

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**GÜRSU (BURSA) YERLEŞİM ALANINDAKİ TEMEL ZEMİNİNİN
JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKÇE DEMİR

BALIKESİR, ARALIK - 2013

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**GÜRSU (BURSA) YERLEŞİM ALANINDAKİ TEMEL ZEMİNİNİN
JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKÇE DEMİR

BALIKESİR, ARALIK - 2013

KABUL VE ONAY SAYFASI

GÖKÇE DEMİR tarafından hazırlanan “**GÜRSU (BURSA) YERLEŞİM ALANINDAKİ TEMEL ZEMİNİN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 18.12.2013 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

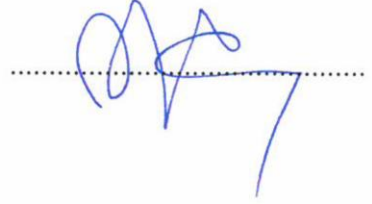
Danışman
Ögr.Gör. Dr. Nurcihan CERYAN



Üye
Yrd. Doç. Dr. Banu YAĞCI



Üye
Yrd. Doç. Dr. Ali Murat KILIÇ



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Cihan ÖZGÜR

.....

ÖZET

GÜRSU (BURSA) YERLEŞİM ALANINDAKİ TEMEL ZEMİNİN JEO-
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)
KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKÇE DEMİR

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: ÖĞR. GÖR. DR. NURCİHAN CERYAN)

BALIKESİR, ARALIK - 2013

Ülkemiz coğrafi ve jeolojik-jeomorfolojik konumu nedeniyle doğal afetlerle yüz yüzedir. Doğal afetlerin, büyük can ve mal kayıplarına neden olduğu ülkemizde özellikle yerleşim yerlerinde ayrıntılı jeolojik-jeoteknik çalışmaların yapılmasının gerektiği açıktır. Bu çalışmada, Gürsu (Bursa) ilçesinin yerleşim alanında yapılmış olan zemin etüt raporlarından, temsili 131 adet zemin etüt raporu seçilmiş ve bu raporlardan elde edilen jeolojik-jeofizik-jeoteknik veriler ile bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veriler ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı kullanılarak temel zemin özelliklerinin değişimini ortaya çıkarmak amacıyla jeo-mühendislik haritaları; Eşyükselti, Eğim, Bitkisel Toprak Derinliği, Yeraltı Su Seviyesi, Yeraltı Su Kotu, Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma sistemine göre Zemin Türü, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), Enine Dalga Hızı (Vs), Boyuna Dalga Hızı (Vp) ve Sismik Hız Oranı (Vp/Vs) sayısal haritaları üretilmiştir. Bu haritalar söz konusu alan için arazi kullanımına yönelik hızlı, ekonomik, güvenilir ve uygulanabilir kararların alınmasında bir temel oluşturmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Cbs, zemin etüt, zemin özellikleri, jeo-mühendislik haritaları, spt, Gürsu (Bursa)

ABSTRACT

**GEO-ENGINEERING EVALUATION AT GÜRSU (BURSA) RESIDENTIAL
AREA, USING GIS**

MSC THESIS

GÖKÇE DEMİR

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: LECTURER. DR. NURCİHAN CERYAN)

BALIKESİR, DECEMBER 2013

Our country faces natural disasters due to its geographical and geological-geomorphological position. It is certain to make detailed geological-geotechnical field studies especially in the residential areas that natural disasters cause huge losses of life and property. In this study, 131 representational soil investigation reports were selected from the studies which was made in the residential areas in Gürsu (Bursa) district and it was built a database in accordance with the reports that were acquired by geological-geophysical-geotechnical data. In order to obtain changes in basic soil properties, Geo-Engineering Maps; Contour Lines, Slope, Topsoil Depth, Phreatic Water, Groundwater Grade, Soil Type according to Unified Soil Classification System, Standard Penetration Test (SPT), Cross Wave Velocity (V_s), Compressional Wave Velocity (V_p), V_p/V_s Ratio and Streaming Capacity Digital Maps were produced by the software called Geographic Information Systems (GIS). These maps set ground for making decisions about using the land in a fast, economical, dependable and feasible way for aforementioned areas.

KEYWORDS: Cbs, ground survey, ground features, geo-engineering maps, spt, Gürsu (Bursa)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	v
ÖNSÖZ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. GENEL BİLGİLER	7
3.1 İnceleme Alanının Yeri ve Coğrafi Durumu.....	7
4. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ.....	9
4.1 Dereyörük Grubu (Pzş)	10
4.2 Yörüktepe Formasyonu (P).....	10
4.3 Abadiye Formasyonu ($T_R^{b_{1-2}}$)	10
4.4 Bilecik Kireçtaşı ($J_{2-3}-K_1$)	11
4.5 Yarhisar Formasyonu (K_2).....	11
4.6 Traverten, Alüvyon ve Yamaç Molozu.....	12
5. BÖLGENİN TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ.....	13
6. VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI.....	16
6.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	16
6.2 Veritabanında kullanılan zemin özellikleri	16
6.3 Arazi Deneyleri	18
6.3.1 Standart Penetrasyon Testi (SPT).....	18
6.3.2 Jeofizik Çalışmalar	19
6.4 Laboratuvar Çalışmaları.....	20
7. GÜRSU İLÇESİ YERLEŞİM ALANI ARAZİ KULLANIMINA YÖNELİK JEO-MÜHENDİSLİK HARİTALARININ CBS İLE OLUŞTURULMASI	21
7.1 GİRİŞ	21
7.2 Topoğrafya ve Eğim	21
7.3 Bitkisel Toprak Derinliği	23
7.4 Zemin Sınıfı Haritaları	24
7.5 Yeraltı Su Kotu ve Yeraltı Su Seviye Haritaları	29
7.6 Standart Penetrasyon Testi (SPT) Haritaları	31
7.7 Enine Dalga Hız Haritaları (V_s Haritaları)	35
7.8 Boyuna Dalga Hız Haritaları (V_p Haritaları).....	39
7.9 Sismik Hız Oranı (V_p/V_s Oranı)	42
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	47
6. KAYNAKLAR.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Gürsu (Bursa) ilçesi yerbulduru haritası	7
Şekil 4.1: İnceleme Alanı (Gürsu) Genel Jeoloji Haritası (Genç, 1986).	9
Şekil 5.1: Marmara Denizi ve Kuzey Ege'nin aktif fayları ve bu faylarda olan depremlere ait fay çözümleri (Yalıtırak, 2002)	15
Şekil 6.1: Verilerin oluşturulması	17
Şekil 6.2: İnceleme alanına ait örnek sondaj logu (Gürsu Belediyesi arşivi) ...	18
Şekil 6.3: İnceleme alanına ait örnek laboratuvar özet raporu ve elek analizi (Gürsu Belediyesi arşivi).....	20
Şekil 7.1: İnceleme alanının izohips haritası.....	22
Şekil 7.2: İnceleme alanının eğim haritası	23
Şekil 7.3: İnceleme alanının bitkisel toprak derinliği haritası.....	25
Şekil 7.4: İnceleme alanının 3 m derinlik için zemin sınıfı haritası.....	26
Şekil 7.5: İnceleme alanının 6 m derinlik için zemin sınıfı haritası.....	27
Şekil 7.6: İnceleme alanının 9 m derinlik için zemin sınıfı haritası.....	28
Şekil 7.7: İnceleme alanının yeraltı su seviye kot haritası	29
Şekil 7.8: İnceleme alanının yeraltı su seviye haritası	30
Şekil 7.9: SPT-N değerlerinin 3 m derinlikteki değişim haritası	33
Şekil 7.10: SPT-N değerlerinin 6 m derinlikteki değişim haritası	34
Şekil 7.11: SPT-N değerlerinin 9 m derinlikteki değişim haritası	35
Şekil 7.12: İnceleme alanının 3 m derinlik için enine dalga hız haritası	36
Şekil 7.13: İnceleme alanının 6 m derinlik için enine dalga hız haritası	37
Şekil 7.14: İnceleme alanının 9 m derinlik için enine dalga hız haritası	38
Şekil 7.15: İnceleme alanının 3 m derinlik için boyuna dalga hız haritası	40
Şekil 7.16: İnceleme alanının 6 m derinlik için boyuna dalga hız haritası	41
Şekil 7.17: İnceleme alanının 9 m derinlik için boyuna dalga hız haritası	42
Şekil 7.18: İnceleme alanının 3 m derinlik için Vp/Vs oranı haritası.....	44
Şekil 7.19: İnceleme alanının 6 m derinlik için Vp/Vs oranı haritası.....	45
Şekil 7.20: İnceleme alanının 9 m derinlik için Vp/Vs oranı haritası.....	46

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 7.1: Standart penetrasyon direnci ve izafi sıklık arasındaki ilişkiler (Sivrikaya ve Toğrol 2009'dan alınmıştır).....	31
Tablo 7.2: SPT ile ince daneli zeminler arasındaki ampirik ilişki	31
Tablo 7.3: Dalga Hızları Zemin Tanımlamaları (Uyanık vd. 2006)	36
Tablo 7.4: Bazı zemin ve kayalar için boyuna dalga ve enine dalga hızları (V_p ve V_s) (Keçeli, 1990'den değiştirilerek)	39
Tablo 7.5: Zeminin sıklık durumuna göre enine dalga hızı (V_s), boyuna dalga hızı (enine dalga hızı oranı (V_p/V_s), dinamik kayma modülü (G , kg/cm^2) ve dinamik elastisite modülü (E , kg/cm^2) değerleri (Kurtuluş v.d.2011'den alınmıştır)	43

ÖNSÖZ

Gürsu (BURSA) yerleşim alanındaki temel zeminin jeo-mühendislik özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanarak değerlendirilmesini konu alan bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca her türlü bilgi ve desteği benden esirgemeyen danışman hocam Öğr. Gör. Dr. Nurcihan Ceryan'a içtenlikle teşekkür ederim.

Bu çalışmanın oluşturulmasında büyük destek sağlayan Gürsu Belediye Başkanı Orhan Özcü'ye çok teşekkür ederim.

Tezimin ilk danışmanlığını üstlenen ve daha sonra da çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocam Doç. Dr. Şener Ceryan'a içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmam sürecinde desteklerini esirgemeyen Jeo. Yük. Müh. Burhan Uçaklı'ya ya teşekkür ederim.

Çalışmamın veri tabanının oluşturulması aşamasında Gürsu Belediyesi'nde, bana her türlü yardımı sağlayan özellikle Yusuf Altınışık'a ayrıca Ömer Aymenek'e, İsmail İpek'e ve belediye çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmamda bana yardımcı olan kuzenim Eda Kurtuluş'a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmalarına başladığım dönemlerde çalışmakta olduğum Protest A.Ş.'de bana tam destek veren ve çalışma imkanı sağlayan başta Genel Müdürümüz Yaşar Poyraz'a, Hakan Budunoğlu'na, Abdullah Atlıman'a ve birim arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmamda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Gülay ESİN ve Osman ÖSKAN'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hep yanımda olan ve her zaman beni destekleyen aileme; annem Hatun Demir'e ve babam Hasan Demir'e sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Ülkemiz coğrafi ve jeolojik-jeomorfolojik konumu nedeniyle doğal afetlerle yüz yüzedir. Doğal afetlerin, büyük can ve mal kayıplarına, hasarlara neden olduğu ülkemizde özellikle yerleşim yerlerinde ayrıntılı jeolojik-jeoteknik çalışmaların yapılmasının gerektiği açıktır.

Yapılaşma olan alanlarda meydana gelebilecek deprem gibi bir doğal afetin oluşturacağı etkileri önceden tahmin edebilmek ve doğal afetler sonucu oluşabilecek zararları en aza indirebilmek veya ortadan kaldırabilmek, o bölgenin jeolojik ve tektonik özelliklerini, jeo-mühendislik özelliklerini iyi tanımlamaktan ve iyi değerlendirmekten geçmektedir. Olası bir depremde zeminlerin nasıl etkileneceğinin ve zemin ile yapı arasında nasıl bir etki oluşacağıın bilinmesi bu noktada önem kazanmaktadır. Bu özelliklerin bilinmesi ile mevcut yapıların güvenirliliğinin tartışılması ve yeni yerleşim yerleri için arazi seçilmesi daha sağlıklı olacaktır. Zemin koşulları dikkate alınarak yerleşime uygun alanlar seçilebilir ve yanlış arazi kullanımı önlenir. Bu yüzden mühendislik jeolojisi haritalarından faydalanılması gerekir. Mühendislik jeolojisi haritaları genel ve detay olarak bilgi verebilmektedir. Mühendislik jeolojisi haritaları, zeminleri değerlendirmede daha geniş bir açıdan bakmayı sağlamaktadır. Bu yüzden iyi değerlendirme yapmada ve sağlıklı kararlar almada yol gösterici olmaktadır.

Mühendislik jeolojisi haritaları hazırlanırken dünyada geniş kullanım alanına sahip Coğrafi Bilgi Sistemleri programlarından yararlanılmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile istenilen bilgiler, bilgisayar ortamında depolanarak arşivlenmiş olup sorgulamaya hazırdır. CBS, istenilen formatta ve ölçekte haritalama yapabilmeye, güncelleme yapabilmeye ve analiz yapabilmeye olanak sağlar.

Bu çalışmanın amacı, Gürsu yerleşim alanındaki genel zemin profilinin çıkarılması ile zeminlerin mühendislik özelliklerinin değişiminin belirlenmesi için CBS yazılımı kullanarak Jeo-Mühendislik haritalarının üretilmesidir. Bu amaç için önce, Bursa'nın Gürsu ilçesine ait daha önce yapılmış olan Zemin Etüt Raporları incelenmiş, söz konusu alanın bir karelağı yapılarak, Zemin Etütleri Raporları

içerisinden temsili 131 adet Zemin Etüt Raporu seçilmiştir. Bu Zemin Etüt Raporları; Jeolojik ve Jeoteknik raporları kapsamaktadır. Bu raporları parsel bazında hazırlanmış olup, ilgili odalarca ve belediyelerce onaylı olarak Gürsu Belediyesi'nin arşivinde muhafaza edilmektedir. İlgili raporların bu tez kapsamında kullanılması için Gürsu Belediye Başkanlığı'ndan izin alınmıştır. Arazide, laboratuarda ve büroda yapılan çalışmaların ürünü olan bu raporlarının içerdiği jeolojik, jeoteknik, hidrojeolojik, jeofizik gibi çalışmamız için gerekli bilgiler, çalışmamızın veri tabanını oluşturmuştur .

CBS programlarından biri olan Esri ArcInfo 9.3 programı (BAÜ Fen Edebiyat Fakültesi CBS Laboratuvarlarında) kullanılarak inceleme alanın öncelikli olarak eş yükselti eğrileri sayısallaştırılmıştır. Daha sonra bölgenin yeraltı seviyesi kotunu gösteren eğrileri sayısallaştırılmıştır. Ayrıca bölgenin mahalle sınırları, temsili bina ve yollarda sayısallaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Zemin etüt raporlarından derlenen veri tabanı ile sayısallaştırılan haritalar kullanılarak yine CBS ortamında gerekli düzenlemeler ve analizler yapılarak istenilen Jeo-Mühendislik haritaları üretilmiştir.

135 hektarlık bir alanda bulunan Gürsu ilçesi, alüvyon zeminle tanımlanmaktadır. Arazi kullanımına yönelik jeo-mühendislik haritalarının üretilmesi aşamasında, Gürsu yerleşim yerine ait eşyükselti, eğim, bitkisel toprak derinliği, zemin sınıfları, yeraltı su seviye kotu, yeraltı su seviyesi, standart penetrasyon testi, enine dalga hızı, boyuna dalga hızı ve sismik hız oranı haritaları üretilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bargu vd. (2000), Gürsu (Bursa) Alanının Jeolojik-Jeoteknik Araştırmasını yapmışlardır. Yazarlar bu çalışma için Gürsu yerleşim alanında 25 sondaj kuyusu, 10 araştırma çukuru açmış 25 sismik kırılma ve 25 rezistivite yöntemi uygulamışlardır. Bu çalışmaya göre söz konusu alanın tamamında sıvılaşma olasılığı yüksektir. Ayrıca yazarlar, bölgede ne gibi önlemler alınması gerektiği ve yapılacak binalarda nelere dikkat edilmesi gerektiği hakkında bilgilere yer vermişlerdir.

Haşimoğlu vd. (2004), Zemin Etüt Bilgi Sisteminin oluşturulmasının önemi Yoncalı (Kütahya) örneği, çalışmasında zemin etüt raporlarına ait sondaj, araştırma çukuru ve jeofizik vb bilgiler CBS teknikleri kullanılarak sayısal ortama aktarılmış ve çeşitli haritalar elde edilmiştir. Sonuç olarak Zemin Etüt Bilgi Sistemi elde edilmeye çalışılmıştır.

Çetin vd. (2004), Bursa ili için olasılıksal sismik tehlike analizi yapmışlardır. Bu çalışmada en büyük yer ivmesi ve spectral ivme haritaları üretilmiş olup ayrıca SPT verileri kullanılarak sismik sıvılaşma analizi yapılmış ve sıvılaşma riski yüksek bölgelerin haritaları üretilmiştir. Bu çalışmaya göre maximum zemin ivmesi 0,36 g-0,38 g arasında, zemin için spektral ivme dağılımı 0,7-0,75, sıvılaşma şiddeti indeksi (LSI) değeri dağılımı 0-0,35'dir.

Karavul vd. (2005), Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak Adapazarı zeminin sıklık durumunun haritalanması çalışmasında, Adapazarı merkezinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak elastisite modülü, poisson oranı, dalga hızı ve kaymam modülü haritalarını oluşturmuşlardır.

Karavul vd. (2006), Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak iki farklı yaklaşımla Adapazarı kenti SPT (Standart Penetrasyon Testi) haritalarının oluşturulması adlı çalışmada; Adapazarı şehir merkezinde yapılmış olan sondajlardaki SPT değerleri ile veri tabanı oluşturulmuş ve iki farklı yaklaşımla SPT haritaları üretilmiştir. Yazarlar haritaların hazırlanmasında Naturel Neighbour (Doğal Komşuluk) modelleme yöntemi kullanmışlardır.

Çobanoğlu vd. (2006), Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak Adana ili yerleşim alanının hidrojeolojik özellikleri ve su kalitesinin değerlendirilmesine yönelik çalışmada, inceleme alanında temel hidrojeolojik bilgileri içeren veri tabanı oluşturulmuşlar ve hazırlanan bu veritabanından eş yer altı suyu derinlik, eş PH ve hidrojeokimyasal haritalar üretmişlerdir.

Çelik vd. (2006), Isparta Ovası mühendislik jeolojisi haritasının oluşturulmasını amaçlayan çalışmasında, genel jeoloji verileri, mühendislik jeolojisi verileri ile 373 adet örneğin dane özellikleri ve organik madde deney sonuçları sayısal ortama aktarmış ve CBS kullanılarak Isparta Ovasında yer alan temel zeminin mühendislik özellikleri sorgulanabilir hale getirmiştir.

Karaca (2007), Fethiye yerleşim alanı zeminlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve jeoteknik haritalarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak hazırlanmasına yönelik çalışmasında, Fethiye ve çevresinin mühendislik özelliklerini belirlemiş ve jeolojik haritaları, CBS sistemlerini kullanarak hazırlamıştır. Bu çalışmada eğim, sıvılaşma potansiyeli, yeraltısuyunun yüzeyden derinliğini, yeraltısuyu seviye, titreşim periyodu, zemin deprem büyütmesi ve elastik dalgaların zemin tabakalarındaki hızlarını gösteren haritaları üretmiştir. Yazar bu haritaları esas alarak çalışma alanını yerleşime uygunluk açısından değerlendirmiştir.

Tosun v.d. (2007), Eskişehir yerleşim alanında temel zemin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla jeo-mühendislik haritalarını oluşturulmuşlardır. Bu çalışmada, SPT haritaları ve serbest basınç dayanım haritaları üretilmiştir. Eskişehir yerleşim alanı için geliştirilmiş bir jeo-mühendislik model esasında ön bilgi amaçlı olarak haritaları ve kesitleri oluşturmuşlardır.

Karadoğan (2007), CBS ile Malatya Kenti ve Yakın Çevresi İçin Olası Doğal Riskler ve Afet Yönetimini oluşturmak için yaptığı çalışmada; Malatya kenti ve çevresine ait afet bilgi sistemini CBS ortamında hazırlamıştır. Böylece tüm önlemlerin alınmasına yönelik bilgiler de düzenlenmiş olup aynı zamanda Afet Acil Yardım Planlarının da hazırlanmasına yardımcı bilgileri hazırlamıştır.

Chung (2007), tarafından St. Lous şehrinde yapılmış olan çalışmada, sondajlardan elde edilen bilgilerle zemin profillerini çıkartmış, sınıflandırma haritaları ve yeraltı suyu ile ilgili haritaları üretmiştir. Jeoteknik bilgilerinin veri

olarak kullanıldığı bu çalışmada, CBS ortamında çeşitli yöntemler kullanılarak tahmini mühendislik haritalarını üretmiştir. Özellikle SPT, dalga hızı verileri kullanılmış ve sıvılaşma potansiyel haritalarını üretmiştir.

Kıncal vd. (2007), tarafından yapılan çalışmada, Armutalanı beldesi yerleşim alanının jeoloji haritaları arazide hazırlandıktan sonra sondaj verilerini, jeofizik verilerini, laboratuvar deney sonuçlarını, taşıma gücü değerlerini ve zemin sıvılaşma analiz sonuçlarını sayısal harita formatında veri tabanına eklemiştir. Bu veriler, CBS ortamında birbirleriyle ilişkilendirilerek arazi kullanım haritalarını oluşturmuşlardır. Çalışmada üst üste çakıştırma (overlay) analiz metodu kullanılmışlar ve bölgenin arazi kullanım haritalarını üretmişlerdir.

Kepçeoğlu (2008), Bursa ilinin Güzelyalı beldesinde mikrobölgeleme çalışması yapılmıştır. Alınan mikrotremör kayıtlarının analizleri yapılmış zemin büyütmesi ve zemin hakim periyodu belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler CBS yardımıyla haritalara aktarılmıştır. Yapılan bu çalışmaya göre Güzelyalı'da Zemin hakim periyodu değerinin 0.05-0,90 saniye, zemin büyütme değerlerinin ise 1,15 g - 7,73 g değerleri arasında olduğu görülmüştür.

