

22185

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

BALIKÇI BARINAKLARININ DOLMA SÜRECİNİN ARAŞTIRILMASI

VE UYGUN PROJE ÖLÇÜTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

İnş. Yük. Müh. Ömer YÜKSEK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"Doktor"

Ünvanının Verilmesi için Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09.07.1992

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 14.08.1992

22185

Tezin Danışmanı : Prof. Dr. Recai BİLGİN

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ali Rıza GÜNBAK

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hızır ÖNSOY

Enstitü Müdürü : Doç. Dr. Temel SAVAŞKAN

Temmuz 1992

TRABZON

V.Ö. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

## ÖNSÖZ

Araştırma konusunun seçiminde ve yürütülmesinde bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen Danışman Hocam Prof.Dr. Recai BİLGİN'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Tez süresince her türlü yardımlarını esirgemeyen Değerli Hocalarım Prof.Dr. Ali Rıza GÜNBAK ve Doç.Dr. Hızır ÖNSOY'a şükranlarımı sunarım.

Özellikle deneysel çalışmalarım sırasında büyük yardımlarını gördüğüm Hidrolik Laboratuvarı Elemanları; Temel TOSUN, Namık Kemal KARABEKİR, İsmail KAZAZ ve Selim OLCA'ya teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında her türlü yardım ve desteğini gördüğüm Arş.Gör. Mustafa Fehmi TÜRKER, Arş Gör. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER ve Arş.Gör. Ali Remzi BİRBEN'e şükranlarımı sunarım.

Değerli katkılarından ötürü Arş.Gör. Osman ÜÇÜNCÜ, Arş.Gör. Metin HÜSEM ve Hikmet KAPLAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarına, Araştırma Fonu'ndan parasal destek sağlayan K.T.Ü. Rektörlüğü'ne, yakın ilgilerini esirgemeyen DLH Kontrol Başmühendisliği Elemanlarına ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Temmuz 1992

Ömer YÜKSEK

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SEMBOLLER .....	v
ÖZET .....	vii
SUMMARY .....	viii
<b>BÖLÜM 1 GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Genel .....	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
<b>BÖLÜM 2 LİTERATÜR TARAMASI .....</b>	<b>4</b>
2.1 Yapılan Çalışmaların Kısaca Tanımı .....	4
2.2 Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçlar..	8
<b>BÖLÜM 3 DOĞU KARADENİZ'İN DALGA İKLİMİ VE SEDİMENT</b>	
<b>REJİMİ .....</b>	<b>11</b>
3.1 Dalga iklimi .....	11
3.1.1 Dalga Verilerinin Elde Edilmesi .....	11
3.1.1.1 Sinoptik Harita Verileri .....	12
3.1.1.2 Meteorolojik Rüzgâr Verileri ....	12
3.1.1.3 Tahmin Edilen Dalga Değerleri ...	12
3.1.2 Elde Edilen Verilerin Analizi .....	15
3.2 Sediment Rejimi .....	15
3.2.1 Akarsuların Taşıdığı Sediment .....	15
3.2.2 Kıyı Boyu Sediment Taşınımı .....	17
3.2.2.1 Tabanda Hareketin Başlaması .....	18
3.2.2.2 Sediment Debisi .....	20
3.2.3 Sediment Daneciklerinin Fiziksel	
özellikleri .....	20
<b>BÖLÜM 4 KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMLERİ .....</b>	<b>22</b>
4.1 Giriş .....	22
4.2 Dalga Mekaniği .....	22
4.2.1 Derin Deniz Dalgaları .....	22
4.2.2 Dalgaların Kıyıya Yaklaşırken	
Uğradığı Değişimler .....	24
4.2.2.1 Dalga Sığlaşması .....	24
4.2.2.2 Dalga Sapması .....	25
4.2.2.3 Dalga Kırılması .....	25
4.2.2.4 Dalga Kırınımı .....	26
4.2.2.5 Dalga Yansıması .....	26

4.3 Kıyı Çizgisi Değişiminin Matematiksel ifadesi .....	26
4.3.1 Süreklilik Denklemi .....	26
4.3.1.1 Denklemın Elde Edilmesi .....	26
4.3.1.2 Denklemın Çözümü .....	29
4.3.2 Kıyı Çizgisi Değişimi Modeli (One - Line Model) .....	31
4.3.2.1 Kıyı Boyu Sediment Taşınım Debisi .....	31
4.3.2.2 Kırılma Noktasındaki Dalga Parametreleri .....	34
4.3.2.3 Kıyı Çizgisi Denklemının Yorumu .....	35
<b>BÖLÜM 5 MODEL ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>38</b>
5.1 Giriş .....	38
5.2 ön Çalışmalar .....	39
5.3 Modelin Kurulması .....	40
5.3.1 Model ölçeğinin Seçimi .....	40
5.3.2 Model Havuzu Donanımı .....	41
5.4 Yapılan Deneyler .....	44
<b>BÖLÜM 6 DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>52</b>
6.1 Kıyıya Dik Gelen Dalga Durumu ( $\alpha=0^\circ$ ) .....	52
6.2 Kıyıya $64^\circ$ Açıyla Gelen Dalga Durumu ( $\alpha=26^\circ$ ) .....	56
6.2.1 Verilerin Elde Edilmesi .....	56
6.2.2 Dolmayı Etkileyen Parametreler .....	61
6.2.2.1 Dalga Parametreleri .....	62
6.2.2.1.1 Dalga Yüksekliğinin Etkisi .....	62
6.2.2.1.2 Dalga Periyodunun Etkisi .....	64
6.2.2.2 Mendirek Parametreleri .....	66
6.2.2.2.1 Ana Mendirek Konumunun Etkisi .....	66
6.2.2.2.2 Tali Mendirek Konumunun Etkisi .....	71
6.2.2.2.3 Giriş Ağız Genişliğinin Etkisi .....	74
6.2.2.2.4 Giriş Ağız Ortalama Derinliğinin Etkisi .....	76
<b>BÖLÜM 7 KIYI ÇİZGİSİ DENKLEMİNİN UYGULAMASI .....</b>	<b>77</b>
<b>BÖLÜM 8 SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>81</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>84</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>89</b>
EK A Dolma Miktarı/Dalga Yüksekliği Konturları .....	90
EK B Sayısal Uygulama Sonuçları .....	115
EK C Bilgisayar Programı Çıktısı örneği .....	133
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>137</b>

## SEMBOLLER

$a, A'$	: Boyutsuz katsayılar
$A$	: Havza Alanı ( $L^2$ )
$b$	: Kırılma noktasını gösteren indis
$b$	: Boyutsuz katsayı
$B$	: Havza giriş ağız genişliği (L)
$C$	: Havzada dolma oranı
$C_g$	: Dalga grup hızı (L/T)
$d$	: Sediment dane çapı (L)
$D$	: Dolma miktarı (L)
$f$	: Fonksiyon
$g$	: Yerçekimi ivmesi ( $L/T^2$ )
$h$	: Su derinliği (L)
$h_1, h_2$	: Kum yükseklikleri (L)
$h'$	: Sediment taşınımının etkin olduğu derinlik(L)
$H$	: Dalga yüksekliği (L)
$H_{1/3}$	: Belirgin dalga yüksekliği (L)
$i$	: Dilim numarası
$J$	: Taban eğimi
$K, K_1, K_2$	: Boyutsuz katsayılar
$K_S, K_R, K_D$	: Sıçlama, sapma ve kırınım katsayıları
$L$	: Dalga boyu (L)
$n$	: Zamandaki değişimi gösteren üstel işaret

$\emptyset$	: Derin denizi gösteren indis
$P$	: Porozite
$P_{1s}$	: Kıyı boyu enerji akışı faktörü (M/T)
$Q$	: Sediment taşınım debisi ( $L^3/T$ )
$Q_{ort}$	: Akarsudaki ortalama akış debisi ( $L^3/T$ )
$Q_d, Q_b$	: Doğu ve batıya taşınan sediment debisi ( $L^3/T$ )
$Q_n$	: Net sediment taşınım debisi ( $L^3/T$ )
$Q_r$	: Sisteme giren veya sistemden çıkan debi ( $L^3/T$ )
$R$	: Hidrolik yarıçap (L)
$R_i$	: Boyutsuz dolma miktarı parametresi
$t$	: Zaman (T)
$T$	: Dalga periyodu (T)
$T_{1/3}$	: Belirgin dalga periyodu (T)
$v$	: Akış hızı (L/T)
$V$	: Hacım ( $L^3$ )
$y, x$	: Kıyıya dik ve paralel eksenler
$\alpha$	: Dalgaların kıyıyla yaptığı açı
$\beta$	: Deniz tabanının yatayla yaptığı açı
$\gamma$	: Kırılma indisi
$\rho, \rho_s$	: Suyun ve sedimentin özgül ağırlıkları ( $M/L^3$ )
$\nu$	: Suyun viskozitesi ( $L^2/T$ )
$\sigma$	: Standart sapma
$\Delta$	: Değişimi gösteren işaret
$\partial$	: Kısmi türev işareti

## ÖZET

Balıkçı barınaklarının silt, kum ve çakıl gibi çeşitli irilikteki katı maddelerle dolması, bu yapıların karşılaştığı en önemli sorunlardan birisidir. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Balıkçı Barınakları'nın dolma sorunu deneysel olarak incelenmiş ve dolma miktarını azaltacak önlemler araştırılmıştır.

Çalışma sekiz bölümden ve üç ekten oluşmaktadır.

Birinci bölümde, sorun kısaca tanıtılmış ve çalışmada izlenen yöntem açıklanmıştır.

İkinci bölümde, konuya ilişkin yapılmış çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Doğu Karadeniz'in dalga iklimi ve sediment rejimi incelenmiş ve rüzgâr verileri yardımıyla yapılan dalga tahminleri sunulmuştur. Ayrıca, yörenin sediment taşınımında etkili olan akarsuların taşıdığı sediment ve kıyı boyu sediment taşınımı hakkında bilgi verilmiş ve sediment daneciklerinin özellikleri araştırılmıştır.

Dördüncü bölümde, kıyı çizgisi değişimleri hakkında bilgi verilmiştir. Kıyı çizgisi değişimlerine neden olan dalga mekaniği konusuna kısaca değinilmiş; konunun incelendiği bir matematiksel model sunulmuş ve kıyı yapılarının sebep olduğu yerel kıyı çizgisi değişimleri hakkında da bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde, model çalışmalarının yapıldığı deney düzeneğinin kurulması ve çalıştırılması anlatılmış ve yapılan deneyler hakkında bilgi verilmiştir.

Altıncı bölümde, deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar verilmiş, çeşitli dalga ve barınak parametrelerinin dolma miktarına etkileri değerlendirilerek bazı projelendirme ölçütleri sunulmuştur.

Yedinci bölümde, dördüncü bölümde geliştirilen matematiksel modelin uygulamaları yapılmış ve deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Sekizinci bölümde ise, bu çalışmada varılan sonuçlar özetlenmiştir.

## SUMMARY

The most important problem related to the fishery harbours is the shoaling of their basins by sediment. In this study, the shoaling problem at Eastern Black Sea fishery harbours is experimentally studied and in order to decrease the volume of the deposition some measures are investigated.

The study includes eight chapters and three appendices.

In the first chapter, the problem is generally introduced and the used method is given.

In the second chapter, a literature review is given.

In the third chapter, wave climate and sediment regime of the region are presented and by using wind data, waves are predicted. General knowledge about two main resources of sediment; sediment transported by the rivers and littoral sediment transport is given.

In the fourth chapter, shoreline changes are investigated. Wave mechanics which gives rise to shoreline changes is summarized; a mathematical model related to shoreline changes is introduced and shoreline changes caused by coastal structures are presented.

In the fifth chapter, the proposed model basin and model studies are introduced and the results are presented.

In the sixth chapter, the results are evaluated. The effects of several wave and breakwater parameters on the harbour sedimentation are investigated and some design criteria are proposed.

In the seventh chapter, the numerical model, introduced in the fourth chapter, is applied and compared with the experimental results.

In the last chapter, the conclusions reached from this study are summarized.



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

#### 1.1 Genel

Dünyamızın çeşitli denizlerinde görüldüğü gibi, kıyıda inşa edilen yapıların karşılaştığı en önemli sorunlardan biri, sediment taşınım dengesinin bozulması sonucu ortaya çıkan yığılma veya oyulma (sedimentasyon) sorunudur. Yapı öncesinde dinamik bir denge konumunda bulunan kıyıda, yapı sonrasında çeşitli yersel oyulma veya yığılma (dolma) sorunları ortaya çıkar. Bu sorunların şekli, türü, büyüklüğü ve oluşturduğu zararların boyutu, yörenin dalga iklimine, kıyı boyu sediment akımına ve kıyı yapılarının özelliklerine sıkı sıkıya bağlıdır.

Balıkçılığın geliştirilmesi amacıyla yapılan balıkçı barınaklarının karşılaştığı en önemli sedimentasyon sorunu, bu yapıların havzalarının çakıl, kum, kil gibi çeşitli katı maddelerle (sediment) dolmasıdır. Havzalara taşınıp orada yığılan sediment, zamanla havzaların sığlaşmasına neden olmakta ve çeşitli büyüklükteki teknelerin barınağa girmesini zor, bazan da olanaksız hale getirmektedir. Bölge halkının geçiminde balıkçılığın önemli bir yer tuttuğu Doğu Karadeniz'de, bu sorunun büyük boyutlara ulaştığı ve acil önlemler alınması gerektiği, balıkçılar ve ilgili kuruluşlar tarafından vurgulanmakta ve konu sık sık gündeme getirilmektedir.

## 1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tezin amacı, genelde kıyı yapılarının karşılaştığı sedimentasyon sorununu, özel olarak da Doğu Karadeniz balıkçı barınakları havzalarının çakıl, kum, kil gibi çeşitli irilikteki katı maddelerle dolmasını teorik ve deneysel olarak incelemek ve dolma miktarını azaltmak amacıyla alınabilecek önlemleri araştırmaktır.

Yukarıdaki amaca ulaşabilmek için, ilk olarak, bu konuda yapılmış çeşitli araştırmalar, geniş bir literatür taraması şeklinde taranmış ve hem modelleme tekniği, hem de alınabilecek önlemler hakkında bilgi edinilmiştir. İncelemeye esas teşkil eden Doğu Karadeniz'in dalga iklimi ve sediment özellikleri incelenmiş ve yörenin kıyı boyu sediment taşınımı hakkında temel bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler, model çalışmalarında kullanılmıştır.

Konunun teorik olarak incelenmesi amacıyla, kıyı yapılarının sediment taşınımına etkisini inceleyen 'kıyı çizgisi matematik modeli' konusunda bilgi verilmiş ve çeşitli dalga ve mendirek şartları için modelin uygulamaları yapılmıştır. Kıyı çizgisi değişimi hakkında çok yararlı bilgiler vermesine karşın, bu modelin barınak havzalarının dolması sorununu incelemeye yeterli olmadığı, bu nedenle, sorunun fiziksel modelleme tekniğiyle incelenmesinin zorunlu olduğu anlaşılmış ve bu amaçla K.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında model çalışmaları yapılmıştır.

Model çalışmaları yapılan havuz, 12\*30 metre boyutlarındadır. Model ölçeği, bu boyutların elverdiği oranda küçük tutulmaya çalışılmış ve 1/100 olarak seçilmiştir. Bir barınağa çeşitli yönlerden gelen farklı büyüklükteki dalgaları modellemede temsil edebilmek zordur. Ancak, inceleme alanı olan Doğu Karadeniz'de etkin dalga yönleri N, NNW ve NW'tir. Bu dalgaları temsil etmek amacıyla, kıyıya dik ve kıyıya açı yapan dalgalar modelde kullanılmıştır. Laboratuar havuzunun genişliği (12 m), kıyıya açı yapan dalgaların yönünü kısıtladığından, mümkün olan en büyük açıda, kıyıya 64° açı yapan dalgalar modelde kullanılmıştır.

Dalga yükseklikleri ve sediment özellikleri, bu konuda yapılan ön çalışmalardan elde edilen veriler yardımıyla belirlenmiştir.

Yukarıda açıklanan bilgiler ışığında, kıyıya dik ve kıyıyla  $64^\circ$  açı yapan dalgaların, çeşitli tipteki barınakların dolmasına etkileri, fiziksel modelde denenmiştir. Her bir yeni deneyde, dolmayı etkileyen dalga ve barınak parametreleri değiştirilerek dalga verilmiş, belli bir süre sonra, çeşitli noktalarda oluşan yığılma miktarları ölçülmüştür. Bu yığılma miktarlarının, dalga ve mendirek parametreleriyle ilişkisi incelenmiş ve sonuç olarak, en az dolma miktarına neden olan durum hakkında temel bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen matematik modelden elde edilen sonuçlar, deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

## BBLÜM 2

### LİTERATÜR TARAMASI

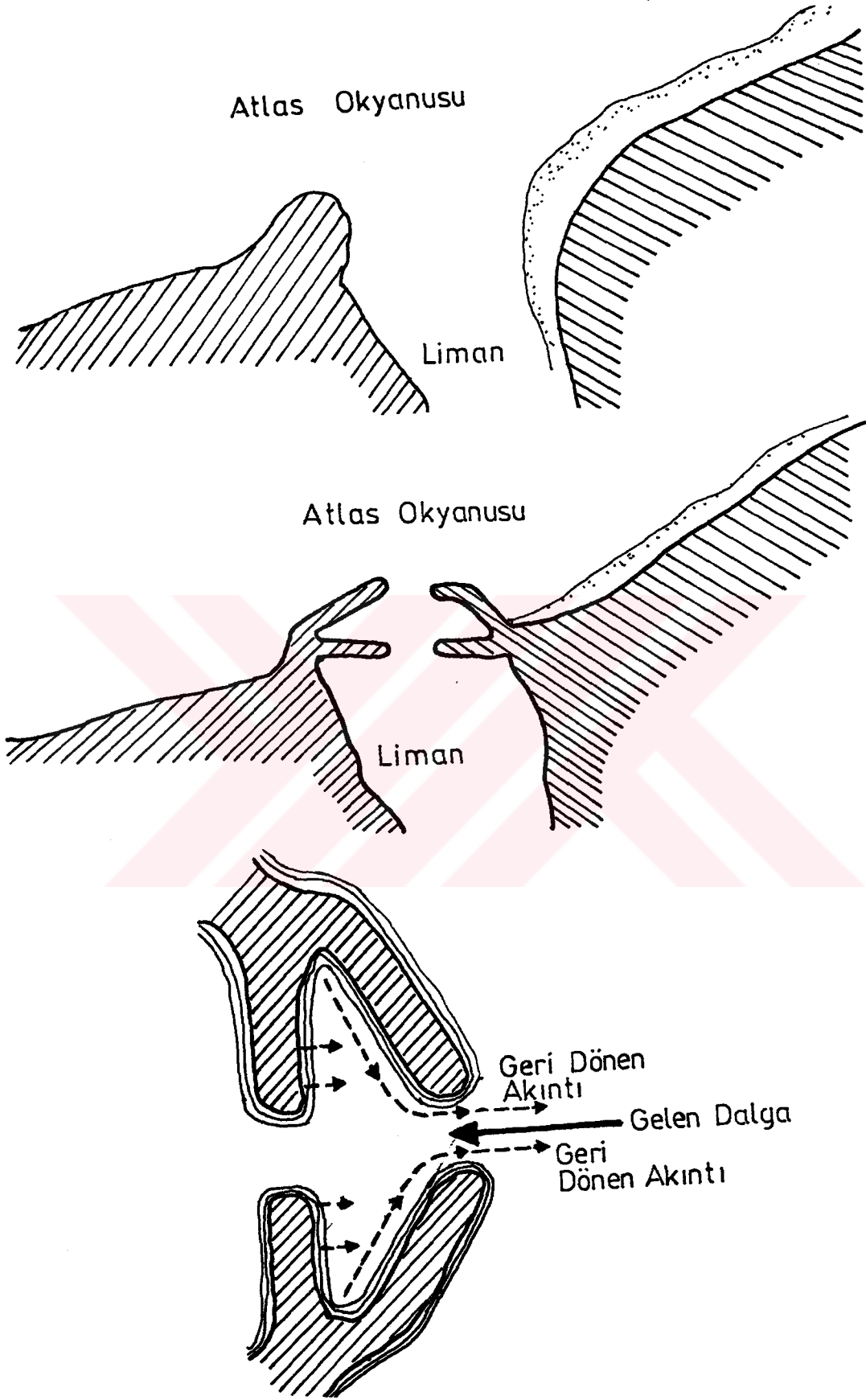
Liman ve barınak havzalarının sedimentle dolması sorununu incelemek amacıyla, özellikle son yıllarda dünyada pek çok araştırma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu bölümde, bunların en önemlileri hakkında kısaca bilgi verilmiş ve bunlardan elde edilen sonuçlar açıklanmıştır.

#### 2.1 Yapılan Çalışmaların Kısaca Tanımı

Ozaki (1), Japonya'daki Seppu Balıkçı Barınağı giriş ağzının sığlaşmasını önlemek için, girişin memba tarafında bir mahmuz yapılmasını ve pahalı bir çözüm olmasına karşın, bir kıyı ötesi (açık deniz) mendireği yapımını önermiştir.

Japonya'daki Gumizaki Balıkçı Barınağının dolması sorununu incelemek amacıyla Noda tarafından yapılan bir araştırmada (2), arazi gözlemleri yapılmış ve dolmayı azaltmak amacıyla laboratuvarında model deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonunda, ana mendireğin uzatılmasının dolma miktarını azaltacağı belirlenmiştir.

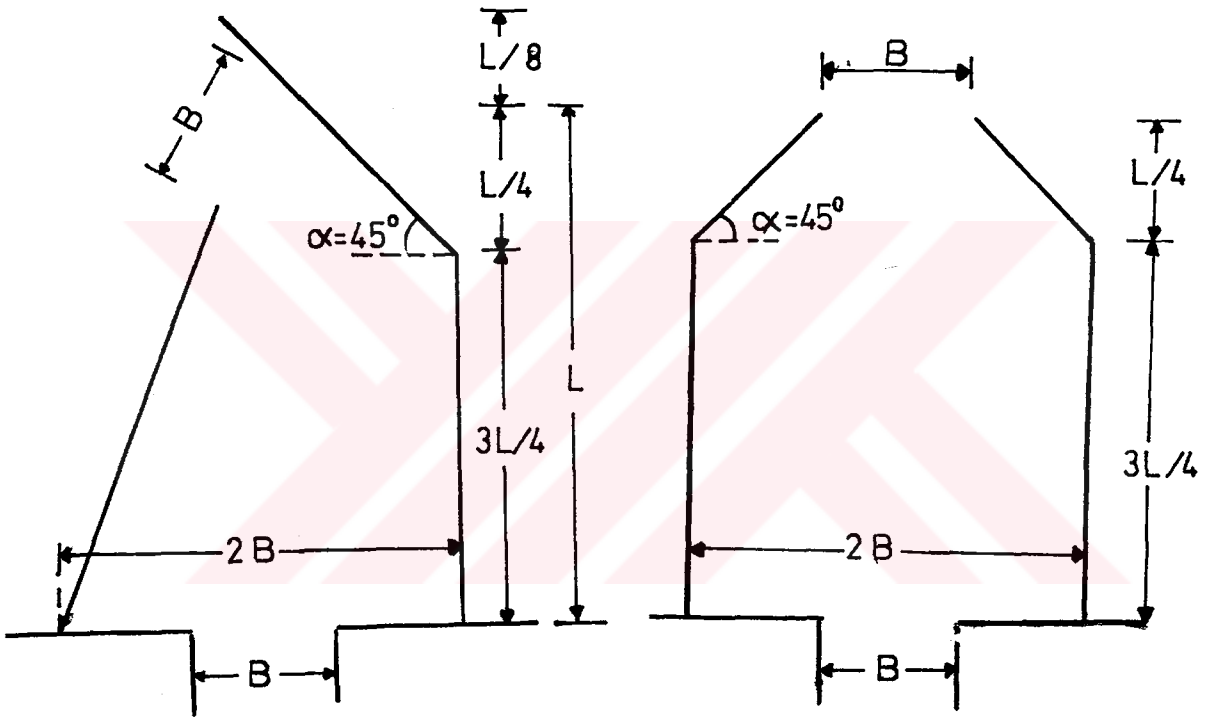
Donnelly ve MacInnis tarafından yapılan bir araştırmada (3), Kanada'daki Dingwall Limanı'nın sığlaşması incelenmiş ve çözüm olarak, liman girişi şekli değiştirilip içten dışa doğru bir akıntı oluşturularak sedimentin havzada çökmesi önlenmiştir (Şekil 2.1). Şekilden de görüldüğü gibi, limana giren akıntının büyük bir kısmı tekrar dışarıya yönlendirilmektedir.



Şekil 2.1 Dingwall Limanı Siğlaşmasının önlenmesi

Lepetit (4), barınak ve dalgakıran yapımının kıyıya etkisini genel olarak incelemiş ve havza sığlaşmasını önlemek için, iki simetrik dalgakıran yapımının iyi sonuç verdiğini belirlemiştir.

Maza, Munoz ve Porraz (5), barınak ve benzeri yapıların giriş ağızlarında kumlanmayı önlemek amacıyla yapılan çeşitli geometrik şekillerdeki mahmuzların etkisini deneysel olarak incelemiş ve aşağıda gösterilen iki tipin uygun olacağı sonucuna varmışlardır (Şekil 2.2).



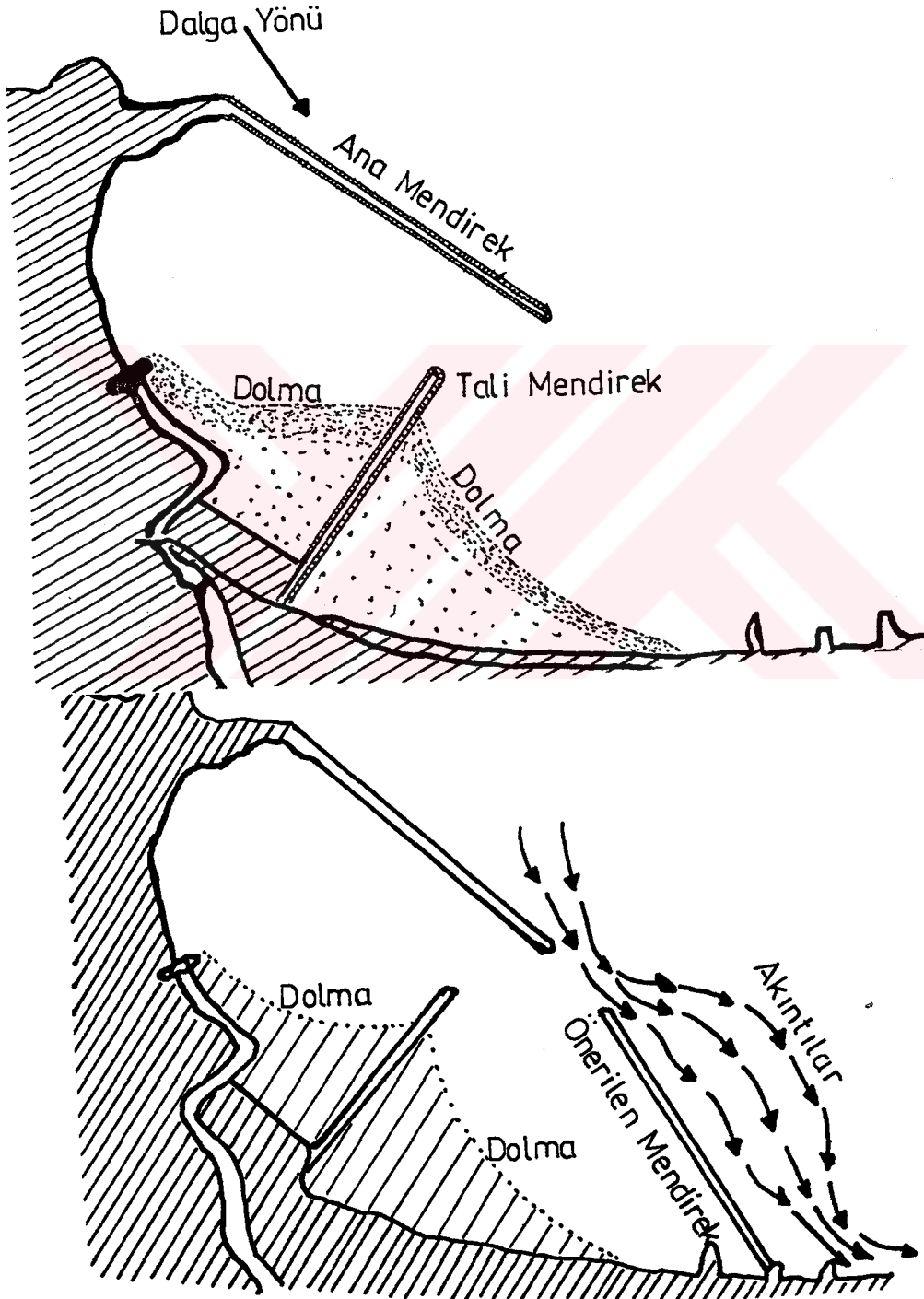
Şekil 2.2 Kumlanmayı önlemek için Uygun Mahmuz Tipleri

Pratte, Willis ve Ploeg (6), Pointe Sapin Limanının havza sığlaşmasını matematiksel ve fiziksel yöntemlerle incelemiş, sığlaşmayı azaltmak amacıyla ana mendireğin 76 m. açığında, 152 m. uzunluğunda ve ana mendireğe paralel bir açık deniz mendireği yapımını önermişlerdir.

Eysink ve Vermaas (7), genel olarak liman havzalarının dolmasını matematiksel modelle incelemiş ve uygun bir barınak yeri ve giriş ağızı seçiminin önemini belirtmişlerdir.

Dayananda ve Gerritsen (8), Sri Lanka'daki Beruwala

Balıkçı Barınağı'nın sığlaşması sorununu incelemek amacıyla arazi çalışmaları yapmış ve barınağın dolma mekanizmasını belirlemişlerdir. Mangor ve Chandrawansa (9), aynı barınağın sığlaşmasını azaltmak amacıyla laboratuvar çalışmaları yapmış ve ana mendireğe simetrik ikinci bir tali mendireğin yapımını önermişlerdir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Beruwala Barınağı Sığlaşmasının önlenmesi

Christiansen (10), taşkın zamanında Elbe Nehri'nin taşıdığı ve Hamburg Limanı'nda sığlaşmaya neden olan sedimentin limana girişini önlemek için, limanın nehir tarafındaki girişine hava kabarcıkları verilerek sedimentin tabandan yukarı çıkarılmasının başarılı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Hava kabarcıklarının etkisiyle su yüzeyine doğru yükselen sediment, gel-git nedeniyle limanda oluşan dışa doğru akıntılarla nehre taşınmakta ve limanın sığlaşması önlenmektedir. Aynı araştırmacı, adı geçen sorunu çözmek için, liman girişinde bir akıntı saptırma duvarının yapımını da önermiştir.

Günbak, Gökçe ve Güler (11), Yakakent Balıkçı Barınağı'nın kumlanmasını önlemek için, ana mendireğin uzatılmasını ve memba tarafında kıyıya dik mahmuz sisteminin yapılmasını önermişlerdir.

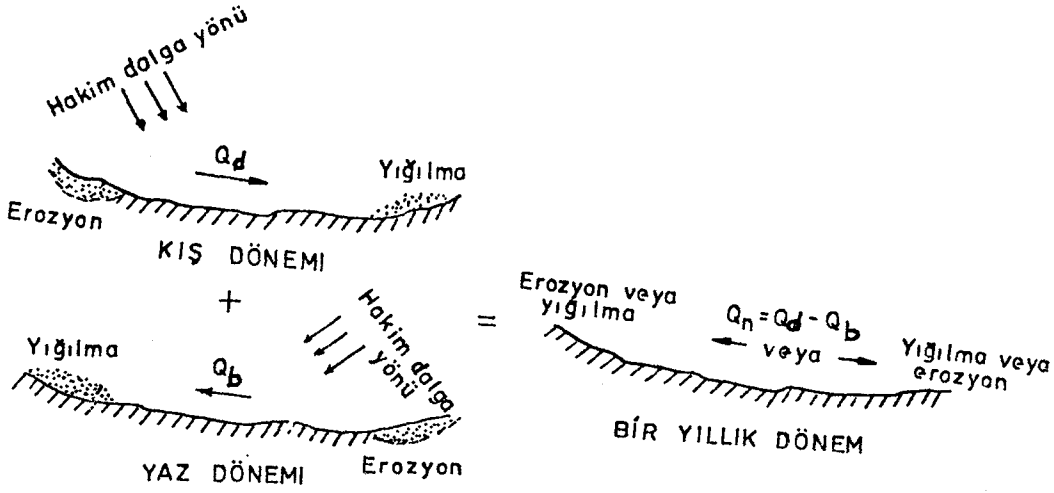
## 2.2 Yapılan Çalışmalardan Elde Edilen Sonuçlar

### Dolma Mekanizması

Herhangibir yapının bulunmadığı bir kıyı yöresi, sediment taşınım rejimi açısından, belirli bir süre sonra dinamik bir dengeye ulaşır. Hakim dalga yönüne bağlı olarak, kıyının bir yöresinden diğerine mevsimlik bir taşınım olabilir.

Bir kıyı yöresinin bir yıllık dönemdeki durumunu dikkate alalım. Bu yöreye gelen dalgaların yönleri, mevsimlere bağlı olarak değişir. Örneğin, hakim dalga yönü, kış mevsiminde kuzeybatı, yaz mevsiminde kuzeydoğu ise, kış mevsimindeki taşınım batıdan doğuya ( $Q_D$ ), yaz mevsimindeki taşınım ise doğudan batıya doğru ( $Q_B$ ) olacaktır. Bu iki taşınım miktarı arasındaki fark, o yörenin net taşınımını ( $Q_N$ ) verir (Şekil 2.4).

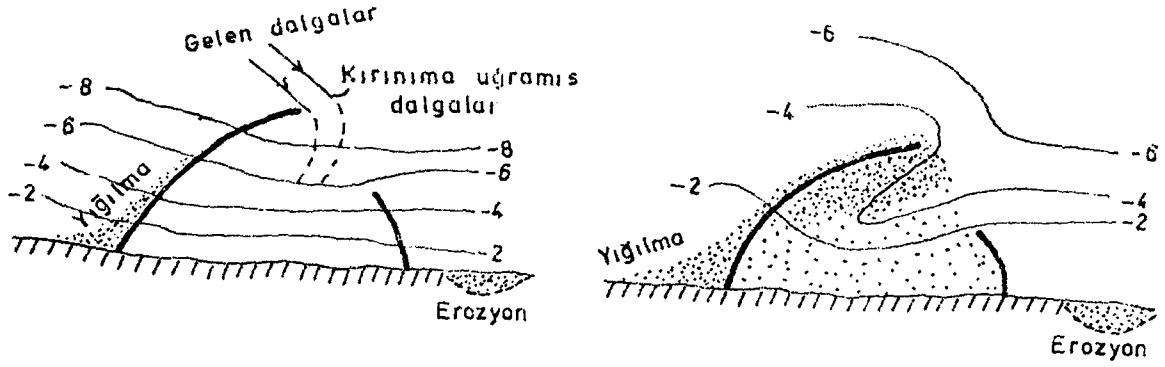




Şekil 2.4 Sediment Hareketinin Mevsimlik Değişimi

Yukarıda anlatılan süreç, yıldan yıla az da olsa bir değişiklik göstermesine karşın, uzun bir süre sonunda, kıyı belli bir dengeye ulaşır ve herhangi bir dış müdahale olmadığı sürece bu denge konumu devam eder.

Kıyıda yapılan barınak, liman, mahmuz v.b. gibi yapılar, kıyı dengesini bozar (4,5,7,8,9,12). örnek olarak, yukarıda belirtilen yöredeki yıllık net taşınım yönünün batıdan doğuya doğru olduğunu varsayalım. Kıyıda yapılacak bir yapı sediment hareketine engel olacağından, yapının batı kısmında (updrift, memba) sediment yığılması, malzeme akımı kesileceği için de doğu kısmında (downdrift, mansap) oyulma olur. Batı kısmında yığılan malzeme, burada sığlaşmaya neden olur. Kırılan dalgalar bu malzemeyi asılı (süspansiyon) hale getirir. Kırılma sonucu oluşan akıntı ve dalgalar bu asılı malzemeyi, ana mendireğin uç (müzvar) kısmına doğru taşır. Müzvarda kırınımına uğrayan dalgaların yükseklikleri havza içinde giderek azalır. Bir dalganın yüksekliği azaldıkça, hızı, dolayısıyla sediment taşıma kapasitesi de azalacağından, havzadaki dalgalar sedimenti taşımak için yetersiz kalır ve sediment tabana çökmeye başlar (Şekil 2.5 a ve 2.5 b), (8,9,13,14).



a. Sığlaşma Başlangıcı

b. Havzası Dolmuş Bir Barınak

Şekil 2.5 Bir Balıkçı Barınağının Dolma Süreci

## BÖLÜM 3

### DOĞU KARADENİZ'İN DALGA İKLİMİ VE SEDİMENT REJİMİ

#### 3.1 Dalga iklimi

##### 3.1.1 Dalga Verilerinin Elde Edilmesi

Sedimentasyona neden olan katı madde hareketini doğuran en önemli etmen dalgalar olduğundan, olayı incelemek için, ilgili yörenin uzun süreli dalga değerlerinin (dalga iklimi) analizi gereklidir (8,14). Bu dalga değerleri, hem teorik, hem de deneysel çalışmalarda dikkate alınacak en önemli verilerdir. K.T.Ü. Mühendislik - Mimarlık Fakültesi inşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı Elemanlarınca K.T.Ü. Sahil Tesisleri'nde 1985 yılında kurulan dalgaölçer sisteminden elde edilen verilerin süresi, böyle bir çalışmada dikkate alınabilecek uzunlukta değildir. Yörede bundan başka da dalga ölçümü yapılmamıştır. Bu nedenle, dalga değerlerini tahmin etmek için rüzgâr verilerini kullanmak tek yol olarak görülmüştür.

Dalga değerlerini (yükseklik ve periyodlarını) tahmin etmek için kullanılacak rüzgâr verileri, ya meteorolojik rüzgâr gözlemlerinden, veya sinoptik rüzgâr haritalarından elde edilebilir. Her iki yöntemle elde edilen rüzgâr verileri, SMB Yöntemiyle dalga tahminlerine (belirgin dalga yüksekliği ve periyodu) dönüştürülmüştür. Bu çalışmada; Ordu, Giresun, Trabzon ve Hopa yöreleri için tahminler yapılmıştır. Burada kullanılan verilerin büyük bir kısmı, (15) nolu kaynaktan elde edilmiştir.

### 3.1.1.1 Sinoptik Harita Verileri

Verilerin gözlem süresi 10 yıldır. Bu süre içinde, hızı 10 knottan (yaklaşık 5 m/sn) büyük olan rüzgârlar dikkate alınmıştır. Sinoptik haritalar 6 saat sürelerle hazırlanmalarından, fırtına süreleri de buna bağlı olarak 6 saat alınmıştır. Tüm yörelerde, göz önüne alınan bütün yönlerdeki efektif feç uzunlukları yeterince büyük olduğundan (minimum 45.7 deniz mili), dalga değerleri fırtına süresiyle sınırlandırılmıştır. Ordu ve Giresun için aynı veriler kullanılmıştır.

### 3.1.1.2 Meteorolojik Rüzgâr Verileri

Trabzon'un gözlem süresi 16, diğer yörelerinki ise 5 yıldır. Belirgin dalga yüksekliği 0.30 metreden büyük fırtınaları doğuracak rüzgârlar dikkate alınmıştır. Çok uzun süreli birkaç fırtına dışında tümü süreyle sınırlandırılmıştır.

### 3.1.1.3 Tahmin Edilen Dalga Değerleri

Yukarıda belirtilen 4 yörede, dalga gelmesi olası tüm yönler için tahmin edilen belirgin dalga yükseklikleri ( $H_{1/3,m}$ ) ve belirgin dalga periyodları ( $T_{1/3,sn}$ ) analiz edilerek, elde edilen sonuçlar Tablo 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4'te sunulmuştur. Tablolarda, herbir yöre için tahmin edilen maximum ve ortalama dalga değerleriyle, bu değerlerin standart sapmaları ( $\sigma$ ) verilmiştir. Sinoptik harita tahminleri S, meteorolojik rüzgâr tahminleri M ile gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Ordu Yöresi Dalga Verileri

Yön	S/M	Veri Sayısı	H <sub>max</sub>	H <sub>ort</sub>	$\sigma_H$	T <sub>max</sub>	T <sub>ort</sub>	$\sigma_T$
ENE	S	22	4.82	1.03	1.19	8.6	5.1	1.14
	M	-	-	-	-	-	-	-
NE	S	24	5.39	1.12	1.19	9.3	5.6	1.63
	M	-	-	-	-	-	-	-
NNE	S	17	4.82	0.96	1.09	8.6	5.0	1.53
	M	-	-	-	-	-	-	-
N	S	62	5.33	1.35	0.84	9.0	5.5	1.26
	M	25	.91	0.63	0.17	3.8	3.1	0.45
NNW	S	22	2.62	1.93	0.64	6.5	5.3	1.14
	M	27	1.16	0.64	0.22	4.3	3.1	0.59
NW	S	38	2.01	1.67	0.48	5.6	5.0	0.86
	M	18	1.04	0.61	0.15	3.4	3.0	0.31
WNW	S	16	1.95	1.59	0.47	5.5	5.5	0.83
	M	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 3.2 Giresun Yöresi Dalga Verileri

Yön	S/M	Veri Sayısı	H <sub>max</sub>	H <sub>ort</sub>	$\sigma_H$	T <sub>max</sub>	T <sub>ort</sub>	$\sigma_T$
ENE	S	22	4.82	1.03	1.19	8.6	5.1	1.14
	M	-	-	-	-	-	-	-
NE	S	24	5.39	1.12	1.19	9.3	5.6	1.63
	M	18	0.79	0.46	0.12	3.5	2.7	0.33
NNE	S	17	4.82	0.96	1.09	8.6	5.0	1.53
	M	12	0.91	0.52	0.16	3.8	2.8	0.42
N	S	62	5.33	1.35	0.84	9.0	5.5	1.26
	M	-	-	-	-	-	-	-
NW	S	22	2.62	1.93	0.64	6.5	5.3	1.14
	M	6	1.10	0.53	0.28	4.2	2.8	0.68
NW	S	38	2.21	1.67	0.48	5.6	5.0	0.86
	M	5	0.46	0.38	0.10	2.7	2.5	0.29
WNW	S	16	1.95	1.59	0.47	5.5	4.5	0.83
	M	27	1.00	0.55	0.16	4.0	2.9	0.43

Tablo 3.3 Trabzon Yöresi Dalga Verileri

Yön	S/M	Veri Sayısı	H <sub>max</sub>	H <sub>ort</sub>	$\sigma_H$	T <sub>max</sub>	T <sub>ort</sub>	$\sigma_T$
ENE	S	25	6.92	0.84	1.34	10.3	5.5	1.62
	M	79	1.16	4.3	0.19	4.3	3.1	0.52
NE	S	28	6.92	1.11	1.31	10.3	5.5	1.64
	M	18	0.98	0.67	0.15	4.0	3.2	0.40
NNE	S	33	6.92	0.88	1.11	10.3	5.3	1.33
	M	20	0.76	0.50	0.15	3.4	2.8	0.45
N	S	64	6.92	1.21	0.86	10.3	4.5	1.11
	M	-	-	-	-	-	-	-
NNW	S	24	6.92	2.34	1.53	10.3	5.8	1.89
	M	-	-	-	-	-	-	-
NW	S	35	2.62	1.39	0.65	6.5	4.6	1.06
	M	29	1.83	0.97	0.33	5.5	3.9	0.80
WNW	S	13	2.10	1.29	0.50	5.7	4.4	0.86
	M	279	2.07	0.79	0.35	5.8	3.4	0.78

Tablo 3.4 Hopa Yöresi Dalga Verileri

Yön	S/M	Veri Sayısı	H <sub>max</sub>	H <sub>ort</sub>	$\sigma_H$	T <sub>max</sub>	T <sub>ort</sub>	$\sigma_T$
ENE	S	6	2.65	1.83	0.83	6.5	5.2	1.32
	M	-	-	-	-	-	-	-
NE	S	21	6.92	1.52	1.67	10.3	6.0	1.87
	M	-	-	-	-	-	-	-
NNE	S	17	3.08	1.03	0.79	7.0	5.5	1.18
	M	-	-	-	-	-	-	-
N	S	54	6.92	1.57	1.24	10.3	4.8	1.54
	M	-	-	-	-	-	-	-
NNW	S	32	6.92	1.97	1.20	10.3	5.4	1.47
	M	-	-	-	-	-	-	-
NW	S	50	3.14	1.47	0.68	7.2	4.7	1.07
	M	-	-	-	-	-	-	-
WNW	S	25	6.92	1.70	1.27	10.3	5.0	1.54
	M	21	1.65	0.63	0.38	5.1	3.0	0.88
W	S	11	3.08	1.52	0.71	7.0	4.8	1.10
	M	10	1.22	0.73	0.29	4.4	3.3	0.67

### 3.1.2 Elde Edilen Verilerin Analizi

Tablolardan da görüleceği gibi, sinoptik haritalardan tahmin edilen dalga değerleri daha büyüktür; bu nedenle, hesaplarda bu veriler kullanılacaktır. Görüldüğü gibi, Doğu Karadeniz'de etkin dalga yönleri N, NNW ve NW'dir; yalnızca Hopa'da WNW dalgaları etkindir. Bu durumda, Yörede batı yönünden gelen dalgaların etkin olduğu söylenebilir. O halde, kıyıboyu sediment taşınım yönü batıdan doğuya doğrudur.

