İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

ODTÜ

MALTEPE

TSUNAMİ RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI

Haziran 2020 İSTANBUL

İSTANBUL SENİN

İSTANBUL
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

MALTEPE 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 Maltepe 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 5

2. TSUNAMİ TEHLİKESİ 7

3. KAPSAM VE YÖNTEM 8

4. MALTEPE İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ 12

4.1.Maltepe İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası 12

4.2.Maltepe İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları 15

5. MALTEPE İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ 22

5.1.Mekânsal Hasar Görebilirlik 22

5.1.1.Jeoloji 22

5.1.2.Heyelan Taç Yoğunluğu 24

5.1.3.Kıyıdan Uzaklık 25

5.1.4.Yükseklik 26

5.2.Tahliye Esnekliği 27

5.2.1.Binaya Uzaklık 27

5.2.2.Yol Ağına Uzaklık 28

5.2.3.Denize Dik Yolların Yoğunluğu 29

5.2.4.Eğim 30

5.3.Maltepe İlçesi MeTHuVA Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları 31

6. MALTEPE İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ 32

6.1.Maltepe İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası 32

6.2.Maltepe İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları 33

7. MALTEPE İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI 35

7.1.Tsunami Riskinin Azaltılmasına Yönelik Alınması Gereken Önlemler 35

7.2.Maltepe İlçesi Tsunami Bilgi Haritası 38

8. SONUÇ VE ÖNERİLER 39

9. KAYNAKÇA 41

EK-1 42

Şekiller

Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme İle d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Şematik Gösterimi 7
Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014) 7
Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı 10
Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri 10
Şekil 5: PIN kaynaklı tsunami benzetimleri sonucu oluşan tsunami su basması dağılımı haritası 12
Şekil 6: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN) 13
Şekil 7: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN) 15
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası 15
Şekil 9: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC) 16
Şekil 10: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC) 17
Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası 19
Şekil 12: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY) 20
Şekil 13: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY) 20
Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 22
Şekil 15: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 24
Şekil 16: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 25
Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 26
Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 27
Şekil 19: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 28
Şekil 20: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 29
Şekil 21: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası 30
Şekil 22: Maltepe Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası 31
Şekil 23: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası 32
Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası 33
Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası 34
Şekil 26: Maltepe İlçe Sahili 37

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları 9
Tablo 2: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN) 13
Tablo 3: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN) 14
Tablo 4: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC) 16
Tablo 5: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC) 18
Tablo 6: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY) 19
Tablo 7: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY) 21
Tablo 8: Maltepe Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri . 23

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 megakentlerin 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 arttırmak 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,

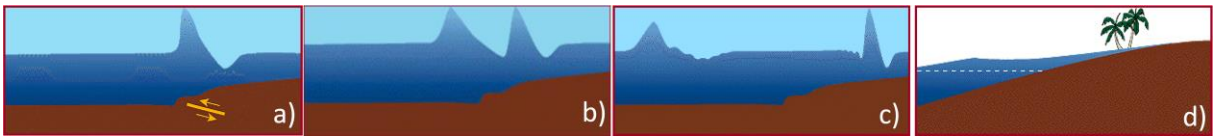
dünyada megakentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün 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.

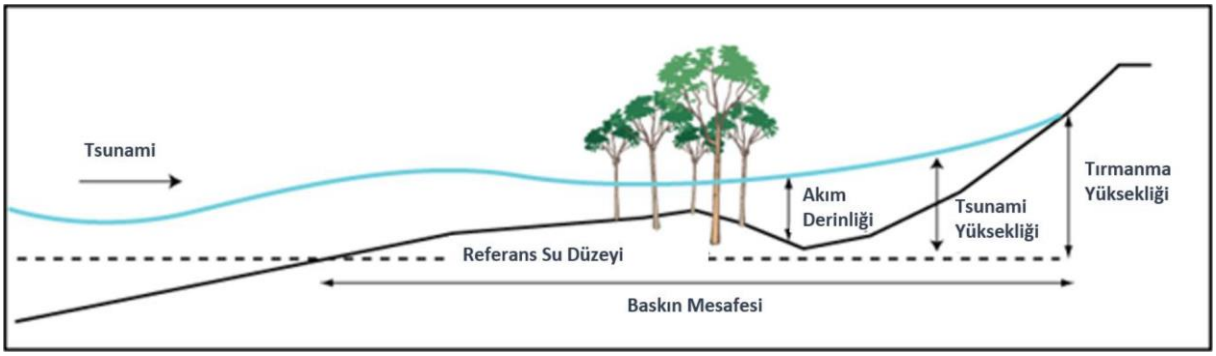
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan 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 İle 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:

Veritabanının 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 dahil 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 dahil 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.

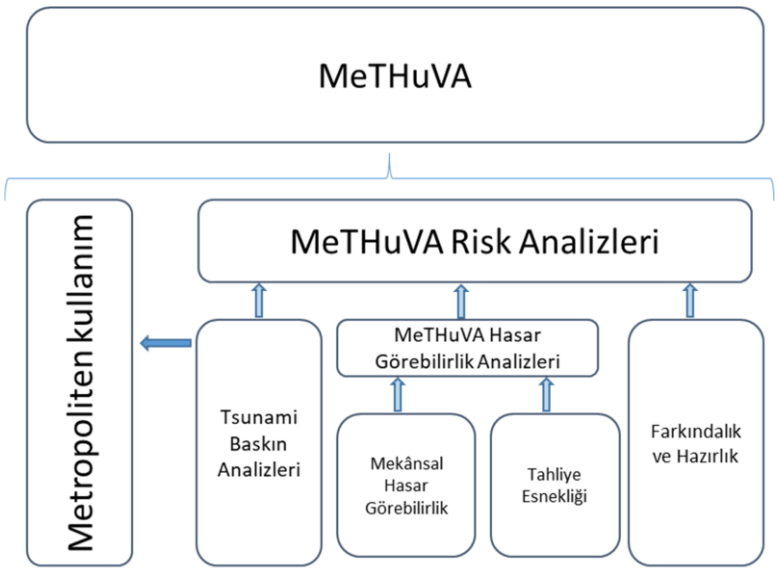
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

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.

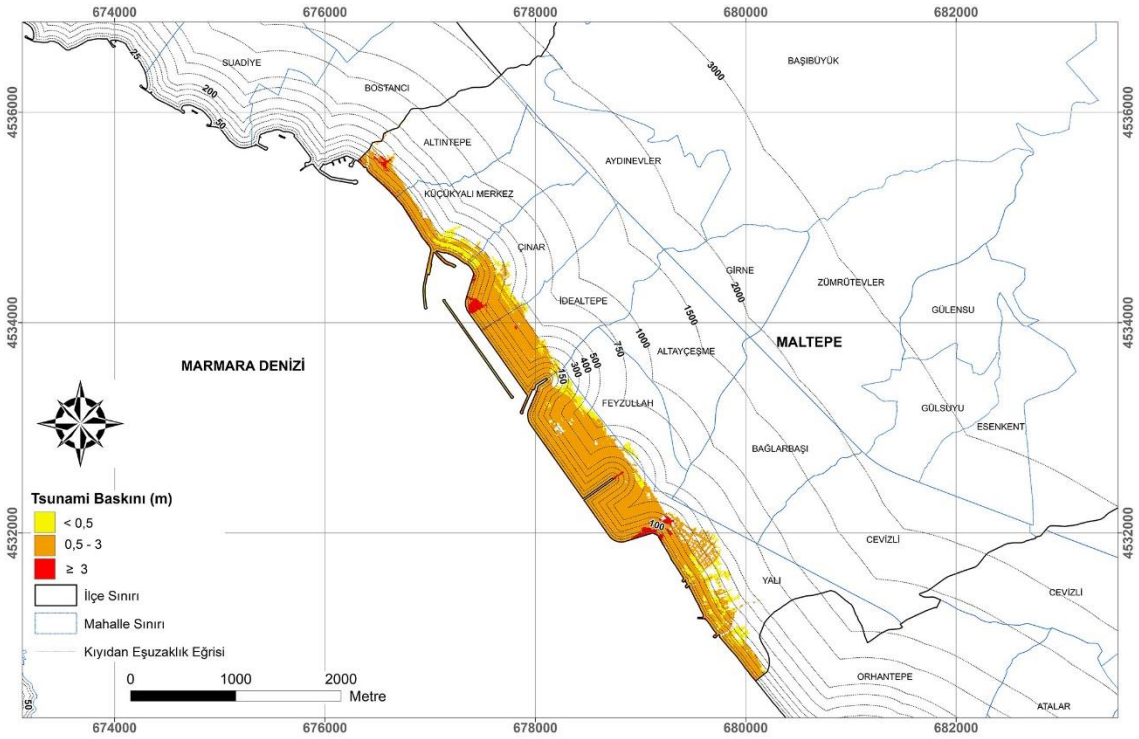
2004 Hint Okyanusu ve 2011 Tohoku felaketlerinin ardından tüm dünyada tsunami olayına karşı artan farkındalık ve 1999 İzmit depreminden sonra Marmara Denizi için gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası projeler gözetilerek bu projede İstanbul ilçeleri için uygun görülen n parametresi değeri 3 olarak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

4. MALTEPE İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ

4.1.Maltepe İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

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

PIN kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Maltepe ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 7.96 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 670 metreye ulaşmaktadır.



Şekil 5: PIN kaynaklı tsunami benzetimleri sonucu oluşan tsunami su basması dağılımı haritası

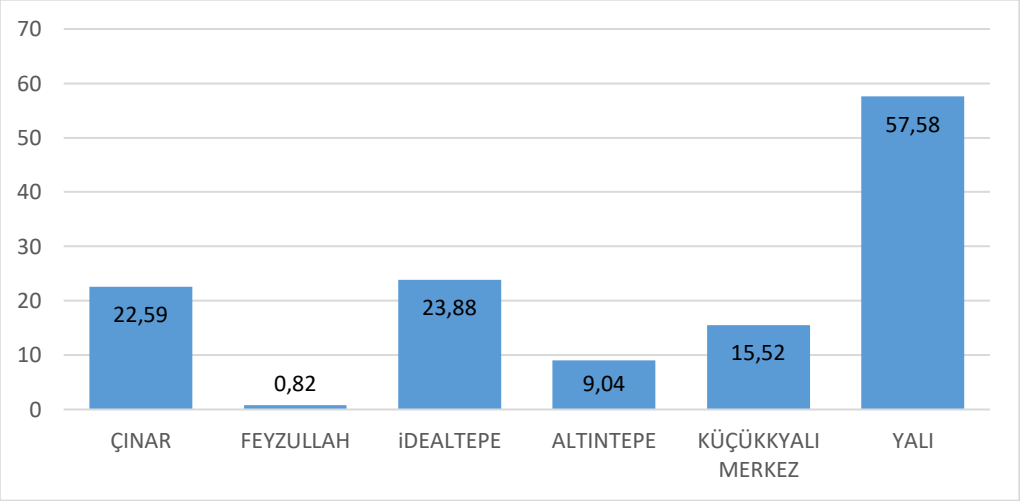
Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Maltepe ilçesinde özellikle Çamaşırcı Deresi yatağında su ilerlemesi görülmüştür.

Benzetim sonuçlarına göre, PIN kaynaklı olası bir tsunamide, Maltepe ilçesinin %3.9'unu kapsayan 2.106 km^2'lik bir alanda ve 6 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Maltepe ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 2 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak en yüksek su basma %57.58'lik bir oranlar Yalı Mahallesi'nde gözlenmiştir. Bunu %23.88 ve %22.59 değerleriyle İdealtepe ve Çınar mahalleleri takip etmektedir. PIN kaynaklı tsunami benzetim

sonuçlarına göre, ilçe genelinde su basması derinliğin en yüksek olduğu mahalle ise noktasal olarak 7.96 m ile Altıntepe Mahallesi'dir.

