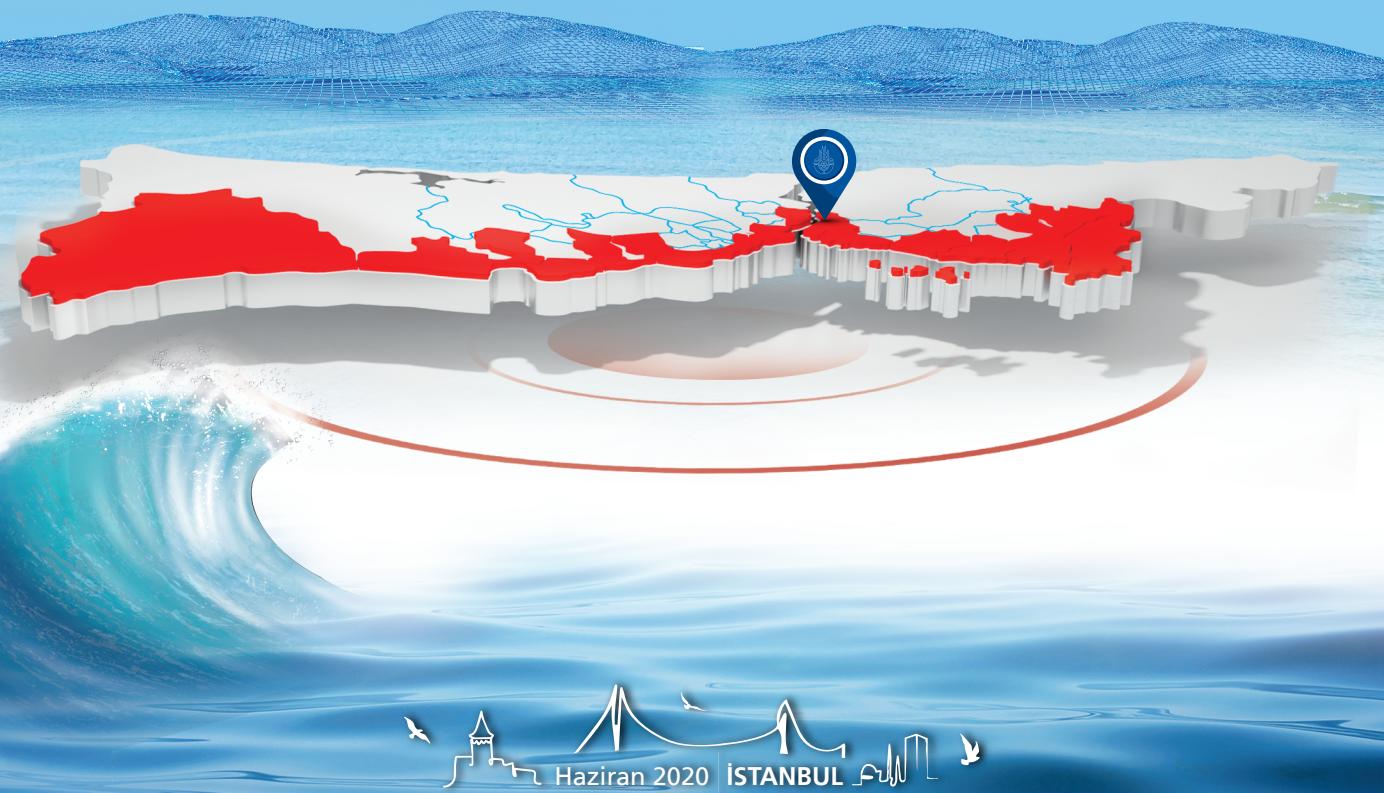




ÜSKÜDAR

TSUNAMI RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI



Haziran 2020 İSTANBUL



**iSTANBUL
SENİN**



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

ÜSKÜDAR İLÇESİ TSUNAMI RİSK ANALİZİ VE EYLEM PLANI RAPORU

BU RAPOR;

İSTANBUL İLİ MARMARA KİYILARI TSUNAMI MODELLEME, HASAR GÖREBİLİRLİK VE TEHLİKE
ANALİZİ GÜNCELLEME PROJESİ (2018) VE İSTANBUL İÇİN TSUNAMI 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 Üsküdar 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 Yalçınler, 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)



Kıymetli Hemşehrilerim;

Dünyada deprem riski en yüksek kentlerin başında, hem nüfus ve yapı yoğunluğu hem de fay hatlarına yakınılığı 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 Plani'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 südürlülecek 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, gerçekleşliğinde 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. İstanbululluların geleceğe daha güvenle bakılmasına için olmazsa olmaz koşul, bu birliliktektir. Depreme hazırlanabilmenin temelinde ise, depremin yaratacağı riskin anlaşılması ve azaltılması adına yapılabilecekler yatkınlıdır. 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 sürdürmektediriz.

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 gerekliliği yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin boyutlarını ortaya koyan "İstanbul İlçe Bazlı Tsunami Risk Analizi ve Eylem Planı İlçe Kitapçıları", 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 faydalananlarak üretilen bu bilgi kitapçıları ile İstanbul genelinde etkili olabilecek olası bir tsunami olayının yarataceği 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 İstanbululluların da geleceğe daha güvenle bakmasını mümkün kılacagımıza inancım tamdır.

Saygılarımla,

Ekrem İMAMOĞLU

İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı

İçindekiler

Şekiller	4
Tablolar	5
1. GİRİŞ	6
2. TSUNAMİ TEHLİKESİ	8
3. KAPSAM VE YÖNTEM	9
4. ÜSKÜDAR İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ.....	13
4.1.Üsküdar İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası	13
4.2.Üsküdar İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları.....	16
5. ÜSKÜDAR İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ	24
5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik.....	24
5.1.1.Jeoloji.....	24
5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu	26
5.1.3. Kıyıdan Uzaklık.....	27
5.1.4. Yükseklik	28
5.2. Tahliye Esnekliği	29
5.2.1. Binaya Uzaklık	29
5.2.2. Yol Ağına Uzaklık	30
5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu	31
5.2.4.Eğim	32
5.3. Üsküdar İlçesi Methuva Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları.....	33
6. ÜSKÜDAR İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ	34
6.1. Üsküdar İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası	34
6.2. Üsküdar İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları	35
7. ÜSKÜDAR İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI	36
7.1.Tsunami Riskinin Azaltılmasına Yönelik Alınması Gerekli Önlemler	37
7.1.1. Üsküdar Meydanı ile Harem Arası Bölge	37
7.1.2. Üsküdar Meydan ile Kandilli Arasındaki Bölge	39
7.1.3.Kritik ve Stratejik Yapılar İçin Alınması Gerekli Önlemler.....	39
7.2.Üsküdar İlçesi Tsunami Bilgi Haritası	40
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	41
9. KAYNAKÇA.....	43
EK-1	44

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: PIN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	13
Şekil 6: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN)	14
Şekil 7: Üsküdar İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etiketlenme Yüzdeleri (PIN)	16
Şekil 8: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC)	17
Şekil 9: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	18
Şekil 10: Üsküdar İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC)	20
Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	21
Şekil 12: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)	22
Şekil 13: Üsküdar İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)	22
Şekil 14: Jeoloji Katmanın Sınıflandırılmış Haritası	24
Şekil 15: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanın Parametre Haritası. b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanın Sınıflandırılmış Haritası	26
Şekil 16: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanın Parametre Haritası. b) Kıyıdan Uzaklık Katmanın Sınıflandırılmış Haritası	27
Şekil 17: a) Yükseklik Katmanın Parametre Haritası. b) Yükseklik Katmanın Sınıflandırılmış Haritası	28
Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanın Parametre Haritası. b) Binalara Uzaklık Katmanın Sınıflandırılmış Haritası	29
Şekil 19: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanın Parametre Haritası. b) Yol Ağına Uzaklık Katmanın Sınıflandırılmış Haritası	30
Şekil 20: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanın Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanın Sınıflandırılmış Haritası	31
Şekil 21: a) Eğim Katmanın Parametre Haritası b) Eğim Katmanın Sınıflandırılmış Haritası	32
Şekil 22: Üsküdar Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu ile Hazırlanmış a) Mekansal Hasar Görebilirlik Haritası	33
Şekil 23: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	34
Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	35
Şekil 25: Üsküdar Meydan ile Harem Arasındaki Alanın Kullanımını Gösteren Görüntüler	37
Şekil 26: a) Salacak-Harem Arasında Tahliyeyi Zorlaştıran Yamaçlar b) Yamaç Üzerine Erişimi Sağlayan Merdivenler c, d) Salacak Sahilde Bulunan Kıyı Koruma Yapıları	38
Şekil 27: a) Üsküdar Kuzey Sahilindeki Yalılar, b) Beylerbeyi Sarayı, c) Göksu Parkı, d) Beylerbeyi Parkı	39

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları	10
Tablo 2: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN)	14
Tablo 3: Üsküdar İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN).....	15
Tablo 4: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC)	17
Tablo 5: Üsküdar İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC).....	19
Tablo 6: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY)	21
Tablo 7: Üsküdar İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY).....	23
Tablo 8: Üsküdar Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri .	25

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 yatırımda 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 Güncellemeye Projesi**" (ODTÜ, 2018) gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında kullanılan çözünürlük seviyesi,

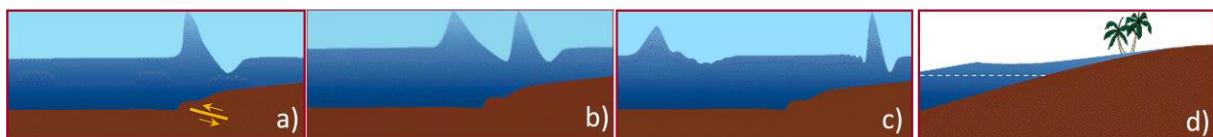
dünyada mega kentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün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

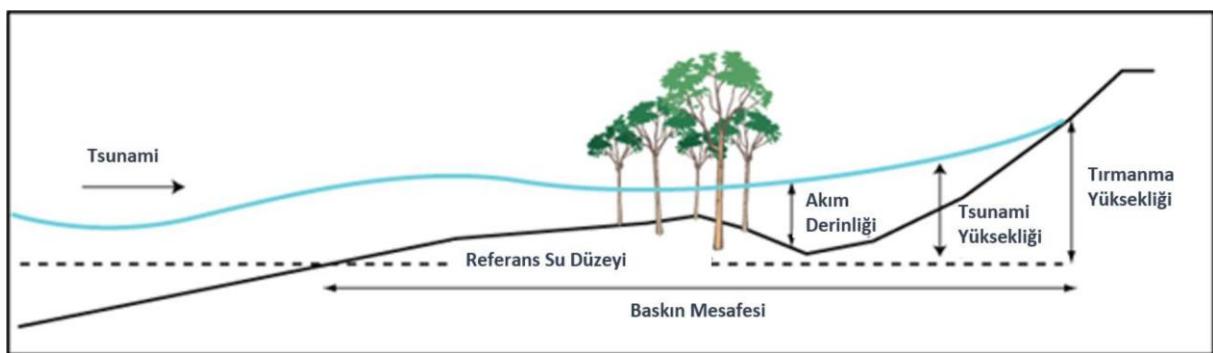
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan 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 önemini 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 Güncellemeye 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 LIDAR 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 heyelani 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 heyelani 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 heyelani ile oluşan tsunami dalgaları, Marmara Denizi'ndeki sismik kaynaklı tsunami senaryoları ile oluşabilecek dalgalarдан 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 sınırlardaki su yüzeyi dalgalanmalarının zaman serisinden elde edilen tsunami kaynağını kullanır ve dalga hareketini, ilerlemesini,

kıyılara gelene kadarki değişimleri, kıyıdıraki 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 bölgelerde 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.

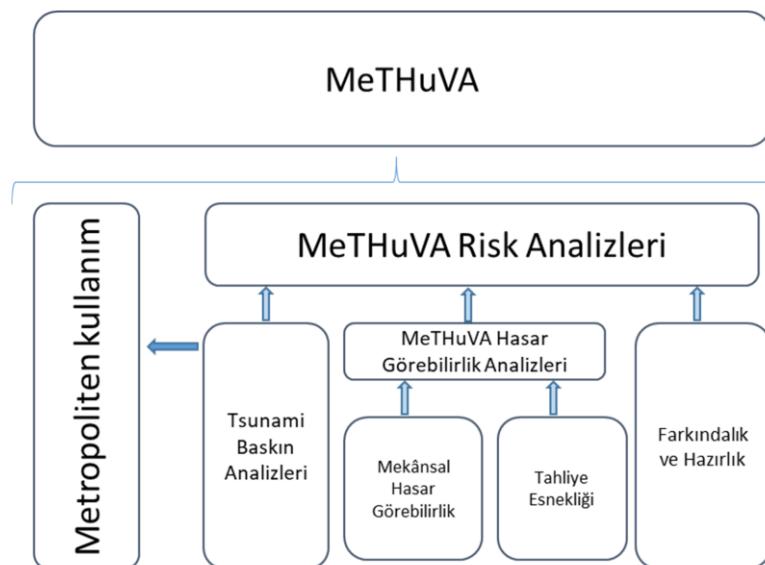
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

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 (Büyükkökmece 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 gözterek, 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 halkın 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 etkileyeceğ şeklinde 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 halkın hazırlıklı olma ve farkındalık seviyesini belirten ve 1 ve 10 arasında değer alan bir katsayıdır. Bölge halkın tsunami olayını yaşadığında gerekliliği 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.

