaynak No	Fay Boyu (km)	Büyükük (M)
1	150	7.6
2	105	7.4
3	105	7.4
4	73	7.2
5	60	7.1
6	100	7.4
7	106	7.4
8	68	7.2
9	80	7.3
10	45	7
11	45	7
12	60	7.2
13	50	7
14	50	7

14 adet çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükteki depremlerin inceleme alanında yaratacağı yer hareketi etkilerinin tespiti için iki ayrı azalım ilişkisi kullanılmıştır.

Boore ve diğerleri (1997);

Boore ve diğerleri (1997) en büyük ivme (PGA) ve Spektral ivme (SA) azalım ilişkisi, Kuzey Amerika'dan seçilen Mw değeri 5.0'dan büyük sığ depremlerden elde edilen kuvvetli yer hareketi verilerine dayanmaktadır. Pik ivmeler doğrudan akselerogramdan ölçülmüştür. Bu bağıntılar, rastgele en büyük yatay ivme bileşenini ve yanal atımlı, ters atımlı veya tanımlanmamış faylanma mekanizmaları için % 5 sönümlü eşdeğer ivme davranış spektrumlarını moment, uzaklık ve yerel zemin koşullarını tahmin etmektedir. Yerel zemin koşulları kayma dalgası hızının üst 30 metredeki ortalama değeri ile ifade edilmektedir.

Yer hareketini tahmin etmek için kullanılan bağıntılardaki düzleştirilmiş katsayılar ağırlıklı, iki aşamalı regresyon işlemleri ile belirlenmiştir. İlk aşamada, faydan uzaklık ve yerel zemin koşullarına bağımlılık, her deprem için bir kaç büyütme katsayısı grupları ile bulunmaktadır. İkinci aşamada ise, deprem büyüklüğüne bağımlılığı elde etmek için büyütme katsayılarının deprem büyüklüğüne göre

regresyon analizi yapılmaktadır. Bu çalışmada yer hareketi tahmininde kullanılan bağıntının genel hali:

$$\ln Y = b_1 + b_2 (M_w - 6) + b_3 (M_w - 6)^2 + b_5 \ln r + b_v \ln (V_s/V_A) \quad (5.10)$$

$$r = \sqrt{rjb^2 + h^2} \quad (5.11)$$

Burada,

Y : yer hareketi parametresi (PGA, SA) g cinsinden

M_w : moment büyüklüğü

rjb : kırılmanın düşey izdüşümüne en yakın mesafe (km cinsinden)

V_s : 30 m'deki ortalama kayma dalgası hızı (m/sec cinsinden)

b₁ : fay mekanizması ile ilgili parametre, h= 5.57 km, b_v = -0.371 ve

V_A = 1396 en büyük yatay bileşenler için

V_S değerleri; NEHRP'e göre B, C ve D için sırasıyla, 1070, 520 ve 250 m/sn

Kalkan ve Gülkan (2004);

Kalkan ve Gülkan'ın, 2002 de geliştirilen azalım ilişkisi, bu kez 1976-2003 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen ve büyüklükleri (MW) 4.0 ile 4.7 arasında değişen 57 depremden elde edilen, 112 kayıt ile 2004 yılında güncellenmiştir. Veri seti, 250 km mesafeden kaydedilen verileri de içermektedir.

$$\ln Y = 0.393 + 0.576 (M_w - 6) - 0.107 (M_w - 6)^2 - 0.899 \ln(r) - 0.200 \ln(V_s/V_A) \quad (5.12)$$

$$r = \sqrt{rcl^2 + h^2} \quad (5.13)$$

V_A = 1112 ve h = 6,91

Burada;

Y: en büyük yatay yer ivmesi (cm/sn²),

rcl: yüzey kırığına en yakın yatay mesafe (km),

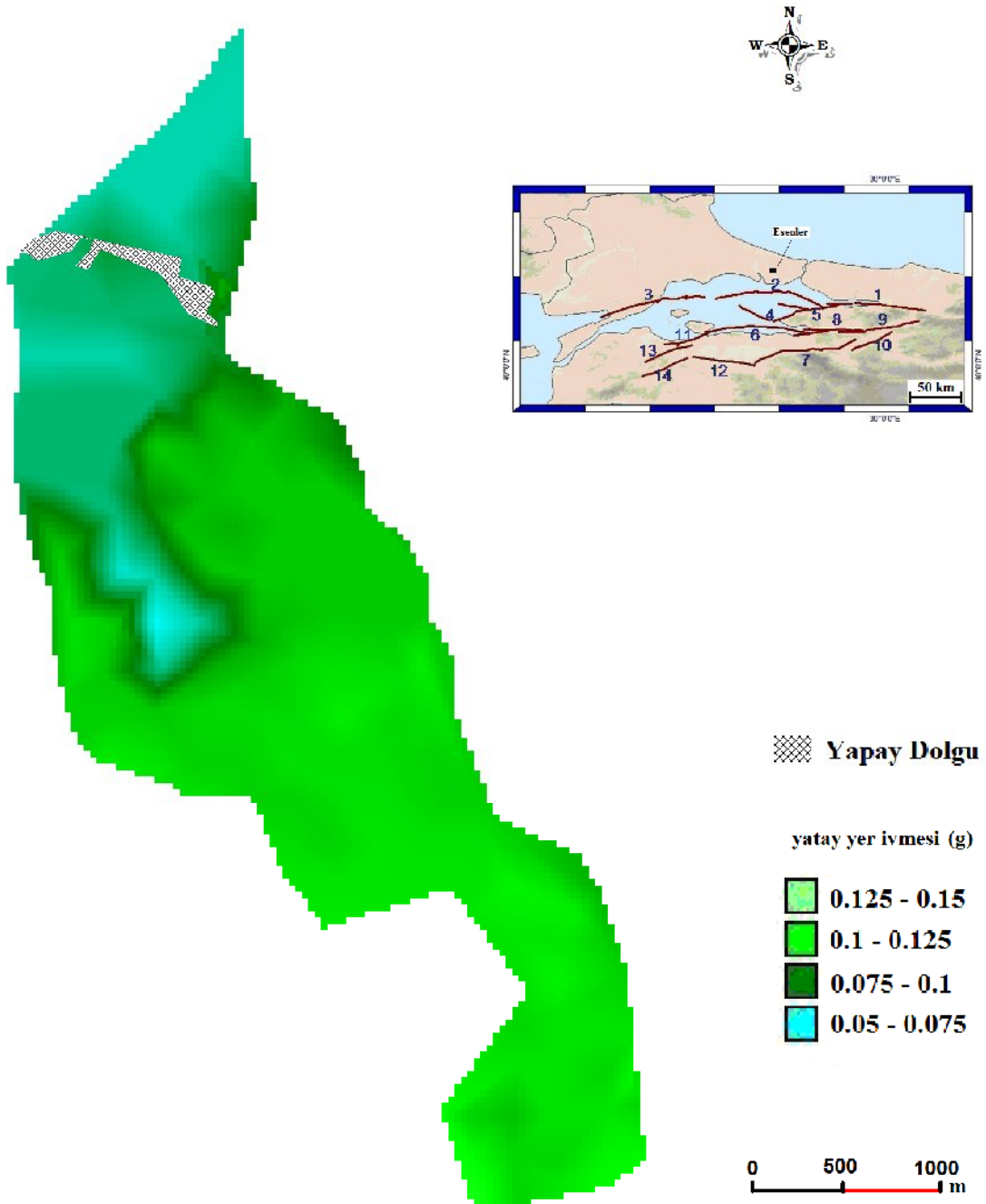
MW: depremin moment büyüklüğü,

h: fiktif derinlik (km),

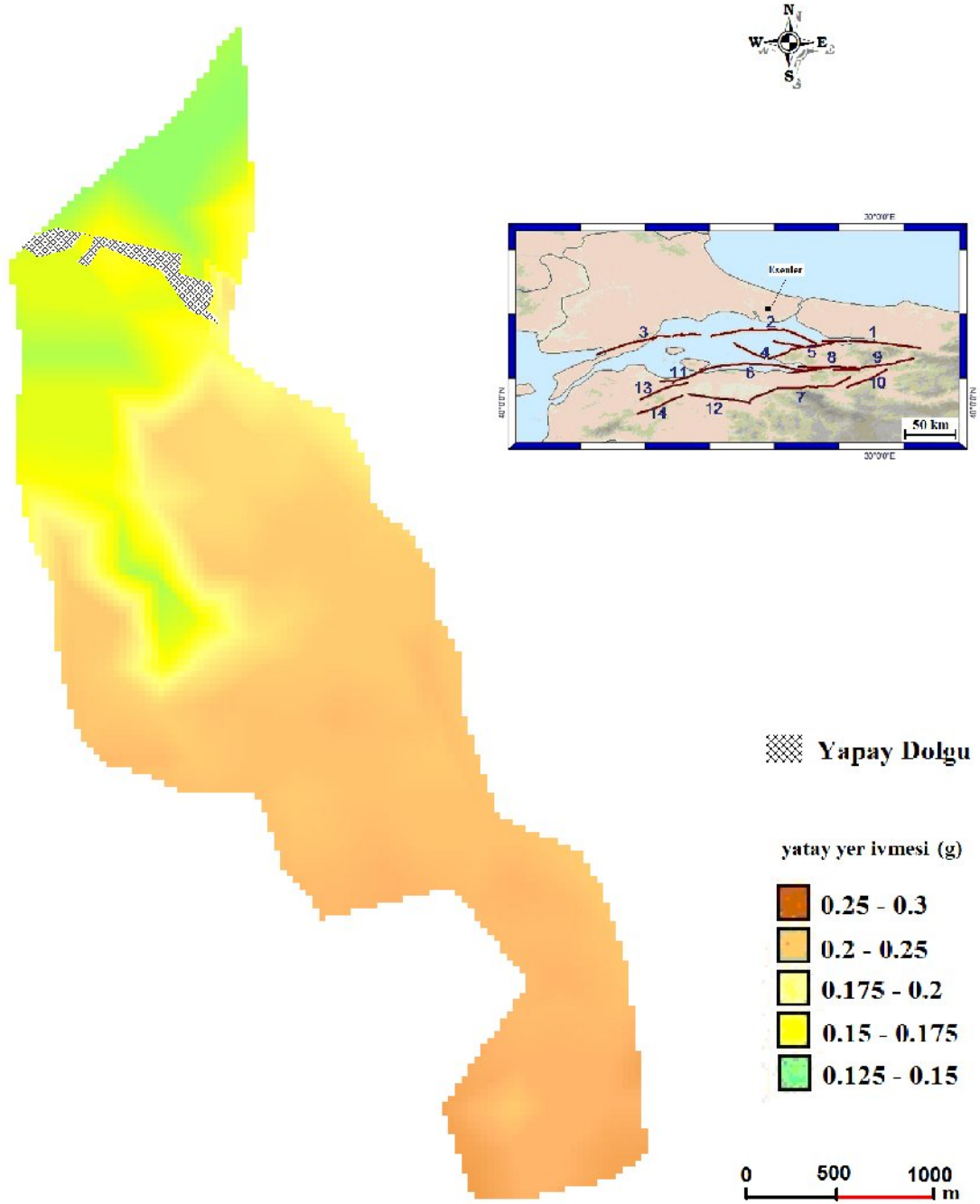
V_S : ortalama kayma-dalgası hızı (m/sn) ve

V_A : fiktif hız (m/sn) dır.

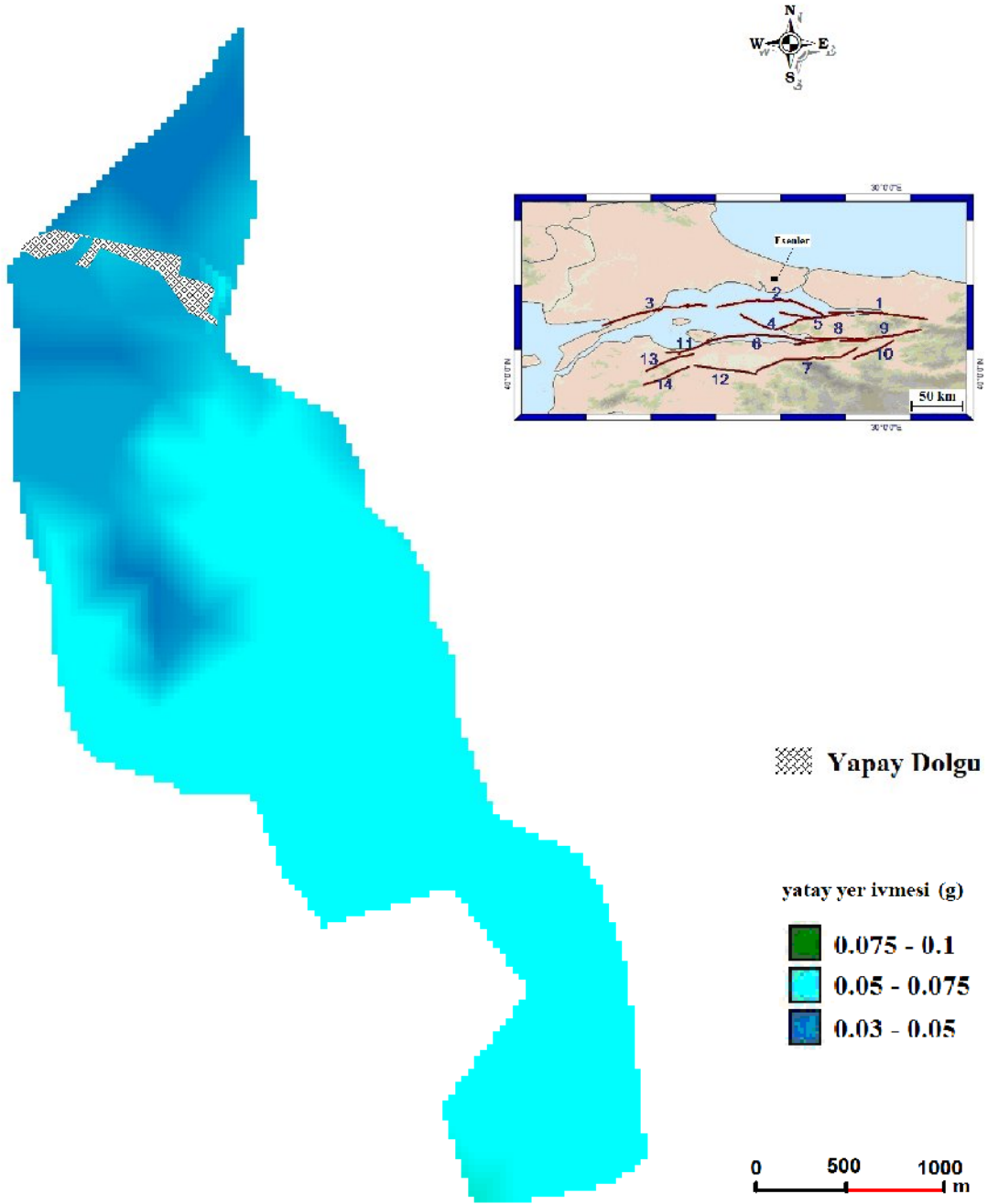
İnceleme alanının deprem tehlikesinin belirlenmesinde, her iki azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanan ivme değerlerinin ortalaması alınmıştır. Şekil 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25' da sırasıyla 14 farklı çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depremlere göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritaları verilmektedir.



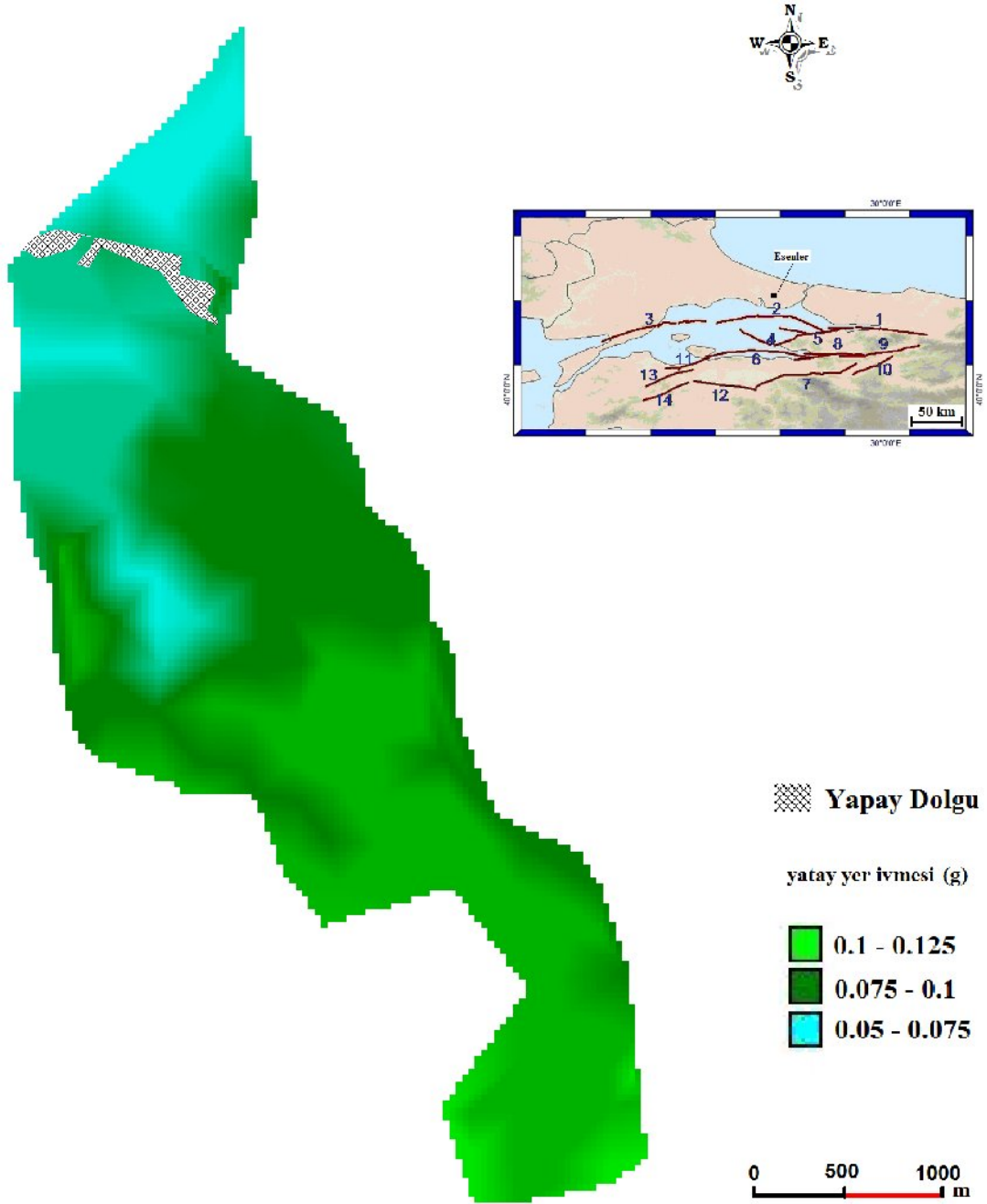
Şekil 5.12. 1 nolu çizgisel kaynakta meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



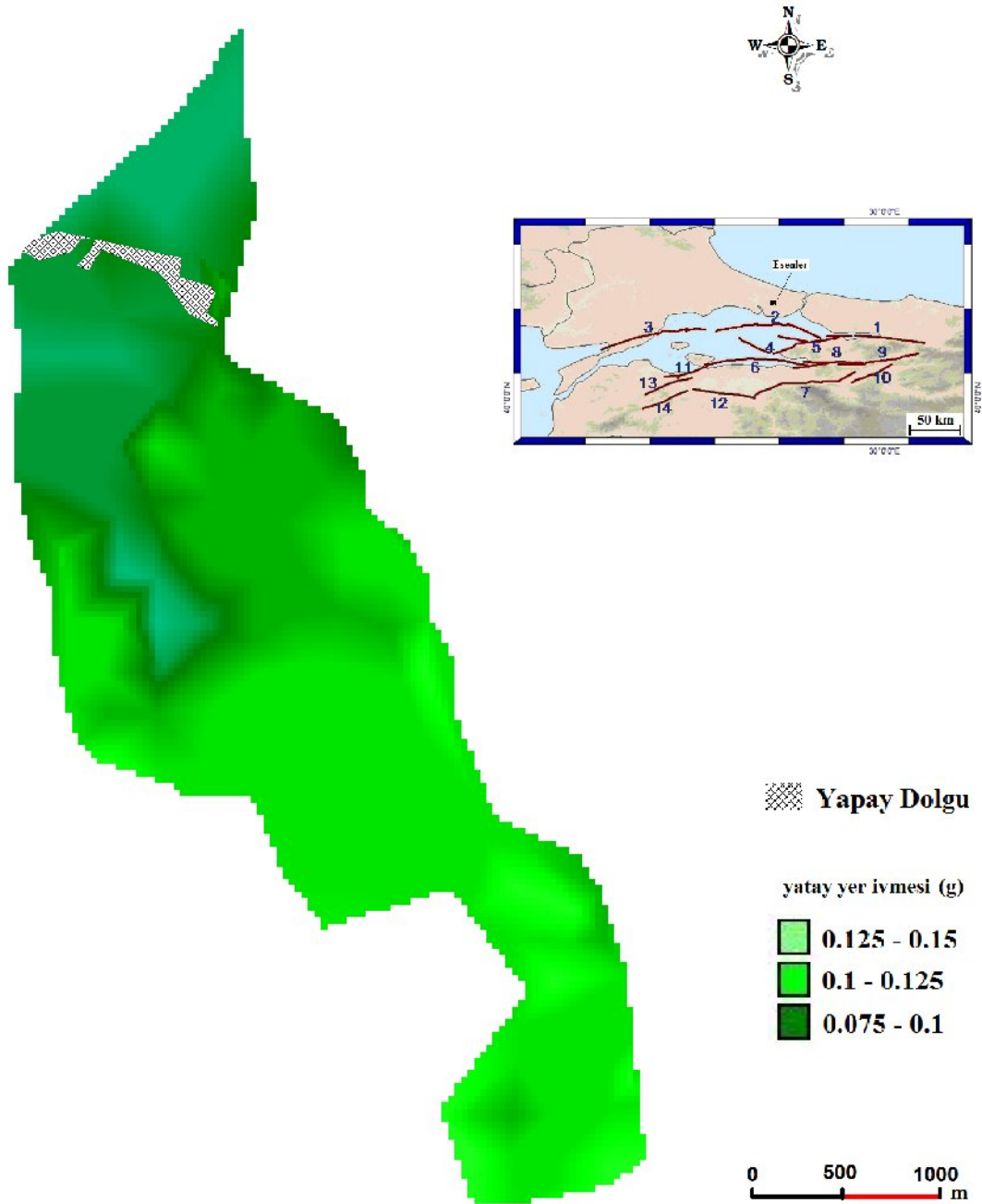
Şekil 5.13. 2 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



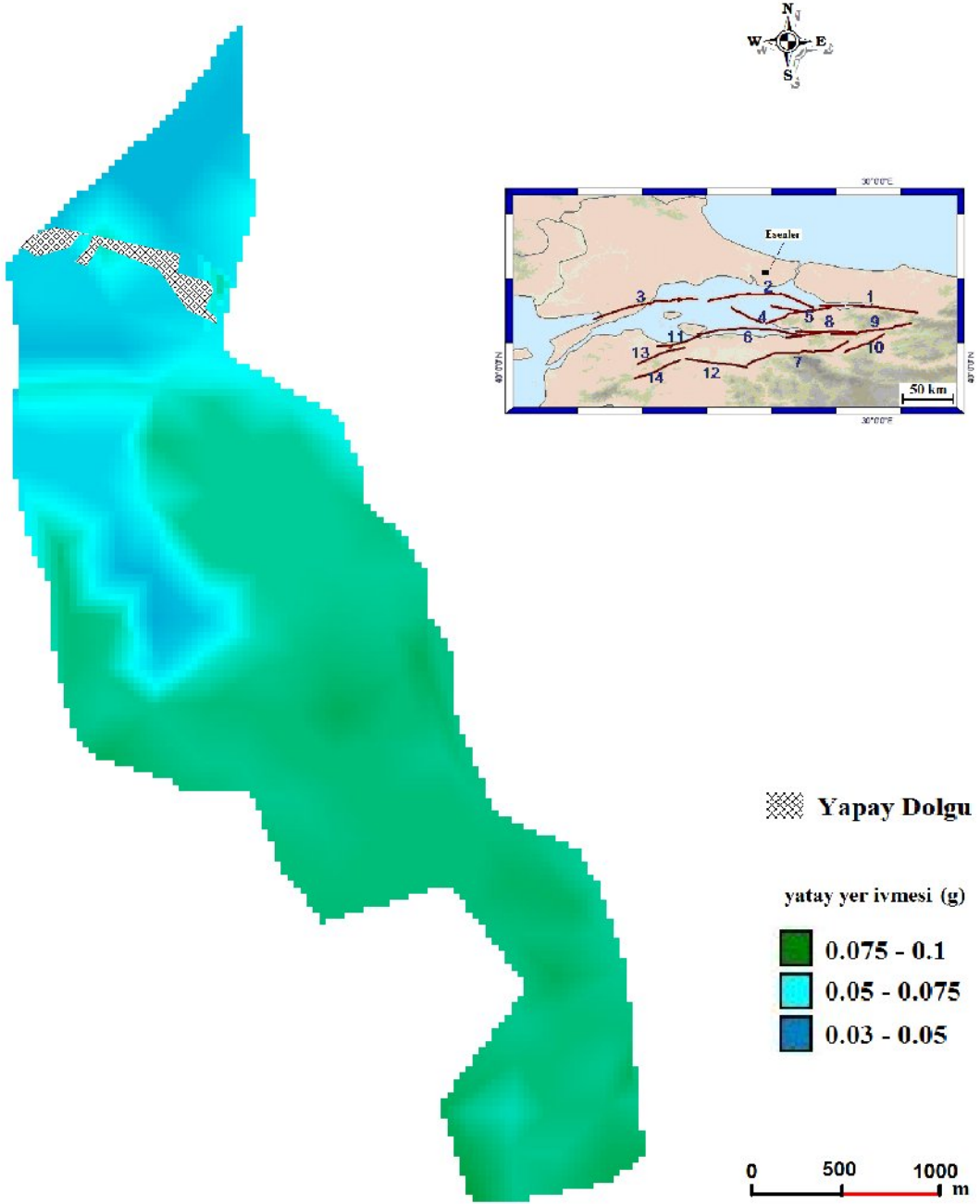
Şekil 5.14. 3 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



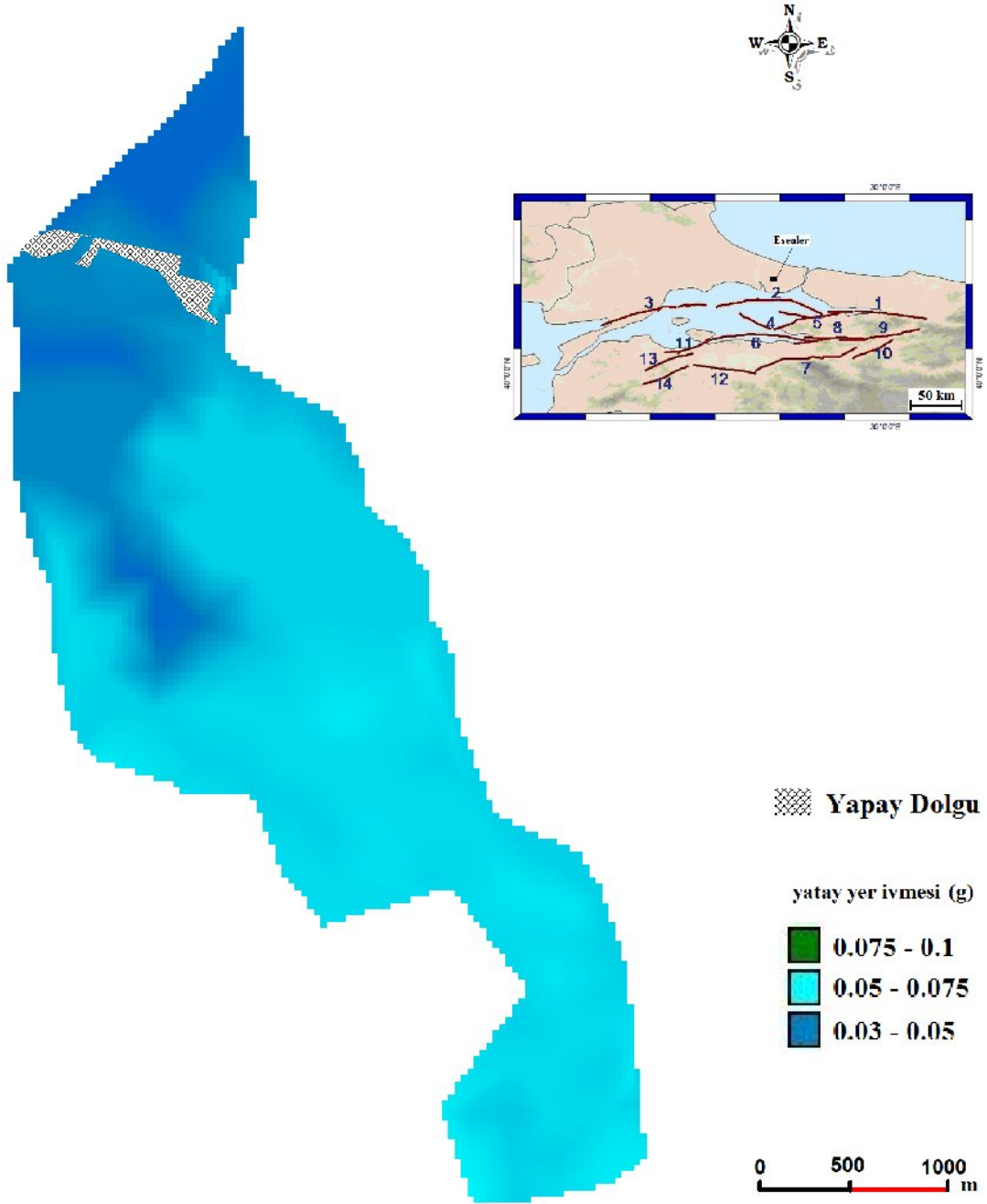
Şekil 5.15. 4 nolu çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



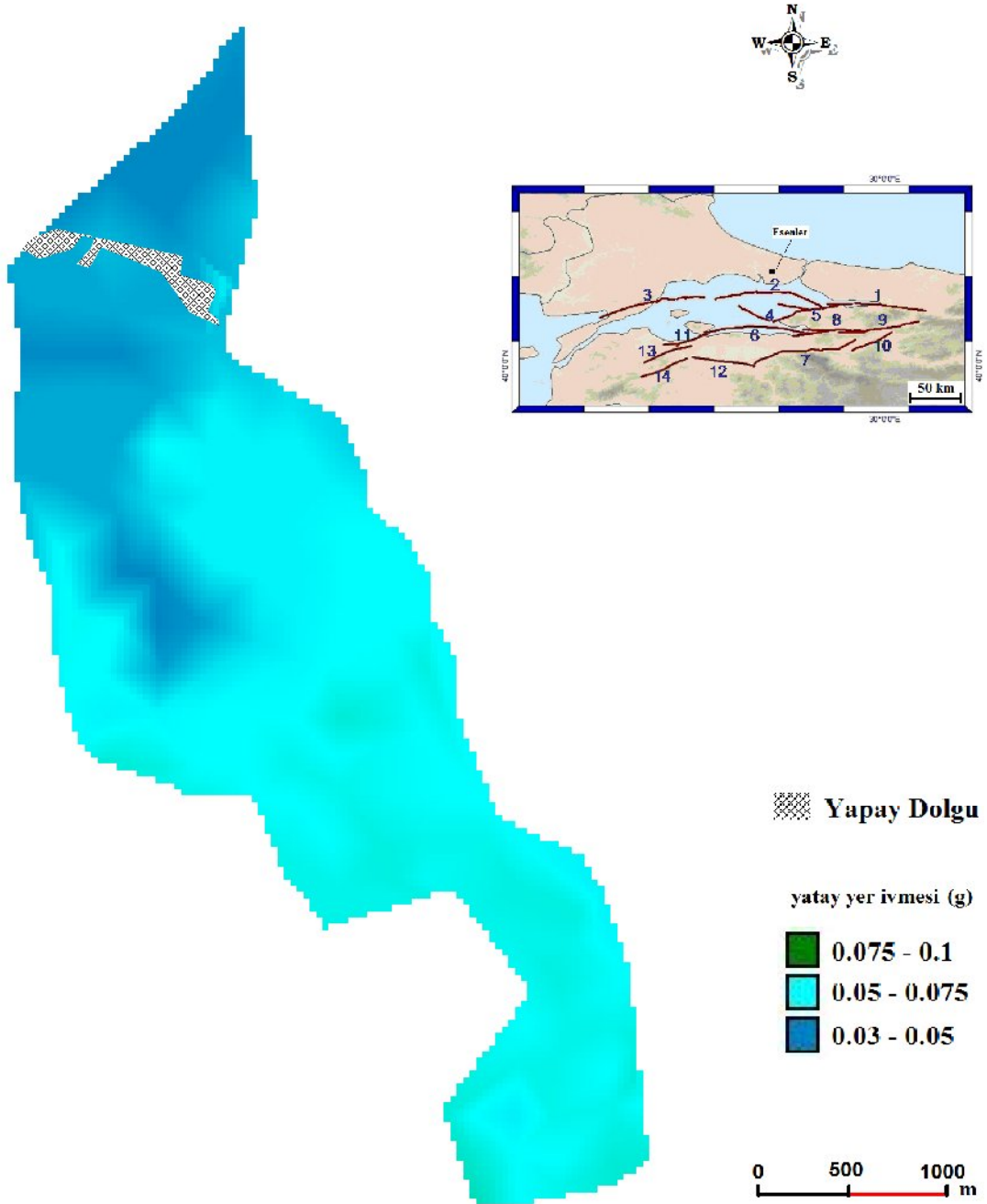
Şekil 5.16. 5 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



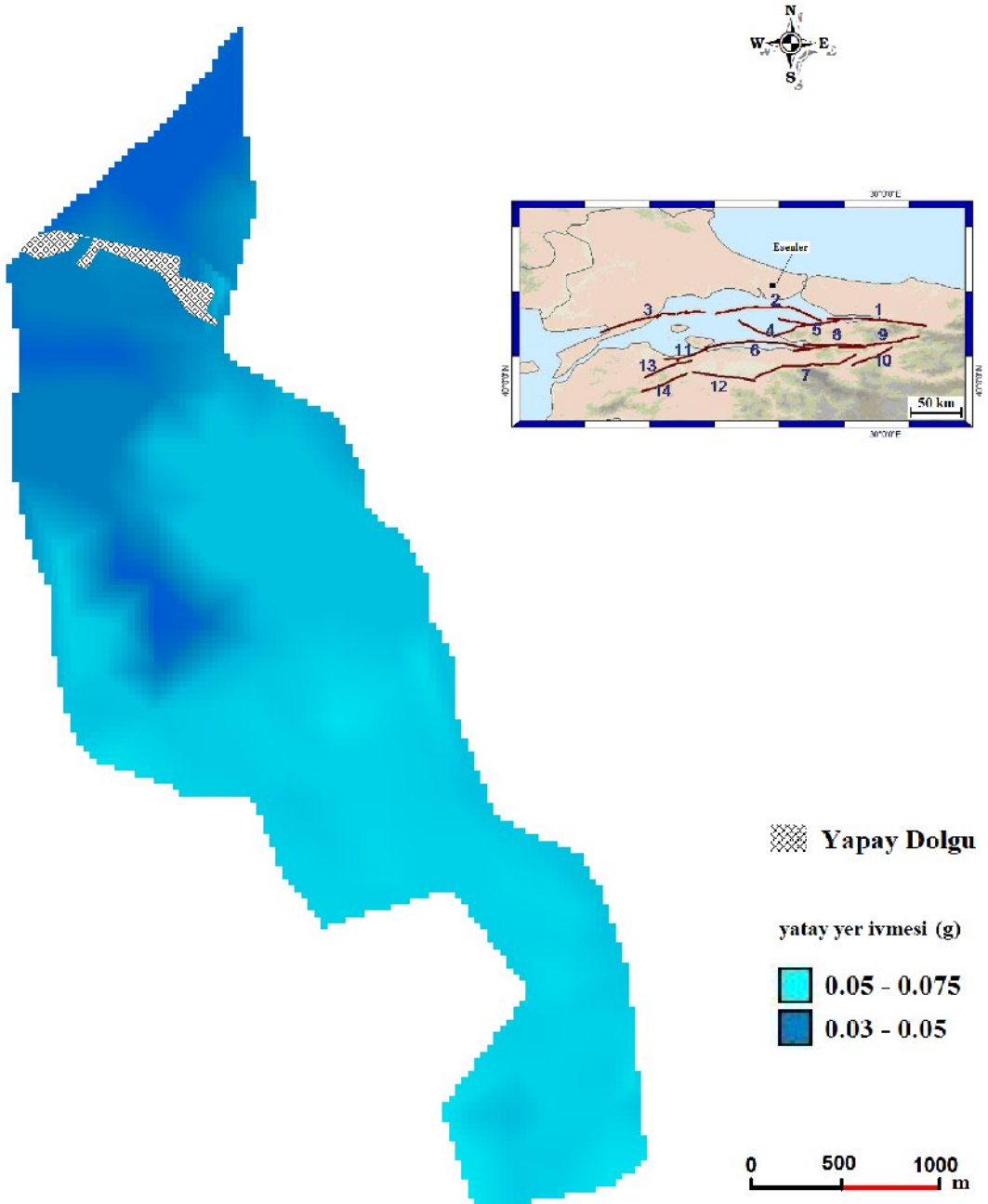
Şekil 5.17. 6 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



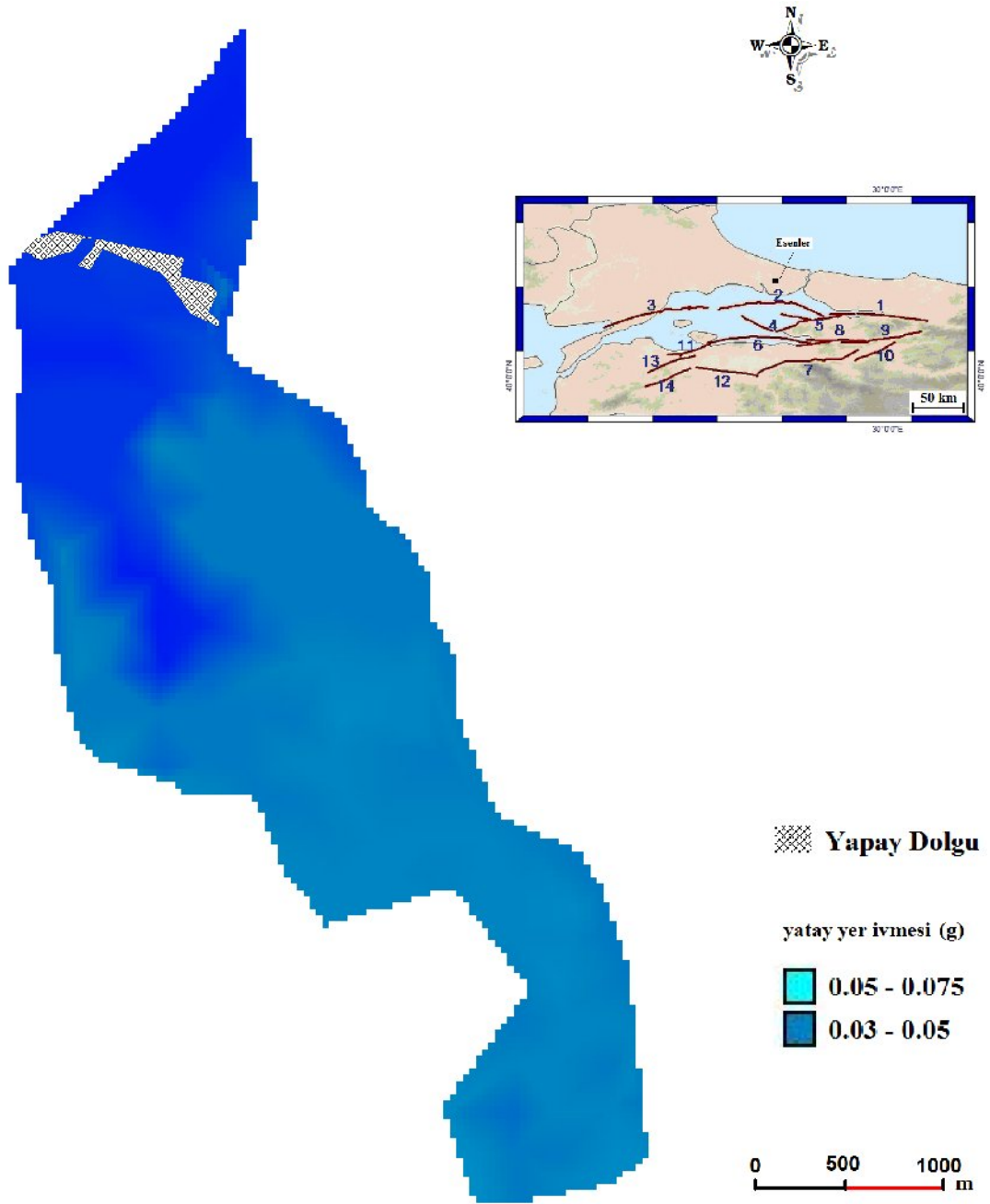
Şekil 5.18. 7 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



