KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZMİT KÖRFEZİ KUZEYİ KIYI VE DENİZ DİBİ ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Şerife Emel COŞKUN

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özkan CORUK

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZMİT KÖRFEZİ KUZEYİ KIYI VE DENİZ DİBİ ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şerife Emel COŞKUN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 03 Ocak 2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 21 Şubat 2008

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Yrd.Doç.Dr. Özkan CORUK	Yrd.Doç.Dr. Ahmet KARAKAŞ	Doç.Dr. Erkan GÖKAŞAN
(.....)	(.....)	(.....)

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada; Marmara Bölgesi'nde yer alan İzmit körfezi kuzey kıyı bölgeleri ve deniz dibi çökellerinin mühendislik jeolojisi özellikleri incelenmiştir. Arazi çalışmaları ve raporlar incelenmiş, yapılan sondaj verileri ve laboratuar deney verilerine ait bilgiler değerlendirilerek yorumlanmıştır. Çalışma alanının mühendislik jeolojisi özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak haritalanmış ve mühendislik jeolojisi özelliklerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma Sayın Yrd. Doç.Dr. Özkan CORUK denetiminde yapılmıştır.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca arazi ve büro çalışmalarım süresince değerli görüş ve bilgilerini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç Dr. Özkan CORUK'a, çalışmalarımın çeşitli aşamalarında katkılarından dolayı Sayın Yrd. Doç.Dr. Ahmet KARAKAŞ'a, meslek hayatımda ve çalışmalarım esnasında her zaman desteklerini gördüğüm GEOS Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. ailesine ve Sn.Hasan E. ALPAY'a, Sn. M.Buğra TEZAN'a, Sn.Tayfun ÖZBEK'e, Sn.Ayşen ARSLAN'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Desteğiyle, dostluğuyla her zaman yanımda olan canım dostum Esma'ya sevgilerimi ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca her zaman varlıklarıyla beni mutlu eden ve güç veren, desteklerini, sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen, Annem, Babam, Ağabeyim ve Tanyer'e sonsuz sevgilerimi, saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR……..…...i

İÇİNDEKİLER……..ii

ŞEKİLLER DİZİNİ…….……..v

TABLOLAR DİZİNİ……vi

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR…….....vii

ÖZET……viii

ABSTRACT……..ix

BÖLÜM 1. GİRİŞ…….....1

1.1.İncelemenin Amacı.....1

1.2.İnceleme Alanı.....1

1.3. Çalışma Yöntemi……..…….6

BÖLÜM 2. ÖNCEKİ JEOLOJİK İNCELEMELER…….....…….8

BÖLÜM 3. GENEL JEOLOJİ .....……..…..10

3.1. Bölgesel Jeoloji ve Tektonik.....……..……..10

3.2. İnceleme Alanının Jeolojisi……..……11

3.2.1. Şirintepe Formasyonu (Qş)……...…12

3.2.2. Alüvyon (Qal)……...12

3.2.3. Dolgu Zemin…….13

3.2.4. Deniz Dibi Çökelleri…….13

BÖLÜM 4. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ……..17

4.1. İzmit Körfezi Morfolojisi…….....17

4.2. Oşinografik Özellikler…….....……18

4.3. Batimetri…….....19

4.4. İnceleme Alanının Morfolojisi...……..20

4.5. İnceleme Alanının Deniz Dibi Morfolojisi...……...22

4.6. Hidrojeolojik Özellikler…….....…….22

4.7. Arazi Çalışmaları…….....…….…...23

4.7.1.Arazi deneyleri…….....……..23

4.7.1.1.Sondaj çalışmaları..... …….....…….....23

4.7.1.2. Standart penetrasyon deneyi ……....27

4.7.1.3. Pressiometre deneyleri …….....28

4.7.2.Yeraltı suları…….....…….....35

4.8. Laboratuar Deneyleri…….....……..38

4.9. Kıyı ve Deniz Dibi Çökellerinin Mühendislik Jeolojisi Özellikleri…....……...38

4.10. Depremsellik…….....45

4.11. Sıvılaşma Analizi…….....46

BÖLÜM 5. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ.....49

5.1. Coğrafi Bilgi Sistemi…….....49

5.1.1. CBS'nin Tarihçesi…….....49

5.1.2. CBS'nin Bileşenleri…….....50

5.1.3. CBS Nasıl Çalışır…….....51

5.1.4. CBS'de Temel İşlevler…….....…….....52

5.1.5. Veri Sunumu.....……..……...53

5.1.6. CBS Uygulama Alanları…….....……...53

5.1.7. İnceleme Alanının CBS / GIS Ortamında Sorgulanması…….....……...53

BÖLÜM 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER……..59

KAYNAKLAR……...62

ÖZGEÇMİŞ……64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İnceleme alanı uydu görüntüsü…….2

Şekil 1.2. İnceleme alanı yerbulduru haritası……....3

Şekil 1.3. İnceleme alanı ve yakın dolayı 1/5000 ölçekli pafta anahtarı……..….5

Şekil 3.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütün kesiti…….……..11

Şekil 3.2. M102-M103-M104-M105-M107 no'lu Yarımca Konteyner Terminali deniz sondajlarına ait litolojik kesit…….....15

Şekil 3.3. M109-M110-M111-M112 no'lu Yarımca Konteyner Terminali deniz sondajlarına ait litolojik kesit……..15

Şekil 3.4. İzmit Körfezi çökel dağılım haritası…….…….…….16

Şekil 4.1. İzmit Körfezi batimetri haritası……..……19

Şekil 4.2. İzmit körfezi jeomorfoloji haritası……...21

Şekil 4.3. Kara sondajlarına ait ince taneli zeminlerin plastisite grafiği……42

Şekil 4.4. Deniz sondajlarına ait ince taneli zeminlerin plastisite grafiği……...44

Şekil 5.1. CBS'nin çalışma sistemi……..51

Şekil 5.2. İnceleme alanı sondaj lokasyon haritası……...55

Şekil 5.3. İnceleme alanı jeoloji haritası…….……....56

Şekil 5.4. İnceleme alanı yeraltısu seviyesi değişim haritası……..57

Şekil 5.5. İnceleme alanı SPT-N_{30} değerlerine göre yapılmış zemin kıvam / sıkılık haritası……..58

.

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. İnceleme alanı kara sondajları…….24
Tablo 4.2. İnceleme alanı deniz sondajları……...27
Tablo 4.3. Granüler zeminler için sıkılık sınıflaması……...28
Tablo 4.4. Kohezyonlu zeminler için sıkılık sınıflaması……..28
Tablo 4.5. Yarımca Konteyner Terminal sahası'na ait pressiometre deney verileri……29
Tablo 4.6. Alpet Körfez Dolum Tesisleri sahası'na ait pressiometre deney verileri…..31
Tablo 4.7.1. Kıyı çökelleri'ne ait pressiometre deney sonuç aralıkları……...33
Tablo 4.7.2. Deniz dibi çökelleri'ne ait pressiometre deney sonuç aralıkları……..35
Tablo 4.8. Yeraltısu seviyeleri ölçümleri……..…….36
Tablo 4.9. Alüvyon çökelleri oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri…….39
Tablo 4.10. Şirintepe Formasyonunu oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri……..…40
Tablo 4.11. Deniz dibi çökellerini oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik Özellikleri……..43
Tablo 4.12. İnceleme alanını oluşturan birimlerin zemin grubu, yerel zemin sınıfı ve spektrum karakteristik peryotları…… …….46
Tablo 4.13. Kara sondajları sıvılaşma analizi sonucu elde edilen oturma miktarları……..…….47
Tablo 4.14. Deniz sondajları sıvılaşma analizi sonucu elde edilen oturma miktarları……..…….47

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

CH	: Yüksek plastisiteli kil
CL	: Düşük plastisiteli kil
c_u	: Drenajsız kohezyon değeri
E	: Elastisite modülü
GC	: Killi çakıl
Gs	: Özgül ağırlık
I_P	: Plastisite indisi
ML	: Düşük plastisiteli silt
PL	: Limit basınç
PL*	: Net limit basınç
Qş	: Şirintepe Formasyonu
Qal	: Alüvyon
Qd	: Dolgu zemin
SM	: Siltli kum
SP	: Kötü boylanmış kum
Vp	: Birincil sismik dalga hızı
Vs	: İkincil sismik dalga hızı
w_n	: Su muhtevası
ω_P	: Plastik limit
ω_L	: Likit limit
γ_n	: Doğal birim hacim ağırlık
γ_d	: Suya doygun birim hacim ağırlık
Φ	: İçsel sürtünme açısı

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DSİ	: Devlet Su İşleri
KAFZ	: Kuzey Anadolu fay zonu
SPT N_{30}	: Standart penetrasyon testi penetrasyon direnci sayısı
USCS	: Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi (Unified Soil Classification System)

İZMİT KÖRFEZİ KUZEYİ KIYI VE DENİZ DİBİ ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

Şerife Emel COŞKUN

Anahtar Kelimeler: İzmit Körfezi, Kıyı ve Deniz Dibi Çökelleri, Mühendislik Jeolojisi, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Özet: Bu çalışmada, İzmit Körfezi Kuzey kesiminde yer alan, Kirazlıyalı, Körfez, Yarımca kıyı ve deniz dibi çökellerinin mühendislik jeolojisi özellikleri değerlendirilmiştir. İnceleme alanı sınırlarını, batıda Körfez ilçesi Kirazlıyalı beldesi'nde bulunan Evyap A.Ş., Körfez ilçesi Yarımca - Liman mevkiinde yer alan Rota Denizcilik Tic.A.Ş., ve Yarımca beldesi'nde yer alan Gübretaş A.Ş. liman sahası doğuda ise Körfez ilçesi'nde bulunan Yarımca Konteyner Terminal sahası, Tüpraş Rafinerisi ve Alpet Dolum Tesisi sahaları oluşturmaktadır. İnceleme alanı sınırları içerisinde yer alan alana ait mühendislik jeolojisi özelliklerinin belirlenmesinde, bu alanda yapılan sondaj verileri ve arazi gözlemleri veri kaynağını oluşturmuştur.

İnceleme alanı jeolojisi temelini Pleyistosen yaşlı çakıl, kum, kil ve silt ardalanmalı seviyelerle temsil edilen Şirintepe formasyonu oluşturmaktadır. Şirintepe formasyonu üzerinde Geç Kuvaterner'e ait alüvyon çökelleri yer almaktadır. Ayrıca inceleme alanında bu formasyonlar üzerinde, kil boyutundan blok boyutuna kadar malzemeden oluşan dolgu zemin tabakası bulunmaktadır. Deniz tabanında ise tabaka kalınlıkları 1.20 – 4.00m derinlikleri arasında değişen Pleistosen – Holosen yaşlı karasal çökellere ait, çok yumuşak, KİL ile gevşek / orta sıkı, çakıllı kumlu kabuk / kabuklu kum tabakaları belirlenmiştir.

Çalışma, elde edilen verilerin amaç doğrultusunda, değerlendirilerek, sayısal ortamda veri tabanı oluşturulmasını ve oluşturulan veri tabanının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında sorgulanmasını kapsamaktadır. Veri tabanı, alanın mühendislik jeolojisi özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Sondajlardan elde edilen veriler neticesinde; 0 – 2m, 2 - 4m, 4 – 6m, 6 – 8m, 8 – 10.4m derinlikler arasında beş farklı alana ayrılarak yeraltı su seviyesi haritası oluşturulmuştur. SPT_N30 darbe sayısı 4 – 10 (gevşek – orta katı / katı), 10 – 30 (orta sıkı – katı / çok katı), 30 – 50 (sıkı – çok katı / sert), > 50 (çok sıkı – sert) zeminler olarak 4 farklı gruba ayrılarak haritalandırılmıştır. Bu haritaların oluşturulmasında ArcGIS 9.1 programı kullanılmıştır.

ENGINEERING GEOLOGY OF COAST AND MARINE SEDIMENTS IN THE NORTH OF İZMİT BAY

Şerife Emel COŞKUN

Key Words: İzmit Bay, Coast and Marine Sediments, Engineering Geology, Geographic Information System (GIS)

Abstract: In this study, the engineering geology properties of the coast and marine sediments in Kirazlıyalı, Körfez and Yarımca are determined. The analyzed region is bounded in the west with Evyap A.Ş. in Kirazlıyalı country of Körfez, Rota Denizcilik Tic.A.Ş. around Yarımca-Liman in Körfez, and Gübretaş A.Ş. in Yarımca country while it is bounded in the east with Yarımca Konteyner Terminal region in Körfez, Tüpraş Refinery and Alpet Dolum Tesisi region. In the evaluation of the engineering geology properties of the analyzed region, drilling data and terrain observations composed the data source.

Şirintepe formation, which is symbolized with sequentions of Pleistosen old gravel, sand, clay and silt, is the base of the analyzed region. On Şirintepe formation, alluvial sediments exist that belong to Late Quaternary. Moreover, in the formation on the analyzed region, made ground layer exists that is composed of meterials such as clay and cobble size. On the bottom of the sea, loose / medium dense, gravelly sandy shell / shelly sand and very soft clay layers that belongs to Pleistosen – Holosen old terrestrial sediments, layers that have varying deepness between 1.20 – 4.00m exist.

The study involves the evaluation of the data collected in the light of the aim, the construction of the numeric database and the query of the database by using Geographic Information System (GIS). The database is evaluated according to the engineering geology properties of the region. Due to the data obtained by drilling, five different regions are created as 0 – 2m, 2 - 4m, 4 – 6m, 6 – 8m, 8 – 10.4m, and the under-water level map is formed. While mapping, SPT_N30 resistance value is grouped in 4 different gruops such as 4 – 10 (loose – medium stiff / firm), 10 – 30 (medium dense – firm / very stiff), 30 – 50 (dense – very stiff / hard), and > 50 (very dense – hard) ground. ArcGIS 9.1 is used to construct these maps.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmada, İzmit Körfezi kuzey kesiminde yer alan, Kirazlıyalı, Körfez, Yarımca bölgelerindeki kıyı ve deniz dibi çökellerinin mühendislik jeolojisi özellikleri, arazi ve laboratuar deneylerine göre incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre yorumlanmıştır.

1.1. İncelemenin Amacı

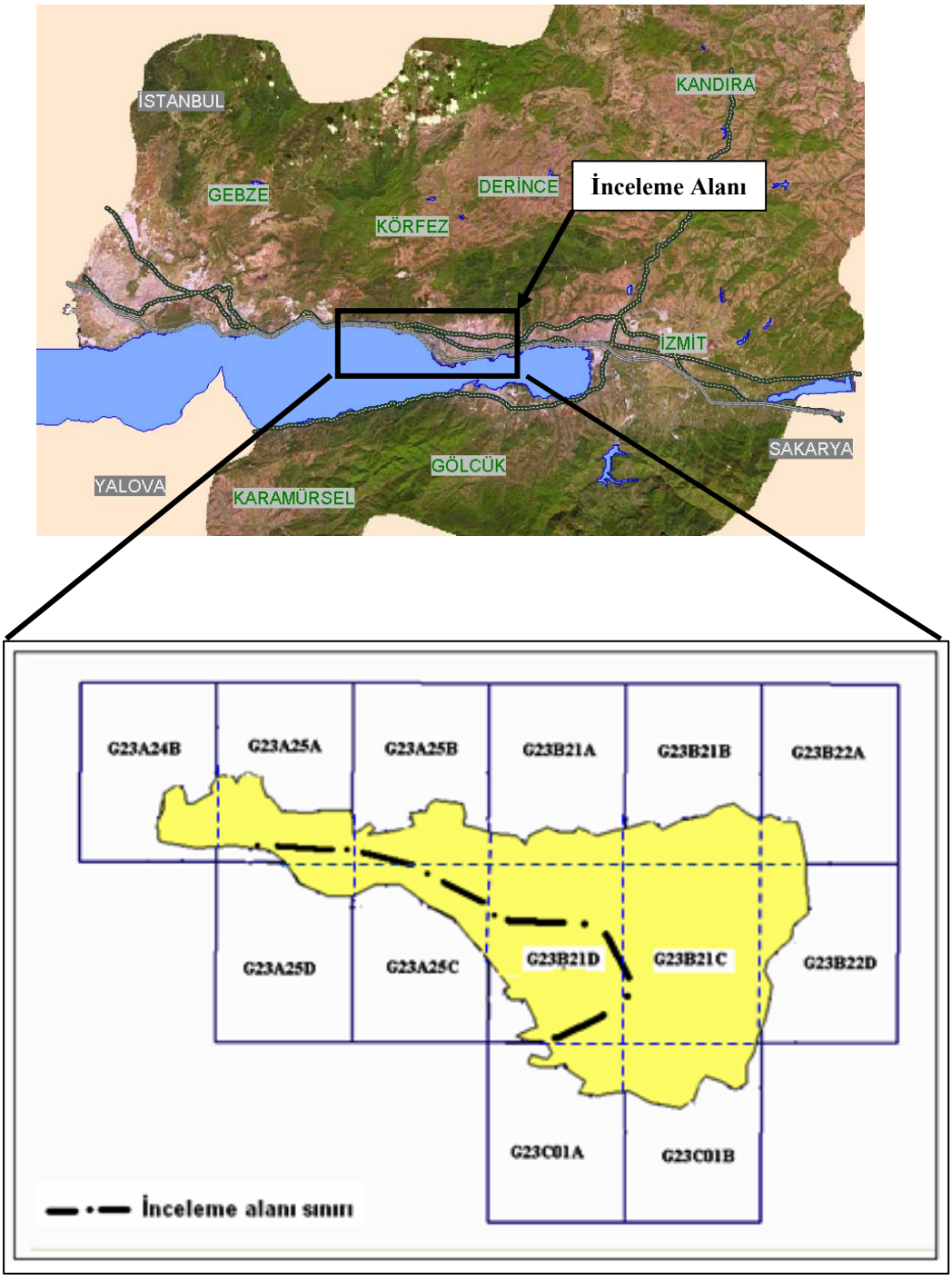
İnceleme alanı sınırlarını, batıda Körfez ilçesi Kirazlıyalı beldesi'nde bulunan Evyap A.Ş., Körfez ilçesi Yarımca- Liman mevkiinde yer alan Rota Denizcilik Tic. ve A.Ş., ve Yarımca beldesi'nde yer alan Gübretaş A.Ş. liman sahası, doğuda ise Körfez ilçesi'nde bulunan Yarımca Konteyner Terminal sahası, Tüpraş Rafinerisi ve Alpet Dolum Tesisi sahaları oluşturmaktadır. İnceleme alanı sınırları içerisindeki alana ait mühendislik jeolojisi özelliklerine, Evyap A.Ş., Rota Denizcilik Tic. ve A.Ş., Gübretaş A.Ş., Yarımca Konteyner Terminali, Tüpraş Rafinerisi ve Alpet Dolum Tesisleri sahalarında yapılan sondaj verileri ve arazi gözlemlerine göre hazırlanmış jeolojik-jeoteknik inceleme raporlarından ulaşılmıştır. Çalışma, elde edilen verilerin amaç doğrultusunda, değerlendirilerek, sayısal ortamda veri tabanı oluşturulmasını ve oluşturulan veri tabanının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında sorgulanmasını kapsamaktadır.

