

## EGE BÖLGESİ DEPREŞİM DALGALARI TEHLİKE RAPORU

## İÇİNDEKİLER

1 Depreşim Dalgası (Tsunami)	4
1.1. Tanım, Oluşma Mekanizması, Hareket Biçimi	4
2. Türkiye Ve Çevresinde Tarihsel Tsunamiler	4
3. Depreşim Dalgası Modellemesi İçin Gerekli Veri Tabanı	14
3.1. Türkiye Çevresi Denizler ve Körfezler için Su Derinlikleri Veri Tabanı Oluşturulması	15
3.2. Türkiye Çevresi Denizlerdeki Deprem Merkezleri İçin Veri Tabanı Oluşturulması	18
4. Ege Ve Akdenizde Tsunami Oluşabilecek Bölgelerin Araştırılması	19
5. Yakın Kıyı Depreşim Dalgası (Yerel Tsunami) Modellemesi (Tunami-N2)	21
5.1 Kuramsal Yaklaşım	21
5.2. NAMI DANCE Yazılım	22
5.3. Uygulamalar	26
5.3.1. Ege Denizinde Depreşim Dalgası Hareketinin İncelenmesi	26
5.3.2. Doğu Akdenizde Depreşim Dalgası Hareketinin İncelenmesi	29
KAYNAKLAR	32

## ÇİZİMLER ve TABLOLAR

Çizim 3.1. Marmara Denizi Derinlik Haritası.....	15
Çizim 3.2. Ege Denizi Güney Bölümü Derinlik Haritası .....	16
Çizim 3.3. Karadeniz Haritası .....	17
Çizim 3.4. Doğu Akdeniz Derinlikler Haritası .....	18
Çizim 3.5. Türkiye Çevresinde 1900 den sonra Oluşmuş Şiddeti 4'den Büyük Depremlerin Merkezleri (Kandilli Rasathanesi Jeofizik Anabilim Dalı Verileri) .....	19
Çizim 5.1: Örnek Batimetri Haritası. ....	23
Çizim 5.2. İlk dalga durumu için denizde eliptik ya da dairesel biçimde yükselme ve alçalmaların modellenmesi için örnek veri girdileri. ....	23
Çizim 5.3. Dalga Hareketi. ....	24
Çizim 5.4: Fay kırılmalarına bağlı olarak ilk dalga durumunu elde etmek üzere kullanılan örnek veri girdileri.....	25
Çizim 5.5: Dalga Hareketi. ....	26
Çizim 5.6. Kaynak 5 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu .....	28
Çizim 5.7. Kaynak 5 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının 120 dakika simulasyon sonunda hesaplanan en yüksek su düzeyi değerleri .....	29
Çizim 5.10 Kaynak 14 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu ..	29
Çizim 5.11 Kaynak 15 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu ..	30
Çizim 5.12 Kaynak 16 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu ..	30
Çizim 5.13 Kaynak 17 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu ..	31
Çizim 5.14 Kaynak 18 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu ..	31
Tablo .2.1. Türkiye Çevresinde Meydana Gelen Tarihi Tsunamiler .....	5

## 1 Depreşim Dalgası (Tsunami)

### 1.1. Tanım, Oluşma Mekanizması, Hareket Biçimi

Tsunami sözcüğü, 1896 yılında Japonya'daki "Büyük Meiji Tsunamisi" afetinde yaklaşık 22000 kişinin ölümüne neden olmasından sonra, Japonların tüm dünyaya yaptıkları yardım çağrısı içinde yer alan sözcük olarak tanınmış, o tarihten beri de birçok dilde aynı adla "tsunami" olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tsunami sözcüğü Çince kaynaklı olup, tsu (liman) ve nami (dalga) sözcüklerinin birleşiminden oluşarak, "liman dalgası" anlamında kullanılmaktadır. Bunun nedeni, zayıf bir tsunaminin bile kıyılarda ve sığ sularda şiddetli akıntılar oluşturması ve özellikle limanlarda hasara yol açmasıdır. Yukarıdaki tanım değerlendirilerek, denizin herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim nedeniyle ortaya çıkan dalgalar için, "depreşim dalgası" tanımlaması ilk kez Yalçiner ve diğ. (2000) de verilmiştir.

Doğada, denizlerin herhangi bir bölgesinde yerel olarak oluşan depreşim (deniz taban deformasyonu, çökmeler, oturmalar, zemin kaymaları, göçmeler, volkanik hareketler, meteor çarpmaları gibi kütle hareketleri) biçimindeki olaylardan herhangi biri yada birkaçının birden oluşması sırasında potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşerek deniz ortamına kısa sürede enerji aktarılması gerçekleşir. Denize geçen enerji, su kütlesi içinde akıntılar ve su düzeyi değişimine neden olarak depreşim dalgası oluşturur.

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 tanımlanabilir. Ancak ikinci ve üçüncü dalgalar etkili olabilecek niteliktedir. Arkadan gelen diğer dalgalar daha küçük olup daha az etkilidirler.

Depreşim dalgasının hızı, bulunduğu derinliğin karekökü ile doğru orantılıdır. Derin sularda hızlı, sığ sularda yavaş hareket eder. Ancak rüzgar dalgalarından farklı olarak çok daha uzun periyotlu (dönemli) olurlar ve dalganın altında bulunan su moleküllerinin birbirini iterek yer değiştirmesi ile hareket ederler. Bu itme ve yer değiştirmenin sonucunda su kütlesinde yatay düzlemde sürekli akıntı ve sürekli su transferi oluşur. Kıyılara gelen dalga, denizin önce geri çekilmesi veya karaya doğru ilerlemesi, ardından da karada dalga tırmanması ve su taşınımı oluşturur. Bunun sonucu olarak da kıyılarda şiddetli akıntılar ve su düzeyi değişimleri gerçekleşir. Dalganın zarar veren asıl etkisi fazla olduğu yerlerde birim derinlikte etkisiz bir tavır gösterirken, sığ sulara gelince yavaşlar. Bu şiddetli akıntılar olup, dalga yüksekliği zayıf bile olsa genellikle limanlar ve küçük tekne barınaklarında etkili olur. Zaten Japonca'da liman dalgası sözcükleri ile tanımlanmasının nedeni de budur.

## 2. Türkiye Ve Çevresinde Tarihsel Tsunamiler

Türkiye ve yakın çevresinde 3500 yıllık bir gözlem süresi (M.Ö. 1500-M.S. 2000) içerisinde etkili olan tsunamilerin sayıları 100'ün üzerindedir. Türkiye kıyılarında etkili olan tsunamilerin yanı sıra Türkiye'nin yakın çevresinde olmuş ve kıyılarımızı etkilemiş olanlar da vardır. Aşağıdaki tabloda söz konusu tsunamiler belirtilmektedir. Tablo, Altınok ve Ersoy (2000) çalışması temel alınarak, kütüphane ve arşiv çalışmaları ile geliştirilip yeniden hazırlanmış ve Tablo 1 de verilmiştir. Altınok (2006).

**Tablo 2.1:** Tsunamilerin listesi. Güvenirlilik dereceleri verilirken şu şekilde bir sınıflamaya gidilmiştir: 4: Kesin, 3:Güvenilir, 2: Olası, 1: Sorgulanmalı, 0: Yetersiz. Açıklamalar kısmındaki H en büyük dalga yüksekliğini, D dalganın kıyıdan karaya ilerleme mesafesini göstermektedir. TBY tsunami bilgisinin

olmadığını belirtmek, “/” alternatif tarihleri ayırmak ve “-“ iki tarih arasında olduğunu göstermek için kullanılmıştır. Altınok (2006).

**Tablo .2.1. Türkiye Çevresinde Meydana Gelen Tarihi Tsunamiler**

Sıra No	Tarih	Yer	Kaynaklar	Açıklamalar	Güvenilirlik
1	1410 ± 100 M.Ö.	Girit'in kuzeydoğusu	10, 14, 35, 43, 45	1600–1500 M.Ö. (46), Tsunami Santorini Yanardağının patlaması ile oluştu (35).	3
2	1300	Çanakkale Bölgesi	6, 10, 14, 35, 46		2
3	330	Limnos Adasının kuzeydoğusu	10, 14, 35, 43, 45		1
4	220/222/227	Rodos, Kıbrıs, Korent	9, 10, 14, 16, 43, 44, 45	227 (35)	2
5	140	Akka, Suriye	16, 45	138 M.Ö., Silifke Bölgesi etkilendi (45)	3
6	26	Baf-Kıbrıs	10, 14, 45	TBY (45)	2
7	46 M.S.	Girit'in kuzey doğusu, Santorini Adası	10, 14, 35, 43, 45	Girit'in güney kıyısı (10). Santorini Yanardağının patlaması nedeni ile (35)	1
8	53/62/66	Knasos-Girit, Lübnan	10, 14, 21, 35, 43, 45	62, Girit'in güney kıyıları (10, 14), 62, öğle vakti (45), 66 (35, 43),	4
9	68	Demre, Patara	21		2
10	76–78	Larnaka, Baf, Salamis-Kıbrıs	9, 10, 14, 16, 44, 45, 46	77–78 (16)	1
11	120/128	Kapıdağ Yarımadası, İznik, İzmit	21, 45	120, TBY (45)	2
12	142	Fethiye Körfezi, Rodos, Kos,	10, 14, 46	148 (35, 37), Rodos, Kos, Seriphos, Simi (10, 35, 37)	2

		Seriphos, Simi Adaları			
13	261–262	Anadolu'nun güney kıyıları	10, 14, 21, 45, 46	262 (10, 14, 21, 45), Batı Anadolu (45),	2
14	293–306	Salamis-Kıbrıs	21		1
15	325	İzmit Körfezi	46		1
16	342	Baf, Magosa-Kıbrıs	10, 14, 45, 46		2
17	344	Çanakkale Bölgesi, Trakya kıyıları	10, 14, 46		3
18	358.08.24	İzmit Körfezi, İznik, İstanbul	15, 16, 45, 46	TBY (15)	4
19	365.07.21	Doğu Akdeniz, Girit, Yunanistan, Adriatik kıyıları, İskenderiye, Batı Anadolu	9, 10, 14, 21, 22, 35, 37, 43, 45	Methone, D = 2000 m (35),	4
20	368.10.11	İznik ve çevresi	21, 45	TBY (45)	2
21	407.04.01	İstanbul	21	408.07.05, TBY (45)	0
22	447.11.08	Marmara Denizi, İstanbul, İzmit Körfezi, Marmara Adaları, Marmara ve Çanakkale kıyıları	10, 14, 21, 35, 37, 45, 46	447.11. (10, 14, 46), 447.01.26 gece (21), 447.12.08, TBY (45)	4

23	450.01.26	Marmara Denizi, İstanbul	10, 14, 45, 46	450.01. (10, 14), TBY (45)	2
24	478.09.25	Yalova, İzmit, İstanbul	13, 21		4
25	488.09.26	İzmit Körfezi	45, 46	TBY (45)	2
26	524/525	Anadolu'nun güney kıyıları, Anazarba-Adana	45, 46	524 (45)	3
27	529 kış	Trakya'nın Marmara kıyıları	46		1
28	542 kış	Trakya'nın batı kıyıları, Bandırma Körfezi	10, 14, 46	Edremit Körfezi (10, 14)	2
29	543.09.06	Kapıdağ Yarımadası, Erdek, Bandırma	9, 16, 21, 35, 43, 45, 46	Edremit Körfezi (46)	3
30	545.08	İstanbul	8		4
31	549.01	İstanbul	8		4
32	553.08.15	İstanbul, İzmit Körfezi	45, 46	TBY (45), D = 3000 m (46)	2
33	554.08.15	Anadolu'nun güney-batı kıyıları, Kos Adası, Mandalya Körfezi	9, 10, 14, 16, 21, 35, 37, 43, 45, 46	554–558 (21), 554 (16, 43, 45)	4
34	555.08.15/16	İstanbul, İzmit Körfezi	15, 16, 43, 46		4
35	557.12.14	İstanbul, İzmit Körfezi	16, 45, 46	558.12.14 (9), gece, TBY (45), D = 5000 m (46)	2