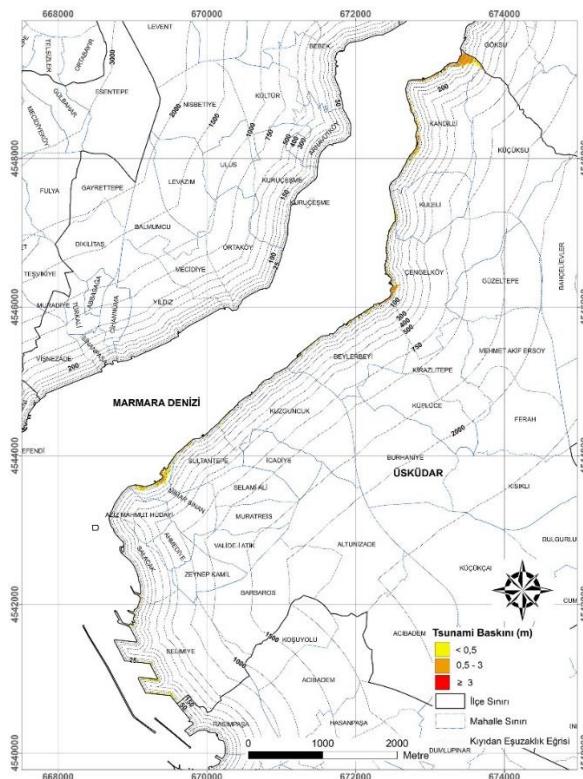
2004 Hint Okyanusu ve 2011 Tohoku felaketlerinin ardından tüm dünyada tsunami olayına karşı artan farkındalık ve 1999 İzmit depreminden sonra Marmara Denizi için gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası projeler gözetilerek bu projede İstanbul ilçeleri için uygun görülen n parametresi değeri 3 olarak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

4. ÜSKÜDAR İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ

4.1. Üsküdar İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Üsküdar ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağının Marmara Denizi içinde bulunan Prens Adaları Fayı (Prince Islands Fault-PIN) olduğu tespit edilmiştir yukarıda belirtildiği şekilde 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, Üsküdar ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 3.37 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 365 metreye ulaşmaktadır. Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler düşük kotlu kıyı alanları ve dere yataklarıdır. Üsküdar ilçesinde özellikle Küçük Deresi yatağında su ilerlemesi ve bundan kaynaklı taşmalar hesaplanmıştır.

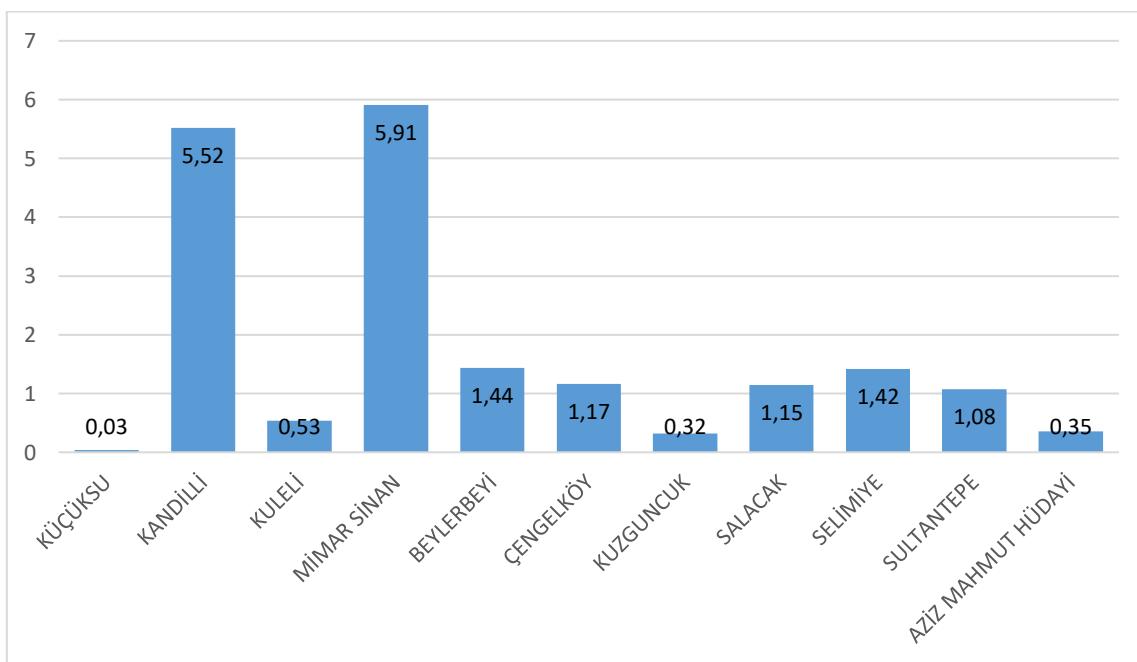
Benzetim sonuçlarına göre, PIN kaynaklı olası bir tsunamide, Üsküdar ilçesinin %0.5'ini kapsayan 0.178 km²lik bir alanda ve 11 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Üsküdar ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüze de değerleri Tablo 2 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak en yüksek su basma alanları %5.91 ve %5.52 oranlarında Mimar Sinan ve Kandilli mahallelerinde hesaplanmıştır. PIN kaynaklı tsunami durumunda İlçe genelinde noktasal olarak maksimum su basma derinliğinin en yüksek olduğu mahalle 3.37 m ile Kandilli Mahallesi'dir.



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

Tablo 2: Üsküdar 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 %
MİMAR SİNAN	2.68	0.54	29.975	0.507	5.91
KANDİLLİ	3.37	1.10	67.500	1.224	5.52
BEYLERBEYİ	2.46	0.73	16.475	1.148	1.44
SELİMİYE	3.23	0.43	24.125	1.700	1.42
ÇENGELKÖY	2.40	0.90	19.375	1.661	1.17
SALACAK	2.45	1.04	5.000	0.436	1.15
SULTANTEPE	2.59	0.82	5.575	0.518	1.08
KULELİ	2.11	0.58	3.900	0.729	0.53
AZİZ MAHMUT HÜDAYİ	2.31	1.77	1.200	0.341	0.35
KUZGUNCUK	2.13	0.88	4.775	1.503	0.32
KÜÇÜKSU	1.17	0.55	550	1.615	0.03



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

PIN kaynaklı olası bir tsunamide Üsküdar ilçesi içinde bulunan 44.229 yapıdan 269'unun suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 256'sı Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirilmeye 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 Mimar Sinan Mahallesi'nde İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binaların %27.59'unun suyla teması

bulunmaktadır. İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların, Çengelköy Mahallesi'nde %25.74'ünün, Kandilli Mahallesi'nde %25'inin ve Salacak Mahallesi'nde ise %20.83'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

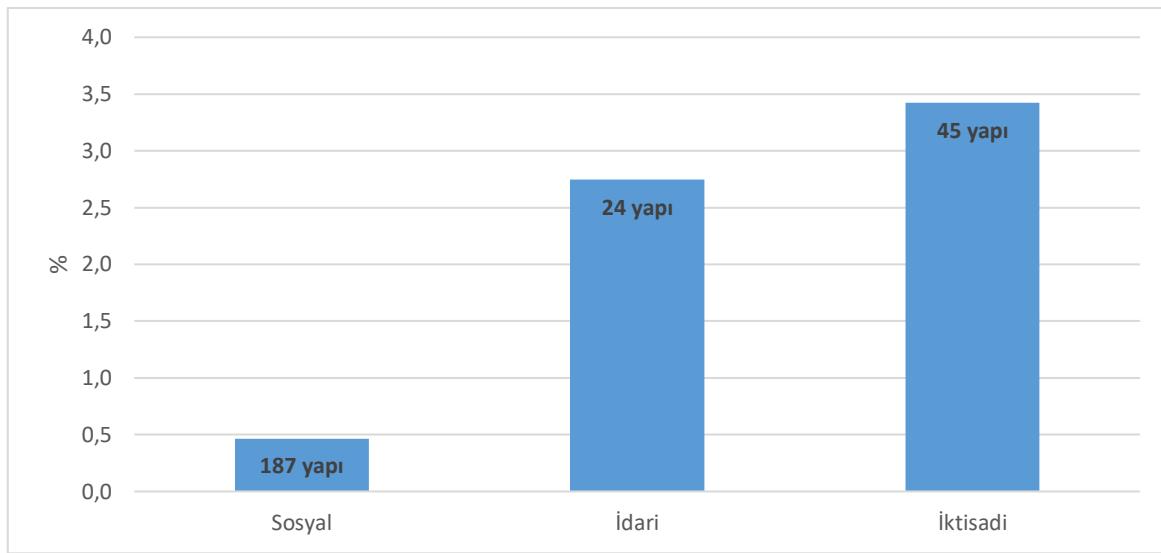
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7'de sunulmuştur. Üsküdar ilçesi genelinde PIN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.46'sı, İdari grubundaki yapıların %2.75'i ve İktisadi yapıların ise %3.42'si su basmasından etkilenmektedir.

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

İlçe Genel	Sosyal	İdari	İktisadi	Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
	Mesken	Resmi	Ticari	
Çengelköy	1.715	9	101	1.891
Beylerbeyi	850	39	34	951
Kandilli	549	36	28	647
Küçüksu	1.491	12	63	1.634
Kuleli	519	21	4	569
Kuzguncuk	997	12	63	1.125
Mimar Sinan	1.032	29	35	1.145
Salacak	737	17	24	811
Selimiye	557	283	54	987
Sultantepe	722	13	8	778
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	40.319	874	1.315	44.299 (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen Birimler	Mesken	Resmi	Ticari	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Çengelköy	31	1	26	58
Beylerbeyi	30	5	4	39
Kandilli	81	2	7	90
Küçüksu	3	0	1	4
Kuleli	1	0	0	1
Kuzguncuk	35	0	0	35
Mimar Sinan	0	8	1	9
Salacak	0	0	5	5
Selimiye	0	7	0	7
Sultantepe	6	1	1	8
Etkilenen Binaların MK Gruplarına Göre Dağılımı	187	24	45	256 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 269 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen Birimler %	Mesken	Resmi	Ticari
Çengelköy	1.81	11.11	25.74
Beylerbeyi	3.53	12.82	11.76
Kandilli	14.75	5.56	25.00
Küçüksu	0.20	0.00	1.59
Kuleli	0.19	0.00	0.00
Kuzguncuk	3.51	0.00	0.00
Mimar Sinan	0.00	27.59	2.86
Salacak	0.00	0.00	20.83
Selimiye	0.00	2.47	0.00
Sultantepe	0.83	7.69	12.50
İlçe Toplamı	0.46	2.75	3.42



Şekil 7: Üsküdar İlçesi Sıyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etiketlenme Yüzdeleri (PIN)

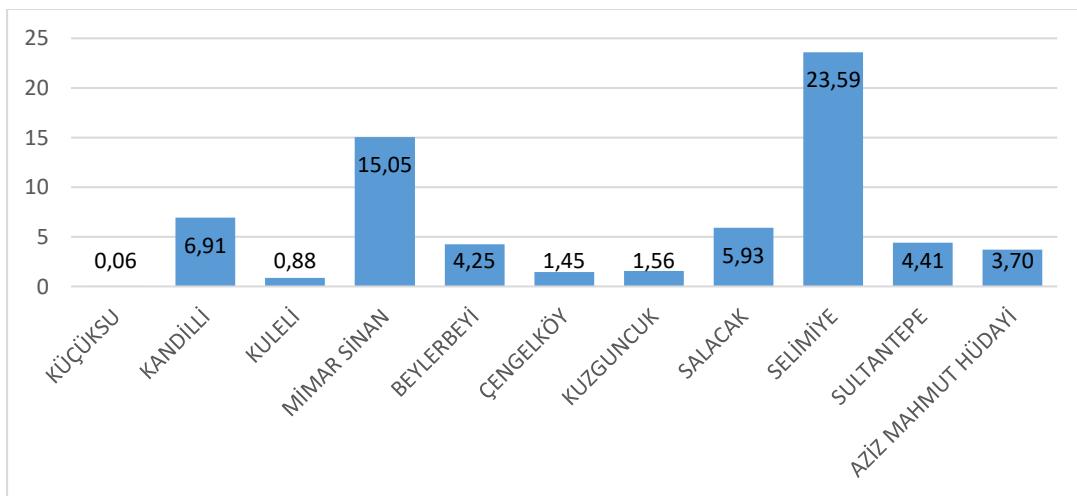
4.2. Üsküdar İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Üsküdar ilçesi için kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryolarından birinin Büyükçekmece Deniz Altı Heyelani (LSBC) olduğu tespit edilmiştir yukarıda belirtildiği şekilde tsunami kaynağı olarak LSBC kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 9'de gösterilmiştir. LSBC kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Üsküdar ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 4.87 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 500 metreye ulaşmaktadır. Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Üsküdar ilçesinde özellikle Küçükusu Deresi yatağında su ilerlemesi ve bundan kaynaklı taşıma görülmüştür.