Şensoy (2008), Çukurova Üniversitesi, yerleşke sınırı içerisinde yeni gelişme alanları tanımlamak amacıyla CBS sistemlerinden yararlanılarak veri tabanı oluşturmuş ve uydu görüntüleri ile korunması gereken ve kullanılabilir alanları coğrafi analizlerle tespit etmeye çalışmış ve yerleşilebilir alanlar ortaya koymuştur.

Elmasdere (2008), Isparta Mavikent Yerleşim Bölgesinin Sismik Mikrobölgeleme ve Değerlendirilmesi çalışmasında söz konusu alanı jeoteknik açıdan değerlendirmiş ve mikrobölgeleme çalışması yapmıştır. Bu mikrobölgelemede dalga hızı haritaları, zemin hakim titreşim periyodu ve zemin büyütme haritalarını esas almış ayrıca deprem senaryosu çalışmalarından da yararlanmıştır.

Kıyak vd. (2008), Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak Adapazarı ilinin mikro zemin parametre haritalarının hazırlanması adlı çalışmasında CBS ortamında bulanık mantık (Fuzzy Logic) yöntemi kullanarak; SPT, zemin emniyet gerilmesi, tabaka kalınlığı ve sismik haritaları üretmiştir.

Seven (2008), Eskişehir İli Tepebaşı Bölgesinin Temel Zemini özelliklerinin CBS ortamında incelenmesi tezinde Tepebaşı Belediyesi İmar Müdürlüğü arşivindeki zemin etüt raporlarındaki arazi ve laboratuvar deney sonuçlarını kullanarak CBS ortamında mesafenin tersi yöntemiyle (MT) temel zemin, darbe dağılımı, yeraltı suyu ve sıvılaşma haritalarını üretmiştir.

Akdeniz vd. (2011), Eskişehir ili, Güllük, Yenibağlar ve Bahçelievler Mahalleleri için zeminine ait jeo-mühendislik özelliklerini coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak değerlendirmişlerdir. Söz konusu çalışmada elde edilen veri tabanına bağlı olarak CBS sistemlerini kullanmışlar ve çalışma alanındaki zeminin 3 boyutlu modellemesi yapılmışlar ve arazi kullanım haritalarını elde etmişlerdir.

3. GENEL BİLGİLER

3.1 İnceleme Alanının Yeri ve Coğrafi Durumu

Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara bölgesinin güneydoğusunda yer alan Bursa ili $28^{\circ} 10'$ ve $30^{\circ} 10'$ kuzey enlemleriyle, $40^{\circ} 40'$ ve $39^{\circ} 35'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bursa ili 17 ilçeden oluşmaktadır. İnceleme alanı olan Bursa İlinin Gürsu ilçesi, $40^{\circ}13'$ Kuzey enlemleri ve $29^{\circ} 10'$ doğu boylamları arasında olup ilçenin doğusunda ve güneyinde Kestel, batısında Yıldırım ve Osmangazi, kuzeyinde ise Gemlik ilçeleri ile çevrilidir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Gürsu (Bursa) ilçesi yerbulduru haritası

İnceleme alanı (Gürsu), Bursa-Eskişehir yolu üzerinde Bursa il merkezinin doğusunda ve yaklaşık 15 km uzaklıkta yer alan Gürsu ilçesi yerleşim alanını kapsamaktadır.

Deniz seviyesinden yüksekliği 100 metre olan ilçenin yüz ölçümü 118 km²'dir. Genel olarak düzlükte yer alarak güney kesimden kuzeye doğru hafif bir eğime sahiptir. Bu eğimin % 5'in altında olduğu belirtilmiştir.

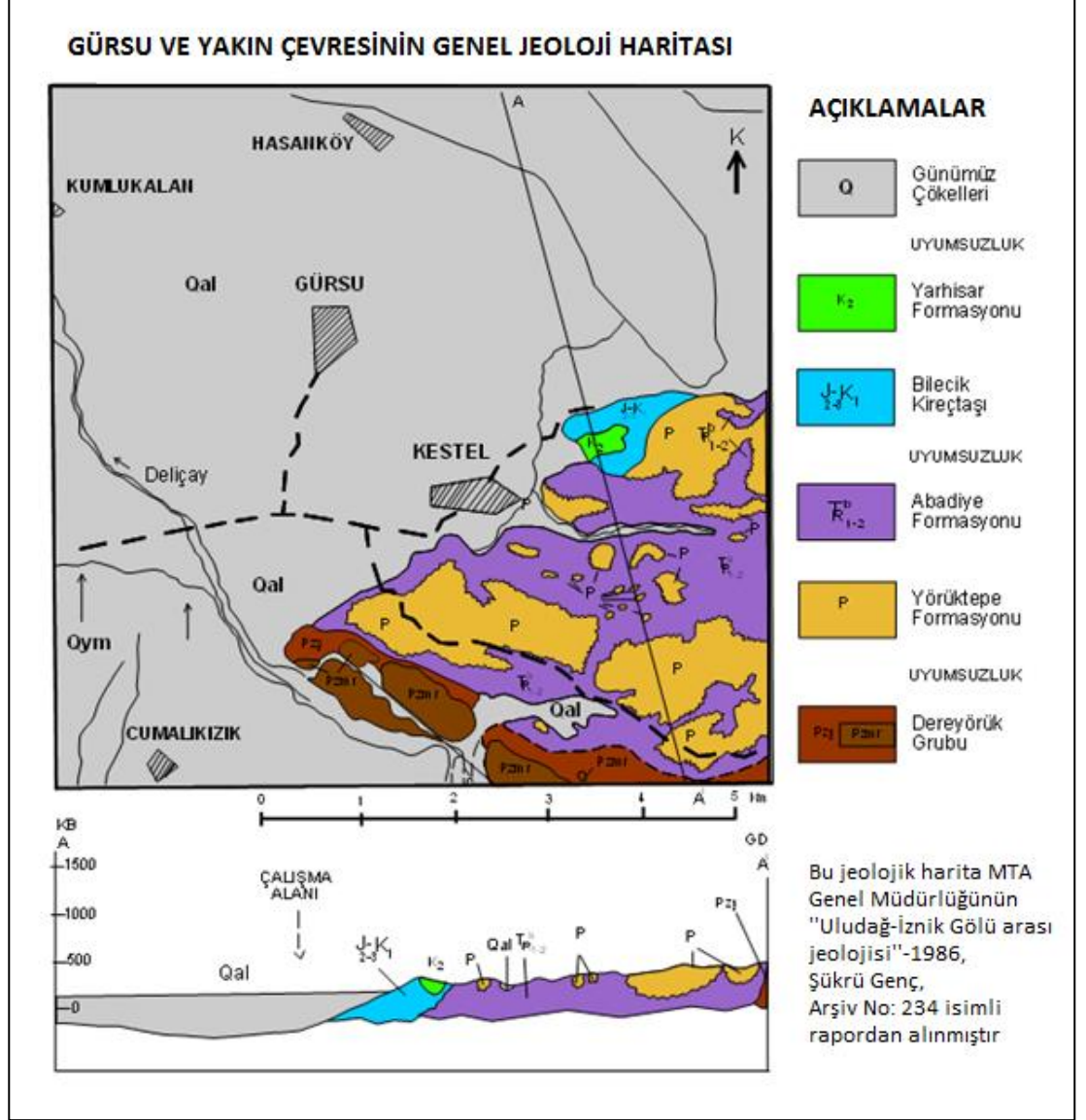
Marmara ikliminin hüküm sürdüğu Gürsu bölgesinde, yazlar kurak olmakla birlikte sıcak, kışlar ise genellikle ılık ve yağışlı geçer. Yağışlar çoğu kez yağmur zaman zaman ise kar şeklindedir. Bursa meteoroloji istasyonuna göre yıllık ortalama yağış 740 mm dir. Bu yağışlar daha çok ilkbahar ve kış aylarında görölmektedir. Yaz aylarında ise yağışlar çok azalmaktadır. Bölgede yaygın olarak herhangi bir bitki örtüsü yoktur. Yalnız dere yataklarında yüksek olmayan ağaçlar dizilmiştir.

Gürsu ilçesi yer altı suyu bakımından çok zengindir. İlçenin içme ve kullanım suyu mevcut kuyulardan sağlanmaktadır.

İlçenin nüfusu 2009 genel nüfus sayımına göre 55.155'dir. İlçe inceleme alanını kapsayan merkez hariç olmak üzere 8 mahalleden oluşmaktadır. Bunlar İstiklal, Kurtuluş, Zafer, Yenidoğan, Adaköy, Ağaköy, Hasanköy ve Kumlukalan Mahalleleridir (T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, Bursa İl Çevre Raporu, 2008).

4. BÖLGENİN GENEL JEOLJİSİ

İncelem alanı Gürsu (Bursa) ilçesi ve yakın civarında yaşlıdan gence doğru aşağıdaki litostratigrafi birimleri yüzeylenmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4:1 İnceleme Alanı (Gürsu) Genel Jeoloji Haritası (Genç, 1986).

4.1 Dereyörük Grubu (Pzş)

Yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan pelitik ve magmatik kayalardan oluşan birim çok kıvrımlı ve kırıklıdır. Ortak özelliği aynı tür metamorfizma tektonizma geçirmiş olmak olan bu kayalar, yoğun kıvrımlanma ve kırılmalar sunduğu için ve genç birimlerce örtüldüğünden, alt üst seviyeler metamorfizma koşullarına göre ayrılabilmiştir (Genç, 1986). Paleozoyik yaşlı Dereköy grubunun daha eski kayaçlarla dokanak ilişkileri belirsizdir. İzlenmez. Üst dokanak ilişkileri; genç birimlerle tektonik veya transgressif olarak örtülür (Genç, 1986).

4.2 Yörüktepe Formasyonu (P)

Koyu gri, siyah, ak, sarımsı renkli, orta-kalın, yer yer düzgün, çoğun belirsiz tabakalıdır. Sert köşeli kırıklı, makaslanmalı eklemelidir. Kalsit damarları çokçadır. Kireçtaşında erime ve karstik olaylar gelmiş olup, tabakalanma kaybolmuştur. Bol mercan ve makro fosilli olan birim yer yer kumlu, oolitik ve resifal kireçtaşı özellikleri gösterir (Genç, 1986). Permian yaşlı olduğu düşünülen bu birimin alttaki Orhaniye formasyonu ile geçişi iyi görülmemekle beraber metamorfik temelle diskordanslı olup, üst dokanağı yer yer faylı çoğun Liyas detritikleri, Orta Jura-Alt Kretase kireçtaşları, Üst Kretase ve Neojen yaşlı birimlerce diskordan olarak örtülür (Genç, 1986).

4.3 Abadiye Formasyonu (T_R^b 1-2)

Genellikle kırmızı, kahve, mor ve yeşil renkli, som görünümlü spilit, spilitik bazalt çamurtaşı, spilitik kumtaşı, radyolarit diabaz ve kireçtaşından oluşan birim aynı yaşlı Avdancık Formasyonu ile düşey ve yanal geçişli, ardalanımlı ve giriktir. Yer yer geniş yayılım sunan Asarlık kireçtaşı üyesini mercek olarak bulundurur. Detritik birimleri zaman zaman tabakalanmalar sunar. Spilitlerde nadiren yastık lav yapısı görülür. Radyolaritler sert, tabakalı ve kıvrımlıdır. Rengi kırmızıdır. Tümüyle karışık bir görünüm arz eder. Bazen açık olarak kireçtaşı olistolitleri etrafında bir çamurtaşı matriksi içinde yaygın olarak kireçtaşı çakılları izlemek olanaklıdır (Genç,

1986). Bu Triyas yaşlı bu formasyon bazı yerlerde parça parça metamorfikler üzerinde görüldüğü gibi genelde Avdancık formasyonu üzerinde ve onlarla girik olarak izlenmektedir Üst dokanağı Liyas Dogger-Alt Kretase, Üst Kretase, Neojen yaşlı birimlerle diskordanslıdır (Genç, 1986).

4.4 Bilecik Kireçtaşı (J₂₋₃-K₁)

Ak, krem, kirli sarı, pembe renkli, orta-kalın tabakalıdır. Erime ve karstik olaylar neticesinde tabakalanma çoğun görülmez. Kırık ve eklemler iyi gelişmiş ve kalsit damarları yaygındır. Sert, köşeli kırılmalıdır. Biyo mikrit, kumlu mikrit, algli biyomikrit, oolitik, biyomikritten oluşan birim, yer yer ammonit, belemnit, lamellibranch makrofosillidir. Çört bantları ve yumruları çeşitli seviyelerde gözükmeye rağmen genellikle üst kısımdadır. Bilecik Kireçtaşı Orta Jura-Alt Kretase yaş konağında olmakla beraber Alt Kretase yaşlı kireçtaşı seviyeleri çoğun orta hatta ince tabakalı olup, kırmızı-sarı renkli, killi kumlu kireçtaşı ara katkılıdır. Yer yer marn ara seviyeli birim kıvrımlanmalıdır. (Genç, 1986). Jura yaşlı olan Bilecik kireçtaşının altında her zaman Bakırköy formasyonu bulunmaz. Liyasta topoğrafya alçaklarını dolduran, Bakırköy formasyonunu çökelten denizin gelişmesi ile Orta Juradan itibaren duraylı şelf oluşmuştur. Bilecik kireçtaşı da temel yükselteleri üzerine doğrudan çökelebilmişlerdir. Bakırköy formasyonu ile geçişli olan alt dokanağı, daha yaşlı birimler üzerine ise diskordanslıdır. Üst dokanağı Üst Kretase kireçtaşları ile geçişli olup, daha genç birimler tarafından diskordan olarak örtülür (Genç, 1986).

4.5 Yarhisar Formasyonu (K₂)

Kırmızı, pembe, sarı, krem, boz renkli, ince-orta nadiren kalın, düzgün kıvrımlı tabakalıdır. Bilecik kireçtaşı ile geçişli olduğu, genellikle kırmızı-bej renkli oluşu ve eğim farklılıkları ile belli olan killi kireçtaşı, kireçtaşı litolojisinde izlenmektedir. Çört yumru ve bantları yaygındır. Çok kırılğan set kireçtaşı yaygın kalsit damar ve ağılıdır. Bilecik kireçtaşı ile geçişli olduğu gibi daha yaşlı birimler üzerine geldiği yerlerde yaygındır. Genellikle böyle konumlarda altta konglomera

seviyeleri izlenir. Nadiren volkanik ara katkılıdır. İgnimbirit ve tüflere rastlanır. Çeşitli lokasyonlarda istif zenginleşmekte ve farklılıklar gözlenmektedir (Genç 1986). Üst Kretase yaşlı olan bu birimin alt dokanağı Bilecik kireçtaşı ile geçişli olarak izlediği gibi daha yaşlı birimler üzerinde (Dereyörük Grubu, Abadiye formasyonu) diskordan olarak görülmektedir. Üst dokanak ilişkisi ise, Neojen detritikleriyle diskordan olarak örtülür (Genç, 1986).

4.6 Traverten, Alüvyon ve Yamaç Molozu

Kuvaternerin birikme şekillerinden traverten, alüvyon yelpazesi, yamaç döküntüleri, alüvyon taraçası ve dar şeritler halinde akarsu alüvyon birikintileri görülür. Bursa, Yenişehir, İnegöl, İznik ve Gemlik ovalarında geniş alanları kaplayan alüvyon birikintileri önemlidir. Uludağ'dan gelen derelerin Bursa-İnegöl alüvyon ovalarına kavuştuğu yerlerde büyük çapta alüvyon yelpazeleri görülür. Gemlik, İznik çöküntüsünde taraçalar haritaya geçirilebilecek ölçektir. Çalışma alanının çeşitli yerlerinde yüksek tepelerin yamaçlarında molozlarına rastlanır (Genç, 1986).

5. BÖLGENİN TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ

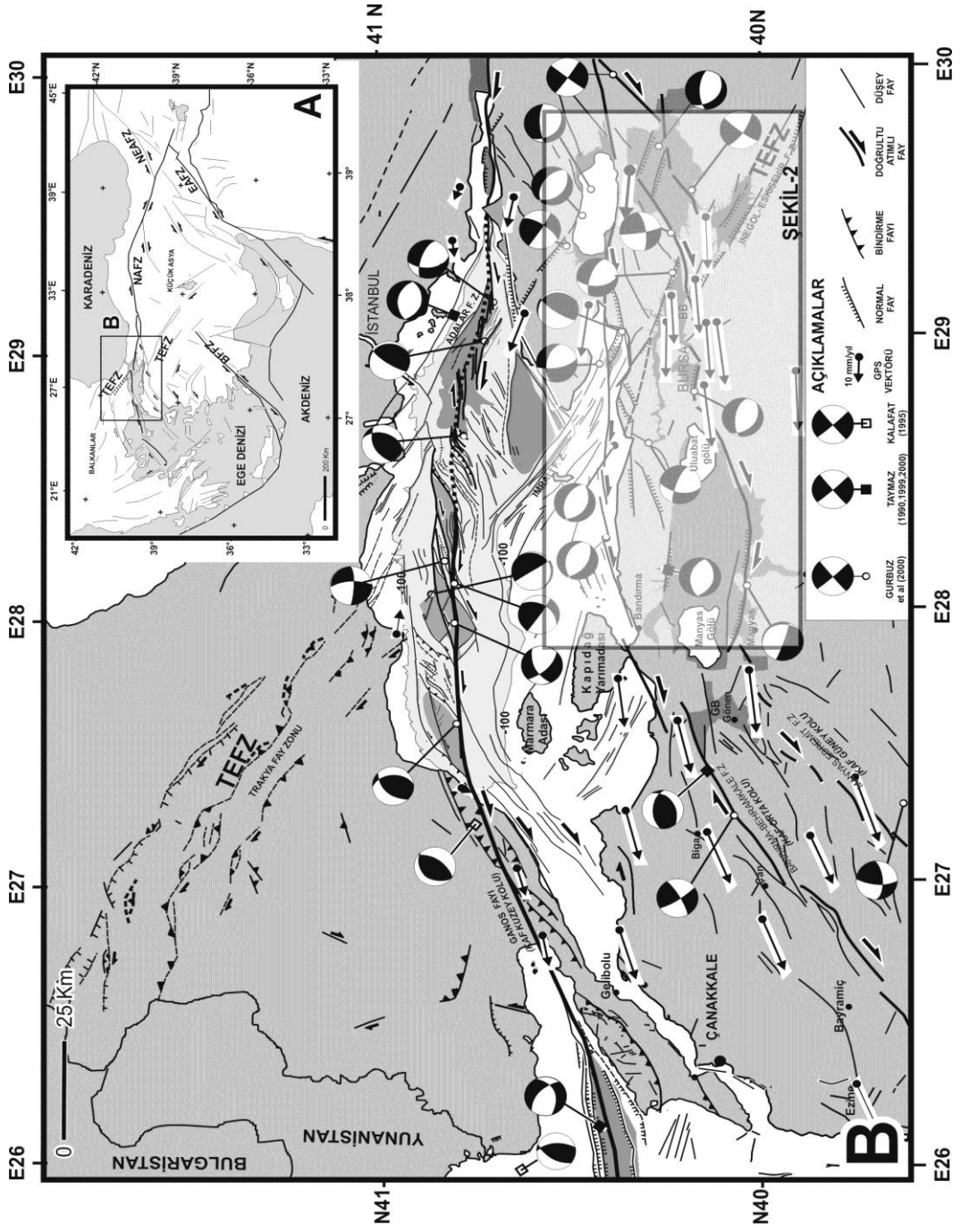
Marmara bölgesinde en etkin tektonik yapı Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve kollarıdır (Şekil 5.1). Bursa yöresini içine alan aktif fayların ve tektonik etkinliklerle gelişen havzaların Kuzey Anadolu Fayı kolları ile ilişkisi 1999 depremleri sonrası gündeme getirilmiştir (Yaltırak, 2000, Yaltırak 2007). Bölgenin tektonik yapısı ile ilgili ana tektonik unsurlar Yaltırak (2002) tarafından tanıtılmıştır. Bursa ve civarı özelinde diğer bir çalışma ise Yaltırak vd. (2005) tarafından deprem öncesi deformasyonların sığ kuyularda sebep olduğu değişiklikler ile bölgesel tektonik paternin arasındaki ilişkiyi irdelemektedir. Yaltırak ve Gazioğlu (2006) Uludağ ve çevresinin aktif faylarını tanıtan çalışmalarında Bursa'nın güneyinde yer alan Uludağ'ın yükselimini sağlayan tüm aktif faylarını tanımlamıştır (Yaltırak 2007'den alınmıştır).

Bölgedeki tektonik patern iki ana yöndedir. Kuzey Anadolu fay kolları yaklaşık KDD-GBB yer alırken buna 45° açılı olan diğer bir sistemde KB-GD doğrultusundadır. Bölgede iki ayrı fay sisteminin çakışmasından dolayı ortaya çıkan bu manzara, Bursa'yı Türkiye'nin aktif fay paterninin coğrafyasını tamamen şekillendirdiği az sayıdaki illerden biri yapar (Yaltırak, 2007). Bölgedeki KAF sistemi bilinmesine rağmen KB-GD uzanan Trakya-Eskişehir Fay (TEF) sisteminin KAF tarafından aktive edilen kolları pek bilinmemekte hatta haritalarda gösterilmektedir. Yaltırak (2002) bu sistemi Marmara bölgesinde deniz alanlarında dahil ayrıntılı olarak haritalamış ve tanımlamıştır (Şekil 5.1). Söz konusu çalışmada Bursa'nın doğusunda TEF'nin İnegöl segmentinin bir parçasının da Mudanya-Kestel arasında yer aldığını gösteren Yaltırak (2002), KAF segmentlerinin (orta ve güney) TEF'ni normal fay olarak reaktive ettiğini ortaya çıkartmıştır. Bu nedenle TEF ve buna paralel parçaları günümüzde uzunluğu 10-40 km arası düşük etkinlikli normal faylar arazide yerel olarak olarak izlenebilmektedir (Yaltırak 2007). KAF'ın üç kolunun parçaladığı TEF sistemin Kaymaz-Kestel parçaları yaklaşık 200 km uzunluğunda Mudanya-Dudaklı parçası yaklaşık 40 km uzunluğundadır (Şekil 5.1). Trakya-Eskişehir Fayı'nın Trakya'daki aktivitesi KAF'ın 3,7 my (Yaltırak ve Alpar 2002) önce Marmara'ya ulaşmasıyla bitmiştir (Yaltırak, 2007) . Fakat KAF'ın Gemlik'e ve Bursa'ya uzanan kollarının arasında kalan KB-GD parçalar kısmen

aktifidir. Özellikle KAF'nın batıdaki güney kolu (Göksu çayı-Yenişehir-Bursa) tarafından belirgin biçimde Kestel'de kesilen TEF'nın İnegöl'den Eskişehir'e kadar olan kesiminin yerel bazı normal faylar olarak aktif olarak belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Yaltırak 2007'den alınmıştır). KAF'nın orta kolunun denize ulaştığı Gemlik Körfezi'nin oluşumu hakkında yapılan yayınlar genel çerçevede kara araştırmalarının derlenmesi, hendek çalışmaları ve sınırlı sayıda sismik kesitin değerlendirildiği raporlardan oluşmaktadır (Yaltırak 2007'den alınmıştır).

