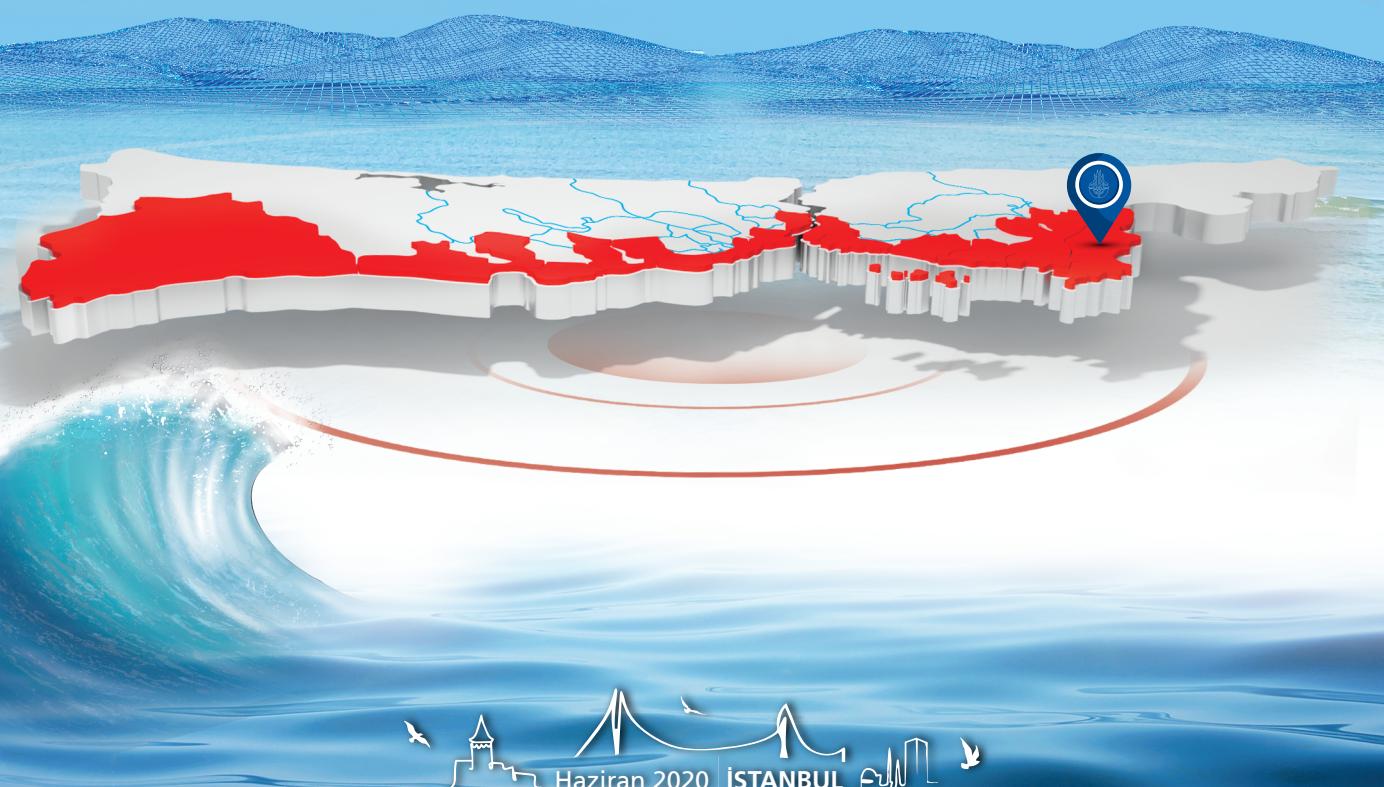


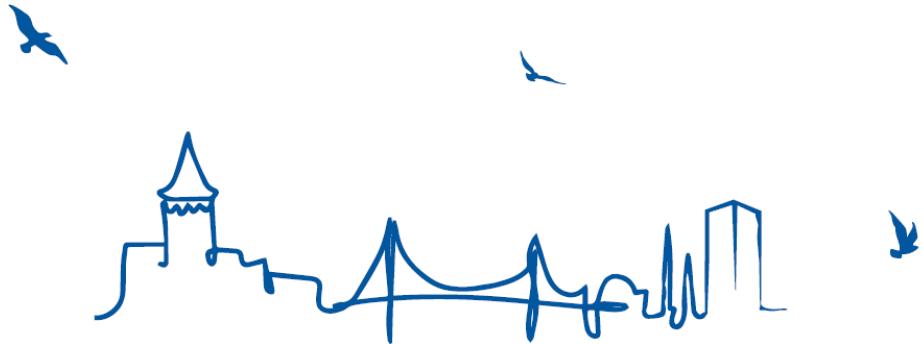


TUZLA

TSUNAMI RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI



Haziran 2020 İSTANBUL



**İSTANBUL
SENİN**



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

TUZLA 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 Tuzla 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 Yalçınér, Proje Yürütucusu, yalciner@metu.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Lütfi Süzen, Proje Yürütucusu, 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	3
Tablolar.....	4
1. GİRİŞ	5
2. TSUNAMİ TEHLİKESİ.....	7
3. KAPSAM VE YÖNTEM	8
4. TUZLA İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ	12
4.1.Tuzla İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası	12
4.2. Tuzla İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası.....	15
5. TUZLA İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ	19
5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik.....	19
5.1.1. Jeoloji.....	19
5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu	20
5.1.3. Kıyıdan Uzaklık	22
5.1.4.Yükseklik	23
5.2. Tahliye Esnekliği	24
5.2.1. Binaya Uzaklık.....	24
5.2.2. Yol Ağına Uzaklık	25
5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu.....	26
5.2.4. Eğim	27
5.3. Tuzla İlçesi Methuva Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları	28
6. TUZLA İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ	29
6.1.Tuzla İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası	29
6.2.Tuzla İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritası	30
7. TUZLA İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI	31
7.1. Stratejik Açıdan Alınması Gereken Önlemler.....	31
7.1.1. Tuzla Tersane Bölgesi.....	31
7.1.2.Deniz Harp Okulu.....	32
7.2.Nüfus Yoğunluğu Açıından Alınması Gereken Önlemler	32
7.3. Tuzla İlçesi Tsunami Bilgi Haritası.....	34
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
9. KAYNAKÇA.....	37

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: Tuzla İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN)	13
Şekil 7: Tuzla İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN)	15
Şekil 8: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası.....	15
Şekil 9: Tuzla İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)	16
Şekil 10: Tuzla İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)	17
Şekil 11: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	19
Şekil 12: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası. b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	21
Şekil 13: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası. b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	22
Şekil 14: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası. b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	23
Şekil 15: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası. b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	24
Şekil 16: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası. b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	25
Şekil 17: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	26
Şekil 18: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	27
Şekil 19: Tuzla Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası.....	28
Şekil 20: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	29
Şekil 21: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası.....	30
Şekil 22: Tuzla Tersaneler Bölgesi	32
Şekil 23: a) Tuzla Sahil Yolu, b) Tuzla Bölgesi Plajlarından Görüntü	33
Şekil 24: Tuzla Marina	33

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları	9
Tablo 2: Tuzla İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN)	13
Tablo 3: Tuzla İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN)	14
Tablo 4: Tuzla İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY)	16
Tablo 5: Tuzla İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)	18
Tablo 6: Tuzla Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri	20

1. GİRİŞ

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

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

Bu doğrultuda, İstanbul genelinde yapılmış ilk çalışma 2007 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (İBB-DEZİM) tarafından gerçekleştirilen; "İstanbul Kıyılarını Etkileyebilecek Tsunami Dalgaları İçin Benzetim ve Hasar Görebilirlik Analizi Projesi" dir (İBB, OYO, 2007). Bu proje sonuçları, geliştirilen yerleşime uygunluk haritalarında altlık olarak kullanılmış, birçok altyapı ve üstyapı 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,

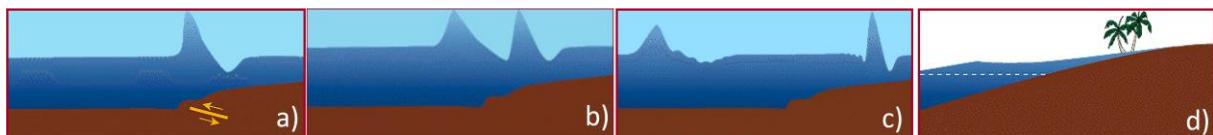
dünyada mega kentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün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

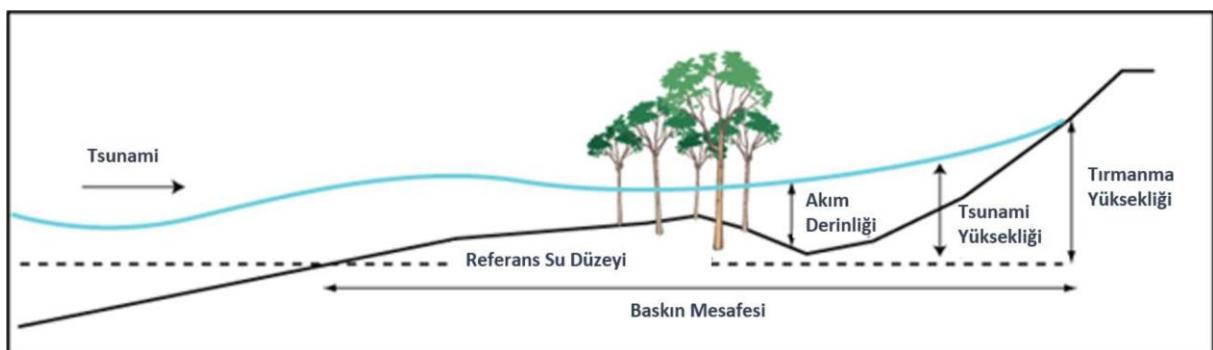
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan 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, sıçradıklarda 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 Güncellemeye Projesi kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur:

Veri Tabanının Oluşturulması: Marmara kıyılarındaki her ilçe için binalar, yollar, altyapı ve kıyı tesisleri, idari sınırlar, dereler, jeoloji, heyelan alanları ve arazi kullanım verileri toparlanmış, sonrasında ise toplanan bu veriler kıyı alanları için oluşturulmuş 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 sınırlındaki 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 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 Güncellemeye Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.

