

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KIYI KORUMASI VE GELİŞTİRİLMESİNDE
SUNİ KIYI BESLEMESİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

İnş. Yük. Müh. Hülya BOĞUŞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

“Doktor”

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

78104

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.05.1998

Tezin Savunma Tarihi : 15.12.1998

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hızır ÖNSOY

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Basri ERTAŞ

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Trabzon 1998

ÖNSÖZ

Kıyı korunması ve geliştirilmesinde suni kıyı beslemesinin etkilerinin araştırıldığı bu tez, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Doktora tezi danışmanlığımı üstlenerek gerek konu seçimi, gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında yardımlarını ve ilgisini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Hızır ÖNSOY'a teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalarında yapıcı eleştirilerinden ve bilgisinden yaralandığım desteğini esirgemeyen araştırma görevlisi Sayın Doktor Ali Remzi BİRBEN'e teşekkür ederim.

Yapıcı eleştirilerinden ve bilgisinden istifade ettiğim Sayın Hocam Prof. Dr. Ali Rıza GÜNBAK'a ve Doç. Dr. Ömer YÜKSEK'e teşekkür ederim.

Yardımlarını gördüğüm araştırma görevlileri Sayın Doktor İsmail Hakkı ÖZÖLÇER'e ve Murat İhsan KÖMÜRCÜ'ye ve Hidrolik Laboratuvarı personelleri sayın İsmail KAZAZ'a Namık Kemal KARABEKİR'e Selim OLCA'ya ve emekli Temel TOSUN'a teşekkür ederim.

Bugünlere ulaşmamda en büyük pay sahibi olan aileme minnet ve şükranlarımı sunarım.

Hülya BOĞUŞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	x
SEMBOLLER DİZİNİ	xi
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Yapılan Çalışmaların Amaç Ve Kapsamı	2
1.3. Literatür Çalışması	2
1.4. Kıyı Değişimine Etki Eden Etmenler	13
1.4.1. Doğu Karadeniz Bölgesinin Dalga İklimi ve Katımadde Rejimi	14
1.4.1.1. Dalga İklimi	14
1.4.1.2. Katımadde Rejimi	15
1.4.2. Dalga Mekanığı	15
1.4.2.1. Dalgaların Kıyıya Yaklaşırken Uğradığı Değişimler	19
1.4.2.1.1. Dalga Sığlaşması	20
1.4.2.1.2. Dalga Kırınımı	20
1.4.2.1.3. Dalga Yansıması	21
1.4.2.1.4. Dalga Sapması	22
1.4.2.1.5. Dalga Kırılması	23
1.4.3. Kıyılarda Katımadde Hareketi	26
1.4.3.1. Katımadde Hareketinin Başlaması	27
1.4.3.2. Kıyıboyu Katımadde Taşınımı	29
1.4.3.3. Kıyıya Dik Taşınım	32
1.5. Kıyı Hidrodinamik Dengesi	41
1.5.1. Kıyı Profilleri	42

1.5.1.1. Normal Profil	43
1.5.1.2. Fırtına Profili	44
1.5.1.3. Normal Profille Fırtına Profiline Belirlenmesi	44
1.5.2. Sediment Hareketi ve Kıyı Değişimi	46
1.5.2.1. Sediment Hareketi İle Kıyı Değişimi Arasındaki İlişki	46
1.5.2.2. Kıyı Değişimi Modellemesi ve Tahmin Etmek İçin Yöntemler	47
1.5.2.3. Kıyı Değişim Modelleri	49
1.6. Kıyı Erozyonu ve Koruma Yöntemleri	50
1.6.1. Kıyı Koruma Yöntemleri	50
1.6.2. Suni Kıyı Beslemesi	52
1.7. Sahil Besleme Prensipleri	54
1.7.1. Dolgu Uzunluğunun Etkisi	55
1.7.2. Yapıların Etkisi	58
1.7.2.1. Terminal Yapıları Ve Mahmuzlar	58
1.7.2.2. Batık Profil Besleme Yapısı	59
1.7.3. Eğim Düzeltmesi	60
1.7.4. Koylara Yakınlık	60
1.7.5. Deniz Seviyesi Yükselmesi ve Bakım Beslemesi İhtiyaçları	60
1.7.6. Deniz Seviyesi Yükselmesinin Beslemeye Etkisi	61
1.7.7. Beslemede Sediment Taşınım Süreçleri	62
1.8. Besleme Yöntemleri	63
1.8.1. Beslemenin Yapılacağı Kısımlar	63
1.8.2. Kıyı Beslemesinin Tipleri	65
1.8.3. Sahil Besleme Yöntemleri	65
1.9. Ödünç Malzeme ve Davranışını Temsil Eden Teorik Modeller	67
1.9.1. Dolgu Oranı	68
1.9.1.1. $R_{\phi_{cr}}$ Dolgu Faktörü	68
1.9.1.2. R_D Dolgu Faktörü	69
1.9.1.3. R_A (SPM) Dolgu Faktörü	69
1.9.2. Geri Çekilme Miktarı	72
1.9.3. Malzemenin Taşınmasındaki Kayıplar	73

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	74
2.1. Model Çalışmaları	74
2.1.1. Model Ölçeğinin Belirlenmesi	74
2.1.2. Kıyı ve Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi	75
2.1.3. Dalga Parametrelerinin Belirlenmesi	76
2.2. Model Havuz Donanımı	76
2.3. Yapılan Deneyler	78
3. BULGULAR	86
4. İRDELEME	91
4.1. Besleme Genişliğinin (X 'in) Bütün Yapı Tipleri İçin Besleme Kıyıda Kalma Hacmi Oranına (RK'ya) Etkisi	92
4.2. Yapı Tipini Besleme Kalma Hacim Oranına (RK'ya) Etkisi	94
4.3. Batık Dalgakıranın Yerinin Suni Kıyı Besleme Hacmi Kıyıda Kalma Oranına (RK'ya) Etkisi	96
4.4. Dalga Yüksekliğinin (H_o 'ın) Besleme Kıyıda Kalma Hacmi Oranına (RK'ya) Etkisi	101
4.5. Kıyı Besleme Profillerinin İrdelenmesi	103
5. SONUÇLAR	107
6. ÖNERİLER	109
7. KAYNAKLAR	110
8. EKLER	119
9. ÖZGEÇMİŞ	127

ÖZET

Kıyıların tahribatını önlemek ve plaj alanlarını yeniden oluşturmak için bir çok yöntem kullanılmaktadır. Suni kıyı beslemesi bir çok yönden kullanılan yöntemlerin en önemlisidir. Çünkü insanların kıyıyla olan irtibatlarını kesmemektedir. Estetik olarak diğer kıyı yapılarına göre daha uygundur. Besleme projeleri tek başına yapıldığı gibi bir kaç kıyı yapısıyla birlikte de kullanılmaktadır. Bu kıyı yapılarından, batık dalgakıranlar deniz yüzeyinden görülüp estetiği bozmadıkları için mahmuz ve açık deniz mendireklerine göre daha çok tercih edilirler.

Bu çalışmada, suni kıyı beslemesi ve batık açık deniz dalgakıranı ile birlikte plaj oluşturulmuştur. Burada kullanılan parametrelerin kıyı korunmasında ve plaj oluşturulmasındaki etkileri incelenmiştir.

Deneysel çalışmada, Doğu Karadeniz kıyılarına ait dalga parametreleri ve katı madde özellikleri dikkate alınmıştır.

Birinci bölümde, çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmış, literatür çalışmaları verilmiştir. Konu ile ilgili genel bilgiler sunulmuştur.

İkinci bölümde, araştırmanın gerçekleştirildiği fiziksel model havuzları anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, deneylerden elde edilen sonuçların çizelgeleri verilmiştir.

Dördüncü bölümde, deney sonuçlarının irdelemesi yapılmıştır.

Beşinci bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlar ve altıncı bölümde öneriler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Suni Kıyı Beslemesi, Kıyı Koruması, Katımadde Taşınımı, Batık Dalgakıranlar, Dalga Mekaniği, Suni Kıyı Besleme Hacmi Oranı

SUMMARY

A Study On The Effects Of Artificial Beach Nourishment In Shore Protection and Growing Up

Many methods have been used for protecting coastal damage and for the reformation of beaches . It is the artificial nourishment which is the most important among the other methods used in terms of many reason. Particularly, not ceasing the relationship with the coast. It is esthetically more suitable than the other coastal construction. As nourishment can be made alone, they can be also made with many other coastal construction, submerged breakwaters are preferred to the groins and off-shore breakwaters for being apparent from surface of sea and not damaging the esthetic appearance.

In this study, A model of a beach been formed by artificial nourishment and submerged off-shore breakwaters. The effect of the parameters on protecting of coast and formation of beach have been examined .

In the experiments, the wave parameters and the properties of the sediments of the Eastern Black Sea Region have been used.

In the first chapter, the aim and the content of the study, and the literature are given. General information concerning the study is also presented.

In second chapter, the model basins in which the research has been carried out are examined.

In third chapter, the results obtained from experiments are examined.

In fourth chapter, the results of the experiments are examined.

In fifth chapter, the results obtained from the study are presented.

Finally, in the sixth chapter, the suggestion are given.

Key words: Artificial Nourishment, Shore Protection, Sediment Transport,
Submerged Breakwaters, Wave Mechanics, Nourishment Volume Rate

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Sekil 1. Sinüsoidal dalga tanımı	17
Şekil 2. Ortalama dane çapının (d_{50}) derinlikle (d) değişimi	25
Şekil 3. Kıyıya dik kum taşınımının dört ana bölge için tanım şeması	39
Şekil 4. Kıyı hidrodinamik dengesi	41
Şekil 5. Bruun'un kıyı profili modeli	43
Şekil 6. Sediment taşınımının tanım şeması	43
Şekil 7. Sediment taşınımının neden olduğu kıyı profil kesitleri	49
Şekil 8. Kıyı yönünde kıyıboyu sediment taşınımı dağılımı	54
Şekil 9. Besleme sonucu kesitteki kum hacmi	55
Şekil 10. Beslenmiş bölgenin geometrik karakteristikleri ve sediment kayıp yolları ...	56
Şekil 11. İki mahmuz arası dolmanın değişimi	58
Şekil 12. Batık profil beslemesi yapısının gösterimi	59
Şekil 13. h/L_0 ile G_1 ve G_2 fonksiyonlarının değişimi	62
Şekil 14. Besleme için olası bölgeler	64
Şekil 15. Sahil besleme gösterimi	66
Şekil 16. R_{ocrit} faktörünün değişimi	68
Şekil 17. R_D , Dean'in dolgu oranının eğrileri	70
Şekil 18. R_A oranı için uyarlanmış SPM eğrileri	70
Şekil 19. James metodu için geri çekilme miktarı eğrileri	72
Şekil 20. Üç boyutlu model havuzu donanımı	77
Şekil 21. Ölçüm ağı.....	79
Şekil 22. Model deneylerinin yapısız profilinin şematik gösterimi	80
Şekil 23. Üç boyutlu model havuzunda suni olarak beslenmiş kıyı ve batık dalgakıranın şematik gösterimi	81
Şekil 24. Yapı tipinin besleme kıyıda kalma hacim oranına (R_K) etkisi.....	93
Şekil 25. Besleme hacmi kıyıda kalma oranının (R_K) batık dalgakıranlı yapı tipi oranı (Y_K/B_L) ile değişimi.....	97

Şekil 26. Besleme hacmi kıyıda kalma oranının (R_K 'nın) batık dalgakıranlı ve batık profil beslemeli yapı tipi (Y_B/B_L) oranı ile değişimi	99
Şekil 27. Yapısız suni kıyı beslemesinde (H_o/B_L)'nin etkisi	102
Şekil 28. Batık dalgakıranlı suni kıyı besleme yapı tipinin (YB) H_o/B_L 'ye etkisi	102
Şekil 29. Batık profil beslemeli suni suni kıyı besleme yapı tipinin (YB'nin) H_o/B_L 'ye etkisi	103
Şekil 30. Yapısız $H_o=2.35\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili	103
Şekil 31. Yapısız $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili	105
Şekil 32. Yapısız $H_o=9.57\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili	105
Ek Şekil 1. Kırılan dalga yüksekliğinin değişimi	119
Ek Şekil 2. Dalga kırılma derinliğinin değişimi	120
Ek Şekil 3. İki boyutlu model havuz donanımı	121
Ek Şekil 4. Batık dalgakıranlı kıyı besleme yapı tipi gösterimi (YK)	122
Ek Şekil 5. Batık profil beslemeli kıyı besleme tipi gösterimi (YB)	123
Ek Şekil 6. Batık dalgakıranlı $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili (Y1K)	124
Ek Şekil 7. Batık dalgakıranlı $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili (Y2K)	124
Ek Şekil 8. Batık dalgakıranlı $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili (Y3K)	125
Ek Şekil 9. Batık profil beslemeli $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili (Y1B)	125
Ek Şekil 10. Batık profil beslemeli $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili (Y2B)	126
Ek Şekil 10. Batık profil beslemeli $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili (Y3B)	126

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Suni kıyı beslemesi yapılan projeler (Emre, 1994)	4
Tablo 2. Birim boyda enerji akısını veren denklemler	30
Tablo 3. Dolma ve erozyonu belirleyen formüller	45
Tablo 4. Gelecekteki kıyı koruma önlemleri	52
Tablo 5. Yapılan deneyler (3 Boyutlu model havuzu, başlangıç ve yapısız) ($m=1/10-1/25$, $\alpha_0=30^0$, $T=0.84$ sn, $B=1.0$ m, $t=0-4$, $L_r=1/75$)	82
Tablo 6. Yapılan deneyler (3 Boyutlu model havuzu, YK ve YB yapı tipleri) ($m=1/10-1/25$, $\alpha_0=30^0$, $T=0.84$, $L_r=1/75$)	83
Tablo 7. Yapılan Deneyler (2 Boyutlu model havuzu, başlangıç ve yapısız) ($\alpha_0=0^0$, $B=1$ m, $t= 0-600$ dak. , $L_r=1/25$)	85
Tablo 8. Birinci seri deney sonuçları ($m=1/10-1/25$ $\alpha_0=30^0$, $B=1$ m, $t= 0-4$, $L_r=1/75$)	87
Tablo 9. İkinci seri deney sonuçları ($m=1/10-1/25$ $\alpha_0=30^0$, $B=1$ m, $T=0.84$, $L_r=1/75$)	88
Tablo 10. Üçüncü seri deney sonuçları ($m=1/10-1/25$ $\alpha_0=30^0$, $B=1$ m, $T=0.84$, $L_r=1/75$)	89
Tablo 11. Dördüncü seri deney sonuçları ($\alpha_0=0^0$, $B=1$ m, $T=0-600$ dak., $L_r=1/25$)	90
Tablo 12. Yapı tiplerinin besleme genişlikleri (X 'leri) arasında besleme kalma oranı (R_K) fark yüzde değerleri.....	93
Tablo 13. Yapı tipleri arasındaki oranlar (R_K oranları)	96
Tablo 14. Kıyıda kalan besleme hacmi oranları ($R_K=V_K/V_t$) ile ortalama kıyıda kalan besleme genişlik oranları (X_k/X_t) değerleri.....	106

SEMBOLLER DİZİNİ

- a_o : Tabandaki su parçacığı hareketinin yörüngesel uzunluğu
- A : Dane çapına bağlı bir sabit
- A_w : Boyutsuz katsayı
- A_{wb} : Türbülansın bir fonksiyonu
- b : Kırılma noktasını gösteren indis, ortagonaller arası mesafe, regresyon katsayısı, taban eğimine bağlı bir parametre
- B : Berm yüksekliği
- C : Dalga yayılma hızı
- C_g : Dalga grup hızı
- d' : Dalga genliği ($H/2$)
- d_{50} : Ortalama dane çapı
- D : Dane çapı
- D_{EQ} : Denge profili altında dağılım
- e : Orijinal kıyı çizgisi ile müsaade edilen kıyı çizgisi gerilemesi arasındaki mesafe, deneysel katsayı
- E : Dalga enerjisi
- f : α ve H' 'nin dağıtma frekansı
- f_i : Fırtınanın görülme yüzdesi
- F_D : Taşınım yönünü belirleyen fonksiyon
- F_O : Boyutsuz çökme parametresi
- g : Yerçekimi ivmesi
- G_O : Dolma ve erozyon miktarı ile ilgili bir parametre
- h : Su derinliği
- h_b : Kırılma anındaki su derinliği
- h_c : Taban malzemesinin taşınabileceği derinlik
- h' : Taban malzemesinin taşınabileceği derinlik
- H : Dalga yüksekliği
- h_m : Mendirek önü derinliği

- H' : Sığlaşma sonucu oluşan dalga yüksekliği
 H_b : Kırılma anındaki dalga yüksekliği
 H_d : Engel arkasındaki dalga yüksekliği
 H_m : Modeldeki dalga yüksekliği
 H_o : Derin deniz dalga yüksekliği
 H_p : Gerçekteki dalga yüksekliği
 H_Y : Yansıyan dalga yüksekliği
 i : x doğrultusu boyunca dilim artış indisi,
 j : Akarsuyun taban eğimi,
 k : Dalga sayısı, deneysel katsayı
 K_1 : Deneysel kalibrasyon katsayısı, kaya dolgu malzemesi için bir katsayı,
 K_2 : Deneysel kalibrasyon katsayısı,
 K_d : Dönme katsayısı
 K_D : Boyutsuz katsayı
 K_r : Sapma katsayısı
 K_S : Sığlaşma katsayısı
 K_Y : Yansıma katsayısı
 l : Besleme yapısı boyu
 L : Dalga boyu
 L_m : Modeldeki dalga boyu
 L_o : Derin deniz dalga boyu
 L_p : Gerçekteki dalga boyu
 m : Taban eğimi
 p : Kumun porozitesi
 P : Geçirgenlik faktörü, dalga gücü veya enerji akısı
 q : Taşınım miktarı
 q_{net} : Net taşınım miktarı
 q_b : Kırılma noktasındaki taşınım miktarı
 Q : Kıyı boyu katı madde taşınımı miktarı
 Q_i : i diliminden çıkan debi
 R_A : Dolgu faktörü (SPM)
 R_D : Dean'in dolgu faktörü

- R_K : Besleme hacmi kalma oranı
 R_j : Geri çekilme mikrarı
 s : Danenin sudaki ağırlığı
 t : Zaman
 T : Dalga periyodu
 T_m : Modeldeki periyot
 T_p : Gerçekteki periyot
 u_b : Taban yörünge hızı
 U_r : Ursel parametresi
 U_{max} : Tabandaki akışkan hızı
 v : Akımın ortalama hızı
 V : Besleme hacmi
 V_e : Erozyona uğrayan besleme hacmi
 V_k : kıyıda kalan besleme hacmi
 V_i : Kıyıya yerleştirilen toplam besleme hacmi
 Y : Batık dalgakıranın kıyıdan uzaklığı
 w : Çökme hızı, açısal frekans, taş ağırlığı
 w_o : Çökme hızı
 x : Kırılma noktasından mesafe, yatay eksen boyunca alınan mesafe
 X_t : Batık dalgakıran kret genişliği
 X_{YPZ} : Yapısız kıyı besleme genişliği
 X_{YK} : Batık dalgakıranlı kıyı besleme genişliği
 X_{YB} : Batık profil beslemeli kıyı besleme genişliği
 X_r : Tırmanma limitinden mesafe
 α : Dalga geliş açısı, şev açısı
 α_b : Kırılma anındaki dalga açısı
 β : Gelecekteki kıyı çizgisi ile müsaade edilen kıyı çizgisi gerilemesi arasındaki açı
 ΔF : Birim alan başına enerji akısı dağılımı
 Δt : Zamandaki artış miktarı
 Δx : Dilim genişliği
 Δy : Dilim genişliği

- γ_s : Taşın özgül ağırlığı
 γ_w : Suyun özgül ağırlığı
 γ_r : Kullanılacak malzemenin birim ağırlığı
 γ_f : Deniz suyunun özgül ağırlığı
 η : Dalga profiline bağlı bir değişken
 ξ : Dalga kırılma tipi katsayısı
 Ψ_m : Shields parametresi
 Ψ_c : Katı madde taşınımın başladığı kritik shields parametresi
 Ψ' : Katı madde hareket faktörü
 τ : Taban kayma gerilmesi
 τ_{cr} : Hareket başlangıcındaki kayma gerilmesi
 ϕ : Taşınım oranı
 Φ : Kırılma indisi
 ρ : Suyun özgül ağırlığı
 ρ : Akışkanın özgül ağırlığı
 ρ_s : Katı maddenin özgül ağırlığı
 ν : Akışkanın viskozitesi
 λ : Ölçek parametresi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde, bir çok kıyı yöresinde, kıyı erozyonu büyük sorun teşkil etmektedir. Dünyada , kıyı çizgilerinin geriçekilme mesafeleri , bazı yörelerde 15m/yıl boyutuna varmıştır . Bunu , deniz seviyesindeki rölatif yükselme daha da arttırmaktadır (15-30 cm/yüzyıl yükselme) (Dean, 1983). Ülkemizde, özellikle Doğu Karadeniz kıyılarında kıyı çizgisi geri çekilmelerinin yapılan gözlemler sonunda 2-3m/yıl boyutuna vardığı görülmüştür. Rusya Cumhuriyetleri, Romanya ve Bulgaristan'ın Karadeniz kıyılarında da erozyonun gittikçe arttığı görülmüştür (Shuisky vd.,1988).

Kıyılarda yüzyıllar boyunca deniz-kıyı etkileşimi sonucunda kıyı hidrodinamik dengesi oluşur. Bu denge insanlar tarafından doğrudan veya dolaylı (akarsu ağzları ve koylarda yapılan değişiklikler , baraj yapımı ve sediment azalması , kıyılardan malzeme çekilmesi , bazı kıyı koruyucu yapılardan yansıyan dalgaların erozyonu artırması, liman ve barınak gibi katımadde hareketini engelleyici yapılar vs.) müdahaleler sonucunda bozulmaktadır. Bunun sonucu olarak kıyılarda büyük ve tehlikeli boyutlara varan kıyı geri çekilmeleri meydana gelmektedir. Kıyılarda oluşan bu erozyonu önlemek amacıyla uygulanan yöntemler, doğrudan ve dolaylı olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Doğrudan yöntemler : Kıyıya bitişik ve paralel yapılar (kıyı tahkimatları, kıyı duvarları), kıyıya dik yapılar (T ve düz mahmuzlar), kıyıdan ayrık açıkdeniz dalgakıranları gibi yapılardır. Bu yapılar, kıyılardaki katı madde hareketini doğrudan etkilediği için her zaman yeterli çözümü verememektedir. Bu nedenle kıyıdaki katımadde dengesini oluşturmaya yardımcı olacak dolaylı yöntemler gündeme gelmiştir. Dolaylı yöntemi suni kıyı beslemesi olarak sayabiliriz.

Son 50 yıl içerisinde kıyı beslemesi , kıyı çizgilerinde meydana gelen oyulmaları azaltmak için giderek artan bir önlem olmuştur . Yapay kıyı beslemesi kavramının bir zamanlar erozyon kontrolü için yaygın olarak kullanılan direkt yöntemlere olan üstünlüğü birçok faktöre bağlıdır (Pilarczyk vd., 1986).

1-Estetik olarak , kıyı yapılarından çok daha arzu edilebilir ve dinlenme yerleri için ek kıyı alanları sağlar .

2- Beslenmiş kıyılar , komşu kıyılara kum kaynağı sağlayarak kendilerinin mansap (ve memba) kıyılara problem yaratmaktan çok fayda sağlarlar .

3- Kıyı beslemeleri , (mahmuzlar , dalgakıranlar gibi) rip akıntılara sebep olmazlar.

Bazı durumlarda , kıyı yapıları (kıyıya dik dalgakıranlar vb.) bazı yerlerde erozyon problemlerine daha uygun , ekonomik bir çözüm olarak da görülmüştür . Mahmuzların kısa masafede daha ekonomik olduğu gösterilmiştir (Oorschot vd., 1991).

1.2. Yapılan Çalışmaların Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı , dünyada çok yaygın olarak kullanılan yapay besleme ile kıyı erozyonunu önlemek ve yeni plaj alanları kazanmaktır . Bu amaca yönelik olarak Doğu Karadeniz bölgesi verilerinden yararlanılarak bu problemlere çözüm getirilmeye çalışılmıştır.

Kıyı mühendisliği problemlerinin birçok parametreye bağlı olması ve bu parametrelerin birbirleri ile ilişkilerinin karmaşıklığı , matematik modelleme açısından zorluklara neden olmaktadır . Bu nedenle , kıyı ile ilgili problemlerde çoğunlukla fiziksel modelleme yöntemi ile çözüm aranmaktadır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki , matematik modellemeler, yaklaşık ve belirli sınırlar içerisinde geçerli olabilmektedirler . Fiziksel benzetim yöntemiyle ise, gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edebilmektedir .

Bu çalışmada , suni plaj oluşumu , iki boyutlu kanal ve üç boyutlu havuzda deneysel çalışma esas alınarak , yapılı ve yapısız olarak çeşitli dalga yükseklikleri , dalga dikliği , plaj genişlikleri gibi parametreler dikkate alınarak incelenmiştir.

1.3. Literatür Çalışması

Kıyılarla ilgili geçmişte bir çok çalışmaya rastlasak da, kıyı mühendisliği daha çok 1950'li yıllardan sonra kendini bilimsel alanda sözettirmeye başlamıştır. Dünya'da suni kıyı beslemesi, kıyı mühendisliğinin önem kazanmasıyla belirgin bir şekilde uygulanmaya başlamıştır. 1950'lerden günümüze kadar birçok uygulama yapılmıştır. Bu uygulamalar birçok bilim adamı tarafından gözlemlenmiş ve elde ettikleri sonuçlardan, kıyı beslemesinin temel prensipleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Ayrıca fiziksel modelleme yöntemiyle bu çalışmalar desteklenmektedir. Bu konuyla ilgili yapılan literatür taramasından elde edilen deneysel çalışmalar aşağıda özetlenmiştir. Ayrıca doğada uygulanmış olan literatür

taramaları tablolar halinde özetlenmiştir. Bazıları da yazılı metin içinde gözlemlere dayalı olarak anlatılmıştır.

Otay (1994), yapmış olduğu doktora tezi çalışmasında, daha önce yapılmış yapay besleme uygulamalarının kıyı korumasına etkilerini tablo halinde özet olarak vermiştir (Tablo 1). Yapmış olduğu arazi ve deneysel çalışmalarından aşağıdaki sonuçları çıkarmıştır.

- Dalga, sediment ve kıyı parametrelerini kıyıya dik taşınımından ayırarak belirlemeli,
- Sahil geri kazanma işlemi taşınımın kıyıya doğru belirgin bir şekilde olduğu zaman izlenerek yapılmalıdır.

Hall ve Herron (1950) , Long Branch, New Jersey’de çok iyi gözlemlenmiş bir örnek vermektedir. 11.5m su içinde yerleştirilen 460,000m³ kumun hareketini incelemek için gelgit, dalga, rüzgar, kum örnekleri, hava fotoğrafları ve batimetrik ölçümlerin tümü gerçekleştirildi. Gözlemlenen alanda yerleştirmeden yaklaşık bir yıl sonra ciddi sayılabilecek bir kum hareketi görülmedi. 1935 yılında Santa Barbara, California, ve 1935 ve 1942 yıllarında Atlantik City, New Jersey, açık deniz ve kıyı kenarı plaj beslemesi ile ilgili benzer sonuçlar verildi. Kıyıya doğru oluşan net hareketi göstermek için besleme malzemesinin daha sığ derinliklerde yerleştirilmesi zorunluluğu üç ayrı bölgede elde edilen sonuçlar göstermiştir. Daha sonraları Herris (1954), tarafından gerçekleştirilen Long Branch projesi bulguları daha önceleri elde edilen bulgularla uyum sağladığını belirlemişlerdir.

Watts (1958), Harryson County’deki bir besleme projesini kum örneklerine, batimetrik ölçümlere ve sığlaşma profillerine göre bir değerlendirmesini yaptı. 4.5 milyon m³ lük projenin bir tarafında yerleştirilen malzemenin korunması için bir koruma mahmuzu inşa edildi. Projenin tamamlanmasından 7 yıl sonra gerçekleştirilen bir hidrografik ölçüm, plajın 0.6 m. (ortalama alt su seviyesi) seviyesinde 540,000 m³ ün %90 ‘kayıp’ olduğunu gösterdi. Bu tahminde olabilecek hatalara rağmen, 7 yılda yaklaşık % 10’luk bir kaybın olduğunu göstermektedir. Kıyı korumasında bu açık deniz malzemesinin faydası görüldü.

Perdikis (1961), Amerika Birleşik Devletlerinde mevcut 79 plaj besleme projesini özetledi. Hacim değişimlerini ve plaj eğimlerini içeren 10 tane proje ayrıntılı olarak incelendi. Beslemeden sonra bir çok tarafın etkisinden daha hızlı aşındığı görülmüştür. Bu birçok durum için yerleştirilen malzemenin daha hafif eğimler oluşturan yerli taşınım veya açık kıyı taşınımı malzemedan daha ince olmasına bağlanabilir.

Tablo 1. Sumi kıyı besleme Yapılan Projeleri (Emre, 1994)

Yer	Tarih	Yerleşir. Hacim (m ³)	Su Derin. (m)	Topuk Yapısı (m)	Kum Çapı (mm)	Dalga Yüksek. (m)	Dalga Periyod. (s)	Denize-Karaya Doğru Taşınım	Kıyı Koruması	Referans
Santa Barbara, CA	1935	154 000	6.1	1.5	0.18			Sabit	Hiçbiri	Hall ve Herron (1950)
Atlantic City, NJ	1942	2.7 mil	4.6-7.6		0.32			Sabit	Hiçbiri	Hall ve Herron (1950)
Long Branch, NJ	1948	460 000	11.5	2.1	0.34	1-2	7-9	Sabit	Hiçbiri	Hall ve Herron (1950)
Durban, South Africa	1970	2.5 mil	7-16	0-8.3	0.35	1-2		Her ikisi	Dolaylı	Zwanborn vb. (1970)
Copacapana Beach, Brazil	1970	2.0 mil	4-6		0.4-0.5	0.7	10-14	Karaya Doğru	Dolaysız	Vera-Cruz (1972)
Long Island Sound, CN	1974	1.17 mil	18.3	9.1	Silt	0.1		Sabit	Hiçbiri	Bokuniewicz vb. (1977)
Lake Erie, OH	1975	18 000	17	0.36	Silt	0.1		Sabit	Hiçbiri	Danek vb. (1978)
New River Inlet, NC	1976	26 750	2-4	1-8	0.49	0.55	7.3	Karaya Doğru	Dolaysız	Schwartz ve Musialowski (1977)
Limfjord Barriers, Denmark	1976	22 000	4-5	2.1	0.25-0.3			Karaya Doğru	Dolaysız (Direkt)	Mikkelsen (1977)
Tauranga Bay, New Zealand	1976	2 mil	11-17	9				Sabit		Healy vb. (1991)
Dam Neck, VA	1982	650 000	10-11	3.3	0.08			Sabit		Hands ve De Loach (1984)
Sand Island, AL	1987	350 000	5.8	1.8-2.1	0.22			Karaya Doğru	Direkt	Hands ve Bradley (1990)
Fire Island, NY	1987	320 000	4.9	2						McLellan vb. (1988)
Mobile Outer Mound, AL	1988	14.3 mil	10.7-13.7	6.6	İnce Kum	0.3-0.8	3.4-4.6	Sabit	Dolaylı	McLellan (1990)
Coos Bay, OR	1988	4 mil	20-26	4.6-7.6	0.25-0.3	2.7	11.5	Zarar (kayıp)	Hiçbiri	Hartman vb. (1991)
Silver Strand, CA	1988	113 000	4.6-5.5	2.1	0.2	0.62	13.1	Karaya Doğru	Direkt	Andrassy (1991)
Kira Beach, Australia	1988	1.5 mil	7-10	2		4	8	Karaya Doğru	Direkt	Smith ve Jackson (1990)
Mt. Maunganui, New Zealand	1990	80 000	4-7	2		0.5-1.5	5.9		Direkt	Foster vb. (1994)
Port Canaveral, FL	1992	120 000	5.3-6.8	1.65		1.2	6.3	Karaya Doğru	Direkt	Bodge (1994)
Perdido Key, Florida	1992	3 mil	5-6	1.75	0.3	0.45	5.7	sabit	Dolaylı (İndirect)	Şimdiki Çalışmalar

Vesper (1961), tarafından Prospect Beach' de, bulunan bir beslenmiş plaj gözlemlendi. Plaj ve besleme için 335000 m³ kum alınan alanın her ikisi yerleştirmeden yaklaşık üç yıl sonra çalışıldı. Besleme malzemesinin alındığı saha, su çizgisinin sadece 300 m deniz açığındaydı. Plaj besleme malzemesi üç yıl süresince alındığı sahaya doğru kaymadı ve gözlemlenen alandan oluşan net malzeme kaybı hesaplanamadı. En belirgin dolgu malzemesi düzelmesi yerleştirmeden sonra bir yıl süresince oluştuğu görülmüştür.

Fisher ve Felder (1976), Cape Hatteras'da, 465,000 m³ lük bir plaj beslemesi inceledi. Dolgu tamamlandıktan sonra 18 ay süresince projenin sualtı kısımlarını gözlemek için plaj profilleri (haftada iki kez, 150 m aralıklarla) ve görsel dalga verileri toplandı. Bu süre zarfında, oluşan değişimlerin çoğu beslenmiş alan içinde oluştuğu görüldü. Vurgulamak gerekirken, plajın alt alanlarından kaybolan malzemenin çoğu muhtemelen açık denize doğru hareket etmiştir.

Oertel (1977), Tybee Island'da, bir beslenmiş plaj gözlemledi. Proje 1976 yılında 1.1 milyon m³ çökeltinin 6 km 'lik plaj boyunca yerleştirilmesi ile ilgiliydi. Gözleme Emeriy [1961]'ye göre değiştirilmiş bir yöntem kullanarak fotoğraf, film iki hafta ara ile alınan profil ölçümlerine dayanıyordu. Beslemeden sonra ilk 6 ay süresince, hacim olarak beslenmiş alanın %40'ını kaybedecek kadar plaj altında hızlı değişimler görüldü. Kaybın çoğu (%50-75) sediment taşınımı neticesinde oluştuğu vurgulandı. (Chu ve Posey ,1989) 1987'de aynı bölgede 1.1 milyon m³'lük sediment projesi tanımladılar. Yerleştirilmeden sonra ilk 21 ay süresinde hacim olarak yaklaşık %25'i plajın alt tarafından kaybolmuştur.

Hushha (1982) , hava fotoğraflarını kullanarak Florida'nın kuzey tarafında bulunan iki plaj besleme projesini gözlemledi. Port Canaveral Beach'ten elde edilen 5 yıllık veri %30'a varan bir kaybın olabileceğini gösterdi. Indialandic/Melbourne için bir yılda gözlemlenen değişimler üzerine yapılan benzer bir hesaplama %50'lik bir kaybı yansıtmaktadır.

Skrabal vd., (1990), tarihi kıyı çizgisi değişimi şekillerini esas alarak Fenwick Izland'da, Delaware, 225,000 m³'lük bir plaj besleme projesinin ömrünü tahmin etip, dolgunun ömrünü, proje hacmine eşit miktarda sedimentin beslenmiş alandan kaybolması için geçen süre olarak tanımladılar. Karşılaştırma için mevcut bir yıllık ön besleme verisi bu süre zarfında gözlemlenen alandan %7.6'lık bir kaybın olduğunu göstermiştir. Bu kayıp hızından, proje ömrünü 11.5 yıl olarak tahmin ettiler.

DeKimpe vd., (1991), küçük bir plaj besleme projesini (81.000 m³) analitik ve ampirik olarak modellediler. Analitik çözümü Pelnard-Consideré (1956)'da one-line yaklaşımı takip

etti. Ancak bu hacimsel değişimler ampirik olarak elde edilen üstel eğri kadar gerçekçi bir şekil vermedi. 5 yıllık bir gelişmeden sonra, hacim olarak %43'ü kaldı. Dolgunun orjinal hacminin %10'u kadar azalması için geçen süre biçiminde tanımlanan proje ömrü 13 yıl olarak tahmin edildi.

Sawaragi, Deguchi ve Park (1988), batık dalgakıranla, yapay beslemenin kıyıların korunma kriterleri üzerinde deneysel çalışma yaptılar. Suni beslemenin erozyona uğramaması için sediment çökme hızını kontrol edecek şekilde batık dalgakıranların planlanması gerekliliğini vurguladılar. Yapay beslemenin erozyonunu önlemek için etkili batık dalgakıran genişliği Be 'nin başlangıçta yapı yokken gözlenen erozyon uzunluğuna oranının (Be/X_e) 0.75 ile 1 arasında olması gerektiğini belirtmektedirler. (Be) dalgakıran genişliğinin belirlenmesi için (Galvin, 1969) kırılma noktası ile kırılan dalganın değdiği nokta arasındaki bölgenin uzunluğunun bağlı olarak elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

$$X_t = 2(4 - 9.52 \tan \theta) H_b \quad (1)$$

Suni beslemedeki erozyonu, eklenen sedimentin dane boyutuna bağlı olarak;

$$U^* / \omega_r > 0.5 \quad (2)$$

tarif etmektedirler. Burada;

$$U^* = (f_w / 2)^{1/2} \cdot U_{bm} \quad (3)$$

U_{bm} = tabandaki su taneciği hızının genliğidir.

$$U_{bm} = \{g / (d + \eta)\}^{1/2} \cdot H / 2 \quad (4)$$

g : yerçekimi ivmesi

d : durgun sularda su derinliği

$$f_w = \exp\{-5.977 + 5.213(a_0 / k_s)^{-0.194}\} \quad (5)$$

$a_0 (= U_{bm} \cdot T / 2\pi)$: tabandaki su parçacığı hareketinin yörüngesel uzunluğu

$k_s (=2d_{90})$: rölâtif pürüzlülük yüksekliği,

ω_f : dane çökme hızıdır.

Günyaktı (1975), yapmış olduğu çalışmasında, kumlanan liman girişlerinin veya mevcut limanların günün şartlarına cevap verebilmeleri için taranması sonucu ortaya çıkan kumlu malzemenin kıyı beslemesinde kullanılma olanağını incelemiştir. Malzemenin kullanılabilir ve batık dalgakıran şeklinde açığa depolanması halinde kıyı stabilitesini olumlu yönde etkilemektedir. Eğer depolar optimum boyutlarda ve doğru seçilmiş bir yerde teşkil edilirse, kıyılarda yapay plajların oluşmasını temin edebilecektir. Tarama malzemesinin bu şekilde değerlendirilmesi, dalgaların ve tarama malzemesinin fiziksel özelliklerine ve depolama tekniğine bağlıdır. Depoların davranışını da şu şekilde özetleyebiliriz:

- Dalga tesirinin çok zayıf olduğu derinliklerde yapılan depolar, genellikle iki yönde biraz yayılarak bırakıldığı bölgede kalıyorlar. Dalgaları üzerinden kıramadıkları için dalga enerjisini emmeleri sözkonusu olmuyor, fakat dalga dikliğini artırdıklarından kıyı erozyonunu hızlandırabiliyorlar.
- Yerel dalgalar şiddetli ve tarama malzemesi çok ince ise depo edilen malzeme süspansiyon halinde açık denize doğru yayılarak, plaja çıkması güçleşiyor.
- Yerel dalgalara göre tarama malzemesi yeterince hareketli fakat fazla hassasiyet göstermiyorsa, depo dalga enerjisini bir taraftan emerek kıyıda etkilerini azaltırken diğer taraftan kırılmadan geçen dalgalar tesirinde ilerleyen kısmıyla etkin bir biçimde kıyı beslemesini sağlıyor. İnce ve orta irilikte kumlarla yapılan bu tür depolar, ayrıca plajın aranılan niteliklere sahip olmasını temin ediyorlar.
- İri kum ve çakıl karışımı gibi oldukça iri malzemedan oluşan depolar, yerel dalgaları uzun müddet kırarak, sahildeki erozyonu yavaşlatmasına rağmen, zayıf kalan dalgaların tesirinde kıyı beslemesini kısa sürede sağlayamıyor. Bu tür depolar, kıyı beslemesinden ziyade dalga enerjisini emmekte etkindirler.

Tarama malzemesi kıyı beslemesinde kullanılması düşünülüyorsa, depolama tekniğinde şu hususlara dikkat etmek gerekmektedir;

- 1- Depo uzunluğu, dalga boyundan fazla ve beslenmek istenilen kıyı şeridine yakın olmalıdır. Kısa depolar sahilde enerji katlanmasına sebep olmaktadır.
- 2- Tarama malzemesinin depolandığı yerde su moleküllerinin maksimum yatay hızı, hareket başlangıcı hızının en az iki katı olmalıdır. Aksi takdirde kıyı beslemesi tehlikeye girmektedir.

3- Depo yüksekliği, yerel su derinliğinin 0.5 ile 0.8'nci katları arasında kalmalıdır. Ayrıca açık denize bakan yüzeyinin eğimi, malzemenin iç sürtünme açısına göre oldukça düşük olmalıdır.

4- Depo üst genişliği, üzerindeki su derinliğinin 5 ve 20 katları arasında olmalıdır.

Son iki şartın verdiği optimum değerler iki boyutlu kanal deneyleri sonucudur. Fas'ın Ağadir limanı civarındaki uygulama, bunların üç boyutlu çalışmalar için de geçerli olduğunu kanıtlamaktadır.

Detle, Raudkivi ve Fuehrboeter (1994), Kuzey denizinde Sylt adası sahilinde 6 adet değişik yöredeki yapay besleme verilerinden yararlanarak, (Detle vd., 1994)'de verilen taşınım hacmi formülünün (6) uygulamasını yapmışlardır. Taşınan hacim $t=0$ 'da $V(t)=V_m$ için;

$$V(t)=V_0e^{-kt} \quad (6)$$

$V(t)=V$ iken yeniden besleme gerekir ve ihtiyaç duyulan hacim;

$$V_n=V_m(2^{T_r/T_h}-1) \quad (7)$$

burada,

V_n : her metredeki besleme hacmi,.

V_m : dengede bir profilin minimum hacmi

T_r : yeniden besleme aralığı

T_h : $V(t=T_h)=V_0/2$ olduğunda kumsal sahil dolgusunun yarı ömrüdür.

Yapay besleme için ortalama gerekli olan debi:

$$Q_n=\frac{V_n}{T_r} \quad (8)$$

$$Q_n=\frac{V_m}{T_r}(2^{T_r/T_h}-1) \quad (9)$$

$T_r \rightarrow 0$ 'a giderken V_{min} sabit olur ve;

$$Q_{\min} = \frac{V_{\min}}{Th} \cdot \ln 2 \quad (10)$$

olarak elde edilir. Burada gerekli besleme oranı Q_n 'in Q_{\min} 'e oranı olarak;

$$\alpha = \frac{2^{Tr/Th} - 1}{(Tr/Th) \ln 2} \quad (11)$$

ifade edilebilir.

