

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GERÇEK ZAMANLI CBS İLE AFET YÖNETİMİ
UYGULAMA: MARMARA DENİZİ İÇİN GERÇEK ZAMANLI
TSUNAMİ UYARI SİSTEMİ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Okay ÖZDİLEK
501041614**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 07 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih: 13 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Sıtkı KÜLÜR (İ.T.Ü.)
Doç. Dr Fatma Gül BATUK (Y.T.Ü.)**

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Tarihin ilk çağlarından günümüze toplumlar ve çevre üzerinde ölümler, yaralanmalar, kayıplar, çevre sorunları gibi pek çok olumsuzluklara yol açan doğal afetler her zaman güncelliğini korumuştur. Gerçek Zamanlı CBS ile afet yönetimi adı altında gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında, günümüzün en ileri afet yönetim teknolojilerinden birisi olan gerçek zamanlı sistemler ve bunların CBS ile birleştirilmesi sonucu oluşturulan afet yönetim sistemleri incelenecektir. Buna ek olarak uygulama bölümünde Marmara Denizinde olası bir Tsunami tehlikesi değerlendirilecek ve bu tehlike için gerçek zamanlı bir CBS uyarı sistemine ihtiyaç olup olmadığı araştırılacaktır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında yol gösteren, çalışma süresince bilgi ve deneyimlerini paylaşan, çalışmanın her aşamasına katkı sağlayan Değerli Tez Danışmanım Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER'e;

Çalışma süresince bana destek ve yardımcı olan İÜ Denizel Çevre Anabilim dalı öğretim üyelerinden Doç. Dr. Cem GAZİOĞLU'na;

Bu çalışmanın ortaya çıkmasındaki katkıları için değerli hocam Y. Doç Dr. Şinasi KAYA'ya ;

Bu çalışmanın her aşamasında bana maddi ve manevi olarak destek olan, hoşgörüsünü esirgemeyen ve bu çalışmanın gerçekleşmesinde büyük emeği olan Arıyapı A.Ş. Ayazağa Yol ve Ortak Altyapı Şantiyesi çalışanlarına;

Hayatımın her aşamasında, yaptığım her işte sonsuz desteklerini, katkılarını, yol göstericiliklerini gördüğüm, her an yanımda olan, onlarla birlikte bir aile olmanın mutluluğunu ve gururunu duyduğum Anneme, Babama ve Kardeşime;

Sevgi ve Teşekkürlerimle...

Mayıs,2007

Okay ÖZDİLEK

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	1
2. CBS	5
2.1. CBS Bileşenleri	5
2.1.1. Donanım	6
2.1.2. Yazılım	6
2.1.3. Veri	6
2.1.4. İnsanlar	7
2.1.5. Yöntemler (metotlar)	7
2.2. CBS Çalışma Prensipleri	7
2.2.1. Vektör veri modelleri	8
2.2.2. Hücresel (raster) veri modelleri	8
2.3. CBS' de Temel İşlevler	9
2.3.1. Veri toplama	9
2.3.2. Veri yönetimi	9
2.3.3. Veri işleme	10
2.3.4. Veri sunumu	10
2.4. Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamaları	10
2.4.1 Network analizleri	10
2.4.2. Topoloji analizleri	11
2.4.3. Senaryo üretimi/yönetimi	11
2.4.4. Tematik (konulu) harita üretimi	11
2.4.5. Karar destek sistemleri	11
3. GERÇEK ZAMANLI SİSTEMLER	12
3.1. Gerçek Zamanlı Sistemlerin Sınıflandırılması	12
3.1.1. Donanım tabanlı sistemler	12
3.1.2. Yazılım tabanlı sistemler	13
3.1.3. Eş zamanlı sistemler (senkronize sistemler)	13
3.1.4. Eş zamanlı olmayan sistemler (senkronize olmayan sistemler)	14

3.2. Gerçek Zamanlı Sistemlerin Kullanım Alanları	14
3.2.1. CBS entegrasyonu gerektiren uygulamalar.....	14
3.2.2. CBS entegrasyonu gerektirmeyen uygulamalar.....	14
3.3. Gerçek Zamanlı Sistemler ve CBS Bütünleştirilmesi (Entegrasyonu)	14
3.3.1. Hareketli veri kaynakları.....	14
3.3.2. Sabit veri kaynakları	15
4. AFET	16
4.1. Doğal Afetler.....	20
4.1.1. Deprem.....	20
4.1.1.1. Deprem türleri	20
4.1.1.2. Depremlerin ölçümü	21
4.1.1.3. Depremlerin boyutu ve oluşum sıklığı.....	21
4.1.1.3. Depremlerin etkileri	21
4.1.1.3. Büyük depremler	22
4.1.2. Heyelan	25
4.1.2.1. Heyelana neden olan etkenler	26
4.1.2.2. Heyelan çeşitleri.....	27
4.1.3. Tsunami.....	29
4.1.4. Fırtına	30
4.1.5. Çığ.....	31
4.1.5.1. Çığın oluşumuna etki eden faktörler	31
4.1.5.2. Çığ tipleri	32
4.2. Teknolojik Afetler.....	33
4.2.1. Orman yangınları	33
4.2.2. Hava kirliliği	34
4.2.3. Su kirliliği	34
4.2.4. Erozyon	34
4.2.5. Salgın hastalıklar	34
5. DÜNYADA KULLANILAN GERÇEK ZAMANLI CBS VE AFET UYGULAMA ÖRNEKLERİ	36
5.1. Gerçek Zamanlı Sistemlerle Afetlerin İzlenmesi.....	36
5.2. Utah Hava Kirliliği İzleme Sistemi.....	36
5.3. Kaliforniya 50 Numaralı Otoyoldaki Aktif Kayaçın Görüntülenmesi.....	37
5.4. IRIS Sismik Monitör	39
5.5. Pasifik Tsunami Uyarı Sistemi	39
6. MARMARA DENİZİ İÇİN OLASI BİR TSUNAMİ MODELİ VE BU MODEL KULLANILARAK MARMARA DENİZİ İÇİN GERÇEK ZAMANLI AFET İZLEME SİSTEMİ DEĞERLENDİRİLMESİ	41
6.1. Tsunami Dalgaları.....	41
6.1.1. Dalga nedir? nasıl oluşur?	41

6.1.2. Tsunami nedir?.....	42
6.1.3. Tsunami dalgalarının diğer dalgalardan farkı nedir?.....	42
6.1.4. Tsunami dalgalarının oluşumu ve hareketi	44
6.1.5. Tsunami dalgasının aşamaları	45
6.1.6. Tsunami dalgasının aşamaları	45
6.1.6. Tarihte tsunami olayları	47
6.1.6.1 Dünyada tsunami olayları	47
6.1.6.2 Türkiye ve yakın çevresindeki tsunami olayları	49
6.2. Marmara Denizinin Batimetrisi.....	51
6.2.1. Batimetri tanımı	51
6.2.2. Batimetrimin dalga karakteristikleri ile ilişkisi.....	51
6.2.3. Marmara Denizi'nin batimetrik yapısı	52
6.2.4. Marmara Denizi'nde tsunami dalgası oluşum potansiyeli.....	53
6.3. Marmara Denizinde Olası Bir Tsunaminin Sonuçları.....	54
6.4. Marmara Denizi İçin Gerçek Zamanlı Uyarı Sistemi Değerlendirilmesi	65
6.4.1. Uygulamada kullanılan veri seti ve yazılımlar.....	65
6.4.2. Tsunami dalgalarının deniz batimetrisinden bağımsız olarak yerleşim merkezlerine varış sürelerinin hesabı.....	66
6.4.3. Tsunami dalgasının deniz batimetrisi kullanılarak yerleşim merkezlerine varış sürelerinin hesabı.....	67
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ.....	75

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 6.1	Türkiye Kıyılarında veya yakınlarında meydana gelmiş olan Tsunami dalgalarının sadece Marmara Denizi'ni Etkileyen Kısmı 49
Tablo 6.2	Sınıflandırılma Sonucu Su Basan bölgelerin Toplam Alanları ve Yüzdeleri 65
Tablo 6.3	Farklı Dalga Hızlarına Göre Tsunami Dalgalarının Yerleşim Merkezlerine Varış Süreleri 66
Tablo 6.4	Batimetriye Göre Hesaplanmış Dalga Hızlarına Göre Tsunami Dalgalarının Yerleşim Merkezlerine Varış Süreleri..... 69

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : CBS Bileşenleri	5
Şekil 4.1 : Afet Sınıflandırması	17
Şekil 4.2 : 1906 San Francisco Depremi	23
Şekil 4.3 : İzmit Depremi (17 Ağustos 1999).....	24
Şekil 4.4 : Heyelan	29
Şekil 4.5 : 26 Aralık Sumatra Tsunamisi Sonrası Kıyı Köyü.....	30
Şekil 4.6 : Fırtına Bulutları	31
Şekil 4.7 : Çığ.....	32
Şekil 4.8 : Orman Yangını.....	33
Şekil 5.1 : Utah Hava Kirliliği İzleme Sistemi.....	37
Şekil 5.2 : Kaliforniya 60 Numaralı Otoyolu Üzerindeki Kayaç.....	38
Şekil 5.3 : Gerçek Zamanlı Yer Değişimi Verisi.....	38
Şekil 5.4 : IRIS Sismik Monitör.....	39
Şekil 5.5 : Pasifik Tsunami Uyarı Sistemi.....	40
Şekil 6.1 : Deprem Sonucu Tsunami Oluşumu.....	44
Şekil 6.2 : Heyelan Sonucu Tsunami Oluşumu.....	45
Şekil 6.3 : Tsunami Dalgasında Sığlaşma Etkisi.....	46
Şekil 6.4 : Marmara Denizi Batimetri Modeli.....	53
Şekil 6.5 : Su Baskın Alanlarının Belirlenmesi.....	55
Şekil 6.6 : Bolayır Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	55
Şekil 6.7 : Şarköy-Mürefte Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	56
Şekil 6.8 : Gaziköy Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	56
Şekil 6.9 : Tekirdağ Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	57
Şekil 6.10 : Marmara Ereğlisi Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	57
Şekil 6.11 : Silivri-Selimpaşa Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	58
Şekil 6.12 : Büyükçekmece-Küçükçekmece Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	58
Şekil 6.13 : Yeşilköy-Eminönü Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	59
Şekil 6.14 : Kadıköy-Tuzla Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	59
Şekil 6.15 : Gebze Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	60
Şekil 6.16 : Çınarcık-Çiftlikköy Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı....	60
Şekil 6.17 : Armutlu Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	61
Şekil 6.18 : Gemlik-Mudanya Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	61
Şekil 6.19 : Yeniköy-Bayramdere Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.	62
Şekil 6.20 : Yeniköy-Bandırma Arasında Kalan Bölgedeki Tsunami Etki Alanı.....	62

Şekil 6.21	: Bandırma-Erdek Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	63
Şekil 6.22	: Marmara Adası Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	63
Şekil 6.23	: Türkeli ve Paşalimanı Adaları Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	64
Şekil 6.24	: Denizkent Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı.....	64
Şekil 6.25	: Yöntem 2 Akış Şeması.....	68
Şekil 6.26	: Batimetri Üzerinde Derinlik Noktaları ve Güzergah Belirlenmesi.....	68

GERÇEK ZAMANLI CBS İLE AFET YÖNETİMİ
UYGULAMA: MARMARA DENİZİ İÇİN GERÇEK ZAMANLI TSUNAMİ
UYARI SİSTEMİ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Günümüzde, bölgesel olarak değerlendirildiğinde Türkiye için en büyük risk olası yüksek şiddetli bir Marmara Depremi ve bunun doğuracağı sonuçlardır. Böyle bir depremin gerçekleşmesi durumunda başka afetlere de zemin oluşturması kaçınılmazdır. Marmara Denizi tabanında oluşacak bir toprak kayması ve bunun sonucunda oluşabilecek bir Tsunami bu depremin olası sonuçlarından sadece birisidir.

Gerçek zamanlı CBS Sistemleri İle Afet Yönetimi konulu bu çalışma iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde CBS, gerçek zamanlı sistemler ve afet olayları incelenmiş, İkinci bölümde ise Marmara Denizi'nde yüksek şiddetli bir deprem ve buna bağlı olarak oluşan toprak kayması sonucu gerçekleşmesi olası bir tsunaminin etki alanları ve bu olası tsunami için bir erken uyarı sistemine ihtiyaç olup olmadığı araştırılmıştır.

Uygulama aşamasında Marmara Denizi için oluşturulan tsunami modelinde olası en kötü durum kullanılmış, hesaplamalar bu durum seneryosuna göre yapılmıştır. Marmara Denizi'nde bir erken uyarı sistemine ihtiyaç olup olmadığının incelenmesi için ise modelde oluşan tsunami dalgalarının yerleşim birimlerine ne kadar sürede ulaşacağı iki farklı yöntemle hesaplanmış ve buna göre bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı afet yönetimi için geçerli olan erken uyarı sistemlerinin ve bu sistemlerin CBS ile bütünleştirilmesinin incelenmesi, ülkemizdeki ve dünyadaki durumun belirlenmesi ve Marmara Denizi için olası bir tsunami tehlikesi için gerçek zamanlı bir sistemin kullanılabilirliğinin bir uygulama oluşturarak değerlendirilmesidir.

REAL TIME DISASTER MANAGEMENT WITH GIS
CASE STUDY:EVOLUATION OF A REAL-TIME EARLY WARNING
SYSTEM FOR POTENTIAL TSUNAMIES IN THE MARMARA SEA

SUMMARY

At present, the maximum risk for Turkey is a possible high magnitude earthquake and its consequences which will be occurred in the Marmara Sea. If this earthquake is happened, occuring some other disasters are inevitable. One of the possible results of this eartquake is Tsunami, due to sliding a large amount of soil at the sea floor.

Disaster Management with real time GIS is the main issue of this study consist of two main sections.

In the first section GIS and real time systems and disaster are examined. In the second part, the necessary of a tsunami early warning system for Marmara Sea is discussed.

In the application phase the worst case scenerio is used for the calculation of the magnitude of the tsunami waves.Moreover, necessity of the early warning system is examined using two different methods which are used for calculation of the time that the tsunami waves reach the populated areas.

Aim of this study is investigation of early warning system which are important for disaster management and integration of these systems with GIS and determination of the current situation both in Turkey and the World. In the application phase, usability of a real time system for a possible Tsunami risk in the Marmara Sea is evaluated.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Tarihin ilk çağlarından günümüze toplumlar ve çevre üzerinde ölümler, yaralanmalar, kayıplar, çevre sorunları gibi pek çok olumsuzluklara yol açan doğal afetler her zaman güncelliğini korumuştur. Yazılı tarihin başlangıcından günümüze, sürekli büyük afetlere mekân olan Anadolu'da, güçlü krallıklar kuran medeniyetlerin birçoğu afetler sonucu yıkılmıştır. Kimi medeniyetler de afetlerden etkilenmemek için yerleşim yerlerini değiştirmiştir [1]. Anadolu'nun topoğrafik ve jeolojik yapısı ile iklim koşulları Türkiye'yi doğal afetler bakımından riskli konuma getirmektedir. Tarih boyunca gerek dünyanın, gerekse Türkiye'nin doğal afetler karşısında ödediği maddi ve manevi bedel çok ağır olmuştur. Türkiye'de sadece geçtiğimiz yüzyıl içerisinde kayıtlara geçen ve hasar yapan 158 deprem meydana gelmiş ve bu depremlerde 97.200 kişi hayatını kaybetmiş, 175.000 kişi yaralanmış ve 583.371 bina yıkılmış ya da ağır hasar görmüştür [2]. Bu nedenle de Türkiye ve benzeri doğal afet riski taşıyan ülkelerde doğal afetlerle mücadele ve afet yönetimi hayati önem taşımaktadır.

Günümüzde, bölgesel olarak değerlendirildiğinde Türkiye için en büyük risk olası yüksek şiddetli bir Marmara Depremi ve bunun doğuracağı sonuçlardır. Böyle bir depremin gerçekleşmesi durumunda başka afetlerde zemin oluşturması kaçınılmazdır. Marmara Denizi tabanında oluşacak bir toprak kayması ve bunun sonucunda oluşacak bir Tsunami bu depremin olası sonuçlarından sadece birisidir.

Marmara Bölgemizde yaşanan ve etkileri daha yıllarca sürecek, 17 Ağustos ve 12 Kasım depremleri toplum olarak bu türden felaketlere ne kadar hazır olduğumuzu ve nelerin eksik olduğunu bize göstermiştir.

Deprem sonrası Marmara Denizi'nin benzersiz jeomorfolojik ve tektonik özelliklerinin incelenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Gerçekleştirilen pek çok çalışma ile Marmara Denizi Dünyanın jeolojik ve jeofizik özellikleri iyi bilinen denizlerinden biri haline gelmiştir. Deprem sonrası felaketin boyutları ve tektonik özelliklerin mekanizması araştırılırken, İzmit Körfezi içinde Tsunami Dalgasının

oluşumu üzerine araştırmalar yapılmıştır [3-6]. Bu çalışmaların genel değerlendirmesi bizlere, İzmit Körfezi gibi yerel, göreceli sınırlı ve küçük havzalarda bile, etkisi az bile olsa Tsunami Dalgasının meydana gelebileceğini göstermiştir. 26 Aralık 2004 tarihinde Asya’ da meydana gelen Sumatra Depremi sonrası meydana gelen Tsunami dalgası felaketi, Marmara Denizi’nin tektonik özelliklerinin tekrar hatırlanmasına neden olmuştur. Marmara Denizi’nde yakın bir gelecekte şiddetli bir deprem beklenmektedir. Kıyılarda yapılan pek çok araştırma sonuçlarına göre tarihte tsunami dalgalarının olduğu yazılı olarak ve arazide kanıtları bulunmuştur. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile Marmara Denizi kıyılarında en fazla 6 metreyi bulabilecek tsunami dalgalarının oluşabileceğine dair bilgilere de ulaşılmıştır.

Marmara Bölgesi’nin tektonik özellikleri, afet yönetimi ve risk analizi gibi güncel kavramların, felaketlerin etkilerini azaltmak ve gerekli önlemleri almak amacıyla kullanılmalarında büyük önem kazanmıştır. Bunu yapabilmek için öncelikle risk altındaki yerler belirlenmeli, var olan ulusal kaynakların envanteri çıkartılmalı ve güncel teknolojilerle pratik öneriler sunulmalıdır. Riskin en aza indirilmesi için, tehlikelerin ve bu tehlikelere olan duyarlılığın belirlenmesi, mevcut risklerin derecelendirilmesi ve risk önemine göre hazırlık planlarının yapılması gerekir. Bu hazırlık planlarının içerisine erken uyarı sistemlerinin kurulması, halkın bilinçlendirilmesi, afet bilgi sistemlerinin kurulması gibi çalışmalar girer. Başta risk azaltıcı planların yapılması için, geçmişteki ve günümüzdeki verilerin birleştirilmesi ve gelişmelere göre bu verilerin güncellenmesi gereklidir.

Yukarıda ifade edildiği gibi afet yönetiminde önceden belirlenen risklerin değerlendirilmesi, bunlara yönelik zarar azaltma ve hazırlık çalışmalarının yapılmasında bütünleşik bir bilgi sisteminin kurulmasının önemi büyüktür. Bu bilgi sistemleri coğrafi bilgi sistemleri, uydu verileri, jeofizik veriler (sismik veriler, diri fay veri tabanı, paleosismoloji bilgi alt yapısı) ve coğrafi olmayan (bina özellikleri bilgisi, nüfus bilgisi) verilerin bir araya gelmesiyle oluşturulan veri tabanı yönetim sistemleridir.

Son yıllarda ortaya çıkan ve mekansal verilerin toplanması, işlenmesi, analizi, sunulması ve yönetiminden sorumlu olan Geomatik Mühendisliği (Geomatic Sciences-Engineering), tanımı gereği çok geniş alt bilim dallarına sahiptir (GIS: Geographic Information Systems; CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri), Uzaktan Algılama, Küresel Konumlandırma Sistemleri (GPS: Global Positioning Systems), Jeofizik,

Kartografya, Klimatoloji, Ölçme, vb.). Geçmişteki verilerin ve haritaların sayısal hale getirilmesi, bunu yaparken Kartografya başta olmak üzere Jeodezi ve Fotogrametri biliminden ve bu bilimin alt bilim dallarından faydalanılabilir. Günümüzdeki veriler için ölçme teknikleri ve GPS ile daha hassas konumsal doğruluğa ulaşılabilmektedir. Geomatik Mühendisliği, risk analizinde ve afet yönetiminde sağladığı geniş spektrumlu çalışma imkanı ile hassas ve doğru değerlendirme imkanını karar verici makamlara sunmaktadır.

Dünyanın en aktif fay sistemlerinden biri olan Kuzey Anadolu Fay (KAF) sisteminin Marmara Bölgesindeki varlığı ve bu durumun bölgede yarattığı tektonik özellikler sonucu olarak Marmara Denizi kıyıları üzerinde büyük riskler söz konusudur. KAF'm doğrultu atımlı bir fay özelliği taşıması nedeni ile tehlikeli Tsunami dalgalarının oluşması mümkün görünmemektedir. Fakat deprem sonrası oluşabilecek denizaltı heyelanları veya çamur akması gibi nedenlerle Tsunami dalgalarının oluşması mümkün görünmektedir. Bölgenin deprenselliğinden sonraki ikinci önemli afet ise Tsunami Dalgasının kıyılarda hasar yaratmasıdır.

Yapısı ve doğası gereği ile afetlerin engellenmesi genellikle mümkün değildir. Yapılması gereken afetlerin etkilerinin en aza indirilmesidir. Bunun için afet yönetim planlarının yapılması, çeşitli afetler için erken uyarı sistemlerinin kurulması ve aynı zamanda afet konusunun sürekli ve çeşitli şekillerde ele alınarak ilginin sürekli canlı tutulması gerekmektedir.

Afetlerin zararlarının en aza indirilmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan biri de erken uyarı sistemleridir. Günümüzde teknolojinin de gelişmesiyle beraber afet yönetiminde erken uyarı sistemleri ayrı bir önem kazanmıştır. Erken uyarı sistemlerinin özeliği afet etkisini göstermeden önce gerekli önlemlerin alınabilmesi için karar sistemlerine zaman kazandırmasıdır. Erken uyarı sistemleri sayesinde, oluşum süresine bağlı olarak kasırga, tsunami ve çığ gibi bazı afetlerin gelişiminin izlenerek bu afetlerin etkileyecekleri bölgeleri, oluşturacakları zararları öngörmek ve bu zararların en aza indirilebilmesi için çeşitli afet senaryoları oluşturabilmek mümkündür.

Erken uyarı sistemleri yapıları gereği gerçek zamanlı olarak çalışırlar. Buradaki "gerçek zaman" tanımı ile kastedilen sadece eşzamanlılık değil, sistemin belirli bir zaman değişkenine sahip olması ve bu değişkenin gerçekliğe uygun olmasıdır. Afet

için üretilen erken uyarı sistemlerinin bir başka yapısal gereksinimi de CBS ile bütünleştirilmesidir. Günümüzde üretilen tüm afet yönetim ve izleme sistemlerinin vazgeçilmez bileşeni CBS dir.

Bu çalışmanın amacı afet yönetimi için geçerli olan erken uyarı sistemlerinin ve bu sistemlerin CBS ile bütünleştirilmesinin incelenmesi, ülkemizdeki ve dünyadaki durumun belirlenmesi ve Marmara Denizi için olası bir tsunami tehlikesi için gerçek zamanlı bir sistemin kullanılabilirliğinin bir uygulama oluşturarak değerlendirilmesidir.