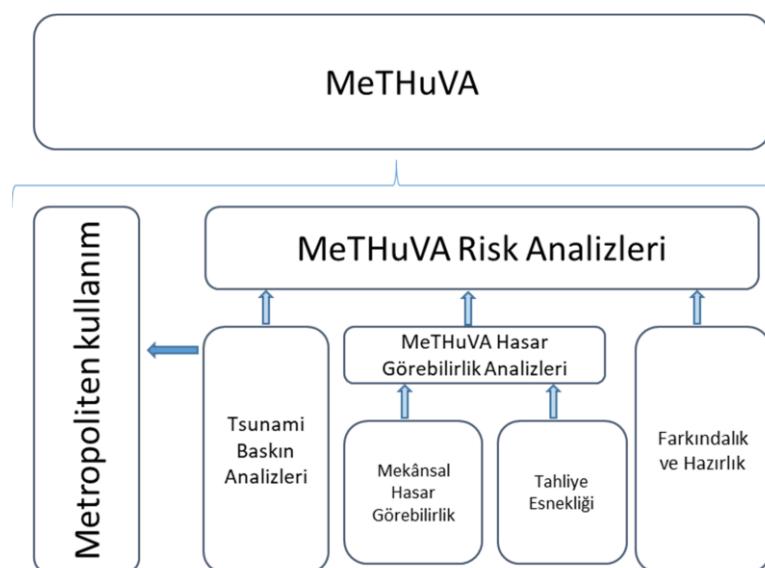
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

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 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 taş 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 etkileyecik 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 Güncellemeye 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 gerekliliğinden 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.

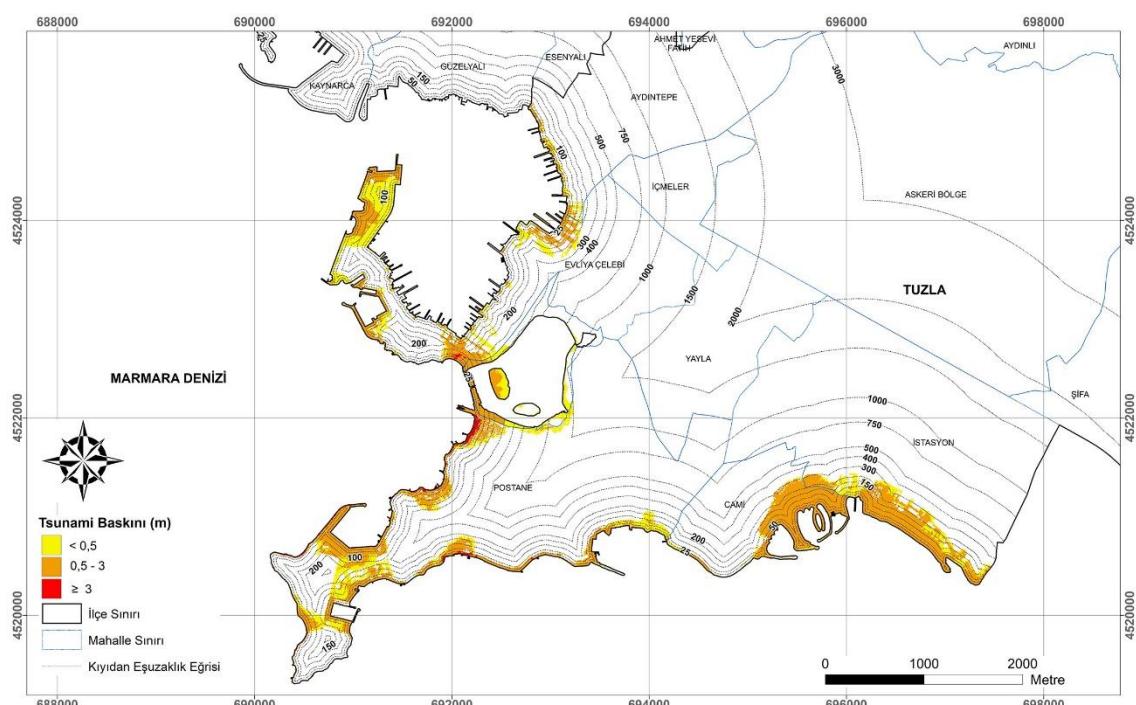
Toplumun tsunami ile ilgili bilgisinin arttırılması ve ilgili birimlerce alınacak önlemler n parametresinin değerinde artış sağlayarak riskin azalmasına sebep olacaktır.

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. TUZLA İLÇESİ TSUNAMI BASKIN ANALİZLERİ

4.1. Tuzla İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Tuzla 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, Tuzla ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 6.34 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 600 metreye ulaşmaktadır.

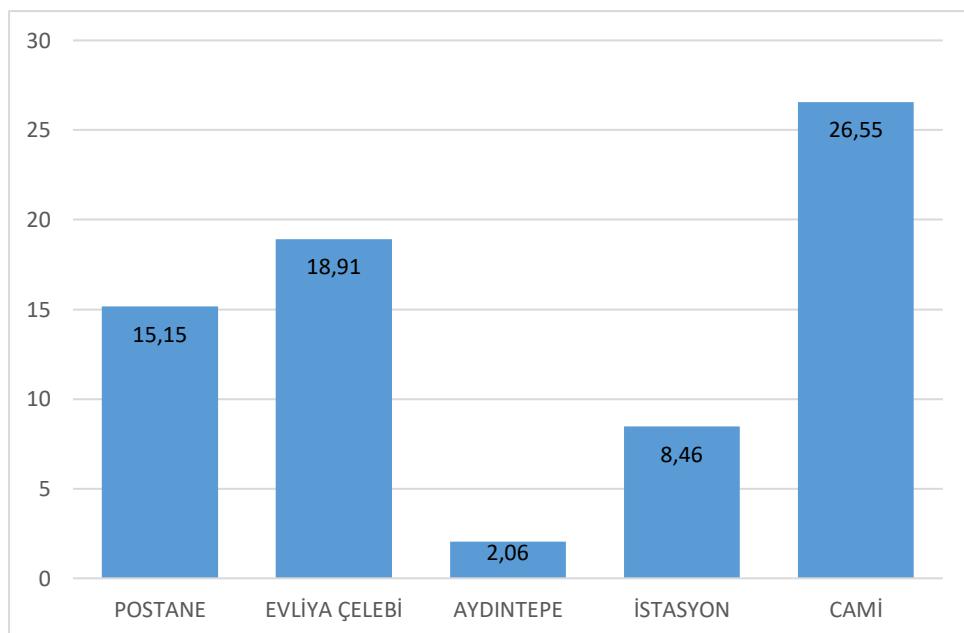


Şekil 5: PIN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Tuzla ilçesinde Doğandere ve Tuzla Deresi yataklarında su ilerlemesi görülmüştür. Benzetim sonuçlarına göre, PIN kaynaklı olası bir tsunamide, Tuzla ilçesinin %1.91'ini kapsayan 2.38 km²'lik bir alanda ve 5 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Tuzla 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 alanının görüldüğü mahalle %26.55 ile Cami Mahallesi'dir. Bu değeri %18.91 ve %15.15 ile sırasıyla Evliya Çelebi ve Postane mahalleleri takip etmektedir. PIN kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Tuzla ilçe genelinde su basma derinliğinin en yüksek olduğu mahalle noktasal olarak 6.34 m ile Postane Mahallesi'dir. Bu değeri 4.26 m ile Evliya Çelebi Mahallesi takip etmektedir.

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

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
CAMI	3.29	1.67	344.075	1.296	26.55
EVLİYA ÇELEBİ	4.26	0.74	584.975	3.093	18.91
POSTANE	6.34	1.07	795.900	5.252	15.15
İSTASYON	3.49	0.89	431.300	5.095	8.46
AYDINTEPE	3.34	0.74	59.175	2.879	2.06



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

PIN kaynaklı olası bir tsunamiye Tuzla ilçesi içinde bulunan 29.398 yapıdan 575'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 549'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 3'te verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre PIN kaynaklı olası bir tsunamiye Evliya Çelebi Mahallesi'nde, İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binaların %41.67'sinin, İktisadi yapı grubunda bulunan imalat binalarının %39.8'inin, fabrikaların ise %66.67'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. İstasyon Mahallesi'ndeki İktisadi yapı grubunda bulunan fabrikaların ise %23.63'ü suyla temas etmiştir. Postane Mahallesi'nde İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların %23.08'inin suyla teması bulunmaktadır.

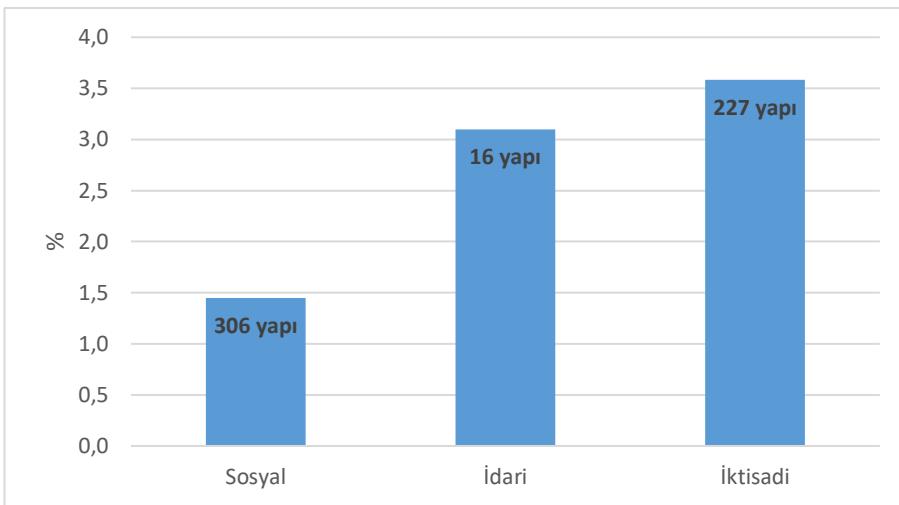
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7'de sunulmuştur. Tuzla ilçesi genelinde PIN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %1.45'i, İdari grubundaki yapıların %3.1'i ve İktisadi yapıların ise %3.59'u su basmasından etkilenmektedir.

