

11 Mart 2011

Tohoku-Kanto Depreşim Dalgası (Tsunamisi)

“Tsunamiden Dünyaya Acı Bir Ders Daha”

11 Mart 2011 günü yerel saatle 14.46'da (Greenwich zamanı ile 05.46'da)

Japonya'nın kuzeydoğusundaki Tohoku Bölgesi açıklarında (38,3°K, 142,4°D) 9.0 büyüklüğünde bir deprem meydana geldi. Kıyıda yaklaşık 130 km uzaklıkta, 1000 m su derinliği olan yerde ve yerin 32 km altında odaklanmış olan bu deprem, Japonya tarihinde görülmemiş büyüklükte bir tsunamiyi tetikledi. Depreme ve tsunamiye bu denli alışkın ve ne yapılması gerektiğini bilen Japonlar bile bu kadarını bekleliyordu. Tsunami dalgaları deprem merkezine en yakındaki bölge olan Iwate'den Ibaraki'ye kadar uzanan Japonya'nın kuzeydoğu kıyılarına yaklaşık 25 dakikada ulaştı ve müthiş bir yıkıma neden olarak karada ilerlemeye başladı.

Önüne gelen her türlü malzemeyle -tonlarca ağırlığındaki gemiler, paramparça olmuş ahşap yapılar, ağaçlar, otomobiller, tarlalardaki ürünler- kütlesini daha da büyütürken karada ilerlemeye devam etti. Çok şiddetli akıntı hızıyla ilerleyen su kütlesi, karada birçok yerde 5-6 kilometre kadar içeriye sokularak hasar alanını büyüttü.

Japonya'nın kuzeydoğu kıyılarındaki kentlerde büyük hasara ve can kaybına yol açmış olan bu deprem, merkezinden 350 km güneydeki başkent Tokyo'da da şiddetli olarak hissedildi.

Depreşim dalgaları 24 saat boyunca Pasifik'te ilerleyerek Şili'ye kadar ulaştı.



Japonya Tarihinde Tsunamiler:

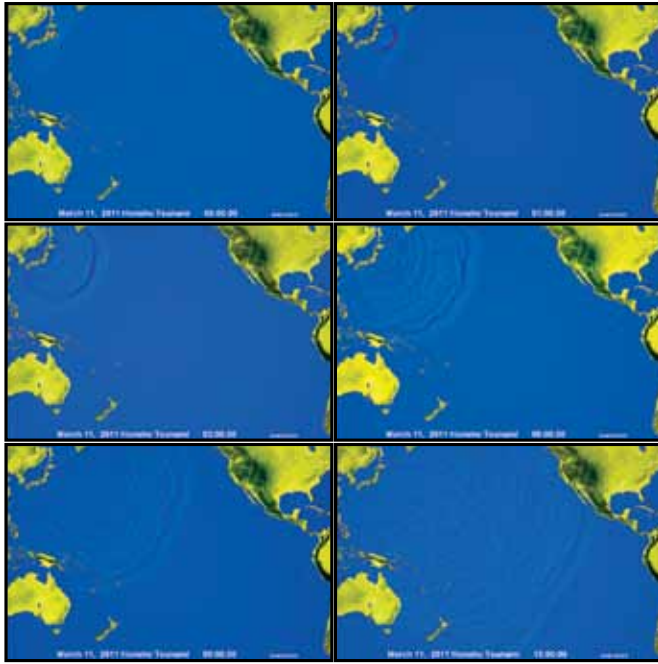
Japonya tsunami felaketini tarihte ilk defa yaşamıyor. Bölgede tarih boyunca bilinen en eski tsunami afeti, 869 yılında Sendai bölgesini vuran “Jogan Tsunamisi”dir. Yapılan paleotsunami araştırmaları sonucu bulunan tortullar Jogan Tsunamisi’nin Sendai bölgesinde çok geniş bir kıyı alanında etkili olduğunu ve o tarihlerde kıyıda 4 km uzakta bulunan Tagajo kalesine kadar ulaştığını göstermektedir. 1000 kadar can kaybı yarattığı bilinmektedir.