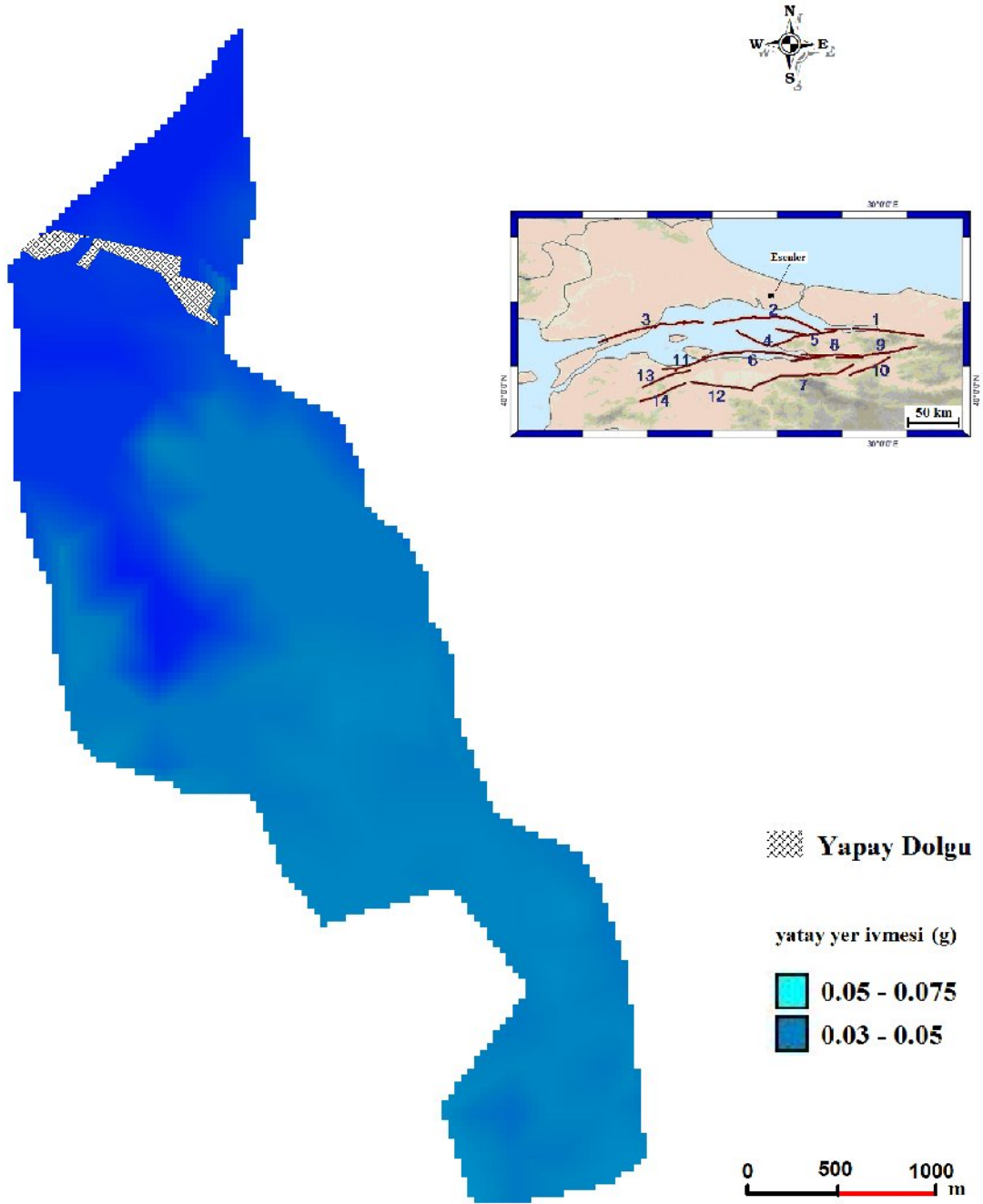
Şekil 5.19. 8 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



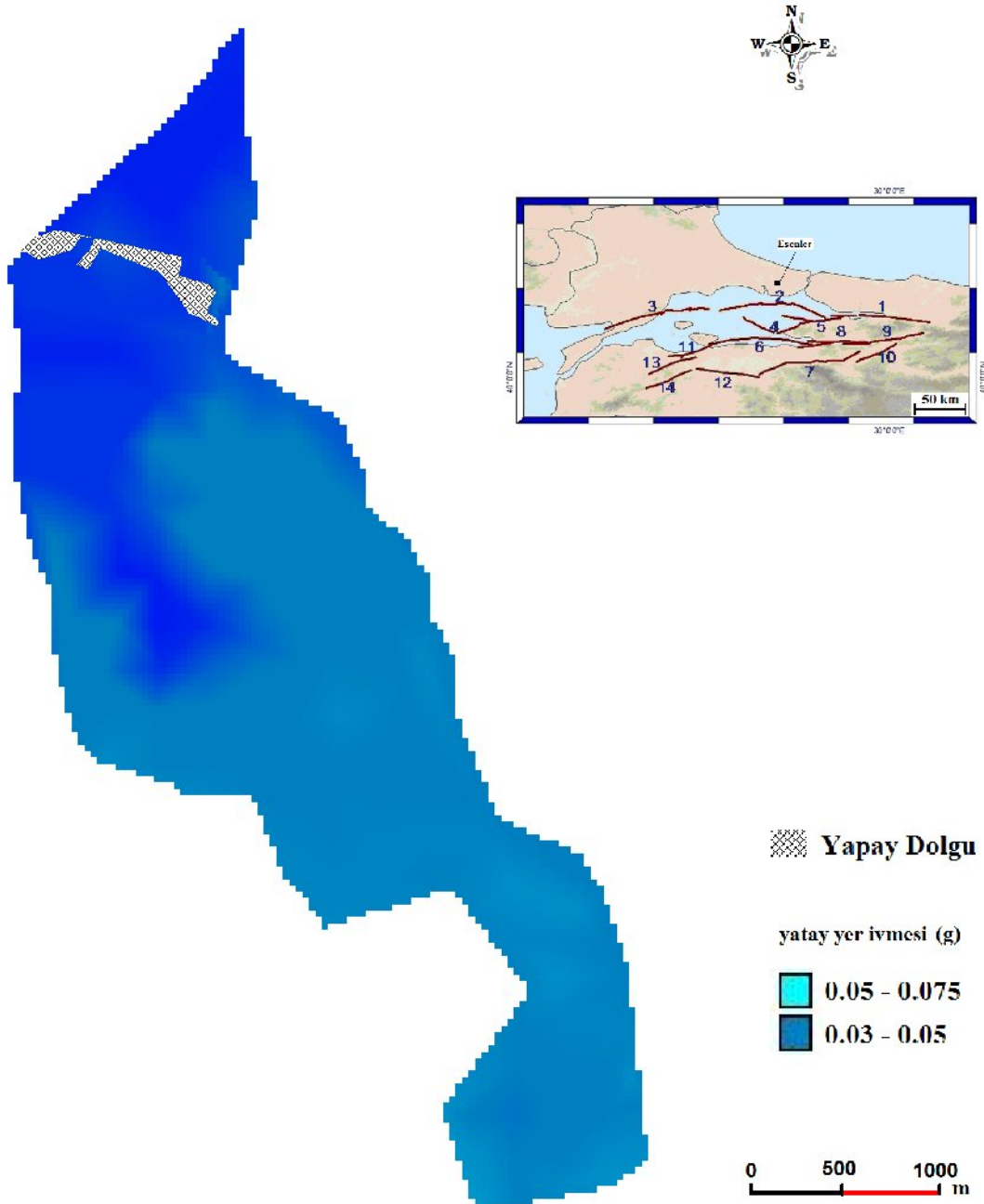
Şekil 5.20. 9 nolu çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



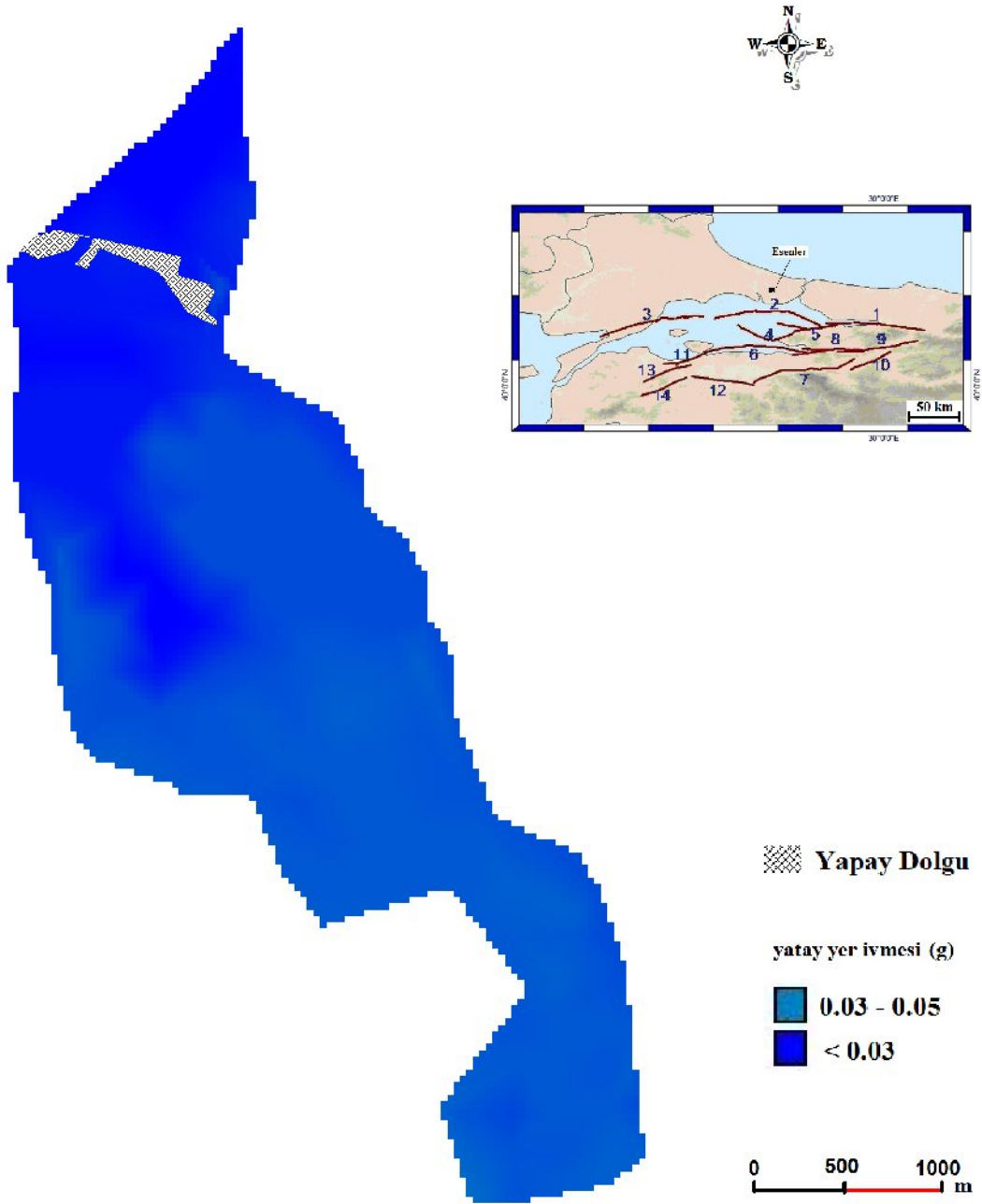
Şekil 5.21. 10 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



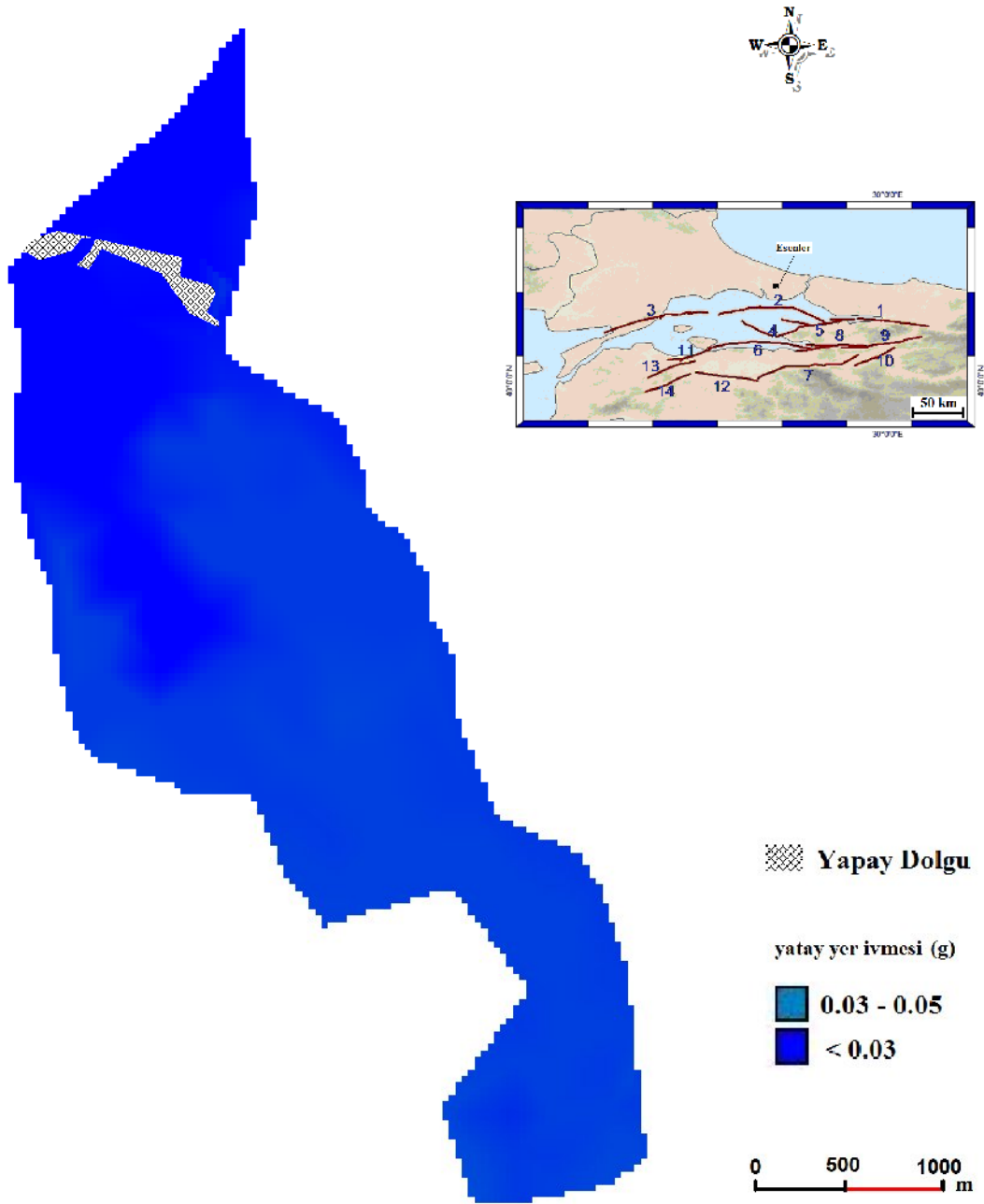
Şekil 5.22. 11 nolu çizgisel kaynaktan meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



Şekil 5.23. 12 nolu çizgisel kaynaktaki maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



Şekil 5.24. 13 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası



Şekil 5.25. 14 nolu çizgisel kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depreme göre inceleme alanının yatay yer ivmesi haritası

Yapılan analizler ve oluşturulan haritalar incelendiğinde, inceleme alanında en büyük deprem tehlikesinin, 2 nolu kaynaktaki meydana gelebilecek maksimum büyüklükte deprem sonrası yaşanacağı anlaşılmaktadır (Şekil 5.13). 2 nolu kaynak için yapılan hesaplamaya göre, inceleme alanının kuzey kesimlerinde, kaya birimlerin hakim olduğu alanlarda ivme değerleri 0.15 g seviyelerinde iken, güney kesimlerde 0.26 g seviyelerine çıkmaktadır. 2 nolu kaynağın yaratacağı yer hareketi, European Seismological Commission'a (ESC) göre (Tablo 5.8), inceleme alanı genelinde,

yüksek tehlike düzeyindedir. 1, 4, 5 ve kısmen 6 nolu kaynakların inceleme alanında yaratacağı yer hareketi, orta tehlike düzeyinde çıkarken, geri kalan kaynaklar için yer hareketinin düşük tehlike düzeyinde olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 5.8. European Seismological Commission'a (ESC) göre, ivme değeri – tehlike düzeyleri ilişkisi

European Seismological Commission'a (ESC) göre	
Tehlike Düzeyi	İvme Değeri
Düşük Tehlike	< 0,08 g
Orta Tehlike	0,08 g – 0,24 g
Yüksek Tehlike	> 0,24 g

BÖLÜM 6. İNCELEME ALANININ ZEMİN BÜYÜTME ETKİSİ VE YAMAÇ STABİLİTESİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLEREK MİKROBÖLGELENMESİ

Bu bölümde, zemin büyütmesi ve yamaç stabilitesi hakkında genel bilgiler ile inceleme alanı için yapılan zemin büyütme ve yamaç stabilite analizlerine ait sonuçlara yer verilmiştir.

6.1. Zemin Büyütmesi

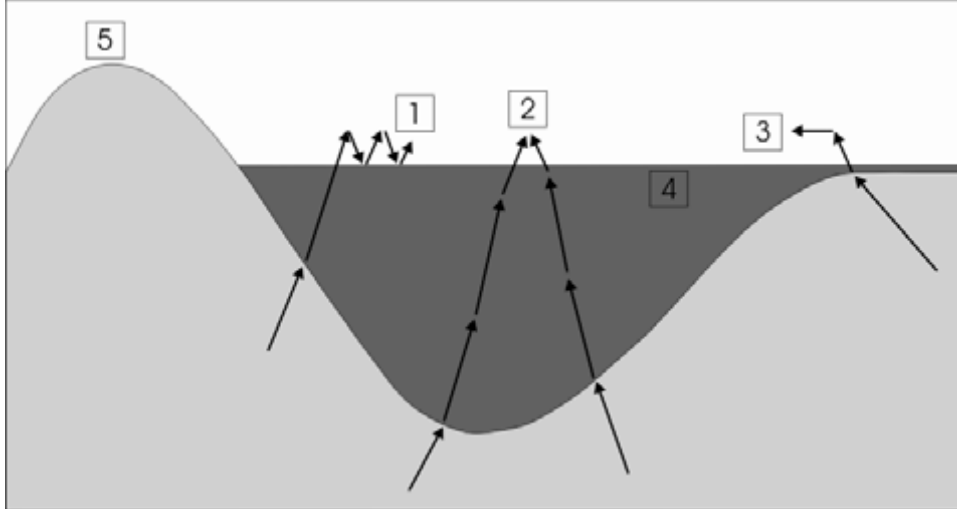
Teorik olarak zemin büyütmesi terimi, sismik dalgaların, yeryüzüne yakın yumuşak zemin tabakaları içinden geçerken, genliklerinin artmasına karşılık gelir. Bunun nedeni, zemin tabakalarının sahip olduğu düşük hız ve yoğunluk yani düşük empedans değeridir. Pratikte ise, zemin büyütme ifadesi, farklılıkların empedans değişimlerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığına bakmaksızın iki yakın zemin arasındaki yer hareketindeki farklılıkları tanımlamak için kullanılır. Zemin büyütmesini etkileyen faktörler şöyle sıralanabilir (Şekil 6.1).

1. Empedans oranı ve rezonans etkisi
2. Havza altı topografyasına bağlı olarak oluşan odaklanma
3. Havza kenarlarından oluşan yüzey dalgaları
4. Doğrusal olmayan zemin davranışı
5. Topoğrafya etkisi

6.1.1. Yerel zemin etkisinin önemi

Yer içinde bir deprem meydana geldiğinde, sismik dalgalar kaynaktan yola çıkarlar ve yer içinde hızla yayılırlar. Bu dalgalar, yeryüzüne eriştiklerinde birkaç saniyeden dakikalara varan sürelerde titreşimler üretirler. Belli bir yerdeki titreşimin süresi ve

şiddeti, deprem kaynağına olan uzaklığa, depremin büyüklüğüne ve o yerin zemin özelliklerine bağlıdır. Sismik dalgalar kaynaktan yeryüzüne kadar olan seyahatlerinin büyük bir bölümünü yer kabuğunu oluşturan sert kaya içinde geçirmelerine karşın, seyahatlerinin son bölümü, özellikleri kayaya göre oldukça farklı olan, yumuşak



Şekil 6.1 Zemin büyütmesini etkileyen faktörler: 1- Empedans oranı ve rezonans etkisi, 2- Basen altı topografyasına bağlı olarak oluşan odaklanma, 3- Basen kenarlarından oluşan yüzey dalgaları, 4- Doğrusal olmayan zemin davranışı, 5- Topografya etkisi (Yalçınkaya, 2002).

zemin tabakaları içinden geçer ve bu zemin tabakalarının özellikleri yeryüzünde gözlenen titreşimin doğasını büyük ölçüde belirler. Zemin tabakaları, sismik dalgalar için adeta bir süzgeç gibidir. Bazı frekanslardaki sismik dalgalar sönmüldürülürken bazıları da büyütülür. Sismik dalgaların zemin tabakaları içinde geçirdiği değişimlerin tümüne "yerel zemin etkisi" adı verilir. Genellikle bu değişim genliklerin artması şeklinde gözlemlendiğinden yerel zemin etkisi terimi; zemin büyütmesi, zemin transfer fonksiyonu veya zemin tepkisi olarak da adlandırılır (Yalçınkaya, 2002).

Yumuşak zemin tabakalarının gelen deprem dalgalarını önemli oranda büyüttüğü ve yeryüzünde meydana gelen hasarda önemli rol oynadığı uzun süredir bilinmektedir (Milne 1898; Wood, 1908; Wood, 1933; Gutenberg, 1957). 1985 Michoacan Meksika, 1989 Loma Prieta, 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremlerinden elde edilen deneyimler sonucunda depremlerin çözümlenmesinde önemli katkılar sağlamıştır (Singh ve diğ., 1988; Irikura ve diğ., 1996). Örneğin, 19 Eylül 1985 Michoacan depremi (MS=8.1), dışmerkezi civarında orta derecede hasar yaratırken,

350 km uzakta Mexico City şehrinde ağır hasara neden olmuştur. Şehir içinde farklı yerlerde elde edilen kayıtlar, yüksek ivme değerlerinin yerel jeoloji ile önemli ilişkilere sahip olduğunu göstermiştir.

Mexico City depreminden sonra yerel jeoloji etkisi çalışmaları büyük bir ivme kazanmış ve artan gözlem sonuçları ile birlikte geliştirilen teorik hesaplamalar yardımı ile konu hakkında önemli gelişmeler elde edilmiştir. Değişik araştırmacılar, zemin büyütmesi ile diğer parametreler arasında ilişkiler önermişlerdir. Bunlardan Medvedev (1962) ve Evernden ve Thomson (1985) tarafından önerilen jeolojik birim ve şiddet ilişkileri Tablo 6.1’de verilmiştir. Yine, jeolojik birim ve büyütme arasında Borchardt ve Gibbs (1976) ve Midorikawa (1987) tarafından önerilen ilişkiler Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.1. Yüzey jeolojisi ve şiddet artımı arasındaki ilişkiler (ISSMFE, 1993)

Jeolojik Birim	Şiddet Artımı
Medvedev (1962) (M.S.K Ölçeği)	
Granit	0
Kireçtaşı, Kumtaşı, Şeyl	0.2 ~ 1.3
Jips, Marn	0.6 ~ 1.4
Kaba Daneli Zeminler	1.0 ~ 1.6
Kumlu Zeminler	1.2 ~ 1.8
Killi Zeminler	1.2 ~ 2.1
Dolgu Zeminler	2.3 ~ 3.0
Islak Zeminler (çakıl, kum, kil)	1.7 ~ 2.8
Islak Dolgu ve Toprak (bataklık)	3.3 ~ 3.9
Evernden ve Thompson (1985) (M.M. Ölçeği)	
Granit ve Metamorfik Kayalar	0
Paleozoik Kayalar	0.4
Erken Mezozoik Kayalar	0.8
Kraterler ve Eosen Kayalar	1.2
Kırksız Tersiyer Kayalar	1.3
Oligosen ve Pliosen Kayalar	1.5
Pliosen-Pleistosen Kayalar	2.0
Tersiyer Volkanik Kayalar	0.3
Kuaterner Volkanik Kayalar	0.3
Altüvyon (su seviyesi < 9 m)	3.0
9 m < su seviyesi < 30 m	2.0
30 m < su seviyesi	1.5

Tablo 6.2. Yüzey jeolojisi ve göreceli büyütme faktörü arasındaki ilişkiler (ISSMFE, 1993)

Jeolojik Birim	Göreceli Büyütme Faktörü
Borcherdt ve Gibbs (1976)	
Körfez çamuru	11.2
Alüvyon	3.9
Santa Clara Formasyonu	2.7
Great Valley dizisi	2.3
Franciscan Formasyonu	1.6
Granit	1.0
Midorikawa (1987)	
Holosen	3.0
Pleyistosen	2.1
Kuvaterner volkanik kayalar	1.6
Miyosen	1.5
Tersiyer öncesi	1.0

6.1.2. Yerel zemin etkisinin belirlenmesi

Yerel zemin etkisinin belirlenmesinde en çok istenilen, doğrudan deprem kayıtlarının kullanılmasıdır. Yerel zemin etkisi kuvvetli veya zayıf hareket kayıtları kullanılarak değişik yöntemler ile belirlenebilir. Fakat bu veriyi toplamak zaman gerektirir ve depremselliği, sinyal-gürültü oranı yüksek bölgeler için uygundur. Diğer bir veri türü sondaj ve/veya sismik profil çalışmaları ile yerel zeminin fiziksel özelliklerini belirleyen veri türüdür. Ölçülen parametreler teorik modeller yardımı ile yerel zemin etkisinin belirlenmesinde kullanılabilir. Fakat bu yolla veri toplamak hem zaman hem de maliyet açısından pek uygun değildir. Üçüncü bir veri türü mikrotremor (gürültü) kayıtlarının kullanılmasıdır. Veri toplamanın kolaylığı ve düşük maliyeti, gürültü kayıtlarının kullanılmasını cazip kılar. Fakat gürültü kayıtlarının kaynağı ve doğrusal olmayan zemin davranışı nedeni ile verinin güvenilirliği tartışılmaktadır (Kudo, 1995).

Kayma dalgası hızı, deprem yükleri sırasında zemin tabakalarının meydana getireceği büyütme hesaplanmasında kullanılan en önemli dinamik zemin parametresidir. Zeminlerin rijitliği hakkında doğrudan bilgi verdiği için zemin davranışının belirlenmesi için yapılan büyütme analizlerinde direkt olarak kullanılır. Bu yüzden yerel zemin koşullarının büyütme üzerindeki değişiminin incelenmesinde, kayma dalgası hızının belirlenmesi ikinci aşama bölgelemede temel bir amaçtır. Zemin türü, derinlik ve jeolojik yük kayma dalgasının hızını etkileyen en temel faktörler olup bunlara bağlı olarak, efektif gerilme (σ'_0), aşırı konsolidasyon oranı ve boşluk oranı (e) da doğrudan etkileyen başlıca faktörlerdir. Ayrıca, Vucetic ve Dobry (1991)'in çalışmalarında da belirtildiği zeminlerin plastisite indisi de, maksimum kayma modülü ve dolayısı ile kayma dalgası hızı üzerinde önemli rol oynayan bir zemin özelliğidir.

Zeminlerin dinamik davranışında önemli bir rol oynayan kayma dalgası hızı yerinde ölçülerek veya SPT-N₃₀ sayısı, koni uç mukavemeti gibi diğer rijitlik parametrelerine bağlı olarak dönüştürülüp hesaplanarak belirlenir. Kayma dalgası hızının arazide yerinde ölçülmesi, yüzeyde alınan sismik ölçüler ve açılan sondaj kuyularında, kuyu içi sismik deneyler ile gerçekleştirilir.

Ancak kayma dalgası hızının yerinde ölçümü hem ekonomik hem de zaman açısından bazı durumlarda mikrobölgeleme çalışmaları için dezavantaj oluşturabilmektedir. Bu sıkıntının ortadan kaldırılması için, kayma dalgası hızının arazi penetrasyon deneylerinden kestirilmesi doğrultusunda bağıntılar geliştirilmiştir. Bu yüzden pratikte mikrobölgeleme çalışması yapılırken kayma dalgası hızları çoğunlukla, SPT-N₃₀ sayılarına göre ilişkilendirilen korelasyonlardan kestirilir. Çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen bu korelasyonlar Tablo 6.3'de verilmektedir.

Tablo 6.3. Standart Penetrasyon Testi deneylerinden kayma dalgası hızı hesabı için önerilen eşitlikler.

Araştırmacılar	İlişki V_s (m/s)	Zemin Türü
Ohba and Trauma (1970)	$V_s = 84 N^{0.31}$	Tüm zeminler
Imai and Yoshimura (1970)	$V_s = 76 N^{0.33}$	Tüm zeminler
Fujiwara (1972)	$V_s = 59.1 N^{0.33}$	Tüm zeminler
Imai (1977)	$V_s = 91 N^{0.337}$	Tüm zeminler
	$V_s = 102 N^{0.292}$	Killer
	$V_s = 80.6 N^{0.331}$	Kumlar
Ohto and Goto (1978)	$V_s = 85.35 N^{0.348}$	Tüm zeminler
	$V_s = 67.79 N^{0.219} D^{0.230}$	İnce kumlar
	$V_s = 62.14 N^{0.219} D^{0.230}$	Killer
Tonouchi et al. (1983)	$V_s = 97 N^{0.314}$	Tüm zeminler
Sykora and Stokoe (1983)	$V_s = 100.5 N^{0.29}$	Kumlar
Jinan (1987)	$V_s = 116.1 (N+0.3185)^{0.202}$	Holosen yaşlı zeminler (ayırılanmamış)
Lee (1990)	$V_s = 57.4 N^{0.49}$	Kumlar
	$V_s = 114.43 N^{0.31}$	Killer
	$V_s = 105.64 N^{0.32}$	Siltler
Şişman (1995)	$V_s = 32.8 N^{0.51}$	Tüm zeminler
İyisan (1996)	$V_s = 51.5 N^{0.516}$	Tüm zeminler
Pitilakis et al. (1999)	$V_s = 132 (N_{60})^{0.271}$	Killer
	$V_s = 145 (N_{60})^{0.178}$	Siltler - kumlar
Kiku et al. (2001)	$V_s = 68.3 N^{0.292}$	Adapazarı kenti zeminleri

V_s : Kayma dalgası hızı; N : Düzeltilmemiş SPT darbe sayısı; N_{60} : Enerji oranı ve kuyu düzeltmeleri uygulanmış SPT değeri; D : Derinlik (m)

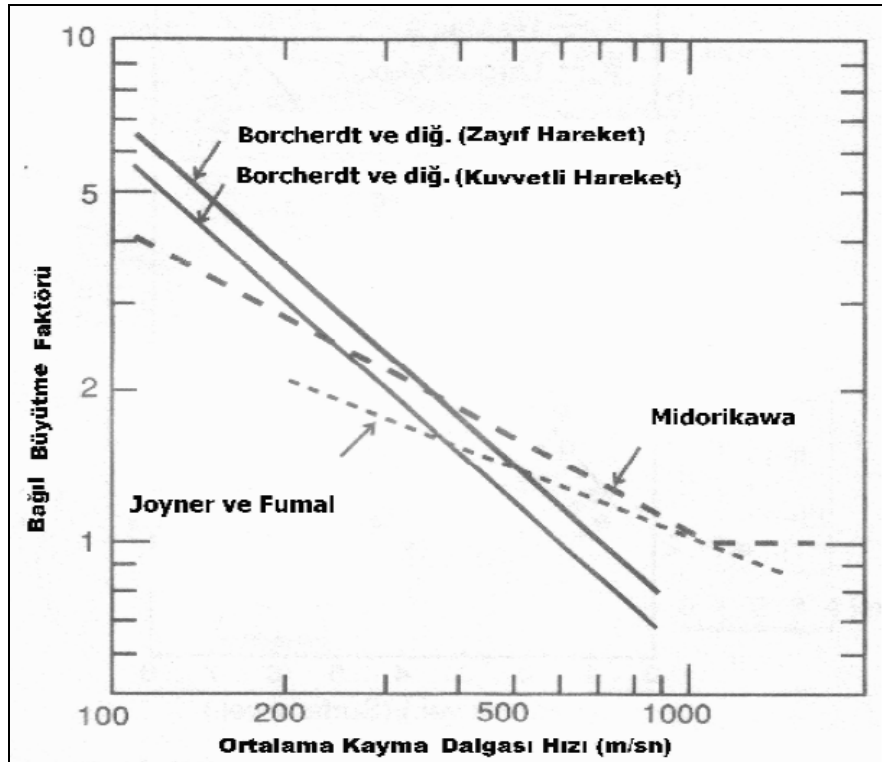
Yine, yer hareketinin gözlemi ve analizlerine dayanan incelemeler ile açığa çıkmıştır ki; belirli bir derinlik için yüzey tabakasının ortalama kayma dalgası hızı, bağlı büyütme ile güçlü bir ilişki göstermektedir (Midorikawa, 1987; Joyner ve Fumal 1984; Borchardt ve ark., 1991). Bu araştırmacılar yüzeysel zeminler için belirli bir derinliğe kadar kayma dalgası hızı ile relatif zemin büyütmesi arasında Tablo 6.4'de verilen bağıntıları geliştirmişlerdir. Bu bağıntılardaki kayma dalgası hızı genellikle

ilk 30 m'lik zemin profilindeki ortalama değerlerdir. Vs30 ile büyütme faktörü arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi ise Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

Tablo 6.4. Kayma dalgası hızına ($V_{s,30}$) bağlı zemin büyütme ilişkileri (Midorikawa, 1987; Joyner ve Fumal 1988; Borcherdt ve ark., 1991)

Araştırmacı	Bağımı
Midorikawa (1987)	$A = 68V_1^{-0.6}$ ($V_1 < 1100$ m/s) $A = 1$ ($V_1 > 1100$ m/s)
Joyner and Fumal (1984)	$A = 23V_2^{-0.45}$
Borcherdt et al. (1991)	AHSA = $700/V_1$ (Zayıf Yer Hareketi) AHSA = $600/V_1$ (Kuvvetli Yer Hareketi)

A: En büyük yer hızına göre relatif büyütme katsayısı
 AHSA: 0.4-2 s spektral aralığında ortalama yatay büyütme
 V_1 : 30 m. derinlik için ortalama kayma dalgası hızı (m/s)
 V_2 : 1 sn. periyotlu dalganın dalga boyunun ¼' kadar mesafedeki derinlik için hesaplanan ortalama kayma dalgası hızı.



Şekil 6.2. Kayma dalgası hızına ($V_{s,30}$) bağlı zemin büyütme faktörünün grafik görünümü (Midorikawa, 1987; Joyner ve Fumal 1984; Borcherdt ve ark., 1991)

6.1.3. İnceleme alanında zemin büyütme etkisinin belirlenmesi

Yerleşim alanlarının planlaması yapılırken veya yerleşim planı yapılmış alanlarda, olası depremlerden kaynaklanacak yerel zemin etkisinin belirlenmesi, depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından oldukça önemlidir. Gevşek zeminlerin deprem sırasında, deprem dalgalarını, sert zeminlere ve kaya ortamlarına göre önemli derecede büyüttüğü ve deprem sonucunda meydana gelen hasarlarda büyük paya sahip olduğu bilinmektedir. İnceleme alanında yerel zemin etkisinin belirlenmesi konusunda, sismik çalışmalar sonucu elde edilen kayma dalgası hızı verilerinden yararlanılmıştır. Tablo 6.4’ de görülen araştırmacıların geliştirdikleri bağıntılar kullanılarak inceleme alanı için zemin büyütme değerleri hesaplanmıştır. Yüzeyden itibaren 30 m’lik derinliğin ortalama kayma dalgası hızı verilerinin, ilgili bağıntılarda kullanılmasıyla hesaplanan zemin büyütme değerleri Tablo 6.5’ de verilmektedir.

Tablo 6.5. İnceleme alanı için hesaplanan zemin büyütme değerleri

Sismik Lokasyon	Vs30 (m/sn)	Midorikawa, 1987’göre zemin büyütme değerleri	Joyner ve Fumal, 1984’e göre zemin büyütme değerleri	Borcherdt ve diğ. 1991 (Zayıf hareket)’e göre zemin büyütme değerleri	Borcherdt ve diğ. 1991 (Kuvvetli hareket)’e göre zemin büyütme değerleri
S-1	257	2.43	1.9	2.72	2.33
S-2	344	2.04	1.66	2.03	1.74
S-3	315	2.15	1.72	2.22	1.9
S-4	285	2.28	1.8	2.45	2.1
S-5	289	2.27	1.8	2.42	2.07
S-6	343	2.04	1.66	2.04	1.75
S-7	346	2.03	1.65	2.02	1.73
S-8	286	2.28	1.8	2.44	2.09
S-9	286	2.28	1.8	2.44	2.09
S-10	284	2.29	1.81	2.46	2.11
S-11	335	2.07	1.68	2.08	1.79
S-12	392	1.89	1.56	1.78	1.53
S-13	322	2.12	1.71	2.17	1.86
S-14	310	2.17	1.74	2.25	1.93
S-15	352	2.01	1.64	1.98	1.7
S-16	324	2.12	1.7	2.16	1.85
S-17	314	2.16	1.73	2.22	1.91
S-18	346	2.03	1.65	2.02	1.73
S-19	281	2.3	1.81	2.49	2.13
S-20	338	2.06	1.67	2.07	1.77
S-21	306	2.19	1.75	2.28	1.96
S-22	322	2.12	1.71	2.17	1.86
S-23	300	2.22	1.76	2.33	2

Tablo 6.5. Devamı

Sismik Lokasyon	Vs30 (m/sn)	Midorikawa, 1987'göre zemin büyütme değerleri	Joyner ve Fumal, 1984'e göre zemin büyütme değerleri	Borcherdt ve diğ. 1991 (Zayıf hareket)'e göre zemin büyütme değerleri	Borcherdt ve diğ. 1991 (Kuvvetli hareket)'e göre zemin büyütme değerleri
S-24	290	2.26	1.79	2.41	2.06
S-25	357	1.99	1.63	1.96	1.68
S-26	320	2.13	1.71	2.18	1.87
S-27	319	2.14	1.71	2.19	1.88
S-28	362	1.98	1.62	1.93	1.65
S-29	328	2.1	1.7	2.13	1.83
S-30	310	2.17	1.74	2.25	1.93
S-31	298	2.22	1.77	2.34	2.01
S-32	314	2.16	1.73	2.22	1.91
S-33	292	2.25	1.78	2.4	2.05
S-34	291	2.26	1.79	2.4	2.06
S-35	324	2.12	1.7	2.16	1.85
S-36	336	2.07	1.68	2.08	1.78
S-37	301	2.21	1.76	2.32	1.99
S-38	316	2.15	1.72	2.21	1.9
S-39	313	2.16	1.73	2.23	1.91
S-40	338	2.06	1.67	2.07	1.77
S-41	312	2.16	1.73	2.24	1.92
S-42	323	2.12	1.7	2.16	1.85
S-43	342	2.05	1.66	2.04	1.75
S-44	351	2.02	1.64	1.99	1.71
S-45	310	2.17	1.74	2.25	1.93
S-46	332	2.08	1.69	2.1	1.8
S-47	338	2.06	1.67	2.07	1.77
S-48	284	2.29	1.8	2.46	2.11
S-49	298	2.22	1.77	2.34	2.01
S-50	341	2.05	1.66	2.05	1.76
S-51	337	2.07	1.67	2.07	1.78
S-52	318	2.14	1.72	2.2	1.88
S-53	328	2.1	1.7	2.13	1.83
S-54	347	2.03	1.65	2.01	1.73
S-55	360	1.99	1.62	1.94	1.66
S-56	333	2.08	1.69	2.1	1.8
S-57	325	2.11	1.7	2.15	1.84
S-58	335	2.07	1.68	2.09	1.79
S-59	287	2.28	1.8	2.43	2.09
S-60	312	2.16	1.73	2.24	1.92
S-61	331	2.09	1.69	2.11	1.81
S-62	321	2.13	1.71	2.18	1.87
S-63	355	2	1.63	1.97	1.69
S-64	908	1.14	1.07	0.77	0.66
S-65	430	1.78	1.5	1.62	1.39
S-66	354	2	1.63	1.97	1.69

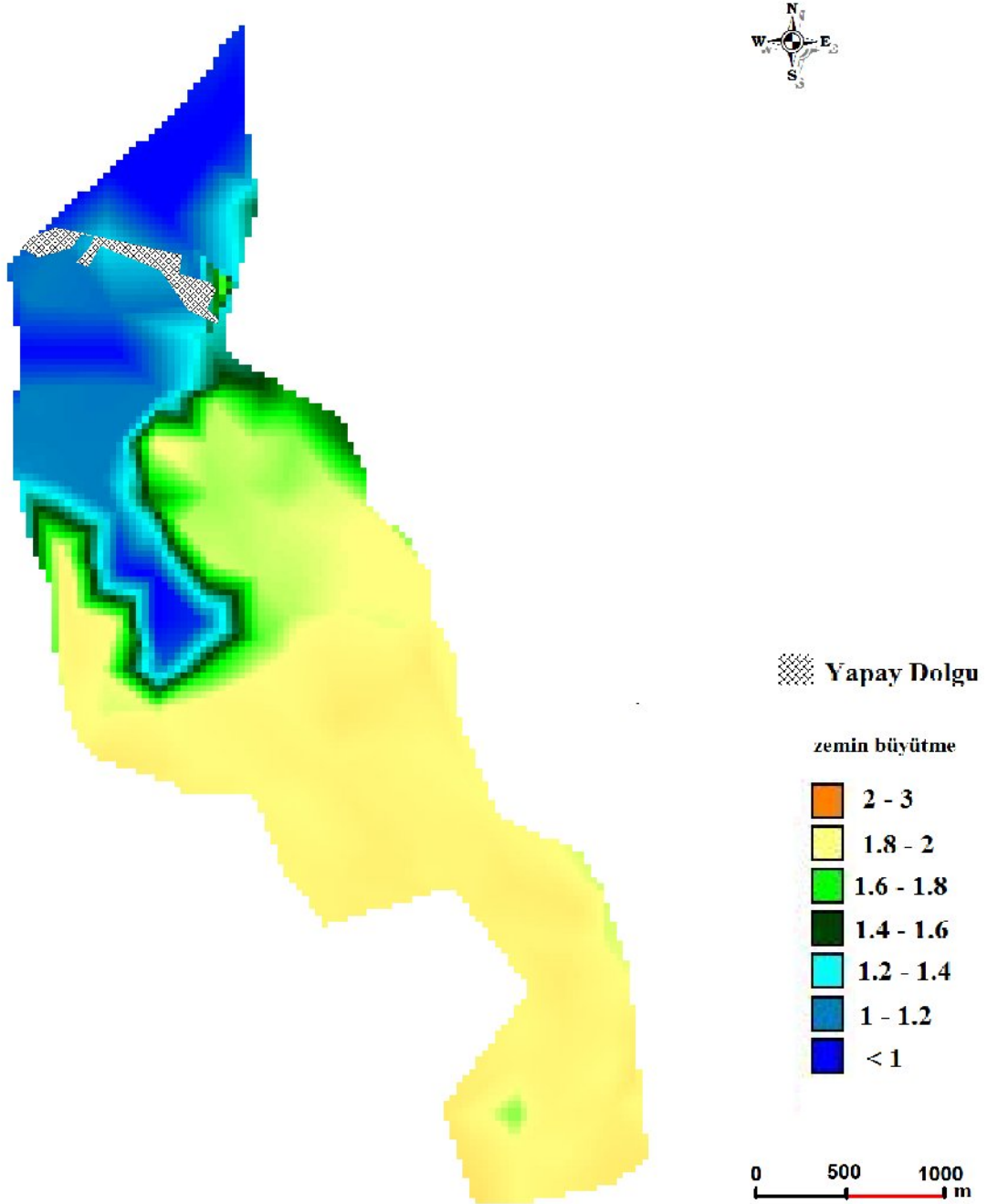
Tablo 6.5. Devamı

Sismik Lokasyon	Vs30 (m/sn)	Midorikawa, 1987'göre zemin büyütme değerleri	Joyner ve Fumal, 1984'e göre zemin büyütme değerleri	Borcherdt ve diğ. 1991 (Zayıf hareket)'e göre zemin büyütme değerleri	Borcherdt ve diğ. 1991 (Kuvvetli hareket)'e göre zemin büyütme değerleri
S-67	337	2.07	1.68	2.07	1.78
S-68	320	2.13	1.71	2.18	1.87
S-69	307	2.18	1.74	2.28	1.95
S-70	291	2.26	1.79	2.4	2.06
S-71	353	2.01	1.64	1.98	1.7
S-72	1255	1	0.92	0.55	0.48
S-73	992	1.08	1.03	0.7	0.6
S-74	403	1.86	1.54	1.73	1.48
S-75	370	1.95	1.6	1.89	1.62
S-76	357	2	1.63	1.96	1.68
S-77	360	1.99	1.62	1.94	1.66
S-78	978	1.09	1.03	0.71	0.61
S-79	531	1.57	1.36	1.31	1.13
S-80	644	1.4	1.25	1.08	0.93
S-81	488	1.65	1.41	1.43	1.23
S-82	443	1.75	1.48	1.58	1.35
S-83	583	1.48	1.3	1.2	1.02
S-84	345	2.04	1.66	2.02	1.74
S-85	500	1.63	1.4	1.4	1.2
S-86	388	1.9	1.57	1.8	1.54
S-87	672	1.36	1.23	1.04	0.89
S-88	376	1.93	1.6	1.86	1.59
S-89	350	2.02	1.64	2	1.71
S-90	370	1.95	1.6	1.89	1.62
S-91	327	2.1	1.7	2.14	1.83
S-92	827	1.2	1.12	0.84	0.72
S-93	495	1.64	1.41	1.41	1.21
S-94	505	1.62	1.4	1.38	1.18
S-95	378	1.93	1.59	1.85	1.58
S-96	364	1.97	1.62	1.92	1.65
S-97	324	2.12	1.7	2.16	1.85
S-98	348	2.03	1.65	2.01	1.72
S-99	318	2.14	1.72	2.2	1.88
S-100	328	2.1	1.7	2.13	1.83
S-101	362	1.98	1.62	1.93	1.65
S-102	343	2.04	1.66	2.04	1.75
S-103	353	2.01	1.64	1.98	1.7
S-104	321	2.13	1.71	2.18	1.87
S-105	308	2.18	1.74	2.27	1.94
S-106	1217	1	0.94	0.57	0.49
S-107	1147	1	0.96	0.61	0.52
S-108	363	1.97	1.62	1.92	1.65
S-109	369	1.96	1.6	1.9	1.62

