İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KIYI BÖLGELERİNDE AKTİF KUVVETLER VE KIYI ALANLARININ YOK OLMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeofizik Müh. Nergis Anı ANIL BAYRAK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI (İTÜ)**

Diğer Jüri Üyeleri: **Doç.Dr. Şevket ÇOKGÖR (İTÜ)**

Yrd. Doç.Dr. Yeşim ÇELİKOĞLU (YTÜ)

MAYIS 2006

ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Bölümünde bana yüksek lisans yapma olanağı tanıyan saygıdeğer öğretim üyelerine minnet dolu teşekkürlerimi bildirmek isterim. Özellikle danışmanım Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI'ya çalışmalarım boyunca göstermiş olduğu sabır, anlayış ve değerli desteklerinden dolayı en içten teşekkürlerimi sunmak istiyorum.

Son olarak, bu tezin hazırlanması sırasında yardımlarını hiç eksik etmeyen Ali ANIL, Yasemin ANIL, Bihter ANIL ve Mustafa Birkan BAYRAK'a vermiş oldukları sonsuz destekten ötürü minnettarım.

Mayıs 2006 Nergis Anı ANIL BAYRAK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ İ
KISALTMALAR V
TABLO LİSTESİ Vİ
ŞEKİL LİSTESİ Vİİ
SEMBOLLER İX
ÖZET X
SUMMARY Xİİ

1. GİRİŞ 1

2. DALGA 2
2.1 Dalga Profili ve Dalga ile İlgili Tanımlar 3

3. DALGALARIN KIYIYA YAKLAŞIRKEN UĞRADIKLARI DEĞİŞİMLER 5
3.1 Dalgaların Sapması 5
3.1.1 Batimetri Sebebiyle Dalgaların Sapması 7
3.2 Dalgaların Sığlaşması 9
3.3 Dalgaların Dönmesi 12
3.3.1 Dönen Dalga Büyüklüğünün Hesaplanması 14
3.4 Dalgaların Yansıması 14
3.5 Dalgaların Kırılması 15
3.5.1 Spilling Türü Kırılma 16
3.5.2 Plunging Türü Kırılma 16
3.5.3 Surging Türü Kırılma 17

4. KIYI ALANLARI İLE İLGİLİ TANIMLAR 18
4.1 Kıyı Bölgesi ve Bileşenlerinin Tanımı 18
4.2 Kıyı Bölgeleri ve Özellikleri 20
4.2.1 Aşınma ile oluşmuş kıyı bölgeleri 20
4.2.2 Biriktirme İle Oluşmuş Kıyı Bölgeleri 23
4.2.3 Batarak Oluşmuş Kıyı Bölgeleri 25
4.2.4 Yükselerek Oluşmuş Kıyı Bölgeleri 28
4.2.5 Organizmaların Şekillendirdiği Kıyı Bölgeleri 29

5. KIYI BÖLGESİNİ ETKİLEYEN KUVVETLER 31
5.1 Giriş 31
5.2 Dalgalar 31
5.3 Akıntılar 33
5.4 Gel-Git 33
5.5 Rüzgar 34
5.6 Jeolojik Faktörler 34
5.7 Diğer Faktörler 34

6. KIYI BÖLGESİNDEKİ KATI MADDE KAYNAKLARI 35
6.1 Giriş 35
6.2 Kıyı Bölgesindeki Katı Maddenin Kaynağı 35
6.2.1 Klasik Tortullar 37
6.2.1.1 Nehirler 37
6.2.1.2 Kayalıkların Erozyonu 38
6.2.1.3 Rüzgar Taşınımı 39
6.2.2 Biyolojik Tortullar 39
6.2.3 Hidrojenli Tortullar 39
6.2.4 Kozmik Tortullar 40
6.2.5 Yapay Kaynaklar 40
6.2.5.1 Kıyı Yenilenmesi 40
6.2.5.2 Kıyı Bölgesi Kaynaklarının Madenciliği 41
6.3 Kıyı Bölgesindeki Katı Madde Özellikleri ve Analizleri 41
6.3.1 Elek Analizi 41
6.3.2 Pipet Analizi 42
6.3.3 Rapid Sediment Analizleri 42
6.3.4 Diğer Yöntemler 43
6.4 Kıyı Bölgesindeki Tipik Dane Boyut Ve Dağılımı 44
6.5 Kıyı Bölgesindeki Katı Madde Sınıflanması 47

7. KIYI PROFİLLERİ VE KIYI BOYU KATI MADDE TAŞINIMI 49
7.1 Giriş 49
7.2 Normal Profil 49
7.3 Fırtına Profili 50
7.4 Kıyı Profilinin Belirlenmesi 52
7.5 Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı 52
7.5.1 Katı Madde Taşınımının Önemi 53
7.5.2 Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı 53

8. KIYI BÖLGESİNDEKİ KAYNAKLARIN YOK OLMASI 58
8.1 Giriş 58
8.2 Kaynakların Yok Olmasına Sebep Olan Fiziksel Etmenler 60
8.2.1 Dalgalar, Akıntılar ve Fırtına Gelgitleri 60
8.2.2 Heyelan ve Kayalıkların Geri Çekilmesi 60
8.2.3 Sediman Bütçesi 61
8.2.4 Deniz Seviyesi Değişimleri ve Çökmeler 62
8.3 İklim Koşullarının Kaynakların Yok Olmasındaki Rolü 62
8.4 Kıyı Çizgisi Özelliklerinin Kaynakların Yok Olmasındaki Rolü 63
8.5 İnsan Aktivitelerinin Kaynaklara Etkisi 65

9. KIYI BÖLGELERİNDEKİ KAYNAK KAYBINA SEBEP OLAN İNSAN AKTİVİTELERİ 66
9.1 Giriş 66
9.2 Taşımacılık 66
9.3 Kıyı Yapıları 67
9.3.1 Kıyı Duvarları 67
9.3.2 Dalgakıranlar 69
9.3.3 Mahmuzlar ve jetler 70

9.4 Nehir Değişimleri 73
9.5 Hidrokarbon ve Yeraltı Suyu Araştırmaları 73
9.6 İklim Değişimleri 73
9.7 Kıyı Bölgesi Kazıları 74
9.8 Örnek -Doğu Karadeniz Bölgesi Kıyılarındaki Kıyı Erozyonu 75

10. SONUÇLAR 77

11. KAYNAKLAR 80

KISALTMALAR

RSA: Rapid Sediment Analyser

SWL: Sakin su yüzeyi, dalga hareketinin olmadığı durumda su seviyesi

OSY: Ortalama su yüzeyi

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2-1 Dalga tipleri ve sebepleri.....2
Tablo 3-1 Ağırlık dalgaları karakteristiklerinin değişim tablosu 11
Tablo 6-1 Okyanus katı maddesi kaynakları 36
Tablo 6-2 Türkiye'deki nehirlerin katı madde katkısı 38
Tablo 6-3 Dane boyutu sınıflandırması.....45
Tablo 6-4 Katı maddeleri tanımlayıcı ölçümler.....47
Tablo 6-5 Katı maddelerin sıralanma sınıfları.....47
Tablo 7-1 Sörf bölgesinde ki kıyı boyu katı madde oranı(kg/s).....54
Tablo 8-1 Kıyı bölgesindeki katı madde kayıplarının genel sebepleri 59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2-1 Sinüzoidal dalga profili [2] 3
Şekil 3-1 Sırt bölgesinde dalgaların sapması [2].....8
Şekil 3-2 Kanyon bölgesinde dalgaların sapması [2] 8
Şekil 3-3 Kıyı çizgisi bölgesinde dalgaların sapması [2] 9
Şekil 3-4 Dalga dönmesi [2] 12
Şekil 3-5 Dönmenin olmadığı durum [2].....13
Şekil 3-6 Dönmenin olduğu durum [2].....13
Şekil 3-7 Dalga yansıması [2] 15
Şekil 3-8 Derin suda dalga dikliği limiti [2] 16
Şekil 3-9 Spilling türü kırılma [4] 16
Şekil 3-10 Plunging türü kırılma [4].....17
Şekil 3-11 Surging türü kırılma [4] 17
Şekil 4-1 Kıyı profili [5] 18
Şekil 4-2 Aşınmaya ve biriktirmeye uğrayarak kıyı şekillenmesi [9].....21
Şekil 4-3 Dalga aşındırmasıyla oluşan kıyı yapıları [9] 21
Şekil 4-4 Aşınmaların sebep olduğu arklar ve deniz yığınları [9] 22
Şekil 4-5 Dalga aşınmasıyla oluşan kıyı şekillerine örnekler [9].....22
Şekil 4-6 Kıyı boyu akıntısını şekillendirdiği kıyı bölgesi bileşenleri [9].....23
Şekil 4-7 Biriktirme kumsalı ve bariyer adaları [9].....24
Şekil 4-8 Biriktirme kumsallarından örnekler [9] 25
Şekil 4-9 Haliç örneği [10].....26
Şekil 4-10 Enine kıyı tipi [11].....27
Şekil 4-11 Dalmaçya tipi kıyılar [11] 27
Şekil 4-12 Fiyord tipi kıyı [13] 28
Şekil 4-13 Fiord ve Skayer tipi kıyılar [11] 28
Şekil 4-14 Yükselmiş kıyı bölgesi örneği [9] 29
Şekil 4-15 Otların ve ağaçların baskın olduğu sulak alanlar. [9] 29
Şekil 4-16 Mercan kayalarının dünya okyanuslarındaki dağılımı [9] 30
Şekil 5-1 Dalgaların tabandan etkilenmesiyle oluşan değişimler [2].....32
Şekil 5-2 Gel-git etkisinde kalan kıyı bölgesi [8].....34
Şekil 6-1 Tipik kum örneği boyut analiz grafiği [28].....46
Şekil 6-2 Katı maddelerin sıralanma sınıfları [9].....48
Şekil 7-1 Kumsal ve kum tepelerinin dalga etkisiyle değişimleri [2] 51

Şekil 7-2 Kıyı boyu katı madde taşınımı [3].....56
Şekil 8-1 El Nino'nun sebep olduğu yükselen su seviyesi ve yüksek dalgalar, Pasifik okyanusunun dik kayalık kıyılarında aktif toprak kaymalarına sebep oldu [29]61
Şekil 8-2 Kireçtaşının çözülerek çökmeye sebep olması [29] 63
Şekil 9-1 Komşu kıyılardaki erozyonun artmasına sebep olan kıyı yapısı [29] 67
Şekil 9-2 Kıyı duvarının etkisiyle oluşan oyulma [9].....68
Şekil 9-3 Galveston kıyı duvarı (Teksas) [29] 69
Şekil 9-4 Kıyı bölgesinde dalgakıran etkisi [9].....70
Şekil 9-5 Kıyı bölgesindeki mahmuz ve jetlerin etkisi [9] 71
Şekil 9-6 Kaliforniya Sunset Bulvarı [29] 72
Şekil 9-7 Jet [29] 72

SEMBOLLER

a ..... genlik,
a_r ..... katı tanelerin hacminin toplam hacme oranı,
ϕ ..... dane boyutu,
α_1 ..... dalganın ilk batimetri ile yaptığı açı,
α_2 ..... dalganın bir sonraki batimetri ile yaptığı açı,
α_b ..... kırılma çizgisindeki dalga açısını,
C ..... dalga yayılma hızı,
C_1 ..... dalganın ilk batimetrideki yayılma hızı,
C_2 ..... dalganın bir sonraki batimetrideki yayılma hızı,
C_g ..... dalga grup hızı,
c_{gb} ..... kırılma çizgisinde ki dalga grup hızını,
d ..... dane boyutu,
D ..... su derinliğidir.
d_{50} ..... ağırlık olarak %50 si ince daneli olan malzemenin çapı
E_b ..... kırılma çizgisinde kıyı boyu bileşeninin dalga enerji akısı,
g ..... yerçekimi kuvveti
H ..... dalga yüksekliği.
H_b ..... kırılma çizgisinde dalga yüksekliği
H_s ..... önemli dalga yüksekliği
I..... katı danelerin su içindeki ağırlığı
k ..... dalga numarası
K′ ..... dönme katsayısı
L ..... dalga boyu
n ..... porozite,
ρ ..... su özgül ağırlığı ($\approx$1000 kg/m^3)
γ ..... suyun özgül ağırlığı,
ρ_s ..... katı madde yoğunluğunu, ($\approx$2650 kg/m^3)
ρ_s ..... danelerin özgül ağırlığı
Q ..... kıyı boyu katı madde debisi
s ..... eğim
T ..... periyot
ω ..... açısal frekans

KIYI BÖLGELERİNDE AKTİF KUVVETLER VE KIYI ALANLARININ YOK OLMASI

ÖZET

Bu çalışmada kıyı bölgeleri ve özellikleri tanıtılmıştır. Kıyı bölgelerini oluşturan kuvvetler ve bu kuvvetler sonucunda oluşan değişik tip kıyı çeşitleri incelenmiştir. Kıyı bölgesinde en çok etkiye sahip kuvvet olan dalgalar kıyı çizgisine yaklaşırken değişim göstermeye başlar. Bu değişimler dalgaların sapması, sığlaşması, dönmesi, yansıması veya kırılması şeklinde olabilir. Dalgaların bu değişimi deniz tabanında veya kıyı çizgisinde değişimlere sebep olabilirler. Kıyı bölgeleri oluşumlarına göre aşınarak, katı maddelerin bir bölgede birikmesiyle, belli bölgelerin batmasıyla, yükselmesiyle, veya organizmaların birikmesiyle oluşabilirler.

Kıyı bölgelerinin şekillenmesinde etkili olan kuvvetlerin başında dalgalar gelir. Akıntılar, gezegenlerin konumundan kaynaklanan gel-git kuvvetleri, rüzgarlar, ve jeolojik kuvvetler kıyı bölgelerini etkileyen diger kuvvetlerdir.

Bir kıyı bölgesindeki katı madde kaynakları çok çeşitlidir. Bu kaynakların başlıcaları nehirlerle taşınan katı maddelerdir. Kıyı bölgesini oluşturan klasik tortullar, kayalıkların erozyona uğramasıyla veya rüzgarların taşımasıyla da kıyı bölgelerine taşınabilir. Bu çalışmada katı maddelerin nasıl analiz edildiği ve sınıflandırıldığı da incelenmiştir.

Katı madde hareketi kıyı bölgelerinin şekillenmesinde önemli role sahip bir faktördür. Sunulan çalışmada kıyı bölgelerindeki katı madde hareketinin belirlenmesinin kıyı bölgesindeki yapılaşma çalışmalarındaki önemi gösterilmiştir. Çeşitli kaynakların kıyı boyu katı madde hareket miktarını belirlemek için kullandıkları formüller verilmiştir.

Kıyı bölgelerinde katı madde kaynağı sağlayan etkenler aynı zamanda katı maddelerin yok olmasına da sebep olabilirler. Kıyı bölgesindeki katı madde kaynaklarının yok olması doğal sebeplerin sonucu olabildiği gibi insan aktivitelerinden de kaynaklanmaktadir. Doğal sebeplerin başında dalga, akıntı, ve gelgitler gelmektedir. Kıyı şeritlerinin geri çekilmesi, kaynak bütçesi gibi sebepler de

katı maddelerin yok olmasına sebep olmaktadır. İklim koşullarındaki değişimler kıyı bölgelerini etkileyen fiziksel bir diger etkendir.

Kıyı bölgesindeki katı madde kayıplarına insanların bölgede yaptığı değişimlerin etkisi büyüktür. Aktif olarak kullanılan bölgelerde kullanımın kolaylaşması için bir çok yapı inşaa edilmektedir. Aynı zamanda kıyı bölgelerinde bölgeyi korumak içinde inşaatlar yapılmaktadır. Fakat bu yapıların etkileri sonucunda doğal dengesi bozulan bölgede sorunlar çıkmaya başlar. Korumak için yapılan yapılar bir süre sonra etkisini yitirip ters etki yaratabilecekleri gibi yapıldıkları bölgede sorun çıkartmayıp civardaki kıyı bölgelerinde olumsuz etkilere de sebep olabilmektedirler. Kıyı bölgelerinde yapılan kazı çalışmaları sırasında dengeyi bozacak miktarlarda çıkartılan katı maddeler de kıyı bölgelerinde tahribata sebep olabilirler.

Küresel ısınmanın kıyı bölgelerindeki olumsuz etkileri insanların sebep olduğu olumsuz etkiler içinde de sayılabilir. Yanlış yakıt kullanımının sebep olduğu küresel ısınma, deniz seviyesini yükselterek bazı kıyı bölgelerinin tamamen yok olmasına da sebep olabilir.

ACTIVE FORCES AND LAND LOSSES IN THE COASTAL ZONES

SUMMARY

Coastal zones and coastal zones characteristics were explained in detail in the study presented. Forces that create the coastal zones and different coast types created by these forces were also studied in this reserach. Wave forces such as wave refraction, diffraction, reflection and breaking change as waves approach to the shore. The changes in waves might cause changes at the sea floor or coast line. Erosion forces, sediment deposits, submergence procedure or some living organisms might be the reasons of the creation of coasts.

The major forces that have effect on shaping of the coastal zones are waves. Currents, tides, winds and tectonic forces can be counted as other effective forces.

There are several sediment sources in a coastal zone and the primary sources of coastal zones are the sediments carried by rivers. Cliff erosion and wind transportation are the other causes of the classical sediments in the coastal areas. How to analyze and classify the sediments were also investigated in the current study.

Sediment transportation has a significant role in the formation of the coasts. It was shown in the previous studies that to determine the sediment transportation rate is crucial for the coastal studies. Different sediment transportation rate equations taken from different sources were also given in the study.

Sediment sources such as rivers might be also causes of the land losses in these regions. Natural processes and human activities are the primary causes of the coastal land losses. Natural processes that cause the land losses are waves, currents and tides. Cliff retreat, sediment budget, and climate are the other reasons of land losses.

The most important negative factor for the land losses are the human activities in the coasts. Engineering structures are designed to control the land losses but they can also accelerate the land losses of adjacent coasts by changing the wave behavior.

These kinds of structures change the natural balance of the coastal zones. Mining studies in the sea also affect the shore in a negative way.

Global warming of the atmosphere which is a human activity due to burning fossil fuels has negative effects on coastal zones. Sea levels tend to rise due to global warming and this effect sometimes cause shores to submerge.

1. GİRİŞ

Bir kıyı bölgesinde yaz döneminde belli bir süre geçirdiğinizde sahilin görünümünde o zaman dilimi içinde herhangi bir değişim fark etmeyebiliriz. Her gün deniz yükselir alçalır, dalgalar kıyıya çarpar fakat yürüdüğünüz sahilde bir önceki günden herhangi bir fark yoktur. Sahilin şeklinde bir değişiklik görülmediği gibi üzerinde yürüdüğünüz kumsalda da bir farklılık görmeyebiliriz. Sahilin her gün aynı şekilde görünmesi açığa taşınan kum miktarının hemen hemen aynı oranda kıyı bölgesine gelen kum miktarı ile dengelenmesindendir. Fakat uzun bir zaman dilimi geçtikten sonra aynı bölgeye gittiğimizde kıyı bölgesinin şeklinin değiştiğini gözlemleyebiliriz.

Kıyı bölgesindeki katı madde miktarı nasıl değişiyor, hangi kuvvetler, nasıl kıyı bölgesini etkiliyor, taşınan katı maddeler nereye gidiyor? Kıyı bölgeleri değişimlere açık bölgelerdir ve dış etkilerden çok çabuk etkilenip değişime uğrarlar. Bu değişimlere sebep olan kuvvetler doğal kuvvetler veya insan etkileri olmak üzere iki parçaya bölünebilir. Kıyı bölgelerindeki değişimler kısa zaman dilimlerinde fark edilmeyebilirler.

Kıyı bölgeleri yasam alanı olarak ilk sırada tercih edildikleri için olumsuz yönde bir çok etkiye maruz kalırlar bu bölgelerin olumsuz yönde etkilenmesi bölgede yaşayan canlıların etkilenmesine sebep olur. Bunun sonucunda bu bölgeler korunmaya alınmaktadır. Doğal etkilere karsı daha dirençli olmaları ve yok olmamaları için bazı yapılar inşaa ederek bölgelerin sürekliliği sağlanmaktadır. Fakat bu yapılar her zaman çok başarılı sonuçlar vermeyebilir.

İnsan aktiviteleri kıyı bölgelerinde genellikle olumsuz etki yaratmaktadır. Koruma amaçlı yapılan yapılar bile bir süre sonra bölgede veya çevre kıyılarda olumsuz etki yaratmaya başlarlar. İnsan aktivitelerinin ve etkilerinin bölgede kontrollü ve sınırlı olması kıyı bölgelerinin sürekliliği açısından çok önemlidir.

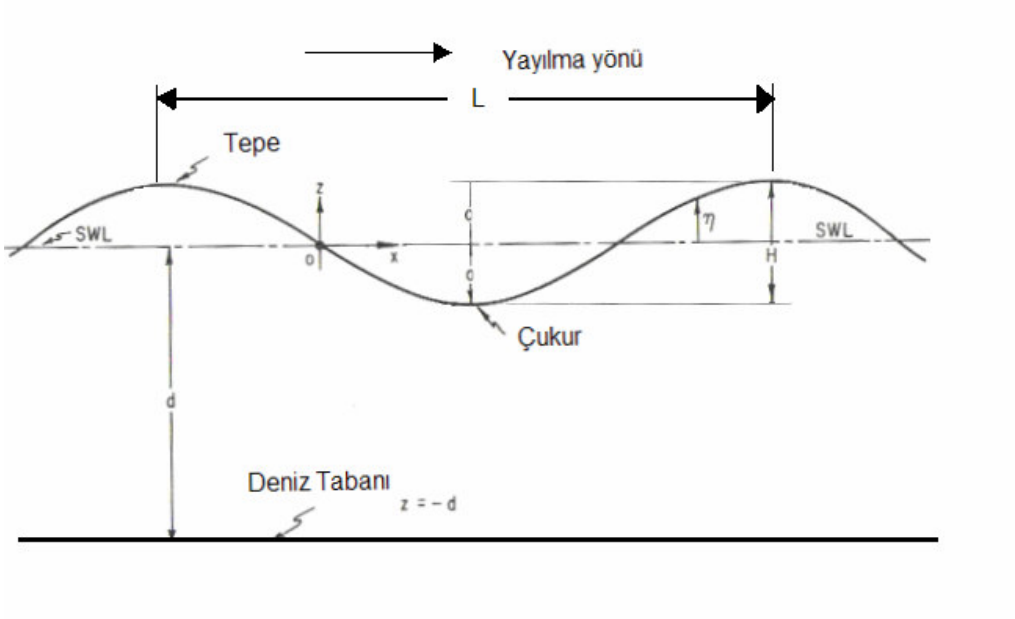
2. DALGA

Kıyı boyunca katı maddeleri hareket ettiren enerji rüzgarın, deniz suyunu hareket ettirmesiyle ortaya çıkar. Rüzgar okyanusun, denizin yada gölün üzerinde estikçe bir miktar enerjisi su yüzeyine transfer olur ve dalgaları oluşturur. Dalga tipleri çok çeşitlidir. Dalgaların oluşum sebeplerine göre periyotları değişmektedir. Tablo2.1 de dalga tipleri, periyotları ve oluşum sebepleri verilmiştir. [1]

Tablo 2-1: Dalga tipleri ve sebepleri

Dalga tipi	**Periyot**	**Sebep**
Rüzgar dalgası	≤ 15 sn	Rüzgar gerilmesi
Ölü deniz dalgası, soluğan (Swell)	≤ 30 sn	Rüzgar dalgası
Sörf salınımı	1-5 dak.	Dalga grubu
Seiche	2-40 dak.	Rüzgar değişimi
Çalkantı	2-40 dak	Tusunami, sörf salınımı
Tusunami	5-60 dak.	Deprem
Gel-git	12-24 saat	Güneş ve ay çekimi
Fırtına kabarması	1-30 gün	Rüzgar gerilmesi ve atmosfer basıncındaki azalma

2.1 Dalga Profili ve Dalga ile İlgili Tanımlar



Şekil 2-1: Sinüzoidal dalga profili [2]

Dalga boyu (L): Ardışık iki dalga tepesi veya çukurunun arasındaki mesafe.

Dalga yüksekliği (H): Ardışık dalga tepesi ve dalga çukuru arasındaki yatay mesafe.

Genlik (a): Dalga yüksekliğinin yarısı.

Periyot (T): aynı en kesitten ardışık iki tepe veya çukurun geçmesi için gereken saniye cinsinden zaman aralığı.

Dalga yayılma hızı (C): Dalgaların sabit bir eksen takımına göre yayılma hızı (m/sn cinsinden) (L/T)

Dalga dikliği (H/L): Dalga yüksekliğinin dalga uzunluğuna oranı

SWL: Sakin su yüzeyi, dalga hareketinin olmadığı durumda su seviyesi

OSY: Ortalama su yüzeyi, dalga tepesi altındaki alanın dalga çukuru üstündeki alana eşit olması için verilen su seviyesi.

Sinüzoidal dalga için sakin su yüzeyi ortalama su yüzeyi ile aynı olur.

Dalga cephesi: Dalga tepesinden geçen yanal yöndeki çizgiye denir.

Dalga yönü: Dalgaların ilerlemekte oldukları yöndür.

Dalga ortagonali: Dalgaların ilerlemekte oldukları ve dalga cephesine dik doğrultudur.

Dalga Grup hızı: Dalga enerjisinin yayılma hızıdır.(C_g)

Dalga enerjisi: potansiyel ve kinetik enerjilerin toplamıdır.

Dalga enerji akısı: dalga grup hızı ile enerjisinin çarpımına eşittir ve dalganın gücü olarak isimlendirilir.

Açısal Frekans (ω): $2\pi/T$ dir.

Dalga numarası (k): $2\pi/L$ dir.

3. DALGALARIN KIYIYA YAKLAŞIRKEN UĞRADIKLARI DEĞİŞİMLER

Rüzgarın etkisiyle oluşan yüzey dalgaları kıyıya doğru hareket ederken su derinliği dalga boyunun yarısına eşit oluncaya kadar deniz tabanından etkilenmez. Derinlik dalga boyunun yarısına eşit olunca dalga davranışlarında değişimler olmaya başlar. Bu değişimler dalga mekaniğini ve katı madde taşınımını etkiler. Bu değişimler aşağıdaki gibi sıralanırlar.