Tahmin edilen maximum dalga yüksekliği 6.92 metreye ulaşmakta ve buna yakın bazı değerlere de rastlanmaktadır. Bu yükseklikler, önemli ölçüde sedimentasyon problemleri doğuracak niteliktedir. Tüm yöreler için ortalama belirgin dalga yükseklikleri 1.5 - 2.0 m., belirgin dalga periyotları da 4.5 - 5.5 sn. arasındadır.

## 3.2 Sediment Rejimi

### 3.2.1 Akarsuların Taşıdığı Sediment

Doğu Karadeniz'deki çeşitli büyüklükteki akarsuların eğimleri büyük ve akış hızları fazla olduğundan, bunlar çok miktarda sediment taşınımına neden olur. Yöre kıyılarında sediment taşınım yönü batıdan doğuya doğru olduğundan, özellikle barınakların batısından denize dökülen akarsular, havza sedimentasyonu açısından önemli bir kaynak oluşturur.

Bir akarsuyun taşıdığı sediment debisi, akışkan ve sediment özellikleriyle, akım şartlarına bağlıdır (16,17).

$$Q = f(\nu, \rho, d, \rho_s, h, r, v, j) \quad (3.1)$$

Burada;

Q : Sediment taşınım debisi,

$\rho$  ve  $\nu$  : Akışkanın özgül ağırlığı ve viskozitesi,

h, r ve v : Sırasıyla, akımın su yüksekliği, hidrolik yarıçapı ve ortalama hızı,

J : Akarsuyun taban eğimi,

d : Dane çapıdır.

Sediment taşınım debisini hesaplamak amacıyla önerilen yöntemlerin her biri farklı akım ve malzeme özellikleri için iyi sonuçlar verir. Her şart altında geçerli olan bir yöntem henüz geliştirilememiştir (16,17).

Bu çalışmada, sediment debileri, yöre şartları için daha uygun olduğuna inanılan iki yöntemle tahmin edilmiştir. Bu yöntemlerde kullanılan akım ve sediment debisi değerleri, EİE Genel Müdürlüğü (18,19) ve DSİ 22. Bölge Müdürlüğü'nün yaptığı arazi ölçümlerine dayanmaktadır:

a. Doğu Karadeniz'de gözlem yapılan 7 akarsudaki akım ve sediment debisi değerlerinden yararlanarak:

$$Q = a \cdot Q_{ort}^b \quad (3.2)$$

şeklinde bir ilişki araştırılmıştır.

Burada,

Q : Sediment taşınım debisi (ton/gün)

Q<sub>ort</sub> : Günlük ortalama akım debisi (m<sup>3</sup>/sn)

a ve b : Regresyon katsayıları

3.2 eşitliğinin logaritması alınır

$$\log Q = \log a + b \cdot \log Q_{ort} \quad (3.3)$$

şeklinde lineer bir denklem şekline gelir.

a ve b katsayıları, lineer regresyon formüllerinden hesaplanarak Q değerleri bulunabilir.

b. EİE Genel Müdürlüğü'nün Türkiye'deki tüm havzalarda yaptığı gözlemlere dayanarak geliştirdiği formül yardımıyla sediment taşınım debileri tahmin edilebilir (18).

$$Q = 14.153 \cdot 10^{1.26016 \cdot \log A} \quad (3.4)$$



Burada,

$Q$  : Sediment debisi (ton/yıl)

$A$  : Havza alanı ( $\text{km}^2$ )'dir.

Doğu Karadeniz'de ölçüm yapılan 7 akarsu için her iki yöntemle hesaplanan sediment debileri ( $Q_1$  ve  $Q_2$ ), Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5 Çeşitli Akarsular için Sediment Debileri

Akarsu Adı	Veri Sayısı	$Q_{ort}$ ( $\text{m}^3/\text{sn}$ )	$A$ ( $\text{km}^2$ )	$Q_1$ (ton/yıl)	$Q_2$ (ton/yıl)
Harşit D.	177	26.08	2750	158073	313232
iyidere	196	28.05	855	44174	71894
Melet Ç.	156	11.22	1024	48816	90246
Aksu D.	8	13.77	728	17851	58681
Hala D.	10	12.05	242	14674	14647
Solaklı D.	11	14.70	568	27587	42960
Hemşin D.	13	8.76	276	7902	17254

### 3.2.2 Kıyı Boyu Sediment Taşınımı

Bir kıyı yöresine, çeşitli yönlerden gelen farklı büyüklükteki pek çok dalga, az veya çok bir sediment taşınımına neden olur. Kıyıya dik gelen dalgalar yalnızca kıyıya dik (kıyı - kıyı ötesi) taşınımına neden olurken, kıyıyla bir açı yaparak gelen dalgalar hem kıyıya dik, hem de kıyıya paralel (kıyı boyu) taşınım oluşturur. Doğadaki dalgaların büyük bir kısmı kıyıyla bir açı yapacak

şekildedir. Bunların neden olduğu kıyıya dik taşınım miktarı, kıyı boyu taşınım miktarına göre oldukça küçüktür ve mevsimsel olarak büyük değişiklikler gösterir (20). Büyük fırtınaların hakim olduğu kış mevsiminde taşınım yönü kıyıdan uzaklaşacak şekilde, yaz mevsiminde ise kıyıya doğrudur. Bunun sonucu olarak, kış mevsiminde sahilde oyulma olur ve sahil profili diktir; yaz mevsiminde ise malzeme yığılması sonucu daha yatık profiller oluşur (21).

Aşağıda, yalnızca kıyıdaki sedimentasyonu etkileyen ana faktör olan kıyı boyu sediment taşınımı olayının ayrıntıları verilmiştir.

### 3.2.2.1 Tabanda Hareketin Başlaması

Deniz tabanındaki bir sediment daneciğini, bir dalga geçişi sırasında harekete geçiren etmen, akış hızı nedeniyle tabanda oluşan kayma gerilmesidir. Kum danecikleri için hareketi başlatan hız,

$$U_{\max} = [8(\rho_s/\rho - 1)gd_{50}]^{0.5} \quad (3.5)$$

eşitliğiyle hesaplanır (17).

Burada;

- $U_{\max}$  : Tabandaki akışkan hızı (m/sn),  
 $\rho_s$  ve  $\rho$  : Sırasıyla, kum daneciğinin ve suyun özgül ağırlıkları ( $t/m^3$ ),  
 $g$  : Yerçekimi ivmesi ( $m/sn^2$ ),  
 $d_{50}$  : Sediment daneciğinin ortalama çapıdır (m).

Bir dalga geçişi sırasında deniz tabanında oluşan hız,

$$U_{\max} = \frac{H}{T} \frac{\pi}{\sinh(2\pi h/L)} \quad (3.6)$$

eşitliğiyle bulunur (20).

Burada;

T ve H : Dalga periyodu (sn) ve yüksekliği (m),  
 h : Su derinliği (m),  
 L : Dalga boyudur (m).

3.5 ve 3.6 eşitliklerinden,

$$[8(\rho_s/\rho-1)gd_{50}]^{0.5} = \frac{H}{T} \frac{\pi}{\sinh(2\pi h/L)} \quad (3.7)$$

elde edilir.

$\rho_s = 2.65$ ,  $\rho = 1.025$  ve  $g = 9.81$  alınırsa,

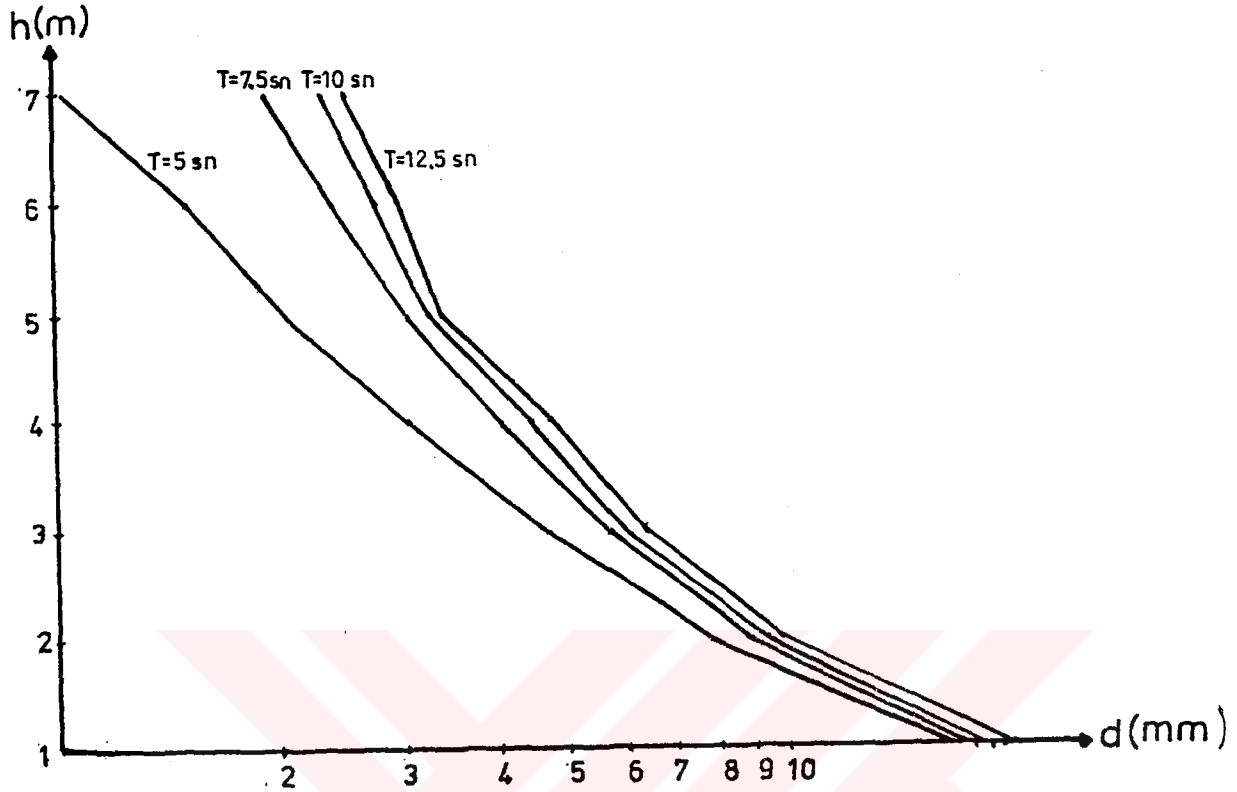
$$(124.42d_{50})^{0.5} = \frac{H}{T} \frac{\pi}{\sinh(2\pi h/L)} \quad (3.8)$$

ve buradan da, hareket ettirilebilecek malzemenin ortalama çapı,

$$d_{50} = \left[ \frac{0.2816 H}{T \sinh(2\pi h/L)} \right]^2 \quad (3.9)$$

eşitliğiyle bulunur.

3.9 eşitliği,  $H=1$  metre için, Şekil 3.1'de verilmiştir. Eşitlikten de görüleceği gibi,  $d_{50}$  değeri,  $H$ 'nin karesiyle orantılı olarak değişmektedir. Örneğin,  $H=3m$ . için  $d_{50}$  değeri, şekilden hesaplananın 9 katı;  $H=5m$  için ise, hesaplananın 25 katı olacaktır.



Şekil 3.1 H=1m için  $d_{50}$ 'nin h ile Değişimi

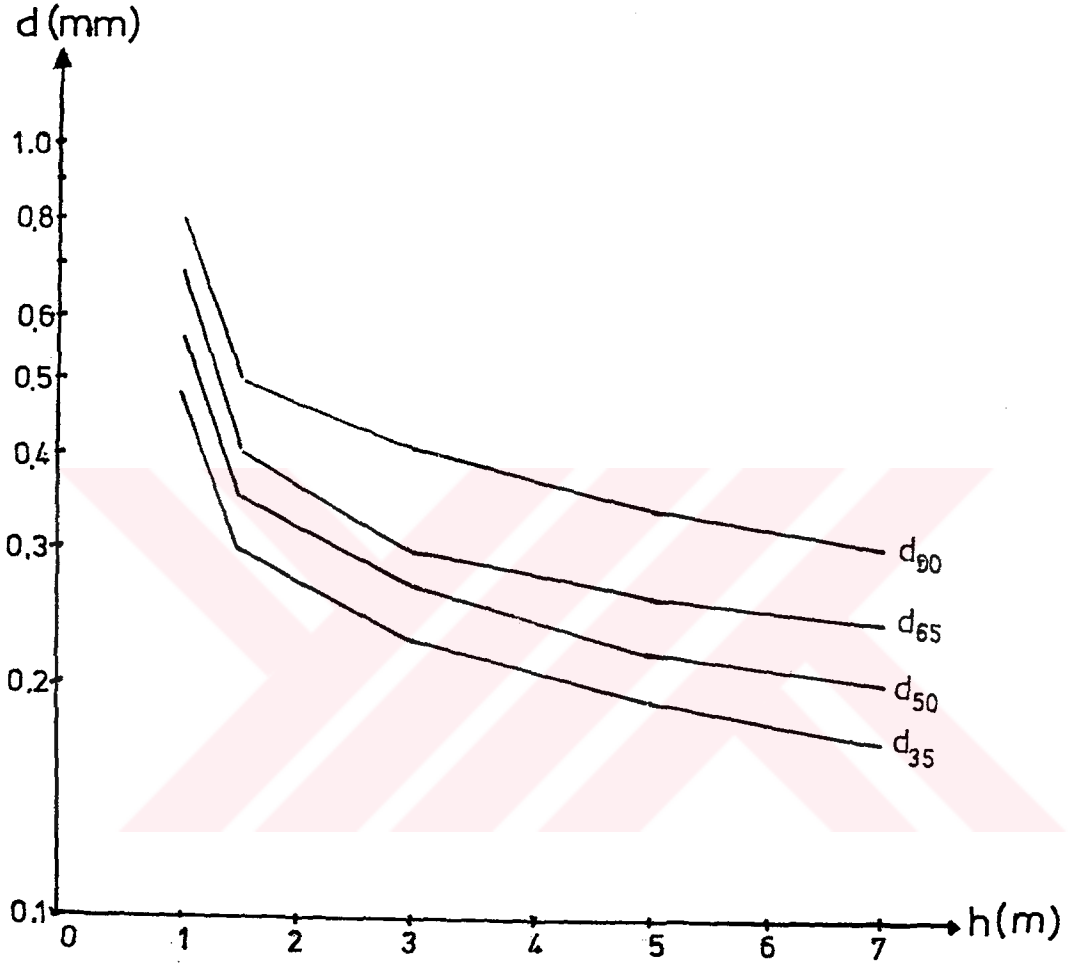
### 3.2.2.2 Sediment Taşınım Debisi

Kıyı boyu sediment taşınım debisi, bir sonraki bölümde incelenmiştir.

### 3.2.3 Sediment Daneciklerinin Fiziksel Özellikleri

Doğu Karadeniz kıyılarındaki taban malzemesinin özelliklerini incelemek amacıyla Hopa - Samsun arasındaki 77 yöreden alınan nünunelerin laboratuvar analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda; taban malzemesinin, özgül ağırlığı  $2.55 - 2.70 \text{ t/m}^3$  arasındaki kumdan oluştuğu belirlenmiştir. Toplam 243 nünunenin ortalama dane çapı  $d_{50} = 0.33 \text{ mm}$  ve ortalama özgül ağırlığı  $\rho_s = 2.65 \text{ t/m}^3$  olarak

bulunmuştur. Çeşitli derinliklerdeki malzemelerin %35, %50, %65 ve %90'ının geçtiği elek çapları ( $d_{35}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{65}$  ve  $d_{90}$ ), Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Çeşitli Derinliklerdeki Sediment Daneciklerinin Granülometrik özellikleri

Şekil 3.1 ve 3.2'den de görüldüğü gibi, 1 m. yüksekliğindeki dalgalar bile, yöre kıyılarındaki kum daneciklerini rahatlıkla hareket ettirebilir.

## BÖLÜM 4

### KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMLERİ

#### 4.1 Giriş

Daha önce de açıklandığı gibi, sediment taşınımı bakımından dinamik bir denge halinde bulunan bir kıyıda yapılan her türlü yapı, bu dengeyi bozacağından, kıyının belirli yörelerinde yığılma veya oyulma olur.

Barınakların dolmasının ana nedeni, kıyı dengesinin bozulmasıdır. Bu nedenle, bu dengeyi en az bozacak yapıların planlanmasına karar verebilmek için, çeşitli yapıların kıyı çizgisini nasıl değiştirdikleri incelenmeli ve en uygun çözüm şekli bulunmalıdır. Bunu başarmak için, kıyı çizgisi değişiminin matematiksel olarak incelenmesi gerekir.

#### 4.2 Dalga Mekaniği

##### 4.2.1 Derin Deniz Dalgaları

Önceki bölümde, derin deniz dalgalarının iki önemli parametresi olan belirgin dalga yüksekliği ( $H_{1/3}$ ) ve periyodunun ( $T_{1/3}$ ) nasıl hesaplandığı açıklanmıştı. Derin denizde üretilen dalgalar, kıyıya doğru yaklaşırken çeşitli etkenler nedeniyle değişime maruz kalırlar. Bu değişimin başladığı derinlik, "derin deniz sınırı" olarak adlandırılır. Derin deniz sınırının açığındaki dalgalar herhangi bir değişime uğramazken, bu sınırdan kıyıya doğru ilerlerken çeşitli değişikliklerle karşılaşılırlar. Bu değişiklikler dalga yüksekliği ve yönünde olur; dalga periyodu sabit kalır.

Derin deniz sınırı, deniz derinliğinin dalga boyunun yarısına eşit olduğu yerdir (20).

$$h/L_0 = 0.5 \quad (4.1)$$

$$L_0 = 1.56T^2 \quad (4.2)$$

$$h = 0.78T^2 \quad (4.3)$$

Burada,

$h$  : Derin deniz sınırı derinliği

$L_0$  : Derin deniz boyu

$T$  : Dalga periyodu

Bazı dalga periyodları için derin deniz boyu ve derin deniz derinlikleri şöyledir:

Tablo 4.1 Çeşitli Periyodlu Dalgalar için Derin Deniz Değerleri

T (sn)	$L_0$ (m)	h (m)
5	39.00	19.50
6	56.16	28.08
7	76.44	28.22
8	100.00	50.00
9	126.36	63.18
10	156.00	78.00

Buna göre, 5 sn. periyodlu dalgalar 19.5 m., 10 sn. periyodlu dalgalar da 78.0 m. derinliğe ulaşana kadar herhangi bir değişime uğramaz.

#### 4.2.2 Dalgaların Kıyıya Yaklaşırken Uğradığı Değişimler

Derin deniz sınırından kıyıya doğru yaklaşan dalgalar kıyı tabanından etkilenir. Bu etkilenme sonucu oluşan değişiklikler, sığlaşma (shoaling), sapma (refraction) ve kırılma (breaking)'dir. Ayrıca, doğal ya da yapay bir engelle karşılaşan dalgalar, kırınım (diffraction) ve yansımaya (reflection) maruz kalır. Bu değişimler, dalga mekaniğini ve sediment taşınım hareketini önemli ölçüde etkiler. Burada, bu olaylar hakkında kısaca bilgi verilecektir.

##### 4.2.2.1 Dalga Sığlaşması

Derinliğin azalması nedeniyle, dalgalar tabandan etkilenir. Bu etkilenme sonucu, dalga yüksekliğinde çoğu kez azalma, bazan da artış meydana gelir. Sığlaşma sonucu oluşan dalga yüksekliği şöyle hesaplanır:

$$H = H_0 K_S \quad (4.4)$$

Burada;

H : Sığlaşmadan sonraki dalga yüksekliği

$H_0$  : Derin denizdeki dalga yüksekliği

$K_S$  : Sığlaşma katsayısı

$$K_S = \left[ \tanh\left(\frac{2nh}{L}\right) \right]^{-0.5} \left( 1 + \frac{4nh/L}{\cosh(4nh/L)} \right)^{-0.5} \quad (4.5)$$

$K_S$  katsayısı,  $h/L_0$  değerine bağlı olarak Ağırılık Dalgaları Tablolarından (GWT) alınabilir.



#### 4.2.2.2 Dalga Sapması

Dalgaların yayılma hızları, derinliğe bağlıdır. Kıyıya yaklaşırken derinlikleri azaldığından, dalgaların yayılma hızları da azalır. Kıyıyla bir açı yaparak yaklaşan bir dalga tepesi dikkate alalım. Bu tepenin iki ayrı noktasındaki derinlikler farklı ise, bu iki noktanın yayılma hızları da farklı olacaktır. Noktalardan biri diğerinden daha hızlı hareket edeceğinden, dalga tepesinde bir dönme olur. Sonuç olarak, dalgalar taban konturlarına daha dik duruma gelecek şekilde kıyıya yaklaşır. Bu olaya dalga sapması denir. Sapma sonucu, dalga yüksekliğinde ve yönünde oluşan değişiklikler, kıyıda sediment hareketini önemli ölçüde etkiler. Büyük periyodlu dalgaların sapma miktarı daha fazladır.

#### 4.2.2.3 Dalga Kırılması

Kıyıya yaklaşan dalgalar, belli bir derinlikte kırılır. Kırılma anındaki su derinliğine "kırılma derinliği" ( $d_b$ ), dalga yüksekliğine de "kırılma yüksekliği" ( $H_b$ ) denir. Kırılma indisi,

$$n = H_b/h_b \quad (4.6)$$

şeklinde tanımlanır.

Kırılma noktasına kadarki su hareketi, yalnızca bir salınım şeklindedir. Bu noktadan sonra ise bir kütle taşınımı sözkonusudur. Kıyıda kum hareketinin büyük bir kısmı, kırılma noktası ile kıyı arasında (sörf bölgesinde) oluşur. Bu nedenle, kırılma yüksekliği ve kırılma noktasındaki dalga açısı (kırılma açısı,  $\alpha_b$ ), kıyıboyu sediment taşınım rejiminde çok önemli parametrelerdir.

#### 4.2.2.4 Dalga Kırınımı

Dalgalar, herhangi bir kıyı veya kıyı ötesi engelle karşılaştıklarında, kırınıma uğrarlar. Kırınım sonucu, dalgaların yönü değişir, yüksekliği de azalır.

$$K_D = H/H_T \quad (4.7)$$

Burada;

$K_D$  : Kırınım katsayısı

$H_T$  : Kırınıma uğramamış dalga yüksekliği

$H$  : Kırınımdan sonraki dalga yüksekliğidir.

#### 4.2.2.5 Dalga Yansıması

Dalgaların bir yüzeye çarpmaları sonucu yansıma oluşur. Dalga yansıması, çeşitli kıyı problemlerinde önemli bir parametre olmasına karşın, kıyı çizgisi değişimlerini büyük ölçüde etkilemez.

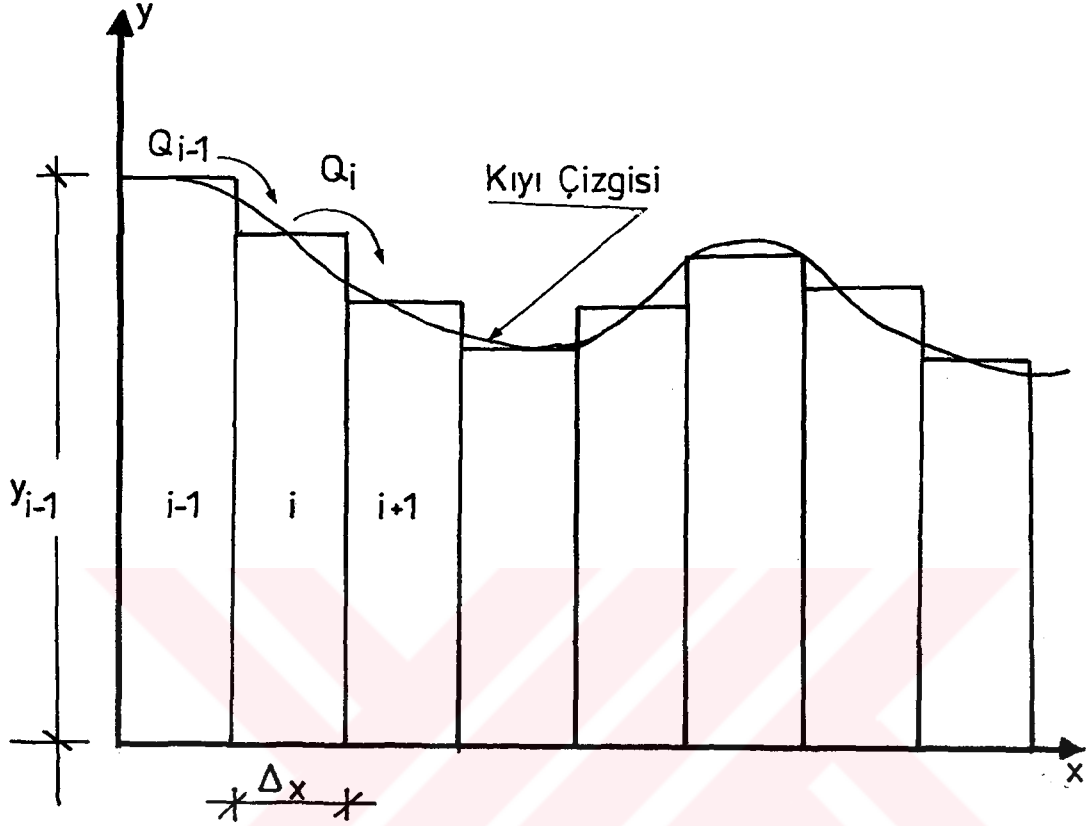
### 4.3 Kıyı Çizgisi Değişiminin Matematiksel ifadesi

#### 4.3.1 Süreklilik Denklemi

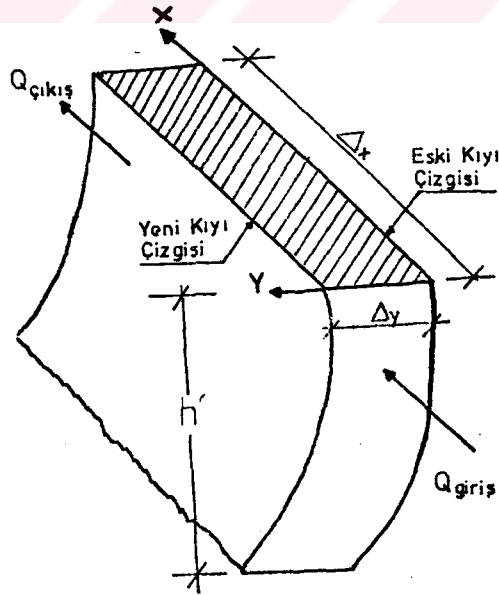
##### 4.3.1.1 Denklemin Elde Edilmesi

Kıyıdaki değişimlerin önemli bir kısmı, kırılma noktası ile kıyı çizgisi arasındaki "sörf bölgesi"nde oluşur. Değişimlerin asıl nedeni, dalga etkisiyle oluşan sediment hareketidir. Dalga yüksekliği, periyodu ve yönünün sıkça değişmesi nedeniyle, kıyı çizgisi sürekli bir değişim halindedir. Çeşitli yönlerden esen küçük fırtınaların neden olduğu dalgaların oluşturacağı sediment hareketi genelde çok küçüktür. Taşınan katı maddenin debisi, dalga yüksekliğinin karesiyle orantılıdır. Bu nedenle, dalga yüksekliğindeki az bir artış, kıyıdaki sediment taşınımında önemli bir artışa

neden olabilir. Kıyıdaki sediment hareketine neden olan dalgalar, yılda birkaç kez görülen şiddetli fırtınalardır.



a. Plan



b. Üç Boyutlu Görünüm

Şekil 4.1 Süreklilik Denklemi

Şekil 4.1'deki kıyıda, x eksenini kıyı çizgisi boyunca, y eksenini ise kıyıya dik olarak alınmıştır. Kıyıya dik taşınım, kıyı boyu taşınımına oranla küçük olduğundan ihmal edilmiştir. O halde, yalnız x eksenini doğrultusunda taşınım vardır.

Şekil 4.1 (a)'nin geometrisinden,

$$\Delta V_i = (Q_{i-1} - Q_i) \Delta t \quad (4.8)$$

ve şekil 4.1 (b)'nin geometrisinden

$$\Delta V_i = \Delta y_i \Delta x_i h' \quad (4.9)$$

yazılabilir. Burada;

$\Delta V_i$  : i dilimindeki hacim değişimi,

$\Delta x_i$  ve  $\Delta y_i$  : Sırasıyla, i diliminin x ve y doğrultusundaki uzunlukları ( $\Delta x$  genelde sabittir,  $\Delta x_i = \Delta x$ )

$h'$  : Sediment taşınımının etkin olduğu derinlik. (Bu derinlikten sonra taşınım söz konusu değildir.)

$Q$  : Sediment debisi

$\Delta t$  : Zaman değişimidir.

Eğer i dilimine x doğrultusunda dışında bir debi giriş veya çıkışı oluyorsa ( $Q_r$ )

$$\Delta V_i = (Q_{i-1} - Q_i \pm Q_r) \Delta t \quad (4.10)$$

olur.  $Q_r$ 'nin olmadığı varsayılırsa, 4.8 ve 4.9 eşitliklerinden,

$$\Delta y_i \Delta x h' = (Q_{i-1} - Q_i) \Delta t \quad (4.11)$$

$$\Delta y_i = \frac{\Delta t}{h' \Delta x} (Q_{i-1} - Q_i) \quad (4.12)$$

Kıyı çizgisinin değişimi bakımından 3 durum söz konusu olabilir (22):

- $y_i < 0$  : Oyulma (kıyı çizgisinde gerileme)  
 $y_i > 0$  : Yığılma (kıyı çizgisinde ilerleme)  
 $y_i = 0$  : Kıyı çizgisinde değişiklik yok.

4.12 eşitliğinden,

$$\frac{\Delta y_i}{\Delta t} = \frac{Q_{i-1} - Q_i}{h' \Delta x} \quad (4.13)$$

elde edilir. Dilim büyüklükleri ve zaman aralığı küçük alınırsa,

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q_i - Q_{i-1}}{\Delta x} \quad (4.14)$$

ve

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad (4.15)$$

yazılabilir. Bu durumda, 4.13 eşitliği,

$$\frac{\partial y}{\partial t} = - \frac{1}{h'} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} \right) \quad (4.16)$$

şeklinde yazılabilir.

4.16 eşitliği, kıyı çizgisi değişiminin genel denklemdir ve " süreklilik denklemi" olarak adlandırılır.

#### 4.3.1.2 Denklemın Çözümü

Süreklilik denkleminin çözümü için explicit ve implicit yöntemler kullanılabilir. Burada, explicit sayısal yöntemi açıklanacaktır (23,24).

4.16 denklemini sonlu farklar cinsinden yazılırsa,

$$\frac{y_i^{n+1} - y_i^n}{\Delta t} = - \frac{Q_i - Q_{i-1}}{h' \Delta x} \quad (4.17)$$

elde edilir. Buradan,

$$\frac{y_i^{n+1} - y_i^n}{\Delta t} = \frac{Q_{i-1} - Q_i}{h' \Delta x} \quad (4.18)$$

ve denklem düzenlenirse,

$$y_i^{n+1} = y_i^n + \frac{\Delta t}{h' \Delta x} (Q_{i-1} - Q_i) \quad (4.19)$$

elde edilir.

$$A' = \frac{\Delta t}{h' \Delta x} \quad (4.20)$$

tanımı yapılırsa,

$$y_i^{n+1} = y_i^n + A' (Q_{i-1} - Q_i) \quad (4.21)$$

bulunur. Burada;

- $i$  :  $x$  doğrultusu boyunca dilim artış indisi,
- $n$  : Zamandaki artış değişkeni,
- $\Delta t$  : Zamandaki artış miktarı,
- $y_i^n$  : Başlangıç anında  $i$  diliminin kıyı çizgisi ordinatı,
- $y_i^{n+1}$  : Başlangıçtan  $t$  süre sonra  $i$  diliminin kıyı çizgisi ordinatı,

$\Delta x$  : Dilim genişliği (x eksenindeki artış miktarı),  
 $Q_i$  : i diliminden çıkan debidir.

Sediment taşınımının etkin olduğu derinlik ( $h'$ , metre)

$$h' = 2.28H_0 - 6.987H_0^2/T^2 \quad (4.22)$$

eşitliğiyle bulunur (23). Burada,  
 $H_0$  ve  $T$  : Sırasıyla, derin deniz dalga yüksekliği (m.)  
ve periyodudur (sn).

#### 4.3.2 Kıyı Çizgisi Değişimi Modeli (One - Line Model)

4.21 eşitliği,

$$\Delta y_i = y_i^{n+1} - y_i^n = A' (Q_{i-1} - Q_i) \quad (4.23)$$

şeklinde yazılabilir. Burada,

$\Delta y_i$  : t süresinde i diliminde meydana gelen kıyı çizgisi değişimidir.

$\Delta t$  ve  $\Delta x$  değerleri, elde edilmek istenen sonucun hassasiyetine göre önceden belirlenir;  $h'$  değeri ise dalga özelliklerine göre 4.22 eşitliğinden hesaplanır. O halde, kıyı çizgisindeki değişim, yalnızca kıyı boyu sediment taşınım debisinin ( $Q$ ) bir fonksiyonudur.

##### 4.3.2.1 Kıyı Boyu Sediment Taşınım Debisi

Kıyı boyu sediment taşınım debisini hesaplamak için pek çok yöntem önerilmektedir. Bunların genel şekli,

$$Q = K.P_{1s} \quad (4.24)$$

Şeklindedir. Burada,

$K$  : Bir katsayı

$P_{1s}$  : Kıyı boyu enerji akışı faktörüdür.

$P_{1s}$ 'nin hesabı için, Kıyı Koruma El Kitabı (Shore Protection Manual)'nda (20), 4 eşitlik verilmektedir. Burada, Hanson ve Kraus (23,25,26) tarafından önerilen eşitlik kullanılacaktır. Bu eşitlik, kıyı yapılarının da bulunduğu yörelerde de uygulanabilen genel bir denklemdir.

$$Q = (H^2 C_g)_b [a_1 \sin(2\alpha_b) - a_2 \cos(\alpha_b) \frac{\partial H}{\partial x}]_b \quad (4.25)$$

Burada;

H : Dalga yüksekliği,

$C_g$  : Lineer dalga teorisince verilen dalga grup hızı,

$$C_g = (g/\gamma)^{0.5} H_b^{0.5} = 3.132(H/\gamma)^{0.5} \quad (4.26)$$

$\gamma$  : Kırılma indisi

$\alpha$  : Dalga diki ile kıyı çizgisi arasındaki açı (dalga açısı),

b : Kırılma noktasını gösteren bir indistir.

$$a_1 = \frac{K_1}{16(\rho_s/\rho - 1)(1-P)\tan\beta(1.416)^{2.5}} \quad (4.27)$$

ve

$$a_2 = \frac{K_2}{8(\rho_s/\rho - 1)(1-P)\tan\beta(1.416)^{2.5}} \quad (4.28)$$

Burada,

$K_1$  ve  $K_2$  : Ampirik kalibrasyon katsayıları

$\rho_s$  ve  $\rho$  : Sırasıyla, kumun ve suyun özgül ağırlıkları

$$(\rho_s = 2.65t/m^3, \rho = 1.025t/m^3)$$



P : Kumun porozitesi (P=0.4)

$\tan\beta$  : Kıyı çizgisinden h' derinliğine kadar ortalama taban eğimi

Yukarıdaki değerler yerlerine yazılırsa,

$$a_1 = K_1/36.32 \quad (4.29)$$

ve

$$a_2 = K_2/18.16 \quad (4.30)$$

elde edilir.

4.25 eşitliğinin birinci terimi, kıyıya eğik gelen dalgalar nedeniyle oluşan kıyı boyu sediment taşınımını, ikinci terimi ise kırılma noktasındaki dalga yüksekliği gradyantının ( $\partial H_b / \partial x$ ) neden olduğu taşınımı ifade etmektedir. Denkleme geçen  $K_1$  ve  $K_2$  katsayıları, model kalibrasyonu amacıyla kullanılır. Deneysel çalışmalarda,  $K_1$ 'in 0.58 - 0.77 arasında,  $K_2$ 'nin ise  $0.5K_1 - K_1$  arasında değiştiği belirlenmiştir (23).

4.25, 4.26, 4.29 ve 4.30 nolu eşitliklerden ve

$$\frac{\partial H_b}{\partial x} = \frac{(H_i - H_{i-1})_b}{\Delta x} \quad (4.31)$$

eşitliğinden ve 4.6 eşitliğinden, i dilimi için kıyı boyu taşınım debisi,

$$Q_i = (H_i^{2.0} * h_i^{0.5})_b \left( \frac{K_1}{11.6} \sin 2\alpha_i - \frac{K_2}{5.80} \cos \alpha_i \frac{H_i - H_{i-1}}{\Delta x \tan \beta_i} \right)_b \quad (4.32)$$

olarak elde edilir.

#### 4.3.2.2 Kırılma Noktasındaki Dalga Parametreleri

4.32 eşitliğinde, bir  $i$  diliminin  $Q_i$  debisini hesaplamak için, kırılma noktasındaki dalga yüksekliğinin ( $H_b$ ) ve dalga açısının ( $\alpha_b$ ) bilinmesi gerekir. Bu parametrelerin hesaplanabilmeleri için, dalgaların kırılma noktasındaki su derinliğinin ( $h_b$ ) belirlenmesi gerekir. Bilindiği gibi, derin denizde oluşan dalgalar, kırılma noktasına ulaşıncaya kadar, sapma, sığlaşma ve kırınım etkileriyle değişime uğrarlar. Bu değişiklikler sonucu oluşan dalga yüksekliği,

$$H_b = K_S \cdot K_R \cdot K_D \cdot H_0 \quad (4.33)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Burada,

$K_S, K_R, K_D$  : Sırasıyla, sığlaşma sapma ve kırınım katsayıları

$H_0$  : Derin denizdeki dalga yüksekliğidir.

Bu katsayıların hepsi de kırılma derinliğinin bir fonksiyonudur; bu nedenle  $h_b$  değerinin belirlenmesi gerekir. Derin denizdeki  $H_0$  ve  $T$  değerleri bilindiğine göre, kırılma noktasındaki dalga parametreleri şu işlem sırasıyla belirlenir:

1.  $\gamma$  değeri hesaplanır.

$$\gamma = b - aH_0/L_0 \quad (4.34)$$

$$a = 5[1 - \exp(-43 \tan \beta)] \quad (4.35)$$

$$b = 1.12/[1 + \exp(-60 \tan \beta)] \quad (4.36)$$

2. Bir  $h_b$  değeri tahmin edilir.

3.  $H_b = \gamma h_b$  değeri hesaplanır.

4.  $h_b/L_0$  hesaplanarak abaklar yardımıyla  $K_S$  katsayısı bulunur.

5. Derin deniz sınırından itibaren sapma diyagramları çizilerek  $h_b$  derinliğindeki dalga açısı ( $\alpha_1$ ) bulunur.

$$6. K_R = (\cos\alpha_0 / \cos\alpha_1)^{0.5} \quad (4.37)$$

eşitliğiyle sapma katsayısı bulunur. Burada,

$\alpha_0$  : Derin denizdeki dalga açısıdır.

7. Kırınım diyagramları yardımıyla  $K_D$  katsayısı bulunur.

8.  $H_b = K_S K_D K_R H_0$  değeri, 3.adımda hesaplanan  $H_b$  değerine eşit veya yeterince yakın ise bu değer alınır; aksi halde, bu yaklaşım sağlanana kadar 2-8. adımlar tekrarlanır.

9.  $H_b$  belirlendikten sonra, bu noktadaki  $\alpha_b$  açısı, sapma ve kırınım diyagramlarından okunur.

Dayananda ve Gerritsen'in, kıyı çizgisi değişimini hesaplamak için önerdikleri yöntem de oldukça pratiktir ve Bilgisayar Programlamasına elverişlidir. Bu yöntem, Sri Lanka'daki Beruwala Limanına uygulanmış ve çok iyi sonuç vermiştir (27).

Price, Tomlinson ve Willis'in geliştirdikleri sayısal yöntemle de, kıyı çizgisi değişimleri kolaylıkla hesaplanabilmektedir (28).

Borah ve Ballofet, Alaska'daki bir açık deniz terminaliyle kıyı arasındaki geçitin yapımının neden olduğu kıyı çizgisi değişimlerini tahmin etmek için bir sayısal model geliştirmişlerdir (29).

#### 4.3.2.3 Kıyı Çizgisi Denkleminin Yorumu

4-32 eşitliği, herhangi iki  $i-1$  ve  $i$  dilimleri arasında yazılır ve bu değer 4-23 eşitliğinde yerine konursa, kıyı çizgisinde bir  $\Delta t$  süresince oluşan değişim şu eşitlikle hesaplanır:

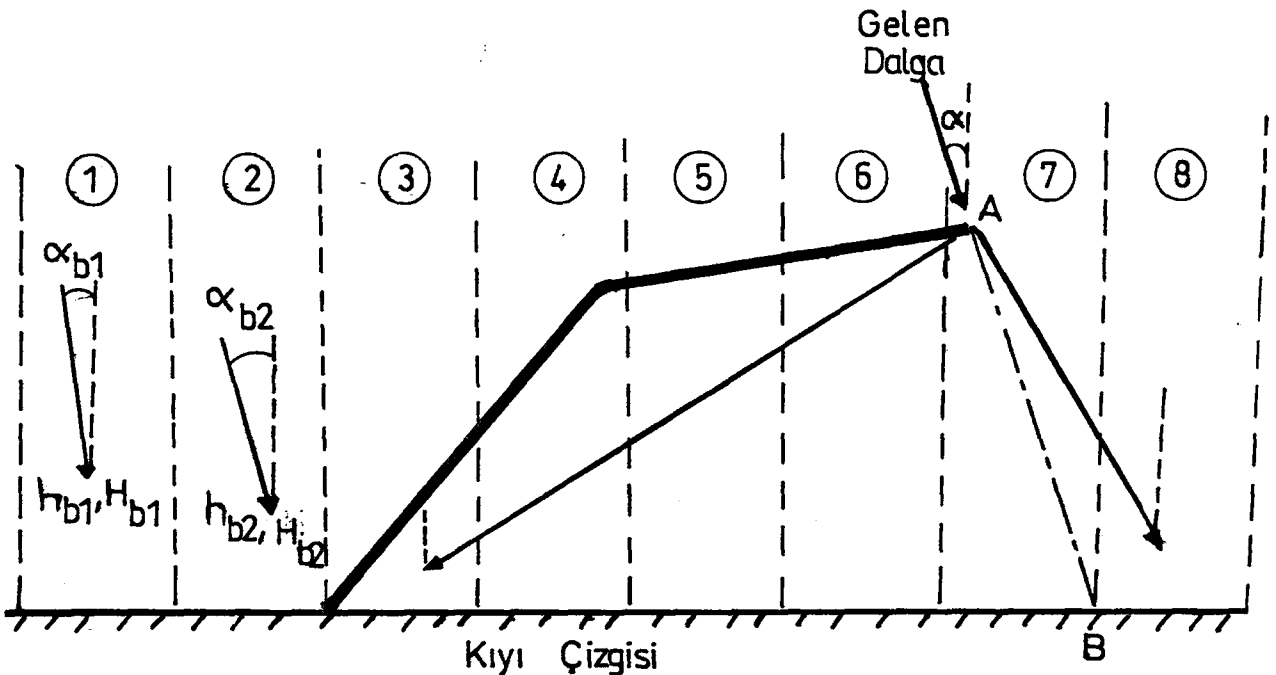
$$y_i = y_i^{n+1} - y_i^n =$$

$$= \frac{t}{h' \times} \left[ (H_{i-1})^{2.0} * h_{i-1}^{0.5} \left( \frac{K_1}{11.6} \sin 2\alpha_{i-1} - \frac{K_2}{5.80} \cos \alpha_{i-1} \frac{H_{i-1} - H_{i-2}}{\Delta x \tan \beta_{i-1}} \right) b \right. \\ \left. - (H_i)^{2.0} * h_i^{0.5} \left( \frac{K_1}{11.6} \sin 2\alpha_i - \frac{K_2}{5.80} \cos \alpha_i \frac{H_i - H_{i-1}}{\Delta x \tan \beta_i} \right) b \right] \quad (4.38)$$

Görüldüğü gibi, kıyı çizgisi değişimini etkileyen parametreler,  $H_b$ ,  $\alpha_b$  ve  $\tan \beta$ 'dir. incelenecek bölgenin dilim aralıkları küçük seçilirse, komşu  $i-1$  ve  $i$  dilimleri arasındaki taban eğimleri birbirine çok yakın olacağından,

$$\tan \beta_{i-1} = \tan \beta_i$$

alınabilir. O halde, etkin parametreler olarak yalnız  $H_b$  ve  $\alpha_b$  kalmaktadır. Bu parametrelerin değişiminin bir barınak civarındaki kıyı çizgisi değişimini nasıl etkilediğini inceleyelim:



Sekil 4.2 Kıyı Çizgisi Dilimleri

Şekil 4.2'de, 1. ve 2. dilimlerdeki  $H_b$  ve  $\alpha_b$  değerleri birbirine yakındır. Çünkü dalga yüksekliği ve yönünde ani bir değişikliğe neden olacak bir durum yoktur. Taban eşderinlik eğrilerindeki küçük bir değişikliğin etkisi oldukça azdır. Bu nedenle, bu iki bölge arasındaki kıyı değişimi küçük olur. 3. dilimde ise durum çok farklıdır. Ana mendirek müzvarından (A) içeri giren dalganın yüksekliği, kırınım nedeniyle çok küçülecek ve yönü de değişecektir. 2. dilimdeki dalga açısı pozitif olduğu halde, 3. dilimdeki açı negatiftir. Bu da 4.38 eşitliğindeki  $(\sin 2\alpha_b)$  teriminde önemli bir değişikliğe neden olacaktır. O halde, hem  $H_b$ , hem de  $\alpha_b$  değiştiğinden, 2. ve 3. dilimler arasında önemli bir kıyı değişimi olacaktır. Havza içindeki 3,4,5,6 ve 7. dilimlerdeki dalga yükseklikleri ve yönleri de birbirinden az-çok farklıdır. Fakat bu fark, havza dışındaki dilimlerdeki orana daha azdır. Havza içindeki dalga yüksekliği farkının asıl nedeni, çeşitli dilimlerdeki kırınım katsayıları arasındaki farktır. Bu nedenle, havza içinde de küçük kıyı değişimleri olur. A noktasından itibaren, dalga geliş yönünün kıyıya doğru uzatılmasıyla B noktası bulunur. AB çizgisinin dış kısmında kırınımın etkisi azalır; (AB üzerinde kırınım katsayısı 0.70-0.75 arasındadır) (23). Bu nedenle, 7. ve 8. dilimler arasındaki  $H_b$  ve  $\alpha_b$  değerleri arasında önemli farklar oluşur; bu da bu iki dilim arasında büyük bir kıyı değişimine neden olur. 8. ve 9. dilimler ve izleyen dilimler arasındaki  $H_b$  ve  $\alpha_b$  değerleri arasında önemli bir değişiklik olmayacağından, kıyı çizgilerinde büyük değişiklikler olmaz.

