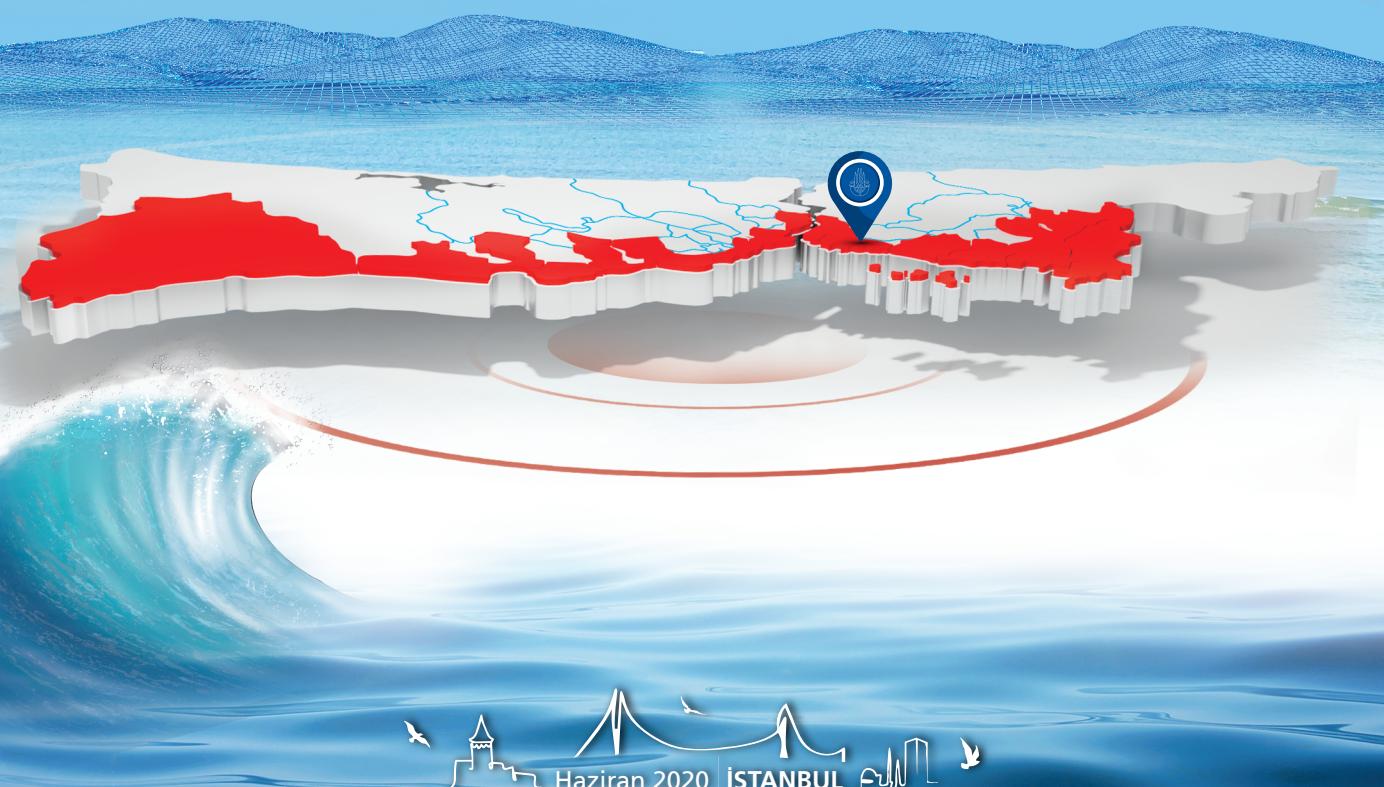




KADIKÖY

TSUNAMI RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI





**iSTANBUL
SENİN**



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

KADIKÖY 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 Kadıköy 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, gerçekleştiğinde ise afet boyutunda kayıplara neden olabilecektir. Dolayısıyla bu depreme, sadece İBB olarak değil siyaset üstü bir yaklaşım ile merkezi idare, İstanbul Valiliği, ilçe belediyeleri, STK'lar, üniversiteler gibi bütün paydaşlar ile beraber hazırlanmalıyız. İstanbululluların geleceğe daha güvenle bakılmesi 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. KADIKÖY İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ	12
4.1. Kadıköy İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası	12
4.2. Kadıköy İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları	15
5. KADIKÖY İLÇESİ MeTHuVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ	22
5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik	22
5.1.1. Jeoloji	22
5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu	24
5.1.3. Kıyıdan Uzaklık	25
5.1.4. Yükseklik	26
5.2. Tahliye Esnekliği	27
5.2.1. Binaya Uzaklık	27
5.2.2. Yol Ağına Uzaklık	29
5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu	30
5.2.4. Eğim	31
5.3. Kadıköy İlçesi MeTHuVa Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları	32
6. KADIKÖY İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ	34
6.1. Kadıköy İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası	34
6.2. Kadıköy İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları	35
7. KADIKÖY İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI	37
7.1. Tsunami Riskinin Azaltılmasına Yönelik Alınması Gereken Önlemler	37
7.2. Kritik ve Stratejik Yapılar İçin Alınması Gerekli Önlemler	39
7.3. Kadıköy İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi	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	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: Kadıköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN)	13
Şekil 7: Kadıköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN)	15
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	15
Şekil 9: Kadıköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC)	16
Şekil 10: Kadıköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC)	18
Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	19
Şekil 12: Kadıköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)	20
Şekil 13: Kadıköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)	21
Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	23
Şekil 15: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	24
Şekil 16: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	25
Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	26
Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	28
Şekil 19: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	29
Şekil 20: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	30
Şekil 21: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	31
Şekil 22: Kadıköy Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası	33
Şekil 23: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası.....	34
Şekil 24: LSBC kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası.....	35
Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası.....	36
Şekil 26: a) Sahil Boyunca İzlenen Kıyı Koruma Yapıları, b) Yeşil Kuşak Uygulanabilecek Alanlar	38
Şekil 27: Kadıköy İlçe Sahilinde Yer Alan ve Özel Önlem Gerektiren Kritik Tesislerden Bazıları	39

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları	9
Tablo 2: Kadıköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN).....	13
Tablo 3: Kadıköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN)	14
Tablo 4: Kadıköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC)	16
Tablo 5: Kadıköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC).....	17
Tablo 6: Kadıköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY).....	19
Tablo 7: Kadıköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)	20
Tablo 8: Kadıköy Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri..	22

1. GİRİŞ

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

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

Bu doğrultuda, İstanbul genelinde yapılmış ilk çalışma 2007 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (İBB-DEZİM) tarafından gerçekleştirilen; "İstanbul Kıyılarını Etkileyebilecek Tsunami Dalgaları İçin Benzetim ve Hasar Görebilirlik Analizi Projesi" dir (İBB, OYO, 2007). Bu proje sonuçları, geliştirilen yerleşme uyunluk 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,

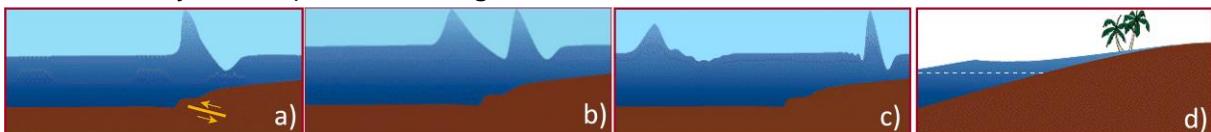
dünyada megakentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün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

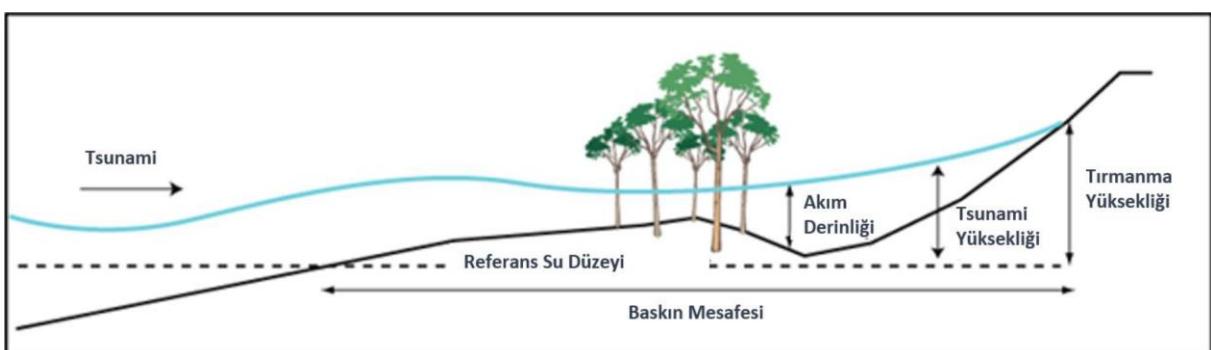
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan 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 ile d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Schematic 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 dâhil edilmiştir. Her ilçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri her tsunami senaryosu için ilgili alt 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.

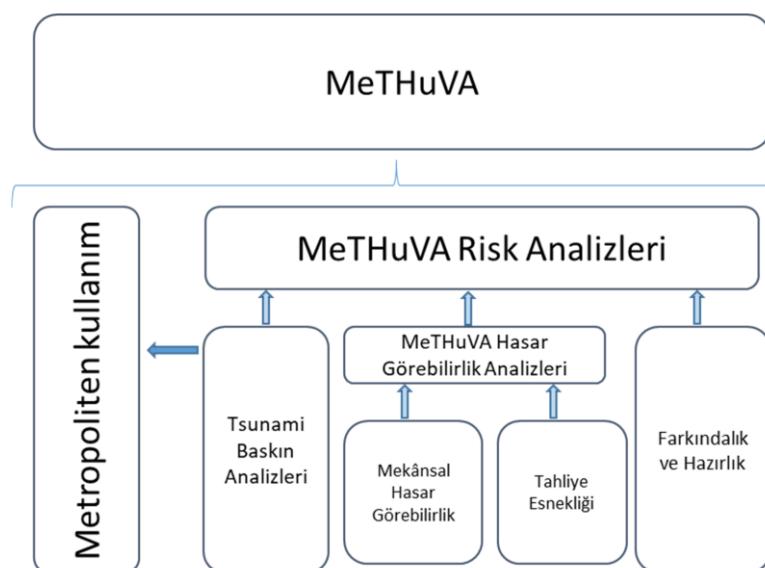
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

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

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

Son parametre ise bölge 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 etkileyecək şekilde dahil edilmiştir. MeTHuVA yöntemine göre, bu parametrenin değeri, diğer bir deyişle toplumun farkındalık ve hazırlıklı olma düzeyi arttıkça diğer parametrelere bağımlı olmaksızın risk seviyesi düşmektedir. MeTHuVA çalışma prensipleri ve İstanbul kıyıları için uygulanması ile ilgili olarak İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.



Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı



Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri

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

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

Bu denklemde, TB, tsunami benzetimleri sonucu elde edilen Tsunami Baskını'nı; MHG, Mekânsal Hasar Görebilirliği; TE, Tahliye Esnekliği'ni göstermektedir. Denklemdeki n parametresi ise bölge 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.

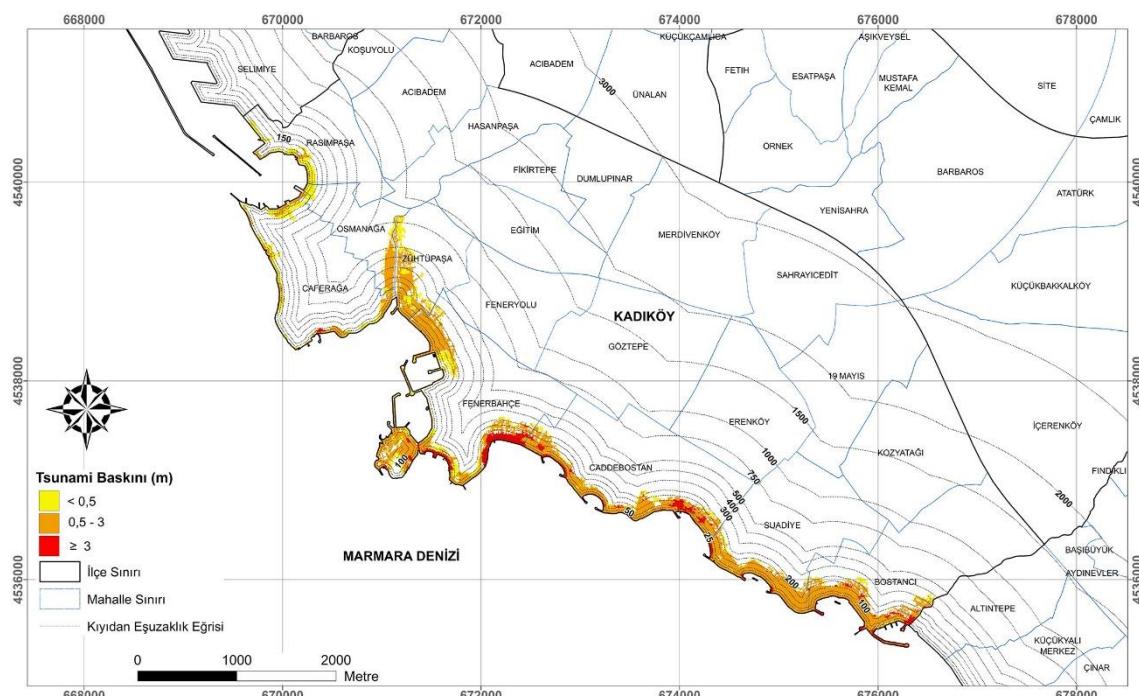
2004 Hint Okyanusu ve 2011 Tohoku felaketlerinin ardından tüm dünyada tsunami olayına karşı artan farkındalık ve 1999 İzmit depreminden sonra Marmara Denizi için gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası projeler gözetilerek bu projede İstanbul ilçeleri için uygun görülen "n" parametresi değeri 3 olarak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

4. KADIKÖY İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ

4.1. Kadıköy İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

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

PIN kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Kadıköy ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 7.79 metreye ulaşığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi dere yatakları boyunca yaklaşık 1.000 metreye ulaşmaktadır.