36	715	İstanbul, İzmit Körfezi	45, 46	TBY (45)	1
37	740.10.26	Marmara Denizi, İstanbul, İzmit, İznik Gölü	9, 10, 14, 21, 22, 35, 37, 45, 46	Öğleden sonra (21), 08.00, TBY (45)	4
38	803.12.19	İskenderun Körfezi	10, 14, 40, 46	803, TBY (40)	2
39	859.11.	Suriye kıyıları, Samandağ yakınları	10, 14, 40, 44, 45	859.04.08, TBY (45), 859, TBY (40)	2
40	975.10.26	İstanbul, Trakya'nın Marmara kıyıları	10, 14, 46	986.10.26 (45)	2
41	989.10.25	İstanbul, Marmara kıyıları	13, 15, 16, 46		4
42	990	İstanbul, Marmara kıyıları	46		1
43	1039.02.02	İstanbul, Marmara kıyıları	10, 14, 35, 46	1039.01. (10, 14, 46)	0
44	1064.09.23	İznik, Bandırma, Mürefte, İstanbul	16, 45, 46		2
45	1114.08.10	Ceyhan,An talya, Maraş, Samandağ	25, 40, 45	1114.11.20, TBY (40)	3
46	1157.07.15	Hama- Homs, Suriye	45		1
47	1202.05.22	Kıbrıs, Suriye kıyıları, Mısır	10, 14, 25, 40, 45	1201.06.02, Kıbrıs (40) 1202.05.20(24, 45), TBY (45)	4
48	1222.05	Baf, Limasol- Kıbrıs	9, 10, 14, 16, 45, 46	1222.12.25 (9, 16)	3



49	1265.08	Marmara Adası	31		4
50	1303.08.08	Doğu Akdeniz, Rodos, Girit, Mora	35, 37, 45	1304.08. (37)	4
51	1332.01.16	Marmara Denizi, İstanbul	8, 10, 14, 45, 46	TBY (45)	3
52	1343.10.18	Marmara Denizi, İstanbul, Marmara Ereğlisi	9, 10, 14, 22, 31, 35, 37, 45, 46	D = 2000 m (10, 35), TBY (45)	4
53	1389.03.20	İzmir, Sakız ve Midilli Adaları	9, 10, 14, 35, 37, 43, 45, 46		4
54	1403.11.16	Anadolu'nun güney kıyıları, Suriye kıyıları	10, 14, 46	1402 (16, 22, 45), 1408.12.30, Lazkiye (41)	2
55	1419.12.18	İstanbul	13		4
56	1481.05.03	Rodos, Anadolu'nun güney batı kıyıları, Girit	9, 10, 14, 16, 35, 37, 43, 45, 46	Rodos, H =1.8 m, D = 60 m (10, 35)	3
57	1481.10.03	Rodos	47		4
58	1489	Anadolu'nun güney kıyıları, Antalya	10, 14, 27, 46		3
59	1494.07.01	Kandiye-Girit	10, 14, 35, 37, 45	Akşam (35, 45), TBY (45)	3
60	1509.09.10	İstanbul, Marmara kıyıları	9, 10, 12, 14, 16, 22, 33, 35, 37, 43, 45, 46	1509.09.14 (9, 10, 14, 22, 35, 37, 43, 45, 46), H ≥ 6.0 m (33)	4
61	1577.07.17	İstanbul	12		1

62	1598	Amasya, Çorum	12, 16, 19, 30, 39, 45	TBY (16, 19, 39, 45), Karadeniz kıyıları, D = 1600 m (12), H =1m (30)	4
63	1609.04.	Rodos, Doğu Akdeniz	12, 44	10000'in üzerinde insan dalgalarda boğuldu.	4
64	1612.12.08	Girit'in kuzeyi	9, 10, 14, 35, 37, 45	TBY (45)	2
65	1646.04.05	İstanbul	9, 10, 14, 22, 37, 45	1641.04.05 (46), TBY (45)	3
66	1650.09.29	Santorini Patmos, Sikinos Adaları, Kuzey Girit	9, 10, 14, 35, 37	1650.10.09(10, 14), 1650.10.29 (35, 37), Batı Patmos H=30m,Doğu Patmos, H =27m,los, H = 18 m (10), Doğu Santorini H = 19m, D = 200 m, Patmos, H =30m, los H = 18 m, Sikinos, D = 100 m (37)	4
67	1667.11.30	İzmir Körfezi	10, 12, 14, 45, 46	1667.11., TBY (7, 45) 1668.07.10 (15, 16, 35, 46)	2
68	1672	Santorini ve Siklat Adaları	44		2
69	1672/1673.02.14	Bozcaada, Kos Adası	12, 14, 35, 43, 45	1672.04. (43, 45), 1672 Siklatlar, Santorini (14), Kos (35)	2
70	1688.07.10	İzmir Körfezi	10, 12, 14, 37, 45	11.00 (45), 11.45 (12),	3
71	1741.01.31	Rodos	12	Deniz geri çekildi ve 12 kez kıyıyı bastı.	4
72	1751.08.15	İstanbul	12		0
73	1752.07.21	Suriye kıyıları	10, 14, 16, 45		4
74	1754.09.02	İzmit Körfezi, İstanbul	12, 45	09.45, TBY (45)	3

75	1766.05.22	İstanbul,M armara Denizi	10, 12, 14, 35, 43, 45, 46	05.30 (35, 45)	4
76	1772.11.24	Sakız Adası, Foça	12	Saat 07.45	2
77	1822.08.13	Antakya,İs kenderun, Kilis	23, 45	Akşam	4
78	1829.05.23	İstanbul, Gelibolu	10, 14, 23, 45, 46		4
79	1843	Oniki Adalar	44		4
80	1846.07.25	İzmir, Ege Denizi	44		2
81	1851.02.28	Fethiye, Kaya- Muğla, Rodos	10, 14, 23, 35, 37, 43, 45	H = 0.6 m (10, 35)	4
82	1851.04.03	Fethiye Körfezi, Rodos	10, 14, 35, 46	H = 1.8 m (10, 35)	3
83	1851.04/05. 23	Rodos, Oniki Adalar, Khalki	10, 14, 35,44, 46		3
84	1852.05.12	İzmir	10, 14, 23, 35, 46		3
85	1852.09.08	İzmir	10, 14, 23, 35, 46		3
86	1855.02.13	Fethiye Körfezi	10, 14, 16, 25, 35, 46	1855.02.09/10/13 (16, 25), 1855.03.02 TBY (45), Sakız (46),	4
87	1856.10.12	Rodos, Girit	17		4
88	1856.11.13	Sakız Adası	10, 14, 23, 35, 37, 43, 46	Rodos (45), 1856.12.13 (46)	3

89	1857.09.17	Marmara Denizi	44		1
90	1859.08.21	İmroz Adası, Saros	13, 44		4
91	1863.03.22	Rodos	44		1
92	1866.01.31	Santorini Adası	37, 45	TBY (45)	2
93	1866.02.02	Sakız Adası	10, 14, 16, 23, 45, 46	TBY (45)	3
94	1867.03.07	Midilli Adası	44		4
95	1878.04.19	İzmit	9, 10, 14, 23, 45, 46	09.00 , TBY (45)	3
96	1881.04.03	Sakız, Çeşme	7		4
97	1886.08.27	Güney Mora, Pylos, İzmir	10, 14, 23, 35, 37, 45	1886.11.27, 08.05 , TBY (45), saat 21.32	4
98	1893.01/02.29/09	Kuzey Ege Denizi, Semadirek Adası, Trakya kıyıları, Dedeoğaç	9, 10, 14, 16, 23, 35, 37, 45	1893.01.29 (9, 45), 1893.01.28 (16) 18.00 (35, 45), Semadirek H = 0.9 m (10, 35), D = 30 m (35), Dedeoğaç H = 0.9 m (35), D = 40 m (10, 35)	4
99	1894.07.10	İstanbul	10, 14, 18, 23, 25, 33,34, 35, 37, 45	TBY (45) H ≤ 6.0 m (33)	4
100	1912.08.09	Şarköy-Mürefte, İstanbul	6, 11	Oluşan dalgalar İstanbul Boğazının içlerine kadar ilerledi (6).	4

101	1926.06.26	Rodos, Türkiye'nin güneybatısı, Archange lo, Fethiye, Karpathos, Kandiye	49	Deprem dışmerkezi Rodos'un doğusundadır. Sicilya, İtalya, Suriye, Mısır ve Filistin'de hissedilmiştir.	4
102	1928.03.31	İzmir	10, 14, 23, 35	Saat 00:29:47 (35)	4
103	1933.04.23	Kos Adası	44		2
104	1935.01.04	Marmara Adası	4		4
105	1939.12.26-27	Fatsa-Karadeniz	30, 25, 29, 38, 41	Saat 25:57:16 (20)	4
106	1948.02.09	Karpathos-Oniki Adalar	10, 14, 28, 35, 36, 37	Saat 12:58:13 (35), D = 900 m (10, 35, 36)	4
107	1949.07.23	Doğu Ege Denizi, Sakız Adasının kuzeyi	36	Saat 15:03:30, H =0.7 m veya H =2 m	4
108	1953.09.10	Türkiye'nin güney kıyıları	28	35.00N-32.00E	1
109	1956.07.09	Yunan takımadaları, Amorgos, Astypalaea Adaları	10, 14, 28, 35, 36	03:11:40 (35, 36), Amorgos, H = 30 m (10), H = 20–25 m, D = 80–100 m (35, 36), H = 30 m (10), Astypalaea, H =20m (10, 35, 36), D = 400 m (35, 36), Pholegandros, H = 10 m (10, 35), D = 8 m (35), Patmos, H = 4 m, Kalimnos, H = 3.6 m, Girit, H =3m, Tinos, H =3m(10), H ≥5m, D ≥700 m (35)	4
110	1961.05.23	İzmir, Ege Denizi	44		3
111	1963.09.18	Doğu Marmara, Yalova, Karamürsel, Kılıç, Armutlu,	25, 32	Saat 16:58:14.8, H =1m	4

		Mudanya, Gemlik Körfezi			
112	1968.02.19	Kuzey Ege Denizi	14, 28, 35, 36	Saat 22:45:42 (35), saat 22:57:47 (36), H = 1.2 m (35)	4
113	1968.09.03	Amasra- Karadeniz	1, 24, 25, 26, 41, 48	Saat 08:19:51.6 (1), H = 3 m (41)	4
114	1983. 08.08	Ege Denizi	44		2
115	1991.01.04	Ikaria Adası, Ege Denizi	44		3
116	1991.05.07	Leros Adası, Ege Denizi	44		4
117	1999.08.17	İzmit Körfezi	2, 5, 42, 50, 51	03:02 (Yerel zaman), Değirmendere H ≥ 12 m., Kavaklı D ≥ 300 m (5).	4

Tabloda belirtilen tsunamiler, kaynakların el verdiği ölçüde ulaşılabilenlerdir. Tsunami araştırmaları çok disiplinli çalışmalardır. Konu ile ilgili çalışmalar yapılırken her bir tsunaminin tek tek çalışılması ve bugüne dek tsunami bilgisine ulaşılamamış depremlerin araştırılması ayrıca önem taşımaktadır.

### 3. Depreşim Dalgası Modellemesi İçin Gerekli Veri Tabanı

Fiziksel problemlerin incelenmesi için kullanılan çeşitli yöntemlerden biri de modellemedir. Modelleme, doğadaki problemin laboratuvar veya bilgisayar ortamında oluşturulması ve incelenmesi tekniğidir. Birçok fizik ve mühendislik problemlerinde olduğu gibi depreşim dalgası probleminin incelenmesinde de bazı durumlarda fiziksel ve genel olarak da sayısal modelleme yolu izlenir. Bunun nedeni, ender oluşabilecek senaryoların çeşitlendirilerek, parametrelerin önem ve etkilerinin, bu yöntem ile çok hızlı olarak incelenebilmesidir. Tsunami hareketinin denizler veya okanuslar boyunca uzak alan içinde olması nedeniyle, sayısal modelleme tekniği, laboratuvarda oluşturulan fiziksel (hidrolik) modelleme tekniğine göre hem ucuz, hem hızlı hem de daha elverişli çalışma olanağı sağlamaktadır.

