



2013

ÇANAKKALE BELEDİYESİ İMAR PLANINA ESAS JEOLojİK- JEOTEKNİK ETÜT PROJESİ



**Çanakkale Onsekiz Mart
Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji ve Jeofizik
Mühendisliği Bölümleri**

Projeyi Hazırlayanlar

Doç. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

Yrd. Doç. Dr. M. Celal TUNUSLUOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER

Yrd. Doç. Dr. C. Çağlar YALÇINER

Yrd. Doç. Dr. Öznur KARACA

Öğr. Gör. Dr. Yunus L. EKİNCİ

Arş. Gör. Dr. Alper DEMİRCİ

Arş. Gör. Ş. Özge DİNÇ

ONAY

Bu rapor aşağıda isimleri ve imzaları bulunan ğretim elemanlarınca hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

.....

Yrd. Doç. Dr. M. Celal TUNUSLUOĞLU

.....

Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER

.....

Yrd. Doç. Dr. C. ağlar YALÇINER

.....

Yrd. Doç. Dr. Öznur KARACA

.....

Öğr. Gör. Dr. Yunus L. EKİNCİ

.....

Arş. Gör. Dr. Alper DEMİRCİ

.....

Arş. Gör. ř. Özge DİNÇ

.....

© Bu rapor Çanakkale Belediye Başkanlığı ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi ve Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü arasında 15.03.2012 tarihinde imzalanan protokol gereğı hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

ONAY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
I. AMAÇ ve KAPSAM.....	12
II. İNCELEME ALANININ TANITILMASI	13
II.1. Mekânsal Bilgiler - Coğrafi Konumu	13
II.2. İklim ve Bitki Örtüsü	18
II.3. Sosyo-Ekonomik Bilgiler	19
II.4. Arazi, Laboratuvar, Büro Çalışma Yöntemleri ve Ekipmanları	20
II.4.1. Arazi Çalışmaları.....	20
II.4.1.1. Sondaj Çalışmaları	20
II.4.1.2. Yerinde Yapılan Deneyler.....	20
II.4.1.3. Gözlemsel Arazi Çalışmaları	20
II.4.1.4. Jeofizik Çalışmalar	20
II.4.2. Laboratuvar Zemin Deneyleri	21
II.4.3. Büro Çalışma Yöntemleri.....	21
II.4.3.1. Saha çalışma verilerinin bilgisayar ortamına aktarılması	21
II.4.3.2. Çalışma kapsamında adı geçen analizlerin bilgisayar ortamında yapılması	21
II.4.3.3. Haritalama ve Raporlama.....	21
III. İNCELEME ALANININ MEVCUT PLAN, YAPILAŞMA DURUMU VE DİĞER ÇALIŞMALAR.....	22
III.1. Tüm Ölçeklerde Mevcut Plan Durumu ve Mevcut Yapılaşma	22
III.2. Mevcut Plana Esas Yerbilimsel Etütler, Sakıncalı Alanlar-Afete Maruz Bölgeler.....	23
III.3. Taşkın Sahaları, Sit Alanları, Koruma Bölgeleri vb.....	23
III.4. Değişik Amaçlı Etütler	23
IV. JEOMORFOLOJİ.....	24
V. JEOLojİ.....	28
V.1. Genel Jeoloji	28
V.1.1. Stratigrafi	31
V.1.1.1. Çanakkale Grubu.....	31
V.1.1.1.1. Gazhanedere Formasyonu.....	31
V.1.1.1.2. Kirazlı Formasyonu.....	32
V.1.1.1.3. Alçitepe Formasyonu	33
V.1.1.2. Alüvyonlar	33
V.2. Yapısal Jeoloji.....	34

V.3. İnceleme Alanının Jeolojisi	34
VI. JEOTEKNİK AMAÇLI SONDAJ ÇALIŞMALARI ve ARAZİ DENEYLERİ.....	38
VI.1. Sığ Sondajlar	38
VI.2. Arazi Deneyleri	51
VI.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi.....	51
VII. JEOTEKNİK AMAÇLI LABORATUVAR DENEYLERİ	70
VII.1. Zeminlerin İndeks-Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	70
VII.1.1. Elek Analizi Deneyleri	70
VII.1.2. Atterberg limitleri.....	72
VII.1.3. Doğal Su İçeriği (ω_n).....	72
VII.1.4. Doğal Birim Hacim Ağırlık (DBHA).....	72
VII.1.5. Kuru Birim Hacim Ağırlık (KBHA)	74
VII.2. Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	75
VII.2.1. Konsolidasyon + Şişme Deneyi	75
VII.2.2. Üç Eksenli Basınç Deneyi	76
VII.3. Kaya Mekanik Deneyleri	78
VII.3.1. Tek Eksenli Basınç Deneyi	78
VII.3.2. Nokta Yükleme Deneyi	81
VIII. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR.....	82
VIII.1. Giriş	82
VIII.2. Yeraltı radarı (GPR) yöntemi	82
VIII.3. Sismik ve Sismolojik Çalışmalar.....	92
VIII.3.1. Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) Yöntemi	93
VIII.4. Mikrotremor Ölçümü.....	102
VIII.4.1. Çalışma Alanı Ölçümler ve Veri İşlem.....	102
IX. ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	104
IX.1. Zemin ve Kaya Türlerinin Sınıflandırılması	104
IX.1.1. Zemin Türlerinin Özellikleri.....	104
IX.1.2. Kaya Türlerinin Sınıflandırılması.....	106
IX.2. Mühendislik Zonları ve Zemin Profilleri	113
IX.3. Zeminin Dinamik-Elastik Parametrelerinin İncelenmesi	118
IX.3.1. Elastisite Modülü (Young Modülü).....	126
IX.3.2. Makaslama (Shear) Modülü	136
IX.3.3. Bulk (Sıkışmazlık) Modülü	146
IX.3.4. Poisson Oranı.....	154
IX.4. Şişme-Oturma ve Taşıma Gücü Analizleri ve Değerlendirme.....	163
IX.4.1. Zeminlerin Şişme Özellikleri.....	163
IX.4.2. Zeminlerin Oturma Özellikleri	170

IX.4.2.1. Ani oturma analizi	171
IX.4.2.2. Konsolidasyon analizi.....	172
IX.4.3. Taşıma Gücü Analizleri.....	177
IX.4.3.1. Kaya kütlelerinin taşıma gücü	177
IX.4.3.2. Zeminin taşıma gücü.....	183
IX.4.3.2.1. SPT deneyi yapılan zeminlerin taşıma güçleri	183
IX.4.3.2.2. UD örnek alınabilen zeminlerin taşıma güçleri	186
X. HİDROJEOLÖJİK ÖZELLİKLER	189
X.1. Yeraltı Suyu Durumu.....	189
X.2. Yüzey Suları	193
X.3. İçme ve Kullanma Suları	193
XI. DOĞAL AFET TEHLİKESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	195
XI.1 Deprem Durumu.....	195
XI.1.2. Çalışma alanı ve çevresi probabalistik deprem tehlike analizi.....	196
XI.1.2.1. Çalışma alanı ve çevresi büyüklük (magnitüd) – frekans ilişkisi	197
XI.1.2.2. Poisson olasılık dağılımı ile deprem risk analizi	199
XI.1.3. İvme azalım ilişkileri kullanılarak en büyük yatay yer ivmesi (PGA) hesabı.....	201
XI.1.4. Aktif Tektonik.....	205
XI.1.5. Sıvılaşma Analizi ve Değerlendirme.....	206
XI.2. Zemin Büyütmesi (Ao) ve Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To)	214
XI.2.1. Zemin Hakim Titreşim Periyodu ve Rezonans.....	214
XI.2.2. Mikrotremor Ölçümlerinin Sonuçları	216
XI.3. Kütle Hareketleri (Şev Duraysızlığı).....	219
XI.4. Su Baskını	219
XII. İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ	220
XII.1. Önlemler Alan 1.1 (ÖA-1.1): Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Önlemler Alanlar	220
XII.2. Önlemler Alan 2.1 (ÖA-2.1): Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar..	221
XII. 3. Önlemler Alanlar 5.2 (ÖA-5.2); Dolgu Alanlar.....	222
XIII. SONUÇ VE ÖNERİLER	223
KAYNAKLAR.....	229

EKLER

Ek-1: Çalışma Alanının Jeoloji Haritası (1/1000-1/5000 Ölçekli)

Ek-2: Yerleşime Uygunluk Haritası (1/1000-1/5000 ölçekli)

Ek-3: Eğim Haritası (1/1000-1/5000 Ölçekli)

Ek-4: Deneylerin Toplu Sonuçları

Ek-5: Jeofizik Ölçü ve Kesitler

Ek-6: İnce taneli zeminlerin likitlik indeksi, kıvamlılık indeksi ve sıkışma indeksine göre sınıflaması

Ek-7: Konsolidasyon analizi

Ek-8: Taşıma Gücü Hesaplama Dökümanları

Ek-9: Mühendislik Jeolojisi Haritası (1/5000 ölçekli)

Ek-10: Sıvılaşma Analizi

Ek-11: Sondaj Logları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	13
Şekil 2.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu görüntüsü.	14
Şekil 2.3. Çalışma alanının köşe noktaları.	16
Şekil 2.4. Çalışma alanı genel görünüşü. Sarıçay ve çevresinin şehirdeki konumu	18
Şekil 4.1. Çalışma alanının morfolojik görünümü.	26
Şekil 4.2. Çalışma alanının eğim haritası.	27
Şekil 5.1. Biga Yarımadasının Jeoloji haritası ve genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Siyako ve diğ. (1989); Okay ve diğ. (1990)'den sadeleştirilerek)	30
Şekil 5.2. Çanakkale Grubuna ait formasyonların stratigrafik konumu (Siyako, 2006).....	31
Şekil 5.3. İnceleme alanının jeoloji haritası	37
Şekil 6.1. Sondaj lokasyon haritası	39
Şekil 6.2. Sondaj çalışmalarından görünümüler	43
Şekil 7.1. Laboratuvar deney sonuçlarına göre ince ve iri taneli zeminlerin yüzdeleri	71
Şekil 7.2. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre inceleme alanındaki zeminlerin dağılımı.	71
Şekil 7.3. Numunelerin likit limitlerinin dağılımını gösteren histogram grafiği.	72
Şekil 7.4. Zeminlerin doğal su muhtevalarının dağılımı.....	73
Şekil 7.5. Örneklerin tek eksenli basınç dayanımlarının dağılımı	80
Şekil 7.6. Örneklerin nokta yükü dayanım indislerinin dağılımı	81
Şekil 8.1. İnceleme alanının imar plan haritası ve yapılan jeofizik ölçülerin gösterimi (Ölçeksiz harita).	83
Şekil 8.2. 1 m derinlik için risk haritası veri dağılımının imar planı üzerinde gösterimi	85
Şekil 8.3. 3 m derinlik için risk haritası veri dağılımının imar planı üzerinde gösterimi	87
Şekil 8.4. 5 m derinlik için risk haritası veri dağılımının imar planı üzerinde gösterimi	89
Şekil 8.5. 10 m derinlik için risk haritası veri dağılımının imar planı üzerinde gösterimi	91
Şekil 8.6. P-dalga hızı tomogramlarından elde edilen üç boyutlu yapma hız görüntüsü.....	94
Şekil 8.7. S-dalga hızı kat haritası.....	100
Şekil 8.8. V_{s30} hız dağılım haritası.	101
Şekil 8.9. Mikrotremor ölçümlerinde bir noktada alınan zaman serisi kaydı.	103
Şekil 9.1. İnce ve iri taneli zeminlerin yüzde olarak sınıflandırılması	104
Şekil 9.2. İnce ve iri taneli zeminlerin birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre yüzde olarak sınıflandırılması.....	105
Şekil 9.3. Sağlam kayaçlar için farklı araştırmacılar tarafından önerilen dayanım sınıflandırmaları (Palmström, 1995).....	107
Şekil 9.4. İnceleme alanındaki jeolojik kesit hatları.	116
Şekil 9.5. Zemin profilleri.....	117
Şekil 9.6. 1 m derinlik için V_p/V_s hızları oranı.....	119
Şekil 9.7. 2 m derinlik için V_p/V_s hızları oranı.....	120
Şekil 9.8. 4 m derinlik için V_p/V_s hızları oranı P/S oranı.....	121
Şekil 9.9. 6 m derinlik için V_p/V_s hızları oranı.....	122
Şekil 9.10. 8 m derinlik için V_p/V_s hızları oranı.....	123
Şekil 9.11. 10 m derinlik için V_p/V_s hızları oranı.....	124
Şekil 9.12. 12 m derinlik için V_p/V_s hızları oranı.....	125
Şekil 9.13. 1 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası ..	130
Şekil 9.14. 2 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası ..	131
Şekil 9.15. 4 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası ..	132

Şekil 9.16. 6 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası ..	133
Şekil 9.17. 8 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası ..	134
Şekil 9.18. 10 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası	135
Şekil 9.19. 1 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası	140
Şekil 9.20. 2 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası	141
Şekil 9.21. 4 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası	142
Şekil 9.22. 6 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası	143
Şekil 9.23. 8 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası	144
Şekil 9.24. 10 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası	145
Şekil 9.25. Yüzeyden 1 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası.....	149
Şekil 9.26. Yüzeyden 2 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası.....	150
Şekil 9.27. Yüzeyden 4 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası.....	151
Şekil 9.28. Yüzeyden 6 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası.....	152
Şekil 9.29. Yüzeyden 8 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası.....	153
Şekil 9.30. Yüzeyden 1 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası	157
Şekil 9.31. Yüzeyden 2 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası	158
Şekil 9.32. Yüzeyden 4 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası	159
Şekil 9.33. Yüzeyden 6 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası	160
Şekil 9.34. Yüzeyden 8 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası	161
Şekil 9.35. Yüzeyden 10 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası	162
Şekil 9.36. SK-33 nolu sondaj kuyusunun konsolidasyon analizi için temelin ve zemin profilinin konumu.....	174
Şekil 9.37. SK-33 nolu sondaj kuyusunun 2,5 metreden alınan UD numunesi için e-lopP grafiği.	174
Şekil 9.38. Jeolojik dayanım indeksi (Hoek vd., 2002).	179
Şekil 9.39. Alçıtepe formasyonundan alınmış yeşilimsi-mavimsi kilttaşlarının (a) $\sigma_c = 9,33$ MPa, (b) $\sigma_c = 5,40$ MPa ve (c) $\sigma_c = 2,29$ MPa için yenilme zarfları ve makaslama dayanım parametreleri (Rocscience, RocLab 1.0).	182
Şekil 9.40. Gazhanedere formasyonundan alınmış kırmızımsı kilttaşlarının $\sigma_c = 2,35$ MPa için yenilme zarfı ve makaslama dayanım parametresi (Rocscience, RocLab 1.0).	182
Şekil 10.1. Çalışma alanının yeraltısuyu seviye haritası.....	191
Şekil 10.2. Yeraltı suyu yüzeyden derinlik haritası	192
Şekil 10.3. Sarıçay ve denize döküldüğü yerden görünüm.....	193
Şekil 10.4. Çalışma alanı içinde bulunan yüzey sularını gösterir harita (Koç, 2006).....	194
Şekil 11.1. Çanakkale ili deprem bölgeleri haritası (www.deprem.gov.tr den alınmıştır).	195
Şekil 11.2. İnceleme alanı ve dolaylarının Diri Fay haritası (http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx).....	196
Şekil 11.3. Çalışma alanında meydana gelen büyüklüğü $M \geq 3$ olan depremlerin episantır ve deprem derinliklerinin enlem ve boylama göre dağılımlarının basitleştirilmiş tektonik haritada gösterimi.	197
Şekil 11.4. Çalışma alanları (a) Çalışma alanı, (b) Alan 1, (c) Alan 2, (d) Alan 3, (e) Alan 4 deprem sayısı – büyüklük histogramları	198

Şekil 11.5. Büyüklük-frekans ilişkisi a) Çalışma alanı, b) Alan 1, c) Alan 2, d) Alan 3, e) Alan 4	199
Şekil 11.6. Poisson dağılımı ile elde edilen büyüklük - sismik risk değerleri a) Çalışma alanı, b) Alan 1, c) Alan 2, d) Alan 3, e) Alan 4).....	201
Şekil 11.7. İnceleme alanı ve yakın çevresine ait sismotektonik harita (Faylara ilişkin harita Emre ve Doğan 2010'dan, deprem büyüklükleri ve lokasyonları ise http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/ sitesinden alınmıştır).	205
Şekil 11.8. İnceleme alanının $M_W=7,5$ için sıvılaşma şiddeti indeksine (L_s) göre yapılmış sıvılaşma potansiyeli haritası	210
Şekil 11.9. İnceleme alanının $M_W=7,0$ için sıvılaşma şiddeti indeksine (L_s) göre yapılmış sıvılaşma potansiyeli haritası.	213
Şekil 11.10. Çalışma alanı zemin büyütme haritası	215
Şekil 11.11. Çalışma alanı hakim titreşim periyod dağılım haritası	218

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çalışma alanına ait 1/1000 ölçekli pafta numaraları.	15
Çizelge 2.2. Çalışma alanının köşe numaraları ve koordinatları.	17
Çizelge 2.3. Laboratuvar deneyleri ve adetleri	21
Çizelge 6.1. Sondaj kuyularının kot, koordinat ve derinlikleri.....	40
Çizelge 6.2. Sondajlarda kesilen jeolojik birimler (Fm:Formasyon).....	44
Çizelge 6.3. Sondaj çalışmaları sonucu elde edilen SPT N ₃₀ değerleri.	51
Çizelge 7.1. Çalışma alanındaki birimlerin deney adet tablosu.....	70
Çizelge 7.2. Doğal birim hacim ağırlık (DBHA) deney sonuçları.....	73
Çizelge 7.3. Kuru birim hacim ağırlık (KBHA) deney sonuçları.	75
Çizelge 7.4. Şişme deneylerinin sonuçları.	75
Çizelge 7.5. Üç eksenli basınç (UU) deneylerinin sonuçları	76
Çizelge 7.6. Tek eksenli basınç deneylerinin sonuçları	78
Çizelge 7.7. Nokta yükleme deneylerinin sonuçları	81
Çizelge 8.1 Sismik kırılma ve MASW sonucu elde edilen elastik dalga hızları (Derinlikler yanal sütunlarla verilmiştir)	95
Çizelge 9.1. Kohezyonsuz zeminlerde SPT-N ₃₀ 'a göre relatif sıklık değeri (Terzaghi ve Peck, 1948).....	105
Çizelge 9.2. İnce taneli zeminlerin likitlilik ve kıvamlilik indeksine göre sınıflandırması (Holtz ve Kovacs, 1981).....	106
Çizelge 9.3. Zeminlerin sıkışabilirliği (Sowers, 1979)	106
Çizelge 9.4. Deprem yönetmeliğine göre kaya ve zeminlerin gruplandırılması	108
Çizelge 9.5. Yerel zemin sınıfları.	108
Çizelge 9.6. Spektrum karakteristik periyotları (T _A , T _B).....	109
Çizelge 9.7. İnceleme alanındaki birimlerin zemin grubu ve yerel zemin sınıfı.	110
Çizelge 9.8. National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP)'e göre zemin sınıflama kriterleri.....	110
Çizelge 9.9. Vs30 değerlerinin zemin grubu, zemin sınıfı ve NEHRP sınıflaması ile karşılaştırılması	110
Çizelge 9.10. Dinamik elastisite (Young Modülü) Modülü değerlendirme kriteri (Keçeli, 1999)	126
Çizelge 9.11. Elastisite modülü (Young Modülü) hesaplanması ve nitelik değerlendirmesi (Sarı: gevşek zemin, Mavi: Orta zemin, Kırmızı: Sağlam zemin, Turuncu: Çok sağlam zemin) .	127
Çizelge 9.12. Dinamik kayma (Shear Modülü) Modülüne göre yer nitelemesi	136
Çizelge 9.13. Makaslama modülü (Shear Modülü) hesaplanması ve nitelik değerlendirmesi (Sarı: gevşek zemin, Mavi: Orta zemin, Kırmızı: Sağlam zemin, Turuncu: Çok sağlam zemin)	136
Çizelge 9.14. Bulk modülü hesaplanması	146
Çizelge 9.15. Poisson Oranı hesaplanması	154
Çizelge 9.16. Şişme potansiyeli tanımlamaları.....	163
Çizelge 9.17. Konsolidasyon deney sonuçlarına göre UD örneklerin şişme dereceleri.	163
Çizelge 9.18. Killerin aktivite sayısına göre sınıflandırılması (Skempton, 1953).....	165
Çizelge 9.19. İnceleme alanındaki killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması	165
Çizelge 9.20. Ani temel oturma sonuçları.....	171
Çizelge 9.21. UD örnek alınan lokasyonlarda killi formasyon kalınlığı	173
Çizelge 9.22. Örtü yükü ve ön konsolidasyon basıncı.....	175
Çizelge 9.23. Temel seviyesinden 4 metre derine kadar bina yükündeki gerilme değişimi.	175

Çizelge 9.24. Konsolidasyon analiz sonuçları.	176
Çizelge 9.25. İnceleme alanının kuzeyindeki kıltaşı-marn kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımları.	178
Çizelge 9.26. Temel şekliyle ilgili boyutsuz düzeltme faktörleri.	180
Çizelge 9.27. Alçıtepe ve Gazhanedere formasyonlarının taşıma gücü değerleri	183
Çizelge 9.28. Meyerhof (1956; Das 1999'dan)) tarafından önerilen eşitlik kullanılarak izin verilebilir net taşıma gücü sonuçları.	185
Çizelge 9.29. Bowles (1977; Das 1999'dan)) tarafından önerilen eşitlik kullanılarak izin verilebilir net taşıma gücü sonuçları	186
Çizelge 9.30. Meyerhof (1963; Das 1999'dan) tarafından önerilen taşıma gücü eşitliği kullanılarak belirli sondaj kuyuları için yapılan taşıma gücü sonuçları.	187
Çizelge 10.1. Çalışma alanı yeraltı suyu seviyeleri ve yüzeyden derinlikleri (YAS:Yeraltısuyu yüzeyden derinlik, YASS:Yeraltısuyu seviye haritası, Fm:Formasyon, Qal:Alüvyon, Tmal: Alçıtepe Fm, Tmg: Gazhanedere Fm).....	189
Çizelge 11.1. Çalışma alanı ve sismik alt bölgeler için deprem tehlike parametreleri	197
Çizelge 11.2. Çalışma alanı için Poisson dağılımı yaklaşımı ile elde edilen sismik risk ve tekrarlanma periyotları	200
Çizelge 11.3. Çalışma alanına 50 km uzaklıkta fay sistemlerinin oluşturacağı değişik araştırmacıların önerdiği azalım ilişkilerine göre hesaplanan en büyük yatay yer ivme değerleri incelendiğinde de oluşabilecek ortalama en büyük ivme değerinin yine ~ 0.17 g olduğu görülmektedir	202
Çizelge 11.4. İnceleme alanı merkez olmak üzere 100 km yarıçaplı alan içindeki önemli faylar ve üretebilecekleri en büyük moment deprem büyüklükleri.....	204
Çizelge 11.5. İnceleme alanı ve yakın çevresine ait önemli fayların ürettiği en büyük moment deprem büyüklükleri ve inceleme alanında meydana gelecek ivme değerleri.....	204
Çizelge 11.6. İnceleme alanı ve yakın çevresine ait önemli fayların ürettiği en büyük moment deprem büyüklükleri ve inceleme alanında meydana gelecek ivme değerleri.....	205
Çizelge 11.7. Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) tarafından önerilen sıvılaşma şiddeti indeksi sınıflaması	206
Çizelge 11.8. Chen ve Juang (2000) tarafından önerilen sıvılaşma olasılığına bağlı olarak sıvılaşabilirlik sınıflaması	207
Çizelge 11.9. İnceleme alanının $M_w=7.5$ için sıvılaşma şiddeti indeksine (L_s) göre sınıflaması (Fm:Formasyon, Qal:Alüvyon, Tmal: Alçıtepe Fm, Tmg: Gazhanedere Fm).....	207
Çizelge 11.10. İnceleme alanının $M_w=7,0$ için sıvılaşma şiddeti indeksine (L_s) göre sınıflaması (Fm:Formasyon, Qal:Alüvyon, Tmal: Alçıtepe Fm, Tmg: Gazhanedere Fm).....	211
Çizelge 11.11. Hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri (Ansal vd., 2004) .	217

I. AMAÇ ve KAPSAM

Bu çalışma, 07.02.2012 tarih ve 2012/68 sayılı Çanakkale Belediyesi Encümen kararı çerçevesinde, Çanakkale Belediyesi'nin talebi üzerine mevcut yerleşim alanı içerisinde jeolojik, jeoteknik ve jeofizik özelliklerinin belirlenerek, yerleşime deprem etkisi, yerel zemin koşulları açısından farklı tehlike potansiyellerine sahip alanların belirlenmesi, belirlenen sorunların analizlerinin yapılması ve elde edilen veriler ışığında imar planlarına esas teşkil edecek 1/1.000 ve 1/5.000 ölçekli "Yerleşime Uygunluk Haritaları'nın hazırlanmasıdır.

Bu çalışmada elde edilen yerleşime uygunluk haritalarının da içerisinde olduğu raporların hazırlanmasındaki temel amaç:

- Her türlü nitelikte imar planlarına altlık oluşturmak ve çalışma alanının 1/1.000 ve 1/5.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritalarını hazırlamak,
- Çalışma alanında yapılan sondajlar ve jeofizik çalışmalar yardımı ile zemin türleri ve bunların alan içindeki dağılımlarını ve jeoteknik özelliklerini belirlemek,
- Jeofizik çalışmalara dayalı yerin dinamik esneklik ve sarsım duyarlık bilgilerinin elde edilmesi,
- Çalışma alanının doğal afetlerden (sel, deprem vb.) etkilenme dereceleri veya olasılıklarını oluşturmak,
- Her türlü yapılaşma öncesinde uygulamaya yönelik hazırlanması gereken parsel bazında Zemin Etüt Raporları'na ön bilgi sağlamak ve yapılacak çalışmanın ayrıntılarını yönlendirmek.

Rapor içeriğinde sunulan çalışmalar Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün (MÜLGA) 19.08.2008 tarih ve 10337 sayılı genelgesinde Jeolojik-Jeoteknik Etüt çalışmalarına ait olan Format-3'te belirtilen hususları ve konu ile ilgili diğer genelge ve yönetmeliklerdeki belirtilen çalışmaları kapsamaktadır.

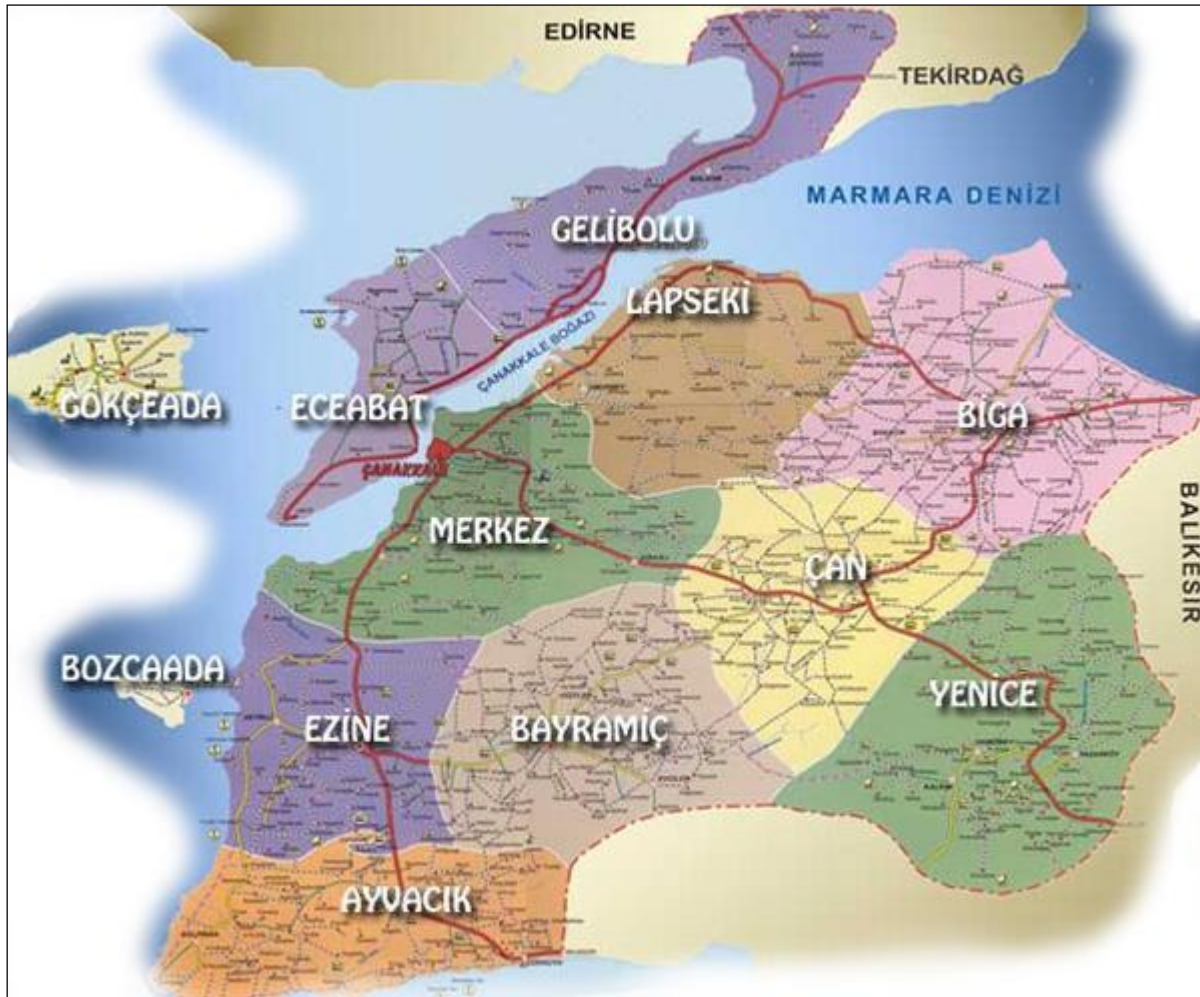
II. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

II.1. Mekânsal Bilgiler - Coğrafi Konumu

Çanakkale, Türkiye'nin kuzeybatısında Gelibolu Yarımadası ile Anadolu'nun uzantısı olan Biga Yarımadası üzerinde hem Asya'da hem de Avrupa'da toprakları olan ikinci ildir. Çanakkale, Ege ve Marmara Denizleri'ne açılır ve Balıkesir-İzmir illeri arasında kurulmuştur. 25° 35' ve 27° 45' Doğu Boyamları 39° 30' ve 40° 42' Kuzey Enlemleri arasında 9,737 km²'lik bir alana kurulmuştur. Deniz seviyesinden yüksekliği 2 m'dir.

Çanakkale il merkezi, Çanakkale Boğazı boyunca uzanan bir yerleşime sahiptir. Çanakkale'nin 11 ilçesi olup, bu ilçeler farklı coğrafik konumlarda yer almaktadır. Buna göre 2 ilçe ada, 2 ilçe Avrupa kıtasında ve geriye kalan ilçeler de Asya kıtasında bulunmaktadır (Şekil 2.1).

Çalışma alanı Çanakkale Belediyesi mevcut imar alanını kapsamaktadır. Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli paftaları H16- c2 ve H16- c3 dir.



Şekil 2.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Çalışma alanı, 1677 hektar büyüklüğünde (Şekil 2.2) olup imar planına esas jeolojik-jeoteknik çalışma kapsamında 1/1000 ölçekli 73, 1/5000 ölçekli 9 adet pafta bulunmaktadır.

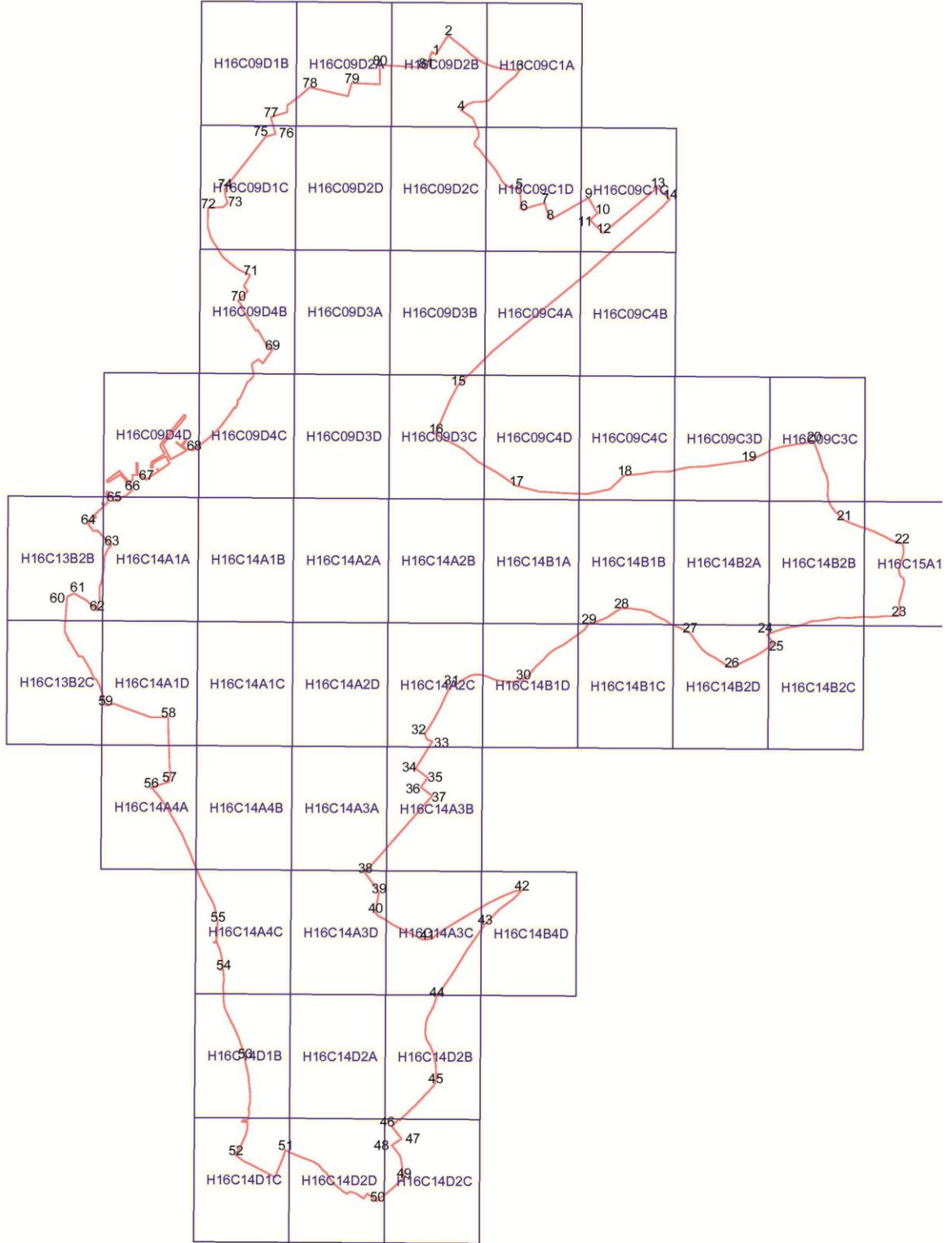


Şekil 2.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu görüntüsü.

Çalışma alanına ait 1/1.000 ölçekli pafta numaraları Çizelge 2.1’de, çalışma alanı sınır köşe noktaları Şekil 2.3’te ve bu noktalara ait koordinatlar Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Çalışma alanına ait 1/1000 ölçekli pafta numaraları.

Sıra No	Pafta No	Sıra No	Pafta No	Sıra No	Pafta No	Sıra No	Pafta No
1	H16C09A3D	21	H16C08C3C	41	H16C13B2C	61	H16C14D1A
2	H16C09A3C	22	H16C09D4D	42	H16C14A1D	62	H16C14D1B
3	H16C09D1B	23	H16C09D4C	43	H16C14A1C	63	H16C14D2A
4	H16C09D2A	24	H16C09D3D	44	H16C14A2D	64	H16C14D2B
5	H16C09D2B	25	H16C09D3C	45	H16C14A2C	65	H16C14C1A
6	H16C09D1A	26	H16C09C4D	46	H16C14B1D	66	H16C14D1D
7	H16C09D1B	27	H16C09C4C	47	H16C14B1C	67	H16C14D1C
8	H16C09D1D	28	H16C09C3D	48	H16C14B2D	68	H16C14D2D
9	H16C09D1C	29	H16C09C3C	49	H16C14A4A	69	H16C14D2C
10	H16C09D2D	30	H16C10D4D	50	H16C14A4B	70	H16C14D4A
11	H16C09D2C	31	H16C13B2B	51	H16C14A3A	71	H16C14D4B
12	H16C09D1D	32	H16C14A1A	52	H16C14A3B	72	H16C14D3A
13	H16C09D1C	33	H16C14A1B	53	H16C14B4A	73	H16C14D3B
14	H16C09D4A	34	H16C14A2A	54	H16C14B4B		
15	H16C09D4B	35	H16C14A2B	55	H16C14B3A		
16	H16C09D3A	36	H16C14B1A	56	H16C14A4D		
17	H16C09D3B	37	H16C14B1B	57	H16C14A4C		
18	H16C09C4A	38	H16C14B2A	58	H16C14A3D		
19	H16C09C4B	39	H16C14B2B	59	H16C14A3C		
20	H16C09C3A	40	H16C15A1A	60	H16C14B4D		



Şekil 2.3. Çalışma alanının köşe noktaları.

Çizelge 2.2. Çalışma alanının köşe numaraları ve koordinatları.

Köşe No	Y	X	Köşe No	Y	X	Köşe No	Y	X
1	450736,485	4448831,272	28	451773,338	4445733,307	55	449515,149	4443980,733
2	450805,799	4448938,544	29	451590,959	4445646,269	56	449142,034	4444729,946
3	451206,632	4448744,253	30	451224,245	4445335,119	57	449244,103	4444762,988
4	450877,289	4448519,315	31	450821,813	4445304,003	58	449238,304	4445122,743
5	451201,88	4448082,295	32	450674,183	4445031,872	59	448886,193	4445189,600
6	451228,076	4447960,127	33	450717,651	4444988,052	60	448673,294	4445797,469
7	451346,711	4447999,813	34	450623,034	4444837,012	61	448711,417	4445816,519
8	451375,701	4447908,086	35	450692,103	4444785,175	62	448839,241	4445721,270
9	451590,556	4448028,652	36	450652,152	4444732,308	63	448921,055	4446084,387
10	451641,682	4447942,015	37	450716,768	4444683,276	64	448789,705	4446204,196
11	451600,294	4447907,343	38	450339,371	4444253,399	65	448935,410	4446331,533
12	451672,52	4447832,172	39	450417,379	4444139,578	66	449036,812	4446393,847
13	451977,076	4448086,236	40	450398,397	4444029,830	67	449115,471	4446451,460
14	452046,339	4448022,100	41	450686,913	4443879,293	68	449382,570	4446617,854
15	450859,696	4446978,919	42	451217,135	4444155,06	69	449821,308	4447179,784
16	450735,651	4446710,998	43	451010,499	4443964,769	70	449629,430	4447453,601
17	451185,587	4446419,207	44	450740,715	4443558,96	71	449697,710	4447597,385
18	451791,388	4446476,536	45	450734,392	4443077,036	72	449460,953	4447971,656
19	452485,751	4446556,666	46	450491,236	4442832,594	73	449572,112	4448001,317
20	452851,794	4446665,555	47	450545,522	4442765,637	74	449554,874	4448080,213
21	453020,12	4446226,578	48	450490,554	4442729,313	75	449784,231	4448371,823
22	453344,247	4446095,119	49	450556,288	4442546,522	76	449839,376	4448386,805
23	453325,582	4445689,629	50	450407,861	4442414,628	77	449812,180	4448480,803
24	452590,307	4445584,873	51	449893,998	4442703,071	78	450030,331	4448646,895
25	452623,937	4445540,11	52	449615,005	4442674,37	79	450264,930	4448671,417
26	452390,848	4445403,04	53	449667,558	4443214,157	80	450422,172	4448772,124
27	452157,18	4445596,469	54	449546,583	4443712,367	81	450680,473	4448756,443

Çalışma alanı, Çanakkale ili merkez yerleşimidir. Türkiye'nin çok önemli iki suyolundan birtanesi olan Çanakkale Boğazı, boyunca yerleşim yapılmıştır. Kentin en önemli coğrafik unsurlarından birisi de Sarıçay'dır. Şehrin büyük bölümü deniz seviyesi yüksekliğindeyken denizden uzaklaşıp, iç kısımlara doğru gidildikçe yaklaşık 100 metreye kadar yerleşim olduğu görülmektedir. Sarıçay, Çanakkale Boğazı'na dik doğrultuda şehri iki bölüme ayıracak şekilde konumlanmıştır. Sarıçay'ın getirmiş olduğu alüvyonlar, şehrin zemin yapısını da şekillendirmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Çalışma alanı genel görünüşü. Sarıçay ve çevresinin şehirdeki konumu

II.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Çanakkale İlinde Akdeniz ve Karadeniz iklimlerinin geçiş iklimi hüküm sürmektedir. Turizm sezonunda iklim ılıman olup, deniz suyu sıcaklığı Temmuz ve Ağustos aylarında maksimum seviyeye çıkmaktadır. Günlük hava sıcaklıkları sezonda maksimum 35 °C ve minimum 25°C olmaktadır. Yağmurlar genelde Sonbaharda biraz fazla, İlkbaharda ise daha azdır. Kışın en belirgin özelliği kuzeyden gelen sert rüzgârlardır. Yaz ve Sonbaharda bölgeye Akdeniz İklimi hâkim olur.

Çanakkale il geneli topraklarının yarısından fazlası ormanlar ile kaplıdır. Ormanlar il topraklarının % 53,9'nu oluşturur. Ormanlık arazinin yarısından fazlasını kızılçam ve meşe kaplar. İlin kıyı ilçelerinde ve adalarda iklim hemen hemen aynıdır. Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimin yaşandığı Çanakkale topraklarında iklim daha çok Akdeniz iklimine paralellik gösterir. İç bölgelerde deniz seviyesinden yükseklik artar ve bu nedenle kıyı bölgelere oranla aradaki sıcaklık ortalaması oldukça açılır. Yılın büyük bölümü hemen her ilçede rüzgârlı günler yaşanır.

Çanakkale'de önemli bir tatlısu kütlesi bulunmaz. Gelibolu Yarımadası'nda Tuzla Gölü, Biga ilçesi sınırlarında Hoyrat Gölü ve Ece Gölü ile diğer ilçelerde yer alan bazı ufak baraj gölleri ve göletler vardır.

Çanakkale ilinin coğrafi olarak aslında 4 farklı su kütlesi ile kıyısı bulunur. Bunlar, Marmara Denizi, Ege Denizi, Çanakkale Boğazı ve Saroz Körfezi'dir. Çanakkale merkezi yaklaşık 60 km uzunluğunda kıyı şeridinde sahiptir.

II.3. Sosyo-Ekonomik Bilgiler

Çanakkale'nin toplam nüfusu, 2011 Yılı sonu itibariyle 486.445'dir. Toplam nüfus büyüklüğüne göre iller sıralamasında 55. sırada yer almaktadır. Nüfus yoğunluğu 49'dur. Merkez nüfusu yakın köyleriyle beraber 135.192'dir.

Çanakkale ili ekonomisinde en önemli unsur, tarımdır. Bununla beraber son yıllarda tarıma dayalı sanayi kolları gelişme göstermekte ve buna bağlı olarak ekonomide sanayinin payı artmaktadır. 2000 yılı Genel Nüfus Sayımı sonuçlarına göre istihdam edilen nüfusun (237.699), 133.140'ı (%56) tarım, 21.839'u (%9) sanayi, 8.470'i (%4) inşaat ve 73.563'ü (%31) hizmet sektöründe çalışmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu verileriyle 2001 yılı cari fiyatlarla Gayri Safi Yurtiçi Hasıla illerin payına göre sıralamada Çanakkale ili 32. sırada, Kişi Başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla cari fiyatlarla iller sıralamasında ise 2.335 \$ dolar ile 19. sıradadır.

İl yüzölçümünün % 54'ünü ormanlar, % 34'ünü tarım yapılan arazi, % 5'ini çayır ve mera' lar, % 7'sini kültür dışı araziler kaplamaktadır. Tarım arazisinin % 81'i tarla arazisi, % 6'sı sebze, % 2'si meyve, % 2'si bağ, % 9'u zeytinliktir. İlin toplam tarım alanı 333.573 Ha. olup, 120.600 ha alanı sulanabilir arazidir. Toplam 50.511 ha (%42) alan sulanmakta olup, bu sulamanın 14.245 ha (%28) devlet tarafından gerçekleştirilmektedir.

Yetiştirilen tarım ürünleri arasında en önemli yeri oransal olarak sebze, ekim sahası olarak hububat almaktadır. 2003 yılı itibarıyla 376.153 ton Buğday, 456.220 ton Domates, 74.397 Ton Elma, 40.210 Ton Şeftali, 43.352 Ton Üzüm, 47.409 ton Zeytin, 33.462 ton Ayçiçeği üretimde ilk sıraları almıştır. Çanakkale köylüsünün önemli geçim kaynaklarının başında hayvancılık gelmekte olup, İl'de 115.853 adet Büyükbaş hayvan, 557.303 adet Küçükbaş hayvan vardır. Hayvansal ürünler olarak 1.842 ton et, 249.471 ton süt, 39 Milyon 787 bin adet yumurta, 785 ton Bal, 29.132 ton civarında deniz ürünleri üretimi gerçekleşmiştir.

İlde 25 ve daha fazla işçi çalıştıran 38 adet sanayi tesisinde 8.000 civarında işçi çalışmaktadır. İlde toprağa dayalı sanayide, Çan'da kurulu bulunan Seramik ve Kalebodur Fabrikaları, Ezine'de bulunan Çimento Fabrikası, Merkezde dondurulmuş gıda sebze ve su ürünlerini değerlendiren fabrikalar önemli gıda üretim birimleridir. Mevcut sanayi kuruluşlarında üretilen dondurulmuş ve kurutulmuş gıda, su ürünleri, bakliyat, çimento, maden cevheri, seramik ve karo fayans en çok ihraç edilen ürünlerdir. Biga ve Çanakkale Organize Sanayi Bölgesi'nde altyapı çalışmaları tamamlanmış olup yatırımcılara yönelik parsel tahsisi devam etmektedir. Ayrıca 7 adet küçük sanayi sitesinde toplam 886 işyeri faaliyet göstermektedir.

İldeki okur-yazar oranı (+6 yaş nüfus) 2011 Yılı TÜİK verilerine göre % 97,55'tir. İlde; 2011-2012 eğitim öğretim yılında; Okul öncesi eğitimde 19 bağımsız anaokulu ile ilk ve ortaöğretim okulları bünyesinde 344 anasınıfında 6.407 öğrenci ve 286 öğretmen ile eğitim-öğretime devam etmektedir. Derslik başına düşen öğrenci sayısı 19 olup okullaşma oranı 36-75 ay arası çocuklar için % 43,4'dür. İlköğretimde 175 ilköğretim okulunda 44.505 öğrenci ve 2.556 öğretmen ile eğitim ve öğretime devam edilmekte olup derslik başına düşen öğrenci sayısı 18,5, okullaşma oranı % 99,8'dir. Ortaöğretimde 77 lise ve dengi okulda 23.357

öğrenci ve 1.471 öğretmen ile eğitim ve öğretime devam edilmekte olup derslik başına düşen öğrenci sayısı 22,5, okullaşma oranı % 93,4'tür. İl merkezinde üç adet özel ilköğretim okulu, 1 özel lise bulunmakta olup ayrıca il genelinde 32 özel dersane, 1 özel etüd merkezi ve 10 özel rehabilitasyon merkezi bulunmaktadır. Yükseköğretimde ise Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi bünyesinde; İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Tıp Fakültesi, Mühendislik Fakültesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Eğitim Fakültesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, İlahiyat Fakültesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Denizcilik ve Deniz Teknolojisi Fakültesi, Ziraat Fakültesi ve İletişim Fakültesi olmak üzere 10 fakülte, 6 yüksekokul ve 11 Meslek Yüksek Okulu ile 4 Enstitü, 25 Araştırma Merkezi ve 1 Uygulama ve Araştırma Hastanesi bulunmakta olup, Üniversitede 31.107 öğrenci bulunmaktadır.

II.4. Arazi, Laboratuvar, Büro Çalışma Yöntemleri ve Ekipmanları

Çanakkale Belediyesi imar alanı içerisinde kalan çalışma alanının imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt kapsamında arazi uygulamaları, laboratuvar ve büro çalışmaları ile bunlardan elde edilen tüm verilerin değerlendirilmesi ve rapor yazım çalışmaları yapılmıştır.

II.4.1. Arazi Çalışmaları

Proje kapsamında, arazi çalışmaları yapılmış olup aşağıdaki başlıklar halinde açıklanmıştır.

II.4.1.1. Sondaj Çalışmaları

Zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla açılan kuyuların derinlikleri 20–30 m aralığında olup toplam 3000 m'lik 151 adet jeoteknik sondaj yapılmıştır. Söz konusu sondajlara ait kuyu logları Ek-11'de verilmiştir. Sondajlar sırasında her noktada standart penetrasyon deneyi (SPT) ile zeminlerin penetrasyon direnci belirlenerek, örselenmiş numune alınmıştır.

II.4.1.2. Yerinde Yapılan Deneyler

SPT Deneyleri: Proje kapsamında 20–30 m'lik derinlikte, 1.5 m'de bir SPT uygulaması yapılmıştır. SPT uygulamalarından alınan numuneler laboratuvar ortamında testlere tabi tutularak zeminlerin mühendislik parametreleri tespit edilmiştir. Konu ile ilgili detaylı açıklamalar Bölüm IX'da anlatılmaktadır.

II.4.1.3. Gözlemsel Arazi Çalışmaları

Jeolojik Harita Çizimleri: Arazi çalışmaları, nazım ve uygulama imar planlarına hizmet edecek şekilde 1/5000 ölçeğinde planlanmış olup bu haritalar üzerine, çalışma alanı içerisinde yayılım sunan birimlerin alansal dağılımları, zemin, kaya türü ve yapısal özellikleri göz önüne alınarak jeolojik sınırlar çizilmiştir. Ayrıca tektonik hatlar belirlenmiş ve jeolojik birimlerin stratigrafik ilişkileri ortaya konulmuştur. Kaya stratigrafi birimleri esasına göre yapılan Jeolojik Harita çalışmalarında, 1/5000 ölçekli topoğrafya haritaları esas alınmıştır. Çalışmalarda yol güzergâhı, doğal mostralara, geçici veya kalıcı temel kazıları vb. emareler ile o bölgelerde yapılan sondaj çalışmalarından yararlanılmış ve korelasyonlar yapılmıştır. Bu çalışmalarla ilgili ayrıntılar Bölüm V'de anlatılmıştır.

II.4.1.4. Jeofizik Çalışmalar

Jeofizik çalışmalar kapsamında, 42 km uzunluğunda yeraltı radarı (GPR) ölçüleri, 110 noktada sismik kırılma ölçüsü, 110 noktada yüzey dalgalarının çoklu analizi (MASW) ölçüsü ve 110 noktada mikrotremör ölçüsü alınmıştır (Ek-5). Bu çalışmalar, Bölüm VIII'de, Jeofizik

Çalışmalar başlığı altında daha ayrıntılı anlatılmıştır. Jeofizik ölçüm noktalarının koordinatları Çizelge 8.1’ de verilmiştir.

II.4.2. Laboratuvar Zemin Deneyleri

Çalışma alanındaki zeminlerin indeks özelliklerini ve dayanım parametrelerini belirlemek için yapılan laboratuvar çalışmaları ve adetleri Çizelge 2.3’de belirtilmiştir. Deneylerle ilgili föyler Ek-4’te verilmiş olup elde edilen verilerle ilgili yorumlar Bölüm VII’de ayrıntılarıyla anlatılmıştır.

Çizelge 2.3. Laboratuvar deneyleri ve adetleri

Deney Adı	Adet
Atterberg limitlerinin tayini	240
Elek analizi deneyi	1027
Doğal su içeriği deneyi	1027
Doğal birim hacim ağırlık deneyi	86
Kuru birim hacim ağırlık deneyi	29
Üç eksenli basınç deneyi	29
Konsolidasyon + şişme deneyi	29
Tek eksenli basınç dayanımı deneyi	36
Nokta yükleme deneyi	19

II.4.3. Büro Çalışma Yöntemleri

II.4.3.1. Saha çalışma verilerinin bilgisayar ortamına aktarılması

Saha çalışmaları kapsamında teslim tutanakları bazında elde edilen kağıt ortamındaki veriler (sondaj logları, vb.) sondaj çalışmalarını yapan firma tarafından bilgisayar ortamına girilmiştir. Ayrıca, arazi çalışmalarından, yüzey jeoloji haritaları üretilmiş ve üretime yönelik kullanılan saha paftaları üzerinde ihtiyaç duyulan bilgiler (sondaj verileri, gözlem noktaları, vb.) gösterilmiştir.

II.4.3.2. Çalışma kapsamında adı geçen analizlerin bilgisayar ortamında yapılması

Çalışma alanından elde edilen jeoteknik parametreler sonucunda, taşıma gücü (Ek-8), oturma ve sıvılaşma analizleri (Ek-7 ve Ek-10) gerçekleştirilmiştir. İlgili analizler, bilgisayar ortamında excall kullanılarak yapılmıştır. Bu analiz sonuçları farklı ölçek ve kâğıt boyutlarında haritalanarak kullanıma sunulmuştur. Analiz sonuçlarının dağılımını gösteren haritalar ise ArcGIS programından faydalanılarak oluşturulmuştur.

II.4.3.3. Haritalama ve Raporlama

Çalışma alanının risk ve tehlike analiz sonuçlarının dağılımını görebilmek ve değerlendirebilmek amacıyla farklı ölçek ve kâğıt (A0, A3 vb.) boyutlarında haritalar hazırlanmıştır. Bunlarla birlikte çalışmanın asıl amacını oluşturan Mühendislik Jeolojisi, Yerleşime Uygunluk ve Dokümantasyon Haritaları, Hakim Titreşim Periyod Haritası, Zemin Büyütme haritası ve bölgenin İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik raporu hazırlanmıştır.

III. İNCELEME ALANININ MEVCUT PLAN, YAPILAŞMA DURUMU VE DİĞER ÇALIŞMALAR

III.1. Tüm Ölçeklerde Mevcut Plan Durumu ve Mevcut Yapılaşma

Yaklaşık 25 yıl önce onaylanan ve bu süre içinde planların yetersiz kalması nedeniyle Belediye tarafından 1/5.000 Nazım İmar Planlarının revize edilmeleri planlanmış ve bu çalışmalar Şubat 2003'te tamamlanmış ve planlar onaylanarak yürürlüğe girmiştir.

Çanakkale İlinin imar planı çalışması 18.04.2005 ve 19.09.2006 tarihleri arasında İller Bankası Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olup, 73 adet 1/1.000 ölçekli paftadan oluşmaktadır. Bu çalışma sonucunda alanların revizyonu yapılarak planlanacaktır.

Çanakkale İli çevre düzen planı, 28.02.1995 tarihinde Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 1/25.000 ölçekli olarak hazırlanmıştır. İnceleme Alanı Çanakkale ili merkez ilçesi olup belediye sınırlarını kapsamaktadır. İnceleme Alanı; İmar ve İskan Bakanlığı tarafından onaylanan 1976 yılında 1/5000 ölçekli nazım imar planı ve 1978 yılında 1/1000 ölçekli Uygulama İmar Planlarında; konut, işyeri, sanayi, eğitim, spor alanı vb olarak belirlenmiştir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca onaylanan 1/25000'lik çevre düzeni planı Çanakkale ili kuzey kesimi için hazırlanmış, belediye mücavir alan sınırlarını kapsamakta fakat çalışma yapılan Çanakkale Merkez ilçesi sınırlarının dışındadır. Mevcut yapılaşma düşük (1-2 katlı), orta (3-4 katlı), yüksek (5-6) katlı yapıları içermektedir.

Çalışma alanında değişkenlik gösteren kat yüksekliklerine sahip betonarme ve yığma binalar mevcuttur.

Belediye sınırı içindeki ilave planlar dahilinde;

a) 1984 yılında Dumrul YAVAŞ tarafından Kuzey İlave İmar Planı yapılmıştır. Bu plan konut ve sanayi alanlarının yön ve büyüklüklerinin saptanmasına yönelik bir plandır. Konut gelişimi Cevatpaşa Mahallesi, sanayi gelişimi ise İsmetpaşa Mahallesinde planlanmıştır. Toplam 285 ha'lık alanı kapsamaktadır. Konut alanları 20,5 ha, nüfus projeksiyonu 5.700 kişidir.

1985 yılında 3194 sayılı İmar Kanununun onaylanmasıyla birlikte yeni bir planlama süreci başlamıştır. Bu kanunla plan yapma ve onama yetkisi yerel yönetimlere devredilmiştir.

b) 16.Şubat.1993 tarihinde mevcut planlı alanların doymuş hale gelmesi, yapılan ilave planların çoğalmas ve bu planların mevcut plandan kopuk bir yapılanma göstermesi yeni bir planın gerekliliğini ortaya çıkartmıştır. Bu nedenle konut alanları ağırlıklı, kuzeyde Karacaören sınırına kadar ulaşan alanın 1/5.000 ölçekli Nazım İmar Planı hazırlanmıştır. Planlamanın hedefi konut ve donatı alanlarını dengeli bir kullanım dağılımı ile mevcut planlı alanlara bağlamaktır. Toplam 128 ha alanda yapılan planlama da 54 ha konut alanı ayrılmıştır. Emsal: 1.20, hmax: 18.50 olarak belirlenmiştir. İlave nüfus olarak 28.679 kişinin bu yeni alanlarda ikamet edeceği hesaplanmıştır.

c) 20.Aralık.1993 tarihinde belediye sınırları içinde imar plansız alanların kalmaması ve konut talebinin planlı alanlarla giderilebilmesi amacıyla, Barbaros Mahallesinde plan sınırının bittiği belediye sınırına kadar olan alanlar da 1/5.000 ölçekli ilave Nazım Planı yapılmıştır. Planlama çalışmaları yapabilmek amacıyla söz konusu alanların jeolojik etüt çalışmaları da İller Bankasına yaptırılmış, bu etütler Afet İşleri Genel Müdürlüğünce onanmıştır. Ayrıca 1/1.000 ölçekli halihazır paftalarda hazırlanmıştır.

III.2. Mevcut Plana Esas Yerbilimsel Etütler, Sakıncalı Alanlar-Afete Maruz Bölgeler

İnceleme alanında yürürlükte olan imar planına altlık teşkil eden İmar ve İskân Bakanlığı tarafından 1972 yılında hazırlanan Sarıçay'ın kuzeyi ve İller Bankası tarafından 1978 yılında hazırlanan Sarıçay'ın güneyi'ni kapsayan, jeolojik etüt raporları vardır. İnceleme alanı için alınmış Afete Maruz Bölge Kararı bulunmamaktadır.

III.3. Taşkın Sahaları, Sit Alanları, Koruma Bölgeleri vb.

İnceleme alanı içinde yer alan askeri alanlar değerlendirme dışı bırakılmıştır. Çalışma alanı içinde doğudan batıya doğru akan Sarıçay yer almaktadır. Ancak Sarıçay ve çevresi için taşkın riski açısından alınmış herhangi bir karar yoktur. Sit alanı, koruma bölgeleri vb. alınmış herhangi bir karar bulunmamaktadır.

III.4. Değişik Amaçlı Etütler

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yapılan araştırmalar aşağıda açıklanmıştır: Çanakkale Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü tarafından hazırlanan "Çanakkale ili Çevre Durum Raporu'nda" ilin jeolojisi, jeomorfolojisi, hidrojeolojisi, su ve toprak kirliliği, mühendislik jeolojisi, depremselliği, erozyonu, doğal kaynakları, enerji kaynakları, arazi kullanım potansiyeli çalışılmıştır (Doğukan ve diğ., 2007). Yümün (2011) tarafından Çanakkale Yat Limanı için hazırlanan jeolojik-jeoteknik etüt raporunda Çanakkale ili Barbaros Mahallesi'nde yapımı düşünülen yat limanı ve çevresinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri incelenmiştir. Atabey ve diğ. (2004) Çanakkale Havzasının Orta-Üst Miyosen stratigrafisini çalışmışlardır.

IV. JEOMORFOLOJİ

Çanakkale İli'nin toprakları, genellikle dağ ve tepelerle kaplı alanların vadilerle yarılmasıyla oluşan engebeli bir yapı göstermektedir. İl'in en yüksek dağı, Balıkesir sınırında yer alan Kazdağı (1767 m) olup, diğer yükseltiler bu dağın çevresinde yer alır. Biga yöresinde Kuzey-Doğu ve Güney-Batı yönünde uzanan 500 – 1000 m arasındaki yükseltiler dalgalı bir görünüm oluşturur. Edremit Körfezinin kuzeyi bu dağ ve tepelerin en yükseklerinin bulunduğu yerdir. Bu yükseltiler arasında; Susuztepe (1507 m), Gürgen Dağı (1425 m), Kalafattepe (1417 m), Eğrimermertepe (1398 m), Kocaeğrek Tepe (1371 m), Hacıöldüren (1124 m) ve Kocakatan Dağları (1030 m) yer almaktadır.

Gelibolu Yarımadasının kuzey ve kuzeydoğusunda Kuru Dağı (726 m) ile Tekir Dağları'nın uzantıları yer almaktadır. Gelibolu Yarımadasında boğazdan Saroz Körfezine doğru basamak basamak bir yükselme görülür ve 400 m'ye yaklaşan tepeler dik yamaçlarla Saroz Körfezine doğru iner.

İl'de ovalık alanlar az yer kaplar (İl topraklarının % 14,8'i). Ovalara akarsu ağzlarında ve geniş tabanlı vadilerde rastlanır. Gelibolu Yarımadasının biçimi, büyük ovaların oluşmasını olanaksız kılmıştır. Ege Denizi ile Çanakkale Boğazı arasındaki tek büyük ovayı Kilye ve Piren Ovalarının birleşmesi (Eceabat Ovası) oluşturur. Bununla beraber Gelibolu Yarımadasının kuzeydoğusu doğrultusunda sırasıyla Yalova ve Kavak ovaları yer almakta olup, bu ovalar bölgede dar alanlar kaplamaktadır.

Anadolu yakasında ise Eski Menderes Çayının aktığı alanda Bayramiç ve Ezine ve Ovaları, ayrıca Kocabaş Çayının ağzında Biga ve Karabiga Ovaları ile İlin güneydoğusunda yer alan Agonya Ovası bulunur. İldeki yaylalar Kaz Dağları üzerinde akarsu başlarında, havzaları birbirinden ayıran küçüklü büyüklü gruplar şeklinde sıralanır. Yayla gruplarının bir bölümü Biga Yarımadasında, Kaz Dağlarının uzantıları olan düşük yükselti üzerindedir. Diğerleri ise Edremit Körfezinin kuzeyinde, Kaz Dağlarının doğu – batı uzantıları şeklinde ve Ayvacık'ta Menderes Havzası ile Edremit Körfezi arasındadır. Çalışma alanının 1/1.000 ve 1/5.000 ölçekli eğim haritaları Ek-3'de verilmiştir. Ayrıca rapor bütünlüğünü sağlamak amacıyla rapor içerisinde 1/16.000 ölçekli olarak Şekil 4.2'de eğim haritası verilmiştir.

Çanakkale, Trakya'da Edirne İlinin Enez ve Keşan, Tekirdağ'ın Malkara ve Şarköy İlçeleriyle, Anadolu'da Balıkesir İlinin Erdek, Gönen, Balya ve Edremit İlçeleriyle çevrilidir. Ege denizinde ise Çanakkale'nin ilçelerinden, Türkiye'nin en büyük adası olan Gökçeada ile üçüncü büyük adası olan Bozcaada Yunanistan karasuları ile komşudur.

İl; 25° 37' - 27° 45' doğu meridyenleri ile 39° 40' - 40° 45' kuzey paralelleri arasında 9736,9 km² 'lik bir alan kaplar. Anadolu Yarımadasının en batı noktası Bababurnu ile Türkiye'nin en batı noktası olan Gökçeada'daki Dabi Avlaka Burnu il sınırları içinde kalır.

Çanakkale İli topraklarının büyük kısmı Marmara Bölgesinin Güney Marmara bölümüne, Edremit Körfezi kıyısındaki küçük bir alan ise Ege bölgesine girer. Çanakkale'nin 12 ilçesiyle birlikte 22 belde ve 568 köyü bulunmaktadır.

İlin ana jeomorfolojik birimleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

Dağlık Alanlar : Biga Yarımadasının GB'sında geniş yayılımı olan yüksek dağlık alan genellikle Neojen öncesi temel kaya toplulukları ve Neojen yaşlı volkanizmaya bağlı olarak şekillenmiştir. Ayvacık-Yenice-Biga arasında yer alan dağ silsilesinin orografik uzanımları KD-GB yönündeki neotektonik dönem faylarıyla uyumlu olup, bunlar ile plato ve vadi tabanları arasındaki geçişler genellikle dik fay yamaçları ile sağlanmaktadır. Çanakkale'nin doğusunda bulunan yüksek dağ kütleleri ise neojen yaşlı volkanizma ürünlerine karşılık gelmektedir.

Plato Alanlar: Çanakkale yöresinde en yaygın olan jeomorfolojik ünite, çeşitli yükselti basamaklarında bulunabilen, farklı yaştaki aşınım yüzeyleri nedeniyle bazı kesimlerde

basamaklı bir görünümü olan, yer yer yapısal denetimli platolardır. Genellikle Neojen yaşlı kaya toplulukları üzerinde gelişmiş olan platolar akarsularla derin şekilde yarılarak parçalanmışlardır. Alüvyon Ova ve Vadi Tabanları: Menderes çayı deltası ve Çanakkale Boğazı yöresi dışında kalan alüvyal ova ve vadi tabanları, genelde bölgenin tektonik denetimli ana orografik yapısına uygun olarak KD-GB yönünde uzanmaktadır. Yine kıyı ovaları ve deltaların dışında kalan alüvyon dolgu düzlükleri, genelde vadi tabanlarına karşılık gelmektedir. Tuzla çayı, Menderes çayı ve Biga çayı ağızlarında izlendiği gibi akarsuyun büyüklüğü ve drenaj havzaları ile oluşturdukları delta ovaları karşılığında deltaların küçük boyutlu olduğu gözlenmiştir. Bu çelişkili morfoloji delta sedimantasyonuna karşılık gelen denizel kaide seviyesinin çok yakın jeolojik geçmişte kazanılmış olması ile ilişkilidir.

Geçiş Zonu: Ova ve vadi tabanları ile plato ve yüksek dağlık alan arasında, yer yer birikim, yer yer de aşınım süreçleri ile gelişmiş olan etek düzlükleri, söz konusu ana jeomorfolojik üniteler arasındaki geçiş zonunu oluşturmaktadır. Çanakkale İlinin de içinde yer aldığı Biga yarımadasının morfotektonik yapısı neotektonik dönemde gelişmiş olan, genelde KD-GB uzanımlı faylarla kontrol edilmektedir. Ana orografik uzanımlar olan ovalar ve vadi tabanları ile bunlar arasında yükselen dağ silsileleri tektonik yapı ile uyumlu olarak KD-GB yönlüdür.

Çanakkale sınırları içinde Miyosen aşınım yüzeyi ve Pliyosen-Pleyistosen aşınım yüzeyi olmak üzere iki aşınım yüzeyi belirlenmiştir. Dağlık alanlar üzerinde parçalar halinde korunmuş olan Miyosen aşınım yüzeyi 400 – 800 metreler arasındaki yüksekliklerde bulunmakta ve bu yüzey tektonik deformasyonlar nedeniyle morfometrik dalgalanmalar göstermektedir. 50 – 400 metreler arasında yayılımı olan Pliyosen ve sonrası aşınım yüzeyleri genellikle Neojen yaşlı kaya toplulukları üzerinde gelişmiştir. Ayrıca, bazı küçük alanlarda fosil aşınım yüzeylerine de rastlanmıştır.

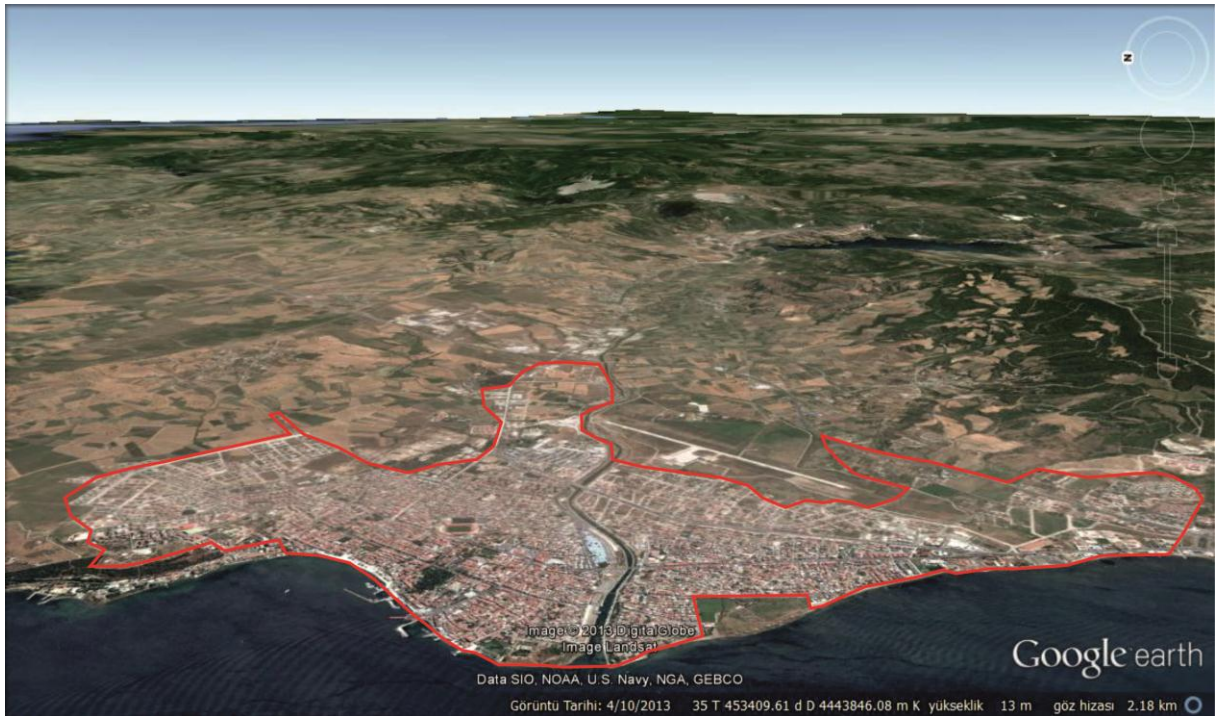
İlin GD bölümünde drenaj şebekesi bölgesel tektonik yapıya uygun olarak KD-GB uzanımlı ana akarsularla karakterize edilir. Fay zonları boyunca gelişmiş olan tektonik kökenli havza tabanları veya fay zonlarına sübsekant olarak yerleşmiş oval geniş tabanlı vadilerle tanınan drenaj şebekesi bazı kesimlerde epijenik birleştirme boğazları oluşturmuştur. Çanakkale çevresinde, özellikle boğaz yöresinde kıvrımlı yapı üzerinde rölyef terslenmesi ile karakterize edilmiş kafesli bir drenaj ağı gelişmiştir. Ana drenaj şebekesinin yerleşimi yapısal denetimli olmasına karşın ikincil drenaj ağının örgülenme düzeni jeomorfolojik-litolojik özellikler tarafından belirlenmiştir.

Jeomorfolojik oluşumlardan Biga ve Menderes Çayı gibi büyük vadi tabanları ve deltalar taşkın ovalarına karşılık gelmektedir. Taşkın ovaları vadi kenarlarında birikinti koni ve glasilerine geçerler. Alüvyon dolgulu dar vadi tabanları bazı kesimlerde tamamen taşkın yatağı karakteri göstermektedir. Çanakkale Boğazı yöresi ve büyük akarsu vadilerinde dönemsel şekiller gözlenmektedir. Biga ve Menderes Çayı gibi büyük akarsuların taşkın alanlarında izlenen menderes sekileri Holosen’de gelişmiştir. Alüvyon yelpazesi daha çok vadi veya havza kenarlarında gelişmiş olup, Edremit Körfezi kıyılarında ve Yenice Ovası kenarında büyük boyutlara ulaşmıştır. Ova ve vadi kenarlarında yumuşak litolojilerin yüzeylediği kesimlerde ise glasiler gelişmiştir.

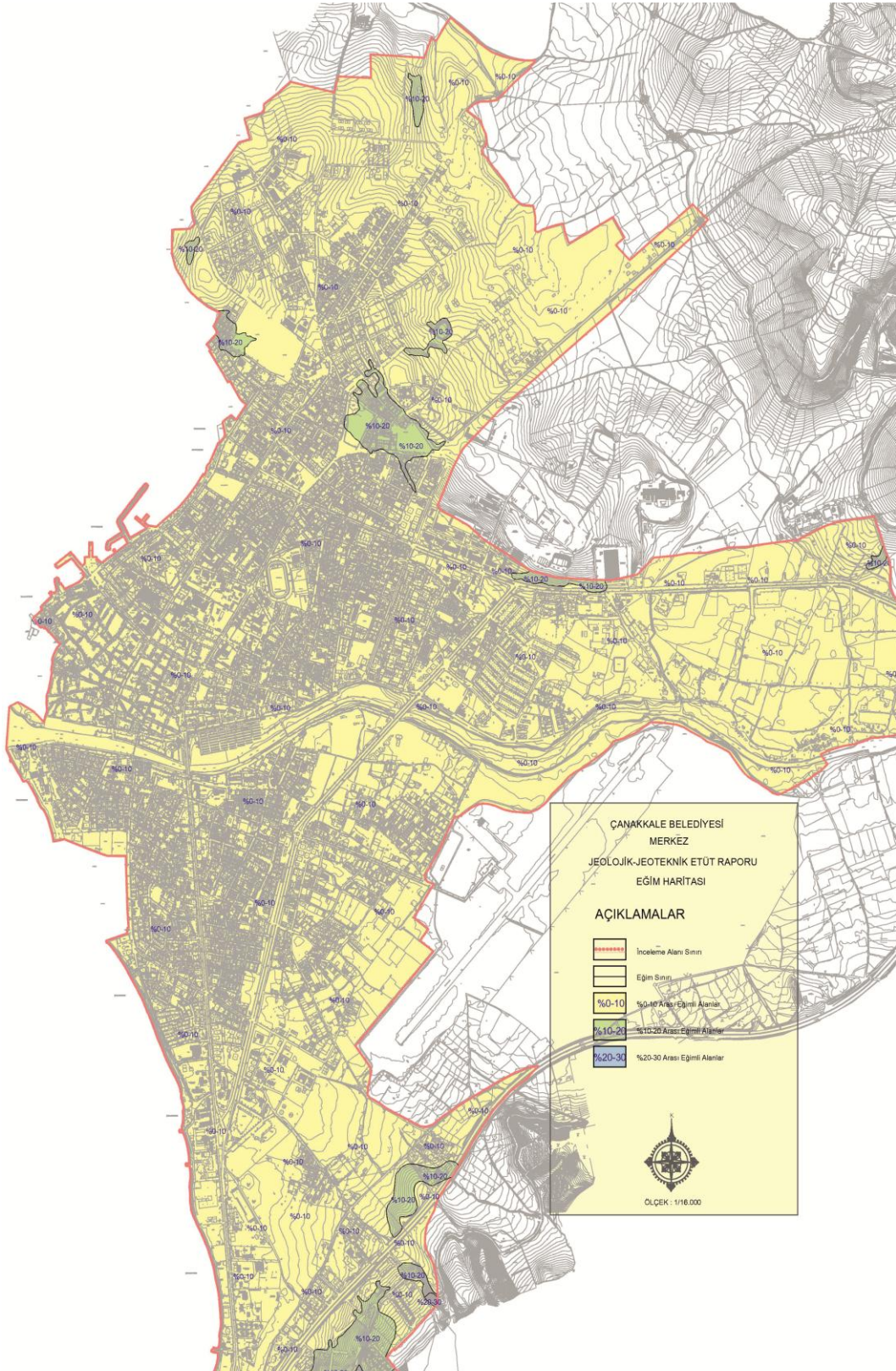
Kıyı ve Denizaltı Şekilleri: Çanakkale Boğazı çevresinde 20-25, 15, 7-8 metre seviyelerinde olmak üzere üç denizel seki gurubu gözlenmektedir. Bölgede çok belirgin morfolojik diskordansın izlediği falezler şeklinde gelişmiş olan yüksek kıyı tipi çoğunluktadır. Bazı kesimlerde önlerinde geniş bir dalga aşınım düzlüğü bulunduran bu kıyılarda dalga aşındırma süreçleri egemen olup, duraysız kesimlerde tabaka kaymaları ve heyelan gibi kütle hareketleri gözlenmektedir. Delta ve vadi ağızlarına karşılık gelen alçak kıyılarda ise birikim süreçlerinin etkisiyle kumlu ve çakıllı plajlar gelişmiştir. Gelibolu ve Biga yarımadası açıklarında -90 metreler seviyesine kadar inen ve üzerinde Gökçeada ile Bozcaada’nın yükseldiği kıtasal şelf izlenmektedir. Pleyistosen sonlarındaki deniz yükselmesi ile deniz

tabanı haline dönüşen şelf düzlüğü üzerinde, eski akarsu yataklarını belirleyen denizaltı vadileri yer almaktadır. Çanakkale Boğazı da Üst Pleyistosen sonlarına kadar Marmara yönüne doğru drene olan eski bir akarsu yatağının deniz altında kalması ile oluşmuştur.

Güncel Aşınım (Erozyon) Süreçleri ve Kütle Hareketleri: Aşınım süreçleri, platolar ile dağlık sahalar üzerinde etkilidir. Bu alanlarda yarılmanın fazla olduğu, aşınımına karşı dayanımsız kaya türlerinin yüzeyletiği, eğimin fazla olduğu kesimlerde yamaç erozyonu etkilidir. Az eğimli platolar ile glasi yüzeylerinde ise yüzey sellenmesinin neden olduğu yüzeysel erozyon gözlenmektedir. Sık dantritik drenajın gelişmiş olduğu ve yumuşak litolojilerin yüzeyletiği yamaç zonlarında ise selcik erozyonu gelişmiştir. Çalışma alanının morfolojik görünümü Şekil 4.1'de verilmiştir. Çalışma alanının genel olarak topoğrafyası az eğimli (% 0-10) bir arazi yapısına sahiptir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Çalışma alanının morfolojik görünümü.



Şekil 4.2. Çalışma alanının eğim haritası.

V. JEOLojİ

V.1. Genel Jeoloji

Biga Yarımadası'nın temelini Paleozoyik veya muhtemelen daha yaşlı metamorfik kayalar oluşturur (Kazdağ grubu). Metamorfik kayaç toplulukları üzerinde tektonik bir dokanakla, aktif kıta kenarı çökelleri ile temsil edilen değişik tektonostratigrafik birimlerden oluşan Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi bulunmaktadır. Jura'da daha çok durgunlaşan ortamda tabanda kumtaşları ile başlayıp kumlu, sleks yumrulu ve oolitli kireçtaşları ile devam eden ve son bulan bir istif çökelişini gerçekleştirmiştir.

Üst Kretase'de; bölgede geniş yayılıma sahip, başlıca spilit, grovak, pelajik şeyl, serpantin ve radyolaritlerden oluşan, karmaşık ve düzensiz bir iç yapıya sahip olan Çetmi ofiyolitik melanjı yerleşmiştir.

Biga yarımadasında çeşitli evrelerde etkin olan asidik magmatizmanın ürünleri çoğunlukla granit, granodiyorit ve diyorit bileşimlidir. Önceki yıllarda bölgede çalışan araştırmacılar (Öngen, 1978a ve b; Dayal, 1984; Birkle ve Satır, 1995; Genç ve Yılmaz, 1995; Genç, 1998; Bozkurt, 2000) Kestanbol, Evciler, Karaköy ve Etili plütonlarını Tersiyer magmatizmasının ürünü ve Biga yarımadasında Alt Miyosen volkanizmasına bağlı olarak oluşan sığ sokulumlar olarak tanımlamışlardır. Plütonlar KD-GB uzun eksenli eliptik magmatik kütlelerdir ve bunlar ince taneli, benzer bileşimli volkanik kayaçlarla çevrelenmiştir (Karacık, 1995; Yılmaz, 1998).

Biga yarımadasının Tersiyer evrimi; Orta Eosen neritik kireçtaşı ve bu kireçtaşı üzerine uyumlu olarak çökelmiş olan, andezit ve andezitik tuf ara katkılı Üst Eosen türbiditleriyle başlar. Orta Eosen'de başlayan önemli bir transgresyon bütün Batı Anadolu'da etkin olmuş ve geniş bir bölgede Orta-Üst Eosen yaşta Soğucak Kireçtaşı çökelmiştir. Aşınma etkisinden korunmuş 20-30 m kalınlıkta ufak bantlar şeklinde izlenir. Lagüner fasiyeste çökelmiştir. Soğucak kireçtaşının çökelişinden sonra havzanın güney şelfi giderek derinleşmiş ve genellikle türbiditlerden oluşan Ceylan Formasyonu çökelmiştir. Biga'nın batısında 500 m kadar kalınlıkta olup, türbidit karakterli kumtaşları ile şeyl ve marnlardan oluşur.

Oligosen sonunda Biga Yarımadası'nda önemli bir yükselme ve aşınma evresi yaşanmıştır ki; bu evre sonucunda yarımada'nın güneyinde Orta Eosen-Oligosen istifi tümüyle aşınmıştır. Bu nedenle Miyosen istifi çok farklı litolojiler üzerinde yer alır. İç kesimlerde Erken-Orta Miyosen'deki volkanizma ile eş zamanlı olarak karasal birimler çökelmiştir. Çan çevresinde bu karasal birimler bitümlü şeyl, silt taşı, kumtaşı, tuf ve kömürden oluşur. Çan Formasyonu adı verilen bu birim 250 m kalınlığa sahiptir ve Miyosen'in andezitik volkanitleri üzerinde yer alır.

Oligosen – Miyosen döneminde kalkalkalen magmatizması Biga yarımadasını etkilemiştir. Bunların dışında andezit, dasit, riyolit, ve asidik tüfler Biga yarımadasında geniş alanları kaplamıştır. Bu volkanik kayalar arasında yerel olarak linyit içeren gölsel çökeller bulunur. Üst Miyosende volkanizma sona ermektedir.

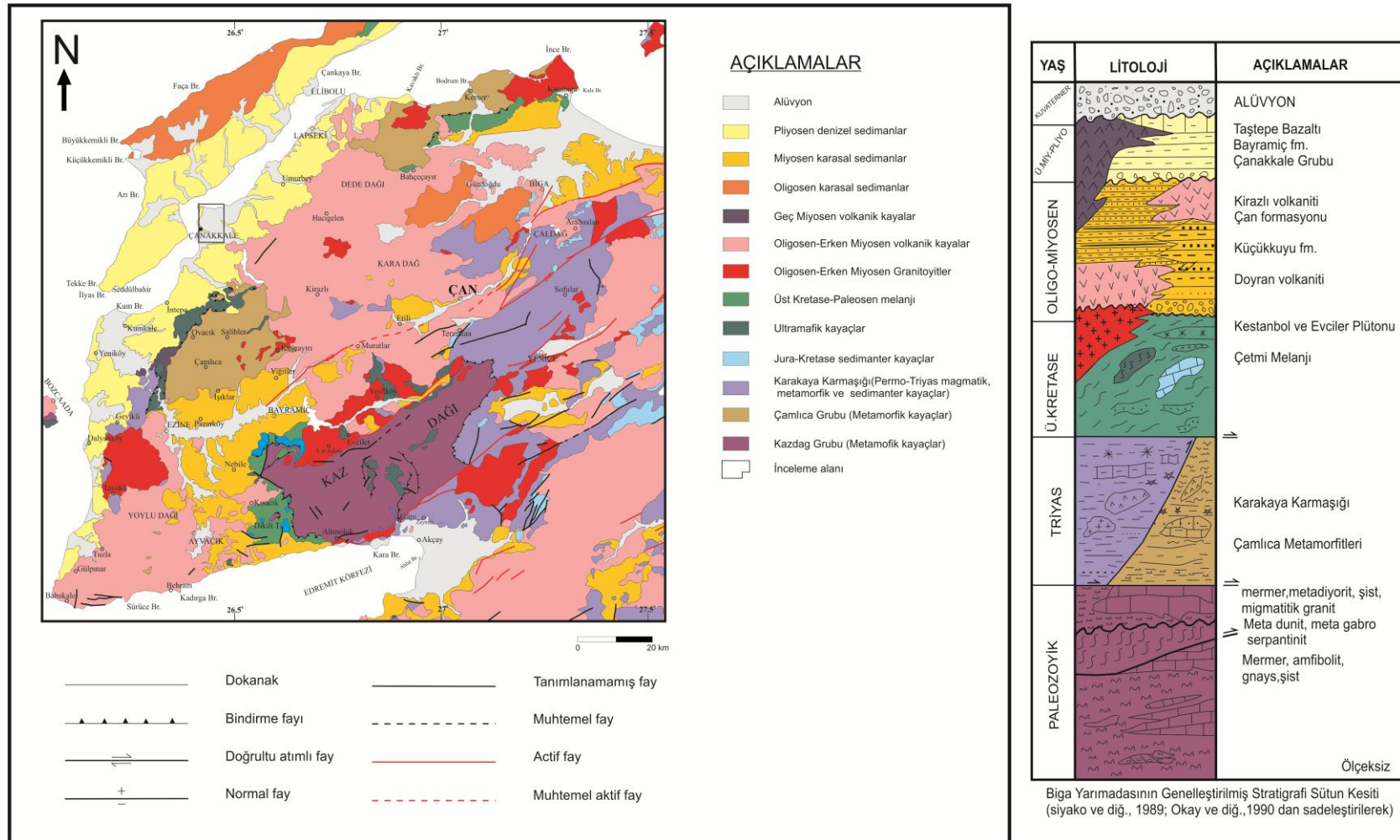
Biga yarımadasında Pliyo-Kuvaterner döneminde çakıltaşı, kumtaşı ve şeylden oluşan flüviyal sedimanlar ile gölsel karbonatlar çökelmiştir. Bayramiç Formasyonu olarak adlandırılan (Siyako ve diğ., 1989) flüviyal birimin en iyi görüldüğü yerlerden biri Karamenderes çayının kuzeyleridir. Gönen ve Manyas kuzeyinde de geniş yüzlekler veren Bayramiç Formasyonu, genellikle daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzdur; yalnızca Çanakkale güneyinde Alçıtepe Formasyonu ile geçişli görülmektedir (Siyako ve diğ., 1989). Alçıtepe Formasyonu; Gazhandere ve Kirazlı Formasyonları ile yanal ve düşey geçişli, sığ denizel bir birim olup, kumtaşı, çakıltaşı, şeyl, marn ve bu birim için karakteristik olan oolitlik kireçtaşlarından oluşur ve kalınlığı 200 metre kadardır.

Kara alanlarındaki kalınlığı 200 metre olan Bayramiç Formasyonu'nun Edremit körfezindeki kalınlığı, Edremit-1 kuyusundan ve sismik kesitlerden elde edilen bilgilere göre 1500 metreye kadar çıkmaktadır. Edremit körfezinde izlenen bu kalın Pliyo-Kuvaterner istif, Kazdağ silsilesinin Pliyo-Kuvaterner'de yükseldiğinin iyi bir kanıtıdır. Kazdağ silsilesinin Miyosen sonrası oluştuğunun bir başka kanıtı da, Miyosen yaşlı Küçükkuyu Formasyonu'na ait mostraların Kazdağ'ının kuzey ve güney eteklerinde görülmeleri ve bugün Edremit körfezinin kuzeyinde 1776 metre yükseliğe çıkan Kazdağ metamorfitlerinden gelmesi beklenen kaba klastik malzemenin Küçükkuyu Formasyonu içerisinde gözlenmesi. Bu gözlem Küçükkuyu Formasyonu'nun çökeldiği havzanın ilksel olarak bugünkü Kazdağ silsilesinin üzerinde yer aldığını ve Kazdağ'ının yükselişinin Küçükkuyu Formasyonu çökelişinden sonra olduğunu göstermektedir (Siyako ve diğ., 1989).

Siyako ve diğ. (1989)'ne göre Bayramiç Formasyonu ile yanal geçişli ve 40-50 metre kalınlıkta olan gölsel karbonatlar, Biga yarımadasının en batı kesimlerinde Gülpınar çevresinde ve Karamenderes çayının güney kesimlerinde yüzeyler.

Biga yarımadasında genç fay zonları boyunca yükselmiş ve Taştepe bazaltı olarak adlanmış olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı genç lavlar da bulunmaktadır.

Çanakkale boğazı ve çevresinde görülen Miyosen istifinin çok karakteristik bir özelliği volkanik seviyeler içermemesidir. Bu nedenle bu istifin Biga yarımadasında çok etkin olmuş Alt-Orta Miyosen volkanizmasından sonra çökelmiş olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Biga Yarımadasının Jeoloji haritası ve geliştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Siyako ve diğ. (1989); Okay ve diğ. (1990)'den sadeleştirilerek)

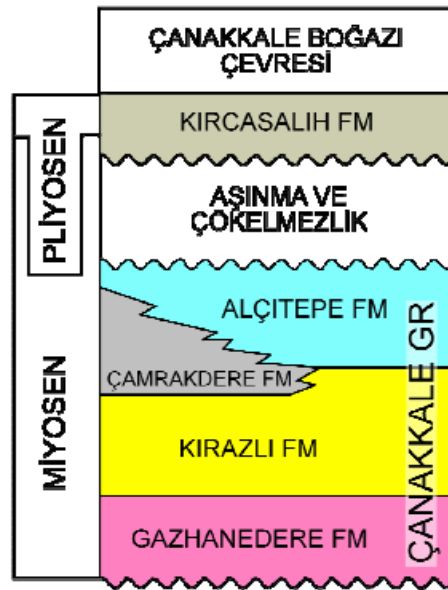
V.1.1. Stratigrafi

Çanakkale yerleşim biriminin üzerinde yer aldığı Çanakkale havzası, Orta Miyosen-Pliyosen döneminde çökelmiş olan kırıntılı formasyonlar ile güncel alüvyonlardan oluşmaktadır. Orta Miyosen-Pliyosen çökelleri “Çanakkale Grubu” adıyla (Siyako, 2006) tanımlanmıştır. Alüvyonlar ise, sondajlardan ve gözlem çukuru olarak açılan hendeklerden derlenen bilgilerle, ilk defa bu incelemede üç ayrı litostratigrafi birimi olarak haritaya işlenmiştir.

V.1.1.1. Çanakkale Grubu

Çanakkale Grubu ismi, güney Trakya’da, Çanakkale Boğazı’nın her iki yakasında, Gökçeada ve Bozcaada’da yaygın olarak yüzeylemeleri bulunan Miyosen-Pliyosen yaşlı sedimanter birimleri için kullanılmıştır (Siyako, 2006). Daha önceki araştırmacılar bu grubu oluşturan birimleri “Çanakkale Formasyonu” adıyla ve değişik üyelere ayırarak tanımlamışlardır (Şentürk ve Karaköse, 1987; Atabey ve diğ., 2004).

Çanakkale grubunu oluşturan formasyonlar, Çanakkale Boğazı’nın her iki yakasında da yaygınca yüzeylemekte olup, alttan üste “Gazhanedere fm., Kirazlı fm., Çamrakdere fm., ve Alçıtepe fm.” olmak üzere 4 lito-stratigrafi biriminden oluşur (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Çanakkale Grubuna ait formasyonların stratigrafik konumu (Siyako, 2006)

V.1.1.1.1. Gazhanedere Formasyonu

Genel olarak çakıltaşı kumtaşı ve kırmızımsı gri çamurtaşlarından oluşur. Çamurtaşı destekli olan çakıltaşları gevşek çimentolanmalı olup, yer yer çamur kongloması niteliğindedir. Birimi, “Gazhanedere formasyonu” adıyla ilk kez Saltık (1974) tanımlamıştır.