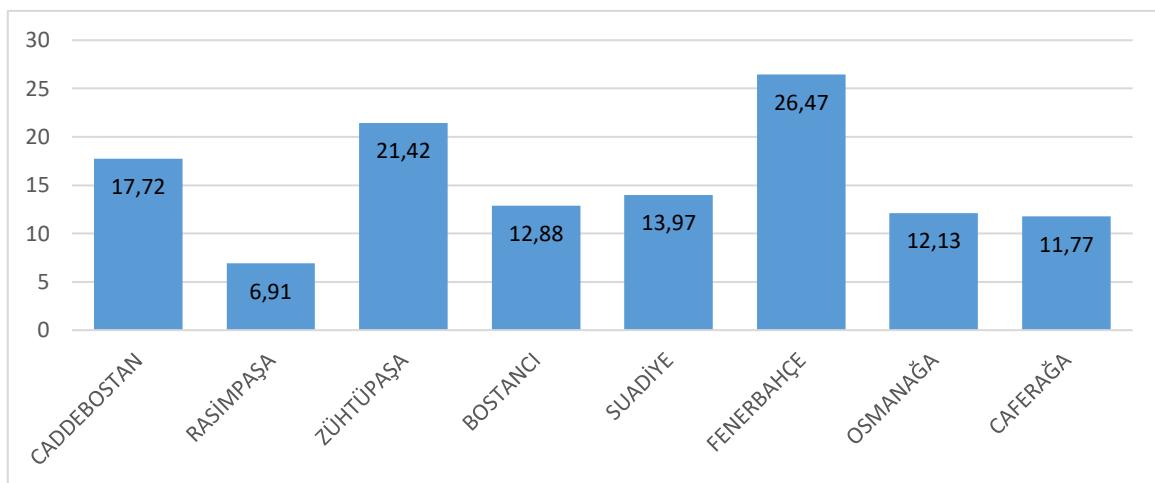
Şekil 5: PIN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Kadıköy ilçesinde özellikle Kurbağalıdere yatağında su ilerlemesi ve bundan kaynaklı taşıma görülmüştür.

Benzetim sonuçlarına göre, PIN kaynaklı olası bir tsunamide, Kadıköy ilçesinin %6.34'ünü kapsayan 1.59 km²'lik bir alanda ve 8 mahallede tsunami su baskını öngörümektedir. Tsunami su baskını alanının Kadıköy 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 %26.47'lik bir oranla Fenerbahçe Mahallesi'nde gözlenmiştir. Bunu %21.42 ve %17.72 oranlarıyla, Zühtüpaşa ve Caddebostan mahalleleri takip etmektedir. İlçe genelinde noktasal olarak su basması derinliğin en yüksek olduğu mahalle ise 7.79 m ile Fenerbahçe Mahallesi'dir.

Tablo 2: Kadıköy 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 %
FENERBAHÇE	7.79	1.60	446.900	1.689	26.47
ZÜHTÜPAŞA	4.23	0.85	142.250	0.664	21.42
CADDEBOSTAN	6.46	1.99	294.625	1.663	17.72
SUADIYE	6.25	1.58	207.100	1.483	13.97
BOSTANCI	7.23	2.06	229.150	1.780	12.88
OSMANAĞA	3.26	0.89	65.475	0.540	12.13
CAFERAĞA	5.25	0.84	146.800	1.247	11.77
RASİMPAŞA	3.43	0.49	57.625	0.834	6.91



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

PIN kaynaklı olası bir tsunamiye Kadıköy ilçesi içinde bulunan 28.043 yapıdan 784'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 751'i Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 3'te verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre PIN kaynaklı olası bir tsunamiye Suadiye Mahallesi'nde İktisadi yapı grubu içinde bulunan, İmalat binalarının %100'ünün, ticari binaların ise %43.75'inin suyla teması bulunmaktadır. Fenerbahçe Mahallesi'nde İktisadi yapı grubu içinde bulunan ticari binaların ise %55.88'i suyla temas etmiştir. Bostancı Mahallesi'ndeki İdari yapı grubunda bulunan resmi binaların %65.22'sinin ve Zühtüpaşa Mahallesi'ndeki İdari yapı grubunda bulunan okul binalarının %54.55'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7'de sunulmuştur. Kadıköy ilçesi genelinde PIN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların

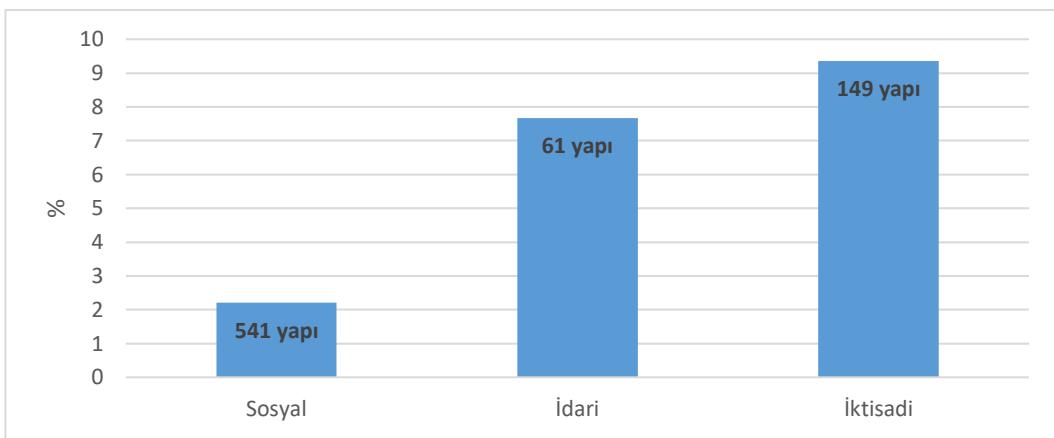
%2.2'si, İdari grubundaki yapıların %7.66'sı ve İktisadi yapıların ise %9.36'sı su basmasından etkilenmektedir.

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

	Sosyal	İdari		İktisadi		Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	İmalat	Ticari	
Bostancı	1.210	15	23	-	112	1.433
Caddebostan	951	11	10	-	32	1.075
Caferağa	2.051	25	46	4	121	2.308
Fenerbahçe	936	6	7	-	136	1.147
Osmanağa	1.050	6	12	-	447	1.548
Rasimpaşa	1.403	6	138	7	37	1.622
Suadiye	1.151	11	5	1	16	1.243
Zühtüpaşa	441	11	21	-	22	545
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	24.548	362	434	18	1.574	28.043 (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	İmalat	Ticari	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Bostancı	92	0	15	0	32	139
Caddebostan	78	0	0	0	4	82
Caferağa	12	0	17	0	11	40
Fenerbahçe	134	0	2	0	76	212
Osmanağa	38	1	1	0	10	50
Rasimpaşa	13	0	15	0	1	29
Suadiye	43	0	0	1	7	51
Zühtüpaşa	131	6	4	0	7	148
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	541	7	54	1	148	751 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 784 (Toplam etkilenen bina sayısı)

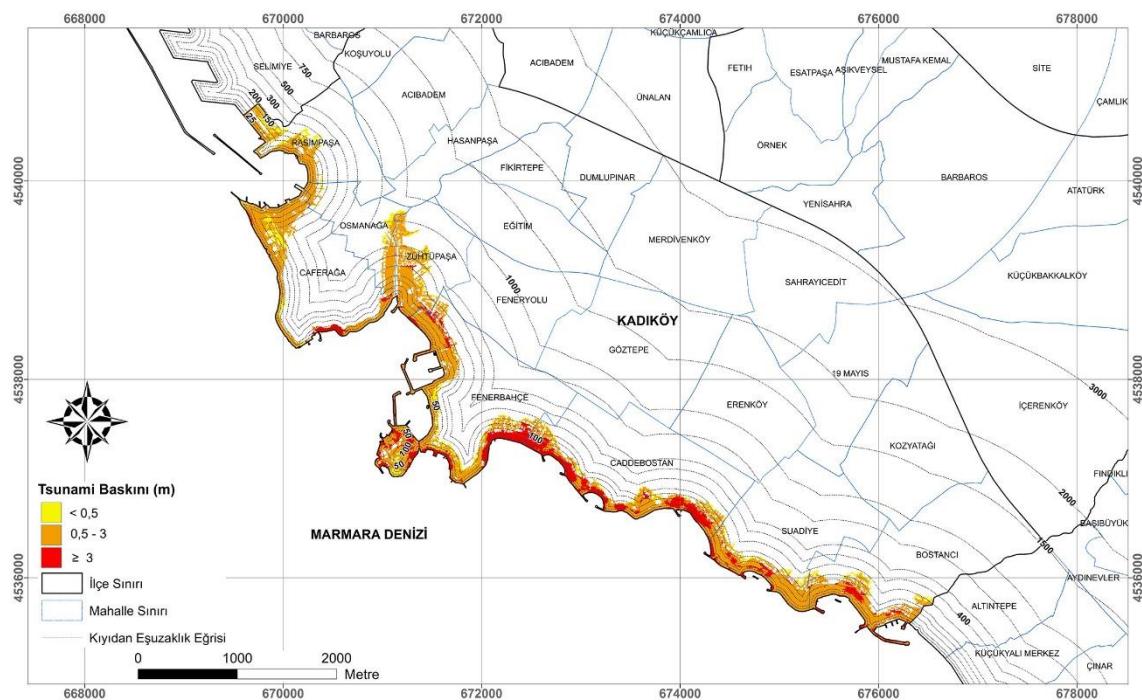
Etkilenen Birimler %	Mesken	Okul	Resmi	İmalat	Ticari
Bostancı	7.60	0.00	65.22	-	28.57
Caddebostan	8.20	0.00	0.00	-	12.50
Caferağa	0.59	0.00	36.96	0.00	9.09
Fenerbahçe	14.32	0.00	28.57	-	55.88
Osmanağa	3.62	16.67	8.33	-	2.24
Rasimpaşa	0.93	0.00	10.87	0.00	2.70
SUADIYE	3.74	0.00	0.00	100.00	43.75
ZÜHTÜPAŞA	29.71	54.55	19.05	-	31.82
İlçe Toplami	2.20	1.93	12.44	5.56	9.40



Şekil 7: Kadıköy İlçesi Suya Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN)

4.2. Kadıköy İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Kadıköy ilçesi için kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryolarından birinin Büyükçekmece Deniz Altı Heyelani (LSBC) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LSBC kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir LSBC kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Kadıköy ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 8.47 metreye ulaşığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 1.000 metreye ulaşmaktadır.



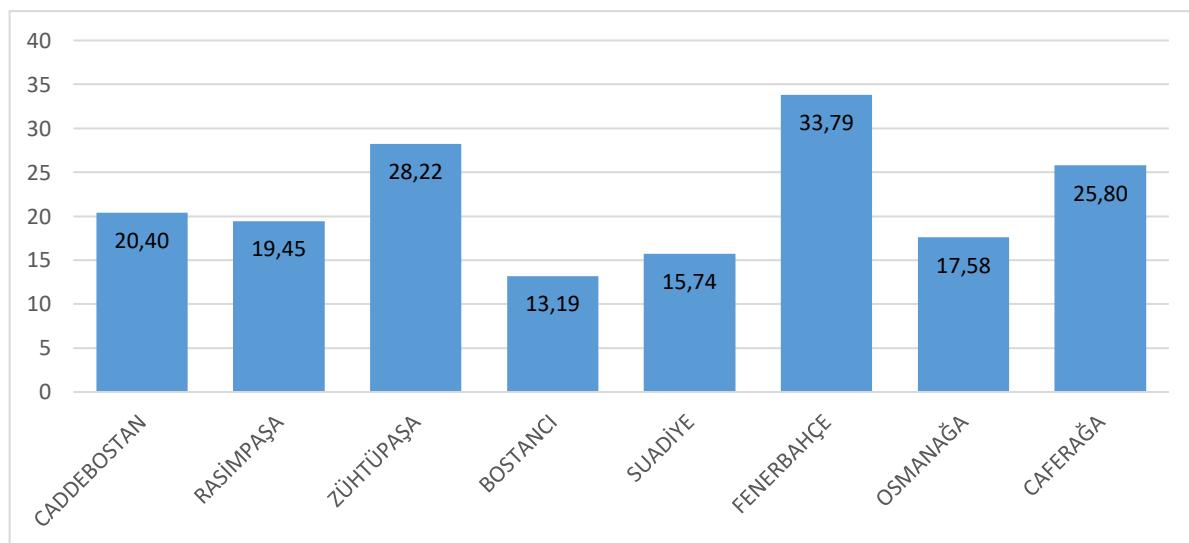
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Kadıköy ilçesinde özellikle Kurbağalıdere yatağında su ilerlemesi ve bundan kaynaklı taşıma görülmüştür. Benzetim sonuçlarına göre, LSBC kaynaklı olası bir tsunamide, Kadıköy ilçesinin %8.54'ünü

kapsayan 2.144 km²'lik bir alanda ve 8 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Kadıköy ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri değerleri Tablo 4 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre %33.79 ile en yüksek su basma alanı Fenerbahçe Mahallesi'nde gözlenmiştir. Bunu %28.22 ve %25.80 oranlarıyla Zühtüpaşa ve Caferağa mahalleleri takip etmektedir. LSBC heyelan kaynaklı tsunami benzetimleri sonucuna göre, ilçe genelinde en yüksek su basması derinliğinin görüldüğü mahalle ise noktasal olarak 8.47 m ile Fenerbahçe Mahallesi'dir.

