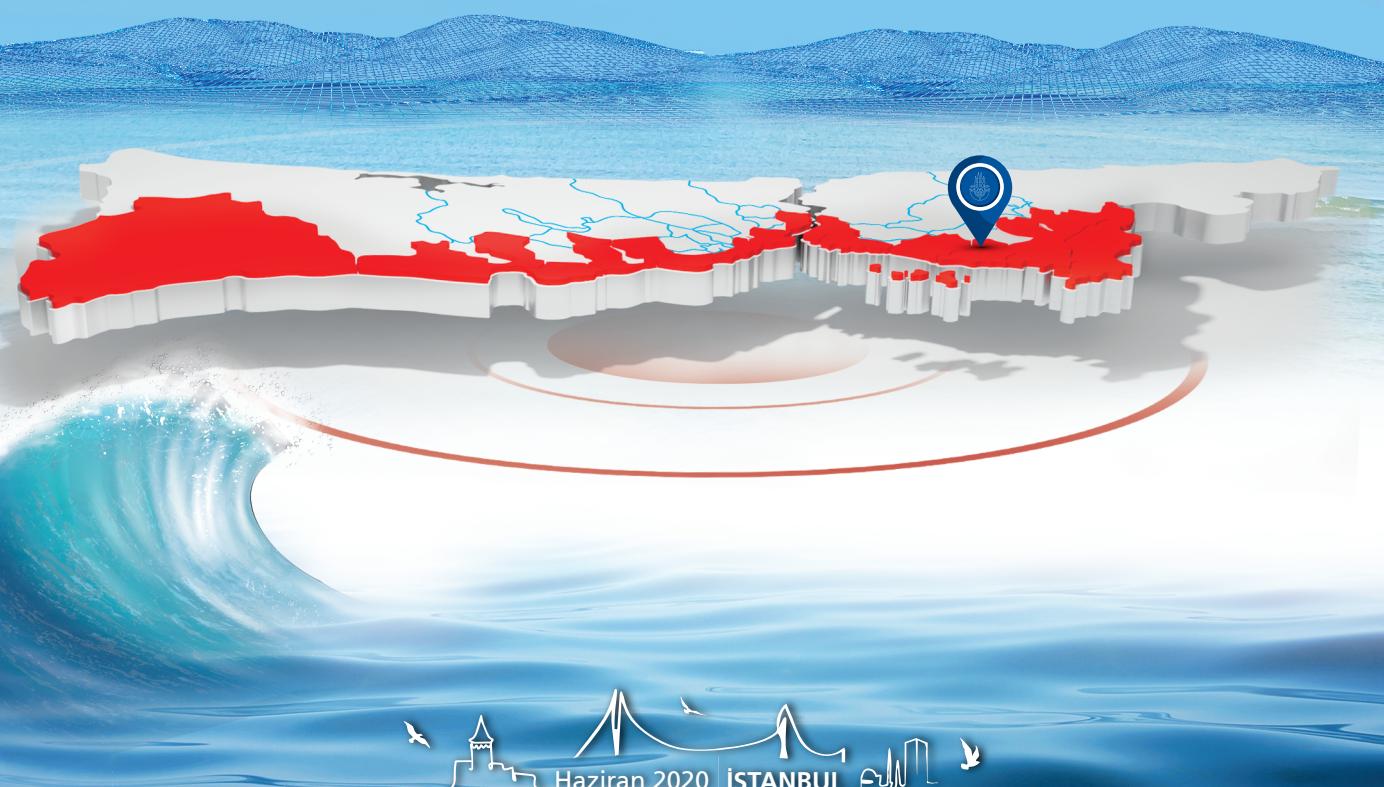




KARTAL

TSUNAMI RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI





**İSTANBUL
SENİN**



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

KARTAL 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

İşti (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 Kartal İlçesi Tsunami Risk Analizi ve Eylem Planı Raporu”, İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi (2018) ve İstanbul İçin Tsunami Eylem Planı Hazırlanması İşi (2019) sonuç raporlarından yararlanılarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından üretilmiştir.

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

Prof. Dr. Ahmet Cevdet Yalçınér, Proje Yürütucusu, yalciner@metu.edu.tr

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

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

Gözde Güney Doğan, Bilimsel Proje Uzmanı, gguneydogan@gmail.com

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

Jeoloji Müh. Sema KARA

Jeofizik Yük. Müh. Yasin Yaşar YILDIRIM (Dai. Bşk. Danışmanı)

Jeoloji Müh. Evrens Rıza YAPAR

Jeofizik Müh. Özge UZUNKOL

Jeoloji Müh. Ahmet TARİH

Dr. Emin Yahya MENTEŞE (Md. Yrd.)

Jeofizik & Geoteknik Yük. Müh. Kemal DURAN (Müdür)

Dr. Tayfun KAHRAMAN (Daire Başkanı)



Kıymetli Hemşehrilerim;

Dünyada deprem riski en yüksek kentlerin başında, hem nüfus ve yapı yoğunluğu hem de fay hatlarına yakınılığı nedeniyle, maalesef İstanbul geliyor. Kadim kentimizde, değişmeyen öncelikte ve önemdeki birinci konu deprem riski ve beraberinde getireceği yıkımlardır. Bu nedenle, İstanbul'u daha yaşanabilir, daha dayanıklı, daha sürdürülebilir bir şehir yapabilmek için çalışmalarımıza hızlıca başladık.

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

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

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

Saygılarımla,

Ekrem İMAMOĞLU

İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı

İçindekiler

1.	GİRİŞ.....	4
2.	TSUNAMİ TEHLİKESİ	6
3.	KAPSAM VE YÖNTEM	7
4.	KARTAL İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ	11
4.1.	Kartal İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası	11
4.2.	Kartal İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası	14
5.	KARTAL İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ.....	17
5.1.	Mekânsal Hasar Görebilirlik.....	17
5.1.1.	Jeoloji.....	17
5.1.2.	Heyelan Taç Yoğunluğu.....	19
5.1.3.	Kıyıdan Uzaklık	20
5.1.4.	Yükseklik.....	21
5.2.	Tahliye Esnekliği.....	22
5.2.1.	Binaya Uzaklık.....	22
5.2.2.	Yol Ağına Uzaklık.....	23
5.2.3.	Denize Dik Yolların Yoğunluğu	24
5.2.4.	Eğim	25
5.3.	Kartal İlçesi MeTHuVa Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları	26
6.	KARTAL İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ	27
6.1.	Kartal İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası	27
6.2.	Kartal İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Risk Haritası	28
7.	KARTAL İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI	29
7.1.	Dragos Mevkiinde Alınması Gereken Önlemler.....	30
7.2.	Orhantepe-Atalar Hattı Boyunca Alınması Gereken Önlemler	32
7.3.	Koçtaş-Kumcular Hattı	33
7.4.	Kartal İlçesi Tsunami Bilgi Haritası	34
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	35
9.	KAYNAKÇA.....	37

Şekiller

Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme ile d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Şematik Gösterimi	6
Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014).....	6
Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı.....	9
Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri.....	9
Şekil 5: PIN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası.....	11
Şekil 6: Kartal İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN)	12
Şekil 7: Kartal İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN)	13
Şekil 8: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası.....	14
Şekil 9: Kartal İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)	15
Şekil 10: Kartal ilçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)	16
Şekil 11: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	17
Şekil 12: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası. b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	19
Şekil 13: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası. b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	20
Şekil 14: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası. b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası.....	21
Şekil 15: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	22
Şekil 16: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	23
Şekil 17: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	24
Şekil 18: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	25
Şekil 19: Kartal Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası.....	26
Şekil 20: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	27
Şekil 21: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası.....	28
Şekil 22: Kartal İlçesi Dragos Mevkii Morfolojik Durum	30
Şekil 23: Kartal İlçesi Dragos Mevkii Tahliye İmkânı Bulunan Alanlar	31
Şekil 24: İ.B.B Dragos Sosyal Tesisleri Önündeki Balıkçı Barınağı	32
Şekil 25: Orhantepe-Atalar Hattı Rahmanlar Mevkii.....	33
Şekil 26: a) Kartal İskelesi, b) Kartal Kum Nakliyesi Limanı.....	33

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları	8
Tablo 2: Kartal İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN)	12
Tablo 3: Kartal İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN)	13
Tablo 4: Kartal İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY)	15
Tablo 5: Kartal İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)	16
Tablo 6: Kartal Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri	18

1. GİRİŞ

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

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

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

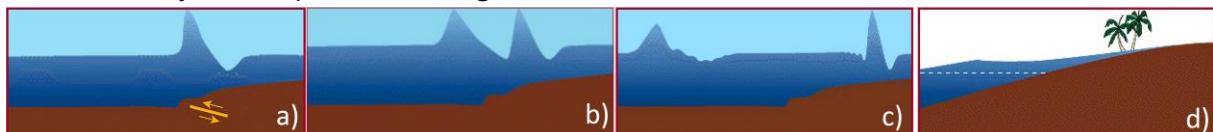
dünyada megakentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün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

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

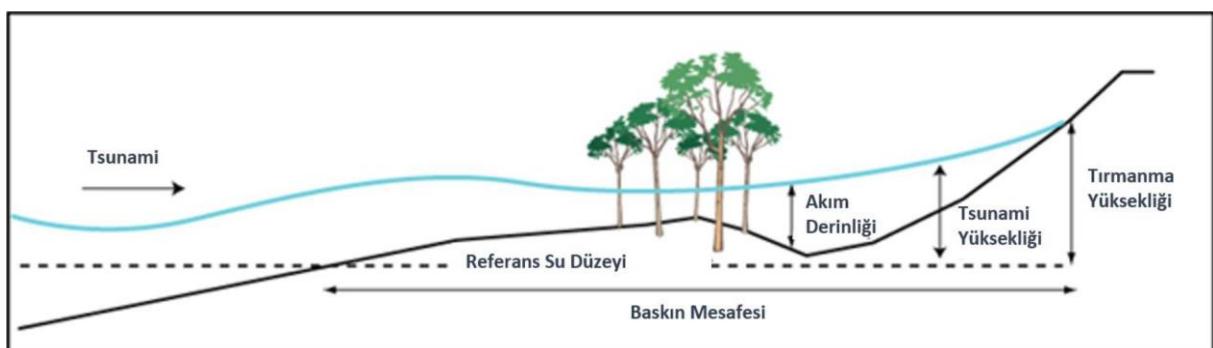
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan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

2. TSUNAMİ TEHLİKESİ

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



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



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

3. KAPSAM VE YÖNTEM

İstanbul ili Marmara kıyıları için hazırlanan Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncellemeye Projesi kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur:

Veritabanının Oluşturulması: Marmara kıyılarındaki her ilçe için binalar, yollar, altyapı ve kıyı tesisleri, idari sınırlar, dereler, jeoloji, heyelan alanları ve arazi kullanım verileri toparlanmış, sonrasında ise toplanan bu veriler kıyı alanları için oluşturulmuş LIDAR kaynaklı 1 m hassasiyetli sayısal yükseklik modeli (DEM) ve deniz alanları için 42 m düzeyinde oluşturulmuş batimetri verileri ile birleştirilerek tsunami sayısal modellemesi için yüksek çözünürlükte ve kapsamlı bir veri tabanı hazırlanmıştır.