1.2 İnceleme Alanı

İnceleme alanı, Marmara Bölgesi, Kocaeli ili sınırları içinde İzmit Körfezi' nin kuzeyinde yer almaktadır. Doğuda, Körfez ilçesi'nde bulunan Yarımca Konteyner Terminal sahası (Yarımca Seramik Arazisi), Tüpraş Rafinerisi ve Alpet Dolum Tesisi sahaları, batıda Körfez ilçesi Kirazlıyalı beldesi'nde bulunan Evyap A.Ş., Körfez ilçesi Yarımca- Liman mevkiinde yer alan Rota Denizcilik Tic. ve A.Ş., ve Yarımca beldesi'nde yer alan Gübretaş A.Ş. liman sahaları inceleme alanını kapsamaktadır (Şekil 1.2.). İnceleme alanında yer alan sanayi kuruluşları Şekil 1.1'de verilmektedir.



Şekil 1.1. İnceleme alanı uydu görüntüsü

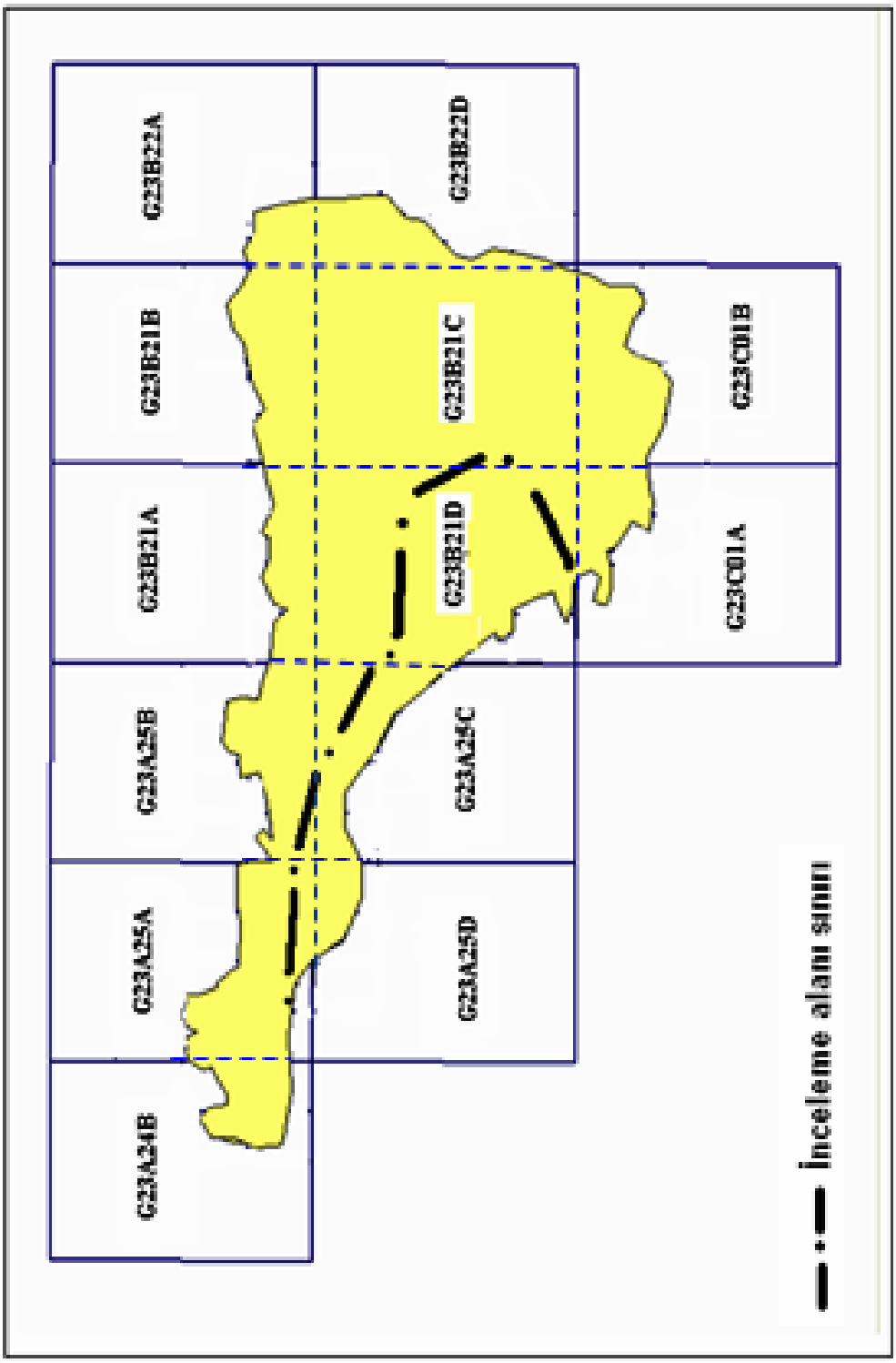


Şekil 1.2. İnceleme alanı yerbulduru haritası

İnceleme alanı, 1/5000 ölçekli Bursa G23a25a, G23a25c, G23a25d, G23b21d, paftalarının bir kısmını veya tamamını kapsamaktadır. Çalışmalar, 1/5000 ölçekli 4 paftadan oluşan topoğrafik haritalarda yapılmıştır. Pafta anahtarı Şekil 1.3.' de verilmektedir.

Kirazlıyalı, Körfez ve Derince yerleşim alanına ulaşım TEM otoyolu, E-5 Devlet Karayolu ve DDY ile sağlanmaktadır. Bu üç yol, inceleme alanını D-B yönünde kat etmektedir. Bölge içinde ise ulaşım asfalt ve stabilize yollarla sağlanmaktadır.

İnceleme alanında, ülkenin sayılı önemli sanayi kuruluşları ve limanlar bulunmaktadır. Bunlardan önemlileri; Evyap A.Ş., Yarımca Terminal Sahası, Rota Denizcilik Tic. ve A.Ş. Yarımca Tesisleri, Alpet, İzmit Tüpraş Rafinerisi, Petkim, Botaş, Habaş, İpragaz, Aygaz, Ocakgaz, Ergaz ve Turnagaz dır.



Şekil 1.3. İnceleme alanı ve yakın dolayı 1/5000 ölçekli pafta anahtarı

1.3 Çalışma Yöntemi

İzmit körfezi kuzey kıyı bölgeleri ve deniz dibi çökellerinin mühendislik jeolojisi özellikleri açısından incelemek amacıyla aşağıdaki çalışma ve araştırmalar yapılmıştır.

Hazırlanan bu tez çalışmasında, Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. firmasının, Evyap A.Ş., Rota Denizcilik Tic. ve A.Ş., Gübretaş A.Ş., Yarımca Konteyner Terminali, Tüpraş Rafinerisi ve Alpet Dolum Tesisleri sahalarında yapmış olduğu arazi çalışmaları önemli bir kaynak oluşturmuştur. İnceleme alanını oluşturan bu sahalarda yapılan sondajlara ait laboratuar deneyleri, arazi kayıtları ve raporlar değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Kıyı ve deniz dibi çökellerini oluşturan birimlerin yanal ve düşey dağılımının belirlenmesi ve mühendislik jeolojisinin incelenmesi amacıyla inceleme alanında, Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. tarafından sondajlar yapılmıştır. Kuyu derinlikleri 10.95 – 51.15 m arasında değişen 94 adet kara ve derinlikleri 16.55 – 45.50 m arasında değişen 34 adet deniz sondajları veri kaynağını oluşturmuştur. Bu sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuar deneyleri, granüler ve kohezyonlu zeminler üzerinde yapılan sıvılaşma analizleri, Yarımca Konteyner Terminal sahasında 8 kuyuda, Körfez Alpet sahasında 3 kuyuda gerçekleştirilen pressiometre deneyi verileri incelenmiştir.

Bölgenin ve inceleme alanının jeomorfolojik özelliklerini tanımlamak amacıyla, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nden sayısal ortamda 1/5.000 ve 1/1.000 ölçekli haritalar temin edilmiştir.

Elde edilen bu veriler doğrultusunda ArcGIS 9.1 programı kullanılarak inceleme alanında yapılan sondajların yerleri koordinat değerlerine göre noktasal işaretlenmiştir. İnceleme alanında yapılan sondajlarda ölçülen yeraltısuyu derinliklerine göre yeraltısuyu derinliği değişimini gösteren harita elde edilmiştir.

Dolgu tabakasının kalınlığı ve kıyı bölgelerinde bulunan sanayi yapıları dikkate alınarak, standart penetrasyon deneyinden elde edilen 6.00m derinlikteki SPT N_{30} değerlerine göre kıvam ve sıkılık haritası, granüler ve kohezyonlu zeminlerin dağılım haritaları hazırlanmıştır.

NCEER 1997 Work Shop Civiltech Liquefaction Pro bilgisayar analizi kullanılarak gevşek – orta sıkı granüler zeminler üzerinde sıvılaşma analizi yapılmıştır ve yapılan sıvılaşma analizine göre deprem sırasında zeminde oluşabilecek oturmalar hesaplanmıştır.

BÖLÜM 2. ÖNCEKİ JEOLOJİK İNCELEMELER

İzmit Körfezi, coğrafik konumu, jeolojik ve yapısal özellikleri bakımından birçok yerli ve yabancı araştırmacının dikkatini çekmiş ve farklı kişi ve kuruluşlar tarafından jeolojik, jeoteknik ve tektonik amaçlı pek çok çalışma yapılmıştır.

Yapılan çalışmalar, amaçlarına uygun olarak çalışma alanlarının jeolojik, jeoteknik ve tektonik özelliklerini ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar; Altınlı (1968), Çakır, Ş. (2000), Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. (2006, 2007) dir. Aşağıda kronolojik olarak çalışmalar hakkında açıklamalar yer almaktadır.

Altınlı (1968): Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü için hazırlanmış bu çalışmada inceleme alanı İzmit-Hereke-Kurucadağ olup, bölgenin l:25000'lik jeoloji haritası yapılmıştır. Alt Ordovisiyen Holosen zaman aralığındaki birimler grup, üye, formasyon bazında ayrılarak genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesit hazırlanmıştır.

Çakır, Ş. (2000): Çalışmada, Kocaeli yarımadasının güneydoğu kesiminde yer alan, İzmit-Körfez dolayının ve kuzeyinin stratigrafisi incelenmiştir. İncelenen bölgenin tabanını Alt Ordovisiyen yaşlı Sopalı formasyonu oluşturduğunu, bunun üzerinde uyumlu olarak Çene formasyonu yer aldığını ve Alt Ordovisyen yaşlı Çınarlıdere formasyonu ise açılı uyumsuz olarak bu birimlerin üzerinde bulunduğunu söylemiştir. Bu paleozoyik yaşlı istif üzerinde açısal uyumsuzlukla İzmit formasyonu ve bu formasyonunda üzerinde sırasıyla Sarpça konglomerası, Peksimet formasyonu, Eren Formasyonu, Akveren Formasyonu, Atbaşı Formasyonu ve Şirintepe Formasyonunun yer aldığını belirtmektedir. Bu araştırmada Sarpça Konglomerası ve Peksimet Formasyonu ilk kez adlandırılmıştır.

GEOS Geoteknik ve Sondajcılık LTD.(1992 - 2007): Kirazlıyalı Evyap A.Ş., Rota Denizcilik Tic. ve A.Ş. Yarımca Tesisleri, Yarımca Konteyner Terminal, Tüpraş İzmit Rafinerisi ve Alpet Körfez Dolum Tesisleri Sahalarında jeolojik ve jeoteknik parametrelerin belirlenmesi amacıyla karada ve denizde sondajlar yapılmıştır. Arazi, büro ve laboratuar deneyleri sonucu elde edilen veriler değerlendirilerek bölgenin mühendislik jeolojisi parametrelerini tanımlayan jeolojik - jeoteknik zemin etüd raporları hazırlanmasına yönelik yapılan çalışmalardır.

BÖLÜM 3. GENEL JEOLOJİ

Bu bölümde, Marmara Denizi'nin doğusunda Kuzey Anadolu Fayı'nın egemen olduğu aktif fayların etkisinde olan İzmit Körfezi kuzey istifini oluşturan birimlerin yaşlıdan genç'e doğru sıralanışları, bu birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri ve inceleme alanını oluşturan birimlerin ayrıntılı jeolojik özellikleri, körfez batimetri ve oşinoğrafik özellikleri anlatılacaktır.

3.1. Bölgesel Jeoloji ve Tektonik

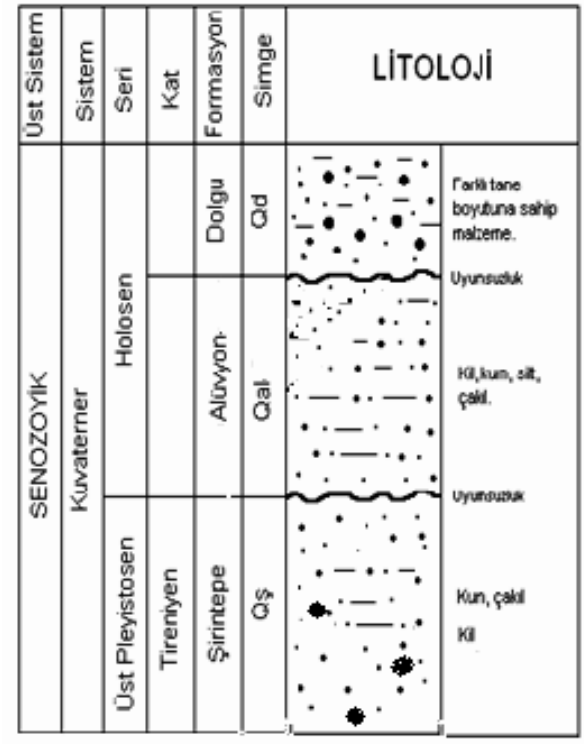
İzmit Körfezindeki havzalar D-B yönlü sıkışma ve K-G yönlü gerilmeler sonucunda oluşan tektonik havzalar olarak düşünülür (Brinkmann, 1976; Ketin 1983; Barka ve Kadinsky-Cade 1988; Barka, 1992; Wong, 1995). Bölgedeki jeolojik formasyonlar genç tektonik hareketler ile hem yanal hem de normal atımlı fayların kontrolü altında gelişmektedir. Aktif tektonizma denizel ortamdaki genç çökelleri de etkilemektedir (Yaltırak, 2000; Alpar ve Yaltırak, 2000).

İzmit Körfezi kuzey kıyı bölgesinin doğu kesiminde en yaşlı birim olarak Ordovisiyen yaşlı, mor renkli, Arkoz serisi; kumtaşı, kiltaşı, konglomera ve yer yer kuvarsit yer almaktadır. Batı kesiminde ise Gebze çevresinde Devoniyen ve Karbonifer yaşlı dönüşümlü olarak sıralanmış kiltaşı, kumtaşı, kireçtaşı ve şeyl tabakaları bulunmaktadır. Triyas yaşlı kırmızı kumtaşı ve konglomeralar doğuda Ordovisiyen ve batıda Karbonifer kayaçlarını uyumsuzlukla örter. Kumtaşları üzerine uyumlu olarak gelen Triyas yaşlı dolomitik kireçtaşı ve bu tabaka üzerinde yer alan killi kireçtaşı tabakaları, Triyas serisi üzerine küçük açılı bir uyumsuzlukla gelen Üst Kretase yaşlı killi – açık renkli kireçtaşı ve marnlar yer almaktadır. Tüm bu birimler üzerinde kuzey kıyı bölgelerinde Pleyistosen'e ait çökeller ve alüvyon çökeller yüzeylenmektedir.

3.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı kuzey iç kesimlerinde daha yaşlı birimler, kıyı kesimlerinde ise genç birimler yüzeylenmiştir. İnceleme alanı jeolojisi temelini Pleyistosen yaşlı Şirintepe formasyonu oluşturmaktadır. Pleyistosen yaşlı Şirintepe formasyonu çakıl, kum, kil ve silt ardalanmalı seviyelerle temsil edilmektedir. Bu birimler üzerinde Geç Kuvaterner'e ait Alüvyon çökelleri yer almaktadır. Ayrıca inceleme alanında Şirintepe formasyonu ve Alüvyon çökeller üzerinde, genellikle rıhtım ve terminal tesisleri amacıyla yapılmış kil boyutundan blok boyutuna kadar malzemeden oluşan Dolgu zemin bulunmaktadır.

İnceleme alanında yaşlıdan – genç'e doğru yer alan birimlerin jeolojik özellikleri, formasyon adları, yaş ve tabaka kalınlıkları, alt-üst birim ilişkileri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti

3.2.1. Şirintepe formasyonu (Qş)

İnceleme alanının kuzeyinde bulunan bu birime, İzmit'in batısında yer alan Şirintepe mevkiinden dolayı Şirintepe formasyonu ismi verilmiştir. Şirintepe formasyonu, Tireniyen'de oluşmuştur. Qş simgesi ile temsil edilmektedir. Bu formasyon üzerinde güncel alüvyona ait birimler bulunmaktadır.

Şirintepe formasyon (Qş), yeşilimsi koyu gri – morumsu kahverenkli, orta sıkı – sıkı / sıkı / sıkı – çok sıkı çakıllı KUM ile katı - çok katı / çok katı – sert / sert siltli KİL - killi SİLT birimleriyle temsil edilmektedir. Kil tabakaları içerisinde çakıl mercekleri görülmektedir.

Pleyistosen döneminde, deniz seviyesinin östatik olarak alçalıp yükselmesi ile, aşındırma ve biriktirme olaylarına bağlı olarak İzmit Körfezi kuzey kıyıları Derince – Körfez ilçeleri boyunca çökelmiştir.

3.2.2. Alüvyon (Qal)

Alüvyonlar, Geç Kuvaterner'de Kocaeli Yarımadasında mevcut olan çeşitli akarsu yataklarında depolanmıştır. Tabaka kalınlığı 1.80 m ile 10.50 m derinlik arasında değişen, sarımsı kahve – gri renkli, gevşek-orta sıkı kabuklu KUM ile, çok yumuşak-yumuşak / yumuşak - orta katı / orta katı – katı / katı KİL ile temsil edilmektedir. Qal simgesi ile ifade edilmektedir. Holosen yaşlıdır.

Alüvyon, inceleme alanının büyük bir bölümünde yüzeylenmiştir. Kocaeli yükseliminin güney yamacı kıyı düzlüğünde yayılım gösteren birim eski bir taraça ortamı çökelidir. Birim genelde kuzeydeki yükselimi oluşturan kaya birimlerin ayrışması sonucu açığa çıkmıştır ve çökeller, derelerin yüksek eğimli bölgelerden eğimin azaldığı kıyı bölgelere malzeme taşımasıyla istiflenmiştir. Bu çökeller kaynak kayası arkoz olan değişik boyuttaki kırıntılılardan oluşmuştur.

İnceleme alanında alüvyon, bölgenin alçak seviyelerinde deniz kıyısına yakın kısımlarda denize paralel olarak gözlenmektedir.