Tablo 4: Kadıköy 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 %
FENERBAHÇE	8.47	2.23	570.600	1.689	33.79
ZÜHTÜPAŞA	5.51	1.60	187.400	0.664	28.22
CAFERAĞA	7.92	1.54	321.775	1.247	25.80
CADDEBOSTAN	7.56	2.71	339.200	1.663	20.40
RASİMPAŞA	4.39	0.96	162.225	0.834	19.45
OSMANAĞA	4.10	1.57	94.875	0.540	17.58
SUADIYE	6.71	2.15	233.425	1.483	15.74
BOSTANCI	6.09	2.25	234.675	1.780	13.19



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

LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Kadıköy ilçesi içinde bulunan 28.043 yapıdan 1.271'i suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 1.222'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 LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Suadiye Mahallesi'nde İktisadi yapı grubu içinde bulunan, İmalat binalarının %100'ünün, ticari binaların ise %62.5'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Fenerbahçe Mahallesinde İktisadi yapı grubu içinde bulunan ticari binaların ise %63.24'ü suyla temas etmektedir. Zühtüpaşa Mahallesi'ndeki İdari yapı grubunda bulunan okul binalarının %100'ünün suyla teması bulunmaktadır. İdari yapı grubunda bulunan resmi binaların, Caferağa Mahallesi'nde %78.26'sının, Bostancı Mahallesi'nde ise %69.57'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Kadıköy ilçesi genelinde LSBC kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %3.67'si, İdari yapıların %15.58'i ve İktisadi yapıların ise %11.71'i su basmasından etkilenmektedir.

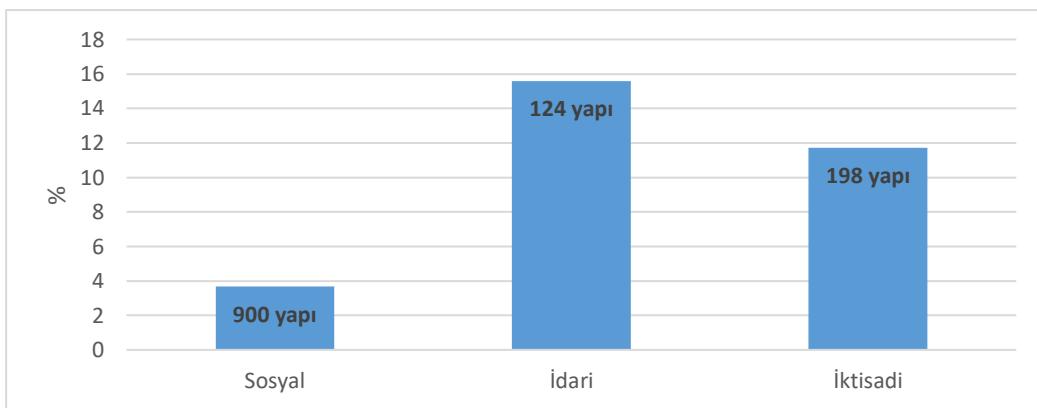
Tablo 5: Kadıköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC)

	Sosyal	İdari		İktisadi				Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	
Bostancı	1.210	15	23	-	-	112	4	1433
Caddebostan	951	11	10	-	-	32	5	1075
Caferağa	2.051	25	46	-	4	121	3	2308
Fenerbahçe	936	6	7	-	-	136	6	1147
Osmanağa	1.050	6	12	-	-	447	2	1548
Rasimpaşa	1.403	6	138	2	7	37	1	1622
Suadiye	1.151	11	5	-	1	16	4	1243
Zühtüpaşa	441	11	21	-	-	22	3	545
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	24.548	362	434	12	18	1.574	87	28.043 (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen Birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Bostancı	108	0	16	0	0	31	0	155
Caddebostan	117	0	0	0	0	7	0	124
Caferağa	55	0	36	0	2	21	1	115
Fenerbahçe	210	0	2	0	0	86	0	298
Osmanağa	99	1	2	0	0	27	0	129
Rasimpaşa	48	0	49	1	0	2	0	100
Suadiye	74	0	0	0	1	10	0	85
Zühtüpaşa	189	11	7	0	0	9	0	216
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	900	12	112	1	3	193	1	1.222 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 1.271 (Toplam etkilenen bina sayısı)

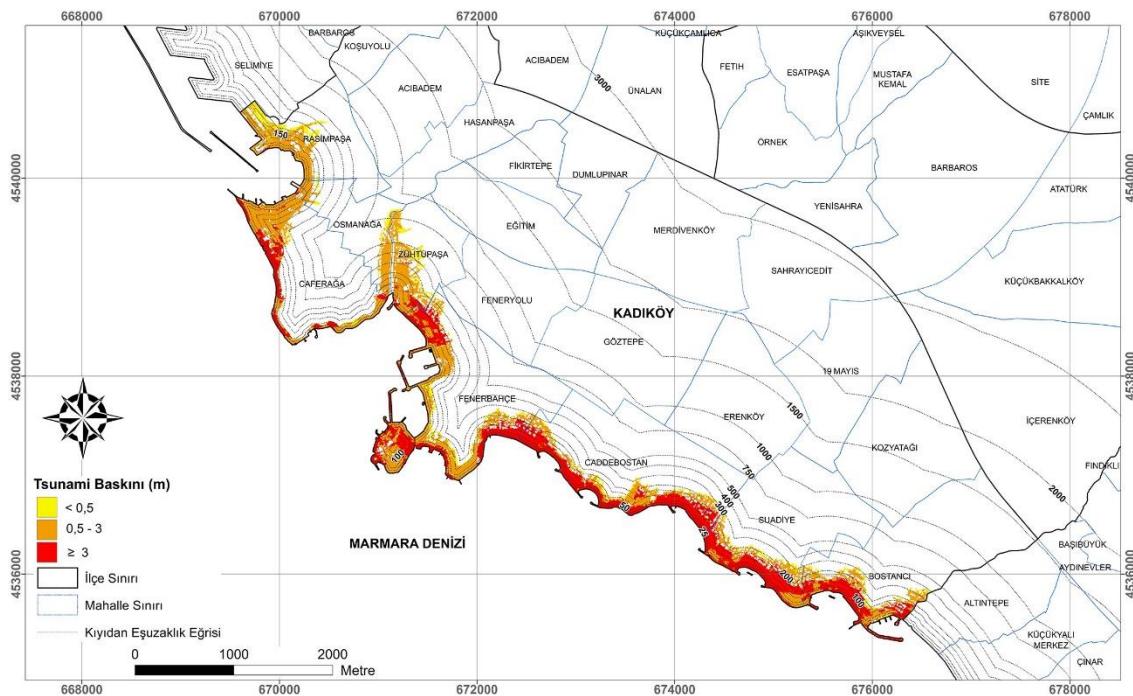
Etkilenen Birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo
Bostancı	8.93	0.00	69.57	-	-	27.68	0.00

	Caddebostan	12.30	0.00	0.00	-	-	21.88	0.00
	Caferağa	2.68	0.00	78.26	-	50.00	17.36	33.33
	Fenerbahçe	22.44	0.00	28.57	-	-	63.24	0.00
	Osmanağa	9.43	16.67	16.67	-	-	6.04	0.00
	Rasimpaşa	3.42	0.00	35.51	50.00	0.00	5.41	0.00
	Suadiye	6.43	0.00	0.00	-	100.00	62.50	0.00
	Zühtüpaşa	42.86	100.00	33.33	-	-	40.91	0.00
	İlçe Toplamı	3.67	3.31	25.81	8.33	16.67	12.26	1.15



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

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Kadıköy ilçesi için kritik deniz altı heyelanı kaynaklı tsunami senaryolarından bir diğerinin Yenikapı Deniz Altı Heyelani (LYS) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LYS kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir. LYS kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 10.62 metreye ulaştığı heaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi dere yatakları boyunca yaklaşık 1.000 metreye ulaşmaktadır.



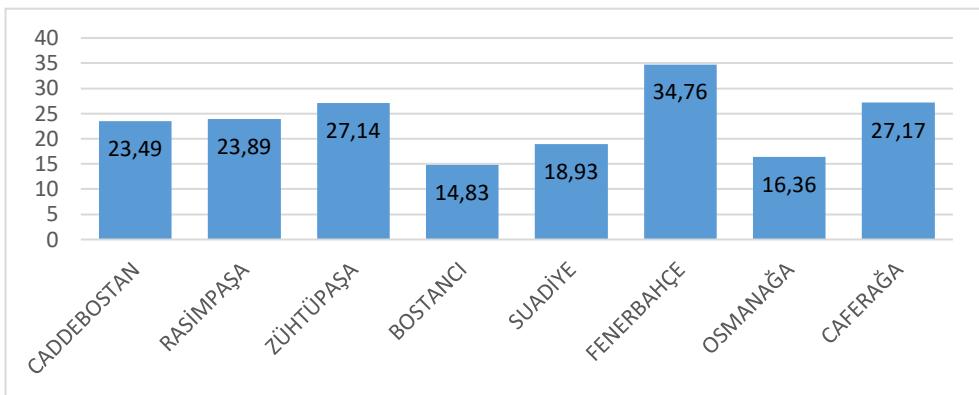
Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Kadıköy ilçesinde özellikle Kurbağalıdere yatağında su ilerlemesi ve bundan kaynaklı taşıma görülmüştür.

Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunamide, Kadıköy ilçesinin %9.28'ini kapsayan 2.329 km²'lik bir alanda ve 8 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Kadıköy ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 6 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre %34.76 ile en yüksek su basma alanı Fenerbahçe Mahallesi'nde gözlenmiştir. Bunu %27.17 %27.14 oranlarıyla Caferağa ve Zühtüpaşa mahalleleri takip etmektedir. LSY kaynaklı tsunami durumunda, ilçe genelinde en yüksek su basma derinliği noktasal olarak 10.62 m ile Suadiye Mahallesi'nde hesaplanmıştır.

Tablo 6: Kadıköy 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 %
FENERBAHÇE	10.00	2.66	586.900	1.689	34.76
CAFERAĞA	8.59	2.50	338.900	1.247	27.17
ZÜHTÜPASA	6.58	1.64	180.225	0.664	27.14
RASİMPAŞA	5.13	1.17	199.225	0.834	23.89
CADDEBOSTAN	9.38	3.60	390.600	1.663	23.49
SUADIYE	10.62	3.58	280.725	1.483	18.93
OSMANAĞA	4.08	1.47	88.300	0.540	16.36
BOSTANCI	7.23	2.78	264.000	1.780	14.83



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

LSY kaynaklı olası bir tsunamiye Kadıköy ilçesi içinde bulunan 28.043 yapıdan 1.424'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 1.374'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 Suadiye Mahallesi'nde İktisadi yapı grubu içinde bulunan İmalat binaları ile Rasimpaşa Mahallesi'nde İktisadi yapı grubu içinde bulunan trafo binalarının %100'ü suyla temas etmektedir. Zühtüpaşa Mahallesi'nde İdari yapı grubunda bulunan okul binalarının %90.91'inin ve Caferağa Mahallesi'nde İdari yapı grubunda bulunan resmi binaların %76.09'unun suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 13'de sunulmuştur.

