

KÜÇÜKÇEKMECE

TSUNAMİ RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI





İSTANBUL SENİN



İSTANBUL
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ TSUNAMİ RİSK ANALİZİ VE EYLEM PLANI RAPORU

BU RAPOR;

İSTANBUL İLİ MARMARA KIYILARI TSUNAMİ MODELLEME, HASAR GÖREBİLİRLİK VE TEHLİKE
ANALİZİ GÜNCELLEME PROJESİ (2018) VE İSTANBUL İÇİN TSUNAMİ EYLEM PLANI HAZIRLANMASI

İŞİ (2019) SONUÇ RAPORLARINDAN YARARLANILARAK,

İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ,

DEPREM RİSK YÖNETİMİ VE İYİLEŞTİRME DAİRE BAŞKANLIĞI,

DEPREM VE ZEMİN İNCELEME MÜDÜRLÜĞÜ

TARAFINDAN ÜRETİLMİŞTİR.

06/2020

PROJE BİLGİLERİ

“İstanbul İli Küçükçekmece 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.

*Ortaođu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümleri:*

Prof. Dr. Ahmet Cevdet Yalçiner, Proje Yürütücüsü, yalciner@metu.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Lütfi Süzen, Proje Yürütücüsü, suzen@metu.edu.tr

Araş. Gör. Duygu Tüfekçi Enginar, Bilimsel Proje Uzmanı, dtufekci@metu.edu.tr

Gözde Güney Dođan, Bilimsel Proje Uzmanı, gguneysdogan@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 yakınlığı nedeniyle, maalesef İstanbul geliyor. Kadim kentimizde, değişmeyen öncelikte ve önemdeki birinci konu deprem riski ve beraberinde getireceği yıkımlardır. Bu nedenle, İstanbul'u daha yaşanabilir, daha dayanıklı, daha sürdürülebilir bir şehir yapabilmek için çalışmalarımıza hızla başladık.

Şeffaf ve katılımcı yönetim anlayışımız gereği, İstanbul Deprem Seferberlik Planı'na uygun olarak; daha güvenli, afete dirençli bir İstanbul için yol haritası oluşturmaya başladık. Geçtiğimiz yılın sonunda, 174 kurum ve 1.200 akademisyen ile gerçekleştirdiğimiz "İstanbul Deprem Çalıştayı" sorun analizleri, çözümlenmeler ve proje önerileri ile geçmiş tüm tecrübeleri de dikkate alarak ortaya, bir yol haritası çıkardı. Keza, bu çalıştay sonrası paydaşların ihtiyaçlarını dile getirebilecekleri ve süreç yönetimine aktif olarak katılabilecekleri, siyaset üstü bir yapı olarak "İstanbul Deprem Platformu" kuruldu ve ilk toplantısını, 65 kurumun katılımı ile Şubat ayında yaptı. Böylece; tüm katılımcı kuruluşların, deprem riskini azaltma adına katkıda bulunmaları; platforma katılan kuruluşlar ve temsilcileri ile sürdürülecek çalışmaların, şeffaf ve kesintisiz biçimde kamuoyunun bilgisine sunulması; toplumun her katmanından gelecek bilgi ve önerilerin de göz önüne alınmasını sağlayacak bir iletişim düzeninin kurulması hedeflendi.

Özellikle, 39 ilçe belediyemiz ile yapılacak iş birliği ve süreç yönetimine katılımın, tarafımızca çok önemsenmesi, platformda ilçe belediyelerini çok önemli bir yere oturttu. Bilimsel çalışmalar göstermektedir ki; yıkıcı bir deprem, er ya da geç meydana gelecek, gerçekleştiğinde ise afet boyutunda kayıplara neden olabilecektir. Dolayısıyla bu depreme, sadece İBB olarak değil siyaset üstü bir yaklaşım ile merkezi idare, İstanbul Valiliği, ilçe belediyeleri, STK'lar, üniversiteler gibi bütün paydaşlar ile beraber hazırlanmalıyız. İstanbulluların geleceğe daha güvenle bakabilmesi için olmazsa olmaz koşul, bu birlikteliktir. Depreme hazırlanabilmenin temelinde ise, depremin yaratacağı riskin anlaşılması ve azaltılması adına yapılabilecekler yatmaktadır. Bu doğrultuda, İstanbul'un deprem nedeni ile karşı karşıya kalacağı riskin anlaşılabilmesi için; üniversiteler, uzmanlar ve profesyonel bir ekip ile aklın ve bilimin rehberliğinde İBB olarak çalışmalarımızı sürdürmekteyiz.

39 ilçemiz için ayrı ayrı analizler ve haritalamalar devam ederken; sınırları kısmen Marmara Denizi'ne komşu 17 ilçemiz için de tsunami kaynaklı risk analizleri ve alınması gerekli yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin boyutlarını ortaya koyan "İstanbul İlçe Bazlı Tsunami Risk Analizi ve Eylem Planı İlçe Kitapçıkları", İBB imkânları ile üretilmiştir. İBB ve ODTÜ işbirliği ile yapılmış olan "İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi (ODTÜ, 2018)" ve "İstanbul İli Tsunami Eylem Planı (ODTÜ, 2019)" projelerinden faydalanılarak üretilen bu bilgi kitapçıkları ile İstanbul genelinde etkili olabilecek olası bir tsunami olayının yaratacağı kayıpları minimuma indirmek, Marmara kıyılarında yer alan önemli kritik yapıların tsunamiden etkilenmemesi ya da en az etkilenmesi için alınması gereken önlemleri saptayarak gerekli aşamaları tanımlamak, detaylandırmak ve aynı zamanda afete hazırlık konusunda ilgili kurum ve kuruluşların bilgilendirilmesi hedeflenmektedir. İBB Başkanı olarak, ilk günden itibaren ilan ettiğimiz demokratik, katılımcı ve şeffaf bir yönetim anlayışı yaklaşımı gereği kamuoyu ile paylaştığımız "İstanbul'u beraber yönetelim" prensibimize uygun bir seferberlik ruhu ve el birliğiyle yürüteceğimiz tüm bu çalışmalar sayesinde, İstanbul'un depreme daha dayanıklı bir kent olmasını ve biz İstanbulluların da geleceğe daha güvenle bakmasını mümkün kılacağımıza inancım tamdır.

Saygılarımla,

Ekrem İMAMOĞLU

İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı

İçindekiler

Şekiller.....	3
Tablolar	4
1. GİRİŞ	6
2. TSUNAMİ TEHLİKESİ	8
3. KAPSAM VE YÖNTEM	9
4. KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ	13
4.1. Küçükçekmece İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası	13
4.2. Küçükçekmece İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları...	16
5. KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ MeTHuVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ	23
5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik.....	23
5.1.1. Jeoloji	23
5.1.2. .Heyelan Taç Yoğunluğu.....	25
5.1.3. Kıyıdan Uzaklık	26
5.1.4. Yükseklik	27
5.2. Tahliye Esnekliği	28
5.2.1. Binaya Uzaklık	28
5.2.2. .Yol Ağına Uzaklık	29
5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu	30
5.2.4. Eğim	31
5.3. Küçükçekmece İlçesi Methuva Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları	32
6. KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ MeTHuVA RİSK ANALİZLERİ	33
6.1. Küçükçekmece İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası	33
6.2. Küçükçekmece İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları	34
7. KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI	36
7.1. Fatih Mahallesi'nde Alınması Gerekli Önlemler	36
7.2. Göl Kıyısı Boyunca Alınması Gereken Önlemler	42
7.3. Küçükçekmece İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi	45
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	46
9. KAYNAKÇA	48
EK-1.....	49

Şekiller

Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme ile d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Şematik Gösterimi	8
Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014)	8
Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı	11
Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri	11
Şekil 5: CMN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	13
Şekil 6: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (CMN)	14
Şekil 7: Küçükçekmece İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (CMN)	16
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	17
Şekil 9: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC)	18
Şekil 10: Küçükçekmece İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC)	19
Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	20
Şekil 12: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)	21
Şekil 13: Küçükçekmece İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)	22
Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	24
Şekil 15: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası. b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	25
Şekil 16: a) Kıydan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası. b) Kıydan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	26
Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası. b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	27
Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası. b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	28
Şekil 19: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası. b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	29
Şekil 20: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	30
Şekil 21: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	31
Şekil 22: Küçükçekmece Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekansal Hasar Görebilirlik Haritası, b) Tahliye Esnekliği Haritası	32
Şekil 23: CMN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	33
Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	34
Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	35
Şekil 26: Sahil ve Gerisinde Yer Alan Plaj, Park ve Boş Alanlar	37
Şekil 27: İç-Dış Kumsal Alanında Yatay Tahliyeyi Güçleştiren Unsurlar (su kanalları ve otoyol)	38

Şekil 28: İç-Dış Kumsal Alanında Bulunan ve Dikey Tahliye İçin Kullanılabilecek Yüksek Katlı Yapılar.....	38
Şekil 29: İç-Dış Kumsal Alanında Bulunan Kamuya Ait Malzeme ve Araç Park Alanı İle Kanal ve Karadaki Tekneler.....	40
Şekil 30: Fatih Mahallesi Göl Kıyı Şeridi a) Fatih Burnundan Güneye Bakış b) Mimar Sinan Köprüsü Kuzey Kıyıları c) Mimar Sinan Köprüsü Güney Kıyıları	41
Şekil 31: Fatih Mahallesi Burnundan İtibaren Kanarya Mahallesi'ne Kadarki Alanda Yer Alan Sahil Parkı	42
Şekil 32: Kanarya Mahallesi Sahilini Örnekleyen Görüntüler.....	42
Şekil 33: Küçükçekmece Belediyesi Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü Hizmet Araç Park Alanı	43
Şekil 34: Kanarya İlkokulu (boş alanın sonundaki mavi renkli yapı) ve Galatasaray Spor kulübü Kürek Şubesi Yatay Tahliyesine Uygun Hatboyu Caddesi	43
Şekil 35: Kanarya Sahilindeki Kıyı Koruma Yapıları ve Yeşil Kuşak Oluşturmaya Uygun Alanlar.....	44
Şekil 36: Yarımburgaz Mahallesi Kuzeyinde Tsunami Su Baskınına Maruz Kalacağı Hesaplanan Alanlar	45

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları	10
Tablo 2: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (CMN)	14
Tablo 3: Küçükçekmece İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (CMN)	15
Tablo 4: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC)	17
Tablo 5: Küçükçekmece İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC)	19
Tablo 6: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY)	21
Tablo 7: Küçükçekmece İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)	22
Tablo 8: Küçükçekmece Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri	23

1. GİRİŞ

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

Bu çerçevede, kıyı şehirlerinin ve özellikle 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 görülebilirlik durumlarının belirlenmesi, tahliye yollarının hizmet görülebilirliğinin anlaşılması ve risk düzeylerinin hesaplanması amaçlanmaktadır. 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 Görülebilirlik Analizi Projesi" dir (İBB, OYO, 2007). Bu proje sonuçları, geliştirilen yerleşime uygunluk haritalarında altlık olarak kullanılmış, birçok altyapı ve üstyapı yatırımında da yön gösterici olmuştur. Bu ilk çalışmadan sonraki dönemde, deniz içi, kıyı ve karasal alandaki yapısal unsurlarda değişiklikler, sayısal modelleme araçlarında hem yazılım hem de donanım teknolojilerinde önemli gelişmeler olmuş, bunların yanında veri toplama ve işleme yöntemlerinde de çok etkin ölçüm ve işleme araçları kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmelere ek olarak özellikle 2011 Tohoku Depremi (Japonya), tsunami karşısında alınması gereken önlemlerin önemini de bir kez daha gözler önüne sermiştir. Gerek ülkemizde gerekse dünyadaki tüm bu bilimsel ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda İBB-DEZİM tarafından İstanbul'u etkilemesi olası tsunami karşısında kentsel dayanıklılığı artırmak amacıyla "**Tsunami Dayanıklı İstanbul**" yaklaşımı geliştirilmiş ve üç aşamalı bir süreç tanımlanmıştır. Buna göre öncelikli olarak tsunami kaynaklı risk ve risk bileşenlerinin tekrar analiz edilmesi ve değerlendirilmesi kararlaştırılmış, böylelikle "**İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görülebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi**" (ODTÜ, 2018) gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında kullanılan çözünürlük seviyesi,

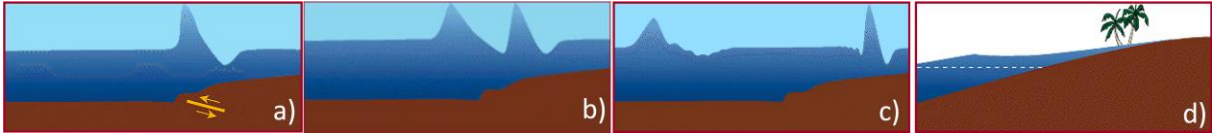
dünyada mega kentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün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

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

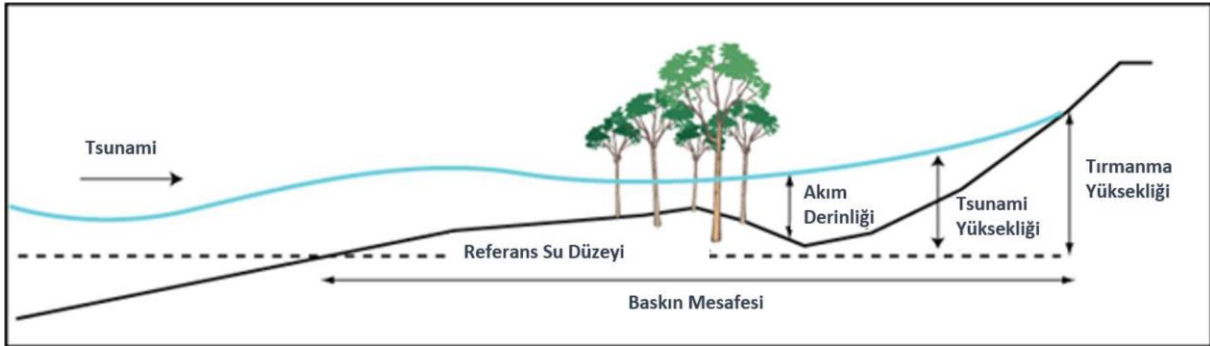
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan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

2. TSUNAMI TEHLİKESİ

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



Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme ile d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Şematik Gösterimi



Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014)

3. KAPSAM VE YÖNTEM

İstanbul ili Marmara kıyıları için hazırlanan Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme 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 LİDAR kaynaklı 1 m hassasiyetli sayısal yükseklik modeli (DEM) ve deniz alanları için 42 m düzeyinde oluşturulmuş batimetri verileri ile birleştirilerek tsunami sayısal modellemesi için yüksek çözünürlükte ve kapsamlı bir veri tabanı hazırlanmıştır.

Tsunami Senaryolarının Hazırlanması: Kuzey Anadolu Fayı'nın batıya doğru Marmara Denizi'ne uzanan ve ikiye ayrılan kolları üzerinde tarihteki depremler de dikkate alınarak olası deprem yaratacak bölgeler seçilmiştir. Bu bölgelerin her biri farklı bir tsunami kaynağı olarak düşünülerek her birine farklı isimler verilmiştir (OYO, 2007; MARSITE, 2016; MARDİM-SATREPS, 2018). Her bir tsunami kaynağı farklı sayıda segmentlerden oluşmaktadır. Bu rapor kapsamında yapılan benzetimlerde, her bir tsunami kaynağında yer alan segmentlerin tamamının depremlerle beraber kırıldığı kabul edilmiş ve her bir tsunami kaynağı için olası en uzun kırılma boyu kullanılmıştır. Böylece Marmara Denizi'nde sismik etkilerle oluşabilecek toplam 11 farklı tsunami senaryosu belirlenmiştir. Marmara'da yapılan bilimsel araştırmaların sonuçları göstermektedir ki; Marmara Denizi'nde bazı bölgelerde geçmişte deniz altı heyelanları da olmuştur. Deniz altı heyelanı ile oluşan tsunamiler sismik kaynaklı tsunamilere göre daha yüksek ve dik dalga özelliğinde olup, en yakın kıyıya çok daha şiddetli etki edebilmektedir. Bu nedenle 3 ayrı deniz altı heyelanı da tsunami kaynağı veri tabanına dâhil edilmiş ve benzetimler yapılmıştır.

