

Denizin Kıyıya Taşdığı Felaket

Tsunami



"Bunları yakarsam köylülerin yaşamını kurtarabilirim." diyerek demetlerden birini birden ateşledi. Alez yumağı rüzgarın üflemeyle bir anda büyüyüverdi. Yangını gören biri tapınağın çatısını çalmaya başlamıştı bile. Genç bir köylü, "Yangın!" diye bağırarak tepeye hızlıca koştu. Diğer köylüler, kadınlar ve çocuklar ona izlediler. Sonunda yirmi genç tepeye ulaşabildi.

Onlar yangını söndürmeye çalışırken Gohei "Bırakın yangını! Bir afet olacak! Köylüleri buraya getirin!" diye güçlü bir sesle haykırdı. Köylüler birer birer gelmeye başladıklarında gençleri, yaşlıları, kadınları ve çocukları tek tek saydı. Birdenbire denizde ince, kara bir çizgi belirdi. İzledikleri sürece genişleyen, kalınlaşan, kıyıya doğru hızla yaklaşan ve kabaran bir çizgi... "Tsunami!" diye haykırdı birkaçı. Hemen sonra, ölerindeki su dağ gibi kabarıp karaya atarken, sanki yüzlerce gökgürültüsü birleşmiş gibi bir gümbürtü duyuldu. Bir an için, denizin serpintileriyle oluşan ve tepeye yönelen bulutlardan başka bir şey görünmez oldu. Beyaz haşın köpükleriyle deniz, köyün üzerinden şiddetle geçmişti bile. Sular köyün üzerinde ileri-geri iki ya da üç kez geçiyordu. Tepede ise çit çıkmıyordu. Herkes köyün bulunduğu yere boş bir ümitsizlik içinde bakakaldı... Yaşama bağlandıkları yuvaları, biricik köyleri dalgalarla kazılmış, iz bırakmadan yok olmuştu...

"BU PEK NORMAL DEĞİL" diye mırıldandı yaşlı Gohei kendi kendine. Deprem pek öyle şiddetli olmamıştı ama bu uzun ve yavaş yer sarsıntısı Gohei'nin bugüne kadar yaşadıklarından oldukça farklıydı. Köydeki tepede yer alan evinin bahçesinden aşıya yasayla baktı. Köylüler harman sonu festivali hazırlıklarına öylesine kapılmışlardı ki, depremin farkına bile varamamışlardı. Gözlerini denize çevirdiğinde Gohei hayretten donakaldı. Tuhaf bir dalga rüzgara karşı ve derin suya doğru denizi çökerterek gidiyordu. Bir an sonra sular tamamen çekildi ve denizin kum ve kayalık tabanı ortaya çıktı. "Bu tsunami olmalı!" diye düşündü Gohei. Eğer şimdi birşey yapmazsa, bu dalga dört-yüz kadar köylünün yaşamını, köyü ile birlikte yutacaktı. Yitirecek bir dakika bile yoktu. Eve koşarak elinde kocaman bir meşale ile dışarı çıktı. Oradaki tarlada çeltik demetleri duruyordu.

ENERJİ, su ortamı içerisinde dalga hareketi ile ilerleyebilmektedir. Rüzgar enerjisinin sürtünme yoluyla denize geçişi, dünya ile ay ve güneş arasındaki çekim kuvvetinin zamansal değişimi, limanlar ya da küçük körfezlerde gemilerin ortaya çıkardığı etki ve sualtındaki çeşitli tektonik hareketlerle enerjinin suya geçişi gibi olaylar; deniz veya göllerde çeşitli biçimlerde dalgalar oluşturmaktadır. Bu dalgaların hemen hepsi, onları yaratan enerjinin özelliklerine göre farklıdır.

Japonya'da "liman dalgası" anlamına gelen "tsunami" sözcüğü, okyanus ya da denizlerin tabanında oluşan deprem, volkan patlaması ve bunlara bağlı taban çökmesi, zemin kaymaları gibi tektonik olaylar sonucu denize geçen enerji nedeniyle oluşan, uzun dönemli bir deniz dalgasını temsil eder. 15 Haziran 1896 günü Japonya'nın Pasifik kıyılarına çarpan ve 21.000 kişinin ölümüne yol açan "Meiji Büyük Sanriku Tsunamisi" nedeniyle Japonların dünyaya yaptığı yardım çağrıları, "tsunami" sözcüğünün hemen hemen tüm ülkelerde çok daha büyük duyarlılıkla algılanmasına ve tüm dillerde aynı biçimde kullanılmasına yol açmıştır. Özgün bir dalga olan tsunamiye, Pasifik Okyanusu'nda çok sık, diğer okyanus ve denizlerde ise nadir olarak rastlanmaktadır. Dalga yüksekliği derin denizde bir insan boyu kadar küçük, dalga boyu ise yüzlerce kilometre kadar uzundur. Bu dalganın diğer tip deniz dalgalarından farkı ise; su zerreciklerinin sürüklenmesi sonucu hareket kazanmasıdır. Derin denizde varlığı hissedilemezken 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, yangın, çığ veya sel gibi bir doğal afet haline gelebilmektedir.

Anadolu'yu çevreleyen denizlerde tarih boyunca tsunamiler olduğu, bunlara son yüzyıl içinde de rastlandığı bilinmektedir. Kıyı alanlarındaki doğal kaynakların ekonomik açıdan taşıdıkları önem ve ülkemizin bu kaynaklara olan büyük gereksinimi nedeniyle, kıyılarımızda zarara yol açacak doğal afetlerin

etkilerinin azaltılması yolunda çalışmalar yapılması gereklidir. Konuyu tsunami özeline taşıdığımızda ise, geçmişte az etkili olmuş bir tsunaminin günümüzde yinelenmesinin, önemli zararlara yol açacağı beklenmelidir.

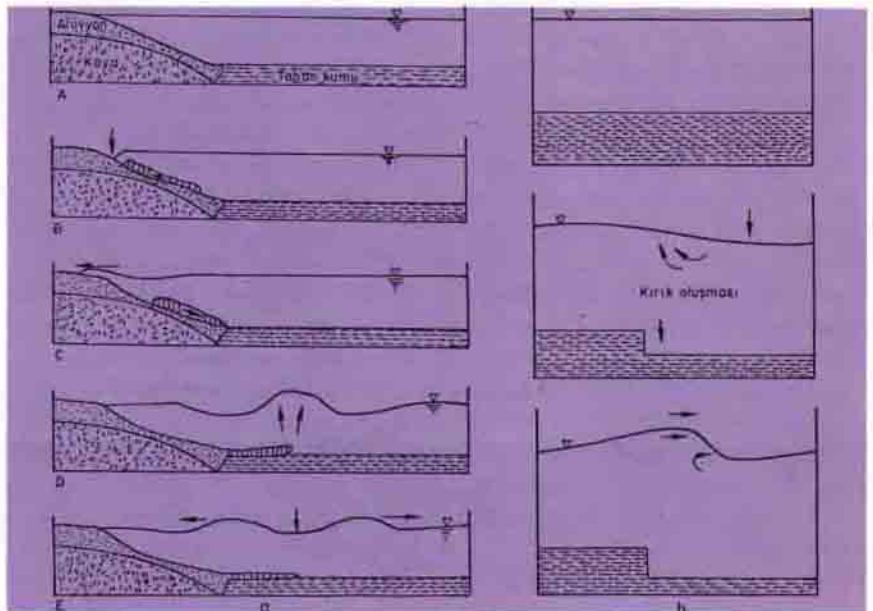
Yukarıdaki açıklamalar; kıyılardaki büyük yatırımlar (nükleer ya da termik santraller), denize bitişik sayısız yerleşim merkezleri ve turistik tesislerin, tsunami etkisi için hedef durumda olduklarını göstermektedir. Bu gerekçeler ise, gelecekte denizlerimizde oluşabilecek depremler ve bunlara bağlı tsunami olaylarının şimdiden değerlendirilmesi ve Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz'de tsunamiye elverişli kıyı alanlarının araştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

TÜBİTAK Yer, Deniz, Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu (YDABÇAG) tarafından desteklenen "Ege ve Marmara Denizlerinde Tsunami Oluşum ve Hareketinin Matematiksel Model Yardımıyla Araştırılması" başlıklı temel araştırma projesi bu konudadır. Bugün çeşitli ülkelerde başka denizler için de uygulanabilir duruma getirilmeye çalışılan iki bilgisayar modelinin Japonya dışında kullanımına başlanması ilk kez Türkiye'de gerçekleşmiştir. Bu özgün projenin TÜBİTAK desteği ile uygulanabilmesi bugün Türkiye'deki kıyı biliminin, özellikle Ege olmak üzere Marmara ve Doğu Akdeniz tsunamileri konusunda özgün bilgiler üretmesine ve uzman Türk bilimcilerin kazanılmasına yol açmıştır.