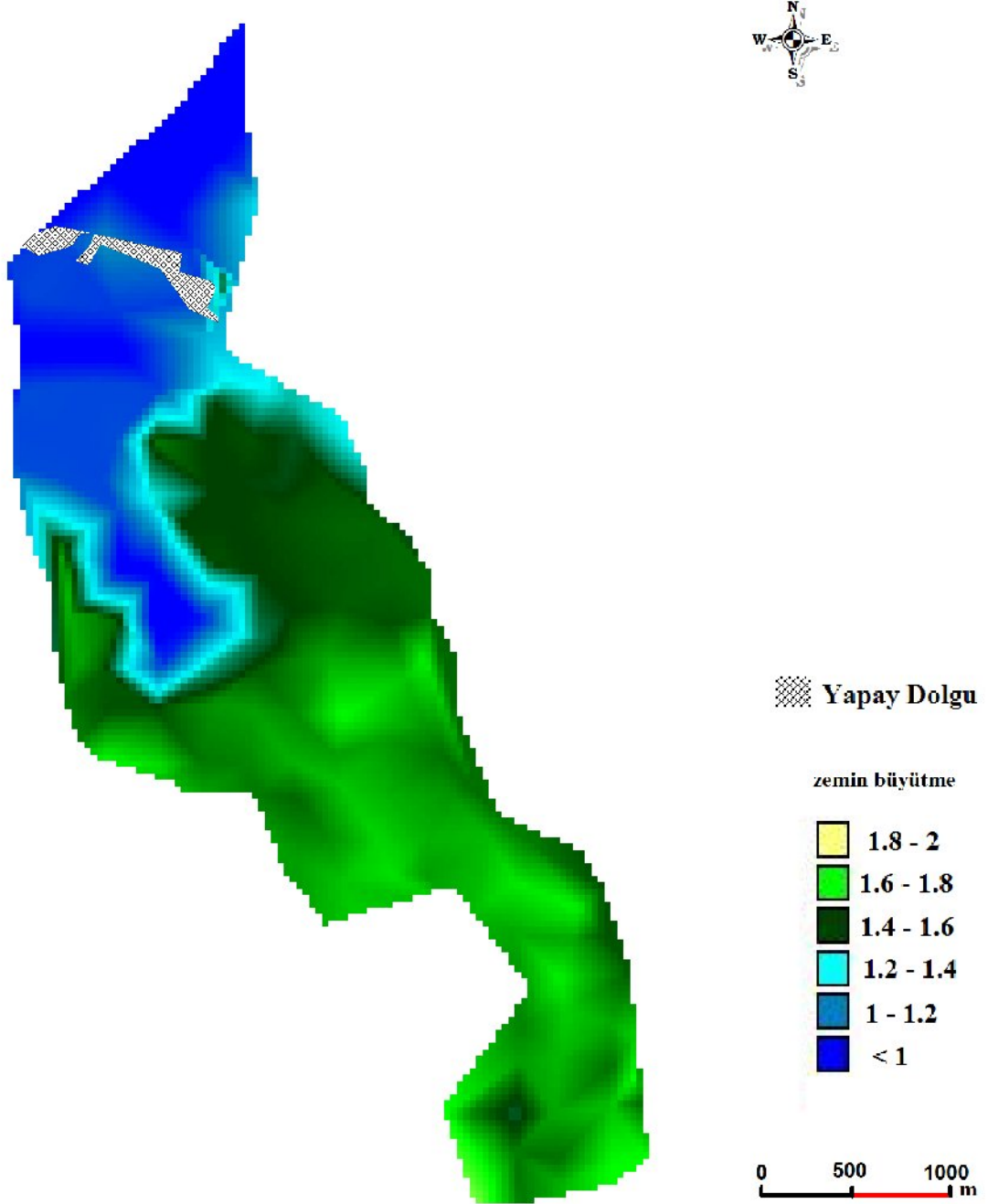
Tablo 6.5. Devamı

Sismik Lokasyon	Vs30 (m/sn)	Midorikawa, 1987'göre zemin büyütme değerleri	Joyner ve Fumal, 1984'e göre zemin büyütme değerleri	Borcherdt ve diğ. 1991 (Zayıf hareket)'e göre zemin büyütme değerleri	Borcherdt ve diğ. 1991 (Kuvvetli hareket)'e göre zemin büyütme değerleri
S-110	364	1.97	1.62	1.92	1.65
S-111	356	2	1.63	1.96	1.68
S-112	351	2.02	1.64	1.99	1.71
S-113	352	2.01	1.64	1.98	1.7
S-114	354	2	1.64	1.97	1.69
S-115	363	1.98	1.62	1.92	1.65
S-116	370	1.95	1.6	1.89	1.62
S-117	365	1.97	1.62	1.91	1.64
S-118	379	1.92	1.59	1.84	1.58
S-119	370	1.95	1.6	1.89	1.62
S-120	834	1.2	1.11	0.84	0.72
S-121	817	1.21	1.12	0.85	0.73
S-122	815	1.22	1.12	0.86	0.73
S-123	828	1.2	1.11	0.84	0.72
S-124	827	1.2	1.11	0.84	0.72
S-125	825	1.2	1.12	0.85	0.72
S-126	370	1.95	1.6	1.89	1.62
S-127	364	1.97	1.62	1.92	1.65
S-128	383	1.91	1.58	1.82	1.56
S-129	822	1.21	1.12	0.85	0.73
S-130	842	1.19	1.11	0.83	0.71
S-131	830	1.2	1.11	0.84	0.72
S-132	370	1.95	1.6	1.89	1.62
S-133	1147	1	0.96	0.61	0.52
S-134	1160	1	0.96	0.6	0.51
S-135	603	1.46	1.29	1.16	0.99
S-136	837	1.2	1.11	0.83	0.71
S-137	865	1.17	1.09	0.81	0.69
S-138	847	1.19	1.1	0.82	0.7
S-139	874	1.16	1.09	0.8	0.68
S-140	830	1.2	1.11	0.84	0.72
S-141	747	1.28	1.17	0.93	0.8
S-142	895	1.15	1.08	0.78	0.67
S-143	1150	1	0.96	0.61	0.52
S-144	1158	1	0.96	0.6	0.51
S-145	1128	1	0.97	0.62	0.53
S-146	1150	1	0.96	0.61	0.52
S-147	873	1.17	1.09	0.8	0.68
S-148	1148	1	0.96	0.61	0.52
S-149	1150	1	0.96	0.61	0.52
S-150	1120	1	0.97	0.62	0.53

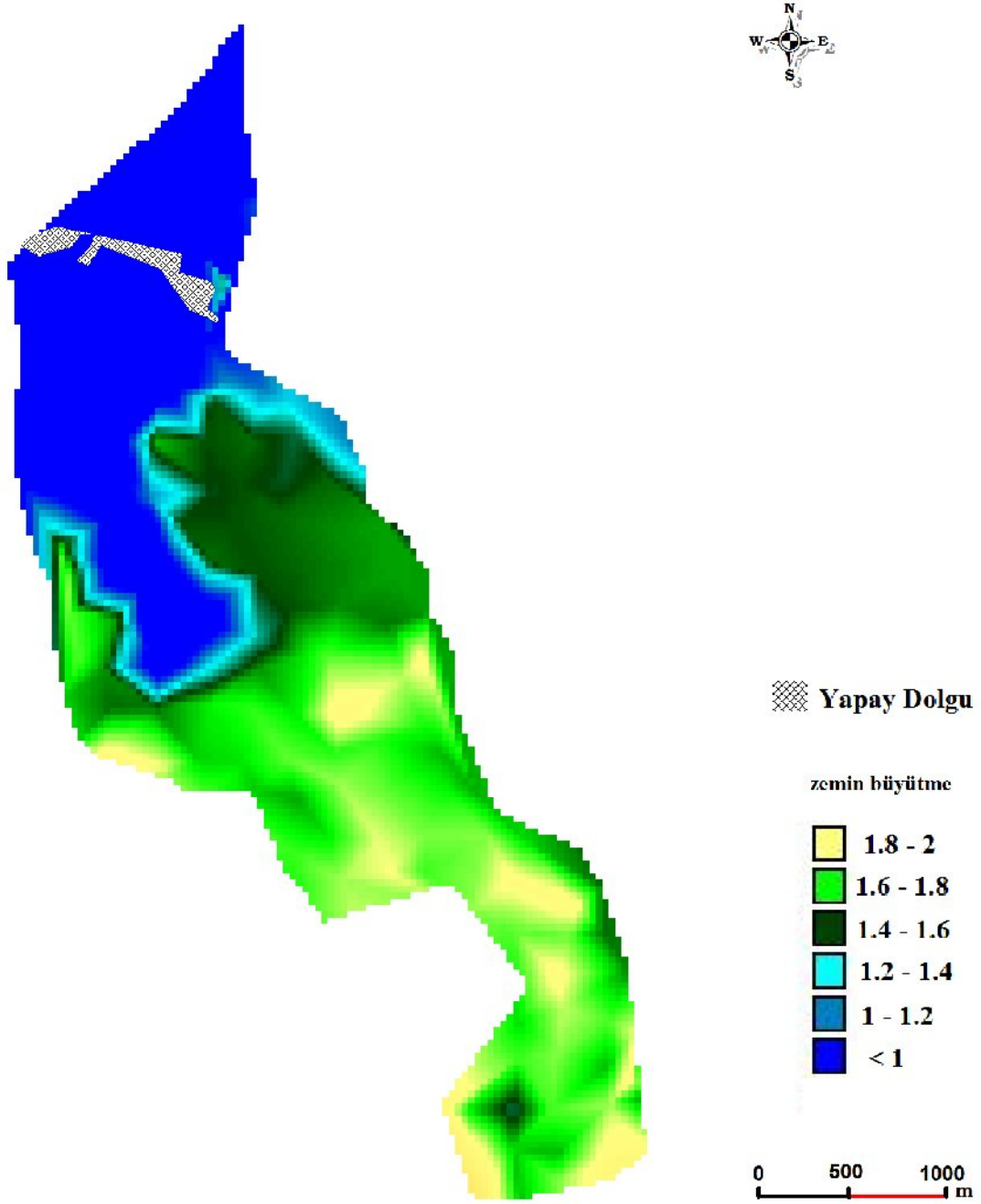
İnceleme alanı için hesaplanan zemin büyütme değerleri kullanılarak, Midorikawa (1987), Joyner ve Fumal(1984), Borcherdt ve ark.(1991)'na göre hazırlanan zemin büyütme haritaları sırasıyla, Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir.



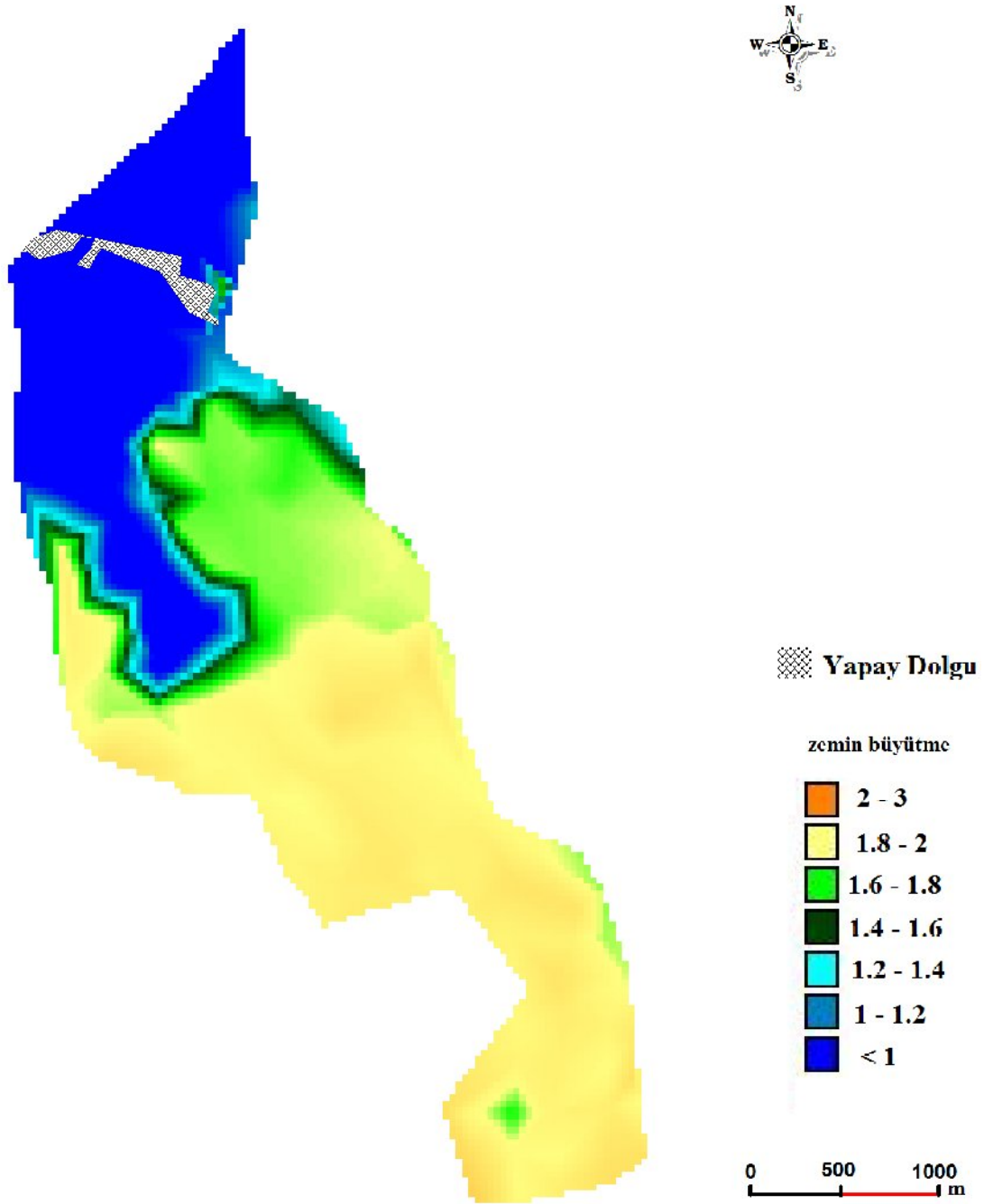
Şekil 6.3. İnceleme alanının Midorikawa (1987)'ye göre zemin büyütme haritası



Şekil 6.4. İnceleme alanının Joynner ve Fumal (1984)'a göre zemin büyütme haritası



Şekil 6.5. İnceleme alanının Borcherdt ve ark. (1991)'na göre kuvvetli hareket zemin büyütme haritası



Şekil 6.6. İnceleme alanının Borcherdt ve ark. (1991)'na göre zayıf hareket zemin büyütme haritası

Büyütme ölçütüne bağlı tehlike düzeyi;

- 0,0-2,0 büyütme değeri için, tehlike düzeyi C (düşük tehlike)
- 2,0-4,0 büyütme değeri için, tehlike düzeyi B (orta tehlike)
- 4,0-6,5 büyütme değeri için, tehlike düzeyi A (yüksek tehlike)

şeklinde ifade edilmektedir (Güzel, 2009).

Buna göre inceleme alanının kuzey kesimleri, kumtaşı – grovak etkisinden dolayı büyütme açısından düşük seviyede tehlikeye sahiptir. Güney kesimlerde ise orta düzeyde tehlike işaret eden alanların varlığı dikkat çekmektedir.

6.2. Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To)

Hakim periyot, bir yer hareketinin frekans içeriğinin temsil edilebilmesi için gerekli bir parametredir. Hakim periyot, Fourier genlik spektrumun maksimum değerine karşılık gelen titreşim periyodu olarak tanımlanmaktadır. Doğada, teknik olarak sağlam kaya tabakası üzerinde bulunan yumuşak bir zemin tabakasının küçük sönümsüz titreşimler için hakim titreşim periyodu (Tz, Baskın Periyot, Predominant Period, Fundamental Period, Chracteristic Site Period) vardır ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Kanai, 1983).

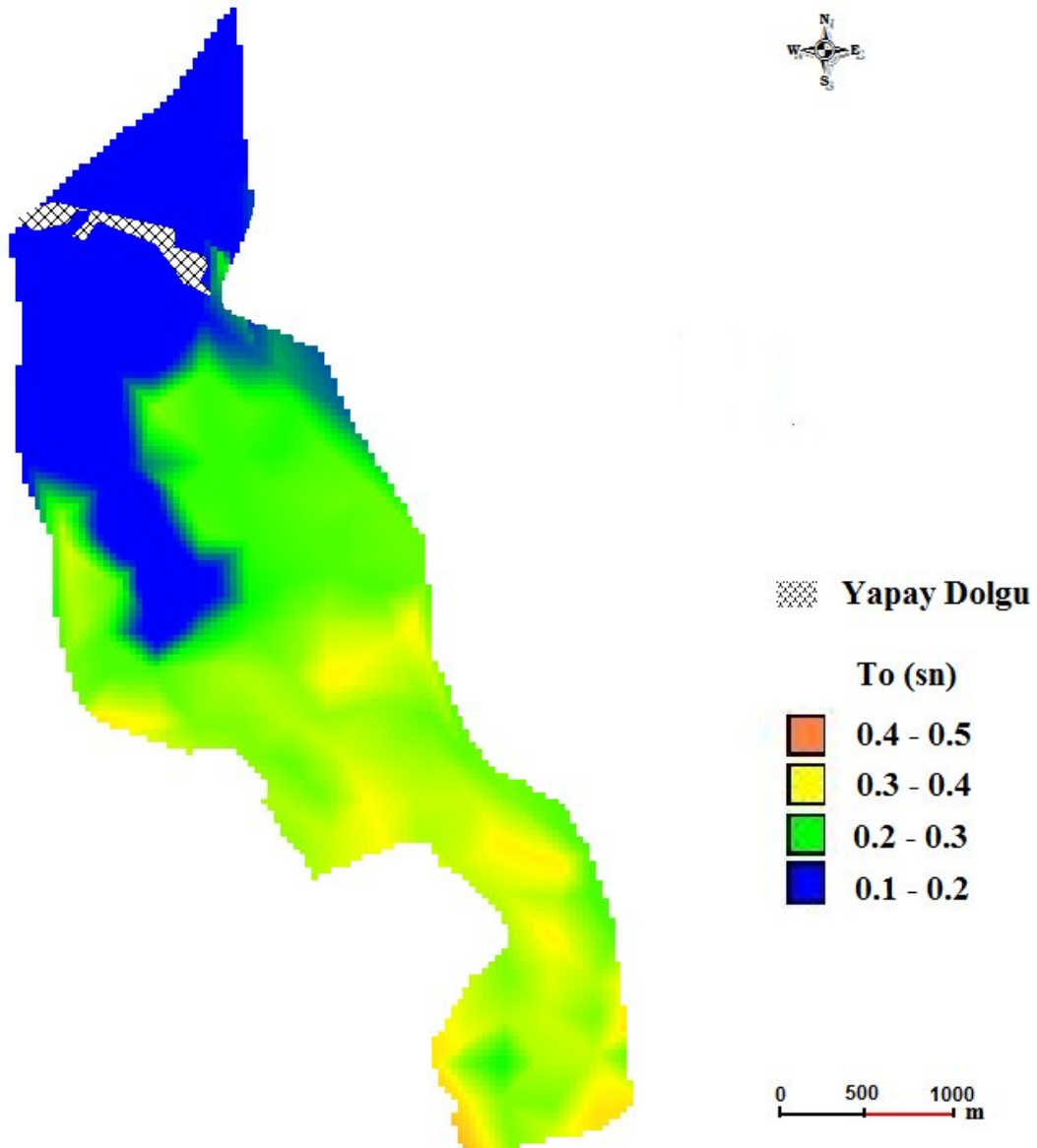
$$T_z = \sum 4H_i / V_{si} \quad (6.1)$$

Burada, H, Tabaka kalınlığı, Vs ise S dalga hızıdır. Titreşimlerin genlikleri arttıkça kayma modülünde ve S dalga hızında azalma olacağı için, hakim periyot değeri dereceli olarak düşer ve çok kuvvetli deprem halinde doğrusal olmayan davranıştan dolayı hakim periyot kalmaz. Türk deprem yönetmeliğinde yerel zemin sınıflarına bağlı olarak To Zemin Hakim periyodu ve tepki spektrumunun hakim periyot aralığı (TA ve TB), Tablo 6.6'da verilmiştir.

Tablo 6.6. Türk deprem yönetmeliğinde yerel zemin sınıflarına bağlı olarak zemin hakim periyodu (To) ve tepki spektrumlarının (TA-TB) hakim periyot aralığı

Zemin Cinsi		To Zemin Hakim Periyodu (sn)	To Ortalama (sn)	(TA-TB) (sn)
Z1	a	0,20	0,25	0,10-0,30
	b	0,25		
	c	0,30		
Z2	a	0,35	0,42	0,15-0,40
	b	0,40		
	c	0,50		
Z3	a	0,55	0,60	0,15-0,60
	b	0,60		
	c	0,65		
Z4	a	0,70	0,80	0,20-0,90
	b	0,80		
	c	0,90		

İnceleme alanında yapılan sismik çalışmalardan elde edilen kayma dalgası hız bilgilerinden hareketle, zemin hakim titreşim periyodu değerleri hesaplanmış, hakim periyotların 0.1 – 0.46 sn aralığında olduğu belirlenmiştir. Şekil 6.7’de inceleme alanına ait zemin hakim titreşim periyodu haritası verilmektedir. İnceleme alanının güney kesimlerinde hakim periyotlar, genel olarak 0.2 – 0.4 sn aralığında değişirken, kuzeyde özellikle Trakya formasyonu ile temsil edilen alanlarda hakim periyotlar 0.1 – 0.2 sn aralığında çıkmaktadır.



Şekil 6.7. İnceleme alanına ait zemin hakim titreşim periyodu haritası

6.3. İnceleme Alanının Yamaç Stabilitesi Açısından Değerlendirilmesi

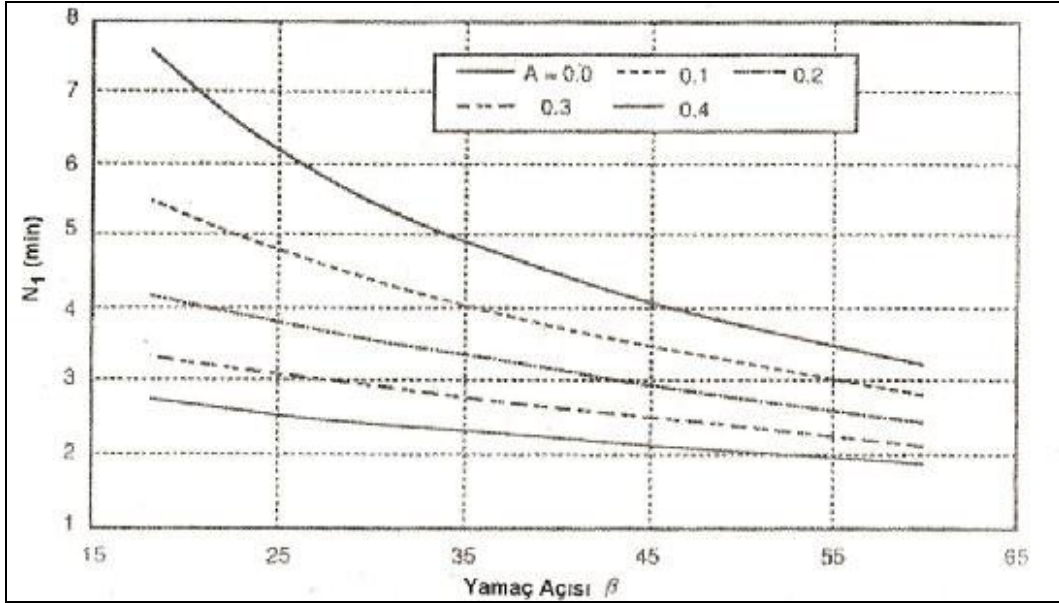
Özellikle depremler ve aşırı yağışlar sonucu meydana gelen yamaç yenilmeleri, büyük zararlara neden olabilmektedir. Meydana gelebilecek kitle hareketi nedeniyle yamaçlar üzerinde veya yamaç eğiminin son bulduğu alanlarda inşa edilmiş yapılarda, farklı boyutlarda yapısal hasarlar meydana gelebilmektedir. Genel olarak depremler, yağışlar gibi doğa olayları tetikleyici rol oynamakla birlikte, yamaç yenilmeleri bir çok olguyu kapsamaktadır. Yamaç duraysızlığı; dış hareket ettirici kuvvet ve hareket etmeyen malzemenin direnci olmak üzere iki faktöre bağlıdır. Dış hareket ettirici kuvvet gravite ve sismik kuvvetler olurken malzemenin direnci yersel (jeolojik, jeofizik ve geoteknik) koşullar tarafından kontrol edilmektedir. Günümüzde yamaç yenilmeleri için geliştirilmiş farklı analiz yöntemleri bulunmaktadır. İnceleme alanının yamaç duraysızlığının haritalama amaçlı değerlendirmesinde, Uluslararası Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Birliği'nin mikrobölgeleme konusunda hazırladığı Elkitabı'nda (ISSMFE, 1993) önerilen yöntemlerden, Siyahi ve Ansal tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır.

Koppula (1984) tarafından önerilen bir yöntemi, Siyahi ve Ansal (1993) geliştirerek, yamaç duraysızlığı için bir bölgeleme yöntemi önermişlerdir. Yöntem, sismik bir katsayı kullanarak, yamaç duraylılığının bir değerlendirmesini içermektedir. Araştırmacılar sonuç olarak,

$$GK = \tan \emptyset N_1 \quad (6.2)$$

denkleminde güvenlik parametresi tanımlanmıştır.

Güvenlik faktörü (GK); kayma mukavemeti (\emptyset) açısı ve yamaç ile yenilen yüzeyin konfigürasyonunu temsil eden duraylılık sayısı N_1 ' e bağlıdır. N_1 ' in ivme ve yamaç açısına bağlı olarak değişimi Şekil 6.8'de verilmiştir.



Şekil 6.8. Duraylılık sayısı N_1 'in ivme ve yamaç açısına göre değişimi

Hesaplanan güvenlik faktörleri tehlike seviyeleriyle ilişkili olarak üç grupta değerlendirilmektedir (Tablo 6.7).

Tablo 6.7. Yamaçlar için hesaplanan güvenlik faktörleri ile tehlike seviyeleri (World Institute for Disaster Risk Management, 2004)

Güvenlik Katsayısı (GK)	Tehlike Seviyeleri
< 1	A ; Yüksek Tehlike
$1 \leq F_s \leq 2.0$	B ; Orta Tehlike
$F_s \geq 2.0$	C ; Düşük Tehlike/Tehlike yok
Eğer Yamacın eğimi < 15 derece ise C; Düşük tehlike/tehlike yok	

Yöntem, özellikle mikrobölgeleme çalışmalarında yamaç stabilite değerlendirmeleri için geliştirilmiş olup, hızlı ve pratik bir değerlendirme ile depremler sırasında yamaç stabilite sorunları yaşanabilecek alanların belirlenmesi amaçlanmaktadır. Güncel olarak, İnce ve diğ., 2008, eski İstanbul (Fatih-Eminönü ilçeleri) Bölgesi jeolojik ve geoteknik koşullarını ayrıntılı olarak inceledikleri sismik mikrobölgeleme çalışmalarında, Siyahi ve Ansal (1993) tarafından önerilen yöntemi kullanarak inceleme alanı için yamaç stabilite değerlendirmesinde bulunmuşlar ve bölgede yamaç tehlikesinin genelde düşük olduğunu öne sürmüşlerdir.

BÖLÜM 7. İNCELEME ALANININ KONSOLİDASYON OTURMALARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLEREK MİKROBÖLGELENMESİ

Bu bölümde, zeminlerin sıkışabilirliği, sıkışma parametreleri, killerin konsolidasyon özellikleri, sıkışmaların ölçümü ile genel bilgiler ve inceleme alanındaki killi zeminler için yapılan oturma hesaplamalarına ait sonuçlara yer verilmiştir.

7.1. Zeminlerin Sıkışabilirliği

Zemin kütlesi hacmindeki azalma;

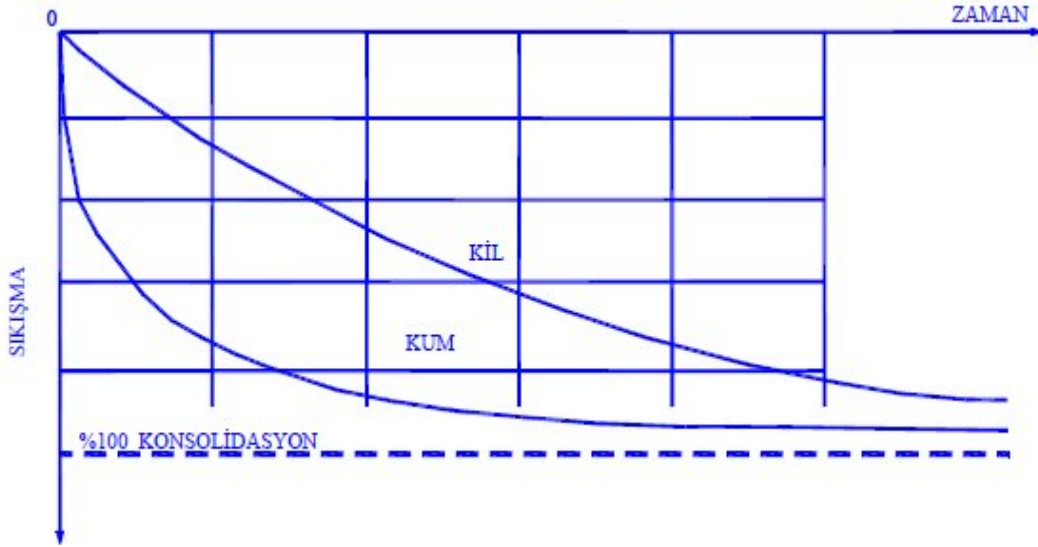
- zemin danelerinin sıkışması
- boşluklardaki su ve havanın sıkışması
- gerilme artışı ile yükselen boşluk suyu basıncının sönmelenmesi sonucu oluşan hacim kaybı

özelliklerine bağlıdır.

Uygulanan yükler, zeminde yatay ve düşey yönde gerilmelere neden olur. Dolayısıyla bu gerilmelere bağlı olarak yatay ve düşey yönde konsolidasyon oluşur. Düşey yöndeki basınç ve konsolidasyon, yatay yöndeki basınç ve konsolidasyonlardan çok fazladır. Bu nedenle konsolidasyon, düşey yönde olan değişimlere göre değerlendirilir.

Kum, çakıl gibi kohezyonsuz zeminlerde sıkışma kısa sürede gerçekleşirken, kil ya da siltlerde gecikmeli olur. Bu nedenle sıkışma, kohezyonsuz zeminlerde inşaat yapımı süresinde gerçekleşirken, kohezyonlu zeminlerde düşük geçirimsizlik özelliğinden dolayı uzun yıllarda gerçekleşmektedir. Şekil 7.1’de ince ve iri daneli

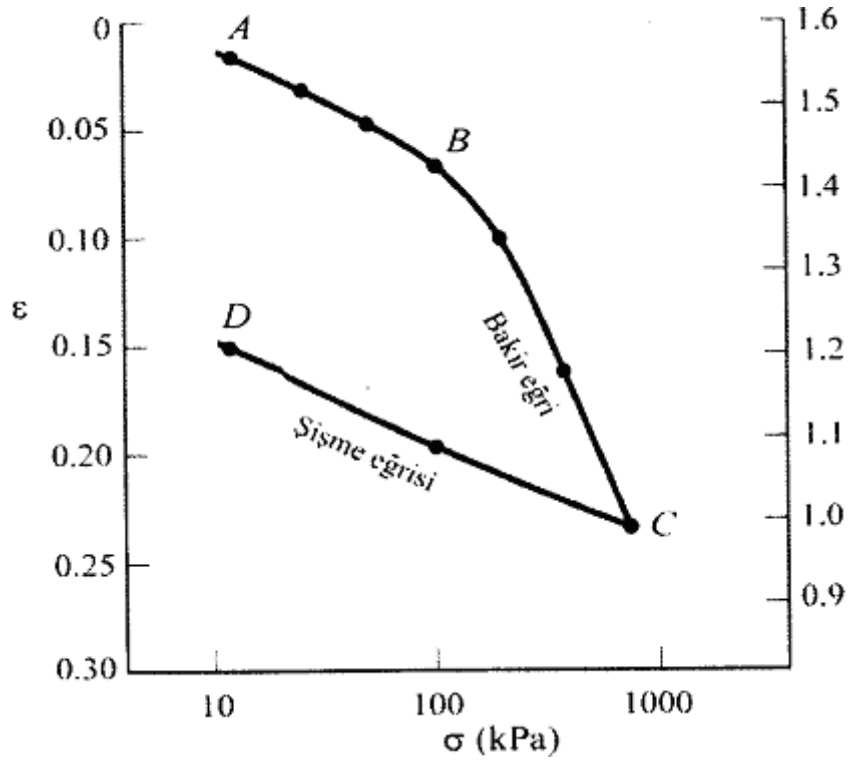
zeminlerde değişmez yük altında zamana bağlı sıkışmalar görölmektedir. Zamana bağlı sıkışmalar göz önüne alınarak kumların sıkışmayacağı anlamı çıkarılmamalı, birçok durumda gevşek kumlarda toplam sıkışmaların bazı killerden fazla olabildiği göz önüne alınmalıdır.



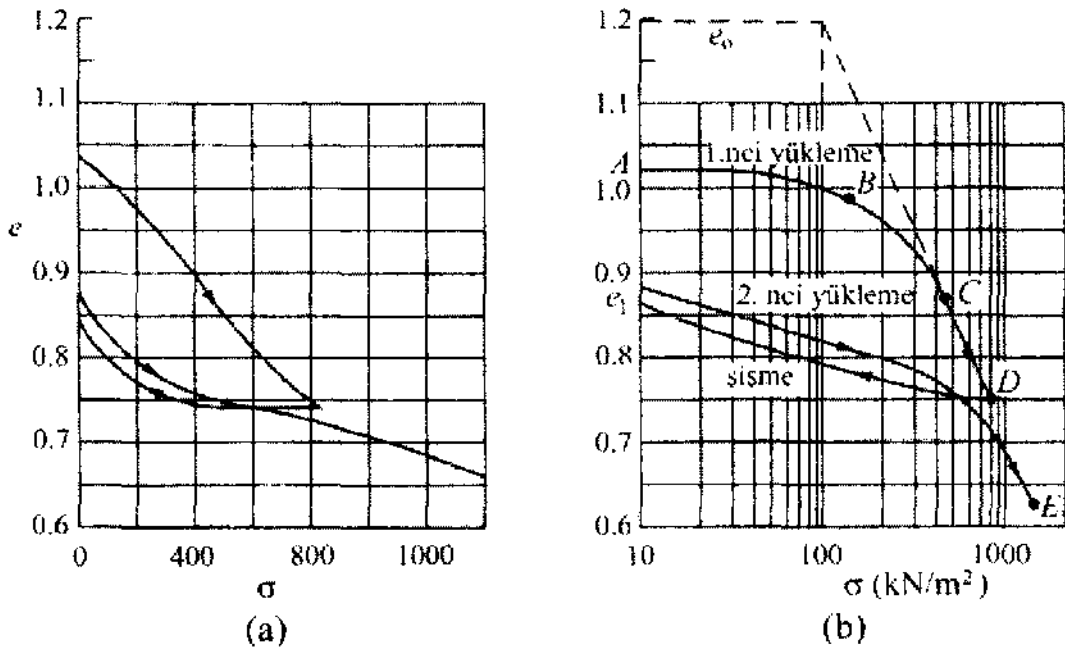
Şekil 7.1. Değişmez yük altında zaman-sıkışma eğrisi (Cernica, 1995)

7.1.1. Sıkışma eğrisi

Zeminlerde sıkışmalar gerilme-birim boy kısalması (σ - ϵ) ya da gerilme-boşluk oranı (σ - e) şeklinde gösterilir (Şekil 7.2) ve bu ilişki bir boyutlu konsolidasyon deneyi ile bulunur. Bu ilişki doğal ölçekte (aritmetik) ya da yarı logaritmik olarak gösterilir (Şekil 7.3). Yaygın olarak kullanılan yarı logaritmik gösterimdir. İlk yüklemenin başlangıcından belli bir basınca kadar, eğri genellikle düz ve yataya yakındır ve bu kısım yeniden sıkışma eğrisi olarak tanımlanır. Düzgün hafif bir eğilmeden sonra dik ve nispeten düz bir özellik kazanır ve bakir eğri olarak tanımlanır. Zemin üzerindeki yük kaldırılır ise zemin kabarır ya da şişer. Ancak kalıcı deformasyon nedeni ile ilk şekline ve boyutuna dönemez. Yeniden yükleme yapıldığında başlangıçtaki ilk yükleme eğrisine paralel gider ve ilk eğrinin dik ve düz kısmı ile birleşir. Geçiş noktasında bir miktar düz olan yeniden yükleme eğrisi sonra dikleşir.



Şekil 7.2. Konsolidasyon deneyinden gerilme-sıkışma eğrisi (Coduto, 1999)



Şekil 7.3. Sıkışma eğrisi a) aritmetik ölçek b) yarı logaritmik ölçek (Cernica, 1995)

7.1.2. Sıkışma katsayısı

Z derinliğindeki zemin σ_0 efektif gerilme altında e_0 boşluk oranına sahiptir. Dolgu ya da bir yapı inşası nedeni ile $\Delta\sigma$ gerilme artışı alan zeminin boşluk oranı da e_0 dan e_1 değerine azalacaktır. Böylece σ'_0 ile $\sigma'_0 + \Delta\sigma$ basınç aralığı için

$$e_0 - e_1 = \Delta e = a_v \cdot \Delta\sigma \quad (7.1)$$

bağıntısı yazılabilir. Bağıntıda sıkışmanın boşluk hacminde olduğu göz önüne alınır ve sıkışma katsayısı (a_v) ile tanımlanır. Sıkışma katsayısı

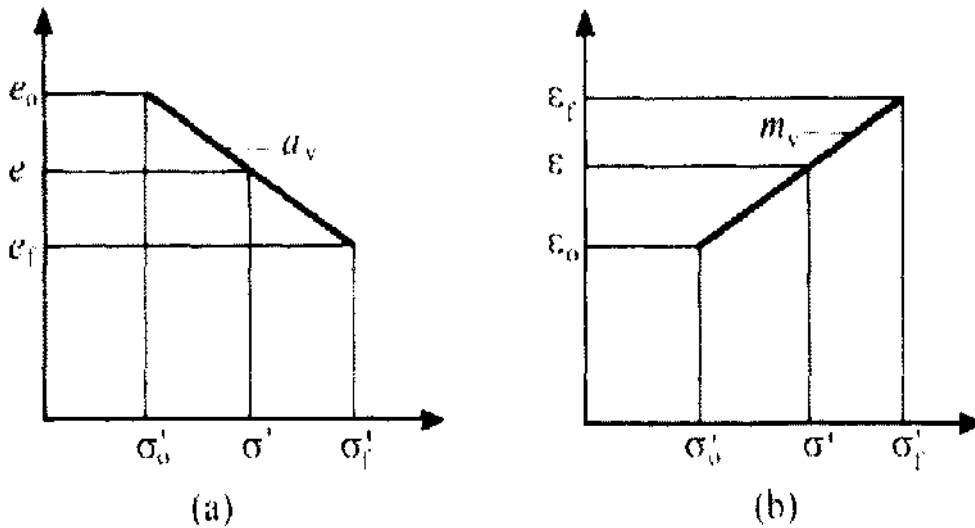
$$a_v = \frac{e_0 - e_1}{\Delta\sigma} = \frac{\Delta e}{\Delta\sigma} \quad (7.2)$$

eşitliği ile ifade edilir (Şekil 7.4a).

m_v ise hacimsel sıkışma katsayısı olup,

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e_0} \quad (7.3)$$

bağıntısı ile tarif edilir (Şekil 7.4b).



