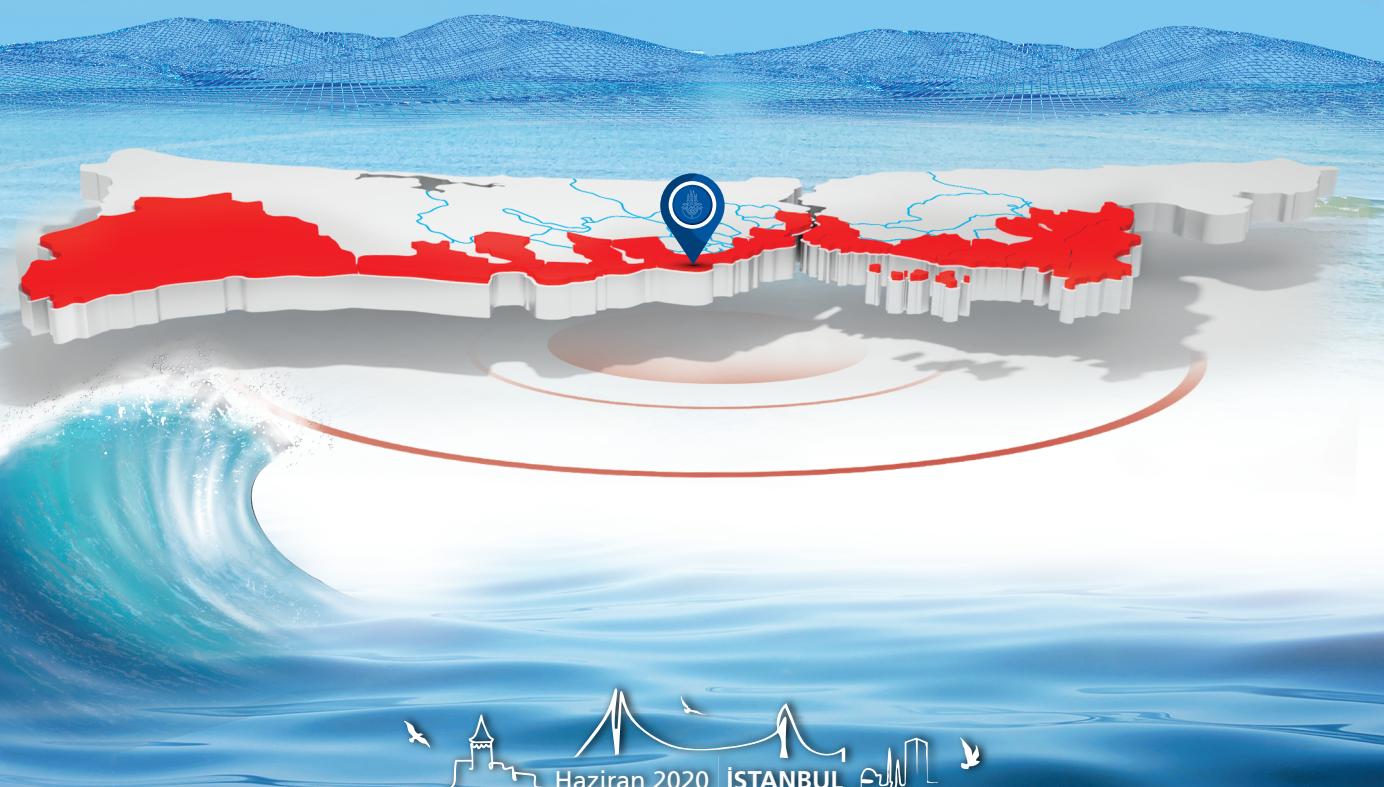




# **BAKIRKÖY**

## **TSUNAMI RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI**







**iSTANBUL  
SENİN**





ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

# BAKIRKÖY 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 Bakırköy 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](mailto:yalciner@metu.edu.tr)

Prof. Dr. Mehmet Lütfi Süzen, Proje Yürütucusu, [suzen@metu.edu.tr](mailto:suzen@metu.edu.tr)

Araş. Gör. Duygu Tüfekçi Enginar, Bilimsel Proje Uzmanı, [dtufekci@metu.edu.tr](mailto:dtufekci@metu.edu.tr)

Gözde Güney Doğan, Bilimsel Proje Uzmanı, [gguneydogan@gmail.com](mailto: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

<b>Şekiller</b> .....	8
<b>Tablolar</b> .....	10
<b>1. GİRİŞ</b> .....	6
<b>2. TSUNAMI TEHLİKESİ</b> .....	8
<b>3. KAPSAM VE YÖNTEM</b> .....	9
<b>4. BAKIRKÖY İLÇESİ TSUNAMI BASKIN ANALİZLERİ</b> .....	13
<b>4.1. Bakırköy İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası</b> .....	13
<b>4.2. Bakırköy İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları</b> .....	17
<b>5. BAKIRKÖY İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ</b> .....	25
<b>5.1. Mekansal Hasar Görebilirlik</b> .....	25
<b>5.1.1. Jeoloji</b> .....	25
<b>5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu</b> .....	26
<b>5.1.3. Kıyıdan Uzaklık</b> .....	27
<b>5.1.4. Yükseklik</b> .....	28
<b>5.2. Tahliye Esnekliği</b> .....	29
<b>5.2.1. Binaya Uzaklık</b> .....	29
<b>5.2.2. Yol Ağına Uzaklık</b> .....	30
<b>5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu</b> .....	31
<b>5.2.4. Eğim</b> .....	32
<b>5.3. Bakırköy İlçesi MeTHuVA Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları</b> .....	33
<b>6. BAKIRKÖY İLÇESİ MeTHuVA RİSK ANALİZLERİ</b> .....	34
<b>6.1. Bakırköy İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası</b> .....	34
<b>6.2. Bakırköy İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları</b> .....	34
<b>7. BAKIRKÖY İLÇESİ TSUNAMI EYLEM PLANI</b> .....	37
<b>7.1. Basınköy ve Şenlikköy Mahalleleri Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler</b> .....	37
<b>7.2. Yeşilköy ve Yeşilyurt Mahallesi Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler</b> .....	41
<b>7.3. Ataköy Mahallelerinde Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler</b> .....	45
<b>7.4. Zeytinlik, Cevizlik ve Sakızağacı Mahalleleri Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler:</b> .....	48

<b>7.5. Bakırköy İlçesi Tsunami Bilgi Haritası.....</b>	50
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	51
<b>9. KAYNAKÇA.....</b>	53
<b>EK-1.....</b>	54

## **Şekiller**

Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme İle d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Şematik Gösterimi .....	8
Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014) .....	8
Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı .....	11
Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri .....	11
Şekil 5: PIN ve YAN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası .....	13
Şekil 6: Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN/YAN) .....	14
Şekil 7: Bakırköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN/YAN) .....	15
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası .....	17
Şekil 9: Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma alanı grafiği (LSBC) .....	18
Şekil 10: Bakırköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC) .....	19
Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası .....	21
Şekil 12: Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY) .....	22
Şekil 13: Bakırköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY) .....	23
Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası .....	25
Şekil 15: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanın Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanın Sınıflandırılmış Haritası .....	26
Şekil 16: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanın Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanın Sınıflandırılmış Haritası .....	27
Şekil 17: a) Yükseklik Katmanın Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanın Sınıflandırılmış Haritası .....	28
Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanın Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanın Sınıflandırılmış Haritası .....	29
Şekil 19: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanın Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanın Sınıflandırılmış Haritası .....	30
Şekil 20: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanın Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanın Sınıflandırılmış Haritası .....	31
Şekil 21: a) Eğim Katmanın Parametre Haritası b) Eğim Katmanın Sınıflandırılmış Haritası .....	32
Şekil 22: Bakırköy Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası .....	33
Şekil 23: PIN ve YAN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası .....	34
Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası .....	35
Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası .....	36
Şekil 26: Basınköy-İstanbul Caddesi Boyunca Tahliyeyi Zorlaştıran Etkenler .....	38
Şekil 27: a) Basınköy Mahallesi Kıyı Tahliyesine Engel Olan Yamaç Üstündeki Tren Yolu Güvenlik Duvarları b) Alternatif Tahliye Alanı Olarak Basınköy-İstanbul Caddesi Üzerinden Geçen E-5 Karayolu .....	39

Şekil 28: a) Basınköy Mahallesi Kıyısında Yer Alan Restoranlar b) Sahilin Ve Yakın Restoranların Tahliyesine İmkan Sağlayan Menekşe Tren İstasyonu Alt Geçidi .....	39
Şekil 29: Basınköy-İstanbul ve Yeşilköy-Halkalı Caddesi Boyunca İzlenen Dekoratif Duvarlar .	41
Şekil 30: Yeşilköy Mahallesi Sahil Şeridi .....	42
Şekil 31: Yeşilköy Mahallesi Sahil Şeridinde Bitişik Nizam Yapılar .....	43
Şekil 32: Yeşilköy Mahallesi Tahliyesi a) Tahliyeye Uygun Yollar b) Tahliyeye Engel Yapı Çevre ve Güvenlik Duvarları .....	44
Şekil 33:Yeşilyurt Mahallesi Sahilinde Tsunamiden Etkileneceği Hesaplanan Alan ve Güvenli Alan Sahil Caddesi .....	45
Şekil 34: Ataköy 1.Kısim Mahallesi Sahilinden Görünüm. (Galeria AVM, Otopark Binası, Metro Şantiyesi ve Liman inşaatı) .....	46
Şekil 36: a) Ataköy 2-5-6 Kısim Mahallesi Kıyı Düzlüğünde Yapılan Yüksek Katlı Yapılar b) Sahildeki Kıyı Koruma Yapıları ve Yapı Güvenlik Bariyerleri c) Baruthane Millet Bahçesi .....	47
Şekil 37: Ataköy 1. Kısim Mahallesi sahilindeki Ataköy Marina ve İDO İskelesi .....	48
Şekil 38: Sahil Yolu Üzerindeki Yapılaşmalar .....	49
Şekil 39: Sakızacı Mahallesi Sahil Parkı .....	49

## **Tablolar**

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları .....	10
Tablo 2: Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN/YAN) .....	14
Tablo 3: Bakırköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN/YAN) .....	16
Tablo 4: Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC) .....	18
Tablo 5: Bakırköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC).....	20
Tablo 6: Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY).....	22
Tablo 7: Bakırköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonucu (LSY) .....	24
Tablo 8: Bakırköy Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri.	25

## **1. GİRİŞ**

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

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

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

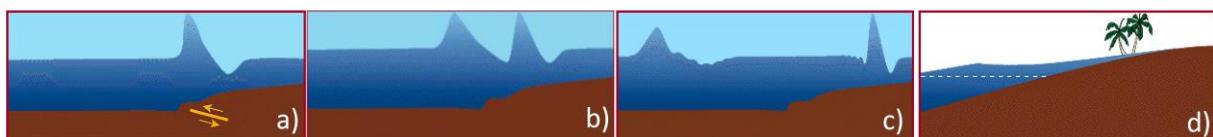
dünyada megakentleri için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün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

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

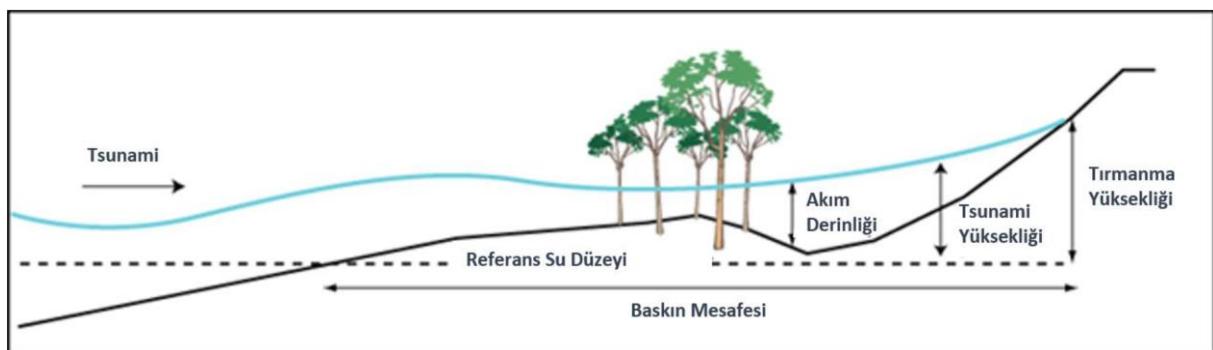
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan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

## 2. TSUNAMİ TEHLİKESİ

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



**Şekil 1:** Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme İle d) Karada İlerlemesi Aşamalarının 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 dahil edilmiştir. Her ilçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri her tsunami senaryosu için ilgili alt bölgelerde sunulmuştur. NAMI DANCE sayısal modeli, çalışma prensipleri ve İstanbul kıyıları için uygulanması ile ilgili olarak İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.

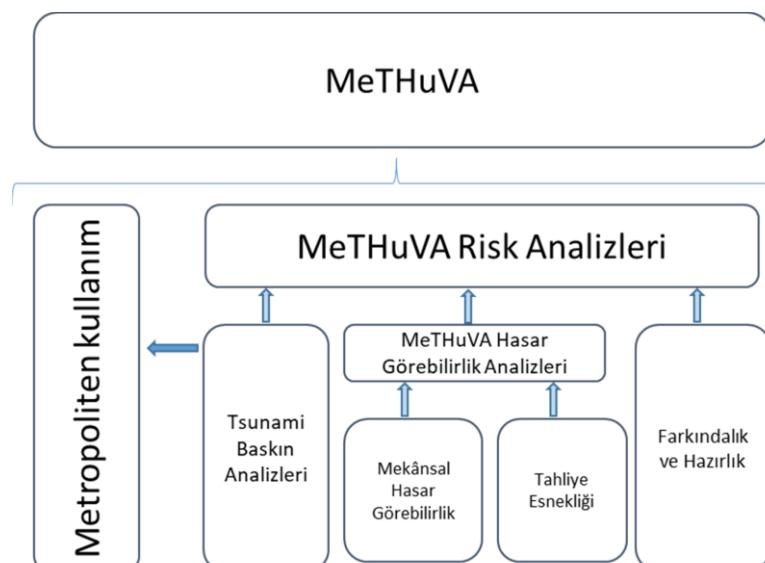
**Tablo 1:** Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

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

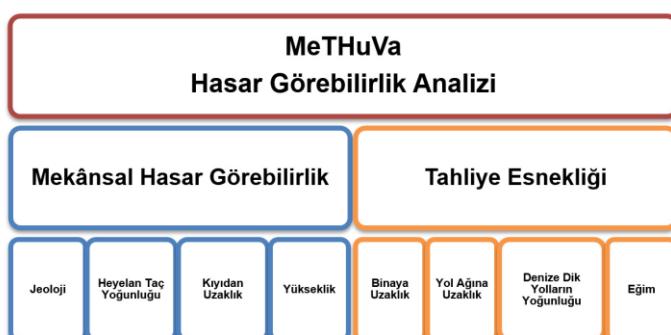
Hasar Görebilirlik Analizleri (MeTHuVA): Metropoliten alanlarda tsunami afeti sırasında bireylerin hasar görebilirlik durumlarının tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle insanlar için bu afet türünün tehlikesi, afet anında bulundukları konumdan kaynaklanmaktadır. MeTHuVA yöntemi bu ihtiyacı 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 etkileyeceğin 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.

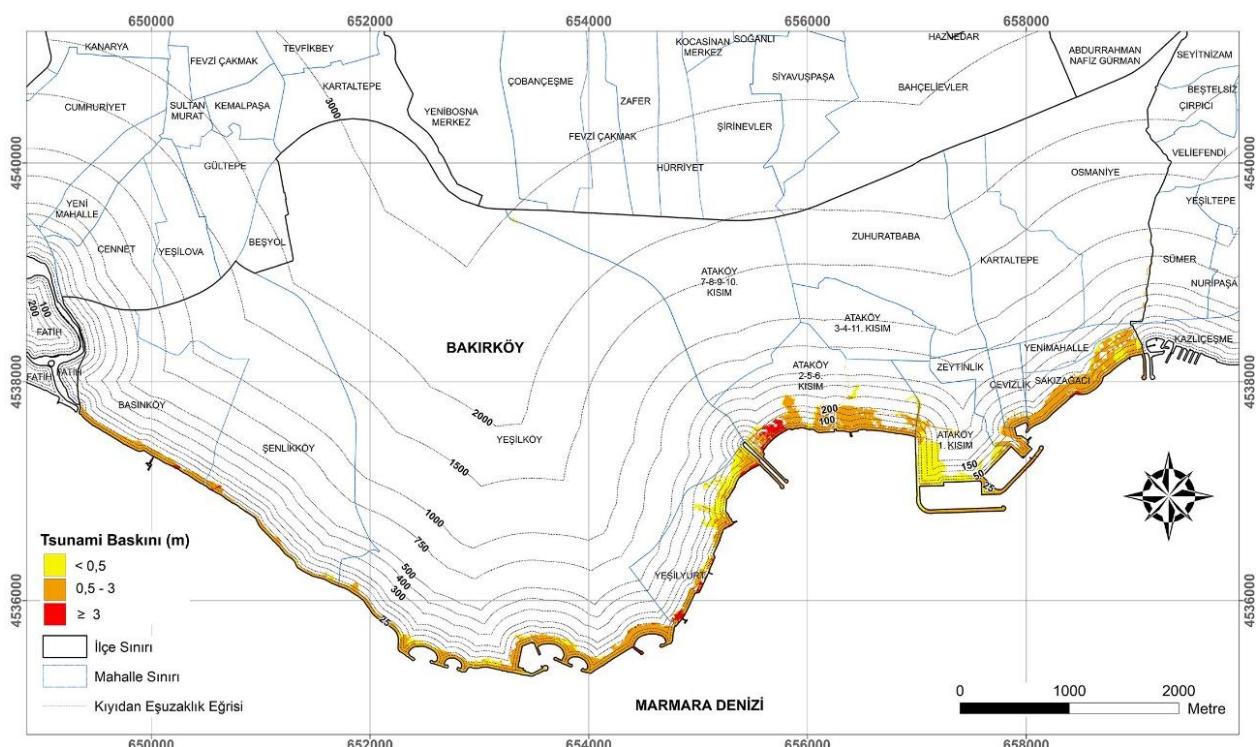
2004 Hint Okyanusu ve 2011 Tohoku felaketlerinin ardından tüm dünyada tsunami olayına karşı artan farkındalık ve 1999 İzmit depreminden sonra Marmara Denizi için gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası projeler gözetilerek bu projede İstanbul ilçeleri için uygun görülen "n" parametresi değeri 3 olarak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

## 4. BAKIRKÖY İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ

### 4.1. Bakırköy İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre Bakırköy ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynaklarının Marmara Denizi içinde bulunan Prens Adaları Fayı (Prince Islands Fault-PIN) ve Yalova Normal Fayı (Yalova Normal Fault-YAN) olduğu tespit edilmiştir. PIN ve YAN tsunami kaynakları oldukça benzer sonuçlar sunduğundan bu bölümde birlikte ele alınmıştır. Bu iki tsunami senaryosunun birlikte değerlendirilmesi; iki senaryonun tsunami su basmasına ait sonuçlarının Bakırköy İlçe sınırları içinde etkiledikleri her konum için iki kaynak arasından en yüksek değere sahip olan senaryodan gelen değerin seçilmesi yoluyla yapılmıştır. Tsunami kaynağı olarak PIN ve YAN kullanılarak yapılan 5 m çözünürlüklü benzetimlerin birleştirilmesi sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 5'te gösterilmiştir.