Çanakkale Boğazının doğu kenarı boyunca çok yaygın yüzeylemeleri bulunmasına rağmen İnceleme alanı içerisinde çok sınırlı bir yüzeylemesi vardır. Birimin yaygın yüzeylemeleri Çınarlı ve Kirazlı Köyleri kuzeyindeki Gazhanedere çevresinde yer alır (Sümengen ve diğ., 1987). Birim içerisinde Atabey ve diğ. (2004) akarsu kanal dolguları, uzunlamasına ve enine bar çökellerine ait kumtaşı ve çakıldaşları ile taşkın düzlüğü çökellerini oluşturan çamurtaşlarını tanımlamışlardır. Çakıldaşları polijenik olup, serpantin, andezit, dasit, riyodasit, mikaşist, mermer, kuvarsit vb. kayaç kırıntıları oluşturur.

Gazhanedere formasyonunun inceleme alanı içerisindeki yüzeylemesi, Sarıcaali Köyü ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu yerleşkesi arasındaki alanda yer alır. Beldemiz sitesi ile eski çöplük arasındaki yamaç boyunca birimi açıklıkla görmek mümkündür. Bu alandaki yüzeylemesinde ve Terzioğlu yerleşkesi içerisinde geçen su kanalı boyunca alacalı renkli çamur destekli çakıldaş, kumtaşı aradalanması şeklinde bir görünümü vardır. Birim içerisindeki çamurtaşlarının bileşiminde yer alan kil ve silt gibi ince taneli gereçlerin fazla bulunması nedeniyle suya doygun durumda iken ve yamaç eğiminin yüksek olduğu yerlerde heyelanlara neden olmaktadır.

Gazhanedere formasyonunun alt dokanağı inceleme alanı içerisinde gözlenmez. Bölgede yapılmış olan önceki araştırmalara göre birim, Çanakalan Köyü, Dümrek Köyü ve Kızılcaören Köyü çevresinde Çamlıca metamorfizmaları ve Denizgören ofiyoliti üzerine diskordan olarak bulunmaktadır. Belen Köyü çevresinde ise Ezine–Doyran volkanitleri üzerine açılı uyumsuz olarak gelir (Atabey ve diğ., 2004). Birimin üst dokanağı, yüzeylettiği alanlarda “Kirazlı formasyonu” ile dereceli geçişlidir (Siyako, 2006).

Gazhanedere formasyonu gerek fasiyes özellikleri gerekse çökme geometrisi açısından tipik olarak alüvyon yelpazesini yansıtmaktadır. Birimin havza kenarlarında kaba taneli havza içerisine doğru ince taneli litolojilere geçmesi alüvyon yelpazesi ortamını işaret etmektedir (Atabey ve diğ., 2004). İçerisinde bulunan uzunlamasına ve/veya enine bar çökelleri bu yelpazenin örgülü akarsu ortamında geliştiğini, belirsiz kalın tabakalı olması, çapraz katmanların bulunması, yer yer kamalanmalı tabakaların varlığı gibi birçok çökme yapısı da bu ortamın düzensiz ve yüksek enerjili olduğuna işaret etmektedir. İçerisindeki kırmızı çamurtaşlarının varlığı ise hem karasal oluşumu, hem de taşkın düzlüğünü işaret eder.

Gazhanedere formasyonu içerisinde, önceki araştırmacılar (Ünay, 1980, 1981; Kaya, 1986; Şentürk ve Karaköse, 1987) birçok omurgalı fosiller derlemişler ve birimin yaşını Orta Miyosen ile Geç Miyosen başı olarak yorumlamışlardır (Atabey ve diğ., 2004).

V.1.1.1.2. Kirazlı Formasyonu

Birim, kumtaşı, çakıllı kumtaşı ve silttaşlarından oluşur. Birimi Kirazlı formasyonu adıyla ilk olarak Saltık (1974) tanımlamıştır. Birimin yaygın yüzeylemelerinin Güzelyalı Köyü çevresinde bulunması nedeniyle Atabey ve diğ. (2004) “Güzelyalı üyesi” olarak isimlendirmişlerdir. Birimin inceleme alanı içerisinde yüzeylemesi yoktur. Ancak Çanakkale yerleşim alanı yakın çevresindeki yörelerde yaygınca yüzeylemeleri bulunması dolayısıyla, birimin özelliklerini tanıtmaya gereği duyulmuştur.

Kirazlı formasyonunun tipik kesiti Gazhanedereden Kirazlı Köyü’ne kadar olan kesimdir (Sümengen ve diğ., 1987). Birimin yaygın yüzeylemelerinin bulunduğu alanlar: Güzelyalı, İtepe arası ve Kumkale çevresine kadar uzanan kıyı şeridi boyunca; Kepez ile Sarıcaali Köyü arasında, ÇOMÜ Terzioğlu Yerleşkesi’nin önemli bir bölümünde; Umurbey Çayı’nın delta düzlüğü kesiminde; Lapseki ile Lapseki’nin güneyindeki Subaşı Köyü arasındadır.

Kirazlı formasyonu, en açık şekilde Çanakkale-İzmir karayolu boyunca Güzelyalı ile İtepe viyadüğü arasındaki yol yarmalarında görülür. Bu alanda birim, düzlemsel paralel tabakalanmalı, yer yer alt ve üst yüzeyler ondülasyonlu, düzlemsel ve tekne tipi çapraz tabakalanmalar gösteren sarımsı iri-orta tane boylu kumtaşlarından oluşur. Birim içerisinde pas rengi demir oksitli

ayrışmalar çok yaygın olup, zaman zaman derinliği birkaç metreye ulaşan çakıltası kanal dolguları bulunmaktadır. Kirazlı formasyonu kıyı yakını ortamlarda (plaj) çökelmiş, gevşek tutturulmuş, sarımsı boz kumtaşlarının egemen olduğu bir birimdir. Kumtaşları içerisinde seyrek olarak siltaşı, kıltaşı arakatkıları ile kanal dolguları biçiminde çakıltıları gözlenir. Formasyonun kalınlığı yöreden yöreye değişiklikler göstermektedir. Kirazlı Köyü yakınındaki tip kesitinde yaklaşık 220 m'dir (Sümengen ve diğ., 1987). Şentürk ve Karaköse (1987), İntepe civarında 132 m, Bayrak Tepe'de 157 m ve Çamrakdere'de 204 m ölçmüşlerdir. Gelibolu Yarımadası'nda ise kalınlığın 500 m'ye kadar çıkabileceğini belirtmişlerdir.

Kirazlı formasyonu, altta Gazhanedere formasyonu ile üstte ise Çamrakdere ve Alçıtepe formasyonları ile geçişlidir (Siyako, 2006). Çalışma alanı sınırları içinde Kirazlı formasyonu, yüzlek vermemektedir.

V.1.1.1.3. Alçıtepe Formasyonu

Birimi ilk olarak Sfondrini (1961) ve Duritt (1960), Kilitbahir ve Alçıtepe birimleri şeklinde adlandırmışlardır. Daha sonra Önem (1974) Alçıtepe üyesi, Siyako ve diğ., (1989) ise Alçıtepe formasyonu adıyla tanıtmışlardır. Alçıtepe formasyonu genel olarak kumtaşı, kıltaşı, kumlu ve killi kireçtaşı litolojilerinden oluşur. Bu litolojiler yanal ve düşey olarak birbirleriyle geçişlidirler.

Formasyonun yaygın yüzeylemeleri Çanakkale yakınlarındaki Bayrak Tepe, Boğazın her iki yakasındaki falezler, İntepe Beldesi'nin bulunduğu alan, Umurbey Beldesi güneyi, Gelibolu Yarımadası'nda Alçıtepe Köyü çevresi ve Kilitbahir ile Eceabat arasındaki sırtlardır. İnceleme alanı içerisinde Narababa Tepe civarındaki askeri alan içerisinde, Esenler Mahallesi'nin bulunduğu alanda ve Barbaros şehitliği çevresinde görülür.

Alçıtepe formasyonu, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn ve bol makro fosilli kireçtaşı ile oolitle kireçtaşlarının ardalanmasından oluşur (Siyako, 2006). Kireçtaşları içerisindeki gastropod ve pelecypod kavkaları bazı düzeylerin büyük bir kısmını oluşturur. Bu organizma yığılımlarının tanımlamaya elverişli olanlarından elde edilen yaş; Orta- Üst Panoniyen'dir (Şentürk ve Karaköse, 1987). Bu yaş, Çanakkale güneyinde çalışmış olan Taner (1982) tarafından belirlenen Akçagiliyen, Romaniyen-Parskoviyen yaşlarından farklılık arz etmektedir (Şentürk ve Karaköse, 1987). Bol fauna içerikli kireçtaşları, daha çok ostrakod, pelecypod ve gastropod fosillerini içermektedir.

Alçıtepe formasyonu, kıyı ve kıyı ötesi kırıntılıları ile karbonatlarından oluşan, karışık, kırıntılı-karbonat kıyı çizgisi ortamında çökelmiştir (Şentürk ve Karaköse, 1987). Altta akarsularla beslenen lagüner çökeller ile üstte ise çalkantılı kıyı yüzü ve kıyı ötesi çökellerden oluşan oolitik kireçtaşları kapsaması birimin sadece kıyı ötesinde değil, kırıntılı kıyı çizgisinde bir alanda çökeldiğini göstermektedir. Kimi seviyelerde kırıntılı çökeller ile karbonatlı çökellerin tekrarlanmış olması, kıyı çizgisinin oynak (hareketli) olduğunu göstermektedir (Şentürk ve Karaköse, 1987).

V.1.1.2. Alüvyonlar

İnceleme alanı içerisinde çok yaygın olarak tutturulmamış sedimanlardan oluşan alüvyonlar yer alır. Bu alüvyonların gerek dağılımı gerekse oluşumları Sarıçay'ın etkisi altında gerçekleşmiştir. Sarıçay, yüksek kodlardan taşıdığı sedimanları, hem eski yatağı boyunca hem de yeni yatağı boyunca olmak üzere, öncelikli olarak ova nitelikli düşük kodlu alanlarda biriktirmiştir. Bu sedimanlar oluşum biçimlerine ve kendilerini oluşturan litoloji türlerinin konumlarına göre üç ayrı birim şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 5.2). Bunlar; a) Kum, killi kum, yer yer çakıl kanallı kum birimi; b) Kum, siltli kum (yer yer kil mercekli) birimi; c) Blok, çakıl ve kum (güncel dere yatağı ve taşkın alanı tortulları) birimi.

V.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeybatısında olup, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı uzantısının etkisi altındadır. Türkiye'de Neotektonik dönem Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşması ve Anadolu levhasının batıya doğru hareketi ile başlamıştır (Ketin, 1968; Mc Kenzie, 1978; Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981).

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı uzantılarının oluşturduğu düşey ve yanall hareketler Kuzey Batı Anadolu'da önemli yerleşim birimlerini etkileyen depremler oluşturmaktadır. Düşey hareketler özellikle Gönen-Yenice, Biga-Çan, Bayramiç-Ezine depresyonlarının oluşumunu sağlamıştır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde ise bu hareketler kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı çöküntüler oluşturmuştur.

Marmara Denizi ve Güney Marmara bölgesinde fayların gidişi genellikle doğu-batı olmakla birlikte Biga Yarımadası içinde ve Kuzey Ege'de kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanım göstermektedir (Herece, 1990; Okay, 1990). İnceleme alanı yakın çevresinde İnova-Sarıköy, Yenice-Gönen, Biga-Çan, Bayramiç-Ezine, Gülpınar-Kestanbol, Saroz-Gaziköy fayları önemli yer tutar. Bu ana çizgisellik yönlerinin dışında irili ufaklı birçok fay bulunmaktadır. Çanakkale Boğazı'nın oluşumu bahsinde de değinildiği gibi Boğaz'ın oluşumunu sağlayan (veya oluşumunda etkili olan) yaklaşık kuzey-güney yönlü, yüzeyde izi gözlenmese de, fayların olduğu belirtilmektedir (Durrant, 1960; Erol, 1992).

İnceleme alanı içinde, yüzeyde çizgiselliği belirgin olarak gözlenen, bir fay bulunmamaktadır. Ancak yukarıda da ifade edildiği gibi inceleme alanının yakın çevresinde yer alan aktif fayların üreteceği depremlerden inceleme alanı şiddetli bir şekilde etkilenecektir.

V.3. İnceleme Alanının Jeolojisi

Çanakkale ve çevresinde Alt-Orta Miyosen dönemi genel olarak yoğun volkanik faaliyetlerin ve tektonik hareketlerin olduğu dönemdir (Önem, 1974; Siyako ve diğ., 1989; Okay ve diğ., 1990; Ercan ve diğ., 1995). Bu dönemde vakanizma ve tektonizma hareketleriyle yükselen ve sarplasan röliyef, iklimin yağışlı ve nemli olmasının da etkisiyle hızla aşınmaya başlamış ve aşınan gereçler akarsuların etkisiyle Çanakkale Tersiyer havzası (ya da Çanakkale Oluğu) içerisine taşınmaya başlamıştır. Bu noktada Çanakkale Boğazı'nın oluşum şekli ve oluşum zamanı önemli bir konudur. Bazı araştırmacılara göre (Durrant, 1960; İlhan, 1976; Önal, 1987) Çanakkale Boğazı'nın kuzey kesimi bir antiklinal eksenli boyunca uzanan genç çöküntü hendeğidir. Yani Çanakkale Boğazı, Tersiyer formasyonları üzerinde tektonik hareketlerle (faylarla) biçimlenmiş bir çöküntüdür. Buna karşılık jeomorfolojik verilere göre (Erol, 1959, 1969, 1987), bu yörede Pliyosen-Kuvaterner süresince akarsu erozyonunu denetlemiş bazı fay çizgileri bulunmakla birlikte boğazın kuzey bölümü bir antiklinal eksenli boyunca yerleşmiş akarsu vadisidir.

İnceleme alanında, Sarıcaali Köyü ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu yerleşkesi arasındaki alanda Gazhanedere formasyonu gözlenmektedir (Şekil 5.3). Beldemiz sitesi ile eski çöplük arasındaki yamaç boyunca birimi açıklıkla görmek mümkündür. Bu alandaki yüzeylemesinde ve Terzioğlu yerleşkesi içerisinden geçen su kanalı boyunca alacalı renkli çamur destekli çakıltası, kumtaşı aradalanması şeklinde bir görünümü vardır. Birim içerisindeki çamurtaşlarının bileşiminde yer alan kil ve silt gibi ince taneli gereçlerin fazla bulunması nedeniyle suya doygun durumda iken ve yamaç eğiminin yüksek olduğu yerlerde heyelanlara neden olmaktadır.

Gazhanedere formasyonunun alt dokanağı inceleme alanı içerisinde gözlenmez. Bölgede yapılmış olan önceki araştırmalara göre birim, Çanakalan Köyü, Dümrek Köyü ve Kızılcaören Köyü çevresinde Çamlıca metamorfikleri ve Denizgören ofiyoliti üzerine diskordan olarak

bulunmaktadır. Belen Köyü çevresinde ise Ezine–Doyran volkanitleri üzerine açılı uyumsuz olarak gelir (Atabey ve diğ., 2004). Birimin üst dokanağı, yüzeylediği alanlarda “Kirazlı formasyonu” ile dereceli geçişlidir (Siyako, 2006).

Çanakkale yerleşim alanının büyük bir bölümü Çanakkale Grubu’na ait Alçıtepe formasyonu ve Sarıçay (Kocaçay) tarafından şekillenmiş delta çökelleri ile alüvyon düzlüğündeki taşkın çökelleri üzerinde yer almaktadır (Şekil 5.3). Bu alanda kalınlığı yöreden yöreye değişmekle beraber, oluşumları Geç Kuvaterner ile güncel dönemde gerçekleşen tutturulmamış zeminler bulunur. Beslenme alanı (drenaj alanı) oldukça geniş olan Sarıçay (uzunluğu; 40 km, ova alanı; 20,3 km² ve drenaj alanı; 454 km², toplam alan; 474,3 km²) vadisi, Sarıçay barajının yapımından önceki dönemde kontrolsüz bir şekilde gerçekleşen sellenmeler ve taşkınlarla inceleme alanına oldukça fazla miktarda malzeme taşımıştır. Alüvyon yelpazesi ve taşkın düzlüğü niteliğindeki bu alanda yapılan sondajlar ve yarmalardan elde edilen bilgiler, birbirleri ile girik dokanaklı, heterojen tortullardan yapıldığını göstermektedir. 1/5000 ölçekli jeoloji haritasından ve stratigrafi kesitinden de görüleceği üzere (Şekil 5.3) (Ek-1) çalışma alanı içerisinde görünür en alt birimi “Alçıtepe formasyonu” oluşturmaktadır. Bu birim, daha önce bölgede yapılmış olan birçok çalışmada tanımlanmış olup, ana litolojisini düzgün tabakalanmalı kumtaşı, kilaşı ve killi kireçtaşları (marn) oluşturmaktadır. Birim inceleme alanı içerisinde Esenler Mahallesi çevresinde, Askeri hastanenin arkasındaki sırtlarda ve Nara burnundaki askeri alan çevresinde gözlenmektedir.

Alüvyonlar

İnceleme alanı içerisinde çok yaygın olarak tutturulmamış sedimanlardan oluşan alüvyonlar yer alır. Bu alüvyonların gerek dağılımı gerekse oluşumları Sarıçay’ın etkisi altında gerçekleşmiştir. Sarıçay, yüksek kodlardan taşıdığı sedimanları, hem eski yatağı boyunca hem de yeni yatağı boyunca olmak üzere, öncelikli olarak ova nitelikli düşük kodlu alanlarda biriktirmiştir. Bu sedimanlar oluşum biçimlerine ve kendilerini oluşturan litoloji türlerinin konumlarına göre üç ayrı birim şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 5.3). Bunlar; a) Kum, killi kum, yer yer çakıl kanallı kum birimi; b) Kum, siltli kum (yer yer kil mercekli) birimi; c) Blok, çakıl ve kum (güncel dere yatağı ve taşkın alanı tortulları) birimi.

Kum, killi kum (yer yer çakıl kanallı kum) birimi: Birim inceleme alanı içerisinde oldukça geniş bir alanda yüzeylemektedir. Özellikle Sarıçay’ın yaklaşık güney-kuzey yönünde aktığı tarih öncesi dönemde taşımış olduğu sedimanlardan oluşmaktadır. Birim, hem eski vadi yatağı boyunca hem de o vadi yatağının kenarlarını oluşturan taşkın düzlüğünde görülür. Bu birimin esas bileşenlerini kum boyutundaki litolojiler oluşturmaktadır. Yer yer içerisinde ince çakıl düzeyleri, çakıl kanal dolguları ve kil düzeyleri görülür. Bölgede yapılan sondajlardan elde edilen veriler değerlendirilerek ilk defa bu çalışmada Sarıçay’ın eski yatağının güzergahı konusunda bilgi sağlanmıştır (Bkz. SK-10-11-16-17-18- 125-128-131-133-137-138-142). Bu sondajlarda kesilmiş olan litolojilere bakıldığında çakıl/ kum ve kum/silt-kil oranlarının değişimi Sarıçay’ın olası yatağından uzaklaşıldıkça ince kırıntılı çökellere doğru değişmektedir. Ana yatak boyunca çakıl oranı yüksek sedimanlar hakim iken taşkın düzlüğünü temsil eden alanlarda seyrek, ince çakıllı kanal dolguları ile ince kum ve kil litolojilerinin egemen olduğunu görmekteyiz. Yer yer sadece kil egemen alanlar bulunmaktadır. Bu da bize bu alanların taşkınlar sırasında oluşan gölcüklerdeki su içerisinde asılı bulunan çok küçük boyutlu sedimanların çökmesi biçiminde oluştuğunu işaret etmektedir.

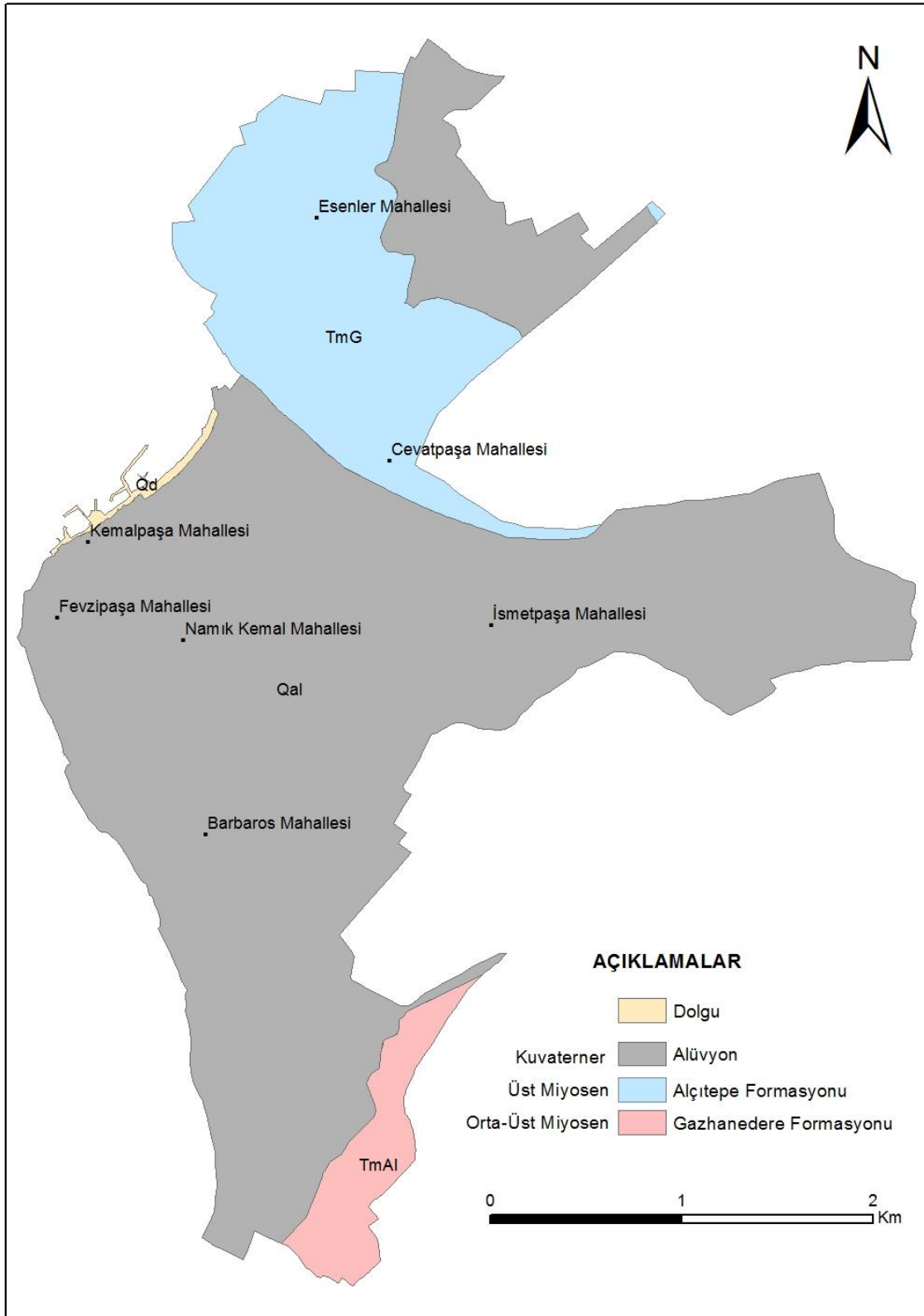
Kum, siltli kum (yer yer kil mercekli) birimi: İnceleme alanının çok önemli bir bölümü kum, siltli kum ve kil litolojilerinden oluşmaktadır. Bu alan daha çok Sarıçay’ın güneyinde, havaalanı çevresinde yer almaktadır. Birim, yataya yakın bir topografya sunan bu alana, yoğun yağışların olduğu dönemlerdeki sellenmelerle Sarıçay ve güney, güney doğudaki yamaçlardan değişik akarsularla taşınan çökellerden oluşmaktadır. Özellikle Sarıçay’ın baraj yapılmadan önceki

dönemlerdeki sellenme ve taşkınlarından bölge yoğun bir şekilde etkilenmiş olup, taşkın düzlüğü çökelleri niteliğindeki ince kırıntılılarla dolgulanmıştır. Çanakkale ovası ve yerleşim biriminin büyük bölümü, daha önce de söz edildiği gibi, alüvyonal bir delta üzerinde bulunmaktadır. Bu alüvyonal deltayı oluşturan çökeller de ayrışma ve taşınmaya müsait olan Çanakkale Grubuna ait formasyonlardan türemiştir. Bölgede yapılan sondajlarda çok ince kum ve silt boyutundaki sedimanların oranı oldukça fazladır. Dolayısıyla suya doymun durumlarda bu tür zeminler gerek taşıma gücü gerekse zemin sıvılaşması açısından risk taşımaktadır.

Blok, çakıl ve kum (Güncel dere yatağı ve taşkın alanı tortulları) birimi: Birim Sarıçay'ın yatağı boyunca ve bu yatağın her iki tarafındaki etki alanı içerisinde yayılım göstermektedir. Sarıçay'ın inceleme alanı içerisinde çok geniş bir deltası bulunmaktadır. Bu delta çökelleri içerisinde hem yüksek enerji (sellenmeler) ile taşınmış iri sedimanlar, hem de düşük enerjili (düzenli ve sakin) taşınma ile biriktirilmiş sedimanlar bulunmaktadır. Bu alan içerisinde yer yer eski bataklık çökellerine de rastlanmaktadır. Sarıçay'ın ana yatağından uzaklaştıkça sedimanlardaki tane boyutu küçülmekte olup, blok çakıl, kum, silt ve kil elamanlar birbirleri ile yanal ve düşeyde geçişler göstermektedir. İnceleme alanı içerisinde yapılan sondajlarda (Bkz. SK-71-75-69-76-82-64-25-24-120-121-124-122) Çakıl ve kum toplam yüzdesinin ince taneli sedimanların toplam yüzdesinden yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu alanda kalan çok sayıdaki sondajın çakıllı kum sınıfında sedimanlar kestiğini belirtebiliriz.

Dolgu

Şekil 5.2'de gösterilen jeoloji haritasında Çanakkale Belediyesi tarafından kontrollü olarak oluşturulan kıyı boyunca uzanan yaklaşık olarak 25 m bant genişliğinde dolgu alanı vardır.



Şekil 5.3. İnceleme alanının jeoloji haritası

VI. JEOTEKNİK AMAÇLI SONDAJ ÇALIŞMALARI ve ARAZİ DENEYLERİ

VI.1. Sığ Sondajlar

Çanakkale yerleşim alanında bulunan zeminlerin mühendislik özelliklerini, yanal ve düşey değişimlerini, yeraltı suyu durumunu ve jeoteknik parametrelerini belirlemek amacıyla 151 adet sondaj çalışması yapılmıştır (Şekil 6.1). Sondajların derinlikleri genel olarak 20 m olup, 2 sondaj kuyusu formasyon kalınlığını belirlemek amaçlı 30 m olarak açılmış ve toplamda 3000 m sondaj işi yapılmıştır (Şekil 6.2).

Sondajlar kamyonu monteli, hidrolik beslemeli D-500 rotary sondaj makinesi ile yapılmıştır. Zemin sondajlarında 4” çapında auger sistemi, kaya sondajlarında ise T6S86 tipi karotiyer kullanılmıştır. Ayrıca sondaj çalışmalarında NW ve HW muhafaza boruları kullanılmıştır.

İnceleme alanında açılan tüm jeoteknik sondaj kuyuları plastik borular ile teçhiz edilmiş olup, kuyu ağızları manşon takılarak ve betonlanarak muhafaza altına alınmıştır. İnceleme alanında yapılan sondaj kuyularının kot, koordinat ve derinlikleri Çizelge 6.1’de verilmiştir. Çizelge 6.2’de, sondajlar sırasında kesilen birimler, özet olarak verilmiştir.

Sondaj çalışmaları sırasında, zemin koşullarının uygun olduğu bölümlerde her 1,5 metrede bir Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmıştır. SPT-N değerleri, 2 ile refü (R) arasında değişim göstermektedir. SPT’den alınan örselenmiş numuneler üzerinde zemin sınıflandırma deneyleri yapılmıştır. Uygun zemin koşullarında hidrolik baskı ile örselenmemiş zemin numuneleri alınarak zeminlerin fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan sondajlara ait loglar Ek-11’te verilmiştir.



Şekil 6.1. Sondaj lokasyon haritası

Çizelge 6.1. Sondaj kuyularının kot, koordinat ve derinlikleri

Sondaj No	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)	Sondaj No	X	Y	Kot (m)	Derinlik (m)
1	453172	4444526	12,8	18	77	450435	4444621	4,3	20
2	452983	4444163	10,7	20	78	450194	4443809	4	20
3	453215	4444145	11	20	79	450430	4444070	5	20
4	453315	4444364	13	20	80	450170	4445234	2	20
5	452794	4444079	8,6	20	81	449932	4443951	3,5	20
6	452793	4444251	10,2	20	82	449889	4443710	5,2	20
7	452794	4444725	11,5	18	83	449688	4443519	2,6	20
8	452660	4444599	10,2	20	84	450355	4444857	3,1	20
9	452503	4444288	9,5	20	85	450095	4443946	4	20
10	452339	4444055	8,2	20	86	450353	4444408	4,65	20
11	452226	4444226	9	20	87	450580	4444884	3,8	20
12	452292	4444519	9	20	88	449957	4443410	3,1	20
13	452108	4444698	9	20	89	449757	4443340	2,8	20
14	451973	4444686	9	20	90	449939	4443238	3	20
15	451949	4444491	9	20	91	449295	4444655	2,2	20
16	452062	4444267	8,8	20	92	450027	4444917	3	20
17	451777	4444522	9	20	93	450200	4444640	4,2	20
18	451620	4444265	8	20	94	449373	4443741	2,2	20
19	451485	4444469	7	20	95	449633	4443109	2,2	20
20	451241	4444704	10,8	20	96	450225	4444516	4,2	20
21	451068	4444477	6	20	97	449876	4442887	3	20
22	450947	4444381	6	20	98	449753	4442961	3	20
23	451256	4444402	6,5	20	99	449482	4442975	1,6	20
24	451244	4444170	6,5	20	100	449183	4444800	1,7	20
25	451043	4444160	6	20	101	449607	4442703	2,5	20
26	450800	4444193	5,5	20	102	449768	4442569	2,7	20
27	450642	4444299	5,5	20	103	449657	4442205	2	20
28	450665	4444453	5,5	20	104	449744	4441830	1,8	20
29	450823	4444468	5	20	105	449910	4441405	2,7	20
30	450971	4444613	5	20	106	449744	4441147	1,2	20
31	450701	4444667	5	20	107	449535	4443815	2,7	20
32	450726	4444758	4,5	20	108	449567	4444856	2	20
33	450736	4444592	5,2	20	109	449370	4443617	1,8	20
34	450601	4444536	5,3	20	110	449637	4444262	3,5	20
35	450374	4441102	32	20	111	449785	4444169	3,4	20
36	450210	4441280	8	20	112	449420	4444068	2,8	20
37	450024	4441320	5,2	20	113	450407	4444945	3,3	20
38	450588	4441537	32	20	114	449017	4444121	1,2	20
39	450319	4441673	10,1	20	115	450568	4445277	17	20
40	449836	4442074	3	20	116	450461	4445539	28	20
41	450096	4442251	4	20	117	450619	4445451	35	20

Çizelge 6.1 Devam									
42	450053	4442420	4	20	118	449871	4444257	3,6	20
43	450198	4442580	4	20	119	450490	4445041	5,8	20
44	450036	4442644	3,2	20	120	450031	4444392	3,7	20
45	450156	4442700	4	20	121	449996	4444209	5	20
46	450015	4442727	3	20	122	449199	4444277	2,7	20
47	450255	4442830	4	20	123	449803	4444394	3,5	20
48	450105	4442945	3,8	20	124	449789	4444470	3,3	20
49	450022	4443004	3,5	20	125	451438	4445992	21,5	20
50	450249	4442981	4	20	126	451194	4446344	19,2	20
51	450393	4443028	4	20	127	449988	4446040	44,5	20
52	450131	4443155	2,9	20	128	450909	4446669	17,7	20
53	450160	4443279	3,4	20	129	450083	4446184	39,3	20
54	450345	4443331	3,3	30	130	450469	4446065	43,9	20
55	450618	4443173	5	20	131	450679	4446368	27,9	20
56	450155	4443491	3,6	15	132	449699	4446302	56,7	20
57	450670	4443392	5	20	133	450799	4446063	30,5	15
58	450446	4443543	5	20	134	449916	4446566	43	20
59	450697	4443568	5	20	135	450142	4446738	42,4	20
60	450316	4443623	4,5	15	136	450451	4446770	32,2	20
61	450607	4443536	5	20	137	450429	4446437	32,5	20
62	450795	4443722	5	20	138	451157	4445715	28,2	20
63	450917	4443830	4,9	20	139	450098	4445736	36	20
64	450668	4443815	5	20	140	449890	4445647	19,3	20
65	450484	4443850	5	20	141	450236	4444045	4,2	20
66	450541	4443941	5	20	142	450860	4447173	11,8	20
67	450812	4444007	5	20	143	449878	4445344	6	20
68	450963	4443908	5,2	20	144	452074	4446440	27,7	20
69	449297	4443959	2,3	20	145	449580	4443463	2,3	20
70	449774	4444380	3,6	30	146	448982	4443831	1,2	25
71	449072	4443939	1,5	30	147	449968	4444573	2,8	20
72	449419	4443315	1,95	20	148	450687	4445841	41	20
73	449012	4443662	1,5	15	149	449746	4444576	2,1	20
74	448945	4443847	1,2	20	150	449208	4444740	1,8	20
75	449236	4443892	2	15	151	448946	4444715	1,5	20
76	449701	4443792	3,4	20					





Şekil 6.2. Sondaj çalışmalarından görüntüler

Çizelge 6.2. Sondajlarda kesilen jeolojik birimler (Fm:Formasyon).

Sondaj No	Derinlik (m)	Litoloji	Fm	Sondaj No	Derinlik (m)	Litoloji	Fm	
SK-1	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-77	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	
	0,5-3,0	Kumlu Kil			2,0-5,0	Çakıllı Kum		
	3,0-8,0	Çakıllı Kum			5,0-12,0	Siltli Kum		
	8,0-15,0	Siltli Kum			12,0-20,0	Siltli Kil		
	15,0-18,0	Çakıllı Kum		SK-78	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	
SK-2	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	0,5-6,0		Çakıllı Kum			
	0,5-4,5	Çakıllı Kum	6,0-20,0		Siltli Kum			
	4,5-16,5	Siltli Kum	SK-79	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		
	16,5-20,0	Çakıllı Kum		1,5-3,0	Kum			
SK-3	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-80	3,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon	
	0,5-9,0	Çakıllı Kum			0,0-0,5	Bitkisel Toprak		Alüvyon
	9,0-18,0	Siltli Kum			0,5-10	Çakıllı Kum		
SK-4	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-81	10,0-18,0	Siltli Kum	Alüvyon	
	0,5-9,0	Çakıllı Kum			18,0-20,0	Siltli Çakıllı Kum		
	9,0-10,5	Siltli Kum			0,0-1,5	Dolgu		Alüvyon
	10,5-18,0	Çakıllı Kum			1,5-3,5	Kum		
SK-5	0,0-1,0	Dolgu	Alüvyon	SK-82	3,5-8,0	Çakıllı Kum	Alüvyon	
	1,0-4,0	Çakıllı Kum			8,0-13,0	Siltli Kum		
	4,0-20,0	Siltli Kum			13,0-16,0	Çakıllı Kum		
SK-6	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		SK-83	16,0-20,0		Siltli Kum
	0,5-7,0	Çakıllı Kum		0,0-1,5		Dolgu	Alüvyon	
	7,0-20,0	Siltli Kum		1,5-20,0		Siltli Kum		
SK-7	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-84	0,0-1,5	Dolgu		Alüvyon
	0,5-4,0	Siltli Kum			1,5-3,5	Kum		
	4,0-6,0	Çakıllı Kum			3,5-13,5	Siltli Kum		
	6,0-9,0	Siltli Kum			13,5-20,0	Siltli Çakıllı Kum		
	9,0-18,0	Çakıllı Kum		SK-85	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	
SK-8	0,0-0,5	Dolgu	0,5-1,5		Kil			
	0,5-4,30	Siltli Kum	1,5-5,0		Çakıllı Kum			
	4,3-6,5	Çakıllı Kum	5,0-11,0		Siltli Kum			
	6,5-10,0	Siltli Kum	11,0-20,0		Siltli Kil			
	10,0-15,0	Çakıllı Kum	0,0-0,5		Dolgu	Alüvyon		
	15,0-20,0	Siltli Kum	0,5-5,5	Kum				
SK-9	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-86	5,5-20,0	Siltli Kum	Alüvyon	
	0,5-3,3	Siltli Kum			0,0-1,5	Dolgu		
	3,3-6,0	Çakıllı Kum			1,5-7,0	Çakıllı Kum		
	6,0-8,0	Siltli Kum			7,0-20,0	Siltli Kum		
	8,0-10,0	Çakıllı Kum		SK-87	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	

Çizelge 6.2 (Devam)

Çizelge 6.2 (Devam)									
SK-9	10,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon		1,5-4,5	Siltli Çakıllı Kum			
SK-10	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-87	4,5-8,0	Çakıllı Kum	Alüvyon		
	0,5-1,5	Dolgu			8,0-10,5	Siltli Çakıllı Kum			
	1,5-11,0	Siltli Kum			10,5-20,0	Kil			
	11,0-12,0	Siltli Kil							
	12,0-20,0	Siltli Kum		SK-88	0,0-2,0	Dolgu	Alüvyon		
SK-11	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		SK-89	2,0-6,0		Çakıllı Kum	Alüvyon
	0,5-6,0	Siltli Kil				6,0-20,0		Siltli Kum	
	6,0-13,5	Killi Kum		SK-89	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon		
	13,5-15,8	Siltli Kil			0,5-6,0	Çakıllı Kum			
	15,8-20,0	Siltli Kum			6,0-16,0	Siltli Kum			
SK-12	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-90	16,0-18,0	Çakıllı Kum	Alüvyon		
	0,5-7,0	Çakıllı Kum			18,0-20,0	Siltli Kum			
	7,0-10,5	Siltli Kum			0,0-1,5	Dolgu		Alüvyon	
	10,5-20,0	Çakıllı Kum			1,5-9,5	Çakıllı Kum			
SK-13	0,0-1,0	Dolgu	Alüvyon	SK-91	9,5-20,0	Siltli Kum	Alüvyon		
	1,0-4,2	Siltli Kil			0,0-1,5	Dolgu			
	4,2-16,0	Siltli Kum			1,5-5,0	Çakıllı Kum			
	16,0-17,7	Çakıllı Kum			5,0-8,0	Siltli Kum			
	17,7-20,0	Siltli Kum			8,0-11,0	Çakıllı Kum			
SK-14	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon		SK-92	11,0-14,0		Siltli Kum	Alüvyon
	0,5-4,0	Siltli Kil				14,0-17,0		Siltli Kil	
	4,0-20,0	Siltli Kum				17,0-20,0		Siltli Kum	
SK-15	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-93		0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	
	0,5-6,0	Siltli Kil				1,5-5,0	Çakıllı Kum		
	6,0-10,0	Çakıllı Kum				5,0-17,0	Siltli Kum		
	10,0-20,0	Çakıllı Kum-Killi Kum				17,0-20,0	Killi Kum		
SK-16	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-94		0,0-1,0	Dolgu	Alüvyon	
	0,5-6,0	Siltli Kil-Siltli Kum			1,0-4,0	Siltli Kil			
	6,0-12,0	Siltli Kum			4,0-7,5	Kum			
	12,0-14,0	Siltli Kil			7,5-9,0	Siltli Kum			
	14,0-20,0	Siltli Kum			9,0-11,0	Çakıllı Kum			
SK-17	0,0-1,0	Dolgu	Alüvyon		SK-95	11,0-20,0	Siltli Kum		Alüvyon
	1,0-20,0	Siltli Kum		0,0-1,5		Dolgu			
SK-18	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-95		1,5-3,5	Çakıllı Kum	Alüvyon	
	0,5-12,0	Çakıllı Kum			3,5-20,0	Siltli Kum			
	12,0-20,0	Siltli Kum			0,0-1,5	Dolgu			
SK-19	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-95	1,5-3,0	Çakıllı Kum	Alüvyon		
	0,5-2,3	Siltli Kil			3,0-17,0	Siltli Kum			
					17,0-20,0	Siltli Kil			

Çizelge 6.2 (Devam)

Çizelge 6.2 (Devam)							
SK-19	2,3-5,6	Çakıllı Kum-Killi Kum	Alüvyon	SK-96	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon
	5,6-10,2	Siltli Kil			1,5-6,0	Kil	
	10,2-20,0	Killi Kum			6,0-9,5	Siltli Kum	
SK-20	0,5-2,0	Dolgu	Alüvyon		9,5-11,0	Siltli Kil	
	2,0-4,0	Siltli Kil			11,0-18,0	Siltli Kum	
	4,0-20,0	Siltli Kum			18,0-20,0	Çakıllı Kum	
SK-21	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-97	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon
	0,5-5,5	Siltli Kil			1,5-6,0	Çakıllı Kum	
	5,5-20,0	Siltli Kum			6,0-20,0	Siltli Kum	
SK-22	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-98	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon
	0,5-5,0	Siltli Kil			1,5-6,0	Kum	
	5,0-20,0	Siltli Kum			6,0-20,0	Siltli Kum	
SK-23	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-99	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon
	0,5-4,0	Siltli Kil			1,5-9,0	Kum	
	4,0-20,0	Siltli Kum			9,0-18,0	Siltli Kum	
SK-24	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		SK-100	18,0-20,0	
	0,5-10,3	Siltli Kil		0,0-2,5		Dolgu	Alüvyon
	10,3-20,0	Killi Kum		2,5-7,5		Çakıllı Kum	
SK-25	0,0-1,0	Dolgu	Alüvyon	SK-101		7,5-18,0	Siltli Kum
	1,0-5,5	Kumlu Kil			18,0-20,0	Siltli Kil	
	5,5-20,0	Siltli Kum			0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon
SK-26	0,0-1,0	Dolgu	Alüvyon	SK-101	1,5-3,5	Çakıllı Kum	
	1,0-17,0	Siltli Kum			3,5-11,0	Kum	
	17,0-20,0	Çakıllı Kum			11,0-18,0	Siltli Kum	
SK-27	0,0-1,0	Bitkisel Toprak	Alüvyon		SK-102	19,0-20,0	Siltli Kil
	1,0-5,5	Çakıllı Kum		0,0-1,5		Dolgu	
	5,5-14,0	Siltli Kum		1,5-6,0		Çakıllı Kum	
	14,0-20,0	Siltli Kil		6,0-20,0		Siltli Kum	
SK-28	0,0-1,0	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-103	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon
	1,0-3,0	Çakıllı Kum			1,5-10,5	Siltli Kum	
	3,0-5,5	Kumlu Kil			10,5-15,0	Siltli Kil	
	5,5-15,5	Siltli Kum			15,0-20,0	Siltli Kum	
	15,5-20,0	Siltli Kil		SK-104	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon
SK-29	0,0-0,5	Dolgu	1,5-7,5		Çakıllı Kum		
	0,5-5,5	Siltli Kil	7,5-12,0		Siltli Kum		
	5,5-20,0	Siltli Kum	12,0-15,0		Siltli Kil		
SK-30	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-105	15,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon
	0,5-5,0	Siltli Kil			0,0-3,0	Dolgu	
	5,0-20,0	Siltli Kum			3,0-4,5	Siltli Kum	
SK-31	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		4,5-10,5	Siltli Kil	

Çizelge 6.2 (Devam)								
SK-31	0,5-4,0	Kumlu Kil	Alüvyon	SK-105	10,5-15,0	Kil	Alüvyon	
	4,0-20,0	Siltli Kum			15-16,5	Çakıllı Kil		
SK-32	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		16,5-18,0	Çakıllı Kum		Alüvyon
	0,5-16,0	Çakıllı Kum			18,0-20,0	Çakıllı Kil		
	16,0-20,0	Kumlu Kil		0,0-2,0	Dolgu			
SK-33	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-106	2,0-6,0	Çakıllı Kum	Alüvyon	
	0,5-6,7	Siltli Kil			6,0-18,0	Siltli Kum		
	6,7-7,2	Killi Kum			18,0-20,0	Siltli Kil		
	7,2-20,0	Çakıllı Kum			0,0-2,5	Dolgu		Alüvyon
	SK-34	0,0-0,5		Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-107	2,5-20,0	
0,5-5,5		Killi Kum	SK-108	0,0-1,5			Dolgu	
5,5-18,0		Siltli Kum		1,5-9,5		Çakıllı Kum	Alüvyon	
18,0-20,0		Siltli Kil		9,5-15,5		Kum		
SK-36	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-109	15,5-20,0	Siltli Kum		Alüvyon
	0,5-7,0	Çakıllı Kum			0,0-1,5	Dolgu		
	7,0-20,0	Siltli Kil			1,5-4,5	Çakıllı Kum		
SK-37	0,0-3,0	Dolgu	Alüvyon	SK-110	4,5-20,0	Siltli Kum	Alüvyon	
	3,0-4,5	Kum			0,0-3,5	Dolgu		
	4,5-6,0	kumlu Kil			3,5-8,0	Kum		
	6,0-16,0	Siltli Kum		8,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon		
	16,0-19,0	Kumlu Kil		SK-111	0,0-1,5		Dolgu	
	19,0-20	Çakıllı Kum			1,5-6,5		Çakıllı Kum	
SK-39	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-112	6,5-20,0	Siltli Kum	Alüvyon	
	0,5-7,1	Siltli Kil			0,0-1,5	Dolgu		
	7,1-15,0	Çakıllı Kum			1,5-5,0	Çakıllı Kum		
	15,0-20,0	Kil			5,0-11,0	Kum		
SK-40	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-113	11,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon	
	0,5-6,0	Siltli Kum			0,0-1,5	Dolgu		
	6,0-16,5	Kum			1,5-4,0	Siltli Kum		
	16,5-20,0	Çakıllı Kum			4,0-9,5	Çakıllı Kum		
SK-41	0,0-2,0	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-114	9,5-11,0	Siltli Kum	Alüvyon	
	2,0-3,0	Killi Kum			11,0-17,0	Çakıllı Kum		
	3,0-6,0	Kum			17,0-20,0	Kil		
	6,0-9,0	Siltli Kum			0,0-1,5	Dolgu		Alüvyon
	9,0-20,0	Çakıllı Kum		1,5-5,0	Çakıllı Kum			
SK-42	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-118	5,0-7,0	Kum	Alüvyon	
	0,5-3,0	Kum			7,0-20,0	Siltli Kum		
	3,0-7,0	Çakıllı Kum			0,0-0,5	Bitkisel Toprak		
	7,0-20,0	Siltli Kum			0,5-5,0	Siltli Kil		
SK-43	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		5,0-20,0	Kil		

Çizelge 6.2 (Devam)

SK-43	0,5-3,0	Kum	Alüvyon	SK-119	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon
	3,0-4,5	Siltli Kum			0,5-2,0	Çakıllı Kum	
	4,5-13,0	Siltli Kum			2,0-9,0	Siltli Kum	
	13,0-18,5	Çakıllı Kum			9,0-20,0	Kil	
	18,5-20,0	Siltli Kum					
SK-44	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-120	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon
	0,5-2,5	Siltli Kum			1,5-5,0	Çakıllı Kum	
	2,5-5,0	Çakıllı Kum			5,0-20,0	Siltli Kum	
	5,0-9,5	Killi Kum		SK-120	0-1,5	Dolgu	Alüvyon
	9,5-20,0	Siltli Kum			1,5-5,0	Çakıllı Kum	
SK-45	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-121	5,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon
	0,5-4,0	Siltli Kum			0-1,5	Dolgu	
	4,0-20,0	Killi Kum			1,5-7,0	Çakıllı Kum	
SK-46	0,0-1,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-122	7,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon
	1,5-9,0	Kum			0-1,5	Dolgu	
	9,0-20,0	Siltli Kum			1,5-7,0	Kum	
SK-47	0,0-1,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-123	7,0-10,0	Çakıllı Kum	Alüvyon
	1,5-3,0	Çakıllı Kum			10,0-20,0	Siltli Kum	
	3,0-20,0	Siltli Kum			0-1,5	Dolgu	
SK-48	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-124	1,5-6,5	Çakıllı Kum	Alüvyon
	1,5-3,0	Siltli Kum			6,5-20,0	Siltli Kum	
	3,0-10,0	Kum			0-1,5	Dolgu	
	10,0-20,0	Siltli Kum			1,5-5,0	Çakıllı Kum	
SK-49	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-125	5,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon
	1,5-3,5	Killi Kum			0-0,5	Dolgu	
	3,5-10,0	Kum			0,5-15	Kumlu Kil	
	10,0-20,0	Siltli Kum			15,0-18,0	Çakıllı Kum	
SK-50	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-126	0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon
	1,5-3,0	Killi Kum			0,5-3,5	Çakıl	
	3,0-8,0	Kum		SK-128	3,5-20,0	Killi Kum	Alüvyon
	8,0-20,0	Siltli Kum			0-0,5	Bitkisel Toprak	
SK-51	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-131	0,5-6,5	Çakıllı Kum	Alüvyon
	1,5-3,5	Killi Kum			6,5-20,0	Kumlu Kil	
	3,5-7,5	Kum			0-0,5	Dolgu	
	7,5-20,0	Siltli Kum			0,5-3,0	Çakıllı Kil	
SK-52	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-133	3,0-15,0	Çakıllı Kum	Alüvyon
	0,5-6,0	Siltli Kum			15,0-20,0	Çakıltaş	
	4,5-6,0	Siltli Kum			0-1,0	Dolgu	
	6,0-10,5	Çakıllı Kum		SK-141	1,0-6,0	Çakıl	Alüvyon
	10,5-20,0	Siltli Kum			6,0-15,0	Çakıllı kum	
					0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon

Çizelge 6.2 (Devam)

SK-53	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-141	0,5-5,0	Killi Kum	Alüvyon		
	0,5-4,5	Siltli Kum			5,0-7,0	Siltli Kum			
	4,5-18,0	Çakıllı Kum			7,0-8,0	Çakıllı Kum			
	18,0-20,0	Siltli Kum			8,0-20,0	Siltli Kum			
SK-54	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-142	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		
	0,5-4,5	Çakıllı Kum			0,5-9,5	Çakıllı Kum			
	4,5-30,0	Siltli Kum			9,5-20,0	Kil			
SK-55	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-143	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon		
	0,5-2,0	Siltli Kil			0,5-20,0	Siltli Kum			
	2,0-6,5	Çakıllı Kum		SK-145	0,0-0,8	Bitkisel Toprak	Alüvyon		
	6,5-18,0	Siltli Kum			0,8-12,0	Siltli Kum			
	18,0-20,0	Siltli Kil			12,0-13,0	Çakıllı Kum			
SK-56	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-146	13,0-20,0	Siltli Kum	Alüvyon		
	0,5-6,0	Siltli Kil			0,0-1,5	Dolgu			
	6,0-7,5	Çakıllı Kum		1,5-25,0	Siltli Kum	SK-147	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon
	7,5-20,0	Siltli Kum		0,5-20,0	Siltli Kum				
SK-57	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-149	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		
	0,5-6,0	Siltli Kil			0,5-20,0	Siltli Kum			
	6,0-20,0	Siltli Kum			0,5-20,0	Siltli Kum			
SK-58	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-150	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		
	0,5-5,0	Siltli Kil			0,5-1,5	Dolgu			
	5,0-20,0	Siltli Kum			1,5-11,0	Siltli Kum			
SK-59	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon		SK-151	11,0-20,0		Çakıllı Siltli Kum	Alüvyon
	1,5-4,5	Siltli Kil		0,0-2,0		Dolgu			
	6,0-9,0	Siltli Kum-Çakıllı Kum		2,0-4,5		Çakıllı Kum			
	9,0-20,0	Siltli-Kum		4,5-13,0		Siltli Kum			
SK-60	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-115		13,0-14,0	Çakıllı Kum	Alçıtepe	
	0,5-20,0	Siltli Kum				14,0-15,0	Siltli Kum		
SK-61	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon			SK-116	0,0-3,5		
	0,5-5,0	Siltli Kil		3,5-6,0	Killi Kum				
	5,0-18,0	Siltli Kum		6,0-20,0	Kiltaşı (Karot)				
SK-62	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-117	0,0-1,0	Bitkisel Toprak	Alçıtepe		
	0,5-18,0	Çakıllı Kum			1,0-4,0	Killi Kum			
	18,0-20,0	Siltli Kil			4,0-20,0	Kiltaşı (Karot)			
SK-63	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon	SK-127	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alçıtepe		
	0,5-9,5	Çakıllı Kum			5,0-14,0	Kiltaşı (Karot)			
	9,5-20,0	Siltli Kum	Alüvyon			14,0-20,0		Kiltaşı (Karot)	
SK-64	0,0-0,5	Dolgu		SK-127	0-0,5	Dolgu	Alçıtepe		
	0,5-4,5	Siltli Kum			0,5-4,0	Kumtaşı			
	4,5-11,0	Çakıllı Kum			4,0-20,0	Kiltaşı (Karot)			

Çizelge 6.2 (Devam)											
	11,0-20,0	Siltli Kum		SK-129	0-0,5	Dolgu	Alçıtepe				
SK-65	0,0-0,5	Dolgu	Alüvyon		0,5-20,0	Kiltaşı (Karot)					
	0,5-6,0	Siltli Kum		SK-130	0-0,5	Dolgu	Alçıtepe				
	6,0-11,0	Çakıllı Kum			0,5-12,0	Kumlu Kil					
	11,0-20,0	Siltli Kum			12,0-20,0	Kiltaşı (Karot)					
SK-66	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-132	0-0,5	Dolgu	Alçıtepe				
	1,5-6,5	Çakıllı Kum			0,5-20,0	Kiltaşı (Karot)					
	6,5-20,0	Siltli Kum		SK-134	0-0,5	Dolgu	Alçıtepe				
SK-67	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon		0,5-20,0	Kiltaşı (Karot)					
	0,5-20,0	Siltli Kum			0-1,0	Bitkisel toprak					
SK-68	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alüvyon	SK-135	1,0-16,0	Kumlu Kil	Alçıtepe				
	0,5-1,5	Dolgu			16,0-20,0	Kiltaşı (Karot)					
	1,5-3,0	Siltli Kum		SK-136	0-1,0	Bitkisel Toprak	Alçıtepe				
	3,0-14,0	Çakıllı Kum			1,0-12,5	Siltli Kil (Karot)					
	14,0-20,0	Siltli Kum			12,5-20,0	Çakıllı Kum					
SK-69	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-137	0-0,5	Dolgu	Alçıtepe				
	1,5-6,5	Çakıllı Kum			0,5-3,5	Çakıllı Kum					
	6,5-20,0	Siltli Kum			3,5-9,0	Kumlu Kil					
SK-70	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon		SK-138	9,0-20,0		Kiltaşı (Karot)	Alçıtepe		
	1,5-10,5	Çakıllı Kum		0,0-0,5		Dolgu	SK-139	0,5-20,0		Kiltaşı (Karot)	
	10,5-19,0	Siltli Kum		0,0-2,0		Dolgu		2,0-7,0		Killi Kum	
	19,0-22,0	Siltli Kil		SK-140	7,0-20,0	Kiltaşı (Karot)	Alçıtepe				
	22,0-25,0	Killi Kum			0,0-1,0	Dolgu		1,0-7,0	Kumtaşı (Karot)		
	25,0-27,0	Siltli Kum			7,0-18,0	Kiltaşı (Karot)		SK-144	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alçıtepe
	27,0-30,0	Çakıllı Kum			18,0-20,0	Kumtaşı			0,5-20,0	Kiltaşı (Karot)	
SK-71	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-144	0,0-0,5	Bitkisel Toprak	Alçıtepe				
	1,5-4,5	Çakıllı Kum			0,5-20,0	Kiltaşı (Karot)					
	4,5-20,0	Siltli Kum			0,0-0,5	Bitkisel Toprak		SK-148	0,5-3,0	Killi Kum	Alçıtepe
	SK-72	0,0-1,5			Dolgu	Alüvyon			3,0-4,5	Çakıllı Killi Kum	
1,5-7,5		Siltli Kum	7,0-8,5	Çakıllı Killi Kum	SK-74		8,5-15		Kiltaşı (Karot)		
7,5-18,0		Kum	Alüvyon	0,0-1,5			Dolgu	0,0-1,5	Dolgu	Alçıtepe	
18,0-20,0	Siltli Kum	1,5-20,0		Kum	1,5-13,0	Siltli Kum	SK-75	13,0-15,0	Çakıllı Kum		
SK-73	0,5-10,0	Çakıllı Kum	Alüvyon	SK-35	2,0-7,0	Siltli Kil		Gazhane dere			
	10,0-15,0	Siltli Kum			7,0-20,0	Siltli Kiltası (Karot)					
	SK-74	0,0-1,5			Dolgu	Alüvyon	SK-38	0,0-2,3	Dolgu	Gazhane dere	
1,5-20,0		Kum									
SK-75	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-35	2,0-7,0	Siltli Kil	Gazhane dere				
	1,5-13,0	Siltli Kum			7,0-20,0	Siltli Kiltası (Karot)					
	13,0-15,0	Çakıllı Kum			SK-38	0,0-2,3	Dolgu	Gazhane dere			

Çizelge 6.2 (Devam)							
SK-76	0,0-1,5	Dolgu	Alüvyon	SK-38	2,3-4,5	Killi Kum	Gazhane dere
	1,5-9,5	Çakıllı Kum			4,5-7,0	Siltli Kum	
	9,5-20,0	Siltli Kum			7,0-8,0	Siltli Kil	
					8,0-18,0	Kum-Kumtaşı	
					18,0-20,0	Kil	

VI.2. Arazi Deneyleri

VI.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi

Sondajlar sırasında SPT'ler, otomatik halat-makara sistemi kullanılarak yapılmıştır. Bu sistemin enerji oranı %45'tir. İnceleme alanında açılan sondaj kuyularında zemin koşullarının uygun olduğu kesimlerde her 1.5 metrede bir SPT yapılmıştır. SPT N değerleri 2 ile R (refü) arasında değişmektedir. SPT sonuçları Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Sondaj çalışmaları sonucu elde edilen SPT N₃₀ değerleri.

Sondaj No	Derinlik (m)	SPT N ₃₀	Formasyon	Sondaj No	Derinlik (m)	SPT N ₃₀	Formasyon
SK-1	1,5	25	Alüvyon	SK-70	3	11	Alüvyon
	3	28			4,5	19	
	4,5	40			6	22	
	6	41			7,5	24	
	7,5	44			9	26	
	9	16			10,5	31	
	10,5	17			12	22	
	12	15			13,5	22	
	13,5	14			15	25	
	15	R			16,5	25	
	16,5	R			18	19	
	18	R			19,5	2	
SK-2	1,5	31	Alüvyon		21	3	
	3	34			22,5	15	
	4,5	10			24	17	
	6	13			25,5	17	
	7,5	11			27	22	
	9	15			28,5	R	
	10,5	16			30	R	
	12	9		SK-71	1,5	8	Alüvyon
	13,5	12			3	29	
	15	24			4,5	23	
	16,5	28			6	25	
	18	R			7,5	28	
19,5	R	9	32				
SK-3	1,5	42	10,5		36		
	3	33	12		33		

Çizelge 6.3 (Devam)										
SK-3	4,5	31	Alüvyon	SK-71	13,5	28	Alüvyon			
	6	32			15	31				
	7,5	35			16,5	38				
	9	31			18	22				
	10,5	16			19,5	29				
	12	19		SK-72	3	11	Alüvyon			
	13,5	15			4,5	9				
	15	10			6	9				
	16,5	19			7,5	12				
	18	R			9	16				
19,5	R	10,5	17							
SK-4	1,5	41	Alüvyon		12	20		Alüvyon		
	3	31			13,5	18				
	4,5	36			15	19				
	6	39			16,5	20				
	7,5	35		18	12					
	9	18		19,5	15					
	10,5	R		SK-73	1,5	8	Alüvyon			
	12	R			3	22				
	13,5	R			4,5	24				
	15	R			6	28				
16,5	R	7,5	24							
18	R	9	26	SK-74	10,5	40		Alüvyon		
SK-5	1,5	34	Alüvyon		12	39			3	17
	3	37			13,5	23			4,5	20
	4,5	17			15	27			6	29
	6	25			3	17			7,5	26
	7,5	23		4,5	20	9	24			
	9	22		6	29	10,5	33			
	10,5	22		7,5	26	12	36			
	12	18		9	24	13,5	27			
	13,5	11		10,5	33	15	38			
	15	13		12	36	16,5	28			
16,5	11	13,5	27	18	31					
18	14	15	38	19,5	29					
SK-6	1,5	30	Alüvyon	SK-75	3	11	Alüvyon			
	3	33			4,5	15				
	4,5	32			6	16				
	6	28			7,5	17				
	7,5	22			9	23				
	9	23		10,5	26					
	10,5	26		12	27					
	12	12		13,5	45					
	13,5	11								
	15	15								
16,5	16									

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-6	18	18	Alüvyon	SK-75	15	49	Alüvyon
	19,5	11		SK-76	3	16	Alüvyon
SK-7	1,5	15	Alüvyon		4,5	28	
	3	10			6	27	
	4,5	21			7,5	32	
	6	47			9	23	
	7,5	23			10,5	26	
	9	13			12	27	
	10,5	25			13,5	45	
	12	26			15	49	
	13,5	31			16,5	29	
	15	36			18	24	
	16,5	35			19,5	28	
	18	32			SK-77	1,5	8
SK-8	1,5	8	3	14			
	3	10	4,5	16			
	4,5	16	6	12			
	6	17	7,5	17			
	7,5	23	9	19			
	9	20	10,5	19			
	10,5	35	12	29			
	12	32	13,5	25			
	13,5	34	15	21			
	15	12	16,5	15			
	16,5	14	18	10			
	18	21	19,5	12			
19,5	21	SK-78	1,5	7	Alüvyon		
SK-9	1,5		12	3		10	
	3		13	4,5		12	
	4,5		17	6		12	
	6		11	7,5		16	
	7,5		14	9		17	
	9		17	10,5		25	
	10,5		17	12		20	
	12		18	13,5		27	
	13,5		18	15		17	
	15		14	16,5		20	
	16,5		18	18		12	
	18		20	19,5	8		
19,5	22	SK-79	1,5	8	Alüvyon		
SK-10	3		11	3		9	
	4,5		15	4,5		9	
	6		18	6		13	
	7,5		16	7,5		13	
	9		13	9		15	
	10,5		13	10,5		12	
	12		18	12		15	

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-10	13,5	19	Alüvyon	SK-79	13,5	19	Alüvyon
	15	19			15	18	
	16,5	20			16,5	20	
	18	19			18	17	
	19,5	19			19,5	19	
SK-11	1,5	15	Alüvyon	SK-80	1,5	15	Alüvyon
	3	15			3	22	
	4,5	16			4,5	48	
	6	19			6	46	
	7,5	17			7,5	48	
	9	19			9	14	
	10,5	11			10,5	33	
	12	13			12	36	
	13,5	12			13,5	41	
	15	15			15	32	
	16,5	21			16,5	16	
	18	22			18	46	
	19,5	19			19,5	R	
SK-12	1,5	12	Alüvyon	SK-81	3	17	Alüvyon
	3	9			4,5	18	
	4,5	8			6	21	
	6	9			7,5	14	
	7,5	18			9	37	
	9	10			10,5	41	
	10,5	10			12	40	
	12	10			13,5	45	
	13,5	12			15	44	
	15	15			16,5	48	
	16,5	21			18	26	
	18	25			19,5	29	
	19,5	26			3	10	Alüvyon
SK-13	1,5	6	Alüvyon	SK-82	4,5	14	
	3	5			6	23	
	4,5	16			7,5	22	
	6	18			9	24	
	7,5	23			10,5	26	
	9	24			12	18	
	10,5	21			13,5	19	
	12	25			15	22	
	13,5	23			16,5	39	
	15	R			18	46	
	16,5	R			19,5	39	
	18	25			3	20	Alüvyon
	19,5	27			4,5	10	
SK-14	1,5	7	Alüvyon	SK-83	6	7	
	3	8			7,5	16	
	4,5	15			9	37	

Çizelge 6.3 (Devam)									
SK-14	6	17	Alüvyon	SK-83	10,5	27	Alüvyon		
	7,5	25			12	22			
	9	21			13,5	30			
	10,5	24			15	26			
	12	27			16,5	22			
	13,5	24			18	24			
	15	44			19,5	20			
	16,5	23			1,5	9		Alüvyon	
	18	21		3	20				
	19,5	22		4,5	24				
SK-15	1,5	10	Alüvyon	SK-84	6	23	Alüvyon		
	3	13			7,5	21			
	4,5	14			9	17			
	6	14			10,5	17			
	7,5	15			12	3			
	9	14			13,5	4			
	10,5	18			15	12			
	12	34			16,5	20			
	13,5	32		18	28				
	15	35		19,5	27	Alüvyon			
16,5	34	1,5	8	Alüvyon					
18	35	3	13						
19,5	33	4,5	14						
SK-16	1,5	8	Alüvyon		SK-85		6	14	Alüvyon
	3	10					7,5	13	
	4,5	11					9	18	
	6	13					10,5	17	
	7,5	15					12	16	
	9	16					13,5	18	
	10,5	19				15	16		
	12	10		16,5		17			
	13,5	12		18	16				
	15	17		19,5	18	Alüvyon			
16,5	22	3	10	Alüvyon					
18	21	4,5	31						
19,5	23	6	20						
SK-17	1,5	15	Alüvyon		SK-86		7,5	22	Alüvyon
	3	13					9	19	
	4,5	20					10,5	17	
	6	11					12	29	
	7,5	14					13,5	29	
	9	17					15	20	
	10,5	16				16,5	23		
	12	17		18		16			
	13,5	14		19,5	20	Alüvyon			
	15	16		SK-87	3		32		
16,5	18	4,5	40						

Çizelge 6.3 (Devam)									
SK-17	18	15	Alüvyon	SK-87	6	42	Alüvyon		
	19,5	20			7,5	26			
SK-18	1,5	21	Alüvyon		SK-87	9		23	Alüvyon
	3	23				10,5		R	
	4,5	24				12		R	
	6	26				13,5		R	
	7,5	24				15		R	
	9	31				16,5		R	
	10,5	29				18		R	
	12	17				19,5		R	
	13,5	16		SK-88		3	16	Alüvyon	
	15	15				4,5	16		
	16,5	15			6	21			
	18	19			7,5	14			
	19,5	13			9	14			
SK-19	1,5	11	Alüvyon		SK-88	10,5	20		Alüvyon
	3	26		12		24			
	4,5	23		13,5		31			
	6	7		15		24			
	7,5	6		16,5		23			
	9	5		18		31			
	10,5	11		19,5		35			
	12	11		SK-89		1,5	24	Alüvyon	
	13,5	11			3	26			
	15	11			4,5	31			
	16,5	9			6	12			
	18	13			7,5	14			
	SK-20	19,5		12	Alüvyon	SK-89	9	16	Alüvyon
3		8	10,5	17					
4,5		14	12	21					
6		16	13,5	23					
7,5		13	15	19					
9		19	16,5	48					
10,5		18	18	25					
12		19	19,5	45					
13,5		7	SK-90	3		13	Alüvyon		
15		10		4,5		17			
16,5		8		6		22			
18		12		7,5		21			
19,5		14		9		23			
SK-21	1,5	9	Alüvyon	SK-90	10,5	11	Alüvyon		
	3	12			12	21			
	4,5	13			13,5	25			
	6	17			15	20			
	7,5	18			16,5	27			
	9	20			18	25			
	10,5	16			19,5	30			

Çizelge 6.3 (Devam)								
SK-21	12	10	Alüvyon	SK-91	3	11	Alüvyon	
	13,5	13			4,5	15		
	15	17			6	12		
	16,5	13			7,5	15		
	18	16			9	22		
	19,5	19			10,5	26		
SK-22	1,5	8	Alüvyon		12	12		Alüvyon
	3	11			13,5	19		
	4,5	12			15	47		
	6	9			16,5	17		
	7,5	10			18	29		
	9	14			19,5	30		
	10,5	16		SK-92	3	22	Alüvyon	
	12	4			4,5	19		
	13,5	13			6	18		
	15	14			7,5	18		
	16,5	7			9	18		
	18	14			10,5	42		
SK-23	19,5	18	Alüvyon	12	26	Alüvyon		
	1,5	9		13,5	26			
	3	11		15	31			
	4,5	14		16,5	22			
	6	15		18	19			
	7,5	15		19,5	R			
	9	19		SK-93	1,5		20	Alüvyon
	10,5	21			3		21	
	12	20			4,5		11	
	13,5	21			6		12	
	15	22			7,5		22	
	16,5	18			9		36	
SK-24	18	19	Alüvyon	10,5	23	Alüvyon		
	19,5	20		12	17			
	1,5	7		13,5	20			
	3	11		15	21			
	4,5	6		16,5	25			
	6	7		18	21			
	7,5	4		19,5	27			
	9	5		SK-94	3		28	Alüvyon
	10,5	8			4,5		16	
	12	31			6		17	
	13,5	24			7,5		19	
	15	25			9		25	
16,5	22	10,5	23					
SK-25	18	19	Alüvyon	12	23	Alüvyon		
	19,5	20		13,5	20			
	1,5	11		15	24			
	3	16		16,5	22			

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-25	4,5	17	Alüvyon	SK-94	18	20	Alüvyon
	6	6			19,5	26	
	7,5	8		SK-95	3	15	Alüvyon
	9	9			4,5	18	
	10,5	10			6	21	
	12	12			7,5	19	
	13,5	13			9	23	
	15	9			10,5	29	
	16,5	11			12	24	
	18	12			13,5	28	
	19,5	11			15	22	
	SK-26	1,5			13	Alüvyon	
3		18	18	9			
4,5		18	19,5	12			
6		5	3	11			
7,5		7	4,5	11			
9		10	6	19	Alüvyon		
10,5		11	7,5	20			
12		12	9	11			
13,5		14	10,5	8			
15		9	12	10			
16,5		13	13,5	11			
18		15	15	12			
19,5	20	16,5	12				
SK-27	1,5	13	Alüvyon	SK-97	18	37	Alüvyon
	3	20			19,5	R	
	4,5	14			3	16	
	6	10			4,5	16	
	7,5	10			6	10	
	9	10		7,5	17	Alüvyon	
	10,5	7		9	28		
	12	9		10,5	22		
	13,5	7		12	25		
	15	8		13,5	22		
	16,5	5		15	29		
	18	12		16,5	31		
19,5	12	18	40				
SK-28	1,5	11	Alüvyon	SK-98	19,5	32	Alüvyon
	3	19			3	21	
	4,5	12			4,5	21	
	6	14			6	15	
	7,5	12			7,5	12	
	9	13		9	19		
	10,5	16		10,5	17		
	12	15		12	15		
	13,5	16		13,5	18		
	15	17		15	19		

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-28	16,5	16	Alüvyon	SK-98	16,5	18	Alüvyon
	18	20			18	23	
	19,5	21			19,5	21	
SK-29	1,5	11	Alüvyon	SK-99	3	13	Alüvyon
	3	11			4,5	13	
	4,5	15			6	17	
	6	18			7,5	16	
	7,5	19			9	11	
	9	16			10,5	11	
	10,5	12			12	17	
	12	16			13,5	17	
	13,5	15			15	20	
	15	17			16,5	18	
	16,5	16			18	11	
	18	19			19,5	12	
	19,5	20					
SK-30	1,5	11	Alüvyon	SK-100	3	17	Alüvyon
	3	10			4,5	22	
	4,5	15			6	16	
	6	17			7,5	16	
	7,5	15			9	23	
	9	18			10,5	17	
	10,5	14			12	13	
	12	16			13,5	15	
	13,5	17			15	14	
	15	18			16,5	11	
	16,5	19			18	21	
	18	19			19,5	23	
	19,5	21					
SK-31	1,5	16	Alüvyon	SK-101	3	17	Alüvyon
	3	10			4,5	19	
	4,5	24			6	19	
	6	33			7,5	20	
	7,5	29			9	20	
	9	31			10,5	23	
	10,5	34			12	11	
	12	32			13,5	9	
	13,5	31			15	11	
	15	30			16,5	12	
	16,5	37			18	12	
	18	41			19,5	13	
	19,5	40					
SK-32	1,5	8	Alüvyon	SK-102	3	14	Alüvyon
	3	10			4,5	14	
	4,5	18			6	12	
	6	34			7,5	19	
	7,5	37			9	17	
					10,5	22	
					12	26	
					13,5	24	

Çizelge 6.3 (Devam)								
SK-32	9	40	Alüvyon	SK-102	15	17	Alüvyon	
	10,5	48			16,5	16		
	12	29			18	19		
	13,5	38			19,5	22		
	15	43		SK-103	3	14	Alüvyon	
	16,5	31			4,5	15		
	18	31			6	17		
	19,5	33			7,5	11		
SK-33	1,5	9	Alüvyon		9	15		Alüvyon
	3	9			10,5	14		
	4,5	8			12	2		
	6	11			13,5	2		
	7,5	8		15	24			
	9	14		16,5	19			
	10,5	15		18	22			
	12	17		19,5	23			
	13,5	21		SK-104	3	15	Alüvyon	
	15	17			4,5	19		
16,5	23	6	16					
18	25	7,5	19					
19,5	29	9	8					
SK-34	1,5	25	Alüvyon		10,5	10		Alüvyon
	3	38		12	2			
	4,5	43		13,5	3			
	6	45		15	15			
	7,5	46		16,5	19			
	9	18		18	12			
	10,5	19		19,5	14			
	12	15		SK-105	3	7	Alüvyon	
	13,5	14			4,5	2		
	15	14			6	2		
16,5	16	7,5	2					
18	15	9	2					
19,5	17	10,5	3					
SK-35	3	9	Gazhanedere	12	5	Alüvyon		
	4,5	9		13,5	19			
	6	8		15	21			
	7,5	41		16,5	36			
SK-36	1,5	12	Alüvyon	SK-106	18	23	Alüvyon	
	3	17			19,5	19		
	4,5	23			3	28		
	6	22			4,5	34		
	7,5	41			6	37		
	9	R			7,5	18		
	10,5	R			9	23		
	12	R			10,5	18		
	13,5	R			12	18		

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-36	15	R	Alüvyon	SK-106	13,5	37	Alüvyon
	16,5	R			15	23	
	18	R			16,5	26	
	19,5	R			18	10	
SK-37	4,5	23	Alüvyon	SK-107	19,5	8	Alüvyon
	6	24			3	8	
	7,5	13			4,5	12	
	9	16			6	11	
	10,5	19			7,5	15	
	12	18			9	17	
	13,5	18			10,5	30	
	15	20			12	39	
	16,5	23			13,5	35	
	18	26			15	38	
SK-38	19,5	23	Gazhanedere	SK-108	16,5	35	Alüvyon
	3	15			18	35	
	4,5	R			19,5	33	
	6	R			3	22	
	7,5	36			4,5	24	
	9	R			6	27	
	10,5	R			7,5	35	
	12	41			9	38	
	13,5	R			10,5	21	
	15	48			12	30	
SK-39	16,5	R	Alüvyon	SK-109	13,5	26	Alüvyon
	18	49			15	22	
	19,5	23			16,5	16	
	3	16			18	19	
	4,5	18			19,5	22	
	6	23			3	21	
	7,5	19			4,5	22	
	9	19			6	22	
	10,5	23			7,5	15	
	12	22			9	16	
SK-40	13,5	20	Alüvyon	SK-110	10,5	19	Alüvyon
	15	26			12	18	
	16,5	45			13,5	23	
	18	48			15	23	
	19,5	48			16,5	26	
	3	16			18	22	
	4,5	18			19,5	29	
SK-40	6	23	Alüvyon	SK-110	4,5	14	Alüvyon
	7,5	19			6	15	
	9	19			7,5	17	
	10,5	23			9	16	
	12	22			10,5	16	
	13,5	20			12	12	

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-40	15	26	Alüvyon	SK-110	13,5	14	Alüvyon
	16,5	45			15	15	
	18	48			16,5	16	
	19,5	48			18	16	
SK-41	3	21	Alüvyon	SK-111	19,5	17	Alüvyon
	4,5	14			4,5	14	
	6	18			6	15	
	7,5	19			7,5	17	
	9	16			9	16	
	10,5	24			10,5	16	
	12	28			12	12	
	13,5	29			13,5	14	
	15	41			15	15	
	16,5	47			16,5	16	
	18	49			18	16	
	19,5	48			19,5	17	
SK-42	1,5	10	Alüvyon	SK-112	3	16	Alüvyon
	3	9			4,5	13	
	4,5	14			6	16	
	6	17			7,5	15	
	7,5	13			9	17	
	9	14			10,5	16	
	10,5	36			12	17	
	12	33			13,5	19	
	13,5	14			15	22	
	15	17			16,5	26	
	16,5	18			18	23	
	18	15			19,5	23	
SK-43	1,5	10	Alüvyon	SK-113	3	13	Alüvyon
	3	10			4,5	16	
	4,5	14			6	22	
	6	20			7,5	25	
	7,5	16			9	35	
	9	16			10,5	22	
	10,5	19			12	21	
	12	21			13,5	27	
	13,5	37			15	25	
	15	41			16,5	36	
	16,5	43			18	R	
	18	47			19,5	R	
SK-44	1,5	10	Alüvyon	SK-114	3	16	Alüvyon
	3	24			4,5	16	
	4,5	32			6	15	
	6	4			7,5	9	
	7,5	7			9	14	
					10,5	18	
					12	23	

Çizelge 6.3 (Devam)								
SK-44	9	8	Alüvyon	SK-114	13,5	20	Alüvyon	
	10,5	15			15	22		
	12	16			16,5	22		
	13,5	14			18	18		
	15	14			19,5	23		
	16,5	17			3	16		Alçıtepe
	18	17		4,5	16			
	19,5	16		6	15			
SK-45	1,5	10	Alüvyon	SK-115	7,5	9		
	3	24			9	14		
	4,5	32			10,5	18		
	6	4			12	23		
	7,5	7			13,5	20		
	9	8			15	22		
	10,5	15			16,5	22		
	12	16			18	18		
	13,5	14		19,5	23			
	15	14		SK-116	1,5	18	Alçıtepe	
	16,5	17			3	49		
	18	17			4,5	37		
19,5	16	6	R					
SK-46	3	20	Alüvyon		SK-117	7,5		47
	4,5	20				9		R
	6	31				10,5		R
	7,5	37				12		47
	9	15		13,5		R		
	10,5	16		15		R		
	12	16		16,5		R		
	13,5	20		18		49		
	15	23		19,5	R			
	16,5	25		SK-119	1,5	20	Alüvyon	
	18	28			3	28		
	19,5	32			4,5	39		
SK-47	3	14	Alüvyon		SK-117	6		49
	4,5	24				7,5		R
	6	27				9		R
	7,5	12				10,5		48
	9	13				12		R
	10,5	16		1,5		18		
	12	19		3	22			
	13,5	17		4,5	25			
15	16	6	21					
16,5	18	7,5	21					
18	23	9	28					
19,5	21	10,5	R					
SK-48	3	7	Alüvyon		12	R		
	4,5	14			13,5	48		

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-48	6	17	Alüvyon	SK-119	15	49	Alüvyon
	7,5	20		SK-120	3	14	Alüvyon
	9	22			4,5	17	
	10,5	17			6	18	
	12	28			7,5	17	
	13,5	29			9	22	
	15	26			10,5	19	
	16,5	32			12	17	
	18	28			13,5	20	
	19,5	33			15	20	
SK-49	3	15	Alüvyon		SK-121	16,5	
	4,5	20		18		19	
	6	27		19,5		21	
	7,5	27		3		19	
	9	30		4,5		17	
	10,5	20		6		22	
	12	25		7,5		23	
	13,5	32		9		20	
	15	28		10,5		27	
	16,5	31		12		25	
SK-50	18	33	Alüvyon	SK-122	13,5	26	Alüvyon
	19,5	34			15	17	
	3	7			16,5	22	
	4,5	17			18	15	
	6	18			19,5	16	
	7,5	18			3	11	
	9	12			4,5	17	
	10,5	12			6	19	
	12	19			7,5	34	
	13,5	15			9	34	
SK-51	15	17	Alüvyon	SK-123	10,5	15	Alüvyon
	16,5	20			12	15	
	18	21			13,5	15	
	19,5	19			15	13	
	3	8			16,5	9	
	4,5	16			18	13	
	6	26			19,5	13	
	7,5	27			3	10	
	9	29			4,5	15	
	10,5	33			6	17	
SK-52	12	34	Alüvyon		7,5	10	
	13,5	43			9	22	
	15	32			10,5	25	
	16,5	35			12	23	
	18	37			13,5	20	
	19,5	35			15	21	
	1,5	9	Alüvyon		16,5	21	

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-52	3	10	Alüvyon	SK-123	18	21	Alüvyon
	4,5	9			19,5	19	
	6	10		SK-124	3	13	Alüvyon
	7,5	25			4,5	16	
	9	33			6	21	
	10,5	42			7,5	19	
	12	39			9	20	
	13,5	30			10,5	21	
	15	30			12	18	
	16,5	32			13,5	20	
	18	34			15	16	
	19,5	31			16,5	18	
					18	17	
		19,5	17				
SK-53	1,5	9	Alüvyon	SK-125	1,5	17	Alüvyon
	3	11			3	18	
	4,5	16			4,5	24	
	6	17			6	24	
	7,5	14			7,5	27	
	9	18			9	30	
	10,5	18			10,5	28	
	12	15			12	32	
	13,5	30			13,5	35	
	15	28			15	R	
	16,5	35			16,5	R	
	18	36			18	R	
	SK-54	1,5			8	Alüvyon	
3		10	3	8			
4,5		15	4,5	10			
6		17	6	12			
7,5		23	7,5	14			
9		26	9	21			
10,5		17	10,5	22			
12		22	12	24			
13,5		25	13,5	23			
15		31	15	25			
16,5		23	16,5	19			
18		28	18	18			
19,5		33	19,5	22			
21		31	SK-128	1,5	21		Alüvyon
22,5		22		3	24		
24		25		4,5	31		
25,5		32		6	33		
27		26		7,5	23		
28,5		27		9	26		
30		34	10,5	28			
SK-55	1,5	7	Alüvyon	12	29		
	3	8					
	4,5	9					

Çizelge 6.3 (Devam)								
SK-55	6	22	Alüvyon	SK-128	13,5	27	Alüvyon	
	7,5	11			15	28		
	9	15			16,5	32		
	10,5	13			18	35		
	12	14			19,5	45		
	13,5	10		SK-130	1,5	18	Alçıtepe	
	15	16			3	21		
	16,5	13			4,5	27		
	18	12			6	30		
	19,5	20			7,5	37		
SK-56	1,5	7	Alüvyon		9	R		Alüvyon
	3	8			10,5	R		
	4,5	9			12	R		
	6	22			13,5	R		
	7,5	11			15	R		
	9	15		16,5	R			
	10,5	13		18	R			
	12	14		19,5	R			
	13,5	10		SK-131	1,5	20	Alüvyon	
	15	16			3	27		
16,5	13	4,5	31					
18	12	6	40					
19,5	20	7,5	45					
SK-57	1,5	9	Alüvyon		9	R		Alçıtepe
	3	8			10,5	45		
	4,5	7			12	R		
	6	10			13,5	R		
	7,5	11			SK-136	13,5		
	9	12		15	47			
	10,5	11		16,5	R			
	12	14		18	32			
	13,5	16		19,5	36			
	15	14		SK-137	1,5	R		
16,5	13	3	R	Alçıtepe				
18	12	4,5	20					
19,5	20	6	R					
SK-58	1,5	7	Alüvyon		7,5	R	Alçıtepe	
	3	7			SK-139	3		27
	4,5	11			4,5	39		
	6	14			6	R		
	7,5	12			7,5	R		
	9	13			9	49		
	10,5	16			10,5	R		
	12	16		12	R			
	13,5	14		13,5	R			
	15	17		15	R			
16,5	16	16,5	R					

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-58	18	18	Alüvyon		18	R	
	19,5	15			19,5	R	
SK-59	3	12	Alüvyon	SK-141	3	4	Alüvyon
	4,5	14			4,5	7	
	6	13			6	11	
	7,5	36			7,5	20	
	9	11			9	24	
	10,5	18			10,5	27	
	12	24			12	22	
	13,5	14			13,5	24	
	15	12			15	16	
	16,5	13			16,5	17	
	18	12			18	22	
	19,5	13			19,5	25	
SK-60	1,5	8	Alüvyon	SK-142	3	39	Alüvyon
	3	8			4,5	29	
	4,5	20			6	R	
	6	20			7,5	R	
	7,5	16			9	50	
	9	20			1,5	10	
	10,5	30			3	13	
	12	23			4,5	15	
	13,5	22			6	16	
	15	29			7,5	17	
SK-61	1,5	8	Alüvyon	SK-143	9	18	Alüvyon
	3	8			10,5	18	
	4,5	10			12	16	
	6	12			13,5	9	
	7,5	12			15	19	
	9	14		16,5	19		
	10,5	16		18	20		
	12	12		19,5	28		
	13,5	15		1,5	6		
	15	14		3	5		
SK-62	1,5	13	Alüvyon	SK-145	4,5	7	Alüvyon
	3	16			6	6	
	4,5	16			7,5	7	
	6	18			9	12	
	7,5	19			10,5	15	
	9	12			12	33	
	10,5	28			13,5	17	
	12	19			15	16	
	13,5	34			16,5	19	
	15	18			18	21	
	16,5	9		19,5	25		
	18	9		SK-146	3	10	Alüvyon
			4,5	13			

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-62	19,5	16	Alüvyon		6	15	
SK-63	1,5	23	Alüvyon	SK-146	7,5	13	Alüvyon
	3	27			9	15	
	4,5	19			10,5	16	
	6	32			12	16	
	7,5	36			13,5	22	
	9	36			15	23	
	10,5	18			16,5	21	
	12	24			18	22	
	13,5	18			19,5	23	
	15	14			21	20	
	16,5	13			22,5	21	
	18	11			24	22	
	19,5	15			1,5	6	Alüvyon
SK-64	1,5	10	Alüvyon	SK-147	3	7	
	3	8			4,5	9	
	4,5	16			6	10	
	6	15			7,5	15	
	7,5	16			9	16	
	9	20			10,5	19	
	10,5	28			12	19	
	12	16			13,5	15	
	13,5	21			15	12	
	15	31			16,5	13	
	16,5	34			18	14	
	18	23			19,5	17	
	19,5	28			1,5	36	Alçıtepe
SK-65	1,5	8	Alüvyon	SK-148	3	R	
	3	10			4,5	R	
	4,5	14			6	R	
	6	15			7,5	R	
	7,5	15			9	R	
	9	20			10,5	R	
	10,5	29			12	R	
	12	15			13,5	R	
	13,5	20			15	R	
	15	21			16,5	R	
	16,5	22			18	R	
	18	13			19,5	R	
	19,5	44			1,5	9	Alüvyon
SK-66	1,5	9	Alüvyon	SK-149	3	18	
	3	19			4,5	19	
	4,5	30			6	10	
	6	21			7,5	10	
	7,5	27			9	14	
	9	20			10,5	13	
	10,5	25			12	8	

Çizelge 6.3 (Devam)							
SK-66	12	22	Alüvyon	SK-149	13,5	7	Alüvyon
	13,5	26			15	9	
	15	36			16,5	7	
	16,5	50			18	7	
	18	50			19,5	9	
	19,5	50					
SK-67	1,5	13	Alüvyon	SK-150	3	14	Alüvyon
	3	18			4,5	19	
	4,5	14			6	13	
	6	14			7,5	14	
	7,5	24			9	20	
	9	18			10,5	22	
	10,5	16			12	12	
	12	21			13,5	15	
	13,5	21			15	13	
	15	27			16,5	16	
	16,5	20			18	22	
	18	8			19,5	22	
	19,5	9			1,5	15	
SK-68	1,5	29	Alüvyon	SK-151	3	15	Alüvyon
	3	34			4,5	17	
	4,5	37			6	20	
	6	42			7,5	23	
	7,5	R			9	4	
	9	R			10,5	17	
	10,5	R			12	27	
	12	R			13,5	30	
	13,5	R			15	19	
	15	R					
	16,5	R					
	18	R					
	19,5	R					
SK-69	3	29	Alüvyon				
	4,5	31					
	6	35					
	7,5	28					
	9	32					
	10,5	17					
	12	25					
	13,5	23					
	15	30					
	16,5	23					
	18	19					
	19,5	17					

VII. JEOTEKNİK AMAÇLI LABORATUVAR DENEYLERİ

Çanakkale yerleşim alanındaki zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla sondajlardan ve araştırma çukurlarından alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde Akademi Jeolojik Jeoteknik İnşaat Ltd. Şti. laboratuvarında çeşitli laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler ve adetleri Çizelge 7.1’de verilmiştir. Bunlar, zeminin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan “Doğal Su Muhtevası, Elek Analizi ve Atterberg Limitleri deneyleri” ile zeminin mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan “Konsolidasyon, Tek ve Üç Eksenli Basınç ile kayalarda Tek Eksenli Basınç ve Nokta Yükleme deneyleridir”. Deneylerin toplu sonuçları Ek-4’te verilmiştir.

Çizelge 7.1. Çalışma alanındaki birimlerin deney adet tablosu

Deney Adı	Adet
Atterberg limitlerinin tayini	240
Elek analizi deneyi	1027
Doğal su içeriği deneyi	1027
Doğal birim hacim ağırlık deneyi	86
Kuru birim hacim ağırlık deneyi	29
Üç eksenli basınç deneyi	29
Konsolidasyon + şişme deneyi	29
Tek eksenli basınç dayanımı deneyi	36
Nokta yükleme deneyi	19

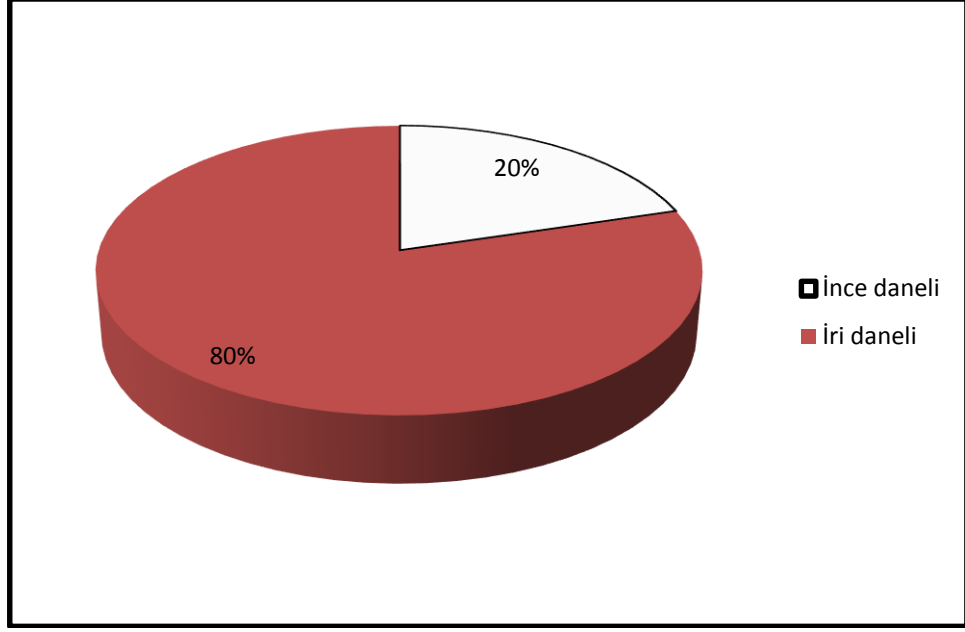
VII.1. Zeminlerin İndeks-Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

İnceleme alanındaki zeminlerin fiziksel özelliklerini belirlemek ve zeminleri, Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemine (USCS) göre tanımlamak amacıyla sondajlar sırasında alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde Elek Analizi, Likit Limit ve Plastik Limit deneyleri yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar ve laboratuvar deneylerine ait sonuçların tümü Ek-4’te sunulmuştur.

