

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KIYI PROFİLİNDE YIĞILMA BÖLGESİ PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Ergun UZLU

**ARALIK 2010
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KIYI PROFİLİNDE YIĞILMA BÖLGESİ PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

İnş. Müh. Ergun UZLU

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“ (İnşaat Yüksek Mühendisi) ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13.12.2010
Tezin Savunma Tarihi : 30.12.2010**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRCÜ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hızır ÖNSOY
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Fevzi KARSLI**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

Çeşitli dalga şartlarını, taban eğimlerini ve tabandaki malzeme özelliklerini dikkate alarak kıyıya dik katı madde hareketini incelemeye ve bu hareket sonucunda kıyı profilinde oluşan yığılma bölgesi parametrelerini belirlemeye yönelik bu çalışma; Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır.

Tez Danışmanlığımı üstlenerek konu seçimi ve çalışmaların yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRCÜ'ye teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Yapıcı eleştirilerinden yararlandığım Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Hızır ÖNSOY'a teşekkür ederim.

Tezin hazırlanmasında ilgilerinden ve yardımlarından dolayı Arş. Gör. Dr. Murat KANKAL'a, şükranlarımı sunarım. Tezin fiziksel model çalışmalarında, manevi ve teknik desteklerini esirgemeyen Hidrolik Laboratuvarı Teknisyenleri Yüksel HARDAL ve Halil DEMİRCİ'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince burs aldığım Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her aşamasında, bana karşılıksız destek veren, aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Ergun UZLU

Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3. Literatür Taraması.....	2
1.4. Dalgaların Genel Özellikleri.....	9
1.4.1. Dalga Mekaniği.....	10
1.4.1.1. Basit Dalga Profili.....	10
1.4.1.2. Dalga Boyu ve Dalga Hızı.....	10
1.4.1.3. Derin Deniz Dalgaları.....	11
1.4.2. Dalgaların Kıyıya Yaklaşırken Uğradığı Değişimler.....	11
1.4.2.1. Dalga Sığlaşması.....	12
1.4.2.2. Dalga Kırınımı.....	12
1.4.2.3. Dalga Yansıması.....	12
1.4.2.4. Dalga Sapması.....	13
1.4.2.4.1. Düz Paralel Konturlarda Dalga Sapması.....	13
1.4.2.4.2. Karmaşık Konturlarda Dalga Sapması.....	14
1.4.2.5. Dalga Kırılması.....	14
1.4.2.6. Dalga İletimi.....	15
1.5. Kıyının Morfolojik Yapısı.....	16
1.5.1. Kıyı Bölgesinin Tanımı.....	16
1.5.2. Kıyı Hidrodinamik Dengesi ve Katı Madde Kaynakları.....	17
1.5.3. Kıyıdaki Katı Maddelerin Fiziksel Özellikleri.....	18

1.5.4.	Katı Madde Taşınımını Etkileyen Faktörler.....	18
1.5.4.1.	Dalgalar.....	18
1.5.4.2.	Akıntılar.....	19
1.5.4.3.	Gel-Gitler.....	19
1.5.4.4.	Rüzgarlar.....	19
1.5.4.5.	Diğer Faktörler.....	20
1.6.	Katı Madde Taşınım Mekanizması.....	20
1.6.1.	Kıyı Bölgesinde Tabanda Hareketin Başlaması.....	20
1.6.2.	Taşınım Türleri.....	21
1.6.2.1.	Taban Malzemesi Taşınımı.....	21
1.6.2.2.	Taban Malzemesi-Askı Malzemesi Geçışı.....	21
1.6.2.3.	Askı Şeklinde Malzeme Hareketi.....	21
1.6.2.4.	Tabaka Akımı.....	21
1.6.3.	Kırılma Bölgesinde Katı Madde Taşınımı.....	22
1.6.4.	Kırılma Noktası Civarındaki Katı Madde Taşınımı.....	22
1.6.5.	Tırmanma Bölgesinde Katı Madde Taşınımı.....	23
1.6.6.	Katı Madde Taşınım Bölgesinin Sınırı.....	23
1.6.7.	Katı Madde Taşınım Formüllerinin Sınıflandırılması.....	24
1.6.8.	Kıyıya Dik ve Paralel Taşınım.....	24
1.7.	Kıyı Profilleri.....	25
1.7.1.	Fırtına Profili (Erozyon Profili)	26
1.7.2.	Normal Profil (Yığılma Profili)	27
1.7.3.	Fırtına Profili İle Normal Profilin Belirlenmesi.....	28
1.7.4.	Kıyı Önü Eğimi.....	30
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	31
2.1.	Giriş.....	31
2.2.	Çalışma Kapsamında İncelenen Yığılma Bölgesi Parametreleri.....	31
2.2.1.	Yığılma Bölgesinin Başlangıç Noktası.....	32
2.2.2.	Yığılma Bölgesinin Tepe Noktası.....	33
2.2.3.	Yığılma Bölgesinin Son Noktası.....	33
2.2.4.	Yığılma Bölgesinin Hacmi.....	33
2.3.	Fiziksel Model Çalışmaları.....	33
2.3.1.	Model Ölçeği.....	34

2.3.2.	Dalga Şartları.....	34
2.3.3.	Taban Eğimi Özellikleri.....	34
2.3.4.	Malzeme Özellikleri.....	35
2.3.5.	Deney Süreleri.....	35
2.3.6.	Dalga Kanalı ve Donanımı.....	36
2.3.7.	Ölçüm Sistemi.....	37
2.3.8.	Çalışma Kapsamında Yapılan ve Kullanılan Deneyler.....	37
2.4.	Regresyon Analizleri.....	39
2.4.1.	Çoklu Ekspansiyel Fonksiyon.....	39
2.4.2.	Çoklu Hiperbolik Fonksiyon.....	39
2.5.	Değişkenlerin Boyutsuzlaştırılması.....	39
3.	BULGULAR.....	41
3.1.	Yığılma Bölgesi Parametreleri İçin Fiziksel Model Bulguları.....	41
3.2.	Yığılma Bölgesi Parametreleri İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler	43
3.2.1.	X_{yb} İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler.....	43
3.2.2.	X_{yt} İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler.....	45
3.2.3.	h_{yt} İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler.....	47
3.2.4.	L_y İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler.....	49
3.2.5.	V_{yh} İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler.....	51
4.	İRDELEME.....	53
4.1.	İrdelenen Yığılma Bölgesi Parametreleri.....	54
4.1.1	Yığılma Bölgesi Başlangıç Noktasının Orijinal Kıyı Çizgisine Yatay Uzaklığı....	54
4.1.2.	Yığılma Bölgesi Tepe Noktasının Orijinal Kıyı Çizgisine Yatay Uzaklığı	55
4.1.3.	Yığılma Bölgesi Tepe Noktasının Sakin Su Seviyesine Düşey Uzaklığı....	56
4.1.4.	Yığılma Bölgesinin Kıyıya Dik Genişliği.....	57
4.1.5.	Yığılma Bölgesinin Hacmi.....	58
4.2.	İrdelenen Parametrelerin Etki Oranları.....	59
5.	SONUÇLAR.....	61
6.	ÖNERİLER.....	64
7.	KAYNAKLAR.....	65
8.	EKLER.....	71

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Kıyılardaki katı madde hareketinin bilinmesi; kıyı yapılarının stabilitesi, yeni kıyı oluşumu ve buna uygun yapıların inşa edilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Katı madde hareketi sonucu oluşan erozyon veya yığılma profilleri çoğunlukla taban eğimi, dalga şartları ve tabandaki malzemenin özelliklerine göre şekillenmektedir.

Bu çalışmada, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı, yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay ve düşey uzaklığı, yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği ve yığılma bölgesi hacmi, kıyı profilinde yığılma bölgesi parametreleri olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan bu parametreler için fiziksel model verileri, yedi farklı dalga yüksekliği, iki farklı dalga periyodu, dört farklı taban eğimi ve üç farklı malzeme çapı dikkate alınarak elde edilmiştir. Fiziksel model verileri kullanılarak regresyon analizleri yapılmış ve her bir parametre için boyutlu ve boyutsuz denklemler kurulmuştur. Denklemler, fiziksel model verileriyle karşılaştırılarak en uygun olanları belirlenmiştir. Bunun yanında, dalga yüksekliği, periyodu, taban eğimi ve malzeme çapının yığılma bölgesi parametreleri üzerine etkileri de incelenmiştir.

Çalışma sonucunda yığılma bölgesi parametrelerine en fazla etkileyen faktörlerin dalga dikliği ve ortalama tane çapı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, yığılma bölgesi parametrelerinin, dalga yüksekliği ve periyodunun artmasıyla arttığı anlaşılmıştır. Çalışmadan elde edilen denklemlerin, yığılma bölgesi parametrelerini belirlemede başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kıyıya Dik Katı Madde Hareketi, Kıyı Profilleri, Erozyon Profili, Yığılma Profili, Palye, Regresyon Analizi

SUMMARY

Determination of Accretion Parameters in Coastal Profile

Understanding of sediment movement in coastal areas is very important in terms of stability of coastal structures, recovery of coast areas and formation of new coast. Accretion or erosion profiles, which are formed as a result of sediment movement, develop commonly according to bed slope, wave conditions and sediment properties.

In this study, horizontal distance from starting point of accretion zone to original shoreline, horizontal and vertical distance from crest point of accretion zone to original shoreline, width of accretion zone perpendicular to coast and volume of accretion zone were determined as parameters of accretion zone in coastal profile. For these determined parameters, physical model data was examined considering seven different wave heights and two different wave periods, four different bed slope, and three different sediment diameters. Regression analyses were made using of physical model data, than dimensional and non-dimensional equations were found for each parameter. The equations were compared to physical model data to determine the best equation for each accretion parameter. Also, effects of wave height and period, bed slope, and sediment diameter on accretion parameters were examined.

In consequence of this study, it was clearly understood that parameters of accretion zone was mostly affected from wave steepness and sediment diameter. Besides, if wave height and wave period increase, parameters of accretion zone generally increase. It was arrived to conclusion of the equations successfully determined parameters of accretion zone.

Key Words: Cross-Shore Sediment Movement, Coastal Profiles, Erosion Profile, Accretion Profile, Berm profile, Regression Analysis

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	Sinüs eğrisi biçimli dalga profili..... 10
Şekil 1.2.	Kıyı bölgesi hidrodinamik kısımları..... 16
Şekil 1.3.	Kıyıda katı madde dengesi..... 17
Şekil 1.4.	Fırtına Profili..... 27
Şekil 1.5.	Yığılma profili..... 27
Şekil 2.1.	Yığılma bölgesi parametreleri..... 32
Şekil 2.2.	Model dalga kanalı ve kesiti..... 36
Şekil 2.3.	Ölçüm ağı planı..... 37
Şekil 4.1.	X_{yb} için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması..... 55
Şekil 4.2.	X_{yt} için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması..... 56
Şekil 4.3.	h_{yt} için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması.... 57
Şekil 4.4.	L_y için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması..... 58
Şekil 4.5.	V_{yh} için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması... 59
Ek Şekil 1.	6 nolu deney için kıyı profilinin zamansal değişimi..... 71
Ek Şekil 2.	17 nolu deney için kıyı profilinin zamansal değişimi..... 71
Ek Şekil 3.	21 nolu deney için kıyı profilinin zamansal değişimi..... 72
Ek Şekil 4.	30 nolu deney için kıyı profilinin zamansal değişimi..... 72

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Kraus vd. tarafından incelenen kıyıya dik erozyon ve yığılma kriterleri.	29
Tablo 2.1. 1.46 ve 2.03 s periyotlu dalgalar için dalga yükseklik ve diklikleri.....	34
Tablo 2.2. Çalışma kapsamında yapılan ve kullanılan deneyler.....	38
Tablo 3.1. Yığılma bölgesi parametreleri için fiziksel model bulguları.....	42
Tablo 3.2. X_{yb} için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	43
Tablo 3.3. X_{yb} için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	44
Tablo 3.4. X_{yt} için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	45
Tablo 3.5. X_{yt} için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	46
Tablo 3.6. h_{yt} için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	47
Tablo 3.7. h_{yt} için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	48
Tablo 3.8. L_y için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	49
Tablo 3.9. L_y için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	50
Tablo 3.10. V_{yh} için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	51
Tablo 3.11. V_{yh} için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları.....	52
Tablo 4.1. Tüm deneyler için rölatif hataların ortalamaları.....	53
Tablo 4.2. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerine etki oranları.....	60

SEMBOLLER DİZİNİ

a	: Dalga genliği
b	: Sapan dalga ortogonalleri arasındaki mesafe, Regresyon katsayıları
b_0	: Derin deniz dalga ortogonalleri arasındaki mesafe
B	: Yığılmanın başlangıç noktası
c	: Eksponansiyel fonksiyon için regresyon katsayısı
C	: Dalga hızı, Katsayı
C_0	: Açık deniz dalga hızı
C_t	: İletim katsayısı
C_z	: Derinlik boyunca katı madde konsantrasyonları
C^*	: Yığılma-erozyon kriteri
C^{**}	: Yığılma-erozyon kriteri
d_{50}	: Taban malzemesinin medyan çapını
D	: Her bir hacim başına enerji dağılımı, Su parçacığı yörünge çapı
D_o	: Iwaghi ve Noda'nın önerdiği yığılma-oyulma kriteri
e_i	: i. rölatif hata
F_o	: Yığılma-oyulma kriteri için bir tür Froude Sayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
G'_0	: Dean'in önerdiği yığılma-oyulma kriteri
h	: Su derinliği
h^*	: Taban malzemesinin taşınabileceği derinlik
h_b	: Kırılma derinliği
h_{yb}	: Yığılmanın başlangıç noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığı
h_{yt}	: Yığılmanın tepe noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığı
h_{ys}	: Yığılmanın son noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığı
H	: Lokal dalga yüksekliği
H_b	: Kırılma anındaki dalga yüksekliği
H_d	: Engelin arkasında belli bir noktadaki dalga yüksekliği
H_0	: Açık deniz dalga yüksekliği
H_{st}	: Yapı arkasında ölçülen iletilmiş belirgin dalga yüksekliği

H_s	: Yapı önu belirgin dalga yüksekliği
$H_{1/3}$: Belirgin dalga yüksekliği
K	: Boyutsuz bir katsayı, Orijinal kıyı çizgisi, Dalga sayısı
K_d	: Kırınım katsayısı
K_r	: Sapma katsayısı
K_s	: Sığlaşma katsayısı
K_y	: Yansıma katsayısı
L	: Lokal dalga boyu
L_0	: Açık deniz dalga boyu
L_y	: Yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği
m	: Ortalama taban eğimi
N_0	: Yığılma-oyulma kriteri için Dean sayısı
q	: Birim hacimdeki katı madde debisi
q_c	: Taşınım ana akışın katkısı
q_{sx}	: Kıyıya dik yöndeki katı madde taşınım oranı
q_{sy}	: Kıyıya paralel yöndeki katı madde taşınım oranı
R	: Akarsulardan gelen katı madde debisi
R_c	: Kayalardan aşınan malzeme debisi
r	: Korelasyon katsayısı
r^2	: Determinasyon katsayısı
S	: Yığılmanın son noktası
SSS	: Sakin su seviyesi
S_0	: Derin (açık deniz) su dalga dikliği
T	: Dalga periyodu, Yığılmanın tepe noktası
$T_{1/3}$: Belirgin dalga periyodu
$\tan\beta$: Taban eğimi
U_b	: Tabandaki akışkan hızı
U_z	: Derinlik boyunca akışkan hızları
V_{yh}	: Yığılma hacmi
y	: Örneğin hesaplanan çıktıları, Bağımlı değişken
w	: Çökme hızı
x_h	: Denklemlerden veya YSA'dan bulunan değer
x_0	: Deneylerde ölçülen değer

- X_{yb} : Yığılmanın başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı
 X_{yt} : Yığılmanın tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı
 X_{ys} : Yığılmanın son noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı
 X^* : Katı maddenin taşınabileceği son noktanın kıyı çizgisine yatay uzaklığı
 η : Maksimum su yüzeyi yüksekliği, Dalga profilinin durgun suya göre düşey mesafesi
 α : Sapan dalga cephelerinin kıyı çizgisiyle yaptığı açı
 α_0 : Hsu'nun kullandığı başlangıç dalga açısı
 ρ_s : Kum taneciğinin özgül kütlesi
 ρ : Suyun özgül kütlesi
 γ : Suyun özgül ağırlığı, Kırılma indisi
 β : Başlangıç (düzeltilmiş) kıyı profilinin yatayla yaptığı açı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Son yıllarda dünya çapında yaşanan ekonomik ve sosyal gelişmelere paralel olarak, insanların kıyıya bakış açıları giderek değişmiş, kıyılara olan ilgi ve kıyıların kullanımı sürekli olarak artmıştır. Kullanımdaki bu artış; kıyı mühendisliğini, birçok değişik soruna karşı bilimsel kurallara dayanan çözümler bulmak zorunda bırakmış ve kıyı mühendisliğinde önemli gelişmeler meydana gelmesini sağlamıştır.

Kıyı yapılarının büyük çoğunluğu yakın kıyı bölgesindeki deniz tabanına oturmaktadır. Bu deniz tabanı bazı kıyılarda hareketli malzemelerden oluşmaktadır. Malzemeler dalga, akıntı, gelgit veya bunların birleşik etkileri nedeniyle çeşitli yönlerde taşınmaktadırlar. Güvenli bir kıyı yapısı inşa edilmesi kıyı yapısının oturduğu deniz tabanının zaman içerisindeki değişiminin iyi bilinmesine bağlıdır. Deniz tabanında meydana gelen değişimin bilinmesi, liman ve balıkçı barınaklarında karşılaşılan kumlanma sorunları ve yeni kumsal oluşturulması konularında da büyük öneme sahiptir.

İnsanlar, kıyılara zarar vererek onların yok olmasına sebep olmaktadır. Kıyıları koruma ve bakım problemi çoğunlukla ekonomik sebeplerle göz ardı edilmektedir. Halbuki ekonomik mantıkla hareket etme, çevre korunması ile çatışan bir kavram değildir. Gelişmiş çevre, ekosistemin planlanması gibi ideallerin ekonomik bir çerçevede sunulması gerekmektedir [1].

Kıyı kullanımının son yıllarda artması ile birlikte yükselen çevre bilinci ve çevre korumacılığı, doğal dengeye uyumlu yapı tasarımlarının önemini arttırmıştır. İçinden denizi kirletme özelliği taşıyan sıvıların (atık su, petrol vb.) geçtiği boru hatlarının tasarımı ve kıyının değişik etkilerine karşı olan dayanımı çevre açısından çok önemlidir. Bu sistemlerde yaşanacak aksaklıklar kıyılarda büyük derecede kirlenmeye neden olabilmektedir. Bu nedenle doğal dengenin en önemli parçası olan kıyılarda, katı madde hareketlerinin iyi analiz edilmesi ve anlaşılması gerekmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Kıyı bölgesini koruma, kıyıdan en iyi şekilde yararlanma, ticaret, turizm vb. amaçlarla yapılan kıyı yapıları genellikle yakın kıyı bölgesindeki hareketli tabanlarda inşa edilmektedir. Yapını üzerine oturduğu tabandaki hareketin miktarı yönü ve zamanla değişimi; bir kıyı yapısının plan ve projelendirme aşamasını önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle kıyıya dik taşınım; yığılma ile bazı yapılarda kumlanmaya, oyulma ile stabilite sorunlarına yol açabilmektedir. Bu durum kıyı yapısını ekonomik ömrünü azaltmakta veya işletme maliyetlerini arttırmaktadır. Bu nedenle, kıyı yapılarının projelendirmesinde en önemli unsurlardan biri dalga etkisiyle oluşan kıyı profilleridir. Dalga periyodu, dalga yönü, dalga yüksekliği, taban eğimi ve tabandaki malzeme özellikleri vb. parametreler, kıyı profilini önemli ölçüde etkilemektedir.

Bu çalışmada; dalga yükseklik ve periyodu, taban eğimi ve tabandaki malzeme çapı dikkate alınarak kıyıya dik katı madde hareketi incelenmiş ve bu hareket sonucunda oluşan kıyı profilindeki yığılma bölgesi parametreleri belirlenmiştir.

Konuyla ilgili geçmişte yapılmış çalışmalar incelenmiş, yığılma bölgesi parametrelerini belirlemedeki eksiklikler araştırılmış ve çalışmaya bu doğrultuda yön verilmiştir. Geçmişte yapılan çalışmalar ve dikkate alınan model ölçeği doğrultusunda, yığılma profili oluşturabilecek dalga şartları, taban eğimi ve tabandaki katı madde özellikleri seçilerek, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarı iki boyutlu dalga kanalında, fiziksel model çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Buna ilaveten, Kömürcü tarafından elde edilmiş ilgili fiziksel model verileri de kullanılarak boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri yapılmış, yığılma bölgesi parametreleri için boyutlu ve boyutsuz denklemler elde edilmiştir. Fiziksel model verileri kullanılarak yığılma bölgesi parametreleri için, elde edilen boyutlu ve boyutsuz denklemler fiziksel model verileriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

1.3. Literatür Taraması

Konuyla ilgili literatür çalışmaları özetlenerek aşağıda sunulmaktadır:

Hine [2], Nauset Plajı'nda üç farklı palye (berm) gelişim mekanizmasını incelemiştir. Çalışma, fırtına dalgasının meydana gelmediği yaz periyodunda gerçekleştirilmiştir.

On altı haftalık yaz periyodu boyunca yapılan haftalık topografik ölçümler, her bir palye gelişim mekanizmasının kıyının farklı oranlarda büyümesine neden olduğunu göstermiştir. Çalışma kapsamında, dalga parametreleri düzenli bir şekilde ölçülemediğinden dalga parametreleri ile palye mekanizması arasındaki ilişki kurulamamıştır.

Sunamura [3], tırmanma bölgesindeki kıyıya dik malzeme hareketinin yönünü ve debisini belirleyebilmek için dalga kanalında deneyler yapmış ve bir formül geliştirmiştir. Geliştirdiği formülle dalga tırmanma bölgesindeki malzeme hareketinin yönünü ve debisini belirlemiş, ancak arazi verileriyle karşılaştırmasını yapmamıştır.

Thomas ve Baba [4], küçük gel-git durumunda kıyı boyunca oluşan palye gelişim mekanizmasını incelemiştir. Çalışma alanı olarak, Hindistan'ın güney batı kıyısındaki Valiathura'daki (dalga yüksekliği nadiren 1 m'nin altına düşen ve sık sık 4 m'yi aşan muson rüzgarı dalgaları etkisindeki bir bölge) orta büyüklükteki tane çaplı kuma sahip bir kumsalı seçmişlerdir. Çalışmalarında, dalga dikliğinin 0,04'ün altına düşmesinin palye oluşumuna 0,04'ün üzerine çıkması ise bar oluşumuna neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Sunamura [5], tane büyüklüğünü dikkate alarak laboratuvar ve arazideki palye oluşumunu incelemiştir. Kaba taneli ($d_{50} > 0,69$ mm) kıyı profilinde palye, ince taneli kumsalda ise bar oluştuğunu gözlemlemiştir. Yaptığı gözlemler sonucu palye yüksekliğinin kıyı profilini oluşturan tane büyüklüğüne bağlı olduğunu tespit etmiştir.

Hanson ve Kraus [6], kıyı çizgisinin değişimini, bazı kabuller yaparak modellemiştir. Modelin geçerliliğini belirleyebilmek için arazi ölçüm sonuçlarıyla model sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Modelin ancak ön çalışmalar için kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Çalışmada yapılan kabuller şunlardır:

- Kıyı profili sabit ve kıyı profilinin kıyı ve açıktaki sınırları önceden bellidir,
- Katı madde hareketi, kırılan dalganın bir fonksiyonudur,
- Kıyı bölgesindeki akıntılar, kıyı yapılarının planlamasında ihmal edilir,
- Kıyı çizgisi değişimi uzun bir zaman sürecinde gerçekleşir,
- Yapılardan yansıyan dalgalar ihmal edilir.