3.2.3. Dolgu zemin (Qd)

İnceleme alanında yapılan sondajlara göre yüzeyden itibaren en üstte tabaka kalınlığı 0.15 m ile 7.30 m arasında değişen dolgu zemin tabakası yer almaktadır. Arkoz veya arkozik konglomera litolojilerinden taşınarak getirilip sıkıştırılan bu birim, kil boyutundan blok boyutuna kadar malzeme içermektedir. Genellikle rıhtım ve terminal tesisleri amacıyla yapılmış kontrollü dolgu niteliğindedir. Qd simgesi ile ifade edilmektedir.

3.2.4. Deniz dibi çökelleri (Qdnz)

İnceleme alanında deniz tabanından itibaren 30.05m derinliğe kadar yapılan sondajlardan elde edilen verilere göre deniz tabanında tabaka kalınlıkları 1.20 – 4.00m arasında değişen Pleistosen – Holosen yaşlı karasal çökellere ait, çok yumuşak, morumsu kahve renkli, az ince kabuklu KİL ile gevşek / orta sıkı morumsu kahverenkli, çakıllı kumlu KABUK/ kabuklu KUM tabakaları yer almaktadır. Deniz tabanı yüzeyindeki bu çökeller altındaki derinlikten itibaren, 30.05m derinliğe kadar ise katı-çok katı/çok katı/sert KİL/SİLT ve sıkı/sıkı-çok sıkı/çok sıkı KUM/ÇAKIL tabakaları tespit edilmiştir.

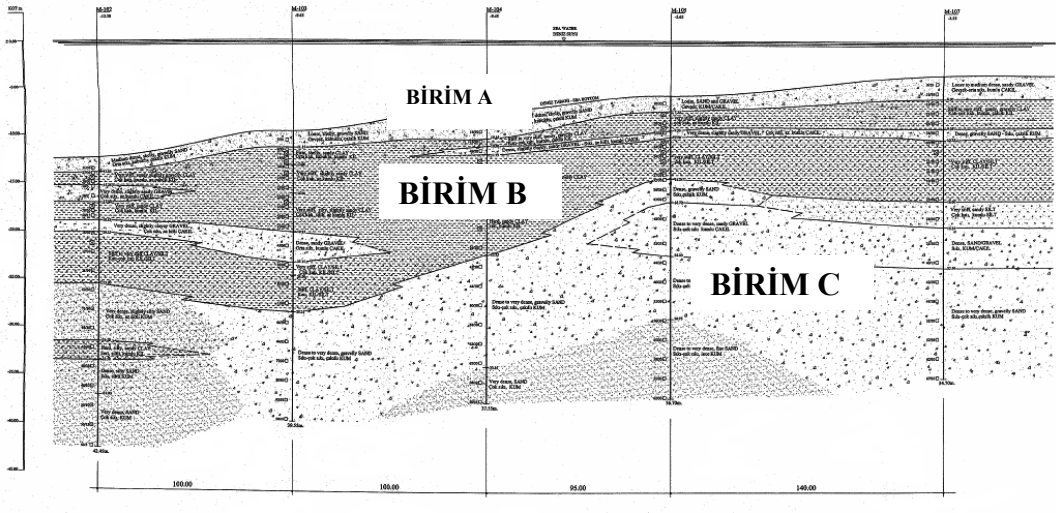
Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd.'in inceleme alanında yapmış olduğu deniz sondaj verilerine göre hazırlanmış litolojik kesitler Şekil 3.3. ve şekil 3.4.'te verilmiştir. Bu kesitlere göre deniz tabanında kum – kil ardalanmaları ve bu birimler içerisinde bandlar ve mercekler halinde geçişler görülmektedir. Birimler arasında görülen ardalanmalar ve merceksi yapılar, çökellerin taşınımı ve denizlerin karalara göre alçalıp yükselmesine bağlı geliştiği söylenebilir.

Birim A : Gevşek, çakıllı kum / kumlu çakıl yüzeylenmekte olan bu birim 1.20 – 4.00m kalınlığa kadar ulaşmaktadır ve içerisinde kabuk / kabuk kırıntıları ihtiva etmektedir.

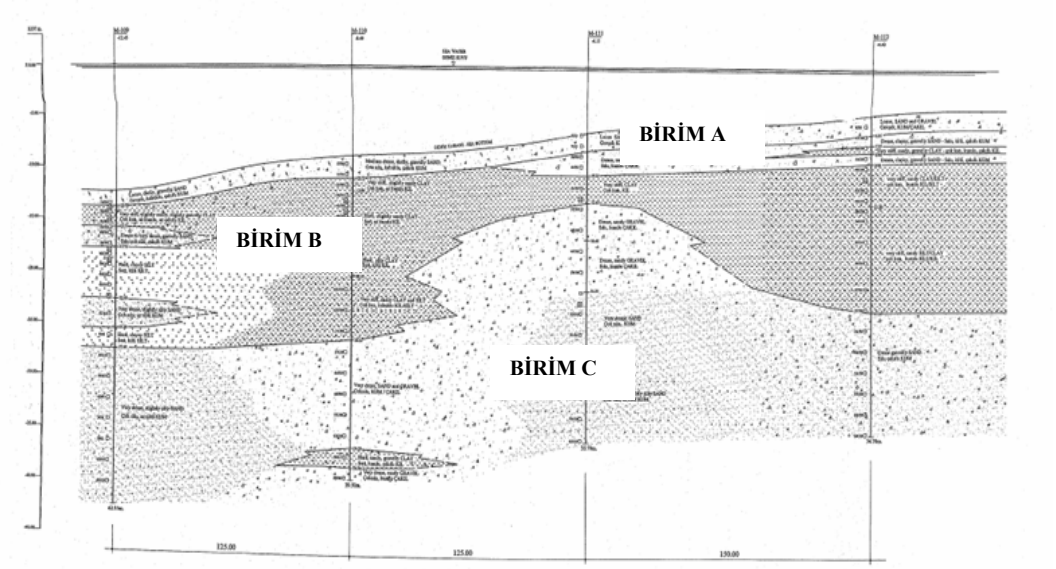
Birim B : Katı / çok katı / sert kıvamlı siltli kil / killi silt'ten oluşan birimin kalınlığı 2.0 - 13.0m arasında değişmektedir. Bu birim içerisinde yer yer sıkı kum'dan oluşan mercekler yayılım göstermiştir.

Birim C : Orta sıkı / sıkı / çok sıkı çakıllı kum / kumlu çakıl yer yer kil bandlı olarak sınıflandırılabilinir. İnceleme alanında yapılan sondajlar bu tabaka içerisinde bitirilmiştir ve tabaka kalınlığı ise 25.0m'yi bulmaktadır. Kum / çakıl tane boyutları ise orta taneliden iri taneliye kadar değişmektedir.

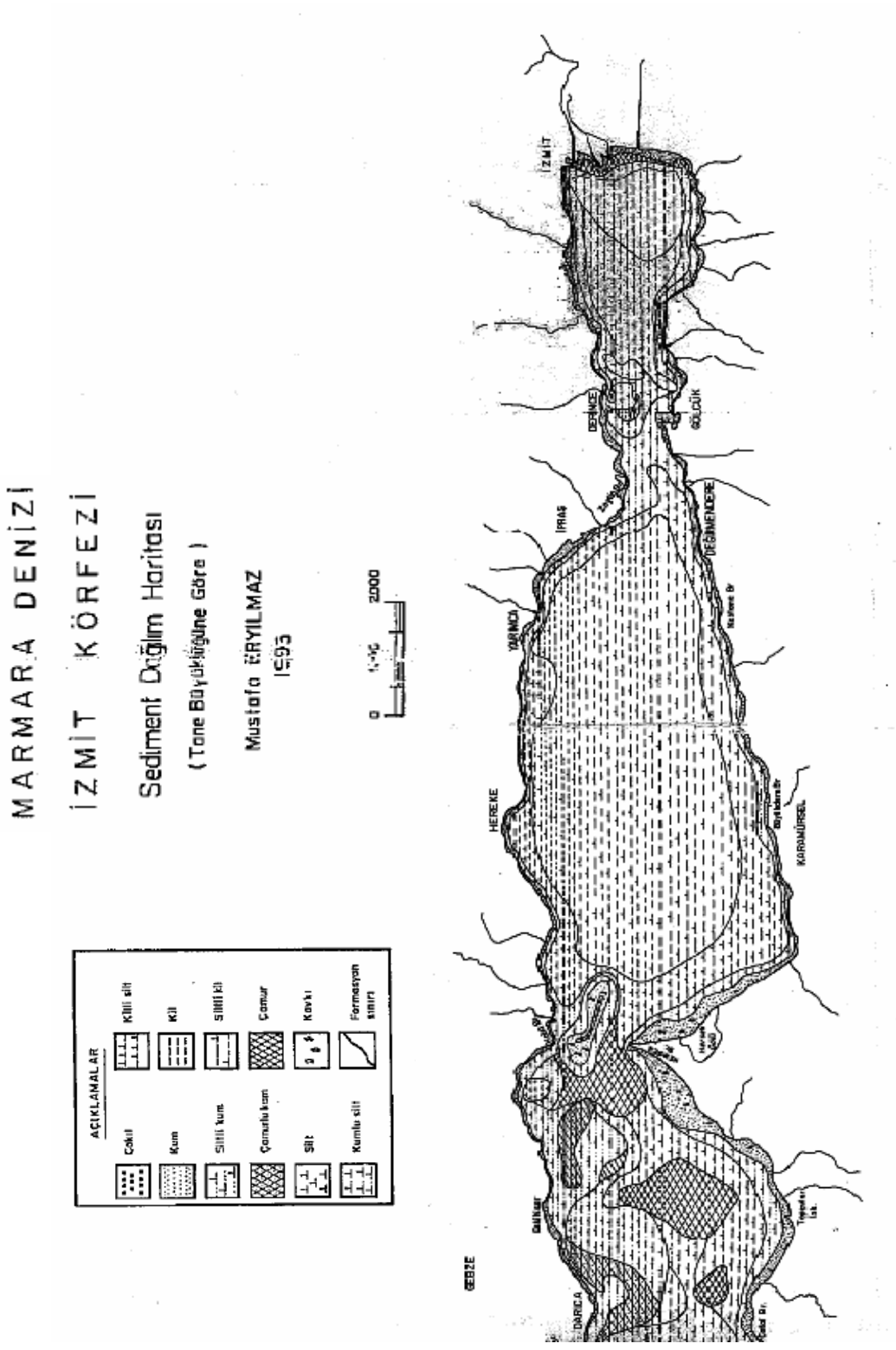
Eryılmaz (1993) İzmit Körfezi çökel dağılım haritasına göre, kıyıdan derine doğru ilerledikçe iri taneliden ince taneli malzemeye doğru geçişler görülmektedir. Kirazlıyalı, Körfez, Derince kıyı kesimlerine paralel ince band halinde çakıllı kum / kum birimleri yayılım göstermektedir. Şekil 3.1. İzmit Körfezi çökel dağılım haritasına göre yaklaşık 15-20 m deniz suyu derinliği olan bölgelerde çakıllı kum / kum'dan siltli kum'a geçiş olmaktadır. Körfezin deniz suyu derinliği artan derin bölgelerinde ise killi silt / siltli kil birimleri görülmektedir.



Şekil 3.2. M102-M103-M104-M105-M107 no'lu Yarımca Konteyner Terminali deniz sondajlarına ait litolojik kesit



Şekil 3.3. M109-M110-M111-M112 no'lu Yarımca Konteyner Terminali deniz sondajlarına ait litolojik kesit



Şekil 3.4. İzmit Körfezi çökel dağılım haritası (ERYILMAZ, 1993)

BÖLÜM 4. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

Bu bölümde, İzmit Körfezi morfolojisi, inceleme alanının morfolojisi ve deniz dibi çökellerinin morfolojisi ayrı başlıklarda incelenerek, iklim ve yağış parametreleri, hidrojeolojik özellikler, arazi deneyleri, laboratuar deneyleri, yeraltı su ölçümleri sıvılaşma analizi ve depremsellik anlatılacaktır. Arazi ve laboratuar deneylerinden elde edilen sonuçlara göre kıyı ve deniz dibi çökelleri, zemin durumlarına göre fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek yorumlanacaktır. Ayrıca bu parametreler coğrafi bilgi sistemi ortamında sorgulanarak haritaları hazırlanacaktır.

4.1. İzmit Körfezi Morfolojisi

İzmit Körfezi Marmara Bölgesi'nin doğusunda yer alır. Marmara Denizi'nin, kara içine doğru sokulmuş batı-doğu doğrultulu iki önemli kolundan kuzeydekini İzmit Körfezi güneydekini ise Gemlik Körfezi oluşturmaktadır. İzmit Körfezi'nin kuzeyinde Kocaeli Platosu, güneyinde ise, Samanlı Dağları'nın orta bölümü bulunmaktadır.

Körfezin batı-doğu doğrultusundaki uzunluğu, ağız kısmını oluşturan Yelkenkaya Burnu-Çatal Burnu arası ile doğu ucu arasında 50 km kadardır. Genişliği yerden yere değişmektedir. Bu bakımdan körfezin, doğu-batı doğrultusunda, üç bölüm halinde bulunduğu söylenmektedir. Bu bölümlerden en genişi orta kısımda yer almaktadır. Körfezin en dar yerleri ise, orta bölümü doğu ve batısındaki bölümlerden ayıran, karşılıklı kıyı çizgilerinin birbirlerine çok yaklaştıkları yerlerdir. Bunlardan batıda, Dil Deltasının uç noktası (Dil Burnu veya Kaba Burun) ile Hersek Deltası Burnu (Hersek Feneri) arasındaki uzaklık 2.7 km'dir. Doğuda, Tütünçiftliği kıyıları ile Yalı - Değirmendere - Gölcük kıyısı arasındaki uzaklık ise, 2 km' nin de altına düşmektedir.

4.2. Oşinografik Özellikler

Kocaeli yarımadasının uzandığı Marmara Denizinin ve buradaki deniz akıntılarını etkileyen Ege denizi, Akdeniz ve Karadeniz'in oşinografik özellikleri Körfez'deki çökel dağılımını etkileyen faktörler arasındadır. Bu nedenle Marmara denizi ile birlikte Ege denizi, Akdeniz ve Karadeniz'in oşinografik özellikleri kısaca anlatılacaktır.

Marmara Denizi, İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e, Çanakkale Boğazı ile de Ege Denizi'ne bağlı olan yarı-kapalı bir sistemdir. Marmara Denizi'nin özellikleri Türk Boğazlar Sistemi'nin (TBS) etkisi ile üst tabakada Karadeniz'den gelen az tuzlu sular, alt tabakada ise Ege ve Akdeniz'den gelen daha tuzlu sular tarafından belirlenmektedir (Beşiktepe vd 1994).

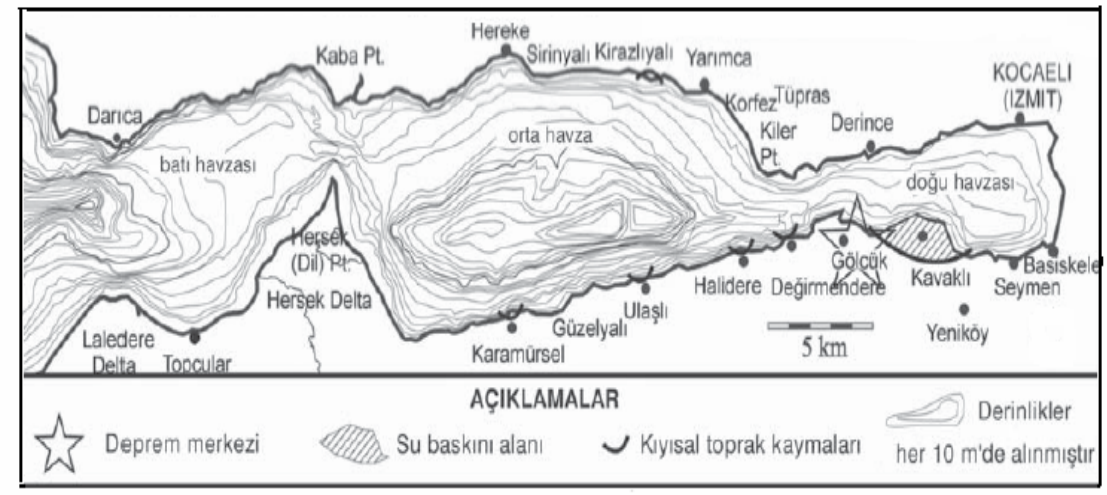
Ege Denizi'nden Çanakkale Boğazına giren oksijence zengin Akdeniz suları burada bir miktar değişime uğrayarak derin Marmara havzasına girerken kendi yoğunluk seviyelerine kadar derecelenirler. Bu nedenle, Ege Denizi'ndeki hidrografik koşullara bağlı olarak, yıl boyunca Ege'den Marmara Denizi alt tabakasına bir oksijen girdisi olmakta, böylece Karadeniz'e benzer oksijensiz derin su koşullarının yaşanması bir dereceye kadar önlenmektedir. Marmara Denizi'ni geçerek İstanbul Boğazına giren Akdeniz kaynaklı alt tabaka suları, boğazın her iki ucundaki eşiklerden geçerken üst tabaka suları ile karışıma uğrayarak hem yoğunluğu hem de tuzluluk değerleri azalmaktadır (Beşiktepe vd 1994).

Karadeniz ve Akdeniz arasında Marmara Denizi ve boğazlar aracılığıyla su alış-verişi bulunmaktadır. Karadeniz yılda 548 km^3 su kaybetmekte, buna karşılık Akdeniz yılda 249 km^3 kazanmaktadır. Akdeniz ve Karadeniz arasındaki bu su alış verişi İstanbul Boğazından Karadeniz'e doğru olan bir alt akıntı ile sağlanmaktadır. Yüzey akıntılarının başlangıç nedeni boğaz akıntılarıdır. Boğazdan Çanakkale'ye doğru bir su hareketi mevcuttur. İstanbul Boğazı'ndan çıkan su bir yelpaze gibi yayılır ve Çanakkale Boğazı'na doğru tekrar toplanır. Marmara Denizinde bu ana akıntıdan başka yerel akıntılar da bulunmaktadır.

4.3. Batimetri

Genişliği 1800 m (Tütünçiftlik ve Yüzbaşılar, Gölcük arası) ile 9800 m (Hereke ve Karamürsel arası) arasında değişen İzmit Körfezi, en doğudaki İzmit havzasından ayrı olarak, biri Hersek burnunun batısında, diğeri ise doğusundaki fay kontrollü iki derin deniz çukurundan oluşmaktadır. Hersek burnunun doğusundaki Karamürsel havzası yaklaşık olarak 18 km uzunluğunda 10 km genişliğindedir. Doğudaki çukurluğun en derin yeri Ulaşlı açıklarında 204 metredir (Güneysu, 1999). Batıdaki Çınarcık havzası ise Marmara Denizinin en büyük havzasıdır. Ergün ve Yörük (1990)'e göre bu çukurluklar Pliyosen'de oluşan sismik aktivitenin denetiminde gelişmişlerdir.

İnceleme alanını oluşturan Kirazlıyalı, Derince, Körfez açıklarında deniz suyu derinliği 50m'yi bulmaktadır. Şekil 4.1.'te verilen İzmit Körfezi Batimetri Haritası'na göre körfez tabanının güney bölümü kuzey bölümüne göre daha diktir.