- Sapma
- Sığlaşma
- Dönme
- Yansıma
- Kırılma

3.1 Dalgaların Sapması

Aşağıdaki eşitlik dalgaların yayılma hızı vermektedir.

$$c = \sqrt{\frac{g.L}{2.\pi}.tgh(\frac{2.\pi.d}{L})} \qquad (3.1)$$

c; dalganın yayılma hızı,
g; yerçekimi ivmesi,
L; dalga boyu,
d; su derinliğidir.

Eşitlik (3.1) de görüldüğü gibi dalganın yayılma hızı su derinliğinin bir fonksiyonudur. Dalga hızı derinlikle düşerse, dalga boyu da onunla orantılı olarak düşmektedir. Dalga tepesi boyunca dalga hızında değişim görülmektedir. Daha derinde bulunan dalga parçacığı daha sığda bulunandan daha hızlı hareket eder. Bu hız farkı yüzünden dalga kıyıya yaklaşırken batimetriye bağlı olarak dönmeye başlar.

Bu olaya dalga sapması adı verilir. Bu dalga sapması olayı sadece su dalgalarında değil, ses ışık gibi dalgalarda da görülür.

Dalga sapmasının uygulamadaki önemi;

1. Kıyıya yaklaşırken dalga özelliklerinin (dalganın yüksekliği, periyodu, derin sudaki yayılma yönü gibi) değişmesine yol açar. Dalga sapmasının dalga yüksekliği ve sahil boyunca dalga enerjisinin dağılımı açısından büyük bir önemi vardır.

2. Kıyı yapılarını etkileyen dalga kuvvetinin yönü ve büyüklüğünü etkiler.

3. Erozyon ve birikmelere sebep olarak tabanın batimetrisini değiştirir.

4. Tam olarak gelişmiş bir yöntem olmamakla beraber tabanın batmetrisi uzaydan çekilen dalga sapmasının fotoğraflarıyla belirlenebilir.

Dalga sapmasına sadece batimetri değişimi yol açmaz, buna ek olarak akıntıda dalga sapmasına sebep olur. Akıntıyla oluşan sapma dalgalar akıntı ile belli bir açıyla karşılaştıklarında olur. [2]

Su derinliği azalmasıyla dalga hızının azalması, ışığın ortam değiştirirken kırılma oranının artmasıyla hızının azalması ile benzeşmektedir. Bu benzerlik kullanılarak su dalgalarının sapması Snell kanunlarına (denklem 3.2) dayanılarak çözülebilir.

Snell kanunu

$$\sin\alpha_2 = \left(\frac{C_2}{C_1}\right)\sin\alpha_1 \qquad (3.2)$$

α_1=dalganın ilk batimetri ile yaptığı açı
α_2=dalganın bir sonraki batimetri ile yaptığı açı
C_1=dalganın ilk batimetrideki yayılma hızı
C_2=dalganın bir sonraki batimetrideki yayılma hızı

Genel olarak sapma analizleri için iki ana yöntem kullanılır. Grafik ve nümerik yöntemler kullanılır. Ama tüm metotların temelinde Snell kanunu vardır. Çözüm yapılırken bazı kabuller yapılır.

a. Dalga ışınları yada ortagonalleri arasında kalan dalga enerjisi sabittir.

b. Dalga yönü dalga tepesine diktir. (ortagonal yönündedir)

c. Belli bölgedeki ve verilen periyottaki dalga yayılma hızı o bölgedeki derinliğe bağlıdır.

d. Taban topografyası kademeli olarak değişir.

e. Dalgalar uzun tepeli (long-crested), sabit periyotlu, küçük genliklidir.

f. Akıntı, rüzgar, kıyıdan gelen yansımalar ve su altı topografik değişimler ihmal edilir. [2]

3.1.1 Batimetri Sebebiyle Dalgaların Sapması

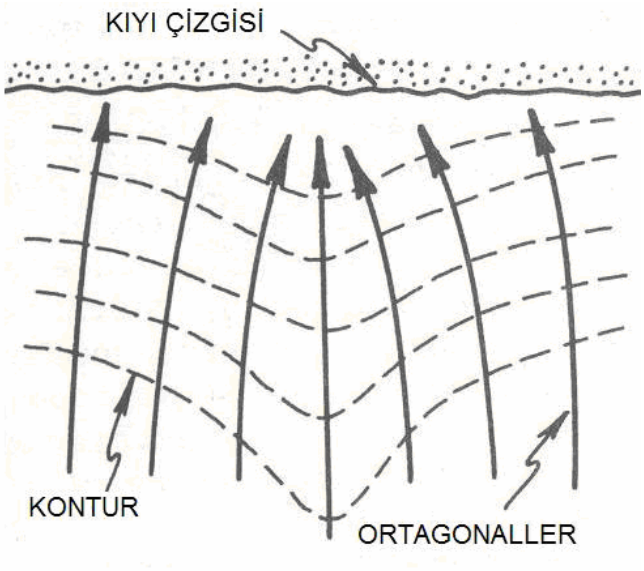
Derin sularda yani derinliğin dalga boyundan daha büyük olduğu sularda tnh(2.π.d/L)=1 olduğundan dalga hızı 3.1 eşitliği sadeleştirildiğinde 3.3 eşitliği elde edilir.

$$C_0^2 = \left(\frac{g.L}{2.\pi} \right) \tag{3.3}$$

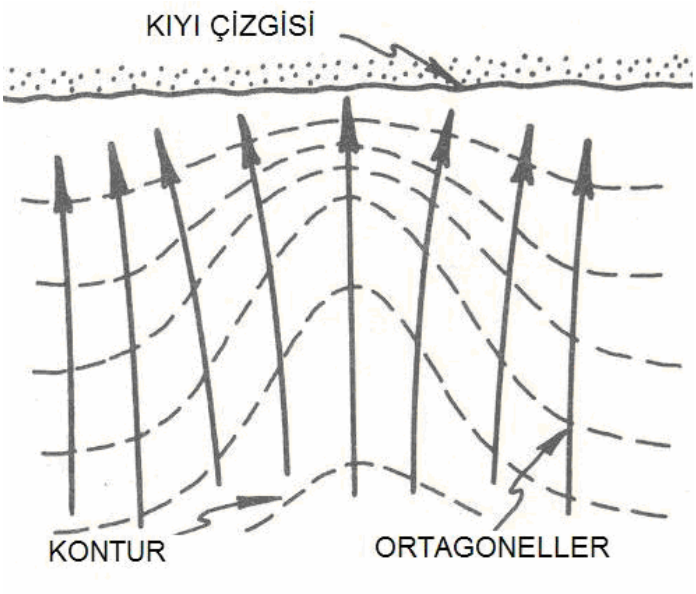
Eşitlik 3.3 de C_o değeri derinlikten bağımsızdır. Bu yüzden dalga boyundan büyük derinliklerde batimetri sebebiyle sapma olmaz. Derinliğin dalga boyunun yarısı ile yirmi beşte biri arasında olduğu bölgelerde (geçiş bölgesinde) ve dalga boyunun yirmi beşte birinden daha küçük olduğu bölgelerde (sığ sularda) sapmanın etkiler görülebilir. Geçiş bölgelerindeki dalga hızı 3.1 eşitliğinden hesaplanmalıdır, sığ sularda da dalga hızı 3.4 eşitliğinden bulunur.

$$C = \sqrt{g.d} \tag{3.4}$$

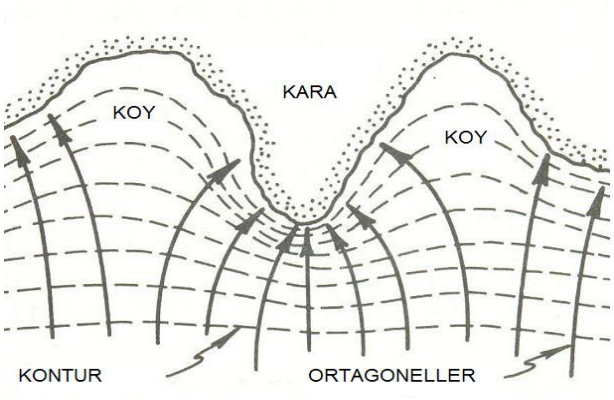
Şekil 3.1 sırt şeklinde bir batimetriye sahip olan bir kıyı bölgesinde dalgaların sapmasını şekil 3.2 kanyon şeklinde batimetriye sahip olan kıyı bölgesinde dalgaların sapmasını şekil 3.3 ise değişik batimetriye sahip bir kıyı çizgisi boyunca dalgaların sapmasını göstermektedir.



Şekil 3-1 Sırt bölgesinde dalgaların sapması [2]



Şekil 3-2 Kanyon bölgesinde dalgaların sapması [2]



Şekil 3-3 Kıyı çizgisi bölgesinde dalgaların sapması [2]

3.2 Dalgaların Sığlaşması

Dalgalar kıyı doğru ilerlerken azalan derinliğin etkisiyle dalgaların boyları kısalır ve dalgalar dikleşirler. Bu olaya sığlaşma adı verilir.

Batimetri ile belli bir açı yaparak ilerleyen bir dalga düşünürsek, dalga enerjisinin türbülans veya taban pürüzlülüğü yüzünden bir enerji kaybına uğramadan kıyıya doğru taşındığını varsayalım. Enerji akısı dengesinden ($R=R_0$)

$$\frac{R}{R_0} = 1 = \frac{(\overline{E}b)C_g}{(\overline{E}_0 b_0)C_{g0}} \tag{3.5}$$

yazılır ve bu ifade

$$\overline{E} = \frac{1}{2}\rho g a^2 = \frac{1}{8}\rho g H^2 \tag{3.6}$$

ifadesine yerleştirilirse

$$\frac{R}{R_0} = 1 = \left(\frac{H}{H_0}\right)^2 \frac{C_g}{C_{g0}} \frac{b}{b_0} \tag{3.7}$$

veya

$$K_S = \sqrt{\left(\frac{C_{g0}}{C_g}\right)} = \sqrt{\left(\frac{\frac{C_0}{2}}{\frac{c}{2}.\frac{1+2.k.d}{\sinh(2.k.d)}}\right)} \qquad (3.8)$$

sığlaşma katsayısı tarif edilir. Dalgaların kıyıya yaklaşması ile sığlaşmanın belirlenmesi için ağırlık dalgalarının karakteristiklerini veren tablo 3.1 kullanılır.[1]

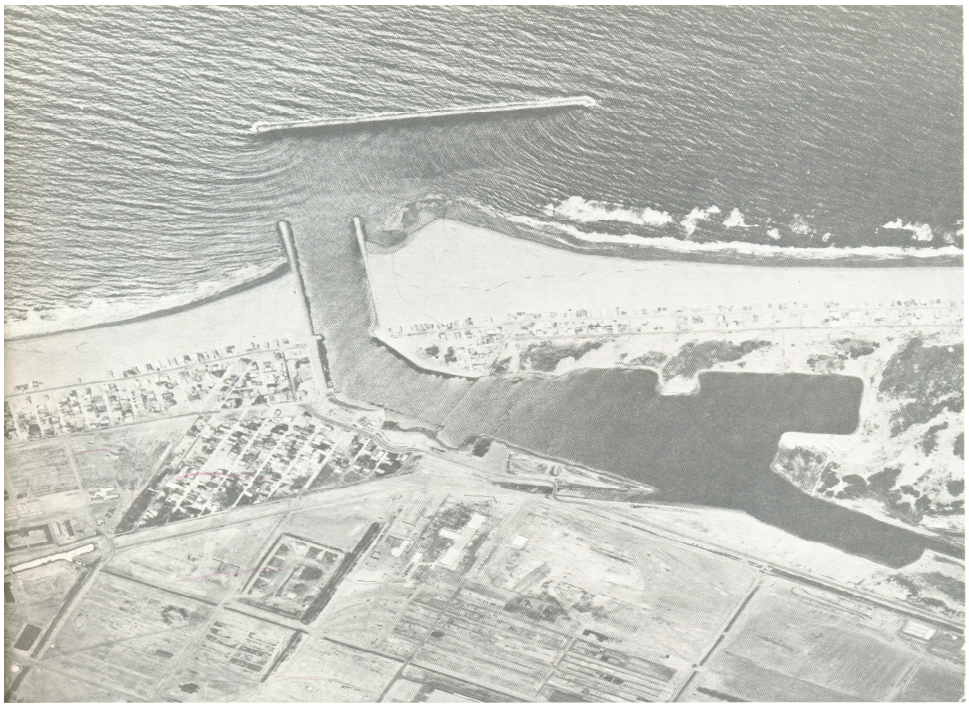
Tablo 3-1 Ağırlık dalgaları karakteristiklerinin değişim tablosu [1]

d/L_o	d/L	kd	tanh kd	sinh kd	cosh kd	K_s	n
0	0	0	0	0	1	∞	1
.005	.02836	.1782	.1764	.1791	.0159	1.692	.9896
.010	.04032	.2533	.2480	.2560	.0322	1.435	.9792
.015	.04964	.3119	.3022	.3170	.0490	1.307	.9690
.020	.05763	.3621	.3470	.3701	.0663	1.226	.9588
.025	.06478	.4070	.3860	.4184	.0840	1.168	.9488
.030	.07135	.4483	.4205	.4634	.1021	1.125	.9388
.035	.07748	.4868	.4517	.5064	.1209	1.092	.9289
.040	.08329	.5233	.4802	.5475	.1401	1.064	.9192
.045	.08883	.5581	.5066	.5876	.1599	1.042	.9095
.050	.09416	.5916	.5310	.6267	.1802	1.023	.8999
.055	.09930	.6239	.5538	.6652	.2011	1.007	.8905
.060	.1043	.6553	.5753	.7033	.2225	.9932	.8811
.065	.1092	.6860	.5954	.7411	.2447	.9815	.8719
.070	.1139	.7157	.6144	.7783	.2672	.9713	.8627
.075	.1186	.7453	.6324	.8162	.2908	.9624	.8537
.080	.1232	.7741	.6493	.8538	.3149	.9548	.8448
.085	.1277	.8026	.6655	.8915	.3397	.9481	.8360
.090	.1322	.8306	.6808	.9295	.3653	.9422	.8273
.095	.1366	.8583	.6953	.9677	.3917	.9371	.8187
.100	.1410	.8858	.7093	1.006	.4187	.9327	.8103
.110	.1496	.9400	.7352	1.085	.4752	.9257	.7937
.120	.1581	.9936	.7589	1.165	.5356	.9204	.7776
.130	.1665	1.046	.7804	1.248	.5990	.9169	.7621
.140	.1749	1.099	.8002	1.334	.667	.9146	.7471
.150	.1833	1.052	.8183	1.424	.740	.9133	.7325
.160	.1917	1.204	.8349	1.517	.817	.9130	.7184
.170	.2000	1.257	.8501	1.614	.899	.9134	.7050
.180	.2083	1.309	.8640	1.716	.986	.9145	.6920
.190	.2167	1.362	.8767	1.823	2.079	.9161	.6796
.200	.2251	1.414	.8884	1.935	2.178	.9181	.6677
.210	.2336	1.468	.8991	2.055	2.285	.9205	.6563
.220	.2421	1.521	.9088	2.178	2.397	.9231	.6456
.230	.2506	1.575	.9178	2.311	2.518	.9261	.6353
.240	.2592	1.629	.9259	2.450	2.647	.9291	.6256
.250	.2679	1.683	.9332	2.599	2.784	.9323	.6164
.260	.2766	1.738	.9400	2.755	2.931	.9356	.6076
.270	.2854	1.793	.9461	2.921	3.088	.9390	.5994
.280	.2942	1.849	.9516	3.097	3.254	.9423	.5917
.290	.3031	1.905	.9567	3.284	3.433	.9456	.5845
.300	.3121	1.961	.9611	3.483	3.624	.9490	.5777
.320	.3302	2.075	.9690	3.919	4.045	.9553	.5655
.340	.3468	2.190	.9753	4.413	4.525	.9613	.5548
.360	.3672	2.307	.9804	4.974	5.072	.9667	.5457
.380	.3860	2.435	.9845	5.609	5.697	.9717	.5380
.400	.4050	2.544	.9877	6.329	6.407	.9761	.5214
.420	.4241	2.665	.9904	7.146	7.215	.9798	.5258
.440	.4434	2.786	.9924	8.075	8.136	.9832	.5212
.460	.4628	2.908	.9941	9.132	9.186	.9860	.5173
.480	.4822	3.030	.9953	10.32	10.37	.9885	.5142
.500	.5018	3.153	.9964	11.68	11.72	.9905	.5115

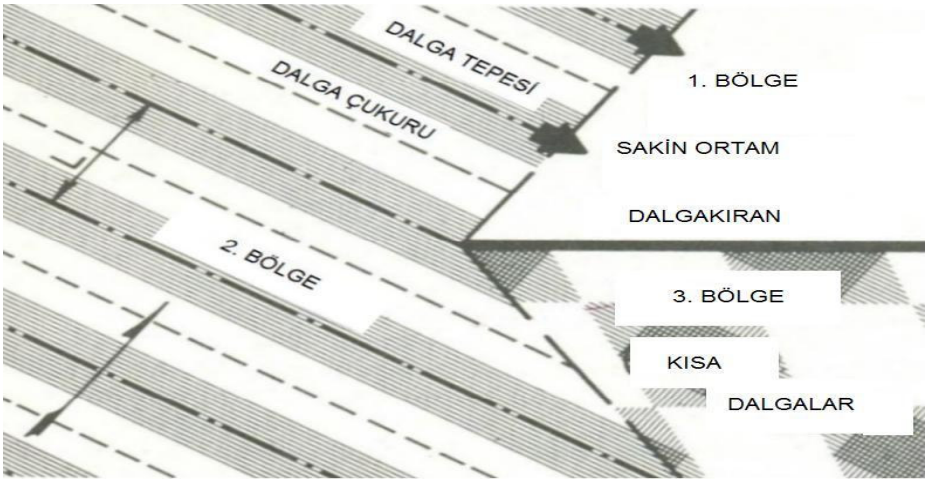
3.3 Dalgaların Dönmesi

Dalga enerjinin yanal olarak dalga tepesi boyunca transferi olayına dalga dönmesi denir. Dalga katarı ilerlerken dalgakıran yada küçük bir ada gibi bir engelle karşılaştığında dönme olayı oluşur. (Şekil 3.4) Eğer dalga tepesi boyunca bu enerji transferi olmasaydı engelin arkasına dalga boyunda ve şeklinde herhangi bir değişiklik olmadan ilerleyecekti.

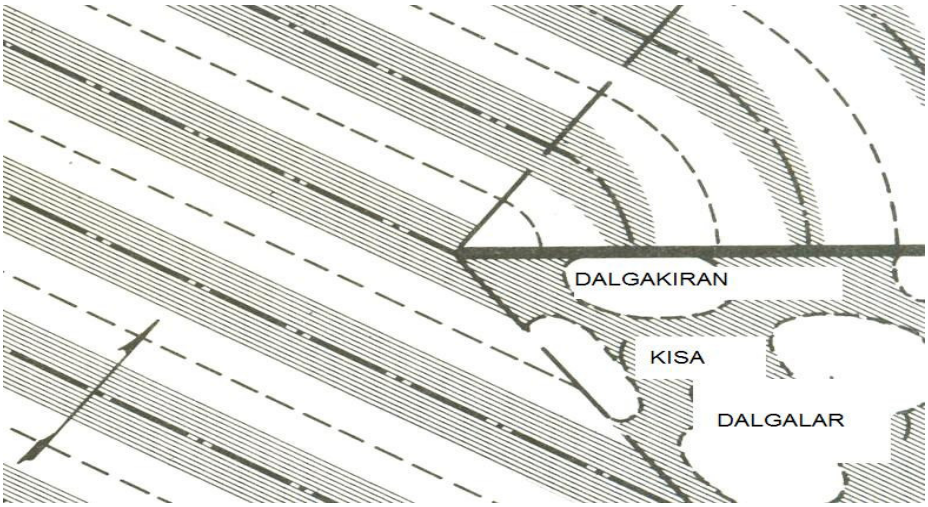
Engelin önündeki alan ilk gelen dalgalarla ve engelden yansıyan dalgalardan etkilenir. Şekil 3.5 da dönmenin olmadığı Şekil 3.6 de dönmenin olduğu durumlar gösterilmiştir.



Şekil 3-4 Dalga dönmesi [2]



Şekil 3-5 Dönmenin olmadığı durum [2]



Şekil 3-6 Dönmenin olduğu durum [2]

Dalga dönmesi hesaplamaları kıyı mühendisliği çalışmalarında önemli bir yer tutar. Korunmuş alan oluşturmak için yapılmış olan dalga kıran ve benzeri yapıların etki dereceleri dönen dalga miktarına bağlıdır. Liman giriş ağızlarının yeri ve boyutlarının belirlenmesi, liman içi kumlanması ve çalkantıları bu olaya bağlıdır.

Dalganın dönme katsayısı (K′) , engele gelen dalganın yüksekliğinin (H), engelin arkasına geçtikten sonraki belli bir noktadaki dalga yüksekliğine (H_i) oranıdır.

$$K' = \frac{H}{H_i} \tag{3.9}$$

Engelin arkasındaki farklı noktalarda farklı dalga yükseklikleri elde edileceğinden dalga dönme katsayısı da noktaya göre değişmektedir. Engelin arkasındaki aynı dönme katsayıları birleştirildiğinde çıkan çizgiye dönme çizgisi denir ve her bir K′ değeri için bir dönme çizgisi çizilebilir.

3.3.1 Dönen Dalga Büyüklüğünün Hesaplanması

Kıyı yapısının arkasındaki dönen dalganın büyüklüğünü hesaplarken belli kabuller yapılır.

1. Su ideal akışkandır.

2. Dalgalar lineer dalga teorisiyle tarif edilecek küçük genliklere sahiptirler.

3. Akım dönemeyen olmalı ve Laplace denklemlerini sağlamalıdır.

4. Dalga kıranın arkasındaki derinlik sabit olmalıdır.

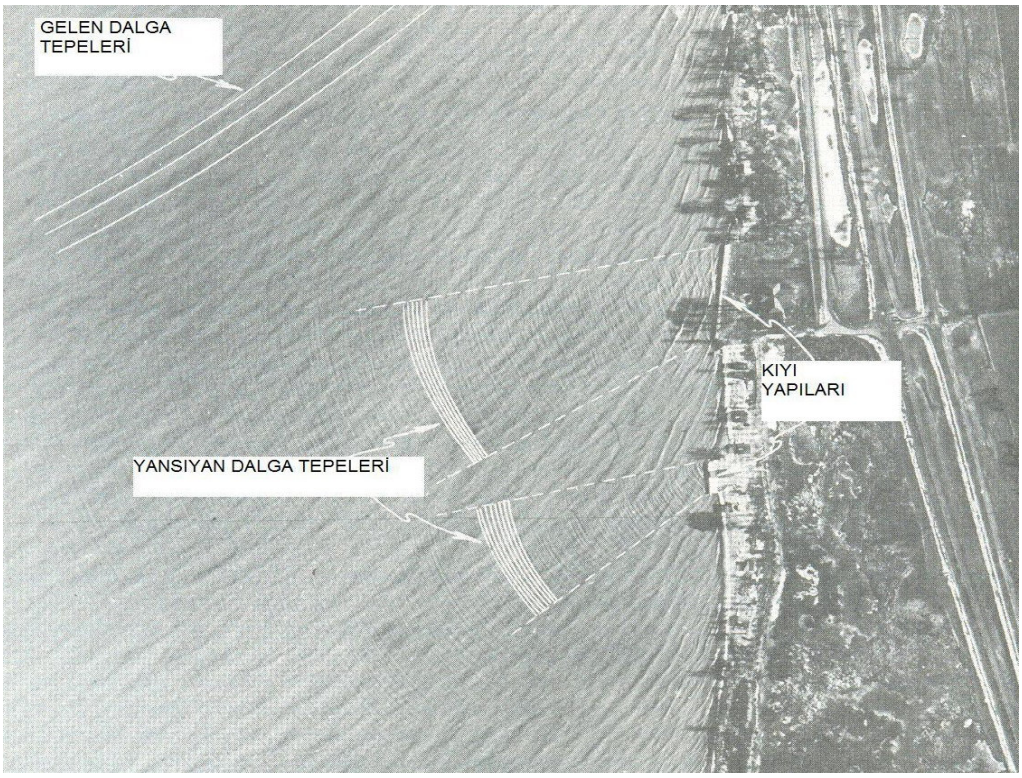
Bu kabuller yapıldıktan sonra tek bir dalga kıran durumuna göre hesaplamalar dalganın değişik geliş açılarına göre hazırlanmış grafikler kullanılarak yapılır ve dönen dalgaların yükseklikleri bulunur. Dalganın iki dalgakıran arasından yada bir boşluktan geçişinin hesapları eğer boşluk dalga boyunun 5 katından daha küçük ise farklı grafikler kullanılarak yapılır. Daha büyük ise tek bir dalga kıran durumunda kullanılan grafikler kullanılır. Eğer dalga dalgakırana belli bir açı ile geliyorsa dalganın geliş açısına göre hesaplanan ağız genişliğine göre hesaplamalar yapılır. Açık denizlerde ise dalga kıranın her iki tarafında da dalga dönmesi oluşur. Koruma bölgesinde bu dalgalar birbirleriyle süperpoze olurlarken faz farkına bağlı olarak bazıları birbirini sönümlerken bazıları da birbirini arttırırlar.

3.4 Dalgaların Yansıması

Dalga ilerlerken doğal veya sonradan yapılmış bir engelle karşılaştığında bu engel dalganın sönümlenmesine sebep olmuyorsa dalga enerjisinin tamamı yada bir kısmı geriye yansır. (Şekil 3.7) Dalga yansıması denilen bu olay dalga enerjisinin harcanmasının tam tersi bir olaydır. Dalga yansıması kıyı yapıları dizaynında en az dönme ve sapma kadar önemlidir. Liman yapılarını boyutlandırması ve tiplerinin belirlenmesinde göz önüne alınacak başlıca faktörlerdendir.

Gelen dalga ile yansıyan dalga süperpoze olduğundan liman yapıları tasarlanırken yansıtan yerine sönümlenmesine yol açan yapılar tercih edilmelidir.