Larson ve Kraus [7], erozyon ve yığılma profillerini incelemişler ve deneysel verileri kullanarak, erozyon ve yığılma kriterleri yanında bar parametreleri için de formüller önermişlerdir.

Chen ve Graaff [8], kıyıya dik malzeme hareketinin taşınım debisini incelemiştir. Taşınım debisinin akışkan hızı ve katı madde yoğunluğuyla ilgili olduğunu kabul etmişler

ve aşağıdaki bağıntıyı oluşturmuşlardır. Bu bağıntının kullanılabilmesi için derinlik boyunca akışkan hızları (U_z) ve katı madde yoğunlukları (C_z) ölçülmelidir.

$$q = q_c = \int_0^{h+\eta} \bar{U}(z) \bar{C}(z) dz \quad (1.1)$$

Denklemden; sırasıyla, q_c taşınımına ana akımın katkısı, h su derinliği, η maksimum su yüzeyi yüksekliği, z tabandan yüksekliği göstermektedir.

Sato ve Mitsunobu [9], düzensiz dalga deformasyonu sonucunda meydana gelen kıyı profili değişimini belirleyebilmek için sayısal model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model, uzun ve kısa dalga yayılmalarını ve değişik katı madde hareket formüllerini kullanan taşınım modüllerini kapsamaktadır. Modelden elde edilen sonuçlar, laboratuvar çalışmalarıyla karşılaştırılmıştır. Düzensiz dalgaların kırılma bölgesinde oluşturduğu uzun dalgaların katı maddenin kıyıya taşınmasına katkıda bulunduğunu tespit etmişlerdir. Uzun dalgaların toplam net taşınım etkisinin, kısa dalgalardan ve ters akıntılardan daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Sayısal modelden elde edilen dalga ve akıntı hesaplarının gerçeğe çok yakın olduğunu ancak katı madde taşınım hesaplarının aynı doğrulukta olmadığını gözlemlemişlerdir.

Wise vd. [10], tırmanma ve kırılma bölgesinde düzensiz dalga koşulları altında, ortalama derinlikteki hız ve serbest su yüzeyi yüksekliklerini tahmin etmek için sayısal model geliştirmişlerdir. Model, açığa doğru taşınan katı madde miktarını iyi belirlerken, kıyıya doğru net katı madde taşınımını aynı doğrulukta belirleyememektedir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için hızın, ortalama derinlik yerine düşey bir kesit boyunca belirlenmesi gerektiğini tespit etmişlerdir.

Thom ve Hall [11], New South Wales'in güney kıyısındaki Moruya'da (Avustralya) 1972-1988 yılları arasındaki aylık ölçümlerle, hilal şeklinde 5,5 km uzunluğundaki bir kıyıda yığılma-erozyon ağırlıklı profillerin karakteristiklerini belirlemişlerdir. Kıyıda sediment çapı 0,15-0,35 mm arasında değişmektedir. Kıyı hacminin, genişliğinin ve şeklinin değişimlerini belirlemek için dört ayrı yerdeki profilleri incelemişlerdir. Dört kıyı profili için de hacmin zamansal değişimini araştırarak, her bir kıyı profili için iki ayrı periyot tanımlamışlardır. Bunlar erozyon ve yığılma ağırlıklı periyotlardır. Genişliğin bir fonksiyonu olarak profil hacmi için regresyon analizleri yapmışlar ve dört yer için de profil örtülerini belirlemişlerdir. Böylelikle hacim ve genişlik şekil indeksinden oluşturulan profil

gruplarıyla dört temel kıyı değişim aşamasını tespit etmişlerdir. Bunlar erozyon-erozyon profili, yığılma-erozyon profili, yığılma-yığılma profili ve erozyon-yığılma profilidir. Çalışmada deniz seviyesindeki değişimin profil şeklinin belirlenmesinde en az dalga iklimi kadar önemli olduğu tespit edilmiştir. Hacim/genişlik oranı arttıkça daha dik bir kıyı profili oluştuğunu gözlemlemişlerdir.

Quick [12] dalga şartları, taban eğimi ve malzeme özellikleri arasında teorik ilişkiler kurarak, dalga kırılma ve kabarma noktası arasında belirlenen kontrol hacminin zamansal ortalama davranışını da göz önünde bulundurarak, kıyıya dik katı madde hareketini incelemiştir. Yaptığı çalışmalar sonucunda, malzeme çapının taban eğimiyle doğru orantılı olduğu ve kumsal geçirimsizliğinin taban eğimine, önemli derecede etki ettiğini tespit etmiştir.

Roelvink ve Broker [13], kıyıya dik profil modellerini incelemiş ve modellerdeki eksiklikleri ortaya koymuşlardır. Ayrıca, modelleri teorik temellerine göre sınıflandırmışlardır. Modellerin arazi ve laboratuvar verileriyle karşılaştırılmalarının eksik olduğu görülmüştür. Modellerde, dik eğimler için açığa malzeme hareketinin, küçük hesaplandığı fark edilmiştir. Benzer şekilde dalga tırmanma bölgesindeki, kumul erozyonunun ve dalga kırılma noktası civarındaki akıntı alanının iyi tespit edilemediği bulunmuştur.

Foster vd. [14], Zellanda'nın Maunganui kumsalının erozyona ve yığılmaya maruz kalan bölgelerini incelemişlerdir. Gel-gitler sonucu kıyıda oluşan erozyon bölgelerine besleme yapılmıştır. Besleme yapılmadan önce, besleme süresince ve beslemeden sonra toplam 7 farklı kesitten ve yaklaşık 1,5 yıllık bir sürede batimetrik ölçümler alınmış ve değerlendirilmiştir. Her bir kesitin kıyıya dik boyutu 5'e bölünerek bu bölgelerde erozyona uğrayan veya yığılan miktarları tespit etmişlerdir. Besleme öncesindeki profilin, Dean'nin dengeli kumsal profiline uymadığı ancak besleme süresince yavaş yavaş dengeli profile yaklaştığı görülmüştür.

Schoonees ve Theron [15], kıyıya dik katı madde taşınımı ve kıyı profilleriyle ilgili olan on adet modeli karşılaştırmışlardır ve bunları kendi içlerinde iyi, kabul edilebilir ve az uygun diye üç sınıfa ayırmışlardır. Yapılan incelemeler sonucunda, az uygun çıkan bazı modellerin belirli şartlarda diğer modellerden daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir.

Okazaki [16], hem arazide hem de sahada kapsamlı bir çalışma yaparak dalga kıran tipi, dalga yüksekliği, tane boyutu, belirgin dalga yüksekliği ve palye gelişimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yapılan deneylerde tane büyüklüğü 0,22 – 0,50 mm arasındayken

palye profili oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca tane büyüklüğünün palye hacmini ve yüksekliğini büyük oranda etkilediği bulunmuştur.

Faraci ve Foti [17], kum tepeciklerinin düzenli ve düzensiz dalgalar altındaki davranışını yaptıkları deneylerle incelemişlerdir. Kum tepeciklerinin yüksekliği, genişliği ve dikliği deneysel formüllerle analiz edilmiştir. Çalışmada dalganın düzenli veya düzensiz oluşunun kum tepeciğinin oluşumunda herhangi bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Deneylerden elde edilen sonuçlar literatürdeki formüllerle karşılaştırılmış ve kum tepeciği hareket hızının literatürdeki formüllerle paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

Günaydın ve Kabdaşlı [18], düzenli ve düzensiz dalga koşulları altında kıyı erozyonunun geometrik karakteristiklerini belirleyebilmek için fiziksel model çalışmaları gerçekteşirmişlerdir. Yapılan çalışmalar dalgaların düzenli veya düzensiz olmasının kıyı erozyonunun geometrik karakteristiklerini tanımlamada etkili olmadığını göstermiştir.

Kömürcü [19], dalga yükseklik ve periyodunu, taban eğimini ve tabandaki malzeme çapını dikkate alarak kıyıya dik katı madde hareketini incelemek ve bu hareket sonucunda oluşan erozyon profilindeki bar parametrelerini belirlemek için iki boyutlu dalga kanalında fiziksel model çalışmaları yaparak ilgili parametrelere yönelik veriler elde etmiştir. Fiziksel model verileri dikkate alınarak yapılan boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleriyle, bar parametreleri için boyutlu ve boyutsuz denklemler kurmuştur. Elde edilen boyutlu ve boyutsuz denklemlerin yanı sıra, fiziksel model verileri, yapay sinir ağı (YSA) tabanlı bar parametrelerini belirleme modeliyle de irdelenmiş ve ilgili parametreleri belirlemiştir. Fiziksel model, en iyi boyutlu, boyutsuz, literatürdeki denklem ve YSA model sonuçları karşılaştırılarak irdelenmiştir.

Koomans vd. [20], doğadaki kıyı profillerinin farklı büyüklükte ve yoğunlukta yani heterojen malzemelerden oluştuğunu dikkate alarak bir kanalda gerçekteşirdikleri deneylerde, katı madde yoğunlu değişiminin kıyıya dik katı madde taşınımına etkisini incelemişlerdir. Deneylerde kuvars ve hafif mineraller denilen ortalama tane dağılımları eşit fakat yoğunlukları farklı iki tür malzeme kullanmışlardır. İki seri (A ve C) deney yapmışlardır. A serisi deneyleri kuvarsdan ($d_{50}=0,129$ mm) oluşan homojen malzeme kullanarak, başlangıç eğimi 1/40 olan bir profil üzerinde gerçekteşirmişlerdir. C serisi deneyleri ise aynı başlangıç eğimine sahip fakat ağırlıkça % 40 zicron ($d_{50}=0,115$ mm) ve % 60 kuvarsdan oluşan bir profil üzerinde gerçekteşirmişlerdir. C serisi deneylerde kuvars ve zicron taneciklerini ayırt edebilmek için zicron minarelerini kırmızıya boyamışlardır. Derin deniz dalga yüksekliği 0,17 m, su derinliği 0,7 m ve dalga periyodu 2 s'dir. A ve C

serisi deneyler karşılaştırıldığında, heterojen malzemeden oluşan yani C serisi deneylerde kıyı erozyonunun azaldığı, barın daha küçük ve tepe noktasının daha belirgin oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca C serisi deneylerde sabit su seviyesi üzerinde palye oluştuğu tespit edilmiştir.

Günaydın ve Kabdaşlı [21], bar geometrisinin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla düzenli ve düzensiz dalgalar kullanarak deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Böylece farklı dalga tiplerinin bar yapısına ve geometrisine etkilerini incelemişlerdir. Elde edilen deney sonuçları değerlendirilmiş ve barın geometrik özelliklerinin belirlenmesi için kullanılabilir ampirik ifadeler sunulmuştur. Önerilen ampirik ifadeler, sadece düzensiz dalga, sadece düzenli dalga ve hem düzenli hem de düzensiz dalga etkisi altında yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak türetilmiştir. Üç farklı dalga tipi için türetilen formüller, literatürdeki denklemlerle karşılaştırılmış ve bu formüller arasındaki ampirik ilişkiler belirlenmiştir. Bu çalışma ile dalga tipinin, bar tepe noktasının yerini, bar denge noktasının yerine göre daha fazla etkilediği belirlenmiştir.

Weir vd. [22], New South Wales'deki Avoca Kumsalı'nda yaptıkları çalışmada dalga yüksekliğini dikkate alarak küçük ve büyük gel-gitlerin hareketleri sırasında palyenin yatay ve dikey gelişimini incelemişlerdir. Palyenin dikey büyümesini mod 1, yatay büyümesini mod 2 olarak tanımlamışlardır. Sediment taşınım oranlarını kumsal profil boyunca uzaklığın bir fonksiyonu olarak tanımlayan şekil fonksiyonları geliştirmişlerdir. Bu şekil fonksiyonları, sayısal bir model geliştirmeye yardım etmiştir. Sayısal modeli geliştirebilmek için kıyı profili boyunca belirli noktalardaki kıyıya dik net taşınım oranlarını ölçmüşlerdir. Hesaplanan 247 malzeme taşınım şekil fonksiyonunu 3 tip olarak sınıflandırmışlardır. Yatay ve dikey büyümenin hangi şekil fonksiyonlarında ve gel-gitin hangi aşamalarında meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. Bu şekil fonksiyonlarını literatürdeki palye tanımlarıyla karşılaştırılarak benzerliklerini ve farklılıklarını tespit etmişlerdir.

Kömürcü vd. [23], kıyıya dik katı madde hareketi sonucu oluşan bar parametrelerini tahmin etmek için, daha önce elde ettikleri fiziksel model verilerini kullanarak yeni bir genetik algoritma modeli geliştirmişlerdir. Genetik algoritma modeli ve literatürdeki denklemlerin sonuçlarını fiziksel model sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Genetik algoritma modelinin bar parametrelerini tahmin etmede geleneksel yöntemlerden daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir.

Jensen vd. [24], az eğimli ve yığılmayla oluşan bir kumsalda, küçük gel-gitler sırasında palye oluşumunu ve gelişimini incelemişlerdir. Kıyı en kesitine, 2 m uzunluğunda ve 25 mm çapında sensörlü çubuklar yerleştirerek tabandaki malzemenin hacimsel değişimini kaydetmişlerdir. Çalışmada, palye oluşumunun gel-gitsel barın kıyıya doğru hareket etmesiyle olduğu ve gelgit yükselmeye devam ederken yeni palyenin kıyının en üst noktasına taşındığı gözlenmiştir. Palye değişimi sırasında katı madde taşınımının, büyük tırmanma değerlerinde kıyıya doğru, düşük de ise açığa doğru olduğu gözlenmiştir. Bu hızlı değişimi kontrol eden ana faktörlerin eğim, kıyı profili, rüzgar, su seviyesinin hızlı değişimi ve sızma oranları olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, gözlenen palye gelişim aşamalarının daha önce önerilen palye tanımlarıyla uyumlu olduğu saptanmıştır.

Kaiser vd. [25], Nile Delta kıyı bölgesinin üç farklı bölgesinde yapılan kıyı profili ölçümlerinden yararlanarak, kıyı profilini tahmin etmede kullanılan denklemlerin doğruluğunu test etmeye çalışmışlardır. Kıyının üç farklı kısmında yapılan ölçümlerle belirlenen kıyı profillerini, denklemler aracılığıyla tahmin edilen profillerle karşılaştırmışlardır. Yapılan karşılaştırmalar ile sadece denklemlerin kullanılmasının kıyı profilini tahmin etmede yeterli olmayacağı sonucuna varmışlardır. Kıyı profili belirlenirken kıyının katı madde karakteristikleri, dalga parametreleri ve kapanma derinliği gibi özelliklerinin de dikkate alınması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Masselink vd. [26], ince çakıllı ($d_{50}= 2-10$ mm) bir kumsaldan hem rüzgar hem de fırtına kabarmasından oluşan dalga ve gel-git koşulları ($H=0,5-1$ m; $T=4-8$ s; gel-git aralığı 3-4 m) altında morfodinamik arazi bilgilerini toplayarak, tırmanma bölgesindeki sediment taşınımını ve kumsalın morfolojik davranışını incelemişlerdir. Kumsalda düşük diklikli ($H/L<0,01$) gel-gitler sırasında palye oluşumu ve yığılma meydana geldiği, yüksek diklikli ($H/L>0,01$) rüzgar dalgaları sonucunda ise erozyon meydana geldiği gözlenmiştir. Palye oluşumunun gel-gitin geri dönüşü sırasında yükselmesinden daha iyi geliştiği gözlenmiştir.

Bakhtyar vd. [27], dalga kaynaklı su seviyesi değişimlerini, katı madde taşınımını ve kıyı profili değişimlerini; akışkan hacmi, türbülans kapanma modeli ve iki boyutlu Navier Stokes denklemlerini kullanarak modellemişlerdir. Oluşturulan model kıyıya doğru katı madde taşınımında sızmanın etkilerini ve dalga kaynaklı su seviyesi değişimlerini belirlemeye imkan sağlamıştır. Modelden elde edilen sonuçları, büyük ölçekli laboratuvar deneyleri sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Sızma kaynaklı dengenin kıyı profilinin şekillenmesinde önemli rol oynadığını ve sızmanın kıyıdağı hidrolik eğimi ve kıyıya doğru

katı madde taşınımını artırdığını belirlemişlerdir. Çalışmada, kıyının düşük yer altı suyu seviyesinde yığılmaya, yüksek yeraltı suyu seviyesinde ise aşınmaya maruz kaldığı görülmüştür. Hem kaba hem de ince taneli kıyılarda palyenin yer altı su seviyesi düşüken sabit su seviyesinin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Kaba ve ince taneli kumların kıyı profilleri karşılaştırıldığında, sabit su seviyesi üzerindeki palye oluşumunun ve sabit su seviyesi altındaki erozyonun, kaba taneli profilde ince taneli profilden daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Kaba taneli profilin yüzey eğiminin daha büyük olduğu görülmüştür.

Baldock vd. [28], farklı dalga koşulları altında kıyı profilinin değişimini ve kıyıya dik katı madde taşınımını incelemiş ve birbiriyle karşılaştırmışlardır. Yaptıkları deneyler serbest uzun dalgaların hem yığılma hem de erozyon koşullarında çökme hızını azaltarak kıyıya doğru taşınımını artırdığını göstermiştir. Dalga gruplarının, çökme hızını artırarak yığılma koşullarında kıyıya doğru taşınımını azalttığını, erozyon koşullarında ise açığa doğru taşınımını artırdığını göstermiştir. Aynı enerji akısında, dalga gruplarının düzenli dalgalardan daha fazla erozyona neden olduğu ve kıyıdan daha uzak ve daha büyük barlar oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

1.4. Dalgaların Genel Özellikleri

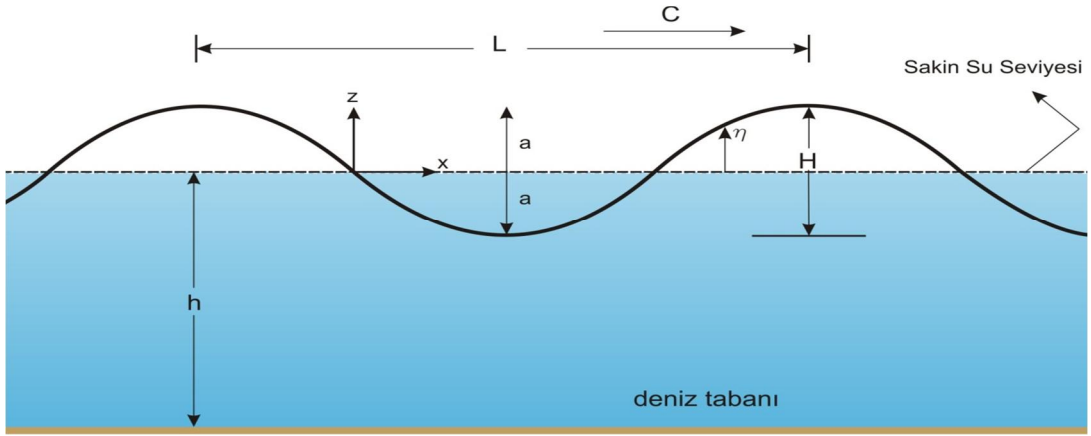
Deniz yüzeyinde rüzgar etkileri ile oluşan dalgalara ilerleyen ağırlık dalgaları denir [29]. Ağırlık dalgaları rastgele karaktere sahiptirler, rüzgar etkisiyle suyun dengesi bozulduktan sonra, dalganın rüzgara karşı ve ona ters oluşan sırtları arasında basınç farkı doğar. Böylece rüzgar enerjisi su yüzeyine geçer. Açık denizdeki, bu atmosferden su yüzeyine sürekli enerji geçişi rüzgar dalgalarını oluşturur [30].

Gerçek ortamda oluşan ağırlık dalgaları hem çok düzensiz bir dizide oluşurlar hem de su yüzü profili olarak değişkenlik gösterirler. Bu nedenle matematiksel olarak ifade edilmeleri mümkün değildir. Diğer taraftan basit dalga durumunda dalganın çeşitli özelliklerini veren ifadeler belirli bir yaklaşıklıkla değişik dalga teorilerinde verilebilmektedir. Bunlar; küçük genlikli dalga teorisi, sığ su teorisi, akım fonksiyonu ve sayısal çözümdür. Uygulamada en çok kullanılan dalga teorisi küçük genlikli dalga teorisidir [29].

1.4.1. Dalga Mekaniği

1.4.1.1. Basit Dalga Profili

Dalga problemlerini çözmeye teorik bir dalga formu kullanılmaktadır. İdealize edilmiş bu dalga profiline, sinüs fonksiyonu ile aynı yapıda olduğundan sünizoidal dalga ismi verilmektedir. Dalga profili, zamanın ve yerin bir fonksiyonudur ve değişik su seviyelerindeki dalga profilini, su yüzeyinin düşey hareketi belirlemektedir. Sinüs eğrisi biçimli dalga profili, Şekil 1.1’de verilmektedir.



Şekil 1.1. Sinüs eğrisi biçimli dalga profili

Sinüs eğrisi biçimli dalga profili, Denklem 1.2’de verilmiştir.

$$\eta = a \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \left[\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right]\right) \quad (1.2)$$

Denklemden, η dalga profilinin durgun suya göre düşey mesafesini, x yatay eksen boyunca alınan mesafeyi göstermektedir.

1.4.1.2. Dalga Boyu ve Dalga Hızı

Dalga boyu, periyodu, su derinliği ve dalga hızı arasındaki ilişkiler, Denklem 1.3 ve 1.4’te verilmiştir.

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left[\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right] \quad (1.3)$$

$$C = \frac{L}{T} \quad (1.4)$$

Burada verilen iki denklemden, dalga hızı (C) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$C = \frac{g \cdot T}{2 \cdot \pi} \cdot \tanh\left[\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right] \quad (1.5)$$

1.4.1.3. Derin Deniz Dalgaları

Derin deniz dalgalarının iki önemli parametresi, belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) ve belirgin dalga periyodu ($T_{1/3}$)'tür. Derin denizde oluşan dalgalar, kıyıya doğru yaklaşırken çeşitli etkenler nedeniyle değişime maruz kalırlar. Bu değişimin başladığı derinlik, derin deniz sınırıdır. Dalgaların maruz kaldığı değişiklikler, dalga yönü ve yüksekliğinde olur; dalga periyodu ise sabit kalır. Derin deniz sınırı, su derinliğinin dalga boyunun yarısına eşit olduğu yerdir ve aşağıdaki denklemle verilir [31].

$$h = 0,5 \cdot L_o \quad (1.6)$$

Denklemdaki, açık deniz dalga boyu, Denklem 1.7 ile verilebilir. Denklemden h ve L_o , metre (m); T ise saniye (s) boyutundadır.

$$L_o = 1,56 \cdot T^2 \quad (1.7)$$

1.4.2. Dalgaların Kıyıya Yaklaşırken Uğradığı Değişimler

Dalgalar derin sulardan sığ sulara doğru hareket ederken, taban topografyasının değişiminden ve bir takım doğal ve yapay engellerden etkilenirler. Bu değişimler, dalga mekaniğini ve katı madde taşınım hareketini önemli ölçüde etkiler. Bunlar, sığlaşma

(shoaling), kırınım (diffraction), yansıma (reflection), kırılma (breaking), ve sapma (refraction)'dır.

1.4.2.1. Dalga Sığlaşması

Su derinliğinin 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 [32];

$$K_s = \frac{H}{H_0} = \left[\tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right) \right]^{-0.5} \left[1 + \frac{4 \cdot \pi \cdot h / L}{\sinh(4 \cdot \pi \cdot h / L)} \right]^{-0.5} \quad (1.8)$$

Denklemden, H dalga yüksekliği, K_s ise sığlaşma katsayısıdır. K_s katsayısı, h/L_0 değerine bağlı olarak Ağırılık Dalgaları Tabloları (GWT)'den de bulunabilir.