Tsunami Oluşumu ve Hareketi

Tsunami, tektonik olaylar ile denize enerji geçmesi sonucu oluşur. Dalga boyu yüzlerce kilometre uzunluğunda olduğundan uzun dalgalar sınıfına girer ve hemen her su derinliğinde sığ su dalgası koşullarını sağlayabilir. Denizde, derinlik farklılaşması etkisiyle sapmaya uğrayarak ve karşılaştığı engeller (adalar) nedeniyle dönerek yoluna devam eder. Kıyılara geldiğinde taban sürtünmesi ve yansımadan etkilenerek taban eğiminin özelliklerine göre tırmanır. Tsunami, ilk oluştuğunda tek bir dalga halindedir. Kısa bir süre içinde üç ya da beş dalgaya dönüşerek çevreye yayılmaya başlar. Bu dalgaların birinci ve sonun-



Sualtı zemin hareketi nedeniyle Tsunami oluşumu



cusu çok zayıf olup diğerleri ise etkilerini kıyılarda oldukça şiddetli biçimde hissettirecek enerjiyle ilerlerler. Bu nedenle depremden kısa bir süre



sonra kıyıda görülen yavaş ama anormal su yükselmesi ilk dalganın geldiğini belirler. Bu yükselme, arkadan gelecek olan çok kuvvetli dalgaların ilk ve tek habercisidir.

Tsunaminin hareketi, diğer dalga türleri gibi matematiksel model kurularak incelenebilmektedir. Matematiksel modellerde, derin denizde lineer dalga teorisine göre çıkarılan dalga denklemlerinin, başlangıç değer problemi şeklinde sayısal yollarla çözülmesi; sıg su derinliğinde ise (30 m'den küçük derinliklerde) taban sürtünmesi de gözetilerek sayısal çözümün kıyıya kadar devam ettirilmesi amaçlanmaktadır. Bu modeller, denizdeki depreme bağlı su düzeyi değişimine ilişkin verileri girdi olarak alıp işleyebilmekte ve kıyılara ne zaman ve ne biçimde ulaşabileceği konusunda bilgiler üretmektedir.

Tarihte Tsunami

Tarihsel kayıtlarda, dünyadaki büyük denizlerin hepsinde tsunami olaylarına rastlanmaktadır.

Pasifik Okyanusu Tsunamileri: Şili açıklarında 24 Mayıs 1960 sabahı oluşan Şili tsunamisinin doğuya ilerleyen bölümü, Şili'ye bir saatte varmış ve pek etkili olamamıştı. Batıya ilerleyen bölümü ise tüm Pasifik alanında ve kıyılarında etkili olmuş; enerjisinin Japon takımadaları yönünde odaklanması nedeniyle de büyüyerek Japonya'ya 22 saatte ulaşmıştı.

Sonuçta sadece Japonya'da 4983 evin yıkılmasına ve 149 can kaybına neden olmuştu. Asya kıyılarından yansıyan dalgalar, Şili'ye geri geldiklerinde ise beklenmedik düzeyde hasar ve can kaybına yol açmışlardı. 27 Mart 1964 Alaska depremi, Paskalya

Güncel Tsunamiler

Fumihiko Imamura
Tohoku Üniversitesi, Afet Kontrol Araştırma Merkezi, Japonya

Son iki yıl içinde Pasifik'te oluşan altı tsunami tüm bilimcileri şaşırtmıştır. Bu olaylarda meydana gelen maddi hasar hesaplanabilecek gibi değildir. Toplam can kaybı ise 2300 olmuştur. Bunlardan en yakın tarihlisi olanı 1983 yılında Japon Denizi'nde gerçekleşmiş ve 100 ölümlü sonuçlanmıştır. Genel olarak dalma zonu bölgesindeki sıg odaklı depremler tsunami yaratmaktadır. Son yıllardaki tsunamilerin tırmanma yüksekliği 20 m'yi bulmuştur. Zarar ve can kaybı, bu tırmanmadan çok, şiddetli akıntılarla meydana gelmektedir. Bütün bu bilgiler, bizleri gelecekteki tsunamilerin insan yaşamına olan etkilerini azaltmak üzere daha çok araştırma yapmaya itmektedir.

Son iki yıldaki tsunamileri yerinde incelemek üzere kurulan Uluslararası Tsunami Araştırma Ekibi ile yapılan çalışmalarda şu sonuçlar elde edilmiştir:

Nikaragua Tsunamisi (2 Eylül 1992, deprem şiddeti: 7.2) Nikaragua açıklarındaki depremin yol açtığı bu tsunami, bir köyün yok olması

na, 167 kişinin ölümüne neden olmuştur. Tırmanma yüksekliğinin 10 m olduğu bulunmuştur. Bu tsunami, Nikaragua'nın yanısıra Hawaii ve Japonya'da da hissedilmiştir.

Flores Tsunamisi (12 Aralık 1992, deprem şiddeti: 7.5) Nikaragua'da gerçekleşen depremden 20 gün sonra toplanan bilimadamları, yeni bir tsunaminin oluşması durumunda olay yerine zamanında ulaşmak üzere hazırlıklara başlamışlardır. Üç ay sonra Endonezya'nın volkanik adası Flores'in Kuzey kıyılarına çarpan tsunami, 1712 ölüm ve 28.386 evin yıkılmasıyla sonuçlanmıştır. Babi adasının iç kısımlarındaki iki köye ulaşan deniz suları çok sayıda evi hasara uğratmış ve sadece burada 263 can almış, iki kilometrelik kıyı şeridinin karaya uzanan 150 metrelik kısmı da çöküp gitmiştir. Uluslararası araştırma ekibinin adaya varması ise 15 günü bulmuştur.

Kamçatka Tsunamisi (8 Haziran ve 13 Kasım 1993, deprem şiddeti: 7.2) Bu tsunami, düşük şiddette olması nedeniyle hasarsız atlatılmıştır.

Hokkaido Nansai oki Tsunamisi (12 Temmuz 1993, deprem şiddeti: 7.6) Japon Denizi'nin kuzeyinde oluşan bu tsunami için bölgeye ilk ulaşan araştırmacı, verilen sözlerin alınan kararların yine tam anlamıyla gerçekleşmemiş

olduğunu gördü. Aradan 3 gün geçmiş olmasına rağmen bilimadamları bölgede değillerdi. Teknelerin hepsinin batmış olması nedeniyle limanda denize açılacak tekne yoktu. Liman, tekne ve otomobillere mezar olmuştu. Adanın diğer tarafından gelecek teknelerin yavaşması da bu nedenle mümkün değildi. 20 km'lik kıyı şeridi gözönüne alındığında ortalama tırmanmanın 10 m olduğu görülmüştür.

Tırmanma yüksekliğinin 15-30 m'ye kadar çıktığı belirtilen bu tsunamide can kaybı 238 olarak kaydedilmiştir.