Japonya’nın en büyük adası olan Honshu’nun kuzey kısmı, Pasifik plakasının Kuzey Amerika plakası altına daldığı birleşim sınırı üzerinde yer alır. Buradaki plakalar, yıllar boyunca birbirini altına dalıp batmak üzere zorlanarak çok yüksek düzeyde enerji biriktirir. 869 yılında meydana gelen depreme de sebep

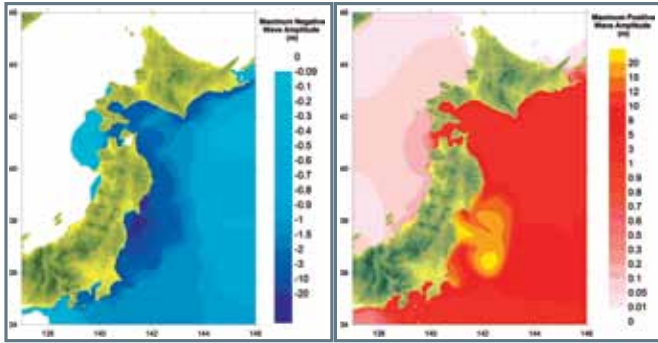
olan bu dalma-batma bölgesi, uzun dönem içinde biriktirdiği enerjinin açığa çıkması ile pek çok büyük deprem oluşturmuş ve bu depremlerin bir çoğu zarar verici depreşim dalgalarını tetiklemiştir. 1896 yılında meydana gelen Büyük Meiji Depreşim Dalgası da bunlardan biridir.

Japonya tarihinde en büyük yıkıma sebep olmuş 5 deprem ve tetiklediği tsunamiler listesi şöyledir:

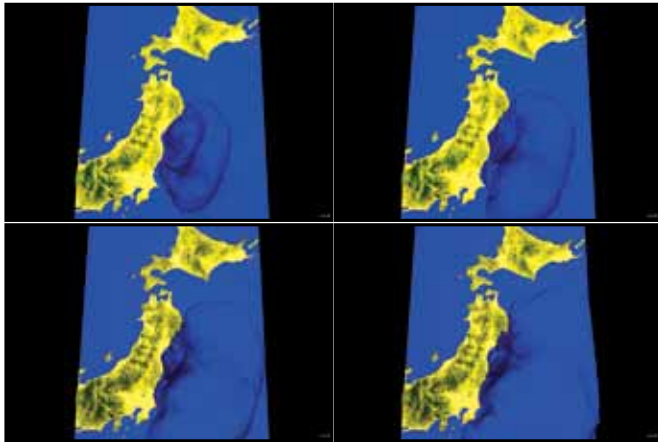
- 1498 Enshunada Denizi - 31.000 can kaybı
- 1586 Ise Körfezi - 8000’in üzerinde can kaybı
- 1707 Nankaido - 30.000 can kaybı
- 1771 Ryukyu Adaları - 13.000’in üzerinde can kaybı
- 1896 Sanriku (Meiji) - 27.000’in üzerinde can kaybı



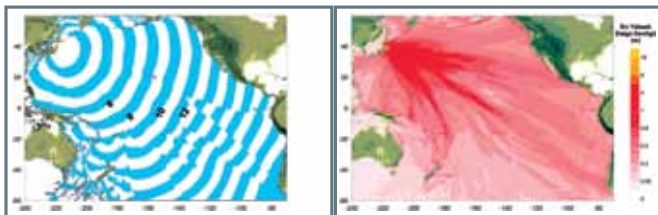
Tohoku-Kanto Tsunamisi'nin Pasifik'te yayılımı (0., 1., 3., 6., 9. ve 15. saatlerde su düzeyi durumu)



Tohoku-Kanto Tsunamisi'nin yakın alanda oluşturduğu en düşük ve en yüksek dalga genlikleri dağılımı



Tohoku-Kanto Tsunamisi'nin yakın alanda 5., 10., 15. ve 20. dakikalarda oluşturduğu su düzeyi



Pasifik'te ilk dalganın varış zamanı dağılımı ve Dalga Enerji Dağılım Haritası

Tohoku-Kanto Depreşim Dalgasının Ardından

Yakın alan etkileri:

Japon Yangın ve Afet Yönetimi Ajansı'nın (*The Japanese Fire and Disaster Management Agency-FDMA*) 24 Mart 2011'de yayımladığı verilere göre tsunami sonrası ölü sayısı 9353'e ulaşmıştır. 13.266 kayıp, 3105 de yaralı olduğu bildirilmektedir. Deprem ve tsunami nedeniyle 325 yangın meydana gelmiş, 243.390 kişinin de yaşadıkları bölgelerden tahliye edilmesi gerekmiştir.