1.4.2.2. Dalga Kırınımı

Dalga kırınımı, kıyı mühendisliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle dalgakıran yapılarında, liman giriş ağzı yeri ve liman içi çalkantıları bu olaya bağlıdır. Dalgakıran arkasına dönen dalgaların büyüklüğü, grafik veya sayısal yöntemlerle bulunabilir [33]. Bir engelle gelen H yüksekliğindeki dalga, engelin arkasında belli bir noktadaki dalga yüksekliği H_d ise, kırınım katsayısı K_d aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$K_d = \frac{H_d}{H} \quad (1.9)$$

1.4.2.3. Dalga Yansıması

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

Dalga yansıması, çeşitli kıyı problemlerinde ve özellikle liman boyutlarının ve liman yapı tiplerinin belirlenmesinde başlıca etkenlerden birisidir. Bir limanda yansıyan ve gelen dalgaların üst üste çakışması ile büyük çalkantılar meydana gelmektedir. Yansıma katsayısı,

$$K_y = \frac{H_y}{H} \quad (1.10)$$

şeklindedir.

Bu katsayı 0 ile 1 arasındadır. $K_y=1$ olduğunda dalganın tam yansıdığı, $K_y=0$ olduğunda ise tamamen sönmüldüğü söylenebilir [34].

1.4.2.4. Dalga Sapması

Kıyıya belli bir açı altında yaklaşan dalgaların, kıyıya yakın taraflarının taban tesirinden daha önce etkilenerek yavaşlamaları nedeniyle dönerek taban eş derinlik eğrilerine (batimetri çizgileri) paralel duruma gelmeleri olayına sapma adı verilir.

Dalga sapmasının uygulamadaki önemli iki sonucu ;

- Derin denizdeki devinimi bir yönde olan dalgalar, kıyıya değişik bir yönde ulaşabilirler.
- Deniz tabanı topografyasına ve dalga sapmasına bağlı olarak, dalga yükseklikleri derin deniz değerinden önemli ölçüde daha büyük ya da daha küçük olabilir [35].

Dalga sapması olayı düz paralel kontur durumunda analitik olarak kolayca belirlenebilmesine karşın düzensiz topografyalarda oldukça zor belirlenebilmektedir. Bu nedenle, günümüzde dalga sapmasını belirlemek için bilgisayar yardımıyla çalışan sayısal modeller kullanılmaktadır.

1.4.2.4.1. Düz Paralel Konturlarda Dalga Sapması

Deniz tabanındaki değişimler kompleks olmayıp düzgün ve yavaş olduğunda bu yöntem dalga sapmasının hesabında kesin sonuç vermektedir. Dalga sapması, derinlik

konturları; $h/L_0=0,5, 0,4$ vb. gibi rölatif derinliklere göre Snell Kanunu uygulaması yapılarak hesaplanır.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{C}{C_0} \quad (1.11)$$

Denklem 1.11'den dalga sapmasının yönü,

$$\alpha = \arcsin \left[\frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 \right] = \arcsin \left[\frac{L}{L_0} \sin \alpha_0 \right] \quad (1.12)$$

denklemiyle belirlenebilir. Sapma katsayısı ise;

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (1.13)$$

denklemiyle hesaplanabilir. Denklemlerde; K_r sapma katsayısını, α_0 ve α sırasıyla derin deniz ve sapan dalga cephelerinin kıyı çizgisiyle yaptığı açığı, b_0 ve b sırasıyla derin deniz ve sapan dalga ortogonalleri arasındaki mesafeyi göstermektedir [34].

1.4.2.4.2. Karmaşık Konturlarda Dalga Sapması

Kıyı topografyası genellikle çok karmaşıktır, taban konturları birbirine ve kıyıya paralel değildir. Bu durum, özellikle yakın kıyıda çok daha belirgindir. Karışık topografya durumunda, Snell Kanunu'ndan yararlanılarak yaklaşık hesap yapan grafik yöntemler geliştirilmiştir. Bu durumlarda sapma hesabı başlıca iki yöntemle yapılmaktadır; bunlar, dalga cephesi ve ortogonal yöntemleridir [36]. Bu yöntemler dışında sayısal yöntemlerle de karmaşık konturlar için dalga sapması hesabı yapılabilmektedir [36, 37].

1.4.2.5. Dalga Kırılması

Kırılma noktasına kadar bir salınım halinde gelen dalgalar, bu noktadan itibaren bir kütle taşınımına dönüşerek enerjilerini kaybederler. Dalgaların kırılma noktası, katı madde taşınımı için önemli parametrelerden biridir. Kıyıya yaklaşan dalgalar, tabandan

etkilenmeye başlarlar ve belirli bir noktaya geldikten sonra kırılırlar. Kırılma anındaki su derinliğine kırılma derinliği (h_b), dalga yüksekliğine kırılma yüksekliği (H_b) ve su derinliğinin dalga yüksekliğine oranına da kırılma indisi (γ) adı verilmektedir. Kırılma indisini bulabilmek için deneysel ve teorik çalışmalardan çeşitli denklemler elde edilmiştir, [38, 39, 40, 41, 42, 43, 44].

$$\gamma = \frac{h_b}{H_b} = \frac{1}{b - a \frac{H_b}{g \cdot T^2}} \quad (1.14)$$

$$a = 43.75 \cdot (1 - e^{-19m}) \quad (1.15)$$

$$b = \frac{1.56}{1 + e^{-19.5m}} \quad (1.16)$$

$$H_b = \left(\frac{H'_0}{T}\right)^2 + 0.8 \cdot m^{0.125} \cdot T^{0.5} \cdot (H'_0)^{0.75} + 0.785 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \quad (1.17)$$

$$H'_0 = K_s \cdot K_r \cdot H_0 \quad (1.18)$$

Denklemlerde, m taban eğimini göstermektedir.

1.4.2.6. Dalga İletimi

Geçirgen kıyı yapılarının gövdesinden yapı arkasındaki korunmuş deniz alanına dalga iletimi olabilir. Bu dalga, korunmuş alanda dalga hareketi oluşturabilir. Aynı zamanda yapı üzerinden dalga aşması da olursa, korunmuş alanda dalga yüksekliğinin bulunması için dalga aşması ve iletimi göz önüne alınır. Buna göre, dalga iletiminden ve dalga aşmasından kaynaklanan korunmuş alandaki dalga yüksekliğinin hesaplanmasında yapı arkasına iletilen dalga yüksekliği tek bir iletim katsayısı (C_t) kullanılarak bulunur;

$$C_t = \frac{H_{st}}{H_s} \quad (1.19)$$

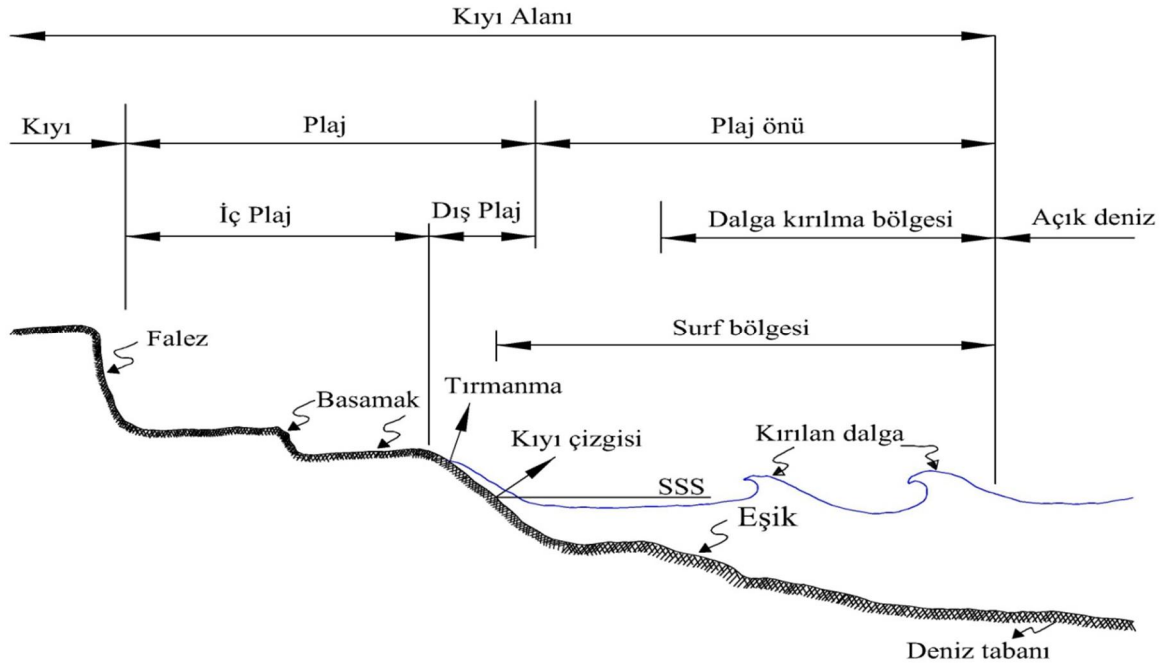
Burada H_{st} , yapı arkasında ölçülen iletilmiş belirgin dalga yüksekliğini, H_s ise yapı önu belirgin dalga yüksekliğini göstermektedir [35, 45].

1.5. Kıyının Morfolojik Yapısı

1.5.1. Kıyı Bölgesinin Tanımı

Deniz ile karanın birleşim yerinde deniz-kara karşılıklı etkileşiminin ortaya çıktığı bölgeye, kıyı bölgesi adı verilir (Şekil 1.2). Bu bölgede, denizin normal şartlar altında kara içerisinde ulaşabildiği en iç noktaları birleştiren çizgiye ise kıyı çizgisi denir.

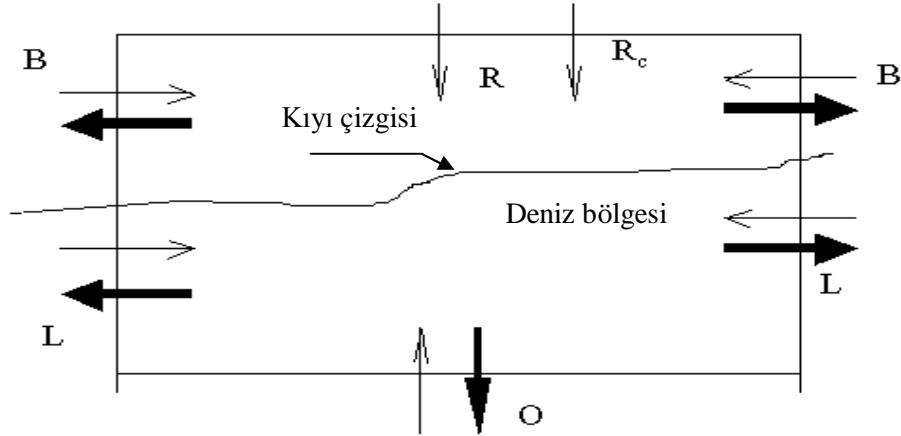
Kıyı bölgeleri, sert ve yumuşak yapıdaki kıyılar olmak üzere iki gruba ayrılır. Dalgalara karşı rijit yapıdaki dik profillerden oluşan sert kıyılar (kayalık kıyılar) kıyı mühendisliği açısından fazla öneme sahip değildir. Bu kıyılardaki değişimler, yüzyıllarla ifade edilebilecek uzun sürelerde meydana gelir. Daha ince malzemedan oluşan yumuşak kıyıların eğimleri oldukça düşüktür. Bu kıyılar, dalga enerjisini profillerindeki değişimler ile sönmümlerler. Kıyı bölgesindeki meteorolojik şartlara bağlı olarak, yumuşak kıyılarda mevsimlik, aylık ve hatta günlük olarak değişimler gözlenebilir. Yumuşak kıyıları oluşturan malzeme, kum, çakıl, silt vb. katı maddelerden oluşabilir ve genel olarak kumsal veya plaj olarak isimlendirilir [46].



Şekil 1.2. Kıyı bölgesi hidrodinamik kısımları

1.5.2. Kıyı Hidrodinamik Dengesi ve Katı Madde Kaynakları

Yumuşak yapıdaki kıyıları oluşturan kum ve çakılın ana kaynağı, karalar içerisinde çeşitli etkenlerle oluşan erozyon ve kayaların parçalanması ile oluşan malzemedir. Bu malzeme yüzeysel akış, heyelan ve akarsularla denize taşınırken iri malzemeler, kum ve çakıl boyutuna ve şekline dönüşürler. Denize dökülen katı maddeler dalga ve akıntı etkileri ile kıyı bölgesinde dağılırlar. Kıyılardaki katı maddeler, dalga etkilerinin kıyı gerisinde zaman zaman ulaştıkları sert kıyılardan kopardıkları katı maddelerden de oluşabilir. Daha küçük bir kaynak ise, açık denizden kıyıya doğru taşınan net katı maddelerdir. Çeşitli ana kaynaklardan denize ulaşan katı maddeler, kıyı bölgesinde sürekli hareket halinde olduklarından herhangi bir kıyı bölgesi ele alındığında bu bölgenin katı madde kaynağı, bitişik kıyılardan dalgalar, akıntılar ve rüzgarlar etkisi ile gelen katı maddeler olabilir. Bir kıyı bölgesinde çeşitli kaynaklardan gelen malzemeler olmasına karşın, bir kısım malzeme de başka bir kıyı bölgesine veya açık denizlere taşınabilir. Ayrıca, kıyılardan ve açıktan kum-çakıl alınması da önemli ölçüde malzeme kaybına sebep olmaktadır. Bir kıyı bölgesine giren ve çıkan malzemeler, Şekil 1.3'te bir sistem olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Kıyıda katı madde dengesi

Şekilde; L kıyı boyu, O kıyıya dik katı madde taşınım debisini, B rüzgarların sahilde taşıdığı debiyi, R akarsulardan gelen katı madde debisini, Rc kayalardan aşınan malzeme debisini göstermektedir. Koyu renkli oklar sistemden çıkan (kayıplar), açık renkli

oklar ise sisteme giren (kaynaklar) malzemeleri göstermektedir. Kıyı bölgesi, kaynak ve kayıpların durumuna göre üç değişik şekilde olabilir.

1. Kaynakların kayıplardan fazla olması durumunda yığılma,
2. Kaynakların kayıplardan az olması halinde erozyon,
3. Kaynaklarla kayıpların eşit olması halinde denge söz konusu olmaktadır.

1.5.3. Kıyıdaki Katı Maddelerin Fiziksel Özellikleri

Kıyıdaki katı maddelerin sınıflandırılmasında göz önüne alınan temel parametre tanecik çapıdır. Katı maddeler taneciğın çapına göre; çakıl, kum, kil ve silt olarak adlandırılırlar, fakat kıyıda görülen katı maddelerin büyük bir kısmı kum ve çakıldan ibarettir.

Taneciklerin çapını temsil etmek için pek çok değişken tanımlanmıştır. Bunlardan en yaygın olanı, ortalama çapıdır. Kıyılarda bulunan kum ve çakıl taneciklerinin ortalama çapları (d_{50}) sırasıyla 0,15-2 ve 2-50 mm arasındadır. Kıyıdaki katı madde taneciklerini sınıflandırmada kullanılan diğer bir parametre de malzemenin özgül ağırlığıdır. Kıyı katı maddelerinin çoğunluğu kuvarstan oluştuğundan, özgül ağırlıkları 2,60-2,75 t/m³ arasındadır.

1.5.4. Katı Madde Taşımını Etkileyen Faktörler

Kıyılardaki katı madde hareketinin önemli bir kısmı, yakın kıyı bölgesinde meydana gelir. Açık denizden gelen dalgaların kırılması sonucu oluşan akım şartları (türbülanslar, kayma gerilmeleri vb) kıyı bölgesi içerisinde katı madde hareketine neden olmaktadır. Bu şartları doğuran faktörlerin en önemlileri aşağıda verilmiştir.

1.5.4.1. Dalgalar

Kıyı değişimlerini doğuran en önemli etmen, su dalgalarıdır. Dalgaların olmaması halinde, kıyı değişimleriyle ilgili sorunların büyük bir kısmı oluşmazlar. Açık denizde su yüzeyine aktarılan rüzgar enerjisi, dalgaların oluşumuna neden olarak dalga enerjisine

dönüşür, kıyıya yaklaştıkça deniz tabanı ile su kütleinin karşılıklı etkileşimi sonucu katı madde taşınımına neden olur ve bu yolla sönümlenir.

Dalga enerjisinin büyük bir kısmı katı madde taşınımı yoluyla sönümlenirken diğer bir kısmı da dalga tırmanması yoluyla potansiyel enerjiye dönüşür. Geri kalan kısmı ise ses, ısı gibi diğer enerji türlerine dönüşür.

1.5.4.2. Akıntılar

Dalgalar kırılma bölgesine yaklaştıkça, su içinde, dalgaların doğurduğu taban hareketi de şiddetlenir ve bu dalgalar şiddetli yerel akıntılar meydana getirirler. Dalga akıntılarında başka, gel-git akıntıları, yoğunluk akımları ve büyük ölçekli deniz akıntıları da ortaya çıkmaktadır.

1.5.4.3. Gel-Gitler

Gel-gitler, dünya, ay ve güneşin birbiri üzerindeki çekim etkileri sonucu su seviyesinde meydana gelen değişimlerdir. Gel-git olayı enlem derecesine bağlı olarak bazı kıyılarda yok denebilecek kadar küçük mertebelerde iken bazı kıyılarda ise yaşamı etkileyecek mertebelerde olabilmektedir. Bazı kıyılarda özellikle körfezlerde günlük seviye değişimi 7-8 m civarında olabilmektedir. Su kütleinin gel-git olayında, günlük gelip gidişi sırasında önce kıyıya doğru, sonrada açığa doğru 2,0 m/s civarında akımların doğmasına yol açar. Bu nedenle, kıyıda zaman zaman kuvvetli katı madde hareketlerinin oluşmasına sebebiyet verir.

1.5.4.4. Rüzgarlar

Rüzgarlar kumları sahilden uzağa sürükleyip kum tepecikleri halinde yığarak kıyıları üzerinde etkili olurlar. Rüzgarlar, daha çok ince malzemeleri sürükler, daha iri malzemeler ise kıyıda kalır. Bu şekilde oluşan kum tepeciklerinin en önemlisi, kıyının hemen önünde oluşan ön tepeciktir.

1.5.4.5. Diğer Faktörler

Katı madde hareketini etkileyen diğer faktörler, yörenin jeolojisi, taban malzemesinin yapısı ve insanların kıyıda yaptığı aktiviteler olarak özetlenebilir.

1.6. Katı Madde Taşınım Mekanizması

1.6.1. Kıyı Bölgesinde Tabanda Hareketin Başlaması

Derin deniz tabanındaki bir katı madde taneciğini, bir dalga geçişi sırasında harekete geçiren etmen akım hızı nedeni ile tabanda oluşan kayma gerilmesidir. Kum taneciklerini harekete geçiren hız;

$$U_b = \left[8 \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \cdot g \cdot d_{50} \right]^{0.5} \quad (1.20)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Denklemden; U_b tabandaki akışkan hızını, g yerçekimi ivmesini, ρ_s kum taneciğinin özgül kütle ve ρ suyun özgül kütle göstermektedir.

Bir dalga geçişi sırasında deniz tabanında oluşan hız;

$$U_b = \frac{H \cdot \pi}{T \cdot \sinh(2\pi h / L)} \quad (1.21)$$

eşitliği ile bulunabilir.

Denklemler 1.24 ile 1.25 birbirine eşitlenir ve $\rho_s=2,65t/m^3$, $\rho=1,025t/m^3$ ve $g=9,81m/s^2$ alınır, hareket ettirilecek malzemenin ortalama çapı;

$$d_{50} = \left[\frac{0,2816 \cdot H}{T \cdot \sinh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h}{L}\right)} \right]^2 \quad (1.22)$$

bağıntısından elde edilebilir [47].

1.6.2. Taşınım Türleri

Katı madde taşınım türleri, taban malzemesi taşınımı, asılı malzeme taşınımı (askı) ve tabaka akımı taşınımı şeklinde üç ana gruba ayrılır.

Ayrıca, taban ve asılı malzeme taşınımları arasında bir geçiş türü de vardır. Askı halindeki katı madde hareketi de;

a. Kum dalgacıkları yakınında katı maddenin askıda olup olmadığına,

b. Askı halindeki katı maddenin girdaplarla sınırlandırılıp sınırlandırılmadığına göre iki alt gruba ayrılır. Bu iki durum taşınım yönlerini etkiler.

Çeşitli katı madde taşınım türleri aşağıda açıklanmıştır [46].

1.6.2.1. Taban Malzemesi Taşınımı

Taban yaklaşık olarak düzdür, kum dalgacıkları ve askı halde katı madde bulutları yoktur. Katı madde tanecikleri sık sık birbirine çarparak taban yüzeyi boyunca hareket etmektedir.

1.6.2.2. Taban Malzemesi-Askı Malzemesi Geçışı

Kum dalgacıkları, buldukları taban üzerinde, askı halinde katı madde bulutları oluşturur. Hem taban malzemesi hem de askı halinde malzeme taşınımı etkindir.

1.6.2.3. Askı Şeklinde Malzeme Hareketi

Bu taşınımda askı halindeki katı madde hareketi etkindir.

1.6.2.4. Tabaka Akımı

Taban kayma gerilmelerinin büyük değerlere ulaşması sonucunda kum dalgacıkları etkinliğini kaybeder. Bu durumda, katı madde tanecikleri bir tabaka halinde hareket etmeye başlar. Taban malzeme hareketinde sadece yüzeydeki tanecikler hareket ederken,

tabaka akımında hem yüzeydeki hem de derindeki tanecikler pozitif yönde hareket etmektedir.

1.6.3. Kırılma Bölgesinde Katı Madde Taşınımı

Kırılmakta olan ve kırılmış dalgalar nedeniyle tabanın oldukça çalkantılı olduğu kırılma bölgesindeki dalga hareketi düzensiz bir haldedir. Bu yoğun ve düzensiz çalkantı, özellikle dalga kırılması yakınındaki konsantrasyonu çok yüksek olan taban malzemesini yukarı doğru kaldırmaktadır.

Kırılma bölgesindeki kıyıya dik ve kıyı boyu katı madde taşınımının asıl nedeni, dalga kırılmasının neden olduğu çalkantıdır. Buradaki katı madde taşınımında etkin olan diğer iki faktör ise;

- a. Kıyı boyu akıntısı ve tırmanma bölgesindeki geri dönüş akıntısı gibi orta büyüklükteki akıntılar,
- b. Gel-git ile beraber oluşan su seviyesi değişimleri ve akıntılardır.

Gel-git nedeniyle kırılma noktasının derinleşmesi ve kırılma bölgesinin genişlemesi kıyı profilinde değişikliklere sebep olmaktadır.

1.6.4. Kırılma Noktası Civarındaki Katı Madde Taşınımı

Kırılma noktası civarındaki net katı madde taşınım yönünü etkileyen faktörler şunlardır:

- a. Dalga dikliği (H/L),
- b. Katı madde çökme hızının dalga periyodu ve yerçekimi ivmesine oranıdır (w/Tg).

Dalga kırılma noktası civarında çok küçük dalgalar bile yüksek katı madde konsantrasyonlarına neden olur. Laboratuvar çalışmaları, kırılma noktası yakınında yoğun konsantrasyona yol açan minimum vorteksin, derin deniz dalga dikliğine ve taban eğimine bağlı olduğunu göstermiştir.

1.6.5. Tırmanma Bölgesinde Katı Madde Taşınımı

Kırılma bölgesi kıyısında kalan tırmanma bölgesinde, dalga hareketi tırmanma ve geri çekilme şeklindedir. Bu bölgedeki katı madde taşınımı kırılma bölgesindeki daha fazla olduğu kabul edilmektedir. Bölgedeki taşınım debisinin tahmininde, kıyıya dik taşınımın üç türü belirlenmiş ve tahminler bu türlere göre elde edilmiştir:

- a. Kuru bir tabanda ilerleyen dalgalarla taşınım,
- b. Sığ suda ilerleyen dalgalarla taşınım,
- c. Geri çekilen dalgalarla taşınım.