Bu hem gerekli olan kum dolgu hacmini hemde ortalama kum besleme oranının tekrar aralığı ile üstel bir şekilde arttığını gösterir. Verilerin denklemlere uygulanmasıyla, sahil dolgu hacmi ve başlangıç azalma oranının denklemlerde verilen üstel fonksiyonla azaldığını göstermişlerdir.

Hanson ve Kraus (1989), kıyı çizgisinin değişiminin sayısal modelleme yöntemi üzerinde çalışmışlar, kıyı konusundaki sayısal benzeşimlerin zorluğunu ve karmaşıklığını belirterek, bu zorlukları aşmak amacıyla çeşitli kabuller yapmışlar ve bu kabulleri şöyle sıralamışlardır;

- kıyı profili sabit olmalıdır,
- kıyı profilinin kıyıya ve denize olan sınırları sabittir.
- katımadde taşınımı, kırılan dalgaların bir fonksiyonu olarak tarif edilmektedir,
- sahile yakın akımlar (sirkülasyonlar), planlanmış yapıda ihmal edilmektedir,
- kıyı çizgisi değişimi, uzun süreli bir eğilim (trend) gösterir,
- yapıardan yansıyan dalgalar ihmal edilmektedir.

Dalga değişimlerini (transformasyonu) hesaplamak için kıyının denge halindeki profili,

$$d = A y^{2/3} \quad (12)$$

şeklinde verilmektedir. Burada,

d : derinlik,

y : denize doğru yatay mesafe,

A: dane çapına bağlı bir sabit,

şeklinde olduğu kabul edilmektedir.

A sabit sayısının dane çapına bağlı olarak değişimi şöyledir;

$$A = 0.41 (d_{50})^{0.94} \dots\dots\dots d_{50} < 0.4 \text{ mm}$$

$$A = 0.23 (d_{50})^{0.32} \dots\dots\dots 0.4 \text{ mm} < d_{50} < 10.0 \text{ mm}$$

$$A = 0.23 (d_{50})^{0.28} \dots\dots\dots 10.0 \text{ mm} < d_{50} < 40.0 \text{ mm}$$

$$A = 0.46 (d_{50})^{0.11} \dots\dots\dots 40.0 \text{ mm} < d_{50}$$

burada, d_{50} ortalama dane çapıdır.

Kıyı boyu katı madde taşınımı için deneysel çalışmalarından elde edilmiş olan (GENESIS, 1988) bağıntı;

$$Q = (H_b)^2 C_{gb} \left[a_1 \sin(2\alpha_b) - a_2 \cos(\alpha_b) \frac{\partial H_b}{\partial x} \right] \quad (13)$$

olarak verilmektedir. Burada,

H_b : kırılma durumunda dalga yüksekliği,

C_{gb} : kırılma durumunda dalga grup hızı (lineer dalga teorisinden),

α_b : kırılma noktasında dalganın gelme açısı,

x : kıyıya paralel koordinat,

a_1, a_2 : boyutsuz katsayılarıdır.

Bu yöntemde, yapıdan yansıyan dalgalar dikkate alınmamaktadır.

Bu modelleme yöntemini kullanarak elde ettikleri sonuçlar, prototipler üzerinde yapılmış ölçümlerle karşılaştırıldığında, yaklaşımın kabul edilebilir boyutlarda olduğunu ve tasarımlar için yardımcı olacağını belirtmişlerdir.

Güngördü ve Otay (1997), geliştirdikleri sayısal modelle kıyı dolgusu (beslemesi) projelerinin neden olduğu kıyı değişimini, yanal (kıyıya paralel) sediment taşınımı ile hesaplamışlardır. Kıyı değişimi mekanizmasını kontrol eden süreklilik ve taşıma denklemlerini kullanmışlardır.

$$\frac{\partial y}{\partial t} * (B + hc) + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (14)$$

kıyıya paralel sediment taşınımı denklemi

$$Q = \frac{K * H_b^{5/2} * g^{1/2} * \sin 2\theta_b}{16 * k^{1/2} * (s-1) * (p-1)} \quad (15)$$

diffuzyon denklemi;

$$\frac{\partial y}{\partial t} = G * \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (16)$$

$$G = \frac{K * H_b^{5/2} * \sqrt{\frac{g}{k}}}{8 * (s-1) * (1-p) * (B + h_c)} \quad (17)$$

denklemleri kullanılmıştır. Burada;

Q : Kıyı boyu taşınımı

H_b : kırılma anındaki dalga yüksekliği

C_g : Dalga gurup hızı

K : Sediment taşınım sabiti

k : Kırılma sabiti

θ : Dalganın kıyı normali ile yaptığı açı

B : Mahmuz banket yüksekliği

h_c : Aktif derinlik

p : Sedimentin porozitesi

S : Sediment birim hacim ağırlığı

t : Zaman

y : Kıyı şeridinin kıyıya dik uzaklığı

x : Kıyı şeridinin yanal uzaklığı

β : Taban eğimidir.

Aşağıdaki denklemde (18) analitik çözümü bilinen kıyı dolgusunun çözümü yapılmış ve karşılaştırma sonucunda sayısal algoritmanın doğru çalıştığı gösterilmiştir.

$$y(x,t) = \frac{w}{2} * \left\{ erf \left[\frac{l}{4\sqrt{Gt}} \left(\frac{2*x}{l} + 1 \right) \right] - erf \left[\frac{l}{4\sqrt{Gt}} \left(\frac{2*x}{l} - 1 \right) \right] \right\} \quad (18)$$

$$erf(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-u^2} * du \quad (19)$$

Burada,

w : Kıyı dolgusunun kıyıya dik genişliği

l : Kıyı dolgusunun kıyıya paralel uzunluğu

Model sonuçları 4 yıl boyunca izlenen bir kıyı dolgu projesinin ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. İlk 1 yıl için modelin yeterince iyi sonuç vermediği gözlenmiştir. Bunun nedeni ilk aşamada, profil eğimi dengelenene kadar kıyı şeridi gerilemesinin yüksek oranda kıyıya dik taşınımından kaynaklanmasıdır. İnşaatı takip eden 1 sene içinde bu mekenizma yerini modelde öngörülen difüzyon mekenizmasına bırakmıştır, ve bu nedenle ileri aşamada model daha iyi sonuçlar vermektedir.

Dean (1977), kıyı denge profilleri üzerine 500'ü aşkın saha profil ölçümünden yararlanarak $h=A*y^n$ denklemini geliştirdi. Burada $n=2/3$ değerini buldu. Bu değer 1949'da ilk olarak Bruun tarafından bulunan değerle aynıdır. Bir çok araştırmacının çalışmalarını derlemiştir. Kıyı beslemesi üzerine bir çok çalışmalar yapmış ve kıyı denge profillerindeki A ölçek parametresinide dikkate alarak bir çok profil çeşiti geliştirmiştir. Güngördü ve Otayın çalışmasında anlatılan denklemlerin yardımı ile suni kıyı beslemesindeki kıyı çizgisindeki değişimleri hesap etmiştir. Bunlara birçok ilavelerde yapmıştır. Dean'in çalışmaları bundan sonraki kıyı beslemesi araştırmalarında temel çalışma olarak alınmaktadır.

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda elde edilen sonuçlar;

Suni kıyı beslemesi yapıldıktan sonra kıyı çizgisinde meydana gelen değişikliklere etki eden parametreleri şöyle sıralayabiliriz.

- Suni kıyı besleme yapısı parametreleri
 - suni kıyı besleme genişliği (X)
 - suni kıyı besleme hacmi (V)
 - suni kıyı besleme yapı önü eğimi
 - suni kıyı beslemesi berm yüksekliği (B)
 - suni kıyı besleme boyu (B_L)
 - suni kıyı besleme malzemesinin konulduğu yer
- Batık dalgakıran parametreleri
 - batık dalgakıranın kıyıdan olan uzaklığı (Y)

- batık dalgakıran kret genişliği (X_t)
- batık dalgakıranın şev eğimleri
- batık dalgakıran üzerindeki su seviyesi (h_{su})
- batık dalgakıran yüksekliği (h_y)
- Kıyı karakteristikleri
 - taban eğimi (m)
 - tane çapı (d_{50})
 - katı maddelerin mevcudiyeti
- Dalga parametreleri
 - dalga yüksekliği (H)
 - dalga periyodu (T)
 - dalga geliş açısı (α)

Bu parametrelerin tümü kıyı değişimi üzerinde şartlarına göre az veya çok şekilde etkili olmaktadır. Bu parametrelerin etkilerinin boyutları ise birbirlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu kadar çok parametrenin birbirlerine etkisini ve ilişkisini tam olarak çözebilmenin zorluğu açıktır. Yapılan çakışmalarda genelde etkisi incelemeye alınan bir kaç parametrenin dışındakiler sabit olarak alınmış veya çok az değiştirilmiştir. Bu çalışmada da laboratuvar imkanları ölçüsünde;

- Suni kıyı besleme genişliği (X)
- Suni kıyı besleme hacmi (V)
- Batık dalgakıranın kıyıdan olan uzaklığı (Y)
- Besleme yapı tipi
- Dalga yüksekliği (H)'nin değişken, diğerleri ise sabit olarak alınmıştır.

1.4. Kıyı Çizgisi Değişimine Etki Eden Etmenler

Kıyı çizgisi, yüzyıllar boyu oluşan hidrodinamik denge sonucunda oluşmaktadır. Bu dengeyi oluşturan temel etmenler olarak dalgalar ve kıyayı oluşturan malzeme özelliklerini sayabiliriz. Kıyı çizgisindeki değişimleri bulabilmek için bu temel verilerin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle, incelenecek bölgeye ait dalga iklimi ve katımadde rejiminin, geriye dönük olarak, yapılacak tasarımın boyutuna göre araştırılması gerekmektedir.

1.4.1. Doğu Karadeniz Bölgesinin Dalga İklimi ve Katımadde Rejimi

1.4.1.1. Dalga İklimi

Katımadde hareketine neden olan en önemli etmen dalgalardır. Bu yüzden incelenen yörenin uzun süreli dalga değerlerinin (dalga iklimi) belirlenmesi gereklidir. Bu değerlere göre yörenin belirgin dalga özellikleri belirlenip, aynı değerlere göre de tasarım gerçekleştirilir. Dalga değerleri iki yoldan elde edilebilmektedir. Bu değerler fiziksel modelleme ve sayısal modellemeler için en önemli verilerdir.

Dalga verilerini elde etmenin bir yöntemi, doğrudan ölçüm yolu ile belirlemek, diğeri ise rüzgar verilerinden elde etmektir. Doğrudan ölçüm yöntemi en uygun yöntem olmasına karşılık, ülkemiz kıyılarında henüz sürekli bir istasyon kurulmuş değildir. Özel olarak yerel istasyonlar kurulmuş ise de, bunlar sürekli hale henüz getirilememiştir. Bu durum ise, kıyılarımız üzerinde yapılan çalışmalar için bir dezavantaj teşkil etmektedir. Dalga verilerini elde etmenin diğeri bir yöntemi olan rüzgar verilerine dayanarak elde edilen veriler de kendi aralarında ikiye ayrılmaktadır. Birincisi meteorolojik istasyonların rüzgar değerlerinden, diğeri ise uydular aracılığı ile alınmış olan sinoptik haritalardan yararlanılarak elde edilmektedir.

Her iki yöntemden elde edilen rüzgar verilerini dalga tahminlerine (belirgin dalga parametreleri) dönüştürmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanı SBM (Suerdrup-Bresitschneider-Munk) Yöntemi (Günbak, 1992; Uysal, 1995) diye adlandırılan yöntemdir. Bu çalışmada da daha önce bu yöntemle yapılmış olan dalga tahminleri dikkate alınmıştır. Rüzgar verilerinin elde edilme yöntemine göre aynı yöreler için farklı sonuçlar elde edilmektedir. Meteorolojik verilerden elde edilen veriler, Sinoptik haritalardan elde edilenlerden daha küçük değerler vermektedir. Bu sebeple, genel olarak güvenli tarafta kalmak için sinoptik haritalardan elde edilen veriler kullanılmaktadır (Günbak 1992, Çam 1986).

Doğu Karadeniz Bölgesi üzerinde yapılmış olan çalışmalardan, bölgedeki hakim dalga yönü olarak N, NNW, NW, belirgin dalga yüksekliği 1.3 m ~ 4 m, belirgin dalga periyodu 4sn ~ 7sn, dalga dikliği (H_o/L_o) ise 0.01 ~ 0.05 arasında değerler almaktadır (Yüksek 1992, Çam 1986).

1.4.1.2. Katımadde Rejimi

Denizlerin en önemli katımadde kaynağı akarsulardır. Doğu Karadeniz Bölgesinde çeşitli büyüklüklerde birçok akarsu mevcuttur. Bu akarsuların eğimleri ve akış hızları büyük olduğundan, denize fazla miktarda katımadde taşımaktadırlar. Bu miktar Doğu Karadeniz Bölgesinde yaklaşık 3 ~ 5 milyon ton/yıl, ülkemizin tümünden ise yaklaşık 500 milyon ton/yıl olarak tahmin edilmektedir (Barlas, 1990; Altınbilek, 1990; EİE, 1987; Orhan, 1992).

Doğu Karadeniz Bölgesinde hakim dalgalar batıdan doğuya doğru olduğundan, kıyılardaki taşınım da bu yönde meydana gelmektedir. Özellikle bu bölgede korunması istenilen yerlerde batıdaki akarsular önemli bir kaynak teşkil etmektedirler. Koruma yapılarının yer seçiminde, kaynağın yakın ve yeterli olması önemli bir avantajdır.

Akarsuların taşıdığı katımadde miktarı; akışkana, katımadde özelliğine ve akım şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Bunları şöyle sıralayabiliriz;

$$Q = f(v, \rho_s, d, R, v, J) \quad (20)$$

burada,

Q : katımadde taşınım debisi,

v : akışkan viskozitesi,

ρ_s : akışkan özgül ağırlığı,

d : akımın su yüksekliği,

R : hidrolik yarıçap,

v : akımın hızı,

J : hidrolik eğimdir.

Katımadde taşınım debisini hesaplamak amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunların her biri farklı akım ve malzeme özelliklerine göre iyi sonuçlar verebilmektedir, fakat her şart altında geçerli olan bir yöntem henüz geliştirilebilmiş değildir.

1.4.2. Dalga Mekaniği

Genel anlamıyla dalga, bir hidrolik sistemin dengesini bozan kırıksıklıklar diye tarif edilebilir. Tabiattaki olayların karmaşıklığı her zaman bu olayların tam olarak

tanımlanabilmesine olanak tanımaz. Bu nedenle, tabiat olaylarını öncelikli olarak basite indirgeyerek tanımlamalar yapılabilmektedir. Dalgalar için de aynı durum geçerlidir, fakat her yerde ve her konumda geçerli olabilecek bir matematiksel formül geliştirilebilmiş değildir (Fredsoc, 1992; Horikawa, 1987; Dean, 1991; Kaptajlı, 1992).

Dalga olayının çözümünün, teorik olarak trigonometrik fonksiyonlarla açıklanabilirliği gösterilmiştir. Dalga hareketi bir sinüs fonksiyonu grafiğine benzediğinden, idealize edilmiş ve bu tanıma sinüsoidal dalga adı verilmiştir (Şekil 1).

Dalga şekli , durgun su seviyesinden itibaren, zamanın ve konumun fonksiyonu olarak düşey yer değiştirme olarak tanımlanır; dalga profili veya dalga biçimi olarak isimlendirilir. Sinüsoidal dalga profili şu şekilde verilmektedir;

$$\eta = a * \sin\left(2\pi\left[\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right]\right) \quad (21)$$

burada,

η : dalga profili düşey eksen koordinatı,

x : yatay eksen koordinatı,

t : zaman,

a : dalga genliği,

L : dalga boyu,

T : dalga periyodudur.

Dalga profilini tanımlayan parametrelere “ temel dalga parametreleri “ adı verilmekte olup, bunları şöyle sıralayabiliriz;

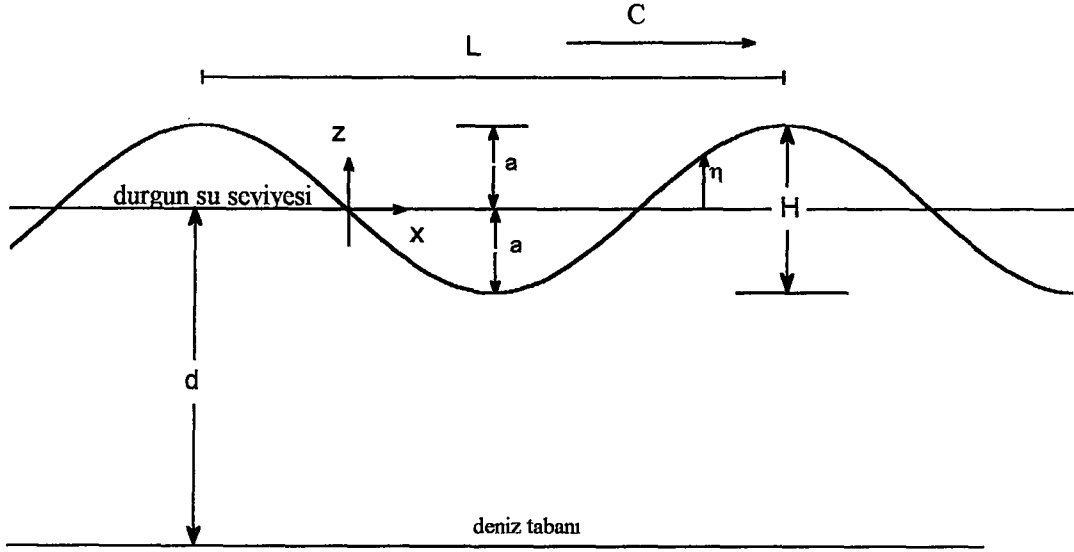
H : dalga yüksekliği,

L : dalga uzunluğu,

T : dalga periyodu,

C : dalga yayılma hızı,

d : sakin haldeki su derinliğidir.



Şekil 1. Sinüsoidal dalga tanımı

$$C = \frac{L}{T} \quad (22)$$

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \quad (23)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (24)$$

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (25)$$

$$\frac{2\pi d}{L} \rightarrow \infty \rightarrow \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \cong 1 \quad (26)$$

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (27)$$

(18) (Airy, 1845; CERC, 1984) denklemi, görüldüğü gibi kapalı (implisit) bir eşitliktir. Denklem her iki yanında da dalga boyunun (L) olması, değerinin doğrudan elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, derinliğe bağlı olarak dalga boyu aşağıdaki gibi hesaplanıp tablolar haline getirilmiştir (d/L ve d/L_o) (GWT: Gravity Wave Tables) (CERC, 1984).

$$\frac{d}{L_o} = \frac{d}{L} \tanh\left(2\pi \frac{d}{L}\right) \quad (28)$$

Dalga boyunun (L) doğrudan elde edilebilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan (Eckart, 1952) %5 yaklaşık sonuç veren denklemi;

$$L \cong \frac{gT^2}{2\pi} \sqrt{\tanh\left(\frac{4\pi^2 d}{T^2 g}\right)} \quad (29)$$

Hunt (1979) tarafından seriye açılım yapılarak, dalga boyunun %1'in altında hata ile yaklaşık bulunabileceği gösterilmiştir. Birben (1998), bu çalışmalardan yararlanarak elde etmiş olduğu denklem ise;

$$L \cong L_o \left(\tanh\left(5.5 \frac{d}{L_o}\right) \right)^{0.485} \quad (30)$$

(24) denklemi $d/L_o > 0.0001$ değerlerde %1'den daha küçük hatayla dalga uzunluğunu vermektedir. Sayısal modellemede ise, dalga uzunluğunu iterasyon yöntemi ile istenilen yaklaşık değerde elde edebilmek mümkün olmaktadır.

Açık denizde rüzgar etkisi ile oluşan dalgalar belirli bir yayılma hızıyla ilerleyerek kıyıya yaklaşır. Kıyıya doğru yaklaşırken çeşitli etkenler nedeniyle değişime maruz kalırlar. Bu değişimin başladığı derinlik, “ derin deniz sınırı “ olarak isimlendirilmektedir. Derin deniz sınırı, dalga boyu (L) deniz derinliğinin iki katına eşit olduğu yerdir.

$$\frac{d}{L} = 0.5 \quad (31)$$

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \cong 1.56 * T^2 \quad (32)$$

$$d = 0.78 T^2 \quad (33)$$

burada,

d: derin deniz sınırı derinliği,

L_o : Derin deniz dalga boyu,

T : Dalga periyodudur.

Dalgaların açık denizde sahip oldukları enerji ve açık denizde b_o aralıklı iki bitişik dalga ortogonalı arasından geçen enerji akısı;

$$E_o = \frac{1}{8} \rho * g * L_o * H_o^2 \quad (34)$$

$$P_o = \frac{1}{2} * b_o * E_o * C_o \quad (35)$$

burada,

E_o : derin deniz dalga enerjisi

ρ : deniz suyunun özgül kütlesi

g : yerçekimi ivmesi,

L_o : derin deniz dalga boyu,

H_o : derin deniz dalga yüksekliği,

P_o : enerji akısı,

b_o : iki ortogonal arası uzaklık,

C_o : derin deniz dalga hızıdır.

1.4.2.1. Dalgaların Kıyıya Yaklaşırken Uğradığı Değişimler

Açıkdenizde oluşan dalgalar, derin deniz sınırından itibaren kıyıya yaklaşırken tabandan etkilenmeye başlarlar, bu etkilenme sonucu oluşan değişiklikler;

- sığlaşma (shoaling),

- sapma (refraction),
- kırılma (breaking)'dir.

Ayrıca , doğal veya yapay bir engelle karşılaşan dalgalar;

- kırınım (diffraction),
- yansımaya (reflaction)'ya maruz kalırlar.

Bu değişimler, dalga mekaniği ve katımadde hareketini önemli ölçüde etkileyen olaylardır. Bu yüzden bu olaylar hakkında kısa bilgi verilecektir.

1.4.2.1.1. Dalga Sığlaşması

Derinliğin azalması nedeniyle dalgalar tabandan etkilenir. Bunun sonucu, dalga yüksekliğinde çoğu kez azalma, bazı durumlarda ise artma meydana gelir. Sığlaşma sonucu oluşan dalga yüksekliği şöyle hesaplanır (Ippen, 1966);

$$\frac{H}{H_o} = K_s = \left[\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \right]^{-0.5} \left[1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)} \right]^{-0.5} \quad (36)$$

burada,

H : dalga yüksekliği,

H_o: derin deniz dalga yüksekliği,

K_s : sığlaşma katsayısı,

d : su derinliği,

L : dalga uzunluğudur.

K_s katsayısı, d/L_o değerine bağlı olarak Ağırlık Dalgaları Tablolarından (GWT)'da alınabilir (Ippen, 1966; Wegel, 1964).

1.4.2.1.2. Dalga Kırınımı

Dalga kırınımı olayı, dalga kreti boyunca yanıl enerji transferi olayıdır. Bir dalga katarı bir engelle karşılaştığında dönme olayı oluşur. Yanıl enerji transferi olmasaydı engelin arkasındaki bölge herhangi bir değişikliğe uğramadan ilerlemeye devam ederdi. Oysa gerçek akışkanlarda enerjinin çok olduğu yerden az olduğu yere doğru bir enerji geçişi olmak

durumundadır. Bu yüzden engelin arkasındaki dalganın sürekliliğini sağlayacak şekilde bir miktar dalga oluşur ve bu şekilde dalga engelin arkasına dönmüş olur. Kırınım sonucu dalgaların yönü değiştiği gibi yüksekliği de azalır.

Dalga kırınımı kıyı mühendisliğinde önemli bir yer tutar. Özellikle dalgakıran yapılarında, liman giriş ağzı yeri ve liman içi çalkantıları bu olaya bağlıdır.

Dalgakıran arkasına dönen dalgaların büyüklüğü grafik veya nümerik yollarla bulunabilirler. Bu hesaplar için şu kabuller yapılır.

- Suyun sıkışması ihmal ediliyor.
- Dalga küçük genliklidir.
- Dalgakıran ve arkasındaki su derinliği sabittir. Aksi halde sığlaşma ve sapma da meydana gelir.

Bir engele gelen H yüksekliğindeki dalga , engelin arkasında belli bir noktadaki dalga yüksekliği H_d ise, dönme katsayısı,

$$K_d = \frac{H}{H_d} \quad (37)$$

şeklinde tanımlanabilir.

Bir engelin arkasındaki değişik noktalarda, dalga yükseklikleri de değişik olacağından, farklı kırınım katsayıları elde edilir. Engelin arkasındaki, aynı dönme katsayısına sahip noktaları birleştiren eğrilere dönme çizgileri adı verilir.

Kırınım katsayıları, dalganın dalgakıran eksenine göre geliş açısına, dalgakıran tipine, boyutlarına ve geometrik özelliklerine bağlıdır.

1.4.2.1.3. Dalga Yansıması

Açıkdenizden kıyıya doğru yaklaşan bir dalga, bir engelle karşılaştığında, eğer engelin geometrisi ve yüzey özellikleri dalganın sönmelenmesine yol açmıyorsa, gelen dalga enerjisinin bir kısmı veya tamamı geri yansır.

Dalga yansıması, çeşitli kıyı problemlerinde ve özellikle liman boyutlarının ve liman yapılarının tiplerinin belirlenmesinde başlıca etkenlerden birisidir. Bir limanda yansıyan ve

gelen dalgaların süperpozisyonu ile büyük çalkantılar meydana gelmektedir. Yansımaya katsayısı,

$$K_y = \frac{H_y}{H} \quad (38)$$

şeklindedir. Burada,

H : gelen dalga yüksekliği

H_y : yansıyan dalga yüksekliğidir.

Bu katsayı 0 ile 1 arasındadır. $K_y=1$ olduğunda tam yansımaya, $K_y=0$ olduğunda dalganın yok olduğu söylenebilir.

1.4.2.1.4. Dalga Sapması

Dalgaların yayılma hızları derinliğe bağlıdır. Derinlik, kıyıya yaklaşırken azaldığından, dalgaların yayılma hızları da azalır. Kıyıya açı yaparak yaklaşan bir dalga tepesi dikkate alınrsa, bu tepenin iki noktasındaki derinlikler farklı ise, iki noktadaki yayılma hızları da farklı olacaktır. Noktalardan biri diğerinden farklı hareket ettiğinde, dalga tepesinde bir dönme oluşacaktır. Sonuç olarak, dalgalar taban konturlarına daha dik duruma gelecek şekilde kıyıya yaklaşır. Bu olaya dalga sapması adı verilmektedir. Dalga periyodu büyüdükçe sapma miktarı da artar. Dalga sapması derinliğe doğrudan bağlıdır ve taban konturlarının düz ve paralel olmayan durumlarda hesap yöntemi henüz geliştirilebilmiş değildir. Bu durumlarda, yaklaşık sayısal yöntemler veya grafik ve tablolar yardımıyla hesaplanabilmektedir. Taban konturlarının düz paralel olduğu durumda ise, snell yasasından yararlanılarak doğrudan formülden veya grafiklerden hesaplanmaktadır.

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}} \quad (39)$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{L}{L_o} \sin \alpha_o\right) \quad (40)$$

burada,

K_r : sapma katsayısı,

α_0 : derin deniz dalga tepelerinin kıyı çizgisi ile yapmış olduğu açı,

α : sapmış dalga tepesinin kıyı çizgisi ile yapmış olduğu açı,

L : sapma noktasındaki dalga boyu,

L_0 : derin deniz dalga boyudur.

1.4.2.1.5. Dalga Kırılması

Kırılma noktasına kadar bir salınım halinde gelen dalgalar, bu noktadan itibaren bir kütle taşımına dönüşerek enerjilerini kaybederler. Dalgaların kırılma noktası, katımadde taşınımı için önemli parametrelerden biridir. Kıyıya yaklaşan dalgalar, tabandan etkilenmeye başlarlar ve belirli bir noktaya geldikten sonra kırılırlar. Kırılma anındaki su derinliğine “kırılma derinliği” (d_b), dalga yüksekliğine de “ kırılma yüksekliği “ (H_b) adı verilmektedir. Kırılma anındaki su derinliğinin dalga yüksekliğine oranına kırılma indisi adı verilmektedir.

$$\gamma = \frac{d_b}{H_b} \quad (41)$$

Kırılma indisini bulabilmek için çeşitli deneysel ve teorik çalışmalardan çeşitli denklemler elde edilmiştir (Munk, 1949; Iversen, 1953; Ippen, 1966; Galvin, 1963; Goda, 1970; Weggel, 1972).

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - a \frac{H_b}{gT^2}} \quad (42)$$

$$a = 43.75(1 - e^{-19m}) \quad (43)$$

$$b = \frac{1.56}{1 + e^{-19.5m}} \quad (44)$$

$$H_b = \frac{H_o}{3.33\sqrt{H_o / L_o}} \quad (45)$$

burada,

H_b : kırılma anındaki dalga yüksekliği,

H_o : açıkdeniz dalga yüksekliği,

L_o : açıkdeniz dalga uzunluğu,

m : taban eğimidir.

Sığ suda hareket eden bir dalğanın maksimum yüksekliğini sınırlayan bir sınır dalga dikliği değeri vardır ki, bu değerden sonra dalga artık dengesini kaybeder ve kırılır. Bu kritik değerde, dalga kretindeki su molekülünün hızı, dalga hızına eşit hale gelir. Bu kritik dalga dikliği aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Wegel, 1972),

$$\frac{H_b}{L_b} = 0.142 \tanh(2\pi d_b / L_b) \quad (46)$$

$$\frac{H}{L} \leq 0.142 \cong \frac{1}{7} \quad (47)$$

Deniz taban eğimine bağlı olarak kırılan dalga yüksekliğini hesaplamak için çeşitli formüller şöyle tanımlanmıştır (Komar, 1973).

$$H_b/L_b = 0.14 \tanh\{(1.3)2\pi d_b / L_b\} \dots\dots\dots m < 0.1 \quad (48)$$

$$H_b/L_b = 0.14 \tanh\{(1.3)2\pi d_b / L_b\} \dots\dots\dots m > 0.1 \quad (49)$$

Goda (1975),

$$H_b = 0.17 L_o \left[1 - \exp\left(-1.5\pi \frac{d_b}{L_o} [1 + 15m]^{(4/3)}\right) \right] \quad (50)$$

Sunamura (1983), deneysel olarak elde etmiş olduğu dalga kırılması ile ilgili tanımlar;

$$H_b = 1.09 d_b m^{0.19} (d_b/L_o)^{-0.1} \quad (51)$$

$$H_b = m^{0.2} H_o (H_o/L_o)^{-0.25} \quad (52)$$

Taban eğimine ve dalga dikliğine bağlı olarak 3 çeşit dalga kırılması oluşur: şişerek kırılma (surging), dalarak kırılma (plunging) ve dökerek kırılma (spilling). Ayrıca şişerek kırılma ile dalarak kırılma arasında geçiş kırılma çeşidi olarak çökerek (collapsing) kırılma diye dördüncü bir kırılma çeşidini kabul eden araştırmacılar vardır. Galvin (1968) ve Battjes (1974) tarafından kırılma çeşitlerini aşağıdaki şekilde tanımlamışlardır;

$$\xi_o = \frac{m}{\sqrt{H_o / L_o}} \quad (53)$$

$$\xi_b = \frac{m}{\sqrt{H_b / L_o}} \quad (54)$$

dökerek kırılma	$\xi_o < 0.5$	veya	$\xi_b < 0.4$
dalarak kırılma	$0.5 < \xi_o < 3.3$	veya	$0.4 < \xi_b < 2.0$
şişerek kırılma	$3.3 < \xi_o$	veya	$2.0 < \xi_b$

(Le Mehaute ve Koh, 1974)'de dalga kırılma noktasında geliş açısının değişimini aşağıdaki gibi belirlemişlerdir.

$$\alpha_b = (0.25 + 0.55(H_o / L_o))\alpha_o \quad (55)$$

Dalga kırılma derinliğini ve yüksekliğini, dalgaları etkileyen bütün parametreleri dikkate alarak hesaplamak için en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri aşağıda verilmiştir.

- d_b için bir d_1 seçilir,
- d_1 'e bağlı olarak L_1 hesaplanır (GWT tablolarından veya dalga uzunluğunu doğrudan veren eşitliklerden),
- L_1 'den K_r , K_s hesaplanır (GWT'den veya ilgili eşitliklerden),

- $H'_o = K_s * K_r * H_o$ hesaplanır,

Ek Şekil 1'den veya aynı grafikten Birben (1998) tarafından elde edilmiş olan (56) formülünden H_b hesaplanır,

$$H_b = (H'_o / T)^2 + 0.8 m^{0.125} T^{0.5} (H'_o)^{0.75} + 0.785 * 10^{-3} T^2 \quad (56)$$

- d_2 Ek Şekil 2'den veya (42) eşitliğinden hesaplanır,
- $d_1 = d_2$ ise $d_b = d_1$ alınır ve kırılma anındaki dalga yüksekliği Ek Şekil 1'deki H_b alınır,
- $d_1 \neq d_2$ ise $d_1 = d_2$ alınır ve işlemler baştan tekrar edilir $d_1 = d_2$ oluncaya kadar

1.4.3. Kıyılarda Katımadde Hareketi

Kıyılarda aşınma (erozyon) veya dolmanın meydana gelmesinin nedeni, kıyıdaki katımadde hareketidir. Derin denizde üretilip çeşitli değişimler sonucu kıyıya ulaşan dalgaların sahip olduğu enerjinin büyük bir kısmı, bu bölgede katımadde hareketi yoluyla tüketilir (sönümlenir). Dalga enerjisinin büyük bir bölümü, dalga kırılmasından sonraki sörf bölgesinde (dalga kırılma noktası ile kıyı çizgisi arasındaki bölge) tüketildiğinden, kıyı değişimlerinin önemli bir kısmı bu bölgede meydana gelir. Bu değişimler, dalga şartlarının mevsimlik değişimleri sonucu mevsimlik olabileceği gibi, uzun süreli bir dalga değişim süreci nedeniyle sürekli veya uzun süreli olabilir.

Kıyılarda katımadde esas kaynağı akarsulardır. Akarsular sürekli bir şekilde denizlere katımadde taşırlar. Bu taşınım, kıyılardaki mevsimlik dalga şartlarının değişimleri sonucu dengeye ulaşır ve devam eder. Katımadde kaynağı olan akarsulara müdahale ile (baraj, regülatör gibi malzeme alışı önleyen yapılar) malzeme akışı engellenir veya kıyılara çeşitli yapılar yaparak da malzeme hareketi önlenirse, sahil önceki dengesine ulaşmaya çalışır erozyona maruz kalır.

Kıyılardaki katımadde hareketi, kıyıya dik yönde alınan birim genişlikteki kıyının boyuna kesiti üzerinde incelenir ve bu kesitler kıyı profili diye adlandırılır. Kıyı profili, dalga rejimine göre sınıflandırılır. Dalgaların küçük olduğu zamanlarda oluşan kıyı profiline normal profil (denge) veya yaz profili, dalgaların daha yüksek olduğu fırtınalı zamanlara ait profile ise fırtına profili veya kış profili adı verilmektedir.

1.4.3.1. Katımadde Hareketinin Başlaması

Kıyılardaki katımadde hareketinin önemli bir kısmı, yakın kıyı bölgesinde meydana gelir. Açık denizden gelen dalgaların kırılma anından itibaren oluşan akım şartları (türbülanslar, kayma gerilmesi vb..) kıyı bölgesi içinde katımadde hareketine neden olmaktadır. Bu şartları meydana getiren faktörlerin en önemlileri olarak, dalgalar, akıntılar, gelgitler (tides), rüzgarlar olarak sayılabilir.

Dalgalar ve dalgaların oluşturduğu akıntılar, kıyı değişimlerini doğuran en önemli etkenlerdir. Açıkdenizde su yüzeyine aktarılan rüzgar enerjisi, dalgaların oluşumuna neden olarak dalga enerjisine dönüşür. Dalga enerjisi, açıkdenizden, suyun salınımı şeklinde kıyıya doğru iletilir. Dalgalar, kıyıya yaklaştıkça deniz tabanı ile su kütesinin karşılıklı etkileşimi sonucu, tabanda oluşan kayma gerilmeleriyle katımadde taşınımına neden olur ve bu yolla sönümlenir. Dalga enerjisinin büyük bir kısmı katımadde taşınımı yoluyla sönümlenirken, diğer bir kısmı da dalga tırmanması yoluyla potansiyel enerjiye dönüşerek sönümlenir.

Deniz tabanında katımadde hareketinin olup olmaması, mevcut deniz koşulları altında oluşan taban kayma gerilmesinin tabandaki malzemeyi sürükleyecek büyüklükte olup olmamasına bağlıdır.

Herhangi bir deniz tabanının, (d) çapında malzemelerden oluştuğu düşünüldüğünde, aynı çaptan malzemenin, durağan halden hareketli duruma geçtiği koşullara kritik koşullar ve bu koşullardaki taban kayma gerilmesine ise kritik taban kayma gerilmesi adı verilmektedir. Her (d) çaplı malzemenin harekete başladığı bir taban kayma gerilmesi bulunmaktadır. Kritik taban kayma gerilmesi, çok bilinen Shields eğrisi yardımıyla elde edilebilir. Dalga geçişi sırasında tabanda oluşan taban kayma gerilmesini veren formüller, Shields eğrisi ve benzer yaklaşımlardan yararlanılarak elde edilmiş, deneysel danecikleri harekete başlatan hızı bulmak için aşağıdaki denklem yaygın olarak kullanılmaktadır (Sawaragi, 1995).

$$U_{\max} = \sqrt{8 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g \cdot d_{50}} \quad (57)$$

diğer taraftan küçük genlikli dalga teorisi yardımıyla, bir dalganın geçişi sırasında deniz tabanında oluşan hız ise aşağıdaki eşitlikle verilmektedir (Sawaragi, 1995; Massel, 1989).

$$U_{\max} = \frac{H}{T} \frac{\pi}{\sinh(2\pi d / L)} \quad (58)$$

(57)ve (58) denklemleri birbirlerine eşitlenirse;

$$\sqrt{8 \cdot \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \cdot g \cdot d_{50}} = \frac{H}{T} \frac{\pi}{\sinh(2\pi d / L)} \quad (59)$$

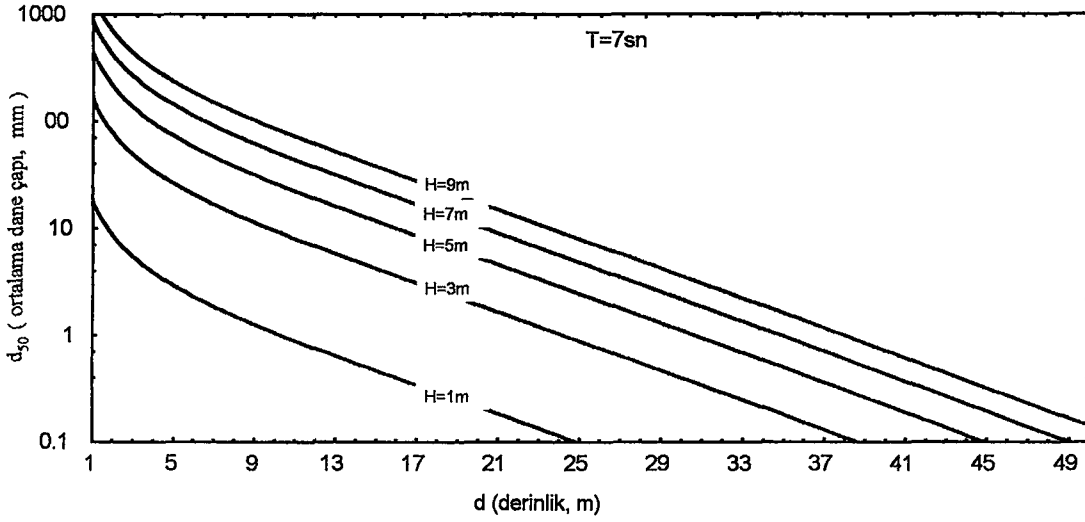
elde edilir. Burada $\gamma_s = 2.65 \text{ t/m}^3$, $\gamma = 1.025 \text{ t/m}^3$ ve $g = 9.80665 \text{ m/sn}^2$ alınırsa,

$$d_{50} = \left[\frac{H}{T} \frac{0.281695}{\sinh(2\pi d / L)} \right]^2 \quad (60)$$

eşitliği elde edilir. Eşitlikten de görüleceği gibi ortalama dane çapı, dalga yüksekliğinin karesiyle orantılı olarak değişmektedir. (60) eşitliğinin dalga periyodu 7 sn ve dalga yükseklikleri 1 m'den 9 metreye kadar değişimi Şekil 2' de verilmiştir.

Katımadde daneciklerinin kıydan ne kadar uzağa veya hangi derinliklere kadar taşınabileceği konusunda yapılan araştırmalar, taban eğiminin, dane çapının ve dalga şartlarının bu konuda etkin olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak, kıyıya paralel en derin taban konturuna kadar malzeme taşınımının olduğu kabul edilebilir. Bunun yanı sıra, dalga şartlarının etkisini de dikkate alan bir başka yaklaşım ise, dalga nedeniyle meydana gelen maksimum hızın 0.15 m/s olduğu derinlik sınırına kadar malzeme taşınımının olabileceği varsayılmaktadır. Diğer yandan, taban malzemesinin taşınabileceği maksimum derinlik, son yıllarda yapılan deneysel çalışmalardan elde edilmiş olan, aşağıdaki eşitlikle verilmektedir (Hanson, 1989).

$$d' = 2.28 \cdot H_o - 6.987 \cdot \frac{H_o^2}{T^2} \quad (61)$$



Şekil 2. Ortalama dane çapının (d_{50}) derinlikle (d) değişimi

1.4.3.2. Kıyıboyu Katımadde Taşınımı

Derin denizden kıyıya belli bir açı (α_0) yaparak gelen dalgalar, tabandan etkilenerek, kıyıya yaklaştıkça kıyıya dik hale gelme eğilimindedirler. Ancak, belli bir derinlikte ve genelde gelme açısından daha küçük bir değerde, yani kıyı normaline daha yakın bir açı (α_b) yapacak şekilde kırılırlar. Kıyı ile açı yapacak şekilde gelen dalgaların hem kıyıya paralel hem de kıyıya dik enerjileri mevcuttur. Kıyıya paralel enerji bileşeni, kıyıya yakın bölgede kıyıya paralel su kütlesi hareketine neden olur. Bu harekete “kıyı boyu akıntısı” adı verilir ve bu akıntının neden olduğu taşınım da “kıyıboyu katımadde taşınımı” olarak adlandırılır.

Kıyıboyu katımadde taşınımı ile ilgili geniş araştırmalar yapılmakla beraber, özellikle yakın kıyı bölgesinin hidrodinamik özelliklerinin tam olarak belirlenememiş olması her ortamda geçerli olacak genel bir formülasyonun bulunmasını engellemektedir.

