İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

ODTÜ

BEYLİKDÜZÜ

TSUNAMİ RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI

Haziran 2020 İSTANBUL

İSTANBUL SENİN

İSTANBUL
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ TSUNAMİ RİSK ANALİZİ VE EYLEM PLANI RAPORU

BU RAPOR;
İSTANBUL İLİ MARMARA KIYILARI TSUNAMİ MODELLEME, HASAR GÖREBİLİRLİK VE TEHLİKE ANALİZİ GÜNCELLEME PROJESİ (2018) VE İSTANBUL İÇİN TSUNAMİ EYLEM PLANI HAZIRLANMASI İŞİ (2019) SONUÇ RAPORLARINDAN YARARLANILARAK,
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ,
DEPREM RİSK YÖNETİMİ VE İYİLEŞTİRME DAİRE BAŞKANLIĞI,
DEPREM VE ZEMİN İNCELEME MÜDÜRLÜĞÜ
TARAFINDAN ÜRETİLMİŞTİR.
06/2020

PROJE BİLGİLERİ

"İstanbul İli Beylikdüzü İlçesi Tsunami Risk Analizi ve Eylem Planı Raporu", İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi (2018) ve İstanbul İçin Tsunami Eylem Planı Hazırlanması İşi (2019) sonuç raporlarından yararlanılarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından üretilmiştir.

Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümleri:

Prof. Dr. Ahmet Cevdet Yalçıner, Proje Yürütücüsü, yalciner@metu.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Lütfi Süzen, Proje Yürütücüsü, suzen@metu.edu.tr

Araş. Gör. Duygu Tüfekçi Enginar, Bilimsel Proje Uzmanı, dtufekci@metu.edu.tr

Gözde Güney Doğan, Bilimsel Proje Uzmanı, gguneydogan@gmail.com

İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı
Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü:

Jeoloji Müh. Sema KARA

Jeofizik Yük. Müh. Yasin Yaşar YILDIRIM (Dai. Bşk. Danışmanı)

Jeoloji Müh. Evrens Rıza YAPAR

Jeofizik Müh. Özge UZUNKOL

Jeoloji Müh. Ahmet TARİH

Dr. Emin Yahya MENTEŞE (Md. Yrd.)

Jeofizik & Geoteknik Yük. Müh. Kemal DURAN (Müdür)

Dr. Tayfun KAHRAMAN (Daire Başkanı)

Haziran 2020, İSTANBUL

Kıymetli Hemşehrilerim;

Dünyada deprem riski en yüksek kentlerin başında, hem nüfus ve yapı yoğunluğu hem de fay hatlarına yakınlığı nedeniyle, maalesef İstanbul geliyor. Kadim kentimizde, değişmeyen öncelikte ve önemdeki birinci konu deprem riski ve beraberinde getireceği yıkımlardır. Bu nedenle, İstanbul'u daha yaşanabilir, daha dayanıklı, daha sürdürülebilir bir şehir yapabilmek için çalışmalarımıza hızlıca başladık.

Şeffaf ve katılımcı yönetim anlayışımız gereği, İstanbul Deprem Seferberlik Planı'na uygun olarak; daha güvenli, afete dirençli bir İstanbul için yol haritası oluşturmaya başladık. Geçtiğimiz yılın sonunda, 174 kurum ve 1.200 akademisyen ile gerçekleştirdiğimiz "İstanbul Deprem Çalıştayı" sorun analizleri, çözümlemeler ve proje önerileri ile geçmiş tüm tecrübeleri de dikkate alarak ortaya, bir yol haritası çıkardı. Keza, bu çalıştay sonrası paydaşların ihtiyaçlarını dile getirebilecekleri ve süreç yönetimine aktif olarak katılabilecekleri, siyaset üstü bir yapı olarak "İstanbul Deprem Platformu" kuruldu ve ilk toplantısını, 65 kurumun katılımı ile Şubat ayında yaptı. Böylece; tüm katılımcı kuruluşların, deprem riskini azaltma adına katkıda bulunmaları; platforma katılan kuruluşlar ve temsilcileri ile sürdürülecek çalışmaların, şeffaf ve kesintisiz biçimde kamuoyunun bilgisine sunulması; toplumun her katmanından gelecek bilgi ve önerilerin de göz önüne alınmasını sağlayacak bir iletişim düzeninin kurulması hedeflendi.

Özellikle, 39 ilçe belediyemiz ile yapılacak iş birliği ve süreç yönetimine katılımın, tarafımızca çok önemsenmesi, platformda ilçe belediyelerini çok önemli bir yere oturttu. Bilimsel çalışmalar göstermektedir ki; yıkıcı bir deprem, er ya da geç meydana gelecek, gerçekleştiğinde ise afet boyutunda kayıplara neden olabilecektir. Dolayısıyla bu depreme, sadece İBB olarak değil siyaset üstü bir yaklaşım ile merkezi idare, İstanbul Valiliği, ilçe belediyeleri, STK'lar, üniversiteler gibi bütün paydaşlar ile beraber hazırlanmalıyız. İstanbulluların geleceğe daha güvenle bakabilmesi için olmazsa olmaz koşul, bu birlikteliktir. Depreme hazırlanabilmenin temelinde ise, depremin yaratacağı riskin anlaşılması ve azaltılması adına yapılabilecekler yatmaktadır. Bu doğrultuda, İstanbul'un deprem nedeni ile karşı karşıya kalacağı riskin anlaşılabilmesi için; üniversiteler, uzmanlar ve profesyonel bir ekip ile aklın ve bilimin rehberliğinde İBB olarak çalışmalarımızı sürdürmekteyiz.

39 ilçemiz için ayrı ayrı analizler ve haritalamalar devam ederken; sınırları kısmen Marmara Denizi'ne komşu 17 ilçemiz için de tsunami kaynaklı risk analizleri ve alınması gerekli yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin boyutlarını ortaya koyan "İstanbul İlçe Bazlı Tsunami Risk Analizi ve Eylem Planı İlçe Kitapçıkları", İBB imkânları ile üretilmiştir. İBB ve ODTÜ işbirliği ile yapılmış olan "İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi (ODTÜ, 2018)" ve "İstanbul İli Tsunami Eylem Planı (ODTÜ, 2019)"projelerinden faydalanılarak üretilen bu bilgi kitapçıkları ile İstanbul genelinde etkili olabilecek olası bir tsunami olayının yaratacağı kayıpları minimuma indirmek, Marmara kıyılarında yer alan önemli kritik yapıların tsunamiden etkilenmemesi ya da en az etkilenmesi için alınması gereken önlemleri saptayarak gerekli aşamaları tanımlamak, detaylandırmak ve aynı zamanda afete hazırlık konusunda ilgili kurum ve kuruluşların bilgilendirilmesi hedeflenmektedir.
İBB Başkanı olarak, ilk günden itibaren ilan ettiğimiz demokratik, katılımcı ve şeffaf bir yönetim anlayışı yaklaşımı gereği kamuoyu ile paylaştığımız "İstanbul'u beraber yönetelim" prensibimize uygun bir seferberlik ruhu ve el birliğiyle yürüteceğimiz tüm bu çalışmalar sayesinde, İstanbul'un depreme daha dayanıklı bir kent olmasını ve biz İstanbulluların da geleceğe daha güvenle bakmasını mümkün kılacağımıza inancım tamdır.

Saygılarımla,
Ekrem İMAMOĞLU
İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı

İçindekiler

Şekiller 3

Tablolar 4

1. GİRİŞ 6

2. TSUNAMİ TEHLİKESİ 8

3. KAPSAM VE YÖNTEM 9

4. BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ 13

4.1. Beylikdüzü İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası 13

4.2. Beylikdüzü İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları 16

5. BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ 20

5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik 20

5.1.1. Jeoloji 20

5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu 21

5.1.3. Kıyıdan Uzaklık 22

5.1.4. Yükseklik 23

5.2. Tahliye Esnekliği 24

5.2.1. Binaya Uzaklık 24

5.2.2. Yol Ağına Uzaklık 25

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu 26

5.2.4. Eğim 27

5.3. Beylikdüzü İlçesi MeTHuVA Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları 28

6. BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ 30

6.1. Beylikdüzü İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası 30

6.2. Beylikdüzü İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları 31

7. BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI 32

7.1. Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler 33

7.2. Kritik ve Stratejik Yapılar İçin Alınması Gerekli Önlemler 36

7.2.1. Balıkçı Barınağı ve Su Ürünleri Hali 36

7.2.2. Ambarlı Liman ve Marina İşletmeleri 37

7.2.3. Ambarlı Termik Santral ve Akaryakıt Dolum Tesisleri 37

7.3. Beylikdüzü İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi 38

8. SONUÇ VE ÖNERİLER 39
9. KAYNAKÇA 41
EK-1 42

Şekiller

Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme ile d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Şematik Gösterimi 8
Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014) 8
Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı 11
Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri 11
Şekil 5: CMN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası 13
Şekil 6: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (CMN) 14
Şekil 7: Beylikdüzü İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (CMN) 15
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası 16
Şekil 9: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC) 17
Şekil 10: Beylikdüzü İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC) 19
Şekil 11: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 21
Şekil 12: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 22
Şekil 13: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 23
Şekil 14: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 24
Şekil 15: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 25
Şekil 16: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 26
Şekil 17: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 27
Şekil 18: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 28
Şekil 19: Beylikdüzü Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası 29
Şekil 20: CMN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası 30
Şekil 21: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası 31
Şekil 22: Beylikdüzü İlçesi Sahil Kullanımları a) Gürpınar b) Dereağzı 33
Şekil 23: İlçedeki Sahil Yollarına Örnekler 34
Şekil 24: Yamaçlardan Sahile İniş İçin Yapılmış Merdiven Yapıları 35
Şekil 25: Beylikdüzü İlçesi 1/5000 ölçekli Nazım İmar Planı 36
Şekil 26: Su Ürünleri Hali 37
Şekil 27: Ambarlı Limanı 37
Şekil 28: Ambarlı Termik Santrali ve Akaryakıt Dolum Tesisleri 38

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları 10
Tablo 2: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (CMN) 14
Tablo 3: Beylikdüzü İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (CMN) .. 15
Tablo 4: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC) 17
Tablo 5: Beylikdüzü İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC) .. 18
Tablo 6: Beylikdüzü Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri 20

1. GİRİŞ

İstanbul ili tarih boyunca belirli aralıklarla birçok depreme maruz kalmış ve bu depremler büyük kayıplara sebep olmuştur. Bilimsel çalışmalar, jeolojik veriler, edinilen tecrübeler ve İstanbul'un şehirleşme nitelikleri bir arada değerlendirildiğinde, yakın gelecekteki olası büyük bir depremin yönetilemez boyutlarda hasar meydana getireceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, geçmişte İstanbul'u afet boyutunda etkilemiş olan depremler incelendiğinde, tüm kıyı şeridini tehdit ederek bu hat boyunca hasara yol açan tsunami olayları ayrıca göze çarpmaktadır. Diğer bir deyişle tarihsel bilgiler Marmara Denizi'nde tsunami dalgalarının oluştuğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır. Türkiye kıyılarında 3.000 yılı aşkın sürede saptanan 90 kadar tsunami dalgasının üçte biri Marmara Denizinde yer almıştır.

Bu çerçevede, kıyı şehirlerinin ve özellikle mega kentlerin tsunami olaylarına karşı hazırlıklı olması için başta Japonya ve ABD'de olmak üzere dünyanın çeşitli ülkelerinde tsunami etkilerini azaltmaya yönelik gerçekleştirilen projelerde, farklı senaryolara göre oluşacak tsunami kaynaklı bir afet durumunda kıyılardaki olası baskın alanlarının saptanması, akım derinliği ve tırmanma yüksekliği dağılımlarının hesaplanması, binaların hasar görebilirlik durumlarının belirlenmesi, tahliye yollarının hizmet görebilirliğinin anlaşılması ve risk düzeylerinin hesaplanması amaçlamaktadır. Bu nedenle bu tür çalışmalar hem riski saptama hem de risk azaltma için yöntem geliştirme yolunda, karar vericiler ve şehir yöneticileri için çok faydalı araçlardır. Bu tür projelerin sonuçlarının başarılı olarak uygulanabilmesi için kullanılan verilerin kaliteli, güvenilir ve yüksek çözünürlüklü olması, kullanılan hesaplama araçları, sayısal modeller ve yöntemlerin güncel, doğruluğu ve geçerliliği kanıtlanmış ve yüksek performanslı model ve yöntemlerle olmaları gereklidir.

Bu doğrultuda, İstanbul genelinde yapılmış ilk çalışma 2007 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (İBB-DEZİM) tarafından gerçekleştirilen; "İstanbul Kıyılarını Etkileyebilecek Tsunami Dalgaları İçin Benzetim ve Hasar Görebilirlik Analizi Projesi" dir (İBB, OYO, 2007). Bu proje sonuçları, geliştirilen yerleşime uygunluk haritalarında altlık olarak kullanılmış, birçok altyapı ve üstyapı yatırımında da yön gösterici olmuştur. Bu ilk çalışmadan sonraki dönemde, deniz içi, kıyı ve karasal alandaki yapısal unsurlarda değişiklikler, sayısal modelleme araçlarında hem yazılım hem de donanım teknolojilerinde önemli gelişmeler olmuş, bunların yanında veri toplama ve işleme yöntemlerinde de çok etkin ölçüm ve işleme araçları kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmelere ek olarak özellikle 2011 Tohoku Depremi (Japonya), tsunami karşısında alınması gereken önlemlerin önemini de bir kez daha gözler önüne sermiştir. Gerek ülkemizde gerekse dünyadaki tüm bu bilimsel ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda İBB-DEZİM tarafından İstanbul'u etkilemesi olası tsunami karşısında kentsel dayanıklılığı artırmak amacıyla "**Tsunami Dayanıklı İstanbul**" yaklaşımı geliştirilmiş ve üç aşamalı bir süreç tanımlanmıştır. Buna göre öncelikli olarak tsunami kaynaklı risk ve risk bileşenlerinin tekrar analiz edilmesi ve değerlendirilmesi kararlaştırılmış, böylelikle "**İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi**" (ODTÜ, 2018) gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında kullanılan çözünürlük seviyesi,

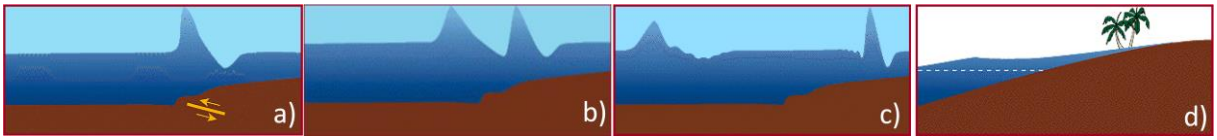
dünyada mega-kentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün ilçelerde değişken ama önemli boyutlarda tsunami etkisi olacağı görülmektedir.

İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi'nin (ODTÜ, 2018) ardından, bu proje çıktılarına bağlı olarak İstanbul genelinde etkili olabilecek olası bir tsunami olayının yaratacağı kayıpları minimuma indirmek, Marmara kıyılarında yer alan önemli kritik yapıların tsunamiden etkilenmemesi ya da en az etkilenmesi için alınması gereken önlemleri saptayarak gerekli aşamaları tanımlamak ve detaylandırmak ve aynı zamanda afete hazırlık konusunda ilgili kurum ve kuruluşların bilgilendirilmesi amacıyla tasarlanan "**İstanbul İli Tsunami Eylem Planı**" (ODTÜ, 2019) çalışması da "**Tsunami Dayanıklı İstanbul"** yaklaşımının ikinci aşaması olarak tamamlanmıştır.