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

	Sosyal	İdari		İktisadi			Trafo	Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari		
İstasyon	1.070	4	9	182	20	64	21	1.435
Aydın tepe	965	24	14	20	75	297	17	1.634
Cami	829	-	7	-	-	53	6	931
Evliya Çelebi	583	9	24	3	201	385	24	1.292
Postane	3.067	42	17	32	18	117	19	3.416
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	21.116	230	286	2.502	555	2.870	403	29.398 (İlçe geneli toplam bina sayısı)

	Etkilenen Birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
	Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	306	5	11	45	86	92	4	549 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 575 (Toplam etkilenen bina sayısı)
İstasyon	10	0	0	43	0	2	0	0	55
Aydın tepe	0	0	0	0	6	26	0	0	32
Cami	27	0	0	0	0	4	0	0	31
Evliya Çelebi	3	0	10	2	80	33	3	0	131
Postane	266	5	1	0	0	27	1	0	300
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	306	5	11	45	86	92	4		549 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 575 (Toplam etkilenen bina sayısı)

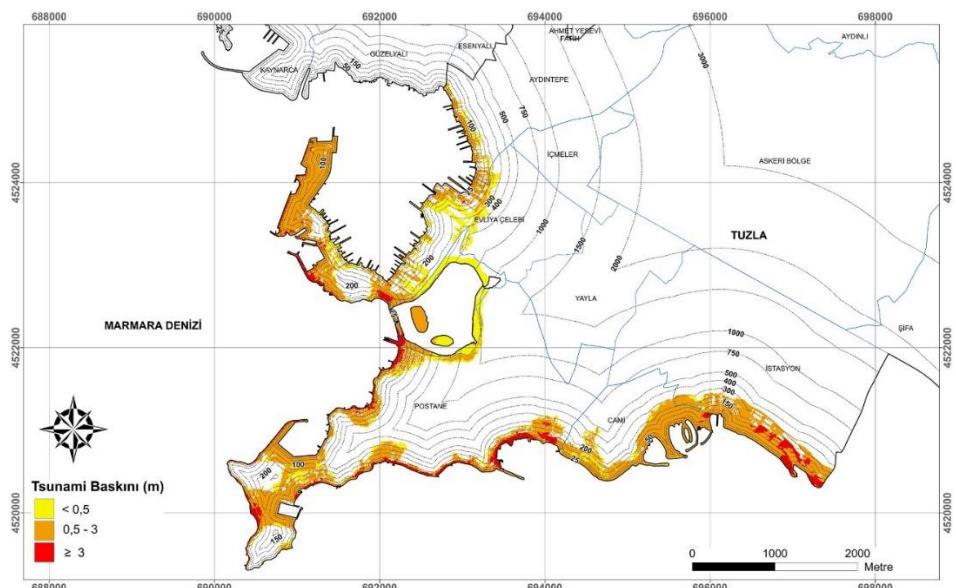
	Etkilenen Birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo
İstasyon	0.93	0.00	0.00	23.63	0.00	3.13	0.00	
Aydın tepe	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	8.75	0.00	
Cami	3.26	-	0.00	-	-	7.55	0.00	
Evliya Çelebi	0.51	0.00	41.67	66.67	39.80	8.57	12.50	
Postane	8.67	11.90	5.88	0.00	0.00	23.08	5.26	
İlçe Toplamı	1.45	2.17	3.85	1.80	15.50	3.21	0.99	



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

4.2. Tuzla İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

LSY ve LSBC heyelan bölgelerinin yapılan sayısal modelleme çalışmalarında, Tuzla (LST) heyelana göre daha geniş baskın alanı ve daha yüksek akım derinliği oluşturduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, Tuzla heyelani sayısal modelleme çalışmalarında kullanılmış, ancak ilçe bazlı tsunami baskın analizerinde LSY ve LSBC heyelanelerine bağlı tsunami etkileri karşılaştırılarak ele alınmıştır. Benzetim sonuçlarına göre, Tuzla ilçesi için en kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryosunun Yenikapı kaynaklı deniz altı heyelani (LSY) olduğu hesaplanmıştır Yukarıda belirtildiği şekilde tsunami kaynağı olarak LSY kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Tuzla ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 11.15 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 700 metreye ulaşmaktadır.

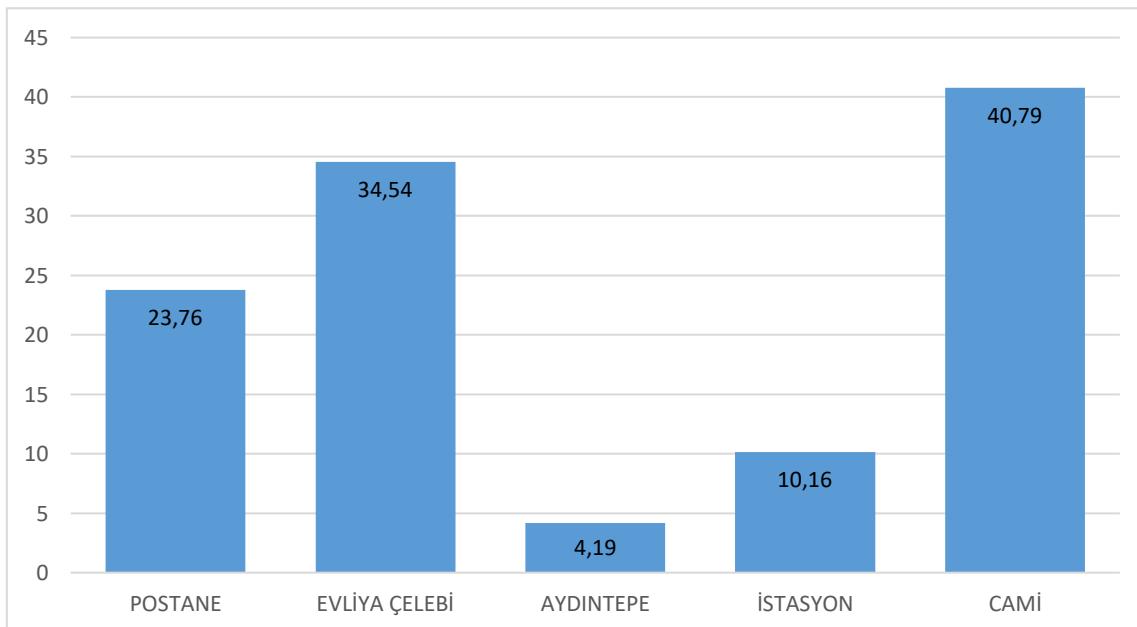


Şekil 8: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Tuzla ilçesinde Doğandere ve Tuzla Deresi yataklarında su ilerlemesi görülmüştür. Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunami de 3.03'ünü kapsayan 3.78 km²'lik bir alanda ve 5 mahallede tsunami su baskını öngörümektedir. Tsunami su baskını alanının Tuzla ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 4 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak en yüksek su basma alanının görüldüğü mahalle %40.79 ile Cami Mahallesi'dir. Bu değeri %34.54 ve %23.76 ile sırasıyla Evliya Çelebi ve Postane mahalleleri takip etmektedir. İlçe genelinde su basma derinliğinin en yüksek hesaplandığı mahalle ise noktasal olarak 11.15 m ile Postane Mahallesi'dir. Bu değeri 9.14 m ile Evliya Çelebi Mahallesi takip etmektedir.

Tablo 4: Tuzla 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 %
CAMI	4.85	1.57	528.750	1.296	40.79
EVLİYA ÇELEBİ	9.14	1.41	1.068.275	3.093	34.54
POSTANE	11.15	1.70	1.247.900	5.252	23.76
İSTASYON	5.44	2.15	517.775	5.095	10.16
AYDINTEPE	4.31	1.11	120.700	2.879	4.19



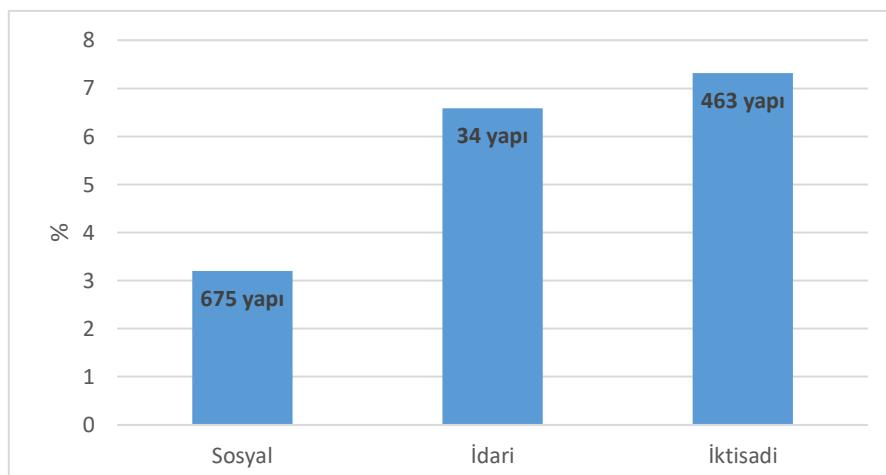
Şekil 9: Tuzla İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)

LSY kaynaklı olası bir tsunami de Tuzla ilçesi içinde bulunan 29.398 yapıdan 1.222'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 1.172'si 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'de verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSY kaynaklı olası bir tsunamiye Evliya Çelebi Mahallesi'nde, İktisadi yapı grubunda bulunan fabrikaların %100'unun, İmalat binalarının ise %61.19'unun, İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binaların %45.83'unun suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Camii Mahallesi'ndeki İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binaların ise %42.86'sı suyla temas ederken İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların %39.62'sinin suyla teması bulunmaktadır. Postane Mahallesi'nde İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların ise %44.44'ü, İdari yapı grubu içinde bulunan okul binalarının %42.86'sı suyla temas etmiştir.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Tuzla ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %3.2'si, İdari yapıların %6.59'u ve İktisadi yapıların ise %7.31'i su basmasından etkilenmektedir.



Şekil 10: Tuzla İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)

Tablo 5: Tuzla İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)

İlçe Genel	Sosyal	İdari		İktisadi				Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	
İSTASYON	1.070	4	9	182	20	64	21	1.435
AYDINTEPE	965	24	14	20	75	297	17	1.634
CAMİ	829	-	7	-	-	53	6	931
EVLİYA ÇELEBİ	583	9	24	3	201	385	24	1.292
POSTANE	3.067	42	17	32	18	117	19	3.416
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	21.116	230	286	2.502	555	2.870	403	29.398 (ilçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
İSTASYON	10	0	1	52	0	2	0	65
AYDINTEPE	0	0	0	0	14	58	1	73
CAMİ	110	0	3	0	0	21	1	135
EVLİYA ÇELEBİ	4	0	11	3	123	129	3	273
POSTANE	551	18	1	0	0	52	4	626
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	675	18	16	55	137	262	9	1.172 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 1.222 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	
İSTASYON	0.93	0.00	11.11	28.57	0.00	3.13	0.00	
AYDINTEPE	0.00	0.00	0.00	0.00	18.67	19.53	5.88	
CAMİ	13.27	-	42.86	-	-	39.62	16.67	
EVLİYA ÇELEBİ	0.69	0.00	45.83	100.00	61.19	33.51	12.50	
POSTANE	17.97	42.86	5.88	0.00	0.00	44.44	21.05	
İlçe Toplamı	3.20	7.83	5.59	2.20	24.68	9.13	2.23	