Bu çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk beş bölümü teoriye yönelik geriye kalan iki bölümü ise uygulamaya yöneliktir.

Bu amaçlar doğrultusunda çalışmanın 2. bölümünde CBS sistemlerinden, çalışma prensiplerinden ve CBS uygulamalarından bahsedilmiştir.

3. bölümde gerçek zamanlı sistemler hakkında bilgi verilmiş, gerçek zamanlı sistemlerin kullanım alanları ve CBS sistemleri ile bütünleştirilmesi işlenmiştir.

Çalışmanın 4. bölümü afet ile ilgilidir. Afet tanımı, sınıflandırılması ve günümüzde sıklıkla karşılaştığımız ve büyük hasarlara sebep veren afetler hakkında bilgi verilmiştir.

5. Bölümde gerçek zamanlı sistemlerle afetlerin izlenmesi ve dünyada kullanılan gerçek zamanlı CBS ve afet uygulama örnekleri incelenmiştir.

6. bölümde Marmara Denizi için bir Tsunami Modeli kullanılarak gerçek zamanlı sistem değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda bu bölüm içerisinde Tsunami dalgaları, Marmara Denizi'nin batimetrisi ve yapısı, Marmara Denizi'nde olası bir tsunaminin sonuçları ve Marmara denizinde gerçek zamanlı bir uyarı sisteminin işlevi değerlendirilmiştir

Son bölümde ise yapılan çalışma ile ilgili sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. CBS

Günümüzde CBS birçok farklı disiplinde ve birçok farklı uygulamada kullanılmaktadır. Kullanıcıların çok farklı disiplinlerden olması nedeniyle, CBS kavram da değişik şekillerde tanımlanmaktadır.

CBS, bazı araştırmacılara göre konumsal bilgi sistemlerin tümünü içeren ve coğrafi bilgiyi irdeleyen bir bilimsel kavram, bazılarına göre; konumsal bilgileri dijital yapıya kavuşturan bilgisayar tabanlı bir araç, bazılarına göre de; organizasyona yardımcı olan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak nitelendirilmektedir. Buna göre en genel haliyle CBS tanımı aşağıdaki şekildedir;

Coğrafi Bilgi Sistemleri; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik-olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir [8].

2.1. CBS Bileşenleri

CBS'nin beş temel bileşeni vardır. Bunlar; Donanım, Yazılım, Veri, İnsanlar ve Yöntemlerdir [9].



Şekil 2.1 : CBS Bileşenleri

2.1.1. Donanım

CBS'nin işlemlerini mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözüken bilgisayar yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Örneğin, yazıcı, çizici, tarayıcı, sayısallaştırıcı, veri kayıt üniteleri gibi cihazlar bilgi teknolojisi araçları olarak CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır. Bugün birçok CBS yazılımı farklı donanımlar üzerinde çalışmaktadır. Merkezileştirilmiş bilgisayar sistemlerinden masaüstü bilgisayarlara, kişisel bilgisayarlardan ağ donanımlı bilgisayar sistemlerine kadar çok değişik donanımlar mevcuttur [10].

2.1.2. Yazılım

Yazılım diğer bir deyişle bilgisayarda çalıştırılabilen program, coğrafik bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarıdır. Yazılımların pek çoğunun ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmesi yanında üniversite ve benzeri araştırma kurumlarınca da eğitim ve araştırmaya yönelik geliştirilmiş yazılımlar da mevcuttur. Dünyadaki CBS pazarının önemli bir kısmı yazılım geliştiren firmaların elindedir. Bu bakımdan günümüzde CBS bu tür yazılımlarla neredeyse özdeşleşmiş durumdadır. En popüler CBS yazılımları olarak Arc/Info, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass vb. verilebilir. Coğrafi bilgi sistemine yönelik bir yazılımda olması gereken temel unsurlardan bazıları şunlardır;

- ✓ Coğrafik veri/bilgi girişi ve işleme için gerekli araçları bulundurması,
- ✓ Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olmak,
- ✓ Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemek,
- ✓ Ek donanımlar ile olan bağlantılar için ara-yüz desteği olmasıdır [9].

2.1.3. Veri

CBS'nin en önemli bileşeni veridir. Grafik yapıdaki coğrafik veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. CBS konumsal veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Böylece birçok kurum ve kuruluşa ait veriler

organize edilerek konumsal veriler bütünleştirilmektedir. Veri, uzmanlarca CBS için temel öge olarak kabul edilirken, elde edilmesi en zor bileşen olarak ta görülmektedir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. Nitekim CBS'ye yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin yaklaşık %50 den fazlası veri toplamak için gerekmektedir [9].

2.1.4. İnsanlar

CBS teknolojisi insanlar olmadan sınırlı bir yapıda olurdu. Çünkü insanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve gelişme planları hazırlar. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını artırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir. Dolayısıyla coğrafi bilgi sistemlerinde insanların istekleri ve yine insanların bu istekleri karşılamaları gibi bir süreç yaşanır. CBS'nin gelişmesi mutlak suretle insanların yani kullanıcıların ona sahip çıkmalarına ve konuma bağlı her türlü analiz için CBS'yi kullanabilme yeteneklerini artırmaya ve değişik disiplinlere yine CBS'nin avantajlarını tanıtmakla mümkün olabilecektir. yaklaşık %50 den fazlası veri toplamak için gerekmektedir [10].

2.1.5. Yöntemler (Metotlar)

Başarılı bir CBS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani metotların geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir. Konuma dayalı verilerin elde edilerek kullanıcı talebine göre üretilmesi ve sunulması mutlaka belli standartlar yani kurallar çerçevesinde gerçekleşir. Genellikle standartların tespiti şeklinde olan bu uygulamalar bir bakıma kurumun yapısal organizasyonu ile doğrudan ilgilidir. Bu amaçla yasal düzenlemelere gidilerek gerekli yönetmelikler hazırlanarak ilkeler tespit edilir [9].

2.2. CBS Çalışma Prensipleri

CBS yeryüzüne ait bilgileri, coğrafi anlamda birbiriyle ilişkilendirilmiş tematik harita katmanları gibi kabul ederek saklar. Bu basit ancak konumsal bilgilerin

değerlendirilmesi açısından son derece güçlü bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, örneğin, dağıtım görevi üstlenmiş taşıma araçlarının en uygun yük dağıtımından, planlamaya dayalı uygulamalara ait detay kayıtlarına, atmosferdeki değişimlerin modellenmesine kadar birçok gerçek dünya probleminin çözümüne imkan sağlar

Coğrafik bilgiler, enlem-boylam şeklindeki coğrafi koordinat ya da ulusal koordinatlar gibi kesin değerleri veya adres, bölge ismi, yol ismi gibi tanımlanan referans bilgileri içerirler. Bu coğrafik referanslar objelerin konumlandırılmasına yani koordinatı bilinen bir pozisyona yerleştirilmelerine imkan sağlar. Böylece ticari bölgeler, araziler, orman alanları, yeryüzü kabuk hareketleri ve yüzey şekillerinin analizleri konuma bağlı olarak belirlenir. Coğrafik referans konumu belirlerken, konum verisi yani koordinat bilgisi seçilecek veri modeline bağlı olarak ifade edilir. Bu ifade şekli CBS’de iki farklı konumsal veri modeli biçimindedir. Bunlar vektör ve hücresel (raster) veri modelleridir [10].

2.2.1. Vektör Veri Modelleri

Vektör veri modelinde, nokta, çizgi ve poligonlar (x,y,z) koordinat değerleriyle kodlanarak depolanırlar. Nokta özelliği gösteren bir elektrik direği tek bir (x,y,z) koordinatı ile tanımlanırken, çizgi özelliği gösteren bir yol veya akarsu şeklindeki coğrafik varlık birbirini izleyen bir dizi (x,y,z) koordinat serisi şeklinde saklanır. Poligon özelliğine sahip coğrafik varlıklar, örneğin imar adası, bina, orman alanı, parsel veya göl, kapalı şekiller olarak, başlangıç ve bitişinde aynı koordinat olan (x,y,z) dizi koordinatlar ile depolanır. Vektörel model coğrafik varlıkların kesin konumlarını tanımlamada son derece yararlı bir modeldir. Ancak, süreklilik özelliği gösteren coğrafik varlıkların, örneğin toprak yapısı, bitki örtüsü, jeolojik yapı ve yüzey özelliklerindeki değişimlerin ifadesinde daha az kullanışlı bir model olarak bilinir [10].

2.2.2. Hücresel (Raster) Veri Modelleri

Hücresel ya da diğer bir deyişle hücresel veri modeli daha çok süreklilik özelliğine sahip coğrafik varlıkların ifadesinde kullanılmaktadır. Hücresel görüntü, birbirine komşu grid yapıdaki aynı boyutlu hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Hücrelerin her biri piksel olarak ta bilinir. Fotoğraf görüntüsü özelliğine sahip hücresel modeller, genellikle fotoğraf ya da haritaların taranması ile elde edilirler.

Vektör ve hücresele veri modellerinden biri genelde CBS uygulama biçimine göre tercih edilerek kullanılır. Ancak günümüzde her iki model aynı anda da kullanılabilir. Bu tür bir kullanım şekli CBS' de melez (hybrid) veri modeli olarak bilinmektedir [10].

2.3. CBS' de Temel İşlevler

Coğrafi bilgi sistemlerinin sağlıklı bir şekilde çalışması aşağıdaki 4 temel işlevlerin yerine getirilmesine bağlıdır. Bunlar; Veri Toplama, Veri Yönetimi, Veri İşlem ve Veri Sunumudur [10].

2.3.1. Veri Toplama

Coğrafi veriler toplanarak, CBS'de kullanılmadan önce mutlaka sayısal yani dijital formata dönüştürülmelidir. Verilerin kâğıt ya da harita ortamından bilgisayar ortamına dönüştürülmesi işlemi sayısallaştırma (digitizing) olarak bilinir. Modern CBS teknolojisinde bu tür işlemler büyük boyutlu projelerde tarama tekniği kullanılarak otomatik araçlarla gerçekleşir. Küçük boyutlu projelerde daha çok masa tipi sayısallaştırıcılar kullanılarak elle sayısallaştırma yapılabilir. Bugün birçok coğrafi veri CBS'ne uyumlu formatta hazır halde piyasada mevcuttur. Bunlar üretici firmalardan sağlanarak doğrudan kurulacak sisteme aktarılabilir [10].

2.3.2. Veri Yönetimi

Küçük boyutlu CBS projelerinde coğrafi bilgilerin sınırlı boyuttaki basit dosyalarda saklanması mümkündür. Ancak, veri hacimlerinin geniş ve kapsamlı olması, bunun yanında birden çok veri gruplarının kullanılması durumunda Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (DBMS) verilerin saklanması, organize edilmesi ve yönetilmesine yardımcı olur. Veri tabanı yönetim sistemleri bir bilgisayar yazılımı olup veri tabanlarını yönetir veya birleştirir. Birçok yapıda tasarlanmış veri tabanı yönetim sistemi vardır, ancak CBS için en kullanışlı ilişkisel veri tabanı sistemidir. Bu sistem tasarımında veriler tablo bilgilerinin elde edilmişindeki düşünce yapısına uygun olarak bilgisayar belleğinde saklanır. Farklı bilgiler içeren tabloların birbiriyle ilişkilendirilmesinde bu tablolardaki ortak sütunlar kullanılır. Bu yaklaşım basit fakat esnek bir tasarım olup, geniş çapta CBS uygulamalarında kullanılmaktadır. firmalardan sağlanarak doğrudan kurulacak sisteme aktarılabilir [10].

2.3.3. Veri İşleme

Bazı durumlarda özel CBS projeleri için veri çeşitlerinin birbirine dönüşümü veya irdelenmesi istenebilir. Verilerin sisteme uyumlu olması bunu gerektirebilir. Örneğin, konumsal bilgiler farklı ölçeklerde mevcut olabilir (yol verileri 1/100.000, nüfus dağılım verileri 1/10.000, bina verileri 1/1.000 gibi). Tüm bu bilgiler birleştirilmeden önce aynı ölçeğe dönüştürülmelidir. Bu dönüşüm görüntü amacıyla geçici olabileceği gibi bir analiz işlemi için sürekli ve kalıcı da olabilir. CBS, gerek bilgisayar ortamında obje üzerine imlecin tıklanması ile basit sorgulama kapasitesine, gerekse çok yönlü konumsal analiz araçlarıyla yönetici ve araştırmacılara istenen süreçte bilgi sunar. CBS teknolojisi artık coğrafi verileri istatistiksel grafikler ve “eğer olur ise..” (if conditions) şeklindeki mantık sorgulamaları ve senaryolar şeklinde irdelene aşamasına gelmiştir. CBS teknolojisi konumsal verilerin sorgulanması ve analizinde, yazılımlar sayesinde, birçok veri her türlü geometrik ve mantıksal işleme tabi tutulabilir [10].

2.3.4. Veri Sunumu

Görsel işlemler yine CBS için önemli bir işlemdir. Birçok coğrafi işlemin sonunda yapılanlar harita veya grafik gösterimlerle görsel hale getirilir. Haritalar coğrafi bilgiler ile kullanıcı arasındaki en iyi iletişimi sağlayan araçlardır. Kartografların uzun yıllardır harita üretmesine karşın, CBS kartografya biliminin hızlı gelişmesine de katkıda bulunan yeni ve daha etkili araçları sunmaktadır. Haritalar, yazılı raporlarla, üç boyutlu gösterimlerle, fotoğraf görüntüleri ve çok-ortamlı (multimedia) ve diğer çıktı çeşitleriyle birleştirebilmektedir [10].

2.4. Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamaları

2.4.1 Network Analizleri

Herhangi bir adres için en kısa yolun bulunması, Trafik yoğunluklarının dikkate alınıp en kısa sürede istenilen adrese gidilmesi için hangi güzergâhın seçilmesi, Bir şebeke üzerinde mevcut bir vananın kapatılması ile nerelerin su alamayacağı, Bir elektrik direğinde arıza meydana geldiğinde arızalar giderilinceye kadar nerelerin elektriklerinin kesileceği gibi analizlerin yapıldığı uygulamalardır [10].

2.4.2. Topoloji Analizleri

Grafik ve grafik olmayan bilgilerin bir amaca yönelik olarak sonuçlarının irdelenip yorumlanması gibi işlemlere topoloji (konumsal) analiz adı verilir. Farklı özellikteki harita bilgilerinin üst üste bindirilerek ilişkilendirilmesi, Havza koruma alanlarının oluşturulması, bir derenin 100m'lik mutlak koruma alanlarının belirlenmesi, Kamulaştırma işlemine tabi olacak arazilerin alan ve maliklerinin tespiti vb. uygulamalar konumsal analiz uygulamalarıdır [10].

2.4.3. Senaryo Üretimi/Yönetimi

CBS, coğrafi varlıkların çevreleriyle olan ilişkilerini de dikkate alarak bilgisayar ortamında oluşturacağı gerçek modellerle senaryo üretimi/yönetimi işlemlerini gerçekleştirme imkanına sahiptir.

Senaryo üretimi, deprem, su taşkını, erozyon gibi doğal olaylar ile, su havzalarının korunması vb önem arz eden konularda muhtemel etkilerin önceden tahmini ve gerekli önlemlerin alınması açısından büyük önem taşımaktadır. Görsel işlemler yine CBS için önemli bir işlemdir [10].

2.4.4. Tematik (Konulu) Harita Üretimi

Grafik ortamdaki objelerin veritabanındaki değerleri ile bağlantılı olarak konulu, görsel haritaların oluşturulmasıdır. Belediye sınırları içerisindeki konutların hangilerinin emlak vergisi, su ya da elektrik faturalarını ödeyip ödemediği harita üzerinde değişik renklerle gösterilmesi vb. görsel analizler bu fonksiyona örnek olarak verilebilir [10].

2.4.5. Karar Destek Sistemleri

Karar-destek sistemleri, ileri mühendislik modelleri, analiz teknikleri, karmaşık veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri CBS nin birlikte kullanıldığı bütünlük sistemlerden oluşmaktadır.

Bu sistemler, karar mercilerine su ve doğal kaynakların yönetiminde, büyük miktarda mekânsal veriyi (harita) kullanarak, oldukça kapsamlı ve disiplinler arası bir yaklaşım getirme olanağı sağlamaktadır [10].

3. GERÇEK ZAMANLI SİSTEMLER

Gerçek zamanlı sistemler, içinde buldukları durumu fiziksel bir zaman fonksiyonuna bağlı olarak algılayan ve buna göre tepki veren sistemlerdir.

Geçek zamanlı bir sistemde sonuç çıktısının tam doğru olması yeterli değildir, bu çıktının belli bir zaman aralığında çıkması gerekmektedir. Diğer bir ifade ile gerçek zamanlı sistem sadece algoritmaların mantıksal çıktılarına değil, çıktılarının meydana geldiği vakte de bağlı olan bir bilgi sistemidir.

Gerçek zamanlı sistemlerinin hepsi aynı değildir. ABS kesilme sistemini uçak motorundaki yanma enjeksiyon sistemini kontrol etmek veya MPEG dosyasının dekompresini veya canlandırmasını kontrol etmek aynı şey değildir. Birincisinde, icra zamanındaki küçük geciktirme bir insanın hayatını veya önemli hayati organlarının kaybetmesine neden olabilir. İkincisinde, sistemin kalitesinin kolayca alçalması görülmektedir (görüntü durabilir ve bazı resimler kaybolabilir). Sistemlerin birinci tipi “Donanım Tabanlı Gerçek Zamanlı Sistemler” olarak bilinir. İkinci tip sistemler ise “Yazılım Tabanlı Gerçek Zamanlı Sistemler” olarak adlandırılır.

3.1. Gerçek Zamanlı Sistemlerin Sınıflandırılması

Gerçek zamanlı sistemler oldukça yaygın sistemler olmalarından dolayı çok çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Fakat temel olarak gerçek zamanlı sistemler çalıştıkları ortam ve çalışma sistemleri açısından sınıflandırılabilir. Gerçek zamanlı sistemler çalıştıkları ortam açısından Donanım tabanlı ve yazılım tabanlı sistemler olarak, çalışma sistemleri bakımından ise eş zamanlı sistemler ve eş zamanlı olmayan sistemler olarak sınıflandırılabilir. Genellikle gerçek zamanlı sistemin dahil olacağı sınıf sistemi kullanılan gerçek zamanlı sistemin kullanılış amacına göre belirlenir.

3.1.1. Donanım Tabanlı Sistemler

Donanım Tabanlı sistemler genellikle hata toleransı çok düşük olması gereken sistemlerde kullanılır. Donanım tabanlı sistemler kendilerine özel olarak üretilmiş

sistemler ve donanımlar üzerinde çalışırlar. Zaman kısıtlaması bu tür sistemlerde büyük önem taşır. Genellikle insanlar için hayati önem taşıyan işlerde kullanılırlar. Araçlardaki ABS sistemleri , uçaklardaki yön bulma sistemleri, afet erken uyarı sistemleri donanım tabanlı gerçek zamanlı sistemlere iyi birer örnektir. Donanım tabanlı sistemleri tanımlayan dört ana karakteristik özellik bulunmaktadır.

- ✓ Donanım tabanlı sistemler eşzamanlı sistemlerdir
- ✓ Donanım tabanlı sistemlerde uyulamaya özgü donanımlar kullanılır
- ✓ Bu sistemlerde kullanılan veri setleri diğer sistemlerde kullanılan veri setlerine göre küçük boyuttadır.
- ✓ Donanım tabanlı sistemlerin çalışma ortamı genellikle doğal çevredir.

3.1.2. Yazılım Tabanlı Sistemler

Bilgisayarlar üzerinde çalışan programlardır, bu sebeple yazılım tabanlı sistemler adını almışlardır. Genellikle modelleme yapan gerçek zamanlı sistemler yazılım tabanlı sistemlerdir. Uygulamada zaman kısıtlaması olmayan ve hata toleransı yüksek sistemlerde kullanılırlar. Bilgisayarlarda kullanılan haberleşme programları (MSN,ICQ,Miranda) ve bilgisayarda üretilen birçok afet simülasyonu yazılım tabanlı gerçek zamanlı sistemlerdir. Yazılım tabanlı sistemleri tanımlayan dört ana karakteristik özellik bulunmaktadır. Bu özellikler;

- ✓ Bu sistemlerin eşzamanlı olma zorunluluğu yoktur,
- ✓ Yazılım tabanlı sistemlerde uygulamaya özgü donanıma ihtiyaç yoktur çalışma ortamı bilgisayardır,
- ✓ Sistemde kullanılan veri boyutları diğer sistemlere görece daha büyüktür.

3.1.3. Eş Zamanlı Sistemler (Senkronize Sistemler)

Veri transferi için bir zaman sınırlamasına sahip sistemlerdir.

- ✓ Askeri Hedef Sistemleri
- ✓ Araçlarda kullanılan ABS ve ASR gibi Sistemler
- ✓ Robotik Sistemler

Bu sistemlere örnek olarak gösterilebilir.

3.1.4. Eş Zamanlı Olmayan Sistemler (Senkronize Olmayan Sistemler)

Veri Transferi için bir zaman sınırlaması yoktur. Askeri Hedef Sistemleri

- ✓ Simülasyonlar
- ✓ Astronomik uygulamalar

Bu sistemlere örnek olarak gösterilebilir.

3.2. Gerçek Zamanlı Sistemlerin Kullanım Alanları

Gerçek Zamanlı sistemlerin kullanım alanları bu çalışmanın konusu açısından iki grup altında incelenebilir;

3.2.1. CBS Entegrasyonu Gerektiren Uygulamalar

Coğrafi olarak referanslanması şart olan uygulamalardır.

Gerçek zamanlı trafik görüntüleme, meteorolojik veri takibi, su sıcaklığı ve deniz yüzeyi ile ilgili uygulamalar, Astronomi ile ilgili uygulamalar, Havacılık uygulamaları, Denizcilik ve navigasyon uygulamaları. Doğalgaz ve içme suyu hatları gibi belediye hizmetlerinin takibi gibi uygulamalar CBS entegrasyonu gereken uygulamalardır.

3.2.2. CBS Entegrasyonu Gerektirmeyen Uygulamalar

Genellikle yazılım tabanlı ve coğrafi olarak referanslanması gerekmeyen uygulamalardır. Araçlarda kullanılan gerçek zamanlı sistemler (Ateşleme sistemi, ABS, ASR). Çeşitli Bilgisayar uygulamaları (Video konferans, uzaktan erişim sistemleri, MSN, ICQ gibi mesajlaşma servisleri), Evlerde kullanılan çeşitli gereçler.

3.3. Gerçek Zamanlı Sistemler ve CBS Bütünleştirilmesi (Entegrasyonu)

Gerçek Zamanlı Sistemlerin CBS ile birleştirilmesi, veri kaynağının sabit veya hareketli olmasına göre iki farklı şekilde incelenebilir.

3.3.1. Hareketli Veri Kaynakları

Hareketli veri kaynaklarının gerçek zamanlı uygulamalarda kullanıldığı durumlarda, genellikle CBS birleşimi için GPS kullanılır.