1.6.6. Katı Madde Taşınım Bölgesinin Sınırı

Katı madde taneciklerinin kıyıdan ne kadar uzağa veya hangi derinliklere kadar taşınabileceği konusunda yapılan araştırmalar, taban batimetresinin, katı madde tanecik çapının ve dalga şartlarının bu konuda etkili olduğunu göstermiştir.

Normal olarak, kıyıya paralel en derin taban konturuna kadar malzeme taşınımının olduğu kabul edilir. 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 olabileceğini varsaymıştır. Yani, maksimum hız 0,15 m/s olduğu h_* değeri aranılan değerdir.

Profil ölçümlerinin olmadığı yerlerde katı maddenin taşınabileceği derinliği (aktif derinlik) belirlemek için, dalgaların özelliklerine bağlı olarak bazı formüller geliştirilmiştir.

Hallermeier, taban malzemesinin taşınabileceği derinliğin tespiti için 1.23 nolu denklemi geliştirmiştir [48].

$$h_* = 2,28H_0 - 68,5 \left(\frac{H_0^2}{gT^2} \right) \quad (1.23)$$

Denklem 1.23'deki ilk terim, doğrudan dalga yüksekliğine bağlıdır ve aktif derinliğin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. İkinci terim ise dalga dikliğine bağlı olarak küçük bir düzeltme sağlamaktadır. Birkemeier, profil ölçümlerine bağlı olarak Hallermeier denkleminde küçük değişiklikler yaparak denklem 1.24'ü önermiştir [49].

$$h_* = 1,75H_0 - 57,9 \left(\frac{H_0^2}{gT^2} \right) \quad (1.24)$$

Birkemeier'in denklemi, Hallermeier'in önerdiğinden daha küçük değerler vermektedir. Yapılan çalışmalar, Denklem 1.23'ün çok daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir [50].

Katı maddenin taşınabileceği son noktanın orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı, Denklem 1.25'le belirlenebilir.

$$X_* = m.h_* \quad (1.25)$$

1.6.7. Katı Madde Taşınım Formüllerinin Sınıflandırılması

Salınımlı ve yarı üniform akımların birlikte olmasından dolayı kıyılardaki katı madde taşınım debilerini hesaplamak oldukça zordur. Katı madde taşınımı konusunda, arazi verilerini elde etme zorluklarından dolayı, akıntı ve dalga şartlarının geniş bir alanı için uygun formüllerin kurulması kolay bir iş değildir. Günümüze kadar geliştirilmiş katı madde taşınım debisini temsil eden formüller aşağıdaki özelliklere göre sınıflandırılmıştır:

- a. Katı madde hareket yönüne göre; kıyıya dik taşınım, kıyı boyu taşınım ve dalgaların ve akıntıların ortak etkisi sonucu taşınım formülleri,
- b. Katı madde hareketi sonucu sürüklenen elemanlara göre; tabana yakın akışkan hızı, taban kayma gerilmesi ve dalga enerjisi veya dalga yüksekliği formülleri.

1.6.8. Kıyıya Dik ve Paralel Taşınım

Kıyı topografyasındaki değişimleri tahmin etmek için, iki boyutlu yatay bir eksen takımında her noktadaki net taşınım debisinin tahmini gereklidir. Yakın kıyı bölgesinde oluşan katı madde taşınımı, kıyıya dik ve kıyıya paralel taşınım olmak üzere iki bileşene ayrılır.

Kıyıya dik taşınımın asıl nedeni, dalganın yörüngesel hareketi olurken, kıyıya paralel taşınımı doğuran asıl etken dalgaların neden olduğu kıyı boyu akıntılardır. Kıyı boyu katı madde taşınım debisini tahmin etmek için, taşınım debisi ile dalga enerji faktörü ve katı

madde taşınım hızının çarpımı arasında deneysel ilişkiler geliştirilmiştir. Bu şekilde hesaplanan debiler, ölçüm değerlerine yakın sonuçlar vermektedir. Kıyıya dik taşınım debisinin tahmin edilmesi ise zordur. Çünkü, net taşınım debisi, kıyıya ve açığa doğru oluşan büyük taşınım debileri arasındaki küçük farkların toplamından oluşur. Doğru bir net taşınım debisi elde edebilmek için, bu debi miktarları doğru olarak belirlenmelidir.

1.7. Kıyı Profilleri

Kıyı Profiline gelişimi, katı madde taşınım alanında, süreklilik denklemi ile hesaplanır [51]. İki boyutlu süreklilik denklemi Denklem 1.26'da verilmiştir. Bu denklemde hem kıyıya dik hem de paralel taşınım dikkate alınır.

$$\frac{\partial h}{\partial x} = -\frac{1}{(1-p)} \cdot \left(\frac{\partial q_{sx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{sy}}{\partial y} \right) \quad (1.26)$$

Kıyıya paralel katı madde taşınımının ihmal edilmesi ve sadece kıyıya dik taşınımın dikkate alınması halindeki süreklilik denklemi Denklem 1.27'deki gibi olmaktadır.

$$\frac{\partial h}{\partial x} = -\frac{1}{(1-p)} \cdot \frac{\partial q_{sx}}{\partial x} \quad (1.27)$$

Burada q_{sx} ve q_{sy} katı madde taşınım oranıdır (sırasıyla x ve y yönündeki). Pratikte, katı madde taşınım modeli ve süreklilik denkleminin sayısal olarak çözümleri gerekmektedir. Genelde bunun için sonlu farklar metodu kullanılır. Bir $t + \Delta t$ adımında taban topografyası süreklilik denkleminin kullanımı ile belirlenir.

Dalgalar genel olarak, kıyıyla belli bir açı yaparak kıyıya ulaşırlar. Bu dalgaların enerjilerinin kıyı çizgisine paralel bileşeni kıyı boyu (kıyıya paralel), kıyı çizgisine dik bileşeni ise kıyıya dik katı madde taşınımına yol açar. Kıyıya dik taşınım sonucu, kıyından başlayarak, katı madde taşınımının etkin olduğu derinliğe kadar olan bölgede bazen kıyı oyulması, bazen de kıyı yığılması meydana gelir.

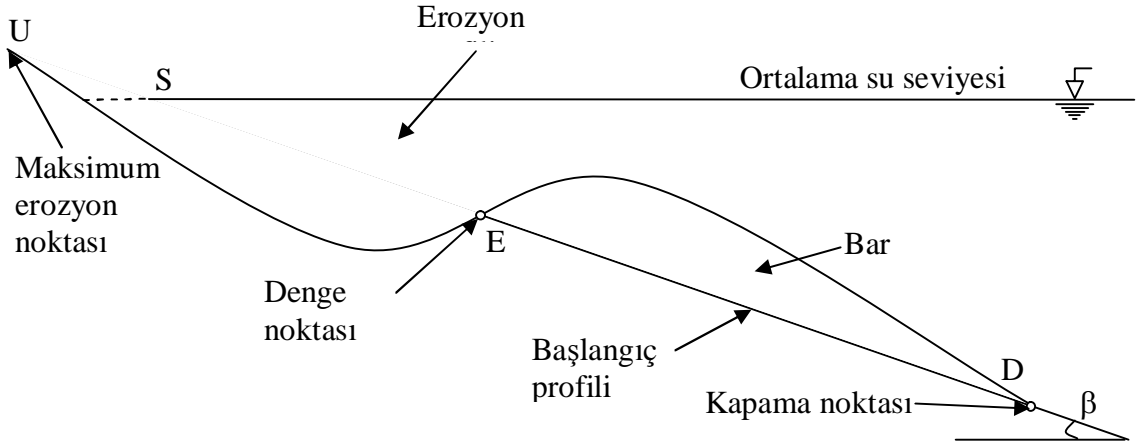
Kıyıya dik malzeme taşınımı, genellikle birim genişlikteki bir kıyının kıyıya dik yöndeki kesidi üzerinde incelenir ve bu kesit "*kıyı profili* " olarak adlandırılır. Kıyı profilini etkileyen esas parametre kıyıya dik taşınım olmakla beraber, kıyıya paralel taşınımın da etkisi bazen çok önemli olmaktadır. Özellikle, çeşitli etmenler (örneğin kıyı yapıları) sonucu kıyı boyu taşınımında dengenin bozulması durumunda kıyı profillerindeki değişim önemlidir.

Kıyı profilleri, fırtına profili ve normal profil olarak ikiye ayrılır [52].

1.7.1. Fırtına Profili (Erozyon Profili)

Kıyı profillerinin oluşumunu etkileyen en önemli faktör, dalga yüksekliği ve fırtınanın süresi olmakla beraber, yapılan çalışmalar, dalga dikliğinin (dalga yüksekliği/dalga boyu, H/L) önemli bir parametre olduğunu göstermektedir. Yüksek ve dik (kısa peryotlu) dalgalar halinde, hem denizin su seviyesinin ortalama su seviyesinin üzerine çıkması ve hem de kıyıya çok sık dalga gelmesi sonucu, kıyı tabanına büyük miktarda su sızar ve yer altı su seviyesi yükselir. Bunun sonucu, bir dalga geçişi sırasında zemine sızan su miktarı oldukça azalır ve dalganın tırmanması (kıyıya yaklaşması) ile geri dönüşü arasındaki su seviyeleri hemen hemen eşitlenir. Tırmanma sırasında kıyıya doğru taşınan sedimentten daha fazlası, dalganın geri dönüşü sırasında açığa doğru taşınır. Çünkü, tırmanma esnasında sediment taşınımı yukarı doğru olduğu halde, geri dönüş sırasında aşağı doğru olması nedeniyle yerçekiminin de etkisiyle taşınım kolaylaşır ve kıyıda oyulma meydana gelir [1].

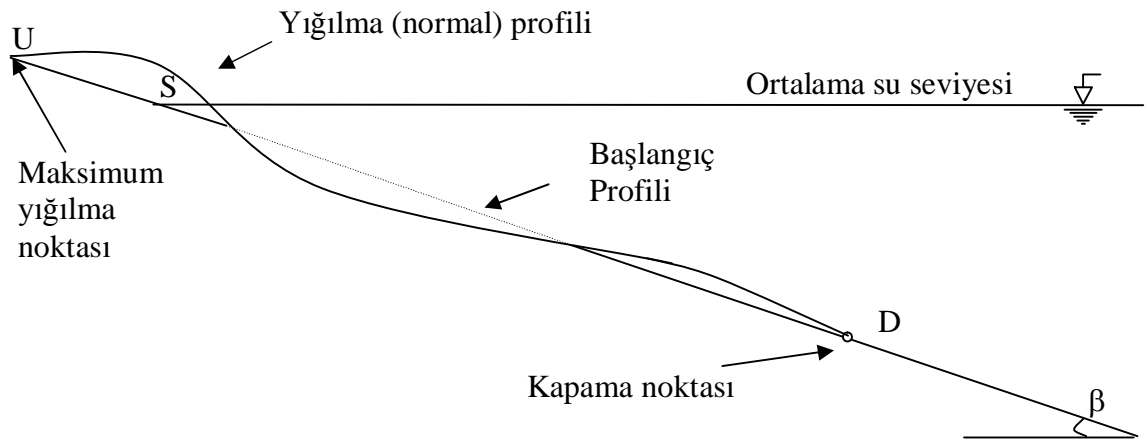
Erozyon yoluyla kıyıdan açığa doğru çekilen maddeler açıkta bir noktada toplanmaya başlar. Dalga etkisiyle açıktan da bu noktaya sediment taşınması sonucu bir kum tepeciği (longshore bar) oluşur. Bu tepecik zamanla büyüyünce, dalgalar bu tepecik üzerinde kırılmaya başlayarak enerjilerini kaybederler. Sonuçta, kıyı erozyonu sona ererek kıyı dengeye kavuşur (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Firtına Profili

1.7.2. Normal Profil (Yığılma Profili)

Fırtınanın mevcut olmadığı zamanlarda kıyıdaki dalgalar, küçük ve dikliği az (büyük periyotlu) olan dalgalardır. Bu dalgaların kıyıya yaklaşması durumunda, deniz su seviyesi düşüktür. Bu nedenle, yer altı su seviyesinde bir yükselme olmayacağından, tırmanma yoluyla kıyıya taşınan suyun bir kısmı yeraltına sızar; dalgaların geri dönüşü sırasındaki su seviyesi, tırmanma sırasındakinden daha az olur. Tırmanma sırasındaki büyük su kütlesi hareketi ile kıyıya taşınan sedimentin bir kısmı zayıf dönüş akımı nedeniyle kıyıda kalır. Sonuç olarak, kıyılarda sediment yığılması olur (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Yığılma Profili

1.7.3. Fırtına Profili İle Normal Profilin Belirlenmesi

Daha önce de belirtildiği gibi, hangi şartlarda oyulma (fırtına profili) ve hangi şartlarda yığılma (normal profil) oluşacağını belirlemede esas faktör dalga parametreleridir. Yapılan araştırmalar, bu konuda en etkin etmenin, derin deniz dalga dikliği (H_0/L_0) olduğunu göstermiştir. Katı madde taneciklerinin çökme hızı (w), ortalama çapı (d_{50}) ve taban eğimi (m) de önemli etmenlerdir.

Kıyıya dik katı madde taşınım miktarı ve yönü üzerine çeşitli araştırmalar yapılmış ve yapılmaktadır [53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66].

Kıyı profilinin durumunu belirlemede en çok kullanılan parametrelerden bazıları aşağıda verilmiştir [46, 31, 67, 68]:

Dean, kıyı profilinin belirlenmesinde boyutsuz bir çökme süresi parametresi (F_0) tanımlamıştır [56]:

$$F_0 = \frac{H_0}{w \cdot T} \quad (1.28)$$

Burada;

- F_0 : Boyutsuz çökme süresi parametresi,
- H_0 : Belirgin derin deniz dalga yüksekliği,
- w : Sediment taneciklerinin sudaki çökme hızı ve
- T : Dalga periyodudur.

$F_0 > 1$ olması halinde erozyon, $F_0 < 1$ olması halinde ise yığılma olur. w çökme hızı değeri, tanenin çapına, özgül ağırlığına ve şekline suyun viskozitesine (sıcaklık) bağlıdır.

Kriebel vd., Denklem 1.29 ile, Larson vd., Denklem 1.30'la verilen denklemleri önermişler ve laboratuvar ve arazi şartlarında denklemleri değerlendirmişlerdir [68].

$$C^* = \frac{g}{\pi} \cdot \frac{T}{w} \cdot \frac{H_0}{L_0} \quad (1.29)$$

C^* değerinin laboratuvar şartlarında, 1,7'den küçük olması durumunda yığılma, 1,7'den büyük olması durumunda ise erozyon, arazi şartlarında ise 8,8'den küçük olması durumunda yığılma, 8,8'den büyük olması durumunda ise erozyon profili oluşmaktadır.

$$C^{**} = \frac{H_0}{L_0} \cdot \left[\frac{w \cdot T}{H_0} \right] \quad (1.30)$$

C^{**} değerinin laboratuvar şartlarında, 0,0007'den büyük olması durumunda yığılma, 0,0007'den küçük olması durumunda ise erozyon, arazi şartlarında ise 0,00027'den büyük olması durumunda yığılma, 0,00027'den küçük olması durumunda ise erozyon profili oluşmaktadır.

Kraus vd, kıyıya dik malzeme taşınımıyla ilgili mevcut olan yığılma ve erozyon kriterlerinin bir değerlendirmesini yapmışlardır. Yığılma ve erozyonla ilgili kriterler arasındaki ilişkileri incelenmiş ve bu kriterlerin eksikliklerini tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada incelenen kriterler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1.1.Kraus vd. tarafından incelenen kıyıya dik erozyon ve yığılma kriterleri

Profil Kriterleri	
$D_0=H_0/d_{50}$	Iwaghi ve Noda
$G_0'=(P_i \cdot w)/(g \cdot T)$	Dean
$N_0=H_0/(w \cdot T)$	Dean sayısı
$S_0=H_0/L_0$	Derin su dalga dikliği
$F_0=w/(g \cdot H_0)^{0.5}$	Bir tür Froude sayısı

Tabloda, w çökeltme hızını, T dalga periyodunu ve g ise yerçekimi ivmesini göstermektedir.

Johnson, normal ve fırtına profili arasındaki geçiş için kritik dalga dikliğini 0,025-0,030 aralığında bulmuştur [69].

Yığılma profili için $H_0/L_0 < 0,025$

Geçiş profili için $0,025 < H_0/L_0 < 0,030$

Fırtına profili için $H_0/L_0 > 0,030$ olmaktadır.

Sunamura ve Horikawa, kıyı profillerinin ayırt edilmesi için aşağıdaki formülü önermişlerdir [70].

$$\frac{H_0}{L_0} = C \cdot m^{-0,27} \cdot (D_{50}/L_0)^{0,67} \quad (1.31)$$

Denkleimde;

Normal profil $C \leq 4$

Geçiş profili $8 > C > 4$

Fırtına profili $C \geq 8$ olmaktadır.

Jackson ve Nancy, kıyıya dik taşınım ile ilgili mevcut olan yığılma ve erozyon kriterlerinin bir değerlendirilmesi yapmıştır. Yaptıkları arazi ve laboratuvar ölçümleriyle kriterlerin geçerliliğini irdelemişlerdir. Ayrıca yığılma ve erozyonla ilgili kriterler arasındaki ilişkiler incelemişler ve bu kriterlerin yetersizliklerini ortaya koymuşlardır [71].

1.7.4. Kıyı Önü Eğimi

Kıyı önü eğimini ($\tan\beta$) etkileyen en önemli parametreler, taban malzemesinin tane çapı (D), dalga yüksekliği (H) ve periyodudur (T). Genel olarak, tane çapı arttıkça kıyı önü eğimi de büyür. Büyük dalgalar halinde oluşacak kıyıların eğimi, küçük dalgalar halinde oluşacak kıyı eğiminden daha küçüktür. Diğer bir ifadeyle, fırtına profilleri, normal profillere oranla daha az eğimlidir (daha yatıktır). Taban eğimi ($\tan\beta$) dalga periyodu (T) ve taban malzemesi çapı (D) arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$\tan \beta = \frac{0,12}{\left[\frac{H}{(g^{0,5} \cdot T \cdot D^{0,5})} \right]^{0,5}} \quad (1.32)$$

Kıyı malzemesinin geçirimsizliği katı madde taşınımını iki şekilde etkilemektedir. İlk olarak dalga tarafından oluşturulan taban dalgalarının formasyonunu etkiler. İkinci olarak ise ön kıyı bölgesindeki akımın hidrolik davranışını değiştirir. Geçirgen bir bölge üzerinde tırmanan dalga kıyıda büyük miktarda su tutar ve böylece geri dönen akımın büyük bir kısmı kıyı malzemesinin içinde kaldığından geri dönüş rölatif olarak zayıf olur. Geri dönüş akımı tırmanan akımdan rölatif olarak daha zayıf ise, geri dönüş akımı tırmanan akımın karaya doğru getirdiği katı madde miktarını açığa doğru götüremeyeceği için kıyı eğimi yeterince artana kadar kıyı malzemesi tırmanma çizgisine yığılacaktır. Böylece rölatif olarak kaba malzemeye sahip kıyılar ince malzemeye sahip kıyılardan daha dik olurlar. Çünkü ince malzeme göreceli olarak daha geçirimsizdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Dalga enerjisinin büyük bir bölümünün sönmüldüğü deniz tabanı profilleri, zaman içerisinde ve çeşitli dalga şartlarında farklı özelliklerdeki erozyona veya yığılmaya sebep olabilirler. Bu nedenle, kıyı koruma işlemlerinin esasını, kıyısal katı maddenin kontrolü teşkil eder. Dalga şartları, taban eğimi, tabandaki malzeme özellikleri vb. parametreler, katı madde taşınımını ve bunun sonucu olarak da taban profillerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Kıyı ile ilgili çalışmaların birçok parametreye bağlı olması nedeni ile, bu tür problemlerde çoğunlukla fiziksel modelleme yolu ile çözümler aranmaktadır. Yapılan çalışmalar, fiziksel ve sayısal modellerin prototip verileriyle karşılaştırılmasında, fiziksel model verilerinin prototip verileriyle daha uyumlu olduğunu, sayısal modellerin ise, kıyı hidrodinamiğinin karmaşıklığı sebebiyle yeterince uyum göstermediğini ve güvenilirliklerinin henüz araştırma aşamasında olduğunu göstermiştir [67, 72, 73, 74].

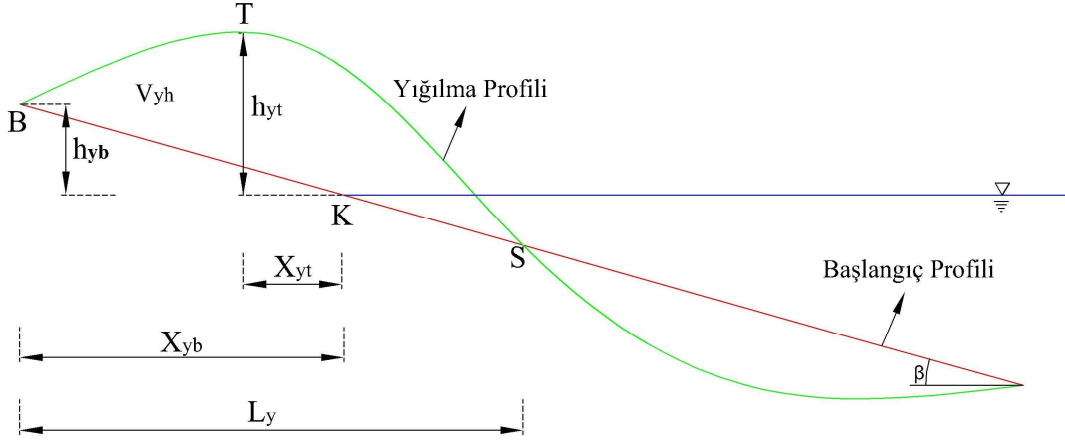
Arazi şartlarına uygulamada kolaylık sağlaması ve laboratuvar şartlarının meydana getirdiği olumsuzlukları azaltıcı nitelik taşıması sebebiyle, fiziksel model çalışmalarından elde edilen sonuçların boyutsuzlaştırılmasının gerektiği, çeşitli çalışmacılar tarafından vurgulanmıştır [75, 76, 77].

Bu çalışmada, kıyıya dik katı madde hareketi, dalga şartları, taban eğimi ve tabandaki malzeme özellikleri dikkate alınarak fiziksel bir modelle incelenmiş ve bu hareket sırasında oluşan kıyı profilindeki yığılma bölgesi parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Fiziksel model ve Kömürcü tarafından elde edilmiş daha önceki ilgili fiziksel model verileri dikkate alınarak yapılan boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleriyle, yığılma bölgesi parametreleri için boyutlu ve boyutsuz denklemler elde edilmiştir.

2.2. Çalışma Kapsamında İncelenen Yığılma Bölgesi Parametreleri

Kıyı profilleri, dalga, taban topografyası ve taban malzemesi özelliklerinin karşılıklı etkileşimi sonucu, erozyon veya yığılma profili şeklinde oluşabilir. Bu çalışma

kapsamında, sadece kıyı profilindeki yığılma bölgesi parametreleri incelenmiştir. İncelenen yığılma bölgesi parametreleri, Şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Yığılma bölgesi parametreleri

Şekilde, K orijinal kıyı çizgisini, B yığılmanın başlangıç noktasını, T yığılmanın tepe noktasını, S yığılmanın son noktasını ve β ise başlangıç profilinin yatayla yaptığı açığı ($\tan\beta=m=\text{taban eğimi}$) göstermektedir. Çalışma kapsamında incelenen yığılma bölgesi parametreleri aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Yığılma Bölgesinin Başlangıç Noktası

Yığılma bölgesinin başlangıç noktası, yığılma profili ile başlangıç profilinin ilk kesiştiği noktadır. Yığılma, bu noktadan itibaren katı maddenin başlangıç profili üzerinde birikmesiyle oluşmaktadır.

Başlangıç noktası için, yığılma bölgesinin başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yb}) incelenmiştir.