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

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

Kritik Tsunami Senaryolarının Modellenmesi: Modelleme çalışmalarında Tsunami Sayısal Modeli NAMI DANCE kullanılmıştır. NAMI DANCE girdi olarak ya tanımlanmış bir faydan, önceden belirlenmiş bir dalga formundan ya da grid sınırlındaki su yüzeyi dalgalanmalarının zaman serisinden elde edilen tsunami kaynağını kullanır ve dalga hareketini, ilerlemesini, kıyılara gelene kadarki değişimleri, kıyıdırake 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.

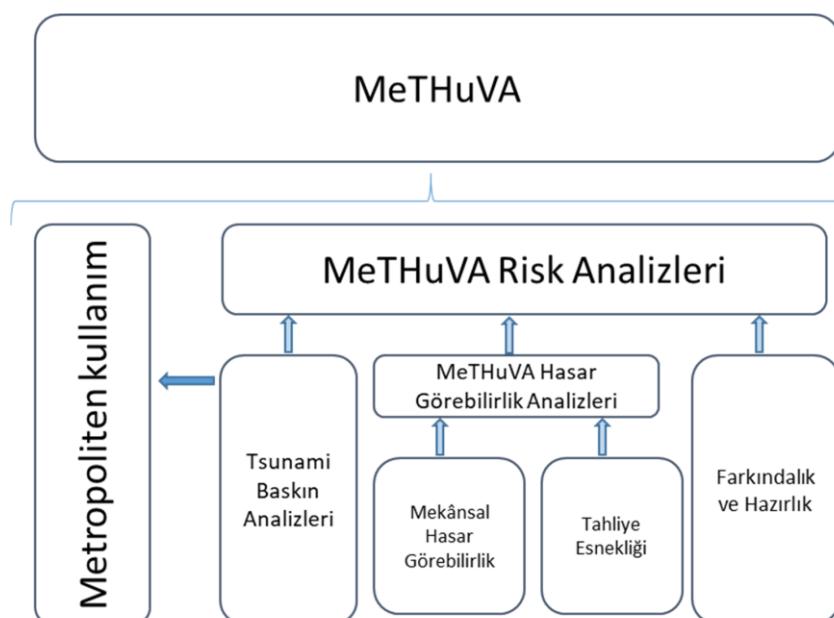
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

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 (Büyükçekmece Açıkları)
14	LST	Deniz Altı Heyelanına Bağlı Olası Tsunami Kaynağı (Tuzla Açıkları)

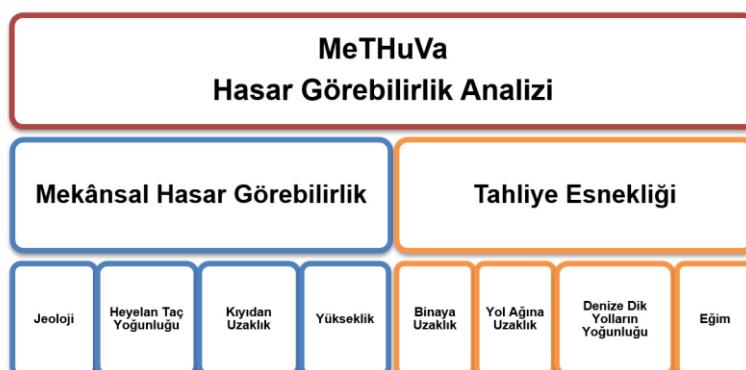
Hasar Görebilirlik Analizleri (MeTHuVA): Metropoliten alanlarda tsunami afeti sırasında bireylerin hasar görebilirlik durumlarının tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle insanlar için bu afet türünün tehlikesi, afet anında bulundukları konumdan kaynaklanmaktadır. MeTHuVA yöntemi bu ihtiyacı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

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

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



Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı



Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri

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

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

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

MeTHuVA risk denkleminin elemanları göz önünde bulundurulduğunda, tsunami baskın parametresi doğa tarafından kontrol edilen ve gücü düşürülemeyecek bir etkendir. Metropoliten şehirlerde şehrin yapısı oturmuş olduğundan ve kolayca değiştirilemeyeceğinden Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği parametreleri de riski azaltmak üzere hızlıca ve etkili bir şekilde değiştirilemez. Ancak, toplumun hazırlıklı olma ve farkındalık düzeyini temsil eden n parametresi, risk denklemi içinde zaman içinde değiştirilebilecek en etkin parametredir.

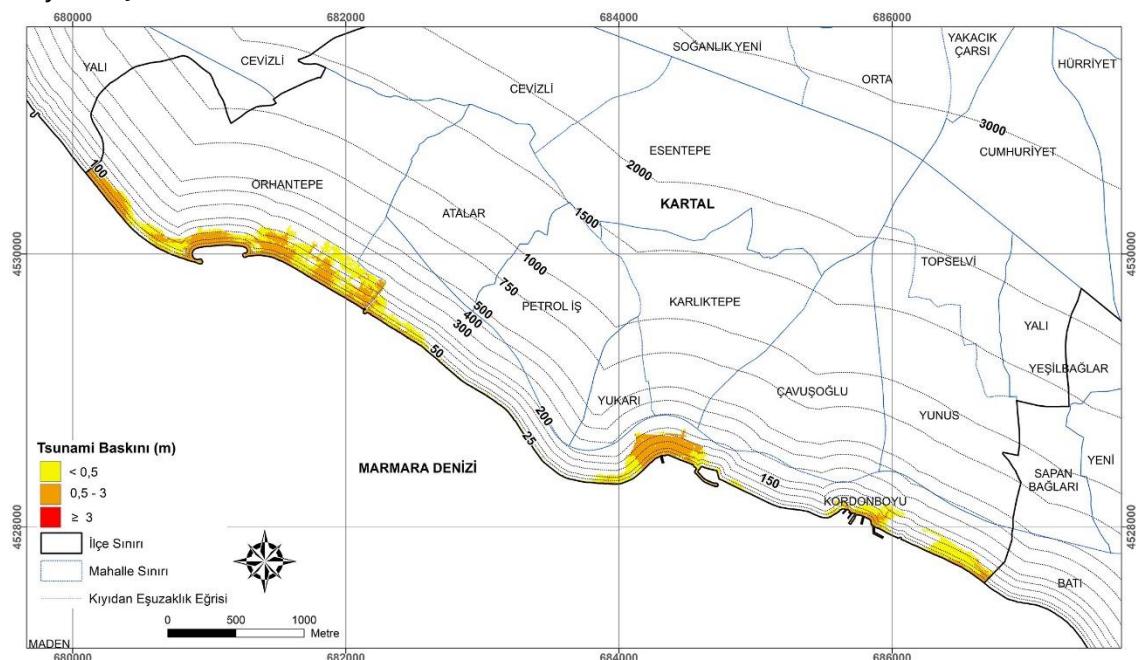
Toplumun tsunami ile ilgili bilgisinin arttırılması ve ilgili birimlerce alınacak önlemler n parametresinin değerinde artış sağlayarak riskin azalmasına sebep olacaktır.

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

4. KARTAL İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ

4.1. Kartal İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Kartal ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağının Marmara Denizi içinde bulunan Prens Adaları Fayı (Prince Islands Fault-PIN) olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda belirtildiği şekilde tsunami kaynağı olarak PIN kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 5'te gösterilmiştir. PIN kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Kartal ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin 5.84 metreye ulaşığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 300 metreye ulaşmaktadır.

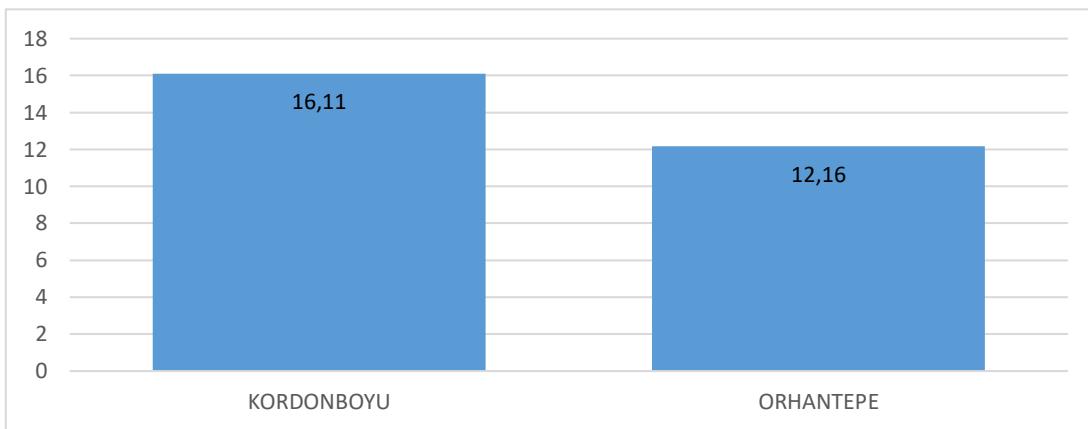


Şekil 5: PIN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Benzetim sonuçlarına göre, PIN kaynaklı olası bir tsunamide, Kartal ilçesinin %1.69'unu kapsayan 0.65 km²'lik bir alanda ve 2 mahallede tsunami su baskını öngörmektedir. Tsunami su baskını alanının Kartal ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 2 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak en yüksek su basma alanının görüldüğü mahalle %16.11 ile Kordonboyu Mahallesi'dir. Bu değeri %12.16 ile Orhantepe Mahallesi takip etmektedir. İlçe genelinde su basma derinliğinin en yüksek olduğu mahalle ise noktasal olarak 5.84 m ile Kordonboyu Mahallesi'dir.

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

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah.Alanı (km ²)	Su basma alanı %
KORDONBOYU	5.84	0.64	300.550	1.866	16.11
ORHANTEPE	5.19	0.64	352.300	2.897	12.16



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

PIN kaynaklı olası bir tsunamiye Kartal ilçesi içinde bulunan 31.647 yapıdan 100'ünün suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 98'i Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirilmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 3'te verilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre PIN kaynaklı olası bir tsunamiye Orhantepe Mahallesi'nde İdari yapı grubu içinde bulunan okul binalarının %35'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Kordonboyu Mahallesi'ndeki İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binalarının %15.20'sinin, trafo binalarının ise %12.50'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

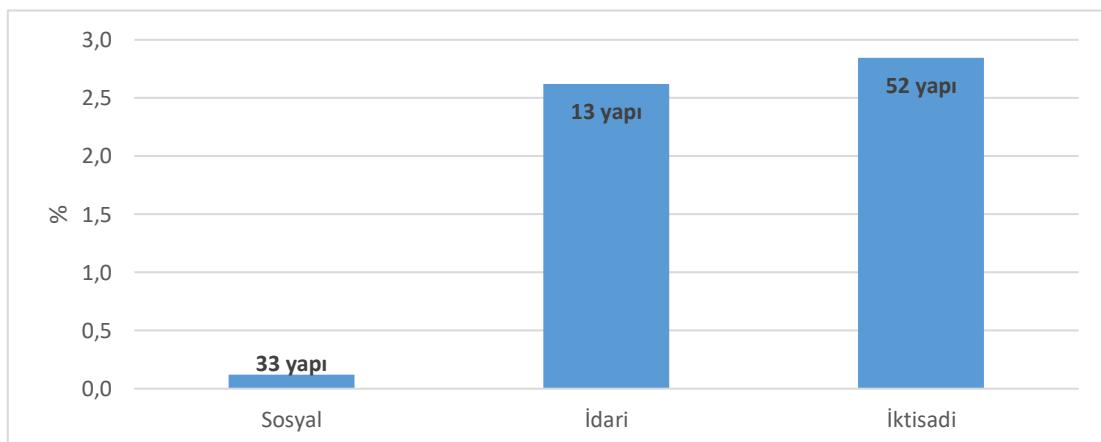
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7'de sunulmuştur. Kartal ilçesi genelinde PIN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.12'si, İdari grubundaki yapıların %2.62'si ve İktisadi yapıların ise %2.85'i su basmasından etkilenmektedir.