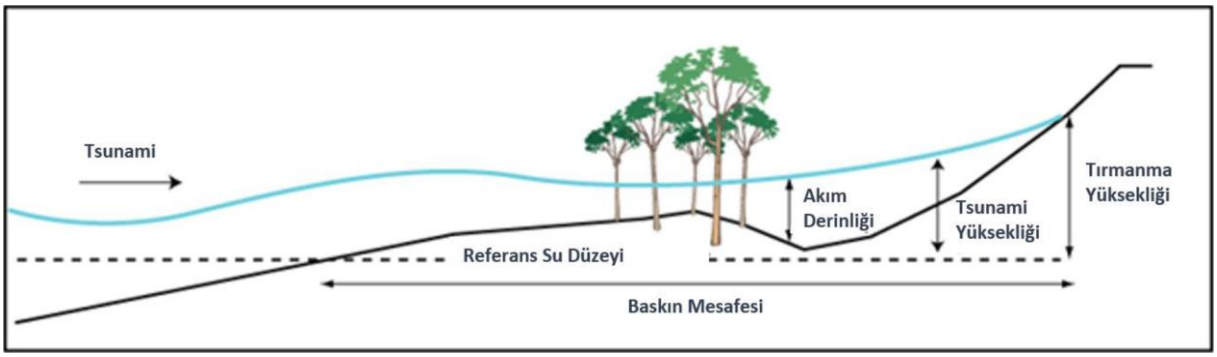
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan ilçe belediyeleri, kaymakamlıklar, ilgili diğer kurum-kuruluşlar, STK'lar ve yerel halk tarafından gereğince sahiplenilmesine bağlıdır. Bu kapsamda gerek analizlerle ortaya çıkarılan tehlike ve risklerin doğru anlaşılabilmesi, gerekse risklerin azaltılmasına yönelik çalışmaların öneminin kavranarak tüm paydaşlarca sahiplenilmesinin sağlanması amacıyla tsunami etkisine maruz kalacak her bir ilçeye özel raporlama yapılmıştır. Bu sayede karar verici ve uygulayıcı birimlerin sorumluluk alanlarında kalan tehlikelere ve olası risklerin azaltılması için gereken önlemlere daha kolay odaklanması ve konuma özgün çözümlemeler geliştirmesinin önünün açılması hedeflenmiştir.

2. TSUNAMİ TEHLİKESİ

Tsunamiler temelde deniz tabanı deformasyonlarına bağlı olarak oluşan uzun deniz dalgalarıdır. Bu deformasyonlar deniz tabanındaki depremler, deniz altı heyelanları, volkanik patlamalar veya meteorit çarpmaları sonucu oluşabilir. Bu olaylardan herhangi biri ya da birkaçının birden oluşması sırasında potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşerek deniz ortamına kısa sürede enerji aktarılması gerçekleşir. Denize geçen enerji, su kütlesi içinde akıntılar ve su düzeyi değişimine neden olarak tsunami dalgası oluşturur. Tsunamiler sadece kendi oluşturdukları bölgelerde değil, deniz ve okyanus alanlarında çok uzak mesafelerde de zararlara yol açmaktadır. Tsunami dalgaları, derin deniz bölgesinde pek yüksek değilken, sığ sularda şiddetli akıntılar ve suyun yükselmesi biçiminde değişim göstererek, kıyılarda azalan derinliğin etkisi ile dalga boyu kısalması, su düzeyi (genlik) artması, suyun çekilmesi, tırmanma ve su basması biçiminde etkili olurlar. Tsunamilerin oluşum, ayrılma, yayılma ve yükselme ile karada ilerlemesi gibi dört ana aşamasını gösteren görseller Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 2'de ise tsunaminin kıyılardaki parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme ile d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Şematik Gösterimi



Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014)

3. KAPSAM VE YÖNTEM

İstanbul ili Marmara kıyıları için hazırlanan Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur:

Veri Tabanının Oluşturulması: Marmara kıyılarındaki her ilçe için binalar, yollar, altyapı ve kıyı tesisleri, idari sınırlar, dereler, jeoloji, heyelan alanları ve arazi kullanım verileri toparlanmış, sonrasında ise toplanan bu veriler kıyı alanları için oluşturulmuş LİDAR kaynaklı 1 m hassasiyetli sayısal yükseklik modeli (DEM) ve deniz alanları için 42 m düzeyinde oluşturulmuş batimetri verileri ile birleştirilerek tsunami sayısal modellemesi için yüksek çözünürlükte ve kapsamlı bir veri tabanı hazırlanmıştır.

Tsunami Senaryolarının Hazırlanması: Kuzey Anadolu Fayı'nın batıya doğru Marmara Denizi'ne uzanan ve ikiye ayrılan kolları üzerinde tarihteki depremler de dikkate alınarak olası deprem yaratacak bölgeler seçilmiştir. Bu bölgelerin her biri farklı bir tsunami kaynağı olarak düşünülerek her birine farklı isimler verilmiştir (OYO, 2007; MARSITE, 2016; MARDiM-SATREPS, 2018). Her bir tsunami kaynağı farklı sayıda segmentlerden oluşmaktadır. Bu rapor kapsamında yapılan benzetimlerde, her bir tsunami kaynağında yer alan segmentlerin tamamının depremle beraber kırıldığı kabul edilmiş ve her bir tsunami kaynağı için olası en uzun kırılma boyu kullanılmıştır. Böylece Marmara Denizi'nde sismik etkilerle oluşabilecek toplam 11 farklı tsunami senaryosu belirlenmiştir. Marmara'da yapılan bilimsel araştırmaların sonuçları göstermektedir ki; Marmara Denizi'nde bazı bölgelerde geçmişte deniz altı heyelanları da olmuştur. Deniz altı heyelanı ile oluşan tsunamiler sismik kaynaklı tsunamilere göre daha yüksek ve dik dalga özelliğinde olup, en yakın kıyıya çok daha şiddetli etki edebilmektedir. Bu nedenle 3 ayrı deniz altı heyelanı da tsunami kaynağı veri tabanına dâhil edilmiş ve benzetimler yapılmıştır.

Tablo 1 'de verilen toplam 14 senaryonun her biri ayrı ayrı olarak benzetimlerde kullanılmıştır. Deniz altı heyelanlarının oluşma sebeplerinin başında sismik sarsıntılar yer alır. Bundan başka dip akıntıları, içsel dalgalar (internal waves), ani su düzeyi değişimleri de deniz altı heyelanlarının oluşmasında diğer sebepler arasında yer almaktadır. Deniz altı heyelanı ile oluşan tsunami dalgaları, Marmara Denizi'ndeki sismik kaynaklı tsunami senaryoları ile oluşabilecek dalgalardan çok daha yüksek ve diktir. Bu dalgalar deniz altı heyelan bölgesinde ortaya çıkar ve en yakın kıyıda çok daha fazla baskın alanı yaratır. Bu nedenle sismik kaynaklı senaryolar ile deniz altı kaynaklı senaryolar ayrı ayrı olarak benzetimlerde incelenmiştir.

Kritik Tsunami Senaryolarının Modellenmesi: Modelleme çalışmalarında Tsunami Sayısal Modeli NAMI DANCE kullanılmıştır. NAMI DANCE girdi olarak ya tanımlanmış bir faydan, önceden belirlenmiş bir dalga formundan ya da grid sınırındaki su yüzeyi dalgalanmalarının zaman serisinden elde edilen tsunami kaynağını kullanır ve dalga hareketini, ilerlemesini, kıyılara gelene kadarki değişimleri, kıyıdaki yükselmeleri ve karadaki baskın alanlarını ve başka

birçok tsunami parametresini hesaplar. Bu aşamada her ilçe ve senaryo için tsunami baskın analizlerinde su basma alanı içinde bulunan yapılar, metropoliten kullanım amaçlarına göre 'sosyal', 'idari' ve 'iktisadi' olmak üzere 3 ana grupta incelenmiştir. Veri tabanında mesken olarak belirtilen yapılar sosyal; okul ve resmi olarak belirtilen yapılar idari; fabrika, imalat, ticari, trafo, elektrik santrali olarak belirtilen yapılar ise iktisadi gruba dâhil edilmiştir. Her ilçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri her tsunami senaryosu için ilgili alt bölümlerde sunulmuştur. NAMI DANCE sayısal modeli, çalışma prensipleri ve İstanbul kıyıları için uygulanması ile ilgili olarak İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.

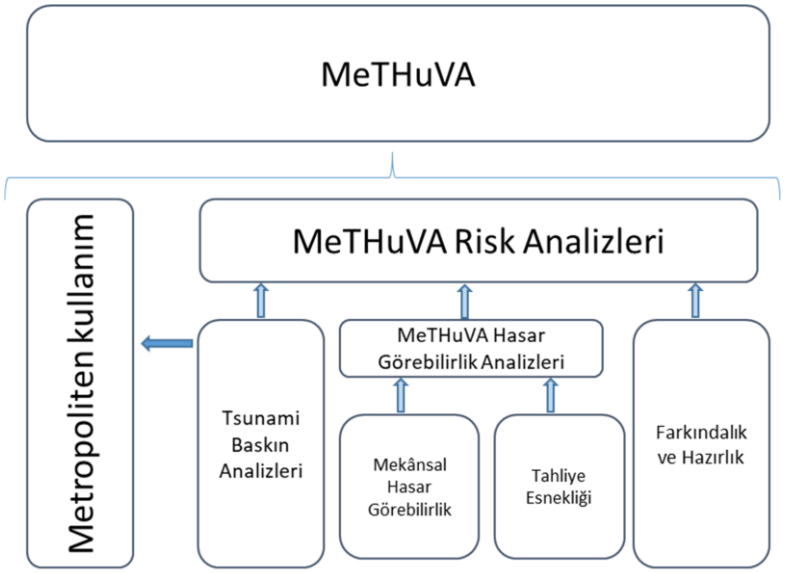
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

No	Tsunami Senaryosu	Açıklama
1	PI	Prens Adaları Fayı (Oblik(verev)-Normal)
2	PIN	Prens Adaları Fayı (Normal)
3	GA	Ganos Fayı (Oblik (verev) Normal ve Eğik Ters)
4	PI+GA	Prens Adaları Fayı (Oblik(verev)-Normal) ve Ganos Fayı
5	YAN	Yalova Fayı (Oblik(verev) Normal ve Normal)
6	CMN	Orta Marmara Fayı (Normal)
7	SN05	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
8	SN08	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
9	SN10	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
10	SN23	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
11	SN29-30	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
12	LSY	Deniz Altı Heyelanına Bağlı Olası Tsunami Kaynağı (Yenikapı Açıkları)
13	LSBC	Deniz Altı Heyelanına Bağlı Olası Tsunami Kaynağı (Büyükçekmece Açıkları)
14	LST	Deniz Altı Heyelanına Bağlı Olası Tsunami Kaynağı (Tuzla Açıkları)

Hasar Görebilirlik Analizleri (MeTHuVA): Metropoliten alanlarda tsunami afeti sırasında bireylerin hasar görebilirlik durumlarının tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle insanlar için bu afet türünün tehlikesi, afet anında bulundukları konumdan kaynaklanmaktadır. MeTHuVA yöntemi bu ihtiyacı gözeterek, metropoliten alanlarda tsunami insan hasar görebilirliğini ve buna bağlı olarak tehlike altındaki alanları ve bu alanlardaki risk seviyesini tespit etmek üzere tasarlanmıştır. MeTHuVA yöntemi, binaların yapı tipinden kaynaklı hasar görebilirliğini değil, bu yapıların kullanım amaçlarını ve afet anında bu alanlardaki insan yoğunluğunu göz önünde bulundurarak analiz etmekte ve bu değişkenlere göre sınıflandırma ve değerlendirme işlemlerini uygulamaktadır. Analizlerde iki ana etken üzerinden yola çıkılmaktadır. Bunlar Mekânsal Hasar Görebilirlik (MHG) ve Tahliye Esnekliği (TE) ana etkenleridir. Mekânsal Hasar Görebilirlik, uygulama alanındaki her bir konum için bu konumun tsunami afetinden etkilenmesine bazı fiziksel özelliklerinden kaynaklanan tsunami hasar görebilirlik değerini, Tahliye Esnekliği ise bir bireyin bulunduğu alanda tsunami tehlikesi anında güvenli bir yere ulaşabilmesi için konumundan kaynaklanan tahliye esnekliğini temsil etmektedir. Bu iki ana parametrenin birbirlerine karşı herhangi bir üstünlükleri yoktur. Bu iki

ana parametre, Mekânsal Hasar Görebilirlik için, kıyıdan uzaklık, yükseklik, heyelan taç yoğunluğu ve jeoloji olmak üzere dört adet, Tahliye Esnekliği için ise, binaya uzaklık, yol ağına uzaklık, denize dik yolların yoğunluğu ve eğim olmak üzere dört adet alt parametreden oluşmaktadır. Bu alt parametreler ise MeTHuVA hasar görebilirlik analizi için AHP uygulamalarında hiyerarşinin üçüncü ve en alt basamaklarını oluşturmaktadır

Son parametre ise bölge halkının hazırlıklı olma ve farkındalık seviyesini belirten parametredir. Hazırlıklı olma ve farkındalık seviyeleri toplumun olası bir afeti nasıl karşılayacağını direkt olarak etkilediğinden bu parametre MeTHuVA Risk Analizi'ne, sonucu büyük oranda etkileyecek şekilde dahil edilmiştir. MeTHuVA yöntemine göre, bu parametrenin değeri, diğer bir deyişle toplumun farkındalık ve hazırlıklı olma düzeyi arttıkça diğer parametrelere bağımlı olmaksızın risk seviyesi düşmektedir. MeTHuVA çalışma prensipleri ve İstanbul kıyıları için uygulanması ile ilgili olarak İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.



Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı

Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri

Risk Analizleri (MeTHuVA): MeTHuVA kapsamında her bir ilçenin tsunami risk hesaplaması aşağıda verilen MeTHuVA risk denklemi ile yapılmıştır.

$$Risk = (TB) * \left(\frac{MHG}{n * TE}\right)$$

Bu denklemde, TB, tsunami benzetimleri sonucu elde edilen Tsunami Baskını'nı; MHG, Mekânsal Hasar Görebilirliği; TE, Tahliye Esnekliği'ni göstermektedir. Denklemdeki n parametresi ise bölge halkının hazırlıklı olma ve farkındalık seviyesini belirten ve 1 ve 10 arasında değer alan bir katsayıdır. Bölge halkının tsunami olayını yaşadığında gerekli olan farkındalık, hazırlık ve zamanında tahliye konularında yeterince bilgi ve deneyim sahibi olduğu durum 10 ile, en hazırlıksız olduğu durum ise 1 ile temsil edilmektedir.

MeTHuVA risk denkleminin elemanları göz önünde bulundurulduğunda, tsunami baskın parametresi doğa tarafından kontrol edilen ve gücü düşürülemeyecek bir etkendir. Metropoliten şehirlerde şehrin yapısı oturmuş olduğundan ve kolayca değiştirilemeyeceğinden Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği parametreleri de riski azaltmak üzere hızlıca ve etkili bir şekilde değiştirilemez. Ancak, toplumun hazırlıklı olma ve farkındalık düzeyini temsil eden n parametresi, risk denklemi içinde zaman içinde değiştirilebilecek en etkin parametredir. Toplumun tsunami ile ilgili bilgisinin arttırılması ve ilgili birimlerce alınacak önlemler n parametresinin değerinde artış sağlayarak riskin azalmasına sebep olacaktır.

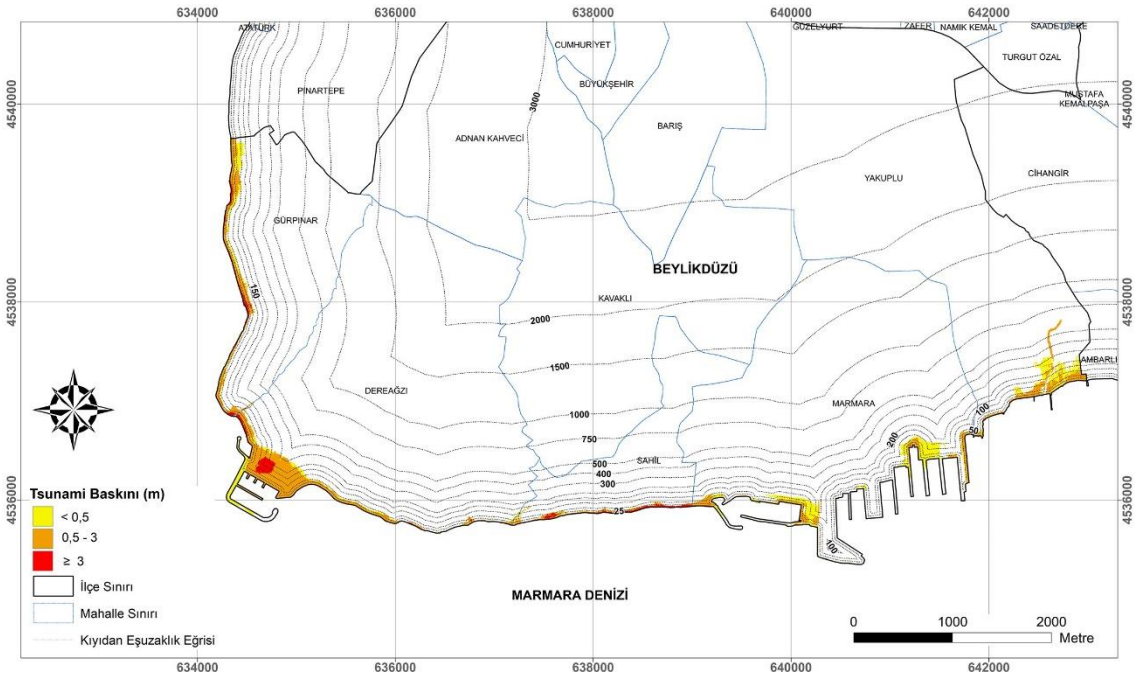
2004 Hint Okyanusu ve 2011 Tohoku felaketlerinin ardından tüm dünyada tsunami olayına karşı artan farkındalık ve 1999 İzmit depreminden sonra Marmara Denizi için gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası projeler gözetilerek bu projede İstanbul ilçeleri için uygun görülen n parametresi değeri 3 olarak kabul edilmiştir.

4. BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ

4.1. Beylikdüzü İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Beylikdüzü ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağının Marmara Denizi içinde bulunan Orta Marmara Fayı (Central Marmara Fault-CMN) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak CMN kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 5'te gösterilmiştir.

CMN kaynaklı benzetim sonuçlarına göre, Beylikdüzü ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 5.11 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 350 metreye ulaşmaktadır.



Şekil 5: CMN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

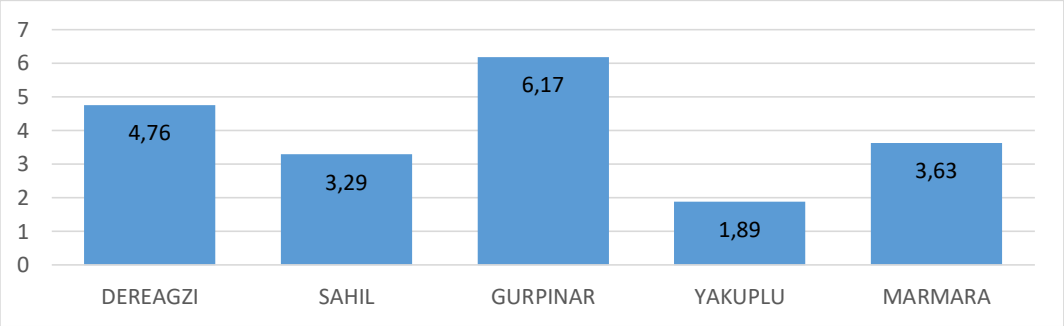
Yatayda su ilerlemesine sebep olan unsurlar Beylikdüzü -uygulama alanı içinde bulunan dere yataklarıdır. Özellikle Haramidere yatağında düşey su ilerlemesi ve bundan kaynaklanan taşmalar hesaplanmıştır. Dere yataklarının taşmasından kaynaklı su basmalarının yanı sıra, bazı bölgelerde 300 metreye ulaşan yatay su basma mesafeleri hesaplanmıştır.

Benzetim sonuçlarına göre, CMN kaynaklı olası bir tsunamide, Beylikdüzü ilçesinin %2,26'sını kapsayan 0,864 km^2'lik bir alanda ve 5 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Beylikdüzü ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 2 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Gürpınar Mahallesi'nde %6.17'lik su basma alanı yüzdesi görülmüştür. Bunu %4.76 oranıyla Dereağzı Mahallesi takip etmektedir. Su basma derinliğinin noktasal olarak en yüksek hesaplandığı

mahalle 5.11 metre ile Gürpınar Mahallesi'dir. Bu mahalle aynı zamanda ilçede en yüksek su basma alanına sahip mahalle olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (CMN)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m2)	Toplam Mah. Alanı (km2)	Su basma alanı %
GURPINAR	5.11	1.46	156.650	2.537	6.17
DEREAGZI	4.37	1.70	314.650	6.615	4.76
MARMARA	3.69	0.61	202.825	5.589	3.63
SAHIL	4.71	2.44	51.200	1.556	3.29
YAKUPLU	3.59	0.83	139.175	7.356	1.89



Şekil 6: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (CMN)

CMN kaynaklı olası bir tsunamide Beylikdüzü ilçesi içinde bulunan 11.940 yapıdan 69'unun suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 66'sı Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 3'te verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre CMN kaynaklı olası bir tsunamide Gürpınar ve Dereağzı mahallelerinde İktisadi yapı grubunda bulunan Ticari yapıların sırasıyla %23.33 ve %17.39 orasında etkilendiği öngörülmüştür. Marmara Mahallesi'nde ise İmalat sınıfında bulunan binaların %33.33'ü su basmasından etkilenmektedir.

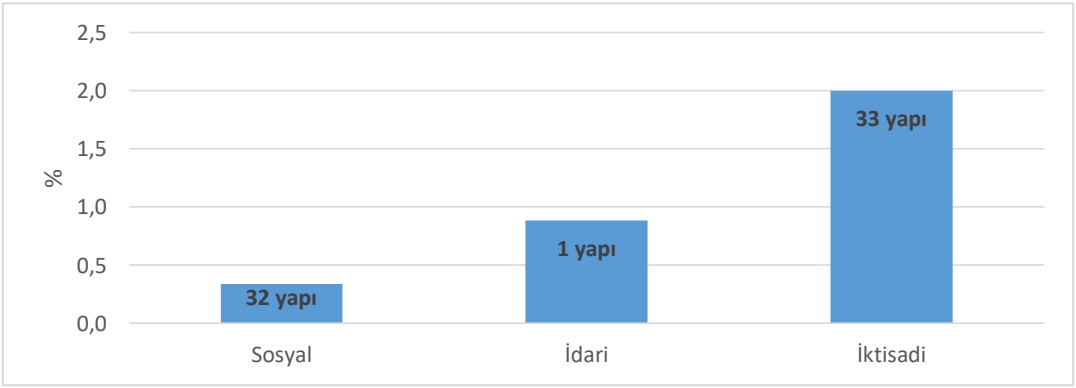
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7'de sunulmuştur. Beylikdüzü ilçesi genelinde CMN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.34'ü, İdari yapıların %0.88'i ve İktisadi yapıların ise %2'si su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 3: Beylikdüzü İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (CMN)

	Sosyal	İdari	İktisadi			
İlçe Genel	**Mesken**	**Resmi**	**Fabrika**	**İmalat**	**Ticari**	**Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı**
Dereağzı	1.995	2	14	-	23	**2.087**
Gürpınar	1.379	5	-	-	30	**1.461**
Marmara	644	7	43	3	85	**843**
Yakuplu	1.909	57	367	62	361	**2.973**
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	**9.434**	**113**	**783**	**87**	**782**	**1.1940** (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	**Mesken**	**Resmi**	**Fabrika**	**İmalat**	**Ticari**	**MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı**
Dereağzı	15	0	0	0	4	**19**
Gürpınar	17	0	0	0	7	**24**
Marmara	0	0	0	1	6	**7**
Yakuplu	0	1	14	1	0	**16**
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	**32**	**1**	**14**	**2**	**17**	**66** (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) / **69** (Toplam etkilenen bina sayısı)

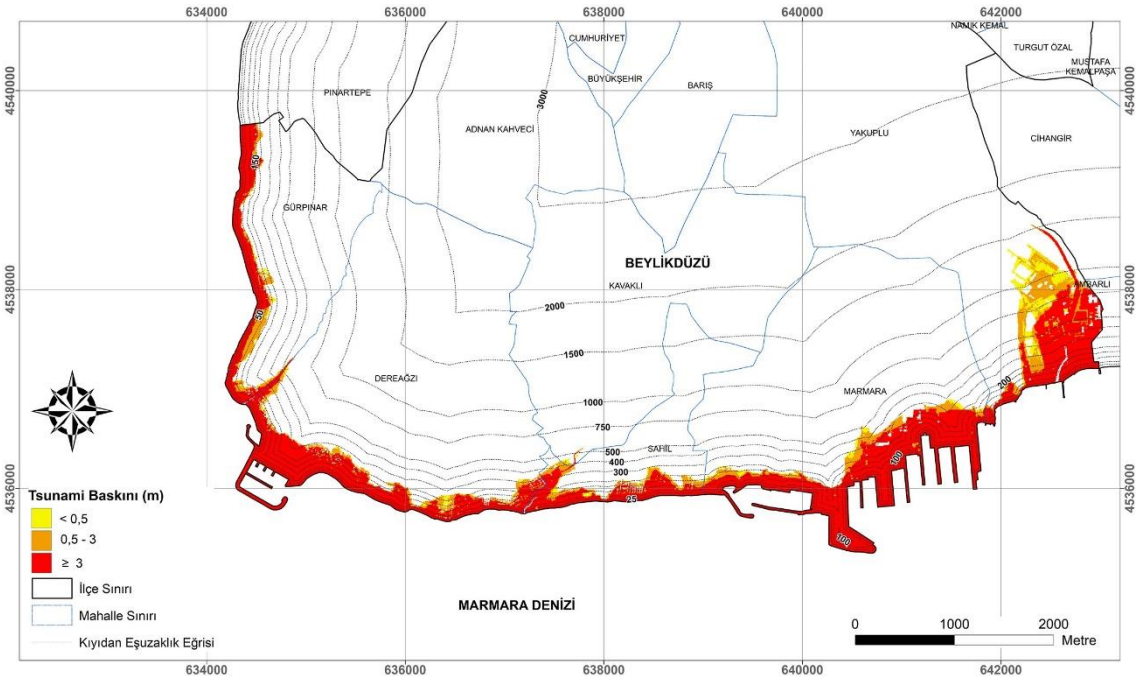
Etkilenen birimler %	**Mesken**	**Resmi**	**Fabrika**	**İmalat**	**Ticari**
Dereağzı	0.75	0.00	0.00	-	17.39
Gürpınar	1.23	0.00	-	-	23.33
Marmara	0.00	0.00	0.00	33.33	7.06
Yakuplu	0.00	1.75	3.81	1.61	0.00
İlçe Toplamı	**0.34**	**0.88**	**1.79**	**2.30**	**2.17**



Şekil 7: Beylikdüzü İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (CMN)

4.2. Beylikdüzü İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Beylikdüzü ilçesi için en kritik deniz altı heyelanı kaynaklı tsunami senaryosunun Büyükçekmece Deniz Altı Heyelanı (LSBC) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LSBC kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir LSBC kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Beylikdüzü ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 25.3 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi dere boyunca yaklaşık 1.400 metreye ulaşmaktadır.



Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

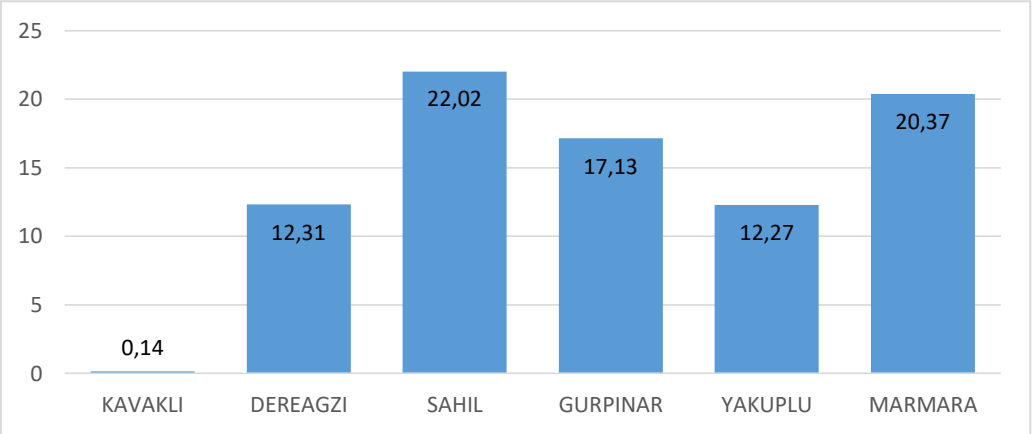
Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Beylikdüzü ilçesinde özellikle Gürpınar Deresi, Kavaklı Dere ve Haramidere yataklarında su ilerlemesi ve bunlardan kaynaklı taşma görülmüştür. Dere yataklarının taşmasından kaynaklı su basmalarının yanı sıra, bazı bölgelerde 750 metreye ulaşan yatay su basma mesafeleri gözlenmiştir.

Benzetim sonuçlarına göre, LSBC kaynaklı olası bir tsunamide, Beylikdüzü ilçesinin %9.52'sini kapsayan 3.64 km^2'lik bir alanda ve 6 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Beylikdüzü ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri değerleri Tablo 5 ve Şekil 18'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Sahil, Marmara ve Gürpınar mahallelerinde sırasıyla %22.02, %20.37 ve %17.13 oranlarında su basma alanları gözlenmiştir. Su basma derinliğinin noktasal olarak en yüksek hesaplandığı (25.30 m) Dereağzı Mahallesi'nde ise su basma alanı %12.31 olarak tespit edilmiştir.

EK-1

Tablo 4: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m2)	Toplam Mah. Alanı (km2)	Su basma alanı %
SAHIL	19.88	6.84	342.675	1.556	22.02
MARMARA	19.13	6.88	1.138.275	5.589	20.37
GURPINAR	18.19	6.97	434.575	2.537	17.13
DEREAGZI	25.30	10.18	814.525	6.615	12.31
YAKUPLU	15.49	4.53	902.825	7.356	12.27
KAVAKLI	5.67	1.25	7.425	5.267	0.14



Şekil 9: Beylikdüzü İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC)

LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Beylikdüzü ilçesi içinde bulunan 11.940 yapıdan 869'unun suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 861'i Metropoliten Kullanım değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirmeye alınmıştır. İlçede ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 5'de verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Sahil Mahallesi'nde bulunan mesken yapılarının %29.14'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunu %20.15 ve 402 yapı ile Dereağzı Mahallesi takip etmektedir. İdari grubundaki yapılarda ise Marmara ve Gürpınar mahallelerindeki resmi binaların sırasıyla %28.57'si ve %20'sinin suyla teması öngörülmüştür. İktisadi grubunda ise Marmara Mahallesi'nde ki imalat yapılarının ve Yakuplu Mahallesi'nde ki elektrik santrallerinin %100'ünün etkilendiği görülmüştür. Ayrıca Marmara, Gürpınar ve Sahil mahallelerinde ki ticari binalar sırasıyla %45.88, %40 ve %30 oranlarında etkilendiği dikkat çekmektedir.

Beylikdüzü ilçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Beylikdüzü ilçesi genelinde LSBC kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal

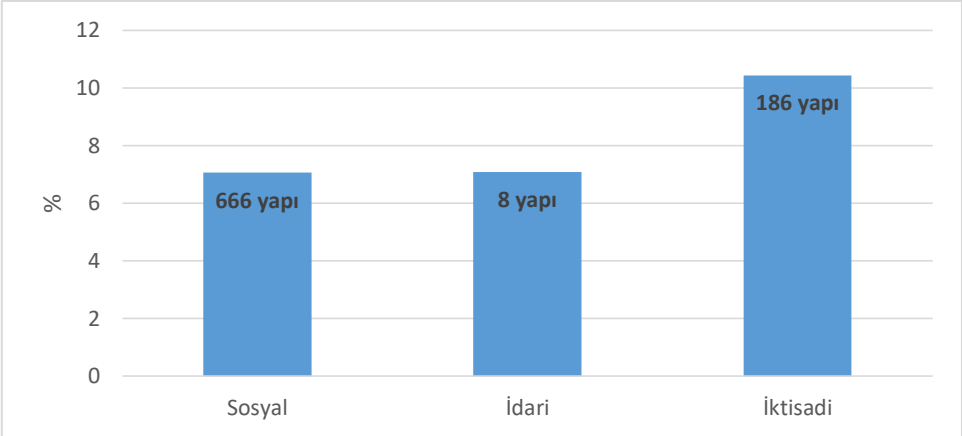
grubundaki yapıların %7.06'sı, İdari yapıların % 7.08'i ve İktisadi yapıların ise %10.44'ü su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 5: Beylikdüzü İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC)

	Sosyal	İdari	İktisadi					
İlçe Genel	**Mesken**	**Resmi**	**Fabrika**	**İmalat**	**Ticari**	**Trafo**	**Elekt_ Santrali**	**Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı**
DEREAGZI	1.995	2	14	-	23	13	-	2.087
GURPINAR	1.379	5	-	-	30	17	-	1.461
MARMARA	644	7	43	3	85	5	-	843
SAHIL	501	-	-	-	10		-	521
YAKUPLU	1.909	57	367	62	361	41	1	2.973
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	**9.434**	**113**	**783**	**87**	**782**	**139**	**1**	**11.940** (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	**Mesken**	**Resmi**	**Fabrika**	**İmalat**	**Ticari**	**Trafo**	**Elekt_ Santrali**	**MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı**
DEREAGZI	402	0	0	0	4	2	0	408
GURPINAR	108	1	0	0	12	0	0	121
MARMARA	9	2	17	3	39	0	0	70
SAHIL	146	0	0	0	3	0	0	149
YAKUPLU	1	5	95	11	0	0	1	113
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	**666**	**8**	**112**	**14**	**58**	**2**	**1**	**861** (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) / **869** (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler	**Mesken**	**Resmi**	**Fabrika**	**İmalat**	**Ticari**	**Trafo**	**Elekt_Santrali**
DEREAGZI	20.15	0.00	0.00	-	17.39	15.38	-
GURPINAR	7.83	20.00	-	-	40.00	0.00	-
MARMARA	1.40	28.57	39.53	100.00	45.88	0.00	-
SAHIL	29.14	-	-	-	30.00	-	-
YAKUPLU	0.05	8.77	25.89	17.74	0.00	0.00	100.00
İlçe Toplamı	**7.06**	**7.08**	**14.30**	**16.09**	**7.42**	**1.44**	**100.00**



Şekil 10: Beylikdüzü İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC)

5. BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin batısında Marmara kıyısında 40,95-41,01 K ve 28,59-28,69 D koordinatları arasında yer alan Beylikdüzü ilçesi 37,75 km2 yüz ölçümüne sahiptir. Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları takip eden başlıklarda verilmiştir.