Şekil 4.1. İzmit Körfezi batimetri haritası

Şekil 4.1. Körfez içi batimetri haritasına göre; körfezin en derin kesimi, güney kıyılara daha yakın olacak şekilde, orta bölümde yer almaktadır. Burada en derin yerler Ereğli-Ulaşlı açıklarındadır. Bu yerlerde derinlik 200 m'yi geçmektedir. Körfezin derinliği doğu ucuna doğru giderek azalarak bataklık sahasına geçiş görülmektedir.

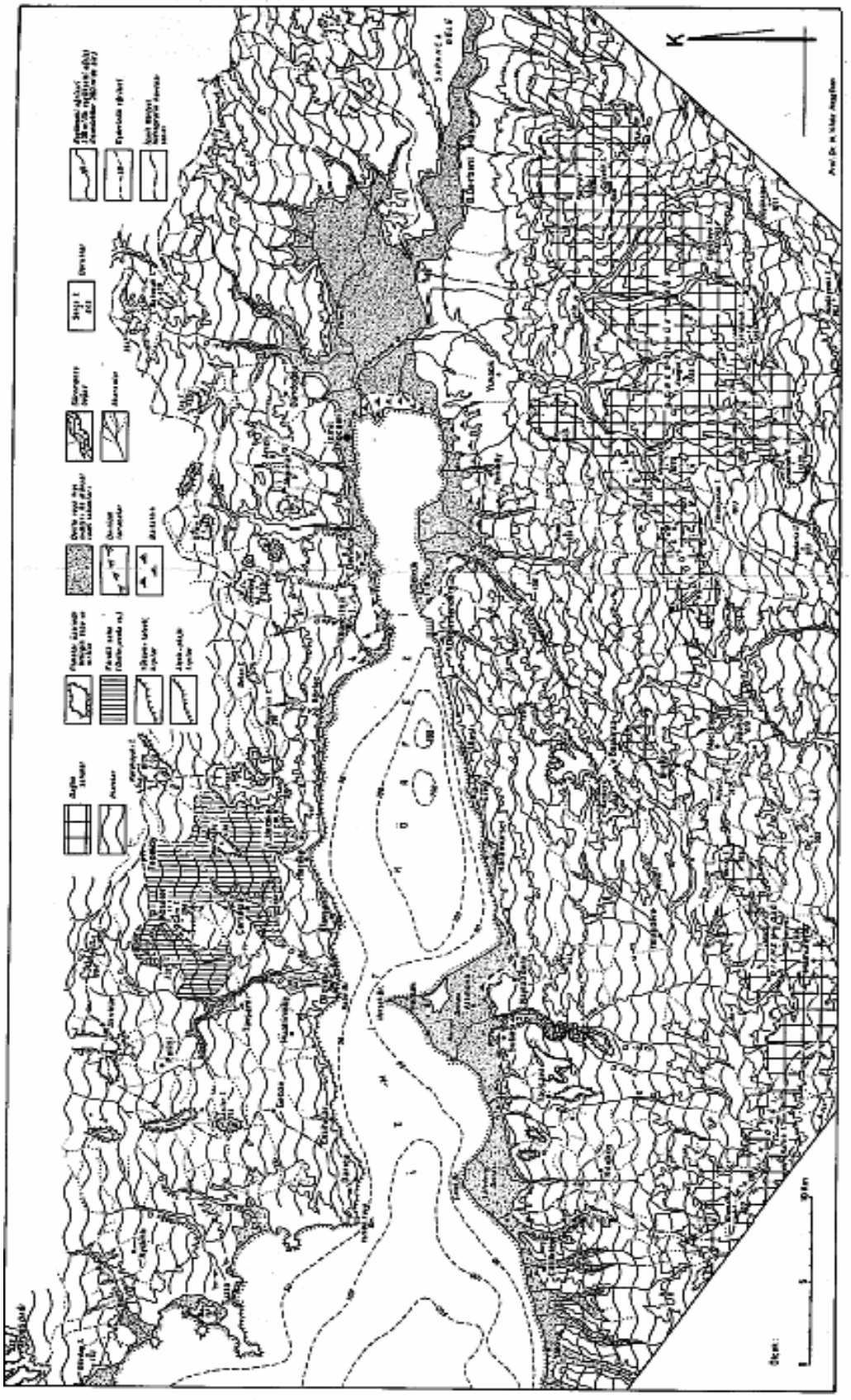
Çeşitli araştırmacılar (Arabu, 1917; Penck, 1918; Pfannenstiel, 1944; Erguvanlı, 1949 ve Göney, 1963-64) tarafından İzmit Körfezi'nin kuzey kıyılarının çeşitli kesimlerinde Pleyistosen'e ait denizel taraçaların varlığı açıklanmıştır. Bu taraçaların en yaygın olarak görüldükleri yer Körfez (Yarımca) ile İzmit arasında kalan kıyı bölgesidir. Göney'e göre, Yarımca Feneri civarında 1.5-2; 7-8; 18-20 ve 40-42 metrelerde olmak üzere dört denizel taraça mevcuttur. Ayrıca Göney (1963-64), İzmit'in birkaç kilometre batısındaki Şirintepe ve Kuruçeşme mevkilerinde de taraçalara rastlamıştır.

4.4. İnceleme Alanının Morfolojisi

İnceleme alanı Kocaeli penepleni olarak tanımlanan hafif engebeli yükselimin Marmara denizi kıyı düzlüğünde yer almaktadır. Morfolojik olarak deniz kıyı çökellerinin oluşturduğu eski bir taraça düzlüğüdür.

İzmit körfezi Havzası jeomorfoloji haritasına göre; kuzeyden inceleme alanına gelen akarsular batıdan doğuya doğru Koca Dere, Ağa Dere, Çenesuyu Deresi ve Çınarlı Deresidir. Körfeze dökülen akarsuların nispeten büyük olanlarının ağız kısımlarında kıyı ovaları ve deltalar meydana gelmiştir. Başlıca doruklar ise; Körfez (Yarımca)'nın kuzeyinde Pazarcık ve Belen Tepeleri, Derince'nin kuzeyi'nde Ören Tepesi, kuzeybatısı'nda Çenedağ Tepesi görülmektedir.

Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. tarafından inceleme alanını oluşturan, Yarımca Konteyner Terminal (Yarımca / Körfez) sahasında 49 adet, 29 adet Tüpraş Rafineri (Körfez) sahasında, 4 adet Evyap A.Ş. (Kirazlıyalı / Körfez) sahasında, 3 adet Alpet Dolum Tesisleri (Körfez) sahasında ve 9 adet Rota Denizcilik Tic.ve A.Ş. sahasında olmak üzere toplam 94 adet kara sondajı yapılmıştır. Yapılan sondajlardan alınan verilere göre en kuzeyde topoğrafik yükselti 21.60 metredir. İnceleme alanını oluşturan bölge, deniz kıyısına doğru hafif eğimli olup, güneye doğru eğim azalmaktadır. İnceleme alanında yer alan sanayi kuruluşları ve yerleşim alanlarından dolayı kazı ve dolgu alanlarıyla arazide yer yer eğim farklılıkları oluşmuştur.



Şekil 4.2. İzmit Körfezi jeomorfoloji haritası (HOŞGÖREN, 1995).

4.5. İnceleme Alanının Deniz Dibi Morfolojisi

Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. tarafından yapılan Yarımca Konteyner Terminal sahasında 19 adet, Evyap A.Ş. sahasında 7 adet, Gübretaş sahasında ise 8 adet olmak üzere toplam 34 adet deniz sondajı verileri değerlendirilmiştir. İnceleme alanında yapılan deniz sondajlarına göre deniz suyu seviyesi 3.55 – 17.10m derinlikleri arasındadır. Şekil 4.2. İzmit Körfezi jeomorfoloji haritasına göre inceleme alanı deniz tabanında ani eğim değişimleri yoktur.

Kuzey kesimde yer alan Körfez açıklarında deniz tabanında eğim %3, Yarımca açıklarında deniz tabanında ise eğim %6 dolaylarındadır. Güney eğimi 10-150 m derinlikler arasında tekdüze/değişmez iken, kuzey yamaçlar, özellikle Hereke açıklarında 125 m derinliğe dek tatlı eğimli, ancak 125-200 m derinlikler arasında dik dalımlıdır. Orta çöküntü alanının güney bölümü 0-50 m derinlikler arasında dik, 50-125m derinlikler arasında ise daha düşük eğimlidir.

4.6. Hidrojeolojik Özellikler

İnceleme alanında yapılan sondajlara göre 0.50 – 10.40 m derinlikleri arasında değişen yeraltısu seviyeleri tespit edilmiştir. Yeraltı su düzeyi kıyı şeridi dolayında alüvyon birimler üzerinde yüzeyde ve yüzeye oldukça yakındır.

İnceleme alanında devamlı akışı olan yüzey suyu bulunmamakla birlikte yakın bölgede mevsimsel olarak akış debisi değişen dereler arasında Koca Dere, Ağa Dere, Çenesuyu Deresi ve Çınarlı Deresi Kuzey'den Güney yönüne doğru akışı bulunan dereler arasında yer almaktadır. İnceleme alanına en yakın Ağa deresi bulunmaktadır. Ağa deresinin debisi Q_5 = 50.000 l/s, Q_{100} = 111.000 l/s, Q_{500} = 153.000 l/s olup yan dere niteliğindedir (Kocaeli Valiliği, 2003).

İstanbul – İzmit arası Kıyı Ovaları Hidrojeolojik Etütü Raporu (DSİ,1977)'na göre Körfez (Yarımca) – Derince – Tütünçiftlik kıyı ovalarının emniyetli verimi 4,5 hm^3/yıl' dır. Bu ovalarda sulama ve kullanım amacıyla izinsiz olarak çekilen su miktarının artması nedeniyle kuyu sularında tuzlanma meydana gelmiştir (DSİ, 1977).

4.7. Arazi Çalışmaları

İnceleme alanını oluşturan İzmit Körfezi kuzeyi'nde yer alan, Kirazlıyalı, Derince, Körfez kıyı alanlarında ve denizde olmak üzere, jeolojik formasyon yayılımını, jeoteknik özelliklerini ve mühendislik parametrelerini belirleyebilmek amacı ile 1992 – 2007 yıllarında GEOS Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. tarafından yapılan derinlikleri 10.95 – 51.15 m arasında değişen 94 adet kara, 34 adet deniz sondajları ve arazi deneyleri'nden elde edilen veriler incelenmiştir.

4.7.1. Arazi deneyleri

Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. tarafından, inceleme alanını oluşturan, Yarımca Konteyner Terminal (Yarımca / Körfez) sahasında 49 adet kara 19 adet deniz, Tüpraş Rafineri (Körfez) sahasında 29 adet kara, Evyap A.Ş. (Kirazlıyalı / Körfez) sahasında 4 adet kara 7 adet deniz, Alpet Dolum Tesisleri (Körfez) sahasında 3 adet kara , Rota Denizcilik Tic. ve A.Ş.sahasında 9 adet kara ve Gübretaş sahasında 8 adet deniz olmak üzere toplam 128 adet sondaj verileri değerlendirilmiştir. Ayrıca açılan sondaj kuyularında zeminin kıvam / sıkılık özelliklerini belirlemek için standart penetrasyon deney verileri, zeminlerin yerinde deformasyon modülü ve dayanımını ölçmek için pressiometre deneyi verileri ve yeraltı suyu tespiti amacıyla da arazide yapılan yeraltısu ölçüm verileri incelenmiştir.

4.7.1.1.Sondaj çalışmaları

İnceleme alanını oluşturan Kirazlıyalı, Derince, Körfez kıyı bölgelerinde sondaj derinlikleri 10.95 – 51.15m arasında değişen 94 adet kara sondajlarına ait sondaj no, derinlik, kot ve koordinat aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4.1. İnceleme alanı kara sondajları

Sıra No	Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	Kot (m)	Koordinatlar	
				N (Y)	E (X)
1	L-202(Yarımca)	30.45	+2.00	4514304	478937
2	L-204(Yarımca)	30.45	+1.93	4514361	478872
3	L-205(Yarımca)	30.45	+1.67	4514434	478981
4	L-206(Yarımca)	30.45	+1.65	4514445	478856
5	L-207(Yarımca)	30.45	+1.39	4514568	478868
6	L-208(Yarımca)	30.45	+1.15	4514592	478888
7	L-209(Yarımca)	30.45	+2.23	4514516	479024
8	L-210(Yarımca)	30.45	+2.24	4514516	479044
9	L-211(Yarımca)	30.45	+4.32	4514525	479082
10	L-212(Yarımca)	30.45	+4.31	4514507	479099
11	L-213(Yarımca)	30.45	+1.50	4514444	479074
12	L-214(Yarımca)	30.45	+3.13	4514466	479219
13	L-215(Yarımca)	30.45	+5.19	4514610	479166
14	L-216(Yarımca)	30.45	+4.99	4514599	479088
15	L-217(Yarımca)	30.20	+8.50	4514660	479142
16	L-218(Yarımca)	30.45	+9.43	4514658	479209
17	L-219(Yarımca)	30.45	+9.12	4514687	479186
18	L-220(Yarımca)	30.45	+9.66	4514564	479367
19	L-221(Yarımca)	30.45	+4.71	4514595	479139
20	L-401(Yarımca)	20.00	+16.90	4514568	479703
21	L-402(Yarımca)	19.63	+12.95	4514503	479621
22	L-403(Yarımca)	21.20	+9.80	4514442	479488
23	L-404(Yarımca)	19.95	+9.45	4514348	479392
24	L-405(Yarımca)	19.95	+6.90	4514264	479357
25	L-406(Yarımca)	27.05	+19.55	4514721	479652
26	L-407(Yarımca)	10.95	+18.27	4514629	479577
27	L-408(Yarımca)	18.30	+17.45	4514735	479531
28	L-409(Yarımca)	19.65	+12.55	4514634	479494
29	L-410(Yarımca)	19.65	+15.85	4514786	479457
30	L-411(Yarımca)	19.80	+19.15	4515020	479447
31	L-412(Yarımca)	20.30	+21.60	4514977	479546
32	L-413(Yarımca)	20.45	+16.85	4514885	479453
33	L-414(Yarımca)	19.75	+15.20	4514853	479399
34	L-415(Yarımca)	19.95	+11.30	4514782	479255
35	L-416(Yarımca)	19.95	+15.70	4514907	479350
36	L-417(Yarımca)	20.45	+19.10	4515031	479345
37	L-501(Yarımca)	20.00	+20.30	4515031	479484
38	L-502(Yarımca)	20.00	+17.50	4514978	479474

Tablo 4.1.(devamı) İnceleme alanı kara sondajları

Sıra No	Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	Kot (m)	Koordinatlar	
				N (Y)	E (X)
39	L-503(Yarımca)	20.00	+14.20	4514898	479291
40	L-504(Yarımca)	21.15	+15.00	4514880	479360
41	L505(Yarımca)	20.00	+13.80	4514856	479311
42	L-506(Yarımca)	20.00	+11.90	4514815	479248
43	L-507(Yarımca)	20.00	+13.20	4514798	479331
44	L-508(Yarımca)	20.00	+14.90	4514824	479399
45	L-509(Yarımca)	20.00	+15.35	4514797	479426
46	L-510(Yarımca)	20.00	+15.40	4514721	479450
47	L-511(Yarımca)	20.00	+9.35	4514752	479187
48	L-512(Yarımca)	20.00	+8.70	4514730	479156
49	L-513(Yarımca)	25.05	+7.10	4514676	479121
50	SA1-1(Tüpraş)	25.45	+1.90	4513815	480205
51	SA1-4(Tüpraş)	25.45	+2.45	4513705	479960
52	SA1-5(Tüpraş)	25.45	+2.25	4513710	479795
53	SA1-7(Tüpraş)	25.55	+1.75	4513693	480090
54	SA1-9(Tüpraş)	51.15	+2.30	4513695	479900
55	SA1-11(Tüpraş)	25.45	+1.90	4513485	480180
56	SA1-13(Tüpraş)	25.45	+2.15	4513490	480000
57	SA1-15(Tüpraş)	25.45	+2.40	4513490	479805
58	SA2-2(Tüpraş)	25.50	+2.35	4513400	479840
59	SA2-3(Tüpraş)	25.45	+2.45	4513450	479820
60	SA2-4(Tüpraş)	25.45	+2.40	4513450	479750
61	SA2-5(Tüpraş)	26.75	+2.15	4513460	479860
62	SA2-6(Tüpraş)	50.45	+2.50	4513360	479815
63	SA2-7(Tüpraş)	25.60	+2.50	4513350	479750
64	SA2-10(Tüpraş)	25.45	+2.40	4513310	479790
65	SA2-11(Tüpraş)	25.70	+2.15	4513465	479775
66	SA2-12(Tüpraş)	25.35	+2.30	4513280	479840
67	SA2-13(Tüpraş)	25.95	+2.00	4513270	479750
68	B-2(Tüpraş)	25.30	+8.75	4513568	480438
69	B-4(Tüpraş)	25.45	+10.30	4513529	480513
70	B-6(Tüpraş)	47.80	+9.00	4513511	480437
71	B-8(Tüpraş)	25.50	+8.30	4513506	480386
72	B-9(Tüpraş)	25.07	+8.35	4513464	480432
73	B-10(Tüpraş)	25.15	+7.85	4513458	480374
74	S1(Evyap)	24.45	+1.50	4515978	475512
75	S2(Evyap)	24.45	+1.50	4515919	475510

Tablo 4.1.(devamı) İnceleme alanı kara sondajları

Sıra No	Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	Kot (m)	Koordinatlar	
				N (Y)	E (X)
76	S3(Evyap)	24.15	+1.50	4515960	475628
77	S4(Evyap)	24.45	+1.50	4515915	475620
78	S1(ALPET)	25.45	+13.70	4513759	480693
79	S2(ALPET)	25.45	+13.80	4513758	480713
80	S3(ALPET)	25.06	+15.95	4513798	480744
81	S1(ROTA)	20.00	+1.50	4515413	476729
82	S2(ROTA)	20.00	+1.50	4515476	476812
83	S3(ROTA)	20.00	+1.50	4515408	476809
84	S4(ROTA)	20.00	+1.50	4515368	476827
85	S5(ROTA)	11.00	+1.50	4515431	476877
86	S6(ROTA)	21.50	+1.50	4515405	476896
87	S7(ROTA)	20.00	+1.50	4515399	476866
88	S8(ROTA)	20.00	+1.50	4515362	476734
89	S9(ROTA)	18.45	+1.50	4515461	476733
90	BH1(Tüpraş)	19.77	+15.10	4513536	480474
91	BH2(Tüpraş)	18.45	+12.50	4513455	480355
92	BH3(Tüpraş)	14.90	+11.55	4513550	480414
93	BH4(Tüpraş)	15.50	+14.90	4513555	480456
94	BH5(Tüpraş)	16.50	+11.20	4513475	480342

İnceleme alanını oluşturan Kirazlıyalı, Derince, Körfez sınırları içerisinde yapılan sondaj derinlikleri 17.55 – 44.70m değerleri arasında değişen deniz sondajlarına ait sondaj no, sondaj derinliği, deniz suyu derinliği ve koordinatlar aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4.2. İnceleme alanı deniz sondajları

Sıra No	Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	Deniz Suyu Derinliği (m)	Koordinatlar	
				N (Y)	E (X)
1	M-101(Yarımca)	43.95	14.00	4514361	478251
2	M-102(Yarımca)	42.45	12.30	4514401	478345
3	M-103(Yarımca)	39.55	9.45	4514441	478433
4	M-104(Yarımca)	37.55	7.25	4514482	478523
5	M-105(Yarımca)	36.70	5.65	4514529	478609
6	M-106(Yarımca)	34.70	4.75	4514622	478609
7	M-107(Yarımca)	34.70	3.55	4514579	478739
8	M-108(Yarımca)	44.40	14.25	4514252	478339
9	M-109(Yarımca)	42.35	12.45	4514251	478432
10	M-110(Yarımca)	39.50	8.60	4514312	478543
11	M-111(Yarımca)	35.70	6.15	4514397	478639
12	M-112(Yarımca)	34.70	4.40	4514477	478768
13	M-113(Yarımca)	44.70	14.65	4514194	478378
14	M-114(Yarımca)	44.55	14.35	4514111	478434
15	M-115(Yarımca)	45.50	15.45	4514034	478488
16	M-118(Yarımca)	35.97	6.05	4514143	478857
17	M-119(Yarımca)	34.12	2.15	4514215	479019
18	M-120(Yarımca)	37.70	8.25	4514543	478417
19	M-121(Yarımca)	36.20	6.25	4514582	478510
20	DS1(Evyap)	32.60	12.60	4515844	475506
21	DS2(Evyap)	17.55	3.90	4515859	475622
22	DS3(Evyap)	21.90	8.20	4515831	475640
23	DS4(Evyap)	22.10	12.00	4515796	475585
24	DS5(Evyap)	27.87	17.10	4515773	475387
25	DS6(Evyap)	28.10	14.90	4515779	475502
26	DS7(Evyap)	29.38	16.55	4515773	475450
27	SN1(Gübretaş)	28.20	11.45	4515404	476160
28	SN2(Gübretaş)	25.20	6.25	4515446	476090
29	SN3(Gübretaş)	28.20	12.85	4515439	475992
30	SN4(Gübretaş)	30.45	13.00	4515534	475911
31	SN5(Gübretaş)	20.70	10.40	4515577	475898
32	SN6(Gübretaş)	27.30	12.50	4515618	475844
33	SN7(Gübretaş)	29.70	12.75	4515640	475797
34	SN8(Gübretaş)	28.00	11.15	4515695	475782

4.7.1.2 Standart penetrasyon deneyi

Standart penetrasyon deneyi; dış çapı 50.8 mm, iç çapı 34.9 mm olan yarık bir tüpün 63.5 kg ağırlığındaki bir tokmakla zemine çakılmasıyla yapılmıştır. Tokmağın serbest düşüş yüksekliği 76 cm.dir.