Japonya'daki Limanlar ve Havalimanları Araştırma Enstitüsü'nün (*Port and Airport Research Institute-PARI*) GPS ölçüm şamandıralarında elde ettiği verilere göre, tsunami dalgaları deprem olduktan yaklaşık 30 dakika sonra Sendai bölgesindeki Miyako, Kamaishi ve Kesennuma şehirlerine ulaşmıştır. Su derinliğinin yaklaşık 200 metre olduğu yerlerde alınan ölçümlerde, dalga yüksekliğinin 6,5 metreye ulaştığı görülmüştür.

Dalgalar kıyıya geldiğinde ise dalga yükseklikleri ve akım derinlikleri daha da artmaktadır. PARI'nin Sendai bölgesi kıyıları boyunca yerleştirilmiş aygıtlarından gelen ölçüm verileri kıyılarındaki baskın derinliklerinin 15 metreye kadar çıktığını, dalga tırmanma yüksekliklerinin ise bazı yerlerde 24 metreyi bulduğunu göstermektedir.

Uzak alan etkileri:

Japonya'nın kuzeydoğusunda oluşan dalgalar, Pasifik'te Amerika kıtasına doğru yola çıkmış, 8 saatte Hawaii'ye, 14 saatte de Amerika kıyılarına ulaşmıştır. Tohoku Kanto Depreşim Dalgası'nın uzak alan etkileri genelde şiddetli akıntılar ve liman içi çalkantıları olarak gözlemlenmiş, bazı bölgelerde tekne hasarları meydana gelmiştir. Az sayıda can kayıpları arasında, Hawaii'nin kuzeybatı kıyılarında meraklı bir tsunami gözlemcisinin kıyıyı terk etmemesi nedeniyle denize sürüklenmesi ve ABD'nin batı kıyılarındaki bir başka can kaybı gösterilebilir. Ayrıca, Amerika kıtası batı kıyılarında 3 metrelere varan dalga yüksekliği ve hemen her limanda ve nehir ağzında şiddetli akıntılar ve çalkantılar gözlenmiştir.

Kuzey Amerika kıyılarındaki Kaliforniya'nın kuzeyindeki Crescent City Limanı'nda 35 tekne hasar görmüş, Santa Cruz Limanı'nda ise 20 tekne batmış, 100 tekne hasar görmüştür. Los Angeles'in kuzeyindeki Ventura Limanı'nda çok sayıda tekne hasar görmüş, Rendondo kumsalı limanında ise büyük bir tekne batmıştır. Los Angeles yakınlarındaki Santa Ana nehir ağzında tsunami etkisi 4 saat devam etmiş, akıntı hızı 2 m/s düzeyine ulaşmıştır. Kuzey Kaliforniya bölgesinde teknelerin limanı terk etmeleri çağrısı yapılmasına rağmen açık denizdeki kötü hava ve dalga koşulları nedeniyle liman ortasında beklemek zorunda kalmışlardır.

Dalganın Meksika ve Güney Amerika kıyılarına doğru ilerlemesi sırasında etkisinin azaldığı görülmüş; Meksika'nın Manzanillo bölgesinde çalkantı yarattığı gözlenmiş, hasar saptanmamıştır.



TSUNAMİ (DEPREŞİM DALGASI) NEDİR?

Denizlerin ya da okyanusların herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim biçimindeki olaylardan (deniz tabanı deformasyonu, çökmeler, oturmalar, zemin kaymaları, göçmeler, volkanik hareketler, meteor çarpmaları gibi kütle hareketleri) herhangi biri ya da birkaçının birden oluşması sırasında denize geçen potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesi ve buna bağlı olarak gelişen akıntılarla ve su düzeyi değişimi ile uzun dönemli dalga ya da dalgalar oluşur. Bu tür dalgalar dünya dillerinde tsunami olarak adlandırılmıştır.