Tsunami modellemesindeki metodoloji üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar, i) dalganın oluşumu, ii) dalganın hareketi, iii) dalganın kıyılarda ve karada yarattığı su düzeyi değişimleri ve akıntılar konularındaki modelleme çalışmalarıdır.

Birinci aşama olan dalga oluşumunun modellenmesi işlemlerinde, dalgayı yaratan birincil etken olan denizdeki ya da tabandaki depreşimin tanımlanması, depreşimi yaratan etkenlerin değerlendirilmesi, ve bu etkenlere bağlı olarak su kütlelerinde oluşacak etkileşimin ve dalga oluşumunun tanımlanması ve modellenmesi yolu izlenir.

İkinci basamak olan, dalga hareketinin modellenmesi işleminde ise, dalga hareketini tanımlayan denklemlerin sınır koşullarını sağlayacak biçimde sayısal olarak çözülmesi ve dalganın çalışma alanı içinde yayılması ve kıyılara ulaşmasının hesaplanması yolu izlenir.

Üçüncü basamak olan, dalganın kıyılardaki hareketlerinin modellenmesi işleminde ise, dalga hareketinin sığ sularda yarattığı yükselmeler veya karada ilerlemesi sırasında oluşturduğu akıntıların hesaplanması ve olası etkilerinin tanımlanması yolu izlenir.

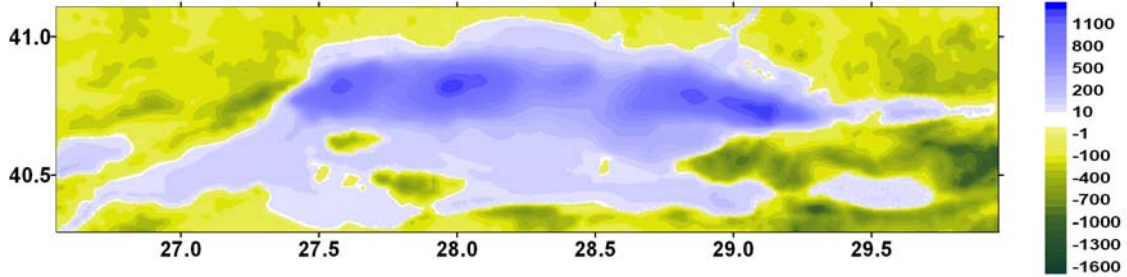
Modelleme çalışmalarında gerekli olan verilerden biri su derinlikleri, diğeri de ilk dalga profilidir. İlk dalga profilinin yer ve biçiminin tahmin edilmesi deprem ve fay parametrelerine bağlı olduğundan, bu parametrelerin de bilinmesi gerekli olmaktadır. Her iki amaç doğrultusunda yapılan çalışmalar ve elde edilen veri tabanları aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır.

### 3.1. Türkiye Çevresi Denizler ve Körfezler için Su Derinlikleri Veri Tabanı Oluşturulması

YDABÇAG 60 Proje çalışmaları kapsamında Akdeniz, Ege Denizi, Marmara, Karadeniz, İzmir Körfezi, İskenderun Körfezi, İzmit Körfezi'ne ait seyir haritaları ayrı ayrı sayısallaştırılarak bir araya getirilmiş, geniş kapsamlı ve çok amaçlı kullanılabilir su derinlikleri veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanında 65000'den fazla veri yer almaktadır. Bu veriler enlem, boylam ve yükseklik biçiminde üç kolon olarak hazırlanmıştır. Su derinliklerine artı (+), ve karadaki yüksekliklere ise eksi (-) olarak değer verilmiştir..

Marmara Denizi

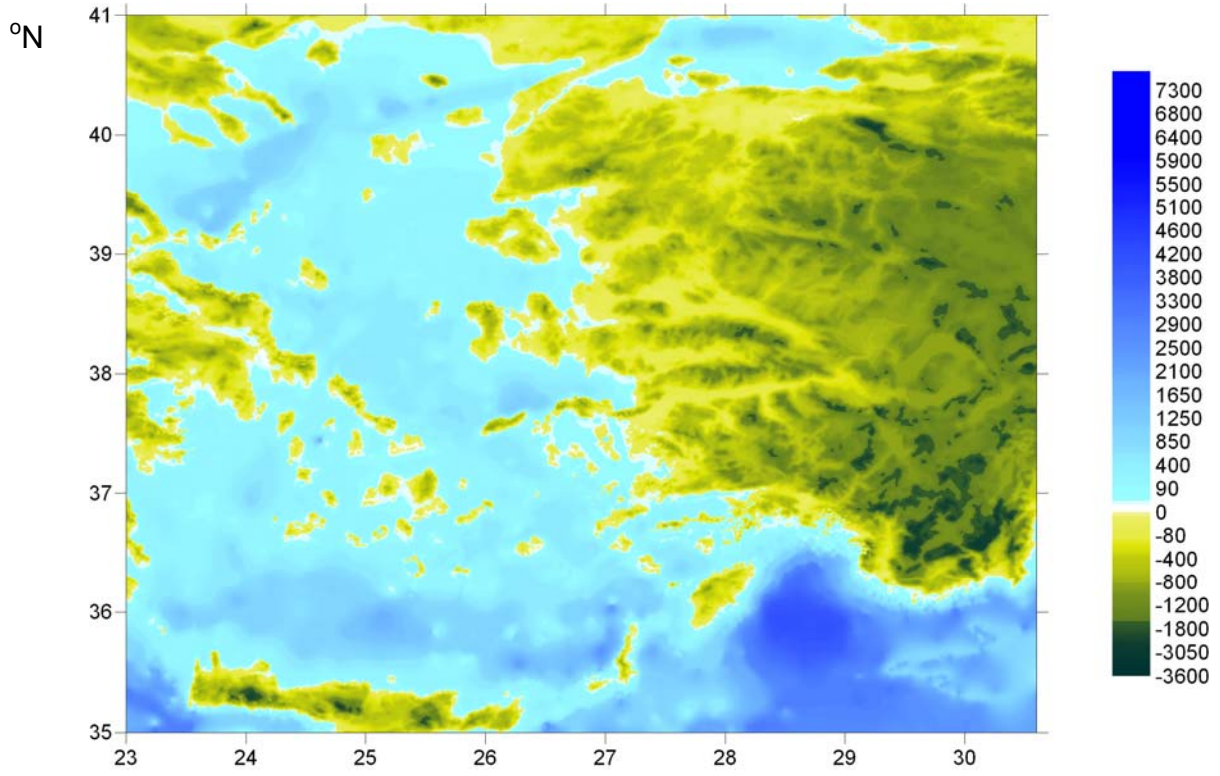
Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan 29 numaralı ve 1:250 000 ölçekli harita sayısallaştırılmış, Marmara denizinin derinlik verileri elde edilmiş ve düzenli dağılımlı derinlik datasına dönüştürülmüştür (Çizim 3.1).



Çizim 3.1. Marmara Denizi Derinlik Haritası

Ege Denizi

Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan 20 numaralı ve 1:1 100 000 ölçekli harita sayısallaştırılmış, Ege denizinin derinlik verileri elde edilmiş ve **Ek-1'de** verilen veri tabanına eklenmiştir. Bu veriler, düzenli dağılımlı derinlik datasına dönüştürülerek **Çizim 3.2'de** harita olarak gösterilmiştir.

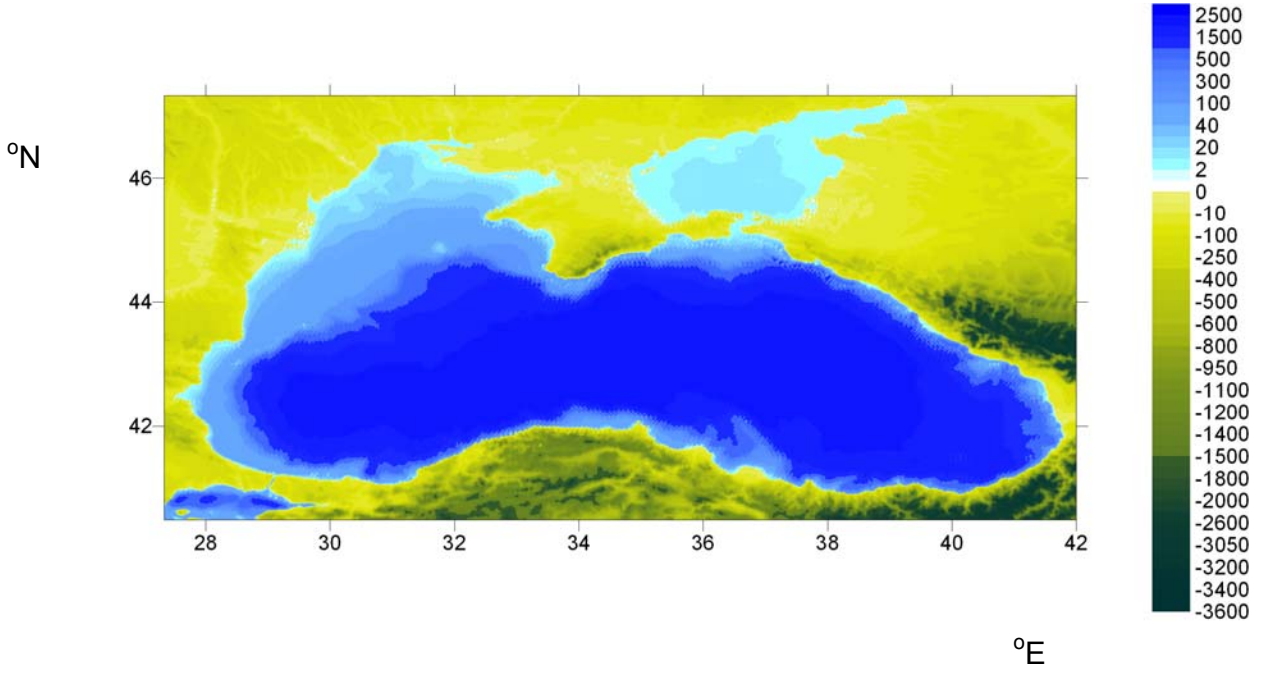


Çizim 3.2. Ege Denizi Güney Bölümü Derinlik Haritası

Karadeniz

Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan 10 numaralı ve 1:1 200 000 ölçekli harita sayısallaştırılmış, Karadenizin derinlik verileri elde edilmiş düzenli dağılımlı derinlik haritasına dönüştürülmüştür (Çizim 3.3).