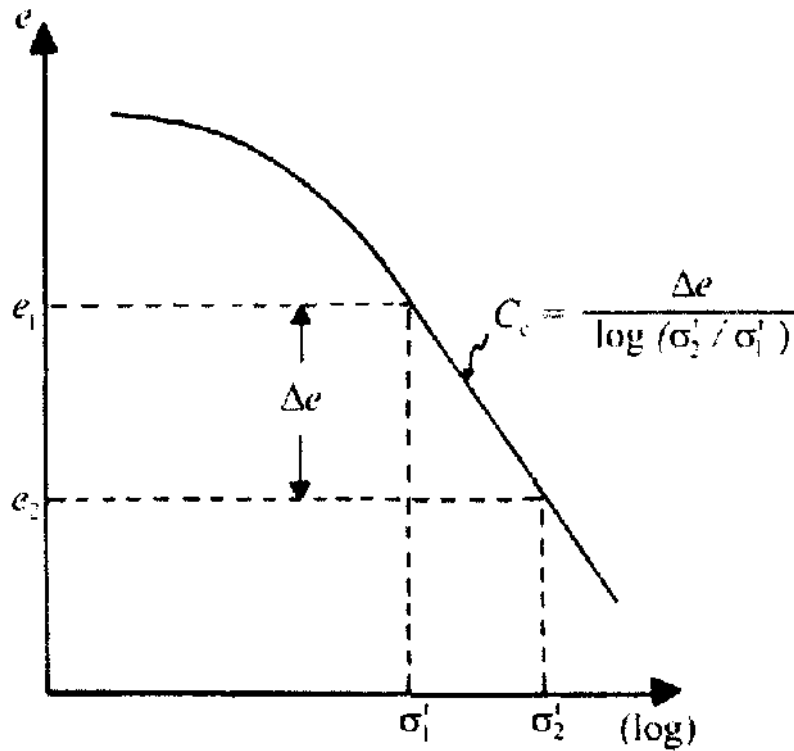
Şekil 7.4. Sıkışma katsayısı (a_v) ve hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) (Berry and Reid, 1988)

7.1.3. Sıkışma indisi

Sıkışma indisi (C_c), yarı logaritmik grafikte bakir eğrinin eğimi olup

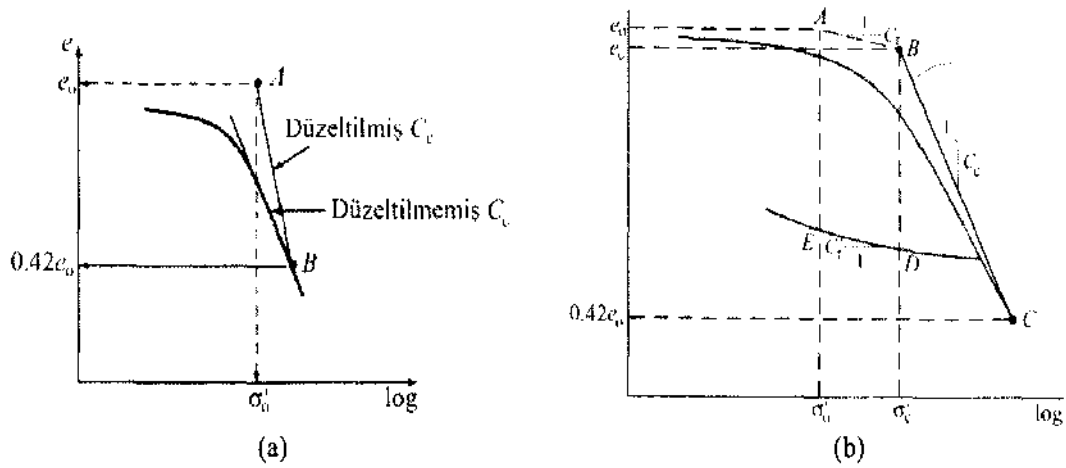
$$C_c = \frac{\Delta e}{\log(\sigma'_2 - \sigma'_1)} \quad (7.4)$$

bağıntısı ile bulunur (Şekil 7.5).



Şekil 7.5. Sıkışma indisinin bulunması (Das, 1983)

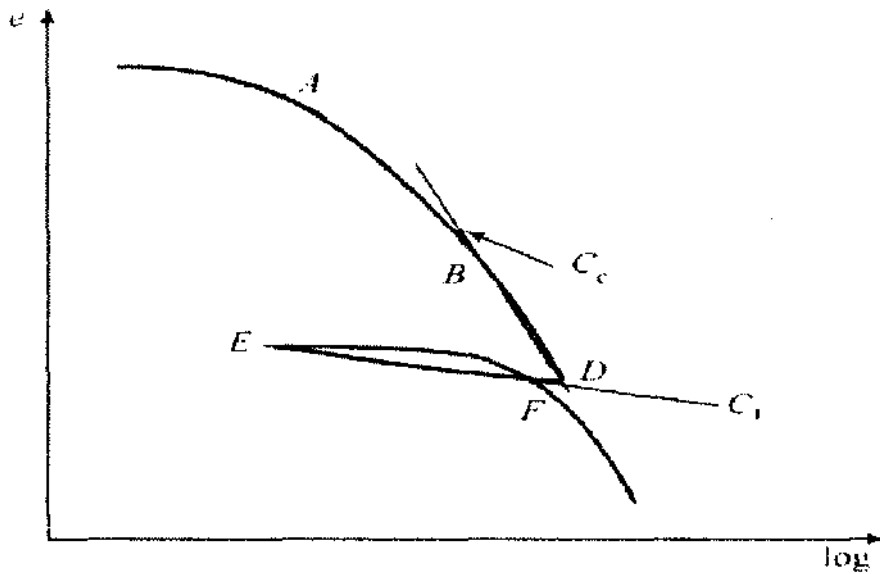
Yapılan bazı çalışmalar, konsolidasyon deneyi sonucunda öngörülen oturma miktarı ve oturma süresi ile ilgili sonuçların arazi koşullarında doğru sonuç vermediğini göstermektedir. Numune alımı ve deneye hazırlama sürecinde numunenin örselenmesi nedeniyle, sıkışma indisinin grafiksel olarak elde edilenden daha küçük bir değerde olması beklenmektedir. Bu nedenle C_c katsayısının hesaplanmasında Schmertmann (1955) tarafından önerilen düzeltme yapılabilir. Düzeltilmiş C_c hesaplanmasına ilişkin grafikler Şekil 7.6'da görülmektedir.



Şekil 7.6. Numunenin örselenmesinin sıkışma indisine etkisinin Schmertmann yöntemi ile düzeltilmesi a) normal konsolide killerde (Budhu, 2000) b) aşırı konsolide killerde (Cernica, 1995)

7.1.4. Yeniden yükleme indisi

Yeniden yükleme indisi (C_r), aşırı konsolide killerin oturma hesaplarında önem kazanmaktadır. Boşaltılan gerilme, yeniden oluşturulduğunda eğrinin ilk boşaltma gerilmesine kadar olan kısmının eğimi, yeniden yükleme indisini ifade eder. Boşaltma ve yeniden yükleme eğrilerinin eğimleri birbirine yakın değerler gösterir (Şekil 7.7). Bu nedenle yeniden yükleme indisi, boşaltma ve yeniden yükleme eğrilerinin ortalama eğimi olarak hesaplanabilir. Yeniden yükleme indisi, killerin çoğunluğunda sıkışma indisinin % 20-10'u kadardır.



Şekil 7.7. Sıkışma indisi C_c ve yeniden yükleme indisi C_r (Budhu, 2000)

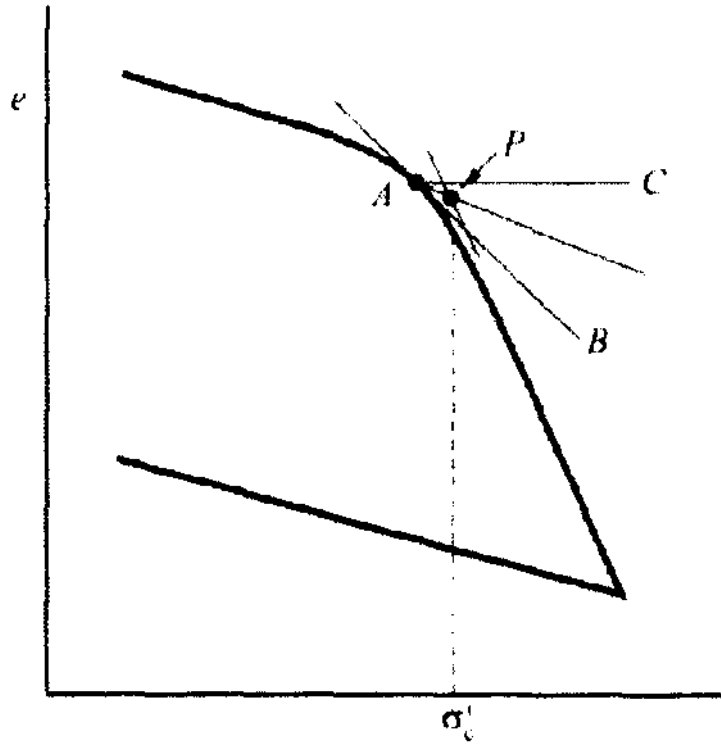
7.2. Jeolojik Geçmişin Sıkışabilirliğe Etkisi

Zeminler jeolojik oluşumlardır. Bu nedenle özelliklerinin jeolojik olaylardan etkilenmesi beklenir. Buna en canlı örnek fiziksel ve mineralojik yapıları farksız olan iki kilin çok farklı sıkışabilirlik gösterebilmeleridir. Öte yandan, killere de diğer malzemeler gibi zaman içinde özelliklerini değiştirirler. Bu olaya 'yaşlanma' denmektedir.

7.2.1. Ön konsolidasyon basıncı

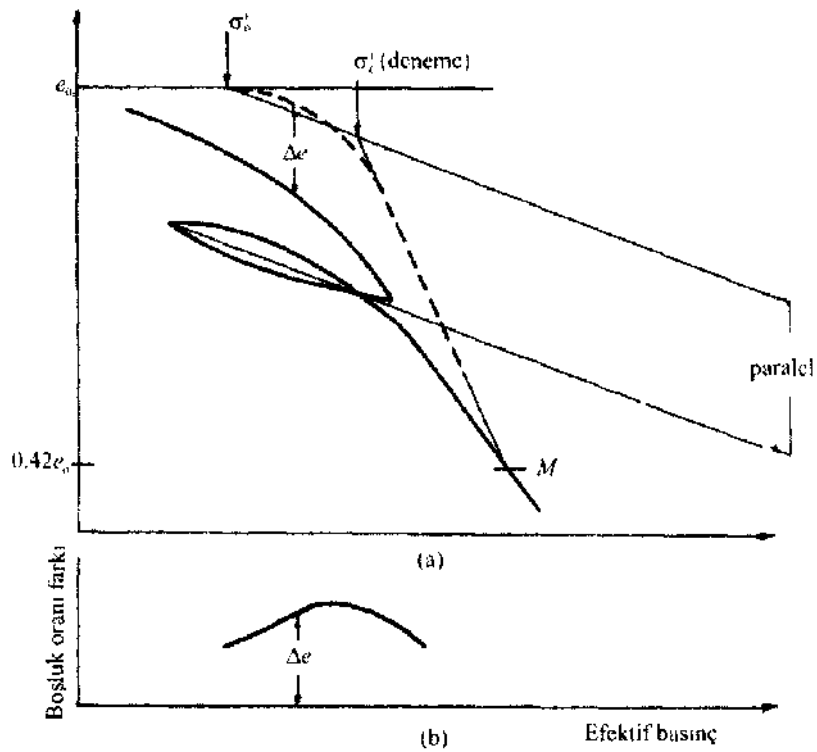
Zeminin geçmişte aldığı maksimum gerilme ön konsolidasyon basıncı (σ_c) olarak tanımlanır. Çeşitli araştırmacılar ön konsolidasyon basıncının, sıvılık indisi ve hassaslık gibi fiziksel özellikler ile ilişkilendirilerek bulunmasını önermişlerdir. Ancak günümüzde yaygın biçimde Casagrande ve Schmertmann'ın önerdikleri yöntemlerden yararlanılmaktadır. Boşluk oranı-efektif gerilme eğrisi belirgin kırılma gösterdiği durumlarda Casagrande'nin, göstermediği durumlarda Schmertmann'ın önerdiği yöntemin daha uygun olduğu öngörülmektedir.

Casagrande (1936) tarafından önerilen yöntemde boşluk oranı-efektif gerilme eğrisinin ($e - \log \sigma$) maksimum olduğu, diğer bir deyişle eğrilik yarıçapının minimuma ulaştığı A noktası belirlenir (Şekil 7.8). A noktasından eğriye bir teğet çizilir (AB). Yine A noktasından yataya paralel (AC) ve iki doğrunun oluşturduğu açının (BAC) açı ortayı çizilir. Eğrinin yüksek gerilme altında dikleşen ve düze yakın kısmının uzantısının açı ortayı ile kesişme noktası (P) ön konsolidasyon basıncı (σ_c) değerini gösterir.



Şekil 7.8. Ön konsolidasyon basıncının Casagrande yöntemi ile bulunması (Coduto, 1999)

Schmertmann (1955) yönteminde ise ön konsolidasyon basıncı deneme yanılma yöntemi ile bulunur. Ödometre deneyinde σ_c geçilinceye kadar yükleme yapılır. Eğride düzleşme başlayınca basınç, efektif gerilme (σ'_o) değerine boşaltılır ve kabarma bitinceye kadar beklenir (Şekil 7.9a). Yeniden yükleme yapılır, sıkışma eğrisi elde edildikten sonra $\sigma'_o - e_o$ noktasından boşaltma-yeniden yükleme eğrisine paralel çizilir ve bu paralel üzerinde tahmini bir σ_c noktası seçilir. Bu nokta $0.42e_o$ ordinatından geçen yatayın laboratuvar eğrisi ile kesişme noktası olan M ile birleştirilir. σ_c M doğrusunun arazi sıkışma eğrisi olduğu kabul edilir. Bu eğri ile laboratuvar eğrisi arasındaki ordinat farkları (Δe) Şekil 7.9b'deki gibi noktalanır. Çıkan eğri simetrik ise seçilen σ_c noktası gerçek noktadır. Simetri sağlanmamış ise yani bir σ_c noktası seçilir ve işlem simetri sağlanıncaya kadar sürdürülür.



Şekil 7.9. Ön konsolidasyon basıncının Schmertmann yöntemi ile bulunması (Önalp, 2002)

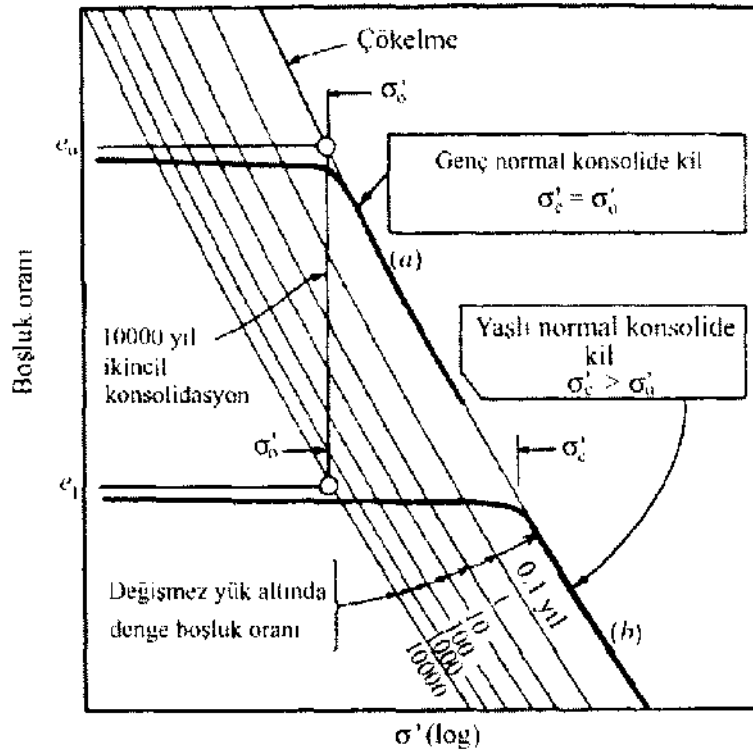
7.2.2. Normal konsolide killer

Oluşumundan bu yana bugün almakta olduğu efektif gerilmeden (σ'_0) fazla gerilme almamış killere "normal konsolide kil" denir. Eğer beklendiği gibi çökme sonrası özkütlesinin etkisi altında beliren ilave boşluk suyu basınçları tamamen sönülmüş ise bu tür killer için "tamamen konsolide olmuş" terimi de eşanlamlı olarak kullanılmaktadır. Normal konsolide killerin doğal su muhtevası çoğunlukla likit limit dolayında bulunur. Bir başka ifade ile sıvılık indisi $I_L \sim 1$ dolayındadır.

Normal konsolide killer, günlük dilde 'balçık' olarak anılan çökellerdir. Su muhtevasının yüksekliğinin doğal sonucu yüksek boşluk oranı gösteren killere "yumuşak kil" de denmektedir. Yumuşak killerin yapıları ve davranışları çökeldikleri ortamın özelliklerine, yaşlanma çimentolanma ve aldıkları yıkanma etkilerine bağlıdır.

7.2.2.1. Yaşlanmanın sıkışabilirliğe etkisi

Yakın jeolojik geçmişte çökerek özkütlesi altında dengeye ulaşmış kile “genç normal yüklenmiş” kil denir. Bu kilin özelliği, dengesini bozacak bir gerilme artışının aşırı sıkışmalara yol açmasıdır. Sondajla numune alındığında $\sigma'_z = \sigma'_0$ sifıra yöneldiğinden, genç normal yüklenmiş kil laboratuarda yeniden konsolidasyona tabi tutulsa, Şekil 'de görüldüğü gibi numune arazideki katman yüküne eşdeğer gerilmeye kadar sıkışmayacak, σ'_0 'e erişildiğinde eğri aniden bükülecektir. Bu yük üzerinde kaldığı sürece (örneğin 10000 yıl) kil pulcukları daha dengeli bir konuma geleceğinden yaşlı normal yüklenmiş bir kilde sıkışabilirlikte belirgin bir azalma oluşmaktadır. Şekil 7.10'dan görüleceği gibi, bu kez bükülmeyi σ'_c gibi daha yüksek bir gerilme sağlayabilir.



Şekil 7.10. Normal konsolide kilde yaşlanmanın etkisi (Crawford, 1986)

7.2.3. Aşırı konsolide killer

'Aşırı Konsolide Olmuş' veya 'Önceden Yüklenmiş' killer oluşumu sırasında veya daha sonra, bugün almakta olduğu gerilmeden daha yüksek gerilmeler almış killerdir. Bunun sonucu katı veya sert kıvam kazanmışlardır. Türkiye'de karşılaşılan killerin

önemli bölümü aşağıda sıralanan nedenlerden biri veya birkaçı sonucu aşırı konsolide olmuşlardır (Önalp, 2002). Önceden konsolide kil, ön konsolidasyon basıncına ulaşılan kadar alacağı yükler altında normal konsolide kile göre çok daha düşük sıkışmalar gösterecektir. Ancak aşırı konsolide kil üzerine uygulanan yük, kilin geçmişte karşılaştığı en büyük basıncı tanımlayan ön konsolidasyon basıncı değerine ulaştıkça zemin artık normal konsolide hale gelir ve gerilme sıkışma ilişkisi değişir. Bunun sonucu olarak bu gerilme değerinden itibaren uygulanan ilave gerilme artışları daha büyük sıkışma artışlarına sebep olacaktır.

Ön konsolidasyon basıncının, güncel efektif gerilme değerine oranı aşırı konsolidasyon oranı (OCR) olarak tanımlanır.

$$OCR = \frac{\sigma_c^i}{\sigma_0^i} \quad (7.5)$$

Bu tanımlamaya göre aşırı konsolidasyon oranı normal konsolide killerde $OCR = 1$, aşırı konsolide killerde $OCR > 1$ kabul edilmektedir.

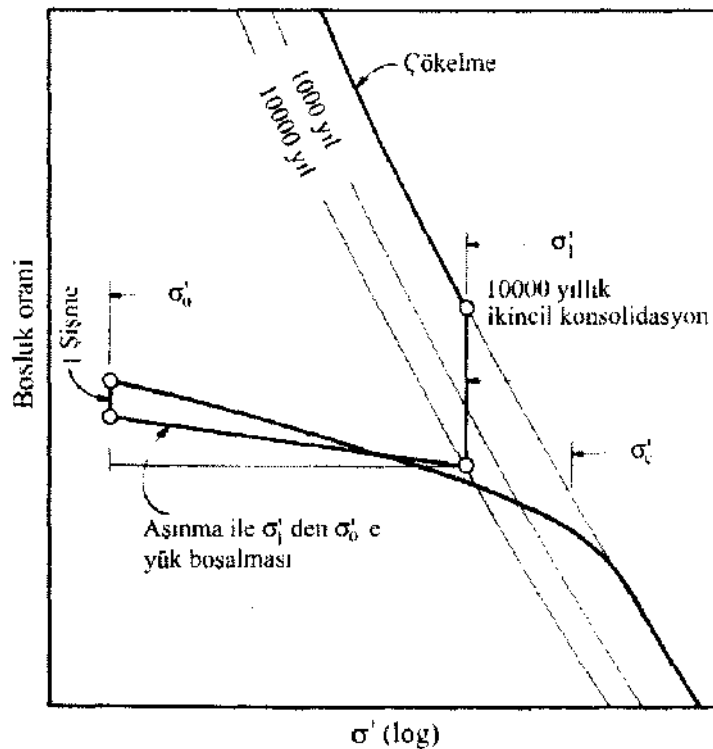
Aşırı konsolidasyonu oluşturan birkaç önemli neden vardır. Bunlar ortamda toplam basınç veya boşluk suyu basınçlarında meydana gelen değişimler sonucu efektif gerilmenin düşmesini sağlayan doğal ve yapay olaylardır. Bu olaylar şöyle sıralanabilir:

- 1) Üstteki katmanların aşınma, faylanma ile ortadan kalkması; eskiden mevcut olup şimdi bulunmayan yapıların etkisi veya şimdi kalkmış buzul yükleri etkisiyle toplam gerilme değişimleri ($\Delta\sigma$)
- 2) Yeraltı su seviyesindeki değişimler, artezyen basınçları; yüzeyden kuruma; bitki kökleri etkisi ile su kaybı; kılcallık nedeniyle boşluk suyu basıncında değişimler (Δu_w)
- 3) Yaşlanma sonucu kil yapısında değişme;
- 4) Ortam sıcaklığı, pH'si, tuzluluk gibi çevresel koşullarında değişim;
- 5) Ayrışma-yıpranma, çökeltme, çimentolama, iyon değişimi gibi kimyasal değişiklikler.

Tüm bu nedenlerle killere, hatta kumların, ön yüklemeye gerilmesi ya da aşırı konsolidasyon basıncının gerçek değerinin bulunması önem taşımaktadır (Önalp, 2002).

7.2.3.1. Yaşlanmanın aşırı konsolidasyona etkisi

Araştırmalar, yaşlanmanın ikincil konsolidasyon olayı sonucu etkin olduğunu göstermektedir (Önalp, 2002). Kil oluşumundan sonra dengeye gelip bir başka aşamada, örneğin aşınma (erozyon) etkisi ile denge gerilmesi 10000 yıl boyunca σ_i iken bugünkü σ_c 'a düşmüşse bu kil aşırı konsolide olmuş sayılmaktadır. Buradan çıkarılacak sonuç kilin ön konsolidasyon basıncının sadece basit katman kaybı değil, yaşlanmadan da önemli ölçüde etkilendiğidir. Daha da anlamlısı, yumuşak killerde de sıkışmaların bakir eğri boyunca hesaplanması sırasında yaşlanmadan kaynaklanan ön konsolidasyon etkisinin ihmal edilemeyecek düzeylere çıkmış olabileceğidir. Bu nedenle kilin jeolojik yaşı ihmal edilemez (Önalp, 2002).



Şekil 7.11. Aşırı konsolide kilde yaşlanmanın sıkışabilirliğe etkisi (Crawford, 1986)

7.2.4. Konsolide olmamış killer

Uygulamada karşılaşılabilecek en problemlili zeminler, oluşumundan bu yana dengeye gelmemiş, bir başka deyişle özkütlesi altında dahi konsolidasyonunu tamamlamamış olan killerdir. Bu yeni çökelmiş (yaşı 100 -103 yıl) veya yapay depolanmış ortamlarda boşluk suyu basınçları henüz sönmemiş olduğundan ek gerilme aldıklarında göçme riski veya oluşan ilave boşluk suyu basıncı $\Delta\mu$, hidrostatik değerlerin çok üstüne çıkacağından ciddi oturma problemleri belirlemektedir. Bu grupta yer alan insan yapısı hidrolik dolgular ve hafriyat atıkları da temel ortama tehlikeli özellikler taşırlar. Türkiye’de bu killere en canlı örnek Haliç’ in kıyılarıdır. Konsolide olmamış kilin sıkışması gerilme artışının getirdiği ve kilin sürmekte olan konsolidasyondan gelen bileşenlerin toplamı olarak hesaplanmalıdır (Önalp, 2002).

7.3. Sıkışabilirliğin Ölçümü

Arazi sıkışma eğrilerinin (bakir) elde edilmesi için killer yüzeye etkiyen yüklerin etkisi ile konsolide olurken yüzeyin düşey hareketinin ölçümü gerekmektedir. Bu tür ölçümler uzun zaman ve masraf gerektiren zahmetli çalışmaların ürünüdür ve uygulamada yapılması olanaksızdır denilebilir. Killerin sıkışma eğrilerinin bulunması için yıllarca bekleme gerektirmeyecek kadar hızlı sonuç veren ve basit laboratuvar deneyleri kullanılır. Bu deneylerin getirdiği hatalar önemli olmadığı sürece laboratuvar deneylerinden alınan sonuçların arazide geçerli olduğu kabul edilir.

7.3.1. Sıkışabilirliğin Ödometre’de ölçümü

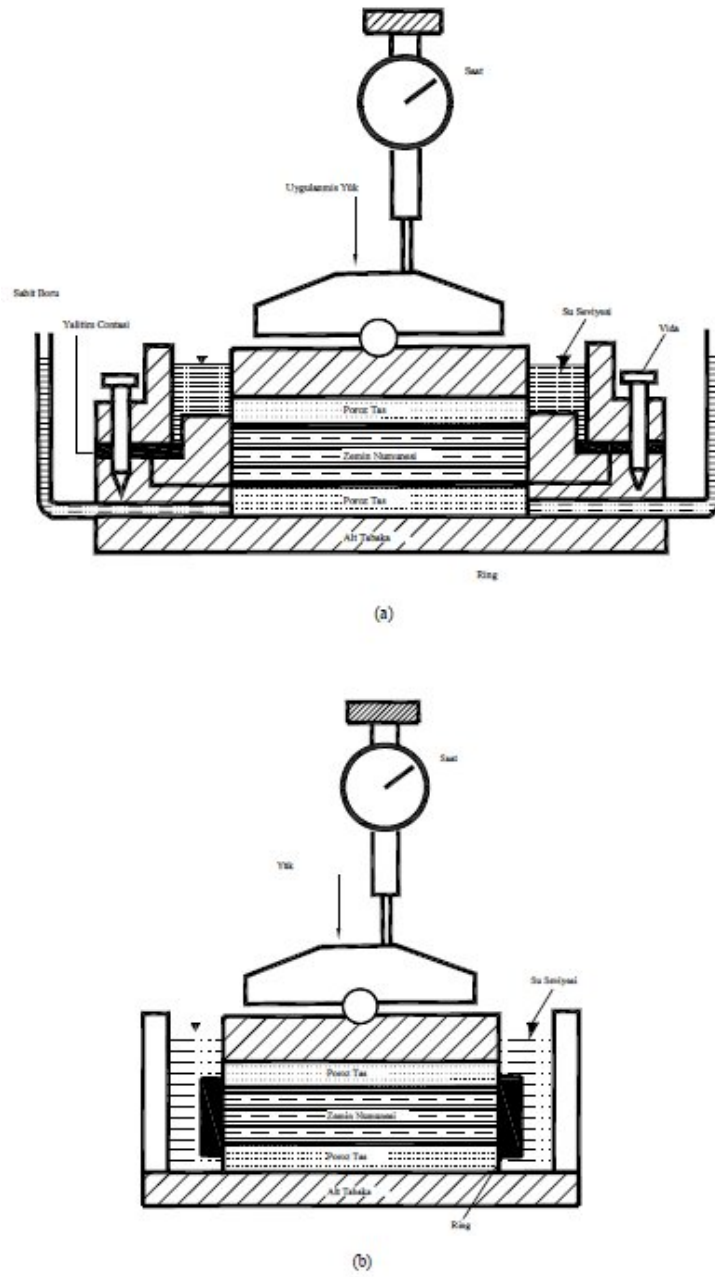
Ödometre zeminin sıkışma miktarı ve hızını bulan bir ölçüm aletidir. İlk kez 1920’lerde Terzaghi tarafından tasarlanmış olup günümüzde çok az bir değişiklikle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alette sıkışabilirliği ölçülecek zeminden sondajla olabildiğince örselenmeden alınmış numuneye; yapılmış kabullere uygun koşullar sağlanmaktadır. Sondaj tipinden çıkartılan numune şişme veya göçmesine meydan verilmeden çelik konsolidasyon halkasına yerleştirilir ve deney sonuna kadar su altında tutulur. Yükleme standart sıra ve sürelerde yapılırken numunenin gösterdiği sıkışmalar zamana bağlı olarak en az 0.002mm duyarlıkta mikrometre saati veya transdülserle otomatik olarak izlenir. Şekil 7.12’de kullanılan iki tip ödometre

gösterilmektedir. "Yüzen halkalı ödometre" de geçirimli tabakayı temsil eden gözenekli taşlar numune yüklendikçe üst ve alttan halkanın içine girebilmektedirler. "Sabit halkalı ödometre" de ise sıkışma sadece üstteki gözenekli taşın hareketi ile sağlanmaktadır.

Ödometrede çelik halka yanal deformasyonu önlediğinden sıkışmanın arazideki durumu yansıtan Ko koşullarında gerçekleştiği kabul edilmektedir. Ancak burada belirtilen en önemli sorun çap/yükseklik oranı 4 dolayında tutulan numunenin halkayla olan yanal sürtünmesidir. Bunu önlemek amacıyla halka teflonla kaplanabilirse de sürtünme etkisi tümüyle giderilememektedir. Yüzen halkalı ödometrenin bu etkiyi minimuma indirdiği kanısı yaygındır.

Numune ödometreye yerleştirildikten sonra şişmesi varsa, yükleme plakasına uygulanan mekanik veya hidrolik yüklerle önlenir ve su içinde dengeye ulaşmasına izin verilir. Sonra 25 kPa'dan başlayarak 24 saat aralıklı ve 2 katlık gerilme artışlarıyla 3200 kPa' a kadar yüklenir. Bu sırada zamana karşı boy kısaltmaları kaydedilmektedir. Yüklemenin aşamalı olarak yapılması nedeniyle ödometre deneyi "basamaklı yükleme" tip olarak da (linear incremental loading = LIR) nitelendirilmektedir.

Yükleme sırasında genellikle bir veya fazla boşaltma-yeniden yükleme işlemi yapılarak Cr' nin de bulunması sağlanır. Boşaltma, erişilen son basınç kademesinin 1/8' i veya daha azına yapılmalıdır. Sonuçta her gerilme aralığı $\Delta\sigma$ için zaman (t)- sıkışma (δ) okumaları elde edilerek $\delta - \log t$ veya $\delta - \sqrt{t}$ grafikleri çizilir ve hesaplamaya geçilir.



Şekil 7.12. Ödometre tipleri a) yüzen halkalı b) sabit halkalı

7.3.1.1. Ödometre deneyinde karşılaşılan sorunlar

Yukarıda da ele alındığı gibi deneyin en olumsuz yanı numunenin konsolidasyon halkası ile beliren kenar sürtünmesi sonucu burada oluşan kesme gerilmesinin bir boyutlu olması istenen uniform birim boy kısalmasını önlemesi böylece üst yüzeye uygulanan gerilmenin tümünün numunenin altına ulaşmamasıdır. Bunun yanında deneyde şu güçlükler de belirmektedir:

- a) Araziden numune alınması sırasında oluşan örselenmeler sonucu sıkışabilirliğin gerçek değerinden yüksek belirlenmesi
- b) Yükleme aralığının 24 saat süreyle kısıtlanması
- c) Deney başlamadan önce her zaman %100 doygunluğa getirilememesi bunun sonucu ölçülen ancak gerçekte olmayan sıkışmalar
- d) Çelik başlığın numuneye tam değmemesi sonucu başlangıçta ölçülen aşırı sıkışmalar

7.4. İnceleme Alanında Konsolidasyon Oturmalarının Hesaplanması

Kentsel dönüşüm projesi kapsamında yeniden yapılaşmaya gidilecek olan inceleme alanında, yeni yapılacak binalarda meydana gelebilecek muhtemel oturma miktarlarını ve inceleme alanının büyük çoğunluğunu oluşturan killi zeminlerin oturma potansiyellerini belirlemek amacıyla, 83 adet örselenmemiş numune üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonuçları kullanılarak oturma hesapları yapılmıştır. İnceleme alanı, yer altı suyu bakımından fakir olmasına rağmen, alınan 83 adet örselenmemiş numunenin doygunluk derecelerine (Sr) bakıldığında, 65 adet numunenin doygunluk derecesi % 90 – % 100 arasında değişirken, 18 adet numunede ise doygunluk derecesinin ise % 80 – % 90 arasında olduğu anlaşılmıştır. % 90 – % 100 arasında doygunluk derecesine sahip 65 adet numunenin suya doygun olduğu açıktır. Kalan 18 adet numunenin ise suya doygun kabul edilebilecek doygunluk derecesine yakın değerlerde olması ve ilk yüklemmeden sonra boşlukların azalmasıyla suya doygun hale geleceğinin varsayımıyla onlarda da konsolidasyon oturması beklenmesinin yanlış olmayacağı düşünülmüştür.

Bilindiği üzere killi zeminlerin oturma hesabında kil numunesinin normal ya da aşırı konsolide olması büyük önem taşımaktadır. Hesaplamalarda her iki durum için farklı bağıntılar kullanıldığından ötürü inceleme alanını oluşturan killi zeminlerin oturma potansiyellerinin hesaplanması aşamasında öncelikle kil numunelerinin normal ya da aşırı konsolide kil olma durumlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Buradan hareketle, ilk olarak 7.1.3.1’de anlatıldığı üzere, kil numunelerinin ön konsolidasyon

basınçlarının bulunması için, 83 adet konsolidasyon deneyi sonucu elde edilen sıkışma eğrileri üzerinde Casagrande yöntemi (Şekil 7.8) uygulanarak her bir numuneye ait ön konsolidasyon basıncı belirlenmiştir. Kil numunelerinin alındıkları derinliğe etkiyen efektif gerilemelerin de hesaplanmasıyla, (7.5)'de verilen bağıntı kullanılarak her numunenin aşırı konsolidasyon oranları (OCR) bulunmuş ve OCR oranlarına göre normal yada aşırı konsolide durumları tespit edilmiştir. Teorik olarak OCR oranının 1'den büyük olduğu durumlar aşırı konsolide kil olarak tarif edilse de tez çalışması kapsamında kil numunelerinin OCR oranının 1 - 1.50 arasında olduğu durumlar, yaygın olarak kullanıldığı şekli ile normal konsolide davranış olarak kabul edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda 83 adet numunenin 74 tanesi aşırı konsolide, 9 tanesi ise normal konsolide kil olarak belirlenmiştir. Normal konsolide killer, Güngören formasyonu ve alüvyona ait bazı numunelerden oluşmaktadır. Gürpınar formasyonuna ait killerin tamamı ise aşırı konsolide özelliindedir.

Normal yada aşırı konsolide durumları belirlenen 83 adet kil numunesinin oturma hesabı için normal konsolide durumlarda,

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \quad (7.6)$$

formülü kullanılmıştır. Burada,

S_c : Toplam oturma miktarı
 C_c : Sıkışma indisi
 e_0 : Numunenin boşluk oranı
 H : Kil tabakasının kalınlığı
 σ'_0 : Efektif gerilme
 $\Delta\sigma$: Gerilme artışı

Aşırı konsolide killerin hesabında ise iki durum söz konusudur;

$(\sigma'_0 + \Delta\sigma) < \sigma'_c$ durumunda

$$S_c = \frac{C_r}{1 + e_0} H \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \quad (7.7)$$

formülü kullanılırken,

$(\sigma'_0 + \Delta\sigma) > \sigma'_c$ durumunda ise

$$S_c = \frac{C_r}{1+e_0} H \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c}{1+e_0} H \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \quad (7.8)$$

formülü kullanılmaktadır.

Burada,

S_c : Toplam oturma miktarı

C_r : Yeniden yükleme indisi

C_c : Sıkışma indisi

e_0 : Numunenin boşluk oranı

H: Kil tabakasının kalınlığı

σ'_0 : Efektif gerilme

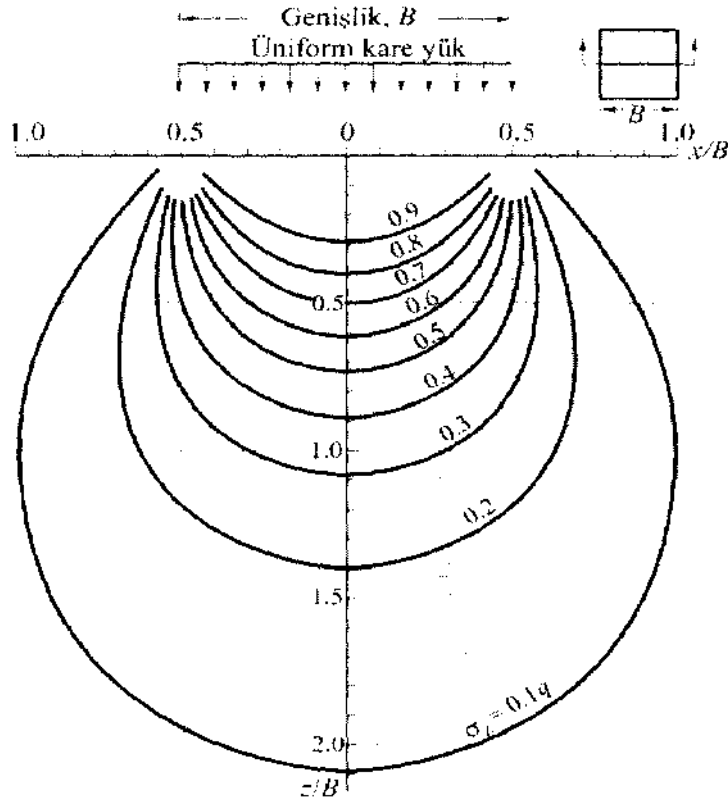
$\Delta\sigma$: Gerilme artışı

σ'_c : Ön konsolidasyon basıncı

Formüllerde yer alan C_c sıkışma indisi ve C_r yeniden yükleme indisi, 7.1.2.3 ve 7.1.2.4'de anlatıldığı şekli ile oturma hesaplamalarında kullanılmak üzere sıkışma eğrilerinden elde edilmiştir. İnceleme alanı için yapılan oturma hesaplamalarında kullanılan formüllerde, geriye kalan son bilinmeyen olan ve yapı yükünden kaynaklanacak gerilme artışını temsil eden $\Delta\sigma$ 'nın tespiti için bir model tasarlanmıştır. Çalışma alanı olan Esenler ilçesinde, imara açık alanlarda yapılacak binalar için 6 kata kadar izin verilmektedir. Geoteknik alanda araştırma yapanlar ve piyasada mühendislik hizmeti veren şirketler bünyesinde çalışan inşaat mühendisleri, herhangi bir binanın inşaatı sonrasında oluşabilecek oturma miktarının hesaplanması aşamasında, yapı yükünden kaynaklanacak gerilme artışının belirlenmesinde, genellikle binanın her bir katı için temel tabanına 15 - 25 kPa arasında bir gerilmenin uygulandığı kabulünde bulunmaktadırlar. Tez çalışması kapsamında yapılan oturma hesaplamalarında da, yapı yükünden kaynaklanacak gerilme artışlarının bulunmasında, binanın her bir katı için temel tabanına 20 kPa'lık bir gerilme uygulanacağı kabulünde bulunulmuştur. Böylece, 6 kata kadar imar izni olan çalışma alanı için, tez kapsamında yapılan oturma hesaplarında, yapı yükünden

kaynaklanacak gerilme artışlarının bulunması aşamasında 6 katlı bina baz alınarak, temel tabanına uygulanacak gerilmeler 120 kPa olarak alınmıştır. Temel tabanına uygulanacak gerilmenin, herhangi bir derinlikteki, oturma beklenen kil tabakasında yaratacağı gerilme artışının bulunmasında ise farklı temel boyutlarına göre hesaplamalar yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında, temel genişliği (B) 10 m, 15 m ve 20 m olan kare temel ve $B \times L = 10 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ olan dikdörtgen temel olmak üzere dört farklı temel boyutuna göre inşa edilecek binaların oturma potansiyelleri araştırılmıştır. Gerek binaların kat adedinin seçiminde, gerekse de temel boyutlarının seçiminde, gerçekçi yaklaşımlarda bulunularak, hem çalışma alanındaki killerin oturma potansiyellerini daha net ortaya koymak hem de kentsel dönüşüm projesi kapsamında yeniden yapılaşmaya gidilecek olan Esenler ilçesinde, bölgesel olarak hangi alanlarda daha fazla oturma bekleneceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Kil tabakalarında yapı yükünden kaynaklanacak gerilme artışlarının bulunmasında, kare temele sahip yükler için Şekil 7.13' de verilen basınç soğanları ve merkez altında gerilme artış eğrileri kullanılmıştır.