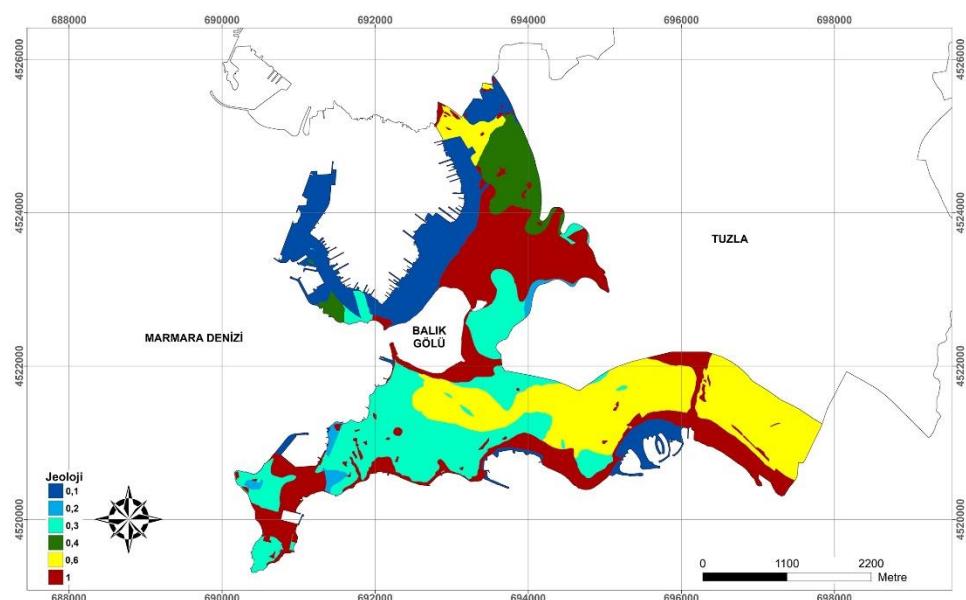
5. TUZLA İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin Anadolu yakasında Marmara kıyısında 40,80-40,97 K ve 29,28-29,45 D koordinatları arasında yer alan Tuzla ilçesi $123,64 \text{ km}^2$ yüz ölçümüne sahiptir. Tuzla ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik

5.1.1. Jeoloji

Tuzla ilçesi uygulama alanı sınırları içerisinde 8 ana jeolojik birim vardır. Bu birimler: Güncel Birikintiler- Qg (Alüvyon-Qal, Plaj birikintisi-Qp, Kuşdili formasyonu-Qkş, Alüvyon ve Kuşdili formasyonu-Qal+Qkş, Bataklıkbt), Denizli Köyü Formasyonu (Ayineburnu üyesi- DCda, Yörükali üyesi-DCdy Tuzla kireçtaşı üyesi-DCdt), Sultanbeyli Formasyonu-Ts (Orhanlı üyesi-Tso), Pendik Formasyonu-Dp (Kartal üyesi- Dpk), Pelitli Formasyonu-SDp (Dolayoba üyesi-SDpd, Sefadası kireçtaşı üyesi-SDps, Soğanlık kireçtaşı üyesi- SDpsğ), Yayalar Formasyonu-Osy (Gözdağ üyesi- Osyg, Şeyhli üyesi-Osyş), 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 6'da verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Tuzla ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 11'de gösterilmiştir.



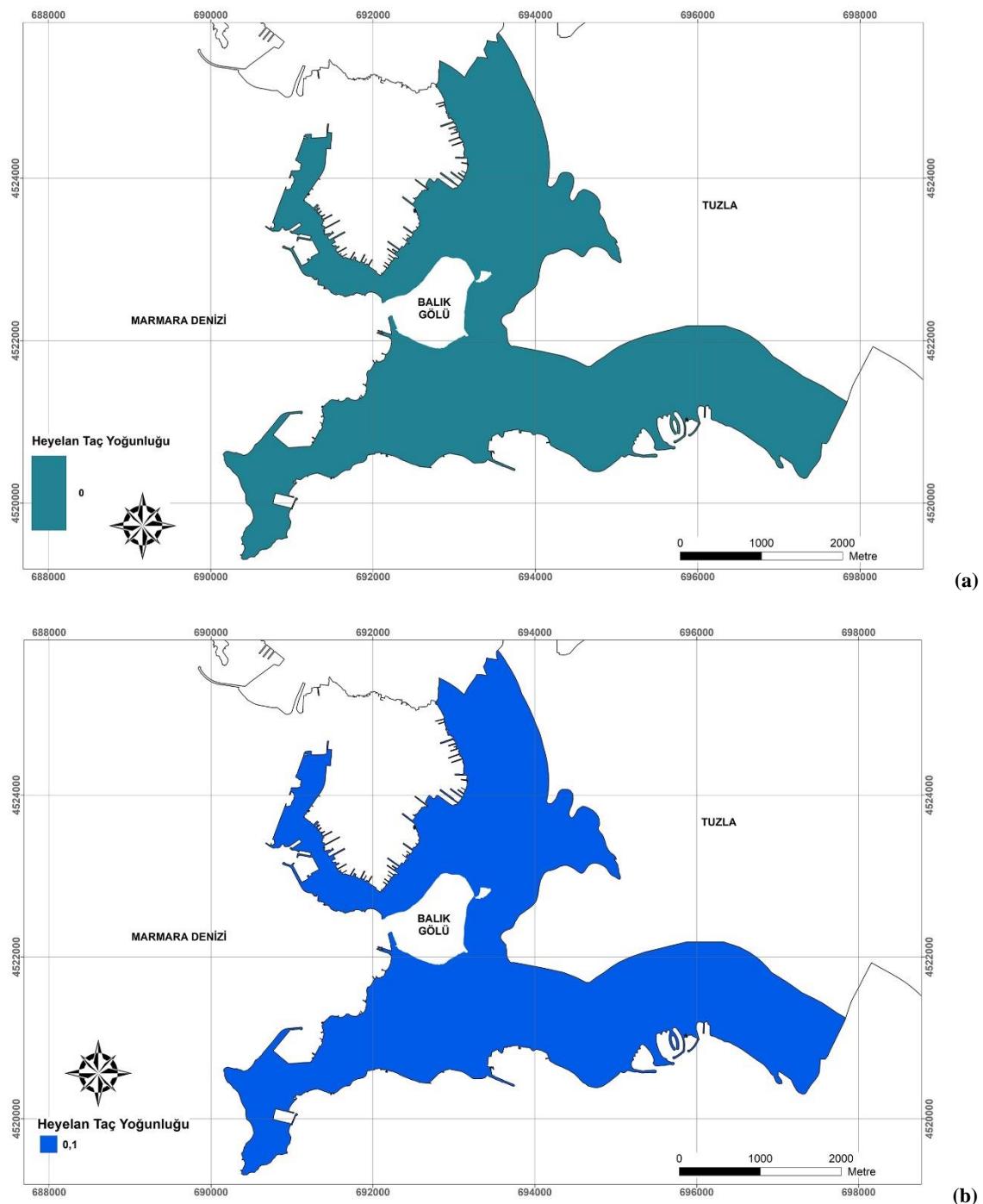
Şekil 11: Jeoloji Katmanın Sınıflandırılmış Haritası

Tablo 6: Tuzla 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
		bt	Bataklik	1
		Qp	Plaj Birikintisi	1
		Qkş	Kuşdili formasyonu	1
Geç Miyosen	Ts (Sultanbeyli Formasyonu)	Tso	Orhanlı üyesi	0,6
Geç Kratese – Erken Tersiyer	dyk-KTy	Yakacık Magmatik kompleksi		0,2
Geç Devoniyen – Erken Karbonifer	DCd (Denizli Köyü Formasyonu)	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)	Dpkz	Kozyatağı üyesi	0,2
		Dpk	Kartal üyesi	0,3
Geç Silüriyen – Erken Devoniyen	SDp (Pelitli Formasyonu)	SDps	Sedefadası kireçtaşı üyesi	0,4
		SDpd	Dolayoba üyesi	0,4
Geç Ordovisen – Erken Silüriyen	Osy (Yayalar Formasyonu)	Osyş	Şeyhli üyesi	0,1
		Osyg	Gözdağ üyesi	0,3

5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu

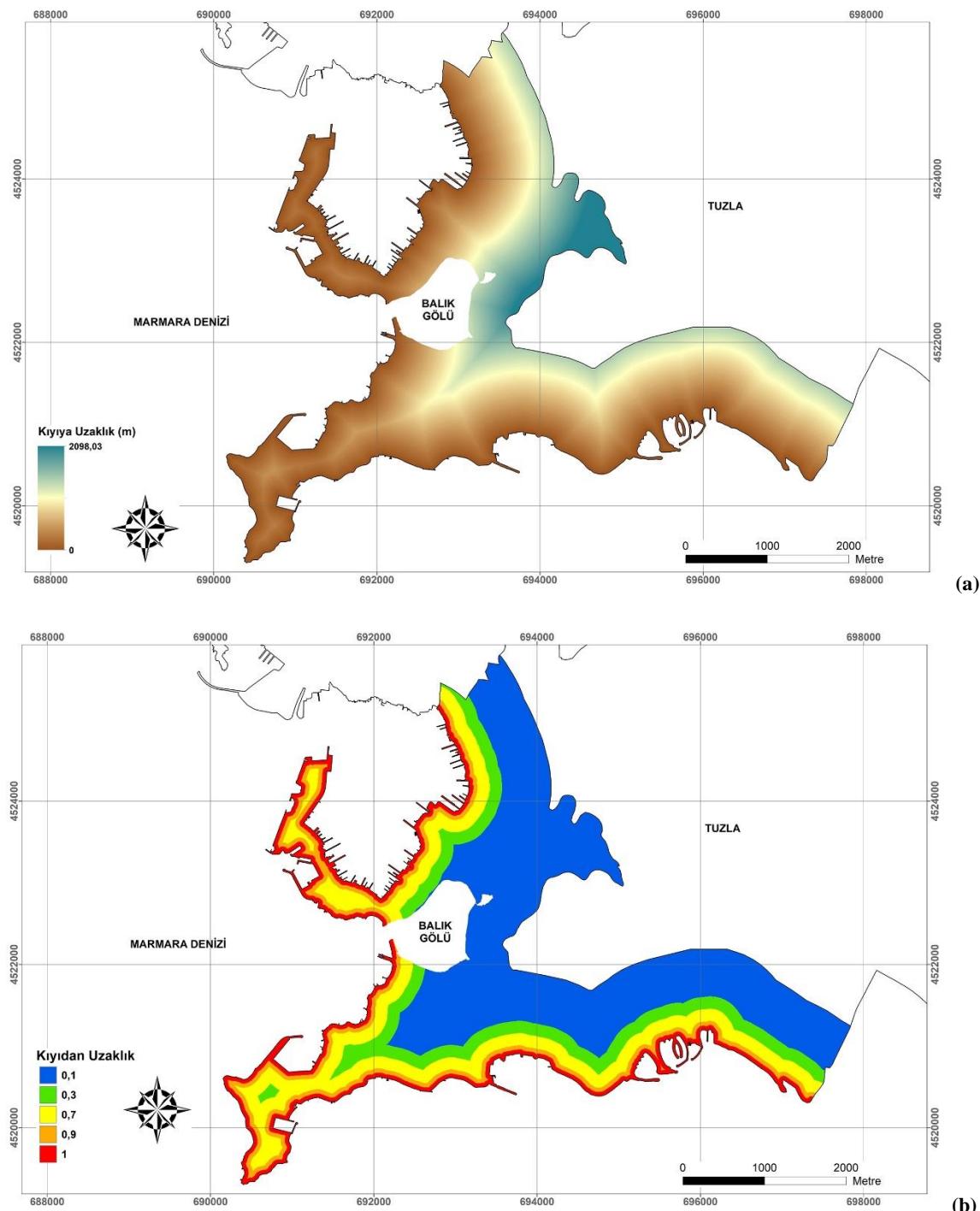
Tuzla ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 6'da sunulmuştur.