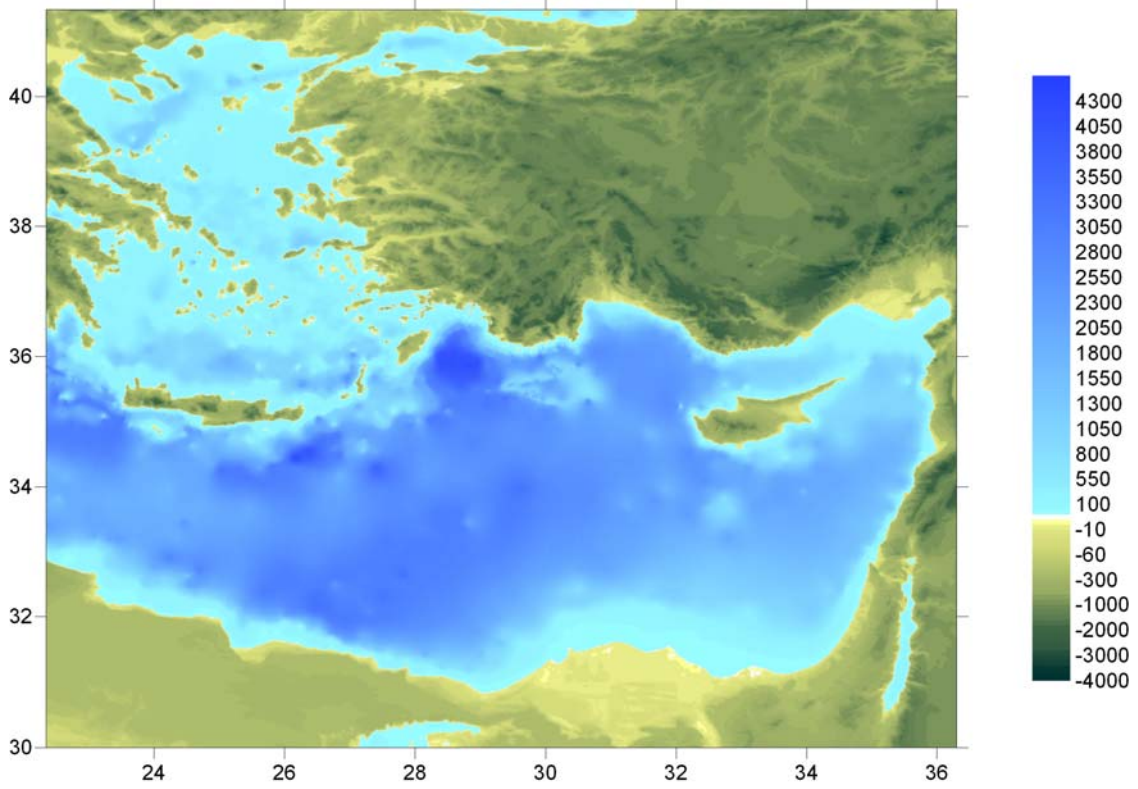




**Çizim 3.3. Karadeniz Haritası**

Akdeniz

Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan 3 numaralı ve 1:4 250 000 ölçekli harita sayısallaştırılmış, Adenin derinlik verileri elde edilmiş düzenli dağılımlı derinlik datasına dönüştürülmüştür, harita olarak **Çizim 3.4** de verilmiştir.



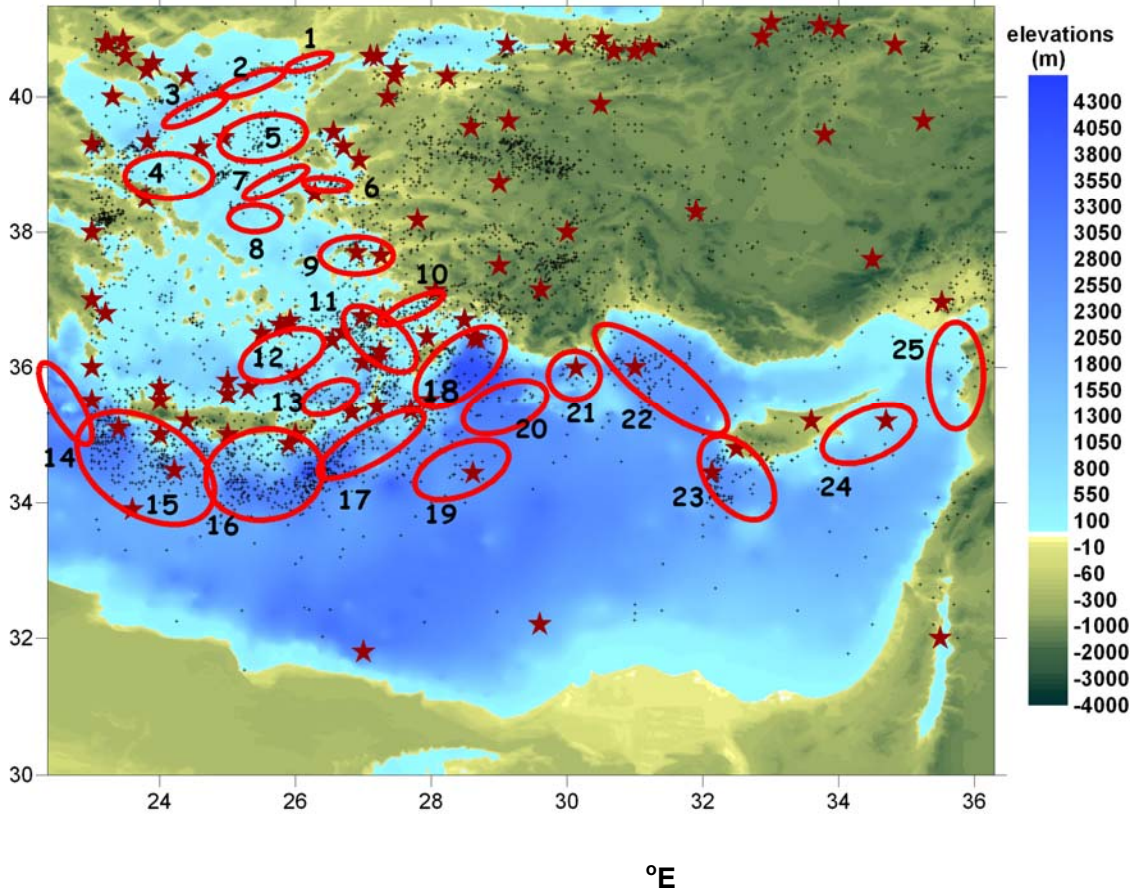
**Çizim 3.4. Doğu Akdeniz Derinlikler Haritası**

### 3.2. Türkiye Çevresi Denizlerdeki Deprem Merkezleri İçin Veri Tabanı Oluşturulması

Doğu Akdeniz, Türkiye ve çevresinde ölçülmüş makro düzeyde (deprem şiddeti  $M=5$  ten büyük) olan depremlerin merkezleri hakkında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Jeofizik Anabilim Dalı tarafından hazırlanmış olan veri tabanı analiz edilerek, çeşitli yöreler için tsunami ile ilişkili olabilecek yoğun deprem merkezleri, bu bölgelerde su derinlik dağılımları, olası sismik boşluklar üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır.

Kandilli Rasathanesi verileri değerlendirilerek hazırlanan ve 1900 yılından beri Türkiye çevresindeki depremlerin merkezleri Çizim 3.5 te verilmiştir. Bu çizimde elips içine alınan bölgeler denizde yer alan yoğun deprem merkezlerinin bulunduğu alanlar olup olası tsunami oluşturan bölgeler olarak düşünülmesi gerekmektedir.

°N



**Çizim 3.5. Türkiye Çevresinde 1900 den sonra Oluşmuş Şiddeti 4'den Büyük Depremlerin Merkezleri (Kandilli Rasathanesi Jeofizik Anabilim Dalı Verileri)**

#### 4. Ege Ve Akdenizde Tsunami Oluşabilecek Bölgelerin Araştırılması

Akdeniz Tektonik Yapısı, Alpin kıvrım kuşağı içinde olan Akdeniz Bölgesi bu kuşağın genel nitelikleri yanında, kendine has jeolojik özellikleri de içermektedir. Türkiye için Anadolu levhası ile Arabistan levhasının Orta Miyosendeki Bitlis kenet kuşağı boyunca olan çarpışması Neotektonik dönemin başlangıcıdır. Bu çarpışma ile kenet kuşağı boyunca yükselmeler oluşmuş, Anadolu bloğu batıya doğru harekete başlamıştır. Bu hareketle Akdeniz Bölgesindeki en önemli faylardan olan ve günümüzdeki yanal atımı 15-22 km arasında olan Doğu Anadolu Fayı oluşmuştur. Bu harekete cevap olarak, Helen Yay Sisteminin doğu yarısı doğrultu atımlı faylanmaya dönüşmüştür (Yalçiner ve. Diğ. 2002). Tortoniyenden başlayarak Hellenik ve Kıbrıs dalma-batma zonları arasında ve Güney Egede volkanizma yoğunlaşmıştır. İstanköy (Kos ) adasındaki normal faylanmalar Mesiniyen dönemindedir. Gelişen sıcak iklim nedeniyle göller kurur ve artan faylanmaya bağlı olarak topografya yükselir. Serravaliyen ile erken Pliyosen arasında volkanizma yoğun olarak artar ve topografik olarak yükselen sahaların çoğalmasını takiben yanal yönde yayılmaya başlar. Erken Pliyosende Dogu Anadolu Fayı boyunca dar ve derin çöküntüler oluşur. Neotektonik safhada meydana gelen bu büyük ölçüdeki deformasyonlar, bu kesimde yer kabuğunun izostatik dengeden uzak olması ve hala daha devam eden kompresyonel kuvvetler

Türkiye'nin aktif bir deprem alanı (Ambraseys ve Jackson, 1998) olmasının da başlıca nedenlerini teşkil eder (Yalçın ve diğ. 2002)

Depreşim dalgası, modelleme sürecinin birinci basamağı dalğanın oluşumunun modellenmesidir. Dalğanın ilk biçimi, onu yaratan etkenlere doğrudan bağlıdır. Bu etkenler ise çoğu zaman depremlerle ilişkili olmaktadır. Tsunami dalgası oluşumu jeofizik, jeoloji, sismoloji, geoteknik, dalga mekaniği ve hidrodinamik alanlarında çalışan uzmanları ortak ilgilendiren bir konu olduğundan geniş kapsamlı işbirliği de gerektirmektedir. Deniz tabanındaki fay kırılması ya da heyelan, göçme gibi kütle hareketlerinin oluşması sırasında deniz ortamına geçen enerjinin oluşturduğu akıntılar ve su düzeyi değişimleri, başlangıç dalgasının özellikleri üzerinde etkilidirler. Başlangıç dalgası, yakın kıyı veya uzak alan modelleme işlemlerinde başlangıç koşulu olduğundan yer ve biçim olarak doğru tanımlanması gereklidir.

Tarihte yaşanmış ya da gelecekte ortaya çıkabilecek olası depreşim dalgalarının oluşabilecekleri yerlerin saptanması için deprem merkezlerini içeren veriler kullanılabilir. Kandilli Rasathanesi Jeofizik Anabilim Dalı verileri (son yüzyıldaki deprem merkezleri) kullanılarak, Türkiye'nin Ege kıyılarını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemesi olası depreşim dalgalarının tahmin edilen oluşma bölgeleri (13 bölge) Çizim 3.5'te gösterilmiştir. Aynı veriler kullanılarak Türkiye'nin Akdeniz kıyılarını doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemesi olası depreşim dalgalarının tahmin edilen oluşma bölgeleri (12 bölge) Çizim 3.5'de verilmiştir. Geçmişte yaşanmış ya da gelecekte ortaya çıkabilecek olası depreşim dalgalarının bu bölgelerde oluştuğu ya da oluşacağı beklenebilir.

Ege Denizindeki deprem merkezlerinin dağılımları, Kuzey Ege'de Saros'tan başlayıp güney batıya yönelen ve denizde çukur bölgeleri izleyen fay zonu (Bölge 1-4), Midilli ve Sakız adalarının batısı (Bölge 5, 7, 8), Karaburun yarımadası Kuzeyi (Bölge 6), Kuşadası ve Didim açıkları (Bölge 9), Gökova Körfezi (Bölge 10), Rodos ve Kos adaları arası (Bölge 11), Santorini, Astypalaea ve Amorgos adaları üçgeni içinde kalan bölge (Bölge 12), Girit adasının kuzeydoğusu (Bölge 13) sayılabilir.

Akdeniz'de ise Girit ve Rodosun Güneyinden Anadolu'ya Akdeniz'in en derin yerinden geçerek yönelen Hellenic Yay (Bölge 14-18), Rodos adasının güneyinde Doğu Akdeniz'in orta bölümü (Bölge 19,), Kaş ve Finike açıkları (Bölge 20, 21), Kıbrıs Antalya arası (Bölge 22), Kıbrısın Güney Batısı (Bölge 23), Kıbrısın Doğu ve Güney Doğusu (Bölge 24) ve İskenderun Körfezi güneyi (Bölge 25) yer almaktadır.