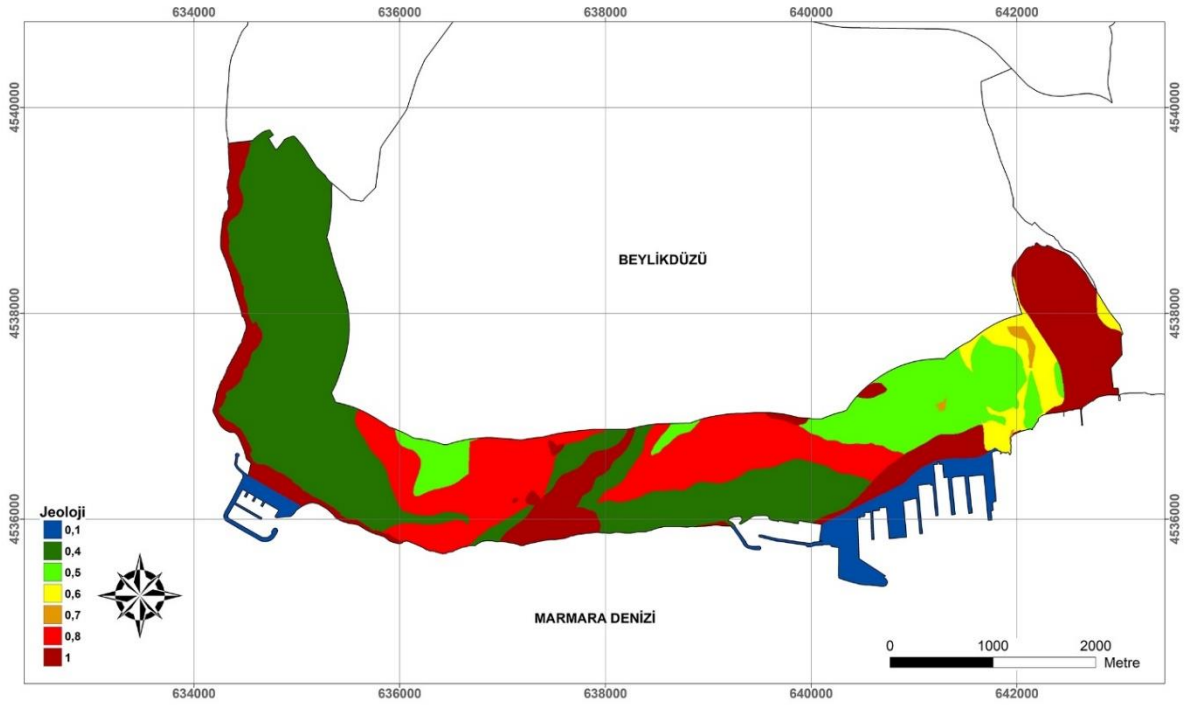
5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik

5.1.1. Jeoloji

Beylikdüzü uygulama alanı yüzlekleri 5 ana ayrı jeolojik birimden ve bunların içerdiği üyelerden oluşmaktadır. Bu birimler; Güncel Birikintiler-Qg (Alüvyon-Qal, Plaj birikintisi-Qp), Danişmen Formasyonu-Td (Çantaköy tüf üyesi-Tdç, Gürpınar üyesi-Tdg), Çekmece Formasyonu-Tç (Bakırköy üyesi-Tçb, Güngören üyesi-Tçg) İstanbul Formasyonu-Ti (Kıraç üyesi-Tik), yapay ve kaya dolgudur. İlçe uygulama alanı içinde bulunan bu birimler, MeTHuVA Hasar Görebilirlik Analizleri kapsamında anlatıldığı üzere, jeoteknik ve jeolojik özellikleri bakımından değerlendirilmiş ve sıralama değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Beylikdüzü ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 11'de gösterilmiştir.

Tablo 6: Beylikdüzü Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri

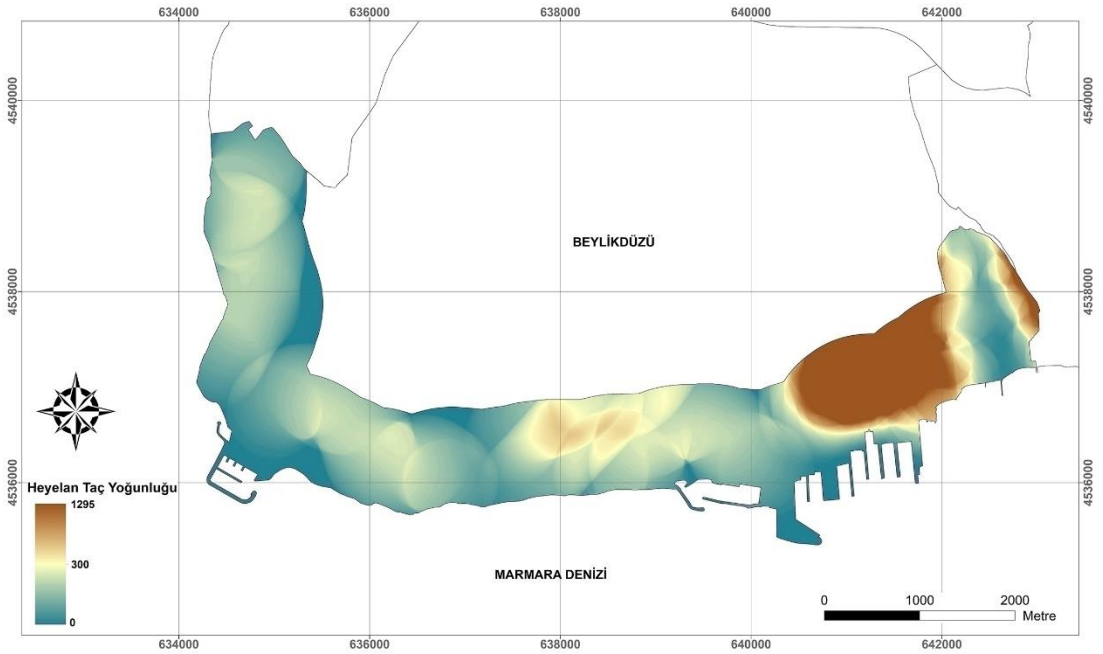
Yaş	**Jeolojik Birim**			**Standardize Sıralama Değerleri**
Kuvaterner	Antropojenik Dolgu	Yd	Yapay Dolgu	1
		Kd	Kaya Dolgu	0,1
	Qg (Güncel Birikintiler)	Qal	Alüvyon	1
		Qp	Plaj Birikintisi	1
Geç Oligosen – Orta Miyosen	Ti (İstanbul Formasyonu)	Tik	Kıraç üyesi	0,8
Geç Oligosen – Erken Miyosen	Tç (Çekmece Formasyonu)	Tçb	Bakırköy üyesi	0,5
		Tçg	Güngören üyesi	0,6
Geç Oligosen – Erken Miyosen	Td (Danişmen Formasyonu)	Tdç	Çantaköy tüff üyesi	0,4
		Tdg	Gürpınar üyesi	0,7



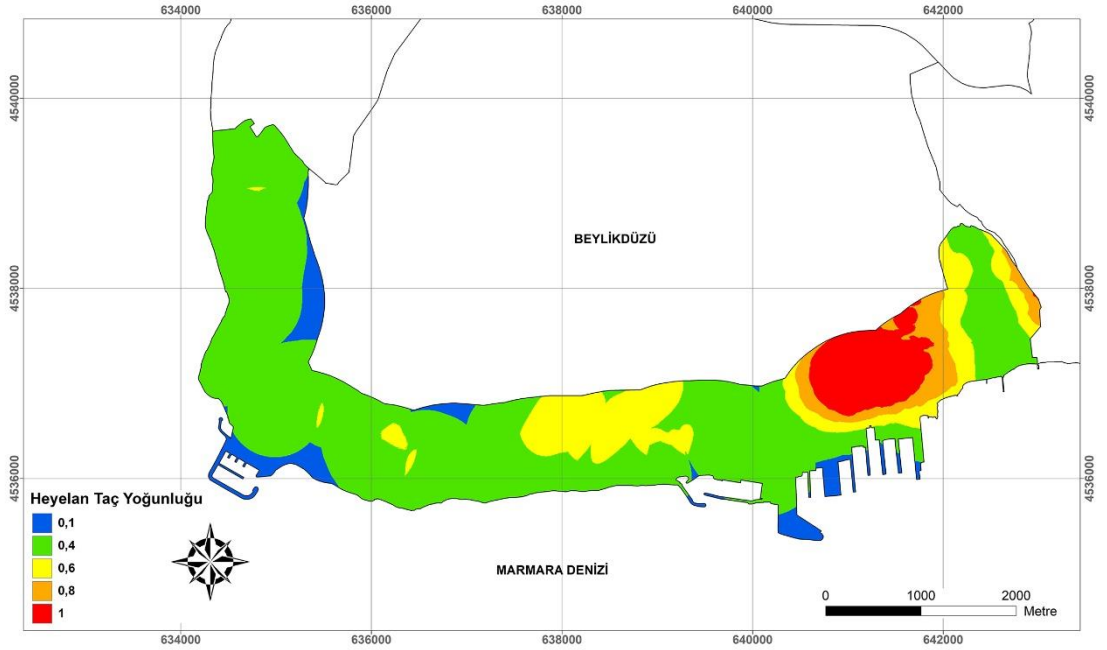
Şekil 11: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 12'de sunulmuştur.



(a)

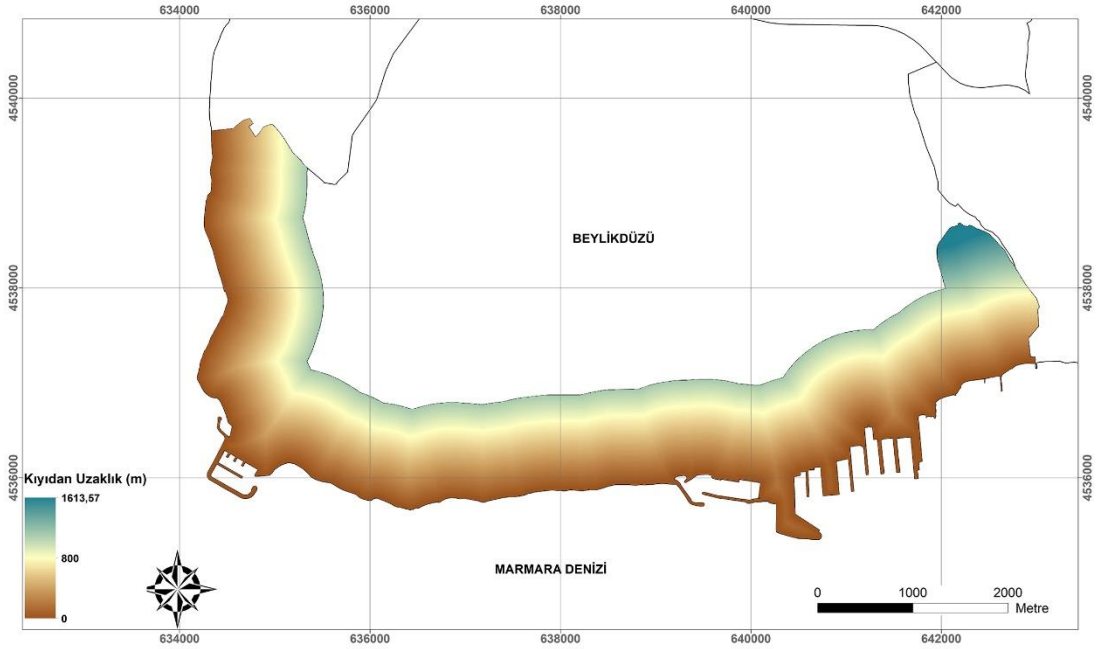


(b)

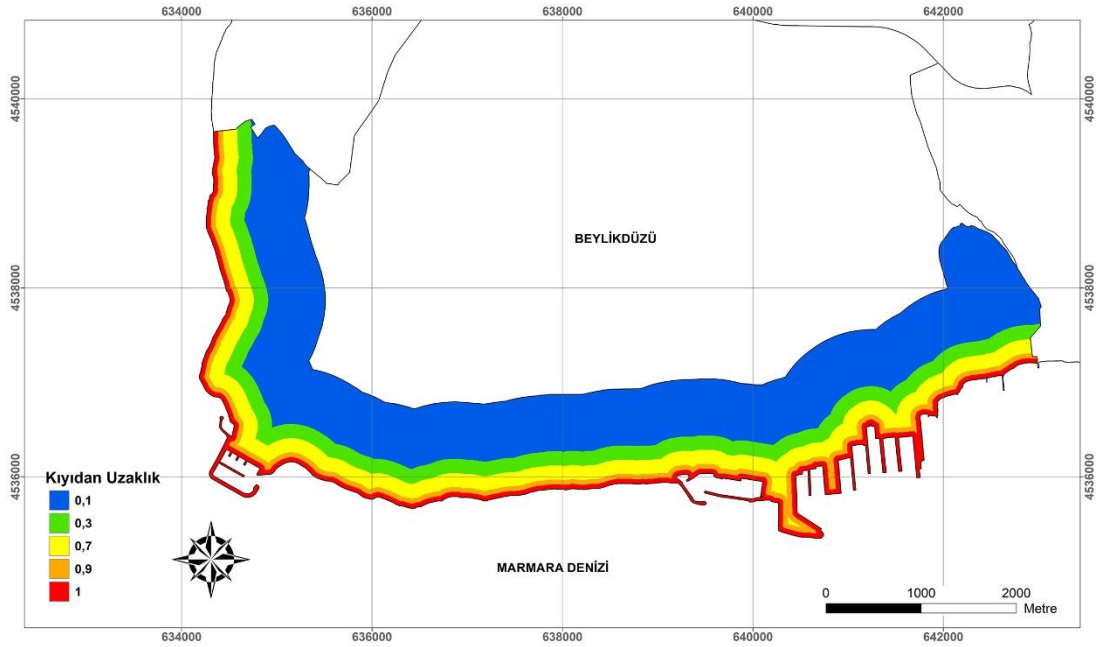
Şekil 12: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.3. Kıyıdan Uzaklık

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 13'te sunulmuştur.