Bursa çevresinde sürekli bir sismik aktivite bulunmaktadır ve aletsel dönemin başlangıcından bu yana $M \geq 3$ depremler 200 den fazladır. Sismik aktivitenin bu bölgede bu kadar yoğun olmasının ana nedeni bölgenin karmaşık tektonik yapısıdır. Bölgenin özellikle Bursa merkez yerleşimi dikkate alındığında sismik aktivite en yoğun İnegöl ve Bursa ovaları çevresindedir (Şekil 5.1, Yaltırak, 2007).

Uludağ çevresinde gerçekleşen 16 tarihsel depremin (1417; 1674; 28 ve 11.2.1855 (X); 20-22.12.1857 (VI); 19.7.1858 (VI); 1860 (Uludağ); 16.10.1863 (VI); 14.2.1866 (VI); 24.2.1871 (VI); 17.4.1876 (VI); 30.12. 1881 (VI); 3.12.1883 (VI) Bursa Ovası; 1.2.1884 (VI) Bursa Ovası; 1887 (VI); 13.7.1894 (VI); 1889 (VI)) kataloglarda 1417 den başlayarak tarihsel kayıtları vardır (Ergin vd., 1967; Soysal et al., 1981). Bu kayıtlardan sadece 11 ve 28.2.1855 depremlerinde Bursa'da hasar hakkında kesin bilgi bulunur (Yaltırak, 2007). İlk sarsıntıda 300, ikinci de 1300 kişi yaşamını kaybetmiş, Bursa Fayı'na yakın olan camilerde ağır hasar olmuş, dağdan yuvarlanan ev büyüklüğünde kayalar dağa yakın kesimdeki evlerde ölüme neden olmuştur (Yaltırak 2007'den alınmıştır). 1939 dan sonra bölgede irili ufaklı çok sayıda deprem bulunmaktadır. 15.04.1905; 5.1.1934; 14.7.1934; 13.11.1948 de gerçekleşen depremler Uludağ'ın kuzey cephesi kenarında ova kesimine denk gelmektedir. 09.06. 1982 ve 01.02.1983 depremleri Uludağ'ın batı kesiminde bulunmaktadır. Bunlar dışında bölgeden Uludağ kuzey doğusunda kalan alanda Deliçay-Cerrah fayı'na paralel bir alanda 21.10 1983 ile 30.12.1983 arasındaki tarihlerde $M > 4$ olan 7 deprem meydana gelmiştir. Ayrıca Uludağ yükseliminin güney doğu sınırını oluşturan İnegöl'de 3.8.1939; 15.9.1939 (M 5.9) 21.10.1963 (4.9) depremlerinin hasar yaptığı bilinmektedir (Yaltırak, 2007).



Şekil 5.1: Marmara Denizi ve Kuzey Ege'nin aktif fayları ve bu faylarda olan depremlere ait fay çözümleri (Yaltırak, 2002)

6. VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI

6.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Geographical Information Systems (GIS), mekansal ve mekansal olmayan verilerin çeşitli yöntemlerle toplanması, belli bir sistematik içinde depolanması ve amaca uygun olarak yönetilmesi olarak tanımlanmaktadır. CBS, yeryüzüne ait bilgilerin belirli bir amaca yönelik olarak toplama, bilgisayar ortamında depolama, güncelleştirme, kontrol etme, analiz etme ve görüntülme gibi işlemlere olanak sağlayan bir bilgisayar sistemidir. CBS coğrafi koordinatları referans olarak aldığından harita sistemi olarak da tanımlanmaktadır. Konumsal bilgi sistemleri içerisinde yer alan bilgiler, yalnızca konumsal olarak ifade edilen bilgileri içermeyip, bu konumsal bilgileri veya sembolojileri açıklayan öznitelik bilgiler yine CBS olarak tanımlanır (Küpçü, 2005).

CBS de harita üzerindeki bilgiler grafiksel olarak ifade edilebildiğinden konuma dayalı grafik ve grafik olmayan nitelikleri açıklayan bilgilerin bir bütün içinde aynı sistemde toplanıp analiz edilmesi gereği CBS'nin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bilgilerin tek tek bir sistem içerisinde toplanıp, depolanması, modellenerek analiz edilmesi, eldeki bilgilere hızlı ve güvenli bir ulaşım sağlaması açısından CBS'nin önemi büyüktür (Küpçü, 2005).

Bu çalışmada BAÜ Fen-Edebiyat Fakültesi CBS laboratuvar imkanlarından yararlanılarak haritaların üretilmesinde Esri ArcGIS (Ver 9.3) programı kullanılmıştır.

6.2 Veritabanında kullanılan zemin özellikleri

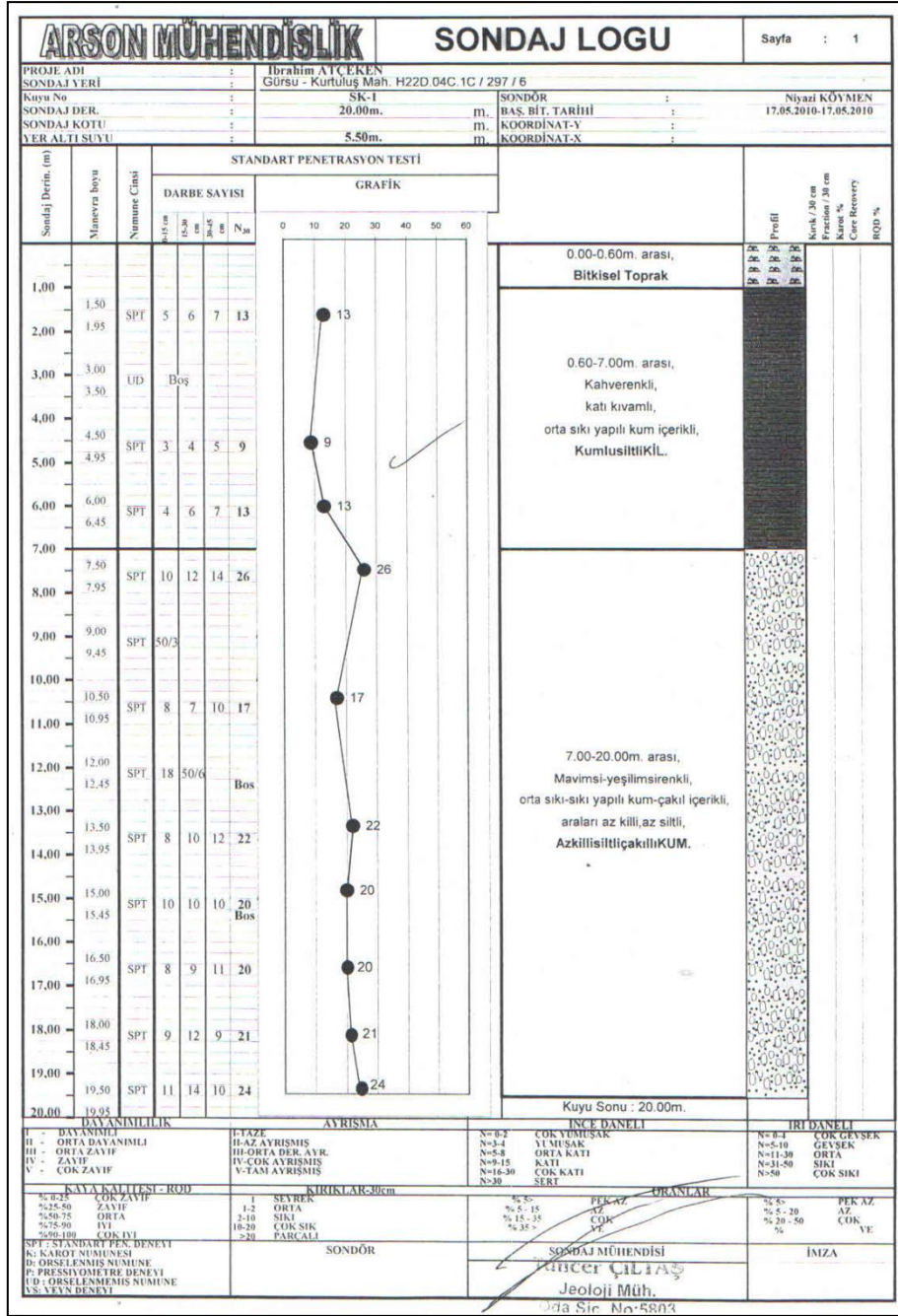
Sayısal ve sözel bilgiler, bir bütünlük içerisinde korelasyonun sağlanması amacıyla bir araya toplanmıştır. İncelenmiş olan 131 adet zemin etüt raporlarından elde edilen sayısal ve sözel bilgiler; rapor numarası, rapor tarihi, parsel numarası, sondaj kuyuları, sondajların x ve y koordinatları, tabaka kalınlıkları, SPT-N darbe sayıları, zemin litolojileri, çakıl yüzdesi, kum yüzdesi, kil+silt yüzdesi, likit limit değeri, plastik limit değeri, su muhtevası değeri, yer altı suyu seviyesi, zeminin

doygunluk derecesi, bitkisel toprak kalınlığı, zemin grubu, zemin sınıfı, ivme spektrumu karakteristik periyotları (Ta-Tb), emniyetli taşıma gücü, oturma miktarı, yatak katsayısı, enine dalga hızı (Vs), boyuna dalga hızı (Vp), sismik yönleme göre ayrıtılan zemin tabaka kalınlıkları, varsa yapıda bodrum varlığı, varsa yapının kat sayısı, parselin alanı, varsa yapının niteliği, temelin tipi, temelin alanı ve varsa binada bulunan kişi sayısı bilgileri veri tabanını oluşturmaktadır. Bu veriler belli normda ve daha kullanışlı bir şekilde olması için öncelikle Ms-Excel programına kaydedilerek düzenlenmiştir (Şekil 6.1). Ms-Excel programındaki bu bilgiler de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) programlarından Esri Arc Info (versiyon 9.3) programına aktarılarak veri tabanı dosyaları oluşturulmuştur. Veri tabanına eklenen, Şekil 6.2’de inceleme alanında yapılmış olan bir sondaja ait örnek bir sondaj logu bulunmaktadır.

Çalışma alanı olan Gürsu (Bursa) ilçesinin yerleşim yeri eşyükseleti haritası CBS kullanılarak sayısallaştırılmış ve topoğrafya haritası oluşturulmuştur. Aynı zamanda bu harita çalışmamızın atlık haritası olarak kullanılmıştır. Dijital olarak üretilen bir diğer katmanda ilçeye ait mahalleleri gösteren haritadır. Bunlara ek olarak temsili yollar ve birkaç bina bu veri katmanlarına eklenmek için ayrıca sayısallaştırılmıştır.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1	rapor no	sk	x	y	tbkust	tbkalt	tbk	N	(It)zem.snf	ckl	kum	kilsilt	LL	PL	PI	W	doygunluk	bit top	zem grb	zem snf
2	SK-1	431392	4454253	0	0,5	0,00-0,50	12	CL	0	41	59	30	18	12	28,30	0	0,40	Z3	C3	
3	rapor tar	SK-1	431392	4454253	0,51	1,00	0,50-1,00	12	CL	0	41	59	30	18	12	28,31	0	dep.tb	dep.tb	qem
4	2008	SK-1	431392	4454253	1,01	1,50	1,00-1,50	12	CL	0	41	59	30	18	12	28,32	0	0,15	0,50	0,90
5	psl no	SK-1	431392	4454253	1,51	2,00	1,50-2,00	12	CL	0	41	59	30	18	12	28,30	0	oturma	yatak ks	
6	10	SK-1	431392	4454253	2,01	2,50	2,00-2,50	12	CL	0	41	59	30	18	12	28,31	0	2,20	1000	
7	SK-1	431392	4454253	2,51	3,00	2,50-3,00	12	CL	0	41	59	30	18	12	28,32	0	Vs	Vp	Vp/Vs	
8	SK-1	431392	4454253	3,01	3,50	3,00-3,50	15	CL	0	41	59	30	18	12	28,33	0	140	440	3,14	
9	SK-1	431392	4454253	3,51	4,00	3,50-4,00	15	CL	0	41	59	30	18	12	28,34	1	tbk1kal	tbk2kal	tbk3kal	
10	SK-1	431392	4454253	4,01	4,50	4,00-4,50	15	CL	0	41	59	30	18	12	28,35	1	2,20	8,00		
11	SK-1	431392	4454253	4,51	5,00	4,50-5,00	15	CL	0	41	59	30	18	12	28,36	1	bdrm	bina ks	alan	
12	SK-1	431392	4454253	5,01	5,50	5,00-5,50	15	CL	0	41	59	30	18	12	28,37	1	0	3	103,98	
13	SK-1	431392	4454253	5,51	6,00	5,50-6,00	15	CL	0	41	59	30	18	12	28,38	1	nitelik	temeltipi		
14	SK-1	431392	4454253	6,01	6,50	6,00-6,50	15	CL	0	42	58	29	19	10	27,00	1	KONUT	RADYE		
15	SK-1	431392	4454253	6,51	7,00	6,50-7,00	15	CL	0	42	58	29	19	10	27,01	1				
16	SK-1	431392	4454253	7,01	7,50	7,00-7,50	15	CL	0	42	58	29	19	10	27,02	1				
17	SK-1	431392	4454253	7,51	8,00	7,50-8,00	17	CL	3	30	67	31	19	12	24,10	1				
18	SK-1	431392	4454253	8,01	8,50	8,00-8,50	17	CL	3	30	67	31	19	12	24,11	1				
19	SK-1	431392	4454253	8,51	9,00	8,50-9,00	17	CL	3	30	67	31	19	12	24,12	1				
20	SK-1	431392	4454253	9,01	9,50	9,00-9,50	24	CL	3	30	67	31	19	12	24,13	1				
21	SK-1	431392	4454253	9,51	10,00	9,50-10,00	24	CL	3	30	67	31	19	12	24,14	1				
22	SK-1	431392	4454253	10,01	10,50	10,00-10,50	24	CL	3	30	67	31	19	12	24,15	1				
23	SK-1	431392	4454253	10,51	11,00	10,50-11,00	28	CL	5	11	84	26	18	8	16,60	1				
24	SK-1	431392	4454253	11,01	11,50	11,00-11,50	28	SC	5	11	84	26	18	8	16,62	1				
25	SK-1	431392	4454253	11,51	12,00	11,50-12,00	28	SC	5	11	84	26	18	8	16,62	1				
26	SK-1	431392	4454253	12,01	12,50	12,00-12,50	29	SC	27	50	23	27	18	9	14,40	1				
27	3	SK-1	430696	4454139	0	0,5	0,00-0,50	24	SM	14	68	18	NP	NP	NP	18,50	0	0,20	D2	24
28	SK-1	430696	4454139	0,51	1,00	0,50-1,00	24	SM	14	68	18	NP	NP	NP	NP	18,50	0			

Şekil 6.1: Verilerin oluşturulması



Şekil 6.2: İnceleme alanına ait örnek sondaj logu (Gürsu Belediyesi arşivi)

6.3 Arazi Deneyleri

6.3.1 Standart Penetrasyon Testi (SPT)

Zeminlerin özelliklerinin arazide belirlenmesi amacı ile yaygın şekilde kullanılan, basit ve ekonomik deneylerden biri olan SPT en yaygın olarak kumlu zeminlerde uygulanmaktadır. Bu deneyde elde edilen sonuçlar zeminin sıklığını ya

da yoğunluğunu veya dayanımının bir göstergesi olmaktadır. Deneyin kil zeminde yapılması halinde, zeminin dayanımı hakkında bilgi edinilmekte, ayrıca tanımlama amaçlı deneyler için örnek sağlanabilmektedir (Ulusay, 2010).

Deney; 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın, 760 mm'lik bir yükseklikten tijlerin üzerindeki örsün üzerine serbest şekilde bırakılması sonucu standart bir örnek alıcının (ayrılabilen tüpün) zemine 300 mm girmesi için gereken darbe sayısının belirlenmesi şeklinde yapılır (Ulusay, 2010).

Çalışmada incelenmiş olan zemin etüt raporları içindeki sondaj loglarında belirtilen kuyuların, koordinatları veri tabanına öncelikli olarak kaydedilmiştir. Sondaj loglarındaki edilen SPT-N darbe sayıları ve yine sondaj loglarında belirtilen zemin sınıfları da veri olarak veri tabanına aktarılmıştır.

6.3.2 Jeofizik Çalışmalar

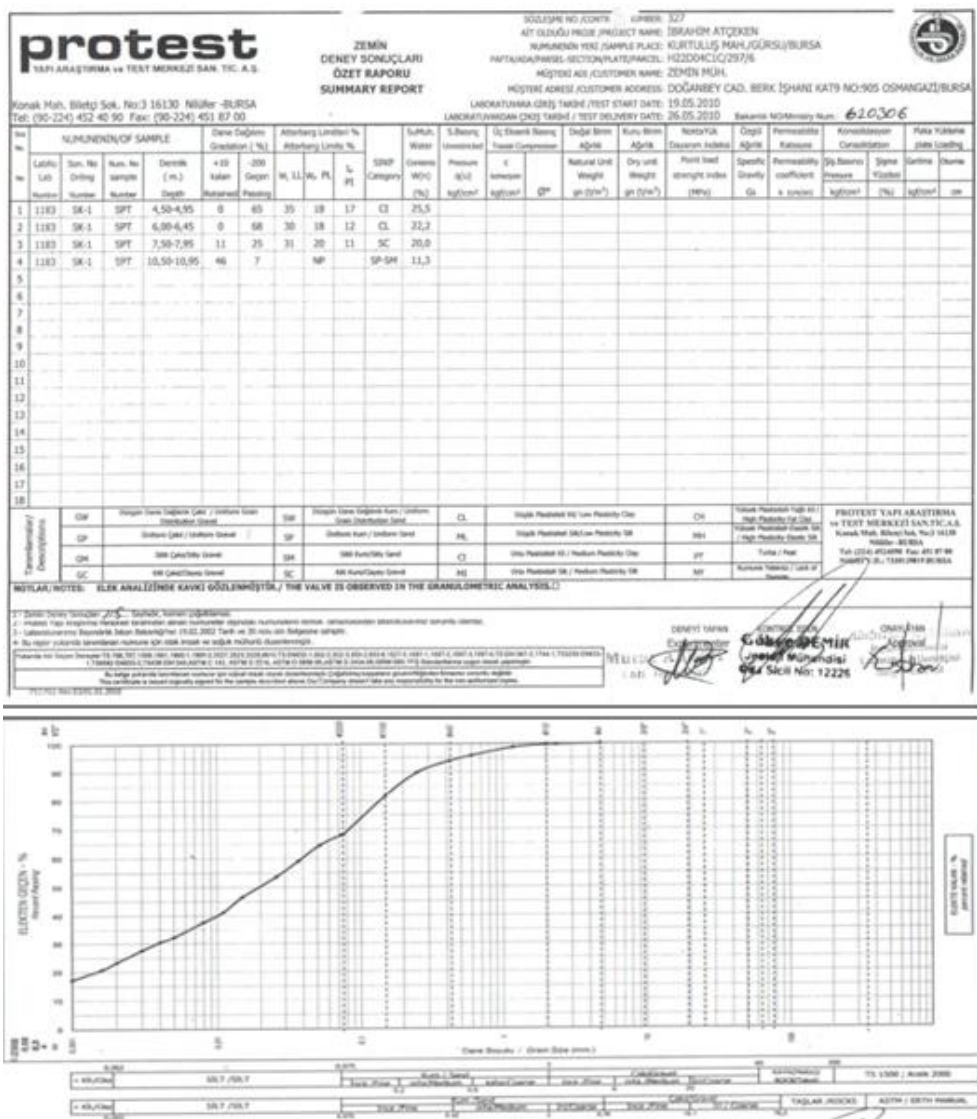
Sismik kırılma çalışmaları, doğal şartlar altında zeminin dinamik yöntemle tespit edilebilen dinamik elastisite parametrelerinin tayinine yönelik zemin araştırma işlemleridir. Sismik yöntemlerle yapılan bu çalışmalarda yüzeyde bulunan kaynaktan gönderilen şok dalgaların zeminde farklı tabakalarda farklı hızlarda ilerleyerek jeofonlar tarafından kaydedilmesi ile yapılmaktadır. Sismik ölçümler yer içinde yayılan boyuna ve enine sismik dalga türlerinin hızlarının (sırasıyla V_p ve V_s) ölçülmesi şeklinde arazide yapılmaktadır.

P dalgası için gerekli enerji, çelik plaka üzerine 10.0 kg'lık balyozun düşey düşey yönde; S dalgası için gerekli enerji ise zeminde açılan 30 cm'lik çukur içine konulan plakaya yatay yönde balyoz darbeleri ile elde edilmektedir.

Çalışmamızda yukarıda bahsedilen V_s , V_p değerleri ve bunların zemin içerisindeki kalınlıkları, ivme spektrumunu karakteristik periyotları (T_a ve T_b) değerleri veri tabanında bulunmaktadır.