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

İlçe Genel	Sosyal	İdari		İktisadi		Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
	Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo	
Kordonboyu	389	4	37	296	8	787
Orhantepe	1.892	20	26	71	12	2.197
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	27.076	220	276	1.642	185	31.647 (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Kordonboyu	7	0	4	45	1	57
Orhantepe	26	7	2	5	1	41
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	33	7	6	50	2	98 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 100 (Toplam etkilenen bina sayısı)

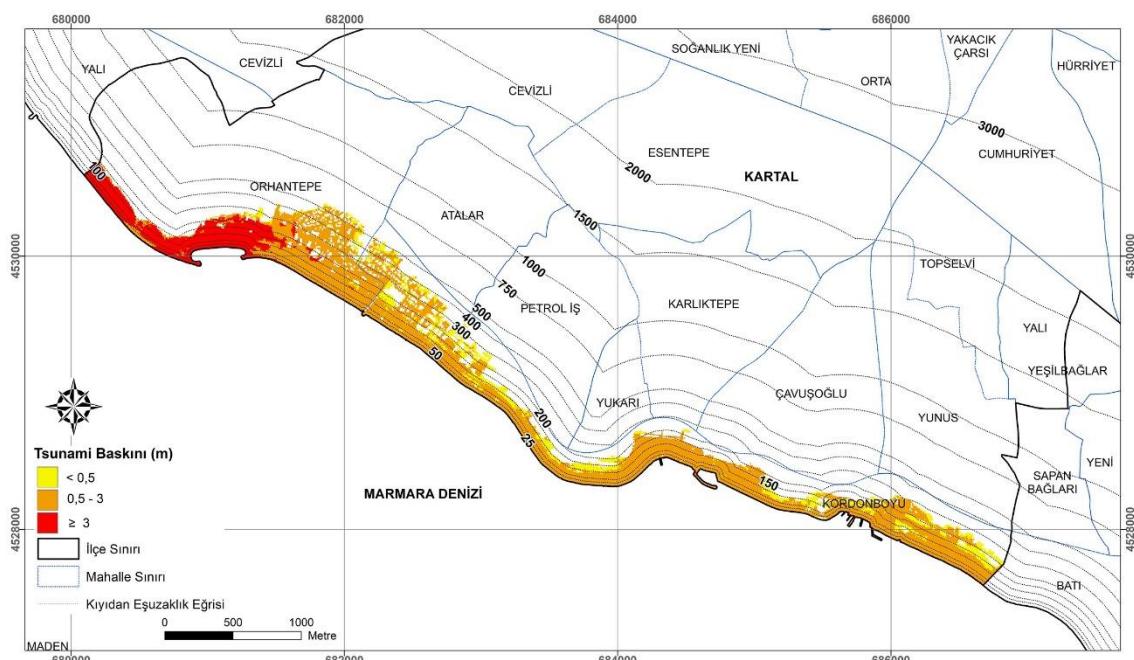
Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo
Kordonboyu	1.80	0.00	10.81	15.20	12.50
Orhantepe	1.37	35.00	7.69	7.04	8.33
İlçe Toplamı	0.12	3.18	2.17	3.05	1.08



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

4.2.Kartal İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Kartal ilçesi için en kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryosunun Yenikapı Deniz Altı Heyelani (LSY) olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda belirtildiği şekilde tsunami kaynağı olarak LSY kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Kartal ilçesinde, karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 7.59 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 570 metreye ulaşmaktadır.

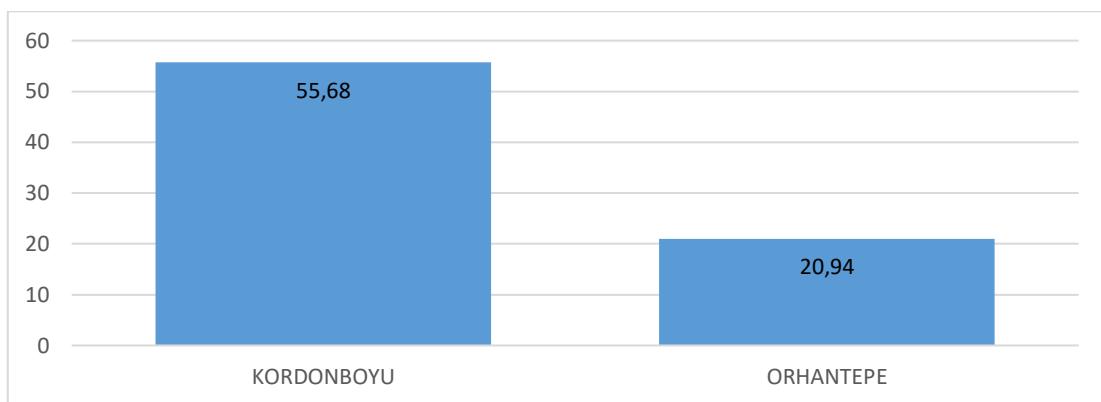


Şekil 8: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunamide, Kartal ilçesinin %4.27'sini kapsayan 1.65 km²'lik bir alanda ve 2 mahallede tsunami su baskını öngörmektedir. Tsunami su baskını alanının Kartal ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 4 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak en yüksek su basma alanının görüldüğü mahalle %55.68 ile Kordonboyu Mahallesi'dir. Bu değeri %20.94 ile Orhantepe Mahallesi takip etmektedir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Kartal ilçe genelinde su basma derinliğinin en yüksek olduğu mahalle ise noktasal olarak 7.59 m ile Orhantepe Mahallesi'dir.

Tablo 4: Kartal 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 %
KORDONBOYU	6.25	0.94	1.038.775	1.866	55.68
ORHANTEPE	7.59	2.76	606.650	2.897	20.94



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

LSY kaynaklı olası bir tsunamiye Kartal ilçesi içinde bulunan 31.647 yapıdan 561'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 553'ü Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirilmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 5'de verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSY kaynaklı olası bir tsunamiye Kordonboyu Mahallesi'nde Sosyal yapı grubu içinde bulunan mesken binalarının %48.59'unun, İdari yapı grubu içinde bulunan Resmi binaların %40.54'unun, İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların ise %45.27'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Orhantepe Mahallesi'nde ise İdari yapı grubu içinde bulunan okul binalarının %45'inin suyla teması bulunmaktadır.

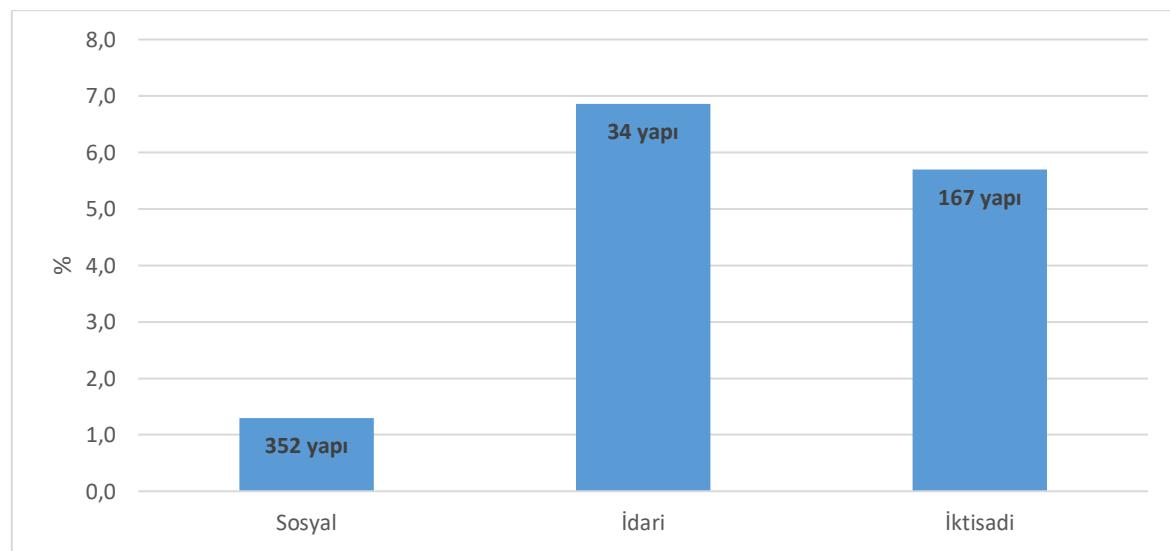
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Kartal ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %1.30'u, İdari yapıların %6.85'i ve İktisadi yapıların ise %5.70'i su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 5: Kartal İlçesi Suya Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)

İlçe Genel	Sosyal	İdari		İktisadi			Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	Ticari	Trafo	
Kordonboyu	389	4	37	10	296	8	787
Orhantepe	1.892	20	26	112	71	12	2.197
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	27.076	220	276	1.103	1.642	185	31.647 (ilçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen Birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Kordonboyu	189	0	15	3	134	3	344
Orhantepe	163	9	10	4	20	3	209
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	352	9	25	7	154	6	553 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 561 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen Birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	Ticari	Trafo
Kordonboyu	48.59	0.00	40.54	30.00	45.27	37.50
Orhantepe	8.62	45.00	38.46	3.57	28.17	25.00
İlçe Toplamı	1.30	4.09	9.06	0.63	9.38	3.24



Şekil 10: Kartal İlçesi Suya Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)

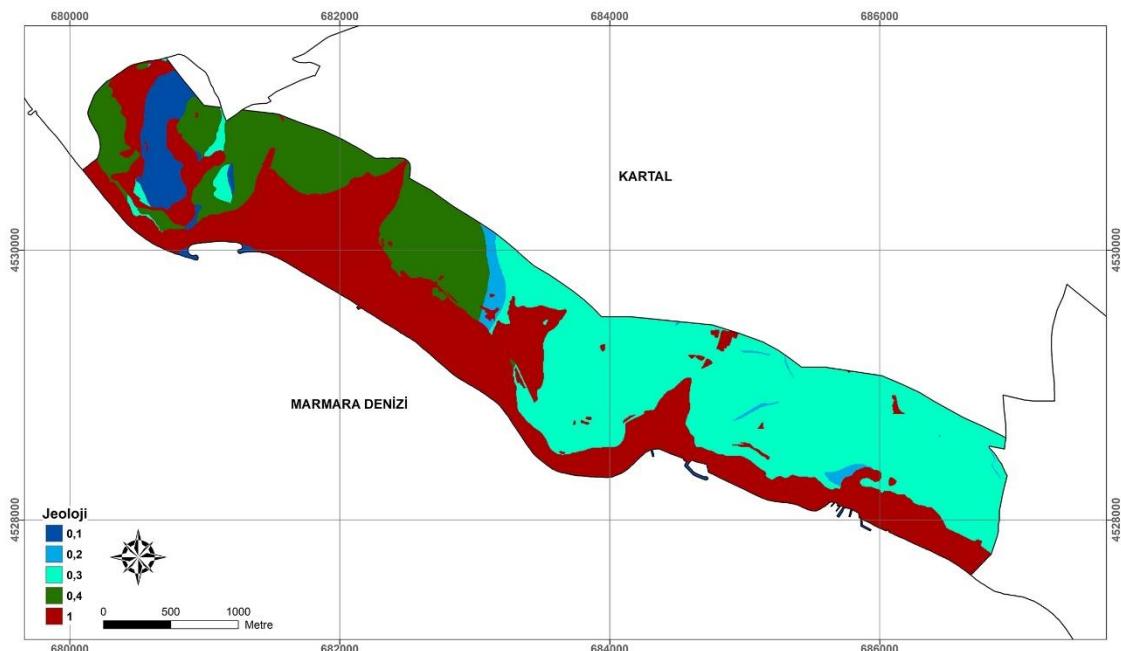
5. KARTAL İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin Anadolu yakasında Marmara kıyısında 40,87-4,95 K ve 29,14-29,25 D koordinatları arasında yer alan Kartal ilçesi $38,53 \text{ km}^2$ yüz ölçümüne sahiptir. Kartal ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik

5.1.1. Jeoloji

Kartal ilçesi uygulama alanı sınırları içerisinde 9 ana birim bulunmaktadır. Bu birimler: Güncel Birikintiler- Qg (Alüvyon-Qal, Plaj birikintisi-Qp, Kuşdili formasyonu-Qkş, Alüvyon ve Kuşdili formasyonu-Qal+Qkş, Yamaç molozu-Qy) Trakya Formasyonu-Ct, Pendik Formasyonu-Dp (Kartal üyesi- Dpk, Kozyatağı üyesi-Dpkz), Denizli Köyü Formasyonu-DCd (Baltalimanı üyesi- DCdb, Ayineburnu üyesi- DCda, Yörükali üyesi-DCdy Tuzla kireçtaşı üyesi-DCdt), Sultanbeyli Formasyonu-Ts (Altintepe üyesi-Tsa), dayk-dyk, Aydos Formasyonu-Osa, Yayalar Formasyonu-Osy (Gözdağ üyesi-Osyg, Şeyhli üyesi-Osyş), Kurtköy Formasyonu- Opk (Süreyyapaşa üyesi- Opks), yapay ve kaya dolgudur. İlçe uygulama alanı içinde bulunan bu birimler, MeTHuVA Hasar Görebilirlik Analizleri kapsamında yukarıda anlatıldığı üzere, jeoteknik ve jeolojik özellikleri bakımından değerlendirilmiş ve sıralama değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Kartal ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 11'de gösterilmiştir.



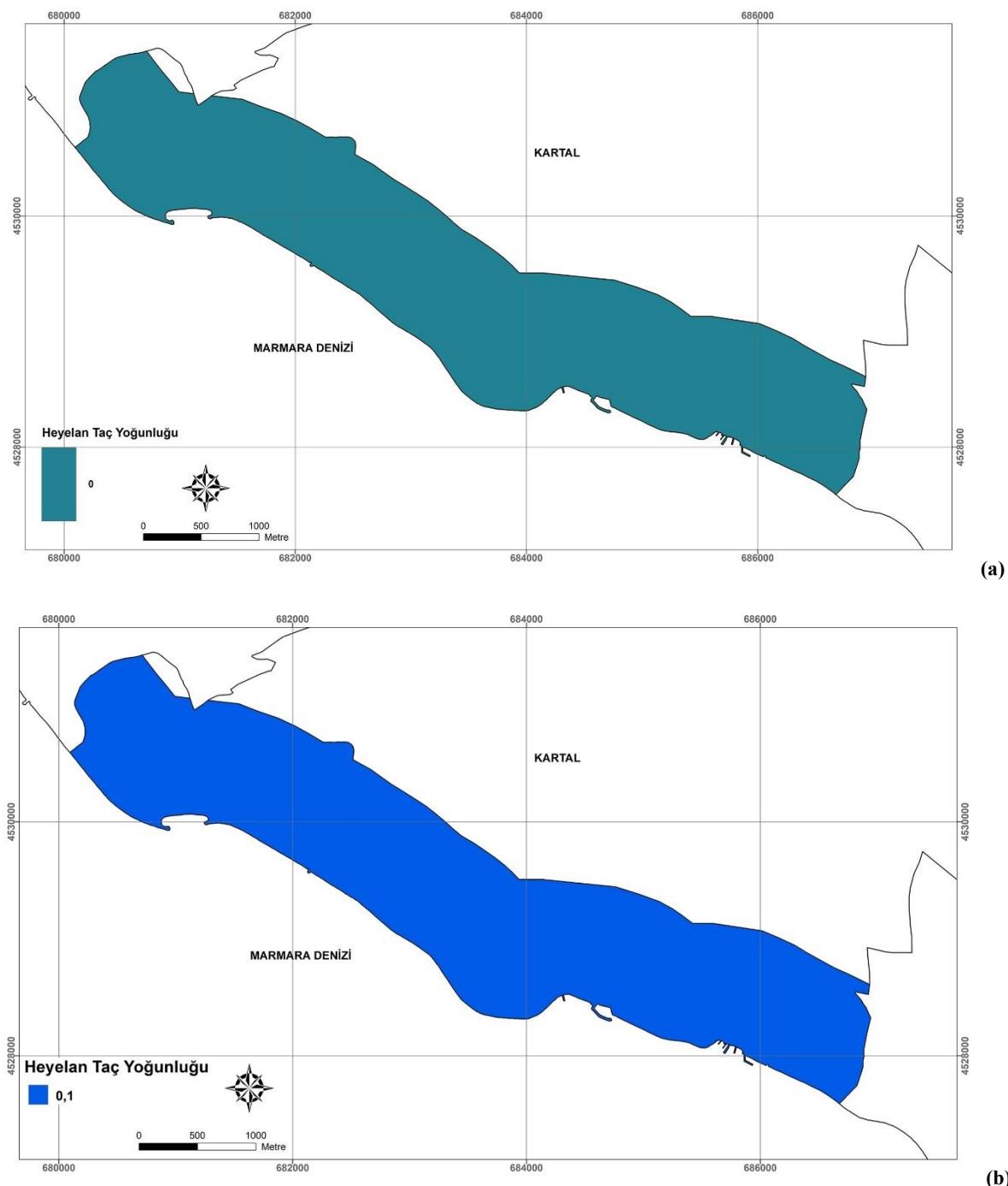
Şekil 11: Jeoloji Katmanın Sınıflandırılmış Haritası

Tablo 6: Kartal Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri

Yaş	Jeolojik Birim			Standardize Sıralama Değerleri
Kuvaterner	Antropojenik Dolgu	Yd	Yapay Dolgu	1
		Kd	Kaya Dolgu	0,1
	Qg (Güncel Birikintiler)	Qal	Alüvyon	1
		Qal+Qkş	Alüvyon + Kuşdili formasyonu	1
		Qp	Plaj Birikintisi	1
		Qkş	Kuşdili formasyonu	1
		Qy	Yamaç molozu	1
Geç Miyosen	Ts (Sultanbeyli Formasyonu)	Tsa	Altintepe üyesi	0,4
Geç Kratese – Erken Tersiyer	dyk-KTy	Yakacık Magmatik kompleksi		0,2
Erken Karbonifer	Ct (Trakya Formasyonu)	Ctc	Cebeciköy kireçtaşı üyesi	0,4
Erken Karbonifer	DCd (Denizli Köyü Formasyonu)	DCdb	Baltalimanı üyesi	0,2
Geç Devoniyen – Erken Karbonifer		DCda	Ayineburnu üyesi	0,2
Orta – Geç Devoniyen		DCdy	Yörükali üyesi	0,3
Orta Devoniyen		DCdt	Tuzla kireçtaşı üyesi	0,3
Erken Devoniyen	Dp (Pendik Formasyonu)	Dpk	Kartal üyesi	0,3
Geç Ordovisiyen – Erken Silüriyen	Osy (Yayalar Formasyonu)	Osyş	Şeyhli üyesi	0,1
		Osyg	Gözdağ üyesi	0,3
Geç Ordovisiyen – Erken Silüriyen	OSa (Aydos Formasyonu)	OSaa	Ayazma üyesi	0,1
		OSab	Başbüyük üyesi	0,1
Erken Ordovisiyen	Opk (Kurtköy Formasyonu)	Opks	Süreyyapaşa üyesi	0,3

5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu

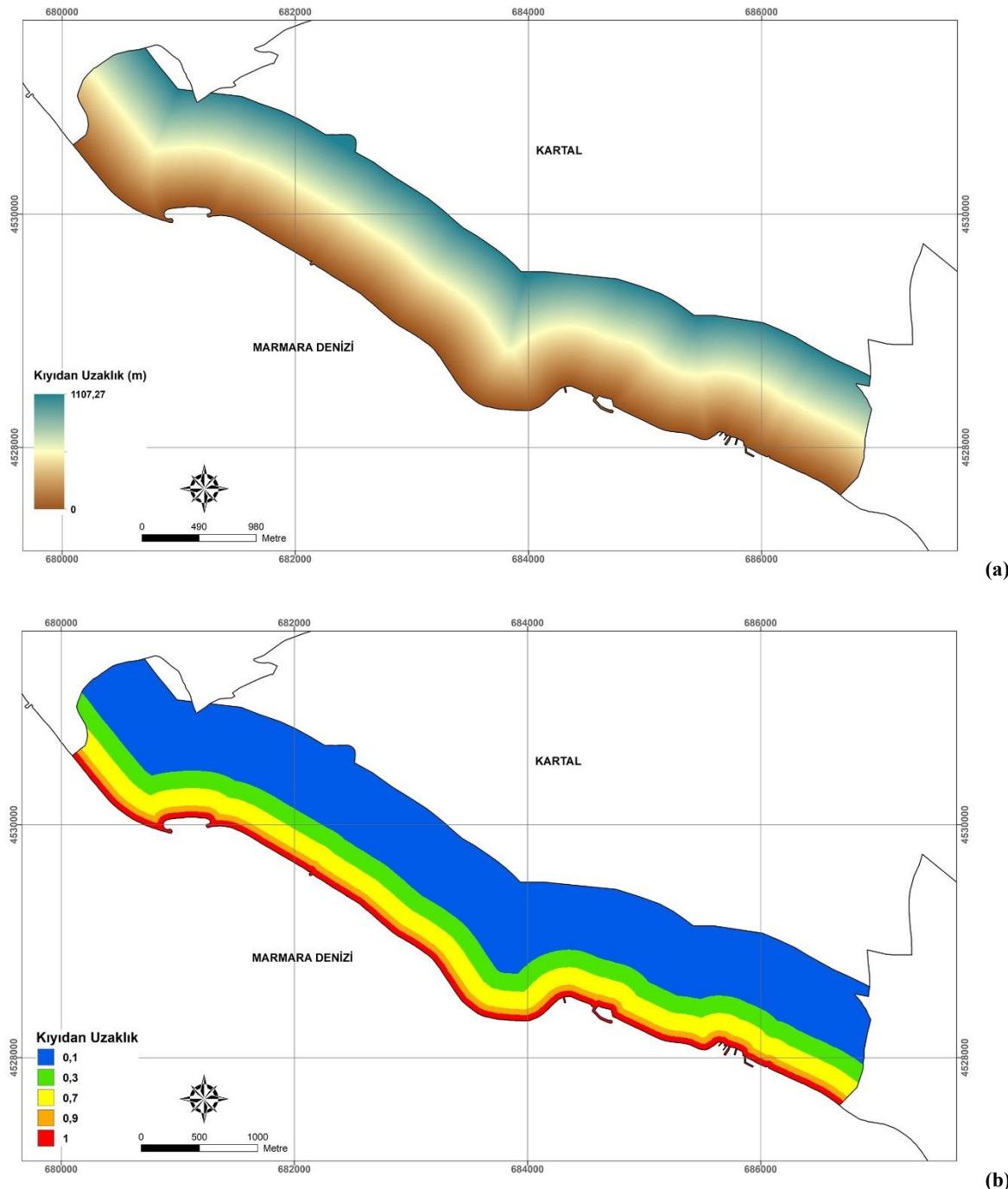
Kartal ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 12'de sunulmuştur. Kartal ilçesinin uygulama alanı içinde heyelan tacı bulunmamaktadır. Bu nedenle sınıflandırılmış haritadaki uygulama alanına 0,1 sıralama değeri verilmiştir.



