

## 7. UZAK ALAN DEPREŞİM DALGASI (TELE-TSUNAMİ) MODELİ (TUNAMI-F1)

Uzak Alan depreşim dalgası sayısal benzetimi, yakın alan depreşim dalgası benzetim modeline göre daha fazla işlem zamanı ve bilgisayar belleği gerektirmektedir. Çünkü, sayısal hesaplamalar olabildiğince geniş alan üzerinde yapılmaktadır. Su uygulamalarda su derinliği, dalga genliğine göre yeterince fazla olduğundan genellikle (basitleştirilmiş) doğrusal uzun dalga denklemleri kullanılır.

Bu amaç için, Tohoku Üniversitesi, Afet Kontrol ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen TUNAMI-F1 programı kullanılabilir. Bu programda basenin derinlik değerleri ve ilk dalga profili başlangıç koşulları olarak kullanılır. İlk dalga koşulları ve sınır şartlarına uyarak çözüm yürütülerek, su düzeyi dalgalanmaları ve su parçacıklarının hızları küresel koordinatlar içinde hesaplanır.

Burada kullanılan doğrusal uzun dalga denklemleri ve çözüm yöntemleri aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır.

### 7.1. Kuramsal Yaklaşım

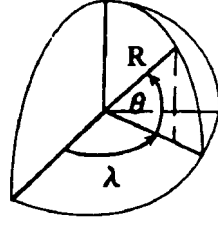
Uzak alan depreşim dalgası hareketinin tanımlanmasında, dalganın yayılması önemli bir parametredir. Çünkü uzun hareket mesafeleri, dalganın yayılma bileşenlerinin etkili olmasına yol açar. Uzun dönemli dalgaların fiziksel yayılmasını da içeren yaklaşım Boussinesq denklemi ile tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım hızlı sayısal çözümler sağlayabilmektedir.

Uzun dalgalar altında su parçacıklarının dikey ivmelenmeleri yerçekimi ivmesiyle kıyaslandığında ihmal edilirler. Bundan dolayı su parçacıklarının yatay bileşenleri düşey ekseninde değişiklik göstermezler. Bu açıklamalar ışığında doğrusal uzun dalga teorisi küresel kordinatlarda aşağıdaki gibi açıklanır.

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \theta} \left[ \frac{\partial M}{\partial \lambda} + \frac{\partial}{\partial \theta} (N \cos \theta) \right] = 0 \quad (7.1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{gh}{R \cos \theta} \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} = fN \quad (7.2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{gh}{R} \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} = -fM \quad (7.3)$$



Çizim 7.1 Küresel kordinatlar

R dünyanın yarıçapı,  $\eta$  su düzeyi, M ve N ise debi akıları,  $\theta$  yön,  $f = 2w \sin \theta$  ise Coriolis katsayısını gösterir.

(7.1 ve 7.3) denklemleri Leap-Frog şemaya uygulandığı zaman aşağıdaki bağıntılar elde edilir.

$$\frac{\eta_{j,m}^{n+\frac{1}{2}} - \eta_{j,m}^{n-\frac{1}{2}}}{\Delta t} + \frac{1}{R \cos \theta_m} \left[ \frac{M_{j+\frac{1}{2},m}^n - M_{j-\frac{1}{2},m}^n}{\Delta \lambda} + \frac{N_{j,m+\frac{1}{2}}^n \cos \theta_{m+\frac{1}{2}} - N_{j,m-\frac{1}{2}}^n \cos \theta_{m-\frac{1}{2}}}{\Delta \theta} \right] = 0 \quad (7.4)$$

$$\frac{M_{j+\frac{1}{2},m}^{n+1} - M_{j+\frac{1}{2},m}^n}{\Delta t} + \frac{gh_{j+\frac{1}{2},m}}{R \cos \theta_m} \frac{\eta_{j+1,m}^{n+\frac{1}{2}} - \eta_{j,m}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta \lambda} = fN' \quad (7.5)$$

$$\frac{N_{j+\frac{1}{2},m}^{n+1} - N_{j+\frac{1}{2},m}^n}{\Delta t} + \frac{gh_{j+\frac{1}{2},m}}{R \sin \theta_m} \frac{\eta_{j,m+1}^{n+\frac{1}{2}} - \eta_{j,m}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta \theta} = -fM' \quad (7.6)$$

$$N' = \frac{1}{4} \left[ N_{j+1,m+\frac{1}{2}}^n + N_{j+1,m-\frac{1}{2}}^n + N_{j,m+\frac{1}{2}}^n + N_{j,m-\frac{1}{2}}^n \right] \quad (7.7)$$

$$M' = \frac{1}{4} \left[ M_{j+\frac{1}{2},m+\frac{1}{2}}^n + M_{j+\frac{1}{2},m}^n + M_{j-\frac{1}{2},m+1}^n + M_{j-\frac{1}{2},m}^n \right] \quad (7.8)$$

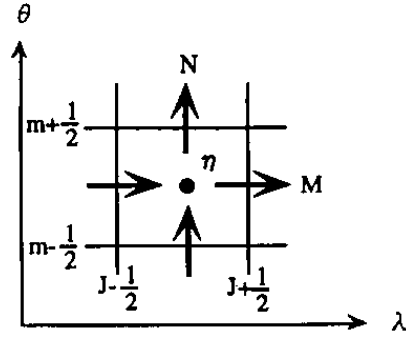
Burada,  $\eta, M$  ve  $N$  bilinmeyenleri ile ilgili bağıntılar aşağıda verilmiştir.

$$\eta_{j,m}^{n+\frac{1}{2}} = \eta_{j,m}^{n-\frac{1}{2}} - R_1 \left[ M_{j+\frac{1}{2},m}^n - M_{j-\frac{1}{2},m}^n + N_{j,m+\frac{1}{2}}^n \cos \theta_{m+\frac{1}{2}} - N_{j,m-\frac{1}{2}}^n \cos \theta_{m-\frac{1}{2}} \right] \quad (7.9)$$

$$M_{j+\frac{1}{2},m}^{n+1} = M_{j+\frac{1}{2},m}^n - R_2 \cdot h_{j+\frac{1}{2},m} \left[ \eta_{j+1,m}^{n+\frac{1}{2}} - \eta_{j,m}^{n+\frac{1}{2}} \right] + R_3 N' \quad (7.10)$$

$$N_{j,m+\frac{1}{2}}^{n+1} = N_{j,m+\frac{1}{2}}^n - R_4 \cdot h_{j,m+\frac{1}{2}} \left[ \eta_{j,m+1}^{n+\frac{1}{2}} - \eta_{j,m}^{n+\frac{1}{2}} \right] + R_5 M' \quad (7.11)$$

Su düzeyi değişimleri grid noktalarında hesaplanırken, debi akıları ise hücre merkezlerinde hesaplanmaktadır.(Çizim 7.2).