3.3.2. Sabit Veri Kaynakları

Sabit veri kaynaklarının kullanıldığı durumlarda, iki yöntem geçerlidir. Hareketli veri kaynaklarında olduğu gibi GPS kullanılabilir veya istasyon konumları bir veri tabanında değerlendirilerek bu veri tabanı üzerinden çalışılabilir.

4. AFET

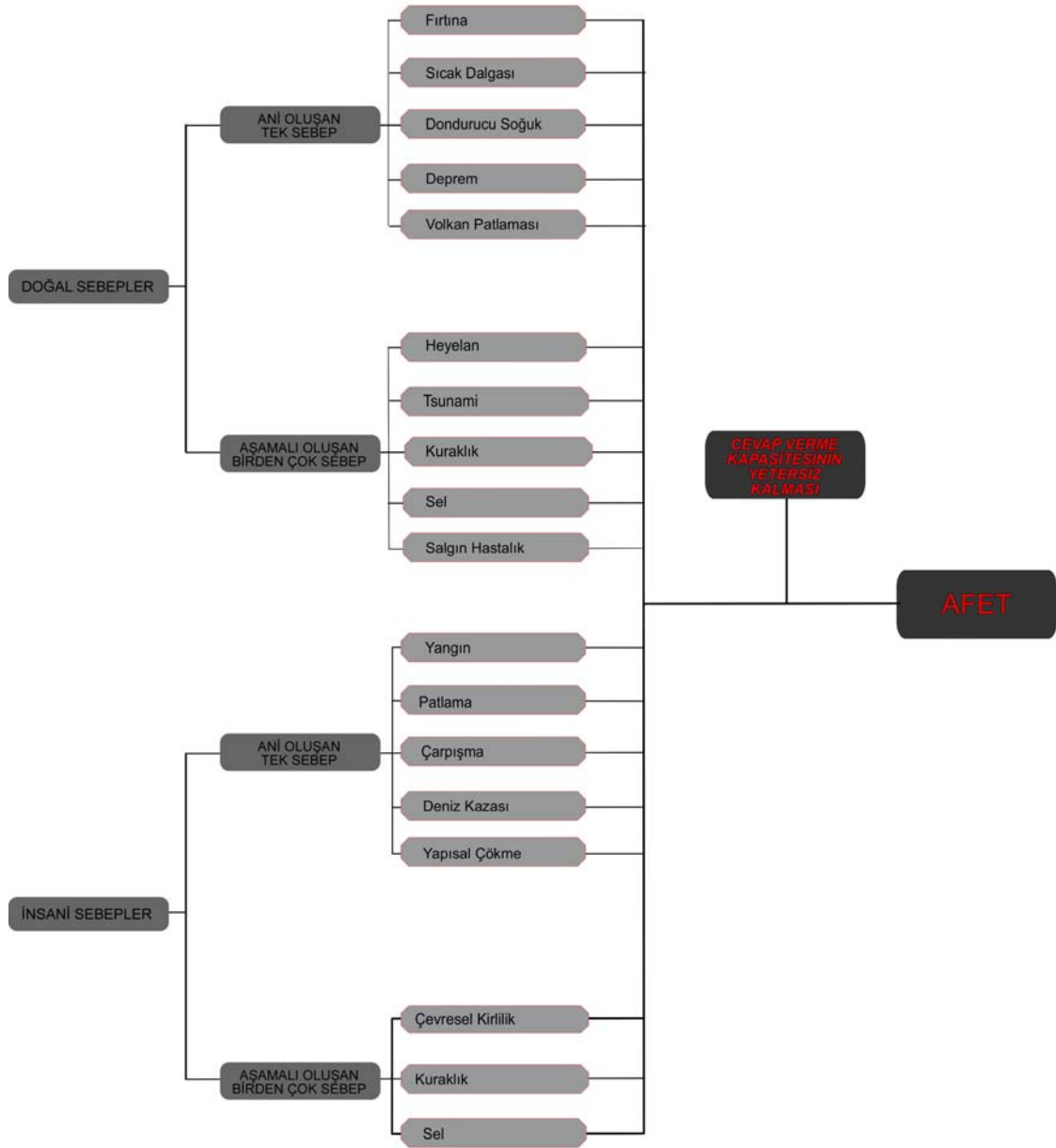
Afet olayları genel olarak doğal ve teknolojik afetler olarak iki alt başlıkta ele alınmaktadır. Deprem, heyelan, su baskını, kaya düşmesi, fırtına, volkan patlaması, kuraklık gibi olaylar doğal afetler; nükleer kazalar, kimyasal patlama ve yangınlar, çevre kirliliği, sera etkisi gibi olaylar ise teknolojik afetler kapsamında değerlendirilir. Bunun dışında, oluşma aşamalarına göre ani oluşan ve aşamalı oluşan afetler olarak sınıflandırabiliriz.

Afet ile ilgili olarak günümüzde pek çok tanım yapılmıştır. En genel tanımla afet; insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen doğal, teknolojik veya insan yapısı kökenli olaylara denilmektedir [8]. Bir başka tanımla afet; çoğunlukla negatif unsurlar içeren, sosyal, siyasal, ekonomik ve doğal yaşamda uzun dönemli etkilere neden olan, ani şekilde ortaya çıkan, kolay şekilde önlenemeyen, insanları ve belirli bir bölgeyi etkisi altına alan olaylardır [11].

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı üzere, doğal, teknolojik veya insani bir olayın afet sonucunu doğurabilmesi için, insan toplulukları ve insan yerleşmeleri üzerinde kayıplar meydana getirmesi ve insan faaliyetlerini bozarak veya kesintiye uğratarak bir yerleşme birimini etkilemesi gerekmektedir. Ancak genel olarak herhangi bir doğa olayının ne zaman afet olarak nitelenebileceği önemli sorundur. Bu konudaki genel yaklaşıma göre, ‘belirli parasal değer in üstünde yıkım ya da tahribat’ ve ‘belirli sayının üstünde ölüm ve yaralanma’ olduğu takdirde bu durum afet olarak nitelendirilmektedir.

Afet, tanımı ve türleri itibarı ile farklı kategorilerle, gruplarla tanımlanmıştır. Literatürde ayrımlara rastlanmasının temel nedeni budur [12]. Sınıflandırma açısından afetleri; doğal afetler ve yapay (insani) afetler [13], ani gelişen ve yavaş gelişen afetler [14]; doğal, insan kaynaklı ve teknolojik afetler olarak sınıflayan tanımlamalar bulunmaktadır. Şekil 4.1’de bu ayrımları bir çatı altında toplayan sınıflama ayrıntısı ile verilmiştir. Afet türleri ve sınıflandırmaları yukarıda

sıraladığımız kadar değildir. Ancak afet konusunun ne kadar büyük çalışma gerektirdiğini gözler önüne sermesi açısından önemlidir. Şekil 4.1’de belirtilen bu afet türleri toplu olarak değerlendirildiğinde 1900’den günümüze dünyada, yaklaşık, bir buçuk milyon kişi depremlerden, üç milyon kişi sel ve kasırgalardan, 400.000 kişi ise diğer afetlerden dolayı yaşamını yitirmiş ve bir o kadarı da sakat kalmıştır [13]. Bu nedenle afet kuşağı içinde yer alan toplumlar her zaman afet olabilir düşüncesi ile gerekli önlemleri, uzun vadeli ya da kısa vadeli, vakit kaybetmeden mutlaka almalıdır.



Şekil 4.1 : Afet Sınıflandırması

Afet kayıplarının artmasının başlıca nedenleri şunlardır:

- ✓ Dünya nüfusunun hızla artması. Dünya nüfusu arttıkça insanlar afetlere maruz bölgelerde daha çok yerleşmeye devam etmekte, bu nedenle ortaya çıkan bir afetten daha çok nüfus etkilenmektedir.
- ✓ İnsanoğlu günümüzde daha fazla değer üretmesi, daha değerli şeyler yapması ve arazi üzerine inşa etmesi. Dolayısıyla afetlerin etkilediği değerler gün geçtikçe artmaktadır.
- ✓ Gelişmeyle birlikte, ne yazık ki, doğanın tahribatının da hızlanması. Doğa tahribatı dolaylı olarak afetlerin oluşmasına neden olmakta ya da oluşan bir afetin etkisinin daha da çoğalmasına zemin hazırlamaktadır.
- ✓ Afetlere karşı dayanıksız yapılaşmanın sürmesi. Bu Türkiye için son derece önemlidir ve şu gerçek kabul edilmelidir ki ülkemizde dayanıksız yapılaşma halen sürmektedir.
- ✓ İletişimin artmasıyla dünya üzerinde olan bir afetten anında haber alınması ve bir şekilde etkilenmemiz.

Afet olarak nitelendirilen olgunun, gerçek anlamda afet olup olmadığını ortaya koymak için herkesin üzerinde anlaştığı temel özellikler bulunmamaktadır. Kimi ülkelerde ortaya çıkan bir olgu afet olarak nitelendirilirken, aynı olgunun başka ülkede baş göstermesi afet olarak nitelendirilmemektedir. Ülkemizde meydana gelen 6 şiddetinden yüksek bir deprem afet niteliği kazanırken, aynı şiddette depreme maruz kalan Japonya da bu deprem afet olarak nitelendirilmemektedir. Bu bakımdan afet yaratan olgunun özelliklerinden hareket ederek, genel kanaat oluşturmak yerine, meydana gelen sonuçlar bakımından değerlendirme yapılması daha akılcı yaklaşım olacaktır [12].

Normal zamanlarda yaşamın doğası gereği etkin olarak işleyen insanlar, kurumlar ve diğer unsurları afet tarafından yaşanan olağan dışılık sırasında her zaman etkin olarak işleyememektedir. Normale dönme gereksinimi, afet müdahalelerinin afet henüz gerçekleşmeden yapılmasını gerektirir [8].

Genelde afet yönetimi, dört ana aşamaya ayrılmaktadır [8]. Bunlar;

- ✓ Zarar Azaltma ,
- ✓ Önceden Hazırlık
- ✓ Kurtarma ve İlk Yardım
- ✓ İyileştirme ve yeniden inşa aşamalarıdır.

Zarar azaltma aşamasında alınan önlemlerle olayların durdurulması veya önlenmesi her zaman mümkün olmayacağı için, önceden hazırlık aşamasında da insan canı ve malı ile milli servetleri afetlerin yıkıcı etkilerinden koruyacak bazı faaliyetlerin yürütülmesi zorunlu olmaktadır. Bu faaliyetler arasında;

- ✓ Merkezi düzeyde afet yönetimi ile ilgili planların hazırlanması ve geliştirilmesi,
- ✓ İl düzeyinde “Kurtarma ve Acil Yardım Planlarının” hazırlanması ve geliştirilmesi,
- ✓ Bu planlarda görev ve sorumluluk verilen personelin eğitim ve tatbikatlarla bilgi düzeylerinin geliştirilmesi,
- ✓ Gerektiğinde bölge teçhizat merkezleri kurulması ve kritik malzemelerin stoklanması,
- ✓ Alarm ve erken uyarı sistemlerinin kurulması, işletilmesi ve geliştirilmesi gibi ana faaliyetlerin yürütülmesi gerekmektedir [8].

Önceden hazırlık aşamasındaki faaliyetler zarar azaltma aşamasında belirtilen faaliyetlerle iç içe girmişlerdir. Bu aşamadaki faaliyetler sadece afetin alarm süresi içerisinde yapılan kısa süreli faaliyetleri değil olayın yıkıcı etkilerini azaltacak ve insan canı, malı ve milli servetleri koruyacak uzun ve kısa süreli birçok faaliyeti de kapsamaktadır [8]:

- ✓ Halkın afetlere karşı hazırlıklı olmasını sağlayacak geniş kapsamlı halk eğitimi faaliyetlerinin yoğunlaştırılması,
- ✓ Kritik yapıların onarım ve güçlendirme işlemlerinin yapılması,
- ✓ Yapılan her türlü çalışmanın sağlık bir biçimde devam ettirilmesi için ulusal afet bilgi sistemlerinin kurulması ve geliştirilmesi.

4.1. Doğal Afetler

Doğal afet en yalın hali ile “Doğadan kaynaklanan bir olayın zarar verecek biçimde güçlü hali. “ olarak tanımlanabilir. İnsanlığa en çok zarar veren ve en sık görülen doğal afetler; Deprem, heyelan, tsunami, fırtına ve çığ olarak sıralanabilir.

4.1.1. Deprem

Depremler şehirlerde büyük maddi hasara sebep olabilirler. 1906 depreminden sonra San Francisco şehri. Deprem, yer kabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayı.

Deprem, insanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın da oynayacağını ve üzerinde bulunan tüm yapıların da hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır.

Depremın nasıl oluştuğunu, deprem dalgalarının yeryuvarı içinde ne şekilde yayıldıklarını, ölçü aletleri ve yöntemlerini, kayıtların değerlendirilmesini ve deprem ile ilgili diğer konuları inceleyen bilim dalına “Sismoloji” denir [20].

4.1.1.1. Deprem Türleri

Depremler oluş nedenlerine göre değişik türlerde olabilir. Depremlerin büyük bir bölümü yukarıda anlatılan biçimde oluşmakla birlikte az miktarda da olsa başka doğal nedenlerle de olan deprem türleri bulunmaktadır. Yer kabuğunu oluşturan levhaların hareketi sonucu olan depremler genellikle “Tektonik” depremler olarak nitelenir ve bu depremler çoğunlukla levhalar sınırlarında oluşurlar. Yeryüzünde olan depremlerin %90’ı bu gruba girer. Türkiye’de olan depremler de büyük çoğunlukla tektonik depremlerdir. İkinci tip depremler “Volkanik” depremlerdir. Bunlar volkanların püskürmesi sonucu oluşurlar. Yerin derinliklerinde ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bunlar da yanardağlarla ilgili olduklarından yereldirler. Japonya ve İtalya’da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Türkiye’de aktif yanardağ olmadığı için bu tip depremler olmamaktadır [18].

Bir başka tür depremler de “Çöküntü” depremlerdir. Bunlar yer altındaki boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşluklara tavan bloğunun çökmesi ile oluşurlar. Hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır fazla zarar getirmezler. Büyük heyelanlar ve gökten düşen meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir[18].

Odağı deniz dibinde olan derin deniz depremlerinden sonra, denizlerde kıyılara kadar oluşan ve bazen kıyılarda büyük hasarlara neden olan dalgalar oluşur ki bunlara “Tsunami” denir [19].

4.1.1.2. Depremlerin Ölçümü

Sismologlar depremi çıplak gözle ve doğrudan gözlemleyemediklerinden bazı sayısal verileri veya çeşitli ölçümleri esas alarak depremleri analiz ederler. Bu yüzden temel olarak birbirinden farklı ama eşit derecede önemli iki ölçüm sistemiyle depremleri analiz ederler: büyüklük ve şiddet. Bir depremin sahip olduğu enerji, büyüklük sistemiyle, herhangi bir noktadaki sarsıntı yoğunluğu ise şiddet sistemiyle ölçülür [18].

4.1.1.3. Depremlerin Boyutu ve Oluşum Sıklığı

Dünyanın pek çok bölgesinde hergün küçük depremler olmaktadır, hatta ABD’deki Alaska ve California’da, Endonezya’da veya Japonya’da bir gün içinde birden çok sayıda deprem olmaktadır. Büyük depremler ise daha az görülmektedir. İngiltere yapılan hesaplamalar şu sonucu ortaya çıkarmıştır:

Dünyadaki depremlerin %90’ı ve büyük depremlerin ise yaklaşık %80’i Büyük Okyanus Bölgesi’nde meydana gelmektedir [18].

4.1.1.3. Depremlerin Etkileri

- ✓ Camlar kırılabilir
- ✓ Binalar çökebilir
- ✓ Yangınlar çıkabilir
- ✓ Tsunamiler görülebilir
- ✓ Heyelanlar görülebilir

- ✓ Salgın hastalıklar görülebilir
- ✓ Temel gıda maddelerinin ve temel ihtiyaçların temininde zorluklar yaşanabilir
- ✓ Ruhsal ve psikojik zarar görebilir.
- ✓ Ölümler olabilir

4.1.1.3. Büyük Depremler

İstanbul - Küçük Kıyamet, 1509 Büyük İstanbul Depremi;

Marmara Denizi'nde Adalar yakınlarında 10 Eylül 1509'da olmuş bir depremdir. Depremın büyüklüğü ve yarattığı ağır hasar sebebiyle halk arasında Küçük Kıyamet olarak adlandırılmıştır [15].

Depremde 160.000 nüfus ve 35.000 yerleşim birimi bulunan İstanbul'da içinde Osmanlı hanedanının bazı üyelerinde bulunduğu 4000'den fazla kişi ölmüş, 1000 tane ev tamamen yıkılmıştır.

Deprem sırasında İstanbul'da; şehir surları, Edirnekapı, Silivrikapı, Yedikule, İshak Paşa Kapısı, Topkapı Sarayı, Fatih Camisi, Anadolu Hisarı, Yoros Kalesi, Boğaziçi, Heybeliada, Burgazada, Silivri, Rumeli Hisarı, Kızkulesi, Haliç, Galata ve Pera'da ağır hasarlar ve önemli yıkımlar gözlemlenmiş, birçok kervansaray, hamam, mescit yıkılmıştır .

İstanbul ve Pera'nın bazı bölgelerinde, yerde yarılmalar, su ve kum fişkirmaları oluşmuştur. Zelzele tsunami oluşturmuş şehir surların, Galata ve İstanbul'daki birçok duvarı aşmış ve hasar oluşturmuştur. Bu duvarlara yakın olan bazı evlerin denize battığı görülmüştür.

Deprem Edirne, Gelibolu, İznik'te de önemli hasarlar meydana getirmiştir. Yunanistan'dan Mısır-Nil Deltası'na ve hatta Avusturya'yı da kapsayan geniş bir bölgede hissedilmiştir [15].

Lizbon Depremi (1755) ;

60.000 ila 90.000 insanın öldüğü bu depremde şehrin yaklaşık yüzde seksen beşi yıkıldı. [16]

İstanbul - 1766 Büyük İstanbul Depremi ;

1766 Büyük İstanbul Depremi, Marmara Denizi'nin doğusunda 22 Mayıs 1766 Perşembe sabahı olmuş bir büyük bir depremdir. Deprem İzmit'ten Tekirdağ'a kadar uzanan geniş bir alanda etkili olmuştur. Tsunami yaratmış, bu alanda önemli hasarlar meydana gelmiştir. 4.000'den fazla kişi ölmüştür.

İstanbul'da; Topkapı Sarayı, Fatih Sultan Mehmet Camii, Yedikule, Eğrikapı, Edirnekapı, şehir surlarında ağır hasar, Galata ve Pera, Kapalıçarşı, Ayasofya ve diğer camilerde hasar meydana gelmiştir.

Deprem, Marmara'nın doğusunu önemli ölçüde etkilediğinden İzmit'te ve Karamürsel'de ağır hasarlar gözlenmiş, tsunami dalgaları limanları kullanılamayacak hale getirmiştir.

Galata, Boğaziçi ve Mudanya kıyılarında deniz seviyesinde yükselmeler gözlenmiş ve Marmara Denizi'ndeki küçük adacıklar yarı-yarıya sular altında kalmıştır. Deprem Bozcaada, Selanik, İzmir ve güney Balkanlarda da hissedilmiştir.[17]

San Francisco Depremi (1906) - Büyüklüğü 7.7-8.3 arasında.

Deprem ve sonrasında çıkan yangın büyük hasara sebep olmuştur. (Şekil 4.2)



Şekil 4.2 : 1906 San Francisco Depremi

Erzincan Depremi (1938)

8.7 büyüklüğündeki depremde 40.000'e yakın insan ölmüştür.

Büyük Meksika Depremi (1985). 8.1 büyüklüğünde.

Ermenistan Depremi (1988)

Erzincan Depremi (13 Mart 1992)

6.9 büyüklüğündeki depremde 3.500'e yakın insan ölmüştür.

İzmit Depremi (17 Ağustos 1999)

17 Ağustos 1999 depremi, 17 Ağustos 1999 sabahı, yerel saatle 03:02'de, merkezi Kocaeli-Gölcük olan, Richter ölçeğine göre M_w 7.4 büyüklüğünde gerçekleşen, büyük çapta can ve mal kaybına neden olan deprem. Deprem tüm Marmara Bölgesinde, Ankara'dan İzmir'e kadar geniş bir alanda hissedildi. Resmi raporlara göre, 17.480 ölüm, 43.953 yaralı olmuştur. Resmi olmayan bilgilere göre ise yaklaşık 50.000 ölüm, ağır-hafif 100.000 e yakın yaralı olmuştur. Ayrıca 133.683 çöken bina ile yaklaşık 600.000 kişiyi evsiz bırakmıştır. Yaklaşık 16.000.000 insan depremden değişik düzeylerde etkilenmiştir [18]. Bu nedenle Türkiye yakın tarihini derinden etkileyen en önemli olaylardan biridir. Deprem gerek büyüklük, gerek etkilediği alanın genişliği, gerekse sebep olduğu maddi kayıplar açısından son yüzyılın en büyük depremlerinden biridir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : İzmit Depremi (17 Ağustos 1999)

Depremi merkezi, 40.70 enlem, 29.91 boylam üzerinde bulunmaktadı. Deprem, 45-50 saniye sürmüştür [18].

Düzce Depremi (12 Kasım 1999)

Merkez üstü Bolu'nun Düzce ilçesinde 12 Kasım 1999 Cuma günü saat 18.57'de aletsel büyüklüğü 7.2 şiddetinde bir deprem meydana geldi. Deprem merkez üssü Düzce ve çevresinde yıkıma yol açtı. 30 saniye süreyle etkili olan deprem, pek çok ilde hissedildi

Başbakanlık Kriz Yönetim Merkezi'nin açıklamasına göre, ölü sayısı 845, yaralı sayısı 4948. Depremde hasar gören ve derhal yıkılması gereken bina sayısı 3395, yıkık ya da ağır hasarlı ev sayısı 12939, iş yeri sayısı ise 2450'dir [19].

Chi-Chi Depremi (1999)

Bakü Depremi (2000)

Gucerat Depremi (2001)

Dudley Depremi (2002)

Hint Okyanusu Depremi (2004) 9.1-9.3 büyüklüğünde kaydedilen en şiddetli depremlerden biri.Yarattığı tsunamilerle birlikte 229.000'in üzerinde insanın ölümüne sebep oldu.

Sumatra Depremi (2005)

Keşmir Depremi (2005) 80.000'e yakın insanın ölümüne sebep oldu.

Cava Depremi (2006)

9.7 büyüklüğünde meydana gelmiştir. Yaklaşık 70.000 kişi ölmüştür.

4.1.2. Heyelan

Heyelan ya da Toprak kayması, zemini kaya veya yapay dolgu malzemesinden oluşan bir yamacın yerçekimi, eğim, su ve benzeri diğer kuvvetlerin etkisiyle aşağı ve dışa doğru hareketidir.

Kayalardan, döküntü örtüsünden veya topraktan oluşmuş kütlelerin, çekimin etkisi altında yerlerinden koparak yer değiştirmesine Heyelan denir. Bazı heyelanlar büyük bir hızla gerçekleştikleri halde bazı heyelanlar daha yavaş gerçekleşirler. Heyelanlar yer yüzünde çok sık meydana gelen ve çok yaygın bir kütle hareketi çeşididir ve

aşınmada önemli rol oynarlar. Büyük heyelanlar aynı zamanda topografyada derin izler bırakırlar. Türkiye’de en fazla görülen yerler Karadeniz Bölgesi’nde özellikle Doğu Karadeniz şerididir.