(a)

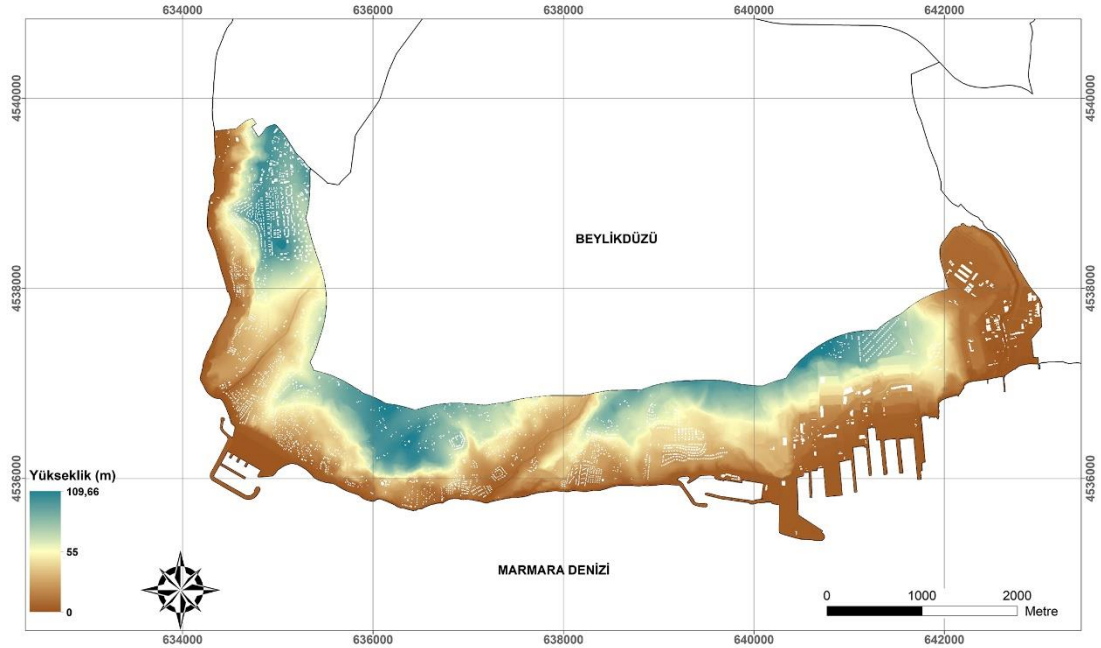


(b)

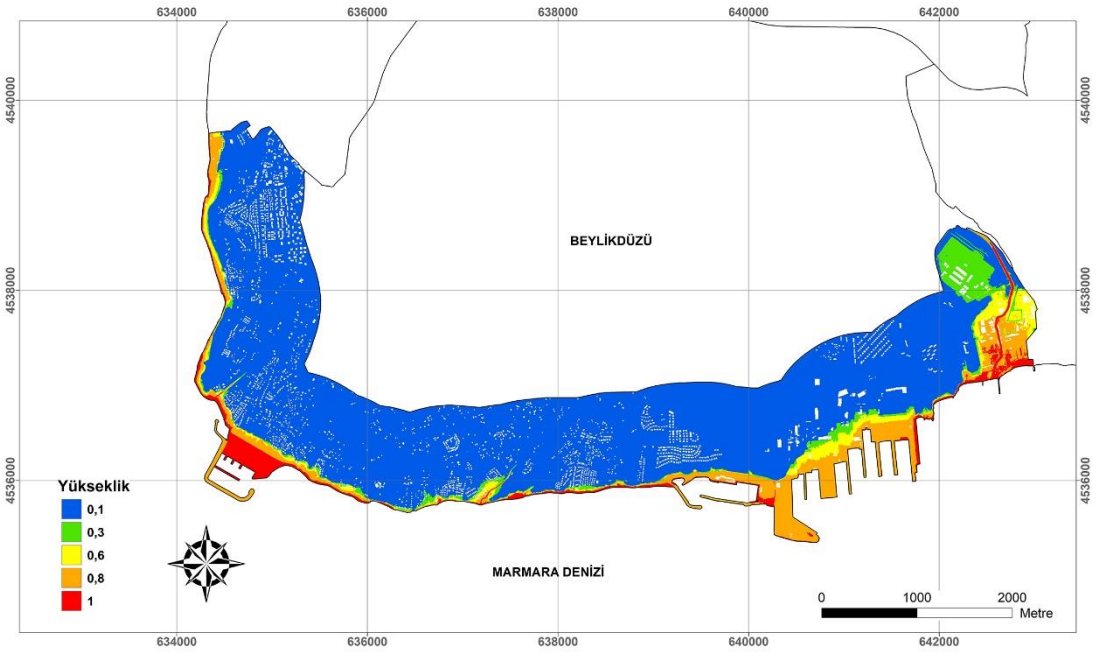
Şekil 13: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.4. Yükseklik

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı yükseklik parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 14'te sunulmuştur.



(a)



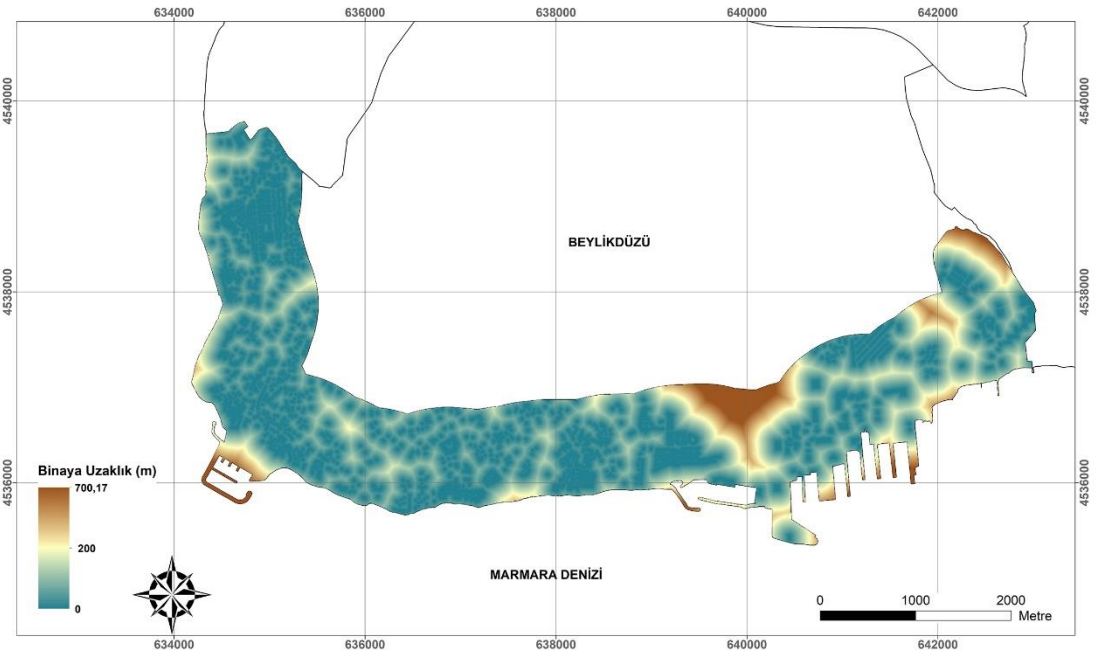
(b)

Şekil 14: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

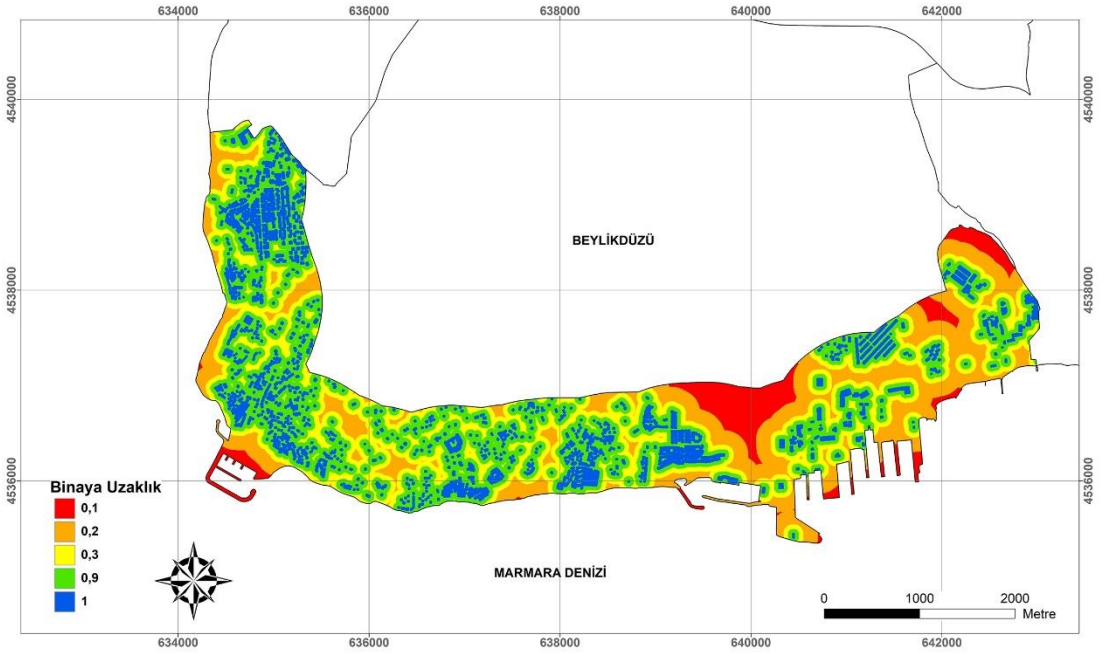
5.2. Tahliye Esnekliği

5.2.1. Binaya Uzaklık

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı binaya uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'de sunulmuştur.



(a)

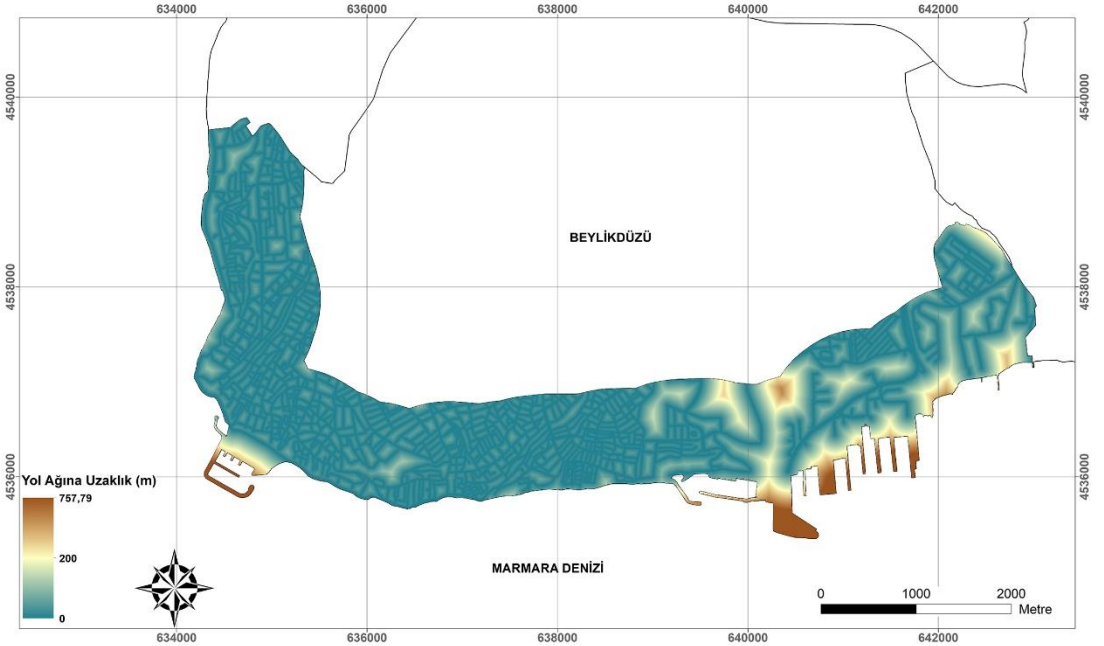


(b)

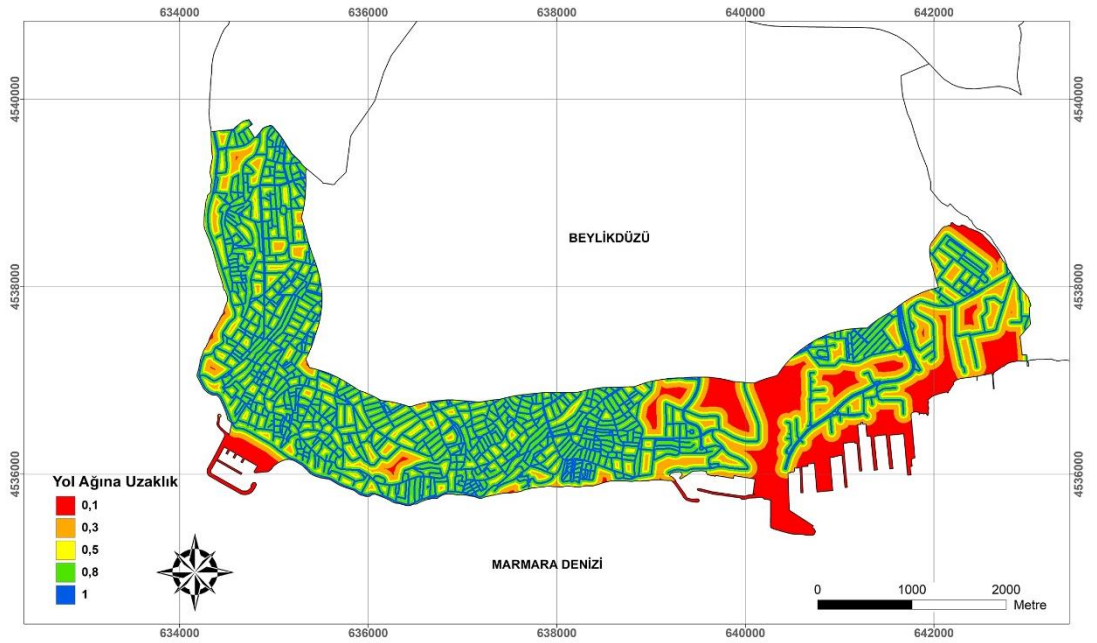
Şekil 15: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.2. Yol Ağına Uzaklık

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.



(a)

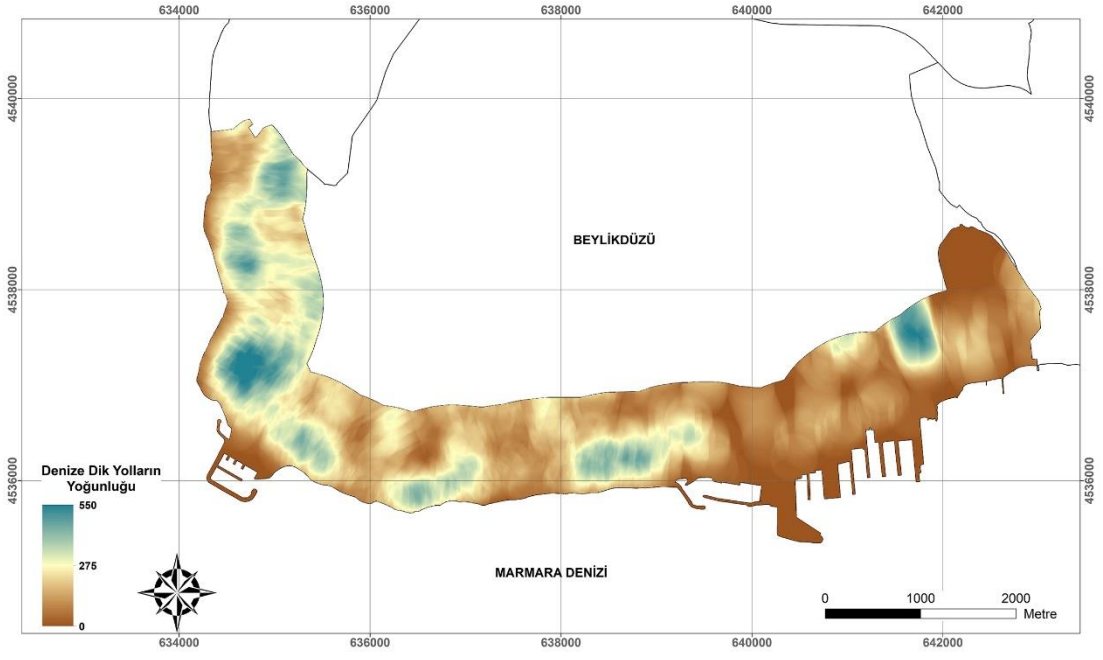


(b)

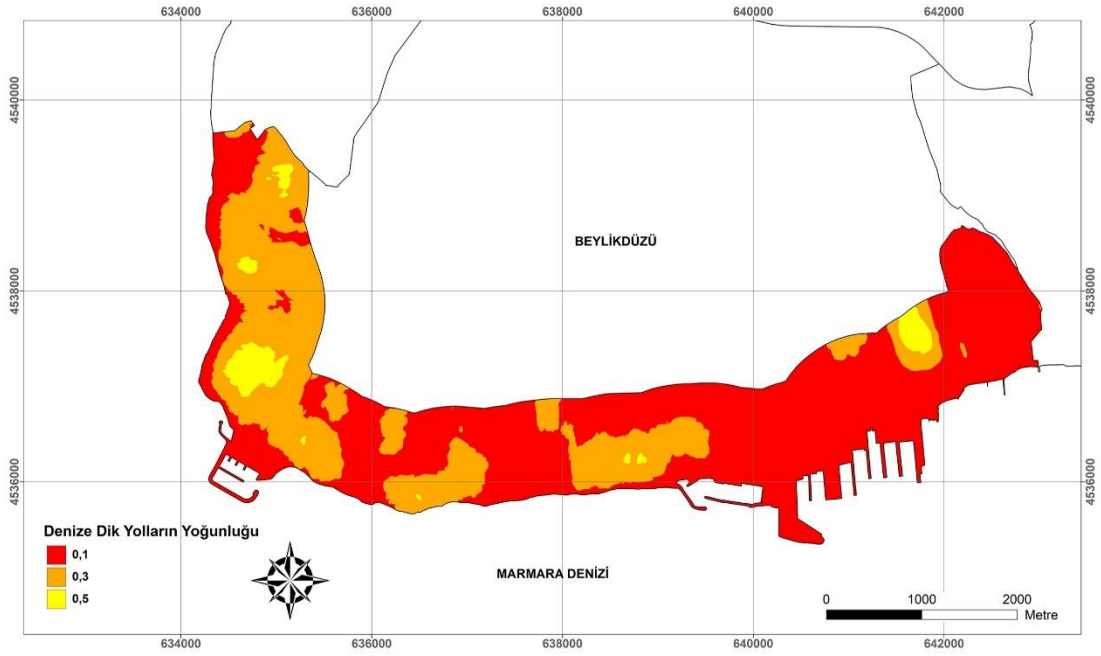
Şekil 16: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 17'de sunulmuştur.