Çizim 7.2 Su seviyesi ve debi için hesaplama noktası

$$R_1 = \Delta t / (R \cos \theta_m \Delta \lambda)$$

$$R_2 = g \cdot \Delta t / (R \cos \theta_m \Delta \lambda)$$

$$R_3 = 2 \Delta t \omega \sin \theta_m$$

$$R_4 = g \Delta t / (R \Delta \lambda)$$

Hesaplama noktası  $(j, m, n)$  olarak  $(\theta, \lambda, t)$  yönlerinde numaralandırılır, ve grid uzunlukları  $(\Delta \theta, \Delta \lambda, \Delta t)$  dir. Bu grid uzunlukları  $(\Delta \theta = \Delta \lambda)$  ya eşit olarak alınır,  $w$  ise dünyanın açısal hızıdır.

Problemin çözümünde Leap–Frog şema kullanılır (Goto ve Ogawa, 1982). Bu metot ikinci dereceden kısaltma hatasına sahip bir merkezi sonlu farklar bağıntısını kullanır. Bu metotta  $\eta$  nın hesaplandığı noktalar ile M ve N'nin hesaplandığı yerler çakışmazlar.

### 7.1.1 Başlangıç ve Sınır Koşulları

Başlangıç koşuluna göre suyun dikey deformasyonu tabanın deformasyonuna eşit kabul edilir. Fay parametreleri olarak, fayın başladığı ve bittiği koordinatlar, kırık uzunluğu (L), kırık genişliği (W), deniz tabanı dikey deformasyonu (dv), derece cinsinden dalma açısı (DL), derece cinsinden ve saat yönünde kayma açısı (RD), giriş değerleri olarak kullanılırlar. Bu değerler deniz taban deformasyonunu statik olarak tanımlamak ve buna bağlı olarak da su düzeyinin ilk durumunu saptamak için kullanılır.

Açık deniz sınır şartları için tanımlanan serbest taşınım koşulu aşağıda verilmiştir.

$$\eta = +\sqrt{h/g} \cdot u \quad \text{İlerleyen Dalgalar} \quad (7.12)$$

$$\eta = -\sqrt{h/g} \cdot u \quad \text{Geri gelen Dalgalar} \quad (7.13)$$

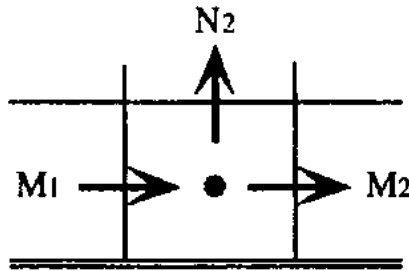
Burada,  $\eta$  su düzeyi, yatay yöndeki parçacık hızı  $u < h$  varsayılarak aşağıdaki debi terimi elde edilir.

$$\eta = +Q\sqrt{gh} \quad \text{İlerleyen Dalgalar} \quad (7.14)$$

$$\eta = -Q\sqrt{gh} \quad \text{Geri Gelen Dalgalar} \quad (7.15)$$

Sonuç olarak debi aşağıdaki gibi bulunur.

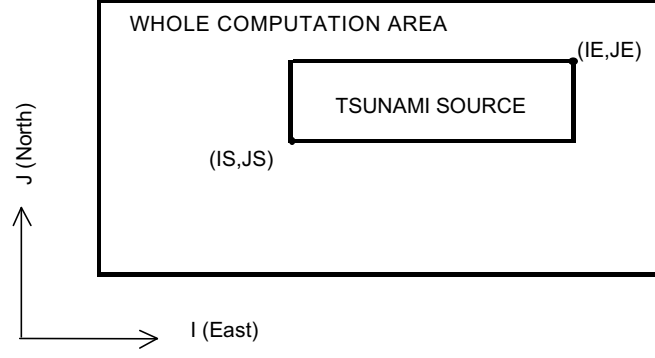
$$Q = \sqrt{\frac{(M_1 + M_2)^2}{4} + N_2^2} \quad (7.16)$$



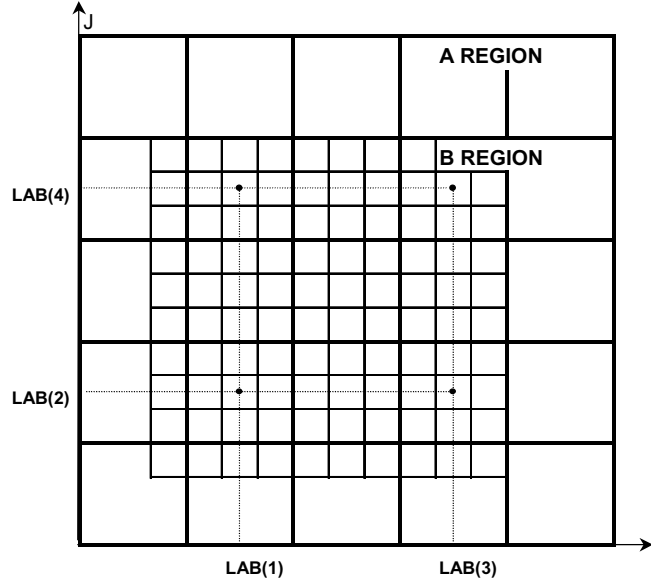
Çizim7.3 ilerleyen ve geri gelen dalgalarının sınıra ve birbirine bitişik hücrelerdeki tanımları

### 7.1.2 Bilgisayar Programı

TUNAMI-F2 adlı matematik modeli başlangıç koşulunu sadece tsunami kaynak alanında hesaplar. Böylece işlem zamanı kısa tutulur Çizim(7.4).