Tablo 2: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m2)	Toplam Mah. Alanı (km2)	Su basma alanı %
YALI	6.97	1.27	1.314.025	2.282	57.58
İDEALTEPE	4.66	1.28	301.800	1.264	23.88
ÇINAR	4.06	1.60	228.100	1.010	22.59
KÜÇÜKKYALI MERKEZ	5.44	1.14	164.300	1.059	15.52
ALTINTEPE	7.96	2.26	90.800	1.005	9.04
FEYZULLAH	0.70	0.27	6.675	0.815	0.82



Şekil 6: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN)

PIN kaynaklı olası bir tsunamide Maltepe ilçesi içinde bulunan 30.726 yapıdan 477'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 464'ü 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 PIN kaynaklı olası bir tsunamide Yalı Mahallesi'nde Sosyal yapı grubu içinde bulunan mesken binalarının %29.83'ünün, İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binaların %50'sinin ve İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların ise %65.08'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Altıntepe Mahallesi'nde İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların ise %71.43'ünün suyla temas etmektedir.

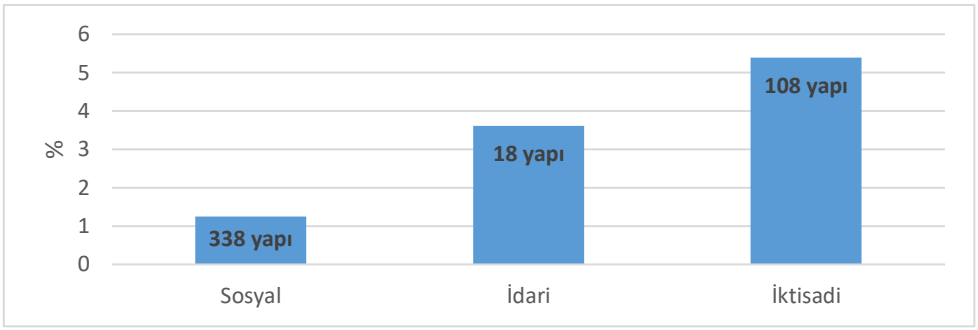
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7 'de sunulmuştur. Maltepe ilçesi genelinde PIN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %1.25'i, İdari grubundaki yapıların %3.61'i ve İktisadi yapıların ise %5.39'u su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 3: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN)

	Sosyal	İdari		İktisadi		
İlçe Genel	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**	**Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı**
İdealtepe	858	12	7	-	84	**1.005**
Çınar	737	2	17	-	66	**839**
Altıntepe	1256	9	7	-	21	**1.318**
Feyzullah	879	12	5	-	23	**942**
Küçükkyalı Merkez	1046	9	13	-	42	**1.140**
Yalı	771	12	26	113	63	**1.053**
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	**27.028**	**241**	**257**	**383**	**1.621**	**30.726** (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen Birimler	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**	**MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı**
İdealtepe	9	0	0	0	17	**26**
Çınar	39	0	0	0	9	**48**
Altıntepe	42	0	1	0	15	**58**
Feyzullah	7	0	0	0	1	**8**
Küçükkyalı Merkez	11	0	2	0	3	**16**
Yalı	230	2	13	22	41	**308**
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	**338**	**2**	**16**	**22**	**86**	**464** (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) / **477** (Toplam etkilenen bina sayısı)

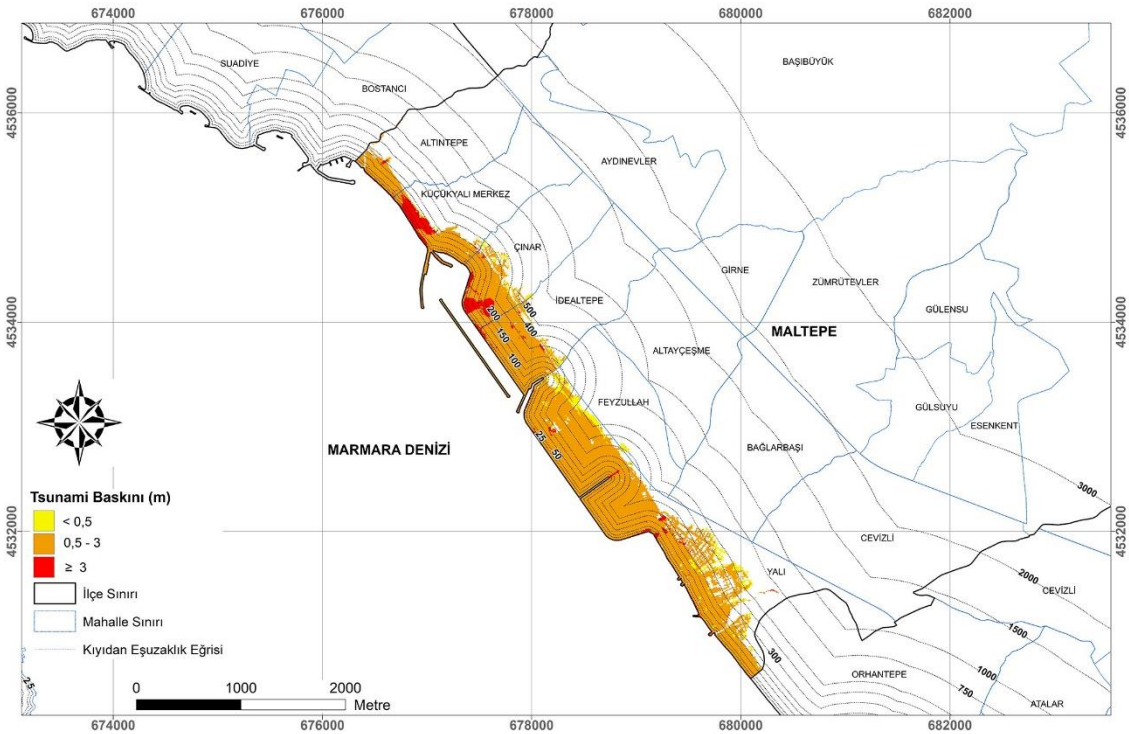
Etkilenen Birimler %	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**
İdealtepe	1.05	0.00	0.00	-	20.24
Çınar	5.29	0.00	0.00	-	13.64
Altıntepe	3.34	0.00	14.29	-	71.43
Feyzullah	0.80	0.00	0.00	-	4.35
Küçükkyalı Merkez	1.05	0.00	15.38	-	7.14
Yalı	29.83	16.67	50.00	19.47	65.08
İlçe Toplamı	**1.25**	**0.83**	**6.23**	**5.74**	**5.31**



Şekil 7: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN)

4.2.Maltepe İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Maltepe ilçesi için kritik deniz altı heyelanı kaynaklı tsunami senaryolarından birinin 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, Maltepe ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 7.75 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 690 metreye ulaşmaktadır.



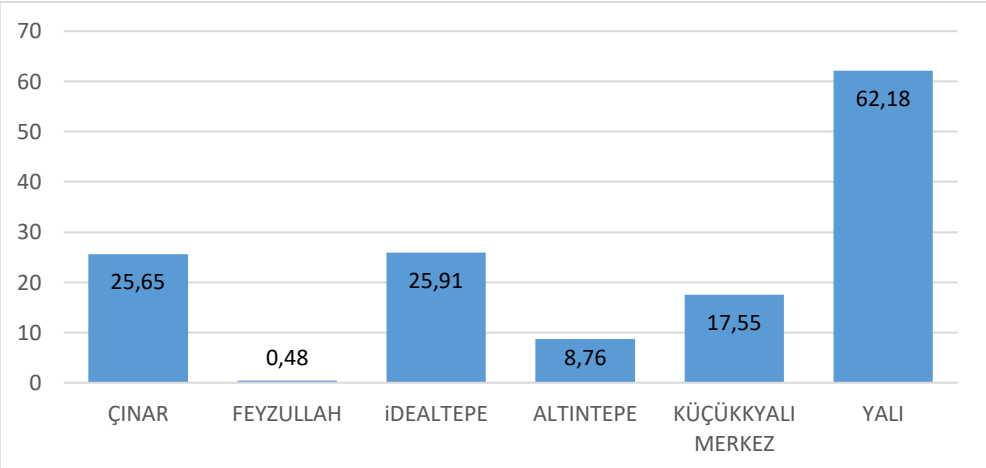
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Maltepe ilçesinde özellikle Çamaşırcı Deresi yatağında su ilerlemesi görülmüştür.

Benzetim sonuçlarına göre, LSBC kaynaklı olası bir tsunamide, Maltepe ilçesinin %4.22'sini kapsayan 2.283 km^2'lik bir alanda ve 6 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Maltepe ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 4 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre %62.18'lik bir oranla en yüksek su basma alanı Yalı Mahallesi'nde gözlenmiştir. Bunu %25.91 ve %25.65 ile İdealtepe ve Çınar mahalleleri takip etmektedir. LSBC kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Maltepe ilçe genelinde en yüksek su basması derinliğinin hesaplandığı mahalle ise noktasal olarak 7.75 m ile Küçükyalı Merkez Mahallesi'dir.

Tablo 4: Maltepe 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 %
YALI	6.98	1.48	1.305.503	2.282	62.18
İDEALTEPE	4.94	2.08	301.231	1.264	25.91
ÇINAR	4.69	1.99	238.280	1.010	25,65
KÜÇÜKKYALI MERKEZ	7.75	2.24	170.959	1.059	17.55
ALTINTEPE	6.17	1.99	80.983	1.005	8.76
FEYZULLAH	0.58	0.24	3.565	0.815	0.48

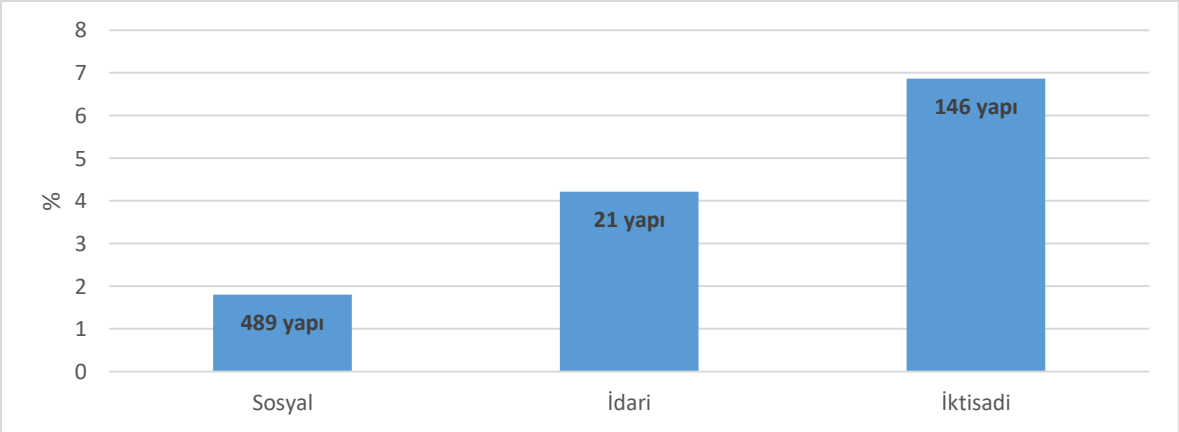


Şekil 9: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC)

LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Maltepe ilçesi içinde bulunan 30.726 yapıdan 671'i suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 656'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 5'da verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Yalı Mahallesi'nde Sosyal yapı grubu içinde bulunan mesken binalarının %37.87'sinin, İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binaların %61.54'ünün, İktisadi yapı grubunda bulunan fabrikalarının %46.02'sinin ve ticari binaların %65.08'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Altıntepe Mahallesi'nde ise İktisadi yapı grubu içinde bulunan ticari binaların %66.67'sinin suyla teması bulunmaktadır.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Maltepe ilçesi genelinde LSBC kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %1.81'i, İdari yapıların %4.22'si ve İktisadi yapıların ise %6.87'si su basmasından etkilenmektedir.