PIN ve YAN kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Bakırköy ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 6.41 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 360 metreye ulaşmaktadır.



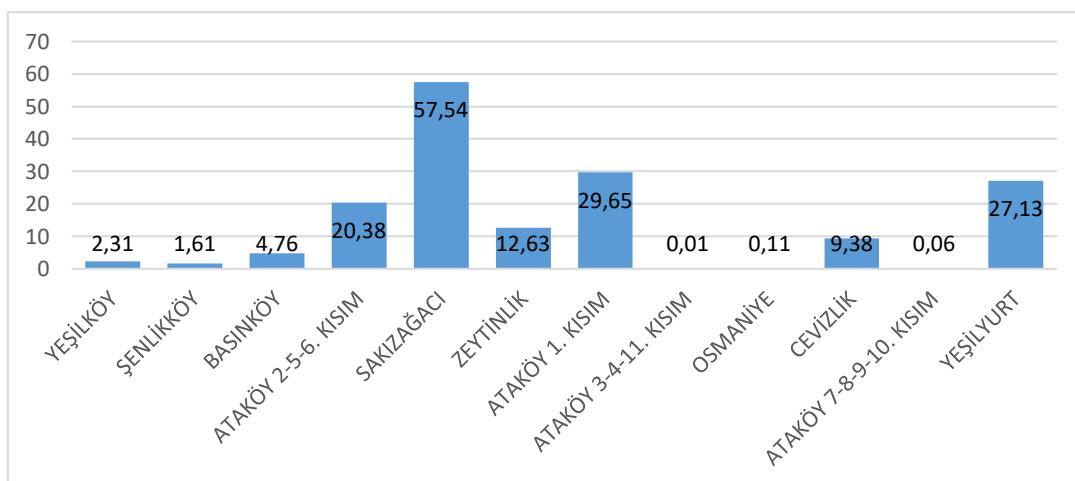
Şekil 5: PIN ve YAN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Bakırköy ilçesinde özellikle Ayamama ve Tavukçu dere yataklarında su ilerlemesi görülmüştür. Benzetim sonuçlarına göre, PIN/YAN kaynaklı olası bir tsunamide, Bakırköy ilçesinin %4.56'sını kapsayan 1.36 km<sup>2</sup>'lik bir alanda ve 12 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını

alanının Bakırköy ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 2 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Sakızağıçı Mahallesi'nde %57.54'lük su basma alanı yüzdesi görülmüştür. Bunu %29.65, %27.13 ve %20.38 ile sırasıyla Ataköy 1. Kısım, Yeşilyurt ve Ataköy 2-5-6. Kısım mahalleleri takip etmektedir. Su basma derinliğinin en yüksek görüldüğü mahalle ise 6.41m ile Ataköy 1. Kısım Mahallesi'dir.

**Tablo 2:** Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN/YAN)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m <sup>2</sup> )	Toplam Mah.Alanı (km <sup>2</sup> )	Su basma alanı %
<b>SAKIZAĞACI</b>	6.10	1.15	219.975	0.382	57.54
<b>ATAKÖY 1. KISIM</b>	6.41	0.62	213.975	0.722	29.65
<b>YEŞİLYURT</b>	5.99	1.06	189.175	0.697	27.13
<b>ATAKÖY 2-5-6. KISIM</b>	4.94	1.61	252.250	1.238	20.38
<b>ZEYTİNLİK</b>	3.86	1.32	36.475	0.289	12.63
<b>CEVİZLİK</b>	4.59	0.91	17.550	0.187	9.38
<b>BASINKÖY</b>	4.42	1.55	74.000	1.555	4.76
<b>YEŞILKÖY</b>	5.27	1.20	305.600	13.258	2.31
<b>ŞENLİKKÖY</b>	4.11	1.72	48.275	3.002	1.61
<b>OSMANİYE</b>	2.08	0.82	2.600	2.387	0.11
<b>ATAKÖY 7-8-9-10. KISIM</b>	1.26	0.31	1.300	2.046	0.06
<b>ATAKÖY 3-4-11. KISIM</b>	1.74	1.44	75	0.643	0.01

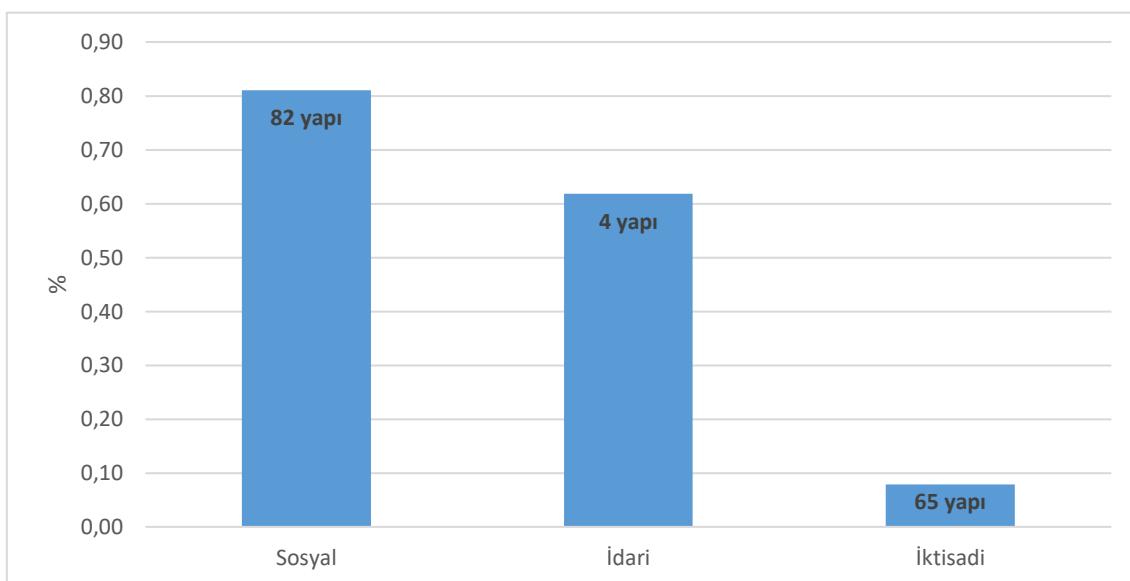


**Şekil 6:** Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN/YAN)

PIN/YAN kaynaklı olası bir tsunamide Bakırköy ilçesi içinde bulunan 12.273 yapıdan 213'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 151'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/YAN kaynaklı olası bir tsunamiye Yeşilyurt Mahallesi'nde Sosyal yapı grubu içinde bulunan mesken binalarının %5.19'unun suyla teması olduğu tespit edilmiştir. İktisadi yapı grubunda ticari yapıların en çok etkilendiği mahalle %92.31 ile yine Yeşilyurt Mahallesi'dir. Basınköy Mahallesi'nde ise İktisadi yapı grubundan fabrika yapıları %100, ticari yapılar ise %50 etkilenmiştir. İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7'de sunulmuştur. Bakırköy ilçesi genelinde PIN/YAN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.81'i, İdari yapıların %0.62'si ve iktisadi yapıların ise %0,08'i su basmasından etkilenmektedir.



**Şekil 7:** Bakırköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN/YAN)

**Tablo 3:** Bakırköy İlçesi Suya Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN/YAN)

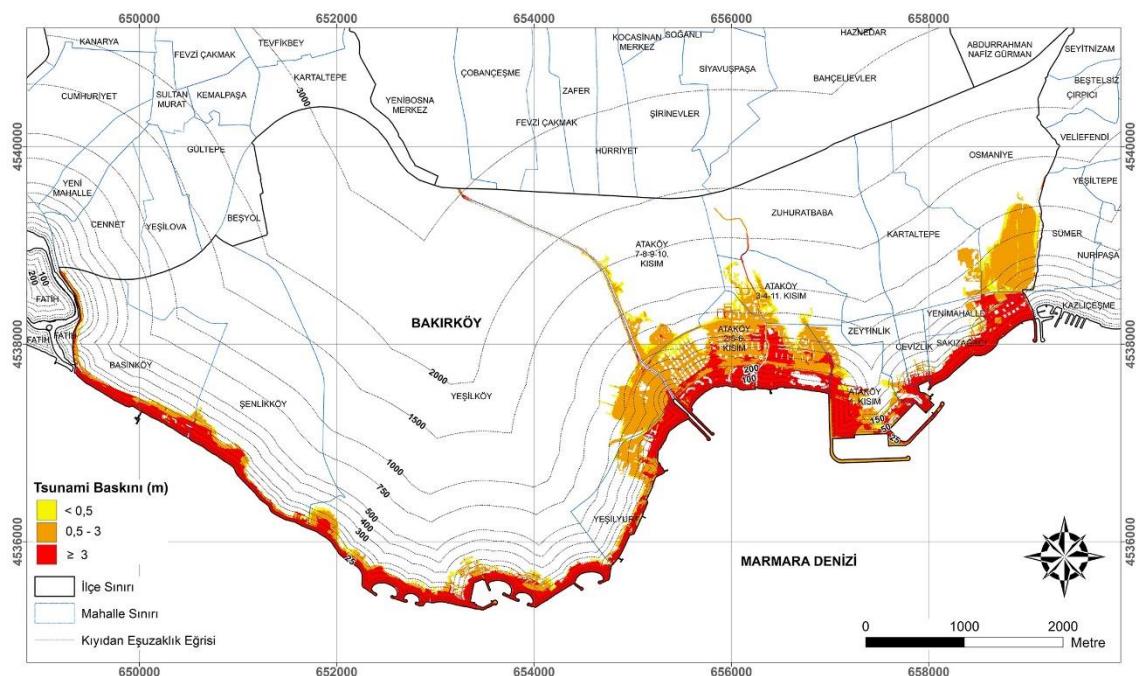
	Sosyal	İdari	İktisadi		Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Resmi	Fabrika	Ticari	
Ataköy 1. Bölüm	64	1	-	27	<b>97</b>
Ataköy 2-5-6. Bölüm	186	4	-	26	<b>235</b>
Basınköy	560	36	4	36	<b>658</b>
Cevizlik	709	2	-	8	<b>728</b>
Osmaniye	743	67	89	66	<b>1.051</b>
Sakızacı	460	1	-	9	<b>471</b>
Şenlikköy	1.669	31	4	60	<b>1.832</b>
Yeşilköy	1.660	211	9	227	<b>2.387</b>
Yeşilyurt	289	4	-	13	<b>314</b>
Zeytinlik	536	6	1	28	<b>583</b>
<b>İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı</b>	<b>10.119</b>	<b>647</b>	<b>203</b>	<b>620</b>	<b>12.273</b> (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Resmi	Fabrika	Ticari	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Ataköy 1. Bölüm	0	0	0	8	<b>8</b>
Ataköy 2-5-6. Bölüm	7	0	0	8	<b>15</b>
Basınköy	0	4	4	18	<b>26</b>
Cevizlik	22	0	0	2	<b>24</b>
Osmaniye	1	0	0	0	<b>1</b>
Sakızacı	15	0	0	5	<b>20</b>
Şenlikköy	0	0	0	0	<b>0</b>
Yeşilköy	21	0	0	4	<b>25</b>
Yeşilyurt	15	0	0	12	<b>27</b>
Zeytinlik	1	0	0	4	<b>5</b>
<b>Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı</b>	<b>82</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>61</b>	<b>151</b> (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı)  <b>213</b> (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Resmi	Fabrika	Ticari
Ataköy 1. Bölüm	0.00	0.00	-	29.63
Ataköy 2-5-6. Bölüm	3.76	0.00	-	30.77
Basınköy	0.00	11.11	100.00	50.00
Cevizlik	3.10	0.00	-	25.00
Osmaniye	0.13	0.00	0.00	0.00
Sakızacı	3.26	0.00	-	55.56
Şenlikköy	0.00	0.00	0.00	0.00
Yeşilköy	1.27	0.00	0.00	1.76
Yeşilyurt	5.19	0.00	-	92.31
Zeytinlik	0.19	0.00	0.00	14.29
<b>İlçe Toplami</b>	<b>0.81</b>	<b>0.62</b>	<b>1.97</b>	<b>9.84</b>

## 4.2. Bakırköy İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Bakırköy ilçesi için kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryolarından birinin Büyücekmece Deniz Altı Heyelani (LSBC) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LSBC kullanılarak yapılan 5 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir. LSBC kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 13.83 metreyle ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi dere yatağı boyunca yaklaşık 1.200 metreye ulaşmaktadır.

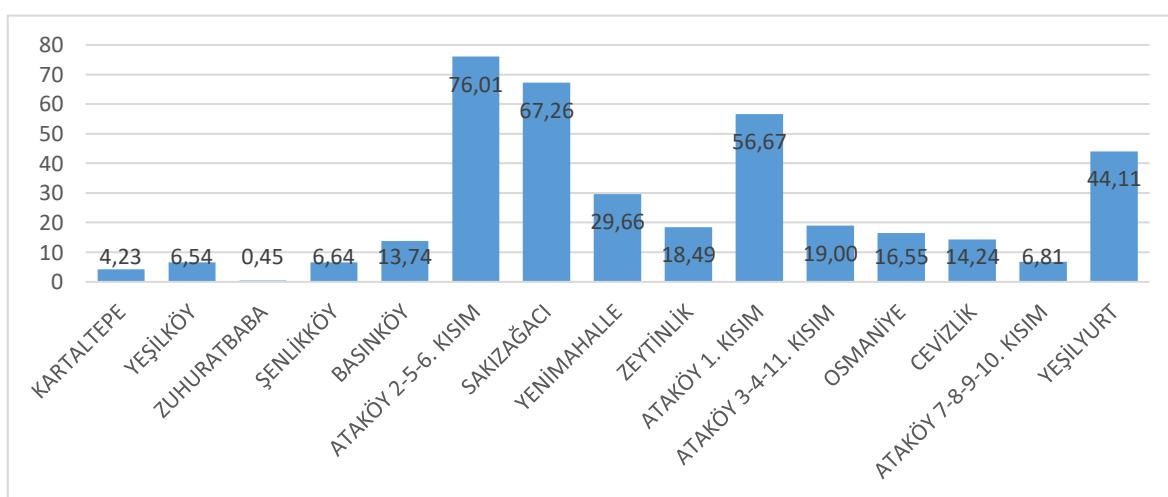


**Şekil 8:** LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Bakırköy ilçesinde özellikle Ayamama, Tavukçu ve Ayvalı dere yataklarında su ilerlemesi görülmüştür. Ayvalı deresinden kaynaklanan taşma Veli Efendi Hipodromu'nun büyük bölümünde su basmasında sebep olmuştur. Benzetim sonuçlarına göre, LSBC kaynaklı olası bir tsunamide, Bakırköy ilçesinin %13.63'ünü kapsayan 4.06 km<sup>2</sup>'lik bir alanda ve 15 mahallede tsunami su baskını öngörmektedir. Tsunami su baskını alanının Bakırköy ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 4 ve Şekil 9'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Ataköy 2-5-6. Kısım ve Sakızağacı mahallelerinde sırasıyla %76.01 ve %67.26 oranlarında su basma alanları tespit edilmiştir. Bunu %56.67 ve %44.11 oranlarıyla Ataköy 1. Kısım ve Yeşilyurt mahalleleri takip etmektedir. Su basma derinliğinin en yüksek görüldüğü mahalle ise 13.83 m maksimum su basma derinliği ve %6.54 su basma alanıyla Yeşilköy Mahallesi'dir.