Çizim 7.4 Çalışma Baseni ve Tsunami Kaynak Alanının



Çizim7.5 İçiçe Basenler

İçiçe basenler kullanımına örnek olarak çizim 7.5 verilmiştir.

Yukarıda da belirtildiği gibi model, temel olarak uzak alan tsunamilerinin (tele tsunami) oluşum ve benzetimi için geliştirilmiştir. Program küresel koordinatları kullandığı gibi, birden fazla alanı aynı anda da işleyebilir. Modelin uygulamasında Dalaman Rodos arası bölge için, 9 tane basen küresel koordinatlarda, 2 basen kartezyen koordinatlarda seçilmiştir.

Bu metodun ana mekanizması büyük küresel alan üzerindeki dalga oluşum ve hareketini hesaplarken, bulunduğu değerleri işerdeki küçük alanlara taşıyarak dalgayı kıyılarda daha sık aralıklı noktalar için hesaplamaktır.

Uygulamada en büyük alan üzerinde verilen deprem parametrelerine göre başlangıç dalgası bulunur ve yayılması hesaplanır. Programın ana bölümünde, grid noktaları için su düzeyi yüksekliği ve debi akıları hesaplanırken, her yeni zaman basamağında, dalganın iç basenler sınırına ulaşması kontrol edilir. Dalga iç basenin

sınırına geldiğinde, sınırdaki su düzeyi ve akı değerleri, sınır şartlarını sağlayacak biçimde bitişik alana aktarılır. Bu işlem, her alanın komşusundan değer transferini tamamlayıncaya kadar devam eder. İç alanlara değer transferi tamamlandıktan sonra aynı işlem devam eder. Büyük alanlar bu değerlerle geri beslenirler. Programın dengeli çalışmasını sağlamak üzere kullanılan grid aralıkları oranları (Durmuşoğlu, 1998)'de verilmiştir. Ancak, sayısal yöntemin dengeli çözümü,  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  oranının denklem 7.17'yi sağlaması zorunludur. .

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \sqrt{2gh_{\max}} \quad (7.17)$$

Burada  $\Delta x$  özel grit boyutunu,  $\Delta t$  geçici grit boyutunu,  $h_{\max}$  ise hesaplama basenindeki maksimum su düzeyi derinliğini belirtir.

Uygulama alanı içindeki küçük alanların bağlantı düzeni seçilirken, her iki basende de aynı koordinat değerlerinin çakışması ve grid aralıklarının da birbirinin tamsayı katı (2 veya 3 katı) olması gereklidir.

TUNAMI-F1 programı öncelikle düzenli biçimli basende denemiş (Bölüm 7.2) ve sonra da Dalaman Rodos arası bölgeye uygulanmıştır (Bölüm 7.3).

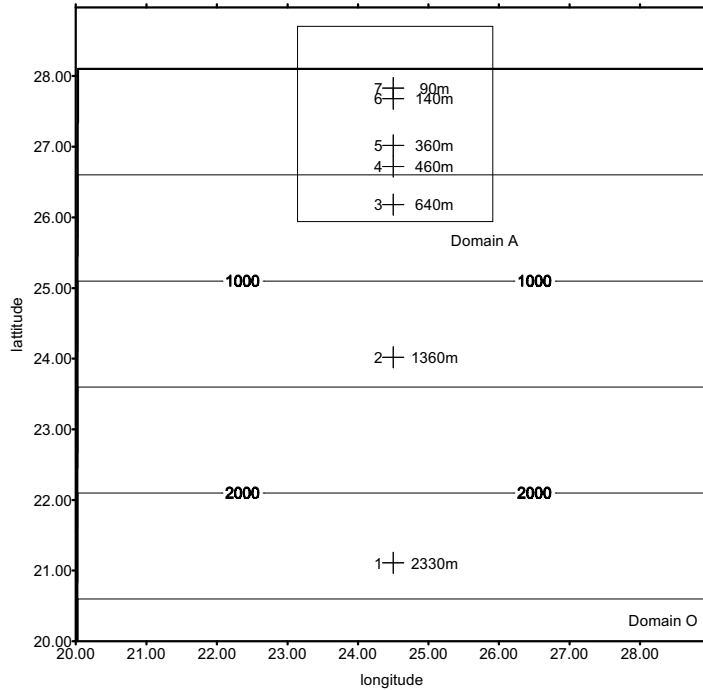
## 7.2 Metodun Düzenli Biçimli İççe Basenlerde Denenmesi

Modelin çalışma düzeninin ve sonuçlarının değerlendirilmesi için düzenli biçimli basende uygulama yapılmıştır. Seçilen basen iki kenarı dik duvar olup, kıyıdan derin denize doğru derinleşen biçimdedir. Derin kısmın olduğu taraf dalganın dışarı çıkması için açık bırakılmıştır. Bu geniş basene Basen O adı verilmiştir.