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

5.1.3. Kıyıdan Uzaklık

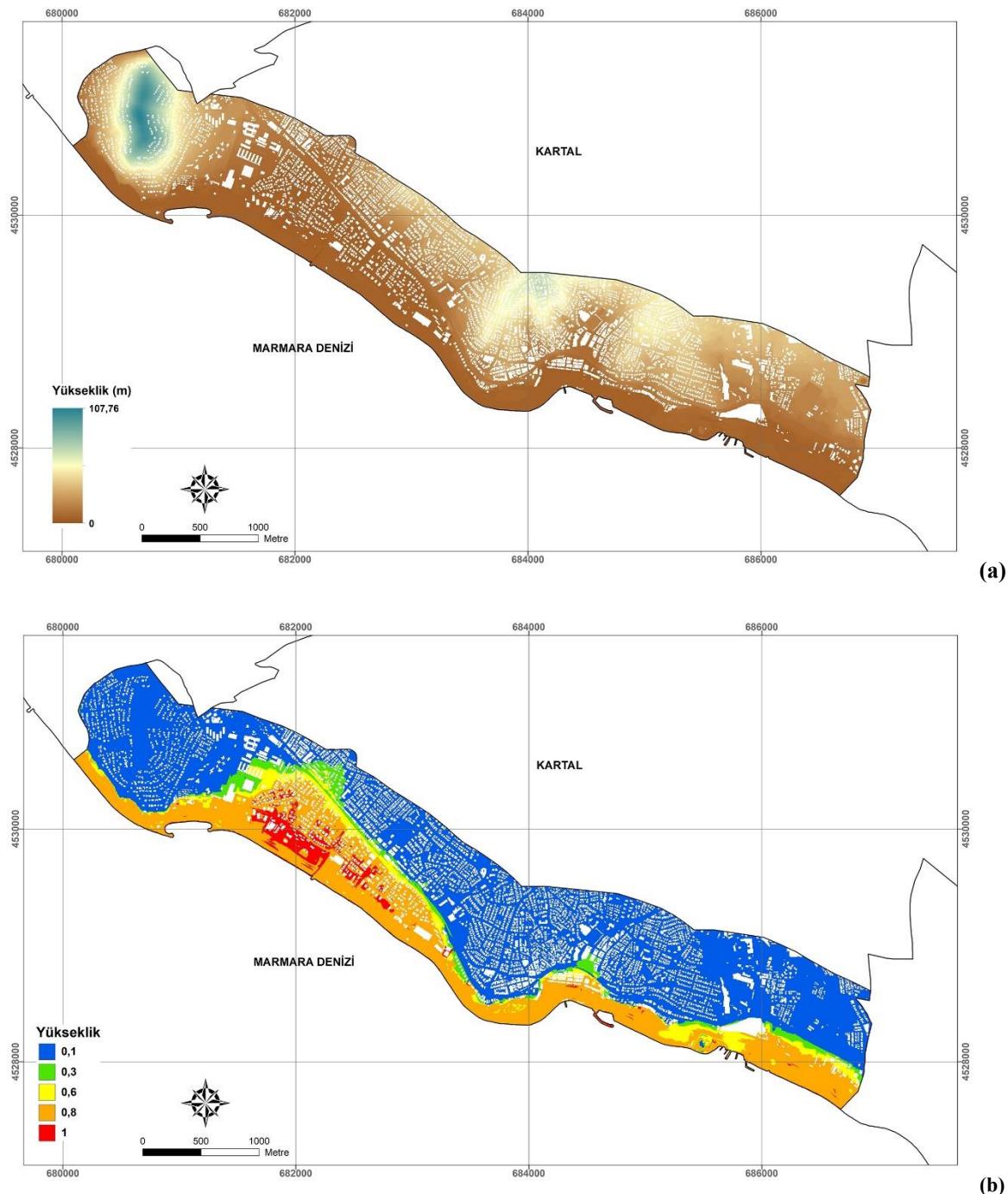
Kartal ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 13'te sunulmuştur.



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

5.1.4. Yükseklik

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

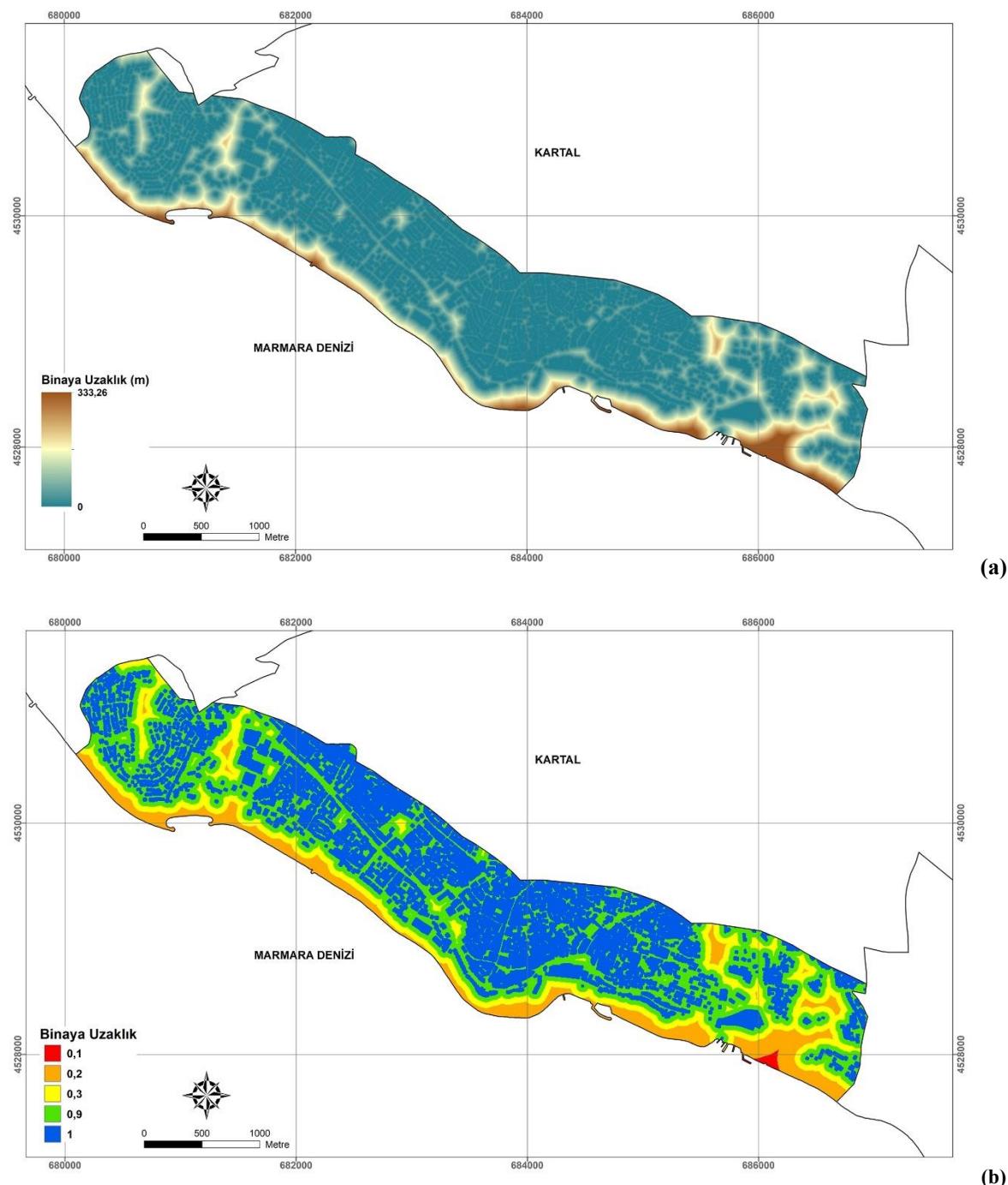


Şekil 14: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası. b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.Tahliye Esnekliği

5.2.1.Binaya Uzaklık

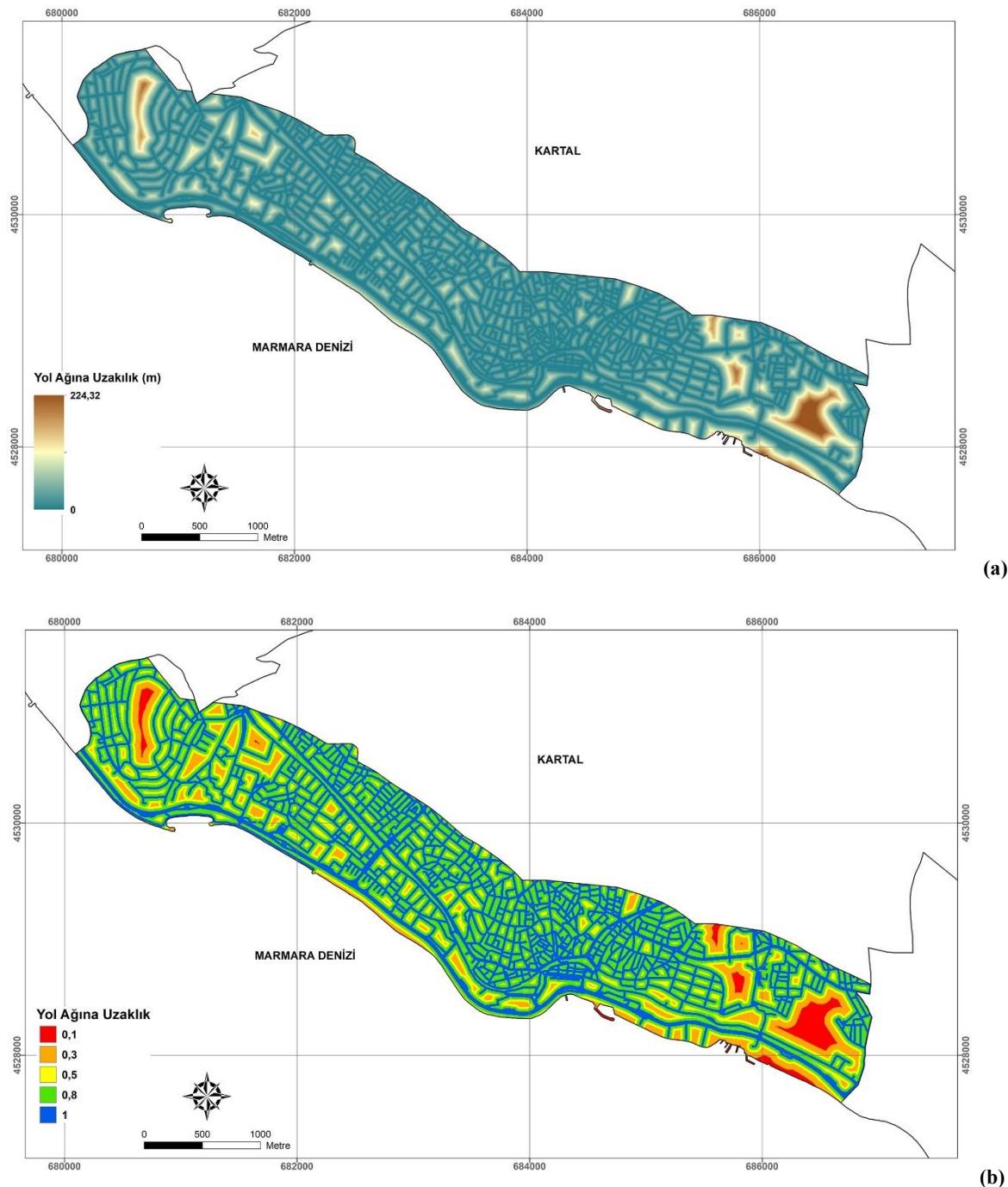
Kartal ilçesi uygulama alanı binaya uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'te sunulmuştur.