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

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

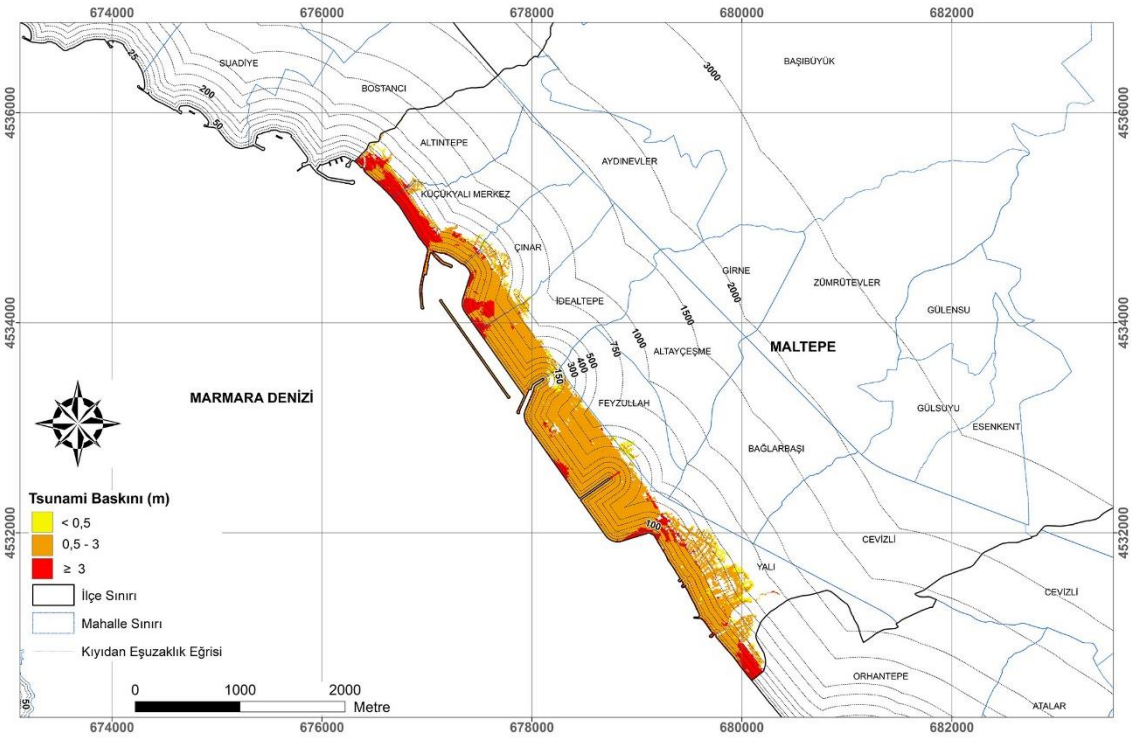
	Sosyal	İdari		İktisadi			
İlçe Genel	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**	**Trafo**	**Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı**
İdealtepe	858	12	7	-	84	11	1.005
Çınar	737	2	17	-	66	3	839
Altıntepe	1.256	9	7	-	21	5	1.318
Feyzullah	879	12	5	-	23	2	942
Küçükkyalı Merkez	1.046	9	13	-	42	3	1.140
Yalı	771	12	26	113	63	3	1.053
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	**27.028**	**241**	**257**	**383**	**1621**	**121**	**30.726** (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen Birimler	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**	**Trafo**	**MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı**
İdealtepe	36	0	0	0	20	1	57
Çınar	91	0	0	0	11	0	102
Altıntepe	39	0	1	0	14	0	54
Feyzullah	4	0	0	0	1	0	5
Küçükkyalı Merkez	27	0	2	0	6	0	35
Yalı	292	2	16	52	41	0	403
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	**489**	**2**	**19**	**52**	**93**	**1**	**656** (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) **671** Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen Birimler %	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**	**Trafo**
İdealtepe	4.20	0.00	0.00	-	23.81	9.09
Çınar	12.35	0.00	0.00	-	16.67	0.00
Altıntepe	3.11	0.00	14.29	-	66.67	0.00
Feyzullah	0.46	0.00	0.00	-	4.35	0.00
Küçükkyalı Merkez	2.58	0.00	15.38	-	14.29	0.00
Yalı	37.87	16.67	61.54	46.02	65.08	0.00
İlçe Toplamı	**1.81**	**0.83**	**7.39**	**13.58**	**5.74**	**0.83**

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre Maltepe ilçesi için kritik deniz altı heyelanı kaynaklı tsunami senaryolarından bir diğerinin Yenikapı Deniz Altı Heyelanı (LSY) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LSY kaynağı kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Maltepe ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak

11.03 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 750 metreye ulaşmaktadır.



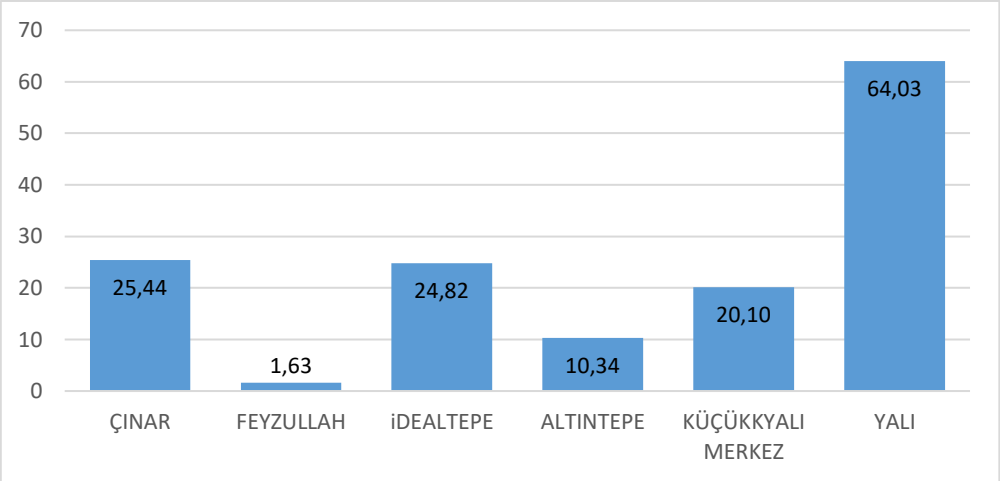
Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Maltepe ilçesinde özellikle Çamaşırcı Deresi yatağında su ilerlemesi görülmüştür.

Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunamide, Maltepe ilçesinin %4.37'sini kapsayan 2.362 km^2'lik bir alanda ve 6 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Maltepe ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 6 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre %64.03 ile en yüksek su basma alanı Yalı Mahallesi'nde gözlenmiştir. Bunu %25.44 ve %24.82 oranlarıyla Çınar ve İdealtepe mahalleleri takip etmektedir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, ilçe genelinde en yüksek su basma derinliği noktasal olarak 11.03 m ile Küçükyalı Mahallesi'nde hesaplanmıştır.

Tablo 6: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m2)	Toplam Mah. Alanı (km2)	Su basma alanı %
YALI	9.17	1.91	1.461.250	2.282	64.03
ÇINAR	5.66	2.08	256.950	1.010	25.44
İDEALTEPE	4.77	1.79	313.650	1.264	24.82
KÜÇÜKKYALI MERKEZ	11.03	3.76	212.800	1.059	20.10
ALTINTEPE	7.97	3.04	103.875	1.005	10.34
FEYZULLAH	0.97	0.37	13.300	0.815	1.63

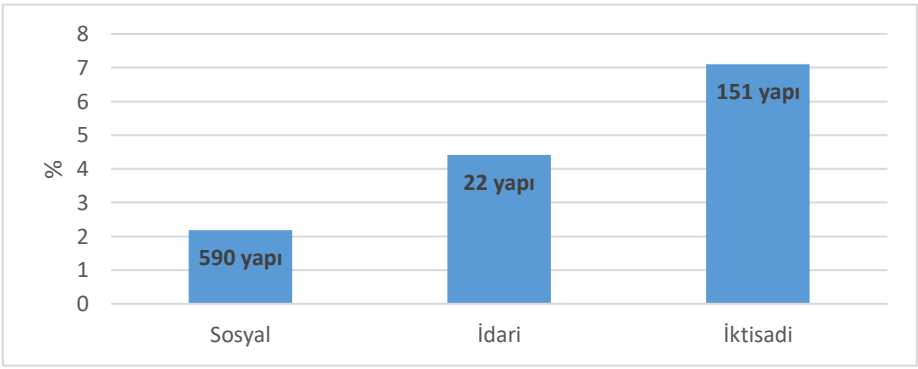


Şekil 12: Maltepe İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)

LSY kaynaklı olası bir tsunamide Maltepe ilçesi içinde bulunan 30.726 yapıdan 781'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 763'ü 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 7'de verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSY kaynaklı olası bir tsunamide Yalı Mahallesi'nde Sosyal yapı grubu içinde bulunan mesken binalarının %41.76'sının, İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binaların %61.54'ünün, İktisadi yapı grubunda bulunan fabrikaların %45.13'ünün ve ticari binaların %71.43'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Altıntepe Mahallesi'nde de İktisadi yapı grubu içinde bulunan ticari binaların %71.43'ü suyla temas etmiştir. Feyzullah Mahallesi'nde İktisadi yapı grubu içinde bulunan trafo binalarının %50'sinin suyla teması bulunmaktadır.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 13'te sunulmuştur. Maltepe ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %2.18'i, İdari yapıların %4.42'si ve İktisadi yapıların ise %7.11'i su basmasından etkilenmektedir.



Şekil 13: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)

Tablo 7: Maltepe İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)

	Sosyal	İdari		İktisadi			
İlçe Genel	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**	**Trafo**	**Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı**
İdealtepe	858	12	7	-	84	11	1.005
Çınar	737	2	17	-	66	3	839
Altıntepe	1.256	9	7	-	21	5	1.318
Feyzullah	879	12	5	-	23	2	942
Küçükkyalı Merkez	1.046	9	13	-	42	3	1.140
Yalı	771	12	26	113	63	3	1.053
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	**27.028**	**241**	**257**	**383**	**1.621**	**121**	**30.726** (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen Birimler	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**	**Trafo**	**MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı**
İdealtepe	18	0	0	0	21	0	39
Çınar	88	0	0	0	11	0	99
Altıntepe	69	1	1	0	15	0	86
Feyzullah	18	0	0	0	1	1	20
Küçükkyalı Merkez	75	0	2	0	6	0	83
Yalı	322	2	16	51	45	0	436
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	**590**	**3**	**19**	**51**	**99**	**1**	**763** (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) / **781** (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen Birimler %	**Mesken**	**Okul**	**Resmi**	**Fabrika**	**Ticari**	**Trafo**
İdealtepe	2.10	0.00	0.00	-	25.00	0.00
Çınar	11.94	0.00	0.00	-	16.67	0.00
Altıntepe	5.49	11.11	14.29	-	71.43	0.00
Feyzullah	2.05	0.00	0.00	-	4.35	50.00
Küçükkyalı Merkez	7.17	0.00	15.38	-	14.29	0.00
Yalı	41.76	16.67	61.54	45.13	71.43	0.00
İlçe Toplamı	**2.18**	**1.24**	**7.39**	**13.32**	**6.11**	**0.83**

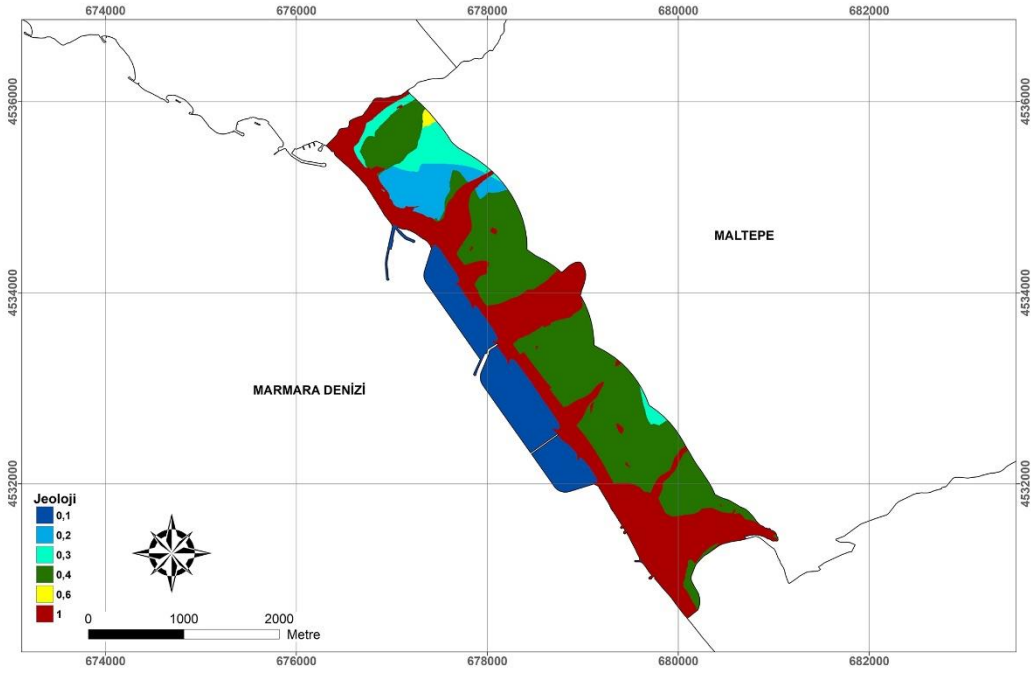
5. MALTEPE İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin Anadolu yakasında Marmara kıyısında 40,98-40,90 K ve 29,09-29,20 D koordinatları arasında yer alan Maltepe ilçesi 53,98 km^2 yüz ölçümüne sahiptir. Maltepe ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

5.1.Mekânsal Hasar Görebilirlik

5.1.1.Jeoloji

Maltepe ilçesi uygulama alanı sınırları içerisinde 7 ana jeolojik birim bulunmaktadır. Bu birimler: Güncel Birikintiler- Qg (Alüvyon-Qal, Plaj birikintisi-Qp, Kuşdili formasyonu-Qkş, Alüvyon ve Kuşdili formasyonu-Qal+Qkş, Yamaç molozu-Qy), Trakya Formasyonu-Ct, Pendik Formasyonu-Dp (Kartal üyesi- Dpk), Denizli Köyü Formasyonu-DCd (Baltalimanı üyesi-DCdb, Ayineburnu üyesi- DCda, Yörükali üyesi-DCdy Tuzla kireçtaşı üyesi-DCdt), Sultanbeyli Formasyonu-Ts (Altıntepe üyesi-Tsa), dayk-dyk, 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 8'de verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Maltepe ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 14'te gösterilmiştir.