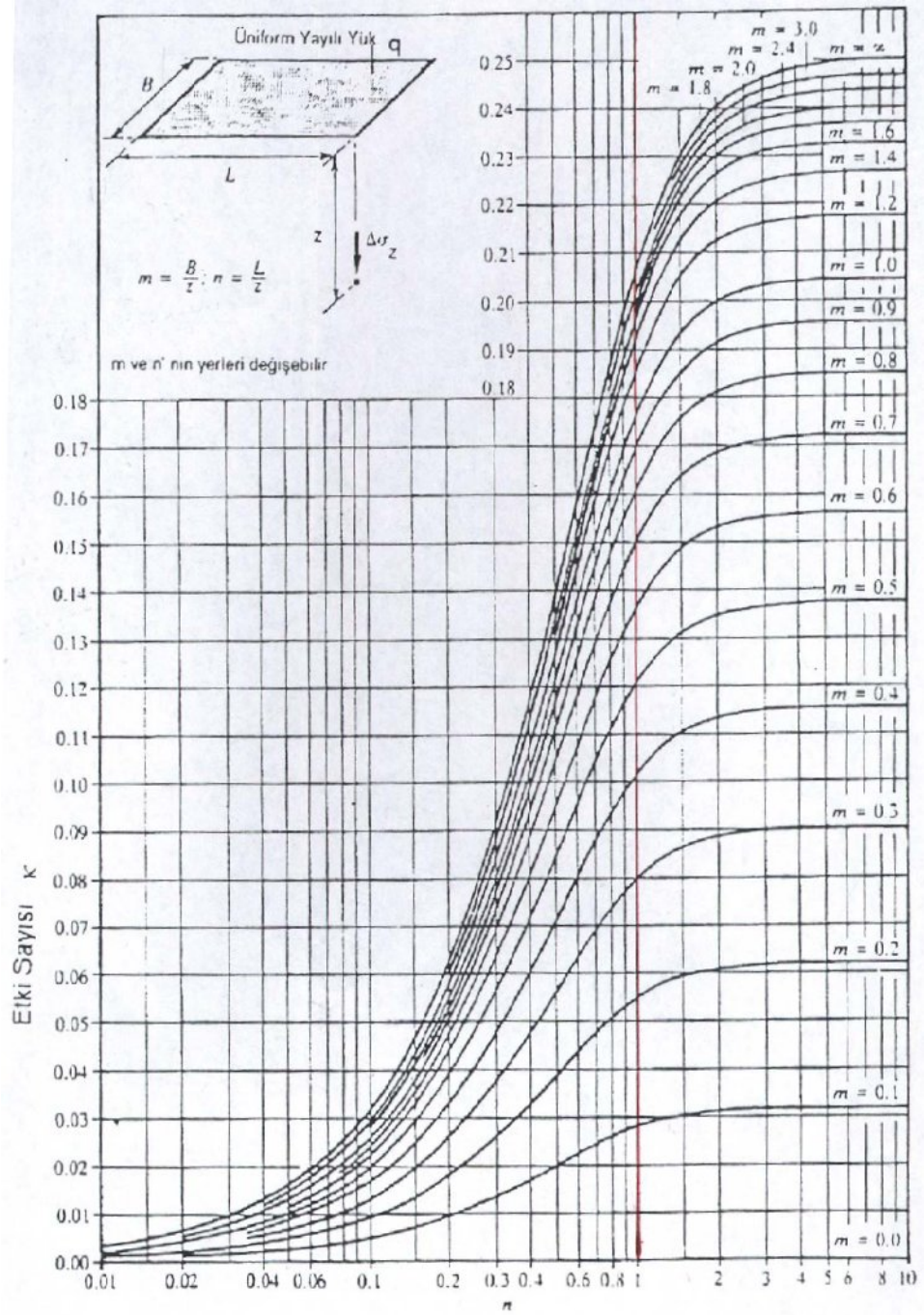
Şekil 7.13. Uniform kare yük altında gerilme dağılışı (Coduto, 1999)

BxL=10 m x 15m olan dikdörtgen temele sahip yüklerden kaynaklanacak gerilme artışlarının bulunmasında ise Şekil 7.14' de dikdörtgen biçimli yüklerden dolayı z derinlikte bir noktaya gelen düşey gerilme artışları için verilen eğrilerden yararlanılmıştır. Bilindiği gibi burada önemli olan yükün bir köşesi ile gerilme artışı hesaplanacak noktanın aynı düşey ekseninde bulunmasıdır. Bu koşulda alanın etki sayısını bulmak için kenar uzunlukları derinlikle oranlanarak m ve n değerleri hesaplanır ve eğriden K “etki sayısı” okunur. İstenen derinlik ve uzaklıktaki kitle gerilme artışı,

$$\Delta\sigma = N \cdot q \cdot K \quad (7.9)$$

formülü ile hesaplanır.

Bu bağıntıdaki N, simetri katsayısını göstermektedir. Gerilme artışı bulunacak nokta ile yükün bir köşesi çakışiyorsa N=1, aynı nokta dörtgen yükün eksenini ile çakışiyorsa N=4, yükün ya da alanın kenar ortası ile noktadan geçen eksen çakışiyorsa N=2 olarak alınmaktadır. Tez çalışması kapsamında yapılan oturma hesaplarında dikdörtgen yükten kaynaklanan gerilme artışları hesaplanırken, gerilme artışı bulunacak nokta ile dörtgen yükün ekseninin çakıştığı kabulü ile N=4 olarak alınmıştır. Yapılan hesaplamalarda K değerleri Şekil 7.14' de verilen eğrilerden ve Tablo 7.1' de verilen abak kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 7.14. Dikdörtgen yük altında gerilme artışı için etki sayısı

Tablo 7.1. Dörtgen alanlar için etki sayıları

m	n											
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4
0.1	.00470	.00917	.01323	.01678	.01978	.02223	.02420	.02576	.02698	.02794	.02926	.03007
0.2	.00917	.01790	.02585	.03280	.03866	.04348	.04735	.05042	.05283	.05471	.05733	.05894
0.3	.01323	.02585	.03735	.04742	.05593	.06294	.06858	.07308	.07661	.07938	.08323	.08561
0.4	.01678	.03280	.04742	.06024	.09473	.08009	.08734	.09314	.09770	.10129	.10631	.10941
0.5	.01978	.03866	.05593	.07011	.08403	.09473	.10340	.11035	.11584	.12018	.12626	.13003
0.6	.02223	.04348	.06294	.08009	.09473	.10688	.11679	.12474	.13105	.13605	.14309	.14749
0.7	.02420	.04735	.06858	.08734	.10340	.11679	.12272	.13653	.14356	.14914	.15703	.16199
0.8	.02576	.05042	.07308	.09314	.11035	.12474	.13653	.14607	.15371	.15978	.16843	.17389
0.9	.02698	.05283	.07661	.09770	.11584	.13105	.14356	.15371	.16185	.16835	.17766	.18357
1.0	.02794	.05471	.07938	.10129	.12018	.13605	.14914	.15978	.16835	.17522	.18508	.19139
1.2	.02926	.05733	.08323	.10631	.12626	.14309	.15703	.16843	.17766	.18508	.19584	.20278
1.4	.03007	.05894	.08561	.10941	.13003	.14749	.16199	.17389	.18537	.19139	.20278	.21020
1.6	.03058	.05994	.08709	.11135	.13241	.15028	.16515	.17739	.18737	.19546	.20731	.21510
1.8	.03090	.06058	.08804	.11260	.13395	.15207	.16720	.17967	.18986	.19814	.20731	.21836
2.0	.03111	.06100	.08867	.11342	.13496	.15326	.16856	.18119	.19152	.19994	.21032	.22058
2.5	.03138	.06155	.08948	.11450	.13628	.15483	.17036	.18321	.19375	.20236	.21235	.22364
3.0	.03150	.06178	.08982	.11495	.13684	.15550	.17113	.18407	.19470	.20341	.21512	.22499
4.0	.03158	.06194	.09007	.11527	.13724	.15598	.17168	.18469	.19540	.20417	.21633	.22600
5.0	.03160	.06199	.09014	.11537	.13737	.15612	.17185	.18488	.19561	.20440	.21722	.22632
6.0	.03161	.06201	.09017	.11541	.13741	.15617	.17191	.18496	.19569	.20449	.21749	.22644
8.0	.03162	.06202	.09018	.11543	.13744	.15621	.17195	.18500	.19574	.20455	.21760	.22652
10.	.03162	.06202	.09019	.11544	.13745	.15622	.17196	.18502	.19576	.20457	.21767	.22654
∞	.03162	.06202	.09019	.11544	.13745	.15623	.17197	.18502	.19577	.20458	.21769	.22656
	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	∞	
0.1	.03058	.03090	.03111	.03138	.03150	.03158	.03160	.03161	.03162	.03162	.03162	
0.2	.05994	.6058	.06100	.06155	.06178	.06194	.06199	.06201	.06202	.06202	.06202	
0.3	.08709	.08804	.08867	.08948	.08982	.09007	.09014	.09017	.09018	.09019	.09019	
0.4	.11135	.11260	.11342	.11450	.11495	.11527	.11537	.11541	.11543	.11544	.11544	
0.5	.13241	.13395	.13496	.13628	.13684	.13724	.13737	.13741	.13744	.13745	.13745	
0.6	.15028	.15207	.15326	.15483	.15550	.15598	.15612	.15617	.15621	.15622	.15623	
0.7	.16515	.16720	.16856	.17036	.17113	.17168	.17185	.17191	.17195	.17196	.17197	
0.8	.17739	.17967	.18119	.18321	.18407	.18469	.18488	.18496	.18500	.18502	.18502	
0.9	.18737	.18986	.19152	.19375	.19470	.19540	.19561	.19569	.19574	.19576	.19577	
1.0	.19546	.19814	.19994	.20236	.20341	.20417	.20440	.20449	.20455	.20457	.20458	
1.2	.20731	.21032	.21235	.21512	.21633	.21722	.21749	.21760	.21767	.21769	.21770	
1.4	.21510	.21836	.22058	.22364	.22499	.22600	.22632	.22644	.22652	.22654	.22656	
1.6	.22025	.22372	.22610	.22940	.23088	.23200	.23236	.23249	.23258	.23261	.23263	
1.8	.22372	.22736	.22986	.23334	.23495	.23617	.23656	.23671	.23681	.23684	.23686	
2.0	.22610	.22986	.23247	.23614	.23782	.23912	.23954	.23970	.23981	.23985	.23987	
2.5	.22940	.23334	.23614	.24010	.24196	.24344	.24392	.24412	.24425	.24429	.24432	
3.0	.23088	.23495	.23782	.24196	.24394	.24554	.24608	.24630	.24646	.24650	.24654	
4.0	.23200	.23617	.23912	.24344	.24554	.24729	.24791	.24817	.24836	.24842	.24846	
5.0	.23236	.23656	.23954	.24392	.24608	.24791	.24857	.24885	.24907	.24914	.24919	
6.0	.23249	.23671	.23970	.24412	.24630	.24817	.24885	.24916	.24939	.24946	.24952	
8.0	.23258	.23681	.23981	.24425	.24646	.24836	.24907	.24939	.24964	.24973	.24980	
10.	.23261	.23684	.23985	.24429	.24650	.24842	.24914	.24946	.24973	.24981	.24989	
∞	.23263	.23686	.23987	.24432	.24654	.24846	.24919	.24952	.24980	.24989	.25000	

Kil tabakalarında meydana gelen gerilme artışı, derinlikle sabit bir değer değildir. $\Delta\sigma$ değeri; temelin altından ölçülen derinlik arttıkça azalır. Kil tabakasında meydana gelecek ortalama gerilme artışı; aşağıdaki ifade ile yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (Das, 1999).

$$\Delta\sigma = \frac{1}{6} (\Delta\sigma_t + 4\Delta\sigma_m + \Delta\sigma_b) \quad (7.10)$$

Burada; $\Delta\sigma_t$, $\Delta\sigma_m$, $\Delta\sigma_b$ sırasıyla yapı temelinin kil tabakasının üstünde, ortasında ve altında neden olduğu gerilme artışlarıdır.

İnceleme alanında özellikle yeni yapılacak binalar için tasarlanan temel boyutu modelleri neticesinde, temel genişliği 10 m, 15 m ve 20 m olan kare temel ve BxL= 10 m x 15m olan dikdörtgen temele sahip şekilde inşa edilecek binaların oturma potansiyelleri belirlenmiştir. Tablo 7.2’de oturma hesaplarında kullanılan deneysel veriler ve numunelere ait ön konsolidasyon basınçları (σ_c) ile derinlik bilgileri ve bu derinliklere ait efektif gerilme (σ') değerleri verilmektedir.

Tablo 7.2. Oturma hesaplamalarında kullanılan deneysel veriler, derinlik ve efektif gerilme (σ') bilgileri

Sondaj Lokasyon	Sr %	Ho (m)	C _c	C _r	σ_c (kPa)	e _o	OCR	Z Derinlik (m)	σ' (kPa)
SK1	85	7.5	0.15	0.029	160	0.55	2.5	3.75	64.5
SK2	83	20	0.156	0.036	380	0.96	1.79	11.5	212
SK3	96	15	0.28	0.041	390	0.74	2.86	7.5	136.2
SK6	92	13.5	0.31	0.048	1850	1.06	14.42	6.75	128.25
SK7	100	5	0.092	0.017	90	0.92	1.25	4	72
SK8	92	6	0.19	0.027	290	0.98	2.46	6.5	117.5
SK9	98	15	0.081	0.042	260	0.82	2.15	6.5	120.5
SK10	94	7.5	0.242	0.036	240	0.69	2.5	5.25	96
SK13	80	2	0.211	0.031	80	0.73	1.77	2.5	45
SK14	92	6	0.11	0.02	150	0.72	1.58	6	94.5
SK15	90	11	0.092	0.036	330	0.79	3.23	5.5	102
SK16	100	12	0.21	0.044	510	0.71	4.57	6	111.5
SK17	98	14.5	0.277	0.041	460	0.82	3.42	7.25	134.12
SK18	92	18	0.32	0.049	420	0.91	2.52	9	166.5
SK20	89	7	0.096	0.019	140	0.8	2.2	3.5	63.2
SK21	94	5	0.225	0.042	250	0.91	2.5	5.5	100.25
SK22	89	11	0.11	0.015	220	0.72	2.15	5.5	102
SK23	95	19	0.07	0.032	290	0.74	1.65	9.5	175
SK24	100	17	0.094	0.055	260	0.69	1.65	8.5	157.5

Tablo 7.2. Devami

Sondaj Lokasyon	Sr %	Ho (m)	C _c	C _r	σ _c (kPa)	e _o	OCR	Z Derinlik (m)	σ' _v (kPa)
SK25	91	6	0.231	0.034	440	0.73	4.8	5	91.5
SK28	92	16.5	0.19	0.047	600	1.16	3.93	8.25	152.62
SK29	90	3	0.18	0.025	240	0.67	8.42	1.5	28.5
SK29	92	6	0.25	0.065	1650	1.01	11.5	7.5	142.5
SK30	80	13	0.12	0.031	285	0.68	2.37	6.5	120.25
SK31	98	13	0.22	0.032	420	1.02	3.5	6.5	120
SK32	97	16	0.29	0.046	470	0.812	3.17	8	148
SK34	80	7.5	0.081	0.028	120	0.86	1.13	6.75	106
SK35	98	8	0.121	0.072	240	0.94	1.31	10	182
SK40	97	4	0.29	0.037	320	0.81	3.87	4.5	82.5
SK42	96	8	0.096	0.026	210	0.77	1.74	7	121
SK43	92	12	0.32	0.05	400	0.84	3.6	6	111
SK44	81	4	0.14	0.018	190	0.58	5	2	38
SK44	90	7.5	0.19	0.045	1260	0.91	8	8.25	156.75
SK45	93	8	0.22	0.042	960	0.7	13.2	4	72.5
SK46	94	6	0.162	0.032	310	0.77	1.83	8	168.9
SK49	96	5	0.192	0.064	630	0.79	14	2.5	45
SK51	84	5	0.155	0.057	470	0.88	2.2	11.5	209.5
SK52	90	17	0.126	0.039	260	0.82	1.67	8.5	155.5
SK53	100	20	0.275	0.072	300	1.02	1.62	10	185
SK55	87	8	0.071	0.016	130	0.46	1.04	7	125
SK57	97	6.5	0.26	0.039	380	0.72	6.33	3.25	60
SK59	96	14	0.28	0.096	320	1.23	1.83	9.5	174.5
SK60	80	13	0.07	0.022	130	0.81	1.08	6.5	120.25
SK62	95	12	0.27	0.07	480	0.93	3.26	8	147
SK64	96	7	0.286	0.042	260	0.75	2.54	5.5	102
SK65	96	5.5	0.186	0.07	900	0.64	6.38	7.75	140.87
SK66	94	6	0.235	0.035	250	0.7	4.5	3	55.5
SK70	91	8	0.22	0.043	450	0.82	6	4	74
SK71	92	5	0.3	0.053	310	0.81	3.7	4.5	83.5
SNDJ-2	93	4	0.092	0.03	180	0.61	4.73	2	38
SNDJ-4	95	16	0.18	0.051	510	0.85	3.44	8	148
SNDJ-23	90	3.5	0.215	0.038	490	0.51	9.72	2.75	50.37
SNDJ-23	100	20	0.276	0.041	650	0.85	3.08	17.5	210.75
SNDJ-34	92	9	0.156	0.049	340	0.71	2.43	7.5	139.5
SNDJ-59	96	4.5	0.052	0.032	90	0.560	1.33	3.75	67.5
SNDJ-63	94	3	0.16	0.024	140	0.75	1.03	7.5	135
SNDJ-71	91	15	0.11	0.026	260	0.61	1.88	7.5	138
SNDJ-72	100	24	0.22	0.043	340	1.04	1.65	18	338
SNDJ-76	88	10	0.216	0.048	1200	0.77	12.9	5	94
SNDJ-77	93	6	0.215	0.049	510	0.83	9.2	3	55.5
SNDJ-89	94	3	0.2	0.031	200	0.651	2.38	4.5	84
SNDJ-90	96	4.5	0.199	0.029	250	0.743	6.17	2.25	40.5
SNDJ-98	87	6	0.091	0.027	130	0.78	1.2	6	108

Tabl 7.2. Devamı

Sondaj Lokasyon	Sr %	Ho (m)	C _c	C _r	σ_c (kPa)	e _o	OCR	Z Derinlik (m)	σ' (kPa)
SNDJ-101	92	15	0.335	0.05	550	1.14	3.31	9	165.75
SNDJ-114	100	6	0.166	0.037	300	0.491	3.63	4.5	82.5
SNDJ-131	94	3.5	0.105	0.055	350	0.746	2.32	8.25	150.25
SNDJ-141	94	9	0.295	0.044	510	0.74	6.1	4.5	83.25
SNDJ-146	90	4.5	0.148	0.033	260	0.71	1.7	7.25	153.25
SNDJ-148	91	2.5	0.071	0.02	140	0.5	6.3	1.25	22
SNDJ-166	80	10.5	0.34	0.065	1000	0.785	6.5	8.25	153.75
SNDJ-170	98	22	0.22	0.066	400	1.202	1.43	19	278
SNDJ-182	88	12	0.08	0.019	330	0.65	2.85	6	111.5
SNDJ-190	82	5.5	0.16	0.049	280	0.748	3.17	4.75	88.25
SNDJ-202	94	5	0.18	0.027	290	0.9	2.9	5.5	98.5
SNDJ-217	96	12	0.22	0.062	610	0.869	4.62	7	132
SNDJ-222	100	15	0.074	0.032	230	0.75	1.65	7.5	138.75
SNDJ-229	80	4	0.12	0.015	150	0.520	2.08	4	72
SNDJ-249	88	21	0.138	0.069	470	0.91	2	12.5	230.5
SNDJ-250	93	3	0.155	0.049	220	0.65	1.6	6.5	136.75
SNDJ-269	96	11	0.22	0.033	260	1.112	2.16	6.5	120
SNDJ-273	97	11.5	0.348	0.052	340	0.546	1.73	10.75	196
SNDJ-276	98	12	0.19	0.051	850	0.84	7.65	6	111
SNDJ-284	95	7	0.256	0.07	220	1.302	2.18	5.5	100.75

Tablo 7.3'de ise tasarlanan temel boyutlarına göre yapı yükünden kaynaklanacak gerilme artışları ve hesaplamalar sonucu oluşan nihai oturma değerleri verilmektedir.

Tablo 7.3. Tasarlanan temel boyutlarına göre yapı yükünden kaynaklanacak gerilme artışları ve hesaplanan nihai oturma değerleri

Sondaj Lokasyon	B (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)	ΔH (cm)	B (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)	ΔH (cm)	B (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)	ΔH (cm)	BxL (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)	ΔH (cm)
SK1	10	90	4.4	15	105.5	7.4	20	113	8.8	10x15	101.5	6.7
SK2	10	34	2.4	15	52.3	3.5	20	72	4.7	10x15	48	3.3
SK3	10	59	5.5	15	81	7.2	20	96	8.2	10x15	71	6.4
SK6	10	65.6	5.6	15	85	6.9	20	97	7.7	10x15	76.25	6.4
SK7	10	87.5	8.3	15	105	9.4	20	112	9.8	10x15	101.75	9.2
SK8	10	67	1.6	15	86.5	2	20	99	2.2	10x15	77.3	1.8
SK9	10	67	6.6	15	86.5	8.1	20	99	9	10x15	77.3	7.5
SK10	10	81	4.3	15	93.5	4.7	20	107	5.2	10x15	88.5	4.5
SK13	10	102	7.3	15	112	8	20	117	8.4	10x15	114.2	8.2
SK14	10	72.4	3.2	15	89	4.8	20	104	6.1	10x15	83	4.2
SK15	10	80	5.6	15	91	6.1	20	106	6.8	10x15	87	5.9
SK16	10	72.4	6.7	15	89	7.9	20	104	8.8	10x15	83	7.5
SK17	10	60	5.2	15	82.5	6.8	20	97	7.7	10x15	73	6.2
SK18	10	47	5	15	72	7.2	20	88	8.5	10x15	59	6.1

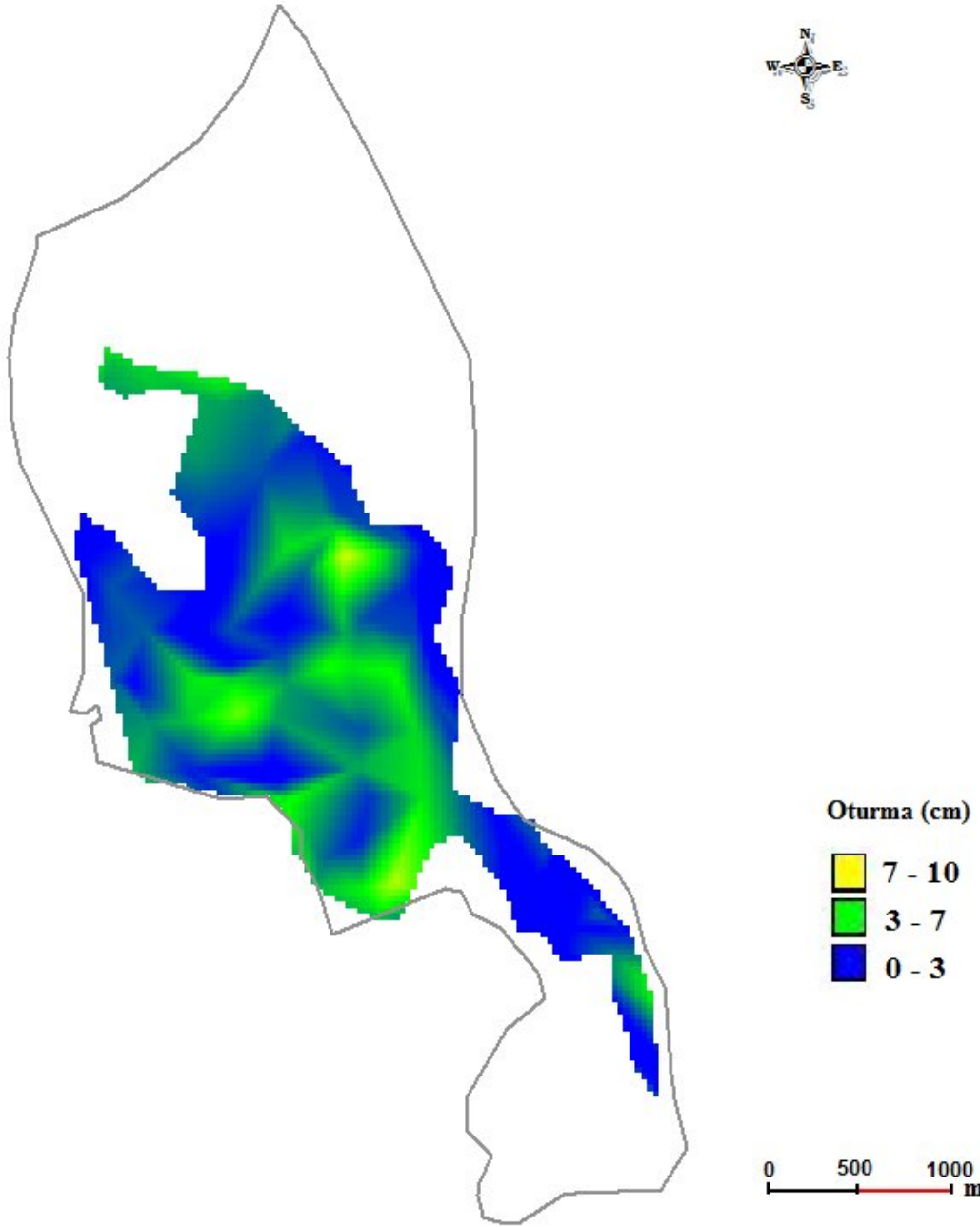
Tablo 7.3. Devami

SK20	10	91	4.1	15	106	5.6	20	114	6.4	10x15	103	5.3
SK21	10	80	2.8	15	91	3.1	20	106	3.4	10x15	87	3
SK22	10	80	2.4	15	91	2.7	20	106	3	10x15	87	2.6
SK23	10	45	3.5	15	67.5	5	20	86	6.1	10x15	56.5	4.2
SK24	10	48	6.4	15	76	9.5	20	90	10.9	10x15	62	8
SK25	10	79.5	3.2	15	95	3.6	20	108	4	10x15	91.3	3.5
SK28	10	49	4.3	15	77.4	6.4	20	92	7.4	10x15	64	5.5
SK29	10	108	3.1	15	116	3.2	20	119	3.2	10x15	118.4	3.2
SK29	10	59	2.9	15	81	3.8	20	96	4.3	10x15	71	3.4
SK30	10	67	4.6	15	86.5	5.6	20	99	6.3	10x15	77.3	5.2
SK31	10	67	4	15	86.5	4.9	20	99	5.4	10x15	77.3	4.4
SK32	10	52	5.3	15	79	7.5	20	93	8.6	10x15	66.6	6.6
SK34	10	65.6	6.8	15	85	8.4	20	97	9.2	10x15	76.25	7.7
SK35	10	43	4.6	15	63	6.4	20	84	8.2	10x15	53	5.5
SK40	10	84	2.5	15	99	2.8	20	110	3	10x15	95.4	2.7
SK42	10	63	2.1	15	84	2.6	20	98	3.6	10x15	75.5	2.3
SK43	10	72.4	7.1	15	89	8.3	20	104	9.4	10x15	83	7.9
SK44	10	106	2.6	15	114	2.7	20	118	2.8	10x15	116	2.8
SK44	10	49	2.1	15	77.4	3.1	20	92	3.5	10x15	64	2.6
SK45	10	87.5	6.8	15	105	7.7	20	112	8	10x15	101.75	7.5
SK46	10	52	1.3	15	79	1.8	20	93	2.1	10x15	66.6	1.6
SK49	10	102	9.2	15	112	9.7	20	117	9.9	10x15	114.2	9.8
SK51	10	34	1	15	52.3	1.5	20	72	1.9	10x15	48	1.4
SK52	10	48	4.3	15	76	6.3	20	90	7.2	10x15	62	5.3
SK53	10	43	6.5	15	63	9.1	20	84	11.6	10x15	53	7.8
SK55	10	63	6.9	15	84	8.7	20	98	9.8	10x15	75.5	8
SK57	10	94	6	15	108	6.6	20	115	6.9	10x15	103.5	6.4
SK59	10	45	6	15	67.5	8.6	20	86	10.5	10x15	56.5	7.3
SK60	10	67	9.7	15	85	11.7	20	99	13.1	10x15	77.3	10.9
SK62	10	52	5.7	15	79	8.1	20	93	9.3	10x15	66.6	7.1
SK64	10	80	4.2	15	91	4.7	20	106	5.2	10x15	87	4.5
SK65	10	55	3.4	15	80	4.6	20	95	5.3	10x15	69.7	4.1
SK66	10	96	5.4	15	110	5.9	20	116	6.1	10x15	105	5.7
SK70	10	87.5	6.4	15	105	7.3	20	112	7.6	10x15	101.75	7.1
SK71	10	84	4.4	15	99	5	20	110	5.3	10x15	95.4	4.8
SNDJ-2	10	106	4.3	15	114	4.5	20	118	4.6	10x15	116	4.5
SNDJ-4	10	52	5.8	15	79	8.2	20	93	9.3	10x15	66.6	7.1
SNDJ-23	10	98.5	4.1	15	111	4.5	20	116	4.6	10x15	106.8	4.4
SNDJ-23	10	24	2.1	15	39	3.3	20	42	3.5	10x15	27.5	2.4
SNDJ-34	10	59	4	15	81	5.1	20	96	5.9	10x15	71	4.6
SNDJ-59	10	90	5.5	15	105.5	6.1	20	113	6.4	10x15	102.5	6
SNDJ-63	10	59	4.3	15	81	5.6	20	96	6.4	10x15	71	5
SNDJ-71	10	59	3.7	15	81	4.9	20	96	5.6	10x15	71	4.4
SNDJ-72	10	22.4	6.7	15	37.5	11.3	20	40	12	10x15	30	9
SNDJ-76	10	79.5	7.2	15	95	8.2	20	108	9	10x15	91.3	8
SNDJ-77	10	96	7	15	110	7.6	20	116	7.9	10x15	105	7.4
SNDJ-89	10	84	1.7	15	99	1.9	20	110	2	10x15	95.4	1.9
SNDJ-90	10	105	4.2	15	113	4.3	20	117	4.4	10x15	115.2	4.4
SNDJ-98	10	72.4	6.8	15	89	8	20	104	9	10x15	83	7.6
SNDJ-101	10	47	3.8	15	72	5.5	20	88	6.5	10x15	59	4.6
SNDJ-114	10	84	4.5	15	99	5.1	20	110	5.5	10x15	95.4	5
SNDJ-131	10	49	1.4	15	77.4	2	20	92	2.3	10x15	64	1.7

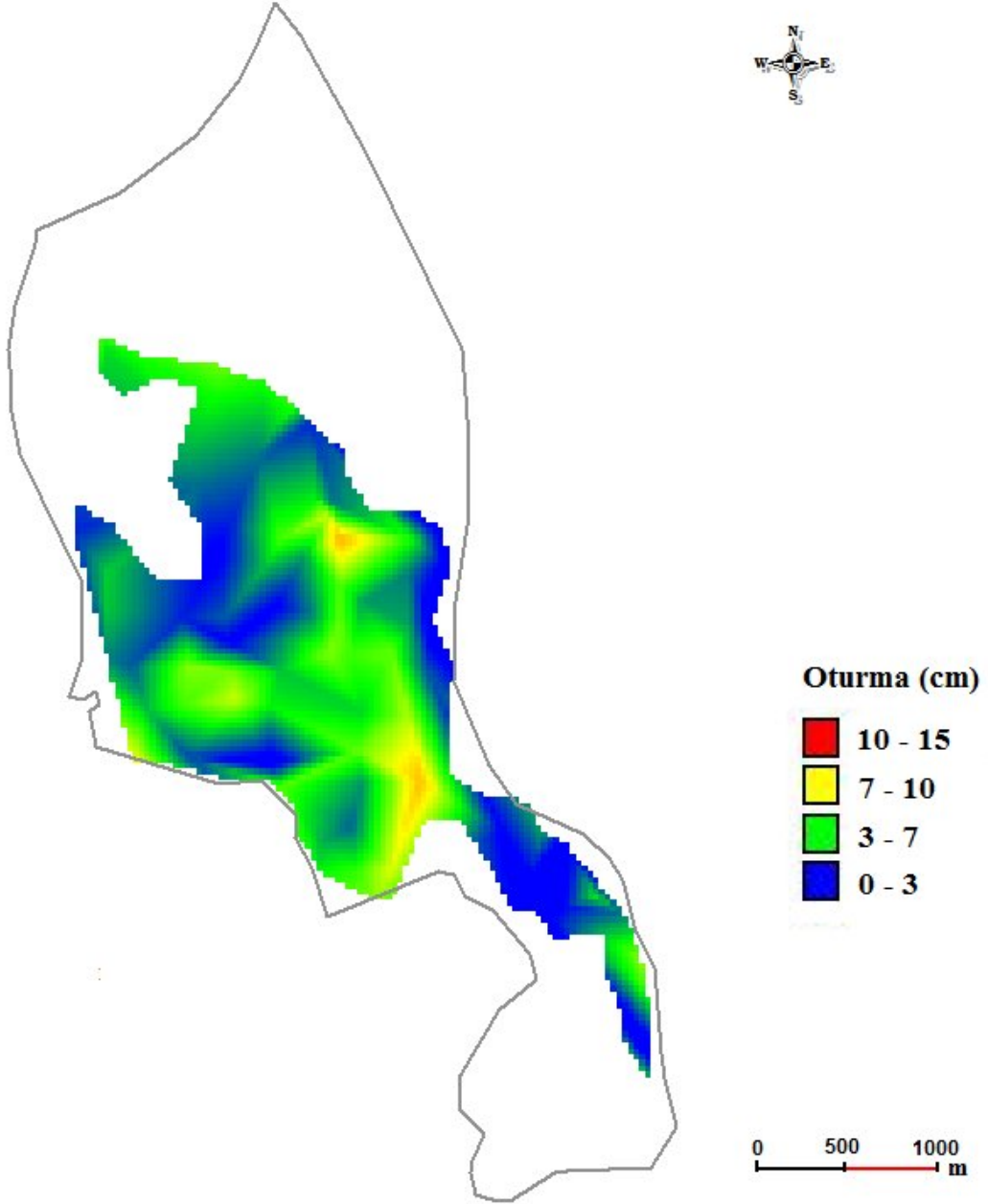
Tablo 7.3. Devamı

Sondaj Lokasyon	B (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)	ΔH (cm)	B (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)	ΔH (cm)	B (m)	$\Delta\sigma$ (Kpa)	ΔH (cm)	BxL (m)	$\Delta\sigma$ (kPa)	ΔH (cm)
SNDJ-141	10	84	6.9	15	99	7.7	20	110	8.3	10x15	95.4	7.5
SNDJ-146	10	60	1.2	15	82.5	1.6	20	97	1.8	10x15	73	1.5
SNDJ-148	10	113	2.6	15	117	2.7	20	119	2.7	10x15	119.2	2.7
SNDJ-166	10	49	4.6	15	77.4	6.8	20	92	7.8	10x15	64	5.8
SNDJ-170	10	17.6	5.9	15	31	10.1	20	35	11.3	10x15	20.5	6.8
SNDJ-182	10	72.4	2.9	15	89	3.4	20	104	4	10x15	83	3.2
SNDJ-190	10	83	4.5	15	97	5	20	109	5.4	10x15	93	4.8
SNDJ-202	10	80	1.8	15	91	2	20	106	2.3	10x15	87	2
SNDJ-217	10	63	6.8	15	84	8.6	20	98	9.6	10x15	75.5	7.9
SNDJ-222	10	59	4.2	15	81	5.5	20	96	6.6	10x15	71	4.9
SNDJ-229	10	87.5	2.1	15	105	3.5	20	112	4.1	10x15	101.75	3.3
SNDJ-249	10	30	4	15	48	6.2	20	66	8.3	10x15	42	5.5
SNDJ-250	10	67	1.5	15	86.5	1.9	20	99	2.7	10x15	77.3	1.7
SNDJ-269	10	67	3.3	15	86.5	4.1	20	99	4.5	10x15	77.3	3.7
SNDJ-273	10	36.2	2.9	15	59	4.4	20	81	5.8	10x15	48	3.7
SNDJ-276	10	72.4	7.3	15	89	8.5	20	104	9.5	10x15	83	8.1
SNDJ-284	10	80	5.4	15	91	6	20	106	6.7	10x15	87	5.8

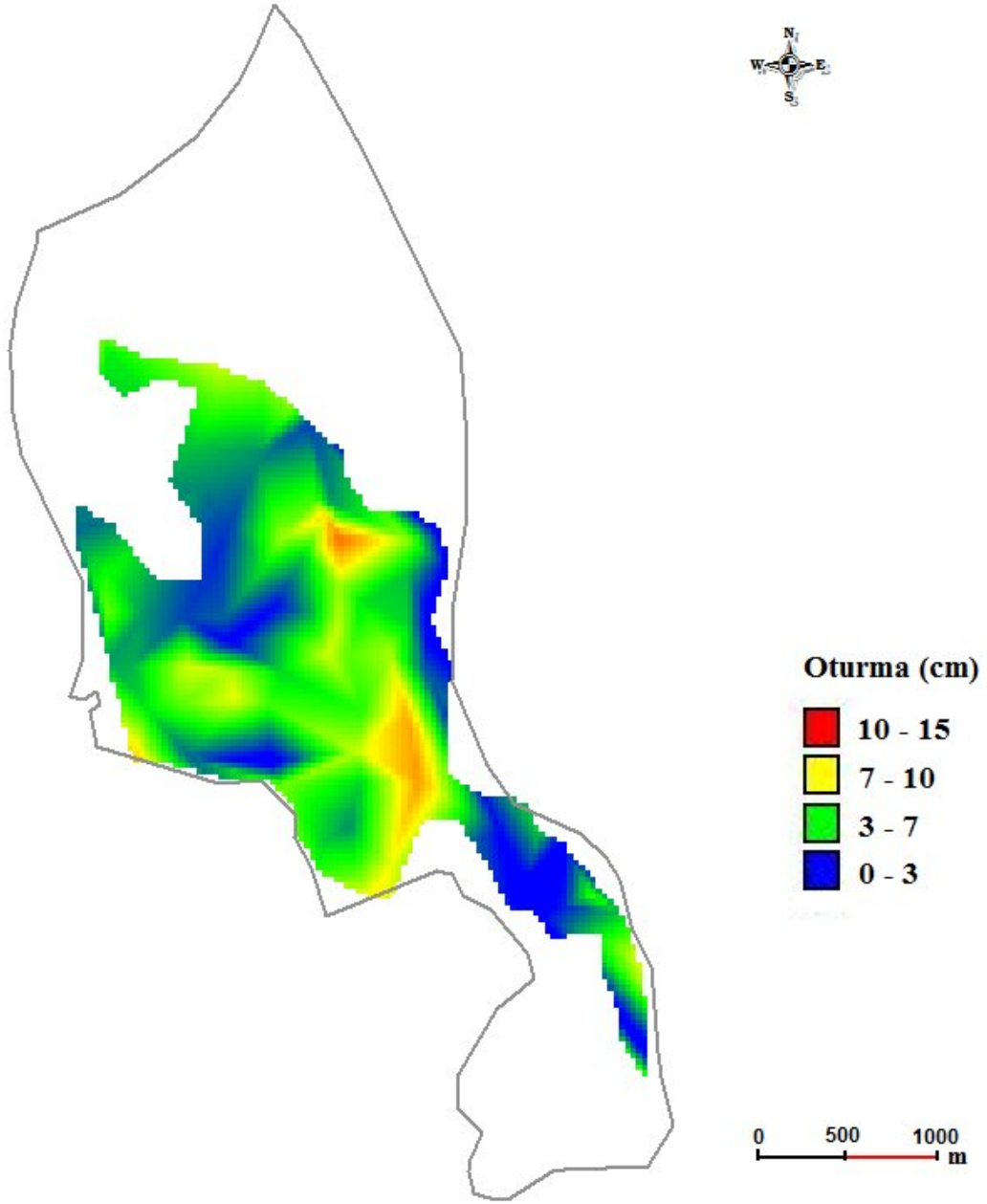
Şekil 7.15, 7.16, 7.17 ve 7.18’ da Tablo 7.3’ de verilen nihai oturma sonuçları kullanılarak, inceleme alanında temel genişliği 10 m, 15 m ve 20 m olan kare temel ve BxL=10 m x 15m olan dikdörtgen temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası meydana gelmesi muhtemel oturmaları gösteren haritalar görülmektedir. Oturma değerlerine bakıldığında, özellikle B=20 m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası, bazı lokal alanlar için 10 cm sınırını geçen oturma değerleri görülmektedir (Şekil 7.17). Kemer, Fevzi Çakmak, Nene Hatun ve Fatih mahalle sınırları içinde kalan bu lokal alanlarda oturma değerlerinin büyük çıkmasında, bu alanlardaki kil tabakalarının kalınlığının (H_0) yaklaşık 15 ile 25 m arasında değişmesi önemli rol oynamaktadır. İnceleme alanı için yapılan oturma hesaplamalarının, kentsel dönüşüm projesi kapsamında yeniden yapılaşmaya gidilecek olan belediye imar alanları için yapılması ve buna uygun temel boyutları seçilmesinden ötürü, YTÜ Kampüs alanı değerlendirme dışında tutulmuştur.



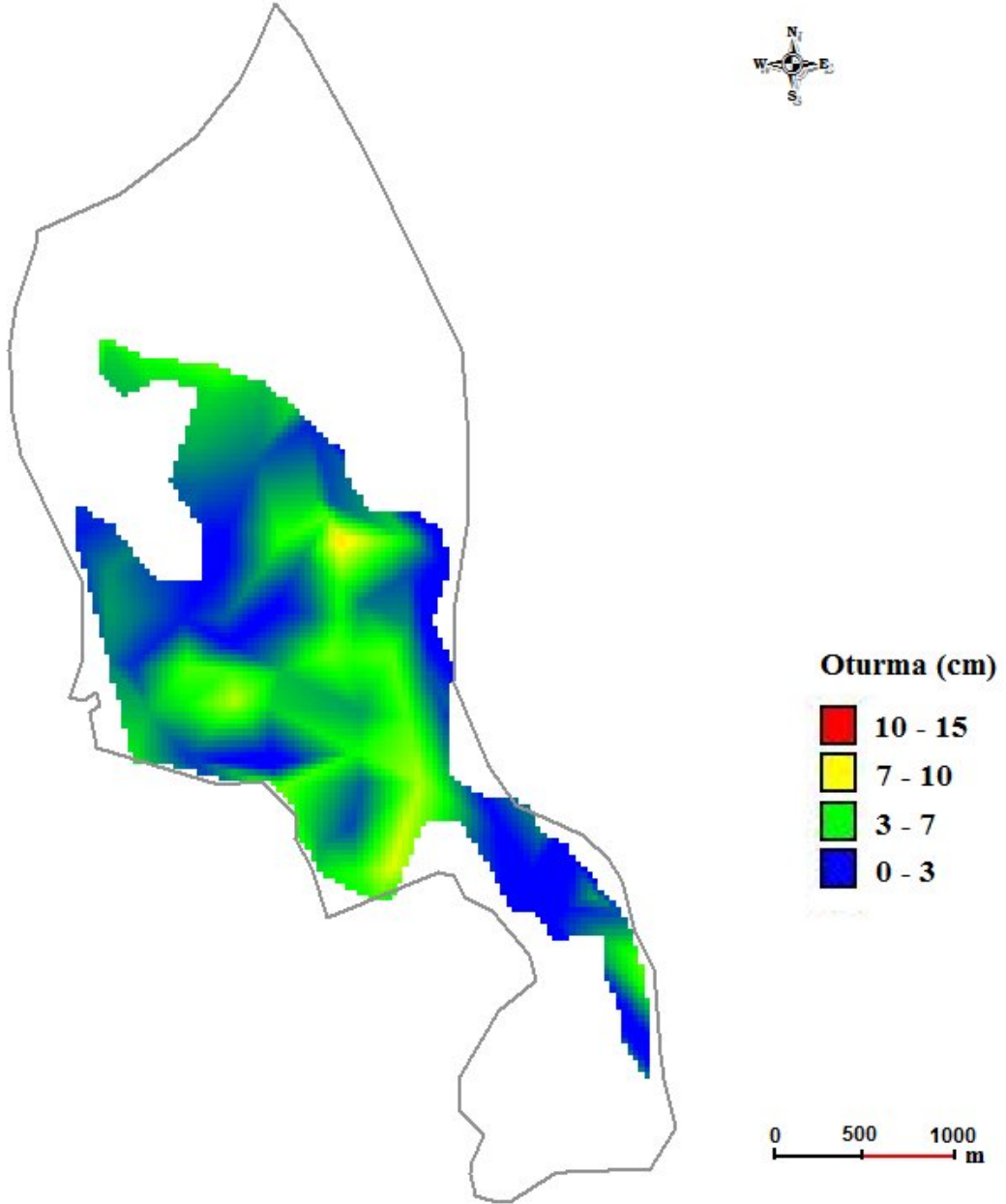
Şekil 7.15. İnceleme alanında B=10 m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası temel altında meydana gelmesi muhtemel oturmalar



Şekil 7.16. İnceleme alanında B=15 m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası temel altında meydana gelmesi muhtemel oturmalar



Şekil 7.17. İnceleme alanında B=20 m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası temel altında meydana gelmesi muhtemel oturmalar



Şekil 7.18. İnceleme alanında BxL=10 m x 15 m olan dikdörtgen temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası temel altında meydana gelmesi muhtemel oturmalar

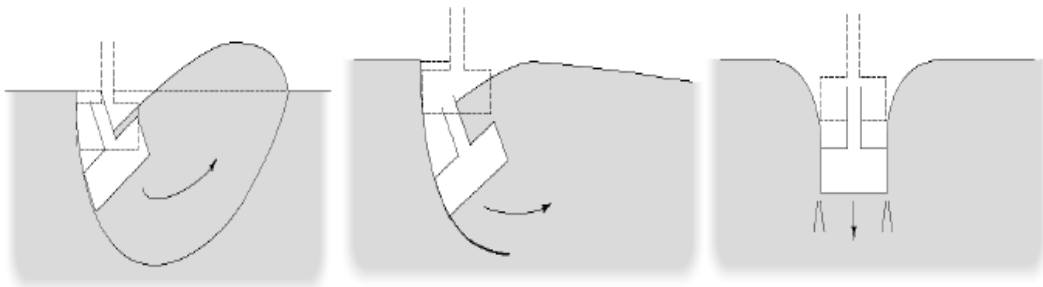
BÖLÜM 8. İNCELEME ALANININ TAŞIMA GÜCÜ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLEREK MİKROBÖLGELENMESİ

Bu bölümde, yüzeysel temeller ve kayaçların taşıma gücü değerlendirmesine ait genel bilgiler ile inceleme alanında yüzeysel temeller ve kaya birimler için yapılan taşıma gücü hesaplamalarına ait sonuçlara yer verilmiştir.