Standart penetrasyon tüpünün zemine 15' er cm.lik 3 adet girişi için vurulan darbe sayıları ayrı ayrı tespit edilmiştir. Son iki 15' er cm.lik giriş için vurulan darbe sayıları toplamı, penetrasyon direncini (N) vermektedir. Bulunan değerler sondaj loglarında verilmektedir. Vuruş sayılarına göre granüler zemin sınıflaması Tablo 4.2'de, kohezyonlu zemin tanımlaması Tablo 4.3.'te, kara sondajlarına ait SPT N_30'a göre hazırlanmış zemin kıvam / sıkılık haritası Şekil 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Granüler zeminler için sıkılık sınıflaması.

Sıkılık	**SPT N_{30}**
Çok gevşek	0 - 4
Gevşek	4–10
Orta sıkı	10–30
Sıkı	30–50
Çok sıkı	> 50

Tablo 4.4. Kohezyonlu zeminler için kıvam sınıflaması.

Kıvam	**SPT N_{30}**
Çok yumuşak	0 – 2
Yumuşak	2–4
Orta katı	4–8
Katı	8–15
Çok katı	15–30
Sert	> 30

4.7.1.3. Pressiometre deneyleri

İnceleme sahası'nda yer alan Yarımca Konteyner Terminal'e ait sahada M101, M102, M103, M104, M108, M113, M114, M115 no'lu sondaj kuyuları'nda ve Alpet Körfez Dolum Tesisleri sınırları içerisinde yer alan S1, S2 ve S3 no'lu sondaj kuyularında, zeminlerin yerinde deformasyon modülü ve dayanımını ölçmek için pressiometre deneyi yapılmıştır. Menard G tipi pressiometre aleti kullanılmıştır.

Pressiometre aleti başlıca iki parçadan oluşur. Kuyu içinde indirilen bir prob ve yüzeyde bulunan ölçüm hücresinden oluşmaktadır. Test yapılması istenilen derinliğe kadar NX boru içinden geçen 60 - 74 mm çaplı prob indirilir. Bu proba yüzeydeki ölçüm hücresinden hortumlar vasıtası ile basınçlı hava verilerek kuyunun radyal olarak genişlemesi sağlanır.

Yüzeyden uygulanan basınçların kademeli olarak arttırılması sonucu kuyu genişlemeye başlar ve hacim değişikleri ölçülür. Elde edilen basınç - hacim değişikliği grafiğinden zeminin Menard Elastisite Modülü (E_M), Limit Basınç (PL) ve Net Limit Basınç (PL*) değerleri bulunur.

İnceleme sahasında yer alan Yarımca Konteyner Terminali sınırları içerisinde deniz sondajları olan M101, M102, M103, M104, M108, M113, M114, M115 no'lu sondaj kuyuları içinde yapılan pressiometre deneylerinden aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

Tablo 4.5. Yarımca Konteyner Terminal sahası'na ait pressiometre deney verileri

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E_M (kg/cm^2)	PL (kg/cm^2)	PL* (PL-Po)
M101	1	19.50 – 20.00	372	≥24	≥18
	2	23.50 – 24.00	72	≥14.6	≥12.6
	3	29.00 – 29.50	266	≥24	≥20
	4	34.00 – 34.50	259	≥24	≥20
	5	40.00 – 40.50	264	≥24	≥21
	6	43.50 – 44.00	333	≥24	≥20

Tablo 4.5.(devamı) Yarımca Konteyner Terminal sahası'na ait pressiometre deney verileri

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E_M (kg/cm^2)	PL (kg/cm^2)	PL* (PL-Po)
M102	1	15.00 – 15.50	166	4.8	1.8
	2	18.50 – 19.00	362	15.7	5.7
	3	22.00 – 22.50	115	7.35	3.35
	4	27.00 – 27.50	238	≥20	≥16
	5	32.50 – 33.00	242	≥20	≥16
	6	42.00 – 42.50	202	≥20	≥16
M103	1	13.00 – 13.50	315	7.3	4.3
	2	17.50 – 18.00	121	8.1	5.1
	3	19.00 – 19.50	189	18.4	12.4
	4	23.00 – 23.50	85	13.6	12.1
	5	27.50 – 28.00	228	≥20	≥16
	6	33.00 – 33.50	254	≥20	≥16
	7	38.00 – 38.50	313	≥20	≥14
M104	1	15.00 – 15.50	176	18.1	15.6
	2	18.00 – 18.50	301	≥20	≥16
	3	23.50 – 24.00	283	≥20	≥14
	4	27.50 – 28.00	268	≥20	≥16
	5	32.00 – 32.50	290	≥20	≥14
	6	37.00 – 37.50	275	23.6	19.6
M108	1	18.00 – 18.50	106	≥12	≥10.5
	2	21.50 – 22.00	349	≥22	≥18
	3	26.50 – 27.00	248	≥22	≥18
	4	32.00 – 32.50	278	≥22	≥18
	5	37.00 – 37.50	268	≥22	≥18
	6	44.00 – 44.50	241	≥22	≥18
M113	1	20.00 – 20.50	170	≥18	≥14
	2	25.00 – 25.50	136	≥18	≥15
	3	31.00 – 31.50	283	≥28	≥24
	4	36.00 – 36.50	314	≥26	≥20
	5	39.00 – 39.50	293	≥28	≥24
	6	43.50 – 44.00	341	≥32	≥26

Tablo 4.5.(devamı) Yarımca Konteyner Terminal sahası'na ait pressiometre deney verileri

Sondaj No	Deney No	Derinlik (m)	E_M (kg/cm2)	PL (kg/cm2)	PL* (PL-Po)
M114	1	20.00 – 20.50	156	≥15	≥12
	2	24.50 – 25.00	131	≥16	≥13
	3	29.50 – 30.00	289	≥24	≥20
	4	34.00 – 34.50	285	≥26	≥22
	5	38.50 – 39.00	326	≥24	≥20
	6	43.50 – 44.00	308	≥24	≥20
M115	1	24.50 – 25.00	101	≥15	≥13.5
	2	30.00 – 30.50	119	≥15	≥14
	3	35.00 – 35.50	145	≥16	≥14
	4	40.00 - 40.50	327	≥26	≥20
	5	45.00 – 45.50	288	≥26	≥22

İnceleme sahasında yer alan Alpet Körfez Dolum Tesisleri sınırları içerisinde yer alan S1, S2 ve S3 no'lu sondaj kuyuları içinde yapılan pressiometre deneylerinden tablo 4.6'da özetlenen değerler elde edilmiştir.

Tablo 4.6. Alpet Körfez Dolum Tesisleri sahası'na ait pressiometre deney verileri

Sondaj no	Deney no	Derinlik (m)	E_M (kg/cm^2)	PL (kg/cm^2)	PL* (PL-Po)
S1	1	1.00	34	2.0	0.5
	2	2.50	35	2.25	0.5
	3	4.00	70	3.25	0.75
	4	6.00	90	5.75	5.25
	5	7.50	289	19	15
	6	9.00	181	9.0	8.0
	7	10.50	98	17.2	15.2
	8	15.00	286	≥20	≥18
	9	17.50	361	≥20	≥17
	10	20.00	329	≥20	≥16

Tablo 4.6. (devamı) Alpet Körfez Dolum Tesisleri sahası'na ait pressiometre deney verileri

Sondaj no	Deney no	Derinlik (m)	E_M (kg/cm^2)	PL (kg/cm^2)	PL* (PL-Po)
S2	1	2.00	160	4.8	2.3
	2	4.50	162	≥14	≥12
	3	7.00	201	6.8	4.8
	4	10.00	318	≥14	≥5.0
	5	13.00	165	≥15	≥13.5
	6	16.00	449	≥14	≥10
	7	18.00	583	≥18	≥12
	8	21.00	322	14.5	12.5
	9	23.00	356	≥18	≥14
	10	24.50	352	≥20	≥18
S3	1	1.50	88	4.3	3.0
	2	4.00	112	9.2	8.0
	3	6.00	79	9.0	8.0
	4	11.00	107	≥15	≥14
	5	13.50	147	≥16	≥14.5
	6	15.50	177	≥17	≥15

İnceleme alanının zemin profilini oluşturan kıyı ve deniz dibi çökellerine ait tabakaların Menard Elastisite Modülü (E_M), Limit Basınç (PL) ve Net Limit Basınç (PL*) değer aralıkları tablo 4.7.1 ve 4.7.2'de verilmektedir.

Tablo 4.7.1 Kıyı çökelleri'ne ait pressiometre deneyi sonuç aralıkları

	Litoloji	**Elastisite Modülü E_M (kg/cm^2)**	**Limit Basınç PL (kg/cm^2)**	**Net Limit Basınç PL* (PL-Po)**
Dolgu Zemin	Kil boyutundan çakıl boyutuna kadar malzeme	34 - 160	2.0 – 4.8	0.5 – 2.3
Alüvyon çökeller	**-Kohezyonlu zeminler** Yumuşak - orta katı/katı KİL (CL)	35 – 162	2.25 - ≥14	0.5 - ≥12
Şirintepe Formasyonu	**Kohezyonlu zeminler** Çok katı/sert KİL/SİLT (CH,ML)	90 - 583	5.75 - ≥20	4.8 - ≥18

Tablo 4.7.1.'de görüldüğü üzere İzmit Körfezi'nin kıyı bölgelerinde görülen Holosen yaşlı alüvyon çökeller'in Menard elastisite modülü (E_M) 35 – 162 kg/cm^2 ve net limit basınç (PL*) 0.5 - ≥12 kg/cm^2 değerleri arasında değişmektedir. Drenajsız kohezyon değeri laboratuar sonuçlarına göre 0.55 – 2.0 kg/cm^2 değerleri arasında belirlenmiştir.

Pressiometre deney sonuçlarına göre ise;

$c_u = PL^* / \beta \ kg/cm^2$ (4.1.)

formülünden en düşük net limit basınç (PL^*) değeri alınarak ,

$c_u = PL^* / \beta$ (4.1.a.)

$c_u = 0.5 / 5.5$ (4.1.b.)

$c_u = 0.09$ kg/cm^2 (4.1.c.)

hesaplanmıştır.

En yüksek net limit basınç (PL*) değeri alınarak yapılan hesaplarda ise

$c_u = PL^* / \beta$ (4.2.)
$c_u = 12 / 5.5$ (4.2.a.)
$c_u = 2.18$ kg/cm^2 (4.2.b.)
hesaplanmıştır.

Pressiometre deneyinden elde edilen net limit basınç (PL*) değerine göre yapılan hesaplarda drenajsız kohezyon değeri 0.09 – 2.18 kg/cm^2 bulunmuştur. Laboratuar deney sonuçları ile arazi deney sonuçlarının paralel olduğu görülmektedir.

Şirintepe formasyonu'na ait birimlerin Menard elastisite modülü (E_M) 90 – 583 kg/cm^2 ve net limit basınç (PL*) 4.8 - ≥18 kg/cm^2 değerleri arasında değişmektedir. Drenajsız kohezyon değeri laboratuar sonuçlarına göre 0.50 – 2.74 kg/cm^2 değerleri arasında belirlenmiştir

Şirintepe formasyonu'na ait ince taneli birimlerin drenajsız kohezyon değeri

$c_u = PL^* / \beta$ (4.3.)
$c_u = 4.8 / 5.5$ (4.3.a.)
$c_u = 0.87$ kg/cm^2 (4.3.b.)
hesaplanmıştır.

En yüksek net limit basınç (PL*) değeri alınarak yapılan hesaplarda ise

$c_u = PL^* / \beta$ (4.4.)
$c_u = 18 / 5.5$ (4.4.a.)
$c_u = 3.27$ kg/cm^2 (4.4.b.)
hesaplanmıştır.

Pressiometre deneyinden elde edilen net limit basınç (PL*) değerine göre yapılan hesaplarda drenajsız kohezyon değeri 0.87 – 3.27 kg/cm^2 bulunmuştur. Laboratuar deney sonuçları ile arazi deney sonuçlarının paralel olduğu görülmektedir.

Tablo 4.7.2. Deniz dibi çökelleri'ne ait pressiometre deney sonuç aralıkları

	Litoloji	**Elastisite Modülü E_M (kg/cm^2)**	**Limit Basınç PL (kg/cm^2)**	**Net Limit Basınç PL* (PL-Po)**
Deniz Dibi Çökelleri	**-Kohezyonlu zeminler** Katı-çok katı/çok katı/sert KİL/SİLT (CH,ML)	72 - 372	7.30 - ≥32	3.35 - ≥26
	- Granüler zeminler Sıkı/sıkı-çok sıkı/çok sıkı KUM/ÇAKIL	106 - 327	4.8 - ≥26	1.8 - ≥20

Deniz dibi çökellerine ait birimlerin Menard elastisite modülü (E_M) 72 – 372 kg/cm^2 ve net limit basınç (PL*) 3.35 - ≥ 26 kg/cm^2 değerleri arasında değişmektedir. Drenajsız kohezyon değeri laboratuar sonuçlarına göre 0.41 – 0.96 kg/cm^2 değerleri arasında belirlenmiştir.

4.7.2. Yeraltı suları

İnceleme alanı Kirazlıyalı, Körfez Derince kıyı bölgelerinde yapılan sondaj çalışmaları sırasında 0.50 – 10.40 m derinlik arasında değişen yeraltı su seviyeleri tespit edilmiştir. Tespit edilen yeraltısu seviyeleri derinlikleri tablo 4.8'da sunulmuştur.

Tablo 4.8. Yeraltısu seviyeleri

Sondaj No	Yeraltı Suyu Derinliği (m)
L-202(Yarımca)	1.80
L-204(Yarımca)	1.20
L-205(Yarımca)	1.90
L-207(Yarımca)	1.35
L-208(Yarımca)	0.84
L-209(Yarımca)	1.02
L-210(Yarımca)	1.03
L-211(Yarımca)	2.95
L-212(Yarımca)	2.81
L-213(Yarımca)	0.60
L-214(Yarımca)	1.07
L-215(Yarımca)	2.48
L-216(Yarımca)	2.76
L-217(Yarımca)	5.48
L-218(Yarımca)	3.03
L-219(Yarımca)	5.85
L-220(Yarımca)	7.15
L-221(Yarımca)	2.18
L-401(Yarımca)	2.40
L-402(Yarımca)	YOK
L-403(Yarımca)	YOK
L-404(Yarımca)	4.10
L-405(Yarımca)	2.05
L-406(Yarımca)	4.30
L-407(Yarımca)	YOK
L-408(Yarımca)	3.30
L-409(Yarımca)	4.20
L-410(Yarımca)	6.90
L-411(Yarımca)	3.20
L-412(Yarımca)	9.05
L-413(Yarımca)	7.40
L-414(Yarımca)	1.90
L-415(Yarımca)	6.30

Tablo 4.8.(devamı) Yeraltısu seviyeleri

Sondaj No	Yeraltı Suyu Derinliği (m)
L-416(Yarımca)	8.10
L-417(Yarımca)	5.30
L-501(Yarımca)	7.30
L-502(Yarımca)	3.20
L-503(Yarımca)	5.40
L-504(Yarımca)	5.70
L-505(Yarımca)	9.70
L-506(Yarımca)	0.50
L-507(Yarımca)	8.80
L-508(Yarımca)	10.40
L-509(Yarımca)	7.20
L-510(Yarımca)	9.10
L-511(Yarımca)	6.10
L-512(Yarımca)	5.60
L-513(Yarımca)	5.05
SA1-1(Tüpraş)	2.65
SA1-4(Tüpraş)	2.70
SA1-5(Tüpraş)	2.75
SA1-7(Tüpraş)	2.75
SA1-9(Tüpraş)	2.75
SA1-11(Tüpraş)	2.75
SA1-13(Tüpraş)	2.75
SA1-15(Tüpraş)	2.75
SA2-2(Tüpraş)	2.75
SA2-3(Tüpraş)	2.60
SA2-4(Tüpraş)	2.75
SA2-5(Tüpraş)	2.65
SA2-6(Tüpraş)	2.60
SA2-7(Tüpraş)	2.60
SA2-10(Tüpraş)	2.65
SA2-11(Tüpraş)	2.80
SA2-12(Tüpraş)	2.70
SA2-13(Tüpraş)	2.75
B-2(Tüpraş)	2.75

Tablo 4.8.(devamı) Yeraltısu seviyeleri

Sondaj No	Yeraltı Suyu Derinliği (m)
B-4(Tüpraş)	2.80
B-6(Tüpraş)	2.70
B-8(Tüpraş)	2.75
B-9(Tüpraş)	2.80
B-10(Tüpraş)	2.75
S1(Evyap)	1.60
S2(Evyap)	1.50
S3(Evyap)	1.50
S4(Evyap)	1.70
S1(ALPET)	9.30
S2(ALPET)	9.00
S3(ALPET)	8.70
S1(Rota)	1,50
S2(Rota)	2,00
S3(Rota)	1,30
S4(Rota)	1,10
S5(Rota)	1,30
S6(Rota)	1,00
S7(Rota)	1,00
S8(Rota)	1,30

4.8. Laboratuar Deneyleri

İnceleme alanında yapılan sondajlardan alınan numuneler üzerinde zemin indeks/fiziksel özelliklerinin tanımlanması amacıyla dane dağılımını belirlemek üzere; Granülometri Analizleri, Su Muhtevası (w_n), Kıvam limitlerinin belirlenmesi amacıyla Likit Limit (w_L), Plastik Limit (w_p), Plastisite İndisi (I_p)deneyleri yapılmış ve sonuçları incelenmiştir. Ayrıca zeminin mukavamet özelliklerinin belirlenmesine yönelik Üç eksenli Basınç Deneyi ve zeminin oturma karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla da Konsolidasyon Deneyleri yapılmıştır. Uygulanan bu deneylere ait veriler yardımıyla zemin özellikleri tanımlanmıştır.