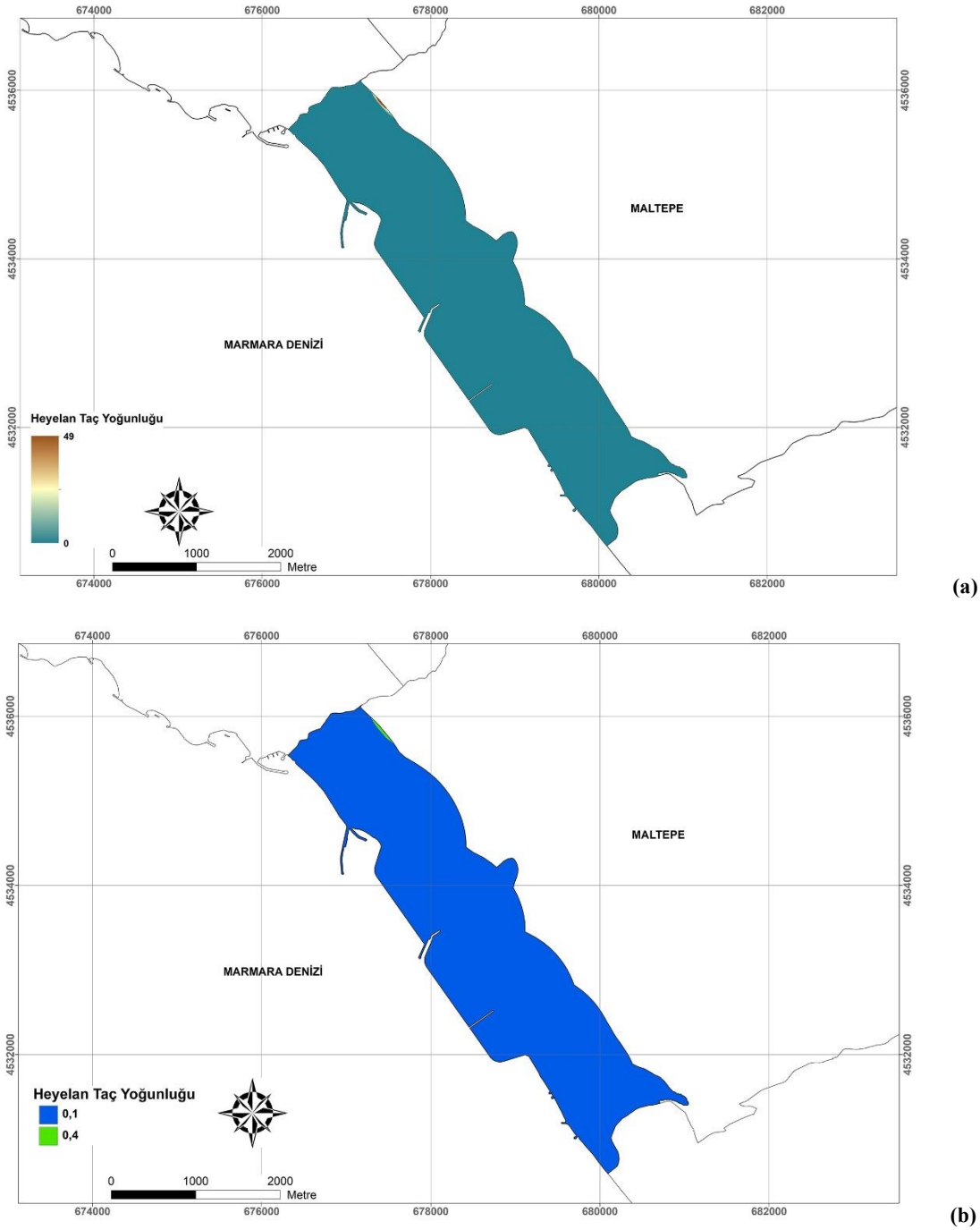
Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

Tablo 8: Maltepe 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
		Qal+Qkş	Alüvyon + Kuşdili formasyonu	1
		Qp	Plaj Birikintisi	1
		Qkş	Kuşdili formasyonu	1
		Qy	Yamaç molozu	1
Geç Miyosen	Ts (Sultanbeyli Formasyonu)	Tsa	Altıntepe üyesi	0,4
		Tst	Tuğlacıbaşı üyesi	0,5
		Tso	Orhanlı üyesi	0,6
Geç Kratese – Erken Tersiyer	dyk-KTy	Yakacık Magmatik kompleksi		0,2
Erken Karbonifer	Ct (Trakya Formasyonu)	Ctc	Cebeciköy kireçtaşı üyesi	0,4
Erken Karbonifer	DCd (Denizli Köyü Formasyonu)	DCdb	Baltalimanı üyesi	0,2
Geç Devoniyen – Erken Karbonifer		DCda	Ayineburnu üyesi	0,2
Orta – Geç Devoniyen		DCdy	Yörükali üyesi	0,3
Orta Devoniyen		DCdt	Tuzla kireçtaşı üyesi	0,3
Erken Devoniyen	Dp (Pendik Formasyonu)	Dpk	Kartal üyesi	0,3

5.1.2.Heyelan Taç Yoğunluğu

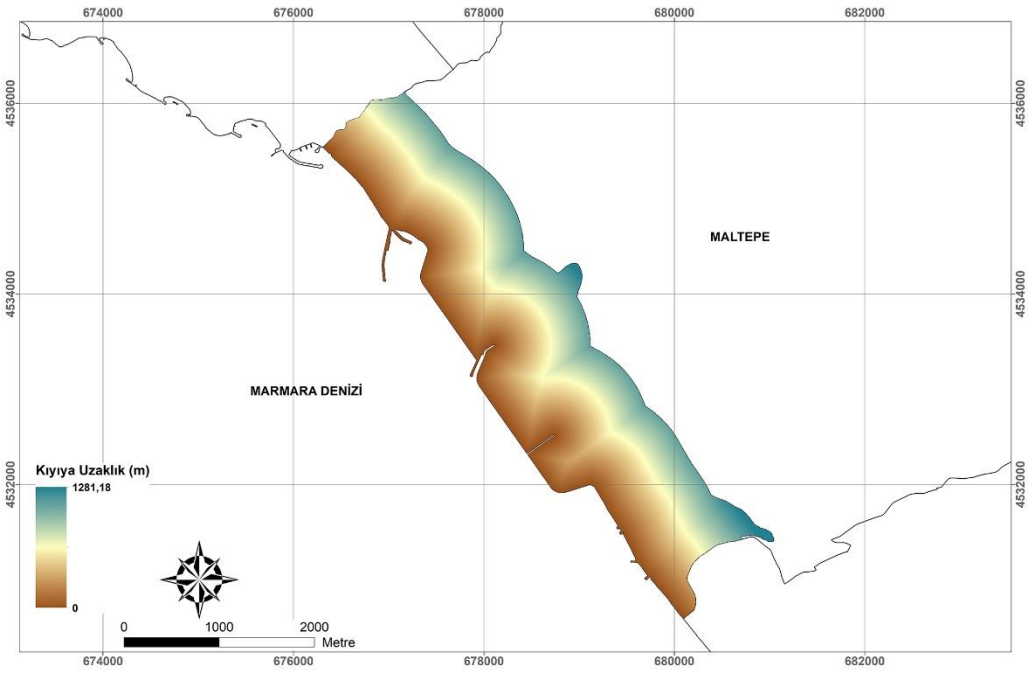
Maltepe ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'de sunulmuştur.



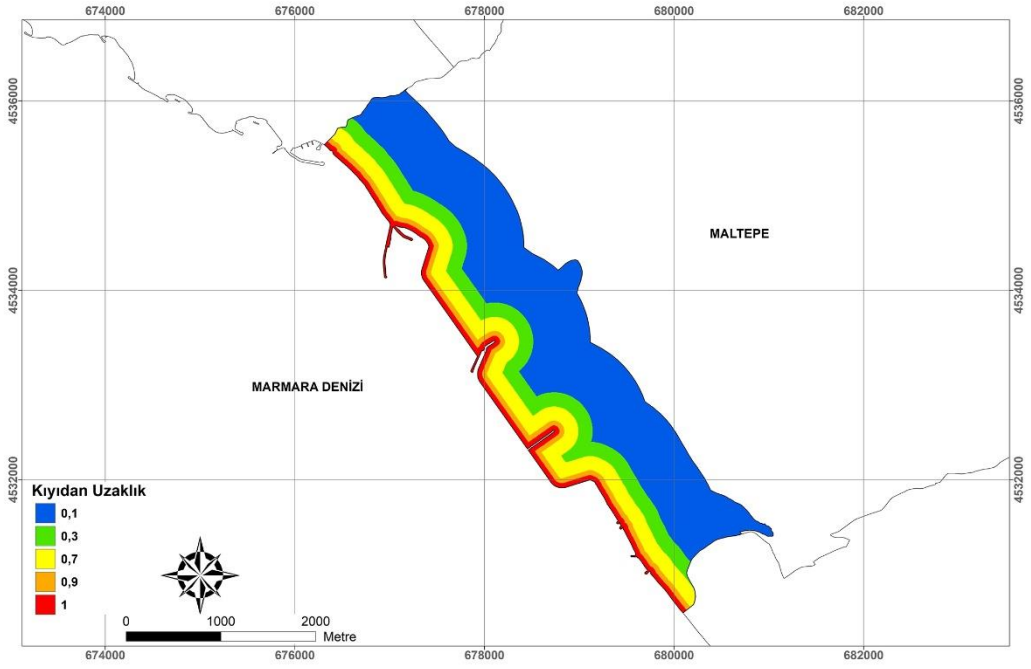
Şekil 15: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.3.Kıyıdan Uzaklık

Maltepe ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıdaverilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.