Mariana Tsunamisi (8 Ağustos 1993, deprem şiddeti: 8.0) Guyam Adasının güneyindeki Mariana bölgesinde gerçekleşmiş en şiddetli depremdir. Önceden bu bölgede 7.5 şiddetinde depremler olduğu (5 Nisan 1990) bilinmektedir. Bu tsunami, Japonya kıyılarında 30 cm yükselme yaratmış, ancak hasara yol açmamıştır.

Doğu Java Tsunamisi (3 Haziran 1994, deprem şiddeti: 7.2) Kıyıdan 200 km uzakta gerçekleşen bir depremler ortaya çıkan bu büyük tsunami, ardında 200'den fazla ölü, 400'den fazla yaralı bırakmış ve 1000 evin yıkılmasına neden olmuştur. Yapılan incelemeler sonunda, tırmanma yüksekliğinin 13.2 m olduğu anlaşılmıştır.



yortusundan önceki cuma gününe rastlar. Veldezi limanında yük boşaltan bir şilebin güvertesinde

film çeken bir gemici, tarihin en önemli depremlerinden birini filme almakta olduğunu bilmiyordu. Anınsızın müthiş bir sarsıntı ile şilebin yanında büyük bir yarık oluştu ve limanın içindeki sular çekilmeye başladı. Gemi batarken, rıhtım ve çevresindeki kara kütleleri de gevşeyerek denize aktı. Deprem dört dakika sürmüştü. Oluşan tsunami denizden 25 m yükseklikte bulunan bir deniz fenerini ve beş görevlinin yaşadığı evi, buldukları yerden 17 m yüksekliğe fırlatmıştı. Bu tsunami Japonya'ya altı saatte varmıştır.

Volkan patlamaları sonrasında da tsunamilerin oluştuğu tarihte kayıtlıdır. Bunlardan bazıları, Ağustos 1883 Karakatau Volkanı patlamaları sonrası oluşan üç ayrı tsunami, ayrıca Ekim 1883 Alaska Augustin Volkanı, Eylül 1952 Myojin Reef Volkanı ve Ocak 1914 Sakurajima Volkanı patlamaları sonrasındaki tsunami olaylarıdır. Karakatau tsunamileri deniz alanının 10 km çapındaki bölümünün 190 m çökmesi ile ortaya çıkmıştır.

Anadolu Çevresindeki Tsunamiler: 36° 21' kuzey, 25° 21' doğu koordinatlarındaki güney Ege'nin en ilginç adası Santorini (antik adıyla Thera)'nin Tunç dönemindeki çapının yaklaşık 16 km olduğu sanılmaktadır. Thera'dan önce bu adaya "Kalliste" (en güzel ada) ve "Strogili" (çember ada) adlarının verildiği de bilinmektedir. Bugün bu isimler unutulmuştur bile. Çünkü Santorini bugün artık ne çember biçimindedir ne de o bilindiği güzelliğindedir. Artık tunç döneminden günümüze defalarca püskürmüş olan aktif bir volkanın krateri durumundadır.

M.Ö. 1560 yıllarında aktif duruma geçen volkanın krater oluşum sürecinde, Thera'nın üçte ikisi püskürtülerek, çember biçimindeki ada hilal biçimindeki bir ay parçasına benzemiştir. Bu olayı takibeden tsunami, Karakatau volkanı patlaması sonucu gerçekleşen tsunami ile aynı özellikleri

taşır. Thera tsunamisi ile taşınan adaya ait sünger taşları, kuzey Ege'de Semadirek adasının güneyinde, Rodos'ta, Anaphi'de, Girit'te, Girne'de ve İsrail kıyılarında bulunmuştur. Bir örnek verirsek Thera'nın sünger taşları; adanın 24 km batısındaki Anaphi adasında, kıydan 250 m içeride ve denizden 35 m yükseklikte bulunmuştur. Bu bilgi, Anaphi adasındaki tsunami tırmanma yüksekliğinin en az 35 m olduğunu göstermektedir.

Girit'te efsanevi kral Minos'un ülkesi Minoan uygarlığına ait tüm gemicilik teknolojisinin, tarım ve ticaret kaynaklarının yok olması ve uygarlığın çöküşü bu tsunami ile başlar. Girit'lilerin adayı terkedip ana karaya geçişlerinin bu dönemde başladığı iddia edilmektedir. Anadolu uygarlıklarının da aynı tsunamiden nasıl etkilendiklerini araştırmak önemli bulgular verecektir.

Thera volkanı 1457, 1573, 1650, 1866 ve 1925 tarihlerinde aktif duruma geçmiş ve hemen her seferinde tsunamiler yaratmıştır. Son bin yılda oluşan Ege tsunamilerinden bilinenlerinin sayısı 47'dir.

Yakın tarih içinde önemli sayılan tsunamilerden biri de; Ege Denizi'nde 9 Temmuz 1956 tarihli iki depremin neden olduğu tektonik olaylar sonucu doğan tsunamidir. Bu tsunaminin ilk dalga yüksekliğinin 4.0 m olduğu sanılmaktadır. Deprem ve takibeden tsunami, Ege adalarında 250 kişinin ölümüne ve 80 kadar teknenin sürüklenip batmasına yol açmıştır. Bu dalganın benzerinin bugün Ege'de oluşması durumunda, yukarıdaki rakamların çok üstünde can ve mal kaybı olacağı tahmin edilmektedir.

14 Aralık 558, 26 Ocak 740, 14 Ekim 1344, 14 Eylül 1509 ve 5 Nisan 1646 tarihlerinde Marmara Denizi ve İstanbul'un da tsunamiden etkilendiği belirtilmektedir. 1509 depreminde Hereke Koyu boyunca yer alan Bizans dönemine ait yalı köşklere, deniz suları altında kalmış; Haliç dalgaları Galata surlarını aşarak arka plandaki mahallelere ulaşmıştır.

10 Eylül 1894 tarihindeki Marmara Denizi merkezli 7.6 şiddetindeki deprem nedeniyle Marmara kıyıları ve adalarda, deniz önce 200 m geri çekilmiş sonra karaya ilerleyerek denizdeki kayıkları karaya atmıştır. Adalar-

daki gemiler ise yüksek dalgalarla çalkalanmıştır. Bu arada Eser-i Cedit vapuru da Büyükkada önünde karaya oturmuştur. Heybeliada Çam Limanı'ndaki sular bir süre tamamen çekilmiştir.

10 Ağustos 1114 depreminin Mersin, Kahramanmaraş ve Şanlıurfa'da etkili olduğu ve sadece Kahramanmaraş bölgesinde 45.000 kişinin ölümüne neden olduğu bilinmektedir. Bu deprem, İsrail'de de hissedilmiş ve doğu Akdeniz'de tsunamiye neden olmuştur. Doğu Akdeniz'de tsunami yarattığı bilinen bir başka deprem de 20 Mayıs 1202 depremidir.

Karadeniz'de ise tsunami örneğine 1939 Erzincan depreminde rastlanılmıştır. Depremin etkisi ile kuzeyde, Karadeniz kıyısındaki Fatsa bölgesin-



Güney Ege'nin Tsunami Kaynağı, Volkanik Ada Thera

Gerasimos Papadopoulos
Deprem Planlama ve Araştırma Merkezi, Atina

Volkan patlamaları ve depremleri nedeniyle Güney Ege, Yunanistan'ın tektonik açıdan çok aktif bir bölgesidir. Bu bölgede oluşan depremler ya sığ odaklı (70 km'den daha sığ yerde), ya da orta derinliğe odaklı (70-200 km derinlikte)'dir.

Güney Ege'deki en belirgin jeofizik yapı, burada kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan volkanlar kuşağıdır. Kuzeydoğuda Menthana, ortada Thera (ya da Santorini) ve güneydoğuda Missyros, üç önemli aktif volkan olarak yer alırlar. Bunlardan başka son 3000 yıldır etkinlikte bulunmuş olan volkanlar da vardır. Thera, büyüklüğü ve son 1500 yıldır süregelen aktifliği nedeniyle dünyadaki en önemli volkanlardan birisi olup etkisini güney Ege uygarlıklarında sık sık göstermiştir. Güney Ege'deki deprem ve volkanik aktivitelerin temel nedeni, Afrika platosunun Ege denizi tabanının altına 2.5 cm/sn hızla dalmakta olmasıdır.