Tsunami sözcüğü, 1896 yılında Japonya'daki Büyük Meiji Tsunamisi afetinde yaklaşık 27.000 kişinin ölümüne neden olmasından sonra, Japonların tüm dünyaya yaptıkları yardım çağrısı içinde yer alan bir sözcük olarak tanınmış, o tarihten beri de birçok dilde tsunami olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tsunami sözcüğü Japonca kaynaklıdır, tsu (liman) ve nami (dalga) sözcüklerinin birleşiminden oluşur ve liman dalgası anlamında kullanılır. Bunun nedeni, zayıf bir tsunaminin bile kıyılarda ve sığ sularda şiddetli akıntılar oluşturması ve özellikle limanlarda hasara yol açmasıdır. Bu tür dalgalar kıyılarda şiddetli akıntılar oluşturarak karada ilerler ve önüne gelen her türlü engeli silip süpürür. Bu özelliği nedeniyle "süpürtü dalgası" olarak da adlandırılır. Ancak, denizin herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim nedeniyle ortaya çıkma özelliği nedeniyle bu dalgalara Türkçe'de "depreşim dalgası" adı verilmesi uygun olacaktır.

Depreşim Dalgası Hareket Biçimi

Depreşim dalgası ilk oluştuğunda genellikle tek bir dalga biçimindedir. Ancak kısa bir süre içinde 4 veya 5 dalgaya bölünerek kıyılara doğru hareket eder. Önde giden dalga "centilmen" dalga olarak tanımlanır. Ancak ikinci ve üçüncü dalgalar etkili olabilecek niteliktedir. Arkadan gelen diğer dalgalar ise daha küçüktür ve daha az etkilidir.

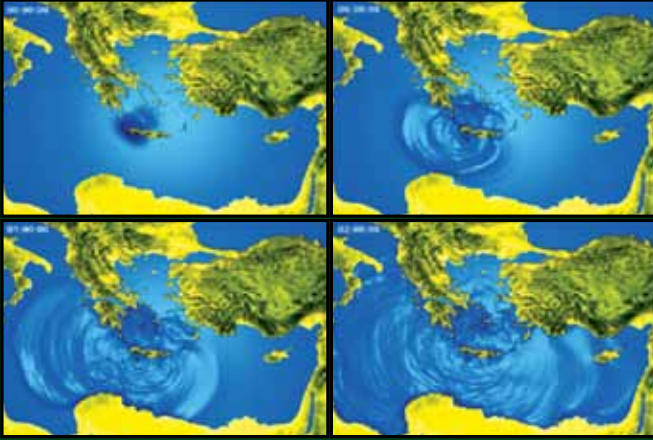
Depreşim dalgasının hızı, bulunduğu derinliğin karekökü ile doğru orantılıdır. Derin sularda hızlı, sığ sularda yavaş hareket eder. Ancak rüzgâr dalgalarından farklı olarak çok daha uzun periyotlu olurlar ve dalganın altında bulunan su moleküllerinin birbirlerini iterek yer değiştirmesi ile hareket ederler. Bu itme ve yer değiştirmenin sonucunda su kütlelerinde yatay düzlemde sürekli akıntı ve sürekli su transferi oluşur. Su kütlelerinin bu davranışı, sığ sulara geldiğinde dalga boyunun (iki dalga tepesi arasındaki mesafe) kısılmasına, çok şiddetli akıntılar oluşmasına, ve su düzeyi yükselmesine (genlik artması) neden olur. Kıyılara gelen öncü dalga, denizin önce geri çekilmesine veya karaya doğru ilerlemesine, karaya su taşınmasına ve ardından da karada dalga tırmanmasına neden olur. Bunun sonucu olarak da kıyılarda şiddetli akıntılar ve su düzeyi değişimleri gerçekleşir. Depreşim dalgası, yüksekliği düşük bile olsa genellikle limanlar ve küçük tekne barınaklarında etkili olur. Zaten Japonca'da liman dalgası sözcükleri ile tanımlanmasının nedeni de budur.