4.1.2.1. Heyelana Neden Olan Etkenler

Kuvvetli Eğim; Eğimlerin fazla olduğu sahalarda heyelan riski artmaktadır. Bazı sahalarda fay yamaçları dik eğimlerin oluşmasına neden olarak heyelanları kolaylaştırırlar. Yine insanlar kanallar ve yollar açarak ya da yol ve maden kazılarından çıkan toprakları denge açısına erişmiş bulunan yamaçlar üzerine atarak heyelan oluşumuna neden olan koşulları hazırlarlar. Gevşek unsurların denge açısını her hangi bir nedenle aştığı durumlarda heyelan oluşur.

Su İle Doygunluk; Heyelanlar yağışlı veya zeminin ıslak olduğu mevsimlerde meydana gelirler. Şiddetli veya devamlı yağmurlar yahut karların erimesi, kayaların içine bol miktarda suyun sızmasına olanak verir. Bunun sonucunda plastisite ve likidite sınırlarına erişilir ve herhangi bir nedenle oluşan sarsıntı sonucunda heyelan meydana gelir. Su, ayrıca denge açısını küçülterek, ağırlığı arttırarak ve sürtünmeyi azaltarak heyelanı kolaylaştırır.

Kaya Yapısı; Plastisite, likidite sınırları malzemenin yapısına sıkı bir şekilde bağlıdır. Çeşitli kil türlerinde plastisite birbirine yakın ancak likidite değerleri birbirinden çok farklıdır. Örneğin bu bakımdan en düşük değeri gösteren kaolin kili, en az su ile likidite sınırına erişen yani heyelana en uygun olan kil türüdür.

Çeşitli depolarda az ya da çok kil vardır. Bunun oranı ve türü heyelan olayını arttıran ya da azaltan yani heyelanların yayılış alanlarını belirleyen başlıca faktörlerden birisidir. Bu nedenle killi formasyonların, fliş, marn ve tuf gibi depoların yaygın olduğu sahalarda heyelan çok fazla görülür. Buna karşılık kalker ve bazalt gibi kayalarda heyelan seyrek görülmektedir.

Tektonik Yapı; Tektonik yapı ile heyelan arasında çok sıkı bir ilişki vardır. Tabakaların yamaç eğimine paralel olarak dalmaları, heyelanları kolaylaştırır. Özellikle tabakalar arasında killi bir seviyenin varlığı önemli rol oynar. Kar veya yağmur sularının toprağa sızması sonucunda plastik veya likit hale geçen kil tabakasının üzerindeki kütleler çekim gücüne uyarak, toptan aşağıya doğru

kayabilirler. Kayaların diyaklazlarla derin ve sık bir şekilde parçalanmış olması da heyelanı kolaylaştıran koşullar arasında sayılabilir.

Heyelanlar, yukarıda sayılan nedenlerin birisi veya birkaçının etkisiyle oluşurlar ve bazen topografyada çok önemli değişikliklere neden olurlar. Kayan kütlelerin koptuğu yerde genellikle hilale benzer bir kopma yarası oluşmaktadır. Buradan ayrılan maddeler genellikle akış hareketini andıran şekiller gösteren ve çoğu kez üzerinde kapalı çanakçıklar bulunan bir yığın halinde aşağıya doğru yer değiştirirler ve heyelan kütlelerinin gövdesini oluştururlar.

Bu kütle bazen bir akarsuyun yatağını tıkayarak bir Heyelan Seti Gölü oluşmasına yol açar. Örneğin Tortum Gölü, heyelanla Tortum vadisinin tıkanması sonucunda meydana gelmiştir. Ayrıca heyelanlar sonucunda, yamaçlarda taraçalara benzer basamaklar oluşabilir.

4.1.2.2. Heyelan Çeşitleri

Genel olarak heyelan terimi ile açıklanan bu hızlı kütle hareketleri asıl heyelanlar, göçmeler ve toprak kaymaları olmak üzere üç tipe ayrılabilirler.

Asıl heyelanlar; Bunların oluşumunda su, hazırlayıcı bir rol oynar. Fakat asıl heyelan kütleleri, su ile hamurlaşmış halde değildir. Kuru bir kütle halinde, fakat kaymaya uygun bir zemin üzerinde yer değiştirmiştir. Bu tip heyelanlar ülkemizde sık sık oluşurlar. Bu heyelanların en büyük olanları, genellikle bol yağışlı ve dik eğimli sahalarda, özellikle kuvvetle yarılmış, nemli ve litoloji bakımından da elverişli olan Kuzey Anadolu dağlık alanında oluşmuştur. Geyve, Ayancık, Sinop çevresi, Maçka, Of-Sürmene ve Trabzon-Sera heyelanları bunların başlıcalarındandır.

Sera Heyelanı, Trabzon şehrinin 10 km kadar batısında Sera Köyü yakınlarında 1950 yılında oluşmuştur. Heyelanın oluşmasından bir hafta kadar önce, Sera vadisinin dik yamaçlarında derin yarıklar oluşmuş, topografya küçük ölçüde bazı değişikliklere uğramıştır. Fakat asıl heyelan, birkaç dakika gibi kısa bir zaman içinde ve şiddetli bir gürültü ile birlikte oluşmuştur.

Bir kısmı akış şekilleri gösteren, fakat asıl olarak kayma yüzeyleri boyunca yer değiştiren kütlelerin ortalama uzunluğu 650 m. genişliği 350 m., kalınlığı ise 65 m. kadardır. Böylece Sera heyelanı sonucunda 15 milyon m³ hacminde kaya ve döküntü yer değiştirmiştir. Bu heyelan kütleleri Sera deresinin vadisini tıkamış ve burada 4 km.

uzunluğunda, ortalama 150 m. genişlikte ve 55 m. derinliğinde oldukça büyük bir set gölü oluşmuştur.

Araştırmalar, bu heyelanın oluşumunda normalden daha fazla yağışlı geçen kış mevsimi ile karların hızla erimesine neden olan Föhn karakterinde güney rüzgarlarının etkisi olduğunu göstermektedir. Bu yolla zemine çok fazla oranda su sızmıştır. Zaten bu sahada çözülme çok derinlerde olduğu gibi, andezitik kayalar ve yastık lavlar derin diyaklazlarla yarılmış, aralarındaki bağlar gevşektir. Bu durum, su ile doymuş arazinin kaymasını ayrıca kolaylaştırmıştır. Bundan başka, yamaç eğimlerinin çok fazla olması ve özellikle Sera deresinin yamacın alt kısmını oyması heyelanın oluşumunda rol oynamış olmalıdır.

Göçmeler; Heyelanın hareket bakımından farklı bir başka tipini oluştururlar. Bu tip heyelan bir kaşığa benzeyen konkav kopma yüzeyleri boyunca dönerek yer değiştiren kısımlardan oluşur. Kayan kısımlardan her biri, geriye doğru çarpılır. Bunu sonucunda, kayan kütlelerin ilksel eğimleri değişir ve bunların yüzeyleri kopma yarasının bulunduğu tarafa doğru yeni bir eğim kazanır. Yamaçların alt kısımlarının akarsular, dalgalar gibi etkenler tarafından fazla oyulması göçme şeklindeki heyelanların başlıca sebebidir.

Falezlerin ve yamaçların gerilemesi, menderes halkalarının büyümesi sırasında alttan oyma sürecine bağlı olarak sık sık göçmeler oluşur. Göçmüş kütleler veya bloklar büyük oldukları durumda, bunlar arasında küçük göller veya yamaçlarda taraçalara benzer sahanlıklar oluşur. Küçük ve Büyük Çekmece göllerinin kenarlarında ve bu iki göl arasındaki deniz kıyısı boyunca bu tür göçmelerin tipik örnekleri yaygındır.

Toprak Kaymaları; Bunlar heyelanın, bazı bakımdan çamur akıntılarına benzeyen bir türüdür. Fakat çok yavaş oluşmaları, belli bir yatağa bağlı olmamaları ve içerdikleri suyun çok daha az olması gibi farklarla çamur akıntılarından ayrılırlar. Geriye doğru eğimlenme göstermediklerinden dolayı da, yukarıda açıklanan göçmelerden farklı oldukları görülür. Toprak kaymaları, su ile doymuş hale gelen ve bu şekilde bütünü ile kayganlaşan yüzeysel depoların, döküntü örtüsünün veya toprakların yer aldığı yamaçlarda oluşur.

Bu şekilde bir kopma yarası ve kıvamlı bir hamur gibi yer değiştiren bir heyelan kütlesi meydana gelir. Bu açıklamalardan anlaşılacağı üzere, toprak kaymaları asıl heyelandan daha yüzeyseldir; aslında toprak tabakasını ve onun altındaki döküntü

örtüsünü ilgilendirir. Bu kütle hareketinin en yaygın olduğu sahalarda, litoloji bakımından da uygun olmak koşulu ile nemli iklim bölgeleridir.

Heyelan aynı zamanda toprak kaymasıdır. Toprağın yer değiştirmesinden oluşur. Toprak altı fidelerinin topraktan çıkması, aynı zamanda toprağın aşağıya doğru inerek sürtünme kuvveti oluşturmaya heyelan denir.



Şekil 4.4 : Heyelan

4.1.3. Tsunami

Japonya’da liman dalgası anlamına gelen tsunami, Tsu (liman) ve Nami (dalga) kelimelerinin birleşiminden oluşur. Okyanus ya da deniz tabanında oluşan deprem, volkan patlaması ve bunlara bağlı olarak oluşan taban çökmesi ve zemin kaymaları gibi tektonik olaylar ve meteor düşmeleri sonucu denize geçen enerji nedeni ile oluşan uzun periyotlu deniz dalgasını temsil eder.

İlk olarak, 15 Haziran 1896 günü Japonya’da meydana gelen ve yaklaşık olarak 21000 kişinin ölümüne sebep olan, Büyük Meiji Tsunami’si afetinde, Japonya’nın dünyaya yardım çağrılarını sebebi ile literatüre “tsunami” kelimesi olduğu gibi geçmiştir [21]. Türkçe’ye ilk olarak “Deniz Taşması” şeklinde geçmiştir. Ancak bu tanımlama dalga hareketini yeteri kadar temsil etmediği için “tsunami” terimi kullanılmaya devam etmiştir. Ancak tanımı gereği “Depreşim Dalgası” terimi, hem

fiziksel özellikleri temsil etmesi, hem de “deprem” kelimesi ile uyumluluk göstermesi açısından uygun görülmüştür [21].



Şekil 4.5 : 26 Aralık 2004 Sumatra Tsunamisi sonrası bir kıyı köyü.

Bu çalışmanın 6. bölümünde tsunami oluşumu ve gelişimi hakkında ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir.

4.1.4. Fırtına

Fırtına rüzgarın hızlı bir şekilde esmesine denir. Rüzgar hızı 50 km/sa üzerine çıktığında, yani 7 bofor ve üzeri olduğunda rüzgara artık fırtına denir.

Hızlı esen rüzgar kendi kuvvetinin yanında çevresini de etkiler. Öncelikle estiği denizde veya okyanusta suları kabartarak büyük dalgalar oluşturur. Fırtınaya yakalanan yelkenli tekneler, herhangi bir liman ya da marinaya sığınamayacak kadar açıktaysalar, fırtınaya hazırlık yapmaları gerekir.

Ülkemizde tropik kuşaklardaki gibi veya okyanuslardaki gibi çok şiddetli fırtınalar oluşmaz [22].



Şekil 4.6 : Fırtına Bulutları

4.1.5. Çığ

Çığ, farklı nedenlerden dağdan aşağıya kayan büyük bir kar miktarıdır. Bol kar yağışı olduğunda, taze kar tabakasının alttaki eski tabakayla iyi kaynaşmaması sonucu, rüzgarın kaldırdığı büyük bir kar kitlesinin aşağı inerek alttaki kar tabakası üzerinde kayması sonucu, bir hayvan veya kayakçının oynak kar tabakasını çığneyerek harekete geçirmesi sonucu çığ oluşabilir [23].

4.1.5.1. Çığın Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Arazi; Eğim ne kadar fazlaysa, tehlike o kadar büyüktür. Yüzde 30'luk bir eğim çığ oluşumu için yeterlidir. Gölgede kalan sırtlarda çığ tehlikesi, güneş gören yerlere göre daha fazladır.

Taze kar; Taze kar tabakası ne kadar kalınsa, çığ tehlikesi o kadar büyüktür. Kötü hava şartlarından sonra güneşin açtığı ilk gün çok risklidir.

Fırtına; Kar fırtınası olduğunda, kar tanecikleri dönerek uçuşur ve rüzgarsız sırtlarda birikir. Tepe üstlerinde dalga şeklinde birikmiş kar, alttaki sırtta çığ tehlikesini gösterir.

Kar tabakası; Karın tabaka halinde kaydığı yerlerden uzak durmak gerekir. Dipten gelen boğuk sesler de tehlike işaretidir.

Isı; Kar yağışından sonra ısı birden düşerse, yeni kar tabakası alttakine iyi işleyemez. Hava ısındığında da kar gevşer ve tehlike artar. Bu nedenle baharda daha çok çığ olur.

4.1.5.2. Çığ Tipleri

Kopma şeklini esas alan bir kıstasa göre Gevşek Kar Çığı ve Kar Dilimi Çığı olmak üzere iki türe ayrılır. Her birinin karışımı kuru veya ıslak kar ve su içerebilir. Her iki türde de kopma, genellikle kar örtüsünün üste yakın tabakalarında gerçekleştiği için yüzey çığları içinde sınıflandırılırlar.

Gevşek Kar Çığı; Kar örtüsü içindeki zayıf tabaka yüzeyde veya yüzeye yakın bir yerde oluştuğunda gevşek kar çığı meydana gelir. Kar örtüsü tek bir noktadan kopar, ufak kar döküntüleri saçarak yuvarlanmaya başlar. Yuvarlandıkça daha fazla kar toplar ve bir üçgene benzer biçimde aşağı doğru genişler. Gevşek kar çığlarına doğada çok sık rastlanır. Genellikle çok fazla kar içermezler. Büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olacak kadar tehdit oluşturmazlar.

Kar Dilimi Çığı; Zayıf kar tabakası, güçlü bir tabakanın hemen altında oluştuğunda kar dilimi çığları meydana gelir. Kar örtüsü bir çizgi boyunca tek birim halinde kopar. Kütle halindeki kar, kütüphane rafında duran kitapların aniden yere boşalması gibi dökülür, çatlayarak kırılır ve kar dilimleri şeklinde yamaçtan aşağı kayar [24].



Şekil 4.7 : Çığ

4.2. Teknolojik Afetler

Doğal olmayan, fakat insanlara ve çevreye büyük zararlar veren olaylardır. İnsanlar neden olduğu için bunlar Beşeri Afetler olarak nitelendirilirler. Örneğin orman yangınlarının bir kısmı, meskun mahallerde görülen yangınlar, hava kirliliği, su kirliliği, toprak erozyonu ve salgın hastalıklar gibi olaylar beşeri afetlere örnektir.

4.2.1. Orman Yangınları

Orman yaşama birliğine katılan canlı ve cansız bütün yanabilir varlıkları yakıp yok edebilen yangınlardır. Sıcaklık, yağış, nisbi nem, atmosfer basıncı, rüzgar hızı ve rüzgar ile orman yangınlar arasında etkileşim bulunmaktadır.

Türkiye’de;

% 3’ü yıldırımdan,

% 12’si kasten,(kundaklama, tarla açma...)

% 38’i ihmal ve dikkatsizlikten,(piknik ateşi, ot, çayır, anız yakma, sigara)

% 47’si ise bilinmeyen sebeplerden kaynaklanan yangınlardır.



Şekil 4.8 : Orman Yangını

4.2.2. Hava Kirliliği

Hava kirlenmesi, insan ve diğer canlılara zarar verecek miktar ve süredeki kirleticilerin, atmosfere karışması olarak tanımlanabilir. Kirleticiler doğal veya insan aktiviteleri sonucu atmosfere karışabilirler.

4.2.3. Su Kirliliği

Yer yüzündeki sular, güneşin sağladığı enerji ile sürekli bir döngü içinde bulunur. İnsanlar, ihtiyaçları için, suyu bu döngüden alır ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu süreç sırasında suya karışan maddeler, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek “su kirliliği” olarak adlandırılan durum ortaya çıkar. Su kirlenmesi, su kaynağının fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde olur. aktiviteleri sonucu atmosfere karışabilirler [24].

4.2.4. Erozyon

Erozyon, diğer adıyla “toprak aşınımı”, toprağın su ve rüzgarın etkisiyle aşınması ve taşınması olayı.

Erozyonun başlıca nedeni, toprağın üzerinde bulunan ve aşınmasını önleyen bitki örtüsünün yok olmasıdır. Ayrıca arazi eğimi, toprak yapısı, yıllık yağış miktarı, iklim faktörleri, bitki örtüsü ve insanların yaptığı müdahaleler de erozyon şiddetini belirler. Erozyon, tabiatın normal süreci içinde meydana geliyorsa normal erozyon; insanın tabiattaki toprak, su ve bitki arasındaki dengeyi bozucu nitelikteki müdahaleleri sonucu meydana geliyorsa hızlandırılmış erozyon adını almaktadır. Normal erozyon, genellikle insan müdahalesi olmayan yerlerde görülür ve çok yavaş olarak gelişir. Meraların aşırı derecede otlatılması, ormanların tahrip edilmesi ile daha az korunan toprak, su ile kolayca taşınabilmektedir ve erozyon hızlanmaktadır.

4.2.5. Salgın Hastalıklar

Salgın belli bir insan popülasyonunda, belli bir periyotta ,yeni vakalar gibi görülen ancak önceki tecrübelerle göre beklenenden fazla etki gösteren hastalıktır.

Meşhur salgınlara örnek olarak Ortaçağ Avrupasında yaşanan ve kara veba, Birinci Dünya Savaşı sonunda ortaya çıkan Büyük grip salgını verilebilir.

5. DÜNYADA KULLANILAN GERÇEK ZAMANLI CBS VE AFET UYGULAMA ÖRNEKLERİ

5.1. Gerçek Zamanlı Sistemlerle Afetlerin İzlenmesi

Gerçek Zamanlı Sistemlerle Afetlerin İzlenmesi iki yolla mümkündür;

Birincisi afete sebep olabilecek olay gerçekleşmeden önce yapılan izlemedir.

- ✓ Bir barajdaki deformasyonların yapay sinir ağları ve algılayıcılar yardımıyla sürekli izlenmesi
- ✓ Bir Doğalgaz hattındaki basıncın sürekli kontrol edilmesi

İkincisi ise afete sebep olabilecek olay gerçekleştikten sonra olayın gözlem altında tutulması için yapılan izlemedir.

- ✓ Orman Yangını Takibi
- ✓ Nükleer bir tesisteki sızıntının takibi
- ✓ Tsunami Dalgasının Takibi

5.2. Utah Hava Kirliliği İzleme Sistemi

Hava Kirliliği izleme sistemi Utah Şehrinin hava kalitesini izlemektedir. Veriler gerçek zamanlı bir sistemle sürekli güncellenmekte fakat günde bir defa yayınlanmaktadır [26]. Yayımlanan verilere ait bir örnek şekil 5.1 de görülmektedir.

This Air Quality Index Report(AQI) is prepared by the Utah Division of Air Quality for the Wasatch Front
Thursday Apr/26/2007

Current Air Pollution Conditions at:		3:43 PM	Highest Pollutant is	Concentration*	
Salt Lake /Davis Counties	Good	for	O3	0.05	ppm
Utah County	Good	for	PM10	17.00	ug/m3
Weber County	Good	for	PM10	24.00	ug/m3
Cache County	Good	for	O3	0.05	ppm

Note: The predicted values may be different from actual measured filter concentrations.

Pollution Forecast:	Little change in pollution levels
---------------------	-----------------------------------

Health Advisory: None

Yesterday's Air Quality Index Highs from Wasatch Front Monitoring Stations were:

SALT LAKE AND DAVIS COUNTIES:		(SO2)		(CO)	(PM2.5)	(PM10)
	Magna	4	x	x	x	x
	Bountiful	1	x	x	x	x
	Cottonwood	x	x	8	x	x
	Salt Lake	1	x	8	22	16
UTAH COUNTY:	Provo	x	x	8	x	x
	Lindon	x	x	x	na	14
WEBER COUNTY:	Ogden	x	x	13	22	18
CACHE COUNTY:	Logan	x	x	x	23	x

Note: Index values of 0 to 50 are designated Good, 51 to 100 are Moderate, 101 to 199 are Unhealthy, 200 to 299 are very unhealthy, and 300 to 500 are Hazardous.

This API Report will be updated at 8:30 AM and 3:30 PM or as conditions change.

Şekil 5.1 : Utah Hava Kirliliği İzleme Sistemi [26]

5.3. Kaliforniya 50 Numaralı Otoyoldaki Aktif Kayaçın Görüntülenmesi

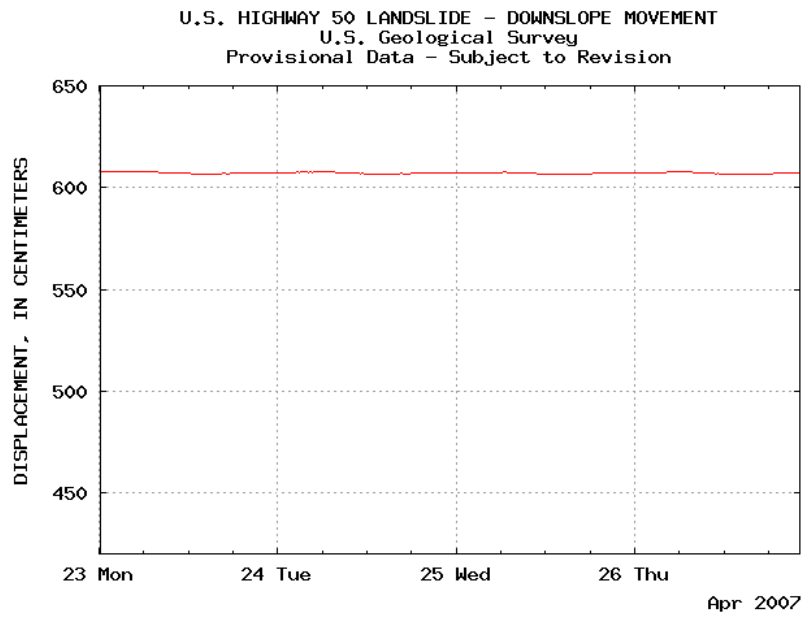
HKaliforniya 50 numaralı otoyolunun üzerindeki aktif kayaçta 1997 yılında büyük bir heyelan meydana gelmiştir (Şekil 5.2). Bu tarihten itibaren Amerikan Hükümetine bağlı olarak çalışan U.S. Jeolojik Araştırma birimi kayaca çeşitli alıcılar yerleştirmişlerdir. Bu algılayıcılar;

- ✓ Yağış
- ✓ Yeraltı Suyu Yoğunluğu
- ✓ Hareket Algılayıcılarından Gelen Veri (Şekil 5.3)
- ✓ Yer Titreşimleri

Verilerini 15 dk aralıkla toplamaktadırlar. Bu verilere dayanılarak kayacın hareketi gerçek zamanlı olarak izlenmektedir.