(a)

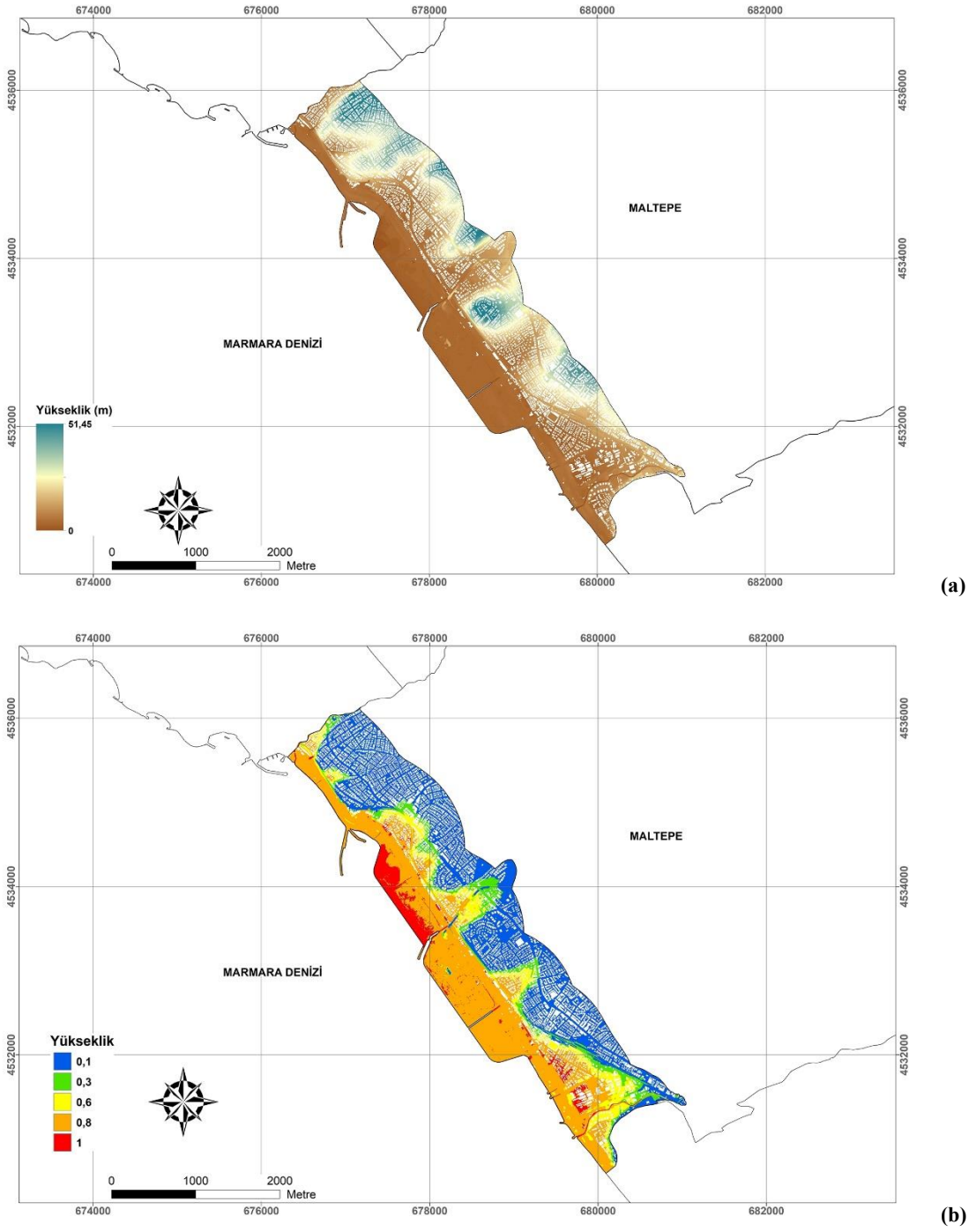


(b)

Şekil 16: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.4.Yükseklik

Maltepe ilçesi uygulama alanı yükseklik parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 17'de sunulmuştur.

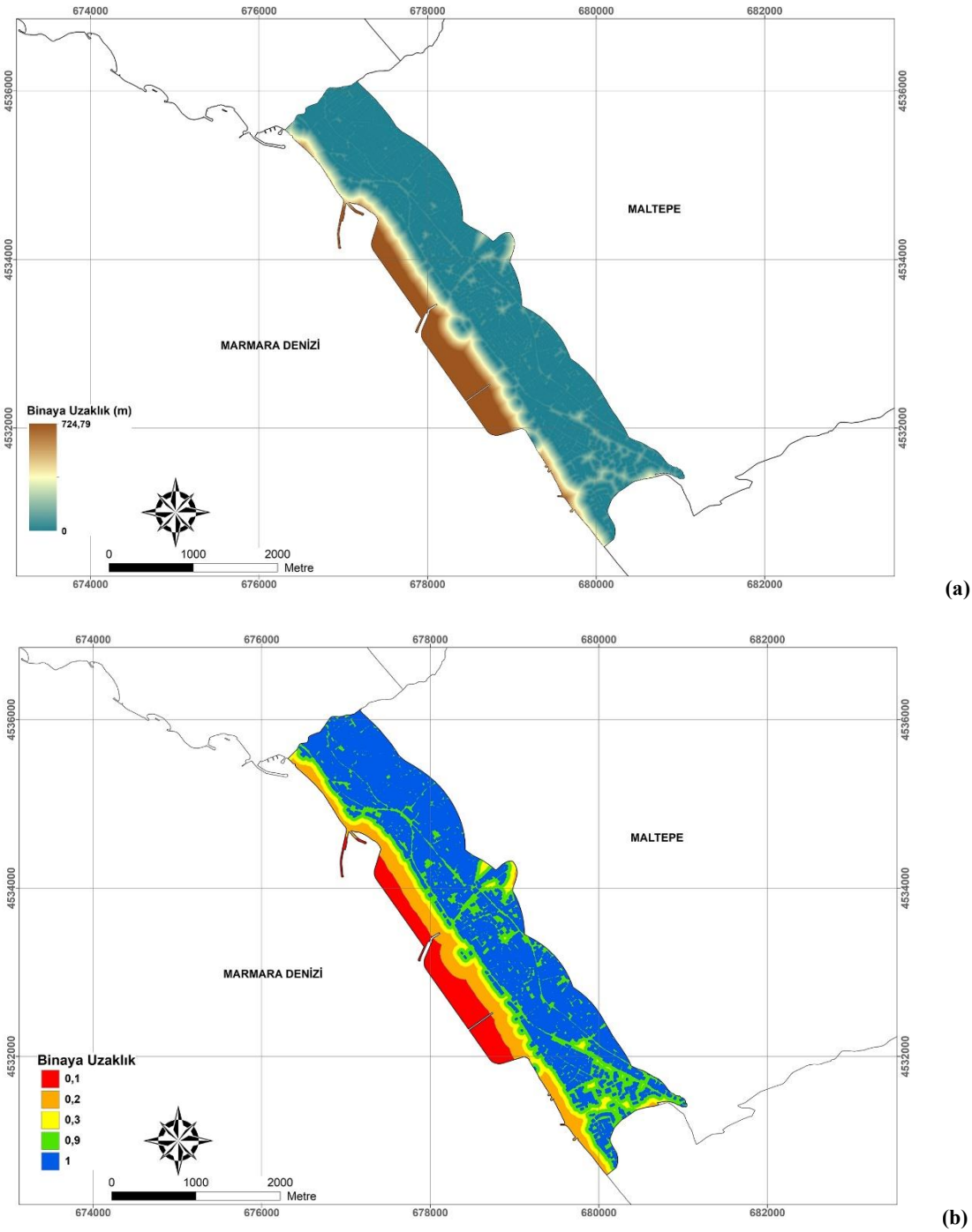


Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.Tahliye Esnekliği

5.2.1.Binaya Uzaklık

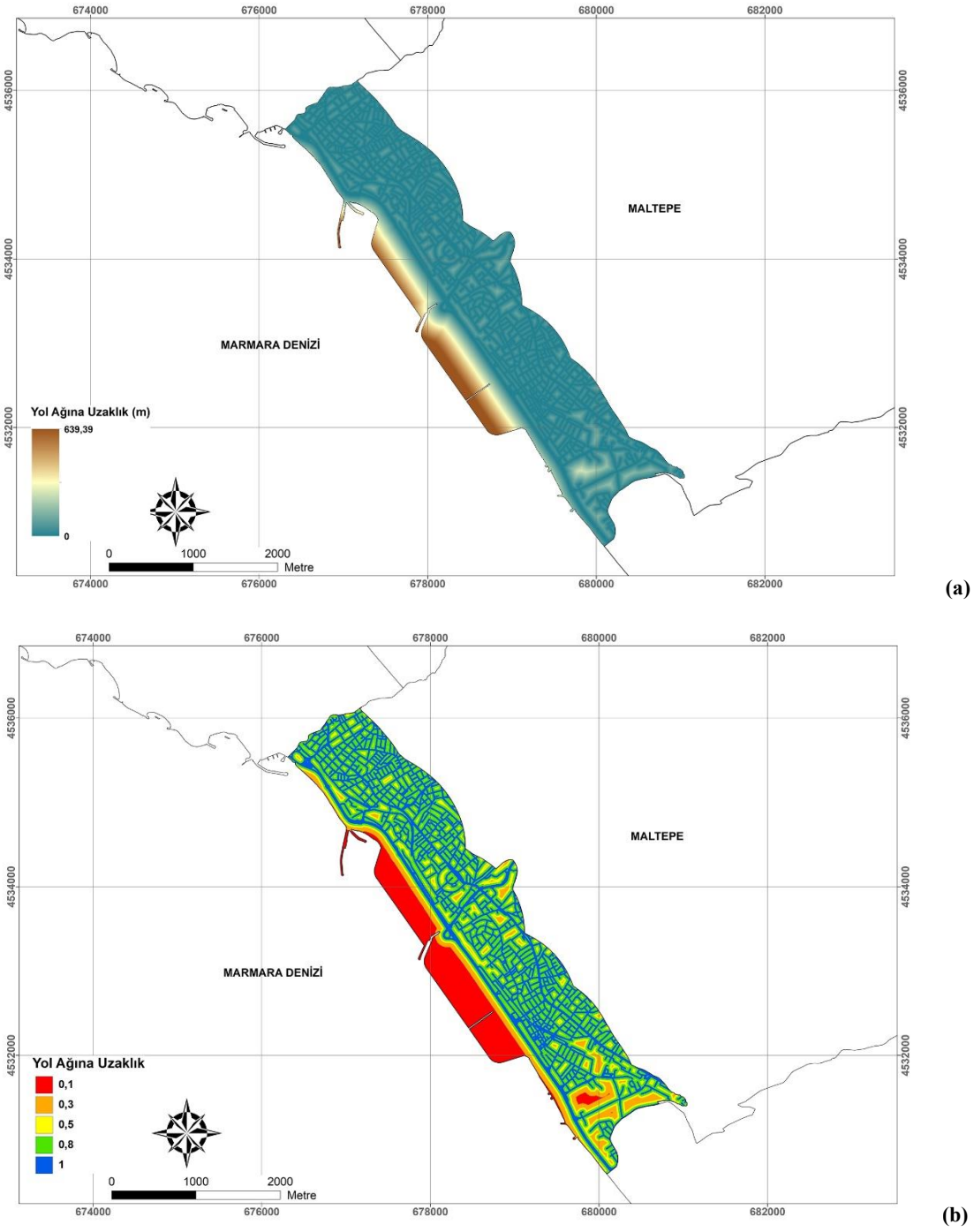
Maltepe ilçesi uygulama alanı binaya uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 18'de sunulmuştur.



Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.2.Yol Ağına Uzaklık

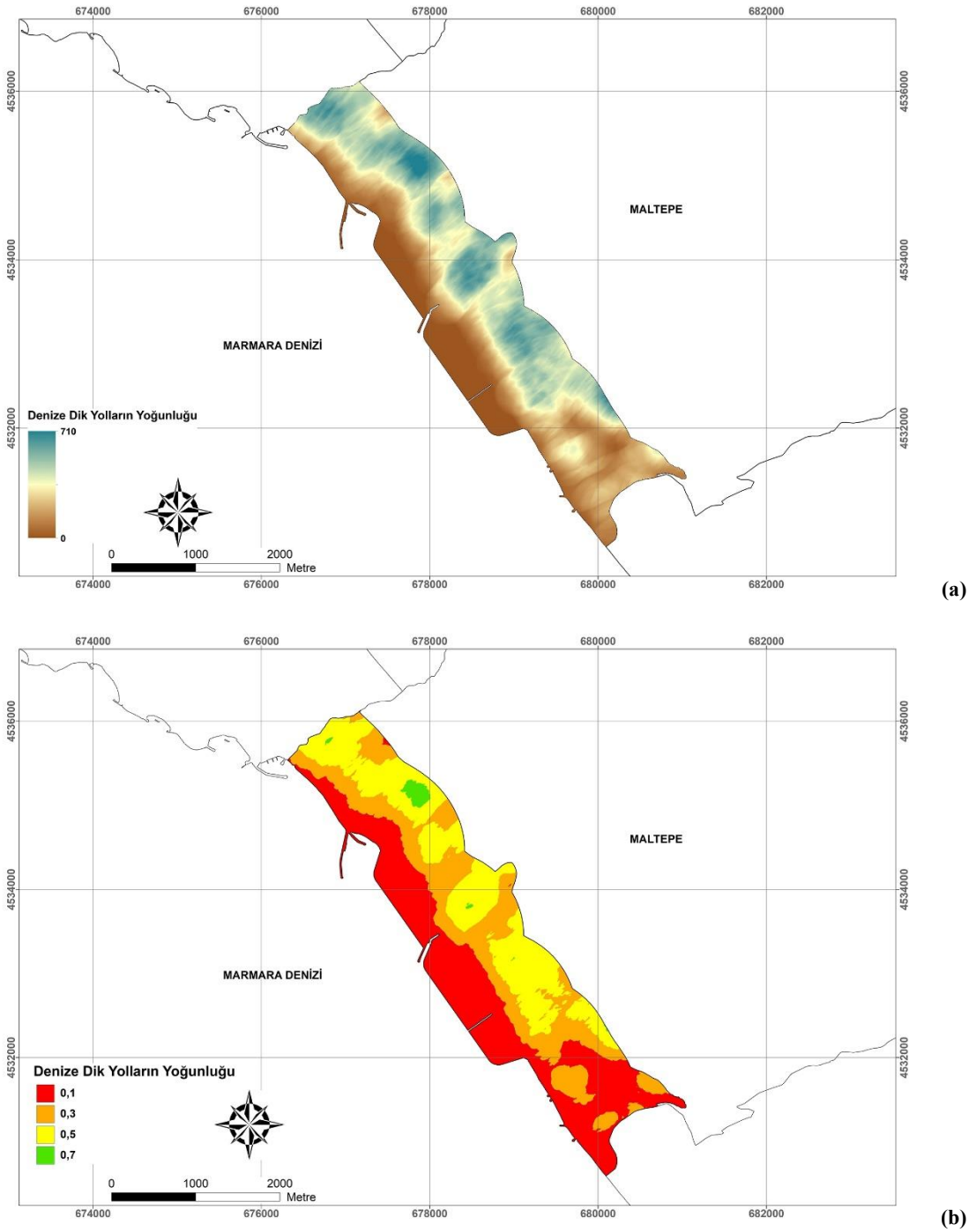
Maltepe ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 19'da sunulmuştur.



Şekil 19: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.3.Denize Dik Yolların Yoğunluğu

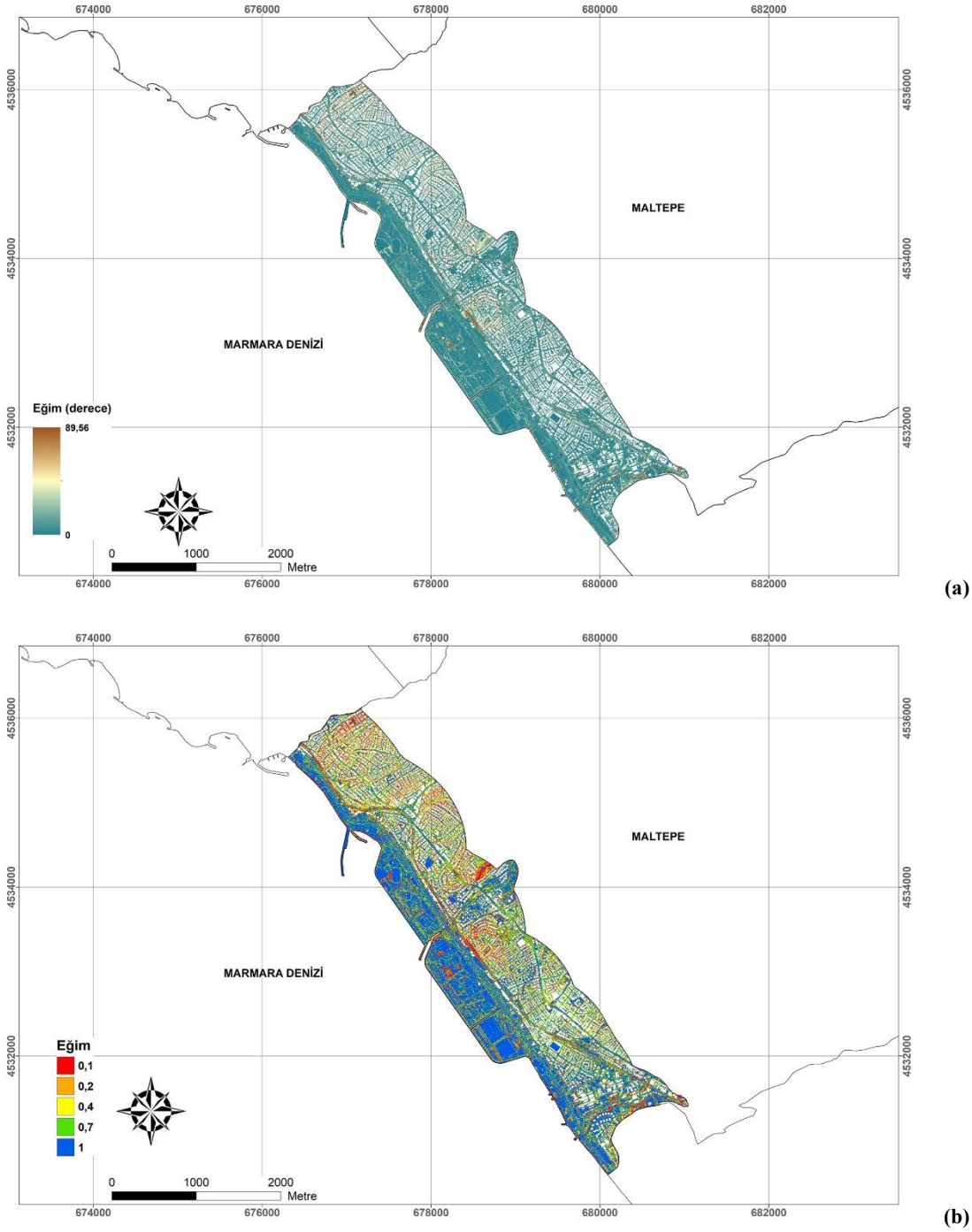
Maltepe ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 20'de sunulmuştur.



Şekil 20: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.4.Eğim

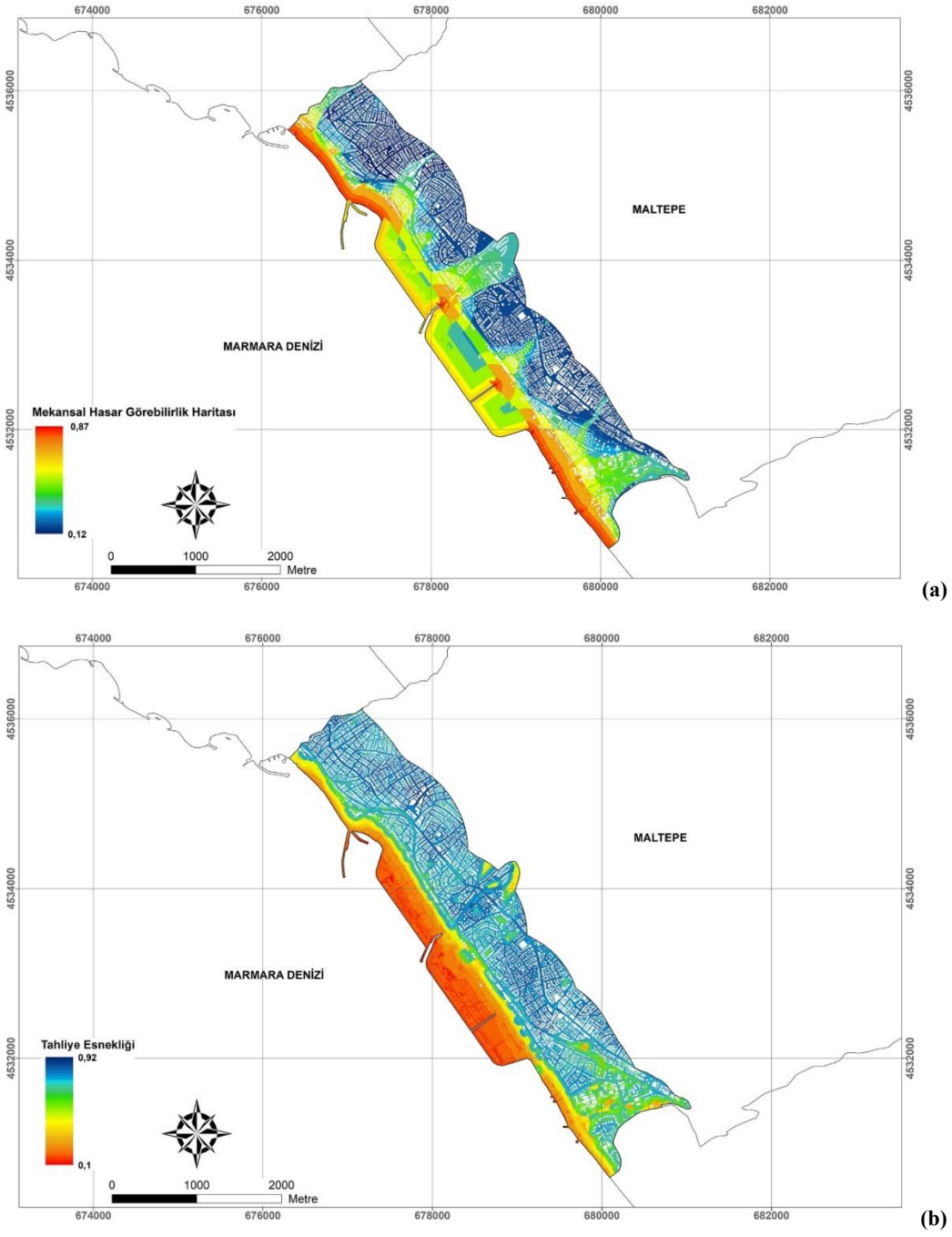
Maltepe ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 21'de sunulmuştur.



Şekil 21: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.3.Maltepe İlçesi MeTHuVA Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

Maltepe ilçesi için üretilen Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği sınıflandırılmış alt parametre haritaları ve ikili karşılaştırmalara göre belirlenen ağırlık değerleri kullanılarak Maltepe ilçesi için Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği haritaları üretilmiştir (Şekil 22).



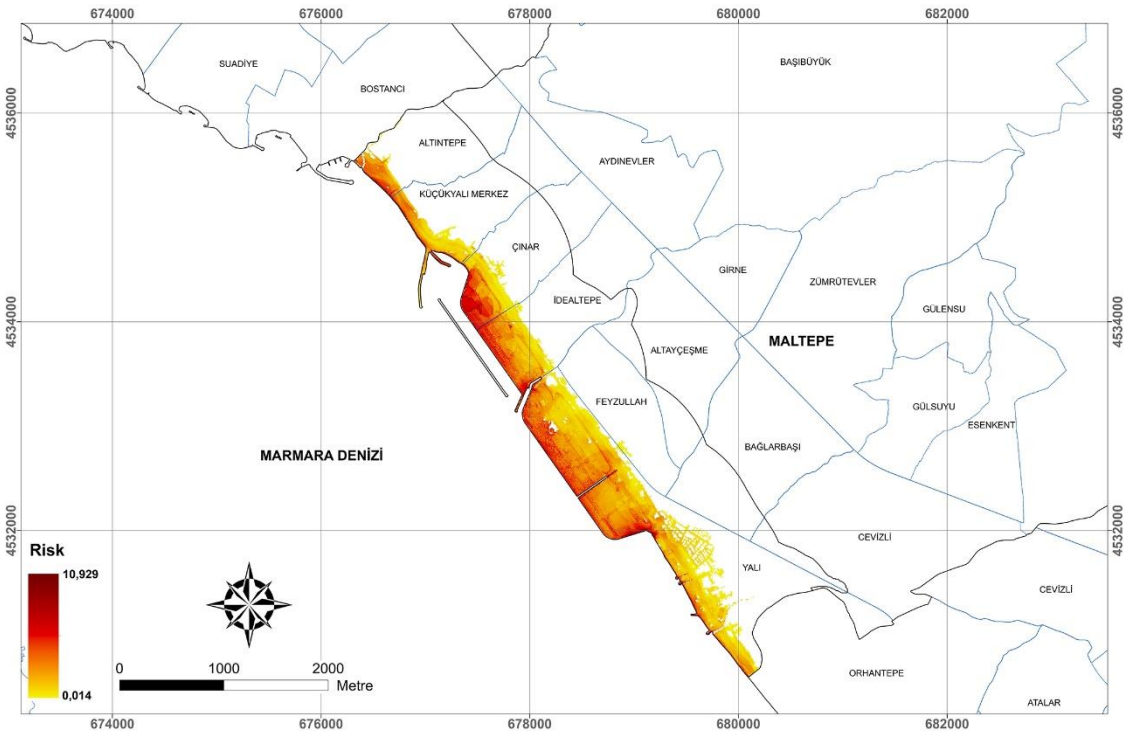
Şekil 22: Maltepe Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası

6. MALTEPE İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ

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

6.1.Maltepe İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

Maltepe ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 23'de verilmiştir. Bu harita üretilirken Maltepe ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağı olarak PIN tsunami kaynağı kullanılmıştır. Maltepe ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Çınar Mahallesi kıyısı ve Yalı Mahallesi'nin orta kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri İdealtepe Mahallesi kuzey ve güney kıyısı, Yalı Mahallesi'nin kuzey ve güney kıyısı ile Altıntepe ve Küçükyalı Merkez mahalleleri kıyıları takip etmektedir.