6.4 Laboratuvar Çalışmaları

Çalışmada zemin etüt raporları içerisinde bulunan laboratuvar deney sonuçları incelenmiştir. Belirli derinliklerde yapılmış olan SPT testinden elde edilen numuneler, laboratuvarında mühendislik deneylerine tabi tutulmuştur Şekil 6.3'de inceleme alanına ait örnek laboratuvar sonuç raporu ve elek analizi deney sonucu verilmiştir. Laboratuvar verilerinden; su muhtevası, elek analizi, atterberg limitleri deney sonuçları varsa serbest basınç ve konsolidasyon deney sonucu çalışmamızın veri tabanında bulunmaktadır.



7. GÜRSU İLÇESİ YERLEŞİM ALANI ARAZİ KULLANIMINA YÖNELİK JEO-MÜHENDİSLİK HARİTALARININ CBS İLE OLUŞTURULMASI

7.1 GİRİŞ

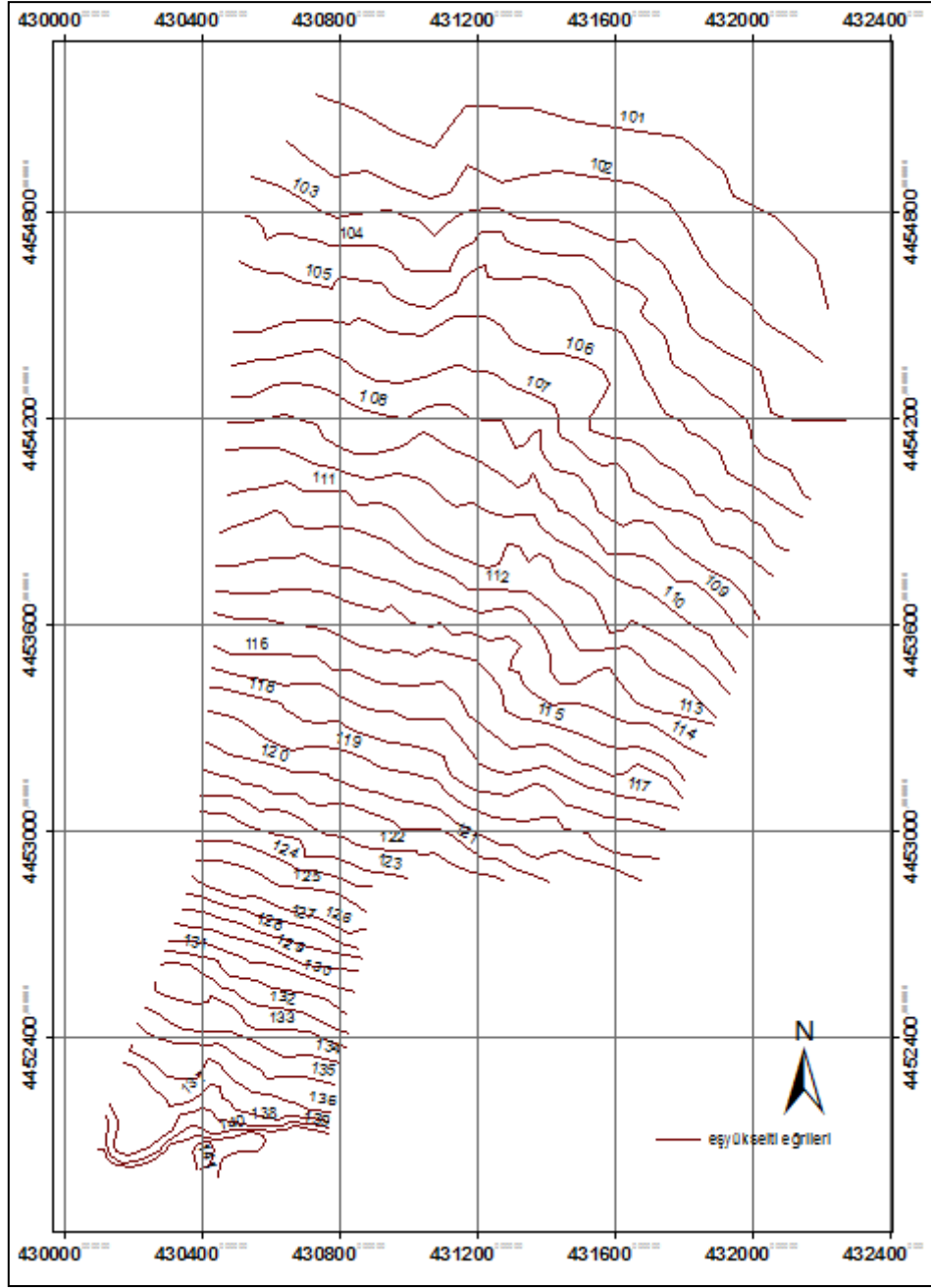
Jeo-Mühendislik haritaları, özellikle uygun yerleşim yerlerinin seçiminde kullanılmakla birlikte zeminde olası problemleri ortaya çıkarmak, bina-zemin ilişkisini irdeleyebilmek, zamanında önlem alabilmek, zamandan tasarruf sağlamak ve ekonomik açıdan da tasarruf sağlamak için kullanılmaktadır.

Gürsu (Bursa) ilçesinin genelde kumlu ve zayıf bir zemin yapısına sahip olması, yeraltı su derinliğinin yüzeye çok yakın olması ve 1. derece deprem bölgesinde yer alması bu yerleşim yerini sınırlama potansiyeli açısından önemli kılmaktadır.

Gürsu (Bursa) belediyesinden alınan zemin etüt raporlarına göre oluşturulan veritabanı kullanılarak, Gürsu ilçesi (Bursa) yerleşim alanı için: Eşyüksekti, eğim, bitkisel toprak derinliği, yeraltı su seviye kotu, yeraltı su derinliği haritaları yanısıra, 3 m, 6 m ve 9 m derinlik için zemin sınıfı, SPT-N değeri, enine dalga hızı, boyuna dalga hızı ve sismik hız oran (V_p/V_s) haritaları üretilmiştir.

7.2 Topoğrafya ve Eğim

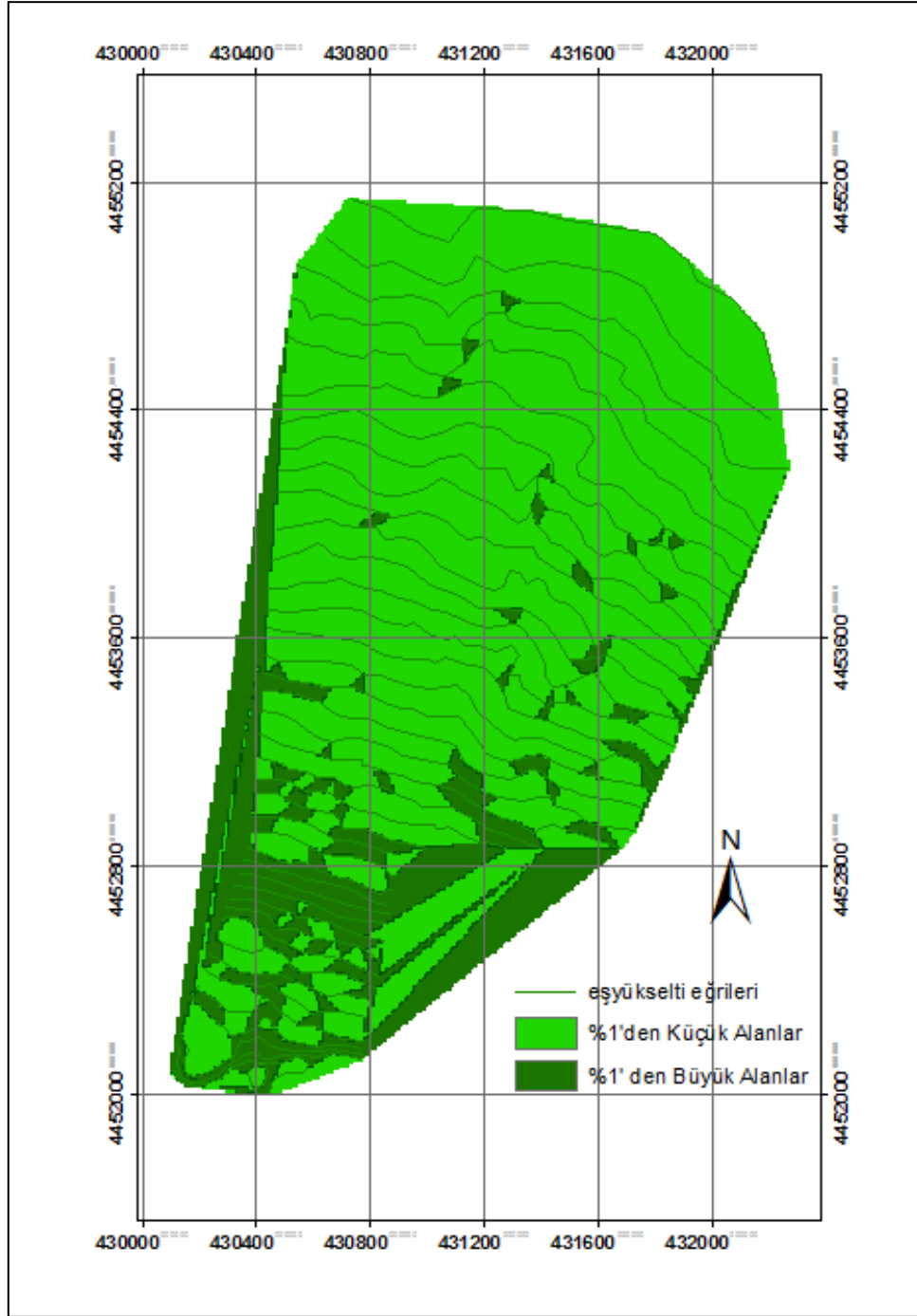
Bir arazinin jeolojik, morfolojik ve fizyolojik yapısı hakkında bilgi sağlayan topoğrafya ve eğim haritaları, aynı zamanda yerleşilebilirlik açısından da bilgi vermektedir. Topoğrafik eğimi az olan alanlar yerleşime uygun alanlar olduğundan yapılaşmaya gidilirken topoğrafya ve eğim haritalarından yararlanılmaktadır. Topoğrafya ve eğim haritalarının bir diğer özelliği de temel harita olarak kullanılabilir olmasıdır. CBS ortamında, topoğrafya ve eğim haritaları kullanılarak farklı özellikte bir çok harita üretilebilmektedir.



Şekil 7.1: İnceleme alanının izohips haritası

Gürsu (Bursa) ilçesi yerleşim alanında yükseklik güneyde 101 m, kuzeyde ise 141 m. dir (Şekil 7.1).

Topoğrafik yüksekliğin kuzeye doğru azalımı genelde düzenlidir. Söz konusu durum; arazinin güneyden kuzeye doğru bir eğimli olması Şekil 7.1’de verilen eğim haritasında da görülmektedir. Genelde eğim % 1’den küçük olmakla birlikte yer yer eğim %1’in üzerindedir. En yüksek eğim değeri ise % 5’i geçmemektedir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2: İnceleme alanının eğim haritası

7.3 Bitkisel Toprak Derinliği

Yapı yapılacak alanda yapının kaç metrede zemine oturtulacağı, yapının hangi zemine oturması gerektiği gibi bilgilerin bilinmesi gerekmektedir. Kazı esnasında bitkisel toprak açıkça görülebilmektedir. Bitkisel toprak her ne kadar

kaldırılırsa da hangi seviyede zeminin başladığının bilinmesi açısından önemlidir ve yapılar bitkisel toprak üzerinde yer alamayacağından, bitkisel toprak derinliğinin bilinmesi önemli olmaktadır.

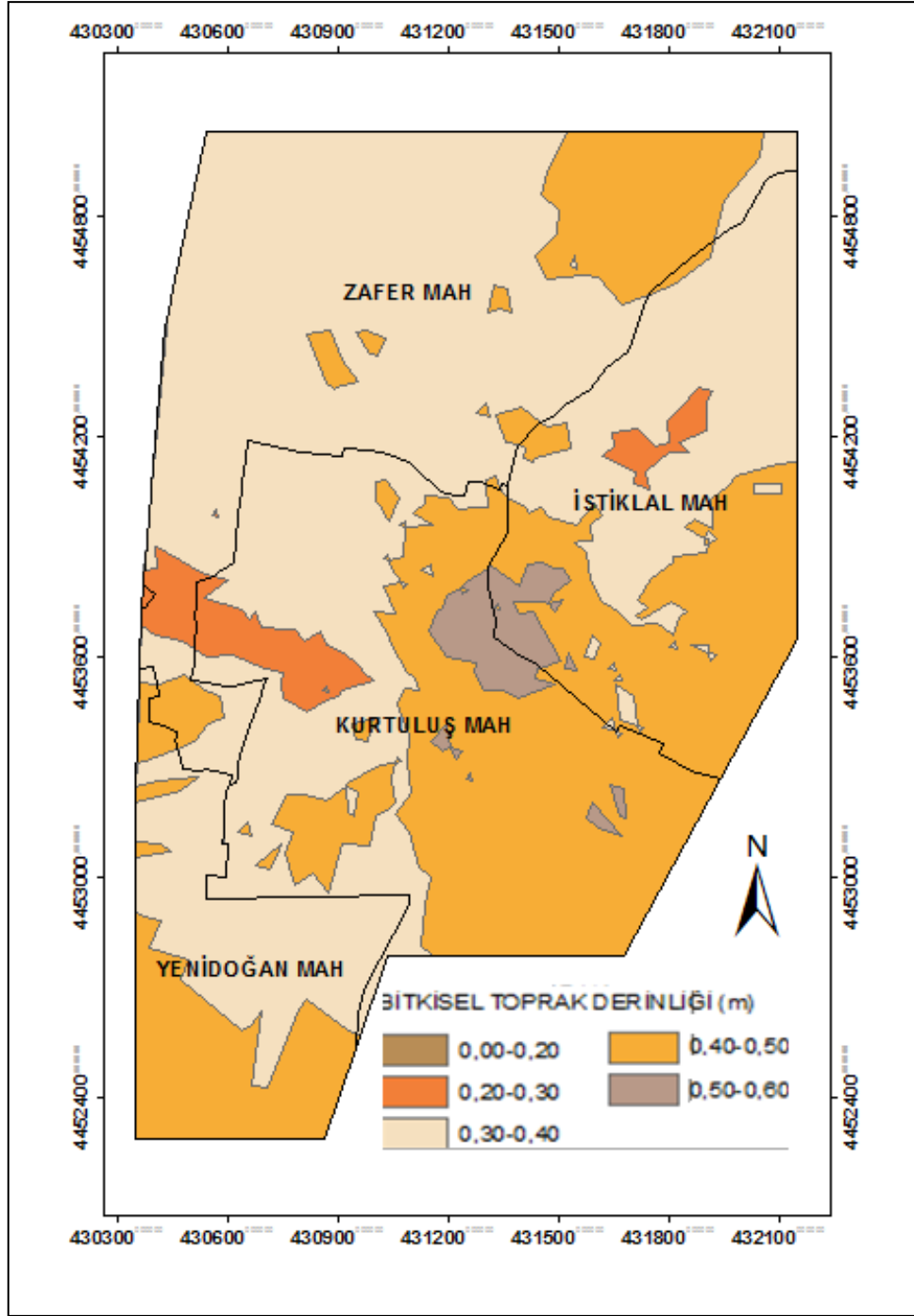
Veri tabanında yer alan bitkisel toprak derinliği değerlerine göre CBS ortamında bitkisel toprak derinliği haritası üretilmiştir (Şekil 7.3). Bu haritaya göre inceleme alanında bitkisel toprak derinliği yaklaşık 0,00-0,60 m arasında değişim göstermektedir. Bölgenin kuzeybatısı 0,2 m ile 0,3 m derinliklerinde bitkisel toprağa sahip iken bölgenin güneydoğusunda 0,4 m ile yer yer 0,6 m derinliklerde bitkisel toprak olduğu görülmektedir (Şekil 7.3).

7.4 Zemin Sınıfı Haritaları

Bir bölgede yerel zemin koşullarının bilinmesi o bölgedeki mevcut yapının veya yapılacak olan yapının davranışına etki ettiğinden önemlidir. Dolayısıyla zemin sınıfının bilinmesi ile zeminin hangi koşullarda nasıl davranış sergileyebileceğinin bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca zeminde oluşabilecek problemleri tahmin etmek yine zemin sınıfının bilinmesi mümkündür.

Çalışmada zemin sınıfı haritaları, laboratuvar verilerinden ve sondaj loglarından elde edilen verilere göre hazırlanmıştır. Bu verilere ait sayısal değerlerin CBS ortamında analizleri yapılmış ve ovarlay (üst üste çakıştırma) analiz tekniği kullanılarak sırasıyla 3 m, 6 m ve 9 m derinlik için Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına (TS 1500) göre zemin türlerinin dağılımını gösteren haritalar üretilmiştir.

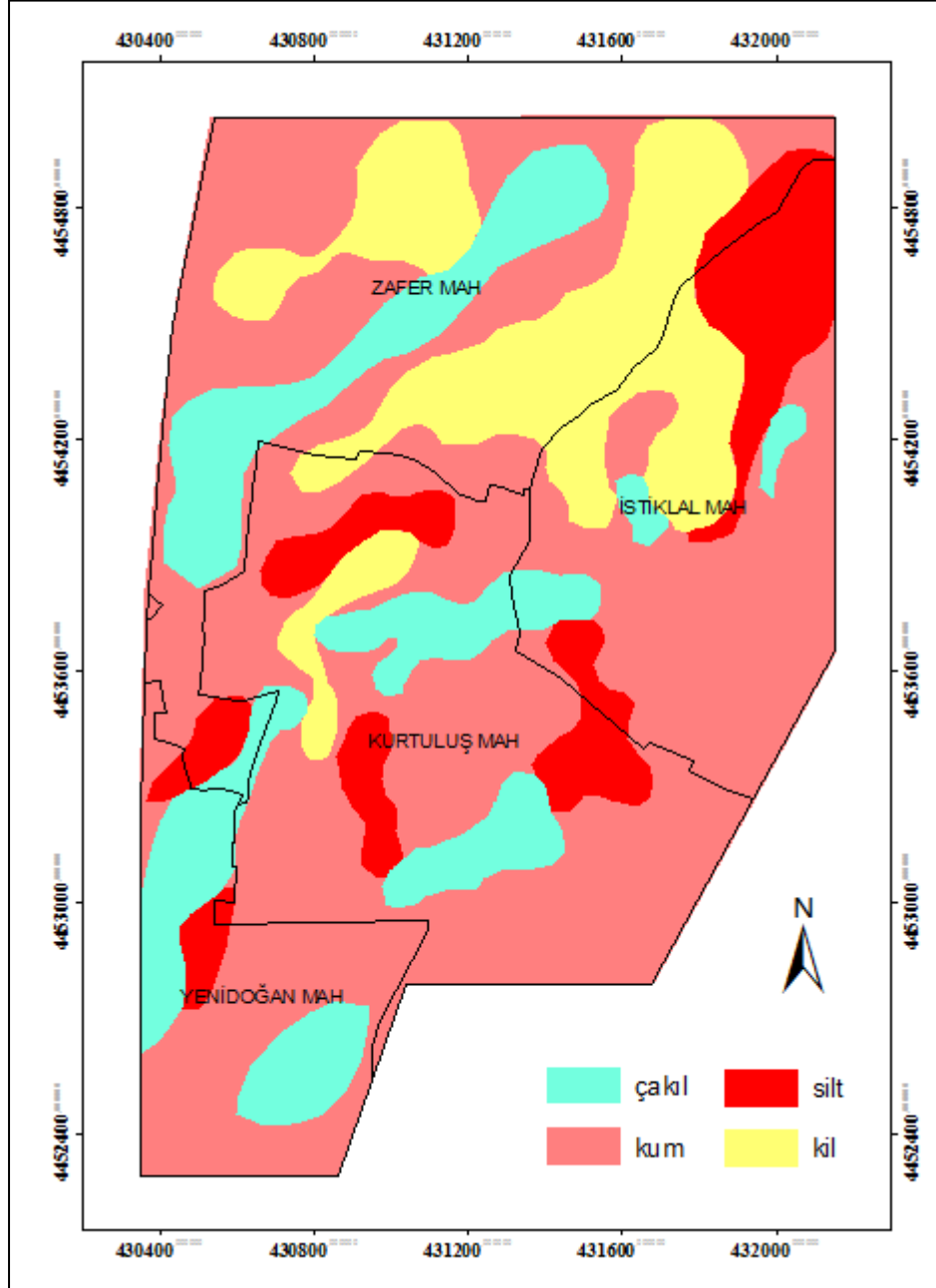
3 m derinlik için zemin sınıf haritası Şekil 7.4'de görülmektedir. Bu haritaya göre Zafer Mahallesinin iç kesimlerinde çakıl, kuzeyinde, güneybatısında ve yer yer doğusunda kil gözlenmektedir. Mahallenin kalan kesimlerinde ise kum hakimdir.