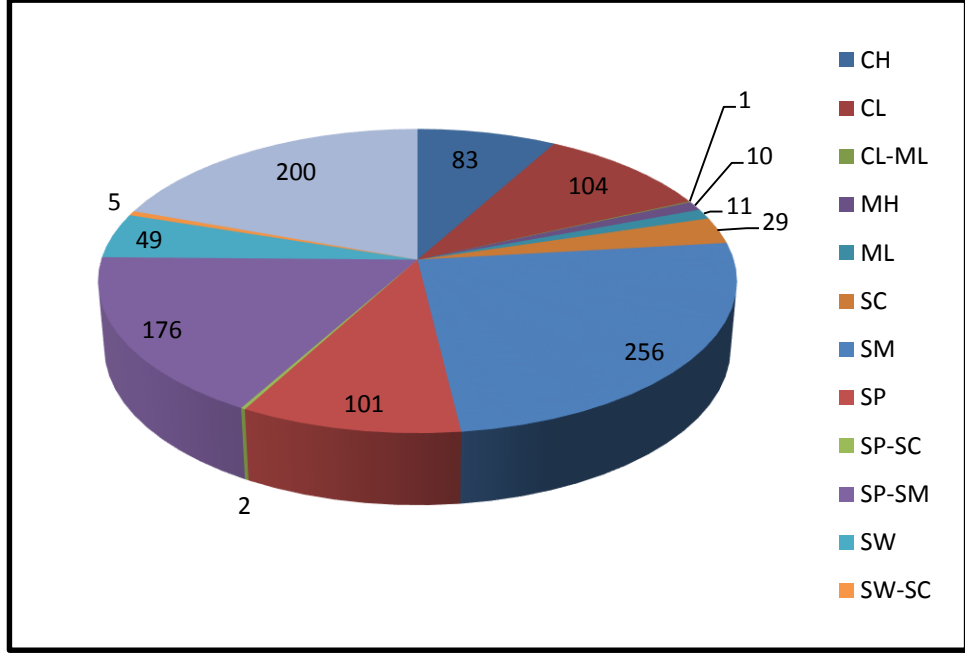
Ayrıca 86 adet örselenmemiş örnek üzerinde doğal birim hacim ağırlık ve 29 örnekte de kuru birim hacim ağırlık değerleri belirlenmiştir. Sondajlar sırasında alınan örneklerin 1027 adedinde, zeminin su içeriğini belirlemek amacıyla su muhtevası deneyleri yapılmıştır.

VII.1.1. Elek Analizi Deneyleri

Elek analizi deneyleri sonucunda, alınan örneklerin %80’inin iri taneli, %20’sinin de 200 No’lu eleğin altına geçen ince taneli zeminler olduğu görülmektedir (Şekil 7.1). Şekil 7.2’de laboratuvar deney sonuçları kullanılarak oluşturulmuş birleştirilmiş zemin sınıflandırma sisteminden elde edilen sonuçlar görülmektedir. Şekilde, deney sayılarına göre dağılım verilmiştir. Sondajlardan alınan örneklerin 256 adedi siltli kumdan (SM) oluşmaktadır. Yani Çanakkale’deki zeminlerin %25’i siltli kumlardan meydana gelmektedir.



Şekil 7.1. Laboratuvar deney sonuçlarına göre ince ve iri taneli zeminlerin yüzdeleri

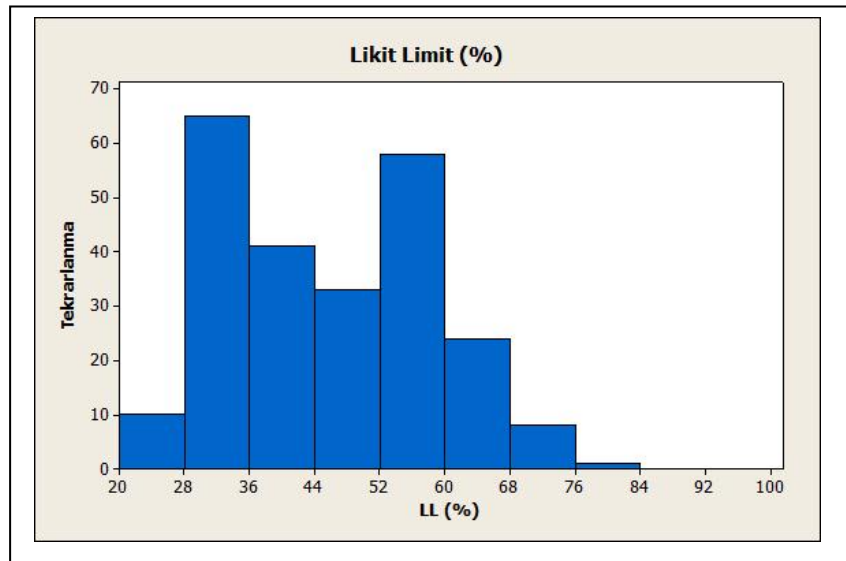


Şekil 7.2. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre inceleme alanındaki zeminlerin dağılımı.

VII.1.2. Atterberg limitleri

İnce daneli zeminlerin mühendislik davranışı, çoğunlukla içerdikleri su muhtevasına bağlı olarak değişmektedir. Kıvam (Atterberg) Limitleri de ince daneli zeminlerin değişik su muhtevalarındaki mukavemetlerinin bir göstergesi olmaktadır.

Araziden alınan örneklerden ince daneli olanlar üzerinde Atterberg Limitleri deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarına göre, likit limitlerinin %20 ile %84 arasında değiştiği ancak zeminlerin çoğunun %28-36 aralığında likit limit değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Plastisite indislerinin ise %7.0 ile %51.6 arasında değiştiği belirlenmiştir (Ek-4). Bu numunelerin likit limit ve plastisite indisleri dağılımını gösteren histogram grafiği Şekil 7.3'te verilmiştir.



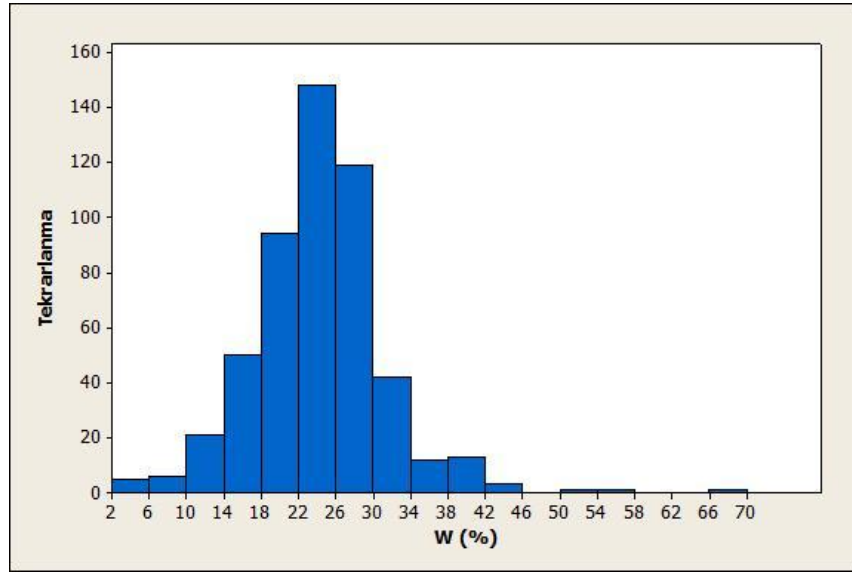
Şekil 7.3. Numunelerin likit limitlerinin dağılımını gösteren histogram grafiği.

VII.1.3. Doğal Su İçeriği (ω_n)

Zeminlerin sınıflandırılması amacı ile örnekleme kuyularından alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde toplam 1027 adet doğal su içeriği deneyi yaptırılmıştır. Bu deneylerin sonucunda örneklerin doğal su içeriklerinin geniş bir aralıkta görülmekle beraber genelde %18 ile %30 arasında yoğunlaştığı saptanmıştır. Ek-4'te örneklerin doğal su içeriği değerleri, Şekil 7.4'te ise doğal su içeriği değerlerinin dağılımını gösteren histogram grafiği verilmiştir.

VII.1.4. Doğal Birim Hacim Ağırlık (DBHA)

Zeminlerin sıvılaşma potansiyeli, taşıma kapasiteleri gibi bazı özelliklerinin hesaplanmasında “Doğal Birim Hacim Ağırlık (DBHA)” değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, sondaj kuyularından alınan 86 adet UD örnek üzerinde zeminlerin doğal birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, örneklerin doğal birim hacim ağırlıklarının 18.13 kN/m³ ile 24.73 kN/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 7.2).



Şekil 7.4. Zeminlerin doğal su muhtevalarının dağılımı

Çizelge 7.2. Doğal birim hacim ağırlık (DBHA) deney sonuçları.

Sondaj No	Derinlik (m)	DBHA (kN/m ³)	Formasyon	Sondaj No	Derinlik (m)	DBHA (kN/m ³)	Formasyon
SK-1	2,50-3,00	18,33	Alüvyon	SK-129	4,50-6,00	24,73	Alçıtepe
SK-8	2,50-3,00	18,27	Alüvyon		6,00-7,50	24,44	
SK-9	2,50-3,00	18,13	Alüvyon		7,50-9,00	22,78	
SK-10	2,50-3,00	18,18	Alüvyon		12,0-13,5	22,68	
SK-11	2,50-3,00	18,39	Alüvyon		16,5-18,0	23,15	
SK-12	2,50-3,00	18,24	Alüvyon	SK-130	2,50-3,00	18,15	Alçıtepe
SK-13	2,50-3,00	18,31	Alüvyon	SK-132	1,50-3,00	24,34	Alçıtepe
SK-14	2,50-3,00	18,23	Alüvyon		3,00-4,50	24,05	
SK-15	2,50-3,00	18,27	Alüvyon		4,50-6,00	22,17	
SK-16	2,5-3,00	18,38	Alüvyon		6,00-7,50	22,46	
SK-18	2,5-3,00	18,24	Alüvyon		10,5-12,0	22,38	
SK-20	2,50-3,00	18,17	Alüvyon		15,0-16,5	22,57	
SK-21	2,50-3,00	18,23	Alüvyon	SK-134	3,00-4,50	22,77	Alçıtepe
SK-22	2,50-3,00	18,20	Alüvyon		4,50-6,00	21,49	
SK-24	2,50-2,90	18,29	Alüvyon		6,00-7,50	21,79	
SK-25	2,50-3,00	18,33	Alüvyon		9,00-10,50	21,59	
SK-26	2,50-2,95	18,37	Alüvyon		18,00-20,00	22,17	
SK-28	2,50-3,00	18,13	Alüvyon	SK-136	6,00-7,50	22,18	Alçıtepe

Çizelge 7.2 Devam							
SK-29	2,50-3,00	18,22	Alüvyon	SK-137	9,00-10,50	21,98	Alçıtepe
SK-30	2,50-3,00	18,35	Alüvyon		10,50-12,00	22,56	
SK-31	2,50-2,90	18,30	Alüvyon		12,00-13,50	21,68	
SK-32	2,50-3,00	18,24	Alüvyon		15,00-16,50	21,88	
SK-33	2,50-3,00	18,13	Alüvyon	SK-138	12,00-13,50	23,85	Alçıtepe
SK-34	2,50-3,00	18,39	Alüvyon	SK-139	3,00-4,50	21,49	Alçıtepe
SK-35	2,50-3,00	18,21	Gazhane dere		7,50-9,00	22,38	
	7,50-9,00	21,41			10,50-12,0	22,10	
SK-58	3,00-3,50	18,36	Alüvyon			15,00-16,50	
SK-115	2,50-3,00	18,28	Alçıtepe	SK-140	18,00-19,50	22,37	Alçıtepe
	10,5-12,0	21,00			1,50-3,00	22,08	
SK-116	2,50-3,00	18,37	Alçıtepe	SK-140	3,00-4,50	22,37	Alçıtepe
	6,00-7,50	21,59			6,00-7,50	22,77	
	9,0-10,50	21,68			9,00-12,00	21,59	
	15,0-16,5	21,41			12,00-13,50	21,78	
	18,0-19,5	22,08			13,50-15,00	21,68	
SK-117	3,00-4,50	22,48	Alçıtepe	SK-142	10,50-12,00	21,68	Alüvyon
	7,50-9,00	22,67			12,00-13,50	21,97	
	10,5-12,0	22,38			13,50-15,00	22,28	
	16,5-18,0	21,49			15,00-16,50	22,29	
SK-127	4,50-6,00	21,10	Alçıtepe	SK-144	18,00-19,50	22,08	Alçıtepe
	6,00-7,50	21,40			13,50-15,00	22,67	
	10,5-12,0	21,97			15,00-16,50	22,46	
	13,5-15,0	21,59			16,50-18,00	22,97	
	16,5-18,0	24,24			18,00-19,50	22,78	

VII.1.5. Kuru Birim Hacim Ağırlık (KBHA)

Doğal birim hacim ağırlığı belirlenen zeminlerin Kuru Birim Hacim Ağırlık (KBHA) değerleri de belirlenmiştir. Bu hesaplamaların sonucunda, örneklerin kuru birim hacim ağırlıklarının 14.01 kN/m^3 ile 15.72 kN/m^3 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 7.3).

Çizelge 7.3. Kuru birim hacim ağırlık (KBHA) deney sonuçları.

Sondaj No	Derinlik (m)	KBHA (kN/m ³)	Formasyon	Sondaj No	Derinlik (m)	KBHA (kN/m ³)	Formasyon
SK-1	2,50-3,00	14,69	Alüvyon	SK-25	2,50-3,00	14,79	Alüvyon
SK-8	2,50-3,00	15,20	Alüvyon	SK-26	2,50-2,95	14,73	Alüvyon
SK-9	2,50-3,00	15,71	Alüvyon	SK-28	2,50-3,00	15,44	Alüvyon
SK-10	2,50-3,00	14,39	Alüvyon	SK-29	2,50-3,00	15,38	Alüvyon
SK-11	2,50-3,00	14,25	Alüvyon	SK-30	2,50-3,00	14,82	Alüvyon
SK-12	2,50-3,00	15,41	Alüvyon	SK-31	2,50-2,90	14,67	Alüvyon
SK-13	2,50-3,00	14,34	Alüvyon	SK-32	2,50-3,00	15,36	Alüvyon
SK-14	2,50-3,00	15,72	Alüvyon	SK-33	2,50-3,00	14,61	Alüvyon
SK-15	2,50-3,00	14,19	Alüvyon	SK-34	2,50-3,00	14,67	Alüvyon
SK-16	2,50-3,00	15,30	Alüvyon	SK-35	2,50-3,00	15,37	Gazhaneder e
SK-18	2,50-3,00	15,23	Alüvyon	SK-58	3,00-3,50	14,01	Alüvyon
SK-20	2,50-3,00	14,82	Alüvyon	SK-115	2,50-3,00	15,22	Alçıtepe
SK-21	2,50-3,00	15,28	Alüvyon	SK-116	2,50-3,00	14,45	Alçıtepe
SK-22	2,50-3,00	14,78	Alüvyon	SK-130	2,50-3,00	15,16	Alçıtepe
SK-24	2,50-2,90	14,85	Alüvyon				

VII.2. Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Çanakkale yerleşim alanındaki zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sondaj kuyularından alınan örselenmemiş örneklerin (UD) 29 adedinde konsolidasyon (ödometre) deneyi, zeminlerin bir diğer mühendislik özelliği olan kayma direncini belirlemek amacıyla 29 adedinde üç eksenli basınç dayanım deneyi ve 36 adedinde tek eksenli basınç dayanım deneyi yapılmıştır.

VII.2.1. Konsolidasyon + Şişme Deneyi

İnceleme alanındaki zeminlerin oturma karakteristiklerinin ortaya konulması amacıyla sondaj kuyularından alınan örselenmemiş örnekler üzerinde 29 adet konsolidasyon+şişme deneyi yaptırılmıştır. Şişme deneyleri sonucunda elde edilen verilere göre, şişme yüzdesi % 0.52 ile % 0.80 arasında, şişme basınçları ise 0. ise 0.111 kgf/cm² ile 0.193 kgf/cm² arasında değişmektedir (Çizelge 7.4). Konsolidasyon deneyleri sonucunda belirlenen her yükleme adımına karşılık gelen hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) değerleri ise Ek-4'te verilen deney föylerinde mevcuttur.

Çizelge 7.4. Şişme deneylerinin sonuçları.

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)	Formasyon
SK-1	UD	2.50	1.60	0.167	Alüvyon
SK-8	UD	2.50	1.47	0.162	Alüvyon
SK-9	UD	2.50	1.14	0.125	Alüvyon
SK-10	UD	2.50	1.32	0.152	Alüvyon
SK-11	UD	2.50	1.22	0.134	Alüvyon

Çizelge 7.4. Devam					
SK-12	UD	2.50	0.99	0.111	Alüvyon
SK-13	UD	2.50	1.51	0.162	Alüvyon
SK-14	UD	2.50	1.31	0.143	Alüvyon
SK-15	UD	2.50	1.68	0.183	Alüvyon
SK-16	UD	2.50	1.55	0.164	Alüvyon
SK-18	UD	2.50	1.47	0.163	Alüvyon
SK-20	UD	2.50	1.61	0.178	Alüvyon
SK-21	UD	2.50	1.70	0.175	Alüvyon
SK-22	UD	2.50	1.38	0.151	Alüvyon
SK-24	UD	2.50	1.46	0.157	Alüvyon
SK-25	UD	2.50	1.70	0.176	Alüvyon
SK-26	UD	2.50	1.47	0.155	Alüvyon
SK-28	UD	2.50	1.24	0.133	Alüvyon
SK-29	UD	2.50	1.10	0.116	Alüvyon
SK-30	UD	2.50	1.45	0.156	Alüvyon
SK-31	UD	2.50	1.86	0.202	Alüvyon
SK-32	UD	2.50	1.74	0.183	Alüvyon
SK-33	UD	2.50	1.52	0.167	Alüvyon
SK-34	UD	2.50	1.63	0.181	Alüvyon
SK-35	UD	2.50	1.34	0.144	Gazhanedere
SK-58	UD	3.00	1.24	0.134	Alüvyon
SK-115	UD	2.50	1.43	0.162	Alçitepe
SK-116	UD	2.50	1.77	0.193	Alçitepe
SK-130	UD	2.50	1.53	0.167	Alçitepe

VII.2.2. Üç Eksenli Basınç Deneyi

İnceleme alanında sondajlardan alınan 29 adet UD örnekler üzerinde üç eksenli basınç deneyleri yaptırılmıştır. Zeminlerin konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri belirlenmiştir. Çizelge 7.5’de görüldüğü gibi örneklerin kohezyonu (c) 0.52 kgf/cm² ile 0.77 kgf/cm² arasında, içsel sürtünme açısı (φ) ise 6° ile 10° arasında değişmektedir.

Çizelge 7.5. Üç eksenli basınç (UU) deneylerinin sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Kohezyon c (kgf/cm ²)	İçsel sürtünme açısı φ (°)	Formasyon
SK-1	UD	2.50	0.63	9	Alüvyon
SK-8	UD	2.50	0.65	9	Alüvyon
SK-9	UD	2.50	0.52	6	Alüvyon
SK-10	UD	2.50	0.59	8	Alüvyon
SK-11	UD	2.50	0.71	10	Alüvyon
SK-12	UD	2.50	0.61	9	Alüvyon

Çizelge 7.5. (Devam)					
SK-13	UD	2.50	0.72	9	Alüvyon
SK-14	UD	2.50	0.60	8	Alüvyon
SK-15	UD	2.50	0.68	10	Alüvyon
SK-16	UD	2.50	0.76	9	Alüvyon
SK-18	UD	2.50	0.62	8	Alüvyon
SK-20	UD	2.50	0.67	9	Alüvyon
SK-21	UD	2.50	0.63	9	Alüvyon
SK-22	UD	2.50	0.58	8	Alüvyon
SK-24	UD	2.50	0.72	9	Alüvyon
SK-25	UD	2.50	0.67	9	Alüvyon
SK-26	UD	2.50	0.80	10	Alüvyon
SK-28	UD	2.50	0.62	8	Alüvyon
SK-29	UD	2.50	0.66	9	Alüvyon
SK-30	UD	2.50	0.77	10	Alüvyon
SK-31	UD	2.50	0.61	8	Alüvyon
SK-32	UD	2.50	0.62	8	Alüvyon
SK-33	UD	2.50	0.74	9	Alüvyon
SK-34	UD	2.50	0.52	6	Alüvyon
SK-35	UD	2.50	0.66	8	Gazhanedere
SK-58	UD	3.00	0.72	8	Alüvyon
SK-115	UD	2.50	0.62	9	Alçıtepe
SK-116	UD	2.50	0.65	10	Alçıtepe
SK-130	UD	2.50	0.60	9	Alçıtepe

VII.3. Kaya Mekaniği Deneyleri

İnceleme alanının kuzeyinde bulunan Esenler Mahallesi'nde Çanakkale grubu, Alçıtepe ve Gazhanedere formasyonlarına ait birimler kesilmiştir. Bu birimlerden alınan karot örnekler üzerinde tek eksenli basınç deneyleri ve nokta yükleme deneyleri yaptırılmıştır.

VII.3.1. Tek Eksenli Basınç Deneyi

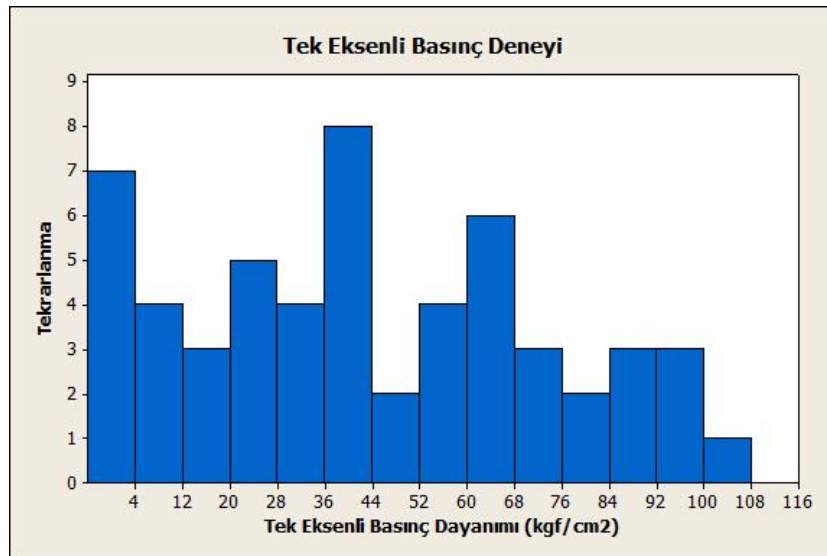
Çalışma alanı içinde Çanakkale grubuna ait iki formasyondan alınan 36 örnek üzerinde, dayanımlı birimlerin taşıma gücü hesabında kullanılmak üzere tek eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda karot örneklerin tek eksenli basınç dayanımlarının 1.0 kgf/cm^2 ile 101.0 kgf/cm^2 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 7.6). Sonuçların histogram gösterimi Şekil 7.5'de verilmiştir.

Çizelge 7.6. Tek eksenli basınç deneylerinin sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Tek Eksenli Basınç q_u (kgf/cm ²)	Formasyon
SK-35	KAROT-1	7,50-9,00	24	Gazhanedere
SK-115	KAROT-1	10,50-12,00	1.2	Alçıtepe
SK-116	KAROT-1	6,00-7,50	31	Alçıtepe
	KAROT-2	9,00-10,50	41	
	KAROT-3	15,00-16,50	38	
	KAROT-4	18,00-19,50	58	
SK-117	KAROT-1	3,00-4,50	87	Alçıtepe
	KAROT-2	7,50-9,00	2.9	
	KAROT-3	10,50-12,00	51	
	KAROT-4	16,50-18,00	1.0	
SK-127	KAROT-1	4,50-6,00	23	Alçıtepe
	KAROT-2	6,00-7,50	29	
	KAROT-3	10,50-12,00	44	
	KAROT-5	16,50-18,00	34	
SK-129	KAROT-1	4,50-6,00	16.3	Alçıtepe
	KAROT-2	6,00-7,50	23.4	

Çizelge 7.6. Devam				
SK-129	KAROT-3	7,50-9,00	21.2	Alçitepe
	KAROT-4	12,00-13,50	6.1	
SK-132	KAROT-1	1,50-3,00	20.2	Alçitepe
	KAROT-2	3,00-4,50	17.5	
	KAROT-3	4,50-6,00	65.2	
	KAROT-4	6,00-7,50	80.5	
	KAROT-5	10,50-12,00	87	
	KAROT-6	15,00-16,50	95	
SK-134	KAROT-1	3,00-4,50	10.1	Alçitepe
	KAROT-2	4,50-6,00	2.1	
	KAROT-3	6,00-7,50	62	
	KAROT-4	9,00-10,50	2.3	
	KAROT-5	18,00-20,00	74	
SK-136	KAROT-1	6,00-7,50	58	Alçitepe
SK-137	KAROT-1	9,00-10,50	36	Alçitepe
	KAROT-2	10,50-12,00	37	
	KAROT-3	12,00-13,50	35	
	KAROT-4	15,00-16,50	41	
SK-138	KAROT-1	12,00-13,50	16.2	Alçitepe
SK-139	KAROT-1	3,00-4,50	37	Alçitepe
	KAROT-2	7,50-9,00	69	
	KAROT-3	10,50-12,00	2.5	
	KAROT-4	15,00-16,50	1.8	
	KAROT-5	18,00-19,50	60	
SK-140	KAROT-1	1,50-3,00	5.7	Alçitepe

Çizelge 7.6. Devam				
SK-140	KAROT-2	3,00-4,50	6.2	Alçitepe
	KAROT-3	6,00-7,50	81	
	KAROT-4	9,00-12,00	61	
	KAROT-5	12,00-13,50	66	
	KAROT-6	13,50-15,00	70	
SK-142	KAROT-1	10,50-12,00	41	Alçitepe
	KAROT-2	12,00-13,50	56	
	KAROT-3	13,50-15,00	44	
	KAROT-4	15,00-16,50	62	
	KAROT-5	18,00-19,50	58	
SK-144	KAROT-1	13,50-15,00	96	Alçitepe
	KAROT-2	15,00-16,50	101	
	KAROT-3	16,50-18,00	94	
	KAROT-4	18,00-19,50	87	



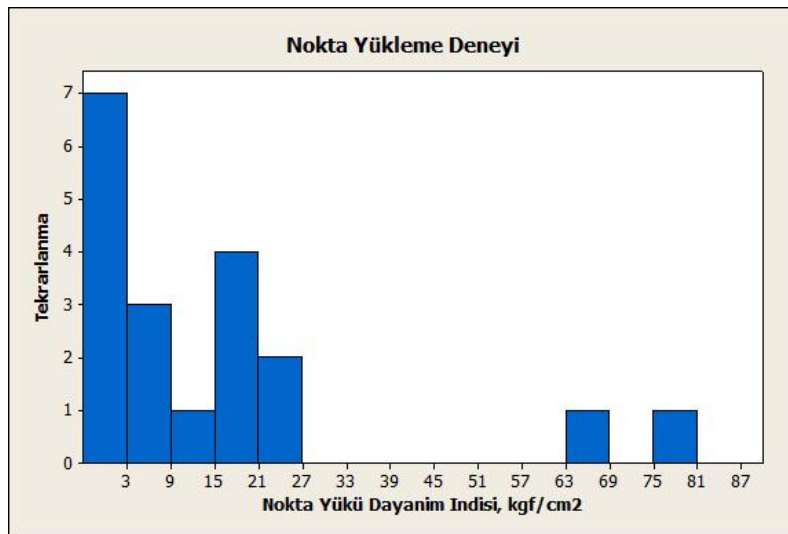
Şekil 7.5. Örneklerin tek eksenli basınç dayanımlarının dağılımı

VII.3.2. Nokta Yükleme Deneyi

Çalışma alanından alınan karotlardan 19 örneğin en-boy oranı standartlara uygun olmadığı için bu örnekler üzerinde nokta yükleme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda, örneklerin nokta yükü dayanım indisleri belirlenmiştir (Çizelge 7.7, Şekil 7.6).

Çizelge 7.7. Nokta yükleme deneylerinin sonuçları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Nokta Yükü Dayanımı (kgf/cm ²)	Formasyon
SK-115	KAROT-1	10,5-12,0	1,2	Alçıtepe
SK-117	KAROT-2	7,5-9,0	2,9	Alçıtepe
	KAROT-4	16,5-18,5	1,0	
SK-129	KAROT-1	4,5-6,0	16,3	Alçıtepe
	KAROT-2	6,0-7,5	23,4	
	KAROT-3	7,5-9,0	21,2	
	KAROT-4	12,0-13,5	6,1	
SK-132	KAROT-1	1,5-3,0	20,2	Alçıtepe
	KAROT-2	3,0-4,5	17,5	
	KAROT-3	4,5-6,0	65,2	
	KAROT-4	6,0-7,5	80,5	
SK-134	KAROT-1	3,0-4,5	10,1	Alçıtepe
	KAROT-2	4,5-6,0	2,1	
	KAROT-4	9,0-10,5	2,3	
SK-138	KAROT-1	12,0-13,5	16,2	Alçıtepe
SK-139	KAROT-3	10,5-12,0	2,5	Alçıtepe
	KAROT-4	15,0-16,5	1,8	
SK-140	KAROT-1	1,5-3,0	5,7	Alçıtepe
	KAROT-2	3,0-4,5	6,2	



Şekil 7.6. Örneklerin nokta yükü dayanım indislerinin dağılımı

VIII. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

VIII.1. Giriş

15 Mart 2012 tarihinde Çanakkale Belediye Başkanlığı ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi arasında imzalanan protokol çerçevesinde, Çanakkale’de imar uygulaması yapılmış ve yoğun yerleşimin olduğu 1677 Ha büyüklüğündeki alanda zemin araştırma çalışmalarına başlanmıştır. Çalışmaların, iki bölümde yapılması planlanmıştır. Birinci bölüm çalışmalar, yalnızca jeofizik araştırmalar olarak ele alınmış ve planlanan noktalar ile güzergahlarda ölçüler alınarak, değerlendirmeleri yapılmıştır. İkinci bölümde ise sondaj, laboratuvar deneyleri, jeolojik incelemeler ve jeoteknik yorumlar yapılmıştır.

Jeofizik çalışmalar kapsamında dört yöntem uygulaması yapılmıştır. Bu yöntemler, yeraltı radarı (GPR), sismik kırılma ve yüzey dalgası analizi (MASW) ve mikrotremor ölçüleridir. GPR profilleri dışında tüm yöntemler aynı noktalarda uygulanmış, GPR ölçüleri ise belirlenen güzergahlar boyunca ölçülmüştür. Yapılan ölçümlere ait tüm dökümanlar (ölçülen değerler, değerlendirmeler, oluşturulan kesitler vb) Ek-5’te verilmiştir. çalışma genelinde yeraltı katmanları, yerin titreşim özellikleri, gevşek-sıkı katman ayırmaması, taşıma gücü hesabına temel oluşturan Vs hız değişim değeri, yeraltı tabaka eğimleri, yer esneklik parametreleri gibi bilgilere ulaşılması hedeflenmiştir. Tüm yöntemlerin uygulanma doğrultu ve yerini gösteren kroki Şekil 8.1’de verilmiştir. Uygulanan jeofizik yöntemlerin ortaklaştığı bölümlerde elde edilen sonuçların uyumluluğu yapılan değerlendirme ve varılan sonucu olumlu olarak etkilemiştir.

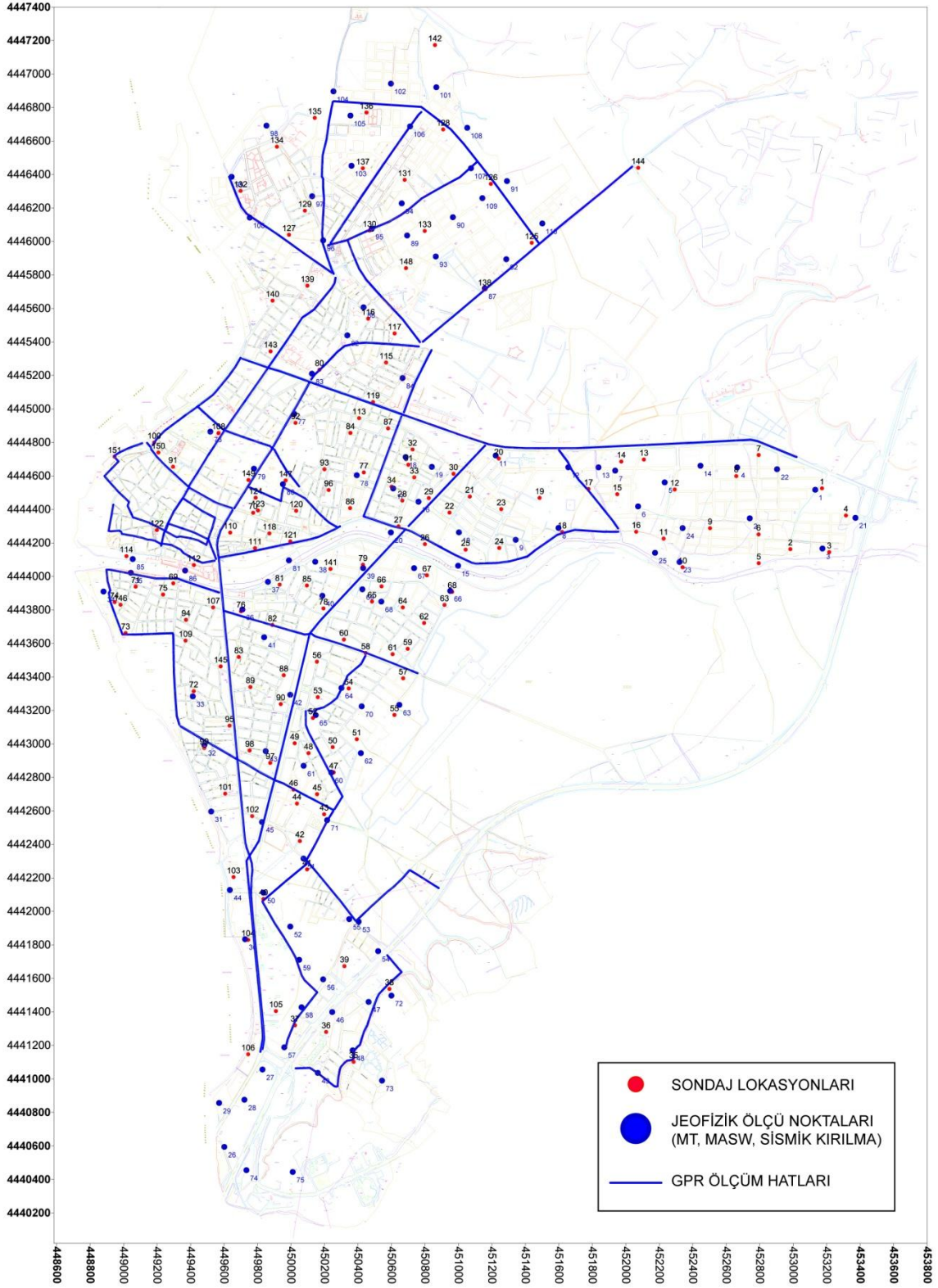
VIII.2. Yeraltı radarı (GPR) yöntemi

Yeraltı radarı (GPR) sistem olarak yüksek frekanslı elektromanyetik dalga ile yeraltından bilgi toplamaya dayanır. GPR sisteminin dizaynı çok geniş bir yelpazede tanımlanmakta ve genel olarak yapılacak uygulamaya uygun seçimlere göre yapılmaktadır. Bunlarda etkili olan hedef derinliği, hedef büyüklüğü ve araştırma yapılacak alandır. Bu sayede GPR yönteminin uygulama alanları doğru seçilecek sistem ile oldukça genişir.

Yöntem, genel olarak antenlerden üretilen elektromanyetik sinyallerin yeraltındaki gidiş-geliş yolculuğu sırasında uğradığı değişimlerin orijinal sinyallerden farkı ile ilgilenir (Conyers, 2004). GPR sinyalleri seyahat ortamlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre hızlarını belirleyerek hedefe ulaşır ve hedef hakkında da bilgi toplar. Yolculuk zamanı bilindiği durumlarda ortamın hızı da bilindiğinden, hedef derinliği de hassas olarak belirlenebilmektedir. GPR sinyallerinin seyahat süreleri nanosaniye (10^{-9} sn) cinsinden belirlenir. GPR genelde sismik yansıma ile kıyaslanır. Sadece sismik dalgalar bir tabakada yansındıklarında ürettikleri yansımaları oluştururken, GPR hem tabakalarda hem de gömülü objelerden yansımalar üretir. Değişik elektromanyetik özelliklere sahip gömülü tank, sediman tabakalar, su tablası veya arkeolojik kalıntılar gibi objeler GPR’da yansımalar neden olur. Genelde, gömülü objenin farklı dielektrik sabitli olması ile GPR yansımaları oluşur.

GPR ölçümlerinde veri toplamak için birçok anten düzenekleri vardır. Günümüzde korumalı antenler sabit aralıklı ölçümlerde, korumasız antenler ise ortak orta nokta ölçümlerinde kullanılmaktadır. Genel olarak ölçümlerde korumalı antenler kullanılır.

GPR’da veri işleme, elde edilen sayısal verilerin anlaşılır görüntüler haline getirilmesine dayanır. Bu işlem için genelde daha önceden uygulanmış örnek filtreler ve işlem basamakları kullanılır. Özel durumlarda ise testler ile elde edilen işlemler uygulanır. Daniels (2004)’e göre veri işleme gürültülerin azaltılması olarak tanımlanır. Mantıksal olarak, sinyaldeki gürültü oranı araştırılan hedefin belirlenip belirlenememesine neden olur. GPR genelde gürültüler ile çok fazla kirlenmiş sinyaller üretir. Temizlenebilen bu gürültülerin en doğru şekilde filtre edilmesi



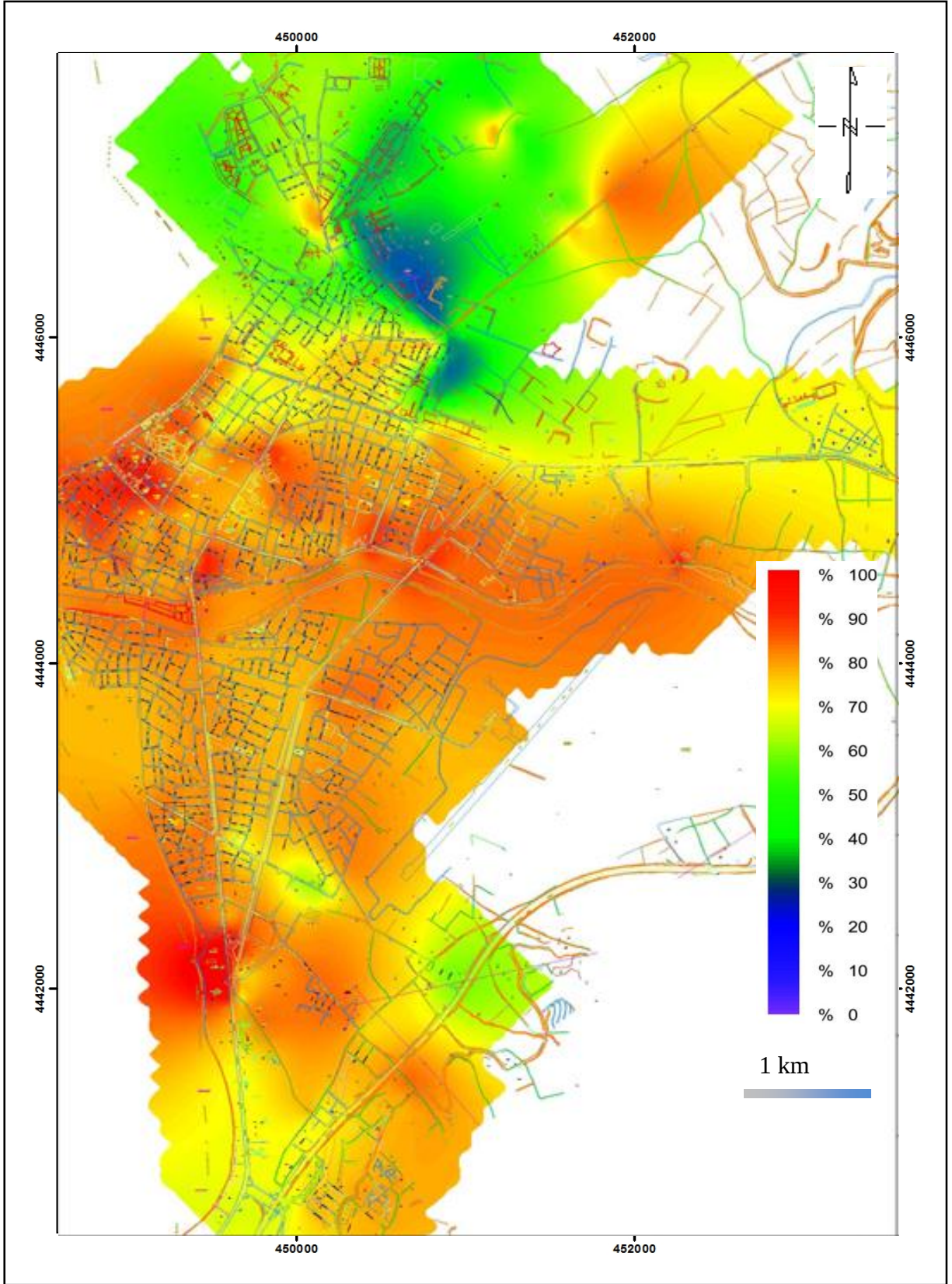
Şekil 8.1. İnceleme alanının imar plan haritası ve yapılan jeofizik ölçülerin gösterimi (Ölçeksiz harita).

gerekmektedir. Gürültü temizlemek için kullanılan filtrelerin algoritmaları genelde çok karışık olmaktadır. En uygun filtre parametrelerini kullanarak orijinal verinin en az hasar görmesi sağlanmalıdır.

Yeraltındaki yapıların yerleşimini anlayabilmek için oluşturulacak görüntüleme haritaları, belirli zaman aralıkları ile hesaplanan yatay zaman kesitleri ile mümkün olabilir. Bu tarz veri değerlendirmeleri sayesinde yeraltındaki anomali yaratan yapıların yerleri ve şekilleri oldukça kolay olarak tespit edilebilir (Leucci ve Negri, 2006).

Çalışma alanında yaklaşık 42 km uzunluğunda GPR profili uygulanmıştır. Alınan profillere ait değerlendirmeler radagramlar üzerinde yapılmıştır. Toplanan verilere filtreleme işlemi yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle ilk zaman filtresi uygulanmıştır. Daha sonra akım düzeltmesi (Dewow) filtresi ile doğru akım ile oluşmuş etkiler temizlenmiştir. Enerji geciktirme filtresi ile her iz için enerjideki gecikmeler ortaya çıkartılmıştır. Belirlenen izlere ortalama değer temizleme filtresi uygulanmıştır. Hız analizi yapılarak hız değerleri okunmuş ve topoğrafik düzeltme yapılmıştır. Verilerin bu dizge ile işlenmesi ve modellenmesi sonucunda oluşturulan düşey derinlik kesitleri üzerinde belirlenen tabakalar işaretlenmiş ve bununla birlikte sorun olabilecek yüksek nemlilik içeren bölgelerde kırmızı renk ile belirginleştirilmiştir. Tüm profiller ayrı ayrı Ek-5'te verilmiştir.

İçerdiği sıvı ve boşluk miktarı ile gevşek malzemelerin yol açtığı ve durağan (statik) durumdaki zeminin taşıdığı risk oranları tanımlanmıştır. Genel olarak jeolojik birimlerin ve ortamların iletkenliği ile değişen genlik değerleri ile oluşturulan bu haritalar, 4 farklı derinlik için (1 m, 3 m, 5 m ve 10 m) tanımlanmıştır. Bu tanımlamalardaki hedef; 1 metre ile bodrumsuz yapılacak yapıların taşıdığı risk, 3 metre ile yarı bodrumlu yapıların taşıdığı risk, 5 metre ile tam bodrumlu yapıların taşıdığı risk ve 10 metre ile çok bodrumlu ya da zemin güçlendirilmesi (ankraj vb.) yapılmış yapıların taşıdığı risk gösterilmektedir (Şekiller 8.2-8.5).



Şekil 8.2. 1 m derinlik için risk haritası veri dağılımının imar planı üzerinde gösterimi

1 metre için:

Esenler Mahallesi:

Genelde % 40 ila % 50 arası risk taşıyan bölgede en düşük risk yaklaşık % 20'ler civarında Kadın Doğum Hastanesi çevresinde yer almaktadır.

Cevatpaşa Mahallesi:

Risk seviyesinin % 50 ila % 80 arasında değiştiği bölgede genel olarak kuzey doğu kesimleri daha az riskli iken güney ve batı kesimleri oldukça riskli olarak belirlenmiştir.

Kemalpaşa Mahallesi:

Çanakale ilinin en riskli bölgelerinden biri olan bu alanda ilk 1 metre için risk % 80 ve üzeri olarak tüm mahalle sınırları içerisinde belirlenmiştir.

İsmetpaşa Mahallesi:

Risk oranı % 70 - % 80 arasında gözlemlenen bu mahallede, lokal olarak riskli alanlar Stadyum ve çevresi, Troya caddesi ve çevresi, en doğuda ise Sarıçay'ın kıyılarıdır. Mahallenin kuzey kesimi ise nispeten daha düşük riske sahiptir.

Fevzipaşa Mahallesi:

Risk oranı % 70 - % 80 arasında değişen bu mahallede de oldukça gevşek zemin ve yeraltı su seviyesi nedeni ile yüksek risk tüm mahalle sınırları içerisinde mevcuttur.

Namık Kemal Mahallesi:

Risk oranı % 70 - % 80 arasında değişen bu mahallede de lokal risk alanları tespit edilmiş ve en riskli yer olarak Atatürk caddesi ve civarı belirlenmiştir.

Barbaros Mahallesi:

Yüz ölçümü olarak en geniş alana sahip bu mahalle lokal etkiler hariç tutulduğunda risk oranı olarak çok büyük değişimler göstermemektedir. Risk oranı % 70 - % 80 arasında belirlenen mahallede, özellikle Atatürk caddesi ile Troya caddesinin kesişim noktası ve civarında çok yüksek risk oranı tespit edilmiştir. Eski Köy Hizmetleri arazisi ile Hava Alanı güney ucu arasında kalan bölge yaklaşık % 100'e varan risk içermektedir.

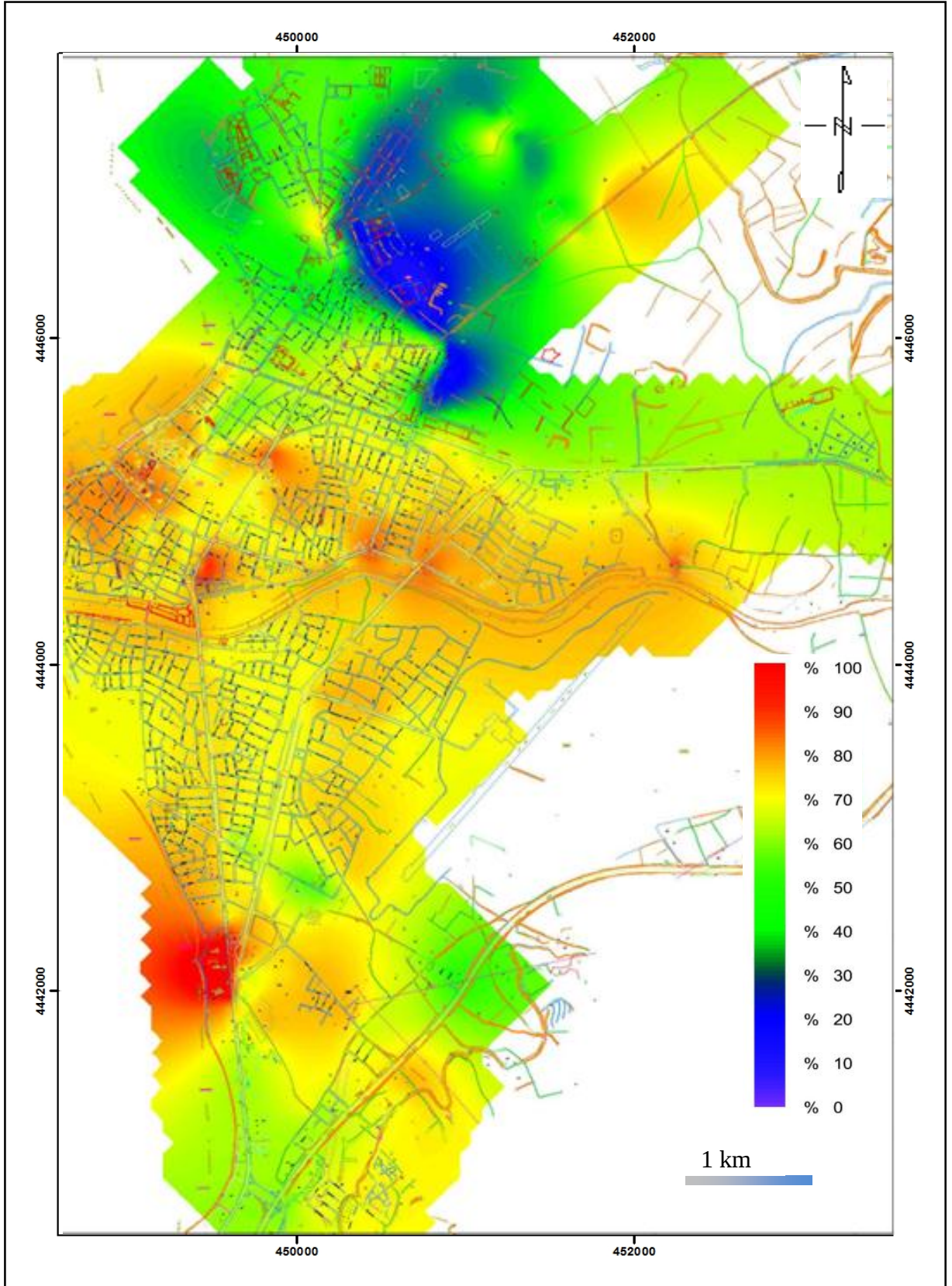
3 metre için:

Esenler Mahallesi:

Bu derinlik için risk oranı oldukça düşmekte ve neredeyse sağlam zemin sınıfına ulaşmaya başlanmaktadır.

Cevatpaşa Mahallesi:

Derine inildikçe azalan risk oranlarına göre bu bölgede de risk oranı genel olarak azalmakla beraber güney ve batı kesimleri bu derinlikte de riskli görülmektedir.



Şekil 8.3. 3 m derinlik için risk haritası veri dağılımının imar planı üzerinde gösterimi

Kemalpaşa Mahallesi:

Mahalle sınırları içerisinde 3 metre derinlik için bile oldukça riskli bölgeler bulunmakta ve risk oranları % 60'ın altına düşmemektedir.

İsmetpaşa Mahallesi:

3 metre derinlik için incelenen mahalle sınırlarında risk kaybolmamakla beraber 1 metrede rastlana % 70 - % 80 risk oranlarının olduğu alanlar (Stadyum ve çevresi, Troya caddesi ve çevresi, en doğuda ise Sarıçay'ın kıyıları) riskin azalmasına karşın bu derinlikte de güvenli değildir.

Fevzipaşa Mahallesi:

Yeraltı su seviyesi nedeni ile derinlik ile risk oranının çok az değiştiği bu mahallede de 3 metre güvenlik açısından yeterli gözükmemektedir.

Namık Kemal Mahallesi:

Yüksek riskli mahallelerden olan bu mahallede 3 metre derinlik için riskli bölge Atatürk Caddesi ve yakın çevresi olarak tespit edilmiştir.

Barbaros Mahallesi:

Çanakkale'nin en geniş alanlı mahallesi için risk oranı 3 metre derinlikte genel olarak azalmakta ancak % 100 risk belirlenen Eski Köy Hizmetleri arazisi ile Hava Alanı güney ucu arasında risk oranı aynı şekilde devam etmektedir.

5 metre için:**Esenler Mahallesi:**

Bu mahallede 5 metre derinlik için sadece Karacaören caddesinin kesiminde risk tespit edilmiştir.

Cevatpaşa Mahallesi:

Oldukça azalan risk oranlarını belirlendiği 5 metre derinlikte, olumsuzluk yaratabilecek risk oranları lokal olarak batı kesimde tespit edilmiştir.

Kemalpaşa Mahallesi:

Bu mahalle için 3 metrede tespit edilen risk oranları 5 metre derinlik içinde devam etmekte ve zemin iyileştirilmesi gerekmektedir.

İsmetpaşa Mahallesi:

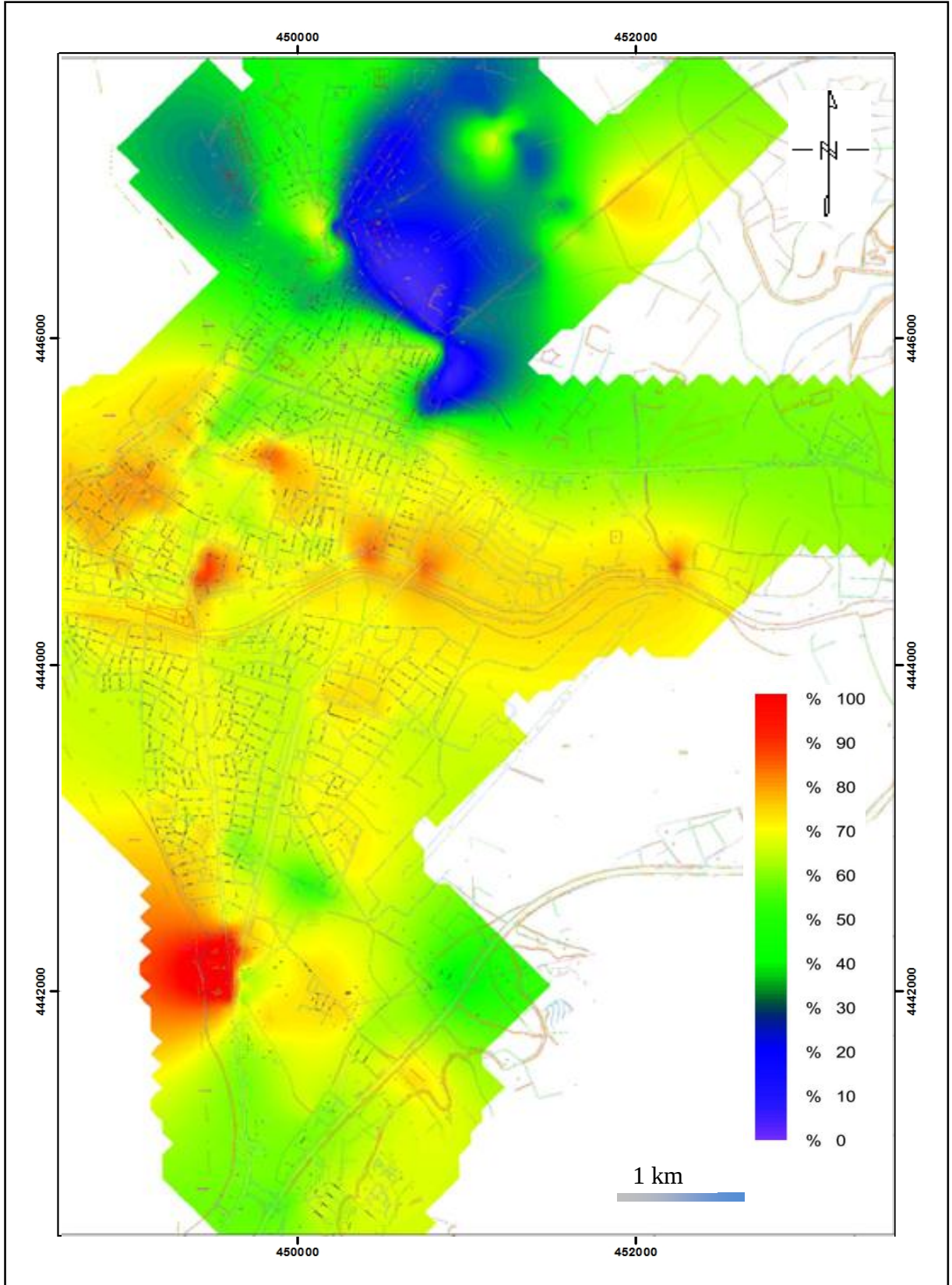
Stadyum ve çevresi, Troya caddesi ve çevresi, en doğuda ise Sarıçay'ın kıyılarında takip edilen yüksek riskli bölgeler 5 metre derinlikte de risk taşımaktadır.

Fevzipaşa Mahallesi:

Bu mahallede bulunan yeraltı su seviyesi 5 metre derinlik içinde risk oluşturmakta ve zemin iyileştirilmesi bu mahallede de gerekli görülmektedir.

Namık Kemal Mahallesi:

5 metre derinlikte risk oranları tüm mahalle için azalmış ve güvenli seviyelere gelmiştir.



Şekil 8.4. 5 m derinlik için risk haritası veri dağılımının imar planı üzerinde gösterimi

Barbaros Mahallesi:

Barbaros mahallesi içerisinde riskli olarak tanımlanan yerlerin bir çoğunda (Havaalanı civarı, Şehit Gürol cad., Troya cad. v.b.) risk sadece 5 metre derinlikte azalmakta ama kaybolmamaktadır. Bu nedenle lokal olarak tespit edilen sorunlu alanlarda zemin iyileştirmesi uygulamaları yapılmalıdır.

Bununla beraber % 100 risk belirlenen Eski Köy Hizmetleri arazisi ile Hava Alanı güney ucu arasında risk oranı aynı şekilde devam etmektedir.

10 metre için:

Esenler Mahallesi: Bu mahallede 10 metre derinlik için herhangi bir risk tespit edilmemiştir.

Cevatpaşa Mahallesi: Bu mahallede 10 metre derinlik için sadece mahallenin güney batı ucunda düşük riskli bir alan bulunmakta ve diğer kısımlar oldukça güvenli gözükmektedir.

Kemalpaşa Mahallesi:

Derinlik ile azalan risk oranlarına rağmen bu bölgede yapılacak imalatların zemin iyileştirilmesi ile uygulanması gerekmektedir.

İsmetpaşa Mahallesi:

10 metre derinlikte oldukça azalan risk oranları, bu derinlikte de stadyum çevresinde göze çarpmaktadır, zemin iyileştirilmesi ile aşılabilecek bu soruna dikkat edilmesi gerekmektedir.

Fevzipaşa Mahallesi:

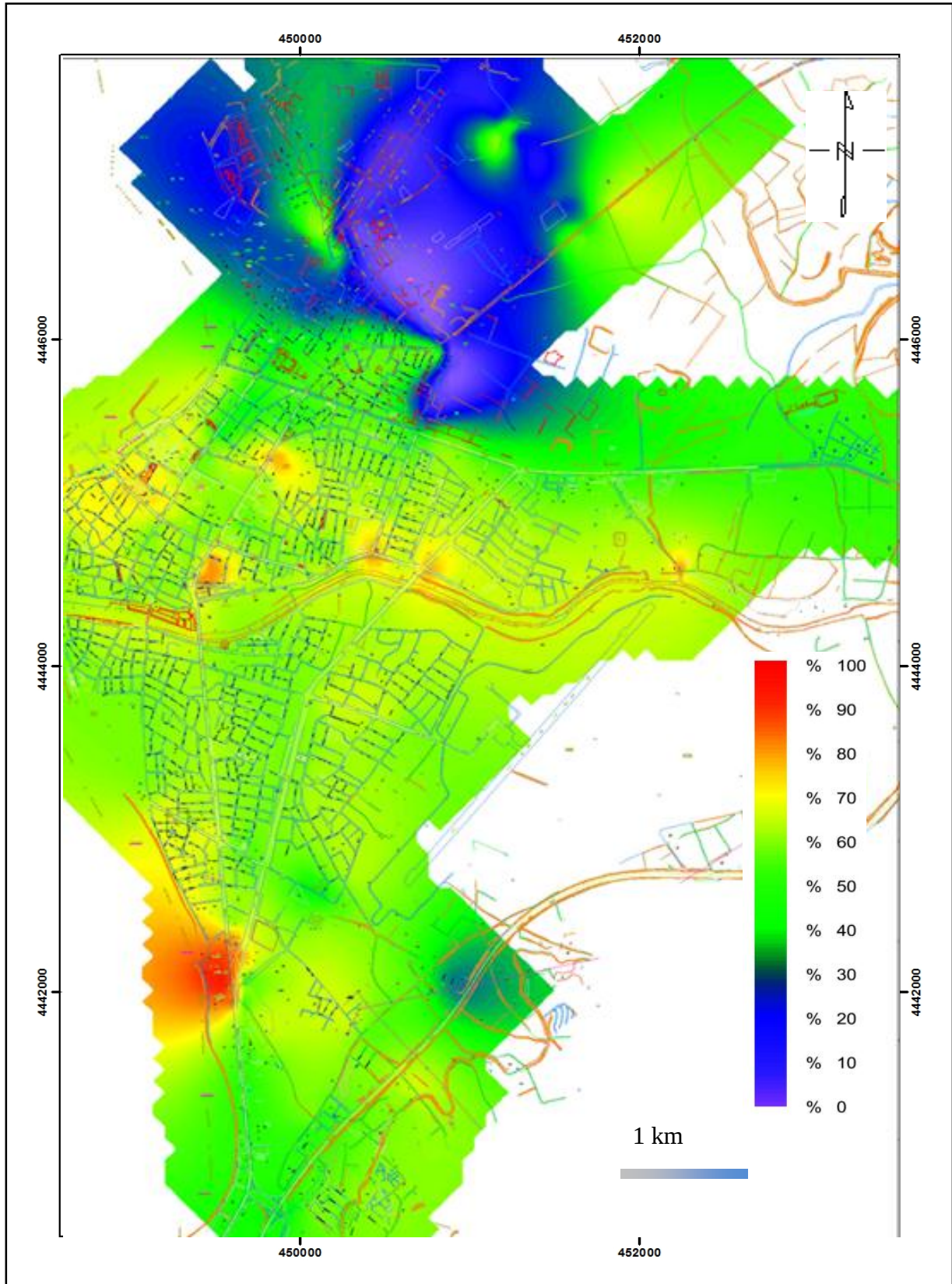
Düşen risk oranlarına rağmen 10 metreden daha derin zemin iyileştirilmesi bu mahallede de gerekli görülmektedir.

Namık Kemal Mahallesi:

En derin risk oranı belirlenen 10 metrede bu mahalle için bir olumsuzluk tespit edilmemiştir.

Barbaros Mahallesi:

Mahalle sınırları içerisinde tespit edilen riskli alanlarda (Havaalanı civarı, Şehit Gürol cad., Troya cad. v.b.) yapılacak zemin iyileştirmelerinin 10 metreden daha derinlere tekabül etmesi ve % 100 risk taşıyan bölgelerde (Eski Köy Hizmetleri arazisi ile Hava Alanı güney ucu) herhangi bir koşulda imalattan kaçınılması gerekir.



Şekil 8.5. 10 m derinlik için risk haritası veri dağılımının imar planı üzerinde gösterimi

VIII.3. Sismik ve Sismolojik Çalışmalar

Mikrobölgeleme çalışmalarında deprem tehlikelerine karşı alınabilecek önlemlerin belirlenmesinde temelde iki esas unsur ön plana çıkmaktadır. ilki dinamik ve statik yüklere karşı zemin davranışının elastik özelliklerine bağlı karakteri, diğeri ise yer-yapı iletişimine bağlı yapısal unsurların risk analizlerinin yapılmasıdır. Özellikle bu projenin de jeofizik çalışmalarının ışığı altında araştırılan ve farklı fiziksel parametreleri ile sınıflaması ve risk faktörlerinin belirlendiği başta sismik, sismolojik ve yeraltı radarı (GPR) olmak üzere zemin araştırmalarıdır. Bu sayede yerel ve bölgesel deprem hareketine bağlı belirlenecek zemin parametrelerinin karakteristiklerine göre yapı, yapı-zemin ve imar alanlarının yapısal ve yerleşim yerlerinin uygunluklarının belirlenmesi ve dolayısı ile şehir yerleşim ve sanayi gibi sosyal ve ekonomik oluşumların risk değerlerinin belirlenmesi, bu konuda yapılan araştırmaların sonucu ile önem kazanmaktadır.

Çalışma kapsamında sismik kırılma ilk varış tomografisi, mikrotremor ve yüzey dalgası analizi (MASW) ve bunlara bağlı bazı zemin elastik parametrelerinin belirlenmesi sismik ölçümlerin temelini ve nedenini oluşturmaktadır. Çanakkale merkez yerleşim alanları dahil olmak üzere, Şekil 8.1' de gösterilen noktalarda 110 adet, farklı profil uzunluklarına sahip sismik ölçümler alınmıştır. Sismik kırılma ilk varış tomografisinden ve yüzey dalgası analizinden elde edilen kayma dalgası hız değeri, tabaka kalınlıkları ve türetilen fiziksel/geoteknik parametreler (V_p , V_s , H , T_0 , G_{max} , yoğunluk, elastisite modülü, Poisson oranı, bulk modülü) elde edilmiştir.

Çalışmada sismik kırılma ilk varış tomogramını oluşturabilmek için önerilen çalışma sahasında genellikle ölçüm noktası ve yakın civarının fiziksel konumuna, yapılaşmasına, gürültü kaynaklarına olan uzaklığına göre farklı doğrultularda düz, orta ve ters olmak üzere 3 kaynaklı profiller alınmıştır. Sismik kırılma çalışmasında, 14 Hz doğal frekansına sahip düşey jeofonlar saha ölçüm koşullarına ve hedef derinliği ve çalışma sahası fiziki şartlarına bağlı olarak 4-10 metre aralıklarla serilmiştir. Örneklem aralığı 0.125-0.250 ms ve kayıt uzunluğu 256 ve 512 ms seçilen çalışmada 12 kanallı sinyal biriktirmeli Geometrics ES-3000 sismik kayıtçısı kullanılmıştır. 12 kanal kullanarak profil altındaki yapının görüntülenebilmesi için alıcı bloğu serim kaydırması yapılmaksızın 3 atış ile gerçekleştirilmiştir.

Sahanın genel konumuna ve çalışma alanındaki etki eksenine uygun olarak alınan sismik kırılma profillerine ait arazi verileri ve P dalgası ilk okuma değerleri, her profil için yorumsal kesitleri ile verilmiştir. Çalışma sahasının bitki örtüsünün ve serbest yüzeydeki çok gevşek yer malzemesi ve bunun yanında atmosferik şartlar nedeniyle sinyal kalitesi son bir kaç jeofonda bazı profiller için zayıf kalmıştır. Sismik kaynak olarak kullanılan balyoz ile her alıcı noktasında ve ayrıca profilin başında, ortasında ve sonunda olmak üzere tomografik ve uzun atış elastik dalga üretimi gerçekleştirilmiştir. Toplamda 18 kaynak kullanılmış tüm kayıt içerisinden sinyal kalitesini bozacak sismik izler ayıklanmıştır. Sahanın geometrik yapısını tomografik ters çözüm ile oluşturmada ortalama 80×10 m boyutları ile temsil edilen model seçilmiştir. Çözümün başlangıcında düz model için "Eikonal" denkleminin sonlu farklar çözümü kullanılmıştır. Bu modelin oluşturulmasında yüksek çözünürlüklü seyahat süresi hesaplaması için yatayda 1.0 m ve düşeyde 0.50 m uzaysal örneklem çözümü ağının aralıklarını oluşturmuştur. Yine çözümün başarısında topoğrafyadaki değişimler de göz önünde bulundurulmuştur.

Sismik kırılma tomografisi her profil için çıkarılarak yapısal ara yüzeyler ve yanal hız değişimi ortaya çıkarılmıştır. Profillerin konumları ve profil altındaki hız tomogramları Ek 5.4'de verilmektedir. 110 noktada farklı profil uzunluklarına göre elde edilen P-dalga hızı tomogramları iki boyutlu (Ek 5.4) ve üç boyutlu yapma görüntüleri elde edilmiştir. Her profilin orta noktasından tek boyutlu alınan kesit üzerinde P dalga hızları 10 m derinliğe kadar elde edilmiştir. Buradaki en büyük etkenlerden biri Çanakkale şehir merkezini içine alan denizel yumuşak sedimenter yapının sismik enerjiyi soğurmasıdır. Bu anlamda çalışma sahası aynı zamanda Sarıçay havzası olarak da bilinmektedir. 10 metreden daha derin hız bilgileri profil boylarının yetersizliği, Sinyal/Gürültü oranına ve SKT yüksek RMS değerlerine göre güvenilir bir şekilde elde edilmemiştir. Az sayıda elde edilen daha derin P-dalga hızı modelleri değerlendirme dışı bırakılmıştır. 10 metre derinliğe

kadar 1, 2, 4, 6, 8 ve 10 metreler için kat haritası veren üç boyutlu yapma kesit Şekil 8.16'da verilmiştir. 110 nokta için yapılan değerlendirmelerde P-dalga hızlarının 400-2200 m/s arasında derinliğe bağlı değişimi modellenmiştir. 400-600 m/s gibi çok düşük hızlar örtü/nebati örtü olarak adlandırılan ilk 1-1.5 metreyi temsil eden hızlardır. Hız ayrımlaşması ya da anomali farklılıkları genel olarak ilk 4 metrede ani bir değişim göstermemekte ve yerel jeoloji ile uyum içindedir. 4 metre ortalama derinliklerden sonra jeolojik dokanak ve birim geçişleri hız ayrımlaşmayı da beraberinde getirmektedir. Özellikle 6 metreden sonra KB yönü Barbaros – Fevzi Paşa – Kemal Paşa Mahalleleri arasında kalan kısımda P-dalga hızları sıkışmaya bağlı, göreceli olarak yüksektir. Şehrin GB yönü, İsmet Paşa Mahallesi – Bursa yolu - Hava alanı KB kesiminde yerleşim daha az olup, ekili alanlar daha fazladır. Düşük sıkışma alanlarında ise hız değerleri daha düşüktür. P-dalga hızı dağılımları jeoloji bilgi haritası ile tutarlılık göstermektedir. Örnek olarak, görece yüksek P-dalga hızı olan bölgeler, Çanakkale Formasyonu ya da daha genel tanımı ile Trakya Formasyonu'nun dağıldığı yerlerde bulunmaktadır. 10 m ya da daha derinde P-Dalga hızları alüvyon birikintilerinin bulunduğu durumlarda bile genellikle 1.5 km/s'nin üzerindedir. Bunun anlamı toprak birikintilerinin 10 m'den fazla derinlikte zemin suyuna doymuş olmasıdır. Hızın yüksek olduğu bu derinliklerde killi birimlerin ağırlıklı olduğu düşünülmektedir. Özellikle 6-8 metrelerde Esenler mahallesi hariç, Barbaros mahallesi ağırlıklı olarak ortalama 100-1500 m/s hızlar ile temsil edilebilen kumtaşı-kiltaşı gibi suya doymuş, korozif yapıya müsait birimler üzerindedir. Yine özellikle Çanakkale formasyonunun baskın olduğu Esenler Mahallesi ve Kepez arasında kalan ve Kuvaterner yaşlı alüvyon ve alüvyal seki'nin baskın olduğu bölge P-dalga hızı tomogramları ile de uyumluluk göstermektedir. Doğrudan P-dalga hızı bu modele de bakılarak, imar alanları için kat yüksekliğine bağlı olarak sağlıklı temel derinliğinin en az 4-8 metre olması gerekliliğidir.

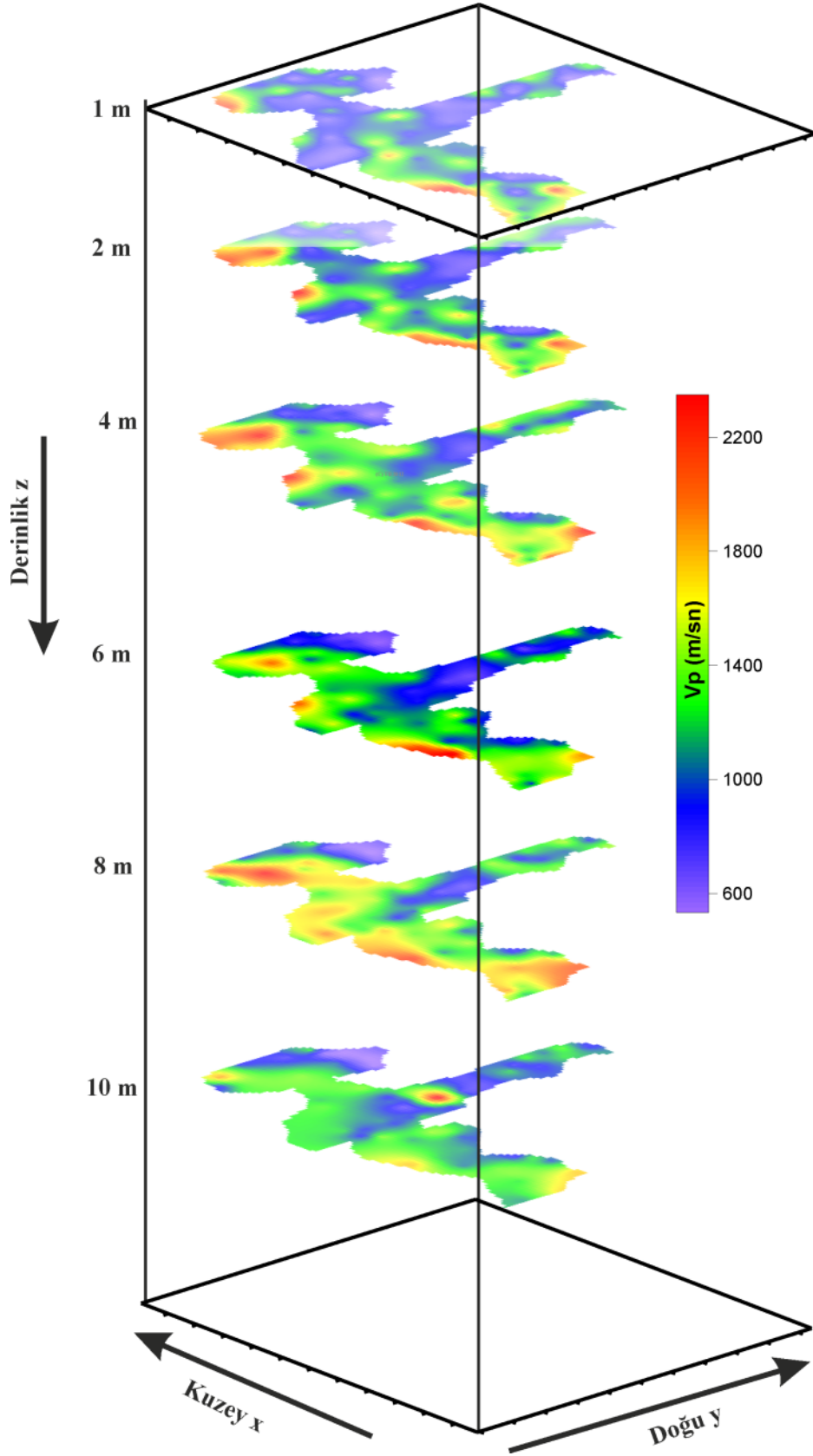
VIII.3.1. Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) Yöntemi

P ve S dalga hızlarının hassas bir şekilde ölçümü için 12 kanallı Geometrics ES3000 mühendislik amaçlı sismik kayıt ünitesi kullanılmıştır. Arazide kolay kullanım olanağı sağlayan bu alet, bilgisayar yardımıyla parametre ve kurulum ayarları yapılabilmektedir. Kayıtlar, üzerindeki hard diske yüklenebilir. Sistem temel olarak bir 'Sinyal Yığılma' sismografıdır. Burada yığılma terimi; atışın her yapılışında bellekte saklanan sinyallerin üst üste yığılması, genliklerinin toplanması anlamında kullanılmaktadır. Yığılma işlemi ile sinyal/gürültü oranı önemli ölçüde düzeltilmiş olur. Alıcı olarak 4.5 Hz doğal frekanslı düşey jeofonlar kullanılmıştır.

Sismik MASW ölçüleri sismik kırılma profilleri ile aynı lokasyonlarda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanını en iyi yansıtabilecek şekilde ve arazi şartlarına en uygun serim yönleri seçilmiştir. Jeofon aralıkları ölçüm yerinin konumuna göre için farklılık göstermekle beraber genelde 9-15 metre ve off-set uzaklığı ise yine yüzey dalgasının oluşumu göz önünde bulundurularak alıcı aralıkları farklı serimlerde 2, 2.5, 3 m, toplam serim uzunluğu 24-36 m seçilmiştir. Böylece, 30 metreye kadar olan derinliklerin araştırılması hedeflenmiştir. Kayıt uzunluğu 1 s ve örnekleme aralığı, 0.125 ms olarak alınmıştır.

Ölçülerle elde edilen sismik kayıtlar bilgisayara aktarılarak SWAN (Yüzey Dalgası Analizi) programı ile gerekli filtrelemeler ve düzeltmeler yapıldıktan sonra bu yazılım ile yinelemeli ters çözüm yapılarak teorik dispersiyon eğrisi oluşturulmuştur. Elde edilen eğrinin ters çözüm değerlendirmesi sonucu seviye seviye Vs hızları, derinlikleri ve Vs30 hızları hesaplanmıştır.

Elde edilen ve Şekil 8.1'de konumları verilen 110 noktada alınan ölçümlerine ait sonuçlar Çizelge 8.1'de verilmiştir. Bu çizelgede verilen hız değerleri, düzgün geometri oluşturabilmek ve sonraki seviye haritalarını elde edebilmek için her 2 m'de bir olarak verilmiş ve hız değişim tablosu olarak düzenlenmiştir.



Şekil 8.6. P-dalga hızı tomogramlarından elde edilen üç boyutlu yapma hız görüntüsü

Çizelge 8.1 Sismik kırılma ve MASW sonucu elde edilen elastik dalga hızları (Derinlikler yanal sütunlarla verilmiştir)

Nokta	koor_x	koor_y	Vp (m/s)											Vs (m/s)										
			1m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m	1m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
1	34269.28	30101.94	650	675	690	750	900	1120	1420	2100	2350	2600	2750	117	109	190	267	298	314	319	320	320	320	320
2	33871.54	29930.56	380	443	586	775	1000	1750	2200					130	199	274	275	446	504	515	515	515	515	515
3	34304.85	29749.47	400	510	780	1190	1470	1510						132	131	299	300	480	479	481	492	491	491	494
4	33796.67	30235.8	610	640	1055	980	1200	1400						195	194	337	339	458	488	488	755	755	755	755
5	33361.77	30148.81	450	800	850	550	820	1050	1400					109	138	253	345	345	410	410	434	434	437	437
6	33208.8	30001.85	390	405	580	940	1400	1700	1750	1800	2000	2200	2800	129	146	276	310	275	267	265	265	265	265	265
7	33070.83	30217.8	590	780	1200	1400	1480							207	217	241	241	271	324	325	332	333	310	310
8	32731.91	29875.87	411	457	582	763	917	1000	1162	1618				159	204	252	252	264	276	276	276	276	276	276
9	32476.96	29803.89	456	446	505	547	708	1070	1239					117	182	181	283	292	292	237	237	237	237	237
10	32144.03	29848.88	441	485	630	595	719	3797						128	165	211	236	241	242	242	242	242	242	242
11	32356.99	30307.78	396	478	651	893	1269	1466						148	148	234	320	320	371	371	372	372	371	371
12	32791.89	30232.8	551	592	686	789	918	1063	1197					106	137	139	204	224	236	239	239	239	239	239
13	32974.85	30235.8	715	807	1102	1271	1286	1395	1715					183	217	226	321	341	341	341	341	341	341	341
14	33583.72	30244.79	696	780	876	1102	1275	1855	2273					164	164	240	315	312	513	558	558	558	597	597
15	32138.04	29650.92	430	470	592	764	942							150	165	214	216	187	187	187	187	187	187	187
16	31901.09	30031.84	548	608	763	957	1112	1358	1736					137	131	164	261	249	230	226	226	226	226	226
17	31745.12	30109.82	548	608	764	961	1112	1358	1736					132	132	177	225	225	215	215	215	215	215	215
18	31820.1	30298.78	795	881	1082	1206	1198	1160	1295	2595				132	132	168	226	281	281	298	298	310	310	310
19	31979.07	30235.8	631	766	1042	1308	1561	1890	2284	2631				122	135	148	197	223	239	239	244	244	246	246
20	31736.12	29848.88	563	563	630	732	832	887	929	1274				127	159	239	214	203	206	206	206	206	206	206
21	34504.52	29935.86	609	609	944	1123	1229	1334	1455	1584				189	189	196	409	409	464	464	543	543	550	550
22	34039.62	30226.8	459	709	982	1397	1523	1930						204	240	288	418	415	415	420	422	422	422	422
23	33457.75	29668.92	590	740	1115	1299	1362							127	134	134	230	369	369	310	310	310	219	219
24	33475.74	29866.88	537	537	631	754	906	1133	1423					203	203	289	418	415	415	420	420	420	420	420
25	33310.78	29722.91	645	796	999	1306	1344							118	107	220	279	303	303	300	300	300	300	300
26	30740.34	26180.68	541	596	765	927	1117	1526						159	180	191	211	218	179	180	180	180	180	179
27	30968.29	26645.58	601	739	931	1436								106	122	169	184	184	186	186	186	186	186	186

Çizelge 8.1. Devam

Nokta	koor_x	koor_y	1m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m	1m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
28	30863.31	26465.62	533	639	790	1197	1424							95	95	130	115	115	171	171	205	205	213	213
29	30707.35	26444.62	850	981	1268	1570	1878							130	135	150	157	160	136	135	135	135	136	136
30	30866.31	27419.41	886	1055	1174	1421	1569	1938	2174	2774				105	132	133	133	133	133	133	133	133	133	133
31	30662.36	28181.24	750	1050	1594	2187	2232	2600	2663					107	122	169	190	204	204	203	180	180	180	180
32	30620.37	28577.16	620	640	680									128	154	198	203	203	222	230	230	230	230	230
33	30551.38	28868.09	700	850	950									86	146	146	229	217	202	202	200	200	200	200
34	30020.5	29494.96	544	656	1072									112	127	127	163	163	155	155	131	131	132	132
35	30182.46	29605.93	425	466	633	936	1340	1788						129	171	226	243	243	245	245	245	245	245	245
36	30845.32	29386.98	518	572	709	915	1247	1155	1376	2900				167	165	146	155	166	166	166	164	164	164	164
37	30998.28	29551.94	573	656	840	1166	1331	1224	993	1149	2015			119	119	164	164	219	219	254	254	254	257	257
38	31283.22	29671.92	658	728	881	1047	1169	1511	1907					119	119	146	211	211	245	245	245	256	256	256
39	31568.16	29632.93	470	512	643	848	1099	1309						154	154	121	155	155	234	234	239	239	245	245
40	31325.21	29470.96	511	566	730	956	862	1227	1846					137	137	162	244	244	244	260	260	297	297	297
41	30977.29	29222.02	866	927	1002	1241	1811	2064						118	137	137	210	292	292	306	268	268	273	273
42	31133.26	28880.09	503	560	753	1022	1336	1565	1666	2013				118	145	186	186	192	229	229	229	229	229	229
43	30986.29	28544.17	532	591	731	1184	1474							120	110	215	225	295	295	278	278	278	278	278
44	30773.33	27713.35	1045	1066	1191	2543								120	121	154	140	124	124	124	126	126	128	128
45	30965.29	28121.26	563	600	725	872	1056	1649						136	136	168	198	190	190	172	143	143	143	143
46	31379.2	26984.51	581	717	1097	1381	1782							184	184	503	484	484	487	487	491	491	491	491
47	31601.15	27047.49	590	623	710	1295	1716							191	264	340	481	575	282	282	276	287	310	310
48	31505.17	26753.56	1036	1192										151	187	405	403	383	241	241	241	241	241	241
49	31298.22	26621.59	545	740	1040	1480								235	235	422	422	422	850	850	850	850	850	850
50	30971.29	27698.35	480	570	800	1160	1400	1430	1450					104	91	148	169	178	179	179	179	179	179	179
51	31214.24	27902.31	480	611	930	1000								138	128	209	236	238	238	240	240	240	240	240
52	31133.26	27497.39	740	940	1060	1285	1480	1700	1800					166	164	224	338	431	434	434	433	433	433	433
53	31538.17	27527.39	430	470	520	700	805	1050	1200					204	204	272	272	416	416	556	556	623	623	623
54	31658.14	27347.43	435	450	760	1100	1260	1800	2100					215	215	260	260	373	373	591	591	591	591	646
55	31484.18	27539.39	400	440	560	800	980	1500	1560					177	237	237	325	379	379	390	378	378	378	378

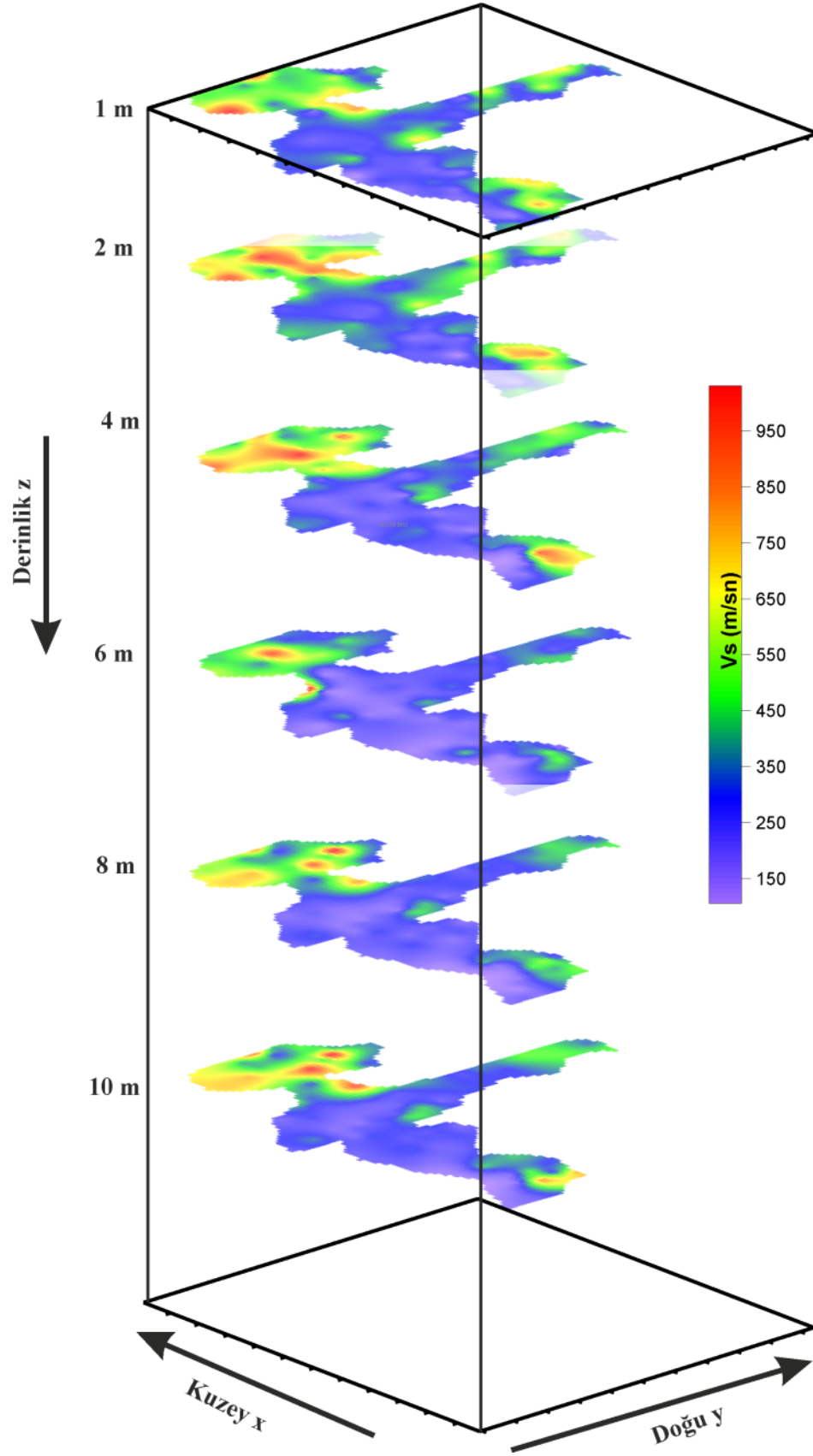
Çizelge 8.1. Devam

Nokta	koor_x	koor_y	1m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m	1m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
56	31331.21	27182.46	580	680	860	1260	1480	1940	2200					116	240	156	228	288	310	310	315	315	315	315
57	31097.26	26774.55	580	810	1100	1500	1640	1750	1815					152	150	139	139	163	163	184	184	197	197	197
58	31202.24	27014.5	410	520	960	1520	1900	2010	NaN					140	140	138	138	172	172	212	212	212	212	170
59	31187.24	27299.44	550	670	980	1320	1640	1960	2000	2100	1800	1900	2010	141	141	141	190	173	300	300	235	235	235	156
60	31379.2	28412.19	740	960	1250	1300								150	164	164	175	175	220	220	172	182	182	182
61	31211.24	28457.18	590	750	1200	1350	1445							107	115	136	176	205	201	173	173	173	173	173
62	31553.16	28529.17	540	580	640	820	970	1320	1490	1800				140	151	151	265	265	265	265	260	260	257	262
63	31784.11	28817.11	560	620	780	1050	1350	1600						129	129	166	166	166	166	136	136	481	481	481
64	31436.19	28919.08	590	680	890	1210	1510	2100						121	132	132	196	218	230	230	230	230	230	230
65	31286.22	28757.12	590	740	945	1280	1440							109	122	173	232	250	257	257	259	259	259	259
66	32093.05	29494.96	505	560	710	870	1060	1240	1410	1620	2440	3400		124	169	175	218	270	285	291	293	293	293	293
67	31871.09	29629.93	500	550	720	870	1000	1200	1420					167	167	268	389	434	434	590	590	590	444	444
68	31676.14	29431.97	525	605	760	1020	1470	1690						217	217	280	335	466	466	340	340	340	340	340
69	31565.16	29503.96	520	580	650	780	960	1250	1520	1680				178	178	265	265	428	428	445	445	380	380	380
70	31562.16	28811.11	520	700	1000	1640	1690	2000						129	129	149	209	265	265	300	300	277	277	277
71	31352.21	28130.26	640	750	1000	1210	1510	1560	1730					98	114	114	198	211	211	215	215	215	215	215
72	31736.12	27080.49	420	640	750	930	1130	1300	1480					198	198	245	245	253	253	351	351	351	351	311
73	31682.14	26576.6	715	980	1600	1960	2100	2560						141	141	326	326	538	768	846	846	903	903	903
74	30872.31	26045.71	810	1180	1610	1940								106	140	196	206	170	170	170	170	170	170	170
75	31151.25	26033.71	800	880	1140	1475	2051	2500						146	184	280	305	314	314	314	314	314	314	314
76	30659.36	30451.75	705	1260	1600	2100								127	125	150	173	173	170	170	170	170	170	170
77	31160.25	30550.73	480	510	815	1105	1490	1905	2400					126	147	213	228	244	261	218	218	218	218	218
78	31529.17	30190.81	550	630	790	1020	1540							136	148	149	216	250	215	215	183	183	183	183
79	30920.3	30223.8	400	710	1000	1280	1800							111	138	140	180	236	263	263	273	275	275	275
80	31091.26	30133.82	530	730	1210	1630	1740							118	132	155	176	176	203	204	204	180	180	180
81	31127.26	29677.92	750	850	890	1000	1200	1420	1750					123	123	188	148	148	148	234	234	234	234	234

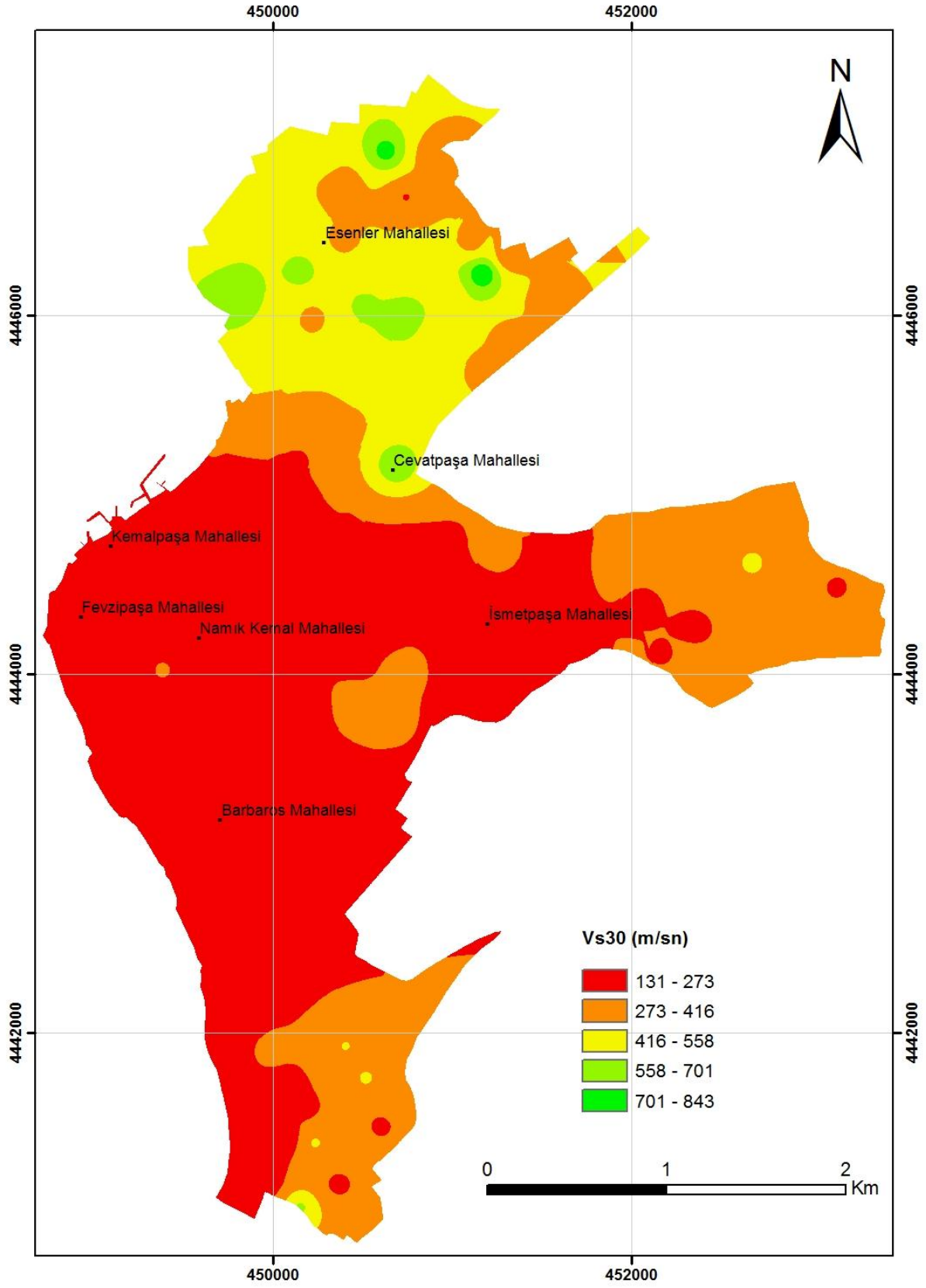
Çizelge 8.1. Devam

Nokta	koor_x	koor_y	1m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m	1m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
82	31472.18	31018.62	580	650	860	1320	1660							103	145	388	369	369	369	369	369	369	369	369
83	31262.23	30796.67	410	610	760	1180	1260	1650	2680					136	163	142	292	308	308	310	310	310	310	310
84	31805.11	30769.68	380	550	1000	1290	1750	2042						240	240	377	377	823	992	992	992	1024	1024	1024
85	30194.46	29686.92	410	510	610	820	1260	1720	2030					136	136	135	136	159	159	138	136	137	137	138
86	30506.39	29617.93	405	545	790	1650	1980							135	156	206	222	322	342	350	350	352	352	352
87	32294	31303.56	400	440	554	620	640	660	670	700	880	1100	2000	154	221	200	200	279	279	473	575	575	575	575
88	31571.16	31189.59	460	560	930	1620								208	272	272	558	274	274	649	649	523	523	523
89	31832.1	31615.49	630	750	930	1250	1640							168	168	335	335	974	1082	1082	1082	1082	1082	1082
90	32108.04	31729.47	440	480	550	690	950	1400	2480					172	172	311	311	440	440	817	817	817	925	925
91	32428.97	31942.42	440	460	480	525	560	640	750	880	1080	1200	1400	94	128	225	340	370	370	392	390	390	390	390
92	32422.97	31477.52	360	380	390	435	520	620	670	690	780			123	162	300	432	426	426	429	429	429	429	429
93	32003.06	31495.52	620	820	980	1190	1400	1500	1620	1800	2160	2880	3600	213	235	364	489	577	663	694	694	698	698	698
94	31805.11	31810.45	580	670	790	1440	1800							162	237	298	589	580	597	597	597	597	597	597
95	31622.15	31657.48	380	460	680	940	1420	2020						186	279	563	465	465	747	859	859	877	882	882
96	31334.21	31588.5	460	620	1050	1620	2100							132	148	333	333	635	625	625	510	510	510	510
97	31265.23	31852.44	440	1180	1630	2100	2400							190	190	410	410	769	769	769	909	989	989	989
98	30995.29	32272.35	800	950	1260	1650	2175	2800						167	229	342	553	553	635	685	700	700	700	700
99	30782.33	31969.42	1000	1150	1400	1260	1104	1108	1400	2500				198	198	477	477	686	714	714	730	730	730	730
100	30896.31	31723.47	610	890	1140	1160	1550	1800						289	289	342	342	725	725	989	989	989	1030	1030
101	32003.06	32503.3	500	560	670	840	1075	1400	1700	2240	2580	2880		160	231	231	309	361	368	368	369	369	369	369
102	31736.12	32524.29	600	640	790	970	1040	1200	1900					288	288	448	927	927	1036	1036	1038	1038	986	986
103	31499.18	32029.4	720	860	1310	1600								181	306	436	443	413	413	413	413	413	413	413
104	31394.2	32479.3	490	560	720	840	900	1170	1650	2500	2600			175	175	234	562	572	585	585	584	584	584	584
105	31496.18	32332.34	500	720	850									142	173	391	272	366	368	369	369	369	369	369
106	31850.1	32266.35	380	430	510	660	890	1020						154	211	211	239	259	259	310	310	310	310	310
107	32216.02	32020.4	420	440	510	580	640	680	800	840	1400			161	161	242	290	467	467	442	442	458	458	458
108	32192.02	32257.35	680	865	840	980	1330	1740	2400					166	229	338	445	445	492	492	492	492	492	492
109	32279	31840.44	640	680	670	710	730	760	850					197	197	476	570	570	570	630	700	710	710	710
110	32638.93	31687.48	440	460	510	540	660	850						159	211	252	252	329	465	465	465	319	519	519

Yapılan ölçümler sonucu S-kayma dalga hızları elde edilmiş ve derinlikle değişimleri belirlenmiştir. Çanakkale merkez yerleşim alanı ve potansiyel imar alanları yerel zemin koşulları incelendiğinde, kayma dalgası hızı 80-1000 m/s arasında değişmektedir. Bu durum bölgede farklı zemin büyütmelerinin oluşabileceğine işaret etmektedir. Buna göre ilk 10 metre düşük hız değerleri görülmekte olup, kayma dalga hızı değerlerinde derinlik artışı ile ciddi bir yükselme görülmemiştir. Bunun en büyük nedeni olarak da yeraltı suyunun varlığı ve sıvılaşma riskinin yüksekliğidir. Yine Esenler Mahallesi dışında çalışılan saha kapsamında genellikle düşük S-dalga hızları hakim olup yerel zemin yapısı ile de uyum içindedir. 110 noktada alınan yüzey dalgası analizi (MASW) tek boyutlu kesitlerden elde edilen S-dalga hızı değişimi 1, 2, 4, 6, 8, 10 m derinlikler içine kat haritası halinde Şekil 8.7’de verilmiştir. S-dalgalarının taşıdığı sismik enerji ise yüzeydeki zemin bloğunun S-dalga hızı (V_s) ile orantılıdır. Buna göre çok düşük V_s hızlı zeminler (<200 m/s), yüksek V_s hızlı (>1000 m/s) zeminlere göre depremi 5-10 kat büyütebilmektedir. Mühendislik ve yapısal dizayn açısından zemin sınıflamasının, zeminin yüzeyden en az 30 metre derinliği kadar olan bölümünün ortalama S-dalga hızı, V_{s30} göre yapılması yaygın kabul görmektedir. MASW yöntemi ile elde edilen V_{s30} haritası Şekil 8.8’de verilmiştir.