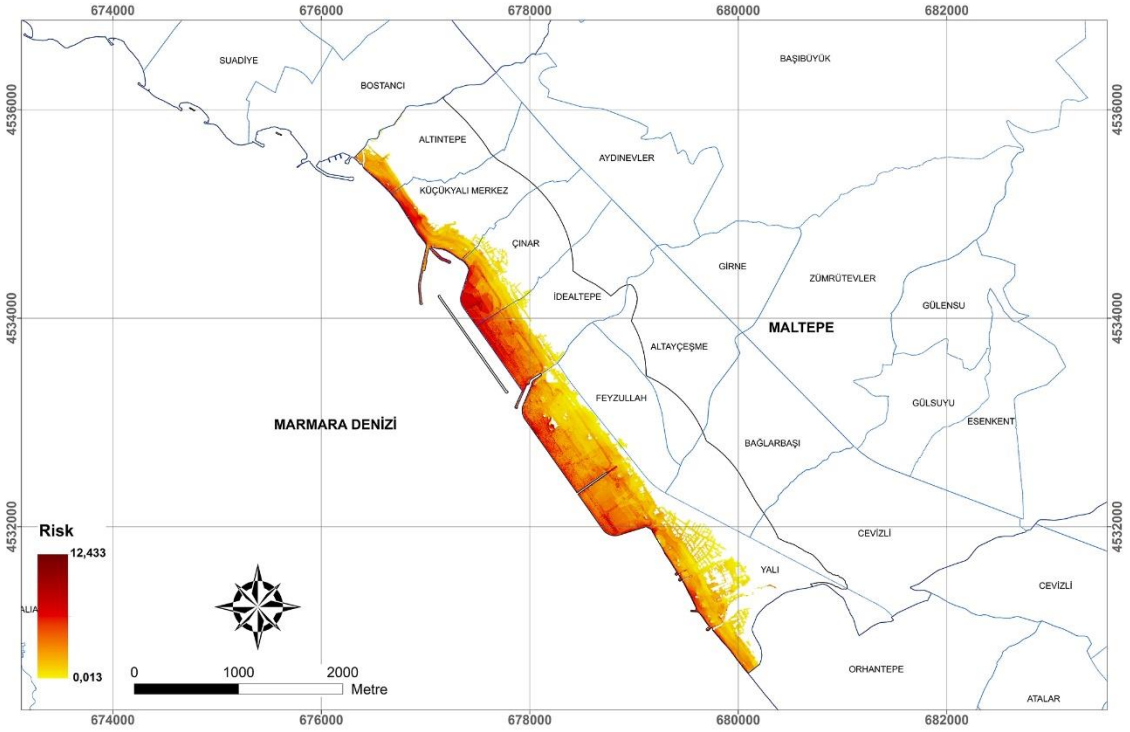


Şekil 23: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2.Maltepe İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları

Maltepe ilçesi uygulama alanı için, Büyükçekmece Deniz Altı Heyelanı (LSBC) kaynaklı ve Yenikapı Deniz Altı Heyelanı (LSY) kaynaklı iki ayrı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuştur. Bu haritalar üretilirken, Maltepe ilçesi için kritik tsunami kaynakları olarak LSBC ve LSY kullanılmıştır.

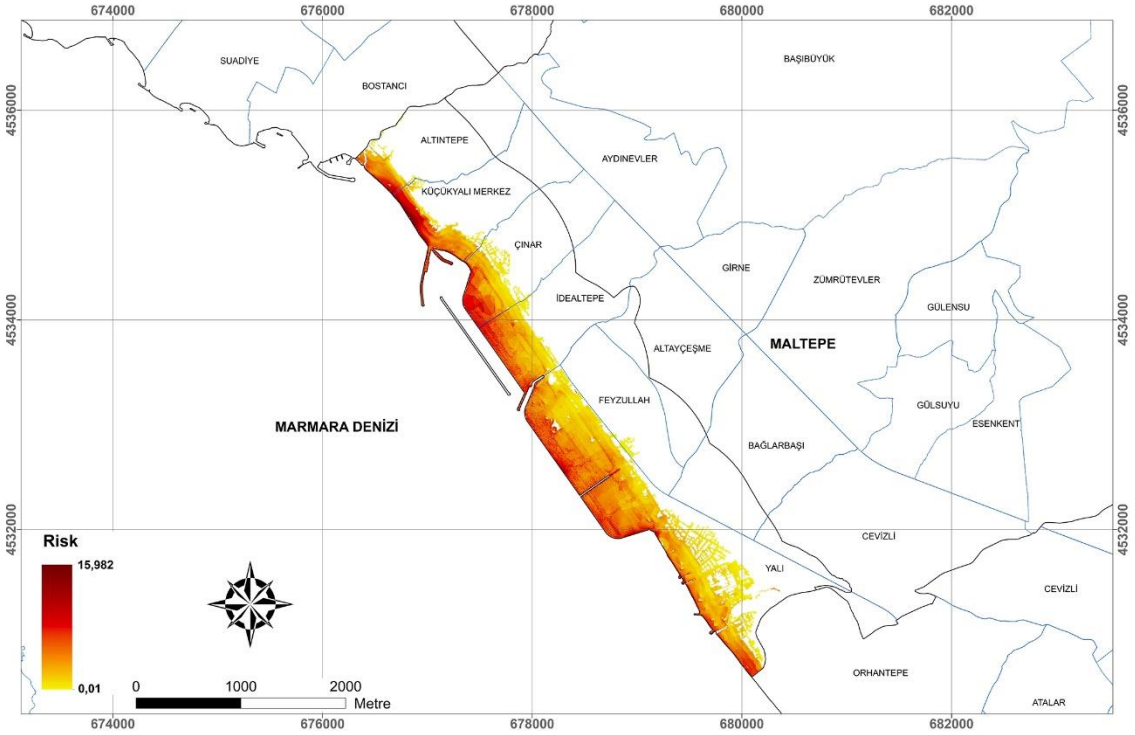
Maltepe ilçesi uygulama alanı için, LSBC kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 24'de verilmiştir.Bu risk haritasına göre en riskli bölgelerin Çınar Mahallesi kıyısı, Küçükyalı Merkez Mahallesi'nin orta-kuzey ve güney kıyısı, Yalı Mahallesi'nin orta kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri İdealtepe Mahallesi kuzey ve orta kıyısı ile Yalı Mahallesi kuzey ve güney kıyısı takip etmektedir.



Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

Maltepe ilçesi uygulama alanı için LSY kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 25'de verilmiştir.

Bu risk haritasına göre en riskli bölgelerin Küçükyalı Merkez Mahallesi'nin kuzey ve orta kıyısı ile Altıntepe Mahallesi'nin güney kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Çınar Mahallesi kıyısı, İdealtepe Mahallesi kuzey ve en güney kıyısı ile Yalı Mahallesi kıyısı takip etmektedir.



Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

7. MALTEPE 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 Maltepe ilçesi için önerilen adımlar alt başlıklarda sunulmuştur.

7.1.Tsunami Riskinin Azaltılmasına Yönelik Alınması Gereken Önlemler

Maltepe İlçesi'nde sahili oluşturan park alanlarının tamamının Marmara Denizi'nde oluşabilecek bir tsunamiden etkileneceği, dalgaların sahil yolunu da aşarak tren yoluna kadar ulaşabileceği, bazı yerel noktalarda ise tren yolunu da aşabileceği hesaplanmıştır. İlçenin özellikle güneyinde tsunaminin kıyıdan içeri ilerleyerek Yalı Mahallesi'nin büyük bölümünü su altında bırakacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte ilçe için en kritik senaryo olan deniz altı heyelan aktivitesine bağlı bir tsunamide, karada akım derinliklerinin genel olarak üç metreden az olacağı görülmektedir.

İlçede tsunami riskinin azaltılmasına yönelik alınabilecek yapısal ve yapısal olmayan önlemler bulunmaktadır. Yapısal önlemlerin planlanması ve uygulanmasının gerçekleştirilmesi, yerel konuma göre daha detaylı analizler ve paydaşların katılımı ile çoklu işbirliği gerektirdiğinden uzun süre alabilir. Bu nedenle, bu önlemler alınana kadar yapısal olmayan önlemlerin hayata geçirilmesi önemlidir.

İlçenin yüksek düzeyde tsunami etkisinde kalacağı belirlenen sahil şeridi Orhangazi Şehir Parkı alanı içindedir. Çok geniş bir alan kaplayan Orhangazi Şehir Parkı, etkinlik alanları, spor sahaları, bisiklet ve yürüyüş yolları ile restoranlar ve kafeteryalar gibi birçok hizmet yerleri nedeni ile yoğun şekilde kullanılmaktadır. Olası bir tsunami baskın tehlikesi durumunda riski azaltmak için yapılması gereken öncelikli eylem, bu alanların hızlıca tahliye edilmesini sağlayacak önlemleri saptamak ve uygulamak olacaktır. Bölge için güvenli tahliye alanı tren yolu hattı ve kuzeyindeki

bölgeler olarak belirlenebilir. Ancak sahilde bulunan bir kişinin güvenli bölgeye erişmesi için önce geniş bir aksı ve yoğun trafiği olan sahil yolunu (Turgut Özal Bulvarı) geçmesi, sonrasında ise tren yolu alt geçitlerine ulaşması gerekecektir. Bölgenin en yoğun kullanıldığı dönem için mevcut alt geçitlerin yetersiz olduğu saptanırsa, gerekli iyileştirme işlemleri uygulanmalıdır. Tüm sahil şeridinin zamanında ve hızlı tahliyesi için konuma bağlı en uygun tahliye rotaları belirlenmesi ve bölgeyi kullanan kişilerin farkındalık düzeyini arttırıcı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise mümkün olduğunca belirli aralıklar ile tatbikatların düzenlenmesi gerekmektedir.

Farkındalık düzeyinin arttırılması için etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgeye yerleştirilmesidir. Park alanlarında uygun yerlere, yürüyüş yollarına, parka ulaştıran yollara ve otopark alanlarına uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler yerleştirilmelidir. Bilgilendirici tabelalarda, alanın olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gerektiği aktarılmalıdır. Oluşabilecek panik ortamı düşünülerek en yakın tahliye koridoruna yönlendirici tabelalar yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölge sınırlarını gösteren işaretler konulmalıdır. Bu tabela ve panoların istenen amaca ulaşabilmesi için yapımından itibaren sürekli bakım ve onarım işlemlerinin yapılması gereklidir. Sahil şeridinde ve gerisinde yer alan ve tsunaminin karada akım derinliği üzerinde kat yüksekliğine sahip sağlam yapılar dikey tahliye alanı olarak kullanılabilecektir. Bölge yoğunluğunun en yüksek olduğu döneme göre yapılacak analizlerde yatay ve dikey tahliye imkânlarının yetersiz kaldığı belirlenirse, park alanları içerisine dikey tahliye amaçlı yapıların planlaması ilçe belediyesi ve ilgili paydaşların görüşleri dikkate alınarak düşünülebilir.