Tablo 1 'de verilen toplam 14 senaryonun her biri ayrı ayrı olarak benzetimlerde kullanılmıştır. Deniz altı heyelanlarının oluşma sebeplerinin başında sismik sarsıntılar yer alır. Bundan başka dip akıntıları, içsel dalgalar (internal waves), ani su düzeyi değişimleri de deniz altı heyelanlarının oluşmasında diğer sebepler arasında yer almaktadır. Deniz altı heyelanı ile oluşan tsunami dalgaları, Marmara Denizi'ndeki sismik kaynaklı tsunami senaryoları ile oluşabilecek dalgalardan çok daha yüksek ve diktir. Bu dalgalar deniz altı heyelan bölgesinde ortaya çıkar ve en yakın kıyıda çok daha fazla baskın alanı yaratır. Bu nedenle sismik kaynaklı senaryolar ile deniz altı kaynaklı senaryolar ayrı ayrı olarak benzetimlerde incelenmiştir.

Kritik Tsunami Senaryolarının Modellenmesi: Modelleme çalışmalarında Tsunami Sayısal Modeli NAMI DANCE kullanılmıştır. NAMI DANCE girdi olarak ya tanımlanmış bir faydan, önceden belirlenmiş bir dalga formundan ya da grid sınırındaki su yüzeyi dalgalanmalarının zaman serisinden elde edilen tsunami kaynağını kullanır ve dalga hareketini, ilerlemesini, kıyılarına gelene kadarki değişimleri, kıyıdaki yükselmeleri ve karadaki baskın alanlarını ve başka birçok

tsunami parametresini hesaplar. Bu aşamada her ilçe ve senaryo için tsunami baskın analizlerinde su basma alanı içinde bulunan yapılar, metropoliten kullanım amaçlarına göre 'sosyal', 'idari' ve 'iktisadi' olmak üzere 3 ana grupta incelenmiştir. Veri tabanında mesken olarak belirtilen yapılar sosyal; okul ve resmi olarak belirtilen yapılar idari; fabrika, imalat, ticari, trafo, elektrik santrali olarak belirtilen yapılar ise iktisadi gruba dahil edilmiştir. Her ilçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri her tsunami senaryosu için ilgili alt bölümlerde sunulmuştur. NAMI DANCE sayısal modeli, çalışma prensipleri ve İstanbul kıyıları için uygulanması ile ilgili olarak İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.

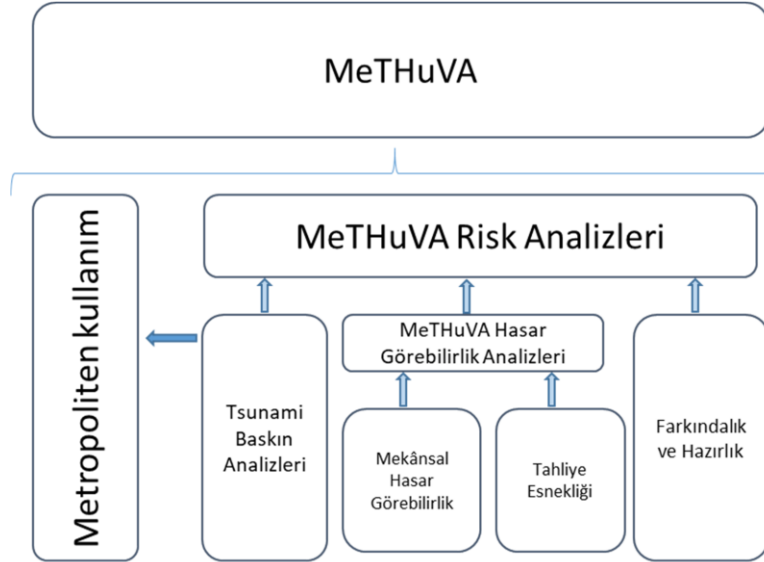
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

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

Hasar Görebilirlik Analizleri (MeTHuVA): Metropoliten alanlarda tsunami afeti sırasında bireylerin hasar görebilirlik durumlarının tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle insanlar için bu afet türünün tehlikesi, afet anında buldukları 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, kıydan uzaklık, yükseklik, heyelan taç yoğunluğu ve jeoloji olmak üzere dört adet, Tahliye Esnekliği için ise, binaya uzaklık, yol ağına uzaklık, denize dik yolların yoğunluğu ve eğim olmak üzere dört adet alt parametreden oluşmaktadır. Bu alt parametreler ise MeTHuVA hasar görebilirlik analizi için AHP uygulamalarında hiyerarşinin üçüncü ve en alt basamaklarını oluşturmaktadır

Son parametre ise bölge halkının hazırlıklı olma ve farkındalık seviyesini belirten parametredir. Hazırlıklı olma ve farkındalık seviyeleri toplumun olası bir afeti nasıl karşılayacağını direkt olarak etkilediğinden bu parametre MeTHuVA Risk Analizi'ne, sonucu büyük oranda etkileyecek şekilde dahil edilmiştir. MeTHuVA yöntemine göre, bu parametrenin değeri, diğer bir deyişle toplumun farkındalık ve hazırlıklı olma düzeyi arttıkça diğer parametrelere bağımlı olmaksızın risk seviyesi düşmektedir. MeTHuVA çalışma prensipleri ve İstanbul kıyıları için uygulanması ile ilgili olarak İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.



Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı



Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri

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

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

Bu denklemde, TB, tsunami benzetimleri sonucu elde edilen Tsunami Baskını'nı; MHG, Mekânsal Hasar Görebilirliği; TE, Tahliye Esnekliği'ni göstermektedir. Denklemdeki n parametresi ise bölge halkının hazırlıklı olma ve farkındalık seviyesini belirten ve 1 ve 10 arasında değer alan bir katsayıdır. Bölge halkının tsunami olayını yaşadığında gerekli olan farkındalık, hazırlık ve zamanında tahliye konularında yeterince bilgi ve deneyim sahibi olduğu durum 10 ile, en hazırlıksız olduğu durum ise 1 ile temsil edilmektedir.

MeTHuVA risk denkleminin elemanları göz önünde bulundurulduğunda, tsunami baskın parametresi doğa tarafından kontrol edilen ve gücü düşürülemeyecek bir etkidir. Metropolitan 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.

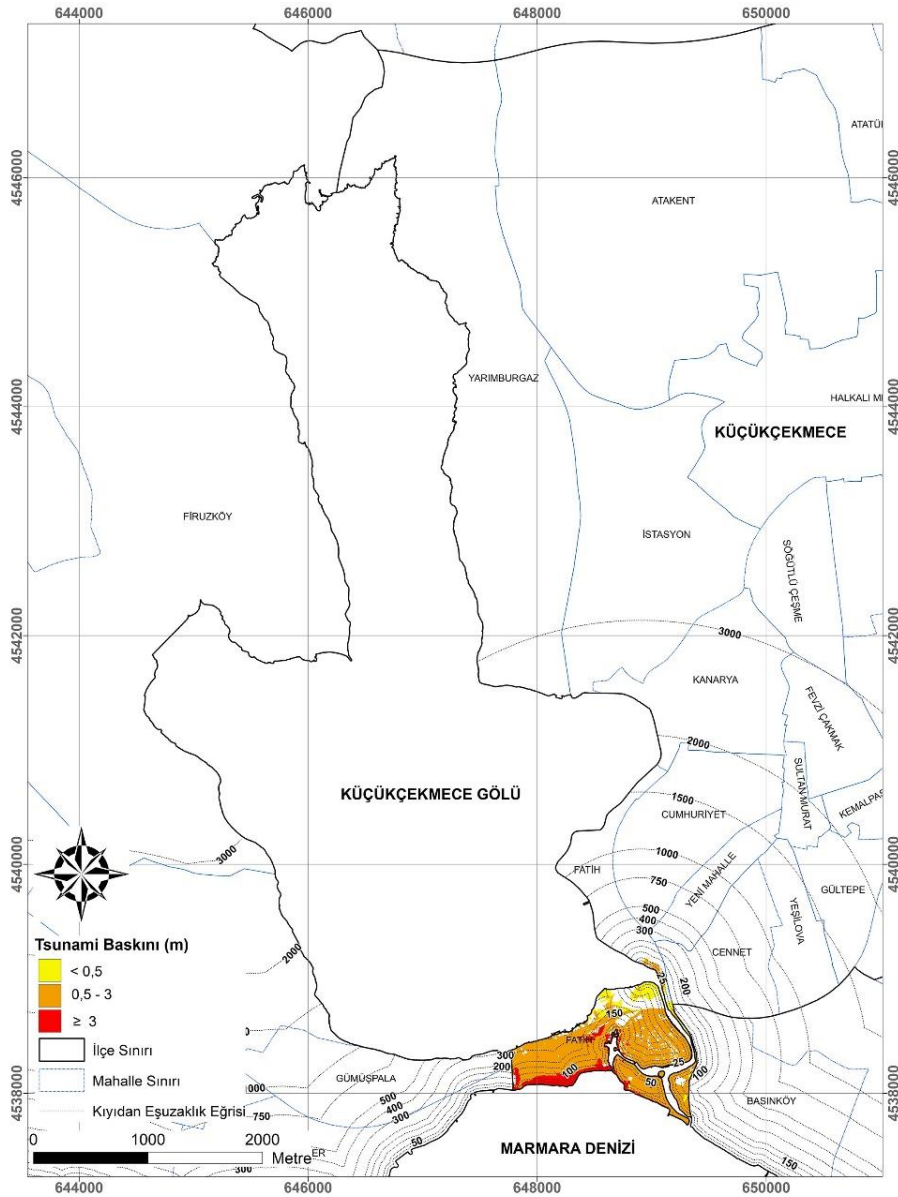
Toplumun tsunami ile ilgili bilgisinin artırılması ve ilgili birimlerce alınacak önlemler n parametresinin değerinde artış sağlayarak riskin azalmasına sebep olacaktır.

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. KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ TSUNAMI BASKIN ANALİZLERİ

4.1. Küçükçekmece İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Küçükçekmece ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağının Marmara Denizi içinde bulunan Orta Marmara Fayı (Central Marmara Fault-CMN) olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda belirtildiği şekilde tsunami kaynağı olarak CMN kullanılarak yapılan 5 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 5'te gösterilmiştir. CMN kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Küçükçekmece ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 5.38 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 1.230 metreye ulaşmaktadır.

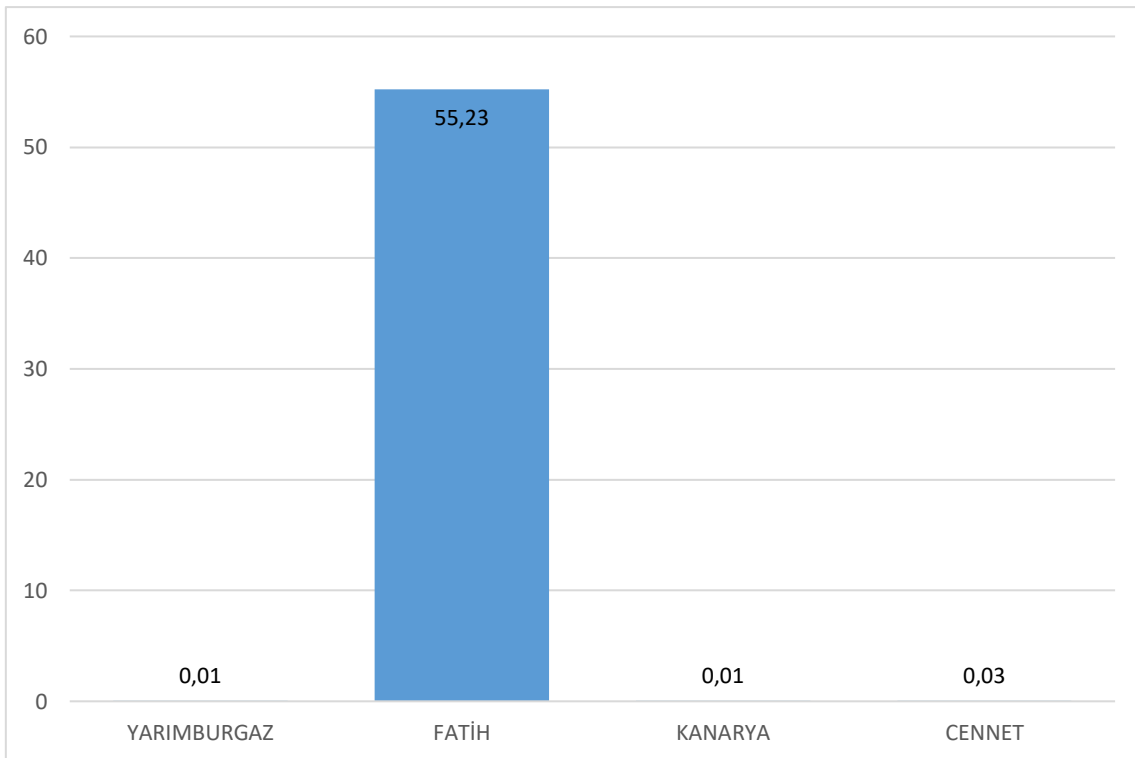


Şekil 5: CMN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Benzetim sonuçlarına göre, CMN kaynaklı olası bir tsunamide, Küçükçekmece ilçesinin %2.21'ini kapsayan 0,83 km²'lik bir alanda ve 4 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Küçükçekmece ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 2 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Fatih Mahallesi %55.23'lük su basma alanı ve 5.38 m maksimum su basma derinliği Küçükçekmece mahalleleri arasında en çok etkilenen mahalledir.