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

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m <sup>2</sup> )	Toplam Mah. Alanı (km <sup>2</sup> )	Su basma alanı %
<b>ATAKÖY 2-5-6. KISIM</b>	9.99	3.24	940.850	1.238	76.01
<b>SAKİZAĞACI</b>	9.49	5.26	257.125	0.382	67.26
<b>ATAKÖY 1. KISIM</b>	7.60	2.78	409.000	0.722	56.67
<b>YEŞİLYURT</b>	9.82	3.09	307.600	0.697	44.11
<b>YENİMAHALLE</b>	4.88	2.64	69.150	0.233	29.66
<b>ATAKÖY 3-4-11. KISIM</b>	6.25	0.78	122.275	0.643	19.00
<b>ZEYTİNLİK</b>	7.78	3.79	53.425	0.289	18.49
<b>OSMANİYE</b>	5.05	1.05	395.175	2.387	16.55
<b>CEVİZLİK</b>	7.02	3.81	26.625	0.187	14.24
<b>BASINKÖY</b>	12.47	5.31	213.575	1.555	13.74
<b>ATAKÖY 7-8-9-10. KISIM</b>	5.01	1.12	139.375	2.046	6.81
<b>ŞENLİKKÖY</b>	13.59	5.38	199.450	3.002	6.64
<b>YEŞİLKÖY</b>	13.83	3.24	866.400	13.258	6.54
<b>KARTALTEPE</b>	2.98	1.05	56.700	1.340	4.23
<b>ZUHURATBABA</b>	3.61	2.37	8.250	1.843	0.45

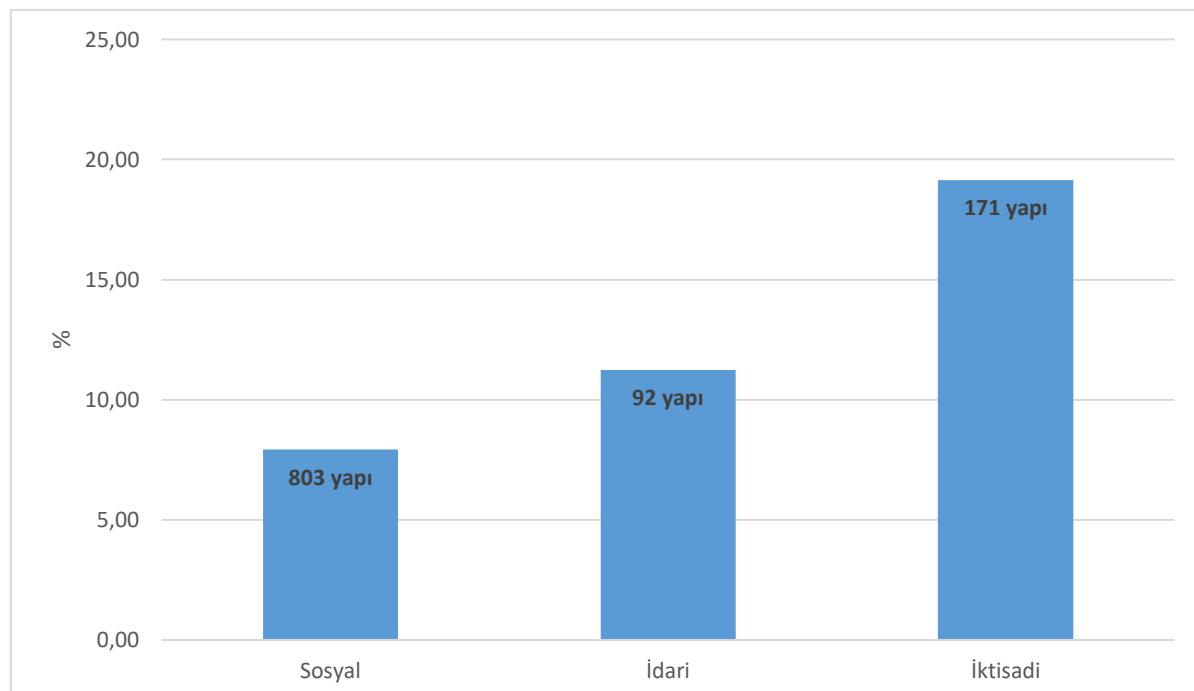


**Şekil 9:** Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma alanı grafiği (LSBC)

LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Bakırköy ilçesi içinde bulunan 12.273 yapıdan 1.086'sının suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 1.066'sı Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 5'te verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Ataköy 2-5-6. Kısımları'nda bulunan mesken yapılarının %94.62'sinin, idari yapıların %100'ünün, ticari

yapıların %96.15'inin ve trafoların %100'ünün su ile teması olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Basınköy Mahallesi'nde bulunan fabrikaların ve trafoların %100'ü ticari binaların ise %83.33'ünün etkilendiği görülmektedir. Yenimahalle ve Zeytinlik mahallelerinde ise fabrika yapıları sırasıyla %82.35 ve %100 oranda etkilenmişlerdir. Bakırköy ilçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Bakırköy ilçesi genelinde LSBC kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %7.94'ü, İdari yapıların % 11.25'i ve İktisadi yapıların ise %19.15'i su basmasından etkilenmektedir.



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

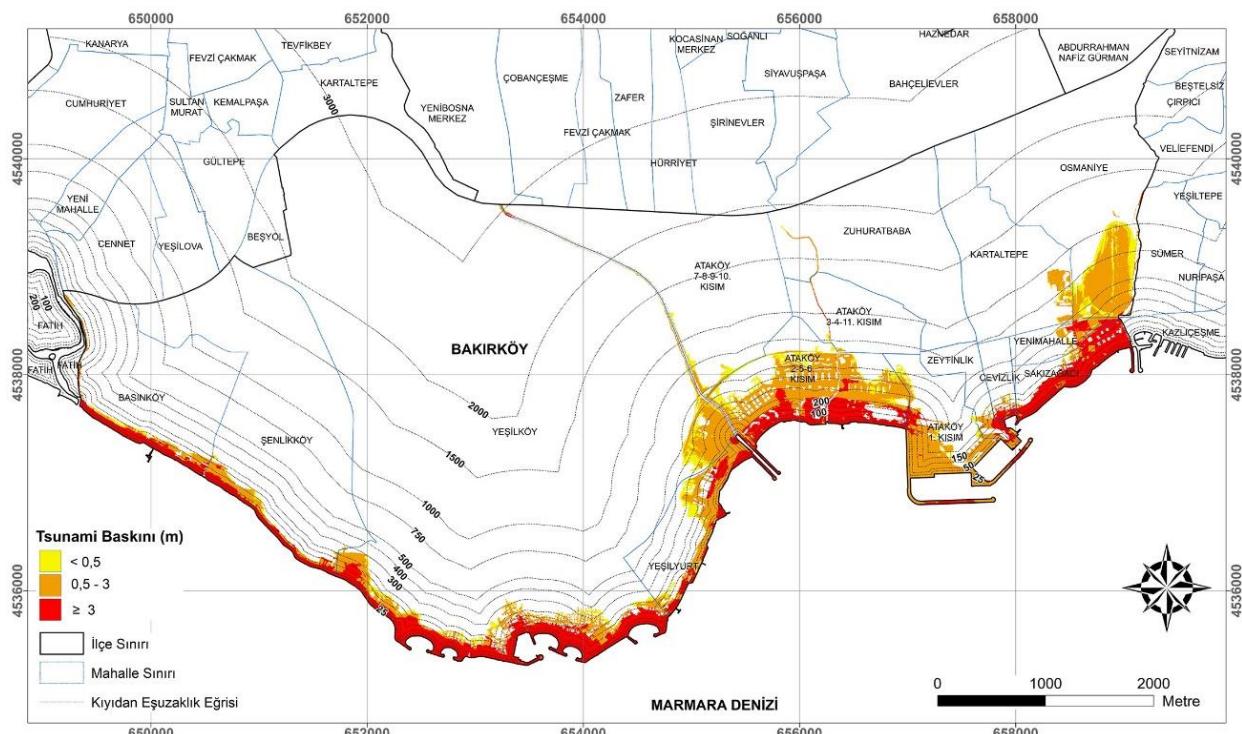
**Tablo 5:** Bakırköy İlçesi Sıyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC)

İlçe Genel	Sosyal	İdari		İktisadi				Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	
Ataköy 1. Kısım	64	-	1	-	-	27	1	97
Ataköy 2-5-6. Kısım	186	10	4	-	-	26	3	235
Ataköy 3-4-11. Kısım	223	9	6	-	-	21	1	262
Ataköy 7-8-9-10. Kısım	403	14	65	5	-	42	17	553
Basinköy	560	10	36	4	-	36	1	658
Cevizlik	709	6	2	-	-	8	-	728
Kartaltepe	1.338	34	27	57	-	35	2	1.513
Osmaniye	743	8	67	89	14	66	3	1.051
Sakizağacı	460	-	1	-	-	9	-	471
Şenlikköy	1.669	29	31	4	1	60	1	1.832
Yenimahalle	446	5	21	34	-	7	-	519
Yeşilköy	1.660	32	211	9	6	227	9	2.387
Yeşilyurt	289	1	4	-	-	13	-	314
Zeytinlik	536	4	6	1	-	28	-	583
<b>İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı</b>	<b>10.119</b>	<b>171</b>	<b>647</b>	<b>203</b>	<b>30</b>	<b>620</b>	<b>40</b>	<b>12.273</b> (ilçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Ataköy 1. Kısım	14	0	0	0	0	18	0	32
Ataköy 2-5-6. Kısım	176	10	4	0	0	25	3	218
Ataköy 3-4-11. Kısım	77	5	2	0	0	2	0	86
Ataköy 7-8-9-10. Kısım	2	0	29	0	0	1	0	32
Basinköy	20	0	10	4	0	30	1	65
Cevizlik	89	1	0	0	0	2	0	92
Kartaltepe	0	0	0	12	0	0	0	12
Osmaniye	4	0	6	0	0	2	0	12
Sakizağacı	82	0	0	0	0	6	0	88
Şenlikköy	5	1	1	0	0	5	0	12
Yenimahalle	63	1	0	28	0	4	0	96
Yeşilköy	201	6	15	0	4	6	0	232
Yeşilyurt	30	0	1	0	0	13	0	44
Zeytinlik	40	0	0	1	0	4	0	45
<b>Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı</b>	<b>803</b>	<b>24</b>	<b>68</b>	<b>45</b>	<b>4</b>	<b>118</b>	<b>4</b>	<b>1.066</b> (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı)  <b>1.086</b> (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo
Ataköy 1. Kısım	21.88	-	0.00	-	-	66.67	0.00
Ataköy 2-5-6. Kısım	94.62	100.00	100.00	-	-	96.15	100.00
Ataköy 3-4-11. Kısım	34.53	55.56	33.33	-	-	9.52	0.00
Ataköy 7-8-9-10. Kısım	0.50	0.00	44.62	0.00	-	2.38	0.00
Basinköy	3.57	0.00	27.78	100.00	-	83.33	100.00
Cevizlik	12.55	16.67	0.00	-	-	25.00	-
Kartaltepe	0.00	0.00	0.00	21.05	-	0.00	0.00
Osmaniye	0.54	0.00	8.96	0.00	0.00	3.03	0.00
Sakizağacı	17.83	-	0.00	-	-	66.67	-
Şenlikköy	0.30	3.45	3.23	0.00	0.00	8.33	0.00
Yenimahalle	14.13	20.00	0.00	82.35	-	57.14	-
Yeşilköy	12.11	18.75	7.11	0.00	66.67	2.64	0.00
Yeşilyurt	10.38	0.00	25.00	-	-	100.00	-
Zeytinlik	7.46	0.00	0.00	100.00	-	14.29	-
<b>İlçe Toplami</b>	<b>7.94</b>	<b>14.04</b>	<b>10.51</b>	<b>22.17</b>	<b>13.33</b>	<b>19.03</b>	<b>10.00</b>

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Bakırköy ilçesi için kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryolarından bir diğerinin Yenikapı Deniz Altı Heyelani (LSY) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LSY kullanılarak yapılan 5 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Bakırköy ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 14.89 metreye ulaşığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 1.200 metreye ulaşmaktadır.

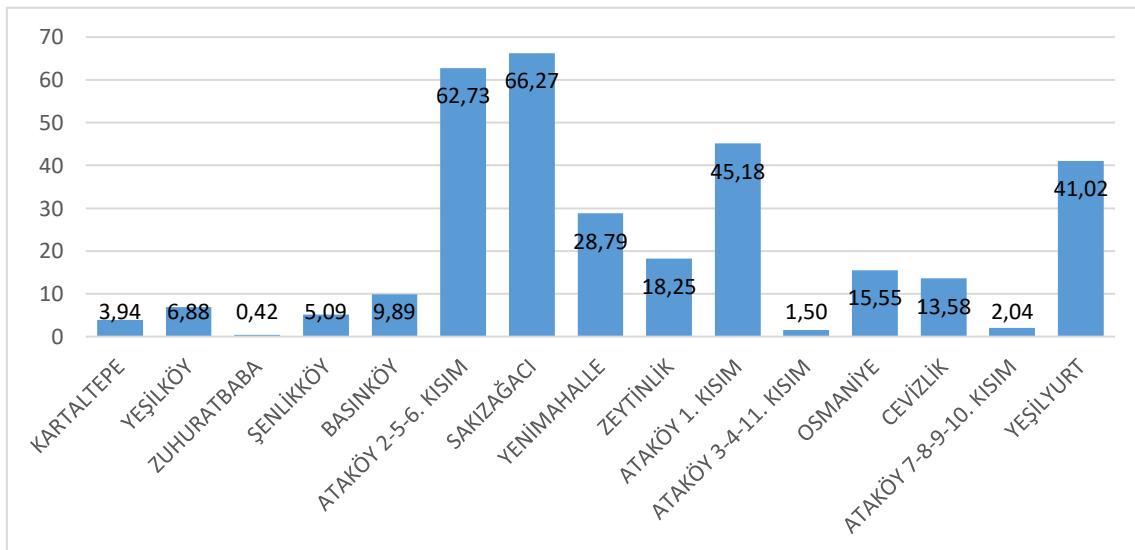


**Şekil 11:** LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Bakırköy ilçesinde özellikle Ayamama, Tavukçu ve Ayvalı dere yataklarında su ilerlemesi hesaplanmıştır. Ayvalı deresinden kaynaklanan taşma Veli Efendi Hipodromu'nun büyük bölümünde su basmasında sebep olmuştur. Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunamide, Bakırköy ilçesinin %11.70'ini kapsayan 3.49 km<sup>2</sup>'lik bir alanda ve 15 mahallede tsunami su baskını öngörümektedir. Tsunami su baskını alanının Bakırköy ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 6 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Sakızacı ve Ataköy 2-5-6. Kısım mahallelerinde sırasıyla %66.27 ve %62.73 oranlarında su basma alanları tespit edilmiştir. Bunu %45.18 ve %41.02 oranlarıyla Ataköy 1. Kısım ve Yeşilyurt mahalleleri takip etmektedir. Noktasal olarak su basma derinliğinin en yüksek hesaplandığı mahalle ise 14.89 m maksimum su basma derinliği ve %6.88 su basma alanıyla Yeşilköy Mahallesi'dir.

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

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m <sup>2</sup> )	Toplam Mah. Alanı (km <sup>2</sup> )	Su basma alanı %
<b>SAKİZAĞACI</b>	10.84	4.80	253.350	0.382	66.27
<b>ATAKÖY 2-5-6. KISIM</b>	9.98	2.47	776.500	1.238	62.73
<b>ATAKÖY 1. KISIM</b>	9.45	2.03	326.100	0.722	45.18
<b>YEŞİLYURT</b>	9.48	2.42	286.025	0.697	41.02
<b>YENİMAHALLE</b>	5.47	2.53	67.125	0.233	28.79
<b>ZEYTİNLİK</b>	6.30	2.76	52.725	0.289	18.25
<b>OSMANİYE</b>	5.30	0.90	371.150	2.387	15.55
<b>CEVİZLİK</b>	6.86	2.89	25.400	0.187	13.58
<b>BASINKÖY</b>	10.57	4.40	153.825	1.555	9.89
<b>YEŞİLKÖY</b>	14.89	4.05	912.725	13.258	6.88
<b>ŞENLİKKÖY</b>	12.82	4.15	152.925	3.002	5.09
<b>KARTALTEPE</b>	2.64	0.94	52.825	1.340	3.94
<b>ATAKÖY 7-8-9-10. KISIM</b>	4.05	0.82	41.750	2.046	2.04
<b>ATAKÖY 3-4-11. KISIM</b>	4.85	1.80	9.675	0.643	1.50
<b>ZUHURATBABA</b>	2.90	1.75	7.775	1.843	0.42

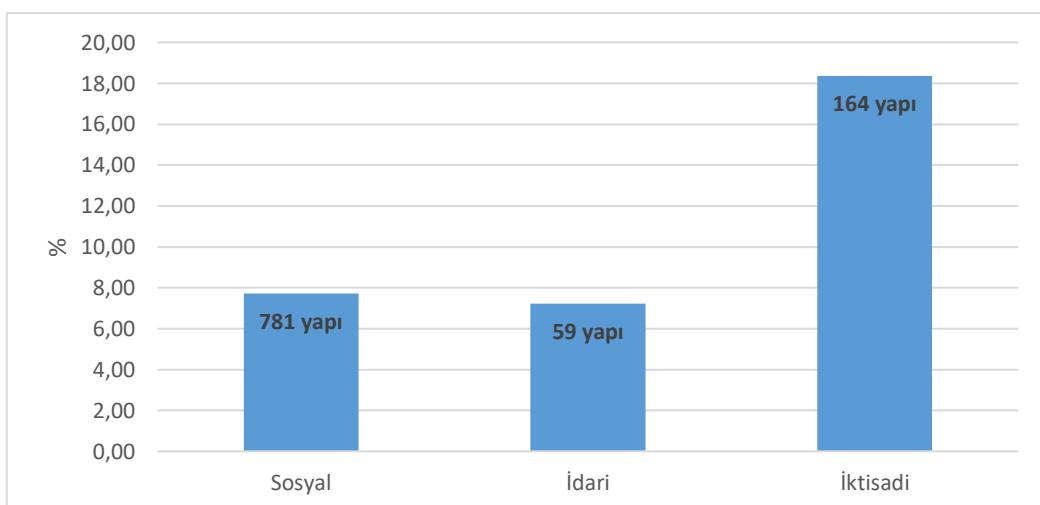


**Şekil 12:** Bakırköy İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)

LSY kaynaklı olası bir tsunamide Bakırköy ilçesi içinde bulunan 12.273 yapıdan 1.084'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 1.004'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 tsunami Ataköy 2-5-6. Kısıم Mahallesi'nde bulunan mesken yapılarının %74.73'ün, okulların %100'ün, ticari yapıların %73.08'inin ve trafoların %66.67'sinin su ile teması olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Basınköy Mahallesi'nde bulunan fabrikaların ve trafoların %100'ü ticari binaların ise %86.11'inin etkilendiği görülmektedir. Yenimahalle ve Zeytinlik mahallesinde ise fabrika yapıları sırasıyla %73.53 ve %100 oranda etkilenmişlerdir. Bakırköy ilçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 13'de sunulmuştur.