Bir engelin dalgayı ne kadar yansıttığı, yansıyan dalganın yüksekliğinin (H_r) gelen dalga yüksekliğine (H_i) oranını ile belirlenir. Bu orana yansıma katsayısı (X) denir. $X= H_r/ H_i$ dır. X değerinin büyüklüğü 0 ile 1 arasında değişir. Tam yansıma olduğunda X=1 yansıma olmadığında X=0 olur. Bu yansıma katsayısı yapının özelliklerine göre değişir.



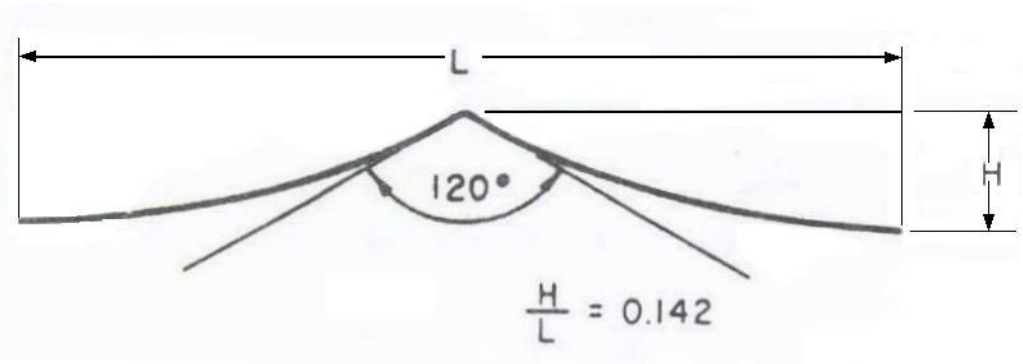
Şekil 3-7 Dalga yansıması [2]

3.5 Dalgaların Kırılması

Dalgalar kıyıya doğru ilerlerlerken yüksekliklerinde ve boylarında deformasyon oluşur. Bundan dolayı da, dalga kretinde su moleküllerinin hızı dalga hızına eşit olduğu bir sınır koşuluna ulaşılır. Bu sınıra dalga dikliği denir ve dalga dikliği 3.10 formülüyle gösterilir.

$$\frac{H}{L} = 0{,}142 \approx \frac{1}{7} \qquad (3.10)$$

Bu durum şekil 3.8 de gösterildiği şekilde kret açısı 120^0 ye ulaştığında ortaya çıkar. [2,3]

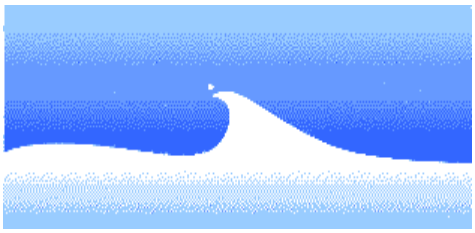


Şekil 3-8 Derin suda dalga dikliği limiti [2]

Kıyıya yakın bölgelerde 3 tip kırılma söz konusudur. [1-4]

3.5.1 Spilling Türü Kırılma

Yatay tabanlarda dik olarak meydana gelen dalga türüdür. (Şekil 3.9) Azalan derinlikle su tepesi sivrileşir ve su yüzeyi köpürür. Derin su dalga kırılması da spilling tarzı kırılmaya benzer. Derece derece artan bir kırılmadır.



Şekil 3-9 Spilling türü kırılma [4]

3.5.2 Plunging Türü Kırılma

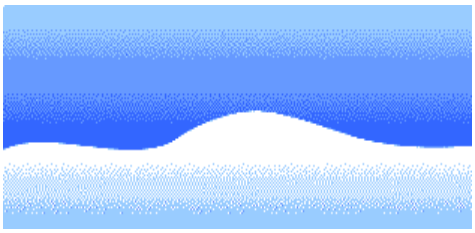
Taban eğimi spilling türü dalganın oluştuğu tabana göre daha büyüktür, dalga dikliği ise spilling türü kırılmaya göre daha küçüktür. (Şekil 3.10) Dalga plaj yüzeyinde yükselir ve yüzey dik olduğu için yansıma fazla olur.



Şekil 3-10 Plunging türü kırılma [4]

3.5.3 Surging Türü Kırılma

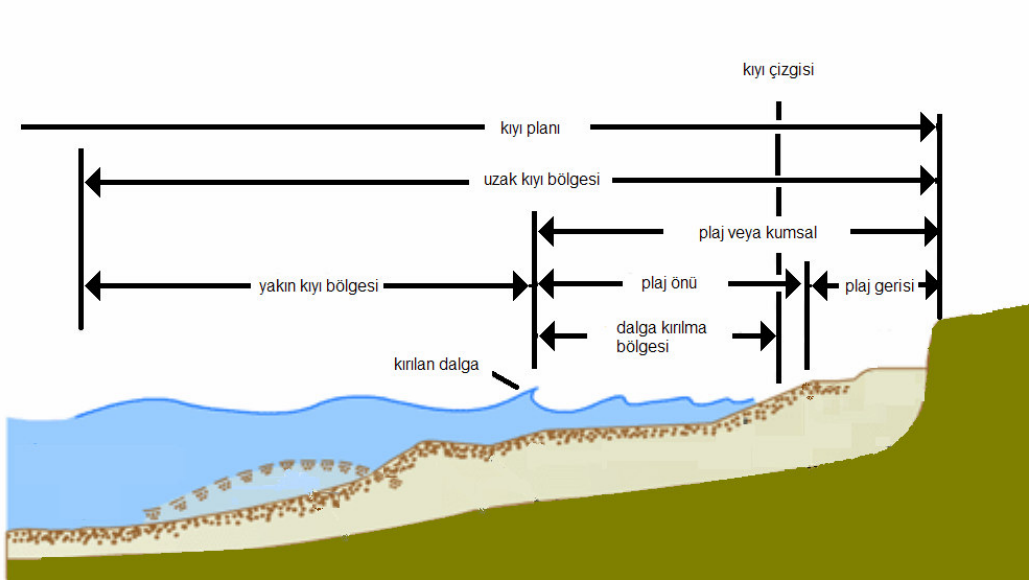
Spilling ve plunging türü dalgaların arasında bir dalga türüdür. (Şekil 3.11) Kırılma miktarı küçüktür ve kıyı çizgisine yakın oluşur. Yansıma miktarı büyüktür.



Şekil 3-11 Surging türü kırılma [4]

4. KIYI ALANLARI İLE İLGİLİ TANIMLAR

4.1 Kıyı Bölgesi ve Bileşenlerinin Tanımı



Şekil 4-1 Kıyı profili [5]

Deniz ile karanın buluştuğu bölgede deniz-kara karşılıklı etkileşiminin ortaya çıktığı bölgeye kıyı bölgesi adı verilir. [1] Şekil 4.1 de kıyı bölgesi ve kıyıda tipik olarak tanımlanan bölgeler gösterilmiştir. Kıyı çizgisi, deniz ve kara parçasının buluştuğu kara bölgesi sınırlarında ki en iç çizgidir.[5]

Dünyada kıyı bölgeleri genellikle kumsal olmasına rağmen, bazı kıyı şeritleri dik kayalıklardan oluşabilir. Böyle durumlarda da kıyıların önünde küçük bir kumsalı oluşmaz. [6] Bu yüzden kıyı bölgelerini sert ve yumuşak yapıdaki kıyılar olmak üzere iki gruba ayırabiliriz.

Sert kıyılar dalga enerjisine karşı rijit bir şekilde davran dik eğimli kıyılardır. Kıyıların profillerin değişimi uzun zamanlar aldığı için bu tip kıyılar kıyı mühendisliği açısından fazla önem taşımazlar.

Yumuşak yapıdaki kıyılar ise hafif malzemeden oluşan, eğimleri az olan kıyı bölgeleridir. Bu kıyılara gelen dalga, enerjisini kıyı profillerinde değişime yol açarak sönümler. Yumuşak yapıda ki kıyıların profillerinin değişimi çok kısa zaman aralıklarında meydana gelebilir. Yumuşak kıyılar kum, çakıl, silt ve benzeri katı maddelerden oluşabilir. Genel olarak plaj veya kumsal olarak isimlendirilirler. [3]

Dalgaların kırılmaya başladıkları nokta ile kıyı çizgisi arasındaki bölgeye yakın kıyı bölgesi, kırılma noktasının açığında deniz tabanının dalga etkisini hissettiği nokta arasındaki bölgeye de uzak kıyı bölgesi adı verilir. Deniz tabanı, dalga boyunun yarısına eşit derinlikteki bölgeden itibaren etkilenmeye başlar. Daha büyük su derinliklerinde dalgalardan etkilenmez. Tabanın dalgadan etkilenmediği bölge ise açık deniz bölgesidir. [3]

Kıyı bölgesi ile ilgili tanımların büyük çoğunluğunun dalga davranışlarına bağlıdır. Bu sebeple tanımlanan bölgelerin özellikleri kıyıdan kıyıya, dalganın davranışlarına bağlı olarak değişim gösterebilir. Bir kıyı bölgesi için yıllık dalga iklimi bilindiğinde, o kıyı için yeterli tanımlamalar elde edilir. [3]

Kıyı bölgesini oluşturan malzeme özelliklerine bağlı olarak da kıyı bölgesini sınıflandırmak mümkündür;

- Çamurlu kıyı bölgeleri
- Kumlu kıyı bölgeleri
- Çakıl kıyı bölgeleri
- Tas ve kayalık kıyı bölgeleri

Dünya kıyılarının %5 ile %10 unu çamur kıyı alanları, %10 ile %15 i arasını kumlu kıyı bölgeleri ve %75 ile %85 ini taşlık ,kayalık kıyı bölgeleri oluşturur.

Başka bir sınıflandırma şekli de kıyı özelliklerini göz önüne alarak yapılır.

- Bariyer adaları
- Delta sahilleri

- Kumul sahiller
- Kayalık sahiller
- Mercan kayalıkları sahilleri
- Mangrov sahilleri
- Bataklık sahiller [7]

4.2 Kıyı Bölgeleri ve Özellikleri

Kumsallar kıyı bölgesinin deniz kenarındaki küçük parçasıdır. Kumsal bölgeleri kayalık, dağlık, uçurum bölgeleri olabilir, geniş veya dar, eğimli veya düzlük olabilirler. Dalga erozyonu yada dalga biriktirmeleriyle kıyı bölgelerinin orijinal şekilleri değişmektedir. Son 10.000 yıldan beri bir çok kumsal Pleistocece buzulunun erimesi ve suların yükselmesiyle sular altında kalmıştır. Bazı kıyı bölgeleri ise denizin yükselme oranından etkilendiğinden daha çok oranda tektonik kuvvetlerin etkisinde kalmıştır, bu yüzden de bir çok yerde deniz tabanı kuru bir bölgeye dönüşmüştür.

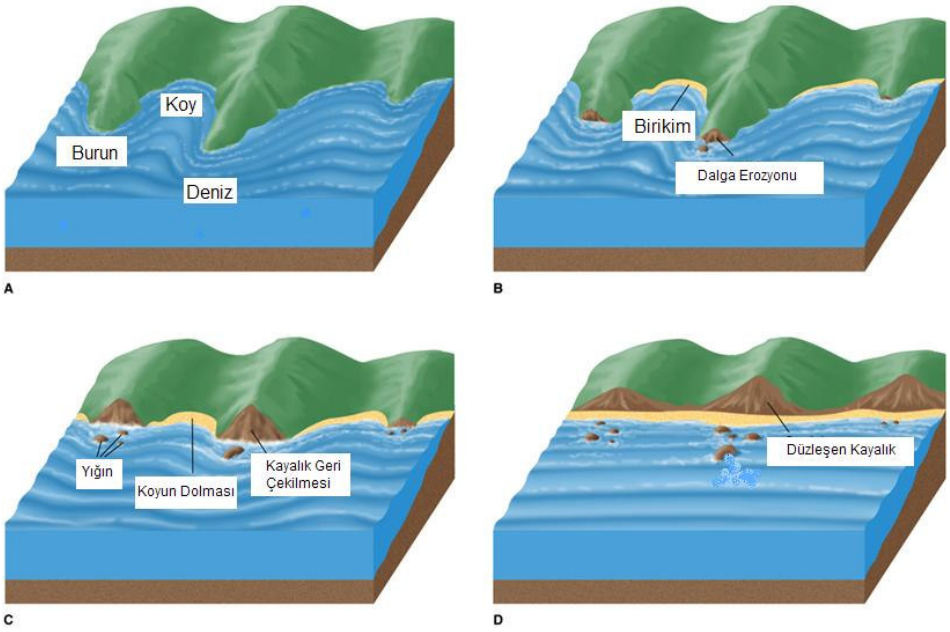
4.2.1 Aşınma ile oluşmuş kıyı bölgeleri

Dalga erozyonundan dolayı oluşan dik kayalık kıyı bölgelerindeki değişimler gözle görülebilecek boyuttadır. Kireçtaşı gibi dalgaların etkisiyle çözünebilen taşlar ve dalga çarpma etkisiyle çatlayan granit gibi daha dayanıklı taşlardan oluşur.

Koylardan oluşan düzensiz bir kıyı dalga etkisiyle taşlık burunlarla ayrılır. Bu tür kıyılarda dalgalar kıyı bölgesine paralel oluncaya kadar koy uzaklaşan ve küçük dalgaların etkisinde kalırken dalga enerjisinin büyük çoğunluğu burunda toplanır. Kayalık bölgeler burunlardaki aşındırma ile şekillenirler ve aşınan madde denizin koya yakın sakin bölümünde depolanır ve geniş kumsalları oluşturur. Düzensiz kıyılardaki kıyı düzenlemesi burunların aşınması ve koylarda birikme olmasıyla oluşur. (Şekil 4.2)

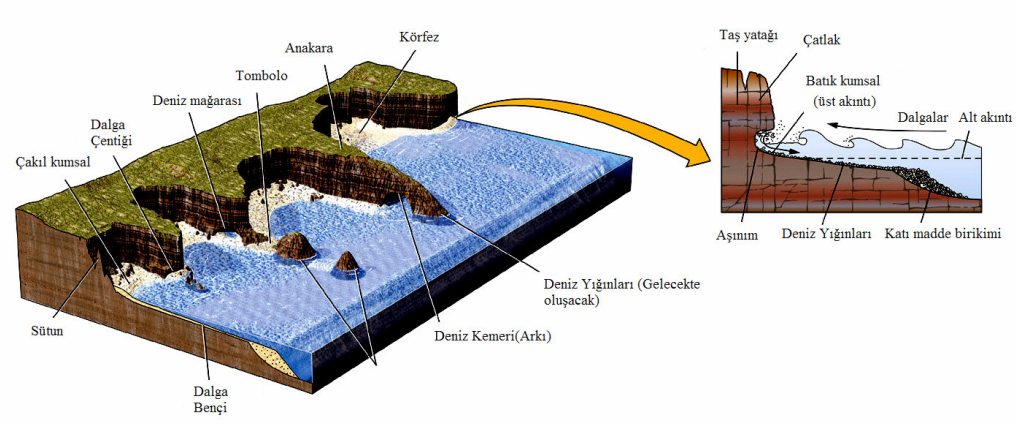
Burundaki dalga aşınmalar dik eğimli deniz kayalıklarını oluşturur. Eğer kayalığı oluşturan malzeme dalga ile aşınacak yumuşaklıktaysa bu kayalıklarda bazen mağaralar da bulunabilir. Korumasız kıyılarda kıyıyı oluşturan madde zayıfsa kıyının geri çekilme oranı yüksektir. Bazı kıyılarda geri çekilme miktarı yılda 1 metre civarındadır. Çok yumuşak malzemeden oluşan bazı bölgelerde ise tek bir seferde 10

ile 30 metre arasında geri çekilmeler olabilir. Bazı bölgelerde ise malzeme granit gibi sert ise geri çekilme çok yavaş gerçekleşir. [8]

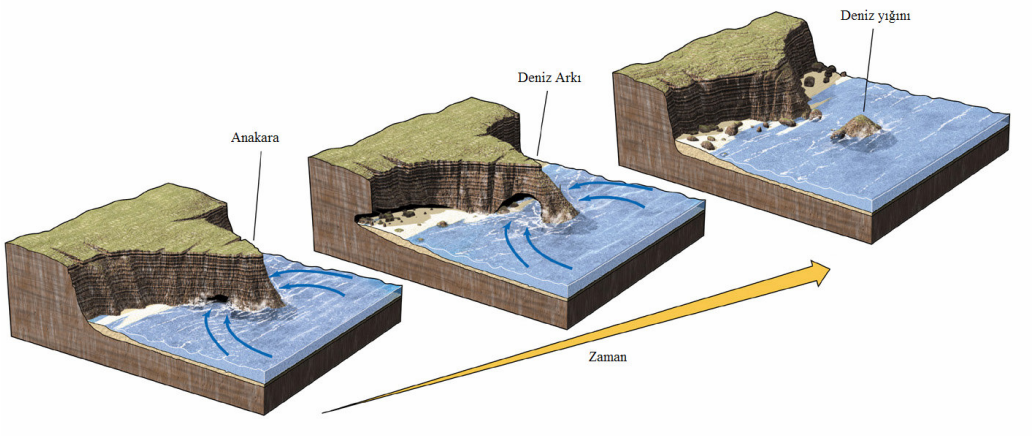


Şekil 4-2 Aşınmaya ve biriktirmeye uğrayarak kıyı şekillenmesi [9]

Kayalık kıyı bölgelerinin dalga etkisiyle aşınımı sırasında bir çok jeolojik yapı oluşur. Deniz kenarlarındaki uçurumlar, deniz mağaraları, dalga çentikleri, deniz mağaraları, deniz kemerleri (arkları), tombololar dalga aşındırmasıyla oluşan jeolojik yapılara örnektir. Şekil 4.3 bu yapıların oluşumlarını göstermektedir.



Şekil 4-3 Dalga aşındırmasıyla oluşan kıyı yapıları [9]



Şekil 4-4 Aşınmaların sebep olduğu arklar ve deniz yığınları [9]

Şekil 4.4 de anakaranın aşınmalar sonucu aldığı yeni şekiller gösteriliyor. İlk önce dalga kırınımları anakaranın her iki tarafına etki ederek o bölgelerde deniz mağaralarının oluşmasına sebep oluyor. Zaman ilerledikçe ana karanın her iki tarafındaki oyuklar birleşerek deniz kemerlerini (arklarını) oluşturuyor. Zaman daha da ilerledikçe ark ana karadan koparak deniz yığınını oluşturuyor.

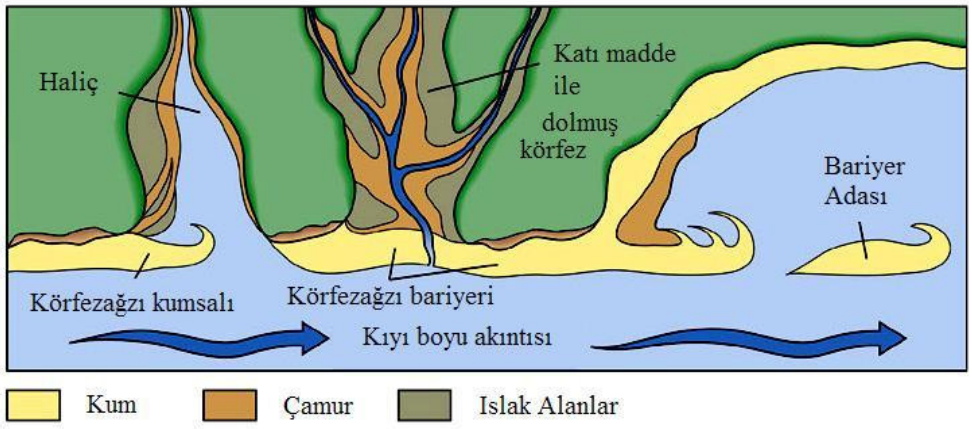


Şekil 4-5 Dalga aşınmasıyla oluşan kıyı şekillerine örnekler [9]

Şekil 4.5 (a) da Fransa sahillerinde dalga aşınmasıyla oluşan uçurum kıyıları, (b) de denız arkı, (c) de Avustralya sahillerinde ki deniz yığını, (d) de ise deniz yığını ile kumsal arasına kum birikmesiyle oluşan tombolo (Kaliforniya) görülmektedir. [9]

4.2.2 Biriktirme İle Oluşmuş Kıyı Bölgeleri

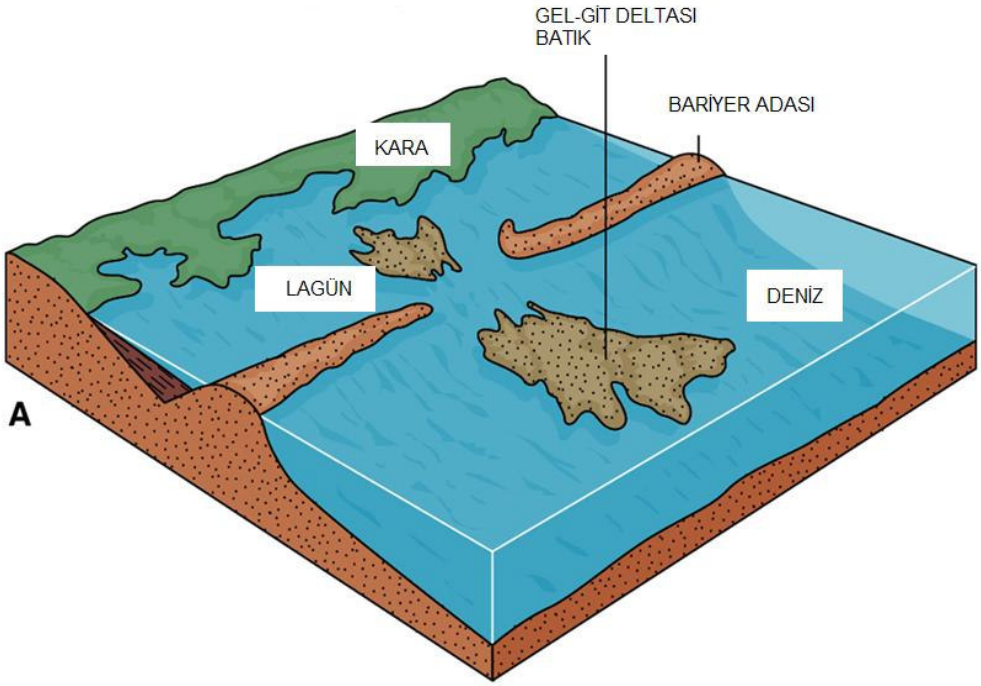
Bu tür bölgeler genelde Atlas Okyanusu ve Meksika Körfezi kıyılarında mevcuttur. Bu kumsallar kıyı boyu katı madde hareketi ve kıyı boyu katı maddelerin birikmesiyle şekillenirler. Kıyıdaki maddeler rüzgarın etkisiyle körfezağzı kumsalını ve bariyerini oluştururlar. Katı maddeler körfezağzı bariyerini arkasında kalan bölgeye dolar. Zamanla kıyı bölgesi daha düz bir hal alır. (Şekil 4.6) [9]



Şekil 4-6 Kıyı boyu akıntısını şekillendirdiği kıyı bölgesi bileşenleri [9]

Bu tür kıyı bölgeleri genelde kıyıya paralel uzanan uzun ve geniş kum adalarıdır, bariyer adaları (kıyı kordonu yada kıyı seti) olarak adlandırılır. (Şekil 4.7) Açık deniz kıyı boyu dalgaların aşındırası ile veya katı madde hareketi ile şekillenirler. Yavaş yükselen su seviyesinin Pleistosene buzulunun erimesi ile birleşmesiyle bu tür kumsalların gelişiminde önemli bir etkendir.

Korunan lagünler bariyer adalarını anakaradan ayırır. Bariyer adaları da lagünleri okyanustan ayırdığı için, dalga etkisinden korunan, ulaşım açısından sakin bir su yolu oluşmuş olur. [8]



Şekil 4-7 Biriktirme kumsalı ve bariyer adaları [9]

Şekil 4.8(a) ve (b) de kıyı boyu akıntılarının kıyı maddelerini kıyıya paralel olarak hareket ettirmesiyle oluşan körfezağzı kumsalı görülmektedir. Şekil 4.8 (c) körfezağzı bariyerine bir örnektir. Şekil 4.8 (d) Kuzey Carolina'dan bariyer adası ve (e) de üzerine bazı turistik merkezler yapılmış bir bariyer adası (Güney Padre Adası-Teksas) görülmektedir. [9]



Şekil 4-8 Biriktirme kumsallarından örnekler [9]

4.2.3 Batarak Oluşmuş Kıyı Bölgeleri

Bu tür kumsallar sayıca çok fazladır, bunun sebebi son 10.000 yıldır denizlerin su seviyesindeki artışıdır. Pleistosen döneminin buzul çağı sırasında deniz seviyesi bugünkünden 100-200 metre daha aşağıdaydı. Kıta yakınlarındaki deniz tabanları o zamanlarda kuru bölgelerdi. Nehirler bu kuru vadilerin ortasından akıyordu. Büyük buzulların eriyip, deniz suyunda fark edilir derecede yükselmeye sebep olması nehir vadilerinin batmasına sebep oldu. Bu batan nehir ağızlarına haliç denir. (Şekil4.9)

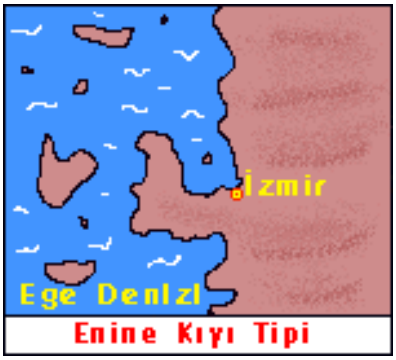


Şekil 4-9 Haliç örneği [10]

Nehirlerden gelen tatlı su ile denizin tuzlu suyu karışarak haliçlerin hafif tuzlu suyunu oluşturur. Haliçlerin korunan çevreleri deniz canlılarının zenginliği açısından önemli bir bölgedir. Şehirler ve fabrikaların haliçleri ticari amaçla kullanmaları sırasında haliçlerin suyu ve sedimanları kirlenmekte ve haliçler zengin yasam alanı olma özelliğini kaybetmektedirler. [8] Kuzeybatı Avrupa kıyılarındaki önemli limanlar haliçlere örnektir. [11]

Batik kumsalların diğer bir turu de dağların denize dik uzandı kıyılarda, dağlar arasındaki çöküntü alanlarının deniz suyu altında kalmasıyla oluşmuş enine kıyılardır. [12] Türkiye'de Ege Bölgesi kıyıları bu şekilde oluşmuştur (Edremit-Kuşadası arası). Bu kıyılarda girinti-çıkıntı fazladır. Kıta sahanlığı geniştir. İç kesimlere ulaşım kolaydır. Limanların Hinterlandı geniştir. Deniz etkisi iç kesimlere kadar sokulabilir. (Şekil 4.10)

Dağların kıyıya paralel uzandığı yerlerde boyuna kıyı tipi görülür bu kıyı tipi de su altında kalmış kıyı şekillerindendir. Türkiye'de Karadeniz ve Akdeniz Kıyılarında görülür. Bu kıyılarda girinti-çıkıntı azdır. Doğal limanlar azdır ve hinterlandlarındardır. İç kesimlere ulaşım zordur. Dalga aşındırması ile falez oluşumu fazladır. Kıyı ile iç kesim arasında iklim, bitki örtüsü, ekonomik faaliyetlerde farklılık fazladır.