4.9. Kıyı ve Deniz Dibi Çökellerinin Mühendislik Jeolojisi Özellikleri

İnceleme sahasında yapılan sondajlardan elde edilen verilere göre; karada yapılan sondajlarda yüzeyden itibaren en üstte tabaka kalınlığı 0.15 m ile 7.30 m arasında değişen dolgu zemin tabakası yer almaktadır. Dolgu zemin, kil boyutundan blok boyutuna kadar malzeme içermektedir. Karada yapılan sondajlarda dolgu zemin tabakası altında 1.80 m ile 10.50 m derinlik arasında, denizde yapılan sondajlarda ise deniz tabanından itibaren tabaka kalınlığı 1.20 – 4.00m arasında değişen Alüvyon Çökelleri yer almaktadır. Bu çökeller gevşek-orta sıkı kabuklu KUM ile, çok yumuşak-yumuşak / yumuşak-orta katı / 0rta katı–katı / katı KİL ile temsil edilmektedirler. Alüvyon çökelleri altında Pleyistosen yaşlı Şirintepe formasyonuna ait Orta sıkı – sıkı / Sıkı / Sıkı – çok sıkı çakıllı KUM – kumlu ÇAKIL ile Katı-Çok katı / Çok katı – sert / Sert siltli KİL - killi SİLT tabakaları bulunmaktadır.

Tablo 4.9. Alüvyon çökelleri oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri

Laboratuar ve Arazi Deney Sonuçları	**Granüler zeminler**	**Kohezyonlu zeminler**
Ortam	Zemin	Zemin
Litoloji	Killi,siltli kabuklu çakıllı KUM / ÇAKIL	Çakıllı,siltli KİL / SİLT
Zemin sınıfı (USC'e göre)	SP, SM, SC,GC	CL,ML
SPT N_{30}	2 - 15	4 – 30
Su muhtevası (W_n) %	-	21.7 – 30.5
Likit Limit (W_L) (%)	-	23.3– 63.7
Plastik Limit (W_P) (%)	-	19.6 – 26.4
Plastisite İndisi (I_P) (%)	-	2.9 – 37.3

Tablo 4.9. (devamı)Alüvyon çökelleri oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri

Laboratuar ve Arazi Deney Sonuçları	Granüler zeminler	Kohezyonlu zeminler
Tabii Birim Hacim Ağırlık (γ_n)(t/m^3)	-	1.87– 1.99
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_d) (t/m^3)	-	1,44 – 1,63
Özgül Ağırlık (Gs)	-	2,67– 2,70
Kohezyon (c_u) kg/cm^2	-	0,55 – 2
İçsel Sürtünme Açısı (Φ) (^{0})		0 – 14
+4 No'lu Elek Üzerinde Kalan (%)	7 – 24.78	-
-200 No'lu Elekten Geçen(%)	9.36 - 26	-

Tablo. 4.10. Şirintepe formasyonunu oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri

Laboratuar ve Arazi Deney Sonuçları	Granüler zeminler	Kohezyonlu zeminler
Ortam	Zemin	Zemin
Litoloji	çakıllı KUM / kumlu ÇAKIL	siltli KİL / killi SİLT
Zemin sınıfı (USC'e göre)	SP, SM,GP	CH
SPT N_{30}	30 – Refü (≥50)	15 – Refü (≥50)
Su muhtevası (W_n) %	-	14.2 – 29.0
Likit Limit (%)	-	19.0 – 53.5
Plastik Limit (%)	-	11.0 – 25,2

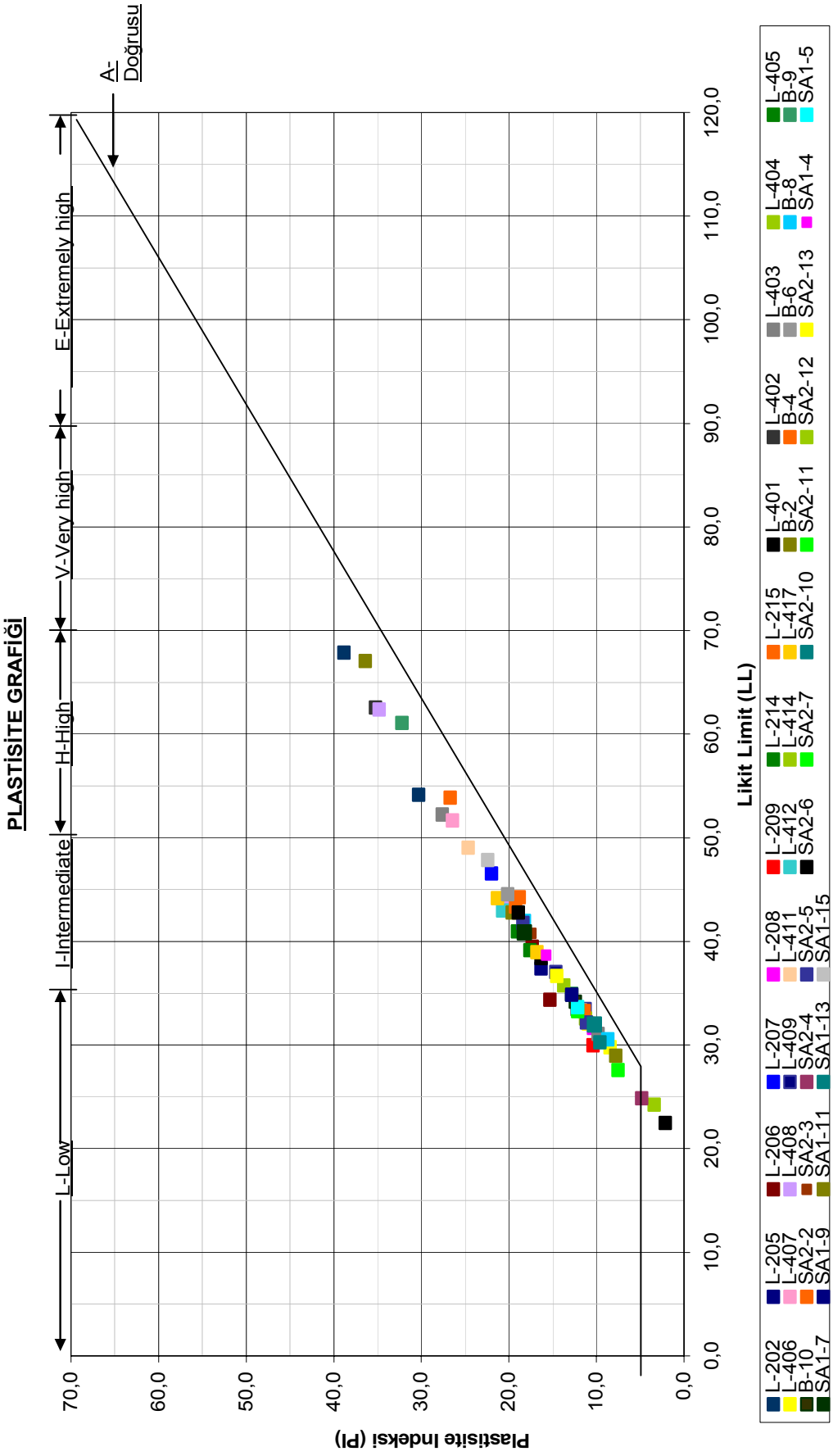
Tablo. 4.10.(devamı) Şirintepe formasyonunu oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri

Laboratuar ve Arazi Deney Sonuçları	Granüler zeminler	Kohezyonlu zeminler
Plastisite İndisi (%)	-	8.0 – 28.3
Tabii Birim Hacim Ağırlık (γ_n) (t/m^3)	-	1.87– 2,04
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_d) (t/m^3)	-	1,49 – 1.66
Özgül Ağırlık (Gs)	-	2,60– 2,71
+4 No'lu Elek Üzerinde Kalan (%)	0 – 46	-
-200 No'lu Elekten Geçen(%)	13 – 38	-

Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'te ince daneli zeminlerin A doğrusuna göre sınıflandırılmasına yönelik dağılımı plastisite grafiğinde gösterilmiştir. Plastisite grafiğinde zeminin likit limit – plastisite indeksi noktası, A doğrusu üzerinde veya üstünde çıkıyorsa "kil (C) " olarak sınıflandırılmaktadır. İnce taneli zeminin;
Likit limiti < %35 ise düşük plastisiteli kil (CL),
Likit limiti %35 - %50 arasında ise orta plastisiteli kil (CI),
Likit limiti > %50 ise yüksek plasitisiteli kil (CH) olarak nitelendirilmektedir.

İnce taneli zemin A doğrusu altında noktalanıyorsa "silt (M)" olarak sınıflandırılmaktadır. İnce taneli zeminin;
Likit limiti < %35 ise düşük plastisiteli kil (ML),
Likit limiti %35 - %50 arasında ise orta plastisiteli kil (MI),
Likit limiti > %50 ise yüksek plastisiteli kil (MH) olarak nitelendirilmektedir.

İnceleme alanında ince taneli zeminlerden alınmış örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan kıvam limit deneylerine göre hazırlanan grafikte zeminler yoğun olarak CL sınırında dağılım göstermişlerdir. L - 401 ve L – 404 no'lu sondajlara ait örnekler ise A doğrusu altında düşük plastisiteli silt sınırında sıralanmıştır. Buna göre ML simgesini alır.

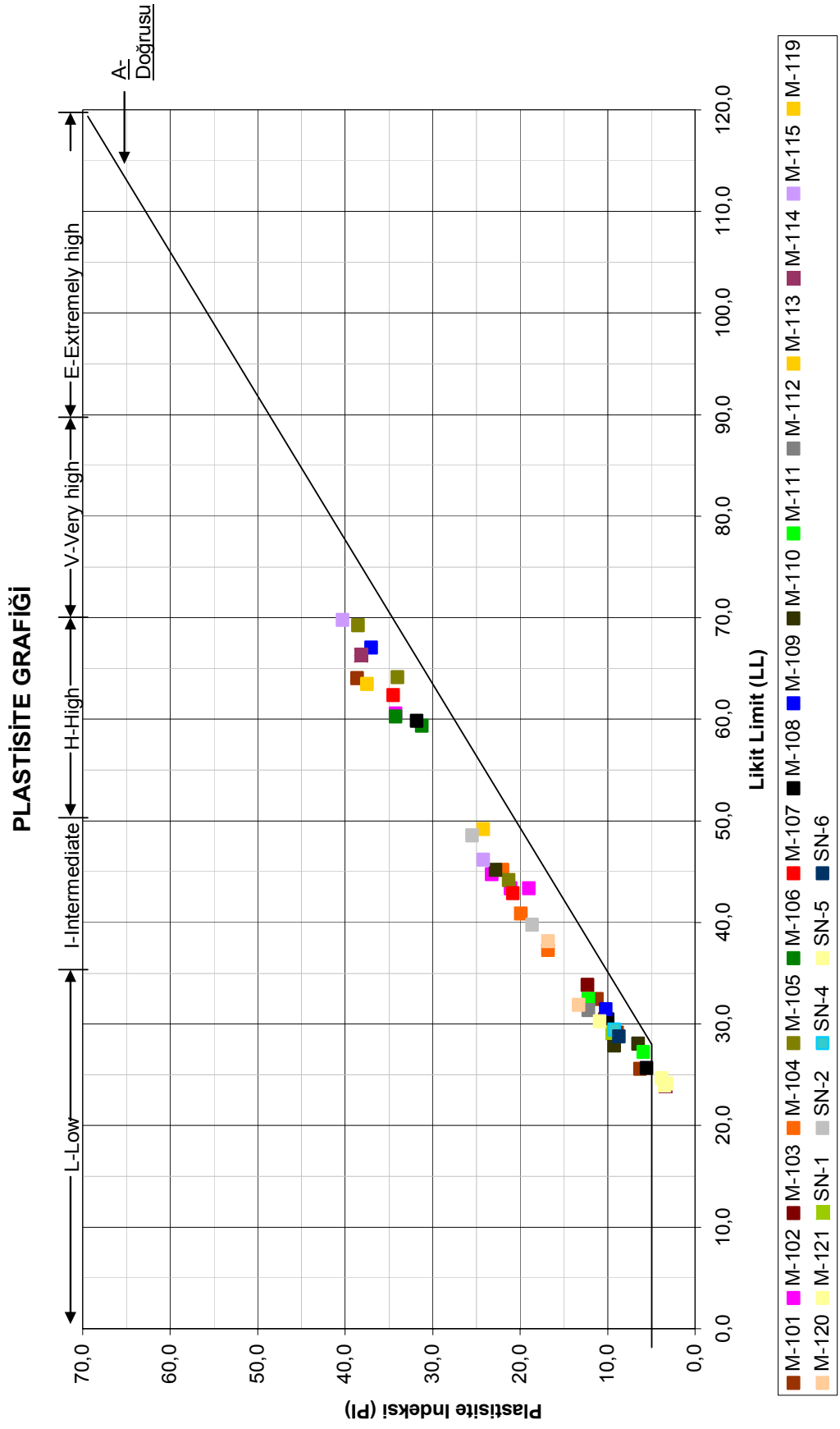


Şekil 4.3. Kara sondajlarına ait ince taneli zeminlerin plastisite grafiği (BS 5930 : 1999. Code of Practice For Site Investigations)

Tablo. 4.11. Deniz dibi çökellerini oluşturan birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri

Laboratuar ve Arazi Deney Sonuçları	**Granüler zeminler**	**Kohezyonlu zeminler**
Ortam	Zemin	Zemin
Litoloji	çakıllı KUM / kumlu ÇAKIL	siltli KİL / killi SİLT
Zemin sınıfı (USC'e göre)	SW, SM, GC	CL, ML
SPT N_{30}	4 - 10	2 - 4

Deniz sondajlarında ince taneli zeminlerden alınmış örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan kıvam limit deneylerine göre hazırlanan Şekil 4.5'teki grafikte ise zeminler yoğun olarak CL sınırında dağılım göstermişlerdir. M114 ve M121 no'lu sondajlara ait örnekler ise A doğrusu altındadır ve düşük plastisiteli silt olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre ML simgesini alır.



Şekil 4. 4. Deniz sondajlarına ait ince taneli zeminlerin plastisite grafiği (BS 5930 : 1999. Code of Practice For Site Investigations)

4.10. Depremsellik

Mevcut tarihsel ve aletsel deprem verileri ve jeolojik gözlemlere göre, Türkiye'nin önemli sanayi, ticaret ve turizm bölgesi olan Marmara Bölgesi ve buna bağlı olarak İzmit Körfezi'nin deprem potansiyeli oldukça yüksektir

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun etkisi altında olan bölgede son yüzyıl içerisinde üç büyük deprem yaşanmıştır. Bunlar 20 Haziran 1943, 22 Temmuz 1967 ve 17 Ağustos 1999 depremleridir. Bunlardan 1943 depreminin merkezi Adapazarı yakınları olup odak derinliği 10 km ve M=6.6'dır. 1967 depremi ise Mudurnu vadisinde olmuştur. 17 Ağustos Depremi, Marmara Denizi'nin doğusunda olmuştur. En önemli etkileri Adapazarı, İzmit, Gölcük ve Yalova çevrelerinde görülmüştür. Bu deprem Türkiye'de yaşanmış en büyük kent depremi olmuştur.

Deprem 17 Ağustos 1999'da yerel zamanla 03.08 (GWT 00.08)'te olmuştur. Depremin büyüklüğü önce M=6.8 olarak bildirilmiştir. Daha sonra, USGS tarafından M=7.8 verilmiştir. Bu Manyitüd daha sonra M=7.4 olarak hesaplanmıştır.

İnceleme alanı "Birinci Derece Deprem Bölgesi" içinde yer almaktadır. Bayındırlık ve İskân Bakanlığınca yayınlanan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" adlı şartname dikkate alındığında;

- 1. Derece Deprem Bölgesi için zemin ivmesi değeri; A_o= 0.40 g
- Şirintepe Formasyonu için B grubu, tabaka kalınlıkları dikkate alınarak yerel zemin sınıfı Z1,
- Alüvyon çökelleri için D grubu, tabaka kalınlıkları dikkate alınarak yerel zemin sınıfı Z3,
- Dolgu zemin için D grubu, tabaka kalınlıkları dikkate alınarak yerel zemin sınıfı Z4,
- Deniz dibi çökelleri için D grubu, tabaka kalınlıkları dikkate alınarak yerel zemin sınıfı Z4 alınabilir.

İnceleme alanını oluşturan birimlerin "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Deprem Yönetmeliği" tanımlamalarına göre" Zemin grupları ve Yerel Zemin Sınıfları ve Spektrum Karakteristik Periyotları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 4.12. İnceleme alanını oluşturan birimlerin zemin grubu, yerel zemin sınıfı ve spektrum karakteristik periyotları

Jeolojik Birim	**Zemin Grubu**	**Yerel Zemin sınıfı**	**Spektrum Karakteristik Periyotları**	
			T_A	**T_B**
Şirintepe Formasyonu	B	Z1	0.10	0.30
Alüvyon çökelleri	D	Z3	0.15	0.30
Dolgu zemin	D	Z4	0.20	0.90
Deniz dibi çökelleri	D	Z4	0.20	0.90

4.11.Sıvılaşma Analizi

İnceleme alanında bulunan granüler zeminler için sıvılaşma analizi yapılmıştır. Amerikan Deprem Mühendisliği prensipleri esas alınarak yapılan NCEER 1997 Work Shop Civiltech Liquefaction Pro bilgisayar analizi kullanılmıştır.

Sondaj logları ve laboratuar deney sonuçlarından yararlanılarak sondaj derinliği, birim hacim ağırlık ve ince dane oranı (200 no'lu elek altında kalan dane oranı) değerleri programa girilmiş ve litoloji tanımlamaları yapılmıştır. Buna göre sondajlarda, SPT N_{30} değerleri kullanılmış, sıvılaşma potansiyeli ve oluşan oturma değerleri belirlenmiştir.