Yukarıdaki düşünceler dikkate alınarak, bir kıyı yapısının etrafında ne tür kıyı değişiklikleri olabileceği konusunda genel bir fikir edinilebilir. Özellikle, bir yapının kıyıya etkisini inceleyebilmek için, o kıyı yöresinin dalga verilerine, topoğrafyasına ve yapının şekli ve büyüklüğüne bağlı olarak, daha önce verilen eşitlikler yardımıyla kesin sayısal çözümler yapılabilir. Bu amaçla geliştirilen bilgisayar programları yardımıyla çok kısa sürede sonuç elde edilebilir (22,24). Bu amaçla geliştirilen bir programın uygulamaları Bölüm 7 ve EK B'de verilmiştir.

## BÖLÜM 5

### MODEL ÇALIŞMALARI

#### 5.1 Giriş

Balıkçı barınakları havzalarının dolması sorununun matematiksel tekniklerle incelenmesi, çoğu kez kesin sonuç vermez. Bu yöntemle, kıyı çizgisi değişimi sonlu farklarla modellenenmektedir. Böylece, belli dalga şartları altında barınak havzası ve civarında en az kıyı değişimine yol açan barınak tipi belirlenebilir. Ancak, havzadaki sığlaşma her zaman kıyı çizgisinde bir değişiklik oluşturmayabilir. Çünkü, bir noktada kıyı çizgisi değişimi olabilmesi için, o noktanın tamamen sedimentle dolması gerekir. Havzanın taban eşderinlik çizgilerindeki değişimleri hesaplayan yeni yöntemler gereklidir. Literatürde bu tür yöntemlerle karşılaşılmamasına rağmen (30), bunların uygulamaları yaygınlaşmamış ve güvenilirlikleri test edilmemiştir.

Çeşitli kıyı problemlerinin laboratuvar model çalışmalarıyla (fiziksel modelleme) incelenmesi, tüm dünyada yaygın olarak uygulanan bir tekniktir. Modelleme, bazı hataları beraberinde taşımasına karşın, pek çok problemin çözümünde başarıyla uygulanmaktadır (1,6,8,11,31).

Bu bölümde, Doğu Karadeniz Balıkçı Barınakları havzalarının sedimentle dolması sorununun model çalışmaları amacıyla K.T.Ü. Mühendislik - Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı Model Havuzu'nda yapılmış olan deneysel çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

## 5.2 ön Çalışmalar

Modellemeyle ilgili olarak yapılan literatür çalışmalarından şu sonuçlar çıkarılmıştır:

Model çalışmalarıyla, prototipteki olaylar belli bir ölçekte küçültüldüğünden, elde edilecek sonuçlar, gerçek değerlerden farklı olacaktır. Bu farkları en aza indirmek için, model ölçeğini küçük seçmek gerekecektir. Ancak bu ölçek, laboratuvarın fiziksel olanaklarıyla sınırlıdır. Genel olarak, 1/50 - 1/150 arasındaki ölçeklerin uygun olacağı görüşü hakimdir. Modelde yapılacak çok küçük bir hata, ölçekle orantılı olarak büyüyeceğinden, modeli kurarken ve çalıştırırken dikkatli davranılmalıdır.

Model çalışmalarına temel olacak verileri elde etmek amacıyla, çeşitli gözlemlerin yapılması gereklidir. Kıyıdaki sediment hareketinin en önemli parametrelerinden biri, akarsuların getireceği katı madde miktarıdır. Bu miktarı hesaplayabilmek için en iyi yöntem, akarsularda sediment ölçümlerinin sık aralıklarla yapılmasıdır. Ancak, akarsuların taşıdıkları sediment miktarını modellemeye dahil etmek oldukça güçtür. Çünkü, hem her bir barınağa sediment taşıyan akarsuyun sediment debisi ve hem de akarsuyun barınağa uzaklığı diğerlerinden çok farklıdır. Bu nedenle, bu parametreyi dikkate almada önemli hataların yapılması muhtemeldir.

Bölgede deniz dalgası yüksekliklerini ve periyodlarını kaydeden istasyonlar bulunmamaktadır. Bu nedenle, proje dalgasına ilişkin parametreleri, kaydedilen rüzgâr hızları yardımıyla tahmin etmek gerekir. Bölgedeki çeşitli yörelerin değişik yönlerdeki belirgin dalga yükseklik ve periyod değerleri, SMB yöntemiyle hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu, bölgenin hakim dalga yönlerinin NNW, NW ve N olduğu belirlenmiştir. Elde edilen dalga değerleri model çalışmalarında kullanılmıştır. Söz konusu değerler, 3. bölümde açıklanmıştır.

Hidrolik ve hidrolojik analizlerden başka, kıyıdaki mevcut durumu ortaya çıkarmak için arazi çalışmaları yapılmıştır. Mevcut balıkçı barınaklarının büyüklükleri,

konumları, bu barınakların havzalarındaki ve civarlarındaki kıyıların kum hareketleri, çeşitli yönlerdeki, değişik yükseklik ve periyodlardaki dalgaların bu yapılar civarındaki değişimleri incelenmiştir.

Bölge kıyılarındaki çeşitli noktalardan ve çeşitli derinliklerden taban malzemeleri alınıp laboratuvarında incelenmiş ve malzeme özelliklerinin bir yöreden diğerine çok fazla değişmediği belirlenmiştir. Taban malzemesinin, ortalama çapı 0.33 mm. ve özgül ağırlığı  $2.65 \text{ t/m}^3$  olan kumdan oluştuğu anlaşılmış ve model çalışmalarında bu değerler göz önüne alınmıştır.

Barınak yakınlarındaki taban topoğrafyası, -50 m. eşderinlik çizgisine kadar incelenmiş ve ortalama kıyı eğimi 1/30 olarak hesaplanıp modele uygulanmıştır.

### 5.3 Modelin Kurulması

#### 5.3.1 Model Ölçeğinin Seçimi

Prototipte mevcut bir problemi laboratuvarında incelemek için çeşitli büyüklüklerin (uzunluk, kuvvet, zaman v.b.) belli ölçeklerde küçültülmesi gerekir. Bu çalışmada kullanılan havuzun uzunluğu 30 m., genişliği 12 m. ve derinliği 1.20 m.'dir. incelenecek olan balıkçı barınakları ortalama olarak 500\*700 metrelik bir alanı kaplamaktadır. Bu nedenle, uzunluk model ölçeği 1/100 olarak seçilmiştir. Bu ölçeğe göre diğer parametrelerin ölçeklerinin nasıl hesaplanacağı konusunda pek çok araştırma yapılmıştır (1,31,32,33,34,35). Araştırmalar, distorsiyonsuz modelle çalışmanın daha iyi sonuç vereceğini ortaya koymuştur (31,36). Taban malzemesi çapının model ölçeğinin seçiminde bazı güçlüklerle karşılaşmıştır. Prototipteki malzemelerin ortalama dane çapı 0.33 mm.'dir. Bu malzemeyi laboratuvarında temsil edecek malzemenin ortalama çapı 0.15 mm. olmalıdır. Ancak bu kadar ince çaplı malzeme elde edilemediğinden, daha iri malzeme (ortalama dane çapı 0.18 mm) kullanılmıştır. Dalga yüksekliği uzunluk boyutunda olduğundan, ölçeği 1/100,

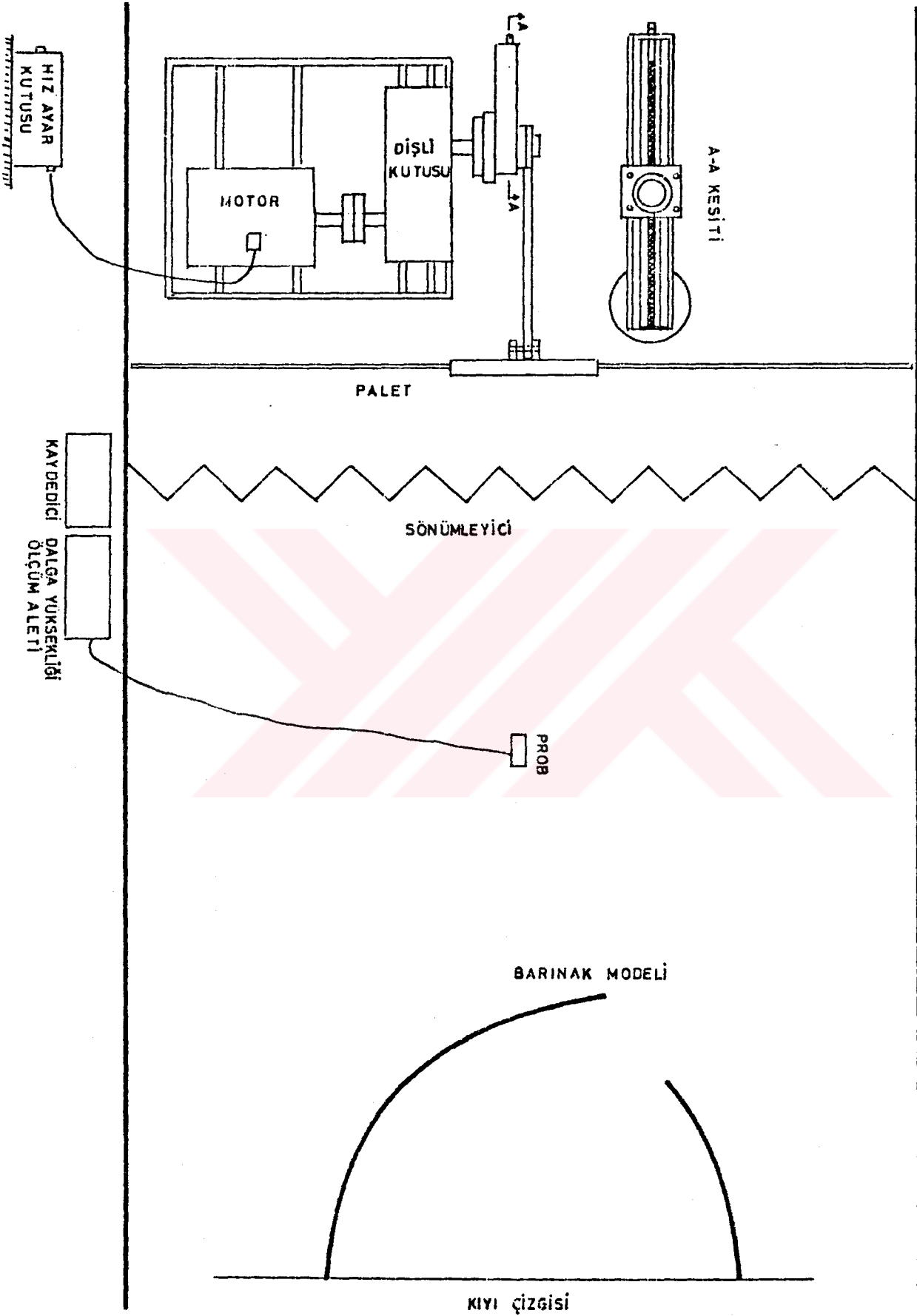


zaman ölçeği de, uzunluk ölçeğinin karekökü olduğundan 1/10 olarak hesaplanmıştır.

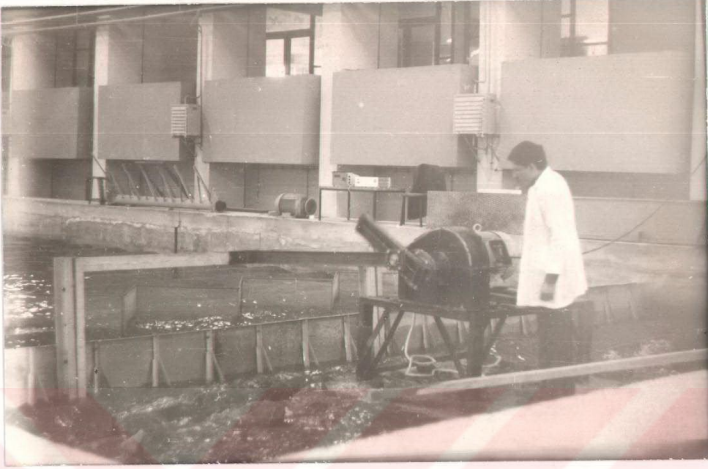
### 5.3.2 Model Havuzu Donanımı

Model havuzunda kurulan dalga üretim ve ölçüm sisteminde kullanılan elektronik aletler, dalga üreten motor - palet sistemi, dalga periyodunu ayarlayan hız kontrol ünitesi ve dalga yüksekliğini ölçen ve kaydeden sistemden ibarettir (Şekil 5.1).

Kullanılan elektrikli motorun gücü 23 Hp ve dönüş hızı 970 devir/dakika'dır. Ancak bu devir hızı, hız kontrol ünitesi yardımıyla azaltılıp çoğaltılarak istenilen periyotta dalga üretilebilir. Motorun flanşına mafsallı olarak bağlanan bir kol, palete bağlıdır. Kola bağlı palet, tabana mafsallıdır ve motorun her dönüşünde palet ileri - geri bir tur yaparak suya dalga hareketi verir. Motorun flanşına bağlı bir kol üzerinde oluşturulan vidalı bir sistem yardımıyla paletin öne ve arkaya doğru yatış açısı ayarlanabilir (Fotoğraf 5.1). Bu açı ne kadar büyükse, oluşturulan dalgalar da o kadar yüksek olur. Böylece, üretilen dalgaların yükseklik ve periyodları ayarlanabilmektedir. Dalga periyodunu ölçmek için bir kronometre, yüksekliğini ölçmek için de, bu amaçla geliştirilen bir elektronik cihaz kullanılmıştır (Fotoğraf 5.2). Bu cihazın çalışma ilkesi şöyledir : iki elektrot uç havuza daldırılır; sisteme sabit bir akım ( $I=12$  Amper) verilir; dalga nedeniyle elektrot uçların üzerindeki su seviyeleri değiştikçe, direnç (R) ve dolayısıyla gerilim farkı (V) değişir ( $V=R*I$ ). Bu gerilim farkları bir voltmetre ile kaydedilip, kaydediciye (recorder) gönderilir. Kaydedici de dalga yüksekliği değerlerini bir kâğıda kaydeder. Bu sistemle, 1-16cm. yüksekliğindeki dalgalar hassas bir şekilde ölçülebilir.



Şekil 5.1 Model Havuzu Donanımı



Fotoğraf 5.1 Dalga Üreteç Motoru



Fotoğraf 5.2 Dalga Yüksekliği Ölçümü

#### 5.4 Yapılan Deneyle

Yukarıda açıklanan ön çalışmalar sonucu, model havuzu, bir model çalışması yapılabilecek duruma getirilmiştir. Prototipte ölçülen çeşitli kıyı profillerini temsil edebilecek bir kıyı oluşturulmuştur. Taban malzemesi olarak seçilen kum, yaklaşık 10 cm kalınlığında serilmiştir. Beton tabanı oluşturulurken ve kum serilirken, taban eşderinlik eğrilerinin kıyıya paralel olmasına dikkat edilmiştir. Çeşitli büyüklük ve konumdaki barınakların ana ve tali mendireklerini oluşturmak amacıyla, 50\*25\*19 cm boyutlarında dikdörtgen prizma şeklindeki Ytong taşları kullanılmıştır. Taşların birleşme yerlerinden ve tabana oturan kısımlarından kum geçmesini önlemek için sünger parçaları kullanılmıştır. Bu taşların yanyana dizilmesiyle, istenilen türde ana ve tali mendirekler oluşturulmuştur (Fotoğraf 5.3). Barınakların çevresindeki kum hareketlerini ölçmek için barınak çevresinde, çeşitli noktalarda, dalga verilmeden önce ve sonraki kum derinlikleri ölçülmüş ve aradaki fark belirlenerek her bir noktadaki dolma miktarı hesaplanmıştır. Bu amaçla, barınak havzasında ve çevresinde 50'şer cm aralıklarla, kıyı çizgisi doğrultusunda (x) 16, kıyı çizgisine dik doğrultuda (y) da 8 olmak üzere toplam 16\*8=128 noktadan oluşan derinlik ölçüm ağı kurulmuştur (Şekil 5.2).

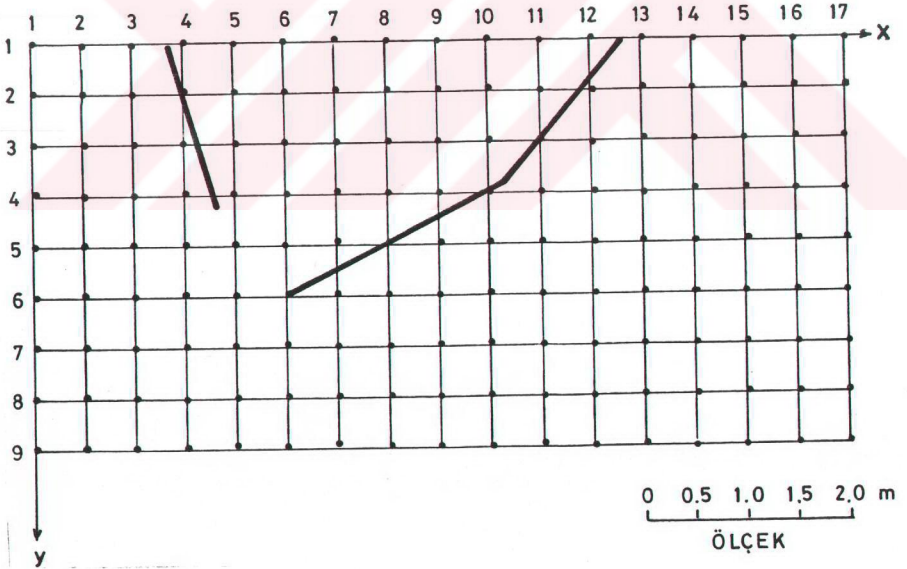
Deneyle başlamadan önce, kum tabakası düzgün bir şekilde serilmiş ve bir derinlik kumpasıyla her bir noktadaki kum yüksekliği ( $h_1$ ) ölçülmüştür. Motor çalıştırılarak, sisteme, daha önce belirlenen yükseklik ve periyotta dalga verilmiştir (Fotoğraf 5.4). Bir deneyin süresi, büyük ölçüde dalga yüksekliğine bağlıdır. Çok yüksek dalgaların oluşturulması durumunda, 1-1.5 saatte gözle görülen bir kum hareketi oluşmasına karşın, küçük dalgalarda bu süre 4-5 saate kadar çıkmaktadır. Laboratuvar şartlarında 5-10 cm arasındaki dalgalarla (prototipte 5-10 m) çalışılmış ve deney süresi olarak 4 saatin (prototipte 40 saat) yeterli olduğu belirlenmiştir. Daha uzun süreli deney halinde, havza içindeki kum hareketinde önemli bir değişiklik olmadığı

gözlenmiştir. Bu durum, kum hareketi bakımından sistemin bir kararlılık (denge) haline gelmesi olarak yorumlanmıştır. Deneysel süresinin bitiminden sonra yine tüm noktadaki kum yükseklikleri ( $h_2$ ) ölçülmüş ve dolma miktarı

$$\Delta h = h_2 - h_1 \quad (5.1)$$

eşitliğiyle hesaplanmıştır.

Deneysel tamamlanmasından sonra, deney sahasındaki kum tekrar yayılarak düzgün bir yüzey elde edilmiş ve bir sonraki deneye geçilmiştir.



Şekil 5.2 Derinlik ölçümleri Aşısı



Fotoğraf 5.3 Ytong Taşlarının Dizilmesiyle  
Mendirek Yapılması



Fotoğraf 5.4 Havuzda Oluşan Dalgalar

Yukarıda anlatılan deneyler, kıyıya dik ( $\alpha=0^\circ$ ) ve kıyıyla  $64^\circ$  açı yapan ( $\alpha=26^\circ$ ) yönlerdeki dalgalar için tekrarlanmıştır. Her iki yön için de deney programı şu şekilde yürütülmüştür:

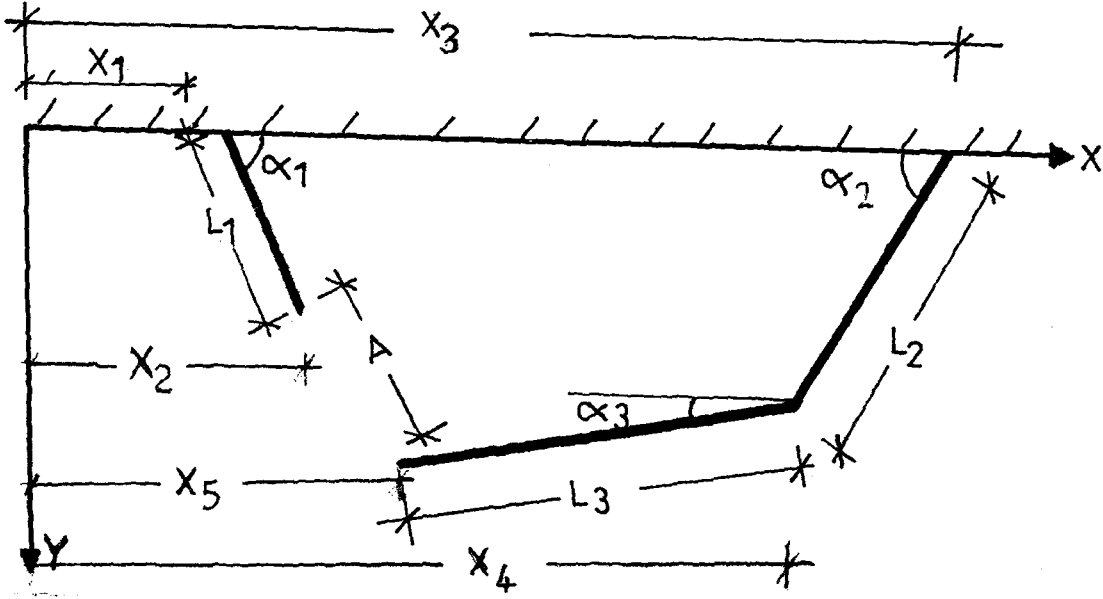
İlk olarak, belirli bir ana ve tali mendirek ve dalga parametreleri seçilerek deney yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir. Daha sonra, ya mendirek ya da dalga parametrelerinde değişiklik yapılarak deneylere devam edilmiştir.

Göz önüne alınan mendirek parametreleri şunlardır:

1. Tali mendireğin başlangıç kısmının apsisi ( $x_1$ )
2. Tali mendireğin kıyıyla yaptığı açı ( $\alpha_1$ )
3. Tali mendireğin uzunluğu ( $L_1$ )
4. Tali mendirek müzvarının apsisi ( $x_2$ )
5. Ana mendireğin başlangıç kısmının apsisi ( $x_3$ )
6. Ana mendireğin birinci kısmının kıyıyla yaptığı açı ( $\alpha_2$ )
7. Ana mendireğin birinci kısmının uzunluğu ( $L_2$ )
8. Ana mendireğin birinci kısmının ucunun apsisi ( $x_4$ )
9. Ana mendireğin ikinci kısmının kıyıyla yaptığı açı ( $\alpha_3$ )
10. Ana mendireğin ikinci kısmının uzunluğu ( $L_3$ )
11. Ana mendireğin ikinci kısmının ucunun apsisi ( $x_5$ )
12. Ana ve tali mendirekler arasındaki giriş ağız genişliği ( $A$ )
13. Ana ve tali mendirekler arasındaki giriş ağız ortalama derinliği ( $d_{ort}$ )

Dalga parametreleri ise şunlardır:

1. Dalga yüksekliği ( $H$ )
2. Dalga periyodu ( $T$ )



Şekil 5.3 Mendirek Parametreleri

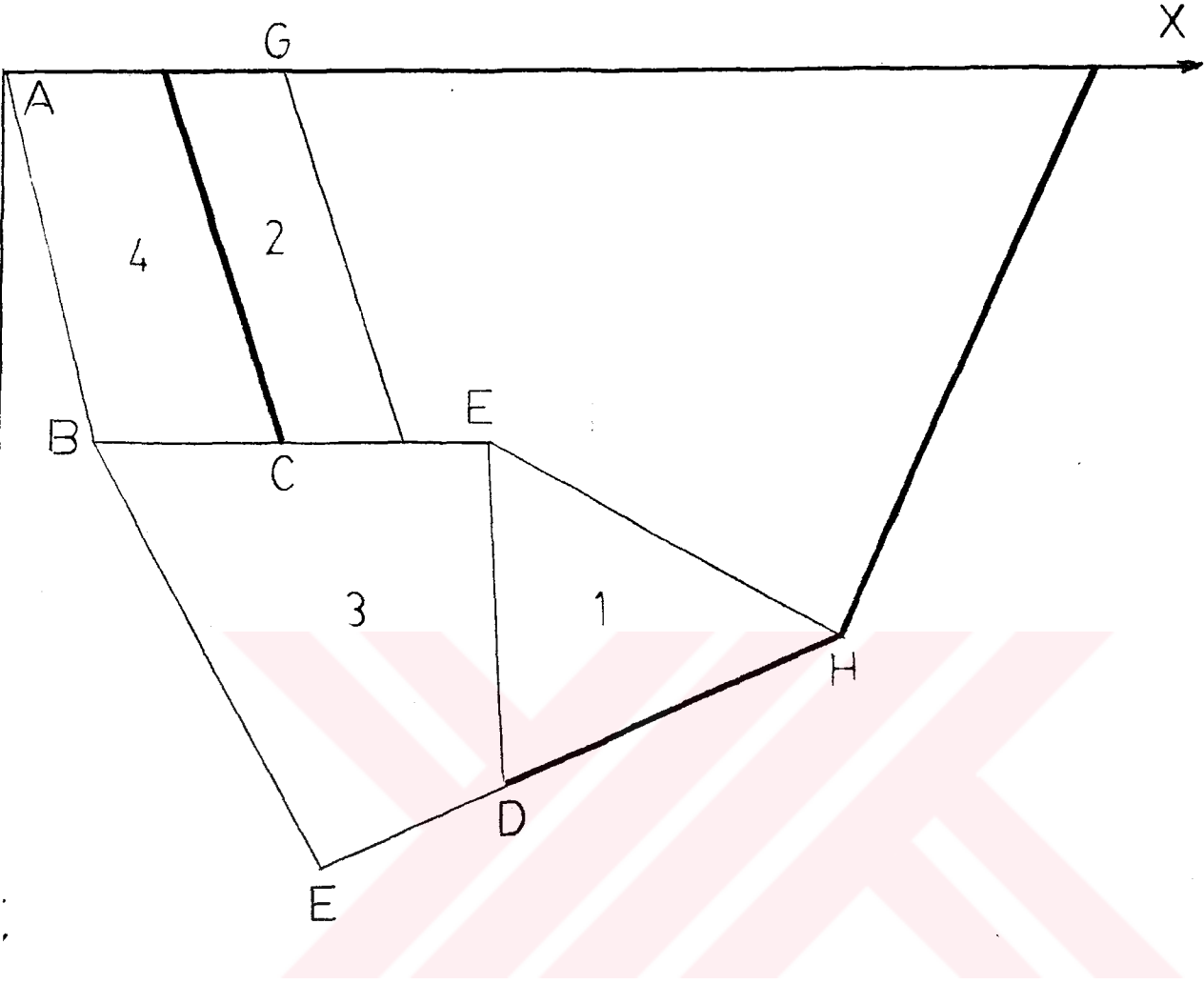
Deney süresi sonunda ölçüm yapılan noktalardan elde edilen dolma miktarı değerleri, dört ayrı bölge halinde gruplandırılarak değerlendirilmiştir:

- (1) Ana mendirek içi
- (2) Tali mendirek içi
- (3) Havza girişi
- (4) Tali mendirek arkası (mansabı).

Her bir bölge içindeki noktasal dolma miktarı ölçümlerinden yararlanarak, bölgelerin dolma miktarları ( $D_i$ ,  $i=1,2,3,4$ ) hesaplanmıştır.

İlk olarak, her bir bölgenin sınırları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:





Şekil 5.4 ölçüm Yapılan Noktaların Bölge Grupları

$x_1 > 1$  m ise, tali mendireğin başlangıcından itibaren 1 m, aksi halde başlangıç noktasından (O) başlayarak tali mendireğe paralel çizilip tali mendirek müzvarı hizasına kadar uzatılmış (AB), B'den x eksenine paralel çizilerek mendirek müzvarına varılmıştır (BC) ve 4. bölgenin sınırları belirlenmiştir. B'den giriş ağızına (CD) paralel bir doğru parçası uzatılıp ana mendireğin uzantısıyla kestirilerek E noktası elde edilmiştir. D'den düşey, C'den yatay doğrular çizilip kestirilerek F noktası, F'den tali mendireğe paralel

çizilip x ekseni kestirilerek  $\theta$  noktası, F'den x eksenine paralel uzatılıp ana mendirek kestirilerek de H noktası bulunmuştur. Bu şekilde oluşturulan çokgenlerle 1.,2.,3. ve 4. bölgelerin sınırları belirlenmiştir.

Her bir bölgenin sınırı, yukarıdaki ilkelere göre belirlenmesine karşın, barınak geometrisine bağlı olarak az çok değişiklik göstermektedir.

Her bir bölgenin ortalama dolma miktarı ( $D_i$ ), o bölgedeki tüm ölçüm noktalarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Deney yapılan toplam 21 değişik geometrinin her biri için yalnızca bir dalga değeri dikkate alınarak çizilen, 'dolma miktarı / kırılma anındaki dalga yüksekliği' konturları (eş yükseklik eğrileri) ile her bir bölgenin sınırları EK A'da verilmiştir.

$\alpha=0^\circ$  için 11,  $\alpha=26^\circ$  için 36 deney yapılmıştır. Bu deneylerle ilgili mendirek ve dalga parametreleri ile toplam deney süreleri (t), Tablo 5.1 ve 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.1  $\alpha=0^\circ$  için Dalga ve Mendirek Parametreleri

D. No	$x_1$ (m)	$\alpha_1$	$L_1$ (m)	$x_2$ (m)	$x_3$ (m)	$\alpha_2$	$L_2$ (m)	$\alpha_3$	$L_3$ (m)	$x_4$ (m)	$x_5$ (m)	B (m)	H (cm)	T (s)	$h_{ort}$ (cm)	t (dk)
1	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	5	0.8	5	120
2	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	5	0.8	5	240
3	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	10	0.8	5	240
4	1.1	60	1.5	1.9	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.1	10	0.8	6	240
5	1.5	60	1.5	2.3	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.1	10	1.0	6	240
6	0.5	72	1.0	0.8	5.5	45	2.8	0	1.8	3.5	1.7	1.3	10	1.0	6	240
7	1.5	70	0.8	1.8	5.5	45	2.8	0	1.8	3.5	1.7	1.3	10	1.0	6	240
8	2.0	70	1.0	2.3	5.5	45	2.8	0	1.8	3.5	1.7	1.3	10	1.0	6	240
9	1.0	90	1.1	1.0	4.5	90	2.0	0	3.0	4.5	1.5	1.0	10	1.0	6	240
10	1.5	90	1.0	1.5	4.5	90	2.0	0	3.0	4.5	1.5	1.0	10	1.0	6	240
11	2.0	90	1.1	2.0	4.5	90	2.0	0	3.0	4.5	1.5	1.0	10	1.0	6	240

Tablo 5.2  $\alpha=26^\circ$  için Dalga ve Mendirek Parametreleri

D. No	$x_1$ (m)	$\alpha_1$	$L_1$ (m)	$x_2$ (m)	$x_3$ (m)	$\alpha_2$	$L_2$ (m)	$\alpha_3$	$L_3$ (m)	$x_4$ (m)	$x_5$ (m)	B (m)	H (cm)	T (s)	$h_{ort}$ (cm)	t (dk)
1	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	3	0.7	5	120
2	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	3	0.7	5	240
3	1.1	60	1.5	1.9	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.1	3	0.7	6	120
4	1.1	60	1.5	1.9	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.1	3	0.7	6	240
5	1.1	60	1.5	1.9	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.1	3	0.7	6	300
6	1.1	60	2.0	2.1	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	0.6	3	0.7	8	120
7	1.1	60	2.0	2.1	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	0.6	3	0.7	8	240
8	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	4	0.8	5	240
9	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	4	1.1	5	240
10	1.1	60	1.5	1.9	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.1	4	0.8	6	240
11	1.1	60	1.3	1.8	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.1	4	1.1	6	240
12	1.1	60	2.0	2.1	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	0.6	4	0.8	8	240
13	1.1	60	2.0	2.1	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	0.6	4	1.1	8	240
14	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	6	0.8	5	240
15	1.1	60	1.0	1.6	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	6	1.2	5	240
16	0.5	60	1.8	1.4	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.0	6	0.8	7	240
17	0.5	60	1.8	1.4	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.0	6	1.2	7	240
18	1.3	60	1.4	2.0	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.0	6	0.8	7	240
19	1.3	60	1.4	2.0	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.0	6	1.2	7	240
20	2.0	60	1.5	2.8	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.0	6	0.8	7	240
21	2.0	60	1.5	2.8	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.0	6	1.2	7	240
22	0.4	60	1.4	1.1	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	6	0.8	7	240
23	0.4	60	1.4	1.1	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	8	0.8	7	240
24	0.4	60	1.4	1.1	4.7	60	2.0	20	1.5	3.7	2.3	1.5	10	0.8	7	240
25	-	-	-	-	4.7	60	2.0	26	2.0	3.7	1.9	2.7	5	0.8	4	240
26	-	-	-	-	4.7	60	2.0	10	2.0	3.7	1.8	1.8	5	0.8	3	240
27	1.5	70	1.5	2.0	5.0	73	2.0	20	2.0	4.4	2.5	1.2	5	0.8	7	240
28	1.5	70	1.5	2.0	5.0	73	2.0	20	2.7	4.4	1.9	1.2	5	0.8	8	240
29	1.5	70	1.5	2.0	5.0	73	2.0	20	3.3	4.4	1.3	1.5	5	0.8	8	240
30	1.5	70	1.5	2.0	5.0	73	2.0	20	4.0	4.4	0.7	2.0	5	0.8	8	240
31	0.4	65	1.8	1.2	4.5	63	1.7	26	2.0	3.7	1.9	1.0	5	0.8	7	240
32	0.4	65	1.3	1.0	4.5	63	1.7	10	2.1	3.7	1.7	1.0	5	0.8	7	240
33	0.4	65	1.7	1.1	4.5	63	2.3	26	2.1	3.5	1.6	1.5	6	1.2	7	240
34	0.4	65	1.3	1.0	4.5	63	2.3	10	2.3	3.5	1.2	1.5	6	1.2	7	240
35	0.4	65	1.3	1.0	3.5	90	2.0	14	2.1	3.5	1.5	1.5	5	0.8	7	240
36	0.4	65	1.3	1.0	5.5	45	2.8	14	2.1	4.1	2.1	1.5	5	0.8	7	240

## BÖLÜM 6

### DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, 5. bölümde açıklanan deney düzeneği ile yapılan sedimentasyon deneylerinden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, deneyler kıyıya dik gelen dalgalar ve kıyıyla  $64^\circ$  açı yapan dalgalar olmak üzere iki temel grupta yapılmıştır.  $\alpha=0^\circ$  hali, pratikte pek karşılaşılan bir durum olmadığından, bu grupta sadece 11 deney yapılmıştır. Pratikte en çok karşılaşılan durum eğik dalga durumu olduğundan, bu dalgaları temsil eden  $\alpha=26^\circ$  dalga grubundan 36 deney yapılmış ve elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak sunulmuştur.

#### 6.1 Kıyıya Dik Gelen Dalga Durumu ( $\alpha=0^\circ$ )

Kıyıya dik gelen dalgalar, yalnızca kıyıya dik sediment taşınımına neden olacağından, barınak havzalarının dolması açısından önemli bir sorun doğurmaz. Bu nedenle, sözü edilen dalgaların etkisini incelemek amacıyla deney yapılmasının gerekli olmadığı düşünülebilir. Ancak, dalga ve barınak parametrelerinin dolmaya etkisini  $\alpha=0^\circ$  ve  $\alpha=26^\circ$  durumları için inceleyerek her iki durumda bu parametrelerin benzer etkilerinin olup olmadığını denemek amacıyla,  $\alpha=0^\circ$  için 11 deney yapılmıştır. Bu deneyler sonucu oluşan dolma değerleri (D,mm) Tablo 6.1'de verilmiştir. Bu tabloda, kırılma yükseklikleri ( $H_b$ ,cm) ve kırılma derinlikleri ( $h_b$ ,cm) de verilmiştir. Hesaplarda, düz paralel eşderinlik eğrileri 4. bölümde anlatılan yöntem kullanılmıştır (Bölüm 4.3.2.2).

Tablo 6.1  $\alpha=0^\circ$  için Dolma Miktarı Değerleri

Deney No	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	H <sub>b</sub> (cm)	h <sub>b</sub> (cm)
1	15	10	10	4	4.7	6.4
2	18	5	11	12	4.9	6.2
3	26	6	22	20	9.1	15.1
4	23	6	18	20	9.1	15.1
5	20	5	14	15	9.5	12.8
6	23	8	20	18	9.5	12.8
7	21	6	16	20	9.5	12.8
8	22	10	20	24	9.5	12.8
9	21	15	25	25	9.5	12.8
10	20	8	17	20	9.5	12.8
11	25	12	25	22	9.5	12.8

Dolma miktarları (D), kırılma anındaki dalga yüksekliğine (H<sub>b</sub>) bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir. Dolma miktarı değerleri, Şekil 5.4'te gösterilen 4 bölgede değerlendirilerek, her bir bölgenin boyutsuz dolma miktarı parametresi,

$$R_i = \frac{D_i}{H_{bi}} \quad (6.1)$$

eşitliğiyle hesaplanmıştır. Burada;

- R<sub>i</sub> : i bölgesinin boyutsuz dolma miktarı parametresi,  
D<sub>i</sub> : i bölgesinin dolma miktarı,  
H<sub>bi</sub> : i bölgesinde, kırılma anındaki dalga yüksekliğidir.

Dalga yüksekliği (H<sub>b</sub>), havza girişi ortalama derinliğine (h<sub>ort</sub>) bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir.

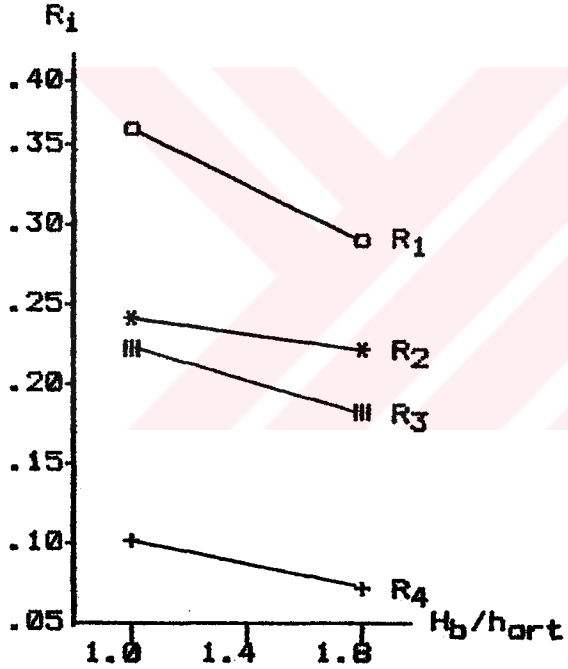
Diğer parametrelerin eşit olduğu 2. ve 3. deneyler için hesaplanan R<sub>i</sub> değerlerinin, H<sub>b</sub>/h<sub>ort</sub> değerleri ile değişimi, Şekil 6.1'de verilmiştir.

Şekil 6.1'den de görüleceği gibi, dalga yüksekliği arttıkça, boyutsuz dolma parametresi azalmaktadır.

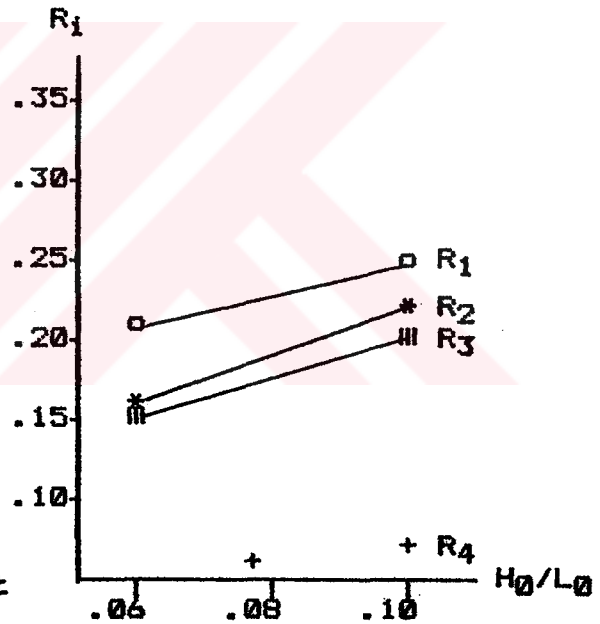
Dalga periyodunun dolma miktarına etkisini incelemek amacıyla, yapılan 4. ve 5. deneylerin sonuçları Şekil 6.2'de verilmiştir. Dalga periyodunu boyutsuz hale getirmek için,

$$\frac{H_0}{L_0} = \frac{H_0}{1.56*T^2} \quad (6.2)$$

derin deniz dalga dikliği parametresi kullanılmıştır. Şekil 6.2'den de görüldüğü gibi, dalga dikliği arttıkça boyutsuz dolma parametresi de artmaktadır. Aynı dalga yüksekliği için, dalga periyodu büyüdükçe dalga dikliği azalacağından, dalga periyodu büyüdükçe boyutsuz dolma miktarı parametresinin azalacağı ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6.1 R'nin Dalga Yüksekliği ile Değişimi

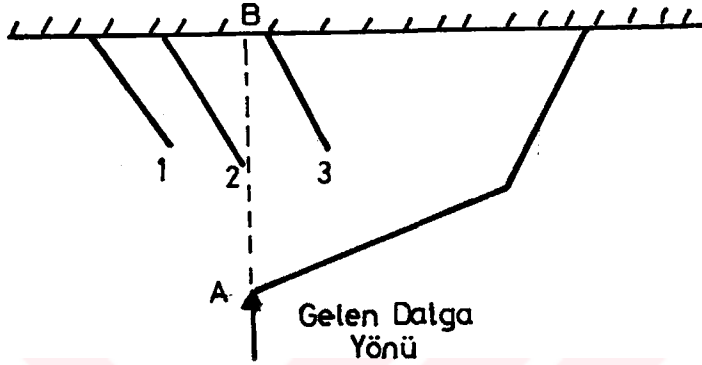


Şekil 6.2 R'nin Dalga Dikliği ile Değişimi

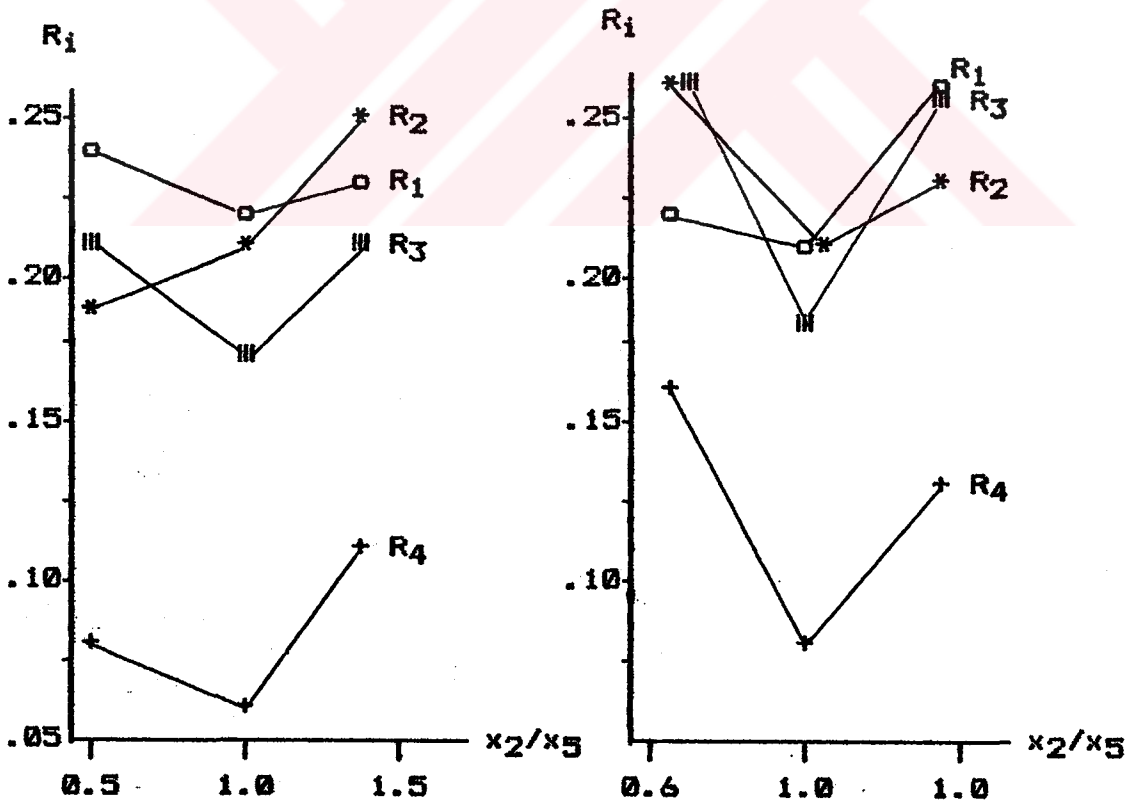
Aynı dalga şartlarında yapılan deneylerdeki dolma miktarı, giriş ağız genişliği (B) büyüdükçe artmaktadır (Deney 3,4). Bu genişlik, barınağın kullanılabilirliği açısından çok önemlidir. Bu nedenle, dolma miktarını azaltmak için bu genişliğin küçültülmesi uygun bir çözüm olmamaktadır.