Şekil 4-10 Enine kıyı tipi [11]

Kıyıya paralel uzanmış dağların çukur kısımlarının deniz suları altında kalmasıyla oluşan kıyı tipi dalmaçya kıyı tipidir. Dağların yüksek kısımları kıyıda adaları oluşturur. Örnek olarak Adriyatik denizinde Dalmaçya kıyıları, eski Yugoslavya kıyıları, Yurdumuzda Antalya- Kaş kıyıları verilebilir. (Şekil 4.11)



Şekil 4-11 Dalmaçya tipi kıyılar [11]

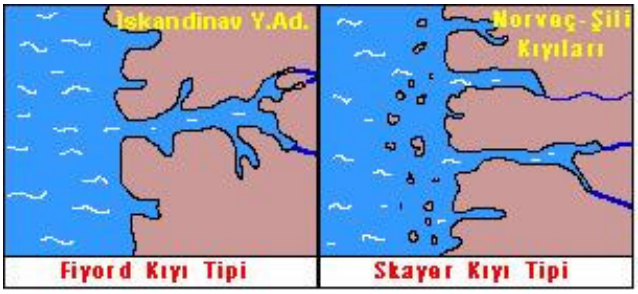
Geniş tabanlı vadilerin veya koy-körfezlerin deniz suları altında kalmasıyla oluşan kıyı tipi limanlı kıyılardır. Karadeniz'in kuzeyindeki kıyılar (Odessa, Dinyeper) buna örnektir. Yurdumuzda ise Büyük ve Küçük Çekmece kıyıları bu çeşit kıyılara örnektir.

Son buzul çağı sırasında, buzullar dağların arasında büyük vadiler yarattılar. Buzul çağı sona ermeye başladığına da buzulların erimesiyle deniz seviyesindeki yükselmeyle bu bölgeler suyla doldu. Bu tip kıyılara fiyord tipi kıyılar denir. (Şekil 4.12) Fiyord tipi kıyılar haliç tipi kıyılarla aynı şekilde oluşmuştur. Haliçi oluşturan nehirlerin yerini buzullar almıştır.



Şekil 4-12 Fiyord tipi kıyı [13]

İskandinav Yarımadasındaki kıyılar, Norveç'in bati kıyıları ve Yeni Zelanda kıyıları fiyord tipi kıyıların en iyi örneklerindendir. Eğer kıyıda adalar var ve kıyının girintisi-çıkıntısı fazla ise bu tür kıyılara Skyer tipi kıyılar denir. (Şekil 4.13) Norveç kıyıları buna örnektir. [8,9]



Şekil 4-13 Fiord ve Skayer tipi kıyılar [11]

4.2.4 Yükselerek Oluşmuş Kıyı Bölgeleri

Yükselen kumsallar derin tektonik kuvvetlerin etkisiyle oluşurlar. Kara tabanı, deniz tabanının seviyesinden daha hızlı yükselince, biz zamanlar deniz tabanı olan bölgeler kuru bölge oluyorlar. Amerika'nın ve Kanada'nın Pasifik okyanusu kıyıları tektonik olarak hareketli olduğundan bu kıyıların bir çok bölgesi bu şekilde oluşmuştur. (Şekil 4.14)



Şekil 4-14 Yükselmiş kıyı bölgesi örneği [9]

4.2.5 Organizmaların Şekillendirdiği Kıyı Bölgeleri

Bazı bölgeleri sığ suların altında kalmış fakat güçlü dalgalara maruz kalmayan bölgelerdir. Bu tur sulak alanlar lâgün veya haliç gibi deniz suyu ile nehir suyunun birbirine karıştığı bölgelerde bulunur. Bu sulak alanlar ağaçların veya otların baskın olduğu olabildikleri (Şekil 4.15) gibi yosun ve çalıların baskın olduğu bölgelerde olabilirler.[8,9]



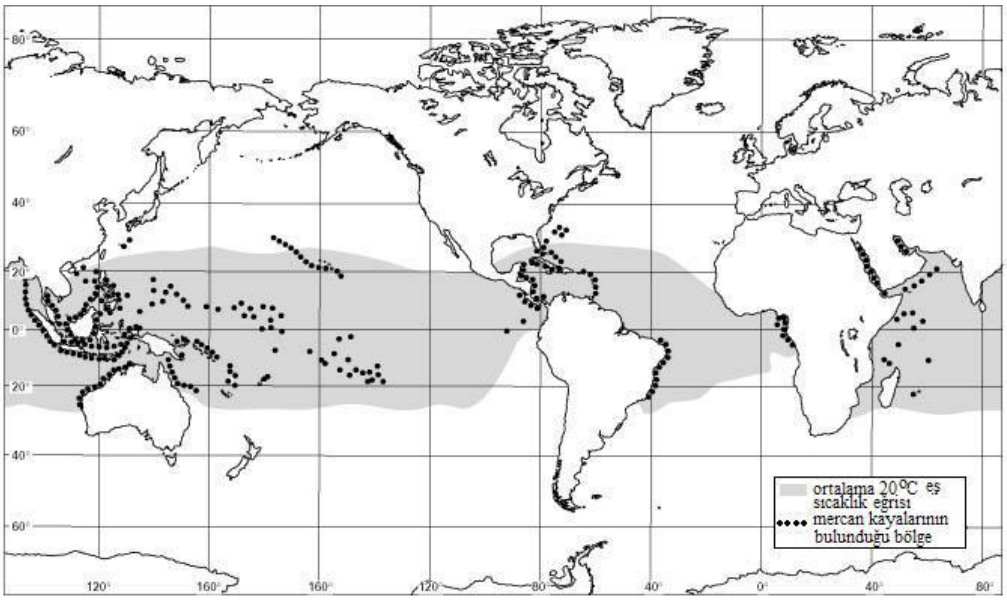
Şekil 4-15 Otların ve ağaçların baskın olduğu sulak alanlar. [9]

Tropik ve yari tropik bölgelerde (ekvatorun 30^0 kuzey ve 30^0 güneyinde) mangrov ormanları vardır. Mangrov ağaçlarının kökleri sudan tuzu filtreliyebildikleri için

tuzlu su veya tatlı suda yasayabilirler. Yoğun mangrov ormanına sahip bir kıyı, fırtına etkilerine karşı dayanıklı olur ve kıyı erozyonunu önlemiş olur.

Sıcak iklimlerdeki sulak alanlar genellikle tuz bataklıklarıyla kaplıdırlar. Tuz bataklıkları, sedimanları tutarak çevresindeki denizlerin temiz kalmasını sağlarlar. [9]

Kıyı bölgesini şekillendiren bir başka organizma da mercan ve yosun kayalıklarıdır. Mercan kayalıkları güçlü dalgalara karşı bir set gibi davranarak kıyı bölgesini dalga erozyonuna karşı korurlar. İlk bakışta mercanlar bitki gibi gözükseler de gerçekte sünger ve denizanası gibi omurgasız canlılardandır. Mercanların yaşaması için 18^0 ile 50^0C arasında, temiz ve normal okyanus suyu tuzluluğunda suya ihtiyaçları vardır. Sadece 30^o enleminin altındaki temiz kıyılarda oluşabilirler. Şekil 4.16 mercan kayalıklarının sıklıkla bulunduğu bölgeyi göstermektedir.



Şekil 4-16 Mercan kayalarının dünya okyanuslarındaki dağılımı [9]

5. KIYI BÖLGESİNİ ETKİLEYEN KUVVETLER

5.1 Giriş

Kıyı bölgesinde oluşan katı madde hareketi yakın kıyı bölgesinde oluşur. Açık denizden gelen dalgalar kıyıya yaklaşırken kırılır ve bu andan itibaren akım ortamı oluşur. Bunun yol açtığı türbülans ve kayma gerilmeleri gibi etkenler bu bölge içinde yoğun katı madde hareketine yol açar. [3] Katı madde hareketi kıyı bölgesinde oluşan rüzgarların, dalgaların, çeşitli nedenlerle oluşan akıntıların ve gel-git olaylarının etkileşimiyle olur.

5.2 Dalgalar

Dalga hareketleri kıyı şeritlerinin değişimine sebep olan başlıca etkendir. Dalgalar katı maddelerin dağılmasını ve sıralanmasını dalga kuvvetinin büyüklüğüne ve dağılımına bağlı olarak sağlar. [14] Dalgasız bir kıyı bölgesinde katı madde taşınımı ile ilgili kıyı mühendisliği problemleriyle karşılaşılmamaktadır. Gelen dalganın durumu bilmek kıyı mühendisliğinin planlama, dizayn ve yapılandırma çalışmaları için gereklidir. [2]

Kumsallara ulaşan dalgalar rüzgar deniz yüzeyinde esip enerjisini suya aktardığında oluşurlar. [15] Bunlar dalga enerjisine dönüşerek bir enerji akısı halinde kıyı bölgesine ulaşır ve bu bölgede su kütlesi deniz tabanından etkilenmeye başlayınca sönümlenmeye de başlar. Bu olay enerji dengesi içerisinde önemli bir role sahiptir. Dalga yumuşak kıyı bölgesine geldiğinde enerjisini yoğun katı madde taşınımı ile sönümler.

Sönümlenmede dalga enerjisinin bir kısım dalganın kumsal üzerinde tırmanması ile potansiyel enerjiye dönüşür, geriye kalan kısmı ses, ısı gibi diğer enerji türlerine dönüşür.

Kıyı bölgelerindeki dalga çalışmalarında 3 durum vardır.

(1) dalga hareketinin teorik olarak tanımlanması,

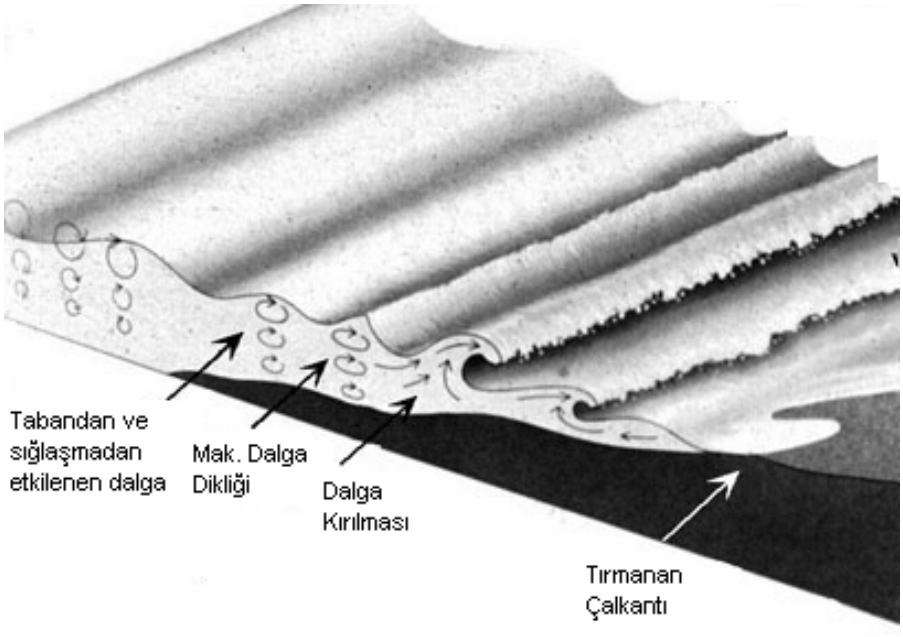
(2) kıyı bölgesindeki dalga iklimi bilgileri,

(3) dalgaların kıyı bölgesindeki kumu nasıl hareket ettirdiğinin tanımı.

Teorik olarak dalga hareketi tanımlamak, dalgaların katı madde hareketi üstündeki etkisini anlamamıza yardımcı olur. Bu tanımlama daha çok ampirik katsayılara ve kabullerle yapılır.

Katı madde hareketi ile ilgili hesaplamalar yapılırken dalga yüksekliği, periyodu ve kırılan dalganın yönü en önemli dalga özellikleridir. [2]

Kıyı bölgeleri dalga etkileri yüzünden şekillendiği ve değiştiği için, bu değişim sürekli olur. Dalgalar sığlaşıp taban sürtünmesinden etkilenmeye başlayınca, kırılıncaya kadar yükselirler ve dikleşirler. (Şekil 5.1)



Şekil 5-1 Dalgaların tabandan etkilenmesiyle oluşan değişimler [2]

5.3 Akıntılar

Hayes (1985) e göre yakın kıyı bölgesindeki katı madde hareketinin %90 ı sörf bölgesinde (dalga kırılma bölgesinde) oluşur. Bu bölgeyi etkileyen ilk faktörde akıntılardır. [15]

Denizlerde ortaya çıkan akıntılar şunlardır:

- Dalgaların yarattığı akıntılar
- Gel-git akıntıları
- Rüzgar akıntılar
- Yoğunluk akımları (tabakalı akımlar)
- Büyük ölçekli deniz akıntıları

Bu akıntılar hiçbirinin kararlı bir akım karakterinde olmadığı, hız ve yön gibi özelliklerinin büyük değişimler gösterdiği, bu akıntılar incelendiğinde görülen bir özelliktir. Fakat bu akıntılar belirli bir zaman dilimi içinde incelendiğinde, hız ve yön olarak kararlı akım olarak kabul edilebilirler. Bu kabul yapıldıktan sonrada kıyı boyu katı madde hareketinin hesabını mümkün olur. [3]

5.4 Gel-Git

Açık denizde ve okyanusta katı madde hareketine gelgitlerin etkisi olmada, kıyı bölgelerinde önemli role sahiptirler. [14]

Ay ve Güneş'in dünya üzerine uyguladığı kütle çekim kuvveti sonucu ortaya çıkan bir olaydır. [16] Bu çekim kuvveti sonucunda büyük deniz suyu kütlesinin periyodik olarak yukarı aşağı hareket eder. Şekil 5.2 [15] Ay günü ile güneş günü arasındaki 50dk'lık farktan dolayı gel-git olayı her gün bir önceki güne göre daha geç gerçekleşir. Deniz seviyesinde günlük değişimler meydana gelir. Deniz seviyesindeki bu değişimin miktarı yıl boyunca farklılık gösterebilir. Bazı kıyılarda gel-git fark edilemeyecek boyutlarda iken bazı bölgelerde ise yaşamı önemli ölçüde etkileyecek boyutlardadır. Deniz seviyesinin bu kadar farklılık göstermesi bulunulan enleme göre de değişir. Bazı kıyılarda günlük deniz seviyesi değişimi 7-8 metreyi bulur. Bu mertebelerdeki su seviyesindeki değişim eğer kıyı düşük taban eğimine sahipse denizin kıyı çizgisinden 10 km ye kadar uzaklaşmasına sebep olabilir. [16]

Gel-git miktarına göre 3'e ayrılırlar.

Mikro gelgitler (0-2 m arası)

Mezo gelgitler (2-4 m arası)

Makro gelgitler (4 m den daha büyük) [14]



Şekil 5-2 Gel-git etkisinde kalan kıyı bölgesi [8]

5.5 Rüzgar

Rüzgar kıyı bölgesindeki kumu direk olarak etkileyen faktördür. Kum tepelerinin oluşmasına sebep olurlar. İnce daneli malzemeyi hareket ettirerek kaba daneliden ayırırlar. Rüzgarlarla hareket eden kum sörf bölgesine taşınır ve katı madde taşınımı sisteminin bir parçası olur. [2]

5.6 Jeolojik Faktörler

Kıyı bölgesinin jeolojisi, kıyı bölgesinin katı madde türünü ve morfolojisini etkileyen unsurdur. Jeoloji kıyı boyu olayları etkileyen ilk durum olmasına rağmen kıyı mühendisliği açısından aktif bir rolü yoktur.

5.7 Diğer Faktörler

Kıyı bölgesini etkileyen diğer faktörler ise insan gücü ve kıyı bölgesinde organizmaların etkileridir.[2]

6. KIYI BÖLGESİNDEKİ KATI MADDE KAYNAKLARI

6.1 Giriş

Kumsallar dünya kıyı şeritlerinin yaklaşık %40 ini oluştururlar. Genellikle sıkışmamış kum ve çakıl gibi maddelerden oluşurlar. Bazıları uzun ve düzgün ilerlerken bazıları ise kısa ve girintili çıkıntılıdır. Bazıları okyanuslara açılırken diğerleri ise kapalı koy seklinde yada adalar arasında kalmış durumdadır. Bazıları derin sularla sınırlanırken bazıları ise çok sığ su birikintilerinin devamı seklindedir. Kıyı bölgeleri çok ender stabilliğini koruyabilir. Dış etkilerden çok rahat etkilenen ve değişimlere açık bir yapıya sahiptirler. Bazı kıyılar sürekli yeni katı madde kazanırken bazıları ise sürekli kayıplar yasayarak kıyı erozyonuna uğrarlar. Bu bölümde kıyı bölgesini oluşturan katı maddeler incelenmiştir. [17]

6.2 Kıyı Bölgesindeki Katı Maddenin Kaynağı

Kıyı bölgesini oluşturan katı madde çok çeşitli kaynaklardan gelmiştir fakat bunların en önemlisi kayalıkların erozyonundan gelen çökellerdir. [18] Bazı kumsalların kumu yakın bölgelerdeki kayalıkların veya kara parçasının erozyona uğramasıyla oluşur. [8] Ana karadan kopan iri malzemeler sel ve akarsular yoluyla denize dökülürler. [3] Donma ve erime, rüzgar ve dalgaların çarpmaları gibi etkiler kaya parçalarını çakıllara, çakılları kumlara küçültür.[19] Denize dökülen bu küçülmüş katı maddeler dalga ve akıntı etkileri ile kıyı bölgesinde dağılırlar. [3] Gelen katı maddenin önemli bir miktarı da nehirlerden gelir. Dalgalar bu tortulları alır ve kumsallara kadar taşırlar. [8]

Kum daneciklerinin boyutu denizdeki akıntı ve dalgalara bağlı olarak değişmektedir. Küçük hafif parçacıklar uzaklara taşınırken büyük ve ağır parçacıklar kolayca batar. Her bir dinamik değişimde kum taneciklerinin türlerine göre sınıflanması devam eder. Bazı kumsalar da kum tanecikleri tamamen farklı boyutlarda iken bazı

kumsallarda da hepsi aynı boyutta olacak şekilde sınıflanmışlardır. Her bir rüzgar veya gelgitte, tanecikler elenir veya sınıflanırlar böylece kumsallar sürekli olarak yenilenmiş olurlar.

Bir kumsal tamamen aynı tür kum taneciklerinden oluşurken öbürü çeşitli türlerdeki kayalardan gelen kum taneciklerinden oluşabilirler. Sahildeki kum türleri ana kayanın türüne, dalgalara ve akımlara bağlıdır. Bazı kumsallar kum tanecikleri yerine kabuk ve mercan parçacıklarından oluşabilir.[19]

Tablo 6-1 Okyanus katı maddesi kaynakları

Okyanuslardaki Katı Maddelerin Ana Kaynakları	
Kaynak	**Tahmini Miktarı (10^9 Ton/Yıl)**
Nehirler	18.3
Buzullar	2.0
Rüzgarla Gelen Tozlar	0.6
Kıyı erozyonu	0.25
Volkanik Döküntüler	0.15
Yeraltı Suları	< 0.48

Tablo 6.1 da kıyı bölgelerini oluşturan katı maddelerin kaynaklarını göstermektedir. [20]

Kıyı bölgesindeki katı maddeler dalga ve akıntıların etkisiyle sürekli hareket halinde olduklarından belli bir kıyı bölgesi ele alınıp katı madde kaynağı incelendiğinde, bölgenin katı madde kaynağı bitişik kıyılardan gelen katı maddeler de olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kıyıya katı madde veren komşu kıyıya yukarı kıyı bölgesi adı verilir. Bu kıyıya katı madde kaynağı olan bitişik kıyı da aşağı kıyı bölgesi olarak isimlendirilir. Bir bölgenin yukarı kıyı bölgesi mi, aşağı kıyı bölgesi

mi olduğunu anlamak için kısa zaman dilimlerinde gözlemler yapılırsa o kısa zaman diliminde dalga koşulları değişebilir. Bu yüzden kıyı bölgesi uzun zaman dilimlerinde incelenirse kıyının genel davranışı görülür ve yukarı ve aşağı kıyı bölgelerinin tam olarak tanımlanması mümkün olur. [3]

6.2.1 Klasik Tortullar

Kıyı bölgesini oluşturan kaynakların birincisi klasik tortullardır. Terrigenous tortullarda denebilir. Klasik tortullar, boyutları çok küçük kilden, büyük kum parçaları, çakıllar ve kaya parçalarına kadar çeşitlilik gösteren kayaların aşınması ve erozyonuyla ortaya çıkanlar. [18] Hava sıcaklığına ve atmosferik olaylarla yakından ilgilidir. [21] Bu tür tortullardaki mineral bileşimleri çok çeşitlidir ve tortulu oluşturan ana kayanın özelliklerini ve aşınma türünü (iklimi) yansıtır. Buz kütlelerin ve buzulların erimesi de yüksek enlemlerde okyanuslar için önemli bir katı madde kaynağıdır. Buz çok büyük kaya parçalarından çok ufak kil parçalarına kadar gelişigüzel parçacıklar taşıyabilir. [20] Klasik tortullar nehirler tarafından da taşınabilir. Nehirler dünyadaki okyanuslara yılda toplam $18x10^9$ ton katı madde sağlarlar. [14]

6.2.1.1 Nehirler

Kıyıları oluşturan kum ve çakılların ana kaynağı, karalarda meydana gelen erozyon ve kayaların parçalanmasıyla oluşan malzemedir. Bu malzemeler sel ve nehirler yoluyla denize taşınırlar. Bu taşınma sürecinde iri malzemeler kum ve çakıl boyutuna ve şekline ulaşırlar. Denize taşınan bu katı maddeler dalga ve akıntı etkileriyle kıyı bölgesinde dağılırlar.

Katı madde hareketlerinin söz konusu olabileceği kıyı bölgeleri büyük çoğunlukla kum ve çakıl boyutundaki malzemeden oluşur. Silt ve kil gibi daha ince malzemeler ise ancak kıyının çok durgun, korunmuş veya yarı korunmuş, açık denize kısmen kapalı bölgelerinde çökelirler. Katı madde hareketine yol açan etkenler, dalgalar, akıntılar ve gel-gittir. Katı madde hareketinin kıyıya etkileri kıyı erozyonu ve yığılma şeklinde ortaya çıkar. [22]

Başka önemli faktör ise bölgede, nehri kıyı bölgesinden ayıran bir halicin bulunup bulunmadığıdır. Bazen haliçler nehirlerden gelen katı maddeyi engelleyerek kıyı bölgesine ulaşmasını engeller. Fakat bazen de haliçte meydana gelen gelgit akıntıları kıyı bölgeleri için kaynak taşırlar. [23]

Tablo 6-2 de Türkiye'deki akarsu havzalarının yılda ne kadar katı madde taşıdığı görülmektedir.

Tablo 6-2 Türkiye'deki nehirlerin katı madde katkısı [24]

Havza Adı	Ortalama sedimen miktarı (ton/yıl)	Havza Adı	Ortalama sedimen miktarı (ton/yıl)
Meriç-Ergene	2 558 700	Kızılırmak	21 434 130
Marmara	4 828 504	Konya K.Havzası	14 146 017
Susurluk	4 744 077	Doğu Akdeniz	4 424 121
K.Ege	1 401 814	Seyhan	3 993 915
Gediz	3 137 604	Asi	1 773 453
K.Menderes	1 047 030	Ceyhan	4 113 514
Batı Akdeniz	4 308 145	Fırat	36 858 770
Antalya	2 549 402	Aras	5 714 708
Burdur-göller bölgesi	1 349 602	Van	2 713 333
Akarçay	1 274 938	Dicle	12 558 518
Sakarya	14 130 258	Çoruh	3 791 819
Batı Karadeniz	8 278 081	D.Karadeniz	4 808 819
Yeşilırmak	8 042 623	TOPLAM	177 022 035

6.2.1.2 Kayalıkların Erozyonu

Genellikle kayalıkların erozyona uğramasıyla elde edilen katı madde miktarı nehirlerden sonra gelen ikinci en önemli kaynaktır. Bazı bölgelerde cep sahilleri gibi nehirlerden gelen katı maddeler haliçler tarafından engellendiğinde kayalıkların aşınmasıyla elde edilen katı madde medde miktarı en önemli kaynaklardan biri olur. Fakat genel olarak bu şekilde sağlanan katı madde kaynağı bir kıyı bölgesinde %5 ile %10 arasındadır.