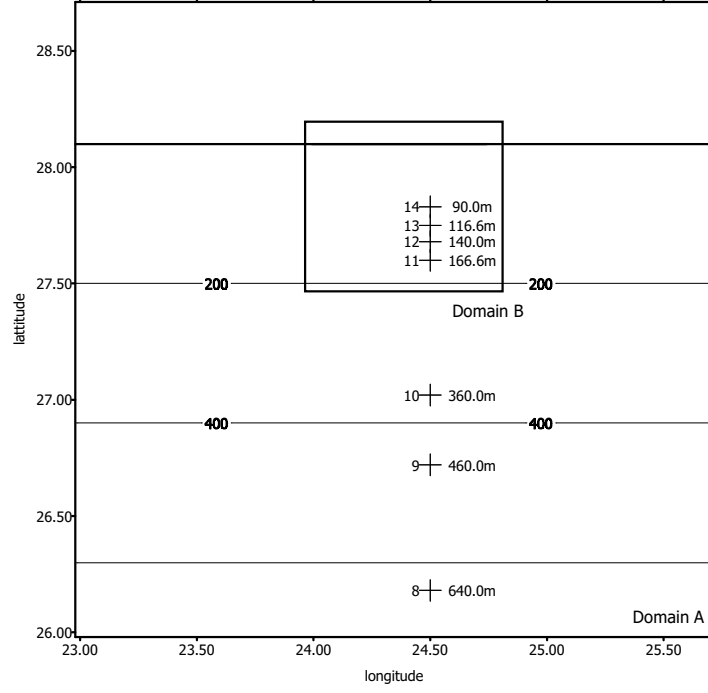
Basen O, yatay ve dikey doğrultuda 300x300 adet grid noktasından oluşmaktadır. Grit aralıkları küresel koordinatlarda 1.8 dakika seçilmiş ve benzetim için zaman aralığı da 8 saniye kullanılmıştır. Basen O içinde üç tane A, B ve C isimli birbirinin içine yerleştirilmiş alt basenler vardır. Basen O içinde yer alan Basen A, 274x274 adet grid noktasını içerir ve 0.6 dakika küresel koordinat aralığı ve 3 saniye zamansal basamak ile çözülür. A ve O basenlerinin sınırı, x yönünde 101'inci gritten başlayan ve 191'inci grid noktasında sona eren doğrultuda, y yönünde ise 201 de başlayıp 291 inci grid noktasında sona eren doğrultuda bağlanırlar. Basen A içinde yer alan Basen B, 211x226 adet grid noktasını içerir ve 0.2 dakika küresel koordinat aralığı ve 1.5 saniye zamansal basamak ile çözülür. A ve B basenlerinin sınırı, x

yönünde 103'üncü grid noktasından başlayan ve 177'inci grid noktasında sona eren doğrultuda, y yönünde ise 153'üncü grid noktasından başlayıp 222'inci grid noktasında sona eren doğrultuda bağlanırlar. O, A ve B basenlerinde küresel koordinatlar, C baseninde ise kartezyen kordinatlar kullanılmıştır. Basen C, 184x148 adet grid noktası ile tanımlanır ve küresel koordinatlarda 0.1 dakika ve 100m. aralıklı gridlerden oluşmuştur Basen B ile bağlantı noktaları ise yatayda 90'inci grid noktasından başlayıp 138'inci grid noktası arasındaki doğrultu üzerinde, dikeyde ise 129'uncu grid noktasından başlayıp, 189'uncu grid noktasında sona erer.

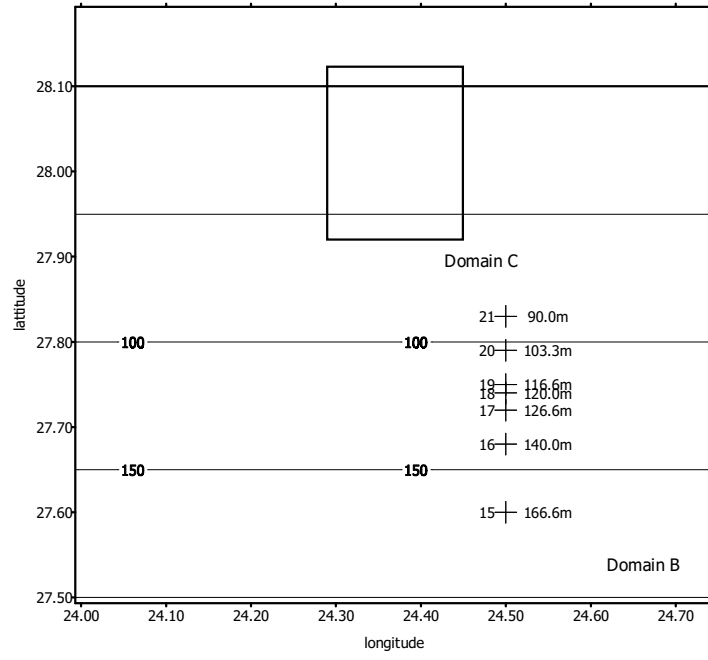
O ve A basenlerinin görünüşleri Çizim 7.6 da verilmiştir. Çizimde gösterilen 7 noktada (1-7 no'lu noktalarda) su düzeyinin zamansal değişimleri ayrıca hesaplanır. Çizim 7.7 ise A ve B basenlerinin görünüşleri gösterilmektedir. (8-14) arasındaki 7 nokta ise su düzeyi seviyesinin zamansal değerini vermektedir. Çizim 7.8 de ise B ve C basenlerinin üstten görünüşünü vermektedir. Çizimde gösterilen 7 noktada (15-21) su düzeyinin zamansal değişimleri hesaplanır. Çizim 7.9 ise C baseninin üstten görünüşü verilmektedir. Çizimde görülen 7 noktada (22-28) su düzeyinin zamansal değişimleri hesaplanır.



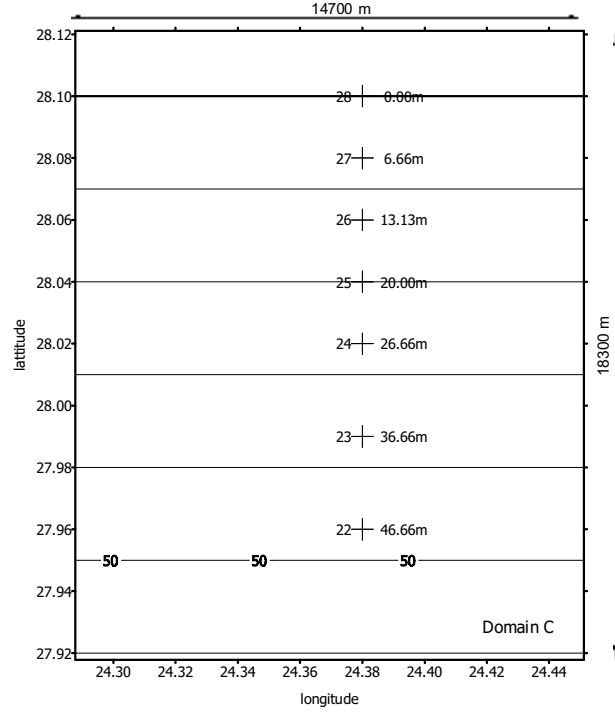
Çizim 7.6 Basen O ve A'nın Üstten Görünüşü