Bakırköy ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %7.72'si, İdari yapıların % 7.21'i ve İktisadi yapıların ise %18.37'si su basmasından etkilenmektedir.



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

**Tablo 7:** Bakırköy İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonucu (LSY)

	Sosyal	İdari		İktisadi				Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	
Ataköy 1. Bölüm	64	-	1	-	-	27	1	97
Ataköy 2-5-6. Bölüm	186	10	4	-	-	26	3	235
Ataköy 3-4-11. Bölüm	223	9	6	-	-	21	1	262
Ataköy 7-8-9-10. Bölüm	403	14	65	5	-	42	17	553
Basınköy	560	10	36	4	-	36	1	658
Cevizlik	709	6	2	-	-	8	-	728
Kartaltepe	1.338	34	27	57	-	35	2	1.513
Osmaniye	743	8	67	89	14	66	3	1.051
Sakızöğü	460	-	1	-	-	9	-	471
Şenlikköy	1.669	29	31	4	1	60	1	1.832
Yenimahalle	446	5	21	34	-	7	-	519
Yeşilköy	1.660	32	211	9	6	227	9	2.387
Yeşilyurt	289	1	4	-	-	13	-	314
Zeytinlik	536	4	6	1	-	28	-	583
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	10.119	171	647	203	30	620	40	12.273 (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Ataköy 1. Bölüm	7	0	0	0	0	15	0	22
Ataköy 2-5-6. Bölüm	139	10	1	0	0	19	2	171
Ataköy 3-4-11. Bölüm	0	0	1	0	0	0	0	1
Ataköy 7-8-9-10. Bölüm	0	0	7	0	0	0	0	7
Basınköy	0	0	10	4	0	31	1	46
Cevizlik	72	1	0	0	0	2	0	75
Kartaltepe	0	0	0	11	0	0	0	11
Osmaniye	4	0	1	0	0	2	0	7
Sakızöğü	62	0	0	0	0	6	0	68
Şenlikköy	1	0	0	0	0	5	0	6
Yenimahalle	44	0	0	25	0	3	0	72
Yeşilköy	401	9	19	0	4	16	0	449
Yeşilyurt	24	0	0	0	0	13	0	37
Zeytinlik	27	0	0	1	0	4	0	32
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	781	20	39	41	4	116	3	1.004 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 1.084 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo
Ataköy 1. Bölüm	10.94	-	0.00	-	-	55.56	0.00
Ataköy 2-5-6. Bölüm	74.73	100.00	25.00	-	-	73.08	66.67
Ataköy 3-4-11. Bölüm	0.00	0.00	16.67	-	-	0.00	0.00
Ataköy 7-8-9-10. Bölüm	0.00	0.00	10.77	0.00	-	0.00	0.00
Basınköy	0.00	0.00	27.78	100.00	-	86.11	100.00
Cevizlik	10.16	16.67	0.00	-	-	25.00	-
Kartaltepe	0.00	0.00	0.00	19.30	-	0.00	0.00
Osmaniye	0.54	0.00	1.49	0.00	0.00	3.03	0.00
Sakızöğü	13.48	-	0.00	-	-	66.67	-
Şenlikköy	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00
Yenimahalle	9.87	0.00	0.00	73.53	-	42.86	-
Yeşilköy	24.16	28.13	9.00	0.00	66.67	7.05	0.00
Yeşilyurt	8.30	0.00	0.00	-	-	100.00	-
Zeytinlik	5.04	0.00	0.00	100.00	-	14.29	-
İlçe Toplamı	7.72	11.70	6.03	20.20	13.33	18.71	7.50

## 5. BAKIRKÖY İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin batısında Marmara kıyısında 40,95-41,03 K ve 28,77-28,92 D koordinatları arasında yer alan Bakırköy ilçesi 29,63 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahiptir. Bakırköy ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

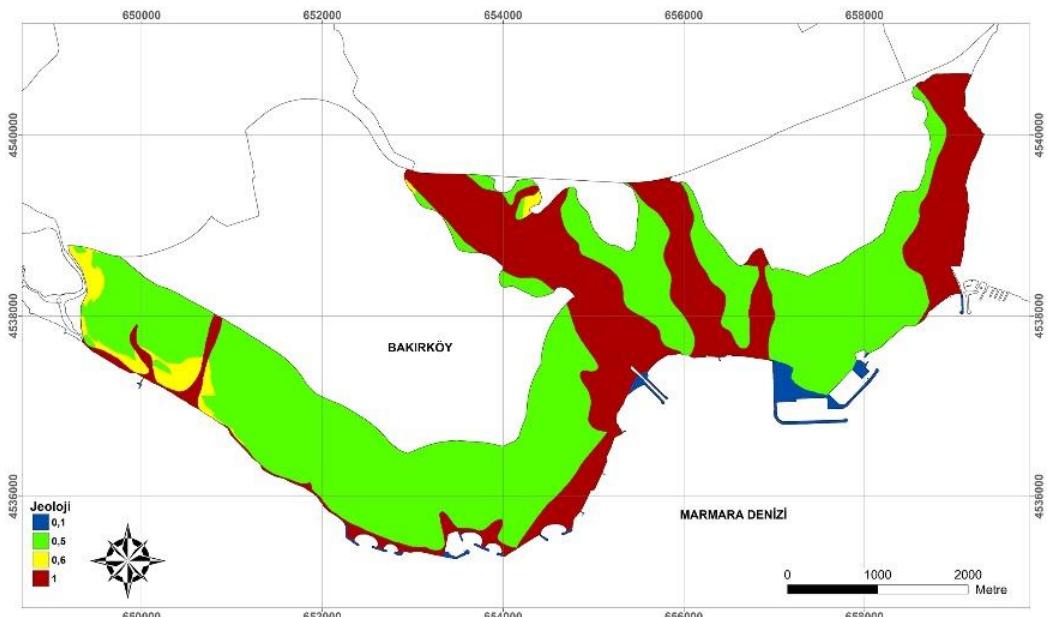
### 5.1. Mekansal Hasar Görebilirlik

#### 5.1.1. Jeoloji

Bakırköy ilçesi sınırlarında 3 farklı jeolojik birim bulunmaktadır. Bu birimler: Güncel birikintiler-Qg (Alüvyon-Qal, Plaj birikintisi-Qp), Çekmece Formasyonu-Tç (Bakırköy üyesi-Tçb, Güngören üyesi-Tçg) yapay dolgu 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 Bakırköy ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 14'te gösterilmiştir.

**Tablo 8:** Bakırköy Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri

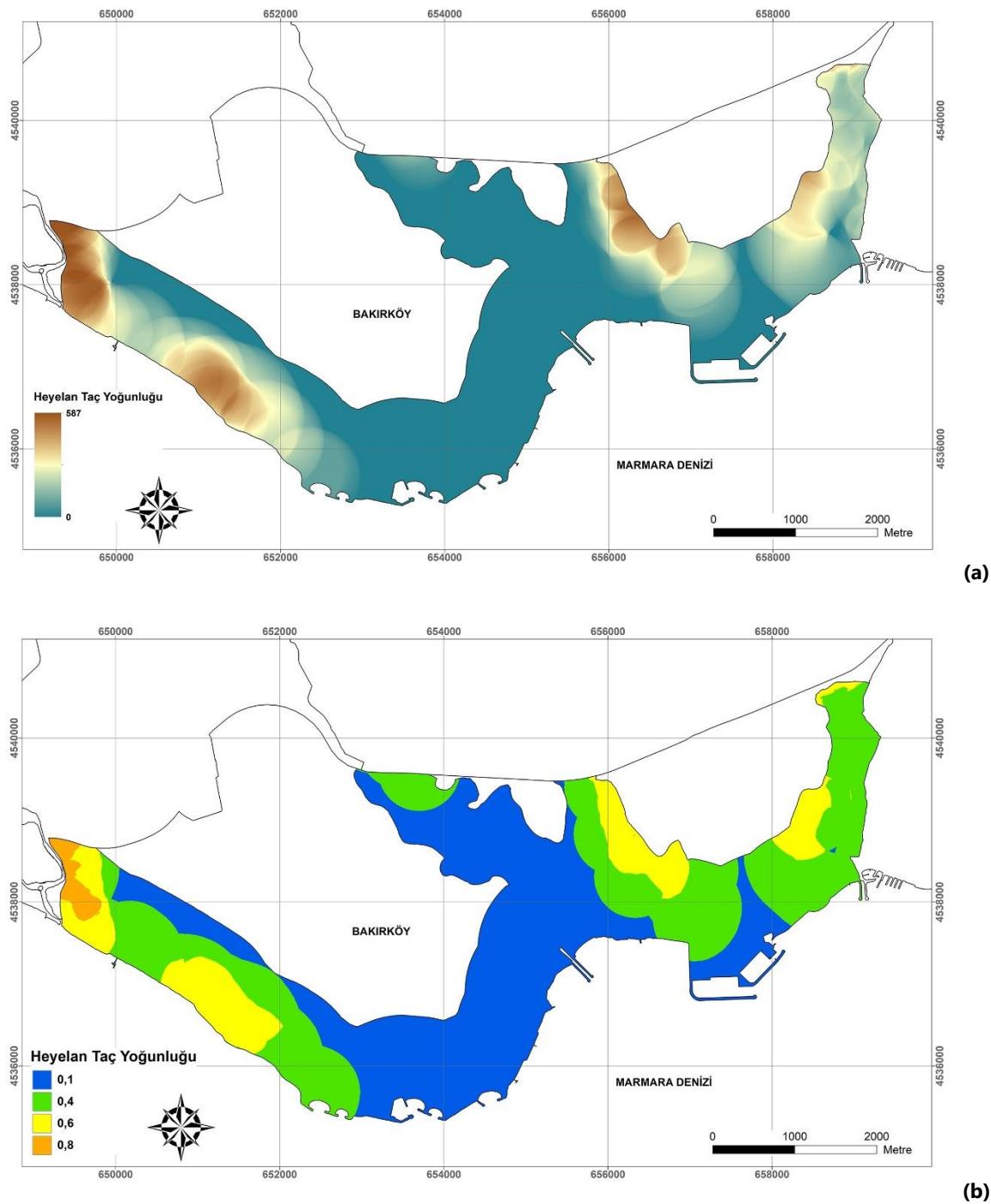
Yaş	Jeolojik Birim			Standardize Sıralama Değerleri
Kuvaterner	Antropojenik Dolgu	Yd	Yapay Dolgu	1
		Kd	Kaya Dolgu	0,1
	Qg (Güncel Birikintiler)	Qal	Alüvyon	1
		Qp	Plaj Birikintisi	1
Geç Oligosen – Erken Miyosen	Tç (Çekmece Formasyonu)	Tçb	Bakırköy üyesi	0,5
		Tçg	Güngören üyesi	0,6



**Şekil 14:** Jeoloji Katmanın Sınıflandırılmış Haritası

### 5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu

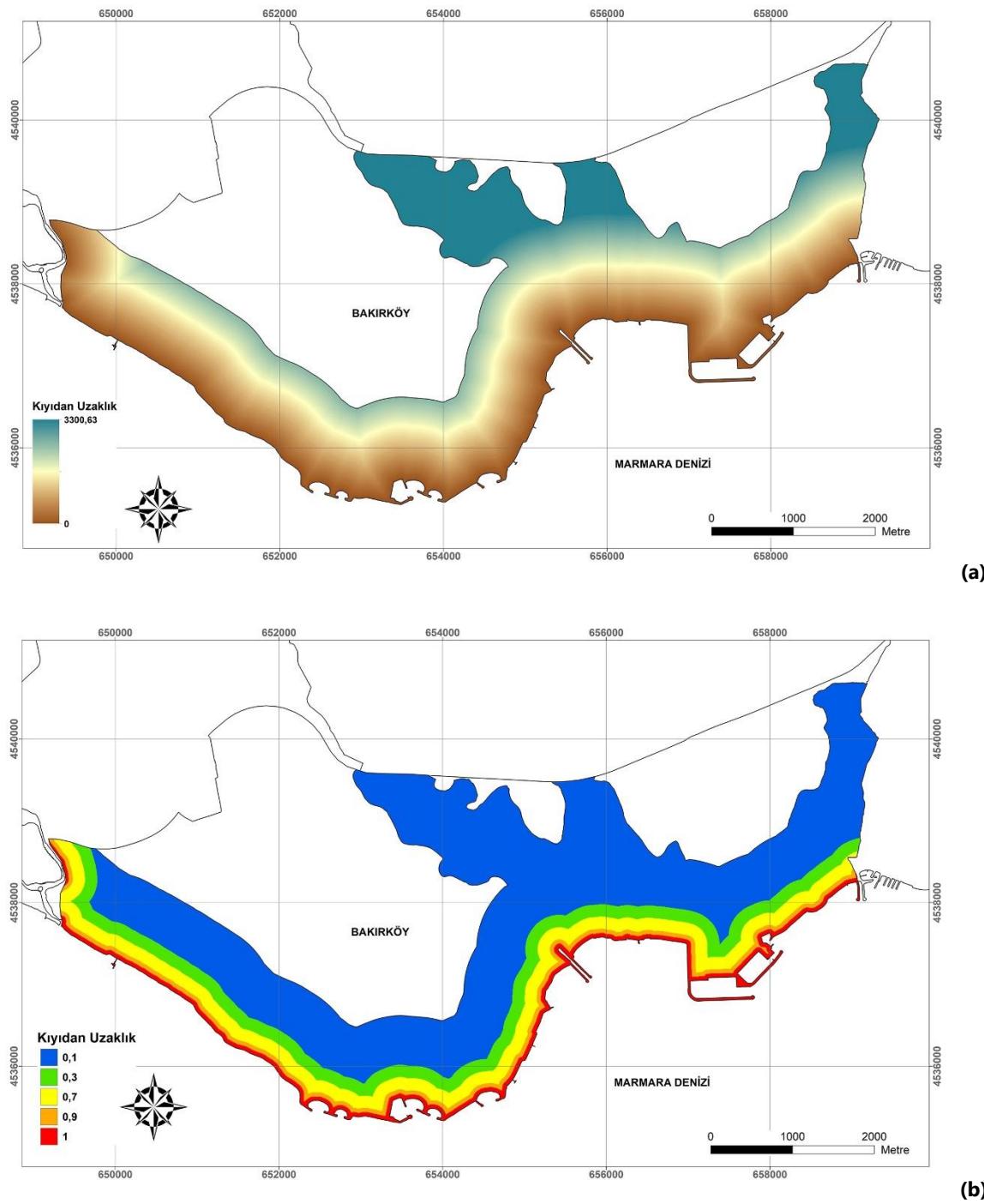
Bakırköy ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'de sunulmuştur.



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

### 5.1.3. Kıyıdan Uzaklık

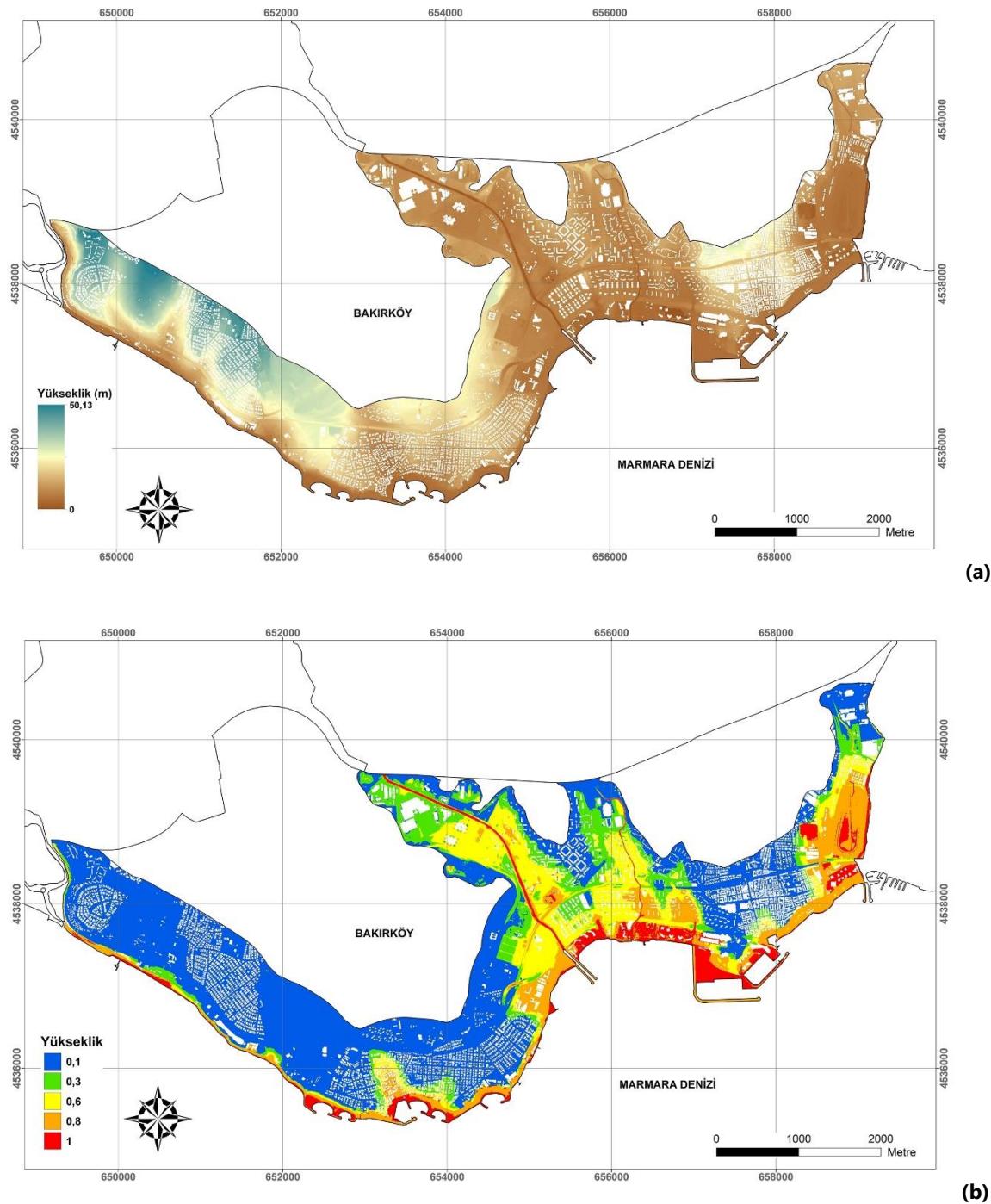
Bakırköy ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.