Taşınım debisi başlıca dört yöntemle tahmin edilebilir;

- incelenen kıyının ölçülmüş gerçek değerler üzerinden hesaplamak,
- incelenen yöreye yakın ve taşınım debisi bilinen bir yörenin verileri ilgili kıyıya adapte ederek debiyi hesaplamak,
- ölçülmüş veya tahmin edilmiş dalga verilerini kullanarak ve bu amaçla geliştirilmiş yöntemler (örneğin, enerji akısı yöntemi vs..) yardımıyla taşınım debisi hesaplanabilir.

- Yukarıdaki yöntemlerin dışında, yıllık ortalama dalga değerleri kullanılarak ve deneysel yöntemlerden yararlanılarak taşınım debisi hesaplanabilmektedir.

Enerji akısı yöntemi ile debi, aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Horikawa, 1987).

$$Q = K \cdot P_{1s} \quad (62)$$

burada,

Q : katımadde taşınım debisi,

K : sabit (değişik araştırmacılara göre farklı değerler almaktadır),

P_{1s} : birim boydaki enerji akısıdır.

K ve P_{1s} için değişik araştırmacılar farklı birçok yaklaşım vermektedirler. Enerji akısı (P_{1s}) için verilmiş eşitliklerden birkaçı Tablo 2'de verilmektedir.

Görüldüğü gibi, bu denklemler, katımadde dane çapını içermemektedir. Bu nedenle, denklemlerden elde edilen sonuçların güvenilirliği tartışılabilir niteliktedir.

Tablo 2. Birim boyda enerji akısını veren denklemler

P_{1s}	Gerekli veriler
$0.0884 \cdot \rho \cdot g^{1.5} \cdot H_b^{2.5} \cdot \sin(2\alpha_b)$	H_b, α_b
$0.05 \cdot \rho \cdot g^{1.5} \cdot H_o^{2.5} \cdot (\cos\alpha_o)^{0.25} \sin(2\alpha_o)$	H_o, α_o
$0.00996 \cdot \rho \cdot g^2 \cdot T \cdot H_o^2 \cdot \sin(\alpha_b) \cdot \cos(\alpha_o)$	$H_o, T, \alpha_o, \alpha_b$
$1.572 \cdot \rho \cdot g \cdot (H_b^3 / T)$	H_b, T, α_o

Taşınım debisi deneysel yöntemlerden elde edilen ve bunlardan en yaygın olarak kullanılanlardan bazıları aşağıda verilmektedir.

Hanson ve Kraus (1989),

$$Q = (H^2 \cdot C_g)_b \left[a_1 \cdot \sin(2\alpha) - a_2 \cdot \cos(\alpha) \frac{\partial H}{\partial x} \right]_b \quad (63)$$

burada,

C_g : lineer dalga teorisince verilen dalga grup hızı,

α : dalga gelme açısı,

b : kırılma noktasını belirten indis,

$$a_1 = \frac{K_1}{60.48 \cdot (1-p)} \quad (64)$$

$$a_2 = \frac{K_2}{30.24 \cdot m \cdot (1-p)} \quad (65)$$

burada,

K_1 ve K_2 : deneysel sabitler ($0.58 < K_1 < 0.77$, $0.05 K_1 < K_2 < K_1$, kum için)

m : taban eğimi,

p : kum porozitesidir.

Kraus (1982),

$$Q = \frac{0.00038}{d_b \cdot m} \cdot H_b \cdot V_1 \quad (66)$$

burada,

H_b : Kırılma dalga yüksekliği,

d_b : kırılma su derinliği,

V_1 : kıyıboyu akıntı hızıdır.

Kamphuis (1982),

$$Q = 1.28 \cdot \frac{H_b^{3.5}}{d_{50}} \cdot m \cdot \sin(2\alpha_b) \quad (67)$$

Kamphuis (1993),

$$Q = K \cdot H_b^2 \cdot T^{1.5} \cdot m^{0.75} \cdot d_{50}^{0.25} \cdot \sin^{0.6}(2\alpha_b) \quad (68)$$

burada,

H_b : dalga kırılma yüksekliği,

m : taban eğimi,

b : kırılma noktasını belirten indis,

C_g : lineer dalga teorisince verilen dalga grup hızı,

α : dalga geliş açısı,

K : katımadde özelliklerine bağlı deneysel bir sabit.

T : dalga periyodu,

d_{50} : ortalama dane çapıdır.

1.4.3.3. Kıyıya Dik Taşınım

Dalgalar, en genel halde kıyıya belirli bir açıyla ulaşırlar. Dalgaların enerjilerinin kıyı çizgisine paralel bileşeni kıyıboyu taşınımına, kıyı çizgisine dik bileşeni ise kıyıya dik (kıyı-kıyı ötesi) taşınımına neden olur. Kıyıya dik taşınım sonucu, kıyıdan başlayarak, katımadde taşınımının etkin olduğu derinliğe kadar olan bölgede bazen kıyı oyulması (erozyon), bazan da kıyı yığılması meydana gelir.

Taşınım miktarı ve yönü üzerine bir çok çalışma yapılmıştır. Bunların çoğu deneysel çalışmalarla elde edilen formüllerdir. Bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Son zamanlardaki yatak yükü formüllerinin çoğu klasik Du Boys' (1879) formülünü esas aldığı görülmektedir. Aşağıda yazılmış olan denklemler (Chiaia, 1995; Horikawa, 1987)'den alınmıştır.

$$q_s = C_s \tau (\tau - \tau_c) \quad (69)$$

$$\tau = \gamma RS \quad (70)$$

Burada ;

q_s : Kesitin birim genişlik, birim zamanda malzemenin hacmindeki taşınım oranı,

C_s : Sediment parametresi,

τ : yatak kayma gerilmesi,

τ_c : fonksiyonun $q_s=0$ eksenini kesen τ 'nin değeridir.

Shield (1936),

$$q_s = 10 \theta (\theta - \theta_{cr}) D \frac{V}{S} \quad (71)$$

$$\theta = \frac{V^{*2}}{gd(s-1)} \quad (72)$$

Meyer- Peter ve Müller (1948),

$$q_s = 8 (\theta - \theta_{cr})^{1.5} D [gd(s-1)]^{0.5} \quad (73)$$

Bagnold (1956),

$$q_s = \beta \theta^{0.5} (\theta - \theta_{cr}) D [g D (s-1)]^{0.5} \quad (74)$$

$$\beta = 4.25, \quad S = 2.65, \quad D > 0.5 \text{ mm.}$$

Yalin (1963),

$$q_s = G \theta^{0.5} (\theta - \theta_{cr}) D [g D (s-1)]^{0.5} \quad (75)$$

$$G = \frac{0.635}{\theta_{cr}} \left[1 - \frac{\ln(1 + as^*)}{as^*} \right] \quad (76)$$

$$as^* = \frac{2.45}{s^{0.4}} \theta_{cr}^{0.5} \left(\frac{\theta}{\theta_{cr}} - 1 \right) \quad (77)$$

Smart (1984),

$$q_s = 4.2 (\theta - \theta_{cr}) D V S^{0.6} \quad (78)$$

S : Enerji Çizgisi Eğimi (Üniform akış için Taban Yatak Eğimi)

Einstein (1942)'de başlangıç hareketi için kritik koşulları hesaba katmayan olasılığa dayanan bir yaklaşım kabul ederek, farklı bir analiz çizgisi takip etti.

$$0.465 \phi = \exp\left(\frac{-0.391}{\theta}\right) \quad (79)$$

$$\theta = \left[\frac{V^{*2}}{gD(s-1)} \right] \quad (80)$$

$$\phi = f(\theta) \quad (81)$$

$$\phi = \frac{q_s}{\omega D} \quad (82)$$

$$\omega = [gD(s-1)]^{0.5} F \quad (83)$$

Burada;

ω : Dane Düşme Hızı

Rubey (1933)'e bağlı olarak aşağıdaki denklemdir.

$$F = \left[\frac{2}{3} + \frac{36\nu^2}{gD(s-1)} \right]^{0.5} - \left[\frac{36\nu^2}{gD^3(s-1)} \right]^{0.5} \quad (84)$$

$$s = \rho_s / \rho \quad (85)$$

D : Dane Çapı

Brown (1950),

$$\phi = 40 \theta^3 \quad (86)$$

$\theta > 0.09$ ve $\phi > 0.03$

Einstein - Brown olarak bilinir.

$$q_s = 40 \theta^3 D \omega \quad (87)$$

ya da

$$q_s = 40 \left[\frac{V^{*2}}{gD(s-1)} \right]^3 D \omega \quad (88)$$

Madsen ve Grant (1976),

$$\frac{q}{\omega_0 d} = 12.5 \phi^3 \quad (89)$$

$$q = 12.5 \phi^3 \quad (90)$$

$$d = 0.15 \sim 2.82$$

$$s' = 2.23 \sim 2.65$$

$$0.4 < \phi_m < 0.6$$

Watanabe (1982),

$$\phi = \frac{q_{net}}{\omega_0 d} = 7(\phi_m - \phi_c) \phi_m^{1/2} \quad (91)$$

$$d = 0.2 \text{ mm.}$$

$$0.8 < \phi_m < 0.5 \quad 1/10 \sim 1/15 \text{ Başlangıç eğimi}$$

$$\phi = f_\omega v^2 2sgd \quad (92)$$

ϕ : shield Parametresi,

ϕ_c : Sediment hareketinin başlangıcı için ϕ 'nin kritik değeri,

q_{net} : net taşınım miktarı,

ω_0 : Sediment danelerinin çökme hızı,

f_ω : 1966 ' da Johsson sürtünme katsayısıdır.

$\frac{a}{k} > 1.7$ için

$$\frac{1}{\sqrt[3]{f\omega}} + \log \frac{1}{\sqrt[3]{f\omega}} = -0.08 + \log \frac{a}{k} \quad (93)$$

$\frac{a}{k} < 1.7$ için

$$f_\omega = 0.28 \quad (94)$$

Sunamura (1984),

$$\frac{q_{net}}{\omega_0 d} = ALr^{1/2} \phi (\phi - 0.13 \text{ vtr}) \quad (95)$$

$$A = -1.15 \cdot 10^{-7} \text{ (cm}^3/\text{cm/sn)}$$

Sawamoto (1985),

$$q_x = 2.2 \left(\frac{v^*}{\omega_f} \right)^3 \quad (96)$$

$$q_x = 2.2 \left[\omega_f / \left\{ \left(\rho_s / \rho - 1 \right) g d_{50} \right\} \right]^{-3} \phi^{1.5} \quad (97)$$

Watanabe (1980),

$$q_{net} = \alpha'(\varphi - \varphi_c)\varphi^{0.5} \quad (98)$$

α' = amprikal bir sabit

$$0.08 < \varphi < 0.5 \quad \alpha' = 7$$

$$0.2 < \varphi < 1.3 \quad \alpha' = 3 \quad \text{Kajima}$$

Bowen (1980),

$$i_{sx} = e_s c_d \rho |v| v^3 / (\omega_f - v \tan \beta) \quad (99)$$

$$i_{bx} = e_b c_d \rho v^3 / \tan \phi - v \tan \beta / |v| \quad (100)$$

i_{sx} , i_{bx} Süspansiyon ve yatak yükü sediment taşınım oranının suya batık ağırlığı,

e_s, e_b : Süspansiyon ve yatak yükünün taşınım verim (randıman) oranları,

c_d : Sürüklenme katsayısı,

$\tan \beta$: Taban eğimi,

ϕ : Yatak malzemesinin dayandığı açı.

(Watanabe ve Dibajnia, 1988) düzenli dalgalar kullanarak gerçekleştirdikleri deneyler sonucunda verdikleri formül şöyledir.

$$q = \left[A_w \cdot \frac{(\tau - \tau_{cr})}{\rho \cdot g} \cdot \bar{U}_b + A_{wb} \cdot \frac{\Delta F}{\rho \cdot g} \right] \cdot F_D \quad (101)$$

İlk terim tabandaki katı madde taşınımını, ikinci terim ise askı halindeki katı madde taşınımını göstermektedir. Burada,

$$\bar{U}_b = \frac{W_p \cdot H_s}{2 \cdot \text{Snh}(K_p \cdot h)} \quad (102)$$

$$F_D = \tanh \left[K_D \cdot \frac{(f_w \cdot \Pi)_c - (f_w \cdot \Pi)}{(f_w \cdot \Pi)_c} \right] \quad (103)$$

$$\Pi = \frac{v_b^2 \cdot h}{\gamma' \cdot g \cdot d \cdot L_0} \quad (104)$$

$$\tau = \rho \cdot \frac{f_w \cdot v_b^2}{2} \quad (105)$$

şeklindedir ve,

τ : taban kayma gerilmesi,

τ_{cr} : hareket başlagıcındaki kayma gerilmesi,

v_b : taban yörünge hızı,

A_w : boyutsuz katsayı (kırılma bölgesi 0.15 - açık deniz bölgesi 0.45),

A_{wb} : türbülansın bir fonksiyonu,

ΔF : birim alan başına enerji akısı dağılımı,

F_D : taşınım yönünü belirleyen fonksiyon,

K_D : boyutsuz katsayıyı göstermektedir.

Nishiara ve Sunamura,

$$\frac{q_{net}}{w_0 \cdot d} = B \cdot v_r^{0.2} \cdot \psi \cdot (\psi - 0.13 \cdot v_r) \quad (106)$$

Burada, $B = -1.15 \cdot 10^{-7}$ 'dir.

$$v_r = \frac{H \cdot L^2}{h^3} \quad (107)$$

$$\varphi = \left[\frac{(2 \cdot \pi \cdot a)^2}{g \cdot T^2 \cdot \gamma' \cdot d} \right] \quad (108)$$

$$\psi' = \frac{(d_o \cdot \sigma)^2}{s \cdot g \cdot d} \quad (109)$$

$$d_0 = \frac{H}{\text{Sinh}\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)} \quad (110)$$

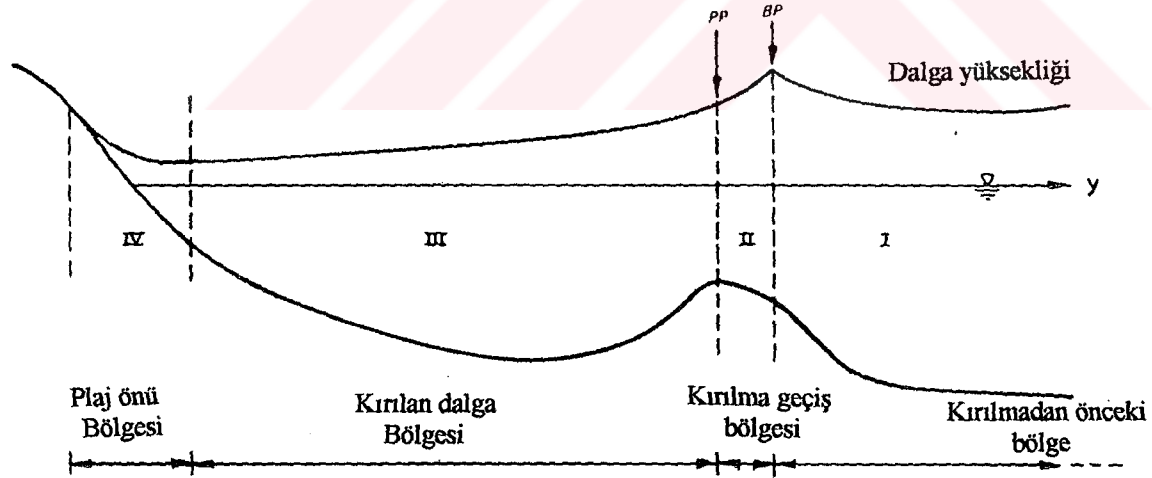
$$\sigma = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad (111)$$

$u_r > 230$ hareket başlangıcı

$\phi < 0.13u_r$ karaya doğru taşınım

$\phi > 0.13u_r$ denize doğru taşınım

(Larson ve Kraus, 1991), düzenli dalgalar ile deneysel bir çalışma yapmış ve kırılmaya bağlı olarak oluşan katı madde taşınımını esas alarak kıyıyı dört bölgeye ayırmışlardır (şekil 3).



Şekil 3. Kıyıya dik kum taşınımının dört ana bölge için tanım şeması

1. Bölge :

$$q=q_b e^{-\lambda_1(y-y_b)} \quad (112)$$

oyulma halinde :

$$\lambda_1=10.4\left(\frac{D_{50}}{H_b}\right)^{0.47} \quad (113)$$

yığılma halinde : $\lambda_2=0.11$

2. Bölge :

$$q=q_p \cdot e^{-\lambda_2(y-y_p)} \quad (114)$$

$$\lambda_2=0.20\lambda_1$$

3. Bölge :

$$q=\begin{cases} K_c \left(D - Deq + \frac{\varepsilon_g}{K_c} \frac{dh}{dy} \right) & \Rightarrow D \left(Deq - \frac{\varepsilon_g}{K_c} \frac{dh}{dy} \right) \\ 0 & \Rightarrow D \left(Deq - \frac{\varepsilon_g}{K_c} \frac{dh}{dy} \right) \end{cases} \quad (115)$$

$K_c=8 \cdot 10^{-6}$ (m⁴/sn) : Amprical taşınım katsayısı

D: Kırılan dalgaların dalga enerji dağılıması

Deq: Var olan dalgalar için denge hali biçimi profilin dalga enerji dağılımı

$\varepsilon_g=0.001$ (m²/sn) : taban eğim teriminin mukavemetine karar veren amprikal katsayı

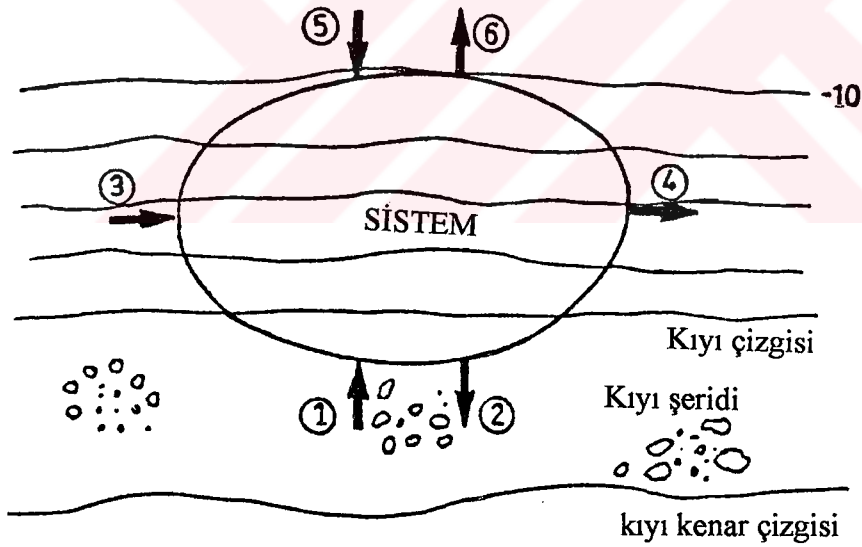
4. Bölge :

$$q=q_s \cdot \frac{y-y_s}{y_s-y_s} \quad (116)$$

1.5. Kıyı Hidrodinamik Dengesi

Kıyı bölgesi katı maddesi ana kaynağı, karalar içerisinde çeşitli etkenlerle oluşan erozyon ve kayaların parçalanması ile oluşan malzemelerdir. Akarsularla denize ulaşan katı maddeler dalga ve akıntı etkileri ile , kıyı bölgesinde harekete geçer ve yayılırlar. Ayrıca , şiddetli dalgaların kıyı gerisinde zaman zaman ulaştıkları sert kıyılardan kopardıkları katı maddelerden oluşabilirler. Küçük bir kaynaktan yerel olarak açık denizden kıyıya doğru ulaşan net katı madde taşınımında vardır .

Çeşitli kaynaklardan denize ulaşan katı maddeler kıyı bölgesinde sürekli olarak hareket halinde olduklarından, herhangi bir kıyı yöresi ele alındığında, bu yörenin katı madde kaynağı olarak bitişik kıyılar dikkate alınabilir. Kıyıda malzemeler, başka bir kıyı yöresine veya açık denizlere taşınabilir. Bu da ilgili yöre için malzeme kaybı demektir. Kıyıda yer alan olayların tümüne bir sistem olarak bakılacak olursa, sisteme giren ve sistemden çıkan farklı fiziksel elemanlar, hidrodinamik dengenin oluşmasına veya denge bozulmasına neden olmaktadır. Bu elemanlar şekil 4’de gösterilmiştir (Önsoy ve Yüksek,1993; Bilgin ve Ertaş, 1986).



Şekil 4. Kıyı hidrodinamik dengesi

Sisteme etkileyen parametreler şu şekilde sıralanabilir.

- 1-Akarsuların getirdiği katı maddeler , (+)
- 2-Kıyılardan alınan malzeme , (-)
- 3- Komşu kıyı yörelerinden gelen katı maddeler , (+)

4- Komşu kıyı yörelerine giden katı maddeler , (-)

5-Açık denizden sisteme giren malzeme , (+)

6-Sistemden açık denize doğru giden malzeme , (-)

(5) ve (6) ile gösterilen olaylar -10 metreden daha sığ yerlerde oluşurlar. Bu ifadelere göre 3 tip kıyı durumu tanımlayabiliriz.

A tipi : $(1) + (3) + (5) = (2) + (4) + (6)$ Denge Durumu

B tipi : $(1) + (3) + (5) < (2) + (4) + (6)$ Erozyon Durumu

C tipi : $(1) + (3) + (5) > (2) + (4) + (6)$ Dolma Durumu

Burada arzulanan durum, sürekli denge durumunu içeren A tipi kıyıdır. Sistemi etkileyen ve kısmen bizim kontrolümüzdeki olayları düzenleyerek, sürekli gözlem ve ölçümler yaparak ve bu ölçümlerden yararlanarak denge sağlanabilir. Örneğin (1) ve (2) olayları, şu düzeltmelerle kontrol altına alınabilir.

1-Derelerin düzenlenmesi:Yukarı havza (orman) amenajmanı ve erozyon kontrol çalışmaları, seddelemeleri, derelerin ıslahı vb.,

2-Derelerden kum-çakıl çekilmesinin yerel yönetimler veya yöre yöneticilerince düzenlenmesi ,

3-Dereler üzerinde baraj, regülatör, vb. su yapıları inşaaası, gerçekleştirilerek, sürüntü malzemesinin azaltılması.

Bununla beraber şu etkenler (2), (3) ve (4) olaylarını değişime uğratmaktadır.

1-Kıyıda kum-çakıl alınması

2-Hızlı yapılaşmadan dolayı ve kıyıda diğer yapılar (liman, barınak vb.) dolayısıyla kendi bölgesinde hareket halindeki malzeme hareketi azalır veya tamamen kesilir.

1.5.1. Kıyı Profilleri

Dalgalar genel halde, belli bir açı yaparak kıyıya ulaşırlar. Bu dalgaların enerjilerinin kıyı çizgisine paralel bileşeni kıyı boyu katımadde taşınımına, kıyı çizgisine dik bileşeni ise kıyıya dik taşınımına yol açar.

Kıyıya dik malzeme taşınımı, genellikle birim genişlikteki bir kıyının, kıyıya dik yöndeki kıyı profili kesiti üzerinde incelenir. Kıyı profilini etkileyen esas parametre, kıyıya dik taşınım olmakla beraber, kıyıya paralel taşınımında etkisi bazen çok önemli olmaktadır.

Dalgalar sıg suda ilerlerken, tabanda kütle taşınımı artar ve buna paralel olarak açık deniz yönünden kırılma çizgisine kadar katı madde taşınımı olur. Dalga, burada kırıldıktan sonra büyük miktarda katı maddeaskı haline geçer. Askı haline geçen bu malzeme, kırılan dalga enerjisi ile kıyı şeridinin ön yüzüne doğru tırmanır. Tırmanan suyun büyük bir miktarı, taban su seviyesinin düşük olması nedeniyle zemine sızar. Böylece geri dönüşteki su miktarı oldukça azalır ve malzeme kıyıda yığılır. Bu olayla geri dönüşten kaynaklanan hidrolik sıçrama oldukça küçüktür. Bu nedenle normal dalgalar kıyıda birikim oluşturur.

1.5.1.2. Fırtına Profili

Fırtınalı havalarda kıyıda oluşan profile fırtına profili veya kış profili adı verilir. Bu profilin en belirgin özelliği açıkdeniz tarafında oluşan bir kum tepesidir.

Dalga yüksekliklerinin artması ve periyotlarının küçülmesi dolayısıyla hem ortalama su seviyesinde, sakin su seviyesine göre büyük artış olması, hem de kıyıya çok sık dalga gelmesi dolayısıyla derine büyük miktarda su sızması sonucu kıyıda yeraltı su seviyesi kısa zamanda taban yüzeyine kadar artış gösterir. Bu artış nedeniyle derine sızan su miktarı ihmal edilebilecek mertebelere iner ve tırmanma ve geri dönüş sırasındaki su seviyeleri hemen hemen eşit hale gelir. Tırmanma sırasında kıyıya doğru katımadde taşınımından daha büyük miktarda geri dönüş sırasında açığa doğru taşınır. Çünkü tırmanma sırasında taşınım kıyı eğiminin tersine iken geri dönüş sırasında eğim yönündedir ve katımadde kendir kendi ağırlıkları taşınımı kolaylaştırır. Bunun sonucunda fırtına başlangıcından itibaren kısa bir süre içerisinde kıyıda hızlı bir erozyon meydana gelir. Kıyıda açığa doğru çekilen katımadde bir noktada toplanmaya başlar. Bu noktaya dalga etkisi ile açıktan da katımadde gelmekte olduğundan burada katımadde bir tepe oluştururlar. Bu tepe oluşumu sonucunda daha önce kıyıya yakın kırılan dalgalar bu tepe üstünde kırılarak enerjilerini kaybetmeye başlarlar ve kıyıda erozyon sona erer. Görüldüğü gibi fırtına profilinde tepe oluşumu kıyının erozyonunun sınırlı kalması açısından son derece önemli bir role sahiptir.

1.5.1.3. Normal Profil ile Fırtına Profilinin Belirlenmesi

Kıyı profilinin değişiminin ve şeklinin belirlenmesi için günümüzde genel olarak kabul görmüş ve uygulanabilir yöntemler mevcut değildir. Konuyla ilgili geniş araştırmalar

yapılmakla birlikte özellikle yakın kıyı bölgesinin hidrodinamik özelliklerinin tam olarak belirlenmemesi genel geçerli sonuçlara varılmasını önlemektedir.

Kıyı profilinin belirlenmesi ancak kıyı dik yöndeki katımadde taşınımının tam olarak aydınlatılması ve hesaplanmasından sonra mümkün olacaktır. Bu konuda birçok araştırmacı değişik förmüller vermektedir, bunlardan en fazla bilinenleri aşağıda Tablo 3’de verilmiştir (Otay, 1994; Chiaia vd., 1995).

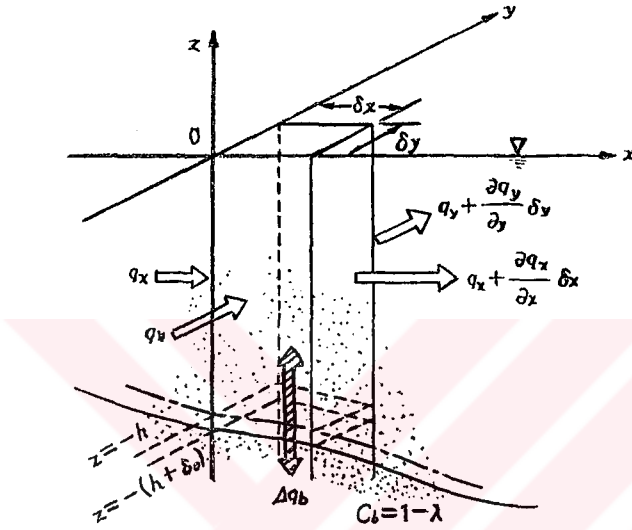
Tablo 3. Dolma ve erozyonu belirleyen formüller

Yazar	Parametreler	Formüller
Waters (1939) (Jonson, 1949)	H_0/L_0	$H_0/L_0 > 0.025$, bar $H_0/L_0 < 0.025$, berm
Rector (1954)	$H_0/L_0, D/L_0$	$D/L_0 < 0.0146(H_0/L_0)^{1.25}$, bar $D/L_0 > 0.0146(H_0/L_0)^{1.25}$, berm
Iwagaki ve Noda (1963)	$H_0/L_0, H_0/D$	$H_0/L_0 < 4.8 \cdot 10^8 (H_0/D)^{-3}$, bar $H_0/L_0 > 4.8 \cdot 10^8 (H_0/D)^{-3}$, berm
Dean (1973)	$H_0/L_0, \pi w/gT$	$H_0/L_0 > A\pi w/gT$, bar $H_0/L_0 < A\pi w/gT$, berm
Kriebel, Dally ve Dean (1986)		$A=1.7$, (Lab. Ölçeği) $A=4-5$, (Saha Ölçeği)
Sunamura ve Horikawa (1975)	$H_0/L_0, D/L_0, \tan\beta$	$H_0/L_0 > C(\tan\beta)^{-0.27}(D/L_0)^{0.67}$, bar $H_0/L_0 < C(\tan\beta)^{-0.27}(D/L_0)^{0.67}$, berm $C=4$, küçük-ölçek lab. $C=18$, saha koşulları
Hattori ve Kawamata (1981)	$(H_0/L_0)\tan\beta, w/gT$	$(H_0/L_0)\tan\beta > 0.5 w/gT$, bar $(H_0/L_0)\tan\beta < 0.5 w/gT$, berm
Wright ve Short (1984)	H_b/wT	> 6 , bar $H_b/wT=1-6$, bar ve berm < 1 , berm
Sunamura (1988)	$D/H_b, H_b/gT^2$	$D/H_b < 0.014 (H_b/gT^2)^{0.68}$, bar $D/H_b > 0.014 (H_b/gT^2)^{0.68}$, berm
Şimdiki Çalışmalar	$H_0/wT, w/(gH_0)^{1/2}$	$H_0/wT > 22900(w/(gH_0)^{1/2})^2$, Yığılma $H_0/wT < 22900(w/(gH_0)^{1/2})^2$, Erozyon
	$H_0/wT, w/(gH_0)^{1/2}$	$H_0/wT > 8980(w/(gH_0)^{1/2})^2$, Yığılma $H_0/wT < 8980(w/(gH_0)^{1/2})^2$, Erozyon
	$H_0/L_0, w/(gH_0)^{1/2}$	$H_0/L_0 > 5.06 \cdot 10^8 (w/(gH_0)^{1/2})^6$, Yığılma $H_0/L_0 < 5.06 \cdot 10^8 (w/(gH_0)^{1/2})^6$, Erozyon
	$H_0/L_0, w/(gH_0)^{1/2}$	$H_0/L_0 > 3.30 \cdot 10^9 (w/(gH_0)^{1/2})^6$, Yığılma $H_0/L_0 < 3.30 \cdot 10^9 (w/(gH_0)^{1/2})^6$, Erozyon
	$H_0/L_0, \pi w/gT$	$H_0/L_0 < 115(\pi w/gT)^{1.5}$, Yığılma $H_0/L_0 > 115(\pi w/gT)^{1.5}$, Erozyon

1.5.2. Sediment Hareketi Ve Kıyı Değişimi

1.5.2.1. Sediment Hareketi İle Kıyı Değişimi Arasındaki İlişki

En genel olarak C sediment konsantrasyonu aşağıdaki süreklilik denklemi Şekil 6'da tanımlandığı gibi kullanılmaktadır.



Şekil 6. Sediment taşınımının tanım şeması

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial U_s C}{\partial x} + \frac{\partial V_s C}{\partial y} + \frac{\partial W_s C}{\partial z} = 0 \quad (117)$$

Burada, U_s , V_s , W_s sırası ile x , y , z doğrultusundaki taşınım hızının vektörüdür.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right] \quad (118)$$

Burada λ (~ 0.4) porozitedir. Sabit dalgaların sürekli kıyıya vurması sebebiyle su derinliğindeki değişme (118)'de açıklanmıştır. Biz denklem (118)'ye dayanan kıyı boyu ve

kıyıya dik sediment taşınımının sebep olduğu topoğrafya değişimi karakteristiklerini inceleyeceğiz.

1.5.2.2. Kıyı Değişiminin Modellemesi ve Tahmin Etmek İçin Yöntemler

Denklem (119 ve 120)'de tanımlanan A ile qx arasında aşağıdaki ilişkiyi bulabiliriz.

$$A = \int_{y_o}^{y_{cr}} h \cdot dy \quad (119)$$

$$Qx = \int_{y_o}^{y_{cr}} qx \cdot dy \quad (120)$$

Burada,

A : Kıyıya dik kesit alanı

Qx : Kıyı boyu taşınım debisidir.

(119) ve (120) değerleri (118) de yerine konulursa;

$$\frac{\partial A}{\partial t} = h_{cr} \frac{\partial y_{cr}}{\partial t} - h_o \frac{\partial y_o}{\partial t} + \frac{\partial Qx}{\partial x} \left(\frac{1}{1-\lambda} \right) \quad (121)$$

bulunur. Denklem (121), belirgin sediment taşınımının olduğu bölgelerin geçici değişimi ve toplam kıyı boyu sediment taşınım miktarı qx'in kıyı boyu değişimi sebebiyle kumsalın A alanında geçici değişimin olduğunu gösterir. Kesit alanında değişmeye sebep olacak kıyıya dik sediment taşınımı yoktur.

Diğer yandan iki boyutlu bir dalga tankında eğimli bir kumsalda hareketli bir tabanda herhangi bir kıyıboyu sediment taşınımı yoktur. Böyle durumlarda topoğrafik değişimi denklem (122) ile dikkate alabiliriz.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \left(\frac{1}{1-\lambda} \right) \cdot \frac{\partial qy}{\partial y} \quad (122)$$

$(1/1-\lambda)=C$, denilirse;

$$\frac{1}{C} \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial q_y}{\partial y} \quad (123)$$

Denklemin sonlu farklarla çözümü aşağıdaki gibidir.

$$\frac{h^{n+1} - h^n}{C \cdot \Delta t} = \frac{q_{y+1}^n - q_y^n}{\Delta y} \quad (124)$$

$$q_y = q_y + \frac{\Delta y}{C \cdot \Delta t} (h^{n+1} - h^n) \quad (125)$$

Denklem (122), denklem (118) gibi integre edilirse aşağıdaki şekle dönüşür.

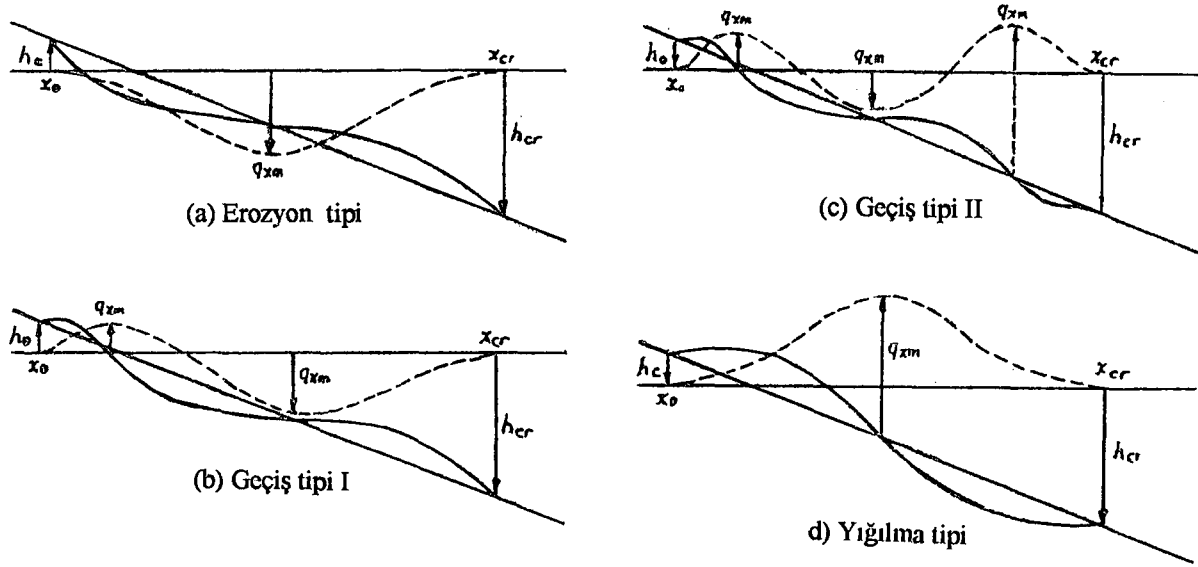
$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{y_0}^{y^*} h \cdot dy = 0 \quad (126)$$

Denklemden kesit bölgesinde herhangi bir değişme olmaksızın kıyıya dik kumsal profilinde değişmelere, kıyıya dik taşınımın sebep olduğu anlamı çıkar. Kıyıya dik taşınım sebebi ile kumsalın kıyıya dik profilinin deformasyonu Şekil 7'de gösterildiği gibi dört şekilde sınıflandırılabilir (Sunamura ve Horikawa, 1974; Sawaragi ve Deguchi, 1980; Shimizu vd., 1985).

Kıyıya dik maksimum sediment taşınımının (q_{ym}) zamanla azlması denklem (127)'de gösterilmiştir.

$$q_{ym}(t) = q_{y0} \cdot e^{-At \frac{t}{T}} \quad (127)$$

Şekillerdeki düz çizgiler kıyıya dik profildeki değişimleri, kesikli çizgiler ise denklem (122)'da hesaplanmış kıyıya dik sediment taşınım miktarlarının dağılımını gösterir. Şekil 7(a) tüm kesitteki açığa net sediment hareketi sebebi ile oluşan erozyon türü deformasyondur. Şekil 7(d) tüm kesitteki kıyıya net sediment hareketi sebebi ile oluşan dolmadır. Şekil 7(b ve c) ile gösterilen topoğrafik değişimlerde kıyıya ve açığa net sediment hareketi aynı anda oluşur.



Şekil 7. Sediment taşınımının neden olduğu kıyı profil kesitleri

q_{yo} $t/T=0$ 'da başlayan maksimum kıyıya dik taşınım miktarı, A_t q_{yo} 'ın azalma miktarıdır. Maksimum kıyıya dik sediment taşınım miktarının zamanla değişimini, hesaplanan A_t değerine ve bir çok araştırmacının yayınladığı deney sonuçlarına dayanarak hesaplayabiliriz. $H_o/(T\sigma d_{50})^{1/2}$ değeri tüm kumsalın deforme olabilme özelliğini gösteren Shields sayısının bir türüdür. Burada H_o ve T açıkdeniz dalga yüksekliği ve periyodudur. σ danenin suya batık ağırlığı ve d_{50} ortalama dane (çakıl) çapıdır.

A_t 'nin değeri, N_s 'nin 0.3 ile 1.3 değerleri arasında artmasıyla $2.5 \cdot 10^{-6}$ 'dan $2 \cdot 10^{-4}$ 'e artar. Yığılma erozyondan daha hızlı dengeye ulaşır. Başka bir deyişle, zamanla dolma debisindeki azalma, erozyon debisine göre daha fazladır.

1.5.2.3. Kıyı Değişim Modelleri

a) Tek Çizgi Modeli (One-Line Model)

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \left(\frac{1}{1-\lambda} \right) \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\partial Qx}{\partial x} \quad (128)$$

$$\Delta A = \alpha \cdot \Delta I \quad (129)$$

Burada,

ΔA : Kesit alanındaki değişim

Δl : Kıyı çizgisindeki (veya bir taban konturundaki) değişim

α : $\Delta A/\Delta l$

b) İki Çizgi (Two-Line Model) Modeli

$$\frac{\partial_1}{\partial t} = \frac{1}{D_1(1-\lambda)} \cdot \frac{\partial Qx_1}{\partial x} + qy \quad (130)$$

$$\frac{\partial_2}{\partial t} = \frac{1}{D_2(1-\lambda)} \cdot \frac{\partial Qx_2}{\partial x} - qy \quad (131)$$

q_y : D_1 derinliğini geçen kıyıya dik taşınım debisi

Bunlardan başka literatürde geçen ve kullanılmakta olan 3-D ve N-Line Modelleri de bulunmaktadır.

1.6. Kıyı Erozyonu ve Koruma Yöntemleri

Kıyılar dalga, akıntı ve rüzgar etkisi altında uzun süre içerisinde bir denge şekli oluştururlar. Denge içerisindeki bir kıyıda, uzun dönemdeki etkileri düşünülmeden yapılacak yapılar, kıyının dengesinde değişikliğe neden olmaktadır. Bu değişiklik, yapının yakın çevresinde kıyı kullanımı yönünden büyük ekonomik kayıplara ve ekolojik zararlara sebep olabilir.

1.6.1. Kıyı Koruma Yöntemleri

Kıyı erozyonunu korumak amacıyla yapılan yapılar iki ana başlık altında toplanabilir.

1- Direk Yöntemler

2- Dolaylı Yöntemler

Direkt Yöntemler: Önceleri kıyıya paralel yapılmakta olan taş dolgular dik yüzeyli, yatık yüzeyli, daire kesitli ve palyeli yapılar, kısa sürede çözüm teşkil ettiklerinden, uygulamada sıkça kullanılmaktaydı. Bunların hem yapımları, hem de onarımları basit ve ekonomiktir. Bazı tipleri dalga enerjisini emici ve dağıtıcı özelliklere sahip olduklarından, dalga tırmanmasını ve taban erozyonunu en aza indirirler. Fakat bu yapılar denizle halkın ilişkisini doğrudan kesmektedir. Ayrıca bazı tipleri de dalga enerjisinin yansıma nedeniyle artmasına yol açarak, uzun vadede stabilite sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır .

Daha sonra kıyı koruması ve geliştirilmesi konusunda mahmuzlar kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar kıyıya dik veya dikeye yakın tasarlanan yapılar olup,

- 1- Düz mahmuzlar
- 2- "L" mahmuzlar
- 3- "T" mahmuzlar
- 4- Açık deniz mendirekleri

olarak sıralanabilirler. Mahmuzların fonksiyonları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1- Kıyılarda, hareket halindeki katı maddeleri tutmak
- 2- Kıyıdan denize doğru olan katı madde hareketini önlemek
- 3- Tutulacak sürüntü maddesi olmayan yörelerde yapay plajlar teşkilinde kullanmak

Açık deniz mendirekleri de kendileriyle kıyı arasındaki bölgeyi koruyarak, katı madde dolmasını sağlayan yapılardır.

Dolaylı Yöntemler: Dolaylı yöntemler şöyle sınıflandırabiliriz:

- Liman, balıkçı barınağı gibi kıyı yapılarının ihtiyaca göre kontrollü planlanması.
- Kıyılardan kum-çakıl çekilmesinin önlenmesi veya kontrol altına alınması
- Kıyı yapılarının bir tarafında depolanmış malzemenin öbür tarafına taşınması veya pompalanması,
- Yapay besleme yoluna gidilmesi.