Şekil 7.3: İnceleme alanının bitkisel toprak derinliği haritası

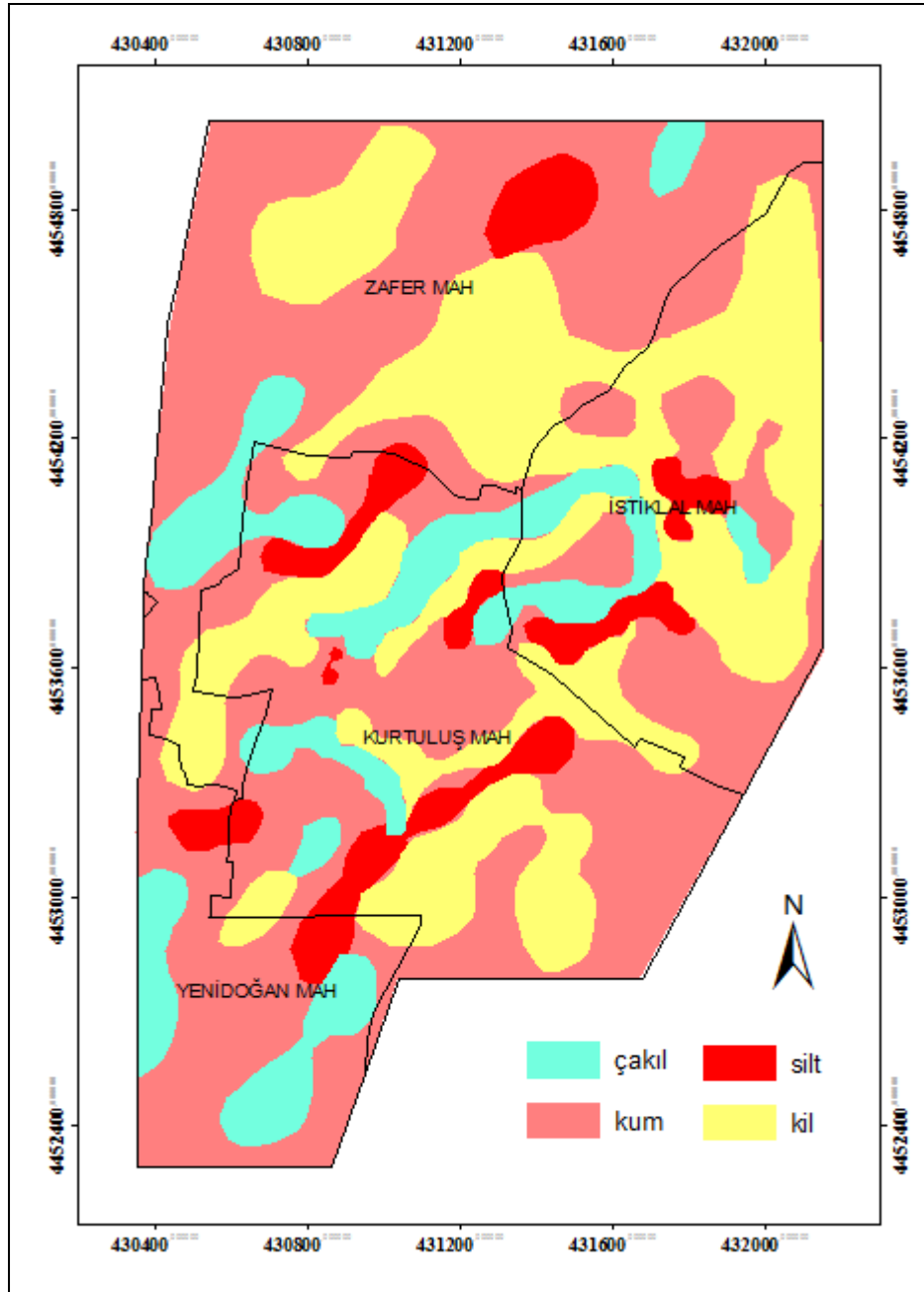
İstiklal Mahallesi'nin kuzeybatı kısmında ve yer yer iç kesimlerinde kil, mahallenin iç kesimleri ile batısında yer yer çakıl görülmektedir. İstiklal Mahallesi'nin kuzey kesiminde ve yer yer güneybatı kesiminde silt gözlenmektedir. Mahallenin büyük çoğunluğunda ise kum hakimdir. Kurtuluş Mahallesi'nin iç kesiminin ve doğu tarafının bir bölümünde ve kuzeyinin belli bölümünde silt gözlenmektedir.

Mahallenin kuzeybatısının belli bölümünde silt görülürken iç kesimlerinde yer yer çakıl ve geri kalan kısımlarda kum hakimdir. Zafer mahallesinde iç kesimlerde çakıl gözlenirken doğu ve kuzeybatı kesimlerinde kil gözlenmekte ve yine genelde kum birimi daha yaygındır. Yenidoğan mahallesinde ise yer yer çakıl ve silt gözlenirken mahallede yine daha çok kum gözlenmektedir.



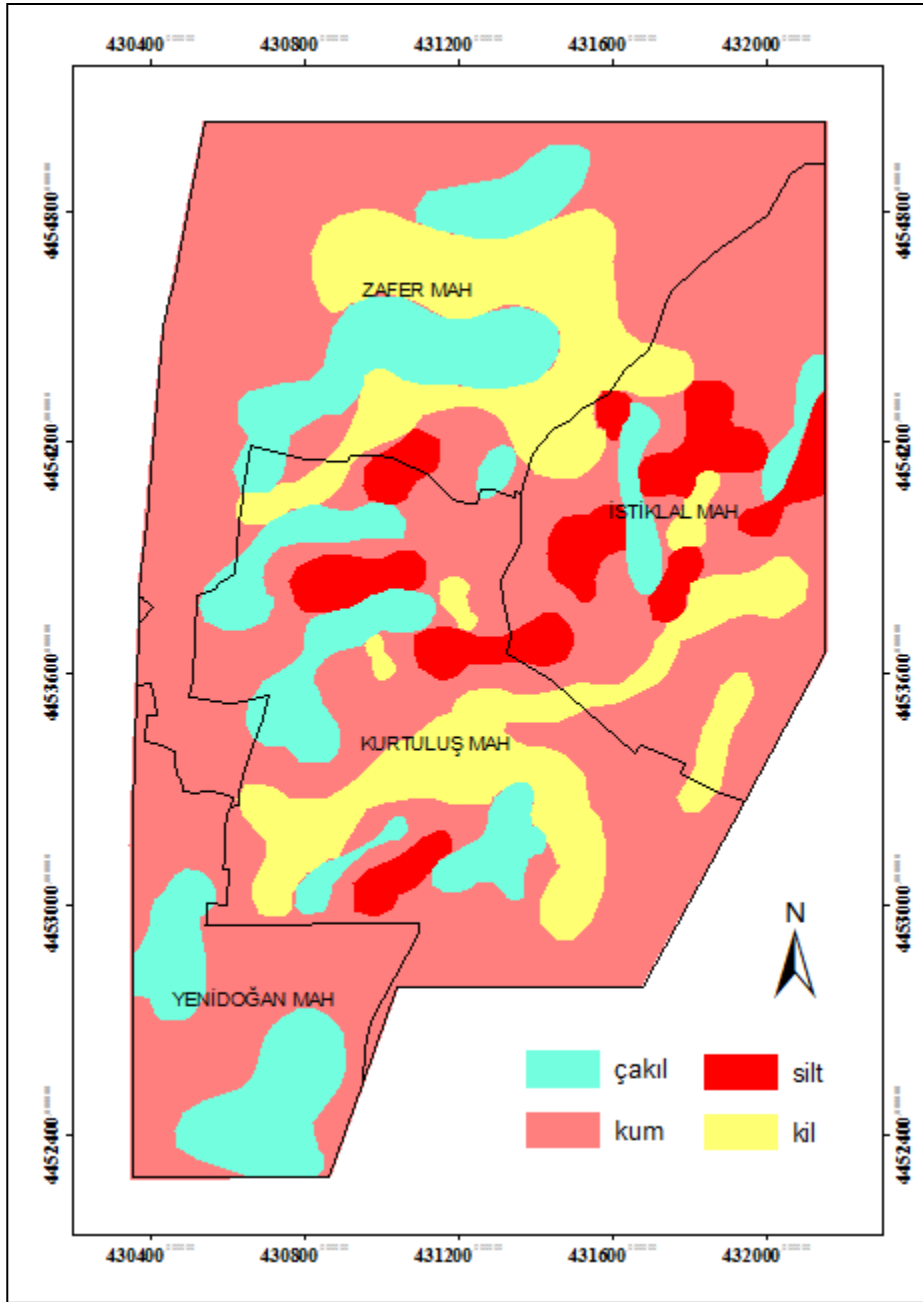
Şekil 7.4: İnceleme alanının 3 m derinlik için zemin sınıfı haritası

6 m derinlik için zemin sınıf haritası Şekil 7.5’de görülmektedir. Bu haritaya göre inceleme alanında iç kesimlerde ve güney kesimlerde yer yer çakıl görülmektedir. Zafer mahallesinin kuzeyinde, istiklal Mahallesinin iç ve güney batı kesimlerinde, Kurtuluş Mahallesinin iç kesimleri, kuzeyi ve güneybatı kesimlerinde, Yenidoğan mahallesinin kuzeybatısı ve kuzeyinde yer yer silt gözlenmektedir. İncelem alanında genelde kil ile birlikte kum yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 7.5).



Şekil 7.5: İnceleme alanının 6 m derinlik için zemin sınıfı haritası

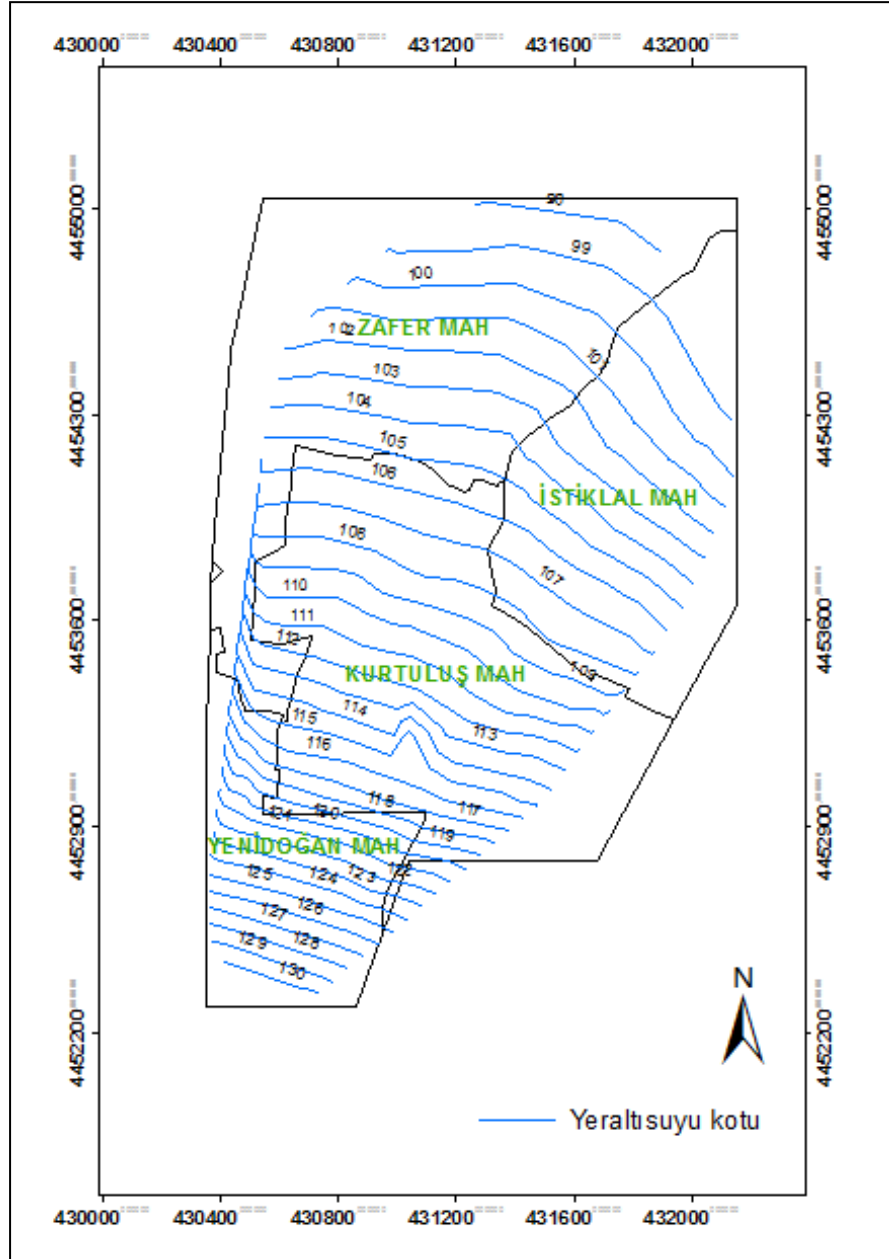
9 m derinlik için zemin sınıfı haritası Şekil 7.6'da görülmektedir. 9 m derinliğindeki zemin sınıfı haritasında; Zafer Mahallesinin iç kesimleri ile doğu kesimi, Kurtuluş Mahallesinin kuzey ve güney kesimlerinde yer yer silt gözlenmektedir. İnceleme alanından Zafer, İstiklal ve Kurtuluş mahallelerinde çakıl, kum, silt ve kil gözlenirken, Yenidoğan mahallesinde sadece çakıl ve kum gözlenmektedir. İnceleme alanında yaygın olarak kum hakim olduğu görülmektedir (Şekil 7.6).



Şekil 7.6: İnceleme alanının 9 m derinlik için zemin sınıfı haritası

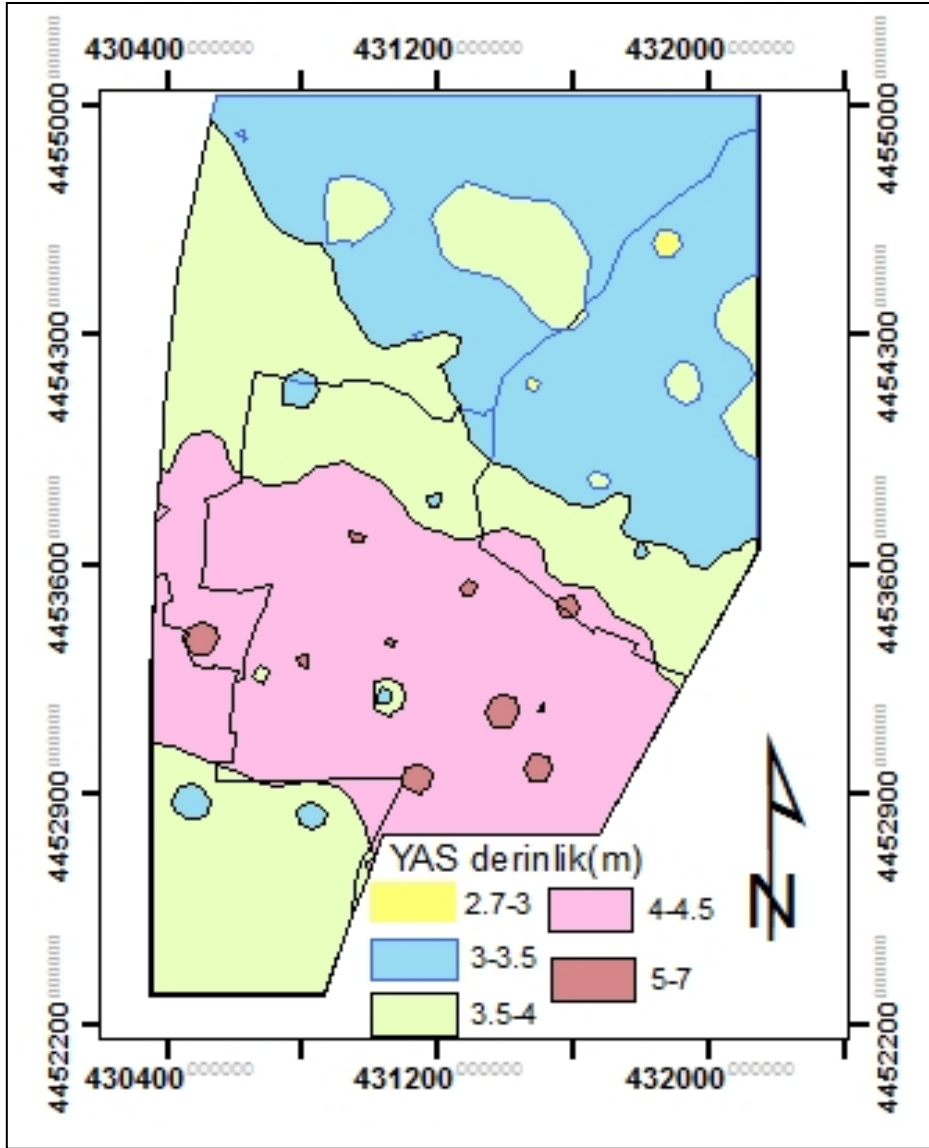
7.5 Yeraltı Su Kotu ve Yeraltı Su Seviye Haritaları

Yeraltı suyu, alüvyonda sıvılaşılabirlik, kilde şişme gibi zeminde problemlere yol açtığından oldukça önemlidir. Yeraltı suyundan kaynaklanan problemleri en aza indirmek veya ortadan kaldırmak, hidrojeolojik koşulları tanımlamaktan geçer. Bunun için yeraltı su seviyesi haritaları ve yer altı su kot haritalarından yararlanmak gerekmektedir.



Şekil 7.7: İnceleme alanının yeraltı su seviye kot haritası

Bursa ilindeki Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü'nden alınan inceleme alanına ait hidrojeoloji haritaları ve zemin etüt raporlarındaki sondaj loglarında ölçülmüş olan yeraltı su seviye değerleri birlikte değerlendirilerek yeraltı su seviye kot haritası ve yüzeyden itibaren yeraltı su seviye haritası oluşturulmuştur. Bu haritalara göre yeraltı suyu akış yönü KB'ya doğru yönelim göstermektedir. Hidrolik eğimin topoğrafik eğime yaklaşık olarak paralel olduğu görülmektedir (Şekil 7.7). Yer altı suyu bakımından zengin olan Gürsu ilçesinde yer altı su seviyesi derinliği yerleşim yerinin güney kesimlerinde yaklaşık 2 m ile 7 m arasında değişim göstermektedir. Yeraltı su seviyesi güneyinde 5-6 m iken bu derinlik güneye doğru azalmakta ve yer yer yer 3 m derinliğe kadar inmektedir.



Şekil 7.8: İnceleme alanının yeraltı su seviye haritası

7.6 Standart Penetrasyon Testi (SPT) Haritaları

Zemin araştırmalarında büyük önem taşıyan ve bir arazi deneyi olan Standart Penetrasyon Deneyi zeminin mühendislik özelliklerini belirlenebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. SPT, taşıma gücü, sıvılaşma gibi önemli parametrelere ulaşma imkanı sağladığından ayrıca önemlidir. Bu nedenle SPT haritaları da zeminlerin mühendislik davranışının irdelenmesine yardımcı olmaktadır.

Tablo 7.1: Standart penetrasyon direnci ve izafi sıklık arasındaki ilişkiler (Sivrikaya ve Toğrol 2009'dan alınmıştır)

Dane Yerleşim Durumu	$^1N_{60}^*$ $^2N_{1/60}^*$ (Terzaghi ve Peck 1967)	İzafi Sıklık D_{rr} (%)			
		Meyerhof (1956) ¹	Bowles (1968) ¹	Duncan ve Buchinani (1976) ²	Mitchell ve Katti (1981) ²
Çok gevşek	< 4	< 20	< 15	< 15	< 15
Gevşek	4-10	20-40	15-30	13-35	15-35
Orta sıkı	10-30	40-60	35-65	35-65	35-65
Sıkı	30-50	60-80	65-85	65-85	65-85
Çok sıkı	>50	>80	85-100	85-100	85-100

Sondaj çalışmalarında yapılan SPT deneylerinde elde SPT-N darbe sayısı değerleri CBS ortamında değerlendirilerek 3, 6 ve 9 m derinlikte söz konusu değerlerin değişimini gösteren haritalar üretilmiştir.

Kumlarda SPT-N değeri ile izafi (rölatif) sıklıklar arasında ilişki Tablo 7.1'de, killerin kıvamı ile SPT-N değeri arasındaki ilişki ise Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2: SPT ile ince daneli zeminler arasındaki ampirik ilişki (Sivrikaya ve Toğrol 2009'dan alınmıştır)

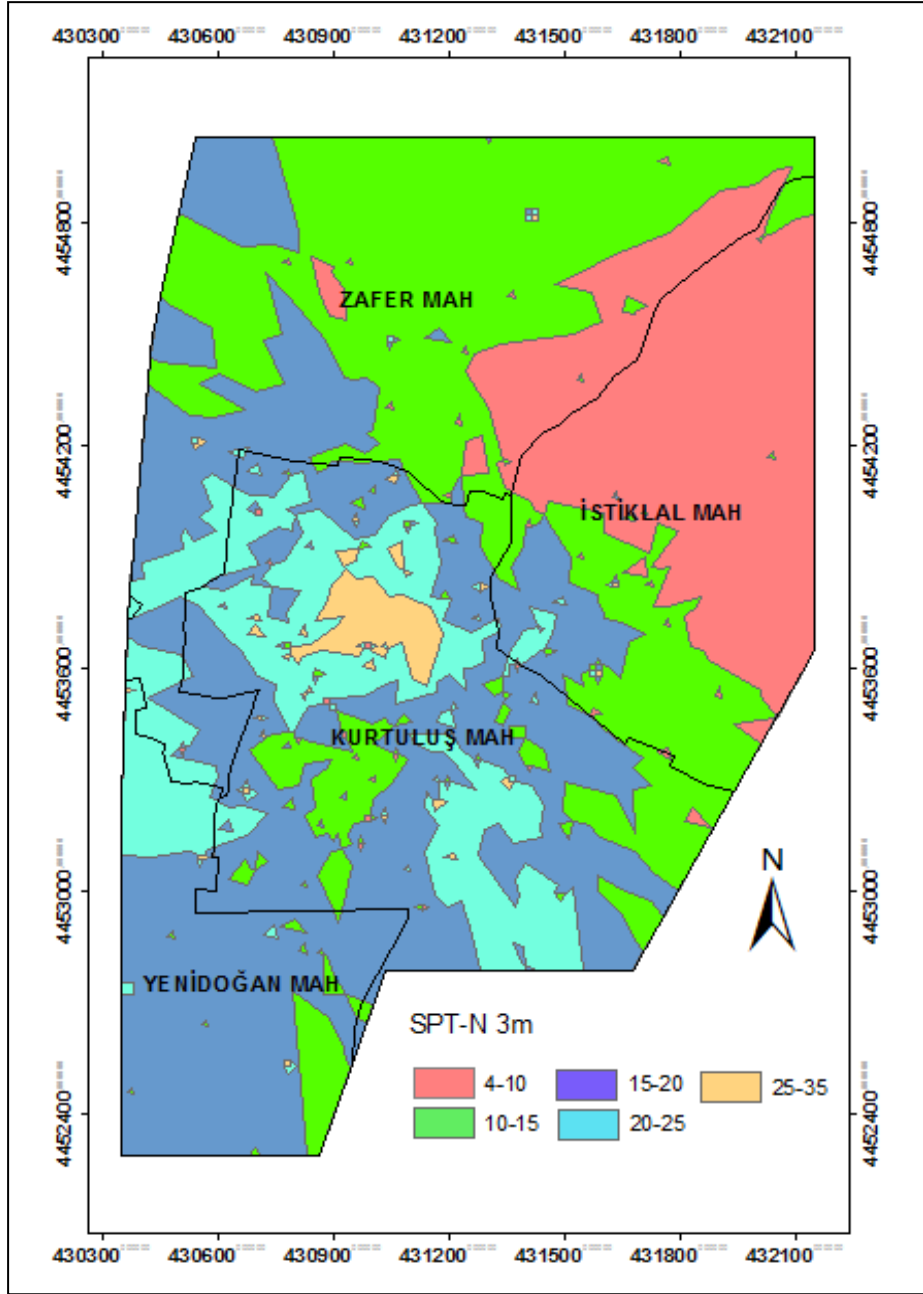
Kıvam	SPT-N	q_u (kPa)
Çok Yumuşak	< 2	< 25
Yumuşak	2-4	25-50
Orta katı	4-8	50-100
Katı	8-15	100-200
Çok katı	15-30	200-400
Sert	>30	>400

Standart penetrasyon direnci ve izafi sıklık arasındaki ilişkileri tanımlayan Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre (Tablo 7.1) değerlendirildiğinde; 3 m derinlik için üretilen haritada, İstiklal Mahallesi'nin büyük bölümünde SPT-N

değerlerinin 4-10 arasında değişim gösterdiği ve bu alanlarda “gevşek” birimin hakim olduğu görülmektedir. Zafer Mahallesi'nin kuzeyi, kuzeybatısı ve yer yer kuzey doğusu ile İstiklal Mahallesi'nin alt kesimleri 10-15 arasında değişim gösteren SPT-N değerlerine sahiptir, bu alanlarda da yine “gevşek” birim hakimdir. İnceleme alanının alt kesimleri, güney doğusu, güney batısı ve kuzey batısı yaklaşık 10-15 arasında değişim gösteren SPT-N değerlerine sahiptir. Bu alanlar ise “orta sıkı” yapıdadır. İnceleme alanının yer yer iç kesimi ile güneydoğu kesimin bir bölümü 20-25 arasında değişim gösteren SPT-N değerlerine sahiptir. Bu alanlar “orta sıkı-sıkı” yapıdadır. Kurtuluş Mahallesi'nin kuzeybatı kesiminin bir bölümünde SPT-N değerleri 25-35 arasındadır, bu alanlarda yeryer “orta sıkı” ve “sıkı” yapıdadır (Şekil 7.9). İnceleme alanında 35'ten büyük SPT-N değerleri fazla gözükmemektedir.