Kayalık erozyonu en çok buzul birikintileri gibi sıkışmamış sedimanlarda görülür. Bir bölgede erozyon ne kadar olduğu, bölgenin seri halinde çekilmiş fotoğraflarıyla anlaşılır. İngiltere gibi bazı ülkelerde eski haritalar kullanılarak uzun sureli erozyon oranları belirlenir. [23]

6.2.1.3 Rüzgar Taşınımı

Bitki topluluğunun olmadığı ve sıkışmamış malzemeye sahip bölgelerde rüzgar katı maddeleri kolaylıkla başka bölgelere taşıyabilir. Karadan denize doğru esen rüzgar beraberinde iç bölgelerden aldığı katı maddeyi getirir ve kıyı bölgesi için yeni bir katı madde kaynağı sağlamış olur. [17]

Rüzgarın esmesiyle taşınan katı madde kumlu kıyı bölgeleri için bazen kaynak olabilir fakat genellikle rüzgar katı maddeyi taşıyarak iç bölgelere sürükleyerek, kumun kıyı bölgesinin kaynağı olasını engeller. [23]

6.2.2 Biyolojik Tortullar

Kıyı bölgesindeki katı madde kaynakların bir diğeri ise biyolojik tortullardır. [18] Kıyı bölgesindeki katı maddelerin başka bir kaynağı da açık denizden kıyıya doğru ulaşan katı maddeler olduğundan bazı kıyılarda katı madde ile birlikte açıklardan kıyıya gelen deniz canlılarının kabukları ve iskeletleri de bulunabilmektedir. [3] Bu tür kıyı bölgeleri canlı organizmalardan oluşur. Biyolojik tortullar genellikle planktonlardan oluşur. [25] Fakat bu şekilde kıyı bölgesini oluşturan katı madde miktarı çok azdır. [3] Bu Tur kıyılar genellikle biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu tropik bölgelerde görülür. Bu tur kaynakların varlığı genellikle terrigenous kaynaklar bulunmadığında çok belirgindir onun dışında çok belirgin değillerdir. Biyolojik tortul kaynaklarının miktarı o kıyıda bulunan organizma miktarına bağlı olarak tahmin edilir. [23]

6.2.3 Hidrojenli Tortullar

Tropik bölgelerde bulunan kıyılarda gözüken katı madde turudur. [23] Çok küçük oranda bulunurlar. Deniz suyunda çözülmüş bileşenlerin kimyasal çökelmesi ile oluşan tortullardır. Orta okyanus sırtlarında metal sülfat birikintileri ve kil mineralleri buna örnektir. [21]

6.2.4 Kozmik Tortullar

Dünya sürekli olarak uzaydan meteor ve kozmik toz bombardımanına uğrar. Atmosferi geçip okyanusa ulaşabilen miktar okyanus tabanına yerleşir. Bu tür tortullar katı madde kaynağı olarak baskın olmadıkları gibi deniz tabanının çok küçük bir bölümünü temsil ederler. [25]

6.2.5 Yapay Kaynaklar

Kıyı bölgeleri çok küçük bir oranı kapsasa da cam, beton, tuğla gibi malzemeleri de bünyelerinde barındırırlar. Bu tur kumsallar genellikle gelişmiş yerleşim merkezlerine ve endüstri alanlarına yakın bölgelerde bulunur.

Kıyı bölgesinde mühendislik çalışmaları için, yeni yapılanmalar için de bazı değişiklikler yapılabilir. Böyle durumlarda bu çalışmalar yapay kaynaklar gibi yeni kıyı alanları oluşturabileceği gibi tam ters etkide yaratıp varolan kıyı bölgelerinin yok olmasına da sebep olabilir.

6.2.5.1 Kıyı Yenilenmesi

Kıyı bölgesindeki yapılaşmaya alternatif olarak planlama açısından ve ekonomik açıdan avantajlı olan bir yolda kıyı yenilenmesidir. [26] Kıyı çizgisini korumak ve stabil yapmak bölgenin kumla doldurulmasıdır. [23] Kıyı bölgesindeki erozyon problemine doğal fakat kısa sureli bir çözüm oluşturur. [26] Yeni oluşan kıyı bölgesi tampon gibi davranarak deniz kayalıklarını ve kıyı özelliklerini dalgaların etkisinden korurlar. Kıyı bölgesini kumla doldurarak yeni kıyı bölgesi oluşturmak ayni zamanda yeniden yapılanma çalışmaları için geniş alan sağlamaktadır.

Kıyı yenileme çalışmaları için kum katkısı genellikle kıyı bölgesinin arkasındaki lagünlerden, sulak alanlardan veya komşu kıyılardan hidrolik boru hattıyla direk olarak elde edilir. Katı madde çekilen bölge kendi için eksilen malzemeyi haliç bölgesinden, yakın bölgelerdeki kumullardan, veya iç bölgelerdeki başka kaynaklardan elde eder. Fakat bazen katı madde alınan bölgeler biyolojik yasam alanı açısından olumsuz etkilenebilir. Eklenen kumun dane boyutu kumsaldaki kumun dana boyutuna denk olması gerekir. Eğer daha ince bir kum olursa bir sure sonra bölgedeki malzeme açık denize gider. [23]

Kıyı yenileme çalışmaları hem başarılı hem de düşük maliyetli olur. Bu çalışmalara örnek olarak Florida, Miami Sahilleri verilebilir. Bu bölgedeki otellerin önünde neredeyse hiç bir kıyı bulunmaması 1980 yılında 15 km uzunluğunda kıyı oluşturma projesinin uygulanmasına sebep olmuştur. Bu çalışmada milyonlarca metre küp kum kullanılmış ve proje sonunda maliyet 65.000.000 $ olmuştur. Kum yakın bir açık deniz alanından çekilmiş ve kıyıya pompalanmıştır ve kum kepçe ve buldozerlerle dikkatlice serilmiştir. Yapılan çalışmaların ardından kıyının arka tarafının bitkilendirme işlemi yapılmıştır. Bu sayede geçici bir çözüm olmaktan çıkıp stabil hale getirilen kıyı genişliğini günümüzde hala ilk uygulandığı şeklini korumaktadır. [27]

6.2.5.2 Kıyı Bölgesi Kaynaklarının Madenciliği

Kıyı bölgelerinden sediman elde etmek için yapılan kazı çalışmaları kıyı yenileme çalışmalarının tam tersi etki yaratır. Tampon bölge olarak davranan bölgenin çökerek erozyonun artmasına sebep olur. Bu yüzden bu çalışmalar eğer kıyıda sürekli bir yenilenme oluyorsa kontrol altında yapılır olmuyorsa da tamamen yasaktır. On dokuzuncu yüzyılda İngiltere' deki Devon sahilinin Hallsands bölgesinde çakıl elde etmek için yapılan madencilik çalışmaları deniz kayalıklarında büyük erozyonlara ve bölgede yıkıcı zararlara sebep olmuştur. [23]

6.3 Kıyı Bölgesindeki Katı Madde Özellikleri ve Analizleri

Kıyıdaki katı maddelerin fiziksel özelliklerinin bilinmek istenmesinin sebebi katı maddelerini rüzgar, dalga ve akım hareketlerine tepkilerini kontrol etmek ve etkilerini mühendislik çalışmaları ile kontrol altına almaktır. [6]

Mühendislik çalışmalarında dane boyutu ve dane dağılımı malzemeyle ilgili belirleyici özelliktir. Genelde katı madde özelliklerini tanımlamak için tek ölçülen birimdir. Dane boyutunu belirlemek için çeşitli yöntemler vardır.

6.3.1 Elek Analizi

Elek analizi en eski fakat hala kullanılan bir yöntemdir. Dane boyutu iç içe geçmiş yukarıdan aşağıya doğru küçülen elek setleriyle belirlemektir. Her bir elek pirinç

veya paslanmaz çelik tellerle kare kare örülmüştür. Bu geometride olmasının sebebi orta eksenin genişliği elenmiş danelerin kritik boyut belirleyicisidir. Elle yada mekanik olarak sallanan eleklerden geçebilecek küçük daneler geçerek boyutlarına göre ayrılırlar. Her boyut sınıfının yüzdesi toplam ağırlığa göre alınır.

6.3.2 Pipet Analizi

Silt ve kil boyutundaki çamur çökeltilerin dane boyutu dağılımları genellikle pipet analizi ile saptanmaktadır. Numune, içerisinde damıtılmış su ve kilin topaklanmasını engelleyen ayrıştırıcı bir madde bulunan bir 1 litrelik derecelenmiş bir silindire koyulur. Daha sonra karışım çalkalanır ve bir pipet yardımı ile belirli zaman aralıklarında ve belirli derinliklerden 20 ml'lik zemin-su karışımları alınır. Ardından pipetler içerisindeki su 50 ml'lik deney şişeleri içerisinde buharlaştırılır ve sadece çökeltilere ait olan ağırlıklar belirlenir. Daha önceden belirlenmiş çökelme oranları da kullanılarak her dane boyutu sınıfına ait olan yüzdeler belirlenir. Tekniğin ayrıntıları Folk's 1974 laboratuar kılavuzunda verilmiştir.

Başarılı bir pipet analizi, çok hassas ve doğru bir ölçüm ve sınırsız bir sabır gerektirir. İçerisinde çökelti bulunan 20 ml'lik karışımların ağırlıkları ile içerisinde çökelti bulunmayan aynı ölçüdeki suyun ağırlıkları birbirine çok fazla yakındır, dolayısıyla bu ölçümlerin çok dikkatli ve hassas bir şekilde alınması gerekmektedir. Ölçümlerde karşılaşılan bu tür problemlere karşın, pipet analizi çamurlu çökeltilerin analizinde çok yaygın bir şekilde kullanılan pratik bir yöntemdir.

6.3.3 Rapid Sediment Analizleri

Elek ve pipet analizlerindeki potansiyel dezavantajların bazılarının üstesinden dikkatli örnek alma ile gelinebilir ama bu şekilde çözülemeyecek problemler de mevcuttur. Elek analizi, malzemenin yoğunluğunu ve danelerin şekillerini hesaba katmaz. Ayrıca, yüksek sayıdaki örnekler (>30) üzerinde yapılan deneyler de yorucu bir metottur. Bunun yanında, elek açıklıkları ince daneli malzemeleri sınıflandırmaya yeterli olacak ölçüde küçük üretilememektedir.

Rapid Sediment Analyser'lar (RSA) bahsedilen ilk iki probleme çözüm bulmak için imal edilmişlerdir. En popular RSA, çökelme tüpüdür. Çökelme tüpü, bir-iki metre yüksekliğinde, damıtılmış su ile doldurulan bir silindirdir. Daha önceden ağırlığı

tartılmış bir tortu örneği su kolonunun üzerinden çökelmeye serbest bırakılır. Çökelen malzemeler tüpün alt noktalarında belirli yerlerde hassas bir tartıya bağlantılı kaplarda toplanır ve birikmiş malzemenin ağırlığı da zaman içerisinde kaydedilir. Dane boyutu ve çökelme hızı arasındaki, boyut-ağırlık sınıflandırmaları için uygun ampirik ve teorik bağlantılar kullanılır. Önceki sistemlerde, zaman-ağırlık verileri el ile kaydediliyor ve boyut sınıflandırmalarına çevriliyordu. Günümüzde ise uygun maliyetli, bilgisayarlı sistemler mevcuttur ve birçok RSA'nın önemli bir parçasıdır.

Bazı RSA'larda çökelme tüpünün tabanına yakın, ölçüm alınan noktalarda basınç çeviriciler mevcuttur. Daneler bu mevcut çeviricilerin alt seviyesine düştüklerinde, üstte kalan su-çökelti karışımının basıncı düşer ve bu değişimler çökelti ağırlığına çevrilir. Bu tip RSA'lar için gelen en önemli eleştiri mevcut olan çeviricilerin hassaslık derecesine bağlı olan çökelti-su yoğunluğundaki küçük değişimlerdir.

Bu popülerliklerine rağmen, RSA'ların bazı kendilerine has problemleri de mevcuttur. Bunlar içerisinde en önemlilerinden bir tanesi, RSA'ların çökelti boyutunu bir su kolonu içerisindeki düşüş hızının fonksiyonu olarak belirlemesidir. Ayrıca RSA'lar tipik olarak kuartz veya cam küreler ile kalibre edilirler ve dolayısıyla daneler gerçek dane boyutlarının ölçüleriyle değil bu "eşdeğer çap"larla ifade edilirler. Bu yüzden bazen elek boyutlarıyla kıyaslamalar yanıltıcı olabilir.

Bir diğer problem de dane karışımlarıdır. Tek başına çöken bir dane boyutunun hızı, aynı boyuttaki çöken birçok dane boyutunun hızından farklıdır. Yani çökme işlemi grup içerisindeki çöken dane sayısına da bağlıdır. Sonuç olarak, çökelme tüpündeki kolonlar doğal çökelme ile karışabilir. Bununla birlikte, bu problemlerin bir çoğu dikkatli bir dizayn ve kalibrasyon ile çözülebilmektedir.

6.3.4 Diğer Yöntemler

Çok düşük çökelme hızı ve çökelme oranlarından dolayı, çamurlu çökeltiler standart bir RSA ile analiz edilemez. Bu problemi çözebilmek için birçok optik yöntem geliştirilmiştir. Bu geliştirilen yöntemler, yukarıda anlatılan pipet analizi yöntemlerinden çok daha hızlıdır.

Orijinal olarak kan hücrelerini saymak için geliştirilen Coulter sayacı, tek tek daneleri saymak ve boyutlarını belirlemek için kullanılabilmektedir. Diğer bir takım araçlar da bir veya birkaç lazer kullanarak dane konsantrasyonunu belirler. Çökelme tüpünde olduğu gibi, dane dağılımı sınıflandırmaları daha önceden bilinen çökelme oranlarına göre belirlenir. Tüm durumlarda, numune oluşabilecek bazı problemleri önlemek amacıyla inceltilmelidir. Ayrıca, kalibrasyon konusu da halen aktif bir tartışma konusudur. Bazı araştırmacılar eski geleneksel metotların uygulanamadığı durumlarda, lazerli sistemlerin halen gelişme aşamasında olduğunu savunmalarına rağmen bu sistemleri tek seçenek olarak kullanabilmektedirler.

6.4 Kıyı Bölgesindeki Tipik Dane Boyut Ve Dağılımı

Kıyı bölgelerinde ki katı madde dane boyutları çok çeşitlilik gösterir. Dane boyutu dane çapı olarak verilir.

Dane boyutları kilden (1 mikrondan daha küçük çapa sahip), çakıl ve kaya parçasına (10 santim çapında) kadar çeşitli aralıklarda bulunabilir. Çakıllı kıyılar haricinde, en çok 0.1 ile 1 mm arasında dane boyutuna sahip kumsallar vardır.

Katı madde boyut sınıflandırmasında en çok kullanılan Wentworth skalası (1922) kullanılır. Bu skala Tablo 6.3 de verilmiştir. Bu skala 2 tabanına göre logaritmiktir.

Bir çok fizikçi dane çapını Krumbein (1936) ve Wentworth'un boyut sınıflandırmasında kullandığı phi (ϕ) ile tanımlamıştır. d olarak mm cinsinden tanımlanan dane çapı;

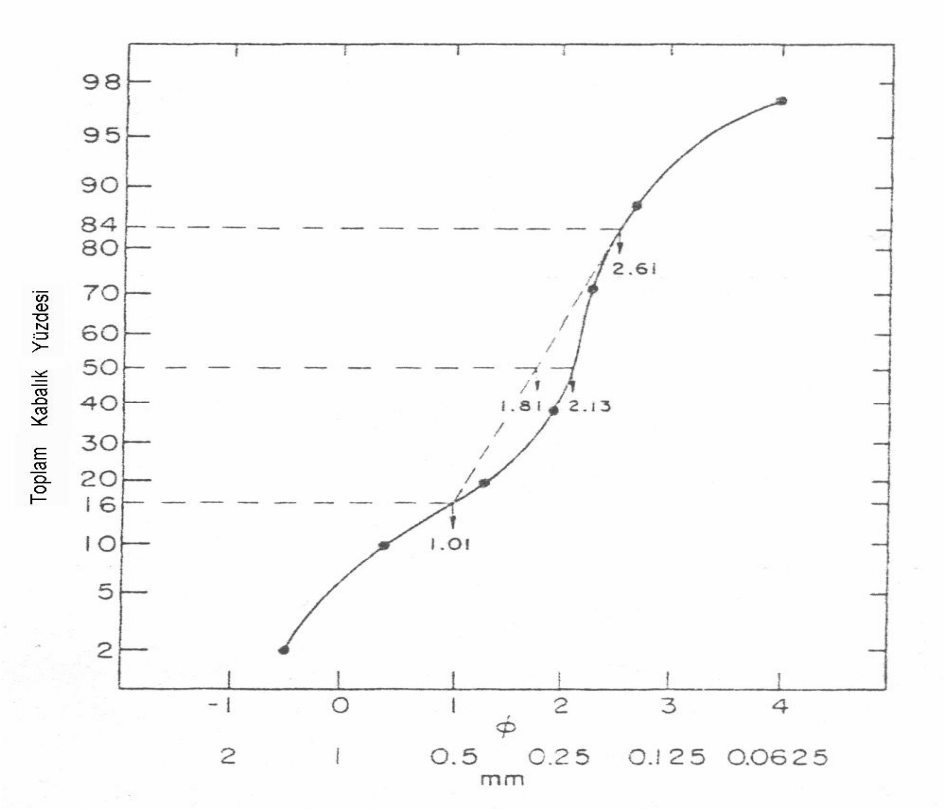
$$\phi = - \log_2 d \text{ 'dır.} \qquad (6.1)$$

Eksi işareti genel olarak dane çapları d > 1 mm olduğundan phi'nin de pozitif işaret alması için kullanılmıştır. Wentworth'un boyut sınıflandırmasında kullandığı sınır değerleri phi birimidir. Phi birim sistemi bazı karışıklıklara sebep olabilir çünkü phi birimi parçacık çapı küçüldükçe artmaktadır ve tüm sayı aralıkları farklı sıralamadaki parçacık boyutunu temsil eder.

Tablo 6-3 Dane boyutu sınıflandırması

Sınıf	**Dane boyutu(mm)**	**Dane boyutu (ϕ)**
Kaya	>256	<-8
İri Taş	64 ten 256 ya	-6 dan -8 e
Çakıl	4 ten 64 e	-2 den -6 e
İri çakıl	2 den 4 e	-1 den -2 e
Çok Kaba Kum	1 ten 2 ye	0 dan -1 e
Kaba Kum	0.5 den 1 e	1 den 0 a
Orta Kum	0.25 ten 0.5 e	2 den 1 e
İnce kum	0.125 ten 0.25 e	3 ten 2 ye
Çok İnce Kum	0.0625 ten 0.125 e	4 ten 3 e
Silt	0.0039 dan 0.0625 e	8 den 4 e
Kil	<0.0039	> 8 e

Dane boyut dağılımı ve dane boyut örnekleri en iyi standart istatiksel tekniklerle tanımlanır. Örneklerin boyut dağılımı genelde toplam daha kaba (veya daha ince) dane çapı yüzdesi ile, mm yada phi biriminde verilen dane çapı grafiği ile belirlenen toplam boyut frekans dağılımı ile temsil edilir. Kıyı bölgesindeki danelerin bu tür dağılımı şekil 6.1 de gösterilmiştir.



Şekil 6-1 Tipik kum örneği boyut analiz grafiği [28]

Danelerin toplam boyut frekans dağılımının önemli özellikleri 3 istatiksel parametreyle tanımlanır. Bu parametreler ortalama eğilim (sayısal ortalama, medyan ve mod çaplarıyla), dağılım veya standart sapma ve muhtemel asimetridir. Toplam boyut frekans dağılım diyagramından medyan çapın belirlemesi en kolay olandır ve az miktardaki yüksek boyutların varlığında sayısal ortalamanın etkilendiğinden daha az etkilenir. Bunlardan dolayı genellikle ortalama eğilimi tanımlarken medyan kullanılır. Katı maddeler akarsularla hareket edip kıyı bölgelerinde biriktiklerinde, daha kaba daneliler akarsu yatağında geride kalır. İnce daneliler ise açıklarda birikir. Bundan dolayı kıyıdaki katı maddeler iyi sınıflanmış daneciklerdir.

Mühendislik uygulamalarında genel olarak kıyıda ki kum örneklerini tanımlamak için kullanılan parametre mm cinsinden verilen medyan çapı d_{50} dir. Şekil 6.1 de d_{50}=0.23mm olarak verilmiştir. Ortalama eğilim ve standart sapma ve asimetriyi belirleyen diğer ölçümler katı maddelerin boyut analizine bağlıdır. Mühendislik çalışmalarında genel olarak kullanılan sistem Inmann (1952) tarafından geliştirilmiş bir sistemdir. Bu sistemin bir parçası Tablo 6.4 de verilmiştir. Tablo 6.4 teki ϕ_{16}, ϕ_{50},

$\phi_{84,}$ değerleri toplam frekans boyut dağılımının daha kaba phi çaplarının %16, %50 ve %84 ini göstermektedir.

Aritmetik normal bir dağılımda 16'ıncı ve 84'üncü yüzde aralığında iki standart sapma vardır. Bu da phi sapma miktarının tanımının, medyan boyutundaki örneğin dağılımını ve sıralanmasını gösterdiğini öne sürüyor. Bu yüzdeler aynı zamanda iki temsili nokta alınarak phi değerlerinin ortalaması alınarak phi ortalama çapını belirlemek içinde kullanılabilirler. Tablo 6.5 teki değerler şekil 6.2 deki değerleri tanımlamaktadır. [6]

Tablo 6-4 Katı maddeleri tanımlayıcı ölçümler

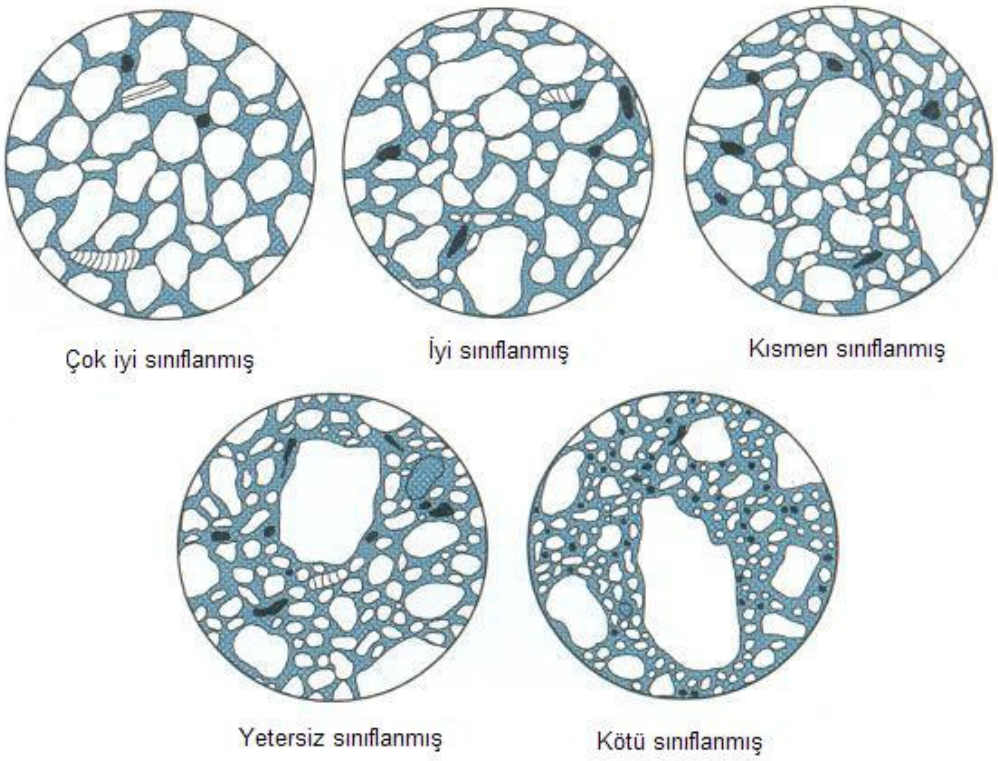
Ölçüm	**İsim**	**Tanım**
Ortalama eğilim	Phi medyan çapı Phi ortalama çap	$M_{d\phi}=\phi_{50}$ $M_{\phi}=½(\phi_{16}+\phi_{84})$
Sıralanma	Phi sapma ölçümü	$\sigma_{\phi}=½(\phi_{84}-\phi_{16})$
Çarpıklık	Phi çarpıklık ölçümü	$\alpha_{\phi}=(M_{\phi}- M_{d\phi})/\sigma_{\phi}$

6.5 Kıyı Bölgesindeki Katı Madde Sınıflanması

Katı madde sınıflanması elimizdeki örnek daneleri birbirleriyle ne kadar benzediklerini belirler. Tablo 6.4 de hala kabul edilen Folk (1974) tarafından hazırlanmış sınıflandırma kriterleri gösterilmiştir. Şekil 6.2 de bu sınıflandırmaların görünüşünü göstermektedir.

Tablo 6-5 Katı maddelerin sıralanma sınıfları

Sınıflandırma	**Standart Sapma (ø)**
Çok iyi sınıflanmış	< 0.35
İyi sınıflanmış	0.35-0.50
Kısmen iyi sınıflanmış	0.50-0.71
Kısmen sınıflanmış	0.71-1.00
Yetersiz sınıflanmış	1.00-2.00
Kötü sınıflanmış	2.00-4.00
Çok kötü sınıflanmış	> 4.00



Şekil 6-2 Katı maddelerin sıralanma sınıfları [9]

7. KIYI PROFİLLERİ VE KIYI BOYU KATI MADDE TAŞINIMI

7.1 Giriş

Kıyıya dik yöndeki katı madde hareketi sonucunda kıyı profilindeki değişimler gelen dalganın dikliğine ve kıyıyı oluşturan katı maddelerin boyutuna bağlıdır. Her dalga durumuna bağlı olarak kıyının profili de değişmektedir. Uzun zaman dilimi içinde kıyının kaybettiği katı madde miktarı ve kazandığı katı madde miktarı dengelenirse kıyının genel bir denge konumuna sahip olduğu söylenebilir. Kıyı bölgeleri kısa dönemlerde incelenirse yanıltıcı sonuçlara varılabilir. Kısa dönemde yapılan gözlemlerde ortalama değerlerden çok farklı sonuçlar çıkarsa o kıyı ile ilgili yanıltıcı kanılara varılmasına sebep olabilir.

Gerçekte kıyı profilleri çok kısa dönemlerde bile çok farklı karakter gösterebilirler. Dalga hareketine bağlı normal ve fırtına profili olmak üzere iki ana dalga profil vardır.