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

#### 5.1.4. Yükseklik

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

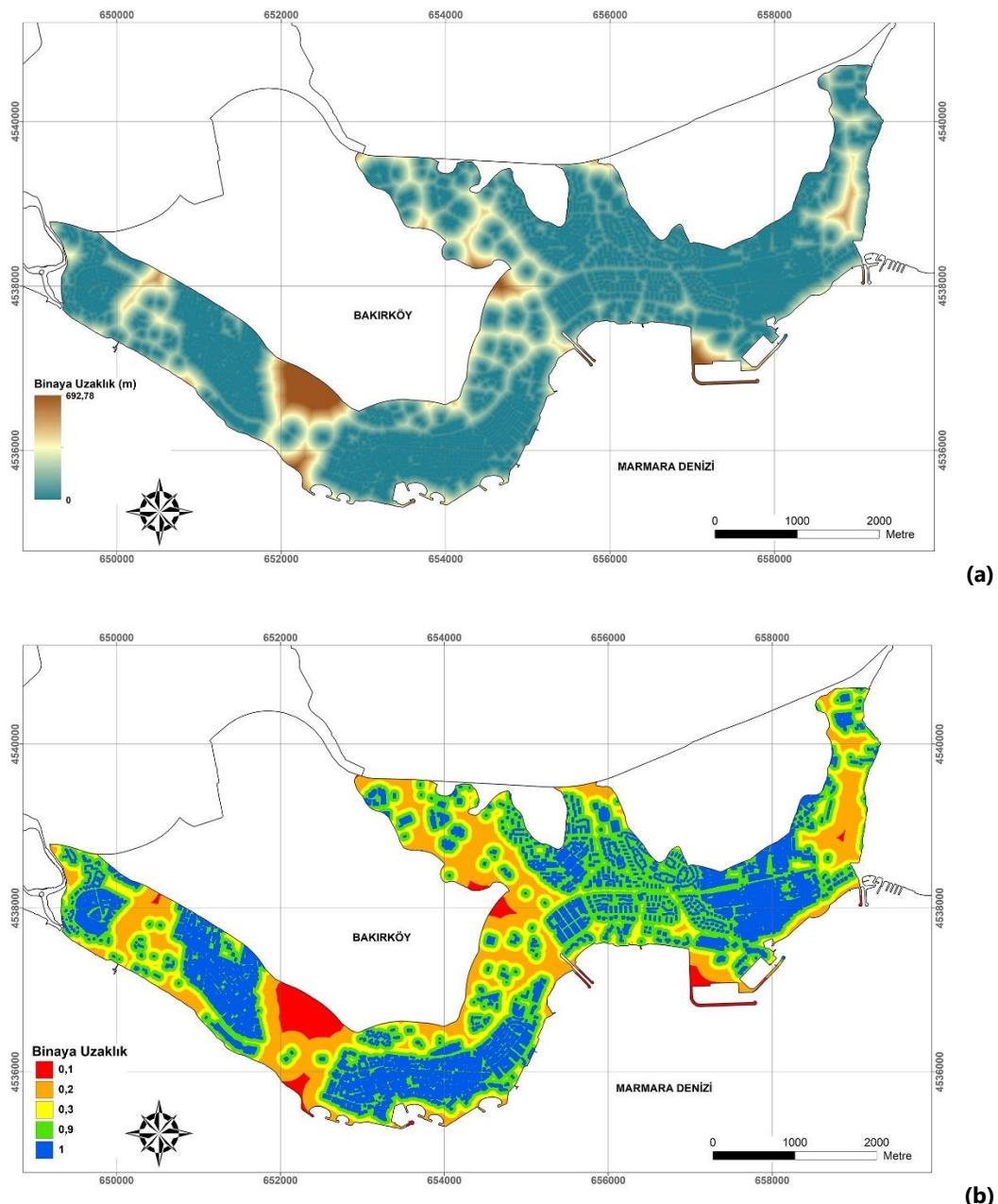


Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

## 5.2. Tahliye Esnekliği

### 5.2.1. Binaya Uzaklık

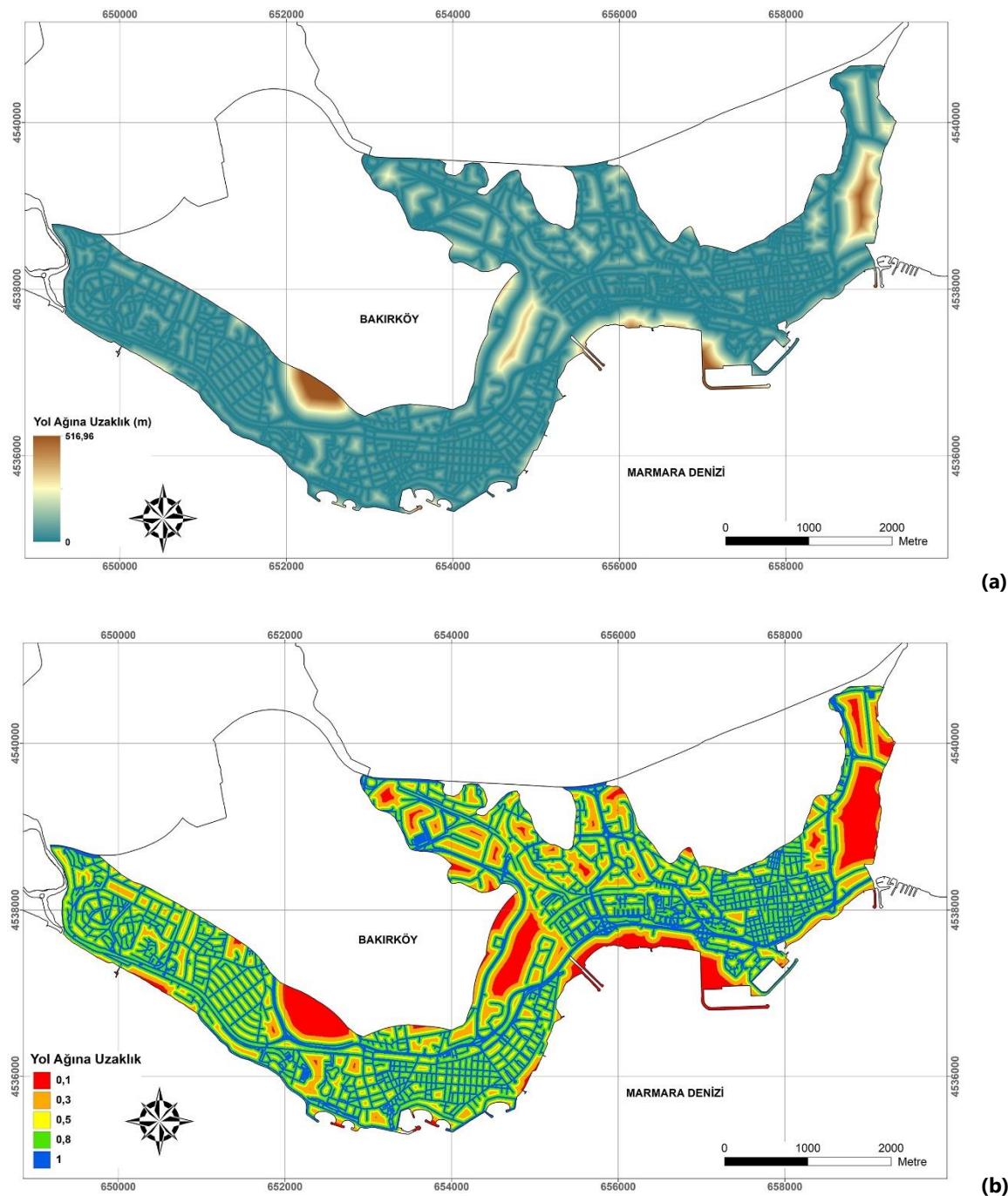
Bakırköy ilçesi uygulama alanı binaya uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 18'de sunulmuştur.



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

### 5.2.2. Yol Ağına Uzaklık

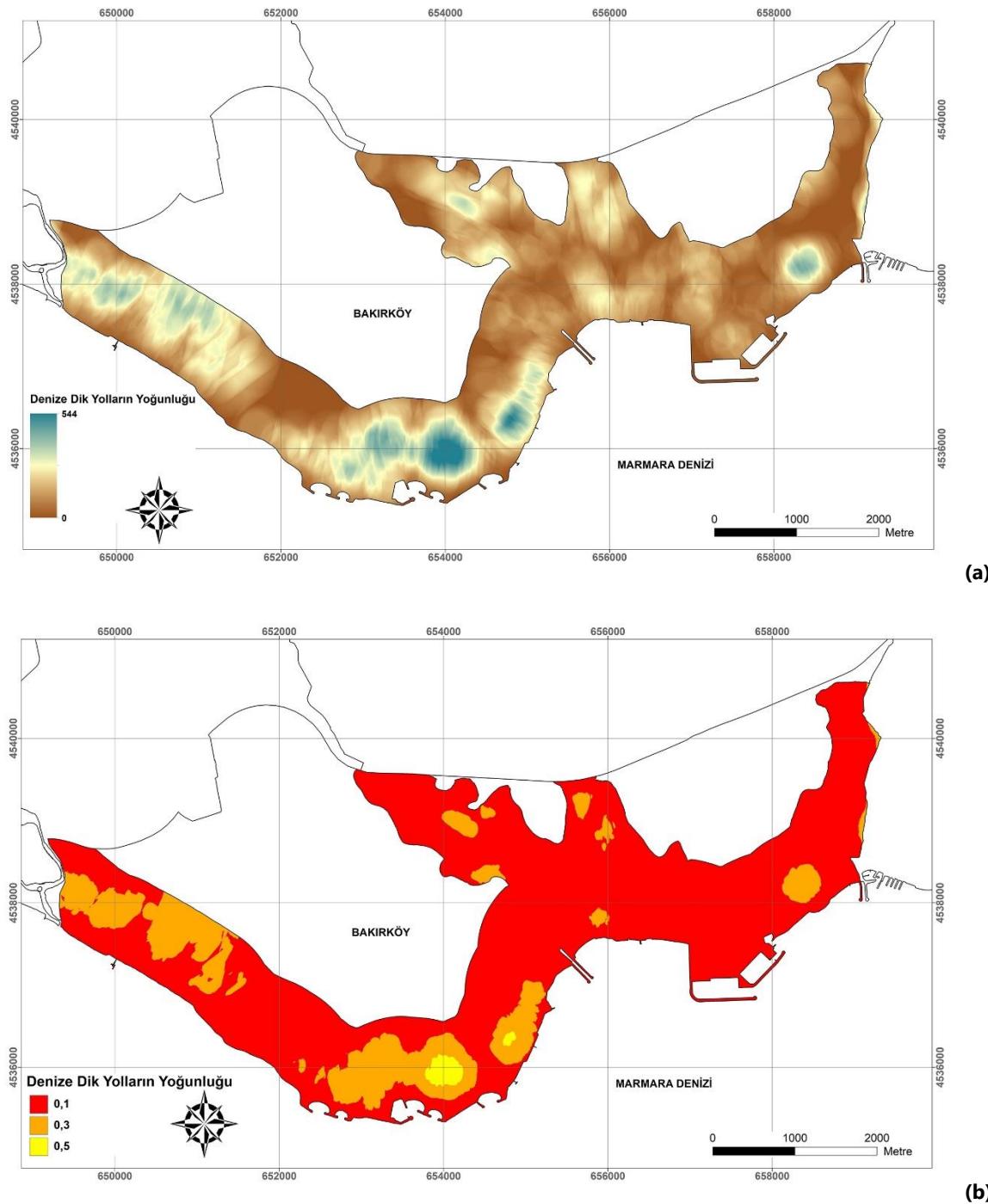
Bakırköy ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 19'da sunulmuştur.



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

### 5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

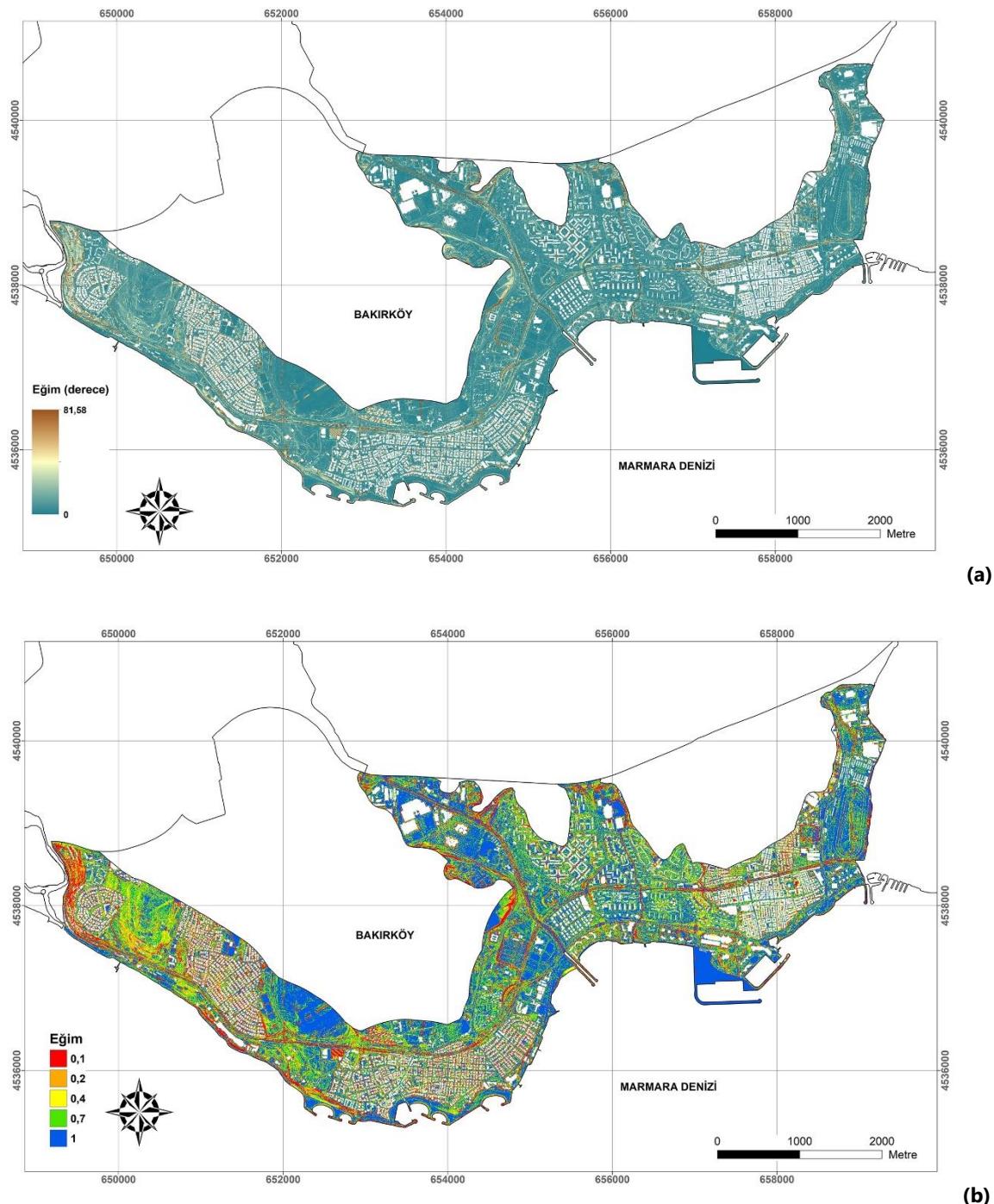
Bakırköy ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 20'de sunulmuştur.



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

#### 5.2.4. Eğim

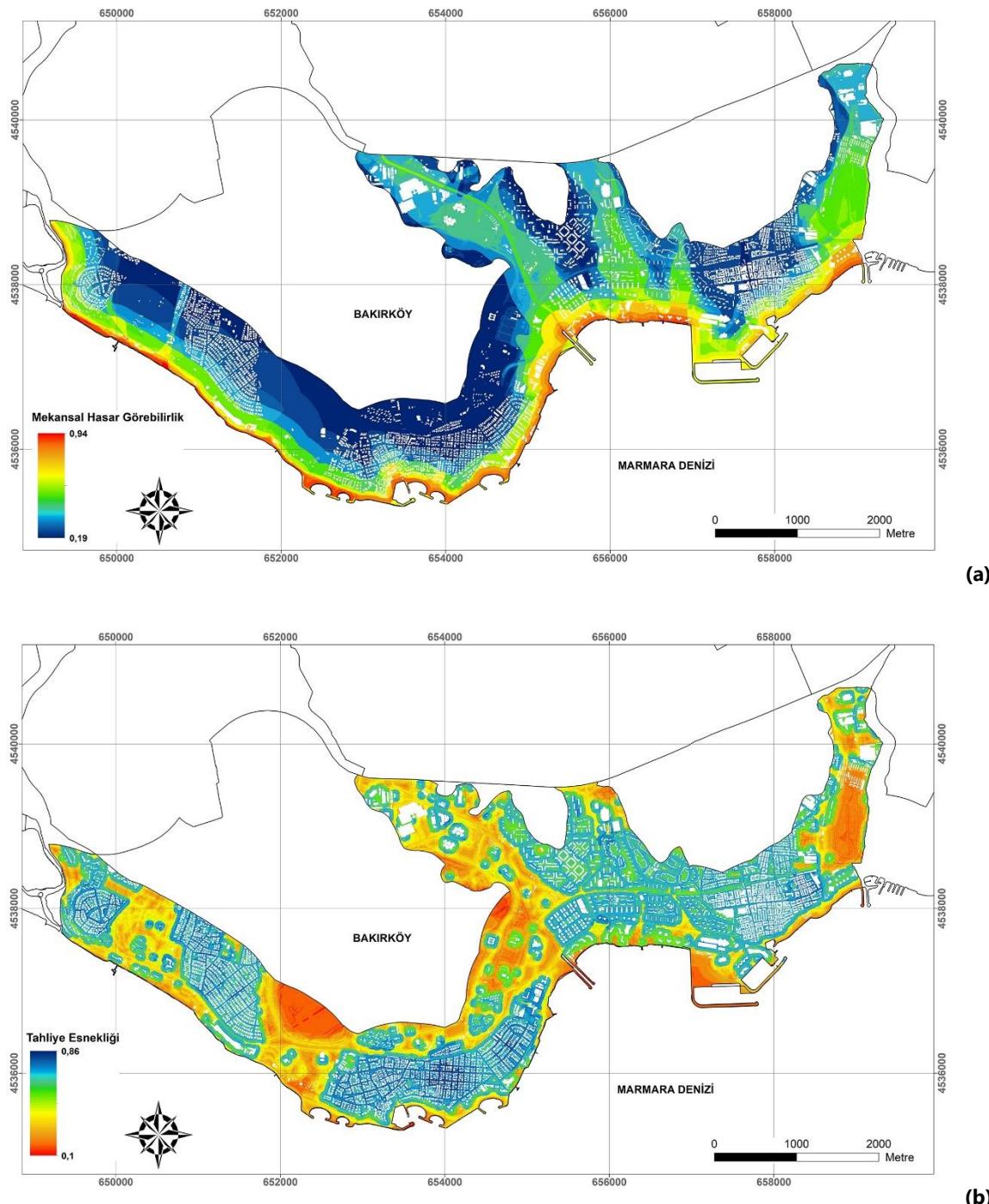
Bakırköy ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 21'de sunulmuştur.