Şekil 8.7. S-dalga hızı kat haritası



Şekil 8.8. Vs₃₀ hız dağılım haritası.

VIII.4. Mikrotremor Ölçümü

Bölgesel yer etkilerinin saptanması için teorik modelleme yaklaşımları ve doğrudan yerin doğal titreşimleri ölçülerek değerlendirilen deneysel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında toplanan mikrotremor verilerinin veri işlem aşamalarında, teorik ve sayısal olarak doğruluğu ispatlanmış, dünya üzerine yaygın kabul gören ve son yıllarda birçok bölgede uygulanan yatay bileşen spektrumlarının düşey bileşen spektrumuna oranlaması ilkesine dayanan Nakamura yöntemi kullanılmıştır.

VIII.4.1. Çalışma Alanı Ölçümler ve Veri İşlem

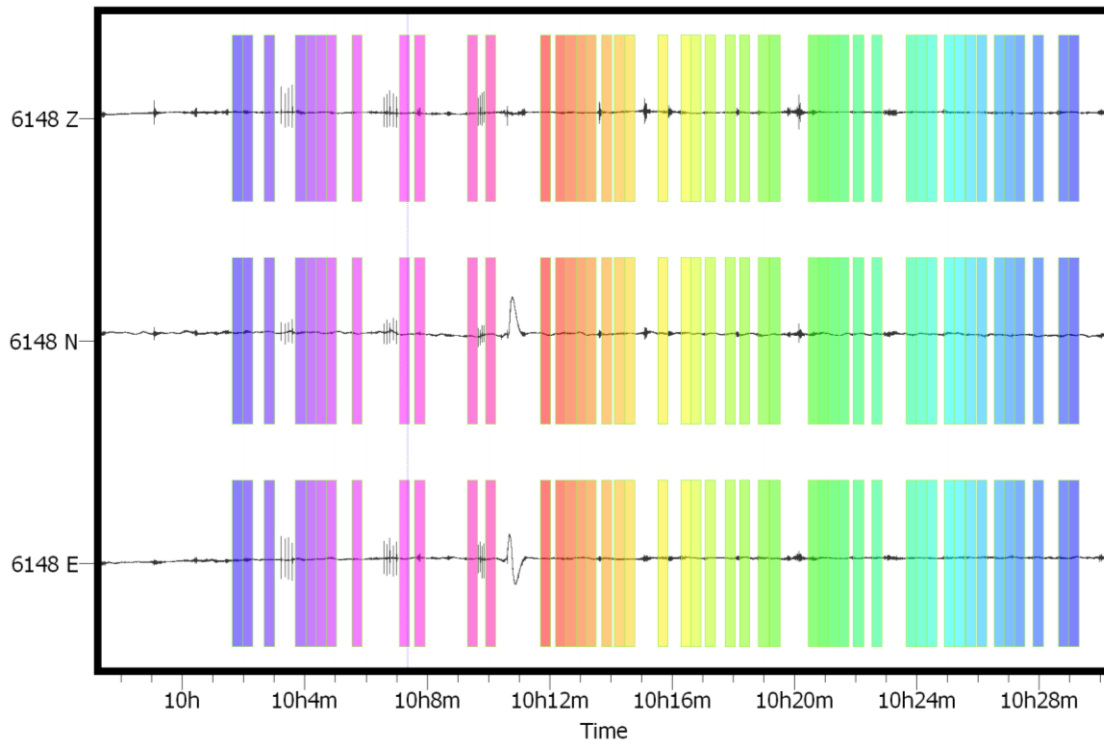
Mikrotremor ölçüm noktaları ve çalışma alanı Şekil 8.1’de gösterilmektedir. Bu amaçla koordinatları belirlenen 110 noktada 3-bileşen 0.03 Hz doğal frekansa sahip uzun periyodlu sismometre kullanılarak ölçü yapılan ortamın genel folklorik gürültü yapısına göre 20-75 dakika kayıt uzunluğunda zaman serileri 100 Hz örnekleme aralığı ile alınmıştır. Ölçümler için GURALP marka 40T sayısal kayıtçı kullanılarak yapılmıştır. Tek istasyon ölçümlerine dayanan Nakamura (spektral oran) yöntemi, ekonomik ve uygulamada hızlı bir teknik olması nedeniyle, zemin büyütme ve hakim titreşim (rezonans) frekansı belirleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada zemin büyütmelerinin hesaplanması göreceli bilgi vermesi ve çalışma alanında ana kaya oluşturabilecek referans olabilecek jeolojik yüzlek olmaması nedeniyle tercih edilmemiştir. Ölçümler SCREAM 4.4 programıyla sayısal olarak, GCF (Güralp Compressed Format) formatında kaydedilmiştir.

Tek istasyon mikrotremor ölçüm tekniği ile problem yaklaşım hızlı ve ekonomik olmasının yanında, deprem olmasını beklemek yerine yerin doğal gürültüsünün kayıtları kullanılarak sonuç elde edilmesidir. Bu çalışmada, tek noktada 3-bileşen sismometre ile toplanan mikrotremor verilerinin yatay/düşey spektral oranı analizi ile zemin hakim titreşim frekansı doğrudan saptanmıştır.

Yatay/düşey spektral oranının güvenilir bir şekilde elde edilebilmesi için kayıt uzunluğu olabildiğince uzun seçilmiştir. Kayıtların değerlendirilmesi sırasında geçici gürültülerin hakim olduğu zaman pencereleri hesaplamaya katılmamıştır. Elde edilen verilerin işlenmesinde Avrupa’daki yer bilimciler tarafından, SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitation) adlı proje kapsamında, geliştirilmiş ve literatürde yaygın olarak kullanılan, GEOPSY (<http://www.geopsy.org>) adlı yazılımın yanında kendi araştırmacılarımız tarafından geliştirilen MATLAB tabanlı bir yazılım kullanılmıştır. Üç bileşenli bu kayıtlar üzerinde geçici gürültülerin dışındaki zaman pencerelerindeki veri grupları değerlendirmeye alınmıştır. Hesaplanan eğrilerin ortalaması alınarak ölçüm noktasını temsil eden spektral oran eğrisi ve standart sapması belirlenmiştir. Geçici gürültülerin ayıklanması işlemi otomatik tetikleme algoritması kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde her bir nokta için doğal gürültü içeren, ortalama 10 ölçüm penceresi kullanılmasına dikkat edilmiştir.

Veri çözümlemesi aşamalarına bakıldığında, veri işlemin ilk aşamasında 110 noktada alınan kayıtlar (Ek 5.6) incelenerek gürültü değişiminin en az olduğu bölümler seçilmiştir. Şekil 8.19’da arazide alınan ham mikrotremor kaydı sırasıyla D-B, K-G ve düşey bileşen şeklinde gösterilmektedir.

İkinci aşamada, sinyallere trend düzeltilmesi uygulanmıştır. Sismometrenin o günkü sıcaklık, kalibrasyon değişimi gibi nedenlerden dolayı hız değerleri 0 ekseninden kayma eğilimi göstermektedir. Trend düzeltilmesi, bütün bu genlik değerlerinin 0 eksenine çekilmesini sağlamaktadır. Ayrıca bu aşamada zaman dizisindeki genlikleri korumak ve verinin başındaki ve sonundaki süresizliklerin Fourier dönüşümde yaratacağı olumsuz etkilerinden kurtulmak amacıyla veri başından ve sonundan % 5’lik Kosinüs çanı törpüsü adı verilen fonksiyonla törpülenmiştir.



Şekil 8.9. Mikrotremor ölçümlerinde bir noktada alınan zaman serisi kaydı.

Üçüncü aşamada, sinyal 0.5-10 Hz arasında Butterworth süzgeci ile band geçişli olarak süzölmüştür. Böylece sinyaller içerisindeki gözle görülemeyen, çok düşük ve yüksek frekanslardaki gürültüler atılmış, önceki çalışmalar ile ortaya çıkarılmış mikrotremorları oluşturan frekans aralığı incelenmiştir. İncelenen spektrumların frekans eksenı uzunlukları 10-20 Hz arası değışmekle beraber 6 Hz'in üzerinde baskın pikler gözlenmemiştir.

Dördüncü aşamada, pencere içerisindeki zaman dizisinin Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) alınarak, genlik spektrumları hesaplanmıştır. Pencereleler 40,96 ve 81,92 s olacak şekilde seçilmiştir.

Beşinci aşamada, daha düzgün spektrum elde edebilmek için genlik spektrumları 7 işleçli kayan ortalama ile yuvarlatılmıştır. Buraya kadar olan aşamalar üç bileşen kayıtlarının her birine uygulanmıştır.

Altıncı aşamada, iki yatay bileşenin spektrum değeri lerinin bileşenler arası açının 90° olması sebebiyle bileşkeleri yani yatay da tek bileşen haline dönüştürmek amacıyla karekök ortalaması alınmıştır. Böylece kullanılan yatay bileşen yönden bağımsız duruma getirilmiştir.

Yedinci aşamada, her bir pencere içerisindeki spektral oranların (H/V) aritmetik ortalaması alınmıştır.

Son olarak, pencerelerde hesaplanan H/V spektral oranları aynı eksen de çizilerek aralarındaki spektral uyum kontrol edilmiş ve aynı grafikte H/V oranlarının aritmetik ortalaması çizilerek, spektrumdaki en büyük genlikli pikin karşılık geldiği periyot değeri, baskın periyot, olarak alınmıştır.

Zemin hakim titreşim periyotları alındığı koordinatlara yerleştirilerek haritalanmıştır. Nakamura (1989) yönteminin uygulanması sonucu her istasyona ait zemin hakim titreşim periyodu değeri lerı ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, çalışma alanında **hakim titreşim periyodlarının ortalama 0.75 saniye olduğu** görölmektedir. Düşük periyot değeri lerı sağlam olarak nitelendirebileceğimiz, nispeten sıkı ve yaşlı birimlerin varlığını işaret etmektedir. Çalışma alanındaki periyot değeri lerinin düşüklüğü ile alanın üst katmanlarına ait oldukça gevşek dolayısı ile çok düşük S dalga hızlı (makaslama hızı) birimlerin varlığı tezat yaratmaktadır. Buradan derin yapıların dayanımı yüksek yapılar olduğu anlaşılmaktadır.

IX. ZEMİN VE KAYA TÜRLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

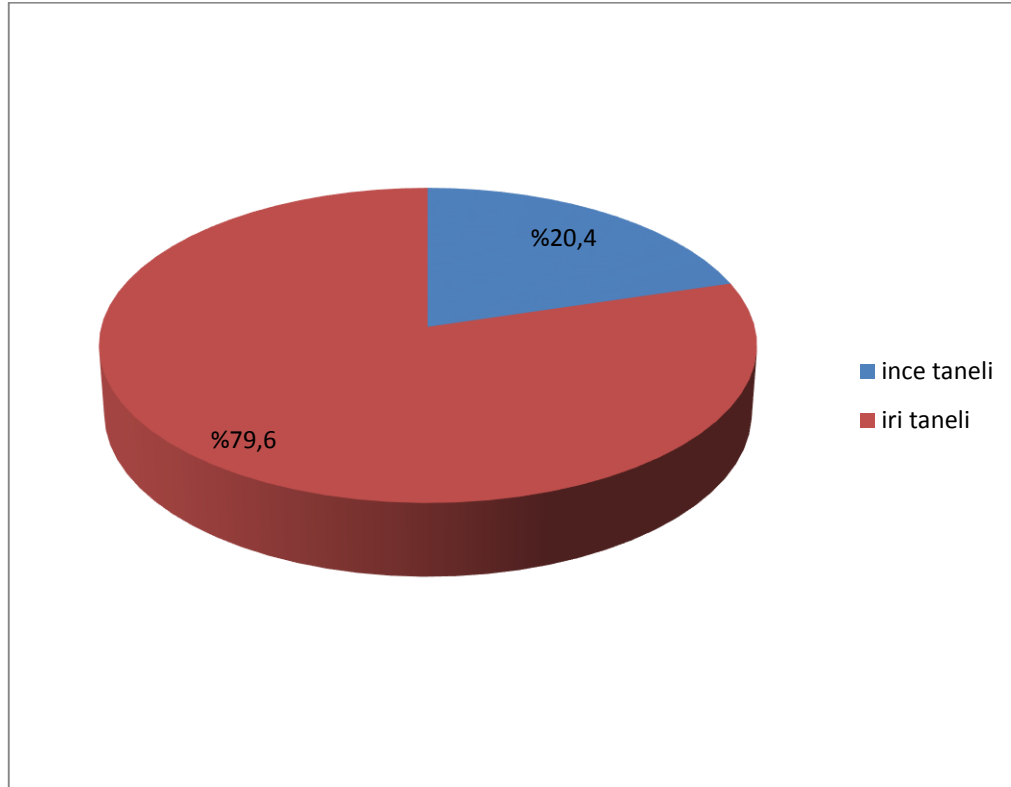
IX.1. Zemin ve Kaya Türlerinin Sınıflandırılması

İnceleme alanı olan Çanakkale şehrinin yaklaşık dörtte üçü alüvyon zemin üzerine kurulmuştur. Açılan 151 sondaj kuyusunun 130 tanesi alüvyon zemin üzerinde açılmıştır. İnceleme alanı içinde kıyı şeridini genişletme çalışmaları kapsamında yapılmış, temel niteliği taşımayan dolgu alanlar da bulunmaktadır. Dolgu alan olması nedeniyle bu alanlarda jeoteknik bir değerlendirme yapılmamıştır. İnceleme alanı zemin ve kaya olmak üzere iki farklı ortamdır oluşmaktadır. Alüvyon birimler ZEMİN sınıfına girmektedir.

Alçıtepe formasyonu ve Gazhanedere formasyonu KAYA sınıfına girmektedir. İnceleme alanının kuzeyinde Alçıtepe formasyonu, güneyinde Gazhanedere formasyonu yer almaktadır. Bu formasyonlarda açılan bazı sondajlarda yüzeyden 4,0-5,0 m derine kadar ayrılmış bir zon yer almakta ve ayrılmış zonun altında kaya birimlerine geçiş yapılmaktadır. Ayrışma zonları ve alüvyonlar zemin olarak değerlendirilmiştir.

IX.1.1. Zemin Türlerinin Özellikleri

Açılmış olan sondaj kuyularından alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre alüvyon zeminin %20,4'ü ince taneli %79,6'sı iri taneli zeminlerden oluşmaktadır (Şekil 9.1).



Şekil 9.1. İnce ve iri taneli zeminlerin yüzde olarak sınıflandırılması

İnce taneli zeminlerin, %8,1 CH (yüksek plastisiteli inorganik kil), %10,1 CL (düşük plastisiteli kil), %0,1 CL-ML (inorganik kil-silt ve ince kumlar), %1,1 ML (inorganik silt ve ince kumlar), %1 MH (inorganik siltler) olarak bulunmuştur. İri taneli zeminlerin, %4,8 SW (iyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar), %19,5 SW-SM (iyi derecelenmiş kumlar-çakıllı kumlar ve

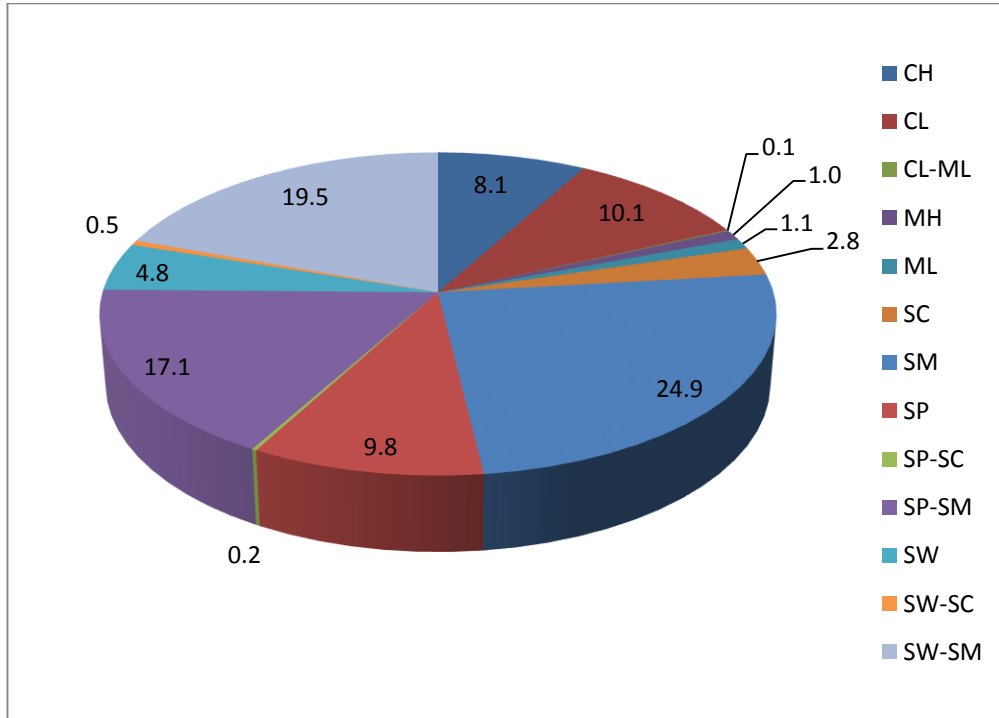
siltli kumlar), %0,5 SW-SC (iyi derecelenmiş kumlar-çakıllı kumlar ve killi kumlar), %9,8 SP (kötü derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar), %17,1 SP-SM (kötü derecelenmiş kumlar-çakıllı kumlar ve siltli kumlar), %0,2 SP-SC (kötü derecelenmiş kumlar-çakıllı kumlar ve killi kumlar), %24,9 SM (siltli kumlar) ve %2,8 SC (killi kumlar) olarak tanımlanmıştır (Şekil 9.2).

Relatif sıkılık ve bağıl yoğunluk, kum, çakıl gibi kohezyonsuz zeminlerde zeminin sıkılık durumunu yansıtmak amaçlı kullanılan tanımlamalardır. İnceleme alanında zemin olarak tanımlanan alüvyon birimler ile kaya olarak tanımlanan Alçıtepe formasyonu ve Gazhanedere formasyonunun ayrışmış zonlarında bu tanımlamalar kullanılmıştır. Bu çalışmada Terzaghi ve Peck (1948) tarafından önerilen sınıflandırma kullanılmış (Çizelge 9.1) ve inceleme alanı zeminlerinin SPT-N₃₀ darbe sayısına göre relatif sıkılık ve bağıl yoğunluk tanımlamaları yapılmıştır.

Çizelge 9.1. Kohezyonsuz zeminlerde SPT-N₃₀'a göre relatif sıkılık değeri (Terzaghi ve Peck, 1948).

SPT-N ₃₀ Darbe Sayısı	Relatif Sıkılık (%)	Bağıl Yoğunluk
< 4	0-15	Çok Gevşek
4-10	15-35	Gevşek
10-30	35-65	Orta Sıkı
30-50	65-85	Sıkı
> 50	85-100	Çok Sıkı

Su içeriği (w) zeminin taneleri arası boşluklarında içerdiği su durumunu yansıtan bir terimdir. İnceleme alanında gözlenen zemin litolojilerine sahip birimlerde toplam 218 adet su içeriği deneyi yapılmıştır. Alüvyon zeminde en düşük % 9,6 en yüksek % 67,6; Alçıtepe formasyonunda en düşük % 7,3 en yüksek % 42,6 ve Gazhanedere formasyonunda en düşük %15,6 en yüksek % 24,9 olarak belirlenmiştir.



Şekil 9.2. İnce ve iri taneli zeminlerin birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre yüzde olarak sınıflandırılması

Kıvam limitleri (Atterberg Limitleri) ile su içeriğine bağlı olarak zeminin durumunda meydana gelen değişimler belirlenir. Bu değişimler, zeminin daha düşük su içeriğinde plastik malzeme gibi davranamayacağı katı hale geleceği su içeriği (Plastik Limit) veya zeminin daha fazla su içermesinde viskoz bir sıvı gibi davrandığı haldeki su içeriği (Likit Limit) olarak da tanımlanmaktadır. İnce taneli zeminlerin içeriğindeki su miktarına göre değişen kıvamlarını ve davranışlarını ortaya koyması bakımından önemlidir. İnceleme alanında gözlenen zemin litolojilerine sahip birimlerde toplam 218 adet kıvam limiti deneyi yapılmıştır. Deney sonucunda elde edilen likit limit (LL) ve plastik limit (PL) değerleri kullanılarak plastisite indeksi ($PI=LL-PL$), kıvamlılık indeksi ($I_c=(LL-w)/PI$), likitlik (sıvılık) indeksi ($LI=(w-PL)/PI$) ve örselenmemiş killer için sıkışma indeksi ($C_c=0.009(LL-10)$) (Terzaghi ve Peck, 1967; Das, 1999'dan) bulunmuştur. Likitlik indeksi ve kıvamlılık indeksi Çizelge 9.2'ye ve sıkışma indeksi ise Çizelge 9.3'e göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 9.2. İnce taneli zeminlerin likitlik ve kıvamlılık indeksine göre sınıflandırması (Holtz ve Kovacs, 1981).

Zemin Kıvamı	LI	I_c
Viskoz sıvı	$LI > 1$	$I_c < 0$
Plastik	$0 < LI < 1$	$0 < I_c < 1$
Katı	$LI < 0$	$I_c > 1$

Çizelge 9.3. Zeminlerin sıkışabilirliği (Sowers, 1979)

Tanım	Sıkışma indeksi (C_c)	Likit Limit (LL)
Düşük sıkışabilirlik	0,00-0,19	0-30
Orta sıkışabilirlik	0,20-0,39	31-50
Yüksek sıkışabilirlik	>0,40	>51

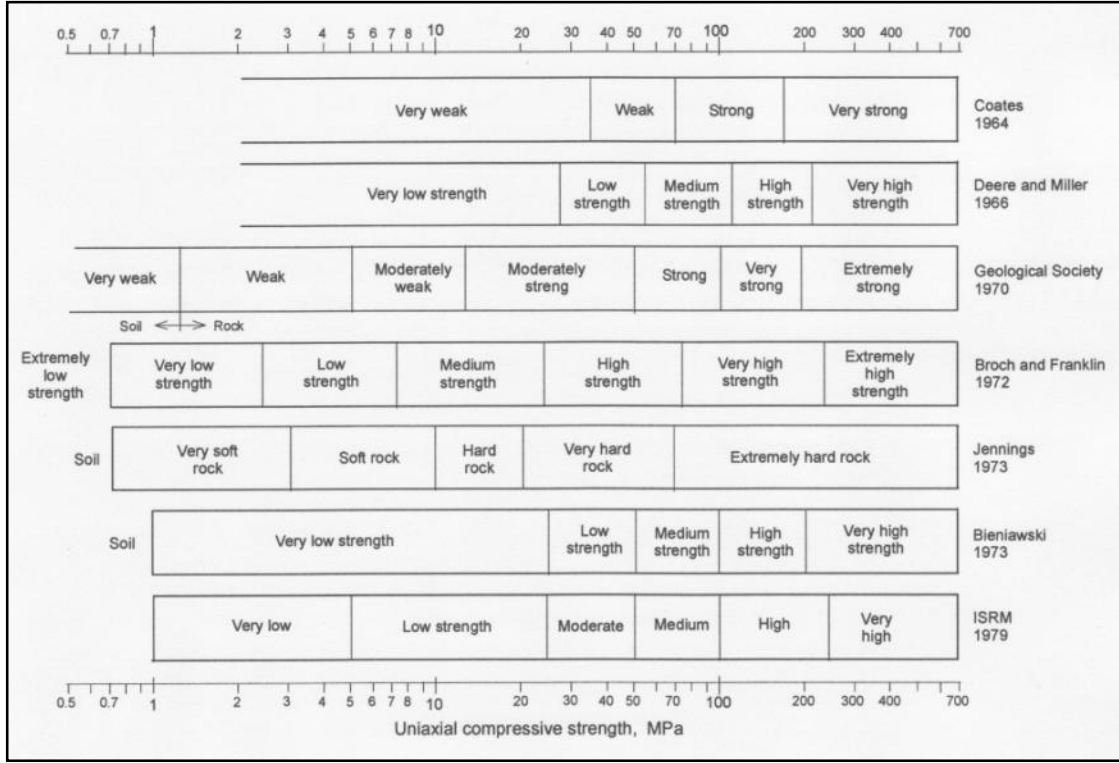
Likitlik indeksi (LI) ve Kıvamlılık indeksi (I_c): İnceleme alanındaki zeminler Holtz ve Kovacs (1981)'ın likitlik ve kıvamlılık indeksi sınıflamasına göre (Çizelge 9.3) %33,94 katı, %53,67 plastik ve %12,38 viskoz sıvı olarak belirlenmiştir (Ek-6).

Sıkışma indeksi (C_c): İnceleme alanındaki zeminler Sower (1979) tarafından önerilen sınıflamasına göre %11,01 düşük sıkışabilirlik, %55,96 orta sıkışabilirlik ve %33,03 yüksek sıkışabilirlik özelliğinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9.3).

IX.1.2. Kaya Türlerinin Sınıflandırılması

İnceleme alanının kuzeyi genel olarak Alçıtepe formasyonundan meydana gelmektedir. Bu bölgede yapılan sondajlarda yeşilimsi-mavimsi kilaşları içinde yer alan kumlu kireçtaşları ve kilaşlarının ara bantlar halinde kestiği karot numuneler alınarak ilerleme yapılmıştır. Bu formasyonda yapılan sondaj çalışmaları sonucu alınan örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı (serbest basınç dayanımı) değerleri en düşük 2,29 MPa ile en yüksek 9,33 MPa arasında değişmekte olup ortalaması 5,40 MPa'dır. Bu dayanım değerlerinin Şekil 9.3'de verilen ISRM (1979)'a göre "çok düşük ve düşük" dayanım değerleri arasında tanımlandığı görülmüştür (Şekil 9.3).

İnceleme alanının güneyinde Gazhanedere formasyonu yer almaktadır. Genel olarak çakıltaşı kumtaşı ve kırmızımsı gri çamurtaşlarından oluşur. Çamurtaşı destekli olan çakıltaşları gevşek çimentolanmalı olup, yer yer çamur konglomerası niteliğindedir. Bu formasyonda yapılan iki sondaj çalışması sonucu alınan örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı (serbest basınç dayanımı) değerleri 2,35 MPa'dır. Bu dayanım değerlerinin Şekil 9.3'de verilen ISRM (1979)'a göre "çok düşük" dayanım değeri arasında tanımlandığı görülmüştür (Şekil 9.3).



Şekil 9.3. Sağlam kayaçlar için farklı araştırmacılar tarafından önerilen dayanım sınıflandırmaları (Palmström, 1995).

Çalışma Alanının Zemin Grubu ve Yerel Zemin Sınıfı

İnceleme alanı için Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (2007) uyarınca zemin grupları (Çizelge 9.4), SPT-N₃₀, relatif sıkılık, serbest basınç direnci (kaya zeminler için) ve kayma dalga hızı değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Serbest basınç direnci değeri olarak kaya malzemesinin değil kaya kütlelerinin değeri değerlendirmeye alınmıştır. İnceleme alanında açılan sondaj kuyularının bazılarının ilk metrelerinde dolgu malzemesi geçilmesi sebebiyle SPT deneyine 3 m'den itibaren başlanabilmesi ve temel derinliğinin 2 metrenin altında olması durumu da göz önünde bulundurularak her bir sondaj kuyusu için 2 m'den sonraki seviyenin zemin grubu dağılımı değerlendirilerek (Çizelge 9.4) yerel zemin sınıfları (Çizelge 9.5) belirlenmiştir. Ayrıca inceleme alanı için spektrum karakteristik periyotları da (T_A, T_B) belirlenmiştir (Çizelge 9.6). Yerel zemin sınıfı belirlenirken temel derinliği altındaki zemin türü "zemin grubu" olarak alınmış ve zemin tabakasının kalınlığına göre "yerel zemin sınıfı" belirlenmiştir. Temel tabanı altındaki en üst zemin tabakası kalınlığının 3 metreden az olması durumunda, bir alttaki tabaka en üst zemin tabakası olarak göz önüne alınmıştır. İnceleme alanında yapılmış 151 adet sondaj olması nedeniyle her bir sondajda geçilen zeminlerin zemin sınıfı (USCS'ye göre) ve SPT-N₃₀ darbe sayılarını gösteren çizelgeler raporun ekinde verilmiştir.

Çizelge 9.4. Deprem yönetmeliğine göre kaya ve zeminlerin gruplandırılması.

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

İnceleme alanında üç farklı birim ayırt edilmiştir. İnceleme alanının kuzey kesimi Çanakkale Grubu içinde yer alan Alçitepe formasyonundan meydana gelmektedir. Bu bölgede yapılan sondajlarda yeşilimsi-mavimsi kilaşları içinde yer alan kumlu kireçtaşları ve kilaşlarının ara bantlar halinde kestiği karot numune alınarak ilerleme yapılmıştır. İnceleme alanının merkezi, doğusu ve güneyi Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökellerinden (Qal) meydana gelmektedir. Bu bölgelerde SPT deneyi yapılmıştır. İnceleme alanının güneyinde kalan küçük bir alan da kaya olarak tanımlanmış olan Gazhanedere formasyonundan oluşmaktadır. Bu bölgede 2 sondaj çalışması yapılmış olup ayrışmış seviyelerde SPT deneyi yapılmış olup çakıltaşı kumtaşı ve kırmızımsı gri çamurtaşı seviyelerinde ise karotlu ilerleme yapılmıştır.

Çizelge 9.5. Yerel zemin sınıfları.

<i>Yerel Zemin Sınıfı</i>	<i>Tablo 6.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)</i>
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Çizelge 9.6. Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (s)	T_B (s)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

İnceleme alanındaki zemin grubu ve yerel zemin sınıfı dağılımı genel olarak değerlendirildiğinde inceleme alanının kuzey kesimini oluşturan ve Çanakkale Grubu içinde yer alan Alçitepe formasyonunu oluşturan yeşilimsi-mavimsi kilttaşları içinde yer alan kumlu kireçtaşları ve kilttaşlarının ara bantlar halinde kestiği karot numuneler C1 (çimentolu tortul kayaçlar....) zemin grubu ve Z3 yerel zemin sınıfı içinde yer almıştır. Alınan karot numunelerden elde edilen tek eksenli sıkışma dayanım değeri ve Hoek ve Brown görgül yenilme kriteri kullanılarak kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımına geçiş yapılmıştır. Bu incelemede yeşilimsi-mavimsi kilttaşlarının en düşük tek eksenli sıkışma dayanımı 2,29 MPa iken iken kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı 76,48 kPa, en yüksek tek eksenli sıkışma dayanımı 9,33 MPa iken iken kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı 311,59 kPa ve ortalama tek eksenli sıkışma dayanımı 5,40 MPa iken kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı 180 kPa olarak belirlenmiştir. İnceleme alanının güneyinde yer alan Gazhanedere formasyonunda yapılan 2 sondaj çalışmasının (SK-35 ve SK-38) C3 (katı kil ve siltli kil....) ve C2 (orta sıkı kum, çakıl....) zemin grubunda olduğu ve yerel zemin sınıfı Z2 olarak belirlenmiştir. *Alçitepe formasyonunda olduğu gibi Gazhanedere formasyonunda da karot numunelerden elde edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerinden Hoek ve Brown görgül yenilme kriteri kullanılarak kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımına geçiş yapılmış ve kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımına göre "zemin grubu" ve "yerel zemin sınıfı" belirlenmiştir.* SK-35 nolu sondaj kuyusundan alınan örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı 2,35 MPa iken kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı 78,50 kPa olarak belirlenmiştir. Zemin grubu, hem kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma dayanımı hem de mühendis görüşü yorumlanarak belirlenmiştir. İnceleme alanının merkezi, doğusu ve güneyini kapsayan Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökellerinde (Qal) yapılan sondaj çalışmalarında genel olarak C2 (orta sıkı kum, çakıl....) ile 1 sondaj lokasyonunda D3 (yumuşak kil, siltli kil...), 3 sondaj lokasyonunda D2 (gevşek kum...) ve 1 sondaj lokasyonunda da Çanakkale içinden geçen Sarı Çay'ın menderes yaptığı kısımda olması nedeniyle B2 (sıkı kum, çakıl...) zemin grubunda olduğu belirlenmiştir. Sondaj derinlikleri genel olarak 20 metre olmakla birlikte iki lokasyonda (SK-54 ve SK-70) 30 metre yapılmıştır. Bu lokasyonlarda da 30 metreye kadar alüvyon birim kesilmiştir. Bu nedenle alüvyonda yapılmış sondajlar için yerel zemin sınıfının Z3 olarak alınmasının daha sağlıklı olacağı düşünülmüştür. İnceleme alanındaki birimlerin spektrum karakteristik periyotları ise Z3 yerel zemin sınıfı için $T_A=0.15$ s ve $T_B=0.60$ s, Z2 yerel zemin sınıfı için $T_A=0.15$ s ve $T_B=0.40$ s' dir (Çizelge 9.6). İnceleme alanında gözlenen her üç formasyonun genel zemin grupları ve yerel zemin sınıfları Çizelge 9.7'de verilmiştir. İnceleme alanını oluşturan zeminlerin SPT- N_{30} , relatif sıkılık, serbest basınç direnci (kaya zeminler için) ve kayma dalga hızı değerleri kullanılarak belirlenmiş bulunan zemin grupları ve yerel zemin sınıflarının, birimlerin dikey ve yanal yöndeki değişimlerine göre farklılık göstereceği ve parsel bazında yapılacak zemin etütleri sırasında farklılıkların olabileceği unutulmamalıdır.

Çizelge 9.7. İnceleme alanındaki birimlerin zemin grubu ve yerel zemin sınıfı.

Formasyon	Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Yerel Zemin Sınıfı	Spektrum Karakteristik Peryotları	
				T _A (s)	T _B (s)
Alüvyon	C	Orta sıkı kum, çakıl...	Z3	0,15	0,60
Gazhanedere	C	Katı kil ve siltli kil...	Z2	0,15	0,40
Alçıtepe	C	Çimentolu tortul kayalar...	Z3	0,15	0,60

Elde edilen S-dalgası hız profilleri kullanılarak zemin sınıf bilgisinin oluşturulması için çeşitli sınıflama kriterleri mevcuttur. Bu kriterler ayrıntılarında farklı olup genelde aynı özellikleri içermektedir. Burada örnek olarak NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) zemin sınıflama ölçütleri kullanılmıştır. NEHRP, A.B.D’de jeoteknik ve inşaat mühendisliği camiasında kabul görmüş ve yeni yapılan inşaatların sismik tasarımda yaygın olarak kullanılan zemin sınıflama ölçütleridir. NEHRP’e göre zemin sınıfı, S-dalga hızının 30 metre derinliğe kadar olan ortalama hızına (Vs30) dayanmaktadır ve bu sınıflar Çizelge 9.8’de verilmiştir.

Çizelge 9.8. National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP)’e göre zemin sınıflama kriterleri

NEHRP’e göre Zemin Sınıfı Türü	Zemin Tanımı	Vs30 (m/s)
A	Sert Anakaya	> 1500 m/s
B	Sağlam dayanıklı – Sert Anakaya arası	760 – 1500 m/s
C	Yoğun Toprak Yumuşak Kaya	360 - 760 m/s
D	Sert Toprak	180 – 360 m/s
E	Yumuşak Kil	< 180 m/s
F	Özel Araştırma Gerektiren Zeminler	<150 m/s

Vs30 değerlerine göre ABYY zemin grubu, zemin sınıfı ve NEHRP sınıflama karşılaştırması Çizelge 9.9’da verilmiştir.

Çizelge 9.9. Vs30 değerlerinin zemin grubu, zemin sınıfı ve NEHRP sınıflaması ile karşılaştırılması

Nokta	Vs30 (m/s)	ABYY		NEHRP
		Zemin Grubu	Zemin Sınıfı	
1	257	C	Z3	D
2	381	C	Z3	C
3	354	C	Z3	D
4	430	B	Z2	C

Çizelge 9.9. (Devam)				
5	313	C	Z3	D
6	247	C	Z3	D
7	287	C	Z3	D
8	259	C	Z3	D
9	229	C	Z3	D
10	225	C	Z3	D
11	310	C	Z3	D
12	206	C	Z3	D
13	306	C	Z3	D
14	402	B	Z2	C
15	188	D	Z4	D
16	211	C	Z3	D
17	201	C	Z3	D
18	257	C	Z3	D
19	211	C	Z3	D
20	201	C	Z3	D
21	399	C	Z3	C
22	374	C	Z3	D
23	378	C	Z3	D
24	220	C	Z3	D
25	260	C	Z3	D
26	183	D	Z4	D
27	173	D	Z4	E
28	167	D	Z4	E
29	140	D	Z4	E
30	131	D	Z4	E
31	176	D	Z4	E
32	210	C	Z3	D
33	183	D	Z4	D
34	139	D	Z4	E
35	227	C	Z3	D
36	162	D	Z4	E
37	213	C	Z3	D
38	210	C	Z3	D
39	201	C	Z3	D
40	239	C	Z3	D
41	234	C	Z3	D
42	203	C	Z3	D
43	240	C	Z3	D
44	131	D	Z4	E
45	154	D	Z4	E
46	428	B	Z2	D
47	311	C	Z3	D

Çizelge 9.9. (Devam)				
48	253	C	Z3	D
49	573	B	Z2	D
50	162	D	Z4	E
51	222	C	Z3	D
52	358	C	Z3	D
53	430	B	Z2	C
54	425	B	Z2	C
55	333	C	Z3	D
56	252	C	Z3	D
57	176	D	Z4	E
58	169	D	Z4	E
59	161	D	Z4	E
60	177	D	Z4	E
61	166	D	Z4	E
62	229	C	Z3	D
63	255	C	Z3	D
64	202	C	Z3	D
65	221	C	Z3	D
66	250	C	Z3	D
67	369	C	Z3	C
68	333	C	Z3	D
69	341	C	Z3	D
70	234	C	Z3	D
71	185	D	Z4	D
72	258	C	Z3	D
73	512	B	Z2	C
74	167	D	Z4	E
75	286	C	Z3	D
76	164	D	Z4	E
77	212	C	Z3	D
78	185	D	Z4	D
79	219	C	Z3	D
80	174	D	Z4	E
81	219	C	Z3	D
82	316	C	Z3	D
83	269	C	Z3	D
84	652	B	Z2	C
85	141	D	Z4	E
86	280	C	Z3	D
87	356	C	Z3	D
88	469	B	Z2	C
89	660	B	Z2	C
90	508	B	Z2	C

Çizelge 9.9. (Devam)				
91	289	C	Z3	D
92	358	C	Z3	D
93	539	B	Z2	C
94	457	B	Z2	C
95	587	B	Z2	C
96	382	C	Z3	C
97	596	B	Z2	C
98	501	B	Z2	C
99	534	B	Z2	C
100	644	B	Z2	C
101	323	C	Z3	D
102	756	A	Z1	B
103	383	C	Z3	C
104	458	B	Z2	C
105	325	C	Z3	D
106	269	C	Z3	D
107	368	C	Z3	C
108	404	B	Z2	C
109	702	A	Z1	B
110	368	C	Z3	C

IX.2. Mühendislik Zonları ve Zemin Profilleri

İnceleme alanında zemin profilini temsil eden B-D ve KD-GB hatları boyunca sondajlardan ve sismik ölçü noktalarından geçecek şekilde jeolojik enine kesit alınmıştır (Şekil 9.4). Kesitlerde, geçilen birimlerin derinlik aralıkları ve birleşik zemin sınıflaması sondaj eksenini boyunca verilmiştir. Ayrıca sismik P ve S dalgası hızlarına ait değerler de derinliklere göre sıralanmıştır (Şekil 9.5).

İnceleme alanının kuzeyi Alçıtepe formasyonundan oluşmaktadır. Bu bölgede yapılan sondaj çalışmaları sırasında elde edilen karot numunelerde Alçıtepe formasyonu içinde yer alan yeşilimsi-mavimsi kilitaşları ve kumlu kireçtaşlarını ara bantlar halinde kestiği belirlenmiştir. Ayrıca gene bu bölgede yer alan ve günümüzde Çanakkale şehir merkezinden geçmekte olan Sarıçay'ın eski yatağının geçtiği belirtilen yerde yapılan sondaj çalışmalarında alüvyon (SK-125, SK-126, SK-128 ve SK-142) kesilmiştir. İnceleme alanının merkezi, doğusu ve güneyi Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökellerinden (Qal) meydana gelmektedir. İnceleme alanının doğusunda yapılan sondajlarda, siltli killi ve kil seviyelerinin de kesildiği görülmüştür. Ancak bu seviyeler geçişli olup genel olarak sondajın ilk 3-4 metresinde gözlemlenmiş ve daha sonraki metrelerde alüvyon kesilerek devam edilmiştir. Tüm sondaj çalışmaları boyunca alınabilen 29 adet UD örneğin 25 tanesi bu bölgeden alınmıştır. Yapılan şişme deneyi sonuçları da düşük-orta şişme değerleri olarak belirlenmiştir. İnceleme alanının güneydoğusunda kalan küçük bir alan da çamurtaşı destekli çakıltıtaşları gevşek çimentolanmalı olup, yer yer çamur konglomerası niteliğindedirler ve Gazhanedere formasyonunu oluşturmaktadırlar. İnceleme alanının kuzeyindeki Alçıtepe formasyonu ve güneydoğusundaki Gazhanedere formasyonu dışındaki tüm alanın sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s) genel olarak yüksek ve çok yüksek olarak belirlenmiştir.

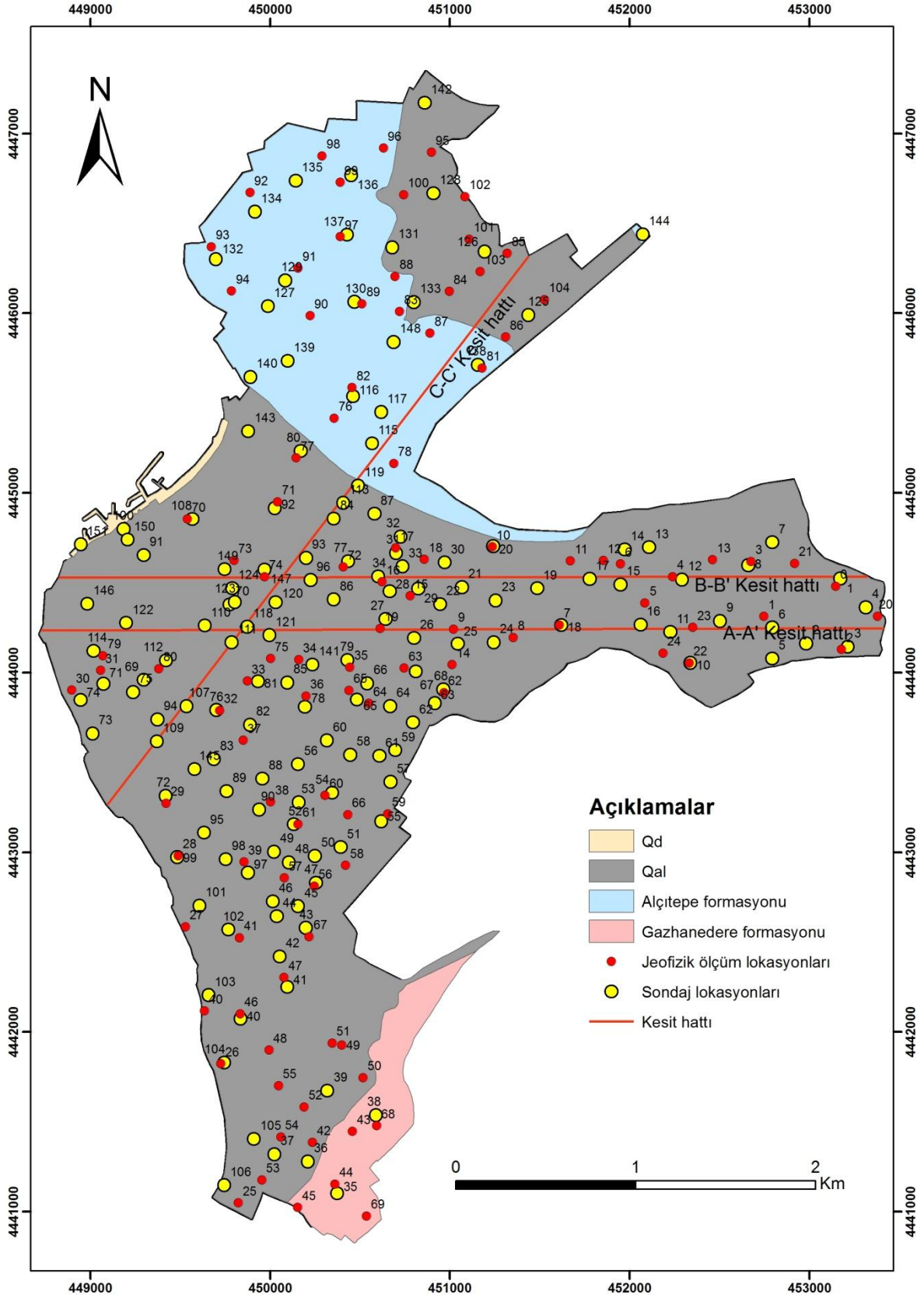
AA' kesitinde, SK-27, SK-26, SK-25 ve SK-24 nolu sondajların bulunduğu hat boyunca 3 adet sismik ölçü yapılmıştır. Sismik hızlarla sondaj sonuçları karşılaştırıldığında, özellikle ilk 4

m'lik kısımda nispeten düşük hızlı bir katmanın varlığı göze çarpmaktadır. Bu derinliklere kadar 441-563 m/s Vp hızı varken 4 metreden sonra 630 m/s hıza ulaşan Vp hızı elde edilmiştir. Bu seviyeye kadar olan killi zemin hız değerinin düşük olmasının gerekçesidir. Diğer yandan Vs hız değerleri de 200 m/s değerinin altındadır. 4 metreden sonra kademeli bir artış gözlenmektedir. 10 metreye kadar bu alanda Vp hızı artışı yaklaşık 1000 m/s ulaşmaktadır. 10 metreden sonra artış devam etmekte ve 1200 m/s düzeyi 12-14 m aralığında gözlenmektedir. Ancak Vs hızı 4 metreden sonra 200-240 m/s civarında kalmakta ve artış gözlenmemektedir. Bu duruma sebep, aşırı suya doymuş, gözenekli, kötü derecelenmiş siltli-kumluyar yer çakıllı birimlerin varlığıdır. SK-18 sondajında bulunan sismik ölçüde killi birimin 2 metreye kadar azaldığı bölümde 200 m/s hızlı Vs değerinin de 2 m sonlandığını göstermektedir. Ancak bu seviyeden sonra diğer ölçülerde olduğu gibi 250-275 m/s aralığında Vs hız değişimi gözlenmektedir. Buna karşın Vp değerleri 7-8 metrelerde 1000 m/s ulaşmaktadır. 14 m civarında 1600 m/s düzeyinde Vp hızı ölçülebilmektedir. Bu da bu alandaki birimlerin su içeriğinin daha az olduğu ve daha tutturulmuş birimlerin varlığını göstermektedir. SK-9, SK-6 ve SK-4 nolu sondajlarda ise suya doymunluk azalmakta ve 6 metreden sonra 400 m/s Vs hız değerinin aşıldığı değerlere ulaşmaktadır. Yine 8 m dolayında Vp değeri 1000 m/s hız değerine gelmekte ve bu derinlikten itibaren oldukça yükselerek 2000 m/s kadar yer yer ulaşmaktadır. Temelde zemin bileşiminde önemli bir değişim olmamakla beraber, suya doymunluk azalmakta ve taneler arası gözeneklilik daralmaktadır. Bu bölümdeki sondajlar ve sismik hız değerlerinin oldukça uyumlu olduğu da görülmektedir.

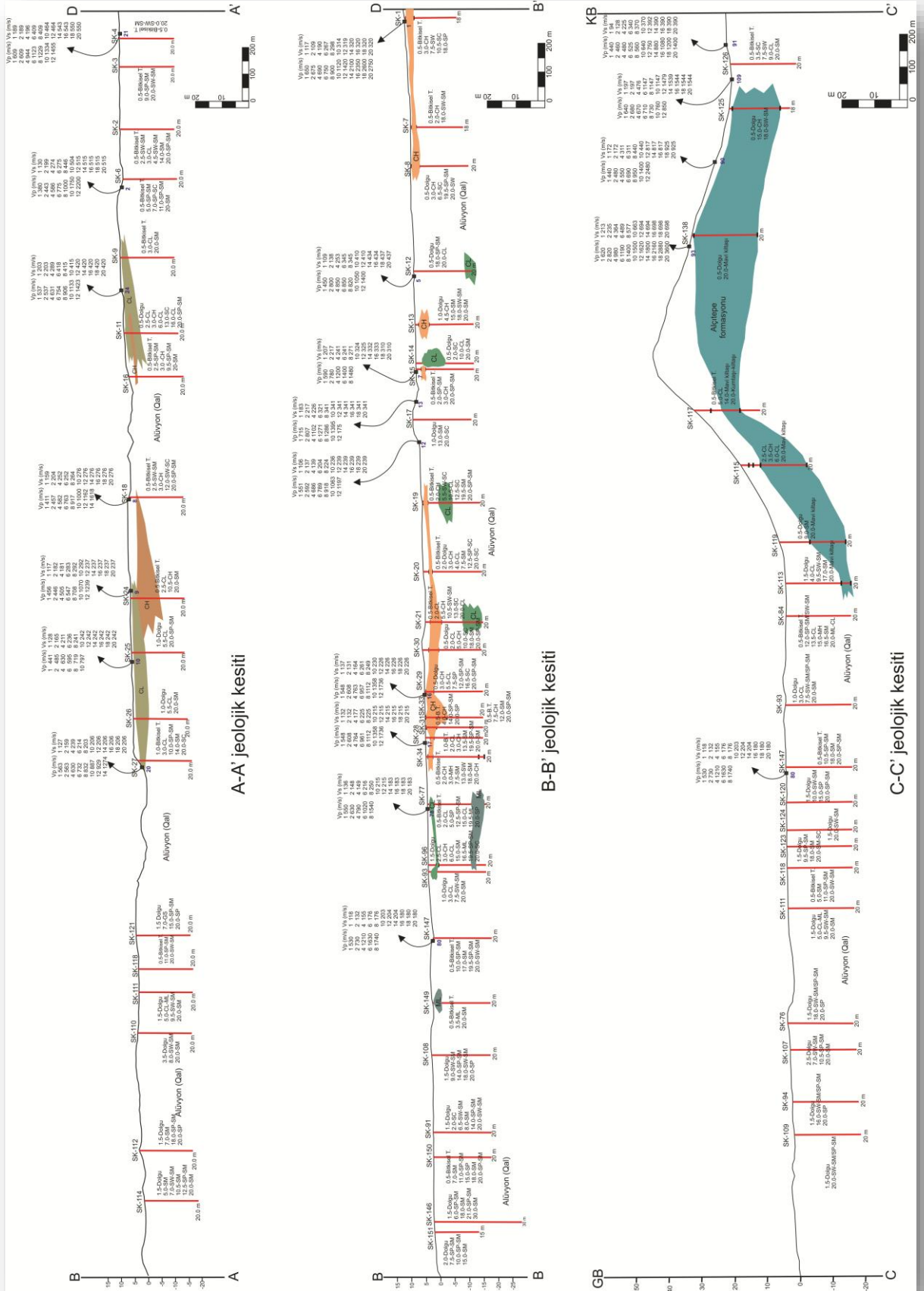
BB' kesitinde, SK-147 nolu sondajın bulunduğu alanda Vp hızı oldukça yüksek olup, 2 metreden sonra 730 m/s, 4 m'de 1210 m/s, 8 metrede 1740 m/s hıza ulaşmaktadır. Buna karşılık Vs hızı oldukça düşük değerler içermektedir. 0-2 m aralığında 118-130 m/s değerlerinde, 2 metreden sonra 155 m/s ulaşmakta ve 20 metreye kadar 200 m/s değerinde devam etmektedir. Bu durum, oldukça kötü derecelenmiş, aşırı suya doymun çok gevşek zemin yapısını tanımlamaktadır. Benzer koşullar, SK-77 nolu sondaj civarında da görülmektedir. Her iki ölçüde de 14 metreden sonra kayma gerilmesinin azaldığı gözlenmektedir. Bu seviyelerde killi birimlerin varlığı SK-77'de görülmektedir. SK-28 ve SK-29 nolu sondajlar civarında ölçülen sismik hız değerleri, ilk 4 metreye kadar suya doymun kil varlığını göstermektedir. 4 metreden sonra Vs hız değerleri 200 m/s üzerine çıkmakta ancak neredeyse 20 metreye kadar sabit olarak devam etmektedir. Buna karşılık Vp hız değerleri, 1500-1700 m/s hız aralığına 10 metreden sonra ulaşmaktadır. Suya doymun, gözenekli, taneli ve tutturulmamış birimlerin varlığı bu alanda da gözlenmektedir. SK-17 civarında 12, 13 ve 7 nolu sismik ölçüler incelendiğinde bu sıralamayla artan hız değerleri görülmektedir. Olasılıkla yer altı stopoğrafyasındaki eğimden kaynaklanan bu durum, yeraltı suyunun süzülme olduğunu ve 12 nolu ölçü noktası civarında daha fazla birikim oluşturduğunu göstermektedir. Her 3 ölçüde de 10 metreden sonra belirgin bir değişim görülmekte ve Vs hızı değerleri 300 m/s değerinin üzerine çıkmaktadır. Benzer şekilde 13 ve 7 nolu sismik ölçü noktalarında Vp hızları da yükselmektedir. Ancak yüksek su içeriği, zemin için yine karakteristik özellik olarak ortaya çıkmaktadır. Sondajda geçilen birimler ve değişim derinlikleriyle uyumluluk sözkonusudur. SK-12 nolu sondaj civarında yapılan 5 nolu sismik ölçü değerlendirmesine göre, ilk 2 metreden sonra nispeten daha sıkı bir zemin başlamaktadır. 1 nolu sismik ölçü noktası civarında ilk 4 metrede aşırı suya doymun killi birimin varlığı sismik hız değerlerinden de doğrulanmaktadır. 4. metreden sonra hız değerlerindeki artış, taneli birimlerin varlığını göstermekle beraber, Vs hız değerlerindeki özellikle 10 metreye kadar olan düşük değerler yeraltı suyunun etkisini ortaya koymaktadır. Genel olarak gevşek yapılı zemin yapısı bu alanda da varlığını sürdürmektedir.

CC' kesitinde, 80 nolu sismik ölçü noktasında Vs hız değerlerinde aşırı duya doymunluk belirgin şekilde görülmektedir. 118-204 m/s hız aralığında değişen Vs hızı değerlerine karşılık 4. metreden sonra 1200 m/s ulaşan ve 8. metrede 1740 m/s olan Vp hız değerleri elde edilmiştir. SK-147 nolu sondajdan da neredeyse homojen bir zemin yapısı tanımlı uyumluluğu göstermektedir. 93 ve 90 nolu sismik ölçü noktalarında farklılaşan formasyonun getirmiş olduğu değişim değerlerine rastlanmaktadır. Buna göre Alçıtepe formasyonu üzerinde alınan ölçü değerlerine göre, Vp

değerleri 93 nolu sismik hız ölçüm noktasında 600-3600 m/s aralığında değişmektedir. Aynı şekilde Vs hız değerleri ilk birkaç metre içinde 213-235 m/s aralığında gözlenmektedir. Ancak 4-20 metre aralığında 364-700 m/s aralığına ulaşmaktadır. Topoğrafyanın eğim gösterdiği 90 nolu sismik ölçüm noktasında ise hız değerlerinde bir miktar düşüş olmakla beraber diğer formasyonlara göre belirgin bir yüksek değer ortaya çıkmaktadır. 109 ve 91 nolu ölçü noktalarında ise Alçıtepe formasyonundan çıkıldığından yeniden düşük hız değerleri elde edilmektedir. Buna göre ilk 2-3 m dolgu zeminden kaynaklanan düşük hız değerleri olmakla beraber, 109 nolu sismik ölçüm noktası civarı tam olarak alçıtepe formasyonu dokanağında yer aldığından bu kesimde nispeten yüksek Vs değerleri elde edilmiştir. Ancak 91 nolu sismik ölçüm noktasında oldukça düşük Vs değerleri, su içeriği yüksek gevşek ortam tanımı yapmaktadır. 6 metreden sonra hemen hemen homojen dağılım gösteren bir yer yapısı ortaya çıkmaktadır.



Şekil 9.4. İnceleme alanındaki jeolojik kesit hatları.



Şekil 9.5. Zemin profilleri

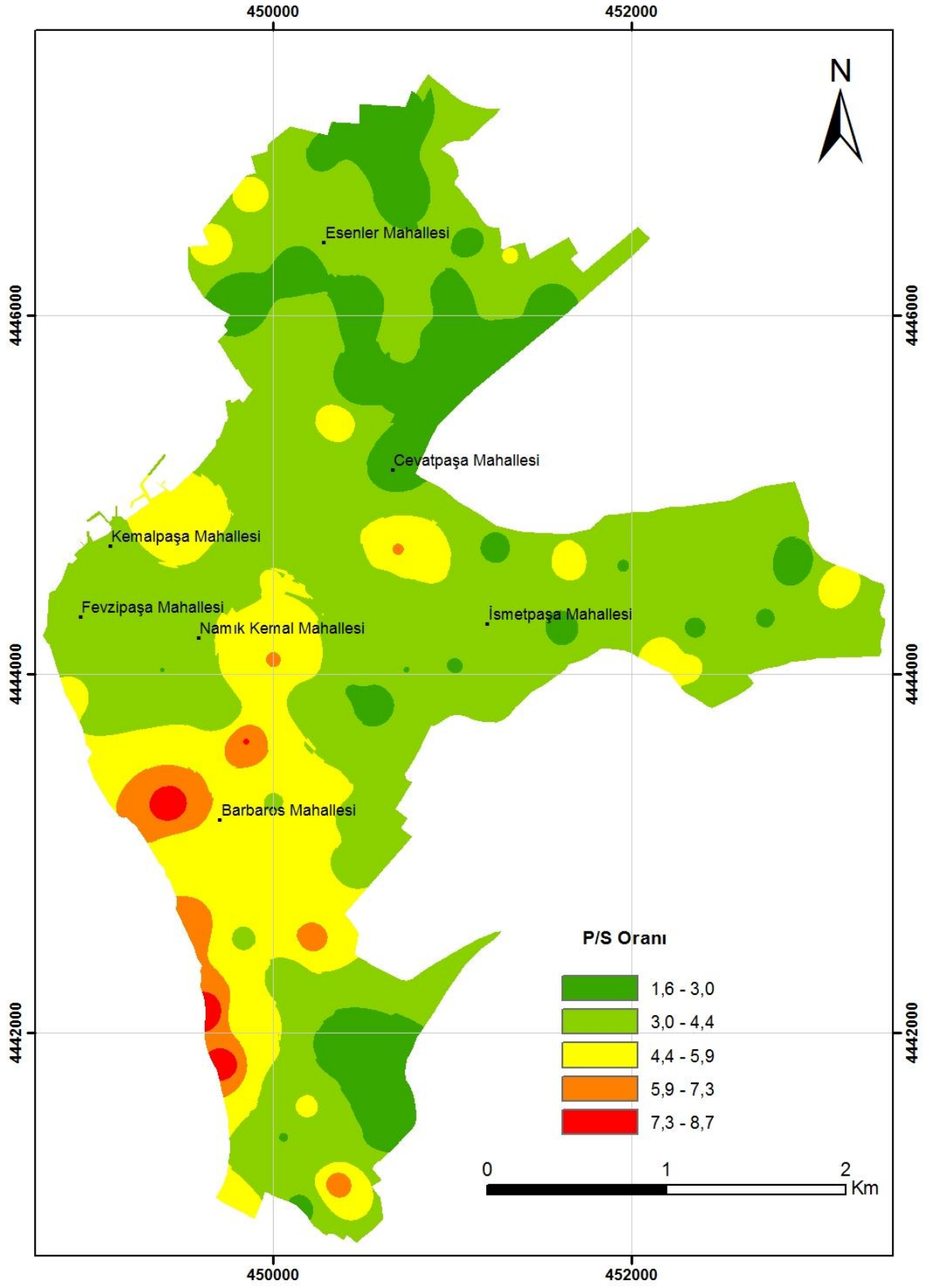
IX.3. Zeminin Dinamik-Elastik Parametrelerinin İncelenmesi

Sismik kırılma ve yüzey dalgası analizi yöntemleriyle ölçülen sismik hızlar, zeminin yoğunluğuna ve esneklik (elasticity) parametrelerine bağlıdır. Esneklik parametreleri ise litolojiye, diğer bir deyişle zeminin mineral bileşimine, tane büyüklüğüne, tane dağılımına, gözenekliliğine, kırık ve çatlak oranına, gözeneği dolduran sıvının türüne ve miktarına, sıklığına, çimentolanmasına, maruz kaldığı basınçlara ve jeolojik yaşı ile jeolojik geçmişine bağlıdır.

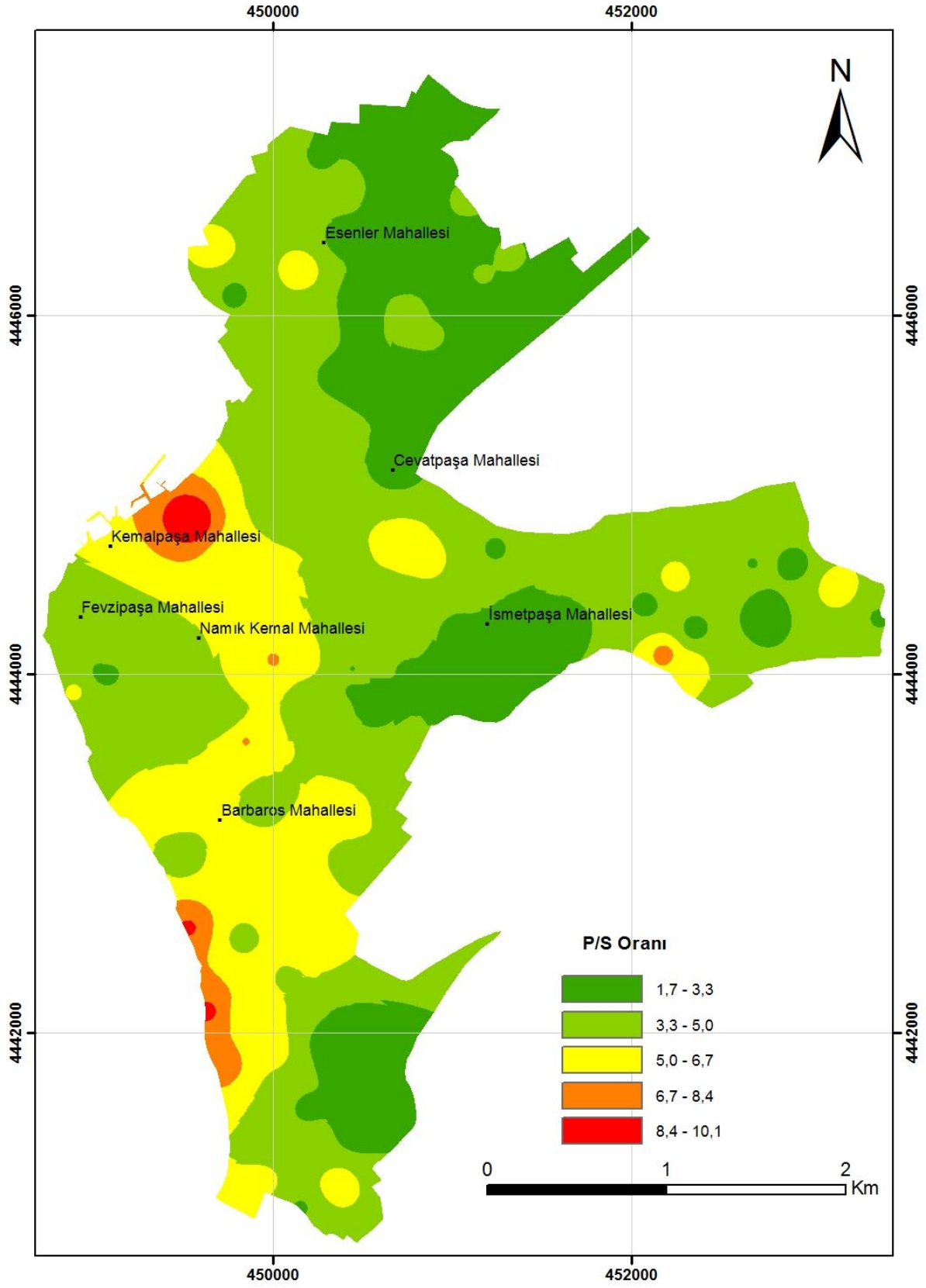
Boyuna ve enine dalga hızları yardımıyla zemine ait; Poisson oranı (σ), Yoğunluk (γ , gr/cm³), Bulk modülü (K, kg/cm²), Maksimum kayma modülü (Gmax, kg/cm²), Elastisite modülü (E, kg/cm²), ve göreceli zemin büyütmesi gibi jeofizik ve jeoteknik parametreler üretilmiştir. Hesaplamalardaki formüller TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası tarafından 2006 yılında yayınlanan “*Jeofizik Mühendisleri İçin Zemin Etütlerindeki Türk Standartları*” isimli kitaptan alınmıştır. Bağıntılarda kullanılan yoğunluk değeri de P dalga hızından elde edilmiştir.

$$\text{Yoğunluk: } \gamma \text{ (g/cm}^3\text{)} = 0.234 \sqrt{3.28 V_p}$$

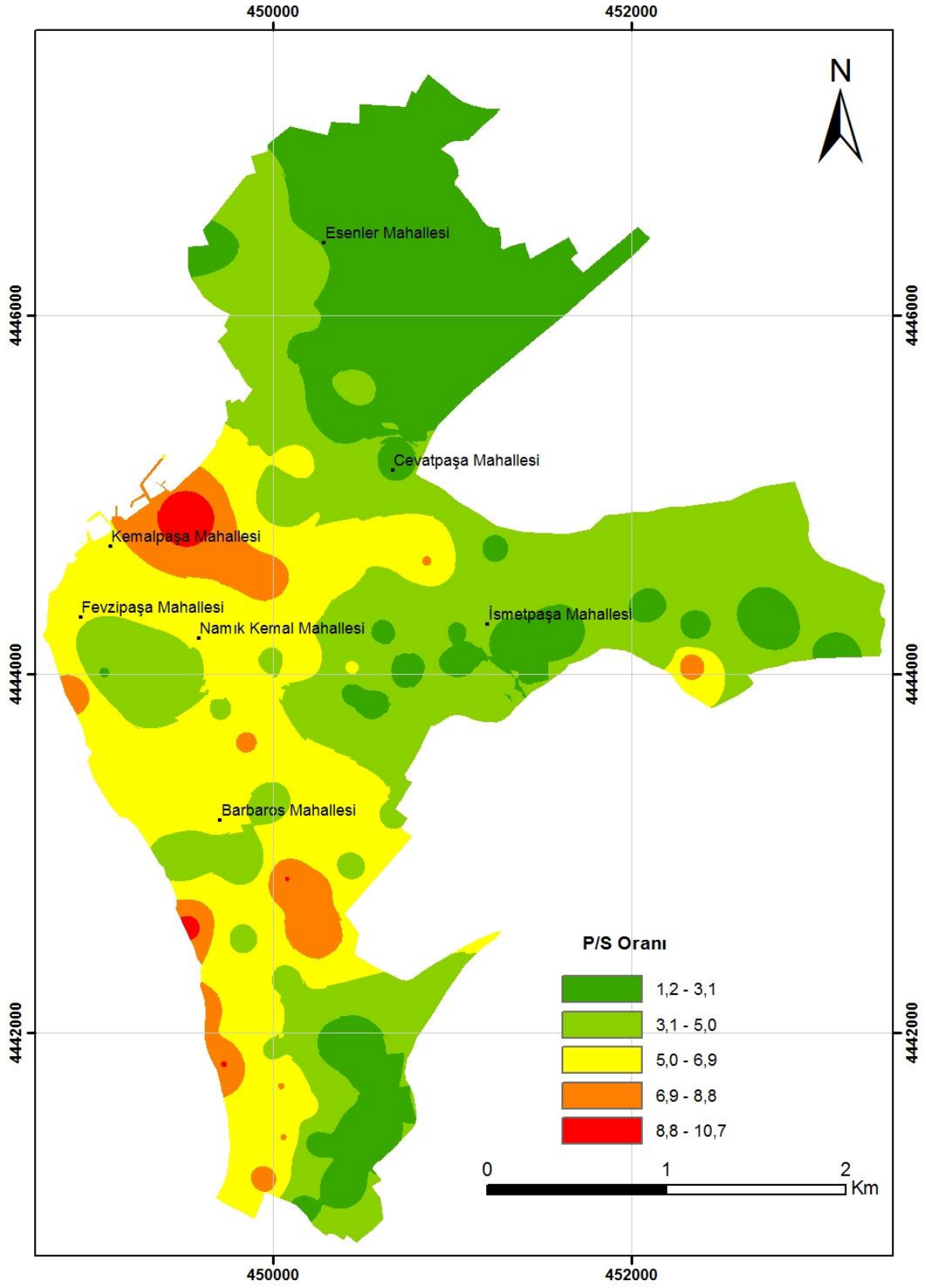
S dalga hızları çok kanallı yüzey dalgası analizinden, P dalga hızları ise sismik kırılma ilk varış tomografisinden alınmıştır (Çizelge 8.1). Bu hız değerleri kullanılarak zemin esneklik parametreleri hesaplanmıştır (Özçep, 2005, 2006). P ve S hızları arasındaki oran, zeminin özellikleri, özellikle sıklık-gevşeklik durumunu ortaya koymak için önemli bir bilgi olarak kullanılabilir. P ve S hızları arasındaki fark, dolayısıyla oran artarsa zemindeki gevşeklik artar. Buna karşın aralarındaki fark ve oran azalır sıklık gözlenir. Yer içindeki su içeriği arttıkça S dalga hızı azalır, dolayısıyla yerin gevşekliği artmış olur. Elde edilen P ve S dalga hızları, 1, 2, 4 ve 6 m derinlikler için alana yaygın haritalar olarak oluşturulmuştur. P ve S hızları arasındaki oran, zeminin özellikleri, özellikle sıklık-gevşeklik durumunu ortaya koyması bakımından önemli bir bilgi olarak kullanılabilir. P ve S hızları arasındaki fark, dolayısıyla oran artarsa zemindeki gevşeklik artar. Buna karşın aralarındaki fark ve oran azalır sıklık gözlenir. Yer içindeki su içeriği arttıkça S dalga hızı azalır, dolayısıyla yerin gevşekliği artmış olur. Elde edilen P ve S dalga hızları, 1, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 m derinlikler için alana yaygın olarak Vp/Vs hız haritaları oluşturulmuştur (Şekiller 9.6- 9.12).



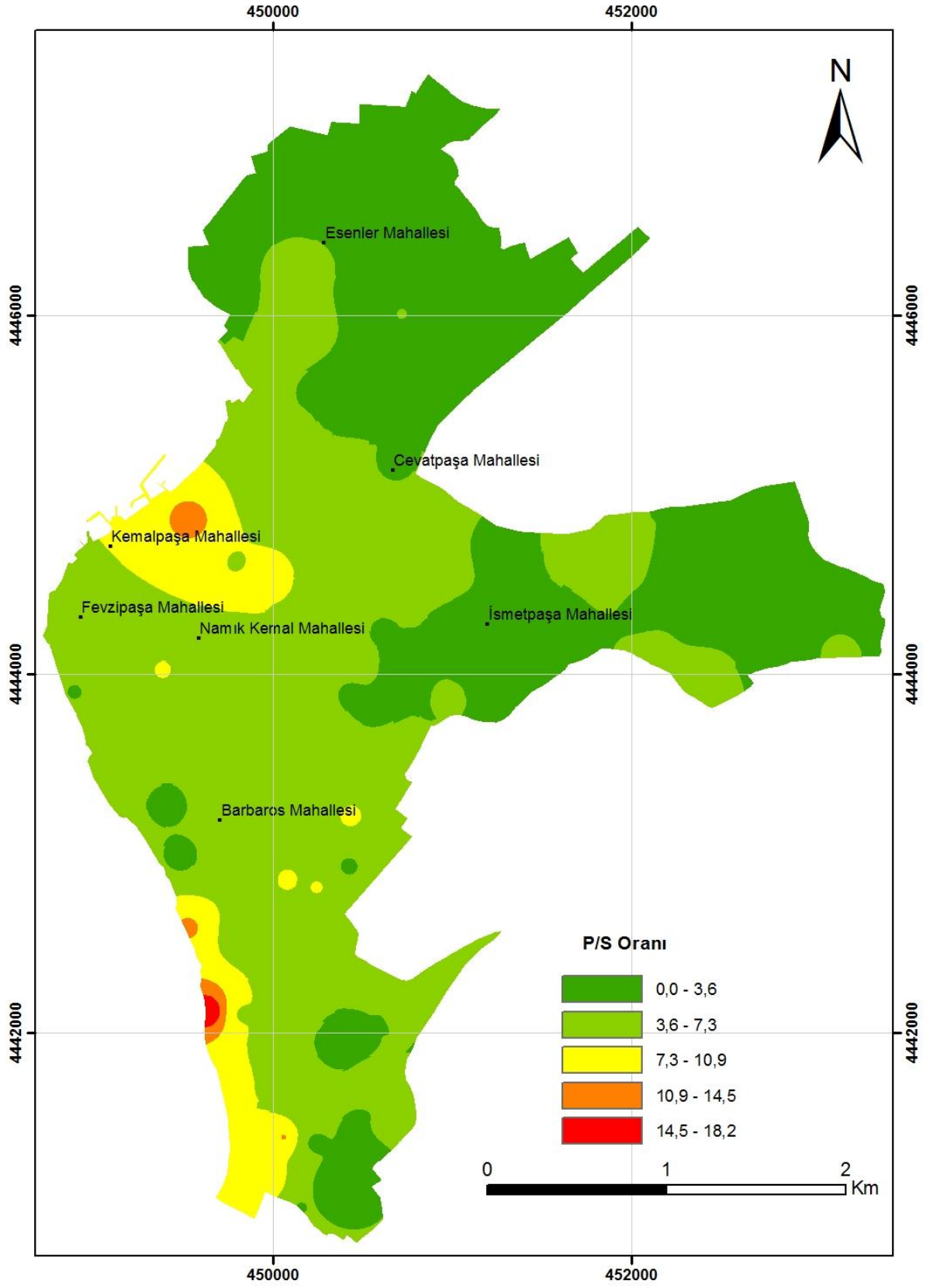
Şekil 9.6. 1 m derinlik için V_P/V_S hızları oranı



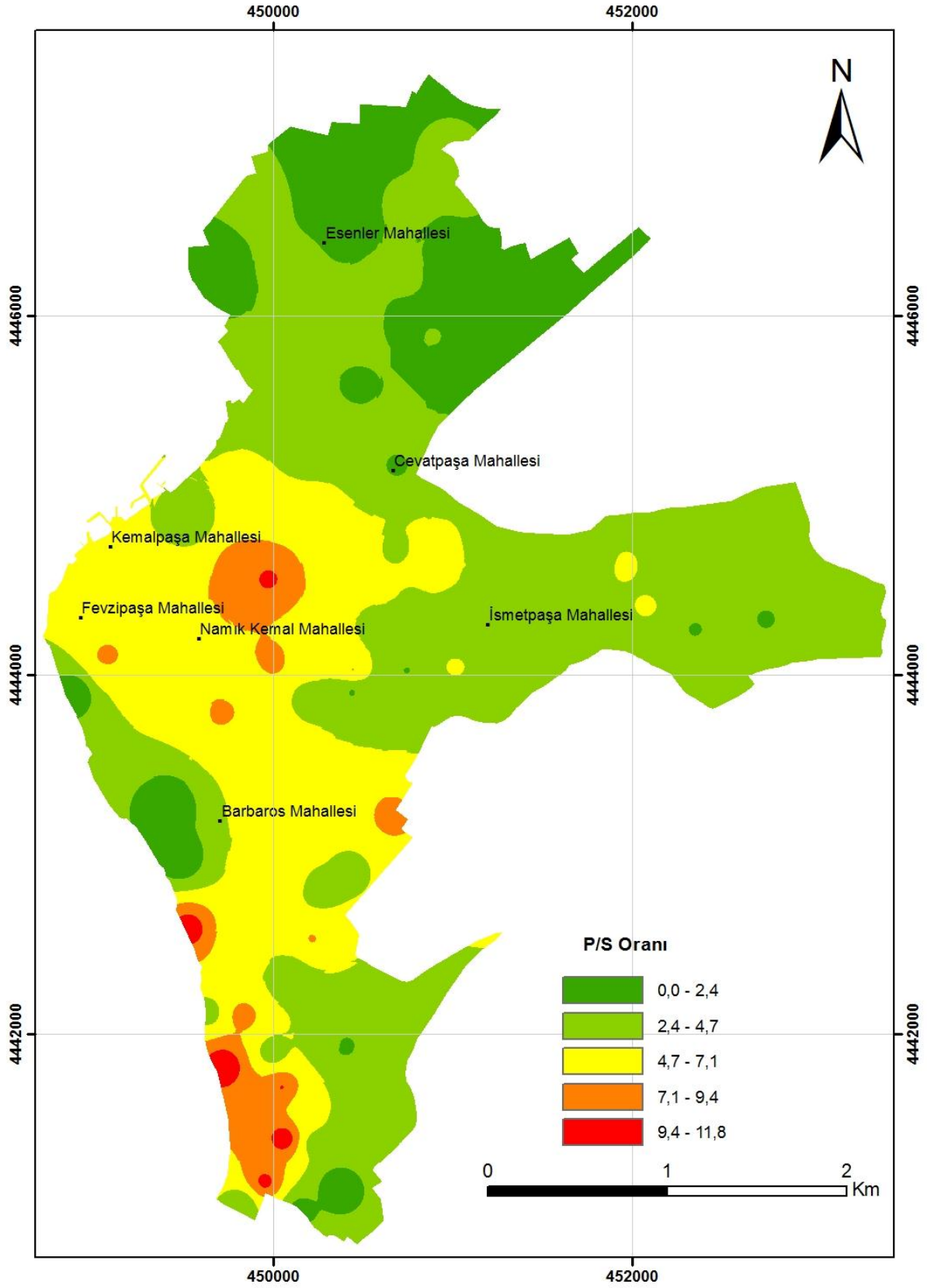
Şekil 9.7. 2 m derinlik için V_P/V_S hızları oranı



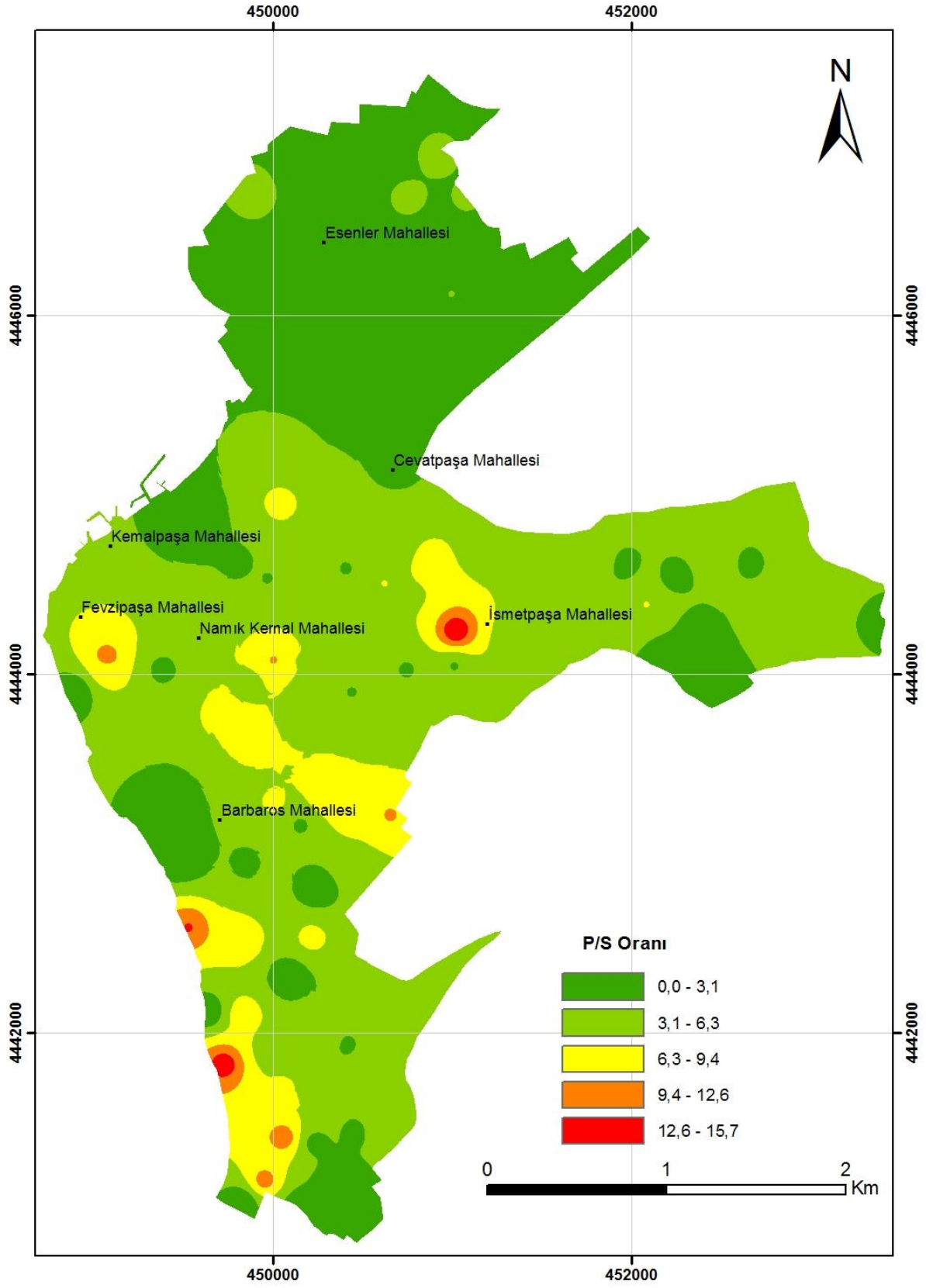
Şekil 9.8. 4 m derinlik için V_P/V_S hızları oranı P/S oranı



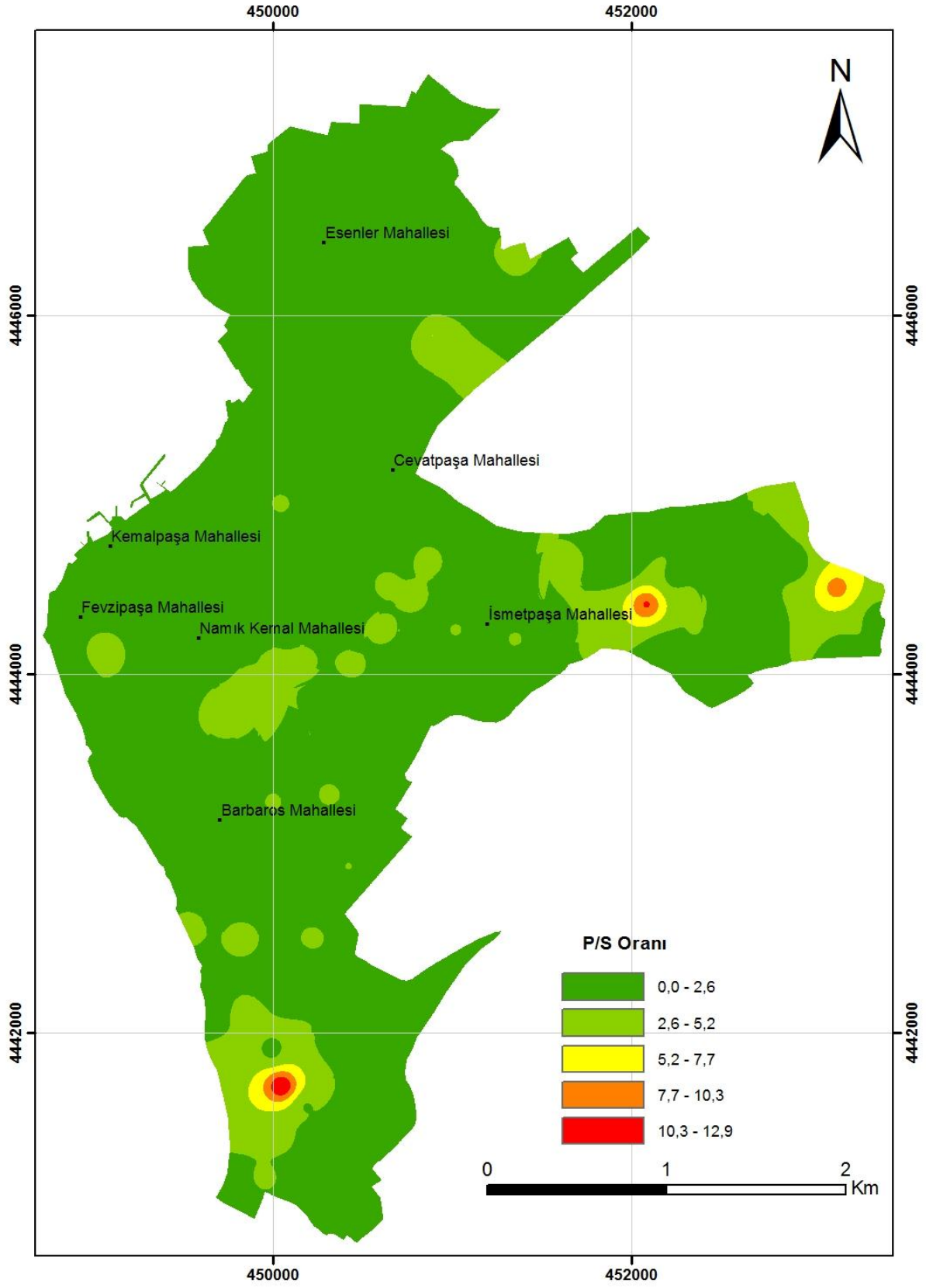
Şekil 9.9. 6 m derinlik için V_P/V_S hızları oranı



Şekil 9.10. 8 m derinlik için V_P/V_S hızları oranı



Şekil 9.11. 10 m derinlik için V_P/V_S hızları oranı



Şekil 9.12. 12 m derinlik için V_P/V_S hızları oranı

IX.3.1. Elastisite Modülü (Young Modülü)

Yerin düşey yönde esneme direncini belirlemek üzere sismik hızlara dayalı olarak Eşitlik 9.1’de verilen bağıntı yardımıyla hesaplama yapılır.

$$E \text{ (kg / cm}^2\text{)} = G \max \cdot \left[\frac{3 \cdot V^2 p - 4 \cdot V^2 s}{V^2 p - V^2 s} \right] \quad (9.1)$$

Herbir tabakadaki sismik hızlardaki değişim bağıntıya da benzer şekilde yansıtacağından doğrusal bir ilişki kurmak mümkün olacaktır. Eşitlik 9.1’de verilen bağıntıya dayalı olarak yapılan hesaplamalar sonucu herbir sismik hız değerine bağlı elastisite modülü değeri elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 9.10’da verilen kriterler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu çizelgede bir sonraki aşamada yapılacak değerlendirmenin kolaylığı açısından ayrıca renklendirme yapılarak ölçülen sismik hız değerlerine göre eldilen elastisite modülü değerleri renklerle tabloda ayrılmıştır. Çizelge 9.11’de ise hesaplanan elastik parametre değerleri bunların renklerle gösterilen ayrımı görülmektedir. 10 metre derinliğe kadar elde edilen elastisite modülü değerleri ile alana yaygın kat haritaları 1, 2, 4, 6, 8 ve 10 metreler için elde edilmiştir (Şekiller 9.13, 9.14, 9.15, 9.16, 9.17 ve 9.18).