Ege ve Akdeniz için olası depremler bu bölgelerde var olan deprem merkezleri çevresindeki sismik boşluklarda yer alabilecektir. Bu depremlerin depreşim dalgası oluşturabilecek nitelikte fay hareketine neden olması ya da denizaltı heyelanlarını tetiklemesi nedeniyle beklenebilir. Ancak oluşacak fayın doğrultu, ya da düşey atımlı olması, bölgede heyelana dönüşebilecek taban eğimi ve zemin malzemesinin bulunup bulunmaması, tsunami oluşumu için önemli parametrelerdir. Bunlara rağmen, eldeki bilgiler ve veriler değerlendirildiğinde, bu bölgelerin hemen hepsinde (ancak öncelikli olarak Güney Ege ve Akdeniz'deki Bölgeler içinde düşey atımlı faylanma beklemek yanlış olmayacaktır).

Tsunami hareketinin modellenmesi çalışmalarında, deniz taban hareketine bağlı olarak tanımlanan başlangıç dalgası özellikleri kullanılarak sayısal çözüm yolu ile dalğanın denizde ve sığ sularda ve karadaki dalga hareketlerinin hesaplanmasıdır. Çok sığ sularda ve karada tsunami hareketi, su kütlelerinin çok şiddetli akıntılar biçiminde davranması olduğundan, başka parametrelerin etkilerini de kapsamakta olup daha karmaşık bir çözüm yolu gerektirir. Bu nedenle sunulan çalışmada depreşim dalgasının 20 m su derinliğindeki değerleri hesaplanarak, risk haritasının temel bilgileri olarak kullanılacaktır.

## 5. Yakın Kıyı Depreşim Dalgası (Yerel Tsunami) Modellemesi (Tunami-N2)

Deniz tabanındaki hareket nedeni ile tsunami oluşumu ve deniz ortamında ilerlemesi, bu olayı tanımlayan hidrodinamik denklemlerin türetilmesi ve bunların çözülmesi ile modellenebilir. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen modeller aşağıda anlatılmıştır.

### 5.1 Kuramsal Yaklaşım

Uzun dönemli dalgalarda, su derinliğinin dalga boyuna oranı oldukça küçüktür, ki bu durumda su moleküllerinin düşey yönlü ivmeleri yerçekimi ivmesine göre ihmal edilebilir. Aynı zamanda su moleküllerinin yörünge çapları nispeten küçük olduğundan, sonuç olarak dalganın basıncı, hidrostatik basınç olarak düşünülebilir. Bu durum uzun dönemli dalgaların genel özelliklerindedir.

Yukarıdaki yaklaşımlardan yola çıkarak uzun dönemli dalga hareketi aşağıdaki denklemler yardımıyla açıklanabilir (Shuto, Goto, Imamura 1990).

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial [u(h + \eta)]}{\partial x} + \frac{\partial [v(h + \eta)]}{\partial y} = 0 \quad (5.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho} = 0 \quad (5.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho} = 0 \quad (5.3)$$

burada, x ve y yatay koordinatlar, t zaman, h durgun su derinliği,  $\eta$  su düzeyi, u ve v su moleküllerinin x ve y yönlerindeki hızları, g yerçekimi ivmesi,  $\tau_x / \rho$  ve  $\tau_y / \rho$  ise x ve y yönlerindeki taban sürtünmesidir. Düzgün akımlarda taban sürtünmesi aşağıdaki biçimde ifade edilebilir:

$$\frac{\tau_x}{\rho} = \frac{1}{2D} u \sqrt{u^2 + v^2}, \quad \frac{\tau_y}{\rho} = \frac{1}{2D} v \sqrt{u^2 + v^2} \quad (5.4)$$

Burada; D, toplam su derinliği yani  $h + \eta$  ve f, sürtünme katsayısıdır. M ve N, x ve y yönlerindeki debi akıları olup, akıntı hızları ile ilişkisi aşağıda verilmiştir.

$$M = u(h + \eta) = uD, \quad N = v(h + \eta) = vD \quad (5.5)$$

(5.1-5.3) denklemleri M ve N debi akıları için deniz tabanından su yüzeyine kadar integral alındığında aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (5.6)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (5.7)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (5.8)$$

Denklem 5.6-5.8 seti, temel denklemler olup, sonlu farklar yöntemi ile, Leap-frog şeması kullanılarak sayısal olarak çözülebilir. (Goto ve Ogawa, 1982, Imamura ve Goto, 1988).

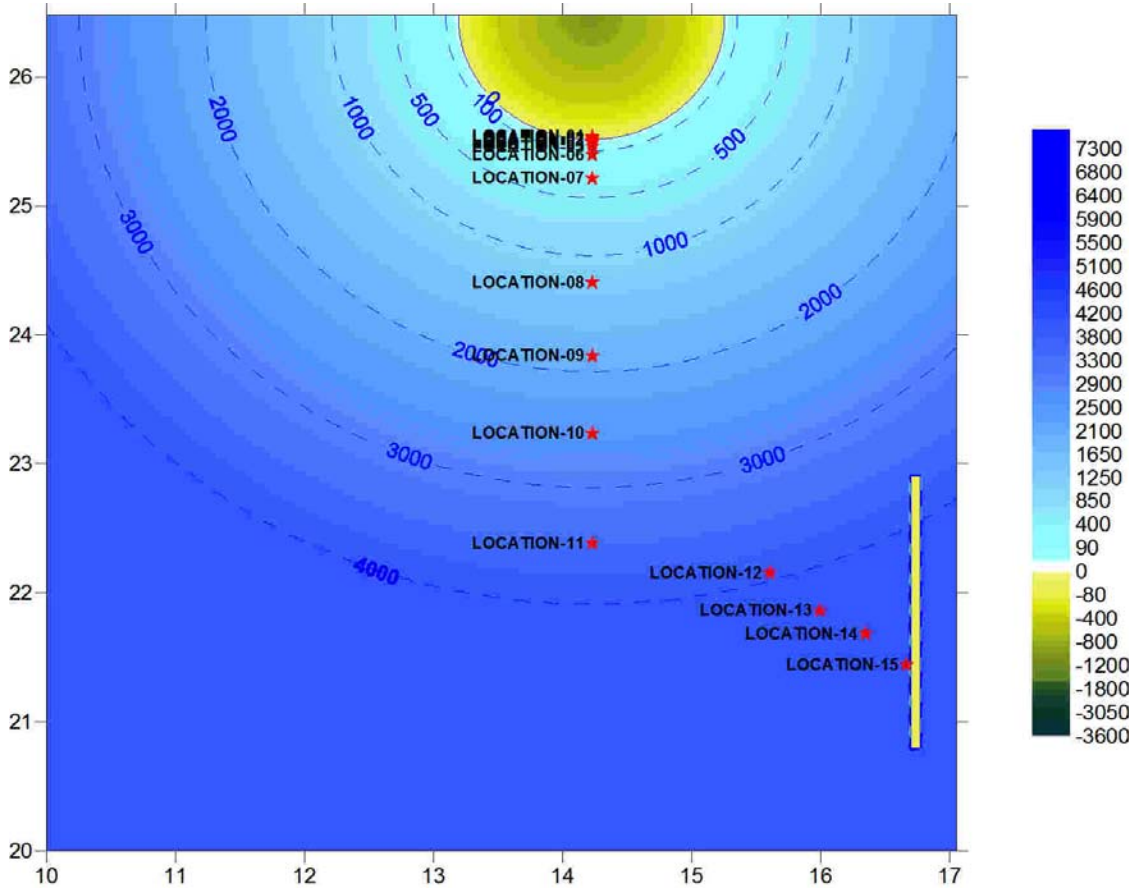
Yukarıda sunulan denklemlerin çözümünü sağlayan model TUNAMI-N2, Japonya, Tohoku Üniversitesi Afet Kontrol Merkezinde geliştirilmiştir. Yakın geçmişte ise Yalçiner, Pelinovsky, Zaytsev, Kurkin tarafından aynı çözüm teknikleri kullanılarak C++ dilinde NAMI DANCE yazılımı geliştirilmiştir. NAMI DANCE benzetim yapma kapasitesine ek olarak 3 boyutlu çizim ve hareketli görüntü hazırlama özelliklerine de sahiptir. Bu modeller kullanılarak, uzun dönemli dalgaların hareketleri ve kıyılardaki yarattığı su düzeyi yükselmeleri benzetim yolu ile incelenebilir.

## 5.2. NAMI DANCE Yazılım

NAMI DANCE yazılımının tanıtım amaçlı sürümü aşağıdaki bağlantıda bulunmaktadır. Aynı bağlantıda, kullanım el kitabı ve gerekli olan örnek derinlik dosyaları yer almaktadır.

<http://yalciner.ce.metu.edu.tr/avinami/>

NAMI DANCE kullanımını alıştırmak amacıyla hazırlanmış örnek derinlik verilerini gösteren harita **Çizim 5.1** de verilmiştir.



### Çizim 5.1: Örnek Batimetri Haritası.

NAMI DANCE depreşim dalgası ile konumunun hesaplaması için, volkanik hareketler ya da fay kırılmaları olmak üzere çeşitli girdi setleri kullanabilmektedir.

Bunlar:

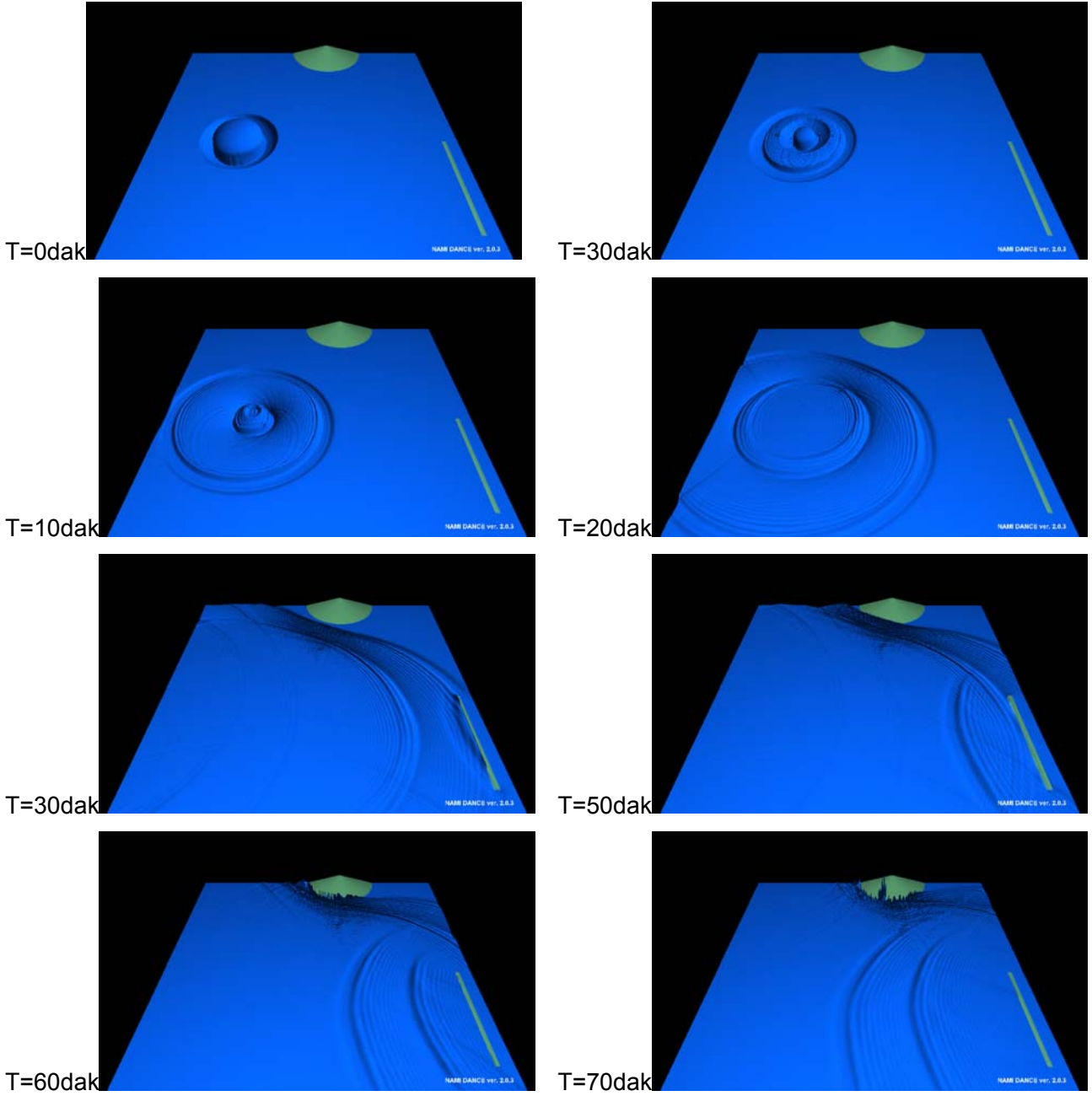
1. İlk dalga durumu için denizde eliptik ya da dairesel biçimde yükselme ve alçalmalar
2. Fay parametrelerine bağlı ilk dalga durumu

İlk dalga durumu için denizde eliptik ya da dairesel biçimde yükselme ve alçalmaların modellenmesi için örnek veri girdileri **Çizim 5.2** de verilmiştir. Bu dalganın hareketi ise **Çizim 5.3** te verilmiştir.