7.2 Normal Profil

Herhangi bir kıyı ele alındığında fırtınalı havalar dışında normal deniz koşullarında meydana gelen profile normal profil adı verilir. Normal profilin temel özelliği profilin orta bölgesinde bir basamağa sahip olmasıdır. Bundan dolayı normal profil, basamaklı profil veya yaz profili olarak da isimlendirilmektedir. Normal kıyı profilinde kıyı çizgisi önünde dik bir eğim mevcuttur. [3]

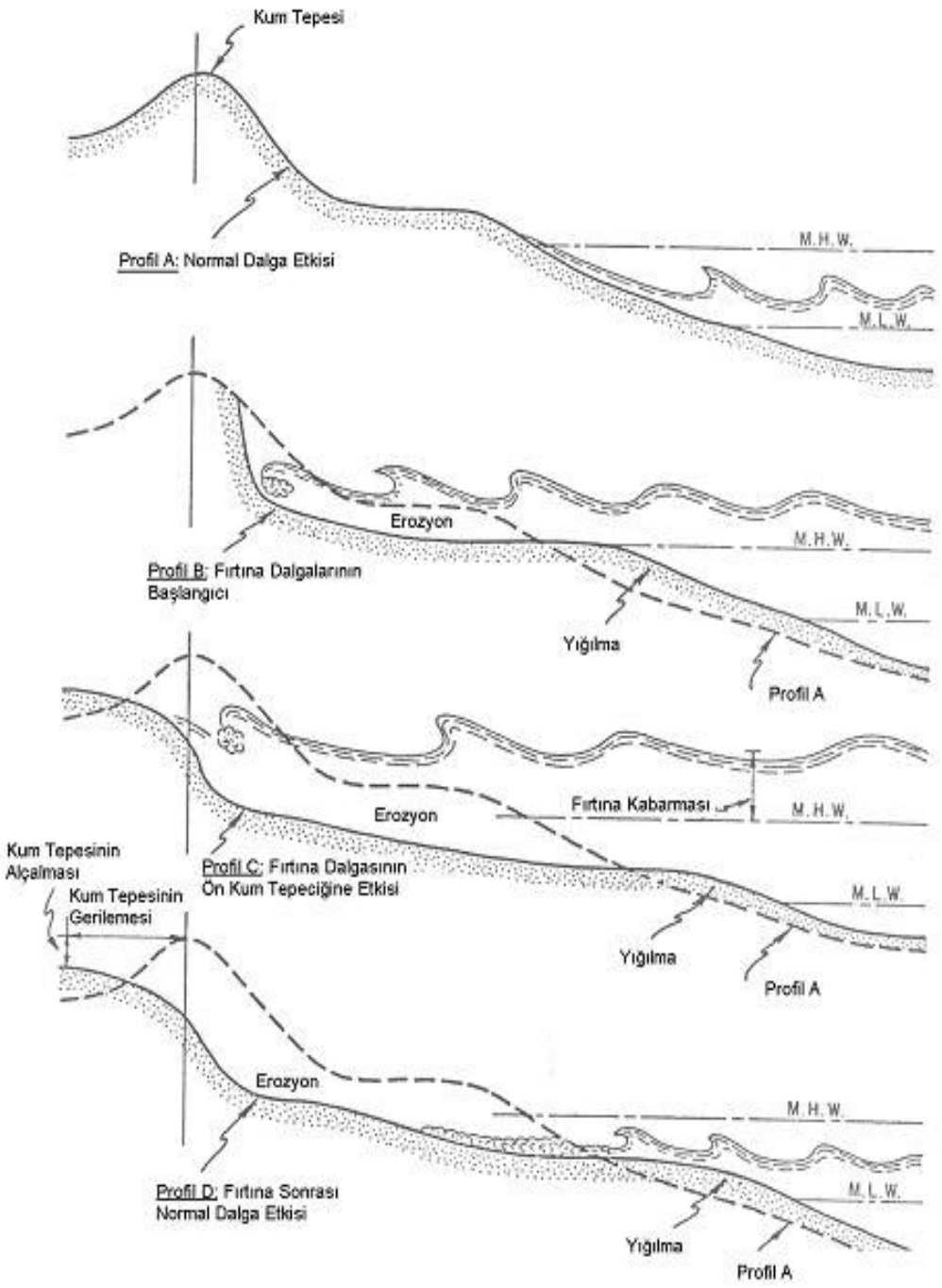
Esen rüzgar kıyı önünde doğal kum tepeleri oluşturabilir. Bu kum tepelerinde otlar, çalılar hatta bazen ağaçlarda yetişebilir. Böyle durumlarda kum tepeleri deniz etkilerine karşı direnç gösteren doğal bir set gibi davranır. [2]

7.3 Fırtına Profili

Fırtınalı havalarda kıyıda oluşan profildir. Kış profili de denebilir. Bu profilin en temel özelliği açık deniz tarafında oluşan bir kum tepesidir.

Genel olarak bir kıyıya bakıldığında bu kıyıya ulaşan dalgalar genellikle uzun periyotlu ve daha küçük dalga yüksekliğine sahip olanlardır. Böyle bir dalga kıyı yakınlarında kırıldıktan sonra kıyı profili üzerinde tırmanır. Normal profil üzerinde tırmanan su kütlesinin bir kısmı yer altına sızarak geriye bu yolla döner. Kıyıya az miktar su ulaştığından dolayı yeraltı suyunda bir yükselme olmaz. Bundan dolayı normal dalga koşullarında tırmanma sırasındaki su seviyesi ile geri dönüş sırasındaki su seviyeleri arasında oldukça önemli bir fark oluşur. Tırmanma sırasındaki büyük su kütlesi hareketi ile kıyıya doğru taşınan katı maddelerin bir kısmı zayıf dönüş akımı nedeniyle kıyıda kalır geri taşınmaz. Bu oluşum sonucunda kıyıda yığılma meydana gelir. Bu nedenle normal koşullarda, kıyının katı madde kazanımı, kıyının yenilenmesi olarak da isimlendirilir.

Fırtına durumunda olaylar oldukça farklı meydana gelir. Dalga yüksekliklerinin artması ve periyotlarının küçülmesi dolayısıyla hem ortalama su seviyesinde, sakin su seviyesine göre büyük artış olması, hem de kıyıya çok sık dalga gelmesi dolayısıyla derine büyük miktarda su sızması sonucu kıyıda yeraltı su seviyesi kısa zamanda taban yüzeyine kadar artış gösterir. Bu artış nedeniyle derine sızan su miktarı ihmal edilebilecek mertebelere iner ve tırmanma ve geri dönüş sırasındaki su seviyeleri hemen hemen eşit hale gelir. Tırmanma sırasında kıyıya doğru katı madde taşınımından daha büyük miktarda geri dönüş sırasında açığa doğru taşınır. Çünkü tırmanma sırasında taşınım kıyı eğiminin tersine iken geri dönüş sırasında eğim yönündedir ve katı maddelerin kendi ağırlıkları taşınım kolaylaşır. Böylece fırtına başladıktan kısa bir süre sonra kıyıda çok hızlı erozyon meydana gelir. Dalga etkisiyle kıyıdan açığa doğru çekilen katı maddeler bir noktada toplanmaya başlar. Böylece katı maddeler bir tepe oluştururlar. Oluşan bu tepe önceden kıyıya yakın yerde kırılan dalgaların kendi üstünde kırılarak enerjilerini kaybetmelerini sağlar. Böylece kıyıdaki erozyon önlenmiş olur. Fırtına profilinde tepe oluşumu kıyının erozyonunun engellenmesi açısından son derece önemli bir role sahiptir. [3] Şekil 7.1 de bu değişimler gösterilmiştir.



Şekil 7-1 Kumsal ve kum tepelerinin dalga etkisiyle değişimleri [2]

7.4 Kıyı Profilinin Belirlenmesi

Kıyı profilinin değişiminin ve şeklinin belirlenmesi için günümüzde genel olarak kabul görmüş ve uygulanabilir yöntemler mevcut değildir. Hidrodinamik özelliklerinin tam olarak belirlenememesi genel sonuçlara varılmasını önlemektedir. Kıyı profilinin belirlenebilmesi ancak kıyıya dik yöndeki katı madde taşınımının tam olarak hesaplanmasıyla mümkün olur. [3]

7.5 Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı

Kıyı boyu katı madde taşınımı kıyı bölgesindeki parçacıkların dalga ve akıntı ile hareketi anlamına gelir. Kıyı boyu katı madde taşınımı yakın-açık kıyı bölgesi ve kıyı boyunca taşınım olarak sınıflandırılırlar. Yakın-açık kıyı bölgesi taşınımı kıyı çizgisine dik yönde iken kıyı boyu taşınımı kıyı çizgisine dik yöndedir. Parçacıkların anlık hareketlerinde yakın-açık kıyı bölgesi ve kıyı boyu bileşenlerinin her ikisinde de görülmektedir. Güçlü gelgit akımları haricindeki açık-yakın kıyı taşınımı, açık kıyı bölgelerinde görülen belirli bir taşınım türüdür. Her iki taşınım türü de (sörf bölgesinde) dalga kırılma bölgesinde de etkilidir. [2]

Katı madde hareketinin söz konusu olabileceği kıyı bölgeleri büyük çoğunlukla kum ve çakıl boyutundaki malzemeden oluşurlar. Silt ve kil gibi daha ince çaplı malzemelere kıyı üzerinde kolaylıkla rastlanılmaz, çünkü kıyıda özellikle dalga etkisi ile oluşan büyük türbülans bu boyutlardaki ince daneleri askı halinde tutar ve bunlar ancak kıyının çok durgun korunmuş veya yarı korunmuş açık denize yarı kapalı bölgelerinde çökerek tabana otururlar.

Her kıyı bölgesinin hatta bazen aynı bölgenin değişik kısımlarının kendi coğrafi ve batimetrik koşullarının oluşturduğu dalga iklimi ve dalga-katı madde etkileşimi vardır. Bu göz önünde bulundurulup katı madde hareketleri incelendiğinde, kıyı bölgesinde mevcut koşullar altında deniz tabanının da oluşan etkiler ve bu etkiler sonucunda tabanda hareket olup olmadığının belirlenmesi gerekir. [3]

7.5.1 Katı Madde Taşınımının Önemi

Kıyı boyu katı madde taşınımını içeren mühendislik problemlerinde aşağıdaki problemlerin cevaplanması gerekir.

a. Bölgedeki kıyı boyu madde taşınım durumu nedir? (mahmuz, iskele, navigasyon kanalı gibi yapıların dizaynında cevaplanması gerekir.)

b. Kıyı şeridinde uzun ve kısa dönem aralıklarındaki göçün eğilimi nedir? (navigasyon kanalı dizaynında cevaplanması gerekir.)

c. Kum denize doğru ne kadar uzağa gidiyor? (kanalizasyon çıkışı ve su giriş dizaynlarında cevaplanması gerekir.)

d. Yakın-açık kıyı bölgesindeki parçacık hareketlerinin yönü ve oranı nedir? (sediman bütçesi çalışmalarında ve sahil doldurma dizaynında cevaplanması gerekir.)

e. Verilen kıyı profilinin ortalama şekil ve olması beklenen şekil aralığı nedir? (mahmuz, sahil doldurma, navigasyon kanalı ve taşkın koruma yapıları dizaynında cevaplanması gerekir.)

f. Önerilen yapının veya projenin komşu kıyı bölgelerine ve kıyı boyu katı madde taşınımına ne gibi etkileri var? (Bütün kıyı çalışmalarında cevaplanması gerekir.) [2]

7.5.2 Kıyı Boyu Katı Madde Taşınımı

Kıyı bölgesindeki katı maddenin türü, nehirlerden ve komşu kıyılardan gelen maddenin türüne bağlıdır. Nehirlerden kum, sellerle gelir ve dalga hareketiyle dağılır. Bu sırada kumsalları şekillendirir. Deniz tabanındaki katı madde dalga ve akım hareketiyle dağılır ve sınıflanır. Dalganın ince veya kaba dane boyutuna sahip olması dalganın güçlü veya zayıf olmasına bağlıdır. Kıyı boyunca ölçülen dane boyutunun ortalaması kumsalın genelini temsil eder.

Katı maddeler kırılan dalgalarla ilerlerler. Yakın kıyı bölgesindeki dalgaların oluşturduğu kıyı boyu akıntıları katı maddeleri harekete geçirir. Kırılan dalga ve kıyı boyu akıntıları gibi kuvvetlerin kombinasyonu katı madde hareketini oluşturur. [28]

Eğer dalga tepesi kıyıya açı ile yaklaşıyorsa, kıyı boyu dane sınıflanması olur ve ince daneli kumlar yukardan aşağıya doğru hareket eder. Kıyı boyu hareketi için en uygun durum 45^0'lik açı ile yansıma durumudur. Derin suda dalga açısı 50^0 civarlarında olduğunda kıyı boyu hareketi maksimuma çıkar. [28] Yıl içinde belli bir kıyı bölgesine çok değişik açılardan ve değişik dalga özelliklerine sahip (dalga yüksekliği ve dalga boyu) dalgalar gelirler. Her bir dalganın oluşturduğu kıyı boyu katı madde taşınımının miktarı ve yönü farklıdır. [3] Van Hijum ve Pilarczyk (1982) göstermiştir ki farklı yöndeki dalgalara maruz kalan bir kıyıda, hangi yöndeki dalgalar daha baskın ise o yöndeki katı madde hareketi diğer yönlere oranla çok daha fazladır. Güçlü dalgalarla ileri hareket eden daha kaba daneler, geri dönüş sırasında güçsüzleşen dalga ile birlikte geri dönemezler. Bu kıyı boyunca yanal sıralanmanın geliştiği tek yoldur. Bu tür kıyılarda genelde başka bölgelerden taşınmış katı maddeler bulunur. [28]

Dalga etkisi altında kıyıdaki katı madde hareket oranı, kıyı boyu ve çapraz kıyı taşınımının bileşenleriyle belirlenir. Tablo 8.1 de sörf bölgesindeki katı madde taşınımını açıklayan formüller verilmiştir.

Tablo 7-1 Sörf bölgesinde ki kıyı boyu katı madde oranı(kg/s)

	Formüller	**Açıklama**
CERC (1984)	$E_b = \frac{1}{16}\rho g H_b^2 c_{gb} \sin 2\alpha_b$ $Q = \frac{0{,}39}{(\rho_s - \rho) g n} E_b$	Kum
Kamphuis (1991)	$Q = 2{,}27 H_b^2 T^{1,5} s^{0,75} d_{50}^{-0,25} \sin^{0,6}(2\alpha_b)$	Kum
Van der Meer (1990)	$Q = 3{,}18 g.d_{50} T H_s (\cos\alpha_b)^{0,5} \left[\frac{H_s (\cos\alpha_b)^{0,5}}{d_{50}} - 11\right] \sin\alpha_b$	Çakıllı kumsallar

E_b kırılma çizgisinde kıyı boyu bileşeninin dalga enerji akısı,

ρ su özgülağırlığı ($\approx$1000 kgm^3),

g yerçekimi kuvvetini,

H_b kırılma çizgisinde dalga yüksekliğini,

c_{gb} kırılma çizgisinde ki dalga grup hızını,

α_b kırılma çizgisindeki dalga açısını,

ρ_s katı madde yoğunluğunu, ($\approx$2650 km/m^3),

n poroziteyi,

T dalga periyodunu,

d_{50} ağırlık olarak %50 si ince daneli olan malzemenin çapı

s kumsalın eğimini,

H_s önemli dalga yüksekliğini temsil eder.

Bu formüller kullanılarak kıyı boyunca katı madde hareketini tahmin edecek metotlar yaratmaya çalışılmaktadır.

Çelikoğlu yaptığı deneyler sırasında, kıyı çizgisindeki dalgaların bir açı ile kırıldıklarında, kıyı boyu akıntılarına sebep olduğunu, bununda kıyı boyunca katı madde hareketine sebep olduğunu tespit etmiştir. Sediman taşınımın kuvvetli ve büyük miktarının sörf bölgesinde görüldüğünü belirtmiştir. Dalga periyodu arttıkça sörf bölgesinde ki kıyı boyu hareket kapasitesi de artar. Kıyı boyu katı madde taşınımının yönü kıyı boyu akıntılarının yönüyle tespit edilir.

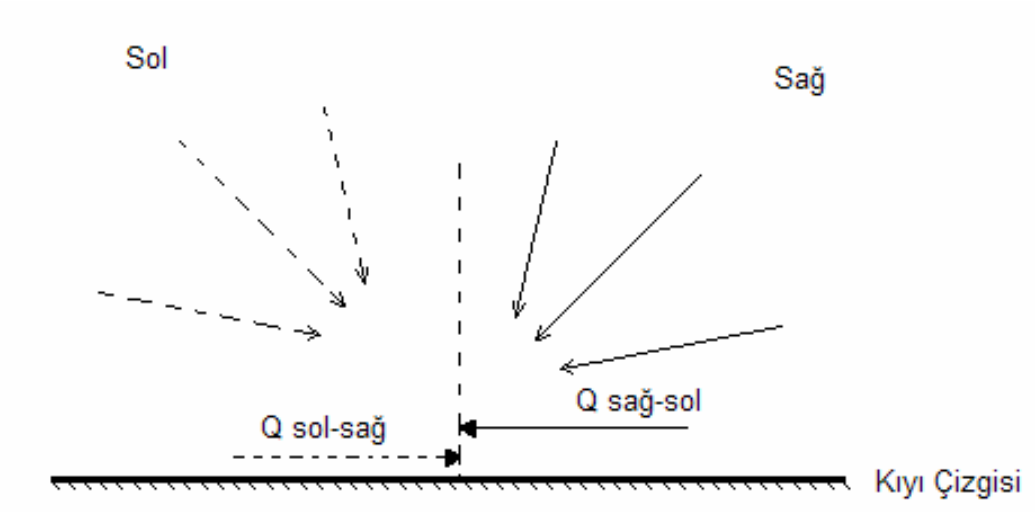
Deneylerde ince daneli kum yukarıdan aşağıya doğru hareket ettiği daha sonra aşağı hareket yerçekimi ile gerçekleşerek parçacıklar geri taşındığı ve bu olay tekrar ederken kum testere şeklinde bir rota çizerek yer değiştirdiği gözlenmiştir. [28]

Deneylerde danelerin çapları küçüldükçe, danelerin taşınma suresi arttığı görülmüştür. Ve daha kaba daneli malzemenin kıyıdan daha uzak bölgede biriktiği ve daha ince daneli malzemenin de kıyı çizgisine yakın bölgede depolandığı da görülmüştür.

Çelikoğlu'nun çalışmanın sonucunda dane sıralanma mekanizması, dalga durumuna ve orijinal karışık dane boyut dağılımına bağlı olduğu görülmüştür. Dalga tepesi kıyıya bir açıyla yaklaşırken, kıyı boyu sıralanma meydana gelir. Daha ince daneler yukarıdan aşağıya doğru hareket eder. Sıralanma kıyı morfolojisinde dinamik denge durumu yaratır. Katı madde hareketi için sadece katı madde ve dalga özellikleri göz önünde bulundurulmayacağı aynı zamanda sıralanma ve kumsalın morfolojisinin dinamik denge durumu da katı madde hareketi için önemli olduğu görülmüştür. [28]

Yıl içinde kıyı bölgesine değişik açılardan dalgaların gelmesiyle, her bir dalganın oluşturduğu katı madde taşınımı farklı olması nedeniyle bir bölgedeki yıllık katı madde taşınımını belirlenirken o kıyı bölgesine etkileyen tüm dalgalar göz önüne alınmalıdır.

Bir kıyı çizgisi düşünüldüğünde, bu kıyı çizgisine dik doğrultuda bir çizgi çizildiğinde çizginin her bir tarafındaki dalgalar aynı yöne doğru ve diğer yana katı madde taşınımı oluşturacak şekilde davranırlar. (Şekil 8.1)



Şekil 7-2 Kıyı boyu katı madde taşınımı [3]

Çizginin bir tarafına sol, diğer tarafına sağ dediğimizde sağdan sola katı madde taşınım miktarını Q sağ-sol ,soldan sağa taşınım miktarını Q sol-sağ olarak gösterebiliriz.

Dalgalar kıyıya rasgele geldiğinden bir dalga etkisiyle bir tarafa taşınan katı madde ters yönde başka bir dalga etkisiyle tam ters yöne taşınabilir. Bu durumda da yıl boyunca katı maddeler bir taraftan diğer tarafa sürekli hareket edebilirler. Net katı madde taşınımı

$$Q_{net}=\pm(Q_{sağ\text{-}sol}-Q_{sol\text{-}sağ}) \qquad (8.1)$$

şekilde hesaplanır. Net katı madde taşınımının büyük çıkması o kıyı bölgesinin yığılma ve oyulmaya maruz kaldığını gösterir. Kıyı boyu katı madde hareketine katılan toplam taşınım ise

$$Q_{toplam} = Q_{sağ\text{-}sol} + Q_{sol\text{-}sağ} \quad (8.2)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Q_{net} büyüklüğü o kıyı bölgesindeki deniz tabanındaki hareketliliğin göstergesidir. Bir kıyıda Q_{net} sıfırken Q_{toplam} büyük ise o kıyıda aktif bir deniz tabanı, şiddetli bir katı madde taşınımı vardır ve bu durum kıyı yapılarının ömrü açısından önemlidir. Kıyı yapılarının boyutu ve tipi katı madde taşınım miktarı ve yönü göz önüne alınarak yapıldığı takdirde etkin ve uzun ömürlü olurlar.

Kıyı boyu taşınım miktarı katı danelerin su içindeki ağırlığı cinsinden Q debisine bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilirler. [3]

$$I = (\rho_s - \rho).g.a_r.Q \quad (8.3)$$

I katı danelerin su içindeki ağırlığı

ρ_s danelerin özgül ağırlığı

ρ suyun özgül ağırlığı

g yerçekimi ivmesi

a_r katı madde hacminin toplam hacme oranı

Q kıyı boyu katı madde debisi

8. KIYI BÖLGESİNDEKİ KAYNAKLARIN YOK OLMASI

8.1 Giriş

Genel olarak kıyı bölgesindeki toprak kaybının, erozyonla es anlamlı olduğu düşünülse de kıyı bölgesindeki toprak kaybı erozyondan çok daha geniş bir anlamı kapsar. Kıyı bölgesindeki toprak kaybı, kayalıklardaki katı madde kaybını, haliç ve körfez bölgelerindeki sulak alanların kaybını da içeren bir terimdir. Kıyı bölgesindeki kaynak kaybının en önemli sebepleri erozyon ve katı madde temininin kıyı bölgelerinde ve sulak alanlarda yetersiz kalmasıdır. Bir bölgede katı madde kaynaklarının azalmasına veya yok olmasına sadece bir etmen sebep olabileceği gibi birden fazla etmende sebep olabilir. Kıyı bölgesindeki katı madde kaybına sebep olan başlıca etkenler ve örnekleri Tablo 9-1 de gösterilmiştir.

Kıyı bölgesindeki kaynakların yok olmasının başlıca sebepleri doğal süreç ve insan aktiviteleridir. Kaynakların yok olmasına neden olan sebeplerden kıyı çizgisi nitelikleri, katı madde kayıp oranının belirlenmesinde büyük rol oynar. Genel olarak bir kıyı bölgesinde katı madde kaybının kesin nedeni tam olarak belirlenemez bu yüzden kıyı bölgesinin gelecekte nasıl bir şekil alacağını belirlemek ve katı madde kaybının etkilerini önceden tahmin edebilmek için bölgeyi etkileyen tüm kuvvetler göz önüne alınmalıdır.

Bu bölüm, kıyı bölgelerindeki toprak kayıplarının başlıca sebeplerine genel bir bakışı irdelemektedir.

Tablo 8-1 Kıyı bölgesindeki katı madde kayıplarının genel sebepleri

KIYI BÖLGESİNDEKİ KATI MADDE KAYIPLARININ BASLICA SEBEPLERİ	
DOĞAL SEBEPLER	
ETMEN	**ÖRNEKLER**
Erozyon	Dalgalar ve akıntılar Fırtınalar Toprak kaymaları
Sediman azalması	İklim değişiklikleri Akarsuyun yolunu değiştirmesi Kaynakların azalması
Su altında kalma	Kara parçasının çökmesi Su seviyesinin yükselmesi
Sulak alan kaybı	Otçul canlılar Donma Yangınlar Tuzlu su karışması
İNSAN AKTİVİTELERİ	
ETMEN	**ÖRNEKLER**
Taşımacılık	Gemi taşımacılığı, değiştirilen su döngüsü
Kıyı Bölgesi inşaatları	Kıyı yapıları (mendirekler, deniz duvarları)
Nehir Değişimleri	Kontrol ve saptırma
Akışkan Çıkartma Çalışmaları	Su, petrol, gaz, sülfür
İklim Değişiklikleri	Küresel ısınma ve okyanus genişlemesi fırtınaların şiddetini ve frekansını artırır
Madencilik Ve Yeraltı Çalışmaları	Kanal ve boru hattı açmak, drenaj yapmak
Sulak Alanların Yok Edilmesi	Atik su etkisi Trafik Yakmak

8.2 Kaynakların Yok Olmasına Sebep Olan Fiziksel Etmenler

8.2.1 Dalgalar, Akıntılar ve Fırtına Gelgitleri

Herhangi bir koruması olmayan kıyı bölgelerinin topraklarını kaybetmelerinin ana sebebi erozyondur. Kıyı erozyonu yüksek dalga ve güçlü akıntıya sahip su kütlerinin hareketi ile baslar. [29] Kıyı bölgesine gelen dalga büyüdükçe, alıntı hızlanır ve bu iki etmenin hareket ettirdiği katı madde miktarı da artacaktır. [30] Güçlü fırtınaların su seviyesini arttırması ve akıntıları ivmelendirmesi en hızlı ve en kalıcı kayıplara sebep olur. Fırtınalar sırasında oluşan toprak kaybı da fırtına merkezinin kıyıya uzaklığı, dalga özellikleri, fırtınanın yönü, dalga yaklaşım açısı gibi bir çok etkene bağlıdır.