Tablo 2: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (CMN)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
FATİH	5.38	1.91	829.050	1.501	55.23
CENNET	0.23	0.19	300	0.865	0.03
YARIMBURGAZ	0.19	0.13	600	5.236	0.01
KANARYA	0.27	0.17	150	1.415	0.01



Şekil 6: Küçükçekmece İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (CMN)

CMN kaynaklı olası bir tsunamide Küçükçekmece ilçesi içinde bulunan 41.590 yapıdan 280'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bu yapılar Metropolitan Kullanım (MK) değerlendirmeleri

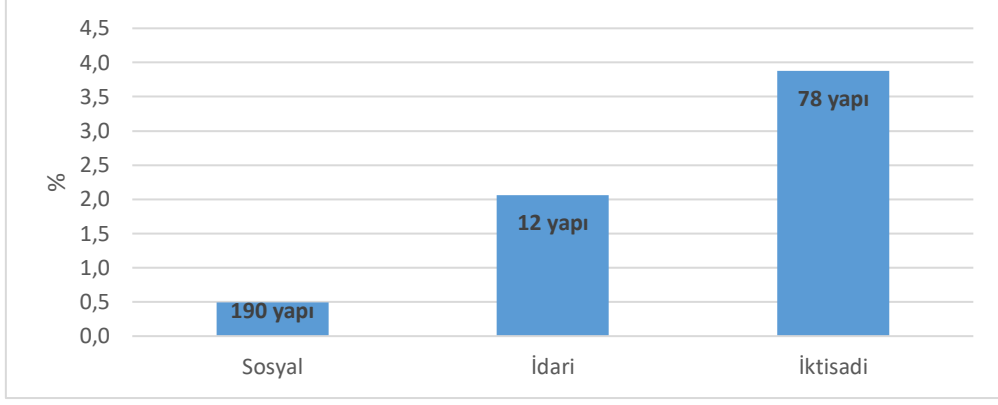
kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 3’de verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre CMN kaynaklı olası bir tsunamide Fatih Mahallesi’nde Sosyal yapı grubu içinde bulunan mesken binalarının %34.99’u ve Resmi binaların %61.11’ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. İktisadi yapı grubunda bulunan tüm yapı tiplerinin ise %45’ten daha fazlasının suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7’da sunulmuştur. Küçükçekmece ilçesi genelinde CMN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.5’i, İdari grubundaki yapıların %2.06’sı ve iktisadi yapıların ise %3.88’i su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 3: Küçükçekmece İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (CMN)

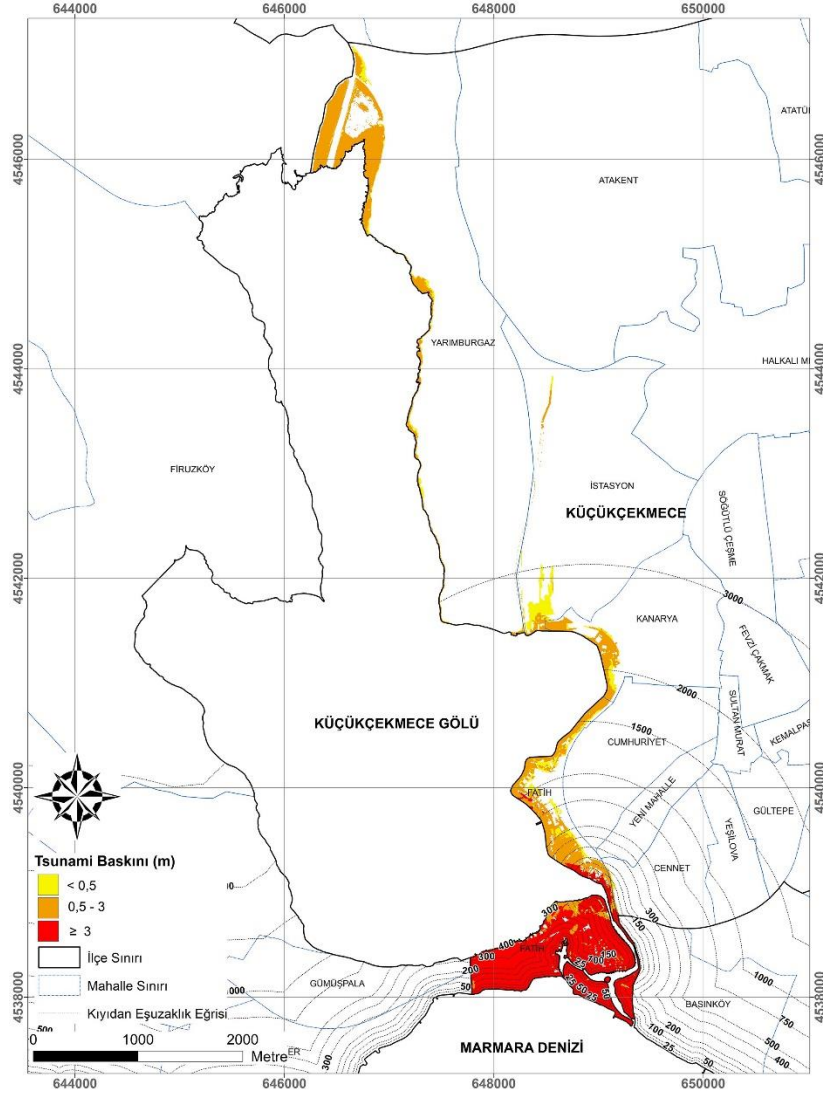
	Sosyal	İdari		İktisadi				
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	Mahalle Genel Toplam Bina Sayısı
Fatih	543	7	18	13	12	84	11	707
İlçe Genel MK Gruplarındaki Bina Sayısı	38.354	222	361	580	57	1.305	69	41.721 (İlçe geneli toplam bina sayısı)
Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Fatih	190	1	11	11	8	54	5	280
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	190	1	11	11	8	54	5	280 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 280 (Toplam etkilenen bina sayısı)
Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	
Fatih	34.99	14.29	61.11	84.62	66.67	64.29	45.45	
İlçe Toplamı	0.50	0.45	3.05	1.90	14.04	4.14	7.25	



Şekil 7: Küçükçekmece İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (CMN)

4.2. Küçükçekmece İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Küçükçekmece ilçesi için kritik deniz altı heyelanı kaynaklı tsunami senaryolarından birinin Büyükçekmece Deniz Altı Heyelanı (LSBC) olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda belirtildiği şekilde 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, Küçükçekmece ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 12.60 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Bazı bölgelerde deniz kıyısına uzaklığı 970 metreye ulaşan yatay su basma mesafeleri de gözlenmiştir. Ayrıca, Küçükçekmece Gölü'ne giren dalga göl çevresinde taşmalara sebep olmuş, bu bölgelerdeki yatay su basma mesafesinin göl kıyısına uzaklığı 700 metreyi bulmuştur.



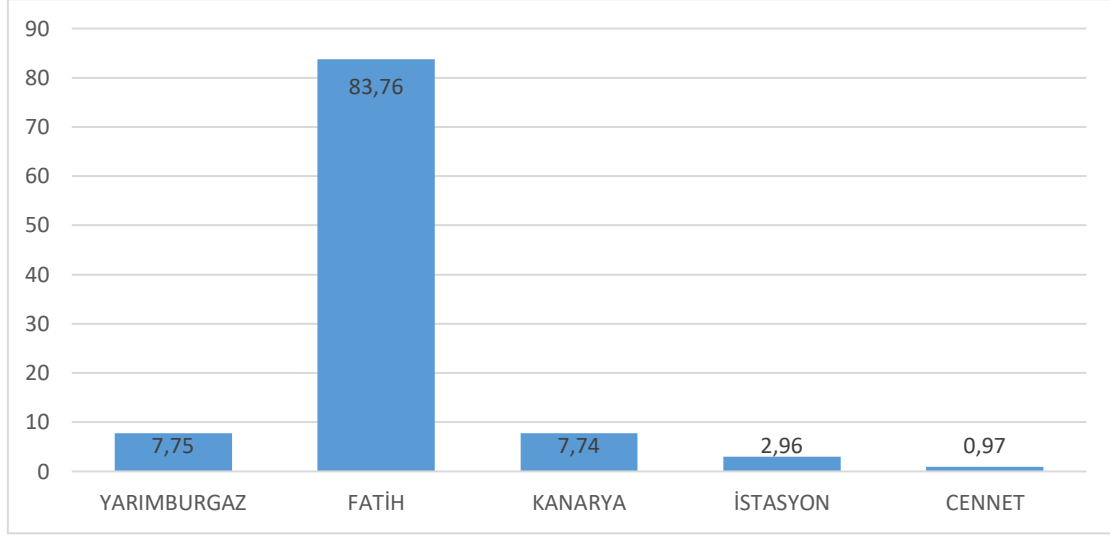
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Benzetim sonuçlarına göre, LSBC kaynaklı olası bir tsunamide, Küçükçekmece ilçesinin %4.99'ini kapsayan 1.87 km²'lik bir alanda ve 5 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Küçükçekmece ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 4 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Fatih Mahallesi için %83.76'lık su basma alanı ve noktasal olarak 12.60 m maksimum su basma derinliği hesaplanmıştır.

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

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
FATİH	12.60	5.93	1.257.325	1.501	83.76
YARIMBURGAZ	3.46	1.37	405.900	5.236	7.75
KANARYA	3.43	0.99	109.475	1.415	7.74

İSTASYON	3.33	0.48	90.850	3.074	2.96
CENNET	6.84	1.12	8.375	0.865	0.97



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

LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Küçükçekmece ilçesi içinde bulunan 41.721 yapıdan 605'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 586'sı Metropolitan Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 5'de verilmiştir.

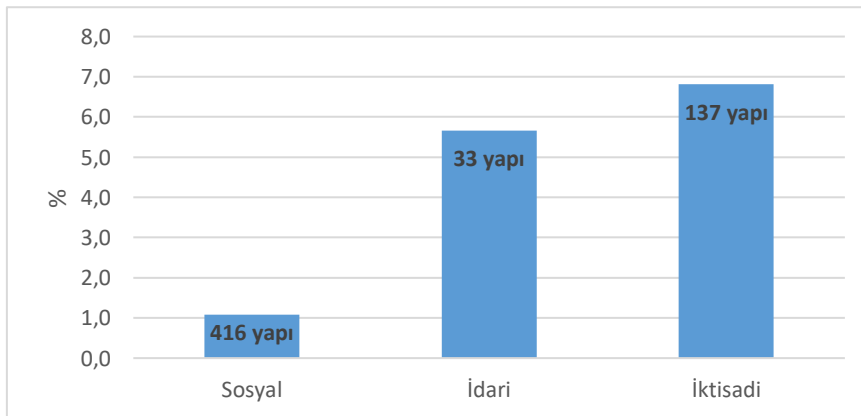
Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSBC kaynaklı olası bir tsunamide Fatih Mahallesi'nde diğer mahallelere nazaran çok daha fazla yapının suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Fatih Mahallesi'nde Sosyal yapı grubu içinde bulunan mesken binalarının %72.56'sinin ve Resmi binaların %94.44'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. İktisadi yapı grubunda bulunan tüm yapı tiplerinin ise %90'dan daha fazlasının suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Diğer mahallelerde ise tüm yapı tiplerinin %45'den daha azının suyla teması vardır. İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Küçükçekmece ilçesi genelinde LSBC kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %1.08'i, İdari yapıların % 5.66'sı ve İktisadi yapıların ise %6.81'i su basmasından etkilenmektedir.

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

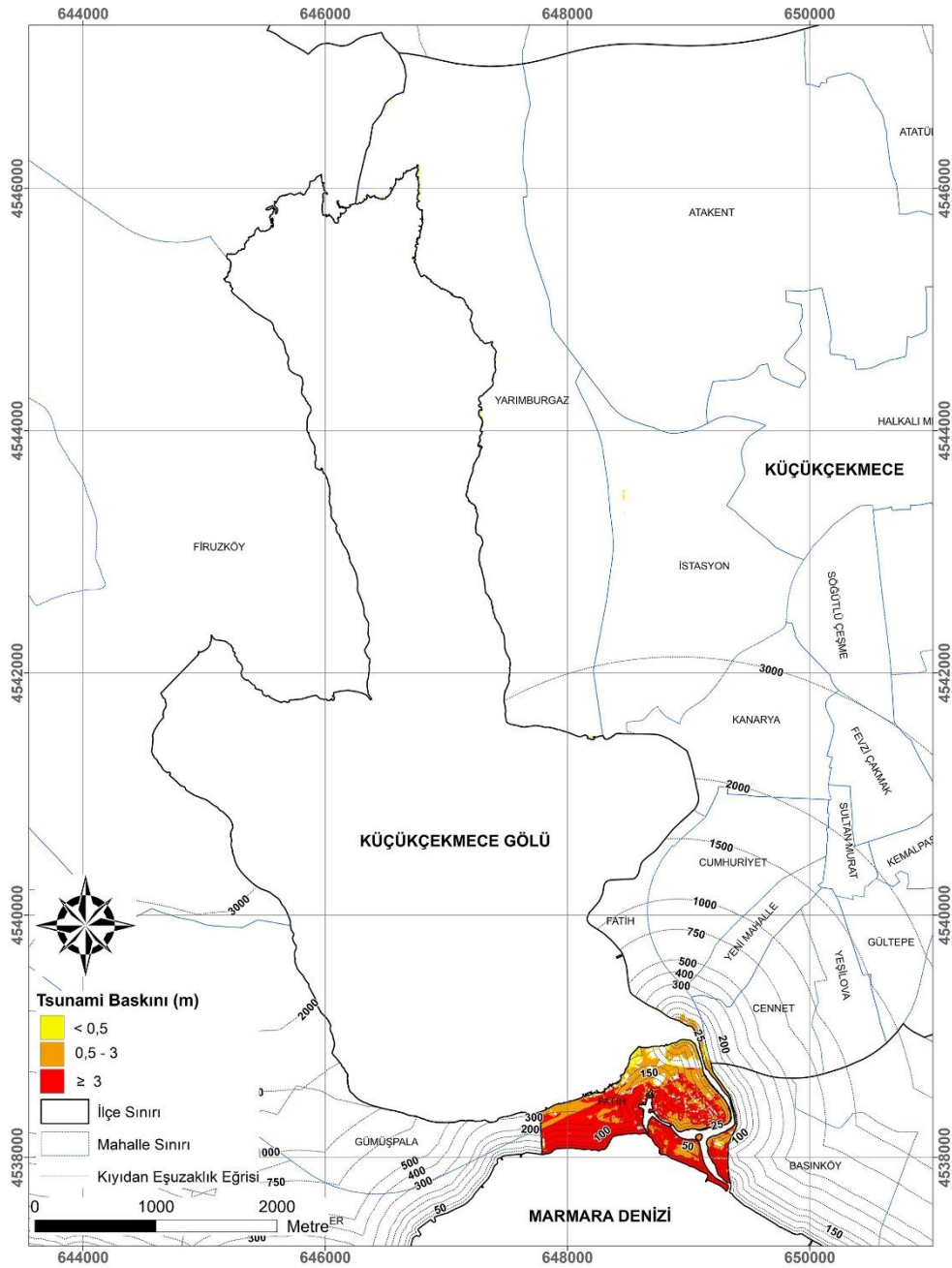
İlçe Genel	Sosyal	İdari		İktisadi				Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	
İstasyon	2.163	10	46			65	4	2.338
Cennet	1.271	6	24		2	17	10	1.343
Fatih	543	7	18	13	12	84	11	707
Kanarya	3.512	11	12			7	4	3.595
Yarimburgaz	1.242	3	67	4	1	33	4	1.399
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	38.354	222	361	580	57	1.305	69	41.721 (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
İstasyon	2	0	3	0	0	15	0	20
Cennet	9	0	0	0	0	0	0	9
Fatih	394	6	17	13	12	84	10	536
Kanarya	7	4	3	0	0	2	0	16
Yarimburgaz	4	0	0	0	0	1	0	5
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	416	10	23	13	12	102	10	586 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 605 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo
İstasyon	0.09	0.00	6.52	-	-	23.08	0.00
Cennet	0.71	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00
Fatih	72.56	85.71	94.44	100.00	100.00	100.00	90.91
Kanarya	0.20	36.36	25.00	-	-	28.57	0.00
Yarimburgaz	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	0.00
İlçe Toplamı	1.08	4.50	6.37	2.24	21.05	7.82	14.49

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

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Küçükçekmece ilçesi için kritik deniz altı heyelanı kaynaklı tsunami senaryolarından bir diğ erinin Yenikapı Deniz Altı Heyelanı (LSY) olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda belirtildiği şekilde 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, Küçükçekmece ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 8.94 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 970 metreye ulaşmaktadır.

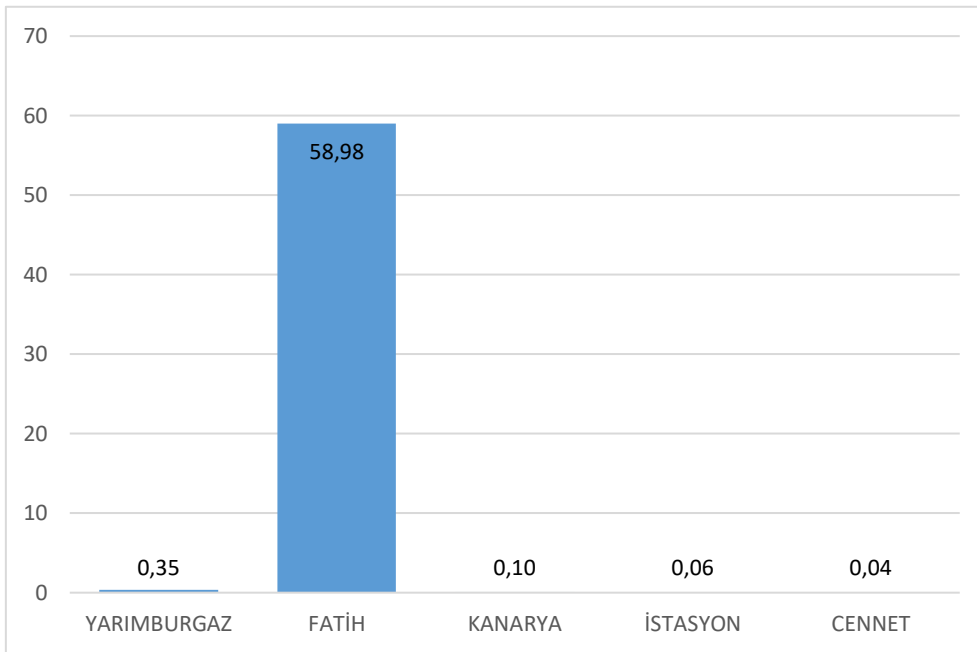


Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluş an Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunamide, Küçükçekmece ilçesinin %2.41'ini kapsayan 0.91 km²'lik bir alanda ve 5 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Küçükçekmece ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 6 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Fatih Mahallesi %58.98'lik su basma alanı ve 5.38m maksimum su basma derinliği Küçükçekmece mahalleleri arasında en çok etkilenen mahalledir.