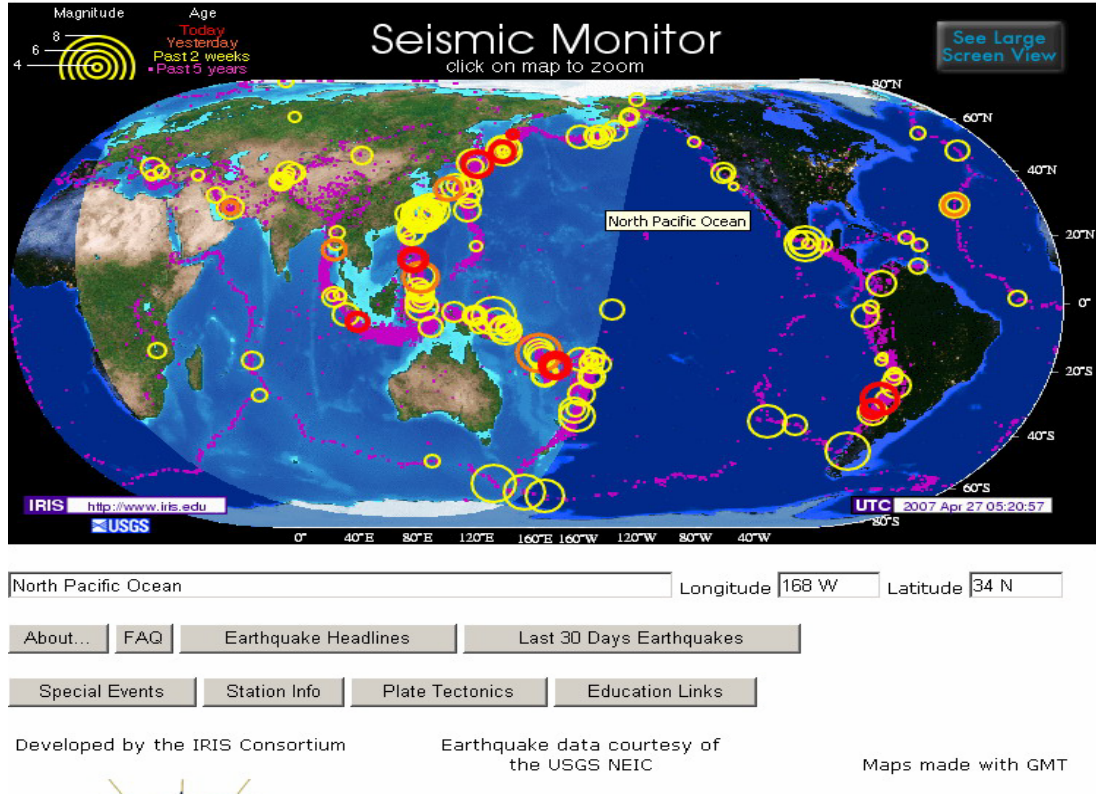
Şekil 5.2 : Kaliforniya 60 Numaralı Otoyolun Üzerindeki Kayaç



Şekil 5.3 : Gerçek Zamanlı Yer Değişimi Verisi

5.4. IRIS Sismik Monitör

IRIS dünya üzerindeki depremleri gerçek zamanlı olarak gösteren bir sistemdir. İnternet üzerinde web tabanlı olarak çalışmaktadır. (Şekil 6.4) Sistemde basit sorgulamalar yapmak ve sensör bilgilerini görmek mümkündür. Veri gerçek zamanlı olarak toplanır ve sisteme ulaşır ulaşmaz kullanıcıya otomatik olarak sunulur [27].

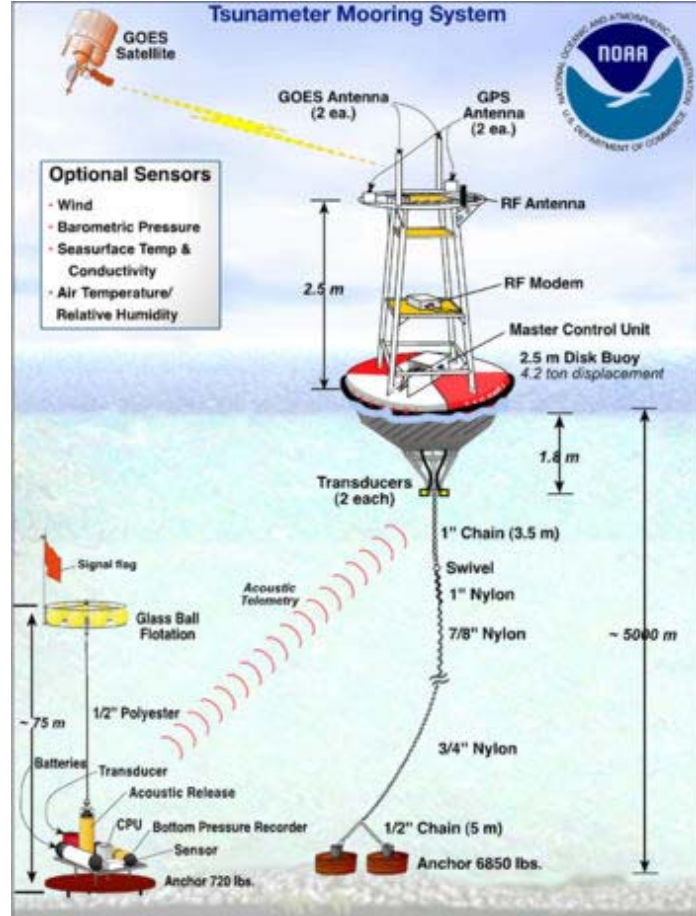


Şekil 5.4 : IRIS Sismik Monitör [27]

5.5. Pasifik Tsunami Uyarı Sistemi

1946 yılındaki Hilo tsunamisinden sonra Amerikan Hükümeti tarafından 1949 yılında kurulmuş bir erken uyarı sistemidir. Okyanus dibine yerleştirilen algılayıcılar sayesinde dip dalgalarını algılayabilen ve gerçek zamanlı olarak merkeze iletebilen bir sistemdir (Şekil 6.5). Sistem GPS ve Radyo vericileri ile donatılmıştır. Okyanus dibine yerleştirilmiş bir algılayıcı ve okyanus yüzeyindeki bir şamandıra üzerine kurulmuş iletişim seti olmak üzere iki bölümden oluşur. Okyanus dibindeki algılayıcı Tsunami dalgasını algıladığı anda okyanus yüzeyindeki şamandıraya veri iletir. Okyanus yüzeyindeki set merkeze konumunu dalga hızını ve yönünü gösterir bir veri

takımı iletir. Bu sayede okyanus yüzeyinde bir ağ şeklinde kurulmuş sistem sayesinde Tsunami dalgasının yönü hızı ve büyüklüğü belirlenebilir. Şu anda sistem herhangi bir acil durum sözkonusu olmadığı sürece 24 saatte bir rutin olarak merkeze veri göndermektedir [28].



Şekil 5.5 : Pasifik Tsunami Uyarı Sistemi [28]

6. MARMARA DENİZİ İÇİN OLASI BİR TSUNAMİ MODELİ VE BU MODEL KULLANILARAK MARMARA DENİZİ İÇİN GERÇEK ZAMANLI AFET İZLEME SİSTEMİ DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Tsunami Dalgaları

6.1.1. Dalga Nedir? Nasıl Oluşur?

Bazı etkilerden dolayı özellikle rüzgar, ay ve güneş arasındaki çekim kuvvetlerinin zamansal değişimleri ve deprem ile deniz suyu yüzeyi, ortalama su seviyesinden süreksizlik gösterir. Bu süreksizlik dalga olarak isimlendirilir ve bu dalga, etkinin başladığı yerden itibaren bir enerji transferi şeklinde hareket eder.

Rüzgar dalgaları, rüzgar etkisi ile oluşan düşük enerjili ve kısa periyotlu dalgalardır. 30 sn.'lik periyotların altındaki değerlerde oluşur. 30 sn ile 1 saat arasında periyodu olan dalgalar deprem nedeniyle oluşmuş dalgalardır. Saat üzerindeki değerlerde ise dalgaların oluşum sebepleri gelgitlerdir.

Rüzgar dalgaları, açık denizde rüzgar hızının 1 m/sn'nin üzerine çıktığında oluşmaya başlarlar. Su yüzeyinde önce küçük pürüzlükler oluşur. Rüzgarın şiddeti ve esme süresi arttıkça boyları ve periyotları artar ve diklikleri azalır. Bu oluşuma rüzgar hızı, etki süresi, su derinliği ve rüzgar esme süresi etki eder.

Dalga gelişme bölgesinden çıktığında ve rüzgar kesildiğinde de yoluna devam eder. Sığ bölgelere yaklaştığında dalga taban etkilerini hissetmeye başlar. Sığ su etkisi ile yavaşlar, dalga boyları kısalmaya başlar ve dikliği artar. Dalga dikliği, artık dalga sabit kalamayınca kadar artar ve bu aşamada dalga kırılır. Taban batimetrisi ile dalga gidiş yönünden dalga cephesi taban batimetrisine paralel olacak şekilde sapar. Buna dalga sapması denir [29].

6.1.2. Tsunami Nedir?

Japonya'da liman dalgası anlamına gelen tsunami, Tsu (liman) ve Nami (dalga) kelimelerinin birleşiminden oluşur. Okyanus ya da deniz tabanında oluşan deprem, volkan patlaması ve bunlara bağlı olarak oluşan taban çökmesi ve zemin kaymaları gibi tektonik olaylar ve meteor düşmeleri sonucu denize geçen enerji nedeni ile oluşan uzun periyotlu deniz dalgasını temsil eder.

İlk olarak, 15 Haziran 1896 günü Japonya' da meydana gelen ve yaklaşık olarak 21000 kişinin ölümüne sebep olan, Büyük Meiji Tsunami'si afetinde, Japonya'nın dünyaya yardım çağrılarını sebebi ile literatüre "tsunami" kelimesi olduğu gibi geçmiştir.[21].Türkçe'ye ilk olarak "Deniz Taşması" şeklinde geçmiştir. Ancak bu tanımlama dalga hareketini yeteri kadar temsil etmediği için "tsunami" terimi kullanılmaya devam etmiştir [21].

Tsunami ilk oluştuğunda tek bir dalgadır ancak kısa bir süre içerisinde üç ya da beş dalgaya dönüşerek çevreye yayılmaya başlar. Bu dalgaların birincisi ve sonuncusu çok zayıftır ancak diğer dalgalar etkilerini kıyılarda şiddetli biçimde hissettirebilecek bir enerjiyle ilerlerler. Bu nedenle depremlerden kısa bir süre sonra kıyılarda görülen yavaş ama anormal su düzeyi değişimi ilk dalganın geldiğini gösterir. Bu değişim, arkadan gelecek olan çok kuvvetli dalgaların ilk habercisi de olabilir [30].

6.1.3. Tsunami Dalgalarının Diğer Dalgalardan Farkı Nedir?

Tsunami dalgalarının diğer deniz dalgalarından farkı; su zerreciklerinin sürüklenmesi sonucu hareket kazanmasıdır. Derin denizde varlığı hissedilmezken, sığ sulara geldiğinde dik yamaçlı kıyılarda ya da V tipi daralan körfez ve koylarda bazen 30 metreye kadar tırmanarak çok şiddetli akıntılar yaratabilen bu dalga; insanlar için deprem, tayfun, çığ, yangın ya da sel gibi bir doğal afet haline gelebilmektedir [30].

Rüzgar sebepli dalgalardan farklı olarak tsunami dalgaları, uzun periyotlu ve uzun dalga boylu dalgalardır. Örnek olarak; Kaliforniya Sahili'nde bir rüzgar dalgası periyodu 10 saniye ve dalga boyu 150 metre olabilirken, aynı yerde bir tsunami dalga periyodu 1 saat kadar ve dalga boyu 100 km olabilir.

Uzun dalga boyları sebebi ile tsunami dalgaları sığ su dalgası gibi hareket ederler. Sığ bölgelerde dalga hızı;

$$C = (g \times h)^{1/2} \quad (6.1)$$

eşitliği ile hesaplanabilir. (Burada g =yerçekimi ivmesi; h =su derinliği) [30]. Buna göre Pasifik'te ortalama derinlik 4000 m civarında olduğuna göre burada oluşan bir tsunami dalgasının hızı 700 km/saat olacaktır. Bu da bir jet hızına eş değerdedir. Bu sebeple az bir enerji kaybı ile tsunami dalgaları çok uzun mesafeler kat edebilirler [29]. Oluştukları anda dalga yükseklikleri nispeten küçüktür. Bu sebepten dolayı tsunami dalgaları kıyıya ulaşana kadar gözlenemez. Sığ suda yavaşlar ve dalga yüksekliği artar [31].

Aynı zamanda bir tsunami dalgasının belirli bir noktaya ulaştığı an çok belirgin olarak tespit edilebilir ve genellikle ilk gözlenen dalgalar ardından gelenlere kıyasla daha küçüktür. Öncü olarak isimlendirilebilecek bu ilk dalgaların yüksekliklerinin arkadan gelenlerden daha küçük olması pek çok tsunami dalgasında gözlenen bir özelliktir.

Tsunami dalgaları kıyıda kırılan büyük dalgalar değildir. Tsunami dalgaları deniz suyunun kıyıdan oldukça ileri gitmesine ya da geri çekilmesine sebep olan bir su baskını ya da su kabarması olarak düşünülebilir. Bu sebeplerden dolayı gel-git dalgaları olarak adlandırılmışlardır. Tsunami dalgasında tam dalga yükselmesinin oluşması birkaç dakikayı bulur [31].

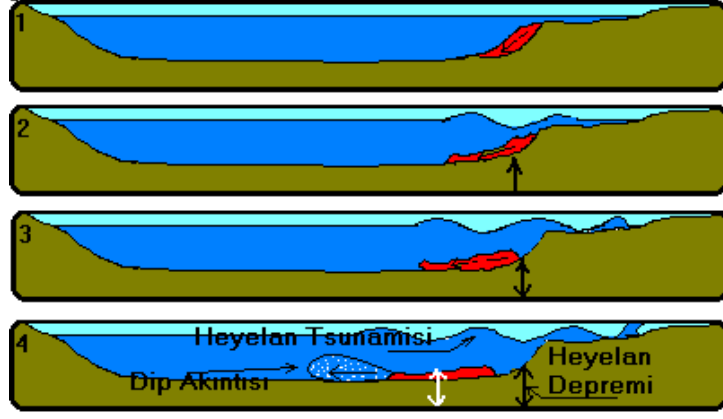
Güçlü su tırmanması alçak seviyeli bölgelerde yıkıcı sonuçlara sebep olabilir. Tsunami dalgası kıyıya ulaştığı zaman su hızla karaya tırmandığı için tsunami dalgası gelişinin hemen öncesi kıyı bölgelerinde aniden aşırı derecede su çekilmesi meydana gelir. Suyun kıyıdan çekilmesi gel-git olayında gözlenen su çekilmesinden çok daha fazladır. Tsunami dalgaları, sadece birkaç dakikada meydana gelen su çekilmesi ve kabarması olarak tanımlanan bir seri dalgalardır. İlk yükselen dalgalar sonraki geleceklerden daha küçük olduğundan öncü dalgalar olarak tanımlanır. Üçüncü, dördüncü, hatta yedinci yükselme bile maksimum yükselme olabilir [32].

6.1.4. Tsunami Dalgalarının Oluşumu ve Hareketi

Temelde tsunami dalgası oluşumunun sebebi, deniz tabanında meydana gelen ani düşey yer değiştirme ile üzerindeki su kolonunun da düşey olarak yer değiştirmesidir. Bu sırada oluşan dalga yatay olarak da bir ivme kazanır. Şekil 6.1’de enerji kaynağı su altı zemin kayması ve ya fay hattı taban çökmesi ile oluşan tsunami dalgasının gelişimi şekil 6.2 de ise heyelana bağlı oluşan bir Tsunami dalgasının gelişimi verilmiştir. İlk anda tsunami dalgası, gemi dalgası zannedilebilecek boyutlarda ve tek dalga olacaktır. Bir süre sonra tsunami dalgası bir kaç dalgadan oluşan “Dalga Treni” halini alabilir. Çünkü dalgalar dalga boyunun yaklaşık yarısı kadar derinliklerde taban etkisini hissederler, tsunami dalgalarının dalga boyu çok büyük olduğundan, taban etkisini hemen her derinlikte hissederler ve “Sığ Su Dalgası” karakterini gösterirler. Denizde derinlik değişimleri sebebi ile sapmaya uğrayarak ve karşılaştığı engeller (adalar) nedeni ile dönerek yollarına devam ederler [29].



Şekil 6.1 : Deprem Sonucu Tsunami Oluşumu



Şekil 6.2 : Heyelan Sonucu Tsunami Oluşumu

6.1.5. Tsunami Dalgasının Aşamaları

Tektonik oluşumlu tsunami dalgaları üç aşama geçirirler: oluşma, yayılma ve tahribat (su basması). Tsunami Dalgalarının gelişmesi aşamalarında anında birebir ölçüm yapılamayacağı için tsunami olayı olduktan sonra bunların araştırılmasına gidilir ve daha sonra oluşabilecek tsunami dalgaları için gerekli önlemlerin alınması sağlanır.

Deniz tabanındaki deformasyona bağlı olarak deniz yüzeyi etkilenir. Bunun sonucunda deniz dalgaları oluşur. Büyük dalga boyu olan tsunami dalgalarının denizdeki yayılma simülasyonunda deniz tabanı ve deniz yüzeyi arasındaki etkilenmeye başlangıç durumu verilir. Bu durum, su kütlelerinin deniz tabanının deformasyonuna göre çökmesi ve yükselmesidir. Daha sonra dalga yayılmaya başladığında açık denizde dalga boyu dalga yüksekliğinin yüzlerce katı olduğundan dolayı dalganın eğimi gözlenemez. Bundan dolayı kıyıya gelene kadar tsunami dalgalarının gözlenmesi çok zordur.

Bir tsunami dalgası kilometrelerce uzaktaki sahile vurmadan önce uzun bir mesafeye yayılır. Dalgalar sığ suya yaklaştıkça dalga boyu küçülür ve dalga yükseklikleri artar. Dalga yüksekliğine bağlı olarak dalga enerjisi de artar. Kıyıya gelen enerjisi yüksek bir dalgada o bölgede tahribatlara yol açmaktadır [32].

6.1.6. Tsunami Dalgasının Aşamaları

Depremlerde kırılan fay hattı boylarının, depremin şiddetine bağlı olarak 100'lerce hatta 1000'lerce km uzunluklara erişmesi ve dolayısı ile deniz dibinde hareketlenen bölgenin büyük (1,000 km² ile 10,000 km² arasında değişen) değerlere ulaşması,

tsunami dalgalarının dalga boylarının genelde uzun olmasına yol açar. Tsunami dalgalarının sıkça gözlemlendiği Pasifik Okyanusu’nda tipik olarak gözlenen tsunami dalgalarının dalga boyları 100 km’den büyüktür.. Bir önemli nokta da, açık denizde böylesine yüksek hızla ilerleyen tsunami dalgalarının özellikle uzun dalga boyları ve nispeten küçük dalga yükseklikleri nedeni ile gemiler tarafından kesinlikle fark edilememeleridir. Gemi boylarının bir tsunami dalgasının dalga boyuna göre çok küçük olması nedeni ile açık denizde tsunami dalgası ile karşılaşan bir gemi bunun farkında olmaksızın bu uzun dalganın üzerinde yüzer. Gemi, uzun bir zaman diliminde, bir bütün olarak dalganın üzerinde yükselip alçaklığı için dalganın varlığı anlaşılabilir. Buna karşın, tsunami dalgaları gittikçe sığlaşan sularda ilerlemeye başladıklarında olayların seyri tamamen değişir. Gittikçe sığlaşan kıyı bölgelerine giren tsunami dalgaları iki temel değişikliğe uğrar: dalga boyu kısalır ve buna karşın dalga yüksekliği artar. Şekil 6.3 te bu değişim açıkça görülmektedir.



Şekil 6.3 : Tsunami Dalgasında Sığlaşma Etkisi

Yukarıda şematik olarak gösterilen “sığlaşma” olayını “enerji akısının korunumu” ilkesi ile inceleyebiliriz. Böylece, dalga yüksekliğinin sığlaşma sonucu artma miktarını hesaplamamız mümkün olacaktır. Maddesel nokta dinamiğindeki enerjinin korunumu ilkesine benzer olarak, su dalgalarında enerji akısının korunumu ilkesi vardır. Bu ilkeye göre, bir dalganın toplam enerjisi ile bu dalganın grup hızının çarpımından elde edilen “enerji akısı” değeri sabittir. Tsunami dalgalarının en tehlikeli ve zarar verici özelliği “sığlaşma etkisi”dir, derin sudaki dalga yüksekliğini yaklaşık 5 katı bir değere çıkarmaktadır: Bütün derinliklerde uzun dalga karakteristiklerini taşıdıkları için dalga yükseklikleri Green yasasına uygun olarak artar ve kıyıda sığ sularda çok tehlikeli boyutlara ulaşırlar. Kıyı bölgesinde dalga

yüksekliği 10 m.'nin üzerine çıkan tsunami dalgaları kaydedilmiştir [34]; böyle büyük tsunami dalgaları doğal olarak çok büyük hasarlara neden olmaktadır.

Tsunami dalgalarının en önemli hidrodinamik özelliği rüzgar dalgalarının aksine bir madde taşınımının varlığı söz konusudur. Rüzgar dalgalarında bir su hareketi yoktur sadece enerji transferi mümkündür. Bunun aksine tsunami dalgalarında su kütlesinin taşınımı söz konusudur. Ancak tsunami dalgaları oluşum mekanizmaları gereği, su zerrelere birbiri itmesi şeklinde hareket ederler.

6.1.6. Tarihte Tsunami Olayları

6.1.6.1 Dünyada Tsunami Olayları

Dünyanın çeşitli yerlerinde her yıl çok sayıda kk tsunami dalgaları meydana gelmektedir. Ortalama olarak İki-üç yılda bir büyük bir tsunami görülür. Oldukça büyük hasarlara sebep olan tsunami dalgaları ise 15-20 yılda bir ortaya çıkar.

Büyük tsunami dalgalarının meydana geldiği Pasifik Okyanusunda dalgaların %80'i doğrudan tektonik hareketlerden dolayı oluşur. Pasifik Okyanusu'nun kuzeybatısında bulunan Cascadia Bölgesi'nde 1700 yılında 9 büyüklüğünde bir deprem olduğu belirtilmektedir ki bugüne kadar kaydedilen depremlerden sadece ikisi 9 büyüklüğündedir. Bunlardan biri 1960 şili kıyılarında diğer 1964'de Alaska'da oluşmuştur. A.B.D. Seattle bölgesine yakın olan Cascadia Bölgesi deprem kaynağında 1700 yılında meydana gelen depremden dolayı oluşan dalgalar bütün okyanusu geçerek Japonya kıyılarına kadar varmıştır. A.B.D. Seattle kıyılarında olan bir depremden dolayı oluşan bu tsunami dalgalarının bütün okyanusu baştan sona geçtiği düşünülürse, meydana gelen depremin oldukça büyük bir deprem olduğu açıktır.