(a)

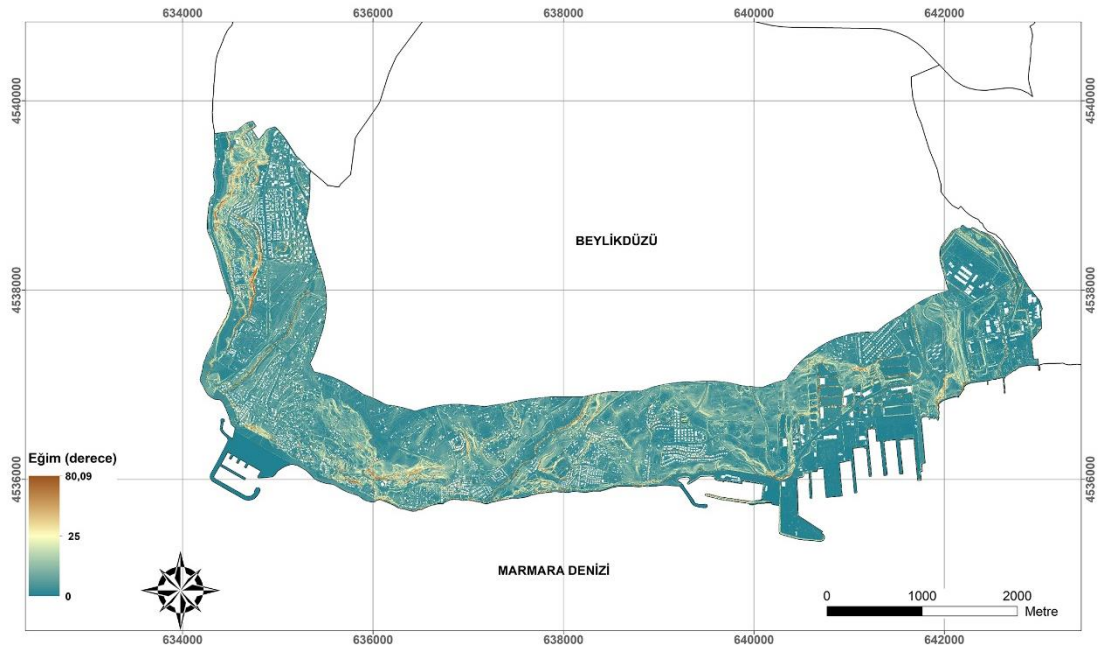


(b)

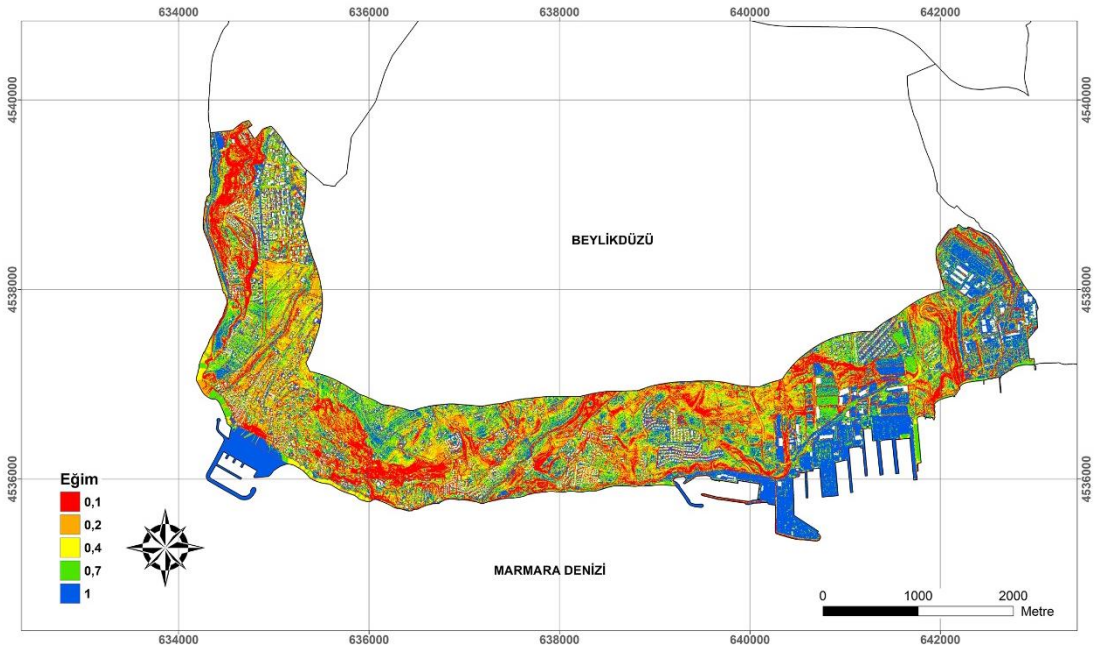
Şekil 17: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.4. Eğim

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 18'de sunulmuştur.



(a)

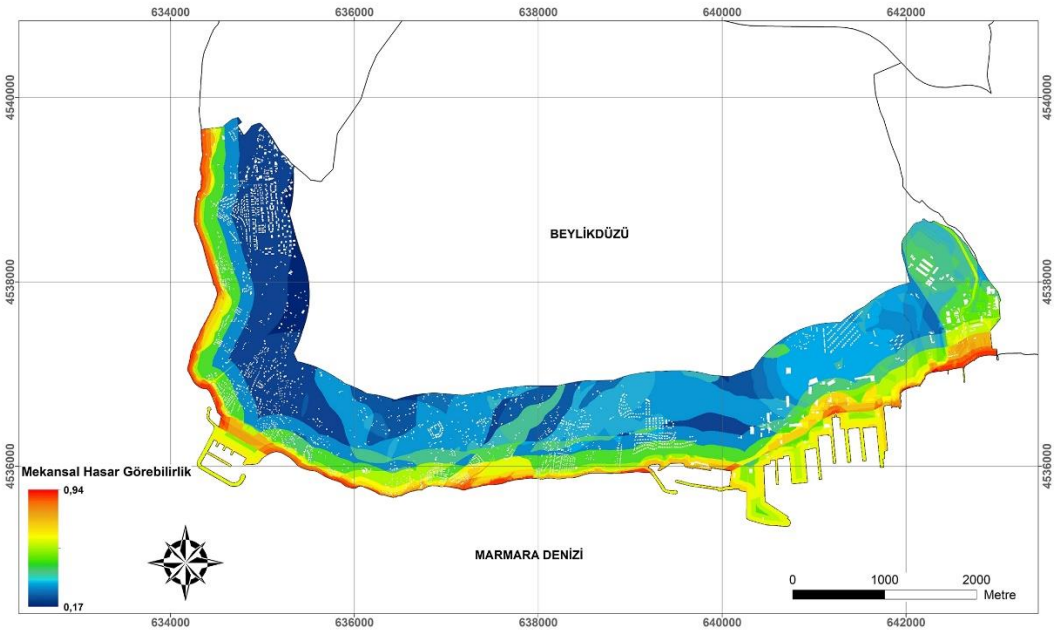


(b)

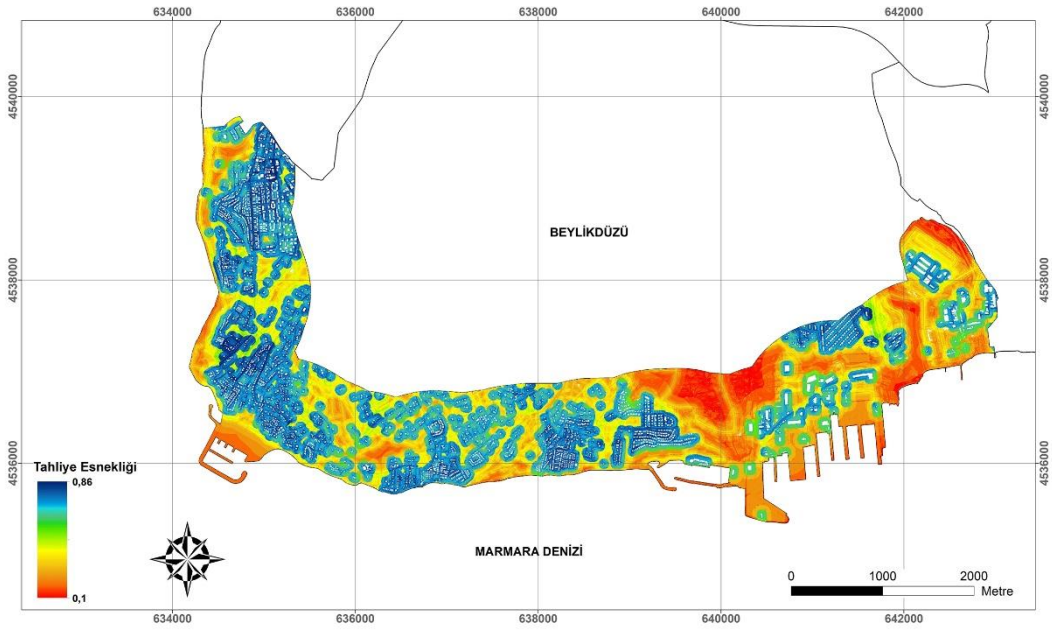
Şekil 18: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.3. Beylikdüzü İlçesi MeTHuVA Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

Beylikdüzü ilçesi için üretilen Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği sınıflandırılmış alt parametre haritaları ve ikili karşılaştırmalara göre belirlenen ağırlık değerleri kullanılarak Beylikdüzü ilçesi için Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği haritaları üretilmiştir (Şekil 19).



(a)



(b)

Şekil 19: Beylikdüzü Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası

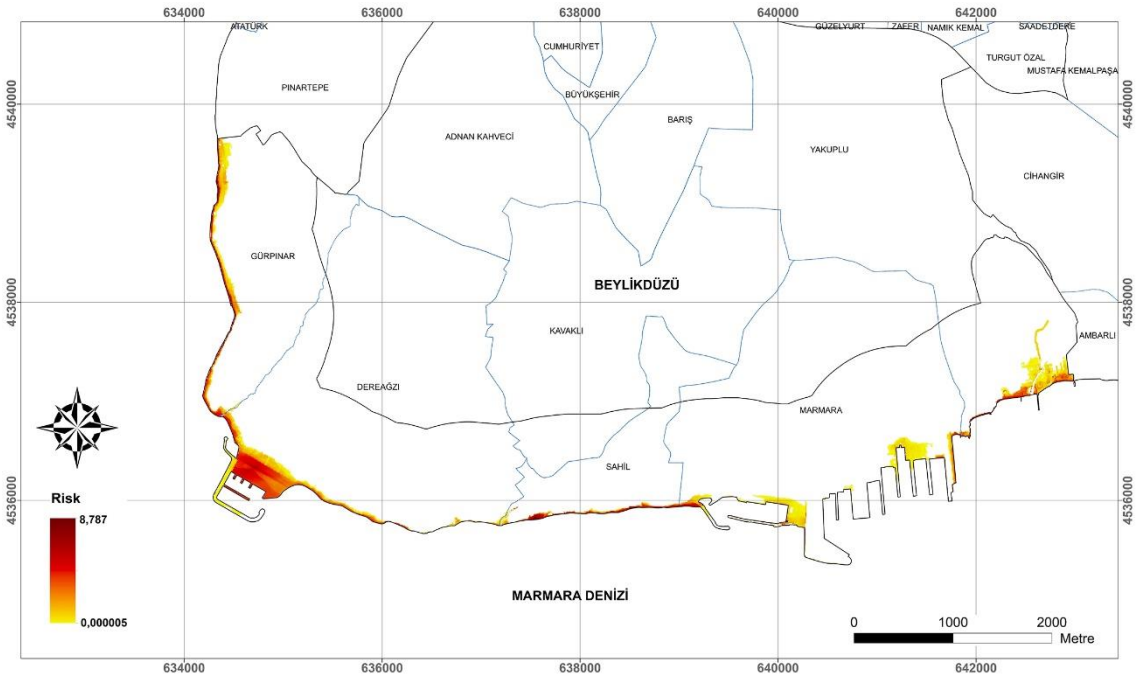
6. BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ MeTHuVA RİSK ANALİZLERİ

MeTHuVA tsunami risk denklemine göre, Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı için biri sismik kaynaklı, diğeri deniz altı heyelanı kaynaklı olmak üzere iki MeTHuVA risk haritası oluşturulmuştur. Risk haritalarında hesaplanan değerler, uygulanan denklem dolayısıyla yalnızca su basmasının olduğu yerlerde sıfırdan farklı değer vermektedir. Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı için sismik ve deniz altı heyelanı kaynaklı MeTHuVA risk analiz değerlendirmeleri aşağıda iki alt başlık altında verilmiştir.

6.1. Beylikdüzü İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 20'de verilmiştir. Bu harita üretilirken Beylikdüzü ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağı olarak CMN tsunami kaynağı kullanılmıştır.

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Sahil ve Gürpınar mahalleleri kıyıları, Marmara Mahallesi'nin en batı kıyısı ile Dereağzı ve Yakuplu mahallelerinin batı kıyıları olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Yakuplu Mahallesi'nin doğu kıyısı, Dereağzı Mahallesi'nin orta kıyısı ve Marmara Mahallesi'nin orta ve en doğu kıyısı takip etmektedir.

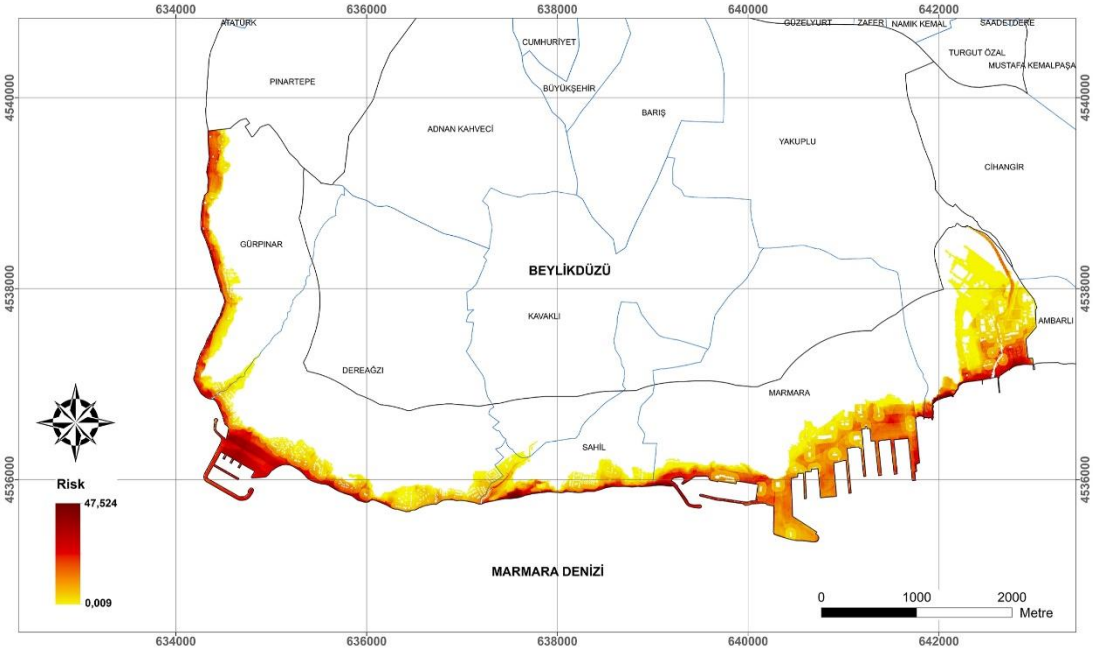


Şekil 20: CMN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2. Beylikdüzü İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı için Büyükçekmece Deniz Altı Heyelanı (LSBC) kaynaklı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuş ve Şekil 21'de verilmiştir. Bu harita üretilirken, Beylikdüzü ilçesi için en kritik deniz altı heyelanı tsunami kaynağı olarak LSBC kullanılmıştır.