Çizelge 9.10. Dinamik elastisite (Young Modülü) Modülü değerlendirme kriteri (Keçeli, 1999)

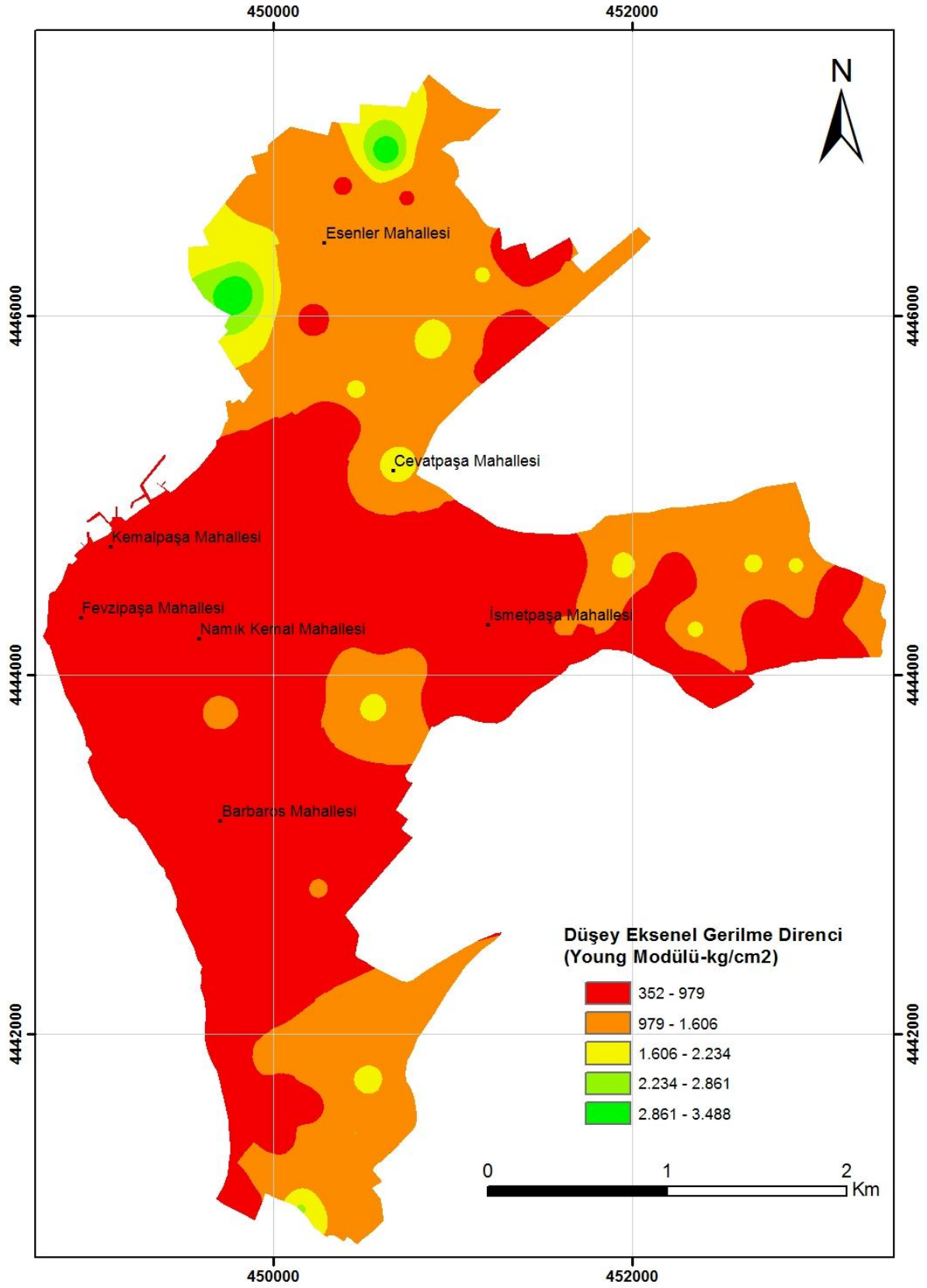
E (kg/cm2)	Özellik
0-2000	Gevşek
2000-10000	Orta
10000-30000	Sağlam
>30000	Çok sağlam

Çizelge 9.11. Elastisite modülü (Young Modülü) hesaplanması ve nitelik değerlendirmesi (**Sarı:** gevşek zemin, **Mavi:** Orta zemin, **Kırmızı:** Sağlam zemin, **Turuncu:** Çok sağlam zemin)

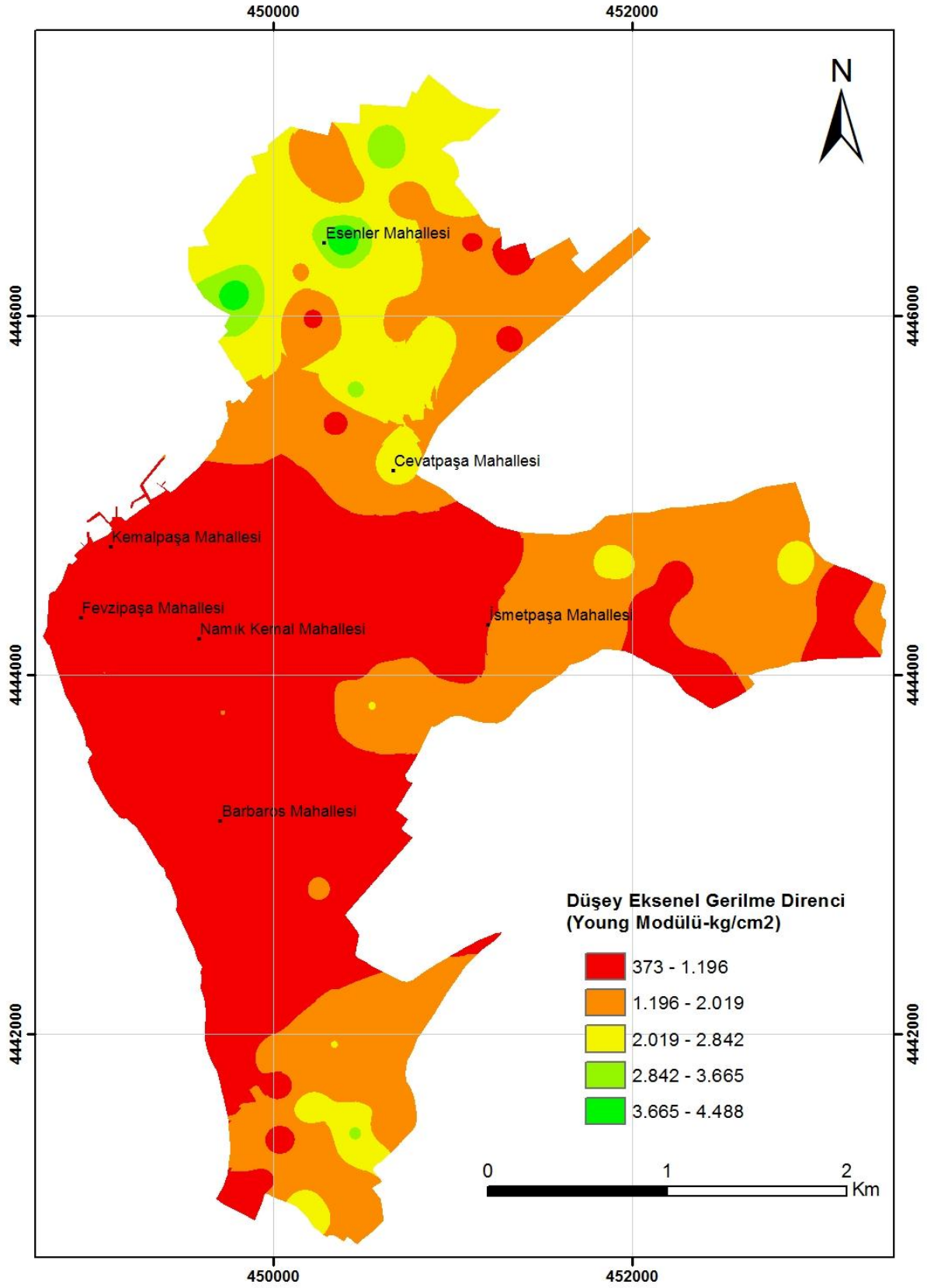
No	Koor. X	Koor. Y	Elastisite (kg/cm2)					
			(1 m)	(2 m)	(4 m)	(6 m)	(8 m)	(10 m)
1	34269.28	30101.94	635.64	558.17	1673.63	3301.69	4337.85	5153.69
2	33871.54	29930.56	663.27	1547.24	3114.86	3532.67	9541.82	14818.65
3	34304.85	29749.47	695.16	740.58	4141.6	4804.79	12739.85	12805.34
4	33796.67	30235.8	1690.78	1701.11	5791.44	5708.9	10829.2	12922.79
5	33361.77	30148.81	498.33	932.29	3110.1	4201.4	5498.76	8365.48
6	33208.8	30001.85	659.58	845.03	3137.39	4747.37	4244.55	4221.25
7	33070.83	30217.8	1872.08	2249.62	3134.62	3270.44	4187.31	
8	32731.91	29875.87	996.51	1641.03	2677.67	2977.27	3459.39	3874.33
9	32476.96	29803.89	574.48	1321.38	1373.36	3163.22	3810.86	4413.54
10	32144.03	29848.88	676.84	1136.35	1986.99	2399.01	2679.04	4269.56
11	32356.99	30307.78	859.54	918.83	2445.01	4950.24	5555.27	7740.05
12	32791.89	30232.8	499.78	1509.14	906.46	2002.24	2514.35	2906.49
13	32974.85	30235.8	1572.87	2273.47	2696.76	5289.87	6312.67	6468.99
14	33583.72	30244.79	1259.59	1301.51	2835.45	5159.1	5294.8	15618.76
15	32138.04	29650.92	908.86	1123.66	1995.57	2215.14	1777.05	
16	31901.09	30031.84	825.77	779.64	1293.4	3429.26	3271.13	2957.11
17	31745.12	30109.82	767.92	791.38	1502.84	2570.7	2680.09	2587.3
18	31820.1	30298.78	852.31	876.07	1493.03	2765.26	4236.42	4196.53
19	31979.07	30235.8	684.78	882.15	1149.43	2153.74	2886.8	3483.66
20	31736.12	29848.88	717.61	1112.17	2512.28	2146.32	2014.86	2112.83
21	34504.52	29935.86	1591.66	1591.66	1950.59	8546.76	8828.83	11545.47
22	34039.62	30226.8	1658.77	2644.94	4182.68	9608.62	9738.35	10444.64
23	33457.75	29668.92	727.3	861.12	960.25	2858.1	7489.59	
24	33475.74	29866.88	1742.35	1742.35	3548.55	7255.54	8009.64	8812.61
25	33310.78	29722.91	645.87	562.09	2487.58	4282.51	5077.46	
26	30740.34	26180.68	1098.17	1439	1744.75	2243.03	2521.38	1853.76
27	30968.29	26645.58	511.85	714.97	1450.55	1927.45		
28	30863.31	26465.62	398.87	418.81	825.52	721.19	753.88	
29	30707.35	26444.62	841.87	942.46	1242.76	1438.11	1563.46	
30	30866.31	27419.41	556.74	918.62	958.78	1007.06	1032.86	1089.78
31	30662.36	28181.24	553.35	784.36	1671.97	2290.08	2652.75	2757.97
32	30620.37	28577.16	749.04	1086.63	1804.34			
33	30551.38	28868.09	351.99	1059.55	1091.7			
34	30020.5	29494.96	555.09	749.28	854.23			
35	30182.46	29605.93	678.91	1197.95	2266.57	2964.31	3284.89	3606.85
36	30845.32	29386.98	1189.52	1200.76	1007.84	1216.76	1513.72	1483.48
37	30998.28	29551.94	634.66	658.94	1328.82	1451.82	2669.12	2609.17
38	31283.22	29671.92	659.49	677.82	1069.86	2322	2393.86	3449.09
39	31568.16	29632.93	985.78	1014.37	645.84	1191.83	1277.76	3029.31
40	31325.21	29470.96	808.48	833.73	1246.75	3007.26	2913.02	3232.01
41	30977.29	29222.02	698.04	955.98	975.83	2410.33	5126.81	5308.35

Çizelge 9.11-Devam								
42	31133.26	28880.09	601.35	928.4	1648.91	1798.39	2058.13	3045.11
43	30986.29	28544.17	631.67	548.2	2164.76	2727.27	4945.03	
44	30773.33	27713.35	758.03	774.64	1288.35	1293.11		
45	30965.29	28121.26	820.58	835.96	1336.27	1945.36	1892.5	2129.82
46	31379.2	26984.51	1488.39	1591	12339.97	12660.84	13778.92	
47	31601.15	27047.49	1606.85	3002.01	4999.09	12218.89	18955.74	
48	31505.17	26753.56	1194.33	1894.82				
49	31298.22	26621.59	2292.6	2578.57	8787.24	9969.41		
50	30971.29	27698.35	463.1	373.02	1070.58	1538.93	1792.54	1822.69
51	31214.24	27902.31	804.1	745.96	2203.57	2855.51		
52	31133.26	27497.39	1313.01	1370.52	2621.11	6203.63	10384.29	11175.12
53	31538.17	27527.39	1591.8	1662.62	2873.12	3329.32	7531.56	8592.9
54	31658.14	27347.43	1751.74	1784.77	3155.06	3549.16	7462.1	8301.84
55	31484.18	27539.39	1248.54	2066.51	2356.31	4880.02	7036.1	8124.53
56	31331.21	27182.46	605.59	2605.73	1211.72	2847.85	4721.7	5879.59
57	31097.26	26774.55	1028.53	1103.1	1029.21	1115.01	1567.19	1593.49
58	31202.24	27014.5	784.14	847.77	978.91	1102.8	1811.47	1837.68
59	31187.24	27299.44	874.39	926.15	1027.2	2009.37	1764.63	5524.62
60	31379.2	28412.19	1075.79	1378.37	1478.62	1699.67		
61	31211.24	28457.18	518.81	638.48	638.48	1736.13	2393.17	
62	31553.16	28529.17	857.59	1015.4	1045.59	3358.99	3546.76	3881.46
63	31784.11	28817.11	738.79	760.61	1332.91	1446.34	1545.45	1614.92
64	31436.19	28919.08	661.25	816.68	878.44	2088.2	2735.57	3316.9
65	31286.22	28757.12	538.15	715.23	1525.4	2960.17	3543.49	
66	32093.05	29494.96	663.38	1248.96	1438.49	2346.75	3778.98	4399.25
67	31871.09	29629.93	1175.14	1213.53	3274.58	7006.36	9088.59	9792.81
68	31676.14	29431.97	1952.27	2065.02	3627.86	5660.52	12039.32	
69	31565.16	29503.96	1344.84	1395.92	3078.51	3301.3	8698.68	9681.3
70	31562.16	28811.11	722.88	786.72	1152.27	2570.93	4152.23	4341.48
71	31352.21	28130.26	445.65	627.51	676.68	2130.63	2563.89	2585.97
72	31736.12	27080.49	1493.32	1769.13	2805	3006.1	3390.67	3527.55
73	31682.14	26576.6	943.19	1027.2	6160.73	6513.94	17795.6	37731.72
74	30872.31	26045.71	554.23	1063.26	2251.74	2609.24		
75	31151.25	26033.71	1042.18	1688.77	4146.01	5281.6	6121.32	6449.12
76	30659.36	30451.75	764.28	862.89	1319.5	1879.92		
77	31160.25	30550.73	674.04	926.17	2199.31	2746.05	3408.41	4158.72
78	31529.17	30190.81	814.93	1000.7	1081.16	2413.74	3608.34	
79	30920.3	30223.8	498.19	902.27	1018.2	1790.19	3354.17	
80	31091.26	30133.82	610.52	832.8	1310.45	1823.24	1854.16	
81	31127.26	29677.92	729.52	754.29	1767.39	1136.98	1192.78	1245.91
82	31472.18	31018.62	478.93	970.06	6935.89	7417.04	7942.77	
83	31262.23	30796.67	742.13	1196.5	972.74	4546.45	5144.92	5555.17
84	31805.11	30769.68	1841.95	2390.78	7022.53	7675.02	36885.41	55185.98
85	30194.46	29686.92	742.13	796.58	827.87	911.8	1393.22	1509.77

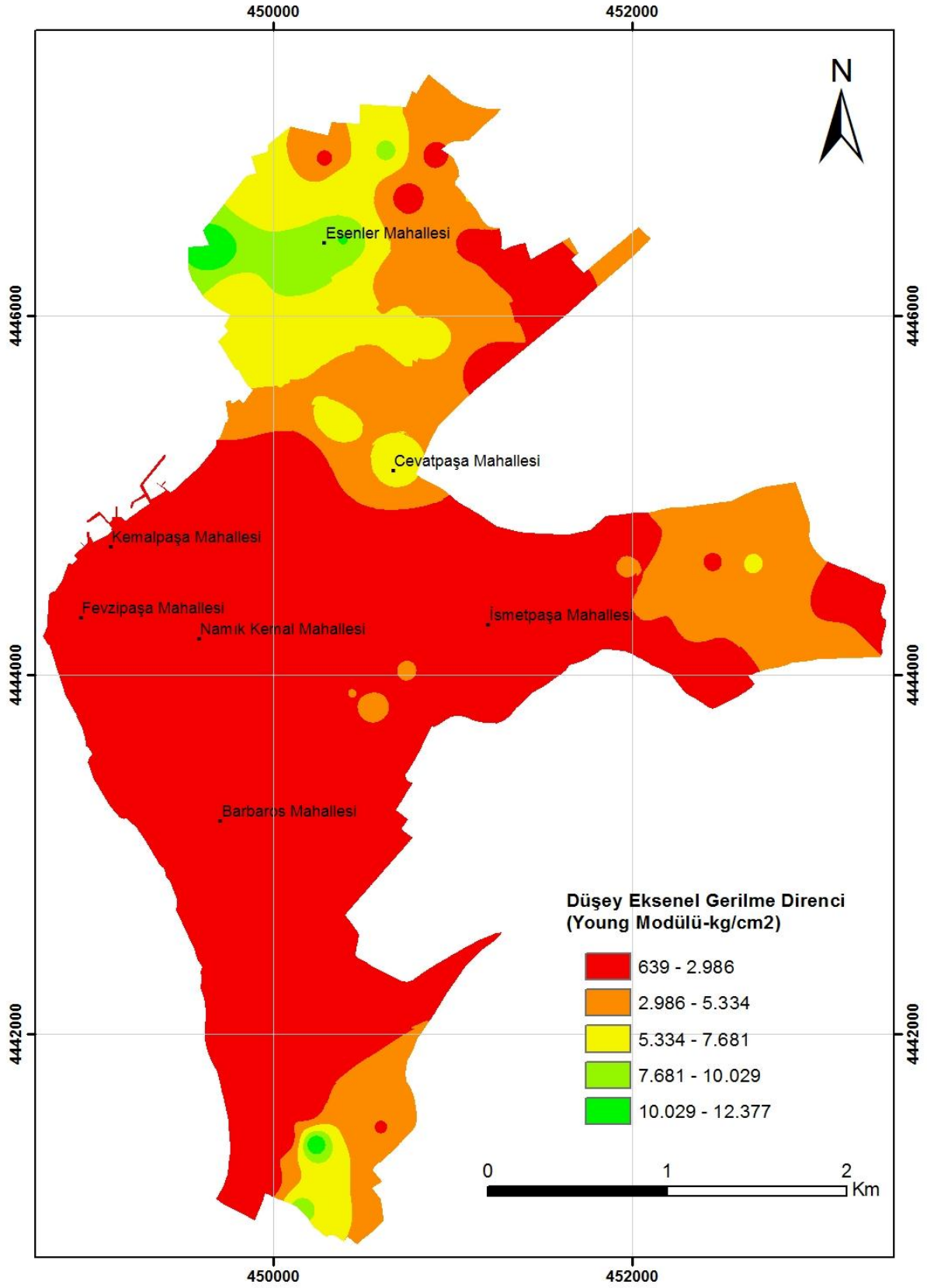
Çizelge 9.11-Devam								
86	30506.39	29617.93	728.67	1061	2041.42	2903.24	6373.98	
87	32294	31303.56	929.15	1846.36	1714.61	1784.4	3356.36	3403.13
88	31571.16	31189.59	1703.74	3002.61	3681.16	17546.57		
89	31832.1	31615.49	1281.48	1349.43	5477.14	6045.76	45946.77	
90	32108.04	31729.47	1184.33	1224.57	3673.58	4218.38	9085.89	10611.01
91	32428.97	31942.42	370.36	685.91	1996.87	3906.96	4593.98	5332.12
92	32422.97	31477.52	585.87	997.82				
93	32003.06	31495.52	2011.51	2666.38	6526.55	12176.79	17647.63	23381.92
94	31805.11	31810.45	1163.98	2530.95	4136.34	18543.79	19590.82	
95	31622.15	31657.48	1271.35	2702.25		9932	11849.91	32953.46
96	31334.21	31588.5	728	996.02	5651.59	6446.38	24533.91	
97	31265.23	31852.44	1420.16	1950.25	9709.75	10443.12	37025.53	
98	30995.29	32272.35	1358.44	2651.92	6308.98	17361.53	18974.75	26785.45
99	30782.33	31969.42	2022.39	2101.56	12376.87	11904	19938.49	20878.51
100	30896.31	31723.47	3487.8	4075.85	6112.27	6146.74	27808.72	29785.06
101	32003.06	32503.3	1083	2249.09	2411.25	4531.09	6645.81	7513.3
102	31736.12	32524.29	3436.75	3551.44	8332.05			
103	31499.18	32029.4	1542.75	4487.89	10194.25	11223.59		
104	31394.2	32479.3	1274.71	1335.52	2533.99	11541.87	12901.51	16545.83
105	31496.18	32332.34	860.82	1412.36	6990.18			
106	31850.1	32266.35	910.01	1686.13	1832.17	2557.1	3302.36	3444.6
107	32216.02	32020.4	1028.65	1047.18	2337.54	3411.8	6329.04	7275.37
108	32192.02	32257.35	1281.02	2578.44	5351.53	9411.93	10654.24	14118.37
109	32279	31840.44	1752.02	1786.79				
110	32638.93	31687.48	1022.9	1747.19	2504.38	2582.76	4539.89	9312.08



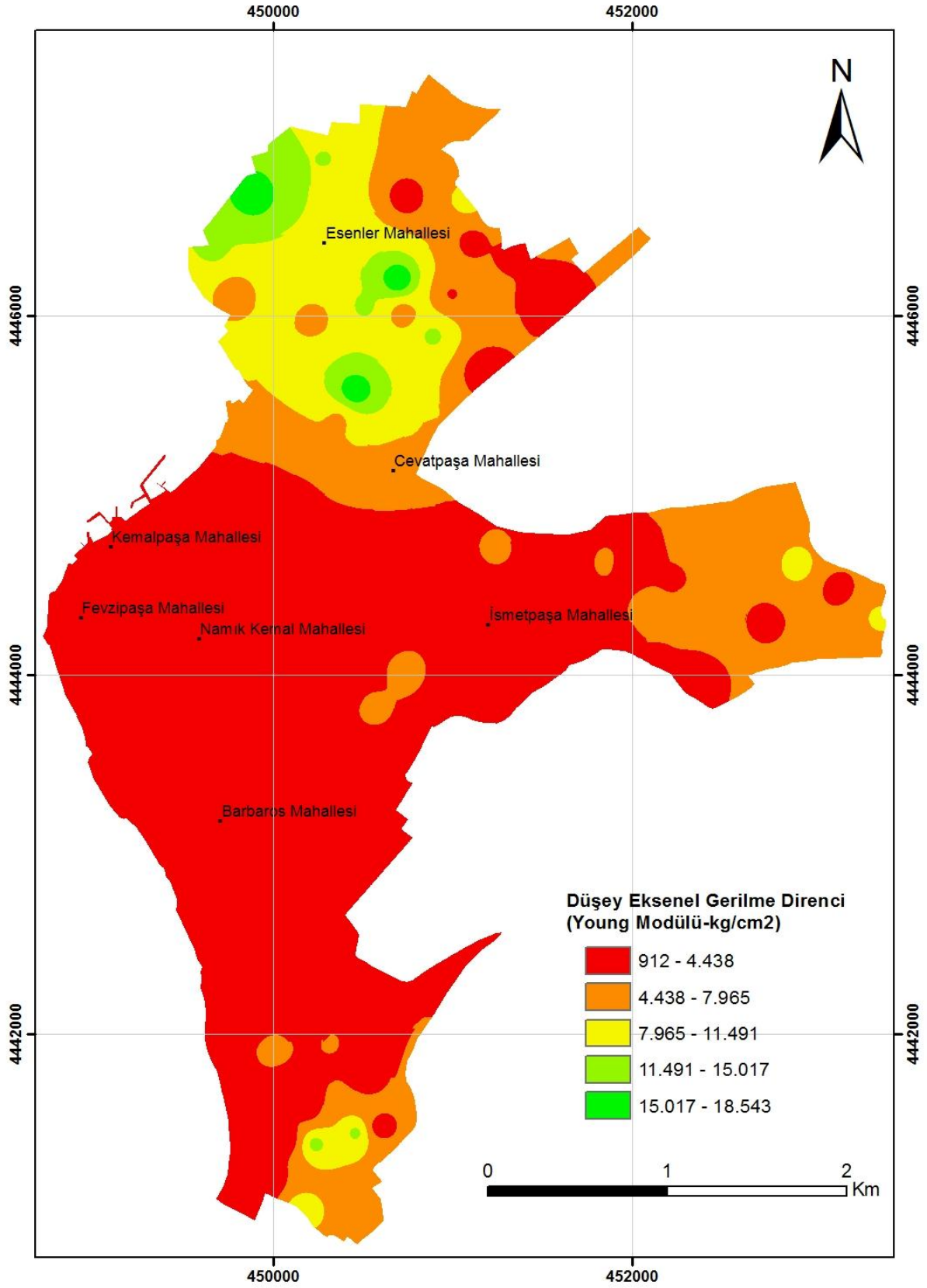
Şekil 9.13. 1 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası



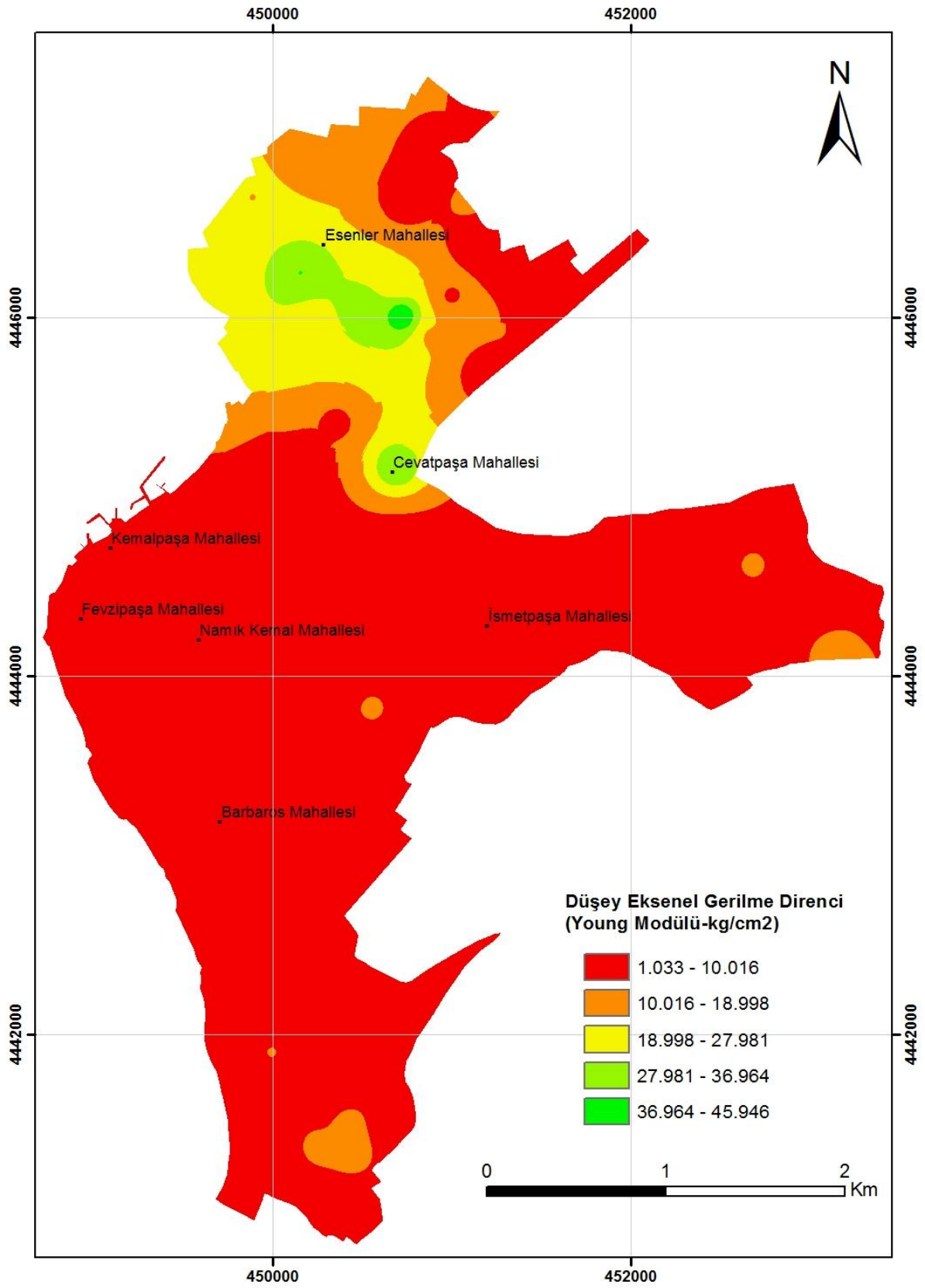
Şekil 9.14. 2 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası



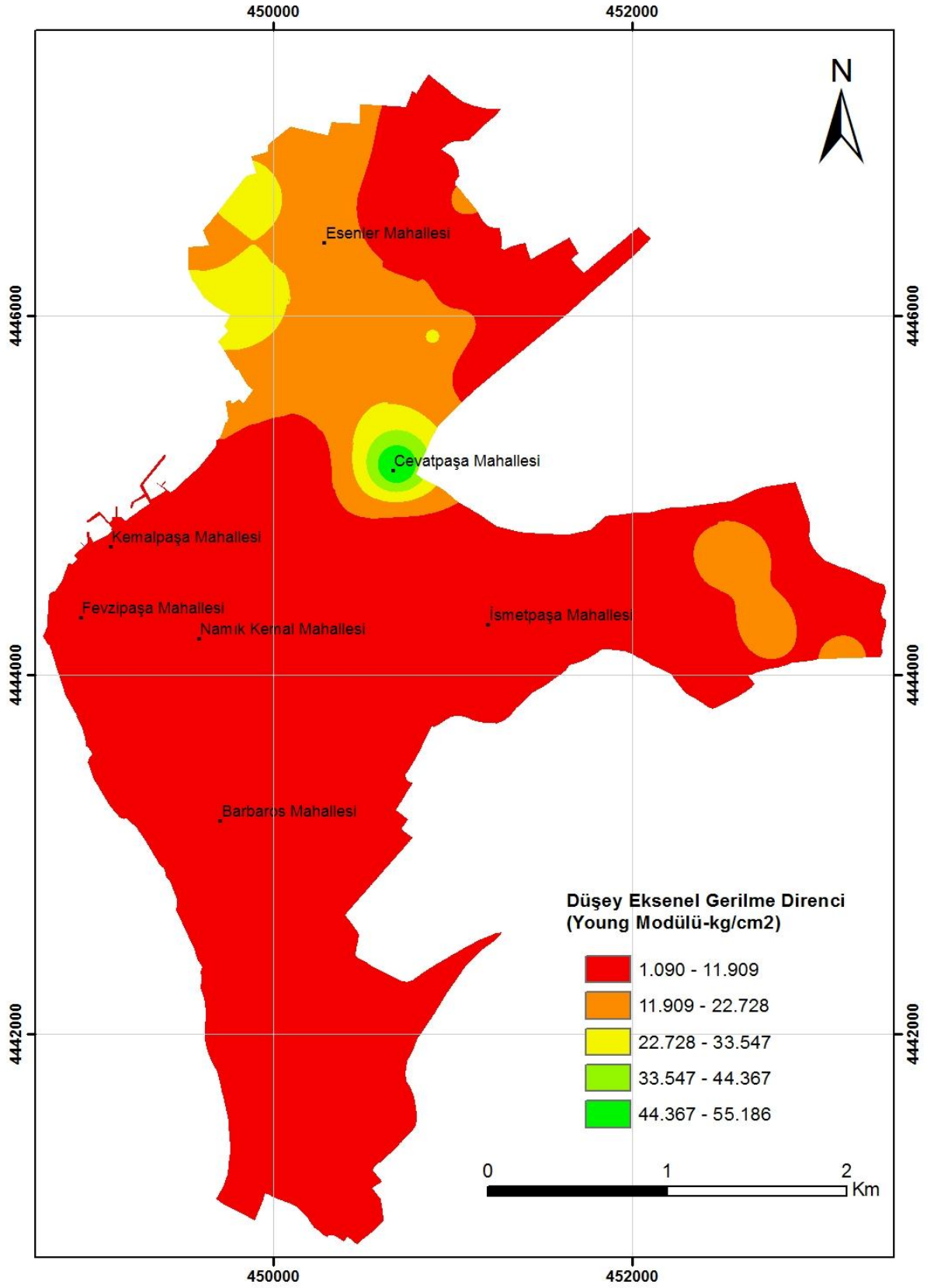
Şekil 9.15. 4 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası



Şekil 9.16. 6 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası



Şekil 9.17. 8 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası



Şekil 9.18. 10 m derinlik için düşey eksenel esneklik direnç (Young Modülü) dağılım haritası

IX.3.2. Makaslama (Shear) Modülü

Yerin yanal yönde esneme direncini belirlemek üzere sismik hızlara dayalı olarak Eşitlik 9.2’de verilen bağıntı yardımıyla hesaplama yapılır.

$$G_{\max} \left(\text{kg} / \text{cm}^2 \right) = \frac{\gamma \cdot V^2 s}{100} \quad (9.2)$$

Herbir tabakadaki sismik hızlardaki değişim bağıntıya da benzer şekilde yansıtacağından doğrusal bir ilişki kurmak mümkün olacaktır. Eşitlik 9.2’de verilen bağıntıya dayalı olarak yapılan hesaplamalar sonucu herbir sismik hız değerine bağlı makaslama modülü değeri elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 9.12’de verilen kriterler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu çizelgede bir sonraki aşamada yapılacak değerlendirmenin kolaylığı açısından ayrıca renklendirme yapılarak ölçülen sismik hız değerlerine göre eldilen elastisite modülü değerleri renklerle tabloda ayrılmıştır. Çizelge 9.13’de ise elde edilen makaslama modülü hesaplama sonuçları verilmiştir. 10 metre derinliğe kadar elde edilen makaslama modülü değerleri ile alana yaygın kat haritaları 1, 2, 4, 6, 8 ve 10 metreler için elde edilmiştir (Şekiller 9.19-9.24).

Çizelge 9.12. Dinamik kayma (Shear Modülü) Modülüne göre yer nitelemesi

G (kg/cm2)	Özellik	
< 600	Gevşek-Yumuşak	
600 -3000	Orta Sıkı-Bozuşmuş	
3000 –10000	Sıkı Katı	
>10000	Çok Sıkı Sert	

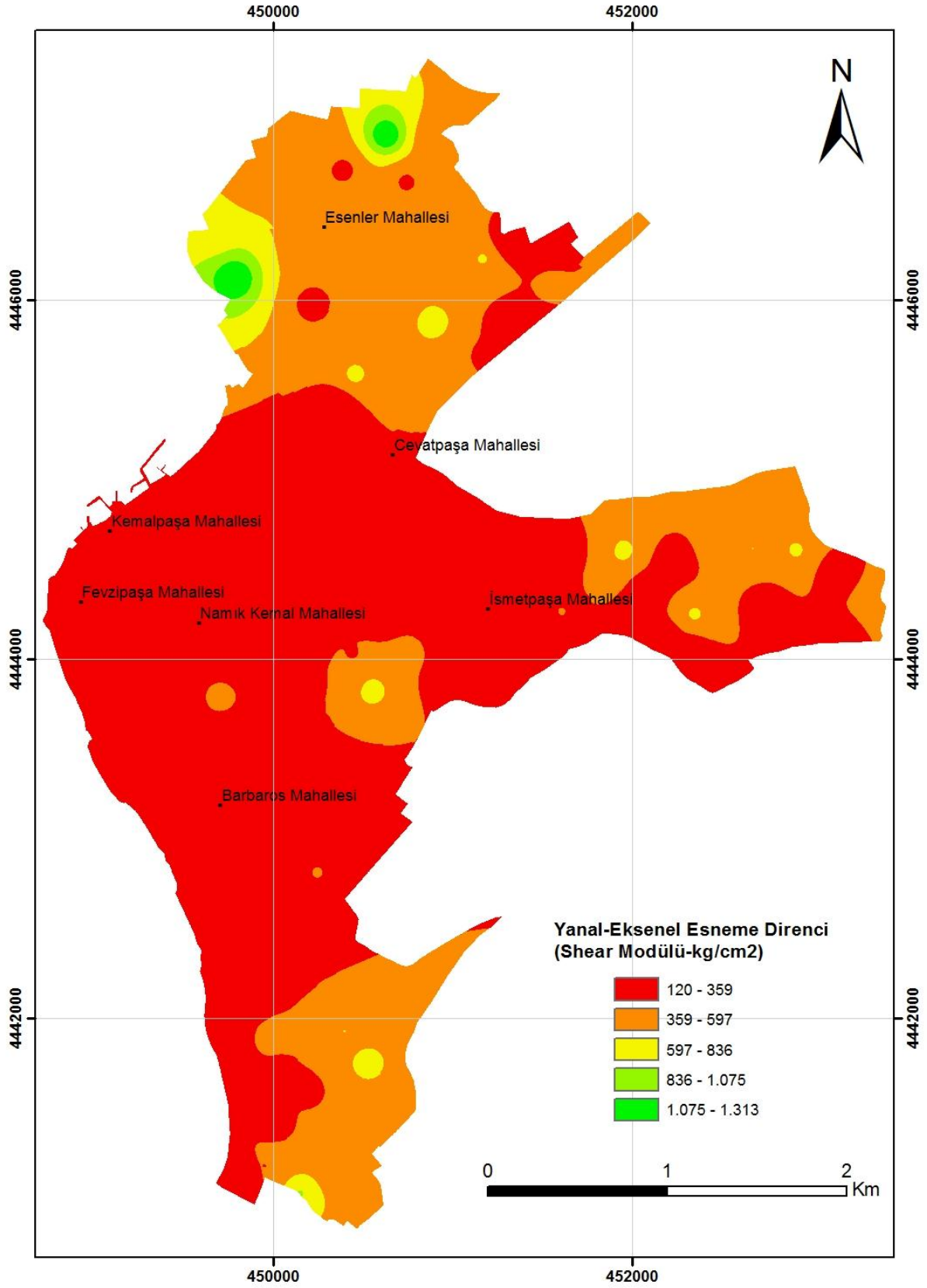
Çizelge 9.13. Makaslama modülü (Shear Modülü) hesaplanması ve nitelik değerlendirmesi (Sarı: gevşek zemin, Mavi: Orta zemin, Kırmızı: Sağlam zemin, Turuncu: Çok sağlam zemin)

Nokta No	Koordinat x	Koordinat y	Kayma Modülü (Kg/cm2)					
			1 m	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m
1	34269,3	30101,9	218,643	191,564	585,268	1180,11	1538,61	1804,26
2	33871,5	29930,6	236,031	574,702	1168,45	1262,19	3538,39	5197,04
3	34304,9	29749,5	246,489	257,971	1494,52	1672,11	4512,81	4524,29
4	33796,7	30235,8	597,774	598,803	2047,43	2033,96	3905,37	4607,94
5	33361,8	30148,8	173,098	320,381	1093,28	1823,33	2014,78	3026,92
6	33208,8	30001,9	233,927	302,486	1182,53	1683,22	1463,3	1448,01
7	33070,8	30217,8	668,02	787,188	1081,35	1123,83	1440,92	
8	32731,9	29875,9	360,073	608,66	986,66	1055,77	1213,21	1355,04
9	32477	29803,9	200,101	481,518	491,265	1225,19	1391,26	1542,58
10	32144	29848,9	237,501	404,147	705,563	870,139	951,375	1454,21
11	32357	30307,8	309,088	323,978	874,908	1770,71	1933,31	2694,12
12	32791,9	30232,8	172,201	513,415	312,785	697,694	873,66	1005,99

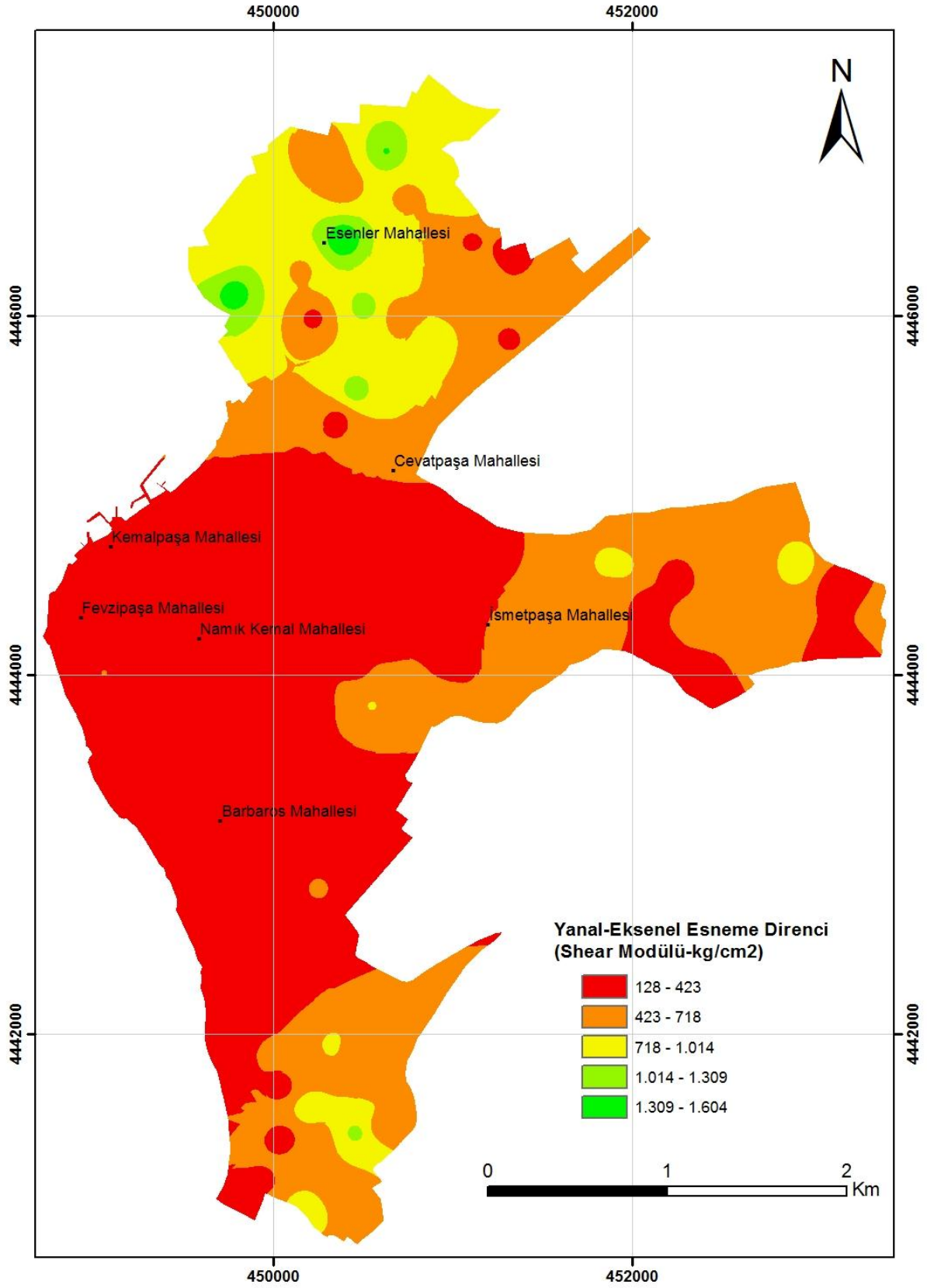
Çizelge 9.13. Devam								
13	32974,9	30235,8	547,79	793,914	930,889	1838,57	2202,7	2247,96
14	33583,7	30244,8	436,994	449,621	991,252	1808,43	1840,02	5463,32
15	32138	29650,9	324,105	400,985	714,568	775,919	612,818	0
16	31901,1	30031,8	287,258	269,559	447,151	1198,52	1132,56	1015,82
17	31745,1	30109,8	266,673	273,69	521,021	891,623	924,755	887,641
18	31820,1	30298,8	292,668	300,281	512,048	952,115	1469,48	1457,68
19	31979,1	30235,8	235,973	303,292	393,664	738,278	988,772	1191,37
20	31736,1	29848,9	248,525	389,544	905,246	753,513	700,097	732,573
21	34504,5	29935,9	561,324	561,324	673,582	3063,21	3133,07	4115,86
22	34039,6	30226,8	615,314	940,199	1468,75	3378,99	3403,35	3610,95
23	33457,8	29668,9	251,453	296,246	328,219	984,682	2616,57	0
24	33475,7	29866,9	627,511	627,511	1324,15	2896,22	2988,92	3160,74
25	33310,8	29722,9	222,225	192,367	860,741	1480,23	1758,41	0
26	30740,3	26180,7	385,682	506,398	606,901	777,088	869,084	633,476
27	30968,3	26645,6	175,981	245,48	499,053	659,265	0	0
28	30863,3	26465,6	137,172	143,535	283,419	246,068	256,986	0
29	30707,4	26444,6	288,654	322,642	424,715	490,806	533,089	0
30	30866,3	27419,4	190,271	314,121	327,534	343,548	352,164	371,259
31	30662,4	28181,2	189,526	268,011	570,862	780,917	904,835	940,025
32	30620,4	28577,2	258,615	377,331	633,276	0	0	0
33	30551,4	28868,1	120,339	364,079	374,345	0	0	0
34	30020,5	29495	191,633	258,208	291,939	0	0	0
35	30182,5	29605,9	239,008	429,758	810,407	1033,16	1130,12	1234,69
36	30845,3	29387	420,873	421,165	347,939	417,979	517,986	508,156
37	30998,3	29551,9	219,163	226,702	458,029	497,162	916,365	897,365
38	31283,2	29671,9	226,875	232,682	367,354	801,101	823,482	1183,82
39	31568,2	29632,9	349,302	356,857	223,566	410,108	437,571	1041,84
40	31325,2	29471	282,281	289,588	431,516	1047,2	1020,45	1114,62
41	30977,3	29222	238,935	327,602	334,036	827,975	1759,47	1817,94
42	31133,3	28880,1	208,589	323,533	573,271	618,763	705,001	1043,36
43	30986,3	28544,2	218,764	188,72	760,312	939,374	1705,71	0
44	30773,3	27713,4	258,987	264,634	440,712	440,279	0	0
45	30965,3	28121,3	284,997	289,568	463,275	673,899	650,967	727,693
46	31379,2	26984,5	525,794	554,18	4605,99	4517,26	4814,52	0
47	31601,2	27047,5	568,742	1101,45	1887,59	4390,29	6731,33	0
48	31505,2	26753,6	409,194	649,962	0	0	0	0
49	31298,2	26621,6	844,054	911,128	3199,03	3494,02	0	0
50	30971,3	27698,4	160,145	127,993	368,495	527,258	613,067	623,269

Çizelge 9.13. Devam								
51	31214,2	27902,3	281,971	257,671	763,043	990,74	0	0
52	31133,3	27497,4	454,632	471,092	905,645	2163,69	3644,65	3880,91
53	31538,2	27527,4	599,464	612,943	1117,57	1203,78	2915,89	3116,16
54	31658,1	27347,4	667,782	673,466	1122,76	1231,49	2622,08	2866,63
55	31484,2	27539,4	453,884	813,758	864,329	1776,95	2542,26	2827,72
56	31331,2	27182,5	208,886	930,433	416,878	979,711	1627,37	2017,48
57	31097,3	26774,6	358,657	379,699	351,976	380,354	534,837	543,589
58	31202,2	27014,5	278,989	296,069	335,322	376,144	617,847	626,602
59	31187,2	27299,4	304,554	319,958	351,868	688,314	602,475	1894,27
60	31379,2	28412,2	371,216	473,578	505,884	581,698	0	0
61	31211,2	28457,2	178,491	218,926	218,926	593,942	819,616	0
62	31553,2	28529,2	298,875	353,954	362,773	1188,72	1239,71	1338,97
63	31784,1	28817,1	256,072	262,672	460,655	496,191	528,366	551,292
64	31436,2	28919,1	228,254	281,456	301,045	716,711	937,115	1132,78
65	31286,2	28757,1	185,226	245,563	524,911	1018,39	1217,88	0
66	32093,1	29495	230,569	439,497	500,065	816,448	1315,8	1524,69
67	31871,1	29629,9	417,168	427,228	1176,9	2599,65	3350,54	3506,79
68	31676,1	29432	713,009	738,744	1302,13	2006,21	4253,41	0
69	31565,2	29504	478,604	491,85	1121,65	1173,95	3225,46	3445,49
70	31562,2	28811,1	251,371	270,763	394,919	879,304	1424,29	1485,54
71	31352,2	28130,3	152,803	215,135	231,177	731,412	877,899	885,078
72	31736,1	27080,5	561,408	623,751	993,649	1048,55	1173,94	1215,8
73	31682,1	26576,6	325,2	351,868	2126,18	2236,84	6198,05	0
74	30872,3	26045,7	189,613	363,381	769,758	890,883	0	0
75	31151,3	26033,7	358,603	583,3	1441,05	1823,62	2098,87	2205,36
76	30659,4	30451,8	262,9	294,475	450,141	640,889	0	0
77	31160,3	30550,7	235,064	324,835	766,804	948,082	1170,07	1423,61
78	31529,2	30190,8	283,338	347,132	372,319	834,052	1238,5	0
79	30920,3	30223,8	174,3	310,963	348,652	613,032	1147,57	0
80	31091,3	30133,8	211,334	286,493	448,224	622,598	632,846	0
81	31127,3	29677,9	250,444	258,405	610,659	389,636	407,807	425,335
82	31472,2	31018,6	164,69	335,815	2578,84	2596,16	2749,26	0
83	31262,2	30796,7	263,275	417,68	334,9	1580,78	1787,84	1912,53
84	31805,1	30769,7	804,459	882,366	2528,24	2694,42	0	0
85	30194,5	29686,9	263,275	278,039	286,507	313,088	476,456	515,006
86	30506,4	29617,9	258,623	371,949	711,667	993,602	2187,83	0
87	32294	31303,6	335,5	707,593	613,865	631,384	1238,48	1248,04
88	31571,2	31189,6	633,799	1138,47	1292,39	6248,6	0	0

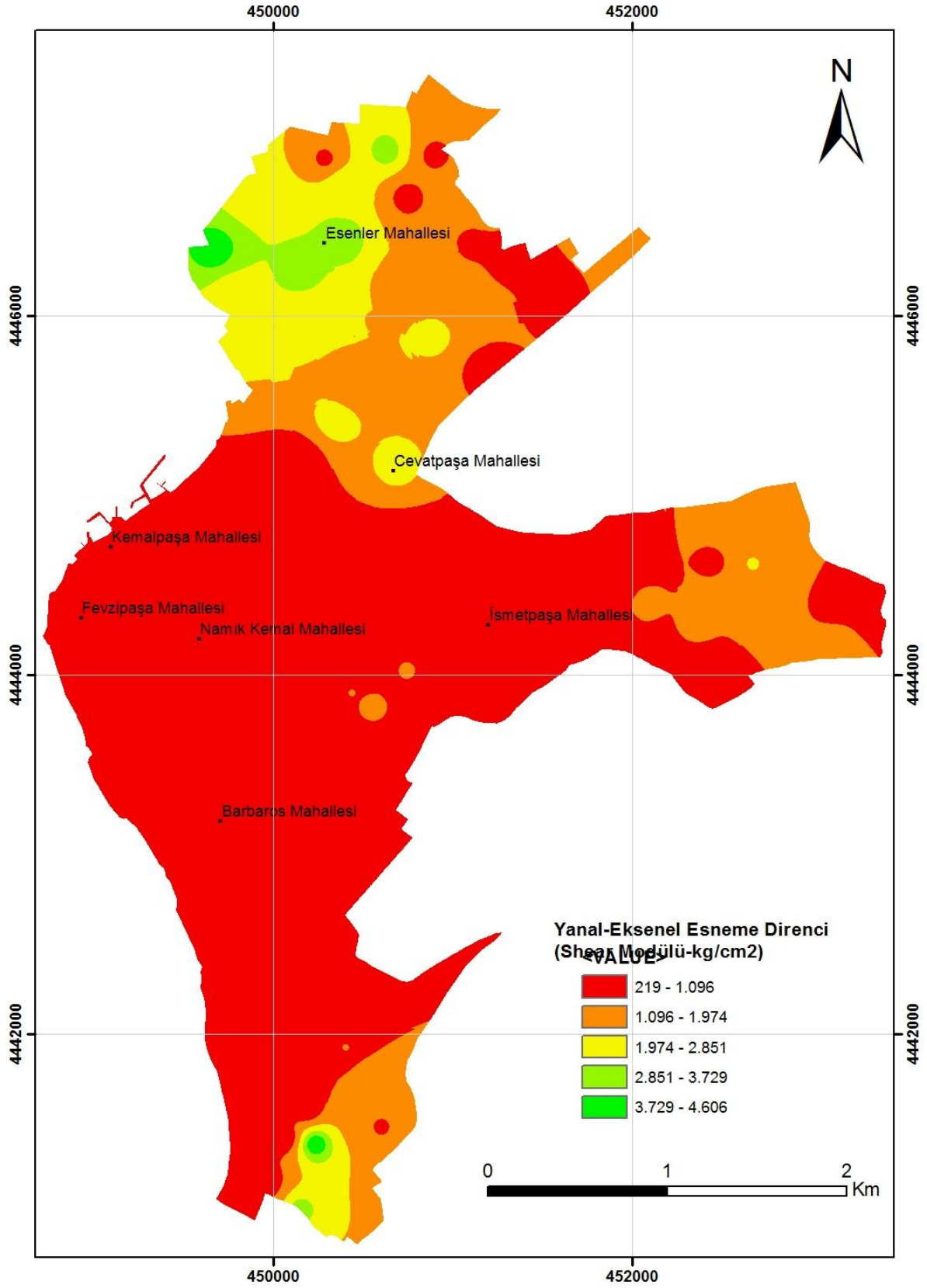
Çizelge 9.13. Devam								
89	31832,1	31615,5	447,29	467,218	1960,41	2110,83	0	0
90	32108	31729,5	428,603	438,029	1481,66	1568,08	3399,94	3746,04
91	32429	31942,4	128,013	240,019	749,568	1750,38	2106,62	2178,13
92	32423	31477,5	208,459	366,532	0	0	0	0
93	32003,1	31495,5	716,131	934,813	2345,01	4442,63	6441,98	8653,37
94	31805,1	31810,5	407,402	903,964	1489,28	6760,16	6931,22	0
95	31622,2	31657,5	483,178	1140,34	0	3787,25	4198,69	0
96	31334,2	31588,5	255,254	345,746	1996,74	2225,37	8634,51	0
97	31265,2	31852,4	523,005	669,288	3378,71	3599,63	0	0
98	30995,3	32272,4	469,182	920,953	2204,35	6165,34	6606,18	9278,39
99	30782,3	31969,4	697,374	722,172	4402,55	4288,1	8580,77	9303,94
100	30896,3	31723,5	1313	1443,04	2149,88	2159,25	0	0
101	32003,1	32503,3	382,929	821,12	858,773	1626,01	2360,49	2620,37
102	31736,1	32524,3	1298,55	1319,67	3365,88	0	0	0
103	31499,2	32029,4	536,817	1603,99	3617,65	3926,21	0	0
104	31394,2	32479,3	455,786	471,258	897,223	5378,71	5668,76	6331,31
105	31496,2	32332,3	301,616	490,412	2611,22	0	0	0
106	31850,1	32266,4	331,225	641,309	669,257	915,835	1159	1199,18
107	32216	32020,4	371,193	375,535	880,357	1305,54	3469,88	3522,87
108	32192	32257,4	445,122	899,623	1945,53	3504,79	3782,84	4945,42
109	32279	31840,4	617,466	626,896	0	0	0	0
110	32638,9	31687,5	366,263	652,214	954,617	968,356	1735,46	3693,14



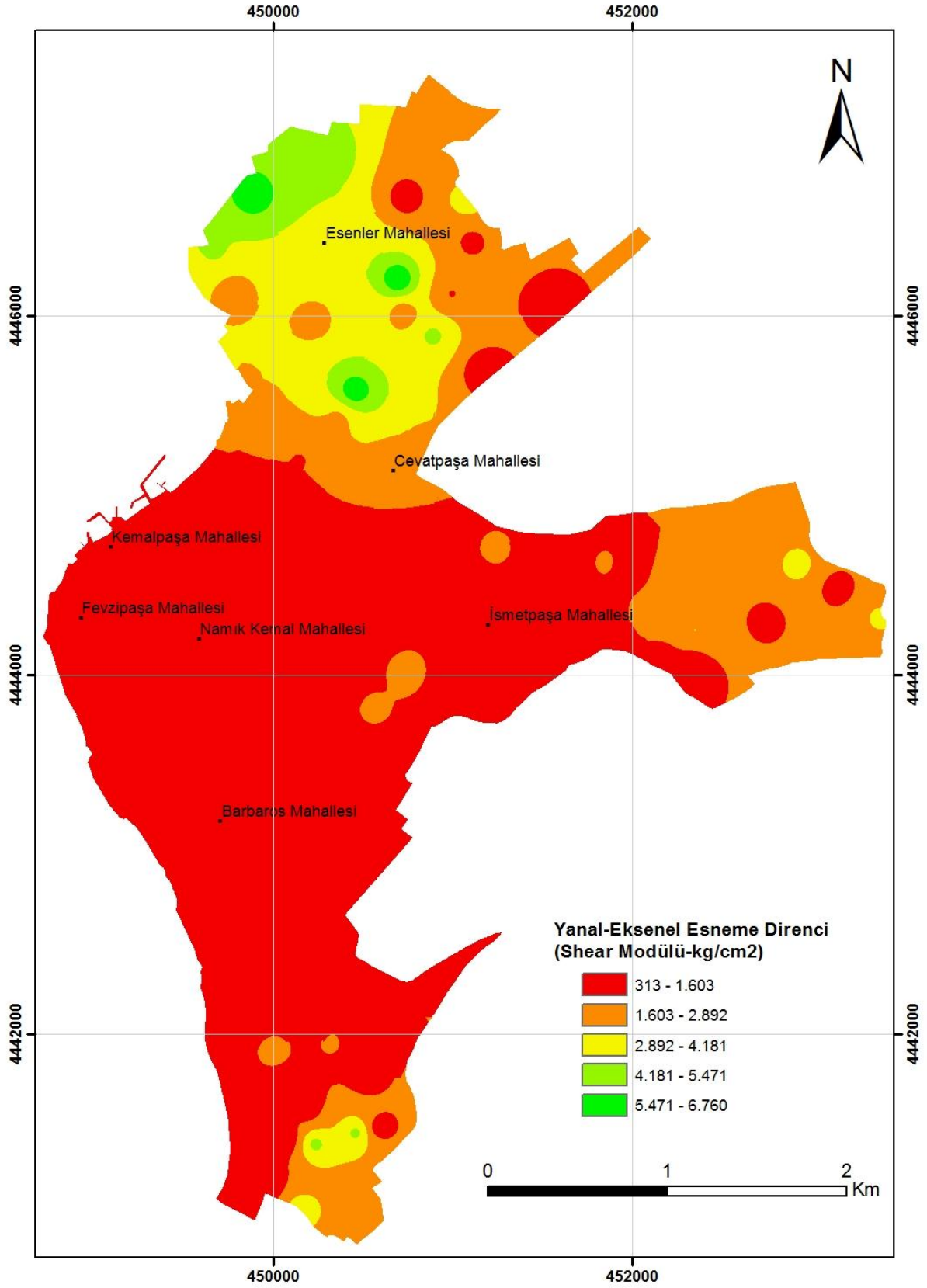
Şekil 9.19. 1 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası



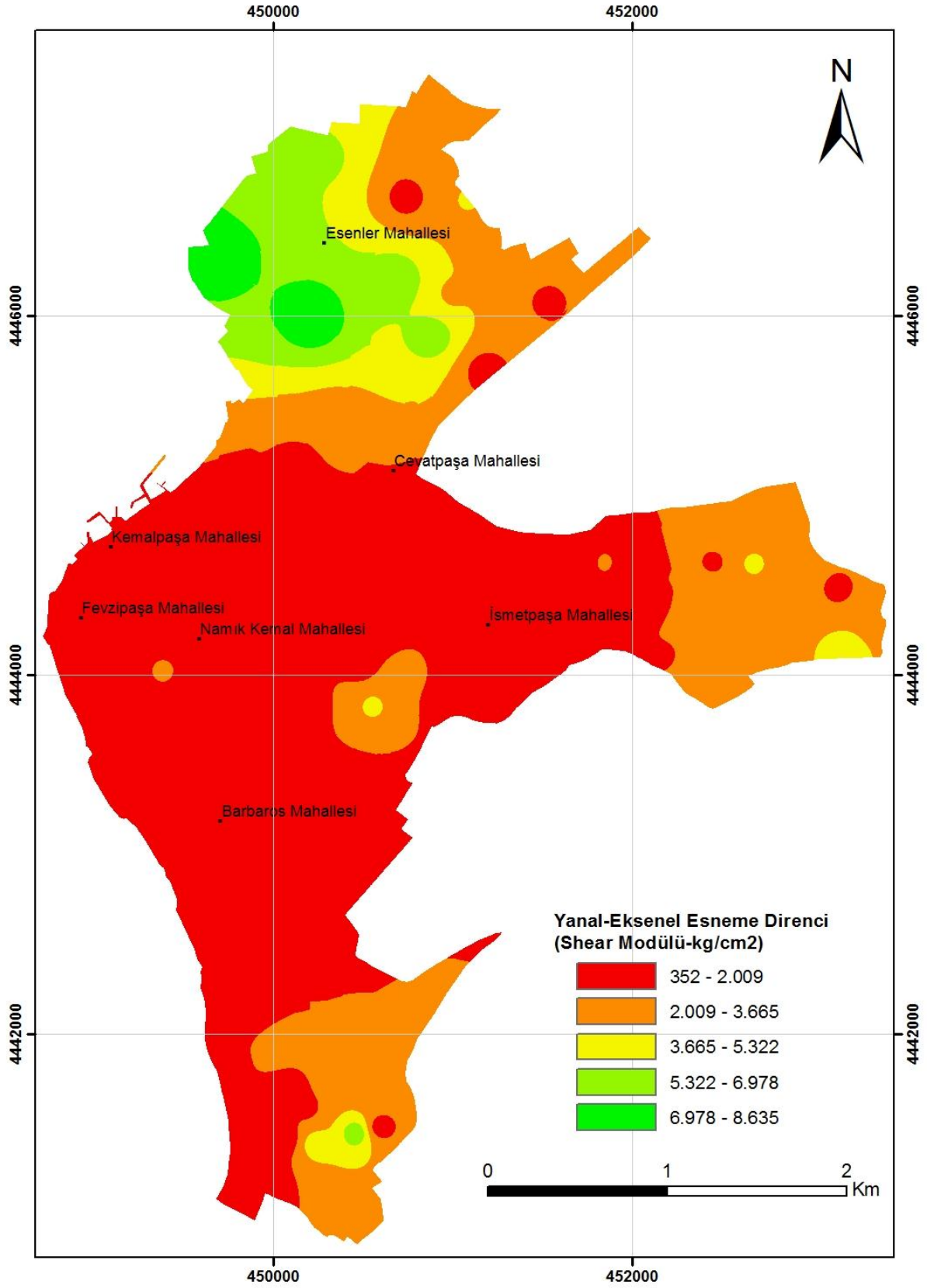
Şekil 9.20. 2 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası



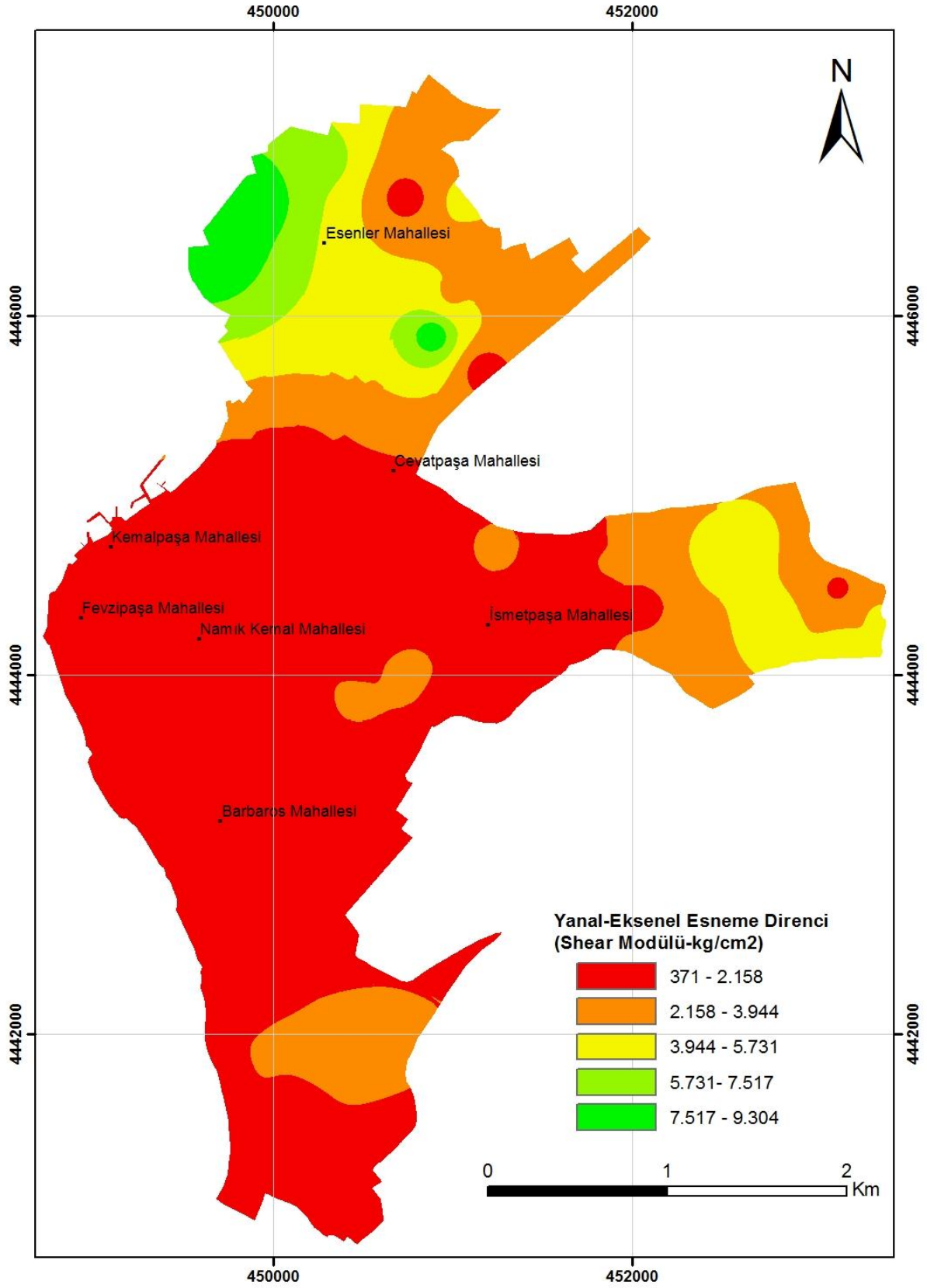
Şekil 9.21. 4 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası



Şekil 9.22. 6 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası



Şekil 9.23. 8 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası



Şekil 9.24. 10 m derinlik için yanal eksenel esneklik direnç (Makaslama Modülü) dağılım haritası

IX.3.3. Bulk (Sıkışmazlık) Modülü

Yerin hacimsel olarak esneme direncini belirlemek üzere sismik hızlara dayalı olarak Eşitlik 9.3’de verilen bağıntı yardımıyla hesaplama yapılır.

$$K \left(\text{kg/cm}^2 \right) = \gamma \cdot \left[\frac{V^2 p - \frac{4}{3} \cdot V^2 s}{100} \right] \quad (9.3)$$

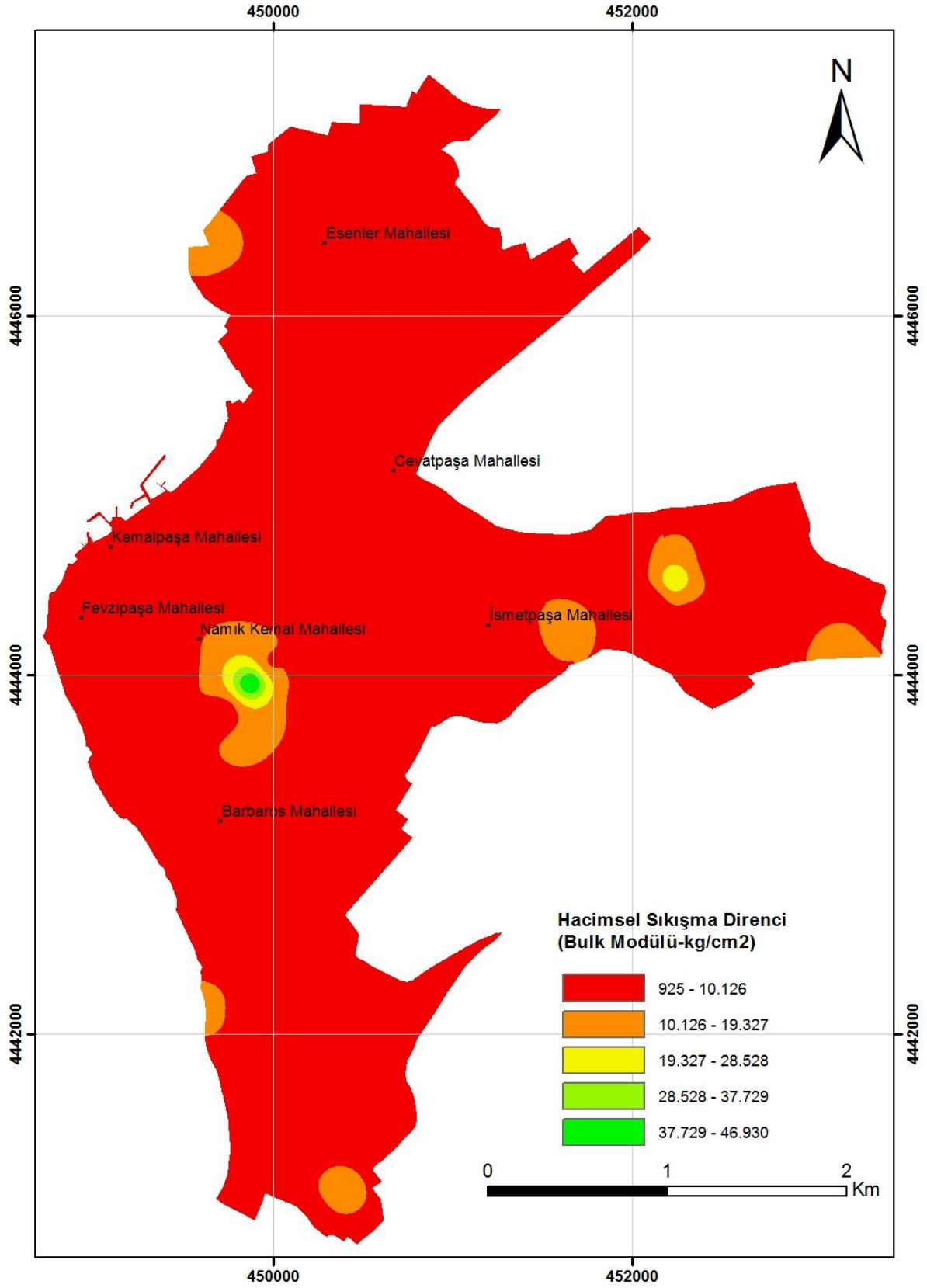
Herbir tabakadaki sismik hızlardaki değişim bağıntıya da benzer şekilde yansıyacağından doğrusal bir ilişki kurmak mümkün olacaktır. Eşitlik 9.3’de verilen bağıntıya dayalı olarak yapılan hesaplamalar sonucu Çizelge 9.14’de ki sonuçlara ulaşılmıştır. 10 metre derinliğe kadar elde edilen makaslama modülü değerleri ile alana yaygın kat haritaları 1, 2, 4, 6 ve 8 metreler için elde edilmiştir (Şekiller 9.25-9.29).

Çizelge 9.14. Bulk modülü hesaplanması

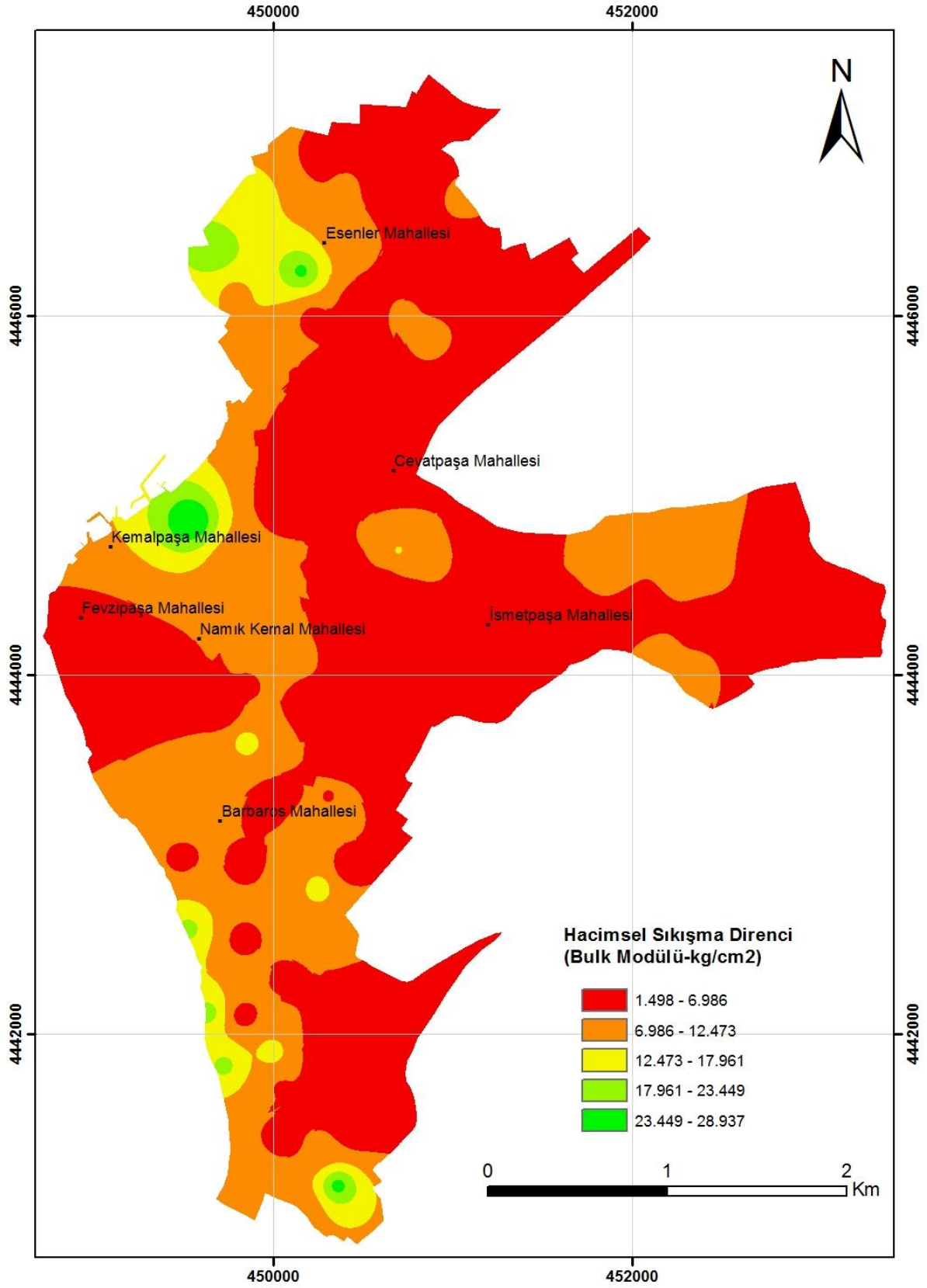
Nokta No	Koordinat x	Koordinat y	Bulk 1m	Bulk 2m	Bulk 4m	Bulk 6m	Bulk 8m	Bulk 10m
1	34269.28	30101.94	6327.58	6949.07	6799.61	7583.34	11742.86	20138.27
2	33871.54	29930.56	1667.99	2040.12	3710.81	8174.78	12809.09	54613.29
3	34304.85	29749.47	1896.1	3494.65	8014.39	23598.64	35582.01	38149.81
4	33796.67	30235.8	4951.54	5604.12	16989.05	14000.2	21170.58	31145.29
5	33361.77	30148.81	2665.1	10132.87	10665.01	2158.79	8521.67	15500.11
6	33208.8	30001.85	1789.69	1885.81	3572.53	12967.58	35254.29	55634.94
7	33070.83	30217.8	4445.49	8938.64	24860.63	35697.86	40233.53	
8	32731.91	29875.87	1887.3	2198.14	3868.25	8105.57	12759.48	15661.99
9	32476.96	29803.89	2717.28	2204.59	3105.8	2884.81	6197.69	18283.39
10	32144.03	29848.88	2452.46	2893.92	5242.28	4283.34	7055.41	348934.9
11	32356.99	30307.78	1764.71	2888.55	5492.98	11200.07	27269.29	37704.92
12	32791.89	30232.8	4334.86		7057.34	9316.21	13238.38	18686.96
13	32974.85	30235.8	7479.25	9722.99	20474.17	27498.84	27822.91	33931.02
14	33583.72	30244.79	7142.16	9379.73	11646.6	19327.52	27709.1	62867.31
15	32138.04	29650.92	2186.65	2664.51	4425.32	8499.23	14438.94	
16	31901.09	30031.84	4128.85	5338.2	8900.82	14225.08	20656.04	33377.19
17	31745.12	30109.82	4155.75	5332.8	8832.29	14774.98	20927.57	33544.68
18	31820.1	30298.78	10021.28	12716.27	20145.76	25326	24255.06	22439.31
19	31979.07	30235.8	5877.92	9172.92	18608.97	30930.79	46188.83	71456.37
20	31736.12	29848.88	4461.62	4277.36	4981.36	7655.37	10610.16	12353.13
21	34504.52	29935.86	4978.04	4978.04	14432.44	18629.05	23629.96	27961.69
22	34039.62	30226.8	2219	6812.58	14815.32	32572.17	40472.62	71817.67
23	33457.75	29668.92	4989.81	8466.77	21841.64	24937.71	31515.97	
24	33475.74	29866.88	3483.37	3483.37	4456.03	5450.83	10054.95	18957.57
25	33310.78	29722.91	6277.21	10181.81	16268.68	29851.68	31607.05	
26	30740.34	26180.68	3871.82	4779.14	8748.12	13683.72	21224.89	44291.25
27	30968.29	26645.58	5314.13	8506.21	14190.11	38489.87		

Çizelge 9.14-Devam								
28	30863.31	26465.62	4052.3	6176.57	9886.72	25804.51	38279.48	
29	30707.35	26444.62	11716.39	16274.59	29187.71	47457.67	71277.62	
30	30866.31	27419.41	13028	19253.9	24582.09	37983.57	47569.92	76766.52
31	30662.36	28181.24	8877.7	19105.08	49023.24	100375.8	104968.6	148413.1
32	30620.37	28577.16	5608.32	5893.51	6492.45			
33	30551.38	28868.09	7656.02	11617.83	15043.3			
34	30020.5	29494.96	4180.16	6414.03	20003.03			
35	30182.46	29605.93	2230.05	2566.18	5171.53	13672.16	32201.4	62831.57
36	30845.32	29386.98	3418.35	4409.92	7586.46	13728.28	27968.98	23444.56
37	30998.28	29551.94	4693.4	6455.2	11177.3	23978.62	31973.9	26298.15
38	31283.22	29671.92	6501.38	8230.05	12628.63	18283.67	23695.03	42580.39
39	31568.16	29632.93	2732.04	3399.33	4120.14	11493.76	20986.14	30589.03
40	31325.21	29470.96	3479.81	4465.54	8023.09	14385.7	11147.72	26166
41	30977.29	29222.02	12299.59	14271.05	17074.65	27254.74	64026.11	86638.6
42	31133.26	28880.09	3441.85	4306.42	8458.61	17498.86	32531.12	46391.69
43	30986.29	28544.17	3927.84	5092.08	7619.95	24264.5	39504.35	
44	30773.33	27713.35	18909.05	19782.9	25256.44	141785.7		
45	30965.29	28121.26	4413.97	5144.97	7849.82	11928.69	18855.72	52765.71
46	31379.2	26984.51	4450.54	7522.56	15451.23	30138.5	57668.37	
47	31601.15	27047.49	4575.22	4571.95	5600.19	25450	49956.8	
48	31505.17	26753.56	18341.81	25031.85				
49	31298.22	26621.59	3346.01	7663.33	14860.8	37550.81		
50	30971.29	27698.35	3133.88	4754.06	10070	23655.06	36365.26	38167.92
51	31214.24	27902.31	2974.7	5417.11	13809.32	16138.01		
52	31133.26	27497.39	8259.82	14551.43	18691.29	27820.19	37353.99	60351.1
53	31538.17	27527.39	1826.85	2387.55	2542.56	6240.32	6890.36	15383.5
54	31658.14	27347.43	1806.37	2011.28	7934.33	19992.92	25895.94	61676.42
55	31484.18	27539.39	2155.64	1685.41	3599.78	8229.62	13336.01	39712.83
56	31331.21	27182.46	4844.75	6104.16	11871.32	28041.97	39989.9	74794.95
57	31097.26	26774.55	4649.05	10354.44	21142.15	42910.73	52360.3	60693.8
58	31202.24	27014.5	1980.36	3615.99	15464.59	44229.33	73077.85	83040.85
59	31187.24	27299.44	4143.32	6661.87	16198.13	31658.25	52271.92	76763.61
60	31379.2	28412.19	8368.81	15283.93	28140.09	30698.14		
61	31211.24	28457.18	5085.14	8839.29	8839.29	33470.14	38837.44	
62	31553.16	28529.17	3967.07	4655.2	5912.53	9601.05	14658	30808.06
63	31784.11	28817.11	4394.57	5603.02	9365.31	18806.93	33555.82	49471.32
64	31436.19	28919.08	5020.12	6952.16	13018.5	25832.29	42837.06	91065.29
65	31286.22	28757.12	5076.34	8533	14663.23	29049.05	38007	
66	32093.05	29494.96	3446.44	4154.89	7413.23	11676.42	18155.36	26293.02
67	31871.09	29629.93	3119.65	3983.03	6786.72	9346.37	13054.54	21691.38
68	31676.14	29431.97	3158.31	4662.15	7699.94	15605.43	35920.97	
69	31565.16	29503.96	3377.47	4475.01	5147.66	8433.27	11688.15	24299.01
70	31562.16	28811.11	3674.39	7459.46	16916.55	51910.2	54907.34	80982.69
71	31352.21	28130.26	6186.89	8844.24	17130.51	25813.08	42914.43	46255.91