The screenshot shows the 'test fault' software interface with the following parameters and controls:

- grid step (meter): 1800
- amplitude at center (meter): 10
- length of major axis (meter): 60000
- length of minor axis (meter): 60000
- The name of bathymetry file (input): I:\avi-nami-unesco-submitted\sample-basin-2.grd
- The name of tsunami source file (output): I:\avi-nami-unesco-submitted\test-source-1.grd
- Coordinate of point at center:
  - X Coordinate: 12
  - Y Coordinate: 23
- Coordinate of point on major axis:
  - X Coordinate: 12
  - Y Coordinate: 23
- for simulation with leading wave (checked):
  - amplitude of leading wave (meter): -6
  - width of leading wave (meter): 30000
- Buttons: Save, Cancel, Run, browse ...

Çizim 5.2. İlk dalga durumu için denizde eliptik ya da dairesel biçimde yükselme ve alçalmaların modellenmesi için örnek veri girdileri.



**Çizim 5.3. Dalga Hareketi.**

Fay kırılmalarına bağlı olarak ilk dalga durumunu elde etmek üzere kullanılan örnek veri girdileri **Çizim 5.4** de verilmiştir. Bu dalganın hareketi ise **Çizim 5.5** de verilmiştir.



**TSUNAMI SIMULATION**

Bathymetry file name  
[inf] C:\avi-nami-ver-2-0-unesco-test\sample-basin-2.grc [Browse...]

Gauges filename  
C:\avi-nami-ver-2-0-unesco-test\gauges-test-2.dat [Browse...]

NOTE: All input / output files are located in the same directory of bathymetry and gauges files

time start (min) [0] time end (min) [120] time step (sec) [5] [Damage]

output file time step (sec) [20] till [10] min walls depth (m) [20]

output file time step (sec) [20] till time end

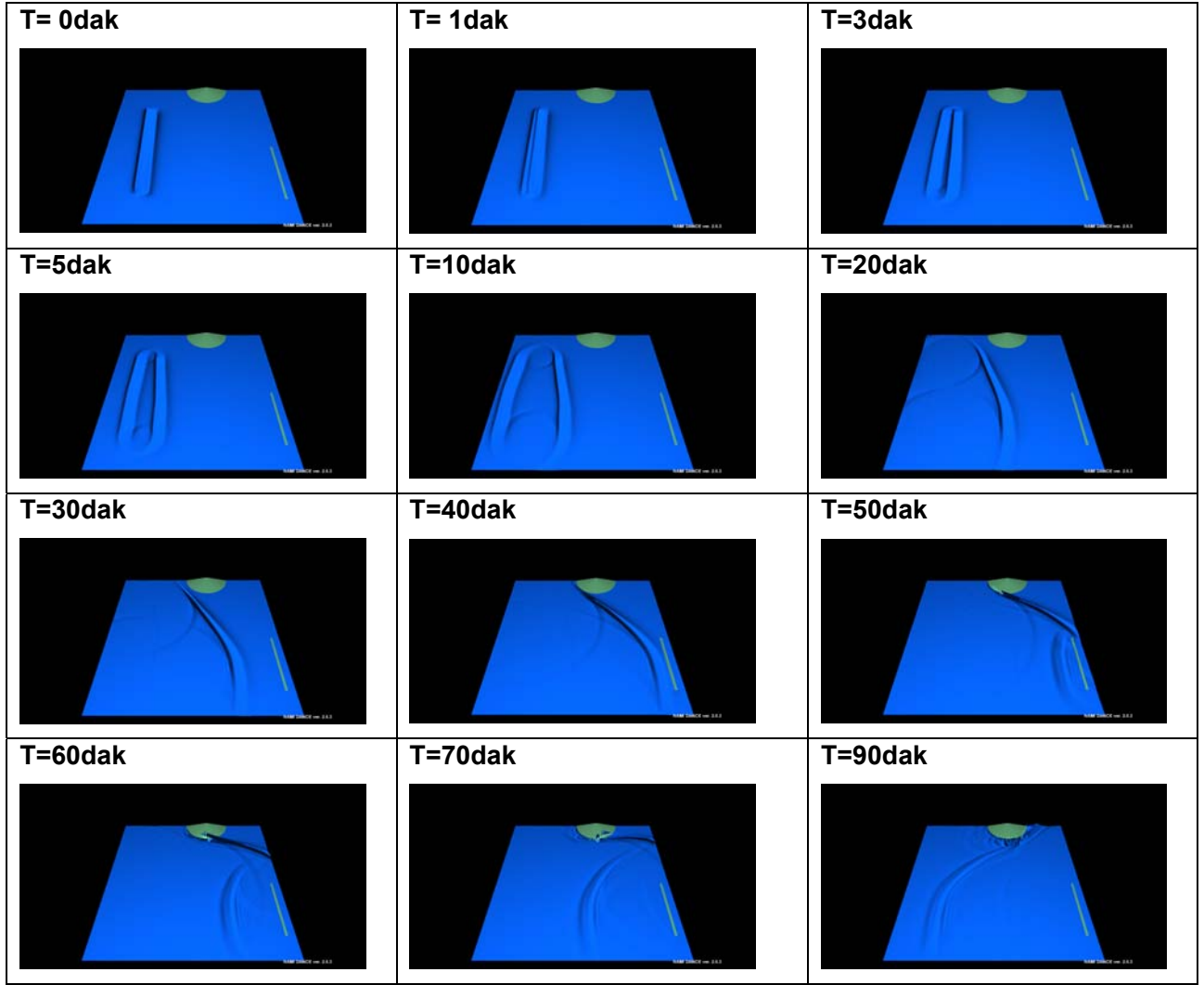
Obtain time step  
Grid size (meter) [1800]  
maximum depth = [4000]  
[5.72077553547] < timestep (sec)  
[OBTAIN]

spherical  
 cartesian

[SIMULATE]

< Back Next > Cancel Help

Çizim 5.4: Fay kırılmalarına bağlı olarak ilk dalga durumunu elde etmek üzere kullanılan örnek veri girdileri.



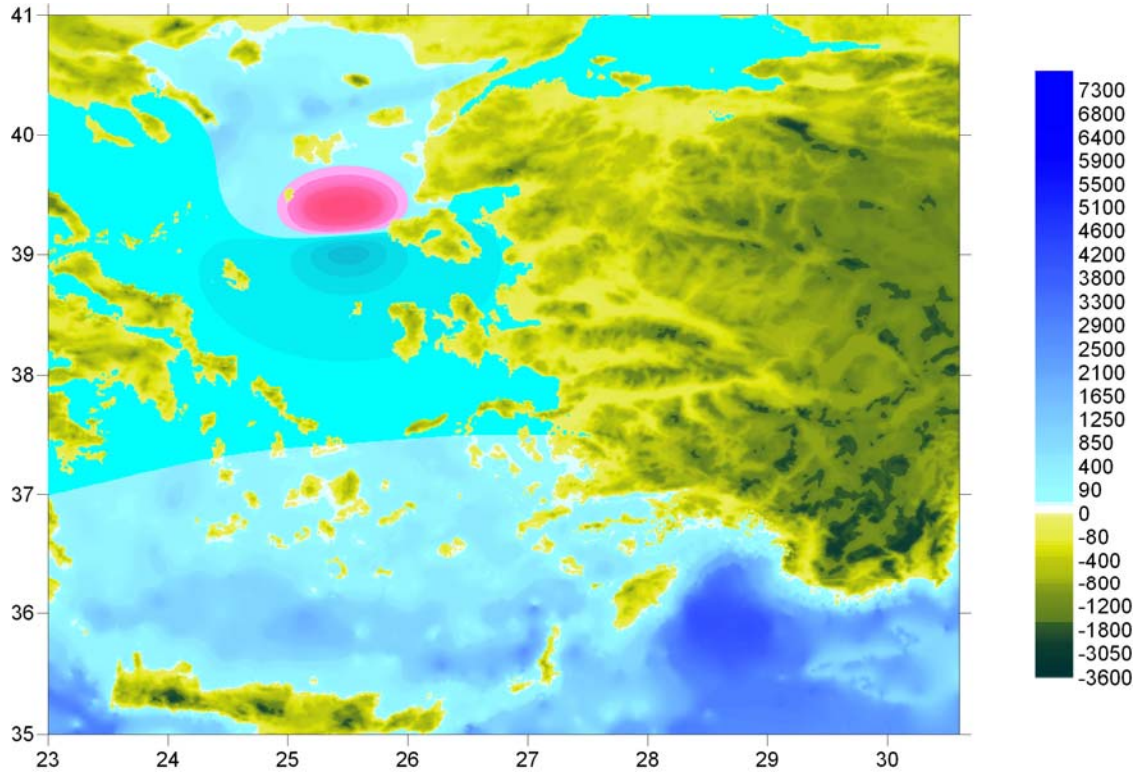
**Çizim 5.5: Dalga Hareketi.**

### 5.3. Uygulamalar

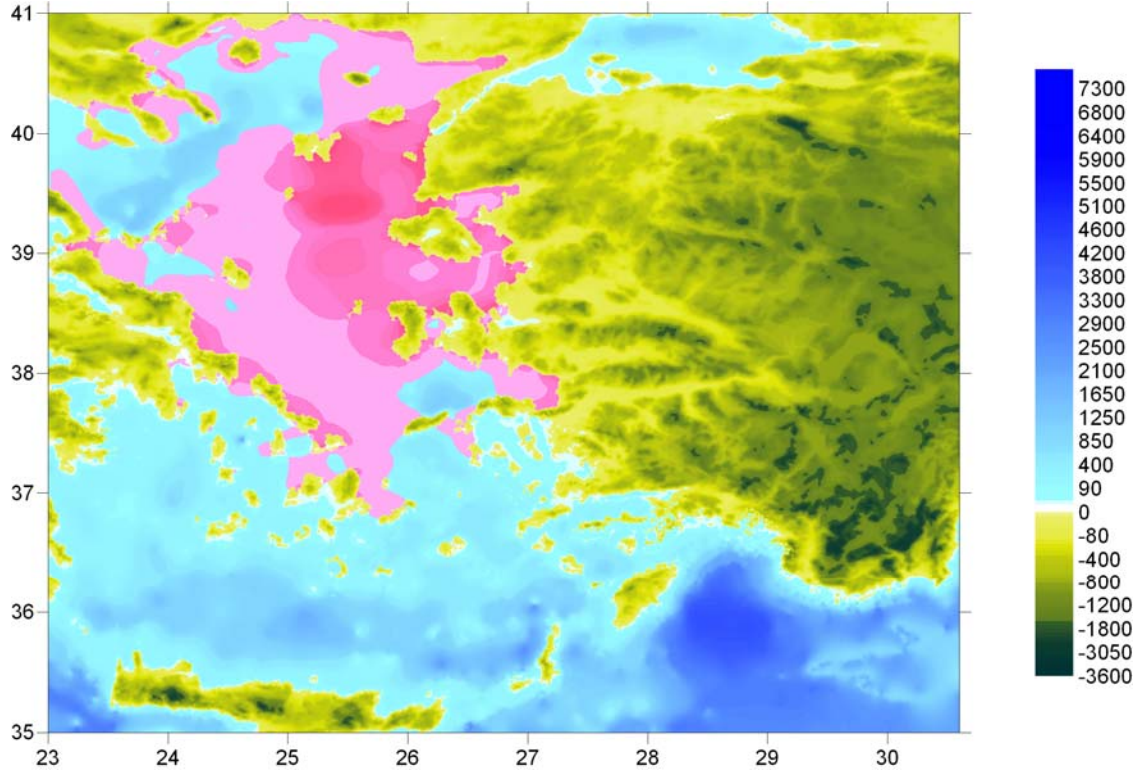
#### 5.3.1. Ege Denzinde Depreşim Dalgası Hareketinin İncelenmesi