Tali mendirek konumunun dolma miktarına etkisini belirlemek amacıyla ana mendirek müzvarından, gelen dalga yönünde kıyıya bir doğru parçası çizilirse (Şekil 6.3'te AB doğru parçası); tali mendireğin müzvarı, ya bu doğru

parçasının dışında (1. durum,  $x_2 < x_5$ ), ya tam üzerinde (2. durum,  $x_2 = x_5$ ) ya da içinde (3. durum,  $x_2 > x_5$ ) olacaktır. Bu durumların dolma miktarına olan etkisini incelemek amacıyla, diğer parametrelerin eşit olduğu 6,7,8. ve 9,10,11. grup deneyler yapılmış ve en az dolgu miktarının 2.durumda olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.4).



Şekil 6.3 Çeşitli Tali Mendirek Konumları



a. 6., 7. ve 8. Deneyler

b. 9., 10. ve 11. Deneyler

Şekil 6.4 Tali Mendirek Konumunun Dolma Miktarına Etkisi

Bu sonuç, her üç durumdaki kırınım süreçlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

1. durumda, müzvara gelen dalgalar tali mendirekten hemen hemen hiç etkilenmeden kırınıma uğrar. Bu durum, tali mendireğin hiç olmadığı konuma yakın olup, tali mendirek sedimentin havzaya girişini önlemede etkin olmamasından dolayı önemli miktarda yığılmaya neden olmaktadır.

3. durumda ise, dalgalar önemli ölçüde kırınıma uğrar; havzadaki dalga yükseklikleri ve bu dalgaların sediment taşıma kapasiteleri azalacağından, havzada önemli miktarda sediment birikir.

2. durumdaki mendirek konumunda, yukarıdaki sakıncalar ortadan kalkacağından, özellikle havza girişindeki ve içindeki dolma miktarları ( $D_3$  ve  $D_4$ ) önemli ölçüde azalır.

## 6.2. Kıyıya $64^\circ$ Açıyla Gelen Dalga Durumu ( $\alpha=26^\circ$ )

### 6.2.1 Verilerin Elde Edilmesi

Kıyıya  $64^\circ$  açıyla gelen dalgalar, kıyı boyu taşınımın, dolayısıyla kıyı yapılarındaki sedimentasyon sorunlarının ana kaynağıdır. Bu dalgaların etkisini inceleyebilmek için, 36 deney yapılmıştır. Bu deneylere ilişkin dolma miktarı ölçümleri ( $D$ ) ile kıyı boyu taşınım debisi ( $Q$ ) ve kırılma parametrelerine ilişkin değerler, Tablo 6.2'de verilmektedir. Bu hesapların nasıl yapılacağı 4. bölümde genel bir taban topoğrafyası için ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Ancak, deneysel çalışma yapılan sistemde, eşderinlik eğrileri düz ve kıyıya paralel olduğundan, buradaki hesaplarda bazı kolaylıklar vardır.

Kırılma anındaki dalga açısı

$$\alpha_b = \text{Arcsin}(\sin \alpha_0 \tanh kh) \quad (6.3)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Burada,

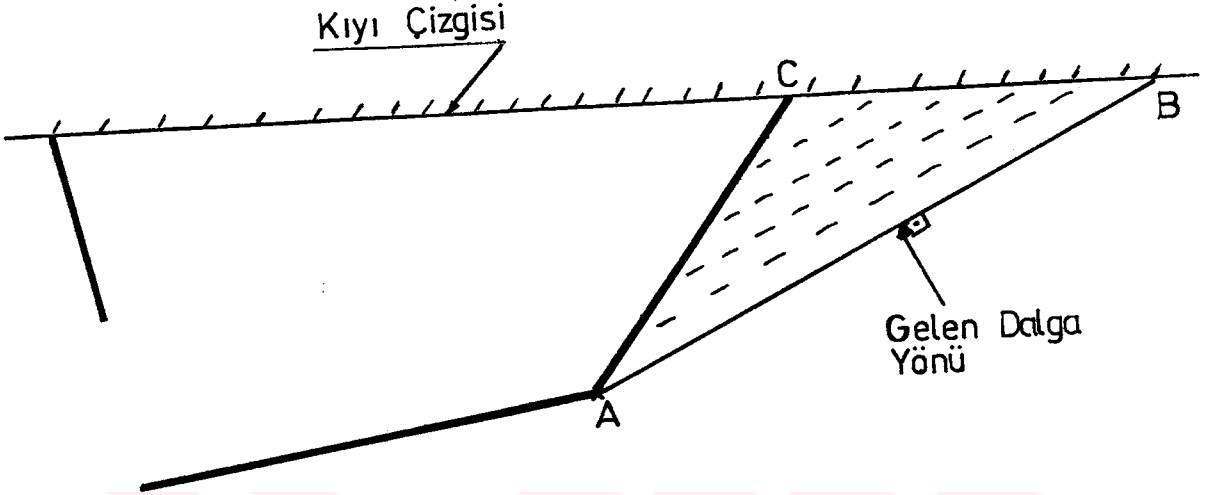
$\alpha_0$  : Derin denizdeki dalga açısı ( $26^\circ$ )

$\tanh kh$  :  $h/L_0$  değerine bağlı olarak GWT'dan alınan değerdir.



Diğer hesaplar, 4. bölümde açıklandığı gibidir.

Kıyıya belli bir açıyla gelen dalgalar, ana mendireğin memba tarafında sediment yığılmasına neden olur (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Ana Mendireğin Memba Tarafının Dolması

Ana mendireğin memba kısmına gelen dalgaların taşıdığı sediment C noktasından itibaren dalga yönüne dik olarak kıyıya yığılmaya başlar. Yığılma, ana mendireğin birinci kolunun ucuna ulaşınca kadar bir üçgen alanda (ABC) devam eder. Bu noktadan itibaren, ana mendireğin ikinci kolunun ucuna doğru taşınarak havza girişine ulaşır. ABC üçgen bölgesinin dolması için geçen süre,

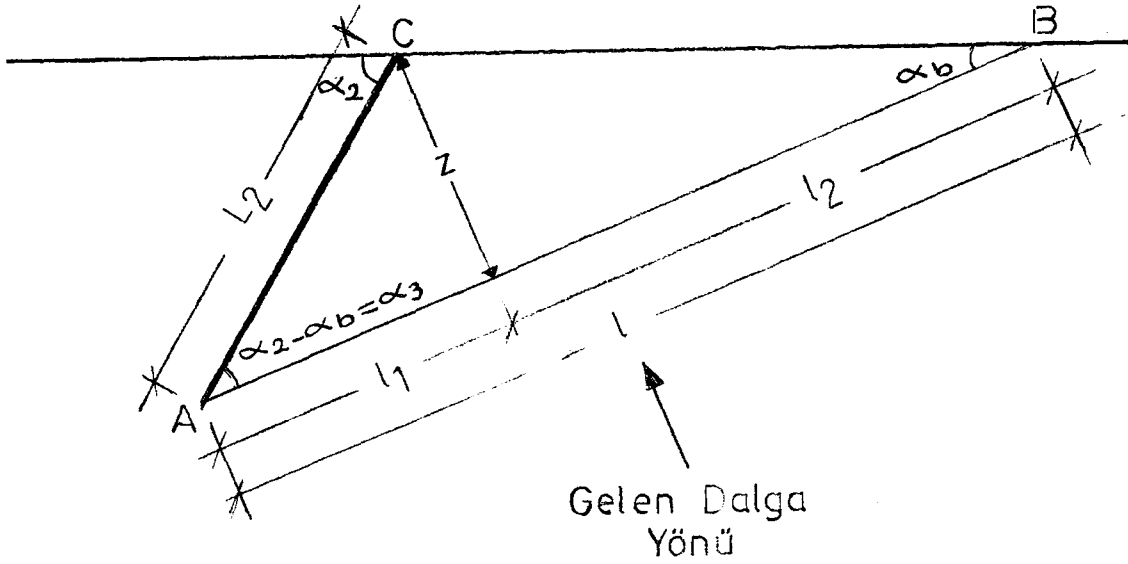
$$t_h = V/Q \quad (6.4)$$

eşitliğiyle bulunur. Burada,

V : ABC bölgesinde yığılan sediment hacmi

Q : Sediment taşınım debisidir.

Deney sırasında, taban eşderinlik çizgilerinin birbirine paralel ve dalga yönüne dik olduğu kabul edilmiştir.



**Şekil 6.6 Ana Mendirek Membayna Yığılan Sediment Hacminin Hesabı**

ABC bölgesinde yığılan malzeme hacminin hesabı için, malzeme yığınının eğimi bilinmelidir. Yapılan deneyler sonucu bu eğimin  $m=1/20$  olduğu belirlenmiştir. Literatürde de buna yakın değerler elde edilmiştir (20). Şekil 6.6'nın geometrisinden, yığılan sediment hacmi,

$$V = \frac{z^2}{120} * l \quad (6.5)$$

eşitliğiyle hesaplanır.

Şekil 6.6'dan,

$$z = L_2 \cdot \sin \alpha_3 \quad (6.6)$$

elde edilir. Benzer şekilde,

$$l_1 = L_2 \cdot \cos \alpha_3 \quad (6.7)$$

$$l_2 = z / \tan 26 = 2.05 * z = 2.05 * L_2 \cdot \sin \alpha_3 \quad (6.8)$$

$$l = l_1 + l_2 \quad (6.9)$$

eşitlikleri elde edilir. (6.6) ve (6.9) eşitlikleri, (6.5) eşitliğinde yerine yazılırsa,

$$V = L_2^3 \cdot (\sin \alpha_3)^2 \cdot (\cos \alpha_3 + 2.05 \cdot \sin \alpha_3) / 120 \quad (6.10)$$

elde edilir.

$\alpha_3 = \alpha_2 - \alpha_b$  değeri yazılıp gerekli düzenlemeler yapılırsa,

$$V = \frac{L_2^3}{120} \cdot [\cos(\alpha_2 - \alpha_b) - \cos^3(\alpha_2 - \alpha_b) + 2.05 \cdot \sin^3(\alpha_2 - \alpha_b)] \quad (6.11)$$

elde edilir. (6.4) eşitliğindeki Q değeri, (4.32) eşitliğiyle hesaplanabilir. Ancak, barınağın dış kısmındaki bölgede (Şekil 6.5'teki ABC bölgesi), dalga yüksekliği değişimi çok az olduğundan,  $\partial H_b / \partial x$  dalga yüksekliği gradyanı ihmal edilebilir. Yapılan deneyler,  $K_1 = 0.65$  alınmasının uygun olacağını göstermiştir. O halde, 4.32 eşitliğinden,

$$Q = H_b^2 \cdot h_b^{0.5} \cdot \frac{\sin(2\alpha_b)}{17.85} \quad (6.12)$$

elde edilir. (6.4), (6.11) ve (6.12) eşitliklerinden, ABC bölgesinin dolması için geçecek süre:

$$t_h = \frac{L_2^3 \cdot [\cos(\alpha_2 - \alpha_b) - \cos^3(\alpha_2 - \alpha_b) + 2.05 \cdot \sin^3(\alpha_2 - \alpha_b)]}{403.36 \cdot H_b^2 \cdot h_b^{0.5} \cdot \sin(2\alpha_b)} \quad (6.13)$$

olarak elde edilir. Bu eşitlikte  $H_b$  ve  $h_b$  değerleri metre olarak alınırsa  $t_h$  değeri dakika olarak elde edilir.

Ana mendirek müzvarına ulaşan sedimentin bir kısmı havzaya girerken, büyük bir kısmı ise mansaba taşınmaktadır. Müzvardaki sedimentin havzaya giriş oranını belirlemek için,

$$C = V_g / V_h \quad (6.14)$$

şeklinde bir katsayı tanımlanmıştır. Burada,

$V_h$  : Havzaya sediment girişi başlangıcından, deney sonuna kadar taşınan toplam sediment miktarı

$V_g$  : Havzada biriken toplam sediment miktarıdır.

$$V_h = (t-t_g)Q \quad (6.15)$$

eşitliğiyle hesaplanır.

$V_g$  ise, havza içinde ölçüm yapılan bölgelerdeki sediment hacimlerinin toplamıdır. Daha önce de belirtildiği gibi, ölçüm ağı, 0.5\*0.5 metrelik karelerden oluşmaktadır. Bir noktasal ölçümün 0.5\*0.5=0.25 m<sup>2</sup>,lik bir alanı temsil ettiği düşünülerek, bir i noktasının hacmi,

$$V_{gi} = \Delta h_i * 0.25 \quad (6.16)$$

ve bütün havzadaki dolma hacmi,

$$V_g = \sum V_{gi} = 0.25 \sum h_i \quad (6.17)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Burada,

$\Delta h_i$  : i noktasındaki dolma miktarıdır.

Tablo 6.2  $\alpha=26^\circ$  için Dolma Miktarları ve Sediment Taşınımına İlişkin Hesaplar

D No	D <sub>1</sub> (mm)	D <sub>2</sub> (mm)	D <sub>3</sub> (mm)	D <sub>4</sub> (mm)	h <sub>b</sub> (cm)	H <sub>b</sub> (cm)	$\alpha_b$ (°)	t <sub>h</sub> (dk)	t <sub>g</sub> (dk)	C
1	3	2	10	10	3.7	3.01	12.7	313	90	-
2	8	10	16	20	3.4	3.01	12.7	313	90	26
3	5	5	14	16	3.4	3.01	12.7	313	90	-
4	6	15	18	23	3.4	3.01	12.7	313	90	26
5	7	15	22	40	3.4	3.01	12.7	313	85	31
6	4	5	10	35	3.4	3.01	12.7	313	100	-
7	5	6	13	40	3.4	3.01	12.7	313	100	29
8	15	10	33	26	4.5	4.00	12.8	160	65	46
9	14	14	30	20	4.6	4.48	9.6	185	70	48
10	12	10	26	40	4.5	4.00	12.8	160	60	30
11	10	8	20	37	4.6	4.48	9.6	185	65	27
12	5	7	16	65	4.5	4.00	12.8	160	75	19
13	5	7	12	54	4.6	4.48	9.6	180	80	15
14	33	11	42	45	7.0	5.62	15.6	48	35	26
15	28	3	35	40	6.8	6.45	10.6	64	42	21
16	26	3	34	65	7.0	5.62	15.6	48	30	14
17	24	3	30	54	6.8	6.45	10.6	64	44	16
18	33	6	40	44	7.0	5.62	15.6	48	35	13
19	30	5	40	45	6.8	6.45	10.6	64	30	12
20	40	4	55	62	7.0	5.62	15.6	48	33	15
21	40	4	50	60	6.8	6.45	10.6	64	35	15
22	33	45	40	30	7.0	5.62	15.6	48	33	42
23	50	35	60	54	10.2	7.28	18.2	18	20	23
24	70	30	80	55	14.3	8.96	20.7	8	15	12
25	40	-	-	-	5.7	4.82	14.3	83	48	-
26	55	-	-	-	5.7	4.82	14.3	83	44	-
27	50	20	45	50	5.7	4.82	14.3	124	72	45
28	40	20	55	58	5.7	4.82	14.3	124	65	33
29	25	12	40	45	5.7	4.82	14.3	124	60	20
30	10	8	30	38	5.7	4.82	14.3	124	55	12
31	40	13	40	54	5.7	4.82	14.3	57	30	27
32	53	20	48	43	5.7	4.82	14.3	57	28	34
33	44	10	40	63	6.8	6.45	10.6	109	45	29
34	55	16	50	44	6.8	6.45	10.6	109	45	42
35	16	5	20	23	5.7	4.82	14.3	157	80	13
36	48	18	33	47	5.7	4.82	14.3	105	40	32

### 6.2.2 Dolmayı Etkileyen Parametreler

Bu bölümde, daha önce belirtilen 4 ölçüm bölgesindeki dolma değerlerini etkileyen parametreler ve bunların etki yönleri ve dereceleri araştırılmıştır. Söz konusu 4 bölgedeki dolmayı etkileyen parametreler, dalga ve mendirek parametreleri olarak iki ana gruba ayrılmıştır (37,38).

### 6.2.2.1 Dalga Parametreleri

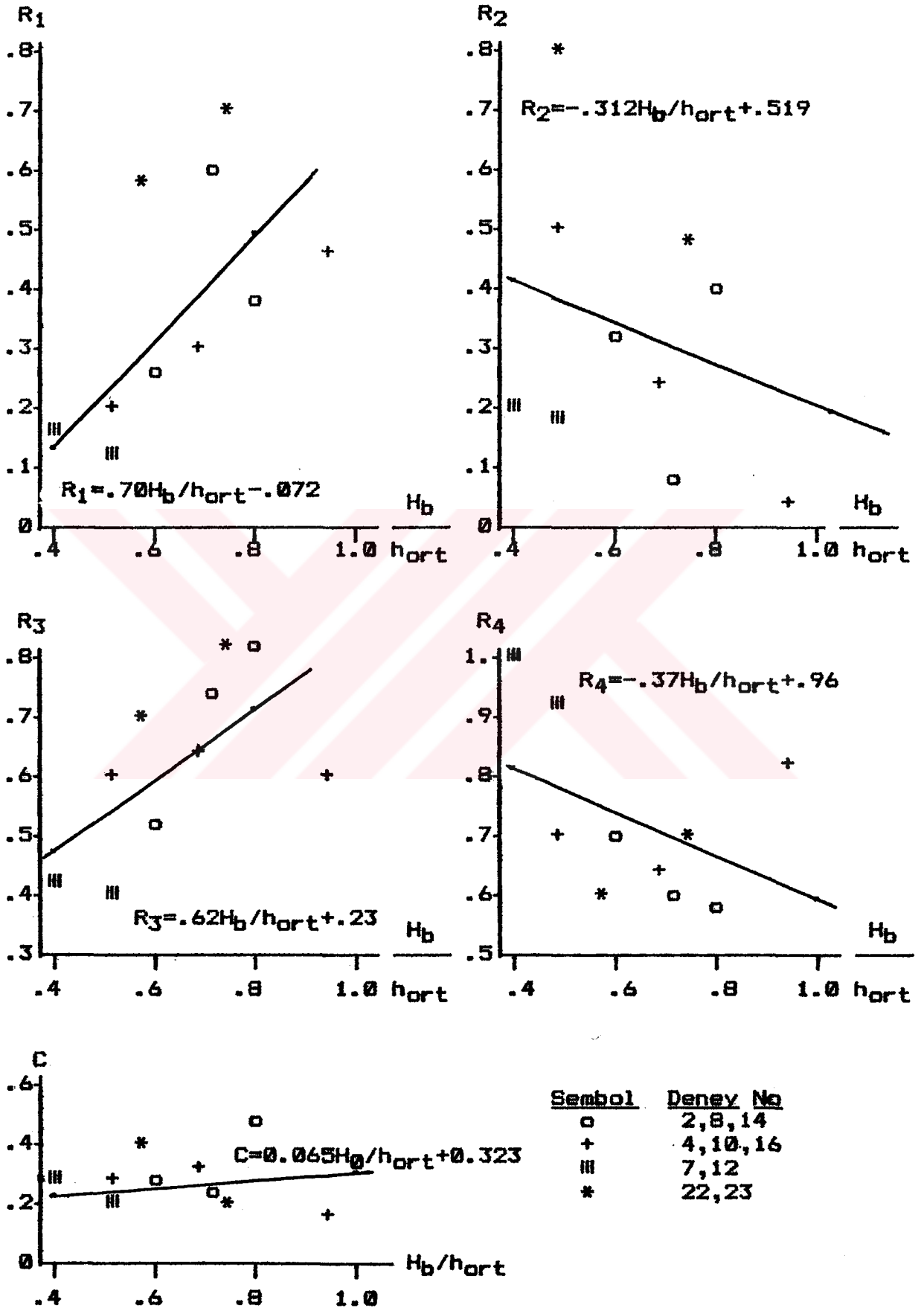
Dolma miktarını etkileyen dalga parametreleri olarak, kırılma anındaki dalga yüksekliği ve dalga periyodu incelenmiştir. Bu parametrelerin dolma miktarına etkilerini incelemek amacıyla, 6.1 eşitliğiyle hesaplanan boyutsuz dolma ( $R_1$ ) ve 6.14 eşitliğiyle hesaplanan sediment havzaya giriş oranı (C) parametreleri bağımlı değişkenler; dalga ve mendirek parametreleri ise bağımsız değişkenler olarak dikkate alınmıştır.

#### 6.2.2.1.1 Dalga Yüksekliğinin Etkisi

Dalga yüksekliği, sediment taşınım debisini (Q) doğrudan etkiler. Q,  $H_b$ 'nin karesiyle orantılı olarak değiştiğinden (4.32 eşitliği),  $H_b$ 'deki küçük bir artış, Q'yu önemli ölçüde artırır. Ancak bu artış, aynı oranda havza dolmasında etkili olmaz. Çünkü, taşınan sedimentin havzaya girmesi, havza girişinde yığılması ya da mansaba geçmesi, hem dalga yüksekliğine, hem de barınak parametrelerine bağlıdır.

Dalga yüksekliği, boyutlu bir değişken olduğundan, bu değer giriş ağız ortalama derinliğine ( $h_{ort}$ ) bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir.

Her biri kendi grubu içinde aynı mendirek parametrelerine sahip olan 2,8,14; 4,10,16; 7,12 ve 22,23. deney gruplarında elde edilen  $R_1$  ve C değerlerinin,  $H_b/h_{ort}$  değerleri ile değişimi Şekil 6.7'de verilmiştir.



Şekil 6.7 Dolma Parametresi - Dalga Yüksekliği ilişkisi

Dört deney grubu için elde edilen veriler oldukça dağınık bir dağılım göstermektedir. Bu nedenle, gözlenen değerler arasından geçen en uygun doğruların denklemleri en küçük kareler yöntemiyle elde edilmiş ve doğrular çizilmiştir. Bu doğrularda,  $R_1$ ,  $R_3$  ve  $C$  doğrularının eğimleri pozitif,  $R_2$  ve  $R_4$  doğrularının eğimleri ise negatiftir. Bu durumun nedenleri incelendiğinde şu sonuçlara varılmıştır:

Dalga yüksekliğinin büyük olması durumunda, dalgalar daha derinde kırılacaklarından, kırılma bölgesi, iki mendirek müzvarı arasındaki giriş ağızına doğru yönelecektir. Bilindiği gibi, katı madde hareketinin önemli bir kısmı kırılma bölgesi ile kıyı arasındaki 'sörf bölgesi'nde olmaktadır. Derinde kırılan dalgalar, kıyıya yaklaştıkça enerjilerini kaybedeceklerinden, asılı haldeki sedimentin önemli bir kısmı, diğer bölgelere göre daha derin olan 1. ve 3. bölgelere (ana mendirek içi ve giriş ağızı) yığılmaktadır. Bu nedenle,  $H_b/h_{ort}$  arttığında,  $R_1$  ve  $R_3$  de artmaktadır. Bu durumda, daha sığ olan 2. ve 4. bölgelerde önemli miktarda yığılma olmaktadır.

Dalga yüksekliğinin küçük olması durumunda ise, kırılma noktası daha sığ bölgede olacağından, daha sığ olan 2. ve 4. bölgelerde (talı mendirek içi ve arkası) yığılma miktarları fazla olacaktır. Bu nedenle,  $R_2$  ve  $R_4$  değerleri,  $H_b/h_{ort}$  ile ters orantılı olarak değişmektedir. Bu durumda, kırılma noktasından daha derinde 1. ve 3. bölgelerdeki sediment hareketi çok az olacaktır.

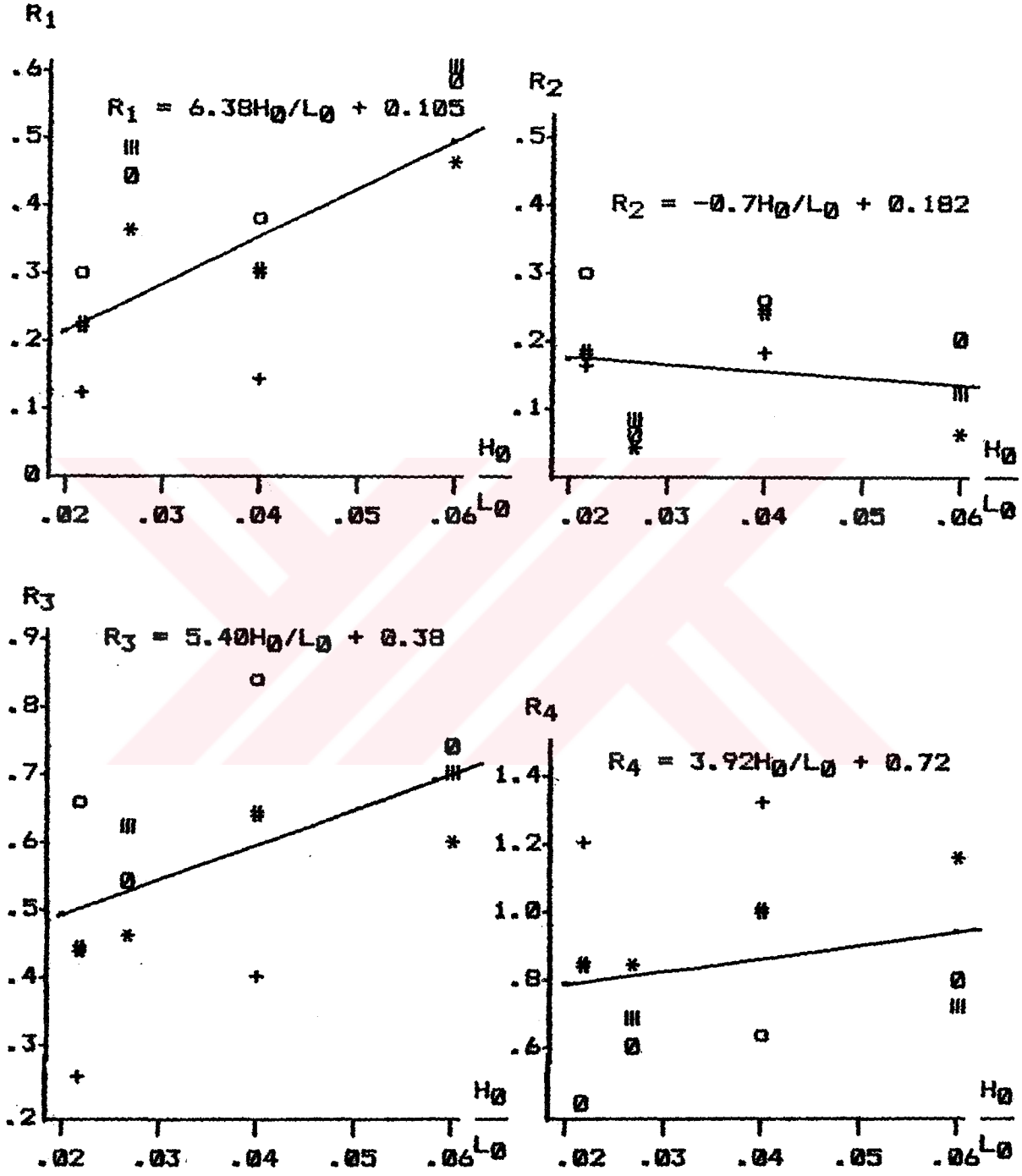
Dalga yüksekliği arttıkça, katı maddenin havzaya girme oranı ( $C$ ) büyümektedir.

#### 6.2.2.1.2 Dalga Periyodunun Etkisi

Boyutlu bir değişken olan dalga periyodunun ( $T$ ) yerine, derin deniz dalga dikliği ( $H_0/L_0$ ) parametresi kullanılmıştır ( $L_0=1.56*T^2$  olduğundan, periyodun büyümesi  $L_0$ 'ı da büyütecektir). 8,9; 10,11; 12,13; 14,15; 16,17 ve 18,19. deney grupları sonucu elde edilen  $R_i$  değerlerinin  $H_0/L_0$  değerleriyle değişimi ile en uygun doğrular ve bu doğruların denklemleri Şekil 6.8'de verilmiştir.



Sembol	: o	#	+	Ø	*	III
Deney No:	8,9	10,11	12,13	14,15	16,17	18,19
H (cm)	4	4	4	6	6	6



Şekil 6.8 Dolma Parametresi - Dalga Dikliği ilişkisi

Şekil 6.8'den de görüldüğü gibi, dalga parametresi, dalga dikliği ile doğru orantılıdır (2. bölgedeki küçük bir negatif eğim sonuçları çok az etkiler). Aynı  $H_0$  derin deniz dalga yüksekliği için, dalga periyodu büyüdükçe dalga dikliği

küçüleceğinden; dalga periyodu arttıkça dolma parametresi azalır sonucuna varılmaktadır. Bunun nedeni şudur:

Dalga periyodunun büyümesi sonucu derin deniz sınırı da büyüyeceğinden (4.3 eşitliği), dalgalar daha uzun bir mesafede tabandan etkilenir; kırılma anındaki dalga yüksekliği ( $H_b$ ) ve kırılma açısı ( $\alpha_b$ ) küçüleceğinden, katı madde taşınım debisi ve dolayısıyla dolma miktarı da küçülmektedir. Sonuç olarak, aynı yükseklikteki dalgalardan, daha küçük periyodlu olanlar daha fazla sediment hareketine ve dolmaya neden olmaktadır.

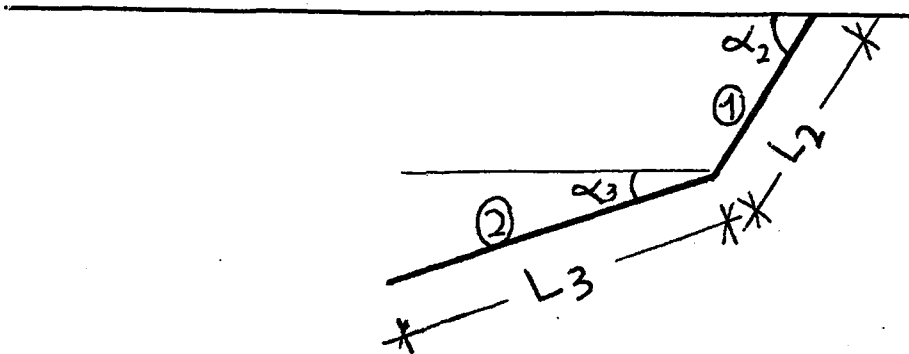
#### 6.2.2.2 Mendirek Parametreleri

Dolma miktarını etkileyen mendirek parametreleri olarak, ana ve tali mendirek konumlarıyla iki mendirek ucu arasındaki giriş kısmının ortalama derinliği ve genişliği incelenmiştir.

##### 6.2.2.2.1 Ana Mendirek Konumunun Etkisi

Ana mendireğin yeri, havzaların dolmasını büyük ölçüde etkilemektedir (7,8,38,39,40). Bu yapılar, özellikle önemli miktarlarda sediment taşıyan akarsulardan mümkün olduğunca uzakta ve bunların sediment taşınım yönüne göre memba taraflarında inşa edilmelidir.

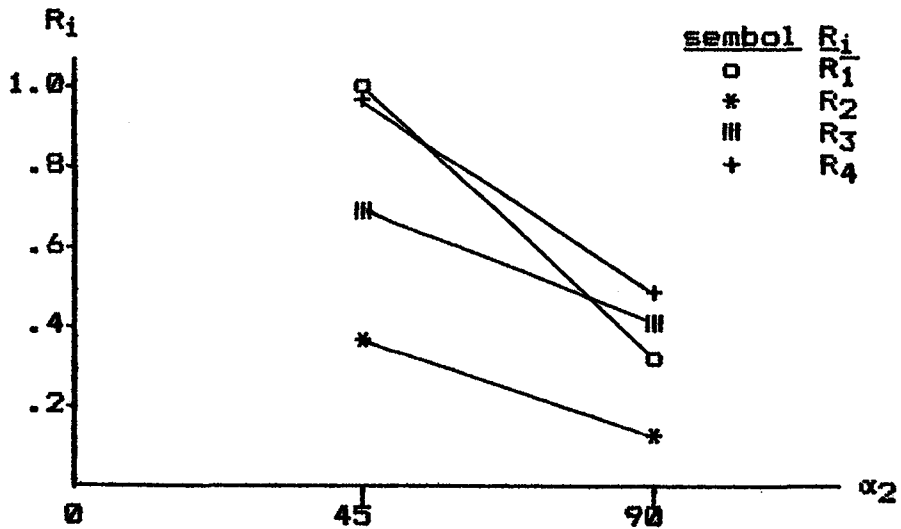
Tabiattaki balıkçı barınaklarının ana mendirekleri iki kısımdan oluşturulmaktadır: Kıyıdan başlayarak, kıyı ile yaklaşık 45-75° açı yapan kısım (1. kısım) ile bunu izleyen ve kıyıyla 0-20° açı yapan kısım (2. kısım) (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Bir Ana Mendireğin Kısımları

Önceki bölümde de anlatıldığı gibi, kıyıya yaklaşan dalgalar, geliş yönüne dik olacak şekilde 1. kısmın ucundan kıyıya ulaşan bir üçgen bölge oluştururlar. Bu bölgede yığılan sedimentin hacmi ( $V$ ), sedimentin havzaya girmeye başlaması için geçecek süreyi ( $t_h$ ) doğrudan etkiler.  $L_2$  ve  $\alpha_2$ 'nin büyümesi  $t_h$ 'nin artmasına neden olur. Ana mendireğin birinci kısmı, memba tarafında yığılan sedimentin havzaya ulaşması için geçen süreyi etkilemesine karşın, sedimentin bundan sonraki hareketi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmamaktadır. Her bir barınak için, ana mendirek şeklinin değiştirilmesinin maliyeti ile getireceği yararlar karşılaştırılmalı ve en ekonomik çözüm seçilmelidir.

6.13 eşitliği, ana mendireğin birinci kısmının uzunluğunun ( $L_2$ ) ve kıyıyla yaptığı açının ( $\alpha_2$ )  $t_h$  süresini nasıl etkilediğini göstermektedir. Buna göre,  $t_h$  süresi,  $L_2$ 'nin küpü ile orantılıdır.  $\alpha_2$ 'nin etkisi ise daha az olmaktadır.  $L_2$ 'nin  $t_h$  üzerindeki etkisi belirgin olduğundan ve  $t_h$ 'nin büyümesi de dolma miktarını (ve dolayısıyla dolma parametresini) azaltacağından,  $R=f(L_2)$  ilişkisi deneysel olarak incelenmemiştir.  $\alpha_2$  açısının  $R$  değerleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla 35. ( $\alpha_2=90^\circ$ ) ve 36. ( $\alpha_2=45^\circ$ ) deneyler yapılmış ve sonuçlar Şekil 6.10'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi,  $\alpha_2$ 'nin büyümesi, dolma parametresi değerlerinde, beklendiği gibi bir azalmaya neden olmaktadır.



Şekil 6.10 Dolma Parametresinin  $\alpha_2$  ile Değişimi

Ana mendireğin 2. kısmı, dolma miktarını üç şekilde etkilemektedir (39,41):

- Mendireğin kurp noktasına ulaşan sedimentin müzvara kadar taşınması için geçen süre, bu kısmın uzunluğuna ( $L_3$ ) ve kıyıyla yaptığı açıya ( $\alpha_3$ ) bağlıdır. Bu parametrelerin büyümesi, adı geçen süreyi uzatacağından, dolma miktarında azalmaya neden olur.

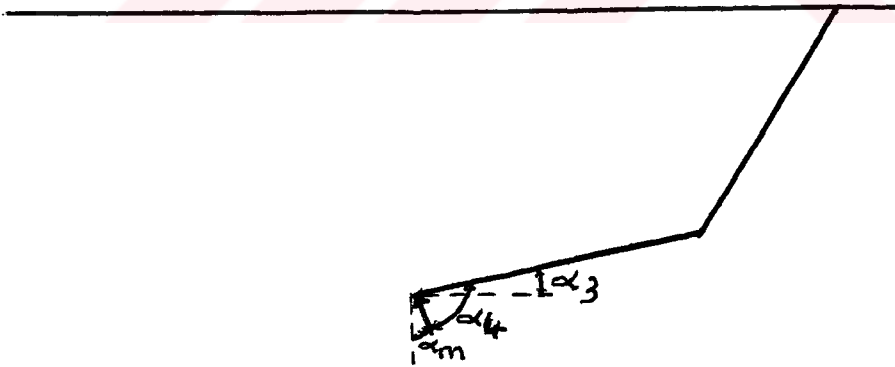
-  $L_3$  ve  $\alpha_3$ 'ün büyümesi, giriş ağız derinliğini büyüterek havza sedimentasyonunda azalmaya yol açar.

- Gelen dalga yönü ile mendirek arasındaki açı ( $\alpha_4$ ), kırınım uğrayarak havzaya giren dalgaların kırınım katsayılarını ( $K_D$ ) etkileyerek, havza içindeki dalga yüksekliklerinde ve dolayısıyla dolma miktarında önemli değişiklikler yapar.

Yapılan deneylerde  $\alpha_0=26^\circ$ 'dir. Bu açıyla kıyıya yaklaşan dalgaların, ana mendirek müzvarında kıyıyla yaptığı açı ( $\alpha_m$ ), GWT tablolarından 6.3 eşitliğiyle

$$\alpha_m = \text{Arcsin}(\text{Sin}(\alpha_0) * \tanh(k*d))$$

şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil 6.11 Gelen Dalga Yönü ile Ana Mendirek Arasındaki Açı

Şekil 6.11'in geometrisinden:

$$\alpha_4 = \alpha_3 - \alpha_m + 90 \quad (6.18)$$

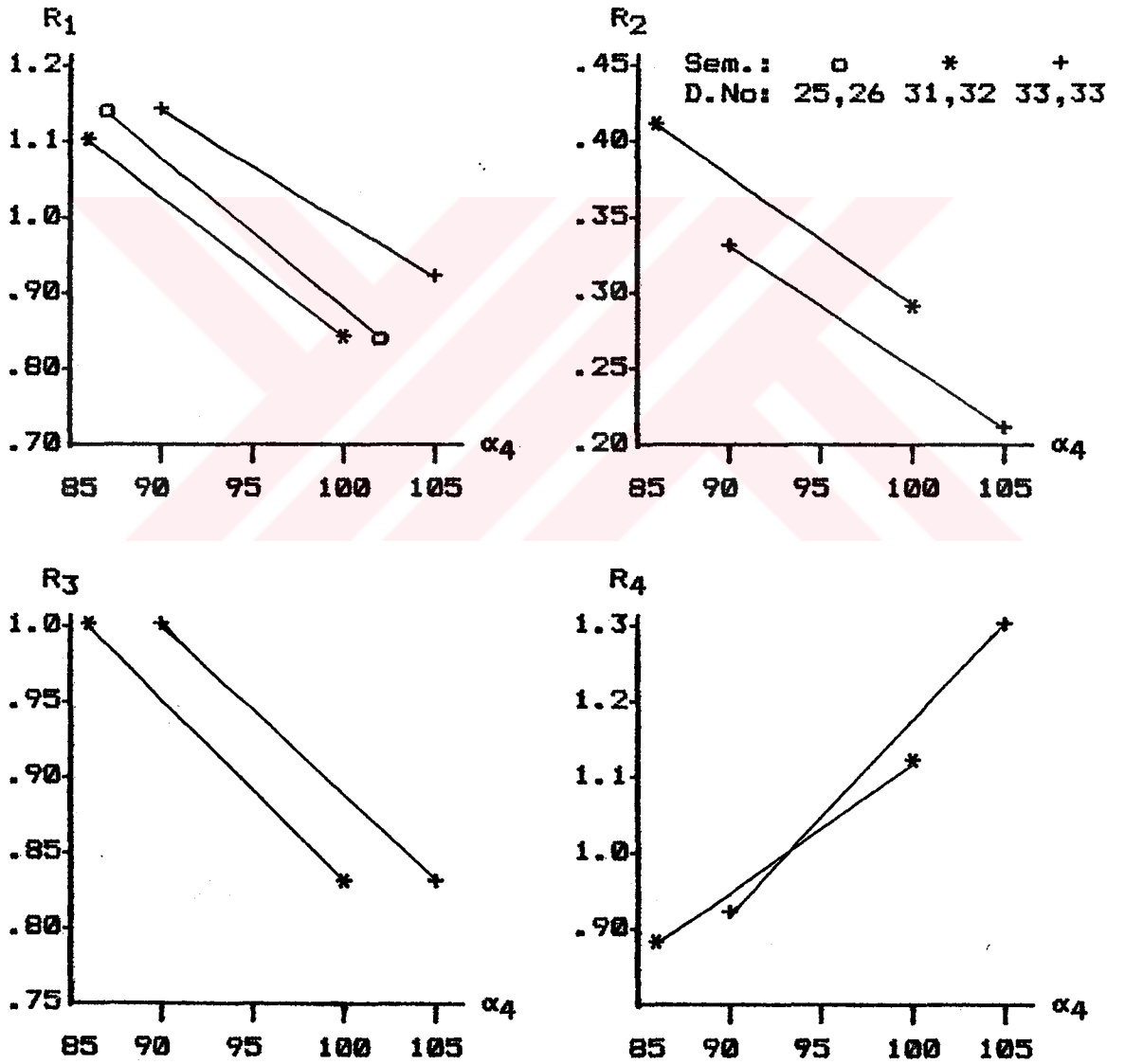
elde edilir. O halde, ( $\alpha_3 - \alpha_m$ ) değerine bağlı olarak,  $\alpha_4$  açısı için üç durum söz konusu olabilir:

a.  $\alpha_3 > \alpha_m$  ise  $\alpha_4 > 90^\circ$

b.  $\alpha_3 = \alpha_m$  ise  $\alpha_4 = 90^\circ$

c.  $\alpha_3 < \alpha_m$  ise  $\alpha_4 < 90^\circ$

$\alpha_3$  dışındaki parametrelerin eşit olduğu 25,26; 31,32 ve 33,34. deney grupları sonucu hesaplanan  $R_i$  ve  $\alpha_4$  değerleri Şekil 6.12'de verilmiştir.



Şekil 6.12 Dolma Parametresinin  $\alpha_4$  ile Değişimi

Şekil 6.12'den de görüldüğü gibi,  $\alpha_4$  değeri büyüdükçe  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  değerleri küçülmekte,  $R_4$  değerleri ise büyümektedir.  $\alpha_4$  açısının çok büyük olması halinde ( $\alpha_4 \gg 90^\circ$ ),

barınak içindeki kırınım katsayıları büyük olacağından; dalgalar, havza içindeki sedimenti taşımak için gerekli enerjiye sahip olacak ve havza içinde önemli bir yığılma olmayacaktır. Bu nedenle,  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  değerleri  $\alpha_4$  ile ters yönde büyümektedir. Ancak, bu durumda barınak içinde büyük miktarda çalkantı olacağından, tekneler rahatsız olacaktır.  $\alpha_4$  'ün çok küçük olması halinde ise ( $\alpha_4 \ll 90^\circ$ ), barınak içindeki dalgalar önemli ölçüde kırınıma maruz kalarak sediment taşıma kapasitelerini önemli ölçüde kaybederler; sonuç olarak da büyük miktarda yığılmalar olur. O halde, barınak yapılacak yörenin hakim dalga yönü belirlenerek, ana mendirek bu yöne yaklaşık olarak dik olmalıdır ( $\alpha_4 \sim 90^\circ$ ). Bu durumda, yukarıda adı geçen her iki sakıncanın da (çalkantı ve dolma) minimuma inecektir.

Ana mendireğin ikinci kısmının uzunluğunun ( $L_3$ ) küçük olması halinde, müzvara gelen sediment, giriş ağzının ana mendirek müzvarına çok yakın olması nedeniyle, kısa sürede havzaya girmeye başlar.  $L_3$ 'ün büyük olması halinde ise, müzvardaki sediment, hemen yığılmaya başlasa bile, havza girişine ulaşıncaya kadar hem çok uzun süre geçer; hem de sedimentin önemli bir kısmı tali mendireğin arkasına yönelir. Ayrıca, bu yöre genelde daha derin olacağından, buradaki dalgaların sedimenti hareket ettirme kapasitesi azalarak (Bölüm 3.2.2.1) sedimentin bir kısmının tabana çökmesine yol açar. Ancak, uzun bir süre dikkate alındığında, zamanla buranın da sığlaşması sonucu bu avantajın ortadan kalkması mümkündür.