Tsunami dalga akıntı hızı ve taşıdığı birikinti (enkaz, moloz vs.) etkisini azaltarak karadaki su basma mesafesini kısaltabilecek bir diğer uygulama ise yeterli genişliğe sahip park alanlarında uygun türde bitkilerden seçilerek "Yeşil Kuşak" alanlarının oluşturulmasıdır. Maltepe Orhangazi Şehir Parkı alanında hali hazırda seyrek de olsa peyzaj amaçlı ağaçlandırma çalışmaları yapılmış bölümler bulunmaktadır. Ancak mevcut ağaçlar gerek sıklıkları gerekse dayanımları itibarıyla amaca uygun olmadığından bu alanlarda tsunami etkisine dayanabilecek özellikteki ağaçlarla sıklaştırma veya yeniden düzenleme çalışması uygulanabilir.

Ayrıca Bostancı sahilinde yapımı devam eden Dudullu-Bostancı Metro Hattı istasyon girişlerinin su baskınından korunması için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Şekil 26: Maltepe İlçe Sahili

Şekil 26'da görülen İBB Maltepe Orhangazi Şehir Parkı kuzey ve güney bölgeleri için uygulanabilecek yapısal önlemler ve bu önlemlerin uygulanması durumunda sayısal modelleme yapılarak hesaplanan olası etkileri ayrıca incelenmiştir. Buna göre kıyı şeridinde yer alan dalgakıranın, kret kotunun mevcut aynı malzeme ile yükseltilerek 5.5 m'ye çıkarılması hem de Maltepe Orhangazi Şehir Parkı kuzeyinde yer alan açık deniz dalgakıranının kret kotunun mevcut aynı malzeme ile 5.5 m'ye çıkarılması hem deniz altı heyelanına bağlı senaryo olan hem de sismik senaryo analiz edilmiştir. Bu analizlere göre önerilen değişikliklerin yapılması durumunda deniz altı heyelanı senaryosuna göre Maltepe Orhangazi Şehir Parkı kuzey bölgesinde akım derinlikleri önemli ölçüde azalabilecek ve olası tsunami durumunda üstesinden gelinmesi daha kolay bir hale gelebilecektir. Yine baskın mesafelerinde az da olsa gerileme görülmektedir. Söz konusu senaryo sismik kaynaklı olduğunda ise hem akım derinlikleri hem de baskın mesafesinde belirgin şekilde azalma olabilecek ve Maltepe Orhangazi Şehir Parkı kuzey bölgesi bu senaryoya göre olası tsunami durumunda büyük ölçüde su baskınına maruz kalmadan çok daha güvende kalabilecektir.

Maltepe Orhangazi Şehir Parkı güney bölgesi kıyı şeridindeki taş dolgu kıyı koruma yapısının bulunduğu alandaki önlemler incelendiğinde, alanın mevcut aynı malzeme ile yükseltilerek 5.5 m'ye çıkarılması hem de derenin girişindeki mahmuzun kret kotunun mevcut aynı malzeme ile yükseltilerek 5.5m'ye getirilmesi yapısal önlem olarak düşünülmüştür. Önerilen bu değişikliklerin yapılması durumunda heyelan bazlı senaryoya göre Maltepe Orhangazi Şehir Parkı güney bölgesinde akım derinlikleri önemli ölçüde azalabilecek, baskın mesafelerinde az da olsa gerileme söz konusu olabilecek ancak belirgin koruma sağlanması mümkün olamayacaktır. Ancak sismik senaryo söz konusu olduğunda ise hem akım derinlikleri hem de baskın mesafesinde belirgin şekilde azalma olabilecek ve Maltepe Orhangazi Şehir Parkı güney bölgesi bu senaryoya göre olası tsunami durumunda büyük ölçüde su baskınına maruz kalmadan çok daha güvende kalabilecektir.

7.2.Maltepe İlçesi Tsunami Bilgi Haritası

Bu çalışma kapsamında üretilen bilgiler ve elde edilen bulgular doğrultusunda, Maltepe ilçesinde olası tsunami kayıplarının azaltılmasına yönelik önerilerin yer aldığı Maltepe 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

Maltepe İlçesi'nde sahili oluşturan park alanlarının tamamının Marmara Denizi'nde oluşabilecek bir tsunamiden etkileneceği, dalgaların sahil yolunu da aşarak tren yoluna kadar ulaşabileceği, bazı yerel noktalarda ise tren yolunu da aşabileceği hesaplanmıştır. İlçenin özellikle güneyinde tsunaminin kıyıdan içeri ilerleyerek Yalı Mahallesi'nin büyük bölümünü su altında bırakacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte ilçe için en kritik senaryo olan deniz altı heyelan aktivitesine bağlı bir tsunamide, karada akım derinliklerinin genel olarak üç metreden az olacağı görülmektedir.

İlçede tsunami riskinin azaltılmasına yönelik alınabilecek yapısal ve yapısal olmayan önlemler bulunmaktadır. Yapısal önlemlerin planlanması ve uygulanmasının gerçekleştirilmesi, yerel konuma göre daha detaylı analizler ve paydaşların katılımı ile çoklu işbirliği gerektirdiğinden uzun süre alabilir. Bu nedenle, bu önlemler alınana kadar yapısal olmayan önlemlerin hayata geçirilmesi önemlidir.

Orhangazi Şehir Parkı, etkinlik alanları, spor sahaları, bisiklet ve yürüyüş yolları ile restoranlar ve kafeteryalar gibi birçok hizmet yerleri nedeni ile yoğun şekilde kullanılmaktadır. Olası bir tsunami baskın tehlikesi durumunda riski azaltmak için yapılması gereken öncelikli eylem, bu alanların hızlıca tahliye edilmesini sağlayacak önlemleri saptamak ve uygulamak olacaktır. Bölge için güvenli tahliye alanı tren yolu hattı ve kuzeyindeki bölgeler olarak belirlenebilir.

Tüm sahil şeridinin zamanında ve hızlı tahliyesi için konuma bağlı en uygun tahliye rotaları belirlenmesi ve bölgeyi kullanan kişilerin farkındalık düzeyini arttırıcı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise mümkün olduğunca belirli aralıklar ile tatbikatların düzenlenmesi gerekmektedir.

Farkındalık düzeyinin arttırılması için etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgeye yerleştirilmesidir. Park alanlarında uygun yerlere, yürüyüş yollarına, parka ulaştıran yollara ve otopark alanlarına uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler yerleştirilmelidir. Bilgilendirici tabelalarda, alanın olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gerektiği aktarılmalıdır.

Orhangazi Şehir Parkı'nın ilçe sahilinin neredeyse tamamını teşkil etmesi sebebiyle, bu yapı özelinde yapılan değerlendirmeler göstermektedir ki; hem kuzey hem de güney bölümündeki kara alanındaki kot yükseklikleri ve parkın açığında bulunan mendirek kotlarını 5.5m seviyesine çıkarmak en azından sismik kaynaklı tsunami etkisini büyük ölçüde azaltacaktır.

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 baskın alanı dışında kalan 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)

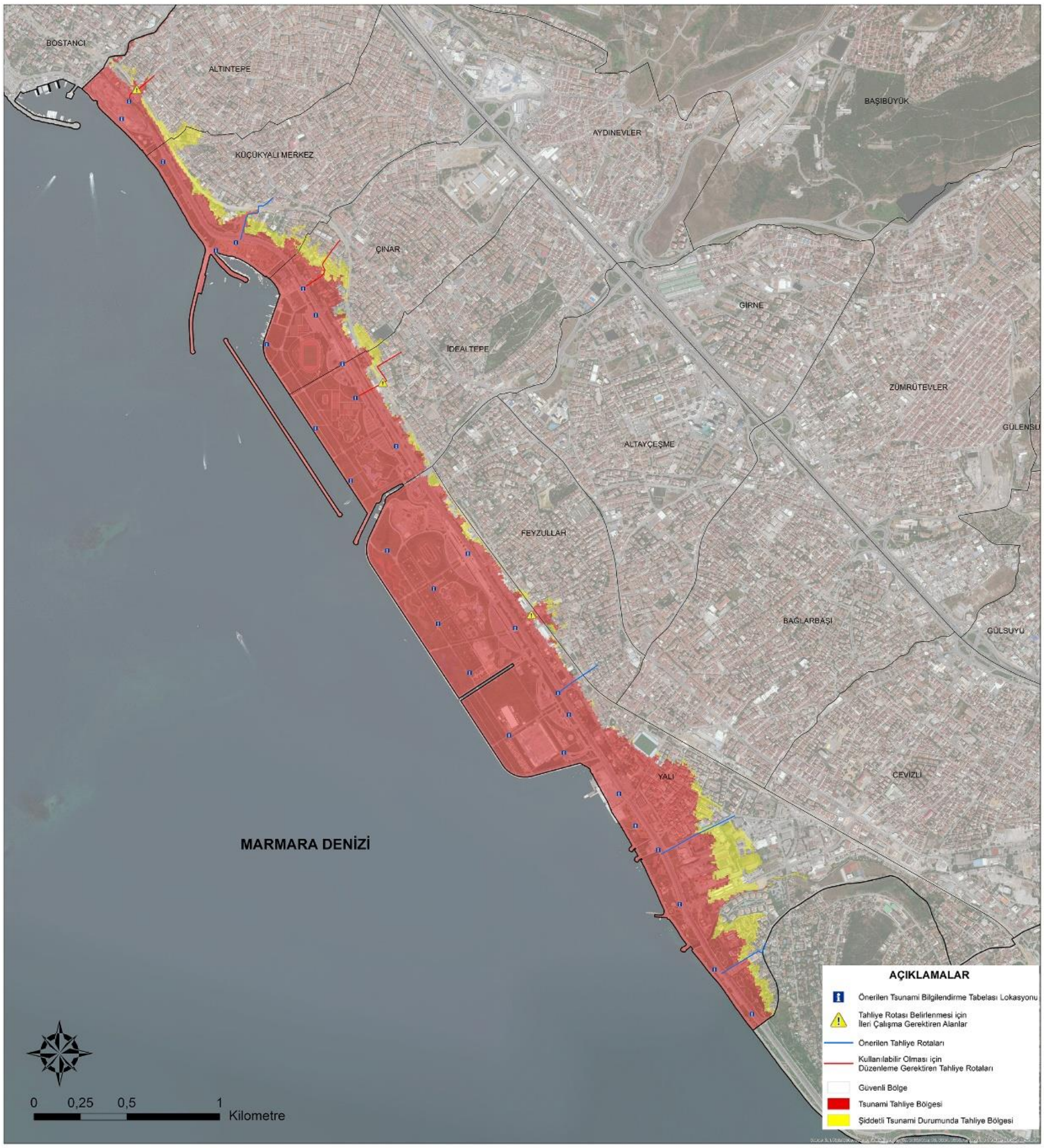
EK-1

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü ve
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

İSTANBUL İLİ TSUNAMİ EYLEM PLANI HAZIRLANMASI PROJESİ

MALTEPE İLÇESİ EYLEM PLANI ÖRNEĞİ

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

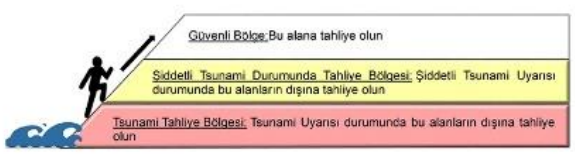


Bu Poster Marmara Denizi'nde oluşabilecek tsunami dalgalarının İstanbul kıyılarında yaratabileceği baskın alanlarını, hızlı bir tahliyeye yardımcı olacak yolları ve bireysel olarak alınması gerekli önlemleri ana hatları ile belirtmek üzere hazırlanmıştır.

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 eviniz, 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 birinciden 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.



ISO tarafından onaylanmış tsunami işaretlerinden genel örnekler
(soldan sağa: tsunami tehlikesi, yanal tahliye, dikey tahliye)

FAYDALI KAYNAKLAR:
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü, Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi Tsunami Bilgi Notları:
http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tsunami/bdtim-kutuklu/
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Bilgi Notları:
http://www.afad.gov.tr/tr/deprem-nedir

Bu rehber 4.Baskı Nisan 2017, Seattle Şehri Tsunami Tahliye Rehberi'nden yararlanılarak ve ODTÜ ile iş birliği yapılarak hazırlanmıştır.

İSTANBUL
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ

ODTÜ