M.Ö. 1560'larda Thera'da çok büyük patlamalar gerçekleşmiştir. Bu patlamaların ardından büyük tsunamilerin oluştuğu, jeolojik ve arke-

olojik bulgulardan anlaşılmaktadır. Bunların Ege ve doğu Akdeniz'de etkili oldukları sanılmaktadır. Metrelerce yükseklikteki dalgalar ilk 20 dakika içinde Girit'in kuzey kıyılarına ulaşabilmiştir. Thera'daki antik kent Akrotiri'de kazı yapan Atina Üniversitesi profesörlerinden S. Marinatos, Girit'in en önemli uygarlığı olan Minoan uygarlığının bu dönemde çöktüğünü açıklamıştır. Bu nedendir ki Thera patlamalarına Minoan patlamaları da denilir. Minoan tsunamilerinin oluşum, büyüklük ve etkileri üzerine araştırmalar yapılması yararlı olacaktır. Volkanik merkezin çökmesi sonucu ilginç bir krater oluşmuştur. Bu aktivitelerin Minoan döneminden beri sürmekte olduğu, bu yüzyılda da devam ettiği bir gerçektir. Büyüklük açısından en belirgin olanı, M.S. 1650'de gerçekleşen patlamadır. Bu konudaki Yunanca ve Fransızca kaynaklardan alınan bilgilere göre ilk patlama 29 Eylül 1650'de şiddetli bir depremle birlikte olmuş, kraterdeki büyük çökmeye bağlı olarak büyük bir tsunami de ortaya çıkmıştır. Bu tsunami, güney Ege ve özellikle oniki adalarda 30 m yüksekliğinde tıрманma yaratmış; Thera ve komşu adalarda çok etkili olmuştur. Kuzey Gi-



rit'te ise 4-5 m'lik tıрманma gözlenmiştir. Girit'in başkenti Heraklio limanındaki gemi ve tekneler büyük hasar görmüş ve çoğu batmıştır. Yakın geçmişte adaya yapılan teknik gezi ve arazi çalışmaları ile bu tsunaminin etkilerinin saptanması ve doğruluğu konusunda bilgiler elde edilmiştir. Amorgos ve Astypalaea adaları arasındaki derin bölgede 7.5 şiddetindeki depremlerle oluşan 9 Temmuz 1956 tsunamisi de Amorgos adasında 20 m, Astypalaea adasında ise 25 m tıрманmış ve tüm kıyılara hasar vermiştir. Bu ve diğer jeofizik veriler, Thera ve çevresinin, Avrupa ve Akdeniz'de tsunamiye en elverişli bölge olduğunu desteklemektedir. Bu tsunamilerin bir benzerinin gelecekte oluşması, kıyılarda geçmiş dönemde oluşan hasarlardan çok daha fazlasını gündeme getirecektir. Bundan dolayı, bölgenin "tsunami potansiyeli" hakkında bilimsel çalışmaların sürdürülmesi ve tsunami etkilerini azaltmaya yönelik araştırmaların yapılması gereklidir. Avrupa Topluluğu tarafından desteklenen, "Avrupa Kıyılarında Tsunami Oluşum ve Etkileri" konulu proje (GITTEC) şu sıralar yürütülme aşamasındadır.

de deniz önce 50 m çekilmiş, sonra 20 m ilerlemiş ve daha sonra da normale dönmüştür. Kıyım kıyılarında da denizin önce karaya doğru ilerlediği, sonra geri çekildiği Richter'in kitabında kayıtlıdır.

Nasıl Korunmalı?

"İnşallah olmaz" demek bir korunma yöntemi değildir. Denizler tabanına özel ölçüm aygıtları yerleştirilerek "Tsunami Uyarı Sistemleri" kurmak da en azından şimdilik ekonomik

bir korunma yöntemi olarak sayılmaz. Ancak günümüze kadar yaşanmış çeşitli deneyimlerin anlatılması ve tsunami hakkındaki temel bilgilerin yayımlanması, can kaybını en aza indirmeye yetebilir.

Bilinmelidir ki, tsunami çok zayıf bir deprem ile de oluşabilir. Deniz kıyısında iken hissedilen her deprem sonrasında tsunami gelme olasılığı (çok zayıf da olsa) vardır. Kıyıya tsunaminin ilk gelişi su düzeyinin anormal biçimde (10-15 dakika içinde) 1-1.5 m kadar yükselmesi ya da çökmesi

ile kendini belli eder. Tsunaminin bu ilk öncü dalgası, aynı zamanda da arkadan gelecek olan iki ya da üç kuvvetli dalganın habercisidir. Yıkıcı dalgalardan derin denizden gelişi sırasında gökgürültüsünü andıran uğultular duyulur. Bu sesler de 20 dakika içinde kıyıya varacak olan diğer dalgalardan şiddetini önceden haber verirler. Bu durumda yapılacak tek şey kıyıdan uzaklaşmaktır. Teknede bulunanlar, kıyıdan uzaklara, derin sulara giderek dalganın tekneye ve kendilerine vereceği zararı azaltabilir ya da önleyebilir.

İki düzlem, birbiri üzerinden aşarken deniz tabanında bir parçayı kaldırarak 18 km uzunluğunda bir dalga oluşturur. Buna da tsunami denir. Kıyıya yakın bölgelerde dalganın en üst noktasında oluşan geriye doğru devinim, bütün bir limanı boşaltabilir. Tabanla dalga arasında oluşan sürtünme, dalgayı yavaşlattığından dalgada kırılmalar meydana gelir ve tsunaminin yüksekliği gittikçe artar.



ler. Karada olanlar için ise denizden uzağa gitmek zorunludur. Böylece dalga ile sürüklenme ve yaralanma tehlikesi ortadan kalkar. Tsunami etkisi ile ölenlerin büyük çoğunluğu meraklı kişilerdir. Dalganın kıyılardaki hareketini merakla izleyenler, kendilerini birdenbire denizde şiddetle sürüklenirken bulurlar. Sürüklenme yönü ya denizin içine ya da kara tarafıdır. Bunların dışında, yapılması gereken en önemli şey, her konuda olduğu gibi bu konuda da araştırma yapmak, bulguları uygulamak ve kişileri bu konuda eğitmektir. Tsunami için yapılabilecek en uygun araştırma biçimi de bilgisayar modeli oluşturmaktır.

Tsunami Hareketinin İncelenmesi

Uzun dönemli dalgaların hareketini tanımlayabilen denklemlerin çeşitli sınır koşullarında sayısal yollarla çözümleri için, başlangıç koşulları olarak tsunami dalgasına benzeyen su düzeyi seçilir. Böylece su düzeyinin zaman içindeki değişimi elde edilebilmektedir. Bu yöntemin uygulanması sırasında, lineer dalga denklemleri yardımıyla su düzeyinin derin deniz bölgesindeki değişimi; sıg su denklemleri kullanıldığında ise, körfezler ya da kıyı alanlarındaki değişimler daha hızlı ve doğru olarak hesaplanabilmektedir.