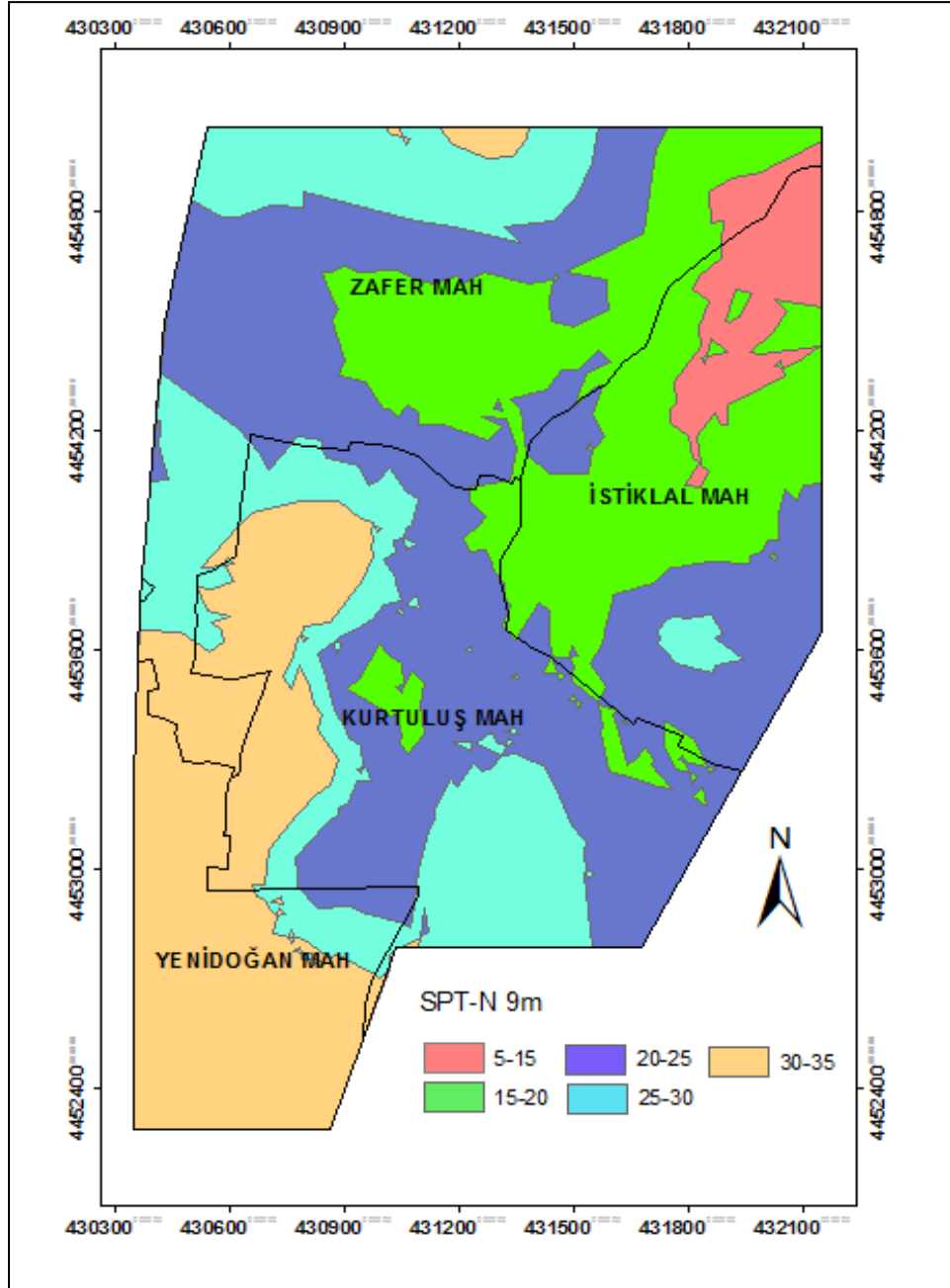
6 m derinlikte ölçülen SPT-N değerlerinin değişimini gösteren haritaya göre İstiklal Mahallesi'nin kuzeyi ve yer yer iç kesimleri ile Zafer Mahallesi'nin yer yer iç kesimleri, güneybatısı ve doğu kesimleri 5-10 arasında değişim gösteren SPT-N darbe sayılarına sahip olduğundan, Terzaghi ve Peck (1967) sınıflamasına göre (Ttablo 7.1) bu alanlarda zemin “gevşek” bir yapıdadır. İnceleme alanının iç kesimleri, kuzeybatısı, doğu kesiminin bir bölümü ve yer yer alt kesimleri ile güneybatı kesimleri 10-30 arasında değişim gösteren SPT-N değerlerine sahiptir. Bu alanlarda zemin “orta sıkı” olarak tanımlanmaktadır. Kurtuluş Mahallesi'nin güneybatısı ve Zafer Mahallesi ile Yenidoğan Mahallesi sınırının bir bölümü 25-35 arasında SPT-N darbe sayısına sahiptir. Bu alanlarda ise zemin “orta sıkı-sıkı” olarak tanımlanmaktadır (Şekil 7.10)

9 m derinlikte ölçülen SPT-N değerlerinin değişimini gösteren harita incelendiğinde (Şekil 7.11), söz konusu değerlerin 9 m. deki zeminin 3 m ve 6 m derinliklerine göre daha sıkı bir zemin yapısını gösterdiği görülmektedir. Bu haritaya göre İstiklal Mahallesi'nin kuzey kesimleri ile Zafer Mahallesi'nin doğu kesiminin küçük bir bölümü 6-15 değerinde SPT-N darbe sayısına sahiptir. Bu alanlar “gevşek” ve “orta sıkı” olarak tanımlanmaktadır. İnceleme alanının yer yer iç kesimleri, doğusu, güneydoğusu ve kuzeybatısı 15-25 aralığında değişen SPT-N darbe sayılarına sahiptir. Bu değerlere göre bu alanlar “orta sıkı” olarak tanımlanmaktadır. Yenidoğan Mahallesi'nin tamamı, Kurtuluş Mahallesi'nin batısı ve Zafer Mahallesi'nin alt kesimi 30-35 arasında değişim gösteren SPT-N darbe sayısına sahip olduğundan “sıkı” olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 7.9: SPT-N değerlerinin 3 m derinlikteki değişim haritası

İnce daneli zeminlerin kıvamı ile SPT-N sayıları arasındaki ampirik ilişkiyi inceleyen Terzaghi ve Peck (1984) sınıflamasına göre (Tablo 7.2) değerlendirildiğinde 3 m ve 6 m derinlik için üretilen haritalarda yer alan killerde SPT-N darbe sayısının 4 ile 8 arasında değiştiği ve bu killerin genellikle “orta katı” kıvamda olduğu görülmektedir. 9 m derinlik için üretilen zemin sınıfını gösteren haritalarda yer alan killi alanlarda ise SPT-N darbe sayısının 6 ile 15 arasında



Şekil 7.11: SPT-N değerlerinin 9 m derinlikteki değişim haritası

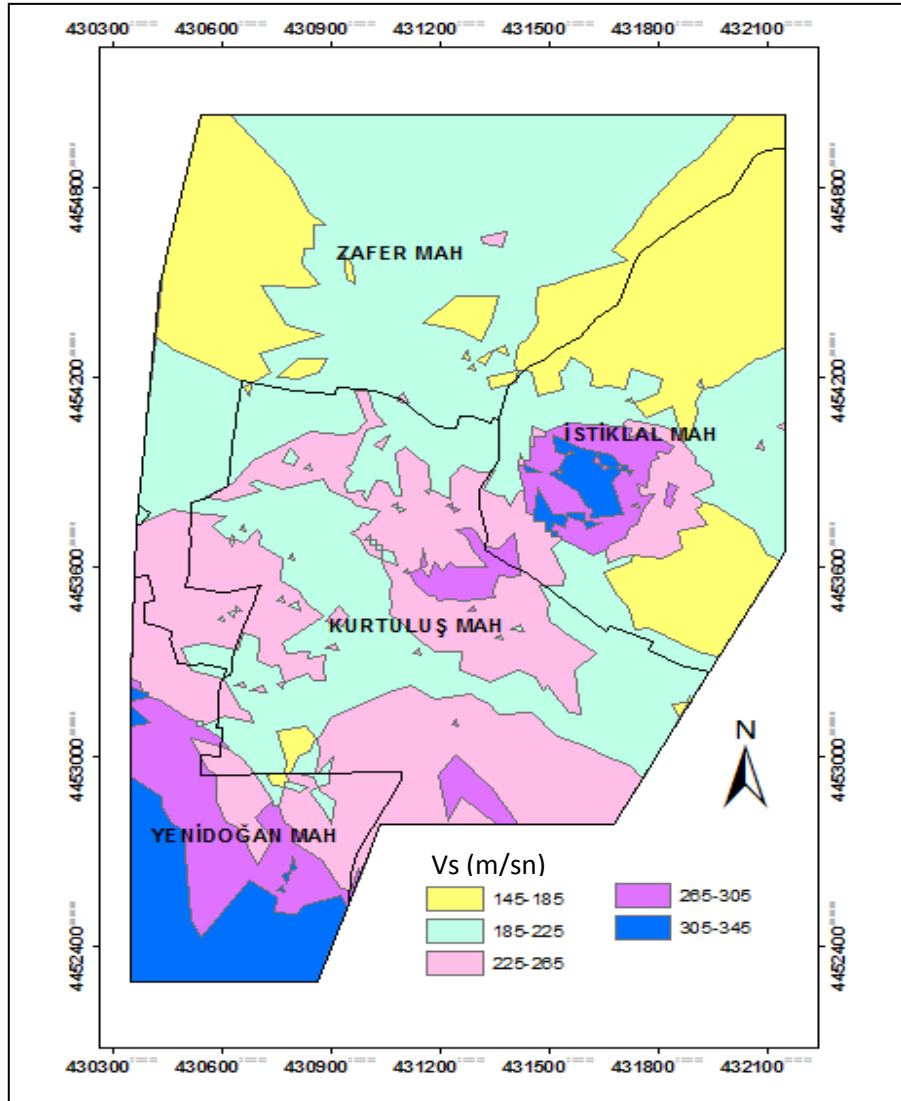
7.7 Enine Dalga Hız Haritaları (Vs Haritaları)

Genel olarak zemin sınıflamasında ve kuvvetli yer hareketleri, karşısındaki mühendislik davranışının belirlenmesinde kullanılan dinamik zemin parametreleri sismik dalgalar yardımıyla elde edilen hız bilgilerinden üretilmektedir. Hız bilgileri ve bu bilgilerden türetilen parametreler zemin sınıfına ve yeraltısu koşullarına göre farklılık göstermektedir.

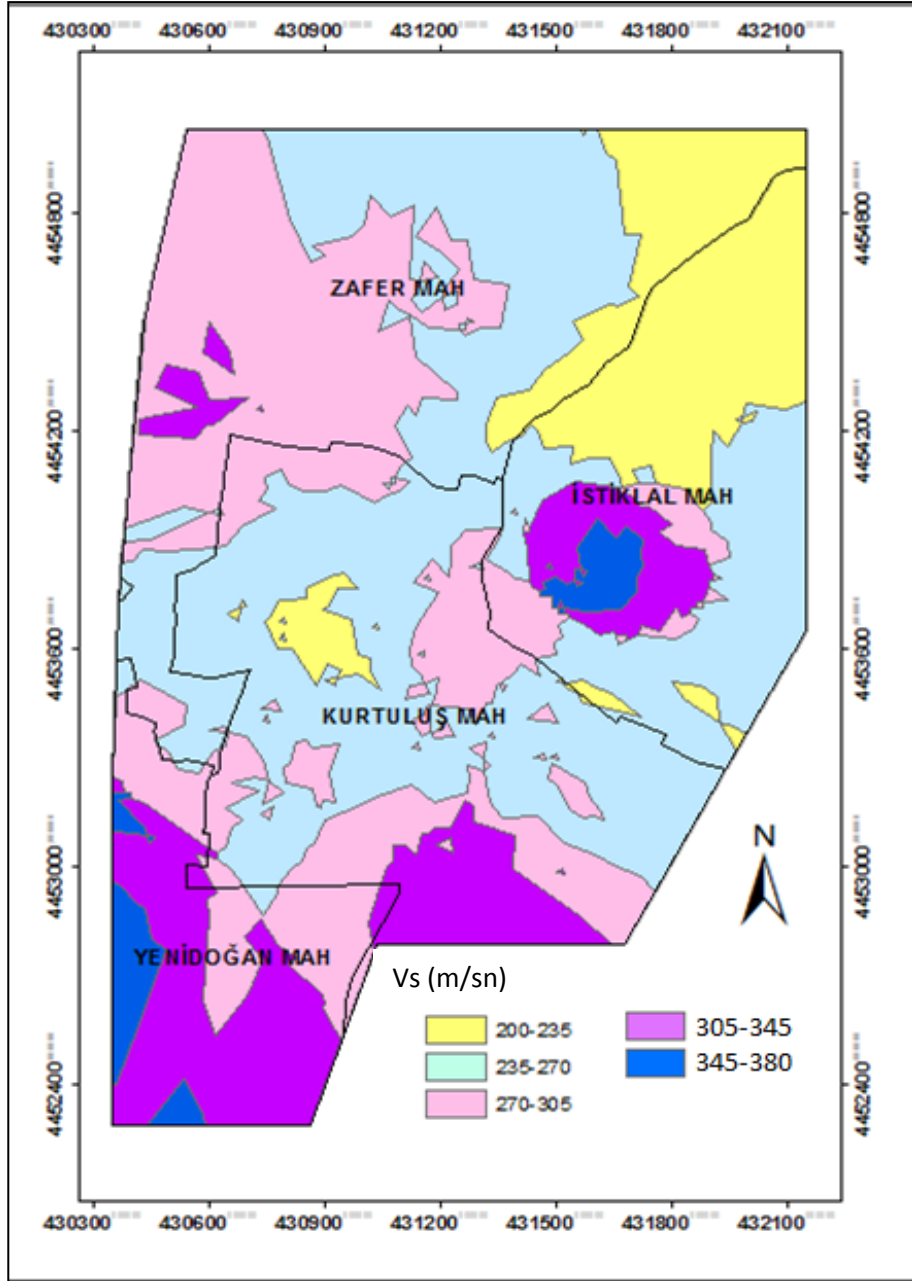
Tablo 7.3: Dalga Hızları Zemin Tanımlamaları (Uyanık vd. 2006)

$V_s > 750$ m/s	çok sıkı yada ana kaya
$500 < V_s < 750$ m/s	Sıkı
$350 < V_s < 500$ m/s	orta sıkı
$200 < V_s < 350$ m/s	gevşek
$V_s < 200$ m/s	çok gevşek

Gürsu yerleşim alanında yapılan çalışmalardan elde edilen sismik enine dalga hız (V_s) değerlerinden yararlanılarak inceleme alanında sırasıyla 3 m, 6 m ve 9 m derinlik için sismik enine dalga hız haritaları üretilmiştir. Enine dalga hız (V_s) haritaları, Uyanık vd., (2006) sınıflamasına göre değerlendirilmiştir (Tablo 7.3).



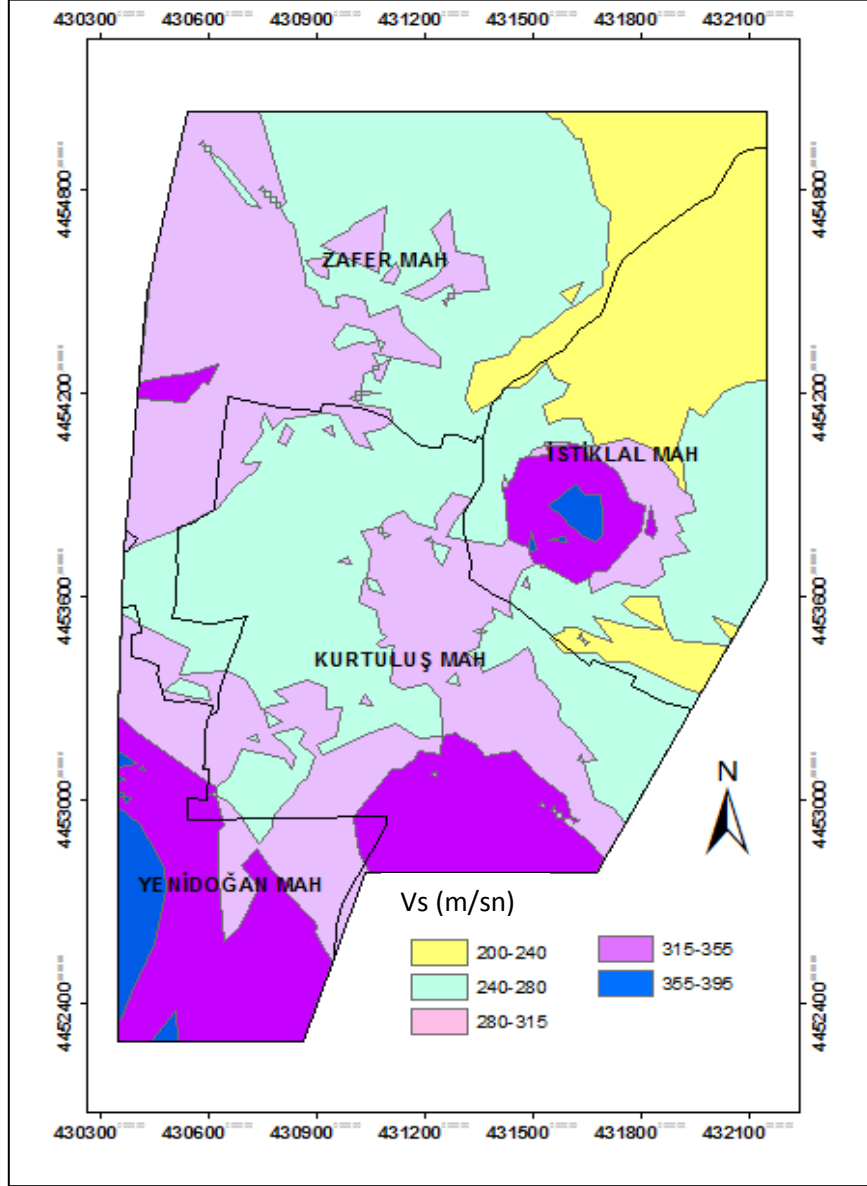
Şekil 7.12: İnceleme alanının 3 m derinlik için enine dalga hız haritası



Şekil 7.13: İnceleme alanının 6 m derinlik için enine dalga hız haritası

Enine dalga hızının 3 m derinlik için mekansal değişimi incelendiğinde (Şekil 7.12); inceleme alanının KB, KD, D ve GD kesimlerinde ortalama Vs değerleri 145-185 m/s arasında değişim göstermektedir. Bu seviyede gözlenen zemin, Uyanık vd. (2006) sınıflamasına göre (Tablo 7.3) “çok gevşek” olarak tanımlanabilir. İnceleme alanının kuzeyi, batısı, iç kesimleri ve güney kesiminin büyük bölümünde ise Vs değerleri 185-265 m/s arasında değişim göstermektedir, bu alanlar da yine çok gevşek-gevşek yapılı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 7.12). İnceleme alanının GB

kesimleri, Yenidoğan Mahallesi'nin Güney kesimleri ve iç kesimleri, Kurtuluş Mahallesi'nin belli bölgeleri V_s değerleri 265-345 m/s arasında değişim göstermektedir. Bu lokasyonlarda ise zemin, yer yer “gevşek” ve “orta sıkı” yapıdadır (Şekil 7.12).