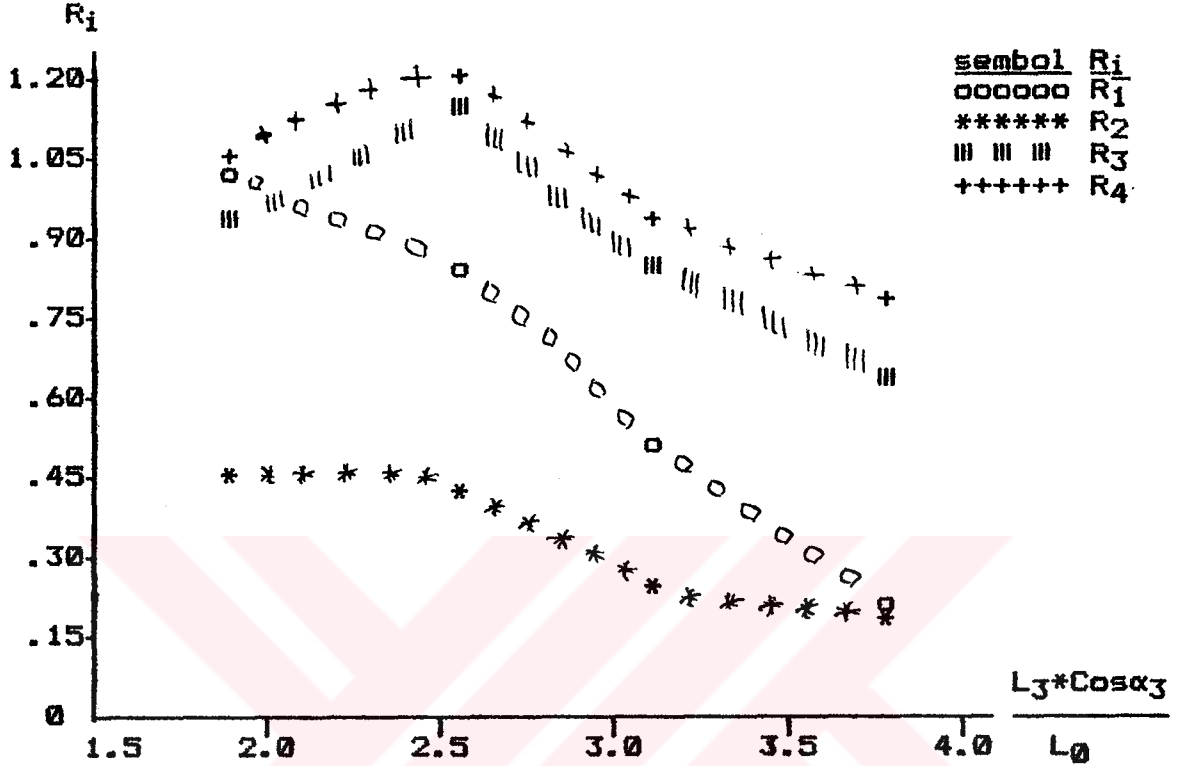
$L_3$ 'ün uzaması, yukarıda açıklanan yararlarının yanısıra, iki önemli olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir:

- inşa maliyeti önemli ölçüde artar; derinlik artacağından inşaatta zorluklarla karşılaşılır.

- Daha sonraki bölümde de açıklanacağı gibi, giriş ağzı şeklinin değişmesi, akıntı yönünü havzaya yönelteceğinden, dolma miktarını azaltmada her zaman başarılı sonuç vermez.

$L_3$ 'ün dolma miktarına etkisini incelemek amacıyla, 27, 28, 29 ve 30. deneyler yapılmış ve  $L_3$ 'ün x eksenindeki izdüşümü olan  $L_3 \cdot \cos \alpha_3$  değeri dikkate alınmıştır. Bu parametre, derin deniz dalga boyuna ( $L_0$ ) bölünerek boyutsuz

hale getirilmiştir.  $R_i$  değerlerinin  $L_3 \cdot \cos \alpha_3 / L_0$  ile değişimi, Şekil 6.13'te verilmiştir.



Şekil 6.13 Dolma Parametresinin  $L_3$  ile Değişimi

Şekil 6.13'ten de görüldüğü gibi,  $L_3$ 'ün büyümesi genelde  $R$  değerlerini azaltmaktadır. Ancak,  $L_3 \cdot \cos \alpha_3 / L_0$  değerinin 2.5'a yakın olduğu durumlarda,  $R_3$  ve  $R_4$  değerleri maksimum olmaktadır. Bunun nedeni, bu uzunluklarda, tali mendirek arkasında, mendireğe doğru yönelen (saat yönünde) bir çevrimin oluşması ve bu çevrimin, özellikle 4. bölgedeki dolmayı artırmasıdır. Sonuç olarak,  $L_3$ 'ün büyümesinin, dolma miktarında her zaman bir azalmaya yol açmayacağı rahatlıkla söylenebilir.

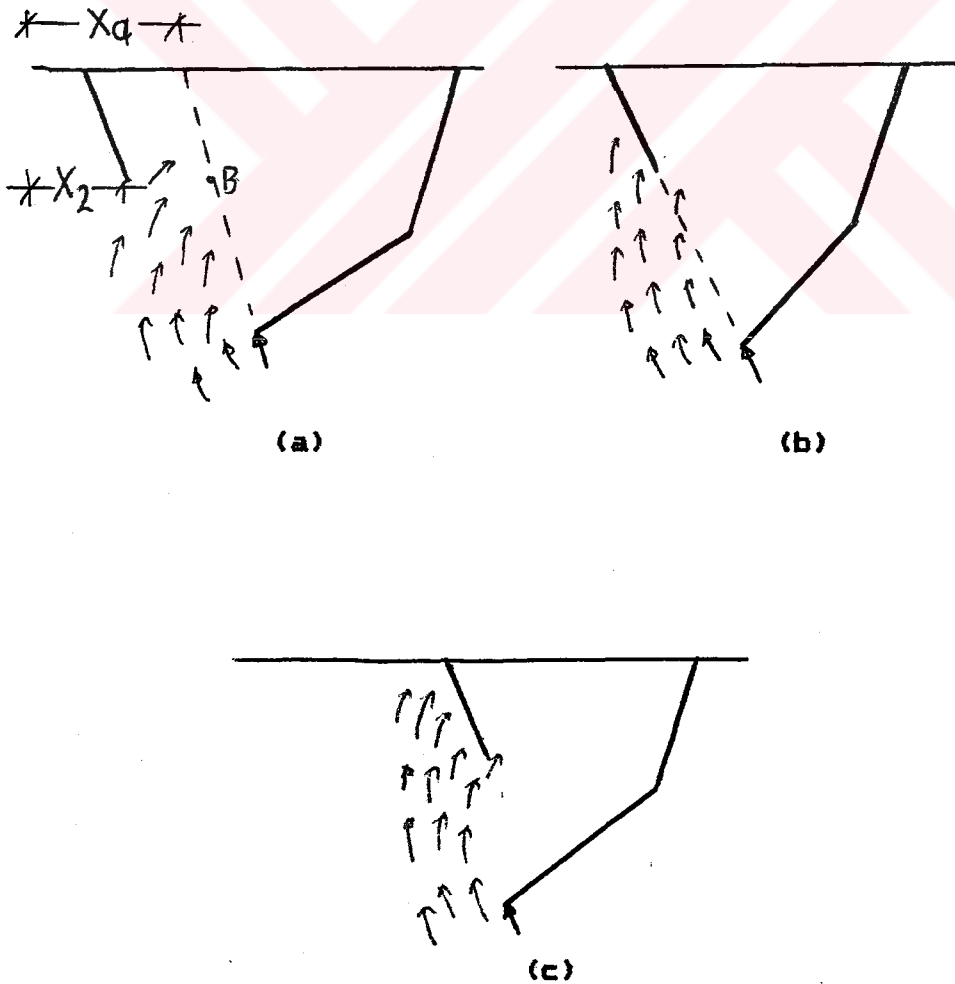
#### 6.2.2.2 Tali Mendirek Konumunun Etkisi

Barınak ve liman gibi kıyı yapılarının havzalarının kum, silt gibi malzemelerle dolmasını önlemek için alınacak önlemlerin en önemlilerinden birisinin de barınak veya liman giriş ağız şeklinin değiştirilmesi olduğu birçok araştırmada belirtilmektedir (2,3,8,42). Ana mendirek şeklinin etkisi

daha önce açıklandığından, yalnızca tali mendirek konumunun etkisini incelemek amacıyla 16,18,20 ve 17,19,21. grup deneyler yapılmıştır.

Ana mendirek müzvarına gelen sedimentin buradan havzaya yönelmesini sağlayan etmenler; kırınımına uğramış dalgalar ve bunların neden olduğu akıntılardır. Bu nedenle, liman giriş ağız şeklinin bu etmenleri nasıl etkilediği araştırılmalıdır. Kırınım sonucundaki dalga yükseklikleri, hem ana dalgakıranın şekline, hem de tali mendireğin konumuna bağlıdır.

Diğer parametrelerin grup içinde eşit olduğu 16,18,20 ve 17,19,21. deney gruplarının sonuçları, tali mendirek konumunun önemini göstermektedir. Her iki deney grubunda da, ana mendirekte herhangi bir değişiklik yapılmamış, tali mendireğin yeri değiştirilmiştir.



Şekil 6.14 Çeşitli Tali Mendirek Konumlarında Akıntılar (9)



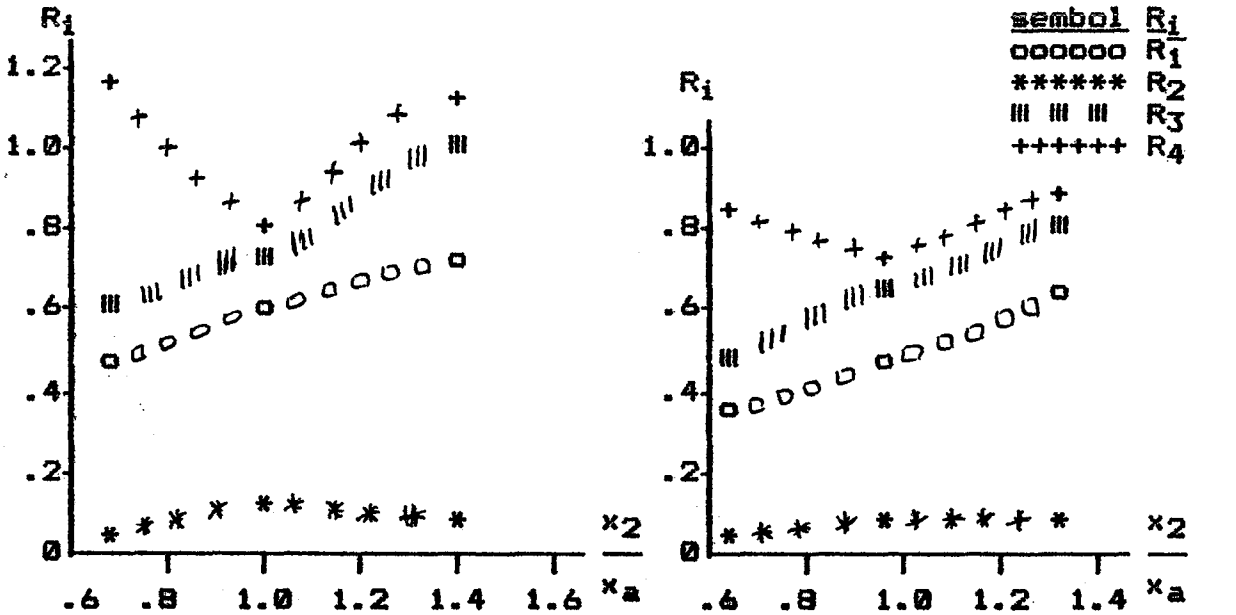
Tali mendireğin ana mendireğe göre üç değişik konumu Şekil 6.14'te görülmektedir. Ana mendirek müzvarından, dalga geliş yönü doğrultusunda tali mendirek ucu hizasındaki B noktasına kadar uzatılan doğru parçası (AB), Şekil 6.13 (a)'da tali mendireğin içinde, (b)'de tam üzerinde ve (c)'de ise dışındadır.

(a) konumunda, akıntıların büyük çoğunluğu havzaya girmekte ve büyük miktarda dolmaya neden olmaktadır. Bu durumda, tali mendireğin etkisi çok aza inmektedir.

(b) konumunda, akıntıların çoğu tali mendireğin dışından mansaba doğru yönelmekte, kırınımına uğrayan dalgaların yön ve yüksekliklerinde önemli değişiklikler olmamaktadır.

(c) konumunda ise, akıntılar ana mendirek müzvarından itibaren kırınım maruz kalarak, tali mendirek arkasına (4.bölge) doğru yönelmekte ve burada saat yönünde bir akıntı oluşturarak dolma miktarını artırmaktadır (9).

Tali mendireğin konumunu karakterize etmek amacıyla, tali mendirek ucunun başlangıç noktasına uzaklığı ( $x_2$ ), B noktasının başlangıç noktasına uzaklığına ( $x_a$ ) bölünerek (Şekil 6.14),  $x_2/x_a$  parametresinin R değerlerini nasıl etkilediği incelenmiş ve sonuçlar Şekil 6.15'te verilmiştir.



16,18,20.Deneyler ( $T=0.8sn$ )

17,19,21.Deneyler ( $T=1.2sn$ )

Şekil 6.15 Dolma Parametresinin Tali Mendirek Konumu ile Değişimi

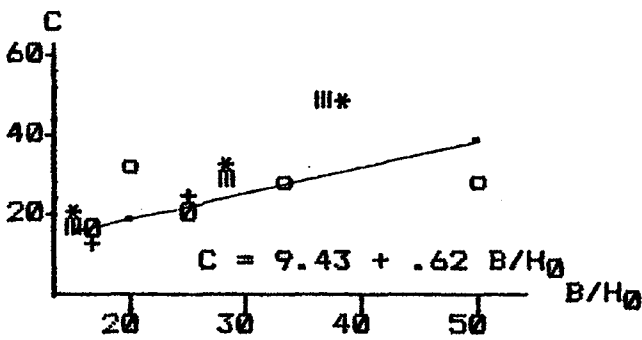
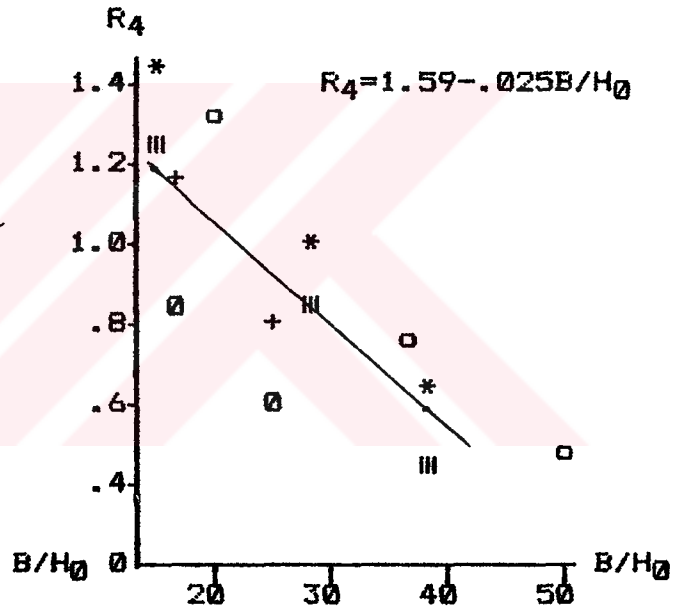
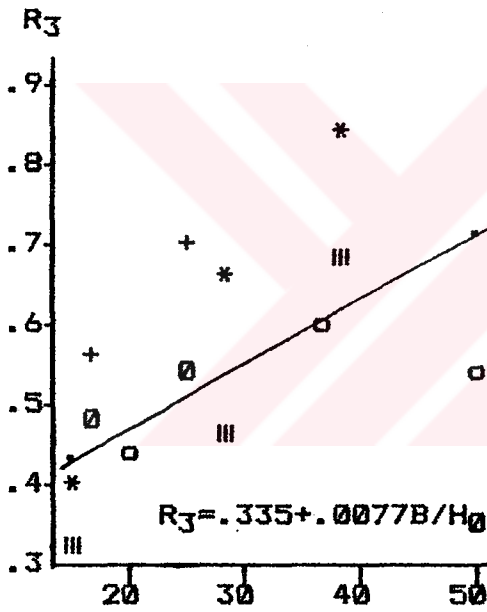
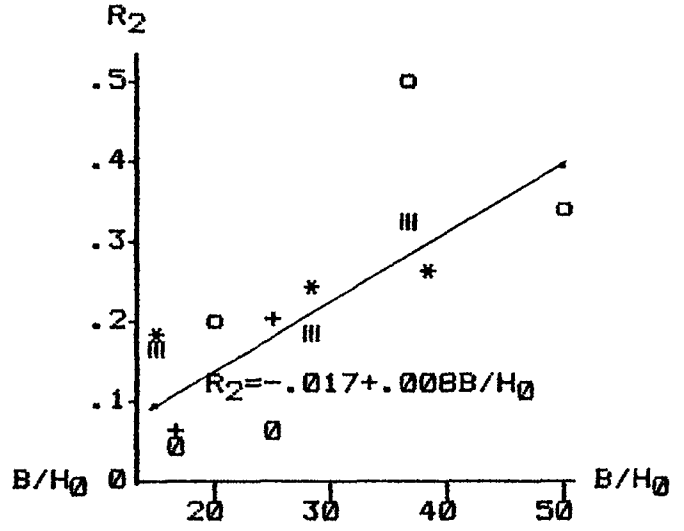
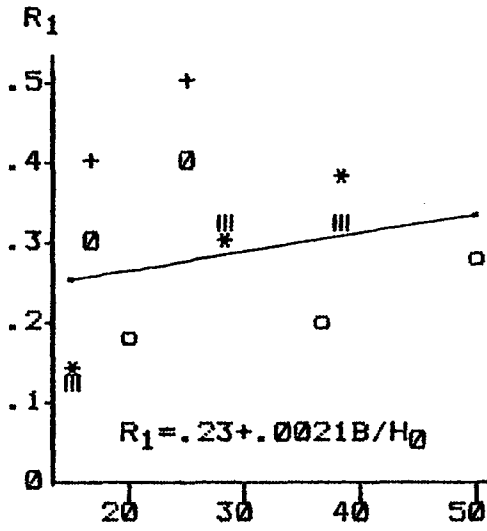
Şekil 6.15'ten da görüldüğü gibi,  $x_2/x_a$  değeri büyüdükçe, yani tali mendirek ana mendireğe doğru yaklaştıkça, R değerlerinde de bir artma eğilimi vardır. Ancak,  $x_2/x_a$ 'nın 1.0 - 1.2 arasında olması halinde, 4. bölgedeki dolma miktarı azalmaktadır. Bu konum, diğer bölgelerdeki dolma miktarları için de uygun olmaktadır. O halde, projelendirmede bu durum dikkate alınmalı ve  $x_2 \sim x_a$  (Şekil 6.14'teki b) konumu tercih edilmelidir.

Yukarıda açıklananlar, bir balıkçı barınağının projelendirilmesinde, ayrıntılı fiziksel ve matematiksel model çalışmalarının başlangıç konumunun belirlenmesinde iyi bir fikir vermektedir. Kesin sonuca ulaşabilmek için, ekonomik düşünceler de dikkate alınarak, ayrıntılı model çalışmaları yapılmalıdır.

#### 6.2.2.2.3 Giriş Ağız Genişliğinin Etkisi

Ana ve tali mendirekler arasındaki giriş ağız genişliğinin (B), dolma miktarına etkisini incelemek amacıyla 2,4,7; 8,10,12; 9,11,13; 14,16 ve 15,17. grup deneyler yapılmıştır. B değeri, derin deniz dalga yüksekliğine ( $H_0$ ) bölünerek boyutsuz hale getirilmiştir. Boyutsuz dolma parametresinin (R) ve sedimentin havzaya girme oranının (C)  $B/H_0$  ile değişimi Şekil 6.16'da verilmiştir.

Şekilden de görüldüğü gibi, giriş ağız genişliği arttıkça 1., 2. ve 3. bölgelerdeki dolma miktarı ile C katsayısı da büyümekte; 4. bölgedeki dolma miktarı ise küçülmektedir. O halde, dolma miktarını azaltmak için bu genişlik teknelerin girişini engellemeyecek ve güçleştirmeyecek şekilde mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır (39). Her barınakta, çeşitli dalga şartları için genişlik - dolma miktarı ilişkileri araştırılarak optimum çözüm bulunmalıdır.



Sembol	Deney no	T (sn)	H <sub>0</sub> (cm)
○	2,4,7	0.7	3
*	8,10,12	0.8	4
	9,11,13	1.1	4
+	14,16	0.8	6
∅	15,17	1.2	6

Şekil 6.16 Dolma Parametresi ve Dolma Oranının Giriş Ağız Genişliği ile Değişimi

#### 6.2.2.2.4 Giriş Ağız Ortalama Derinliğinin Etkisi

Deney düzeneğinde, başlangıçtaki taban eğimi sabit (1/30) olduğundan, giriş ağız ortalama derinliği, ana ve tali mendirek müzvarları derinliklerinin ortalaması alınarak,

$$h_{ort} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{1}{30} \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{y_1 + y_2}{60} \quad (6.19)$$

eşitliğiyle hesaplanabilir. Burada,

$y_1 = L_1 \sin \alpha_1$  : Tali mendirek müzvarının kıyıya dik uzaklığı,

$y_2 = L_2 \sin \alpha_2 + L_3 \sin \alpha_3$  : Ana mendirek müzvarının kıyıya dik uzaklığıdır.

Buradan, giriş ağız ortalama derinliği şöyle hesaplanır.

$$h_{ort} = \frac{L_1 \sin \alpha_1 + L_2 \sin \alpha_2 + L_3 \sin \alpha_3}{60} \quad (6.20)$$

6.23 eşitliğindeki parametrelerin , dolma parametresi ve dolma oranına etkileri daha önce incelenmiş ve bunların büyümesinin R ve C'de azalmaya neden olacağı belirlenmişti (Bölüm 6.2.2.2.1). Bu nedenle, giriş ağız derinliği arttıkça, R ve C değerlerinde bir azalma olacağı açıktır (39).

## BÖLÜM 7

### KIYI ÇİZGİSİ DENKLEMİNİN UYGULAMASI

Bölüm 4'te anlatılan ve kıyı çizgisinin değişimini hesaplayan 4.38 eşitliği, geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla,  $\alpha=26^\circ$  deney serisi için, Bölüm 5'te açıklanan çeşitli dalga şartları altında uygulanmış ve elde edilen sonuçlar EK B'de verilmiştir. Programda, barınak civarındaki kıyı çizgisi dilimlere (gridlere) ayrılmış ve her dilimdeki kırılma anındaki dalga yüksekliği ( $H_b$ ) ve açısı ( $\alpha_b$ ) hesaplanarak 4.38 eşitliği yardımıyla, kıyı çizgisi koordinatları ( $y_i$ ) belirlenmiştir. Program çıktısından bir örnek EK C'de sunulmuştur.

Programın uygulanmasında, çeşitli dalga ve mendirek parametrelerinin etkisini karakterize edebilecek deneylerin seçimine özen gösterilmiştir.

Modelin uygulanmasındaki asıl amaç, ana mendirek arkasının dolması için geçen süreyi ( $t_H$ ) hesaplamak ve bu sürenin değişimini etkileyen faktörleri belirlemektir. Bu nedenle, uygulama yapılan 17 deneyin 14'ünde tali mendirek etkisi dikkate alınmamıştır. Çeşitli dalga ve mendirek parametreleri için, ana mendirek arkasının dolması sık zaman aralıklarıyla izlenmiş ve dolma süresi ( $t_D$ ) grafiksel olarak bulunmuştur; ayrıca, barınağın diğer noktalarındaki kıyı çizgisi değişimleri de hesaplanmıştır. Tali mendireğin mevcut olduğu üç deneyde (Şekil B.6, 7, 8), tali mendireğin yeri değiştirilerek kıyı çizgisi değişimleri izlenmiştir.

Adı geçen dolma süresi, daha önce 6.13 eşitliğiyle hesaplanıp ( $t_H$ ) Tablo 6.2'de gözlenen dolma süresi ( $t_D$ ) ile birlikte sunulmuştu. Kıyı çizgisi değişimi modeliyle hesaplanan dolma süreleri ( $t_D$ ), genelde  $t_H$  ve  $t_D$  sürelerinden küçük olmaktadır. Burada, özellikle  $t_D$  ile

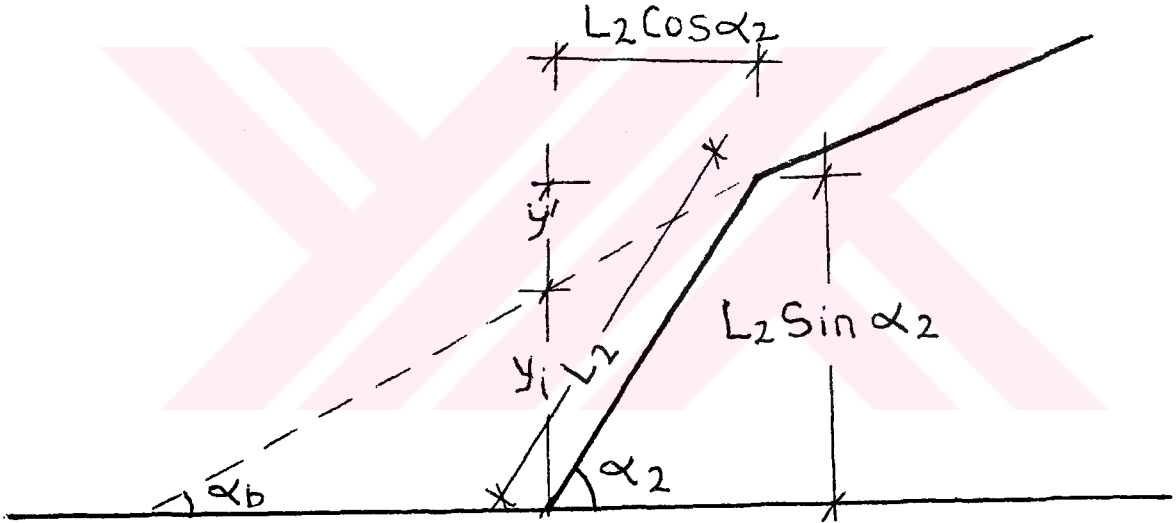
$t_h$  değerleri karşılaştırılacak ve aradaki farkın nedeni irdelenecektir.

6.13 eşitliğine göre:

$$t_h = \frac{L_2^3 \cdot [\cos(\alpha_2 - \alpha_b) - \cos^3(\alpha_2 - \alpha_b) + 2.05 \cdot \sin^3(\alpha_2 - \alpha_b)]}{120 \cdot Q} \quad (7.1)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Sayısal yöntemle göre,  $t_d$  şöyle hesaplanabilir:



Şekil 7.1 Sayısal Yöntemle  $t_d$ 'nin Hesabı

Şekil 7.1'de, ana mendireğin önündeki dilimdeki  $y_i$  mesafesi dolunca, dolma bölgesi ana mendireğin birinci kısmının uç noktasına ulaşır. Bu mesafe şöyle hesaplanır:

4.23 eşitliğinden:

$$y_i = \frac{t}{x} \cdot \frac{1}{h'} \cdot (Q_{i-1} - Q_i) \quad (7.2)$$

bulunur. Tam dolma anında, yani  $y_i = y_i$  iken  $t = t_d$  olur. Bu değerler 7.2 eşitliğinde yazılırsa,

$$t_d = \frac{y_i \cdot \Delta x \cdot h'}{Q_{i-1} - Q_i} \quad (7.3)$$

olur. Ana mendirek önündeki malzeme akımı kesileceğinden,  $Q_i=0$  olur. Bu durumda 7.3 eşitliği,

$$t_d = \frac{y_i \cdot \Delta x \cdot h'}{Q} \quad (7.4)$$

şeklini alır.

4.22 eşitliğine göre,

$$h' = 2.28 \cdot H_0 - 6.987 \cdot H_0^2 / T^2 \text{ idi.}$$

Şekil 7.1'in geometrisinden,

$$\tan \alpha_b = \frac{y'}{L_2 \cdot \cos \alpha_2} \quad (7.5)$$

ve buradan,

$$y' = L_2 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \tan \alpha_b \quad (7.6)$$

elde edilir. Buradan,

$$y_i = L_2 \cdot \sin \alpha_2 - y' = L_2 (\sin \alpha_b - \cos \alpha_2 \cdot \tan \alpha_b) \quad (7.7)$$

bulunur. 4.22, 7.4 ve 7.7 eşitliklerinden,

$$t_d = \frac{L_2 (\sin \alpha_b - \cos \alpha_2 \cdot \tan \alpha_b) \Delta x (2.28 H_0 - 6.987 H_0^2 / T^2)}{Q} \quad (7.8)$$

elde edilir.

7.1 ve 7.8 eşitliklerinden,  $x=0.25m$ . yazılarak;

$$\frac{t_h}{t_d} = \frac{L_2^2 \cdot [\cos(\alpha_2 - \alpha_b) - \cos^3(\alpha_2 - \alpha_b) + 2.05 \cdot \sin^3(\alpha_2 - \alpha_b)]}{30(\sin \alpha_b - \cos \alpha_2 \cdot \tan \alpha_b) (2.28H_0 - 6.987H_0^2/T^2)} \quad (7.9)$$

elde edilir. Bu eşitliğe göre,  $t_h/t_d$  değerleri,  $L_2$ 'nin karesiyle orantılıdır. O halde,  $L_2$ 'nin küçük olması durumunda bu oran küçük, büyük olduğu yerlerde de büyük olacaktır.

Sayısal uygulama yapılan deneylerin  $t_d$ ,  $t_h$  ve  $t_g$  değerleri EK B'de verilmiştir.

Sonuç olarak, matematik modele göre hesaplanan dolma süreleri, 6.13 eşitliğine göre hesaplanandan çok daha küçük olmaktadır.

Bilgisayar uygulaması sonucu elde edilen verilere göre diğer dilimler için hesaplanan kıyı çizgisi değerleri, ana mendireğin ucundan başlayarak, birkaç dilimlik bölgede (yaklaşık 1m.lik kısımda) bir oyulma olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni, ana mendirek arkasında yığılma olması sonucu, bölgeye gelen malzeme akımının kesilmesidir. Barınak içersinde çok az miktarda yığılma gözlenmesinin nedeni, bölgedeki dalga yüksekliğinin kırınım nedeniyle çok azalmasıdır. Diğer dilimlerde ise, dalga yüksekliği ve yönünde önemli değişiklikler olmadığından, debi değerlerinde ve dolayısıyla kıyı çizgisinde büyük değişiklikler olmamaktadır.

Tali mendireğin bulunduğu durumlarda ise, dalga geliş yönüne göre, bu yapıların memba (updrift) taraflarında yığılma, mansap (downdrift) taraflarında ise oyulma olmaktadır. Bunun nedeni, ana mendirekte olduğu gibi, sedimentin bu yapılar tarafından tutulmasıdır.



## BÖLÜM 8

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kıyı yapılarının neden olduğu dolma ve oyulma sorunlarını incelemek amacıyla yapılan araştırmaların bazıları, konuyu kıyı dengesi açısından ele almış ve kıyı değişimlerini süreklilik denklemi (4.16 eşitliği) yardımıyla ve matematiksel modellerle incelemiştir. Bu yaklaşım şekli, kıyı yapıları nedeniyle oluşan kıyı çizgisi değişimlerini tahmin etmede başarılı olmasına karşın, liman ve barınak havzalarının dolma sorununu incelemeye yetersiz kalmaktadır. Söz konusu sorunu araştırarak, dolma miktarını en aza indirebilecek uygun çözümü bulmak amacıyla fiziksel model çalışmaları yapmak, yaygın olarak başvurulan bir tekniktir. Ancak, bu tür çalışmalarda da konuya lokal olarak yaklaşıp belirli bir kıyı yapısının neden olduğu dolma sorunu incelenmektedir. Bu düşüncelerden hareketle, konuya daha geniş bir açıdan bakarak, genelde dolma sorununu azaltıcı bazı ölçütlerin belirlenmesinin daha uygun bir yaklaşım olacağı düşünülmüş ve bu araştırma gerçekleştirilmiştir.

Çalışma, özel olarak Doğu Karadeniz'deki Balıkçı Barınakları'nın dolması sorununu incelemesine karşın, elde edilen sonuçların başka yörelerdeki benzer sorunların çözümünde de yararlı olacağı düşünülmektedir.

DeneySEL çalışmalar; çeşitli dalga ve mendirek parametrelerinin, havza girişinde ve havzanın çeşitli bölgelerinde oluşan dolma miktarına etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Dalga yüksekliği, kıyı boyunca taşınan sedimentin taşınım debisini büyük ölçüde etkilemesine karşın, barınakların dolmasını aynı ölçüde etkilememektedir. Bir

yöredeki balıkçı barınaklarının dolmasında, sıkça görülen küçük dalgalar, yılda birkaç kez görülen yüksek dalgalara oranla daha çok etkili olmaktadır. Bu durum, projelendirmede dikkate alınmalıdır. Özellikle, havza giriş ağzının yeri ve konumu belirlenirken, hakim dalga yönünün yanısıra, dalga gelmesi muhtemel diğer yönler de incelenerek en uygun projelendirme yapılmalıdır. Barınak yapılacak yörenin yıllık dalga yüksekliği dağılımı dikkatle incelenerek karar verilmelidir.

2. Dalga yüksekliği, barınağın çeşitli bölgelerindeki sığlaşmanın yersel değişimini de etkilemektedir. Büyük dalgalar, havza girişi ve ana mendirek müzvarına yakın olan derin bölgelerde dolmaya yol açarken; küçük dalgalar, tali mendireğin iç tarafı gibi daha sığ bölgelerde dolmaya neden olmaktadır. Yıl içinde oluşan dalgaların çoğu, orta büyüklükte ise ve yüksek dalgalara az sayıda rastlanıyorsa, diğer bir deyişle dalga yüksekliği dağılımının standart sapması küçükse, dolma sorunu havza içindeki sığ bölgelerde etkili olacaktır. Bu durumda, barınak içinin ve kıyıya yakın bölgelerin derin olması gerekir; müzvarın ve giriş ağzı derinliğinin büyük olması çok önemli değildir. Dalga yüksekliği dağılımının standart sapması büyükse ve çok sayıda yüksek dalgaya rastlanıyorsa, giriş ağzının derinliği büyük olmalıdır.

3. Dalga periyodunun dolma miktarına etkisi, dalga yüksekliğine oranla daha az olmaktadır.

4. Ana mendireğin kıyıyla bağlantılı olan 1. kısmının uzunluğu ve kıyıyla yaptığı açı, mendireğin memba tarafında yığılacak sedimentin hacmini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle adı geçen parametreler, mümkün olduğunca büyük tutulmalıdır.

5. Ana mendireğin 2. kısmı, hakim dalga yönüne dik olmalıdır. Bu kısmın uzunluğunun artması, dolma miktarını azaltmaktadır.

6. Tali mendirek müzvarı, hakim dalga yönünde, ana mendirek müzvarından uzatılan doğru parçasının üzerinde olmalıdır (Şekil 6.15 b). Mevcut barınakların çoğunda bu kurala uyulmaması, barınakların dolmasındaki en önemli etmenlerden birisi olmaktadır.

7. Giriş ağzı genişliği, dolma miktarını doğrudan etkilediğinden, bu genişlik, teknelerin giriş ve çıkışına engel olmayacak şekilde ve olanaklar elverdiğince küçük olmalıdır. Giriş ağzı derinliği büyüdükçe, dolma miktarı azalmaktadır.

Sonuç olarak; yukarıda belirtilenler, bir yörede inşa edilecek liman ve barınakların projelendirilmesinde göz önüne alınması gereken ölçütler olmaktadır. Kesin zm, ancak bu ölçütler göz önünde bulundurulurken fiziksel ve matematiksel modelleme sonucu elde edilebilir.


KAYNAKLAR:

1. Ozaki, A., On the Effect of an Offshore Breakwater on the Maintenance of a Harbor Constructed on a Sandy Beach, Proceedings of Ninth Conference on Coastal Engineering, Lisbon, 1964, 323-345.
2. Noda, H., Model Study on the Filling - up of a Fishery Harbor by Drifting Sand, Proceedings of Tenth Conference on Coastal Engineering, Tokyo, 1966, 564,594.
3. Donnelly, P. ve MacInnis, I., Experience With Self-Dredging Harbour Entrances, Proceedings of Eleventh Conference on Coastal Engineering, London, 1968, 1283-1294.
4. Lepetit, J. P., Impact of Yachting Marinas on Beaches, Proceedings of Conference on Coastal Engineering, 1966, 1844-1853.
5. Maza, J. A., Munoz, M. L. ve Porráz, M., Jetties Studies Contribution, Coastal Sediments'77, 1977, 248-266.
6. Pratte, B. D., Willis, D. H. ve Ploeg, J., Harbour Sedimentation - Comparison with Model, Proceedings of Conference on Coastal Engineering, 1982, 1119-1126.
7. Eysink, W. D. ve Vermeas, H., Computational Methods to Estimate the Sedimentation in Dredged Channels and Harbour Basins in Estuarine Environment, International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, 1983, Colombo, 1072-1083.
8. Dayananda, H. V. ve Gerritsen, F., Sedimentation Studies Carried out on a Small Harbour Sited in an Area of High Littoral Drift, International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, 1983, Colombo, 1109-1125.

9. Mangor, K. ve Chandrawansa, P. D., Field and Model Investigations on Sedimentation in Beruwala Fishing-Harbour Sri Lanka, 1987 Proceedings of Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Vol:1, 1987, 240-254.
10. Christiansen, H., New Insights on Mud Formation and Sedimentation Process in Tidal Harbours, 1987 Proceedings of Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Vol:2, 1987, 1332-1340.
11. Gnbak, A. R., Gke, K. T. ve Güler, I., Yakakent Balıkçı Barınağı Sığlaşması Araştırması Sonuç Raporu, ODT inşaat Mhendisliği Bölümü Kıyı ve Liman Mhendisliği Laboratuvarı Yayını, Ankara, 1990.
12. Toyoshima, O., Changes of Sea Bed Due to Detached Breakwaters, Proceedings of Conference on Coastal Engineering, 1976, 1572-1589.
13. Komar, P. D., Coastal Erosion in Response to the Construction of Jetties and Breakwaters, Handbook of Coastal Processes and Erosion, 1985, Chapter 9, 191-204.
14. Johnson, J. W. ve Eagleson, P. S., Sediment Problems at Coastal Structures, Estuary and Coastline Hydrodynamics, Ippen, A. T. (Editr), Mc Graw-Hill Book Company, Inc., 1966, Chapter 9.6, 462- 488.
15. am, T., Doğu Karadeniz'de Dalga Tahmini ve Tasarım Dalgası zelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1986.
16. Karahan, E., The Total Load, Sediment Transport Technology Proceedings, Ankara, 1988, Volume 1, Chapter 6, 6.1-6.28.
17. Vanoni, V. A., Sedimentation Engineering, ASCE Manual and Reports on Engineering Practise, No 54, 1977 R, No:54, 1977.
18. EİE Genel Müdürlüğü, Türkiye Akarsularında Sediment Sediment Gzlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları EİE Yayın No: 87-44, Ankara, 1987.

19. Barlas, S., Türkiye Akarsularının Taşıdıkları Katı Madde Miktarları ve Bunların Alansal Dağılımları, EiE Bülteni, Sayı 146-147, Şubat-Nisan 1990, 14-23.
20. CERC, Shore Protection Manual, Chapter 4, Littoral Processes, Washington, 1984.
21. Dally, W. R. ve Dean, R. G., Suspended Sediment Transport and Beach Profile Evolution, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol. 110, No. 1, 1984, 15-33.
22. Komar, P. D., Computer Models of Shoreline Changes, Handbook of Coastal Processes and Erosion, 1985, Chapter 10, 205-216.
23. Hanson, H. ve Kraus, N. C., GENESIS: Generalized Model for Simulating Shoreline Change, Report 1, Technical Reference, CERC, Mississippi, 1989.
24. Hanson, H. ve Kraus, N. C., Seawall Boundary Condition in Numerical Models of Shoreline Evolution, Technical Report CERC 86-3, Final Report, 1986.
25. Kraus, N. C., ve Harikai, S., Numerical Model of the Shoreline Change at Oarai Beach, Coastal Engineering, 7 (1983), Amsterdam, 1-28.
26. Hanson, H. ve Kraus, N. C., Forecast of Shoreline Change Behind Multiple Coastal Structures, Coastal Engineering in Japan, Vol.29, 1986, 195-214.
27. Dayananda. H. V. ve Gerritsen, F., A Method for Preliminary Evaluation of Equilibrium Coastal Plan Shape Adjacent to Nearshore Structures, 1987 Proceedings of Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Vol.1, 1987, 240-254.
28. Price, W. A., Tomlison, K. W. ve Willis, D. H., Predicting Changes in the Plan Shape of Beaches, Proceedings of Conference on Coastal Engineering, 1972, Vol:2, 1321-1329.

29. Borah, D. K. ve Balloffet, A., Beach Evolution Caused by Littoral Drift Barrier, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol.111, No.4, July 1985, 645-660.
30. Ferlin, M. ve Dean R. G., 3-D Model of Bathymetric Response to Structures, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol.111, No.2, 1985, 153-170.
31. Whalin, R. W. ve Chatham, C. E., Coastal Erosion, Coastal Hydraulic Models, CERC, SR-5, Mississippi, 1979, Chapter 5, 284-307.
32. Hallermeier, R. J., Unified Modelling Guidance Based on a Sedimentation Parameter for Beach Changes, Coastal Engineering, 9 (1985), Amsterdam, 37-70.
33. Jain, S. C., Movable-Bed Tidal Inlet Model, Journal of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Division, ASCE, Vol.108, No.WW3, 1982, 326-342.
34. Hayami, S., Ishihara, T. ve Iwagaki, Y., Some Contributions to Hydraulic Model Experiments in Coastal Engineering, Proceedings of Tenth Conference on Coastal Engineering, Tokyo, 1966, 1291-1312.
35. Wang, H., A Note on Beach Profile Scale Modelling, Braunschweig'86, Florida, 1986, 355-398.
36. Özhan, E. ve Şendil, U., Antalya Limanı Limanıçı Çalkantısının Önlenmesi, ODTÜ Kıyı ve Liman Mühendisliği Araştırma Enstitüsü, Rapor No.18, Ankara, 1978.
37. Anderson, G. L., Hardaway, C. S. ve Gunn, J. R., Beach Response to Spurs and Groins, Coastal Structures'83, 1983, 727-739.
38. Zhongquan, M. ve Xiankun, K., The Application of Coastal Dynamic Geomorphology To Harbour-Site Choosing- an Example of Qinhuangdao Oil Dock, 1987 Proceeding of Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Vol.1, 1987, 809-818.

39. Wang, R., The Review and Prospect of Siltation Study on Tianjin Port, 1987 Proceedings of Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Vol:2, 1987, 1478-1490.
  40. Rijn, L. C., Sedimentation of Dredged Channels by Currents and Waves, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol.112, No.5, 1986, 541-559.
  41. Tanaka, N., Beach Erosion at the Up-Drift Coast a Breakwater Prolonged Obliquely from the Shore Sendai Port, Coastal Sediments'77, 1987, 1026-1041.
  42. Tanaka, N. ve Sato S., Topographic Change Resulting from Construction of a Harbour on a Sandy Beach Kashima Port, Proceedings of Conference on Coastal Engineering, 1976, 1824-1843.
- 





E K L E R

## EK A

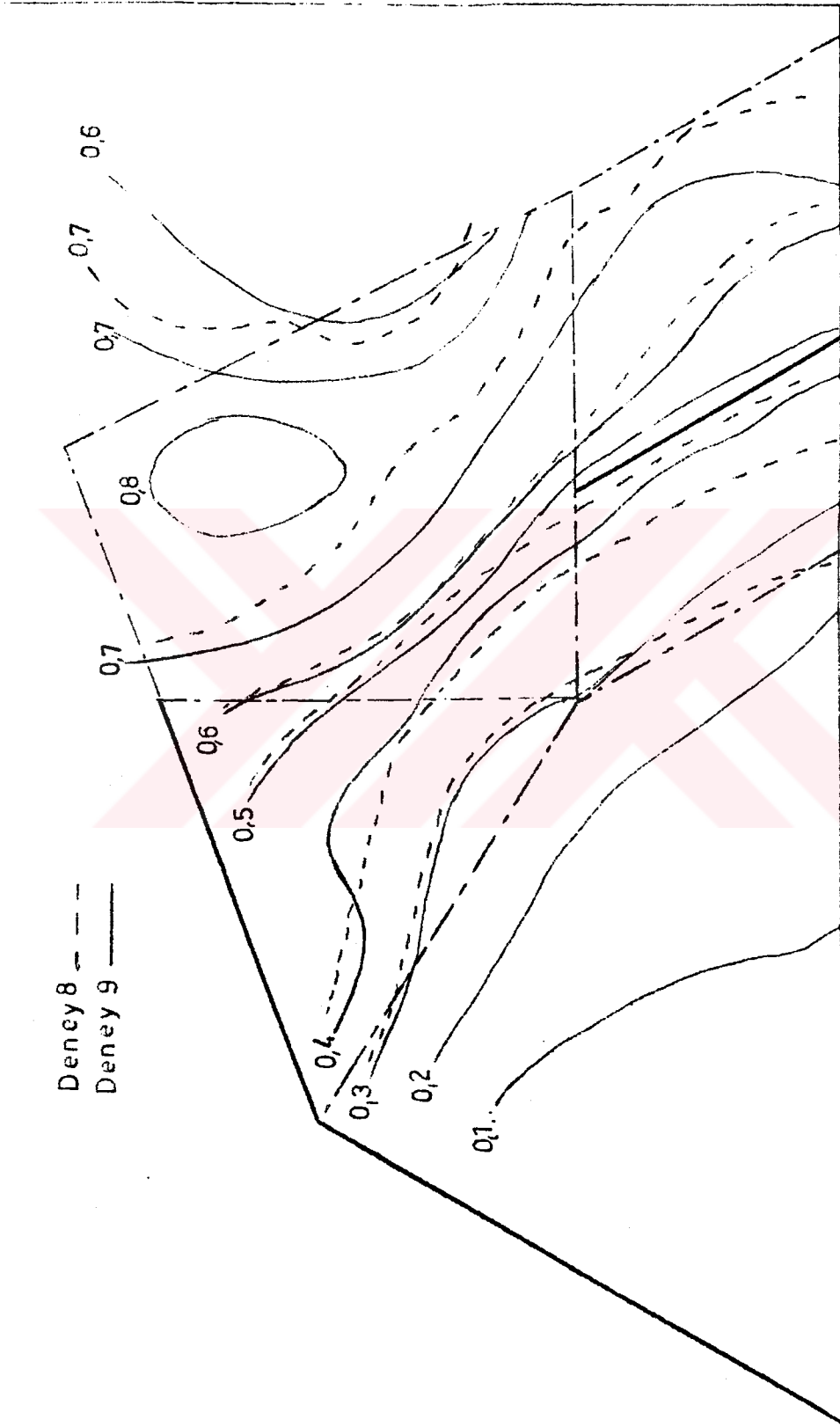
### DOLMA MİKTARI / DALGA YÜKSEKLİĞİ KONTURLARI

$\alpha = 26^\circ$  deney serisi için 20 değişik geometride deney yapılmıştır. Her bir geometri için, yalnızca bir dalga değeri dikkate alınarak çizilen, 'dolma değeri / kırılma anındaki dalga yüksekliği' ( $D/H_b$ ) konturları (eşyükseklik eğrileri), Şekil A.1 - A.21'de verilmiştir. Şekillerde ayrıca, her geometri için 1., 2., 3. ve 4. bölgelerin sınırları da gösterilmiştir. Her bir şeklin hangi deneyleri kapsadığı Tablo A.1'de verilmiştir. Tabloda ayrıca,  $D/H_b$  konturlarının hangi deneyler için çizildiği de verilmiştir.