Yığılma bölgesi başlangıç noktasının sakin su seviyesine dikey uzaklığı (h_{yb}), bu noktanın orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı ve taban eğimine bağlı olarak aşağıdaki denklemle elde edilebileceğinden, çalışma kapsamında irdelenerek ayrı bir denklem elde edilmemiştir.

$$h_{yb}=m.X_{yb} \quad (2.1)$$

2.2.2. Yığılma Bölgesinin Tepe Noktası

Yığılma bölgesinin tepe noktası, yığılma profilinin su seviyesine göre en yüksek noktasıdır.

Bu nokta için; yığılma bölgesinin tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yt}) ve yığılma bölgesinin tepe noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığı (h_{yt}) tanımlanarak incelenmiştir.

2.2.3. Yığılma Bölgesinin Son Noktası

Yığılma bölgesinin son noktası, başlangıç profili ile yığılma profilinin kıyı çizgisinden sonra ilk kesiştiği noktadır. Başlangıç profili üzerinde katı madde birikimi (yığılma), bu noktada son bulur ve bu noktadan sonra başlangıç profilinde erozyon başlayarak devam eder.

Yığılma bölgesinin son noktası için iki parametre (yığılma bölgesinin son noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{ys}) ve yığılma bölgesinin son noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığı (h_{ys}) incelenmek istenmiştir. Fakat, elde edilen fiziksel model verileri, bu noktanın orijinal kıyı çizgisine göre irdelenmesine imkan vermemiştir. Dolayısıyla, çalışma kapsamında bu noktayı inceleyebilmek için yığılma bölgesi başlangıç noktasının bu noktaya mesafesi (yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği, L_y) tanımlanarak incelenmiştir.

2.2.4. Yığılma Bölgesinin Hacmi

Yığılma bölgesinin hacmi, yığılma bölgesi başlangıç, tepe ve son noktaları ile başlangıç profili arasındaki hacimdir (V_{yh}). Belli bir zamanda hareket eden katı madde miktarının debisi ise, toplam katı madde hacminin bu zamana bölümüne eşittir.

2.3. Fiziksel Model Çalışmaları

Fiziksel model çalışmaları, KTÜ İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarı'nın iki boyutlu dalga kanalında yapılmıştır.

2.3.1. Model Ölçeği

Doğadaki olayları laboratuvar ortamında incelemek için çeşitli büyüklükleri belirli oranlarda küçültmek gerekmektedir. İncelenecek olaya göre, model tekniği seçilir ve bu tekniğe göre model büyüklükleri belirlenir. Yerçekimi kuvvetinin etkin olduğu kıyı modellemelerinde Froude model tekniğinin uygun olduğu belirlenmiştir. Seçilen model tekniğine göre modelde kullanılacak parametrelerin ölçeklerini belirlemeye yönelik çok sayıda çalışma literatürde verilmektedir [77, 78,79].

Çalışmada, Froude model tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte çalışmadan optimum verim alınması için, fiziksel modelin kurulacağı kanalın boyutları, kullanılacak dalga şartları ve malzeme özellikleri dikkate alınarak, model ölçeğinin 1/25 olarak seçilmesine karar verilmiştir.

2.3.2. Dalga Şartları

Çalışma kapsamında irdelenen parametreleri genel olarak değerlendirebilmek için, dalga şartları doğada yığılma profili oluşturacak minimum ile maksimum şartlar arasından seçilmeye çalışılmıştır. Çalışmada, 1,46 ve 2,03 s periyotlar için 6,5, 7,5, 8,5, 9,5, 10,5 ve 11,5 cm yüksekliğinde düzenli dalgalar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan 1,46 ve 2,03 s periyotlu dalgalar için dalga yükseklikleri ve diklikleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. 1,46 ve 2,03 s periyotlu dalgalar için dalga yükseklik ve diklikleri

T=1,46 s						
H₀ (cm)	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
H₀/L₀	0,0195	0,0225	0,0226	0,0286	0,0316	0,0346
T=2,03 s						
H₀ (cm)	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
H₀/L₀	0,0101	0,0117	0,0132	0,0148	0,0163	0,0179

2.3.3. Taban Eğimi Özellikleri

Fiziksel model kapsamında yapılacak deneylerde taban eğimi oldukça önemli bir değişkendir. Taban eğiminin dik seçilmesi, profili hızlı bir şekilde dengeye ulaştırmakta,

dolayısıyla deney süresini azaltmakta ve çalışma için hem zaman hem de emek açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Yukarıdaki görüşler dikkate alınarak 1/20 taban eğimiyle fiziksel model çalışmaları yapılmıştır.

2.3.4. Malzeme Özellikleri

Modeldeki malzeme özelliklerinin belirlenmesi, kıyıyla ilgili fiziksel model çalışmalarında en önemli sorunlardan biri olarak bilinmektedir. Taban malzemesi model ölçeğinin seçimi konusunda, bugüne kadar pek çok çalışma yapılmasına rağmen, kesin bir çözüm getirilememiştir. Yapılan deneysel ve analitik çalışmalarda, farklı yoğunlukta malzeme kullanılması gibi değişik yaklaşımlar da önerilmiştir. Farklı yoğunlukta malzeme kullanma yaklaşımı çok sayıda eleştiri almış ve güvenilirliği fazlaca tartışılmıştır [73, 76,77].

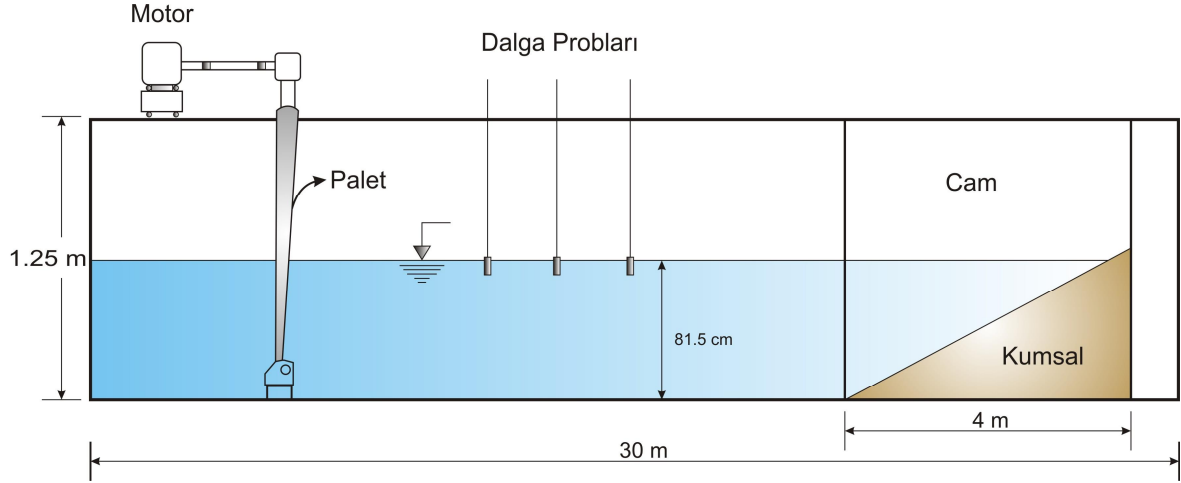
Fiziksel model çalışmalarında, medyan çapları; 0,26 ve 0,33 mm olan iki farklı malzeme (kum) kullanılmıştır. Malzeme yoğunluğu, katı madde hareketine önemli derecede etki ettiğinden, aynı yoğunluktaki kum malzemesi kullanılmaya çalışılmıştır. Kullanılan malzemelerin özgül ağırlıkları yaklaşık olarak $2,55 \text{ t/m}^3$ 'tür.

2.3.5. Deney Süreleri

İncelenen yığılma bölgesi parametreleriyle, deney süresi arasında yakın bir ilişki vardır; deney başlarında hızlı bir yığılma oluşum hareketi olup, profil dengeye ulaşmaya başlayınca bu hareket yavaşlamaktadır. Deneyler devam ederken 2 saatte bir ölçüm alınarak profilin dengeye ulaşip ulaşmadığı kontrol edilmiştir. 2 saatlik ara ölçüm zamanına, ön deneyler sonunda toplam hareket eden katı madde miktarına göre karar verilmiştir. Tüm bu durumlar dikkate alınarak her bir deney için deney süresi 12 saat olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır.

2.3.6. Dalga Kanalı ve Donanımı

Fiziksel model çalışmaları, kesiti Şekil 2.2’de verilen iki boyutlu dalga kanalında gerçekleştirilmiştir. Dalga kanalı, boyu 30 m, genişliği 1,45 m ve derinliği 1,25 m olan betonarme bir yapıdır.



Şekil 2.2. Model dalga kanalı ve kesiti

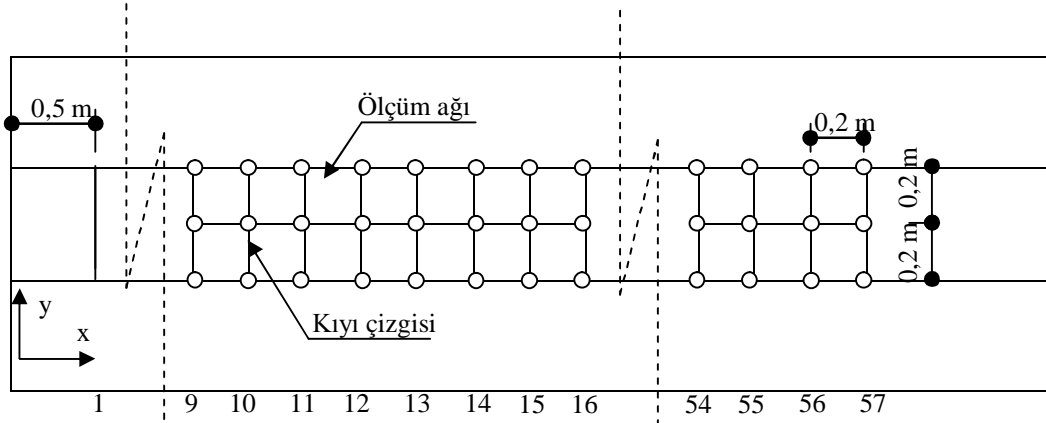
Dalga kanalında modelin kurulacağı bölgenin bir tarafında 4 m uzunluğunda pleksiglastan yapılmış şeffaf bir kısım vardır. Çalışma başlangıcında, pleksiglastan ve karşıdaki bölgenin sürtünme etkilerinin aynı olması için bu bölgeye de pleksiglastan yerleştirilmiştir. Dalga kanalındaki palet arkasında oluşan yansımanın engellenmesi için paletin arka tarafına, kırma taşlarla geçirimsiz kalın bir duvar yapılmıştır. Dalga paleti tarafından üretilen dalgaların düzenliliğini korumak için kanala dik kesitte üçgensel olarak delikli saç yerleştirilmiştir.

Kanalda kurulu bulunan dalga üretici sistem üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; alternatif akım motoru, dişli sistemi ve dalga paletidir. Kullanılan alternatif akım motoru 4 Hb gücünde olup 100 devir/dak’lık bir hıza sahiptir. Alternatif akım motoru istenildiğinde kolayca değiştirilebilir bir şekilde dişli sistemine bağlıdır ve motorun hızı, mevcut bulunan kontrol ünitesine bağlanarak azaltılıp çoğaltılabilmektedir. Dişli sistemi, arazili bir şanzıman sisteminden ibaret olup dört ileri ve bir de geri vitesten oluşmaktadır. Bu vites sistemiyle, seçilen bir periyotta sabit olarak çalışma sağlanabilmektedir. Motorun filanşına mafsallı olarak bağlanan bir kol, diğer ucundan da dalga paletine mafsallıdır.

Dalga paleti, dalga kanalı tabanına mafsallı olarak bağlıdır. Böylece palet, motor flanşının her bir devrinde ileri-geri öteleme hareketi yapmaktadır. Bu öteleme hareketi sonucu, dalga kanalında durgun halde bulunan suda bir dalga hareketi meydana gelmektedir. Motorun flanşındaki bu mafsallı kolun boyu büyütülüp-küçültülerek paletin ileri ve geri yatış açısı değiştirilebilmekte ve bu sayede istenilen dalga yüksekliği ayarlanabilmektedir. Laboratuvar kanalında sadece düzenli dalgalar üretilebilmektedir. Oluşturulan dalgaların periyodu kronometre yardımıyla, yüksekliği ise gerilim farklarından dalga yüksekliğini tespit eden elektronik cihazla ölçülmüş ve dalga şartları ayarlanmıştır.

2.3.7. Ölçüm Sistemi

Fiziksel model kapsamında yapılan deneylerde, kanalın y doğrultusundan 3, x doğrultusundan ise 57 noktadan ölçüm alınmıştır. Noktalar arasındaki x ve y doğrultularındaki uzaklık 20 cm'dir. Kanalın, x doğrultusundaki noktaların değeri, y doğrultusundaki noktaların ölçümlerinin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Model, dalga kanalı ucundan 50 cm uzağa, kıyı çizgisi ise ölçüm ağında 10 nolu hatta yerleştirilmiştir. Ölçüm ağı planı, Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Ölçüm ağı planı

2.3.8. Çalışma Kapsamında Yapılan ve Kullanılan Deneyler

Deney kanalında, 1/20 eğim için hazırlanan ön taban üzerine, kullanılacak malzemeler, kırılma bölgesiyle tırmanma bölgesi arasında 20 cm, diğer bölgelerde ise 10 cm kalınlığında

sabit eğimde serilerek, dalgalar verilmiştir. Fiziksel model kapsamında, Tablo 2.2’de verilen 1/20 eğimindeki 19 adet (Deney No: 07-25) deney yapılmıştır.

Tabloda ki diğer veriler ise yine Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarı iki boyutlu dalga kanalında Kömürcü tarafından elde edilmiştir.

Tablo 2.2. Çalışma kapsamında yapılan ve kullanılan deneyler

Deney No	m	T(s)	H₀ (m)	d₅₀ (m)
01	0,100	1,46	0,065	0,00040
02	0,100	2,03	0,065	0,00040
03	0,067	2,03	0,065	0,00026
04	0,067	1,46	0,065	0,00040
05	0,067	2,03	0,065	0,00040
06	0,067	2,03	0,115	0,00040
07	0,050	1,46	0,065	0,00026
08	0,050	1,46	0,085	0,00026
09	0,050	1,46	0,095	0,00026
10	0,050	1,46	0,105	0,00026
11	0,050	1,46	0,115	0,00026
12	0,050	2,03	0,065	0,00026
13	0,050	2,03	0,075	0,00026
14	0,050	2,03	0,085	0,00026
15	0,050	2,03	0,095	0,00026
16	0,050	2,03	0,105	0,00026
17	0,050	1,46	0,065	0,00033
18	0,050	1,46	0,075	0,00033
19	0,050	1,46	0,085	0,00033
20	0,050	1,46	0,095	0,00033
21	0,050	2,03	0,065	0,00033
22	0,050	2,03	0,075	0,00033
23	0,050	2,03	0,085	0,00033
24	0,050	2,03	0,095	0,00033
25	0,050	2,03	0,115	0,00033
26	0,040	1,46	0,065	0,00033
27	0,040	2,03	0,065	0,00033
28	0,040	1,46	0,065	0,00040
29	0,040	1,46	0,115	0,00040
30	0,040	2,03	0,065	0,00040
31	0,040	2,03	0,115	0,00040

2.4. Regresyon Analizleri

Fiziksel model sonuçları dikkate alınarak yapılan regresyon analizi yöntemiyle çalışma kapsamında incelenen yığılma bölgesi parametrelerinin denklemleri kurulmuştur.

Yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay (X_{yb}), yığılma bölgesi tepe noktasının, orijinal kıyı çizgisine yatay ve düşey uzaklığı (X_{yt} , h_{yt}), yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği (L_y) ve oluşan yığılma bölgesi hacmi (V_{yh}), yapılan regresyon analizleriyle boyutlu ve boyutsuz olarak incelenmiş ve en uygun denklemler elde edilmeye çalışılmıştır.

Regresyon analiz türüne karar vermek için, birçok ön çalışma yapılmış ve bu çalışmalar sonunda analiz türü olarak, en iyi sonuçların elde edildiği çoklu eksponansiyel ve çoklu hiperbolik fonksiyon türleri seçilmiştir.

2.4.1. Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon

Çoklu eksponansiyel fonksiyon için aranan denklem türü aşağıda verilmiştir:

$$y = c + \exp(b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + \dots + b_n \cdot x_n) \quad (2.2)$$

Denklemden; y bağımlı değişkeni, x_1, x_2, \dots, x_n bağımsız değişkenleri, c ve b_0, b_1, \dots, b_n regresyon katsayılarını, n ise bağımsız değişken sayısını göstermektedir.

2.4.2. Çoklu Hiperbolik Fonksiyon

Çoklu hiperbolik fonksiyon için aranan denklem türü aşağıda verilmiştir:

$$y = b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdot x_4^{b_4} \cdot \dots \cdot x_n^{b_n} \quad (2.3)$$

2.5. Değişkenlerin Boyutsuzlaştırılması

Mühendislik uygulamalarında, kolaylık sağlanması ve laboratuvar şartlarının meydana getirdiği olumsuzlukları azaltıcı nitelik taşıması sebebiyle, fiziksel model çalışmalarından elde edilen sonuçların boyutsuzlaştırılmasına gidilmektedir. Yapılan çalışmada elde

edilecek yığılma parametrelerinin denklemleri için boyutsuz ifadeler de kullanılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen yığılma parametrelerinden, X_{yb} , X_{yt} , h_{yt} , L_y uzunluk boyutundadır. Uzunluk boyutundaki bağımlı değişkenler olan bu değerler yine uzunluk boyutunda olan L_0 'a bölünerek boyutsuzlaştırılmıştır. Çalışmada, irdelenen V_{yh} , alan boyutundadır (m^3/m) bu nedenle L_0^2 'ye bölünerek boyutsuzlaştırılmıştır. Boyutsuz denklem kurulmasında, bağımsız değişkenler olarak m , H_0/L_0 (dalga dikliği), ve H_0/wT (boyutsuz çökme hızı parametresi) kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Bu bölümde, incelenen yığılma bölgesi parametrelerini belirlenmeye yönelik çalışmalardan elde edilen bulgular verilmiştir. Bu kapsamda, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yb}), yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay ve düşey uzaklığı (X_{yt} , h_{yt}), yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği (L_y) ve yığılma bölgesinin hacmi (V_{yh}) çeşitli çalışmalarla incelenmiştir.

Fiziksel model verileri dikkate alınarak yapılan boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleriyle, yığılma bölgesi parametreleri için boyutlu ve boyutsuz denklemler kurulmuş ve denklemlerden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri için iki farklı analiz türü kullanılmıştır. Kullanılan analiz türleri çoklu eksponansiyel ve çoklu hiperbolik fonksiyonlardır.

3.1. Yığılma Bölgesi Parametreleri İçin Fiziksel Model Bulguları

İlgili parametre için yapılan ve kullanılan fiziksel model bulguları, Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 incelendiğinde;

Yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yb}) için elde edilen fiziksel model veri değerlerinin 0,5028 ve 1,4798 m arasında değiştiği ve aritmetik ortalamasının ise 0,8896 m olduğu,

Yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yt}) için elde edilen fiziksel model veri değerlerinin 0,1043 ile 0,8872 m arasında değiştiği ve aritmetik ortalamasının ise 0,5033 m olduğu,

Yığılma bölgesi tepe noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığı (h_{yt}) için elde edilen fiziksel model veri değerlerinin 0,0490 ve 0,1419 m arasında değiştiği ve aritmetik ortalamasının ise 0,0826 m olduğu,

Yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği (L_y) için elde edilen fiziksel model veri değerlerinin 0,7908 ve 2,2185 m arasında değiştiği ve aritmetik ortalamasının ise 1,246 m olduğu,

Yığılma bölgesinin hacmi (V_{yh}) için elde edilen fiziksel model veri değerlerinin ise 0,01442 ile 0,10701 m^3/m arasında değiştiği ve aritmetik ortalamasının ise 0,04134 m^3/m olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1. Yığılma bölgesi parametreleri için fiziksel model bulguları

Deney No	X_{yb} (m)	X_{yt} (m)	h_{yt} (m)	L_y (m)	V_{yh} (m^3/m)
01	0,8000	0,6010	0,1025	0,8270	0,02311
02	1,2528	0,8872	0,1803	1,2528	0,07513
03	1,0000	0,5221	0,0637	1,0000	0,01863
04	0,6895	0,2526	0,0810	1,1947	0,04573
05	0,6442	0,2731	0,1296	1,6735	0,10701
06	1,1845	0,8055	0,1419	1,5875	0,08418
07	0,7111	0,5061	0,0598	0,7908	0,01497
08	0,8077	0,5647	0,0564	0,8077	0,01442
09	1,0000	0,5986	0,0597	1,0481	0,01885
10	0,8704	0,6030	0,0641	0,8074	0,01885
11	0,9616	0,6002	0,0741	1,0163	0,02785
12	0,7331	0,5393	0,0610	0,9568	0,01650
13	0,9676	0,5685	0,0706	1,0535	0,02057
14	1,0112	0,8034	0,0734	1,1014	0,02882
15	1,4798	0,8034	0,1161	1,4798	0,06118
16	1,2482	0,8089	0,1246	1,2482	0,06277
17	0,5068	0,1043	0,0690	0,9555	0,03568
18	0,8524	0,2670	0,0569	1,1062	0,02660
19	0,8961	0,2941	0,0718	1,2420	0,03591
20	0,7115	0,3787	0,0682	0,9630	0,03134
21	0,8576	0,5194	0,0902	1,3340	0,05171
22	0,8688	0,3704	0,0933	1,2000	0,04191
23	0,9809	0,7587	0,0856	1,1360	0,03168
24	1,0110	0,7447	0,0811	1,1186	0,03035
25	1,1720	0,7963	0,0878	1,2327	0,03410
26	0,5957	0,2224	0,0490	1,3157	0,02066
27	0,7728	0,4016	0,0703	1,4014	0,03799
28	0,7038	0,0971	0,0678	1,6676	0,05373
29	0,5028	0,0565	0,0495	2,2185	0,05606
30	0,8970	0,6123	0,0712	1,7759	0,07451
31	0,8864	0,2411	0,0921	2,0697	0,08063

3.2. Yığılma Bölgesi Parametreleri İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler

3.2.1. X_{yb} İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler

Yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığını belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri (Tablo 3.1) kullanılarak, boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri yapılmıştır. Boyutsuz regresyon analizinde kullanılan boyutsuz sayılar, bağımlı değişken için X_{yb}/L_0 , bağımsız değişkenler için ise m , H_0/L_0 ve H_0/wT 'dir.

Boyutlu çoklu eksponansiyel ve çoklu hiperbolik fonksiyonlar için regresyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. X_{yb} için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$X_{yb} = c + \exp(b_0 + b_1.m + b_2.d_{50} + b_3.T + b_4.H_0)$		$X_{yb} = b_0.m^{b_1}.d_{50}^{b_2}.T^{b_3}.H_0^{b_4}$		
$r^2=0,736$		$r^2=0,632$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı
c	0,622			%
b_0	-6,008	b_0	0,1832	
b_1	32,243	b_1	0,421	23,38
b_2	-6812,344	b_2	-0,437	18,82
b_3	1,664	b_3	0,794	32,32
b_4	23,507	b_4	0,465	25,48

Tablo 3.2'de, boyutlu çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığına, dalga periyodunun % 32,32, dalga yüksekliğinin % 25,48, taban eğiminin % 23,38 ve tane çapının ise % 18,82 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.2'deki değerlere göre, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yb}) için boyutlu eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$X_{yb} = 0,622 + \exp(-6,008 + 32,243.m - 6812,344.d_{50} + 1,664.T + 23,507.H_0) \quad (3.1)$$

$$X_{yb} = 0,1832.m^{0,421} .d_{50}^{-0,437} .T^{0,794} .H_0^{0,465} \quad (3.2)$$

Boyutsuz çoklu hiperbolik fonksiyon ve çoklu eksponansiyel fonksiyonlar için determinasyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları, Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. X_{yb} için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$\frac{X_{yb}}{L_0} = c + \exp(b_0 + b_1.m + b_2 \cdot \frac{H_0}{L_0} + b_3 \cdot \frac{H_0}{w.T})$		$\frac{X_{yb}}{L_0} = b_0.m^{b_1} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{b_2} \cdot \left(\frac{H_0}{w.T}\right)^{b_3}$		
$r^2=0,668$		$r^2=0,681$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı %
c	-6,843			
b_0	1,924	b_0	3,3806	
b_1	0,178	b_1	0,432	27,98
b_2	0,430	b_2	0,407	46,41
b_3	0,008	b_3	0,244	25,61

Tablo 3.3'de, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen boyutsuz bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığına, dalga dikliğinin % 46,41, taban eğiminin % 27,98 ve H_0/wT 'nin ise % 25,61 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.3'deki değerlere göre, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yb}) için, boyutsuz eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{X_{yb}}{L_0} = -6,843 + \exp(1,924 + 0,178.m + 0,430 \cdot \frac{H_0}{L_0} + 0,008 \cdot \frac{H_0}{w.T}) \quad (3.3)$$

$$\frac{X_{yb}}{L_0} = 3,3806.m^{0,432} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{0,407} \cdot \left(\frac{H_0}{w.T}\right)^{0,244} \quad (3.4)$$

3.2.2. X_{yt} için Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler

Yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığını belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri (Tablo 3.1) kullanılarak, boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri yapılmıştır. Boyutsuz regresyon analizinde kullanılan boyutsuz sayılar, bağımlı değişken için X_{yt}/L_0 , bağımsız değişkenler için ise m , H_0/L_0 ve H_0/wT 'dir.