Tsunami Sözlüğü

Depreşim Dalgası Tırmanma Yüksekliği: Dalganın tırmandığı en yüksek noktanın sakin su düzeyinden dikey uzaklığı
Depreşim Dalgası İlerleme Uzaklığı: Dalganın kıyılarda ilerlediği en uzak noktanın kıyıdan yatay uzaklığı
Depreşim Dalgası Pozitif Genliği: Dalga tepelerinin sakin su düzeyine düşey uzaklığı
Depreşim Dalgası Negatif Genliği: Dalga çukurunun sakin su düzeyine düşey uzaklığı
Dalga Yüksekliği: Dalga tepesi ile dalga çukuru arasındaki dikey uzaklık.
Dalga Boyu: Art arda gelen iki dalganın tepe noktaları arasındaki yatay uzaklık
Dalga Periyodu: Art arda gelen iki dalganın tepe noktaları arasındaki zaman aralığı



Türkiye'de Depreşim Dalgası Riski



365 Tsunamisinin Doğu Akdeniz'deki yayılımı (0., 30., 60. ve 120. dakikalarda su düzeyi durumu)

MARMARA:

Marmara Denizi'nden geçen Kuzey Anadolu fay hattı, kuzey ve güney kolları olmak üzere iki bölüm halindedir. Bu kollardaki faylar genelde yapısal olarak yanıl (doğrultu) atımlı faylardır. Bu faylar tek bir parça halinde değil, segmentler halinde Marmara Denizi'nde doğu-batı doğrultusunda sıralanmış haldedir. Ancak Prens Adaları'nın güneyinden geçen bölgedeki faylar, düşey (normal) atımlı fay niteliği taşır. Bu nedenle tsunami yaratma özellikleri vardır.

Marmara Denizi'nde su derinliği en fazla 1100 metre civarındadır. Bu derinlikte kırılacak fay, tsunami oluşturabilir. Ancak Marmara Denizi'nin kapladığı alan dikkate alınırsa meydana gelecek olası tsunami, Japonya'da yaşanan tsunamide görülen dalga yüksekliklerine ve karadaki akıntı şiddetine ulaşmayacaktır. Yine de çok yoğun yerleşim olan kıyı alanları, tekne barınakları, limanlar, dere ağızları ve düşük kotlu kıyı yerleşimleri gibi kırılabilir bölgeler, tsunami dalgalarından etkilenebilir.

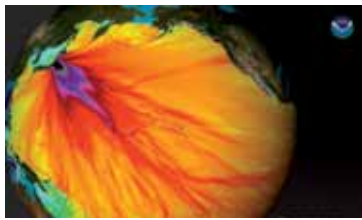
AKDENİZ:

Marmara'dan Ege'ye ve Akdeniz'e doğru gidildikçe fayların tsunami oluşturma karakterleri de artar. Doğu Akdeniz çanağında dalma-batma bölgesine bağlı düşey atım özellikli fay bölgeleri vardır. Tarihsel verilere göre, bu fayların tsunami oluşturduğu ve Akdeniz kıyılarında etkili olduğu bilinmektedir.

Akdeniz'deki bilinen en büyük tsunami 365 yılında meydana gelmiştir. Tarihsel verilere dayanarak, deprem merkezinin Girit'in batısında yer aldığı, deprem büyüklüğünün 8 civarı olduğu ve Doğu Akdeniz'in tümünde etkili olduğu tahmin edilmektedir. Şekil 5'te 365 depreminin fay parametreleri kullanılarak yapılan sayısal modelleme sonucu elde edilen dalga yayılımı zamana göre verilmektedir. Tarihsel verilere göre elde edilen deprem oluşum mekanizmaları kullanıldığında, 2 saat için yapılan benzetim sonucu, dalgaların Doğu Akdeniz'de şekilindeki gibi yayıldığı görülmektedir.



Prof. Dr. Ahmet Cevdet Yalçın, Japonya Tohoku Üniversitesi'nde ve ABD Güney Kaliforniya üniversitesi'nde Konuk Araştırmacı olarak çalıştı. Malezya Tsunami Uyarı Sistemi Danışmanlığı, UNESCO adına Sumatra Tsunami Araştırma Ekibi Başkanlığı ve Hint Okyanusu Ülkeleri Tsunami Modelleme Eğitim Direktörlüğü yaptı. Avrupa Birliği Descartes Ödüllü finalist proje araştırmacısı. Halen ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kıyı ve Deniz Mühendisliği Bilim Dalı'nda profesör olarak görev yapıyor.