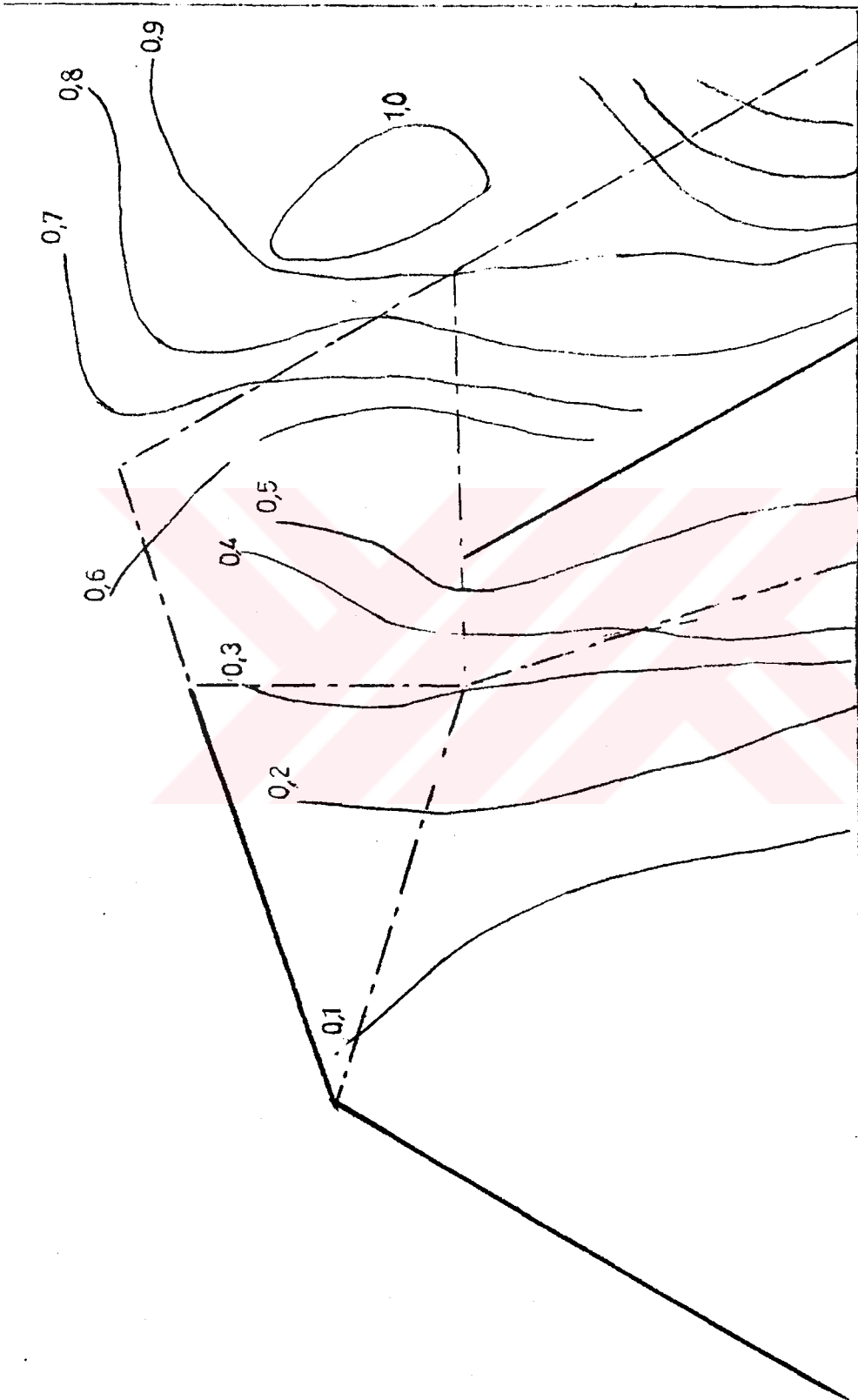
Dalga yüksekliğinin etkisini göstermek amacıyla, Şekil A.8'de 22. ve 23. deneyler için; dalga periyodunun etkisini göstermek amacıyla da, Şekil A.1'de 8. ve 9. deneyler için çizilen konturlar aynı şekilde verilmiştir. Ayrıca,  $\alpha$  açısının etkisini göstermek amacıyla,  $\alpha = 26^\circ$  ve  $\alpha = 0^\circ$  durumlarındaki 2. deneyler için çizilen konturlar Şekil A.21'de gösterilmiştir.

Tablo A.1  $\alpha=26^\circ$  için Aynı Geometrideki Deney Grupları

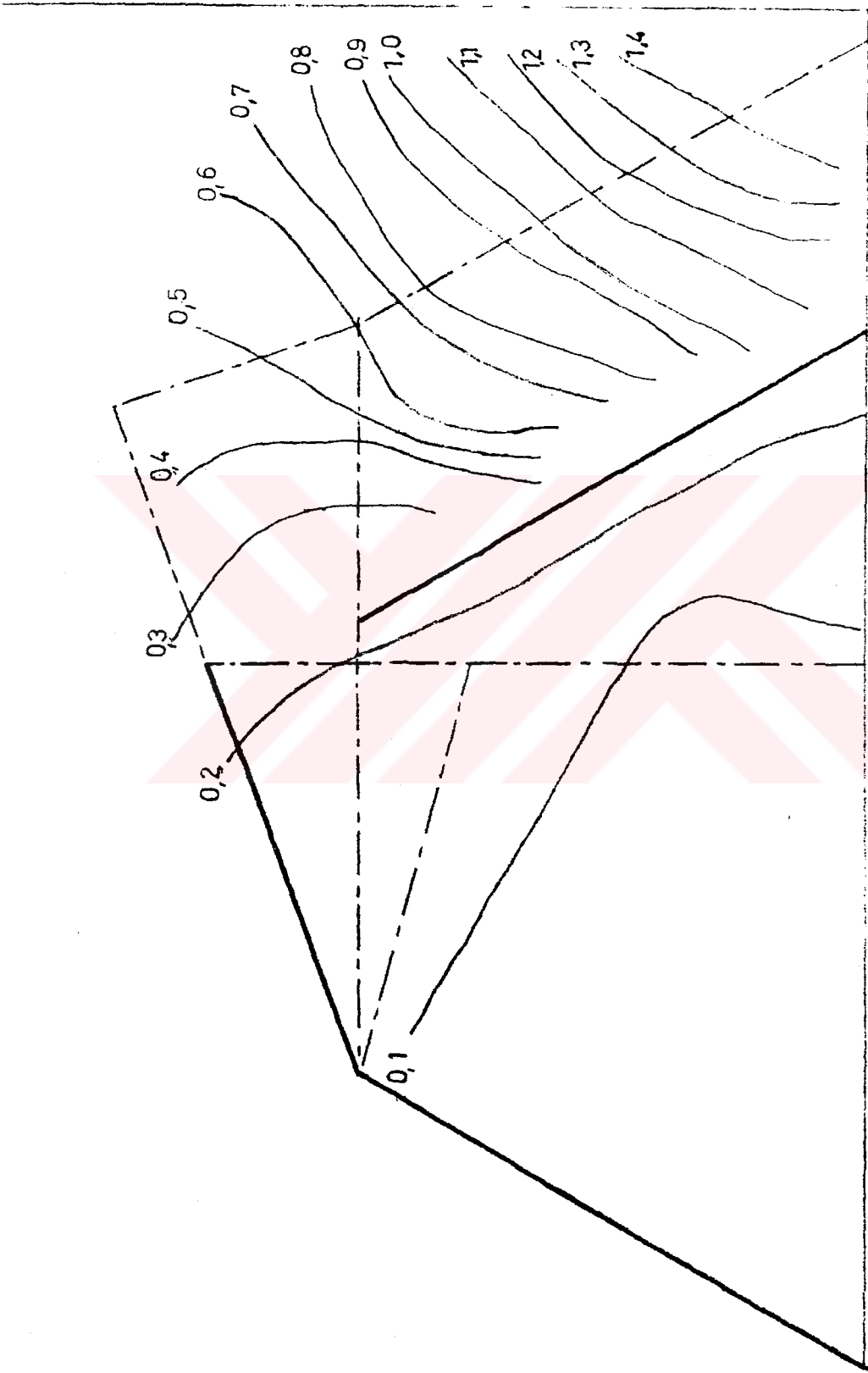
Şekil No:	Deney No No:	$D/H_b$ Çizilen Deney No:
A.1	1, 2, 8, 9, 14, 15	8, 9
A.2	3, 4, 5, 10	4
A.3	6, 7, 12, 13	6
A.4	11	11
A.5	16, 17	17
A.6	18, 19	19
A.7	20, 21	21
A.8	22, 23, 24	22, 23
A.9	25	25
A.10	26	26
A.11	27	27
A.12	28	28
A.13	29	29
A.14	30	30
A.15	31	31
A.16	32	32
A.17	33	33
A.18	34	34
A.19	35	35
A.20	36	36
A.21	2( $\alpha=26^\circ$ ), 2( $\alpha=0^\circ$ )	2, 2