Çizim 7.7 Basen B ve A nın Üstten Görünüşü



Çizim 7.8 Basen B ve A nın Üstten Görünüşü



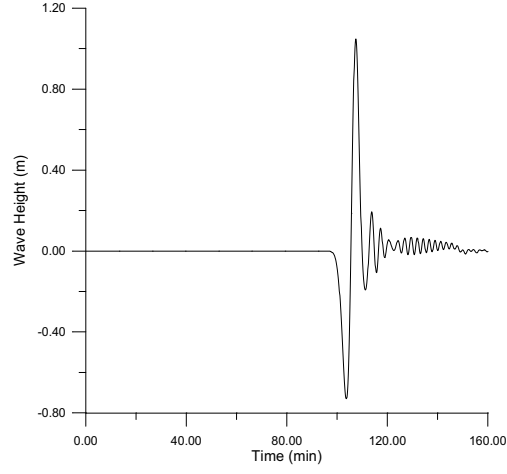
Çizim 7.9 Basen C'nin Üstten Görünüşü

Uygulama için basen içerisinde sünisoidal biçimli bir dalga yaratılmış ve TUNAMI-F1 yardımı ile dalganın hareketi incelenmiştir. Program yayılmayı (O, A, B, C) basenlerinde hesaplarken grid noktalarında su düzeyi değerlerini bulur. Dalga, basenlerin sınırına ulaştığında su düzeyi değeri ve debi akısı bitişik basenler arasında aktarılır. İşlem sırasında seçilen noktadaki su düzeyinin zamansal değişimleri de hesaplanarak dosyalara kaydedilir.

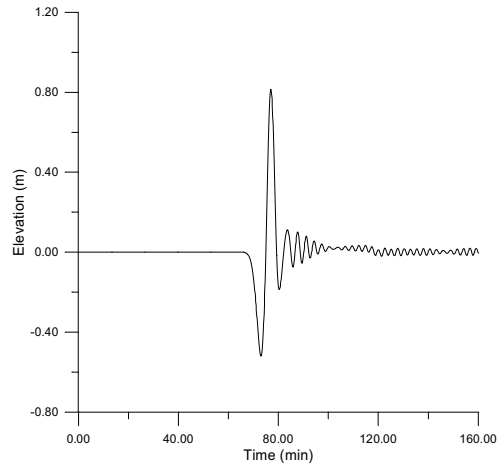
Benzetim sonunda kaydedilen değerler, programın çalışma düzeni ve performansının incelenmesi için sığlaşma olayı üzerinde kuramsal değerlerle karşılaştırılmıştır.

Küçük genlikli dalga teorisinde sığlaşma katsayısı  $(d_1/d)^{0/25}$  ile orantılıdır. Burada,  $d_1$  dalganın ilk andaki bulunduğu derinliği,  $d$  sığlaşma katsayısı hesaplanan yerdeki derinliği temsil eder.

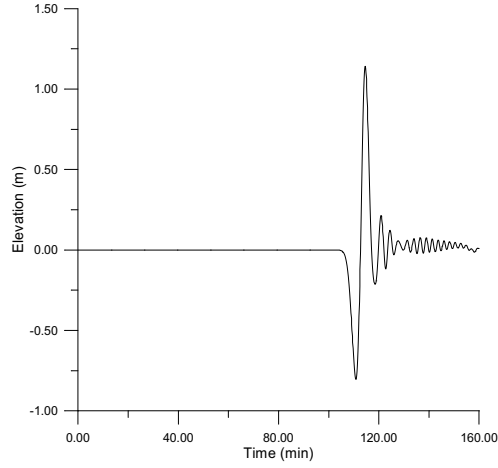
Çizim 7.10-7.13 de 4, 11, 18 ve 25 nolu noktalardaki su düzeyinin zamansal değişimleri gösterilmiştir.



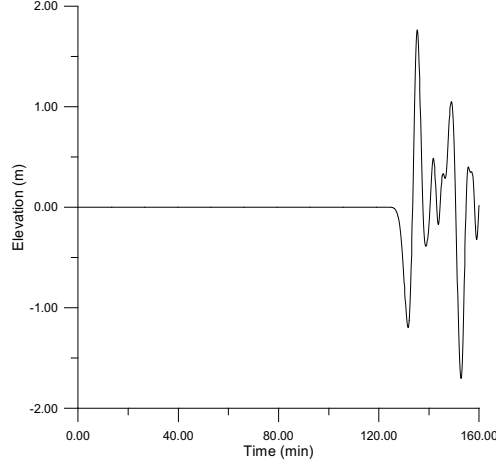
Çizim 7.10 Basen O, 4 nolu Noktanın Su Düzeyi Değişimleri



Çizim 7.11 Basen A, 11 nolu Noktanın Su Düzeyi Değişimleri



Çizim 7.12 B basenindeki 18 nolu noktanın su düzeyi yüksekliği



Çizim 7.13 Basen C, 25 nolu noktanın su düzeyi yüksekliği

Tablo 7.1-7.8 de  $\eta_{\min}$  ve  $\eta_{\max}$  su düzeyi yüksekliğinin her nokta için elde edilen kayıtlardaki en yüksek (pozitif genlik) ve en alçak (negatif genlik) değerleridir.  $H$  ( $\eta_{\max} - \eta_{\min}$ ).noktasındaki dalga yüksekliğidir.  $H_1$  verilen dalganın  $d_1$ .noktasındaki dalga yüksekliğidir.  $H/H_1$  dalga yüksekliğinin sığlaşma katsayısı.  $(d_1/d)^{0.25}$  küçük genlikli dalgaların sığlaşma katsayısına denk gelir. %hata ise hesaplanan sığlaşma katsayısıyla kuramsal sığlaşma katsayısı arasındaki yüzde farktır. Aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$\%Error = \frac{\frac{H}{H_1} - \left(\left(\frac{d_1}{d}\right)^{0.25} \cdot \sqrt{\frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha}}\right)}{\left(\frac{d_1}{d}\right)^{0.25} \cdot \sqrt{\frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha}}} \cdot 100 \quad (7.18)$$

Burada,  $\alpha_1$ ,  $d_1$  derinliğindeki dalganın tepe çizgisiyle eşderinlik çizgisi arasındaki açıdır.  $\alpha$  ise  $d$  derinliğinde dalganın tepe çizgisiyle eşderinlik çizgisi arasındaki açıdır.