Boyutlu çoklu eksponansiyel fonksiyon ve çoklu hiperbolik fonksiyonlar için regresyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. X_{yt} için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$X_{yt} = c + \exp(b_0 + b_1.m + b_2.d_{50} + b_3.T + b_4.H_0)$		$X_{yt} = b_0.m^{b_1}.d_{50}^{b_2}.T^{b_3}.H_0^{b_4}$		
$r^2=0,697$		$r^2=0,648$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı %
c	-0,818			
b_0	-0,450	b_0	$8,05*10^{-6}$	
b_1	6,900	b_1	1,411	28,98
b_2	-1521,418	b_2	-1,915	30,52
b_3	0,306	b_3	1,920	28,91
b_4	3,609	b_4	0,572	11,59

Tablo 3.4'te, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığına, tane çapının % 30,52, taban eğiminin % 28,98, dalga periyodunun % 28,91 ve dalga yüksekliğinin ise % 11,59 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.4'teki değerlere göre, yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yt}) için boyutlu eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$X_{yt} = -0,818 + \exp(-0,450 + 6,900.m - 1521,418.d_{50} + 0,306.T + 3,609.H_0) \quad (3.5)$$

$$X_{yt} = 8,05 \cdot 10^{-6} \cdot m^{1,411} \cdot d_{50}^{-1,915} \cdot T^{1,920} \cdot H_0^{0,572} \quad (3.6)$$

Boyutsuz çoklu hiperbolik fonksiyon ve çoklu eksponansiyel fonksiyonlar için determinasyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları, Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5. X_{yt} için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$\frac{X_{yt}}{L_0} = c + \exp(b_0 + b_1 \cdot m + b_2 \cdot \frac{H_0}{L_0} + b_3 \cdot \frac{H_0}{w \cdot T})$		$\frac{X_{yt}}{L_0} = b_0 \cdot m^{b_1} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{b_2} \cdot \left(\frac{H_0}{w \cdot T}\right)^{b_3}$		
$r^2=0,709$		$r^2=0,521$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı %
c	-0,147			
b_0	-2,136	b_0	0,229	
b_1	7,644	b_1	1,405	26,99
b_2	-10,979	b_2	-0,776	26,24
b_3	0,478	b_3	1,504	46,77

Tablo 3.5’de, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen boyutsuz bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığına, H_0/wT ’nin % 46,77, taban eğiminin % 26,99 ve dalga dikliğinin % 26,24 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.5’deki değerlere göre, yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yt}) için, boyutsuz eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{X_{yt}}{L_0} = -0,147 + \exp(-2,136 + 7,644 \cdot m - 10,979 \cdot \frac{H_0}{L_0} + 0,478 \cdot \frac{H_0}{w \cdot T}) \quad (3.7)$$

$$\frac{X_{yt}}{L_0} = 0,229 \cdot m^{1,405} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{-0,776} \cdot \left(\frac{H_0}{w \cdot T}\right)^{1,504} \quad (3.8)$$

3.2.3. h_{yt} İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler

Yığılma bölgesi tepe noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığını belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri (Tablo 3.1) kullanılarak, boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri yapılmıştır. Boyutsuz regresyon analizinde kullanılan boyutsuz sayılar, bağımlı değişken için h_{yt}/L_0 , bağımsız değişkenler için ise m , H_0/L_0 ve H_0/wT 'dir.

Boyutlu çoklu eksponansiyel fonksiyon ve çoklu hiperbolik fonksiyonlar için regresyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları, Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. h_{yt} için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$h_{yt} = c + \exp(b_0 + b_1.m + b_2.d_{50} + b_3.T + b_4.H_0)$		$h_{yt} = b_0.m^{b_1}.d_{50}^{b_2}.T^{b_3}.H_0^{b_4}$		
$r^2=0,802$		$r^2=0,742$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı %
c	0,042			
b_0	-8,333	b_0	42,5598	
b_1	22,379	b_1	0,790	36,20
b_2	2005,064	b_2	0,449	15,98
b_3	1,361	b_3	0,954	32,03
b_4	8,496	b_4	0,349	15,79

Tablo 3.6'da, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine düşey uzaklığına, taban eğiminin % 36,20, dalga periyodunun % 32,03, tane çapının % 15,98 ve dalga yüksekliğinin ise % 15,79 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.6'daki değerlere göre, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine düşey uzaklığı (h_{yt}) için boyutlu eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$h_{yt} = 0,042 + \exp(-8,333 + 22,379.m + 2005,064.d_{50} + 1,361.T + 8,496.H_0) \quad (3.9)$$

$$h_{yt} = 42,5598.m^{0,790}.d_{50}^{0,449}.T^{0,954}.H_0^{0,349} \quad (3.10)$$

Boyutsuz çoklu hiperbolik fonksiyon ve çoklu eksponansiyel fonksiyonlar için determinasyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları, Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7. h_{yt} için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$\frac{h_{yt}}{L_0} = c + \exp(b_0 + b_1.m + b_2.\frac{H_0}{L_0} + b_3.\frac{H_0}{w.T})$		$\frac{h_{yt}}{L_0} = b_0.m^{b_1}.\left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{b_2}.\left(\frac{H_0}{w.T}\right)^{b_3}$		
$r^2=0,724$		$r^2=0,731$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı %
c	-0,361			
b_0	-1,023	b_0	3,1842	
b_1	0,685	b_1	0,793	29,89
b_2	1,336	b_2	0,714	47,36
b_3	-0,009	b_3	-0,373	22,75

Tablo 3.7’de, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen boyutsuz bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine düşey uzaklığına, dalga dikliğinin % 47,36, taban eğiminin % 29,89, ve H_0/wT ’nin ise % 22,75 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.7’deki değerlere göre, yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine düşey uzaklığı (h_{yt}) için, boyutsuz eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{h_{yt}}{L_0} = -0,361 + \exp(-1,023 + 0,685.m + 1,336.\frac{H_0}{L_0} - 0,009.\frac{H_0}{w.T}) \quad (3.11)$$

$$\frac{h_{yt}}{L_0} = 3,1842.m^{0,793}.\left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{0,714}.\left(\frac{H_0}{w.T}\right)^{-0,373} \quad (3.12)$$

3.2.4. L_y İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler

Yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliğini belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri (Tablo 3.1) kullanılarak, boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri yapılmıştır. Boyutsuz regresyon analizinde kullanılan boyutsuz sayılar, bağımlı değişken için L_y/L_0 , bağımsız değişkenler için ise m , H_0/L_0 ve H_0/wT 'dir.

Boyutlu çoklu eksponansiyel fonksiyon ve çoklu hiperbolik fonksiyonlar için regresyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. L_y için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$L_y = c + \exp(b_0 + b_1.m + b_2.d_{50} + b_3.T + b_4.H_0)$		$L_y = b_0.m^{b_1}.d_{50}^{b_2}.T^{b_3}.H_0^{b_4}$		
$r^2=0,789$		$r^2=0,743$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı
c	0,758			%
b_0	-4,092	b_0	2177,7097	
b_1	-19,422	b_1	-0,513	25,72
b_2	9837,314	b_2	1,093	42,43
b_3	0,337	b_3	0,574	21,10
b_4	5,337	b_4	0,218	10,75

Tablo 3.8'de, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılmanın bölgesinin kıyıya dik genişliğine, tane çapının % 42,43, taban eğiminin % 25,72, dalga periyodunun % 21,10 ve dalga yüksekliğinin ise % 10,75 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.8'deki değerlere göre, yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği (L_y) için boyutlu eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$L_y = 0,758 + \exp(-4,092 - 19,422.m + 9837,311.d_{50} + 0,337.T + 5,337.H_0) \quad (3.13)$$

$$L_y = 2177,7097.m^{-0,513}.d_{50}^{1,093}.T^{0,574}.H_0^{0,218} \quad (3.14)$$

Boyutsuz çoklu hiperbolik fonksiyon ve çoklu eksponansiyel fonksiyonlar için determinasyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları, Tablo 3.9’da verilmiştir.

Tablo 3.9. L_y için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$\frac{L_y}{L_0} = c + \exp(b_0 + b_1 \cdot m + b_2 \cdot \frac{H_0}{L_0} + b_3 \cdot \frac{H_0}{w \cdot T})$		$\frac{L_y}{L_0} = b_0 \cdot m^{b_1} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{b_2} \cdot \left(\frac{H_0}{w \cdot T}\right)^{b_3}$		
$r^2=0,874$		$r^2=0,843$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı %
c	0,052	b_0	6,9183	
b_0	-1,28	b_1	-0,499	12,33
b_1	-10,293	b_2	1,169	50,66
b_2	79,933	b_3	-0,927	37,01
b_3	-1,136			

Tablo 3.9’da, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen boyutsuz bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliğine, dalga dikliğinin % 50,66, H_0/wT ’nin % 37,01 ve taban eğiminin ise % 12,33 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.9’daki değerlere göre, yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği (L_y) için, boyutsuz eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{L_y}{L_0} = 0,052 + \exp(-1,280 - 10,293 \cdot m + 79,933 \cdot \frac{H_0}{L_0} - 1,136 \cdot \frac{H_0}{w \cdot T}) \quad (3.15)$$

$$\frac{L_y}{L_0} = 6,9183 \cdot m^{-0,499} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{1,169} \cdot \left(\frac{H_0}{w \cdot T}\right)^{-0,927} \quad (3.16)$$

3.2.5. V_{yh} İçin Yapılan Analizler ve Elde Edilen Denklemler

Yığılma bölgesinin hacmini belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri (Tablo 3.1) kullanılarak, boyutlu ve boyutsuz regresyon analizleri yapılmıştır. Boyutsuz regresyon analizinde kullanılan boyutsuz sayılar, bağımlı değişken için $V_{yh}/(L_0)^2$, bağımsız değişkenler için ise m , H_0/L_0 ve H_0/wT 'dir.

Boyutlu çoklu eksponansiyel fonksiyon ve çoklu hiperbolik fonksiyonlar için regresyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. V_{yh} için boyutlu regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$V_{yh} = c + \exp(b_0 + b_1.m + b_2.d_{50} + b_3.T + b_4.H_0)$		$V_{yh} = b_0.m^{b_1}.d_{50}^{b_2}.T^{b_3}.H_0^{b_4}$		
$r^2=0,722$		$r^2=0,674$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı %
c	0,022			
b_0	-13,146	b_0	3515604,405	
b_1	-2,047	b_1	-0,118	26,34
b_2	17303,503	b_2	2,257	39,08
b_3	1,775	b_3	1,379	22,56
b_4	-0,508	b_4	0,546	12,02

Tablo 3.10'da, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesi hacmine, tane çapının % 39,08, taban eğiminin % 26,34, dalga periyodunun % 22,56, ve dalga yüksekliğinin ise % 12,02 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.10'daki değerlere göre, yığılma bölgesi hacmi (V_{yh}) için boyutlu eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$V_{yh} = 0,022 + \exp(-13,146 - 2,047.m + 17303,503.d_{50} + 1,775.T - 0,508.H_0) \quad (3.17)$$

$$V_{yh} = 3515604,405.m^{-0,118}.d_{50}^{2,257}.T^{1,379}.H_0^{0,546} \quad (3.18)$$

Boyutsuz çoklu hiperbolik fonksiyon ve çoklu eksponansiyel fonksiyonlar için determinasyon katsayıları ve çoklu hiperbolik fonksiyon için her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkime oranları, Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11’de, çoklu hiperbolik fonksiyon için verilen boyutsuz bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkime oranları incelendiğinde, yığılma bölgesi hacmine, dalga dikliğinin % 56,64, H_0/wT ’nin % 41,90 ve taban eğiminin ise % 1,46 gibi bir oranda etki ettiği görülmektedir.

Tablo 3.11. V_{yh} için boyutsuz regresyon analizlerinden elde edilen regresyon katsayıları

Çoklu Eksponansiyel Fonksiyon		Çoklu Hiperbolik Fonksiyon		
$\frac{V_{yh}}{L_0^2} = c + \exp(b_0 + b_1.m + b_2.d_{50} + b_3.T + b_4.H_0)$		$\frac{V_{yh}}{L_0^2} = b_0.m^{b_1} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{b_2} \cdot \left(\frac{H_0}{w.T}\right)^{b_3}$		
$r^2=0,749$		$r^2=0,765$		
Katsayılar	Değerler	Katsayılar	Değerler	Etki Oranı %
C	-0,02	b_0	12,3595	
b_0	-5,601	b_1	-0,104	1,46
b_1	-1,320	b_2	2,265	56,64
b_2	51,985	b_3	-1,823	41,90
b_3	-0,754			

Tablo 3.11’deki değerlere göre, yığılma bölgesi hacmi (V_{yh}) için, boyutsuz eksponansiyel ve hiperbolik fonksiyonlardan elde edilen denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{V_{yh}}{L_0^2} = -0,002 + \exp(-5,601 - 1,320.m + 51,985 \cdot \frac{H_0}{L_0} - 0,754 \cdot \frac{H_0}{w.T}) \quad (3.19)$$

$$\frac{V_{yh}}{L_0^2} = 12,3595.m^{-0,104} \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{2,265} \cdot \left(\frac{H_0}{w.T}\right)^{-1,823} \quad (3.20)$$

Ayrıca kıyı profilinin zamansal değişimi, 6, 17, 21 ve 30 nolu deneyler için Ek şekil 1-4’te verilmektedir.

4. İRDELEME

Bu bölümde, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yb}), yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay ve düşey uzaklığı (X_{yt} , h_{yt}), yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği (L_y) ve yığılma bölgesinin hacmi (V_{yh}) ile ilgili elde edilen bulguların irdelemesi yapılarak sunulmaktadır.

Dalga yüksekliği, periyodu, taban eğimi ve tabandaki malzeme özelliklerinin incelenen yığılma parametrelerine etkisi, fiziksel model sonuçları dikkate alınarak ve irdelenerek sunulmuştur. Bunun yanı sıra, yapılan regresyon analizleriyle kurulan boyutlu ve boyutsuz denklemlerden elde edilen bulgular da irdelenmiştir. Her bir yığılma parametresi için en uygun denklem belirlenmeye çalışılmış ve bu kapsamda, deney sonuçlarıyla denklemlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, rölatif hataları hesaplanmış, rölatif hataların ortalamaları (Tablo 4.1) irdelenmiştir. Çalışmada i. rölatif hata hesaplanırken Denklem 4.1 kullanılmıştır.

Tablo 4.1. Tüm deneyler için rölatif hataların ortalamaları

Parametreler	Denklemler		Ortalama %
X_{yb}	Boyutlu	Denklem 3.1	10,3149
		Denklem 3.2	10,7234
	Boyutsuz	Denklem 3.3	12,6973
		Denklem 3.4	11,9333
X_{yt}	Boyutlu	Denklem 3.5	25,9208
		Denklem 3.6	30,9216
	Boyutsuz	Denklem 3.7	27,2562
		Denklem 3.8	3,4981
h_{yt}	Boyutlu	Denklem 3.9	12,2427
		Denklem 3.10	11,8799
	Boyutsuz	Denklem 3.11	13,5382
		Denklem 3.12	11,8630
L_y	Boyutlu	Denklem 3.13	11,1031
		Denklem 3.14	10,6713
	Boyutsuz	Denklem 3.15	11,7677
		Denklem 3.16	10,8589
V_{yh}	Boyutlu	Denklem 3.17	27,2706
		Denklem 3.18	24,3378
	Boyutsuz	Denklem 3.19	39,32463
		Denklem 3.20	25,2343

$$e_i = \left[\frac{|(x_h - x_{\bar{o}})|}{x_{\bar{o}}} \right] * 100 \quad (4.1)$$

Denklemden, $x_{\bar{o}}$ ve x_h sırasıyla, deneylerde ölçülen ve denklemlerden bulunan değerlerdir.

Kıyı profillerinin zamansal değişimi incelendiğinde kıyı profilindeki yığılmanın en fazla ilk iki saatte gerçekleştiği, zamanla katı madde taşınımının azalarak ve profilin dengeye ulaştığı görülmektedir.

4.1. İrdelenen Yığılma Bölgesi Parametreleri

4.1.1. Yığılma Bölgesi Başlangıç Noktasının Orijinal Kıyı Çizgisine Yatay Uzaklığı

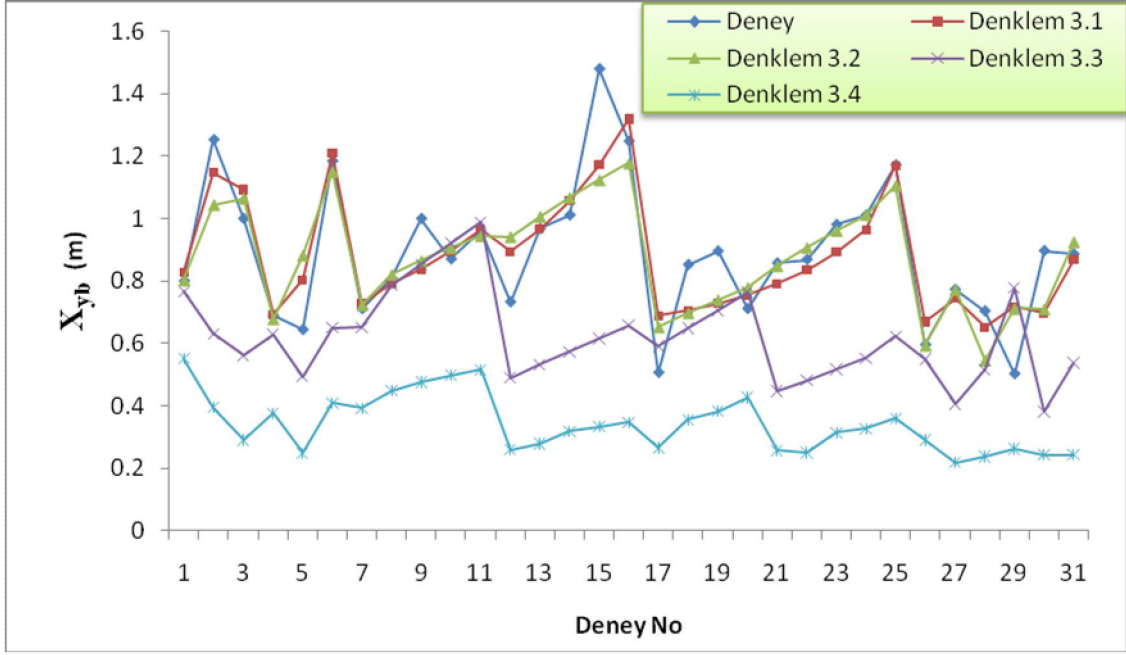
Bu bölümde, yığılmanın başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığını belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri ve bunlar üzerine kurulan boyutlu ve boyutsuz denklemler irdelenerek sunulmaktadır.

X_{yb} için fiziksel model şartları Tablo 2.2’de, deney sonuçları ise Tablo 3.1’de daha önce verilmiştir. Tablo 2.2 ve 3.1 irdelendiğinde, X_{yb} değerinin malzeme tane çapının artmasıyla genellikle azaldığı (19, 21 ve 28 nolu deneyler hariç), taban eğimi, dalga yüksekliği ve periyodunun artmasıyla ise arttığı (5, 9, 20, 26, 28, 29 ve 30 nolu deneyler hariç) belirlenmiştir.

Tablo 4.1’de rölatif hataların ortalamasına göre boyutlu denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.1’in Denklem 3.2’den, boyutsuz denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.4’ün Denklem 3.3’ten daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Tablo 4.1’de seçilen deney şartları dikkate alınıp en iyi denklemler değerlendirildiğinde, en iyi sonucun rölatif hataların ortalamalarında boyutlu denklemden (Denklem 3.1) elde edildiği tespit edilmiştir.

Deney sonuçları ve önerilen denklemler dikkate alınarak yapılan grafiksel inceleme Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekilden de, Denklem 3.1’in deney sonuçlarına daha yakın çıktığı, diğer denklemlerin ise deney sonuçlarından uzaklaştığı görülmüştür.



Şekil 4.1. X_{yb} için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması

4.1.2. Yığılma Bölgesi Tepe Noktasının Orijinal Kıyı Çizgisine Yatay Uzaklığı

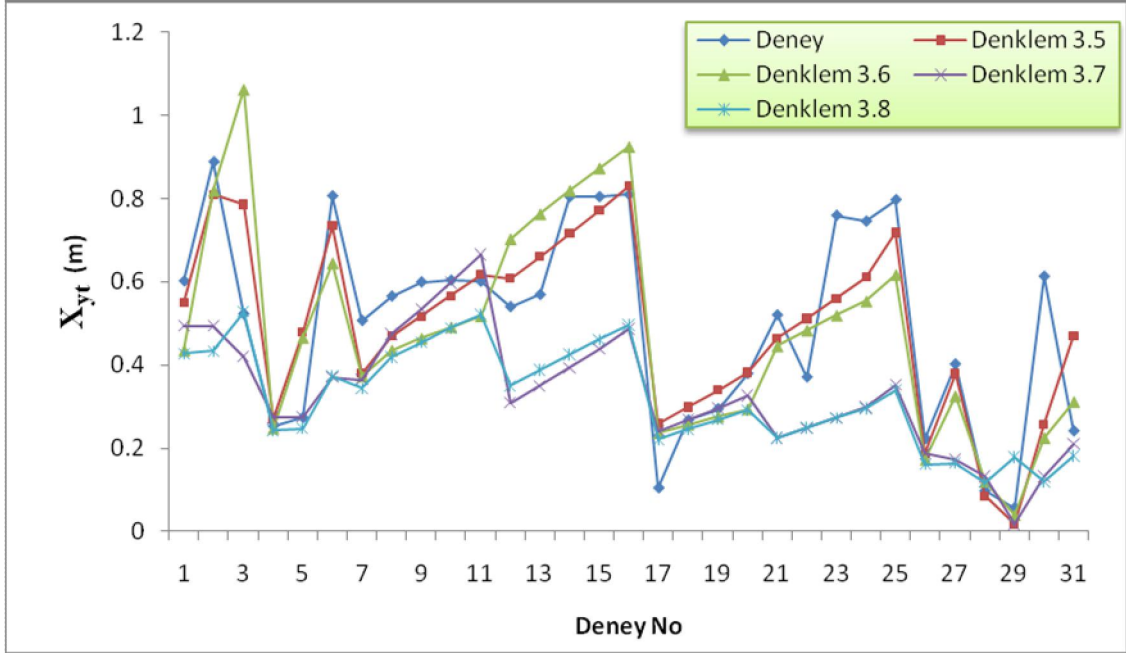
Bu bölümde, yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığını belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri ve bunlar üzerine kurulan boyutlu ve boyutsuz denklemler irdelenerek sunulmaktadır.