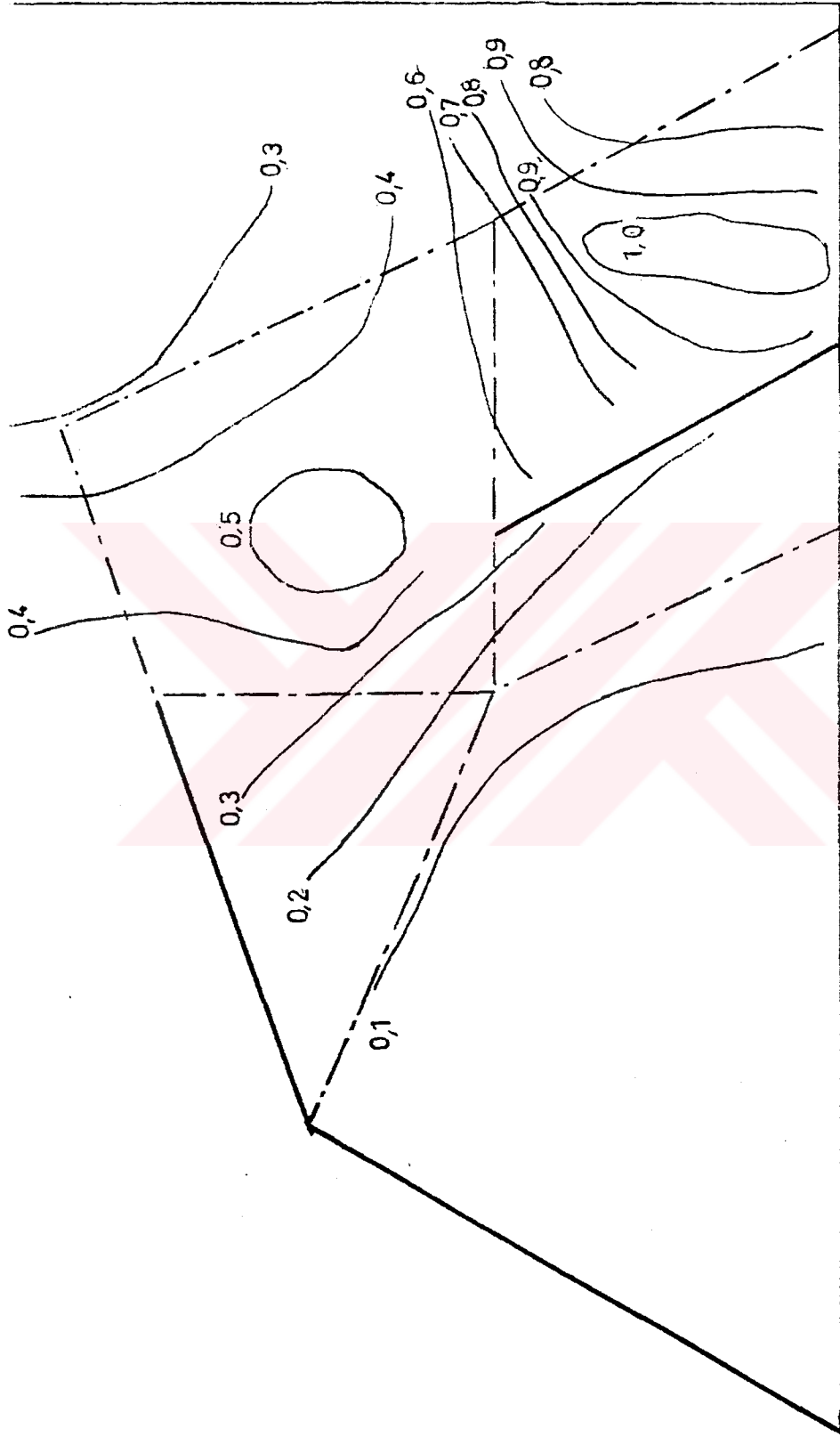
Şekil A.1



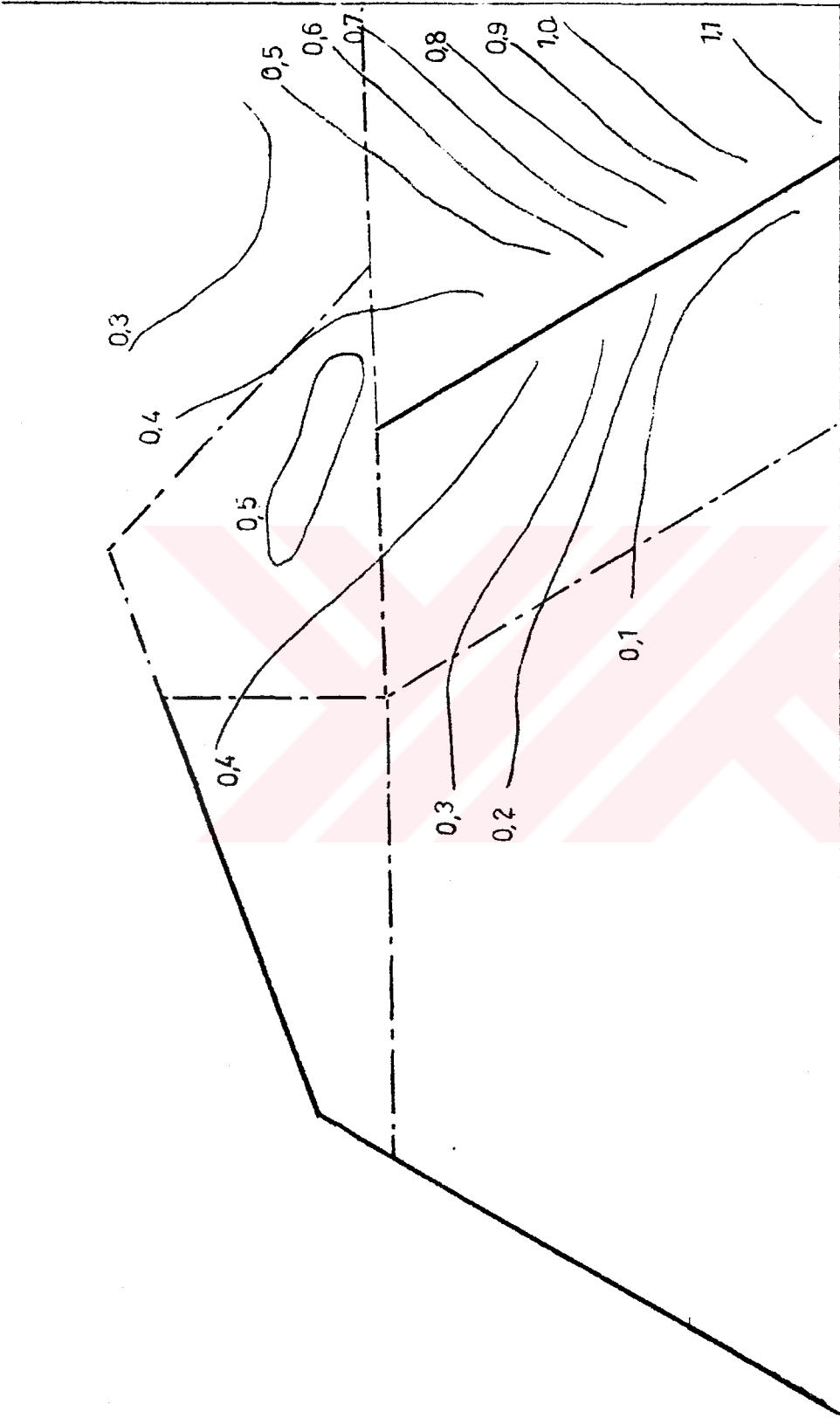
Sekil A.2



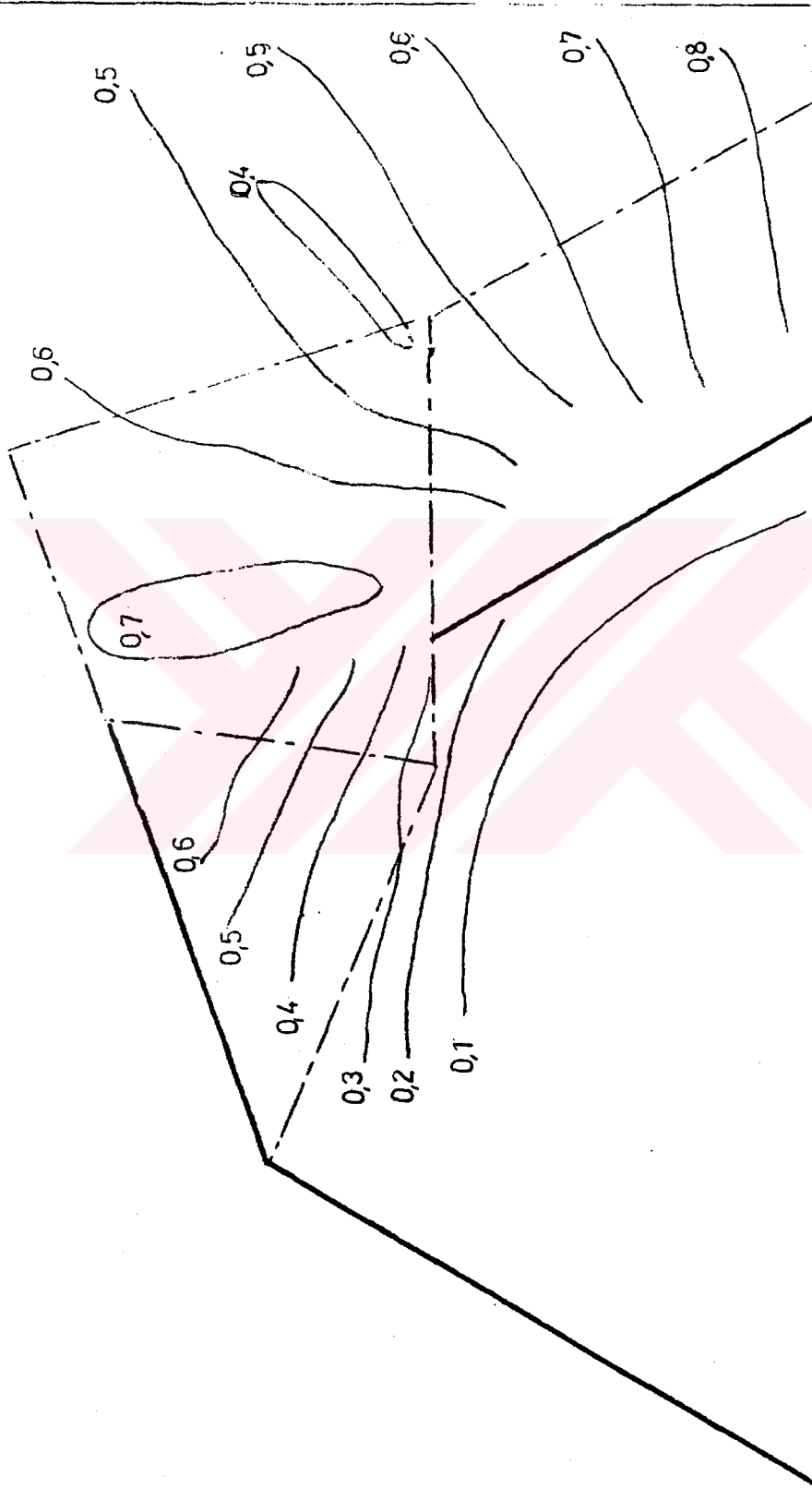
Şekil A.3



Şekil A.4

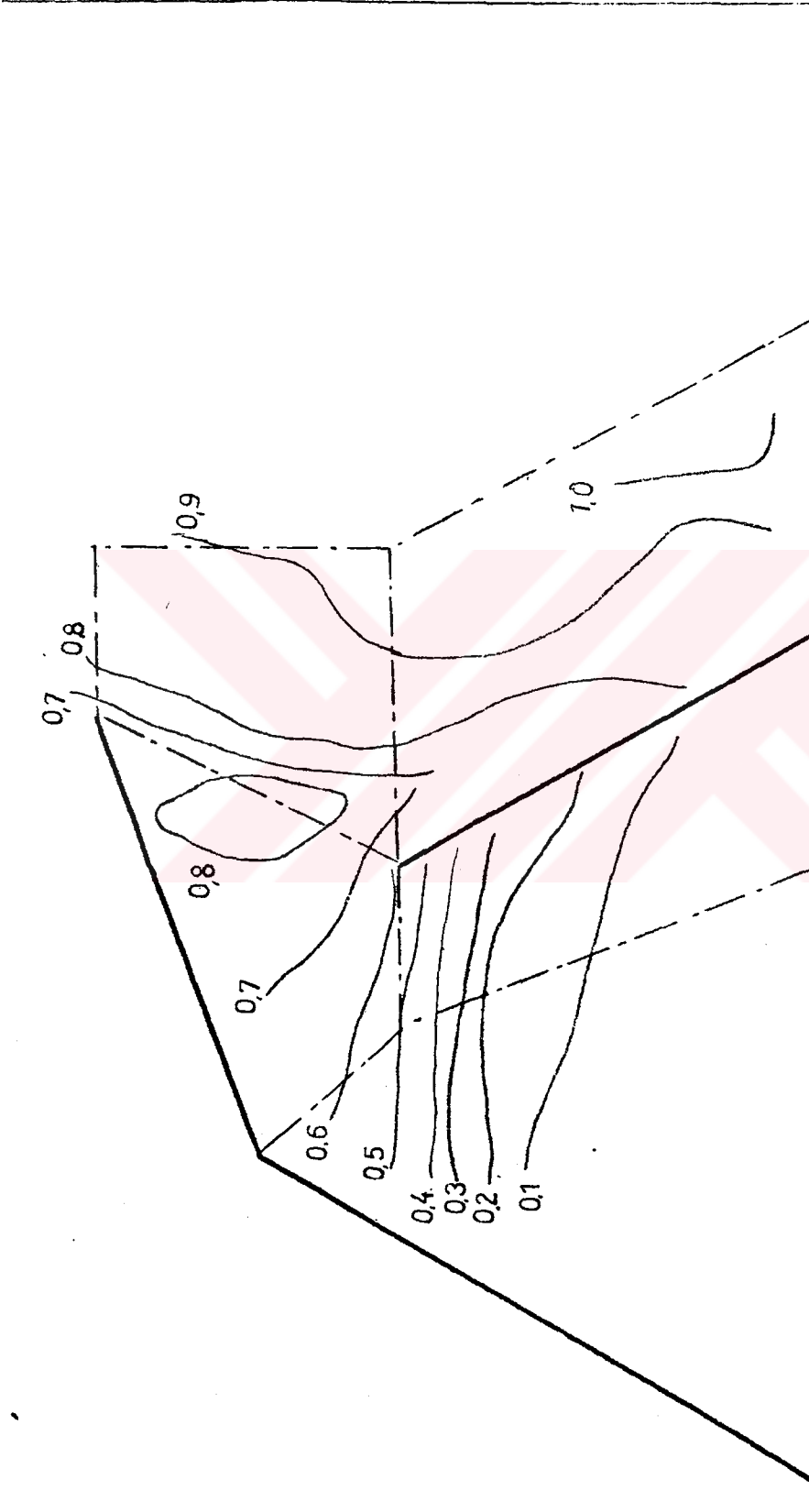


Şekil A.5

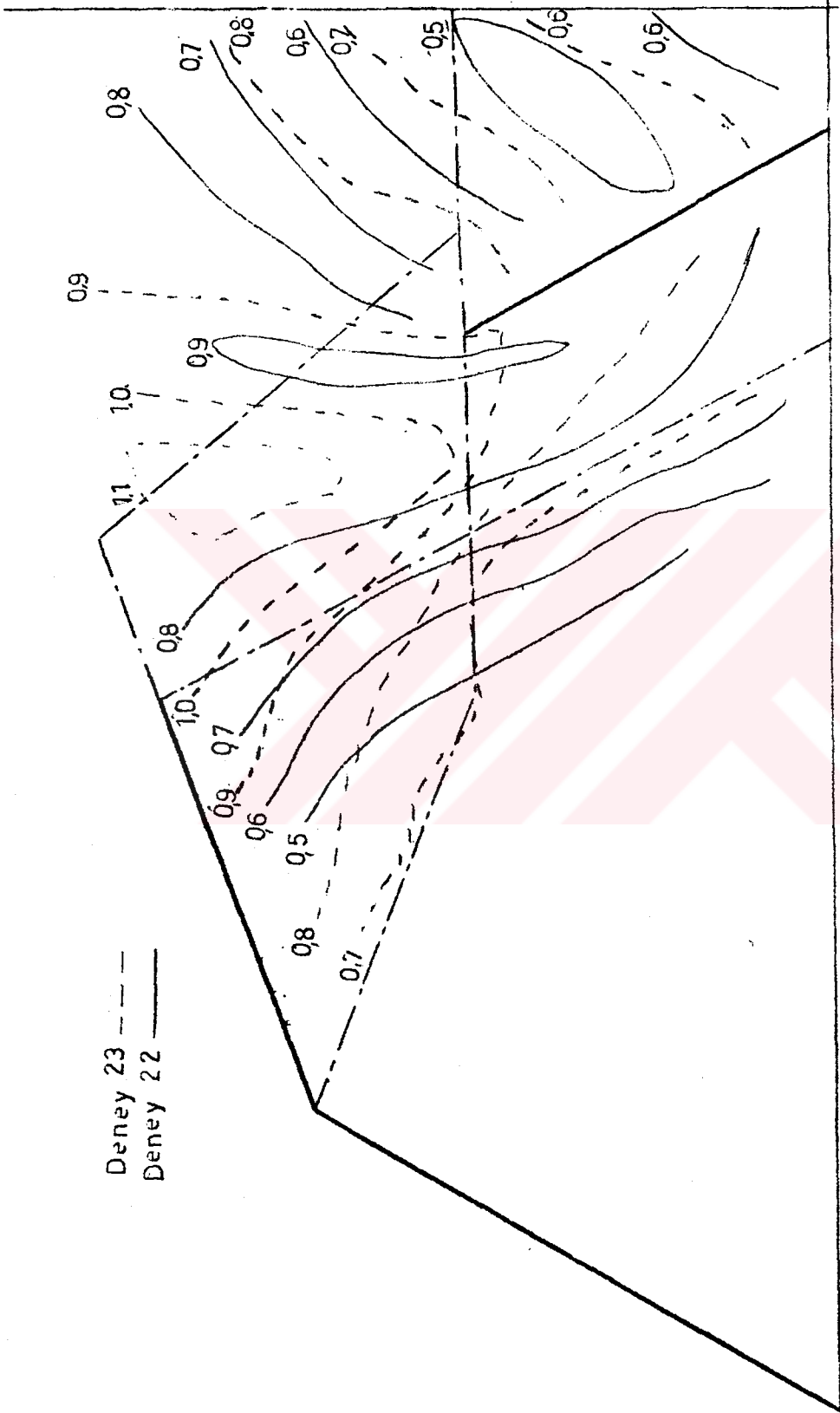


Şekil A.6

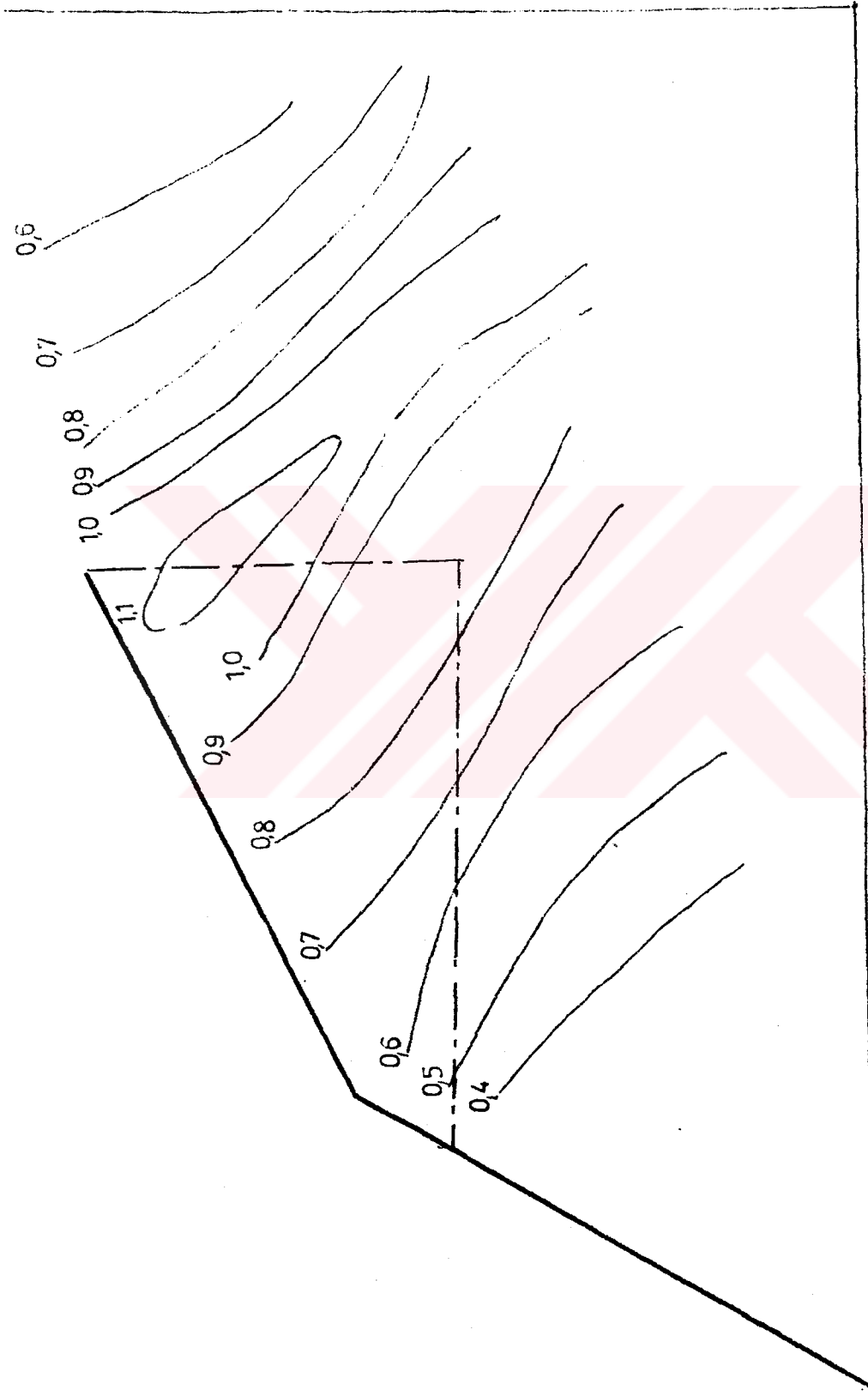




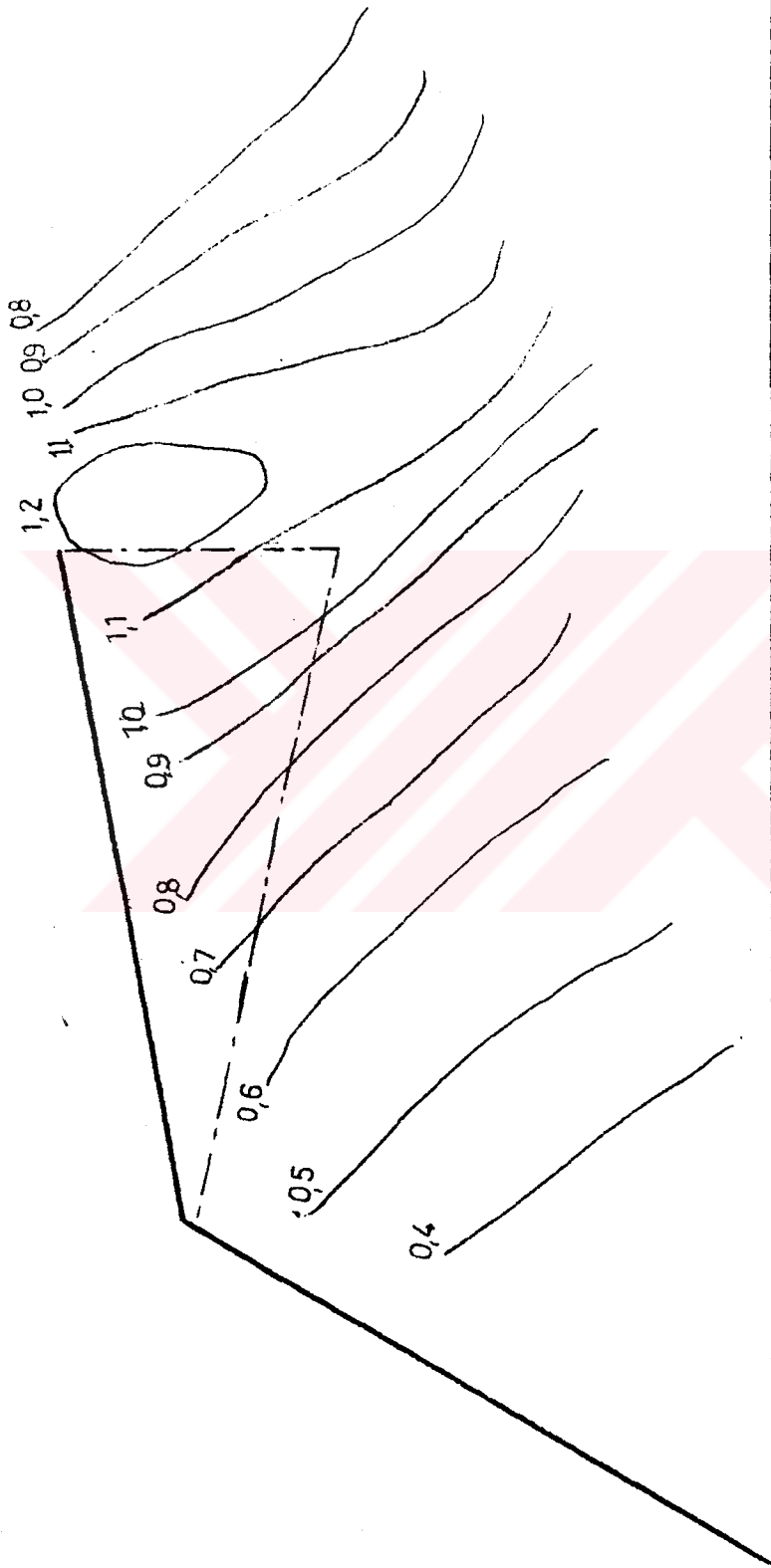
Şekil A.7



Şekil A.8



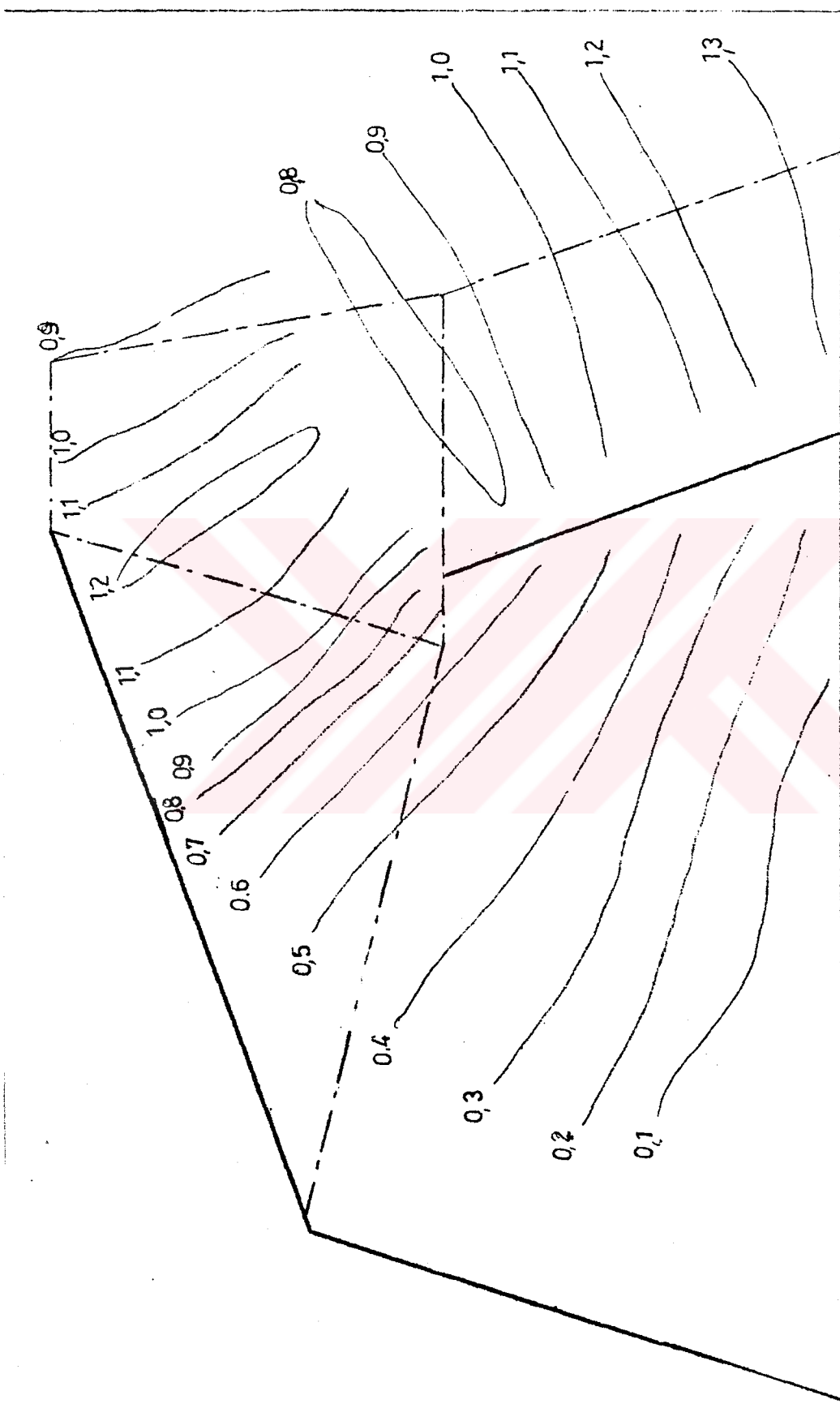
Şekil A.9



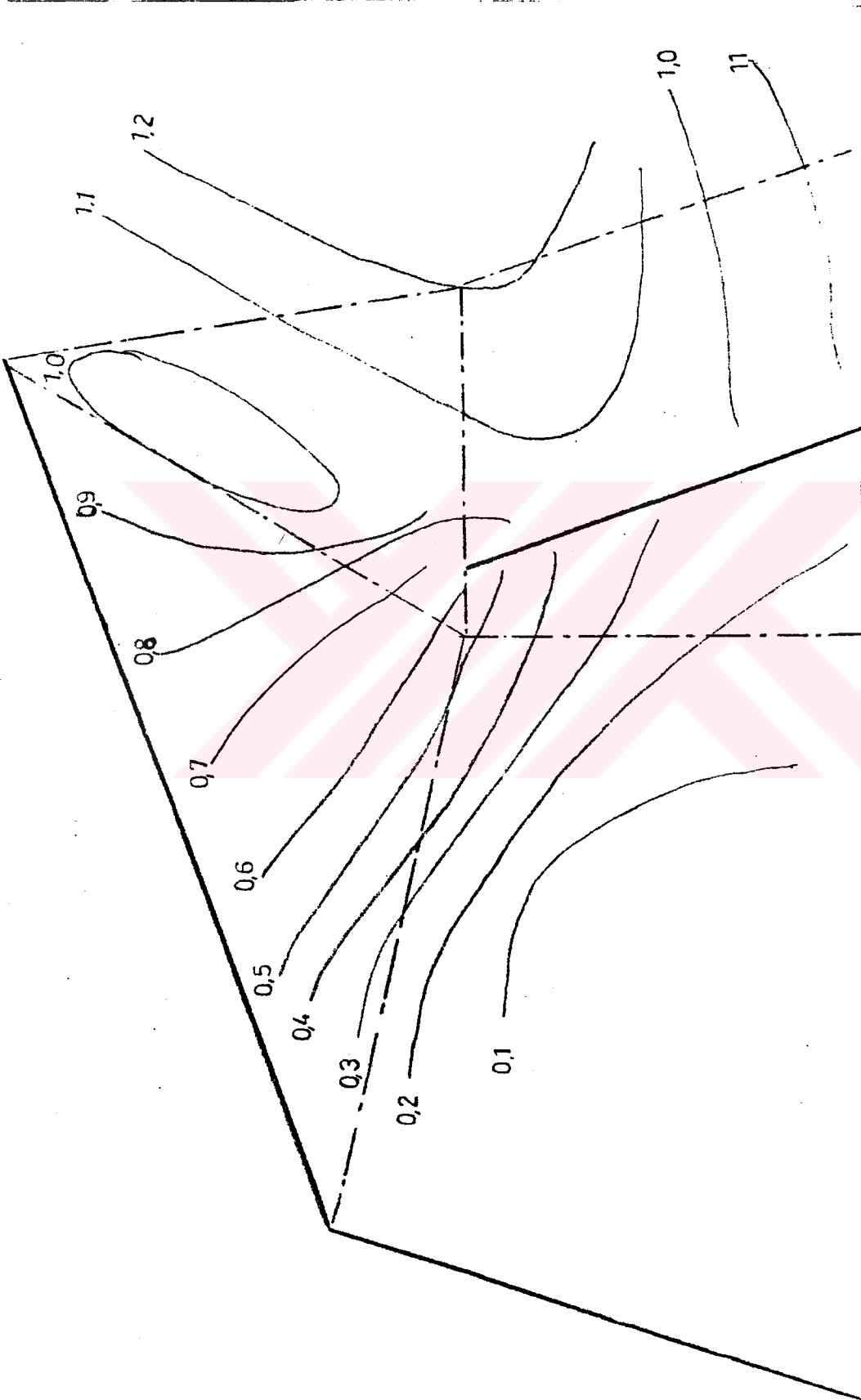
Şekil A.10



Şekil A.11



Şekil A.12

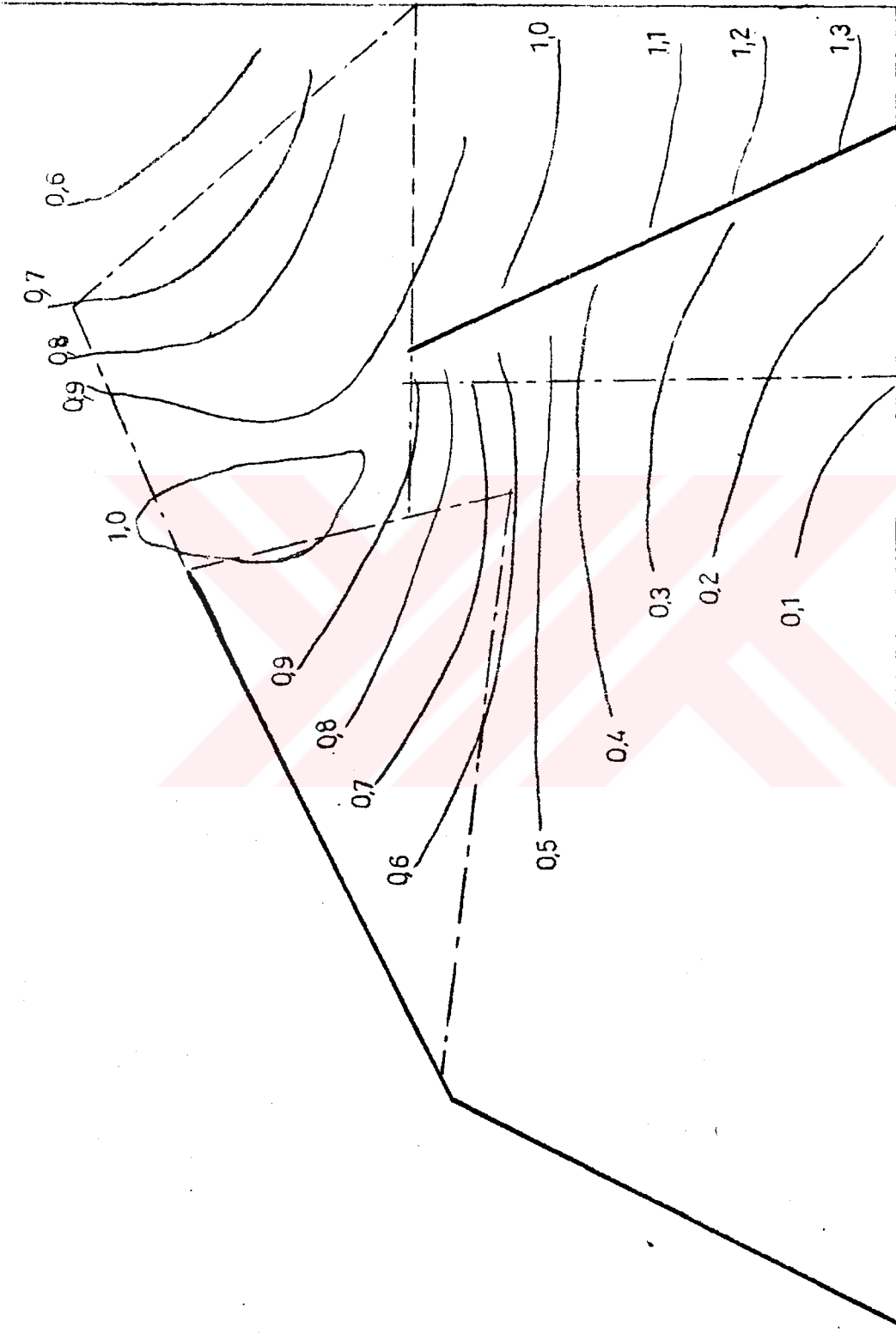


Şekil A.13

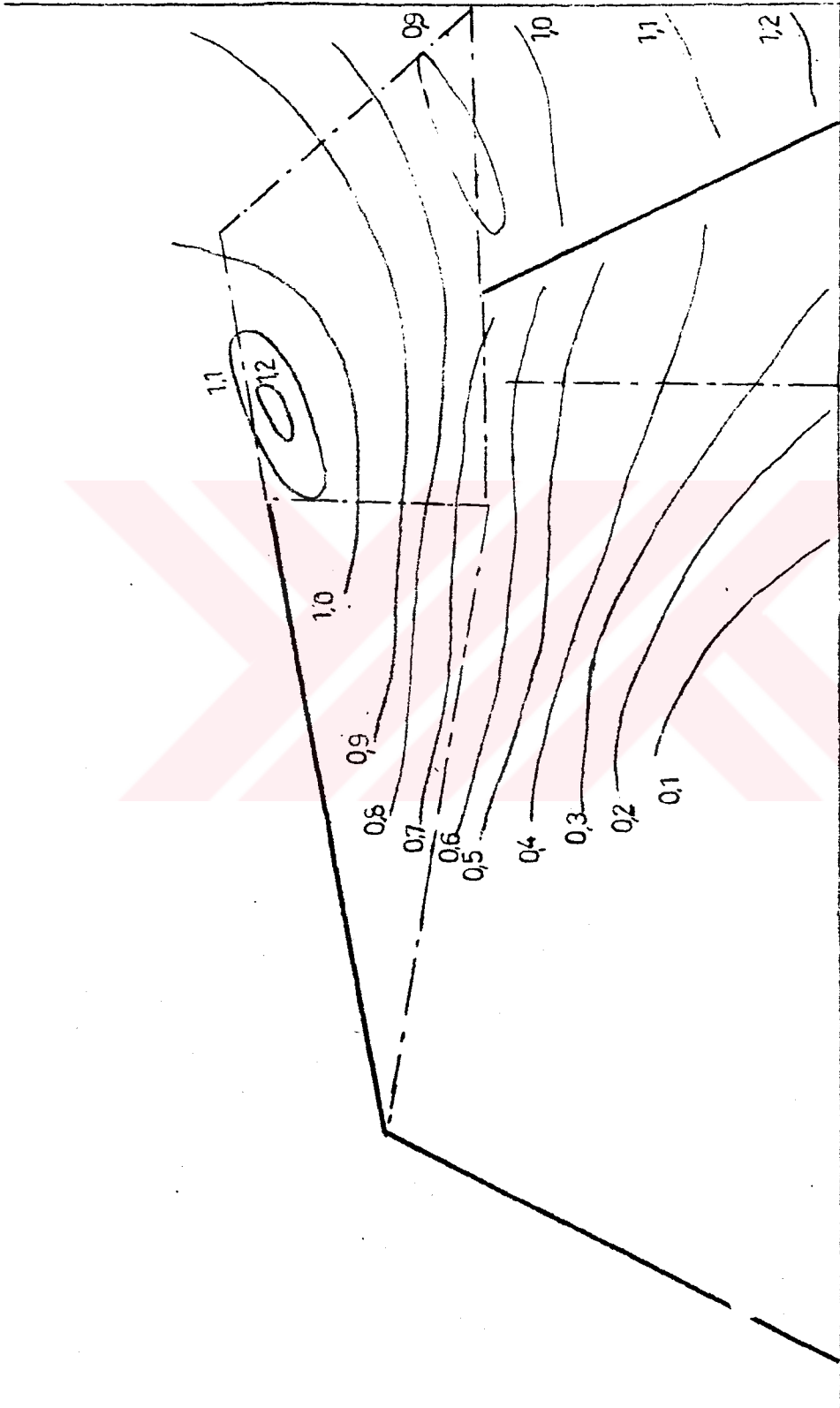


Şekil A.14

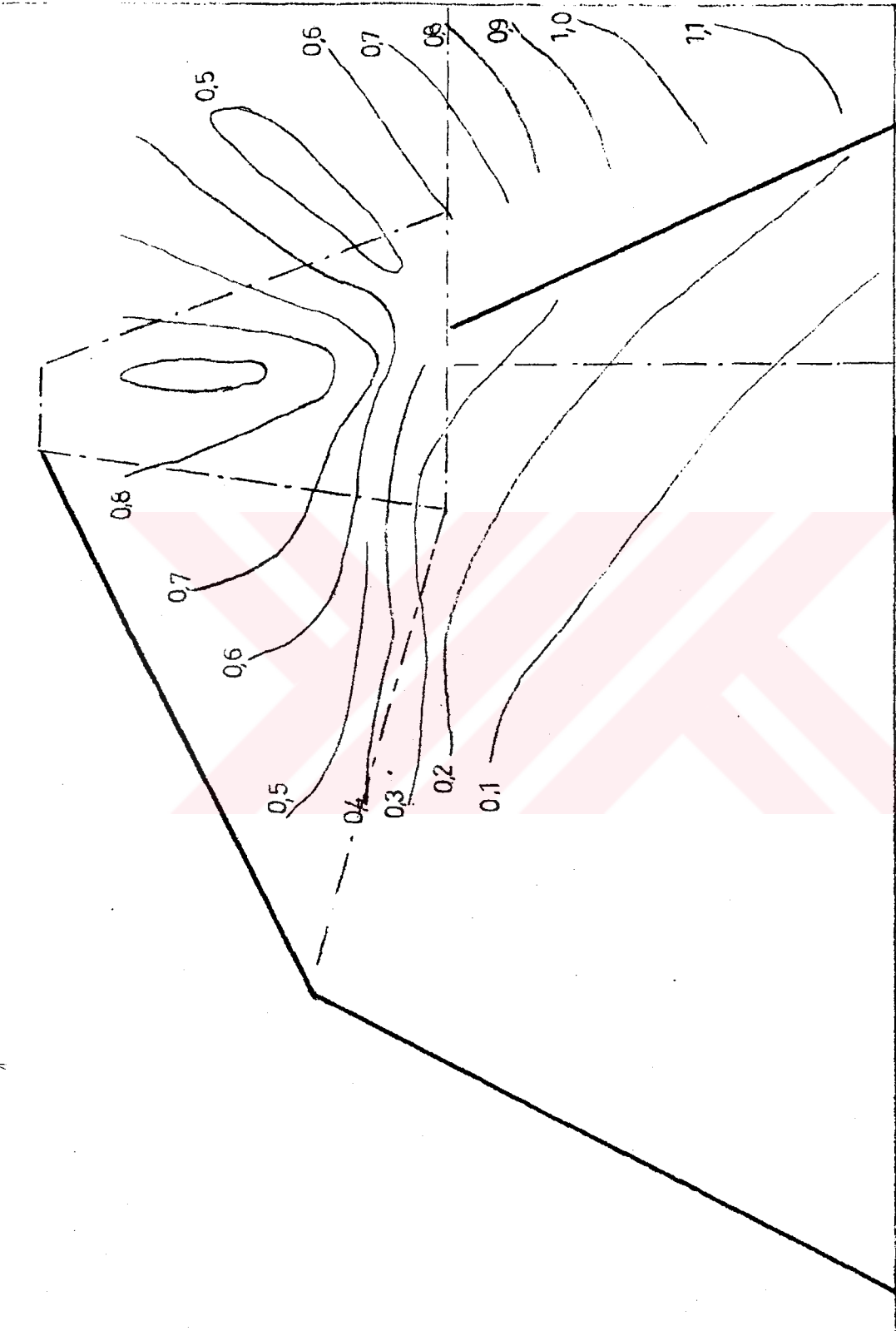




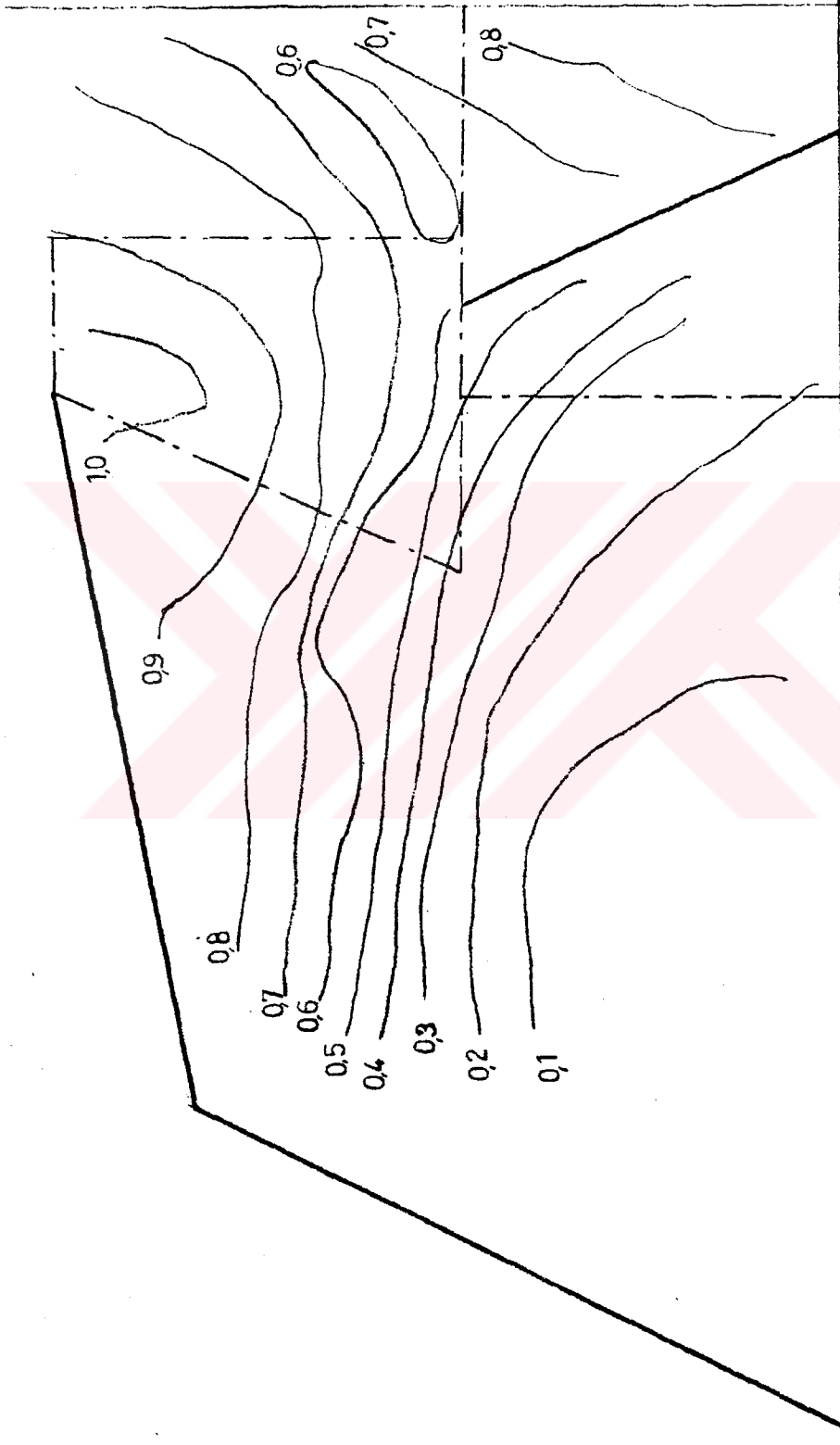
Şekil A.15



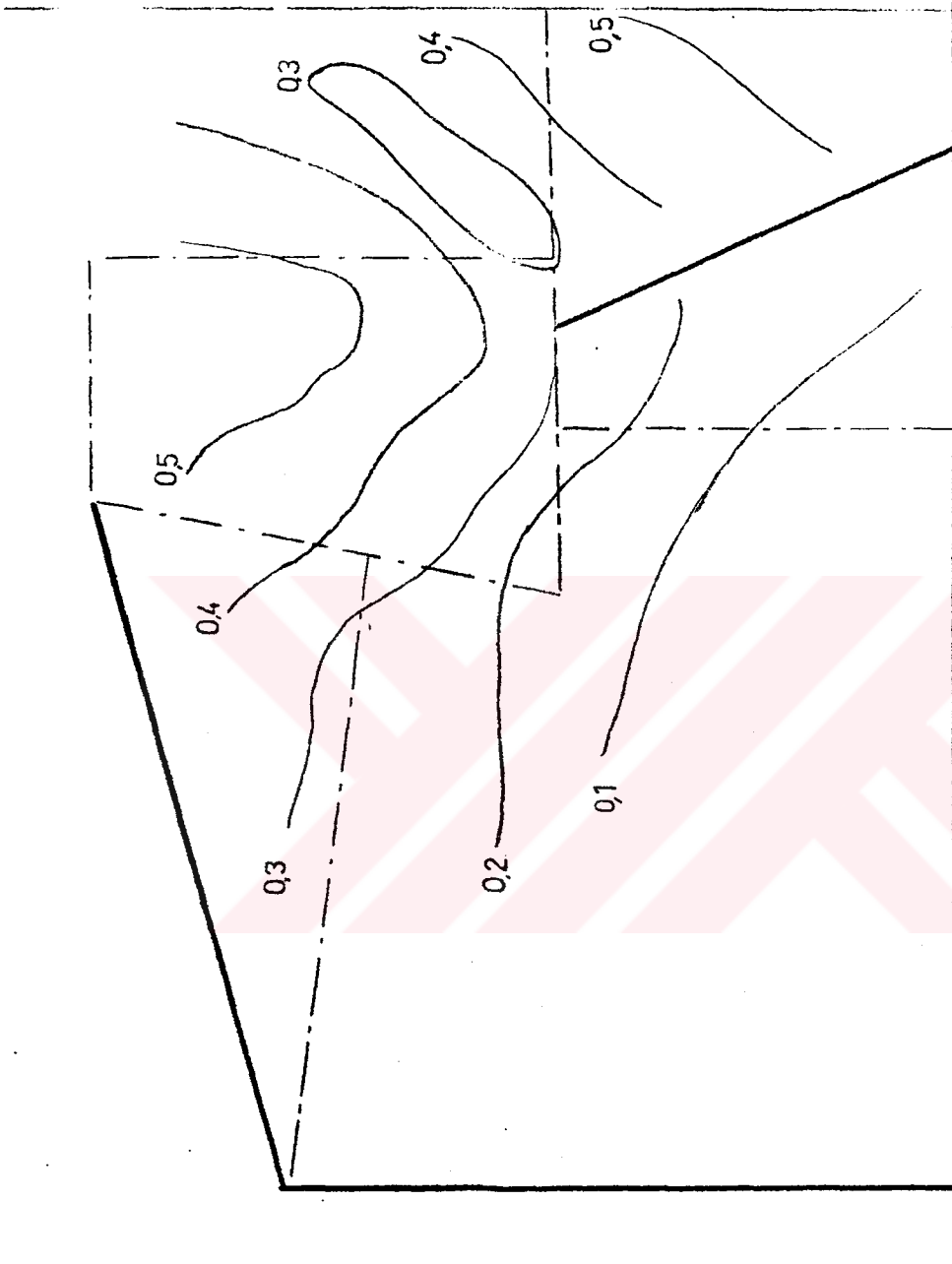
Şekil A.16



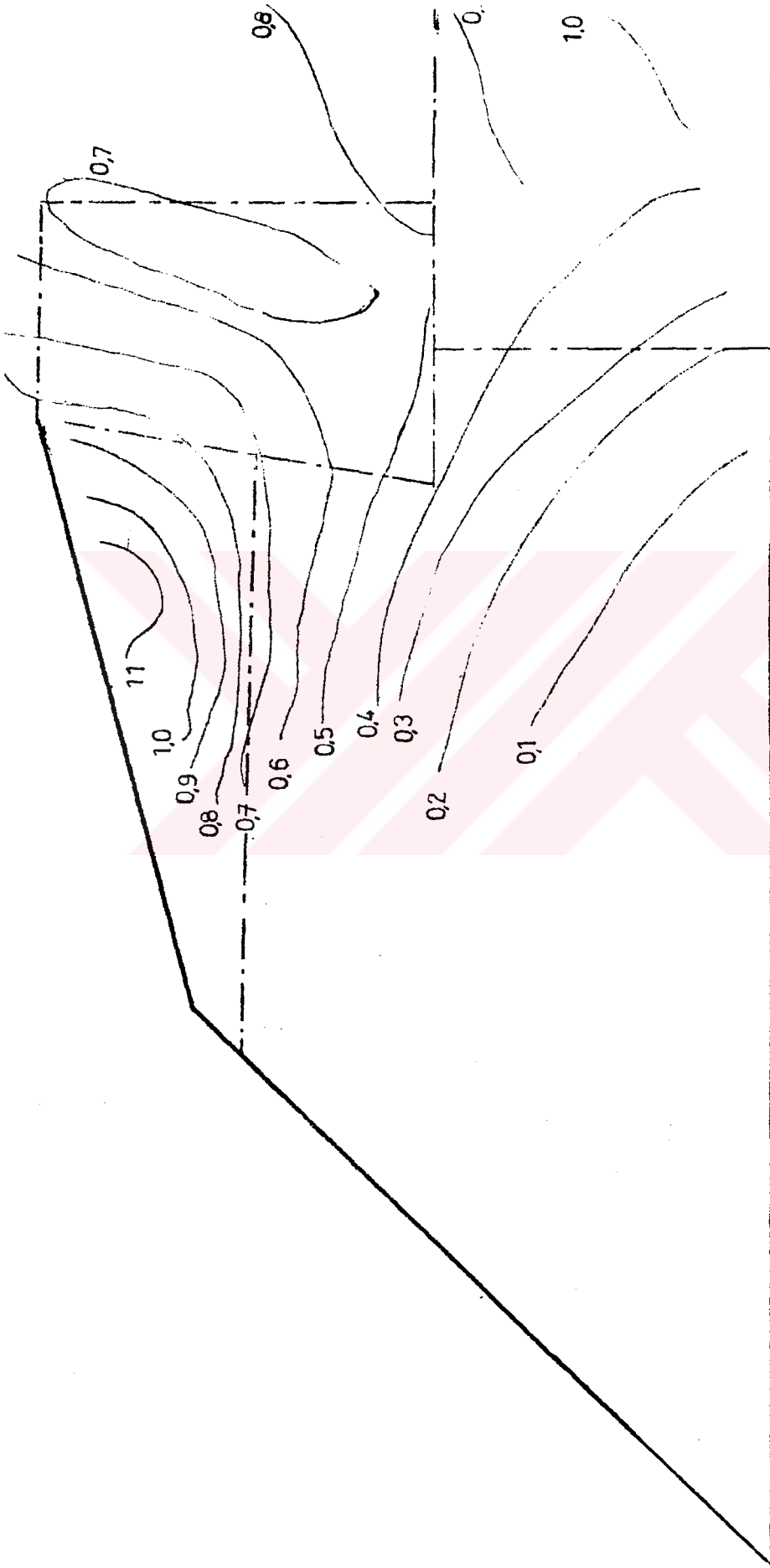
Şekil A.17



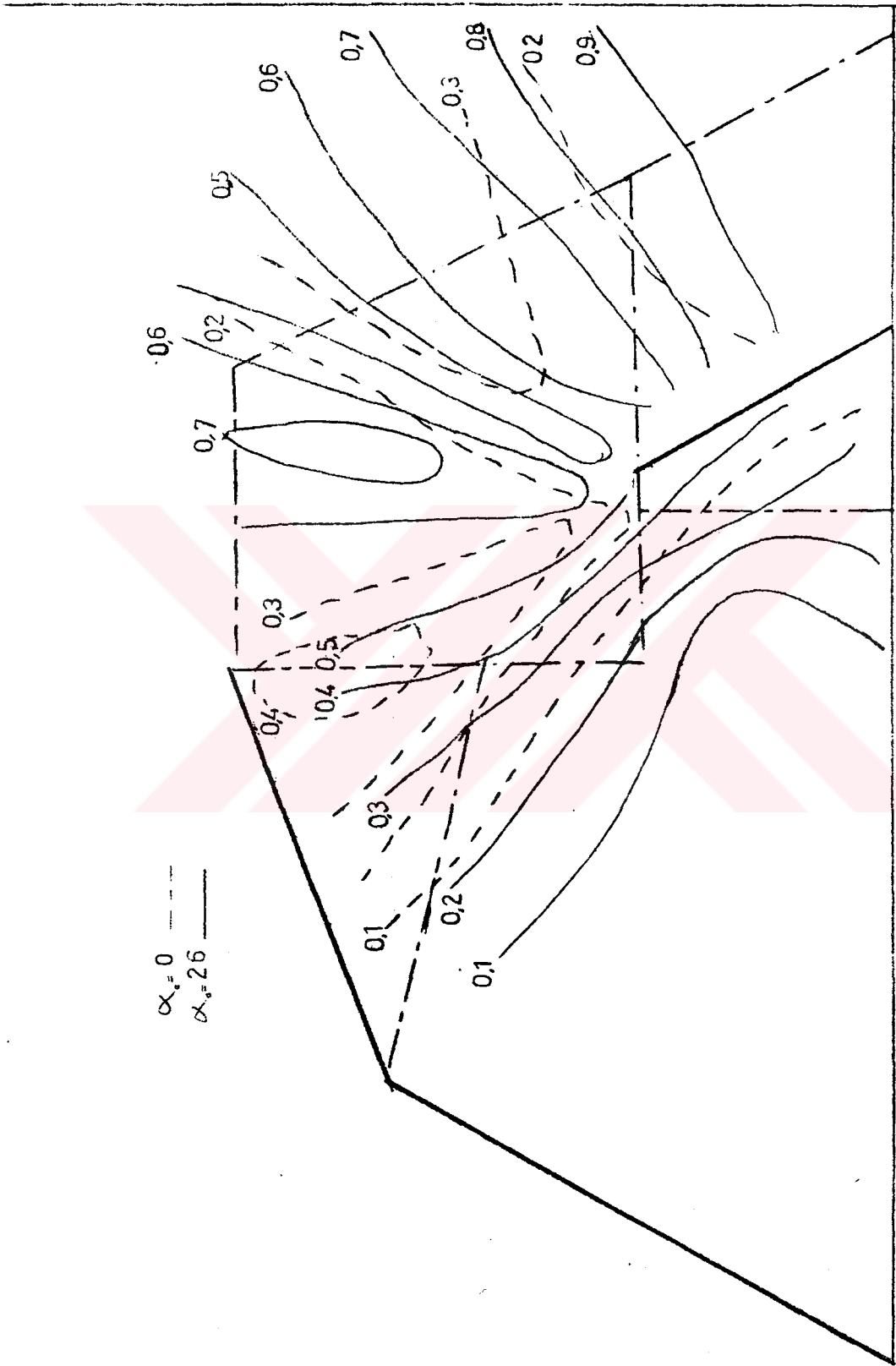
Şekil A.18



Şekil A.19



Şekil A.20



Sekil A.21

## EK B

## SAYISAL UYGULAMA SONUÇLARI

Bu bölümde, Bölüm 4 ve Bölüm 7'de açıklanan sayısal yöntemin bilgisayar uygulaması sonuçları verilmiştir.

Tablo B.1 Sayısal Uygulama Yapılan Deneyler

Deney	Şekil	incelenen	Tali
7	B.1	} $H_b$ } $T$	Yok
8	B.2		Yok
9	B.3		Yok
16	B.4	} Tali } Mendirek } Tali } Mendirek } Konumu	Yok
16'	B.5		Var
18'	B.6		Var
20'	B.7		Var
23	B.8	} $H_0$	Yok
24	B.9		Yok
25	B.10	} $\alpha_3$	Yok
26	B.11		Yok
27	B.12	} $L_3$	Yok
30	B.13		Yok
31	B.14	} $L_2$	Yok
33	B.15		Yok
35	B.16	} $\alpha_2$	Yok
36	B.17		Yok



Tablo B.1 Dilimlerdeki Kırılma Anındaki Dalgaların  
Yükseklik ( $H_b$ ,cm) ve Açıları ( $\alpha_b$ )

Deney	7		8		9		16		16'		18'	
	$H_b$	$\alpha_b$	$H_b$	$\alpha_b$	$H_b$	$\alpha_b$	$H_b$	$\alpha_b$	$H_b$	$\alpha_b$	$H_b$	$\alpha_b$
Dilim												
1	3.0	13	4.0	13	4.5	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
2	3.0	13	4.0	13	4.5	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
3	3.0	13	4.0	13	4.5	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
4	3.0	13	4.0	13	4.5	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
5	3.0	13	4.0	13	4.5	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
6	3.0	13	4.0	13	4.5	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
7	0.3	-48	0.5	-44	0.5	-46	0.7	-47	0.7	-47	0.7	-47
8	0.3	-46	0.6	-40	0.6	-41	0.7	-42	0.7	-42	0.7	-42
9	0.3	-43	0.7	-38	0.7	-38	0.7	-40	0.7	-40	0.7	-40
10	0.3	-38	0.7	-35	0.8	-35	0.8	-36	0.8	-36	0.8	-36
11	0.4	-35	0.8	-30	0.9	-31	0.8	-33	0.8	-33	0.8	-33
12	0.4	-27	0.8	-25	0.9	-26	0.9	-27	0.9	-27	0.9	-27
13	0.4	-24	0.9	-19	1.0	-20	1.0	-22	1.0	-22	1.0	-22
14	0.4	-20	0.9	-12	1.1	-12	1.1	-15	1.1	-15	1.1	-15
15	0.5	-10	1.1	-8	1.2	-9	1.3	-10	1.3	-10	1.3	-10
16	0.7	-2	1.5	-2	1.6	-4	1.5	-4	1.5	-4	1.5	-4
17	0.9	5	1.8	4	2.1	5	1.7	5	1.7	5	1.7	5
18	1.1	8	2.2	8	2.5	8	2.2	9	2.2	9	2.2	9
19	1.4	9	2.5	9	2.9	9	3.1	12	3.1	12	3.1	12
20	1.8	11	3.1	11	3.4	10	4.7	15	4.7	15	4.7	15
21	3.0	13	3.4	13	4.0	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
22	3.0	13	3.8	13	4.3	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
23	3.0	13	3.8	13	4.5	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16
24	3.0	13	3.8	13	4.5	10	5.6	16	5.6	16	5.6	16

Tablo B.2 (devam)

Deney	20'		23		24		25		26		27	
	H <sub>b</sub>	α <sub>b</sub>	H <sub>b</sub>	α <sub>b</sub>	H <sub>b</sub>	α <sub>b</sub>	H <sub>b</sub>	α <sub>b</sub>	H <sub>b</sub>	α <sub>b</sub>	H <sub>b</sub>	α <sub>b</sub>
Dilim												
1	5.6	16	7.2	18	8.9	21	4.8	14	4.8	14	4.8	14
2	5.6	16	7.2	18	8.9	21	4.8	14	4.8	14	4.8	14
3	5.6	16	7.2	18	8.9	21	4.8	14	4.8	14	4.8	14
4	5.6	16	7.2	18	8.9	21	4.8	14	4.8	14	4.8	14
5	5.6	16	7.2	18	8.9	21	4.8	14	4.8	14	4.8	14
6	5.6	16	7.2	18	8.9	21	4.8	14	4.8	14	4.8	14
7	0.9	-46	0.9	-48	1.1	-50	0.5	-48	0.5	-55	0.5	-44
8	0.9	-44	0.9	-43	1.2	-45	0.5	-46	0.5	-51	0.5	-40
9	0.8	-40	1.0	-41	1.2	-43	0.6	-41	0.5	-48	0.6	-37
10	0.8	-35	1.0	-38	1.3	-41	0.6	-37	0.6	-45	0.6	-34
11	0.7	-25	1.1	-35	1.4	-38	0.6	-34	0.6	-42	0.6	-30
12	0.5	-14	1.3	-28	1.6	-31	0.7	-30	0.6	-39	0.7	-25
13	0.3	-4	1.3	-23	1.7	-25	0.8	-26	0.7	-35	0.8	-20
14	1.1	-15	1.5	-16	1.8	-18	0.9	-15	0.8	-30	0.8	-15
15	1.3	-10	1.7	-11	2.1	-12	1.0	-9	0.9	-25	0.9	-8
16	1.5	-4	2.0	-5	2.5	-5	1.0	-3	1.0	-16	1.2	-2
17	1.7	5	2.2	4	2.8	5	1.2	3	1.2	-10	1.5	5
18	2.2	9	3.0	9	3.7	10	1.5	8	1.4	-3	1.8	12
19	3.1	12	4.1	13	5.2	15	1.9	11	1.8	5	2.6	12
20	4.7	15	6.3	16	7.9	19	2.5	13	2.8	12	3.2	13
21	5.6	16	7.3	18	8.9	21	3.5	13	3.6	13	4.4	13
22	5.6	16	7.3	18	8.9	21	4.3	13	4.6	13	4.8	14
23	5.6	16	7.3	18	8.9	21	4.8	13	4.8	14	4.8	14
24	5.6	16	7.3	18	8.9	21	4.8	13	4.8	14	4.8	14

Tablo B.2 (devam)

Deney	30		31		33		35		36	
	H <sub>b</sub>	$\alpha_b$	H <sub>b</sub>	$\alpha_b$	H <sub>b</sub>	$\alpha_b$	H <sub>b</sub>	$\alpha_b$	H <sub>b</sub>	$\alpha_b$
Dilim										
1	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
2	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
3	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
4	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
5	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
6	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
7	0.4	-55	0.6	-53	0.5	-49	0.5	-40	0.4	-59
8	0.4	-53	0.6	-49	0.6	-47	0.6	-35	0.4	-57
9	0.4	-50	0.6	-46	0.6	-44	0.7	-30	0.5	-55
10	0.4	-48	0.7	-43	0.6	-41	0.8	-27	0.5	-53
11	0.5	-45	0.8	-39	0.6	-38	0.8	-23	0.5	-51
12	0.5	-43	0.8	-35	0.7	-34	0.9	-19	0.5	-49
13	0.5	-41	0.8	-30	0.7	-30	1.0	-12	0.5	-46
14	0.5	-39	0.9	-24	0.7	-26	1.2	-6	0.6	-43
15	0.5	-35	1.1	-18	0.7	-21	1.6	3	0.6	-40
16	0.5	-32	1.1	-11	1.0	-17	1.9	10	0.7	-36
17	0.6	-28	1.5	-4	1.1	-11	2.7	11	0.7	-31
18	0.6	-24	2.3	6	1.2	-5	3.4	12	0.8	-26
19	0.7	-21	3.3	12	1.6	1	4.4	13	0.8	-21
20	0.7	-17	4.1	13	2.2	9	4.8	14	0.9	-15
21	0.8	-13	4.8	14	3.3	12	4.8	14	1.1	-8
22	0.9	-8	4.8	14	4.2	13	4.8	14	1.4	-1
23	1.0	-3	4.8	14	4.8	14	4.8	14	1.7	6
24	1.3	3	4.8	14	4.8	14	4.8	14	2.3	12
25	1.6	9	4.8	14	4.8	14	4.8	14	2.8	13
26	2.2	12	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.2	13
27	2.8	13	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
28	3.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
29	4.6	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14
30	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14	4.8	14

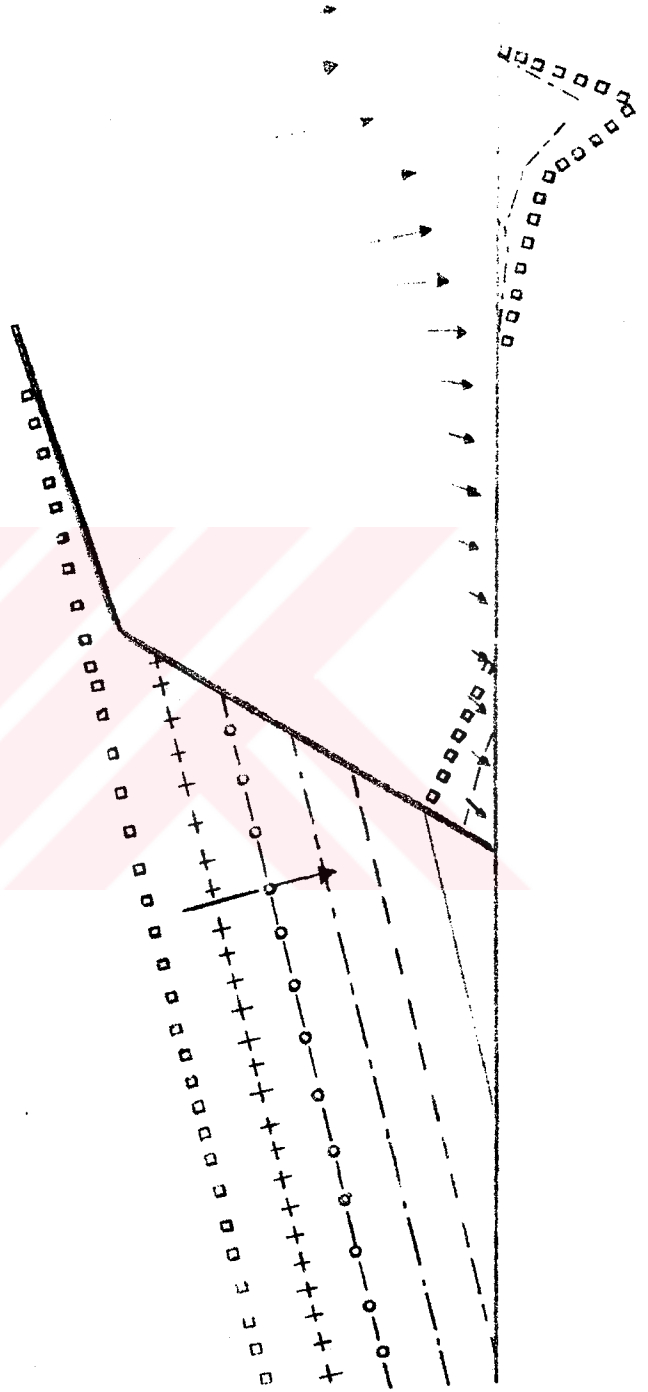
Dalga Yüksekliği

Ölçeği



0 1 2 3 cm

Sembol	t (dak.)
—	15
- - -	30
- · - · -	45
- o - o -	60
+ + + + +	75
o o o o o	90

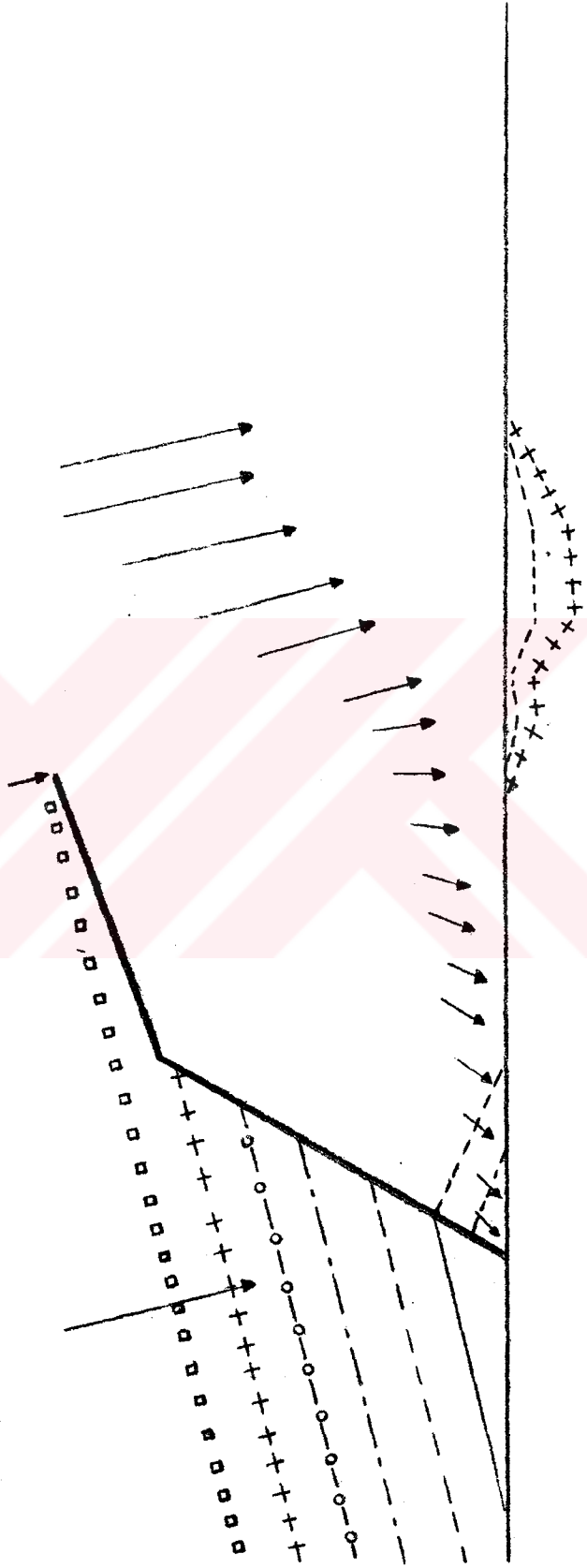
 $t_d = 85$  dak. $t_h = 313$  dak. $t_g = 100$  dak.,
 $\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 3$  cm,  $T = 0.7$  sn


Şekil B.1

Sembol	t (dak.)
—	10
- - -	20
- · - · -	30
- ○ - ○ -	40
+ + + + +	50
□ □ □ □ □	60

$t_d = 53$  dak.  
 $t_h = 160$  dak.  
 $t_g = 65$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 4$  cm,  $T = 0.8$  sn

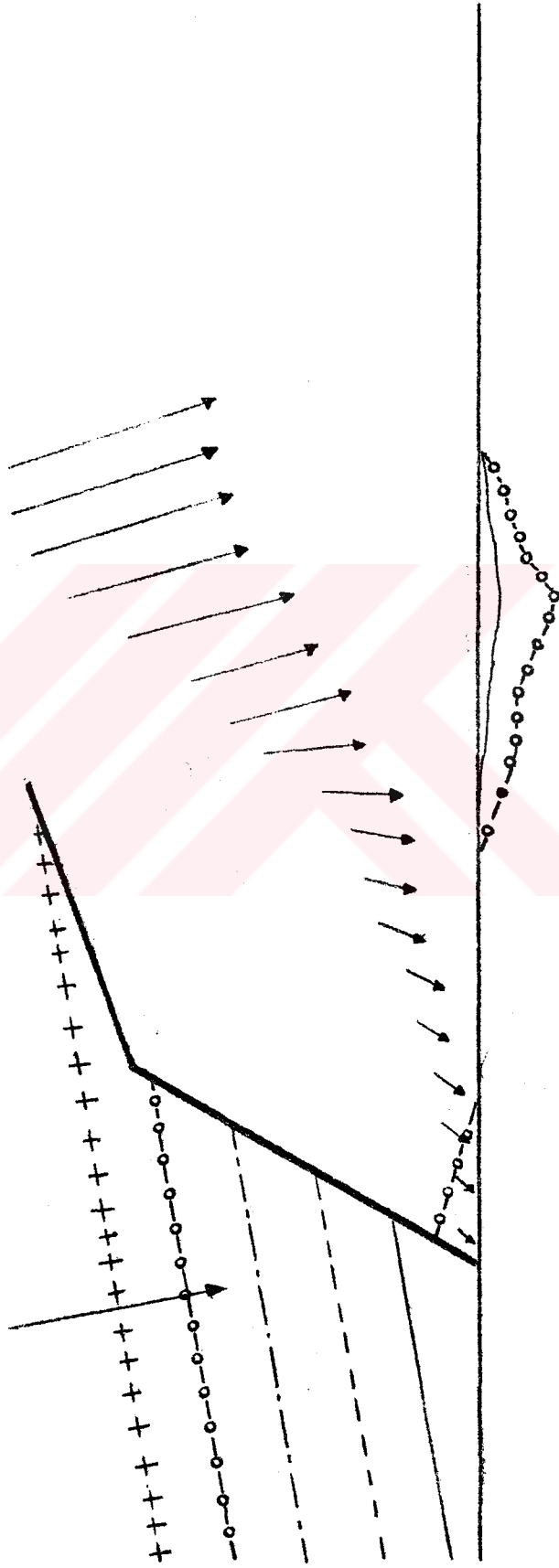


Şekil B.2

Sembol	t (dak.)
—	15
- - -	30
- · - · -	45
- o - o -	60
+ + + + +	75

$t_d = 65$  dak.  
 $t_h = 185$  dak.  
 $t_g = 70$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 4 \text{ cm}$ ,  $T = 1.1 \text{ sn}$

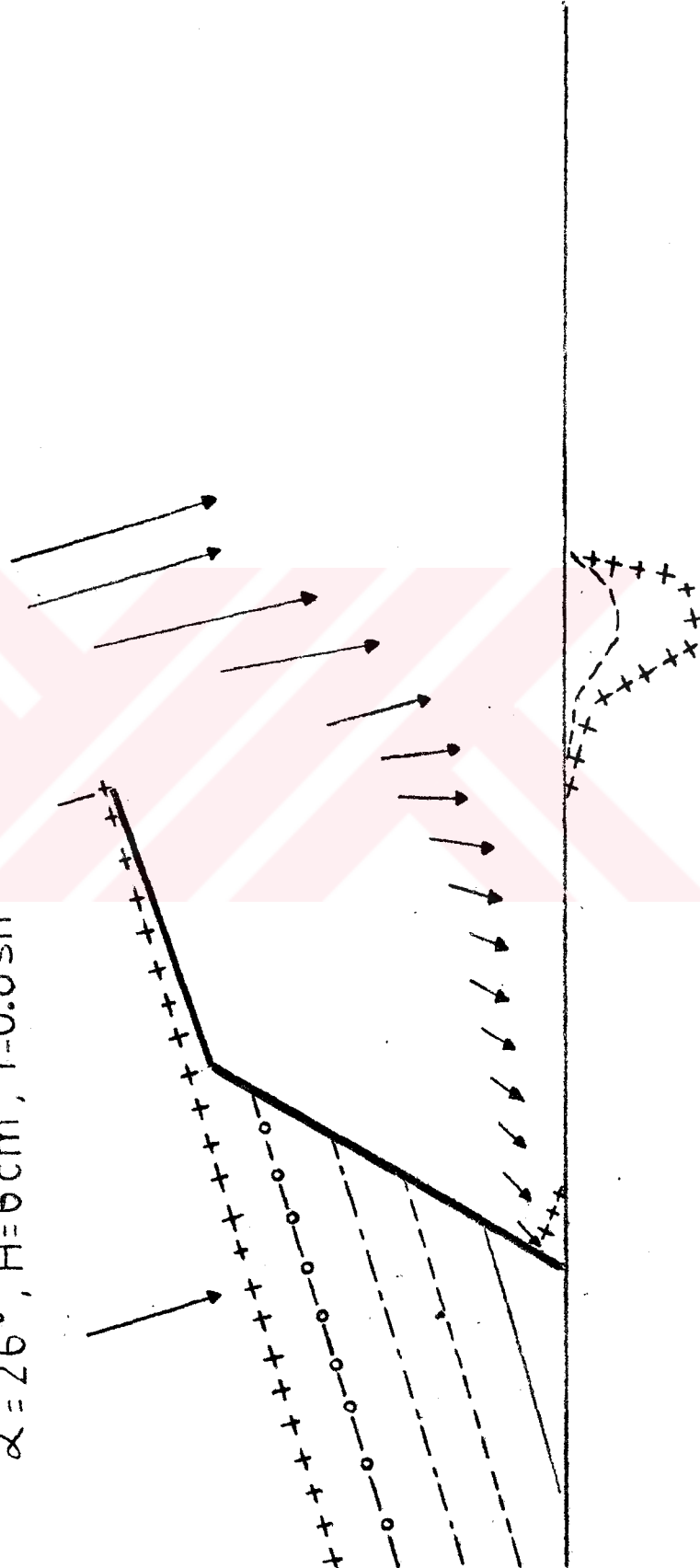


Şekil B.3

Sembol	t (dak.)
—	5
- - -	10
- · - · -	15
○ ○ ○ ○	20
+ + + + +	25

$t_d = 24$  dak.  
 $t_h = 48$  dak.  
 $t_g = 30$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 6$  cm,  $T = 0.8$  sn

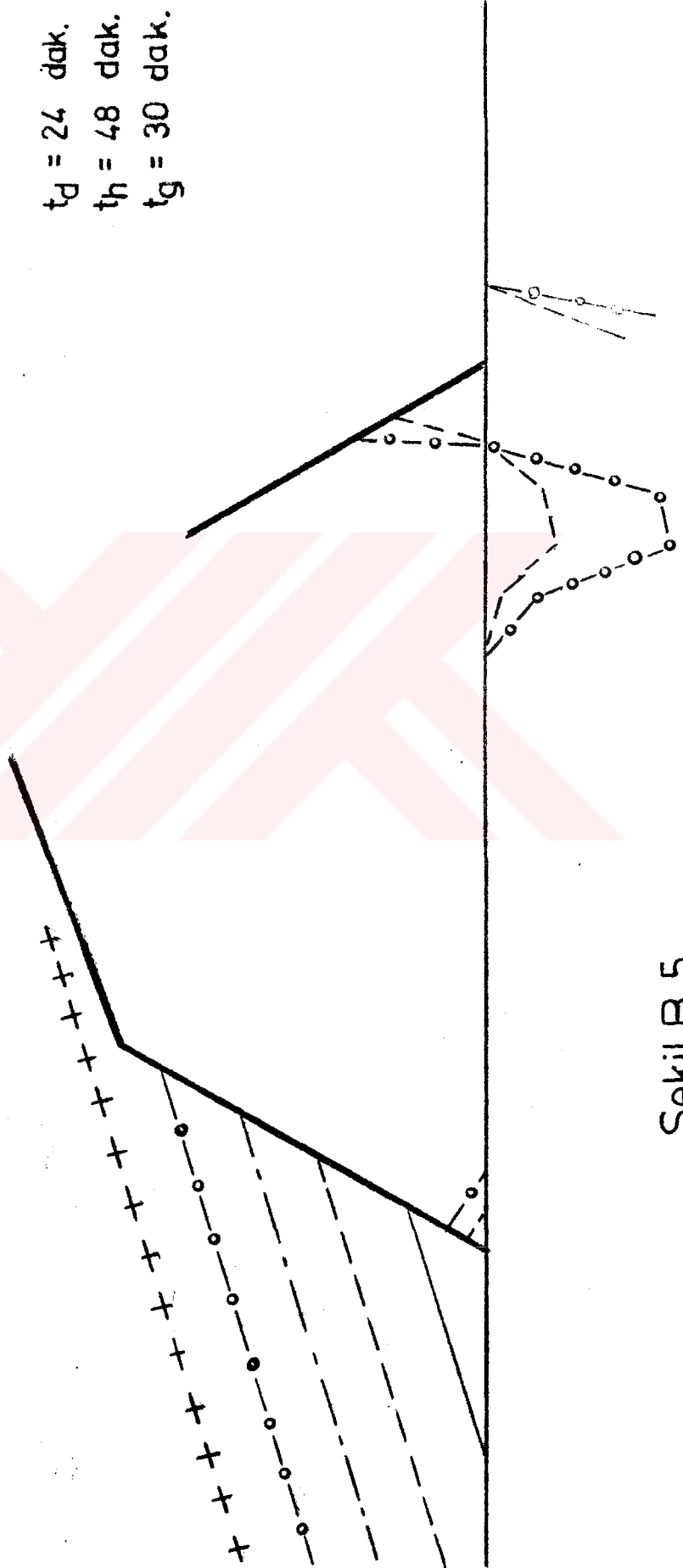


Şekil B.4

Sembol	t (dak.)
—	5
- - -	10
- · - · -	15
—○—	20
+ + + + +	25

$t_d = 24$  dak.  
 $t_h = 48$  dak.  
 $t_g = 30$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 6$  cm,  $T = 0.8$  sn



Şekil B.5



Sembol	t(dak.)
—	5
- - -	10
- · - · -	15
- o - o -	20
+ + + + +	25

$t_d = 24$  dak.  
 $t_h = 48$  dak.  
 $t_g = 30$  dak.