Birinci uygulamada  $d_1=17$ m derinlikte sinüzoidal dalga periyodu 500 saniye ve genliği 0.5 m olarak seçilmiştir. Sonuçlar ve kıyaslamalar Basen O, 1-7 noktaları için Tablo 7.1 de verilmektedir. Tablo 7.2 ise Basen A, 8-14 noktaları içindir. Karşılaştırmalar ise Tablo 7.3 ve 7.4'te diğer basenler için verilmiştir.

Tablo 7.1 Basen O İçindeki Noktalarda Su Düzeyi Yükseklikleri

o	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	(d <sub>1</sub> /d) <sup>0.25</sup>	(%)Hata
	24.5	22.97	1701	-0.500	0.500	1.000	1.000	0.00
	24.5	27.02	1360	-0.558	0.537	1.095	1.059	3.40
	24.5	26.18	640	-0.535	0.721	1.256	1.279	-1.80
	24.5	26.72	460	-0.520	0.815	1.335	1.388	-3.82
	24.5	27.02	360	-0.510	0.866	1.376	1.476	-6.78
	24.5	27.68	140	-0.620	0.969	1.589	1.869	-17.95
	24.5	27.89	90	-0.698	0.988	1.686	2.088	-19.25

Tablo 7.2 Basen A İçindeki Noktalarda Su Düzeyi Yükseklikleri

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	(d <sub>1</sub> /d) <sup>0.25</sup>	(%)Hata
8	24.5	26.18	640	-0.554	0.718	1.272	1.279	-0.55
9	24.5	26.72	460	-0.596	0.789	1.385	1.388	-0.22
10	24.5	27.02	360	-0.627	0.846	1.473	1.476	-0.20
11	24.5	27.60	167	-0.730	1.049	1.779	1.789	-0.56
12	24.5	27.68	140	-0.754	1.100	1.854	1.869	-0.80
13	24.5	27.75	117	-0.779	1.158	1.937	1.957	-1.02
14	24.5	27.83	90	-0.814	1.241	2.055	2.088	-1.58

Tablo 7.3 Basen B İçindeki Noktalarda Su Düzeyi Yükseklikleri

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	(d <sub>1</sub> /d) <sup>0.25</sup>	(%)Hata
15	24.5	27.60	167	-0.742	1.052	1.794	1.789	0.28
16	24.5	27.68	140	-0.774	1.100	1.874	1.869	0.27
17	24.5	27.72	127	-0.793	1.127	1.920	1.917	0.17
18	24.5	27.74	120	-0.804	1.143	1.967	1.943	1.24
19	24.5	27.75	117	-0.810	1.151	1.961	1.957	0.20
20	24.5	27.79	103	-0.834	1.186	2.020	2.017	0.15
21	24.5	27.83	90	-0.862	1.229	2.091	2.088	0.14

Tablo 7.4 Basen C İçindeki Noktalarda Su Düzeyi Yükseklikleri

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	(d <sub>1</sub> /d) <sup>0.25</sup>	(%)Hata
22	24.38	27.96	46.7	-1.014	1.490	2.504	2.461	1.75
23	24.38	27.99	36.7	-1.063	1.577	2.640	2.613	1.03
24	24.38	28.02	26.7	-1.128	1.670	2.798	2.829	-1.10
25	24.38	28.04	20.0	-1.194	1.761	2.955	3.041	-2.83
26	24.38	28.06	13.1	-1.299	1.998	3.297	3.365	-2.02
27	24.38	28.08	6.7	-1.317	2.293	3.610	7.000	-9.75
28	24.38	28.10	0.0	-1.243	1.458	2.701	-	-

Tablo (7.1-7.4) görüldüğü gibi %Hata payı 10m den daha fazla olan derinliklerde azalmaktadır.

İkinci uygulamada ise  $d_1=1701\text{m}$  derinlikte sinüzoidal dalga 1500 saniye periyot ve 0.5 m genlik ile uygulanmıştır. Sonuçlar ve karşılaştırmalara Basen O için Tablo 7.5, Basen A için Tablo 7.6, Basen b için Tablo 7.7, basen C için ise Tablo 7.8 verilmektedir.

Tablo 7.5 Basen O İçindeki Noktalarda Su Düzeyi Yükseklikleri ve Kuramsal Değerlerle Karşılaştırmalar

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	$(d_1/d)^{0.25}$	(%)Hata
1	24.5	22.97	1701	-0.500	0.500	1.000	1.000	0.00
2	24.5	27.02	1360	-0.531	0.529	1.060	1.059	0.09
3	24.5	26.18	640	-0.631	0.649	1.280	1.279	0.08
4	24.5	26.72	460	-0.711	0.702	1.413	1.388	1.80
5	24.5	27.02	360	-0.771	0.752	1.473	1.476	-0.20
6	24.5	27.68	140	-1.008	0.923	1.931	1.869	3.32
7	24.5	27.89	90	-1.119	1.052	2.171	2.088	3.98

Tablo 7.6 Basen A İçindeki Noktalarda Su Düzeyi Yükseklikleri ve Kuramsal Değerlerle Karşılaştırmalar

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	$(d_1/d)^{0.25}$	(%)Hata
8	24.5	26.18	640	-0.636	0.646	1.282	1.279	0.23
9	24.5	26.72	460	-0.690	0.705	1.395	1.388	0.50
10	24.5	27.02	360	-0.735	0.751	1.486	1.476	0.68
11	24.5	27.6	167	-0.907	0.910	1.817	1.789	1.57
12	24.5	27.68	140	-0.951	0.947	1.898	1.869	1.55
13	24.5	27.75	117	-1.000	0.985	1.985	1.957	1.43
14	24.5	27.83	90	-1.074	1.037	2.111	2.088	1.10

Tablo 7.7 Basen B İçindeki Noktalarda Su Düzeyi Yükseklikleri ve Kuramsal Değerlerle Karşılaştırmalar