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

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
FATİH	8.94	3.10	885.325	1.501	58.98
YARIMBURGAZ	0.57	0.20	18.100	5.236	0.35
KANARYA	1.07	0.45	1.375	1.415	0.10
İSTASYON	0.69	0.24	1.800	3.074	0.06
CENNET	1.28	1.22	325	0.865	0.04



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

LSY kaynaklı olası bir tsunamide Küçükçekmece ilçesi içinde bulunan 41.590 yapıdan 292'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bu yapılar Metropolitan Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 7'de verilmiştir.

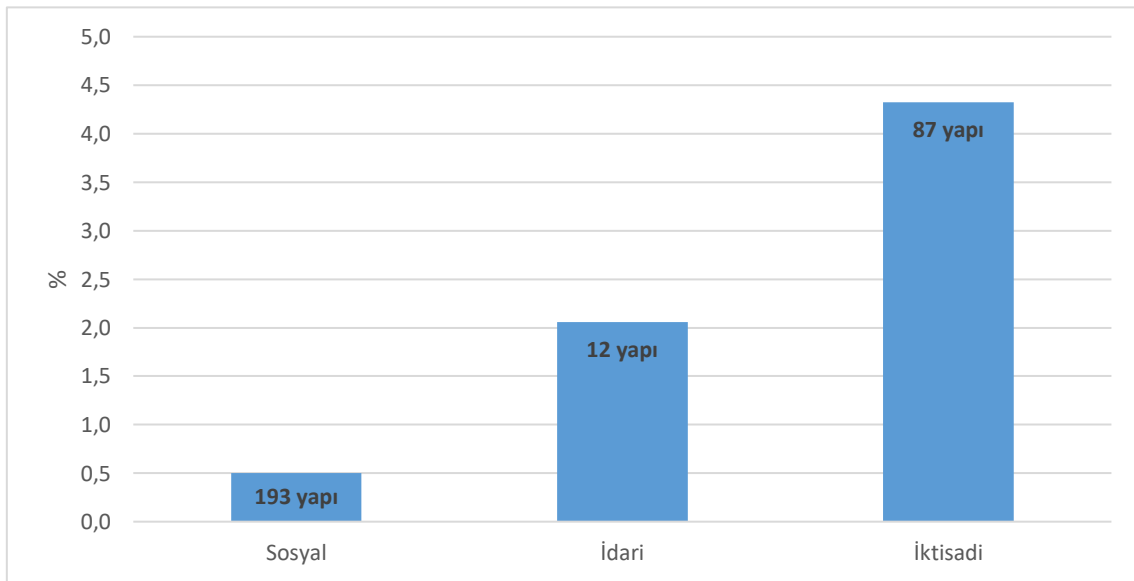
Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSY kaynaklı olası bir tsunamide Fatih Mahallesi'nde Sosyal yapı grubu içinde bulunan mesken binalarının %35.54'ü ve Resmi binaların %61.11'ünün

suyla teması olduğu tespit edilmiştir. İktisadi yapı grubunda bulunan tüm yapı tiplerinin ise %45'ten daha fazlasının suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 13'de sunulmuştur. Küçükçekmece ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.5'i, İdari yapıların % 2.06'sı ve İktisadi yapıların ise %4.33'ü su basmasından etkilenmektedir.

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

	Sosyal	İdari		İktisadi				
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	Mahalle Genel Toplam Bina Sayısı
Fatih	543	7	18	13	12	84	11	707
İlçe Genel MK Gruplarındaki Bina Sayısı	38.354	222	361	580	57	1.305	69	41.721 (İlçe genel toplam bina sayısı)
Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Fatih	193	1	11	11	11	60	5	292
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	193	1	11	11	11	60	5	292 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 292 (Toplam etkilenen bina sayısı)
Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	İmalat	Ticari	Trafo	
Fatih	35.54	14.29	61.11	84.62	91.67	71.43	45.45	
İlçe Toplamı	0.50	0.45	3.05	1.90	19.30	4.60	7.25	



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

5. KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ MeTHuVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul Avrupa yakasında Marmara kıyısında 40,97- 41,06 K ve 28,74-28,81 D koordinatları arasında yer alan Küçükçekmece ilçesi 37,52 km² yüz ölçümüne sahiptir. Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

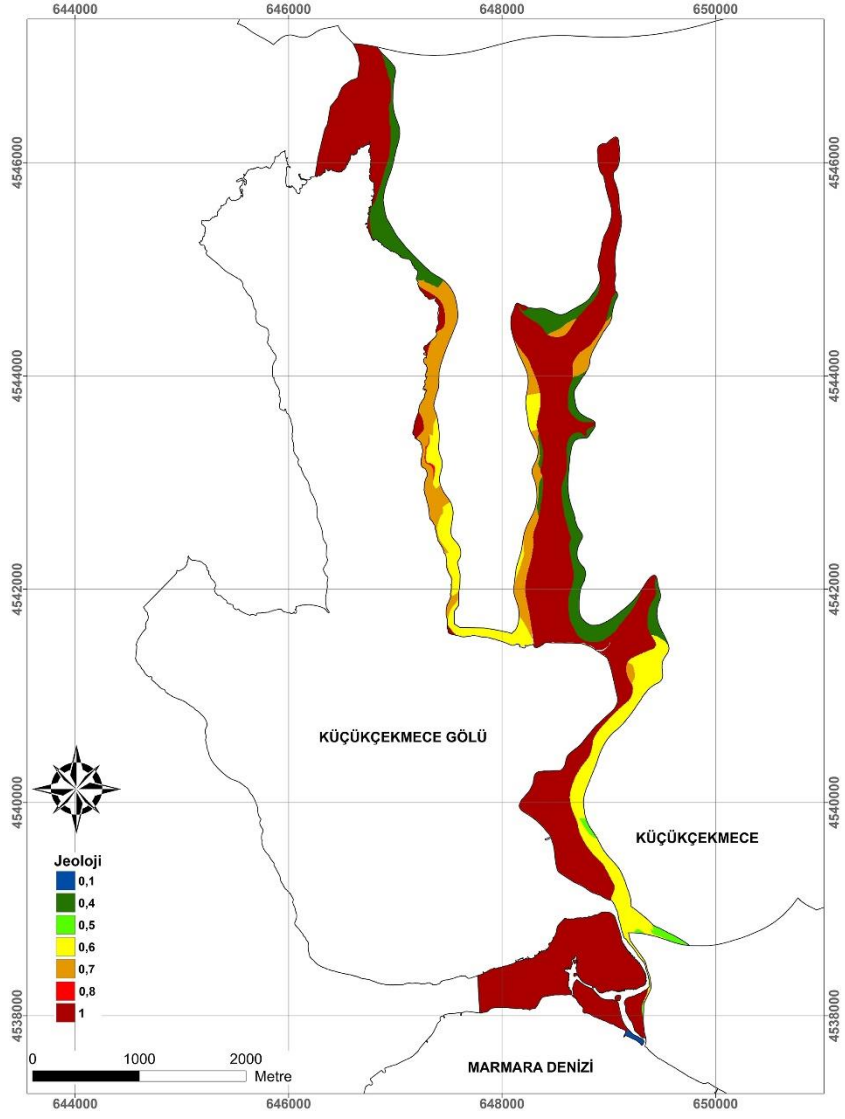
5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik

5.1.1. Jeoloji

Küçükçekmece uygulama alanı sınırlarında 5 ana jeolojik birim vardır. Bu birimler: Güncel Birikintiler-Qg (Plaj birikintisi-Qp), Çekmece Formasyonu-Tç (Bakırköy üyesi-Tçb, Güngören üyesi-Tçg), Danişmen Formasyonu-Td (Gürpınar üyesi- Tdg), Ceylan Formasyonu-Tc, yapay dolgu ve kaya dolgudur. İlçe uygulama alanı içinde bulunan bu birimler, MeTHuVA Hasar Görebilirlik Analizleri kapsamında yukarıda anlatıldığı üzere, jeoteknik ve jeolojik özellikleri bakımından değerlendirilmiş ve sıralama değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Küçükçekmece ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 14’te gösterilmiştir.

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

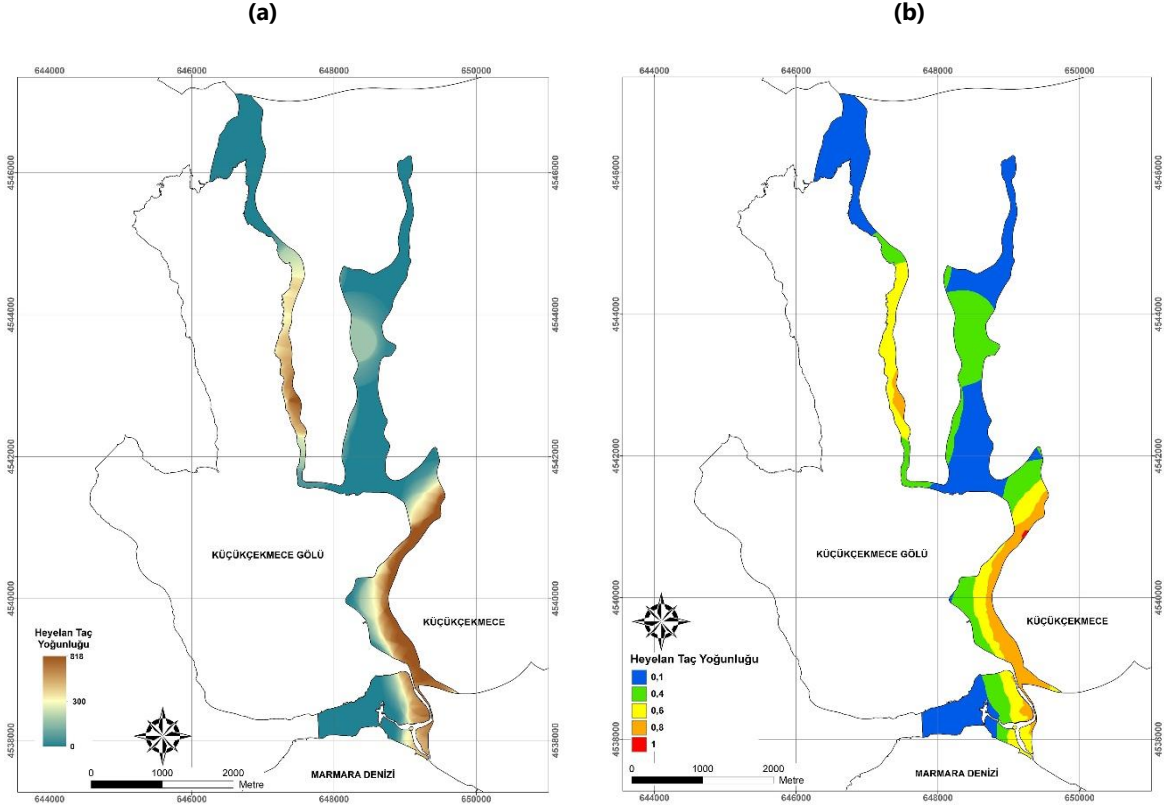
Yaş	Jeolojik Birim			Standardize Sıralama Değerleri
Kuvaterner	Antropojenik Dolgu	Yd	Yapay dolgu	1
		Kd	Kaya Dolgu	0,1
	Qg (Güncel Birikintiler)	Qal	Alüvyon	1
		Qp	Plaj Birikintisi	1
Geç Oligosen – Erken Miyosen	Tç (Çekmece Formasyonu)	Tçb	Bakırköy üyesi	0,5
		Tçg	Güngören üyesi	0,6
		Tçç	Çukurçeşme üyesi	0,8
Geç Oligosen – Erken Miyosen	Td (Danişmen Formasyonu)	Tdg	Gürpınar üyesi	0,7
Geç Eosen – Erken Oligosen	Tc (Ceylan Formasyonu)			0,4



Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.2. .Heyelan Taç Yoğunluğu

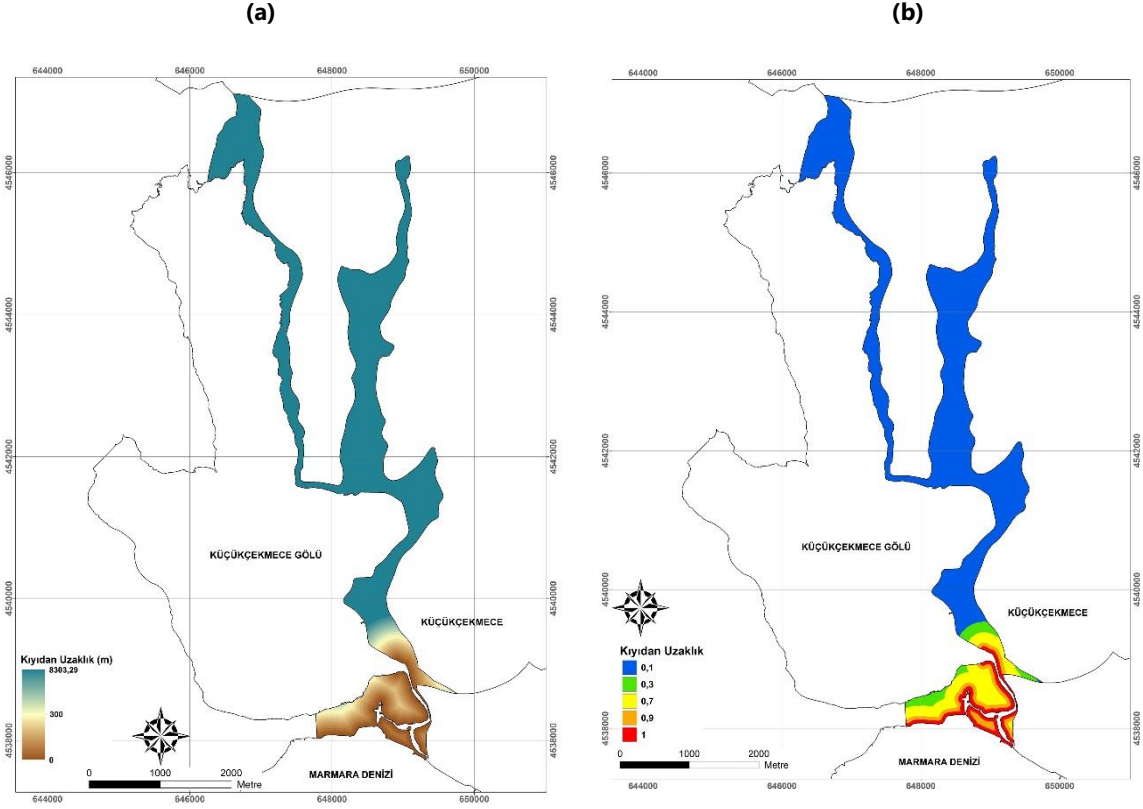
Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'de sunulmuştur.