Bruun (1985)'de gelecekteki kıyı koruma önlemlerini Tablo 4'de özetlemiştir. Burada kullanılan kısaltmalar;

Yb: Yapay sahiller ve besleme

MA: Mahmuzlar

KD: Kıyı duvarları ve açık deniz dalgakıranları

Tablo 4. Gelecekteki Kıyı Koruma Önlemleri

Büyük ölçekli	Küçük ölçekli
Yb Fırtına kabarmalarına karşı koruma için yapay kumullar veya setlerle bir arada kullanılabilir.	KD Belli bir bölgenin korunması için eğimli yapılar benimsenebilir.
Yb+KD Dalga ve gel-gitlerin yarattığı ekstrem koşullara karşı KD, setler veya kumullarla kuvvetlendirilir.	MA Eğer iyi planlanırsa, doğal veya suni yollarla dolu tutulabilirse küçük yörelerde uygulanabilir.
Yb+MA Daha çok zor koşullarda kullanılır	KD+MA Mahmuzların akıntı kırıncı amacıyla gereksinim duyulduğu yerlerde belli bir bölgeyi korumak için uygulanabilir

1.6.2. Suni Kıyı Beslemesi

Kıyıların ve plaj alanlarının, yapay beslemeyle kum ile doldurulması, kıyı koruma konusunda yürütülen araştırmaların vardığı son aşama olarak gösterilmektedir. Diğer bir deyişle, en iyi koruma önlemi, kıyıların doğal dengesini bozmadan alınan önlemler olup, bu amacı en iyi gerçekleştiren yöntemde yapay besleme yöntemidir. Bu yöntem ile elde edilen koruma, çok pratikdir ve aynı zamanda uzun bir zaman süreci içinde ekonomik olmaktadır.

Burada, fırtına kabarmalarından dolayı sürekli yapısal erozyon ve geçici erozyon arasında fark ve olası karşı tedbirler (alınacak önlemler) tartışılacaktır. Bu, yöntem her problem tipine karşı bir çözüm getirdiği için yararlıdır (Graff vd., 1991).

Yapısal erozyon problemleri aşağıdaki gibi iki farklı yaklaşımla çözülebilir.

- 1) Erozyon probleminin nedeni ortadan kaldırılır.
- 2) Erozyon probleminin etkileri ortadan kaldırılır.

Yapısal erozyon probleminin nedeni analiz edildiğinde, farklı “neden düzeyleri” ayırılabilir. Örnek olarak limanın mansap tarafındaki erozyona (birinci-düzyen nedeni), dalgakıran ile kıyı boyu sediment taşınımının kesilmesi sebep olur. Esas olarak kum-bypass

sistemiyle problem çözülecektir. Kıyının kendi kendine aşınması noktası dikkate alınrsa, kıyı boyunca kıyı boyu sediment taşınımındaki değişim, erozyon probleminin nedeni (ikinci düzey nedeni) gibi düşünülür.

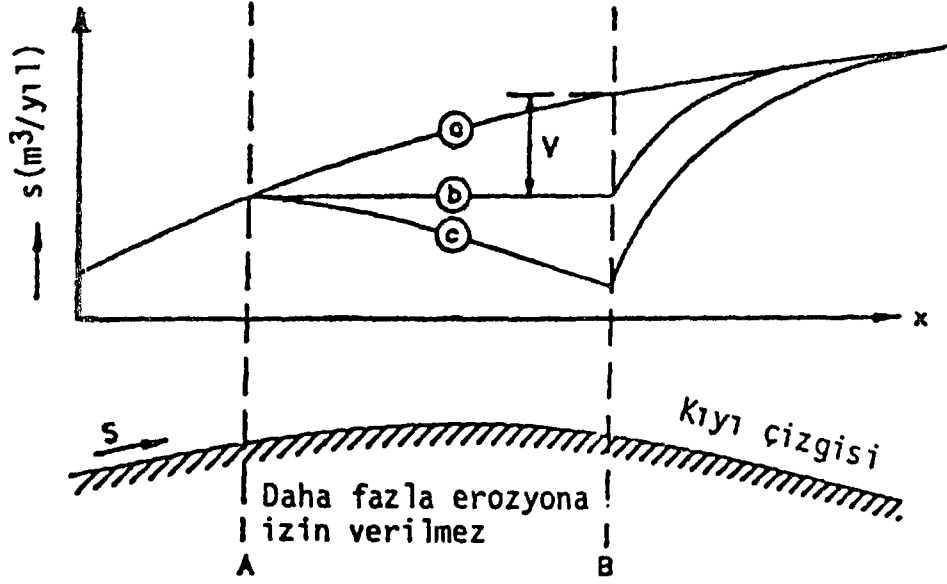
İlk olarak getirilecek çözümler, erozyon probleminin gerçek temel nedenini etkisiz bırakmaya çalışmalıdır. Bundan dolayı, ikinci düzey nedenleri, erozyon problemlerinin sebeplerini düşünerek kararlaştırılmalıdır.

1. Yapısal erozyon probleminin sebebini ortadan kaldırma, pratikte güç bir iştir. Etkili bir çözümü geliştirmek ve uygulamak için, sebep hakkında kesin bilgi gereklidir. Kıyı boyu sediment taşınım oranındaki değişim ölçüsü, yapısal erozyon probleminin esas sebebi olmaktadır. Problemin sebebini başarılı bir şekilde ortadan kaldırma, değişim ölçüsünü ihmal edilebilir bir değere düşürmeyle olur. Bu da, uygun karşı tedbirlerin (alınacak önlemlerin) seçilmesiyle gerçekleştirilebilir. Bu durumda karşı tedbir mevcut taşınım işlemlerine “müdahele etmek “ şeklinde olmalıdır.

Buradaki problem, kıyının belirli bir sahasında ele alınacaktır. Saha boyunca kıyı boyu sediment taşınımı oranının dağılımı, şematik olarak Şekil 8’de (a çizgisi) verilmiştir. Burada, kıyının sadece A-B kısmının uygun bir şekilde korunduğu kabul edilmektedir (A’nın solunda ve B’nin sağında koruma ölçümlerinin olmadığı önceden bilinmektedir; Görünüşe göre A ve B civarında mevcut erozyon henüz kabul edilebilir seviyede kalmaktadır.). Yeterli karşı tedbir Şekil 8’de (a) eğrisini (b) eğrisine dönüştürme şekliyle sağlanır. Kıyı boyu taşınımının değişim ölçüsü, A-B alanı boyunca sıfırdır. Yani erozyon durmuştur. A-B kısmının mansabında artan bir erozyon tahmin edilebilir.

(b) eğrisini şekilde elde etmek oldukça basittir. Fakat, bununla beraber, pratikte bu eğrinin nasıl elde edileceği zordur. A-B kısmında mahmuz setlerinin ya da bir dizi kıyıya- paralel bağımsız açık deniz dalga kıranlarının inşası şüphesiz mevcut kıyıboyu sediment taşınımını etkileyecektir. Fakat uygun bir şekilde bu karşı tedbirleri “iyi bir hale getirmek” herhangi bir uygulamada çoğu kez zor bir iştir. Karşı tedbirler yeterli değilse, erozyon oranı daha az olacaktır, fakat erozyon devam edecektir.

Proje (yani yapılan yapı) çok etkiliyse, A-B sahasında yığılma olacaktır. Bu da Şekil 8’de (c) eğrisi ile gösterilmektedir. Bu A-B kısmı için (erozyonun yerine yığılma) faydalı olmaktadır, B’nin sağ tarafındaki bölgede mansap erozyon problemleri için gittikçe kötüleşmektedir. Böylece (c) eğrisi “aşırı öldürme reaksiyonu” adıyla tanımlanmaktadır.



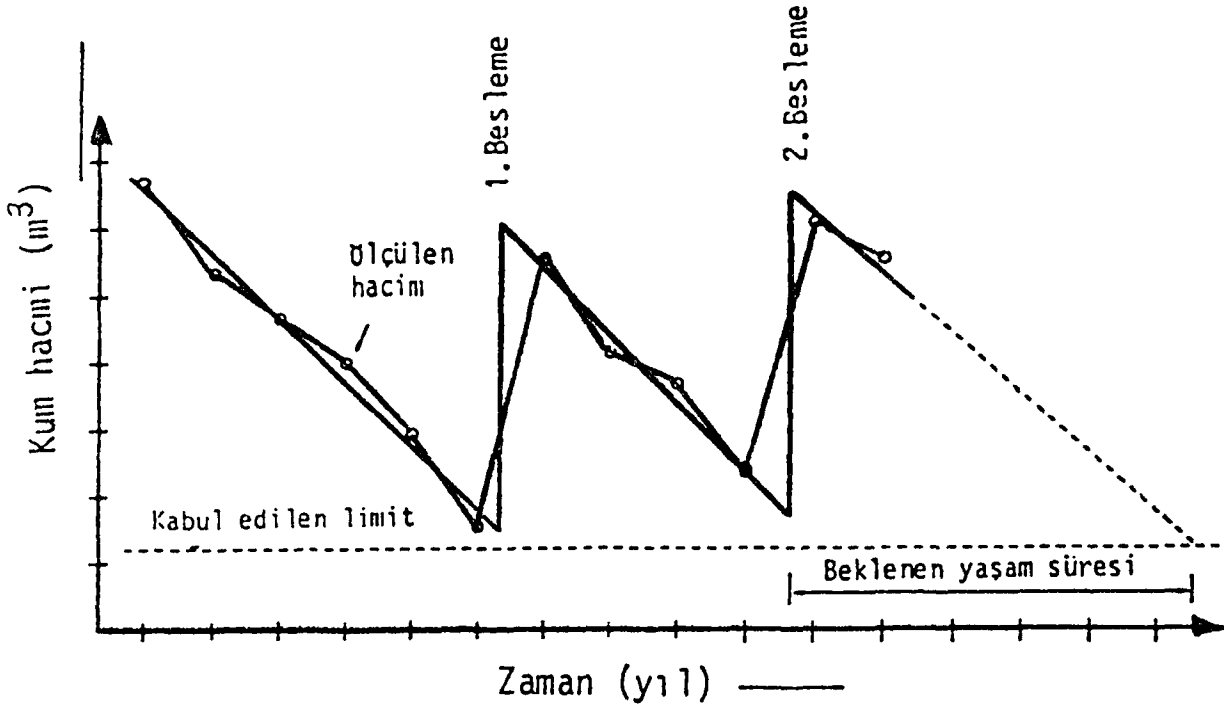
Şekil 8. Kıyı yönünde kıyıboyu sediment taşınımı dağılımı

A-B kısmındaki karşı önlemler iyi bir hale getirilirse, B'nin daha uzağında mansap erozyonu meydana gelmektedir. Bu (artan) erozyon genelde kabul olunmazsa da er geç B'nin uzağında kıyı boyunca karşı önlemler alınması gerekecektir.

2: Yapısal erozyonun etkileri, suni kıyı beslemesinin uygulanmasıyla ortadan kaldırılabılır. Şekil 8'de gösterilen V hacmi, A-B kısmındaki kumun erozyona uğrayan hacmi telafi etmek için, yılda bir kere prensibi üzerine yeniden beslenmelidir. Pratikte, kıyının her yıl beslenmesi yararlı değildir. Genellikle birkaç yıllık kayıplar (2-5-10 yıl), bir projede beslenmektedir. Şekil 9'da bir kıyı bölgesindeki kum hacminin, zamanın bir fonksiyonu olarak nasıl değişeceğini şematik olarak göstermekte ve beslemenin önemi belirtilmektedir. Besleme işlemlerinden önce ve sonra yıllık kayıplar aynı ortalama halini alırlar.

1.7. Sahil Besleme Prensipleri

Bir çok durumda, sahil beslemesi, kıyı çizgisinin denize doğru ilerlemesi için büyük miktarda kumu kıyıya yerleştirme şekliyle yapılır. Bu yöntem, kıyı çizgisi gerilemesinin yavaşlatılması için uygun bir yaklaşımdır .



Şekil 9. Besleme sonucu kesitteki kum hacmi

İzlenen yollar, bazı proje parametrelerini seçmek için bilinmesine rağmen, kapasiteyi yükseltmek için aşağıda verilen geliştirilmiş yöntemler arzu edilir:

- 1- Besleme tasarımının proje ömrünü gerçekçi olarak tahmin etme,
- 2- Alternatif ödünç kaynak malzemeleri arasında ekonomik kaynak getirme maliyet hesapları,
- 3- Stabilize yapılar ve kum arasında hazır emrine amade edilen optimal tahsis edilmesini ,
- 4-Denge profilinden (eğim düzeninden) daha dik eğime, besleme zemininin yerleştirilmesinden dolayı, meydana gelecek eğim düzenini tahmin etme .

1.7.1. Dolgu Uzunluğunun Etkisi

Önceden belirtildiği gibi stabilize olmayan bir kıyı besleme projesi, kıyı boyu sediment taşınımına bağlı olarak komşu kıyılara proje uçlarından kayıplar verecektir .Beslenmiş bölge, komşu kıyılara bir besleyici kıyı olarak hareket eder . Beslenmiş bölgenin dışına taşınan orjinal hacim yüzdesi P için t_p zamanında, belirtilen dalga yüksekliği H ve kıyı dolgu uzunluğu (l) 'nin etkisini belirlemek mümkündür. Pelnard – Considere (1956), aşağıdaki

denklemleri t zamanında x ve y Şekil 10'da gösterildiği gibi kıyı sistemi şeklinin çözümlenmesi için bir yaklaşım olarak göstermiştir .

$$\left(\frac{\partial y}{\partial t} = K \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}\right) \quad (132)$$

K , G ve H_b 'ye bağlı bir oran ya da etkinlik sabiti olarak ifade edilir .

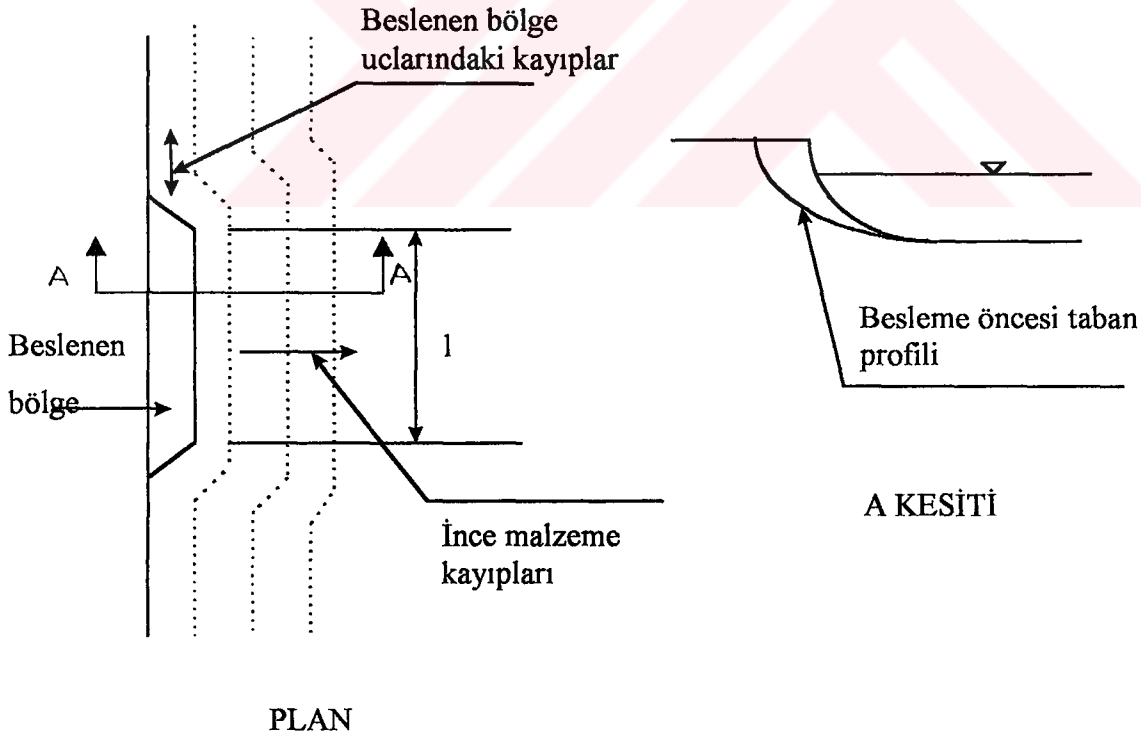
$$K = G * H_b^{5/2} \quad (133)$$

Burada;

H_b : Kırılan dalga yüksekliği

G : Kıyı ve sediment karakteristiklerini içeren bir faktördür .

(Le Mehaute ve Soldate, 1978), (133) eşitliğine, kıyı dolgu uzunluğu l ve denize doğru uzantısı y olan dikdörtgen biçimli yapay dolgu için çözümleri getirdiler.



Şekil 10. Beslenmiş bölgenin geometrik karakteristikleri ve sediment kayıp yolları

$$y(x,t) = Y \left\{ \operatorname{erf} \left[\frac{l}{4\sqrt{Kt}} \left(\frac{2x}{l} + 1 \right) \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{l}{4\sqrt{Kt}} \left(\frac{2x}{l} - 1 \right) \right] \right\} \quad (134)$$

Burada " erf ", hata fonksiyonunu göstermektedir. Yukarıdaki formülden, orjinal hacmin P yüzdesinin kaybolması için gerekli tp zamanı hesap edilebilir .

$$(tp)_2 = (tp)_1 * \frac{l_2^2}{l_1^2} * \frac{K_1}{K_2} \quad (135)$$

(1) ve (2) indisleri, bilinen iki projenin koşullarını temsil etmektedir. Dolgunun stabilitesi üzerinde, dolgu uzunluğunun etkisi denklem (135)'da kare yasası ilişkisi olarak elde edilebilir. Böylece, örneğin, belli uzunluktaki bir yapay dolgu, 10 yıl içerisinde hacminin yarısını kaybederse, aynı dalga koşulu altında iki katı uzunlukta ve aynı genişlikte bir dolgu, 40 yıl içerisinde hacmin yarısını kaybeder. Kare yasası ilişkisinin diğer açıklaması da aşağıdaki gibidir. Denklem (132)'nin türevinin uygulaması, beslenen bölgeden kumun net taşınma oranının plandaki eğime ($\partial y / \partial x$) bağlı olduğunu ispat edecektir. Dolgu uzunluğunu iki kat artırma, eğimi yarıya indirecektir. İkinci olarak iki kat uzunluktaki dolgu diğer yarımdan sorumlu olan hacmin iki katına sahip olur. Beslenmiş bölgeden taşınacak ,P, dolgu hacminin yüzdesi için gerekli zaman ile, etkili dalga yüksekliğinin ilişkisi şöyledir;

$$\frac{(tp)_2}{(tp)_1} = \frac{H_1^{5/2}}{H_2^{5/2}} \quad (130)$$

Böylece dalga yüksekliğini iki kat artırmanın etkisi, besleme ömrünü %17.7'ye düşürecektir. Genelde denklem (135) ve (136) mevcut kıyı beslemesinden elde edilen sonuçların farklı dolgu uzunluğu ve dalga ikliminde düşünülen başka bir projeye aktarılmasında faydalı olacaktır.

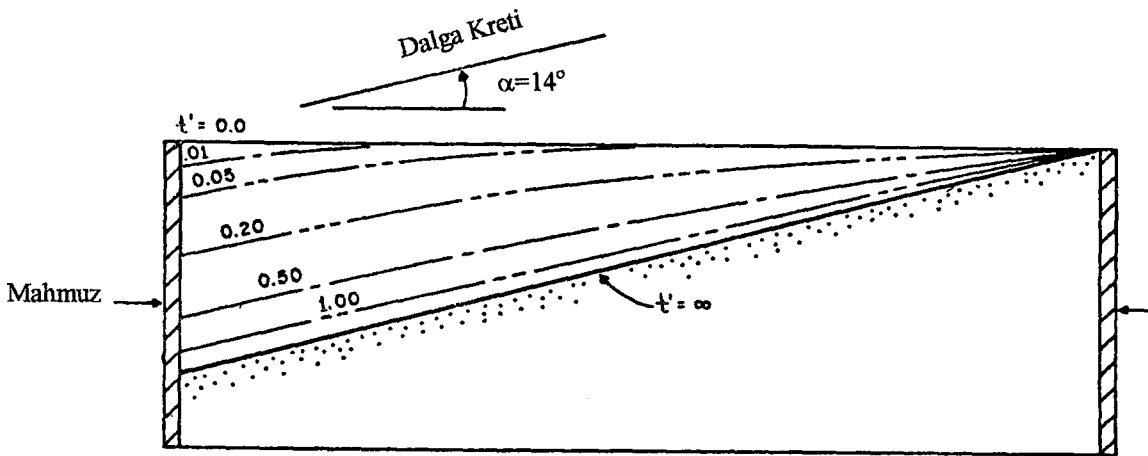
1.7.2. Yapıların Etkisi

1.7. 2.1. Terminal Yapıları Ve Mahmuzlar

Kıyı besleme projesinin her iki kenarına yerleştirilen yapılar (mahmuzlar) , besleme malzemesinin yanal kayıplarını azaltmada özellikle etkili olmaktadır. Burada incelenecek olan en basit durum (Şekil 11), kıyı çizgisine bir α açısıyla ulaşan tek yönlü dalgaların hareketine maruz kalan başlangıçta doldurulmuş , l , uzunluklu mahmuz bölümü ve , w , mahmuz uzunluğu için dikkate alınacaktır. Dalga kırınımını ihmal ederek uygun sınır koşullarıyla denklem 126'nın çözümü şu şekilde gösterilebilir ;

$$y = w - l \left(1 - \frac{x}{l}\right) \tan \alpha + \frac{2 \tan \alpha}{l} \sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{2l}{(2n+1)\pi} \right]^2 \exp \left\{ -K \frac{(2n+1)^2 \pi^2 t}{4l^2} \right\} \cos \left[\frac{(2n+1)\pi x}{2l} \right] \quad (137)$$

Denklem (137) incelendiğinde, yapı arasında kalan kıyı çizgisi Şekil 11'de görüldüğü gibi, gelen dalga cephelerine paralel ve düz bir çizgi halinde yaklaşır. Şekil 11, iki terminal yapısı arası malzemeyle beslenerek burada oluşturulan kıyı çizgisinin, zamanla bir denge durumuna geçişini göstermektedir. Örneğin, özel koşulları $l/w = 3$ ve $\tan \alpha = 1/4$ ($\alpha = 14^\circ$)'dür



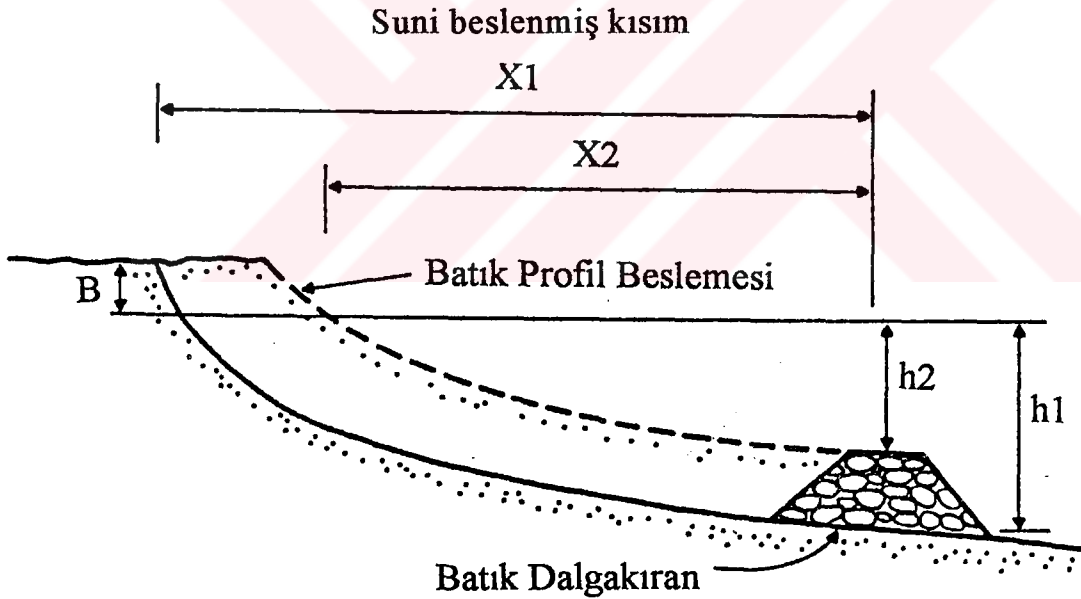
Şekil 11. İki mahmuz arası dolmanın değişimi

$$(\%)\text{kayıp} = \frac{1}{2} \frac{l}{w} \tan \alpha \quad (138)$$

Yukarıdaki formül, kıyıya (denize ve karaya doğru) dik taşınımlardan dolayı kayıpları içermektedir. Sonuçta denklem (138)'den beklenen kayıplar, bir dizi mahmuz yapılıncı azalacağı görülmektedir. Yerleştirilen dolgunun kenarlarındaki problemler, komşu kıyı çizgisi dilimlerinde muhtemel karışık etkilere sebep olurlar. Böyle etkileri hafifletmek için, ya dolguların kenarları gittikçe inceltilmeli ve boyları uzatılmalı ya da beslenmiş bölgenin sınırları dışına kum yerleştirilmelidir.

1.7.2.2. Batık Profil Besleme Yapısı

Sedimentin denize doğru taşınımını engellemek için, kıyıya paralel ve suya batık yapıların projelendirilmesi, Şekil 12'de ki gibi uygulanmaktadır.



Şekil 12. Batık profil beslemesi yapısının gösterimi

Bu tip yapılarla ilgili yeterli veriler yoksa da özellikle doğal malzemelerden daha ince sahil malzemesinin ilaçlanması önlemede oldukça yararlı olabilirler .

1.7.3. Eğim Düzeltmesi

Bir kıyı dolugusunu oluşturduktan sonra meydana gelecek olan eğim düzenlenmeleri ve bununla ilgili ortalama su çizgisindeki geri çekilmeyi önceden tahmin edilmeli ve yöre halkına iletilmelidir. Eğim düzenlenmesi derecesi, tabii ve yerleştirilmiş malzeme karakteristikleri ve oluşan dalga yüksekliğine bağlıdır. Eğim değişimine göre kıyı çizgisi gerilemesini kurma için yöntemler Maurmeyer ve Dean 'de referans olarak verilebilir.

1.7.4. Koylara Yakınlık

Med-cezir sebebiyle koylarda oluşan kumullar ve etrafındaki akıntılarla taşınan malzeme erozyona sebep olabilmektedir. Bunun için, bir koy civarına besleme projesi yapılacak yerin önceden araştırılması gerekir.

Bir beslemenin düşünüldüğü yerde, bir koya yakın erozyonun olduğu yerde ya da suni bir kıyının yapımının istenildiği yerde, her durumda kalıcı yapılar şüphesiz ekonomik olacaktır.

Bazı durumlarda, tekil mahmuz yapıları yeterli kıyı stabilitesi sağlayabilir. Oysa, diğerlerinde bir dizi ya da karışık mahmuz sistemleri daha etkili olabilir .

1.7.5. Deniz Seviye Yükselmesi ve Bakım Besleme İhtiyaçları

Beslenmiş bir bölgedeki kayıp oranlarını tahmin etmek için yapılması gereken çalışmalar , çok ince melzemenin kaçıışı , eğim düzeltmesi ve eğer mevcutsa yapıların etkilerini içeren dolgunun uçlarındaki kayıpları içermelidir . Kayıp oranları tahmininde uygulanacak yöntem , denklem (135)'e uygun olarak, mevcut kıyı dolgusundan elde edilen fonksiyonel verilerin değerlendirilmesiyle geliştirilebilir .

En uygun çözüm, sediment taşınımı ve süreklilik denklemlerinin çözüldüğü sayısal modelleme ile birlikte, yapı etkilerini de kapsayacak şekilde bu bilgilerin bir arada kullanıldığı yaklaşımdır. Sediment taşınım denklemlerini elde edebilmek için, ölçülmüş dalga karakteristikleri kullanılabilir. Eğer dalga gözlemleri mevcut değilse, geriye doğru giderek tarihi verilerin temel alındığı yöntemle tahmin edilir.

Daha önce belirtildiği gibi, eğer besleme uzunluğu fazla ise, " uç kayıplar " nispeten az olacaktır. Deniz seviyesi yükselmesinden dolayı, sürekli bakım ihtiyaçlarını hesaplamak için, bir yöntem açıklamak ve gerçekçi bir örnekle işi sayısal olarak araştırmak faydalı olabilir. Bu durum, bir örnekle şöyle açıklanabilir: Kapama derinliği h_c ve ölçek parametresi eşitliği A ile temsil edilen sediment ile yapay baslamanın yapıldığı bir yöreyi göz önüne alalım. Kıyı çizgisi yerinde korunmak isteniyorsa, deniz seviyesindeki yükselmenin oluşturacağı erozyonu karşılayabilmek için, birim genişliğe gelecek ilave besleme hacmi ;

$$\Delta V = w * \Delta S \quad (139)$$

dir. Burada;

w : aktif profil genişliği ,

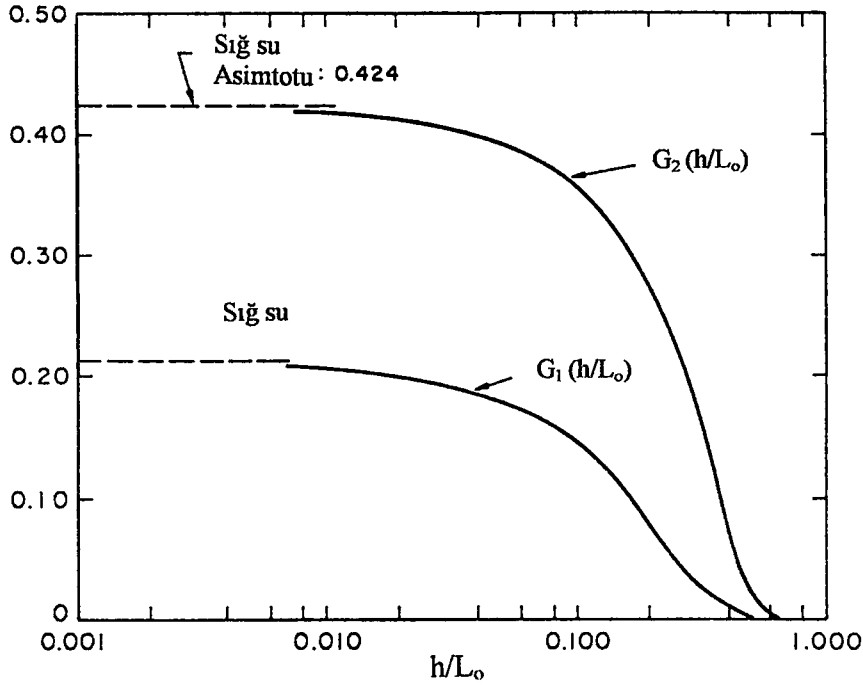
Δs : deniz seviyesi yükselmesidir.

1.7.6. Deniz Seviyesinin Yükselmesinin Beslemeye Etkisi

Su seviyesindeki yükselme, kapama derinliği dışında, kıta sahanlığının daha da derinleşmesine, dolayısıyla taban sürtünmesinin azalmasına ve etkili dalga yüksekliğinin artmasına neden olacaktır. Denize doğru bölgedeki yığılma ince katı maddelerin birikmesiyle oluşmuştur. Bunu ihmal ederek, deniz seviyesi yükselmesinden (Δh) dolayı, yakın kıyı dalga yüksekliğindeki H_2 artmasının şu şekilde olacağı gösterilebilir.

$$\frac{\Delta H_2}{H_2} = \left[\frac{H_1 / h * W / h}{1 + C_f * \frac{H_1}{h} * \frac{W}{h} * G_1 * (h / L_0)} \right] * C_f * G_2 * (h / L_0) * \frac{\Delta h}{h} \quad (140)$$

Burada C_f taban kayma gerilmesi katsayısı, G_1 ve G_2 ise Şekil 13'te gösterilen fonksiyonlardır .



Şekil 13. h/L_0 ile G_1 ve G_2 fonksiyonlarının değişimi

(135) Eşitliğine göre , potansiyel erozyondaki artış Γ (en azından kıyı boyu katı madde taşınımı nedeniyle) şöyle bulunur:

$$\frac{\Delta\Gamma}{\Gamma} = \frac{S}{2} * \frac{\Delta H}{H} \quad (141)$$

1.7.7. Beslemede Sediment Taşınım Süreçleri

Yapay besleme yörelerinde sediment bir çok yolla kaybolur. Bu süreçlerin çok iyi anlaşılması, yapay besleme projelerinin tasarımı ve periyodik bakımı için son derece önemlidir (Şekil 10).

Kum, beslenen bölgeden, başlıca üç yolla dışarıya çıkar:

1- Eğer yerleştirilen malzemenin önemli bir kısmı çok ince malzeme içeriyorsa bu malzeme askı haline geçer ve denize doğru sürüklenir. Eğer askı halindeki malzemenin çökme zamanı, dalga periyodundan büyükse malzeme, dalga kırılma bölgesinin dışına çıkar.

$$W < \beta \frac{h}{T} \quad (142)$$

W: Çökme hızı.

β h: Askı halinde malzemenin bulunduğu yükseklik

h: Su seviyesi.

T: Dalga periyodudur.

2-Profil değişimi yoluyla kayıplar: Besleme sonrasında şev eğimi denge halinden daha dik duruma geçer. Her ne kadar profil değişimi kıyı çizgisinin gerilemesi sonucunda görülüyorsa da, erozyona uğrayan malzeme, yörenin deniz tarafındadır.

3-Kum aynı zamanda besleme bölgesinin kenarlarından da kaybolur. Temelde besleme, kıyıda bozulmalara neden olur ve bunların ortaya çıkaracağı kuvvetlerin etkisinde kum, kıyı boyunca yayılarak, sonuçta konturlarını düzleştirerek denge sağlamaya çalışır. Bu sürecin ifadesi diffüzyon denklemi ile açıklanır. Böylece, kıyı boyu sedimentin yayılması, dışı yalıtılmış bir demir çubuğun sıcak kısmındaki ısının diffüzyonuna benzer. bir şekilde yayılması, besleme bölgesinin kenarlarındaki kayıplara benzer. Dolayısıyla, kısa besleme bölgeleri kısa zamanda daha çok kayıp verecektir.

1.8. Besleme Yöntemleri

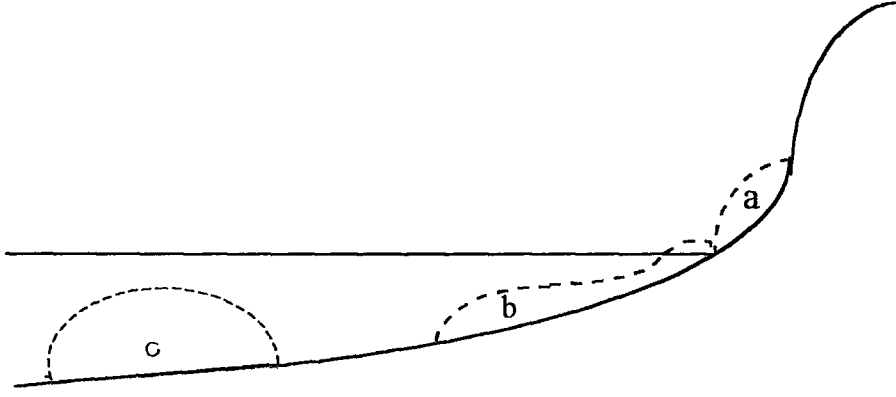
1.8.1. Beslemenin Yapılacağı Kısımlar

Şekil 14'de görüldüğü gibi kıyı profilinden beslemenin yapılacağı bölgeler 3 kısma ayrılmıştır.

- (a) Kıyının üst kısmında ve bazen ilave olarak kum tepeliklerine doğru besleme,
- (b) Yakın kıyı bölgesi üzerine serilmiş besleme
- (c) Denize doğru besleme gibi alçak ve yüksek su seviyeleri arasındaki yerde besleme,

Örneğin, profilin daha derin kısmındaki kıyı çizgisine paralel kıyı boyu seti gibi.

- (a) Bölgesi: Sahillerin genişlik ve yüksekliğinin küçük olduğu, yapısal erozyona uğrayan kıyının tipik göze çarpan bir bölgesidir. Suni kıyı besleme projesinin uygulanması sırasında, kıyıların genişliği ve yüksekliği sık sık düzeltilmelidir.



Şekil 14. Besleme için olası bölgeler

Kıyının depolama kapasitesi bazen, istenilen kum hacmini yerleştirmek için yetersiz kalmaktadır. Bu durumda genellikle bir çeşit yüksek tampon gibi kum tepeliklerinin olduğu yere ek olarak yerleştirilir. Bu tampon, besleme projesinin yaşam süresi boyunca kaybettiğini azar azar alması için yerleştirilmiştir. Sonuçta tipik bir dik erozyon yamacı ortaya çıkacaktır. Buna rağmen yerleştirme şekli, bu tip kıyılarda, kıyı koruma projesinin uygulamasında kullanılmaktadır.

(b) Bölgesi: Şekil 14'ten de görüldüğü gibi yakın kıyı bölgesinin bu kısmında, genellikle meydana gelen yapısal erozyon, kum kaybına yardımcı olmaktadır. Kaybolan malzemeyi yeniden yerine koymak iyi bir çözümdür. Yakın kıyı bölgesinde kum tabakasını düzenli olarak yükseltmek iyi bir çözüm gibi görünmektedir. Bununla birlikte uygulaması güç olabilir (Güçlükler bir dereceye kadar kırılma bölgesinde görülür.). Doğal durumlara bağlı olarak (Gelgit farkı, sahil profilinin dikliği gibi), bazen gökkuşağı yapım yöntemi olarak ifade edilen yöntem daha iyi uygulanabilmektedir.

(c) Bölgesi: Şekil 14'ten de görüldüğü gibi denize doğru bir kıyı beslemesidir. Örneğin; profilin daha derin kısımlarında, kıyı çizgisine paralel, oldukça yüksek su bentleri gibi, etkili bir yapıdır. Malzeme hareketli taraklı dubalarla buraya kolaylıkla boşaltılabilmektedir. Kıyı bölgesinde denge hali profili oluşması, doğrudan dalga ve akıntılarla sediment taşınmasıyla, yakın kıyı bölgesi ve sahilin beslenmesi ile oluşacaktır. Eğer su benti yeterince yüksek olursa, dalga yükseklikleri su bentini etkileyecektir. Denize doğru besleme, dalgakıran, barınak gibi rol oynamaktadır. Kıyı boyu sediment hareket kapasitesini azaltmaktadır. Pratikte genellikle birkaç yöntemin birleştirilmesiyle meydana getirilmektedir.

1.8.2. Kıyı Beslemesinin Tipleri

Kıyı besleme tipleri 4 kısma ayrılır.

1- Denize doğru dökmeyle besleme

Bunlar, hareketli mavnalarla uygulanır. Burada temel prensip şudur: Nispeten derin suda dökülen malzeme, dalgalarla kıyıya doğru taşınır. Pratikte yapılan bazı çalışmaların sonuçları incelendiğinde, kendi kıyılarını dökülen kumla oluşturamadığından bir bakıma olumsuz olduğu görülmüştür.

2- Stok şeklinde besleme

Bazan kum hacmi, kıyı boyu sediment sürüklenme kapasitesinden yararlanarak, sediment kaynağı olarak kullanılması ve mansap kıyılarına yararlı olması için kıyıya yerleştirilmelidir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde iyi sonuçlar alındığı görülmüştür.

3- Sürekli besleme

Bu yöntemde, kum genellikle by-pass sistemiyle verilir. Prensip olarak, sürekli aşınmış kıyı beslendiğinden, sabit ya da yüzen makina parkı (iş yapılırken kullanılması gereken mekanik vasıtaların tümü) biçiminde oluşturulmuştur.

4- Doğrudan yerleştirme yöntemi.

Dolgu üretilerek tüm kıyı üzerine bir defada tamamlandığında, bu yöntem stok şeklinde besleme yönteminden farklıdır.

1.8.3. Sahil Besleme Yöntemleri

Uygun ekipman ve boşaltma biçimleri değerlendirilerek, sahil besleme durumları oluşturulabilir. Gelecekteki yöntemler Şekil 15'te gösterilmiştir (Oorschot vd., 1991).

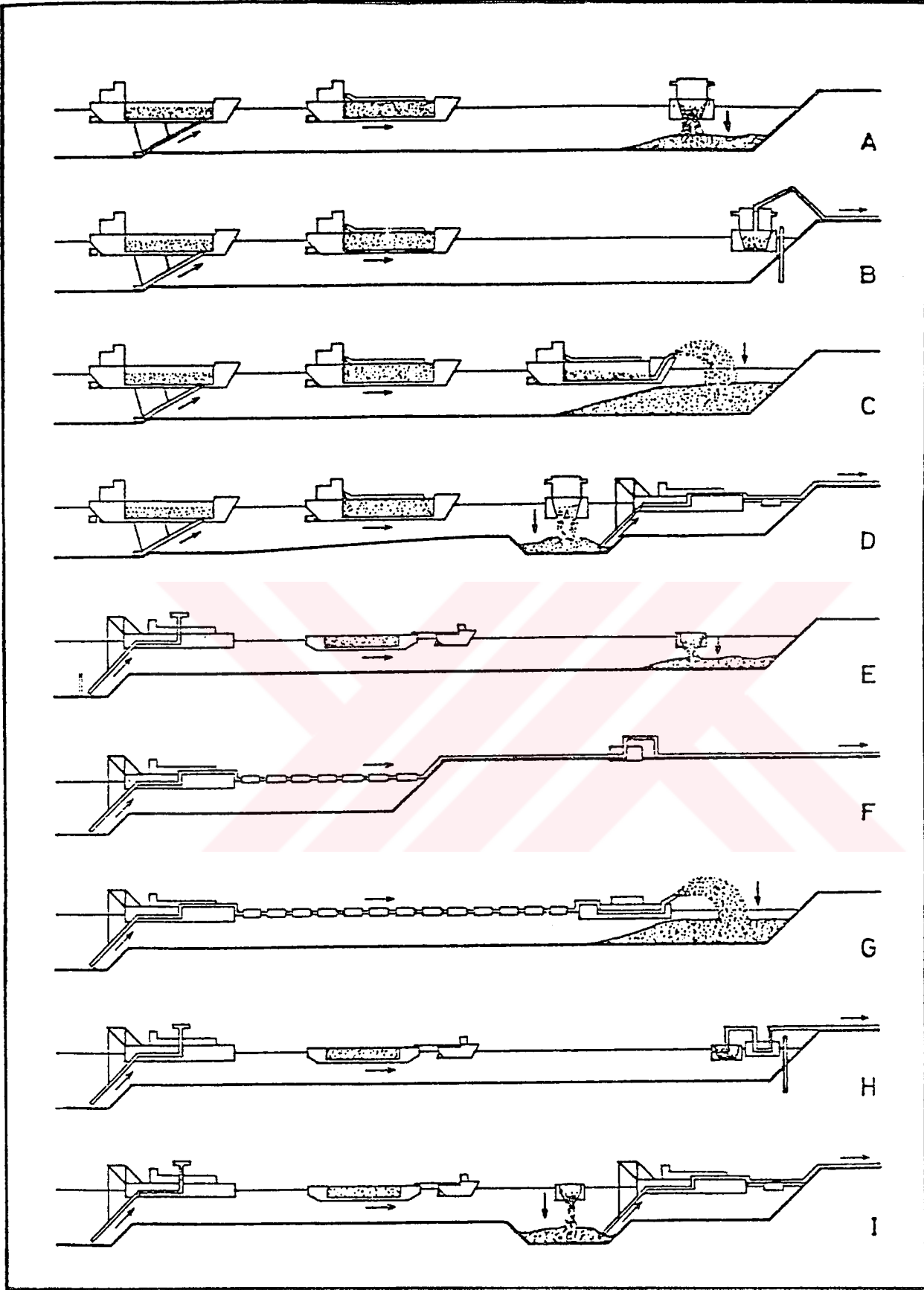
A) Emmeli hareketli tarak dubasıyla ödünç alma ve yakın kıyı bölgesine boşaltma

B) Emmeli hareketli tarak dubasıyla ödünç alma ve bir boru hattıyla sahil bölgesine pompalama

C) Emmeli hareketli tarak dubasıyla ödünç alma ve sahile gökkuşağı şeklinde dökme,

D) Emmeli hareketli tarak dubasıyla ödünç alma ve tekrar kullanma çukuruna dökme, emmeli tarak dubasıyla tekrar ödünç alma ve boru hattından sahile pompalama,

E) Emmeli taraklı duba yükleme mavnaları yakın kıyı bölgesine dökme,



Şekil 15. Sahil besleme gösterimi

F) Kesmeli emmeli taraklı dubayla ödünç alma ve direkt boru hattıyla sahile pompalama,

G) Kesmeli emmeli taraklı dubayla ödünç alma ve sahile gökkuşağı şeklinde püskürtme aleti dubasıyla pompalama,

H) Kesmeli emmeli taraklı duba mavnası tarafından yüklenmiş emmeli taraklı duba yükleme mavnalarıyla, kıyıya direkt olarak bir boru hattıyla malzeme pompalama,

I) Kesmeli emmeli taraklı duba yükleme mavnalarıyla tekrar kullanma kuyusuna dökme, diğer kesmeli emmeli taraklı dubayla malzemeyi tekrar ödünç alma ve bir boru hattından sahile pompalama,

1.9. Ödünç Malzeme ve Davranışını Temsil Eden Teorik Modeller

Yapay besleme için gerekli olan malzemeye ödünç malzeme adı verilir. Krumbein, James, Dean ve Hobson tarafından modeller önerilmiştir. Bu modellerde genellikle aşağıdaki kabuller yapılmaktadır (Pilarczyk vd., 1986).