Batimetri zelliklerinin önemini vurgulamak için örnek olarak gösterilebilecek bir tsunami olayı da, 1 Nisan 1946 yılında Hawaii Hilo limanında gerçekleşmiştir. Alaska Unimak Adası'nda bulunan Aleutian ukuru'nda oluşan 7.3 büyüklüğündeki deprem 3000 km uzakta bulunan Havvahi Adaları'nda tsunami dalgası oluşturmuştur. Bu bölgenin batimetrisi at nalı şeklinde olduğu için refraksiyon etkisiyle tsunami dalgaları Hilo Körfezi'nde toplanmıştır. Bu birikimden dolayı 17 m yüksekliğinde dalgalar kıyıya vurmıştır. 25 milyon dolar zarar ve 19 kişinin ölümüyle sonuçlanan

bu tsunami olayı Şu anda bile Hawaii'deki en yıkıcı doğal afet olarak adlandırılmaktadır [31].

Tsunami dalgaları en sık Pasifik Okyanusu'nda oluŐtuęu için özellikle Pasifik Okyanusu'ndaki adalar ve bu okyanusa kıyısı bulunan ülkeler oldukça riskli konumdadır. Bu ülkelerden biri olan Japonya, tsunami dalgalarından en çok zarar gören ülkedir. Geçtiğimiz yüzyılda Japonya kıyılarını yaklaşık olarak 100 tsunami dalgası vurmuŐtur ki bu Japonya'nın ortalama her yıl bir tsunami dalgasına maruz kaldığı anlamına gelir. Ciddi bilimsel çalışmaların baŐlamasına neden olan 1896 Sanriku tsunami olayı 27,122 kişinin ölümüne ve 9,316 kişinin yaralanmasına sebep olmuştur. Yakın zamanlarda, Filipinler'deki Moro Körfezi'nden kaynaklanan bir tsunami olayı Japonya'yı vurmuŐ ve yaklaşık 8,000 ölüm, 10,000 yaralanma ve 90,000 kişinin evsiz kalmasına sebep olmuştur [34].

13 Ocak 2001 tarihinde Orta Amerika ülkelerinden El Salvador'da baŐkent San Salvador'un 110 km. güney doğusunda meydana gelen deprem 7,9 büyüklüğündedir. Bu depremin özelliği, bölgede tsunami dalgasının oluşma potansiyeli olmasına karşın tsunami dalgalarının oluŐmamasıdır. 7.9 gibi büyük bir büyüklükte oluşan depremin derinliği yer kabuğundan 39 km. içerydedir. İlk tahminlere göre tsunami dalgasının oluŐmamasının sebebi depremin çok derinde olmasıdır. Bu durumun, bölgedeki sismik verilerin incelenmesinden sonra daha anlaşılır hale geleceği araştırmacılar tarafından belirtilmiŐtir.

2004 yılı sonunda meydana gelen güneydoğu Asya bölgesinde Kuzey Sumatra adasının batı açıklarında Hint Okyanusu içeryisinde meydana gelen deprem USGS verilerine göre 9 büyüklüğünde ve derinliği 30 km'dir. Deprem tsunami oluşumuna yol açmıŐ, dev dalgalar Hint Yarımadası ve hatta batı Afrika kıyılarına kadar binlerce kilometrelik bir alanda etkili olmuş, can ve mal kaybına yol açmıŐtır. Ölü sayısının 200 bin civarındadır. Tsunami oluşumu okyanus tabanındaki ciddi miktardaki deęiŐikliklerden oluşmuştur.

Sonuç olarak denebilir ki, özellikle büyük denizlerin -Pasifik Okyanusu gibi- kıyılarında bulunan yerleşim merkezleri az ya da çok tsunami dalgasının etkisi altında olabilir. Tsunami dalgasının kaynağı ile etkili olduğu bölgenin de aynı olması zorunluluğu olmadığından bu daha da önem kazanır.

6.1.6.2 Türkiye ve Yakın Çevresindeki Tsunami Olayları

Tsunami olayları, ülkemiz için nispeten yabancı bir kavramdır. Büyük depremlerin sık yaşandığı Pasifik Okyanusu gibi bir su kütlelerine kıyımızın olmaması ve ülkemizi çevreleyen denizlerde şiddetli depremlerin ender görülmesi bunun başlıca nedenidir.

Daha da önemlisi her deniz dibi depreminin tsunami dalga oluşumu ile sonuçlanmamasıdır. Bütün bunlara rağmen, geçmişte özellikle Ege ve Marmara Denizlerinde oluşan sismik aktivitelerin büyük dalgalara sebep olduğuna dair işaretler vardır. Ege Denizi'nde depremlerin ve hatta volkanik aktivitelerin büyük dalgalar yarattığı bilmen gerçektir. Marmara Denizi'nde 1509 yılında olan ve son 500 yılın en hasar verici depremlerinden biri sayılan depremin ardından daha sonra Marmara Denizi'ndeki 1766 depreminde gözlemlendiği rapor edilen büyük dalgalar ve kıyılardaki su baskınları, bunların tsunami dalgası olduğunu öne süren araştırmacılar söz konusudur 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sonrası İzmit Körfezi kıyılarında yapılan incelemeler ve görgü tanıklarının ifadeleri, küçük çapta da olsa bir deprem dalgasının olduğu izlenimini vermektedir [5].

Türkiye Kıyılarında veya yakınlarında meydana gelmiş olan tsunami dalgalarının sadece Marmara Denizi'ni etkileyen kısmı ile ilgili olarak bir liste verilmiştir (Tablo 6.1). Bu liste, yayınlanmış olan çalışmalara dayanarak MÖ 1410+100 ile MS 1999 yılları arasında Türkiye Kıyılarında veya yakınlarında meydana gelmiş tsunami olaylarının kayıtlarını içermektedir [4].

Tablo 6.1. Türkiye Kıyılarında veya yakınlarında meydana gelmiş olan tsunami dalgalarının sadece Marmara Denizi'ni Etkileyen kısmı [4].

No	Tarih	Yer	Olabilirlik
1	1410+/-100MO	Girit'in Kuzey Doğusu	3
2	1300	Çanakkale Bölgesi	2
11	120/128	Kapıdağ Yarımadası, İzmit	2
15	325	İzmit Körfezi	2
17	344	Çanakkale Bölgesi	3
18	358.08.24	İzmit Körfezi, İzmit, İstanbul	3
19	365.07.21	Doğu Akdeniz, Girit, Yunanistan, Adriyatik Kıyıları, İskenderiye, Batı Anadolu	4
20	368.10.11	İzmit ve İstanbul çevresi	2
21	407.04.01	İstanbul	0

22	447.11.08	Marmara Denizi, İstanbul İzmit Körfezi, Marmara Adaları, Marmara ve Çanakkale Kıyıları	3
23	450.01.26	Marmara Denizi, İstanbul	2
24	477/480.09.24/25/26	Gelibolu, Çanakkale, İstanbul, İzmit	2
25	488.09.26	İzmit Körfezi	2
27	529 Kışı	Marmara Bölgesi'nin Trakya Kıyıları	1
28	542 Kışı	Trakya'nın Batı Kıyıları, Bandırma Körf.	2
29	543.09.06	Kapıdağ Yarımadası, Erdek, Bandırma	3
30	553.08.15	İstanbul, İzmit Körfezi	2
32	555.08.15/16	İstanbul, İzmit Körfezi	4
33	557.12.14	İstanbul, İzmit Körfezi	2
34	715	İstanbul, İzmit Körfezi	1
35	740.10.26	Marmara Denizi, İzmit, İznik Gölü	3
38	975.10.26	İstanbul, Trakya Kıyıları	3
39	989	İstanbul, Marmara Kıyıları	3
40	990	İstanbul, Marmara Denizi Kıyıları	1
41	1039.02.02	İstanbul, Marmara Denizi Kıyıları	0
42	1064.09.23	İznik Bandırma, Mürefte, İstanbul	3
48	1332.02.12	Marmara Denizi, İstanbul	2
49	1344.10.14	Marmara Denizi, İstanbul, Trakya Kıyıları, Gelibolu	3
55	1509.09.10	İstanbul Marmara Denizi Kıyıları	4
56	1577.07.17	İstanbul	1
60	1646.04.05	İstanbul	3
63	1672.02.14	Bozcaada Kos adası	2
66	1751.08.15	İstanbul	0
68	1754.09.02	İzmit Körfezi, İstanbul	1
69	1766.05.22	İstanbul Marmara Denizi Kıyıları	4
72	1829.05.23	İstanbul Gelibolu	4
82	1878.04.19	İzmit, İstanbul Marmara Denizi	3
83	1878.05.10	İzmit İstanbul Bursa	2
85	1893.02.09	Kuzey Ege Kıyıları, Trakya Kıyıları, İskenderiye	4
86	1894.07.10	İstanbul	4
94	1963.09.18	Doğu Marmara, Yalova, Karamürsel, Kılıç, Armutlu, Mudanya, Gemlik K.	4
95	1968.02.19	Kuzey Ege Denizi	4
97	1999.08.17	İzmit Körfezi	4

Bu tablonun son sütunundaki olabilirlik kriterleri;

(0) Olanaksız :Olay kayıtlara geçirilmiş ancak doğrulanması olanaksız ve genel kabul görmemiş.

(1) Şüpheli: Doğrulama için yetersiz bilgiler ve kanıtlar vardır.

(2) Kayıtlara geçmiş olağan tsunami dalgaları, çeşitli katalog ve kaynaklarda verilmiş. Ancak

kaynaklar çelişkili veya sadece bir kaynak ile şüpheli şekilde doğrulanmış.

(3) Kaynaklar özel ve inandırıcı ancak oluşma tarihi eski: Bazı katalog ve kaynaklarda çelişkiler var. İnandırıcı raporlar ancak sınırlı kaynaklar tarafından doğrulanıyor.

(4) Büyük kesinlikle olmuş tsunami olayları genellikle son zamanlarda gerçekleşmişlerdir. Çeşitli inandırıcı kaynaklar mevcut: Tarihi kayıtlar, çeşitli yazarların el yazmaları, arşivler, biyografiler, özel yayınlar, magazin, raporlar olarak tariflenmiştir.

Tablodan da anlaşılacağı üzere Türkiye çevresindeki tsunami dalgalarının önemli kısmı Marmara Denizi'nde İstanbul ve İzmit Körfezi yakınlarında meydana gelmiştir [4].

6.2. Marmara Denizinin Batimetrisi

6.2.1. Batimetri Tanımı

Batimetri denizin dibiyile su yüzeyinin arasındaki düşey mesafelerin belirli bir bölge için sistematik bir veri olarak düzenlenmesidir. Batimetrinin sözcük anlamına bakarsak, bathos “derinlik” ve metri ise “ölçme” demektir. Deniz dibindeki düzlüklerin, vadilerin ve dağların ölçülmesi, karadaki yüzey ölçümleri ile bir paralellik olduğunu gösterir. Karadaki yüzey ölçümlerine topografya denildiği gibi denizdeki ölçüme de batimetri denilmektedir [31].

6.2.2. Batimetrinin Dalga Karakteristikleri ile İlişkisi

Genel olarak su dalgalarının ilerleme hızları su derinliğine bağlıdır. Derin sularda farklı dalga hızı ile sığ sularda farklı dalga hızı ile ilerleyen dalgalara ait genel ifade dispersiyon bağıntısı ile verilmektedir:

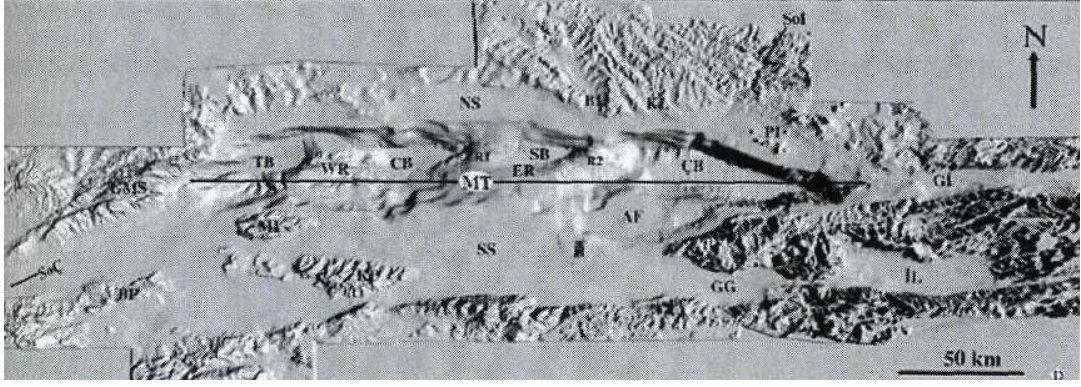
$$C^2 = \frac{g}{k} \tanh(k \times h) \quad (6.2)$$

Burada g yerçekimi sabitidir. k 'da bir sabit olup; $k = 2\pi/L$ formülü ile $\pi(L)$ sayısı ve L dalga boyu ile hesaplanabilir, buradaki h değeri de su derinliğidir. Denklem 6.2'de görüldüğü gibi dalga hızı ile su derinliği arasında bir bağıntı vardır. Dalga hızı C , deniz derinliğinin bir fonksiyonudur. Ayrıca, yine formülden dalga hızının dalga boyuna göre değiştiği görülmektedir. Dalga boyu uzun olan dalgalar daha hızlı, kısa olanlar ise daha düşük dalga hızına sahiptir. Periyodu değişmeden yayılan dalgalar derin sudan sığ suya girdiği zaman dalga boyu kısalır, dalga yüksekliği artar. Kıyı batimetrisine bağlı olarak, Snell yasasına benzer kurallar çerçevesinde sapmalar gösterir. Özellikle kıyılara doğru gelen deniz dalgaları derin sudan sığ suya geçerken “refraksiyon” (kırılma) ve “difraksiyon” (saçılma) olayına maruz kalmaktadırlar. Deniz dibindeki bir depremden sonra oluşan ve deprem kaynağından yayılan bir deprem dalgasını ele alalım. Deprem kaynağından itibaren yayılan dalgalar sığ sulara girdikten sonra deniz batimetrisine göre sapmalar gösterecektir. Dalgaların kıyı bölgesindeki bu sapmaları dip eğrilerine bağlıdır. Bunun sonucunda da kıyıya gelen dalgaların yönü ve yüksekliği batimetri tarafından dikte edilmektedir [35].

Kıyılardaki değişik ölçüm noktalarından alınan bilgilerle dalga karakteristiklerinin batimetriyle bağlantısı olduğu da görülmüştür. Örneğin, aynı ölçüm noktasında değişik tsunami dalgalarının aynı özellikleri gösterdiği anlaşılırken, aynı tsunami dalgaları için farklı ölçüm noktalarında farklı kayıtlar elde edilmektedir. Bu da tsunami dalgasının etkilerini belirlemede batimetrinin önemini açıkça ortaya koymaktadır [35].

6.2.3. Marmara Denizi'nin Batimetrik Yapısı

Marmara Denizi iki taraftan boğazlarla Karadeniz ve Akdeniz'e bağlanmış köprü niteliğinde bir iç denizdir. Bu denizin, uzunluğu 275 km ve genişliği 80 km'dir. Marmara Denizi'nin en derin bölgeleri 1250 m civarındadır. Türkiye'nin kuzeyi boyunca uzanan Kuzey Anadolu Fay hattı, Marmara Denizi içinde birkaç kola ayrılmıştır ve aktif haldedir. Marmara Denizi'nin doğusunda yer alan ve aktif olan faylar İstanbul bölgesini yakından ilgilendirmektedir. Marmara Denizi'nde doğu-batı doğrultusunda sıralanmış derinliği 1200 m'yi geçen 3 büyük ve derinliği yaklaşık 650 m olan bir orta sığ deniz çukuru yer almaktadır (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 : Marmara Denizi Batimetri Modeli

Marmara Denizi'nin özellikleri genel olarak göz önüne alındığında, büyük çapta tsunami dalgalarının oluşamayacağı açıktır. Okyanusla kıyaslandığında küçük bir deniz olan Marmara Denizi'nin orta bölgelerinde su derinliği 1200 m.'lerde iken Çınarcık Çukurunun dışında aniden 100 m. seviyelerine düşmektedir. Bu da dalgaların yansımaya sebep olduğu gibi hızlarını oldukça düşürmektedir. Ayrıca nispeten küçük bir bölgede oluşan deniz dibi depreminin yarattığı dalga boyları o oranda küçük olduğundan, okyanuslarda gözlenen tsunami dalgaları kadar tahrip edici olmayacaktır [6].

6.2.4. Marmara Denizi'nde Tsunami Dalgası Oluşum Potansiyeli

Geçmiş yıllardaki tsunami olayları hakkında bilgi edinebilmek için tarihsel belgelerden yararlanılmaktadır. Ayrıca, kıyılarda hendek kazıları ve jeolojik araştırmalar yapılarak çeşitli kanıtlar elde edilebilmektedir. Alan çalışması denilen bu çalışmalarda, geçmiş yıllarda oluşmuş tsunami dalgaları da saptanabilmektedir. Yer katmanlarının yükseklik ve kıyıdan uzaklıkları değerlendirilerek, tsunami dalgalarının tırmanma yükseklikleri ve kıyılardaki ilerleme uzaklıkları organik malzemeler üzerinde yaş saptamaları da yapılmaktadır. Ancak söz konusu kalıntıların tsunami etkisi ile oluşmuş olduğu üzerinde kesin bir fikir birliği oluşturulamamıştır. Güncel tsunami olayları ardından da kıyılarda yapılan araştırmalar, gözlem ve ölçümlerle dalganın tanımlanması ve özellikleri saptanabilmektedir. Bu çalışmalar dalganın nerede, nasıl, neden oluştuğunu açıklamak için önemli bilgiler sağlar. Bu bilgiler kullanılarak bilgisayar modeli yardımı ile dalganın oluşumu, hareketi ve kıyılardaki davranışları da modelleme sonuçlarıyla karşılaştırılır. Modelleme, geçmiş yıllarda oluşmuş ve gelecekte

oluşabilecek tsunami dalgalarının hareketlerinin çeşitli senaryolarını incelemek amacıyla kullanılmaktadır.

Tsunami dalgasına sebep olan olaylar, depremle alakalı olan tektonik hareketlerin kombinasyonu, yeryüzündeki veya deniz dibindeki toprak kaymalarıdır. Büyük bir depreme bağlı önemli bir diğer olay da kapalı bir denizde yıkıcı tsunami dalgalarının olup olamayacağıdır. Böyle bir dalganın etkisi, depremin enerji boşalmasına, deprem merkezinin kıyıya olan mesafesine, faydaki fiziksel kırılmaya, sismik dalga yollarının yayılmasına, dinamik hareketlerin büyüklüğüne ve süresine bağlıdır. Depremlerin yüksek yoğunluktaki yer hareketleri, güçlü yer ivmelenmeleriyle ve depremin olduğu alanda dalga oluşumuyla sonuçlanır. Yer in sivilaşması da toprak kaymalarına sebep olur ve bu da yıkıcı dalgalar yaratabilir[6].

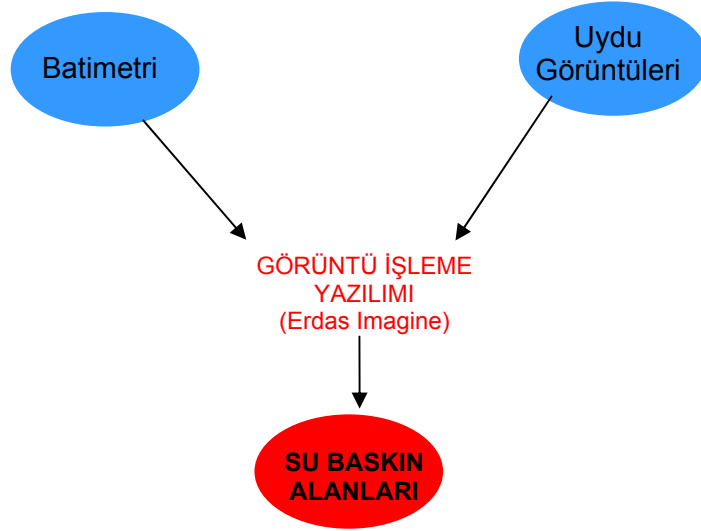
Tarihsel kayıtlara göre, sismik kaynaklı dalgaların Ege Denizi'nin kuzeydoğu bölümünde ve Marmara Denizi'nde daha ağırlıklı olduğu ifade edilmektedir. Kuzey Anadolu Fay hattındaki depremlerin büyük bir çoğunluğu yatay yer değıştirmelere sebep olduğundan fazla sayıda tsunami dalgası oluşmamıştır. Bu yatay yer değıştirmeye rağmen bazı depremler fay hattının batı segmentinde düşey yer hareketine sebep olarak tsunami dalgası oluşturduğu yönünde görüşler vardır.

Marmara Denizi'nde tam anlamıyla tsunami dalgası olmasa da sismik orijinli büyük dalgaların oluştuğuna dair kayıtlar vardır [4].

Marmara Denizi'nde yüksek büyüklükte deprem olacağı konusu yer bilimciler tarafından saptanmış olup bilimsel kabul görmüştür. Depremin deniz tabanında gerçekleşmesi beklendiğine göre sualtı kütle hareketleri oluşturabileceği ve büyük dalgalar yaratabileceği durumlar da göz önüne alınmalıdır [6].

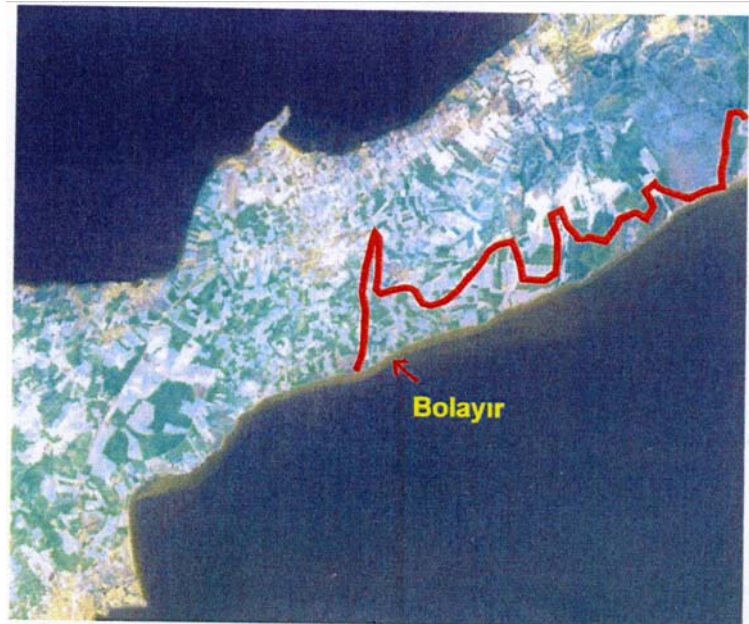
6.3. Marmara Denizinde Olası Bir Tsunaminin Sonuçları

Marmara denizi için birçok tsunami modeli üretilmiş ve bu modellerden çeşitli sonuçlar çıkarılmıştır. Bu çalışmada baz alınacak Tsunami modeli H. Abalı'nın 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'nde hazırladığı "Marmara Denizinde Tsunami Tehlikesinin Değerlendirilmesi" [33] adlı çalışmasında kullandığı model olacaktır. Bu çalışmada Landsat TM uydu görüntüleri ve deniz batimetrisi yardımı ile olası bir Tsunami sonrası su basması muhtemel yerler tespit edilmiş ve sınıflandırılmıştır(Şekil 6.5).