Gevşek – orta sıkı konumlu KUM tabakalarında yapılan sıvılaşma analizine göre oturma miktarları tablo 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Kara sondajları sıvılaşma analizi sonucu elde edilen oturma miktarları

Sıra No	Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	Kot (m)	Koordinatlar		Oturma Miktarları (cm)
				N (Y)	E (X)	
1	L-204(Yarımca)	30.45	+1.93	4514361	478872	15.62
2	L-205(Yarımca)	30.45	+1.67	4514434	478981	16.96
3	L-401(Yarımca)	20.00	+16.90	4514568	479703	0.53
4	L-406(Yarımca)	27.05	+19.55	4514721	479652	3.21
5	L-408(Yarımca)	18.30	+17.45	4514735	479531	0.97
6	L-513(Yarımca)	25.05	+7.10	4514676	479121	2.41
7	SA1-1(Tüpraş)	25.45	+1.90	4513815	480205	17.75
8	SA1-4(Tüpraş)	25.45	+2.45	4513705	479960	0.20
9	SA1-5(Tüpraş)	25.45	+2.25	4513710	479795	4.64
10	SA1-7(Tüpraş)	25.55	+1.75	4513693	480090	15.40
11	SA1-9(Tüpraş)	51.15	+2.30	4513695	479900	4.82
12	SA1-11(Tüpraş)	25.45	+1.90	4513485	480180	18.94
13	SA1-13(Tüpraş)	25.45	+2.15	4513490	480000	26.68
14	SA2-3(Tüpraş)	25.45	+2.45	4513450	479820	6.29
15	SA2-4(Tüpraş)	25.45	+2.40	4513450	479750	10.50
16	SA2-5(Tüpraş)	26.75	+2.15	4513460	479860	10.34
17	SA2-7(Tüpraş)	25.60	+2.50	4513350	479750	10.08
18	SA2-11(Tüpraş)	25.70	+2.15	4513465	479775	6.10

Tablo 4.14. Deniz sondajları sıvılaşma analizi sonucu elde edilen oturma miktarları

Sıra No	Sondaj No	Sondaj Derinliği (m)	Deniz Suyu Derinliği (m)	Koordinatlar		Oturma Miktarları (cm)
				N (Y)	E (X)	
1	M-101(Yarımca)	43.95	14.00	4514361	478251	4.64
2	M-104(Yarımca)	37.55	7.25	4514482	478523	11.82
3	M-111(Yarımca)	35.70	6.15	4514397	478639	12.05

Bu oturmalar alüvyon çökellere ait birimler içerisinde görülmektedir. İnceleme alanı I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Deprem anında sıvılaşmaya bağlı olarak oluşan oturmalar, bu alanlarda önemli sanayi kuruluşları ve yapılaşmanın bulunması nedeniyle önemli bir risk oluşturmaktadır.

Şirintepe formasyonuna ait sıkı konumdan çok sıkı konuma kadar değişen Kum ve katı – çok katı kıvamdan sert kıvama kadar değişen Kil tabakalarında yapılan sıvılaşma analizine göre bir sıvılaşma riski bulunmamaktadır. Ancak depreme bağlı olarak taşıma gücü kaybı beklenebilir.

BÖLÜM 5. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Coğrafi Bilgi Sistemi Tanımı

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS-GIS); coğrafi verilerin toplanması, bilgisayar ortamına aktarılması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulması amacıyla bir araya getirilmiş bilgisayar donanımı, yazılım, insan kaynakları ve coğrafi bilgilerden oluşan bir bütündür.

Aynı zamanda Coğrafi Bilgi Sistemleri, uzaysal verilerin toplandığı, uzaysal bilgiyi görüntüleyebilen, grafik ve nitelik bilgilerinin eş zamanlı kullanıldığı, farklı bilgi kaynaklarından gelen verileri bütünleştirerek yönetim, planlama ve analiz problemlerinin çözümüne katkıda bulunan bilgi alışverişinde standardizasyonu ve harita ile tabloların kombinasyonunu sağlayan bilgisayar destekli sistemlerdir.

CBS, nesneleri ve olayları anlatmakta, sonuçları tahmin etmekte ve stratejik planlamada öne çıkmaktadır.

5.1.1. CBS'nin tarihçesi

CBS'in tarihi 1960'lı yılların başında başlamaktadır. İlk olarak Kanada A.B.D.'de özel ve askeri amaçlı olarak kullanılmış daha sonra 1980'li ve 1990'lı yıllarda gelişimini sürdürmüştür. Bugün dünyada yüz binlerce insanın istihdam edildiği milyarlarca dolarlık bir endüstri halini almıştır.

5.1.2. CBS'nin bileşenleri

GIS'nin birleşenleri; donanım, yazılım, veri, insanlar ve metotlar olarak beş maddeden oluşur.
a) Donanım: CBS'nin işlenmesini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünüdür.

b) Yazılım: Coğrafik bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalardır.

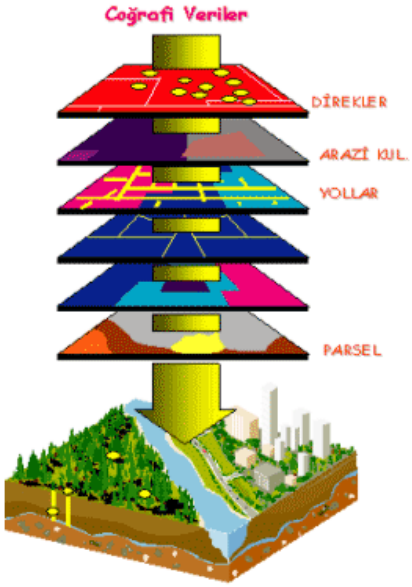
En popüler CBS yazılımları olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmollWorld, Genesis, Idrisi, Grass vb.verilerbilir. Coğrafi Bilgi Sistemine yönelik bir yazılım da olmadı gereken temel unsurlar; Coğrafik veri/bilgi girişi ve işlemin için gerekli araçları bulundurması, Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olmak, Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemeli, Ek donanımlarıyla olan bağlantılar için ara-yüz desteği olmalıdır.

c) Veri: Uzmanlarca CBS için temel öğe olarak kabul edilirken, elde edilmesi en zor bileşen olarak ta görülmektedir.

d) İnsanlar: CBS kullanılıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını arttırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir.

e) Metodlar: Başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani metadların geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir.

5.1.3. CBS nasıl çalışır



Şekil 5.1. CBS'nin çalışma sistemi

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi CBS'de aynı coğrafi bölgelere ait farklı katmanlardan oluşan veriler bilgisayar ortamında saklanmakta ve gerektiğinde istenilen katmanlar arasında ortak analiz yapabilme yeteneği farklı bilgisayar yazılımları ile kazandırılmaktadır.

CBS de veriler iki şekilde tarif edilmektedir; mekansal veriler ve mekana ait sözel veriler. Mekansal veriler, nehirler, göller, yollar, jeolojik oluşumlar, orman türü, yerleşmeler, meteorolojik oluşumlar gibi coğrafi bilgiler ve özelliklerden oluşan veriler birbirlerinden bağımsız olarak tanımlanmaktadır.

Mekansal veriler bilgisayar ortamında iki farklı şekilde saklanmakta ve kullanılmaktadır.

i- Vektör

ii- Raster (Grid)

5.1.4. CBS'de temel işlevler

Veri Toplama:

Coğrafi veriler toplanarak, CBS'nde kullanılmak üzere sayısal yani dijital formata dönüştürülmelidir.Modern CBS teknolojisinde, büyük projelerde tarama tekniği de kullanılır.

Veri Yöntemi:

Veri hacimlerinin geniş ve kapsamlı olması durumunda, küçük projelerde olduğu gibi coğrafik bilgilerin basit dosyalarda saklanması mümkün olmayıp, Veri Tabanlı Yönetim Sistemleri yardımıyla verilerin saklanması, organize edilmesi ve yönetilmesi sağlanır. CBS için en kullanışlı veri tabanı yönetim sistemi İlişkisel (relational) veri tabanı sistemidir. Bu sistem tasarımında veriler tablo bilgilerinin elde edilişindeki düşünce yapısında uygun olarak bilgisayar belleğinde saklanır. Farklı bilgiler içeren tablolarını bir biriyle ilişkilendirilmesinde bu tablolardaki ortak sütunlar kullanılır.

Veri İşlem:

CBS, gerek bilgisayar ortamında obje üzerine imlecin tıklanması ile basit sorgulama kapasitesine gerekse çok yönlü konumsal analiz araçlarıyla yönetici va araştırıcılara istenen süreçte bilgi sunar. CBS için veri çeşitlerinin birbirine dönüşümü veya irdelenmesi gerekebilir. CBS teknolojisi konumsal verilerin sorgulanması ve analizinde, yazılımlar sayesinde, birçok veri her türlü geometrik ve mantıksal işleme tabi tutulabilir.

5.1.5. Veri sunumu

Birçok coğrafi işlemin sonunda yapılanlar harita veya grafik gösterimlerle görsel hale getirilir. Haritalar coğrafik bilgiler ile kullanıcı arasındaki en iyi iletişimi sağlayan araçlardır. Haritalar, yazılı raporlarla, üç boyutlu gösterimlerle, fotoğraf görüntüleri ve çok ortamlı ve diğer çıktı çeşitleriyle birleştirilebilmektedir.

5.1.6. CBS uygulama alanları

Kent Bilgi Sistemi, Uzaktan Algılama, Haritacılık, Belediye Faliyetleri, Matematik Modelleme, Uygun yer Seçimi, Bilgisayar Destekli Tasarım(CAD), Kirlilik Modellemesi, Ulaşım Planlaması, Çok Kriterli Karar Verme, Deprem Hasar Analizleri, Alan Çalışmaları, Çevre Yönetimi, Tarım ve Ormancılık, Araç Takibi, Güvenlik Suç Takibi, ÇED Projeleri ve İstatistik, Üç Boyutlu Arazi Modeli, Kazı Dolgu Çalışmaları, Doğal Kaynak Yönetimi, Savunma Güvenlik, Coğrafya, Turizm vb. alanlardır.

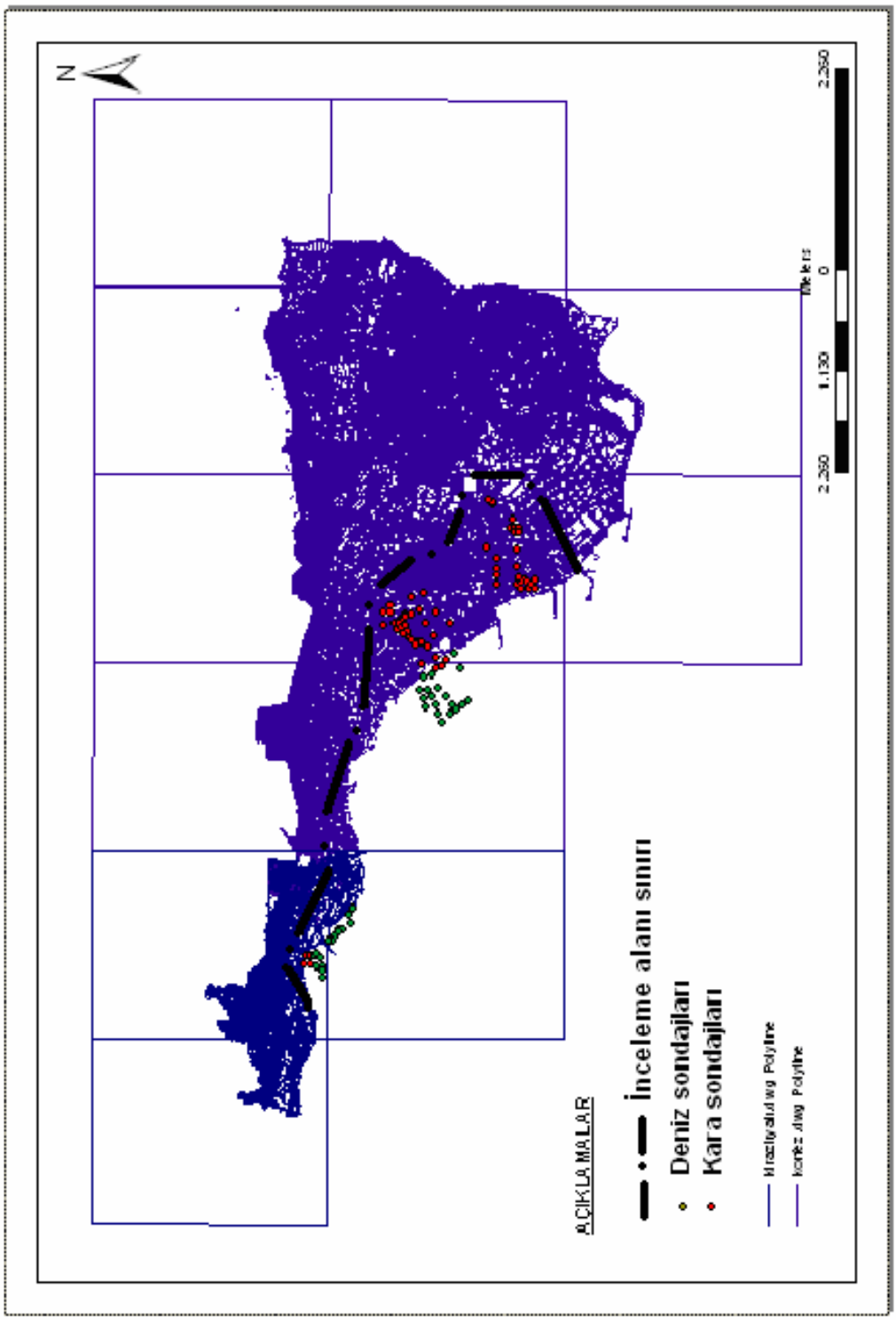
5.1.7. İnceleme alanının CBS / GIS ortamında sorgulanması

İnceleme alanını oluşturan birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerini incelerken bu çalışmada ESRI yazılımı olan ArcGIS 9.1 programı kullanılarak coğrafi bilgi sistemi ortamında sorgulama yapılmıştır.

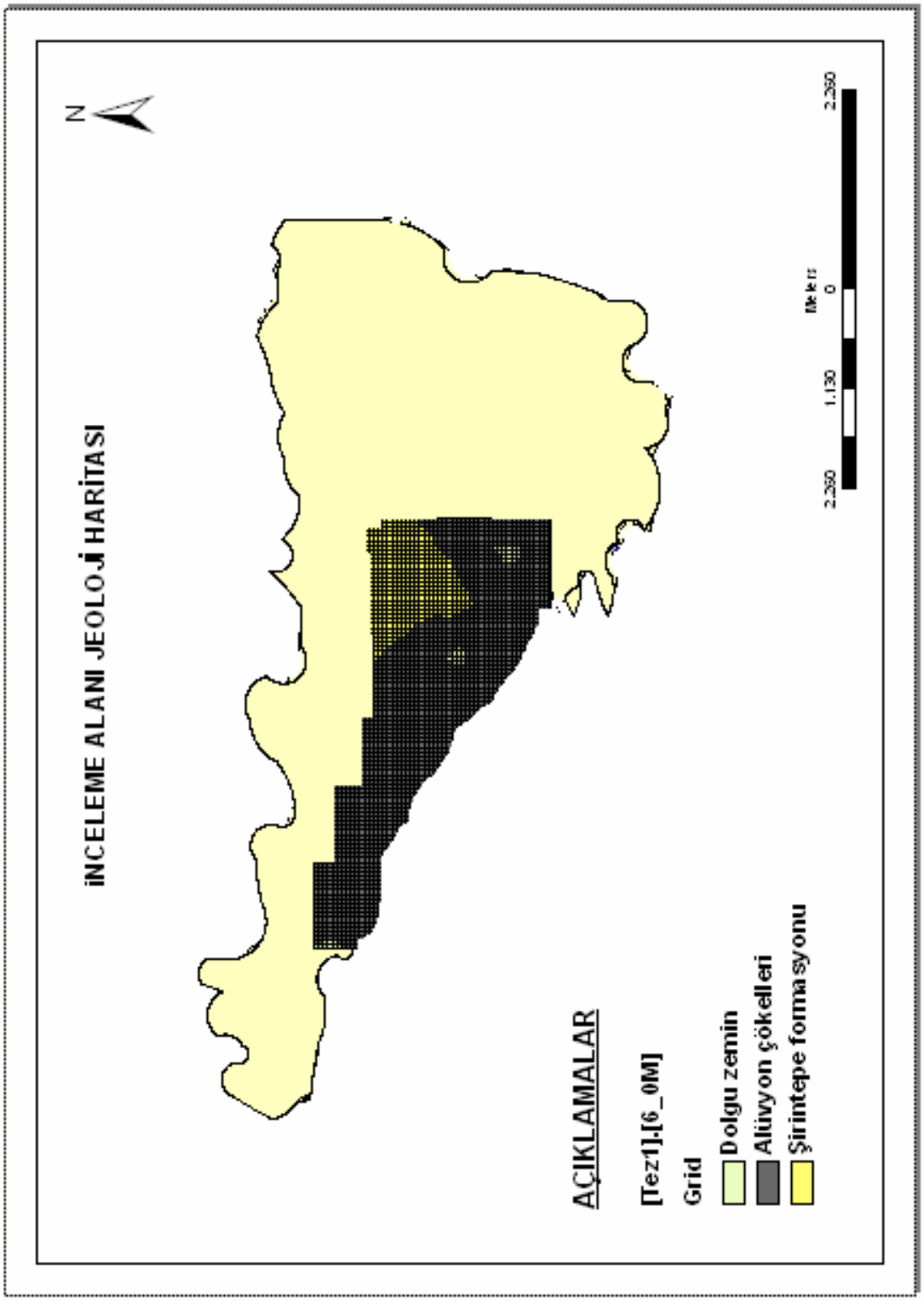
İnceleme alanında Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. tarafından yapılmış 94 adet kara, 34 adet deniz sondaj kuyusu Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen, alana ait 1/5000 haritada koordinatlarına göre noktasal olarak CBS ortamına aktarılmıştır. Kara sondajlarından elde edilen yer altı su seviyesi verilerine göre CBS' de yer altı su seviyesi eş yükselti eğrileri oluşturulmuştur. Eş yükselti eğrileri dikkate alınarak 0 – 2m, 2 - 4m, 4 – 6m, 6 – 8m, 8 – 10.4m olmak üzere beş farklı alana ayrılmıştır. Yeraltısu seviyesi haritası Şekil 5.2'te gösterilmiştir.

Bu haritaya göre kıyı bölgelerdeki dolgu alanlarında 0 - 2.0m yeraltısu seviyesi görülmektedir. Alüvyon çökeller içerisinde ise 2.0 – 4.0m derinliklerde yeraltısu seviyesi tespit edilmiştir.