En zarar verici kıyı fırtınaları düşük barometrik basınç merkezlerinde oluşan ekstra-tropik (kış fırtınaları) veya tropik kasırgalardır. Her iki fırtına sistemi birbirinden farklı olsa da, su kütleleri üstündeki etkileri birbirine benzerdir. Her ikisi de yüksek, dik dalgalar ve güçlü akıntılar oluşturur. Kumsalı oluşturan bileşenler ve fırtına özellikleri kumsalların fırtınadan nasıl etkileneceğini belirler. [29]

Kıyı bölgesindeki kaynakların hareketi için her zaman şiddetli fırtınalara ihtiyaç yoktur, sakin rüzgarlar da kuru kum tanelerini hareket ettirir ve kumullara taşıyabilir. Rüzgar ne kadar şiddetli olursa, taşınan katı madde miktarı o kadar artar. Bitki örtüsünün az olması veya hiç olmaması da rüzgarların sebep olduğu katı madde kaybını arttıran bir özelliktir.

8.2.2 Heyelan ve Kayalıkların Geri Çekilmesi

Kıyı bölgelerindeki heyelan, sabit olmayan eğimli bölgelerde dış etmenler yüzünden kara parçasının aşağı doğru yer değiştirmesiyle oluşur. (Şekil 7.1). Toprak kaymasına sebep olan temel sebepler;

(1) fazla eğimli bölgeler,

(2) fazla yüklü bölgeler,

(3) depremler ve titreşimler,

(4) suya doygunluk,

(5) doğal bitki örtüsünün ortadan kalkmasıdır.

Değişik mevsim koşulları, deniz seviyesindeki dalgalanma, kayalıkları oluşturan malzeme, kayalık bölgenin eğimi gibi özellikler kayalıkların toprak kaybını belirleyen özelliklerdir. Şiddetli fırtına ve yağmur miktarının fazla olduğu kış

mevsimlerinde kayalıklarda toprak kaybı daha fazla görülmektedir. İnsan etkilerinden cimleri sulamak veya atik sularını yeraltı suyuna eklenmesi ile yapay olarak yeraltı suyu seviyesi yükseltmesi heyelanlara sebep olan etmenlerdir.

Kayalıkların geri çekilmesi her zaman çok kotu bir durum değildir, birçok kimyasal ve fiziksel süreçler aşamalı olarak dökününün birikmesini sağlar.



Şekil 8-1 El Nino'nun sebep olduğu yükselen su seviyesi ve yüksek dalgalar, Pasifik okyanusunun dik kayalık kıyılarında aktif toprak kaymalarına sebep oldu [29]

8.2.3 Sediman Bütçesi

Sediman bütçesi kumlu ve çamurlu kıyı bölgeleri için kullanılan bir terimdir. Katı madde kaybını kontrol eden üç ana faktörden (Sediman bütçesi, deniz seviyesi, dalga enerjisi) biridir. Kıyı sistemine eklenen ve kıyı sisteminden uzaklaşan sediman dengesine sediman bütçesi denir. Uzaklaşan madde miktarından daha çok eklenen madde varsa sahil şeridi denize doğru genişler. Tam tersi durumda da kıyı şeridi ana karaya doğru geriler. Kıyı erozyonu sediman bütçesindeki açığın fiziksel tanımıdır.

Sediman bütçesi ayni zamanda geçici veya kalıcı olarak depolanan sediman kaynağıdır. Birikim bölgelerine sediman çukurları denir. Belli bir bölge için sediman bütçesini hesaplamak için bütün sediman kaynaklarını ve çukurlarını göz önünde bulundurmak ve her yıl ne kadar katı madde kaybı veya katkısı olacak hesaba katmak gerekir. Doğru olarak sediman bütçesini belirlemek çok zordur.

8.2.4 Deniz Seviyesi Değişimleri ve Çökmeler

Genel olarak deniz seviyesinin her yerde aynı olduğu düşünülür fakat her noktada ayni olmamakla beraber zaman içinde de değişken bir davranış gösterir. Örneğin Pasifik okyanusu, seviyesi Atlas okyanusu seviyesinden daha yüksektir, veya ekvatora yakınların bölgelerdeki deniz seviyesi kutuplara yakın bölgelerden yüksektir. Deniz seviyesini etkileyen kalıcı faktörler, oşinografik durumlar (akıntılar), meteorolojik durumlar (atmosferik basınç, rüzgar), karasal durum (nehir boşalmaları), jeofiziksel durumlardır (geoid anomalileri). Gelgitler deniz seviyesinde geçici dalgalanmalara sebep olurlar. Binlerce yıllık zaman dilimi içindeki iklim değişimleri deniz seviyesinin değişimine ve bu değişimde kıta büyüklüğündeki buz kütlelerinin erimesine sebep olur.

Kıyı bölgesindeki kara parçalarının batması, yükselen deniz seviyesinden kaynaklanan kalıcı çökmelerdir. Bu durum bazı bölgelerde katı madde kaybının en önemli sebeplerindendir. Ne kadar katı madde kaybı olduğu deniz seviyesindeki yükselmenin hızı ile bağıntılıdır. Kıyı bölgelerindeki batan kara parçaları ayni zamanda erozyonlara da sebep olur. [29]

Her ne kadar deniz seviyesinde yükselme günümüzde yıllık 2.5 mm ise ve bu değer çok etkili gibi görünmese de, önümüzdeki yüzyılda bu değerin artacağına dair bir çok belirti vardır. Günümüzde bile bu değerin çok üstünde değişim gösteren, yıllık yükselmenin 1 cm yi bulduğu bölgeler vardır.

Kıyı eğimi 1:50 olan (1 m'lik dik yükseklik değişime karşı 50 m lik yatay değişim) ve her yıl 10 mm lik deniz seviyesinde yükselme görülen bir bölge ele aldığımızda, deniz seviyesinde 100 yıl sonunda 1 metre yükselme olacaktır. Bu da yatay düzlemde 50 metrelik bir deniz ilerlemesine denk gelir. [30] Genellikle yapılaşma için kıyı bölgelerin düşünüldüğünde bu sonuç 100 yıl sonunda kıyı bölgesindeki birçok yapının denizin içinde kalacağı anlamına gelir.

8.3 İklim Koşullarının Kaynakların Yok Olmasındaki Rolü

Mevsimsel sıcaklık değişimleri ve yıllık yağışlar dolaylı olarak kayalık veya tortul kıyı bölgelerindeki katı madde kaybına sebep olan başka bir etmendir. Soğuk iklimlerde kıyı çizgisinin geri çekilmesi çok daha az görülür bunun sebebi buzlaşmış deniz bir tampon gibi davranarak kıyıyı dalga etkisinden korurlar. Sıkışmamış bile olsalar kayalıklar donmanın etkisiyle aşınmaya karşı dirençli davranır ve aşınımın geçici olarak kontrol etmiş olur. Alaska kıyılarındaki Bertik denizi ve Arcic

Okyanusu çevresi yıl içinde 6 aydan daha uzun bir sure buzlarla kaplı olduğu için, kıyı çizgisindeki yıllık aşınım oranı çok düşüktür.

İklim koşullarının sebep olduğu dolaylı etkilerden diğeri de iklim değişimlerinin bitki örtüsünü azaltması veya tamamen yok etmesidir. Bitki örtüsü zayıflamış veya yok edilmiş bölgeler dalga etkilerine karşı, bitki örtüsü sağlıklı olan kıyılara oranla çok daha zayıf dayanım gösterirler. Düşük su tabakası seviyesine sahip olan bölgelerde kuru kum rüzgar etkisiyle çok daha kolay taşınır ve kıyı bölgesinde katı madde kaybına sebep olur.

8.4 Kıyı Çizgisi Özelliklerinin Kaynakların Yok Olmasındaki Rolü

Kayaların mineral içeriği ve sertliği kıyı bölgelerindeki potansiyel katı madde kaybını belirleyen özelliklerdir. Gevşek toprak, sıkışmış toprağa göre daha kolay aşınır. Sert kristallerden oluşmuş kıyılar erozyona karşı çok daha fazla dayanıklıdır. Florida kıyılarını oluşturan mercan kayalıklarındaki kireçtaşları erozyona karşı dirençli iken bazı kireçtaşları yeraltı kaynak suyu ile çözülerek çökmelere sebep olabilir. (Şekil 7.2)



Şekil 8-2 Kireçtaşının çözülerek çökmeye sebep olması [29]

Su tabakasının yüksekliği de kumlu kıyı bölgelerinin aşınımına sebep olabilir. Sahildeki yeraltı su seviyesi deniz seviyesinden daha aşağıda ise kıyı bölgesi erozyona karşı daha az hassastır. Dalgalar doygun olmayan bir kıyı bölgesine geldiğinde su kumun içine isler. Dalgalar beraberinde taşıdığı kum birikintilerini de

kıyı bölgesine taşımış olurlar. Tam tersi şekilde eğer kıyı bölgesi suya doygunsa ve kıyı bölgesinin su seviyesi okyanustan daha yüksekse, su okyanusa geri dönerken kıyı bölgesinden aldığı kumu da beraberinde götürerek erozyona sebep olmuş olur.

Kıyı bölgesinin sekli ve profili de erozyon ve çökmelere karşı kıyı bölgesinin davranışını belirleyen bir etmendir. Dalga etkisine ve erozyona en çok maruz kalan kıyı tipi uzun kayalıklardan oluşmuş kıyılardır. Diğer taraftan kayalıklardan oluşmuş kıyı eğer sert kayalardan oluşuyor ise erozyona karşı en dayanıklı kıyı bölgesi de olabilirler. Sıkışmamış malzemeden oluşan yüksek uçurumlar, daha alçak uçurumlardan daha yavaş aşınırlar çünkü yüksek uçurumlar dalga ve akıntılar için daha fazla malzeme sağlarlar. Ayni sebepten dolayı kumdan oluşmuş geniş sahiller, küçük sahillerden daha yavaş aşınırlar. Güney Karolina'da 300 m genişliğinde, 5 m yüksekliğindeki kum tepesinin Hugo kasırgasının oluşturduğu dalga fırtınasından etkilenmeyen tek şey olduğunu belirtmişlerdir. [29]

Katı madde kaybı miktarı kıyıya ulasan dalga enerjisini etkilediği kıyı şeridinin pürüzlülüğüne de bağlıdır. Dalga enerjisi genellikle burunlarda artarken, koylarda azalmaktadır. Girintili çıkıntılı olan kıyı şeritleri, düzgün pürüzsüz kıyı şeritlerine oranla daha kuvvetli dalgaların etkisinde kalırlar. Dalga feci, yakın kıyı bölgesindeki su derinliği ve kıyının uzanımı gibi kıyı çizgisinin morfolojisini belirleyen etmenler kıyıya gelen dalga enerjisini etkilerler. En çok katı madde kaybı, açık sulardaki uzun feçe sahip, açık deniz kısmı basamaklı yapıya sahip ve dalgaların yüksek açılarla geldiği kıyılardır.

Kıyı bölgesindeki bitki örtüsünün yoğunluğu ve turu de kıyı bölgesindeki katı madde kaybını etkileyen başka bir faktördür. Kıyı bölgesindeki bitki örtüsü gelen dalga enerjisini sönümlendirir, organik ve inorganik sedimanların birikmesine yardımcı olur ve sediman çiti gibi davranarak erozyona karşı direnç sağlar.

Her çeşit bitki örtüsünün katı madde kaybına karşı farklı direnci vardır. Örneğin tuz bataklıkları veya mangrov ormanları sedimanlara bir çeşit tuzak gibi davranırlar ve kıyı bölgesinin dalga ve akıntı etkisi ile etkilenip, sediman kaybına sebep olmalarını engeller. Kum otları da kumları tutarak sabit kalmalarını sağlarlar. Her ne kadar bitkilerin katı madde kaybını engelleyici özellikleri olsa da, kökleri çok sığda bulundukları için güçlü fırtınalar karşısında çok fazla etkileri yoktur.

8.5 İnsan Aktivitelerinin Kaynaklara Etkisi

Kıyı bölgesindeki erozyon ve kıyının stabil durumunu bozan diğer etkilere karşı insanlar kıyı bölgesini korumak ve sabitlemek için birçok yapı yapmışlardır. Deniz duvarı gibi yapılar kıyı bölgesini aşınmalardan korumak üzere yapılmıştır fakat bazı durumlarda amaçlarının aksine erozyona da sebep olmaktadırlar. Deniz duvarına direk olan çarpan dalgalar yapının alt kısmında oyulmalara sebep olur Bu oyulmalar bir çeşit erozyondur çünkü o bölgedeki katı maddeler yer değiştirir veya o bölgeden tamamen taşınır. Bazen bu tur bir durum sonunda deniz duvarlarının yıkılması bile söz konusudur. Yada taşımacılık amaçlı yapılan değişimler, dolaylı yolla da olsa iklim değişiklikleri gibi etmenler insanların kıyı bölgelerinde katı madde kaybına sebep olmalarına sebep olur. [30]

Kaynak kayıplarının en önemli sebeplerinden biri olan insan etkisi Bölüm 8 de daha ayrıntılı incelenmiştir.

9. KIYI BÖLGELERİNDEKİ KAYNAK KAYBINA SEBEP OLAN İNSAN AKTİVİTELERİ

9.1 Giriş

Yerleşim bölgelerine ve gelişen şehirlere baktığımızda genel olarak kıyı bölgelerine yakınlıkları ortak özellik olarak dikkat çekmektedir. Yasam alanı olarak yasam kaynağı olan suya yakın bölgeler seçmek her toplum insanında görülen bir özelliktir. Kıyı alanları yasam alanı olarak birinci sırayı almasıyla bölgedeki nüfus yoğunluğunun artması ve bölgenin değişimlere açık özelliğinin birleşmesiyle problemler ortaya çıkmaya baslar. Bu sorunlar, dolaylı yada direk insanlardan kaynaklanan sorunlar olarak ikiye ayrılırlar bu sebepten kıyı bölgelerinde oluşan kaynak kayıplarının miktarını belirlemek çok zordur.

9.2 Taşımacılık

Deniz yolu ile taşımacılık devletlerin ekonomisinde önemli rol oynamaktadır bu sebepten 1800'lü yıllarda ticaret açısından hareketli ve kalabalık bölgelerdeki sığ deniz suları derinleştirilerek limanlar yapılmış veya olanlar büyütülmüştür. Gemi kanalları ve servis kanalları gibi taşımacılık için kullanılan bölgelerde büyük katı madde kaybı olmaktadır. Büyük gemilerin bas dalgaları ve küçük teknelerin dümen suyu su seviyesinin yükselip alçalmasını sağlayarak lokal dalga ve akıntılar yaratırlar. Bu akıntılar zemindeki malzemeyi aşındırır ve navigasyon kanallarının genişlemesine sebep olurlar.

Katı madde kaybına sebep olan bu tur yapay yöntemler gemi trafiğinin miktarına, kanalın kullanım suresine, kanaldaki malzemenin içeriğine, ve kanal ayarları gibi özelliklere bağlıdır. Katı madde kaybı en çok gemi trafiğinin fazla olduğu, kanalın yeni olduğu, zemindeki katı maddenin basamaklı ve kumlu malzemeden oluştuğu bölgelerde görülür. Katı madde kaybı genel olarak dalga ve akıntı enerjisini dağıtan dar ve yüksek kum tepelerinden oluşan kanallarda çok az görülür.

9.3 Kıyı Yapıları



Şekil 9-1 Komşu kıyılardaki erozyonun artmasına sebep olan kıyı yapısı [29]

Dalgakıranlar veya deniz duvarları gibi mühendislik yapıları katı madde kaybını engellemek ve kontrol altında tutmak için insaa edilen yapılardır. Fakat kırılan dalga modelini ve kum temini gibi etkenleri değiştirdikleri için komşu kıyı bölgelerindeki katı madde kaybını hızlandıran ve doğal dengeyi bozan etmenlerdir.(Şekil 7.3) Kıyıya paralel insaa edilmiş yapılar kıyının darlaşarak erozyona uğramasına sebep olurlar. Bazı kıyıya dik yapılar ise kıyı bölgesinde hareket eden katı maddelerine tuzak kurarak akıntıyla açık deniz bölgesine geçmesine ve kalıcı kayıplara sebep olur. Deniz duvarları gibi yapılar yakın kıyı bölgesindeki katı madde taşıması ve birikmesi engelleyerek kıyının yenilenmesini önleyen yapılardır.

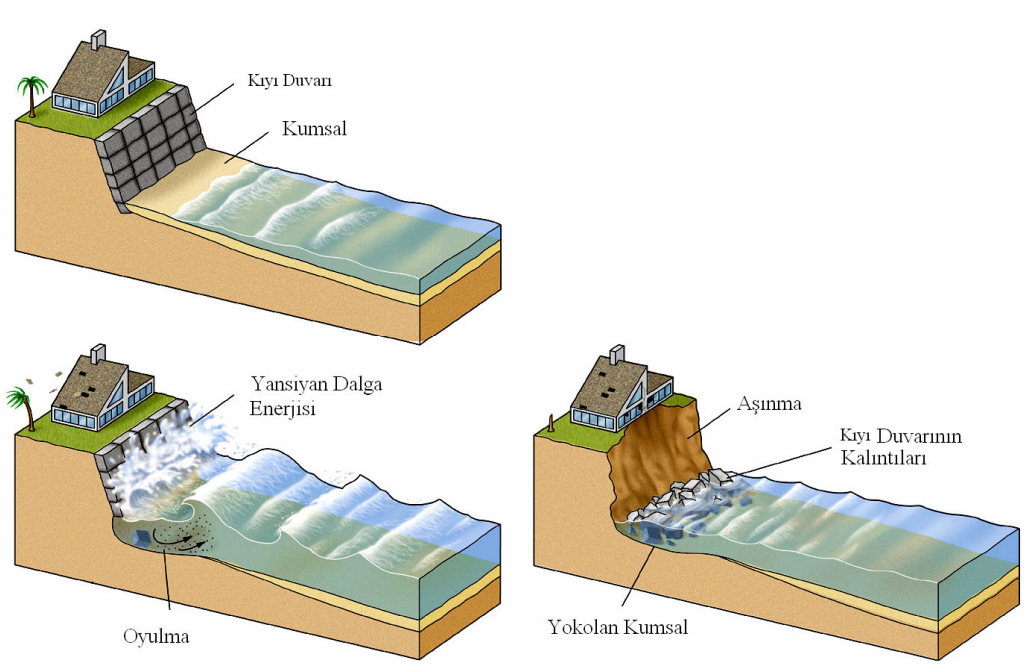
9.3.1 Kıyı Duvarları

Kıyı çizgisinin karaya doğru ilerlemesi birçok kıyı bölgesi için doğal bir süreçtir. Sinirli katı madde katkısı, deniz seviyesi gibi etmenler kıyı çizgisindeki değişimlere sebep olur. Kıyı çizgisinin karaya doğru ilerlemesi bölgede yollar yada yapıların bulunduğu durumlarda çok önemli problem oluşturur. Kıyı çizgisinin ilerlememesi

ve denizin kara bölgelerinde sorun yaratmaması için koruma yapıları yapılır. Bu amaçla genellikle 1980'lerden beri sert yapılar inşaa edilmektedir.

Kıyı duvarları kıyıya paralel olarak yapılan kıyı bölgesini erozyona ve kıyı çizgisinin karaya doğru ilerlemesine karşı koruyan dik veya eğimli yapılardır. Kıyı duvarları genellikle kıyı çizgisinin arkasında ve kıyı çizgisinin değişiminden etkilenecek bir yapılaşma (yol, ev, gibi yapılar) varsa yapılır.

Kıyı duvarlarının sebep olduğu sorunlar, yapının dibinde dalga etkisiyle oyulmaların başlamasıyla oluşur (Şekil 10.2). Bu oyulmalar bazı kıyı bölgelerinde Kıyı duvarının yıkılmasına sebep olacak kadar yoğun ve etkili olabilirler.



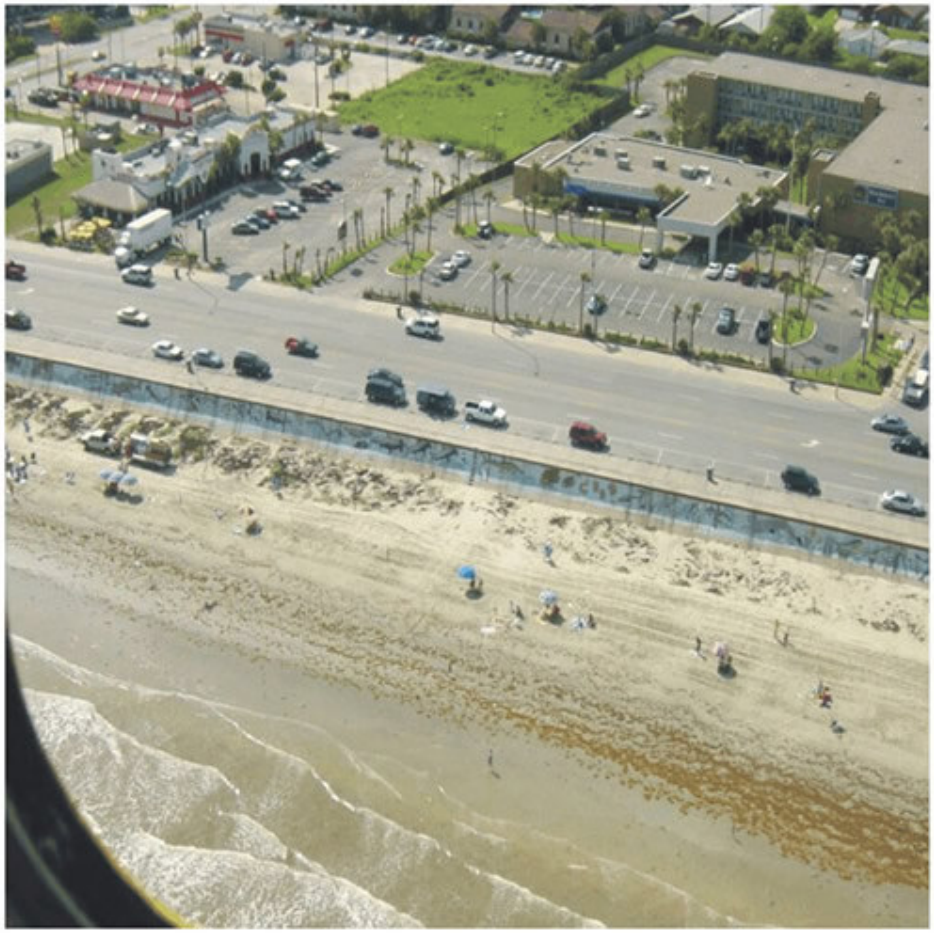
Şekil 9-2 Kıyı duvarının etkisiyle oluşan oyulma [9]

Kıyı duvarlarının yarattığı sorunlar sadece yapıldığı bölge ile sınırlı değildir. Diğer bir sorun ise bulunduğu bölgeyi iyi koruyan kıyı duvarı, komşu kıyılarda sorun çıkartacak komşu kıyıda aşınmalar başlayacaktır.

Bu problemlerden dolayı kıyı duvarı yapılacak bölge iyi seçilmelidir. Genellikle büyük otellerin bulunduğu veya tarihi yapıların bulunduğu bölgelere kıyı duvarı yapılır.

Kıyı duvarlarının en ünlü örneklerinden biri Teksas'ta bulunan Galveston kıyı duvarıdır (Şekil 10-3). Bu kıyı duvarı 1900 yılında 5000 kişinin ölümüne ve şehrin hemen hemen yok olmasına sebep olan fırtınadan sonra yapılmıştır. Ortalama deniz

seviyesinden 5.2 metre yüksektir. [29] Ana inşaat malzemesi olarak tahta kazıklar ve ocak artığı taşlar kullanılmıştır, duvarın büyük kısmı kavisli dökülmüş beton ile oluşturulmuştur. Kıyı duvarı günümüzde 6 şeritli bir karayolunu desteklemektedir. Bölge şehirdeki deniz kenarı aktivitelerinin odak noktası olmuştur. Galveston kıyı duvarı 1915 yılında denizin 4 m kabarmasına sebep olan kasırga sonrasında ciddi bir şekilde hasar görmesine rağmen şu ana kadar sayısız büyük fırtına geçirdiği halde belirgin bir hasara uğramamıştır. Duvar sınırlı uzunluktadır, fakat dengenin olmadığı duvarın sonunda kıyı çizgisi geriye çekilmiştir. [27]



Şekil 9-3 Galveston kıyı duvarı (Teksas) [29]

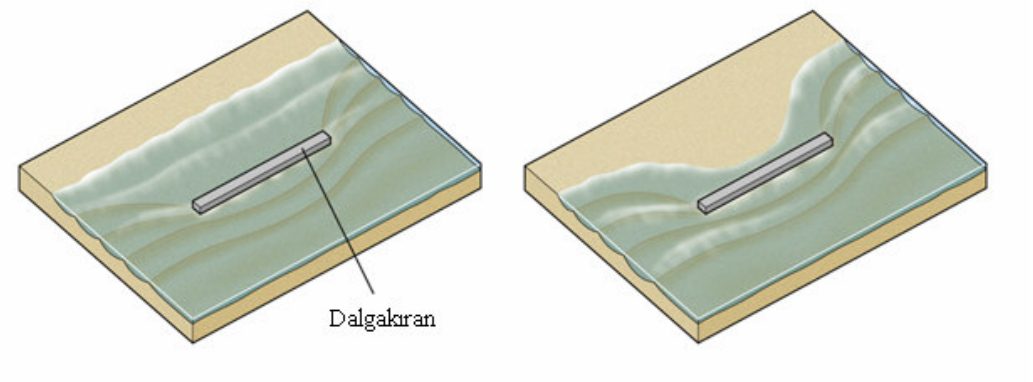
9.3.2 Dalgakıranlar

Dalgakıranlar kıyıya gelen dalganın enerjisini sönümlendirerek, dalganın kıyı çizgisine ulaşmasını engellerken kıyı bölgesinin aşınımı da engellemiş olur. Bu tür açık deniz yapılarının şekilleri ve yerleri amaçlarına göre değişir. En basit dalgakıran tipi lineer ve kıyıya paralel olan dalgakırandır. Kumsalı ve diğer kıyı bileşenlerini

dalga etkisinden korumak için inşaa edilir. Japonya'da bu tur dalgakıranlar çok yaygındır.

Başka bir çeşit dalgakıranlar ise kıyıya bağlı, limanlarda sakin su bölgesi yaratmak ve gemilerin demirlemelerini kolaylaştırmak için yapılan dalgakıranlardır. Genellikle doğal liman olmayan bölgelerde inşaa edilen dalgakıran türüdür.