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

5.1.3. Kıyıdan Uzaklık

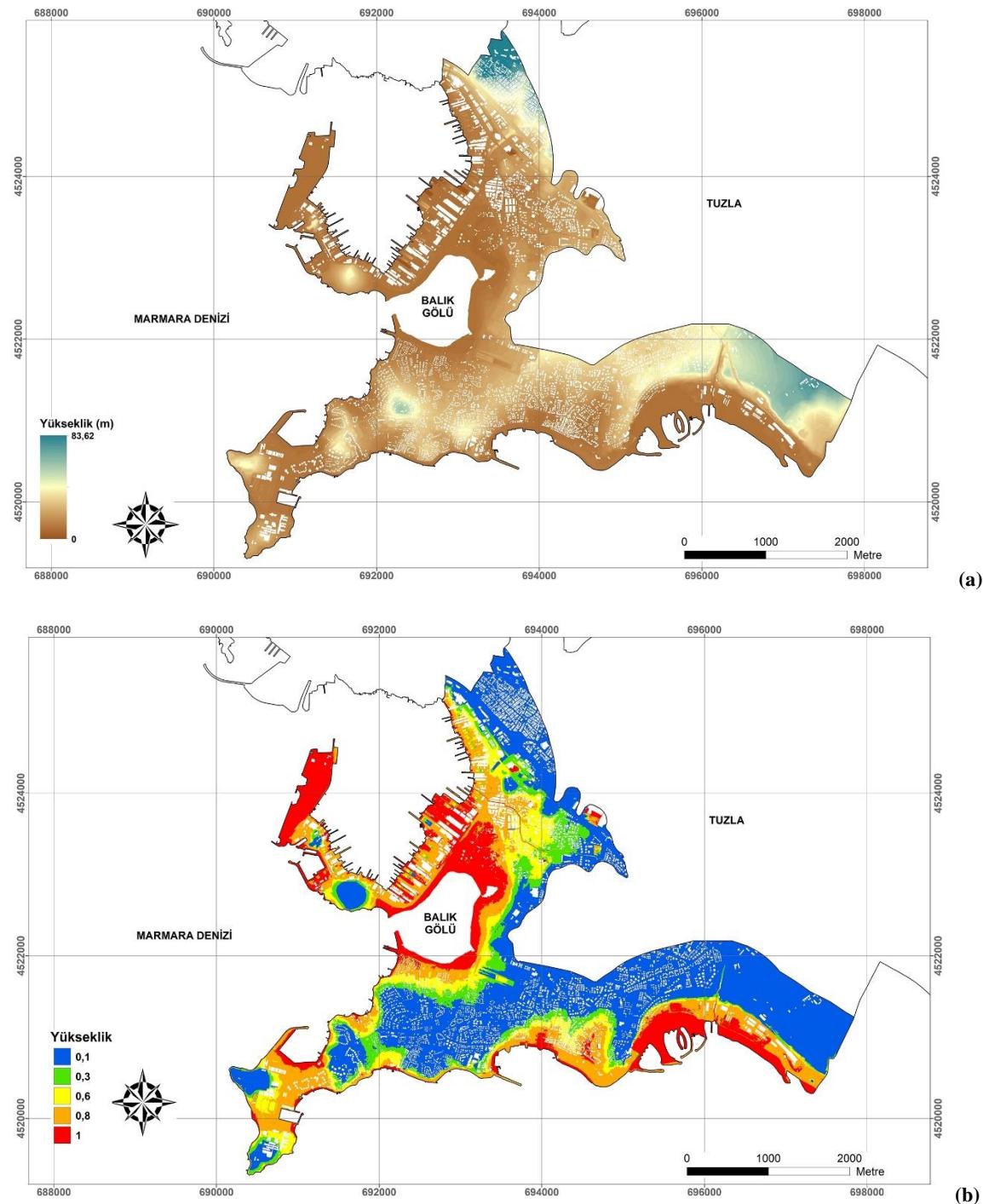
Tuzla ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 13'de sunulmuştur.



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

5.1.4. Yükseklik

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

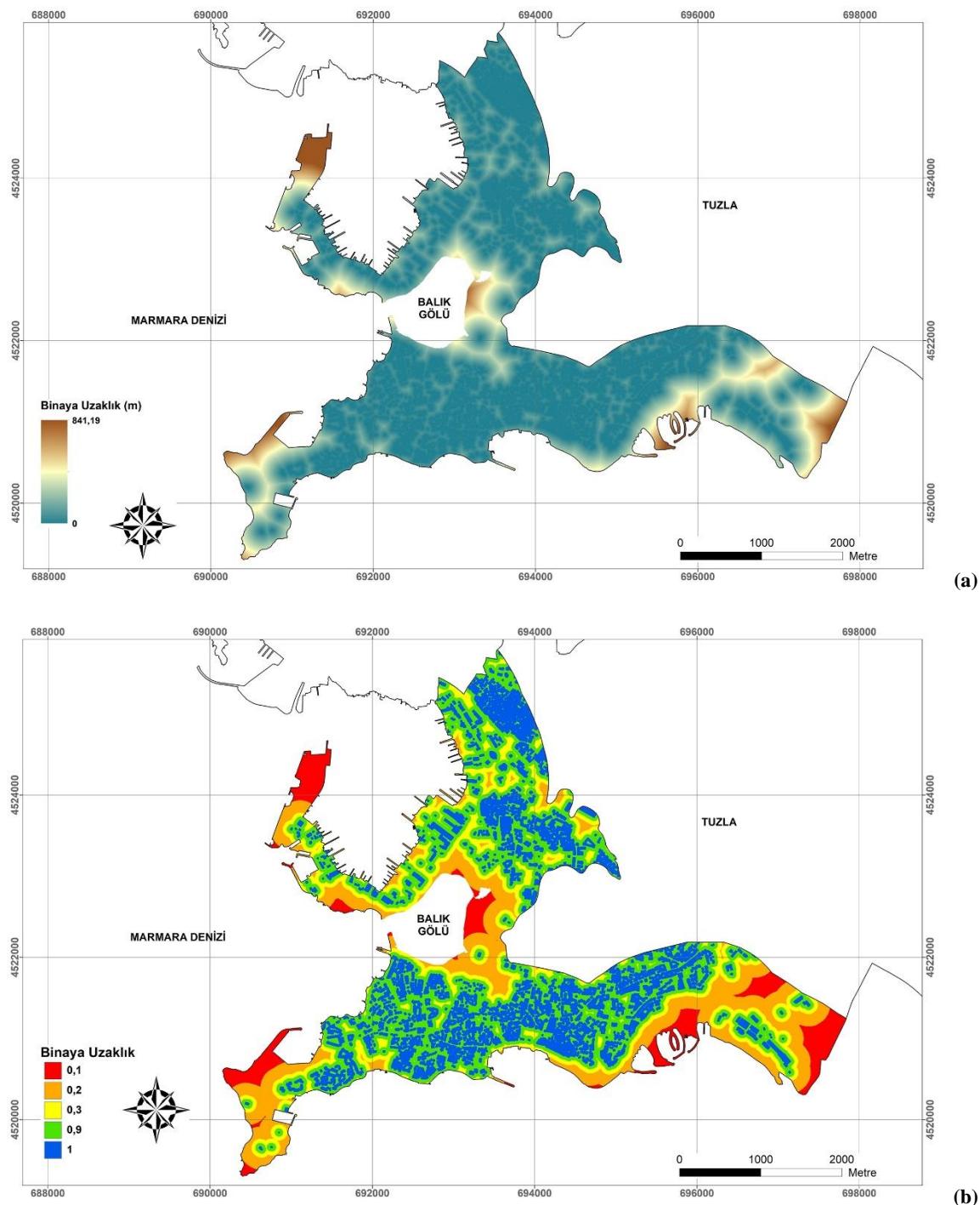


Şekil 14: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası. b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2. Tahliye Esnekliği

5.2.1. Binaya Uzaklık

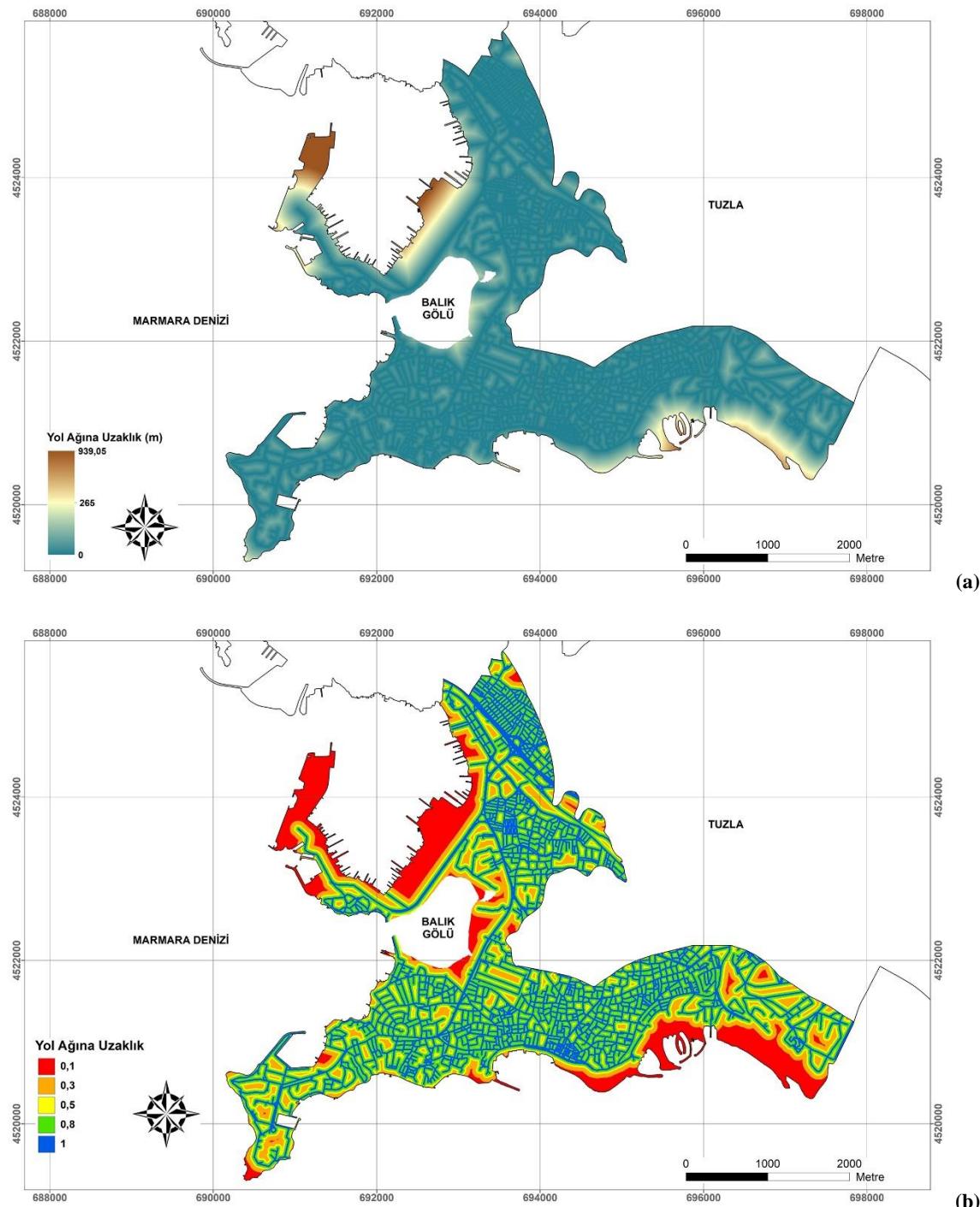
Tuzla ilçesi uygulama alanı binaya uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'de sunulmuştur.