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

5.2.2. Yol Ağına Uzaklık

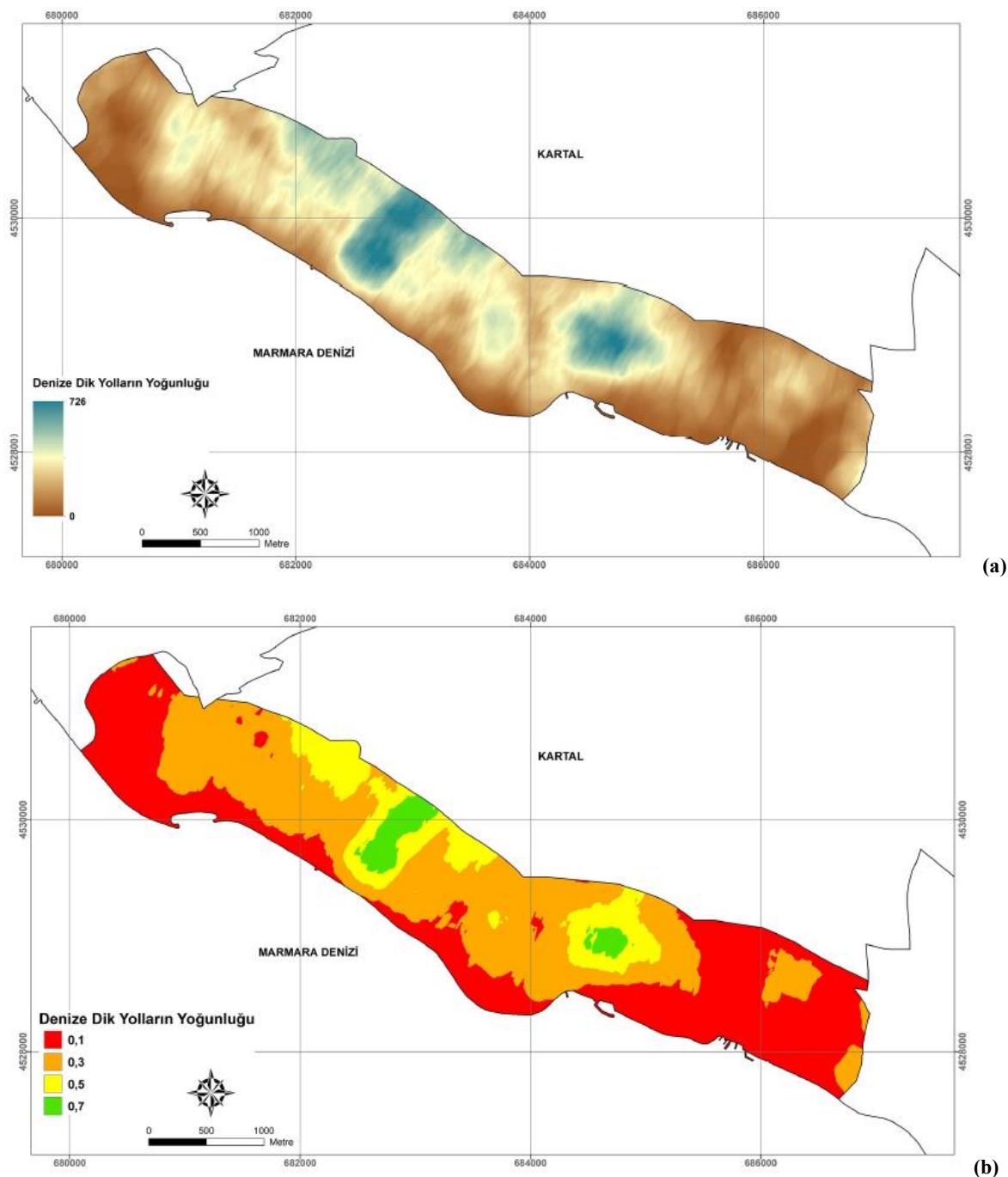
Kartal ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.



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

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

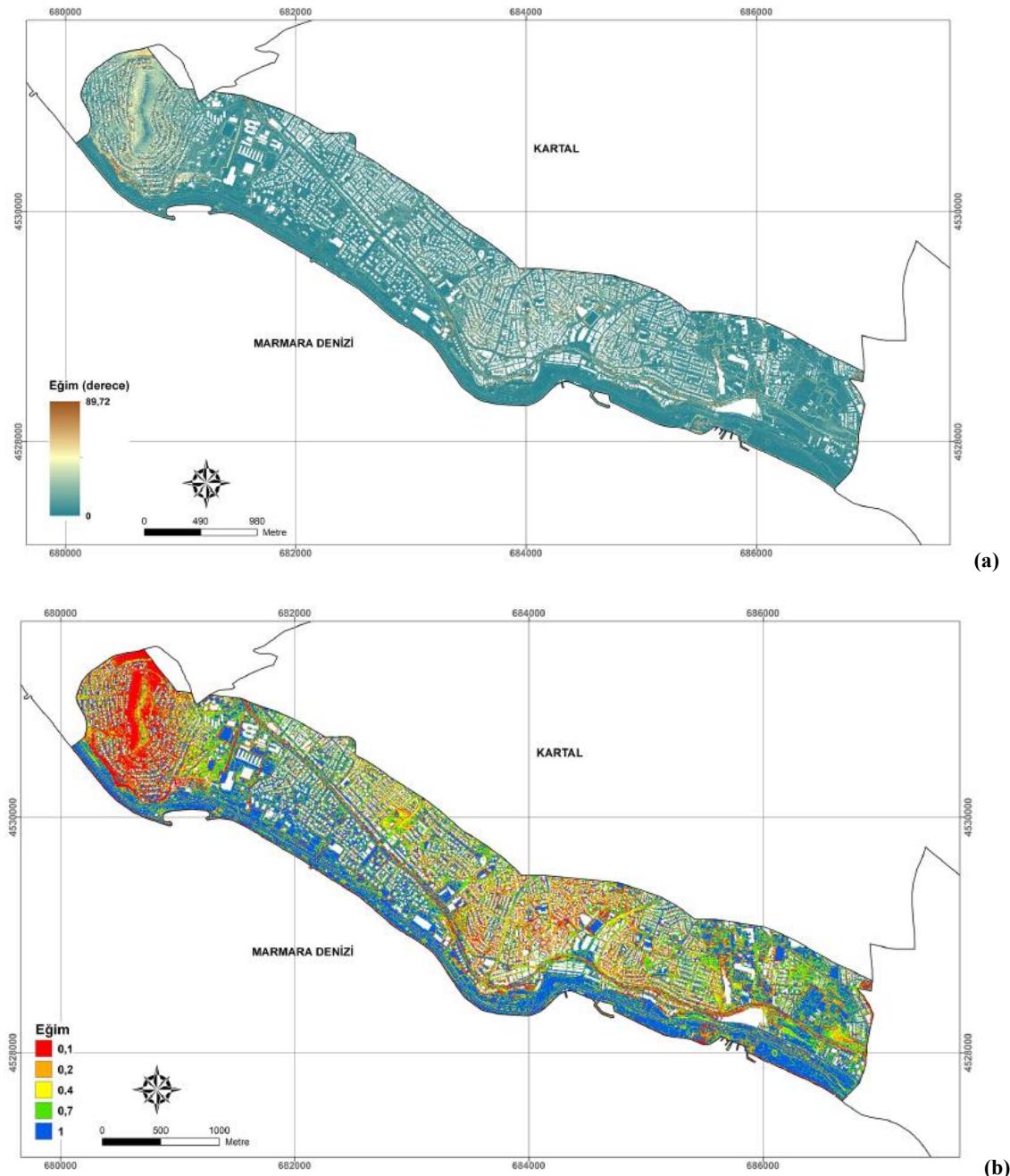
Kartal ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 17'de sunulmuştur.



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

5.2.4. Eğim

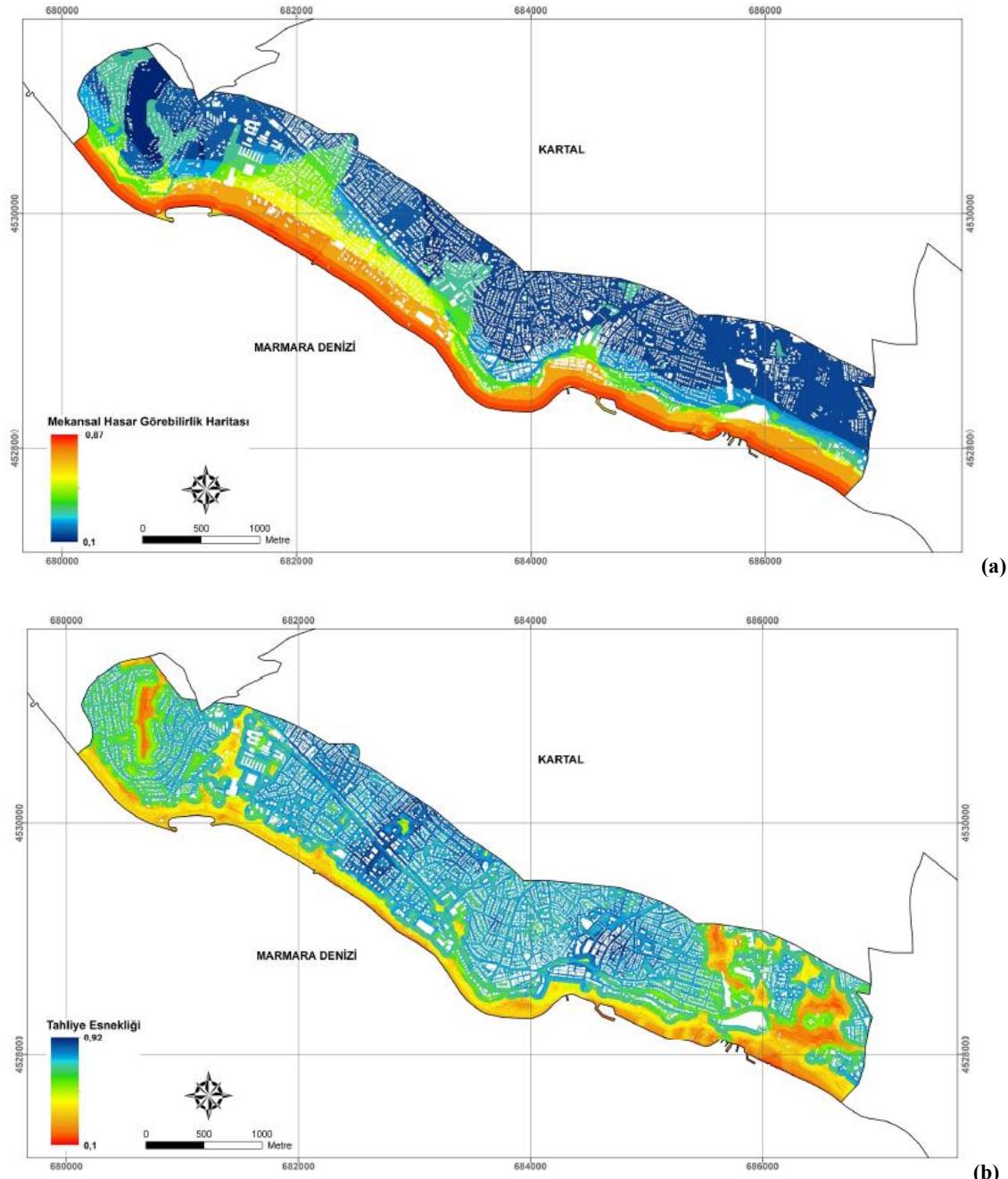
Kartal ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 18'de sunulmuştur.