Antik Dönemde Depreşim Dalgaları

Dünyada bugün izleri bulunanlar arasında en eski depreşim dalgası MÖ 5800 civarında Norveç'in güneybatısındaki Storegga açıklarında meydana gelen, denizaltı heyelanına bağlı oluşan ve İskoçya kıyılarına da vuran depreşim dalgasıdır.

MÖ 1631 yılına rastlayan dönemde ise Egede patlayan Santorini (o zamanki adı Thera) volkanının krater çökmesi ile oluşan depreşim dalgasının bölgemizdeki önemli tarihsel olaylardan biri olduğunu unutmamalıyız. O dönemdeki Minos uygarlığının deniz yapılarına ve deniz araçlarına etki eden depreşim dalgası, kıyılarda verdiği zararlar uygarlığın en önemli yaşam kaynağı olan deniz ticaretini sona erdirmiş ve halkın Girit Adası'ndan ve diğer adalardan, Mora'ya ve Anadolu'ya göç etmesine neden olmuştur.

Olağandışı büyük deniz dalgalarından tarihte ilk bahsedenenler 2500 yıl öncesinde Eukleides, Herodotos, Aristoteles ve Strabo olarak bilinir. Depreşim dalgası ile depremler arasındaki ilişki tarihte ilk bahseden kişi ise MÖ 426 tarihli deprem ve depreşim dalgası olayındaki gözlemlere dayanan Eukleides'tir. Eukleides, denizde su düzeyinin çökmesi, kıyı çizgisinin önce geri çekilmesi ve ardından çok büyük dalga olarak karaya ilerlemesini anlatarak, bu tür büyük dalgaların depremlere bağlı olarak oluşabileceğini ifade etmiştir.

Tsunamiden Korunma Konusunda Temel Kurallar

365 Tsunamisi'nin Doğu Akdeniz'de özellikle İskenderun, Bingazi ve Sicilya kıyılarında etkili olduğu bilinmektedir. Bu depremin olduğu yer ile etkili olduğu kıyılar arasındaki mesafe düşünüldüğünde, 365 Tsunamisi'nin uzak alan etkisi gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu örnek, Akdeniz çanağında meydana gelebilecek bir deprem sonrası oluşacak tsunaminin ülkemiz kıyılarında da etkili olabileceğini göstermektedir.

Akdeniz'de yaşanmış bir başka depreşim dalgası da 10 Temmuz 1956'da Santorini Adası açıklarında, 13 dakika arayla meydana gelen iki deprem (7,5 büyüklüğünde) sonucu oluşmuştur. Dalgalar Güney Ege kıyılarında önemli çalkantılar yaratarak etkili olmuştur. Ülkemiz kıyılarında da Bodrum Yarımadası ve Didim'de yarattığı etkiler görgü tanıkları tarafından saptanmıştır. Benzer bir tsunaminin günümüzde oluşması durumunda, turizm amacıyla çok yoğun kullanılmakta olan kıyılarda ve tekne barınaklarında o zamankine kıyasla daha fazla etki yaratması beklenmelidir.



Depreşim dalgaları çoğunlukla depreme bağlı nedenlerle oluşur; yatık eğimli ve düşük kotlu kıyılarda, körfezlerde, nehir ağzlarında ve liman içlerinde yaratabilecekleri çok şiddetli akıntılar nedeniyle daha çok etkilidirler.

Türkiye kıyılarında tarih içinde defalarca depreşim dalgaları oluşmuştur. Bundan sonra da oluşması beklenmelidir. Günümüzde kıyıların çok çeşitli amaçlarla, çok sayıda tesisle donatılmış ve çok yoğun kullanılıyor olması nedeniyle, bir depreşim dalgasının, tarihteki etkilerine kıyasla günümüzde çok daha unutulmaz izler bırakması olasıdır.

Tsunamide önden gelen centilmen dalga, kıyılarda birkaç dakika içinde olağandışı su yükselmesi veya alçalması (çekilmesi) yaratır. Bu ilk dalga, arkadan gelebilecek olan bir veya iki etkili dalganın habercisidir. Bu durumda arkadan gelecek olan ikinci ve üçüncü dalganın etkili olacağı bilinmelidir.