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

5.1.3. Kıydan Uzaklık

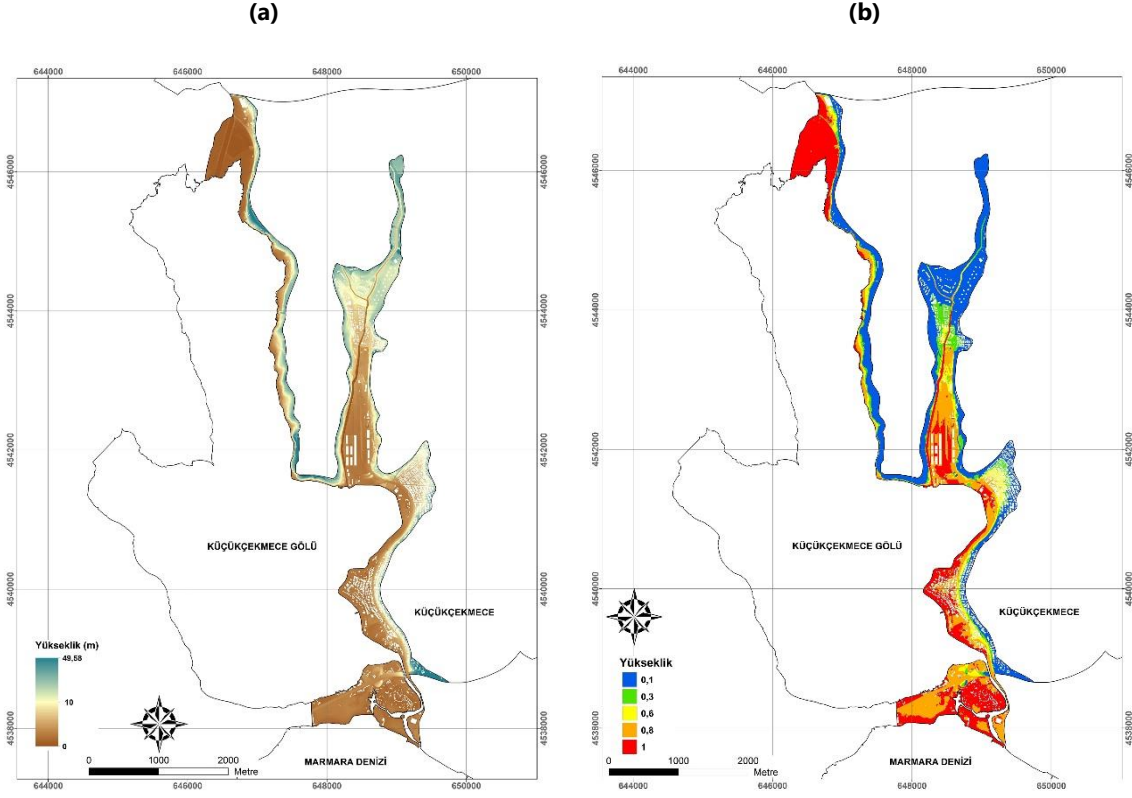
Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı kıydan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.



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

5.1.4. Yükseklik

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

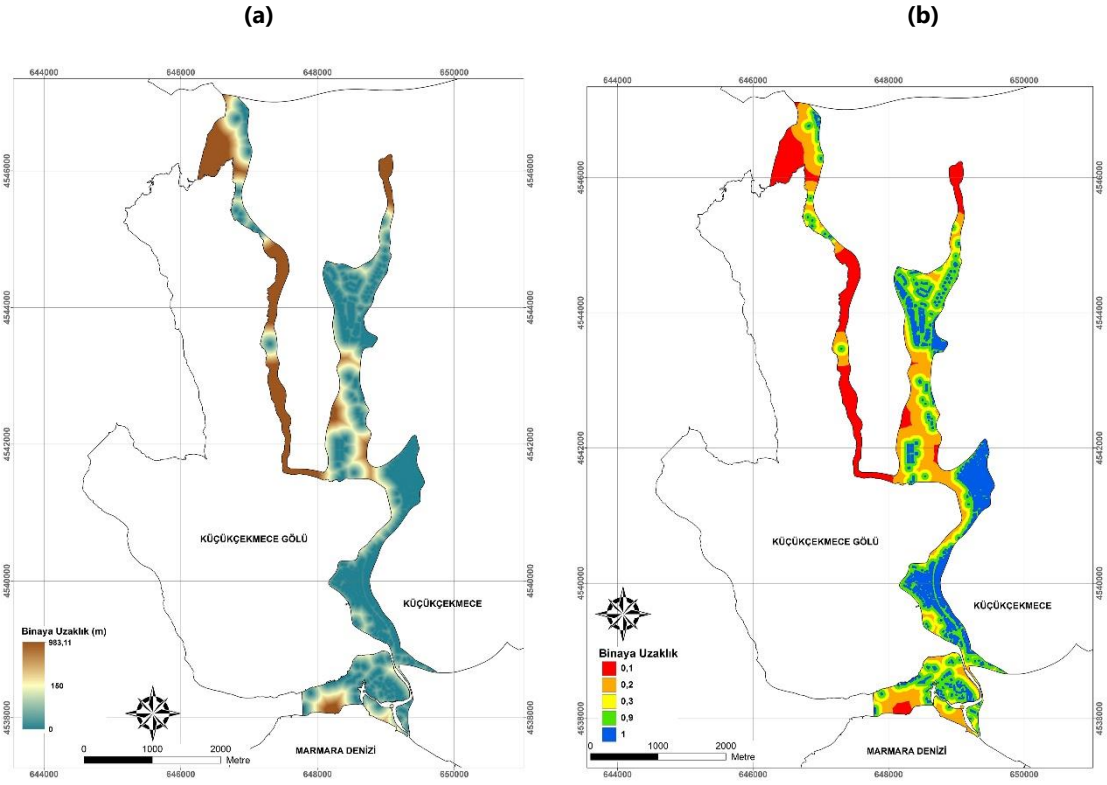


Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası. b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2. Tahliye Esnekliği

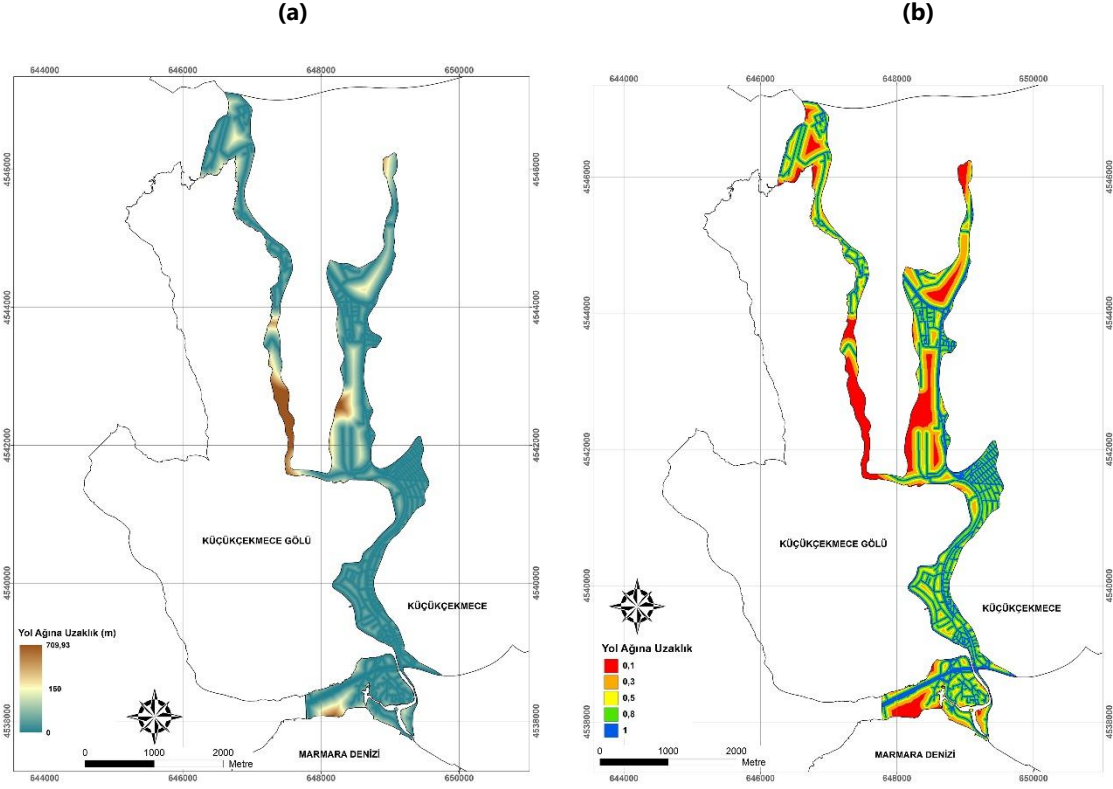
5.2.1. Binaya Uzaklık

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



5.2.2. .Yol Ağına Uzaklık

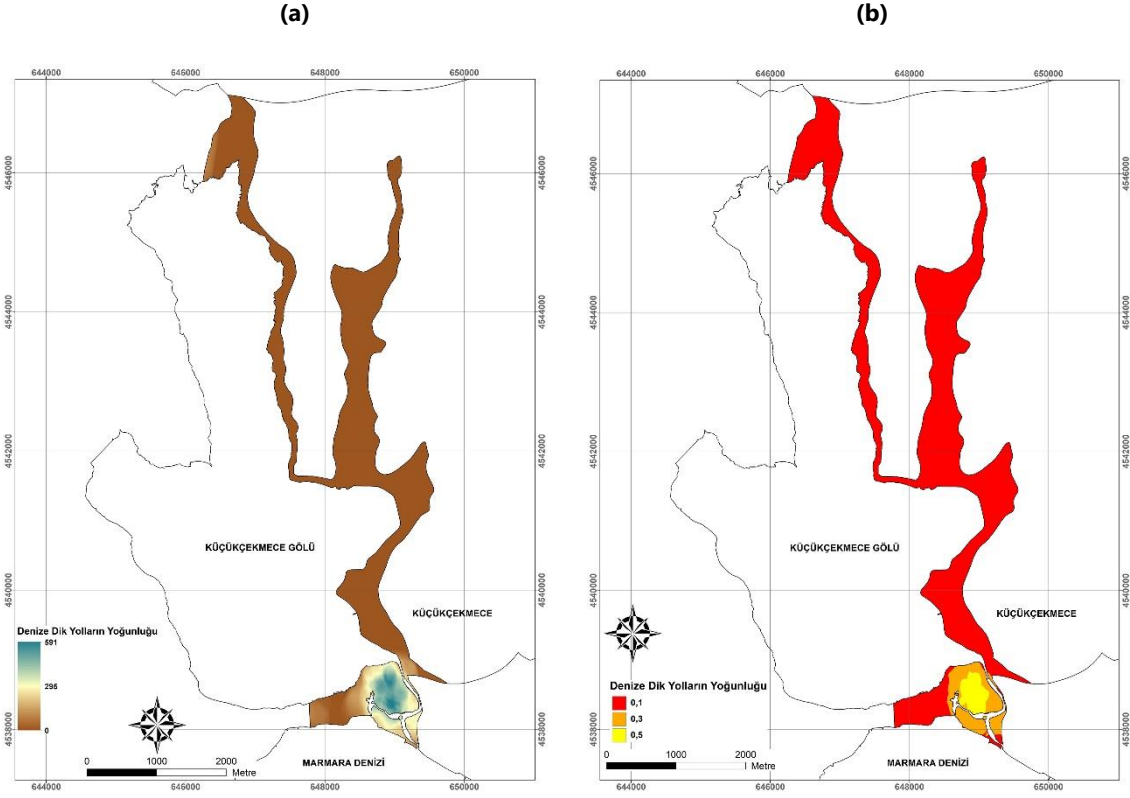
Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 19'da sunulmuştur.



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

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

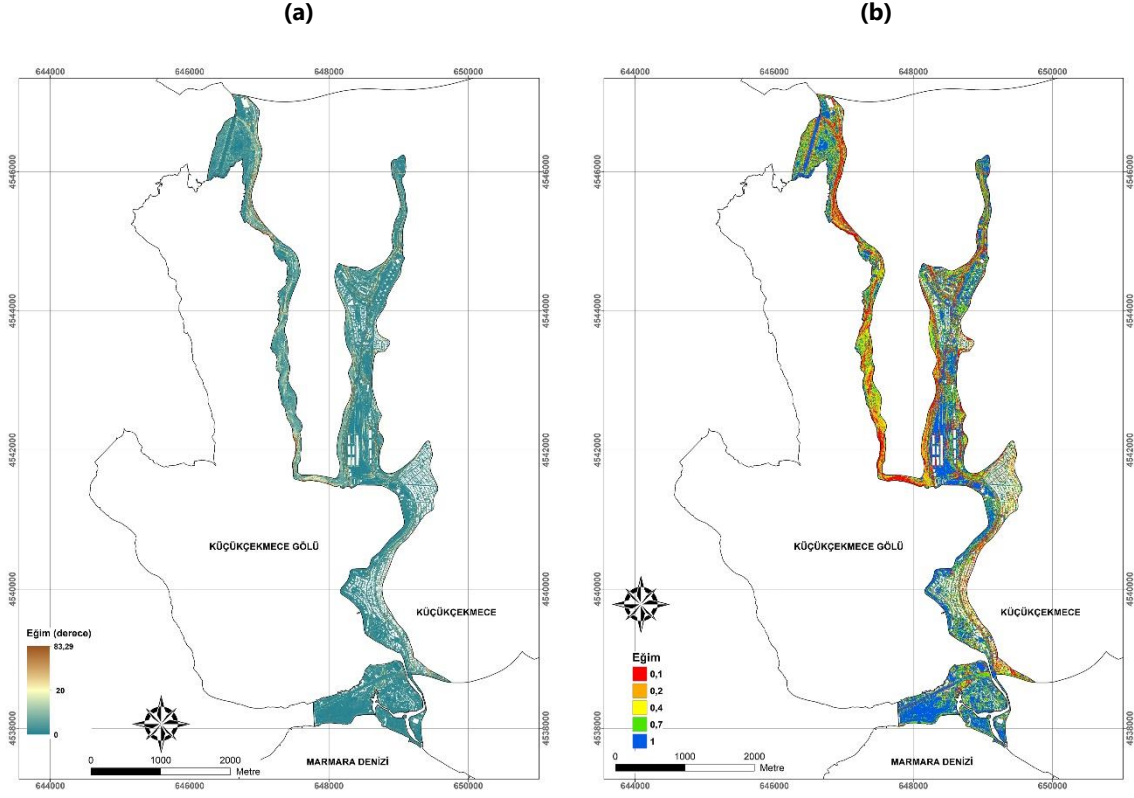
Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 20’de sunulmuştur.



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

5.2.4. Eğim

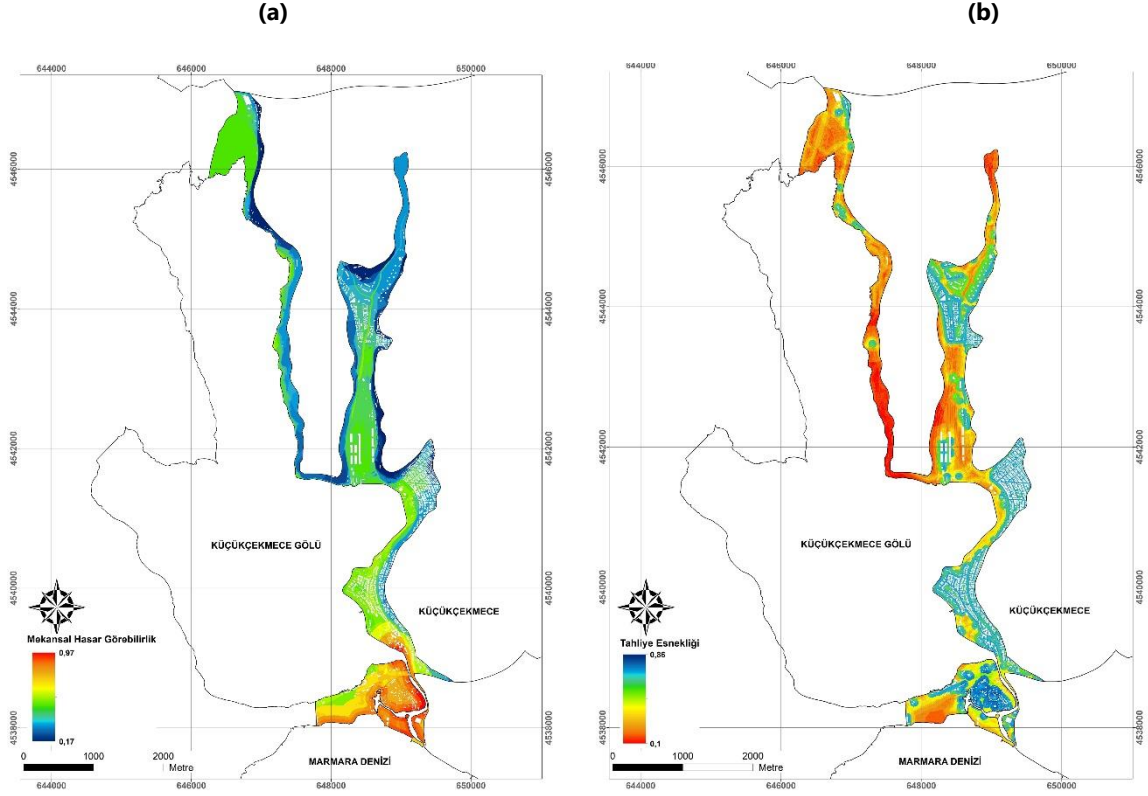
Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 21’de sunulmuştur.



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

5.3. Küçükçekmece İlçesi Methuva Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

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



Şekil 22: Küçükçekmece Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekansal Hasar Görebilirlik Haritası, b) Tahliye Esnekliği Haritası

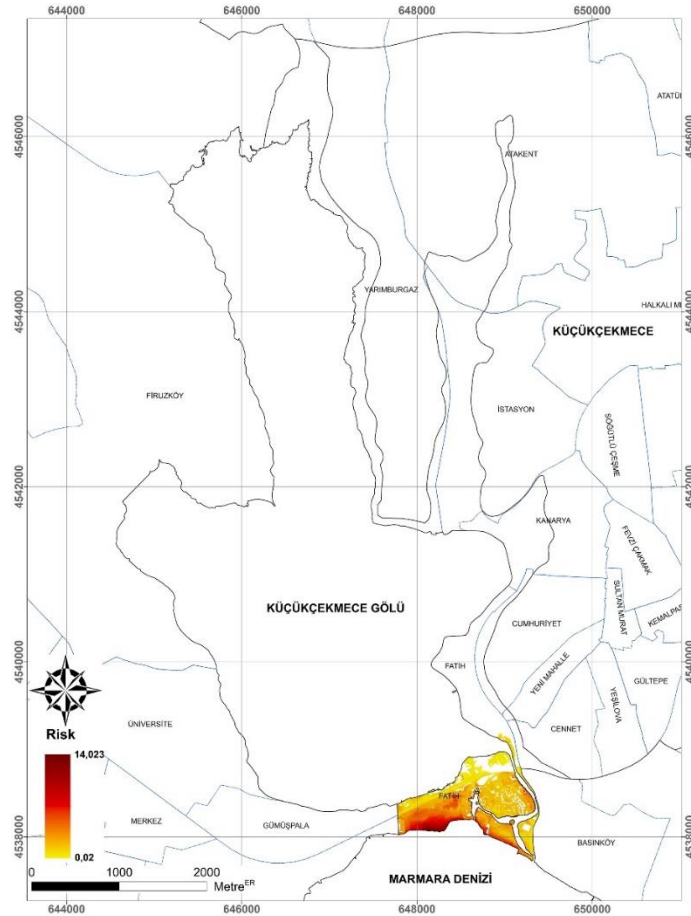
6. KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ MeTHuVA RİSK ANALİZLERİ

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

6.1. Küçükçekmece İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

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

Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgenin Fatih Mahallesi'nin batı kıyısı olduğu öngörülmektedir. Küçükçekmece ilçesinde Fatih Mahallesi dışındaki mahallelerde sismik kaynaklı MeTHuVA riski beklenmemektedir.

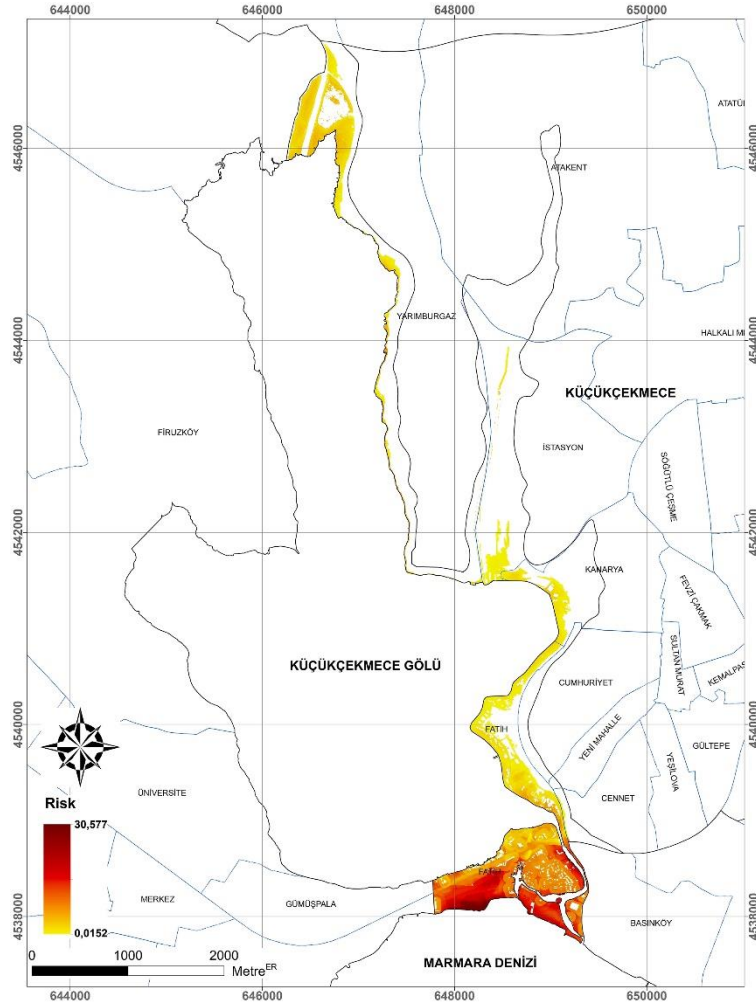


Şekil 23: CMN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2. Küçükçekmece İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları

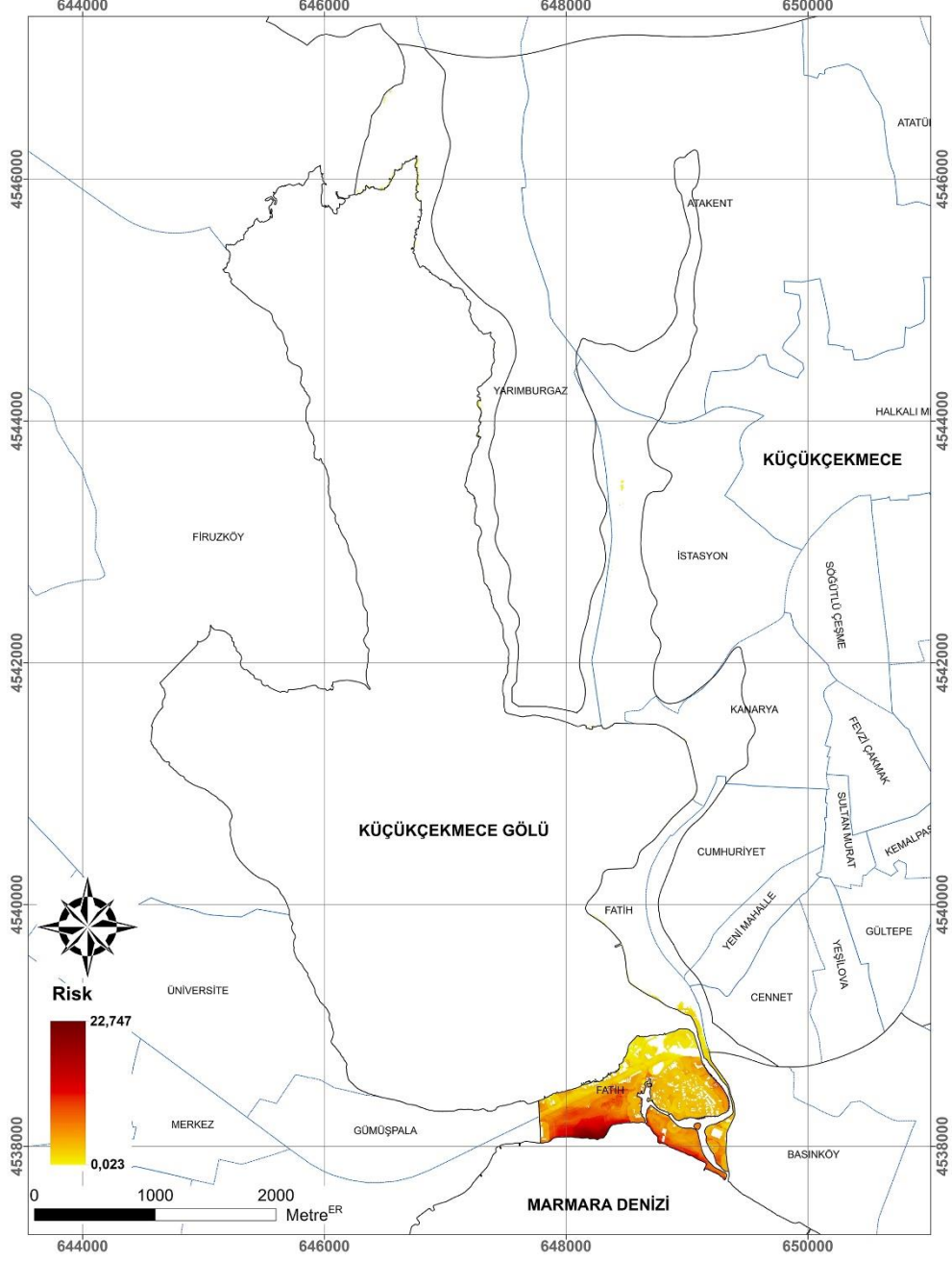
Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı için, Büyükçekmece Deniz Altı Heyelanı (LSBC) kaynaklı ve Yenikapı Deniz Altı Heyelanı (LSY) kaynaklı iki ayrı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuştur. Bu haritalar üretilirken, yukarıda açıklandığı şekilde Küçükçekmece ilçesi için kritik tsunami kaynakları olarak LSBC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

Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı için, LSBC kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 24'de verilmiştir. Bu risk haritasına göre en riskli bölgenin Fatih Mahallesi'nin Marmara Denizi kıyısının orta-batı bölümü olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeyi Fatih Mahallesi'nin Marmara Denizi kıyısının orta-doğu bölümü takip etmektedir.



Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

Küçükçekmece ilçesi uygulama alanı için LSY kaynaklı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuş ve Şekil 25'te verilmiştir. Bu risk haritasına göre de en riskli bölgenin Fatih Mahallesi'nin Marmara Denizi kıyısının orta-batı bölümü olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeyi Fatih Mahallesi'nin Marmara Denizi kıyısının orta-doğu bölümü takip etmektedir.



Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

7. KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI

Olası Marmara depreminde oluşabilecek tsunami(ler) nedeniyle İstanbul kıyılarında meydana gelebilecek kayıp ve hasarların önceden kestirilmesi, tsunami hasar görebilirlik ve risk analizlerinin yapılması amacı ile 2018 yılında tamamlanan İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Projesi (ODTÜ, 2018) çıktılarına dayanılarak tsunami olayının yaratacağı kayıpların en aza indirilmesi için gerekli hazırlıkların tanımlanması ve detaylandırılması amacıyla İstanbul İli Tsunami Eylem Planı Hazırlanması Projesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümleri ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. İstanbul ili kıyılarında tsunami kaynaklı riskin azaltılması temel amacıyla gerçekleştirilen projede dünyada uygulanan farklı yöntem ve çalışmalardan yararlanılarak İstanbul ili kıyılarına uygulanabilecek önlem önerileri geliştirilmiş ve bunlarla ilgili uygulama yaklaşımları sunulmuştur. İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Projesi (ODTÜ, 2018) kapsamında çıkarılan baskın ve risk haritaları ile kıyıların ve kıyılardaki yapıların mevcut durumları değerlendirilerek yapısal ve yapısal olmayan önlemler önerilmiştir. Tsunami tehlikesinin azaltılması ve riskin yönetilebilir düzeye getirilmesi öncelikli amaçtır. Bu proje çıktılarına göre Küçükçekmece ilçesi için önerilen adımlar alt başlıklarda sunulmuştur.

Küçükçekmece İlçesi'nin Marmara Denizi ile komşuluğu bulunan tek yerleşim birimi Fatih Mahallesi'dir. Mahallenin bir bölümü Küçükçekmece Lagünü kıyı kordonunun (iç-dış kumsalın) doğu kısmında kurulu iken bir bölümü de göl kıyısına doğru uzanmıştır. Bu konumu itibarı ile Marmara Denizi'nde oluşabilecek olası bir tsunamiden ilçe de en çok etkilenen mahalle durumundadır. Sismik kaynaklı bir tsunami oluşumunda Fatih Mahallesi'nin sadece iç-dış kumsalda bulunan kesimi etkilenirken, deniz altı heyelanı kaynaklı bir tsunami oluşumunda göl içerisine kadar ulaşan dalgaların ilerlemesi ile mahallenin neredeyse tamamı sudan etkilenmektedir. Dalgaların gölde ilerlemesi ile oluşan etki sadece Fatih Mahallesi ile sınırlı kalmayıp tüm Küçükçekmece Göl kıyısındaki mahalleleri de değişen oranlarda etkilemektedir. Bu özellik nedeni ile ilçede tsunamiye karşı alınması gerekli önlemler "Fatih Mahallesi" ve "Diğer Mahalleler" olarak iki başlık altında aktarılmaya çalışılmıştır.

7.1. Fatih Mahallesi'nde Alınması Gereklİ Önlemler

Fatih Mahallesi'nin neredeyse tamamı deniz ve göl seviyesine yakın kıyı düzlüklerinde yer almaktadır. Bu nedenle kaynağı ne olursa olsun (sismik-deniz altı heyelanı) Marmara'da meydana gelecek olası bir tsunamiden en çok Fatih Mahallesi'nin etkilenmesi beklenmektedir. Ancak mahalledeki olası riskleri sınırlayan bir takım avantajlar da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi karadaki akım derinliğinin yüksek olacağı hesaplanan Marmara Denizi kıyıları ve iç-dış kumsal bölgesinin büyük kısmının yeşil alan, park alanı, plaj, sera ve fidanlık, günübirlik tesis alanları, depolama alanları, otoparklar ve boş alanlardan oluşuyor olmasıdır (Şekil 26). Bu

nedenle bu bölgedeki tsunami kaynaklı riskler, alanların kullanım zamanı ve yoğunluğu ile sınırlı olup başarılı bir tahliye ile bu riskleri büyük oranda azaltmak mümkün olabilecektir.



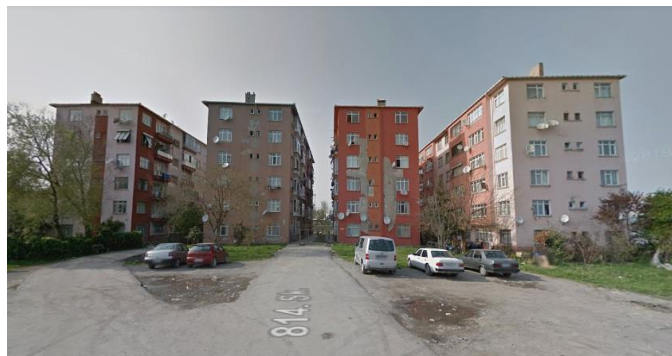
Şekil 26: Sahil ve Gerisinde Yer Alan Plaj, Park ve Boş Alanlar

Olası bir tsunami tehlikesi öncesinde kıyı şeridinin hızlıca insandan tahliyesi için bölge halkının ve sahili kullanan ziyaretçilerin farkındalık düzeylerini artırıcı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise belirli aralıklar ile bölgede tatbikatların düzenlenmesi gerekecektir. Farkındalık düzeyinin artırılması için en etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgeye yerleştirilmesidir. Plaj alanlarında, sahil yolu üzerinde ve park alanlarında uygun bölgelere uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler konulmalıdır. Bilgilendirici tabelalarda, olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gerektiği aktarılmalıdır. Tsunami kaynaklı su baskınına karşı uygun tahliye yöntemlerinden biri risk bölgesinden yaya olarak gerçekleştirilen yatay veya dikey uzaklaşma yöntemidir. Bu nedenle yatay tahliye yollarının önceden belirlenmesi gereklidir. Ancak sahil parklarının ve plaj alanlarının güvenli bölgelere olan uzaklığı ve olası tahliye yollarını kesen su kanalları ve otoyolların varlığı düşünüldüğünde yatay tahliye konusunda bazı yetersizlikler yaşanabilecektir (Şekil 27). Bu yetersizlikleri çözümlenebilmek için ise dikey tahliyenin devreye alınması gerekir. Dış kumsal bölgesi ve orta adada yer alan yapıların büyük çoğunluğu 3 ve daha fazla katlı yapılardan oluşmaktadır (Şekil 28). Bu yapıların üst katları gerek bu yapılarda ikamet edenler gerekse bölgede bulunanlar için dikey tahliye alanı olarak kullanılabilir. Özellikle yaz aylarında insanların yoğun olarak bulunduğu sahil şeridi boyunca faaliyet gösteren ve konumları itibarıyla en fazla dalga etkisine maruz kalacak günübirlik işletmeler (restoran, kafeterya, otel vb.) ile su basma mesafesi içerisinde ikamet eden konut sahipleri konunun en

önemli paydaşları olarak sürece dâhil edilmeli ve tahliye planlaması birlikte yapılmalıdır. Yatay tahliyenin yetersiz görüleceği bölgeler için bu yüksek katlı yapıların dikey tahliyeye elverecek şekilde düzenlenmesi bu şekilde sağlanabilecektir. Bu yapılarda tesis edilecek afet gönüllüleri tehlike anında dikey tahliyeyi kolaylaştıracak şekilde yönlendirmeler yapmalıdır. Bu yapıların iç merdivenleri ile üst kata erişilebileceği gibi dış cephelerine tesis edilecek yangın merdivenine benzer, ancak daha geniş ve yatay su yüklerine karşı dayanımlı olacak şekilde tasarlanmış tırmanma yapıları ile yapıların üst katlarına erişim sağlanabilecektir. Yatay tahliyeyi engelleyen otoyol üzerine gerekli yerlere uygun genişlik ve yükseklikte üst geçitler tasarlanabilir. Bu üst geçitler aynı zamanda dikey tahliye alanları da olacaktır. Bölgede yer alan su kanalları üzerinde yer yer köprüler bulunmasına rağmen yeterli tahliyenin sağlanamadığı noktalarda yeni köprü geçişlerinin yapımı planlanmalıdır. Tüm çabalara rağmen bölgenin en çok kullanıldığı dönemdeki yoğunluğunu tahliye edebilecek planlama yapılamadığı ya da yetersizliğin devam ettiğinin görülmesi durumunda park ve kumsal alanlarında dikey tahliye için tsunami kulelerinin yapımı da gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak düşünülmelidir.



Şekil 27: İç-Dış Kumsal Alanında Yatay Tahliyeyi Güçleştiren Unsurlar (su kanalları ve otoyol)



Şekil 28: İç-Dış Kumsal Alanında Bulunan ve Dikey Tahliye İçin Kullanılabilecek Yüksek Katlı Yapılar

Tüm tahliye planları hazırlandıktan sonra, tehlike durumlarında oluşabilecek panik ortamı düşünülerek konuma bağlı en yakın tahliye koridoruna doğru yönlendirici tabelalar bölgeye yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölgeye erişildiğini gösteren işaretler konulmalıdır. Uygun yerlerde kaldırım ve asfalt kaplamaları renklendirilerek yönlendirmeye yardımcı işaretçiler ile donatılabilir. Bölgede yerleştirilecek bilgilendirici ve yönlendirici tabela, işaretçi ve panoların istenen amaca ulaşabilmesi için yapımından itibaren sürekli bakım ve onarım işlemlerinin yapılması gereklidir.

Halkın bilinçlendirilmesi ve tahliye rotalarının oluşturulması çalışmalarına ek olarak dalga akıntı hızını ve taşıdığı birikinti (enkaz, moloz vb.) etkisini azaltarak olası yapısal riskleri azaltabilmek ve baskın mesafesini düşürebilmek adına bölgedeki boş alanlarda yeşil kuşak bariyer oluşturma işlemi de uygulanabilir. Hali hazırda bu alanlarda seyrek de olsa peyzaj amaçlı ağaçlandırma çalışmaları yapılmış bölümler bulunmaktadır. Ancak mevcut ağaçlar gerek sıklıkları gerekse dayanımları itibarıyla amaca uygun olmadığından bu alanlarda tsunami etkisine karşı durabilecek yapıya sahip özellikteki bitkilerle sıklaştırma veya yeniden düzenleme çalışması uygulanabilir.

Fatih Mahallesinin iç-dış kumsal alanı içerisinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Küçükçekmece Belediyesi hizmet birimleri ve şantiyeleri yer almaktadır. Bu şantiyelerde birçok araç ve malzeme depolanmaktadır. Bu bölgede yer alan su kanallarının içerisinde ve kanal etrafında yoğun şekilde deniz araçları bulunmaktadır (Şekil 29). Bu malzemeler olası bir tsunamide ciddi hasarlar görebileceği gibi sürüklenerek çevrede farklı hasarlara da yol açabilirler. Kamusal kullanıma ait olan alanların ve bu alanlardaki araç ve malzemelerin daha güvenli alanlara taşınması planlanmalıdır. Su kanallarında park halinde bulunan deniz araçları için ise deniz içerisinde dalga etkisine karşı korunaklı inşa edilmiş bir liman tesis edilmesi uygun olacaktır. Bu tarz bir barınak yapımı planlanması durumunda oluşturulacak dalga kıranların kıyı alanının dalga etkisine karşı güvenliğini sağlayacak şekilde tasarlanması uygun olacaktır.



Şekil 29: İç-Dış Kumsal Alanında Bulunan Kamuya Ait Malzeme ve Araç Park Alanı İle Kanal ve Karadaki Tekneler

Deniz altı heyelanına bağlı tsunami oluşumunda Fatih Mahallesi'nin Küçükçekmece Gölü kıyılarının da sudan önemli derecede etkileneceği hesaplanmıştır. Marmara Kıyı şeridinde yüksek değerlere ulaşan dalga yükseklikleri, dalganın iç-dış kumsalda ilerlemesi esnasında etkisini azaltmakta ve E-5 otoyolundan itibaren düşerek Mimar Sinan Köprüsü ve kuzeyine erişmektedir. Göl ile denizi birleştiren su kanallarını da kullanarak ilerleyen dalgalar Prof. Dr. Aziz Sancar ve İstanbul Caddelerini aşarak topoğrafyanın yükselmeye başladığı Hatboyu Caddesi üzerinden Cennet Mahallesi sınırına kadar ulaşmaktadır. Göl çevresinde dalgalardan en çok etkilenecek alan da bu bölgedir. Daha kuzeyde Prof. Dr. Aziz Sancar Caddesi ile birleşen Meltem Sokak sonundan itibaren etkisini kaybetmeye başlamakta ve Kanarya Mahallesi Koyu'na dönen burundan sonra dalga etkisi oldukça azalmaktadır. Haritadan da anlaşılacağı üzere Küçükçekmece Göl kıyıları boyunca topografik yükseltinin başlamasıyla dalga etkisinin azaldığı, bu nedenle de Hatboyu Caddesi yatay tahliye için güvenli bölge sınırı olarak kabul edilebilir.

Mimar Sinan Köprüsü ile Fatih Mahallesi Burnunda bulunan Meltem Sokak sonuna kadarki göl kıyı şeridi yüksek katlı yapılardan oluşmaktadır (Şekil 30). Bu yapılar arasında kalan tüm sokaklar kıyıya dik olarak erişim imkânı sağlamaktadır. Dolayısı ile bu yolların tamamı yatay tahliye için kullanılabilmesi gibi yapıların da hemen hemen tamamı dikey tahliye için uygun niteliktedir. Bu alanda oluşacak tsunami etkisinin azaltılmasına yönelik olarak göl kıyısı gezi yolu boyunca uygun yüksekliklerde kıyı duvarı uygulaması yapılabilir ya da mevcuttaki kaya dolgu yapısının kötü yükseltilebilir. Ancak bu uygulamalar ile ilgili olarak gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak karar verilmelidir. Burundan

sonra Kanarya Mahallesi'ne kadarki sahil şeridi ise parklar, yürüyüş yolları ve spor sahalarından oluşmakta olup bu bölgede gününbirlik birkaç tesis dışında herhangi bir yapılaşma bulunmamaktadır (Şekil 31). Analizlere göre park alanının tamamının sudan etkilenmesi beklenmektedir. Ancak baskın mesafesinin sınırlı olması nedeniyle bu alanların tahliyesi için uygun rotalar oluşturularak ve duyurularak halkın bilinçlendirilmesi riskin azaltması için yeterli olacaktır. Bu aşamada tren yolu duvarları ve raylar güvenli bölge olan Hatboyu Caddesi'ne erişimi engelleyeceğinden tren yolunun üst geçitle aşılması sağlanmalıdır. Hâlihazırda bölgede bu geçişi sağlayan 1 adet üst geçit bulunmaktadır. Ancak bu geçidin bölgede bulunacak en yüksek insan yoğunluğunu tahliye etmek için yeterli olamayacağını belirlenmesi durumunda ilave geçitler yapılmalıdır. Bu durumda yeni yapılacak üst geçitler aynı zamanda dikey tahliye alanı da olarak kullanılabilen şekilde planlanmalıdır.



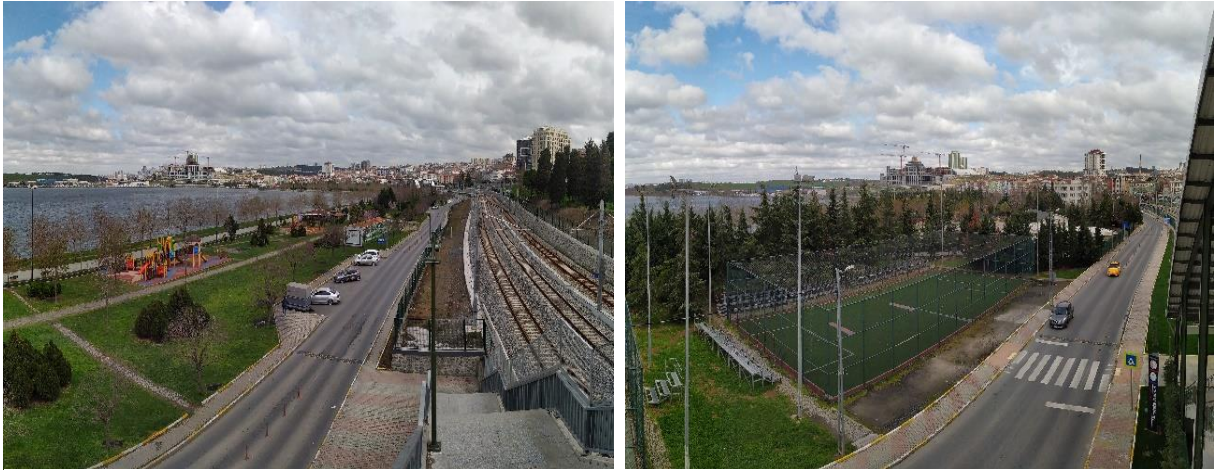
Şekil 30: Fatih Mahallesi Göl Kıyı Şeridi a) Fatih Burnundan Güneye Bakış b) Mimar Sinan Köprüsü Kuzey Kıyıları c) Mimar Sinan Köprüsü Güney Kıyıları



Şekil 31: Fatih Mahallesi Burnundan İtibaren Kanarya Mahallesi'ne Kadarki Alanda Yer Alan Sahil Parkı

7.2. Göl Kıyısı Boyunca Alınması Gereken Önlemler

Küçükçekmece İlçesi'nde deniz altı heyelanı etkisi ile oluşabilecek bir tsunamiden etkilenmesi beklenen diğer mahalleler ise Kanarya, İstasyon ve Yarımburgaz mahalleleridir. Kanarya Mahallesi sahili büyük oranda spor alanları, parklar, yeşil alanlar ve sahil yürüyüş yollarından oluşmaktadır (Şekil 32). Sayısı az da olsa bu alanda kamu ve özel mülkiyete ait yapılar da yer almaktadır.



Şekil 32: Kanarya Mahallesi Sahilini Örnekleyen Görüntüler

Modelleme sonuçlarına göre bu alanda dalgaların Hatboyu Caddesi'ne kadar ulaşacağı ve bu yapıları etkileyeceği öngörülmüştür. Bu alanda Küçükçekmece Belediyesi Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü'ne ait araç parkı, Kanarya İlkokulu ve Galatasaray Spor Kulübü Kürek Şubesi Tesisleri bulunmaktadır. Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü'ne ait araç parkı göl kıyısında yer almakta olup çok sayıda hizmet aracı bu alanda park halinde bulunmaktadır. Parkın etrafı yaklaşık 1 m

yükseğinde duvar ile çevrilidir, dolayısıyla söz konusu duvar yüksekliğinin 1m düzeyinde arttırılması park alanındaki araçların sudan etkilenmesini engelleyebilecektir. (Şekil 33).



Şekil 33: Küçükçekmece Belediyesi Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü Hizmet Araç Park Alanı

Aynı şekilde Kanarya İlkokulu'nun bahçe duvarlarının ilgili paydaşların da görüşleri dikkate alınarak yükseltilmesi suların okul bahçesine girmesini önemli oranda azaltacaktır. Okulda öğrenim gören öğrenciler, öğretmenler ve tüm çalışanlar için tahliye planı oluşturularak zaman zaman tatbikatlar yapılmalı ve bilinç düzeyi arttırılmalıdır. Yapının 2. ve 3. katları dikey tahliye alanı olarak kullanılabilceği gibi Hatboyu Caddesi'ne doğru yatay tahliye planı da uygulanabilir. Galatasaray Spor Kulübü Kürek Şubesi çalışanları için de bu alan yatay tahliye için kullanılabilir (Şekil 34).



Şekil 34: Kanarya İlkokulu (boş alanın sonundaki mavi renkli yapı) ve Galatasaray Spor kulübü Kürek Şubesi Yatay Tahliyesine Uygun Hatboyu Caddesi

Kanarya sahil şeridi boyunca tsunami etkisini azaltmaya yönelik yeşil kuşak bariyer çalışması da yapılabilir. Ayrıca gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak kıyı boyunca düşünülebilecek düzenleme ile kıyı koruma yapıları yükseltilebilir veya kıyı duvarları inşa edilebilir (Şekil 35).