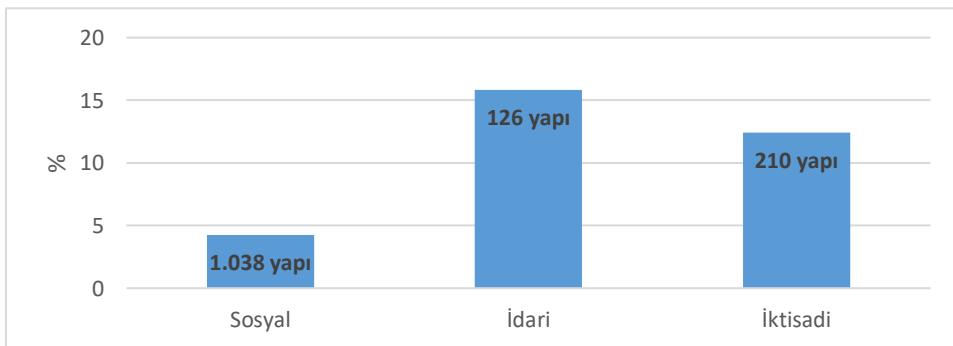
Kadıköy ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %4.23'ü, İdari yapıların %15.83'ü ve İktisadi yapıların ise %12.42'si su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 7: Kadıköy 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	
Bostancı	1.210	15	23	-	-	112	4	1.433
Caddebostan	951	11	10	-	-	32	5	1.075
Caferağa	2.051	25	46	-	4	121	3	2.308
Fenerbahçe	936	6	7	-	-	136	6	1.147
Osmanağa	1.050	6	12	-	-	447	2	1.548
Rasimpaşa	1.403	6	138	2	7	37	1	1.622
Suadiye	1.151	11	5	-	1	16	4	1.243
Zühtüpaşa	441	11	21	-	-	22	3	545

İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	24.548	362	434	12	18	1.574	87	28.043 (ilçe geneli toplam bina sayısı)
Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Bostancı	135	0	16	0	0	35	0	186
Caddebostan	169	0	0	0	0	11	0	180
Caferağa	72	1	35	0	2	20	2	132
Fenerbahçe	221	0	2	0	0	88	0	311
Osmanağa	89	1	2	0	0	27	0	119
Rasimpaşa	50	0	52	1	1	2	1	107
Suadiye	118	0	0	0	1	10	0	129
Zühtüpaşa	184	10	7	0	0	9	0	210
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	1.038	12	114	1	4	202	3	1.374 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 1.424 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo
Bostancı	11.16	0.00	69.57	-	-	31.25	0.00
Caddebostan	17.77	0.00	0.00	-	-	34.38	0.00
Caferağa	3.51	4.00	76.09	-	50.00	16.53	66.67
Fenerbahçe	23.61	0.00	28.57	-	-	64.71	0.00
Osmanağa	8.48	16.67	16.67	-	-	6.04	0.00
Rasimpaşa	3.56	0.00	37.68	50.00	14.29	5.41	100.00
Suadiye	10.25	0.00	0.00	-	100.00	62.50	0.00
Zühtüpaşa	41.72	90.91	33.33	-	-	40.91	0.00
İlçe Toplamı	4.23	3.31	26.27	8.33	22.22	12.83	3.45



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

5. KADIKÖY İLÇESİ MeTHuVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin Anadolu yakasında Marmara kıyısında 40,95-41,05 K ve 29,01-29,11 D koordinatları arasında yer alan Kadıköy ilçesi 25,08 km² yüz ölçümüne sahiptir. Kadıköy ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik

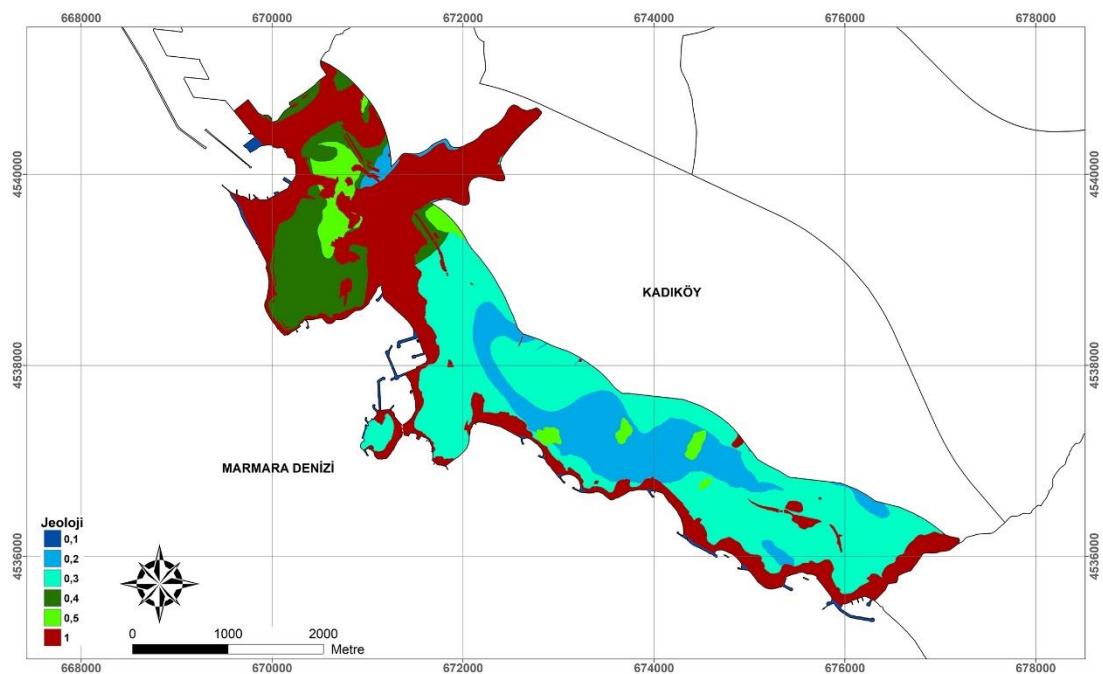
5.1.1. Jeoloji

Kadıköy ilçesi uygulama alanı içerisinde 7 jeolojik birim bulunmaktadır. Bu birimler: Güncel Birikintiler- Qg (Alüvyon-Qal, Plaj birikintisi-Qp, Kuşdili formasyonu-Qkş, Alüvyon ve Kuşdili formasyonu-Qal+Qkş), Trakya Formasyonu-Ct, Pendik Formasyonu-Dp (Kartal üyesi- Dpk, Kozyatağı üyesi-Dpkz), Denizli Köyü Formasyonu-DCd (Baltalimanı üyesi-DCdb, Ayineburnu üyesi- DCda, Tuzla kireçtaşı üyesi-DCdt), Sultanbeyli Formasyonu-Ts (Tuğlacıbaşı üyesi- Tst, Altıntepe üyesi-Tsa), dayk-dyk, yapay ve kaya dolgudur. İlçe uygulama alanı içinde bulunan bu birimler, MeTHuVA Hasar Görebilirlik Analizleri kapsamında anlatıldığı üzere, jeoteknik ve jeolojik özellikleri bakımından değerlendirilmiş ve sıralama değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Kadıköy ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 14'te gösterilmiştir.

Tablo 8: Kadıköy 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
Geç Miyosen	Ts (Sultanbeyli Formasyonu)	Tsa	Altıntepe üyesi	0,4
		Tst	Tuğlacıbaşı üyesi	0,5
Geç Kratese – Erken Tersiyer	dyk-KTy	Yakacık Magmatik kompleksi		0,2
Erken Karbonifer	Ct (Trakya Formasyonu)	Ctc	Cebeciköy kireçtaşı üyesi	0,4
Erken Karbonifer	DCd (Denizli Köyü Formasyonu)	DCdb	Baltalimanı üyesi	0,2
Geç Devoniyen – Erken Karbonifer		DCda	Ayineburnu üyesi	0,2
Orta – Geç Devoniyen		DCdy	Yörükali üyesi	0,3

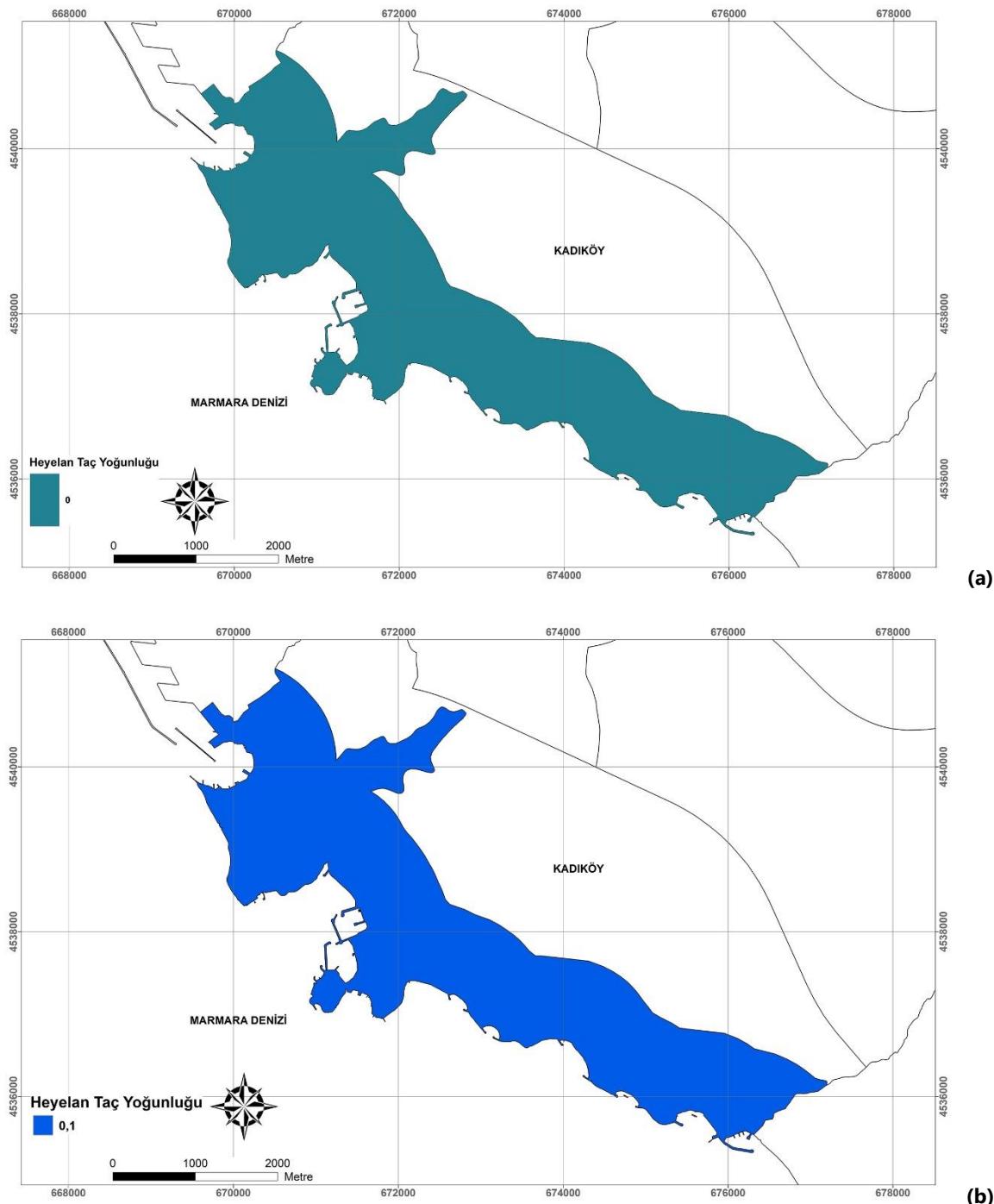
Erken Devoniyen	Dp (Pendik Formasyonu)	Dpkz	Kozyatağı üyesi	0,2
		Dpk	Kartal üyesi	0,3



Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu

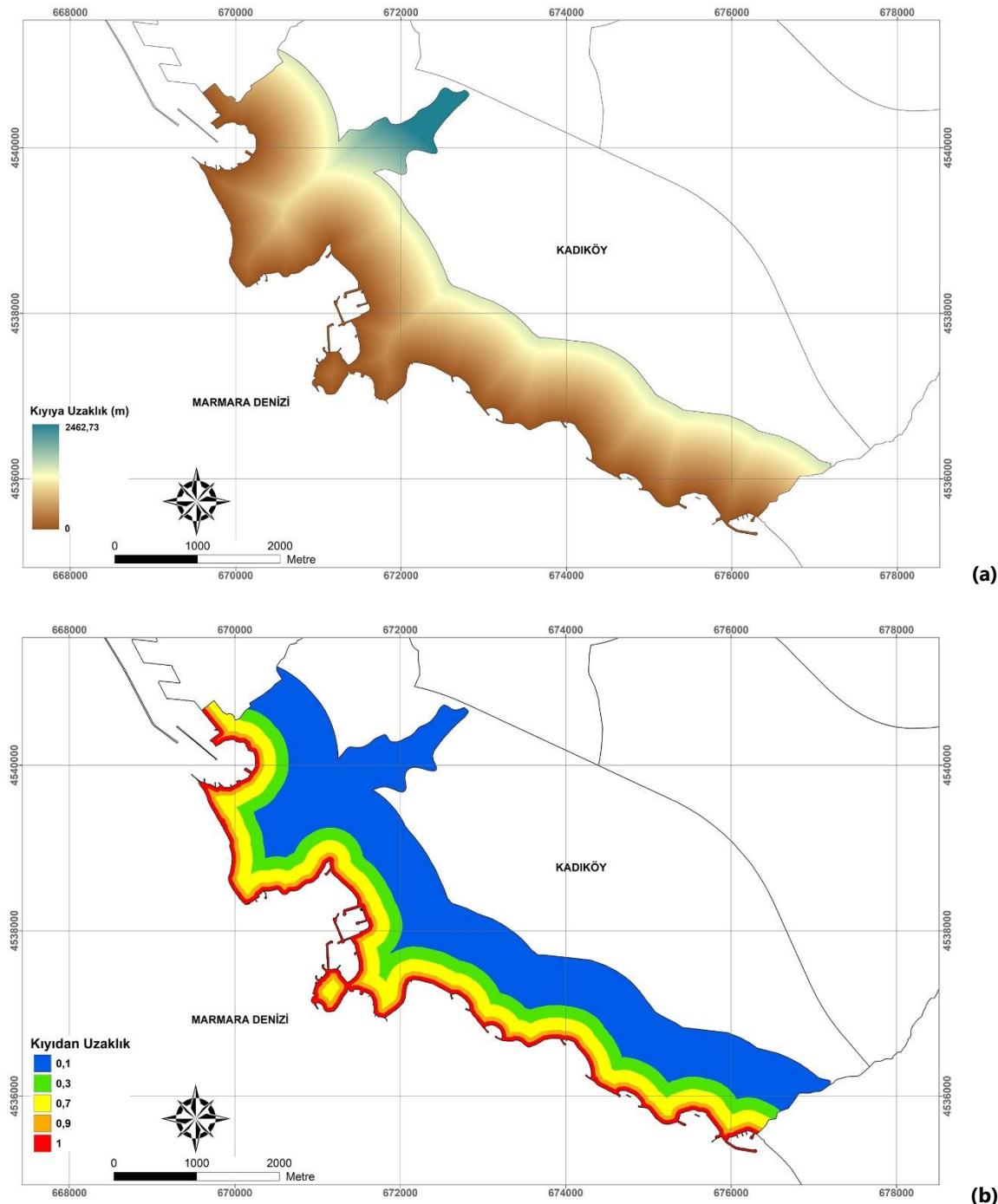
Kadıköy ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'da sunulmuştur.



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

5.1.3. Kıyıdan Uzaklık

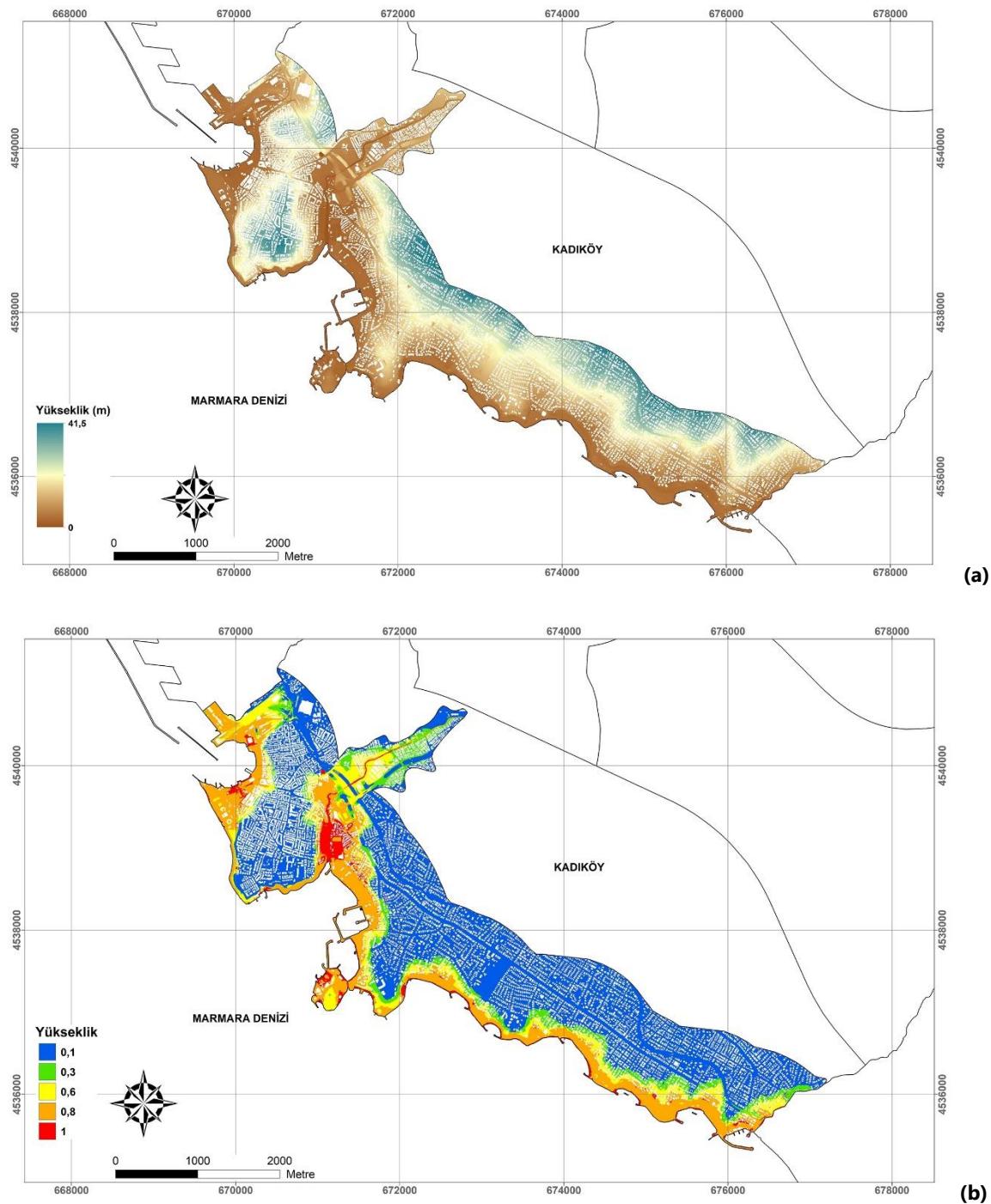
Kadıköy ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'de sunulmuştur.



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

5.1.4. Yükseklik

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

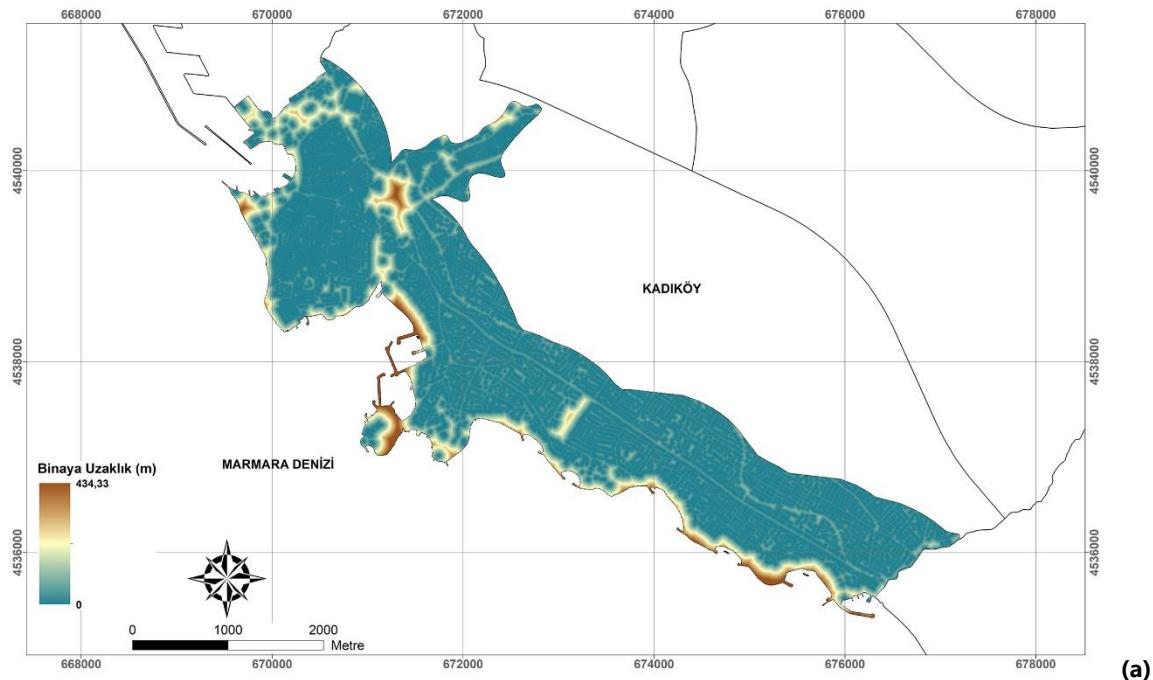


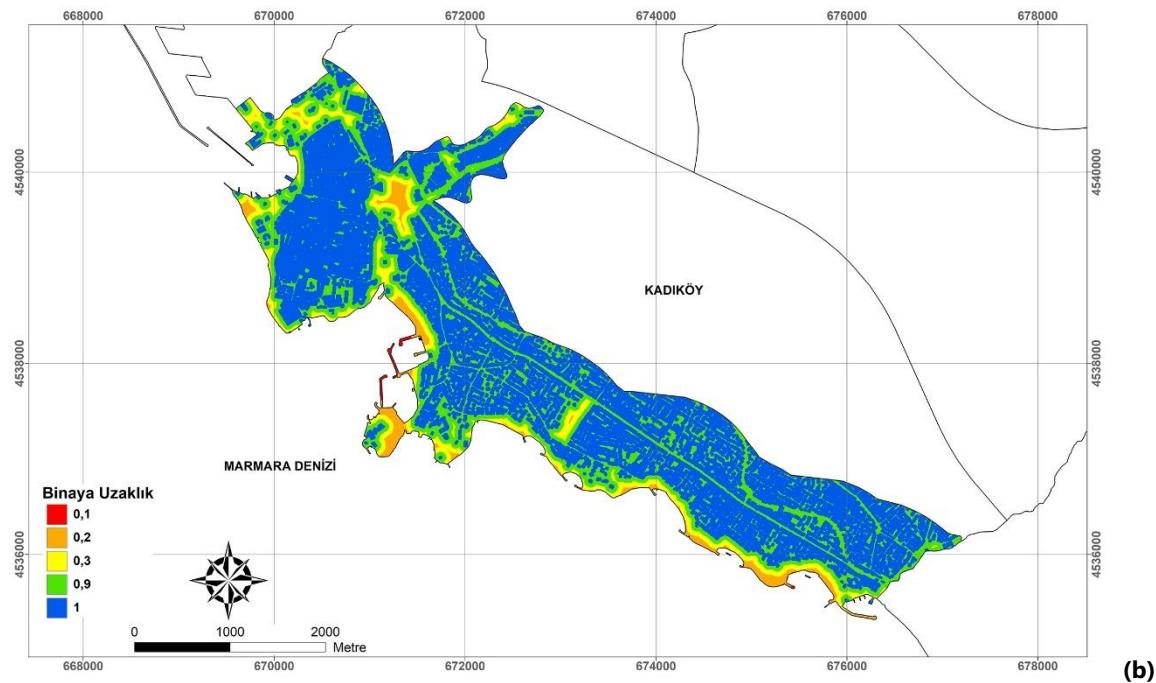
Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2. Tahliye Esnekliği