X_{yt} için fiziksel model şartları Tablo 2.2’de, deney sonuçları ise Tablo 3.1’de daha önce verilmiştir. Tablo 2.2 ve 3.1 irdelendiğinde, X_{yt} değerinin malzeme tane çapının artmasıyla genellikle azaldığı, taban eğimi, dalga yüksekliği ve dalga periyodunun artmasıyla ise arttığı (12, 22, 24, 26, 28, 29, 30 ve 31 nolu deneyler hariç) belirlenmiştir.

Tablo 4.1’de rölatif hataların ortalamasına göre boyutlu denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.5’in Denklem 3.6’dan, boyutsuz denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.8’in Denklem 3.7’den daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Tablo 4.1’de seçilen deney şartları dikkate alınıp en iyi denklemler değerlendirildiğinde, en iyi sonucun rölatif hataların ortalamalarında boyutsuz denklemden (Denklem 3.8) elde edildiği görülmektedir.

Deney sonuçları ve önerilen denklemler dikkate alınarak yapılan grafiksel inceleme Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekilden de, Denklem 3.8’in deney sonuçlarına daha yakın çıktığı, diğer denklemlerin ise deney sonuçlarından uzaklaştığı görülmüştür.



Şekil 4.2. X_{yt} için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması

4.1.3. Yığılma Bölgesi Tepe Noktasının Sakin Su Seviyesine Düşey Uzaklığı

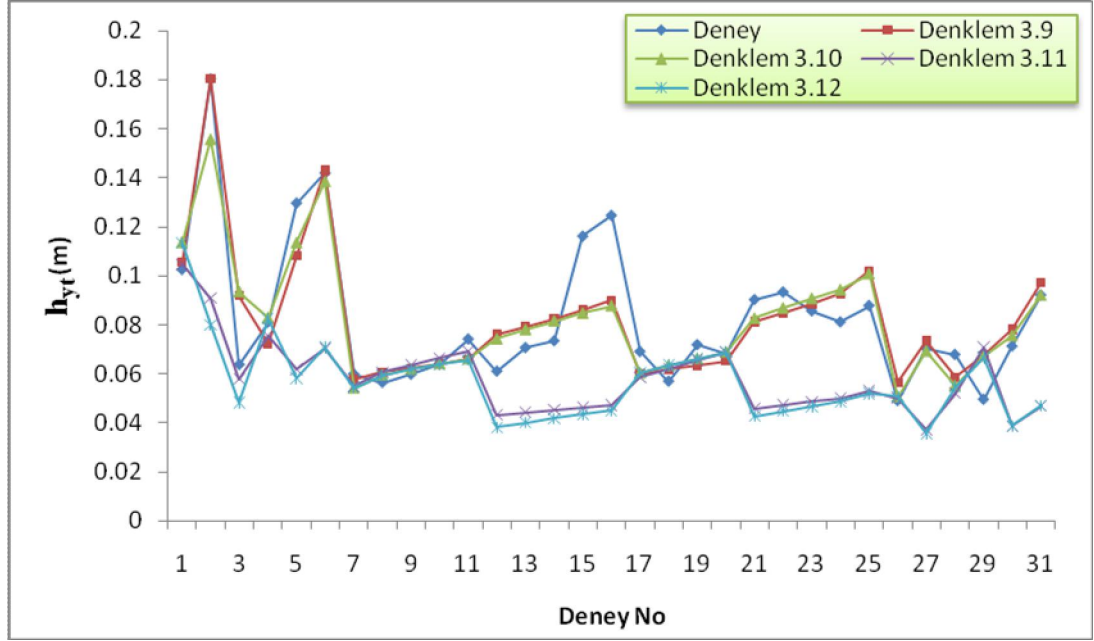
Bu bölümde, yığılmanın tepe noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığını belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri ve bunlar üzerine kurulan boyutlu ve boyutsuz denklemler irdelenerek sunulmaktadır.

h_{yt} için fiziksel model şartları Tablo 2.2'de, deney sonuçları ise Tablo 3.1'de daha önce verilmiştir. Tablo 2.2 ve 3.1 irdelendiğinde, h_{yt} değerinin, dalga yüksekliği, taban eğimi, malzeme çapı ve dalga periyodunun artmasıyla genellikle arttığı (8, 18, 20, 24, 28 ve 29 nolu deneyler hariç) görülmektedir.

Tablo 4.1'de rölatif hataların ortalamasına göre boyutlu denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.10'un Denklem 3.9'dan, boyutsuz denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.12'nin Denklem 3.11'den daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Tablo 4.1'de seçilen deney şartları dikkate alınıp en iyi denklemler değerlendirildiğinde, en iyi sonucun rölatif hataların ortalamalarında boyutsuz denklemden (Denklem 3.12) elde edildiği görülmektedir.

Deney sonuçları ve önerilen denklemler dikkate alınarak yapılan grafiksel inceleme Şekil 4.3'te verilmiştir. Şekilden de, Denklem 3.12'nin deney sonuçlarına daha yakın çıktığı, diğer denklemlerin ise deney sonuçlarından uzaklaştığı görülmüştür.



Şekil 4.3. h_{yt} için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması

4.1.4. Yığılma Bölgesinin Kıyıya Dik Genişliği

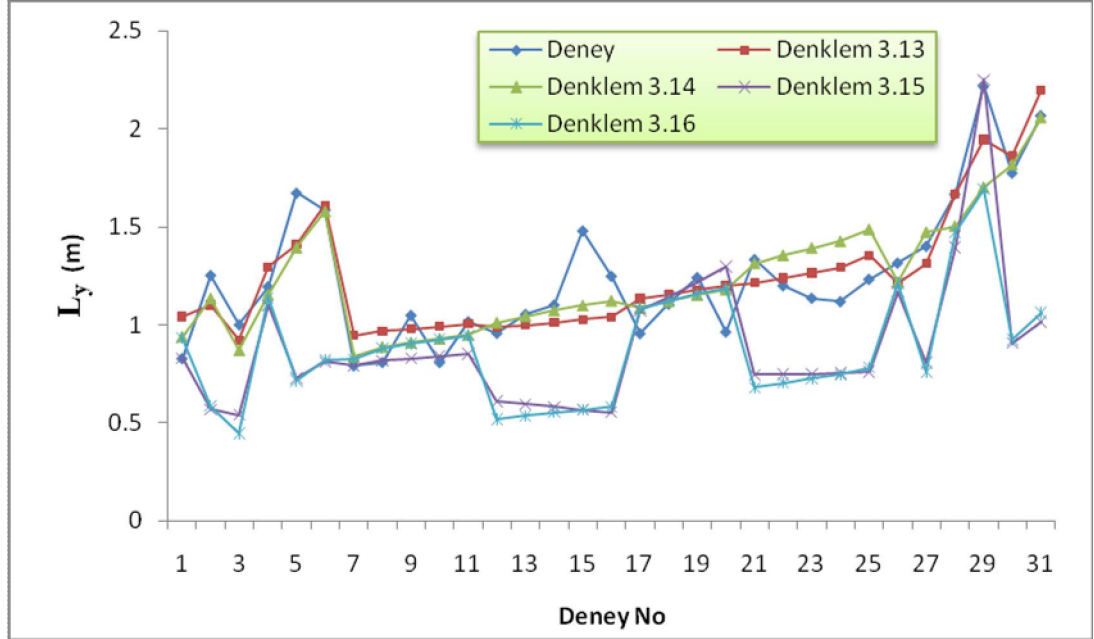
Bu bölümde, yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliğini belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri ve bunlar üzerine kurulan boyutlu ve boyutsuz denklemler irdelenerek sunulmaktadır.

L_y için fiziksel model şartları Tablo 2.2’de, deney sonuçları ise Tablo 3.1’de daha önce verilmiştir. Tablo 2.2 ve 3.1 irdelendiğinde, L_y değerinin, dalga yüksekliği, dalga periyodu ve malzeme çapının artmasıyla çoğunlukla arttığı (5, 6, 16, 20, 23, 24 ve 29 nolu deneyler hariç), taban eğiminin artmasıyla ise azaldığı (12 ve 27 nolu deneyler hariç) görülmektedir.

Tablo 4.1’de rölatif hataların ortalamasına göre boyutlu denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.14’ün Denklem 3.13’ten, boyutsuz denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.16’nın Denklem 3.15’ten daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Tablo 4.1’de seçilen deney şartları dikkate alınıp en iyi denklemler değerlendirildiğinde, en iyi sonucun rölatif hataların ortalamalarında boyutlu denklemden (Denklem 3.14) elde edildiği görülmektedir.

Deney sonuçları ve önerilen denklemler dikkate alınarak yapılan grafiksel inceleme Şekil 4.4'te verilmiştir. Şekilden de, Denklem 3.14'ün deney sonuçlarına daha yakın çıktığı, diğer denklemlerin ise deney sonuçlarından uzaklaştığı görülmüştür.



Şekil 4.4. L_y için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması

4.1.5. Yığılma Bölgesinin Hacmi

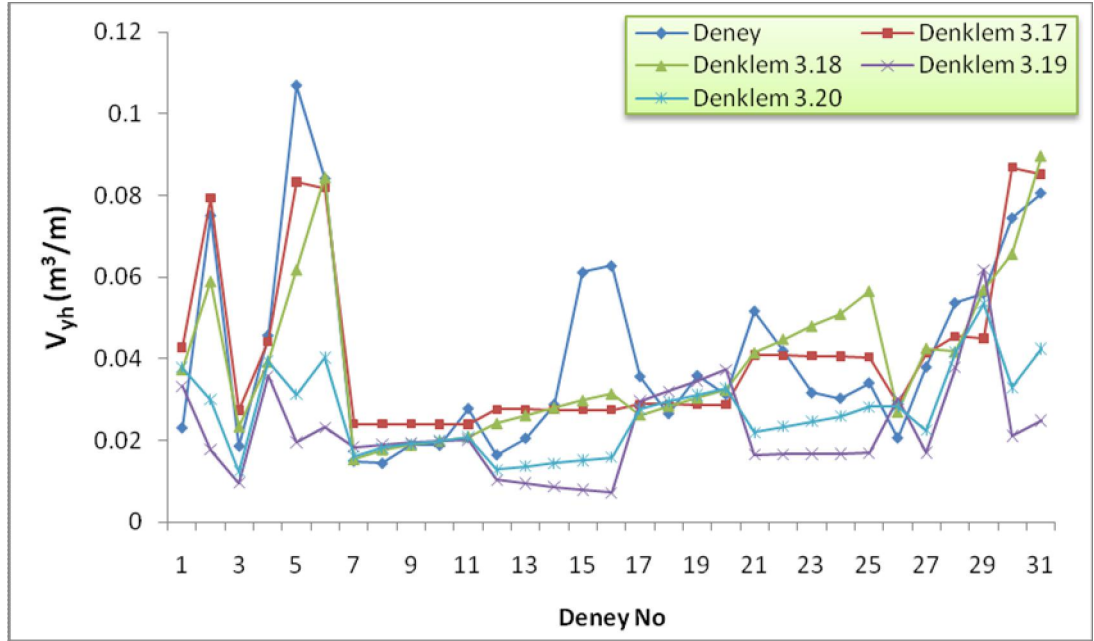
Bu bölümde, yığılma bölgesinin hacmini belirlemeye yönelik olarak elde edilen fiziksel model verileri ve bunlar üzerine kurulan boyutlu ve boyutsuz denklemler irdelenerek sunulmaktadır.

V_{yh} için fiziksel model şartları Tablo 2.2'de, deney sonuçları ise Tablo 3.1'de daha önce verilmiştir. Tablo 2.2 ve 3.1 irdelendiğinde, V_{yh} değerinin, dalga yüksekliği, dalga periyodu, taban eğimi ve malzeme çapının artmasıyla genellikle arttığı (4, 5, 8, 18, 20, 21, 22, 23, 24 ve 28 nolu deneyler hariç) görülmüştür.

Tablo 4.1'de rölatif hataların ortalamasına göre boyutlu denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.18'in Denklem 3.17'den, boyutsuz denklemler irdelendiğinde, Denklem 3.20'nin Denklem 3.19'dan daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Tablo 4.1’de seçilen deney şartları dikkate alınıp en iyi denklemler değerlendirildiğinde, en iyi sonucun rölatif hataların ortalamalarında boyutlu denklemden (Denklem 3.18) elde edildiği görülmektedir.

Deney sonuçları ve önerilen denklemler dikkate alınarak yapılan grafiksel inceleme Şekil 4.5’te verilmiştir. Şekilden de, Denklem 3.18’in deney sonuçlarına daha yakın çıktığı, diğer denklemlerin ise deney sonuçlarından uzaklaştığı görülmüştür.



Şekil 4.5. V_{yh} için önerilen denklemlerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılması

4.2. İrdelenen Parametrelerin Etki Oranları

Kullanılan bağımsız parametrelerin, bağımlı parametreler üzerine etkileri irdelenmiş ve Tablo 4.2’de sunulmuştur.

İrdelenen bu parametreler doğrultusunda en fazla etkiyi boyutlu değişkenlerde X_{yb} için dalga periyodunun (T), h_{yt} için taban eğiminin (m), X_{yt} , L_y , ve V_{yh} için ortalama tane çapının (d_{50}) yaptığı görülmüştür. Boyutsuz değişkenlerde ise X_{yb} , h_{yt} , L_y ve V_{yh} için dalga dikliğinin (H_0/L_0), X_{yt} için çökeltme parametresinin (H_0/wT) yaptığı belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerine etki oranları

Bağımsız Değişkenler		Bağımlı Değişkenler				
		X_{yb} (%)	X_{yt} (%)	h_{yt} (%)	L_y (%)	V_{yh} (%)
Boyutlu	m	23,38	28,98	36,2	25,72	26,34
	d_{50}	18,82	30,52	15,98	42,43	39,08
	T	32,32	28,91	32,03	21,1	22,56
	H_0	25,48	11,59	15,79	10,75	12,02
Boyutsuz	m	27,98	26,99	29,89	12,33	1,46
	(H_0/L_0)	46,41	26,24	47,36	50,66	56,64
	(H_0/wT)	25,61	46,77	22,75	37,01	41,9

5. SONUÇLAR

Bu bölümde, çalışma kapsamında incelenen yığılma bölgesi parametreleri olan, yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı (X_{yb}), yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay ve düşey uzaklığı (X_{yt} , h_{yt}), yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği (L_y) ve yığılma bölgesi hacmi (V_{yh}) ile ilgili elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

Fiziksel model verileri dikkate alınarak; dalga yüksekliği, periyodu, taban eğimi ve tabandaki malzeme özelliklerinin, incelenen yığılma bölgesi parametrelerine etkisine yönelik elde edilen sonuçlar, yapılan regresyon analizleriyle kurulan boyutlu ve boyutsuz denklemlerden elde edilen sonuçlar, her bir yığılma bölgesi parametresi için en uygun denklemi belirlenmeye yönelik çalışmalardan elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

a. Yığılma Bölgesi Başlangıç Noktasının Orijinal Kıyı Çizgisine Yatay Uzaklığı

Yığılma bölgesi başlangıç noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı, malzeme tane çapının artmasıyla genellikle azalmakta, taban eğimi, dalga yüksekliği ve periyodunun artmasıyla ise artmaktadır.

Fiziksel model verileri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucu elde edilen boyutlu denklemler dikkate alındığında; X_{yb} değerine, dalga periyodu % 32,32, dalga yüksekliği % 25,48, taban eğimi % 23,38 ve tane çapı ise % 18,82 etki etmektedir.

X_{yb} için regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu 3.1 nolu denklem 3.2 nolu denklemden, boyutsuz 3.4 nolu denklem 3.3 nolu denklemden daha iyi sonuç vermektedir.

Tüm deney şartları dikkate alınıp X_{yb} için en iyi denklemler incelendiğinde, en iyi sonuç, rölatif hataların ortalaması en küçük olan boyutlu 3.3 nolu denklemden elde edilmektedir.

b. Yığılma Bölgesi Tepe Noktasının Orijinal Kıyı Çizgisine Yatay Uzaklığı

Yığılma bölgesi tepe noktasının orijinal kıyı çizgisine yatay uzaklığı, malzeme tane çapının artmasıyla genellikle azalmakta, taban eğimi, dalga yüksekliği ve periyodunun artmasıyla ise artmaktadır.

Fiziksel model verileri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucu elde edilen boyutlu denklemler dikkate alındığında; X_{yt} değerine, tane çapı % 30,52, taban eğimi % 28,98, dalga periyodu % 28,91 ve dalga yüksekliği ise % 11,59 etki etmektedir.

X_{yt} için regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu 3.5 nolu denklem 3.6 nolu denklemden, boyutsuz 3.8 nolu denklem 3.7 nolu denklemden daha iyi sonuç vermektedir.

Tüm deney şartları dikkate alınıp X_{yt} için en iyi denklemler incelendiğinde, en iyi sonuç, rölatif hataların ortalaması en küçük olan boyutsuz 3.8 nolu denklemden elde edilmektedir.

c. Yığılma Bölgesi Tepe Noktasının Sakin Su Seviyesine Düşey Uzaklığı

Yığılma bölgesi tepe noktasının sakin su seviyesine düşey uzaklığı, dalga yüksekliği, malzeme çapı, taban eğimi ve dalga periyodunun artmasıyla genellikle artmaktadır.

Fiziksel model verileri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucu elde edilen boyutlu denklemler dikkate alındığında; h_{yt} değerine, taban eğimi % 36,20, dalga periyodu % 32,03, tane çapı % 15,98 ve dalga yüksekliği ise % 15,79 etki etmektedir.

h_{yt} için regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu 3.10 nolu denklem 3.9 nolu denklemden, boyutsuz 3.12 nolu denklem 3.11 nolu denklemden daha iyi sonuç vermektedir.

Tüm deney şartları dikkate alınıp h_{yt} için en iyi denklemler incelendiğinde, en iyi sonuç, rölatif hataların ortalaması en küçük olan boyutsuz 3.12 nolu denklemden elde edilmektedir.

d. Yığılma Bölgesinin Kıyıya Dik Genişliği

Yığılma bölgesinin kıyıya dik genişliği, dalga yüksekliği, malzeme tane çapı ve dalga periyodunun artmasıyla çoğunlukla artmakta, taban eğiminin artması ile azalmaktadır.

Fiziksel model verileri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucu elde edilen boyutlu denklemler dikkate alındığında; L_y değerine, tane çapı % 42,43, taban eğimi % 25,72, dalga periyodu % 21,10 ve dalga yüksekliği ise % 10,75 etki etmektedir.

L_y için regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu 3.14 nolu denklem 3.13 nolu denklemden, boyutsuz 3.16 nolu denklem 3.15 nolu denklemden daha iyi sonuç vermektedir.

Tüm deney şartları dikkate alınıp L_y için en iyi denklemler incelendiğinde, en iyi sonuç, rölatif hataların ortalaması en küçük olan boyutlu 3.14 nolu denklemden elde edilmektedir.

e. Yığılma Bölgesinin Hacmi

Yığılma bölgesinin hacmi, dalga yüksekliği, dalga periyodu, taban eğimi ve malzeme çapının artmasıyla genellikle artmaktadır.

Fiziksel model verileri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucu elde edilen boyutlu denklemler dikkate alındığında; V_{yh} değerine, tane çapı % 39,08, taban eğimi % 26,34, dalga periyodu % 22,56, ve dalga yüksekliği ise % 12,02 etki etmektedir.

V_{yh} için regresyon analizlerinden elde edilen boyutlu 3.18 nolu denklem 3.17 nolu denklemden, boyutsuz 3.20 nolu denklem 3.19 nolu denklemden daha iyi sonuç vermektedir.

Tüm deney şartları dikkate alınıp V_{yh} için en iyi denklemler incelendiğinde, en iyi sonuç, rölatif hataların ortalaması en küçük olan boyutlu 3.18 nolu denklemden elde edilmektedir.

6. ÖNERİLER

Bu çalışma; dalga şartları, taban eğimi ve malzeme çapını dikkate alarak, kıyı profilindeki yığılma bölgesi parametrelerini belirlemeye yönelik deneysel verilere dayanmaktadır. Deneyler KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarında bulunan iki boyutlu dalga kanalında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada üç farklı çap kullanılmıştır. Ancak kullanılan malzemeler tam olarak homojen değildir. Bu nedenle, malzeme çapının yığılma bölgesi parametrelerine etkisini tam olarak belirleyebilmek için daha homojen ve farklı çapta malzemeler kullanılması yararlı olacaktır.

Deneysel çalışmalar iki farklı periyotta (1,46- 2,03 s) gerçekleştirilmiştir. Periyodun yığılma bölgesi parametrelerini net etkisini belirleyebilmek için değişik periyotlarda çalışılması faydalı olacaktır.

Deneylerde dört farklı taban eğimi (1/10, 1/15, 1/20 ve 1/25) kullanılmıştır. Karadeniz'in ortalama taban eğiminin de 1/33 olduğu göz önüne alınırsa daha yatık eğimlerde çalışılması taban eğiminin yığılmaya olan etkisini daha net ortaya koyacaktır.

Kıyı profilinde, yığılma küçük yüksekli dalgalar etkisinde meydana geldiğinden dalga yüksekliğinin yığılmaya olan etkisini belirleyebilmek için sık aralıklı dalga yükseklikleri ile çalışmak gerekmektedir.

Her ne kadar literatürde düzenli ve düzensiz dalgaların çok farklı etkiler meydana getirmediği belirtilse de, deneylerin düzensiz dalgalar ile de yapılması yararlı olacaktır. Yapı ile etkileşim içerisinde bulunan kıyılarda, yapıların kıyı profillerine ve özellikle yığılma bölgesine olan etkileri incelenmelidir.

Deneysel verilerin, araziden alınan ölçümlerle karşılaştırılması ve genetik algoritma, karınca kolonisi vb. analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. Yalçın, Y., Deniz Tabanı Hidrodinamiği ve Kıyı Morfolojisi, 2. Baskı, Arıkan, İstanbul, 2005
2. Hine, Albert. C., Mechanisms of Berm Development and Resulting Beach Growth Along a Barrier Spit Complex, Sedimentology, 26 (1984) 333-351.
3. Sunamura, T., Onshore-Offshore Sediment Transport Rate in the Swash Zone of Laboratory Beaches, Coastal Engineering in Japan, 27 (1984) 205-212.
4. Thomas, K. V. ve Baba M., Berm Development On A Monsoon Influenced Microtidal Beach), Sedimentology, 33 (1986) 531-546.
5. Sunamura, T., Sandy Beach Geomorphology Elucidated By Laboratory Modeling. In Applications in Coastal Modeling, Lakhan VC, Trenhaile AS (eds). Elsevier: Amsterdam, 1989, 159-213.
6. Hanson, H. ve Kraus, N. C., Generalized Model for Simulating Shoreline Change (GENESIS), Report 1, Technical Report, CERC, Mississippi, 1989
7. Larson, H. ve Kraus, N. C., Numerical Model for Simulating Storm-Induced Beach Change (SBEACH), Report 1, Technical Report, CERC, Mississippi, 1989.
8. Chen, Z. ve Graaff, J. V. Modelling of Cross-Shore Transport, Coastal Sediment'91, Seattle Washington, 1991, 631-642.
9. Sato, S. ve Mitsunobu, N., A Numerical Model of Beach Profile Change Due to Random Waves, Coastal Sediment'91, Seattle Washington, 1991, 674-687.
10. Wise, R., Kobayashi, N. ve Wurjanto, A., Cross-Shore Sediment Transport Under Irregular Waves in Surf Zones, Coastal Sediment'91, Seattle Washington, 1991, 658-673.
11. Thom, B. G. ve Hall, W., Behavior Of Beach Profiles During Accretion And Erosion Dominated Periods, Earth Surface Processes And Landforms, 16 (1991) 113-127.
12. Quick, M. C., Onshore-Offshore Sediment Transport on Beaches, Coastal Engineering, 15 (1991) 313-332.
13. Roelvink, J. A. ve Broker, I., Cross-Shore Profile Models, Coastal Engineering, 21 (1993) 163-191.