Şekil 6.5 : Su Baskın Alanlarının Belirlenmesi

Buna göre Tsunami tehlike alanları;



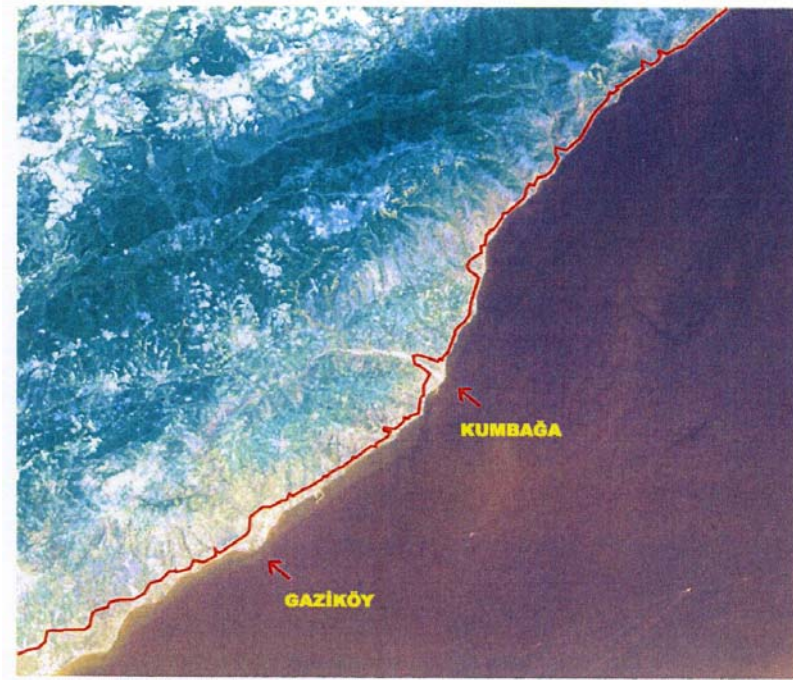
Şekil 6.6 : Bolayır Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.6'ya göre sadece kıyı yerleşimi olan Bolayır tehlike altındadır, bu görüntüde büyük oranda tarım arazisi tsunami dalgalarına maruz kalabilir ve maddi zarara sebep olabilir.



Şekil 6.7 : Şarköy-Mürefte Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.7'ye göre; Kıyı yerleşimleri alçak olan Şarköy ilçesi ile Mürefte tehlike altındadır.



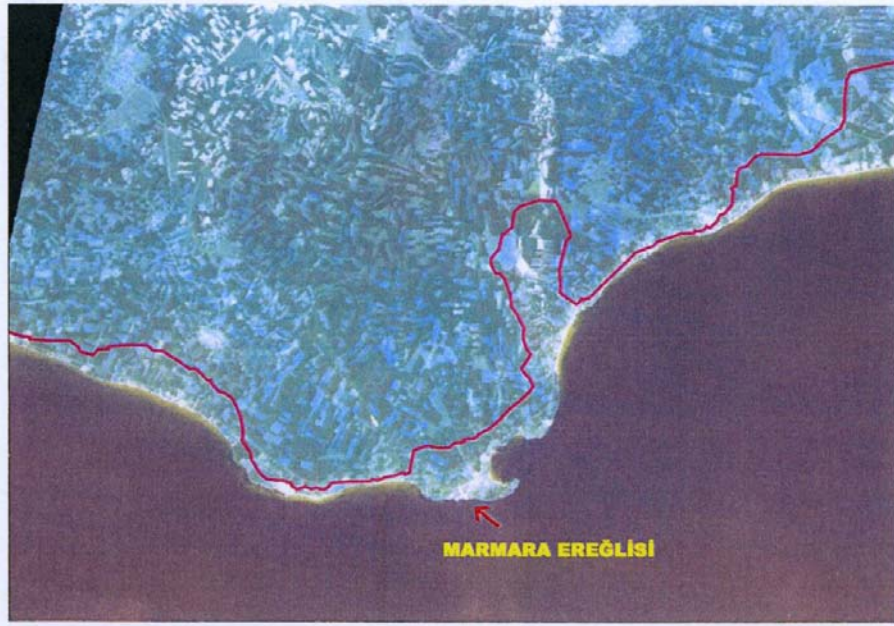
Şekil 6.8 : Gaziköy Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.8'e göre; Genel kıyı bölgesi dağlık olması nedeni ile dalga penetrasyonu fazla değildir. Ancak Gaziköy ve Kumbağa gibi iki yerleşim birimi vardır, ama bu yerleşim bölgeleri yüksek yerlere kurulu olduğu için zarar az görülebilir.



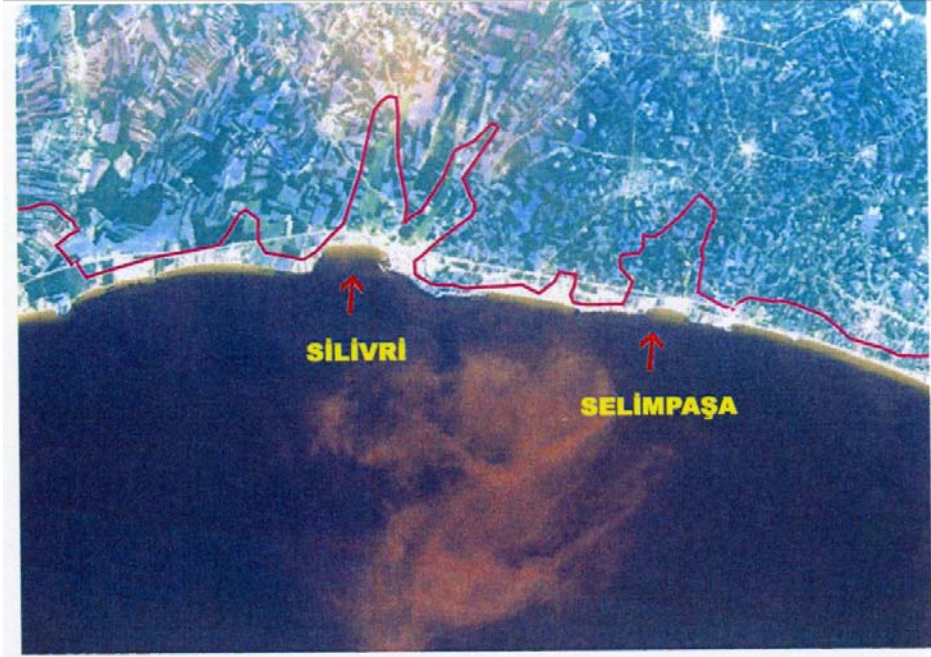
Şekil 6.9 : Tekirdağ Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.9'a göre; İl merkezi Tekirdağ tehlike altındadır fakat yerleşim ve yükseklik nedeni ile fazla su basması beklenmemektedir. Genel olarak tarım arazileri zarar görebilir.



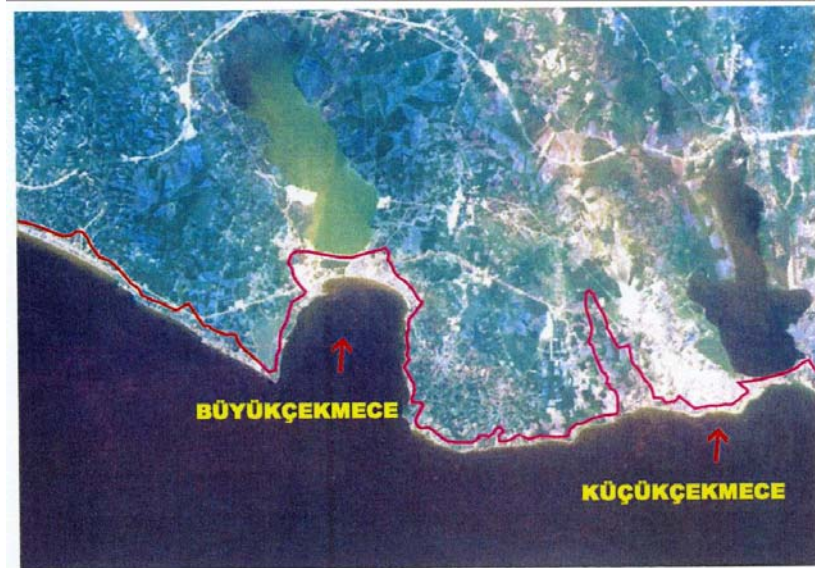
Şekil 6.10 : Marmara Ereğlisi Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.10'a göre; Yine tarım arazileri zarar görebilir bölgede sadece yerleşim birimi olan Marmara Ereğlisi alçak yerleşiminden dolayı tehlike altındadır.



Şekil 6.11 : Silivri-Selimpaşa Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.11'e göre; istanbul'a yaklaşmanın verdiği yerleşim yoğunluğunun başladığı görülmektedir. Silivri, Selimpaşa Kumburgaz gibi kıyı yerleşimleri tehlike altında olup özellikle Silivri'de içerileri kadar kot farkı artmamaktadır.



Şekil 6.12 : Büyükçekmece-Küçükçekmece Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.12'ye göre; Kıyıdaki az sayıdaki yerleşim ile çevre yolu tehlike altında olup BüyükÇekmece ve Küçükçekmece'de ciddi kayıplar yaşanabilir.



Şekil 6.13 : Yeşilköy-Eminönü Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.13'ye göre, daha hassas bilgi edinmek için kullanılan pankromatik verinin avantajı ile yerleşim bölgelerinde sular altında kalabilecek bölgeler rahatlıkla seçilebilmektedir. Yeşilköy'de bulunan hava alanına kadar olan bölge tehlike altında olup Zeytinburnu'ndaki hipodrom dahil riski bölgede kalmıştır, Eminönü yarımadasında ise surlara kadar dalga geleceği düşünülürse sadece sahil yolu zarar görebilir.



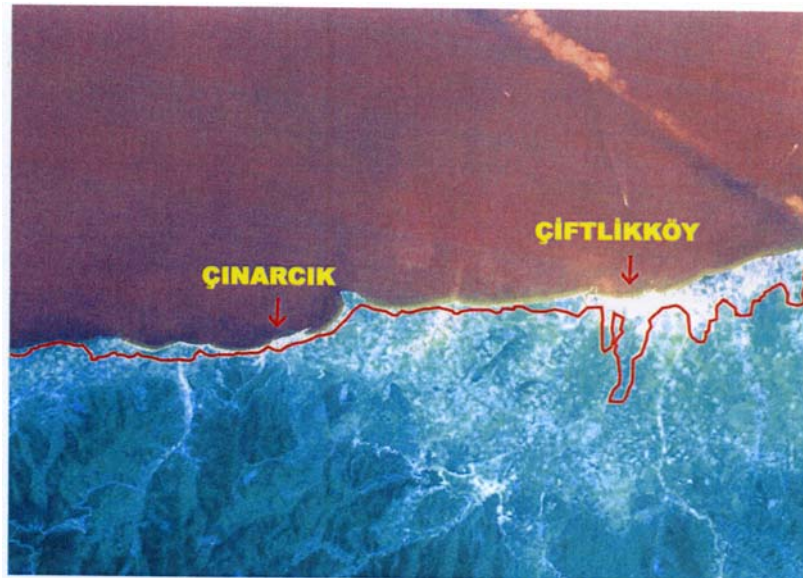
Şekil 6.14 : Kadıköy-Tuzla Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.14'e göre; İstanbul'un Anadolu yakası genel olarak görünebilir. Kıyıdan yüksekliğin ani artması ile fazla su basması olmayacağı düşünülse de, Kıyıdaki yerleşim yoğunluğu nedeni ile maddi ciddi hasarlar ve can kaybı yaşanabilir.



Şekil 6.15 : Gebze Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.15'e göre; yine sahilden içerilere doğru ani yükseklik artışı su basma bölgelerini azaltmış ve tsunami dalgalarının etkisi bu bölgede azalmıştır. Sadece körfezdeki Altınova'nın alçak tarım arazileri sahip olmasından dolayı iç bölgelere su basması artmış görünmektedir. Fakat yerleşim bölgelerine ciddi bir tehdit yoktur.



Şekil 6.16 : Çınarcık-Çiftlikköy Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.16'ya göre ise Büyük yerleşim yerlerinden olan Çiftlikköy ve Çınarcık ilçeleri tehlike altındadır. Çınarcıktan sonra dağlık bölgeler başlamaktadır.



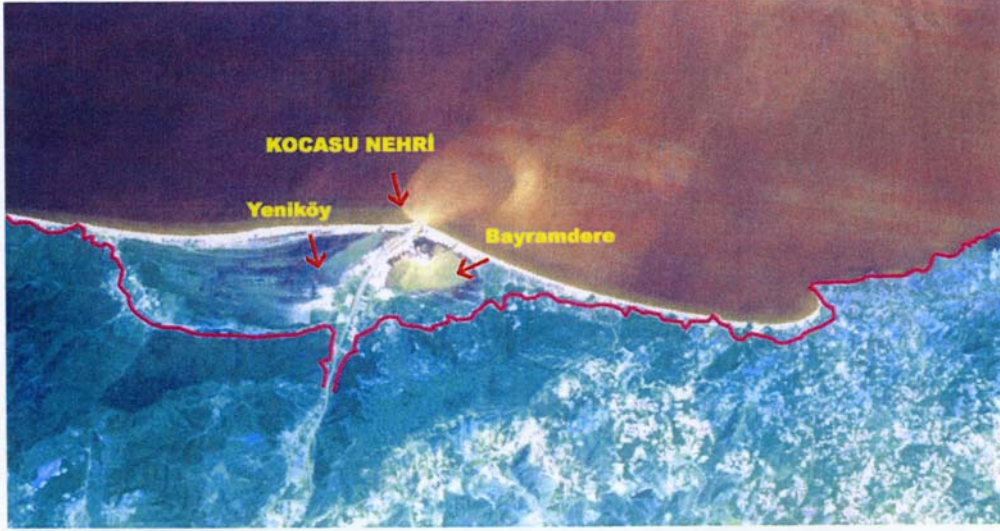
Şekil 6.17 : Armutlu Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.17'ye göre; görüntünün kuzeyi tamamen dağlık ve tsunami dalga tehlikesi olmayan bölgededir. Fakat güneyde kıyı yerleşimi olan Armutlu ve birkaç köyü tehlikede görünmektedir.



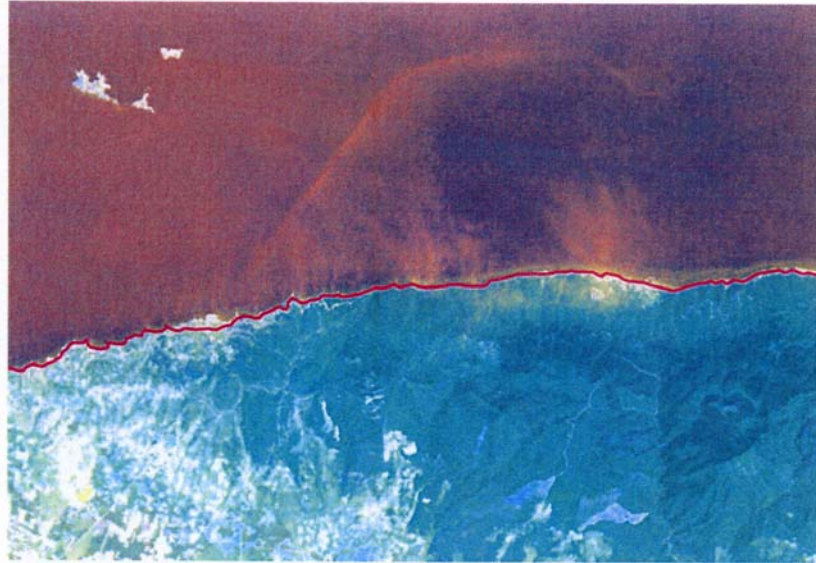
Şekil 6.18 : Gemlik-Mudanya Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.18'e göre; Gemlik ve çevresindeki tarım arazileri ile Mudanya ilçesi tsunami dalgalarının tehdidi altında kalabilir. Yerleşim yerleri dışındaki bölgeler dağlık bölgelerdir.



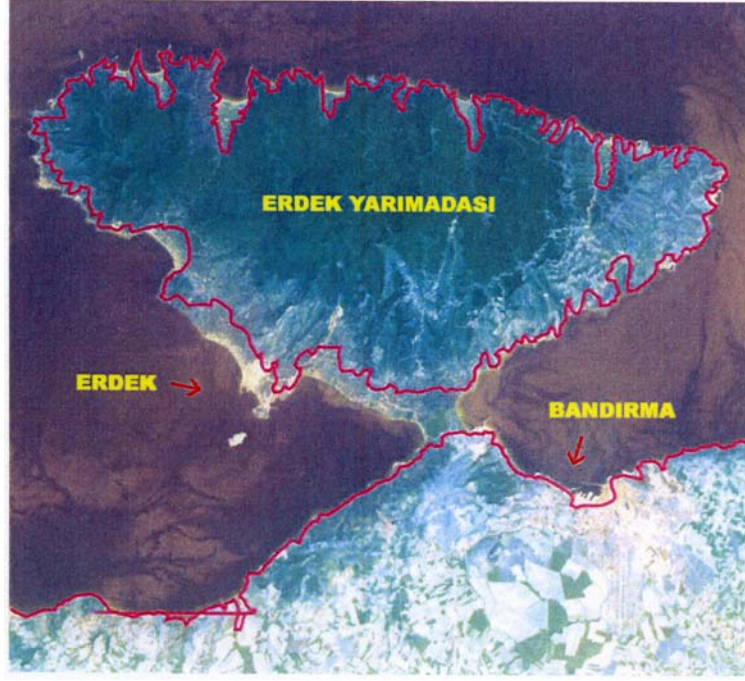
Şekil 6.19 : Yeniköy-Bayramdere Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.19'a göre; ise doğu kısmı dağlık ve tehlikenin az olduğu kısımlardır. Fakat Kocasu nehri ağzı ve bu kısımda bulunan bazı küçük köyler ve bu köylerin tarım arazileri tehlike altındadır.



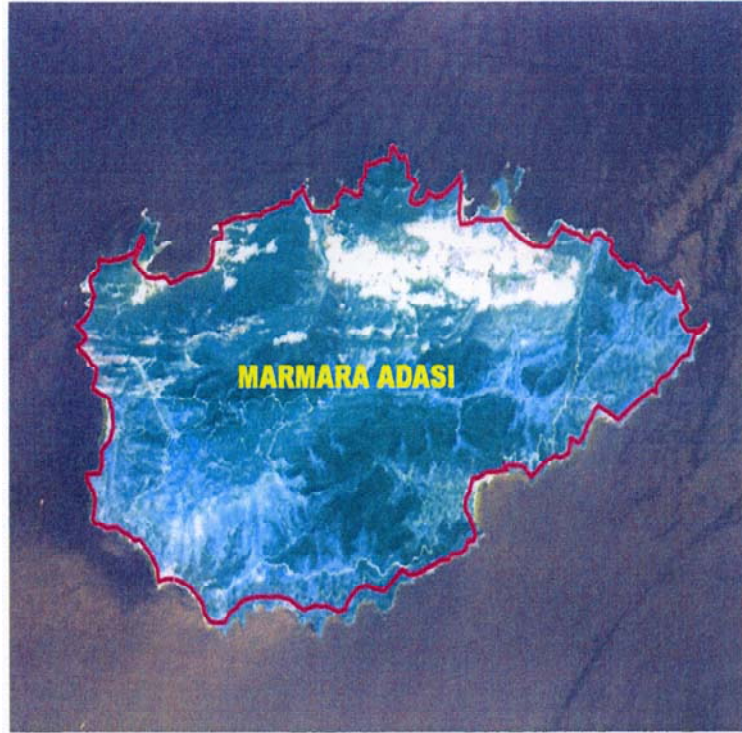
Şekil 6.20 : Yeniköy-Bandırma arasında kalan bölgedeki tsunami etki alanı [33]

Şekil 6.20'ye göre; tehlike altında herhangi bir yerleşim merkezi görünmemektedir ve bölge tamamen dağlıktır.

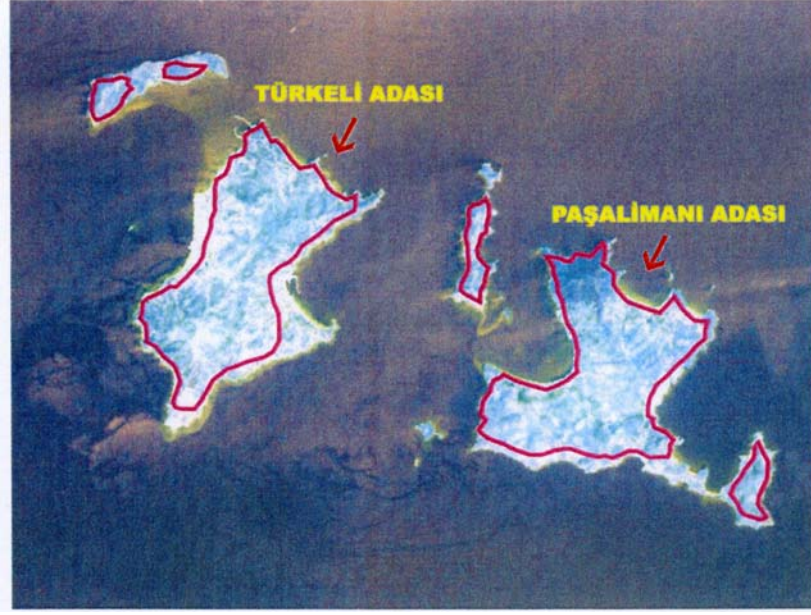


Şekil 6.21 : Bandırma-Erdek Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.21'e göre; Büyük yerleşim merkezlerinden olan Bandırma ve limanı tehlike altındadır, ancak içerilere ilerleme fazla beklenmemektedir. Bunun yanında Erdek ilçesi alçak yerleşimi ile tehlike alanı içerisindedir. Fakat Erdek yarımadasında fazla tehlike görünmemektedir.



Şekil 6.22 : Marmara Adası Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]



Şekil 6.23 : Türkeli ve Paşalimanı Adaları Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.22 ve Şekil 6.23'te ise Marmara, Türkeli ve Paşalimanı Adaları görüntülenmiştir. Adaların alçak olan yüzey şekilleri nedeni ile tehlike alanında görünen Türkeli ve Paşalimanı adalarıdır, Marmara Adası'nda ciddi bir tehlike görünmemektedir.



Şekil 6.24 : Denizkent Bölgesindeki Tsunami Etki Alanı [33]

Şekil 6.24'e göre; Denizkent ve çevresindeki tarım arazileri tehlike altındadır.

Sınıflandırma sonucu su basması muhtemel alanların miktarı ve yüzdesi ise şöyledir[33];

Tablo 6.2. Sınıflandırılma Sonucu Su Basan bölgelerin Toplam Alanları ve Yüzdeleri

Sıra No	Sınıf	Alan (Hektar)	Yüzde(%)
1	Orman	8190,57	14%
3	Tarla	11827,42	21%
4	Su	13487,37	24%
5	Boş Arazi	8889,10	16%
6	Yerleşim	14552,20	26%
	Toplam	56946,66	100%

6.4. Marmara Denizi İçin Gerçek Zamanlı Uyarı Sistemi Değerlendirilmesi

Bu çalışmada ele alınan tsunami gibi doğal afetlerin ortaya çıkması kaçınılmazdır. Afet yönetiminin aşamalarından olan hasarı azaltmak amacı ile özellikle tekrarlama eğiliminde olan doğal afetlerin izlenmesi ve gerektiği taktirde erken uyarı sistemlerinin oluşturulması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada Marmara Denizinde gerçek zamanlı bir Tsunami uyarı sistemine ihtiyaç olup olmadığını bulmak için iki farklı yöntem kullanılmıştır.