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

5.2.2. Yol Ağına Uzaklık

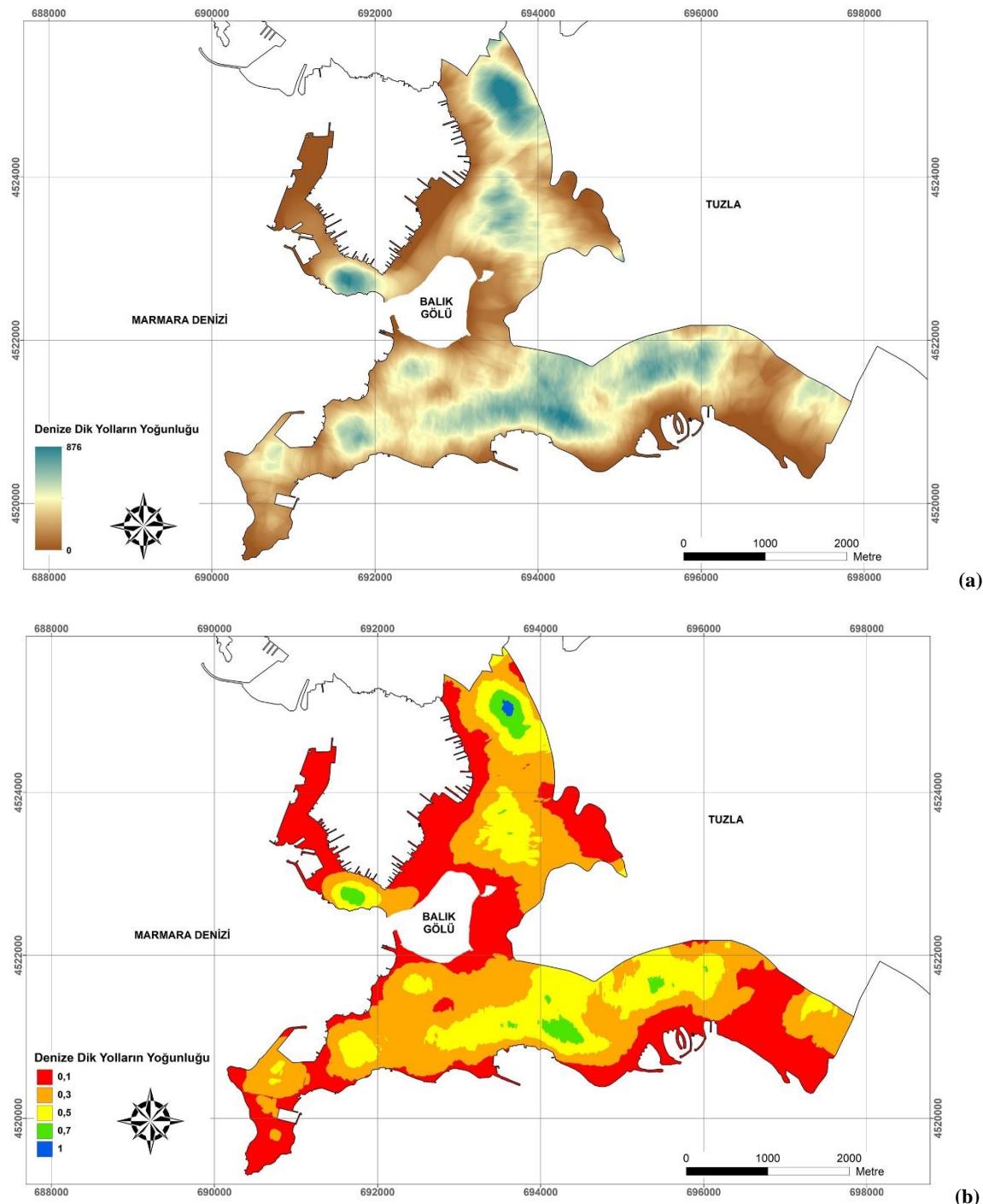
Tuzla ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.



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

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

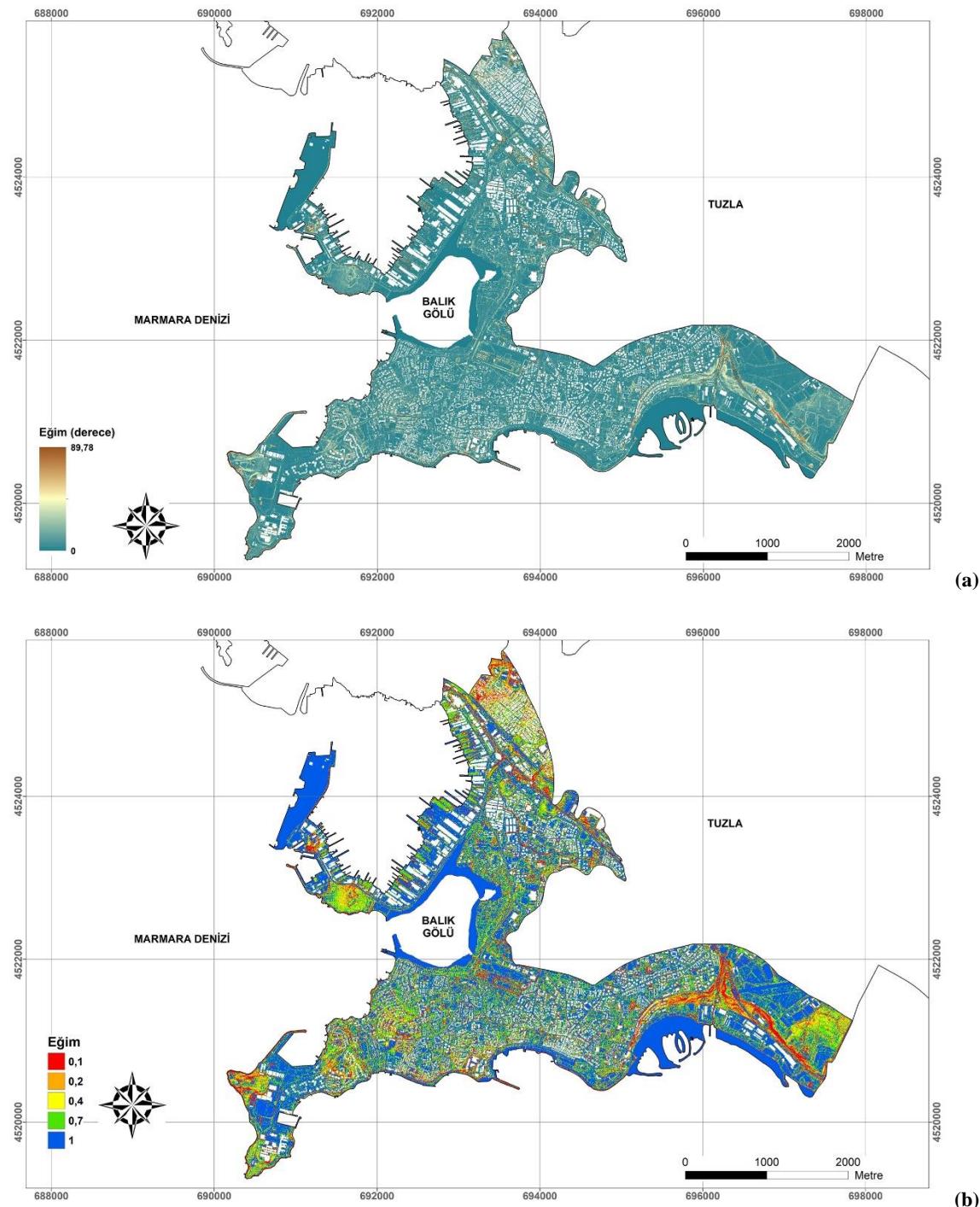
Tuzla ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 17'de sunulmuştur.