8.1. Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü

Yüzeysel temeller, uygulanan yapısal yükleri yüzeye yakın zemine iletirler ve bu esnada zeminde kayma gerilmeleri oluştururlar. Bu gerilmelerin büyüklükleri çoğunlukla temas basıncına ve temelin büyüklüğüne bağlıdır. Temas basıncının yeteri kadar büyük veya temelin yeteri kadar küçük olması durumunda, kayma gerilmeleri zeminin veya kayanın kayma dayanımını aşabilir. Bu da taşıma gücü yenilmesi ile sonuçlanır.

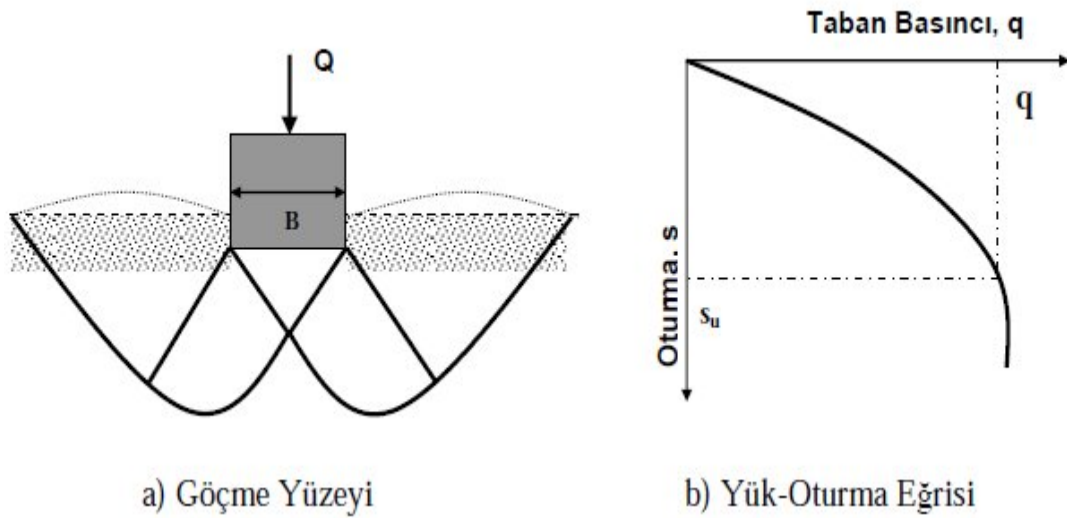
Zeminlerde üç tür yenilme tanımlanır; a) genel göçme b) yerel göçme c) zımbalama göçmesi (Şekil 8.1)



Şekil 8.1. a. Genel Kayma Göçmesi, b. Yerel (Kısmi) Kayma Göçmesi c. Zımbalama Kayma Göçmesi (Coduto, 2001)

8.1.1. Genel kayma göçmesi

Bu tür bir göçme türü genellikle, sıkı kum veya sert killerde görülmektedir. Temel zemininde gözlenen göçme yüzeyi ile tipik bir yük-oturma eğrisi Şekil 8.2b'de yer almaktadır. Başlangıçta, temele uygulanan Q yükü ($q=Q/A$) arttıkça oturmalar artmakta iken, göçme yüküne ulaşıldığında, yük sabit kalırken oturmalar devam ederek büyük değerlere ulaşmaktadır. Zemin, kayma yüzeyleri boyunca kırılarak göçmekte ve zemin yüzeyinde kabarmalar oluşmaktadır. Nihai taşıma kapasitesi q_u , yük-oturma eğrisinin en üst noktasındaki değeri olup, yük-oturma eğrisinden açıkça belirlenebilmektedir. Grafikteki S_u , göçme anındaki oturma değeridir (Yıldız, 2002).

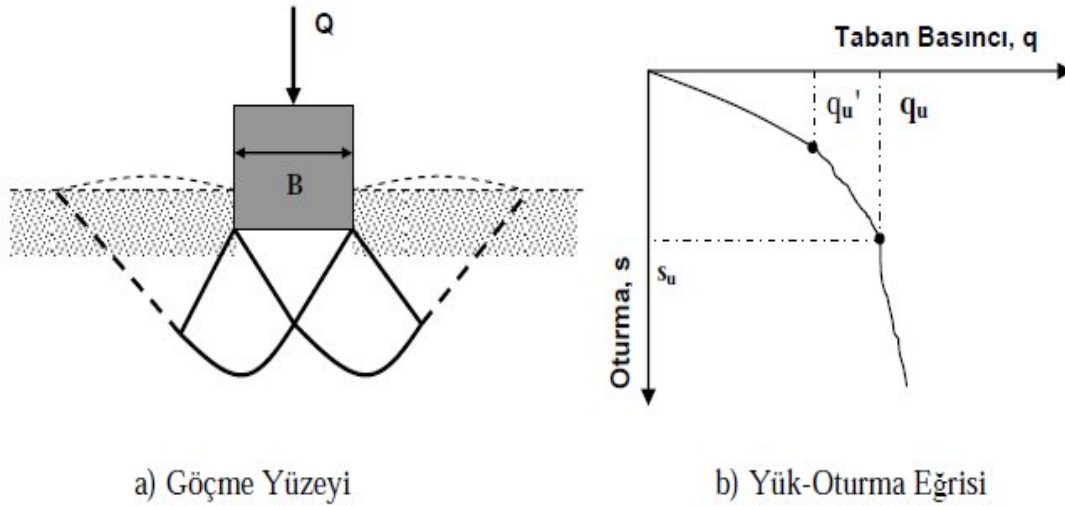


Şekil 8.2. Genel Kayma Göçmesi

8.1.2. Yerel kayma göçmesi

Bu tür bir göçme türü genellikle, orta sıkı kum veya orta sertlikteki kil zeminlerde görülmektedir. Zeminde gözlenen göçme yüzeyi ve yük-oturma eğrisi Şekil 8.3b'de yer almaktadır. Şekilden görüldüğü üzere yük-oturma eğrisi, 3 bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde q_u' =ilk göçme yükü olmak üzere, $q=q_u'$ değerine kadar yükün artırılması durumunda, oturmalar da artmaktadır. Bu bölümde, zemin düşey yönde sıkışırken çok az miktarda yanal deformasyonlar görülmektedir. İkinci bölümde, yani, yükün daha da artırılması durumunda yük-oturma eğrisi daha dik ve

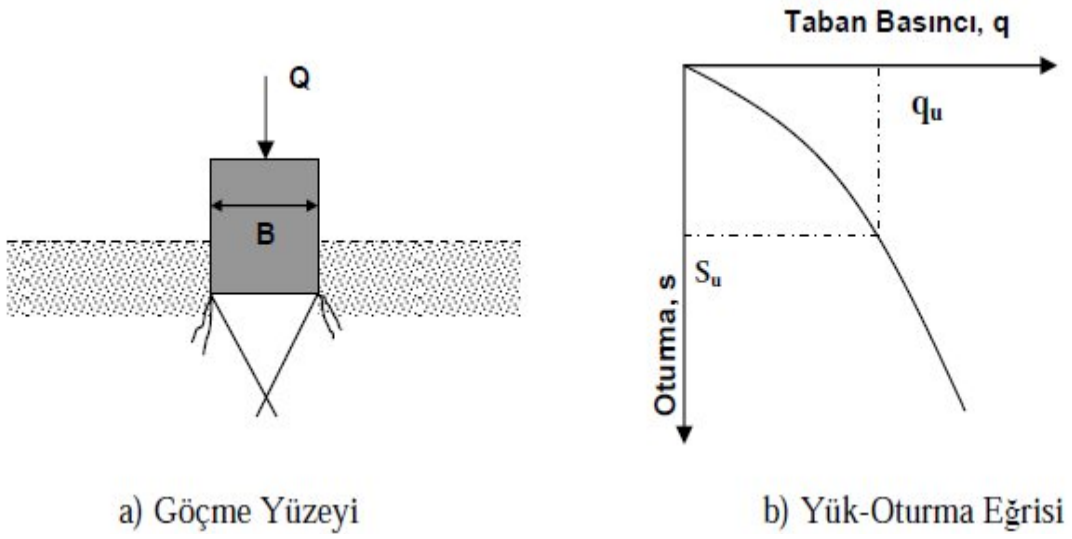
düzensiz bir şekilde artmaktadır. Zeminde dışa ve yukarı doğru hareketler gözlenmektedir. Üçüncü bölümde yani, $q=q_u$ olduğunda ise, göçme yüzeyi zemin yüzeyine ulaşmaktadır. Yük arttırılmaya devam ederse, zemin yüzeyinde kabarmalar oluşmakta yük-oturma eğrisi de doğrusal olarak artmaktadır. Bu tür bir göçmede eğri üzerinde q_u değeri tam olarak belirgin değildir (Yıldız, 2002).



Şekil 8.3. Yerel Kayma Göçmesi

8.1.3. Zımbalama kayma göçmesi

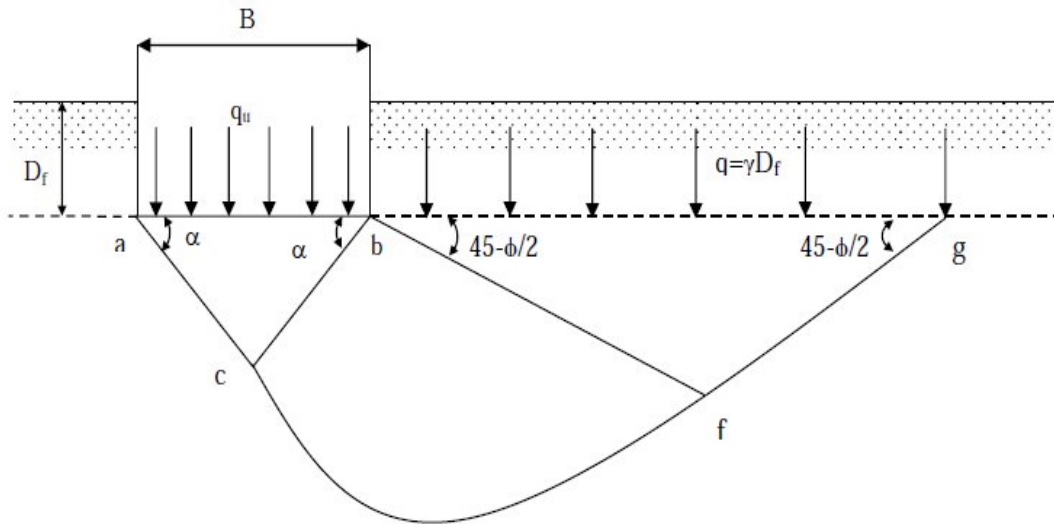
Bu tür bir göçme türü genellikle, gevşek kumlarda veya yumuşak kil zeminlerde görülmektedir. Zeminde gözlenen göçme yüzeyi ve tipik bir yük-oturma eğrisi Şekil 8.4b'de yer almaktadır. Bu tür göçmelerde, zemin yüzeyinde kabarmalar oluşmamaktadır. Yük arttıkça oturmalar da sürekli artmakta olup, eğri üzerinde göçme yükü q_u net olarak tayin edilememektedir. Bu durumda, nihai taşıma kapasitesi değeri q_u 'nun belirlenmesi için iki yöntem ileri sürülmüştür. İlk yöntemde Das ve ark. (1994) tarafından, nihai taşıma kapasitesi değeri yük-oturma eğrisinde, $\Delta S/\Delta q$ oranının en büyük olduğu ve bundan sonra sabit kaldığı nokta olarak tanımlanmıştır. İkinci yöntemde ise, Yetimoğlu ve ark. (1994) tarafından yük-oturma eğrisinin başlangıç ve bitiş teğetlerinin kesişim noktası olarak tanımlanmıştır (Yıldız, 2002).



Şekil 8.4. Zımbalama Kayma Göçmesi

8.1.4. Yüzeysel temellerin taşıma gücü hesabı

Genel taşıma gücü teorisi Terzaghi (1943) tarafından ortaya atılmıştır. Terzaghi tarafından uniform yüklü şerit temel için ileri sürülen taşıma gücü teorisinde, göçme anında temel zemininde oluşan kırılma yüzeyleri Şekil 8.5'de olduğu gibi kabul edilmiştir.



Şekil 8.5. Terzaghi taşıma gücü teorisi göçme modeli

Bu teoride, temel altındaki göçme bölgesi üç ana bölgeye ayrılmaktadır. Bunlar;

1. abc bölgesi: Temelin hemen altında yer alan kama şeklindeki elastik bölgedir. abc üçgeninin ac ve bc kenarları eşit olup $\alpha = \phi$ 'dir.

2. bcf bölgesi: Prandtl radyal kayma bölgesidir. cf kırılma yüzeyi logaritmik spiraldir.
3. bfg bölgesi: Rankine pasif bölgesidir. Bu bölgenin kayma yüzeylerinin yatayla yaptığı açı $(45 - \phi/2)$ 'dir.

Temel zemini; homojen, izotrop ve yarı sonsuz kabul edilerek şerit temelin nihai taşıma kapasitesi için aşağıdaki bağıntı çıkarılmıştır:

$$q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma \quad (8.1)$$

Burada, N_c , N_q , N_γ , ϕ 'ye bağlı taşıma gücü katsayıları, c , kohezyon, γ , zeminin birim hacim ağırlığı, B , temel genişliği ve D_f ise, temel derinliğidir.

Tablo 8.1. ϕ 'ye bağlı taşıma gücü katsayıları

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1.0	0.0
5	6.50	1.6	0.5
10	8.30	2.5	1.2
15	11.0	3.9	2.6
20	14.8	6.4	5.4
25	20.7	10.7	10.8
30	30.1	18.4	22.4
32	35.5	23.2	30.2
34	42.2	29.4	41.1
36	50.6	37.7	56.3
38	61.4	48.9	78.0
40	75.3	64.2	109.4
42	93.7	85.4	155.6
44	118.4	115.3	224.6
46	152.1	158.5	330.4
48	199.3	222.3	496.0
50	266.9	319.1	762.9

Terzaghi formülünün genel biçimi ise aşağıda verilmektedir:

$$q_u = K_1 c N_c + \gamma D_f N_q + K_2 \gamma B N_\gamma \quad (8.2)$$

Burada, K_1 ve K_2 , temel şekil katsayılarıdır (Tablo 8.2).

Tablo 8.2. Temel tipine göre şekil katsayıları

Temel Şekli	Şerit L>5B	Dikdörtgen L>B	Kare L=B	Daire B=D
K ₁	1	$1 + 0.2 \frac{B}{L}$	1.3	1.3
K ₂	0.5	$0.5 - 0.1 \frac{B}{L}$	0.4	0.3

Terzaghi taşıma gücü denklemi kare ve daire şeklindeki temeller için aşağıdaki gibidir:

$$q_u = 1.3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (\text{Kare Temel}) \quad (8.3)$$

$$q_u = 1.3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.3 \gamma B N_\gamma \quad (\text{Dairesel Temel}) \quad (8.4)$$

Yüzeysel temelerde güvenli taşıma gücü; hesaplanan taşıma gücünün güvenlik sayısına (GS) bölünmesiyle bulunur. Hesaplamalarda güvenlik sayısı genellikle 3 alınmaktadır.

$$q_{em} = \frac{q_u}{GS} \quad (8.5)$$

8.2. Kayaçlarda Taşıma Gücü Hesabı

Kayaçlar genelde çok iyi temel birimi olarak düşünülür. Oysa kayaçlarda da aşırı yüklenmeden dolayı büyük oranda oturmalar veya ani yenilmeler meydana gelebilir. Bu nedenle kayaç üzerine inşa edilecek temelin tasarımında en az herhangi bir zemin üzerinde düşünülen bir temel tasarımında gösterilen dikkat ve titizlik gösterilmelidir. Temel tasarımındaki hesaplamalarda kayaçlar genel olarak ayrışmış ve ayrışmamış (sağlam) olmak üzere iki ana sınıf altında gruplandırılmakta ve kayaç kitlesinin mekanik özellikleri dikkate alınmaktadır. Oysa, en az ayrışma kadar veya bundan daha önemli olan yapısal süreksizliklerin özellikleri (sıklığı, dolgusu, aralığı vb.) ve konumlarıdır (doğrultu, eğim değerleri ve yönelimleri) (Şekercioğlu, 2002).

Genel tanımlarda eğer kayaç ayrışma etkisine maruz kalmamış tek eksenli basınç dayanımı 900 kN/m^2 'yi aşıyor ve süreksizlik aralıkları yaklaşık 1 m'den fazla ise sağlam kayaç olarak tanımlanır. Tanıma göre çok düşük dayanıma sahip kayaçlar bile, eğer süreksizlik şartı sağlanıyorsa sağlam kayaç sınıfına girebilmektedir.

Kayaçların taşıma gücü hesaplamasında kayacın izin verilebilir taşıma basıncını direkt bir ampirik katsayı (kitle faktörü J) ve tek eksenli basınç dayanımının (q_{un}) fonksiyonu olarak tanımlamaktadır. Kayaç kalitesi RQD'nin bilinmesi durumunda J değeri yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir (Tablo 8.3).

Tablo 8.3. Kayaç kalitesi RQD ile kitle faktörü J arasındaki ilişki (Şekercioğlu, 2007)

Kayaç Kalite Sınıflaması	RQD %	Kitle Faktörü J
Çok Zayıf	0-25	<0,2
Zayıf	25-50	0,2
Orta	50-75	0,2-0,5
İyi	75-90	0,5-0,8
Çok İyi	90-100	0,8-1,0

Kayacın izin verilebilir taşıma gücü;

$$q_a \cong J \cdot q_{un} \quad (8.6)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir.

q_a = Kayacın izin verilebilir taşıma basıncı

J = Kitle faktörü

q_{un} = Tek eksenli basma dayanımı

Ayrıca J değeri ile süreksizlikler ve tabakalanma düzlemleri arasındaki aralığa bağlı olarak yapılan kayaç sınıflaması arasında bir ilişki bulunmaktadır (Tablo 8.4).

Tablo 8.4. Kitle faktörü J ile tabakalanma düzlemi süreksizlik aralığı ilişkisi (Şekercioğlu, 2007)

Tanımlama	Süreksizlik Aralığı (m)	Kitle Faktörü J
Çok Kalın Tabakalı	>2	0,8-1,0
Kalın Tabakalı	0,6-2,0	0,5-0,8
Orta Tabakalı	0,2-0,6	0,2-0,5
İnce Tabakalı	0,06-0,02	0,1-0,2
Çok İnce Tabakalı	0,02-0,06	0,1
Laminalı	0,006-0,02	-
İnce Laminalı	<0,006	-

8.3. İnceleme Alanının Taşıma Gücü Açısından Değerlendirilmesi

Bilindiği üzere, depremler sırasında binalarda meydana gelen hasarların bir kısmı taşıma gücü yenilmelerinden kaynaklanmaktadır. Kentsel dönüşüm projesi kapsamında gerekli alt yapının oluşturulmasının ardından inceleme alanı genelinde yeniden yapılaşmaya gidileceğinden yola çıkılarak, tez çalışması kapsamında, yüzeysel temeller ve kaya birimler için taşıma gücü değerlendirmelerinde bulunulmuştur. Çalışmada, inceleme alanını oluşturan zemin ve kaya ortamlar ayrı ayrı değerlendirilerek, zemin ortamlar için yüzeysel temellerin taşıma gücü prensibi, kaya ortamlar için ise kayaçların izin verilebilir taşıma gücü prensibi benimsenmiştir.

İnceleme alanında yapılan sondajlar sırasında alınan 91 adet örselenmemiş numune üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonucu elde edilen, kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) verileri kullanılarak taşıma gücü hesapları yapılmıştır. Bu çalışma için Terzaghi'nin önerdiği taşıma gücü teorisi kapsamında, (8.3)'de kare temeller için verilen taşıma gücü denklemi kullanılmıştır. Taşıma gücü hesaplamalarında tıpkı oturma hesaplarında olduğu gibi bir model belirlenerek, temel derinliği (Df) 3 m ve B=15 m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binaların durumu araştırılmıştır. Hesaplamalarda güvenlik sayısı (GS), 3 olarak alınmıştır. Tablo 8.5' de taşıma gücü hesabında kullanılan kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) bilgileri ile birlikte elde edilen taşıma gücü değerleri verilmektedir.

Tablo 8.5. Taşıma gücü hesaplarında kullanılan kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) bilgileri ile birlikte yüzeyel temeller için elde edilen taşıma gücü değerleri

Sondaj Lokasyon	Numune derinliği (m)	c (kPa)	ϕ °	qnet (kPa)
SNDJ-2	4,00-4,50	12.3	20	374
SNDJ-4	2.50-3.00	56.7	7.5	256.7
SNDJ-5	2.50-3.00	86.3	2	249.4
SNDJ-23	4,00-4,50	71.2	8	319
SNDJ-30	2.50-3.00	8.7	22	478
SNDJ-34	4,00-4,50	72.5	10	371.6
SNDJ-40	2.50-3.00	15.6	23	569.4
SNDJ-57	4,00-4,50	10.5	22	451
SNDJ-59	2.50-3.00	91.4	7.5	381.6
SNDJ-61	4,00-4,50	11	24	625.3
SNDJ-63	6.50-7.00	52.5	14	384.6
SNDJ-71	5,50-6,00	43	8.5	221.7
SNDJ-75	5,50-6,00	16.7	20	400.2
SNDJ-76	7,00-7,50	62.4	14	433.7
SNDJ-77	2.50-3.00	69.7	5	257.2
SNDJ-80	4,00-4,50	11.2	21	404.3
SNDJ-89	4,00-4,50	81.3	14	548.5
SNDJ-90	2.50-3.00	90	1	254.1
SNDJ-98	7,00-7,50	106	2	301.4
SNDJ-99	4,00-4,50	9.4	20	344.3
SNDJ-101	2.50-3.00	73.5	9	350.93
SNDJ-113	2.50-3.00	21.7	19	399.7
SNDJ-114	2.50-3.00	65.8	11.5	386.1
SNDJ-117	4,00-4,50	8.8	20	339.7
SNDJ-146	2.50-3.00	9	22	437.4
SNDJ-148	4,00-4,50	36.2	15	344
SNDJ-149	2.50-3.00	39.4	12.5	357.8
SNDJ-154	2.50-3.00	49	12	323.3
SNDJ-166	4,00-4,50	63	4	220.9
SNDJ-182	2.50-3.00	44.2	10	254.5
SNDJ-190	2.50-3.00	71.4	14	477
SNDJ-202	5,50-6,00	36.9	8	142.8
SNDJ-217	2.50-3.00	9.82	24	585
SNDJ-222	2.50-3.00	63.4	7	272.3
SNDJ-229	2.50-3.00	12.6	15	205
SNDJ-249	2.50-3.00	52.5	11	311.8
SNDJ-250	2.50-3.00	97	13	550
SNDJ-266	2.50-3.00	42.3	22	748.6
SNDJ-269	4,00-4,50	80.4	14	515.6
SNDJ-273	5,50-6,00	64.8	12	366.4
SNDJ-274	5,50-6,00	11	24	578.5
SNDJ-276	2.50-3.00	52.3	8	248.5
SNDJ-284	4,00-4,50	58.6	12	342.2
SNDJ-287	2.50-3.00	18.8	21	458
SK2	2,50-3,00	46.8	12	310.5
SK3	2,50-3,00	78.7	8	347.1

Tablo 8.5. Devamı

SK4	2,50-3,00	62.6	11	356.6
SK6	2,50-3,00	52	12	337.2
SK7	4,00-4,50	72	8	320.7
SK8	5,50-6,00	47	6	197.4
SK9	2.50-3.00	68.6	5.5	260.7
SK10	2.50-3.00	54.9	7.5	250.2
SK13	2.50-3.00	67.5	8	304.4
SK14	2.50-3.00	121	3	353.7
SK15	2.50-3.00	43.5	8	216
SK16	2.50-3.00	67	10	349.5
SK17	2.50-3.00	42.7	6	184
SK18	2.50-3.00	91	9	420.4
SK20	2.50-3.00	72.2	3	220.5
SK21	5.50-6.00	40.7	6	176.3
SK22	5,50-6,00	49.4	8,5	246
SK23	2.50-3.00	51.5	5	200
SK24	2.50-3.00	61.8	12	380.5
SK25	4.00-4.50	58.2	8	270.7
SK28	2.50-3.00	73.5	7	306.6
SK29	2.50-3.00	28	12	225.4
SK30	2.50-3.00	52.4	5	202.6
SK31	2.50-3.00	63.6	4	223.4
SK32	2.50-3.00	81.2	6	312.9
SK34	5,00-5,50	96	6	361.3
SK37	2.50-3.00	9	22	480.3
SK40	5,50-6,00	34.3	13	276.6
SK42	2.50-3.00	48.5	13	692.4
SK43	2.50-3.00	66.4	9	323.4
SK44	2.50-3.00	26.5	19	434.1
SK45	2.50-3.00	55.8	8	261.6
SK46	2.50-3.00	133	5.5	470
SK49	2.50-3.00	60.3	6.5	253
SK52	2.50-3.00	90	5	322.4
SK53	5,50-5,90	61.9	15	463.4
SK55	4,00-4,50	118	3	345.5
SK57	2.50-3.00	42.4	7	197.6
SK59	2,50-3,00	55.1	9	277.2
SK60	2.50-3.00	45.6	13	331.1
SK62	2,50-3,00	61.2	4	216.1
SK64	2.50-3.00	83.9	11	451.8
SK65	5.50-6.00	79.2	7	325.7
SK66	2.50-3.00	78.1	10	395.7
SK69	4.00-4.50	61.3	14	440.6
SK70	2.50-3.00	68.7	8	309.6
SK71	2.50-3.00	80.5	7	333

İnceleme alanında kaya birimlerin izin verilebilir taşıma gücü değerlendirmesi için 18 adet kayaç örneği üzerinde yapılan nokta yükü dayanımı deneyi ve 21 adet kayaç

örneği üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçlarından yararlanılmıştır. Kayaç malzemelerinin dayanımlarının tespiti, kaya mekaniği için önemli konular arasında yer almaktadır. Özellikle laboratuvar çalışmalarından elde edilen tek eksenli basınç dayanımı, kayaç malzemesinin dayanımını veren en güvenilir yöntemlerden biridir. Ancak bazı durumlarda yeter ve gerek sayıda numuneye sahip olmak mümkün olamamaktadır. Bu durumda ise, Broch ve Franklin (1972) tarafından geliştirilen ve ISRM (1985) tarafından önerilen nokta yük dayanımından faydalanmak mümkündür. Nokta yükü dayanımı deneyi, günümüzde kayaçlarla ilgili mühendislik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Basit bir ölçme aletinin yardımıyla kayaçların nokta yük dayanımları tespit edilip, ölçülen bu değerlerden hareketle, tasarım problemlerinin çözümü gerçekleştirilebilmektedir. Tıpkı tek eksenli basınç dayanımında olduğu gibi, nokta yük dayanım değeri de bazı kaya kütleleri sınıflama sistemlerinde, kaya kütlelerinin dayanımının tespit edilmesi amacıyla kullanılır. Nokta yükü dayanımı, özellikle kayaçlardan ISRM standartlarına uygun numune almanın mümkün olmadığı durumlarda uygulanabilmesi ve test aletinin basit olması gibi durumlarından dolayı avantajlı hale gelmektedir. Literatürde, bu iki dayanım parametresi arasındaki ilişkinin araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bu sayede, bir kayacın nokta yük dayanım değerinin tespit edilmesi ile tek eksenli basınç dayanımı hakkında fikir sahibi olmak mümkündür.

Şekercioğlu (2002) tarafından kayaçlarda nokta yükü dayanımı (I_s) ile tek eksenli basınç dayanımı (q_u) arasında;

$$q_u = C \cdot I_s \quad (8.7)$$

şeklinde ampirik bir bağıntı önerilmiştir.

Burada,

I_s : Nokta yükü dayanımı

q_u : Tek eksenli basınç dayanımı

C : Katsayı olup 12 ile 24 arasında değişir.

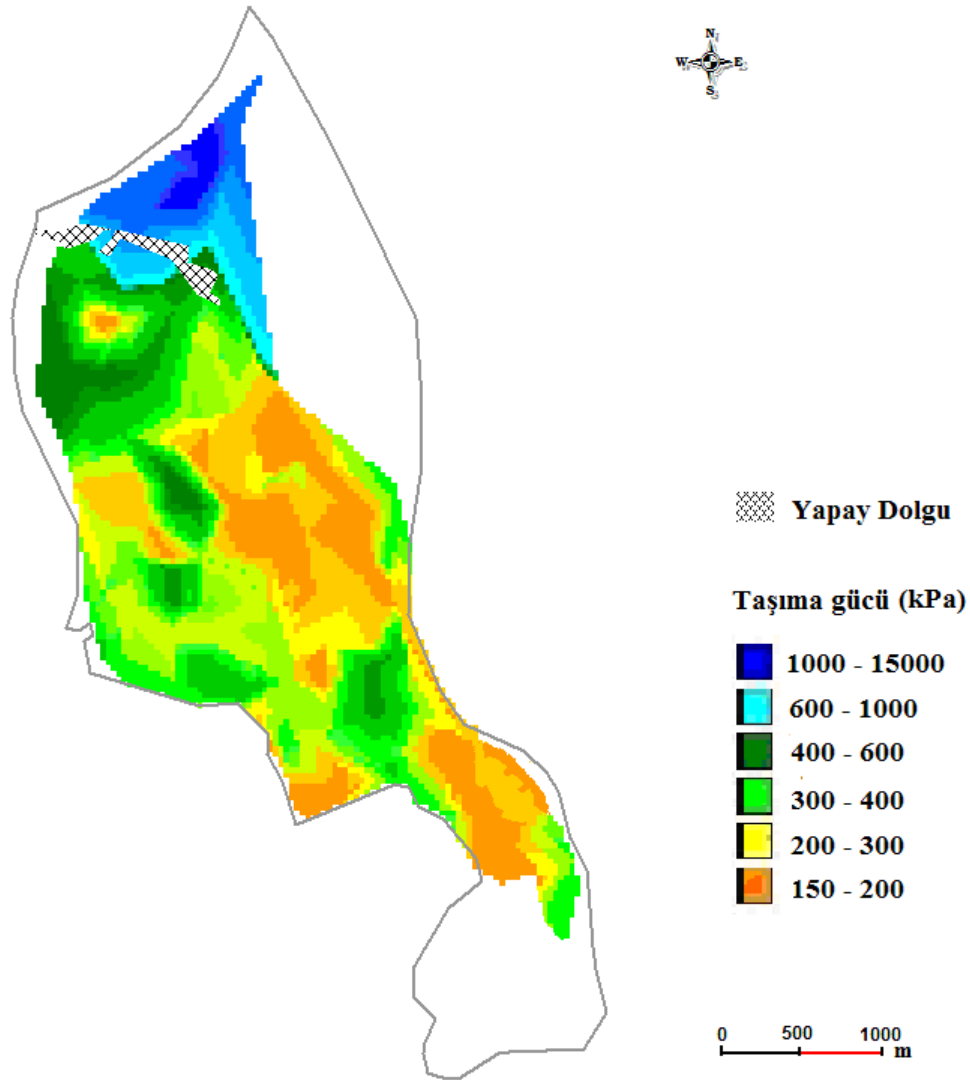
Tez çalışmasında eşitlik (8.7) kullanılarak, 18 adet kayaç örneğine ait nokta yükü dayanımı sonuçlarından kayaçların tek eksenli basınç dayanımları elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda C katsayısı ortalama değer olan 18 olarak alınmıştır. 8.2’de anlatıldığı şekli ile ve eşitlik (8.6) kullanılarak tek eksenli basınç dayanımı bilinen 39 adet kayaç örneğinin izin verilebilir taşıma güçleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan kitle faktörü (J) Tablo 8.3’ e göre belirlenmiştir. Tablo 8.6’ da kayaç

örneklerine ait nokta yükü dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı ve izin verilebilir taşıma güçleri verilmektedir.

Tablo 8.6. Kayaç örneklerine ait nokta yükü dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı ve izin verilebilir taşıma gücü bilgileri

Sondaj Lokasyon	Numune Derinliği (m)	Kayaç	Is (kPa)	Qu (kPa)	qnet(kPa)
SK5	3.00-3.50	Grovak	165.5	2980	596
SK11	3.00-3.50	Grovak	183.3	3300	660
SK12	4.50-5.00	Grovak	3950	71100	14220
SK19	3.00-3.50	Grovak	161.1	2900	580
SK26	3.00-3.50	Grovak	175.5	3160	632
SK33	3.00-3.50	Grovak	176.6	3180	636
SK36	3.00-3.50	Grovak	163.8	2950	590
SK38	3.00-3.50	Grovak	167.2	3010	602
SK39	3.00-3.50	Grovak	2861.1	51500	10300
SK50	3.00-3.50	Grovak	155.5	2800	560
SK54	3.00-3.50	Grovak	179.4	3230	646
SK56	3.50-4.00	Grovak	186.6	3360	672
SK58	3.50-4.00	Grovak	2800	50400	10080
SK61	3.00-3.50	Grovak	177.8	3200	640
SK63	3.00-3.50	Grovak	172.2	3100	620
SK67	3.00-3.50	Grovak	157.7	2840	568
SK68	3.00-3.50	Grovak	175.3	3155	631
SK72	3.00-3.50	Grovak	169.4	3050	610
SNDJ-24	3.50-4.00	Grovak	-	3330	666
SNDJ-47	2.50-3.00	Kireçtaşı	-	2980	447
SNDJ-68	4.50-5.00	Kireçtaşı	-	3140	471
SNDJ-72	4.50-5.00	Kireçtaşı	-	4050	607.5
SNDJ-94	4.50-5.00	Kireçtaşı	-	4130	619.5
SNDJ-104	3.00-3.50	Kireçtaşı	-	3020	453
SNDJ-112	3.50-4.00	Kireçtaşı	-	2930	439.5
SNDJ-167	3.00-3.50	Grovak	-	2500	500
SNDJ-170	4.50-5.00	Kireçtaşı	-	3100	465
SNDJ-189	2.50-3.00	Kireçtaşı	-	2920	438
SNDJ-218	3.00-3.50	Grovak	-	63940	12788
SNDJ-226	3.50-4.00	Kireçtaşı	-	2890	433.5
SNDJ-232	3.00-3.50	Kireçtaşı	-	2740	411
SNDJ-238	2.50-3.00	Grovak	-	55460	11092
SNDJ-239	3.00-3.50	Grovak	-	3000	600
SNDJ-241	3.50-4.00	Grovak	-	2243	448.6
SNDJ-243	2.50-3.00	Grovak	-	58200	11640
SNDJ-247	3.00-3.50	Grovak	-	65450	13090
SNDJ-262	3.50-4.00	Grovak	-	48250	9650
SNDJ-263	4.50-5.00	Kireçtaşı	-	3160	474
SNDJ-292	3.00-3.50	Grovak	-	54330	10866

Zemin ortamlarda yüzeysel temeller ve kaya ortamlar için hesaplanan taşıma gücü değerleri, aynı veri tabanında birleştirilerek Şekil 8.6' da görülen inceleme alanına ait taşıma gücü haritası oluşturulmuştur. Haritadan da görüleceği üzere inceleme alanında Trakya formasyonuna ait kumtaşı ve grovak ile temsil edilen alanlar diğer alanlara göre oldukça yüksek taşıma gücüne sahiptir. Kemer, Birlik, Tuna, Fevzi Çakmak, Menderes, Nene Hatun, Mimar Sinan, Yavuz Selim ve Davutpaşa mahalle sınırları içinde kalan lokal alanlar ise diğer alanlara göre nispeten daha düşük taşıma gücüne sahiptir. İnceleme alanında özellikle yüzeysel temeller için yapılan taşıma gücü hesaplamalarının, kentsel dönüşüm projesi kapsamında yeniden yapılaşmaya gidilecek olan belediye imar alanları için yapılması ve buna uygun temel boyutu seçilmesinden ötürü, YTÜ Kampüs alanı değerlendirme dışında tutulmuştur.



Şekil 8.6. İnceleme alanında yüzeysel temeller için hesaplanan güvenli taşıma güçleri ve kaya birimler için hesaplanan izin verilebilir taşıma güçlerinin aynı haritada görünümü

BÖLÜM 9. İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arazi kullanımına yönelik olarak yapılan uygunluk analizlerinin amacı; özel gereksinimlere, önceliklere ya da bazı olayların önceden belirlenmesine bağlı olarak, gelecekteki arazi kullanımları için en uygun konumsal modellemeyi oluşturmaktır (Collins vd., 2001).

Yerleşim alanlarının planlamalarında yapılan yanlış yer seçimleri, deprem, heyelan vb. doğal afetlere elverişli alanların imara açılması, dolgu alanlar ve sıvılaşma potansiyeli taşıyan alanlar üzerine inşa edilmiş mühendislik yapıları, deprem-zemin-yapı etkileşimi dikkate alındığında büyük tehlike arz edebilmektedir.

Tez kapsamında yapılan araştırmalar ve çalışmalar neticesinde, inceleme alanı olan Esenler İlçesi, yerleşime uygunluk açısından değerlendirilerek, yerleşime uygunluk haritası hazırlanmıştır (Şekil 9.1). Söz konusu haritada, Esenler İlçesi imar alanları, yerleşim açısından;

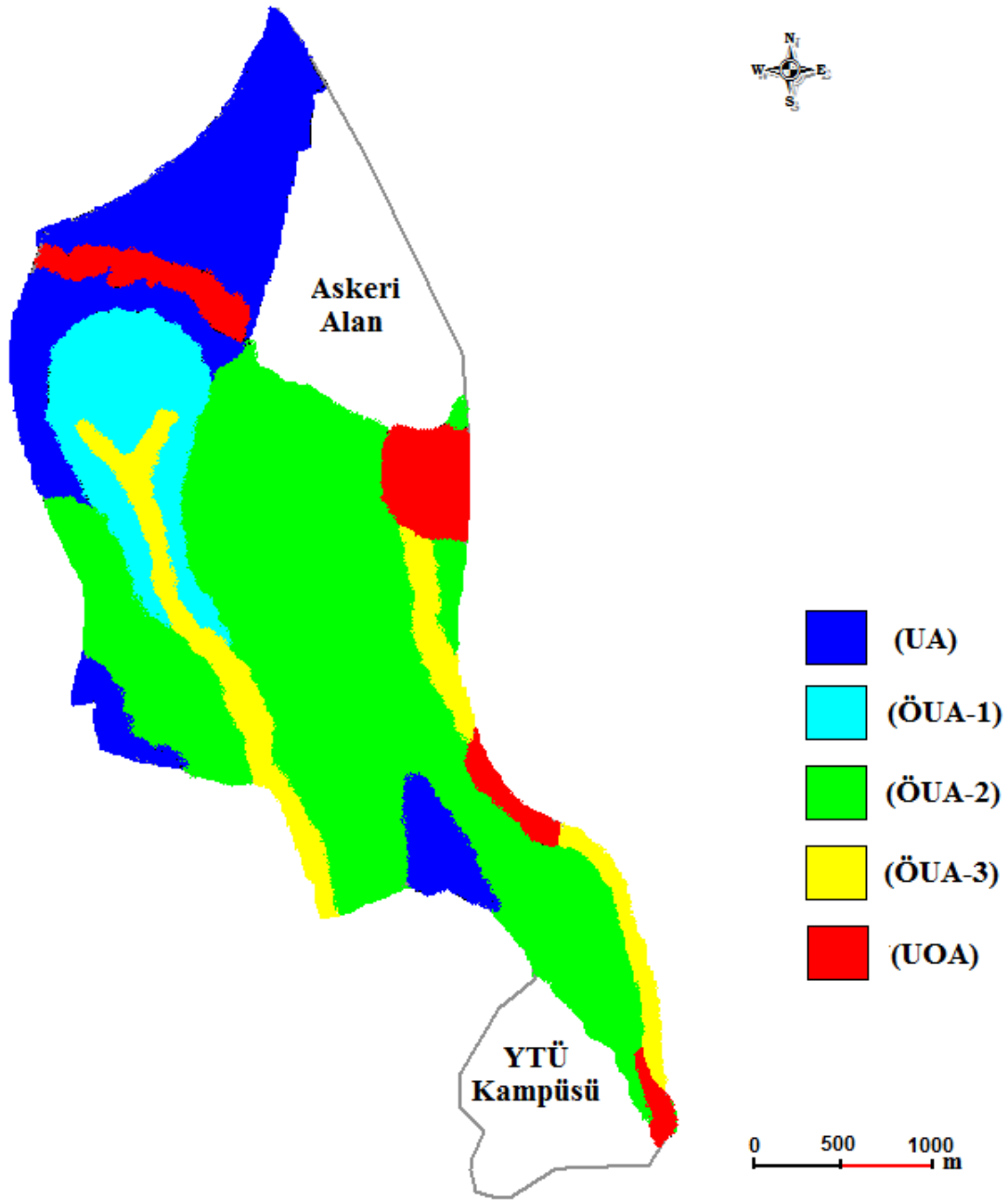
- Yerleşime Uygun Alanlar (UA)
- Yerleşime Önlemlili Uygun Alanlar (ÖUA-1, ÖUA-2, ÖUA-3)
- Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar (UOA)

olarak sınıflandırılmıştır.