- a) Kıyıda tabii malzeme çevre için uygundur.
- b) Kıyıya yerleştirilen dolgu malzemesinin tüm hacmi, yerel yöntemler tarafından seçilir ve doğal malzemedeki tane çapına uygun olur, ya da
- c) Minimum dolgu parçası tabii-benzer tane çapı dağılımını meydana getirmek için seçilir.
- d) Hem doğal hem de ödünç tane çapları normalde tanımlanmış olarak farzedilir.

$$\Phi = -\log_2 D \quad (143)$$

$$2^{-\Phi} = D \quad (144)$$

D mm, ile ifade edilir. Böylece tane çapı dağılımı aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$f(\Phi) = \frac{1}{\sigma_\Phi \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\Phi - \mu_\Phi)^2}{2\sigma_\Phi^2}\right\} \quad (145)$$

$f(\Phi)$ = Φ tanecik sınıflamasının frekansı ,

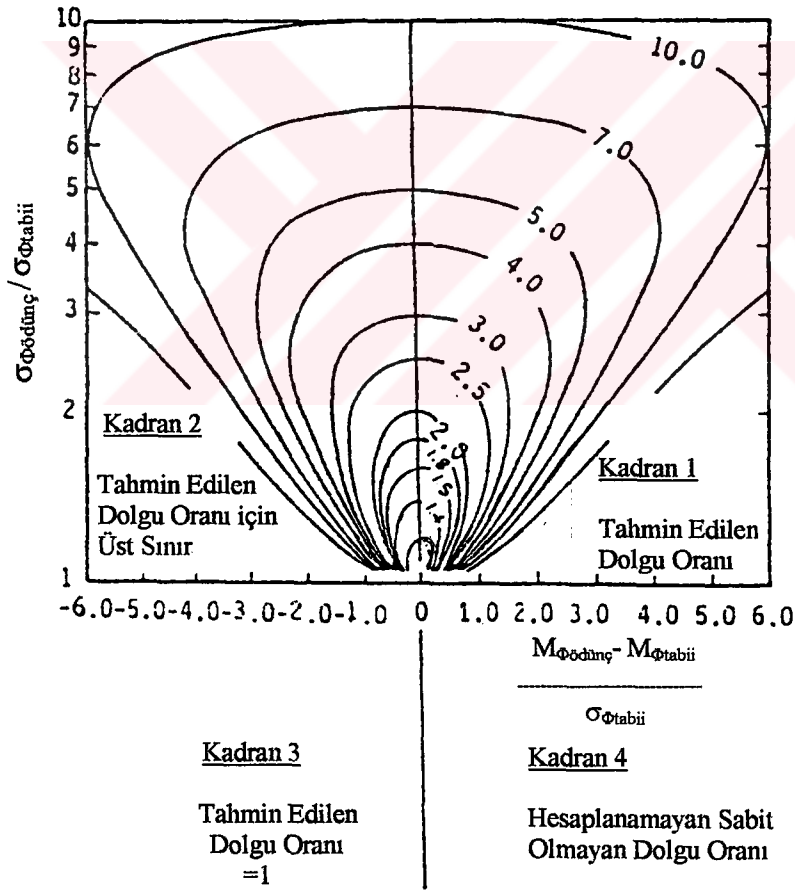
$\mu_{\Phi} = \Phi'$ nin ortalama değeri ,

σ_{Φ} = standart sapmasıdır.

1.9.1. Dolgu Oranı

1.9.1.1. $R_{\Phi_{crit}}$ Dolgu Faktörü

Krumbein (1957), Krumbein ve James (1965), ödünç malzemenin tane çapı dağılışı, tabii malzemedan farklı olduğu taktirde, ödünç malzemeye ilave edilecek gerekli miktarı bulmak için bir yöntem geliştirmişlerdir (Şekil 16).



Şekil 16. $R_{\Phi_{crit}}$ faktörünün değişimi

$$R_{\Phi_{crit}} = \frac{\sigma_{\Phi_b}}{\sigma_{\Phi_n}} \exp - \frac{(M_{\Phi_n} - M_{\Phi_b})^2}{2(\sigma_{\Phi_n}^2 - \sigma_{\Phi_b}^2)} \quad (146)$$

$$M_{\Phi} = (\Phi_{84} + \Phi_{16}) / 2 \quad (\text{M'nin daha geniş değeri daha ince malzemeyi gösterir})$$

$$\sigma_{\Phi} = (\Phi_{84} - \Phi_{16}) / 2$$

$$\Phi_{84} = 84th$$

$$\Phi_{16} = 16th$$

b= Ödünç malzeme indisi.

n= Doğal malzeme indisi.

Esas olarak, tabii tane çapı dağılışına göre elde edilecek olan kıyının gerekli hacmi, ödünç malzemenin gerekli miktarının hesaplanması için $R_{\Phi_{crit}}$ kritik dolgu (overfill) oranı ile çarpılmalıdır.

1.9.1.2. R_D Dolgu Faktörü

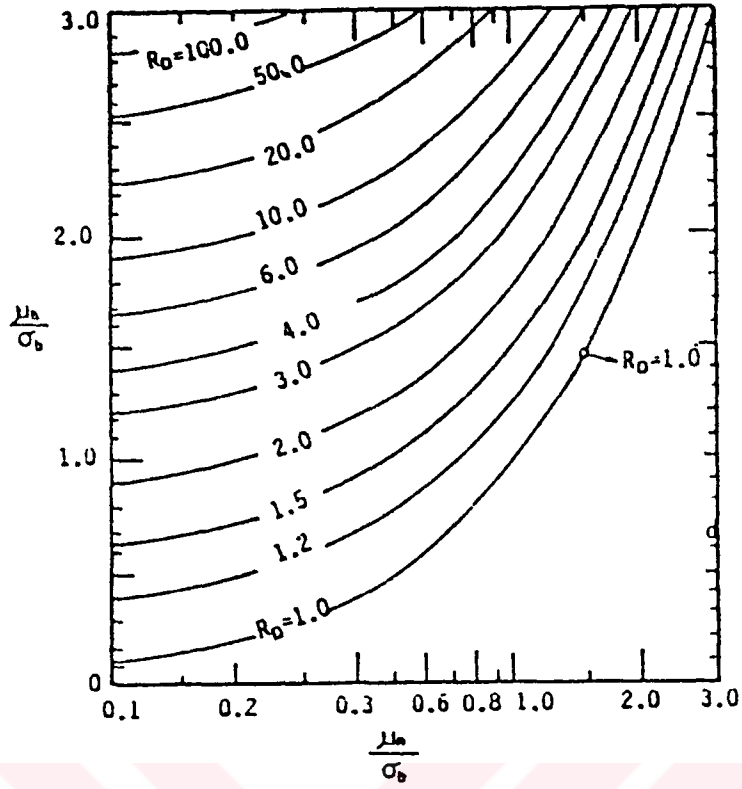
Dean, tüm dolgu malzemesinin, tabii malzemedan daha kaba, değişmez olduğunu kabul etmektedir. Dean'in modeli daha gerçekçidir. Bununla birlikte, sakıncaları da vardır (Şekil 17).

1-Tabii ayıklamayla oluştuğunda, sonuçta ortaya çıkan ödünç malzemenin tanecik-çap dağılımı, esas dağılımdan önemli ölçüde farklı olabilir.

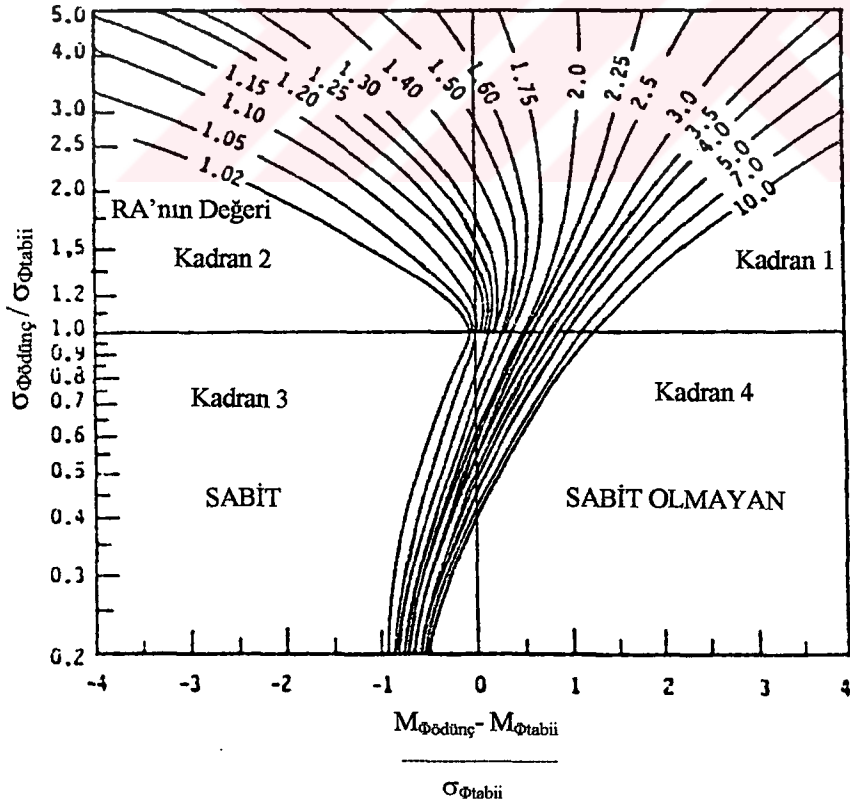
2- Daha kötü ayıklanan, daha kaba ödünç malzeme durumunda daha ince malzemeler kesinlikle ayrılacağı halde, model tam bir stabilite tahmini yapar.

1.9.1.3. R_A (SPM) Dolgu Faktörü

Tabii malzemedan daha ince ödünç malzeme için, Krumbein ve James Modeli'nin ($R_{\Phi_{crit}}$) kritik tane çapı kavramı kabul edilir. Daha kaba ödünç malzemeler için sabit çap, $\mu - \sigma$ 'yi bir maksimum dereceye çıkartabilir (Şekil 18).



Şekil 17. R_D , Dean'in üst dolgu oranının eğrileri



Şekil 18. R_A oranı için uyarlanmış SPM eğrileri

Hobson, yaptığı çalışmalarla kıyı dolgu modellerini değerlendirdikten sonra, James (1975), tarafından önerilen uyarlanmış SPM metodu'nun, ödünç ve tabii sedimentler arasında benzerlik olmaması durumunda dolgu faktörü R_d 'yi belirlemek için kullanılması gerektiği sonucuna varmıştır.

1.9.2. Geri Çekilme Miktarı

Krumbein ve James modelinin iyi seçilmiş ödünç malzeme ve yetersiz derecede seçilmiş doğal malzeme için dolgu oranlarını tahmin etmekte yetersiz bir metod olduğunu belirtmiştir (James, 1974) (Şekil 19).

Esas olarak iki ayrı bölge belirlenmektedir. Bunlar malzemenin, dalga ve hareketine maruz kaldığı aktif bölge ve Backshore (arka kıyı) ile altta bulunan yatak malzemelerinden oluşan aktif olmayan bölgelerdir. Bu oran, ödünç malzeme olarak kabul edilen aktif olmayan bölgedeki ("Rezervuardaki ") toplam çıkış oranı ve tane çapı dağılımı ile tahmin edilebilir. Genel formül şöyledir;

$$R_j = \frac{E_b}{E_n} = \left[\int_{\Phi} \frac{f_b(\Phi) * f'_n(\Phi)}{f_n(\Phi)} d\Phi \right]^{-1} \quad (147)$$

E_b = Ödünç malzemeyle ilgili geri çekilme oranı.

E_n = Tabii malzemeyle ilgili geri çekilme oranı

$f_b(\Phi)$ = Ödünç malzemenin Φ dağılımı.

$f_n(\Phi)$ = Tabii malzemenin Φ dağılımı.

$f'_n(\Phi)$ = Erozyon durumunda aktif bölgedeki Φ dağılımı,

James'in sonuçları şöyledir.

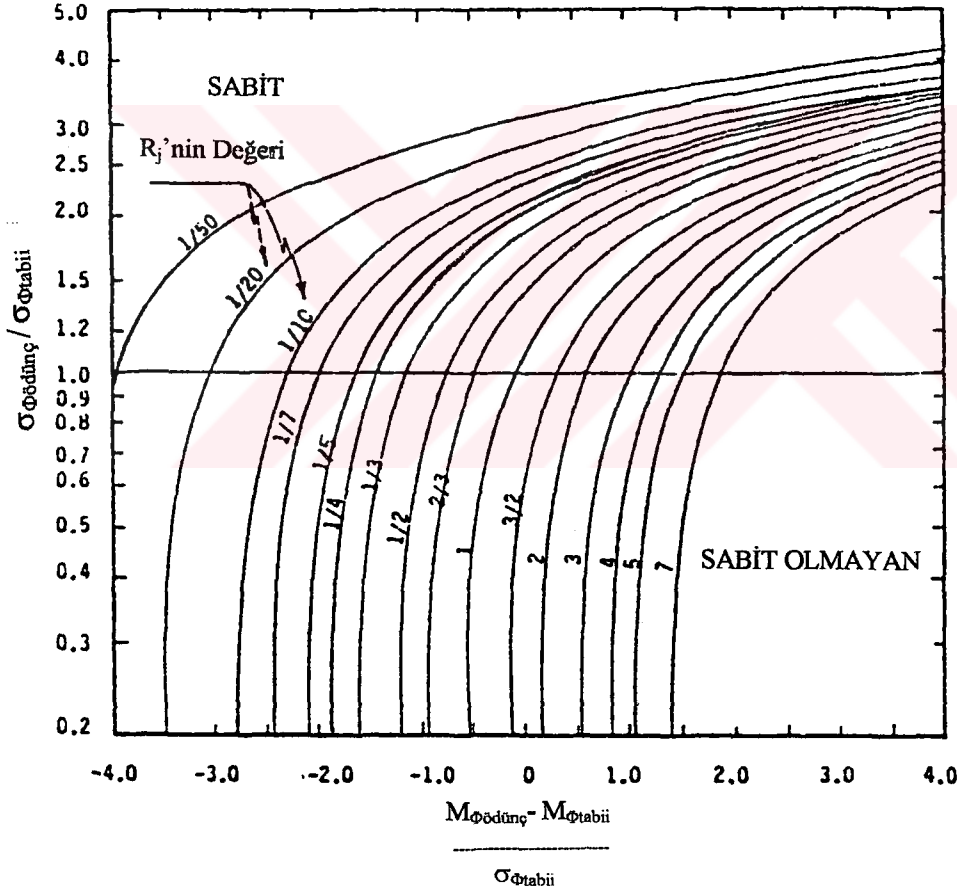
1- Relatif geri çekilme oranı ile dolgu oranı arasında çelişki vardır. Bunları şu şekilde açıklanabilir:

- Dolgu oranı, ödünç malzemenin kısmen kesin kalıcı olduğu ve sonuçta orjinal malzemelerin sınırlı bir bölümünün, belirsiz bir şekilde kıyıda kalacağı varsayımından hesaplanmaktadır.

- Relatif geri çekilme oranında ise, hiçbir malzemenin mutlak suretle kalıcı olmadığı, fakat daha kaba malzemenin daha ince malzemeden daha kalıcı olduğu varsayımından hesaplanır.

2- Dolgu oranı sonuçta planlanmış projeyi yapmak için gerekli ödünç malzeme miktarını tahmin etmekte kullanılabilir. Relatif geri çekilme oranı ise, doğal malzemeyle ilgili tabii erozyon oranına bağlı periyodik yeniden besleme maliyetini belirlemede kullanılabilir.

Hobson, James (1974)'in yeniden besleme faktörü R_j 'nin, gerekli yeniden besleme frekansına göre, çeşitli ödünç malzemeleri karşılaştırmak için uygulanabileceği sonucuna varmıştır.



Şekil 19. James metodu için geri çekilme miktarı eğrileri

1.9.3. Malzemenin Taşınmasındaki Kayıplar

Hobson (1977), taşınım sırasında, ödünç malzemenin kayıpları üzerinde çalışmıştır. Bu kayıpları hesaba katmaksızın, normal olarak yukarıdaki modellerle karar verilen böyle kayıplar, sonuçtaki dolgu oranını ve yeniden besleme faktörünü etkileyecektir. Özellikle hidrolik taşıma ve yerleştirme yöntemleri tarama operasyonundan sonra sahilde kalan malzemenin özelliklerini etkileyecektir. Tarama kayıplarının tayin edilmesinin değişik bir yöntemin yararlı olacağı ekipman ve taşınım kayıpları sayesinde görülmüştür.

Hobson ve James (1978), daha ince taneciklerin kritik bir çapa kadar, artan bir çapla azalan bir oranda kayb olduğu düşüncesine dayalı bir Taşıma-Kayıp modeli önermektedir. Bu kritik çaptan daha büyük çapları olan parçacıklar tutulacaktır. Bu model aşağıdaki gibidir:

$$V_L / V_B = \left(1 - \frac{1}{K}\right) \quad (148)$$

Burada,

V_B =Dip malzeme hacmi

V_L = V_B 'den hacim kaybı

$K = \Phi^*$ Kesin çaptan daha büyük tane çapları için, (dolgu) yerleştirmenin aşma yüzdesi ve dip (Ödünç) malzemesi arasındaki sabit oran.

Hobson ve James, tarama ve taşıma işlemleri, dolgu malzemesinin ödünç malzemedan açıkça daha kaba olacak şekilde, sedimentin doku özelliklerini değiştirdiği sonucuna varmışlardır. Bu değişiklikler dolgu ve yeniden besleme modelleriyle tahmin edildiği gibi dolgu performansını iyileştirmektedirler. Önerilen taşıma işlemi kayıpları modeli, yaklaşık iki kat olarak kayıpları göstermektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Model Çalışmaları

Kıyı problemlerinin laboratuvar model çalışmalarıyla (fiziksel modelleme) incelenmesi, tüm dünyada yaygın olarak uygulanan bir tekniktir. Fiziksel modelleme, bazı hataları beraberinde getirmesine karşın, pek çok problemin çözümünde başarıyla uygulanmaktadır (Kevin, 1991; Kraus, 1991; Dean, 1985; Kamphuis, 1985).

Kıyı mühendisliği problemleri, önceki bölümde de anlatıldığı gibi, birçok parametreyi içermekte ve bu parametrelerin birbirleriyle olan ilişkileri, yöreden yöreye değişmekte ve karmaşık bir yapı oluşturmaktadır. Bu nedenle, bir kıyı probleminin incelenmesi, öncelikli olarak prototip üzerinde birebir ölçümlerden elde edilen sonuçlardan çözüme gitmek, bu olmadığı takdirde o yörenin özelliklerini ölçeklendirmek suretiyle, laboratuvarlarda fiziksel modeli yapılarak veya çeşitli sayısal modelleme yöntemleri yardımıyla yapılmaktadır. Sayısal yöntemler, genel olarak, kıyı hidrodinamiğinin karmaşıklığı nedeniyle yaklaşık ve belirli sınırlar altında çözüm üretebilmektedirler. Bu yöntemlerin güvenilirliği henüz test edilme aşamasındadır. Diğer taraftan, prototipler üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlarla fiziksel modelleme yöntemi ile elde edilen sonuçlar arasındaki yakınsamanın, sayısal modelleme sonuçlarından daha fazla olduğu belirtilmektedir (Güler, 1985; Lakhan, 1989). Fiziksel model çalışmalarından elde edilen sonuçlar boyutsuz sayılar şekline çevrildiğinde, tabiattaki uygulamalara kolaylık sağladığı gibi laboratuvar şartlarının meydana getirmiş olduğu olumsuzlukları da azaltıcı nitelik taşımaktadır (Çatakli, 1963; Wang, 1994; Hallermeier, 1985).

2.1.1. Model Ölçeğinin Belirlenmesi

Tabiattaki bir problemi laboratuvarda incelemek için çeşitli büyüklüklerin (uzunluk, kuvvet, zaman vb..) belirli ölçeklerde küçültülmesi gerekir. Fakat elde edilecek sonuçlar, gerçek değerlerden farklı olacaktır. Bu farkları en aza indirmek için, model ölçeğini küçük seçmek gerekir. Ancak bu ölçek, laboratuvarın fiziksel olanaklarıyla sınırlıdır. Genel olarak , kıyı ile ilgili 3 boyutlu model çalışmalarında 1/50-1/150 arasındaki ölçekler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan deney havuzunun uzunluğu 30 m, genişliği 12 m

ve derinliği 1.2 m dir. Çalışmada uzunluk leği 1/75 olarak seçilmiştir. Bu ölçeğe göre diğer parametrelerin nasıl hesaplanacağı konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Araştırmalar yatay ve düsey ölçeklerin aynı olması (distorsiyonsuz) durumunun daha iyi sonuç vereceğini ortaya koymuştur belirtilmektedir (Güler, 1985; Lakhan, 1989).

İki boyutlu model havuzunda model leğinin mümkün olduğu kadar büyük seçilmesinin , hatta gerçek yapının bire bir modellemesinin en ideal çözümü vermesine rağmen ekonomiklik ve çok büyük zaman kayıpları göz önüne alındığında , 1/10-1/30 arasındaki model leklerinin oldukça iyi sonuçlar verdiği , yapılan literatür çalışmaları sonunda görülmüştür (Battjes, 1974; Vasco Casta, 1981). Bu çalışmada kanalın uzunluğu 30 m, genişliği 1.45 m. ve derinliği 1.25 m. dir. Çalışmada model leği 1/25 olarak seçilmiştir.

2.1.2. Kıyı ve Malzeme zelliklerinin Belirlenmesi

Yapılan araştırmalardan, Doğu Karadeniz Bölgesi kıyı malzemesinin dağılımının, derinliğe bağlı olarak 0.02 mm ile 0.8 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Bölgenin birçok yöresinden alınan numuneler sonucunda, taban malzemesi ortalama çapı $d_{50}=0.33$ mm olarak elde edilmiştir (Yüksek, 1992). Kıyı model çalışmalarında en önemli sorun, model dane çapının belirlenmesi olarak bilinmektedir. Taban malzemesi çapının model leği seçimi konusunda bugüne kadar kesin bir çözüm getirilememiştir. Bu konuda pek çok araştırma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Dane apı ile model ölçek ilişkisini veren çeşitli deneysel çalışmalar ve kıyıda katımadde hareketi ile ilgili denklemlerden yola çıkarak, değişik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu konuda diğer bir yaklaşım tarzı da, farklı yoğunlukta malzeme kullanmayı tavsiye eden çalışmalardır. Farklı yoğunlukta malzemelerden elde edilen sonuçların güvenilirliği de tartışılmaktadır. Kıyı değişimi ve kıyı boyu katımadde taşınımı ile ilgili formüllere dayanarak yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, tabiatta $d_{50}=0.33$ mm çapına karşılık gelen model dane çapı 1/75 leğine göre $(d_{50})_m=0.11$ mm , başka bir yaklaşıma göre ise $(d_{50})_m=0.15$ mm olarak elde edilmektedir . Bu çalışmada ise, elde edilebilen en küçük çap olan $d_{50}=0.18$ mm dane çaplı ve 2.65 t/m³ yoğunluğundaki silisli kuvars kumu kullanılmıştır (Yüksek, 1992; Güler, 1985; Wang, 1994; Noda, 1972; Ito, 1984).

Diğer uzunluk ölçekleri $\lambda=1/75$, zaman ölçeği, uzunluk ölçeğinin karekökü olduğundan $\lambda_t=1/8.66$ olarak hesaplanmıştır.

İki boyutlu model havuzunda da $d_{50}=0.18$ mm. ve $d_{50}=0.27$ mm dane çapı kullanılmıştır. Daha önce yapılmış çalışmalardan, Doğu Karadeniz Bölgesinin kıyı eğiminin 1/20 ile 1/30 arasında değiştiği belirlenmiştir (Yüksek, 1992). Bu çalışmalardan hareketle yöreyi temsil edecek şekilde taban eğimi 1/25 olarak seçilmiştir.

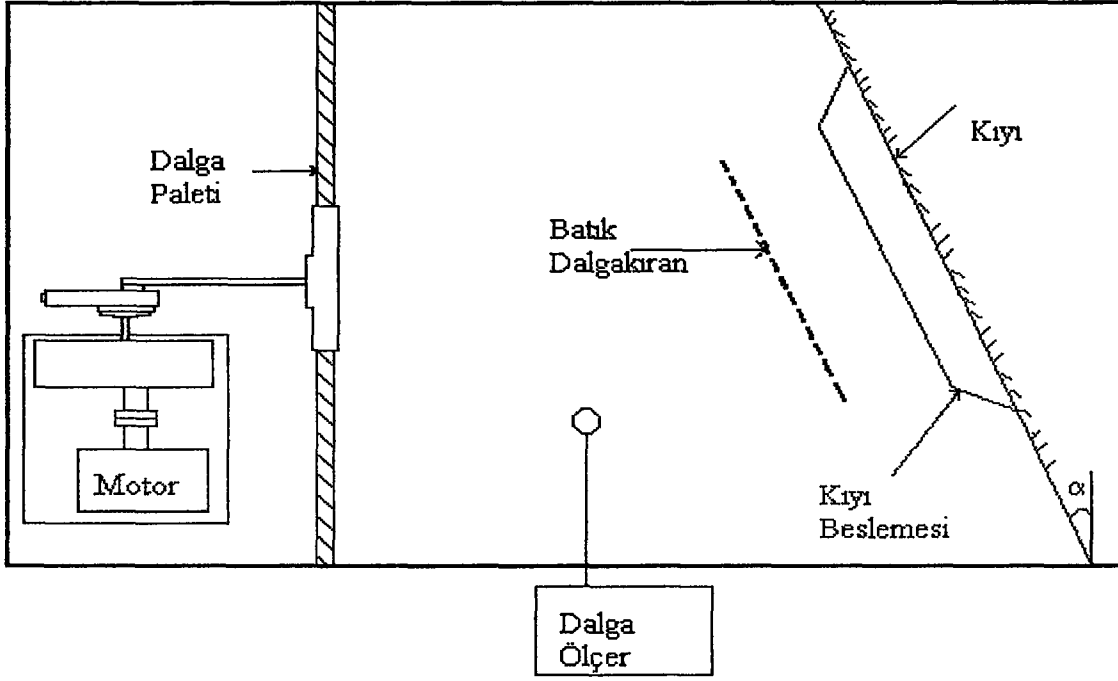
2.1.3. Dalga Parametrelerinin Belirlenmesi

Doğu Karadeniz Bölgesi kıyılarında, doğrudan dalga parametrelerini belirleyen sürekli istasyonların olmadığı daha önce belirtilmişti, diğer yandan, yörenin kıyı problemleri konusunda çeşitli çalışmalar yapılmış ve dalga parametrelerinin tahminleri yapılmıştır. Bu çalışmalardan, hakim dalga yönü N, NNW, NW olarak elde edilmiştir. Dalga geliş yönlerini ifade edebilmek amacıyla, kıyı normali ile 30° ve 0° açı yapacak açıları seçilmiştir. Bölgenin belirgin dalga yüksekliği ise 1.5m ile 4.5 m arasında değişmektedir. Bu çalışmada da 2.5 m ve 4 m dalga yükseklikleri kullanılmıştır. Bölgenin belirgin dalga periyodu ise 4 sn ile 8 sn değişmekte olup, 6.65 sn ile 7.3 sn olarak seçilmiştir. Seçilen dalga yüksekliği ve periyodlarına karşılık, dalga diklikleri ($\delta=H/L$) olarak δ : 0.0673 , 0.0451, 0.0238 , 0.054 , 0.047 , 0.037 ve 0.021 olarak elde edilmiştir (Uysal, 1995; Çam, 1986).

2.2. Model Havuzu Donanımı

3 boyutlu model havuzunda kurulu olan dalga üretim ve ölçüm sistemi; dalga üreten bir motor, motor hızını ayarlayan değişken redaktör (ayarlayıcı), sabit hız düşürücü dişli kutusu ve palet sisteminden oluşmaktadır (Şekil 20).

Dalga üretimi için kullanılan varyatörlü elektrik motoru, 10 Hp gücünde olup, dönüş hızı 50-400 devir/dakika arasında değişmektedir. Bu varyatörden elde edilen hız, tekrar sabit devirli ikinci bir dişli kutusu yardımıyla düşürülerek (yaklaşık 1/10), istenilen periyot elde edilebilmektedir. Dişli kutusu flanşına mafsallı olarak bağlı bir kol yardımıyla, paletin öne ve arkaya yatış açısı ayarlanarak, istenilen dalga yüksekliği elde edilmektedir. Oluşan dalgaların yüksekliğini ölçmek için, elektrik analogisinden hareketle, gerilim farklarından dalga yüksekliğini tespit eden elektronik cihaz kullanılmıştır. Havuz içine yerleştirilen uçlardan



Şekil 20. Üç boyutlu model havuzu donanımı

(problar) gelen gerilim farklarını, belirli oranlarda küçülterek veya büyütürük kaydediciye gönderilmesi ile dalga yükseklikleri belirlenmiştir. Dalga periyodu ise hassas kronometreyle tespit edilmiştir.

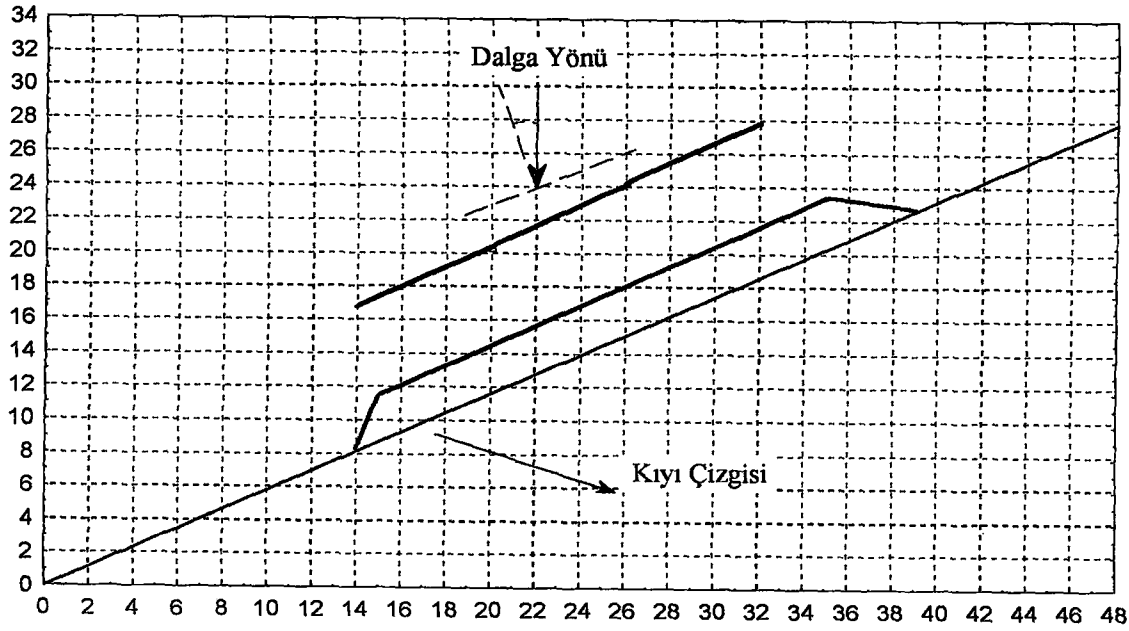
İki boyutlu dalga kanalının planı Ek Şekil 2' de gösterilmiştir. Bu kanalda kurulu bulunan dalga üretici sistem üç ana bölümden oluşur. Bunlar; alternatif akım motoru, dişli sistemi (şanzuman) ve dalga paletidir. Kullanılan alternatif akım motoru 4 Hp gücünde olup 100 devir/dak.'lık bir hıza sahiptir. Bu alternatif akım motoru istenildiğinde kolayca değiştirilebilir. Ayrıca, bu alternatif akım motorunun hızı, mevcut bulunan kontrol ünitesine bağlanarak ayarlanabilmektedir. Dişli sistemi ise bir arazili şanzuman sisteminden ibaret olup dört ileri bir geri vitesten oluşmaktadır. Bu sistem sayesinde seçilen bir periyod sabit tutulabilmektedir. Motorun flanşına mafsallı olarak bağlanan bir kol diğer ucundan da dalga paletine mafsallıdır. Dalga paleti ise dalga kanalına alttan mafsallı olarak bağlıdır. Böylece motorun flanşının her bir devrinde palet ileri-geri bir öteleme hareketi yapmaktadır. Bu öteleme hareketi sonucu dalga kanalında durgun halde bulunan suda bir dalga hareketi meydana gelmektedir. Motorun flanşındaki bu mafsallı kolun boyu değiştirilerek paletin ileri ve geri yatış açısı ayarlanabilmektedir. Bu açı ne kadar büyükse oluşacak dalga da o derece büyük olur. Bu şekilde istenilen dalganın yüksekliği ve periyodu ayarlanabilmektedir.

2.3. Yapılan Deneyler

3 boyutlu deney havuzunda istenilen su derinliğini 1/25 taban eğiminde oluşturmak için deney düzeneği hazırlandı. Taban eğimini oluşturmada kolaylık olması açısından bir adet kıyıda, bir adet de buna paralel ve 4m. uzağında 2 tane profil, yükseklikleri nivo ile ölçülerek yerleştirildi. Kıyı çizgisi dalga geliş açısıyla 30^0 'lik açı yapacak şekilde düzenlendi. Daha sonra Şile'den getirilen kum serildi. 4.5m'lik bir profil kenarlarına takılan tahtalar yardımıyla paralel profiller üzerinden çekilerek, her seferinde başlangıç taban eğimi yeniden oluşturuldu. Besleme genişliği 3 değişik boyutta ($X=13.33, 26.66, 39.99$) yapılmıştır. Daha sonra beslenen sahildeki kumun stabilitesinin daha iyi sağlanması için batık dalgakıranla kıyı korundu. Kıyı beslemesi sahilden topuk yapısına kadar yerleştirildi. Batık dalgakıranı oluşturmak için, çapları 0.5-1.0 cm arasında ve özgül ağırlıkları 2.65 t/m^3 olan taşlar kullanılmıştır. Batık dalgakıranla korunan beslenmiş kıyı alanları içerisindeki katımadde hareketini belirleyebilmek amacıyla, havuzun kenarlarını ordinat ve apsis (X,Y) olarak, alan ve 25-25, 25-12.5, 25-8cm aralıklarla bir ölçüm ağı oluşturulmuştur (Şekil 21).

Deney süresini belirlemek için, daha önce yapılmış olan çalışmalardan yararlanılmıştır. Aynı deney şartlarında yapılan çalışmalarda, dalga geliş yönüne (menba tarafına) sediment ilave edilmediği durumlarda deneylerin tümünde, ilk dört saat içinde belirleyici değişiklikler olmakta, ilk dört saatten sonraki saatlerde oyulma eğilimi yaklaşık sabit bir eğimde devam ettiği belirlenmiştir. Bu nedenle, deney sonuçlarını karşılaştırabilmek için her deney süresi 4 saat olarak seçilmiştir. Modeldeki 4 saatlik süre tabiatta 35 saatlik bir süreye karşılık gelmektedir. Her saatte bir kıyıda beslemenin değişimi izlendi. Birer saat ara ile deney düzeneğini bozmayacak şekilde deney alanına yerleştirilen tahtalar yardımıyla düzeneden diğer okumalar yapılmıştır.

2 boyutlu deney havuzunda, 3 boyutlu deney havuzunda olduğu gibi yukarıda açıklanan ön çalışmalar sonucu dalga kanalı bir model çalışması yapılabilecek duruma getirilmiştir. Burada kıyı çizgisi, dalga geliş açısıyla 0^0 lik açı yapacak şekilde düzenlendi. Malzeme yetersiz olduğu için 1/10-1/27.5 , 1/10-1/25 eğiminde bir beton taban oluşturuldu.



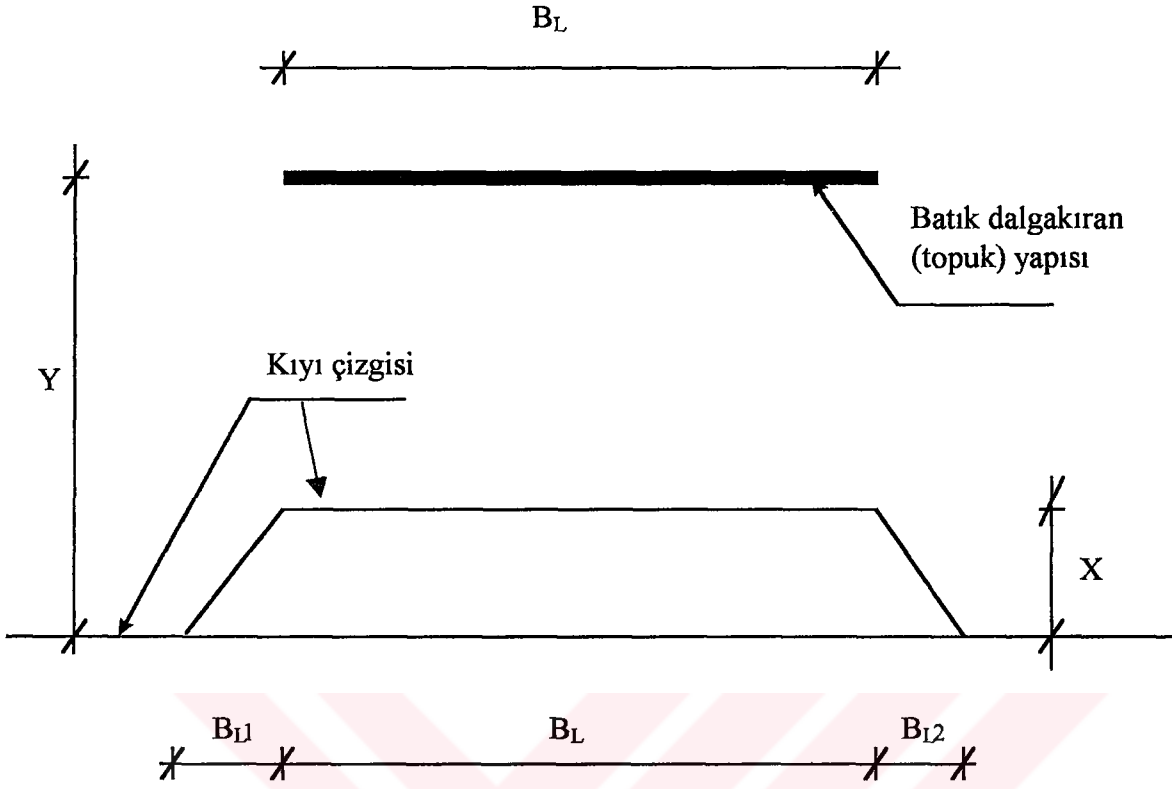
Şekil 21. Ölçüm ağı

Üzerine 15 cm kalınlığında kum ($d_{50}=0.27$ mm , $d_{50}=0.18$ mm'lik iki ayrı dane çapı için deneyler yapıldı.) serildi. Kıyı çizgisi boyunca 3 yerden ölçüm alınıp bunların ortalaması alındı. Denize doğru yani Y doğrultusunda 20 cm aralıklı bir ölçüm ağı sistemi oluşturuldu. Sahil 10, 20 ve 30 m 'lik genişletilerek suni olarak plajlar oluşturuldu.

Katımadde hareketini belirleyebilmek amacıyla, deneylere başlamadan önce ilk kum derinliği okunmuş (d_1), deney başlatılmış ve verilen sürenin sonunda aynı noktalarda (ölçüm ağı noktaları) ikinci okumalar (d_2) yapılmıştır. İkinci okuma değerinden, birinci okuma değeri çıkartılarak ($\Delta h=d_2-d_1$) farklar elde edilmiştir. Bu farklardan, pozitif (+) olanlar yığılmaya, negatif (-) olanlar ise oyulmaya karşılık gelecek şekilde belirlenmiştir.

Suni olarak besleme yapılan kıyı çizgisindeki değişiklikleri daha iyi gözlemleyebilmek için, 1 er saat ara ile şerit metre yardımıyla kenardan ölçümler alınmıştır. Deney sonuçlarını değerlendirirken bu ölçümlerden de yararlanılmıştır. Üç boyutlu model deneylerini iki boyutlu model deneyleriyle karşılaştırmak için, deney alanı karelere ayrılarak ölçüm sonuçları bunlara göre değerlendirilmiştir.

Deney düzenekleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir (Şekil 22., Şekil 23., Ek Şekil 3., Ek Şekil 4.).



Şekil 23. Suni olarak beslenmiş kıyı ve batık dalgakıranın üç boyutlu model havuzunda şematik gösterimi.