Depreşim dalgası fark edildiğinde ya da uyan alındığında en kısa zamanda kıyı çizgisinden uzaklaşmak ve yüksek bir yere

çıkarak zorunludur. Karada bulunan kişilerin kıyıda uzaklaşarak, denizde teknede bulunan kişilerin ise su derinliği en az 50 m. veya daha derin yerlere doğru uzaklaşarak olası dalga ve akıntı etkilerinden kurtulmaları olanaklıdır.

Unutulmamalıdır ki, dalganın karada ilerleme hızı, insanın koşma hızından daha fazladır. Merak edip dalganın kıyılardaki davranışlarını izlemek çok tehlikelidir. Kaçmak için çok geç olabilir. Depreşim dalgası nedeniyle yaşamını yitirenlerin bir bölümü meraklı kişilerdir.

Depreşim dalgası konusundaki uyarıları ciddiye almak zorunludur. Unutulmamalıdır ki, Hawaii Hilo'da 1960 yılındaki depreşim dalgası için 10 saat önceden uyarı verilmiş ve korunma yöntemleri tekrarlanmış iken yine de 61 can kaybı olmuştur.

Deniz tabanında oluşan herhangi bir deprem nedeniyle depreşim dalgası oluşabilir. Kıyılarda iken bir deprem hissedildiğinde kıyıda uzaklaşmak yararlı bir önlemdir.

Yakın Tarihte Depreşim Dalgaları

Yazılı kaynaklarda yer alan bilgilere dayanarak, son iki yüzyılda en çok can alan depreşim dalgası olaylarına baktığımızda, 1883'teki Karakatau Volkan Patlaması ile oluşan ve Hint Okyanusu'nda etkili olan depreşim dalgasını, 1896'da Japonya'nın kuzeydoğusunda ve Pasifik kıyılarında etkili olan Büyük Meiji depreşim dalgasını ve 1960 Şili depreşim dalgalarını görürüz. Ama çok yakın tarihli, iki önemli tsunami olayı geçmiştekilerin etkilerini çok fazlasıyla aşmaktadır.

26 Aralık 2004 Pazar günü Greenwich saati ile gece yarısı 00:58:53'te (Endonezya saati ile 07:58:53) Endonezya'nın Sumatra Adası'nın kuzeydoğusunda 3,307° K 95,947° D koordinatlarında meydana gelen 9,3 şiddetindeki depremin yarattığı depreşim dalgası, Hint Okyanusu'nu çevreleyen on ikiden fazla ülkenin kıyılarında olağanüstü hasar yaratmış, büyük çoğunluğu Güney Asya kıyılarında olmak üzere, 25'ten fazla milletten çeyrek milyondan fazla insanın canını almış ve insanlık tarihinin yaşadığı en büyük doğal afetlerden biri konumuna gelmiştir.



O deprem, sadece bahsedilen depreşim dalgasını oluşturmakla kalmamış, dünya üzerinde bilimsel, sosyal, psikolojik, kültürel sarsıntılara da neden olmuş ve afet yönetimi konusunda çok önemli değişimlerin kapısını aralamıştır.

2004 Hint Okyanusu tsunamisi, insanlık için yüz yıllarca anlatılacak çok önemli bir olay olarak düşünülürken, 11 Mart 2011'de Japonya'dan gelen acı bir haber dünyayı başka biçimde sarstı. 2011 Tohoku-Kanto depremi ile "Japonya'da yaşanmış tsunamiler" tarihi baştan yazılacak ve deprem sonrası oluşan tsunami, kayıtlara "bölgede yaşanan en büyük tsunami" olarak geçecek.



Ceren Özer, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2003'te mezun oldu. 2007'de Kıyı ve Deniz Mühendisliği Bilim Dalı'nda yaptığı yüksek lisansında tsunamilerin baskın alanında oluşturduğu kuvvetler üzerine çalıştı. AB ve TÜBİTAK destekli projelerde görev aldı. UNESCO adına Malezya'daki tsunami modelleme kurslarında eğitmenlik yaptı. UNESCO koordinasyonunda, hükümetlerarası Akdeniz Tsunami Uyarı Sistemi kurulma çalışmalarında araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Doktora çalışmasına aynı bölümde devam etmektedir.