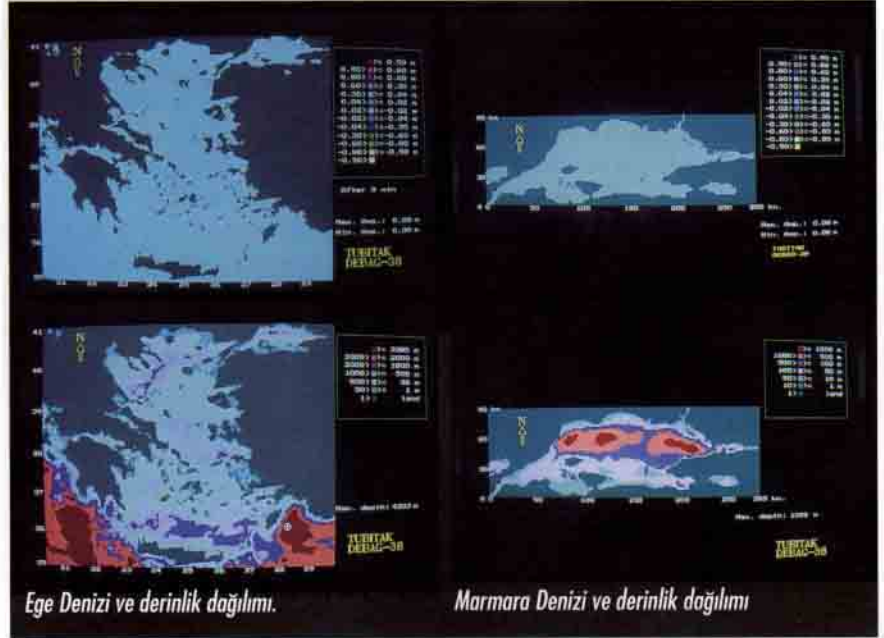
TUNAMI-N1 ve TUNAMI-N2, Fortran dilinde hazırlanmış bilgisayar programlarıdır. Temel girdiler olarak, belirli grid aralıklarındaki su derinliği değerleri ve deprem parametreleri (fay kırığının başladığı ve bittiği koordinatlar, kırık eni, su derinliği, dalma açısı, kayma açısı ve taban çökmesi/kalkması miktarı) kullanılır. Birinci



işlem olarak deprem parametreleri ele alınarak ilk dalga profili saptanır. Bu değerler, sayısal çözüm için gerekli olan başlangıç koşulları olarak kullanılır ve zamana bağlı su düzeyi değişimleri hesaplanır. TUNAMI-N1'in uygulama alanı olarak, Ege Denizi'nde 20.5° doğu ve 29.96° doğu boylamları ile 34.88° kuzey ve 41.10° kuzey enlemleri arasında kalan; 812 km uzunluğunda ve 672.8 km genişliğindeki dikdörtgen bölge ve Marmara Denizi'nin tamamı (114 km x 36 km) seçilmiştir.

Su derinliği verileri, sayısallaştırıcı ile bilgisayar ortamına aktarılmış ve grid noktalarına rastlayan derinlikler de bir başka bilgisayar programı yardımıyla hesaplanarak, programın girdileri olarak hazırlanmıştır. Bu işlem her iki denizimiz için de ayrı ayrı yapılmıştır.

Program, depremden sonra gerçek zaman olarak Ege'de beş, Marmara'da bir saatlik süre için işletilerek su düzeyi değişimleri hesaplanmıştır; bunlar, gerçek zaman olarak üç dakika aralıklarla, dosyalara aktarılmış ve bu dosyaların işlenmesi ile (ilk 90 dakika için) deniz durumunu gösteren resimler elde edilmiştir. Resimlerin ardarda ekrana çizdirilmesi ile de hareketli görüntüler sağlanmıştır. Ege Denizi'ndeki birçok kıyı alanında seçilen istasyonlardaki su düzeyinin zamana bağlı değişimleri de, programın işletimi sırasında ayrı dosyalara aktarılmıştır. Böylece hem deniz durumunun hareketli görüntüleri, hem de çeşitli istasyonlardaki su düzeyi değişimleri elde edilmiştir. Ege Denizi'ndeki çeşitli kıyı alanlarından seçilen ve su düzeyi değişimleri hesaplanan 20 ayrı istasyona, dalganın ne kadar zamanda



ulaşabileceği bulunabilir. Her iki denizimiz için uygulamaya hazır duruma getirilmiş olan bu model, seçilen herhangi bir depreme ait parametreleri girdi olarak alıp tsunami dalgası oluşturmak ve bu dalganın Ege Denizi'ndeki hareketini derin deniz bölgelerinde izlemek üzere kullanılabilir durumdadır. TUNAMI-N2, sıg sular da işletilerek dalganın karadaki tırmanması da bulunabilmektedir. Böylece dalganın kıyılarda yakın çekimle izlenmesi ve etkilerinin araştırılması olanaklı olur. İzmir ve İzmit Körfezleri, bu konudaki uygulama alanları olarak seçilmiştir. Bu programın girdi olarak kullandığı körfez girişindeki su

düzeyi değerleri, önceki programın çıktılarında alınır.

Uygulama: Ege Denizi için iki ayrı uygulama yapılmıştır. Bunlardan biri "1956 Güney Ege tsunamisi"dir. Diğeri ise "olası Andicithira tsunamisi"dir. Her iki tsunaminin Ege Denizi'nde oluşturduğu ilk kabarma ve sonrasındaki hareketler, harita üzerinde belirli zaman aralıklarında bilgisayarda resimlenmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, bu tsunami kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda ilerlemiş ve Anadolu kıyılarında önemli etkileri olmamıştır.

Olası Andicithira tsunamisi'nin incelenmesi ise daha ilginç sonuçlar ver-

Japonya Tsunamileri

Nobuo Shuto
Tohoku Üniversitesi, Afet Kontrol Araştırma Merkezi, Japonya

Japonya, bütünüyle bir fay zonu içinde yer almaktadır. Bu nedenle depremler, güncel yaşamın bir parçası haline gelmiştir. Tsunami ise her Japon için birkaç kez yaşanabilecek bir doğal afettir. Japonya'nın kuzeybatısındaki Tohoku bölgesi açıklarında bulunan fay hattı, yarattığı tsunamilerle tarih boyunca kıyı şehirlerini defalarca yıkmıştır. Bunlardan en önemli üç tanesi, 1611, 1896 ve 1933 yıllarında gerçekleşmiştir. Deprem merkezinin kıta sahanlığı sınırında olduğu sanılan bu üç olayda sarsıntılar ve tsunamiler hemen hemen aynı özellikleri göstermiş; üç tsunami de çok şiddetli olmuştur. Bunları doğuran depremler (özellikle 1896 depremi) ise çok zayıf, uzun ve yavaş süren sarsıntılar şeklinde ortaya çıkmıştır. 1896 depreminde 30 dakika sonra kıyıya gelen dalgalar, 21.000 can kaybına neden olmuştur. Maksimum tırmanma 30 m'dir. Bu olay "Meiji Büyük Sanriku Tsunamisi" olarak bilinir. 1933 yılında 3000 ölümlü sonuçlanan olay ise, "Sho-wa Büyük Sanriku Tsunamisi" olarak adlandırılmıştır. 25 m tırmanan dalgalar, kıyılarındaki tüm deniz yapılarını aşmıştır.

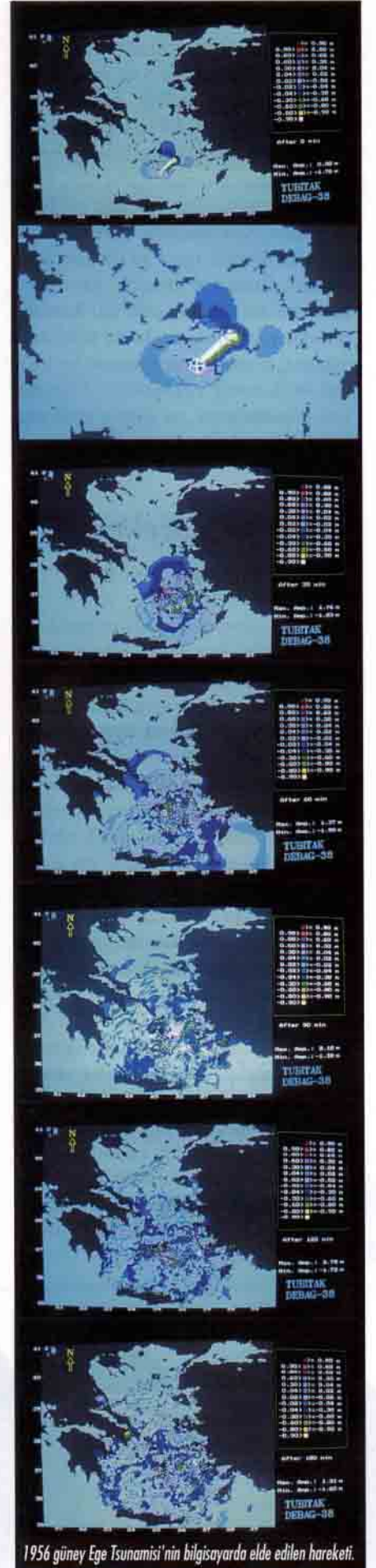
Japonya'da tsunami araştırmaları 1960 Şili tsunamisi ile başlar. Tohoku Üniversitesi Afet Kontrol Araştırma Merkezi'nde 1987'de başlanan matematiksel modellerin kurulması çalışmaları, bugün çok verimli bir düzeye getirilmiştir. Günümüzde bu modellerin diğer denizlerdeki tsunamilere uyarlanması için çalışılmaktadır. Bu konudaki ilk örnek, Ege ve Mar-

mara denizleri için yapılan uygulamalarla Türkiye'dir.