Yapılan deneylerde göz önüne alınan parametreler şunlardır ;

- Dalga Geliş Açısı (α)
- Dalga Periyodu (T)
- Dalga Uzunluğu (L)
- Dalga Yüksekliği (H)
- Taban Eğimi (m)
- Suni Beslenmiş Kıyı Genişliği (X)
- Suni Beslenmiş Kıyı Genişliği (Batık Suni Beslemeli) (X_{top})
- Batık Dalgakıranın Kıyıdan Uzaklığı (Y)
- Batık Dalgakıranın Üstündeki Su Derinliği (h_{su})
- Batık Dalgakıranın Mansap Kısımındaki Su Derinliği (h_{ma})
- Batık Dalgakıranın Menba Kısımındaki Su Derinliği (h_{me})

- Batık Dalgakıranın Yüksekliği (h_y)
- Batık Dalgakıran Kret Genişliği (X_t)
- Dane Çapı (d_{50})
- Suni Kıyı Beslemesinin Boyu (B_L)

Yapılan deneylerin verileri Tablo 5., Tablo 6., Tablo 7.' de verilmiştir.

Tablo 5. Yapılan Deneyler (3 Boyutlu model havuzu, başlangıç ve yapısız)
($m=1/10-1/25$, $\alpha_0=30^\circ$, $T=0.84$ sn , $B=1.0$ m , $t=0-4$, $Lr=1/75$)

Deney No	H_0 (cm)	H_0/L_0	X (cm)	B_L (cm)
1	2.35	0.021		
2	4.07	0.037		
3	5.20	0.047		
4	5.97	0.054		
5	2.35	0.021	13.33	200
6	2.35	0.021	26.67	200
7	2.35	0.021	39.99	200
8	4.07	0.037	13.33	200
9	4.07	0.037	26.67	200
10	4.07	0.037	39.99	200
11	5.20	0.047	13.33	200
12	5.20	0.047	26.67	200
13	5.20	0.047	39.99	200
14	5.97	0.054	13.33	200
15	5.97	0.054	26.67	200
16	5.97	0.054	39.99	200

Tablo 6. Yapılan Deneyler (3 Boyutlu model havuzu, YK ve YB yapı tipli)

($m=1/10-1/25$, $\alpha_0=30^\circ$, $T=0.84$, $L_r=1/75$)

D. No	H ₀ (cm)	X _{YK} (cm)	Y (cm)	h _{su} (cm)	h _y (cm)	X _{YB} (cm)	h _{me} (cm)	h _{ma} (cm)	X _t (cm)
1	2.35	13.33	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
2	2.35	26.67	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
3	2.35	39.99	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
4	2.35		116.50	2.80	1.86	13.33	3.72	5.10	13.98
5	2.35		116.50	2.80	1.86	26.67	3.18	5.10	13.98
6	2.35		116.50	2.80	1.86	39.99	2.55	5.10	13.98
7	4.07	13.33	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
8	4.07	26.67	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
9	4.07	39.99	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
10	4.07		116.50	2.80	1.86	13.33	3.72	5.10	13.98
11	4.07		116.50	2.80	1.86	26.67	3.18	5.10	13.98
12	4.07		116.50	2.80	1.86	39.99	2.55	5.10	13.98
13	5.97	13.33	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
14	5.97	26.67	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
15	5.97	39.99	116.50	2.80	1.86		4.25	5.10	13.98
16	5.97		116.50	2.80	1.86	13.33	3.72	5.10	13.98
17	5.97		116.50	2.80	1.86	26.67	3.18	5.10	13.98
18	5.97		116.50	2.80	1.86	39.99	2.55	5.10	13.98
19	2.35	13.33	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98
20	2.35	26.67	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98
21	2.35	39.99	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98
22	2.35		105.79	2.80	1.65	13.33	3.77	4.68	13.98
23	2.35		105.79	2.80	1.65	26.67	3.23	4.68	13.98
24	2.35		105.79	2.80	1.65	39.99	2.55	4.68	13.98
25	4.07	13.33	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98
26	4.07	26.67	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98
27	4.07	39.99	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98

Tablo 6. Devam

D. No	H ₀ (cm)	X _{YK} (cm)	Y (cm)	h _{su} (cm)	h _y (cm)	X _{YB} (cm)	h _{me} (cm)	h _{ma} (cm)	X _t (cm)
28	4.07		105.79	2.80	1.65	13.33	3.77	4.68	13.98
29	4.07		105.79	2.80	1.65	26.67	3.23	4.68	13.98
30	4.07		105.79	2.80	1.65	39.99	2.55	4.68	13.98
31	5.97	13.33	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98
32	5.97	26.67	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98
33	5.97	39.99	105.79	2.80	1.65		4.30	4.68	13.98
34	5.97		105.79	2.80	1.65	13.33	3.77	4.68	13.98
35	5.97		105.79	2.80	1.65	26.67	3.23	4.68	13.98
36	5.97		105.79	2.80	1.65	39.99	2.55	4.68	13.98
37	2.35	13.33	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
38	2.35	26.66	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
39	2.35	39.99	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
40	2.35		128.14	2.80	2.30	13.33	4.30	5.60	13.98
41	2.35		128.14	2.80	2.30	26.66	3.90	5.60	13.98
42	2.35		128.14	2.80	2.30	39.99	3.50	5.60	13.98
43	4.07	13.33	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
44	4.07	26.66	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
45	4.07	39.99	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
46	4.07		128.14	2.80	2.30	13.33	4.30	5.60	13.98
47	4.07		128.14	2.80	2.30	26.66	3.90	5.60	3.98
48	4.07		128.14	2.80	2.30	39.99	3.50	5.60	13.98
49	5.97	13.33	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
50	5.97	26.66	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
51	5.97	39.99	128.14	2.80	2.30		4.70	5.60	13.98
52	5.97		128.14	2.80	2.30	13.33	4.30	5.6	13.98
53	5.97		128.14	2.80	2.30	26.66	3.90	5.60	13.98
54	5.97		128.14	2.80	2.30	39.99	3.50	5.60	13.98

Tablo 7. Yapılan deneyler (2 boyutlu model havuzu, başlangıç ve yapısız)

($\alpha_0=0^0$, B=1 m , t= 0-600 dak. , $L_r=1/25$)

Deney No	H ₀ (cm)	H ₀ /L ₀	T (sn)	m	d ₅₀ (mm)	X (cm)
1	6.80	0.021	1.46	1/10-1/27	0.27	
2	12.28	0.037	1.46	1/10-1/27	0.27	
3	17.52	0.054	1.46	1/10-1/27	0.27	
4	18.56	0.0673	1.33	1/10-1/27	0.27	
5	12.44	0.0451	1.33	1/10-1/27	0.27	
6	5.56	0.0238	1.33	1/10-1/27	0.27	
7	6.80	0.021	1.46	1/10-1/25	0.18	
8	10.41	0.0313	1.46	1/10-1/25	0.18	
9	12.28	0.037	1.46	1/10-1/25	0.18	
10	15.32	0.047	1.46	1/10-1/25	0.18	
11	17.52	0.054	1.46	1/10-1/25	0.18	
12	6.80	0.021	1.46	1/10-1/25	0.18	40
13	6.80	0.021	1.46	1/10-1/25	0.18	80
14	6.80	0.021	1.46	1/10-1/25	0.18	120
15	12.28	0.037	1.46	1/10-1/25	0.18	40
16	12.28	0.037	1.46	1/10-1/25	0.18	80
17	12.28	0.037	1.46	1/10-1/25	0.18	120
18	15.32	0.047	1.46	1/10-1/25	0.18	40
19	15.32	0.047	1.46	1/10-1/25	0.18	80
20	15.32	0.047	1.46	1/10-1/25	0.18	120
21	17.52	0.054	1.46	1/10-1/25	0.18	40
22	17.52	0.054	1.46	1/10-1/25	0.18	80
23	17.52	0.054	1.46	1/10-1/25	0.18	120

3. BULGULAR

Bu bölümde, iki boyutlu ve üç boyutlu model deneyleri sonuçlarından elde edilen bulgular verilmiştir.

Deneylere başlamadan önce, yapılan literatür çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, suni kıyı beslemesi ve batık dalgakıranın temel parametreleri olarak, suni kıyı beslemesi genişliği (X), suni kıyı beslemesinin boyu (l), suni kıyı beslemesinin döküleceği yer, batık dalgakıranın başlangıç kıyısından olan uzaklığı (Y), batık dalgakıranın kret genişliği (Xt), batık dalgakıranın su seviyesinden olan mesafesi (h_{su}), dalga dikliği (Ho/Lo) gibi parametreler ele alınmıştır. Birinci seri deneylerde üç boyutlu batık dalgakıransız 16 adet deney yapılmış, suni kıyı besleme genişliği ($X_{YPZ}=13.33, 26.66, 39.99\text{cm.}$) 3 kez değiştirilmiş, kıyı beslemesinin boyu $B_L=200\text{ cm.}$, dalga yüksekliği (2.35cm, 4.07cm., 5.20cm. ve 5.97cm.) 4 kez değiştirildi, periyod ve plaj yüksekliği ise sabit alındı. Elde edilen veriler Tablo 8 'de verilmiştir.

Şekil 22 ve 23'deki gibi iki ve üç boyutlu model deneylerinin topografik değişimi milimetrik kağıda çizildi. Besleme yapılan kıyı bölgesindeki genişlikler ($X=13.33, 26.66, 39.99\text{cm.}$) için yanıl alanlar hesaplandı. Yanıl alanlar besleme boyuyla çarpılarak toplam hacimler (V_t) bulunmuştur. Daha sonra her deney için bu yanıl alanların erozyon kayıp hacimleri (V_e) hesaplandı. V_t 'lerden çıkarılarak kıyıda kalan hacimler (V_k) bulunmuştur. Bu değerler birbirine oranlanarak kıyıda kalan besleme hacmi oranı elde edilmiştir ($R_K=V_k/V_t$). Deneylerin hepsi aynı şekilde elde edilerek çizelgelerde verilmiştir.

İkinci seri deneylerde ise, batık dalgakıran yapısı (YK) yapılarak, batık dalgakıranın kıyıda kalan besleme hacim oranını (R_K 'yı) etkilemesini incelenmiştir. Yapısızda yapılan deneylerle karşılaştırma yapabilmek için aynı deneyler burada da yapılmıştır. Besleme genişliği ($X_{YK}=13.33, 26.66, 39.99\text{cm.}$) 3 kez değiştirilmiş, dalga yüksekliği (2.35cm, 4.07cm., ve 5.97cm.) 3 kez değiştirilmiş, batık dalgakıran yapısının kıyıya olan mesafesi ise 3 kez ($Y= 105.79\text{cm.}, 116.5, \text{cm. ve } 128.14\text{cm}$) değiştirilmiş, toplam 28 tane deney yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 9 'de verilmiştir.

Üçüncü seri deneylerde ise, batık dalgakıranlı ve batık profil besleme yapısı (YB) yapılarak, kıyıda kalan besleme hacim oranını (R_K 'yı) etkilemesini incelenmiştir. Diğer yapı tiplerinde yapılan deneylerle karşılaştırma yapabilmek için aynı deneyler burada da

yapılmıştır. Besleme genişliği ($X_{YB}=13.33, 26.66, 39.99\text{cm.}$) 3 kez değiştirilmiş, dalga yüksekliği (2.35cm, 4.07cm., ve 5.97cm.) 3 kez değiştirilmiş, batık dalgakıran yapısının kıyıya olan mesafesi ise 3 kez ($Y= 105.79\text{cm.}, 116.5, \text{cm. Ve } 128.14\text{cm}$) değiştirilmiş, toplam 28 tane deney yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 10 'da verilmiştir.

Dördüncü seri deneylerde iki boyutlu model havuzunda toplam 23 tane deney yapılmıştır. Bunların 6 tanesinde dane çapı $d_{50}= 0.27\text{mm.}$, periyodu ($T=1.46, 1.33\text{sn.}$), taban eğimi 1/27 olarak alınmış, diğerlerinin daha sonra taban eğimi 1/25 olarak alınmış çapıda $d_{50}=0.18 \text{ mm.}$ ve periyodu ($T=1.46 \text{ sn}$) olarak alınmış ve 5 tane başlangıç deneyi yapılmıştır. Daha sonra suni kıyı beslemesi genişliği ($X_{YPZ}=13.33, 26.66, 39.99\text{cm.}$) 3 kez değiştirilmiş, taban eğimi 1/25 olarak alınmış, dane çapı $d_{50}= 0.18\text{mm}$, periyodu ($T=1.46\text{sn.}$), ve batık dalgakıransız olarak 12 tane deney yapılmıştır. Deney her 100 dakikada bir topografik değişiklikleri ölçülmüş ve toplam 600 dakika çalıştırılmıştır. Deney sonuçları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 8. Birinci seri deney sonuçları

($m=1/10-1/25$, $\alpha_0=30^0$, $T=0.84 \text{ sn}$, $B=1.0 \text{ m}$, $t=0-4$, $Lr=1/75$)

Deney No	H_0 (cm)	H_0/L_0	X (cm)	B_L (cm)	$R_k=(V_k/V_t)$
1	2.35	0.021			
2	4.07	0.037			
3	5.20	0.047			
4	5.97	0.054			
5	2.35	0.021	13.33	200	0.578
6	2.35	0.021	26.67	200	0.427
7	2.35	0.021	39.99	200	0.379
8	4.07	0.037	13.33	200	0.620
9	4.07	0.037	26.67	200	0.502
10	4.07	0.037	39.99	200	0.403
11	5.20	0.047	13.33	200	0.461
12	5.20	0.047	26.67	200	0.411
13	5.20	0.047	39.99	200	0.380
14	5.97	0.054	13.33	200	0.558
15	5.97	0.054	26.67	200	0.461
16	5.97	0.054	39.99	200	0.355

Tablo 9. İkinci seri deney sonuçları
 ($m=1/10-1/25$, $\alpha_0=30^0$, $T=0.84$, $L_r=1/75$)

D. N	H ₀ (cm)	X _{YK} (cm)	Y (cm)	h _{su} (cm)	h _y (cm)	h _{mc} (cm)	h _{ma} (cm)	X _t (cm)	R _K Vk/Vt
1	2.35	13.33	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.946
2	2.35	26.67	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.7076
3	2.35	39.99	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.478
4	4.07	13.33	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.913
5	4.07	26.67	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.585
6	4.07	39.99	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.529
7	5.97	13.33	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.834
8	5.97	26.67	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.649
9	5.97	39.99	116.50	2.80	1.86	4.25	5.10	13.98	0.585
10	2.35	13.33	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.804
11	2.35	26.67	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.6828
12	2.35	39.99	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.494
13	4.07	13.33	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.772
14	4.07	26.67	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.563
15	4.07	39.99	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.464
16	5.97	13.33	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.795
17	5.97	26.67	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.712
18	5.97	39.99	105.79	2.80	1.65	4.30	4.68	13.98	0.549
19	2.35	13.33	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.80
20	2.35	26.66	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.56
21	2.35	39.99	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.52
22	4.07	13.33	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.75
23	4.07	26.66	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.59
24	4.07	39.99	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.53
25	5.97	13.33	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.77
26	5.97	26.66	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.62
27	5.97	39.99	128.14	2.80	2.30	4.70	5.60	13.98	0.54

Tablo 10. Üçüncü seri deney sonuçları

($m=1/10-1/25$, $\alpha_0=30^\circ$, $T=0.84$, $L_r=1/75$)

D. N	H ₀ (cm)	Y (cm)	h _{su} (cm)	h _y (cm)	X _{YB} (cm)	h _{me} (cm)	h _{ma} (cm)	X _t (cm)	R _K V _k /V _t
1	2.35	116.50	2.80	1.86	13.33	3.72	5.10	13.98	0.96
2	2.35	116.50	2.80	1.86	26.67	3.18	5.10	13.98	0.830
3	2.35	116.50	2.80	1.86	39.99	2.55	5.10	13.98	0.621
4	4.07	116.50	2.80	1.86	13.33	3.72	5.10	13.98	0.970
5	4.07	116.50	2.80	1.86	26.67	3.18	5.10	13.98	0.861
6	4.07	116.50	2.80	1.86	39.99	2.55	5.10	13.98	0.702
7	5.97	116.50	2.80	1.86	13.33	3.72	5.10	13.98	0.848
8	5.97	116.50	2.80	1.86	26.67	3.18	5.10	13.98	0.842
9	5.97	116.50	2.80	1.86	39.99	2.55	5.10	13.98	0.648
10	2.35	105.79	2.80	1.65	13.33	3.77	4.68	13.98	0.912
11	2.35	105.79	2.80	1.65	26.67	3.23	4.68	13.98	0.701
12	2.35	105.79	2.80	1.65	39.99	2.55	4.68	13.98	0.598
13	4.07	105.79	2.80	1.65	13.33	3.77	4.68	13.98	0.880
14	4.07	105.79	2.80	1.65	26.67	3.23	4.68	13.98	0.760
15	4.07	105.79	2.80	1.65	39.99	2.55	4.68	13.98	0.575
16	5.97	105.79	2.80	1.65	13.33	3.77	4.68	13.98	0.855
17	5.97	105.79	2.80	1.65	26.67	3.23	4.68	13.98	0.730
18	5.97	105.79	2.80	1.65	39.99	2.55	4.68	13.98	0.700
19	2.35	128.14	2.80	2.30	13.33	4.30	4.70	13.98	0.91
20	2.35	128.14	2.80	2.30	26.66	3.90	4.70	13.98	0.76
21	2.35	128.14	2.80	2.30	39.99	3.50	4.70	13.98	0.71
22	4.07	128.14	2.80	2.30	13.33	4.90	4.70	13.98	0.89
23	4.07	128.14	2.80	2.30	26.66	3.90	4.70	13.98	0.86
24	4.07	128.14	2.80	2.30	39.99	3.50	4.70	13.98	0.68
25	5.97	128.14	2.80	2.30	13.33	4.90	4.70	13.98	0.84
26	5.97	128.14	2.80	2.30	26.66	3.90	4.70	13.98	0.78
27	5.97	128.14	2.80	2.30	39.99	3.50	4.70	13.98	0.73

Tablo 11. Dördüncü seri deney sonuçları
 ($\alpha_0=0^0$, B=1 m , t= 0-600 dak. , $L_r=1/25$)

Deney No	H ₀ (cm)	T (sn)	m	d ₅₀ (mm)	X (cm)	S _B 400 dak	S _B 600 dak
1	6.80	1.46	1/10-1/27	0.27			
2	12.28	1.46	1/10-1/27	0.27			
3	17.52	1.46	1/10-1/27	0.27			
4	18.56	1.33	1/10-1/27	0.27			
5	12.44	1.33	1/10-1/27	0.27			
6	5.56	1.33	1/10-1/27	0.27			
7	6.80	1.46	1/10-1/25	0.18			
8	10.41	1.46	1/10-1/25	0.18			
9	12.28	1.46	1/10-1/25	0.18			
10	15.32	1.46	1/10-1/25	0.18			
11	17.52	1.46	1/10-1/25	0.18			
12	6.80	1.46	1/10-1/25	0.18	40	0.496	0.403
13	6.80	1.46	1/10-1/25	0.18	80	0.721	0.654
14	6.80	1.46	1/10-1/25	0.18	120		
15	12.28	1.46	1/10-1/25	0.18	40	0.845	0.876
16	12.28	1.46	1/10-1/25	0.18	80	0.646	0.608
17	12.28	1.46	1/10-1/25	0.18	120		
18	15.32	1.46	1/10-1/25	0.18	40	0.942	0.919
19	15.32	1.46	1/10-1/25	0.18	80	0.738	0.727
20	15.32	1.46	1/10-1/25	0.18	120		
21	17.52	1.46	1/10-1/25	0.18	40	0.685	0.664
22	17.52	1.46	1/10-1/25	0.18	80	0.575	0.414
23	17.52	1.46	1/10-1/25	0.18	120		

4. İRDELEME

Bu bölümde, fiziksel model çalışmalarından elde edilen bulgulardan suni besleme ve batık dalgakıran parametrelerinin kıyı koruması ve geliştirilmesi üzerindeki etkileri irdelenmiştir.

Kıyı alanlarından maksimum faydanın sağlanması için kıyı korumasının iyi yapılması gereklidir. Kıyı koruma terimi kıyılarda meydana gelebilecek taşkın, dalga etkilerine karşı tedbir ve mevcut kıyı çizgisinin erozyondan korunması anlamında kullanılır. Kıyıya paralel olarak inşaa edilen dalgakıranlar, mahmuzlar ve kıyı besleme çalışmaları vs. kıyı koruma çalışmalarına örnek olarak verilebilir. Dalgaların bu yapılarla etkileşimi bunların dizaynı açısından oldukça önem taşımaktadır.

Kıyıların ve plaj alanlarının, yapay besleme ile doldurulması, kıyı korumasında yürütülen araştırmaların vardığı son aşama olarak gösterilmektedir. Diğer bir deyişle, en iyi koruma önlemi, kıyıların doğal dengesini bozmadan alınan önlemler olup bu amacı en iyi gerçekleştiren yöntemde yapay besleme yöntemidir. Bu yöntem ile elde edilen koruma çok pratiktir ve aynı zamanda uzun bir zaman süreci içinde ekonomik olmaktadır. Bu yapı tipi tek başına kullanılabildiği gibi başka yapı tipleriyle (mahmuzlar, dalgakıranlar vs.) birlikte karma bir şekilde kullanılabilir.

Yukarıda bahsedilen kıyı koruma yapıları dışında son zamanlarda yaygın olarak kullanılan diğer bir yapı tipide batık dalgakıranlardır. Bunlar kısmi dalga transformasyonuna müsaade ettiklerinden kıyının ekolojik dengesi açısından daha uygun yapılardan biridir. İyi planlanan batık dalgakıranlar yardımı ile mevcut plajların korunmaları sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada yapısız kıyı besleme tipine ilave olarak batık dalgakıranlı besleme tipi uygulanmıştır. Batık dalgakıranlı yapı tipi iki tane yapılmıştır. İlk önce kıyı beslemesi ve batık dalgakıran yapılı (YK) yapı tipi uygulanmış, Daha sonra kıyı beslemesinden batık dalgakırana kadar batık profil beslemeli (YB) yapı tipi yapılmıştır.

Suni beslemenin kıyı koruması ve geliştirilmesi üzerindeki etkilerinin araştırılması için yapılmış olan deneylerde, kıyı besleme genişliği (X), batık dalgakıranın kıyı çizgisinden olan mesafesi (Y), dalga parametresi olarakta dalga yüksekliği (H) parametreleri dikkate alınmıştır. Besleme genişliğinin (X'in) bütün besleme yapı tipleri için kıyıda kalan besleme hacmi oranına etkisi incelenmiştir. Daha sonra yapı tiplerinin irdelenmesi yapılmıştır. Batık

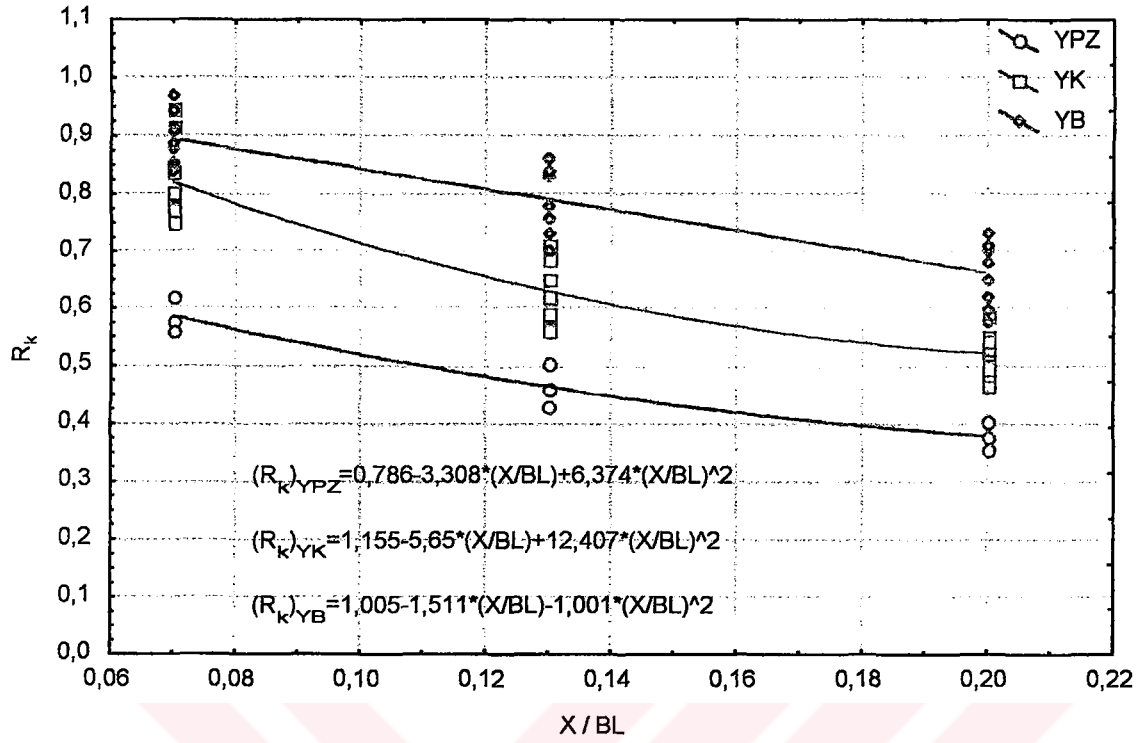
dalgakıranın yerinin (Y'nin) değişimi incelenmiştir. Daha sonra dalga yüksekliğinin etkisi (H'a) incelenmiş, son olarakta kıyı besleme profillerinin irdelemesi yapılmıştır.

Deneylerden elde edilen sonuçlar grafiksel olarak incelenerek kıyı beslemesinin, kıyı koruması ve geliştirilmesi üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Grafiklerde pratikte kullanımı kolaylaştırmak amacıyla veriler boyutsuz katsayılar haline getirilerek verilmiştir. Bu katsayılar, besleme kalma hacim oranı : $R_K (V_k / V_t ;$ kıyıda kalan besleme hacminin toplam besleme hacmine oranı), besleme genişlik oranı : X/B_L (Kıyı besleme genişliğinin besleme boyuna oranı) ve dalga yüksekliği oranı : H_o/B_L (dalga yüksekliğinin besleme boyuna oranı)'dır.

4.1. Besleme Genişliğinin (X'in) Bütün Yapı Tipleri İçin Besleme Kıyıda Kalma Hacmi Oranına Etkisi:

Derin denizden kıyıyla belli bir açı (α_o) yaparak gelen dalgalar, tabandan etkilenerak, kıyıya yaklaştıça kıyıya dik hale gelme eğilimindedirler. Ancak, belli bir derinlikte ve kıyı normaline daha yakın bir aı (α_b) yapacak şekilde kırılırlar. Kıyı ile açı yapacak şekilde gelen dalgaların hem kıyıya paralel hem de kıyıya dik enerjileri mevcuttur. Kıyıya paralel enerji bileşeni, kıyıya yakın bölgede kıyıya paralel su kütlesi hareketine neden olur. Bu harekete "kıyı boyu akıntısı" adı verilir ve bu akıntının neden olduğu taşınım da " kıyıboyu katımadde taşınımı " olarak adlandırılır. Kıyı çizgisine dik bileşen ise kıyıya dik taşınıma neden olur. Kıyıya dik taşınım, kıyıdan başlayarak, katı madde taşınımının etkin olduğu derinliğe kadar olan bölgede bazan kıyıda oyulmaya, bazanda yığılmaya neden olur.

Dalgaların enerjisi normalde kıyıda herhangi bir yapı yokken kırılma noktasından tırmanma çizgisine kadar olan mesafede snmlenirler. Kıyıda besleme yapısı yapıldığında ise, kırılan dalga enerjisini tam olarak snmleyemeden besleme yapısı ile karşılaşmaktadır. Besleme yapısına çarpan dalgalar enerjilerini tam olarak snmlenmediği için belirli oranlarda yansımaya neden olmaktadır. Bu durumda, gelen dalga enerjisi ile yansıyan dalgaların enerjilerinin üst üste çakışmasıyla besleme yapısı önünde daha büyük miktarda dalga enerjisinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Meydana gelen enerji yığılması, kırılma bölgesinde daha fazla madde taşınımına neden olmaktadır. Kıyı besleme yapı genişliğinin



Şekil 24. Yapı tipinin besleme kıyıda kalma hacmi oranına etkisi

artması durumunda, enerji yığılması artmakta, buna bağlı olarak katı madde taşınımı ve yapı üzerindeki erozyonda artmaktadır. Şekil 24'de her yapı tipi için besleme genişliği arttıkça kalma oranının azaldığı belirgin bir şekilde görülmektedir. Besleme yapısı genişlikleri arasında besleme kalma oranları arasındaki farklar Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Yapı tiplerinin besleme genişlikleri (X 'leri) arasında besleme kalma oranı (R_k) fark yüzde değerleri

Yapı Tipi	$X_{13.33} - X_{26.66}$	$X_{26.66} - X_{39.99}$	$X_{13.33} - X_{39.99}$
YPZ	% 13	% 8	% 21
YK	% 21	% 9	% 30
YB	% 11	% 12	% 23

Burada da görüldüğü gibi sonuçta en fazla erozyon $X=39.99$ cm.'lik yapı genişliğinde meydana gelmektedir. Şekil 24'den her yapı çeşitinin kendi içinde, besleme genişliği oranı ile kıyıda kalma oranı (R_k) arasındaki ilişkilerden aşağıdaki ifadeler elde edilmiştir.

$$[R_k]_{YPZ} = 0,786 - 3,308 * \left[\frac{X_{YPZ}}{B_L} \right] + 6,374 * \left[\frac{X_{YPZ}}{B_L} \right]^2 \quad (149)$$

$$[R_k]_{YK} = 1,155 - 5,65 * \left[\frac{X_{YK}}{B_L} \right] + 12,407 * \left[\frac{X_{YK}}{B_L} \right]^2 \quad (150)$$

$$[R_k]_{YB} = 1,005 - 1,511 * \left[\frac{X_{YB}}{B_L} \right] - 1,001 * \left[\frac{X_{YB}}{B_L} \right]^2 \quad (151)$$

Burada;

$R_k (= V_k / V_t)$: Boyutsuz besleme hacmi kıyıda kalma oranı

V_t : Kıyıya yerleştirilen toplam besleme hacmi

V_e : Kıyıya yerleştirilen toplam besleme hacminin erozyona uğrayan kısmı

V_k : Kıyıya yerleştirilen toplam besleme hacminden geri kalan kısım ($V_k = 1 - V_e$)

X : Kıyı besleme genişliği

B_L : Kıyı beslemesi boyu

X/B_L : Besleme genişliği oranı

YPZ : Yapısız kıyı besleme tipi İndisi

YK : Batık dalgakıranlı kıyı besleme tipi indisi

YB : Batık dalgakıranlı ve batık profil beslemeli kıyı besleme tipi indisidir.

4.2. Yapı Tipinin Besleme Kalma Hacim Oranına (R_k) Etkisi

Kıyılar dalga, akıntı ve rüzgar etkisi altında uzun zaman içerisinde bir denge şekli oluştururlar. Denge içerisindeki bir kıyıda, uzun dönemdeki etkileri düşünülmeden yapılacak olan yapılar, kıyının dengesinde değişikliğe neden olmaktadır. Bu değişiklik yapının yakın çevresinde kıyı kullanımını yönünde büyük ekonomik kayıplara ve ekolojik zararlara sebep olabilmektedir. Bu çalışmadaki deneyler kıyıların doğal dengesini bozmadan kıyı korumasını en iyi gerçekleştiren yöntem olan suni kıyı besleme tipleri üzerine yapılmıştır.

Bu çalışmada önce yapısız suni kıyı besleme tipi denenmiştir. Yapısız (YPZ) kıyı beslemesinde kıyı, suni olarak kum ile beslenip üç tane kıyı genişliği (plaj alanı genişliği) ($X_m = 13.33\text{cm.}, 26.66\text{cm.}$ ve 39.99cm. , $X_p = 10\text{m.}, 20\text{m.}$ ve 30m.) oluşturulmuştur. Ayrıca üç tane dalga yüksekliği ($H_{om} = 2.35\text{cm.}, 4.07\text{cm.}$ ve 5.97cm. , $H_{op} = 1.76\text{m.}, 3.05\text{m.}$ ve 4.48m.) ve bir tane dalga periyodu ($T_m = 0.86\text{sn.}, T_p = 7.3\text{sn.}$) denenmiştir. İkinci besleme yapı tipi olarak batık dalgakıranlı yapı tipi (YK) denenmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için YPZ'da yapılan tüm deneyler YK içinde yapılmıştır. Üç tane batık dalgakıran yeri (kıyı sıfır çizgisinden olan uzaklığı) ($Y1_m = 105.79\text{cm.}, Y2_m = 116.5\text{cm.}$ ve $Y3_m = 128.14\text{cm.}$, $Y1_p = 79.34\text{m.}, Y2_p = 87.38\text{m.}$ ve $Y3_p = 96.11\text{m.}$) denenmiştir. Daha sonra batık dalgakıranlı ve batık profil beslemeli yapı tipi (YB) denenmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için diğer yapı tiplerinde kullanılan parametreler aynı alınmıştır. Şekil 25'de bütün deneylerin grafiksel gösterimi verilmiştir.

Yapısız için deney uygulaması sonucunda kıyı besleme genişliği arttırıldıkça kıyıda kalan besleme hacim oranının (kendi içinde) azaldığı görülmüştür. Bunu gidermenin yolu araştırılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde diğer koruyucu yapılara oranla insanların denizle olan irtibatını kesmediği ve estetiği bozmadığı için son yıllarda batık dalgakıranlı besleme tipi koruma yoluna gidilmektedir. Suni kıyı beslemesi, batık dalgakıranla (YK) birlikte kıyı beslemesi yapılmıştır. Batık dalgakıran, dalga enerjisini azaltıcı etkiye sahiptir. Deneylerde batık dalgakıran üzerinde kırılan ya da kırılmış olarak geçen dalgaların enerjileri azalmaktadır. Bunun sonucunda da kıyıdaکی erozyonu azaltmaktadır. Kıyıdaکی erozyonu daha da azaltmak için batık dalgakıranlı ve batık profil beslemeli suni kıyı besleme tipi (YB) yapılmıştır. Burada dalgaların enerjileri, YK'da olduğu gibi batık dalgakıran üzerinden geçerken azalmaktadır. Azalan dalga enerjisi batık profil beslemesi ile sığlaştırılmış olan tabandan dolayı dalga enerjisini daha çok harcamakta ve etkisini azaltmaktadır. Şekil 25'de ve Tablo 13'de görüldüğü gibi yapısız göre kıyıda daha az erozyona neden olmakta, yani suni olarak beslenen kıyı hacmi kıyıda daha fazla kalmaktadır. Her üç yapı tipi arasındaki sonuçlarının karşılaştırılmasında özet olarak Tablo 13'de verilmiştir.

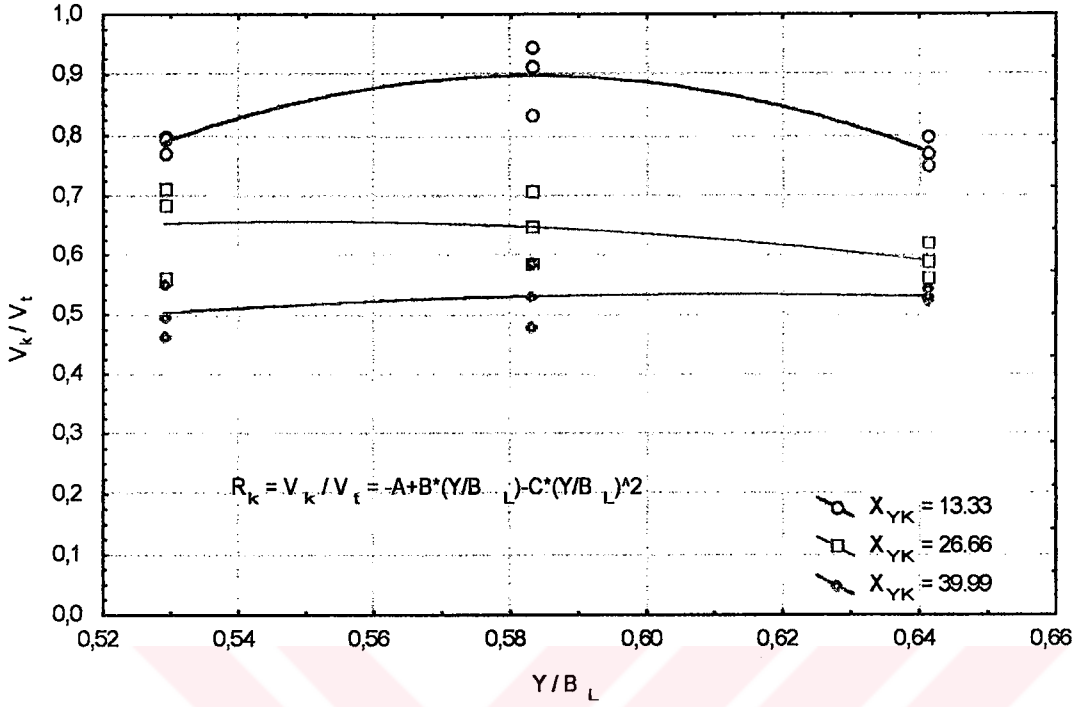
Tablo 13. Yapı Tipleri Arasındaki Oranlar (R_K Oranları)

Yapı Tipi	X =13.33 cm.	X =26.66 cm.	X =39.99 cm.
YPZ-YK	~% 25	~% 15	~% 15
YK-YB	~% 30	~% 30	~% 30
YB-YK	~% 10	~% 15	~% 15

YB ile YPZ arasında %30 kadar bir oran değişikliği gözlenmektedir. Burada hem batık dalgakıranın hemde batık profil beslemesinin etkisi vardır. YK ise hem YPZ hemde YB arasında yaklaşık %15 civarında değiştiği gözlenmektedir. Bu sonuç da batık dalgakıranın ve batık profil beslemesinin kıyı besleme hacmini yaklaşık yarı yarıya etkilediğini göstermektedir.

4.3. Batık Dalgakıranın Yerinin Suni Kıyı Besleme Hacmi Kıyıda Kalma Oranına (R_K) Etkisi:

Yapısız kıyı besleme tipinden sonra, kıyıda daha fazla kalma oranı sağlamak amacıyla batık dalgakıran yapısı yapılarak deneyler tekrarlanmıştır. İyi planlanan batık dalgakıranlar yardımı ile mevcut plajların ve suni olarak yapılan plajların korunmaları sağlanmaktadır. Bunun için daha önce yapılmış araştırmacıların çalışmalarından yararlanılmıştır. Bu araştırmaların neticesinde batık dalgakıran şevlerinin eğimleri $\frac{1}{2}$ alınmıştır (Günyaktı, 1975; Sawaragi, 1988; Mutlu, 1994; CERC, 1994). (Günyaktı, 1975)'in yaptığı çalışmalardan yararlanılarak, batık dalgakıran kret genişliği, çalışmada alınan dalga yüksekliklerine göre $X_m=13.98\text{cm}$. ($X_{tp}=10.49\text{m}$.) bulunmuştur. Batık dalgakıranın yüksekliği ve üzerindeki su derinliği, yapılan çalışmalar incelenmiş (Sunamura, 1988; Hanson ve Kraus, 1991) bunun sonucunda, bir bar gibi düşünülüp $hc \cong 0.60H_b$ değeride dikkate alınmıştır. Burada hc , yapı üzerindeki su derinliğidir. Batık dalgakıranın yerine karar verirken daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş (Sawaragi, 1988; Dean, 1973; Otay, 1994; Hanson ve Kraus, 1991) ve bu çalışmalardan yararlanılmıştır. Dane çapının dalga ve kıyı parametrelerine göre taşınabileceği maksimum derinlikler hesap edilmiştir ($d_m^2= 4.8\text{cm}$., 7.64cm . ve 10.11cm ., $d_p^2=3.6\text{m}$., 5.73m . ve 7.58m .). Ayrıca iki boyutlu model havuzunda yapılmış olan deneyler sonucu malzeme hareketinin ve barın olduğu yerler tesbit edilmiştir. Bu deney sonuçlarında batık dalgakıranın yerinin



Şekil 25. Besleme hacmi kıyıda kalma oranının (R_k) batık dalgakıranlı yapı tipi (Y_k / B_L) oranı ile değişimi.

seçiminde yardımcı olmuştur. Batık dalgakıran yeri olarak katı maddenin hareket edebileceği en büyük derinlikten daha sığ yerler seçilmiştir. Batık dalgakıran yeri için yapılan çalışmalar da dikkate alınarak en uygun üç yer seçilip ($Y1_m=105.79\text{cm.}$, $Y2_m=116.5\text{cm.}$ ve $Y3_m=128.14\text{cm.}$, $Y1_p=79.34\text{m.}$, $Y2_p=87.38\text{m.}$ ve $Y3_p=96.11\text{m.}$) yapısız için yapılan tüm deneyler batık dalgakıranlı (YK) ve batık profil beslemeli (YB) suni kıyı beslemeli deneyler için tekrarlanmıştır.

Şekil 25'da batık dalgakıranlı yapı tipi (YK) ve Şekil 26'de batık dalgakıranlı ve batık profil beslemeli yapı tipi (YB)'nin grafikleri çizilmiştir.