Ege Denzinde tarih boyunca çok sayıda depreşim dalgası oluşmuştur (**Tablo 2.1**). Bu dalgaların oluşma bölgeleri **Çizim 3.5'te** gösterilen bölgelere rastlamış olması olasılığı yüksektir. NAMI DANCE uygulaması için Ege Denzindeki çeşitli olası kaynak bölgelerinde depreşim dalgası oluşumu ve hareketi ayrı ayrı modellenmiştir.

Örnek olarak **Kaynak 5 (Çizim 3.5)** çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu ve 120 dakika simulasyon sonunda hesaplanan en yüksek su düzeyi değerleri **Çizim 5.6 ve 5.7** de verilmiştir.



**Çizim 5.6. Kaynak 5 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu**

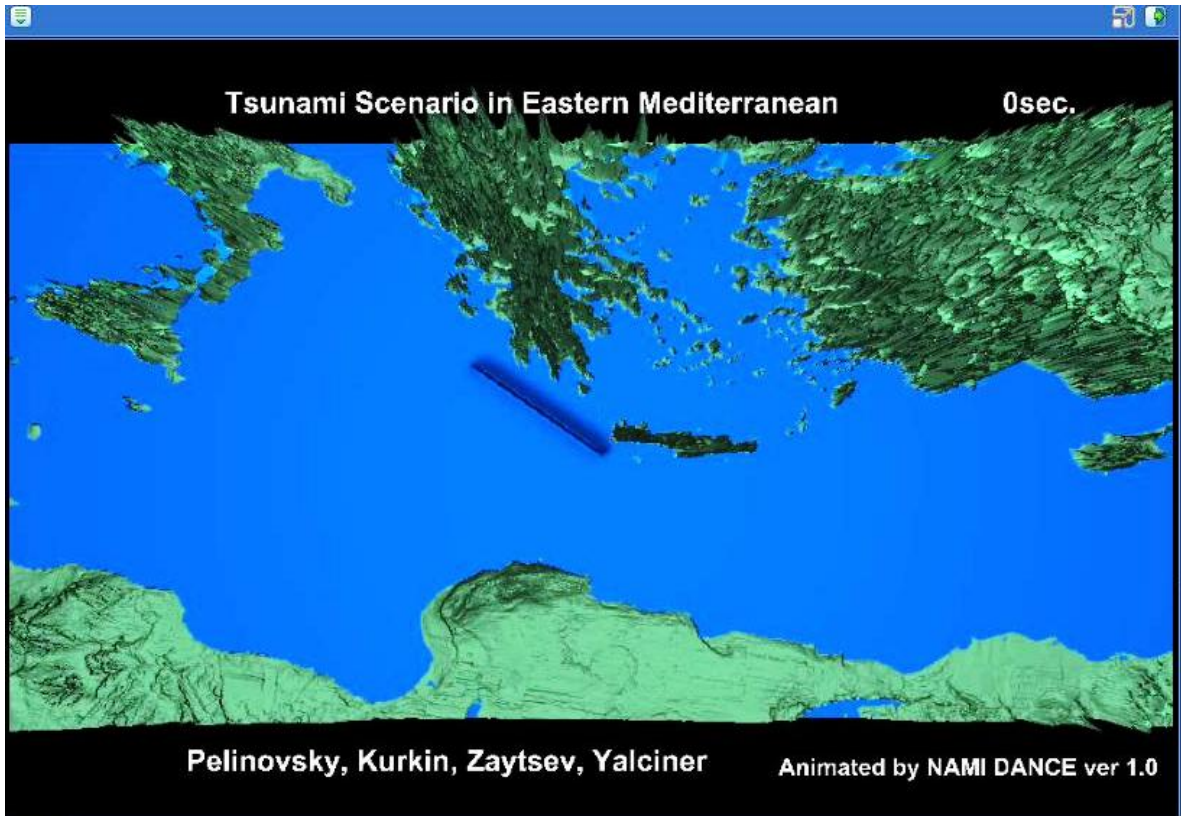


**Çizim 5.7. Kaynak 5 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının 120 dakika simülasyon sonunda hesaplanan en yüksek su düzeyi değerleri**

**5.3.2. Doğu Akdenizde Depreşim Dalgası Hareketinin İncelenmesi**

Doğu Akdenizde tarih boyunca çok sayıda depreşim dalgası oluşmuştur (Tablo 1). Bu dalgaların oluşma bölgeleri Çizim 3.5'te gösterilen bölgelere rastlamış olması olasılığı yüksektir. NAMI DANCE uygulaması için Doğu Akdeniz'deki çeşitli olası kaynak bölgelerinde depreşim dalgası oluşumu ve hareketi ayrı ayrı modellenmiştir.

Bir örnek olarak Kaynak 14 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu Çizim 5.10 da verilmiştir.



**Çizim 5.10 Kaynak 14 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu**

Diğer bir örnek olarak Kaynak 15 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu Çizim 5.11 de verilmiştir.



**Çizim 5.11** Kaynak 15 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu

Bir başka örnek olarak Kaynak 16 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu **Çizim 5.12** de verilmiştir.



**Çizim 5.12** Kaynak 16 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu

Bir başka örnek olarak Kaynak 17 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu **Çizim 5.13** de verilmiştir.



**Çizim 5.13 Kaynak 17 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu**

Son bir örnek olarak Kaynak 18 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu **Çizim 5.14** de verilmiştir.



**Çizim 5.14 Kaynak 18 (Çizim 3.5) çevresinde oluşabilecek bir depreşim dalgasının ilk dalga durumu**

## KAYNAKLAR

Alptekin, Ö., Nabalek, J. L., and Toksöz, N., 3 Eylül 1968 Bartın Depreminin kaynak mekanizması ve Karadeniz'in aktif tektoniği hakkında düşünceler, Deprem Araştırma Bülteni 50 (1985), 5–28.

Altınok Y. (2006), Türkiye Çevresindeki Tarihsel Tsunamiler, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi , Tsunami Özel Sayısı, sayfa 25-32, Yıl 50, 2005-4, Sayı 438

Altınok, Y., Alpar, B., Ersoy, S. And Yalciner, A.C., 1999, Tsunami generation of the Kocaeli Earthquake (August 17th 1999) in the İzmit Bay, coastal observations, Bathymetry and seismic data, Turkish Journal of Marine Sciences, Vol.S, No 3, 130-149.

Altınok, Y. and Ersoy, Ş., 2000, Tsunamis observed on and near Turkish coast, Natural Hazards, Vo1.21, No 2-3, 185-205.

Altınok, Y., Ersoy, Ş., Yalçiner, A.C., Alpar, B. ve Kuran, U., 2001a, Historical tsunamis in the Sea of Marmara, International Tsunami Symposium, 7-10 Ağustos 2001, Seattle, Washington.

Altınok, Y., Tinti, S., Alpar, B., Yalçiner, A.C., Ersoy, Ş., Bertolucci, E. and Armigliato, A., 2001b, The tsunami of August 17, 1999 in İzmit Bay, Turkey, Natural Hazards, 24, 133-146.

Altınok, Y., Alpar, B. and Yalçiner, C., 2003, Şarköy-Mürefte 1912 Earthquake's tsunami, extention of the associated faulting in the Marmara Sea, Turkey, Journal of Seismology, 7, 329-346.

Altınok, Y., Alpar, B., Özer, N. ve Gazioğlu, C., 2005, 1881 and 1949 earthquakes at the Chios-Cesme Starit (Aegean Sea) and their relation to tsunamis, Natural Hazards and Earth System Sciences, 5, 717-725.

Altınok, Y., 2005, Marmara'da Tarihsel Tsunamiler, İstanbul'un Jeoloji Sempozyumu-II, 16-18 Aralık 2005, Kadir Has Üniversitesi, İstanbul.

Altınok, Y., Alpar, B., Ersoy, S. and YALCINER, A.C., (2000a), "Tsunami Generation of the Kocaeli Earthquake (August 17th 1999) in the İzmit Bay: coastal observations, bathymetry and seismic data", Turkish Journal of Marine Sciences, Institute of Marine Sciences and Management, University of İstanbul. December, 1999.

Altınok Y., Tinti S., Alpar B., Yalçiner A. C., Ersoy Ş., Bertolucci E., Armiglito A., (2001), "The Tsunami of August 17, 1999 in İzmit Bay", (Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, ISSN 0921-030X NATURAL HAZARDS Kluwer Academic Publishers Volume 24, No: 2, pp: 133-146



Ambraseys, N. N., 1960, The seismic sea wave on July 9, in the Greek Archipelago, J. Geophys. Res. 65(4) (1956), 1257–1265.

Ambraseys, N. N., 1962, Data for the investigation of the seismic sea-waves in the Eastern Mediterranean, Bull. Seism. Soc. Am. 52, 895–913.

Ambraseys, N. N. and Finkel, C.F., 1987, The Saros-Marmara earthquake of 9 August 1912, Earthquake Eng. and Struct. Dyn. 15, 189-211

Ambraseys, N. N. and Finkel, C., 1995, The seismicity of Turkey and adjacent areas. A historical review: 1500–1800, Eren Yayıncılık, İstanbul.

Ambraseys, N. N., 2002, Seismic sea waves in the Marmara Sea region during the last 20 centuries, Journal of Seismology, 6, 571-578.

Antonopoulos, A., 1987, Contribution to the knowledge of tsunamis in the Eastern Mediterranean from ancient times until the recent, Ann. Geol. Des. Pays. Helleniques T XXIX(2), 740–757.

Birand, S. A., 1944, Depremler, Sebepleri, Korunma Yolları, Yüksek Ziraat Enstitüsü Basımevi, Ankara.

Calvi, V. S., 1941, Erdbebenkatalog der Türkei und Einiger Benaehbarter Gebiete (unpublished), Report No. 276, MTA Enstitüsü, Ankara.

Ceride-i Havadis, 28/29 Ekim 1856.

Didenkulova I.I., Zaitzev A.I., Krasilshikov A.A., Kurkin A.A., Pelinovsky E.N., Yalciner A.C. Nizhny Novgorod 1597 tsunami on Volga River. Izvestya, Russian Academy of Engineering Sciences, Series: Applied Mathematics and Mechanics, 2003, vol. 3, 170 – 180 (in Russian).