1. Yöntemde deniz batimetrisinden bağımsız olarak değişik dalga hızları ile Tsunami dalgasının oluşumundan ne kadar zaman sonra yerleşim merkezlerine varacağı öngörülmüştür (Tablo 6.3).
2. Yöntemde ise deniz batimetrisi kullanılarak dalga hızları hesaplanmış ve bu hızlar kullanılarak dalgaların ne kadar zamanda yerleşim merkezlerine ulaşacağı öngörülmüştür (Tablo 6.4).

6.4.1. Uygulamada Kullanılan Veri Seti ve Yazılımlar

Çalışmanın uygulama aşamasında temel olarak dalga hızları hesaplanmış ve bu hızlara göre tsunami dalgalarının kıyılara ve yerleşim alanlarına ulaşma süreleri öngörülmüştür.

Tsunami dalgaları için hız modeli oluşturulabilmesi için deniz tabanı yüksekliği ve güzergah bilgisi iki temel veri olarak kullanılmıştır.

Deniz tabanı yüksekliği verisinin oluşturulması aşamasında temel veri seti olarak Marmara Denizi'nin 30m çözünürlüklü batimetrik haritası kullanılmış, bu veri Erdas Imagine ve Surfer yazılımları yardımı işlenerek deniz tabanı yüksekliği verisi oluşturulmuştur.

Güzergah verisi ise tsunminin başlangıç ve bitiş noktaları ve bu noktalar arasındaki güzergahtan 30m aralıklarla belirlenen noktalardan oluşmaktadır. Tsunami başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenmesinde Google Earth yazılımı kullanılmış, bu koordinat verileri Netcad yazılımında işlenerek güzergah verisi oluşturulmuştur (Şekil 6.25)

6.4.2. Tsunami Dalgalarının Deniz Batimetrisinden Bağımsız Olarak Yerleşim Merkezlerine Varış Sürelerinin Hesabı

1. Yöntemde deniz batimetrisinden bağımsız olarak değişik dalga hızları ile Tsunami dalgasının oluşumundan ne kadar süre sonra yerleşim merkezlerine varacağı öngörülmüştür (Tablo 6.3).

Tablo 6.3. Farklı Dalga Hızlarına Göre Tsunami Dalgalarının Yerleşim Merkezlerine Varış Süreleri.

Tsunami B.	Varış Noktası	Mesafe KM	Dalga Hızı (Km/sa)						
			350	400	450	500	550	600	650
			Dalğanın Kıyıya Ulaşma Süresi (dk)						
Çınarcık Ç.	Büyükada	10,40	1,78	1,56	1,39	1,25	1,13	1,04	0,96
Çınarcık Ç.	Heybeliada	11,42	1,96	1,71	1,52	1,37	1,25	1,14	1,05
Çınarcık Ç.	Burgaz Ada	11,60	1,99	1,74	1,55	1,39	1,27	1,16	1,07
Çınarcık Ç.	Çınarcık	14,58	2,50	2,19	1,94	1,75	1,59	1,46	1,35
Çınarcık Ç.	Kınalıada	15,20	2,61	2,28	2,03	1,82	1,66	1,52	1,40
Çınarcık Ç.	Kartal	16,64	2,85	2,50	2,22	2,00	1,82	1,66	1,54
Çınarcık Ç.	Pendik	20,16	3,46	3,02	2,69	2,42	2,20	2,02	1,86
Çınarcık Ç.	Yalova	21,82	3,74	3,27	2,91	2,62	2,38	2,18	2,01
Çınarcık Ç.	Kadıköy	23,01	3,94	3,45	3,07	2,76	2,51	2,30	2,12
Çınarcık Ç.	Darıca	25,82	4,43	3,87	3,44	3,10	2,82	2,58	2,38
Çınarcık Ç.	Kumkapı	27,01	4,63	4,05	3,60	3,24	2,95	2,70	2,49
Çınarcık Ç.	Samatya	27,63	4,74	4,14	3,68	3,32	3,01	2,76	2,55
Çınarcık Ç.	Zeytinburnu	27,95	4,79	4,19	3,73	3,35	3,05	2,80	2,58
Çınarcık Ç.	Bakırköy	29,75	5,10	4,46	3,97	3,57	3,25	2,98	2,75
Çınarcık Ç.	Avcılar	38,15	6,54	5,72	5,09	4,58	4,16	3,82	3,52
Çınarcık Ç.	İmralli	51,23	8,78	7,68	6,83	6,15	5,59	5,12	4,73
Çınarcık Ç.	Silivri	75,03	12,86	11,25	10,00	9,00	8,19	7,50	6,93
Çınarcık Ç.	Gümüşyaka	90,84	15,57	13,63	12,11	10,90	9,91	9,08	8,39

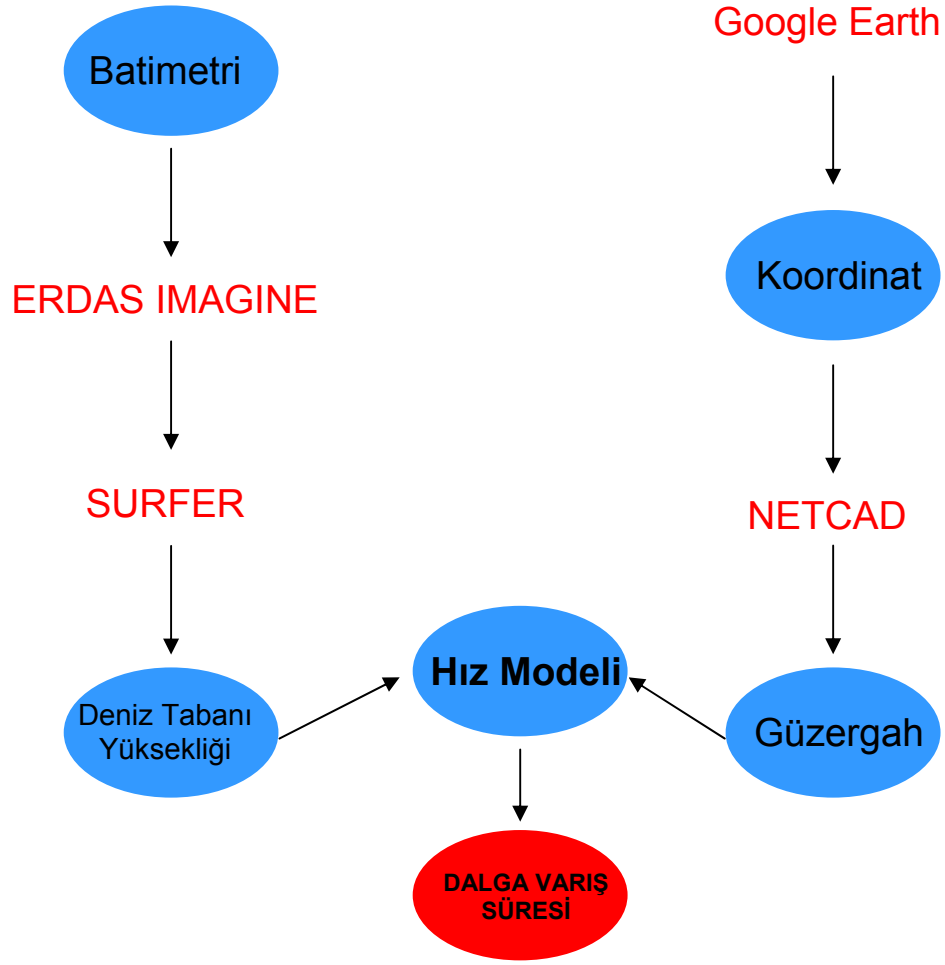
Çınarcık Ç.	Erdek	93,76	16,07	14,06	12,50	11,25	10,23	9,38	8,65
Çınarcık Ç.	Marmara Ereğlisi	95,51	16,37	14,33	12,73	11,46	10,42	9,55	8,82
Çınarcık Ç.	Marmara Adası	111,34	19,09	16,70	14,85	13,36	12,15	11,13	10,28
Çınarcık Ç.	Tekirdağ	132,38	22,69	19,86	17,65	15,89	14,44	13,24	12,22
Çınarcık Ç.	GaziKöy	145,91	25,01	21,89	19,45	17,51	15,92	14,59	13,47
Çınarcık Ç.	Mürefte	153,15	26,25	22,97	20,42	18,38	16,71	15,32	14,14
Çınarcık Ç.	Şarköy	164,99	28,28	24,75	22,00	19,80	18,00	16,50	15,23
Çınarcık Ç.	Gelibolu	205,36	35,20	30,80	27,38	24,64	22,40	20,54	18,96

Bu yöntem tsunami dalgasının kıyıya ulaşma süresi açısından tek bir sonuç vermemekle birlikte değişik büyüklüklerdeki olaylarda tsunami dalgasının yerleşim birimlerine ulaşma süresi hakkında fikir vermesi açısından faydalı bir yaklaşım olarak kullanılabilir.

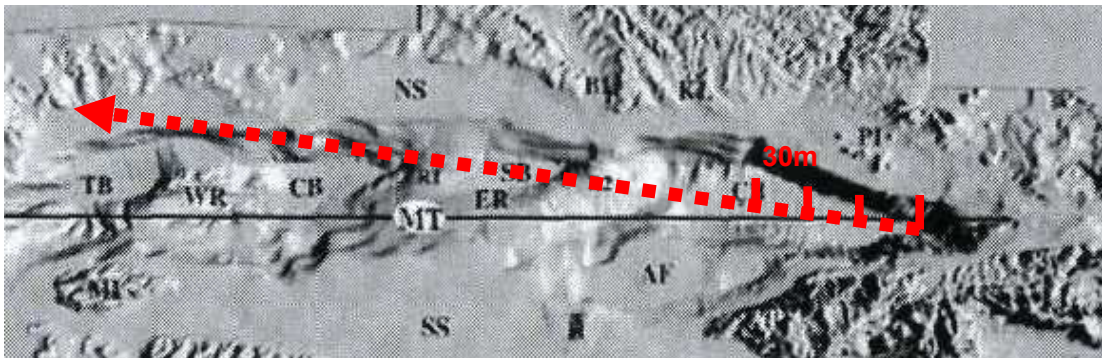
6.4.3. Tsunami Dalgasının Deniz Batimetri Kullarılarak Yerleşim Merkezlerine Varış Sürelerinin Hesabı

Çalışmada kullanılan 2. yöntemde ise deniz batimetri kullarılarak dalga hızları hesaplanmış ve bu hızlar kullarılarak dalgaların ne kadar zamanda yerleşim merkezlerine ulaşacağı öngörölmüştür (Tablo 6.4).

Bu yöntemde 1. aşamada Marmara Denizi batimetri verisi Erdas Imagine yazılımı ile işlenmiş, işlenen veri Surfer yazılımında değerlendirilerek 30m çözünürlükte nokta koordinatlı ve deniz tabanı yüksekliği verisine sahip tablolar oluşturulmuştur. 2. aşamada Google Earth yazılımı sayesinde yerleşim yeri koordinatları ve tsunami dalgasının başlangıç noktasının koordinatları hesaplanmıştır. Hesaplanan koordinat verileri Netcad yazılımı ile işlenmiş, dönüştürölmüş ve bu noktalar arasında güzergahlar oluşturulmuştur (Şekil 6.26). Yöntemin 3. aşamasında oluşturulan güzergahlar üzerinde Netcad yazılımı yardımı ile 30m aralıklarla kesitler alınmış ve kesit noktalarının koordinatları belirlenerek Surfer programında oluşturulan deniz taban yükseklikleri verisi ile eşleştirilmiştir. Yöntemin son aşamasında, hesaplanan deniz taban yükseklikleri ile dalga hızları belirlenmiş ve bu hızlara dayanılarak Tablo 6.4 te belirtilen tsunami dalgasının yerleşim merkezlerine ulaşım süresi öngörölmüştür (Şekil 6.25).



Şekil 6.25 : Yöntem 2 Akış Şeması



Şekil 6.26 : Batimetri Üzerinde Derinlik Noktaları ve Güzergah Belirlenmesi

Tablo 6.4. Batimetriye Göre Hesaplanmış Dalga Hızlarına Göre Tsunami Dalgalarının Yerleşim Merkezlerine Varış Süreleri.

Tsunami B.	Varış Noktası	Mesafe	Dalga Hızı (Değişken)(Km/sa)
		KM	
			Dalganın Kıyıya Ulaşma Süresi (dk)
Çınarcık Ç.	Büyükada	10,40	1,11
Çınarcık Ç.	Heybeliada	11,42	1,22
Çınarcık Ç.	Burgaz Ada	11,60	1,24
Çınarcık Ç.	Çınarcık	14,58	1,56
Çınarcık Ç.	Kınalıada	15,20	1,63
Çınarcık Ç.	Kartal	16,64	1,78
Çınarcık Ç.	Pendik	20,16	2,16
Çınarcık Ç.	Yalova	21,82	2,34
Çınarcık Ç.	Kadıköy	23,01	2,47
Çınarcık Ç.	Darıca	25,82	2,77
Çınarcık Ç.	Kumkapı	27,01	2,89
Çınarcık Ç.	Samatya	27,63	2,96
Çınarcık Ç.	Zeytinburnu	27,95	2,99
Çınarcık Ç.	Bakırköy	29,75	3,19
Çınarcık Ç.	Avcılar	38,15	4,09
Çınarcık Ç.	İmralli	51,23	5,49
Çınarcık Ç.	Silivri	75,03	8,04
Çınarcık Ç.	Gümüşyaka	90,84	9,73
Çınarcık Ç.	Erdek	93,76	10,05
Çınarcık Ç.	Marmara Ereğlisi	95,51	10,23
Çınarcık Ç.	Marmara Adası	111,34	11,93
Çınarcık Ç.	Tekirdağ	132,38	14,18
Çınarcık Ç.	GaziKöy	145,91	15,63
Çınarcık Ç.	Mürefte	153,15	16,41
Çınarcık Ç.	Şarköy	164,99	17,68
Çınarcık Ç.	Gelibolu	205,36	22,00

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Marmara Bölgesi'nin tektonik özellikleri, afet yönetimi ve risk analizi gibi güncel kavramların, felaketlerin etkilerini azaltmak ve gerekli önlemleri almak amacıyla kullanılmalarında büyük önem kazanmıştır. Bunu yapabilmek için öncelikle risk altındaki yerler belirlenmeli, var olan ulusal kaynakların envanteri çıkartılmalı ve güncel teknolojilerle pratik öneriler sunulmalıdır. Riskin en aza indirilmesi için, tehlikelerin ve bu tehlikelere olan duyarlılığın belirlenmesi, mevcut risklerin derecelendirilmesi ve risk önemine göre hazırlık planlarının yapılması gerekir. Bu hazırlık planlarının içerisine erken uyarı sistemlerinin kurulması, halkın bilinçlendirilmesi, afet bilgi sistemlerinin kurulması gibi çalışmalar girer. Başta risk azaltıcı planların yapılması için, geçmişteki ve günümüzdeki verilerin birleştirilmesi ve gelişmelere göre bu verilerin güncellenmesi gereklidir.

Yapısı ve doğası gereği ile afetlerin engellenmesi genellikle mümkün değildir. Yapılması gereken afetlerin etkilerinin en aza indirilmesidir. Bunun için afet yönetim planlarının yapılması, çeşitli afetler için erken uyarı sistemlerinin kurulması ve aynı zamanda afet konusunun sürekli ve çeşitli şekillerde ele alınarak ilginin sürekli canlı tutulması gerekmektedir.

Modele göre dalganın ortaya çıkmasından nüfusun yoğun olduğu bölgelere ulaşma süresi 3 ila 5 dakika arasında öngörülmüştür. Bu sürenin gerekli önlemlerin alınması için yeterli bir süre olmadığı açıktır. Bu sebeple Marmara Bölgesi için bir erken uyarı sistemi (tsunami için) kurulmasının gerekli olmadığı sonucuna varılmıştır

Bu tür afet senaryoları yapılarak farklı durumlar için farklı sonuçların neler olabileceği gösterilmelidir. Bu çalışmanın sonunda yaklaşık 12000 ha lık bir yerleşim alanının sular altında kalacağı öngörülmüştür. Bu oldukça ciddi bir büyüklüktür. Bunun depremle aynı anda ortaya çıkması olasılığının yüksek olması nedeniyle ortaya çıkacak zarar katlanarak artacaktır.

Bu çalışma sonucunda deprem sonucu oluşabilecek bir tsunaminin Marmara Denizi kıyıları için ciddi bir tehlike oluşturduğu ve aynı zamanda bu tehlikenin erken uyarı

sistemleri ile yeterli şekilde engellenemeyeceği belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanılarak tsunami için erken uyarı sistemi için ayrılacak kaynağın tsunaminin zararlarını azaltacak başka sistemlere aktarılması yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Yılmaz, A.**, 2002. Türkiye’de Afet Zararlarının Azaltılması Çalışmalarının Tarihi Gelişimi Üzerine Notlar, *Türk İdare Dergisi*, **435**, 205-219
- [2] **Taymaz, M.**, 2001. Doğal Afet Zararlarını Azaltma Çalışmaları, Afet ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- [3] **Imamura, F., Koshimura, S. ve Yalçın, A.C.**, 1999. Field survey and numerical modeling of tsunami generated by Turkish Earthquake of August 17, 1999, *Proceedings of Coastal Engineering in Japan*, **47**: 331-335.
- [4] **Altınok, Y. ve Ersoy, Ş.**, 2000. Tsunamis Observed on and Near Turkish Coast, *Natural Hazards*, **21**, 185-205.1992.
- [5] **Yalçın, A.C, Synolakis, C.E., Alpar, B., Borrero, J., Altınok, Y., Imamura, F., Tinti, S., Ersoy, Ş., Kuran, U., Pamukçu, S. ve Kanoğlu, U.**, 2001. Field surveys and modeling of the 1999 izmit Tsunami, *Proceedings of the International Tsunami Symposium 2001*, August 7-10, 2001, Seattle, Washington, USA, 557-564.
- [6] **Hebert, H., Schindle, F., Altınok, Y., Alpar, B. ve Gazioglu, C.**, 2005 Tsunami hazard in the Marmara Sea (Turkey): a numerical approach to discuss active faulting and impact on the istanbul coastal areas, *Marine Geology*, **215**, 23-43.
- [7] **Yalçın, A.C, Alpar B., Altınok, Y., Özbay, I. ve Imamura, F.**, 2002: Tsunamis in the Sea of Marmara Historical documents for the past, models for the future, *Marine Geology*, **190**, 445-463.
- [8] **Ergünay, O.**, 1999 Afet Yönetimi Nedir? Nasıl Olmalıdır?’, *Türk Psikoloji Bülteni Deprem Özel Sayısı*, **14**, 1999.
- [9] What is GIS?, <http://www.gis.com/>, Temmuz 12, 2007.
- [10] Geographic information system, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Geographic_information_system&oldid=143964511, Temmuz 12, 2007.

- [11] **Yavaş, H.**, 2001. Doğal Afetler ve Kriz Yönetimi, *Yerel Yönetim ve Denetim*, Cilt 6, 2, Şubat 2001.
- [12] **Akoğlu, H.**, 2003 Afet Kavramı ve Meteorolojik Afetlerin Sosyal Yaşama Etkileri', *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı*, İstanbul, Türkiye, 19-21 Mart 2003.
- [13] **Akdur, R.**, 2000. Afetler ve Afetlerde Sağlık Hizmetleri, *Türkiye Sorunlarına Çözüm Konferansları-III. 21. Yüzyılda Türkiye*, Ankara, Türkiye, 25-27 Ocak 2000.
- [14] **Koçak, K.**, 2001 Doğal Afetlerden Alınan Dersler, *İTÜ Vakıf Dergisi*, **25**, 29-41.
- [15] 1509 Büyük İstanbul Depremi, http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=1509_B%C3%BCy%C3%BCk_%C4%B0stanbul_Depremi&oldid=1742562, Temmuz 12, 2007.
- [16] Historical Depictions of the 1755 Lisbon Earthquake, <http://nisee.berkeley.edu/lisbon/index.html>, Temmuz 12, 2007.
- [17] 1766 Büyük İstanbul Depremi, http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=1766_B%C3%BCy%C3%BCk_%C4%B0stanbul_Depremi&oldid=1742909, Temmuz 12, 2007.
- [18] 17 Ağustos 1999 depremi, http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=17_A%C4%9Fustos_1999_depremi&oldid=1742954, Temmuz 12, 2007.
- [19] 12 Kasım 1999 Düzce Depremi, http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=12_Kas%C4%B1m_1999_D%C3%BCzce_Depremi&oldid=1742276, Temmuz 12, 2007.
- [20] Deprem Hakkında Herşey, <http://www.afet.gen.tr/deprem.php>, Temmuz 12, 2007.
- [21] **Yalçın, A.C., Kuran, U., Akyarlı A. ve Imamura, F., 1994.** Ege ve Marmara Denizlerinde Tsunami Oluşumu ve Hareketinin Matematiksel Model Yardımıyla Araştırılması, TUBİTAK, **Proje No:TUBİTAK-DEBAG-38.**
- [21] Fırtına (hava), http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C4%B1rt%C4%B1na_%28hava%29&oldid=1846108, Temmuz 12, 2007.
- [22] Earthquake Facts, www.nps.gov, Temmuz 12, 2007.
- [23] Çığ, http://www.dask.org.tr/bilmek_istedikleriniz/daglarda_hava/cig.htm, Temmuz 12, 2007.

- [24] Su Kirliliği, <http://w3.gazi.edu.tr/web/alperal/cevre2.htm>, Temmuz 12, 2007.
- [25] Air Quaility Monitoring, <http://www.airmonitoring.utah.gov/>, Temmuz 12, 2007.
- [26] Iris Seismic Monitor, <http://www.iris.edu/seismon/>, Temmuz 12, 2007.
- [27] NOAA Pacific Tsunami Warning Center, <http://www.prh.noaa.gov/ptwc/>, Temmuz 12, 2007.
- [28] **Ulusoy, A.İ.**, 2001. Tsunami oluşumu, etkilerinin azaltılması ve İstanbul Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] **Mei, C.C.**, 1989. The Apply Dynamics of Ocean Surface Waves. World Scientific Publishing Co., Singapore.
- [30] **Thurman, H. V. ve Trujillo, A. P.**, 1999. Essential of Oceanography, 6th Edition, Upper Saddle River, Prentice Hail, U.K
- [31] **Özmen, B.**, 2001. Kuzey Marmara Denizi'nde tsunami simülasyonları için gereken batimetrik datanın oluşturulması, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [32] **Abalı, H.**, 2005. Marmara Denizi'nde Tsunami Tehlikesinin Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İÜ Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- [33] **Pinet, P. R.**, 1998. Invitation to Oceanography, Jones and Barlett Publishing Inc., London.
- [34] **Hill, M. N.**, 1982, The Sea, Vol. 1, Physical Oceanography, Robert E. Krieger Publishing Co. Malabar, Florida.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Tekirdağ da doğdu. İlk ve ortaöğretimini Tekirdağ'da tamamladı. 1994 yılında başladığı Ankara Tapu ve Kadastro Meslek Lisesini 1998 Yılında Bitirdi aynı sene İTÜ İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2004 yılında tamamladı. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı Geomatik Mühendisliği Programı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır.