

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KONYAALTI SAHİLİ KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Dilayda SOYLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2017

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KONYAALTI SAHİLİ KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Dilayda SOYLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez ~~12/06~~2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Rıfat TÜR

Yrd. Doç. Dr. Tanju AKAR

Yrd. Doç. Dr. Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

ÖZET

KONYAALTI SAHİLİ KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Dilayda SOYLU

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Rıfat TÜR

Haziran 2017, 117 sayfa

Geçmişten bugüne kıyı alanları insanoğlunun yoğun baskısı altında kalmıştır. Yoğun baskının sonucu olarak kıyı alanlarında insan eliyle çeşitli düzenlemeler yapılması da kaçınılmaz bir durum haline almıştır. Ancak yapılan düzenlemelerin bir kısmı doğal dengeyi korur ve iyileştirirken, büyük bir kısmı da dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Dengenin bozulması tüm kıyı ve kıyı gerisinde meydana gelirken etkisi en çok kıyı çizgisinde fark edilmektedir. Kıyı çizgisinin özellikle erozyon etkisi ile değişmesi ve geri çekilmesi, geri alınması zor ve maliyetli önlemleri gerektirdiğinden, durumun önceden tahmin edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, yaklaşık 7,5 km uzunluğa sahip Antalya, Konyaaltı Sahili'nin kıyı çizgisi değişimi modellenmiştir. Literatürde oldukça fazla uygulama alanı bulunan tek çizgi modeli (one line model) ile Konyaaltı sahilindeki sediman taşınımı tek boyutlu olarak modellenmiştir. Geliştirilen modeller yoğun baskı altındaki Konyaaltı kıyı çizgisinin ilerleyen yıllarda nasıl bir değişim göstereceğini, oyulma ve/veya yığılma olması muhtemel kısımları zamana bağlı olarak göstermektedir. Aynı zamanda hâlihazırda kıyı erozyonu ile karşı karşıya olan bölgelerin tekrar malzeme kazanması için alınması gereken önlemler ve kıyı yapılarının planlaması çalışılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Sediman taşınımı, Kıyı boyu taşınım, Kıyı çizgisi değişimi, Sayısal modelleme, Tek çizgi modeli, GENESIS

JÜRİ: Yrd.Doç.Dr. Rıfat TÜR (Danışman)
Yrd.Doç.Dr. Tanju AKAR
Yrd.Doç.Dr. Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

ABSTRACT

ANALYSIS OF SHORELINE CHANGE ALONG KONYAALTI COAST

Dilayda SOYLU

MSc Thesis in Civil Engineering
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Rıfat TÜR
June 2017, 117 pages

Coastal regions have been used intensively since the beginning of the history of mankind. This intense usage causes pressure on coastal zones. Due to this pressure, it has become inevitable to change coast line and make arrangements on coasts. Although some of them preserve and improve natural balance, a great deal of uses and changes cause deterioration of the natural balance. Deterioration occurs at whole coastal zones, from closure depth to coastal hinterland. However, the effects of deterioration are mostly felt at shoreline by human being. It is important to estimate shoreline retreat and changes caused by erosion. When erosion took place, most of the time changes are irreversible. Moreover, the preventive actions are expensive and also irreversible. In the present study, shoreline change along Antalya, Konyaalti coast is modelled. Sediment transport along Konyaalti coast is modelled unidimensionally according to one-line model which has a broad field of application in literature. Developed models show how Konyaalti shoreline which is under intense pressure will change. Also models show areas of possible accretion and/or erosion. Moreover, developed models provide knowledge for preventive actions, and give measures to plan coastal structures.

KEYWORDS: Sediment transport, Longshore sediment transport, Shoreline change, One-line model, GENESIS

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Rıfat TÜR (Supervisor)
Asst. Prof. Dr. Tanju AKAR
Asst. Prof. Dr. Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

ÖNSÖZ

Bana bu konuda çalışma olanağı veren, yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübe birikimini benimle paylaşan danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Rıfat TÜR'e

Tez çalışmam süresince her türlü destek ve yardımıyla bana yol gösteren Sayın Yrd.Doç.Dr. Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU'na ve Sayın Yrd.Doç.Dr. Özen ARLI KÜÇÜKOSMANOĞLU'na

Tez çalışmam süresince yardımları için Sayın Prof. Dr. Can Elmar BALAS'a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmaya altlık oluşturan verilerin toplanmasında emeği geçen Ersin BAL'a, Anıl GÜZEL'e ve Hamit PARLAK'a; çalışma için gereken hava fotoğraflarını paylaşan Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Orman Kadastro Komisyonları Koordinatörlüğü çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Ve son olarak her türlü özveriye ve emeği gösteren, her zaman yanımda olan aileme vermiş oldukları destek için minnetlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARMALARI	3
3. MATERYAL VE METOT	7
3.1. Katı Madde Taşınımı	7
3.1.1. Kıyı boyu sediman taşınımı	10
3.1.2. Kıyıya dik sediman taşınımı	10
3.2. GENESIS Modeli	11
3.2.1. Tek çizgi (ONE LINE) kıyı çizgisi değişim modeli	12
3.2.2. Kıyı boyu kum taşınım oranı	13
3.2.3. Kıyı akıntısı taşıma derinliği	14
3.2.4. Ortalama profil şekli ve eğim	15
3.2.5. Dalga transformasyonu	16
3.2.5.1. Dalga mekaniği	16
3.2.5.2. Dalga sapması (Wave refraction)	19
3.2.5.3. Sığlaşma (Shoaling)	21
3.2.5.4. Dalga yansımaları (Wave reflection)	22
3.2.5.5. Dalga dönmesi (Wave diffraction)	22
3.2.5.6. Dalga kırılması (Wave breaking)	23
3.2.6. Dalgaların sebep olduğu akıntılar	25
3.2.7. GENESIS modeli çözüm ağı sistemi	26
3.2.7. Kıyı yapıları	28
3.2.8. NEMOS modeli	28
3.3. Dalga İklimi ve Dalga İstatistiği	29
3.3.1. Dalgaların oluşumu ve gelişimi	29
3.3.2. Dalga tahmin yöntemleri	31
3.3.2.1. SMB yöntemi	33
3.3.2.2. CEM yöntemi	34
3.3.3. Dalga istatistiği	35
3.3.3.1. Dalga spektrumu	35
3.3.3.2. Uzun dönem dalga istatistiği (Log-Normal Dağılım)	36
3.3.3.3. En büyük değer dalga istatistiği (Gumbel Dağılımı)	37
3.4. Konyaaltı Sahili Çalışma Alanı	38
4. BULGULAR	40
5. TARTIŞMA	52
5.1. Tasarım-1	54
5.2. Tasarım-2	55
5.3. Tasarım-3	55
5.4. Tasarım-4	56
5.5. Tasarım-5	57

6. SONUÇ	58
7. KAYNAKLAR	60
8. EKLER.....	65
8.1. Ek-1: Kartezyen ve Polar Sistemde 2 Boyutlu Dalga Spektrum Analizleri.....	65
8.2. Ek-2: Dalga Gruplarının Kıyıya Yaklaşımları Ve Batimetri Eğrileri	99
8.3. Ek-3: Sediman Numuneleri için Elek Analiz Sonucu.....	111
8.4. Ek-4: GENESIS Çıktı Dosyası	112
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A	Ölçü parametresi
a_1, a_2	Boyutsal olmayan parametreler
b	Dalga kırılmasını ifade eden alt simge
C	Dalga yayılma hızı
C_g	Lineer dalga teorisine göre dalga grubu hızı
C_0	Derin su dalga yayılma hızı
D	Su derinliği
D_B	Su düzeyi üstünde kalan düşey uzunluk
D_C	Su düzeyi altındaki kapanma derinliği
D_{LT}	Kıyı akıntısıyla kum taşınım derinliği
D_{LT_0}	Kıyı akıntısı taşınımının azami derinliği
d_{50}	Kıyı kumsal tane boyutu
E_{a1}, E_{a0}	Özgül dalga enerjisi
F_G	Ağırlık kuvveti
F_D	Hidrodinamik direnç kuvveti
F_L	Hidrodinamik kaldırma kuvveti
F_A	Ek su kütlesi
F_P	Basınç kuvveti
F_M	Atalet kuvveti
F_R	Reaksiyon kuvveti
g	Yerçekimi ivmesi
F	Feç uzunluğu (Dalga kabarma mesafesi)
H	Dalga yüksekliği
H_0	Derin su belirgin dalga yüksekliği
H_d	Dönen dalganın yüksekliği
H_s	Gelen dalganın yüksekliği
H_e	Bir yılda sadece 12 saat süreli meydana gelen dalga yüksekliği
$(H_{1/3})_b$	Kırılma derinliğindeki belirgin dalga yüksekliği
H_{rms}	Belirgin dalga yüksekliğinin hatalarının karesinin ortalamasının karekökü
K_1, K_2	Kalibrasyon parametresi
K_d	Dönme katsayısı
K_r	Sapma katsayısı
K_s	Sığlaşma katsayısı
k	Dalga numarası
L	Dalga boyu
L_0	Derin su dalga boyu
m	Kıyı eğimi
P	Basınç
P_1, P_0	Enerji akıları
p_0	Kumun porozitesi
Q	Taşınım oranları
q_0	Açık denizden gelen kum taşınımı
q_s	Kıyıda gelen kum taşınımı

ρ_s	Kum yoğunluğu
ρ	Su yoğunluğu
R_T	Sıcaklığa bağlı amplifikasyon oranı
R_L	Rüzgâr hızı düzeltme faktörü
t_{min}	Minimum rüzgâr esme süresi
T	Dalga dönemi
T_e	Bir yılda sadece 12 saat süreli meydana gelen dalga dönemi
u	Yatay hız bileşeni
u_*	Sürtünme hızı
U	Rüzgâr hızı
ΔV	Birim hacim değişikliği
Δx	Kıyı çizgisinin kıyı boy uzunluğu
Δy	Kıyı çizgisinin kıyıya dik yöndeki değişimi
ΔQ	Net hacim değişikliği
w	Açısal frekans, düşey hız bileşeni
Y_{LT}	Kıyı bölgesi genişliği
Δy	Kıyı çizgisinin kıyı boyu uzunluğu
θ_{bs}	Kırılan dalgaların dalga yaklaşımı
$\tan\beta$	Kıyı çizgisinden, kıyı akıntısı kum taşınması derinliğine kadar olan ortalama dip eğimi
η	Dalga profili
γ	Kırılma indeksi
γ_s	Katı madde özgül ağırlığı
γ_w	Suyun özgül ağırlığı
ϕ	Potansiyel akım fonksiyonu
ϕ	Feç parametresi
α_0	Derin su dalga sırtının batimetri ile yaptığı yaklaşma açısı

Kısaltmalar

CEM	Coastal engineering manual (Kıyı mühendisliği el kitabı)
CERC	Coastal Engineering Research Center (Kıyı mühendisliği araştırma merkezi)
DSAS	Digital Shoreline Analysis System (Dijital kıyı çizgisi değişim sistemi)
ENE	Doğu kuzey doğu
EOF	Empirical Orthogonal Function (Ampirik ortogonal fonksiyon)
E	Doğu
ESE	Doğu güney doğu
GENESIS	Kıyı çizgisi değişikliği benzeşimi için geliştirilmiş sayısal model
GIS	Coğrafi bilgi sistemi
GPS	Küresel konum belirleme sistemi
HYDROTAM-3D	Üç boyutlu hidrodinamik taşıma modeli
N	Kuzey
NE	Kuzey doğu
NNE	Kuzey kuzey doğu

NNW	Kuzey kuzey batı
NW	Kuzey batı
S	Güney
SE	Güney doğu
SIS	Sensor Insertion System (Saplama Sensor Sistemi)
SPM	Shore protection manual (Kıyı koruma el kitabı)
SSE	Güney güney doğu
SSW	Güney güney batı
SW	Güney batı
W	Batı
WNW	Batı kuzey batı
WSW	Batı güney batı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Küresel bir tanecik üzerine etkiyen kuvvetler	7
Şekil 3.2. Katı madde hareket modları.....	9
Şekil 3.3. Kıyıda oluşabilecek kayıp ve kazançlar.....	10
Şekil 3.4. Sediman hacminin korunumu ve birim hacim kesit görünümü.....	12
Şekil 3.5. Sinüsoidal dalga profili.....	16
Şekil 3.6.a. Denizaltı sırtı varlığında dalganın kıyıya yaklaşımı	19
Şekil 3.6.b. Denizaltı kanyonu varlığında dalganın kıyıya yaklaşımı.....	20
Şekil 3.6.c. Düzensiz kıyı çizgisi durumunda dalganın kıyıya yaklaşımı.....	20
Şekil 3.7. Doğrusal batimetri halinde dalga sapması	21
Şekil 3.8. Kaliforniya Channel Adaları limanı dalgakıranı	22
Şekil 3.9.a. Spilling tipi dalga kırılması.....	24
Şekil 3.9.b. Plunging tipi dalga kırılması.....	24
Şekil 3.9.c. Surging tipi dalga kırılması.....	24
Şekil 3.10.a. Kıyıya açılı yaklaşan dalga	25
Şekil 3.10.b. Kıyıya paralel yaklaşan dalga	25
Şekil 3.10.c. Yakın kıyı dalga etkenli akıntılar.....	25
Şekil 3.11. Rip akıntısı, Ludlam adası, New Jersey.....	26
Şekil 3.12. GENESIS çözüm ağı	26
Şekil 3.13. NEMOS veri işleme akış şeması.....	28
Şekil 3.14. Efektif feçin hesaplanması.....	31
Şekil 3.15. Sıcaklığa bağlı amplifikasyon oranı.....	32
Şekil 3.16. Düzeltme faktörü (R_L)	33
Şekil 3.17. Feç ve Süre parametresi ilişkisi	34

Şekil 3.18. Log-normal dağılım örneği.....	36
Şekil 3.19. Gumbel dağılım örneği.....	38
Şekil 3.20. Çalışma sahası genel coğrafi konumu	39
Şekil 4.1. Yönlere göre dalga kabarma uzunlukları (feç uzunlukları).....	40
Şekil 4.2. SMB yönteminden elde edilen yıllık dalga gülü	41
Şekil 4.3. Yıllık rüzgârgülü.....	41
Şekil 4.4. Yıllık ve mevsimsel dalga gülleri	42
Şekil 4.5. Konyaaltı Sahilinin maruz kaldığı dalgaların oluşum sayısı ve yönünü veren dalga gülü	44
Şekil 4.6. Konyaaltı Sahilinin maruz kaldığı dalgaların oluşum sayısı ve yönünü veren histogram	44
Şekil 4.7. Kıyı çizgisinin başlangıç konumu.....	46
Şekil 4.8. Kıyı çizgisinin 1 yıl sonraki konumu.....	47
Şekil 4.9. Kıyı çizgisinin 2 yıl sonraki konumu.....	47
Şekil 4.10. Kıyı çizgisinin 3 yıl sonraki konumu.....	47
Şekil 4.11. Kıyı çizgisinin 5 yıl sonraki konumu.....	48
Şekil 4.12. Kıyı çizgisinin 10 yıl sonraki konumu.....	48
Şekil 4.13. Kıyı çizgisinin 15 yıl sonraki konumu.....	48
Şekil 4.14. Kıyı çizgisinin 20 yıl sonraki konumu.....	49
Şekil 4.15. 1975 yılı Konyaaltı Sahili'nin bir bölümünün kıyı çizgisi	50
Şekil 4.16. 1981 yılı Konyaaltı Sahili'nin bir bölümünün kıyı çizgisi	51
Şekil 5.1. Tek mahmuzun 3 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi	52
Şekil 5.2. Tek mahmuzun 20 yıllık kıyı çizgisi değişimi etkisi.....	52
Şekil 5.3. Sıralı mahmuzların 20 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi	53
Şekil 5.4. Açık deniz dalgakıranının 5 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi.....	54

Şekil 5.5. Açık deniz ardışık dalgakırınının 20 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-1)	54
Şekil 5.6. Açık deniz ardışık dalgakırınının 20 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-2)	55
Şekil 5.7. Sahil boyu açık deniz ardışık dalgakırınının 2 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-3)	56
Şekil 5.8. Sahil boyu açık deniz ardışık dalgakırınının 4 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-4)	56
Şekil 5.9. Sahil boyu açık deniz ardışık dalgakırınının 4 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-5)	57
Şekil 5.10. Sahil boyu açık deniz ardışık dalgakırınının 20 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-5)	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Konyaaltı Sahili yönlere göre kabarma uzunlukları	40
Çizelge 4.2. Log-normal dağılım ile belirgin dalga yükseklikleri (m) için aşılma süreleri (saat/yıl)	42
Çizelge 4.3. Gumbel dağılımı ile belirgin dalga yükseklikleri (m) için aşılma süreleri (saat /yıl)	43
Çizelge 4.4. Dalga grubu parametreleri	45

1. GİRİŞ

İnsanoğlu ilk olarak akarsu kenarlarına ve su kaynaklarının bulunduğu yerlere yerleşmişlerdir. Artan nüfus ve ticaretin gelişmesi ile kıyı alanlarına yerleşmek zorunlu bir hal almıştır. Özellikle deniz ticaretinin gelişimi ve ardından sanayi devrimi kıyı alanlarına yerleşen insanlara avantajlar sağlamıştır.

Son yıllarda özellikle deniz turizmi ve turizm sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile kıyıları daha aktif kullanılır olmuştur. Bunun sonucunda da Antalya kıyı bandında inşa edilen oteller yerli ve yabancı turistlere hizmet vermektedir. Ayrıca Antalya'da balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği sektörü de gelişmiştir.

Söz konusu taleplere cevap verilebilmesi için limanlar, çekek yerleri, balıkçı barınakları, deniz deşarjları vs. kıyı yapılarına ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Bu yapıların yapılması ülke kalkınması için gerekli altyapı tesisleri olsalar da planlanmalarının uzun vadede avantaj ve dezavantajları ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kıyıları hava, su ve kara etkileşiminin etkin olarak gözlemlendiği karmaşık bir dinamiğe sahip bölgelerdir. Bu noktada kıyı alanlarının karmaşık dinamiğinin yeterince anlaşılması gerekmektedir. Bu karmaşık dinamik yapı çoğunlukla doğal koşullar altında belirli bir dengeye sahiptir. Ancak doğal koşullara müdahale edildiği çoğu durumda dinamik denge kıyıları için yitirilmektedir. Bu denge sadece kıyıya direkt olarak yapılan yapılar ile değil kıyı gerisinde yapılan düzenlemeler ile de bozulabilmektedir.

Kıyı bölgesini şekillendiren en önemli parametre dalga hareketidir. Dalganın kinematik enerjisinin deniz tabanını etkilemeye başladığı noktadan kıyının kara tarafında rüzgârın etkin olduğu son noktaya kadar olan kısma kıyı bölgesi denilmektedir. Kıyı bölgeleri farklı özellik gösteren zemin çeşitlerinden oluşabilmektedir. Bunlar ince daneli kum mertebesinde çakıl ve kaya formasyonuna kadar farklılık gösterebilmektedir. Kıyıda yapılacak bir kıyı yapısı dalga etkisi altındaki bu taneli malzemelerin taşınımını olumlu ya da olumsuz etkileyeceğinden kum, çakıl, vs. boyutunda taneli malzemelerden oluşan kıyı bölgesinin dalga etkilerine karşı davranışı incelenmektedir. Ancak kayalık formasyona sahip kıyıların dalga hareketlerinden etkilenmesi fazla ilgilenilen bir konu değildir.

Katı madde taşınımını uzun veya kısa vadede kıyı bölgesinde oyulmaya (erozyon) veya dolmaya (yığılma) neden olabilmektedir. Kıyı morfolojisinde oluşacak bu değişim çoğunlukla açık denizden gelen rüzgâr etkenli dalgaların transformasyona uğrayarak (sapma, dönme, sığlaşma vs.) kıyıya yaklaşması ve enerjilerini tabana aktararak tanecikleri harekete geçirmesi ile oluşmaktadır. Kıyıya gelen dalgaya ait birtakım parametrelerin problemin özelliğine bağlı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle temel tasarım kriteri olan belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesi uzun süreli ölçümleri gerektirmektedir. Bu ölçümlerin direkt olarak dalganın ölçülmesi ile elde edilmesi oldukça pahalı ve zaman alan bir süreç olduğundan, buna alternatif olarak meteorolojik veriler kullanılarak dalga ikliminin belirlenmesi de mümkündür. Dalga parametrelerinin ve ikliminin belirlenmesi, kıyıya gelen dalganın doğru olarak transforme edilmesine olanak sağlamaktadır.

Kıyıya gelen dalgaların kıyıya geliş açıları zamana bağlı değişeceğinden yön ve dalga yüksekliğinin doğru belirlenmesi sediman taşınımının etkin bir şekilde modellenmesini sağlamaktadır. Kıyıya doğru belirli bir açı ile yaklaşan dalganın kıyıya dik ve kıyıya paralel iki hız bileşeni bulunmaktadır. Bu bileşenlerden kıyıya dik olan bileşen kısa vadeli kıyı önünde bar oluşumlarına neden olmaktadır. Kıyıya paralel oluşan kıyı boyu akımı kıyıya paralel olarak katı madde taşımaktadır. Kıyıya paralel taşınan sedimanın kıyı çizgisi üzerinde oluşturduğu etki uzun süreli gözlemleri gerektirmekte ve kıyı morfolojisini görsel olarak etkilemektedir.

Antalya, ülkemizin en yoğun kullanılan iki sahiline sahiptir. Bunlar Antalya'nın Doğusunda yer alan Lara Sahili ve Batısında Konyaaltı Sahilidir. Konyaaltı Sahili şehir merkezine yakın olması nedeni ile hem yerli hem de yabancı turistler açısından daha çok tercih edilmektedir. Bu çalışmada, yaklaşık 7,5 km uzunluğa sahip Antalya, Konyaaltı Sahilinin kıyı çizgisi değişimi modellenmiştir. Literatürde oldukça fazla uygulama alanı bulunan tek çizgi modeli (one line model) ile Konyaaltı Sahilindeki sediman taşınımı tek boyutlu olarak incelenmiştir. Sediman taşınım modelleri U.S. Army Corps of Engineers'ın geliştirmiş olduğu GENESIS (GENERALIZED Model for SIMulating Shoreline Change) paket programı ile yapılmıştır. Geliştirilen modeller yoğun baskı altındaki Konyaaltı kıyı çizgisinin ilerleyen yıllarda nasıl bir değişim göstereceğini oyulma ve/veya yığılma olması muhtemel kısımları zamana bağlı olarak göstermiştir. Aynı zamanda hâlihazırda kıyı erozyonu ile karşı karşıya olan bölgelerin tekrar malzeme kazanması için alınması gereken önlemler ve kıyı yapılarının planlaması çalışılmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

Küçükosmanoğlu vd (2016b) Kemer, Antalya'da bulunan Çamyuva sahilinde dere ağzının kapanmasını önlemek için yapılabilecek mahmuz ve ayrık dalgakıran yapısının kıyı çizgisi değişimine etkisini incelemişlerdir. GENESIS kullanarak oluşturdukları modelle Çamyuva sahili için büyük bir değişim olmayacağı sonucuna varmışlardır.

Yılmaz (2010a) Akyaka Kumsalı, Muğla İli için rüzgâr etkenli akıntı ve mevcut yapıların da etkisiyle oluşan kıyı boyu kum taşınımını ve kıyı çizgisi değişimini GENESIS sayısal modeli ile incelemiştir. Net kıyı boyu taşınımın Güneyden Kuzeye doğru olduğunu ve bölgede yanlış uygulanmış mahmuzlar bulunduğunu ortaya koymuştur.

Ülger (2006) Ordu İli, Cumhuriyet ve Turna Suyu Mahalleleri sınırları içerisinde bulunan kıyı bölgesi için kıyı boyu sediman taşınımını GENESIS sayısal modeli ile modellemiştir. Mevcut yapıların kıyı çizgisi değişimine etkisini incelemiş ve mevcut durumdaki erozyonu önlemek amacıyla önerilerde bulunmuştur.

Di Bona (2013) Vagueira Bölgesi, Portekiz için GENESIS ile uzun dönemli kıyısal değişimi incelemiştir. Bölgedeki erozyon nedeniyle gerekli önemler alınmazsa zaman içerisinde kıyısal alanın yok olacağı sonucuna vararak alternatif çözümler üretmiştir.

Yılmaz (2010b) Zonguldak Kozlu kıyısında meydana gelen kıyı çizgisi değişimini incelemiştir. Projeye uygun yapılmayan kıyı yapıları ve proje planlama aşamasında bölge şartlarının incelenmemesinin Kozlu dere ağzında birikmeye ve bölgeye yapılan balıkçı barınağının dengedeki kıyı çizgisini bozmasına sebep olduğu sonucuna varmıştır.

Kraus vd (1984) çalışmalarında Japonya'daki Oarai Limanı'nda kıyı çizgisi değişimini ve buna neden olan açık deniz dalgalarını, kırılan dalgalarını incelemiş, kıyı boyu akıntı modeli oluşturmuşlardır. Farklı zaman aralıkları için kıyı çizgisi değişimini tek çizgi sayısal modeliyle çalışılmış ve kıyı çizgisi değişiminde uygun sonuçlar elde etmişlerdir.

Chenthamil Selvan vd (2016) çalışmalarında Hindistan'ın Güneydoğu sahili olan Puducherry bölgesindeki 1991-2013 yılları arasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimini incelemişlerdir. Bölgesel olarak elde edilen erozyon miktarını hesaplamışlar, Thandrayankuppam ve Nadukuppam bölgesindeki mahmuzların çalışma alanını kıyısal erozyondan koruduğunu saptamışlardır. Sonuç olarak istatistiksel metotlar hesaba katıldığında uydu görüntülerini kullanarak yapılan bu çalışma kıyı çizgisi değişimini hesaplamada güvenilir sonuçlar vermiştir.

Numanoğlu Genç (2016) çalışmasında Alara Çayının Antalya Körfezi'ne bağlandığı bölgede 1970-2011 yılları arasında saatlik ortalama rüzgâr hızı ve yönü verilerini kullanarak HYDROTAM-3D modeli ile rüzgâr ve dalga etkenli kıyısal akıntı ve kıyı boyu sediman taşınımını modellemiştir. Sonuç olarak net sediman taşınımının Batı

Kuzeybatı - Doğu Güneydoğu yönünde ve toplam net sediman taşınım miktarının 22237 m³ olduğu sonucuna varmıştır.

Arı vd (2007) çalışmalarında Karadeniz'in Güneydoğusunda bulunan Karaburun balıkçı barınağı için kıyı boyu sediman taşınımını ve kıyı çizgisi değişimini incelemişlerdir. Uzun dönem rüzgâr ve dalga verilerini ve sediman özelliklerini incelemişler, sayısal çalışmada tek çizgi modelini kullanarak muhtemel dalga koşullarında görülecek kıyı çizgisi değişimini belirlemişlerdir. 1996 yılına ait kıyı çizgisi başlangıç olarak kabul edilip IKONOS ve IRSIC/D uydu görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama tekniği ile sonuçlarını doğrulamışlardır.

Larson vd (2004) Japonya'da bulunan iki pasifik sahilinin çalkantı bölgesindeki net sediman taşınım oranını ve buna bağlı olarak ön kıyı değişimini incelemişlerdir. Geliştirmiş oldukları sediman taşınım denkleminde elde edilen sonuçlarla 1990-1997 yılları arasında yapılan saha deneylerinden elde edilen sonuçların tutarlı olduğunu gözlemlemişlerdir. Geliştirdikleri sediman taşınım denklemini sediman hacim korunum denkleminde kombine ederek ön kıyı değişimini gösteren matematiksel model oluşturmuşlardır. Model sonuçlarının ölçümlerden elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca zamana bağlı olarak morfolojik değişimi tahmin edebilmek için basit bir analitik çözüm ortaya koymuşlardır.

Türker ve Kabdaşlı (2002) çalışmalarında açıkta oluşan kum tepelerinin konumunu dalga özellikleri ve kıyı malzemesi özellikleri ile saptamak için fiziksel model oluşturmuşlardır. Dalga kırılması ile oluşan enerji kaybı için analitik çözüm üretmiş ve laboratuvarında düzenli-düzensiz dalgalar ile yapılan deneylerle de karşılaştırmışlardır. Dalga kırıldığında birim hacimde açığa çıkan enerji ile profilin dengede kalmasını sağlayan enerji arasındaki farkın, dalga kırılması sonrasındaki birim hacimdeki sediman taşınımını için gerekli enerjiye eşit olduğu sonucuna varmışlardır.

Price vd (1975) çalışmalarında kıyı koruma yapılarını ve dalga iklimini göz önünde buldurarak kıyı çizgisi değişimi tahmini yapabilen matematiksel model geliştirmiş ve değişim oranını hesaplamışlardır. Oluşturdukları modeli dalga baseninde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırarak, matematiksel yaklaşım ile ilgili gelecekteki olağan gelişmeleri özetlemişlerdir.

Camenen ve Larroudé (2003) kıyısız alanlar için sediman taşınım oranını tahmini için kullanılan beş yaklaşımı: Bijker, Bailard, Van Rijn, Dibajnia ve Watanabe, Ribberink; kullanım sınırlarını incelemişlerdir. Dalga orbital hızı, dalga periyodu, dalga asimetrisi, sediman dane çapı ve akım değişkenleri üzerinde çalışmışlar, en kritik hatayı verecek olan hızlarda test etmişlerdir. Herhangi bir parametrenin en küçük değişiminde bile kullanılan formülün farklı şekilde sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Çalışmalarının sonucunda, bölge morfodinamiği üzerinde en çok dalga etkenli sediman taşınımının etkili olduğunu ve sadece Bailard, Dibajnia ve Watanabe, ve Ribberink yaklaşımlarında dalga etkenli sediman taşınımının göz önünde bulundurulduğunu göstermişlerdir.

Bayram vd (2001) çalışmalarında kıyı boyu sediman taşınım oranı hesabında kullanılan altı yaklaşımı: Bijker, Engelud-Hansen, Ackers-White, Bailard-Inman, Van Rijn

ve Watanabe incelemiştir. Bu formüllerin tahmin tutarlılığını kalibrasyon yapmadan Duck, NC saha verileri toplanarak incelemiştir. Van Rijn formülünün ölü dalga ve fırtına koşullarında daha güvenilir sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Engelud-Hansen yaklaşımı fırtına koşulunda yeterli sonuç vermemesine rağmen genel olarak iyi sonuçlar verdiği; Bailard-Inman yaklaşımı ölü dalga koşulunda iyi; fırtınada ise kötü sonuçlar verdiği; Watanabe ve Ackers-White yaklaşımı ölü dalgalar için birçok durumda iyi ve son olarak Bijker yaklaşımı tüm durumlarda yüksek tahmin verdiği sonucuna varmışlardır.

Bijker vd (1976) çalışmalarında engebeli tabanda dalga yayılımına paralel yöndeki kum taşınımını laboratuvar ortamında incelemiştir. Özel yöntemlerle taşınım engellenmeden ölçüm yapılmış ve taşınımın dalga formu parametreleri ile bağıntılı olduğu görülmüştür.

Van Rijn (2003) TRANSPOR2000 modeli ile dalga ve akıntı etkisinde askı haldeki ve deniz tabanı sürüntü madde taşınımını için yaklaşık bir formül geliştirmiştir. Kullanılan parametreler; 0.1-0.5 mm. aralığında dane boyutuna sahip ince ve orta boy kum, 0.25-20 m. aralığında derinlik, 0-2 m/s akıntı hızı ve 0-0,5 aralığında bağıl dalga yüksekliği (H_s/h) olarak değişmektedir.

Tang vd (2016) çalışmalarında dalga ve dalga etkenli akıntı ile oluşan sediman taşınımının tahmini için sayısal model oluşturmuşlardır. Dalga sapmasını, dalga dönmesini ve yakın kıyı akıntısını da göz önünde bulunduran bu sediman taşınım modelinden elde edilen sonuçların US Army Corps of Engineer Research tarafından yapılan laboratuvar deneyleriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Miller (1999) çalışmasında beş fırtına döneminde Sensor Insertion System (SIS-Saplama Sensor Sistemi) ile hız ve asılı katı madde konsantrasyonu verilerini elde etmiş ve kıyı boyu taşınım oranını analiz etmiştir. Elde ettiği kıyı boyu sediman taşınım oranı değerlerini CERC'de bulunan tahmin yöntemlerinden elde ettiği sonuçlarla kıyaslayarak fırtına dönemi kısa periyotlu tahminlerde ek parametrenin gerektiği sonucuna varmıştır.

Zhang vd (2016) çalışmalarında Sarı Nehir Deltası çevresinde meydana gelen sediman taşınımını ve erozyonu inceleyebilmek için ampirik ortogonal fonksiyon (Empirical Orthogonal Function- EOF) analizini kullanmıştır. Sediman kaynağının ve taşınımının kıyı gelişiminde büyük rolü olduğu sonucuna varmışlardır.

Kamphuis ve Readshaw (1978) çalışmalarında kıyı boyu taşınım oranını 3 boyutlu hareketli taban modelinde (mobile bed coastal model) inceleyerek; sahil profiline, sediman parametresine, dalga parametresine ve dalga enerji yayılım oranına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Kıyı boyu taşınım oranı ile sahil profilini ve kırılma tipini tanımlayan sörf benzeşim parametresinin arasında güçlü bir bağıntı olduğu sonucuna varmışlardır.

Kuleli (2010) çalışmasında çoklu-geçici uygu görüntüleri kullanarak Türkiye'nin Güneydoğusunda bulunan Çukurova Deltası'nı incelemiştir. Dijital kıyı çizgisi değişim sistemini (Digital Shoreline Analysis System, DSAS) kıyı şeridi değişim oranı hesabında kullanmıştır. Radyometrik ve geometrik olarak doğrulanmış 1972'de Landsat

Multispectral Scanner, 1987'de Thematic Mapper ve 2002'de Enhanced Thematic Mapper'dan elde edilmiş çoklu geçici ve çok spektralli verilerle değişim incelenmiştir. Çalışma sonucunda 30 yıllık periyotta çalışma alanının bazı bölgelerinde kayda değer kıyı çizgisi değişimi gözlemlenmiştir.

Prukpitikul vd (2012) çalışmalarında Samut Prakan ve Prachuap Khiri Khan çalışma bölgeleri için uzaktan algılama ile birlikte coğrafi bilgi sistemini (GIS) kullanarak kıyı çizgisi değişimini tahmin etmişlerdir. Uzun dönemli verilerin doğruluğu arttıracığı için 1999-2009 yılları arasındaki veriler LANDSAT uydusundan alınmış, lineer regresyon ile erozyon miktarını veren eşitlik elde edilmiştir. Samut Prakan'daki değişimin doğal nedenlerden; Prachuap Khiri Khan'daki değişimin ise insan kaynaklı sebeplerden dolayı meydana geldiğini ve Samut Prakan'daki ortalama kıyısal erozyon oranının Prachuap Khiri Khan'dakine göre daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Görmüş vd (2014) çalışmalarında Karadeniz kıyısı olan Sakarya İli, Karasu'da meydana gelen kıyı çizgisi değişimini, kıyıda oluşmuş erozyon nedenlerini araştırmışlar ve çözüm önermişlerdir. Landsat uydu görüntülerine göre 1987-2013 yılları arasında kıyı çizgisindeki maksimum değişim 100 m olarak saptanmış ve çalışma sonucunda öncelikle Karasu sahiline inşa edilen limanın, ikincil faktör olarak da Sakarya Irmağı'ndan taşınan sedimanın değişime sebep olduğu sonucuna varmışlardır. Kıyıda başarısız mahmuz uygulamasından sonra, bölgeyi kıyısal erozyondan korumak için açık deniz dalgakıranlarının yapılmasını önermiş ve etkilerini incelemişlerdir.

Kuleli vd (2011) Türkiye'de bulunan beş sulak alan için çoklu-geçici uydu görüntülerini kullanarak bölgelerdeki erozyonu veya yığılmayı gözlemlemişlerdir. Kıyı çizgisi değişimini DSAS (Digital Shoreline Analysis System) kullanarak istatistiksel olarak güvenilirliğini ortaya koymuşlardır. Analizlerin sonucunda 1989, 1999 ve 2009 periyotları için kıyı çizgisinde dikkate değer değişimler gözlemlemişlerdir.

Ozturk vd (2015) uluslararası sulak alan (Ramsar Sites) kapsamında koruma altında olan Kızılırmak deltasında meydana gelen kıyı değişimini incelemişlerdir. 1987, 1988, 2002, 2007 ve 2011 yıllarına ait Landsat-5 The Thematic Mapper (TM)'den elde edilen uydu görüntülerini kullanarak 1987-2011 yılları arasındaki değişimi SCE (shoreline change envelope), EPR (end point rate) ve LRR (linear regression rate) metotları ile incelemişlerdir. Çalışmalarında, maksimum erozyonun nehir ağzı yakınında olduğu, ırmak üzerine ve yakınına kurulan barajların erozyonu etkilediği, ayrıca erozyonu önleme amacıyla yapılmış mahmuzların işlevini tam anlamıyla yerine getiremediği sonuçlarına ulaşmışlardır.

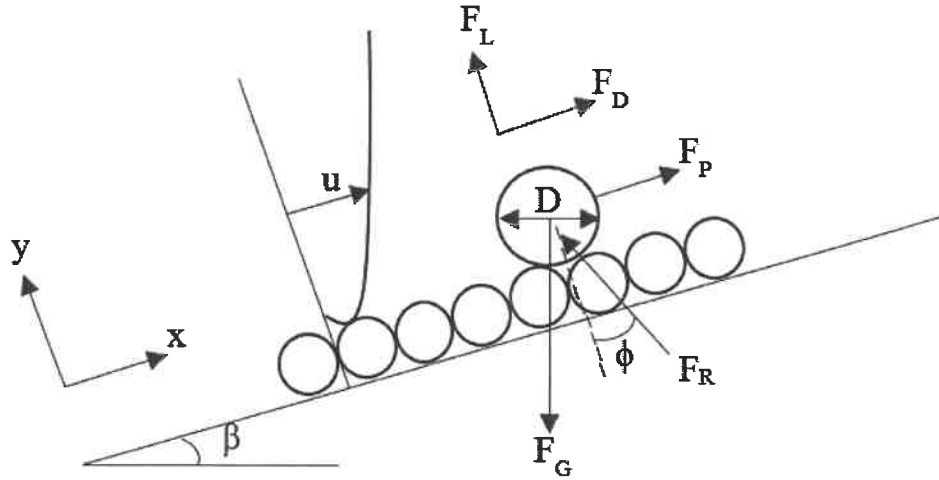
Gokceoglu vd (2015) Antalya bölgesi için küresel konum belirleme sistemi (GPS) kullanılarak gerçek zamanlı kinematik ölçüm tekniği ile bölgenin jeolojik özelliklerini ve 2002-2009 yıllarına ait Quickbird uydu görüntüleri ile kıyının doğal halini elde etmiş, bölgenin jeomorfolojik haritasını tamamlamışlardır. Çalışmalar sonucunda alçak su seviyesinden kıyı kenar çizgisine kadar olan alanda eğrilik katsayısı arttıkça medyan dane boyu ve tekdüzelik katsayısı azaldığını gözlemlemiş ve kıyı kenar çizgisi tanımlamak için sadece bir yaklaşımın yeterli olmadığı sonucuna varmışlardır.

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Katı Madde Taşınımı

Kıyılarının şekillenmesinde etkili olan taban ve askı malzemesi taşınımının incelenebilmesi için deniz tabanındaki katı madde hareketinin başlangıcı bilinmelidir. Dalga yüksekliği ve yönü, gel-git olayları, deniz tabanı tektonik hareketleri, deniz yapılarının etkisi gibi nedenlerle meydana gelecek deniz tabanı hareketini ve kıyı çizgisi değişimini analiz etmek kıyı korumasıyla ilgili planlamalar yapılmasına olanak sunmaktadır.

Yeterince yuvarlak bir katı madde taneciği, taban üzerinde yatay bir kuvvetin etkisiyle tanenin harekete karşı direnci yenildiğinde harekete başlar. Taneler üniform ve tam yuvarlak bir yapıya sahip olmayabileceği gibi, taban da engebeli olabilmektedir. Katı madde taneciğine etkiyen akışkan akımı ile kayma gerilmesi meydana gelmektedir. Belli bir kayma gerilmesi değerinden sonra hareket başlamaktadır. Raudkivi (1990)'ye göre taneciğin hareket mekanizması ve akım içindeki taneye etkiyen kuvvetler Şekil 3.1'de gösterildiği üzere şunlardır (Yüksel ve Özkan Çevik 2009):



Şekil 3.1. Küresel bir tanecik üzerine etkiyen kuvvetler

- ✓ Ağırlık kuvveti (F_G)
- ✓ Hidrodinamik direnç kuvveti (F_D)
- ✓ Hidrodinamik kaldırma kuvveti (F_L)
- ✓ Ek su kütlesi (F_A)
- ✓ Basınç kuvveti (F_P)
- ✓ Atalet kuvveti (F_M)
- ✓ Reaksiyon kuvveti (F_R)

Ağırlık kuvveti 3.1 bağıntısı ile tanımlanır.

$$F_G = \frac{\pi D^3}{6} (\gamma_s - \gamma_w) \quad (3.1)$$

γ_s = Katı madde özgül ağırlığı
 γ_w = Suyun özgül ağırlığı
 D = Tanenin karakteristik çapı

Hidrodinamik direnç kuvveti ikiye ayrılır: şekil direnci 3.2 bağıntısı ile; sürtünme direnci ise 3.3 bağıntısı ile elde edilir.

$$F_{D,F} = c_F \frac{1}{2} \rho \frac{\pi D^2}{4} u |u| \quad (3.2)$$

$$F_{D,S} = c_S \rho D^2 u |u| \quad (3.3)$$

ρ = Suyun özgül kütlesi
 u = Tane seviyesindeki akım hızı
 c_F = Şekil direnç katsayısı
 c_S = Sürtünme direnç katsayısı

Bu iki kuvvetin bileşkesi olan direnç kuvveti 3.4 eşitliği ile verilmiştir.

$$F_D = c_D \frac{1}{2} \rho \frac{\pi D^2}{4} u |u| \quad (3.4)$$

Hidrodinamik kaldırma kuvveti c_L kaldırma kuvvet katsayısı olmak üzere 3.5 bağıntısında verilmiştir.

$$F_L = c_L \rho u^2 D^2 \quad (3.5)$$

Ek su kütlelerinin oluşturduğu kuvvet, du/dt yörüngesel hareketin ivmesi ve c_A ek su kütlesi katsayısı olmak üzere 3.6 bağıntısı ile verilmiştir.

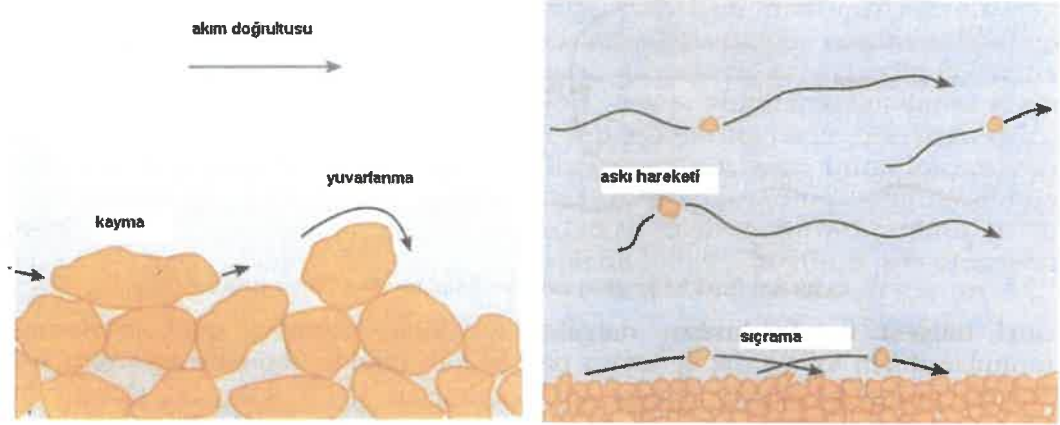
$$F_A = c_A \rho \frac{\pi D^3}{6} \frac{du}{dt} \quad (3.6)$$

Basınç kuvveti 3.7, atalet kuvveti 3.8 ve reaksiyon kuvveti 3.9 bağıntıları ile elde edilir.

$$F_P = \frac{\pi D^3}{6} \rho \frac{du}{dt} \quad (3.7)$$

$$F_M = c_M \rho \frac{\pi D^3}{6} \frac{du}{dt} \quad (3.8)$$

$$F_M = c_M \rho \frac{\pi D^3}{6} A \omega^2 \cos \omega t \quad (3.9)$$

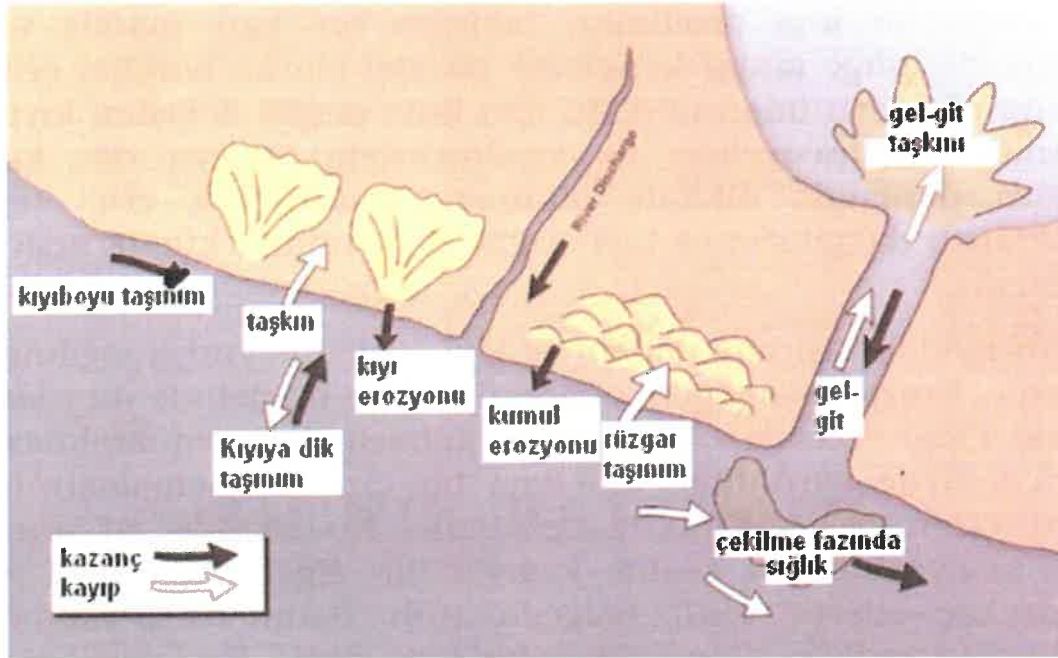


Şekil 3.2. Katı madde hareket modları (Yüksel ve Özkan Çevik 2009)

Deniz tabanı dinamiği içerisinde belirlenen yukarıdaki kuvvetlerin etkisiyle hareket başlamaktadır. Hareketli tabanın kayma hızının veya gerilmesinin kritik değeri yani hareketi başlatan değeri aşmasıyla taneler yuvarlanma, kayma veya her iki hareketi birlikte yapmaktadır. Taban kayma hızının tanelerin çökme hızını yenmesi ve türbülans kuvvetlerinin batmış haldeki taneciklerin ağırlıklarını geçmesiyle tanecikler yukarı doğru taşınarak askı haline geçmektedir. Bu durumda yuvarlanma ve kayma hareketi sürüntü malzemesi hareketi; tanenin tabandan uzaklaşarak yukarıya doğru hareketi de askı malzemesi hareketi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.2).

Yakın kıyıya ulaşan dalgaların kıyıya paralel enerji bileşeninin kıyı boyu katı madde taşınımını, kıyıya dik bileşeninin ise kıyıya dik yönde katı madde taşınımını oluşturmaktadır (Türker ve Kabdaşlı 2002). Kıyıya dik sediman taşınımı kısa dönem dalga iklimi farklılıklarından kaynaklı taban profili değişimine; kıyı boyu sediman taşınımı ise uzun dönemde kıyıda oluşacak aşınmaya, dolmaya ve bununla beraber kıyı çizgisi değişimine neden olmaktadır (Kırkgöz 2002).

Kıyı boyu akıntılar doğrusal kıyı çizgisine sahip kıyılarda daha iyi gelişmektedir. Ayrıca küçük eğime sahip kıyılarda önemli miktarda kıyı boyu katı madde taşınımı görülmektedir. Dik eğimli kıyılarda ise dalganın tırmanma ve geri çekilmesiyle oluşan kıyıya dik akıntı daha etkilidir. Şekil 3.3'te kıyı boyu ve kıyıya dik taşınım ile kıyı profilinin oluşumunu etkileyen kayıp ve kazançlar görülmektedir (Yüksel ve Özkan Çevik 2009).



Şekil 3.3. Kıyıda oluşabilecek kayıp ve kazançlar (Yüksel ve Özkan Çevik 2009)

3.1.1. Kıyı boyu sediman taşınımı

Kıyıya paralel katı madde taşınımının detaylı olarak ilk modeli 1971’de Bijker tarafından yapılmıştır. Literatürde birçok kıyı boyu taşınım modelleri, kıyı boyu taşınım oranı ve konu ile ilgili saha çalışmaları bulunmaktadır (Inman ve Bagnold 1963, Inman ve Komar 1968, Komar ve Inman 1970, Longuet-Higgins 1970, Das 1972, Kraus vd 1982, Kraus vd 1988, Yılmaz 2010b, Arı Güner vd 2011, Yılmaz vd 2015, Küçükosmanoğlu vd 2016a).

Kıyıya paralel hareket dalga kırılması ile oluşan kıyı boyu akıntı ve dalga enerjisinin kıyıya paralel bileşeni ile oluşur. Kıyı boyu taşınım yönü dalganın kıyı ile yaptığı açığı ve yaklaşım yönüne bağlı olduğundan mevsimsel, günlük ve hatta saatlik olarak değişebilir (CERC 1984).

3.1.2. Kıyıya dik sediman taşınımı

Açık denize doğru olan kıyıya dik net taşınım kıyıda erozyon; kıyıya doğru olan ise kıyıda yığılma meydana getirir. Literatürde kıyıya dik sediman taşınımı ile ilgili çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Demirci ve Aköz 2013, Larson ve Kraus 1995, Türker ve Kabdaşlı 2007, Di Risio vd 2010, Yılmaz 2010b, Lopèz vd 2016).

Kıyıya dik yöndeki katı madde taşınımı dalga dikliğine (H/L), sediman dane çapına ve kıyı eğimine bağlıdır. Yakın kıyıya ulaşan dalgaların kıyıya dik bileşeninin oluşturduğu kıyıya dik yönde katı madde taşınımı ve erozyon-depolama kıyı profilini oluşturur. Kıyıya dik taşınım ile meydana gelen batimetrik değişim sonucu oluşan kıyı profili, uzun süreli olarak sabit kaldığında denge profili oluşmaktadır. Bu durumda net katı madde taşınımı sıfırdır ve kıyı belirli bir eğime ulaşmıştır. Tane çapı arttıkça denge

durumundaki taban eğimi artmakta ve dalga dikliği arttıkça da taban eğimi azalmaktadır (Yüksel ve Özkan Çevik 2009).

3.2. GENESIS Modeli

GENESIS (Generalized Model for Simulating Shoreline Change) uzun dönem kıyı çizgisi değişimini gösteren sayısal model aynı zamanda bölgedeki kıyı yapılarının etkisini de ortaya koyabilmektedir. Sediman taşınımını ve buna bağlı olarak kıyı çizgisi değişimini zamana bağlı olarak göstermektedir (Gravens vd 1991).

Dalga hareketinden kaynaklanan kıyı çizgisi değişimini uzun dönemde inceleme imkânı sunan GENESIS tek çizgi teorisini temel almaktadır. Mahmuz, dalgakıran, kıyı duvarı, plaj dolgusu gibi etkenleri ayrıca yapıların etrafındaki dalganın dönme etkisini de dikkate alan GENESIS modeli, genellikle 100 km'ye kadar olan kıyılarda 100 aya kadar modelleme imkânı sunmaktadır (DGEEC 2004).

GENESIS modelini daha detaylı olarak inceleyebilmek için; yapılan kabuller, yaklaşımlar, model kapasitesi ve model oluşturulması için gerekenler aşağıda sunulmuştur (Hanson ve Kraus1989, Gravens vd 1991):

Model varsayımları:

- ✓ Kıyı profilinin şekli sabit kalmaktadır.
- ✓ Kıyı profilinin sınır koşulları sabittir.
- ✓ Taşınım kırılan dalgalar ile kıyı boyunca sağlanmaktadır.
- ✓ Kıyı çizgisi değişimleri uzun dönemde incelenmektedir.
- ✓ Yakın kıyıdaکی ayrıntılı çevrintilerin etkileri, yapılardan kaynaklı dalga yansıması, gelgit etkisiyle oluşan su düzeyi değişimi ihmal edilmiştir.