Kıyıya paralel olan dalgakıranlar kıyı boyu katı madde taşınımı ile ilgili problemler ortaya çıkartır. Dalgakıranlar katı madde hareketini kıyı boyunca sınırlandırır veya tamamen engeller. Buda kıyı boyu dalga hareketiyle taşınan katı maddenin kıyı şeridine ulaşamadan dalgakıranın arkasında birikmesi anlamına gelir.(Şekil10-4) Böyle bir durumda kıyı yenilenmesi durmuş olur.

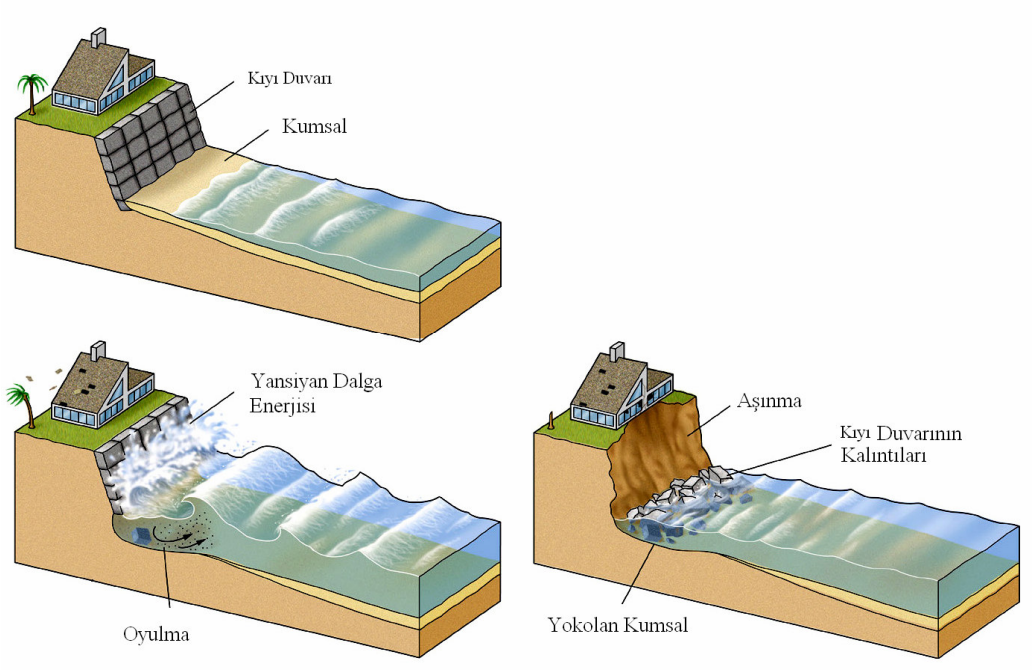


Şekil 9-4 Kıyı bölgesinde dalgakıran etkisi [9]

Kıyıya bağlı dalgakıranlalar daha şiddetli sorunlar yaratırlar. Dalgakıranlar baraj gibi davranarak dalgakıranın bir tarafında katı madde birikmesine sebep olurken diğer tarafında birikme olamadığından bir çeşit erozyon olur. Bu tür katı madde problemleri limanlarda navigasyon kanalında problemler oluşturur.

9.3.3 Mahmuzlar ve jetler

Mahmuzlar kıyı bölgesinin sabit kalması için kıyı çizgisine dik yapılan kısa kıyı yapılarıdır. Mahmuzlarda kıyıya bağlı dalgakıranlarda görülen sorunlar görülmektedir. Yapının bir tarafında malzeme birikirken diğer tarafında erozyon görülür. Bazı durumlarda erozyon çok etkili olur ve yapı kıyıdan ayrılır ve kıyı bölgesine olumlu etkisi kalmamış olur.



Şekil 9-5 Kıyı bölgesindeki mahmuz ve jetlerin etkisi [9]

Mahmuzlarla ilgili problemlerin başında dizayn gelir. Yapının inşaa edileceği her bölge için farklı ve kesin bir uzunluk, yükseklik,ve katı madde birikim aralığı vardır. Fakat gerçekte bütün bu koşulların sağlanması bölgesel dalga iklimi datalarının azlığı ve kıyı boyu katı madde hareket miktar oranının kesin bilinmemesinden dolayı zordur. Şekil 10-6 de Kaliforniya Sunset Bulvarında mahmuz erozyonu gözükmektedir.



Şekil 9-6 Kaliforniya Sunset Bulvarı [29]

Jetler mahmuzlara benzeyen fakat onlardan daha büyük olan yapılardır. Bu yapılarda mahmuzlar gibi kıyı boyu katı madde hareketini etkilerler. (Şekil 10.7)



Şekil 9-7Jet [29]

9.4 Nehir Değişimleri

Yapay goller ve denize tatlı su akıtan kaynaklar katı madde kaybına katkıda bulunan diğer etmenlerdir. İçme suyu sağlayan ve selleri kontrol altında tutan barajlar katı madde kaybını negatif yönde etkileyen yapılardır.

9.5 Hidrokarbon ve Yeraltı Suyu Araştırmaları

Çökmelerden kaynaklanan kıyı bölgesindeki değişimler, yeraltından büyük miktarlarda çıkartılan su, petrol, gaz, sülfür, tuz gibi kaynakların doldurduğu bölgelerin bir anda boşalmasıyla oluşabilir. Bu Şekilde oluşan çökmeler çok fazla karşılaşılan kıyı problemlerindendir.

9.6 İklim Değişimleri

Küresel ısınmanın en önemli sebeplerinden biri fosil yakıtlarının yakılmasıdır. Bu durum atmosferdeki sera gazı miktarını artmasına sebep olur. Atmosferdeki karbondioksit miktarının artmasıyla yerkürenin sıcaklığı da artar bunun sonucunda Bati Antarktik buzulunun eriyerek okyanusların genişlemesine sebep olacağına dair bir kuşku vardır. Böyle bir durumda dünya denizlerinin su seviyesi artacak ve bazı bölgelerde taşkınlara, sellere sebep olacaktır. Gelecekteki deniz seviyesi durumu ile ilgili bu bilimsel tartışma, günümüzdeki yerel deniz seviyesi bileşenlerinin belirlenmesi ve gelecekte bu bileşenlerin küresel ısınma etkisi ile nasıl değişeceğinin belirlenmesini gündeme getirmiştir.

Deniz seviyesi ile küresel ısınma arasındaki ilişki makul gibi görünse de, uzun vadeli atmosferik ve iklim modelleri kesin sonuçlar koymadığı için değişen iklimin sonucu oluşacağı düşünülen büyük frekanslı ve şiddetli fırtınaların etkilerini şimdiden kestirmek olası değil. Her ne kadar meteorolojiciler gelecekteki ve geçmişteki şiddetli fırtınaların varlığını kabul etmese de, jeolojik kanıtlar yerkürenin geçmişte daha yüksek sıcaklığa sahip olduğunu göstermektedir. Atmosferdeki kuvvetler bir denge sağlayarak aşırı atmosferik durumları engellerler. Atmosferdeki artan karbondioksit miktarı, yerkürenin sıcaklığının da artmasına sebep olur fakat bu durum ayni zamanda dünyanın ısınmasını engelleyen bulutluluğunda artmasına sebep olur.

Artan küresel sıcaklık tropikal kasırgaların olduğu yüksek enlem bölgelerine kayar ve okyanusların buz tutmayan sezonunun uzamasını sağlar. Okyanusların buz

tutmaması, okyanusların fırtınalardan daha çok etkilenmesini ve buda katı madde kaybının daha fazla olmasına sebep olur. Fakat yüksek sıcaklıklar, kutuplar ve ekvator arasındaki (sıcaklık) termal gradyanı düşürür ve ekstra tropik fırtınaları şiddetlendiren keskin sıcaklık farkını düşürür. Küresel iklimdeki insan etkileri bu Şekilde ortaya çıkar fakat bilinmeyen gelecek yüzyılda ne kadar iklim değişikliği olacağıdır.

9.7 Kıyı Bölgesi Kazıları

Kıyı bölgelerindeki kazı çalışmalarında deniz dibinin taranması, sulak alanlarda madencilik çalışmaları gibi pahalı yöntemler kullanıldığından ekonomik gelişimle ilgilidir. Kazı çalışmaları kara bölgesinden sulak bölgeye en hızlı ve direk dönüşüme sebep olan etkendir. Bu teknikler marina yapımındaki deniz tabanının taranmasında, boru hattı çalışmalarında, navigasyon kanalı genişletme çalışmalarında, sondaj çalışmalarında kullanılır.

Derin navigasyon kanalları yapay körfezlerden yada gelgit körfezleri ve nehirlerden dönüştürülerek inşaa edilir. Orijinal şeklini önemsemeden genellikle kıyı sistemine dahil olan kıyı boyunu oluşturan katı maddelerle geniş katı madde çukuru oluştururlar. Yeni oluşan kanalların geliş akıntıları suyun hidrodinamiğini ve katı maddelerin dağılımını değiştirler. Bu değişimler, erozyonu arttırarak, su seviyesinin yükselmesine sebep olarak veya katı madde katkısını azaltarak, kaynakların azalmasını başlatabilir veya hızlandırabilir. Uzun jetler kıyı bölgesini bölümlere ayırarak katı madde hareketi etkileyebilir, komşu kıyı bölgeleri arasındaki katı madde değişimini engelleyebilirler.

Bazı küçük boyutlu katı madde kayıpları madencilik ve kaynak çıkarımlarına bağlıdır. Bu çalışmalar kumsal ve bariyer adaları bölgelerindeki mineral çıkarımı, inşaatlar için malzeme temini, mercan temini, yol yapım malzemelerinde kullanılan kabuklu deniz canlıları çıkarımını içermektedir. Bu tür çalışmalar dolaylı olarak kıyı bölgelerindeki su çevrimlerini, kaynakların azalmasını ve artan su derinliğini etkiler. Körfez ve haliçlerden fazla miktarda, doğal bir dalgakıran olarak davranan kabuklu malzemenin çıkarımı, kıyı şeridine etkiyen dalga enerjisini arttırmış olur. Kıyı şeridi restorasyonları için yakın kıyı bölgesinden çıkartılan katı madde de dalga kırılmasını değiştirerek daha fazla katı madde kaybına sebep olur. [29]

9.8 Örnek -Doğu Karadeniz Bölgesi Kıyılarındaki Kıyı Erozyonu

Kıyı bölgelerinde insan aktivitelerinin sebep olduğu değişimlere örnek olarak Karadeniz kıyıları verilebilir. Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyıları son 30 yıldır şiddetli erozyona uğramaktadır. Bu erozyona sebep olan en önemli etmen ise insanların bölgeye yaptığı etkilerdir. Denizde yapılan kazı çalışmaları, denizden temin edilen katı madde kıyı bölgesinde ki dengeyi bozmaktadır. Bölgede kıyı bölgesinin doldurulması ile yapılan otoyol, yansıyan dalgaların enerjisinin artmasıyla katı madde hareketine sebep olarak erozyona sebep olur. Bölgede erozyona sebep olan başka bir etmen ise kıyı yapılarının yerinin yanlış seçilmesi ve planlama ve dizayn konusunda (limanlar, balıkçı limanları gibi) yanlış tercihlerin yapılmasıdır.

Karadeniz bölgesi nüfusu iç bölgelerden yapılan göçler sebebiyle artmaktadır. Artan nüfus bölgede bir çok çevre ve kıyı problemini de beraberinde getirmiştir. Artan nüfus ile beraber kıyı yapılarına ihtiyaç ve kıyı bölgesinde ki yeniden yapılanma ihtiyacı artmıştır. Artan kıyı bölgesi yapıları da doğadaki dengeyi bozmaktadır.

1960 yılında kıyı bölgesinin doldurulması inşaa edilen otoyol bölgede erozyona sebep olan başka bir etmendir. Dalgalar bu yapıdan yansıyarak katı madde hareketine sebep olurlar. Bu problemi çözmek için kıyıya paralel yapı yapılmış ve otoyola dalgaların verdiği zararın azaldığı görülmüştür. Fakat bu yapıda kıyı bölgesinin cehresini bozmuş ve uzun sureli bakıldığında da daha fazla kıyı erozyonuna sebep olacaktır.

Bölgede büyüklü küçüklü çeşitli kıyı yapısı inşaa edilmiştir fakat bu yapıların komşu kıyılara yapacağı olumsuz etkiler göz ardı edilmiştir. Bu durumda da komşu kıyılarda erozyon ve katı madde kaybı görülmektedir.

Bölgedeki erozyonu önlemek veya azaltmak için bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Bölgedeki nehirlerden kıyı bölgesine yılda 3 ile 5 milyon ton katı madde kaynağı sağlanmaktadır fakat bu katı madde çeşitli sebeplerle deniz yatağından çıkartılmaktadır. Deniz yatağından elde edilen katı madde miktarı denetim altında tutulmadığı sürece bölgedeki erozyon miktarı kontrol edilemez hale gelmektedir.

Kıyı yapıları planlaması sırasında yapılan yanlış yer seçimi veya tasarım hataları insanların sebep olduğu erozyonu arttıran başka bir etmendir. Katı madde birikmesi mahmuzların üst bölgesinde görülürken alt bölgesinde erozyonla karşılaşılabilir. Bu tür dizayn sorunları ortadan kaldırmak için matematiksel ve fiziksel hesapların yanında bölgede de saha araştırması yapılmalıdır. Kıyıya paralel yapılardan yansıyan

dalgalar katı maddeleri kıyıdan açıklara taşımaktadır bunun sonucunda da erozyon meydana gelmektedir, böyle durumlarda bu tür yapılar yapmaktan kaçınmak gerekmektedir. [31]

10. SONUÇLAR

Dünya yüzölçümünün %70.5 lik bölümünün denizlerle kaplı olduğu düşünüldüğünde kıyı bölgelerinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu çalışmada kıyı bölgelerinin oluşumu, bu bölgelerde etkili olan kuvvetler, oluşumlarına göre kıyı alanlarının çeşitlilikleri ve kıyı bölgelerini olumsuz yönde etkileyen etmenler incelenmiştir.

Kıyı bölgeleri oluşumlarına göre aşınım kumsalları, biriktirme kumsalları, bataklıklar, tektonik kuvvetlerin etkisiyle yükselmiş kıyı bölgeleri veya organizmaların oluşturturdu kıyı bölgeleri olarak sınıflandırılabilirler.

Oluşan kıyı bölgesi çeşitli doğal olaylardan etkilenerek şekillenir. Bunların başında dalgalar ve akıntılar vardır. Gelgitler, rüzgarlar ve jeolojik faktörler kıyı şeridinin şekillenmesinde rolü olan diğer faktörlerdir.

Kıyı bölgelerini oluşturan katı maddenin kaynağı olarak ilk sırayı nehirler alır. Nehirlerin taşıdığı katı madde miktarı kıyı bölgelerine katkısı olan kaynakların en fazlasıdır. Kayalıkların erozyona uğraması, rüzgarların toz ve kum parçalarını beraberinde getirmesi kıyı bölgelerindeki katı madde kaynakları arasındadır. Bazı kıyı şeritleri deniz canlılarının kabuk ve iskeletleri gibi biyolojik tortullardan da oluşabilir. Kıyı bölgesindeki katı madde kaynakları az miktarda olsa da kozmik tortullardan da oluşabilir. Oluşmuş bir kıyı şeridinin kendini yenilemesi için yeterli kaynak miktarı olmadığı durumda ise yapay kaynaklar kullanılarak kıyı bölgesine kaynak sağlamakta mümkün olmaktadır.

Kıyı bölgeleri dış kuvvetlerden çok kolay etkilenen, değişimlere açık, hassas bölgelerdir. Kıyı şeritlerinde süreklilik beklemek çok yanlıştır. Kıyı bölgesinin şekillenmesinde rolü olan dalga ve akıntılar aynı zamanda bu bölgelerin yok olmasına da sebep olabilir. Heyelanlar, kıyı şeritlerinin cehresini değiştiren kuvvetlerden bir diğeridir. Dalga, akıntı ve fırtına gibi kuvvetleri belirleyen iklim değişiklikleri, ayni zamanda deniz seviyesi değişimlerine de sebep olduğu için kıyı bölgesinin şeklini etkileyen önemli bir faktördür. Bu doğal etkilerin yanında, bu hassas bölgelere insan elinin değmesi de bölgede katı madde kaybına sebep olan olumsuz etkilerin başındadır.

İnsanlar ilk zamanlardan beri yerleşim yerleri olarak kıyı bölgelerini seçmişlerdir. Bunun sebeplerinin başında suya yakın olmak gelmektedir. Kıyı bölgesinde bulunan yerleşim yeri, ulaşım açısından büyük avantajlara sahip olmaktadır. Buda bölgenin gelişiminde büyük etki yaratmaktadır. Ticaretin daha aktif olduğu, bu sayede de gelişime daha açık yerleşim merkezleri oluşmaya başlar. Ticaretin aktif olması bölgenin kalkınmasına yeniliklere daha kolay ulaşmasına ve gün geçtikçe daha gelişmiş, zengin bir yer haline gelmesine sebep olur. Dünyada ve ülkemizde gelişmiş şehirler özellikle iş olanakları açısından daha alternatifli oldukları için nüfus yoğunluğunda gün geçtikçe arttığı bölgelerdir. Ülkemizdeki deniz kenarındaki şehirlere baktığımızda yüz ölçüm olarak 221.000 km^2'lik bir alanı kaplamaktadır. Bu toplam 782.000 km^2'lik yüz ölçüme sahip ülkemizde %28'lik bir dilimi kapsamaktadır.

Kıyı bölgelerinde siniri olan şehirlerin nüfuslarını incelediğimizde Türkiye nüfusunun %51'lik kısmının bu bölgelerde yaşadığı görülmektedir. Görüldüğü gibi ülkemizde sadece %25'lik bir bölge kıyı alanlarında bulunsa da %50 den fazla nüfus bu bölgelerde yaşamaktadır.

Nüfusun yoğun olduğu kıyı bölgeler gün geçtikçe, kıyı yapılarına daha da fazla ihtiyaç duyacaklardır. Ulaşım ve ticaret amaçlı limanlar inşaa edilecek marinalar yapılacak, gelişen deniz taşımacılığı tersane ihtiyacını arttıracak tersaneler yapılacaktır. Bu yapıların inşaatları sırasında doğal denge etkilenecektir.

Kıyı bölgelerindeki yapılaşma sadece liman ve tersane gibi yapılarla sinirli değildir. Gemilerin liman giriş ve çıkışlarını kolaylaştıran yapılar, dalga etkilerini azaltan dalgakıranlar gibi ilk bakışta zararsız gibi görünen fakat uzun vadelerde kıyı bölgelerinde problem yaratan kıyı yapıları artacaktır.

Kıyı çizgisi arkasında şehirler geliştikçe ve koruma ihtiyacı arttıkça deniz duvarları yapılacaktır. Bu yapılar görevini başarıyla yapsalar bile komşu kıyılarda olumsuz etkilere sebep olabilirler.

Kıyı bölgeleri yaşam bölgesi olarak ilk sırada seçilmesinin yanında tatil bölgesi olarak da en çok tercih edilen turizm bölgeleridir. Özellikle yaz aylarında kıyı şeridi bulunan bölgelerin nüfuslarında fark edilir bir artış görülmektedir. Nüfus artışının ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla bölgede taşımacılık artmaktadır, kıyı bölgelerindeki yapılaşma artmaktadır. Bazen bu yapılaşma çalışmaları için kıyı şeridi doldurulmaktadır veya tam tersi şekilde inşaatlarda kullanılacak kum gereksimi için kıyı şeridinden kum alınmaktadır. Kıyı yakınlarındaki yapılaşma arttıkça bölgeyi dalga etkilerine karşı korumak için inşaa edilen kıyı yapıları da artış gösterir. Bu

değişimler kıyı bölgesinin dengesini etkileyen, olumsuz sonuçlar yaratan değişimler arasındadırlar.

Küresel ısınma insanların dolaylı olarak sebep olduğu fakat kıyı bölgelerinde büyük değişimlere sebep olan etkilerdendir. İnsanların havadaki karbondioksit oranı artışına sebep olmaları, dünya sıcaklığında artışa sebep olur. Bunun sonucunda buzullarda normalden fazla erime meydana gelir. Buzulların erimesiyle de deniz seviyesinde artış meydana gelir. Deniz seviyesindeki artış bazı kıyı bölgelerinin yok olmasına sebep olabilir.

Görüldüğü gibi kıyı bölgeleri en ufak değişimlerden büyük oranlarda etkilenen bölgelerdir. Bu etkiler doğadan da kaynaklansa insan etkisiyle de oluşsa kıyı bölgelerinin sürekliliğini tehlikeye sokan etmenlerdir. İnsanlar kıyı bölgelerini yasama alanı açısından daha kullanışlı hale getirmeye çalışırken veya korumaya çalışırken aslında bu bölgelerin doğal dengesini bozmuş ve belli oranlarda yok olmasına sebep olmuş oluyorlar. Koruma çalışmaları lokal bir bölge ve kısa sureli zaman dilimleri için başarılı gibi görünse bile daha uzun vadeler ve büyük alanlar göz önüne alındığında sorunlar çıkmaya başlamaktadır.

Kıyı bölgelerinin sürekliliğini sağlamak için bölgelerde yapılan değişikliklerin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Belli bir kıyı bölgesinde yapılacak değişimlerin, çevredeki kıyı bölgeleri üstündeki etkileri göz ardı edilmemelidir. Bir bölge korunurken, çevresindeki kıyı alanlarının zarar görmesi, doğru bir koruma uygulaması değildir. Koruma çalışmaları yapılırken uzun sureli dönemlerde etkileri araştırılmalıdır. Belli bir sure sonra koruma çalışmalarının başarısızlığa uğraması maddi açıdan zararlara sebep olur.

Kıyı bölgelerinin devletlerin gelişiminde önemli bir yere sahip oldukları için koruma altında tutmak ve sürekliliğini sağlamak gerekmektedir. Kıyı koruma planları ve kıyı yönetimleri meslekler arası ortak bir çalışmayla sürdürülmeli ve gereken değişiklikler uzun donemdeki etkileri göz önünde bulundurularak titizlikle yapılmalıdır.

11. KAYNAKLAR

[1] **Yüksel, Y., ÇEVIK E. ve ASAR Y**., 1998. Kıyı ve Liman Mühendisliği, IMO, Ankara.

[2] **CERC,** 1984. Shore Protection Manual, 4th ed. US Army Corps Enginrs. Vicksburg, VA.

[3] **Kabdaşlı, S**., 1992. Kıyı Mühendisliği İ.T.Ü Yayınları, İstanbul.

[4] http://www.adcorp.com.au/swimandsurvive/openwate.htm (2004-Nisan)

[5] http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/beaches.html

[6] **Sorensen, R.,** 1997. Basic Coastal Engineering, Chapman and Hall Publishers, New York.

[7] **VanRinj, L.,** 1998. Principle of Coastal Morphology, AQUA Publications, Amsterdam, Netherland.

[8] **Plummer, C and McGeary, D.,** 1991. Physical Geology, Wm. C. Brown Publishers, IA, USA.

[9] **Marshak, S.,** 2001, Earth: Portrait of the a Planet, W.W. Norton and Compant Inc. New York, USA.

[10] http://santacruz.nmfs.noaa.gov/ecology_branch/salmon_ecology/index.php

[11] http://cografya.dostweb.com/

[12] http://www.biltek.tubitak.gov.tr/

[13] http://geology.about.com/library/bl/images/blfjord.htm

[14] http://www.uprm.edu/geol/Morelock/GEOLOCN_/physic.htm

[15] **Daniel, E.,** 2001. An Assessment of Beach Erosion Hazards in St. Kitts and Nevis, Organization of American States, Unit for Sustainable Development and Environment for USAID-Jamaica/Caribbean Regional Program. http://www.oas.org/ pgdm/hazmap/cstlersn/stk_nev/kn_rept.htm

[16] Ana Britanica Ansiklopedisi

[17] **Bird, E.,** 2000. Coastal Geomorphology: An Introduction, John Wiley and Sons Ltd, England.

[18] http://www.geographypages.co.uk/sediment.htm

[19] http://www.smm.org/explore/collectorscorner/sand.php

[20] http://www.odp.usyd.edu.au/odp_CD/oceplat/opindex.html

[21] http://core.ecu.edu/geology/woods/seaseds.htm

[22] http://www.ubak.gov.tr/tr/dlh/arastirma/hidrolik/sediman.html

[23] **Komar, P.**, 1976. Beach Processes and Sedimantation, Prentice-Hall Inc, New Jersey, USA.

[24] **Budak, S., Duranyıldız, İ. ve Yetiş, U.**, 1997. Ulusal Çevre Eylem Plânı, Su Kaynakları Yönetimi, DSİ Genel Müdürlüğü

[25] http://www.guilford.edu/original/academic/geology/marseds.html

[26] http://www.uprm.edu/geol/Morelock/GEOLOCN_/mancst.htm

[27] **Ersoy, Ş., Yüksel, Y. ve Ayat, B.,** http://www.ikkistanbul.org/site/scripts/prodView.asp?idproduct=389

[28] **Çelikoğlu, Y. Ve Yüksel, Y. ve Kabdaşlı, S.,** 2004. Longshore sorting on a beach under wave action, *Ocean Engineering, **31**, 1351-1375.*

[29] **Morton, R.,** 2003. An Overview of Coastal Land Loss:With Emphasis on the Southeastern United States, U.S. Geological and Watershed Studies, St Petersburg, FL.

[30] **Davis, R., and FitzGerald, D.,** 2004, Beaches and Coasts, Blackwell Science Ltd. MA, USA.

[31] **Yüksek, O. and Önsoy, H.,** 1995. Coastal erosion in Easter Black Sea Region, Turkey, *Coastal Engineering, **26**, 225-239.*

ÖZGEÇMİŞ

Jeofizik mühendisi Nergis Anı Anıl Bayrak 02.08.1980 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokulu 1991'de İlhami Ahmed Örnekal İkokulunda (İstanbul), orta ve lise eğitimini 1998 yılında Özel Şişli Terakki Lisesinde tamamladı. Lisans eğitimini 2003 yılında, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde tamamladıktan sonra disiplinler arası bir program olan İTÜ Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Bölümüne başladı.