5.2.1. Binaya Uzaklık

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

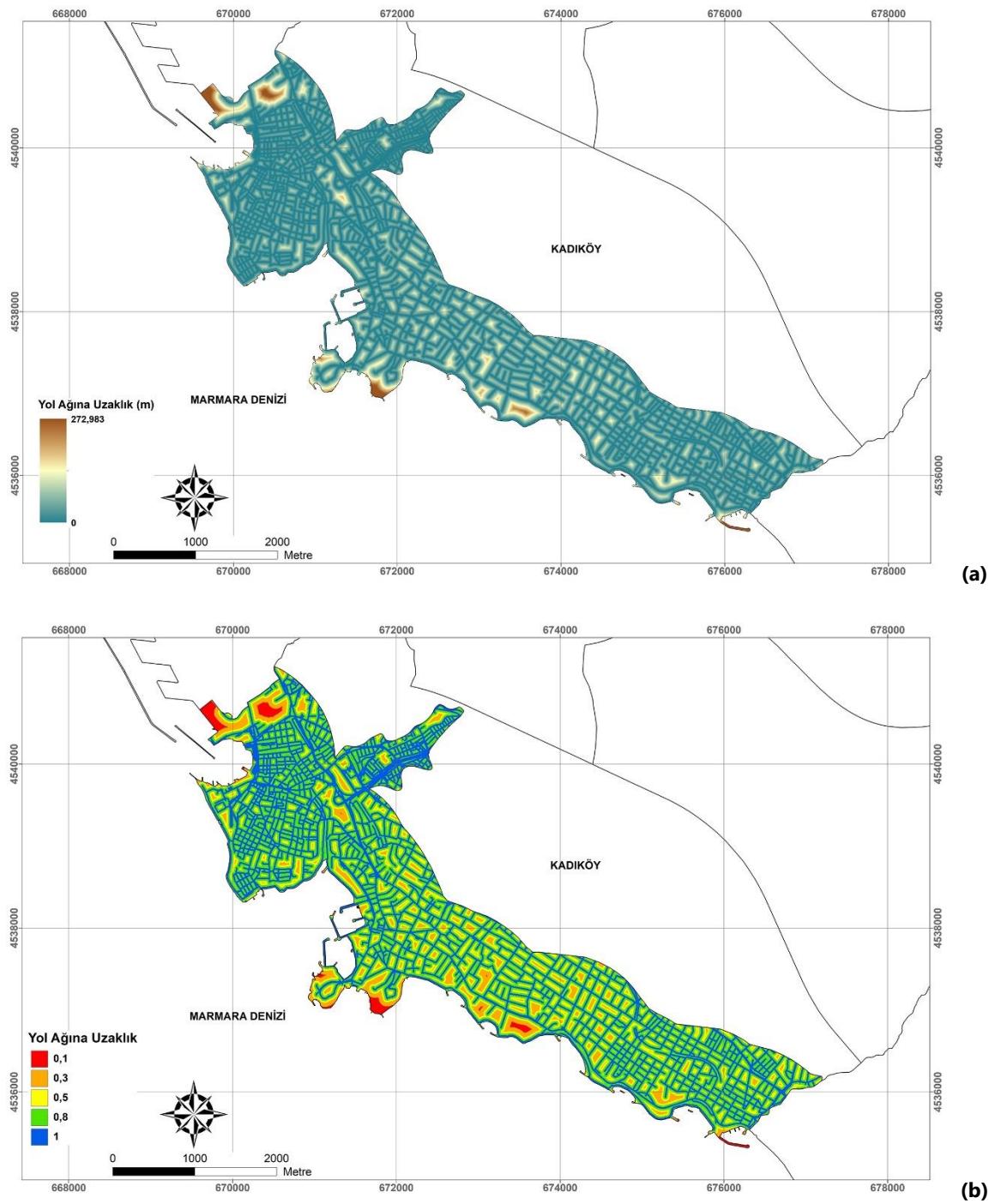




Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.2. Yol Ağına Uzaklık

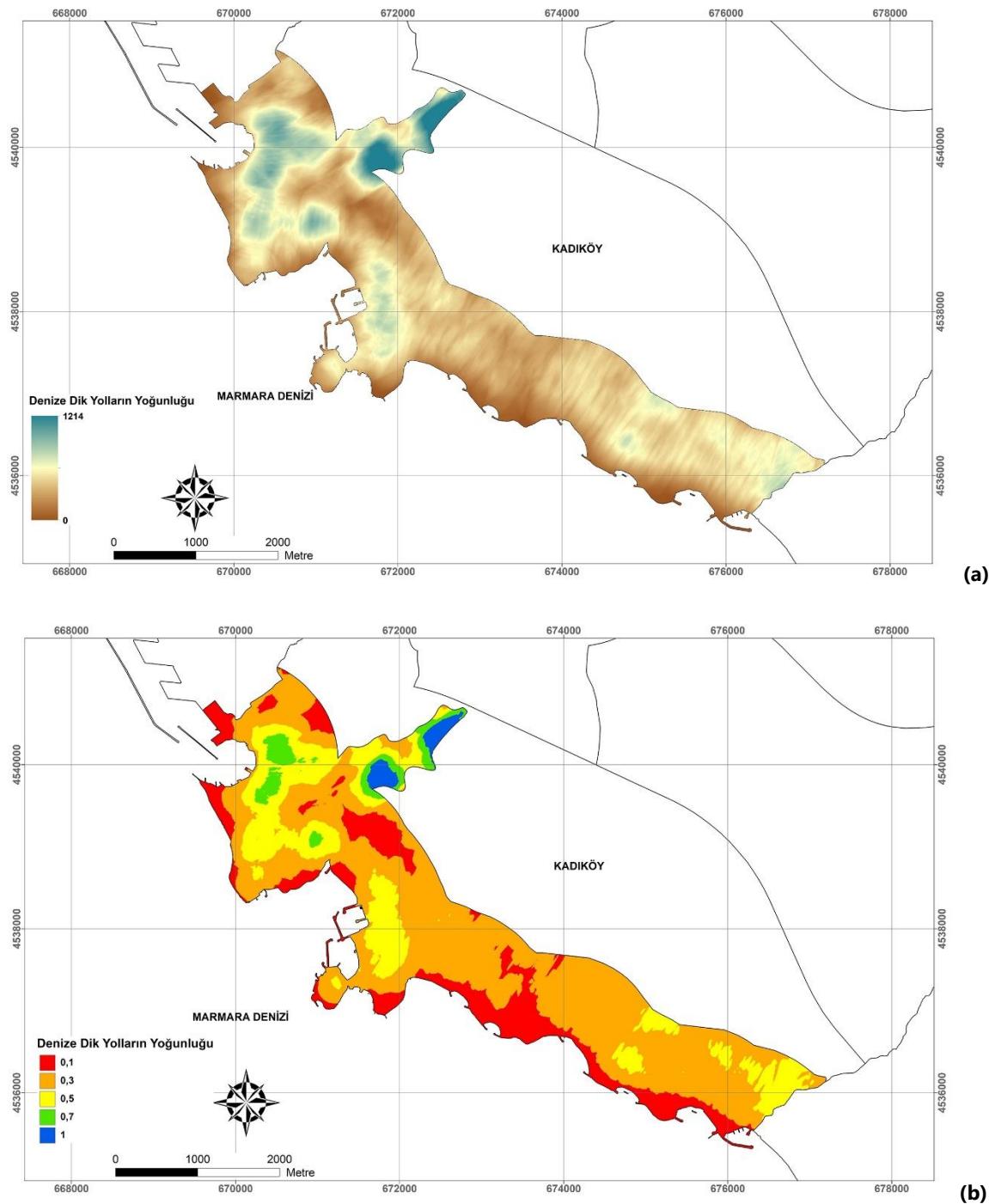
Kadıköy ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 19'da sunulmuştur.



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

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

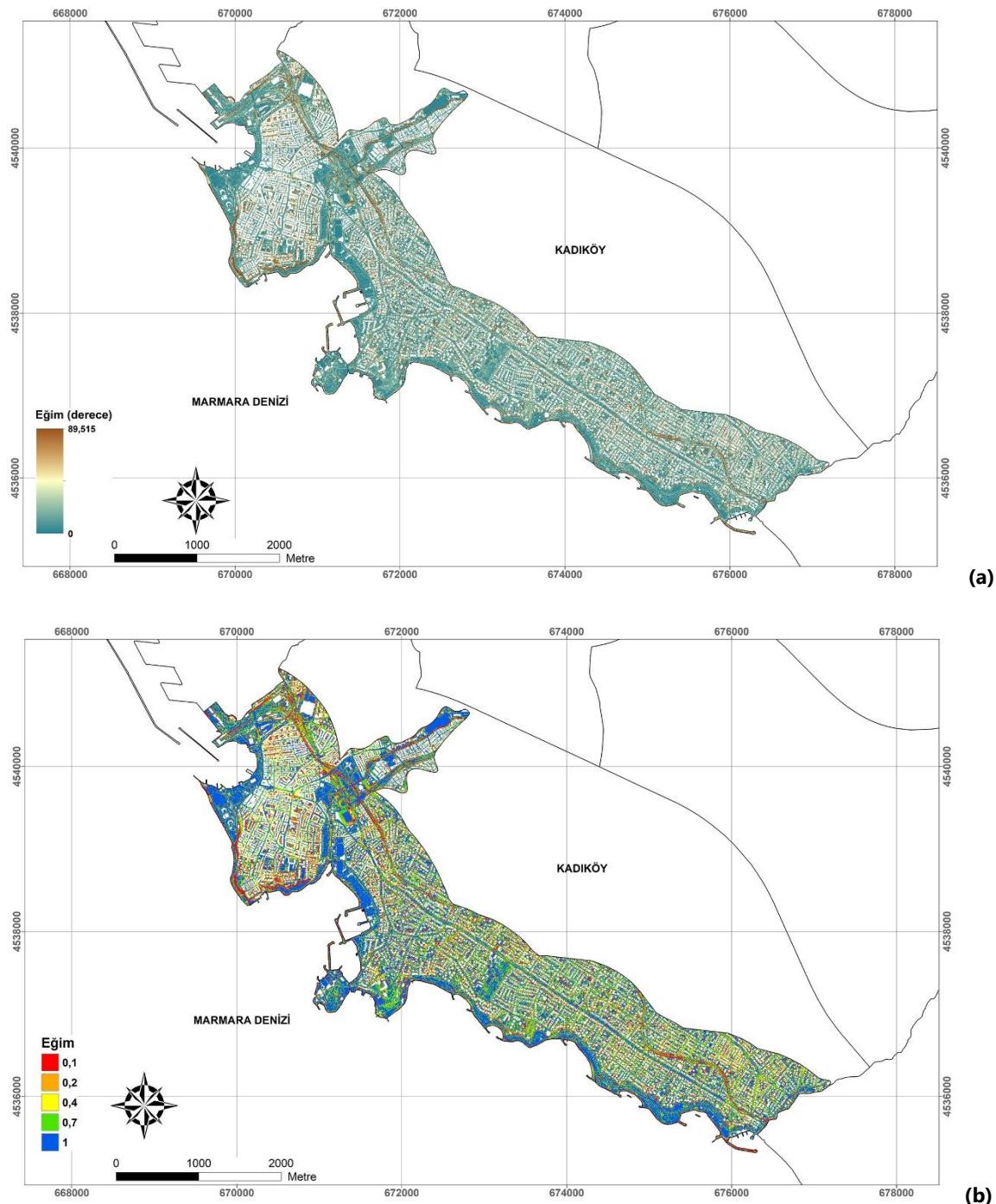
Kadıköy ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 20'de sunulmuştur.



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

5.2.4. Eğim

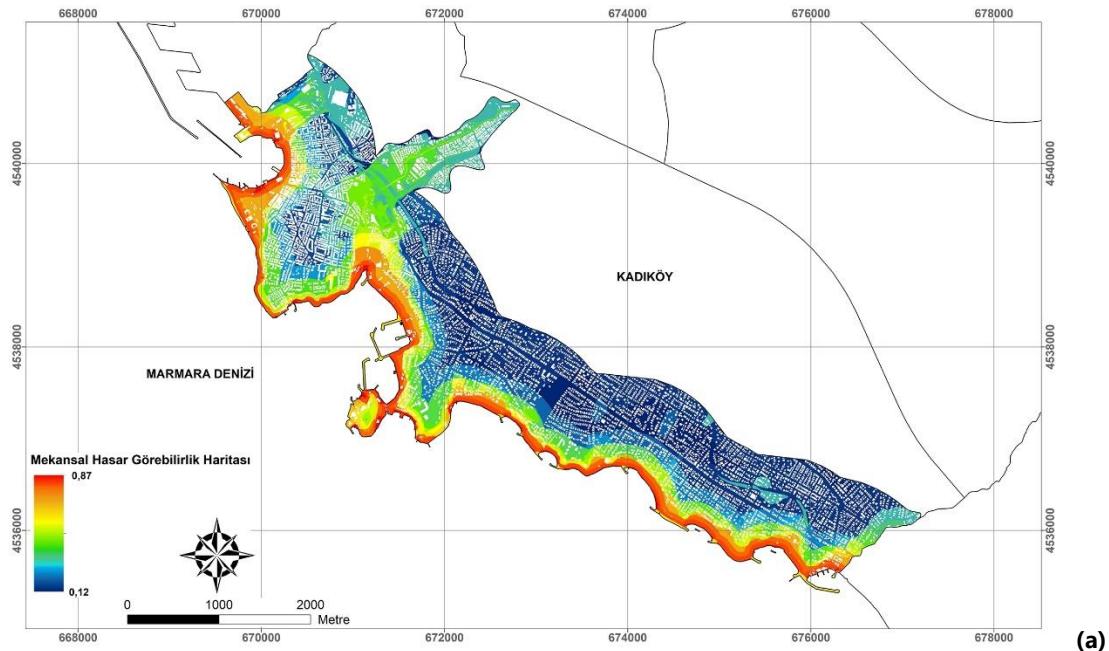
Kadıköy ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 21'de sunulmuştur.

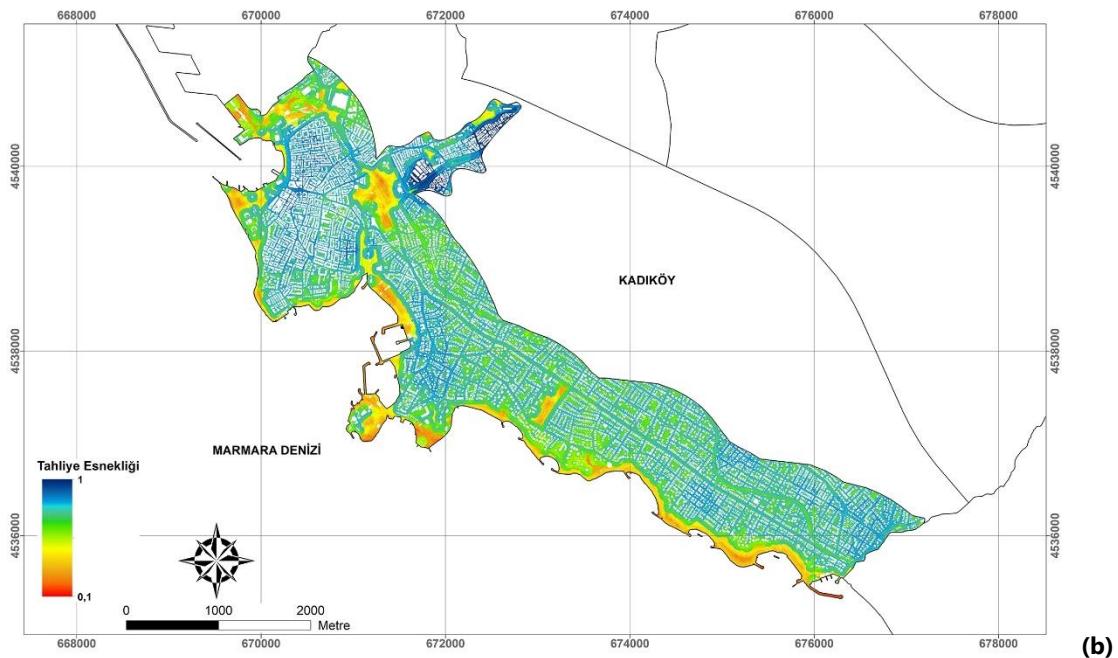


Şekil 21: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.3. Kadıköy İlçesi MeTHuVa Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

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





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

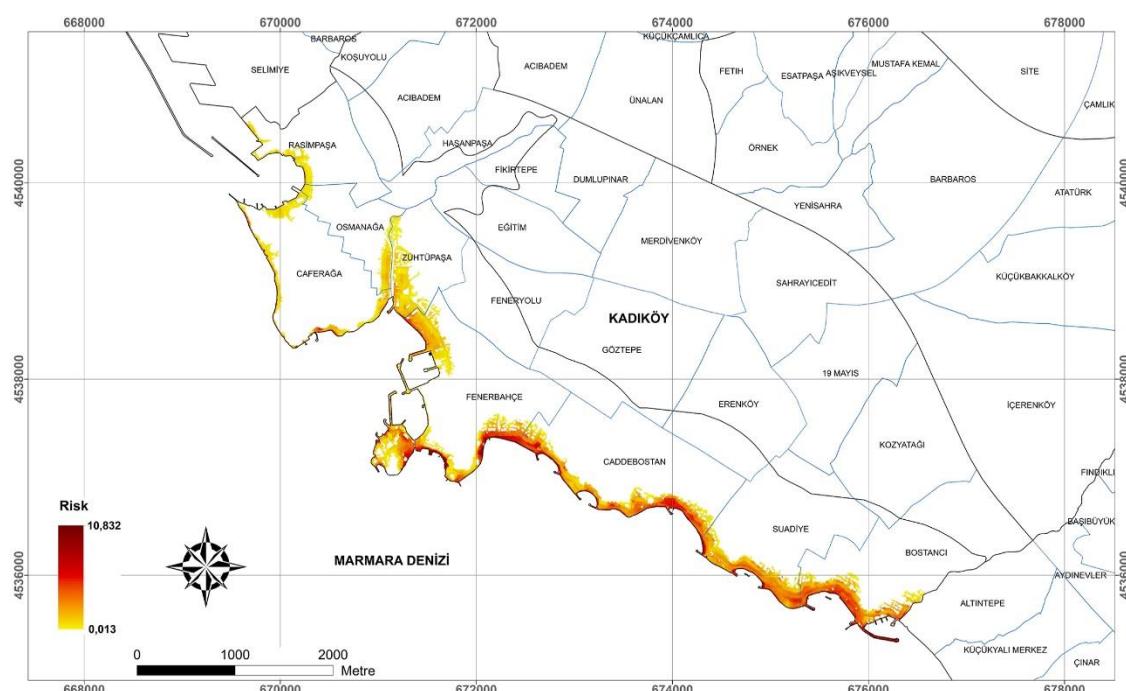
6. KADIKÖY İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ

MeTHuVA tsunami risk denklemine göre, Kadıköy 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. Kadıköy ilçesi uygulama alanı için sismik ve deniz altı heyelani kaynaklı MeTHuVA risk analiz değerlendirmeleri aşağıda iki alt başlık altında verilmiştir.

6.1. Kadıköy İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

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

Kadıköy ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Fenerbahçe Mahallesi güney kıyısının doğu ve orta-batı bölgeleri, Caddebostan Mahallesi'nin batı ve doğu kıyısı, Suadiye Mahallesi'nin en kuzey kıyısı ile Bostancı Mahallesi'nin en batı ve güney kıyısı olduğu öngörmektedir. Bu bölgeyi Bostancı Mahallesi'nin orta kıyısı, Fenerbahçe Mahallesi güney kıyısının orta bölümü, Suadiye Mahallesi orta ve doğu kıyısı, Caferağa Mahallesi'nin güney kıyısının orta bölümü ile Fenerbahçe Mahallesi'nin en kuzey kıyısı takip etmektedir.

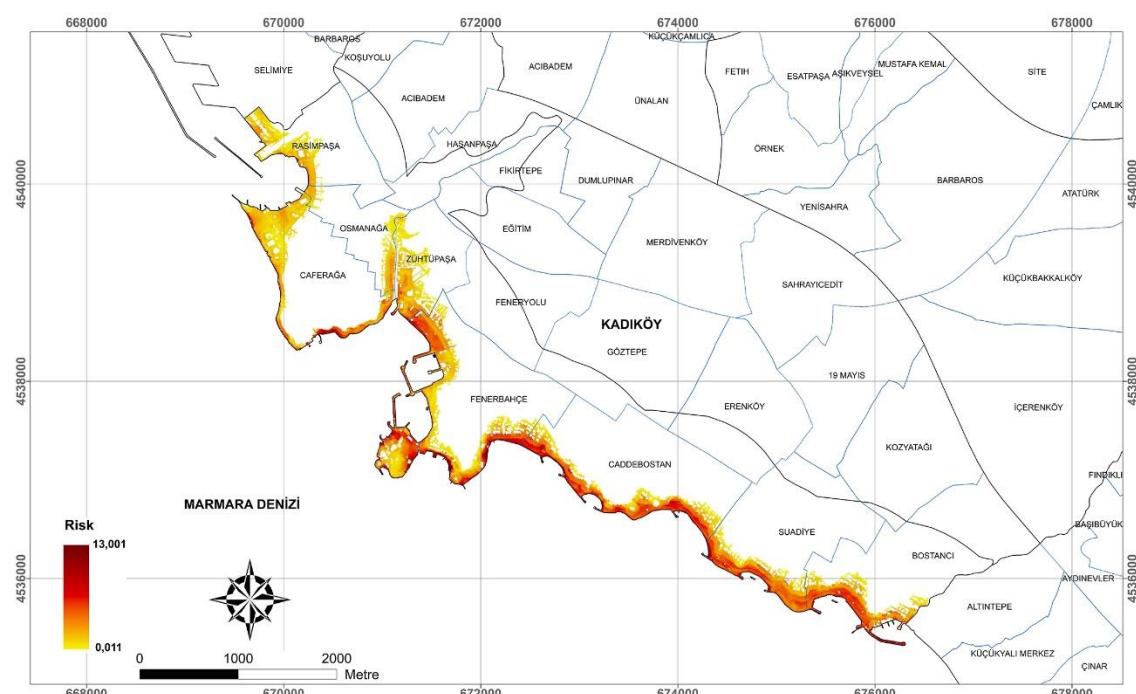


Şekil 23: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2. Kadıköy İlçesi Deniz Altı Heyeları Kaynaklı Risk Haritaları

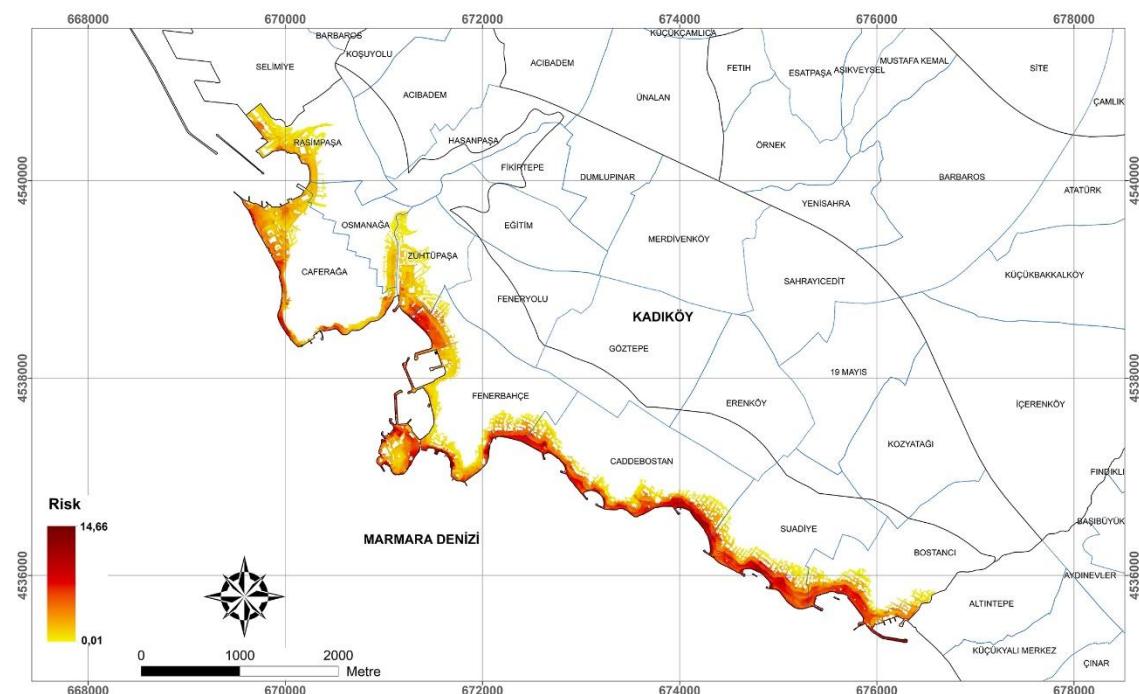
Kadıköy ilçesi uygulama alanı için, Büyükçekmece Deniz Altı Heyeları (LSBC) kaynaklı ve Yenikapı Deniz Altı Heyeları (LSY) kaynaklı iki ayrı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuştur. Bu harita üretilirken, Kadıköy ilçesi için kritik tsunami kaynakları olarak LSBC ve LSY kullanılmıştır.

Kadıköy ilçesi uygulama alanı için, LSBC kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 24'de verilmiştir. Bu risk haritasına göre en riskli bölgelerin Fenerbahçe Mahallesi güney kıyısının doğu ve ortabatı bölgeleri ile batı kıyısının kuzey ve orta-güney bölgeleri, Caferağa Mahallesi'nin güney kıyısının orta bölümü, Caddebostan Mahallesi'nin en doğu ve en batı kıyısı, Suadiye Mahallesi'nin en kuzey kıyısı ile Bostancı Mahallesi'nin en batı ve güney kıyısı olduğu öngörümektedir. Bu bölgeleri Caddebostan, Suadiye ve Bostancı mahallelerinin orta kıyıları takip etmektedir.



Şekil 24: LSBC kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

Kadıköy ilçesi uygulama alanı için LSY kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 25'de verilmiştir. Bu risk haritasına göre en riskli bölgelerin Fenerbahçe Mahallesi batı kıyısının kuzey ve güney bölgeleri ile güney kıyısının doğu ve orta-batı bölgeleri, Caddebostan Mahallesi doğu ve batı kıyısı, Suadiye Mahallesi'nin orta ve en kuzey kıyısı ile Bostancı Mahallesi'nin en batı ve güney kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Caferağa Mahallesi'nin batı kıyısının kuzey ve güney bölgeleri, Caddebostan Mahallesi orta kıyısı, Suadiye Mahallesi'nin orta-kuzey kıyısı ile Bostancı Mahallesi'nin orta kıyısı takip etmektedir.



Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

7. KADIKÖY 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 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 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 Kadıköy ilçesi için önerilen adımlar alt başlıklarda sunulmuştur.

Kadıköy İlçesi'nde kıyı şeridinin tamamına yakını geniş ve yayvan düzlklerden oluşmakta ve bu alanlar yürüyüş yolları, parklar, spor sahaları ve otopark olarak kullanılmaktadır. Bu alanların hemen gerisinde ise yapışmalar başlamaktadır. İlçe kıyılarına gelen tsunami dalgaları düşük topografik eğim ve engelsiz arazide ilerleyerek yapılara kadar ulaşmakta, kıyıya dik açılan cadde ve sokaklardan içeriilere doğru ilerlemektedir. İlçedeki tsunami riskinin azaltılması için alınması gereken önlem ve tavsiyeler, kıyı şeridi morfolojisi ve arazi kullanım şekilleri gibi özellikler dikkate alınarak belirlenmeye çalışılmış ve aşağıda sunulmuştur.