Şekil 26'da düşey ekseninde boyutsuz besleme hacmi kıyıda kalma oranı ile batık dalgakıranlı yapı tipleri (Y_{YK} / B_L) oranının değişiminden elde edilmiş olan ikinci dereceden denklemler aşağıda verilmiştir.

$$[R_K]_{X=13.33cm} = -11,72 + 43,276 * \left[\frac{Y_{YK}}{B_L} \right] - 37,107 * \left[\frac{Y_{YK}}{B_L} \right]^2 \quad (152)$$

$$[R_K]_{X=26.66cm} = -1,709 + 8,611 * \left[\frac{Y_{YK}}{B_L} \right] - 7,838 * \left[\frac{Y_{YK}}{B_L} \right]^2 \quad (153)$$

$$[R_K]_{X=39.99cm} = -1,252 + 5,848 * \left[\frac{Y_{YK}}{B_L} \right] - 4,787 * \left[\frac{Y_{YK}}{B_L} \right]^2 \quad (154)$$

Denklemler sonucunda batık dalgakıran yapısının yeri ile kıyıda kalan hacim oranı arasında;

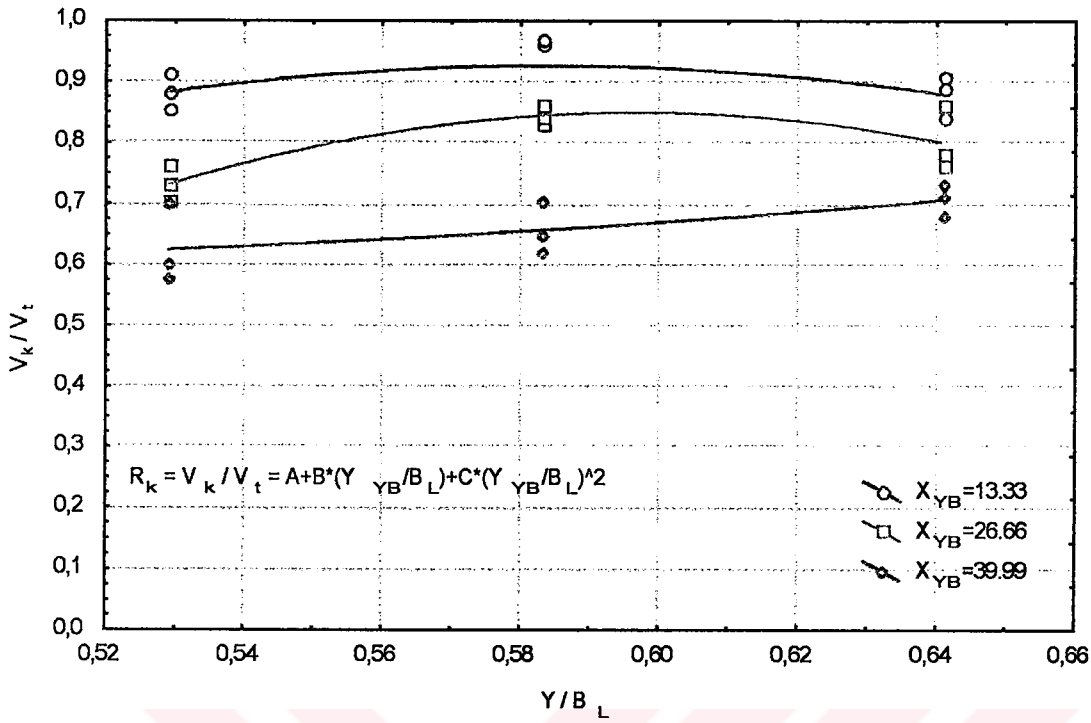
$$[R_K]_X = A + B * \left[\frac{Y_{YK}}{B_L} \right] + C * \left[\frac{Y_{YK}}{B_L} \right]^2 \quad (155)$$

şeklinde bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Burada, A, B ve C katsayılarının boyutsuz kıyı besleme genişliğine bağlı olarak değişimini incelediğimizde aşağıdaki eşitlikler elde edilmiştir.

$$A = -31,588 + 369,518 \left(\frac{X_{YK}}{B_L} \right) - 1089,18 \left(\frac{X_{YK}}{B_L} \right)^2 \quad (156)$$

$$B = 110,893 - 1253,03 \left(\frac{X_{YK}}{B_L} \right) + 3639,011 \left(\frac{X_{YK}}{B_L} \right)^2 \quad (157)$$

$$C = -93,481 + 1041,864 \left(\frac{X_{YK}}{B_L} \right) - 2991,973 \left(\frac{X_{YK}}{B_L} \right)^2 \quad (158)$$



Şekil 26. Besleme hacmi kıyıda kalma oranının (R_k) batık dalgakıranlı ve batık profil beslemeli yapı tipi oranı (Y_{YB} / B_L) ile değişimi.

Şekil 26'de dikey ekseninde boyutsuz besleme hacmi kıyıda kalma oranı ile batık dalgakıranlı ve batık profil beslemeli yapı tipleri (Y_{YB} / B_L) oranının değişiminden elde edilmiş olan ikinci dereceden denklemler aşağıda verilmiştir.

$$[R_k]_{X=13.33\text{cm}} = -3,956 + 16,712 * \left[\frac{Y_{YB}}{B_L} \right] - 14,301 * \left[\frac{Y_{YB}}{B_L} \right]^2 \quad (159)$$

$$[R_k]_{X=26.66\text{cm}} = -8,304 + 30,661 * \left[\frac{Y_{YB}}{B_L} \right] - 25,674 * \left[\frac{Y_{YB}}{B_L} \right]^2 \quad (160)$$

$$[R_k]_{X=39.99\text{cm}} = 0,997 - 1,891 * \left[\frac{Y_{YB}}{B_L} \right] + 2,244 * \left[\frac{Y_{YB}}{B_L} \right]^2 \quad (161)$$

Denklemler sonucunda batık dalgakıran yapısının yeri ile kıyıda kalan hacim oranı arasında;

$$[R_k]_B = A + B * \left[\frac{Y_{YB}}{B_L} \right] + C * \left[\frac{Y_{YB}}{B_L} \right]^2 \quad (162)$$

şeklinde bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Burada, A, B ve C katsayılarının boyutsuz kıyı besleme genişliğine bağlı olarak değişimini incelediğimizde aşağıdaki eşitlikler elde edilmiştir.

$$A = 14,173 - 373,698 \left(\frac{X_{YB}}{B_L} \right) + 1539,095 \left(\frac{X_{YB}}{B_L} \right)^2 \quad (163)$$

$$B = -44,161 + 1259,768 \left(\frac{X_{YB}}{B_L} \right) - 5242,099 \left(\frac{X_{YB}}{B_L} \right)^2 \quad (164)$$

$$C = 36,708 - 1058,04 \left(\frac{X_{YB}}{B_L} \right) + 4428,607 \left(\frac{X_{YB}}{B_L} \right)^2 \quad (165)$$

Sonuçta kıyı $X=26.66\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme genişliğine geldiğinde Y1, Y2 ve Y3 batık dalgakıran yapısının yerlerinde besleme kıyıda kalma hacim oranı ($R_k = V_k / V_t$) artmaktadır. $X=39.99\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme genişliğinde batık dalgakıran yapısı Y3'de ise bu oran azalmaktadır. Bunun nedeninide şöyle açıklayabiliriz. Dalganın batık dalgakıran yapısından sonraki kıyı mesafesi ($X=39.99\text{cm.}$) azalmakta ve daha az sediment hareketine neden olmakta, dalga enerjisi yansımakta ve yansıyan dalga batık dalgakıran yapısı üzerinde tekrar sönümlenmeye zorlamaktadır. Her iki besleme yapı tipinde de (YK, YB'de de) benzer sonuçlar elde edilmiştir.

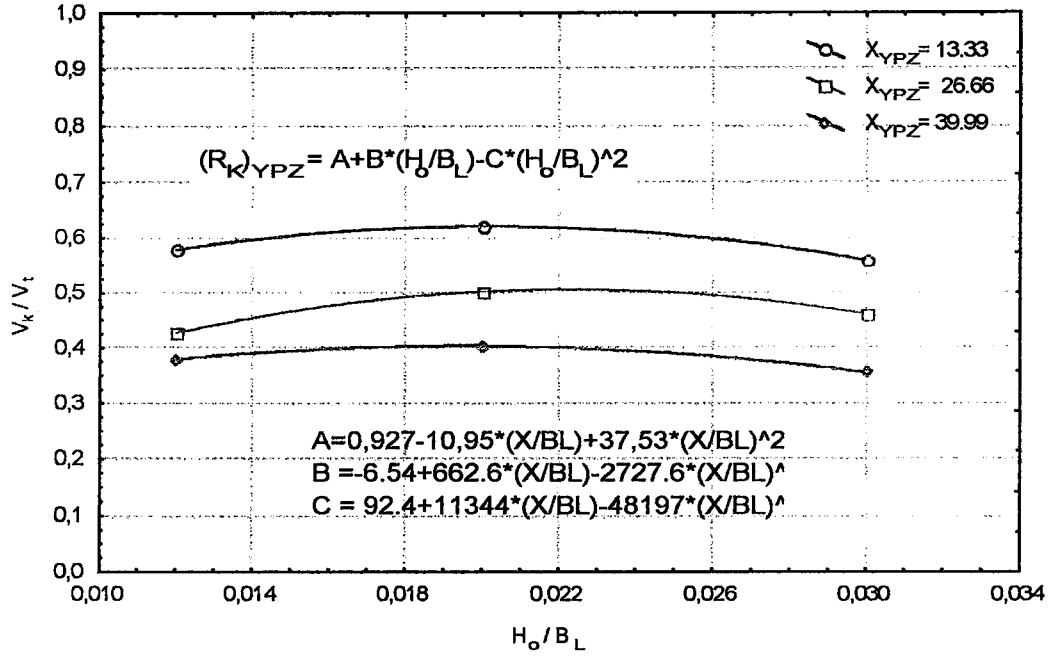
4.4. Dalga Yüksekliğinin (H_o 'm) Besleme Kıyıda Kalma Hacmi Oranına Etkisi

Dalgalar, kıyıya belli bir açı ile gelirken kırılma noktasından önce salınım ile enerjilerini bir noktadan başka bir noktaya taşırlar. Su derinliği azaldıkça, dalgalar tabandan etkilenmeye başlarlar ve belli bir noktadan itibaren itibaren kırılırlar ve salınım hareketinden kütle taşınım hareketine dönüşerek enerjilerini tüketirler. Kırılma noktasında, enerjileri tamamen kütle taşınımına dönüştüğünden, bu noktadaki taşıma enerjilerini maksimum kabul edebiliriz. Bu noktadan itibaren, katı madde hareketi, sürtünme ve tırmanma gibi nedenlerle enerjileri sönmülenererek hareketleri sona erer.

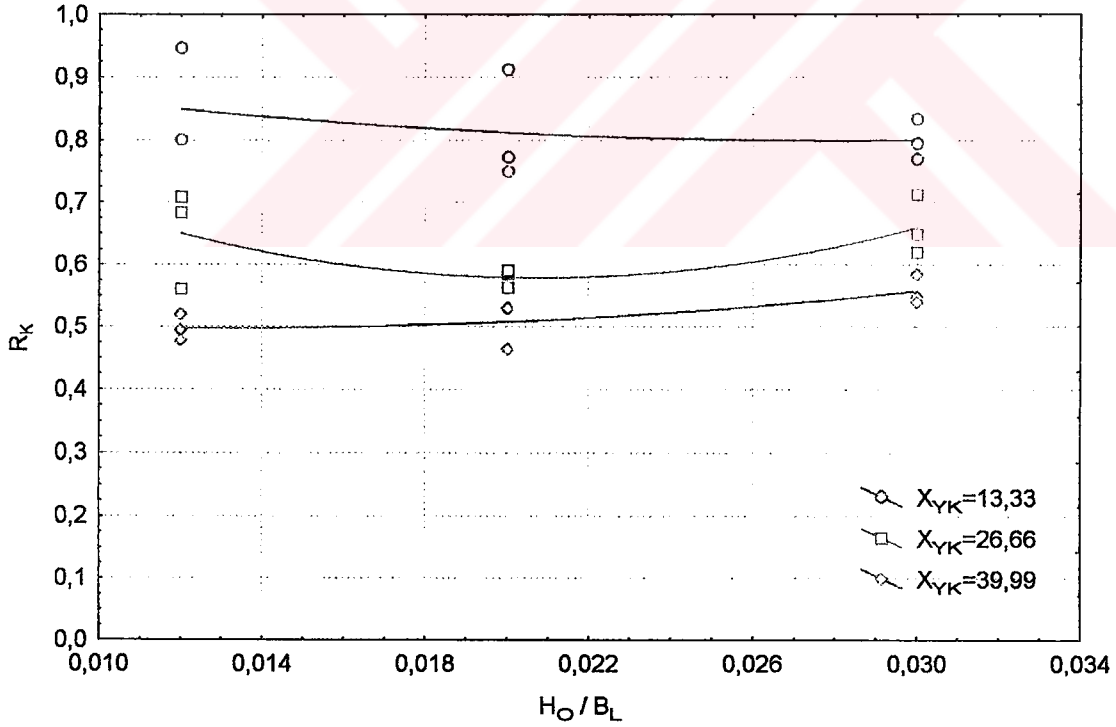
Dalgalar, kıyıya açılal olarak yaklaşırken katı madde hareketi mekanizması sonucunda kıyı boyu bileşeni kıyıya paralal katı madde hareketine, kıyıya dik bileşenide kıyıya dik katı madde hareketine neden olur. Dalgaların kıyıya paralel bileşeni katı maddeyi yanal olarak diğler tarafa taşıırken, dik bileşeni de öne ve arkaya doğru hareket ettirip kıyıda oyulma ve yığılmaya neden olmaktadır.

Açık denize doğru hareket eden katı madde belirli bir yerde çökelerek bir tümsek oluşturur. Bu tümseğe bar denilmektedir. Bu barın etkisiyle gelen dalgalar barın üstünde kırılmaya başlarlar ve barın önünden kıyıya doğru bir katı madde hareketi oluşur. Bu nedenle barın önünde bir oyulma meydana gelir. Dalga kırılma yeri altında oluşan barın kıyıda uzaklığı dalganın yüksekliğine ve dolayısıyla enerjisi ile orantılı olarak değişmektedir.

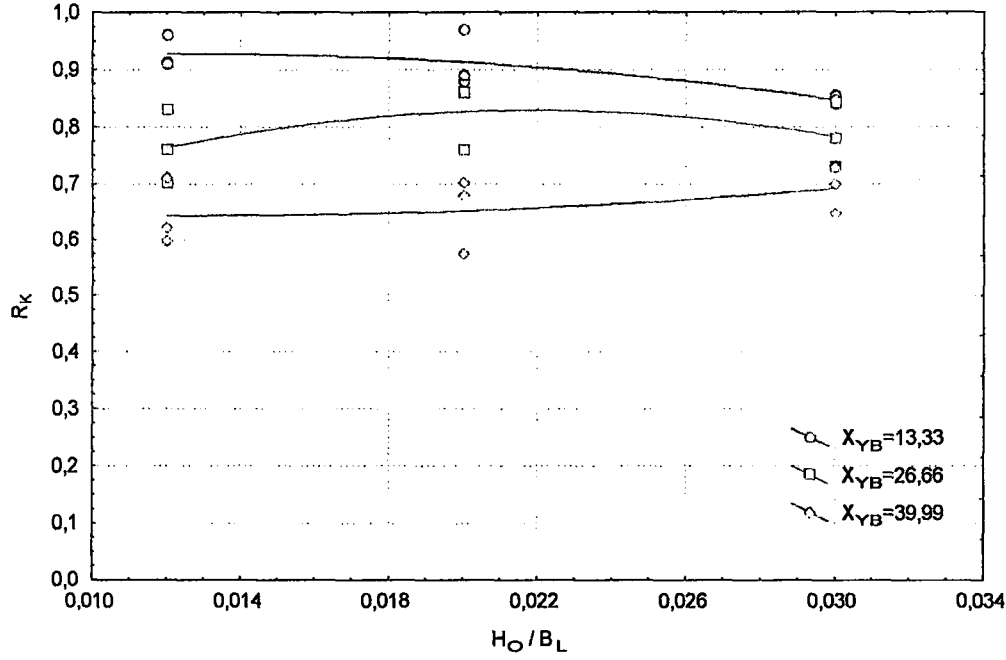
Bu çalışmada yapısız (YPZ), YK ve YB suni kıyı besleme tipleri üzerinde üç değişik dalga yüksekliği ($H_{om}=2.35\text{cm.}, 4.07\text{cm. ve } 5.97\text{cm.}, H_{op}=1.76\text{m.}, 3.05\text{m. ve } 4.48\text{m.}$) denenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 27., Şekil 28. ve Şekil 29'da verilmiştir.



Şekil 27. Yapısız Suni Kıyı Beslemesinde H_o/B_L 'nin Etkisi.



Şekil 28. Batık Dalgakıranlı Besleme Yapı Tipinin (YK'nın) H_o/B_L 'ye Etkisi.

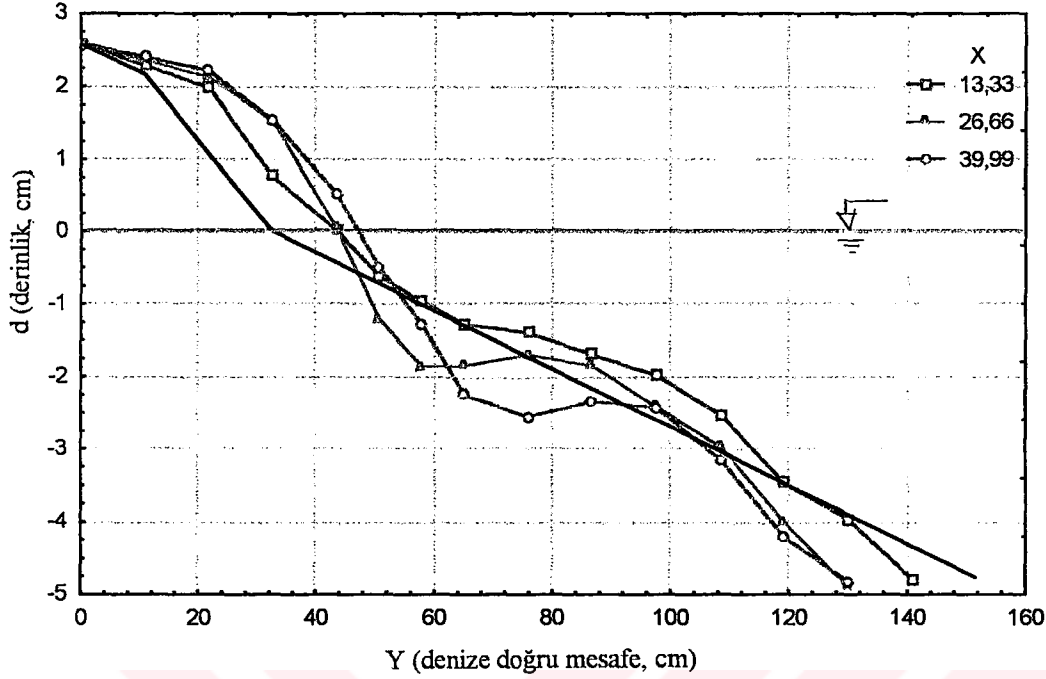


Şekil 29. Batık dalgakıranlı ve batık profil beslemeli besleme yapı tipinin H_0/B_L 'ye etkisi

Şekillerdende görüldüğü gibi her seri deney için dalga yüksekliğinin, suni kıyı beslemesi kıyıda kalma hacim oranı ($R_k = V_k / V_t$) üzerine etkisi diğer yapı parametrelerinin yanında daha azdır. Her seri deneyler için üç değişik dalga yüksekliğide yaklaşık benzer erozyon meydana getirmektedir. Bunun nedenlerini deney ölçeğinin laboratuvar koşullarından dolayı büyük seçilmesi ve buna bağlı olarak dane çapının daha küçük değerlerinin elde edilememesi nedeni ile dalga yükseklikleri arasındaki fark aynı oranda katı madde hareketini etkileyecek boyutlara ulaşmamaktadır.

4.5. Kıyı Besleme Profillerinin İrdelenmesi

Bütün yapı tipleri için yapılmış olan deneylerin her birinin suni kıyı beslemesi boyunca kıyı profili kesitleri alınmıştır. Her bir deney için $B_L=200\text{cm.}$ 'lik kıyı beslemesi uzunluğu 9 eşit aralıkta kıyıya dik kesitler alınarak bunların toplam erozyon hacimleri hesaplanmıştır. Toplam kıyıya yerleştirilen besleme hacmine bölünerek V_e/V_t elde edilmiştir.

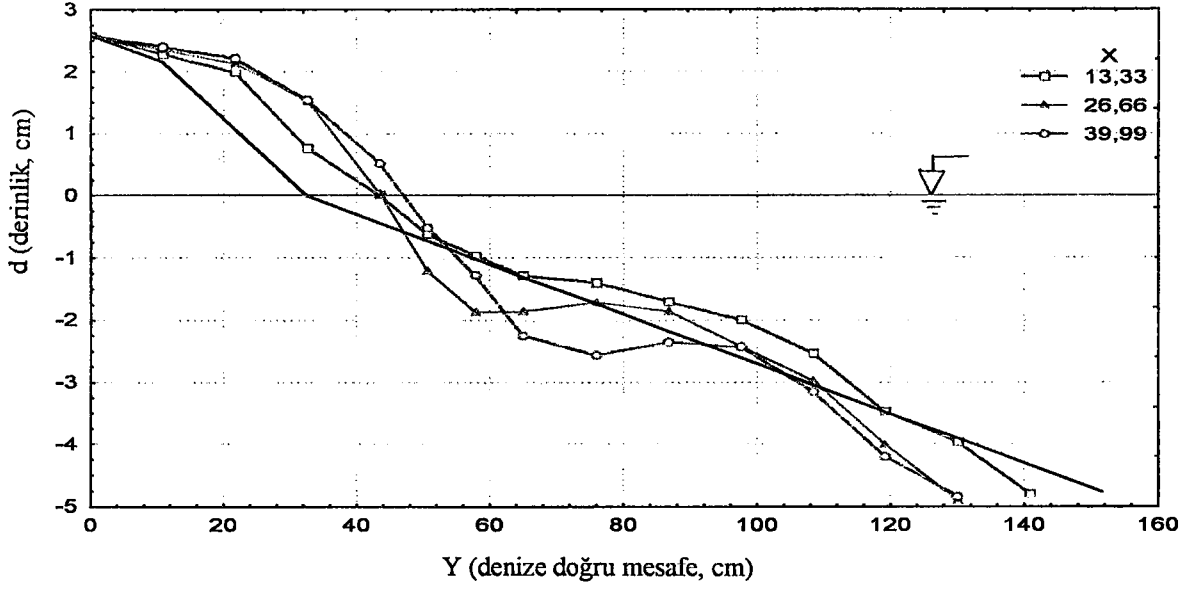


Şekil 30. Yapısız $H_0=2.35\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme profili

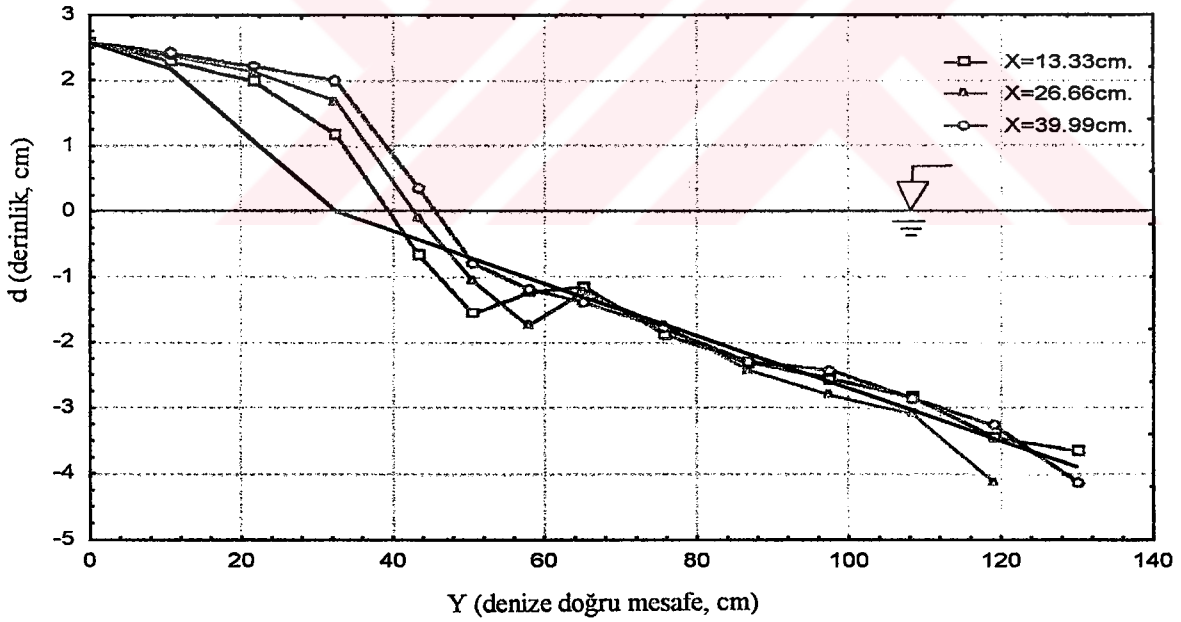
Daha sonra bu değer 1 den çıkartılarak V_k/V_t ortalama kıyıda kalma hacim oranı hesaplanmıştır. Elde edilen grafikler Şekil 30., Şekil 31., Şekil 32.'de verilmiştir.

Çizilen profillerden deney sonucunda kalan kıyı genişlikleri ölçülmüş ve her yapı tipi için ortalama kıyıda kalan besleme genişliği oranları (X_k/X_t) elde edilmiş ve daha sonra Tablo 14'de kıyıda kalan besleme hacmi oranları ($R_k=V_k/V_t$) ile ortalama kıyıda kalan besleme genişliği oranları (X_k/X_t) karşılaştırılmıştır.

Görüldüğü gibi hemen hemen benzer sonuçlar elde edilmiştir. Diğer besleme genişliklerine göre, $X=13.33\text{cm.}$ 'lik kıyı beslemesinde kıyıya yerleştirilen kum dalgaların etkisi ile öne doğru çekilerek (denize doğru) kıyı çizgisinin uzamasına neden olmuştur ve kıyıda kalan besleme hacim oranından (R_k 'dan) daha büyük değerler vermektedir. Kıyıda en az $X=39.99\text{cm.}$ 'lik besleme genişliğinin ortalama kıyıda kalma oranı (X_k/X_t) elde edilmektedir.



Şekil 31. Yapısız $H_o=4.07$ cm.'lik kıyı besleme profili



Şekil 32. Yapısız $H_o=5.97$ cm.'lik kıyı besleme profili

Tablo 14. Kıyıda kalan besleme hacmi oranları ($R_k=V_k/V_t$) ile ortalama kıyıda kalan besleme genişlik oranları (X_k/X_t) değerleri

YAPI TİPİ	V_k/V_t X=13.33	X_k/X_t X=13.33	V_k/V_t X=26.66	X_k/X_t X=26.66	V_k/V_t X=39.99	X_k/X_t X=39.99
YPZ	0.58	0.55	0.46	0.37	0.38	0.33
Y1K	0.79	0.84	0.65	0.60	0.50	0.51
Y2K	1.14	1.04	0.65	0.65	0.53	0.55
Y3K	0.92	0.84	0.59	0.54	0.53	0.52
Y1B	0.88	0.98	0.73	0.73	0.63	0.59
Y2B	0.93	1.33	0.85	0.86	0.66	0.65

Diğer yapı tipleri için çizilen profiller Ek Şekil 6., Ek Şekil 7., Ek Şekil 8., Ek Şekil 9., Ek Şekil 10., Ek Şekil 11’de gösterilmiştir.



5. SONUÇLAR

Kıyı koruma yapılarının neden olduğu kıyı değişimleri konusunda yapılan çalışma ve araştırmalar, sayısal ve fiziksel modelleme adı altında toplana bilir. Sayısal modelleme esasına dayanan yöntemler, kıyı yapıları nedeni ile meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerini (one line model) tahmin etmede uygun sonuçlar vermesine karşın, koruma yapıları etrafındaki yığılma ve aşınma miktarlarını belirlemede yetersiz kalmaktadır. Fiziksel modelleme yöntemleri ise, katı madde biriktirme miktarlarının ve oranlarının belirlenmesinde (bazı deneysel zorlukları ile birlikte) daha yaygın yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlardan elde edilen sonuçlar, incelenen bölgenin şartlarına benzer özellik taşıyan diğer yöreler içinde geçerli olmaktadır. Kıyıların çok farklı özelliklere sahip olmaları nedeniyle, fiziksel modelleme yöntemiyle elde edilen sonuçların genelleştirme olanağı yoktur. Bu araştırmada, Doğu Karadeniz Bölgesi verileri kullanılarak elde edilen sonuçlar, benzer özellikler taşıyan diğer yöre sorunlarının çözümlerinde yardımcı olacaktır.

Son 50 yıl içerisinde kıyı beslemesi, kıyı çizgilerinde meydana gelen oyulmaları azaltmak için giderek artan bir önlem olmuştur. Yapay kıyı beslemesi kavramının bir zamanlar erozyon kontrolü için yaygın olarak kullanılan direkt yöntemlere olan üstünlüğü birçok faktöre bağlıdır. Estetik olarak, kıyı yapılarından çok daha arzu edilebilir ve dinlenme yerleri için ek kıyı alanları sağlar. Beslenmiş kıyıları, komşu kıyıları kum kaynağı sağlayarak kendilerinin mansap (ve menba) kıyıları problem yaratmaktan çok fayda sağlarlar. Suni kıyı beslemesi tek başına inşaa edildiği gibi başka yapı tipleri ile karma bir şekilde kullanılabilir. Bu deneysel koşullarda kıyı beslemesini daha kalıcı yapmak için yapılan araştırmalar neticesinde batık dalgakıran yapı tipi seçilmiştir.

Bu araştırmada, kıyı koruması ve geliştirilmesinde suni kıyı beslemesinin etkileri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Suni kıyı beslemesinde besleme kıyıda kalma hacim oranı üzerine en önemli etkenlerden biri kıyı besleme genişliğidir. Besleme genişliği, her yapı tipi (YPZ, YK, YB) için, arttıkça besleme kıyıda kalma hacim oranı (R_k) belirgin bir şekilde azalmaktadır. Bunun nedeni besleme genişliği büyüdükçe dalga enerjisi bu genişlik üzerinde sönmeye

çalışmaktadır. Böylece, beslemede daha fazla oranda kayıba neden olmaktadır. Böylece, besleme genişliği büyüklüğü ile kıyıda kalma hacim oranı arasında ters bir orantı elde edilmektedir.

- Besleme kıyıda kalma hacim oranı üzerinde en önemli etkenlerden biride batık dalgakıranlarla dalga etkisini azaltıcı yapılardır. Yapısız (batık dalgakıransız) besleme yapı tipi ile batık dalgakıranlı besleme yapı tipi (YK) arasında yaklaşık ortalama %15 daha iyi besleme kalma oranı elde edilmiştir. Batık profil beslemeli yapı tipi (YB) ile yapısız (YPZ) besleme tipi arasında ise yaklaşık ortalama %30 daha fazla besleme kalma hacim oranı (R_K) elde edilmektedir. Benzer şekilde batık profil beslemeli yapı tipi ile (YB) batık dalgakıranlı besleme tipi (YK) arasında ise yaklaşık ortalama %15 daha fazla besleme kalma hacim oranı (R_K) vermektedir. Kıyı korumasını, suni kıyı besleme yapı tiplerinin en uygun sıralamasını batık profil beslemeli yapı tipi (YB), batık dalgakıranlı yapı tipi (YK) ve yapısız suni kıyı beslemesi yapı tipi (YPZ) şeklinde yazabiliriz.

- Besleme kıyıda kalma hacmi oranı (YK) üzerine önemli etkenlerden biride batık dalgakıranın yeridir. Y1, Y2 ve Y3 batık dalgakıran yerleri $X=13.33\text{cm.}$ 'den $X=26.66\text{cm.}$ 'ye genişletildiğinde, besleme kıyıda kalma hacmi oranı (R_K) artmaktadır. $X=39.99\text{cm.}$ 'lik kıyı besleme genişliğinde ise bu oran Y3 yapı yerinde artmaya devam etmekte, Y1 ve Y2 yapı yerinde ise azalma eğilimi göstermektedir. Her iki besleme yapı tipinde de (YK, YB) benzer sonuçlar elde edilmiştir.

- Dalga yüksekliğinin, besleme kıyıda kalma hacim oranı (R_K) üzerine etkisi diğer yapı parametrelerinin yanında daha azdır. Her seri deneyler için, üç değişik dalga yüksekliğinde, yaklaşık, benzer erozyon meydana getirmektedir. Laboratuar koşullarından dolayı deney ölçeğinin daha büyük seçilememesi ve bununla birlikte dane çapı değerinin daha küçük seçilememesi etken olmuştur.

- Besleme profillerindeki kıyı çizgisi değişimleri değerlendirilip elde edilen ortalama kıyıda kalan besleme genişlik oranları (X_k/X_t), kıyıda kalan besleme hacim oranları (R_K) ile benzer sonuç vermiştir. Kıyıya yerleştirilen kum, dalgaların etkisi ile diğer besleme genişliklerine göre, $X=13.33\text{cm.}$ 'lik kıyı beslemesinde kum öne doğru çekilerek (denize doğru) kıyı çizgisinin uzamasına neden olmaktadır. Kıyıda en az $X=39.99\text{cm.}$ 'lik besleme genişliğinin ortalama kıyıda kalma oranı (X_k/X_t) elde edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Kıyı alanlarından maksimum faydanın sağlanması için kıyı korumasının iyi yapılması gerekir. Kıyı koruma terimi kıyılarda meydana gelebilecek taşkın, dalga etkilerine karşı red bir ve mevcut kıyı çizgisinin erozyondan korunması anlamında kullanılır. Suni kıyı beslemesi ve batık dalgakıran ile kıyı koruması ve oluşturulması kıyı mühendisliğinin gelmiş olduğu en son aşama olarak görülmektedir. Dalga ve katı madde özellikleri yöreden yöreye farklılık gösterdiğinden, suni besleme ve batık dalgakıran parametreleride bunlara bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Dalga ve katı madde parametreleri ve bunların birbiri ile olan ilişkileri her yönüyle çözülebilmemiş değildir. Bu sebeple, deniz ve kıyı ile ilgili çalışmalardan elde edilen sonuçlar her yerde geçerli olacak şekilde bir genelleştirme yapılamamaktadır. Kıyılar ile ilgili araştırmalardan elde edilen sonuçlar, kullanılan değişkenlere bağlı olarak geçerli olmakta, özellikleri benzer yöreler için de tasarımlarda yaklaşım kriterleri olarak kullanılabilir.

Model ölçeğinin büyük seçilmesi dalga ve katı madde parametreleri ve bunların birbiri ile olan ilişkilerinin daha belirgin bir şekilde görülebilmesini sağlamaktadır. Dalga yüksekliğinin etkisini daha açık bir şekilde belirleyebilmek için daha büyük ölçek ve havuz şartlarında daha güvenilir sonuç vereceği önerilebilir. Ayrıca berm yüksekliği (B), besleme yapı önü eğimi, taban eğimi ve batık dalgakıran kret genişliği gibi parametrelerinin kıyı beslemesi üzerine etkilerinin araştırılması bu konu üzerinde araştırma yapacak araştırmacılara önerilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Airy, G.B., 1845, On Tides and Waves, Encyclopedias, Metropolitana.
- Altınbilek, H.D., 1990, Sediment Problems and Properties, Proc. Post-Graduate Course in Sediment Transport Technology, METU, DSİ, Vol.1, 1-20.
- Barlas, S., 1990, Türkiye Akarsularının Taşıdıkları Katı Madde Miktarları ve Bunların Alansal Dağılımları, EİEİ Bülteni, 146-147.
- Battjes, J.A., Surf Similarity, 1974, Proc. 14th. Coastal Engineering Conference, ASCE, 466-480.
- Bilgin, R. ve Ertuş, B., 1986, Doğu Karadeniz Sahil Tahkimat Projesi, Sonuç Raporu, KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı, Trabzon.
- Birben, A.R., 1998, Açıkdeniz Dalgakıranlarının Katı Madde Biriktirme Oranına Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Boğuşlu, H., Bilgin, R., 1993, Kıyıların Yapay Beslemeyle Oluşturulması ve Korunması, İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Birinci Teknik Kongre, Doğu Akdeniz Üniversitesi, Gazi Mağusa, KKTC, Cilt 1, 260-269.
- Bodge, K.R. and Kraus, N.C., 1991, Critical Examination of Longshore Transport Rate Magnitude, Proc. Coastal Sediments'91 ASCE, 139-155.
- Bowen, A.J., 1980, Simple Model of Nearshore Sedimentation, Beach Profiles and Longshore Bars, The Coastline of Canada, Geological Survey of Canada, 1-11.
- Brown, C.B., 1950, Sediment Transportation, Engineering Hydraulic, John Wiley and Sons, New York, NY , 1039.
- Bruun, P., 1985, Design and Construction of Mounds for Breakwaters and Coastal Protection, Elsevier.
- Bruun, P., 1962, Sea Level Rise as a Cause of Shore Erosion, ASCE, Journal of Waterways and Harbors Division, Vol.1, 116-130.
- Çam, T., 1986, Doğu Karadeniz'de Dalga Tahmini ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi, Y. Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çataklı, O.N., 1963, Model Tekniği, Kurtulmuş Matbaası, İstanbul.

CERC, 1984, Shore Protection Manual, Fourth Edition, US Army WES.

Chiaia, G., Damania, L. ve Petrillo, A., 1995, Analysis of Cross-Shore Transport, International Conference on Coastal and Port Engineerin in Developing Countries, 25/29 R.J. Brazil, 412-426.

Chu, Y.H., and Posey, F.H., 1989, Beach Erosion Protection and Beach Nourishment at Tybee Island, Georgia, Proc. Beach Preservation Technological Florida, Shore and Beach Preservation Association, Inc., Tallahassec, 67-74.

Dean, R.G., 1973, Principles of Beach Nourishment, CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion, Chapter 11, 217-230.

Dean, R.G., 1983, Principles of Beach Nourishment, Handbook of Coastal Processes and Erosion, CRC Press Inc. Florida, 217-232.

Dean R.G., 1985, Physical Modelling of Littoral Processes, Physical Modelling in Coastal Engineering, Ed. Dalrymple, R.A., A.A. Balkema Uitgevers B.V., 119-139.

Dean, R.G., ve Dalrymple, R.A., 1991, Water wave Mechanics for Engineers and Scientist, World Scientific, London, , 353p.

DeKimpe, N.M., Aubrey, D.G., and Fields, M.L., 1991, Performance of Beach Nourishment at Dead Neck Barrier Beach, Osterville, Cape Cod, Massachusetts, Preserving and Enhancing Our Beach Environment, Proc. of the 1991 National Conference on Beach Preservation Technology, Florida Shore and Beach Preservation Association, Tallahassee, FL, 27-43.

Dette, H.H., Fuehrboeter, A. and Raudkivi, A.J., Interdependence of Beach Fill Volumes and Repetition Interval, 580-593.

Dette, H.H. and Raudkivi, A.J., 1994 , Beach Nourishment and Dune Protection, Coastal Engineering, Chapter 139, 1934-1945.

EİEİ Genel Müdürlüğü, 1987, Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları, EİEİ Yayın No:87-44, Ankara.

Fisher, J.S., and Felder, W.N., 1976, Cape Hatteras Beach Nourishment, Proc. Fifteenth Coastal Engineering Conference, Vol:2, American Society of Civil Engineers, New York, 1512-1531.

- Fredsoc, J., Deigaard, R., 1992, *Mechanics of Coastal Sediment Transport*, World Scientific Publ. Co., London.
- Galvin, C.J., 1963, *Breaker Travel and Choice of Design Wave Height*, *Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE*, 175-200.
- Galvin, C.J., 1968, *Breaker Type Classification on Three Laboratory Beaches*, *Journal of Geophys. Research*, Vol.73, 3651-3659.
- Galvin, C.J., 1969, *Breaker Travel and Choice of Design Wave Height*, *Proc. ASCE*, Vol.95, No:WW2, 175-200.
- Graaff, J., Niemeyer, H.D. and Overeem, J., 1991, *Beach Nourishment, Philosophy and Coastal Protection Policy*, *Coastal Engineering*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 16, 3-22.
- Goda, Y., 1975, *Irregular Wave Deformation in the Surf Zone*, *Coastal Engineering in Japan*, Vol. 18, 13-26.
- Goda, Y., 1970, *A Synthesis of Breaker Indices*, *Transaction of the Japanese Society of Civil Engineering*, Vol.2.
- Güler, I., 1985, *A Study on Coastal Morphological Models*, *Master's Thesis in Civil Engineering Department, METU, Ankara*.
- Günbak, A.R., 1992, *Introduction Coastal and Harbour Engineering*, *Ders Notları, ODTU, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara*.
- Güngördü, Ö., Otay, E.N., 1997, *Kıyı Şeridi Değişiminin Sayısal Modellemesi*, *İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler III. Teknik Kongre, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*, 701-710.
- Günyaktı, A., 1975, *Contribution a L'etude de L'influence de la Houle Sur Differentes- Application a L'alimentation des Plages Par un Depot de Dragages*, *Ph. D., Faculte des Sciences d'Orsay, Fransa*.
- Günyaktı, A., 1987, *Beach Preservation by Means of Offshore Submerged Mound of Dredged Materials*, *Proc. Coastal Zone'87, American Society of Civil Engineers, New York, NY*, 2461-2471.

- Hall, J.V., and Herron, W.J., 1950, Test of Nourishment of The Shore by Offshore Deposition of Sand, Long Branch, New Jersey, Technical Memorandum No.17, Beach Erosion Board, Corps of Engineers, Department of the Army.
- Hanson, H., ve Kraus, N.C., 1989, GENESIS: Generalized Model For Simulating Shoreline Change, Technical Reference, CERC, Vicksburg.
- Hanson, H., ve Kraus, N.C., 1989, Generalized Model for Simulating Shoreline Change, Technical Report, WES, CERC.
- Harris, R.L., 1954, Restudy of Test-Shore Nourishment by Offshore Deposition of Sand, Technical memorandum No:62, Beach Erosion Board, Corps of Engineers, Department of The Army, Long Branch, New Jerey.
- Hallermeier, R.J., 1985, Unified Modelling Guidance Based on a Sedimentation Parameter for Beach Changes, Coastal Engineering, Vol. 9, 37-70.
- Horikawa, K., 1987, Nearshore Dynamics and Coastal Processes, University of Tokyo Press, 517 p.
- Hobson, R.D., 1977, Review of Design Elements for Beach Fill Evaluation, U.S. Army C.E.R.C., Belvoir, Va.
- Hobson, R.D., James, W.R., 1978, Importance of Handling Losses of Beach Fill Design, Proc. 16th Coastal Engineering Conference.
- Hunt, J.N., 1979, Direct Solution of Wave Dispersion Equation, Journal of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.105, 457-459.
- Hushla, F.L., 1982, Evaluating the Performance of Beach Nourishment in Brevard County, Florida, Through the Use of Aerial Photography, M.S. Thesis, Department of Oceanography and Ocean Engineering, Florida Institute of Technology, Melbourne, FL.
- Ippen, T., 1966, Estuary and Coastline Hydrodynamics, McGraw-Hill Book Co.
- Ito, M., ve Tsuchiya, Y., 1984, Scale-Model Relationship of Beach Profile, 19th Coastal Engineering Conference, ASCE, 1386-1402.
- Iwagaki, Y., Noda, H., 1962, Laboratory Study of Scale Effects in Two-Dimensional Beach Processes, Proc. Eighth Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers, New York, NY, 194-210.