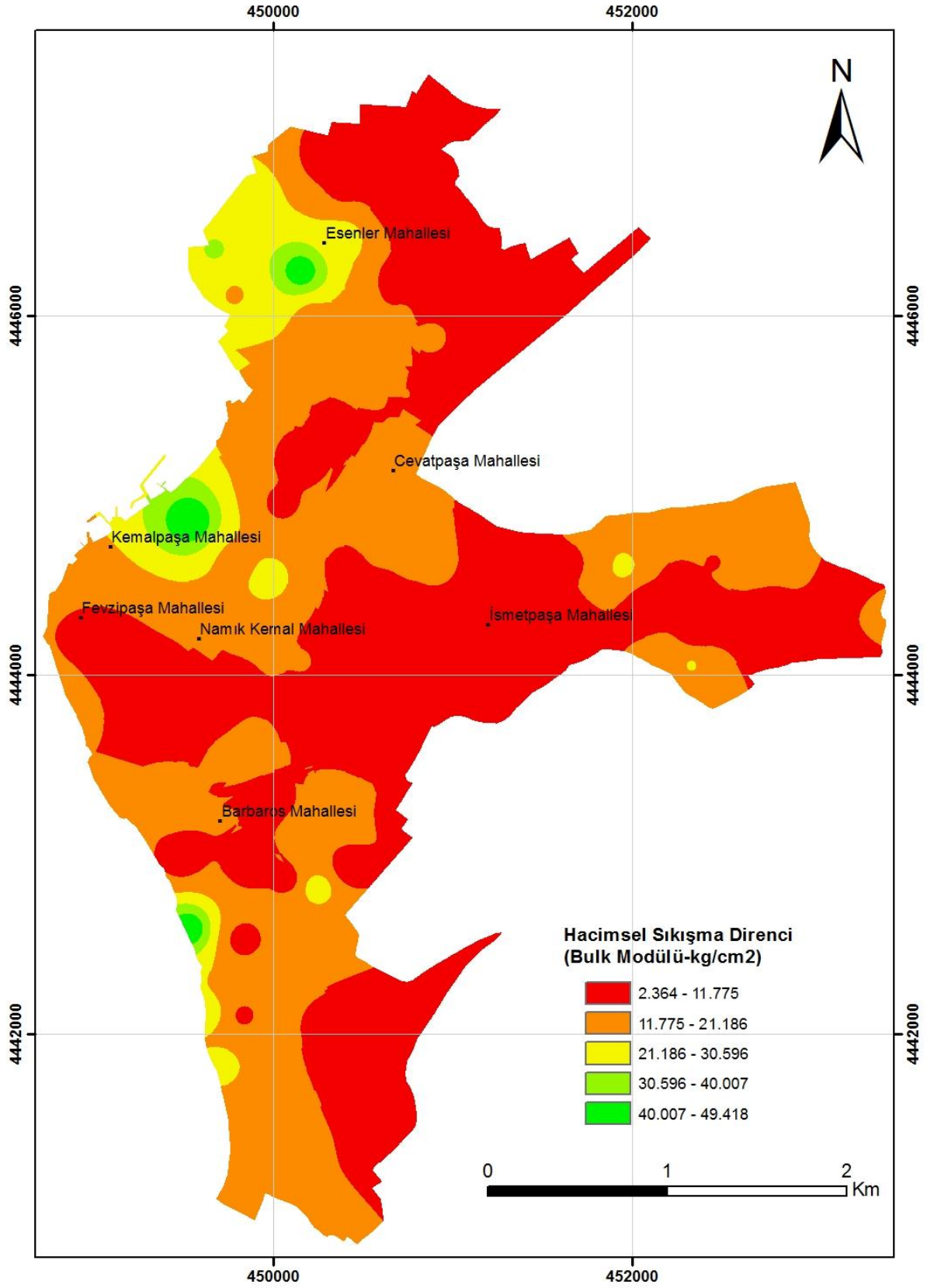
Çizelge 9.14. Devam								
72	31736.12	27080.49	1741.98	5571.52	7826.98	13436.26	21416.34	29869.58
73	31682.14	26576.6	7770.1	16198.13	47413.46	76315.99	84446.67	127169.9
74	30872.31	26045.71	10602.82	24823.77	49894.43	76267.04		
75	31151.25	26033.71	10082.92	12313	21526.83	39414.01	85015.01	134120.3
76	30659.36	30451.75	7595.87	28937.34	49603.49	91708.03		
77	31160.25	30550.73	3035.99	3407.28	9999.91	20584.79	41230.43	72463.19
78	31529.17	30190.81	4171.05	5710.63	9770.56	17137.04	44437.39	
79	30920.3	30223.8	1990.43	7660.32	16977.01	29578.72	63922.67	
80	31091.26	30133.82	3901.99	8212.58	26183.11	51520.46	59790.51	
81	31127.26	29677.92	8798.1	11755.91	12613.94	16923.46	25740.73	37815.88
82	31472.18	31018.62	4902.5	6174.48	9046.36	29165.33	50933.79	
83	31262.23	30796.67	2000.89	5186.86	8963.79	23233.03	26986.01	51290.84
84	31805.11	30769.68	925.24	3388.32	14129.01	27395.66	43296.54	59550.99
85	30194.46	29686.92	2000.89	3468.42	5358.26	10745.21	28699.55	58388.05
86	30506.39	29617.93	1943.12	3962.9	9327.14	52491.57	78210.9	
87	32294	31303.56	1779.79	1824.13	3813.81	5121.24	4768.27	5213.62
88	31571.16	31189.59	2209.69	3241.57	13117.64	43449.51		
89	31832.1	31615.49	5579.76	8514.85	12244.76	26042.96	28105.78	
90	32108.04	31729.47	2188.68	2770.78	2605.25	5515.4	11089.85	32271.51
91	32428.97	31942.42	2581.45	2724.23	2363.7	1802.8	1976.52	3540.46
92	32422.97	31477.52	1477.63	1497.46				
93	32003.06	31495.52	5010.5	9932.82	13593.76	19978.49	28748.82	32100.65
94	31805.11	31810.45	4585.36	5898.77	8311.07	30765.1	56365.36	
95	31622.15	31657.48	1345.05	1547.81		10218.32	32885.36	69338.76
96	31334.21	31588.5	2704.32	5494.47	16846.21	48706.53	81263.03	
97	31265.23	31852.44	2065.32	24424.05	47919.14	87841.94	107870.7	
98	30995.29	32272.35	9938.43	14329.07	26441.77	45733.84	91516.55	164670.1
99	30782.33	31969.42	16521.35	22930.73	31413.67	23719	10567.01	9800.01
100	30896.31	31723.47	4016.98	11526.29	20600.62	21522.6	33099.32	51270.91
101	32003.06	32503.3	3164.39	3656.24	5957.82	9651.14	17428.7	33742.38
102	31736.12	32524.29	3826.57	4662.18	5858.97			
103	31499.18	32029.4	7623.09	10320.16	27278.25	45061.43		
104	31394.2	32479.3	2906.33	4113.39	7152.16	4747.61	6346.13	16545.83
105	31496.18	32332.34	3270.64	7683.73	8681.57			
106	31850.1	32266.35	1543.6	1772.17	2957.23	5647.71	11897.44	16659.94
107	32216.02	32020.4	1990.53	2258.02	2681.39	3411.8	1852.58	2716.71
108	32192.02	32257.35	6738.3	11403.55	9233.63	12078.31	28172.32	54155.41
109	32279	31840.44	5579.73	6500.78				
110	32638.93	31687.48	2270.13	2185.63	2584.36	3092.28	4576.74	7267.85



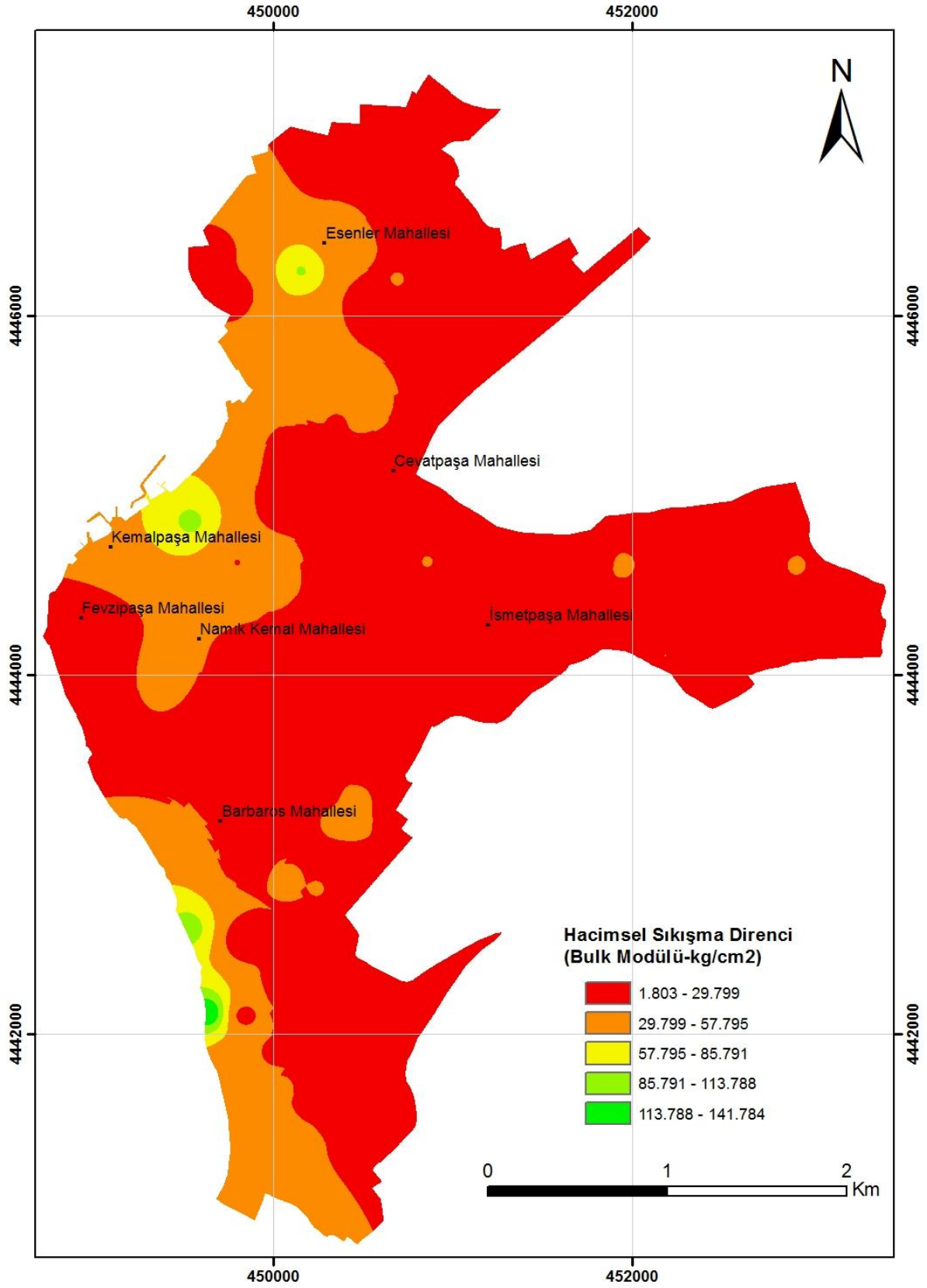
Şekil 9.25. Yüzeyden 1 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası



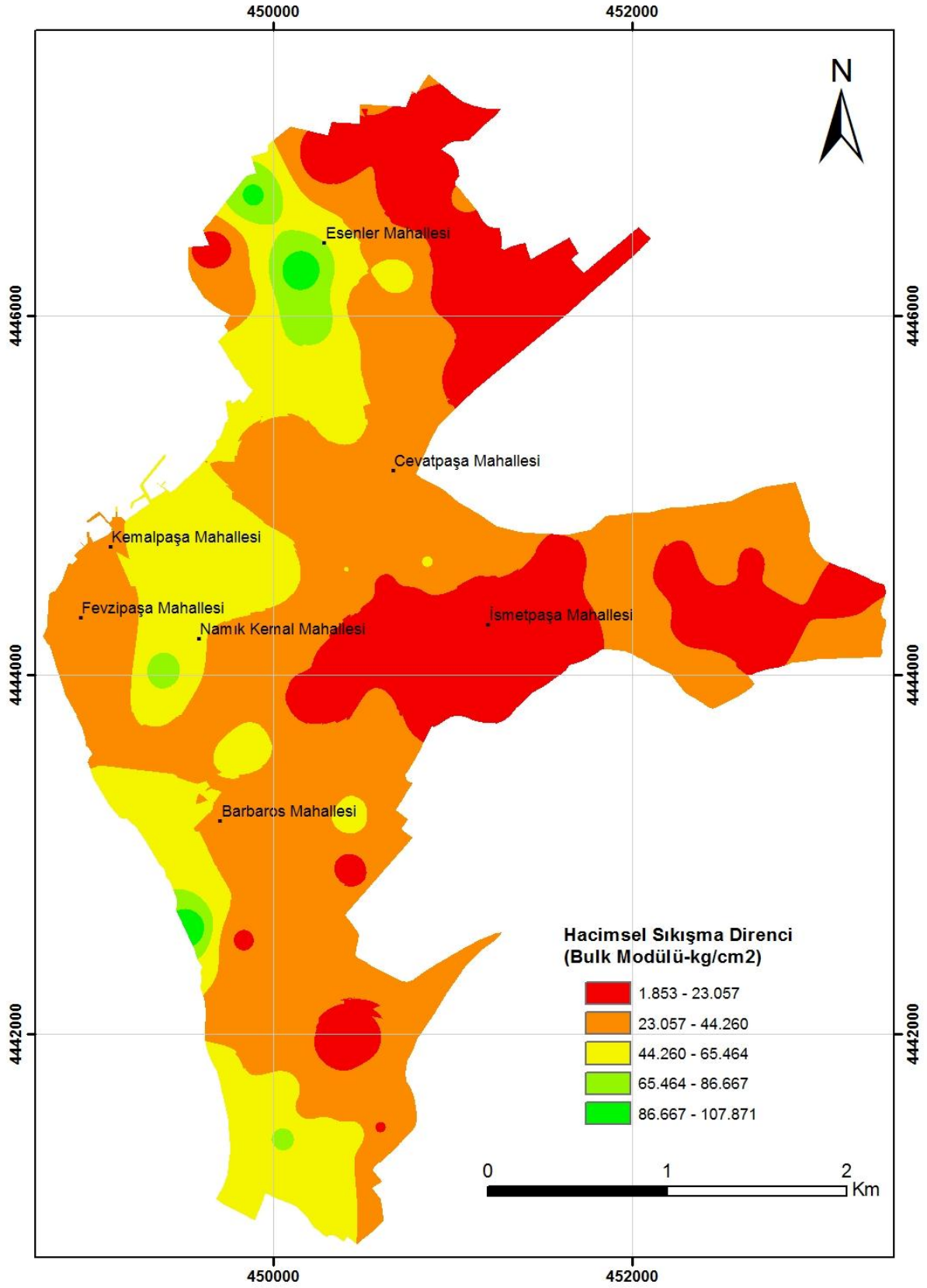
Şekil 9.26. Yüzeyden 2 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası



Şekil 9.27. Yüzeyden 4 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası



Şekil 9.28. Yüzeyden 6 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası



Şekil 9.29. Yüzeyden 8 m derinlik için Bulk modülü dağılım haritası

IX.3.4. Poisson Oranı

Yer içerisindeki su içeriği, gevşek zemin yapısı ve yanal-düşey hız değişimlerinin oranı ile ilişkili olarak zeminin deformasyona uğrama düzeyinin belirlenmesi olarak tanımlanabilen bu modül sismik hızlara dayalı olarak Eşitlik 9.4’de verilen bağıntı yardımıyla hesaplanır.

$$\sigma = \left| \frac{V^2 p - 2 \cdot V^2 s}{2 \cdot V^2 p - 2 \cdot V^2 s} \right| \quad (9.4)$$

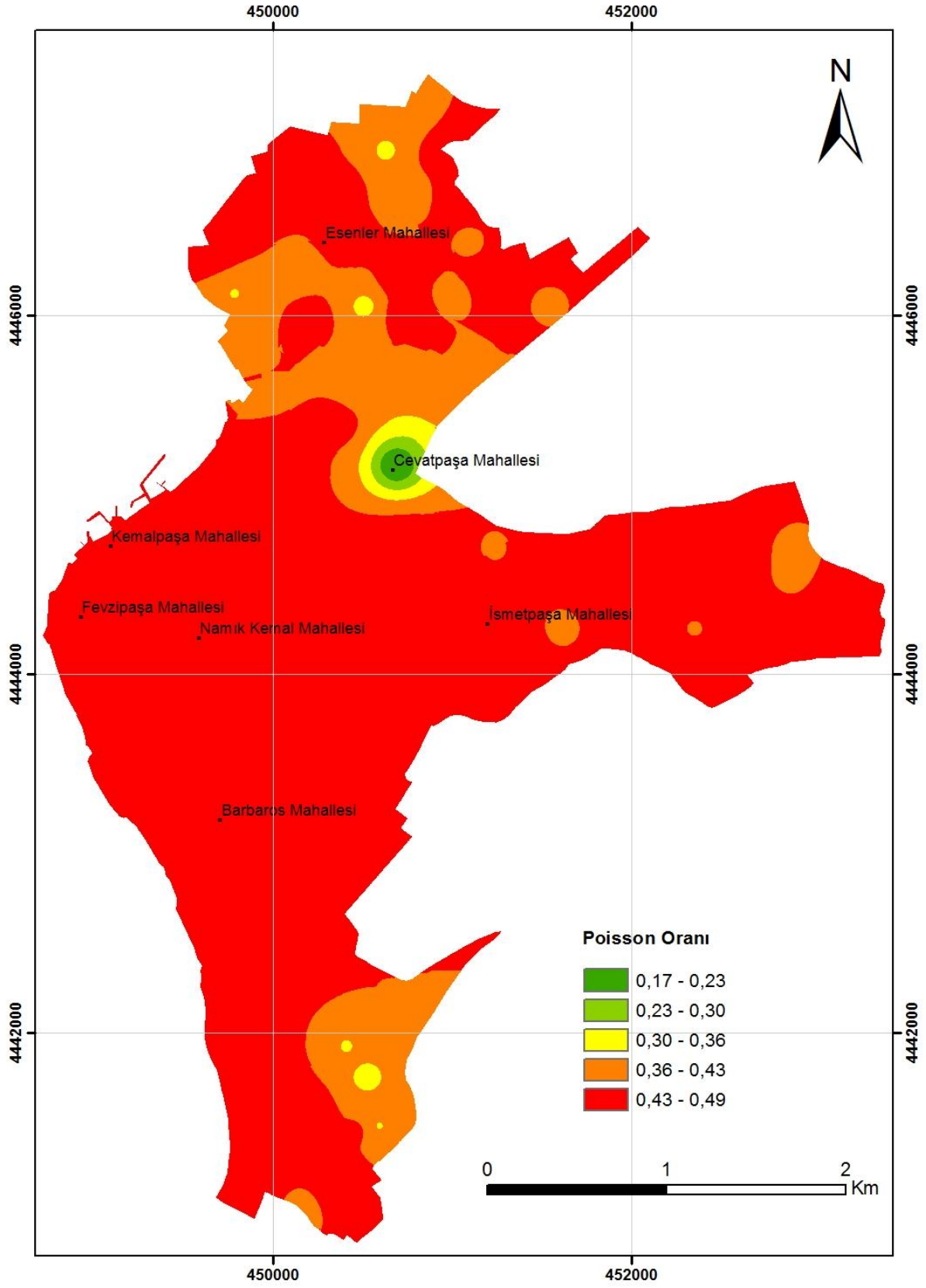
Herbir tabakadaki sismik hızlardaki değişim bağıntıya da benzer şekilde yansıyacağından doğrusal bir ilişki kurmak mümkün olacaktır. Eşitlik 9.4’de verilen bağıntıya dayalı olarak yapılan hesaplamalar sonucu Çizelge 9.15’de ki sonuçlara ulaşılmıştır. 10 metre derinliğe kadar elde edilen Poisson oranı değerleri ile alana yaygın kat haritaları 1, 2, 4, 6, 8 ve 10 metreler için elde edilmiştir (Şekiller 9.30-9.35).

Çizelge 9.15. Poisson Oranı hesaplanması

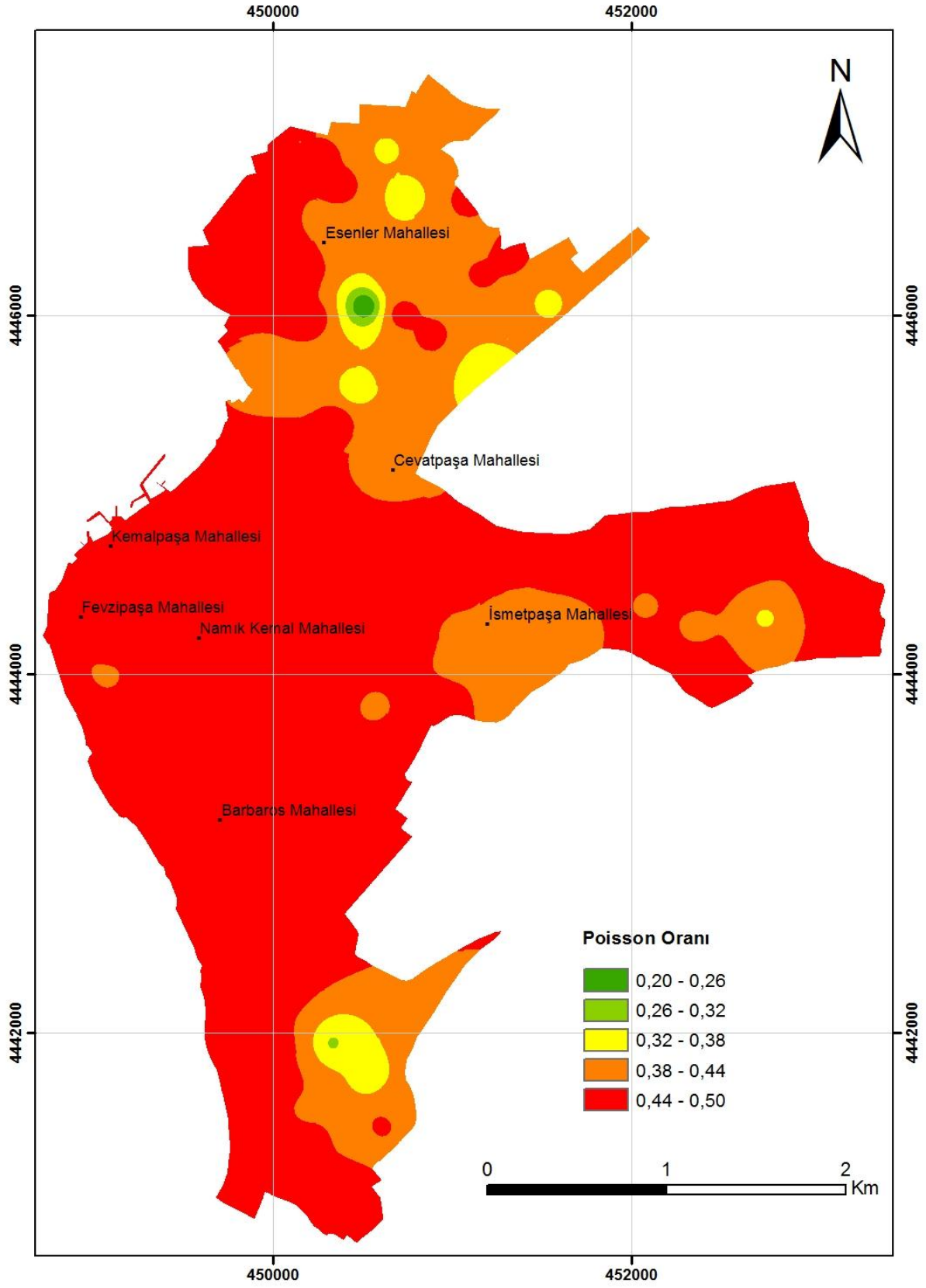
Nokta No	Koordinat x	Koordinat y	Poisson 1m	Poisson 2m	Poisson 4m	Poisson 6m	Poisson 8m	Poisson 10m
1	34269.28	30101.94	0.48	0.49	0.46	0.43	0.44	0.46
2	33871.54	29930.56	0.43	0.37	0.36	0.43	0.38	0.45
3	34304.85	29749.47	0.44	0.46	0.41	0.47	0.44	0.44
4	33796.67	30235.8	0.44	0.45	0.44	0.43	0.41	0.43
5	33361.77	30148.81	0.47	0.48	0.45	0.18	0.39	0.41
6	33208.8	30001.85	0.44	0.43	0.35	0.44	0.48	0.49
7	33070.83	30217.8	0.43	0.46	0.48	0.48	0.48	
8	32731.91	29875.87	0.41	0.38	0.38	0.44	0.45	0.46
9	32476.96	29803.89	0.46	0.4	0.43	0.32	0.4	0.46
10	32144.03	29848.88	0.45	0.43	0.44	0.41	0.44	0.5
11	32356.99	30307.78	0.42	0.45	0.43	0.43	0.47	0.47
12	32791.89	30232.8	0.48	0.5	0.48	0.46	0.47	0.47
13	32974.85	30235.8	0.46	0.46	0.48	0.47	0.46	0.47
14	33583.72	30244.79	0.47	0.48	0.46	0.46	0.47	0.46
15	32138.04	29650.92	0.43	0.43	0.42	0.46	0.48	
16	31901.09	30031.84	0.47	0.48	0.48	0.46	0.47	0.49
17	31745.12	30109.82	0.47	0.48	0.47	0.47	0.48	0.49
18	31820.1	30298.78	0.49	0.49	0.49	0.48	0.47	0.47
19	31979.07	30235.8	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49
20	31736.12	29848.88	0.47	0.46	0.42	0.45	0.47	0.47
21	34504.52	29935.86	0.45	0.45	0.48	0.42	0.44	0.43
22	34039.62	30226.8	0.38	0.44	0.45	0.45	0.46	0.48
23	33457.75	29668.92	0.48	0.48	0.49	0.48	0.46	
24	33475.74	29866.88	0.42	0.42	0.37	0.28	0.37	0.42
25	33310.78	29722.91	0.48	0.49	0.47	0.48	0.47	
26	30740.34	26180.68	0.45	0.45	0.47	0.47	0.48	0.49
27	30968.29	26645.58	0.48	0.49	0.48	0.49		

Çizelge 9.15. Devam								
28	30863.31	26465.62	0.48	0.49	0.49	0.5	0.5	
29	30707.35	26444.62	0.49	0.49	0.49	0.49	0.5	
30	30866.31	27419.41	0.49	0.49	0.49	0.5	0.5	0.5
31	30662.36	28181.24	0.49	0.49	0.49	0.5	0.5	0.5
32	30620.37	28577.16	0.48	0.47	0.45			
33	30551.38	28868.09	0.49	0.48	0.49			
34	30020.5	29494.96	0.48	0.48	0.49			
35	30182.46	29605.93	0.45	0.42	0.43	0.46	0.48	0.49
36	30845.32	29386.98	0.44	0.45	0.48	0.49	0.49	0.49
37	30998.28	29551.94	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	0.48
38	31283.22	29671.92	0.48	0.49	0.49	0.48	0.48	0.49
39	31568.16	29632.93	0.44	0.45	0.47	0.48	0.49	0.48
40	31325.21	29470.96	0.46	0.47	0.47	0.47	0.46	0.48
41	30977.29	29222.02	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
42	31133.26	28880.09	0.47	0.46	0.47	0.48	0.49	0.49
43	30986.29	28544.17	0.47	0.48	0.45	0.48	0.48	
44	30773.33	27713.35	0.49	0.49	0.49	0.5		
45	30965.29	28121.26	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.49
46	31379.2	26984.51	0.44	0.46	0.37	0.43	0.46	
47	31601.15	27047.49	0.44	0.39	0.35	0.42	0.44	
48	31505.17	26753.56	0.49	0.49				
49	31298.22	26621.59	0.39	0.44	0.4	0.46		
50	30971.29	27698.35	0.48	0.49	0.48	0.49	0.49	0.49
51	31214.24	27902.31	0.45	0.48	0.47	0.47		
52	31133.26	27497.39	0.47	0.48	0.48	0.46	0.45	0.47
53	31538.17	27527.39	0.35	0.38	0.31	0.41	0.32	0.41
54	31658.14	27347.43	0.34	0.35	0.43	0.47	0.45	0.48
55	31484.18	27539.39	0.4	0.3	0.39	0.4	0.41	0.47
56	31331.21	27182.46	0.48	0.43	0.48	0.48	0.48	0.49
57	31097.26	26774.55	0.46	0.48	0.49	0.5	0.5	0.5
58	31202.24	27014.5	0.43	0.46	0.49	0.5	0.5	0.5
59	31187.24	27299.44	0.46	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49
60	31379.2	28412.19	0.48	0.48	0.49	0.49		
61	31211.24	28457.18	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	
62	31553.16	28529.17	0.46	0.46	0.47	0.44	0.46	0.48
63	31784.11	28817.11	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49
64	31436.19	28919.08	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49
65	31286.22	28757.12	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48	
66	32093.05	29494.96	0.47	0.45	0.47	0.47	0.47	0.47
67	31871.09	29629.93	0.44	0.45	0.42	0.36	0.38	0.42
68	31676.14	29431.97	0.4	0.43	0.42	0.44	0.44	
69	31565.16	29503.96	0.43	0.45	0.4	0.43	0.38	0.43
70	31562.16	28811.11	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49
71	31352.21	28130.26	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49

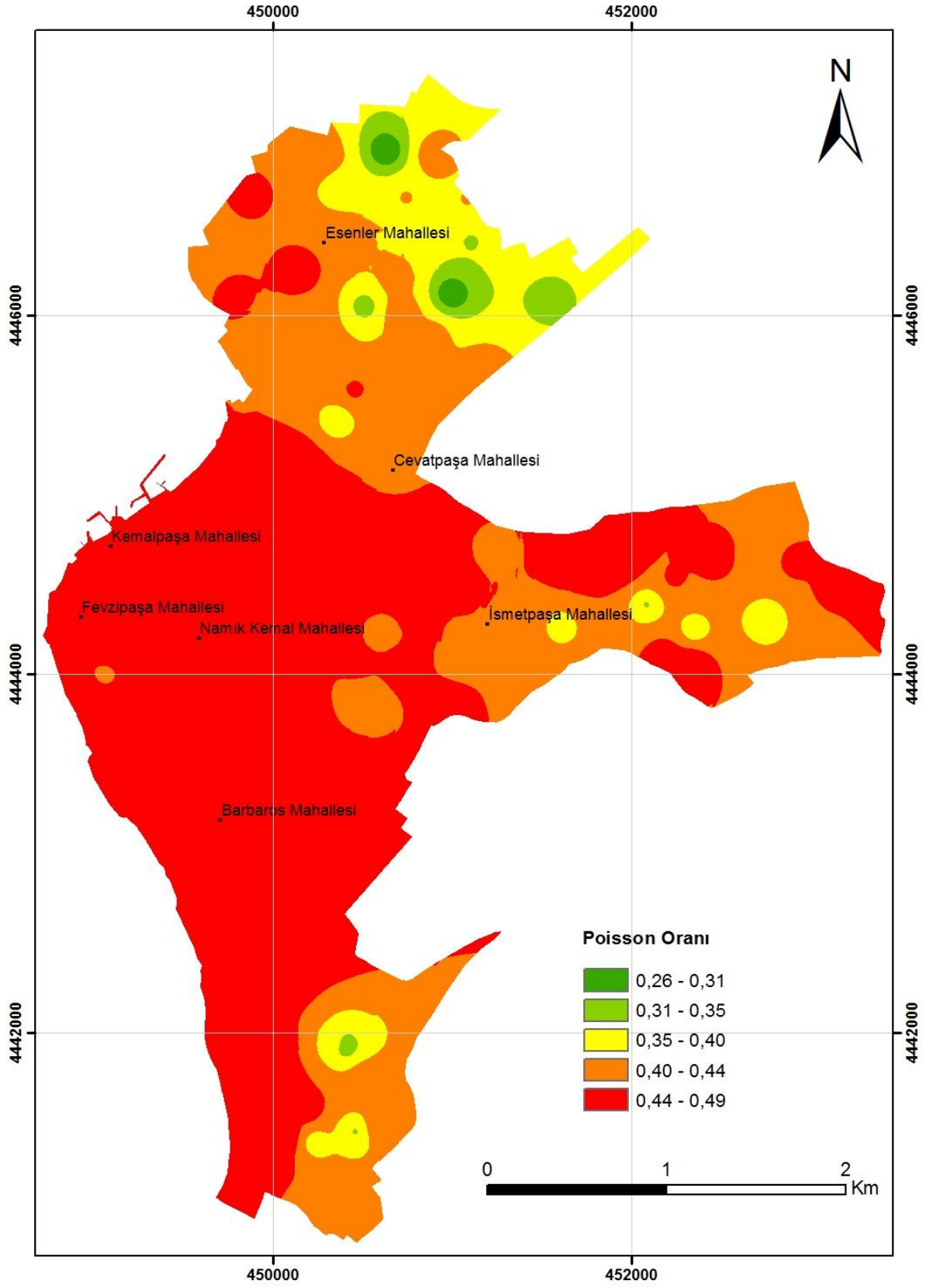
Çizelge 9.15. Devam								
72	31736.12	27080.49	0.36	0.45	0.44	0.46	0.47	0.48
73	31682.14	26576.6	0.48	0.49	0.48	0.49	0.46	0.45
74	30872.31	26045.71	0.49	0.49	0.49	0.49		
75	31151.25	26033.71	0.48	0.48	0.47	0.48	0.49	0.49
76	30659.36	30451.75	0.48	0.49	0.49	0.49		
77	31160.25	30550.73	0.46	0.45	0.46	0.48	0.49	0.49
78	31529.17	30190.81	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49	
79	30920.3	30223.8	0.46	0.48	0.49	0.49	0.49	
80	31091.26	30133.82	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	
81	31127.26	29677.92	0.49	0.49	0.48	0.49	0.49	0.49
82	31472.18	31018.62	0.48	0.47	0.37	0.46	0.47	
83	31262.23	30796.67	0.44	0.46	0.48	0.47	0.47	0.48
84	31805.11	30769.68	0.17	0.38	0.42	0.45	0.36	0.35
85	30194.46	29686.92	0.44	0.46	0.47	0.49	0.49	0.49
86	30506.39	29617.93	0.44	0.46	0.46	0.49	0.49	
87	32294	31303.56	0.41	0.33	0.43	0.44	0.38	0.39
88	31571.16	31189.59	0.37	0.35	0.45	0.43		
89	31832.1	31615.49	0.46	0.47	0.43	0.46	0.23	
90	32108.04	31729.47	0.41	0.43	0.26	0.37	0.36	0.45
91	32428.97	31942.42	0.48	0.46	0.36	0.14	0.11	0.25
92	32422.97	31477.52	0.44	0.39				
93	32003.06	31495.52	0.43	0.46	0.42	0.4	0.4	0.38
94	31805.11	31810.45	0.46	0.43	0.42	0.4	0.44	
95	31622.15	31657.48	0.34	0.21	0.34	0.44	0.42	
96	31334.21	31588.5	0.46	0.47	0.44	0.48	0.45	
97	31265.23	31852.44	0.39	0.49	0.47	0.48	0.44	
98	30995.29	32272.35	0.48	0.47	0.46	0.44	0.47	0.47
99	30782.33	31969.42	0.48	0.48	0.43	0.42	0.19	0.14
100	30896.31	31723.47	0.36	0.44	0.45	0.45	0.36	0.4
101	32003.06	32503.3	0.44	0.4	0.43	0.42	0.44	0.46
102	31736.12	32524.29	0.35	0.37	0.26			
103	31499.18	32029.4	0.46	0.42	0.43	0.45		
104	31394.2	32479.3	0.43	0.45	0.44	0.09	0.16	0.33
105	31496.18	32332.34	0.45	0.46	0.36			
106	31850.1	32266.35	0.4	0.34	0.4	0.42	0.45	0.47
107	32216.02	32020.4	0.41	0.42	0.35	0.33	0.07	0.05
108	32192.02	32257.35	0.47	0.46	0.4	0.37	0.44	0.46
109	32279	31840.44	0.44	0.45				
110	32638.93	31687.48	0.42	0.37	0.34	0.36	0.33	0.29



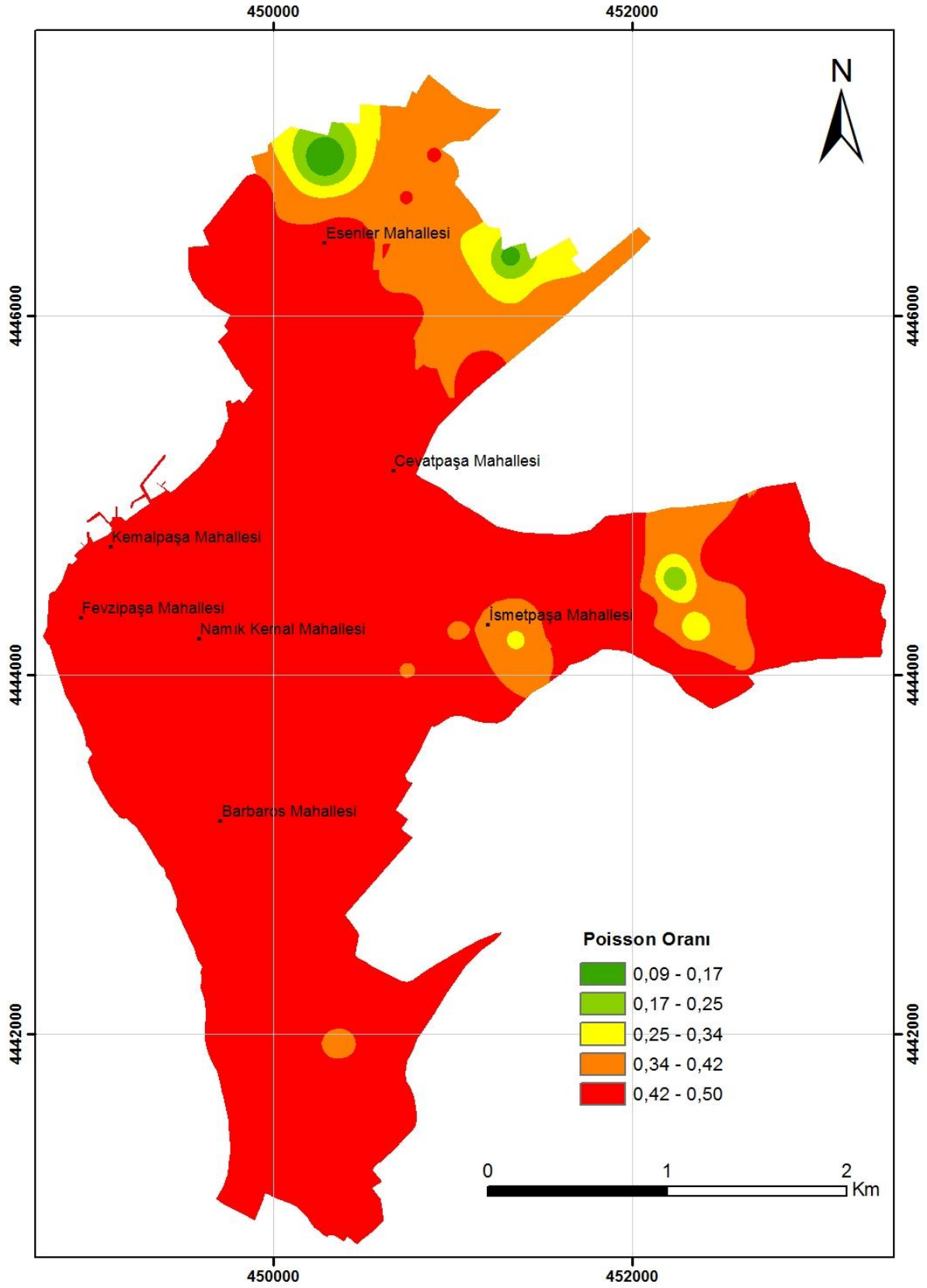
Şekil 9.30. Yüzeyden 1 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası



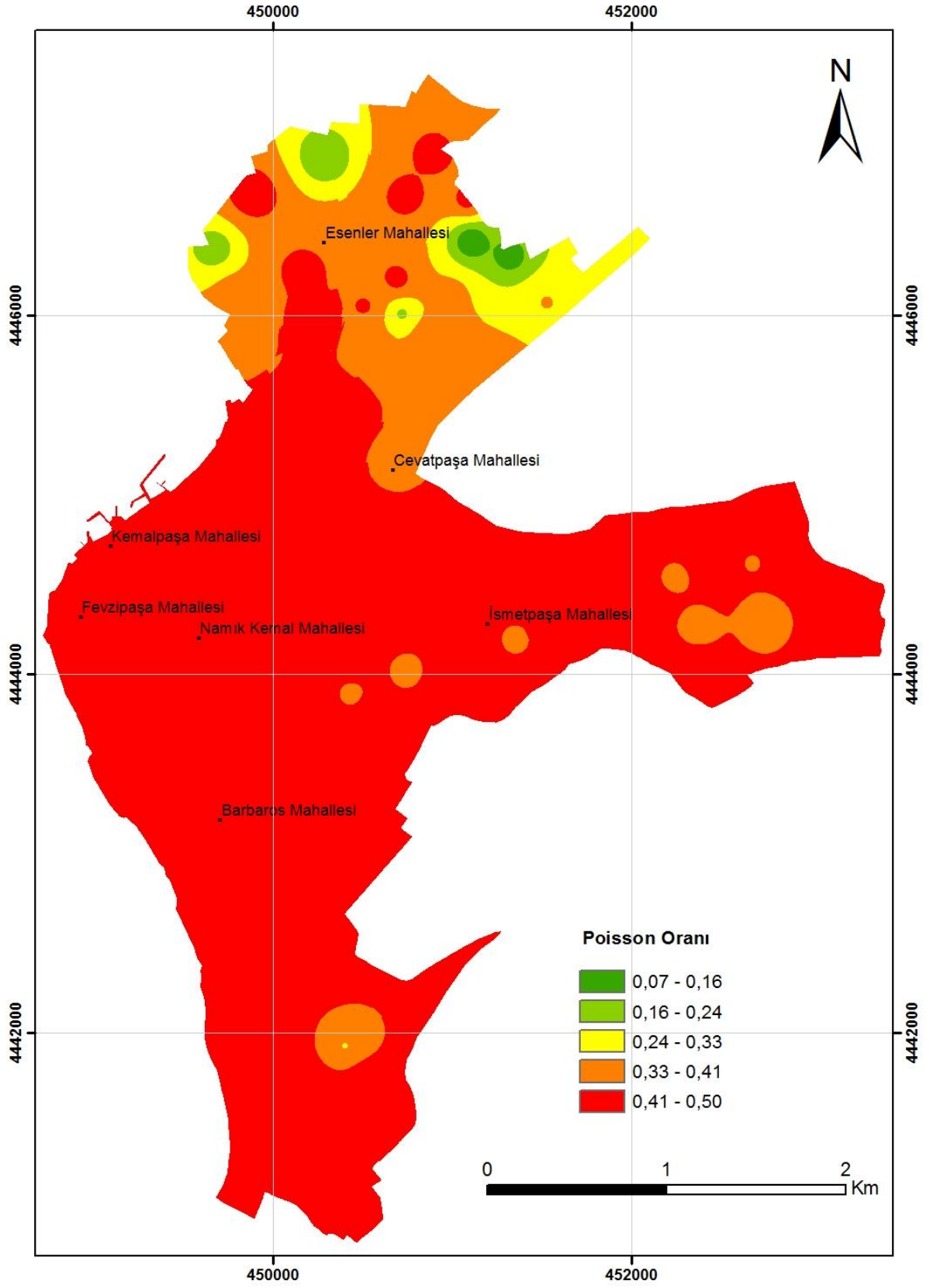
Şekil 9.31. Yüzeyden 2 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası



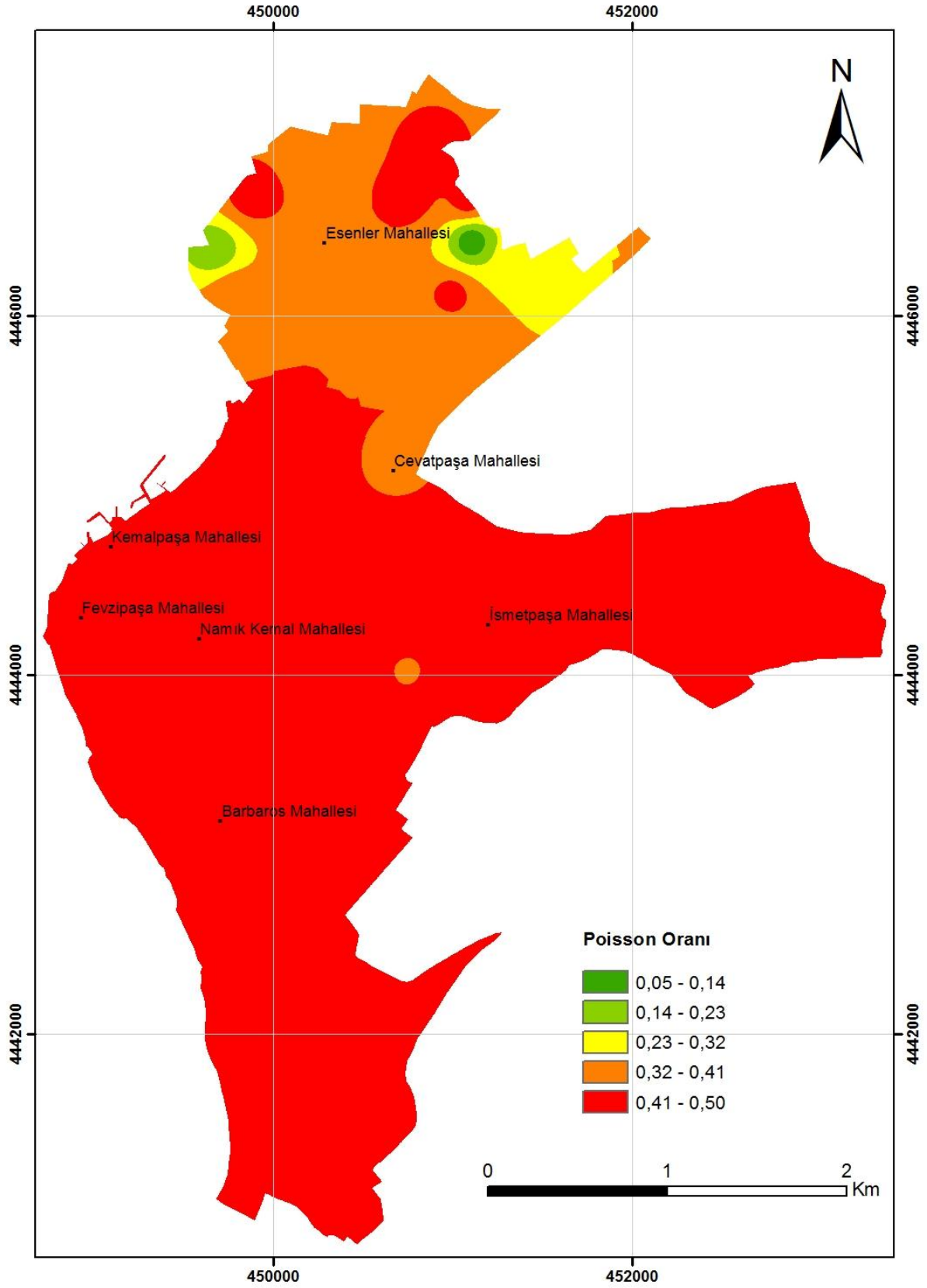
Şekil 9.32. Yüzeyden 4 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası



Şekil 9.33. Yüzeyden 6 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası



Şekil 9.34. Yüzeyden 8 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası



Şekil 9.35. Yüzeyden 10 m derinlik için Poisson Oranı dağılım haritası

IX.4. Şişme-Oturma ve Taşıma Gücü Analizleri ve Değerlendirme

IX.4.1. Zeminlerin Şişme Özellikleri

İnceleme alanında yer alan Alçıtepe formasyonu ve Gazhanedere formasyonunun ayrışmış seviyeleri ve Alüvyon birimlerde yapılan sondaj çalışmaları sırasında killi seviyelerden alınmış olan 28 adet UD örneğin şişme potansiyelleri açısından değerlendirmesi Çizelge 9.16'ya göre yapılmıştır.

Çizelge 9.16. Şişme potansiyeli tanımlamaları

Şişme derecesi	Şişme yüzdesinin sınıflandırılması (Holtz ve Gibbs, 1956)	Şişme yüzdesinin sınıflandırılması (Seed vd., 1962)
Düşük	0-10	0-1,5
Orta	10-20	1,5-5
Yüksek	20-35	5-25
Çok yüksek	>35	>25

Araziden alınan örselenmemiş (UD) numuneler üzerinde yapılan konsolidasyon deneyleri sonucunda killerin şişme yüzdelere göre Holtz ve Gibbs (1956) ve Seed vd. (1962) göre değerlendirilerek Çizelge 9.17'ye verilmiştir.

Çizelge 9.17. Konsolidasyon deney sonuçlarına göre UD örneklerin şişme dereceleri.

Sondaj No.	Numune	Derinlik (m)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)	Şişme derecesi	Formasyon
SK-1	UD	2.50	1.60	0.167	Orta	Alüvyon
SK-8	UD	2.50	1.47	0.162	Düşük	Alüvyon
SK-9	UD	2.50	1.14	0.125	Düşük	Alüvyon
SK-10	UD	2.50	1.32	0.152	Düşük	Alüvyon
SK-11	UD	2.50	1.22	0.134	Düşük	Alüvyon
SK-12	UD	2.50	0.99	0.111	Düşük	Alüvyon
SK-13	UD	2.50	1.51	0.162	Orta	Alüvyon
SK-14	UD	2.50	1.31	0.143	Düşük	Alüvyon
SK-15	UD	2.50	1.68	0.183	Orta	Alüvyon
SK-16	UD	2.50	1.55	0.164	Orta	Alüvyon

Çizelge 9.14-Devam						
SK-18	UD	2.50	1.47	0.163	Düşük	Alüvyon
SK-20	UD	2.50	1.61	0.178	Orta	Alüvyon
SK-21	UD	2.50	1.70	0.175	Orta	Alüvyon
SK-22	UD	2.50	1.38	0.151	Düşük	Alüvyon
SK-24	UD	2.50	1.46	0.157	Düşük	Alüvyon
SK-25	UD	2.50	1.70	0.176	Orta	Alüvyon
SK-26	UD	2.50	1.47	0.155	Düşük	Alüvyon
SK-28	UD	2.50	1.24	0.133	Düşük	Alüvyon
SK-29	UD	2.50	1.10	0.116	Düşük	Alüvyon
SK-30	UD	2.50	1.45	0.156	Düşük	Alüvyon
SK-31	UD	2.50	1.86	0.202	Orta	Alüvyon
SK-32	UD	2.50	1.74	0.183	Orta	Alüvyon
SK-33	UD	2.50	1.52	0.167	Orta	Alüvyon
SK-34	UD	2.50	1.63	0.181	Orta	Alüvyon
SK-58	UD	3.00	1.24	0.134	Düşük	Alüvyon
SK-35	UD	2.50	1.34	0.144	Düşük	Gazhanedere
SK-115	UD	2.50	1.43	0.162	Düşük	Alçıtepe
SK-116	UD	2.50	1.77	0.193	Orta	Alçıtepe
SK-130	UD	2.50	1.53	0.167	Orta	Alçıtepe

İnceleme alanında kil içeren birimlere ait şişme yüzdesi değerleri alüvyonda “orta ve düşük şişme derecesi”, Gazhanedere formasyonunda “düşük şişme derecesi”, Alçıtepe formasyonunda ise “orta ve düşük şişme dereceleri” olduğu belirlenmiştir.

Sondaj çalışmalarıyla killi seviyelerden alınan örselenmemiş (UD) ve örselenmiş (SPT) örnekler üzerinde yapılan laboratuvar analizlerinden ve Skempton (1953) tarafından önerilen ince taneli zeminlerin plastisite indeksinin (PI) kil yüzdesine oranın zeminin aktivite sayısı (A) olarak tanımlanması ve gene Skempton (1953) tarafından önerilen aktivite sayısına göre killin sınıflandırılması ve kil türünün belirlenmesini gösteren sınıflandırma (Çizelge 9.18) kullanılarak kil içeren örneklerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması yapılmıştır (Çizelge 9.19).

Çizelge 9.18. Killerin aktivite sayısına göre sınıflandırılması (Skempton, 1953)

Killerin Durumu	Aktivite Sayısı
Aktif olmayan killer	$A < 0,75$ (Kaolinit)
Normal killer	$0,75 < A < 1,25$ (İllit)
Aktif killer	$A > 1,25$ (Montmorillonit)

Çizelge 9.19. İnceleme alanındaki killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	PI (%)	Kil (%)	A	Sınıflama	Kil Minerali
SK-1	SPT-1	1.50-1.95	26,80	36,82	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	43,60	48,46	0,90	Normal kil	İllit
SK-2	UD-1	2.50-3.00	19,40	33,52	0,58	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-9	13.50-13.95	14,60	22,92	0,64	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-7	SPT-1	1.50-1.95	37,00	39,74	0,93	Normal kil	İllit
SK-8	SPT-1	1.50-1.95	29,20	35,48	0,82	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	33,40	40,23	0,83	Normal kil	İllit
	SPT-3	4.00-4.95	14,00	19,68	0,71	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-9	SPT-1	1.50-1.95	23,80	34,22	0,70	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	24,10	29,11	0,83	Normal kil	İllit
SK-10	SPT-1	1.50-1.95	20,80	38,93	0,53	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	28,50	36,22	0,79	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	24,90	30,06	0,83	Normal kil	İllit
SK-11	SPT-1	1.50-1.95	20,60	36,94	0,56	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	31,90	38,69	0,82	Normal kil	İllit
	SPT-3	4.50-4.95	21,80	30,15	0,72	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-12	SPT-1	1.50-1.95	33,70	48,12	0,70	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	36,10	36,22	1,00	Normal kil	İllit
	SPT-12	18.00-18.45	20,60	31,75	0,65	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-13	SPT-1	1.50-1.95	31,60	41,82	0,76	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	32,70	39,80	0,82	Normal kil	İllit
SK-14	SPT-1	1.50-1.95	16,10	21,52	0,75	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	21,40	34,76	0,62	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-6	9.00-9.45	18,50	31,13	0,59	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-15	UD-1	2.50-3.00	44,00	49,68	0,89	Normal kil	İllit
SK-17	SPT-12	18.00-18.45	12,10	16,86	0,72	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-18	UD-1	2.50-3.00	33,30	37,70	0,88	Normal kil	İllit
SK-19	SPT-1	1.50-1.95	28,70	36,21	0,79	Normal kil	İllit
	SPT-4	6.00-6.45	22,00	37,95	0,58	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-7	10.50-10.95	20,10	27,74	0,72	Normal kil	İllit
SK-20	UD-1	2.50-3.00	42,10	46,85	0,90	Normal kil	İllit

Çizelge 9.19-Devam							
SK-20	SPT-2	3.00-3.45	18,70	26,33	0,71	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-11	16.50-16.95	11,20	15,88	0,71	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-21	SPT-1	1.50-1.95	19,80	36,51	0,54	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	35,90	38,93	0,92	Normal kil	İllit
	SPT-11	16.50-16.95	15,80	29,89	0,53	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-22	SPT-1	1.50-1.95	17,10	27,55	0,62	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	30,00	34,83	0,86	Normal kil	İllit
SK-23	SPT-1	1.50-1.95	14,90	14,81	1,01	Normal kil	İllit
	SPT-5	7.50-7.95	16,00	22,03	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-24	SPT-1	1.50-1.95	16,40	26,58	0,62	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-2.90	35,40	39,17	0,90	Normal kil	İllit
	SPT-5	7.50-7.95	24,40	30,26	0,81	Normal kil	İllit
SK-25	SPT-1	1.50-1.95	36,00	40,72	0,88	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	23,30	36,28	0,64	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-26	UD-1	2.50-2.95	27,20	33,74	0,81	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	19,30	36,31	0,53	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-3	4.50-4.95	18,70	28,27	0,66	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-27	UD-1	2.50-3.00	24,20	30,34	0,80	Normal kil	İllit
SK-28	SPT-1	1.50-1.95	24,30	31,08	0,78	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	30,30	28,54	1,06	Normal kil	İllit
SK-29	UD-1	2.50-3.00	30,10	34,76	0,87	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	19,50	36,23	0,54	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-8	12.00-12.45	12,30	14,42	0,85	Normal kil	İllit
SK-30	SPT-1	1.50-1.95	22,00	25,41	0,87	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	38,30	66,23	0,58	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-5	7.50-7.95	12,30	18,14	0,68	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-31	SPT-1	1.50-1.95	25,80	27,64	0,93	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-2.90	33,80	28,58	1,18	Normal kil	İllit
SK-32	SPT-1	1.50-1.95	28,00	36,58	0,77	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	27,70	28,27	0,98	Normal kil	İllit
	SPT-11	16.00-16.45	23,40	35,61	0,66	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	18.00-18.45	17,60	23,54	0,75	Normal kil	İllit
SK-33	SPT-1	1.50-1.95	27,60	35,42	0,78	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	32,30	40,12	0,81	Normal kil	İllit
SK-34	SPT-1	1.50-1.95	33,90	43,51	0,78	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	22,50	41,67	0,54	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	18.00-18.45	36,00	36,24	0,99	Normal kil	İllit
SK-35	SPT-1	1.50-1.95	28,30	21,46	1,32	Aktif kil	Montmorillonit
	UD-1	2.50-3.00	30,80	36,72	0,84	Normal kil	İllit
	SPT-4	6.00-6.45	30,10	34,25	0,88	Normal kil	İllit
SK-36	SPT-5	7.50-7.95	15,40	23,56	0,65	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-37	SPT-2	6.00-6.45	21,00	27,19	0,77	Normal kil	İllit

Çizelge 9.19. Devam							
SK-38	SPT-1	3.00-3.45	20,30	24,31	0,84	Normal kil	İllit
	SPT-4	7.00-7.45	23,90	32,26	0,74	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-9	15.00-15.45	17,50	33,28	0,53	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-39	SPT-1	1.50-1.95	18,00	23,49	0,77	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	17,00	23,34	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-3	4.50-4.95	34,00	35,63	0,95	Normal kil	İllit
	SPT-12	18.00-18.45	31,10	29,65	1,05	Normal kil	İllit
SK-41	SPT-7	10.50-10.95	8,90	16,54	0,54	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-42	SPT-1	1.50-1.95	18,20	17,73	1,03	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	13,30	17,65	0,75	Normal kil	İllit
SK-43	SPT-2	3.00-3.50	32,10	34,12	0,94	Normal kil	İllit
	SPT-3	4.50-4.95	33,10	36,24	0,91	Normal kil	İllit
	SPT-4	6.00-6.45	14,80	21,34	0,69	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-13	19.50-19.95	21,60	38,41	0,56	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-45	SPT-1	1.50-1.95	26,30	29,70	0,89	Normal kil	İllit
	SPT-5	7.50-7.95	15,40	16,42	0,94	Normal kil	İllit
SK-49	SPT-2	3.00-3.45	14,30	19,06	0,75	Normal kil	İllit
SK-51	SPT-2	3.00-3.45	28,08	38,11	0,74	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-53	SPT-1	1.50-1.95	26,98	38,33	0,70	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-2	3.00-3.45	33,81	40,09	0,84	Normal kil	İllit
SK-55	SPT-1	1.50-1.95	24,01	38,12	0,63	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-13	19.50-19.95	12,08	25,53	0,47	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-56	SPT-1	1.50-1.95	38,80	44,28	0,88	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	37,66	42,87	0,88	Normal kil	İllit
SK-57	SPT-1	1.50-1.95	30,88	39,56	0,78	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	20,77	34,36	0,60	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-3	4.50-4.95	19,78	35,28	0,56	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-58	UD-1	3.00-3.50	35,66	44,95	0,79	Normal kil	İllit
	SPT-3	4.50-4.95	27,10	35,27	0,77	Normal kil	İllit
SK-59	SPT-1	3.00-3.45	35,61	44,94	0,79	Normal kil	İllit
	SPT-2	4.50-4.95	32,99	45,13	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-60	SPT-3	4.50-4.95	27,68	36,22	0,76	Normal kil	İllit
SK-61	SPT-1	1.50-1.95	34,70	35,18	0,99	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	26,69	42,97	0,62	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-62	SPT-1	1.50-1.95	21,50	32,59	0,66	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	18.00-18.45	14,54	29,47	0,49	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-13	19.50-19.95	32,29	43,84	0,74	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-63	SPT-9	13.50-13.95	12,31	28,12	0,44	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-65	SPT-2	3.00-3.45	23,17	38,72	0,60	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-3	4.50-4.95	27,05	45,74	0,59	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-67	SPT-2	3.00-3.45	20,97	28,67	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-3	4.50-4.95	17,65	35,77	0,49	Aktif olmayan kil	Kaolinit

Çizelge 9.19. Devam							
SK-67	SPT-4	6.00-6.45	29,48	34,09	0,86	Normal kil	İllit
	SPT-13	19.50-19.95	27,53	34,09	0,81	Normal kil	İllit
SK-68	SPT-10	15.00-15.45	16,20	51,19	0,32	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-77	SPT-1	1.50-1.95	15,40	29,96	0,51	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-9	13.50-13.95	13,70	31,27	0,44	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-10	15.00-15.45	14,10	35,59	0,40	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	18.00-18.45	10,20	33,18	0,31	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-78	SPT-13	19.50-19.95	14,60	33,86	0,43	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-84	SPT-1	1.50-1.95	26,70	28,93	0,92	Normal kil	İllit
	SPT-8	12.00-12.45	16,90	26,80	0,63	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-9	13.50-13.95	27,80	31,27	0,89	Normal kil	İllit
	SPT-12	18.00-18.45	12,50	24,27	0,52	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-86	SPT-2	3.00-3.45	23,80	26,74	0,89	Normal kil	İllit
SK-87	SPT-6	10.50-10.95	31,60	40,13	0,79	Normal kil	İllit
	SPT-8	13.50-13.95	32,90	45,23	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-10	16.50-16.95	21,50	40,94	0,53	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	19.50-19.95	29,30	42,71	0,69	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-91	SPT-1	1.50-1.95	18,40	17,96	1,02	Normal kil	İllit
SK-92	SPT-5	7.50-7.95	9,90	24,88	0,40	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-13	19.50-19.95	11,90	17,86	0,67	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-93	UD-1	2.50-3.00	21,00	29,87	0,70	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-96	UD-1	2.50-3.00	41,70	41,73	1,00	Normal kil	İllit
	SPT-1	3.00-3.45	21,80	33,08	0,66	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-2	4.50-4.95	23,30	36,83	0,63	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	19.50-19.95	16,50	25,15	0,66	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-99	SPT-12	18.00-18.45	36,70	58,75	0,62	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-13	19.50-19.95	13,90	19,77	0,70	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-100	SPT-8	13.50-13.95	11,50	18,54	0,62	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-11	18.00-18.45	16,60	23,76	0,70	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	19.00-19.45	23,00	22,87	1,01	Normal kil	İllit
SK-103	SPT-8	12.00-12.45	11,30	25,17	0,45	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-9	13.50-13.95	21,60	34,33	0,63	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-105	SPT-3	4.50-4.95	16,20	22,57	0,72	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-4	6.00-6.45	13,20	46,23	0,29	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-5	7.50-7.95	16,20	28,14	0,58	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-7	10.50-10.95	18,50	34,24	0,54	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-8	12.00-12.45	11,60	23,36	0,50	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-9	13.50-13.95	16,90	41,18	0,41	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	18.00-18.45	40,50	41,18	0,98	Normal kil	İllit
	SPT-13	19.50-19.95	20,40	30,18	0,68	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-111	SPT-1	3.00-3.45	24,50	34,86	0,70	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-2	4.50-4.95	7,00	29,24	0,24	Aktif olmayan kil	Kaolinit

Çizelge 9.19. Devam							
SK-113	SPT-1	3.00-3.45	13,00	21,69	0,60	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-11	18.00-18.45	37,40	49,11	0,76	Normal kil	İllit
SK-115	SPT-1	1.50-1.95	17,10	35,75	0,48	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	51,60	51,28	1,01	Normal kil	İllit
SK-116	UD-1	2.50-3.00	45,50	52,35	0,87	Normal kil	İllit
	SPT-2	3.00-3.45	32,90	45,22	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-119	SPT-8	12.00-12.45	15,70	29,31	0,54	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-10	15.00-15.45	18,70	31,94	0,59	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	18.00-18.45	16,50	34,45	0,48	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-123	SPT-11	18.00-18.45	10,80	18,21	0,59	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-125	SPT-1	1.50-1.95	32,60	48,56	0,67	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-2	3.00-3.45	27,10	35,87	0,76	Normal kil	İllit
	SPT-3	4.50-4.95	36,40	39,24	0,93	Normal kil	İllit
	SPT-5	7.50-7.95	15,90	28,65	0,55	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-8	12.00-12.45	32,80	42,22	0,78	Normal kil	İllit
	SPT-9	13.50-13.95	30,90	38,74	0,80	Normal kil	İllit
SK-126	SPT-2	3.00-3.45	15,30	19,14	0,80	Normal kil	İllit
	SPT-5	7.50-7.95	21,50	36,27	0,59	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-128	SPT-2	3.00-3.45	13,30	25,67	0,52	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-4	6.00-6.45	15,40	25,67	0,60	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-5	7.50-7.95	17,50	29,15	0,60	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-6	9.00-9.45	17,20	40,86	0,42	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-8	12.00-12.45	19,80	35,41	0,56	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-10	15.00-15.45	34,20	43,79	0,78	Normal kil	İllit
	SPT-12	18.00-18.45	21,00	36,88	0,57	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-129	SPT-1	1.50-1.95	22,80	33,12	0,69	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-130	SPT-1	1.50-1.95	33,50	44,13	0,76	Normal kil	İllit
	UD-1	2.50-3.00	43,30	50,48	0,86	Normal kil	İllit
	SPT-3	4.50-4.95	20,00	35,48	0,56	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-4	6.00-6.45	24,50	33,81	0,72	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-5	7.50-7.95	22,90	31,24	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-7	10.50-10.95	35,40	42,69	0,83	Normal kil	İllit
	SPT-10	15.00-15.45	34,60	48,79	0,71	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-11	16.00-16.45	21,50	34,13	0,63	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-131	SPT-1	1.50-1.95	15,40	22,76	0,68	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-2	3.00-3.45	15,90	25,12	0,63	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-3	4.50-4.95	14,10	14,23	0,99	Normal kil	İllit
	SPT-4	6.00-6.45	27,30	37,21	0,73	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-134	SPT-1	1.50-1.95	25,90	39,96	0,65	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-135	SPT-1	1.50-1.95	17,50	35,11	0,50	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	UD-1	2.50-3.00	45,00	48,36	0,93	Normal kil	İllit
	SPT-3	4.50-4.95	28,60	46,09	0,62	Aktif olmayan kil	Kaolinit

Çizelge 9.19. Devam							
SK-135	SPT-5	7.50-7.95	22,60	32,91	0,69	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-8	12.00-12.45	31,40	39,77	0,79	Normal kil	İllit
	SPT-9	13.50-13.95	28,70	37,28	0,77	Normal kil	İllit
	SPT-11	16.50-16.95	27,50	41,23	0,67	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-12	18.00-18.45	28,10	45,12	0,62	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-141	SPT-3	4.50-4.95	24,90	36,23	0,69	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-144	SPT-1	3.00-3.45	17,00	36,87	0,46	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-2	4.50-4.95	22,70	36,25	0,63	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-3	6.00-6.45	28,50	44,82	0,64	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-4	9.00-9.45	25,70	44,27	0,58	Aktif olmayan kil	Kaolinit
	SPT-5	10.50-10.95	19,70	42,11	0,47	Aktif olmayan kil	Kaolinit
SK-148	SPT-2	3.00-3.45	26,40	35,32	0,75	Normal kil	İllit
	SPT-8	12.00-12.45	32,90	47,43	0,69	Aktif olmayan kil	Kaolinit

İnceleme alanında killi ve kil içeriği bulunan ince taneli zeminlerin plastisite indeksinin (PI) kil yüzdesine oranına göre belirlenmiş bulunan aktivite değerlerine göre bakıldığında 83 lokasyondan toplam 212 adet örneğin 122 adeti (%57,54) aktif olmayan kil (kaolinit), 89 adeti (%41,98) normal kil (illit) ve 1 adeti (%0,47) aktif kil (montmorillonit) olarak tanımlanmıştır.

Şişme yüzdesi ve aktivite sayısı sonuçlarına göre inceleme alanı içinde yer alan killi zeminlerin şişme derecelerinin ve aktivite durumlarının "orta ve düşük" ve "aktif olmayan kil (kaolinit) ve normal kil (illit)" olarak tanımlayabiliriz. Ancak parsel bazında yapılacak zemin etüdlerinde farklı sonuçlarla karşılaşılabileceği düşünülerek kil içeren zeminlerde şişme yüzdesi ve basıncının saptanması ve duruma göre kil içeren zeminin hafriyatla alınması veya uygun temel tipinin uygulanması şeklinde uygulamaların yapılması gerekmektedir.

IX.4.2. Zeminlerin Oturma Özellikleri

İnceleme alanının genelini oluşturan ve Çanakkale şehir merkezinin içinden geçen Sarıçay'ın getirdiği alüvyon malzeme, yanal ve düşey yönde heterojen bir özellik göstermektedir. Yapılan sondaj çalışmalarında inceleme alanının doğusunda kalan ve şehrin organize sanayisinin olduğu bölgede yapılan 34 sondajın 25'inde genel olarak ilk 3-5 metresinde killi (CH) veya siltli-killi (CL) birimler geçilirken, geri kalan metrajlarda iyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar (SW), siltli kumlar (SM) ve killi kumların (SC) hakim olduğu görülmüştür. Bu bölgenin dışında, jeoloji haritasında alüvyon olarak tanımlanan diğer bölgelerde killi formasyonlar görülmeyp sondaj logları ve laboratuvar tanımlamalarında genel olarak iyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar (SW), siltli kumlar (SM) ve killi kumların (SC) hakim olduğu görülmüştür. İnceleme alanının kuzeyinde Esenler Mahallesi bölgesinde ise Alçıtepe formasyonu içinde yeralan yeşilimsi-mavimsi kilaşları, kumlu kireçtaşları ve kilaşlarının ara bantlar halinde kestiği sondaj çalışmaları sırasında elde edilen karot numunelerden belirlenmiştir.

İnceleme alanının alüvyon zemin olan bölgelerinde inşaat aşamasında oturma gerçekleşeceği için bu bölgeler için ani oturma hesabı yapılmıştır. Kohezyonlu seviyelerde ise konsolidasyon oturma hesabı yapılmıştır (Ek-7).

IX.4.2.1. Ani oturma analizi

İnceleme alanında iki farklı temel boyutu (B=10 m ve L=15m) ve (B=20m ve L=30 m) dikkate alınarak ani oturma analizleri yapılmıştır. Analizlerde 2 m derinlik için ölçülmüş elastisite modülü ve poisson oranı kullanılmıştır. Ayrıca bina yükü, 1 bodrum kat, zemin ve 4 kattan oluşan ve her bir katın yaklaşık zemine 1.5 ton/m²'lik bir yük getireceği düşünülerek hesaplanmıştır. Toplam 6 kat için zemine etkiyen yük 9 ton/m²'dir. Bu da yaklaşık 1 m²'ye 88,3 kN (0,90 kg/cm²) yük olarak etkiyecektir. Analizlerde Harry (1966) ve Das (1999) tarafından önerilen temelin merkezinden itibaren meydana gelen ani temel oturma (S_e) yaklaşımı kullanılmış ve analiz sonuçları Çizelge 9.20'de verilmiştir.

$$S_e = \frac{Bq_0}{E_o} (1 - \mu_s^2) \alpha$$

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1+m^2} + m}{\sqrt{1+m^2} - m} \right) + m \ln \left(\frac{\sqrt{1+m^2} + 1}{\sqrt{1+m^2} - 1} \right) \right]$$

E_o: Elastisite modülü

μ_s: Poisson oranı

B: Temel genişliği

L: Temel uzunluğu

m = L/B

Çizelge 9.20. Ani temel oturma sonuçları.

Sondaj No	E _o (kPa)	μ _s	B=10m / L=15m	B=20m / L=30m	Formasyon
			Se (mm)	Se (mm)	
1	54700,66	0,49	16,66	33,32	Alüvyon
2	151629,52	0,37	6,83	13,65	Alüvyon
8	72576,84	0,46	13,03	26,06	Alüvyon
10	259204,12	0,44	3,73	7,46	Alüvyon
12	166708,78	0,45	5,74	11,47	Alüvyon
15	82812,94	0,43	11,80	23,61	Alüvyon
20	111362,3	0,43	8,78	17,56	Alüvyon
29	110118,68	0,43	8,88	17,76	Alüvyon
32	77555,24	0,48	11,90	23,80	Alüvyon
34	76404,72	0,48	12,08	24,16	Alüvyon
36	81924,08	0,47	11,41	22,81	Alüvyon
52	80034,64	0,48	11,53	23,07	Alüvyon
54	74539,78	0,48	12,38	24,77	Alüvyon

Çizelge 9.20. Devam					
61	74539,78	0,48	12,38	24,77	Alüvyon
63	70092,54	0,49	13,0	26,01	Alüvyon
66	202371,96	0,43	4,83	9,66	Alüvyon
69	78064,84	0,46	12,11	24,23	Alüvyon
71	73429,44	0,48	12,57	25,14	Alüvyon
79	66426,36	0,49	13,72	27,44	Alüvyon
89	93686,04	0,49	9,73	19,46	Alüvyon
91	165499,46	0,48	5,58	11,15	Alüvyon
92	84563,22	0,48	10,92	21,83	Alüvyon
93	90764,66	0,45	10,54	21,08	Alüvyon
99	76867,28	0,49	11,86	23,71	Alüvyon
108	165499,46	0,48	5,58	11,15	Alüvyon
115	117257	0,46	8,06	16,13	Alçıtepe
123	88422,46	0,48	10,44	20,88	Alüvyon
125	175105,42	0,45	5,46	10,92	Alüvyon
126	120007,86	0,43	8,15	11,17	Alüvyon
128	102623,64	0,42	9,63	19,25	Alüvyon
145	106489,74	0,47	8,77	17,55	Alüvyon
147	88422,46	0,48	10,44	20,88	Alüvyon
149	98068,6	0,47	9,53	19,06	Alüvyon

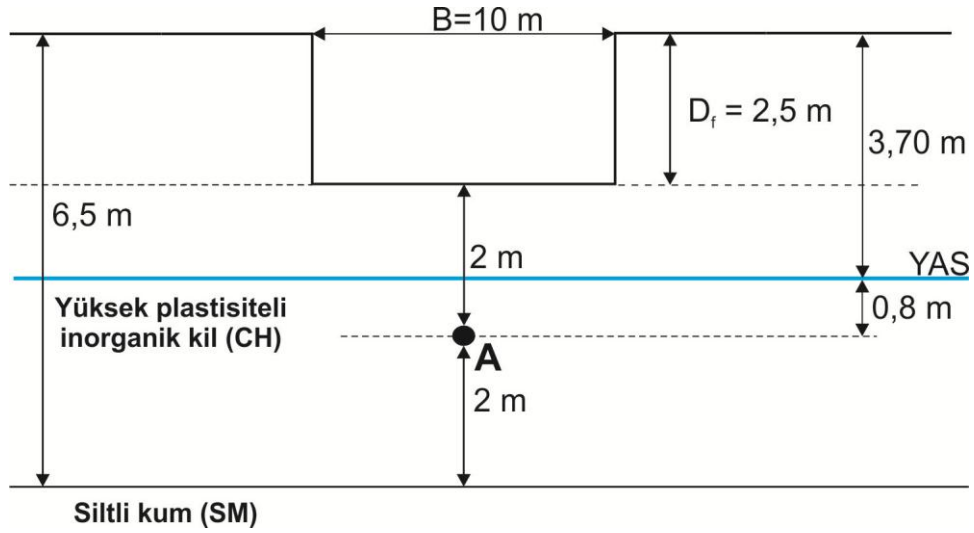
IX.4.2.2. Konsolidasyon analizi

Sondaj kuyularından UD örnek alınabilmiş 28 kuyu arasından (Çizelge 9.21) konsolidasyon analizi için farklı derinlik sunan kuyular seçilmiştir. Bu sondaj kuyuları SK-1, SK-10, SK-21, SK-24, SK-33, SK-35, SK-115 ve SK-130'dur. Konsolidasyon analizlerinde 2,5-3 metre aralığından alınmış UD örnekler üzerinde yapılan konsolidasyon deney verilerinden yararlanılarak oturma miktarı belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 9.21. UD örnek alınan lokasyonlarda killi formasyon kalınlığı

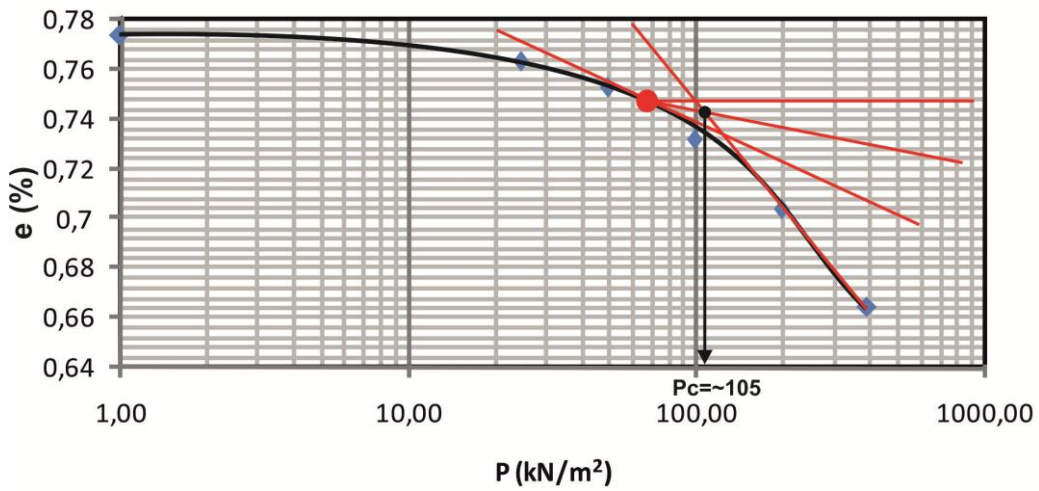
Sondaj No	Kil tabakası kalınlığı (m)	Formasyon	Sondaj No	Kil tabakası kalınlığı (m)	Formasyon
1	3	Alüvyon	25	5,5	Alüvyon
8	3	Alüvyon	26	5	Alüvyon
9	3	Alüvyon	28	3	Alüvyon
10	4	Alüvyon	29	5,5	Alüvyon
11	5	Alüvyon	30	5	Alüvyon
12	3	Alüvyon	31	4	Alüvyon
13	3	Alüvyon	32	4,5	Alüvyon
14	4	Alüvyon	33	6,5	Alüvyon
15	5	Alüvyon	34	3	Alüvyon
18	3	Alüvyon	35	7	Gazhanedere
20	4	Alüvyon	58	5	Alüvyon
21	5,5	Alüvyon	115	6	Alçıtepe
22	5	Alüvyon	116	4	Alçıtepe
24	11	Alüvyon	130	12	Alçıtepe

Konsolidasyon analizleri için aşağıdaki işlem aşaması, seçilen tüm lokasyonlarda uygulanmıştır. Bu bölümde örnek olarak seçilen SK-33 nolu sondaj kuyusu için işlem yapılmıştır. SK-33 nolu sondaj kuyusundaki kil tabakası kalınlığı 6,5 metre olup temelin UD örnek alma derinliği olan 2,5 metreye oturması halinde temelin altında kalan 4 metre kalınlığındaki kil tabakasında meydana gelecek oturma miktarı hesaplanmıştır (Şekil 9.36). Temelin eni (B) 10 m, boyu (L) 20 m olarak alınmıştır.



Şekil 9.36. SK-33 nolu sondaj kuyusunun konsolidasyon analizi için temelin ve zemin profilinin konumu.

Konsolidasyon deney verilerinden e -log P grafikleri çizilmiş ve Cassagrande yöntemi kullanılarak ön konsolidasyon basıncı hesaplanmıştır (Şekil 9.37).



Şekil 9.37. SK-33 nolu sondaj kuyusunun 2,5 metreden alınan UD numunesi için e -log P grafiği.

Konsolidasyon analizinde kullanılan örtü yükü ve ön konsolidasyon basıncı aşağıdaki Çizelge 9.22’de verilmiştir.

Çizelge 9.22. Örtü yükü ve ön konsolidasyon basıncı

Sondaj No	Derinlik (m)	Efektif gerilme σ'_0 (kN/m ²)	Ön konsolidasyon basıncı (P _c veya σ_c) (kN/m ²)
SK-33	4,5	73,75	105

Efektif gerilme (σ'_0) ön konsolidasyon basıncından (P_c veya σ_c) küçük olması nedeniyle kil, aşırı konsolide bir kildir.

Ani oturma analizinde binanın temele uygulayacağı gerilme miktarı (q) 1 m²'ye 88,3 kN (0,90 kg/cm²) yük olarak belirtilmişti. Konsolidasyon analizinde de aynı bina yükü kullanılmıştır.

Bina yapıldıktan sonra derinliğe bağlı olarak "A" noktasındaki gerilme miktarı Çizelge 9.23'de hesaplanmış verilerin aşağıda verilmiş eşitlikte yerine konulması yoluyla hesaplanmıştır.

$$\Delta\sigma' = \frac{\Delta\sigma_{üst} + 4\Delta\sigma_{orta} + \Delta\sigma_{alt}}{6} = 84,97 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$\Delta\sigma_{üst}$: Kil tabakasının üst kısmı (burada temel seviyesi)

$\Delta\sigma_{orta}$: Kil tabakasını orta kısmı (A noktası)

$\Delta\sigma_{alt}$: Kil tabakasını alt kısmı

$\Delta\sigma$ (temel altındaki kil tabakasının orta noktası) = qI_c

q : temelden zeminin birim alanına aktarılan yük

$I_c = f(m_1, n_1)$

$m_1 = L/B$

$n_1 = z/(B/2)$

I_c değeri m_1 ve n_1 bağlı olarak zemin mekaniği ve geoteknik kitaplarında bulunan çizelgeden belirlenmiştir.

z : temel seviyesinden itibaren ölçülen mesafe

Çizelge 9.23. Temel seviyesinden 4 metre derine kadar bina yükündeki gerilme değişimi.

z (m)	m=L/B	B(m)	n=z/(B/2)	I_c	$\Delta\sigma=qI_c$ (kPa)
0	2	10	0	-	88,3
2	2	10	0,4	0.976	86,18
4	2	10	0,8	0.870	76,82

Sıkışma indeksi (C_c):

$$C_c = \frac{e_0 - e_1}{\log \frac{\sigma_1}{\sigma_0}}$$

Şişme indeksi (C_s):

$$C_s = \frac{1}{5} C_c$$

Normal konsolide killer için oturma miktarı (S) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$S = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

Aşırı konsolide killer için oturma miktarı (S) iki durum gözetilerek hesaplanmaktadır:

1.Durum

$$\sigma'_0 + \Delta \sigma' \leq \sigma'_c$$

$$S = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

2.Durum

$$\sigma'_0 + \Delta \sigma' > \sigma'_c$$

$$S = \frac{C_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} \right)$$

SK-33 nolu sondaj kuyusu için 2.Durum gözetilerek çözüm yapılmıştır.

$$\sigma'_0 + \Delta \sigma' > \sigma'_c$$

$$73,75 + 84,97 > 105$$

Konsolidasyon analiz sonuçları 8 lokasyon için Çizelge 9.24'de verilmiştir.

Çizelge 9.24. Konsolidasyon analiz sonuçları.

Sondaj No	γ (kN/m ³)	H (m)	C_c	C_s	σ_c (kPa)	σ'_0 (kPa)	Kil türü*	$\Delta \sigma'$ (kPa)	S (mm)	Formasyon
1	18,33	3	0,0631	0,0126	120	50,40	A	88,3	2,44	Alüvyon
10	18,18	4	0,0698	0,0140	105	65,45	A	88,1	12,07	Alüvyon
21	18,23	5,5	0,0698	0,0140	80	72,92	A	86,53	38,07	Alüvyon
24	18,29	11	0,0631	0,0126	95	123,45	N	73,18	62,15	Alüvyon
33	18,13	6,5	0,0698	0,0140	105	73,75	A	84,97	33,47	Alüvyon
35	18,21	7	0,0631	0,0126	102	86,5	A	83,81	40,62	Gazhanedere
115	18,28	6	0,0698	0,0140	100	72,3	A	85,72	32,47	Alçıtepe
130	18,15	12	0,0764	0,0153	71	102,67	N	70,3	95,82	Alçıtepe

*Normal konsolide kil : N ; Aşırı konsolide kil : A

Çizelge 9.23'de verilen konsolidasyon analiz sonuçlarına göre inceleme alanındaki killerde oturma miktarları genel olarak 2,44 mm ile 95,82 mm arasında değişmektedir. Yapı temellerinde izin verilen toplam oturma miktarları killi zeminlerde münferit sémeller için 7,5 cm, Radye (jeneral) temeller için ise 12,5 cm'dir (Şekercioğlu, 2002). Bu sonuçlardan inceleme alanındaki killi birimlerde oturma miktarının müsaade edilen sınırlar içinde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yapı temellerinin farklı zeminlere oturması durumunda farklı oturma özelliğinin göz önüne alınarak, farklı oturmalar için izin verilen miktarı geçmemesi sağlanmalıdır. Konsolidasyon hesaplamalarına ilişkin tüm dökümantasyon Ek-7'de verilmiştir.

IX.4.3. Taşıma Gücü Analizleri

İnceleme alanında üç farklı birim ayırt edilmiştir. İnceleme alanının kuzey kesimi Çanakkale Grubu içinde yer alan Alçıtepe formasyonundan meydana gelmektedir. Yapılan sondaj çalışmaları sonucu elde edilen örneklerden ve sondaj loglarından Alçıtepe formasyonu içinde yer alan yeşilimsi-mavimsi kilaşları, kumlu kireçtaşları ve kilaşlarının ara bantlar halinde kestiği belirlenmiştir. İnceleme alanının merkezi, doğusu ve güneyi Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökellerinden (Qal) meydana gelmektedir. İnceleme alanının güney doğusunda kalan küçük bir alan da çakıltı kumtaşı ve kırmızımsı gri çamurtaşlarından oluşan Gazhanedere formasyonundan oluşmaktadır.

IX.4.3.1. Kaya kütlesinin taşıma gücü

İnceleme alanının kuzeyinde, Alçıtepe formasyonunda yapılan karotlu sondaj çalışmaları sonucu örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımları ve nokta yükü dayanım indeksleri belirlenmiştir. Ancak sondaj loklarından farklı bir litolojiye ait birimlerin kesilmediği görülmesi nedeniyle çalışmada sadece tek eksenli sıkışma dayanımı değerine sahip olan lokasyonlarda taşıma gücü analizi yapılmıştır. İnceleme alanının güneyinde küçük bir alanı kapsayan Gazhanedere formasyonunda yapılan iki sondaj çalışması sonucunda bir sondaj kuyunda karotlu sondaj çalışması yapılabilmiş ve alınan örneğin tek eksenli sıkışma dayanımı belirlenmiştir.

Laboratuvar sonuçlarının incelenmesi sonucu örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin derinliğe bağlı bir artış sergilemediği, değer farklılıklarının lokasyon bazında olduğu görülmüştür. Taşıma gücü analizlerinde Wyllie (1992) tarafından önerilen az kırıklı zayıf kayalarda taşıma gücü faktörlerinin kullanıldığı izin verilebilen taşıma gücü eşitliği kullanılmıştır. Bu eşitliğin kullanılabilmesi için Hoek vd. (2002) tarafından en son şeklinin verildiği Hoek-Brown görgül yenilme ölçütünün içinde yer alan Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strength Index, GSI) kavramı ve sağlam kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı kullanılarak elde edilen doğrusal olmayan Hoek – Brown yenilme zarfına temsili Mohr – Coulomb yenilme zarfından makaslama dayanım parametreleri (c , ϕ) belirlenmiştir. Ayrıca gene bu görgül yenilme ölçütü kullanılarak aşağıda verilen diğer parametreler kullanılarak kaya kütlesinin tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımları belirlenmiştir.

GSI : Jeolojik dayanım indeksi

D : Örselenme faktörü

σ_{ci} : sağlam kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı

σ_c : kaya kütlesinin tek eksenli sıkışma dayanımı

σ_t : kaya kütlesinin çekme dayanımı

m_i : kaya malzemesinin sabiti

m_b : kaya kütlesinin sabiti

s : kaya malzemesi sabiti (sağlam kaya için $s=1$ iken bu sabit kaya kütlesinin kalitesine göre 1'den 0'a kadar değişkenlik gösterir)

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right) \quad s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right) \quad a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right)$$

$$\sigma_c = \sigma_{ci} s^a$$

$$\sigma_t = -\frac{s\sigma_{ci}}{m_b}$$

Hoek vd. (2002) tarafından kaya malzemesi sabiti (m_i) çizelgesinde kilitaşı 4 ± 2 ve marn 7 ± 2 olarak verilmiştir. Alçitepe formasyonu ile sondajlarda kesilen örnekler göz önünde bulundurularak m_i sabiti 5 olarak alınmıştır. Ayrıca jeolojik dayanım indeksi (GSI) süreksizlik yüzeyleri ve RQD değerlerinin değerlendirilmesi sonucu $GSI = 40$ olarak alınmıştır (Şekil 9.38). Tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri en düşük 2,29 MPa ile en yüksek 9,33 MPa arasında değişmekte olup ortalaması 5,40 MPa'dır. Bu verilerden Hoek vd. (2002) tarafından önerilen görgül yenilme ölçütü kullanılarak kaya kütlesinin tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımları belirlenmiştir. Gazhanedere formasyonundan alınmış kırmızımsı kilitaşlarının tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri 2,35 MPa'dır (Çizelge 9.25).

Çizelge 9.25. İnceleme alanının kuzeyindeki kilitaşı-marn kaya kütlelerinin tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımları.

σ_{ci} (MPa)	GSI	D	m_i	m_b	S	a	σ_c (kPa)	σ_c (kg/cm ²)	σ_t (kPa)	Formasyon
9,33	40	0	5	0,590	0,0013	0,511	311,59	3,18	-20,52	Alçitepe
5,40	40	0	5	0,590	0,0013	0,511	180,34	1,84	-11,88	
2,29	40	0	5	0,590	0,0013	0,511	76,48	0,78	-5,04	
2,35	40	0	5	0,590	0,0013	0,511	78,55	0,80	-5,17	Gazhanedere

		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80	70	N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		60	50	40	30
	VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets			40	30	20
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity				20	10
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces					
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			



Şekil 9.38. Jeolojik dayanım indeksi (Hoek vd., 2002).

Bu çalışmada üç farklı tek eksenli sıkışma dayanımı değeri için de Wyllie (1992) tarafından önerilen izin verilebilen taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır.

Wyllie (1992) az kırıklı zayıf kayalarda taşıma gücü faktörlerinin kullanıldığı izin verilebilen taşıma gücü eşitliğini önermiştir.

$$q_a = \frac{C_{f1}cN_c + C_{f2}(B\gamma/2)N_\gamma + \gamma DN_q}{F}$$

$$N_c = 2N_\phi^{1/2}(N_\phi + 1)$$

$$N_\gamma = N_\phi^{1/2}(N_\phi^2 - 1)$$

$$N_q = N_\phi^2$$

$$N_\phi = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

C_{f1} , C_{f2} : temel şekliyle ilgili boyutsuz düzeltme faktörleri (Çizelge 9.26)

F : güvenlik katsayısı (F=3)

N_c , N_γ , N_q : taşıma gücü faktörleri

B : temel genişliği

D : temel derinliği

γ : birim hacim ağırlık (kN/m³)

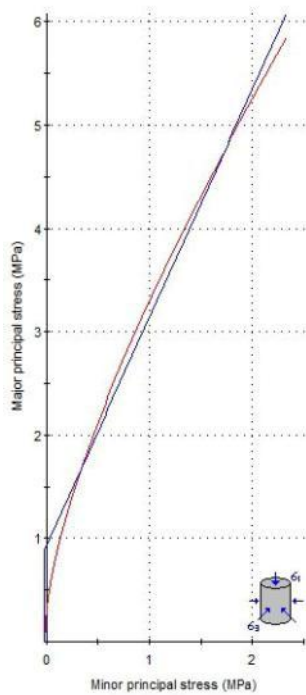
Çizelge 9.26. Temel şekliyle ilgili boyutsuz düzeltme faktörleri.

Temel Tipi	C_{f1}	C_{f2}
Sürekli (L/B)	1.0	1.0
Dikdörtgen		
L/B = 2	1.12	0.90
L/B = 5	1.05	0.95
Kare	1.25	0.85
Dairesel	1.20	0.70

Sonuç olarak Alçıtepe formasyonundan alınmış yeşilimsi-mavimsi kilaşlarının $\sigma_c = 9,33$ MPa için makaslama dayanım parametreleri $c = 313$ kPa, $\phi = 22,10^\circ$, $\sigma_c = 5,40$ MPa için makaslama dayanım parametreleri $c = 181$ kPa, $\phi = 22,10^\circ$ ve $\sigma_c = 2,29$ MPa için makaslama dayanım parametreleri $c = 77$ kPa, $\phi = 22,10^\circ$ olarak belirlenmiştir (Şekil 9.39). Gazhanedere formasyonundan alınmış kırmızımsı kilaşlarının $\sigma_c = 2,35$ MPa için makaslama dayanım parametreleri $c = 79$ kPa, $\phi = 22,10^\circ$ olarak belirlenmiştir (Şekil 9.40).