Modelin kapasitesi:

- ✓ Sığlaşma, sapma ve dönme hesaplamalarını yapabilmekte, açık deniz dalga verilerinden dalga dönemleri, yönleri ve yüksekleri incelenebilmektedir.
- ✓ T ve Y şeklindeki bileşik mahmuzların etkileri incelenebilmektedir.
- ✓ Mahmuz ve dalgakıranlarda sediman iletimi ve geçişi, ayrıca açık deniz dalgakıranlarında sediman iletimi incelenebilmektedir.
- ✓ Mahmuz, dalgakıran, kıyı duvarı ve plaj dolgusu için talep edilen sayı ve kombinasyonda kıyı çizgisi değişimi incelenebilmektedir.

Modelin uygulanamayacağı durumlar:

- ✓ Rüzgâr etkenli akıntı ile sediman taşınımı ve kıyı çizgisi değişimi
- ✓ Fırtına kabarması etkenli, kumsalın iç kısmından kaynaklanan ve gelgit akıntısı ile sediman taşınımı
- ✓ Özelliğini yitirmiş kıyı yapılarının sediman taşınımına etkisi
- ✓ Akarsu etkenli akıntı ve sediman taşınımının kıyı çizgisi değişimine etkisi
- ✓ Yoğunluk, tuzluluk ve sıcaklık etkenli akıntı ile sediman taşınımının kıyı çizgisine etkisi

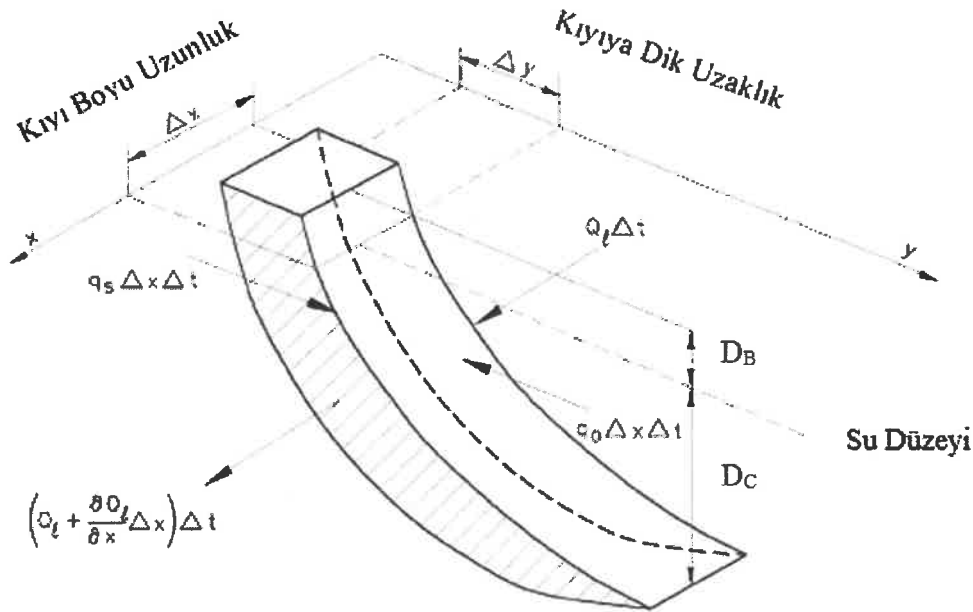
Model için gerekli bilgiler:

- ✓ Dalga verisi
- ✓ Kıyı profilinin açık deniz ve kıyı tarafındaki sınır şartları
- ✓ Kıyı çizgisinin ilk hali
- ✓ Ortalama profil eğimi
- ✓ Sediman gradasyonu

GENESIS dalga transformasyonunu, dalga-yapı etkileşimini, sediman taşınımını ve kıyı çizgisi değişimini alt modelleri ile modellemektedir. Modelin doğru ve güvenilir sonuç vermesinde yeterli benzeşmeyi sağlayabilmek için uzun dönemli veri setlerine sahip olmak ve verilerin kalibrasyonu önem arz etmektedir.

3.2.1. Tek çizgi (ONE-LINE) kıyı çizgisi değişim modeli

Tek çizgi Modeli ilk olarak 1956'da Pelnard-Consideré tarafından ortaya konulmuştur (Hoan vd 2010). Daha sonra Tek Çizgi Modeline dayalı olarak sayısal model Hanson (1987), Hanson ve Kraus (1989), Gravens, Kraus ve Hanson (1991) tarafından geliştirilmiştir (CEM 2006).



Şekil 3.4. Sediman hacminin korunumu ve birim hacim kesit görünümü (Gravens vd 1991)

Şekil 3.4'de "x" kıyı boyu uzunluğu, "y" kıyı çizgisi konumunu, "Δx" kıyı çizgisinin kıyı boyu uzunluğunu, "Δy" kıyı çizgisinin kıyıya dik yöndeki değişimini, "D_B" su düzeyinin üstünde kalan "D_C" ise su düzeyi altında kalan dalga etkenli sediman taşınımının sona erdiği düşey uzunluğu vermektedir.

Birim hacimde meydana gelen değişiklik giren ve çıkan net kum miktarı ile belirlenmektedir,

$$\Delta V = \Delta x \Delta y (D_B + D_C) \quad (3.10)$$

Kıyı boyu kum taşınım debisi “ Q ” olduğunda, net hacim değişikliği:

$$\Delta Q \Delta t = (\partial Q / \partial t) \Delta x \Delta t \quad (3.11)$$

Şekil 3.4’te “ q_s ” kıyıya taşınan ve “ q_o ” açıktan gelen kum taşınım debisi iken kıyı birim genişlikteki kum debisi:

$$q = q_s + q_o \quad (3.12)$$

Toplam hacim değişimi:

$$\Delta V = \Delta x \Delta y (D_B + D_C) = \Delta Q \Delta t = (\partial Q / \partial t) \Delta x \Delta t \quad (3.13)$$

Sonuç olarak 3.12’nin yeniden düzenlenmesi ile kıyı çizgisi değişimini veren denklem elde edilir ve bu bağıntı için kıyı çizgisinin ilk konumunun, sağ ve sol sınır şartlarının ve Q , q , D_B , D_C değerlerinin bilinmesi gerekmektedir:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D_B + D_C} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) = 0 \quad (3.14)$$

GENESIS kıyı çizgisinin kıyı dolgusu ve kıyıdan kum çekilmesi ile doğrudan değişiminin tanımlanmasına olanak sağlamaktadır. Kıyı dolgusu ile denize doğru yani pozitif, kum çekilmesi ile karaya doğru yani negatif yönde konuma ve zamana bağlı olarak kıyı çizgisi değişimi tanımlanmaktadır.

3.2.2. Kıyı boyu kum taşınım oranı

GENESIS modelinde kullanılan kıyı boyu akıntılarla taşınan kum miktarı eşitliği verilmiştir:

$$Q = (H^2 C_g)_b (a_1 \sin 2\theta_{bs} - a_2 \cos \theta_{bs} \frac{\partial H}{\partial x})_b \quad (3.15)$$

H = Dalga yüksekliği (m)

C_g = Lineer dalga teorisine göre dalga grubu hızı (m/s)

b = Dalga kırılmasını ifade eden simge

θ_{bs} = Kırılan dalganın kıyıya yaklaşım açısı

$$a_1 = \frac{K_1}{16(S-1)(1-p)(1,416/2)^{5/2}} \quad (3.16)$$

$$a_2 = \frac{K_2}{8(S-1)(1-p_o) \tan \beta (1,416/2)^{7/2}} \quad (3.17)$$

K_1 = Kalibrasyon parametresi, ampirik katsayı

$S = \rho_s / \rho$

ρ_s = Kum yoğunluğu

ρ = Su yoğunluğu

p_0 = Kum porozitesi

K_2 = Kalibrasyon parametresi, ampirik katsayı

$\tan \beta$ = Kıyı çizgisi ile kıyı akıntısıyla kum taşıma derinliği arasındaki taban eğimi

1,416/2 ifadesi belirgin dalga yüksekliğinin hatalarının karesinin ortalamasının karekökü dalga yüksekliğine (H_{rms}) çevrilmesini sağlamaktadır.

Kalibrasyon parametreleri olan K_1 ve K_2 kıyı çizgisi değişim ve kıyı akıntısıyla taşınan kum oranı yönü ile belirlenmektedir.