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

5.2.4. Eğim

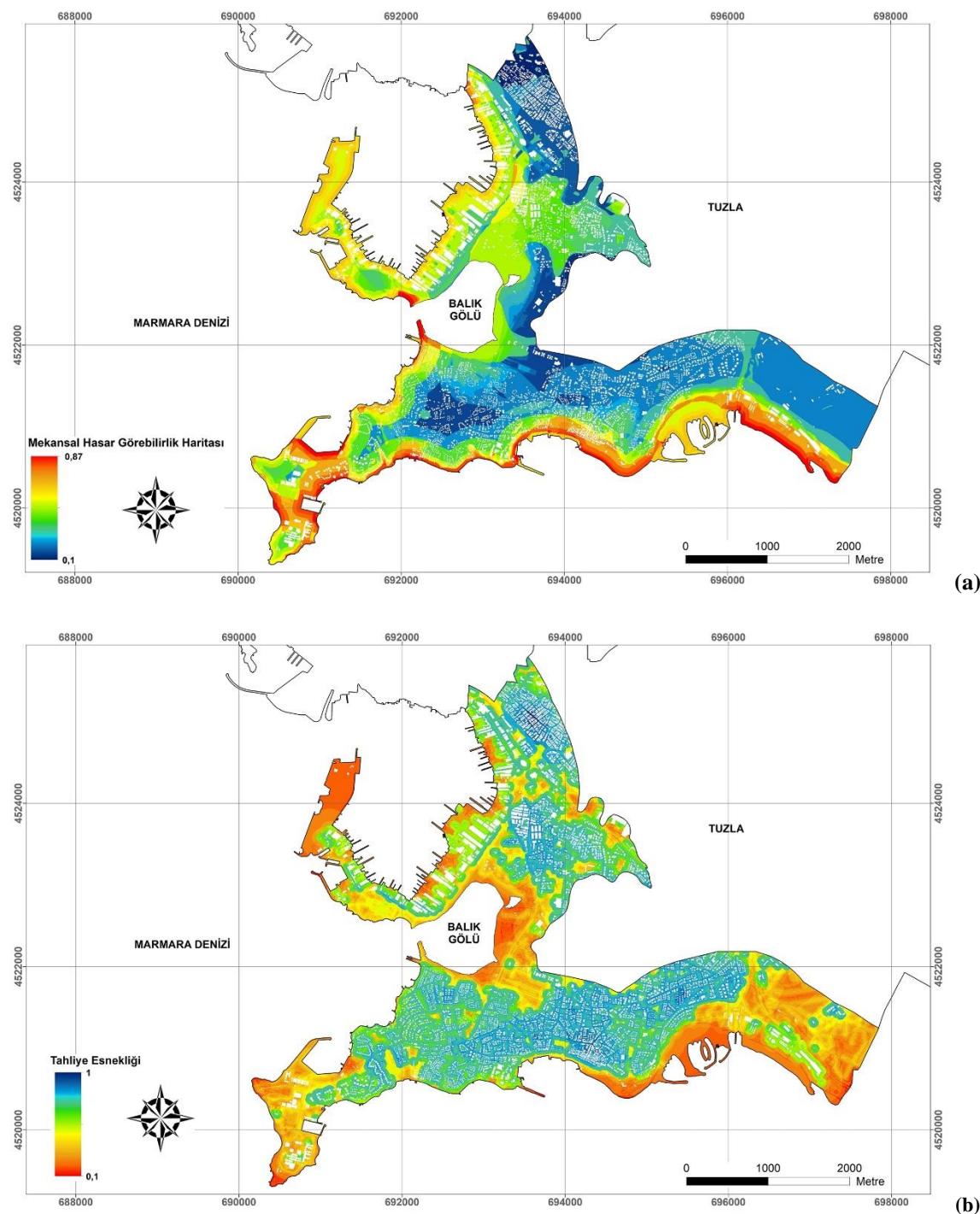
Tuzla ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 18'de sunulmuştur.



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

5.3. Tuzla İlçesi Methuva Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

Tuzla 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 Tuzla ilçesi için Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği haritaları üretilmiştir (Şekil 19).



Şekil 19: Tuzla Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası

b) Tahliye Esnekliği Haritası

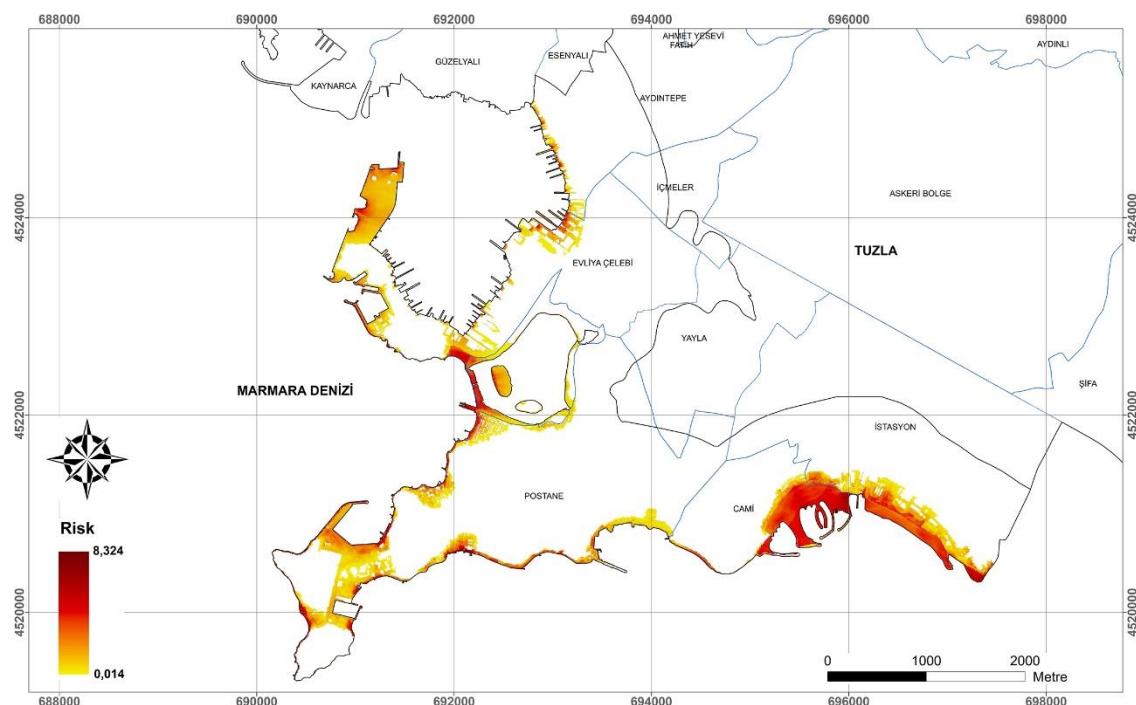
6. TUZLA İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ

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

6.1.Tuzla İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

Tuzla ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası Şekil 20'de verilmiştir. Bu harita üretilirken, yukarıda açıklandığı şekilde Tuzla ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağı olarak PIN tsunami kaynağı kullanılmıştır.

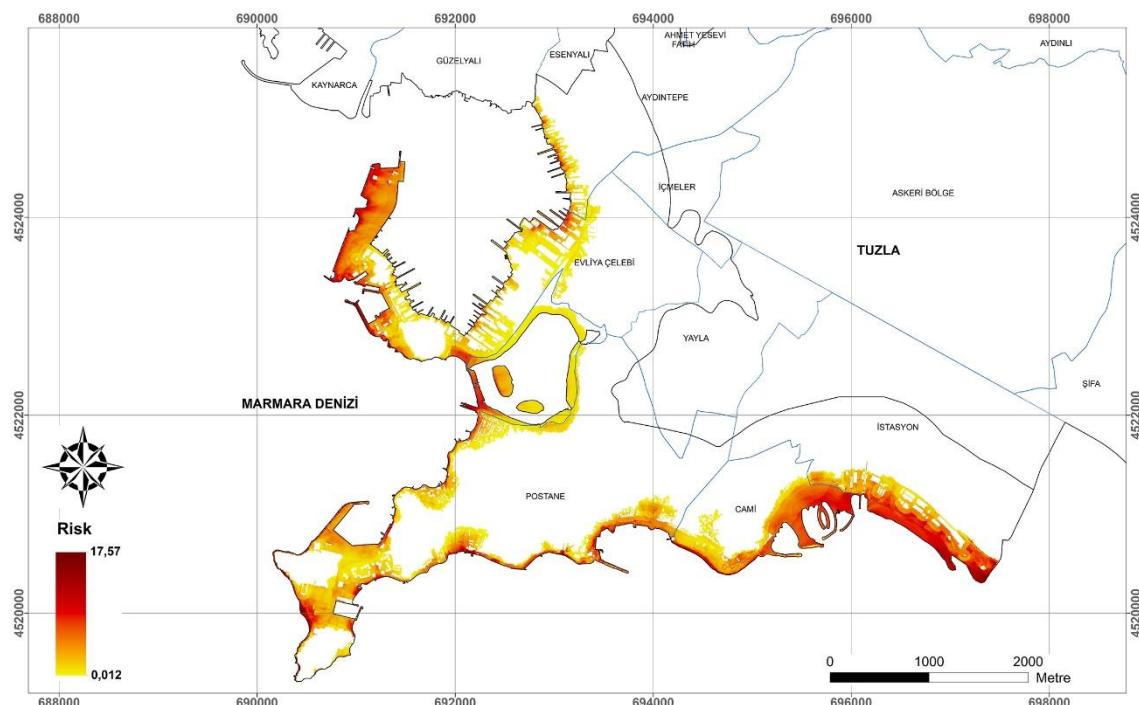
Tuzla İlçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Cami Mahallesi'nin doğu ve orta kıyısı ile İstasyon Mahallesi'nin batı ve güney kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Evliya Çelebi Mahallesi'nin en güney kıyısı ile Postane Mahallesi'nin en kuzey ve güney-doğu kıyısı takip etmektedir.



Şekil 20: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2.Tuzla İlçesi Deniz Altı Heyeları Kaynaklı Risk Haritası

Tuzla ilçesi uygulama alanı için Yenikapı Deniz Altı Heyeları (LSY) kaynaklı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuş ve Şekil 21'de verilmiştir. Bu harita üretilirken, yukarıda açıklandığı şekilde Tuzla ilçesi için en kritik deniz altı heyeları tsunami kaynağı olarak LSY kullanılmıştır. Tuzla ilçesi uygulama alanı için LSY kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin İstasyon Mahallesi'nin batı ve güney kıyısı ile Evliya Çelebi Mahallesi'nin batı kıyısı olduğu öngörmektedir. Bu bölgeleri Postane Mahallesi'nin en kuzey kıyısı, batı kıyısının orta bölümü ve güney kıyısı ile Cami Mahallesi'nin batı ve orta-batı kıyısı takip etmektedir.



Şekil 21: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

7. TUZLA İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI

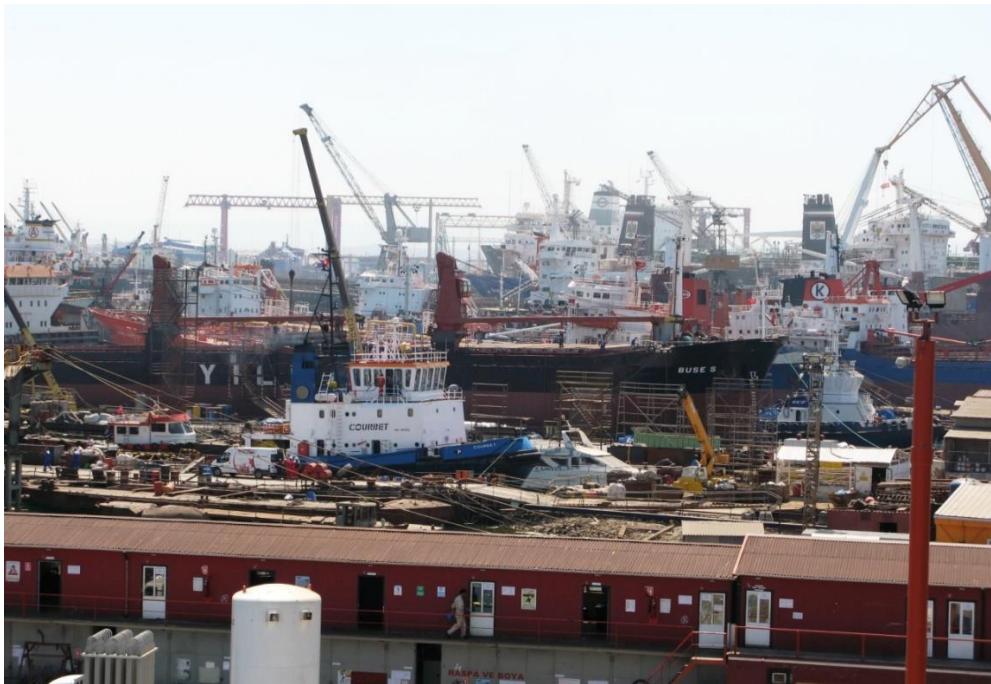
Olası Marmara depreminde oluşabilecek tsunami(ler) nedeniyle İstanbul kıyılarında meydana gelebilecek kayıp ve hasarların önceden kestirilmesi, tsunami hasar görebilirlik ve risk analizlerinin yapılması amacı ile 2018 yılında tamamlanan İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik 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 Tuzla ilçesi için önerilen adımlar alt başlıklarda sunulmuştur.