7.1. Tsunami Riskinin Azaltılmasına Yönelik Alınması Gereken Önlemler

Tren, metro, otobüs ve deniz ulaşımlarının ana terminalerinin yer aldığı Kadıköy ilçe sahili önemli bir ulaşım merkezi olmasının yanında sanat, kültür, alışveriş, spor ve eğlence merkezleri sayesinde yoğun ilgi görmektedir. İlçe sahillerinde ayrıca sunulan tesis, havuz ve plaj imkânları, balıkçılar ve tekne sahipleri için barınak ve marina hizmetleri kıyı yoğunluğunu artıran bir diğer etkendir. Kıyı kullanımının yoğun olması sebebiyle kıyı şeridi boyunca geniş alanlı birçok otopark alanı da bulunmaktadır. Dolayısıyla, bölgedeki tsunami riskinin azaltılması için, deniz kullanımını sınırlayacak ve sahil manzarasını ve kullanımını olumsuz etkileyebilecek kıyı duvarı gibi yapısal önlemler tercih edilecek önlemler arasında yer almamaktadır. Bunun yerine, hemen hemen tüm sahil şeridi boyunca uygulandığı görülen, ancak mevcut hali ile yeterli korumayı sağlayamadığı görülen kıyı koruma amaçlı kaya dolgu alanlarının en azından sismik aktivite ile oluşabilecek tsunami etkisini azaltacak şekilde yükseltilmesi gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak önerilebilir (Şekil 26a). Ayrıca,

yapılacak bir düzenlemenede tsunami dalga etkisine açık ve yerinden sökülerken taşınması olası kayaların boyutları, dayanım ve ağırlıkları da detaylı analizlerle yeniden tasarlanmalıdır. Tsunami akıntı hızı ve taşıdığı birikinti (enkaز, moloz vb.) etkisini azaltarak karadaki su basma mesafesini kısaltabilecek bir diğer uygulama ise yeterli genişliğe sahip park alanlarında uygun türde ağaçlardan seçilerek "Yeşil Kuşak" alanlarının oluşturulmasıdır. Hali hazırda seyrek de olsa peyzaj amaçlı ağaçlandırma çalışmaları yapılmış bölgeler bulunmaktadır (Şekil 26b). Ancak mevcut ağaçlar gerek sıklıkları gerekse dayanımları itibarıyla amaca uygun olmadığından bu alanlarda tsunami etkisine dayanabilecek özellikle ağaçlarla sıklaştırma veya yeniden düzenleme çalışması uygulanabilir.



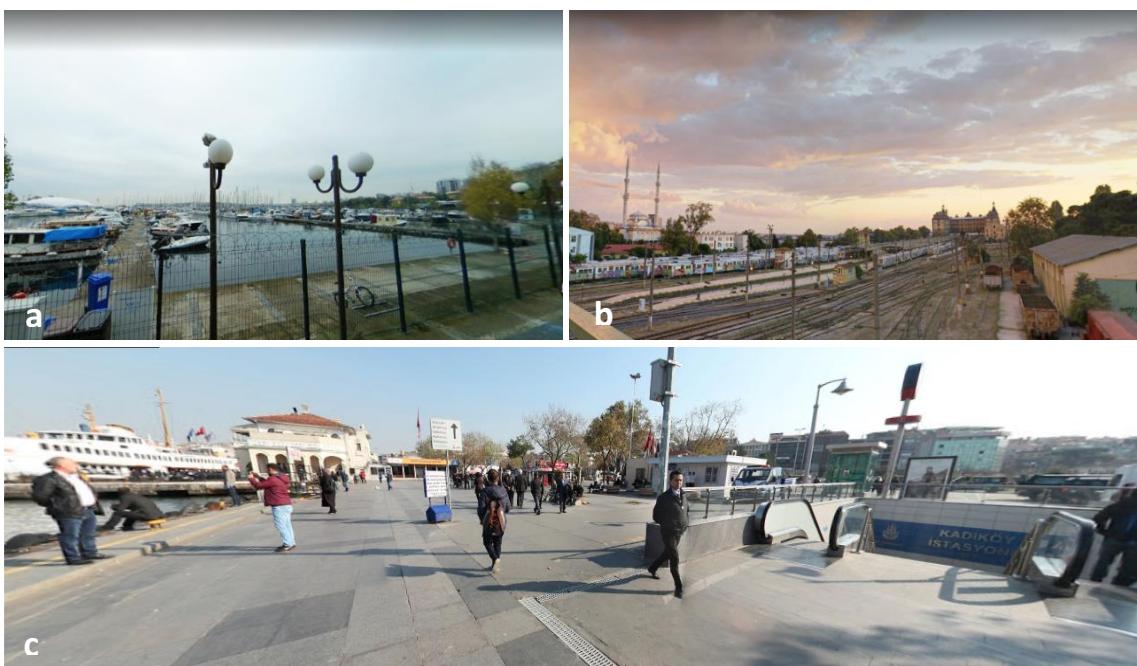
Şekil 26: a) Sahil Boyunca İzlenen Kıyı Koruma Yapıları, b) Yeşil Kuşak Uygulanabilecek Alanlar

Yapısal önlemlerin planlanması ve uygulanması uzun soluklu ve karmaşık çalışmalar olduğundan bölgedeki riskin azaltılması için alınabilecek etkin önlemlerden biri tehlike öncesinde kıyı şeridinin hızlıca tahliyesi olacaktır. Bunun için öncelikle konuma ve bölgenin en yoğun olduğu döneme göre uygun tahliye rotalarının belirlenmesi ve bölgeyi kullanan kişilerin farkındalık düzeylerini arttıracı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise mümkün olduğunda belirli aralıklar ile tatbikatların düzenlenmesi gerekmektedir. Farkındalık düzeyinin artırılması için uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgede uygun alanlara yerleştirilmesi gereklidir. Park alanlarında uygun yerlere, yürüyüş yollarına ve otopark alanlarına uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler yerleştirilmelidir. Bilgilendirici tabelalarda, alanın olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gereği aktarılmalıdır. Oluşabilecek panik ortamı düşünülerek en yakın tahliye koridoruna yönlendirici tabelalar yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölge sınırlarını işaretleyen işaretler konulmalıdır. Bu tabela ve panoların istenen amaca ulaşılabilmesi için yapımından itibaren sürekli bakım ve onarım işlemlerinin yapılması gereklidir. Sahil şeridinde ve gerisinde yer alan tsunami akım derinliği

üzerinde kat yüksekliğine sahip yapılar dikey tahliye alanı olarak kullanılabilecektir. Bölge yoğunluğunun en yüksek olduğu döneme göre yapılacak analizlerde yatay ve dikey tahliye imkânlarının yetersiz kaldığının belirlenmesi durumunda park alanları içeresine dikey tahliye amaçlı tsunami kulelerinin yapımı ilçe belediyesi ve ilgili paydaşların görüşleri dikkate alınarak düşünülebilir.

7.2. Kritik ve Stratejik Yapılar İçin Alınması Gerekli Önlemler

İlçe kıyısında yer alıp tsunami baskınına karşı özel önlem gerektiren yapılar bulunmaktadır (Şekil 27). Bunlardan bazıları, deniz araçlarının yanaşma, indirme, bindirme ve bağlanma alanları olarak kullanılan marina, barınak, iskele türü yapılar ile metro girişleri, İSPARK, Kalamış Marina ve İETT gibi kurum kuruluşlarına ait çok sayıda aracın park halinde bulunduğu otopark alanları, Haydarpaşa Tren istasyonu, Fenerbahçe Spor Kulübüne ait tesisler, Deniz Kuvvetleri Komutanlığına ait tesisler, Sahil yolu, İSKİ Kadıköy Atıksu Ön Arıtma Tesisleri olarak sayılabilir. Söz konusu yapıların her biri farklı kurum veya kuruluş sorumluluğunda olup işletme prensipleri açısından farklı unsurlar içermektedir. Bu nedenle güvenliklerinin sağlanması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi, yetkili kurumlar ile yapılacak ortak çalışmalarla tespit edilmelidir.



Şekil 27: Kadıköy İlçe Sahilinde Yer Alan ve Özel Önlem Gerektiren Kritik Tesislerden Bazıları

a) Kalamış Marina, b) Tarihi Haydarpaşa Tren Garı, c) Kadıköy Sahili Metro Giriş ve Vapur İskelesi

Baskın alanı içerisinde yer alan eğitim kurumlarında okuyan öğrencilerin farkındalıkının artırılması ve bilgilendirme çalışmaları yaş gruplarına uygun içerikler hazırlanarak yapılmalıdır. Kıyı şeridine yer alan çok sayıda işletmenin sahipleri ile yapılacak görüşmelerde bölgedeki tsunami riski hakkında bilgilendirme yapılması ve olası bir tehlike durumunda ne şekilde

hareket edileceği konusunda eğitim verilerek risk azaltma çalışmalarında yer almaları sağlanmalıdır. Bölgenin turizm potansiyeli olması nedeni ile bahsedilen konuların yer aldığı farklı dillerde uygun içerikli broşürler hazırlanmalıdır.

7.3. Kadıköy İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi

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

Tren, metro, otobüs ve deniz ulaşımlarının ana terminalerinin yer aldığı Kadıköy ilçe sahili önemli bir ulaşım merkezi olmasının yanında sanat, kültür, alışveriş, spor ve eğlence merkezleri sayesinde yoğun ilgi görmektedir. İlçe sahillerinde ayrıca sunulan tesis, havuz ve plaj imkânları, balıkçılar ve tekne sahipleri için barınak ve marina hizmetleri kıyı yoğunluğunu artıran bir diğer etkendir. Kıyı kullanımının yoğun olması sebebiyle kıyı şeridi boyunca geniş alanlı birçok otopark alanı da bulunmaktadır. Dolayısıyla, bölgedeki tsunami riskinin azaltılması için, deniz kullanımını sınırlayacak ve sahil manzarasını ve kullanımını olumsuz etkileyebilecek kıyı duvarı gibi yapısal önlemler tercih edilecek önlemler arasında yer almamaktadır. Bunun yerine, hemen hemen tüm sahil şeridi boyunca uygulandığı görülen, ancak mevcut hali ile yeterli korumayı sağlayamadığı görülen kıyı koruma amaçlı kaya dolgu alanlarının en azından sismik aktivite ile oluşabilecek tsunami etkisini azaltacak şekilde yükseltilmesi gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak önerilebilir.

Söz konusu yapısal önlemlerin uygulanması uzun vadeli çalışmalar olduğundan bölgedeki riskin azaltılması için alınabilecek en etkin yöntemin tahliye esnekliğinin artırılması olacaktır. Bunun için öncelikle uygun tahliye rotalarının belirlenmesi ve bölgeyi kullanan kişilerin farkındalık düzeylerini artıracı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise periyodik tatbikatların düzenlenmesi gerekmektedir. Farkındalık düzeyinin artırılması için uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici tabelaların bölgede uygun alanlara yerleştirilmesi gereklidir. Park alanlarında uygun yerlere, yürüyüş yollarına ve otopark alanlarına uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler yerleştirilmelidir. Bu tabelalarda, alanın olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gereği aktarılmalıdır.

İlçe kıyısında yer alıp tsunami baskınına karşı özel önlem gerektiren yapılar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, deniz araçlarının yanaşma, indirme, bindirme ve bağlanma alanları olarak kullanılan marina, barınak, iskele türü yapılar ile metro girişleri, İSPARK, Kalamış Marina ve İETT gibi kurum kuruluşlara ait çok sayıda aracın park halinde bulunduğu otopark alanları, Haydarpaşa Tren istasyonu, Fenerbahçe Spor Kulübüne ait tesisler, Deniz Kuvvetleri Komutanlığına ait tesisler, Sahil yolu, İSKİ Kadıköy Atıksu Ön Arıtma Tesisleri olarak sayılabilir. Söz konusu yapıların her biri farklı kurum veya kuruluş sorumluluğunda olup işletme prensipleri açısından farklı unsurlar içermektedir. Bu nedenle güvenliklerinin sağlanması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi, yetkili kurumlar ile yapılacak ortak çalışmalarla tespit edilmelidir.

Sonuç itibarıyle bu raporda yer alan önlemler değerlendirilirken dikkate alınması gereken temel yaklaşım tsunami tahliye kapasitesini artırmak olmalıdır. Bu kapsamdaki çalışmalarda ana hedef, sahil şeridineki insanların tsunami baskınının etkin olmadığı iç bölgelere ulaşımının sağlanması olmalıdır. Ayrıca, sahil boyunca yapılacak kıyı şeridi düzenlemeleri, ağaçlandırma, yönlendirici tabelaların eklenmesi gibi uygulamaların yanında; toplumun da etkin katılımının sağlandığı

bilinçlendirme ve farkındalık faaliyetlerinin hayatı geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Tüm bu çalışmalarda risk azaltmaya yönelik eylemlerin başta İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyesi olmak üzere ilgili tüm paydaş kurum ve kuruluşların katılımı ve bir seferberlik bilinciyle sorumluluk yüklenmesi; gerek alınan önlemlerin etkinliği, gerekse bu önlemlerin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

9. KAYNAKÇA

- İBB (2007), 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)

EK-1