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

5.3.Kartal İlçesi MeTHuVa Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

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



Şekil 19: Kartal Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası

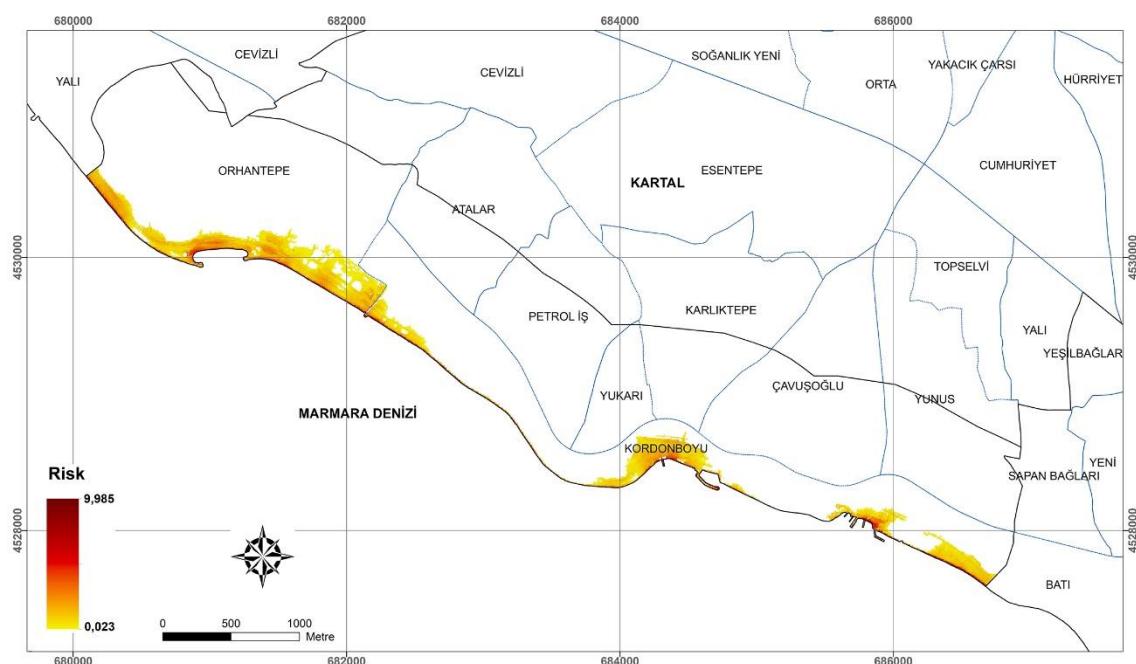
6. KARTAL İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ

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

6.1. Kartal İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

Kartal ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 20'de verilmiştir. Bu harita üretilirken yukarıda açıklandığı şekilde Kartal ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağı olarak PIN tsunami kaynağı kullanılmıştır.

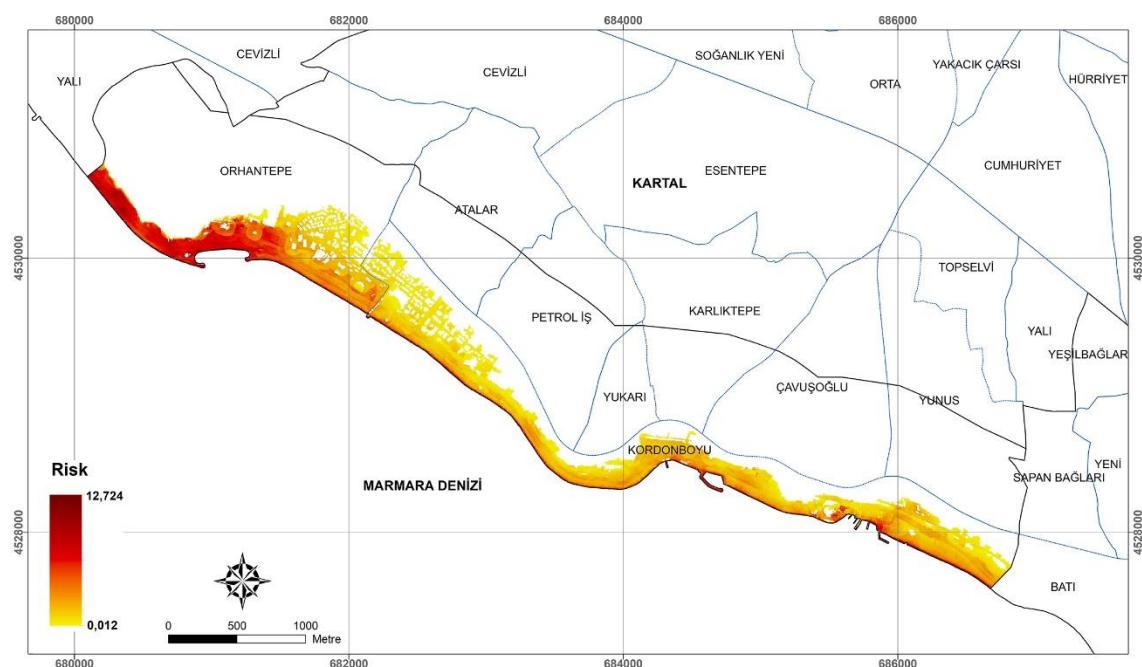
Kartal ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Orhantepe Mahallesi'nin orta kıyısı ile Kordonboyu Mahallesi'nin orta ile orta-güney kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Orhantepe Mahallesi'nin kuzey kıyısı ile Kordonboyu Mahallesi'nin en kuzey ve en güney kıyısı takip etmektedir.



Şekil 20: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2.Kartal İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritası

Kartal ilçesi uygulama alanı için Yenikapı Deniz Altı Heyelanı (LSY) kaynaklı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuş ve Şekil 21'de verilmiştir. Bu harita üretilirken, yukarıda açıklandığı şekilde Kartal ilçesi için en kritik deniz altı heyelanı tsunami kaynağı olarak LSY kullanılmıştır. Kartal ilçesi uygulama alanı için LSY kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgenin Orhantepe Mahallesi'nin kuzey ve orta kıyısı olduğu öngörmektedir. Bu bölgeyi Kordonboyu Mahallesi'nin orta ve güney kıyıları takip etmektedir.



Şekil 21: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

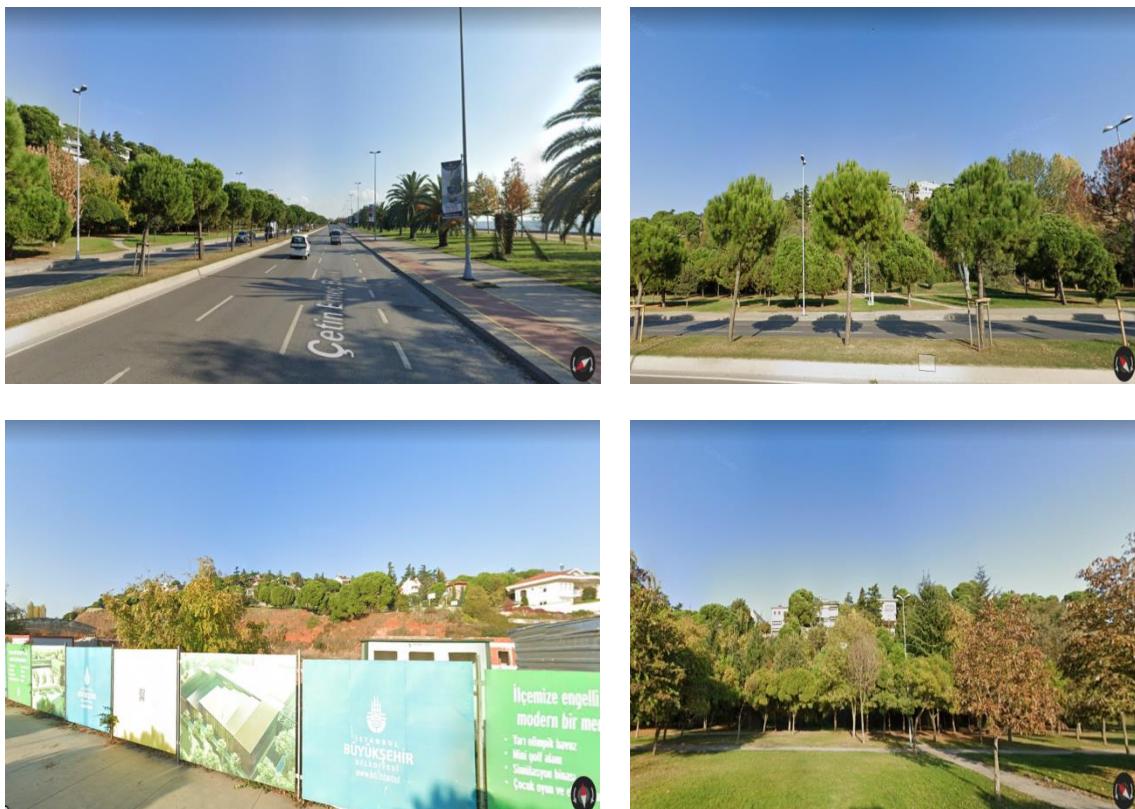
7. KARTAL İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI

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 Kartal ilçesi için önerilen adımlar alt başlıklarda sunulmuştur.

Kartal ilçesi kıyı şeridinin tamamı kesintisiz bir şekilde, yürüyüş-bisiklet yolları ve kıyıya paralel biçimde Pendik ilçe sınırına kadar uzanan sahil yolundan oluşmaktadır. Sahil şeridi özellikle yaz aylarında spor, balıkçılık, piknik, gezi faaliyetleri nedeniyle günün her saati yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Marmara Denizinde oluşabilecek sismik aktiviteye bağlı bir tsunaminin ilçe kıyılarındaki etkisinin günlük yaşamda yoğun biçimde kullanılan Kartal Çarşı, birçok restoran, banka, ticari işletmelerin bulunduğu Çeçenistan parkı ve çevresi, Atalar mevkii ile Kumcular limanı bölgesinde yer alan belirli sayıdaki ticari işletmenin, tsunami dalgalarından etkileneceği hesaplanmıştır (Şekil 14). Sismik nedene bağlı tsunami olayında oluşabilecek risk, tahliye rotaları ve yönlendirici işaretlemeler ile büyük oranda azaltılabilicektir. Diğer yandan ilçenin diğer sahil bandında heyelan senaryosuna bağlı olarak ilçe kıyılarının tamamında özellikle Dragos mevkiinde dalga yüksekliğinin çok fazla yükseldiği ayrıca Orhantepe-Atalar Kordonboyu kısımlarında düşük eğimli topografiye bağlı olarak tsunami dalgalarının sahil yolu bandını da aşarak yaklaşık 550 m içeri kısımlara etki edeceği öngörmektedir (Şekil 17). Bu kısımlarda morfolojiye ve dalga yüksekliğine bağlı olarak tahliye işlemlerinin zor olacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca sismik kaynaklı tsunami senaryosunda ilçenin kıyı şeridinin geri kalan kısmı için tahliyenin daha kolay olacağı düşünülmektedir. Bu çerçevede, ilçedeki olası baskın alanlarında tsunami riskinin azaltılması ile ilgili alınması gerekliliği önlemler aşağıda anlatılmaktadır.