Eginitis, D., 1894, 1310 zelzelesi hakkında rapor, Başbakanlık Osmanlı Arşivi, YEE 11/24.

Ergin, K., Güçlü, U., and Uz, Z., 1967, Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu, İTÜ, Maden Fak. Arz Fiziği Entstitüsü, Yayın No. 24, İstanbul.

Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z., Değirmenci, E., 1991, Türkiye Büyük Depremleri Makro Sismik Rehberi (1990–1988), İTÜ Maden Fak. Jeofizik Müh. Böl., İstanbul.

Guidoboni, E., Comastri, A., and Traina, G., 1994, Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century, Istituto Nazionale di Geofisica, Rome.

Heck, N. H., 1947, List of seismic sea waves, Bull. Seism. Soc. Am. 37, 269–286.

Karnik, V., 1971, Seismicity of the European Area, Vol. 2, Reidel, Dordrecht, Holland.

Ketin, I. and Abdüsselamoğlu, Ş., 1969, Bartın depreminin etkileri, TJK Bülteni XII (1-2), 66–77.

Kuran, U. and Yalçiner, A. C., 1993, Crack propogations earthquakes and tsunamis in the vicinity of Anatolia, In, S. Tinti (ed.), Fifteenth International Tsunami Symposium, 1991, Tsunamis in the World, Kluwer Academic Publishers, Holland, pp. 159–175.

Kuran, U. and Yalciner, A. C.,(1993), "Crack Propagations Earthquakes and Tsunamis in the Vicinity of Anatolia", "Tsunamis in the World", Advances in Natural and Technological Hazards Research by Kluwer Academic Publisher, (1993), Ed. Stefano Tinti,pp:159-175.

Kurkin A.A., Kozelkov A.c., Zaitsev A.I., Zahibo N., and Yalciner A. Tsunami risk for the Caribbean Sea Coast. Izvestiya, Russian Academy of Engineering Sciences, 2003, vol. 4, 126 – 149 (in Russian).

Lander, J. F., 1969, Seismological notes – September and October 1968, Bull. Seism. Soc. Am. 59, 1023–1030.

Luttrell, A., 1999, Earthquakes in Dodocanese, 1303-1513, M,Natural Disasters in the Otoman Empire ed. Elizabeth Zachariadou, Crete University Press, 145-153.

Minoura, K., Imamura, Kuran, U., Nakamura, T., Papadopoulos, G., Takahashi, T., Yalçiner, A. C., (2000), "Discovery of Minoan Tsunami Deposits" Geology, v. 28, no. 1, p.p: 59-62, January 2000

Moreria, V. S., 1971, Earthquakes and tsunamis in the European area, H. Soysal's archive, Istanbul.

Murty, T. S., 1977, Seismic Sea Waves Tsunamis, Department of Fisheries and the Environment Fisheries and Marine Service, Scientific Information and Publication Branch, Ottawa, Canada.

Nikonov, A., 1997, Tsunami - a threat from the south? Search and Development, Science in Russia 6, 13–19.

Ozansoy, E., 2001, Bizans kaynaklarına göre 1200-1453 İstanbul depremleri, Tarih Boyunca Anadolu'da Doğal Afetler ve Deprem Semineri Bildiriler Kitabı (22-23 Mayıs 2000), 1-29, İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Tarih Araştırma Merkezi, İstanbul.

Özçiçek, B., 1966-1967, 18 Eylül 1963 Doğu Marmara Depremi etüdü, Jeofizik 1(2), 49–69.

Öztin, F. and Bayülke, N., 1991, Historical earthquakes of Istanbul, Kayseri, Elazığ, In, Proc.orkshop on Historical Seismicity and Seismotectonics of the Mediterranean Region, 10–12 October 1990 (Istanbul), Turkish Atomic Energy Authority, Ankara, pp. 150–173.

Öztin, F., 1994, 10 Temmuz 1894 İstanbul Depremi Raporu, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Gn. Md.lüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.

Papadopoulos, G. A. and Chalkis, B. J., 1984, Tsunamis observed in Greece and the surrounding area from antiquity to the present times, Marine Geol. 56, 309–317.

Papadopoulos, G. A., 1993, Seismic faulting and nonseismic tsunami generation in Greece, In, Proc. IUGG/IOC International Tsunami Symposium, 23–27 August, Wakayama, Japan, pp. 115–123.

Papazachos, B. C., Koutitas, Ch., Hatzidimitriou, P. M., Karacostas, B. G., and Papaioannou, Ch. A., 1986, Tsunami hazard in Greece and the surrounding area, Annales Geophysicae 4B(1), 79–90.

Parejas, I., Akyol, M., and Altınlı, E., 1942, Le tremblement de terre d'Erzincan du 27 Decembre 1939 (secteur occidental), I.Ü. Jeoloji Enstitüsü Neşriyatı 10, 187–222.

Pınar, N. and Lahn, E., 1952, Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı, Yapı ve İmar İşleri Reisliği Y. Seri 6, Sayı 36, Ankara .

Poirier, J. P. and Taher, M. A., 1980, Historical seismicity in the near and middle east, north Africa, and Spain from Arabic documents (VII–XVIIIth century), Bull. Seism. Soc. Am. 70, 2185–2201.

Ranguelov, B., 1996, Earthquakes and tsunami hazards in the Black Sea, In, Abstract Book of the First Congress of the Balkan Geophysical Society, 23–27 September, Athens, pp. 44–45.

Rothaus, R.M., Reinhardt, E. ve Noller, J., 2004, Regional Considerations of Coastline Change, Tsunami Damage and Recovery along the Southern Coast of the Bay of Izmit (The Kocaeli (Turkey) Earthquake of 17 August 1999), Natural Hazards, 31: 233–252.

Shebalin, N. V., Karnik, V. and Hadzievski, D., 1974, Catalogue of Earthquakes, UNESCO, Skopje, Yugoslavia.

Soloviev, S. L., Solovieva, O.N., Go, C.N., Kim, K.S., Shchetnikov, N.A., 2000, Tsunamis in the Mediterranean Sea 2000 M.Ö.-2000 M.S., Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 237 s.

Soysal, H., Sipahiođlu, S., Kolçak, D., and Altınok, Y., 1981, Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (MÖ) 2100-MS 1900), Tubitak, TBAG Proje No. 341, İstanbul,.

Soysal, H., 1985, Tsunami (Deniz taşması) ve Türkiye kıyılarını etkileyen tsunamiler, I.Ü. Deniz Bilimleri ve Cođrafya Enstitüsü Bülteni 2, 59–67.

Tinti S., Armigliato A., Manucci A., Pagnoni G., Zaniboni F., Yalçiner A. C., Altınok Y., (2005), The Generating Mechanisms Of The August 17, 1999 Izmit Bay (Turkey) Tsunami: Regional (Tectonic) And Local (Mass Instabilities) Causes; accepted for publication in Marine Geology , Feb. 2006

Vatin, N., 1999, Les tremlements de tere a Rhodes en 1481 et leur histories, Guillaume Caoursion, Natural Disasters in the Otoman Empire ed. Elizabeth Zachariadou, Crete University Press, 153-185.

Wedding, H., 1968, 3 Eylül 1968 de vukua gelen Bartın-Amasra Yersarsıntısı, MTA Dergisi, 71, 135–141.

Wyss, M. and Baer, M., 1981, Earthquake hazard in the Hellenic Arc, reprinted from Earthquake Prediction – An International Review, Maurice Ewing Series 4, American Geophysical Union, pp. 153–172.

Yalçiner, A., E. Pelinovsky, T. Talipova, A. Kurkin, A. Kozelkov, and A. Zaitsev, (2004), Tsunamis in the Black Sea: Comparison of the historical, instrumental, and numerical data,. *J. Geophys. Res.*, AGU, V 109, C12023, doi:10.1029/2003JC002113

Yalçiner, A.C., Synolakis, C.E., Borrero, J., Altınok, Y., Watts, P., Imamura, F., Kuran, U., Ersoy, S., Kanoglu, U. and Tinti, S., 1999, Tsunami generation in İzmit Bay by the İzmit Earthquake, Proceedings ITU-IAHS International Conference on the Kocaeli Eartquake 17 August 1999, İstanbul, 217-220.

Yalçiner, A.C., Altınok, Y. and Synolakis, C., 2000, Tsunami waves in İzmit Bay , Earthquake Spectra, The Professional Journal of the Earthquake Research Institute, Vo1.16, 55-62 .

Yalçiner A. C., and Pelinovsky E., (2005), A Short Cut Numerical Method for Determination of Resonance Periods of Free Oscillations in Irregular Shaped Basins, Accepted for publication in Ocean Engineering

Yalçiner A. C., Pelinovsky E., Synolakis C., Okal E., (2003), NATO SCIENCE SERIES "Submarine Landslides and Tsunamis", Publisher: Kluwer Academic Publishers, Netherlands, (Editors; Yalçiner A. C., Pelinovsky E., Synolakis C., Okal E.) 329 Pages December, 2003, ISBN:1-4020-1348-5 (HB), ISBN: 1-4020-1349-3 (PB)

Yalçiner A. C. Alpar B., Altınok Y., Ozbay I., Imamura F., (2002), "Tsunamis in the Sea of Marmara: Historical Documents for the Past, Models for Future" Marine Geology, 2002, 190, pp:445-463

Yalçiner, A. C., Altinok, Y., Synolakis, C. E., (2000), "Tsunami Waves in Izmit Bay after the Kocaeli Earthquake" Chapter 3 in the Book Earthquake Spectra, Reconnaissance Report, published by EERI, USA, (supplement to Volume 16) pp:55-62

Yalçiner A. C., Kuran, U., Akyarli, A. and Imamura F., (1995), "An Investigation on the Generation and Propagation of Tsunamis in the Aegean sea by Mathematical Modeling", Chapter in the Book, "Tsunami: Progress in Prediction, Disaster Prevention and Warning", in the book series of Advances in Natural and Technological Hazards Research by Kluwer Academic Publishers, (1995), Ed. Yashuito Tsuchiya and Nobuo Shuto, pp 55-71:

Yalçiner, A.C., Altinok. Y, Synolakis , (2000), "Tsunami Waves in Izmit Bay after the Kocaeli Earthquake" Chapter 3 in the Book Earthquake Spectra, of Professional Journal of Earthquake Engineering Research Institute, "Kocaeli, Turkey Earthquake of August 17, 1999 Reconnaissance Report, published by EERI, (Earthquake Engineering Research Institute, USA), (special issue supplement to Volume 16) pp:55-62

Yalçiner A. C. (2000) , "Tsunami Research and Mitigation Studies in Turkey", Chapter in the Book "Study on Regional and Historical Change of Tsunami Disasters" Published by Iwate Prefectural University Japan Editor: Nobuo Shuto pp: 93-101 October, 2000

Yüksel Y, Alpar, B.,Yalçiner, A.C., Cevik, E Celikoglu, Y, Ozmen, H I, Ozguven O, Bostan, T, (2003), "Effects of The Eastern Marmara Earthquake on The Marine Structures and Coastal Areas" Institute of Civil Engineers Water and Maritime Engineering, WM2, pp: 147-163, June 2003

Zahibo N., Pelinovsky E., Yalciner A. C., Kurkin A., Kozelkov A., and Zaitsev A., (2003), "Modelling the 1867 Virgin Island Tsunami" Journal of Natural Hazards and Earth Systems , June 2003

Zahibo N., Pelinovsky E., Yalciner A. C., Kurkin A., Kozelkov A., and Zaitsev A., (2003), 2003), (2003), "The 1867Virgin Island tsunami: observations and modeling", Oceanologica Acta, 26, 2003, 609-621

Zaitsev A.I., Kozelkov A.C., Kurkin A.A., Pelinovsky E.N., Talipova T.G., Yalçiner A.C. (in Russian order of alphabet), (2002), "Tsunami Modelling in Black Sea", published in Izvestiya of Russian Academy of Engineering Sciences, Series: Applied Mathematics and Mechanics, 2002, Vol. 3, pp 27-45.