Araştırma Merkezimiz, bu modellerin, yakın bir gelecekte, Japonya'da tsunami uyarı sistemi içinde görev yapmasını sağlamak amacındadır. Bunun için geliştirilmeye çalışılan "yakın kıyı tsunamileri uyarı sistemi"nin temel ilkeleri hızlık, kesinlik ve detaylar olarak seçilmiştir. Uygulanan yöntem ise şöyledir: Yakın kıyı tsunamisinin kıyıya ulaşması 25-30 dakika almaktadır. Deprem olduğunda Japon Meteoroloji Ajansı (JMA) tarafından hemen tahmin edilebilen deprem özellikleri (fay yeri, boyu ve eni, çökme/kabarma yüksekliği, kayma ve dalma açısı, su derinliği, deprem yeri ve fay hattı doğrultusu), hazırlanmış bilgisayar modellerine ulaştırılabilecektir. Bu işlem ilk beş dakikada, modelin işlemesi ve sonuçların elde edilmesi ise takip eden on dakikada tamamlanabilecektir. Bu işlem yapılırken, olayın önceden denenmiş senaryolarla benzerliği de bilgisayarda gözden geçirilecektir. Depremden 15 dakika sonra ilk veriler elde edilmiş olacağından, yayın organları yardımıyla yerel halkın uyarılması mümkün olacaktır. Yerel halk için ivedi önlemler almak ya da kıyılardan uzaklara gitmek için en az 10 dakika süre kalacaktır. Ancak yöntemin başarı ile uygulanabilmesi için çok sayıda problemin ele alınması ve çözülmesi zorunludur.

Bugün Japonya'da deprem olduğunda, deprem ile ilgili ön bilgiler televizyon aracılığıyla ilk dakikalarda halka ulaştırılabilmektedir. Bunun tsunami için de gerçekleşmesi, yakın bir gelecek için saptanan hedeflerdir.

Doğal afetler önlenemeseler de etkilerinin azaltılması olanaklıdır. Uygulamadaki başarılar, bu konudaki bilimsel araştırmaların düzeyiyle olduğu kadar halkın duyarlılığı ve bilgisayarıyla de yakından ilgilidir.



1956 güney Ege Tsunamisi'nin bilgisayarda elde edilen hareketi.



masıdır. Ege adaları ise birer dalgakıran görevi yaparak Anadolu'yu bir ölçüde korumuştur. Bu dalganın ayrıca Mısır ve İtalya'da etkili olacağı kanısına varılmıştır. Bu sonuç, bugüne kadar açıklığa kavuşturulamamış olan 365 tsunaminin oluşma yeri ve mekanizmasının daha sağ-

lıklı olarak belirlenmesine yetmiştir. Marmara Denizi için ise 1894 İstanbul tsunamisinin benzetimi yapılmıştır. Bu tsunaminin depremden 20 dakika sonra İstanbul'a ulaştığı ortaya çıkmaktadır. Bu benzetimde de eldeki bilgiler ile uyumlu sonuçlara varılmıştır. Kapalı denizler olan Ege ve

Marmara'daki tsunaminin uzunca bir süre denizde gezebildiği ortaya çıkmaktadır. İzmir ve İzmit körfezleri için yapılan uygulamada tsunaminin körfezlerindeki hareketleri modellenmiştir. Daralan biçimleri nedeniyle her iki körfezimiz için tsunami enerjisinin bazı yerlerde odaklanması beklenebilir. İzmir Körfezi'ne giren bir tsunami 60 dakika sonra Alsancak'a varabilir. Olasılıkla odaklanma Urla koyunda, tırmanma ise Inciraltı-Konak arasında gerçekleşecek ve buradan yansıyan dalga da Karşıyaka'yı etkileyecektir. İzmit Körfezi'ne giren tsunami, Diliskelesi darlığında şişecek ve körfezin sonuna doğru daralan bölgede etkili olacaktır. Bu körfez içinde kıyılara 20 dakika içinde ulaşabilir. Sonuç olarak; Anadolu ve çevresindeki fay zonları, tsunami dalgasının oluşumu, hareketi ve tarihteki çeşitli tsunami olayları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir: Ege Denizi, Marmara Denizi ve İskenderun Körfezi-Kıbrıs arasındaki bölgelerde bulunan olası deprem merkezleri, tsunamiye elverişli özellikler göstermektedir. Tarihsel verilere göre Ege Denizi için tsunami oluşma olasılığı 35 yılda birdir. Bu olasılıkla Marmara için 100 yılda bir, doğu Akdeniz için ise 60 yılda birdir.





Tsunami Dalgakıranları

Adnan Akyarlı
Dokuz Eylül Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü

Japonya'da çalışmalarını sürdüren Liman Araştırma Enstitüsü'nün (PHRI - Port and Harbour Research Institute) 21 Nisan 1994 tarihinde halka da açık olarak düzenlediği gösterilerde kıyı ve liman mühendisliği konusundaki çağdaş uygulamalar ve teknolojik gelişmeler sunuluyordu. Bu gösterilerde, bir dalgakıranın tsunami etkisi altında uğradığı hasarın saptanması için gerekli fiziksel modeller geliştirilmişti.

Tsunami dalgakıranları, rüzgar dalgalarının yanı sıra tsunamileri de indirgeyerek koruma alanlarının risklerini azaltmak amacı ile yapılan gerçekten görkemli boyutlara sahip deniz yapılarıdır. Örneğin Kamaishi Limanı için inşa edilen dalgakıranların yarı uzunluğu boyunca su derinliği, 63 m'ye kadar ulaşmaktadır. Şu an için dünyanın en derin dalgakıranı olan bu yapı, şevli bir dolgu temel üzerine oturan trapezoidal formda bir kesondan oluşmaktadır. Bunun üst tarafında ise dalga enerjisini kıran, çift yatay yarıklı bir düşey duvar yer almaktadır. Aynı isimli kenti korumak üzere Ofunato Körfezi'nin ağzında inşa edilen dalgakıranlar için Shoto tarafından verilen bilgiler, tsunami dalgakıranlarının dalga indirgeme etkinliklerini ortaya koymak açısından ilginçtir. Buna göre, dalgakıranların tasarımında periyotları 15 dakika ve 40 dakika olan 6 metre yüksekliğinde tsunamilerle, periyodu 9 saniye ve yük-

Japonya'nın Kamaishi Limanı için inşa edilen tsunami dalgakıranı

seklği 4 metre olan bir rüzgar dalgası birlikte göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan ön değerlendirmeler, tsunamilerin genliğinin bu dalgakıranlarla 2 metreye düşürülebileceğini, buna karşılık iki dalgakıran arasındaki açıklığın oluşturduğu giriş ağzında hızı 6 m/s değerine kadar ulaşabilen çok şiddetli akıntılardan yararlanacağını göstermiştir. Dalgakıran modellerinden laboratuvarında hazırlanan biri de 1/15 ölçeğinde, herbiri 2000 ton ağırlığındaki dikdörtgen kesonlardan oluşmaktadır. Modelin yer aldığı dalga kanalında, özel düzenekler aracılığı ile tsunami yaratılarak gittikçe şiddetlendirilen bu dalgaların limana giriş ve limandan çıkış süreçleri incelenir. Bu modelde dalganın limana giriş hızı 8 m/s değerine ulaştığı anda, önce giriş ağzının sol yanında, daha sonra da sağ yanında yer alan uç kesonlar ayrılır; sonuçta dalgakıran hasara uğrar.