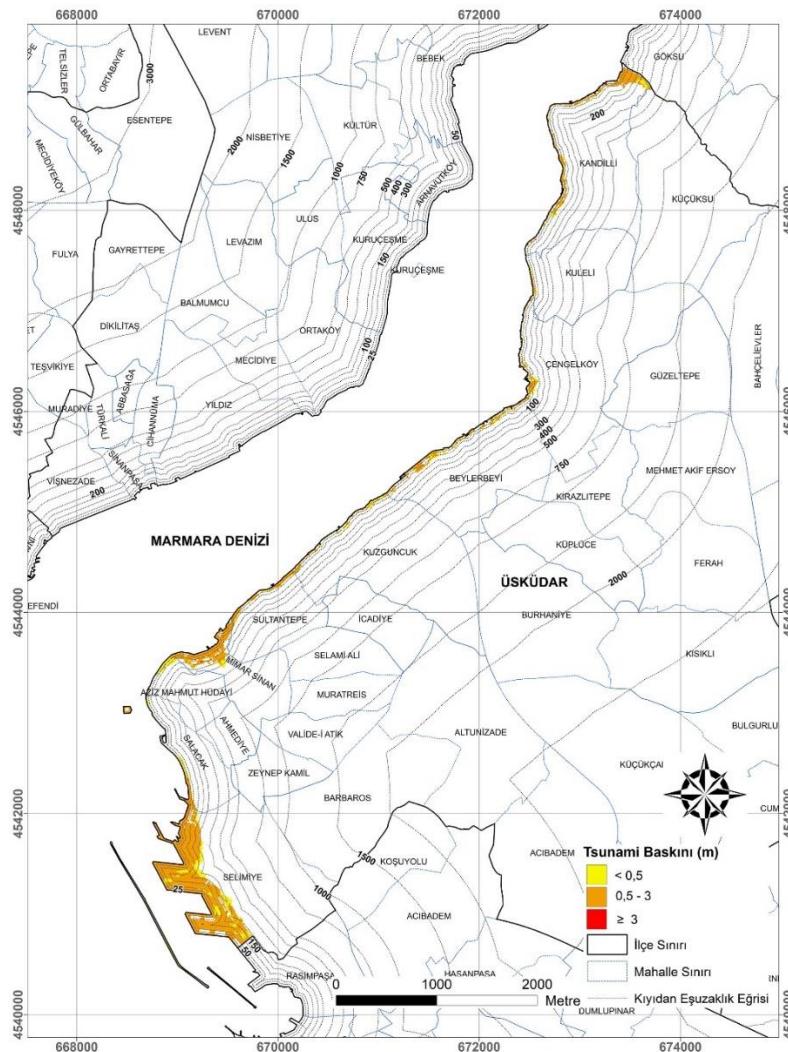
Benzetim sonuçlarına göre, LSBC kaynaklı olası bir tsunamiye, Üsküdar ilçesinin %2.05'ini kapsayan 0.727 km²'lik bir alanda ve 11 mahallede tsunami su baskını öngörmektedir. Tsunami su baskını alanının Üsküdar ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 4 ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre %23.59 ile en yüksek su basma alanı oranı Selimiye Mahallesi'nde görülmüştür. Bunu %15.05 ve %6.91 değerleriyle Mimar Sinan ve Kandilli mahalleleri takip etmektedir. İlçe genelinde en yüksek su basma derinliği noktasal olarak 4.87 m ile Selimiye Mahallesi'nde hesaplanmıştır.

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

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
SELİMİYE	4.87	0.82	401.050	1.700	23.59
MİMAR SİNAN	3.73	1.25	76.325	0.507	15.05
KANDİLLİ	3.76	1.30	84.500	1.224	6.91
SALACAK	4.14	1,14	25.825	0.436	5.93
SULTANTEPE	3.79	1.12	22.850	0.518	4.41
BEYLERBEYİ	2.87	0.86	48.750	1.148	4.25
AZİZ MAHMUT HÜDAYİ	3.54	0.61	12.625	0.341	3.70
KUZGUNCUK	3.39	0.92	23.400	1.503	1.56
ÇENGELKÖY	2.85	1.10	24.150	1.661	1.45
KULELİ	2.66	0.74	6.425	0.729	0.88
KÜÇÜKSU	1.84	0.60	925	1.615	0.06



Şekil 8: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC)



Şekil 9: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

LSBC kaynaklı olası bir tsunamiye Üsküdar ilçesi içinde bulunan 44.299 yapıdan 489'unun suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 449'u Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirilmeye alınmıştır. İlçe genelinde 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 tsunamiye Mimar Sinan Mahallesi'nde İdari yapı grubunda bulunan, okul binalarının %33.33'ünün, resmi binaların ise %41.38'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Sultantepe Mahallesi'nde İdari yapı grubunda bulunan resmi binaların ise %61.54'ü suyla temas etmiştir. Selimiye Mahallesi'nde İktisadi yapı grubunda bulunan, trafo binalarının %33.33'ünün, ticari binaların ise %44.44'ünün suyla teması bulunmaktadır. Salacak Mahallesi'nde İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların ise %45.83'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

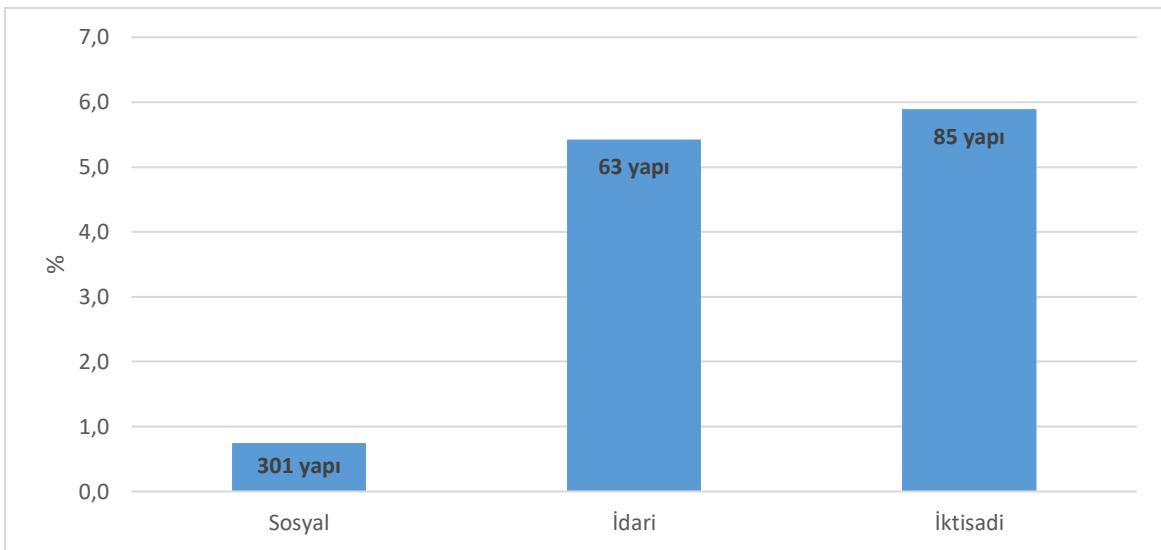
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Üsküdar ilçesi genelinde LSBC kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.75'i, İdari yapıların %5.43'ü ve İktisadi yapıların ise %5.89'u su basmasından etkilenmektedir

Tablo 5: Üsküdar İlçesi Suya Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC)

	İlçe Genel	Sosyal	İdari		iktisadi		Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
		Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo	
	Çengelköy	1.715	9	9	101	3	1.891
	Aziz Mahmut Hüdayi	785	7	15	24	-	857
	Beylerbeyi	850	6	39	34	3	951
	Kandilli	549	2	36	28	6	647
	Küçüksu	1.491	8	12	63	12	1.634
	Kuleli	519	1	21	4	2	569
	Kuzguncuk	997	5	12	63	2	1.125
	Mimar Sinan	1.032	6	29	35	1	1145
	Salacak	737	10	17	24	2	811
	Selimiye	557	7	283	54	3	987
	Sultantepe	722	14	13	8	-	778
	İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	40.319	287	874	1.315	127	44.299 (ilçe geneli toplam bina sayısı)

	Etkilenen Birimler	Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
	Çengelköy	35	0	1	26	0	62
	Aziz Mahmut Hüdayi	4	0	2	1	0	7
	Beylerbeyi	55	0	7	5	0	67
	Kandilli	92	0	2	8	0	102
	Küçüksu	8	0	0	1	0	9
	Kuleli	2	0	0	0	0	2
	Kuzguncuk	53	0	1	1	0	55
	Mimar Sinan	35	2	12	5	0	54
	Salacak	0	0	0	11	0	11
	Selimiye	4	0	28	24	1	57
	Sultantepe	13	0	8	2	0	23
	Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	301	2	61	84	1	449 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 489 (Toplam etkilenen bina sayısı)

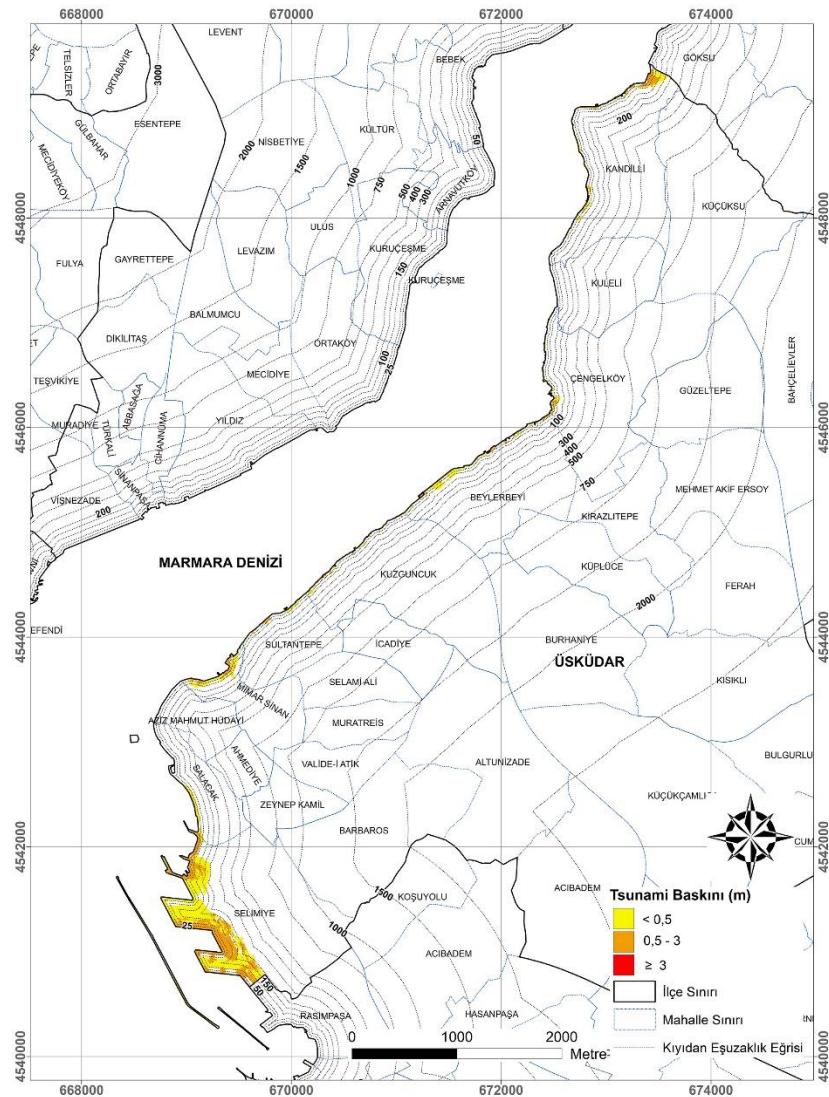
	Etkilenen Birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo
	Çengelköy	2.04	0.00	11.11	25.74	0.00
	Aziz Mahmut Hüdayi	0.51	0.00	13.33	4.17	-
	Beylerbeyi	6.47	0.00	17.95	14.71	0.00
	Kandilli	16.76	0.00	5.56	28.57	0.00
	Küçüksu	0.54	0.00	0.00	1.59	0.00
	Kuleli	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
	Kuzguncuk	5.32	0.00	8.33	1.59	0.00
	Mimar Sinan	3.39	33.33	41.38	14.29	0.00
	Salacak	0.00	0.00	0.00	45.83	0.00
	Selimiye	0.72	0.00	9.89	44.44	33.33
	Sultantepe	1.80	0.00	61.54	25.00	-
	İlçe ToplAMI	0.75	0.70	6.98	6.39	0.79



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

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Üsküdar ilçesi için kritik deniz altı heyelanı kaynaklı tsunami senaryolarından bir diğerinin Yenikapı Deniz Altı Heyelanı (LSY) olduğu tespit edilmiştir yukarıda belirtildiği şekilde tsunami kaynağı olarak LSY kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Üsküdar ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 4.46 metreye ulaşlığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 500 metreye ulaşmaktadır. Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Üsküdar ilçesinde özellikle Küçüksu Deresi yatağında su ilerlemesi ve bundan kaynaklı taşıma görülmüştür.

Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunamide, Üsküdar ilçesinin %1.48'ini kapsayan 0.522 km²lik bir alanda ve 11 mahallede tsunami su baskını öngörmektedir. Tsunami su baskını alanının Üsküdar ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüze değerleri Tablo 6 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre %20.84 ile en yüksek su basma alanı oranı Selimiye Mahallesi'nde görülmüştür. Bunu %6.58 ve %3.84 değerleriyle Mimar Sinan ve Kandilli mahalleleri takip etmektedir. İlçe genelinde en yüksek su basma derinliği noktasal olarak 4.46 m ile Selimiye Mahallesi'nde hesaplanmıştır.



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

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

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
SELİMİYE	4.46	0.54	354.275	1.700	20.84
MİMAR SİNAN	2.82	0.54	33.350	0.507	6.58
SALACAK	3.99	0.83	18.350	0.436	4.21
KANDİLLİ	2.77	0.76	47.000	1.224	3.84
BEYLERBEYİ	2.44	0,60	34.125	1.148	2.97
SULTANTEPE	2.93	0.80	9.625	0.518	1.86
ÇENGELKÖY	2.14	0.61	12.700	1.661	0.76
KUZGUNCUK	3.04	0.88	11.450	1.503	0.76
AZİZ MAHMUT HÜDAYİ	2.38	1.75	1.175	0.341	0.34
KULELİ	1.75	1.34	400	0.729	0.05
KÜÇÜKSU	0.49	0.41	50	1.615	0.003

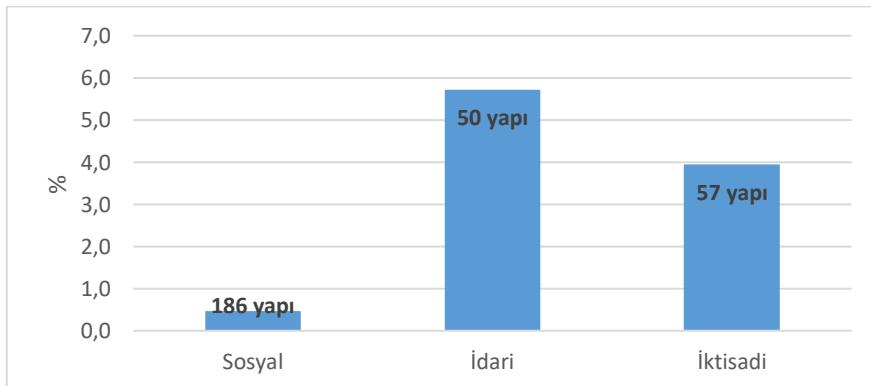


Şekil 12: Üsküdar İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)

LSY kaynaklı olası bir tsunamiye Üsküdar ilçesi içinde bulunan 44.299 yapıdan 307'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 293'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 tsunamiye Selimiye Mahallesi'nde İktisadi yapı grubunda bulunan, trafo binalarının %33.33'ünün, ticari binaların ise %35.19'unun suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Salacak Mahallesinde İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların ise %45.83'ü suyla temas etmiştir. İdari yapı grubunda bulunan resmi binaların, Sultantepe Mahallesi'nde %38.46'sının, Mimar Sinan Mahallesi'nde ise %27.59'unun suyla teması bulunmaktadır.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 13'de sunulmuştur. Üsküdar ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.46'sı, İdari yapıların %5.72'si ve İktisadi yapıların ise %3.95'i su basmasından etkilenmektedir.



Şekil 13: Üsküdar İlçesi Suya Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)

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

	Sosyal	İdari	İktisadi		Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Resmi	Ticari	Trafo	
Çengelköy	1.715	9	101	3	1.891
Beylerbeyi	850	39	34	3	951
Kandilli	549	36	28	6	647
Kuzguncuk	997	12	63	2	1.125
Mimar Sinan	1.032	29	35	1	1.145
Salacak	737	17	24	2	811
Selimiye	557	283	54	3	987
Sultantepe	722	13	8	-	778
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	40.319	874	1.315	127	44.299 (ilçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Resmi	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Çengelköy	19	1	13	0	33
Beylerbeyi	43	6	5	0	54
Kandilli	69	1	4	0	74
Kuzguncuk	43	1	1	0	45
Mimar Sinan	0	8	2	0	10
Salacak	0	0	11	0	11
Selimiye	4	28	19	1	52
Sultantepe	8	5	1	0	14
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	186	50	56	1	293 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 307 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Resmi	Ticari	Trafo
Çengelköy	1.11	11.11	12.87	0.00
Beylerbeyi	5.06	15.38	14.71	0.00
Kandilli	12.57	2.78	14.29	0.00
Kuzguncuk	4.31	8.33	1.59	0.00
Mimar Sinan	0.00	27.59	5.71	0.00
Salacak	0.00	0.00	45.83	0.00
Selimiye	0.72	9.89	35.19	33.33
Sultantepe	1.11	38.46	12.50	-
İlçe Toplamı	0.46	5.72	4.26	0.79

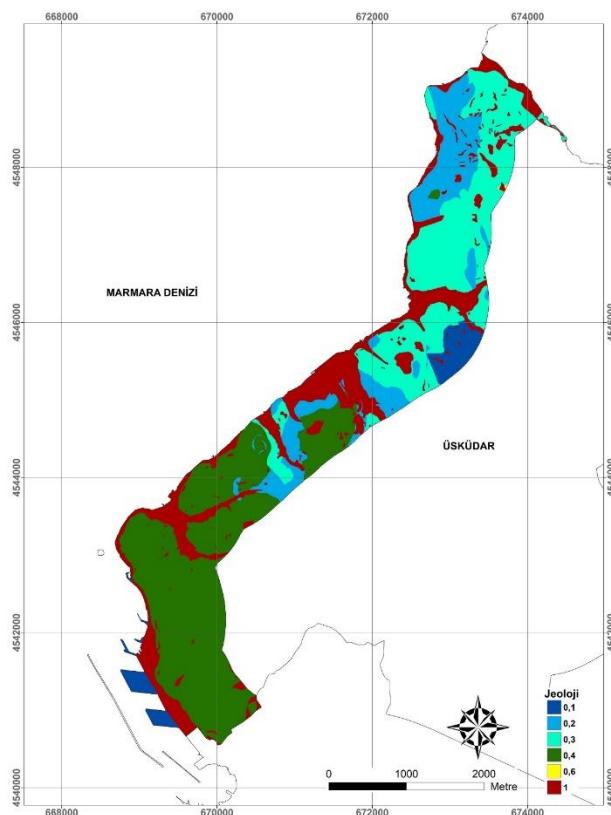
5. ÜSKÜDAR İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin Anadolu yakasında Marmara kıyısında 40,99-41,07 K ve 29,00-29,08 D koordinatları arasında yer alan Üsküdar ilçesi 35,32 km² yüz ölçümüne sahiptir. Üsküdar ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik

5.1.1. Jeoloji

Üsküdar ilçesi uygulama alanı içerisinde 8 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, Aydos Formasyonu-Osa, Yayalar Formasyonu-Osy (Gözdağ üyesi- Osyg), 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, Kapaklı Formasyonu – PTRk (Karacatepe Volkaniti vlk), yapay ve kaya dolgudur. İlçe uygulama alanı içinde bulunan bu birimler, MeTHuVA Hasar Görebilirlik Analizleri kapsamında yukarıda anlatıldığı üzere, jeoteknik ve jeolojik özellikleri bakımından değerlendirilmiş ve sıralama değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Üsküdar ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 14'te gösterilmiştir.



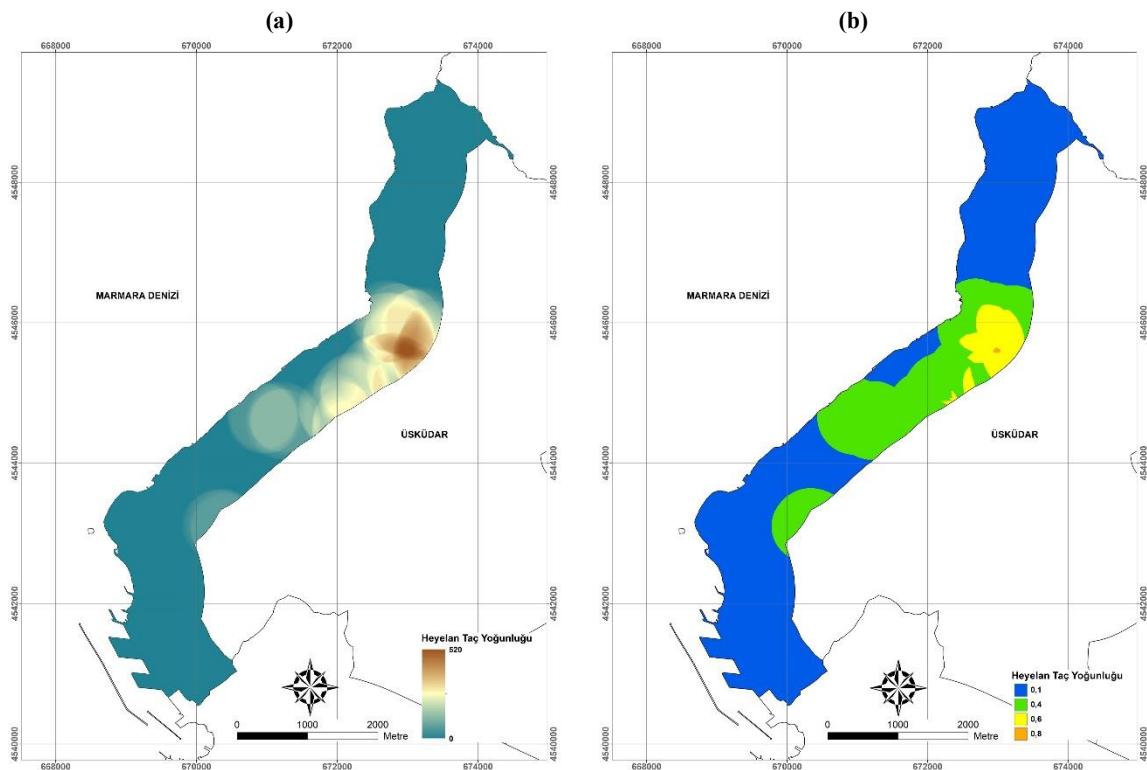
Şekil 14: Jeoloji Katmanın Sınıflandırılmış Haritası

Tablo 8: Üsküdar 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
		Tsa	Altıntepe üyesi	0,4
	Ts (Sultanbeyli Formasyonu)	Tst	Tuğlacıbaşı üyesi	0,5
		Tso	Orhanlı üyesi	0,6
Permotriyas	Vlk (Kapaklı Formasyonu)	Karacatepe volkaniti		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
Geç Ordovisen – Erken Silüriyen	Osy (Yayalar Formasyonu)	Osyg	Gözdağ üyesi	0,3
Geç Ordovisiyen – Erken Silüriyen	OSa (Aydos Formasyonu)	OSaa	Ayazma üyesi	0,1
		OSab	Başibüyük üyesi	0,1

5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu

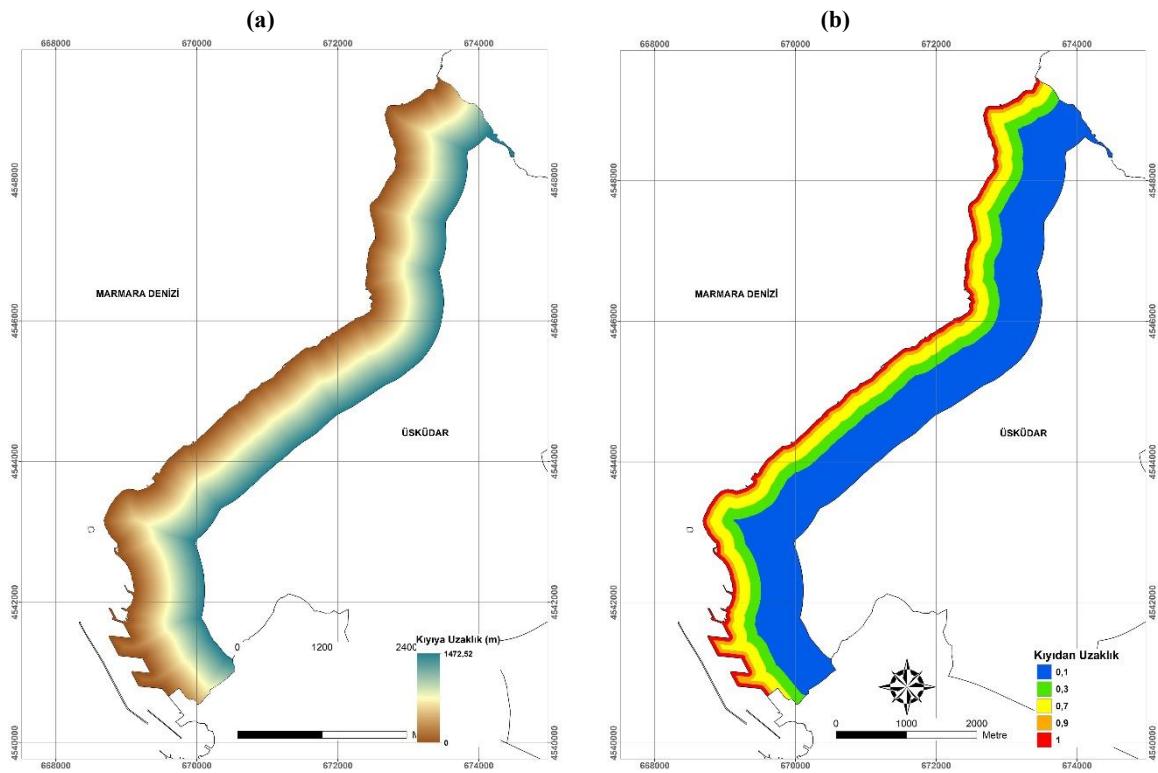
Üsküdar ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'de sunulmuştur.