(a)

Analysis of Rock Strength using RocLab

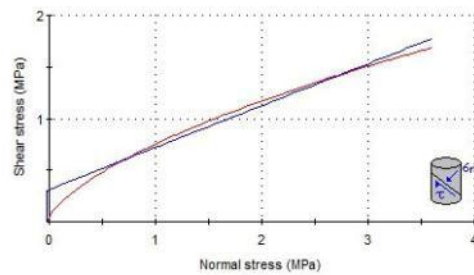


Hoek-Brown Classification
intact uniaxial compressive strength = 9.33 MPa
GSI = 40 $m_i = 5$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 $m_b = 0.587$ $s = 0.0013$ $a = 0.511$

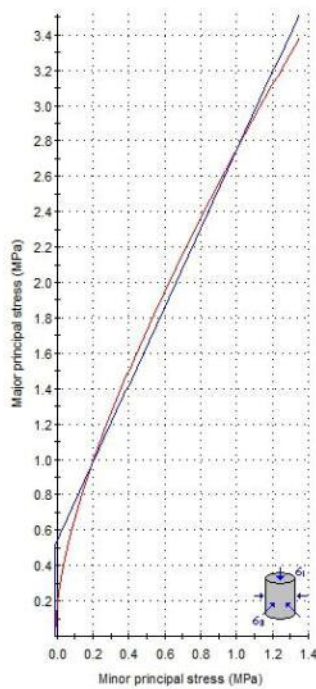
Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 0.313 MPa friction angle = 22.10 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.020 MPa
uniaxial compressive strength = 0.309 MPa
global strength = 0.928 MPa
modulus of deformation = 1717.67 MPa



(b)

Analysis of Rock Strength using RocLab

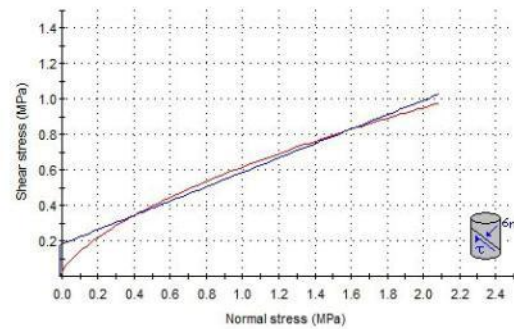


Hoek-Brown Classification
intact uniaxial compressive strength = 5.4 MPa
GSI = 40 $m_i = 5$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 $m_b = 0.587$ $s = 0.0013$ $a = 0.511$

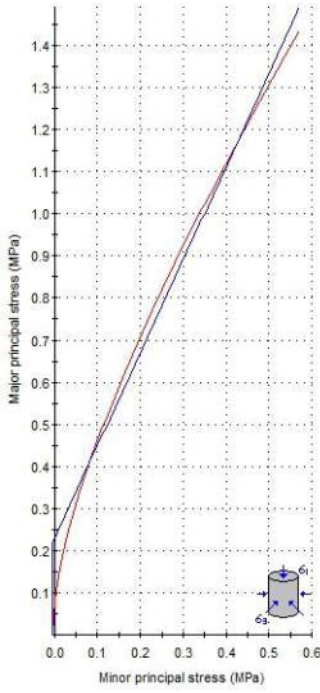
Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 0.181 MPa friction angle = 22.10 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.012 MPa
uniaxial compressive strength = 0.179 MPa
global strength = 0.537 MPa
modulus of deformation = 1306.76 MPa



(c)

Analysis of Rock Strength using RocLab

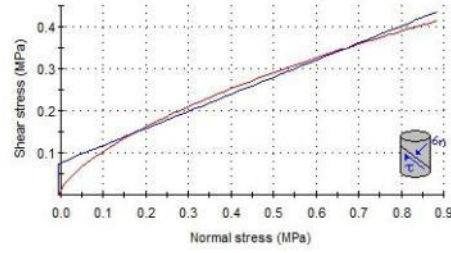


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 2.29 MPa
 GSI = 40 $m_i = 5$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 $m_b = 0.587$ $s = 0.0013$ $a = 0.511$

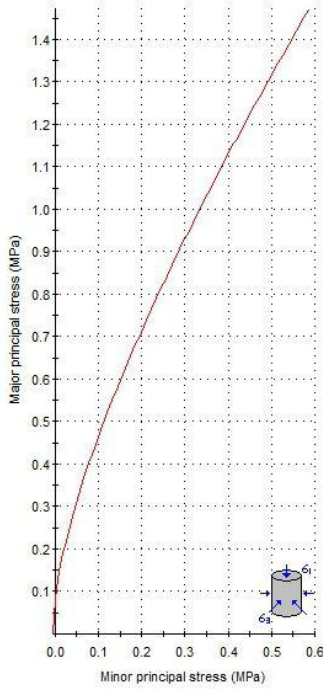
Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.077 MPa friction angle = 22.10 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.005 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.076 MPa
 global strength = 0.228 MPa
 modulus of deformation = 850.98 MPa



Şekil 9.39. Alçıtepe formasyonundan alınmış yeşilimsi-mavimsi kilttaşlarının (a) $\sigma_c = 9,33$ MPa, (b) $\sigma_c = 5,40$ MPa ve (c) $\sigma_c = 2,29$ MPa için yenilme zarfları ve makaslama dayanım parametreleri (Rocscience, RocLab 1.0).

Analysis of Rock Strength using RocLab

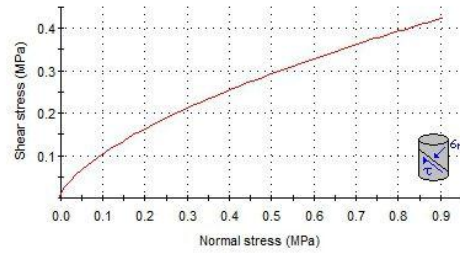


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 2.35 MPa
 GSI = 40 $m_i = 5$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 $m_b = 0.587$ $s = 0.0013$ $a = 0.511$

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.079 MPa friction angle = 22.10 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.005 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.078 MPa
 global strength = 0.234 MPa
 modulus of deformation = 862.05 MPa



Şekil 9.40. Gazhanedere formasyonundan alınmış kırmızımsı kilttaşlarının $\sigma_c = 2,35$ MPa için yenilme zarfı ve makaslama dayanım parametresi (Rocscience, RocLab 1.0).

İnceleme alanının kuzeyinde yapılan inşaatlarda genelde genişliği 10 m boyu 15 m olan ve derinliği 2 ila 3 m arasında değişen temeller kullanılmaktadır. Bu çalışmada 3 m temel derinliği ve güvenlik katsayısı 3 alınarak Wyllie (1992) tarafından önerilen az kırıklı zayıf kayalarda taşıma gücü faktörlerinin kullanıldığı izin verilebilen taşıma gücü eşitliği kullanılarak Alçıtepe formasyonu için üç farklı tek eksenli sıkışma dayanımı için Gazhanedere formasyonu için ise bir tek eksenli sıkışma dayanımı için izin verilebilen taşıma gücü değerleri belirlenmiştir (Çizelge 9.27).

Çizelge 9.27. Alçıtepe ve Gazhanedere formasyonlarının taşıma gücü değerleri

Sondaj No	Formasyon	σ_{ci} (MPa)	q_a (kPa)	q_a (kg/cm ²)
SK-127, SK-132, SK-134, SK-136, SK-137, SK-139,SK-140	Alçıtepe	9,33	1394,40	14,23
		5,40	891,48	9,10
		2,29	495,25	5,05
SK-35	Gazhanedere	2,35	498,28	5,08

IX.4.3.2. Zeminin taşıma gücü

İnceleme alanında yapılan 151 adet sondajın sadece 29 adetinde 2,5-3,0 metreler arasında UD numune alınabilmektedir. Alınan UD numunelerin 25 adedi de inceleme alanının doğusunda yer almaktadır. Ayrıca UD alınan seviyeden sonrada formasyon alüvyon olarak devam etmesi nedeniyle SPT deneyi yapılmıştır. Bu nedenle bu lokasyonlarda hem UD örneklerle alınan örselenmemiş örnekler üzerinde gerçekleştirilen konsolidasyonsuz drenajsız üç ekseli deney sonuçları kullanılarak hem de SPT deney verileri kullanılarak taşıma gücü analizleri yapılmıştır. Analizler sırasında gerçeği yansıtmayı amacıyla Çanakkale genelinde kullanılan temel genişlikleri ve boyu hakkında yerel bir jeoteknik firmadan bilgi alınmıştır. Alınan bilgiler ışığında iki farklı temel genişliği (10 m ve 20m) ve boyu (15m ve 30 m) dikkate alınarak izin verilebilir net taşıma gücü analizleri yapılmıştır. Analizlerde güvenlik katsayısı 3 olarak alınmıştır. Ayrıca, UD numunelerin alındığı 2,5-3,0 metre aralığı göz önüne alınarak UD numuneden taşıma gücü belirlenirken temel derinliği 2,5 m olarak alınmıştır. Analizlerde UD örnek alınan numuneler için Meyerhof (1963; Das 1999'dan) tarafından önerilen taşıma gücü eşitliği ve SPT deneyi yapılan lokasyonlar için de Meyerhof (1956; Das 1999'dan) ve Bowles (1977; Das 1999'dan) tarafından önerilen izin verilebilir net taşıma gücü eşitlikleri kullanılmıştır. Analizlerde herhangi bir paket program kullanılmayıp, Excel'de eşitlikler tanımlanarak analizler gerçekleştirilmiştir (Ek 8).

IX.4.3.2.1. SPT deneyi yapılan zeminlerin taşıma güçleri

Taşıma gücünün SPT deneyinden belirleneceği lokasyonlarda düzeltilmiş SPT- N_{30} değeri (N_{cor}) kullanılmıştır. Literatürde değişik araştırmacılar tarafından farklı eşitlikler kullanılmakla birlikte bu çalışmada Liao and Whitman (1986; Das 1999'dan) tarafından önerilen eşitlik kullanılmıştır.

$$C_N = 9,78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_0}}$$

$$N_{cor} = C_N N_F$$

C_N : Düzeltme faktörü

$$\sigma'_0 = 95,6 \text{ kN/m}^2$$

N_F : Araziden belirlenmiş SPT-N değeri

İzin verilebilir net taşıma gücü aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$q_{all(net)} = q_{all} - \gamma D_f$$

Meyerhof (1956; Das 1999'dan) tarafından önerilen izin verilebilir net taşıma gücü eşitliği en fazla 25 mm oturma göz önüne alınarak aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$q_{all(net)} (\text{kN} / \text{m}^2) = 11,98 N_{cor} \quad B \leq 1,22 \text{ m için}$$

$$q_{all(net)} (\text{kN} / \text{m}^2) = 7,99 N_{cor} \left(\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right)^2 \quad B > 1,22 \text{ m için}$$

Meyerhof (1965; Das 1999'dan) daha sonraki araştırmaları sonucu hesaplanan taşıma gücü değerinin %50 arttırılması gerektiğini önermiştir.

Bowles (1977; Das 1999'dan) tarafından modifiye edilmiş taşıma gücü eşitliği düzeltilmiş SPT- N_{30} değeri (N_{cor}), temel genişliği (B) ve izin verilebilir net taşıma gücü eşitliği arasındaki ampirik ilişkilere göre çözümden ibarettir. Oturma miktarı kullanıcıya bırakılarak eşitlikte tolerans sınırları içinde oturma olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada taşıma gücü 25 mm oturma durumuna göre yapılmıştır.

$$q_{all(net)} (\text{kN} / \text{m}^2) = 19,16 N_{cor} F_d \left(\frac{S_e}{25} \right) \quad (B \leq 1,22 \text{ m için})$$

$$q_{all(net)} (\text{kN} / \text{m}^2) = 11,98 N_{cor} \left(\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right)^2 F_d \left(\frac{S_e}{25} \right) \quad (B > 1,22 \text{ m için})$$

$$F_d = 1 + 0,33 \left(\frac{D_f}{B} \right) \leq 1,33$$

F_d : derinlik faktörü

S_e : tolere edilebilen oturma miktarı (mm)

Bowles (1977; Das 1999'dan) tarafından düzeltilmiş SPT- N_{30} değerinin (N_{cor}) temel tabanından itibaren temel genişliğinin (B) iki katı (2B) ile üç katı (3B) derinliğe kadar belirlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca yeraltı suyu konumunun penetrasyon direncine (SPT- N_{30} değerine) yansması nedeniyle su düzeltmesi yapılmasının gerekli olmadığını belirtmiştir.

Peck, Hanson ve Thornburn (1974; Das 1999'dan) tarafından granüler toprağın doruk sürtünme açısıyla düzeltilmiş SPT- N_{30} değeri (N_{cor}) korele edilmiştir. Bu araştırmacıların grafiksel

olarak verdikleri korelasyon Wolff (1989; Das 1999'dan) tarafından yaklaşık bir eşitlik haline getirilmiştir. Bu çalışmada ayrıca taşıma gücü hesaplanan lokasyonların içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri de belirlenmiştir.

$$\phi = 27,1 + 0,3N_{cor} - 0,00054N_{cor}^2$$

Yukarıda belirtilen içsel sürtünme açısı eşitliği kullanılarak ve kumlu-siltli zeminlerde kohezyon (c) sıfır kabul edilerek Meyerhof (1963; Das 1999'dan) tarafından önerilen izin verilebilir net taşıma gücü eşitliği kullanılarak yapılan analizlerde, düzeltilmiş SPT- N_{30} değerini (N_{cor}) kullanan yukarıda belirtilmiş iki yöntemden çok çok yüksek değer vermesi nedeniyle bu çalışmada bu tip bir yaklaşım değerlendirilmemiştir. İnceleme alanı içinde belirlenmiş bazı lokasyonlarda SPT deney verisi kullanılarak yapılan izin verilebilir net taşıma gücü sonuçları aşağıdaki Çizelge 9.28 ve 9.29'da verilmiştir.

Çizelge 9.28. Meyerhof (1956; Das 1999'dan)) tarafından önerilen eşitlik kullanılarak izin verilebilir net taşıma gücü sonuçları.

Sondaj No	ϕ _{ort} (°)	Meyerhof (1956)								F*
		D _f = 1,5 m				D _f = 3 m				
		B=10m		B=20m		B=10m		B=20m		
		q _a (kPa)	q _a (kg/cm ²)	q _a (kPa)	q _a (kg/cm ²)	q _a (kPa)	q _a (kg/cm ²)	q _a (kPa)	q _a (kg/cm ²)	
1	35	256,5	2,62	248,9	2,54	239,1	2,44	232,1	2,37	Alüvyon
2	33	169,4	1,73	164,4	1,68	136,8	1,40	132,8	1,36	
6	33	189,2	1,93	183,6	1,87	163,9	1,67	159,1	1,62	
12	30	109,8	1,12	106,5	1,09	103,2	1,05	100,1	1,02	
15	33	179,4	1,83	174,1	1,78	180,6	1,84	175,3	1,79	
21	31	116,1	1,19	112,7	1,15	113,8	1,16	110,5	1,13	
32	35	251,6	2,57	244,2	2,49	262,0	2,67	254,3	2,60	
52	34	215,6	2,20	209,3	2,14	221,1	2,26	214,6	2,19	
54	33	168,8	1,72	163,9	1,67	170,8	1,74	165,8	1,69	
61	31	106,2	1,08	103,1	1,05	104,3	1,06	101,3	1,03	
63	34	211,3	2,16	205,1	2,09	198,3	2,02	192,5	1,96	
66	34	225,1	2,30	218,5	2,23	231,9	2,37	225,1	2,30	
70	32	150,3	1,53	145,9	1,49	150,7	1,54	146,3	1,49	
71	35	247,1	2,52	239,9	2,45	256,9	2,62	249,3	2,54	
79	31	110,5	1,13	107,2	1,09	109,0	1,11	105,8	1,08	
89	34	219,1	2,24	212,6	2,17	205,3	2,10	199,3	2,03	
92	34	221,8	2,26	215,3	2,20	215,3	2,20	209,0	2,13	
93	33	178,1	1,82	172,9	1,76	166,3	1,70	161,5	1,65	
119	35	310,3	3,17	301,2	3,07	311,4	3,18	302,3	3,08	
123	32	148,6	1,52	144,3	1,47	150,1	1,53	145,6	1,49	
125	34	219,9	2,24	213,4	2,18	215,4	2,20	209,1	2,13	
126	31	122,5	1,25	118,9	1,21	118,8	1,21	115,3	1,18	
128	34	216,2	2,21	209,9	2,14	206,3	2,11	200,3	2,04	
145	31	120,7	1,23	117,1	1,20	122,8	1,25	119,2	1,22	
147	32	148,6	1,52	144,2	1,47	150,1	1,53	145,6	1,49	
149	31	107,8	1,10	104,7	1,07	104,7	1,07	101,6	1,04	

*Formasyon

Çizelge 9.29. Bowles (1977; Das 1999'dan)) tarafından önerilen eşitlik kullanılarak izin verilebilir net taşıma gücü sonuçları

Sondaj No	ϕ_{ort} (°)	Bowles (1977)								F*
		D _f = 1,5 m				D _f = 3 m				
		B=10m		B=20m		B=10m		B=20m		
		q _a (kPa)	q _a (kg/cm ²)	q _a (kPa)	q _a (kg/cm ²)	q _a (kPa)	q _a (kg/cm ²)	q _a (kPa)	q _a (kg/cm ²)	
1	35	391,6	4,0	382,3	3,9	376,8	3,8	359,7	3,7	Alüvyon
2	33	260,5	2,6	250,6	2,6	208,0	2,2	195,7	2,0	
6	33	288,9	2,5	277,9	2,8	262,0	2,7	246,5	2,5	
12	31	167,6	1,7	161,3	1,6	165,0	1,7	155,2	1,6	
15	33	273,9	2,8	263,5	2,7	288,8	2,9	271,7	2,8	
21	31	177,3	1,8	170,6	1,7	182,1	1,8	171,3	1,7	
32	35	384,2	3,9	369,6	3,8	419,0	4,3	394,2	4,0	
52	34	329,3	3,3	316,7	3,2	353,5	3,6	332,6	3,4	
54	33	257,8	2,6	248,0	2,5	273,1	2,8	257,0	2,6	
61	31	162,2	1,6	156,0	1,6	166,8	1,7	157,0	1,6	
63	34	322,7	3,3	310,4	3,2	317,1	3,2	298,4	3,0	
66	34	343,8	3,5	330,7	3,4	370,9	3,8	348,9	3,5	
70	32	229,6	2,3	220,9	2,2	241,0	2,4	226,7	2,3	
71	35	377,4	3,8	363,0	3,7	410,8	4,2	386,5	3,9	
79	31	168,7	1,7	162,3	1,6	174,3	1,8	164,0	1,6	
89	34	334,5	3,4	321,8	3,3	328,4	3,3	309,0	3,1	
92	34	338,8	3,4	325,9	3,3	344,3	3,5	323,9	3,3	
93	33	272,0	2,8	261,7	2,7	266,0	2,7	250,3	2,5	
119	35	473,8	4,8	455,8	4,6	498,0	5,1	468,5	4,8	
123	32	227,0	2,3	218,3	2,2	234,0	2,4	225,8	2,3	
125	34	335,8	3,4	323,0	3,3	344,4	3,5	324,1	3,3	
126	31	187,1	1,9	180,0	1,8	190,0	1,9	178,8	1,8	
128	34	330,2	3,3	317,7	3,2	329,9	3,4	310,4	3,2	
145	31	184,3	1,9	177,3	1,8	196,3	2,0	184,7	1,9	
147	32	227,0	2,3	218,3	2,2	234,0	2,4	225,8	2,3	
149	31	164,7	1,7	158,4	1,6	167,4	1,7	157,5	1,6	

*Formasyon

IX.4.3.2.2. UD örnek alınabilen zeminlerin taşıma güçleri

İnceleme sahasında iki farklı temel genişliği (10 m ve 20 m) ve boyu (15 m ve 30 m) dikkate alınarak izin verilebilir net taşıma gücü analizleri yapılmıştır. Analizlerde temel derinliği 2,5 m ve güvenlik katsayısı 3 olarak alınmıştır. Taşıma gücü hakkında genel bir bilgi edinmek amacıyla analizler seçilen belirli lokasyonlar için yapılmıştır. Analizlerde Meyerhof (1963; Das 1999'dan) tarafından önerilen taşıma gücü eşitliği kullanılmıştır (Çizelge 9.30).

$$q_{ult} = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

c: kohezyon

q: temel seviyesindeki efektif gerilim ($q = \gamma D_f$)

γ : toprağın birim hacim ağırlığı

B: temel genişliği

N_c , N_q , N_γ : taşıma gücü faktörleri

F_{cs} , F_{qs} , $F_{\gamma s}$: şekil faktörü

F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$: derinlik faktörü

F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i}$: yük eğim faktörü

Bulunan genel taşıma gücü eşitliğinden (q_{ult}) örtü yükü ($q=\gamma D_f$) çıkarılıp güvenlik katsayısına bölünerek izin verilebilir net taşıma gücü ($q_{all(net)}$) değeri bulunmuştur.

Çizelge 9.30. Meyerhof (1963; Das 1999'dan) tarafından önerilen taşıma gücü eşitliği kullanılarak belirli sondaj kuyuları için yapılan taşıma gücü sonuçları.

Sondaj No	B=10m / L=15m		B=20m / L=30m		Formasyon
	İzin verilebilir net taşıma gücü ($q_{all(net)}$) (kPa)	İzin verilebilir net taşıma gücü ($q_{all(net)}$)(kg/cm ²)	İzin verilebilir net taşıma gücü ($q_{all(net)}$) (kPa)	İzin verilebilir net taşıma gücü ($q_{all(net)}$)(kg/cm ²)	
SK-1	262,09	2,67	274,36	2,80	Alüvyon
SK-8	263,15	2,69	275,28	2,81	Alüvyon
SK-10	247,34	2,52	260,18	2,65	Alüvyon
SK-12	248,10	2,53	260,88	2,66	Alüvyon
SK-14	245,85	2,51	258,77	2,64	Alüvyon
SK-15	276,02	2,82	287,56	2,93	Alüvyon
SK-18	257,83	2,63	270,26	2,76	Alüvyon
SK-20	275,56	2,81	287,05	2,93	Alüvyon
SK-22	243,89	2,49	256,88	2,62	Alüvyon
SK-24	291,37	2,97	302,27	3,08	Alüvyon
SK-26	319,85	3,26	329,52	3,36	Alüvyon
SK-28	257,30	2,63	269,59	2,75	Alüvyon
SK-30	309,35	3,16	319,44	3,26	Alüvyon
SK-32	256,98	2,62	269,43	2,75	Alüvyon
SK-33	297,59	3,04	307,98	3,14	Alüvyon

Çizelge 9.30 (devam)					
SK-35	271,52	2,77	283,26	2,89	Gazhanedere
SK-58	290,93	2,97	302,00	3,08	Alüvyon
SK-115	258,56	2,64	270,95	2,76	Alçitepe
SK-116	268,73	2,74	280,73	2,86	Alçitepe
SK-130	251,25	2,56	263,78	2,69	Alçitepe

Taşıma gücü ile ilgili tüm hesaplamalara ait dökümantasyon Ek 8'de verilmiştir.

Rapor içerisinde yapılan tüm hesaplamalar inceleme alanının genel karakteristik özelliklerini belirtmeye yönelik yapılmış olup parsel bazlı zemin etüt raporlarında ayrıca hesaplanmalıdır.

X. HİDROJEOLÖJİK ÖZELLİKLER

X.1. Yeraltı Suyu Durumu

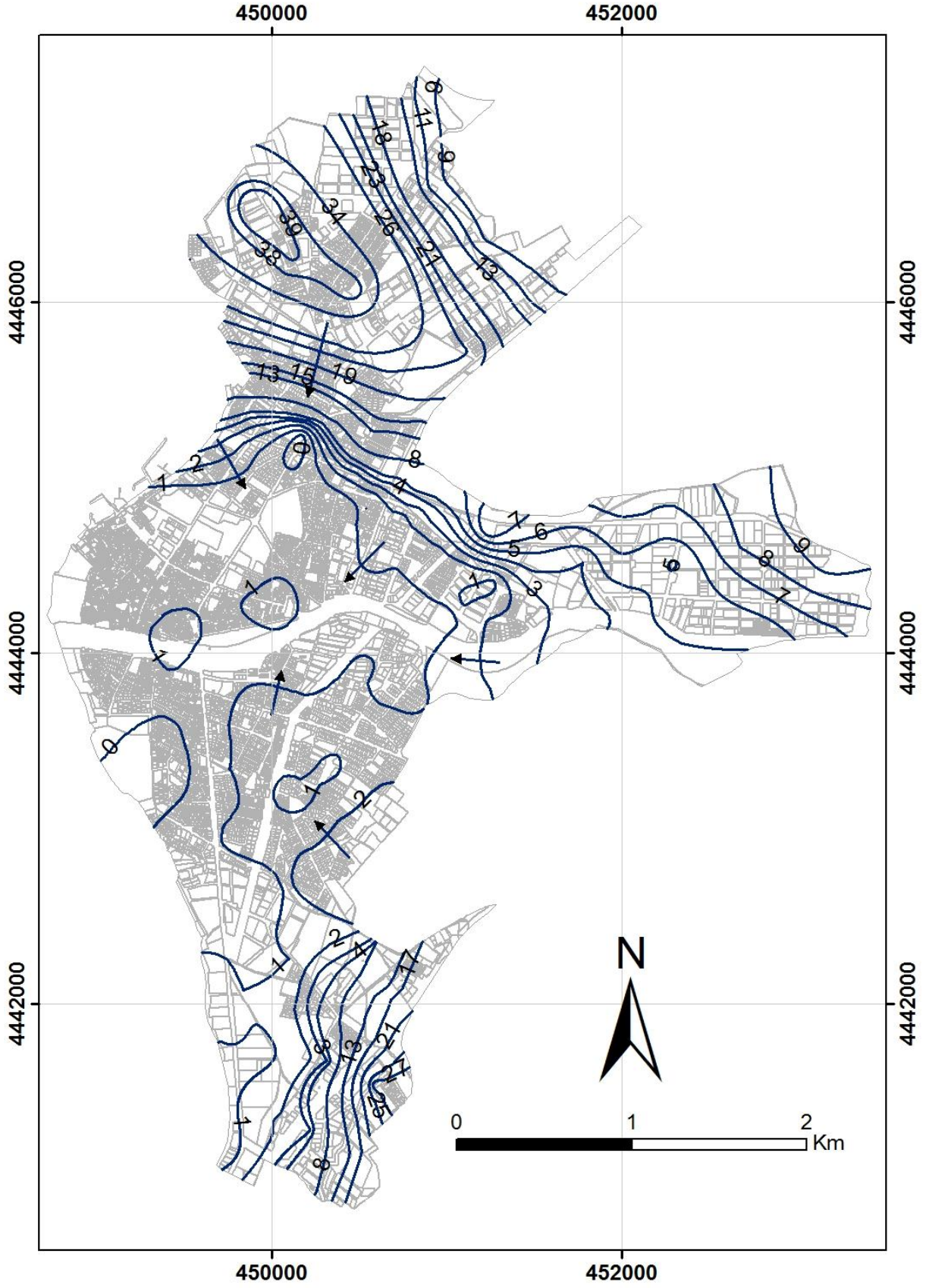
Çanakkale kent yerleşim alanı içinde yeraltısuyu seviyelerini ve yeraltısularının akım yönlerinin belirlenmesi amacıyla sondaj kuyularında su seviye ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahasında alüvyon zeminlerde yeraltısuyu bulunmaktadır. Esenler Mahallesi'nde bulunan, Çanakkale formasyonuna ait Alçıtepe üyesi içinde yeraltısuyuna rastlanmamıştır.

Çalışma alanı içinde yeraltısuyu gözlenen sondaj kuyuları ve yeraltısuyu seviyeleri ve yüzeyden derinlikleri Çizelge 10.1'de verilmiştir. Bu veriler kullanılarak inceleme alanının yeraltı suyu seviye ve yüzeyden derinlik haritaları oluşturulmuştur (Şekil 10.1 ve 10.2) (Ek 9).

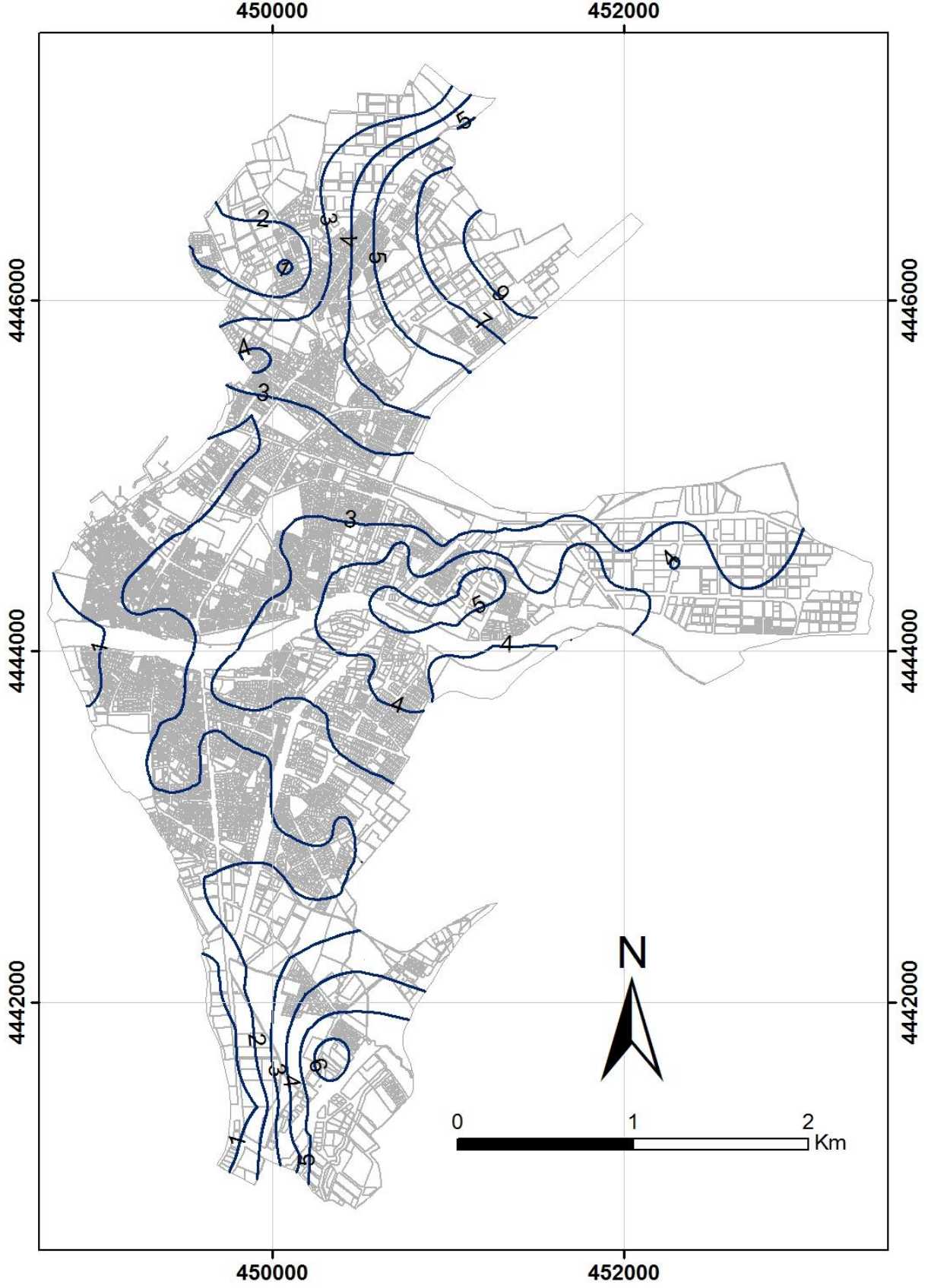
Çizelge 10.1. Çalışma alanı yeraltı suyu seviyeleri ve yüzeyden derinlikleri (YAS:Yeraltısuyu yüzeyden derinlik, YASS:Yeraltısuyu seviye haritası, Fm:Formasyon, Qal:Alüvyon, Tmal: Alçıtepe Fm, Tmg: Gazhanedere Fm)

Sondaj No	X	Y	YAS (m)	YASS (m)	Fm	Sondaj No	X	Y	YAS (m)	YASS (m)	Fm
1	453172	4444526	3,3	9,5	Qal	64	450668	4443815	4,45	0,55	Qal
2	452983	4444163	6,3	4,4	Qal	65	450484	4443850	3,9	1,1	Qal
3	453215	4444145	4	7	Qal	66	450541	4443941	3,8	1,2	Qal
4	453315	4444364	3	10	Qal	67	450812	4444007	4,6	0,4	Qal
5	452794	4444079	3,5	5,1	Qal	68	450963	4443908	3,55	1,65	Qal
6	452793	4444251	2,7	7,5	Qal	69	449297	4443959	1,55	0,75	Qal
7	452794	4444725	2,8	8,7	Qal	70	449774	4444380	3,5	0,1	Qal
8	452660	4444599	2,25	7,95	Qal	71	449072	4443939	1,2	0,3	Qal
9	452503	4444288	5,4	4,1	Qal	72	449419	4443315	2,4	-0,45	Qal
10	452339	4444055	3,2	5	Qal	73	449012	4443662	1,1	0,4	Qal
11	452226	4444226	3,7	5,3	Qal	74	448945	4443847	0,8	0,4	Qal
12	452292	4444519	4,1	4,9	Qal	75	449236	4443892	1,45	0,55	Qal
13	452108	4444698	1,8	7,2	Qal	76	449701	4443792	3,4	0	Qal
14	451973	4444686	2,3	6,7	Qal	77	450435	4444621	3,6	0,7	Qal
15	451949	4444491	3,3	5,7	Qal	78	450194	4443809	3,2	0,8	Qal
16	452062	4444267	4,3	4,5	Qal	79	450430	4444070	4,4	0,6	Qal
17	451777	4444522	5	4	Qal	80	450170	4445234	2,4	-0,4	Qal
18	451620	4444265	5,4	2,6	Qal	81	449932	4443951	3,2	0,3	Qal
19	451485	4444469	3	4	Qal	82	449889	4443710	3,25	1,95	Qal
20	451241	4444704	2,8	8	Qal	83	449688	4443519	1,85	0,75	Qal
21	451068	4444477	4,7	1,3	Qal	84	450355	4444857	1,8	1,3	Qal
22	450947	4444381	4,6	1,4	Qal	85	450095	4443946	3,5	0,5	Qal
23	451256	4444402	5,8	0,7	Qal	86	450353	4444408	4,15	0,5	Qal
24	451244	4444170	4,3	2,2	Qal	87	450580	4444884	2,3	1,5	Qal
25	451043	4444160	5,07	0,93	Qal	88	449957	4443410	2	1,1	Qal
26	450800	4444193	5,3	0,2	Qal	89	449757	4443340	1,8	1	Qal
27	450642	4444299	5,4	0,1	Qal	90	449939	4443238	1,85	1,15	Qal
28	450665	4444453	4,65	0,85	Qal	91	449295	4444655	1,8	0,4	Qal
29	450823	4444468	3,6	1,4	Qal	92	450027	4444917	2,4	0,6	Qal

Çizelge 10.1. Devam											
30	450971	4444613	2,9	2,1	Qal	93	450200	4444640	3,6	0,6	Qal
31	450701	4444667	3,56	1,44	Qal	94	449373	4443741	1,3	0,9	Qal
32	450726	4444758	2,6	1,9	Qal	95	449633	4443109	1,8	0,4	Qal
33	450736	4444592	4,3	0,9	Qal	96	450225	4444516	3,45	0,75	Qal
34	450601	4444536	3,7	1,6	Qal	97	449876	4442887	1,8	1,2	Qal
35	450374	4441102	17,1	14,9	Tmg	98	449753	4442961	1,8	1,2	Qal
36	450210	4441280	5,25	2,75	Qal	99	449482	4442975	1,2	0,4	Qal
37	450024	4441320	3,1	2,1	Qal	100	449183	4444800	1,15	0,55	Qal
38	450588	4441537	4	28	Tmg	101	449607	4442703	2	0,5	Qal
39	450319	4441673	7	3,1	Qal	102	449768	4442569	2,5	0,2	Qal
40	449836	4442074	2	1	Qal	103	449657	4442205	0,75	1,25	Qal
41	450096	4442251	3	1	Qal	104	449744	4441830	0,6	1,2	Qal
42	450053	4442420	2,9	1,1	Qal	105	449910	4441405	1	1,7	Qal
43	450198	4442580	0,65	3,35	Qal	106	449744	4441147	0,65	0,55	Qal
44	450036	4442644	2,55	0,65	Qal	107	449535	4443815	4,4	-1,7	Qal
45	450156	4442700	1,4	2,6	Qal	108	449567	4444856	1,75	0,25	Qal
46	450015	4442727	2,1	0,9	Qal	109	449370	4443617	2	-0,2	Qal
47	450255	4442830	1,9	2,1	Qal	110	449637	4444262	2,6	0,9	Qal
48	450105	4442945	2	1,8	Qal	111	449785	4444169	2,75	0,65	Qal
49	450022	4443004	2	1,5	Qal	112	449420	4444068	1,2	1,6	Qal
50	450249	4442981	2,2	1,8	Qal	113	450407	4444945	2,05	1,25	Qal
51	450393	4443028	1,9	2,1	Qal	114	449017	4444121	0,9	0,3	Qal
52	450131	4443155	2,35	0,55	Qal	115	450568	4445277	3,7	13,3	Tmal
53	450160	4443279	2,4	1	Qal	116	450461	4445539	6,85	21,15	Tmal
54	450345	4443331	2,45	0,85	Qal	117	450619	4445451	8,2	26,8	Tmal
55	450618	4443173	2,75	2,25	Qal	118	449871	4444257	2,4	1,2	Qal
56	450155	4443491	2,2	1,4	Qal	119	450490	4445041	2,45	3,35	Qal
57	450670	4443392	3,3	1,7	Qal	120	450031	4444392	2,6	1,1	Qal
58	450446	4443543	4	1	Qal	121	449996	4444209	3,7	1,3	Qal
59	450697	4443568	3,15	1,85	Qal	122	449199	4444277	2,3	0,4	Qal
60	450316	4443623	3	1,5	Qal	123	449803	4444394	3	0,5	Qal
61	450607	4443536	3,4	1,6	Qal	124	449789	4444470	2,9	0,4	Qal
62	450795	4443722	4,5	0,5	Qal	143	449878	4445344	2	4	Qal
63	450917	4443830	2,55	2,35	Qal						



Şekil 10.1. Çalışma alanının yeraltısuyu seviye haritası



Şekil 10.2. Yeraltı suyu yüzeyden derinlik haritası

X.2. Yüzey Suları

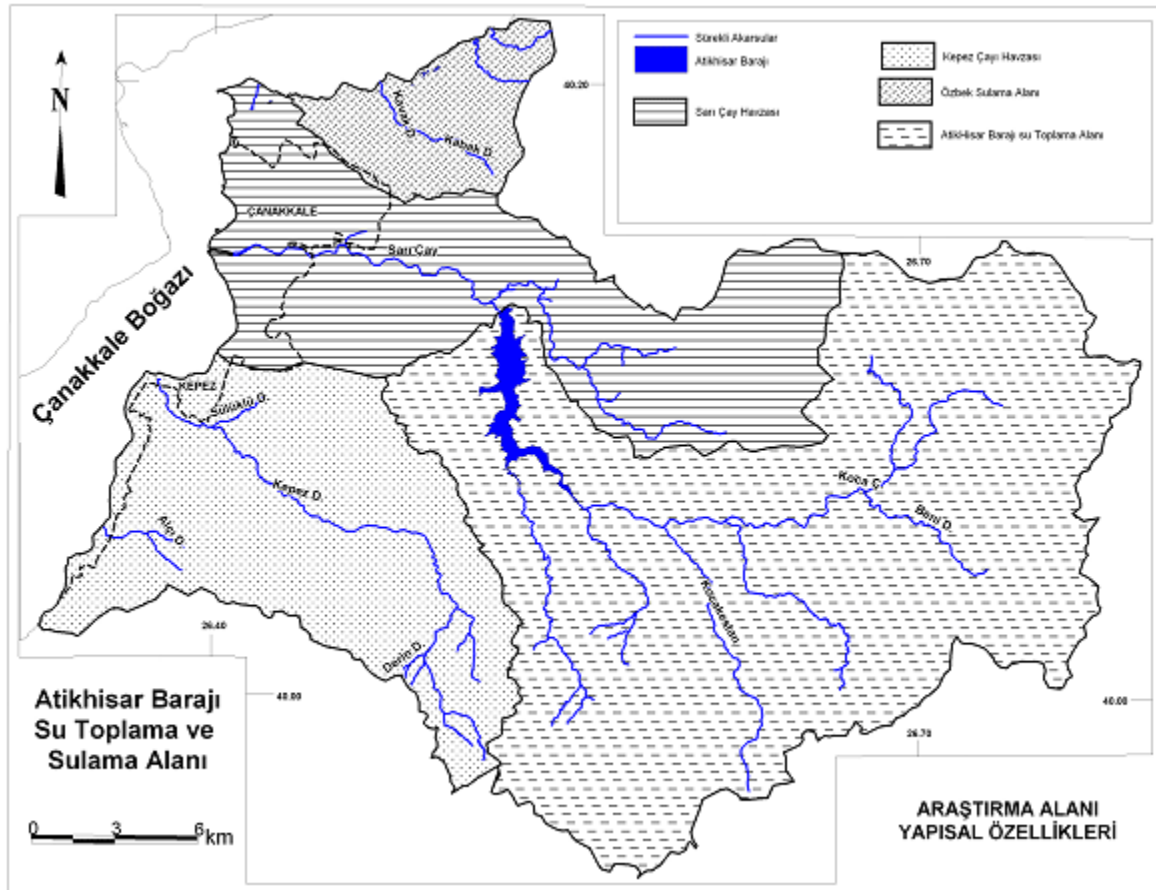
İnceleme alanı içerisinde doğudan batıya doğru uzanımlı Sarıçay Deresi geçmektedir. Yağışlı mevsimlerde debisi oldukça yükselmektedir (Şekil 10.3).



Şekil 10.3. Sarıçay ve denize döküldüğü yerden görünüm

X.3. İçme ve Kullanma Suları

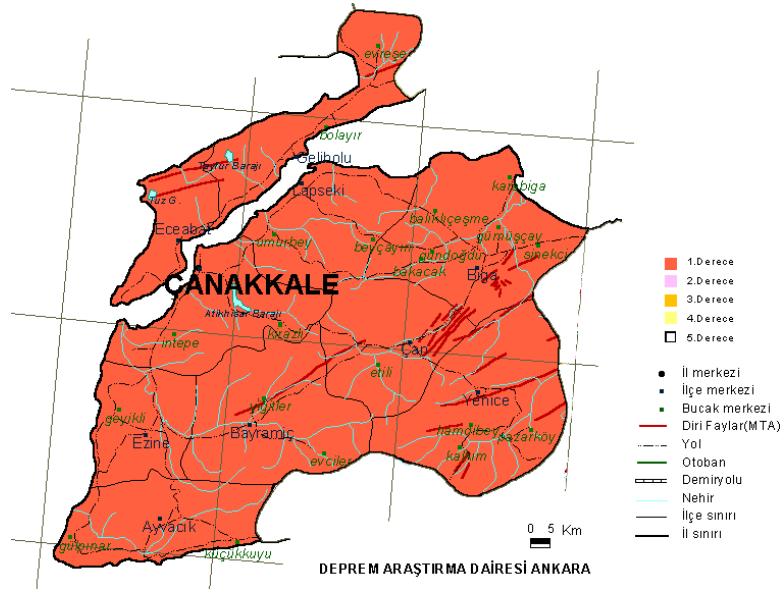
Şehrin içme ve kullanma suyu ihtiyacı Çanakkale'nin 3 km doğusunda, Kurşunlu Köyü'ne 3 km uzaklıktaki Atikhisar Barajı'ndan karşılanmaktadır. Baraj aynı zamanda taşkın koruma ve sulama amaçlı olarak görev yapmaktadır. Barajın göl hacmi 9.22 hm³'tür. Barajın mansap kısmı Sarıçay olup, Aşırı yağışlarda Sarıçay vasıtasıyla deşarj yapılabilmektedir (Şekil 10.4).



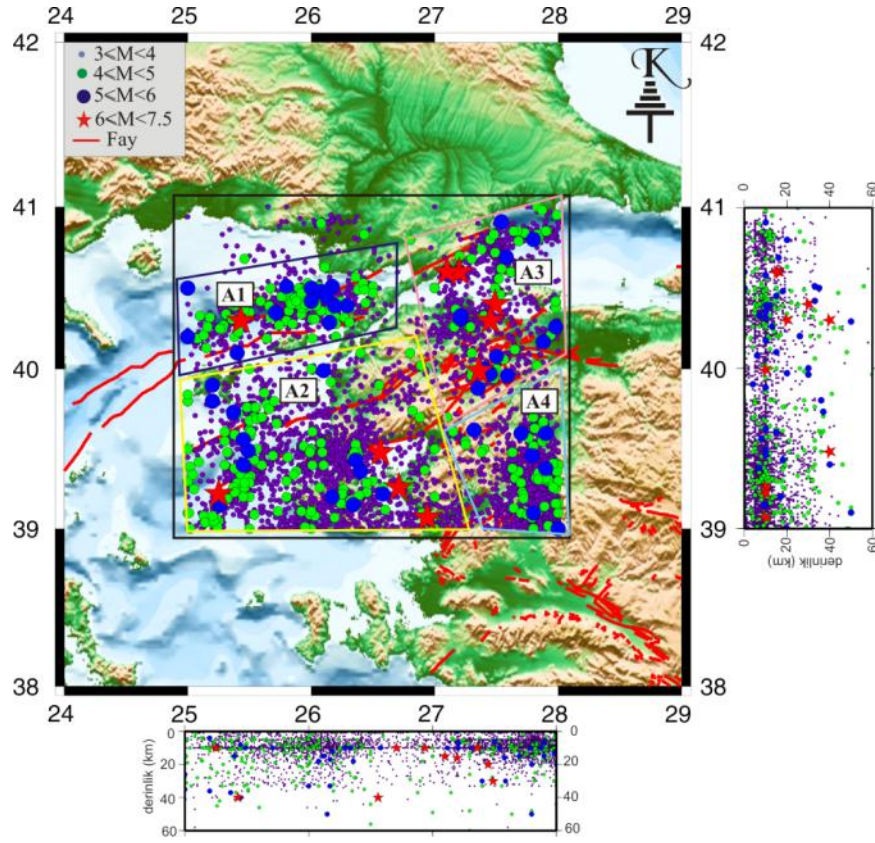
XI. DOĞAL AFET TEHLİKESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

XI.1 Deprem Durumu

Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan ve Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe girmiş olan Türkiye Deprem Bölgeleri haritasında inceleme alanı **1. Derece Deprem Bölgesi**'nde yer almaktadır (Şekil 11.1). Yürürlükteki deprem yönetmeliğine göre 1. Derece deprem bölgesi için alınması önerilen ivme ≥ 0.4 g dir. Bölgenin depremselliğini yaratan faylar aktif tektonik bahsinde ele alınmıştır.



Şekil 11.1. Çanakkale ili deprem bölgeleri haritası (www.deprem.gov.tr den alınmıştır).



Şekil 11.3. Çalışma alanında meydana gelen büyüklüğü $M \geq 3$ olan depremlerin episantır ve deprem derinliklerinin enlem ve boylama göre dağılımlarının basitleştirilmiş tektonik haritada gösterimi.

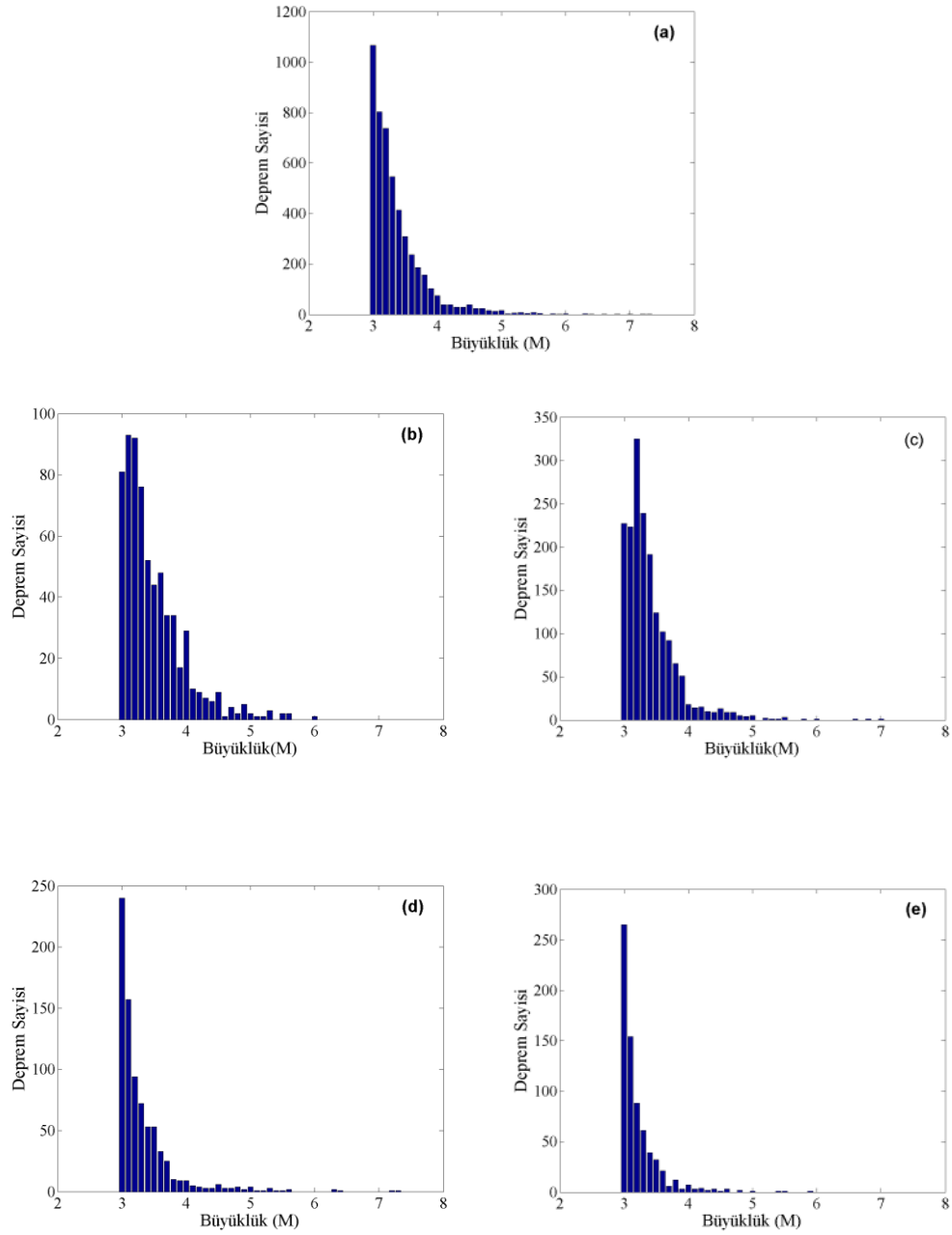
XI.1.2.1. Çalışma alanı ve çevresi büyüklük (magnitüd) – frekans ilişkisi

Çalışma alanı ve sismik alt bölgeler için hesaplanan deprem tehlike parametreleri Çizelge 11.1’ de verilmiştir. En yüksek b değeri Alan 4’ te ($b = 1.0821$) en düşük b değeri ise Alan 3’ te ($b = 0.5941$) hesaplanmıştır. Aynı zamanda Alan 3’ te en yüksek a/b değeri (7.2119) elde edilmiştir. Bu bölgelerde meydana gelen deprem büyüklüklerine bakıldığında Alan 4’ te meydana gelen en büyük depremin 5.9 olduğu, Alan 3’ te ise büyüklüğü 6.3, 6.4, 7.2 ve 7.3 olan depremler görülmektedir. Şekil 11.4’de deprem sayısı – büyüklük grafikleri her sismik alt bölge ve tüm alan için hesaplanmıştır. Buna göre bölgede orta ve daha düşük büyüklükteki deprem aktivitesi baskındır. Gerilmelerin sürekliliği açısından bu dağılım önem göstermektedir.

Çizelge 11.1. Çalışma alanı ve sismik alt bölgeler için deprem tehlike parametreleri

Deprem Tehlike Parametreleri	a	b	a'	a ₁	a ₁ '	a/b
Çalışma Alanı	5.8526	0.7972	5.5883	3.8392	3.5755	7.3414
Alan 1	5.7732	0.9532	5.4318	3.7604	3.419	6.0567

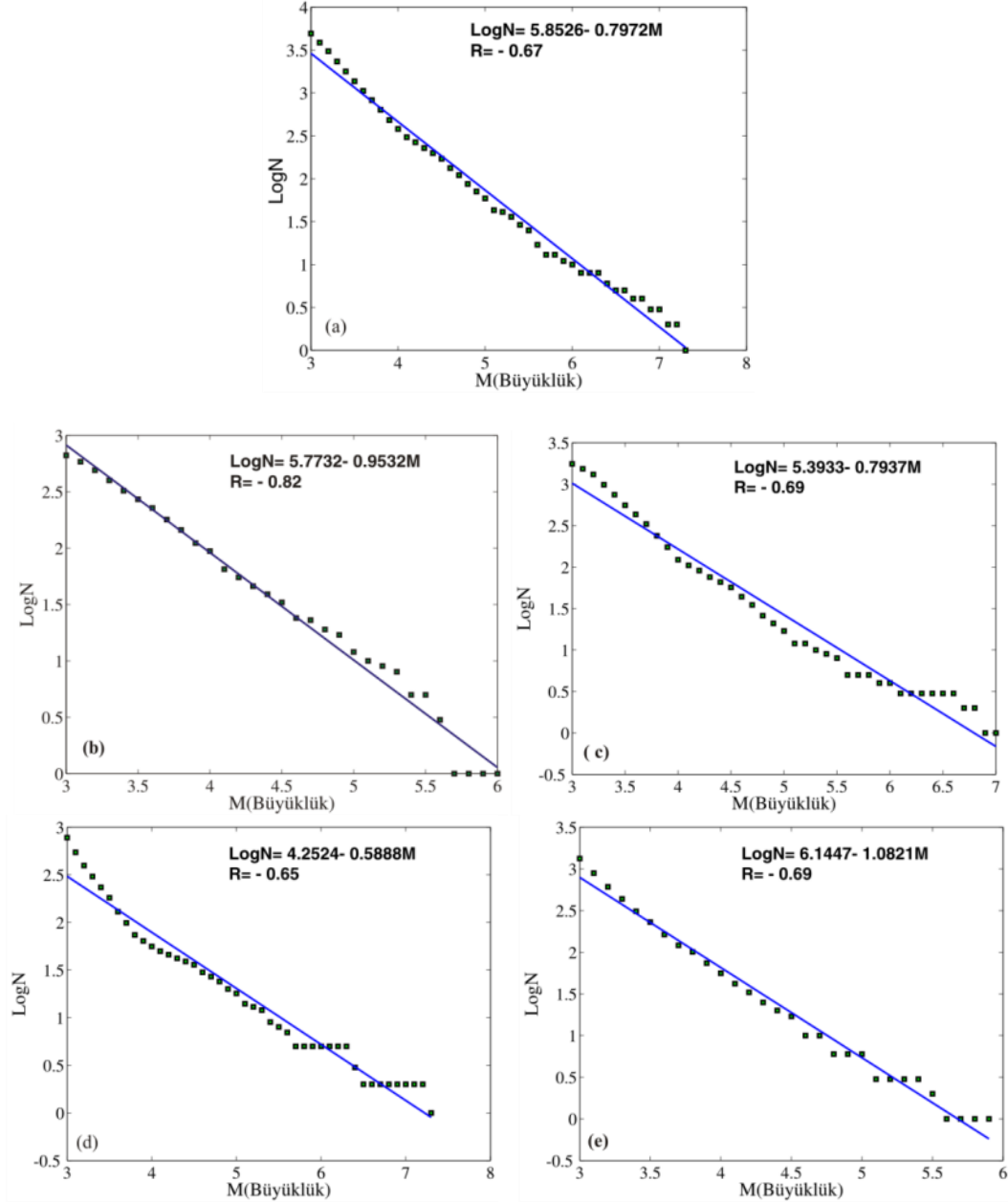
Alan 2	5.3933	0.7937	5.1314	3.3805	3.1186	6.7951
Alan 3	4.2846	0.5941	4.1485	2.2718	2.1357	7.2119
Alan 4	6.1447	1.0821	5.7482	4.1319	3.7354	5.6785



Şekil 11.4. Çalışma alanları (a) Çalışma alanı, (b) Alan 1, (c) Alan 2, (d) Alan 3, (e) Alan 4 deprem sayısı – büyüklük histogramları

XI.1.2.2. Poisson olasılık dağılımı ile deprem risk analizi

Şekil 11.5'de Gutenberg-Richter ilişkisel bağıntısına göre tehlike parametreleri olan a ve b değerlerinin hesaplanmasında kullanılan Büyüklük-LogN grafikleri yine her sismik alt bölge ve tüm alan için verilmiştir.



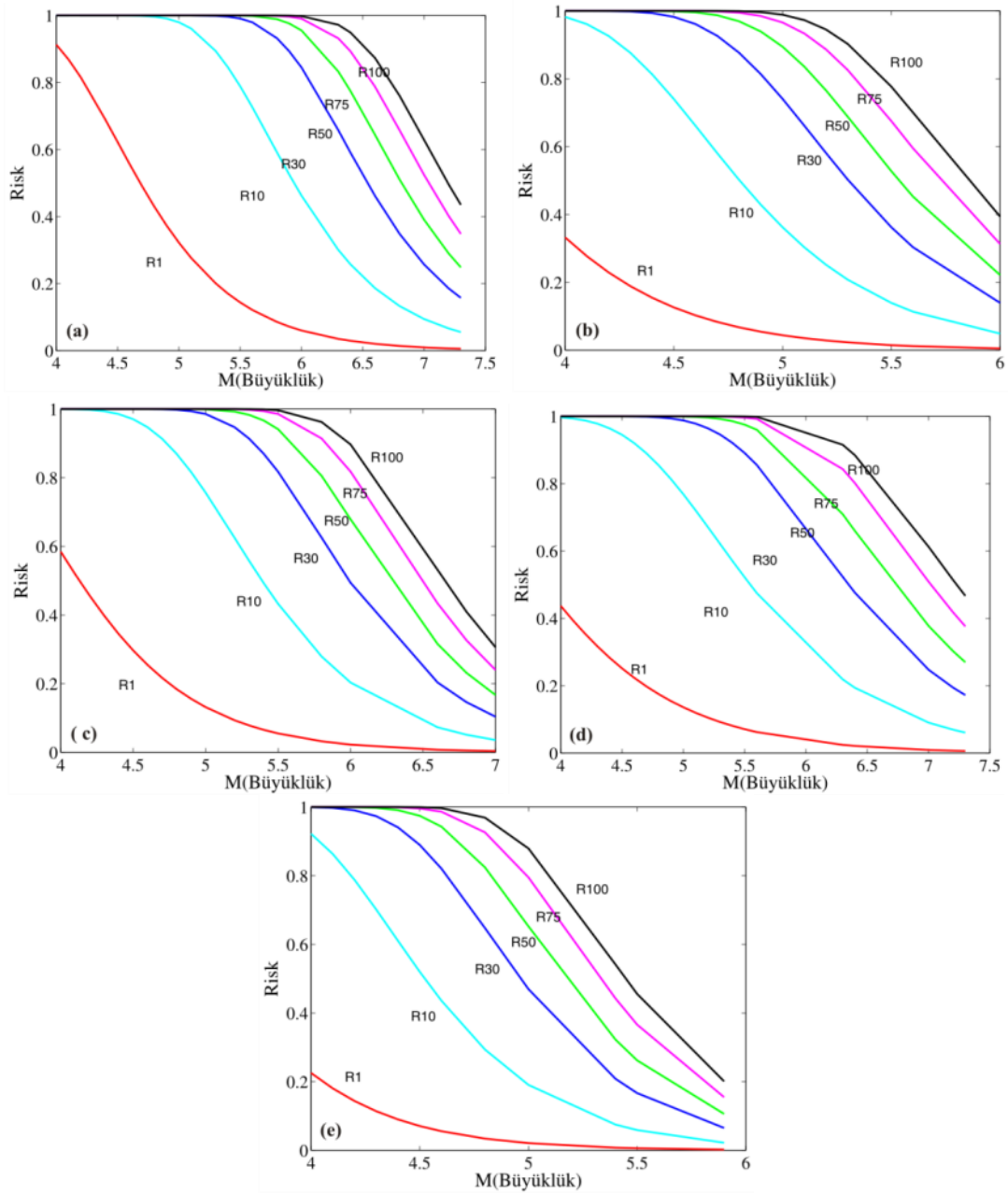
Şekil 11.5. Büyüklük-frekans ilişkisi a) Çalışma alanı, b) Alan 1, c) Alan 2, d) Alan 3, e) Alan 4

Buna göre a ve b değerleri de dikkate alınarak olasılık ve geri dönüş periyodları hesaplanmıştır. Çalışma alanında 30 yıl içerisinde büyüklüğü 6.0 olan bir depremin olma olasılığı % 84, tekrarlanma periyodu ise 16 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.0 olan bir depremin olma olasılığı % 63, tekrarlanma periyodu ise 101 yıl olarak elde edilmiştir (Çizelge 11.2)

Çizelge 11.2. Çalışma alanı için Poisson dağılımı yaklaşımı ile elde edilen sismik risk ve tekrarlanma periyodları

M	n(M)	R₁	R₁₀	R₃₀	R₅₀	R₇₅	R₁₀₀	T_r
5.0	0.3890	0.32	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	2.6
5.1	0.3238	0.28	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	3
5.3	0.2243	0.20	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	4.5
5.4	0.1867	0.17	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	5
5.5	0.1554	0.14	0.79	0.99	1.00	1.00	1.00	6
5.6	0.1293	0.12	0.73	0.98	1.00	1.00	1.00	8
5.8	0.0896	0.09	0.59	0.93	0.99	1.00	1.00	11
5.9	0.0746	0.07	0.53	0.89	0.98	1.00	1.00	13
6.0	0.0621	0.06	0.46	0.84	0.96	0.99	1.00	16
6.3	0.0358	0.04	0.30	0.66	0.83	0.93	0.97	28
6.4	0.0298	0.03	0.26	0.59	0.77	0.89	0.95	33
6.6	0.0206	0.02	0.19	0.46	0.64	0.79	0.87	48
6.8	0.0143	0.01	0.13	0.35	0.51	0.66	0.76	70
7.0	0.0099	0.009	0.09	0.26	0.39	0.52	0.63	101
7.2	0.0069	0.007	0.07	0.19	0.29	0.40	0.50	146
7.3	0.0057	0.006	0.06	0.16	0.25	0.35	0.43	175

Alan 1' de büyüklüğü 6.0 olan bir depremin 100 yıl içerisinde olma olasılığı % 39, tekrarlanma periyodu 200 yıl olarak elde edilmiştir. Alan 2' de 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.0 olan bir depremin olma olasılığı % 31, tekrarlanma periyodu 273 yıl olarak hesaplanmıştır. Alan 3' te büyüklüğü 7.2 olan bir depremin 100 yıl içerisinde olma olasılığı % 51, tekrarlanma periyodu 138 yıl olarak bulunmuştur. Alan 4' te 100 yıl içerisinde büyüklüğü 5.9 olan bir depremin olma olasılığı % 20, tekrarlanma periyodu ise 445 yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 11.6).



Şekil 11.6. Poisson dağılımı ile elde edilen büyüklük - sismik risk değerleri **a)** Çalışma alanı, **b)** Alan 1, **c)** Alan 2, **d)** Alan 3, **e)** Alan 4)

XI.1.3. İvme azalım ilişkileri kullanılarak en büyük yatay yer ivmesi (PGA) hesabı

Bir depremin bir bölgede yaratacağı kuvvetli yer hareketinin genliği **maksimum yatay yer ivmesi** ile ifade edilir. Yer ivmesinin büyüklüğü depremin büyüklüğü, odak derinliği, fayın türü, atım miktarı, fayın uzunluğu, fayın uzaklığı, kaynak ile bölge arasındaki kaya türü, morfoloji gibi faktörlerle denetlenir. Olası yer ivmesinin belirlenmesi amacı ile ölçülen ivme değerlerinden hareketle çok sayıda azalım formülü geliştirilmiştir. Bu azalım ilişkileri ışığında inceleme alanına 50 km uzaktaki Kuzey Anadolu Fayının üzerinde oluşabilecek sırasıyla 7.4 büyüklüğündeki deprem için inceleme alanında alüvyon ortam üzerinde oluşabilecek deprem ivmeleri

hesaplanmıştır. Çeşitli ivme – uzaklık azalım ilişkileri farklı araştırmacıların bulduğu ampririk bağıntılardan faydalanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda aşağıdaki bağıntılar kullanılmıştır.

$A1=(1230*\exp(0.8*M)*((R+20)^{-2}))/981$	Esteva (1970)
$A2=(274*\exp(0.8*M)*((R)^{-1.64}))/981$	Davenport (1972)
$A3=(1300*\exp(0.67*M)*((R+25)^{-1.6}))/981$	Donovan (1973a)
$A4=(1230*\exp(0.58*M)*((R+25)^{-1.32}))/981$	Donovan (1973b)
$A5=(472.3*\exp(0.64*M)*((R+25)^{-1.301}))/981$	McGuire (1974)
$A6=(69*\exp(0.92*M)*((R)^{-1.30}))/981$	Orphal vee Lahoud (1974)
$A7=(5000*\exp(0.80*M)*((R+40)^{-2}))/981$	Shah ve diğ. (1973)
$A8=(10^{(3.09+0.347*M-2*\log_{10}(R+25))})/980$	Oliviear (1974)
$A9=(10^{(2.308+0.411*M-1.637*\log_{10}(R+30))})/980$	Katayama ve diğ. (1975)
$A10=(10^{(2.041+0.347*M-1.6*\log_{10}(D))})/980$	Esteva ve Vellaverde (1973)
$A11=(10^{(-1.02+0.249*M-\log_{10}(RBoore)-0.00255*R+0.26*P)})/1$	Joyner ve Boore (1981)
$A12=0.0159*\exp(0.86*M)*(R+0.0606*\exp(0.7*M))^{-1.09}$	Campell (1981a)
$A13=0.0185*\exp(1.28*M)*(R+0.147*\exp(0.732*M))^{-1.75}$	Campell (1981a)
$A14=(1230*\exp(0.8*M)*((R+13)^{-2}))/981$	Newmark ve Rosenblueth (1971)
$A15=20*(10^{(0.61*M-((1.66+(3.6/R))*\log_{10}(R))-0.631-(1.83/R))})/980;$	Kanai (1966)
$A16=(2000*\exp(0.8*M)*((R+20)^{-2}))/981;$	Esteva ve Rosenblueth (1964)
$A17=(10^{(0.41*M-0.0034*R-\log_{10}(R+0.032*10^{(0.41*M))+1.30})})/980;$	Fukushima ve diğ. (1988)
$A18=10^{((-0.62)+(0.177*M)-(0.892*\log_{10}((R+(\exp(0.284*M)))))+0.132-0.0008)}$	Abrahamson ve Litehiser(1989)

Çizelge 11.3. Çalışma alanına 50 km uzaklıkta fay sistemlerinin oluşturacağı değişik araştırmacıların önerdiği azalım ilişkilerine göre hesaplanan en büyük yatay yer ivme değerleri incelendiğinde de oluşabilecek ortalama en büyük ivme değerinin yine ~ 0.17 g olduğu görülmektedir

Referans No	PGA-PHA (cm/s ²)	Referans
A1	0.0927	Esteva (1970)
A2	0.1648	Davenport (1972)
A3	0.1846	Donovan (1973a)
A4	0.3017	Donovan (1973b)
A5	0.1961	McGuire (1974)
A6	0.3838	Orphal vee Lahoud (1974)
A7	0.2293	Shah ve diğ. (1973)
A8	0.0804	Oliviear (1974)
A9	0.1714	Katayama ve diğ. (1975)
A10	0.0793	Esteva ve Vellaverde (1973)
A11	0.1774	Joyner ve Boore (1981)
A12	0.1031	Campell (1981a)

A13	0.1029	Campell (1981a)
A14	0.1140	Newmark ve Rosenblueth (1971)
A15	0.1592	Kanai (1966)
A16	0.1507	Esteva ve Roseblueth (1964)
A17	0.1726	Fukushima ve diğ. (1988)
A18	0.1739	Abrahamson ve Litehiser (1989)
<u>Ort</u>	0.17	

Depremlerin neden oldukları yer hareketi genellikle yerdeğiştirme, hız ve ivme ile karakterize edilir. Depremlerin zeminlerde neden oldukları dinamik kuvvetlerle doğrudan ilişkisi olması nedeniyle, jeoteknik uygulamalarda ivme kullanılmaktadır. Jeoteknik çözümlemelerde tekrarlı yer hareketinin ölçüsü zeminde etkiyen en büyük yatay ivme (a_{max}) olup, bu kavram "en büyük yatay yer ivmesi-PGHA" olarak da anılır. Pek çok depremde yatay yöndeki ivme düşey yöndeki ivmeden daha büyük olduğu için, bu tür durumlarda en büyük yatay yer ivmesi "en büyük yer ivmesi-PGA" haline döndürür. PGA, herhangi bir depremde ivme ölçerler tarafından kaydedilen en büyük ivmenin dalga boyudur (Ulusay, 2010).

Jeoteknik mühendisliği uygulamalarında en büyük yer ivmesi (a_{max}) tayini en güç parametrelerden biridir. Depremlerin tahmini mümkün olmadığından, a_{max} 'ın değeri de daha önce meydana gelmiş depremler ve faylarla ilgili çalışmalar esas alınarak yapılır. İvme tahmininde en çok kullanılan yöntem ise, azalım ilişkileridir. Genel olarak azalım ilişkileri; deprem büyüklüğüne, sismik kaynağa olan uzaklığa, kaynak mekanizmasına ve yerel zemin koşullarına bağlı olarak kuvvetli yer hareketinin yerdeğiştirme, hız ve ivme gibi farklı parametrelerinin medyan ve standart sapmalarını veren görgül ilişkilerdir (Ulusay, 2010).

Türkiye verisini esas alan ivme azalım ilişkileri, İnan vd. (1996), Aydan (2001), Gülkan ve Kalkan (2002) ve Ulusay vd. (2004) tarafından önerilmiş olup bu çalışmada Ulusay vd. (2004) tarafından önerilmiş olan ivme azalım ilişkisi kullanılmıştır.

Çanakkale il merkezinin 100 km yarıçapı içinde üç önemli fay hattı tanımlanmıştır. KD-GB doğrultulu Saros-Gaziköy Fayı, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı hattını oluşturmakta olup inceleme alanının yaklaşık 40 km kuzeybatısından geçmektedir. Saros-Gaziköy Fay hattı üzerinde 1912 yılında yüzey dalgası büyüklüğü (M_s) 7.3 olan deprem meydana gelmiştir. İnceleme alanına yaklaşık 70 km güneydoğusundan geçen Yenice-Gönen Fayı 1953 yılında yüzey dalgası büyüklüğü (M_s) 7.2 olan deprem üretmiştir. Ayrıca inceleme alanının yaklaşık 70 km güneyinden KD-GB doğrultulu Edremit fayı geçmektedir. Bu fay zonuda 1944 yılında yüzey dalgası büyüklüğü (M_s) 6.8 olan bir deprem üretmiştir.

Bu çalışmada fay boyu-magnitüd ilişkisinden yararlanılarak elde edilen senaryo deprem büyüklüğü kullanılmıştır. Fay uzunlukları bilgisi için Emre (2010), Emre vd. (2011a ve b) ve Emre ve Doğan (2010) tarafından güncellenen 1/250000 ölçekli yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Çanakkale (NK 35-10b), Balıkesir (NJ 35-3), Bandırma (NK 35-11b) ve Ayvalık (NJ 35-2) Paftalarından yararlanılmıştır. Potansiyel moment büyüklüğünü belirlemek amacıyla Wells ve Coppersmith (1994) tarafından üretilen eşitlik (Eşitlik. 11.1) kullanılmıştır. Bu eşitlikte fayların yüzey kırığı uzunlukları (SRL) kullanılarak bir fayın üretebileceği en büyük deprem üretme potansiyeli moment büyüklüğü (M_w) cinsinden belirlenebilmektedir.

$$M_w = 5.08 + 1.16 * \log(SRL) \quad (11.1)$$

Wells ve Coppersmith (1994) tarafından üretilen eşitlik kullanılarak çalışma alanının 100 km yarıçapı içinde kalan üç önemli fay hattının moment büyüklüğü (M_w) cinsinden üretebileceği en büyük deprem üretme potansiyeli Çizelge 11.4’ de verilmiştir.

Çizelge 11.4. İnceleme alanı merkez olmak üzere 100 km yarıçaplı alan içindeki önemli faylar ve üretebilecekleri en büyük moment deprem büyüklükleri

Fayın İsmi	SRL (km)	M_w
Saros-Gaziköy Fayı	125	7,5
Yenice-Gönen Fayı	70	7,2
Edremit Fayı	70	7,2

İnceleme alanının yaklaşık 100 km yakın çevresindeki ve Çizelge 11.4’de verilen fayların uzunluklarına bağlı olarak öngörülen en büyük deprem üretme potansiyelleri ile etüt sahasına olan uzaklıkları da dikkate alınarak, Ulusay vd. (2004) tarafından Türkiye deprem verileri dikkate alınarak önerilen azalım ilişkisiyle (Eq. 9.2) inceleme alanı için en büyük yer ivmesi (a_{max}) hesaplanmıştır.

$$a_{max} = 2.18 e^{0.0218 (33.3M_w - Re + 7.8427 S_A + 18.9282 S_B)} \quad (11.2)$$

Burada, $S_A = 0$, $S_B = 0$ (kaya), $S_A = 1$, $S_B = 0$ (toprak zemin), $S_A = 0$, $S_B = 1$ (gevşek zemin)’dir.

Saros-Gaziköy Fayı, Yenice-Gönen Fayı ve Edremit Fayı için Ulusay vd. (2004)’nin ivme azalım ilişkisi kullanıldığında Çanakkale merkezinde oluşacak en büyük yer ivmesi (PGA) değeri (Çizelge 11.5) verilmiştir. İnceleme alanının geneli alüvyon zemin olması nedeniyle $S_A=0$ ve $S_B=1$ (gevşek zemin) alınırken, inceleme alanının her bir faya olan en yakın dik uzaklıkları ise R_e olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 11.5. İnceleme alanı ve yakın çevresine ait önemli fayların ürettiği en büyük moment deprem büyüklükleri ve inceleme alanında meydana gelecek ivme değerleri

Fayın ismi	M_w	R_e (km)	S_A	S_B	PGA (gal)
Saros-Gaziköy Fayı	7,5	40	0	1	318,73
Yenice-Gönen Fayı	7,2	70	0	1	133,30
Edremit Fayı	7,2	70	0	1	133,30

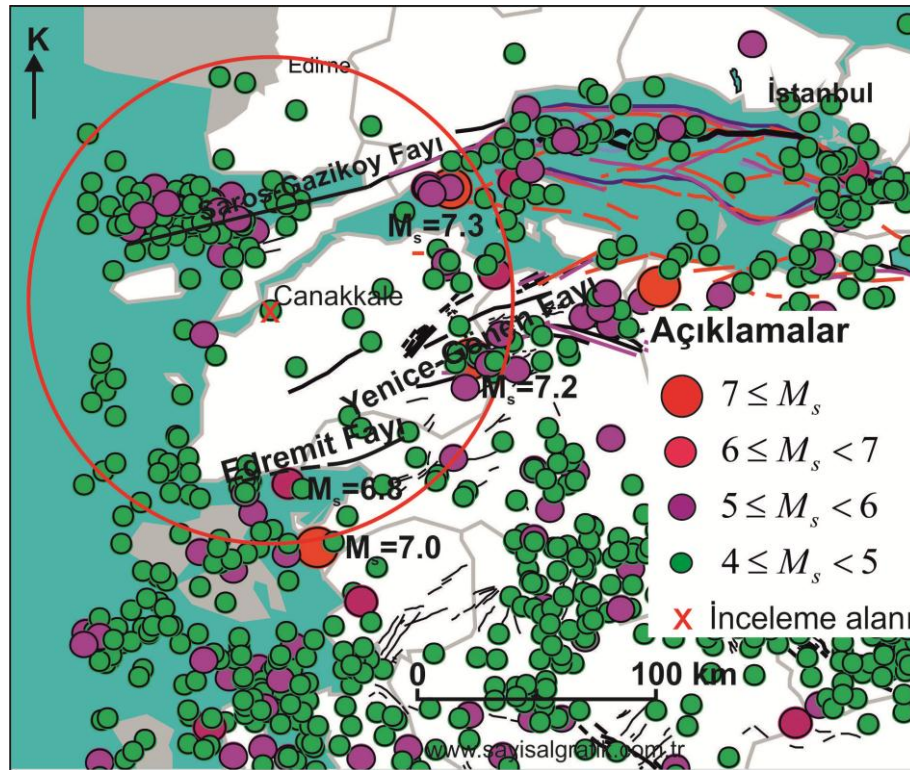
Yukarıda verilen Çizelge 11.5’e göre inceleme alanı olan Çanakkale kentinde Saros-Gaziköy Fayı’nın etkin olduğu düşünülerek ikinci bir senaryo olarak bu fay hattında moment büyüklüğü 7,0 (M_w) olan bir depremin olması sonucunda Çanakkale şehir merkezinde oluşacak en büyük yer ivmesi (PGA) değeri (Çizelge 11.6) verilmiştir.

Çizelge 11.6. İnceleme alanı ve yakın çevresine ait önemli fayların ürettiği en büyük moment deprem büyüklükleri ve inceleme alanında meydana gelecek ivme değerleri

Fayın ismi	M_w	Re (km)	S_A	S_B	PGA (gal)
Saros-Gaziköy Fayı	7,0	40	0	1	221,72

XI.1.4. Aktif Tektonik

Kuzey Anadolu Fay zoneu, deprem üretkenliği açısından dünyadaki bilinen en önemli fay sistemlerinden birisidir. Çanakkale ve çevresinde genel olarak bu kuşağının uzantıları görülmektedir. Gelibolu ve Biga yarımadalarındaki Saroz-Gaziköy fayı, Etili fayı, Çan-Biga fay kuşağı, Sarıköy fayı ve Yenice-Gönen fayı meydana getirdikleri depremler nedeni ile diri oldukları bilinen aktif faylanma bölgeleridir. Sağ yanal doğrultu atımlı olan Saroz-Gaziköy fayı 1912 tarihinde 7.3 büyüklüğünde Mürefte-Şarköy depremine neden olmuştur. 1935 tarihinde 6.3 büyüklüğünde depremin yaşandığı Çan-Biga fay kuşağı, kuzeydoğu-güneybatı yönelimli birçok fay segmentinden oluşmaktadır. Tarihte 1953 Yenice-Gönen depremi olarak bilinen 7.2 büyüklüğünde bir depreme neden olan Yenice-Gönen fayının yüzeyde izlenebilen uzunluğu yaklaşık 50 kilometre civarındadır. İnceleme alanı merkez olmak üzere 100 km yarıçaplı alan ve yakın çevresindeki 1900 yılından günümüze kadar uzanan dönemde Kandilli kayıtlarındaki depremler Şekil 11.7'de görülmektedir.



Şekil 11.7. İnceleme alanı ve yakın çevresine ait sismotektonik harita (Faylara ilişkin harita Emre ve Doğan 2010'dan, deprem büyüklükleri ve lokasyonları ise <http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/> sitesinden alınmıştır).

XI.1.5. Sıvılaşma Analizi ve Değerlendirme

Çalışma alanında açılmış jeoteknik kuyularda zemin bileşimi, ince tane oranı, SPT-N değerleri ve yeraltı su seviyesi verileri kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Yeraltı suyu derinlikleri 0,65 – 17 m arasında değişen toplam 151 adet kuyuda yapılan sıvılaşma potansiyeli analizlerinde Seed ve De Alba yönteminin son şekliyle yer aldığı Youd vd. (2001)'ne göre yapılmıştır. Analizlerde herhangi bir paket program kullanılmayıp, MsOffice Excel'de eşitlikler tanımlanarak analizler gerçekleştirilmiştir (Ek-2).

İnceleme alanı olan Çanakkale şehir merkezi Deprem Bölgeleri Haritası'na (1996) göre 1.derece deprem bölgesi sınırları içinde kalmaktadır. İnceleme alanı ve çevresi için Saros-Gaziköy Fayı için yüzey kırığı uzunluğu ve inceleme alanına uzaklık verilerini kullanan Wells ve Coppersmith (1994) yaklaşımı kullanılarak beklenen en büyük moment deprem büyüklüğü (M_w) 7,5 ve en büyük yer ivmesi (a_{max}) 0,319 g olarak belirlenmiştir. Ayrıca en büyük moment deprem büyüklüğü (M_w) 7,0 ve en büyük yer ivmesi (a_{max}) 0,222 g için de sıvılaşma analizi yapılmıştır. Sıvılaşma analizlerinde Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) tarafından önerilen "sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s)" sınıflaması kullanılmıştır (Çizelge 11.7). Sıvılaşma analizlerinde kullanılan yeraltı su seviyesi, Kasım 2012 tarihinde yapılan ölçümler dikkate alınarak yapılmıştır. Ancak Şubat 2013 tarihinde yapılan ölçümlerde sıvılaşma haritasında "sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s)" çok yüksek çıkan inceleme alanının doğusu ve merkez bölgesindeki sondaj kuyularında 0,60 m ile 2,90 m arasında değişen su seviyesinde yükselmeler görülmüş ancak analiz sonuçlarını etkilememiştir.

Çizelge 11.7. Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) tarafından önerilen sıvılaşma şiddeti indeksi sınıflaması

Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (L_s)	Tanımlama
$85 \leq L_s < 100$	Çok yüksek
$65 \leq L_s < 85$	Yüksek
$35 \leq L_s < 65$	Orta
$15 \leq L_s < 35$	Düşük
$0 < L_s < 15$	Çok düşük
$L_s = 0$	Sıvılaşma yok

SPT-N darbe sayısı, zemin bileşimi ve ince tane oranlarına göre yapılan sıvılaşma analizlerinde sıvılaşma potansiyelini niceliksel olarak gösteren "sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s)" değerleri bulunmuştur. Kuyu boyunca statik seviye altında kalan tüm zemin bileşimi değerlendirmeye alındığından, bir sonraki aşamada sıvılaşma potansiyeline sahip killi zeminler Çin kriteri olarak bilinen Wang (1979) ve Andrews ve Martin (2000)'e göre yeniden değerlendirilmiştir. LL değerleri % 32'den ve kil içerikleri % 10'dan büyük olan killi seviyeler sıvılaşmaz olarak kabul edilmiştir. Bilindiği gibi yukarıdaki koşullardan birinin sağlanması durumunun dinamik üç eksenli gibi ileri araştırmaların yapılması önerilmektedir. Sıvılaşmaz olarak tespit edilen seviyelere ait sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s) değerleri toplam indeks değerlerinden çıkarılarak düzeltme yapılmış ve inceleme alanının sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s) haritası oluşturulmuştur (Şekil 11.8, Şekil 11.9, Ek 10).

İnceleme alanı olan Çanakkale şehir merkezi, şehrin içinden geçen Sarıçay'ın getirmiş olduğu alüvyon malzeme üzerine kurulmuştur. Yapılan sondaj çalışmaları sonucunda bu bölgenin genel olarak iyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar (SW), siltli kumlar (SM) ve killi kumların (SC) hakim olduğu ve yeraltı su seviyesinin genel olarak 1m ile 3 m arasında değiştiği görülmüştür. İnceleme alanının merkezinde lokal olarak sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s) "düşük" çıkan iki sondaj (SK-68 ve SK-87) olduğu görülmüştür. Bu sondajlardan SK-68 nolu kuyu Sarıçay'ın

menderes yaptığı bir lokasyonda olması nedeniyle kaba çakıl ve blok boyu malzemenin üzerinde olma ihtimali yüksektir. SK-87 nolu kuyu ise yüzeyden itibaren çakıllı seviyelerin geçilmesi ve 10,5 metreden itibaren inceleme alanının kuzeyinde gözlemlediğimiz yeşilimsi-mavimsi Alçıtepe formasyonuna girmiş olması nedeniyle düşük çıkmıştır. Çalışma alanının genelinde "orta" çıkan bölgeler Chen ve Juang (2000) tarafından önerilen sınıflamada "sıvılaşma veya sıvılaşmaması eşit olasılıklı" olarak tanımlanmış olması nedeniyle önlemleri alan içinde olmasının daha doğru olduğu düşünülmektedir (Çizelge 11.8).

Çizelge 11.8. Chen ve Juang (2000) tarafından önerilen sıvılaşma olasılığına bağlı olarak sıvılaşabilirlik sınıflaması

Sıvılaşma olasılığı (P_L)	Tanımlama	Sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı aralıkları (F_L)
$0,85 \leq P_L < 1,00$	Sıvılaşma hemen hemen kesin	$0,653 \geq F_L > 0,00$
$0,65 \leq P_L < 0,85$	Sıvılaşma çok olası	$0,837 \geq F_L > 0,653$
$0,35 \leq P_L < 0,65$	Sıvılaşma veya sıvılaşmaması eşit olasılıklı	$1,102 \geq F_L > 0,837$
$0,15 \leq P_L < 0,35$	Sıvılaşma olası değil	$1,411 \geq F_L > 1,102$
$0,00 \leq P_L < 0,15$	Sıvılaşma hemen hemen kesin	$\infty \geq F_L > 1,411$

İnceleme alanı için yapılan sıvılaşma potansiyeli analiz ve değerlendirme sonuçları en büyük moment deprem büyüklüğü (M_w) 7,5 ve en büyük yer ivmesi (a_{max}) 0,319 g için Çizelge 11.8'de, en büyük moment deprem büyüklüğü (M_w) 7,0 ve en büyük yer ivmesi (a_{max}) 0,222 g için ise Çizelge 11.9'da verilmiştir.

Çizelge 11.9. İnceleme alanının $M_w=7.5$ için sıvılaşma şiddeti indeksine (L_s) göre sınıflaması (Fm:Formasyon, Qal:Alüvyon, Tmal: Alçıtepe Fm, Tmg: Gazhanedere Fm).