Yerleşime Önlemlili Alanlar, ÖUA-1, ÖUA-2, ÖUA-3 şeklinde gruplara ayrılırken bu alanlardaki jeolojik birimler dikkate alınmıştır. İnceleme alanında jeolojik birimi kaya olan ve kıltaşı, kumtaşı ve grovaktan oluşan Trakya Formasyonu'nun ayrılmış kesimleri ÖUA-1, kum mercekli killerin egemen olduğu Güngören Formasyonu'nun ve daha çok dere yatağı uzantısı boyunca, eğimin arttığı yamaçlarda aşırı konsolide

kil şeklinde görülen Gürpınar Formasyonu'nun gözleendiği alanlar ÖUA-2, kil, silt, kum ve çakıldan oluştuğu alüvyon sahalar ise ÖUA-3 şeklinde sınıflanmıştır.

YTÜ Kampüsü alanı, belediye imar alanları içine girmediği ve yeniden yapılaşma söz konusu olmadığından ötürü yerleşime uygunluk değerlendirmesi dışında tutulmuştur.



Şekil 9.1. İnceleme alanı yerleşime uygunluk haritası

9.1. Yerleşime Uygun Alanlar (UA)

İnceleme alanında jeolojik birimi kaya olan ve kiltası, kumtaşı ve grovaktan oluşan Trakya Formasyonu'nun gözlendiği alanlar ile birlikte genelde güney kesimlerde, Bakırköy Formasyonu'na ait kireçtaşları ile temsil edilen alanlar, yerleşime uygun alanlardır (Şekil 9.1). Özellikle Oruç Reis Mahallesi sınırları içinde kalan alanlar, kuzeydeki Tekstilkent ve Giykop bölgeleri, ayrışmamış sağlam kaya özelliğinde olması itibari ile hem mühendislik özellikleri hem de izin verilebilir taşıma güçleri dikkate alındığında, yerleşim açısından sorunsuz alanlardır. Bazı lokal alanlarda topoğrafya eğim değerleri % 20 - % 25 arasında olmakla birlikte bu alanlar ayrışmanın ince ya da hiç olmadığı yerlerdir ve yerleşim açısından risk taşımamaktadır.

İnceleme alanının daha çok güney kesimlerinde yüzeylenen, kalınlıkları 5 m'yi aşan Bakırköy Formasyonu'na ait kireçtaşları, mühendislik özellikleri ve izin verilebilir taşıma güçleri ile yerleşim açısından sorunsuzdur. Topoğrafya eğim değerleri, bu kesimlerde % 10'u geçmediğinden risk oluşturmamaktadır.

9.2. Yerleşime Önlemlili Uygun Alanlar – 1 (ÖUA-1)

İnceleme alanında jeolojik birimi kaya olan ve kiltası, kumtaşı ve grovaktan oluşan Trakya Formasyonu'nun ayrışmış kesimleri, yerleşime önlemlili uygun alanlardır (Şekil 9.1). Turgut Reis, Tuna ve Birlik mahalle sınırları içinde kalan bu alanlar, kuzeyden güneye akış doğrultulu Çiçin Deresi'nin, Trakya formasyonuna ait kayaçlarda ayrışmaya neden olduğu alanlardır. Ayrışma ürünü, genellikle kahverengi killi zemin olarak görülmektedir. Ayrışma zonunun kalınlığı, topoğrafya eğiminin azaldığı yerlerde artmaktadır. Eğimin az olduğu, ayrışma zonu kalınlığının 3 m'den fazla olduğu alanlarda, bina temeli bu zemine oturacaksa, zeminden örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınarak zeminlerin mühendislik özellikleri belirlenmeli, bina temelleri için taşıma gücü, temel altında kalacak zeminler için ise oturma hesapları yapılmalıdır. Topoğrafya eğim değerlerinin % 20 - % 25 arasında değiştiği bazı lokal alanlarda, ayrışma ve süreksizlik yüzeylerinin olumsuz etkilerine karşı, uygulanabilir

zemin iyileştirme yöntemleri ve istinat duvarı, ankraj, beton perdeleme, vb. gibi önlemler alınmalıdır.

9.3. Yerleşime Önemli Uygun Alanlar – 2 (ÖUA-2)

İnceleme alanında jeolojik birim olarak kum mercekli kilin egemen olduğu Güngören Formasyonu'nun ve daha çok, dere yatağı uzantısı boyunca, eğimin arttığı yamaçlarda aşırı konsolide kil şeklinde görülen Gürpınar Formasyonu'nun gözlendiği alanlar yerleşime önemlidir (Şekil 9.1). Bu bölgelerde topoğrafya eğim değerleri genelde % 15'in altında, ender olarak % 15 - % 30 arasındadır. Güngören ve Gürpınar formasyonlarına ait alanlarda genel itibariyle yer altı suyu sorunu ile karşılaşmaz. Ancak lokal olarak özellikle dere yatağı uzantısı boyunca sızıntı yüzeysel sularla karşılaşılabilir. Killerin, bünyelerine su almasıyla dayanım özelliklerinin azaldığı bilinmektedir. Bu bölgelerde, hakim litolojik olarak kilin egemen olması nedeniyle, farklı olumsuzluklarla karşılaşılabilir. Söz konusu alanlardaki killerin çoğunluğunun yüksek plastisiteli kil sınıfına girmesinden ötürü, suyla temaslarında şişme potansiyelleri yüksektir. Zeminlerin şişme özelliklerinden kaynaklanan temel hareketleri, üzerlerindeki yapı elemanlarını kırmakta, çatlatmakta ve birçok deformasyonlar oluşturabilmektedir. Benzer şekilde, yüksek plastisiteye sahip, oldukça kalın, bu kil tabakaları üzerinde inşa edilecek yapılarda, oturma ve farklı oturma problemleri ile karşılaşılabilir. Bu nedenlerle, bu alanlar üzerine inşa edilecek yapılar için zeminin şişme ve oturma karakteristikleri, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile açıkça ortaya konulmalı ve uygun temel tasarımı yapılarak, gerekli önlemler alınmalıdır. Yapılaşmaya gidilirken, binalar ve çevresindeki araziler için drenaj sistemleri uygulanarak yüzey ve yer altı suları inşaat alanından uzak tutulmalıdır. Özellikle Yavuz Selim, Fevzi Çakmak, Tuna ve Fatih mahalleleri içerisinde, topoğrafya eğim değerlerinin % 15 - % 30 olduğu lokal alanlar mevcuttur. Bu alanlarda kontrolsüz kazı yapılması halinde şev stabilitesi sorunları ile karşılaşılabilir. Bu nedenle bu alanlarda, kazı öncesi çevre güvenliğine yönelik, gerekli mühendislik önlemleri alınmalıdır. Yerleşime önemli uygun olarak adlandırılan bu alanlar içinde lokal olarak 3 – 3.5 m kalınlığında kontrolsüz dolgu tabakalarına rastlanabilmekte olup, bu alanlarda yapılacak binalarda, dolgu tabakası kaldırılarak bina temelleri alttaki zemin tabakalarına oturtulmalıdır.

9.4. Yerleşime Önemli Uygun Alanlar – 3 (ÖUA-3)

Bu bölgeler jeolojik birimin kil, silt, kum ve çakıldan oluştuğu alüvyon sahalardır (Şekil 9.1). Alüvyon birimlerin kalınlığı genelde 5 - 10 m düzeyinde olup, ıslah edilmiş olan Çiçin Deresi uzantısı boyunca görülür. Alüvyonlar, inceleme alanında çoğunlukla kil ağırlıklı olup kumlu seviyelere de rastlamak mümkündür. Genellikle yer altı suyu gözlenmemiş olan alüvyonda yer altı suyu seviyesi 8 m düzeyindedir. Bu bölgelerde topoğrafya eğim değerleri % 0 ile % 10 arasındadır. Bu bölgelerde yapılacak binalar için parsel bazında sınılaşma risk analizi ve oturma hesapları yapılmalı, uygun temel tipi seçilmeli, derin kazılarda istinad perdesi vb. önlemler alınmalı, temel ve çevre drenajı sağlanmalıdır.

9.5. Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar (UOA)

Bu alanlar Trakya ve Güngören formasyonları üzerinde olan dolgu alanlardır (Şekil 9.1). Litolojisini heterojen kaya parçaları, bloklar, kumlar ve killer oluşturmaktadır. Kontrolsüz atılan bu dolgular, araştırma alanında özellikle Çiftelavuzlar Mah., eski taş ocakları mevkiğinde, Tekstilkent, Giykop ve Tedaş bölgelerinde görülür. Kalınlıkları ise konumuna göre 5 m ile 34.5 m arasında değişmektedir. Bu alanlar yerleşime uygun değildir. Bu alanların yerleşim amaçlı kullanılabilmesi için, dolgu tabakaların kaldırılması, yapı temellerinin, alttaki ana birim olan Trakya veya Güngören formasyonlarına ait birimler üzerine oturtulması gerekir. Dolguların kaldırılması sonucunda arazide şevler oluşması halinde, şevler kalıcı iksa tedbirleriyle desteklenmelidir. Yüzeysel ve yer altı sularına karşı çevre ve temel drenajı sağlanmalıdır.

9.6. İnceleme Alanında Yerleşime Uygunluğun CBS İle Sorgulanması

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi konumu olan nesne ve olaylara ait tüm verilerin toplanmasının ve depolanmasının yanı sıra güncelleştirilmesini, sorgulanmasını, sentezlenmesini ve yeni seçenekler üretilmesini çok kısa bir sürede yapabilecek nitelikte bir teknolojik sistemler bütünüdür. Her bir coğrafik nesne için veri

girilebilmesi özelliği sayesinde, bu veri tabanından yararlanarak değişik türde sorgulama ve konulu haritalar üretiminde önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

İnceleme alanında yerleşime uygunluk değerlendirmeleri kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin sorgulama yeteneği kullanılarak, farklı türde sorgulamalar yapılmıştır. Birinci grup sorgulamalarda, inceleme alanına ait SPT-N₃₀, Vs hızı ve yüzeysel temeller ile kaya birimler için hesaplanan taşıma gücü (qnet) verileri kullanılarak sorgulamalar yapılırken, ikinci grup sorgulamalarda ise inceleme alanında deprem nedeni ile oluşabilecek zemin büyütme ve yamaç stabilite risklerine ait veriler kullanılarak sorgulamalar yapılmıştır.

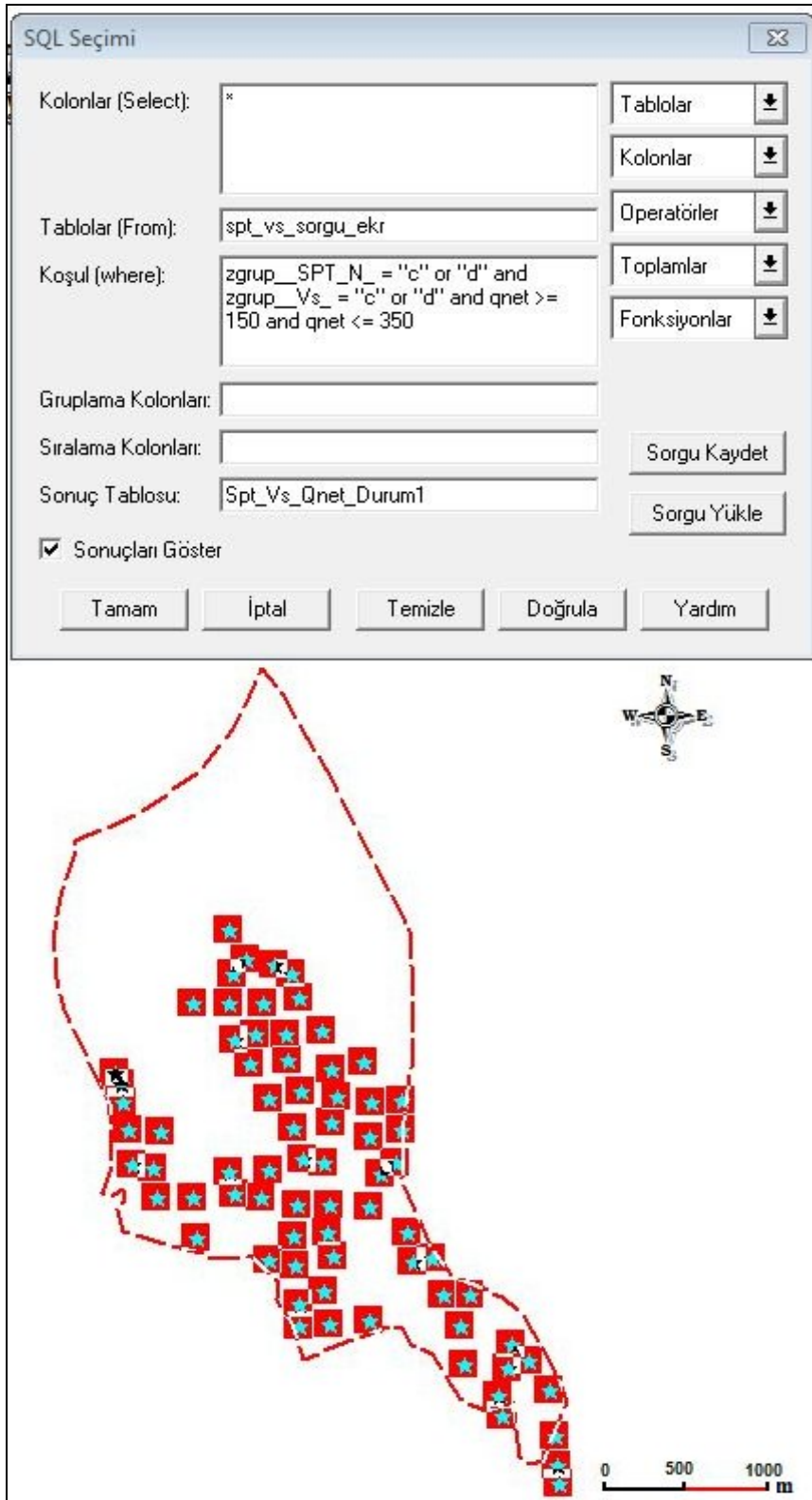
9.6.1. Birinci grup sorgulamalar

Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre yerel zemin sınıflaması yapılırken, yapı temeli altında kalan zemine ait ortalama SPT-N₃₀ ve Vs hız bilgilerinden yararlanılmaktadır. Öncelikle SPT-N₃₀ ve Vs hızlarına göre zemin grupları belirlenmekte daha sonra tabaka kalınlığına göre yerel zemin sınıfları belirlenmektedir. Buradan hareketle yapı temeli altında kalan 5 m'lik derinliğe ait ortalama SPT-N₃₀ değeri ve Vs hızı verileri kullanılarak belirlenen zemin grupları ile inceleme alanında yüzeysel temeller ve kayalar için hesaplanan taşıma gücü değerlerine ait veriler kullanılarak sorgulamalar yapılmıştır.

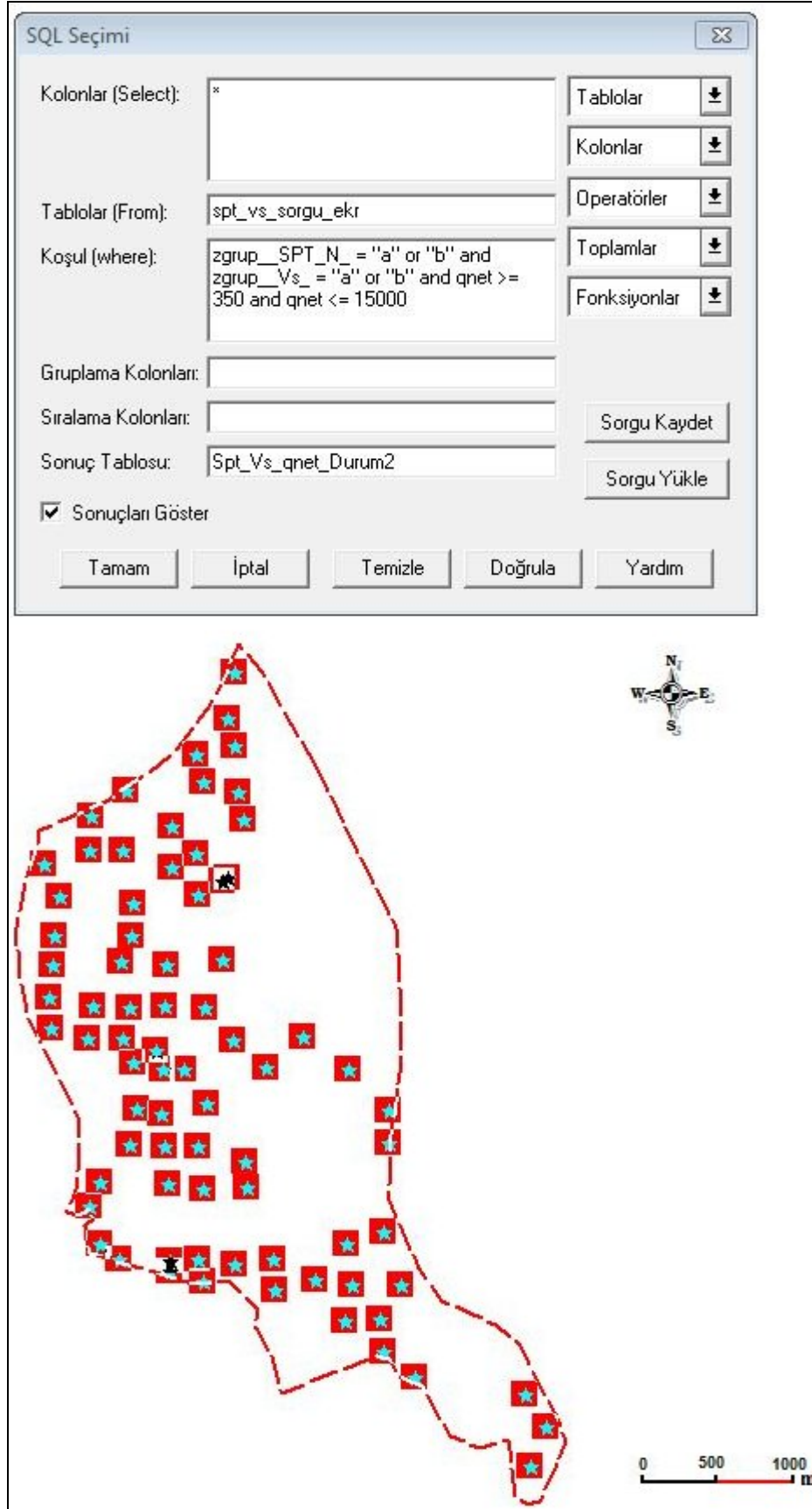
Sorgulamalar yapılırken;

- 1- SPT-N₃₀ değeri ve Vs hızına göre zemin grubu C veya D, taşıma güçleri ise 150 - 350 kPa arasında olanlar ile,
- 2- SPT-N₃₀ değeri ve Vs hızına göre zemin grubu A veya B, taşıma güçleri ise 350 – 15000 kPa arasında olanlar ayrı ayrı sorgulanmıştır.

Şekil 9.2' de SPT-N₃₀ değeri ve Vs hızına göre zemin grubu C veya D, taşıma güçleri ise 150 -350 kPa arasında olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen verilerin dağılımı, Şekil 9.3' de ise SPT-N₃₀ değeri ve Vs hızına göre zemin grubu A veya B, taşıma güçleri ise 350 – 15000 kPa arasında olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen verilerin dağılımı görülmektedir.

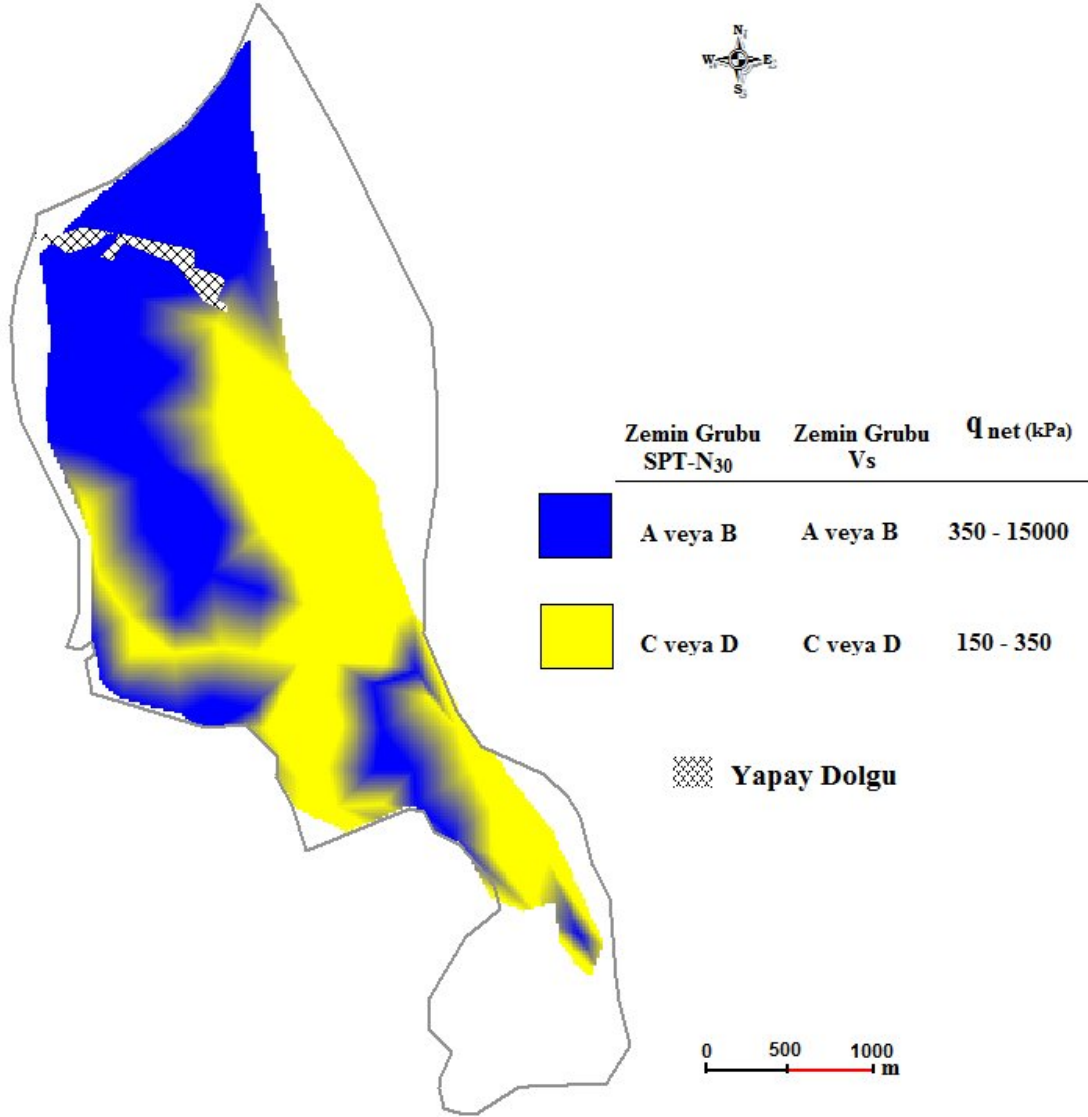


Şekil 9.2. SPT-N₃₀ değeri ve Vs hızına göre zemin grubu C veya D, taşıma güçleri ise 150 -350 kPa arasında olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen verilerin dağılımı



Şekil 9.3. SPT- N_{30} değeri ve Vs hızına göre zemin grubu A veya B, taşıma güçleri ise 350 – 15000 kPa arasında olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen verilerin dağılımı

Sorgulamalar neticesinde elde edilen veri tabanları birleştirilerek Şekil 9.4’ de görülen sorgulama haritası oluşturulmuştur. Haritadan da görüleceği üzere inceleme alanında Trakya formasyonuna ait kumtaşı ve grovak ile Bakırköy formasyonuna ait kireçtaşlarının egemen olduğu alanlar, yerleşim açısından diğer alanlara göre daha uygun bir görüntü çizmektedir.



Şekil 9.4. SPT-N₃₀ ve Vs hızlarına göre belirlenen zemin grupları ile yüzeysel temeller ve kayaçlar için hesaplanan taşıma gücü değerlerine ait sorgulama haritası

9.6.2. İkinci grup sorgulamalar

Deprem dalgalarının yayılımı sırasında yerel zemin koşullarına göre meydana gelen zemin büyütmesi ve yamaç stabilitesi sorunları yerleşim alanlarında çeşitli hasar ve zararlara neden olabilmektedir. Buradan hareketle, inceleme alanının zemin büyütme ve yamaç stabilitesi açısından değerlendirilmesi aşamasında elde edilen veri tabanları kullanılarak 6 farklı durum için sorgulama yapılmıştır. Zemin büyütme etkisine ait veri tabanı, inceleme alanında Midorikawa (1987)'ye göre hesaplanan zemin büyütme değerlerinden oluşmaktadır.

Sorgulamalar,

- 1- büyütme riski orta, yamaç stabilite riski orta
- 2- büyütme riski düşük, yamaç stabilite riski düşük
- 3- büyütme riski orta, yamaç stabilite riski düşük
- 4- büyütme riski düşük, yamaç stabilite riski orta
- 5- büyütme riski orta, yamaç stabilite riski yok
- 6- büyütme riski düşük, yamaç stabilite riski yok

olacak şekilde ayrı ayrı yapılmıştır.

Şekil 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9 ve 9.10'da sırasıyla her sorgulama sonucunda ortaya çıkan sorgu ekranları ve elde edilen veri tabanları görülmektedir.

Kod	x	y	BÜYÜTME	YAMAÇ
BÜYAS1	406.970	4.543.930	orta	orta
BÜYAS2	406.950	4.544.180	orta	orta
BÜYAS6	406.765,32	4.545.176,4	orta	orta
BÜYAS8	405.910	4.546.190	orta	orta
BÜYAS9	406.102	4.546.097	orta	orta
BÜYAS12	406.780	4.544.430	orta	orta
BÜYAS13	407.067,1	4.544.800,3	orta	orta
BÜYAS19	404.761,5	4.545.599	orta	orta
BÜYAS20	404.440	4.546.128	orta	orta
BÜYAS23	406.914,09	4.543.673,8	orta	orta
BÜYAS27	406.558,13	4.545.180,18	orta	orta
BÜYAS28	406.211	4.546.878	orta	orta
BÜYAS29	406.028	4.545.835	orta	orta

Şekil 9.5. Zemin büyütme riski orta, yamaç stabilite riski orta olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı

SQL Seçimi

Kolonlar (Select): *

Tablolar (From): büy_yam_sorg

Koşul (where): BÜYÜTME = "düşük" and YAMAÇ = "düşük"

Sonuç Tablosu: Büyütme_Yamaç_Durum2

Sonuçları Göster

Tamam İptal Temizle Doğrula Yardım

Kod	x	y	BÜYÜTME	YAMAÇ
BÜYAS3	404.570	4.546.690	düşük	düşük
BÜYAS4	404.954	4.545.619,8	düşük	düşük
BÜYAS5	404.781,01	4.546.339,28	düşük	düşük
BÜYAS7	406.348	4.545.430	düşük	düşük
BÜYAS11	406.301	4.545.644,5	düşük	düşük
BÜYAS15	404.754,2	4.546.144	düşük	düşük
BÜYAS16	404.723	4.546.410	düşük	düşük
BÜYAS21	406.223	4.545.807	düşük	düşük
BÜYAS26	404.540	4.546.850	düşük	düşük
BÜYAS30	405.165,99	4.547.299,11	düşük	düşük

Şekil 9.6. Zemin büyütme riski düşük, yamaç stabilite riski düşük olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı

SQL Seçimi

Kolonlar (Select): *

Tablolar (From): büy_yam_sorg

Koşul (where): BÜYÜTME = "orta" and YAMAÇ = "düşük"

Sonuç Tablosu: Büyütme_Yamaç_Durum3

Sonuçları Göster

Tamam İptal Temizle Doğrula Yardım

Kod	x	y	BÜYÜTME	YAMAÇ
BÜYAS10	404.288,7	4.546.158	orta	düşük
BÜYAS18	404.996,9	4.545.454,9	orta	düşük

Şekil 9.7. Zemin büyütme riski orta, yamaç stabilite riski düşük olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı

SQL Seçimi

Kolonlar (Select): *

Tablolar (From): büy_yam_sorg

Koşul (where): BÜYÜTME = "düşük" and YAMAÇ = "orta"

Sonuç Tablosu: Büyütme_Yamaç_Durum4

Sonuçları Göster

Tamam İptal Temizle Doğrula Yardım

Kod	x	y	BÜYÜTME	YAMAÇ
BÜYAS14	404.493	4.546.414,3	düşük	orta
BÜYAS17	406.240	4.546.690	düşük	orta
BÜYAS22	404.519	4.545.875	düşük	orta
BÜYAS24	407.250	4.544.700	düşük	orta
BÜYAS25	406.000	4.546.669	düşük	orta

Şekil 9.8. Zemin büyütme riski düşük, yamaç stabilite riski orta olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı

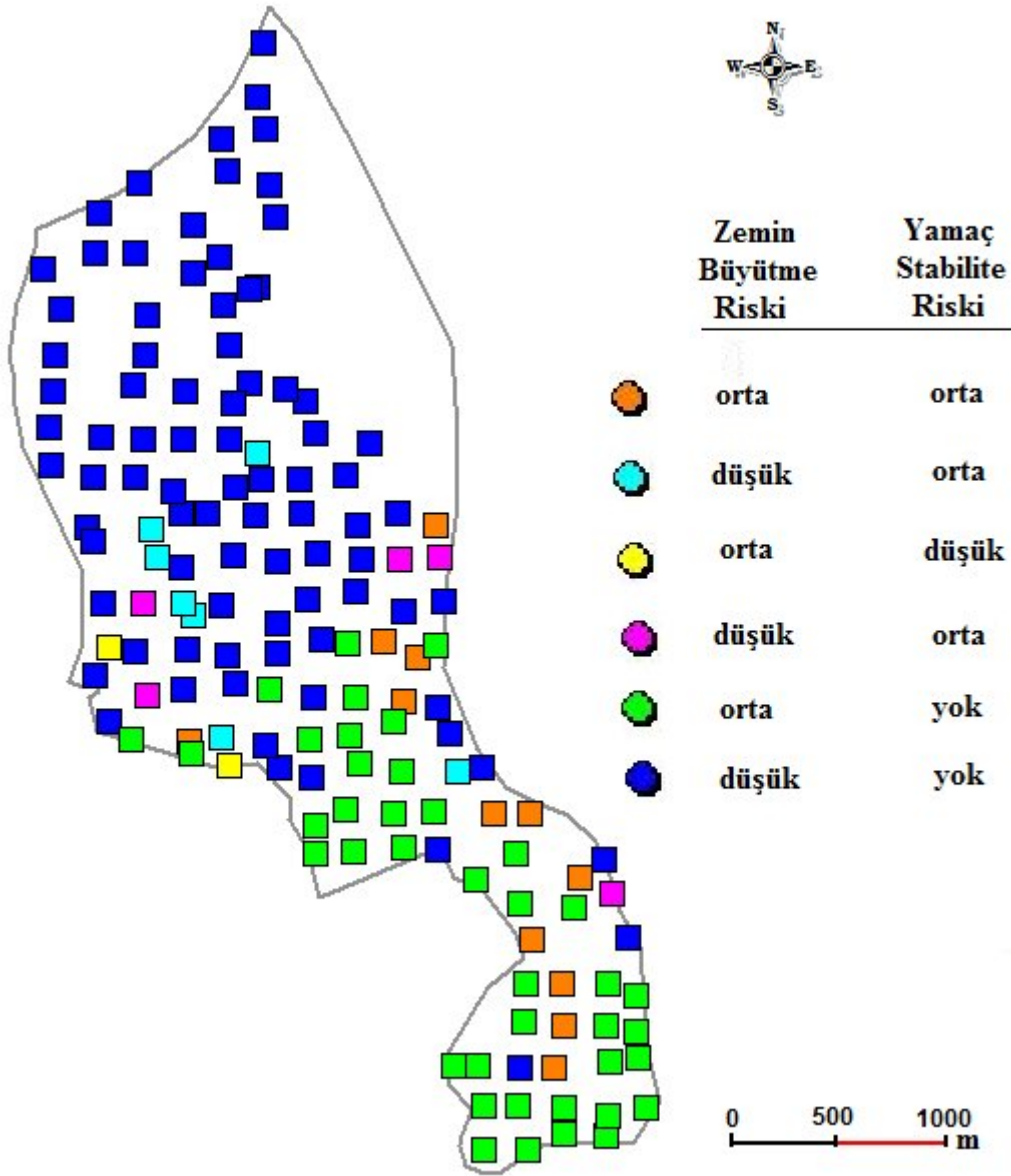
SQL Seçimi					
Kolonlar (Select):	"				
Tablolar (From):	büy_yam_sorg				
Koşul (where):	BÜYÜTME = "orta" and YAMAÇ = "yok"				
Gruplama Kolonları:					
Sıralama Kolonları:					
Sonuç Tablosu:	Büyütme_Yamaç_Durum5				
<input checked="" type="checkbox"/> Sonuçları Göster					
<input type="button" value="Tamam"/> <input type="button" value="İptal"/> <input type="button" value="Temizle"/> <input type="button" value="Doğrula"/> <input type="button" value="Yardım"/>					
Kod	x	y	BÜYÜTME	YAMAÇ	
BÜYAS44	407.406,88	4.543.735,12	orta	yok	
BÜYAS45	406.730	4.543.950	orta	yok	
BÜYAS46	407.220	4.543.930	orta	yok	
BÜYAS47	407.396,3	4.543.887,27	orta	yok	
BÜYAS48	406.743,91	4.544.173,07	orta	yok	
BÜYAS49	407.230	4.544.170	orta	yok	
BÜYAS50	407.390	4.544.100	orta	yok	
BÜYAS52	406.710	4.544.650	orta	yok	
BÜYAS53	407.030	4.544.620	orta	yok	
BÜYAS54	405.510	4.544.940	orta	yok	
BÜYAS55	405.733,5	4.544.956,65	orta	yok	
BÜYAS56	406.020	4.544.980	orta	yok	
BÜYAS57	406.444,16	4.544.786,87	orta	yok	
BÜYAS58	406.690	4.544.940	orta	yok	
BÜYAS59	405.504,25	4.545.106,63	orta	yok	
BÜYAS60	405.683,74	4.545.201	orta	yok	
BÜYAS61	405.960	4.545.180	orta	yok	
BÜYAS62	406.200	4.545.190	orta	yok	
BÜYAS63	404.770	4.545.530	orta	yok	
BÜYAS66	405.759,41	4.545.467	orta	yok	
BÜYAS68	404.418	4.545.617	orta	yok	
BÜYAS70	405.471,8	4.545.615	orta	yok	
BÜYAS71	405.709	4.545.640	orta	yok	
BÜYAS75	405.233	4.545.906	orta	yok	
BÜYAS77	405.735,7	4.545.855	orta	yok	
BÜYAS84	405.690	4.546.180	orta	yok	
BÜYAS85	406.210	4.546.170	orta	yok	
BÜYAS111	406.010	4.545.430	orta	yok	
BÜYAS112	405.970	4.545.720	orta	yok	

Şekil 9.9. Zemin büyütmeye riski orta, yamaç stabilite riski yok olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı

SQL Seçimi					
Kolonlar (Select):	"				
Tablolar (From):	büy_yam_sorg				
Koşul (where):	BÜYÜTME = "düşük" and YAMAÇ = "yok"				
Gruplama Kolonları:					
Sıralama Kolonları:					
Sonuç Tablosu:	Büyütme_Yamaç_Durum6				
<input checked="" type="checkbox"/> Sonuçları Göster					
<input type="button" value="Tamam"/> <input type="button" value="İptal"/> <input type="button" value="Temizle"/> <input type="button" value="Doğrula"/> <input type="button" value="Yardım"/>					
Kod	x	y	BÜYÜTME	YAMAÇ	
BÜYAS128	404.200	4.547.160	düşük	yok	
BÜYAS129	403.950	4.547.230	düşük	yok	
BÜYAS130	403.940	4.547.450	düşük	yok	
BÜYAS131	404.240	4.547.390	düşük	yok	
BÜYAS132	404.490	4.547.380	düşük	yok	
BÜYAS133	405.000	4.547.380	düşük	yok	
BÜYAS134	405.510	4.547.420	düşük	yok	
BÜYAS135	403.960	4.547.670	düşük	yok	
BÜYAS136	404.430	4.547.700	düşük	yok	
BÜYAS137	404.740	4.547.670	düşük	yok	
BÜYAS138	405.020	4.547.600	düşük	yok	
BÜYAS139	403.970	4.547.880	düşük	yok	
BÜYAS140	404.500	4.547.880	düşük	yok	
BÜYAS141	405.000	4.547.940	düşük	yok	
BÜYAS142	404.010	4.548.150	düşük	yok	
BÜYAS143	404.510	4.548.110	düşük	yok	
BÜYAS144	404.960	4.548.170	düşük	yok	
BÜYAS145	403.900	4.548.380	düşük	yok	
BÜYAS146	404.210	4.548.480	düşük	yok	
BÜYAS147	404.780	4.548.360	düşük	yok	
BÜYAS148	404.940	4.548.450	düşük	yok	
BÜYAS149	404.230	4.548.710	düşük	yok	
BÜYAS150	404.780	4.548.640	düşük	yok	
BÜYAS151	404.470	4.548.890	düşük	yok	
BÜYAS152	404.990	4.548.960	düşük	yok	
BÜYAS153	405.230	4.548.880	düşük	yok	
BÜYAS154	404.950	4.549.150	düşük	yok	
BÜYAS155	405.210	4.549.210	düşük	yok	
BÜYAS156	405.160	4.549.400	düşük	yok	

Şekil 9.10. Zemin büyütmeye riski düşük, yamaç stabilite riski yok olan verilere ait sorgulama ekranı ve sorgulama sonucu elde edilen veri tabanı

Sorgulamalar neticesinde elde edilen veri tabanları tek bir veri tabanında birleştirilerek Şekil 9.11’ de görülen sorgulama haritası oluşturulmuştur. Kemer, Fevzi Çakmak, Fatih, Yavuz Selim, Namık Kemal ve Çiftehavuzlar mahalle sınırları içerisinde kalan lokal alanlarda zemin büyütme ve yamaç stabilite riskinin orta düzeyde olduğu alanlar mevcuttur. İnceleme alanının kuzey kesimleri ise zemin büyütme açısından düşük riske sahiptir ve yamaç stabilite tehlikesi de bulunmadığından bundan önceki çalışmalarda da anlatıldığı üzere yerleşim açısından sorunsuzdur.



Şekil 9.11. İnceleme alanında zemin büyütme ve yamaç stabilite riskine ait sorgulama haritası

BÖLÜM 10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, İstanbul'un Avrupa yakasında yer alan Esenler ilçesinin zemin özellikleri, jeolojik, jeofizik ve geoteknik verilerin birlikte kullanımı ile detaylı olarak irdelenmiş ve inceleme alanı geoteknik açıdan değerlendirilip mikrobölgelemesi yapılmıştır. Ayrıca, kentsel dönüşüm projesi kapsamında yeniden yapılaşmaya gidilecek olan inceleme alanında, killi zeminler için oturma potansiyeli, yüzeysel temeller için ise taşıma gücü açısından değerlendirmelerde bulunulmuştur. İnceleme alanı ve çevresinin deprem riski araştırılarak, olası depremlerde inceleme alanında meydana gelebilecek yer hareketleri de belirlenmiştir.

İnceleme alanı, topoğrafik olarak kuzeyden güneye eğimli bir yapıya sahiptir. İnceleme alanında yapılan sondajlardan ve çeşitli kaynaklardan yola çıkılarak çalışma alanının jeoloji haritası oluşturulmuştur. Buna göre, alttan üste doğru Trakya Formasyonu, Gürpınar Formasyonu, Güngören Formasyonu, Bakırköy Formasyonu ve vadilerde alüvyon mevcuttur. Bunun yanında arazinin çeşitli yerlerinde yer yer yapay dolgu alanlar mevcuttur. Alt Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu, ağırlıklı olarak kumtaşı, grovak, kiltası, çamurtaşı ar dalanmasından, Oligosen yaşlı Gürpınar formasyonu, sarımsı gri, gri renkli, kahvems gri mikalı kumtaşı ve kumtaşıyla ar dalanmalı gri marn-kil-silttaşı, nadiren çakıltaşıdan, Miyosen yaşlı Güngören formasyonu genellikle yeşil-mavi renkli üst seviyelerinde kirli beyaz renkli maktralı kireçtaşı ara seviyeli, kum cepli kil ve marnlardan, Üst Miyosen yaşlı Bakırköy formasyonu beyaz, kirli beyaz renkli, katman araları yeşil renkli ince katmanlı kil ara seviyeli, alt seviyesi kil-kireçtaşı ardalı mactralı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Alüvyon ise, araştırma alanında Çinçin dere yatağı uzantısı boyunca düşük kotlarda görülmekte olup, koyu kahve, açık sarı kil-silt, sarı renkli kum ve çakıllardan oluşmaktadır. İnceleme alanının muhtelif yerlerinde kalınlıkları 2 - 34.5 m arasında değişen yapay dolgular ise, genellikle toprak, kil, çöp, ve inşaat artığı malzemenen oluşmaktadır.

Özellikle Güngören ve Gürpınar formasyonlarına ait yer yer 15-20 m'yi bulan kalın kil tabakalarının varlığından ötürü, inceleme alanında yüzeyden 15 m derinliğe kadar olan kesimde birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre, zemin sınıfları genellikle CH ve CL olarak belirlenmiştir. İnceleme alanında çeşitli derinliklerde görülen kumlu birimlerin çoğunlukla SM sınıfı olduğu, dere yatağına yakın kesimlerde ise GC sınıfı çakılların varlığı dikkat çekmektedir. Ayrıca inceleme alanına ait örselenmiş zemin numunelerinin su muhtevaları (W_n) 5.1 – 68 arasında, Likit Limit değerleri NP – 105.4 arasında, Plastik Limit değerleri NP – 26.3 arasında ve Plastisite İndisleri ise NP – 85.3 arasında değişmektedir.

İnceleme alanında SPT- N_{30} değerleri genelde derinlik arttıkça lineer bir artış göstermektedir. İnceleme alanının kuzeyinde Trakya formasyonuna ait ayrıışmış kumtaşı ve grovak ile temsil edilen alanlar ile güney kesimlerde Bakırköy formasyonuna ait ayrıışmış kireçtaşları ile temsil edilen alanlarda SPT- N_{30} değerleri genelde 30 – 50 arasında değişmektedir. İnceleme alanında geniş alanlar kaplayan Güngören ve Gürpınar formasyonuna ait sert-katı, çoğunlukla aşırı konsolide özelliğinde olan killer, yüzeye yakın kesimlerde 20 - 40 arasında SPT- N_{30} değerleri alırken özellikle 10 - 15 m'den itibaren $N > 50$ değerlerine ulaşılmaktadır. Bakırköy formasyonunun killi, marnlı seviyelerinde ve alüvyon alanlarda 10-20 arasında değişen nispeten daha düşük SPT- N_{30} değerleriyle karşılaşılmaktadır. Bununla birlikte, Kemer, Havaalanı, Tuna, Kemer, Yavuz Selim, Fevzi Çakmak, Nene Hatun gibi mahallelerde ilk 5 m'lik derinlik göz önüne alındığında yer yer 10'dan daha düşük SPT- N_{30} değerine sahip lokal alanlar mevcuttur.