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

5.1.3. Kıyıdan Uzaklık

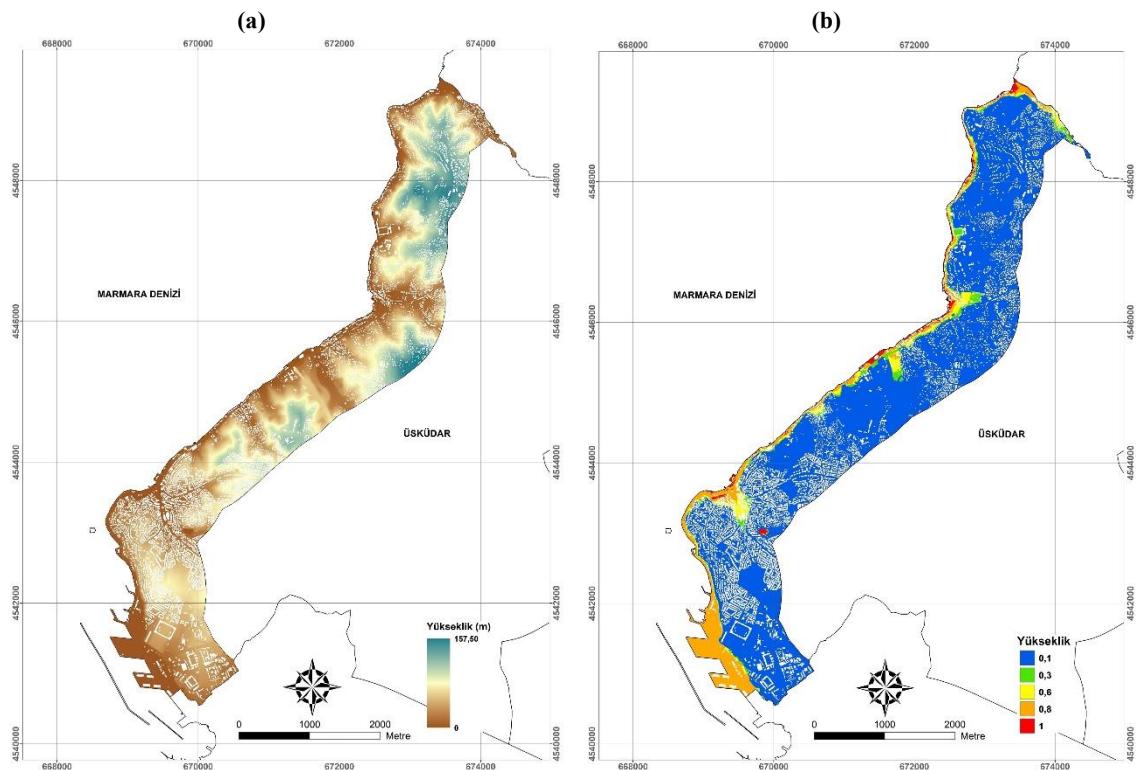
Üsküdar ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.



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

5.1.4. Yükseklik

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

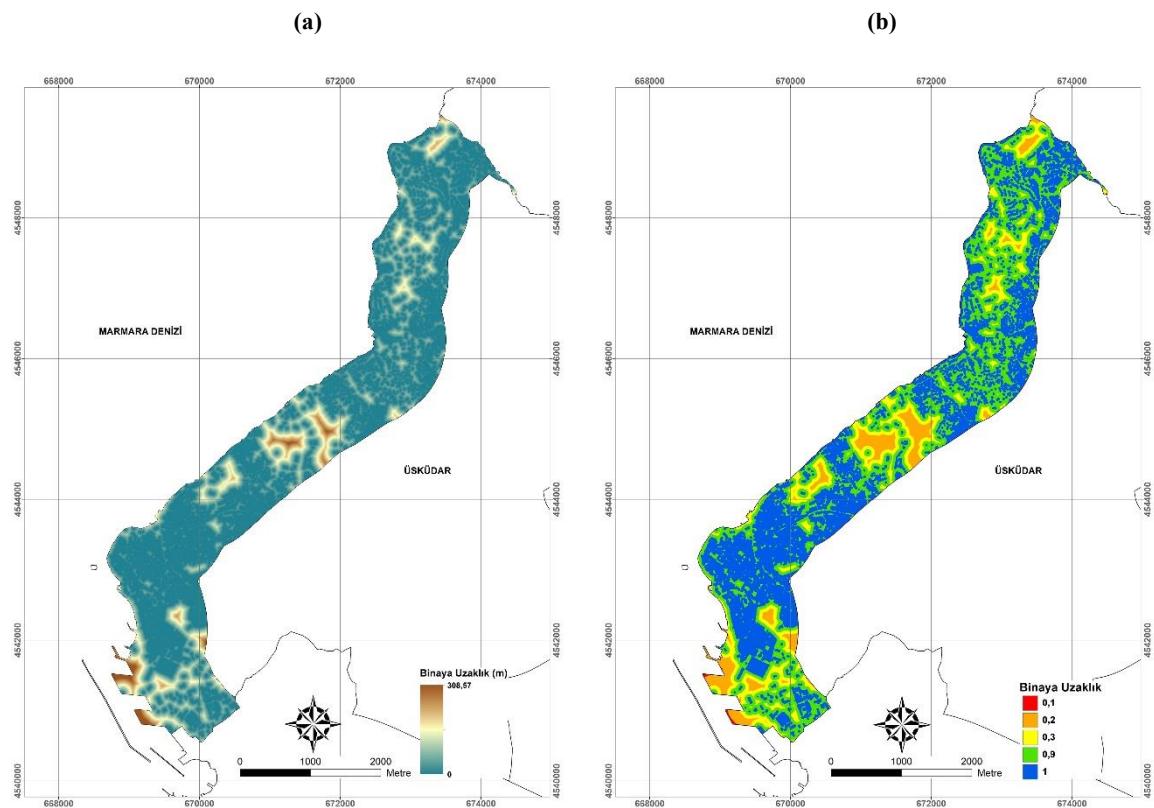


Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası. b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2. Tahliye Esnekliği

5.2.1. Binaya Uzaklık

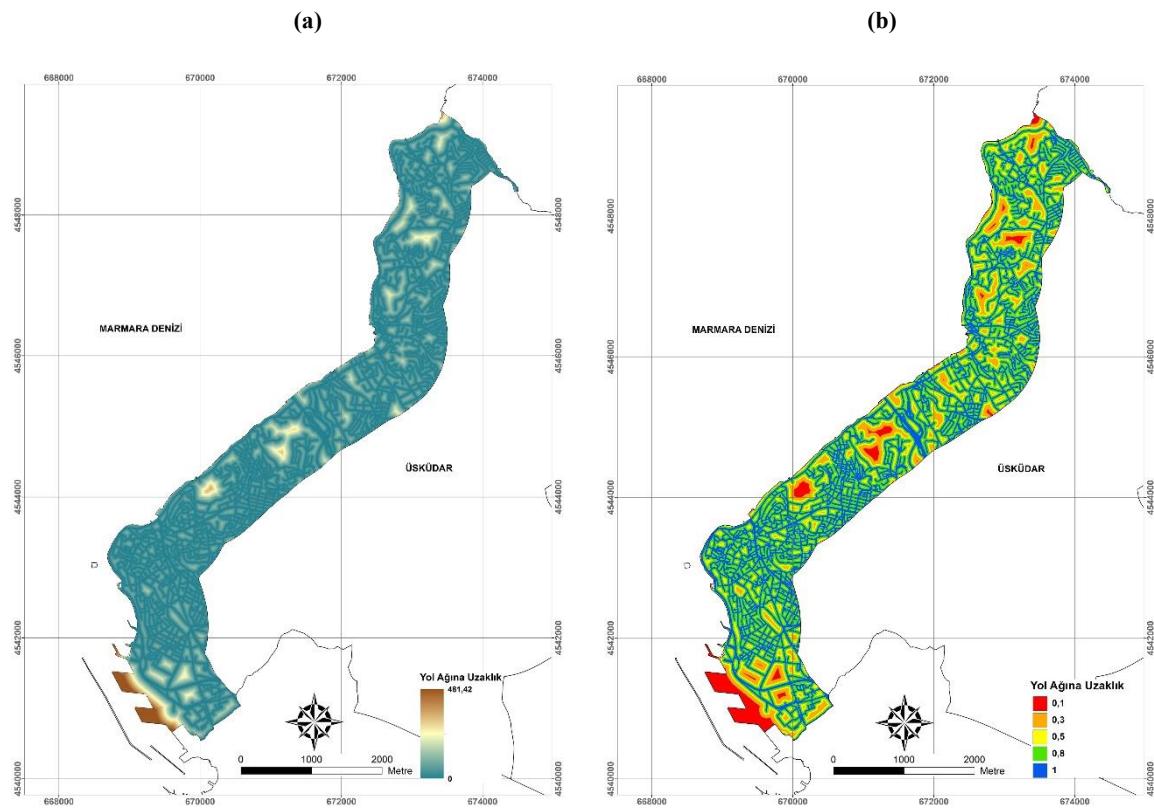
Üsküdar ilçesi uygulama alanı binaya uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 18'de sunulmuştur.



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

5.2.2. Yol Ağına Uzaklık

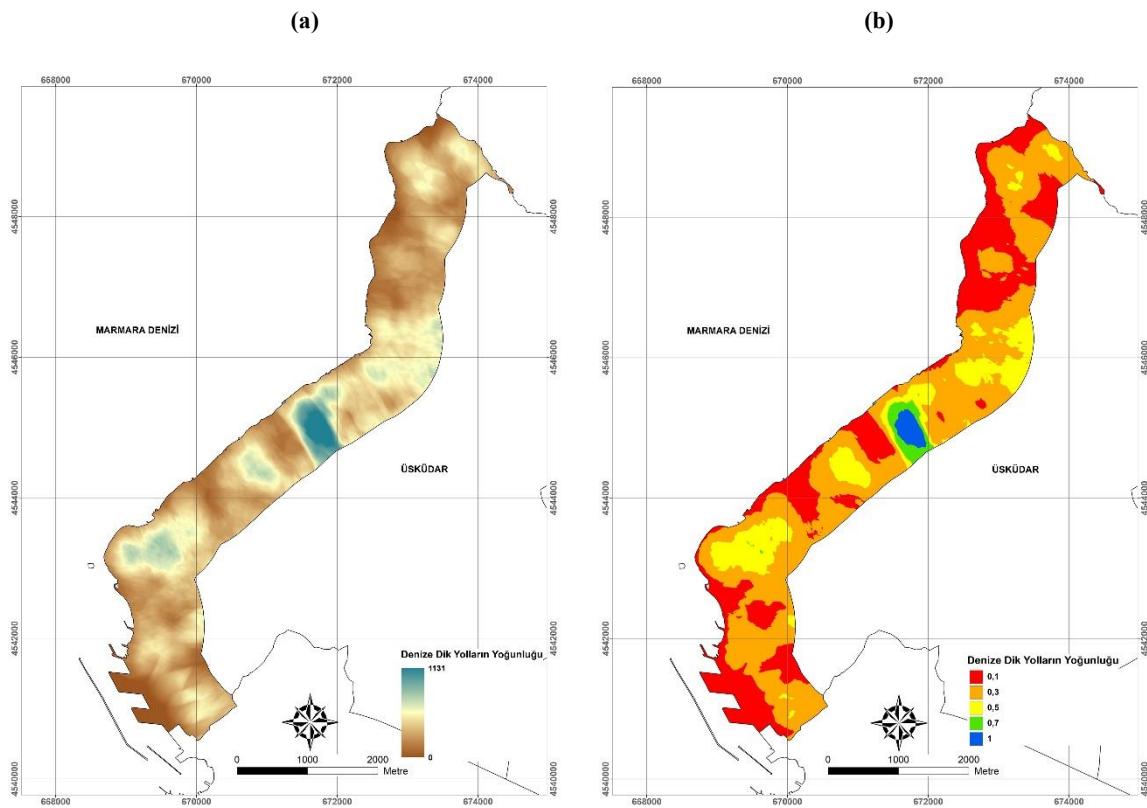
Üsküdar ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 19'da sunulmuştur.