İnsanoğlunun doğal afetlere karşı daha savunmalı olmasını sağlamak amacı ile birçok araştırma yapılmakta; bunların sonucunda da, bir zamanlar için düşünülmesi dahi olanaksız teknolojik gelişmeler ortaya çıkmaktadır. Günümüzde tsunami dalgakıranlarının tasarımında bu gelişmeler gözönünde bulundurulmaktadır.

Her depremden sonra kıyılara tsunami dalgası gelebilir. Bu duruma pek ender olarak rastlansa da dalganın kıyıda mal ve can kaybı yaratması olasılığına karşı duyarlı olunması zorunludur.

Tsunami, Ege Denizi'ni güney-kuzey doğrultusunda en çok üç saatte geçebilir. Marmara Denizi'nde doğu-batı doğrultusunu geçme süresi ise 50 dakika kadardır. Ancak bu iki kapalı denizde de çalkantının uzun bir süre devam etmesi ve yansıyan dalgaların sonradan da etkili olması beklenmelidir. Ege için, adalar ve karmaşık kıyı düzeni nedeniyle tsunami enerjisinin bir ölçüde sönmüneceği beklense de enerjinin, V tipi körfezlerde oluş-

cak yansımalarından dolayı beklenmedik noktalarda odaklanarak, çok şiddetli akıntılar ve kıyılarda tırmanmalar yaratması, böylece hasarlara yol açması kaçınılmazdır.

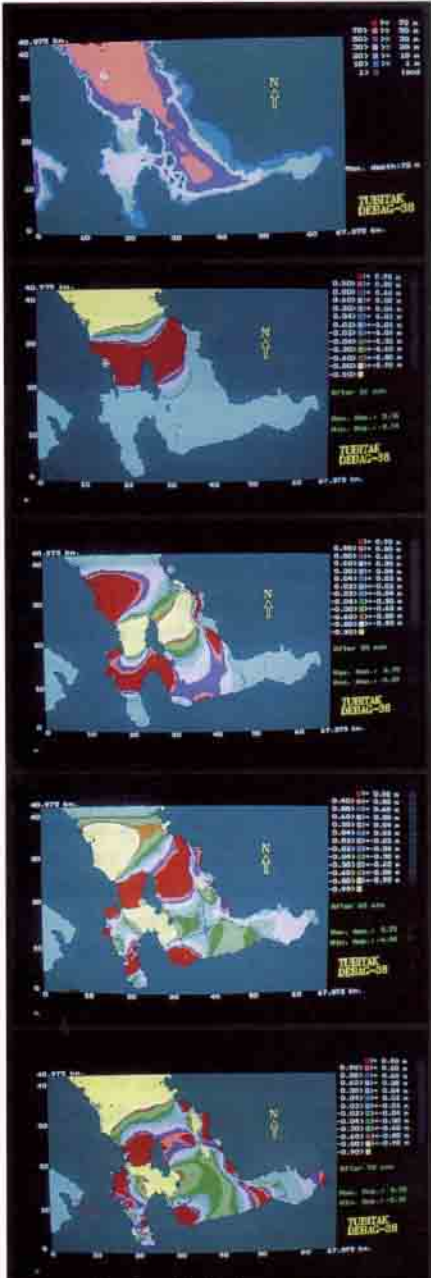
Kaynaklar
Papadopoulos, G.A., Yalçiner, A.C., Kuran, U. 1956 Güney Ege Tsunamisinin Kaynak Mekanizması Üzerine bir Değerlendirme, 15. Uluslararası Tsunami Sempozyumu, Grenoble, 1994.

Shuto, N., Goto, C., Imamura, F., Numerical Simulation as a Means of Warning for Near Field Tsunamis, Coastal Engineering in Japan, Japonya, 1990.

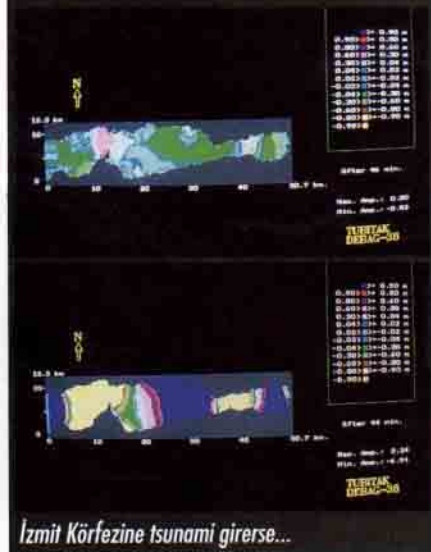
Yalçiner, A.C., Kuran, U. Anadolu ve Çevresindeki Tsunamilerin Geçmişi, Bugünü ve Geleceği, 13. Uluslararası Tsunami Sempozyumu, Avusturya, 1991.

Yalçiner, A.C., Kuran, U., Akyarlı, A., Imamura, F., Ege ve Marmara Denizlerinde Tsunami Oluşum ve Hareketinin Matematiksel Model Yardımıyla Araştırılması, TÜBİTAK-YDAB-CAG-38 Proje Raporu, 1994.

Yalçiner, A.C., Kuran, U. Sismik Orijinli Deniz Dalgaları Oluşum, Hareket ve Kıyılara Etkileri, İnşaat Mühendisleri Odası, XXI. Teknik Kongre, İstanbul, 1991.



Izmir Körfezi derinlik dağılımı,
Izmir Körfezine tsunami girerse...



Izmit Körfezine tsunami girerse...

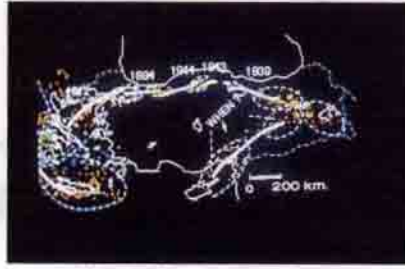
Anadolu Çevresinde Tsunamiye Yol Açan Sismik Olaylar

Uğur Kuran
Afet İşleri Genel Müdürlüğü

Anadolu'da dikkate değer iki fay zonu bulunmaktadır. Bunlar, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF) ve Doğu Anadolu Fay Zonu'dur (DAF). Ege Denizi'nin güneyinden geçen ve Hellenik Yay olarak isimlendirilmiş bir başka fay zonu da aktif durumdadır. Çizim 1'de Anadolu ve Ege Denizi çevresinde son yüzyıl içinde rastlanan süresiz kırık ilerlemeleri, oluştuğu yıllar belirtilerek gösterilmiştir. Bu çizimde gösterilen elipsler, makro depremlerin yoğunlaştıkları bölgeleri sınırlamaktadır. Ayrıca 1884, 1912, 1939, 1943 ve 1944 yıllarındaki depremler ile Kuzey Anadolu Fayı boyunca düzensiz kırık ilerlemelerinin sergilendiği görülmektedir. Çizim incelendiğinde Anadolu çevresindeki bazı deniz alanlarının, tsunamiye yol açabilecek deprem bölgeleri oldukları ortaya çıkmaktadır.