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

### 5.3. Bakırköy İlçesi MeTHuVA Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

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



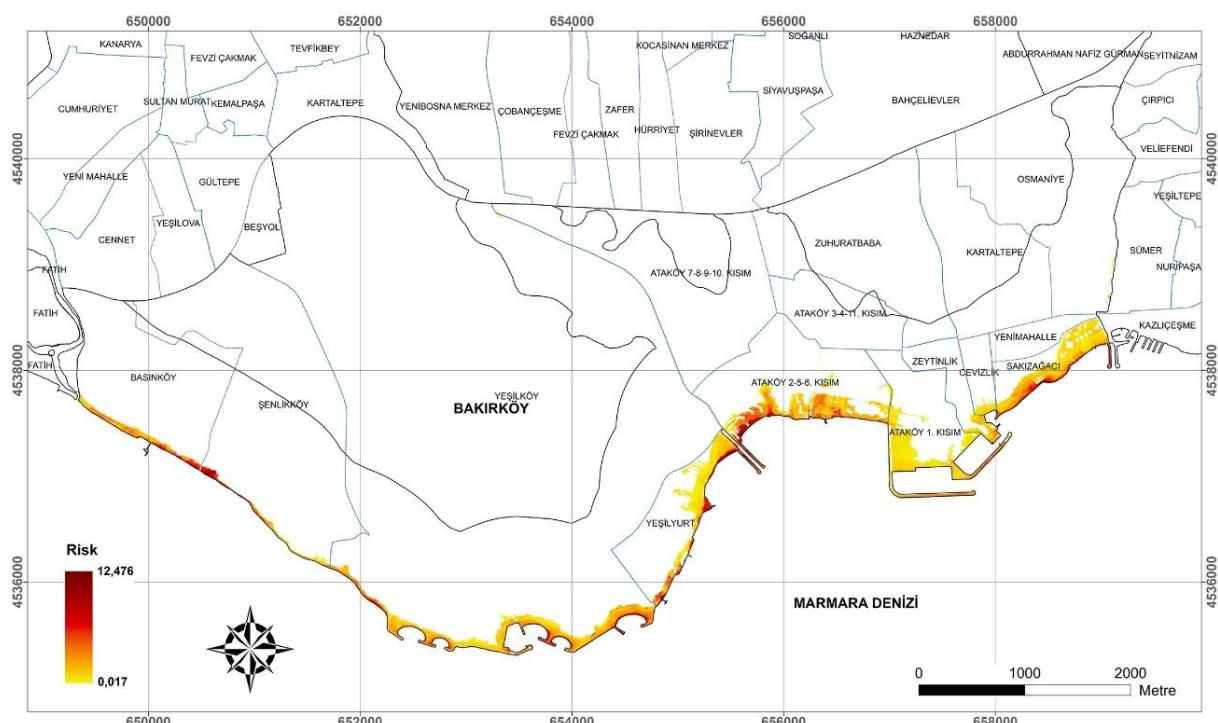
**Şekil 22:** Bakırköy Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış  
a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası  
b) Tahliye Esnekliği Haritası

## 6. BAKIRKÖY İLÇESİ MeTHuVA RİSK ANALİZLERİ

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

### 6.1. Bakırköy İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

Bakırköy ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 23'te verilmiştir. Bu harita üretilirken Bakırköy ilçesi için kritik sismik tsunami kaynakları olarak PIN ve YAN tsunami kaynakları kullanılmıştır. Bakırköy ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Şenlikköy Mahallesi'nin kuzey kıyısı, Yeşilyurt Mahallesi'nin doğu kıyısı, Ataköy 2-5-6. Bölüm Mahallesi'nin batı kıyısı ile Sakızağıç Mahallesi'nin orta kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Yeşilyurt Mahallesi'nin orta ve en güney kıyısı, Basınköy Mahallesi'nin güney kıyısı, Yeşilköy Mahallesi'nin batı, orta-doğu ve doğu kıyısı ile Sakızağıç Mahallesi'nin doğu kıyısı takip etmektedir.



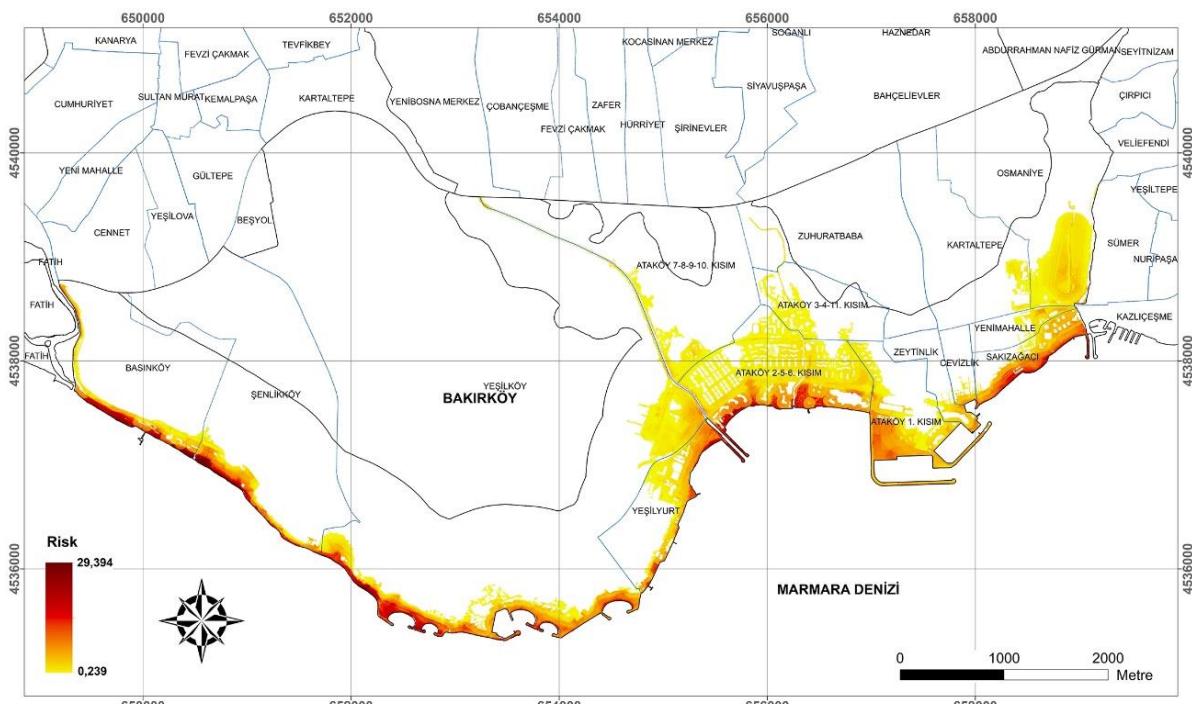
Şekil 23: PIN ve YAN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

### 6.2. Bakırköy İlçesi Deniz Altı Heyeları Kaynaklı Risk Haritaları

Bakırköy ilçesi uygulama alanı için, Büyükçekmece Deniz Altı Heyeları (LSBC) kaynaklı ve Yenikapı Deniz Altı Heyeları (LSY) kaynaklı iki ayrı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuştur. Bu

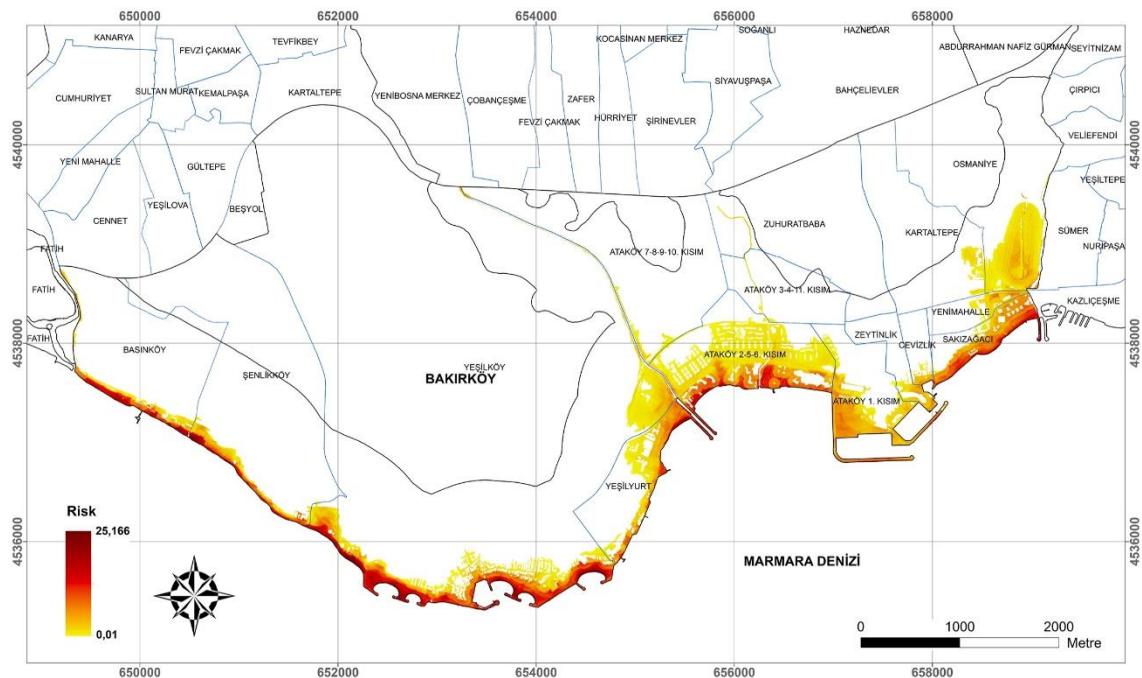
haritalar üretilirken, Bakırköy ilçesi için kritik tsunami kaynakları olarak LSBC ve LSY kullanılmıştır.

Bakırköy ilçesi uygulama alanı için LSBC kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 24'te verilmiştir. Bu risk haritasına göre en riskli bölgelerin Şenlikköy Mahallesi kuzey kıyısı ile Basınköy Mahallesi kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeyi Yeşilköy Mahallesi'nin batı ve orta-batı kıyısı, Yeşilyurt Mahallesi kuzey kıyısı, Ataköy 2-5-6. Kısım Mahallesi'nin batı kıyısı ile Sakızağıç Mahallesi'nin orta ve doğu kıyısı takip etmektedir.



**Şekil 24:** LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

Bakırköy ilçesi uygulama alanı için LSY kaynaklı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuş ve Şekil 25'te verilmiştir. Bu risk haritasına göre en riskli bölgelerin Şenlikköy Mahallesi kuzey kıyısı, Yeşilköy Mahallesi'nin batı ve doğu kıyısı ile Sakızağıç Mahallesi'nin en doğu kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Yeşilköy Mahallesi'nin orta-batı ve orta-doğu kıyısı, Yeşilyurt Mahallesi kuzey kıyısı ile Basınköy Mahallesi güney kıyısı takip etmektedir.



**Şekil 25:** LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

## **7. BAKIRKÖY 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 kıyılarda yapılanların mevcut durumları değerlendirilerek yapısal ve yapısal olmayan önlemler önerilmiştir. Tsunami tehlikesinin azaltılması ve riskin yönetilebilir düzeye getirilmesi öncelikli amaçtır.

Bakırköy ilçesi sahil şeridinin çok büyük bir kısmı park ve bahçeler, plajlar, yürüyüş ve bisiklet yolları ile sahil yolu ve marinalardan oluşmaktadır. Marmara Denizi'nde oluşabilecek sismik aktiviteye bağlı bir tsunaminin ilçe kıyılarındaki etkisinin, günübirlik kullanımlı olan bu alanlarla sınırlı kalacağı, bununla birlikte bu alan içerisinde yer alan belirli sayıdaki ticari işletme ve konutun da kısmen tsunami dalgasından etkilenebileceği hesaplanmıştır (Şekil 14, Kırmızı alanlar). Bu senaryoya bağlı oluşabilecek riskler, sahil şeridi boyunca yürütülecek tahliye çalışmalarıyla büyük oranda azaltılabilicektir. Ancak deniz altı heyelanına bağlı bir tsunamiden ilçe kıyılarının ciddi şekilde etkileneceği görülmektedir. Bunun en büyük nedeni, Ayamama, Tavukçu ve Ayvalı dere yatakları boyunca tsunami dalgalarının kilometre mertebesinde kıyıdan içeriye doğru ilerlemesi ve sahil şeridinin hemen gerisinde hizmet veren ticari, turistik, kültür, eğlence, sağlık, eğitim gibi birçok tesisin artan dalga yüksekliği ile su baskınına maruz kalmasıdır. Sahil şeridi gerisinin bu denli yoğun kullanılması nedeni ile oluşacak risklerin engellenmesine yönelik çalışmalar da karmaşık ve zor hale gelmektedir. Bu özellikleri nedeni ile ilçedeki olası baskın alanlarında tsunami riskinin azaltılması ile ilgili alınması gereklili önlemler tavsiyeler kıyı morfolojisi, arazi kullanımı ve önlem türü gözetilerek dört farklı başlık halinde aşağıda sunulmuştur.

### **7.1. Basınköy ve Şenlikköy Mahalleleri Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler**

İlçenin batısında yer alan Basınköy ve Şenlikköy mahallelerinin sahilleri oldukça dar sayılabilen bir kıyı düzluğu ve hemen gerisinden başlayan eğimli yamaçlardan oluşmaktadır. Bu yamaçlar sismik aktiviteye bağlı oluşabilecek tsunami dalgalarının kıyıda ilerlemesini

engelleyen bariyer görevi üstlense de, deniz altı heyelanına bağlı tsunami dalgaları bu yamaçların tamamında etkili olmakta, hatta yer yer yamaç üstü düzüğünne kadar erişebilmektedir (Şekil 14). Bu nedenle olası bir tehlike anında sadece kıyı düzlüklerinin tahliyesi riskleri önlemeye yeterli olmayabilir ve kullanımında olan yamaçların tamamının tahliye edilmesi gerekecektir. Ancak bölgedeki arazi kullanım şekli bu alanların tahliye edilmesini oldukça zorlaştırmaktadır. Basınköy Mahallesi'nin Küçükçekmece lagününe bakan kıyı düzüğünü Basınköy-İstanbul Caddesi oluşturmaktadır. Caddenin kaldırım seviyesinden başlayarak 1-3 metre yüksekliğe erişen bariyer ve duvarlar, bu duvarların gerisindeki düzensiz yamaç eğimleri ve yamaçlardaki yoğun bitki örtüsü güvenli bölge sınırı olan yamaç üstü düzüğünne (Çınar Sokak ve Hat Üstü Sokak seviyesi) erişimi güçlendirmektedir (Şekil 26).



**Şekil 26:** Basınköy-İstanbul Caddesi Boyunca Tahliyeyi Zorlaştıran Etkenler

Üstelik yamaçların düzleştiği güvenli bölge sınırında demir yolu hattı da bulunmaktadır. Aynı durum Basınköy Mahallesi'nin Atatürk Deniz Köşkü'ne kadarki tüm yamaçlarında (Marmara Denizi'ne bakan) gözlenmektedir. Bölgede uygun aralıklarla oluşturulacak merdiven yapılarıyla bu yamaçlar tahliyeye elverişli rotalar haline getirilse bile demiryolu hattının ve her iki yönünde bulunan güvenlik duvarlarının ne şekilde aşılabileceği konusu demiryolları idaresinin il veya bölge müdürlükleriyle istişare edilerek belirlenmelidir (Şekil 27a). Demiryolunun geçilmesi mümkün değil ise Basınköy-İstanbul Caddesi üzerindeki duvarların gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak yükseltilmesi ile tsunami dalgalarının yamaçlardaki tırmanma etkisinin azaltılması ve böylelikle güvenli bölge sınırının tren yolu altına çekilmesi sağlanabilir. Bu yamaçlarda oluşturulacak seyir terası tipindeki tahliye koridorları aynı zamanda Küçükçekmece İlçesi Fatih Mahallesi iç-dış kumsal alanının tahliyesi için de oldukça kritik öneme sahip olacaktır. Tüm çabalara rağmen bölge tahliyesinin bu yamaçlardan sağlanamaması durumunda alternatif rotalar araştırılmalıdır. Bu kapsamda Basınköy-İstanbul Caddesi üzerinden geçen E-5 Karayolu viyadüğüne erişimi

sağlayacak bağlantılı bir merdiven yapılması (Şekil 27b) veya bölgedeki yoğunluğu karşılayabilecek özellikle dikey tahliyeeye uygun tsunami kulelerinin yapımı ilçe belediyesi ve ilgili paydaşların görüşleri dikkate alınarak düşünülebilir.