14. Foster, G. A., Healy, T. R. ve De Lange, W. P., Sediment Budget and Equilibrium Beach Profiles Applied to Renourishment of An Ebb Tidal Delta Adjacent Beach, Mt. Maunganui, New Zealand, Journal of Coastal Research, 10 (1994) 564-575.
15. Schoonees, J. S. ve Theron, A. K., Evaluation of 10 Cross-Shore Sediment Transport /Morphological Models, Coastal Engineering, 25 (1995) 1-41.
16. Okazaki, S., A Study of Berms on Sandy Beaches, Science report. Geoscience, University of Tsukuba, Tsukuba, Section A, 17, 1970, 60.
17. Faraci, C. ve Foti E., Geometry, Migration and Evolution of Small-Scales Bedforms Generated by Regular and Irregular Waves, Coastal Engineering, 47 (2002) 35-52.
18. Günaydın, K. ve Kabdaşlı M. S., Characteristics Of Coastal Erosion Geometry Under Regular and Irregular Waves, Ocean Engineering, 30 (2003) 1579-1593.
19. Kömürcü, M. İ., Kıyıya Dik Katı Madde Hareketi Sonucu Oluşan Bar Parametrelerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003.
20. Koomans, R. L. ve Meijer R. J., Density Gradation In Cross-Shore Sediment Transport, Coastal Engineering, 51 (2004) 1105-1115
21. Günaydın, K. ve Kabdaşlı M. S., Investigation of Offshore Bar Geometry Under Regular and Irregular Waves, Journal of Coastal Research, 21 (2005) 374-382.
22. Weir, M. F., Hughes, M. G. ve Baldock, T. E., Beach Face and Berm Morphodynamics Fronting a Coastal Lagoon, Geomorphology, 82 (2006) 331-346.
23. Kömürcü, M. İ., Tutkun, N., Özölçer, İ. H. ve Akpınar, A., Estimation of Beach Bar Parameters Using the Genetic Algorithms, Applied Mathematics and Computation, 195 (2008) 49-60.
24. Jensen, S. G., Aagaard T., Baldock, E. T., Kroon A. ve Hughes M., Berm Formation and Dynamics on a Gently Sloping Beach; The Effect of Water Level and Swash Overtopping, Earth Surface Processes and Landforms, 34 (2009) 1533-1546.
25. Kaiser, M. F. M. ve Frihy O. E., Validity of the Equilibrium Beach Profiles: Nile Delta Coastal Zone, Egypt, Geomorphology, 107 (2009) 25-31.
26. Masselink, G., Rusel P., Blenkinsopp C. ve Turner L., Swash Zone Sediment Transport, Step Dynamics and Morphological Response on a Gravel Beach, Marine Geology, 274 (2010) 50-68.

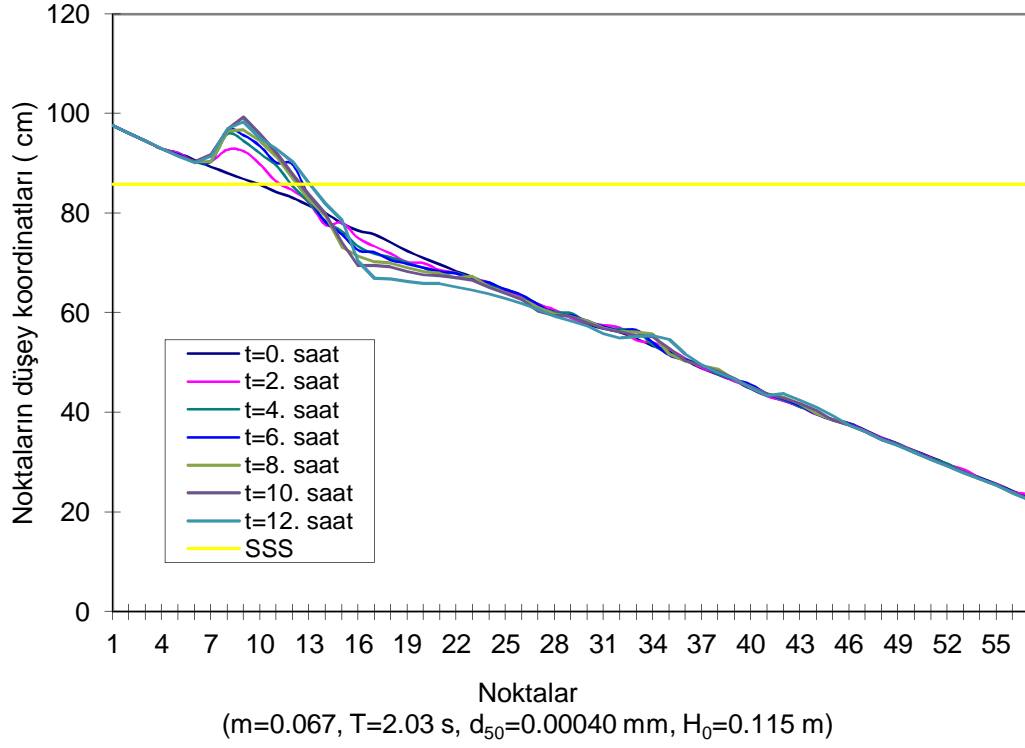
27. Bakhtyar, R., Brovelli A., Barry D. A. ve Li L., Wave-Induced Water Table Fluctuations, Sediment Transport and Beach Profile Change: Modeling and Comparison with Large-Scale Laboratory Experiments, Coastal Engineering, Article In Pres 2010.
28. Baldock, T. E., Manoonvoravong P. ve Pham K. S., Brovelli A., Barry D. A. ve Li L., Sediment Transport and Beach Morphodynamics Induced by Free Long Waves, Bound Long Waves and Wave Groups, Coastal Engineering, 57 (2010) 898-916.
29. Kabdaşlı, S., Kıyı Mühendisliği, İTÜ Yayını No:1504, İstanbul, 1992.
30. Yüksel, Y., Çevik, E. ve Çelikoğlu, Y., Kıyı ve Liman Mühendisliği, TMMOB, Ankara, 1998.
31. Yüksek, Ö., Kıyı Hidroliği Ders Notları, K.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1995.
32. Dean, R.G. ve Dalrymple, R.A., Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists, Advanced Series on Ocean Engineering, 2, Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. PO Box 128, Farrer Road, Singapore 9128, 1984.
33. Kaplan, H., Yüksek, Ö., ve Kömürcü, M. İ., Dalgakıran Arasındaki Dalgaların Kırınım Katsayısının Sayısal Modelleme ile Belirlenmesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 2. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sem., Kasım 1998, Mersin, Bildiriler Kitabı: 109-125.
34. Kriauciuniene, J., Gailiusis, B. ve Kovalenkoviene, M., Peculiarities of Sea Wave Propagation in the Klaipeda Strait, Lithuania, Baltica, 19 (2006) 20-29
35. Yüksel Proje, Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları, T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar, Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara, 2007.
36. Kömürcü, M. İ., Dalga Sapmasının Sayısal Yöntemle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Ocak 1998.
37. Kömürcü, M.İ., Yüksek, Ö., Kaplan, H. ve Özölçer, İ.H., Düzenli Dalgaların Düzensiz Topografya Üzerinde Sapmasının Hesabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 2. Ulusal Kıyı Mühendisliği Semp., Kasım 1998, Mersin, Bildiriler Kitabı: 91-107.
38. Ippen, T., Estuary and Coastline Hydrodynamics, McGraw-Hill Book Co., 1964
39. Munk, W. H., The Solitary Wave Theory and Its Application to Surf Problems, Annals of the New York Academy of Sciences, 51 (1949) 376-462.

40. Iversen, H. W., Waves and Breakers in Shoaling Water, Proc. 3rd. Conference on Coastal Engineering, ASCE, 1953.
41. Galvin, C. J., Breaker Travel and Choise of Design Wave Height, Journal of the Waterways, Harbours and Coastal Engineering Division, ASCE, (1963) 175-200.
42. Goda, Y., A Synthesis of Breaker Indices, Transaction of the Japanese Society of Civil Engineering, 2 (1970).
43. Weggel, J. R., Maximum Breaker Height, Journal of the Waterways, Harbours and Coastal Engineering Division, ASCE, 98 (1972).
44. Birben, A. R., Kıyı Korumasında Açık deniz Dalgakıranların Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1997.
45. Kankal, M., Liman İçi Çalkantıların Fiziksel ve Sayısal Modellenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2010.
46. Horikawa, K., Nearshore Dynamics and Coastal Processes, University of Tokyo, 1987.
47. Yüksek, Ö., Balıkçı Barınaklarının Dolma Sürecinin Araştırılması ve Uygun Proje Ölçütlerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1992.
48. Hallermeier, R. J., Uses for a Calculated Limit Depth to Beach Erosion, Proceedings of 16th Coastal Engineering, (1978) 1493-1512.
49. Birkemeier, W. A., Field Data on Seaward Limit of Profile Change, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 3 (1985) 598-602.
50. Karasu, S., Kömürcü, M. I., Yüksek, Ö. ve Özölçer İ. H., Yapay Besleme Performansına Aktif Derinlik ve Sediment Taşınım Katsayısının Etkisi, İnşaat Mühendisleri Odası 4. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sem. Ekim 2002, Antalya, Bildiriler Kitabı II: 654-659.
51. Fredsoe, J. and Deigaard, R., Mechanics of Coastal Sediment Transport, Advanced Series on Ocean Engineering, Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering Technical University of Denmark, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1992.
52. Kömürcü, M. İ., Kıyı Mühendisliği Ders Notları, KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2010.
53. Tokgöz, A., Kıyı Profili Karakteristiklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.

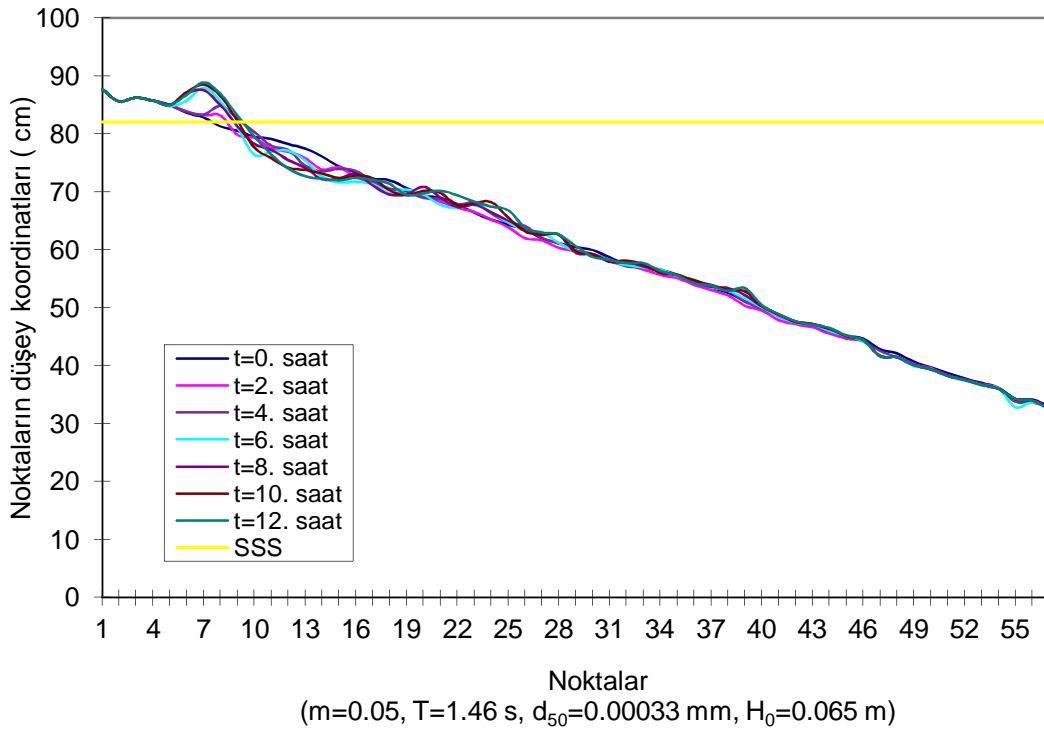
54. Kukul, İ. B., Kömürcü, M. İ. ve Yüksek, Ö., Kıyı Profili Özelliklerinin İrdelenmesi, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 01, Kıyı Alanları Yönetimi Türkiye Milli Komitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, (2001) 589-599.
55. Kömürcü, M. İ., Yüksek, Ö., Tokgöz, A. ve Kukul, I. B., "An Experimental Study on Coastal Profiles", Fifth International Congress on Advances in Civil Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, (2002) 1213-1223.
56. Kömürcü, M.İ., Karasu, S., Yüksek, Ö., Özölçer İ.H ve Tokgöz, A., "Malzeme Tane Çapı Değişiminin Kıyı Profili Parametrelerine Etkisi", Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IV. Ulusal Konferans, Türkiye Kıyıları 02, Kıyı Alanları Yönetimi Türkiye Milli Komitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi, Kasım 2002, İzmir, Bildiriler Kitabı: 1177-1187.
57. Kömürcü, M. I., Yüksek, Ö., Karasu, S. ve Özölçer, I. H., "An Experimental Study on Bar Characteristics of Storm-Built Profiles", The Sixth International Conference on The Mediterranean Coastal Environment, Medcoast 2003, Revenna, Italy.
58. Kömürcü, M. I., Özölçer, I. H., Yüksek, Ö., and Karasu, S., Determination of Bar Parameters Caused by Cross-Shore Sediment Movement, *Ocean Engineering*, 34 (2007) 685-695.
59. Özölçer, I. H., An experimental study on geometric characteristics of beach erosion profiles, *Ocean Engineering*, 35 (2008) 17-27.
60. Kankal, M., Kıyıya Dik Katı Madde Taşınımının Zamansal Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
61. Aksoy B., Özölçer, I. H. and Kömürcü, M. I. Determination of Geometrical Parameters of Coastal Erosion, 8th International Congress on Advances in Civil Engineering, 15-17 September, Eastern Mediterranean University, Famagusta, North Cyprus (2008) 387-394.
62. Özölçer, I. H., Kömürcü, M. I. and Karasu S., Effects of Variation of Sediment Diameter on Geometric Characteristics of Beach Erosion Profile, 8th International Congress on Advances in Civil Engineering, September 2008, Eastern Mediterranean University, Famagusta, North Cyprus, 421-429.
63. Kömürcü, M. I., Yüksek, Ö., Kankal, M. and Karasu, S. Parameters Which Affect The Temporal Rate Coefficient of Equilibrium Bar Volume, The Seventh International Conference on The Mediterranean Coastal Environment, Medcoast 2005, Kuşadası, Turkey, (2005) 963-972.
64. Özölçer, İ.H., Kömürcü, M. İ., Karasu, S. ve Aksoy, B., Dane Çapının Erozyon Profili Parametrelerine Etkisi, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VII. Ulusal Kongresi, Mayıs 2008, Ankara, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 947-954.

65. Kankal, M., Akpınar, A., M., Kömürcü, M. İ., Yüksek, Ö. ve Önsoy, H., Arsin Kıyısı Düzenlenmesi Fiziksel Model Çalışmaları, VI. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2007, İzmir, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 1-8.
66. Özölçer, İ.H., Aksoy, B., Kömürcü, M. İ., Akpınar, A., Kıyı Erozyon Hacminin Deneysel Olarak İncelenmesi, VI. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2007, İzmir, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 181-188.
67. Dean, R. G., Physical Modelling of Littoral Processes, Physical Modelling in Coastal Engineering, Ed. Dalrymple, R. A., A. A. Balk. Ut. B. V., (1985) 119-139.
68. Kraus, N. C., Larson, M. ve Kriebel. D. L., Evaluation of Beach Erosion and Accretion Predictors, Proc. Coastal Sediments'91, Seattle Washington, ASCE, (1991) 572-587.
69. Johnson, J. W., Sand Transport by Littoral Currents, Wave Research Laboratory, Univ. of California, Berkeley California, IER, Technical Report, 3, 338, 1952.
70. Sunamura, T., Horikawa, K., Two Dimensional Beach transformation Due to Waves, Proc. 14th, Coastal Engineering, (1974) 920-938.
71. Jackson, Nancy, L., Evaluation of Criteria for Predicting Erosion and Accretion on an Estuarine Sand Beach, Delaware, Estuaries, 22 (1999) 215-223.
72. Kamphuis J. W., On Understanding Scale Effect in Coastal Mobile Bed Models, Physical Modelling in Coastal Engineering, Ed. Dalrymple, R. A., A. A. Balkema Uitgevers B. V., (1985) 1141-1162.
73. Güler, I., A Study On Coastal Morphological Models, Master's Thesis In Civil Engineering Department, METU, Ankara, 1985
74. Lakhan, V. C. ve Trenhaile, A. S., Applications in Coastal Modelling, Elsevier Science B. V., Amsterdam, The Netherlands, 1989.
75. Çataklı, O. N., Model Tekniği, Kutulmuş Matbaası, İstanbul, 1963.
76. Wang, X., Lin, L. H. ve Wang, H., Scaling Effects on Beach Response Physical Model, 24th Coastal Engineering Conference, ASCE, 1994.
77. Hallermeier, R. J., Unified Modelling Guidance Based on a Sedimentation Parameter for Beach Changes, Coastal Engineering, 9 (1985) 37-70.
78. Whalin, R.V. ve Chatman, C.E., Coastal Erosion, Coastal Hydraulic Models, CERC, SR-5, Mississippi, 1979, (Chapter 5) 284-307.
79. Hayami, S., Ishihara, T. ve Iwagaki, Y., Some Contributions to Hydraulic Model Experiments in Coastal Engineering, Proceedings of Tenth Conference on Coastal Engineering, Tokyo, (1966) 1291-1312.

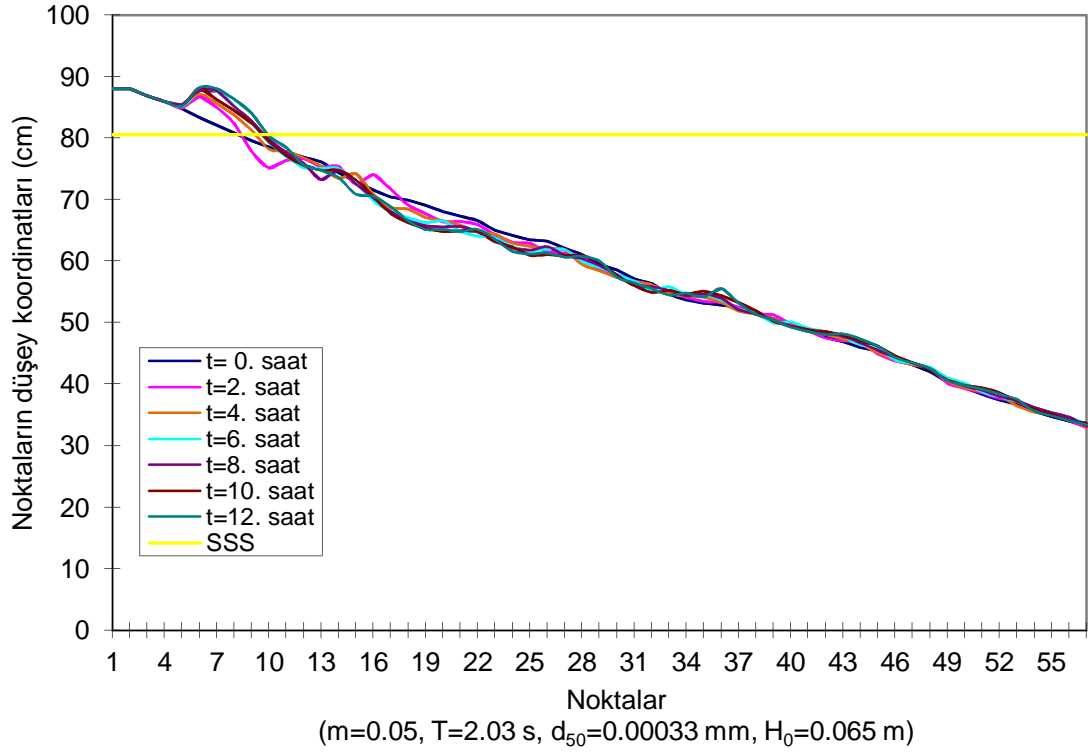
8. EKLER



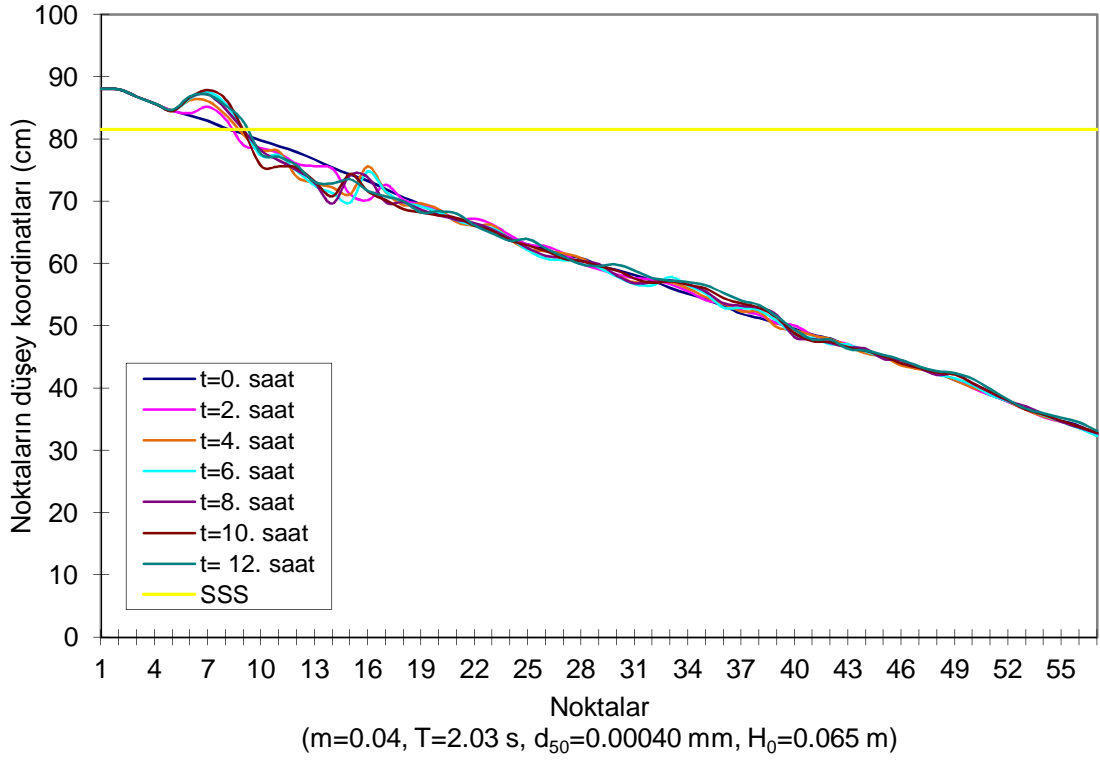
Ek Şekil 1. 6 nolu deney için kıyı profilinin zamansal değişimi



Ek Şekil 2. 17 nolu deney için kıyı profilinin zamansal değişimi



Ek Şekil 3. 21 nolu deney için kıyı profilinin zamansal değişimi



Ek Şekil 4. 30 nolu deney için kıyı profilinin zamansal değişimi

ÖZGEÇMİŞ

Ergun UZLU 1985 yılında Trabzon'da doğmuştur. İlkokulu 24 Şubat İlköğretim Okulu, ortaokulu Cumhuriyet İlköğretim Okulu ve liseyi Trabzon Lisesi'nde 2002 yılında tamamlayarak, 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazanmıştır. 2008 yılında bölüm birincisi olarak mezun olmuş ve aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 2008 yılında, TÜBİTAK yurt içi yüksek lisans bursunu kazanmış, 2009 yılı Şubat ayında ise, KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamış olup orta derecede İngilizce bilmektedir.