Doğu Anadolu Fayı'nın Iskenderun Körfezi batısından geçerek Kıbrıs'a yönelen kolunun bulunduğu bölge bunlardan birisidir. Doğu Akdeniz'in özellikle Kuzey Kıbrıs kıyıları ve Anamur'dan başlayıp İsrail'e kadar uzanan kıyı bandının, gelecekte tsunami etkisi altında kalabileceği dikkate alınmalıdır. Kuzey Anadolu Fayı, ülkemiz sınırları içinde Hakkari'den başlayıp Van Gölü'nün güneyi, Amasya, Bolu, Izmit, Marmara Denizi ortasından geçerek, Saroz Körfezi yolu ile Ege Denizi'ne uzanmaktadır. Bu fayın Doğu Anadolu Fayı ile bulunduğu yer Karlıova civarındadır. Erzinçan-Elazığ-Van Gölü üçgeni içinde bulunan Van Gölü, Hazar Gölü ve büyük baraj gölleri DAF yakınlarına rastlamaktadır. Bu yüzden bölgedeki göller, sismik orijinli deniz dalgası eğilimli göller olarak değerlendirilmelidir. Hem tarihi kayıtlar hem de Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi'nden geçen kısmındaki hareketlilik, bu denizin her zaman için tsunami doğurabilecek depremlere sahne olabileceğini göstermektedir. Kuzey Anadolu Fayı'nın Ege Denizi'nde Mora Yarımadası'na yönelmiş olan son kısmı da ilerlemeye devam etmektedir. Fayın bu kısmındaki hareketlilik kuzey Ege'de; Hellenik Yay'ın Girit Adası güneyine uzanan kısmındaki tektonik hareketler ise güney Ege'de tsunami oluşturacak özelliktedir. Bu bölgelerde doğabilecek tsunami, tüm Ege adaları ve birçok Ege kıyısını, ayrıca güneydeki Akdeniz sahillerimizi etkileyebilecektir.

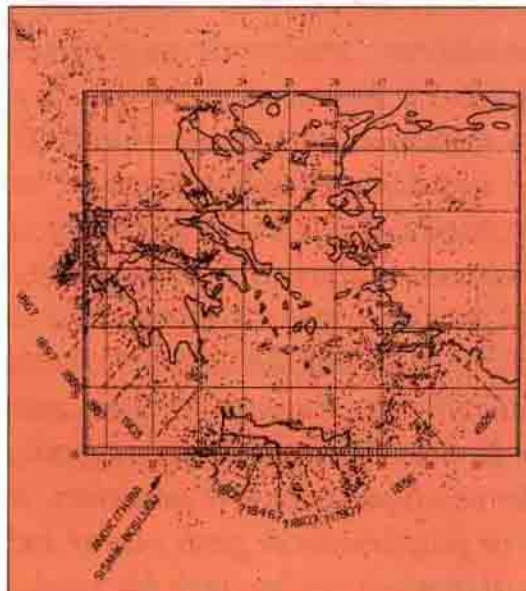
Alp-Himalaya kuşağının batısında sismik yönden en aktif ve karmaşık kesim. Ege Denizi'dir. Günümüzdeki derin tektonik sismik aktivite ise güney Ege bölgesinde oldukça büyük boyutlarda gelişme gös-



Son yüzyılda Anadolu'da oluşan düzensiz kırık ilerlemeleri

termektedir. Bu yüzden günümüzde elde edilen morfolojik, jeofizik ve magmatik veriler, dalmatma olayının buralarda hala devam ettiğini göstermektedir. Basınç kuvveti alanlarının ada yayının konveks (dış büküye) tarafında hakim durumda olduğu, ancak yayın içindeki litosferde bu kuvvet alanının, çekme kuvvetleri olarak gelişme gösterdiği bilinmektedir. 100 km enindeki Benioff zonu oldukça iyi gelişmiş olup ada yayının konveks tarafından konkav (iç büküye) tarafına doğru uzanmaktadır. Hellenik Yay şeridinin konveks tarafı boyunca hakim bulunan basınç kuvvetleri, depremlerin oluşmasıyla yakından ilgilidir. Kuzey Ege'de ise derin tektonik aktivitenin zayıfladığı görülmektedir. Bu yörede yaklaşık 100 km'den daha derin odaklı büyük depremlerin oluşmadığı dikkati çekmektedir.

Çizim 1'de gösterilen depremlerden özellikle 1894 ve 1939 yıllarında oluşan ikisi, tsunami yaratmış olmaları nedeniyle dikkate değerdir. Ayrıca, her iki depremlerle oluşan fay kırıkları, kısmen ya da tamamen kara içinde kalmalarına rağmen tsunami yaratmışlardır. Çizim 2'de ise Ege Denizi ve civarında 1900-1987 yılları arasında oluşmuş depremlerin merkezleri ve 1805-1926 arasındaki süresiz kırık ilerlemeleri



Ege Denizi civarında 1900-1987 yılları arasında oluşmuş depremlerin merkezleri ve 1805-1926 arasındaki süresiz kırık ilerlemeleri.

kırık ilerlemeleri gösterilmektedir. Ayrıca 1805-1926 yılları arasındaki süresiz kırık ilerlemeleri de çizimde yer almaktadır. Hellenik Yay'ın sismik özelliklerinin iki ayrı yöntemle incelendiği çalışmada, 1805-1926 tarihleri arasında meydana gelen büyük ölçekli depremlerin plaka sınırlarının, sığ derinliklerde oluştuğu sonucuna varılmıştır. Bu depremlerle birlikte oluşan kırıkların boylarının 100-150 km arasında değişmekte olduğu belirtilerek, Hellenik plaka sınırının yaklaşık 22.5° Doğu ile 23.5° Doğu arasındaki kesimi "Andicithira Gap" veya "Andicithira Sismik Boşluğu" olarak tanımlanmıştır. Girit Adası'nın batısı ile Andicithira Adası arasındaki bu bölge, güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda 100 km uzunluğunda olup, bölgede M < 8 büyüklüğünde bir depremin oluşabileceği belirtilmiştir. Olası bu depremin 1856, 1886, 1903 ve 1926 yıllarındaki depremlerle meydana gelen kırılmalara eşdeğer büyüklükte olabileceği düşünülmektedir. Andicithira Sismik Boşluğu'nda 1629, 1750, 1798 yıllarında üç yıkıcı depremin oluştuğu belirlenmiş bulunmaktadır. Eğer bu sismik boşluk bu üç depremden etkilenmemiş ise, günümüzde hâlâ Hellenik Yay üzerinde, Andicithira Sismik Boşluğu'nun varlığından söz etmek doğru olacaktır. Meydana gelen büyük depremler sadece fay kırığının civarında değil, aynı zamanda oluşturdukları deniz dalgalarıyla uzun mesafelerde de etkili olabilmektedirler. Buna Ege Denizi'nden çarpıcı bir örnek vermek yararlı olacaktır. Şöyle ki Andicithira Sismik Boşluğu'nda geliştiğini düşündüğümüz büyük bir depremin 365 yılında oluşturduğu tsunami, 21 Temmuz gecesi yaklaşık 900 km uzakta yer alan Iskenderiye limanında bulunan gemileri sürüklemiş ve kara iç-

lerine kadar atmıştır. Deniz çekildiğinde karada kalan bu gemileri yağmalamak isteyen halkın üzerine muhtemelen ikinci bir deniz dalgası gelerek 5000 kişinin boğularak ölmesine neden olmuştur. Aynı dalganın Adriyatik kıyıları ve Sicilya Adası'nda da çok etkili olduğu belirlenmiştir. Andicithira Sismik Boşluğu'nun hemen yanında yer alan Girit Adası en büyük tahribata uğrayan bölgelerden biridir. Adanın on kenti yok olmuş ve büyük bir kısmı su altında kalmıştır. Yıkılan şehirlerden bazıları; Knossos, Gortina, Heraklion, Lerapetra, Honia (Akrotiri), Mallia, Voulismeni ve Zakros'tur. Bu depremde sadece Girit'te 50 bin kişinin öldüğü bilinmektedir. Depremi geniş çapta etkili olduğu sahalarda Girit, Peloponez, Mora Yarımadası ve Adriyatik kıyılarıdır. Olimpos'taki Zeus tapınağının hasar gördüğü ve surların yıkıldığı da kayıtlıdır.