Şekil 7.14: İnceleme alanının 9 m derinlik için enine dalga hız haritası

6 m derinlik için enine dalga hızının mekansal dağılımını gösteren harita (Şekil 7.13) incelendiğinde; yerleşim alanının KB kesimleri; İstiklal Mahallesi'nin üst tarafları, Zafer Mahallesi'nin doğu tarafları ve Kurtuluş Mahallesi'nin kuzey kesimlerinin belli bölgeleri “çok gevşek” yapıdadır. Bu alanlarda ortalama V_s değerleri 200-235 m/sn'dir. İnceleme alanının iç kesimleri ile kuzey ve doğu

kesimleri; Kurtuluş Mahallesi'nin üst taraflarının büyük bölümü, İstiklal Mahallesi'nin belli bölgeleri, Zafer Mahallesi'nin orta kesimleri yine “gevşek” bir yapıya sahiptir. Bu alanlarda Vs değerleri 235-270 m/s arasında değişim göstermektedir. İnceleme alanının güney'i, KB'sı ve GD'su yine “gevşek” bir zemin yapısına sahiptir. Bu alanlarda Vs değerleri ise 270-345 m/s arasında değişim göstermektedir.

9 m derinlikte Vs değerlerinin değişimini gösteren harita Şekil 7.14'te verilmiştir. Bu seviyede de inceleme alanında zemin genellikle “gevşek” yapıdadır. Vs değerleri ortalama 204-355 m/s arasında değişim göstermektedir. Bu değerler bölgenin KB kesiminde daha da düşüktür. Vs değerleri 355-393 m/s arasında değişim gösteren İstiklal Mahallesi'nin Batısında çok küçük bir bölüm ile Yenidaoğan Mahallesi'nin iç kesimlerinin bir bölümü “orta sıkı” yapıda olduğu tanımlanmaktadır (Şekil 7.14).

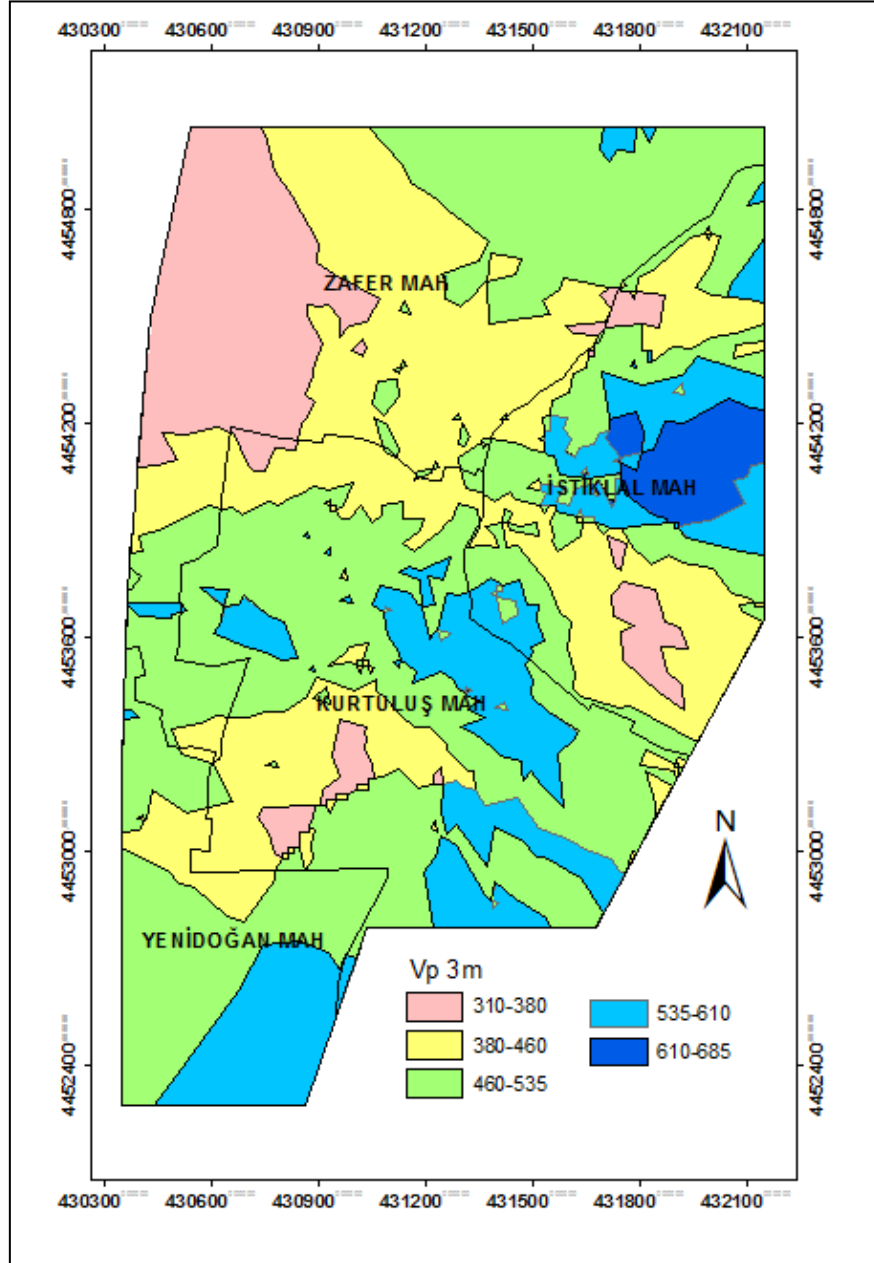
7.8 Boyuna Dalga Hız Haritaları (Vp Haritaları)

Zeminlerde ölçülen boyuna dalga hızı (Vp) zeminlerin mineralojik özelliklerine, türüne ve sıklığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Keçeli (1990)'da verilen değerler (Tablo 7.4) bu durumu göstermektedir. Vp gevşek zeminlerde düşük sıkı zeminlerde fazladır. İnceleme alanının değişik derinlikleri için Vp'nin mekansal değişimi verilmiştir (Şekiller 7.15-7.17).

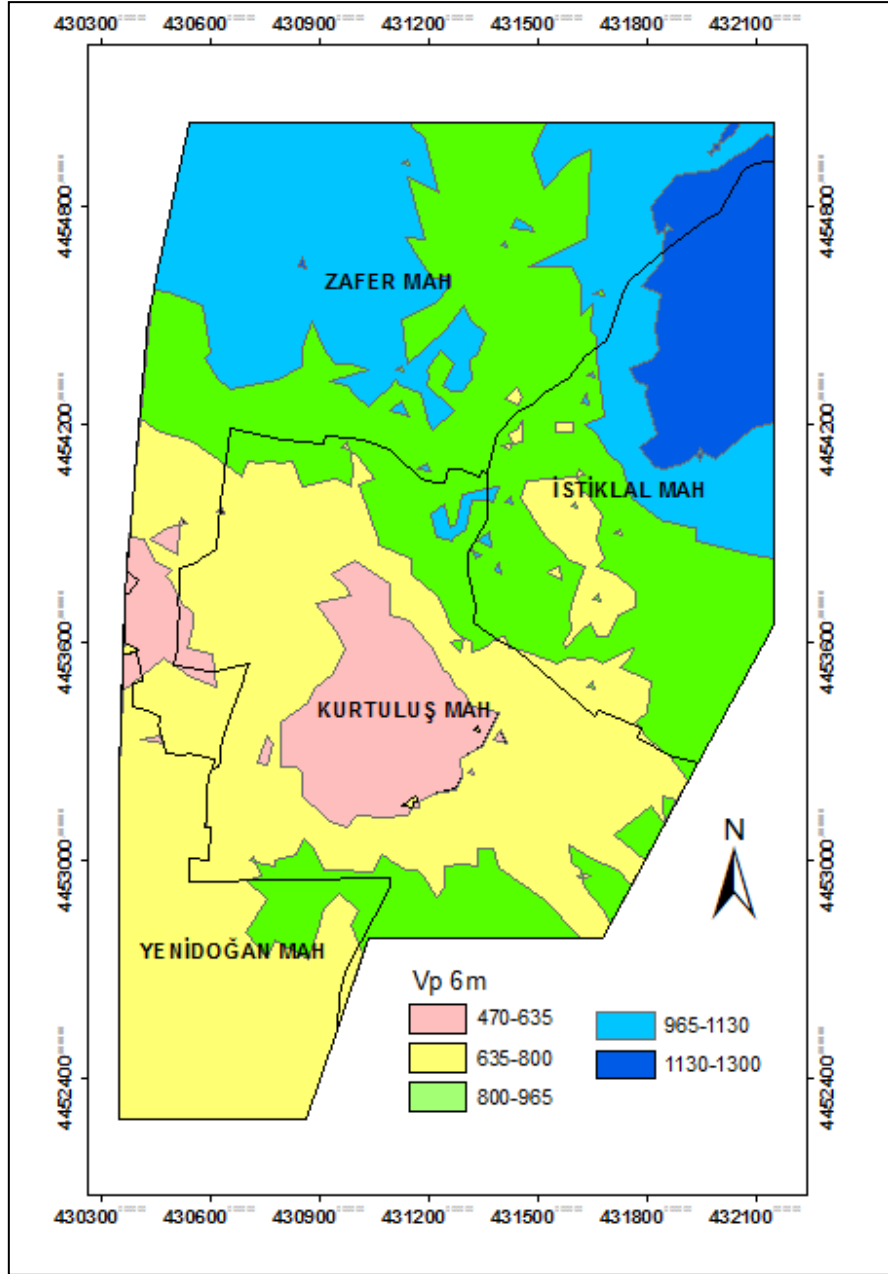
Tablo 7.4: Bazı zemin ve kayalar için boyuna dalga ve enine dalga hızları (Vp ve Vs) (Keçeli, 1990'den değiştirilerek)

Zemin veya kayaç	Vp (m/san)	Vs (m/san)
	(Gevşek-sıkı)	(Gevşek-sıkı)
Balçık zemin	100-600	100-200
Alüvyon kili	300-600	70-130
Sel kili	500-1800	100-350
Gevşek kum	600-1800	150-500
Alüvyon çakılı	400-1900	100-430
Sel çakılı	900-2200	250-600
Çakıl, kuru kum	500-1000	250-300
Alüvyon kumu	-	171

Vp değerlerinin 6 m derinlikteki mekansal dağılımı (Şekil 7.16) incelendiğinde, bu değerlerin Kurtuluş Mahallesi'nin iç kesimlerinde 470-635 m/sn, mahallenin geri kalan bölümlerinde ise 635-965 m/sn arasında değiştiği görülmektedir. Yenidoğan Mahallesi'nde ise Vp değerleri genellikle 635-800 m/sn arasında değişmektedir. Zafer Mahallesi'nin güneydoğu ve İstiklal Mahallesi'nin güneybatı kesimlerinde ise bu hız değerleri 800-965 m/sn arasındadır (Şekil 7.16).

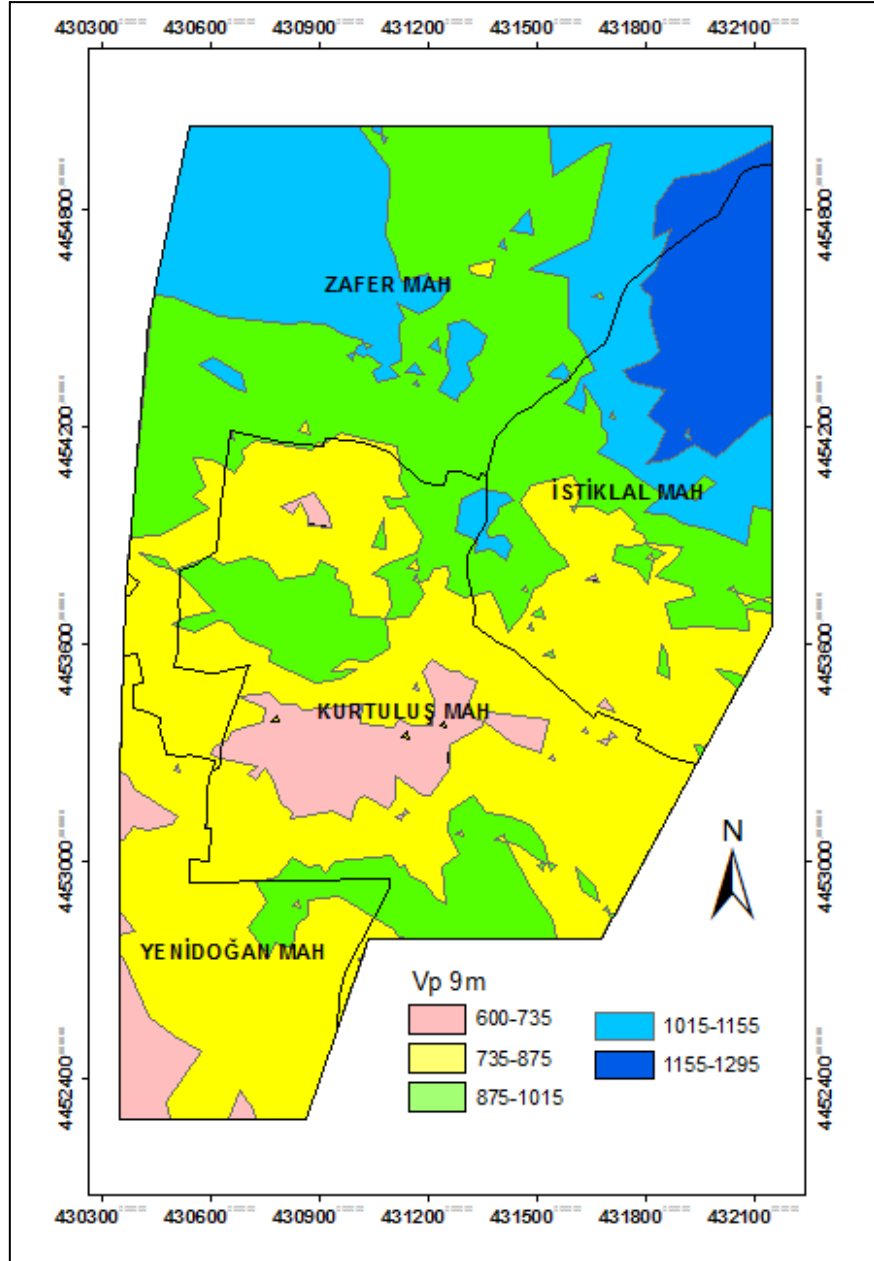


Şekil 7.15: İnceleme alanının 3 m derinlik için boyuna dalga hız haritası



Şekil 7.16: İnceleme alanının 6 m derinlik için boyuna dalga hız haritası

İnceleme alanında 9 m derinlikte Vp değerlerinin değişimi gösteren harita ise Şekil 7.18’de verilmiştir. Zafer Mahallesi'nin orta bölümü, Kurtuluş Mahallesi'nin güneydoğu ve yer yer güneybatı kesimlerinde Vp değeri 735-875 m/sn arasındadır. İstiklal Mahallesi'nin üst bölgeleri ve Zafer Mahallesi'nin doğu bölgeleri değerleri 600-735 m/sn arasında değişmekte iken İstiklal Mahallesi'nin iç kesimleri ile Yenidoğan Mahallesi'nin büyük bölümünde bu değer 1015-1155 m/sn arasındadır (Şekil 7.17).



Şekil 7.17: İnceleme alanının 9 m derinlik için boyuna dalga hız haritası

7.9 Sismik Hız Oranı (Vp/Vs Oranı)

Sismik hız oranı, kayaçların mineral bileşimine, dokuyu teşkil eden tanelerin büyüklüğüne ve dağılımına, gözenekliliğine, gözenek suyunun cins ve miktarına, sıkışabilirliğine, çimentolanma derecesine ortam hacmine ve sonuç olarak jeolojik geçmişi ve kayacın yaşına önemli ölçüde bağlıdır (Kurtuluş vd, 2011) . Kurtuluş vd, (2011) tarafından verilen Vp/Vs oranlarına göre zeminin durumunu gösteren verilere göre (Tablo 7.5); Vp/Vs oranı arttıkça zeminin “çok

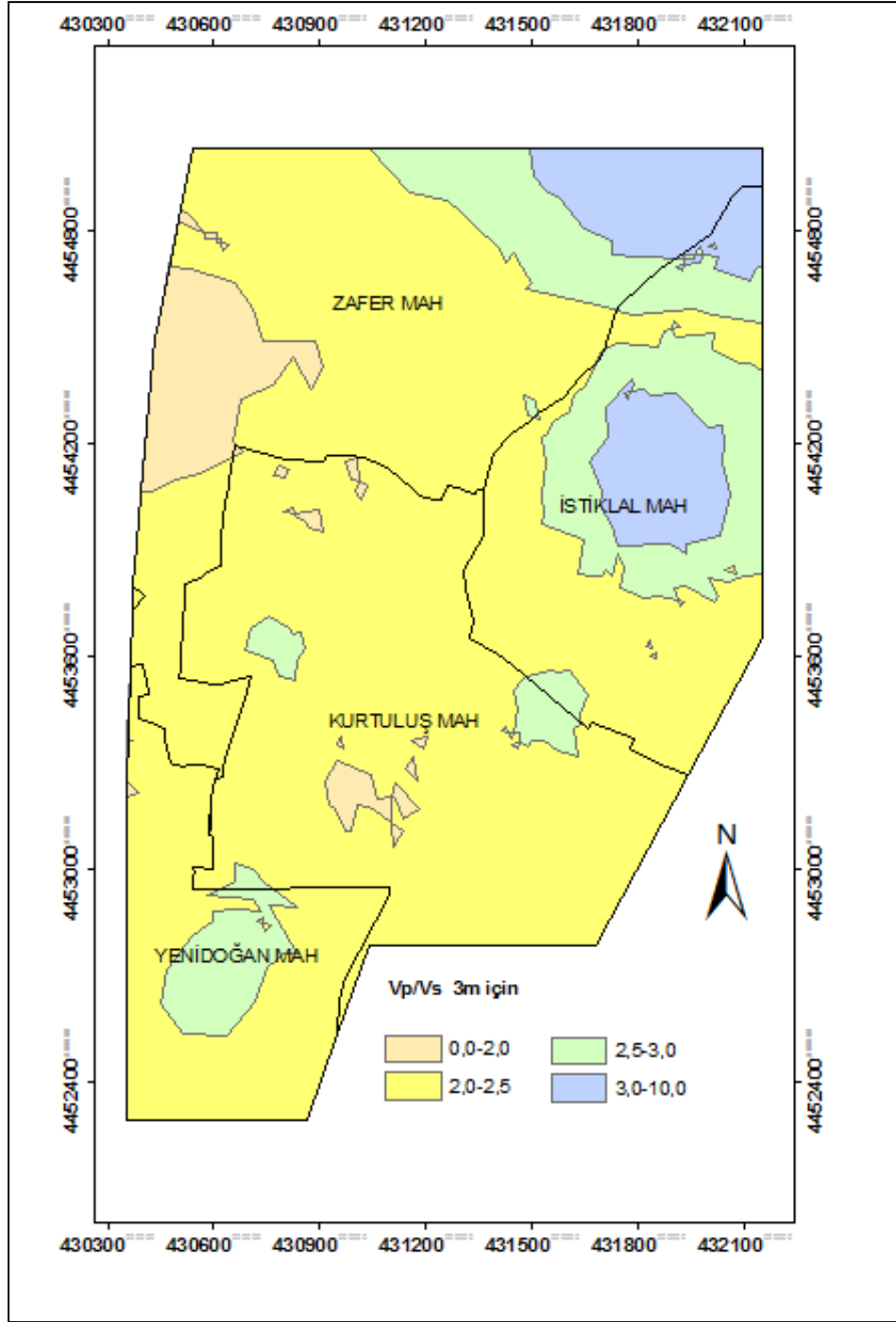
sıkı” durumdan “gevrek-yumuşak” (başka bir deyişle çok gevşek) duruma doğru değiştiği, yani sıklılığının azaldığı görülmektedir. Söz konusu tabloya göre V_p/V_s oranı arttıkça dinamik kayma modülü (G , kg/cm^2) ve dinamik elastisite modülü (E , kg/cm^2) azalmaktadır (Tablo 7.5) .

İnceleme alanındaki zeminlerin boyuna dalga hızı değerinin (V_p) enine dalga hızı (V_s) değerine oranlanmasıyla hesaplanan sismik hız oranı değeri değerlendirilirken Tablo7.5 esas alınmıştır.