7.1.Dragos Mevkiinde Alınması Gereken Önlemler

İlçenin batısında yer alan Dragos mevkiinin oluşabilecek tsunami'den en çok etkilenecek yer olacağı görülmektedir. Bu kısımda sahil yolu kuzeyinde dik yamaçlar bulunmaktadır. Bu yamaçlar özellikle deniz altı heyelanına bağlı tsunami dalgalarını önlese de piknik-spor gibi aktivitelerle yoğunlaşan nüfusu ve sahil yolu trafiğini ciddi bir şekilde etkilenmesine neden olacaktır. Bu kısımlarda dik yamaçlar ve bölgede yamaç üzerinde yoğunlaşan özel mülkler su baskınına maruz kalacak alanların tahliye edilmesini zorlaştırmaktadır (Şekil 22).



Şekil 22: Kartal İlçesi Dragos Mevkii Morfolojik Durum

Dragos mevkiinin yukarıda anlatılan morfolojik özelliklerinden dolayı bu kısımda sahil bandındaki dik yamaçtan yukarı tahliye imkânı bulunmamaktadır. Ancak bölgeye çok yakın İ.B.B ve D.S.İ gibi kamu kurumlarına ait tesisler, İstanbul Şehir Üniversitesi yerleşkesi ve restoran olarak faaliyet gösteren bir adet işletme bulunmaktadır (Şekil 23). Bu alanlarda tahliye için elverişli kaçış merdivenleri yapılması ve dikey tahliyeye elverişli binaların kullanılması olası bir afet durumunda uygulanabilir seçenek olarak görülmektedir. Bununla beraber sahil şeridinde en yakın tahliye noktasını gösteren tsunami afet kaçış yolları gibi uyarıcı harita panoları hazırlanmalı, ikaz işaretleri ve yönlendirme tabelaları hazırlanarak bir farkındalık oluşturulmalıdır.



DSİ Kampı



Özel işletme (restoran)



İ.B.B. Engelliler Merkezi



İstanbul Şehir Üniversitesi

Şekil 23: Kartal İlçesi Dragos Mevkii Tahliye İmkârı Bulunan Alanlar

Dragos sosyal tesisleri önünde yer alan balıkçı barınağı (Şekil 24) de olası heyelan kaynaklı tsunami dalgalarından önemli ölçüde etkilenecektir. Bu barınak için tsunami etkilerini azaltmak amacıyla liman koruma yapısının kret kotunun yükseltilmesi gerekli incelemeler (ilçe belediyesi katılımı ile imar planları ve arka alan kullanıcıları ile paydaşların görüşleri dikkate alınarak, yüksek çözünürlükle yapıya yönelik özel modelleme) yapılarak önerilmektedir.



Şekil 24: İ.B.B Dragos Sosyal Tesisleri Önündeki Balıkçı Barınağı

7.2. Orhantepe-Atalar Hattı Boyunca Alınması Gereken Önlemler

Orhantepe Atalar hattı, Rahmanlar mevkiiinden başlayıp Atalar Koçtaş'a kadar devam etmektedir. Bölgede tsunami dalgalarını engelleyici yükseltiler bulunmamaktadır. Bununla beraber düşük bir eğime sahip olan bu geniş alanda (Şekil 25) tsunami dalgaları bazı yerlerde yaklaşık 550 metre kadar iç kısımlara ulaşabilecek olup, yayaların güvenli alanlara tahliye edilebilmesi için yeterli zaman olmadığı görülmektedir. Söz konusu alanda Türk Hava Kuvvetlerine bağlı bir de sosyal tesis bulunmaktadır. Bu tesisin de tsunami dalgalarından etkileneneceği öngörmektedir. Bu özel alan için ilgili makamlarla koordinasyon sağlanmalı ve olası bir tsunami durumunda neler yapılması gerekiği konusunda bilgilendirme yapılmalıdır. Orhantepe-Atalar Hattı'nda kaçış imkânları için yeterli süre olmayacağı göz önünde bulundurularak dikey tahliye için, bölgenin sosyal-kültürel gereksinimlerini de karşılayabilecek, kıyı siluetini bozmayacak görünümde amfi tiyatrolar ya da benzeri yapılar ilçe belediyesi ve ilgili paydaşların da görüşleri dikkate alınarak planlanabilir. Ayrıca mevcut durumda park alanı olarak kullanılan ve sahil yolunun kuzeyinde bulunan boş alanlara (Şekil 25) tsunami dalga etkisini azaltıcı ağaçlandırma yapılması da tahliye için zaman kazandıran önlem olacaktır.



Şekil 25: Orhantepe-Atalar Hattı Rahmanlar Mevkii

7.3.Koçtaş-Kumcular Hattı

Nüfusun yoğunlaştığı Kartal merkezini de içine alan bu bölgede sahil ile güvenli alanlara erişim mesafesi 150 m civarında gözükmektedir. Yukarıda anlatılan diğer bölgelerle karşılaşıldığında yayaların güvenli bölgelere erişimi daha hızlı olabilecektir. Bu kısımlarda yayaların güvenli bölgelere geçişini zorlaştıracak çit duvar vs. gibi yapılar az sayıdır. Ancak özellikle Kartal içinde nüfus yoğunluğundan kaynaklı olarak tahliye zorluğu yaşanabilecektir. Hızlı tahliye için tahliye yolları belirlenmeli, uyarı ve yönlendirme amacı ile tabelalar yerleştirilmelidir.

Bu hat boyunca Kartal iskelesi (Şekil 26a) ve kum nakliyesinin yapıldığı liman (Şekil 26b) bulunmaktadır. Bu yapılar heyelan kaynaklı bir tsunami'de su altında kalacağından uygun dalgakırınlar inşa edilerek koruma altına alınmalıdır. Diğer kısımlarda olduğu gibi burada da sahil yolu ciddi anlamda tehlike altında olacağından sahil yoluna gerekli sayısal uyarı panoları yerleştirilmeli taşit trafiğinin güvenli bölgelere yönlendirilmesi sağlanmalıdır.



a)



b)

Şekil 26: a) Kartal İskelesi, b) Kartal Kum Nakliyesi Limanı

7.4.Kartal İlçesi Tsunami Bilgi Haritası

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

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kartal ilçesi kıyı şeridinin tamamı kesintisiz bir şekilde, yürüyüş-bisiklet yolları ve kıyıya paralel biçimde Pendik İlçe sınırına kadar uzanan sahil yolundan oluşmaktadır. Sahil şeridi özellikle yaz aylarında spor, balıkçılık, piknik, gezi faaliyetleri nedeniyle günün her saatı yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Marmara Denizi'nde oluşabilecek sismik aktiviteye bağlı bir tsunami'nın ilçe kıyılarındaki etkisinin günlük yaşamda yoğun biçimde kullanılan Kartal Çarşı, birçok restoran, banka, ticari işletmelerin bulunduğu Çeçenistan parkı ve çevresi, Atalar mevkii ile Kumcular limanı bölgesinde yer alan belirli sayıdaki ticari işletmenin, tsunami dalgalarından etkileneneceği hesaplanmıştır (Şekil 14). Sismik nedene bağlı tsunami olayında oluşabilecek risk, tahliye rotaları ve yönlendirici işaretlemeler ile büyük oranda azaltılabilir olacaktır. Diğer yandan ilçenin diğer sahil bandında heyelan senaryosuna bağlı olarak ilçe kıyılarının tamamında özellikle Dragos mevkiinde dalga yüksekliğinin çok fazla yükseldiği ayrıca Orhantepe-Atalar Kordonboyu kısımlarında düşük eğimli topografiye bağlı olarak tsunami dalgalarının sahil yolu bandını da aşarak yaklaşık 550 m içeri kısımlara etki edeceği öngörmektedir.

İlçenin batısında yer alan Dragos mevkiiinin oluşabilecek tsunami'den en çok etkilenenecek yer olacağı görülmektedir. Bu kısımda sahil yolu kuzeyinde dik yamaçlar bulunmaktadır. Dragos mevkiiinin yukarıda anlatılan morfolojik özelliklerinden dolayı bu kısımda sahil bandındaki dik yamaçtan yukarı tahliye imkânı bulunmamaktadır. Bu alanlarda tahliye için elverişli kaçış merdivenleri yapılması ve dikey tahliyeye elverişli binaların kullanılması olası bir afet durumunda uygulanabilir seçenek olarak görülmektedir. Bununla beraber sahil şeridinde en yakın tahliye noktasını gösteren tsunami afet kaçış yolları gibi uyarı harita panoları hazırlanmalı, ikaz işaretleri ve yönlendirme tabelaları hazırlanarak bir farkındalık oluşturulmalıdır.

Orhantepe Atalar hattı, Rahmanlar mevkiiinden başlayıp Atalar Koçtaş'a kadar devam etmektedir. Bölgede tsunami dalgalarını engelleyici yükseltiler bulunmamaktadır. Orhantepe-Atalar Hattı'nda kaçış imkânları için yeterli süre olmayacağı göz önünde bulundurularak dikey tahliye için, bölgenin sosyal-kültürel gereksinimlerini de karşılayabilecek, kıyı siluetini bozmayacak görünümde amfi tiyatrolar ya da benzeri yapılar ilçe belediyesi ve ilgili paydaşların da görüşleri dikkate alınarak planlanabilir.

Nüfusun yoğunlaştiği Kartal merkezini de içine alan bu bölgede sahil ile güvenli alanlara erişim mesafesi 150 m civarında gözükmektedir. Yukarıda anlatılan diğer bölgelerle karşılaşıldığında yayaların güvenli bölgelere erişimi daha hızlı olabilecektir. Bu kısımlarda yayaların güvenli bölgelere geçişini zorlaştıracak çit duvar vs. gibi yapılar az saydadır. Ancak özellikle Kartal çarşı içinde nüfus yoğunluğundan kaynaklı olarak tahliye zorluğu yaşanabilecektir. Hızlı tahliye için tahliye yolları belirlenmeli, uyarı ve yönlendirme amacı ile tabelalar yerleştirilmelidir.

Sonuç itibarıyle bu raporda yer alan önlemler değerlendirilirken dikkate alınması gereken temel yaklaşım tsunami tahliye kapasitesini artırmak olmalıdır. Bu kapsamda çalışmalarada ana hedef, sahil şeridindeki insanların tsunami baskınının etkin olmadığı iç bölgelere ulaşımının sağlanması

olmalıdır. Kartal ilçesinin bir kısmında buna yönelik basit uygulamalar ile etkin sonuçların alınabileceği değerlendirilmekle birlikte, ilçenin batı kısmındaki yamaçların yoğun olduğu alanda daha spesifik çözümlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. 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. Buna ek olarak sahil boyunca yer alan sosyal tesis, liman ve iskele gibi yapıların da sahibi bulunan kurum ve kuruluşlar ile eşgüdüm içinde ele alınarak daha detaylı değerlendirmeler yapılması gerekmektedir.

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)