Tuzla ilçesi sahil şeridi İstanbul Anadolu yakasının diğer ilçelerinin aksine sahil şeridinde bulunan askeri tesisler, tersane, liman, marina ve yanaşma yerleri nedeniyle yaya kullanımına müsait değildir. Marmara Denizi'nde oluşabilecek hem sismik aktiviteye bağlı hem de deniz altı heyelanına bağlı tsunami senaryolarında ilçenin sahil kısımlarının hemen hemen aynı etkiye maruz kalacağı düşünülmektedir. Ancak deniz altı heyelanı kaynaklı senaryoda bazı alanlarda dalga tırmanmasının yüksek değerlerde olacağı öngörmektedir. Bölgede Tuzla marina ve içerisindeki alışveriş yerleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Tuzla tersanesi ise ülkemizde en önemli tersanelerden biridir. Ayrıca İlçe sınırları içerisinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'na bağlı eğitim merkezi de yer almaktadır. Tuzla ilçesinde tsunamiden etkilenenecek alanlar için önlem önerileri nüfus yoğunluğu açısından ve stratejik açıdan olmak üzere iki başlıkta anlatılmıştır.

7.1. Stratejik Açıdan Alınması Gereken Önlemler

7.1.1. Tuzla Tersane Bölgesi

Tuzla tersaneler bölgesi, ülkemizin en gelişmiş tersanelerinin yer aldığı, büyük boyutta inşaatlarının yapıldığı önemli bir tersane olması nedeniyle stratejik açıdan önemlidir (Şekil 22). Yapılan analizlerde deniz altı heyelanına bağlı tsunami dalgalarının tersane dalgakıranlarını aşarak tersane içerisinde olacağı öngörmektedir. Tersanenin stratejik yapısı nedeniyle dalgakıran kret kotlarının yeniden tasarlannarak yükseltilmesi tsunami kaynaklı dalgaların etkilerini azaltmada faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca tersane yetkilileri ve personelinin önlemler ve tahliye konusunda bilgilendirilmesi sağlanmalıdır.



Şekil 22: Tuzla Tersaneler Bölgesi

7.1.2. Deniz Harp Okulu

Deniz Harp Okulu Deniz Kuvvetleri için nitelikli personel yetiştirme merkezi olması nedeniyle stratejik açıdan önemlidir. Yerleşke içerisinde tsunami dalgalarının erişemeyeceği yükseklikteki bölgelerin tahliye yerleri olarak kullanılması planlanmalıdır.

7.2. Nüfus Yoğunluğu Açıından Alınması Gereken Önlemler

Tuzla ilçesinde Sahilyolu Caddesi ve çevresinde çok sayıda restoran, kafe ve ticari işletmeler yer almaktır olup yayalar tarafından sık kullanılmaktadır. Piri Reis Üniversitesi'ne ait gemide kampüs olarak eğitim verildiği, halk plajlarının bulunduğu ve gün içinde yoğun kullanılan bölgeler arasındadır (Şekil 23a). Bölgede tsunami dalgalarının erişemeyeceği yüksek yerlerin tahliye amacı ile kullanılması planlanmalıdır. Bölgedeki plajlarda ise dikey tahliye yapısı planlanması düşünülmeliidir (Şekil 23b). Plajlarda dikey tahliye için yeterli imkân sağlanamayacağı durumda, dalgaların erişemeyeceği yüksek kotlara ulaşımı kolaylaştıran merdiven tip yapılar inşa edilmeli, çevredeki betonarme yapıların uygun olanları tsunami afeti durumunda dikey tahliye olarak kullanılması planlanmalıdır.



Şekil 23: a) Tuzla Sahil Yolu, b) Tuzla Bölgesi Plajlarından Görüntü

Bölgede yer alan Tuzla Marina ve bu marina çevresinde alışveriş merkezleri, kafeler, restoranlar, eğlence yerleri bulunmaktadır (Şekil 24). Alan bu özellikleri nedeniyle ilçenin yeni cazibe merkezi durumuna gelmiştir. Dolayısıyla günün büyük bir bölümünde çok sayıda vatandaş tarafından yoğun biçimde kullanılmaktadır. Olası deniz altı heyelanına bağlı olarak söz konusu alanda dalga yüksekliğinin marina içerisinde yüksek değerlere ulaşacağı öngörülmektedir. Ancak marina ve çevresindeki alışveriş merkezinin bütünsel yapıda olması, çalışanlara verilecek eğitimlerle önceden belirlenecek tahliye alanlarına erişebilirliği artttıracağı düşünülmektedir. Ayrıca panolarla ve yönlendirme tabelalarıyla tahliye işlemleri daha işlevsel bir hale getirilmelidir. Marina içerisindeki deniz taşıtlarında oluşabilecek zararları ve can kaybını önlemek ise tsunami dalgası geliş istikametine göre gerekliyse yeni dalgakıran inşası planlanmalı veya mevcut koruma yapıları iyileştirilmelidir.



Şekil 24: Tuzla Marina

7.3. Tuzla İlçesi Tsunami Bilgi Haritası

Yukarıda belirtilen bilgiler ve önerilerin yer aldığı ve Tuzla İlçesi'ne özel olarak A0 boyutunda örnek bir poster hazırlanmıştır. Bu posterde sismik aktiviteye bağlı ve deniz altı heyelani sebebi ile oluşabilecek tsunami baskın alanları ile olası bir tsunamiye karşı hazırlık olarak yapılması gerekenler tahliye rotaları, bilgi ve yönlendirme pano yerleri ile diğer önlemler yer almaktadır. Bu bilgiler daha çok hazırlık çalışmalarına yol gösterici özellikte olup, ilerleyen dönemde alınan önlemlerin bu haritaya işlenmesi ile geliştirilecek ve güncel sürümleri halkın bilinçlendirilmesi için de kullanılabilecektir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tuzla ilçesi sahil şeridi İstanbul Anadolu yakasının diğer ilçelerinin aksine sahil şeridinde bulunan askeri tesisler, tersane, liman, marina ve yanaşma yerleri nedeniyle yaya kullanımına müsait değildir. Marmara Denizi'nde oluşabilecek hem sismik aktiviteye bağlı hem de deniz altı heyelanına bağlı tsunami senaryolarında ilçenin sahil kısımlarının hemen hemen aynı etkiye maruz kalacağı düşünülmektedir. Ancak deniz altı heyelanı kaynaklı senaryoda bazı alanlarda dalga tırmanmasının yüksek değerlerde olacağı öngörmektedir. Bölgede Tuzla marina ve içerisindeki alışveriş yerleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Tuzla tersanesi ise ülkemizde en önemli tersanelerden biridir. Ayrıca İlçe sınırları içerisinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'na bağlı eğitim merkezi de yer almaktadır. Tuzla ilçesinde tsunamiden etkilenen alanlar için önlem önerileri nüfus yoğunluğu açısından ve stratejik açıdan olmak üzere iki başlıkta anlatılmıştır.

Stratejik açıdan bakıldığından ilçe sınırları içinde yer alan tersane ve deniz harp okulunun spesifik yaklaşımalarla ele alınmasında fayda görülmektedir. Tersanede yapısal önlemler ile tsunami baskınının etkisinin en aza indirgenmesi, harp okulunda ise tahliye odaklı bir yaklaşım benimsenerek, güvenli bölgelerin belirlenmesi ve bu doğrultuda tahliye planlarının gerçekleştirilebilmesinde stratejik olarak büyük fayda olduğu değerlendirilmektedir.

Kullanım ve nüfus yoğunluğu açısından değerlendirildiğinde Tuzla ilçesinde Sahilyolu Caddesi ve çevresi ile Tuzla Marina ve çevresi cazibe merkezleri olarak ön plana çıkmaktadır. Bu alanlar plaj, rekreatif, alışveriş merkezleri, restoran ve kafe gibi tesisler ile toplumun yoğun olarak faydalandığı ve vakit geçirdiği mekanlardır. Sahilyolu Caddesi çevresindeki alanda öncelikli önlemin tahliye esnekliğinin artırılması olduğu değerlendirilmektedir. Bu kapsama hem sahil bölgesinden nispeten yüksek kotlu iç alanlara erişimi kolaylaştıracak geçiş mümkün sağlayacak güzergahların belirlenmesi ve uygulanması; hem de dikey tahliyeye yönelik spesifik çözümler üretilmesinde fayda vardır.

Marina bölgesinde ise olası deniz altı heyelanına bağlı olarak dalga yüksekliğinin marina içerisinde yüksek değerlere ulaşacağı öngörmektedir. Ancak marina ile çevresindeki alışveriş merkezinin bütünsel yapıda olması, çalışanlara verilecek eğitimlerle önceden belirlenecek tahliye alanlarına erişebilirliği artıracığı düşünülmektedir. Ayrıca panolarla ve yönlendirme tabelalarıyla tahliye işlemleri daha işlevsel bir hale getirilmelidir. Marina içerisindeki deniz taşıtlarında olusablecek zararları ve can kaybını önlemek için ise tsunami dalgası geliş istikametine göre gerekliyse yeni dalgakıran inşası planlanmalı veya mevcut koruma yapıları iyileştirilmelidir.

Sonuç itibariyle bu raporda yer alan önlemler değerlendirilirken saha özelindeki tesisler ve kullanım türleri alınarak projelendirme yapılması gerekmektedir. Yapısal ve yapısal olmayan nitelikteki tüm bu çalışmalar başta toplum olmak üzere paydaşların konuya ilgili farkındalık seviyesini artıracak eylemler ile desteklenmelidir. Risk azaltmaya yönelik bu eylemlerde başta İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve İlçe 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)