3 m derinlik için üretilen sismik hız oranının dağılımını gösteren harita (Şekil 7.18) incelendiğinde; Kurtuluş, Yenidoğan ve Zafer Mahallelerin büyük bölümü “Sıkı-Katı” sınıfına girerken İstiklal Mahallesi kuzey kesimi ile yer yer iç kesimi, Zafer Mahallesi kuzeybatı kesimi “Orta Sıkı-Bozuşmuş” ve “Gevşek-Yumuşak” sınıflamasına girmektedir. Yenidoğan Mahallesi iç kesiminde ise “Orta Sıkı-Bozuşmuş” sınıfına giren zeminler yaygındır. Kurtuluş mahallesi yer yer kuzeyinde ve iç kesimlerinde, Zafer Mahallesi batı tarafında “Gevşek-Yumuşak” sınıflamasına giren zemin yapısı görülmektedir (Şekil 7.18)

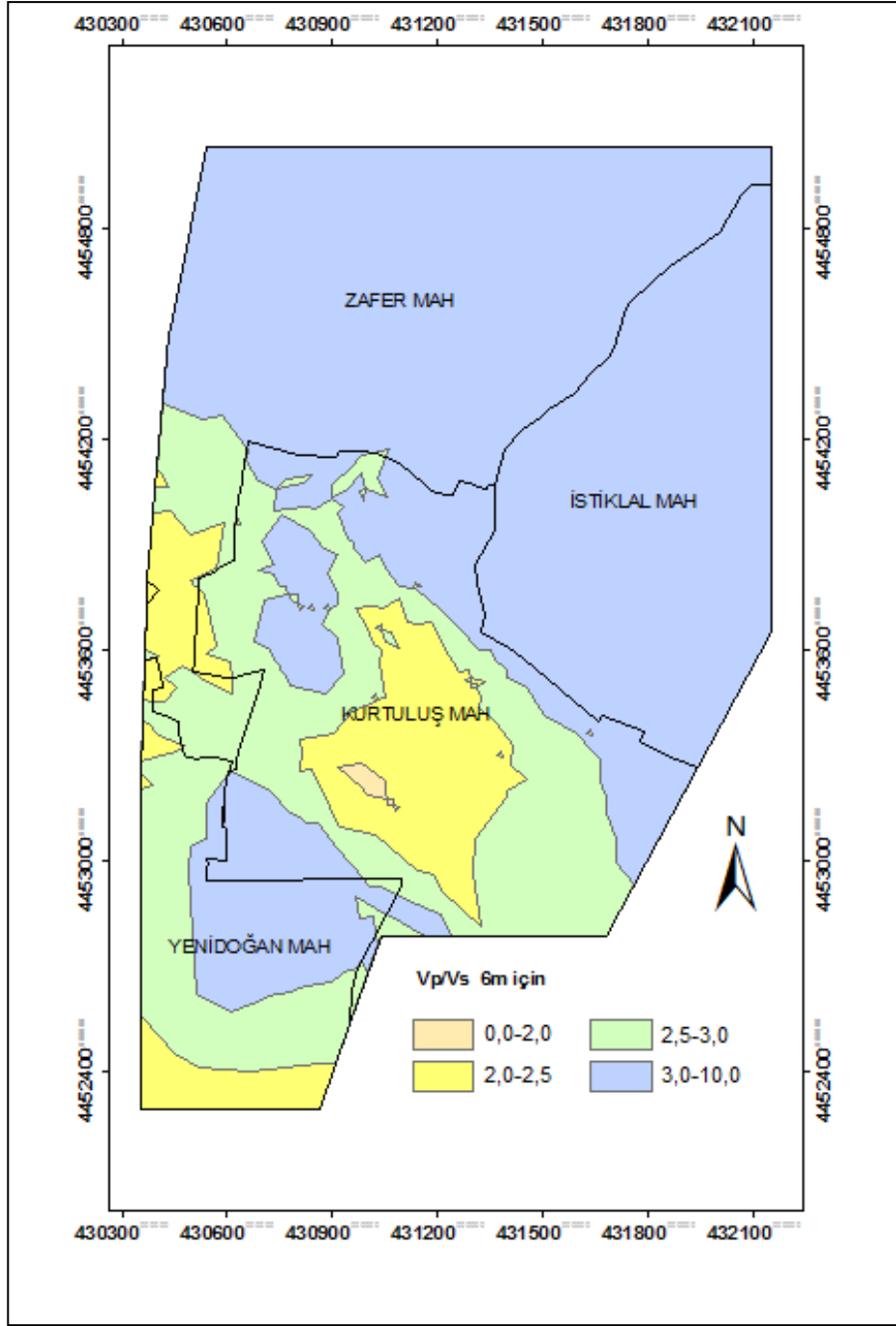
Tablo 7.5: Zeminin sıklık durumuna göre enine dalga hızı (V_s), boyuna dalga hızı (enine dalga hızı oranı (V_p/V_s), dinamik kayma modülü (G , kg/cm^2) ve dinamik elastisite modülü (E , kg/cm^2) değerleri (Kurtuluş v.d.2011’den alınmıştır)

Zemin Durumu	V_s (m/sn)	T_a-T_b	V_p/V_s	G_s (kg/cm^2)	E_d (kg/cm^2)	q_s (kg/cm^2)
Çok Sıkı Zemin	>700	0.10-0.30	1.5-2.0	>1000	>30000	10-100
Sıkı-Katı	400-700	0.15-0.40	2.0-2.5	3000-10000	10000-30000	3-10
Orta Sıkı-Bozuşmuş	200-400	0.15-0.60	2.5-3.0	600-3000	1700-10000	1-3
Gevrek-Yumuşak	<200	0.20-0.90	3.0-10.0	<600	<1700	<1



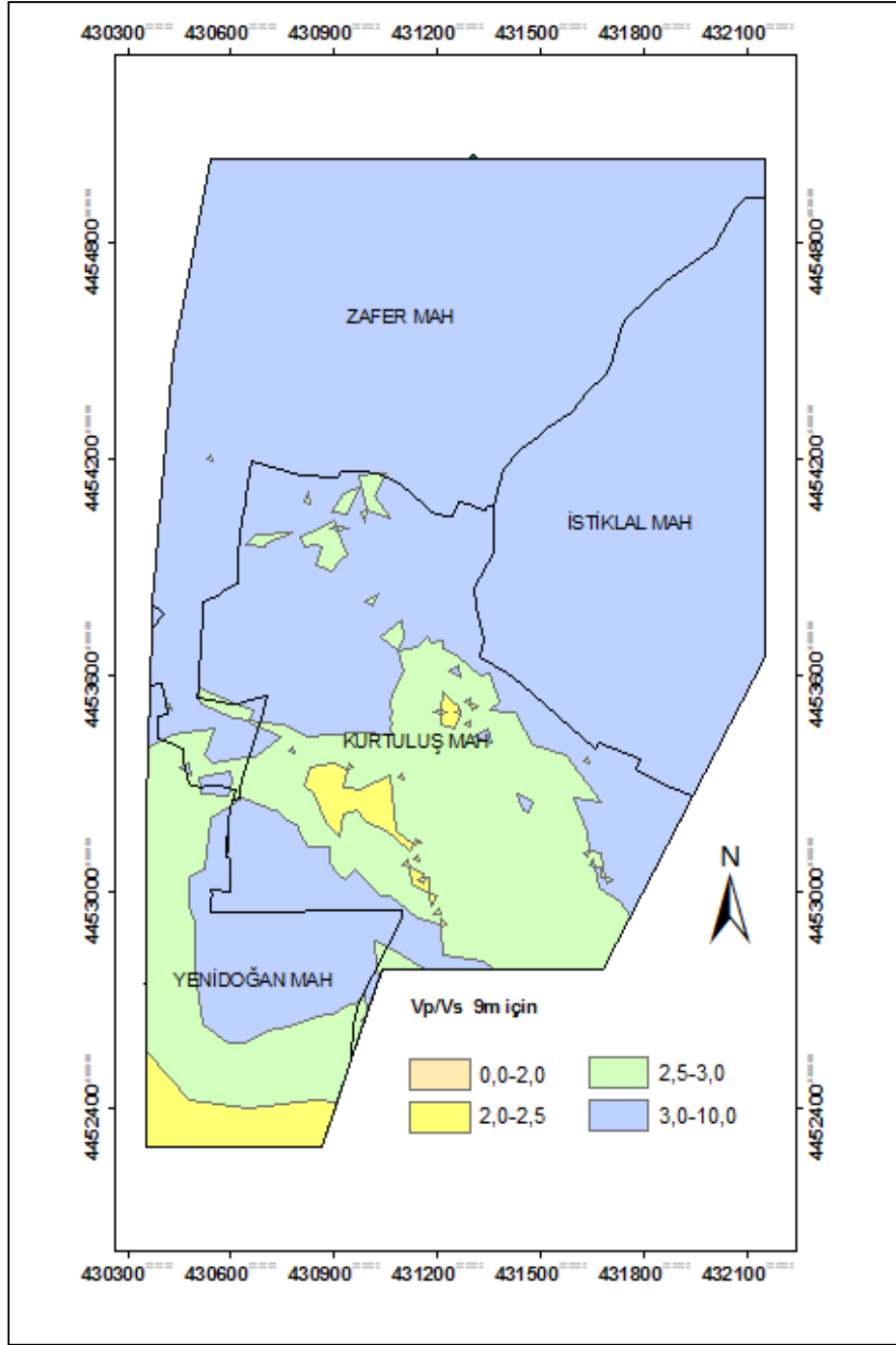
Şekil 7.18: İnceleme alanının 3 m derinlik için Vp/Vs oranı haritası

6 m derinlik için üretilen sismik hız oranının dağılımını gösteren harita (Şekil 7.19) incelendiğinde Zafer ve İstiklal Mahallesi, Yenidoğan Mahallesinin kuzeybatısı, Kurtuluş Mahallesinin yer yer kuzeyi “Gevşek-Yumuşak” sınıflamasına girmektedir. Kurtuluş Mahallesinin iç kesimi, Zafer Mahallesinin alt kesimi ve Gündoğdu Mahallesinin güneyi “Sıkı-Katı” sınıfına girmektedir (Şekil 7.19).



Şekil 7.19: İnceleme alanının 6 m derinlik için Vp/Vs oranı haritası

9 m derinlik için üretilen ve sismik hız oranının (Vp/Vs) mekansal dağılımını gösteren haritası Şekil 7.20’de verilmiştir. Yenidoğan Mahallesi’nin kuzeybatısı, Kurtuluş Mahallesi’nin kuzeyi, güneybatısı ve güneydoğusu ile Zafer ve İstiklal Mahallesi’nin tamamı “Gevşek-Yumuşak” sınıflamasına girmektedir.



Şekil 7.20: İnceleme alanının 9 m derinlik için Vp/Vs oranı haritası

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gürsu ilçesi yerleşim alanı, birinci derece deprem bölgesinde yer alması ve önceki çalışmalara göre de jeolojik koşullar dikkate alındığında zayıf zemin koşullarına sahip olması nedeniyle arazi kullanım planlarına temel teşkil edecek jeo-mühendislik haritaların oluşturulması ihtiyacı hayati önem taşımaktadır. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği ABD'na Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın amacı bu ihtiyacının karşılanmasına yöneliktir.

Gürsu ilçesi yerleşim alanında arazi kullanımına yönelik jeo-mühendislik haritalarını oluşturmak için yapılan bu çalışmada, söz konusu haritaların üretiminde Gürsu İlçesi Belediyesi (Bursa) arşivinde bulunan jeolojik-jeoteknik raporlardan ve zemin etüt raporlarından, elde edilen bilgilerden yararlanılarak hazırlanan veri tabanı esas alınmıştır. Bu veriler ile CBS kullanılarak Gürsu ilçesi yerleşim alanında arazi kullanımına yönelik jeo-mühendislik haritalarından; eşyükselti, eğim, bitkisel toprak derinliği, yeraltı su seviye kotu, yeraltı su derinliği haritaları yanısıra, 3 m, 6 m ve 9 m derinlikleri için zemin sınıfı, SPT-N değeri, enine dalga hızı, boyuna dalga hızı ve sismik hız oran (V_p/V_s) haritaları üretilmiştir.

-Gürsu ilçesinde alüvyonların hakim olduğu ve bölgede genellikle siltli kum, killi kum, siltli çakıl, killi çakıl, silt ve kil birimlerinin bulunduğu görülmektedir.

- Gürsu (Bursa) ilçesi yerleşim alanında rakım güneyde 101 m, kuzeyde ise 141 m. dir. Eğim kuzeyden güneye doğru olup, genelde %1'den küçük olmakla birlikte yer yer %1'in üzerindedir. En yüksek eğim değeri ise %5'i geçmemektedir

- İnceleme alanında bitkisel toprak kalınlığı en fazla 0,60 cm'dir.

- İnceleme alanında yeraltı su seviyesi kuzeyde 5-6 m'lerde iken bu derinlik güneye doğru azalmaktadır. Yeraltısuyu akış yönü ise KB'ya doğru yönelim göstermektedir. Yer altı suyu kotu 130 m ile 99 m değerleri arasındadır.

- SPT değerlerinin değişimine göre; 3m derinlik için inceleme alanında genellikle gevşek birim hakimdir, inceleme alanının alt kesimleri orta sıkı yapıda

olup, yer yer iç kesimlerinde ve güneydoğu kesiminin bölümünde bazı alanlarda orta sıkı ve sıkı yapı görülmektedir. 6 m derinlik için inceleme alanının kuzeybatısı ve iç kesimlerinin üst bölümleri gevşek yapıdadır. Genellikle orta sıkı bir yapı görülen inceleme alanında yer yer sıkı yapı da görülmektedir. 9 m derinlik için inceleme alanının kuzydoğusunun bir bölümünün gevşek yapıda olduğu görülürken, inceleme alanının genelinde orta sıkı ve sıkı bir zemin yapısının hakim olduğu görülmektedir.

- 3 m ve 6 m derinlik için üretilen zemin sınıfını gösteren haritalarda yer alan killerin genellikle orta katı kıvamında olduğu görülmektedir. 9 m derinlik için ise killerin orta katı-katı kıvamında olduğu görülmektedir

- Enine dalga hız değerlerine göre, inceleme alanında 3 m derinlik için zemin genelde çok gevşek-gevşek yapıda olup, 6 m derinlikte genellikle gevşek yapıdadır. 9 m derinlikde ise zemin genelde gevşek yapıda olup yer yer orta sıkı yapıdadır.

- Boyuna dalga hız değerlerine göre inceleme alanında; balçık zemin, alüvyon kili, sel kili, gevşek kum, alüvyon çakılı, sel çakılı, çakıl, kuru kum, alüvyon kumu, çamurtaşı, traverten gibi zemin ve kayalar tanımlanmaktadır.

-Sismik hız oranları 3 m derinlik için min 1.4 - max 8.0, 6 m derinlik min 1.3 - max 9.4, 9 m derinlik için ise min. 1.3 - max 9.4'tür. Bu değerlere göre inceleme alanında genel olarak gevşek-yumuşak orta-sıkı bozuşmuş, sıkı-katı ve çok sıkı zemin türlerinin bulunduğu anlaşılmaktadır.

-Sanayileşme, ulaşım ve yerleşmenin önemli olduğu ve sürekli geliştiği bölgelerden olan çalışma alanımız olan Gürsu ilçesi (Bursa) 1. Derece deprem kuşağında yer aldığı göz önünde tutulmalı, geçmişte yaşanan büyük acıların tekrarlanmaması için yapılaşmaya giderken, zeminlerin etkileşimlerine, bina-zemin ilişkilerine, yer altı su durumuna, bölgenin fiziksel yapısına ve tektonik durumuna dikkat edilmelidir.

-MTA'nın 2012 yılında yaptığı Diri Fay haritasına göre inceleme alanını etkileyecek diri faylar; Gevye-İznik, Bursa, Uluabat, Mustafakemalpaşa, Yenişehir ve İnönü-Eskişehir faylarıdır. İnceleme alanı genellikle zayıf bir zemin yapısına sahiptir. Yeraltı su derinliği genelde 10 mden düşük ve sınırlanabilir kumlu zeminlere

sahiptir. Bu nedenle Gürsu ilçesi yerleşim alanında, eldeki verilerin yeni sondajlarla denetlenerek, sıvılaşma analiz çalışmaları yapılmalıdır.

Olası bir deprem durumunda veya başka bir doğal afet durumunda üretilen haritalar, oluşabilecek hasarları en aza indirmede veya ortadan kaldırmada yol gösterici olacaktır. Ayrıca jeo-mühendislik haritaları ile zamandan tasarruf sağlamada, maliyetleri en aza indirmede ve en önemlisi yerleşime uygun alan seçiminde kullanılabilmek mümkün olacaktır. Coğrafi Bilgi Sistemleri güncellenebilir ve geliştirilebilir olduğundan bu çalışma da geliştirilebilir ve güncellenebilir. Bu alışma ile, veriler doğrultusunda sorgulama yapılabilir, zemine ait bilgilere ulaşılabilir ve çeşitli haritalar üretilir. Ayrıca bu çalışmada üretilen haritalar, bölgede yapılacak diğer çalışmaların daha doğru yorumlanmasına yardımcı olabilir niteliktedir.

6. KAYNAKLAR

Akdeniz E., Güney Y., Pekkan E., Avdan U, Tün M. Ve Ecevitoğlu B. , (2011). Temel Zeminine Ait Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Eskişehir İli, Güllük, Yenibağlar ve Bahçelievler Mahalleleri Örneği.

Bargu S., Osmaşahin İ. ve Öztoprak S. (2000). Gürsu (Bursa) Alanının Jeolojik ve Jeoteknik Araştırma Raporu, *İstanbul Üniversitesi Araştırma ve Yardım Vakfı Eğitim Faliyetleri İşletmesi*.

Cengiz K., Başoğlu B., Kaya D.G., Yavaş G. ve Şahan Ç. (2011). Jeofizik ve Jeoteknik Yöntemler Kullanılarak İzmit Bölgesi'ndeki Kırmızı Kumtaşı Örneklerinin Mühendislik Parametrelerinin değerlendirilmesi, *Uygulamalı Yer Bilimleri sayı 2-10 10-20*, Kocaeli Üniversitesi, İzmit.

Chung. Jae-Won, (2007) Development Of A Geographic Information System-Based Virtual Geotechnical Database And Assessment Of Liquefaction Potential For The St. Louis Metropolitan Area. Doctor of Philosophy, *University of Missouri-Rolla*, İn Geological Engineering.

Çelik Y., (2006). Isparta Ovası Mühendislik Jeolojisi Haritası Veri Tabanı Hazırlanması. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta

Çetin Ö.K., Yunatıcı A.A., Çağlı S., Gülkökar T., Aktaş R., Altınışik F., Çelik S., Arabacı M.H. ve Çekmeceli M. (2004). Bursa Şehri İçin CBS Destekli Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi Ve Sıvılaşma Risk Haritası Oluşturulması, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Çetin, K. Ö., (2004). Bursa Şehri İçin CBS Destekli Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi ve Sıvılaşma Risk Haritası Oluşturulması. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.

Çobanoğlu, İ., Bozdağ Ş., Kumsar H. ve Çobanoğlu D. (2006). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Adana İli Yerleşim Alanının Hidrojeolojik Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi.

Elmasdere E., (2008). Isparta Mavikent Yerleşim Bölgesinin Sismik Mikrobölgelemesi ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Isparta.

Genç Ş., (1986). Uludağ-İznik Gölü Arası Jeolojisi, MTA Genel Müdürlüğü. Arşiv No: 234, Ankara.

Haşimoğlu A., (2004). Zemin Etüt Bilgi Sisteminin Oluşturulmasının Önemi: Yoncalı (Kütahya) Örneği. İmar İşleri Müdürlüğü, Planlama Servisi, Kütahya.

Karaca Ö., (2007). Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Hazırlanması. Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı*, Isparta.

Karadoğan S., (2007). Malatya Kenti ve Yakın Çevresi İçin Olası Doğal Riskler ve Afet Yönetimi (GIS Ortamında Örnek Bir Uygulama). TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*.

Karavul C., Kurnaz F.T. ve Kıyak A., (2005). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak İki Farklı Yaklaşımla Adapazarı Kenti SPT (Standar Penetrasyon Testi) Haritalarının Oluşturulması, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, İstanbul.

Karavul C., Kurnaz F.T., Bayhan G. Ve Kıyak A., (2005). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Adapazarı Zemin Sıklık Durumunun Haritalanması. Deprem Sempozyumu, Kocaeli.

Keçeli, A. 1990. Zemin emniyet gerilmesinin sismik metodlar ile tayini, Jeofizik Dergisi, 4, 83-92.

Kepçeoğlu Ö., (2008). Bursa İli Güzelyalı Beldesi İçin Mikrotremor Ölçümlerine Dayanan Bir Mikrobölgeleme Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul.

Kıncal C., Koca Y.M. ve Özyalın Ş., (2007). Armutalanı (Marmaris-Muğla) Beldesi Sahasının Yeleşim Amaçlı Arazi Kullanım Haritasının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Hazırlanması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi.

Kıyak A., Ergüven H., Karavul C., (2007). International Earthquake Symposium, Zemin Sınıflamada Bulanık Mantık Uygulaması. Kocaeli.

Kıyak, A., (2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Adapazarı İlinin Mikro Zemin Parametre Haritalarının Hazırlanması. Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Anabilim Dalı*, Sakarya.

Kurtuluş C., Başoğlu B., Kaya D.G., Yavaş G., Şahan Ç. (2011). Jeofizik ve Jeoteknik Yöntemler Kullanılarak İzmit Bölgesin'ndeki Kırmızı Kumtaşı Örneklerinin Mühendislik Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Uygulamalı Yer Bilimleri Sayı 1-2 10-20.

Küpçü, S., (2005). ArcGIS 9 Uygulama Dökümanı. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti., Ankara.

Seven S., (2008). Eskişehir İli Tepebaşı Bölgesinin Temel Zemini özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Eskişehir.

Sivrikaya, O. ve Toğrol E. (2009). Arazi Deneyleleri ve Geoteknik Tasarımında Kullanımı, İstanbul, Birsen Yayınevi, 234s.

Şensoy U., (2008). Çukurova Üniveritesi ve Çevresi Çevre Düzeni Planı., Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı*, Çukurova.

T.C. Bursa Valiliği İl Çevre Orman Müdürlüğü., (2008). 2008 Yılı İl Çevre Durum Raporu.

Tosun H., ve Orhan A., (2007), Coğrafi Bilgi Sistemi Programlarının Temel Zeminin Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanımı: Eskişehir Örneği. ESOGÜ Müh. Mim Fak. Dergisi, Eskişehir.

Ulusay R., (2010). Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 38, Güncelleştirilmiş, Genelleştirilmiş 5. Baskı.

Uyanık, O. (2006). Sıvılaşır yada Sıvılaşmaz Zeminlerin Yinelemeli Gerilme Oranına Bir Seçenek. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2),79-91, İzmir.

Yalıtırak, C. (2007). Kuzey Anadolu Fayı'nın Orta ve Güney Kolu Üzerinde Bursa ve Çevresinin Aktif Tektoniği ve Depremselliği., Bursa Kentine Çözümler Sempozyumu. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.*

Yalıtırak, C. (2007). Kuzey Anadolu Fayı'nın Orta ve Güney Kolu Üzerinde Bursa ve Çevre Aktif Tektoniği ve Depremselliği, Bursa Kentine Çözümler Sempozyumu, 05-07 Nisan 2007, 285-289.

Yalıtırak, C. .(2002). Tectonic Evolution Of The Marmara Sea And Its Surroundings, Mar. Geol. 190, 1/2. 493-530.

Yalıtırak C., Yalçın T., Yüce G. ve Bozkurtoğlu E. Water-Level Changes in Shallow Wells Before and After the 1999 İzmit and Düzce Earthquakes and Comparison with Long-Term Water-Level Observations (1999–2004), NW Turkey", Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 14, No. 3, 2005, s. 281-309, ISSN: 1300-0985, The Scientific and Technological Research Council of Turkey

Yalıtırak, C. (2000). Kuzey Anadolu Fayının Marmara Kolları ve Bölgenin Tektonik Yapısı. Güney Marmara Depremleri ve Jeofizik Toplantısı, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Bursa.