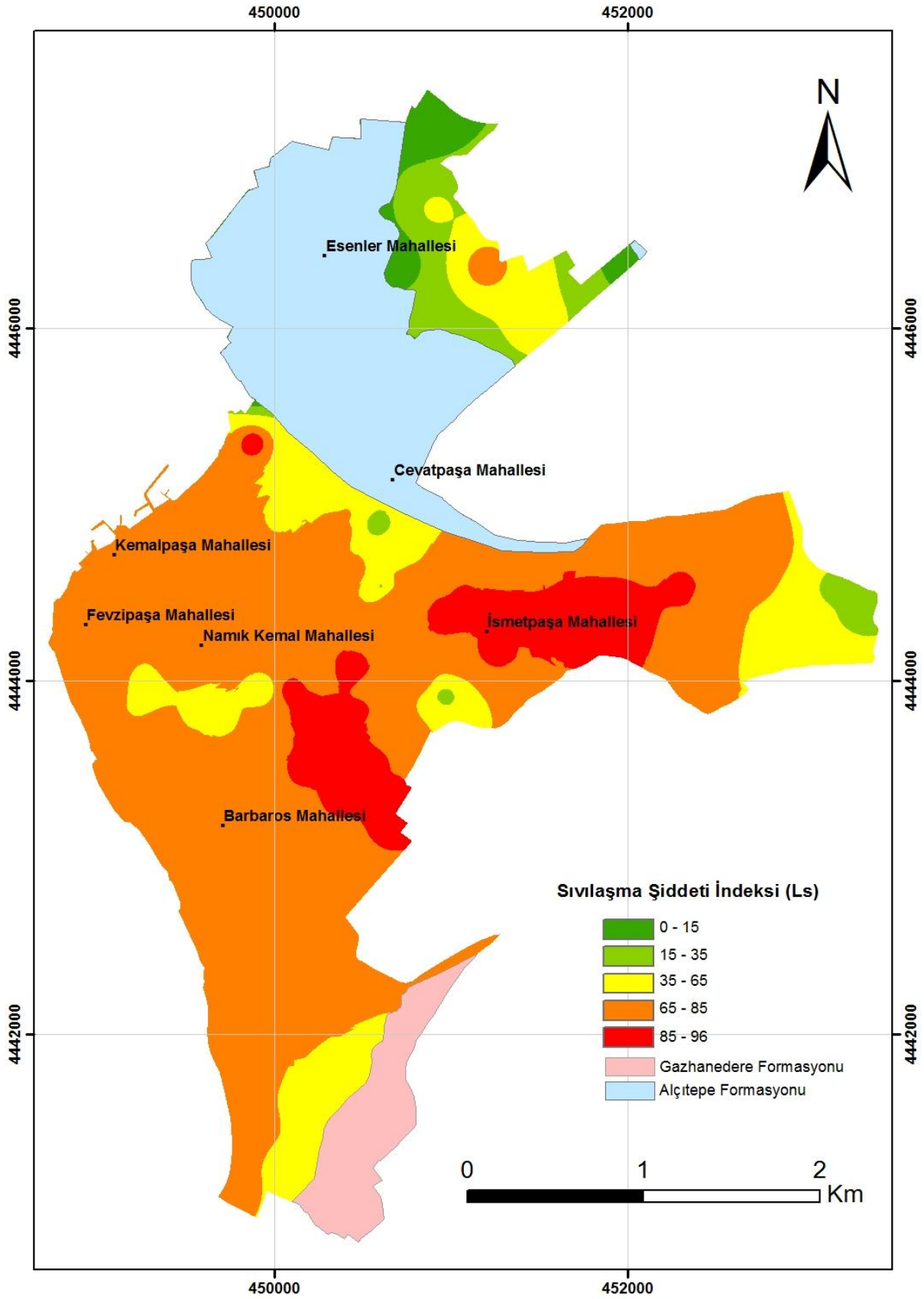
Sondaj No	YAS (m)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (L_s)	Tanımlama	Fm	Sondaj No	YAS (m)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (L_s)	Tanımlama	Fm
1	3,50	27	Düşük	Qal	41	3,00	65	Yüksek	Qal
2	6,10	61	Orta	Qal	42	2,90	82	Yüksek	Qal
3	4,00	63	Orta	Qal	43	2,50	81	Yüksek	Qal
4	4,70	15	Düşük	Qal	44	2,55	84	Yüksek	Qal
5	6,00	55	Orta	Qal	45	1,40	92	Çok Yüksek	Qal
6	6,00	46	Orta	Qal	46	2,10	52	Orta	Qal
7	3,50	72	Yüksek	Qal	47	1,90	71	Yüksek	Qal
8	2,10	82	Yüksek	Qal	48	2,00	74	Yüksek	Qal
9	5,50	85	Çok Yüksek	Qal	49	2,00	66	Yüksek	Qal
10	2,60	86	Çok yüksek	Qal	50	2,20	76	Yüksek	Qal
11	3,65	77	Yüksek	Qal	51	1,90	61	Orta	Qal
12	4,00	88	Çok yüksek	Qal	52	2,40	66	Yüksek	Qal
13	1,80	80	Yüksek	Qal	53	2,40	87	Çok Yüksek	Qal
14	2,30	79	Yüksek	Qal	54	2,40	93	Çok Yüksek	Qal
15	3,80	90	Çok yüksek	Qal	55	2,75	93	Çok Yüksek	Qal
16	4,40	96	Çok yüksek	Qal	56	2,70	93	Çok Yüksek	Qal

Çizelge 11.9. Devam

17	5,30	85	Çok Yüksek	Qal	57	3,30	91	Çok Yüksek	Qal
18	4,40	86	Çok yüksek	Qal	58	4,00	93	Çok Yüksek	Qal
19	2,50	85	Çok Yüksek	Qal	59	3,15	70	Yüksek	Qal
20	5,20	75	Yüksek	Qal	60	3,00	79	Yüksek	Qal
21	4,55	88	Çok yüksek	Qal	61	3,40	92	Çok Yüksek	Qal
22	4,25	92	Çok yüksek	Qal	62	3,50	77	Yüksek	Qal
23	5,35	87	Çok yüksek	Qal	63	2,55	42	Orta	Qal
24	5,10	91	Çok yüksek	Qal	64	4,45	88	Çok Yüksek	Qal
25	5,10	85	Çok Yüksek	Qal	65	3,90	88	Çok Yüksek	Qal
26	5,10	85	Çok Yüksek	Qal	66	3,80	74	Yüksek	Qal
27	5,30	79	Yüksek	Qal	67	4,60	83	Yüksek	Qal
28	4,50	85	Çok Yüksek	Qal	68	3,55	22	Düşük	Qal
29	3,60	85	Çok yüksek	Qal	69	1,55	48	Orta	Qal
30	2,90	86	Çok yüksek	Qal	70	3,50	69	Yüksek	Qal
31	3,55	55	Orta	Qal	71	1,40	72	Yüksek	Qal
32	2,60	49	Orta	Qal	72	2,40	77	Yüksek	Qal
33	3,70	90	Çok yüksek	Qal	73	1,10	73	Yüksek	Qal
34	3,50	34	Düşük	Qal	74	0,80	65	Yüksek	Qal
35	17,10	34	Sıvılaşmaz	Tmg	75	1,95	62	Orta	Qal
36	5,25	43	Orta	Qal	76	3,40	58	Orta	Qal
37	3,1	60	Orta	Qal	77	3,60	77	Yüksek	Qal
38	4,00	18	Sıvılaşmaz	Tmg	78	3,20	95	Çok yüksek	Qal
39	7,00	63	Orta	Qal	79	4,40	96	Çok yüksek	Qal
40	2,00	69	Yüksek	Qal	80	2,15	39	Orta	Qal
81	3,20	50	Orta	Qal	121	3,70	67	Yüksek	Qal
82	3,25	70	Yüksek	Qal	122	2,30	62	Orta	Qal
83	1,80	68	Yüksek	Qal	123	3,00	75	Yüksek	Qal
84	1,80	83	Yüksek	Qal	124	2,90	74	Yüksek	Qal
85	3,50	95	Çok yüksek	Qal	125	9,90	46	Orta	Qal
86	4,15	65	Yüksek	Qal	126	9,80	82	Yüksek	Qal
87	2,30	17	Düşük	Qal	127	6,95	0	Sıvılaşmaz	Tmal
88	1,80	73	Yüksek	Qal	128	7,45	38	Orta	Qal
89	1,80	61	Orta	Qal	129	0,75	0	Sıvılaşmaz	Tmal
90	1,85	74	Yüksek	Qal	130	4,30	14	Düşük	Tmal
91	1,80	72	Yüksek	Qal	131	4,30	0	Sıvılaşmaz	Tmal
92	2,40	62	Orta	Qal	132	-	0	Sıvılaşmaz	Tmal
93	3,60	66	Yüksek	Qal	133	Su yok	0	Sıvılaşmaz	Tmal
94	1,30	75	Yüksek	Qal	134	2,40	0	Sıvılaşmaz	Tmal
95	1,80	73	Yüksek	Qal	135	-	0	Sıvılaşmaz	Tmal
96	3,45	72	Yüksek	Qal	136	Su yok	0	Sıvılaşmaz	Tmal
97	1,80	73	Yüksek	Qal	137	0,70	0	Sıvılaşmaz	Tmal
98	1,80	73	Yüksek	Qal	138	5,40	0	Sıvılaşmaz	Tmal

Çizelge 11.9. Devam

99	1,80	77	Yüksek	Qal	139	Su yok	0	Sıvılaşmaz	Tmal
100	1,15	73	Yüksek	Qal	140	4,45	0	Sıvılaşmaz	Tmal
101	2,00	74	Yüksek	Qal	141	3,20	74	Yüksek	Qal
102	2,50	75	Yüksek	Qal	142	1,9	0	Sıvılaşmaz	Qal
103	0,75	77	Yüksek	Qal	143	2,00	95	Çok yüksek	Qal
104	0,60	77	Yüksek	Qal	144	Su yok	0	Sıvılaşmaz	Tmal
105	1,00	78	Yüksek	Qal	145	2,00	92	Çok yüksek	Qal
106	0,65	77	Yüksek	Qal	146	1,15	77	Yüksek	Qal
107	1,50	61	Orta	Qal	147	2,45	98	Çok yüksek	Qal
108	1,75	56	Orta	Qal	148	2,35	0	Sıvılaşmaz	Tmal
109	2,00	70	Yüksek	Qal	149	1,45	88	Çok yüksek	Qal
110	2,60	65	Yüksek	Qal	150	1,15	76	Yüksek	Qal
111	2,75	76	Yüksek	Qal	151	1,00	66	Yüksek	Qal
112	1,20	76	Yüksek	Qal					
113	2,05	67	Yüksek	Qal					
114	0,90	77	Yüksek	Qal					
115	3,70	0	Sıvılaşmaz	Tmal					
116	6,85	0	Sıvılaşmaz	Tmal					
117	8,20	0	Sıvılaşmaz	Tmal					
118	3,00	74	Yüksek	Qal					
119	2,45	42	Orta	Qal					
120	3,60	73	Yüksek	Qal					

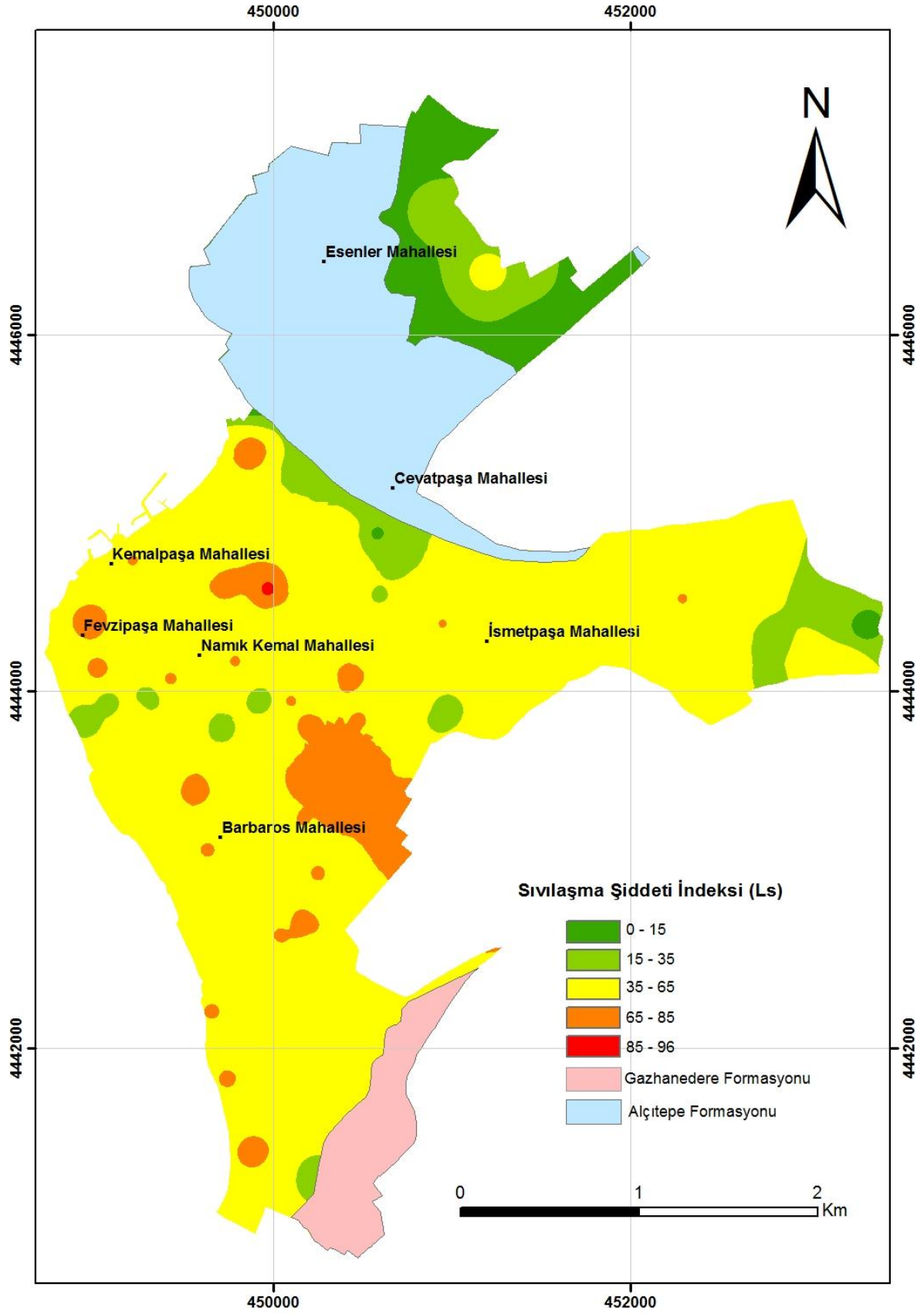


Şekil 11.8. İnceleme alanının $M_w=7,5$ için sıvılaşma şiddeti indeksine (L_s) göre yapılmış sıvılaşma potansiyeli haritası

Çizelge 11.10. İnceleme alanının $M_w=7,0$ için sıvılaşma şiddeti indeksine (L_s) göre sınıflaması (Fm:Formasyon, Qal:Alüvyon, Tmal: Alçıtepe Fm, Tmg: Gazhanedere Fm).

Sondaj No	YAS (m)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (L_s)	Tanımlama	Fm	Sondaj No	YAS (m)	Sıvılaşma Şiddeti İndeksi (L_s)	Tanımlama	Fm
1	3,50	22	Düşük	Qal	41	3,00	46	Orta	Qal
2	6,10	50	Orta	Qal	42	2,90	63	Orta	Qal
3	4,00	50	Orta	Qal	43	2,50	60	Orta	Qal
4	4,70	6	Çok Düşük	Qal	44	2,55	70	Yüksek	Qal
5	6,00	29	Düşük	Qal	45	1,40	81	Yüksek	Qal
6	6,00	24	Düşük	Qal	46	2,10	37	Orta	Qal
7	3,50	37	Orta	Qal	47	1,90	57	Orta	Qal
8	2,10	36	Orta	Qal	48	2,00	62	Orta	Qal
9	5,50	48	Orta	Qal	49	2,00	42	Orta	Qal
10	2,60	58	Orta	Qal	50	2,20	69	Yüksek	Qal
11	3,65	48	Orta	Qal	51	1,90	41	Orta	Qal
12	4,00	66	Yüksek	Qal	52	2,40	49	Orta	Qal
13	1,80	51	Orta	Qal	53	2,40	67	Yüksek	Qal
14	2,30	45	Orta	Qal	54	2,40	74	Yüksek	Qal
15	3,80	48	Orta	Qal	55	2,75	78	Yüksek	Qal
16	4,40	65	Yüksek	Qal	56	2,70	78	Yüksek	Qal
17	5,30	48	Orta	Qal	57	3,30	80	Yüksek	Qal
18	4,40	53	Orta	Qal	58	4,00	79	Yüksek	Qal
19	2,50	57	Orta	Qal	59	3,15	60	Orta	Qal
20	5,20	54	Orta	Qal	60	3,00	66	Yüksek	Qal
21	4,55	53	Orta	Qal	61	3,40	79	Yüksek	Qal
22	4,25	66	Yüksek	Qal	62	3,50	54	Orta	Qal
23	5,35	45	Orta	Qal	63	2,55	26	Düşük	Qal
24	5,10	63	Orta	Qal	64	4,45	63	Orta	Qal
25	5,10	59	Orta	Qal	65	3,90	67	Yüksek	Qal
26	5,10	59	Orta	Qal	66	3,80	47	Orta	Qal
27	5,30	58	Orta	Qal	67	4,60	57	Orta	Qal
28	4,50	52	Orta	Qal	68	3,55	21	Düşük	Qal
29	3,60	56	Orta	Qal	69	1,55	22	Düşük	Qal
30	2,90	58	Orta	Qal	70	3,50	47	Orta	Qal
31	3,55	18	Düşük	Qal	71	1,40	29	Düşük	Qal
32	2,60	17	Düşük	Qal	72	2,40	65	Yüksek	Qal
33	3,70	65	Yüksek	Qal	73	1,10	35	Orta	Qal
34	3,50	27	Düşük	Qal	74	0,80	29	Düşük	Qal
35	17,10	31	Sıvılaşmaz	Tmg	75	1,95	42	Orta	Qal
36	5,25	22	Düşük	Qal	76	3,40	24	Düşük	Qal
37	3,1	47	Orta	Qal	77	3,60	57	Orta	Qal
38	4,00	34	Sıvılaşmaz	Tmg	78	3,20	69	Yüksek	Qal
39	7,00	39	Orta	Qal	79	4,40	74	Yüksek	Qal

Çizelge 11.10. Devam									
40	2,00	52	Orta	Qal	80	2,15	22	Düşük	Qal
81	3,20	21	Düşük	Qal	121	3,70	44	Orta	Qal
82	3,25	40	Orta	Qal	122	2,30	52	Orta	Qal
83	1,80	45	Orta	Qal	123	3,00	62	Orta	Qal
84	1,80	58	Orta	Qal	124	2,90	59	Orta	Qal
85	3,50	67	Yüksek	Qal	125	9,90	10	Düşük	Qal
86	4,15	47	Orta	Qal	126	9,80	44	Orta	Qal
87	2,30	11	Çok Düşük	Qal	127	6,95	0	Sıvılaşmaz	Tmal
88	1,80	47	Orta	Qal	128	7,45	27	Düşük	Qal
89	1,80	43	Orta	Qal	129	0,75	0	Sıvılaşmaz	Tmal
90	1,85	48	Orta	Qal	130	4,30	2	Çok düşük	Tmal
91	1,80	64	Orta	Qal	131	4,30	0	Sıvılaşmaz	Tmal
92	2,40	44	Orta	Qal	132	-	0	Sıvılaşmaz	Tmal
93	3,60	49	Orta	Qal	133	Su yok	0	Sıvılaşmaz	Tmal
94	1,30	51	Orta	Qal	134	2,40	0	Sıvılaşmaz	Tmal
95	1,80	67	Yüksek	Qal	135	-	0	Sıvılaşmaz	Tmal
96	3,45	61	Orta	Qal	136	Su yok	0	Sıvılaşmaz	Tmal
97	1,80	46	Orta	Qal	137	0,70	0	Sıvılaşmaz	Tmal
98	1,80	51	Orta	Qal	138	5,40	0	Sıvılaşmaz	Tmal
99	1,80	63	Orta	Qal	139	Su yok	0	Sıvılaşmaz	Tmal
100	1,15	61	Orta	Qal	140	4,45	0	Sıvılaşmaz	Tmal
101	2,00	49	Orta	Qal	141	3,20	51	Orta	Qal
102	2,50	52	Orta	Qal	142	1,9	0	Sıvılaşmaz	Qal
103	0,75	66	Yüksek	Qal	143	2,00	82	Yüksek	Qal
104	0,60	66	Yüksek	Qal	144	Su yok	0	Sıvılaşmaz	Tmal
105	1,00	75	Yüksek	Qal	145	2,00	84	Yüksek	Qal
106	0,65	65	Yüksek	Qal	146	1,15	72	Yüksek	Qal
107	1,50	49	Orta	Qal	147	2,45	91	Çok yüksek	Qal
108	1,75	39	Orta	Qal	148	2,35	0	Sıvılaşmaz	Tmal
109	2,00	42	Orta	Qal	149	1,45	73	Yüksek	Qal
110	2,60	59	Orta	Qal	150	1,15	66	Yüksek	Qal
111	2,75	67	Yüksek	Qal	151	1,00	55	Orta	Qal
112	1,20	68	Yüksek	Qal					
113	2,05	48	Orta	Qal					
114	0,90	72	Yüksek	Qal					
115	3,70	0	Sıvılaşmaz	Tmal					
116	6,85	0	Sıvılaşmaz	Tmal					
117	8,20	0	Sıvılaşmaz	Tmal					
118	3,00	59	Orta	Qal					
119	2,45	19	Düşük	Qal					
120	3,60	57	Orta	Qal					



Şekil 11.9. İnceleme alanının $M_w=7.0$ için sıvılaşma şiddeti indeksine (L_s) göre yapılmış sıvılaşma potansiyeli haritası.

XI.2. Zemin Büyütmesi (Ao) ve Zemin Hakim Titreşim Periyodu (To)

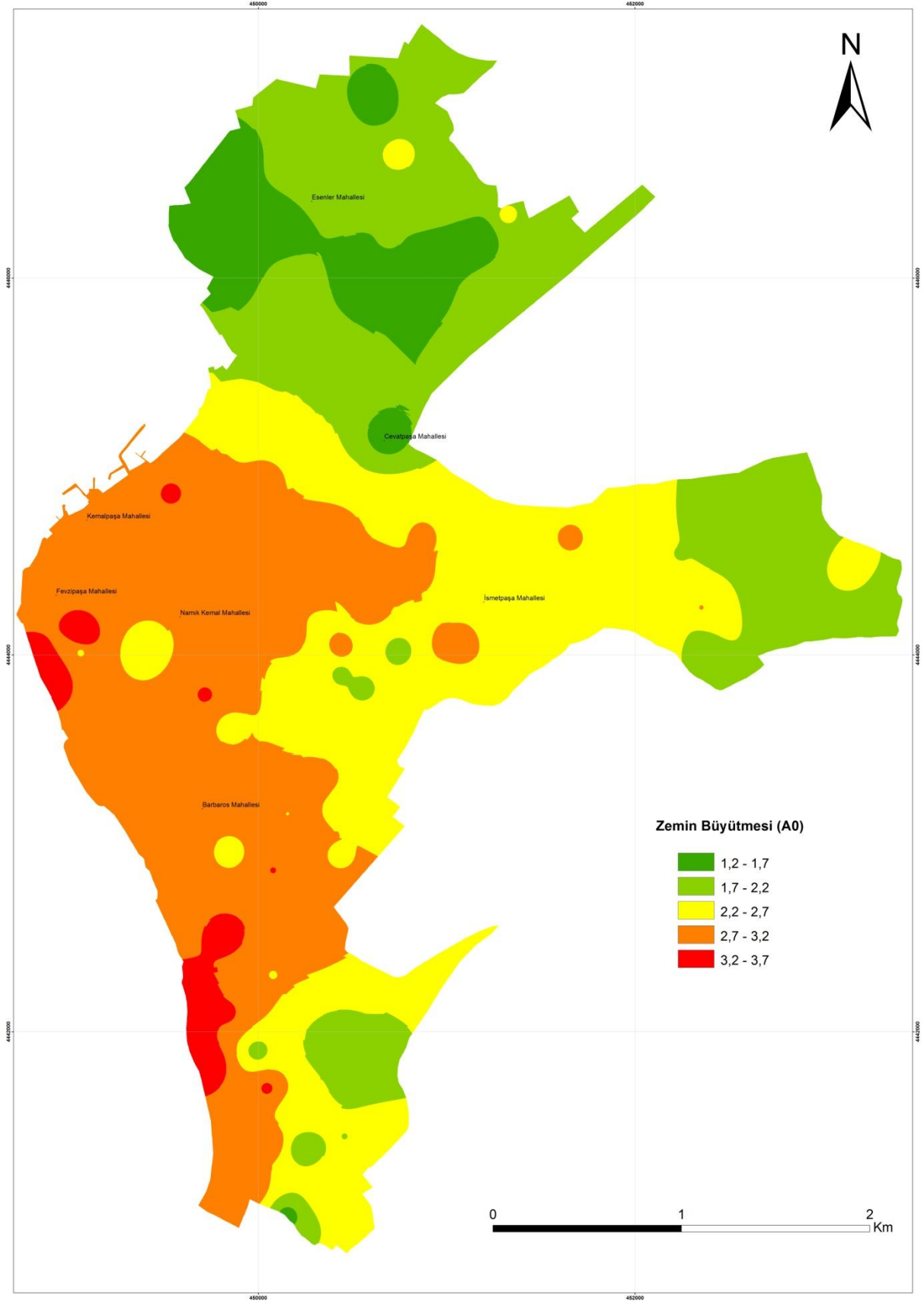
Makaslama hızı, depremler sırasında zemin tabakalarının meydana getireceği büyütmelerin hesaplanmasında kullanılan zeminlerin en önemli dinamik özelliğidir. Zeminlerin katılığı hakkında doğrudan bilgi verdiği için zemin davranışının belirlenmesi için yapılan büyütme analizlerinde de doğrudan kullanılır. Midorikawa, (1987) tarafından önerilen ampirik bağıntı yardımı ile zeminler için belirli bir derinliğe kadar kayma dalgası hızı ile bağıl zemin büyütmesi değeri belirlenebilmektedir. Bu bağıntılarda kayma dalga hızının (V_s) birimi m/s olup, ilk 30 m' lik zemin profilindeki ortalama değerdir. Hesaplanan bu büyütme değerinin yerel zemin koşullarının büyütme etkisinin hasar üzerindeki sonuçlarının deprem öncesi incelenmesinde doğrudan kullanılabilmesinin mümkün olabileceği söylenebilir. Çalışma kapsamında MASW ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucu elde edilen S-dalga hızlarında ilgili bağıntıdan büyütme değerleri haritası çıkarılmıştır (Şekil 11.10).

Büyütme değerleri doğrudan mikrotremor ölçümleri sonucunda spektral oranlar yaklaşımı ile elde edilebiliyor olmasına rağmen, çalışma alanının büyük ölçüde alüvyon üzerinde olması referans istasyona göre bağıl büyütme hesaplanmasının hatalı sonuç vereceğinden yola çıkarak ampirik bağıntı kullanılmıştır. Bu haritada iki temel unsur dikkati çekmektedir. İlki, büyütme değerlerinin 1.2- 3.4 arasında olduğu diğeri ise özellikle Sarıçay havzasının denize ulaştığı KKB yönünde Barbaros – Fevzipaşa – Kemal Paşa Mahalleleri ile havzanın neredeyse tamamı, Troya caddesi ve çevresi yüksek büyütme etkisindedir.

Ülkemiz için Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (2007) kitapçığında tüm zeminler için öngörülen büyütme değerinin 2.5'i aşması halinde büyütme riskinin olduğu ifade edilmiştir. Şekil 11.10'a göre çalışma alanında yeni alüvyon birimi üzerinde belirlenen büyütme değerlerine göre hazırlanan zemin büyütme haritası, mevcut yerleşim alanındaki zeminlerde 1.2-3.6 arasında değişen büyütme beklenebileceğini, buna karşın yerleşimin KKB kesiminde mahallelerin sınırlarında kalan zeminlerin deprem dalgalarını ortalama 3.0 kat büyütebilecek yerler olduğunu göstermektedir. Diğer yandan Esenler Mahallesi'nde hemen hemen büyütme olmadığı daha GGD kesiminde de büyütmenin az olduğu anlaşılmaktadır.

XI.2.1. Zemin Hakim Titreşim Periyodu ve Rezonans

Deprem sırasında, hasarı arttıran unsurlardan biri de rezonans olduğu, yapı ile zemin tabakalarının hakim periyotlarının çakışması ya da birbirine yakın olmasının sonucu, yapıların etkisi altında kaldığı yatay yüklerin önemli ölçüde büyüdüğü ve buna paralel olarak hasarın arttığı bilinmektedir. Dinamik yüklemeler esnasında, deformasyonların artması ile kayma modülü ve makaslama dalga hızları, doğrusal olmayan bir değişim göstermektedir. Tabakalı zeminlerde, gelen dalga enerjisinin bir kısmı birinci ortama yansımakta, bir kısmı ikinci ortama iletilmektedir. Yansıyan dalga, elastik yarı sonsuz üst yüzeyine ulaştığı zaman, katı ortam ile boşluk kesişme yüzeyine çarpmakta ve tamamen geri yansımaktadır. Kohezyonsuz zeminlerde sıvılaşma ve büyütme, kohezyonlu zeminlerde aşırı T_o periyodundaki dalgalar, yüzey tabakaları için en tehlikeli dalgalardır. Yumuşak zeminde, sert zemine göre genliklerin en az iki kat büyük olduğu görülmektedir. Yüzeysel tabakalarda zorlanmış titreşimler halinde $T = 4H/V_s$ geçerlidir. $L = 4H / (2n+1)$, $n=0, 1, 2, 3$ dalga boyundaki dalgalar tabaka ile rezonansa girer veya senkronize olur. Sert zeminlerde yalnız zemin hakim periyodu civarında büyük ivmeler görülür. Yumuşak zeminlerde ise ivmeler sert zeminlerdeki kadar büyük değildir. Fakat geniş bir periyod alanını kaplar. Deprem dalgası zemin yüzeyinde dalganın periyodunun $4H/V_s$ değerine eşit olmasıyla aşırı şekilde büyütülmektedir. $4H/V_s$ formülü, yüzey tabakasının doğal periyodunu gösterir, zemin hakim periyodu da denir. Yapının periyodu, zeminin periyoduna yaklaştıkça ($T = T_o$) yükseltgenme büyür ve rezonans oluşur (T , yapı periyodu; T_o , zemin hakim periyodudur). Sönüm artarsa hasar azalır. Hasar en büyük yer ivmesi ile periyod, frekans ve deprem süresine bağlıdır.



Şekil 11.10. Çalışma alanı zemin büyütme haritası

Büyük ivmeli bir deprem, yüksek frekans ve çok kısa sürede hiçbir hasara neden olmaz. Düşük ivmeli bir deprem frekans ve deprem süresine bağlı olarak büyük hasarlara neden olur. Zeminin doğrusal davranışında üniform elastik bir zeminde, farklı deprem etkilerinde tabakalar elastik olduğundan büyütme faktörleri yer hareketinin genliğine bağlı olmayıp sadece frekans içeriğinde etkilenecektir. Pik davranışının depremin hakim periyodunda meydana geldiği kabul edilirse, depremin frekans içeriği kısa periyodlara kayarsa, hakim periyottaki büyütme azalacaktır. En büyük büyütme, daha yüksek doğal periyodlardan birinde meydana gelir. Depremde düşük titreşimlerde zemin davranışı elastiktir. Büyütme faktörü, periyot, kayma dalgası hızı, rijit tabaka derinliğine bağlıdır. Deprem dalgasının genliği arttıkça zemin doğrusal olmayan davranış gösterecektir. Zayıf yer hareketlerinde düşük şiddette elastik zemin davranışı, kuvvetli yer hareketlerinde ise doğrusal olmayan zemin davranışları doğar. Zeminin kayma modülünde meydana gelen azalmaya bağlı olarak periyotlar büyüyecek, sönüm oranları artacak, zemin hakim periyodunda meydana gelecek değişmeye göre pik davranışta azalma olacaktır. Kuvvetli zemin titreşimlerinde, büyütme zayıf yer hareketlerinin sebep olduğu büyütme değerinin 2-3 kat fazlası olmaktadır. Deprem hareketinin tekrarlı yüklemeleri, zeminde boşluk suyu basınçlarının yükselmesine neden olur. Bundan dolayı konsolide killerde, kayma dayanımlarında azalma oluşur, neticede taşıma gücü düşer. Boşluk suyu basıncının artması suya doymun siltli kumlu zemin tabakalarında daha çok etkili olmaktadır. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik'te (2007) spektrum katsayısının hesabında yerel zemin koşullarının etkisi zemin hakim periyodu (T_0) değeri ile dikkate alınmaktadır (Beliceli, 2006) (Şekil 11.11).

XI.2.2. Mikrotremor Ölçümlerinin Sonuçları

Bu çalışma kapsamında, yatay bileşen spektrumlarının düşey bileşen spektrumuna oranlaması ilkesine dayanan Nakamura yöntemi kullanılmıştır. Nakamura yönteminin uygulanması sonucu her istasyona ait zemin hakim titreşim periyodu değerleri ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, çalışma alanında hakim titreşim periyodlarının 0.15 s ile 1.25 s arasında değiştiği görülmektedir. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi düşük periyot değerleri sağlam olarak nitelendirilebilecek, nispeten sıkı ve yaşlı birimlerin varlığını işaret etmektedir. Çalışma alanının kuzey kesimlerinde periyot değerlerinin 0.15-0.2 s lik değerler aldığı görülmektedir. Zemin hakim titreşim periyodlarının haritalanması sonucu zemin sınıflaması yapmak da mümkün olmuştur. Yerleşimin ve yapılaşmanın yoğun olduğu ağırlıklı olarak Barbaros Mahallesi, Troya Caddesi, Sanayi ve yakın çevresi, Sarıçay yakın çevresi, İkinci Kordon dayanımı düşük zeminleri göstermektedir. Deprem yönetmeliğine göre Z4 zemin sınıflaması dahilinde değerlendirilebilecek kalın alüvyon, gevşek zeminli alanlardır. Esenler ve yakın yerleşim alanları göreceli olarak sağlam olarak nitelendirilebilecek ortalama 0.2 s hakim titreşim periyodundadır. Z1-Z2 zemin sınıfı kapsamında Esenler ve Cevat Paşa Mahalleleri KKB kesimi, jeolojik bilgilerle uyumlu olarak kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve çakıl taşından oluşan Çanakkale formasyonunun etkisinde kaldığı söylenebilir ve bölgede periyot değerleri açısından en sağlam zemini göstermektedir. Çanakkale ovasının iç kesimlerine doğru ve Kepez ovası ile Çanakkale ovasını ayıran bölgede periyot değerlerinin 0.5 s dolaylarında ve Sarıçay'a ve Kepez ovasına yaklaştıkça artan bir şekilde devam ettiği gözlenmektedir. Çalışma alanında Sarıçay havzasının iç kesimlerine ve Kepez ovasının iç kesimlerine doğru yaklaşık 1 s' lik periyot değerleri göze çarpmakta ve bu bölgeler alüvyon kalınlığı açısından en kalın ve gevşek birimlerin oluşturduğu zeminler olduğu gözlenmektedir. Şehir merkezinin bu kesimlerinde yapılaşmaya gidilmemesi, gidilecekse gerekli zemin iyileştirme işlemleri sonrasında yapılaşmaya gidilmesi ve yapı periyodunun bölgedeki hakim periyottan oldukça uzak bir değerde olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir. Bu da ancak en fazla 2 veya 3 katlı yapılaşma ile mümkün olmaktadır. Bölgede tanımlanmış fayların üretebileceği depremlerin büyüklükleri ve zemin büyütme etkilerinin birlikte değerlendirilerek, yüksek ivmelere ve dolayısıyla sismik tehlikeye maruz kalabilecek alanların ön kestirimi ve en büyük olası yatay ivme

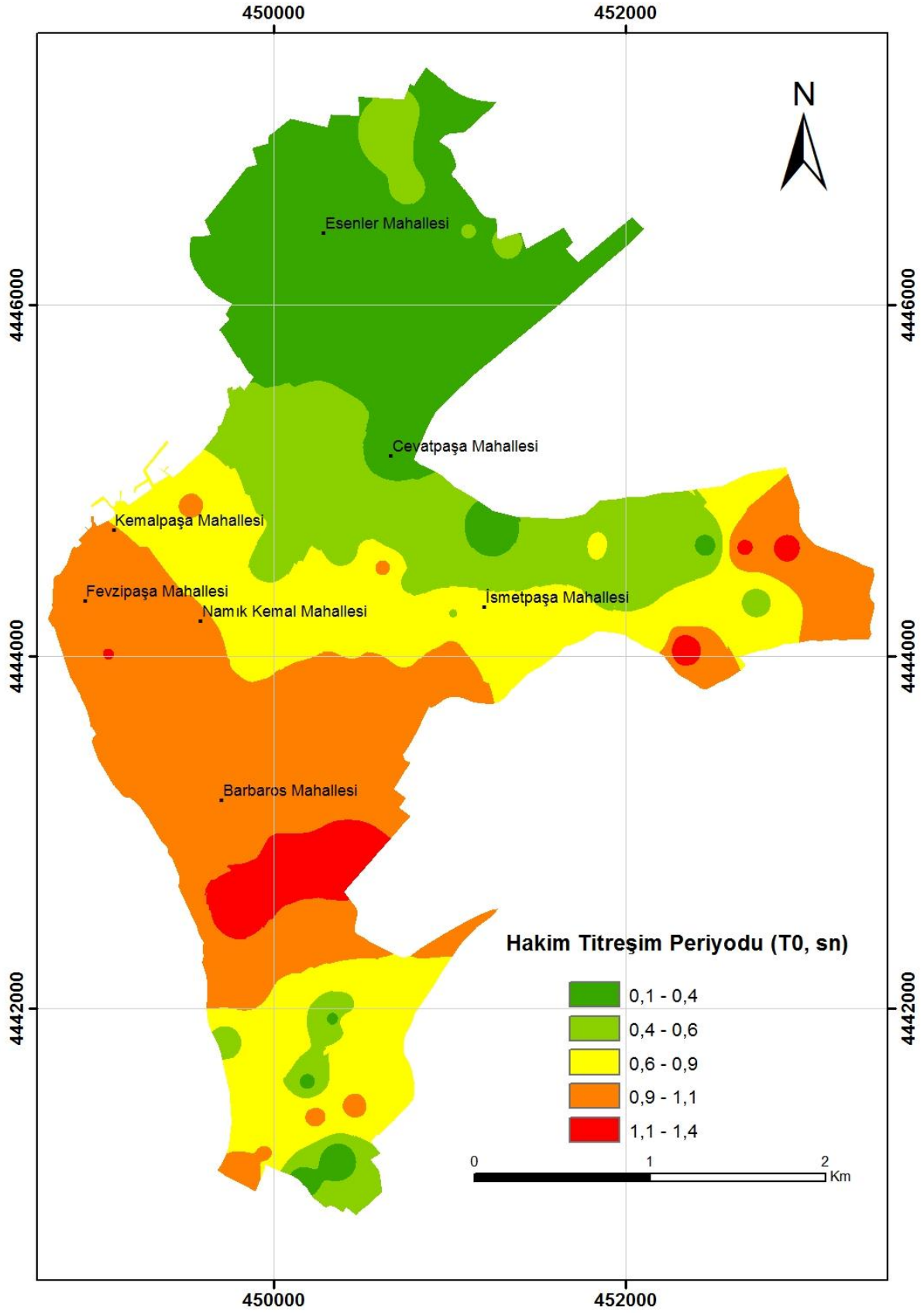
dağılım haritalarının hazırlanması imara açılacak alanların belirlenmesi ve mevcut yapılaşmaların mühendislik özelliklerinin gözden geçirilmesi açısından son derece önemli olacaktır. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi düşük periyot değerleri sağlam olarak nitelendirilecek, nispeten sıkı, kaya ve yaşlı birimlerin varlığını işaret etmektedir. Çalışma alanının kuzey kesimlerinde, Esenler Mahallesi'nde periyot değerlerinin 0.1-0.4 s aralığında değerler almaktadır. Bu değerlerin, jeolojik bilgilerle uyumlu olarak kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve çakıltaşından oluşan Çanakkale formasyonunun etkisinde kaldığı söylenebilir ve bölgede periyot değerleri açısından en sağlam zemini göstermektedir. Çanakkale ovasının iç kesimlerine doğru periyot değerlerinin 0.5 s dolaylarında ve Sarıçay'a yaklaştıkça artan bir şekilde devam ettiği gözlenmektedir. Çalışma alanında, en yüksek periyot değerleri, Sarıçay'ın güneyinden başlayan Troya caddesi ile Atatürk Caddesi kesişimine kadar olan geniş bir bölgede gözlenmektedir. Bu bölgeler alüvyon kalınlığı açısından en kalın ve gevşek birimlerden oluşan zeminler olduğu gözlenmektedir. Daha güney kesimlerde doğru genellikle 0.6 ile 1 s arasında periyot değerleri göze çarpmakla birlikte topoğrafyanın yükseldiği kesimlerde değerler nispeten düşmektedir. Hesaplanan zemin hakim titreşim periyot değerleri Ansal vd (2004) tarafından verilen mikrobölgeleme ölçütü Çizelge 11.11 kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 11.11. Hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri (Ansal vd., 2004)

Zemin hakim titreşim periyodu aralığı (s)	Ölçüt Tanımı	Tehlike Düzeyi
0.10 – 0.30	A	Düşük
0.30 – 0.50	B	Orta
0.50 – 0.70	C	Yüksek
0.70 – 1.00	D	Çok yüksek

Buna göre Esenler Mahallesi 0.1-0.4 s aralığında zemin hakim titreşim periyot (ZHTP)değerleri almaktadır. Bu durumda A-B ölçütlerinde Düşük-Orta tehlike düzeyi sergilmektedir. İsmetpaşa Mahallesi 0.4-0.6 s ZHTP değer aralığında B-C ölçütlerinde Orta-Yüksek tehlike düzeyi göstermektedir. Namık Kemal Mahallesi, 0.6-0.8 s aralığında C-D ölçütlerinde Yüksek-Çok yüksek tehlike düzeyindedir. Kemalpaşa ve Fevzipaşa Mahalleleri ise 0.8-1.0 s aralığında ZHTP değerlerine sahip olup, Çok Yüksek tehlike düzeyinde D ölçütlerindedir. Barbaros Mahallesi, 1.0 s ZHTP değerlerini aşmakta olup D ölçütlerinde ve çok yüksek tehlike düzeyinde olduğu gözlenmektedir. Çalışma alanının doğusunda yeniden çok yüksek tehlike düzeyli alanların varlığı gözlenmektedir. Güneye doğru ise tehlike düzeyi kademeli olarak azalmaktadır. Burada verilen ZHTP değerleri, çalışma alanında yeralan birimlerin salınım durumları ile ilgili genel bir öngörü hedefindedir. İnşaa edilecek yapıların, yapı öz periyotları ve yapı periyodu amplifikasyon uç değerleri, hesaplanan ZHTP göre seçilmeli ve herhangi bir deprem sonucunda yatay deprem yüklerinin oluşturacağı salınım durumunda yer ile yapının yarı-uyuşuma (rezonansa) geçmesinin engellenmesi gerekmektedir.

Spektral zemin büyütme büyütmeleri ise 1.2-3.7 aralığında değişmektedir. Kumsar vd. (2005) spektral büyütme büyütmelerin 2.0 ve üzerindeki değerlerinin yerleşime önemli alanlar için kriter oluşturacağını belirtmişlerdir. Çalışma alanı için jeolojik veriler, bölgenin deprem riski, kayma dalga hızı ve zemin sınıflamaları da göz önüne alındığında bölgenin özellikle Esenler dışında kalan bölümlerinde 2.0 nin üzerindeki büyütme değerlerinin hakim olduğu ayrıca büyütme değerinin 2.0'den az olduğu ölçü noktalarında da riskli sınır olarak kabul edilebilecek değerlere çok yakın değerler hesaplandığı görülmektedir. Bu açıdan büyütmeden kaynaklanabilecek jeoteknik sorunlara dikkat edilmeli, yapı boyut ve temel analizleri buna göre gerçekleştirilerek, depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine bağlı kalınmalıdır.



Şekil 11.11. Çalışma alanı hakim titreşim periyod dağılım haritası

XI.3. Kütle Hareketleri (ev Duraysızlığı)

Çalışma alanında heyelan, kaya düşmesi benzeri herhangi bir kütle hareketi gözlenmemiştir. Ancak, eğimin %10-30 arasında değiştiği Alçıtepe ve Gazhanedere formasyonlarının yeraldığı alanlarda yapılacak inşaat amaçlı kazı şevlerinde olası stabilite sorunları beklenebilir.

XI.4. Su Baskını

İnceleme alanında yeralan kuru ve akar dereler (Sarıçay) için taşkın riski açısından planlama öncesinde DSİ görüşü alınarak, bu görüş doğrultusunda planlama yapılmalıdır.

XII. İNCELEME ALANININ YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ

İnceleme alanının yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ü alüvyon birimlerden oluşmakta olup yerleşim alanının kuzeyinde bulunan Esenler Mahallesi, kaya birim olan Alçitepe formasyonundan, güney kesimi de yine kaya birim olarak tanımlanan Gazhanedere formasyonundan oluşmaktadır. İnceleme alanını oluşturan alüvyonlar genelde %0-10 topoğrafik eğime, Alçitepe formasyonunun belirli lokasyonlarında eğim %10-20 arasında değişirken genel olarak %0-10 topoğrafik eğime ve Gazhanedere formasyonu ise %10-30 arasında topoğrafik eğime sahiptir.

Topografik eğimin %0-10 olduğu alüvyon birimlerde yapılan sondajlarda yeraltı su seviyesi ortalama 0,5-6,0 m arasında değiştiği belirlenmiştir.

İnceleme alanının $\frac{3}{4}$ 'lük kesimini oluşturan alüvyon birimlerde “çok yüksek” ve “yüksek” sınıflama şiddeti indeksi belirlenmiştir.

Deprem sırasında zeminlerin davranışını etkileyen önemli parametrelerden zemin büyütme ve hakim titreşim periyotları belirlenmiştir. Esenler ve Cevatpaşa Mahalleleri'nin güney bölümündeki zeminler, 2.0 ve daha büyük deprem büyütme değerlerine sahiptir. Çanakkale kent yerleşim alanındaki zeminlerin hakim titreşim periyotları, 0.1-1.4 sn arasında değişmektedir.

Çalışma alanı içerisindeki şişme yüzdesi değerleri genel olarak “orta ve düşük şişme derecesi” olduğu belirlenmiştir. Yapılan oturma hesaplarına göre killi zeminlerdeki oturma miktarının müsaade edilen sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda izin verilebilir net taşıma gücü değerleri incelendiğinde, bazı sondaj yerlerinde sınır değerlerin varlığı gözlenmiştir.

İnceleme alanının kuzeybatı kesiminde kontrollü olarak yapılan dolgu sahası bulunmaktadır.

Yapılan arazi gözlemleri sondajlar, jeofizik ölçümler, laboratuvar verileri ve afet riskleri ile birlikte yapılan jeolojik-jeoteknik değerlendirme sonucunda inceleme alanı yerleşime uygunluk durumu 3 kategoride değerlendirilmiştir.

XII.1. Önlemleri Alan 1.1 (ÖA-1.1): Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Önlemleri Alanlar

Çanakkale ili, Deprem Bölgeleri Haritası'na göre birinci derece deprem bölgesinde yer almakta olup Çanakkale merkez yerleşim alanının neredeyse tamamı Sarıçay'a ait alüvyonlar üzerine kurulmuştur. Heterojen bir özelliğe sahip olan alüvyonların %80'i kumlardan oluşmaktadır. Buna ek olarak yeraltı suyunun yüzeyden derinliği genel olarak 0.5-6.0 m arasında değişim göstermektedir. Bu verilere bakıldığında kent yerleşim alanının hemen hemen tamamı sıvılaşma potansiyeline sahip görülmektedir. Sıvılaşma analizleri yapılırken $(SPTN_1)_{60CS}$ (İnce tane oranı düzeltmesi yapılmış $(N_1)_{60}$ değeri) değerinin 30'dan küçük olduğu değerler alınmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan sıvılaşma analizi sonucunda hazırlanan haritaya göre Alçitepe Formasyonu (Esenler Mahallesi) ile Gazhanedere Formasyonu (Barbaros Mahallesi güneyi) hariç kentin tamamı sıvılaşma potansiyeline sahip olup L_s değerleri 35-96 arasında değişmektedir.

Deprem sırasında zeminlerin davranışını etkileyen önemli parametrelerden birisi zemin deprem büyütme faktörüdür. İnceleme alanındaki zeminlerin deprem büyütme değerleri kullanılarak hazırlanan haritaya göre Esenler ve Cevatpaşa Mahalleleri'nin güney bölümündeki zeminler, 2.0 ve daha büyük deprem büyütme değerlerine sahiptir. Çanakkale kent yerleşim alanındaki zeminlerin hakim titreşim periyotları, 0.1-1.4 sn arasında değişim göstermektedir.

Önlemleri alan 1.1 kategorisi değerlendirilirken, bölgedeki zeminlerin; sıvılaşma potansiyeli, zemin deprem büyütme faktörleri ve hakim titreşim periyotları birlikte değerlendirilmiştir. Bu üç kriter açısından tehlikeli alanlar, deprem tehlikesi açısından önlemleri alanlar olarak kabul edilmiş ve yerleşime uygunluk haritasında Ö.A. 1.1 simgesi ile gösterilmiştir (Ek-2). Çanakkale yerleşim alanı içindeki alüvyon birimlerden oluşan ve yeraltı su seviyesinin 0,65-17 m arasında olduğu

alanlardır. Bu alanlarda yapılan oturma hesaplarında, oturmaların kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı görülmüştür.

Bu alanlarda şişme potansiyeli çoğunlukla düşük, yer yer orta mertebelerde olduğu görülmüştür. Taşıma gücü hesaplarında taşıma gücünün yeterli olduğu seviyelerin yanı sıra sınır değerlere ulaşan taşıma gücü değerlerinin varlığı da görülmüştür.

Bu alanlarda yapılaşma öncesi, parsel bazında “Temel ve Zemin Etütleri”nde, şişme, oturma, taşıma gücü ve sıvılaşma problemleri ayrıntılı olarak irdelenmeli, gerek görülmesi halinde, gerekli zemin iyileştirme yöntemleri uygulanmalıdır.

Bu alanlarda;

- Rapor içerisindeki özellikle sıvılaşma olmak üzere, şişme, oturma, taşıma gücü ile ilgili hesaplama ve yorumlar inceleme alanının genel özelliklerini yansıtmaktadır. Her türlü alt ve üst yapıda, parsel bazı zemin etütlerinde ayrıntılı olarak tüm bu hesaplamalar gerçek temel türü, boyutu ve derinlikleri için tekrar yapılmalı ve çıkan sonuçlara göre projeler üretilmelidir. Tespit edilecek zemin sorunlarına yönelik gerekli önlemler alınarak, gerekirse zemin iyileştirme yöntemleri uygulanarak, yapılaşmaya gidilmelidir. Hiçbir suretle rapor içerisindeki veriler temel tasarımına esas veriler olarak kullanılmamalıdır.

- Yüzey suları, atık sular ve yeraltı sularının yapı temellerine ulaşmasını engelleyecek drenaj sistemleri uygulanmalıdır.

- Temel derin kazılarında civardaki yol, altyapı ve binaların statik güvenliği sağlanmalıdır.

- Derin kazılarda oluşacak şevler açıkta bırakılmamalı, uygun projelendirilmiş istinat yapılarıyla desteklenmelidir. Heterojen yapıli alüvyon birimlerde farklı oturmalara karşı yapısal önlemler alınmalıdır. Derin kazılarda oluşacak şevler açıkta bırakılmamalı, uygun projelendirilmiş istinat yapılarıyla desteklenmelidir. Yüzey suları, atık sular ve yeraltı sularını ortamdaki uzaklaşmasını sağlayacak drenaj sistemleri uygulanmalıdır.

Bu alanlar 1/1.000 ölçekli yerleşime uygunluk paftalarında; “ **ÖA-1.1** ” simgesi ile gösterilmiştir.

XII.2. Önlemlili Alan 2.1 (ÖA-2.1): Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabiliteli Sorunlu Alanlar

İnceleme alanının jeolojisini düşük dayanımlı yeşilimsi-mavimsi kilaşları ve kumlu kireçtaşlarından oluşan Alçıtepe ve kırmızımsı kilaşlarından oluşan Gazhanerede formasyonlarından meydana gelmektedir. İnceleme alanının genelinde topoğrafik eğim ortalama %0-10 arasında değişim göstermektedir. Bazı kesimlerde yer yer %30’a kadar ulaşmaktadır. Bu alanların, morfolojik özellikleri, jeolojisi litolojik-yapısal-tektonik özellikleri, yeraltı suyu durumu, kaya-zeminlerin mühendislik özellikleri, kaya-zeminlerin temel olma özellikleri, dinamik ve elastik özellikler esas alınarak, yerleşime uygunluk yönünden Önlemlili Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilmiştir.

Önlemlili Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilen alanlarda halihazırda kütle hareketi gözlenmemekle birlikte, yapılaşma esnasında temel kazıları, zemine aktarılan ilave yapı yükleri ve yüzey drenaj koşullarının değişmesi gibi nedenlerle mevcut yamacın stabilitesi azalabilir. Bu durumun kütleli bir stabilite sorununa neden olmaması için parsel bazında ayrıntılı zemin etütleri ile planlanan temel kazısının etkileyebileceği üst yamaç da dâhil olmak üzere şev stabilitesi analizleri yapılmalı ve güvenlik katsayısının statik ve dinamik koşullarda yeterli olduğu gösterilmelidir. Güvenlik katsayısının yeterli olmadığı durumlarda stabiliteyi artırıcı önlemler, projesi yapılmak kaydıyla uygulanmalıdır. Her türlü kazılarda açığa çıkan şevler açıkta bırakılmadan istinat yapıları ile desteklenmeli, yapı temelleri tek tip birime oturtulmalıdır.

Önlemlili Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilen alanlarda zeminin heterojen özelliği ve zayıf-orta dayanımlı birimlerin yer alması nedeniyle, taşıma gücü ve oturma özelliklerinde farklılıklar gözlenebilir. Bu nedenle, parsel bazında yapılacak etütler sonucunda gerekli olması

durumunda zemin iyileştirmeleri ve uygun temel sisteminin seçimi gibi önlemlerle olası taşıma, oturma vb. tüm jeoteknik sorunların gelişmesi engellenmelidir.

Her türlü yapılaşmada yeraltı sularının temeli etkilememesi için uygun bir drenaj sistemiyle temelden uzaklaştırılması ve suyun betona olan etkisini belirlemek amacıyla fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılması gerekmektedir. Yeraltı sularının, atık suların hem de yüzey sularının drenajı yapılarak temele olan etkisinin önlenmesi gerekmektedir. Bu alanlar, Ek-2’de verilen yerleşime uygunluk haritasında ÖA-2.1 simgesi ile gösterilmiştir.

Rapor içerisindeki hesaplama ve yorumlar sadece esas alınan temel türü ve boyutları için geçerli olduğu dikkate alınmalıdır. Dolayısı ile yapılan jeoteknik hesaplamalarda verilen bu değerler inceleme alanının genel özelliklerini yansıtmaktadır. Her türlü alt ve üst yapıda mutlaka parsel bazı zemin etütlerinde ayrıntılı olarak tüm bu hesaplamalar gerçek temel türü, boyutu ve derinlikleri için tekrar yapılmalı ve çıkan sonuçlara göre projeler üretilmelidir. Rapor içerisindeki veriler temel tasarımına esas olarak kullanılmamalıdır.

XII. 3. Önlemleri Alanlar 5.2 (ÖA-5.2); Dolgu Alanlar

İnceleme alanının batı kesiminde yer alan iskele mevkiinde 2010 yılında kordonu genişletme amaçlı (yürüyüş alanı) kontrollü dolgu çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu güncel dolgu alan Önlemleri Alan 5.2 (ÖA-5.2) olarak değerlendirilmiştir.

Ayrıca, yapılan sondaj çalışmaları sırasında bazı sondaj lokasyonlarında 1-3 m arasında değişen dolgu malzemesi kesilmiştir. Bunların genellikle inşaat atıklarının bulunduğu heterojen malzemelerden oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu tür dolgu bulunan alanlarda parsel bazında yapılacak zemin etütlerinde dolgu kalınlıkları belirlenmelidir. Dolgu kalınlıklarına bağılı olarak, dolgu malzemesi kaldırılmalı veya taşıma gücü ve oturma problemlerini engelleyecek bir temel sistemi, uygulama projesi yapılmak şartı ile önerilmektedir.

Her türlü yapılaşmada Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü’nün Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik ile Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik hükümlerine uyulmalıdır.

XIII. SONUÇ VE ÖNERİLER

1) Bu rapor, Çanakkale Belediyesi sınırları içerisinde kalan toplam 1677 hektar olan mevcut alanın imar planı çalışmalarında kullanılmak üzere Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji ve Jeofizik Mühendisliği Bölümleri tarafından imar planı revizyonuna esas jeolojik-jeoteknik etüt raporu ile yerleşime uygunluk durumunun yeniden değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2) Çalışma alanı içerisinde 151 adet jeoteknik sondaj yapılmış olup, 110 profilde sismik kırılma, 110 lokasyonda yüzey dalgalarının çok kanallı analizi (MASW) yöntemi, 110 noktada mikrotremor ölçümleri ile 42.000 m yer radarı (GPR) çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

3) Çanakkale ilinin imar planı çalışması 2005 yılında İller Bankası Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olup 73 adet 1/1.000 ölçekli paftadan oluşmaktadır.

4) İnceleme alanı genelde topoğrafik olarak az eğimli (% 0-10) bir arazi yapısına sahiptir.

5) Çanakkale yerleşim biriminin üzerinde yer aldığı Çanakkale havzası, Orta Miyosen-Pliyosen döneminde çökelmiş olan kırıntılı formasyonlar ile güncel alüvyonlardan oluşmaktadır. İnceleme alanı Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı Çanakkale Grubundan oluşmaktadır. Bu grup içerisinde inceleme alanında bulunan formasyonlar alttan üstte doğru Gazhanedere formasyonu, Alçitepe formasyonu olmak üzere 2 lito-stratigrafi biriminden meydana gelmektedir. En üstte ise Kuvaterner yaşlı tutturulmamış sedimanlardan oluşan alüvyonlar yer almaktadır. Toplam 1677 hektar olan çalışma alanının %78,77 alüvyon, %19,86 Alçitepe formasyonu ve %1,36 Gazhanedere formasyonundan oluşmaktadır.

6) 30 m derinlik için ortalama kayma dalga hızı değerleri, ulaşılan araştırma derinliği itibariyle (V_{s30}); $130 \text{ m/sn} \leq V_{s30} \leq 850 \text{ m/sn}$ aralığında değerler almaktadır.

Çalışma alanında maksimum kayma modülü (G_{max}) değerleri incelendiğinde; Kramer (1996)'e göre ağırlıklı olarak alüvyon birimde yüzey kotundan itibaren 1.00 m ile 8.00 m derinliklere kadar "gevşek/orta gevşek" sınıflarına girmektedir. Bu seviyelerden sonrası ise "orta gevşek/sağlam" sınıflarındadır.

Dinamik elastisite modülü (E_d) değerleri incelendiğinde; G_{max} değer değişimine paralel olarak Bowles (1988)'e göre alüvyon birimde yüzey kotundan itibaren 1.00 m ile 8.00 m derinliklere kadar "gevşek/orta gevşek" sınıflarına girmektedir. Bu seviyelerden sonrası ise "orta gevşek/sağlam" sınıflarındadır. Zeminden kaynaklanabilecek yapısal hasarların engellenebilmesi için "depreme dayanıklı yapı tasarımı" ilkelerine sıkı sıkıya bağlı kalınması gerekmektedir.

Çalışma alanında yer hakim titreşim periyotları; alüvyonda (Q_{al}) " $0.25 \leq T_0 \leq 0.90 \text{ sn}$ ", aralığında değişmektedir. Hesaplanan yer hakim titreşim periyodu değerleri, proje alanında yer alan birimlerin salınım durumları ile ilgili genel öngörüm amacını taşımaktadır. Ansal vd (2004) ölçütüne göre yer hakim titreşim periyodu değer değişimleri çalışma alanının geneli için ağırlıklı olarak "C" ve "D" sınıfına girmektedir.

7) Göreceli yer büyütme faktörleri ise Midorikawa (1987) ilişkisine göre alüvyonda (Q_{al}) " $1.2 \leq A_{KM} \leq 3.6$ " aralığında değişmektedir. Ansal vd (2004) ölçütüne göre spektral büyütme değer değişimleri çalışma alanının geneli için "A (düşük tehlike düzeyi)" ve "B (orta tehlike düzeyi)"

sınıflarına girmektedir. Bu açıdan büyütmeden kaynaklanabilecek jeoteknik sorunlara dikkat edilmeli, yapı boyut ve temel analizleri buna göre gerçekleştirilerek, depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine bağlı kalınmalıdır.

8) Çanakkale yerleşim alanında yapılan toplam 151 sondajdan alınan örnekler üzerinde, zeminlerin dane boyu dağılımı belirlemek üzere 1027 adet elek analizi yapılmıştır. Bu deney sonucunda, çalışma alanındaki zeminlerin %20'si ince daneli, %80'i iri daneli olduğu belirlenmiştir. İnce daneli zeminlerin kıvam limitlerini belirlemek üzere 240 örnekte Atterberg analizleri yapılmıştır. Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre sınıflandırılan zeminlerin %10'u SP (kötü derecelenmiş kum), %17'si SP-SM (kötü derecelenmiş siltli kum), %5'i SW (iyi derecelenmiş kum), %1'i SW-SC (iyi derecelenmiş killi kum), %19'u SW-SM (iyi derecelenmiş siltli kum), %25'i SM (siltli kum), %3'ü SC (killi kum), %8'i CH (yüksek plastisiteli kil), %10'u CL (düşük plastisiteli kil), %1'i MH (yüksek plastisiteli silt) ve %1'i de ML (düşük plastisiteli silt)'dir. Zeminlerin ağırlıklı olarak %28-36 ve %52-60 arasında Likit Limit değerlerine ve %5.9-51.6 arasında Plastisite İndeksi değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Doğal su içerikleri ortalama %18-30 arasında değişmektedir. 86 adet örnek üzerinde yapılan deneyler sonucunda zeminlerin doğal birim hacim ağırlıklarının 18.13 kN/m³ ile 24.73 kN/m³, kuru birim hacim ağırlıklarının ise 14.01 kN/m³ ile 15.72 kN/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki Alçıtepe ve Gazhanedere formasyonları, kaya özelliğindedir. Alınan karot numunelerin kaya kalite göstergesi (RQD) hesaplandığında çok zayıf özellik sundukları görülmüştür. Karot numunelerden elde edilen tek eksenli sıkışma dayanım değerleri en düşük 2.29 MPa ile en yüksek 9.33 MPa arasında değişmektedir. Bu dayanım değerleri, ISRM (1979)'ye göre "çok düşük ve düşük" dayanım değerleri arasında tanımlandığı görülmüştür.

9) İnceleme alanındaki zemin grubu ve yerel zemin sınıfı dağılımı genel olarak değerlendirildiğinde inceleme alanının kuzey kesimini oluşturan ve Çanakkale Grubu içinde yer alan Alçıtepe formasyonu içindeki yeşilimsi-mavimsi kilaşlarının ve kumlu kireçtaşları ve kilaşlarının ara bantlar halinde kestiği karot numuneler C1 (çimentolu tortul kayaçlar...) zemin grubu ve Z3 yerel zemin sınıfı içinde yer almıştır. İnceleme alanının merkezi, doğusu ve güneyini kapsayan Kuvaterner yaşlı alüvyal akarsu çökellerinde (Qal) yapılan sondaj çalışmalarında genel olarak C2 (orta sıkı kum, çakıl...) zemin grubu ve genel olarak Z3 yerel zemin sınıfı içinde olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanının güneyinde yer alan Gazhanedere formasyonu içindeki kırmızımsı kilaşları C3 (Katı kil ve siltli kil...) zemin grubu ve genel olarak Z2 yerel zemin sınıfı içinde olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanındaki birimlerin spektrum karakteristik periyotları ise Z3 yerel zemin sınıfı için $T_a=0.15$ s ve $T_b=0.60$ s, Z2 yerel zemin sınıfı için $T_a=0.15$ s ve $T_b=0.40$ s'dir. İnceleme alanını oluşturan zeminlerin SPT-N darbe sayısına ve tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerine göre belirlenmiş bulunan zemin grupları ve yerel zemin sınıflarının, birimlerin dikey ve yanal yöndeki değişimlerine göre farklılık göstereceği ve parsel bazında yapılacak zemin etütleri sırasında farklılıkların olabileceği unutulmamalıdır.

10) İnceleme alanındaki kaya birimleri olan Alçıtepe ve Gazhanedere formasyonları için Hoek vd. (2002) tarafından önerilen görgül yenilme ölçütü kullanılarak kaya kütlesi kavramına geçilmiş ve kaya kütlesinin tek eksenli sıkışma dayanımı belirlenmiştir. Taşıma gücü analizlerinde Wyllie (1992) tarafından önerilen az kırıklı zayıf kayalarda taşıma gücü faktörlerinin kullanıldığı izin verilebilen taşıma gücü eşitliği kullanılmış ve Alçıtepe formasyonu için ortalama 9,10 kg/cm², Gazhanedere formasyonu için de 5,08 kg/cm²'lik bir taşıma gücü değeri elde edilmiştir. Alüvyon zeminlerde SPT deney verileri kullanılan iki farklı temel genişliği (10 m ve 20m) ve boyu (15m ve 30 m) dikkate alınarak Meyerhof (1956) ve Bowles (1977) tarafından önerilen iki farklı izin verilebilir net taşıma gücü eşitlikleri kullanılmıştır. Meyerhof (1956) tarafından önerilen eşitlik

kullanılarak $1,0 \text{ kg/cm}^2$ ile $2,5 \text{ kg/cm}^2$ 'lik izin verilebilir net taşıma gücü değerleri elde edilirken, Bowle (1977) tarafından önerilen eşitlik kullanılarak $1,60 \text{ kg/cm}^2$ ile $5,0 \text{ kg/cm}^2$ 'lik izin verilebilir net taşıma gücü değerleri elde edilmiştir. UD örnek alınan lokasyonlar için Meyerhof (1963) tarafından önerilen taşıma gücü eşitliği kullanılmıştır. UD numuneden taşıma gücü belirlenirken temel derinliği $2,5 \text{ m}$ olarak alınmıştır. Meyerhof (1963) tarafından önerilen taşıma gücü eşitliği kullanılarak $2,5 \text{ kg/cm}^2$ ile $3,3 \text{ kg/cm}^2$ 'lik izin verilebilir net taşıma gücü değerleri elde edilmiştir. Bu inceleme kapsamında belirlenmiş olan taşıma gücü değerlerinin yapıldığı lokasyona ait değerler olması nedeniyle parsel bazında yapılacak zemin etütleri sırasında farklılıkların olabileceği unutulmamalıdır.

11) İnceleme alanında kil içeren birimlere ait şişme yüzdesi değerleri altüvyonda "orta ve düşük şişme derecesi", Gazhanedere formasyonunda "düşük şişme derecesi", Alçıtepe formasyonunda ise "orta ve düşük şişme dereceleri" olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanında killi ve kil içeriği bulunan ince taneli zeminlerin plastisite indeksinin (PI) kil yüzdesine oranına göre belirlenmiş bulunan aktivite değerlerine göre bakıldığında 83 lokasyondan toplam 212 adet örneğin 122 adeti (%57,54) aktif olmayan kil (kaolinit), 89 adeti (%41,98) normal kil (illit) ve 1 adeti (%0,47) aktif kil (montmorillonit) olarak tanımlanmıştır. Şişme yüzdesi ve aktivite sayısı sonuçlarına göre inceleme alanı içinde yer alan killi zeminlerin şişme derecelerinin ve aktivite durumlarının "orta ve düşük" ve "aktif olmayan kil (kaolinit) ve normal kil (illit)" olarak tanımlayabiliriz. Ancak parsel bazında yapılacak zemin etütlerinde farklı sonuçlarla karşılaşılabileceği düşünülerek kil içeren zeminlerde şişme yüzdesi ve basıncının saptanması ve duruma göre kil içeren zeminin hafriyatla alınması veya uygun temel tipinin uygulanması şeklinde uygulamaların yapılması gerekmektedir.

12) İnceleme alanında iki farklı temel boyutu ($B=10 \text{ m}$ ve $L=15 \text{ m}$) ve ($B=20 \text{ m}$ ve $L=30 \text{ m}$) dikkate alınarak ani oturma analizleri yapılmıştır. Oturma analizlerinde her bir katın yaklaşık zemine 1.5 ton/m^2 'lik bir yük getireceği düşünülerek, 6 kat için zemine etkiyen yük 9 ton/m^2 ($88,3 \text{ kN/m}^2$) olarak hesaplanmıştır. Birinci temel boyutu için $16,66 \text{ mm}$ ile $3,73 \text{ mm}$ ve ikinci temel boyutu için ise $33,32 \text{ mm}$ ile $7,46 \text{ mm}$ arasında ani oturma miktarları bulunmuştur. Analiz yapılan lokasyonların genelinde oturmaların izin verilebilir miktarlarda olduğu görülmüştür.

İnceleme alanında killi zeminlerde yapılan konsolidasyon oturma hesaplarında, ani oturma analizinde olduğu gibi 6 katlı yapı yükünün temele aktardığı statik gerilme baz alınmış olup konsolidasyon analiz sonuçlarına göre inceleme alanındaki killerde oturma miktarları genel olarak $2,44 \text{ mm}$ ile $95,82 \text{ mm}$ arasında değişmektedir. Analiz yapılan lokasyonların genelinde killi birimlerde oturma miktarının müsaade edilen sınırlar içinde olduğu görülmüştür.

İnceleme alanında konsolidasyon analizi yapılan lokasyonlarda ön konsolidasyon basıncı 71 kPa ile 120 kPa arasında değişmektedir. Killi birimlerin genel olarak aşırı konsolide kil grubuna girdiği görülmüştür. Aşırı konsolide killer katı killer olup genellikle oturma problemi yaşanmamakla birlikte üzerlerine gelecek temel yüklerin ön konsolidasyon basıncını geçmemesi gerekmektedir. Aksi durumda beklenmedik aşırı oturmalar meydana gelebilir. Bu nedenle yapılaşma öncesi parsel bazında yapılacak zemin etütlerinde konsolidasyon oturmaları hesaplanırken ön konsolidasyon basınçlarının da göz önüne alınması gerekmektedir.

13) İnceleme alanında açılan toplam 151 adet jeoteknik sondajda yeraltısu seviyeleri $0,65 \text{ m}$ ile 17 m arasında değişkenlik göstermekle birlikte alüvyon birimde açılmış olan kuyulardaki yeraltısu seviyesi ortalama $2,5 \text{ m}$ olarak belirlenmiştir.

14) İnceleme alanı için yapılan sivilaşma potansiyeli analiz ve değerlendirme sonuçları en büyük moment deprem büyüklüğü (M_w) $7,5$ ve en büyük yer ivmesi (a_{max}) $0,319 \text{ g}$ ve en büyük moment

deprem büyüklüğü (M_w) 7,0 ve en büyük yer ivmesi (a_{max}) 0,222 g için ayrı ayrı yapılmıştır. İnceleme alanının en büyük moment deprem büyüklüğü (M_w) 7,5 için inceleme alanının kuzeyinde yeralan Alçıtepe ile güneyde yeralan Gazhanedere formasyonları dışında kalan tüm alüvyon birimlerde sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s) genel olarak "çok yüksek" ve "yüksek" olarak belirlenmiştir. En büyük moment deprem büyüklüğü (M_w) 7,0 için ise alüvyon birimlerde sıvılaşma şiddeti indeksi (L_s) genel olarak "yüksek" ve "orta" olarak belirlenmiştir.

15) Hakim titreşim periyot dağılımı incelendiğinde, Barbaros ve Fevzipaşa Mahalleleri ortalama 1 s ve daha fazla periyot değerine sahiptir. Barbaros Mahallesi güneyinde, periyot azalmakta ve ortalama 0.5 s değerleri ortaya çıkmaktadır. Gazhane Formasyonu'nun gözlemlendiği kesimde 0.2-0.3 s periyot değerlerine ulaşmaktadır. Kemalpaşa, Namık Kemal paşa, İsmetpaşa mahalleleri 0.6-0.9 s periyot aralığı ortaya çıkmaktadır. Cevatpaşa Mahallesi 0.4-0.6 s, Esenler mahallesi 0.1-0.4 s periyot değerleri bulunmaktadır.

16) Esenler Mahallesi dışında kalan tüm alanlarda Poisson oranı değerleri ilk 10 metre derinliğe kadar oldukça yüksek değerler almaktadır. Poisson değerleri, Ortalama 0.4 değerine ulaşmaktadır. Yeraltısuyu seviyesindeki değişimler dikkate alındığında hacimsel sıkışma direnci, ilk 1 m için oldukça düşük değerler ortaya koyarken, özellikle derine doğru suya doygun zemin katmanları boyunca hidrostatik basınç etkisiyle kıyı boyunca sıkışmazlık direnci artış göstermektedir. Çanakkale zeminlerindeki en önemli sorunların başında makaslama kuvvetlerine karşı gösterilen direncin düşüklüğü gelir. Esenler Mahallesi ve Çanakkale'nin doğu bölümü dışında kalan tüm alanlarda ilk 10 m için oldukça düşük yanal eksenel esneme direncinde düşük değerler göze çarpar. Düşey eksenel esneme direnci Esenler Mahallesi, Çanakkale'nin doğusu ve Gazhane formasyonunun gözlemlendiği güney bölümü dışında oldukça düşüktür.

17) Bakanlar Kurulu'nun 18.04.1996 gün ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem bölgeleri haritasına göre Çanakkale İli 1. Derece Deprem Bölgeleri üzerinde yer almaktadır ve etkin yer ivmesi $A_0 \geq 0,40$ alınması gerekmektedir. Bölgede tarihsel ve aletsel dönemdeki kayıtlardan 6.0-7.3 büyüklüğünde depremlerin olduğu görülmektedir. Bu depremlerin 30-60 yıllık aralıklarla tekrarlanma olasılıkları yüksek olduğu ve bölgedeki birçok fay için bu sürenin dolmuş olması önemli bir tehlike unsuru olarak görülmektedir.

18) Yerleşime Uygunluk Durumu:

Önlemler Alan 1.1 (ÖA-1.1): Sıvılaşma Tehlikesi Açısından Önlemler Alanlar

Çanakkale ili, Deprem Bölgeleri Haritası'na göre birinci derece deprem bölgesinde yer almakta olup Çanakkale merkez yerleşim alanının neredeyse tamamı Sarıçay'a ait alüvyonlar üzerine kurulmuştur. Heterojen bir özelliğe sahip olan alüvyonların %80'i kumlardan oluşmaktadır. Buna ek olarak yeraltı suyunun yüzeyden derinliği genel olarak 0.5-6.0 arasında değişim göstermektedir. Bu verilere bakıldığında kent yerleşim alanının hemen hemen tamamı sıvılaşma potansiyeline sahip görülmektedir. Sıvılaşma analizleri yapılırken ($SPTN_1$)_{60CS} (İnce tane oranı düzeltilmesi yapılmış (N_1)₆₀ değeri) değerinin 30'dan küçük olduğu değerler alınmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan sıvılaşma analizi sonucunda hazırlanan haritaya göre Alçıtepe Formasyonu (Esenler Mahallesi) ile Gazhanedere Formasyonu (Barbaros Mahallesi güneyi) hariç kentin tamamı sıvılaşma potansiyeline sahip olup L_s değerleri 35-96 arasında değişmektedir.

Deprem sırasında zeminlerin davranışını etkileyen önemli parametrelerden birisi zemin deprem büyütme faktörüdür. İnceleme alanındaki zeminlerin deprem büyütme değerleri kullanılarak hazırlanan haritaya göre Esenler ve Cevatpaşa Mahalleleri'nin güney bölümündeki zeminler, 2.0 ve daha büyük deprem büyütme değerlerine sahiptir. Çanakkale kent yerleşim alanındaki zeminlerin hakim titreşim periyotları, 0.1-1.4 sn arasında değişim göstermektedir.

Önlemleri alan 1.1 kategorisi değerlendirilirken, bölgedeki zeminlerin; sıvılaşma potansiyeli, zemin deprem büyütme faktörleri ve hakim titreşim periyotları birlikte değerlendirilmiştir. Bu üç kriter açısından tehlikeli alanlar, deprem tehlikesi açısından önlemleri alanlar olarak kabul edilmiştir ve yerleşime uygunluk haritasında kırmızı renk ile belirtilmiştir (Ek-2).

Haritada önlemleri alan 1.1 ile gösterilen alanlar içinde aynı zamanda "Mühendislik Problemleri Açısından (şişme, oturma, taşıma gücü vb.) Önlem Alınabilecek Alanlar" niteliğinde olup, önlemleri alan 5.1 ve dolgu alanlarının ele alındığı önlemleri alan 5.2'de yapılan değerlendirme ve önlemleri bu alanlar için de geçerlidir.

Bu alanlarda;

- Rapor içerisindeki özellikle sıvılaşma olmak üzere, şişme, oturma, taşıma gücü ile ilgili hesaplama ve yorumlar inceleme alanının genel özelliklerini yansıtmaktadır. Her türlü alt ve üst yapıda, parsel bazı zemin etütlerinde ayrıntılı olarak tüm bu hesaplamalar gerçek temel türü, boyutu ve derinlikleri için tekrar yapılmalı ve çıkan sonuçlara göre projeler üretilmelidir. Tespit edilecek zemin sorunlarına yönelik gerekli önlemleri alınarak, gerekirse zemin iyileştirme yöntemleri uygulanarak, yapılaşmaya gidilmelidir. Hiçbir suretle rapor içerisindeki veriler temel tasarımına esas veriler olarak kullanılmamalıdır.

- Yüzey suları, atık sular ve yeraltı sularının yapı temellerine ulaşmasını engelleyecek drenaj sistemleri uygulanmalıdır.

- Derin temel kazılarında civardaki yol, altyapı ve binaların statik güvenliği sağlanmalıdır.

- Derin kazılarda oluşacak şevler açıkta bırakılmamalı, uygun projelendirilmiş istinat yapılarıyla desteklenmelidir.

Bu alanlar 1/1.000 ölçekli yerleşime uygunluk paftalarında; " ÖA-1.1 " simgesi ile gösterilmiştir.

Önlemleri Alan 2.1 (ÖA-2.1): Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilité Sorunlu Alanlar

İnceleme alanının jeolojisini düşük dayanımlı yeşilimsi-mavimsi kilaşları ve kumlu kireçtaşlarından oluşan Alçıtepe ve kırmızımsı kilaşlarından oluşan Gazhanerede formasyonlarından meydana gelmektedir. İnceleme alanının genelinde topoğrafik eğim ortalama %0-10 arasında değişim göstermektedir. Bazı kesimlerde yer yer %30'a kadar ulaşmaktadır. Bu alanların, morfolojik özellikleri, jeolojisi litolojik-yapısal-tektonik özellikleri, yeraltı suyu durumu, kaya-zeminlerin mühendislik özellikleri, kaya-zeminlerin temel olma özellikleri, dinamik ve elastik özellikler esas alınarak, yerleşime uygunluk yönünden Önlemleri Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilmiştir.

Önlemleri Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilen alanlarda halihazırda kütle hareketi gözlenmemekle birlikte, yapılaşma esnasında temel kazıları, zemine aktarılan ilave yapı yükleri ve yüzey drenaj koşullarının değişmesi gibi nedenlerle mevcut yamacın stabilitesi azalabilir. Bu durumun kütleli bir stabilite sorununa neden olmaması için parsel bazında ayrıntılı zemin etütleri ile planlanan temel kazısının etkileyebileceği üst yamaç da dâhil olmak üzere şev stabilitesi analizleri yapılmalı ve güvenlik katsayısının statik ve dinamik koşullarda yeterli olduğu gösterilmelidir. Güvenlik katsayısının yeterli olmadığı durumlarda stabiliteyi artırıcı önlemleri, projesi yapılmak kaydıyla uygulanmalıdır. Her türlü kazılarda açığa çıkan şevler açıkta bırakılmadan istinat yapıları ile desteklenmeli, yapı temelleri tek tip birime oturtulmalıdır.

İnşaat çalışmaları sırasında kazı şevlerinin kısa-uzun dönem kesme direnci parametreleri kullanılarak şev stabilitesi analizleri yapılmalıdır. Stabilité yeterli seviyede değil ise projesi yapılmak kaydıyla uygun iksa sistemleri kullanılarak stabilite istenilen seviyeye getirilmelidir.

Önlemleri Alan-2.1 (ÖA-2.1) olarak değerlendirilen alanlarda zeminin heterojen özelliği ve zayıf-orta dayanımlı birimlerin yer alması nedeniyle, taşıma gücü ve oturma özelliklerinde farklılıklar gözlenebilir. Bu nedenle, parsel bazında yapılacak etütleri sonucunda gerekli olması

durumunda zemin iyileştirmeleri ve uygun temel sisteminin seçimi gibi önlemlerle olası taşıma, oturma vb. tüm jeoteknik sorunların gelişmesi engellenmelidir.

Her türlü yapılaşmada yeraltı sularının temeli etkilememesi için uygun bir drenaj sistemiyle temelden uzaklaştırılması ve suyun betona olan etkisini belirlemek amacıyla fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılması gerekmektedir. Yeraltı sularının, atık suların hem de yüzey sularının drenajı yapılarak temele olan etkisinin önlenmesi gerekmektedir. Ek-2’de verilen yerleşime uygunluk haritasında ÖA-2.1 simgesi ile gösterilmiştir.

Rapor içerisindeki hesaplama ve yorumlar sadece esas alınan temel türü ve boyutları için geçerli olduğu dikkate alınmalıdır. Dolayısı ile yapılan jeoteknik hesaplamalarda verilen bu değerler inceleme alanının genel özelliklerini yansıtmaktadır. Her türlü alt ve üst yapıda mutlaka parsel bazı zemin etütlerinde ayrıntılı olarak tüm bu hesaplamalar gerçek temel türü, boyutu ve derinlikleri için tekrar yapılmalı ve çıkan sonuçlara göre projeler üretilmelidir. Rapor içerisindeki veriler temel tasarımına esas olarak kullanılmamalıdır.

Önlemler Alanlar 5.2 (ÖA-5.2); Dolgu Alanlar

İnceleme alanının batı kesiminde yer alan iskele mevkiinde 2010 yılında kordonu genişletme amaçlı (yürüyüş alanı) kontrollü dolgu çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu güncel dolgu alan Önlemler Alan 5.2 (ÖA-5.2) olarak değerlendirilmiştir.

Ayrıca, yapılan sondaj çalışmaları sırasında bazı sondaj lokasyonlarında 1-3 m arasında değişen dolgu malzemesi kesilmiştir. Bunların genellikle inşaat atıklarının bulunduğu heterojen malzemelerden oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu tür dolgu bulunan alanlarda parsel bazında yapılacak zemin etütlerinde dolgu kalınlıkları belirlenmelidir. Dolgu kalınlıklarına bağlı olarak, dolgu malzemesi kaldırılmalı veya taşıma gücü ve oturma problemlerini engelleyecek bir temel sistemi, uygulama projesi yapılmak şartı ile önerilmektedir.

19) İnceleme alanında yapılacak yapılaşmalarda “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” esaslarına titizlikle uyulması gereklidir.

20) Bu rapor, Çanakkale Belediye Başkanlığı imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporu olup, zemin etüt raporu yerine kullanılamaz.

Doç. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER

Yrd. Doç. Dr. Öznur KARACA

Arş. Gör. Dr. Alper DEMİRCİ

Yrd. Doç. Dr. M. Celal TUNUSLUOĞLU

Yrd. Doç. Dr. C. Çağlar YALÇINER

Öğr. Gör. Dr. Yunus L. EKİNCİ

Arş. Gör. Ş. Özge DİNÇ

İL :	ÇANAKKALE
İLÇE :	MERKEZ
BELDE :	
KÖY/MAH :	
MEVKİİ :	
PAFTA :	73 adet 1/1000 ölçekli, 9 adet 1/5000 ölçekli halihazır pafta
ADA :	
PARSEL :	

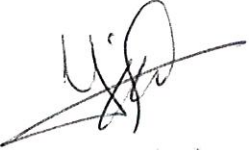
ARAZİ KONTROL MÜHENDİSLERİ

Rapor içeriğindeki sondaj, laboratuvar, analiz vb. yer ve bilgilerin teknik sorumluluğu müellif mühendis/firmaya aittir.

Taner AKSOY
Jeoloji Yük.Müh

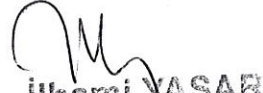
Sami ERCAN
Jeoloji Müh

RAPOR İNCELEME KOMİSYONU


Yücel EKŞİOĞLU
Jeoloji Mühendisi


Sami ERCAN
Jeoloji Mühendisi


İlhami YAŞAR
Jeoloji Mühendisi


İlhami YAŞAR
Jeoloji Mühendisi

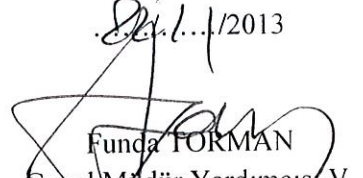

Esra Ezgi BAKSI
Jeofizik Yüksek Mühendisi

648 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile değişik 644 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamenin 7. maddesinin 1. fıkrasının (d) bendi ile 28.09.2011 gün ve 102732 sayılı genelge gereğince onanmıştır.

22.11./2013

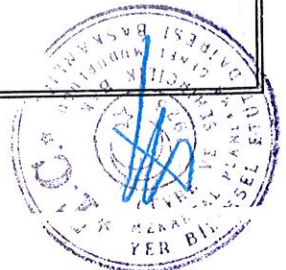

Cahit KOCAMAN
Yerbilimsel Etüt Dai. Bşk.

22.11./2013


Funda FORMAN
Genel Müdür Yardımcısı V.



Mehmet Ali KAHRAMAN
Genel Müdür



KAYNAKLAR

- Andrews, D.C.A., and Martin, G.R., 2000. Criteria for liquefaction of silty soils. Proceedings of the 12th World Congress on Earthquake Engineering, Aucland, New Zealand Paper No.0312.
- Atabey E., Ilgar A. ve Sakıtaş A., 2004. Çanakkale Havzasının Orta – Üst Miosen Stratigrafisi, Çanakkale, KB Türkiye. *MTA Dergisi*,128: 79-97.
- Aydan, Ö., 2001. Boğaz geçişi için batırma tüp ve kalkan tünelin uygunluğunun karşılaştırılması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 25 (1), 1-17.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996. Deprem bölgeleri haritası.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik, 167.
- Beliceli, A., 2006. Eskişehir Yerleşim Yeri Zeminin Büyütme Etkisinin Makaslama Dalga hızına (Vs) Bağlı olarak belirlenmesi, Y.Lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, FBE, Balıkesir.
- Birkle, P. ve Satır, M., 1995. Dating, Geochemistry and geodynamic significance of the Tertiary magmatism of the Biga Peninsula, NW-Turkey. *Geology of the Black Sea Region*, Min. Res. Expl. Inst. Of Turkey, Ankara, pp. 171-180.
- Chen CJ, Juang CH (2000) Calibration of SPT- and CPT-based liquefaction evaluation methods. In: Mayne PW, Hryciw R (eds) *Innovations and applications in geotechnical site characterization*, Vol. 97. Geotechnical Special Publication, ASCE, Reston, pp 49–64
- Conyers, L.B., 2004. Ground-penetrating Radar for Archaeology. Altamira Press, Walnut Creek, California.
- Das, B.M., 1999. Fundamentals of Geotechnical Engineering. Brooks/Cole, USA, s 593.
- Daniels, D.J., 2004. Ground Penetrating Radar 2nd Edition, published by the Iee Radar Sonar, Navigation and Avionics Series, London, United Kingdom.
- Doğukan, H., Baran, Ş., Yorulmaz, H., Yenici, E., Çanakkale İli Çevre Durum Raporu 2006 - 2007. T.C. Çanakkale Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Raporu.
- Druitt, C.E., 1960. Report on the petroleum prospects of Thrace, Turkey, Turkish Gulf Oil Co.,TPAO Arama Grubu Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 1427.
- Emre, Ö., 2010. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Çanakkale (NK 35-10b) Paftası, Seri No:1, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Emre, Ö., Doğan A., 2010b. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Ayvalık (NJ 35-2) Paftası, Seri No:2, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.

- Emre, Ö., Doğan A., Özalp S., 2011a. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Balıkesir (NJ 35-3) Paftası, Seri No:4, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Emre, Ö., Doğan A., Özalp S., Yıldırım C., 2011b. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Bandırma (NK 3511b) Paftası, Seri No:3, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis, C., Walter, H-J. ve Yıldırım, T., 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (Kuzeybatı Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının özellikleri. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi (in Turkish with English abstract) 117, 55-86.
- Erol, O., 1968. Çanakkale Boğazı Çevresinin Jeomorfolojisi Hakkında Ön Not. *A.Ü. D.T.C.F. Yayınları Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 2(2): 57-87.
- Erol O. ve İnal A., 1980. Çanakkale Yöresi Karacaviran Köyü Çevresindeki Kuvaterner Depoları ve Denizel Fosilleri. *Jeomorfoloji Dergisi* 9: 1-35.
- Erol O., 1985. Çanakkale Yöresi Güney Kesiminin Jeomorfolojisi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 13:1-7.
- Erol O., 1987. Çanakkale yöresinde Kuvaterner Kıyı Oynamaları. *A.Ü. Dil ve Tarih-Coğrafya Fak. Der.*, 60 Yıl Armağanı:179-187.
- Erol O., 1992. Çanakkale Yöresinin Jeomorfolojik ve Neotektonik Evrimi. *TPJD Bülteni*, 4(1): 147-165.
- Erten, İ., Hacıaloğlu, A., Tufan, E., Turhanlı, H., Yavuz, S., 1999. Çanakkale Deprem için Sivil Koordinasyon Gönüllüleri (Çanakkale ve Deprem) Raporu.
- Esteva, L. 1970. Seismic risk and seismic design. Pages 142–182 of: Hansen, R.J. (ed), Seismic Design for Nuclear Power Plants. The M.I.T. Press.
- Esteva, L., & Rosenblueth, E. 1964. Espectros de temblores a distancias moderadas y grandes. Boletín Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 2, 1–18. In Spanish.
- Esteva, L., & Villaverde, R. 1973. Seismic risk, design spectra and structural reliability. Pages 2586–2596 of: Proceedings of Fifth World Conference on Earthquake Engineering, vol. 2.
- Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y., 1994. Post Collisional Magmatism in Armutlu Peninsula, NW Anatolia: IAVCEI International Volcanology Congress, Abstracts, Ankara.
- Genç, Ş.C, 1998. Evolution of the Bayramiç Magmatic Complex, Northwestern Anatolia. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85(1-4), 233-249.
- Gülkan, P., and Kalkan, E., 2002. Attenuation modelling of recent earthquakes in Turkey. Journal of Seismology, 6, 397-409.
- Herece, E., 1990. 1953 Yenice-Gönen deprem kırığı ve Kuzey Anadolu Fay sisteminin Biga Yarımadası'ndaki uzantıları. MTA Dergisi, 111, 47-59

- Hoek, E., Carranza-Torres, C.T., and Corkum, B., 2002. Hoek-Brown failure criterion-2002 edition. Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium, Toronto, Canada, Vol 1, pp.267-273.
- Holtz, W.G., and Gibbs, H., 1956. Engineering properties of expansive clays. Transaction of American Society of Civil Engineers, 121, 641-677.
- İnan, E., Çolakoğlu, Z., Koç, N. Bayülke, N. ve Çoruh E., 1996. 1976-1996 yılları arası ivme kayıtları olan deprem kataloğu. T.C. Bayındırlık ve İskan Bak., Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, 98 s.
- Karacık, Z., 1995. Ezine-Ayvacık Çanakkale Dolayında Genç Volkanizma Plutonizma İlişkileri. Ph.D. Thesis. Inst. of Science, Istanbul Technical Univ., Istanbul, Turkey, 342 pp.
- Katayama, T.; Kubo, K. & Sato, N. (1975). Earthquake Damage to Water and Gas Distribution Systems. Proceedings of the U.S. National Conference on Earthquake Engineering, EERI, Oakland, CA, 396-405.
- Keçeli, A., 2012. Sismik Hızlarla Saptanabilen Zemin Parametreleri, Jeofizik, 16,1.
- Ketin,İ., 1968. Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler. MTA Dergisi,71, 129-134
- Koç, T. Atikhisar Barajı (Çanakkale) Su Toplama ve Sulama Alanlarının Sürdürülebilir Kullanım Potansiyeli İle Sorunlarının Belirlenmesi ÇOMÜ-BAP (2006/23)
- Leucci, G. and Negri, S., 2006. Use of ground penetrating radar to map subsurface archaeological features in an urban area. Journal of Archaeological Science 33, 502-512.
- Loke, M.H. and Barker, R.D., 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method, Geophysical Prospecting, 44, 131-152.
- Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Quarterly Report of RTRI, Tokyo, 30, pp: 25-33.
- Nakamura, Y., 1996. Real Time Information Systems for Seismic Hazards Mitigation UrEDAS, HERAS and PIC, Quarterly Report of RTRI, Tokyo, 37, 3, pp: 112-127.
- Kanai, K., and Tanaka, T., 1961. On microtremors. VII, Bull. Earthquake Res. Inst.,Tokyo Univ., 39, 97-114.
- McKenzie, D., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: the Aegean Sea and surrounding regions.(Tectonics of Aegean Region). Geophysical Journal 55, 217-254
- Midorikawa, S., 1987. Prediction of Isoseismal Map in the Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake, Journal of Structural Engineering, Vol.33B, pp. 43-38 (in Japanese with English abstract).

- Okay, I.A, Siyako, M., Bürkan, K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik evrimi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği (in Turkish with English abstract) 2 (1), 83-121
- Önal, M., 1986. Gelibolu yarımadası orta bölümünün çökelme istifleri ve tektoniği, kuzeybatı Anadolu, Türkiye (Sedimentary sequence and tectonics of the central part of the Gelibolu Peninsula). İstanbul Üniv Yerbilimleri Dergisi, 5: 21-38.
- Önem Y, 1974. Gelibolu Yarımadası ve Çanakkale dolayının Tektonik Evrimi ve Hidrokarbon olanakları. TPAO Arama Grubu Arşivi, Teknik rapor: 2344 (yayınlanmamış).
- Öngen, S., 1978. Petrographie und Petrochemie des Çavuşlu-Karaköy Granitoid Massivs. İst. Üniv. Fen. Fak. Mecm. Seri B 43, 93-115.
- Özçep, F., 2006. Zeminlerin Statik ve Dinamik Analizi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Eğitim Yayınları No: 6, 551 Sayfa, ISBN No: 9944-89-195-9, Ankara.
- Özçep, F., 2005. Zemin Jeofizik Analiz, Microsoft® Excel Programı, İ.Ü. Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl., İstanbul.
- Palmström, A.: RMI – a rock mass characterization system for rock engineering purposes. PhD thesis, Oslo University, Norway, 1995, 400 p.
- Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999. Multichannel analysis of surface waves (MASW); Geophysics, 64, 800-808.
- Rocscience Inc, 2002. RocLab 1.0. Rock mass strength analysis using the Hoek-Brown failure criterion.
- Saltık, O., 1974. Şarköy-Mürefti sahaları jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Arama Grubu Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 879, 24 s.
- Seed, H.B., Woodward, R.J., and Lundgren, R., 1962. Prediction of swelling potential for compacted clays. Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering Division ASCE, 88 (sm3), 53-87.
- Sfondrini G., 1961. Surface geological report on AR/TGO/1/338 ve 537 (Eceabat-Çanakkale areas). Turkish Gulf Oil Co. Report, Turkish Petrol. Adm. Archives, Ankara.
- Siyako M., Bürkan K.A. & Okay A.I., 1989. Biga ve Gelibolu yarımadaalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları (Tertiary geology and hydrocarbon potential of the Biga and Gelibolu peninsulas) Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, v.1, pp. 183-199, Ankara (in Turkish with English abstract).
- Siyako M., 2006. Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri, Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-2. 83 s.
- Skempton, A.W., 1953. The collodial activity of clays. Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zurich, Vol. 1, pp.57-61.

- Sönmez, H., Gökçeoğlu, C., 2005. A liquefaction severity index suggested for engineering practice. *Environmental Geology* 48, 81–91.
- Sümengen M, Terlemez I., Şentürk, K., ve Karaköse, C., 1987. Gelibolu yarımadası ve güneybatı Trakya havzasının stratigrafisi, sedimentolojisi ve tektoniği. MTA rapor No 8128, Ankara.
- Şekercioğlu, E., 2002. Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Ankara
- Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian fault: its age, offset and tectonic significance. *Journal of Geological Society of London*, 136, 269-282
- Şengör, A.M.C., and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: *Tectonophysics*, v. 75, p. 181-241
- Şentürk, K., ve Karaköse, C., 1987. Çanakkale Boğazı ve dolayının jeolojisi, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 371, 207 s
- Taner, G., 1985. Lapseki-Çanakkale-İntepe Bölgesi Neojen'inin Paleontoloji ve Stratigrafisi Tübitak Temel Birimler Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-477
- Travassos, M. and Menezes, P. L. 2004. GPR exploration for groundwater in a crystalline rock terrain. *Journal of Applied Geophysics*, 55, pp. 239–248.
- Türkiye Deprem Veritabanı. <http://www.sayisaygrafik.com.tr/deprem/>
- Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. and Gökçeoğlu, C., 2004. An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey. *Engineering Geology*, 74 (3/4), 265-291
- Ulusay R, 2010. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Güncellenmiş ve Genişletilmiş 5. Baskı, Yayın No. 38, 458 p.
- Ünay, E., 1980. The Cricetodontini (Rodentia) from the Bayraktepe section (Çanakkale, Turkey). *Konink. Nederl. Akad. Wetensch., Proc.*, B83, 4, 399-418.
- Ünay, E., 1981, Middle and Upper Miocene rodents from the Bayraktepe section (Çanakkale, Turkey). *Konink. Nederl. Akad. Wetensch., Proc.*, B84, 2, 217-238.
- Wang, W., 1979. Some findings in soil liquefaction. Water Conservancy and Hydroelectric Power Scientific Research Institute, Beijing, China.
- Well DL, Coppersmith KJ (1994) New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America* 84(4):974-1002
- Wyllie, D.C., 1992. *Foundation on Rock*. E&FN Spon, London, 333p.
- Yalçın, C.Ç., Bano, M., Kadioğlu, M., Karabacak, V. , Meghraoui, M., Altunel E., 2009. *Journal of Archaeological Science*. Volume 36, Issue 8, August 2009, Pages 1680-1689.

- Yılmaz, Y., 1989. An Approach to the Origin of Young Volcanic Rocks of Western Turkey : A.M.C. Şengör (ed.), Tectonic Evolution of the Tethyan Region, Kluwer. The Hague, 159-189.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B., Stokoe, K.H., 2001. Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. J Geotech and Geoenviron Eng: 817–833.