Beylikdüzü ilçesi uygulama alanı için LSBC kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Dereağzı, Sahil, Marmara ve Yakuplu mahallelerinin batı kıyıları olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Yakuplu Mahallesi doğu ve orta kıyısı, Gürpınar Mahallesi'nin özellikle orta kıyısı olmak üzere tüm kıyısı, Sahil Mahallesi'nin orta ve doğu kıyıları, Dereağzı Mahallesi'nin orta kıyısı ile Marmara Mahallesi'nin orta-batı ve en doğu kıyısı takip etmektedir.



Şekil 21: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

7. BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI

Olası Marmara depreminde oluşabilecek tsunami(ler) nedeniyle İstanbul kıyılarında meydana gelebilecek kayıp ve hasarların önceden kestirilmesi, tsunami hasar görebilirlik ve risk analizlerinin yapılması amacı ile 2018 yılında tamamlanan İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Projesi (ODTÜ, 2018) çıktılarına dayanılarak tsunami olayının yaratacağı kayıpların en aza indirilmesi için gerekli hazırlıkların tanımlanması ve detaylandırılması amacıyla İstanbul İli Tsunami Eylem Planı Hazırlanması Projesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümleri ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. İstanbul ili kıyılarında tsunami kaynaklı riskin azaltılması temel amacıyla gerçekleştirilen projede dünyada uygulanan farklı yöntem ve çalışmalardan yararlanılarak İstanbul ili kıyılarına uygulanabilecek önlem önerileri geliştirilmiş ve bunlarla ilgili uygulama yaklaşımları sunulmuştur. İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Projesi (ODTÜ, 2018) kapsamında çıkarılan baskın ve risk haritaları ile kıyıların ve kıyılardaki yapıların mevcut durumları değerlendirilerek yapısal ve yapısal olmayan önlemler önerilmiştir. Tsunami tehlikesinin azaltılması ve riskin yönetilebilir düzeye getirilmesi öncelikli amaçtır. Bu proje çıktılarına göre Beylikdüzü ilçesi için önerilen adımlar alt başlıklarda sunulmuştur.

Marmara depremine bağlı olası bir tsunaminin İstanbul kıyılarında oluşturacağı riskler ve bu risklere karşı alınması gerekli önlemlerin büyüklüğü açısından değerlendirildiğinde, su baskınından etkilenecek ilçeler içerisinde Beylikdüzü ilçesi en avantajlı olanlardan birisidir. Bu avantajı sağlayan baskın yapı ise morfolojik özelliklerdir. İlçenin neredeyse tüm sahil kuşağı ortalama yükseklikleri 15-20 m ye varan yamaçlar ile çevrilmiş durumdadır. Bu yamaçlar adeta bir kıyı duvarı şeklinde davranış göstermekte olup gerek sismik aktiviteye gerekse deniz altı heyelan oluşumuna bağlı tüm tsunami oluşumunda dalgaların kıyıdan içeriye doğru ilerlemesini büyük oranda engellemektedir. Büyükçekmece Körfezi ve Marmara Denizi'ne bakan bu yamaçların aynı zamanda aktif ve potansiyel heyelan sahaları olması nedeni ile bu bölgelerde yapılaşma da oldukça sınırlıdır.

Sahile yakın inşa edilmiş yapılar, genellikle denizden içeri doğru sokulan vadilerin yamaçlarında ve heyelanlar ile oluşmuş denize yakın kot değerlerindeki geniş basamak düzlüklerinde yer almaktadırlar. Bölgede sismik aktiviteye bağlı tsunaminin oluşturacağı su basma mesafesi söz konusu morfolojik yapı nedeni ile sahil kesimi ile sınırlı kalmakta olup su ile temas edeceği hesaplanan yapı sayısı da son derece azdır (Şekil 22). Bu yapıların büyük çoğunluğu da sahilde yer alan günübirlik tesislerdir. Bölge için en kritik senaryo olarak hesaplanan deniz altı heyelanına bağlı tsunami oluşumunda ise su ile temas edecek yapılar Dereağzı ve Sahil mahallelerinde yaklaşık olarak 20 m eşyükselti eğrisi altında kalan alanlardaki yapılar ile Gürpınar Mahallesi'nde Pekmez Caddesi ve yakın civarındaki bazı yapılardır. Bununla birlikte söz konusu bu yapıların çok büyük kısmı yazlık konut olarak sınırlı sürelerle kullanılmakta, bir kısmı ise bölgedeki heyelanlar nedeni ile değişik oranlarda hasar görmüş metruk görünümlü

yapılardır. Bahsedilen nedenlerle bölgedeki risk düzeyinin diğer ilçelere oranla daha düşük olması nedeniyle alınması gerekli önlemler de nispeten daha kolay olacaktır. Bu alanlarla ilgili alınması gereken önlemler devam eden başlıkta sunulmaktadır.

Şekil 22: Beylikdüzü İlçesi Sahil Kullanımları a) Gürpınar b) Dereağzı

Bununla birlikte ilçe sahilinde üç adet kritik ve stratejik değere sahip tesis bulunmaktadır. Bunlar Ambarlı Termik Santral ve Akaryakıt Dolum Tesisleri, Ambarlı Liman ve Marina İşlemeleri ile İstanbul Büyükşehir Belediyesine ait Su Ürünleri Hal binasıdır. Bu yapıların tsunami risklerine karşı korunması için uygulanması gerekli önlemler ile diğer alanlar için gerekli önlemler arasında önemli farklar bulunmaktadır. Bu nedenle Beylikdüzü ilçesi tsunami riskine karşı alınması gereken önlemler iki başlık halinde sunulmaya çalışılacaktır.

7.1. Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler

Beylikdüzü ilçesinin Marmara Denizi ile komşuluğu olan ve olası tsunami durumunda baskın tehlikesi altında olan beş mahallesi bulunmaktadır. Bunlardan Marmara ve Yakuplu mahalleleri sahillerinin tamamı yukarıda değinilen stratejik ve kritik öneme sahip tesislerce kullanıldığından, bu başlık altında sunulacak önlemler Gürpınar, Dereağzı ve Sahil mahallelerini kapsamaktadır.

İlçe kıyılarında sismik aktiviteye bağlı tsunami su baskın alanları kıyı yamaçları sayesinde sahil yolları ve kumsal alanları ile sınırlı kalmaktadır. Dolayısı ile ilçede tsunamiye karşı alınacak önlemlerin bölge için en kritik senaryo olan deniz altı heyelan aktivitesine bağlı su baskınına

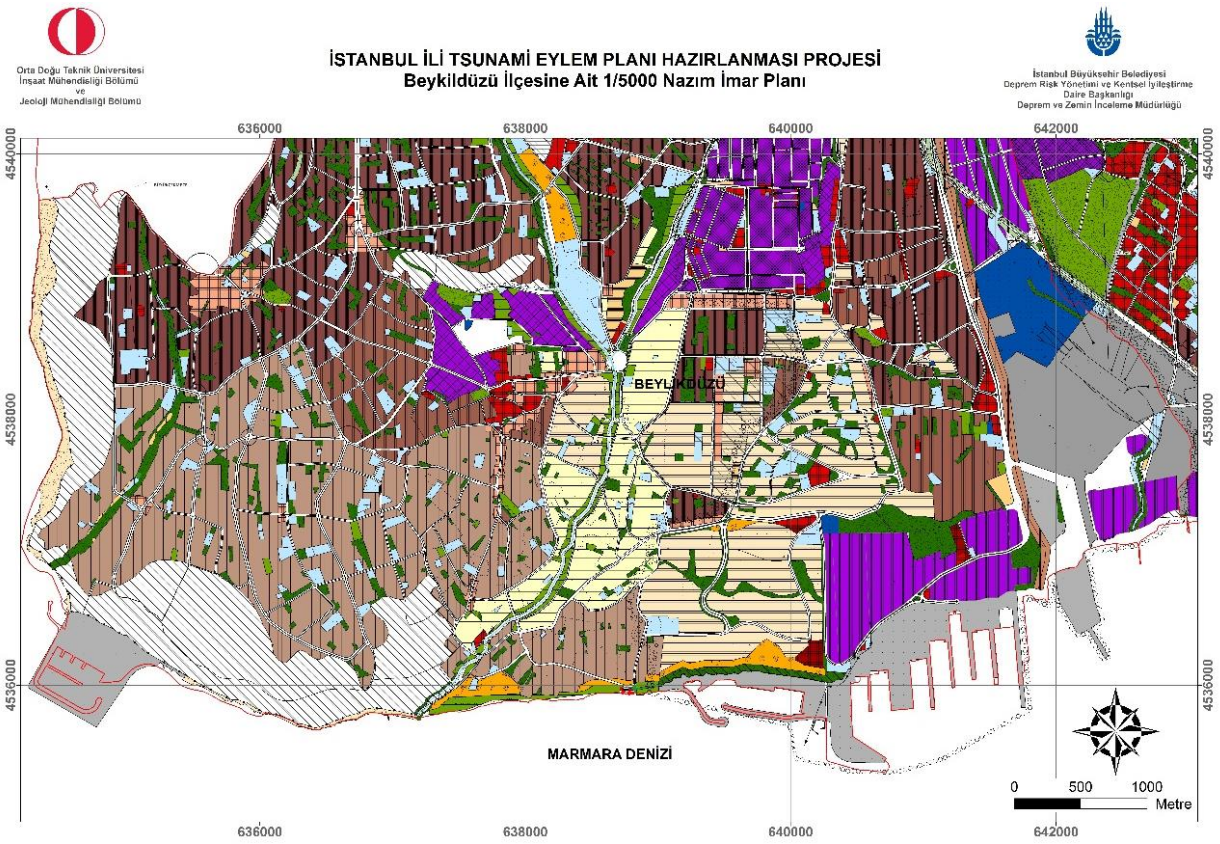
göre tasarlanması, dikkate alınan her iki senaryoyu da kapsayacağı için daha etkin olacaktır. Bu kapsamda riskin önlenmesi amacıyla alınabilecek en uygun önlem, olası bir tsunami tehlikesi öncesinde kıyı şeridinin hızlıca tahliyesi olacaktır.

Bunun için öncelikle bölge halkının ve ziyaretçilerin farkındalık düzeylerini arttırıcı bilgilendirmelerin yapılması sonrasında ise belirli aralıklar ile bölgede tsunami tatbikatlarının düzenlenmesi gerekecektir. Farkındalık düzeyinin arttırılması için en etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgeye yerleştirilmesidir. Sahil yolu üzerinde uygun bölgelere ve sahile ulaştıran yollara uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretler konulması yararlı olacaktır. Bilgilendirici tabelalarda, olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda dikkatli ve hazır duruma geçileceği ile bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gerektiği aktarılmalıdır. Tsunami baskınına karşı en uygun tahliye yöntemi risk bölgesinden yaya olarak gerçekleştirilen yatay veya dikey uzaklaşma yöntemidir. Ancak hâlihazırda bölgede bulunan sahil yolları ve sahile erişimi sağlayan kıyıya dik yolların genişliği, riskli alanın araçla tahliyesi için bile uygun gözükmektedir (Şekil 23). Bununla birlikte oluşabilecek panik ortamı düşünülerek araç ve yayaları en yakın tahliye koridoruna doğru yönlendirici tabelalar yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölgeye erişildiğini gösteren işaretler konulmalıdır. Bu tabela ve panoların istenen amaca ulaşabilmesi için yapımından itibaren sürekli bakım ve onarım işlemlerinin yapılması gereklidir. Bölgede yayaların tahliyesi için kullanılacak rotalar çoğu zaman bu yollar olacaktır. Bazı bölgelerde ise yamaçlardan sahile inen merdiven yapıları bulunmaktadır (Şekil 24). Mevcut merdiven yapılarının geneli düzenli ve tahliyeye uygun inşa edilmiş olmasına rağmen zaman zaman tekrarlayan irili ufaklı yamaç heyelanları nedeni ile bu yapıların deforme oldukları gözlenmiştir. Tahliye rotalarının oluşturulması safhasında, bölgenin en yoğun şekilde kullanıldığı dönemlerdeki insan yoğunluk değerlerine göre tahliye açısından yetersiz olduğu belirlenen bölgelere uygun genişlik ve rıht yüksekliklerinde yeni tahliye koridorları oluşturulmalı, deforme olan veya yeni kurulan tüm tahliye koridorlarının sürekli işler halde tutulması için gerekli iş ve işlemler yapılmalıdır. En kritik senaryonun gerçekleşmesi durumunda üç ve daha yüksek katlı yapılar dikey tahliye için kullanılabilecektir. Ancak bölge topografyası nedeni ile dalga tırmanma yükseklikleri ve mesafeleri kısa olduğu için güvenli bölge sınırına gitmek en uygun korunma yöntemi olacaktır.

Şekil 23: İlçedeki Sahil Yollarına Örnekler

Şekil 24: Yamaçlardan Sahile İniş İçin Yapılmış Merdiven Yapıları

Kıyı kesiminde bulunan ve su baskınından etkilenecek yapı stokunun önemli kısmı yıpranmış niteliktedir. Bölgenin tsunami etkisi dışında deprem, heyelan, sıvılaşma, zemin büyütmesi gibi sorunları da düşünüldüğünde, yapılacak bölgesel bir dönüşüm planlanması ile olası risklerin en aza indirilmesi sağlanabilir. Bu bölge için yürürlükteki 5.000 ve 1.000 ölçekli planlarda bu alanların tamamı "Jeolojik, Topografik, meteorolojik Taşkın Gibi Nedenlerle Özel Önlem Gerektiren ve Yapı Yasaklı Alanlar" sınıfında kalmakta olup, bunlar afet odaklı planlama ile risklerin azaltılması açısından alınmış son derece önemli kararlardır (Şekil 25). Bu kararların ivedilikle hayata geçirilmesi bölgede alınması gereken önlemleri de ciddi oranda azaltacaktır. Bununla beraber kıyı kullanımlarının da plana yansıtılması düşünüldüğünde, mevcut riskleri ortadan kaldıracak tipte su basman yükseklikleri belirlenerek tsunami su baskını ile oluşacak yanal yükleri karşılayacak dayanıma sahip yapı tasarımlarını sağlayan plan notları eklenmelidir.



Şekil 25: Beylikdüzü İlçesi 1/5000 ölçekli Nazım İmar Planı

7.2. Kritik ve Stratejik Yapılar İçin Alınması Gerekli Önlemler

7.2.1. Balıkçı Barınağı ve Su Ürünleri Hali

Denizden gelecek dalgalardan korumak ve deniz araçlarının güvenli şekilde limanı kullanabilmesi amacıyla, hal binası güneyinde 5-6 m yüksekliğinde mendirek ve dalgakıran yapıları inşa edilmiştir. Sismik aktivite ile oluşacak tsunami dalgalarını, mevcut koruma yapıları çok büyük oranda engellemekte iken hal yapısının güneydoğu cephesinde dalgakıran yapısı olmaması nedeni ile bu noktadan girecek sular hasara neden olabilecektir. Ancak en kötümser heyelan senaryosunda ortalama dalga yükseklikleri nin 10 m dolayında olması nedeni ile bu koruma yapılarının kret kotları yükseltilse dahi hal binasının ciddi derecede sudan etkilenmesini engelleyemeyecektir. Bu nedenle sismik aktivite senaryosundan korunabilmek amacı ile yapının güneydoğu cephesine de koruma yapılarının inşası önerilebilir. Ancak bu tür tesislerin kendi işletme planlarına uygun önlemlerin tasarlanması en uygun yöntem olacaktır. Örneğin tesis alanı içerisinde uygun olacak bir konuma dikey tahliye yapısı oluşturulması fakat bu yapının aynı zamanda işletmenin rutin ihtiyaçları içinde kullanılabilir şekilde imal edilmesi düşünülebilir. Bununla birlikte, mevcut yapı yüksekliğinin dikey tahliye için uygun olmaması nedeniyle yapıda çalışan kişilerin güvenli alanlara tahliyesi gerekecektir. Bu nedenle kurum çalışanlarına olası riskler hakkında gerekli bilgiler aktarılmalı ve tahliye planları oluşturularak tatbikatlar yapılmalıdır. Sahil şeridi için önceki başlıkta belirtilen tahliye yollarının tasarlanması aşamasında bu tesis çalışanları için de kullanıma uygun tahliye rotalarının tesis yönetimi ile koordinasyonlu şekilde hazırlanması uygun olacaktır.