- Iversen, H.W., 1953, Waves and Breakers in Shoaling Water, Proc. 3rd. Conference on Coastal Engineering, ASCE.
- James, W.R., 1974, Beach Fill Stability and Borrow Material Texture Proc. 14th Coastal Engineering Conference.
- Johnson, J.W., 1949, Scale Effects in Hydraulic Model Involving Wave Motion, Trans. Am. Geophys. Union, Vol.30, 517-525.
- Kamphuis J.W., 1985, On Understanding Scale Effect in Coastal Mobile Bed Models, Physical Modelling in Coastal Engineering, Ed. Dalrymple, R.A., A.A. Balkema Uitgevers B.V., 141-162.
- Kamphuis J.W., Davies M.H., Nairn, R.B. ve Sayoa, O.J., 1986, Calculation of Littoral Sand Transport Rate, Coastal Engineering, Vol.10, 1-21.
- Kamphuis J.W., 1990, Alongshore Sediment Transport Rate, Proc. 22nd. Coastal Engineering Conference, ASCE, 2402-2415.
- Kamphuis, J.W., Helere, M., ve Briand, G., 1993, Waves and Currents on Natural Beaches: A Quasi 3-D Numerical Model, Coastal Engineering, Vol.20, 101-134.
- Kapdaşlı, S., 1992, Kıyı Mühendisliği, İTÜ Yayını No.1504.
- Kevin, R.B. ve Kraus, N.C., 1991, Critical Examination of Longshore Transport Rate Magnitude, Proc. Coastal Sediments'91, ASCE, 139-155.
- Kraus, N.C., Isobe, M., Igarashi, H., Sasaki T.O. ve Horikawa, K., 1982, Field Experiments on Longshore Sand Transport in the Surf Zone, Proc. 18th. Coastal Engineering Conference, ASCE, 969-988.
- Kraus, N.C., Larson, M. and Kriebel, D.L., 1991, Evaluation of Beach Erosion and Accretion Predictors, Proc. Coastal Sediments'91 ASCE, 572-587.
- Krumbein, W.C., 1957, A Method for Specification of Sand for Beach Fills Beach Erosion Board, Techn. Mem. No:102.
- Krumbein, W.C., James, W.R., 1965, A Log-Normal Size Distribution Model for Estimating Stability of Beach Fill Material, U.S.Army C.E.R.C., Techn. Mem. No:16.

- Komar, R.P. ve Gaughan, M.K., 1973, Airy Wave Theory and Breaker Height Prediction, Proc. 13th Int. Coastal Engineering Conference, ASCE, 405-418.
- Lakhan , V.C. ve Trenhaile, A.S., 1989, Applications in Coastal Modelling, Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands, 397p.
- Larson, M., Kraus, N.C., Sunamura, T., 1988, Beach Profile Change: Morphology, Transport Rate and Numerical Simulation, 21th Coastal Engineering Conference CERC/ASCE, Coasta del Sol-Malaga, Spain.
- Le Mehaute, B., Soldate, M., 1978, Mathematical modeling of Shoreline Evolution, Proc. 16th Coastal Eng. Conf., ASCE,1163-1179.
- Massel, S.R., 1989, Hydrodynamics of Coastal Zones, Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands, 336p.
- Munk, W.H., 1949, The Solitary Wave Theory and Its Application to Surf Problems, Annals of the New York Academy of Sciences, Vol.51, 376-462.
- Mutlu, T., 1994, Yakın Kıyı Bar Oluşumu ile Batık Dalgakıranlar Arasında İşlevsel Benzeşimin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Noda, E.K., 1972, Equilibrium Beach Profile Scale-Model Relationship, Journal of Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division, ASCE, WW4, 511-527.
- Nishimura, H., Sunamura, T., (1986), Numerical Simulation of Beach Profile Changes-Coastal Engineering.
- Oertel, G.F., Chamberlain, C.F., Larsen, M., and Schaaf, W., 1977, Monitoring the Tybee Beach Nourishment Project, Proc. Coastal Sediment'77, American Society of Civil Engineers, New York, NY, 1049-1056.
- Oorschot, J.H. and Raalte, G.H., 1991, Beach Nourishment; Execution methods and Developments in Technology, Coastal Engineering, , Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 16, 23-42.
- Orhan, F., 1992, Doğu Karadeniz Akarsularında Sürüntü Maddesi Hareketi ve Miktarının Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Otay, E., Long-Term evolution of nearshore disposal berms, Ph.D. Dissertation, Coastal and Oceanographic Engineering Department, University of Florida, Gainesville, FL.

- Önsoy, H. ve Yüksek, Ö., 1993, Doğu Karadeniz’de Deniz Erozyonuna Karşı Koruma ve Yapay Plajlar İçin Kıyıya Dik Yapıların Etüdü, KTÜ-DPT Araştırma Projesi, Trabzon.
- Özölçer, İ.H., 1998, Kıyı Korumasında Mahmuzların Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Pernald-Consider, R., 1956, Essai de Theorie de l’Evolution des Forms de Vivage en Plages de Sable et de Galets, IV^{eme} Journees de l’Hydraulique, Les Energies de la Mer, Question III, Rapport, No:1, 289-298.
- Perdikis, H.S., 1961, Behavior of Beach Fills in New England, J. of the Waterways and Harbors Div., Proc. Of the American Society of Civil Engineers, Vol:87, No:WW1, 75-110.
- Pilarczyk, K.W. and Overeem, J.V., 1986, Annexes, Background Information on Artificial Beach Nourishment, (CUR) Delft Hydraulics Laboratory the Netherlands, AnnexI.
- Rector, R.L., 1954, Laboratory study of Equilibrium Profiles of beach es, US, Army Corps of Engry., BEB, Tech. Memo., No:41, 38 p.
- Sawamoto,M., Yamashita,T., Sediment Transport Rate Due to Wave Action, J. Hydroscience and Hydraulic Eng., JSCE,Vol.4,1-15.
- Sawaragi, T., Deguchi, I. And Park, S.K., 1988, Experimental Study on thr Functional of Submerged Breakwater to Control Cross-Shore Sediment Transport on Artificially Nourished Beaches, Coastal Engineering in Japan, Vol. 31, No: 1, 121-130.
- Sawaragi, T., 1995, Coastal Engineering, Waves, Beaches, Wave-Structures Interaction, Elsevier Science B.V. Amsterdam, The Netherlands, 478 p.
- Shisky, Y.D. and Schwartz, M.L., 1988, Human Impack and Rates of Shore Retreat Along the Black Sea Coast, Journal of Coastal Research, Virginia, 4(3), 405-416.
- Shields, A., 1936, Anwendung der Ahnlichkeitsmechnik und der Turbulenz Forschung auf die Geschiebewegung, Mitt. Der Preuss. Versuchsamst, Für Wasserbau und Schiffbau, Heft 26, Berlin, Deutschland.
- Shimizu, T., Saito.S., Maruyama, K., Hasegawa, H., Kajima, R., 1985, Modeling of Onshore-Offshore Sand Transport Rate Distribution Based on Large Wave Flume Experiments, Central Research Inst. Electric Power Industry, Civil Eng. Lab. Rep. No:384028, 60 p.

- Skrabal, T.E., Ramsey, K.A., and Henry, R.D., 1990, Monitoring Results of a Beach Replenishment Project at Fenwick Island, Delaware, Beachs: Lessons of Hurricane Hugo, Proc. 1990 National Conference on Beach Preservation Technology, Florida Shore and Beach Preservation Association, Tallahassee, FL, 36-52.
- Sunamura, T., Horikawa, K., 1974, Two Dimensional Beach Transformation Due to Waves, Proc. 14th Conf. On Coastal Eng., 920-938.
- Sunamura, T., Determination of Breaker Weight and Depth in the Field, Ann. Rep., Inst. Geosci., University of Tsukuba, No:8, 53-54.
- Sunamura, T., 1984, Onshore-Offshore Sediment Transport Rate in the Swash Zone of Laboratory Beaches, Coastal Eng. In Japan, Vol. 27, 205-212.
- Svendsen, I.A. ve Jonsson, I.G., 1982, Hydrodynamics of Coastal Region, Technical University Denmark.
- Uysal, K., 1995, Rüzgar Verileri Kullanarak Doğu Karadeniz'de Tasarım Dalgası Tahmini, Y. Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Vesper, W.H., 1961, Behavior of Beach Fill and Borrow Area at Prospect Beach, West Haven, Connecticut, Technical Memorandum, No:127, Beach Erosion Board, Corps of Engineers, Department of the Army.
- Watanabe, A., Riho, Y., Horikawa, K., 1980, Beach Profiles and On-Offshore Sediment Transport, Proc. 17th Coastal Eng. Conf., ASCE, 1106-1121.
- Watanabe, A., 1982, Numerical Model of Nearshore Currents and Beach Deformation, Coastal Engineering in Japan, Vol:25, 147-161.
- Watanabe, A., Dibajnia, M., 1988, Numerical Modelling of Nearshore Waves, Cross-Shore Sediment Transport Symp. Of Mathematical Modelling of Sediment Transport in Coastal Area.
- Watts, G.M., 1958, Behavior of Beach Fill and Borrow Area at Harrison County, Mississippi, Technical Memorandum, No:107, Beach Erosion Board, Corps of Engineers, Department of the Army.
- Wang, X., Lin, L.H. ve Wang, H., 1994, Scaling Effects on Beach Response Physical Model, 24th Coastal Engineering Conference, ASCE, 2771-2784.
- Wiegel, R. L., 1964, Oceanographical Engineering, Prentice-Hall Int. Ser.

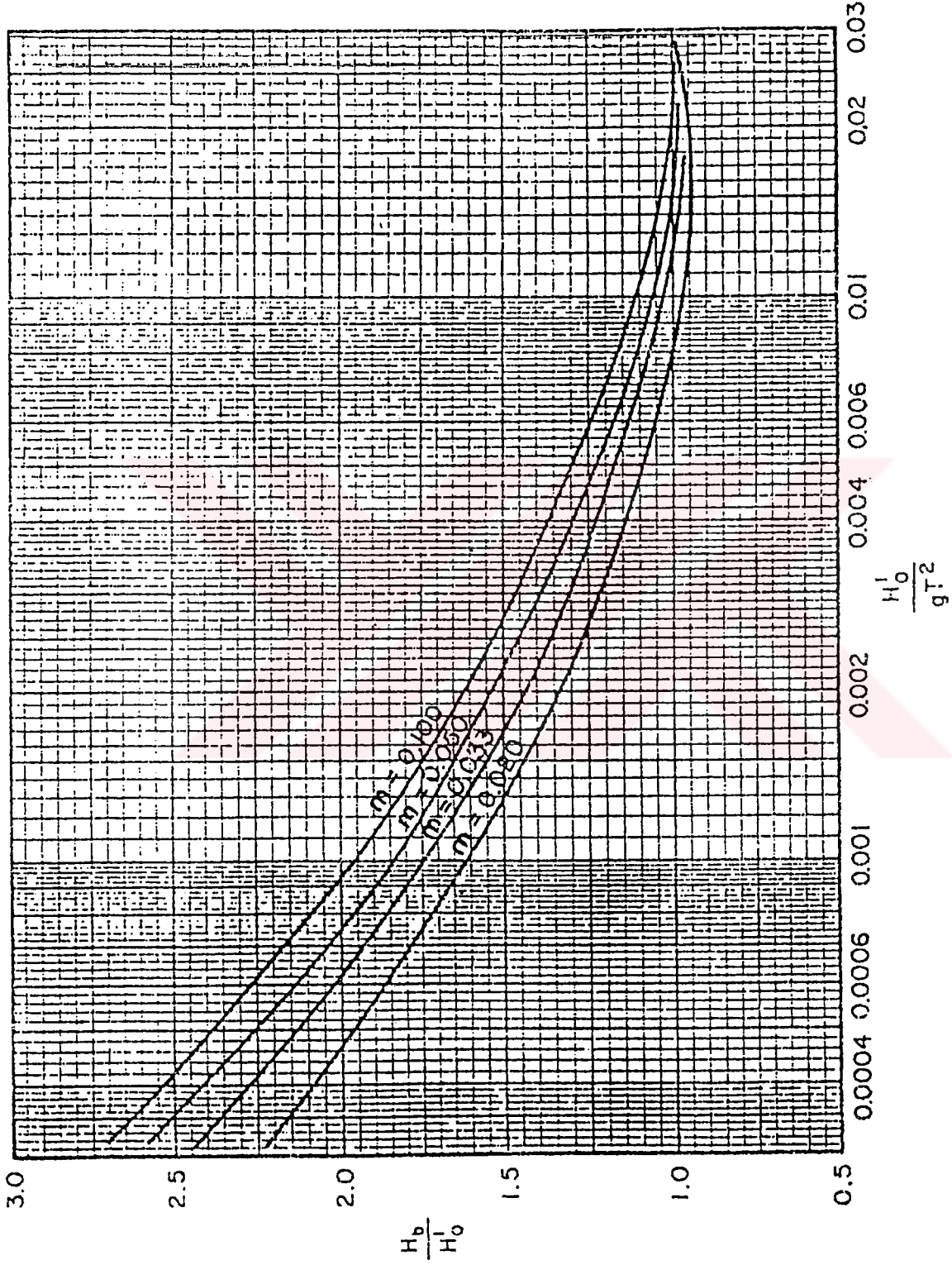
Weggel, J.R., 1972, Maximum Breaker Height, Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division, Vol.98.

Yüksek, Ö., 1996, Kıyılarda Katımadde Hareketi, Yüksek lisans Ders Notları, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

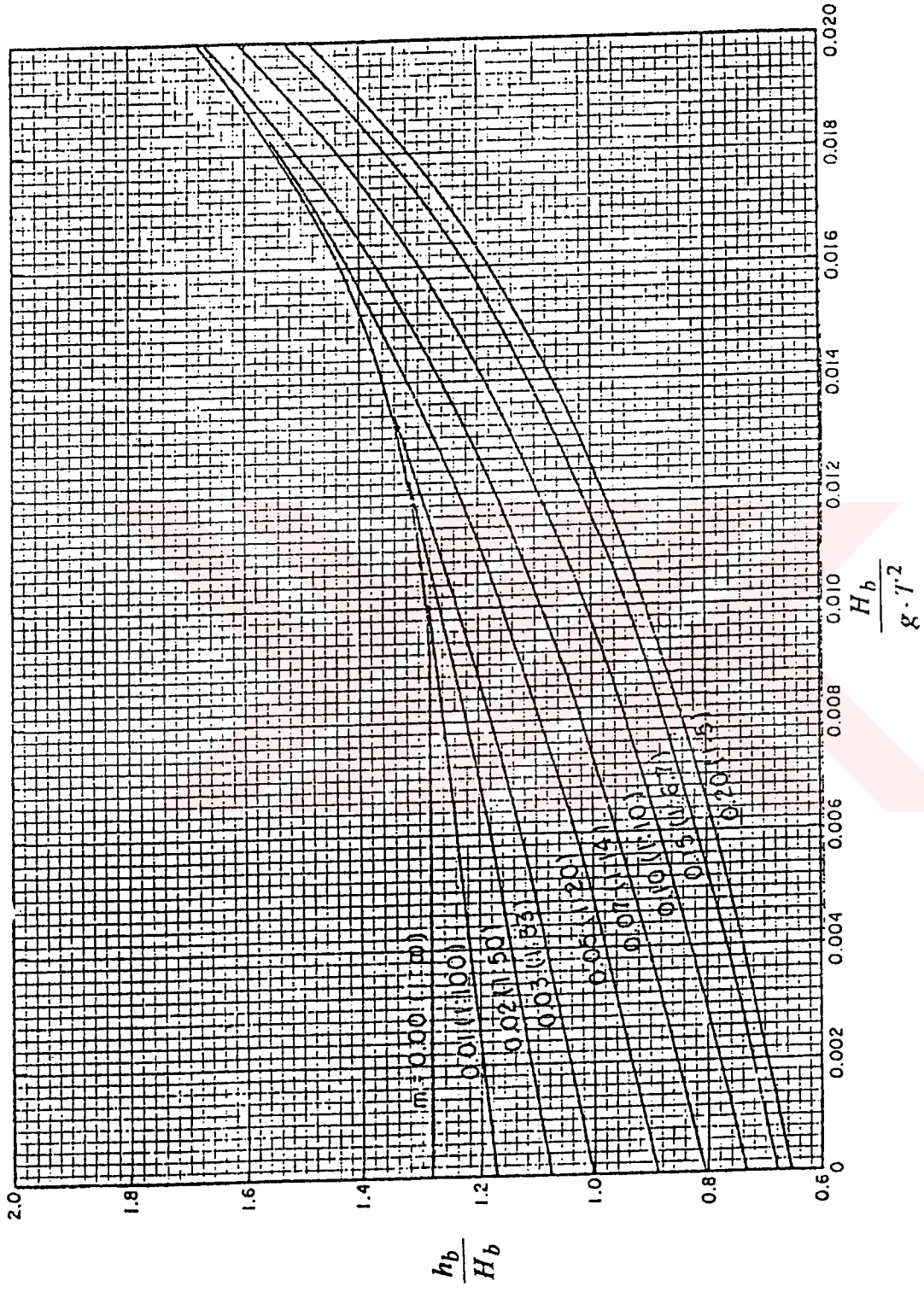
Yüksek, Ö., 1992, Balıkçı Barınaklarının Dolma Sürecinin Araştırılması ve Uygun Proje Ölçütlerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.



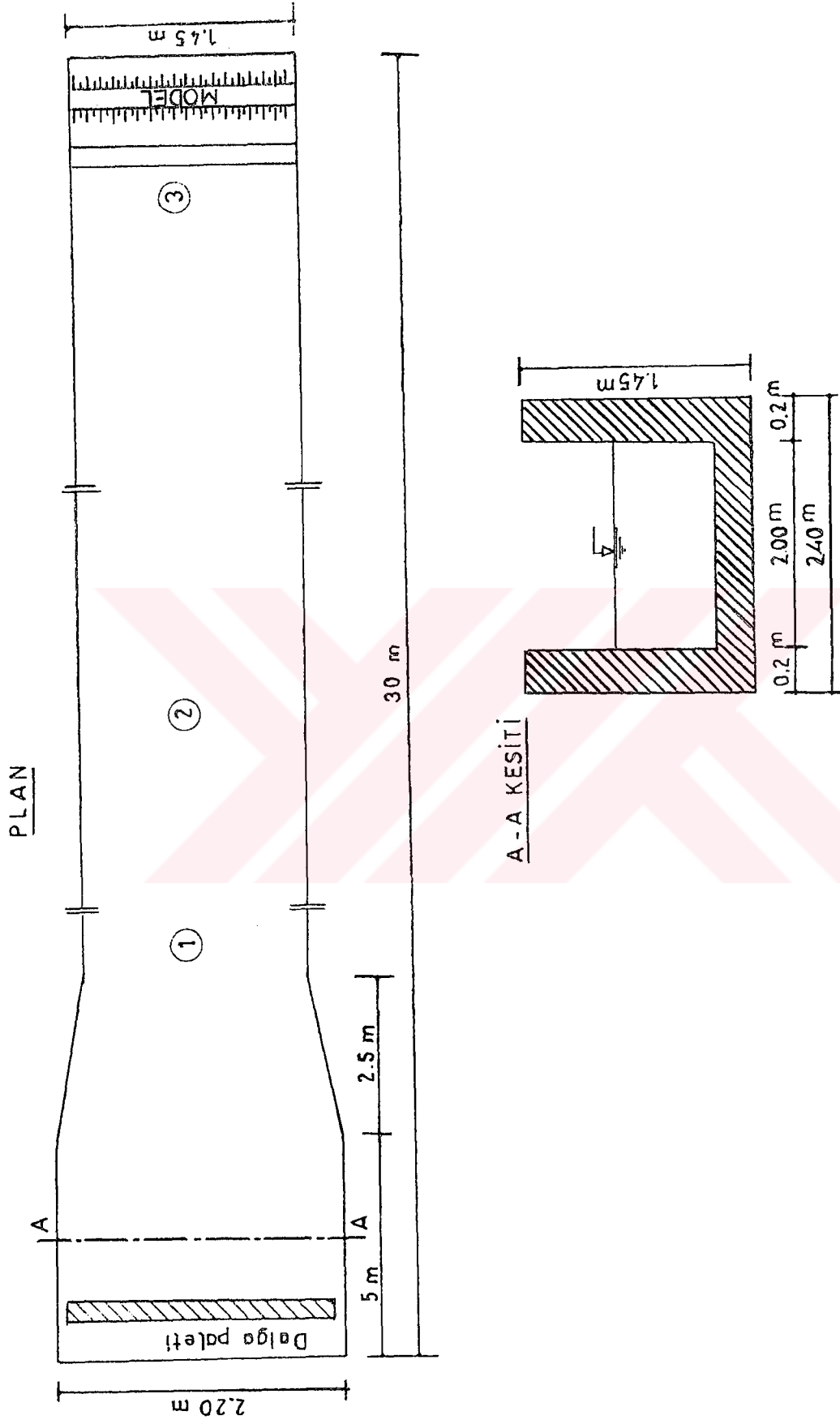
8. EKLER



Ek Şekil 1. Kıranan dalga yüksekliğinin değişimi

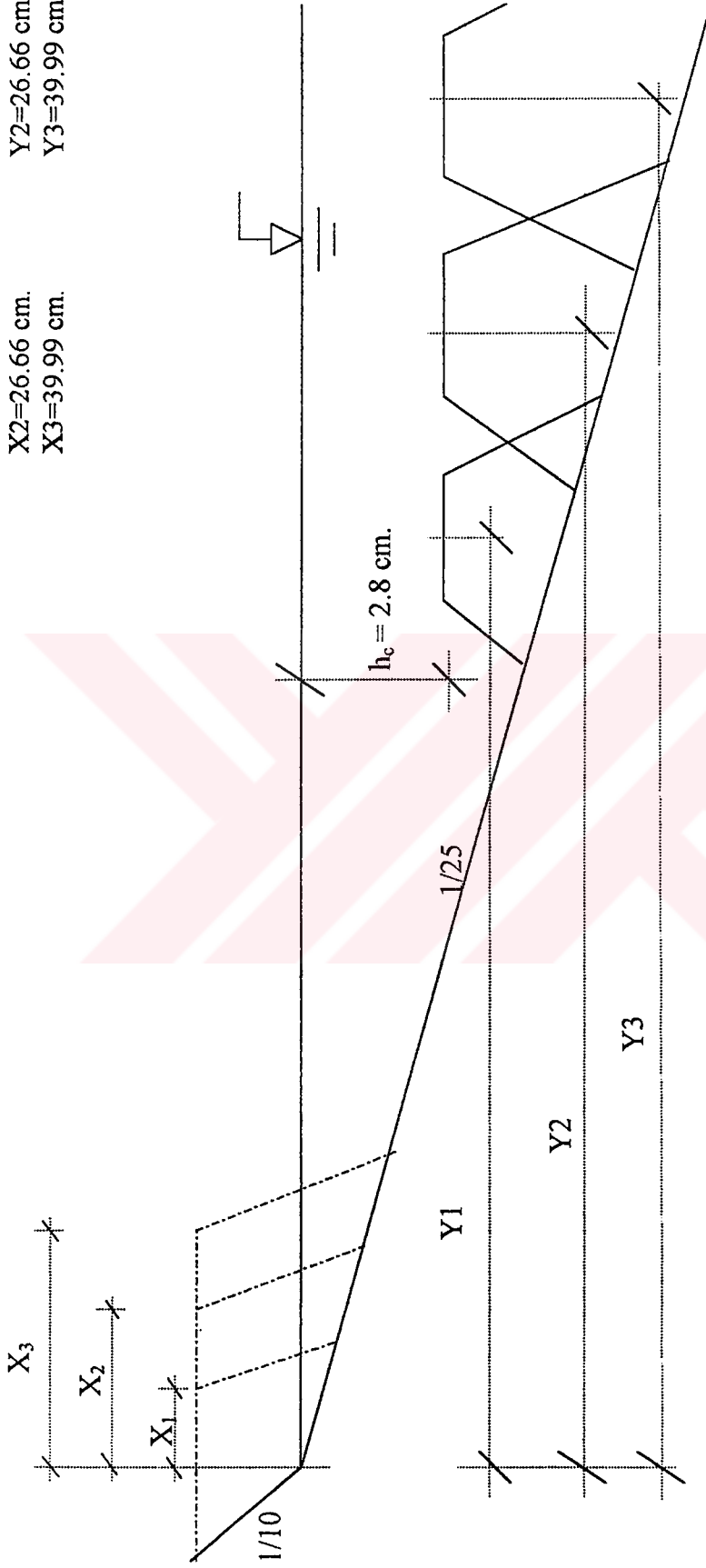


Ek Şekil 2. Dalga kırılma derinliğinin değişimi



Ek Şekil 3. İki boyutlu model havuzu donanımı

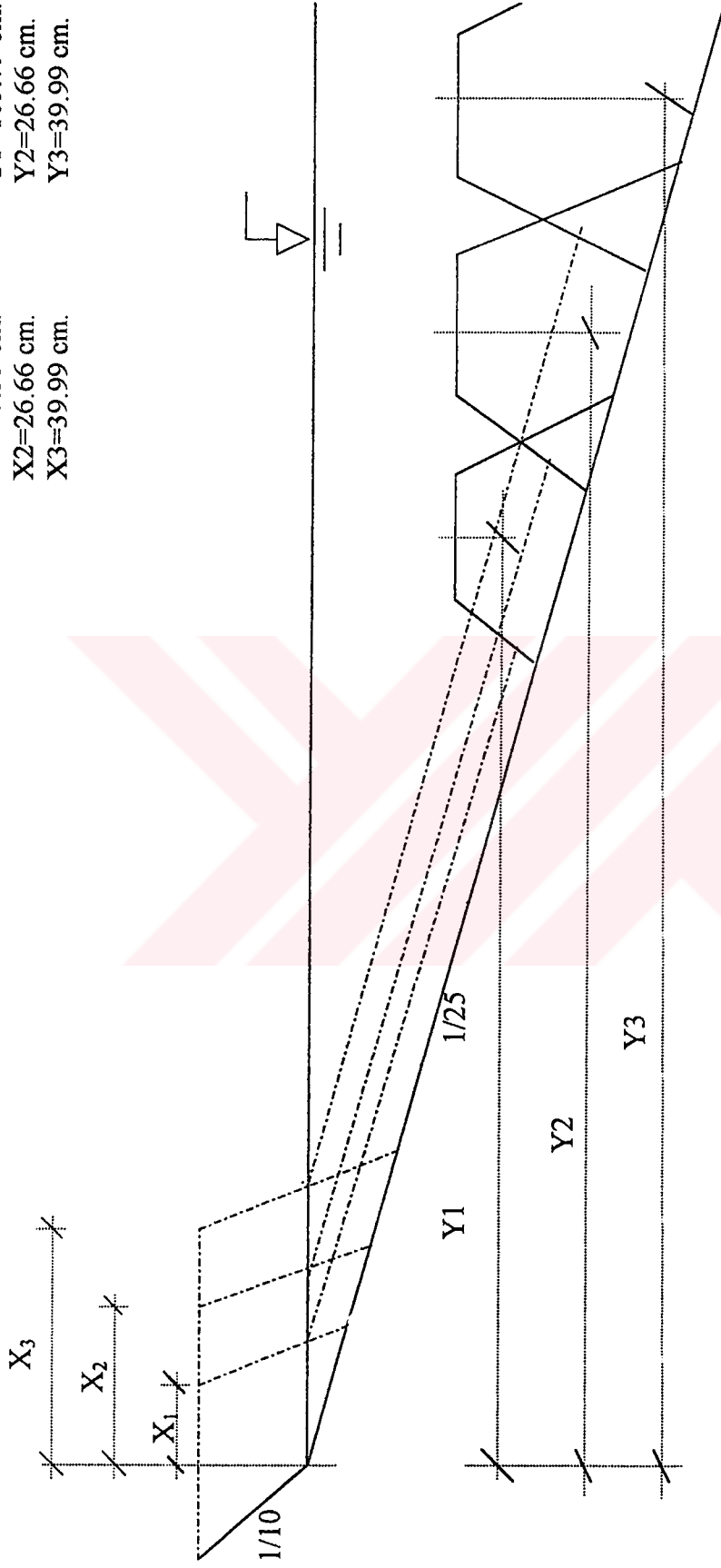
$X_1=13.33$ cm. $Y_1=105.79$ cm.
 $X_2=26.66$ cm. $Y_2=26.66$ cm.
 $X_3=39.99$ cm. $Y_3=39.99$ cm.



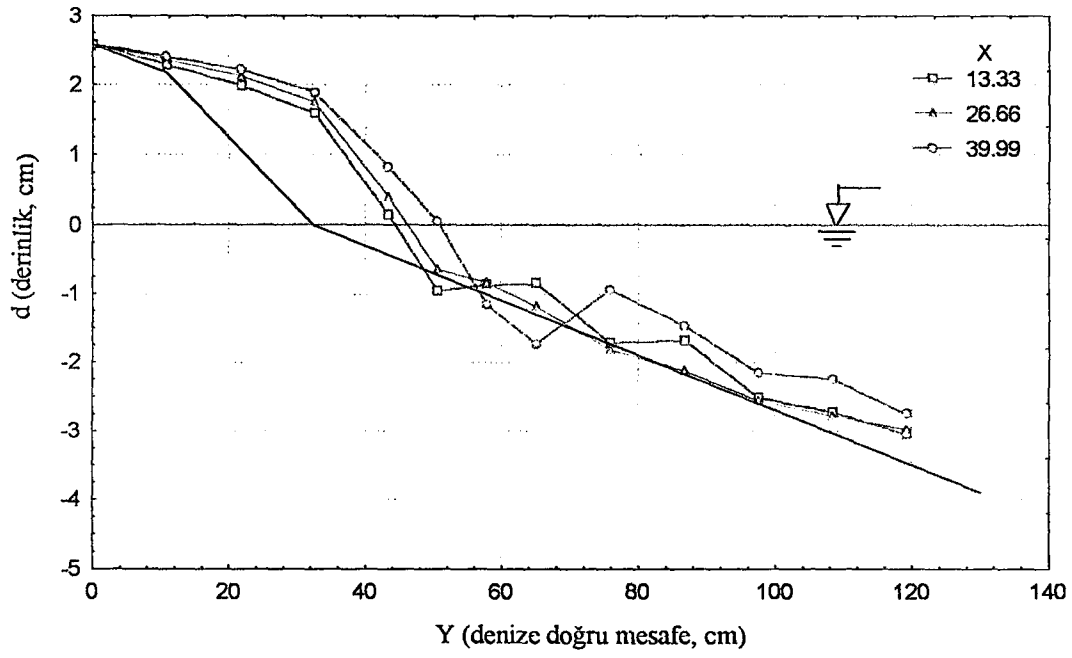
Ek Şekil 4. Batık dalgakıranlı kıyı besleme yapı tipi gösterimi

$X_1=13.33$ cm.
 $X_2=26.66$ cm.
 $X_3=39.99$ cm.

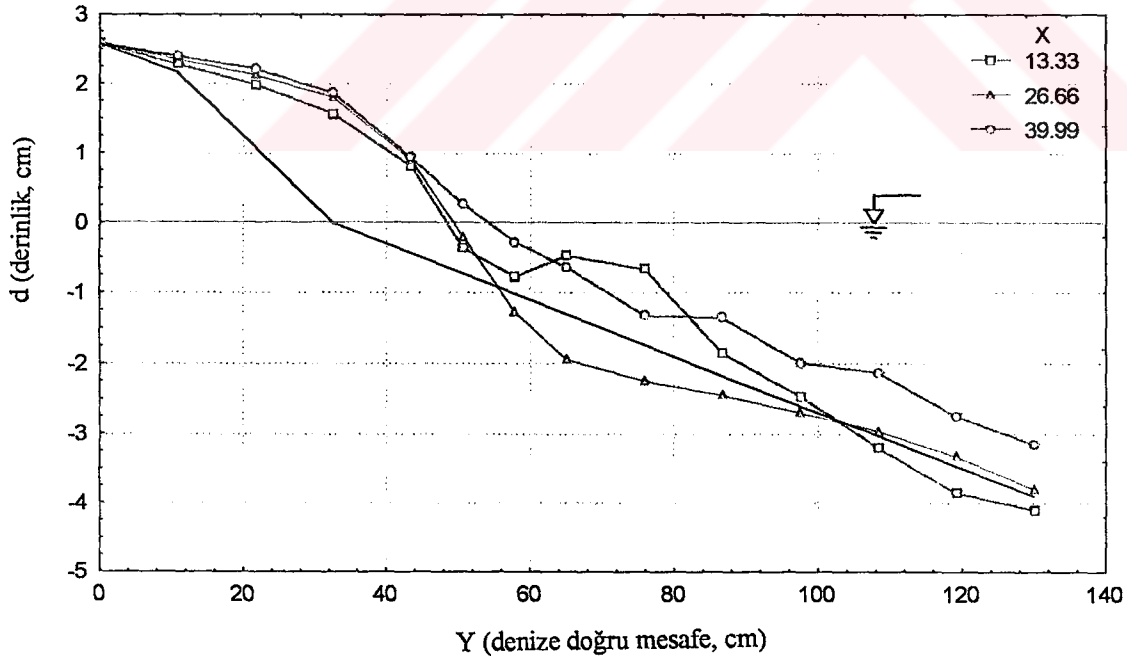
$Y_1=105.79$ cm.
 $Y_2=26.66$ cm.
 $Y_3=39.99$ cm.



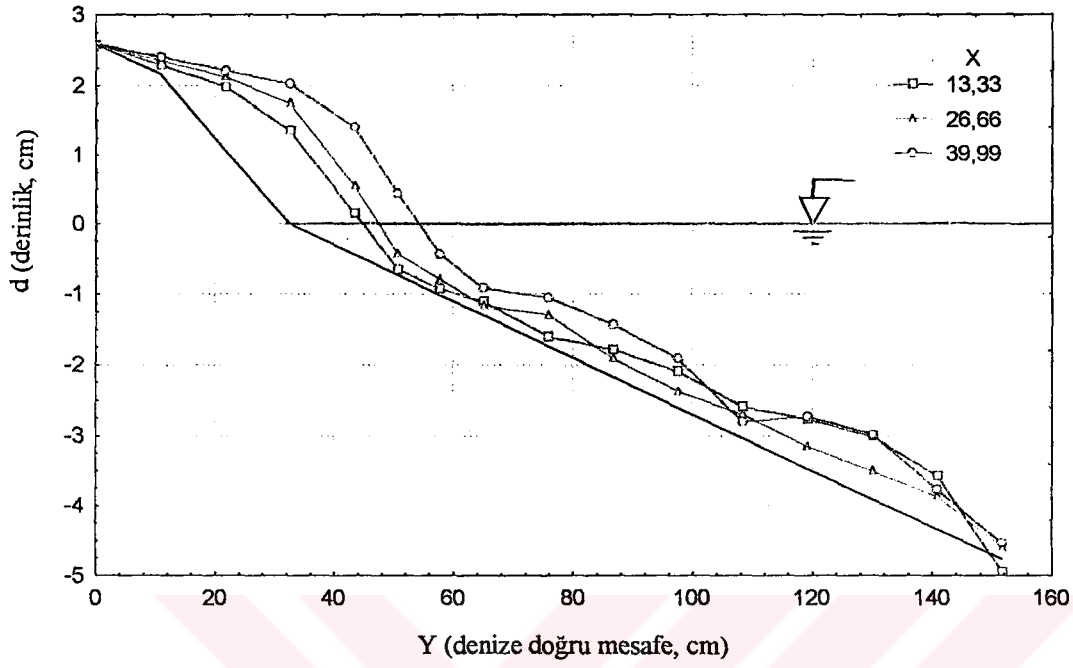
Ek Şekil 5. Batık profil beslemeli kıyı besleme tipi gösterimi



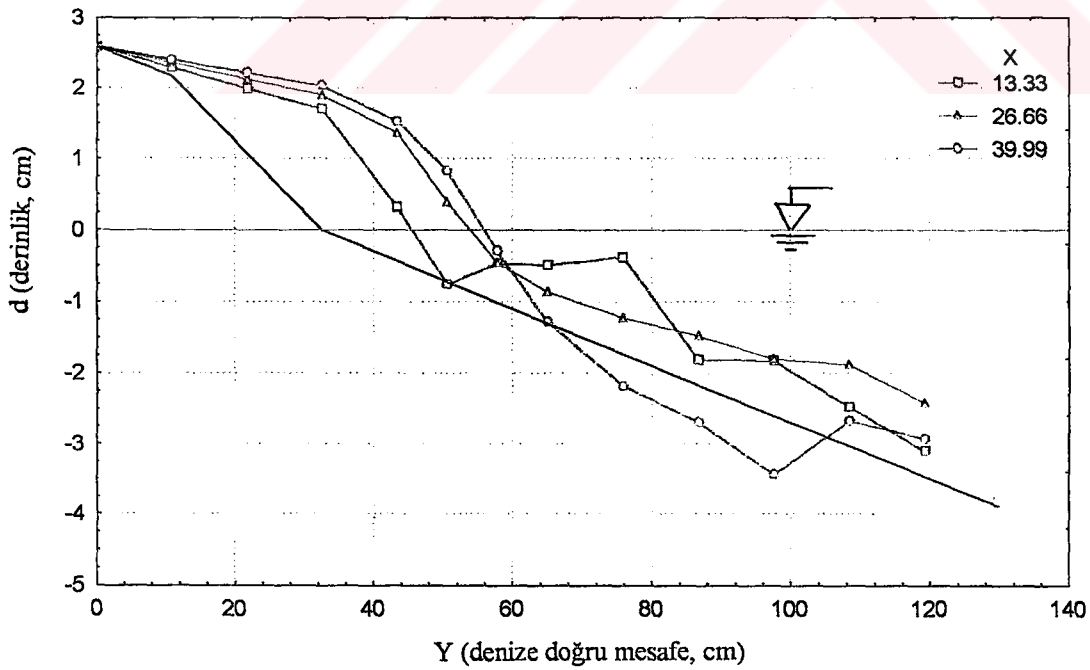
Ek Şekil 6. Batık dalgakıranlı $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı beslemesi profilleri (Y1K)



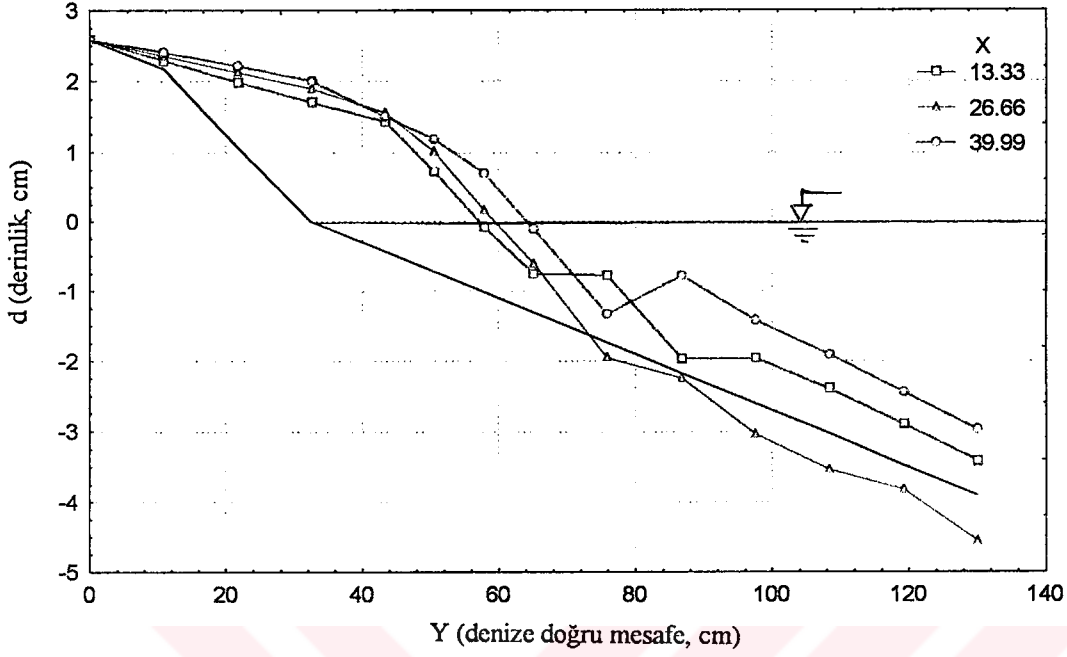
Ek Şekil 7. Batık dalgakıranlı $H_o=4.07\text{cm.}$ 'lik kıyı beslemesi profilleri (Y2K)



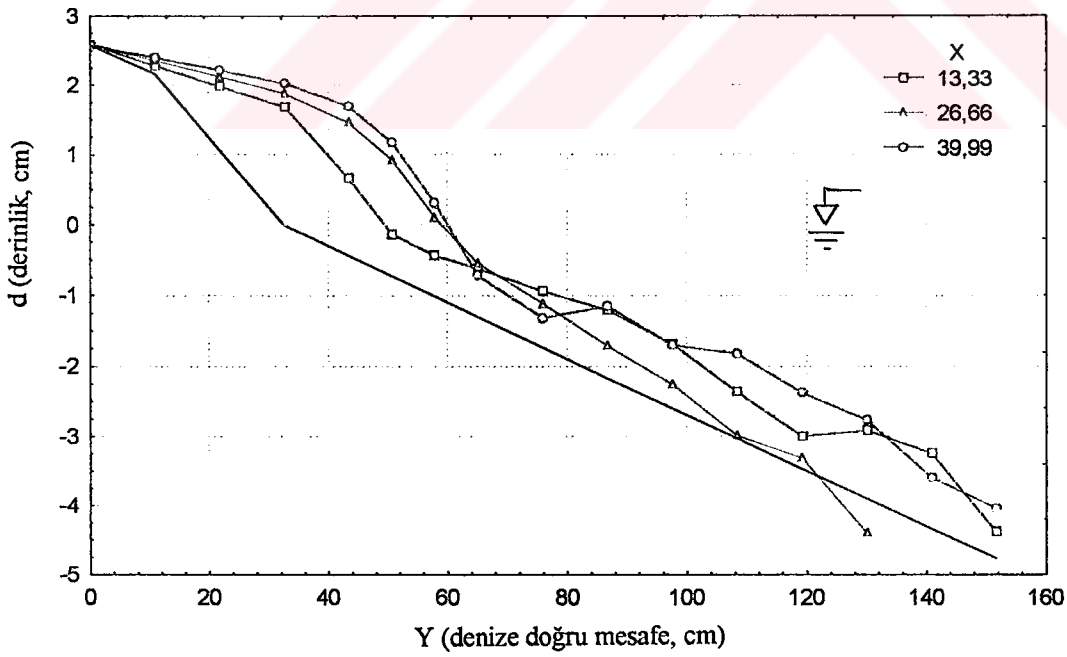
Ek Şekil 8. Batık dalgakıranlı $H_o=4.07\text{cm.}'$ lik kıyı beslemesi profilleri (Y3K)



Ek Şekil 9. Batık profil beslemeli $H_o=4.07\text{cm.}'$ lik kıyı beslemesi profilleri (Y1B)



Ek Şekil 10. Batık profil beslemeli $H_o=4.07\text{cm}$.’lik kıyı beslemesi profilleri (Y2B)



Ek Şekil 11. Batık profil beslemeli $H_o=4.07\text{cm}$.’lik kıyı beslemesi profilleri (Y3B)

9. ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Trabzon'da doğdu. 1969-1974 yılları arası İskender paşa ilk okulunda, 1974-1977 yılları arasında Karma ortaokulunda, 1977-1980 de Trabzon lisesinde okudu. 1981 de KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1986 yılında mezun oldu. 1986-1989 da yüksek lisansı bitirdi. 1991 de doktorayı kazandı. 1993-1998 yılları arasında Fen Bilimleri Enstitüsü kadrosunda Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı.