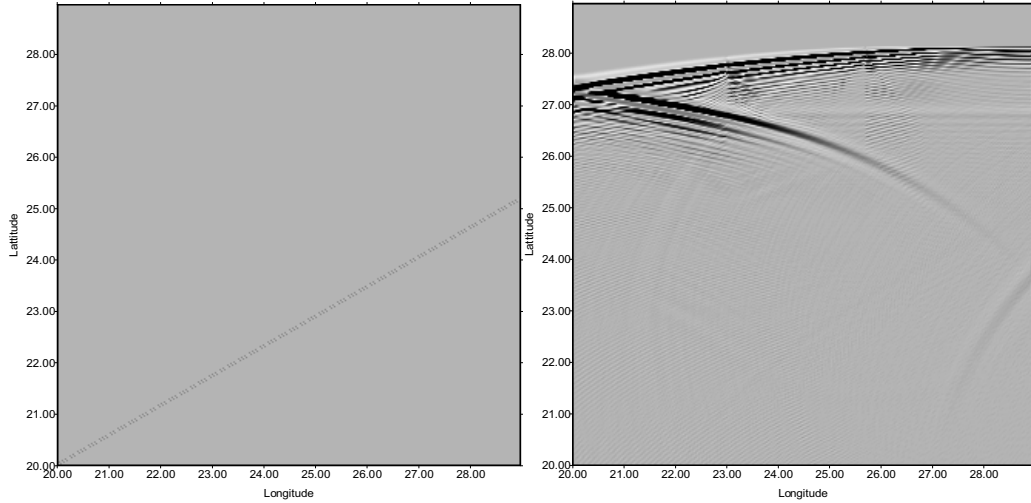
No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	$(d_1/d)^{0.25}$	(%)Hata
15	24.5	27.6	167	-0.907	0.913	1.820	1.789	1.73
16	24.5	27.68	140	-0.949	0.953	1.902	1.869	1.77
17	24.5	27.72	127	-0.974	0.976	1.950	1.917	1.73
18	24.5	27.74	120	-0.987	0.988	1.975	1.943	1.65
19	24.5	27.75	117	-0.995	0.995	1.990	1.957	1.69
20	24.5	27.79	103	-1.026	1.023	2.049	2.017	1.59
21	24.5	27.83	90	-1.064	1.054	2.118	2.088	1.44

Tablo 7.8 Basen C İçindeki Noktalarda Su Düzeyi Yükseklikleri ve Kuramsal Değerlerle Karşılaştırmalar

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	(d <sub>1</sub> /d) <sup>0.25</sup>	(%)Hata
22	24.38	27.96	46.66	-1.248	1.162	2.410	2.461	-2.07
23	24.38	27.99	36.66	-1.297	1.195	2.492	2.613	-7.63
24	24.38	28.02	26.66	-1.369	1.380	2.749	2.829	-2.83
25	24.38	28.04	20.00	-1.447	2.298	3.745	3.041	23.15
26	24.38	28.06	13.13	-1.557	2.795	7.352	3.365	29.33
27	24.38	28.08	6.66	-1.674	2.232	3.906	7.000	-2.35
28	24.38	28.10	0.00	-0.417	0.406	0.823	-	-

Tablo (7.5-7.8) görüldüğü gibi %Hata payı 20m den daha fazla olan derinliklerde azalmaktadır.

Diğer bir uygulamada da, Basen O içinde verilen başlangıç dalgası yatay eksenle (kıyı ile) 30<sup>0</sup> derece yapacak biçimde oluşturulmuştur. İki ayrı uygulama yapılmış ve bu uygulamalardan birinde dalga genliği 0.5 m. ve periyodu ise 500 saniye olan sinüzoidal dalga kullanılmış, diğerinde ise dalga genliği 0.5 m. ve periyodu 1500 saniye olan sinüzoidal dalga kullanılmıştır.



Çizim 7.14 Başlangıç dalgası ve 60'ıncı Dakikadaki Su Düzeyi Durumu (BasenO)

Çizim 7.14'de denizin t=0 ve t=60'ıncı dakikalardaki durumu gösterilmektedir.

Eğik açılı oluşan dalganın birinci uygulaması (H=1m, T=500 saniye, d<sub>1</sub>=1701m,  $\alpha_1=30^0$ ) sonuçları Tablo 7.9-7.12.de verilmektedir.

Tablo 7.9 Basen O İçindeki Noktalarda Hesaplanan Pozitif ve Negatif Genlikler ( $\alpha=30^0$ , H= 1m., T= 500sn)

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	Kr	Kr.Ks	(%)Hata
1	24.5	22.97	1701	-0.500	0.500	1.000	0.986	1.034	-3.29
2	24.5	27.02	1360	-0.538	0.565	1.103	0.975	1.074	2.70
3	24.5	26.18	640	-0.640	0.568	1.208	0.951	1.249	-3.28
4	24.5	26.72	460	-0.767	0.551	1.318	0.946	1.331	-0.98
5	24.5	27.02	360	-0.834	0.537	1.371	0.943	1.400	-2.07
6	24.5	27.68	140	-0.953	0.551	1.504	0.935	1.746	-13.86
7	24.5	27.89	90	-0.970	0.659	1.629	0.934	1.932	-17.13

Tablo 7.10 Basen A içindeki noktalar için  $\alpha=30^0$  eğik dalga yaklaşımıyla su düzeyi yükseklikleri (T=500 saniye)

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	Kr	Kr.Ks	(%)Hata
8	24.5	26.18	640	-0.625	0.585	1.210	0.951	1.249	-3.12
9	24.5	26.72	460	-0.673	0.616	1.289	0.946	1.331	-3.16
10	24.5	27.02	360	-0.714	0.641	1.355	0.943	1.400	-3.21
11	24.5	27.6	167	-0.884	0.725	1.609	0.936	1.679	-7.17
12	24.5	27.68	140	-0.931	0.744	1.675	0.935	1.746	-7.07
13	24.5	27.75	117	-0.983	0.765	1.748	0.935	1.820	-3.96
14	24.5	27.83	90	-1.064	0.794	1.858	0.934	1.932	-3.83