İnceleme alanında kayma dalgası hızlarının derinliğe bağlı değişiminin tespiti için özellikle ReMi yöntemi kullanılarak yapılan sismik çalışma sonuçlarından yararlanılmıştır. Bu sayede inceleme alanı için, mühendislik çalışmaları ve bazı zemin sınıflama sistemlerinde ihtiyaç duyulan, yüzeyden itibaren 30 m derinliğe ait kayma dalgası hız bilgisi elde edilmiştir. İlk 5 m'lik derinlik için kayma dalgası hızlarının yer yer 160-180 m/sn olarak ölçüldüğü alanlar bulunmakla birlikte, 5 m derinlikten itibaren bölge genelinde 200 m/sn'nin altında kayma dalgası hızına sahip alan bulunmamaktadır. Genel olarak zemin ortamlarda ilk 30 m'lik dilimde kayma dalgası hızları 200-400 m/sn arasında değişirken, özellikle Trakya formasyonuna ait

kaya ortamlarda ise bu hızlar 800-1200 m/sn seviyelerine çıkmaktadır. 30 m'lik derinliğin ortalama kayma dalgası hızlarına bakıldığında ise en düşük ortalama kayma dalga hızı 257 m/sn, en yüksek ortalama kayma dalga hızı ise 1255 m/sn olarak bulunmuştur.

İnceleme alanında yerel zemin sınıfları, Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne ve NEHRP (A.B.D.) Deprem Yönetmeliği'ne göre belirlenmiştir. Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre yerel zemin sınıfları hem SPT hem de kayma dalgası hızı verilerine göre belirlenerek aynı zamanda kıyaslama imkanı sağlanmıştır. İnceleme alanının kuzey kesimlerinde, Trakya formasyonunun hakim olduğu alanlar, her iki yöntemle göre yapılan sınıflamada da Z1 sınıfına girmektedir. Kayma dalgası hızlarına göre yapılan sınıflamada, geri kalan diğer alanların hemen hemen tamamı Z2 sınıfına girmektedir (Şekil 4.39). SPT sonuçlarına göre yapılan sınıflamada ise, Trakya formasyonu dışında kalan alanların, Z2 sınıfı ağırlıklı olmakla birlikte yer yer Z1 ve Z3 sınıfı olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.38). İnceleme alanının muhtelif kesimlerinde, iki yöntemle göre yapılan sınıflama arasında görülen farklılıkların, SPT verilerinin bizzat araştırma derinliklerinde uygulanan deneyler sonucu elde edilmesi, buna karşın kayma dalgası hızlarının her ne kadar ReMi tekniği uygulanmış olsa da yüzeyden yapılan ölçümler sonucu elde edilmiş olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. NEHRP Deprem Yönetmeliği'ne göre ise inceleme alanı genelinde kuzey kesimler B ve C, güney kesimler ise ağırlıklı olarak D sınıfına girmektedir (Şekil 4.40).

Yapılan araştırma ve incelemeler sonucu, inceleme alanının yer altı suyu bakımından oldukça fakir olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.41). Sadece inceleme alanının merkezi sayılabilecek kesimlerde yer altı suyunun 2 – 4 m arasında derinliklerde bulunduğu alanlar mevcuttur. Bu alanlar kuzeyden güneye akışlı olan Çiçin Deresi'nin akış doğrultusu üzerinde bulunmaktadır. Ayrıca topoğrafik olarak vadi görünümlü olan bu alanlar, çevresine göre çukur pozisyonda bulduklarından yüzey sularının da toplanma alanı konumundadırlar. Bu alanlarda yer altı su seviyesinin yüzeye yakın olmasının başlıca nedeni olarak arazi yapısından dolayı biriken yüzey sularının süzülmesi ile beslenme ve geçirimsiz taban olarak gösterilebilir.

İnceleme alanının deprem tehlikesinin belirlenebilmesi için olasılıksal ve deterministik yaklaşımlarla tehlike analizi yapılmıştır. İnceleme alanını da içine alan 150 km yarıçaplı bölge için yapılan olasılıksal risk analizine göre, İstanbul'u etkilemesi muhtemel 7 büyüklüğündeki bir depremin 10 yıl içinde olma olasılığı % 7.42 iken, 50 yılda olma olasılığı % 32'dir. Bununla birlikte, Marmara Bölgesi'nde inceleme alanı için deprem tehlikesi oluşturma potansiyeline sahip 14 tane fay segmenti belirlenerek, bu segmentlerin her birinde meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depremlerin, inceleme alanında yaratacağı yer hareketleri deterministik yaklaşımla hesaplanmıştır. Buna göre, inceleme alanında en büyük deprem tehlikesinin, Marmara Denizi'nin kuzeyinde yer alan ve İstanbul sınırlarına en yakın mesafede olan Adalar Fayı'nda (2 nolu kaynak) meydana gelebilecek maksimum büyüklükte depremde yaşanacağı anlaşılmıştır. (Şekil 5.13). Bu fay segmenti üzerinde meydana gelebilecek 7 ve üzeri büyüklükte bir depremde, inceleme alanının büyük bir bölümünde meydana gelecek yer hareketi, European Seismological Commission'a (ESC) göre (Tablo 5.8), yüksek tehlike düzeyindedir. İzmit Fayı (1 nolu kaynak) ve Marmara Denizi'nin güneyinde yer alan segmentlerin (4 ve 5 nolu kaynaklar) inceleme alanında oluşturabileceği en yüksek yer hareketi, European Seismological Commission'a (ESC) göre orta tehlike düzeyinde kalırken (Şekil 5.12, 5.15, 5.16), diğer kaynakların inceleme alanında oluşturacağı yer hareketinin, düşük tehlike düzeyinde olduğu anlaşılmıştır. İnceleme alanı için yapılan deterministik deprem tehlike analizlerinden de anlaşılacağı üzere, deprem kaynağına olan uzaklık arttıkça meydana gelebilecek deprem tehlikesi de azalmaktadır. Uzak olan kaynaklar göz önüne alındığında, deprem dalgalarının kaynaktan inceleme alanına kadar olan mesafede sönmülenmesi ve inceleme alanının genelde kaya birimler ve sert killi zeminlerden oluşması itibari ile deprem dalga genliklerinin büyütülmesine uygun olmaması, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14 nolu kaynakların inceleme alanında oluşturabileceği deprem tehlikesinin düşük seviyede çıkmasında önemli rol oynamaktadır (Şekil 5.14, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25).

Dinamik yükler altında, yapılarda meydana gelen hasarların başlıca nedenlerinden birisi de yerel zemin koşullarıdır. Deprem sonrası ortaya çıkan sismik dalgaların, zemin tabakaları içerisinde geçirdikleri değişim anlamına gelen yerel zemin etkisi kavramı, genellikle zemin büyütme etkisi olarak ifade edilmektedir. İnceleme

alanında zemin büyütme etkisinin belirlenebilmesi için, farklı araştırmacılar (Midorikawa, 1987; Joyner ve Furnal 1984; Borchardt ve ark., 1991) tarafından 30 m'lik zemin profiline ait ortalama kayma dalgası hızı verisi kullanılmak suretiyle geliştirilen ampirik ilişkilerden yararlanılmıştır. Yapılan değerlendirmeye göre, büyütme açısından inceleme alanının güney kesimlerinde yer yer orta düzeyde tehlike arz eden alanlar bulunmakla beraber, inceleme alanı geneli ve özellikle kuzey kesimlerin ağırlıklı olarak düşük düzeyde tehlikeye sahip olduğu anlaşılmıştır (Şekil 6.3, 6.4, 6.5, 6.6).

İnceleme alanında kentsel dönüşüm projesi vesilesi ile yeniden yapılaşmaya gidileceğinden, inceleme alanını oluşturan zemin ve kaya ortamlar için taşıma gücü açısından ve killi zeminlerin oturma potansiyelleri hakkında tez kapsamında değerlendirmelerde bulunulmuştur. İnceleme alanı, yer altı suyu yönünden fakir olmasına rağmen, kil numunelerinin doygunluk dereceleri (Sr) incelendiğinde, büyük çoğunluğunun suya doygun olduğu ve konsolidasyon oturmalarının gerçekleşmesinin muhtemel olduğu anlaşılmıştır. İnceleme alanı genelinde, yüksek doygunluk derecelerine sahip killerin varlığı, tarihsel denemler boyunca özellikle yüzey suları tarafından beslenmeleri sonrasında, oldukça kalın bu kil tabakalarının geçirimsiz olma özellikleri nedeniyle bünyelerine aldıkları suları tutmaları ile açıklanabilir. Yapılan konsolidasyon deneyi sonuçlarına göre, numunelerin yaklaşık % 90'ının aşırı konsolide özellikte olduğu anlaşılmıştır. Gürpınar formasyonuna ait killerin tamamı ve Güngören formasyonuna ait killerin büyük çoğunluğunun aşırı konsolide, Güngören formasyonu ve alüvyona ait bazı kil numunelerinin ise normal konsolide olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanında imara açık alanlarda yapılacak binalar için 6 kata kadar izin verilmesi koşulundan yola çıkarak, konsolide özellikleri belirlenen kil zeminlerin oturma potansiyellerinin belirlenebilmesi için B=10 m, B=15 m, B=20 m olan kare temel ve BxL=10 m x 15 m olan dikdörtgen temel gibi günümüz koşullarına uygun temel boyutları kullanılarak oturma hesapları yapılmıştır. Oturma değerlerine bakıldığında, özellikle B=20 m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar sonrası, bazı lokal alanlar için 10 cm sınırını geçen oturma değerleri görülmektedir (Şekil 7.17). Kemer, Fevzi Çakmak, Nene Hatun ve Fatih mahalle sınırları içinde kalan bu lokal alanlarda müsadde edilebilir oturma değerlerinden daha büyük oturma değerlerinin çıkmasının en önemli nedeni, bu alanlarda kil

tabakalarının kalınlığının (H_0) yaklaşık 15 ile 25 m arasında değişmesidir. Oturma hesaplamalarının, yüzeye yakın kesimlerde alınmış olan tek bir örselenmemiş numune üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre yapılması ve derinlik artışı ile birlikte kil yapısındaki muhtemel değişimlerin ihmal edilmesi de, bu alanlarda oturma değerlerinin büyük çıkmasında etkili olmaktadır. İnceleme alanında yapılaşmaya gidilirken, parsel bazında yapılacak çalışmalarda kabul edilebilir oturma değerlerinin üzerinde oturma beklenen alanlar için, uygun temel tipi seçimi ve zemin iyileştirmesi gibi önlemler alınmalıdır.

Taşıma gücü değerlendirmesinde, inceleme alanını oluşturan zeminler üzerine inşa edilecek binalar düşünülerek, yüzeysel temellerin taşıma gücü prensibi üzerinde durulmuştur. Bu çalışma için Terzaghi'nin yüzeysel temeller için önerdiği taşıma gücü teorisinden faydalanılmıştır. Kaya ortamlar için ise kayaç örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları kullanılarak izin verilebilir taşıma gücü hesabı yapılmıştır. İnceleme alanında temel derinliği (D_f) 3 m ve $B=15$ m olan kare temele sahip şekilde inşa edilecek binalar için $GS=3$ alınarak hesaplanan güvenli taşıma güçleri 142.8 kPa ile 692.4 kPa arasında değişmektedir. Kaya ortamlarda ise izin verilebilir taşıma güçleri 411 kPa ile 14220 kPa arasında değişmektedir. Oluşturulan taşıma gücü haritasında da görüleceği üzere (Şekil 8.6), inceleme alanının kuzey sınırına en yakın alanlardaki grovakların, daha rijit bir yapıya sahip olmalarından ötürü, daha alt kesimlerdeki grovak ve muhtelif alanlardaki kireçtaşları ile arasında izin verilebilir taşıma gücü açısından ciddi farklar bulunmaktadır. İnceleme alanı genelinde yüzeysel temeller için elde edilen taşıma gücü değerlerine bakıldığında, Birlik, Tuna, Kemer, Nene Hatun, Menderes, Fevzi Çakmak, Yavuz Selim, Mimar Sinan ve Davutpaşa mahallelerine ait sınırlar içerisinde, yüzeysel temeller için nispeten daha düşük taşıma gücü değerleri görülmektedir (Şekil 8.6).

Tez çalışması kapsamında yapılan araştırmalar neticesinde yapılan yerleşime uygunluk değerlendirmesine göre, inceleme alanının kuzey kesimlerinde, ayrışmamış kumtaşı ve grovak ile temsil edilen alanlar ile muhtelif kesimlerde ayrışmamış kireçtaşı ile temsil edilen alanlar, mühendislik özellikleri ve izin verilebilir taşıma gücü değerleri göz önüne alındığında yerleşim açısından sorunsuzdur (Şekil 9.1). Bazı lokal alanlarda görülen kontrolsüz dolgu alanlar ise yerleşime uygun değildir.

Bu alanların yerleşim amaçlı kullanılabilmesi için dolgu tabakalar kaldırılmalı, yapı temelleri, alttaki birimler üzerine oturtulmalıdır. Yerleşim açısından uygun ve uygun olmayan alanlar dışında kalan kesimler ise yerleşime önlemleri uygun alanlardır (Şekil 9.1). Önlemleri uygun alanlar jeolojik birimlere göre kendi içinde üçe ayrılmıştır. Trakya Formasyonu'nun ayrılmış kesimlerinde (ÖUA-1) eğim değerlerinin değerlerinin % 20 - % 25 arasında değiştiği bazı lokal alanlarda, ayrışma ve süreksizlik yüzeylerinin olumsuz etkilerine karşı gerekli tedbirler alınmalıdır. Özellikle Güngören Formasyonu'na ait, oldukça kalın, yüksek plastisiteli kil tabakalarının gözlemlendiği alanlar, suyla temaslarında gösterecekleri şişme problemi ve yapı yükünden kaynaklanacak oturma / farklı oturma problemleri nedeni ile yapılaşmalar için önlemleri alanlardır (ÖUA-2). Bu alanlar üzerine inşa edilecek yapılar için zeminin şişme ve oturma karakteristikleri, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile belirlenmeli, uygun temel tasarımı projelendirilmelidir. Dere yatağı uzantısı boyunca gözlenen alüvyon alanlarda (ÖUA-3) yapılacak binalar için ise parsel bazında sıvılaşma risk analizi ve oturma hesapları yapılmalı, uygun temel tipi seçilmelidir.

Siyahi ve Ansal (1993) tarafından mikrobölgeleme çalışmaları için geliştirilen yamaç stabilitesi yöntemine göre yapılan değerlendirmede, inceleme alanında Kemer, Tuna, Fatih, Fevzi Çakmak, Yavuz Selim, Namık Kemal ve Çiftelhavuzlar mahalle sınırları içinde kalan bazı lokal alanların yamaç stabilitesi açısından orta seviyede tehlike arz ettiği belirlenmiştir (Şekil 6.9). Bu alanlardaki yapılaşmalarda meydana gelebilecek şev stabilitesi sorunlarına karşı, şevler kalıcı iksa tedbirleriyle desteklenmelidir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin en önemli özelliklerinden biri de eldeki veri tabanları kullanılarak farklı türde sorgulamalar yapılabilmesidir. İnceleme alanının mikrobölgelenmesi amacı ile çalışma kapsamında elde edilen veri tabanları üzerinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin sorgulama yeteneği kullanılarak, farklı türde sorgulamalar yapılmıştır. Birinci grup sorgulamalarda, inceleme alanına ait SPT-N₃₀, Vs hızı ve yüzeysel temeller ve kaya birimler için hesaplanan taşıma gücü (qnet) verileri kullanılarak sorgulamalar yapılırken, ikinci grup sorgulamalarda ise inceleme alanında deprem nedeni ile oluşabilecek zemin büyütme ve yamaç stabilite risklerine ait veriler kullanılarak sorgulamalar yapılmıştır. Sorgulamalar neticesinde elde edilen

veri tabanları ile sorgulama haritaları oluşturulmuştur. Sorgulama haritalarında (Şekil 9.4 ve Şekil 9.11) yerleşim açısından uygun ve önlemleri olarak görülen alanların, tez çalışması kapsamında oluşturulan çalışma alanının jeoloji haritası ve mühendislik özelliklerine ait haritalarla uyumlu olduğu anlaşılmıştır.

İnşa edilecek bir bina için yapı yükünden kaynaklanacak muhtemel oturmalar ve bina temelini taşıyabileceği güvenli taşıma gücünün bulunmasına yönelik olarak yapılan hesaplamalar, inşa edilecek binanın projesine göre yapılmaktadır. Tez çalışması kapsamında bölgeleme amaçlı yapılan oturma ve taşıma gücü hesaplamaları, yeniden yapılaşmaya gidilecek olan inceleme alanında, zemin ve kaya ortamlarının yerinde ve laboratuvarda yapılan ölçüm ve deneylerle belirlenen özelliklerini desteklemek ve riskli alanların tespiti ile planlamaya katkıda bulunma amacı ile yapılmıştır. Tez çalışmasında izlenen yollar daha da geliştirilerek, yerleşim alanlarının planlamalarında, yapı temelleri için taşıma gücü ya da yapı yükünden kaynaklanacak oturmalar açısından riskli alanların önceden belirlenmesi ile diğer çalışmalara destek verilebileceği gibi mikrobölgeleme çalışmalarına ve dolayısı ile yerleşim alanı planlamalarına katkı sağlanabilir. Özellikle Adapazarı ili gibi yer altı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu alüvyal alanlar için bu tarz çalışmalar daha büyük önem taşımaktadır.

Mikrobölgeleme çalışmalarında kullanılan verilerin doğru ve güvenilir olması, ortaya konacak yorumların, saptamaların ve planlamaya yönelik yapılacak değerlendirmelerin de güvenilirliğini arttırmaktadır. Bu nedenle, mikrobölgeleme çalışmalarına altlık teşkil eden zemin özelliklerinin, yerinde ve laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda doğru bir şekilde belirlenmesi önemlidir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarının standartlara ve şartnamelere uygun bir şekilde yapılması gereklidir.

Mikrobölgeleme uygulamaları, yerleşim alanlarının planlamalarında, dinamik analizler, deprem tehlike analizleri ve yerel zemin koşullarının belirlenmesi gibi bir çok parametrenin bir arada ele alınarak uygulandığı çalışmalar olması itibari ile imar planı revizyonlarına esas olarak uygulanan etüdlere ve yerleşime uygunluk çalışmalarına göre daha kapsamlı ve faydalı çalışmalardır. Başta ülkemiz olmak

üzere aktif bir tektonizmaya sahip olan ülkeler için, yerleşime açılmış ya da açılacak alanlar için hazırlanacak mikrobölgeleme çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Mikrobölgeleme çalışmaları sonucu elde edilen risk haritaları, yerleşim alanlarında planlama amacına yönelik olarak değerlendirilmeli, yapılaşmalar için parsel bazında etüdler yapılarak gerekli zemin parametreleri elde edilmelidir.

KAYNAKLAR

ALTINOK, Y., ERSOY, S., YALÇINER, A.C., ALPAR, B. and KURAN, U., Historical tsunamis in the Sea of Marmara, ITS 2001 Proceedings, Session 4, Number 4-2, pp527-534, 2001.

ALTINOK, Y., ALPAR, B. and YALTIRAK, C., Sarkoy-Murefte 1912 Earthquake's Tsunami, extension of the associated faulting in the Marmara Sea, Turkey. Journal of Seismology, 7, 329-346, 2003.

AMBRASEYS, N.N., ZAPOTEK, A., The Varto üskiran (Anatolia) earthquake of 19 August 1966, summary of field report, BSSA, 58(1): 47-102. Acapulco, Earthquake Spectra 14(1): 75-94, 1968.

AMBRASEYS, N.N., and FINKEL, C.F., Marmara Sea Earthquake of 1509, Terra Motae, 167-174, 1990.

AMBRASEYS, N.N. and FINKEL, C.F., Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region. Terra Nova, 3, 527-539, 1991.

AMBRASEYS, N.N. and FINKEL, C.F., The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas : A historical review, 1500-1800. Muhittin Salih EREN, Istanbul, 1995.

ANSAL, A., MARCELLINI, A., "Variability of source and site factors in seismic factors in seismic microzonation, state-of-the-art report", Proc. Of 11th European Conference on Earthquake Engineering, Balkema, Rotterdam, 1998.

ANSAL, A., BİRO, Y., ERKEN, A., GÜLERCE, Ü., ÖZÇİMEN, N., "Seismic zonation in Istanbul: A case study" Geotechnical Earthquake Engineering and Microzonation Seminar, İstanbul, 2001.

ANSAL, A., SPRINGMAN, S., STUDER, J., DEMİRBAŞ, E., ÖNALP, A., ERDİK, M., GIARDINI, D., ŞEŞETKAN, K., DEMİRCİOĞLU, M., AKMAN, H., FAH, D., CHRISTEN, A., LAUE, J., BUCHHEISTER, J., ÇETİN, Ö., SİYAHİ, B., FAHJAN, Y., GÜLKAN, P., BAKIR, S., LESTUZZI, P., ELMAS, M., KÖKSAL, D., GÖKÇE, O., "Adapazarı ve Gölcük İçin Mikrobölgeleme Çalışmaları", Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2003.

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL (ATC), Earthquake Damage Evaluation for California, ATC-13. Redwood City, California, 1985.

ARIÇ, C., Haliç-Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi, İ.T.Ü Maden Fak. Dr. Tezi, İstanbul, 1955.

ARMİJO, R., N. PONDARD, B. MEYER, G. UÇARKUŞ, B. MERCIER de LEPINARY, J. MALAVIEILLE, S. DOMINGEZ, M-A. GUSTCHER, S. SCHMİDT, C. BECK, N. ÇAĞATAY, Z. ÇAKIR, C. İMREN, K. ERİŞ, B. NATALİN, S. ÖZALAYBEY, L. TOLUN, I. LEFEVRE, L. SEEBER, L. GASPERİNE, C. RANGİN, O. EMRE and K. SARIKAVAK, Submarine fault scarps in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault) : Implications for seismic hazard in Istanbul. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, vol.6, No.6, Q06009, doi:10.1029/2004GC000896.29p, 2005.

BARGU, S. ve YÜKSEL, F.A., İzmit Körfezi 'nin Kuvaterner deniz dibi çökellerinin dağılımı ve özellikleri (KB Türkiye). *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni* 8, 169-187, 1993.

BARKA, A., and CADINSKY-CADE, K., Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684, 1988.

BARKA, A., Neotectonics of the Marmara region. In *Active Tectonics of NW Anatolia-The Marmara Poly-project*, Schindler and Pfister (eds.), VDF, ETH Zurich, 55-87, 1997

BAŞOKUR, T.A., Yapı yeri incelemelerinde makaslama dalgası hız kesitinin ReMi yöntemi ile saptanması, Kocaeli Üniv. Deprem Sempozyumu, 2005.

BATUK, F., Coğrafi Bilgi Sistemleri Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, www.yildiz.edu.tr/~batuk/dersler.html, İstanbul, 2001.

Belediyeler için Sismik Mikrobölgeleme, World Institute for Disaster Risk Management (DRM), Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 2004.

BERRY, P.L., and REİD, D., *An Introduction to Soil Mechanics*, McGraw-Hill, UK, 1988

BOLLINGER, G.A., Determination of earthquake fault parameters from long-period *P* waves, *J. Geophys. Res.* **73**, 785–807, 1968.

BORCHERDT, R.D. and GIBBS, J.F., Effect of Local Geological Conditions in the San Francisco Bay Region on Ground Motions and the Intensities of the 1906 Earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 66, pp. 209- 215, 1976.

BORCHERDT, R.D., WENTWORTH, C.M., JANSSEN, A., FUMAL, T. and GIBBS, J., Methodology for predictive GIS mapping of special study zones for strong ground shaking in the San Francisco Bay region, California, *Proceedings of the Fourth International Conference on Seismic Zonation*, Stanford, California, pp.545-552, 1991.

BROCH, E., and FRANKLIN, J.A., The point load strength test. International Journal of Rock, Mechanics., Mining Sciences and. Geomechanical Abstracts, 9, 669-697pp. 1972.

BUDHU, M., Soil Mechanics & Foundations, John Wiley & Sons, USA. 2000.

BURROUGH, P. A. "Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment", Oxford University Press, 2. ed., 1998.

CASAGRANDE, A., The Determination of the Preconsolidation Load and Its Practical Significance, Proceedings, 1st International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.3, Cambridge, Mass, 1936.

CASAGRANDE, A., Classification and Identification of Soils, Transactions, ASCE, Vol. 113, pp. 901-930, 1948

CERNICA J. N., Geotechnical Engineering, Soil Mechanics, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1995.

CODUTO, D.P., Foundation Design: Principles and Practices. 2nd Edn. Prentice Hall Inc., New Jersey, 2001.

CORNELL, C.A., "Engineering Seismic Risk Analysis", Bulletin of Seismological Society of America, Vol.58, sayfa 1583-1606, 1968.

CRAWFORD, C.B., Evaluation and Interpretation of Soil Consolidation Tests, Consolidation of Soils, ASTM STP 892, Baltimore, 1986.

DALE, P.F. ve MCLAUGHLIN J. D., "Land Information Management", Clarendon Press, Oxford, 1988.

DAS, M.B., Advanced Soil Mechanics, McGraw-Hill, Singapore, 1983.

DAS, B.M., SHIN, E.C. and OMAR, M.T., The Bearing Capacity of Surface Strip Foundations on Geogrid Reinforced Sand and Clay—A Comparative Study. Geotechnical and Geological Engineering, 12(1), 1-14, 1994.

DAS, B.M., Principles of Foundation Engineering, PWS Publishing, 1999.

DEERE, D.V., MILLER, R.L., Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana. pp. 90-101, 1966.

DEMİR, H., "Küçükçekmece-Halkalı Yerleşim Bölgesinin Yerel Zemin Koşullarına Göre Depremsellikinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

DOUGLAS, M.B., RYALL, A., Return periods for rock acceleration in Western Nevada, BSSA 65: 1599-1611, 1975.

ERDİK, M., DEMİRCİOĞLU, M. B., ŞEŞETİYAN, K., DURUKAL, E., SİYAHİ, B., “Earthquake Hazard in Marmara Region” EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, 2003a.

ERDİK, M., ŞEŞETİYAN, K., DEMİRCİOĞLU, M.B., DURUKAL, E., “Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Kıyı yapıları, Demiryolları ve Havameydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği İçin Deprem Tehlikesi Belirlemesi”, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul, 2006.

ERGUVANLI, K., Hereke pudingleri ile Gebze taşlarının inşaat bakımından etüdü ve civarının jeolojisi, Doktora tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, 89s., İstanbul, 1949.

ESTEVA, L., “Seismic Risk and Seismic Design Decisions”, in R.J. Hansen, ed., Seismic Design of Alto, California, Vol.1, sayfa (8-1)-(8-692), 1970.

EVERNDEN, J.F. and THOMSON, J.M., Predicting seismic intensities, USGS Professional Paper 1360, 151-202, 1985.

EZEN, U., Kuzey Anadolu Fay zonunda deprem -kaynak parametrelerinin magnitüde ilişkisi: Deprem Araş. Enst. Bült. 32, 53-77, 1981.

FINN, W.,D., L. and VENTURA, C., E., “Challenging issues in local microzonation”, 5 th International Conference on Seismic Zonation, Nice, France, 1995.

FUJIWARA, T., Estimation of ground movements in actual destructive earthquakes, Proceedings of the Fourth European Symposium on Earthquake Engineering, London, September 5-7, 1972.

GENÇ, D., Zemin Mekaniği ve Temeller, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No:100, Ankara, 2008.

GUTENBERG, B. ve RICHTER, C.F. “ Frequency of Earthquakes in California”, Bulletin of Seismological Society of America, Vol.34, No.4, sayfa 1985-1988, 1944.

GUTENBERG, B., Effects on ground on earthquake motion, *Bull. Seism. Soc. Am.* 47, 221-250, 1957.

GÜNDÜZ, A., “İstanbul Büyükçekmece-Küçükçekmece Göller Arası Bölgede Yerleşime Uygunluk”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

GÜZEL, M., “Mikrobölgeleme Çalışmalarında Jeolojik, Jeofizik, Jeoteknik Verilerin Birlikte Kullanımı (Kuzey Adana Örneği)”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2009.

HOWARD, A.K., Laboratory Classification of Soils-Unified Soil Classification System, Earth Sciences Training Manual No. 4, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, pp. 56, 1977

IMAI, T., and YOSHIMURA, Y., Elastiv wave velocity and soil properties in soft soil, *Tsuchito-Kiso*, 18 (1), 17-22 (in Japan), 1970.

IMAI, T., P and S wave velocities of the ground in Japan, *Proceeding of IX International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 2, 127-132, 1977.

International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering (ISSMFE), *Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards*, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, pp.3, 1993.

IRIKURA, K., IWATA, T., SEKIGUCHI H. and PITARKA A., Lessens from the 1995 Hyogo-Ken Nanbu earthquake: why where such destructive motions generated to buildings? *J. of Nat. Dis. Sci.* 17, N 2, 99-127, 1996.

ISRM, Suggested method for determining point load strength.. *International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences and Geomechanical Abstracts*, 22, 51-60pp, 1985.

İNCE, G.Ç., “Sismik Bölgeleme ve İstanbul’un Deprem Zararlarının Tahmini”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.

İNCE, G.Ç., YILDIRIM, M., ÖZAYDIN, K., ÖZENER, P.T., Seismic microzonation of the historic peninsula of Istanbul, *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 67:41-51, 2008

İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, Avrupa Yakası (Güney) Mikrobölgeleme Projesi Sonuç Raporu, 2006

İYİSAN, R., Zeminlerde kayma dalgası hızı ile penetrasyon deney sonuçları arasındaki bağıntılar, *İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, 7 (2), 1187- 1199. 1996.

JINAN, Z., Correlation between seismic wave velocity and the number of blow of SPT and depth, *Selected papers from the Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 92-100, 1987.

JOYNER, W.B. and FUMAL, T., Use of measured shear wave velocity for predicting geological site effects on strong motion, *Proc. 8th World Conf. On Earthquake Eng.*, V.2, pp.777-783, 1984.

- KANAI, K., Engineering Seismology, IIESEE Lecture Note, IEES Japan, 1983.
- KIKU, H., YOSHIDA, N., YASUDA, S., IRISAWA, T., NAKAZAWA, H., SHIMIZU, Y., ANSAL, A., and ERKAN, A., In-situ penetration tests and soil profiling in Adapazarı, Turkey, Proceeding ICSMGE/TC4 Satellite Conference on Lessons Learned from Recent Strong Earthquakes, 259-265, 2001.
- KING, S.A., and KREMIDJIAN, A.S., Regional Seismic Hazard and Risk Analysis Through Geographic Information Systems, The John A.Blume Earthquake Engineering Center, Report No. 111, 1994.
- KOPPULA, S.D., 1984. Pseudo-static analysis of clay slopes subjected to earthquakes, Geotechnique, 71-79.
- KORAL, H. ve ERYILMAZ, M., İzmit Körfezi 'nin tektonigi. İzmit Körfezi 'nin Kuvaterner İstifi, E. Meriç (ed.), 277-283, 1995.
- KRAMER, S.L., “Geotechnical Earthquake Engineering”, Prentice Hall Press., 1996.
- KREMIDJIAN, A.S., KING, S.A., SUGITO, M., and SHAH, H.C., Simple Site Dependent Ground Motion Parameters for the San Francisco Bay Region. The John A. Blume Earthquake Engineering Center. Report No. 97, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanfor, California, 1991.
- KUDO, K., Practical estimates of site response. State-of-art report. Fifth International Conference on Seismic Zonation, Nice, France, III, 1878-1907, 1995.
- LEE, S. H. H., Regression models of shear wave velocities, Journal of the Chinese Institute of Engineers, 13, 519-532, 1990.
- LE PICHON, X., ŞENGÖR, A.M.C., DEMİRBAG, E., RANGİN, C., İMREN, C., ARMIJO, R., GÖRÜR, N., ÇAGATAY, N., MERCIER de LEPINAY, B., MEYER, B., SAATÇILAR, R., TOK, B., The active Main Marmara Fault. Earth and Planetary Science Letters, 192, 595-616, 2001.
- Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards, Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, TC4, ISSMFE, 1993.
- MARCELLINI, A., SLEJKO, D., “State of the art of seismic hazard and microzonation in Italy”, 10 th European Conference on Earthquake Engineering, Balkema, Rotterdam, 1995.
- MATSUDA, T., Magnitude and recurrence intervals of earthquakes from a fault, Zisin. J. Seism. Soc. Japan, 28, 269-83, 1975.
- MEDVEDEV, J., Engineering Seismology, Science Academy Press, Moscow, 1962

MERM, Microzonation Manual, World Institute for Disaster Risk Management, 2003.

MIDORIKAWA, S., Prediction of seismic Map in Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake, Journal of Structural Dynamics, 33B, pp.43-48, 1987.

MILNE, J., *Seismology*, first Ed., Kegan Paul, Trench, Trube, London, 1898.

MOLA, E., "Deliklitaş Mahallesi-Eskişehir Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Deprem Risk Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2005.

NEHRP, Recommended Provisions For New Buildings And Other Structures, FEMA-450, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, DC., 2003.

NIGG, J., Microzonation and public preparedness: A viable approach. Proceedings of the 3th International Earthquake Microzonation Conference, Seattle, 1982.

OHBA, S., and TRAUMA, I., Dynamic response characteristics of Osaka Plain, Proceeding Annual Meeting, A. I. J. (in Japan), 1970.

OHTA, Y., and GOTO, N., Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 6, 167-187, 1978.

OKAN, N., "Yenişehir (Bursa) İlçesinde Zemin Büyütmesinin Jeoteknik Açısından Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005.

OKAY, A., DEMİRBAĞ, E., KURT, H., OKAY, N., and KUSÇU, İ., An active, deep marine strike-slip basin along the North Anatolian Fault in Turkey. Tectonics, 18, 129-148, 1999a.

OKAY, A.I., KAŞLILAR-ÖZCAN, A., İMREN, C., BOZTEPE-GÜNEY, A., DEMİRBAĞ, E., KUSÇU, İ., Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study, Tectonophysics 321, 198-218, 2000.

ORHAN, A., "Eskişehir İl Merkezi Güney Bölümü Temel Zemin Birimlerinin Jeo-Mühendislik Özellikleri ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Uygulanması", Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2005.

ÖNALP, A., Geoteknik Bilgisi I, Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.

ÖRNEK, M., Yumuşak Kil Zeminlerin Geogrid Donatı İle Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2009.

ÖZER, S., TANSEL, I., MERİÇ, E., , Hereke (Kocaeli) dolayında Üst Kretase-Paleosen istifinin biyostratigrafisi (Rudist-Foraminifer). SÜ Müh. Mim. Fak. Derg., 5, 29-40, 1990

ÖZGÜL, N., ÜNER, K., AKMEŞE, İ., BİLGİN, İ., KOKUZ, R., ÖZCAN, İ., YILDIZ, Z., YILDIRIM, Ü., AKDAĞ. Ö., TEKİN, M., İstanbul İl Alanının Genel Jeoloji Özellikleri, İBB Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul, 2005

ÖZMEN, B., İstanbul İli İçin Deprem Senaryosu, Türkiye Mühendislik Haberleri, Yıl: 47/2002-1 Sayı:417, ISSN: 1300-3445, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2002.

ÖZTİN, F., BAYÜLKE, N., Historical Earthquakes of İstanbul, Kayseri and Elazığ, Proceedings of the Workshop on Historical Seismicity and Seismotectonics of the Mediterranean Region, sayfa 150-172, 10-12 October İstanbul, Turkish Atomic Energy Authority, Ankara, Turkey, 1990.

ÖZTİN, F., 10 Temmuz 1894 İstanbul Depremi Raporu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, 291 sayfa, Ankara, 1994.

PARSONS, T., Recalculated probability of $M \geq 7$ earthquakes beneath the Sea of Marmara, Turkey, J. Geophys. Res., 109, B05304, 2004.

PERKINS, D.M., BENDER, B.K., and THENHAUS, P.C., Seismic Hazard Methodology for the Central and Eastern United States, EPRI NP- 4726S-A, Vol.1-3, 1988.

PITILAKIS, K., RAPTAKIS, D., LONTZETIDIS, K., TIKA-VASSILIKOU, T., and JONGMANS, D., Geotechnical and geophysical description of Euro-Seistests, using field, laboratory tests and moderate strong ground motions, Journal of Earthquake Engineering, 3 (3), 381-409, 1999.

SCHMERTMANN, J.H., The Undisturbed Consolidation Behavior of Clay, ASCE, Trans, Vol. 120. 1955.

SCHWARTZ, D.P. ve COPPERSMITH, K.J., "Seismic Hazards: New Trends in Analysis Using Geologic Data", in R.E. Wallace, ed., Active Tectonics, Academic Pres, Orlando, Florida, sayfa 215-230, 1984.

SHARMA, S. and KOVAKS, W. D., Microzonation of the Memphis, Tennessee area. A report on research sponsored by The U.S.G.S., No:14-08-0001-17752, 1980.

SHERIF, M.A., Introductory statement of 3th international earthquake microzonation proceedings, June 28-July1, Seattle, USA, 1982.

SHIMA, E., Seismic Microzoning map of Tokyo, Proc.Second Inter. Conf. on Microzonation, Vol. 1, pp.433, 1978.

SINGH, S.K., LERMO, J., DOMINGUEZ, T., ORDAZ, M., ESPINOSA, J.M., MENA, E. and QUAAS, R., The Mexico earthquake of September 19, 1985- A study of amplification of seismic waves in the valley of Mexico with respect to a hill zone site, Earthquake Spectra 4, 653-674, 1988.

SIYAHİ, B.G., ANSAL, A. M., "Slope Stability by Koppula Method", Personal Communication. Seismic Hazard Program (GSHAP), 1993 <http://seismo.ethz.ch/GSHAP/>

SOYSAL, H., SİPAHİOĞLU, S., KOLÇAK, D., ALTINOK, Y., Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, TÜBİTAK Proje No:TBAG 341, 124 s, 1981.

SYKORA, D. E., and STOKOE, K. H. II., Correlations of in situ measurements in sands of shear wave velocity, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 20 (1-4), 125-136, 1983.

ŞEKERCİOĞLU, E., Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 28, 4.Baskı, Ankara, 286s, 2007.

ŞİŞMAN, H., Sismik dalga hızları ile SPT ve pressiometre deney sonuçları arasındaki ilişkilerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara, 75 s (yayımlanmamış), 1995.

TERZAGHI, K., Theoretical Soil Mechanics. Wiley, New York, 510p, 1943.

TERZAGHI, K., and Ralph B. PECK, 1948, Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, New York

TOCHER, D., Earthquake energy and ground breakage, Bull. Seism. Soc. Am. 48, 147-152, 1958.

TOKSÖZ, M.N., SHAKAL, A.F., MİCHAEL, A.J., Space-Time Migration Of Earthquakes Along The North Anatolian Fault Zone and Seismic Gaps PAGEOF, V. 117: 1258-1270, 1979.

TONOUCHI, K., SAKAYAMA, T., and IMAI, T., S wave velocity in the ground and the damping factor, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, Vol. 26-27, 327-333, 1983.

TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ, TDY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Mart 2007

TÜYSÜZ, O., İstanbul İçin Deprem Senaryolarının Hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı, İTÜ Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.

ULAŞMIŞ, K., “Ankara Kenti Batısındaki Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri ve Alüvyonun Sıvılaşma Potansiyeli”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.

ULUSAY, R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, Türkiye, 4. baskı, s. 192, 2001.

ULUTAŞ, E., “Doğu Marmara Sismik Bölgeleme, Kocaeli İl Sınırları ve İzmit Yerleşim Alanının Sismik Mikrobölgelemesi”, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2006.

U.S. ARMY ENGINEER WATERWAYS EXPERIMENT STATION, 1960, The Unified Soil Classification Systems, Technical Memorandum No. 3-357. Appendix A, Characteristics of Soil Groups Pertaining to Embankments and Foundations, 1953, Appendix B, Characteristics of Soil Groups Pertaining to Roads and Airfields, 1957

VUCETIC, M. and DOBRY, R., Effect of Soil Plasticity on Cyclic Response, *American Society of Civil Engineering, Journal of Geotechnical Engineering*, Volume 117, Number 1, January, pp.89-107, 1991.

WELLS, D.L., COPPERSMITH, K.J., New Empirical Relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *BSSA*, 84 (4): 974-1002, 1994.

World Institute for Disaster Risk Management, Inc.,: Seismic Microzonation for Municipalities. Manual, 2004

WOOD, H.D., Distribution of apparent intensity in San Francisco, in the California earthquake of April 18, 1906, report of the State Earthquake Investigation Commission, Carnegie Institute, Washington, D.C., Publ. 87, 220-245, 1908.

YALÇINKAYA, E., “Zemin Özelliklerinin Yer Hareketine Etkisi: 1 Ekim 1995 Dinar ve 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depremi Örnekleri, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2002.

YAĞCI, B., “Mikrobölgeleme Metodolojileri ve Balıkesir İçin Bir Uygulama”, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2005.

Yerleşim Amaçlı Mikrobölgeleme Raporu Ve Haritalarının Hazırlanması – Avrupa Yakası Projesi (Güney), Sonuç Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2006,

YETİMOĞLU, T., WU, J. and SAĞLAMER, A., Bearing Capacity of Rectangular Footings on Geogrid Reinforced Sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, 120 (12), 2083-2099, 1994.

YILDIRIM, M., SAVAŞKAN, E., "İstanbul Bölgesi Tersiyer Çökellerinin Stratigrafisine Yeni Bir Yaklaşım ve Çökellerin Mühendislik Özellikleri", İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Sayfa: 87-102, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası - İstanbul Şubesi, Yer: Kadir Has Üniversitesi-Konferans Salonları, Cibali-İstanbul, 2003.

YILDIZ, A., Donatılı Zeminler Üzerine Oturan Yüzeysel Temellerin Analizi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2002.

YOMRALIOĞLU, T., "Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar", DGN Bilgi Sistemleri Yayını, 1. Baskı, 2000.

YÜKSEL, B., Konsolidasyon Süresince Kil Yapısındaki Değişimin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.

<http://www.basarssoft.com.tr>

<http://www.yildiz.edu.tr/~inan/GIS.pdf>, İNAN, A., İZGİ, E., "Coğrafi Bilgi Sistemi(GIS)".

ÖZGEÇMİŞ

T.Fikret KURNAZ, 18.06.1979 tarihinde Tarsus'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini yine Tarsus'da tamamladı. 1998 yılında Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne girdi ve 2003 yılında mezun olarak Jeoloji Mühendisi ünvanı aldı. Eylül 2003'de Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Aralık 2003'de aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2006 yılı başında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Geoteknik ABD'da doktora eğitimine başladı. Halen SAÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.