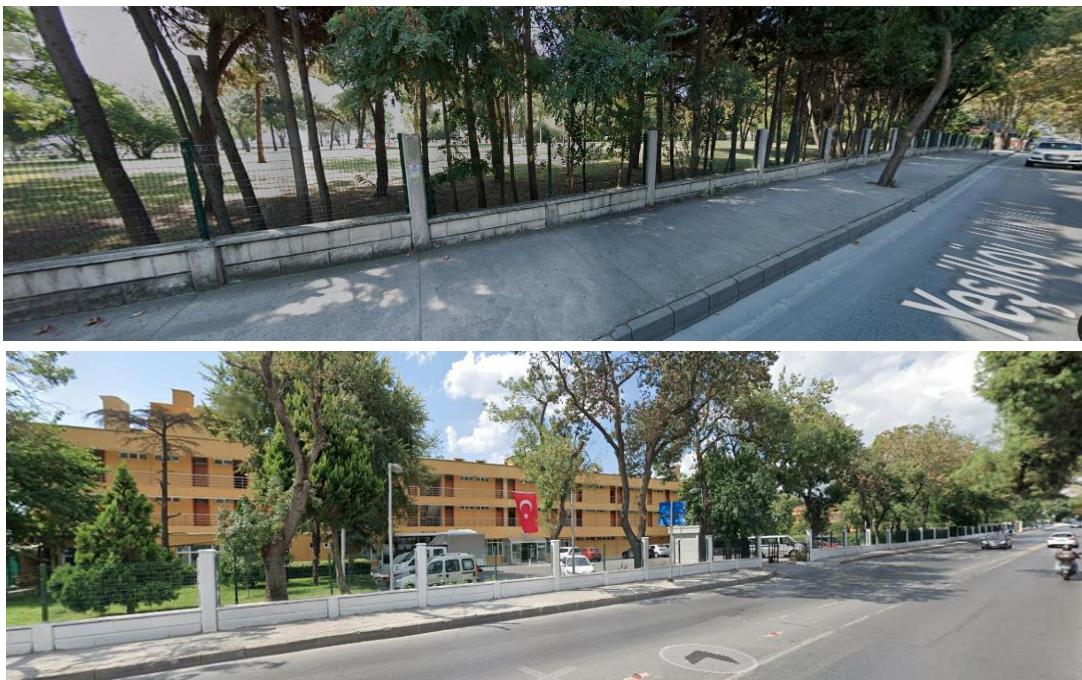
**Şekil 27:** a) Basınköy Mahallesi Kıyı Tahliyesine Engel Olan Yamaç Üstündeki Tren Yolu Güvenlik Duvarları b) Alternatif Tahliye Alanı Olarak Basınköy-İstanbul Caddesi Üzerinden Geçen E-5 Karayolu

Ayrıca Basınköy-İstanbul Caddesi üzerinde tarihi Kibrithane binaları hızasından başlayarak menekşe tren yolu alt geçidine kadar olan sahil şeridinde kurulu restoranların tamamının dalgalardan ciddi oranda etkileneceği de anlaşılmaktadır. Bu bölgede hesaplanan dalga yüksekliklerine göre büyük çoğunluğu 2 kattan oluşan bu restoran yapılarının üst katlarının dikey tahliye alanı olarak kullanılması da mümkün görünmemektedir (Şekil 28). Tren yolu menekşe alt geçidine yakın olan restoranlar tahliye için bu hattı kullanabileceklerdir. Ancak uzak alandaki diğer restoranlarda bulunanlar için bu mümkün olmayacağından işletme sahiplerinin katılımı ile düzenlenecek toplantıarda işletmelerin fiziki yapıları ve en yoğun oldukları dönemler göz önüne alınarak kapsamlı bir tahliye planı oluşturulması gerekecektir.



**Şekil 28:** a) Basınköy Mahallesi Kıyısında Yer Alan Restoranlar b) Sahilin Ve Yakın Restoranların Tahliyesine İmkan Sağlayan Menekşe Tren İstasyonu Alt Geçidi

Basınköy-İstanbul Caddesi, sahil restoranların bitiminden itibaren yumuşak bir eğimle yamaç üzerine doğru tırmanmaya başlayarak tren yolu hattı ile teğet halde gelmekte ve Yeşilköy-Halkalı Caddesi'ne bağlanmaktadır. Şenlikköy Mahallesi'nin bitimine kadar devam eden bu caddelerin güneyinde kalan yamaçlarda, Atatürk Deniz Köşkü ve batısındaki otopark alanından başlayarak sırasıyla, Belediye Başkanlığı Köşkü ve Lojmanları, Florya Sahil Parkı, Aqua Florya AVM, İstanbul Akvaryum ve Crowne Plaza yapıları bulunmaktadır. Modelleme sonuçlarına göre, Bakırköy ilçesi için en yüksek tsunami dalgalarının bu yamaçlarda oluşacağı hesaplanmıştır. Kıyı şeridine dalgaların yamaç üzerindeki Basınköy-İstanbul ve Yeşilköy-Halkalı caddelerine kadar ulaşacağı hatta Kanlı Kuyu Deresi boyunca tren yolunu da aşarak Florya Caddesi üzerinde yer alan Atatürk Ormanı'nın güneyi ile İSTEK Özel Bilge Kaan Fen Lisesi'ni etkileyeceği öngörülmektedir. Dolayısı ile bu yamaçlardaki parkları, plajları, sahil gezi yollarını ve yapıları kullanan kişilerin olası bir tehlike öncesinde bölgeyi hızlıca tahliye etmesi gereklidir. Tahliye için en uygun yer, yamaç düzüğündeki Basınköy-İstanbul ve Yeşilköy-Halkalı caddeleri olacaktır. Ancak bu caddelerin Florya Akvaryum Tren İstasyonu üst geçidine kadarki bölümü de su baskınına maruz kalacağından tren istasyonunun da kuzeyine doğru geçilmesi gerekecektir. Ancak emniyet bariyerleri nedeni ile tren yolunu her noktada rahatça geçmek mümkün olmayacağı için dalganın cadde seviyesine gelmesini önleyecek tedbirlerin alınması uygun olacaktır. Tüm cadde boyunca devam eden dekoratif duvar yapısının (Şekil 29) gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak monoblok duvar haline getirilmesi ve uygun kotta yükseltilmesi caddenin su baskınına maruz kalmasını önleyebilecektir. Florya Akvaryum Tren İstasyonu üst geçidinden sonra Şenlikköy Mahallesi bitimine kadar Yeşilköy-Halkalı Caddesi güvenli bölge olarak kullanılabilecektir. Ayrıca bu alanda kurulu Aqua Florya AVM, İstanbul Akvaryum ve Crowne Plaza yapılarının cadde seviyelerine denk gelen katları dikey tahliye alanı olarak kullanılabilecektir.



**Şekil 29:** Basıncıköy-İstanbul ve Yeşilköy-Halkalı Caddesi Boyunca İzlenen Dekoratif Duvarlar

Bu iki mahalle sahili için önerilen tahliye alanlarının belirlenmesi ve kullanıma uygun hale getirilmesinden sonra halkın bilinçlendirilmesi çalışmalarının yürütülmesi gereklidir. Olası bir tehlike öncesinde risk altındaki bölgelerin hızlıca tahliyesi için öncelikle bölgeyi kullanan kişilerin (sürekli veya günübirlik) farkındalık düzeylerini arttıracı bilgilendirmelerin yapılması sonrasında ise mümkün olduğunda belirli aralıklar ile bölgede tatbikatların düzenlenmesi gerekmektedir. Farkındalık düzeyinin artırılması için etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgeye yerleştirilmesidir. Park ve bahçelere, plajlara, sahil yürüyüş yolları üzerine ve cadde seviyesinde uygun yerlere belirli aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler yerleştirilmelidir. Bilgilendirici tabelalarda, olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gerektiği aktarılmalıdır. Oluşabilecek panik ortamı düşünülerek en yakın tahliye koridoruna yönlendirici tabelalar yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölge sınırlarını gösteren işaretler yerleştirilmelidir. Bu tabela ve panoların istenen amaca ulaşabilmesi için yapımından itibaren sürekli bakım ve onarım işlemlerinin yapılması gereklidir. Uygulanması gereken diğer bir işlem ise belirlenen ve duyurulan tahliye rotalarının sürekli açık ve işler durumda tutulmasıdır.

## 7.2. Yeşilköy ve Yeşilyurt Mahallesi Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler

İlçenin batısında hâkim olan dar kiyılı yamaç morfolojisi, İBB Florya Sosyal Tesisleri'nden itibaren gittikçe değişerek yerini yayvan bir morfolojiye bırakmaktadır. Yeşilköy Mahalle yerleşiminin tamamı, Marmara Denizi'ne doğru düşük eğimli bir düzükte kurulmuş olup sahil şeridi oldukça geniş kumsallar ve park alanlarından oluşmaktadır (Şekil 30). Marmara Denizi'nde sismik etki ile oluşacağı öngörülen tsunami dalgalarının sadece plaj ve gerisindeki park alanlarında etkili

olacağı hesaplanmış olup sahil kıyısında yer alan az sayıda yapı su baskınına maruz kalabilecektir. Ancak deniz altı heyeları ile oluşabilecek tsunami dalgalarının tüm kıyı düzüğünü aşarak yapıların içine doğru metrelerce ilerleyebileceği hesaplanmıştır. Bununla birlikte mahalledeki karşılaşmanın son derece yoğun, yüksek katlı ve genellikle bitişik nizam olması nedeniyle kıyı şeridinde kurulu yapıların duvar etkisi göstererek tsunami dalgalarının etkisini büyük oranda azaltacağı, ancak dalga yönüne dik sokaklar vasıtası ile suyun mahalle içlerine doğru ilerleyebileceği görülmektedir (Şekil 31).



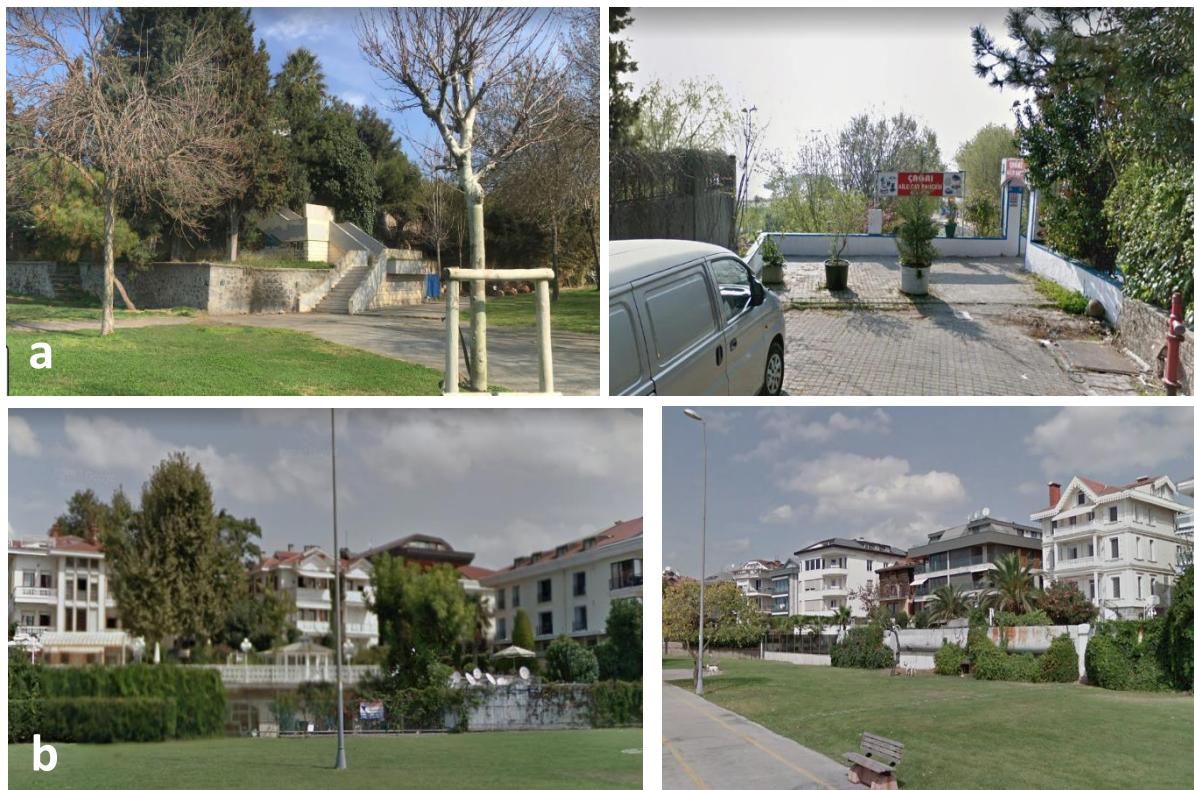
**Şekil 30:** Yeşilköy Mahallesi Sahil Şeridi



**Şekil 31:** Yeşilköy Mahallesi Sahil Şeridinde Bitişik Nizam Yapılar

Mahalledeki hizmet sektörünün de gelişmiş olması nedeni ile özellikle yaz aylarında bölgedeki sosyal tesisler, plajlar ve park alanları yerli halk ve günübirlik ziyaretçiler tarafından yoğun ilgi görmektedir. Bu nedenle tsunami dalga etkisini sınırlayacak olsa bile plajlar ve park alanlarının kullanımını kısıtlayan yapısal önlemlerin uygulanması pek mümkün görülmemektedir. Mahalle özelinde alınabilecek öncelikli ve etkin yöntem olası bir tehlike durumunda sahil şeridinin hızlıca tahliye edilmesi olacaktır. Tahliyenin başarılı olması için halkın bilinçlendirilmesi ve tahliye yollarının uygun hale getirilmesi gereklidir. Mahallede sahile erişimi sağlayan ve tahliye için kullanılabilecek çok sayıda yol bulunmaktadır (Şekil 32a). Ancak bazı bölgelerde kıyı gerisinde inşa edilmiş tesisler ya da bitişik nizamlı yapılar ve bu yapıların güvenlik duvarları sebebiyle tahliye zorlaşmaktadır (Şekil 32b). Yapıların denize bakan cephelerindeki güvenlik duvarları dalga etkisini sınırlayıcı ve muhtemel hasarları engelleyici olmaları nedeni ile korunması, hatta konuma bağlı dalga yüksekliklerine göre iyileştirilmeleri gerekli olsa da; diğer taraftan tahliyeyi engelleyici özellik de gösterebilirler. Bu tür alanların varlığının tespiti için bölgenin en çok kullanıldığı zaman yoğunluğu dikkate alınarak analizler yapılması gereklidir. Bu analizler neticesinde zayıflık tespit edilen bölgelerdeki tahliyenin iyileştirilmesi için alternatifler geliştirilmelidir. Dalga yüksekliğinden daha fazla kata sahip yapıların dikey tahliye için elverişli oldukları unutulmamalıdır. Gerekli bölgelerde yapı sahipleri ile yapılacak görüşmelerle bu yapıların dikey tahliye alanı olarak kullanımını sağlayacak planlamalar yapılmalıdır. Mahallede tahliye başarısını etkileyebilecek bir diğer etken ise bölge esnaflarıdır. Sahil alanlarında ve gerisinde yer alan çok sayıdaki restoran, kafeterya veya lunapark gibi eğlen-dinlen alanlarında hizmet sunan esnafın bölge riskleri hakkında bilgilendirilmesi ve olası tehlike öncesinde alanın tahliyesini gerçekleştirmede aktif görev almalarının sağlanması gereklidir. Bunun için uygun içerikte hazırlanmış eğitimler ile esnafın bilgi ve bilinç düzeyi artırılırken amaca uygun

hazırlanmış broşür ve dokümanların halka ulaştırılması da sağlanabilir. Tüm bu çalışmalar ile belirlenen ve duyurulan tahliye rotalarının sürekli açık ve işler durumda tutulması sağlanmalıdır.



**Şekil 32:** Yeşilköy Mahallesi Tahliyesi a) Tahliye Uygun Yollar b) Tahliye Engel Yapı Çevre ve Güvenlik Duvarları

Yeşilköy Mahallesi’nde bulunan balıkçı barınağındaki tüm personel de olası riskler hakkında bilgilendirilmeli, tehlike öncesinde yapılması gerekenler hakkında eğitilmelidir. Yaşanmış tsunamilerden edinilen tecrübelere göre liman içerisinde giren dalgalar ile barınaklardaki birçok deniz aracı hasar görmekte, birçoğunun karaya sürüklentimesi ile öngörülemeyen hasarların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle olası bir tehlike anında deniz araçları için en güvenli bölgenin açık deniz olduğu, mümkün olduğunda tehlike durumlarında limanın boşaltılmasının sağlanması gereği konusunda çalışmalar yürütülmelidir.

Yeşilyurt Mahallesi’nde ise, sismik aktivite veya deniz altı heyelan aktivitesi ile oluşabilecek bir tsunamide mahallenin büyük kısmı dalgalarдан etkilenmektedir. Hatta deniz altı heyelanına bağlı bir tsunamide dalgaların mahalle sınırını aşarak kuzeyde Yeşilköy Mahallesi’ne kadar ilerleyeceği hesaplanmıştır. Ancak mahallenin doğusunda kalan bu alanın tamamında Milli Savunma Bakanlığı’na (MSB) ait “Hava Harp Okulu” ve İSKİ’ye ait “Ataköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisleri” bulunmaktadır. Bu alanlarda alınması gereklili önlemlerin ilgili kurumların koordinasyonunda belirlenmesi gereklidir. Yeşilyurt Mahallesi batısında tsunami'den etkilenenecek alan ise Sahil Caddesi altında kalan dar bir şerit ile sınırlıdır (Şekil 33). Bu alanın büyük bölümünde Polat Renaissance Hotel'e ait yerleske ve Yeşilyurt Spor Kulübü tesisleri bulunmaktadır. Geriye kalan alan ise park ve yeşil alan olarak ayrılmış durumdadır. Bu nedenle Yeşilyurt Mahallesi için önerilebilecek önlem risk bölgesinin tahliyesi ile sınırlı olacaktır. Alanın

kuzeyinde yer alan Sahil Caddesi tahliye için güvenli bölgedir. Otel ve spor kulübü ile yapılacak çalışmalar ve park alanına yerleştirilecek bilgilendirici tabelalar ile alanı kullanan kişilerin bilgi ve bilinç düzeylerinin arttırlarak olası bir tehlike öncesinde su baskınına maruz kalacağı hesaplanan bu alanlardan hızlıca Sahil Caddesi'ne tahliyenin gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.