$\alpha = 26^\circ, H = 6 \text{ cm}, T = 0.8 \text{ sn}$



Şekil B.6

Sembol t (dak.)

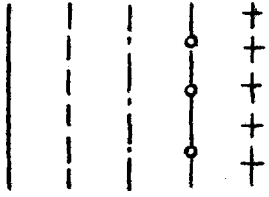
5

10

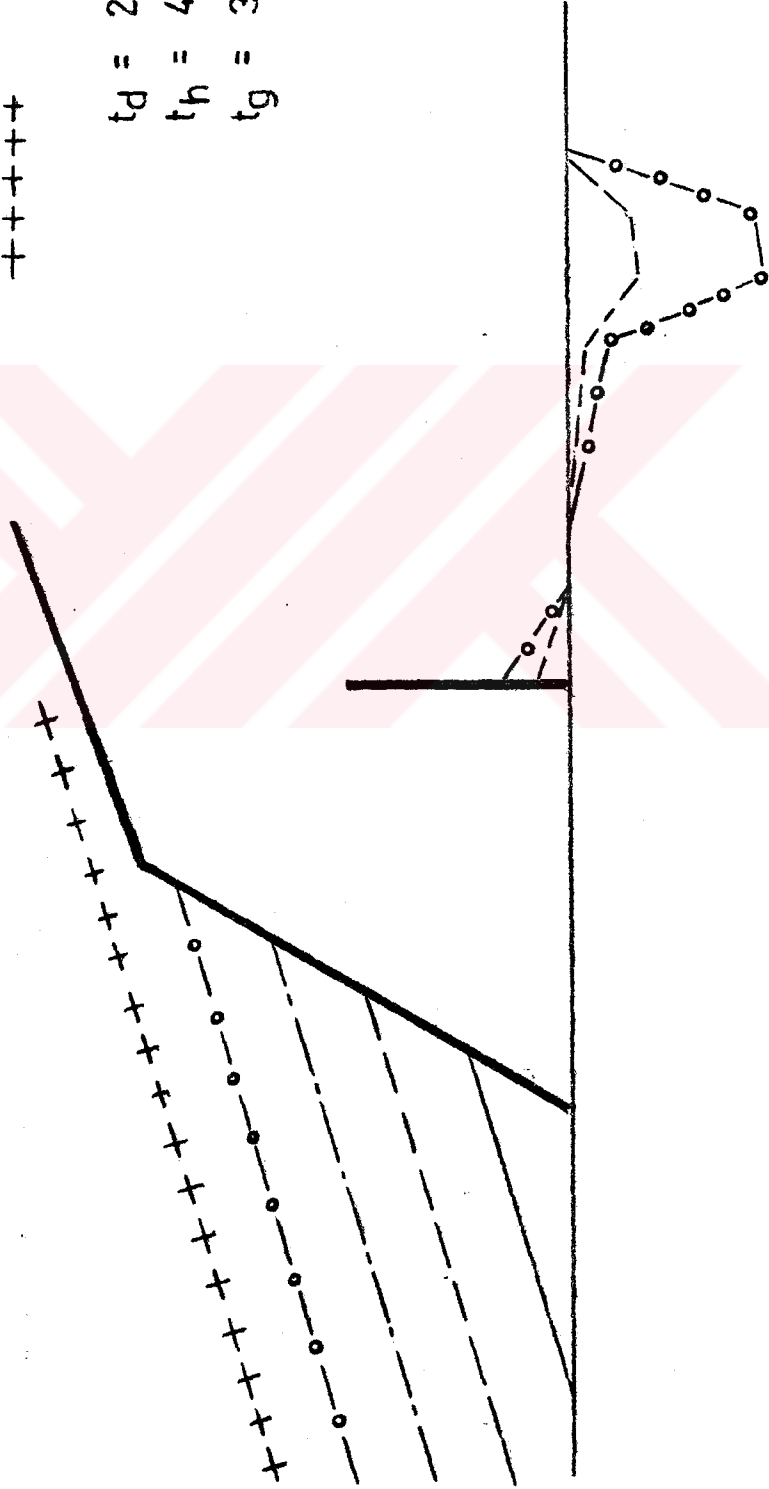
15

20

25


 $t_d = 24 \text{ dak.}$ 
 $t_h = 48 \text{ dak.}$ 
 $t_g = 30 \text{ dak.}$ 

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 6 \text{ cm}$ ,  $T = 0.8 \text{ sn}$

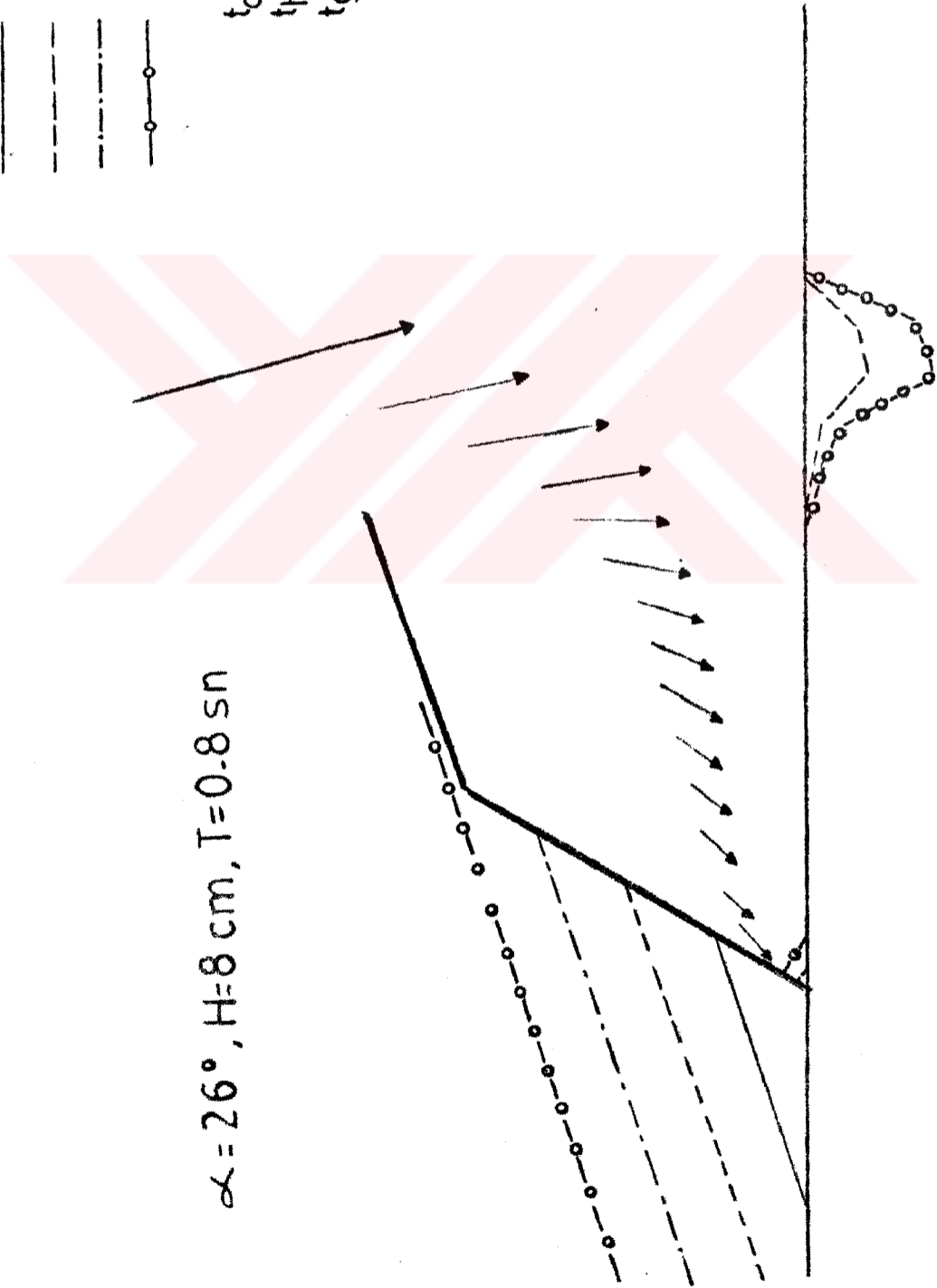


Şekil B.7

Sembol	t (dak.)
—	3
- - -	6
- · - · -	9
—○—○—	12

$t_d = 12$  dak.  
 $t_h = 18$  dak.  
 $t_g = 20$  dak.

$\alpha = 26^\circ, H = 8 \text{ cm}, T = 0.8 \text{ sn}$

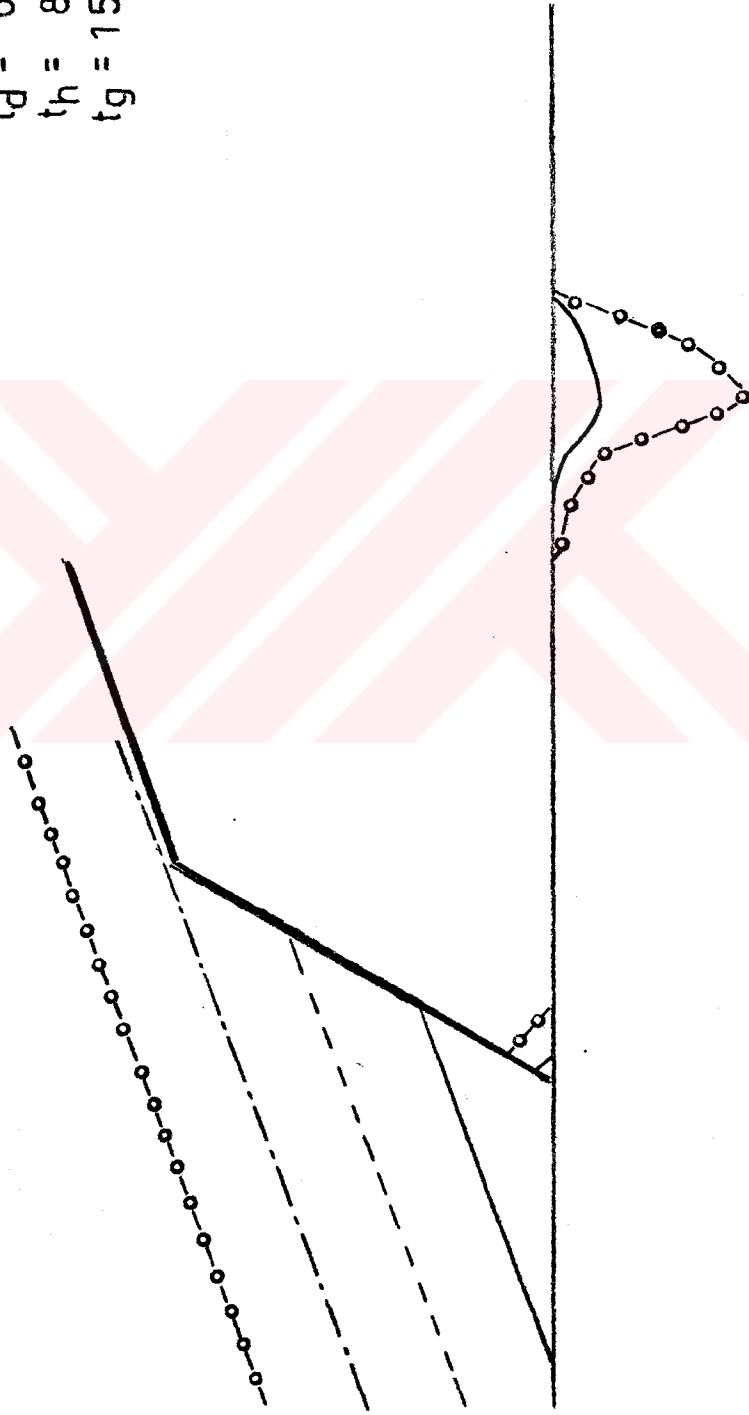


Şekil B.8

Sembol	t (dak.)
—	2
- - -	4
- · - · -	6
- o - o -	8

$t_d = 6$  dak.  
 $t_h = 8$  dak.  
 $t_g = 15$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 10 \text{ cm}$ ,  $T = 0.8 \text{ sn}$

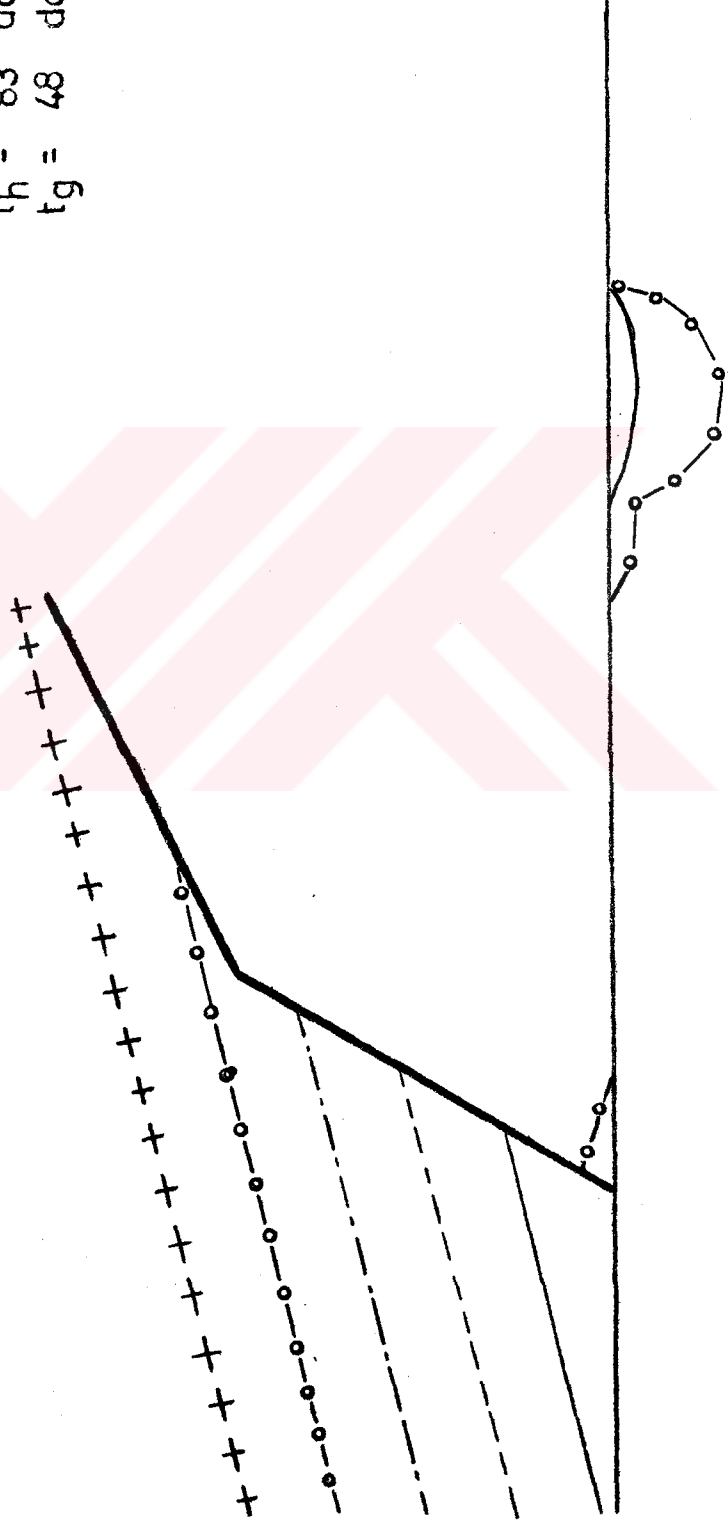


Şekil B.9

Sembol	t(dak.)
—	10
- - -	20
- · - · -	30
—○—	40
+++	50

$t_d = 36$  dak.  
 $t_h = 83$  dak.  
 $t_g = 48$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 5$  cm,  $T = 0.8$  sn

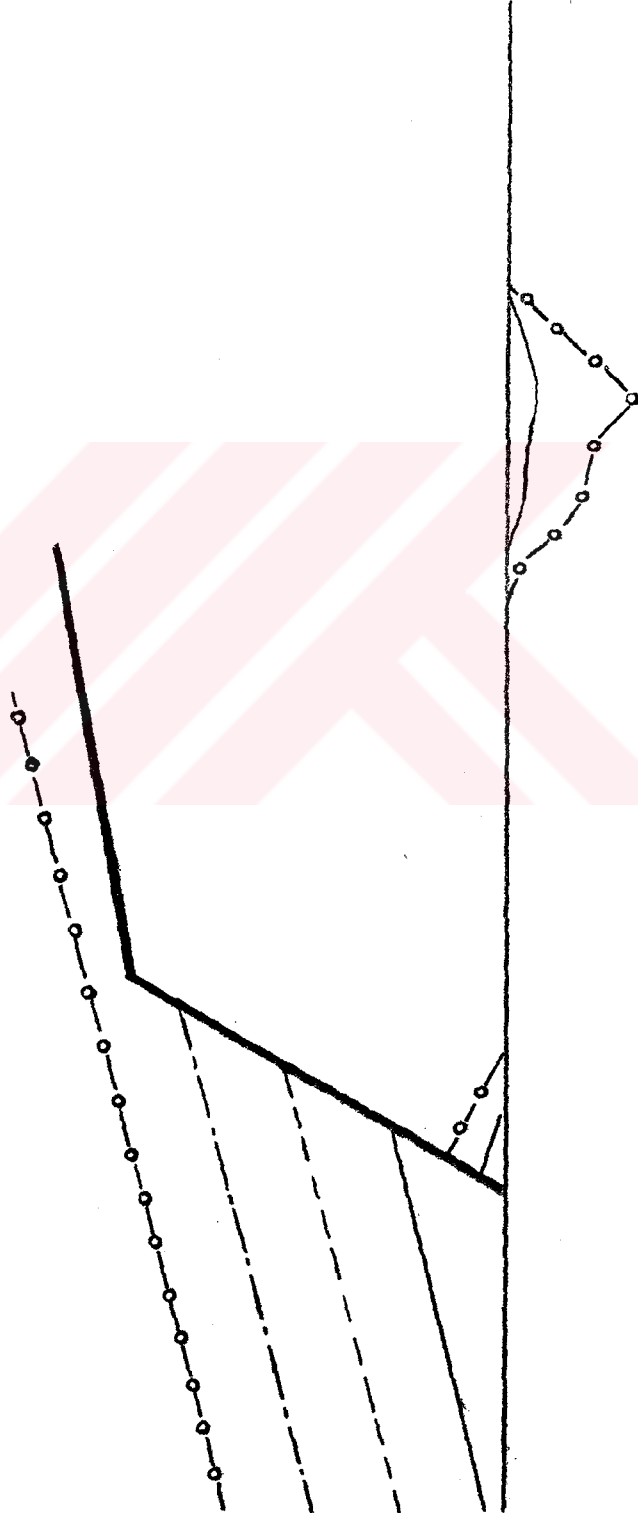


Şekil B.10

Sembol	t (dak.)
—	10
- - -	20
- · - · -	30
- o - o -	40

$t_d = 36$  dak.  
 $t_h = 83$  dak.  
 $t_g = 44$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 5 \text{ cm}$ ,  $T = 0.8 \text{ sn}$

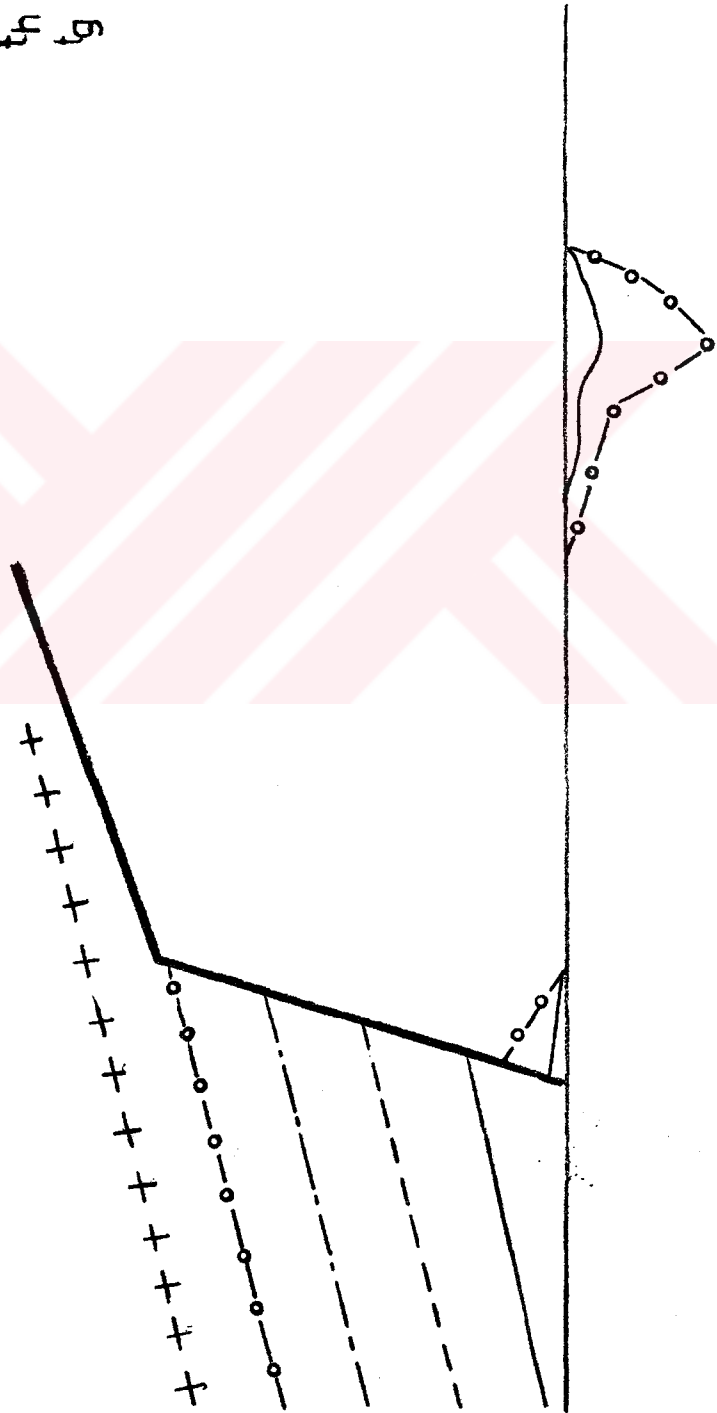


Şekil B.11

Symbol	t (dak.)
————	10
- - - -	20
- · - ·	30
—○—○—	40
+++++	50

$t_d = 40 \text{ dak.}$   
 $t_h = 124 \text{ dak.}$   
 $t_g = 72 \text{ dak.}$

$\alpha = 26^\circ, H = 5 \text{ cm}, T = 0.8 \text{ sn}$

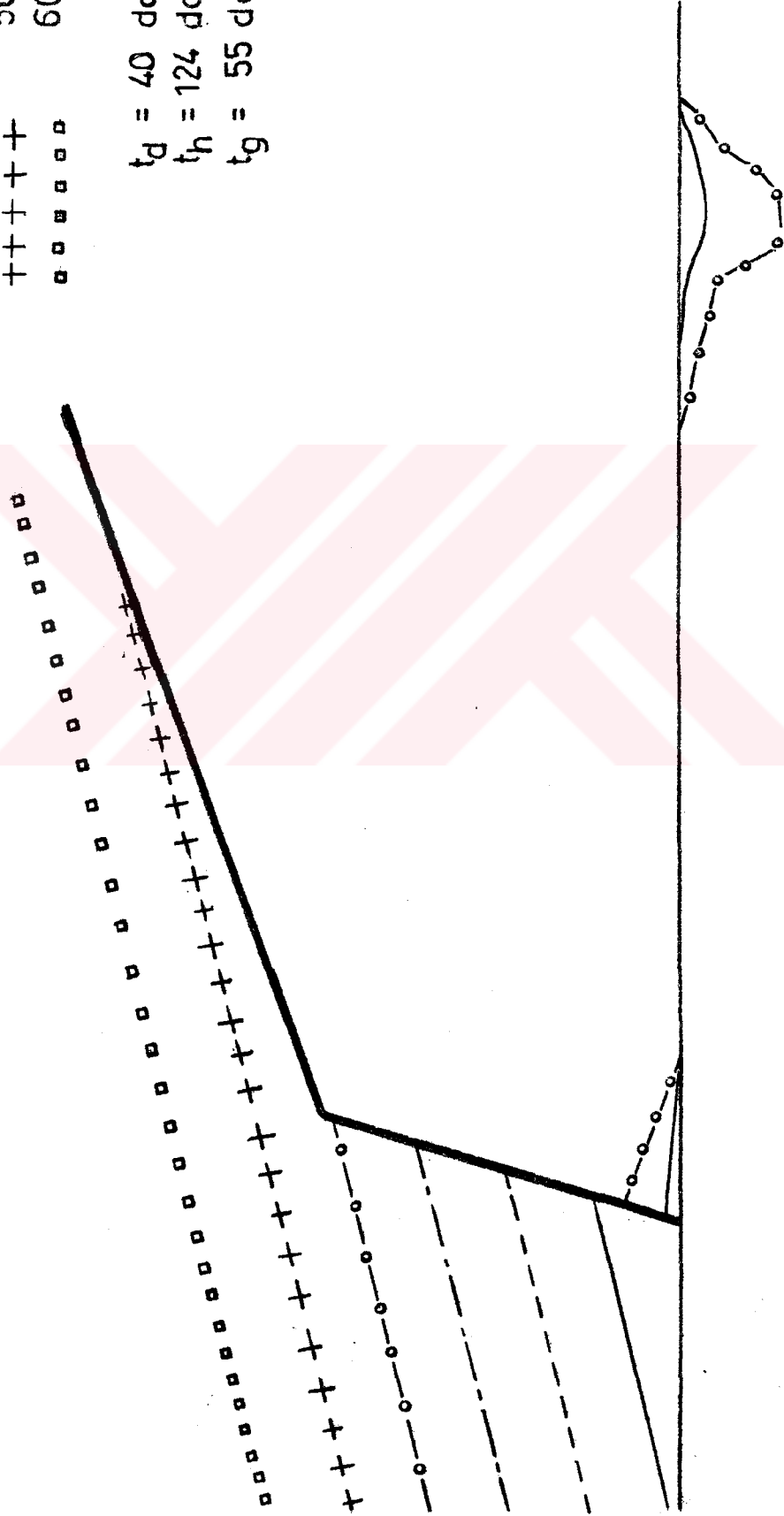


Şekil B.12

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 5 \text{ cm}$ ,  $T = 0.8 \text{ sn}$

Sembol	t (dak.)
—	10
- - -	20
- · - · -	30
○—○—○	40
++ ++ ++	50
□□ □□ □□	60

$t_d = 40 \text{ dak.}$   
 $t_h = 124 \text{ dak.}$   
 $t_g = 55 \text{ dak.}$



Şekil B.13



Symbol	t (dak.)
————	5
- - - - -	10
- · - · -	15
—○—	20
+ + + + +	25
□ □ □ □ □	30
△ △ △ △ △	35

$t_d = 31$  dak.  
 $t_h = 57$  dak.  
 $t_g = 20$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 5$  cm,  $T = 0.8$  sn

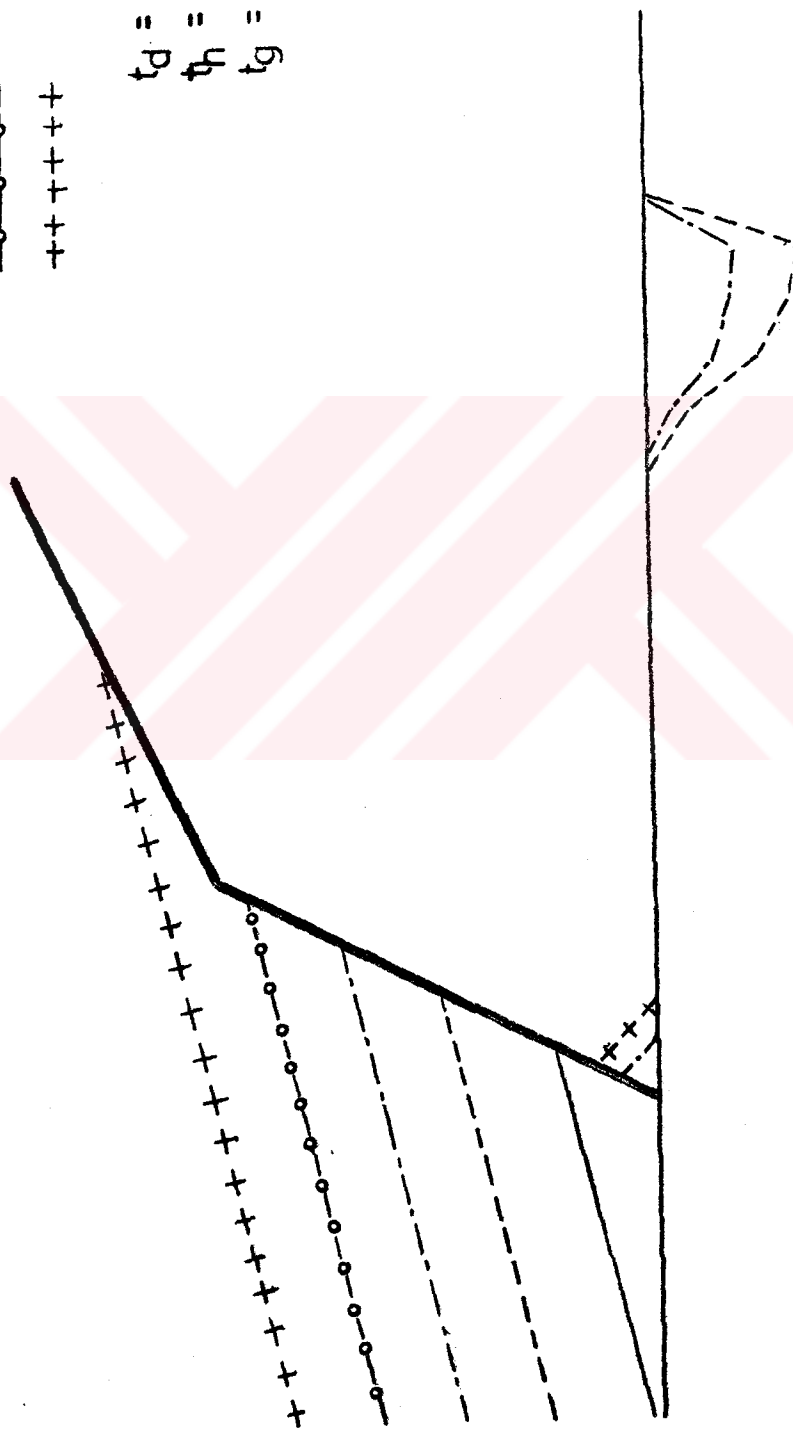


Şekil B.14

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 6 \text{ cm}$ ,  $T = 1.2 \text{ sn}$

Sembol	t (dak.)
—	10
- - -	20
- · - · -	30
○ — ○ — ○	40
+++	50

$t_d = 46 \text{ dak.}$   
 $t_h = 109 \text{ dak.}$   
 $t_g = 45 \text{ dak.}$

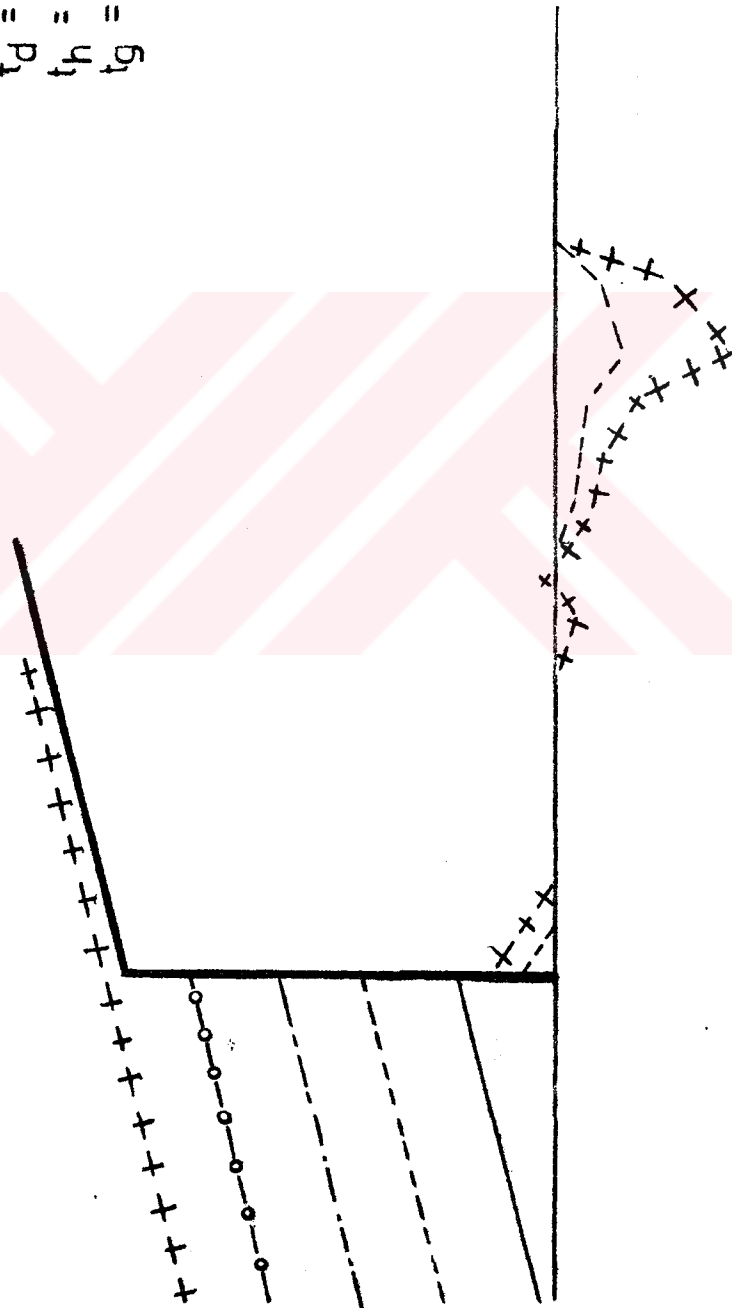


Şekil B.15

Sembol	t (dak.)
—	10
- - -	20
- · - · -	30
—○—	40
+ + + + +	50

$t_d = 48$  dak.  
 $t_h = 157$  dak.  
 $t_g = 80$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 5$  cm,  $T = 0.8$  sn



Şekil B.16

Sembol	t (dak.)
—	10
- - -	20
- · - · -	30
- ○ - ○ -	40

$t_d = 37$  dak.

$t_h = 105$  dak.

$t_g = 30$  dak.

$\alpha = 26^\circ$ ,  $H = 5$  cm,  $T = 0.8$  sn



Şekil B.17

EK C

BİLGİSAYAR PROGRAMI ÇIKTISI ÖRNEĞİ

DENEY NO:20'  
\*\*\*\*\*

VERİ SAYISI=27 H<sub>0</sub> =0.060 M. T=0.8 SN  
DT = 300. SN DX = 0.25 M ITER SAYISI=11

ANA MENDİREK BAS. = 7 BITİMİ =16 TALI MEN DİREK BAS.=13  
ALFA İKİ =60.0 L İKİ = 2.0 M

I HB (M) ALFA B BETA  
\*\*\*\*\*

1	0.06	16.00	30.00
2	0.06	16.00	30.00
3	0.06	16.00	30.00
4	0.06	16.00	30.00
5	0.06	16.00	30.00
6	0.06	16.00	30.00
7	0.01	-46.00	30.00
8	0.01	-44.00	30.00
9	0.01	-40.00	30.00
10	0.01	-35.00	30.00
11	0.01	-25.00	30.00
12	0.00	-14.00	30.00
13	0.00	-4.00	30.00
14	0.01	-15.00	30.00
15	0.01	-10.00	30.00
16	0.01	-4.00	30.00
17	0.02	5.00	30.00
18	0.02	9.00	30.00
19	0.03	12.00	30.00
20	0.05	15.00	30.00
21	0.06	16.00	30.00
22	0.06	16.00	30.00
23	0.06	16.00	30.00
24	0.06	16.00	30.00
25	0.06	16.00	30.00
26	0.06	16.00	30.00
27	0.06	16.00	30.00

A DEĞERİ = 12302.96

TH = 26.9 DAKIKA

ITERASYON SAYISI= 1 SURE = 5. DAKIKA

I	DH/DX	DEBI	KIYI DEG.	SON CIZGI
*****				
3	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
4	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
5	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
6	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
7	-0.189600	-0.000000467	0.3085	0.3085
8	-0.001200	-0.000000429	0.0097	0.0097
9	-0.002000	-0.000000363	-0.0005	-0.0005
10	-0.000800	-0.000000325	-0.0019	-0.0019
11	-0.005200	-0.000000168	-0.0014	-0.0014
12	-0.006000	-0.000000053	-0.0006	-0.0006
13	-0.006400	-0.000000006	-0.0007	-0.0007
14	0.030400	-0.000000408	0.0000	0.0000
15	0.008000	-0.000000424	-0.0022	-0.0022
16	0.008000	-0.000000247	-0.0030	-0.0030
17	0.006000	0.000000391	-0.0048	-0.0048
18	0.022800	0.000001461	-0.0132	-0.0132
19	0.035200	0.000004430	-0.0365	-0.0365
20	0.064400	0.000015496	-0.1361	-0.1361
21	0.036400	0.000025542	-0.1236	-0.1236
22	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
23	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
24	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
25	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000

ITERASYON SAYISI= 2 SURE = 10. DAKIKA

I	DH/DX	DEBI	KIYI DEG.	SON CIZGI
*****				
3	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
4	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
5	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
6	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
7	-0.189600	-0.000000467	0.3085	0.6170
8	-0.001200	-0.000000429	0.0097	0.0195
9	-0.002000	-0.000000363	-0.0005	-0.0009
10	-0.000800	-0.000000325	-0.0019	-0.0039
11	-0.005200	-0.000000168	-0.0014	-0.0028
12	-0.006000	-0.000000053	-0.0006	-0.0012
13	-0.006400	-0.000000006	-0.0007	-0.0015
14	0.030400	-0.000000408	0.0000	0.0000
15	0.008000	-0.000000424	-0.0022	-0.0044
16	0.008000	-0.000000247	-0.0030	-0.0061
17	0.006000	0.000000391	-0.0048	-0.0096
18	0.022800	0.0000001461	-0.0132	-0.0263
19	0.035200	0.0000004430	-0.0365	-0.0731
20	0.064400	0.000015496	-0.1361	-0.2723
21	0.036400	0.000025542	-0.1236	-0.2472
22	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
23	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
24	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
25	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000

ITERASYON SAYISI= 3 SURE = 15. DAKIKA

I	DH/DX	DEBI	KIYI DEG.	SON CIZGI
*****				
3	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
4	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
5	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
6	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
7	-0.189600	-0.000000467	0.3085	0.9255
8	-0.001200	-0.000000429	0.0097	0.0292
9	-0.002000	-0.000000363	-0.0005	-0.0014
10	-0.000800	-0.000000325	-0.0019	-0.0058
11	-0.005200	-0.000000168	-0.0014	-0.0042
12	-0.006000	-0.000000053	-0.0006	-0.0017
13	-0.006400	-0.000000006	-0.0007	-0.0022
14	0.030400	-0.000000408	0.0000	0.0000
15	0.008000	-0.000000424	-0.0022	-0.0065
16	0.008000	-0.000000247	-0.0030	-0.0091
17	0.006000	0.000000391	-0.0048	-0.0144
18	0.022800	0.000001461	-0.0132	-0.0395
19	0.035200	0.000004430	-0.0365	-0.1096
20	0.064400	0.000015496	-0.1361	-0.4084
21	0.036400	0.000025542	-0.1236	-0.3708
22	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
23	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
24	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000
25	0.000000	0.000025542	0.0000	0.0000



## ÖZGEÇMİŞ

Y. Müh. Ömer YÜKSEK, 1962 yılında Çaykara'da doğmuş ve Lise öğrenimini Trabzon'da tamamlamıştır. 1979 yılında girdiği K.T.Ü. Müh.-Mim.Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 1983 yılında mezun olduktan sonra K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programını tamamlamış ve aynı anabilim dalında Doktora Çalışmasına başlamıştır. Halen, Hidrolik Anabilim dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta olan YÜKSEK, İngilizce bilmektedir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANİSYON MERKEZİ**