Şekil 35: Kanarya Sahilindeki Kıyı Koruma Yapıları ve Yeşil Kuşak Oluşturmaya Uygun Alanlar

İstasyon Mahallesi'nde ise Halkalı Tren İstasyonu terminal binası, göl tarafındaki lojistik destek alanları ve tır parkı ile Gümrük ve Ticaret Bakanlığı'na ait Halkalı Gümrük Müdürlüğü Binası'nın sudan etkileneceği hesaplanmıştır. Göl kıyısında gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) doğrultusunda yapılacak düzenlemeler bu etkinin azaltılması için uygulanabilecek yöntemler olacaktır. Küçükçekmece Belediyesi Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü'ne ait araç parkı alanının güvenliği için önerilen duvar yükseltme çalışmasının, bu bölgede etkilenecek tüm sahanın planlanması ile gerçekleştirilmesi daha uygun olacaktır. Bu önlemler alınıncaya kadar bu alanları kullanan tüm kişilerin bilinç düzeylerinin artırılması ve tehlike anında tahliye işlemlerine katılmalarına yönelik bilgilendirici tabela ve işaretçilerin uygulanması gereklidir.

Yarımburgaz Mahallesi'nde ise sudan etkileneceği hesaplanan sınırlı sayıda yapı bulunmaktadır. Küçükçekmece Gölü'nün en kuzeyinde göl taşkın alanı kenarında kurulu fabrika yapısının bir kısmı su baskınına maruz kalabilecektir (Şekil 36). Bu bölge taşkın alan sınırları içerisinde kaldığından tamamen kullanım dışıdır. Bu nedenle söz konusu fabrika, çevre duvarlarının yükseltilerek tedbir alınabileceği konusunda bilgilendirilmelidir. Ayrıca yine göl kıyısı boyunca bazı sera alanlarının da sudan etkilenmesi söz konusudur. Bu bölgeyi kullanan kişilerin de tehlike durumunda tahliyeye katılmaları için gerekli bilinçlendirme faaliyetleri yürütülmelidir.



Şekil 36: Yarımburgaz Mahallesi Kuzeyinde Tsunami Su Baskınına Maruz Kalacağı Hesaplanan Alanlar

7.3. Küçükçekmece İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi

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

Küçükçekmece İlçesi'nin Marmara Denizi ile komşuluğu bulunan tek yerleşim birimi Fatih Mahallesi'dir. Mahallenin bir bölümü Küçükçekmece Lagünü kıyı kordonunun (iç-dış kumsalın) doğu kısmında kurulu iken bir bölümü de göl kıyısına doğru uzanmıştır. Bu konumu itibarı ile Marmara Denizi'nde oluşabilecek bir tsunamiden ilçede en çok etkilenen mahalle durumundadır. Sismik kaynaklı bir tsunami oluşumunda Fatih Mahallesi'nin sadece iç-dış kumsalda bulunan kesimi etkilenirken, deniz altı heyelanı kaynaklı bir tsunami oluşumunda göl içerisine kadar ulaşan dalgaların ilerlemesi ile mahallenin neredeyse tamamı tsunami baskınından etkilenmektedir. Dalgaların gölde ilerlemesi ile oluşan etki sadece Fatih Mahallesi ile sınırlı kalmayıp tüm Küçükçekmece Göl kıyısındaki mahalleleri de değişen oranlarda etkilemektedir.

Fatih mahallesi tsunami baskınından yoğun bir şekilde etkilenmesine rağmen akım derinliğinin yüksek olacağı hesaplanan Marmara Denizi kıyıları ve iç-dış kumsal bölgesinin büyük kısmının yeşil alan, park alanı, plaj, sera ve fidanlık, günöbirlik tesis alanları, depolama alanları, otoparklar ve boş alanlardan oluşuyor olması; etkin bir tsunami tahliye stratejisi ile olası riskin azaltılmasında önemli bir rol oynayabilir. Tsunami kaynaklı su baskınına karşı uygun tahliye yöntemlerinden biri risk bölgesinden yaya olarak gerçekleştirilen yatay veya dikey uzaklaşma yöntemidir. Bu nedenle yatay tahliye yollarının önceden belirlenmesi gereklidir. Ancak sahil parklarının ve plaj alanlarının güvenli bölgelere olan uzaklığı ve olası tahliye yollarını kesen su kanalları ve otoyolların varlığı düşünüldüğünde yatay tahliye konusunda bazı yetersizlikler yaşanabilecektir. Bunu aşmak için yatay tahliyeyi engelleyen otoyol üzerine gerekli yerlere uygun genişlik ve yükseklikte üst geçitler tasarlanabilir. Bu üst geçitler aynı zamanda dikey tahliye alanları da olacaktır. Bölgede yer alan su kanalları üzerinde yer yer köprüler bulunmasına rağmen yeterli tahliyenin sağlanamadığı noktalarda yeni köprü geçişlerinin yapımı planlanmalıdır. Yatay tahliye çözümlerine ek olarak, dikey tahliye önlemlerinin de geliştirilmesi tahliye esnekliğini geliştirecektir. Bunun için park ve kumsal alanlarında dikey tahliye için tsunami kulelerinin yapımı da gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükte yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak düşünülmelidir.

Küçükçekmece İlçesi'nde deniz altı heyelanı etkisi ile oluşabilecek bir tsunamiden etkilenmesi beklenen diğer mahalleler ise Kanarya, İstasyon ve Yarımburgaz mahalleleridir. Kanarya Mahallesi sahili büyük oranda spor alanları, parklar, yeşil alanlar ve sahil yürüyüş yollarından oluşmaktadır (Şekil 32). Sayısı az da olsa bu alanda kamu ve özel mülkiyete ait yapılar da yer almaktadır. Bu bölgede bulunan okul, spor tesisi ve lojistik tesislerin korunmasına yönelik, tesis sahibi kurum ve kuruluşlar ile işbirliği içinde, başta koruma amaçlı duvar yükseltmesi olmak üzere detaylı çözümler üretilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca bölgedeki sahil boyunca tsunami etkisini azaltmaya yönelik yeşil kuşak bariyer çalışması da yapılabilir ve gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükte yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak kıyı boyunca

düşünülebilecek düzenleme ile kıyı koruma yapıları yükseltilebilir veya kıyı duvarları inşa edilebilir. İstasyon Mahallesi'nde ise Halkalı Tren İstasyonu terminal binası, göl tarafındaki lojistik destek alanları ve tır parkı ile Gümrük ve Ticaret Bakanlığı'na ait Halkalı Gümrük Müdürlüğü Binası'nın sudan etkileneceği hesaplanmıştır. Bu tesislerin korunmasına yönelik olarak da yine duvar yükseltme/inşa etme uygulamaları dikkate alınmalıdır.

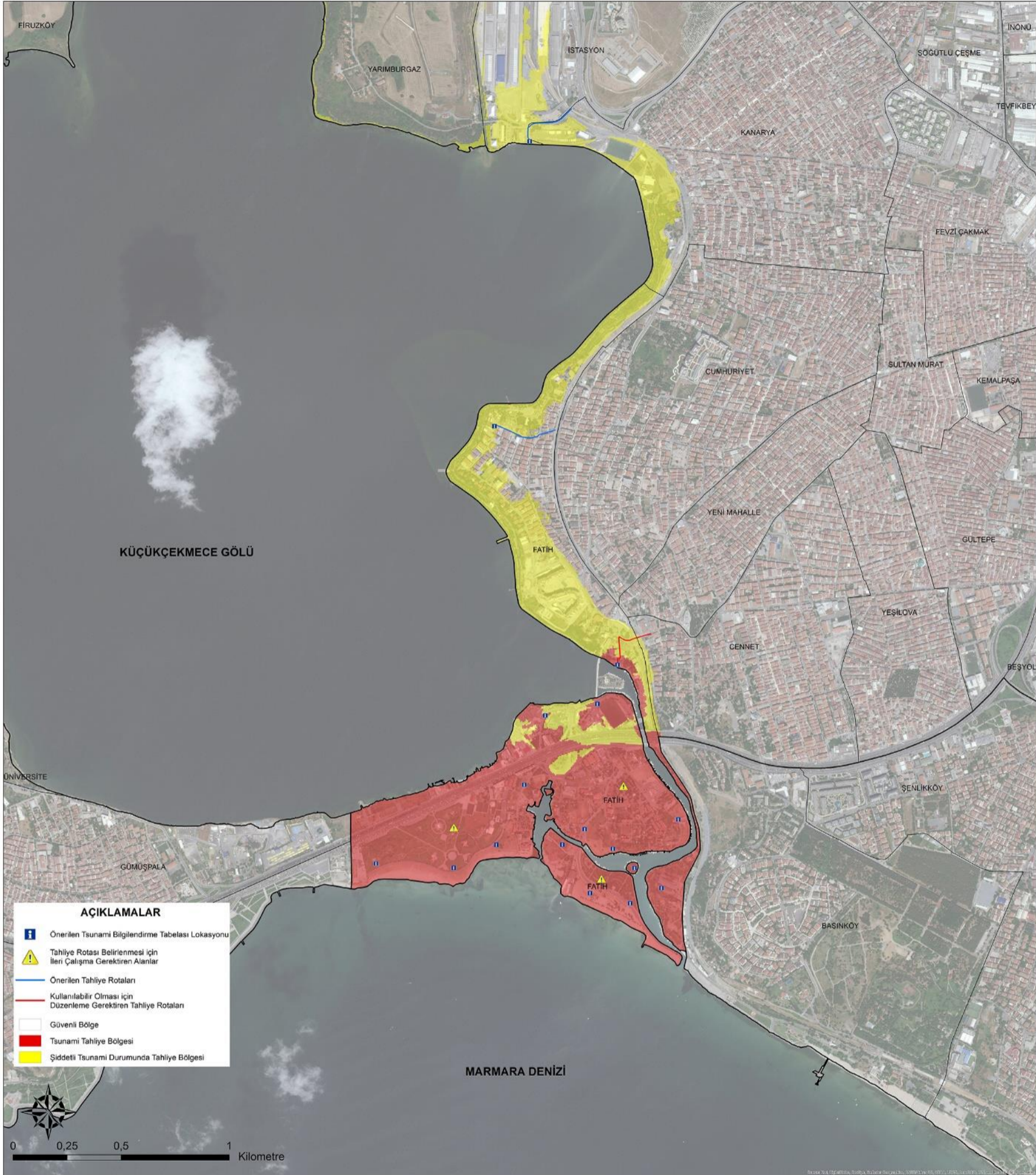
Tüm bu önlemlerin yanında, tahliye kapasitesinin artırılması için ihtiyaç duyulan yapısal önlemlere ek olarak; bölge halkının ve sahili kullanan ziyaretçilerin farkındalık düzeylerini arttırıcı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise belirli aralıklar ile bölgede tatbikatların düzenlenmesi gelmektedir. Farkındalık düzeyinin arttırılması için en etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgeye yerleştirilmesidir. Tabelalarda, olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gerektiği aktarılmalıdır. Bu kapsamdaki çalışmalarda ana hedef, sahil şeridindeki insanların tsunami baskın alanı dışında kalan güvenli bölgelere ulaşımının sağlanması olmalıdır. Ayrıca, sahil boyunca yapılacak kıyı şeridi düzenlemeleri, ağaçlandırma, yönlendirici tabelaların eklenmesi gibi uygulamaların yanında, toplumun da etkin katılımının sağlandığı bilinçlendirme ve farkındalık faaliyetlerinin hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Tüm bu çalışmalarda risk azaltmaya yönelik eylemlerin başta İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyesi olmak üzere ilgili tüm paydaş kurum ve kuruluşların katılımı ve bir seferberlik bilinciyle sorumluluk yüklenmesi gerek alınan önlemlerin etkinliği gerekse bu önlemlerin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

9. KAYNAKÇA

- İBB (2007), İstanbul Mikro bölgeleme Projesi, Avrupa Yakası. İstanbul Büyükşehir Belediyesi
- MARSITE (2016); Marmara Supersite Projesi Sonuç Raporu
- MARDİM-SATREPS (2018), Marmara Bölgesi'nde Deprem ve Tsunami Afet Azaltma ve Türkiye'de Afet Eğitimi (SATREPS) Proje Sonuç Raporu
- ODTÜ (2018), İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik Ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi
- ODTÜ (2019), İstanbul İçin Tsunami Eylem Planı Hazırlanması İşi
- UNESCO-IOC (2014), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2013, Revised Edition. Tsunami Glossary, Paris, UNESCO. IOC Technical Series, 85. (English.) (IOC/2008/TS/85rev)



İSTANBUL İLİ TSUNAMİ EYLEM PLANI HAZIRLANMASI PROJESİ KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ EYLEM PLANI ÖRNEĞİ

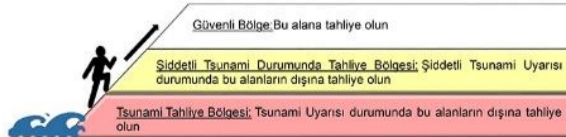


Bu Poster Marmara Denizi'nde oluşabilecek tsunami dalgalarının İstanbul kıyılarında yaratabileceği baskın alanlarını, hızlı bir tahliyeye yardımcı olacak yolları ve bireysel olarak alınması gerekli önlemleri ana hatları ile belirtmek üzere hazırlanmıştır.

Deprem ya da başka bir nedenle Marmara Denizi'nde tsunami oluşabilir. Kıyılara yakın iseniz deprem hazırlıklarına ek olarak tsunami için de hazırlıklı olmak için bu haritayı dikkatle inceleyiniz.

- 1) Haritalar tsunami dalgalarının ulaşabileceği baskın (tahliye) alanlarını göstermektedir. Haritadan bulunduğunuz yeri dikkate alarak tsunami tahliye alanı içerisinde olup olmadığınızı tespit ediniz. Eğer eviniz, çalıştığınız işyeri veya sıklıkla ziyaret ettiğiniz yerler haritada tahliye alanı içerisinde ise en hızlı ve güvenli tahliye rotalarınızı şimdiden belirleyin.
- 2) Tsunami olaylarının genel olarak ilk belirtisi depremdir. Deniz kıyısına yakın iseniz, deprem hissettüğünüzde ya da deniz kıyısında su çekilmesi türünden hareketlenme gözlemlediğinizde tsunami uyarısını beklemeden baskın alanı dışına doğru, kıyılardan uzak ve deniz seviyesinden yüksek alanlara koşarak (araç kullanmadan) mümkün olduğu kadar çabuk tahliye olun.
- 3) Deprem sonrası hasar görmemiş durumda olan betonarme yapıların üç ve yukarı katları tsunami tahliyesi için güvenli yerlerdir.
- 4) Dere ve kanallardan uzak durun. Tsunami, denize bağlı dere ve kanallar boyunca kilometrelerce ilerleyebilir.
- 5) Tekne ve gemi kaptanları deniz araçlarını derin sulara doğru götürmelidir.
- 6) Tsunami tek bir dalga değildir. İkinci ve üçüncü dalgalar birinciden daha büyük ve zarar verici olabilir.
- 7) Afet bilgi iletişim sistemi, TV ya da radyo gibi halka açık sistemlerden tsunami hakkındaki bilgileri kontrol edin. Tsunami uyarısı iptal edilinceye kadar bulunduğunuz güvenli alanları terk etmeyin ve riskli alanlardan uzak durun.

Tsunami Uyarısı: Tsunami sebebiyle yıkıcı dalgalar kıyı şeridinde su baskını yaratabilir. Kırmızı alanların dışına tahliye olun
Şiddetli Tsunami Uyarısı: Beklenmedik şiddetli bir tsunami sebebiyle dalgalar önemli ölçüde karada ilerleyebilir; kırmızı ve sarı alanların dışına tahliye olun.



ISO tarafından onaylanmış tsunami işaretlerinden genel örnekler (soldan sağa: tsunami tehlikesi, yanıl tahliye, dikay tahliye)

FAYDALI KAYNAKLAR
Bölgeyi Üretmiş Kuruluşlar: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü
http://www.ibb.gov.tr/ismoz/tsunami-bilgi-notları
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Bilgi Notları
http://www.afad.gov.tr/deprem-ndr