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

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

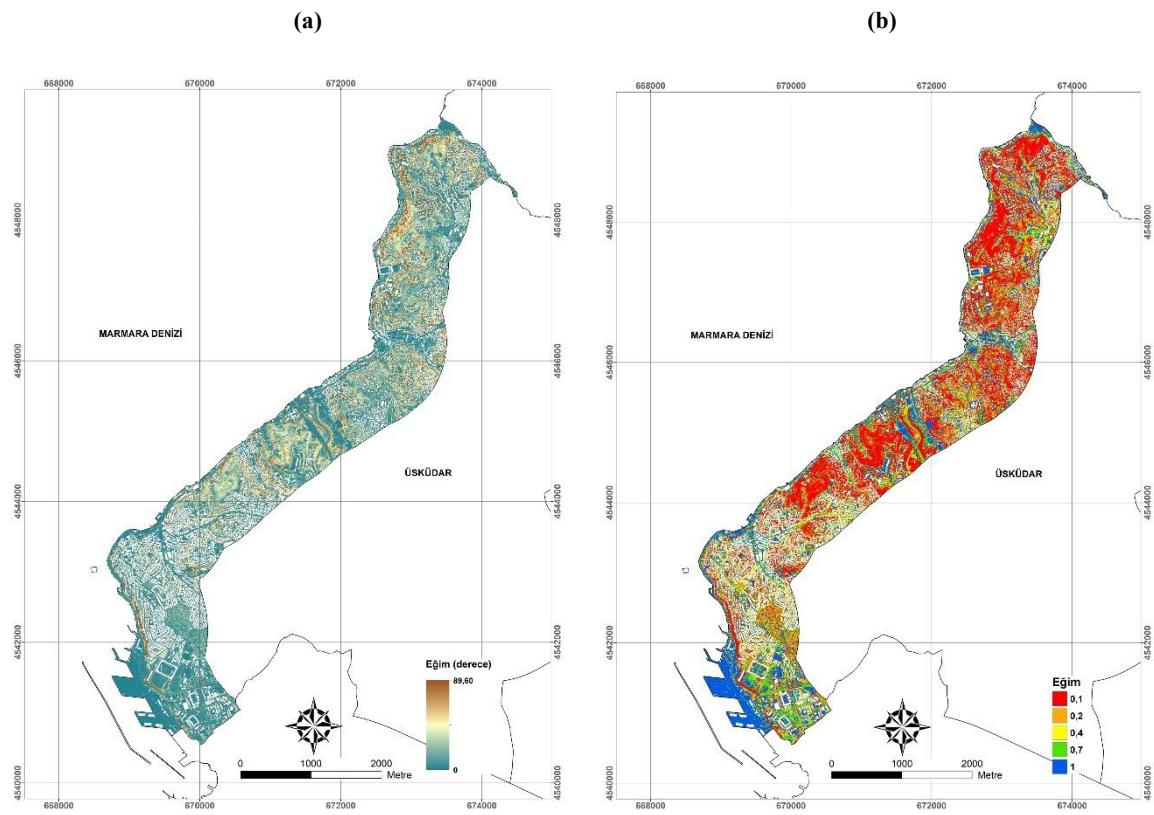
Üsküdar ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 20'de sunulmuştur.



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

5.2.4. Eğim

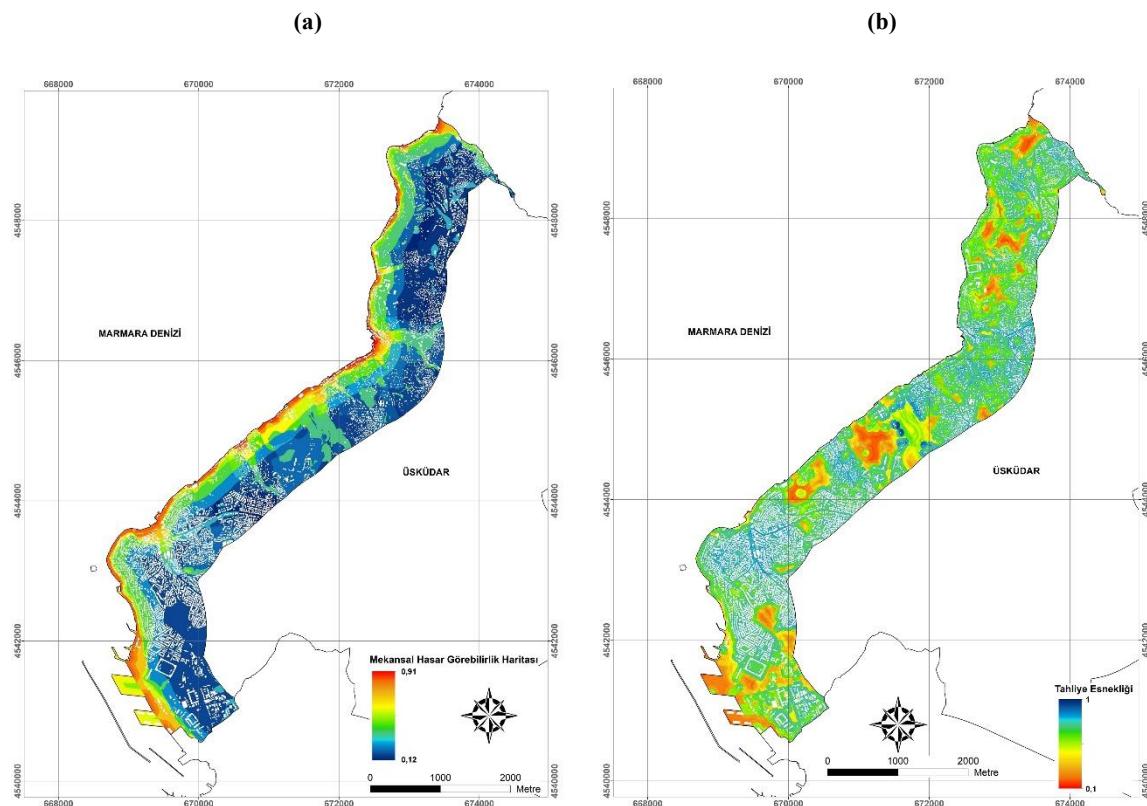
Üsküdar ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 21'de sunulmuştur.



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

5.3. Üsküdar İlçesi Methuva Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

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



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

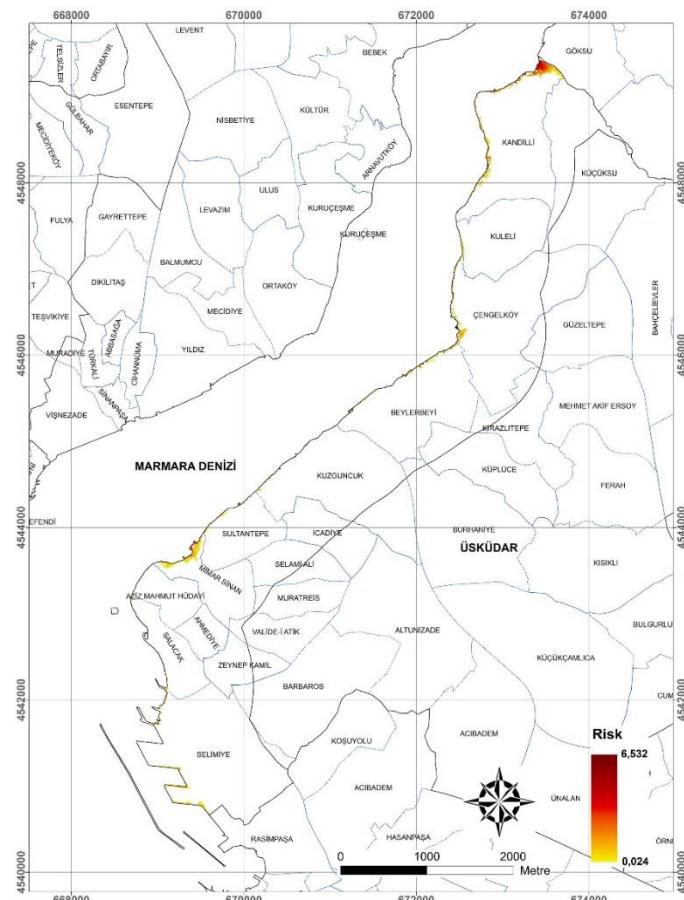
6. ÜSKÜDAR İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ

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

6.1. Üsküdar İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

Üsküdar ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 23'de verilmiştir. Bu harita üretilirken, yukarıda açıklandığı şekilde Üsküdar ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağı olarak PIN tsunami kaynağı kullanılmıştır.

Üsküdar ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Kandilli Mahallesi'nin doğu kıyısı ile Mimar Sinan Mahallesi'nin orta-kuzey kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Kandilli Mahallesi'nin orta kıyısı, Çengelköy Mahallesi'nin güney kıyısı ve Mimar Sinan Mahallesi'nin orta kıyısı takip etmektedir.

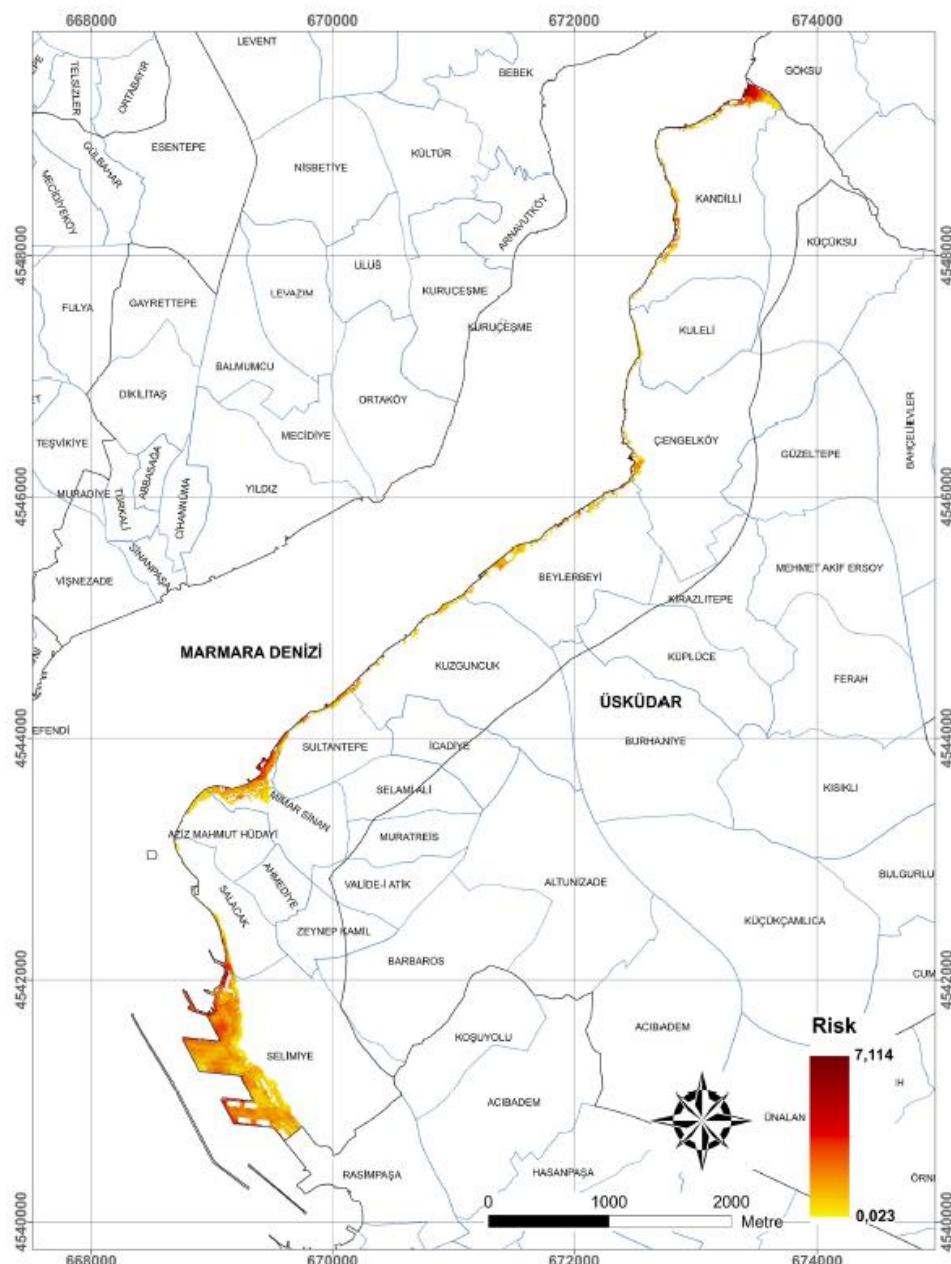


Şekil 23: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2. Üsküdar İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Risk Haritaları

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

Üsküdar ilçesi uygulama alanı için, LSBC kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 24'de verilmiştir. Bu risk haritasına göre en riskli bölgelerin Kandilli Mahallesi kuzey kıyısı, Mimar Sinan Mahallesi'nin orta-kuzey kıyısı ve Selimiye Mahallesinin en kuzey kıyısı olduğu öngörmektedir. Bu bölgeleri Kandilli Mahallesi orta-güney kıyısı, Mimar Sinan Mahallesi'nin orta kıyısı ile Selimiye Mahallesinin orta-kuzey ve güney kıyısı takip etmektedir.



Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

7. ÜSKÜDAR 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 amacıyla 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 kıyılara 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 kıyılarda yapıların mevcut durumları değerlendirilerek yapısal ve yapısal olmayan önlemler önerilmiştir. Tsunami tehlikesinin azaltılması ve riskin yönetilebilir düzeye getirilmesi öncelikli amaçtır.

Marmara Denizi'nde sismik aktiviteye bağlı oluşabilecek bir tsunaminin Üsküdar İlçe sahillerindeki etkisinin genel olarak sınırlı kalacağı ancak deniz altı heyelan etkisine bağlı bir tsunamide farklı miktarda da olsa tüm sahil şeridinin etkilenebileceği hesaplanmıştır. Bununla birlikte ilçede tsunamiden etkileneceği hesaplanan alanların arazi kullanım türüne bakıldığına yalılar bölgesi ve sahil yolu kullanımı olmak üzere iki özellikön plana çıkmaktadır. İlçedeki tsunami riskinin azaltılması ile ilgili alınması gereklî önlem ve tavsiyeler bu özellikler dikkate alınarak belirlenmeye çalışılmış ve alt başlıklar halinde sunulmuştur.

7.1.Tsunami Riskinin Azaltılmasına Yönelik Alınması Gerekli Önlemler

7.1.1. Üsküdar Meydanı ile Harem Arası Bölge

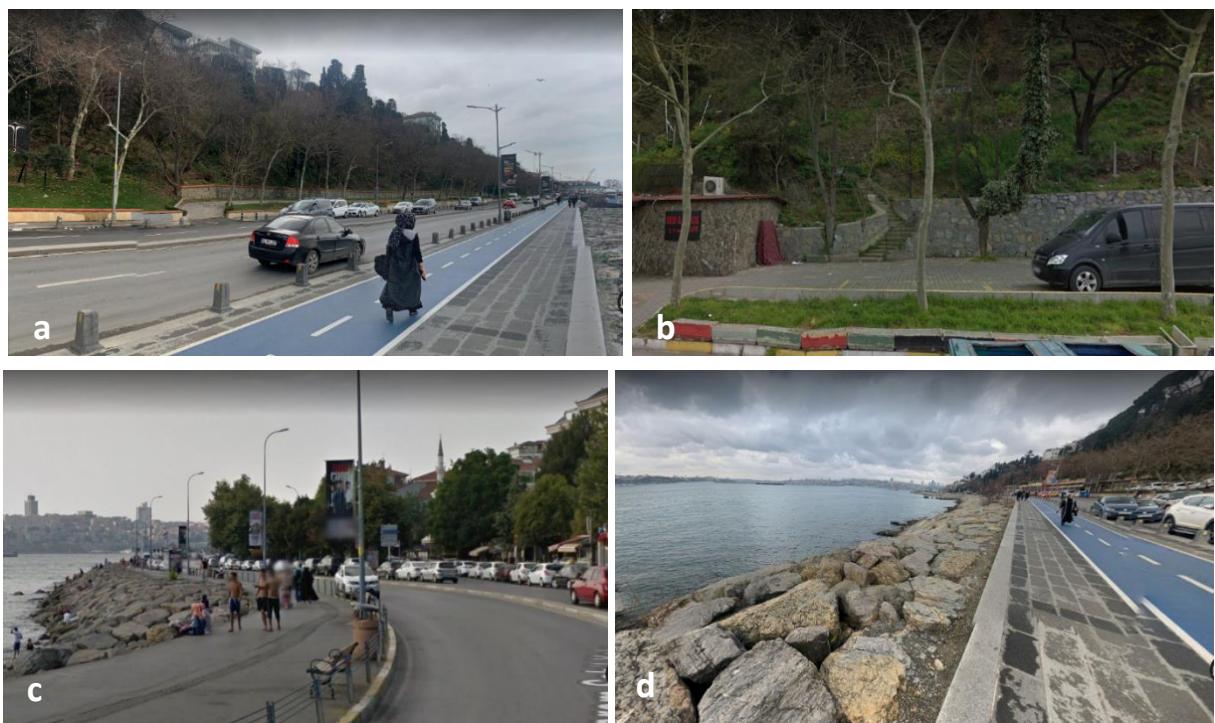
Üsküdar Meydanı dâhil olmak üzere Hacıbaba Parkı'ndan başlayarak Harem Otogarı'na kadar olan bölgeyi birbirine bağlayan tüm kıyı şeridi Harem Sahil Yolu Caddesi'nden oluşmaktadır. Caddenin deniz tarafı bisiklet yolu ve yürüyüş alanları şeklinde düzenlenmiş, Üsküdar Meydana doğru olan kıyı bölgesi ise teraslar şeklinde seyir alanlarından oluşturulmuştur. Caddenin gerisindeki alanlarda ise parklar, eğlence yerleri, kütüphaneler, tarihi yapılar, restoran ve kafeler bulunmaktadır. Üsküdar Meydanı ulaşım açısından, kara, deniz ve raylı sistemlerin birleştiği önemli bir aktarma noktasıdır. Aynı zamanda tarihi özellikleri bulunan, İstanbul'un simgesel yapılarından Kız Kulesi'ni barındıran önemli bir merkezdir. Tüm bu özellikler bölgenin kullanım yoğunluğunu önemli ölçüde artırmaktadır (Şekil 25).



Şekil 25: Üsküdar Meydanı ile Harem Arasındaki Alanın Kullanımını Gösteren Görüntüler

burun, Üsküdar Evlendirme Dairesi önünden başlayarak Hacıbaba Parkı'na kadar olan alan ve özellikle Üsküdar Meydanı'nın tsunami etkisine maruz kalacağı hesaplanmıştır. Bununla birlikte karadaki su basma alanlarının sınırlı olacağı düşünüldüğünde riskin azaltılması için alınabilecek etkin ve öncelikli önlemlerden biri tehlike öncesinde kıyı şeridinin hızlıca tahliyesi olacaktır. Sahil yoluna açılan tüm sokakların yatay tahliye için uygun olduğu gözlenmiştir. Sahil yolu üzerindeki tüm yapıların iki ve daha üst katları da dikey tahliye için uygun görünmektedir. Başarılı bir tahliye için öncelikle bölgeyi kullanan kişilerin farkındalık düzeylerini artıracı bilgilendirmelerin yapılması, daha sonra ise belirli aralıklar ile bölgede tatbikatların düzenlenmesi gerekecektir. Farkındalık düzeyinin artırılması için etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgede uygun alanlara yerleştirilmesidir. Sahil yolu üzerine ve park alanlarına uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler konulmalıdır. Bilgilendirici ve farkındalık sağlama amaçlı tabelalarda, olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak

hızlıca terk edilmesi gerekiği aktarılmalıdır. Oluşabilecek panik ortamı düşünülerek en yakın tahliye koridoruna doğru yönlendirici tabelalar yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölgeye erişidğini gösteren işaretler konulmalıdır. Bu tabela ve panoların istenen amaca ulaşabilmesi için yapımından itibaren sürekli bakım ve onarım işlemlerinin yapılması gereklidir. Sahil yolu üzerinde bulunan tüm işletmeler konunun doğal paydaşları olarak sürece dâhil edilmeli, olası bir tehlike öncesinde tahliye çalışmasını yönlendirerek sürece katkı sağlamaları konusunda bilgilendirilmeli ve eğitilmelidir. Bölgede tahliyeyi zorlaştıracak önemli etmenlerden biri Salacak Balıkçı Barınağı ile Harem arasındaki sahil yolunun gerisinden itibaren başlayan yüksek eğimli yamaçlardır (Şekil 26a). Bu yamaçlardaki eğim ve bitki örtüsü tahliyeyi önemli derecede zorlaştırmaktadır. Birkaç yerde yamaca tırmanan merdiven yapısı olsa da bu yapılar bakımsız ve bölge yoğunluğunun tahliyesi için yetersiz olmaları nedeniyle tahliye rotası olarak belirlenebilecek özellikte değildir (Şekil 26b). Mevcut merdivenlerin güvenli bölgeye erişimi sağlayacak şekilde açık ve bakımlı tutulması, tahliye için yetersiz olan bölgelerde ise yamaca tırmanışı sağlayacak yeni merdiven yapılarının oluşturulması gerekecektir. Bu bölgede tsunami riskini azaltabilmek için gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak kıyı koruma yapılarının kret kotlarının uygun şekilde yükseltilmesi de bir diğer yapısal önlem olarak düşünülebilir. (Şekil 26c,d).



Şekil 26: a) Salacak-Harem Arasında Tahliyeyi Zorlaştıran Yamaçlar b) Yamaç Üzerine Erişimi Sağlayan Merdivenler c, d) Salacak Sahilde Bulunan Kıyı Koruma Yapıları

7.1.2. Üsküdar Meydan ile Kandilli Arasındaki Bölge

Üsküdar ilçesi sahilinin kuzey kesimini Küçüksu Deresi'nden başlayarak Hacıbaba Parkı'na kadar bu bölge oluşturmaktadır. Bu bölgeyi güney sahilinden ayıran önemli bir özellik tüm kıyı şeridinin devam eden yalılar, köşk ve saraylardan oluşuyor olmasıdır (Şekil 27a, b). Bu bölgedeki tsunami etkisi tamamıyla bu yapıların kullanım alanları içerisinde kalmaktadır. Bu alan aynı zamanda Boğaziçi Öngörünüm Bölgesi içerisinde yer almaktır. Bu alan aynı zamanda Boğaziçi Öngörünüm Bölgesi içerisinde yer almaktır. Dolayısı ile alınması gereken önlemlerin belirlenmesi ve uygulanması yapı sahipleri ve sorumlu kurumlarda birlikte belirlenmelidir. Ancak Vaniköy'den Üsküdar'a kadar olan alandaki yapıların bazıları restoran, kafeterya veya özel toplantı alanı olarak kullanılmaktadır. Bu tür genel kullanımına açık alanların kendi koşullarına uygun yapısal önlemler geliştirilebileceği gibi, işletme sahipleri ile birlikte acil durumlarda alanı kullanan kişilerin güvenli bölgeye yönlendirilmeleri konusunda gerekli planlamaların yapılması sağlanmalıdır.

Ayrıca bu sahil şeridine söz konusu yapıların arasında kalmış genel kullanımına açık farklı büyüklüklerde park alanları bulunmaktadır (Şekil 27c, d). Bu alanlar; Göksu, Kandilli, Vaniköy, Kuleli, Çengelköy, Beylerbeyi, Kuzguncuk, Paşalimanı ve Hacıbaba parklarıdır. Bu parklar için de uygulanabilecek en uygun ve pratik önlem tahliye çalışması olacaktır. Tüm parklar için güvenli bölge sınırı ve tahliye alanı parklara erişimin sağlandığı sahil yolu caddesi ve bu caddeye dik açılan tüm yollardır. Tahliyenin başarı şekilde sağlanabilmesi için bu parklara da bilinçlendirici, farkındalık sağlayan ve yönlendirici tabela ve işaretçilerin yerleştirilmesi yeterli olacaktır.



Şekil 27: a) Üsküdar Kuzey Sahilindeki Yalılar, b) Beylerbeyi Sarayı, c) Göksu Parkı, d) Beylerbeyi Parkı

7.1.3. Kritik ve Stratejik Yapılar İçin Alınması Gerekli Önlemler

Üsküdar ilçesi kıyılarda, Haydarpaşa Liman İşletmesi, İDO Harem İskelesi, Şehir Hatları Vapur İskeleleri, Sahil Yolu ve Metro İstasyonları gibi kritik öneme sahip tesisler yer almaktadır. Afet

sonrası koşullarında deniz yolları ve limanlar önemli lojistik merkezleridir. Bu nedenle bölge ve kent için kritik öneme sahip Haydarpaşa Limanı'nın ve diğer iskelelerin güvenliklerinin sağlanması gereklidir. Haydarpaşa Limanı'nda yer alan konteynerlerin dalga etkisi ile denize taşınması sonucu deniz trafiği de önemli ölçüde etkilenebilecektir. Dolayısı ile dalga etkisi ile denize sürüklenecek deniz araçlarının güvenliğini etkileyebilecek tüm unsurlar için de gerekli önlemler alınmalıdır. Benzer şekilde metro istasyonlarının dalga etkisinden ve su baskınlarından korunması için gerekli önlemler de alınmalıdır. Üsküdar Meydanda bulunan metro istasyon girişlerinin dalga etkisinden kurtulmak için yükseltildiği anlaşılmaktadır. Marmaray Üsküdar İstasyonu bölgesi ve Haydarpaşa Limanı için uygulanabilecek yapısal önlemler ve bu önlemlerin uygulanması durumunda sayısal modelleme yapılarak hesaplanan olası etkileri sırasıyla anlatılmıştır.