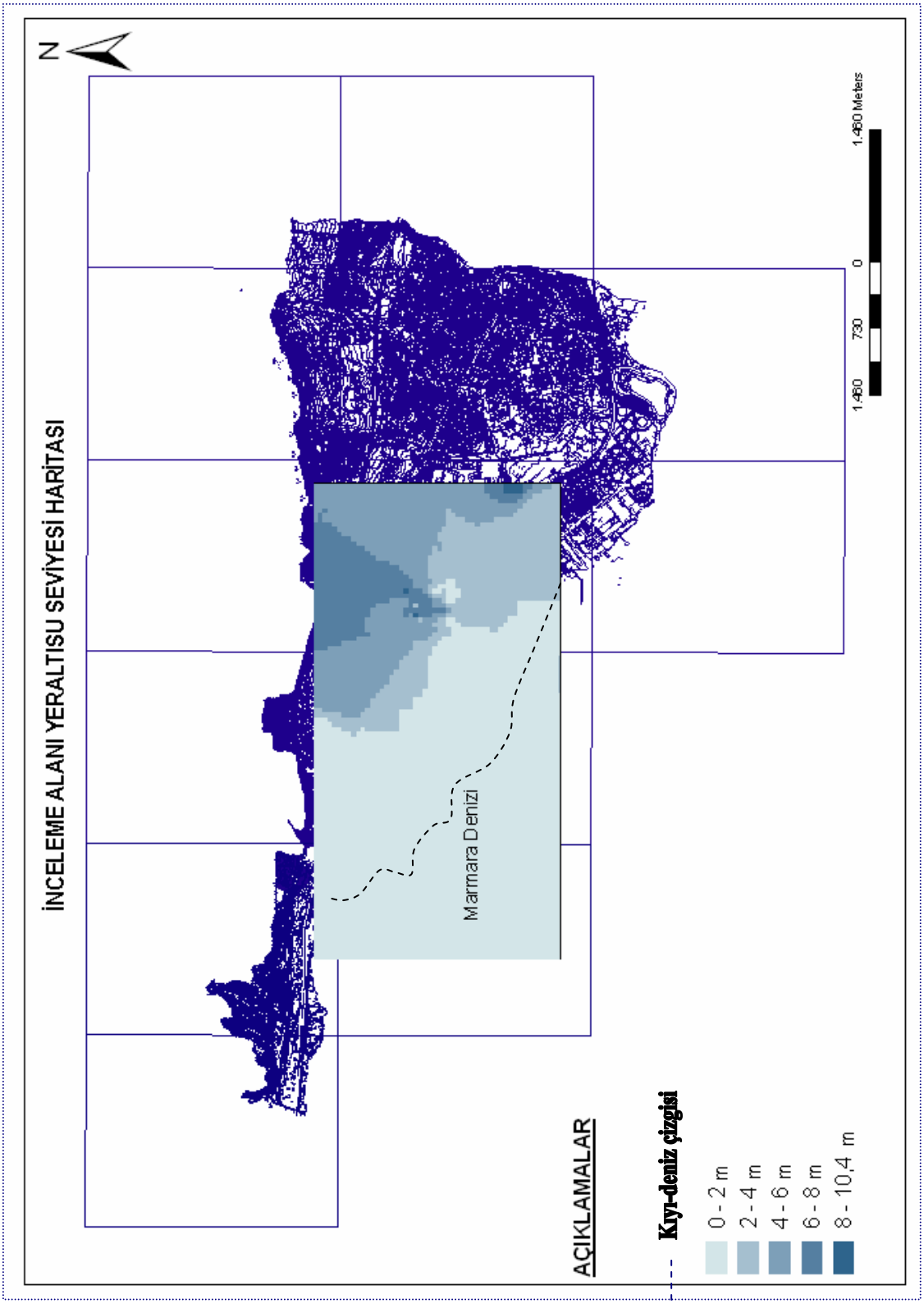
Arazi çalışmalarına göre çalışma alanının jeolojik birimleri tespit edilerek, zeminin kıvam özellikleri haritası üretilmiştir. Şekil 5.3'de verilen haritada zeminler, kara sondajlarından elde edilen verilere göre dört farklı gruba ayrılmıştır. Dolgu zemin tabakasının kalınlığı ve bu alanda yer alan önemli sanayi kuruluşlarının varlığı dikkate alınarak, haritalama işleminde 6.0m derinliğinde yapılan SPT_N30 değerleri alınmıştır. SPT_N30 darbe sayısı 4 – 10 aralığında olan zeminler gevşek – orta katı / katı, 10 – 30 aralığında orta sıkı – katı / çok katı, 30 – 50 değerleri arasında sıkı – çok katı / sert, darbe sayısı 50'den büyük zeminler ise çok sıkı – sert zeminler olarak gruplandırılmıştır. İnceleme alanı, SPT_N30 zemin kıvam / sıkılık haritasına göre kıyı bölgelerde Holosen yaşlı alüvyon çökellere ait gevşek konumlu granüler zemin ile orta katı / katı kıvamlı kohezyonlu zeminler yayılım göstermiştir. Kıyı bölgelerin kuzey kesimlerindeki Pleyistosen yaşlı Şirintepe formasyonuna ait zeminlerin kıvam ve sıkılık dereceleri artmaktadır.



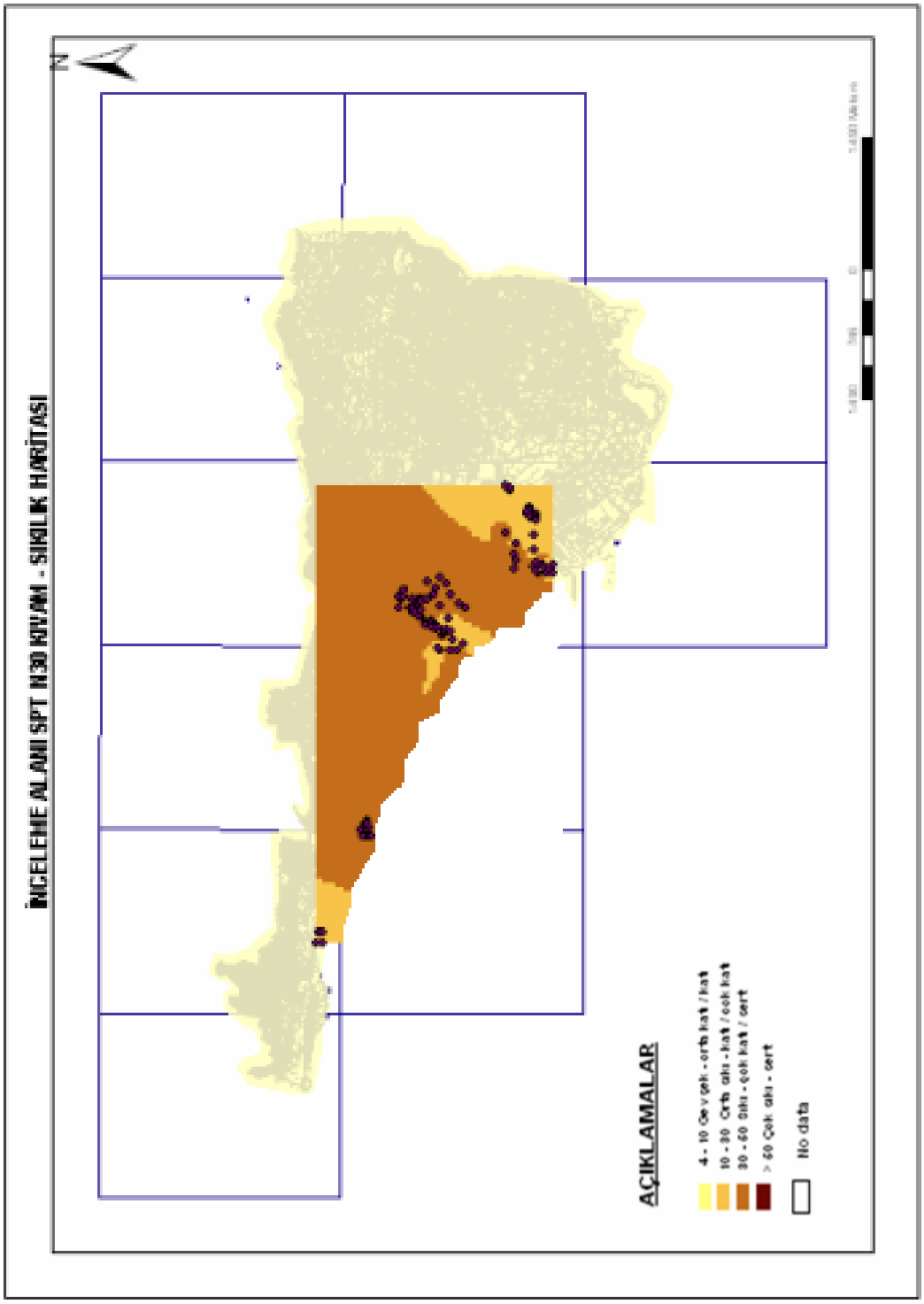
Şekil 5.2. İnceleme alanı sondaj lokasyon haritası



Şekil 5.3. İnceleme alanı jeoloji haritası



Şekil 5.4. İnceleme alanı yeraltısu seviyesi değişim haritası



Şekil 5.5. İnceleme alanı SPT_N30 değerlerine göre yapılmış zemin kıvam / sıkılık haritası

BÖLÜM 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, İzmit Körfezi kuzeyi kıyı ve deniz dibi çökellerinin mühendislik jeolojisi özellikleri incelenmiş ve elde edilen veriler, amaç doğrultusunda değerlendirilerek, sayısal ortamda veri tabanı oluşturulmuş ve oluşturulan veri tabanı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında sorgulanmıştır.

- Çalışma alanı, İzmit Körfezi Kuzey kesiminde yer alan, Kirazlıyalı, Derince, Körfez kıyı kıyı alanlarını kapsamaktadır. İnceleme alanı Kocaeli penepleni olarak tanımlanan hafif engebeli yükselimin Marmara denizi kıyı düzlüğünde yer almaktadır. Morfolojik olarak deniz kıyı çökellerinin oluşturduğu eski bir taraça düzlüğüdür. Kuzeyden güneye doğru topoğrafik eğim azalmaktadır

- İnceleme alanı kuzey iç kesimlerinde daha yaşlı birimler, kıyı kesimlerinde ise genç birimler yüzeylenmiştir. İnceleme alanı jeolojisi temelini Pleyistosen yaşlı Şirintepe formasyonu oluşturmaktadır. Pleyistosen yaşlı Şirintepe formasyonu çakıl, kum, kil ve silt ardalanmalı seviyelerle temsil edilmektedir. Şirintepe formasyonu üzerinde Holosen yaşlı Alüvyon çökelleri yer almaktadır. Ayrıca inceleme alanında bu formasyonlar üzerinde, genellikle rıhtım ve terminal tesisleri amacıyla yapılmış kil boyutundan blok boyutuna kadar malzemeden oluşan Dolgu zemin bulunmaktadır. Kirazlıyalı, Körfez, Derince kıyı kesimlerine paralel, deniz tabanında ince band halinde çakıllı kum / kum birimleri yayılım göstermektedirler.

- Körfez'de güncel çökellerin kalınlığı, yayılımı Körfez tabanı ve çevreleyen kara alanlarının yamaç eğimlerine, taşınan malzemenin tane boyuna, akıntıların gücüne ve batimetriye bağlıdır. Körfez tabanında tane boyu kıyıdan uzaklaşıldıkça düşer.

- Genç alüvyon çökeller'in Menard elastisite modülü $(E)_M$ 35 – 162 kg/cm^2 ve net limit basınç (PL*) 2.25 - ≥14 kg/cm^2 değerleri arasında değişmektedir. Drenajsız kohezyon değeri laboratuar sonuçlarına göre 0.55 – 2.0 kg/cm^2 değerleri arasında belirlenmiştir.

- Şirintepe formasyonu'na ait birimlerin Menard elastisite modülü (E_M) 90 – 583 kg/cm^2 ve net limit basınç (PL*) 4.8 - ≥18 kg/cm^2 değerleri arasında değişmektedir. Drenajsız kohezyon değeri laboratuar sonuçlarına göre 0.50 – 2.74 kg/cm^2 değerleri arasında belirlenmiştir.

- Deniz dibi çökellerine ait birimlerin elastisite modülü (E_M) 72 – 372 kg/cm^2 ve net limit basınç (PL*) 3.35 - ≥ 26 kg/cm^2 değerleri arasında değişmektedir. Drenajsız kohezyon değeri laboratuar sonuçlarına göre 0.41 – 0.96 kg/cm^2 değerleri arasında belirlenmiştir.

- Alüvyon; birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre granüler zeminler SP – SM – SC - GC, kohezyonlu zeminler CL-ML olarak sınıflandırılmıştır. Şirintepe formasyonu,. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre kohezyonlu zeminler CH, granüler zeminler SP, SM, GP olarak sınıflandırılmıştır. Deniz dibi çökelleri; Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre kohezyonlu zeminler CL, ML, granüler zeminler SW, SM, GC olarak sınıflandırılmıştır.

- İnceleme alanı, 1. Derece Deprem Bölgesi üzerinde bulunmaktadır.1. Derece Deprem Bölgesi için zemin ivmesi değeri; A_o= 0.40 g alınmalıdır. İnceleme alanında dolgu tabakası ve güncel gevşek – orta sıkı kum çökellerde ve deniz çökellerinde sıvılaşma potansiyeli bulunmaktadır. Deprem anında bu birimlerde sıvılaşmaya bağlı oturmalar görülebilir. Körfez kıyı kesimlerinde görülen bu birimler üzerinde önemli sanayi kuruluşları ve yapılaşmanın bulunması nedeniyle önemli bir risk oluşturmaktadır.

- İnceleme alanındaki gevşek - orta sıkı kum / çakıllı kum, yumuşak-katı kil tabakalarından oluşan deniz dibi çökelleri ve kıyı bölgelerdeki gevşek kum/çakıl – yumuşak kil gibi birimlerden oluşan alüvyon, önemli sanayi kuruluşları ve yapılaşma için yeterli taşıma gücüne sahip değildir. Bu tabakaların üzerine dolgu yapıldığında granüler tabakalarda ani ve killi tabakalarda ise zamana bağlı oturmalar meydana gelebilecektir.

.

- Deniz sondajlarından elde edilen verilere göre yaklaşık 5.0m deniz dibi çökelleri belirlenmiştir. Bu çökeller, yapılacak iskele ve rıhtım vb. yapılarda taşıma gücü sorununu ortaya çıkaracaktır. Bu çökellerin altında taşıyıcı tabaka özelliğine sahip sıkı - çok sıkı kum ve katı-çok katı kil tabakaları bulunmaktadır.

- İnceleme alanında bulunan kara ve deniz çökellerini oluşturan birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerinin benzerlik gösterdiği arazi ve laboratuar deneyleri sonucu belirlenmiştir.

- İzmit Körfezi jeopolitik açıdan önemli bir konuma sahiptir. Ayrıca bu bölgede denizyolu, karayolu, demiryolu ve havayolu gibi ulaşım sistemlerinin gelişmiş olması nedeniyle, sivil ve askeri amaçlı çok sayıda sanayi kuruluşunun, körfezin kıyı şeridi boyunca inşa edilmesine sebep olmuştur. Sanayi tesisleri ve limanlar çoğunlukla körfezin kuzey kıyılarında yer almışlardır. Bu çalışmada, İzmit körfezi kuzey kıyı bölgelerinin birinci derece deprem bölgesinde bulunması, arazi ve laboratuar araştırmaları neticesinde zemin durumu ve buna bağlı olarak deprem anında gösterecekleri davranışlar dikkate alınarak bu bölgenin mühendislik jeolojisi parametreleri araştırılmıştır. Mevcut veya yapılması planlanan sanayi yapıları için bu parametreler temel zemin parametreleri açısından bir veri kaynağı oluşturabilir.

KAYNAKLAR

AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, ***Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik***, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (1996).

ALTINLI, İ., E., "İzmit-Hereke-Kurucadağ Alanının Jeoloji İncelemesi", ***M.T.A. Dergisi*** , Sayı 71, 1-26 ss., Ankara, (1968).

ALPAR B., ve YALTIRAK C., "Kuzey Anadolu Fayı'nın İzmit Körfezi İçindeki Özellikleri ve 17 Ağustos 1999 Depreminin Etkileri" ***Aktif Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantı Makaleler Kitabı,*** (1999).

ArcGIS 9 Uygulama Dökümanı, ***İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları***, Ankara.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, ***Türkiye Deprem bölgeleri haritası***, Ankara, (1996).

BAGUELİN, F., JEZEQUEL, J.F., SHIELDS, D.H. "The Pressuremeter and Foundation Engineering", (1978).

BS 5930 : 1999, "Code of Practice For Site Investigations".

EMRE, Ö., vd., "Doğu Marmara Bölgesinin Neojen – Kuvaternerdeki Evrimi", ***M.T.A. Dergisi***, sayı 120, s. 233-258, Ankara, (1998)

ERYILMAZ, İ., vd., "İzmit Körfezi'nin Çökel Dağılımı ve Buna Etki Eden Faktörler". ***İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi***, E.Meriç (Editör), s.277-283 Kocaeli Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Kocaeli, (1993).

Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. Şti., "Kocaeli İli, Körfez İlçesi 30L 3b, 30M 4a ve 19J 3abc Pafta; 344, 1270, 1271, 1272, 1273 ve 1439 Ada ve Kıyı Ötesi Dolgu Alanı – Rıhtım Yapılarının Mevzii İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu", İstanbul, Mart, (2007).

Geos Geoteknik ve Sondajcılık Ltd. Şti., "Kocaeli İli, Körfez İlçesi Kirazlıyalı Beldesi 30K 2b Pafta 1389 Ada / 30K 2a Pafta 1430 Ada Önü, Kıyı ve Kıyı Ötesi Dolgu Alanı – İlave Liman Tesisleri İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik İnceleme Raporu", İstanbul, Mart, (2007)

HOŞGÖREN, M.Y., "İzmit Körfezi Havzası'nın Jeomorfolojisi", ***İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi***, E.Meriç (Editör), s.343-348, Kocaeli Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Kocaeli, (1995).

KILIÇ, R., "İstanbul – İzmit Arası Kıyı Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu", D.S.İ. (1977)

SEYMEN, İ., "İzmit Körfezi ve Çevresinin Jeolojisi", ***İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi***, E.Meriç (Editör), Kocaeli Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Kocaeli (1995).

Temel Araştırma ve Sondaj Ltd.Şti., "İzmit Körfezi Kıyı Bölgelerinin ve Kababurun ile Dilburnu Arasındaki Geçiş Güzergahının Jeoloji Raporu (Ek Rapor - I)", İstanbul, Ağustos, (1990).

ÖZHAN, G. ve BAYRAK, D., "İzmit Körfezi Pliyokuvaterner Çökellerinin Sismik İrdelenmesi", ***Türkiye Jeoloji Bülteni,*** Cilt.41, No.2, 151-164, Ağustos (1998).

TS 1500,. Türk Standardı, "İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Aralık (2000)

ULUSAY, R., "Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler", ***Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları***, Ankara, (2000).

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında İstanbul' da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bağlarbaşı İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini Haydarpaşa Süper Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2005 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. Eylül 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2006 yılından itibaren Geos Geoteknik ve Sondacılık Ltd. Şti.'nde çalışmaktadır.