**Şekil 33:**Yeşilyurt Mahallesi Sahilinde Tsunamiden Etkileneceği Hesaplanan Alan ve Güvenli Alan Sahil Caddesi

### **7.3. Ataköy Mahallelerinde Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler**

10 kısım ve 4 mahalleden oluşan Ataköy yerleşimi, Ayamama ve Tavukçu dere yataklarının yer aldığı deniz seviyesine yakın yükseklik değerleri içeren taşkın ovası düzüğünde kurulmuştur. Bu özellikleri yanında Marmara Denizi'ne komşulukları nedeni ile olası bir tsunamiden daha fazla etkileneceği hesaplanan mahalleler Ataköy 1 ve 2-5-6 Kısımlı mahalleleridir. Sismik etki ile oluşacak tsunami dalgaları bu iki mahallenin sadece sahil yolu (Rauf Orbay Caddesi) altında kalan kısımlarını etkileyebilecek iken, deniz altı heyelanı ile oluşabilecek bir tsunami su basma mesafeleri kilometre düzeyine erişerek kuzeydeki 3-4-11 Kısımlı ve 7-8-9-10 Kısımlı mahallelerine kadar ulaşmaktadır. Ancak Ataköy 7-8-9-10 Kısımlı Mahallesi'nde dalgaların etkilenmesi alanın tamamı İSKİ'ye ait "Ataköy İleri Biyolojik Atıksu Aritma 2. Kademeli Tesisleri" içerisinde kaldığından bu alanlarda alınması gerekliliğin İSKİ koordinasyonunda belirlenmesi gereklidir. Ataköy 3-4-11 Kısımlı Mahallesi'nde ise dalgaların 50 cm mertebesinde akım derinliği ile Adnan Kahveci Bulvarı ile Dr. Remzi Kazancıgil Caddesi arasında kalan bölümde sınırlı olacağı hesaplanmıştır. Akım derinliğinin ve baskın alanının sınırlı olması nedeniyle söz konusu alanda yapılacak bilinçlendirme çalışmaları ile olası riskler önlenebilecektir. Bu bölgede baskın alanı dışına doğru yapılacak tahliyeler yeterli olacağı gibi bölgedeki tüm yapılar aynı zamanda dikey tahliye alanı olarak kullanılmaya müsaittir. Bu mahallede akım derinliğinin 1 m düzeyinde hesaplandığı tek alan ise 60.Yıl Ataköy İlkokulu ve yakın civarıdır. Okul binasının 4 katlı olması

nedeni ile 2 ve üstü katlar dikey tahliye için uygun olacaktır. İlçede tsunami'den etkileneneceği öngörülen tüm eğitim birimlerinde yapılacağı gibi, bu okul için de yaş gruplarına uygun hazırlanacak eğitimler ile tehlike durumlarında nasıl davranışları ve tahliyenin nasıl gerçekleştirileceği eğitimleri verilerek tatbikatlar yapılması gereklidir.

Başta da belirtildiği üzere tsunami dalgalarından en çok etkileneneceği hesaplanan iki mahalleden birisi olan Ataköy 1. Bölüm mahallesinin deniz kıyısında Ataköy Marina ve hemen gerisinde "Sheraton İstanbul Ataköy Otel" ve Galeria AVM yapısı bulunmaktadır. Ayrıca yapımı devam eden yeni marina alanı ve gerisinde metro kazı çalışması bulunmaktadır (Şekil 34). Yeni yapılan marina kapsamında inşa edilen mendirek yapısı halen devam etmekte olup bu alan için yeni bir önlem sunmak bu aşamada anlamlı değildir. Mendirek yapısının tamamlanması durumunda gerisinde kalan otel ve AVM ile birlikte metro giriş bölgesindeki alanın güvenliğini sağlaması beklenmektedir. Ataköy 1. Bölüm Mahallesi'nin Rauf Orbay Caddesi (sahil yolu) kuzeyinde kalan ve dalgaldan etkilenen alanı için alınması gereken önlemler ise 2-5-6 Bölüm Mahallesi kapsamında aşağıda sunulmaktadır.



**Şekil 34:** Ataköy 1.Kısmı Mahallesi Sahilinden Görünüm. (Galeria AVM, Otopark Binası, Metro Şantiyesi ve Liman inşaatı)

Bölgelerde tsunami dalgalarından en çok etkilenmesi öngörülen mahalle Ataköy 2-5-6 Bölüm'dür. Mahallenin Rauf Orbay Caddesi (sahil yolu) güneyinde kalan kıyı düzüğünde son yıllarda birçok yapı inşa edilmiş olup çevre düzenleme çalışmalarının da büyük oranda tamamlandığı görülmektedir. Geniş oturum alanına sahip yüksek katlı birçok yapı arasında kalan tarihi Baruthane binası ve kulesi etrafında bir millet bahçesi bulunmaktadır (Şekil 35). Olası bir tsunami'de en yüksek dalga etkisinin Rauf Orbay Caddesi altında kalan bu bölgelerde olacağı, caddenin kuzeyinde nispeten daha düşük dalga yükseklikleri oluşacağı hesaplanmıştır. Ancak bu alanda dalga etkisini azaltacak makul yapısal önlem uygulaması mümkün görünmemektedir. Kıyı şeridi boyunca blok kayalar ile oluşturulmuş kıyı koruma yapılarının birkaç metre daha yükseltilmesi veya site yönetimlerince alınacak kararlar ile çevre güvenlik duvarlarının yükseltilmesi önerileri sadece sismik aktiviteye bağlı tsunami dalgalarının engellenmesi veya etkisinin azaltılmasını sağlayabilecektir (Şekil 35b). Aynı etkiyi en kritik senaryo olan deniz altı heyelan aktivitesine bağlı tsunami için göstermesi beklenmemektedir. Bu sebeple alanda uygulanabilecek uygun önlem tahliye çalışması olacaktır. Ancak en kritik senaryonun gerçekleşmesi durumunda tsunami dalgalarının mahallenin tamamında etkili olacağı

hesaplanmıştır. Bu sebeple oluşturulacak birçok tahliye rotası uzun olacağından tahliyelerin başarılı olması da kesin değildir. Mahalledeki birçok yapının yüksek katlı olması bir avantaj olarak kullanılarak tüm mahalle için ilçe belediyesi ve ilgili paydaşların görüşleri dikkate alınarak bir dikey tahliye planı oluşturulmalıdır (Şekil 35a). Dikey tahliye olarak kullanılacak yapılar önceden belirlenmeli ve duyurulmalıdır. Bölgeye yerleştirilecek tabelalarda olası riskler halka anlatılmalı ve hangi durumda tahliye alanlarına doğru yönelmek gerektiği konusunda bilgilendirme yapılmalıdır. Mahallede birçok park alanı bulunmaktadır. Bilgilendirici tabelalar bu parkların tamamına yerleştirilmelidir. Tehlike anında oluşacak panik ortamı göz önünde bulundurularak dikey tahliye için seçilecek yapılara yönlendirici işaretler yerleştirilmeli, mümkünse bu yapılar seçiciliği yüksek renkler ile boyanmalı veya işaretlenmelidir. Mahallede tsunamiden etkilenmesi beklenen birçok eğitim birimi bulunmaktadır. Burada eğitim gören öğrenci profiline uygun içerikte eğitimler düzenlenmeli ve düzenli aralıklar ile tatbikatlar yapılmalıdır.



**Şekil 35:** a) Ataköy 2-5-6 Bölgesi'nde yapılan yüksek katlı yapılar b) Sahildeki kıyı koruma yapıları ve yapı güvenlik bariyerleri c) Baruthane Millet Bahçesi

Ataköy Marina'da ve Deniz Otobüsleri İskelesi'nde güvenliği sağlayacak önlemler alınması da gerekecektir. Bu bölgede çok sayıda sosyal alan (eğlen-dinlen) bulunmaktadır (Şekil 36). Bölgenin en fazla kullanıldığı dönem yoğunluğuna göre tahliye planları hazırlanmalı ve bu alanı kullanan tüm kişiler bilgilendirilmelidir.



**Şekil 36:** Ataköy 1. Kısım Mahallesi sahilindeki Ataköy Marina ve İDO İskelesi

#### **7.4. Zeytinlik, Cevizlik ve Sakızağıçı Mahalleleri Sahil Şeridi Boyunca Alınması Gerekli Önlemler:**

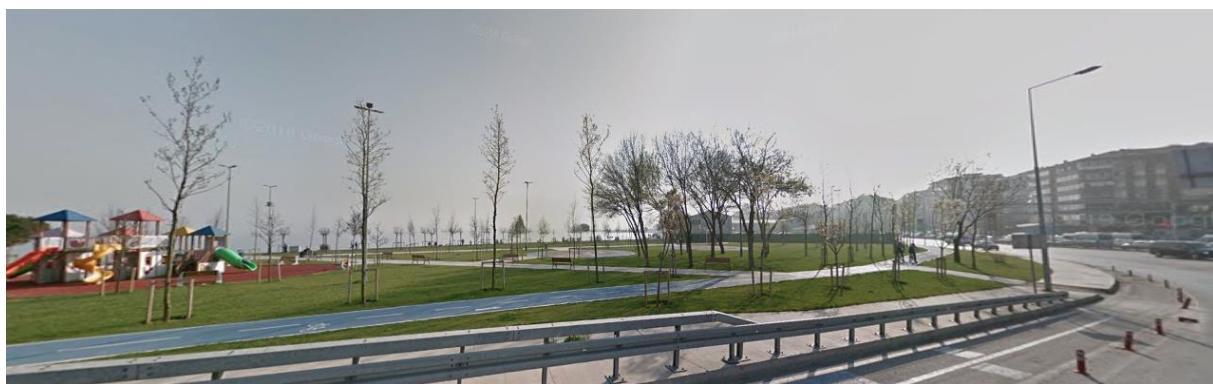
Ataköy Marina'nın kuzeyinde bulunan Zeytinlik ve Cevizlik mahallelerinde su basma mesafeleri oldukça sınırlıdır. En büyük dalga yüksekliklerinin sahil yolu üzerinde ve sahil yoluna cepheli yapıların önünde gerçekleştiği görülmektedir. Benzer durum Sakızağıçı Mahallesi için de geçerlidir Tsunami dalgaları sahil yolunda (Kennedy Caddesi) ve güneyinde yer alan sahil parklarında etkili olmakta, yapılar ile temas ettiği noktada etkisini yitirmektedir. Bunun en büyük sebebi sahil yoluna cepheli yüksek katlı yapıların bitişik nizam olarak inşa edilmiş olmaları ve sahile dik inen sokak sayısının azlığıdır. Sahil yoluna cepheli yüksek katlı yapılar dalgaların önünde bir kıyı duvarı işlevi görerek dalga etkisini büyük oranda azaltmaktadır (Şekil 37). Bununla beraber özellikle Cevizlik Mahallesi'nde kısmen de Zeytinlik Mahallesi'nde sahile dik açılan sokaklardan giren dalgaların sokak içlerinde metrelerce ilerlemekte oldukları da benzetim sonuçlarında görülmüştür. Bu alanlardaki yapıların tamamı yüksek katlı olduğu için bir tehlike durumunda dikey tahliye amaçlı kullanılması düşünülebilir. Ancak sahile cephesi olan yapılarda tsunami dalgaları etkisi ile hasarlar oluşabileceği, buna karşın baskın mesafesinin yatay tahliyeye elverecek ölçüde kısa olması nedeni ile sahile dik yollar kullanılarak yapılacak yatay tahliyenin riskleri azaltma anlamında daha etkin bir tercih olacağı söylenebilir. Zeytinlik Mahallesi için Lamibey Sokak, Cevizlik Mahallesi için ise Kartopu Sokak güvenli bölge sınırı olarak kabul edilebilir. Sakızağıçı Mahallesi'nde ise bu etkinin daha çok Aksu Caddesi ile Ayvalıdere arasındaki bölümde etkili olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda sahil cepheli yapılar yüksek katlı da olsa (Pruva 34 konutları) bitişik nizam olmadıkları için yapı arası boşluklarından geçen dalgalar Aksu Caddesi'nin oluşturduğu geniş boşluğu ve Ayvalıdere yatağını da kullanarak Yenimahalle, Kartaltepe ve Osmaniye Mahallelerine kadar ulaşmaktadır. Yenimahalle'de Aksu Caddesi ile Tayyareci Sadık Sokak arasında kalan yapılar, Kartaltepe Mahallesi'nde ise Aksu Caddesi üzerinde yer alan yapılar baskından etkilenmektedir. Aksu Caddesi'nin batısında kalan ve caddeden uzaklaşmaya elverişli tüm dik yollar tahliye rotası

olarak belirlenebilir. Osmaniye Mahallesi'nde ise Veliefendi Hipodromu'nun çok büyük kısmının dalgalardan etkileneceği hesaplanmıştır. Veliefendi Hipodromu'ndaki riskleri azaltmak için alınması gereken önlemler TJK ile yapılacak görüşmeler ile belirlenmelidir.



**Şekil 37:** Sahil Yolu Üzerindeki Yapılaşmalar

Tahliye planlamasına ihtiyaç duyulan kritik alanlardan bir diğeri Sakızağıç Mahallesi sahil park alanlarıdır (Şekil 38). Dalgalardan en çok etkilenecek alan olmasına rağmen kıyıya dik yolların yetersizliği ve sahil yolunun geçilme zorluğu nedeni ile bu alanlar için alternatifler geliştirilmelidir. Bölgenin en yoğun kullanıldığı dönemde tahliyeyi sağlayabilecek uygun noktalara yaya üst geçitleri yapılabilir. Bu geçitler aynı zamanda dikey tahliye alanları olarak kullanılabilecektir. Bu parklarda baskın etkisini azaltabilecek bir diğer uygulama ise uygun türde bitkilerden seçilerek "Yeşil Kuşak" alanlarının oluşturulmasıdır. Hali hazırda sahil parkının tamamında seyrek de olsa peyzaj amaçlı ağaçlandırma çalışmaları yapılmıştır. Ancak mevcut ağaçlar gerek sıklıkları gerekse dayanımları itibarıyla amaca uygun olmadığından bu alanlarda tsunami etkisine dayanabilecek özellikle bitkilerle sıklaştırma veya yeniden düzenleme çalışması uygulanabilir.



**Şekil 38:** Sakızağıç Mahallesi Sahil Parkı

## **7.5. Bakırköy İlçesi Tsunami Bilgi Haritası**

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

## **8. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bakırköy ilçesi sahil şeridi plaj, ticari, lojistik, rekreatif gibi çok farklı tipte kullanımı içeren bir yapıya sahiptir. Bu durum olası tsunami baskınına karşı alınması gereken önlemlerin farklı yaklaşım ve stratejilerle belirlenmesini gerektirmektedir.

Sismik kaynaklı bir tsunaminin gerçekleşmesi durumunda ilçede etkilenen alanların görece kısıtlı olduğu tespit edilmiş ve geliştirilebilecek tahliye önlemleriyle kayıpların minimuma indirgenebileceği değerlendirilmektedir. Yenikapı açıklarında gerçekleşmesi olası deniz altı heyelan kaynaklı bir tsunami durumunda ise etkinin boyutlarının daha ağır olacağı tespit edilmiştir.

Basınköy ve Şenlikköy mahallelerinden oluşan bölümde kıyı şeridinin çok dar olması ve kıyı şeridini takiben yükselen yamaçlar dolayısıyla tsunami baskınının iç bölgelere girişi sınırlı olmakla birlikte sahil boyunca yer alan ulaşım hattı ve bu hat üzerinde yer alan işletmeler dolayısıyla önlemler alınması gerekmektedir. Yeşilköy ve Yeşilyurt mahalleleri ise daha geniş sahil alanının bulunduğu ve dolayısıyla tsunamiden daha çok etkilenen bir konumdadır. Bu bölümde yer alan kumsallar, parklar ve yürüyüş parkurları bölgeyi bir cazibe merkezi haline getirmektedir. Özellikle yaz mevsiminde kullanım yoğunluğunun arttığı bilinen bu bölgede, sahil şeridi ile iç içe kentleşmiş alanlar önemli bir faktördür. Bu bölgelerde sahilden iç bölgeye geçiş kolaylaştırılacak, sahile dik yolların dar ve az olması bununla birlikte mevcut yapıların genellikle bitişik nizam olarak yapılaşmış olması nedeniyle tsunami tahliyesini zorlaşmasına neden olmaktadır. Bitişik nizam yapılarının hemen hepsinin çevre duvarı olması tsunami baskınının bu bölgelerdeki etkisini azaltıyor gözükse de, mevcut dar sokaklarda dalgaların yüksek akım hızına ulaşmasını sağlayacaktır.

Ataköy mahallelerinde ise sahil kesiminde inşa edilmiş yüksek katlı yapılar, marina ve mendirek yapıları ve dere hatları tsunami baskınının değişen oranlarda hissedileceği kesimler olacaktır. Özellikle Rauf Orbay Caddesi'nin güney kesiminin tsunamiden kritik seviyede etkileneceği öngörmekte, heyelan bazıları tsunami senaryosunda ise etkinin dereler boyunca kıyıdan içeriye doğru yerleşim birimlerine kadar etki edeceğinin değerlendirilmektedir. İlçenin doğu kısmındaki mahallelerde ise kıyı şeridi ile kıyı gerisindeki yerleşimler arasındaki dikey tahliye bağlantılarının zayıf olduğu, Keneddy Caddesi'nin ise erişimi ciddi derecede kısıtladığı tespit edilmiştir.

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