Tablo 7.11 Basen B içindeki Noktalar için  $\alpha=30^0$  Eğik Dalga Yaklaşımıyla Su Düzeyi Yükseklikleri (T=500 saniye)

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	Kr	Kr.Ks	(%)Hata
15	24.5	27.6	167	-0.879	0.738	1.617	0.936	1.679	-3.69
16	24.5	27.68	140	-0.915	0.767	1.682	0.935	1.746	-3.67
17	24.5	27.72	127	-0.936	0.785	1.721	0.935	1.787	-3.69
18	24.5	27.74	120	-0.948	0.795	1.743	0.935	1.808	-3.60
19	24.5	27.75	117	-0.954	0.800	1.754	0.935	1.819	-3.57
20	24.5	27.79	103	-0.983	0.822	1.805	0.934	1.871	-3.51
21	24.5	27.83	90	-1.015	0.848	1.863	0.934	1.932	-3.57

Tablo 7.12 Basen C İçindeki Noktalar için  $\alpha=30^0$  Eğik Dalga Yaklaşımıyla Su Düzeyi Yükseklikleri (T=500 saniye)

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	Kr	Kr.Ks	(%)Hata
22	24.38	27.96	46.66	-1.236	0.990	2.226 <sup>2</sup>	0.932	2.263	-1.63
23	24.38	27.99	36.66	-1.293	1.033	2.326	0.932	2.403	-3.20
24	24.38	28.02	26.66	-1.362	1.093	2.455	0.932	2.601	-5.61
25	24.38	28.04	20.00	-1.432	1.156	2.588	0.931	2.794	-7.37
26	24.38	28.06	13.13	-1.546	1.261	2.807	0.931	3.103	-9.54
27	24.38	28.08	6.66	-1.658	1.651	3.309	0.931	3.601	-8.11
28	24.38	28.10	0.00	-6.418	3.600	10.02	0.931	3.675	-

Tablo 7.9-7.12,de %Hata değeri T=500 saniye ve 10 m derinliklerden az yerler için küçük çıkmaktadır

Tablo 7.13 Basen C İçindeki Noktalar için  $\alpha=30^0$  Eğik Dalga Yaklaşımıyla Su Düzeyi Yükseklikleri (T=500 saniye)

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	Kr	Kr.Ks	(%)Hata
1	24.5	22.97	1701	-0.500	0.500	1.000	0.986	1.034	-3.29
2	24.5	27.02	1360	-0.531	0.532	1.063	0.975	1.074	-1.02
3	24.5	26.18	640	-0.624	0.630	1.254	0.951	1.249	0.40
4	24.5	26.72	460	-0.674	0.666	1.340	0.946	1.331	0.68
5	24.5	27.02	360	-0.707	0.724	1.431	0.943	1.400	2.21
6	24.5	27.68	140	-0.890	0.956	1.846	0.935	1.746	5.73
7	24.5	27.89	90	-0.962	1.066	2.028	0.934	1.932	5.07

Tablo 7.14 Basen A İçindeki Noktalar için  $\alpha=30^0$  Eğik Dalga Yaklaşımıyla Su Düzeyi Yükseklikleri (T=1500 saniye)

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	Kr	Kr.Ks	(%)Hata
8	24.5	26.18	640	-0.617	0.633	1.250	0.951	1.249	0.08
9	24.5	26.72	460	-0.654	0.670	1.324	0.946	1.331	-0.53
10	24.5	27.02	360	-0.685	0.702	1.387	0.943	1.400	-0.93
11	24.5	27.6	167	-0.805	0.820	1.625	0.936	1.679	-3.22
12	24.5	27.68	140	-0.832	0.850	1.682	0.935	1.746	-3.67
13	24.5	27.75	117	-0.859	0.883	1.742	0.935	1.819	-7.24
14	24.5	27.83	90	-0.913	0.930	1.843	0.934	1.932	-7.61

Tablo 7.15 Basen B içindeki Noktalar İçin  $\alpha=30^0$  Eğik Dalga Yaklaşımıyla Su Düzeyi Yükseklikleri (T=1500 saniye)

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	Kr	Kr.Ks	(%)Hata
15	24.5	27.6	167	-0.809	0.826	1.635	0.936	1.679	-2.62
16	24.5	27.68	140	-0.840	0.861	1.701	0.935	1.746	-2.58
17	24.5	27.72	123	-0.858	0.881	1.739	0.935	1.787	-2.69
18	24.5	27.74	120	-0.868	0.893	1.761	0.935	1.808	-2.60
19	24.5	27.75	117	-0.874	0.899	1.773	0.935	1.819	-2.83
20	24.5	27.79	103	-0.897	0.925	1.822	0.934	1.871	-2.62
21	24.5	27.83	90	-0.923	0.957	1.880	0.934	1.932	-2.69

Tablo 7.16 Basen C içindeki Noktalar İçin  $\alpha=30^0$  Eğik Dalga Yaklaşımıyla Su Düzeyi Yükseklikleri (T=1500 saniye)

No	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Derinlik d (m)	$\eta_{\min}$ (m)	$\eta_{\max}$ (m)	H/H <sub>1</sub>	Kr	Kr.Ks	(%)Hata
22	24.38	27.96	46.66	-1.010	1.100	2.210	0.932	2.263	-6.76
23	24.38	27.99	36.66	-1.022	1.144	2.166	0.932	2.403	-9.86
24	24.38	28.02	26.66	-1.037	1.214	2.251	0.932	2.601	7.34
25	24.38	28.04	20.00	-1.276	1.291	2.567	0.931	2.794	-8.12
26	24.38	28.06	13.13	-1.577	1.423	3.000	0.931	3.103	-3.32
27	24.38	28.08	6.66	-2.840	1.716	7.556	0.931	7.175	74
28	24.38	28.10	0.00	-2.163	2.255	7.418	0.931	3.675	73

Tablo 7.13-7.16, %Hata payı T=1500 saniye periyotta ve 10m den büyük derinliklerde azalmaktadır.

TUNAMI-F1 programının düzenli biçimli basenlerde denemesi sonucunda, programın, temel dalga kuramları ile uyumlu sonuçlar verdiği görülmüş olup, denizler uygulamasına geçilmiştir.