Bu tür tesislerin her biri özel ve karmaşık işletme prensiplerine sahip olmakla beraber yetkili ve sorumlu kuruluşlar da farklı olabilmektedir. Bu nedenle söz konusu tesis ve yapıların tsunami etkisinden korunması için alınabilecek önlemlerin yeterliliğinin değerlendirilmesi ve gerekli ise ek önlemlerin tespiti çalışmaları ilgili kurum uzmanları ile yapılacak görüşmelerle belirlenmelidir.

7.2.Üsküdar İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi

Bu çalışma kapsamında üretilen bilgiler ve elde edilen bulgular doğrultusunda, Üsküdar ilçesinde olası tsunami kayıplarının azaltılmasına yönelik önerilerin yer aldığı Üsküdar ilçesine özel A0 boyutunda örnek bir haritada hazırlanmıştır (Ek-1). Bu haritada sismik aktiviteye bağlı ve deniz altı heyeları 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

Marmara Denizi'nde sismik aktiviteye bağlı oluşabilecek bir tsunami'nın Üsküdar İlçe sahillerindeki etkisinin genel olarak sınırlı kalacağı ancak deniz altı heyelan etkisine bağlı bir tsunami'de farklı miktarda da olsa tüm sahil şeridinin etkilenebileceği hesaplanmıştır. Bununla birlikte ilçede tsunami'den etkileneceği hesaplanan alanların arazi kullanım türüne bakıldığından yalılar bölgesi ve sahil yolu kullanımı olmak üzere iki özellik konuya değinmektedir.

Üsküdar Meydanı dahil olmak üzere Hacıbaba Parkı'ndan başlayarak Harem Otogarı'na kadar olan bölgeyi birbirine bağlayan tüm kıyı şeridi Harem Sahil Yolu Caddesi'nden oluşmaktadır. Bu bölgede, Salacak Balıkçı Barınağı ile Harem Otogar arası, Kız Kulesi önündeki burun, Üsküdar Evlendirme Dairesi önünden başlayarak Hacıbaba Parkı'na kadar olan alan ve özellikle Üsküdar Meydanı'nın tsunami etkisine maruz kalacağı hesaplanmıştır. Bununla birlikte karadaki su basma alanlarının sınırlı olacağı düşünüldüğünde riskin azaltılması için alınabilecek etkin ve öncelikli önlemlerden biri tehlike öncesinde kıyı şeridinin hızlıca tahliyesi olacaktır.

Üsküdar İlçesi sahilinin kuzey kesimini Küçüksu Deresi'nden başlayarak Hacıbaba Parkı'na kadar bu bölge oluşturmaktadır. Bu bölgeyi güney sahilinden ayıran önemli bir özellik tüm kıyı şeridinin devam eden yalılar, köşk ve saraylardan oluşuyor olmasıdır. Dolayısıyla bu bölgede gerçekleştirilecek tüm uygulamalarda özgün koşullara uygun yapısal önlemler geliştirilebileceği gibi, işletme sahipleri ve sorumlu kurum/kuruluşlar ile birlikte acil durumlarda alanı kullanan kişilerin güvenli bölgeye yönlendirilmeleri konusunda gerekli planlamaların yapılması sağlanmalıdır. Yine bu bölgede yer alan parklarda da uygulanabilecek en uygun ve pratik önlem tahliye çalışması olacaktır. Tüm parklar için güvenli bölge sınırı ve tahliye alanı parklara erişimin sağlandığı sahil yolu caddesi ve bu caddeye dik açılan tüm yollardır.

Her iki bölgede de başarılı bir tahliye için öncelikle bölgeyi kullanan kişilerin farkındalık düzeylerini arttırmayı bilgilendirmelerin yapılması, daha sonra ise belirli aralıklar ile bölgede tatbikatların düzenlenmesi gerekecektir. Farkındalık düzeyinin artırılması için etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgede uygun alanlara yerleştirilmesidir. Sahil yolu üzerine ve park alanlarına uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler konulmalıdır. Bilgilendirici ve farkındalık sağlama amaçlı tabelalarda, olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gereği aktarılmalıdır. Oluşabilecek panik ortamı düşünülerek en yakın tahliye koridoruna doğru yönlendirici tabelalar yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölgeye erişildiğini gösteren işaretler konulmalıdır.

Ayrıca Üsküdar İlçesi kıyılarında, Haydarpaşa Liman İşletmesi, İDO Harem İskelesi, Şehir Hatları Vapur İskeleleri, Sahil Yolu ve Metro İstasyonları gibi kritik öneme sahip tesisler yer almaktadır. Afet sonrası koşullarında deniz yolları ve limanlar önemli lojistik merkezleridir. Bu nedenle bölge ve kent için kritik öneme sahip Haydarpaşa Limanı'nın ve diğer iskelelerin güvenliklerinin sağlanması gereklidir. Bu tür tesislerin her biri özel ve karmaşık işletme prensiplerine sahip

olmakla beraber yetkili ve sorumlu kuruluşlar da farklı olabilmektedir. Bu nedenle söz konusu tesis ve yapıların tsunami etkisinden korunması için alınabilecek önlemlerin yeterliliğinin değerlendirilmesi ve gerekli ise ek önlemlerin tespiti çalışmaları ilgili kurum uzmanları ile yapılacak görüşmelerle belirlenmelidir.

Sonuç itibariyle bu raporda yer alan önlemler değerlendirilirken sahil boyunca etki altındaki alanların fonksiyonları dikkate alınarak yapısal ve yapısal olmayan eylemler bir bütün olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, sahil boyunca yapılacak kıyı şeridi düzenlemeleri, ağaçlandırma, yönlendirici tabelaların eklenmesi gibi uygulamaların yanında, toplumun da etkin katılımının sağlandığı bilinçlendirme ve farkındalık faaliyetlerinin hayatı geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Risk azaltmaya yönelik bu eylemlerde 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), İstanbul 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)



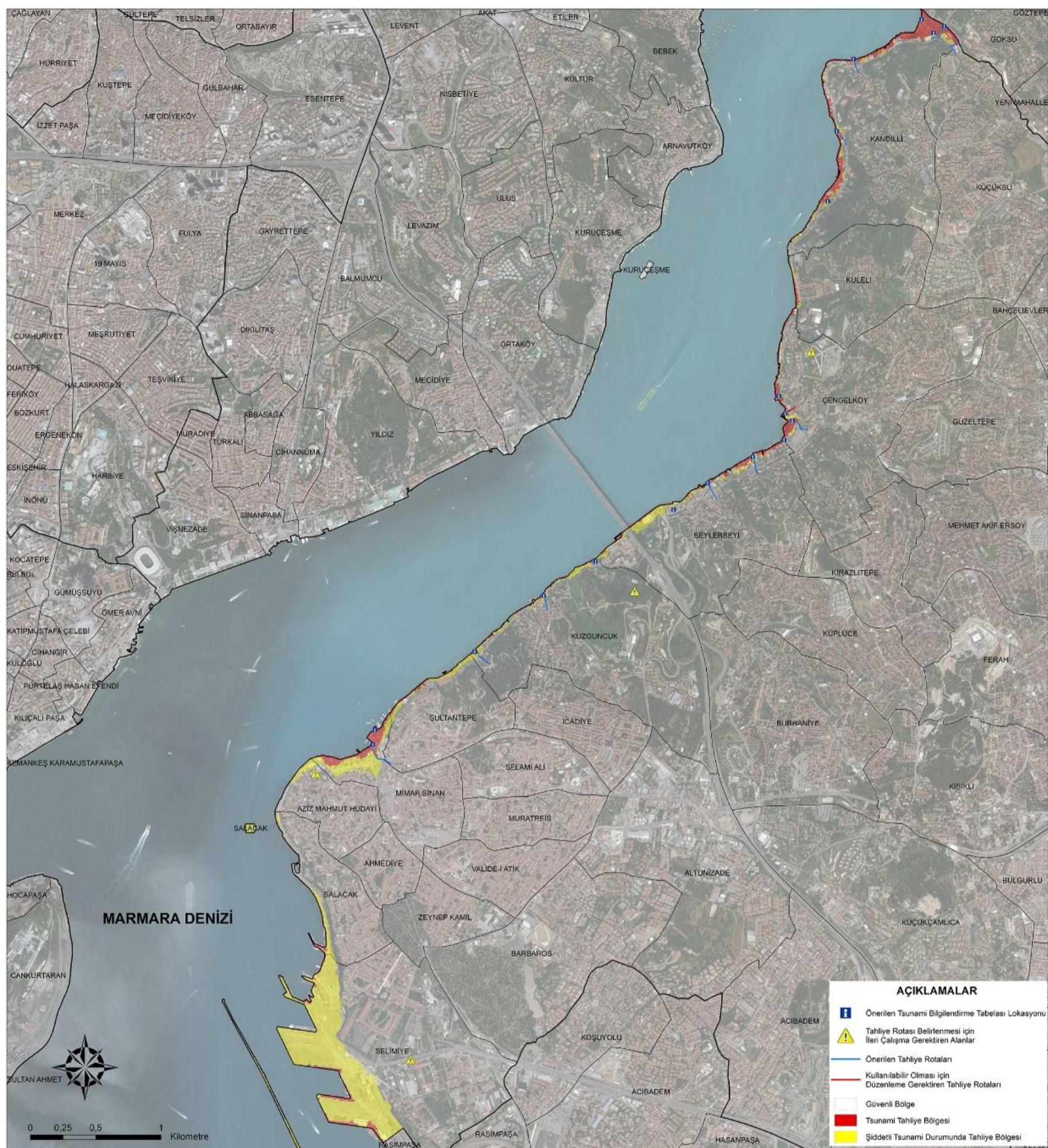
İSTANBUL İLİ TSUNAMİ EYLEM PLANI HAZIRLANMASI PROJESİ

ÜSKÜDAR İLÇESİ EYLEM PLANI ÖRNEĞİ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü ve
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

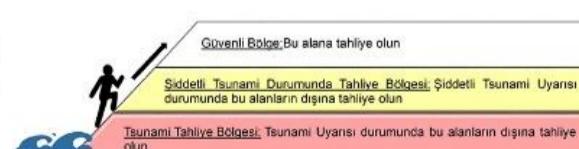


İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme
Daire Başkanlığı
Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü



Bu Poster Marmara Denizi'nde olası olabilecek tsunami dağalarının İstanbul kıyılarda yaratabileceği baskın anı Deprem ya da başka bir nedenle Marmara Denizi'nde tsunami olabilir. Kıyılara yakın iseniz deprem hazırlıklarına ek olarak tsunami için de hazırlıklı olmak için bu haritayı dikkatle inceleyiniz.

- 1) Haritaları tsunami dalgalarının ulaşabileceği baskın (tahliye) alanlarını göstermektedir. Haritalardan bulunuguunuza yer dikkate alarak tsunami tahliye alanı içerisinde olup olmadığını tespit ediniz. Eğer eviniz, çalışığınız işyeri veya sıkılık ziyaret ettiğiniz yerler haritalı tahliye alanı içerisinde ise en hızlı ve güvenli tahliye rotalarınızı sonda bilinir.
 - 2) Tsunamilerin olasılıkları genel olarak ilk belirli depremlerdir. Deniz kıyısına yakın iseniz, deprem hissettiğinizde ya da deniz kıyısında su çekimsel turundan hareketlenmeye gözlemlendiginizde tsunami uyarınızı bekleyemen basıktır. ancak doğa doğru, kıyılardan uzak ve deniz seviyesinden yüksek alanlara koşarak (araç kullanmadan) mümkün olduğu kadar kaçabılık 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 kilometrelere llerleyebilir.
 - 5) Tekne ve gemi kaptanları deniz araclarının derin sulara doğru götürmemeli.
 - 6) Tsunami tek bir dalga değildir. İkinci ve üçüncü dalgalar birincisinden daha büyük ve zarar verici olabilir.
 - 7) Alet bilgi iletişim sistemi, TV ya da radyo gibi halka açık sistemlerden tsunami hakkında bilgileri kontrol edin. Tsunami uyarısı yapılan edilmesine kadar bulunundan şüvenli alanları terk etmeye ve riskli alanları uzak durun.



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

FAYDALI KAYNAKLAR:
Boğaziçi Üniversitesi Kendili Raporlarıne Deprem Arapçamı Erşakası, Bölgesel Deprem-Tsunami İzlenimi ve Dağılımının Merkezi Tunçeri Bilek Notları
<http://www.koer.boun.edu.tr/mis/2tsunamitbolum-kurulus/>
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Bilgi Notları.