Şekil 26: Su Ürünleri Hali

7.2.2. Ambarlı Liman ve Marina İşletmeleri

Limanlar yüklendikleri görevler dışında olası bir afet durumunda şehrin ihtiyaç duyacağı her tür malzemenin deniz yoluyla etkin şekilde ulaştırılabilmesi açısından son derece önemli lojistik tesislerdir. Bu sebeple her zaman hizmet verebilir konumda olmaları oldukça önemlidir.

Sismik aktiviteye bağlı oluşacak tsunami senaryosuna göre yapılan analizlerde liman ve marina alanının bazı bölgelerinde yarım metreyi geçmeyen su baskınları oluşabilecektir. Ancak deniz altı heyelanına bağlı tsunami senaryosunun gerçekleşmesi durumunda liman ve marina bölgesinde ciddi hasarın oluşabileceği görülmektedir. Limanda depolanan konteynerlerin oluşacak dalgalarla Marmara Denizi'ne taşınması ikincil kazaların oluşma ihtimalini doğuracaktır. Bu nedenle konteyner depolama ve sabitleme usullerinde birtakım önlemler alınması gerekebilir. Konteynerlerin liman sathı boyunca uygun şekil ve yükseklikte dizilimi ile kıyı duvarı benzeri bir yapı oluşturularak suyun liman içerisine ilerlemesi engellenebilir. Ancak bu tür karmaşık işletme yapısı ve uygulama yönetmelikleri olan tesisler için önerilecek ve tasarlanacak her türlü önlem planı mutlaka liman işletmesi ile koordineli şekilde modelleme çalışmaları yapılarak hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.

Şekil 27: Ambarlı Limanı

7.2.3. Ambarlı Termik Santral ve Akaryakıt Dolum Tesisleri

Yakıt tankları ve elektrik santrali barındırması nedeni ile alanın mutlaka tsunami etkisinden korunması gerekmektedir. Ancak bölgede yer alan en özellikli işletme olması nedeni ile bu alan

için yapılabilecek tüm önlem ve önerilerin tesis yönetiminde görevli uzmanlar ile birlikte belirlenmesi gereklidir.

Şekil 28: Ambarlı Termik Santrali ve Akaryakıt Dolum Tesisleri

7.3. Beylikdüzü İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi

Bu çalışma kapsamında üretilen bilgiler ve elde edilen bulgular doğrultusunda, Beylikdüzü ilçesinde olası tsunami kayıplarının azaltılmasına yönelik önerilerin yer aldığı Beylikdüzü ilçesine özel A0 boyutunda örnek bir haritada hazırlanmıştır (Ek-1). Bu haritada sismik aktiviteye bağlı ve deniz altı heyelanı sebebi ile oluşabilecek tsunami baskın alanları ile olası bir tsunamiye hazırlık olarak yapılması gerekenler vurgulanmaktadır. Ayrıca tahliye rotaları, bilgi ve yönlendirme pano yerleri ile diğer kritik önlemler ve öneriler posterde yer almaktadır. Bu bilgiler hazırlık çalışmalarına yön gösterici özellikte olup, ilerleyen dönemde alınan önlemlerin ve gerçekleştirilen uygulamaların sonuçları doğrultusunda bu haritanın revize edilmesi gerekmektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Beylikdüzü ilçesinin Marmara Denizi ile komşuluğu olan ve olası tsunami durumunda baskın tehlikesi altında olan beş mahallesi bulunmaktadır. Bunlardan Marmara ve Yakuplu mahalleleri sahillerinin tamamı stratejik ve kritik öneme sahip tesislerce kullanıldığından, genel kullanıma dair olarak önerilen çözümler ve önlemler Gürpınar, Dereağzı ve Sahil mahallelerini kapsamaktadır.

Beylikdüzü ilçe kıyılarında sismik aktiviteye bağlı tsunami su baskın alanları kıyı yamaçları sayesinde sahil yolları ve kumsal alanları ile sınırlı kalmaktadır. Dolayısı ile ilçede tsunamiye karşı alınacak önlemlerin bölge için en kritik senaryo olan deniz altı heyelan aktivitesine bağlı su baskınına göre tasarlanması, dikkate alınan her iki senaryoyu da kapsayacağı için daha etkin olacaktır. Bu kapsamda riskin önlenmesi amacıyla alınabilecek en uygun önlem, olası bir tsunami tehlikesi öncesinde kıyı şeridinin hızlıca tahliyesi olacaktır.

Tsunami baskın alanlarında denize dik tahliye rotalarının belirlenmesi ve buna uygun yönlendirme levhalarının sahil boyunca yerleştirilmesi etkin bir çözüm olarak değerlendirilmiştir. Bu sayede sahil kesiminde bulunan tüm vatandaşların hızlıca riskli alan dışına çıkması sağlanabilir. Bu doğrultuda fayda-maliyet analizleri de yapılarak sahil boyunca kıyıya erişim için kullanılan yol ve merdivenlerin yenilenmesi veya onarımı fonksiyonelliğinin sağlanması açısından ön plana çıkmaktadır. Yapılacak çalışmaların başta bölgede yaşayan vatandaşlar olmak üzere diğer paydaş kurumların da katılımıyla hayata geçirilmesi ve farkındalığın artırılmasına yönelik faaliyetlerle desteklenmesi tahliye potansiyelinin artırılmasında büyük fayda sağlayacaktır.

Beylikdüzü'nü tsunami tehlikesi açısından kritik kılan bir diğer unsur da stratejik nitelikteki üç farklı tesisin ilçe sınırları içinde bulunmasıdır. Dereağzı ilçesinde yer alan Balıkçı Barınağı ve Su Ürünleri Hali'nin mevcut mendirek yapıları, olası bir sismik aktivite kaynaklı tsunamide yeterli koruma sağlamakla birlikte tesisin güney batı kesiminde bir koruma yapısı olmaması dolayısıyla limanın içinde yer alan işletme binasının tüm senaryolarda tsunamiden etkilendiği ve buna yönelik önlemler alınması gerektiği değerlendirilmektedir. İlçenin doğu kesiminde yer alan Ambarlı Limanı ile Ambarlı Termik Santrali ve Dolum Tesisleri ise diğer kritik tesislerdir. Bu tesislerin içeriği itibariyle ayrıca dikkatle ele alınması ve tsunami etkisinden tamamen etkilenmeyecek şekilde önlemlerin alınması hem güvenlik hem de stratejik açıdan büyük önem taşımaktadır.

İlçe genelinde tsunami etkisini azaltma amacıyla yapılacak çalışmalar deprem, heyelan, sıvılaşma, zemin büyütmesi gibi tehlikelerin de varlığı dikkate alınarak, bütüncül bir planlama yaklaşımını temel alınarak hayata geçirilmeli ve bu sayede yapılacak yatırımların bir tehlike türüne ilişkin riski azaltırken farklı bir riski doğurmaması sağlanabilir.

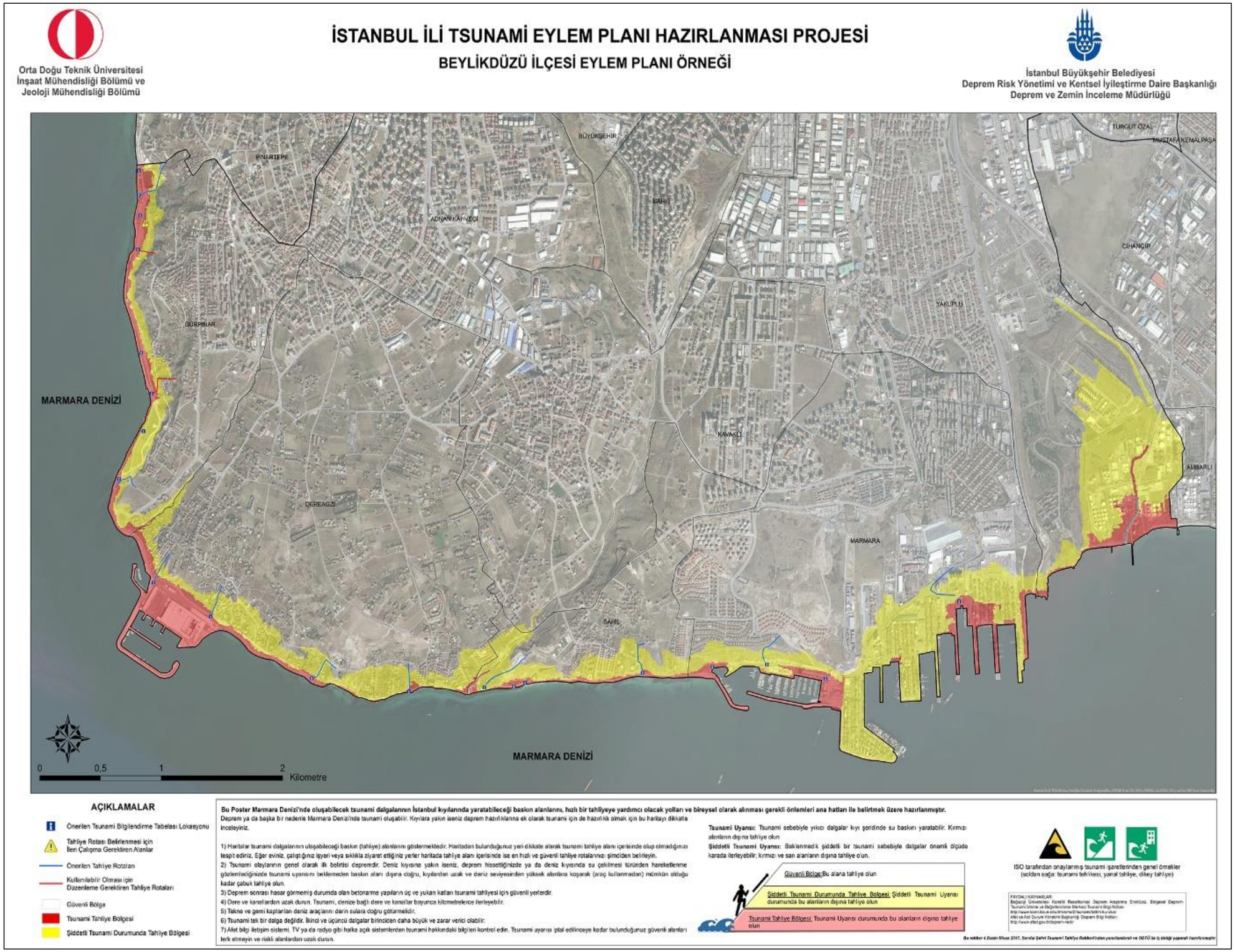
Sonuç itibariyle bu raporda yer alan önlemler değerlendirilirken dikkate alınması gereken temel yaklaşım tsunami tahliye kapasitesini artırmak olmalıdır. Bu kapsamdaki çalışmalarda ana hedef,

sahil şeridindeki insanların tsunami baskınının etkin olmadığı güvenli bölgelere ulaşımının sağlanması olmalıdır. Ayrıca, sahil boyunca yapılacak kıyı şeridi düzenlemeleri, ağaçlandırma, yönlendirici tabelaların eklenmesi gibi uygulamaların yanında, toplumun da etkin katılımının sağlandığı bilinçlendirme ve farkındalık faaliyetlerinin hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Tüm bu çalışmalarda risk azaltmaya yönelik eylemlerin başta İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyesi olmak üzere ilgili tüm paydaş kurum ve kuruluşların katılımı ve bir seferberlik bilinciyle sorumluluk yüklenmesi gerek alınan önlemlerin etkinliği gerekse bu önlemlerin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

9. KAYNAKÇA

- İBB (2007), Istanbul Mikro bölgeleme Projesi, Avrupa Yakası. İstanbul Büyükşehir Belediyesi
- MARSITE (2016); Marmara Supersite Projesi Sonuç Raporu
- MARDiM-SATREPS (2018), Marmara Bölgesi'nde Deprem ve Tsunami Afet Azaltma ve Türkiye'de Afet Eğitimi (SATREPS) Proje Sonuç Raporu
- ODTÜ (2018), İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik Ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi
- ODTÜ (2019), İstanbul İçin Tsunami Eylem Planı Hazırlanması İşi
- UNESCO-IOC (2014), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2013, Revised Edition. Tsunami Glossary, Paris, UNESCO. IOC Technical Series, 85. (English.) (IOC/2008/TS/85rev)

EK-1


Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü ve
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
İSTANBUL İLİ TSUNAMİ EYLEM PLANI HAZIRLANMASI PROJESİ
BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ EYLEM PLANI ÖRNEĞİ
İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı
Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü
MARMARA DENİZİ
MARMARA DENİZİ
0 0,5 1 2 Kilometre
AÇIKLAMALAR
Önerilen Tsunami Bilgilendirme Tabelası Lokasyonu
Tahliye Rotası Belirlenmesi için İleri Çalışma Gerektiren Alanlar
Önerilen Tahliye Rotaları
Kullanılabilir Olması için Düzenleme Gerektiren Tahliye Rotaları
Güvenli Bölge
Tsunami Tahliye Bölgesi
Şiddetli Tsunami Durumunda Tahliye Bölgesi
Bu Poster Marmara Denizi'nde oluşabilecek tsunami dalgalarının İstanbul kıyılarında yaratabileceği baskın alanlarını, hızlı bir tahliyeye yardımcı olacak yolları ve bireysel olarak alınması gerekli önlemleri ana hatları ile belirtmek üzere hazırlanmıştır.
Deprem ya da başka bir nedenle Marmara Denizi'nde tsunami oluşabilir. Kıyılara yakın iseniz deprem hazırlıklarına ek olarak tsunami için de hazırlıklı olmak için bu haritayı dikkatle inceleyiniz.
1) Haritalar tsunami dalgalarının ulaşabileceği baskın (tahliye) alanlarını göstermektedir. Haritadan bulunduğunuz yeri dikkate alarak tsunami tahliye alanı içerisinde olup olmadığınızı tespit ediniz. Eğer evinizi, çalıştığınız işyeri veya sıklıkla ziyaret ettiğiniz yerler haritada tahliye alanı içerisinde ise en hızlı ve güvenli tahliye rotalarınızı şimdiden belirleyin.
2) Tsunami olaylarının genel olarak ilk belirtisi depremdir. Deniz kıyısına yakın iseniz, deprem hissettiğinizde ya da deniz kıyısında su çekilmesi türünden hareketlenme gözlemlediğinizde tsunami uyarısını beklemeden baskın alanı dışına doğru, kıyılardan uzak ve deniz seviyesinden yüksek alanlara koşarak (araç kullanmadan) mümkün olduğu kadar çabuk tahliye olun.
3) Deprem sonrası hasar görmemiş durumda olan betonarme yapıların üç ve yukarı katları tsunami tahliyesi için güvenli yerlerdir.
4) Dere ve kanallardan uzak durun. Tsunami, denize bağlı dere ve kanallar boyunca kilometrelerce ilerleyebilir.
5) Tekne ve gemi kaptanları deniz araçlarını derin sulara doğru götürmelidir.
6) Tsunami tek bir dalga değildir. İkinci ve üçüncü dalgalar birincisden daha büyük ve zarar verici olabilir.
7) Afet bilgi iletişim sistemi, TV ya da radyo gibi halka açık sistemlerden tsunami hakkındaki bilgileri kontrol edin. Tsunami uyarısı iptal edilinceye kadar bulunduğunuz güvenli alanları terk etmeyin ve riskli alanlardan uzak durun.
Tsunami Uyarısı: Tsunami sebebiyle yıkıcı dalgalar kıyı şeridinde su baskını yaratabilir. Kırmızı alanların dışına tahliye olun
Şiddetli Tsunami Uyarısı: Beklenmedik şiddetli bir tsunami sebebiyle dalgalar önemli ölçüde karada ilerleyebilir; kırmızı ve sarı alanların dışına tahliye olun.
Güvenli Bölge: Bu alana tahliye olun
Şiddetli Tsunami Durumunda Tahliye Bölgesi: Şiddetli Tsunami Uyarısı durumunda bu alanların dışına tahliye olun
Tsunami Tahliye Bölgesi: Tsunami Uyarısı durumunda bu alanların dışına tahliye olun
ISO tarafından onaylanmış tsunami işaretlerinden genel örnekler (soldan sağa: tsunami tehlikesi, yanal tahliye, dikey tahliye)
FAYDALI KAYNAKLAR:
Bu sekher 4 Eksim Nisan 2017, Sendai Şehri Tsunami Tahliye Rehberlerinden yararlanılarak ve DGTÜ ile iş birliği yapanak hazırlanmıştır.

İSTANBUL
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ

ODTÜ