3.2.3. Kıyı akıntısı taşıma derinliği

Mahmuzlardaki kum geçişi ve dolaşım miktarı için kıyı boyu taşıma derinliği hesaplanmalıdır:

$$D_{LT} = \frac{1,27}{\gamma} (H_{1/3})_b \quad (3.18)$$

D_{LT} = Kıyı akıntısıyla kum taşıma derinliği (m)

1,27 = En büyük 1/10 dalga yüksekliği ortalaması ile belirgin dalga yüksekliği arasındaki dönüşüm katsayısı

γ = Kırılma indeksi, kırılma noktasındaki dalga yüksekliğinin su derinliğine oranı

$(H_{1/3})_b$ = Kırılma derinliğindeki belirgin dalga yüksekliği (m)

Eğer kırılma endeksi (γ) 0,78 olarak alınırsa taşıma derinliği 3.17 bağıntısı ile bulunur:

$$D_{LT} = 1,6 H_{1/3} \quad (3.19)$$

Çok büyük dalgalar dışında kıyı akıntısıyla kum taşıma derinliği (D_{LT}) kapama derinliğinden (D_C) çok küçüktür.

3.17 bağıntısındaki $\tan \beta$ 'yi elde edebilmek için kıyı boyu taşınımının azami derinliği kullanılmaktadır.

$$D_{LT_0} = (2,3 - 10,9 H_0) \frac{H_0}{L_0} \quad (3.20)$$

D_{LT_0} = Kıyı boyu taşınımının azami derinliği (m)

H_0 = Derin su dalga yüksekliği (m)

L_0 = Derin su dalga boyu (m)

H_0/L_0 = Derin su dalga dikliği

Lineer dalga teorisine göre derin deniz dalga boyu (L_0) 3.21 bağıntısı ile hesaplanır.

$$L_0 = g T^2 / 2\pi \quad (3.21)$$

$$g = \text{Yerçekimi ivmesi (m/s}^2\text{)}$$

$$T = \text{Dalga periyodu (s)}$$

Kıyı boyu taşınımının azami derinliği (D_{LT_0}) dalga özelliklerinin mevsime bağlı olarak değişmesinden dolayı ortalama profil şekline ve kıyı eğimine göre hesaplanır.

3.2.4. Ortalama profil şekli ve eğim

Profil şekli 3.22 bağıntısı ile belirlenmektedir (Bruun 1954, Dean 1977).

$$D = A y^{2/3} \quad (3.22)$$

$$D = \text{Su derinliği (m)}$$

$$A = \text{Ölçü parametresi, ampirik katsayı (m}^{1/3}\text{)}$$

A parametresi kıyı kumsal tane boyutunun (D_{50}) fonksiyonu olarak tanımlanmıştır (Moore 1982).

$$A = 0,41(D_{50})^{0,94}; D_{50} < 0,4 \quad (3.23)$$

$$A = 0,23(D_{50})^{0,32}; 0,4 < D_{50} < 10 \quad (3.24)$$

$$A = 0,23(D_{50})^{0,28}; 10 < D_{50} < 40 \quad (3.25)$$

$$A = 0,46(D_{50})^{0,11}; 40 < D_{50} \quad (3.26)$$

3.22 bağıntısı ile denge profili yakın kıyı eğimi $\tan\beta \partial D/\partial y$ ile hesaplanmaktadır.

$$\tan \beta = A(y_{LT}^{-1/3}) \quad (3.27)$$

y_{LT} , kıyı bölgesi genişliği 3.28 ile hesaplanmaktadır.

$$y_{LT} = (D_{LT_0} / A)^{3/2} \quad (3.28)$$

Ortalama eğim 3.27 ve 3.28 bağıntılarından elde edilmektedir.

$$\tan \beta = \left(\frac{A^3}{D_{LT_0}} \right)^{1/2} \quad (3.29)$$

Kapama derinliği (D_C) ise 3.30 ile hesaplanmaktadır.

$$D_c = 2,28H_e - 68,5\left(\frac{H_e^2}{gT_e^2}\right) \quad (3.30)$$

H_e = Yakın kıyıda bir yılda sadece 12 saat süreli meydana gelen dalga yüksekliği

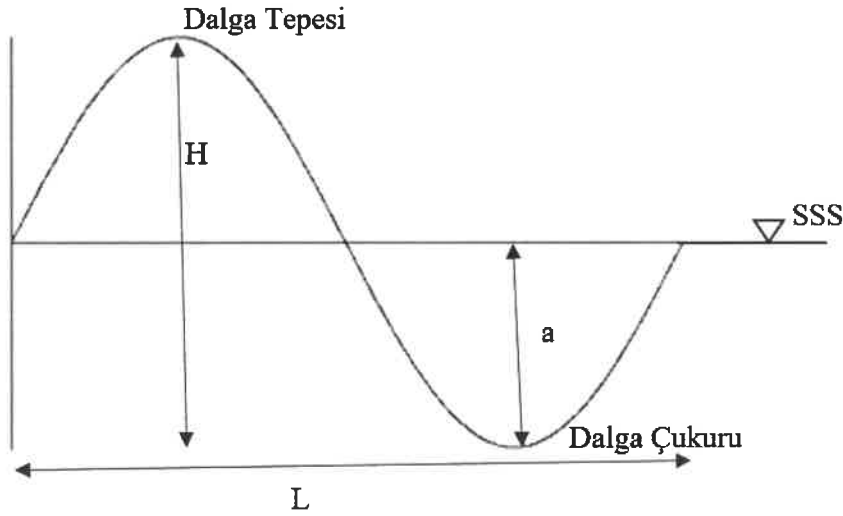
T_e = Yakın kıyıda bir yılda sadece 12 saat süreli meydana gelen dalga dönemi

3.2.5. Dalga transformasyonu

Kıyı boyu sediman taşınımının temel nedeninin dalga kırılmasıyla oluşan akıntı olması dalga transformasyonunun detaylı olarak incelenmesini gerektirmektedir. Derin su dalgasının sapma, dönme, sıkışma, yansıma ve kırılma ile sığ suya ulaşması dalga transformasyonu olarak adlandırılmaktadır.

3.2.5.1. Dalga mekaniği

Sinüsoidal bir dalganın temel bileşenleri periyot (T), dalga boyu (L), dalga yüksekliği (H) ve genlik (a)'tir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Sinüsoidal dalga profili

Dalga boyu (L), aynı noktadan geçen iki ardışık dalga çukuru veya dalga tepesi arasındaki uzunluk ve aynı noktadan ardışık iki dalga çukurunun veya tepesinin geçebilmesi için gerekli süreye dalga periyodu (T) denir. Dalga tepesi ile dalga çukuru arasındaki düşey uzunluk dalga yüksekliği (H) ve sakin su seviyesi ile dalga çukuru veya dalga tepesi arasındaki düşey uzunluk dalga genliği (a)'dir.

Derin su dalga boyu 3.31 bağıntısı ile ve herhangi bir derinlikteki dalga boyu 3.32 bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (3.31)$$

$$L = L_0 \tanh(kh) \quad (3.32)$$

g = Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

h = Su derinliği (m)

k = Dalga numarası

Dalga numarası dalga boyunun bir fonksiyonu olup 3.33 ile hesaplanmaktadır.

$$k = \frac{2\pi}{L} \quad (3.33)$$

Dalga yayılma hızı (C) dalga boyunun dalga periyoduna oranı, grup hızı ise aynı yönde ilerleyen dalga grubunun hızıdır (3.34, 3.35).

$$C = \frac{L}{T} \quad (3.34)$$

$$C_g = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)}\right) C = nC \quad (3.35)$$

Dalgalar su derinliğinin dalga boyuna oranına göre sınıflandırılmaktadır.

$$\frac{h}{L} < \frac{1}{20} \quad \text{Sığ su dalgası}$$

$$\frac{1}{20} < \frac{h}{L} < \frac{1}{2} \quad \text{Geçiş su dalgası}$$

$$\frac{1}{2} < \frac{h}{L} \quad \text{Derin su dalgası}$$

Dalgayı matematiksel ifadeler ile çözümlmek zor olduğundan lineer dalga teorisi, Cnoidal dalga teorisi, Solitary dalga teorisi, akım fonksiyonu dalga teorisi, Stokes dalga teorisi gibi birçok dalga teorisi kullanılmaktadır. Dalga yüksekliğinin dalga boyu ve su derinliğine göre oldukça küçük olduğu durumlarda lineer dalga teorisi kullanılmakta ve sinüsoidal dalgalara uygulanmaktadır.

Lineer dalga teorisi kapsamındaki temel varsayımlar şunlardır:

- ✓ Dalga küçük genlikli ve iki boyutludur.
- ✓ Viskozite, türbülans, yüzey gerilimi etkileri ihmal edilir.
- ✓ Dünyanın dönmesinden kaynaklanan coriolis etkisi ihmal edilir.
- ✓ Akışkan sıkıştırılmaz ve homojendir.
- ✓ Dalga diğer su hareketlerinden bağımsız ve enerji kaybetmeden ilerler.

Yatay hız bileşeni u , düşey hız bileşeni w olmak üzere iki boyutlu, çevrintisiz akım için süreklilik denklemi 3.36'da verilmiştir.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3.36)$$

Potansiyel akım teorisine göre u ve w değerlerine potansiyel akım fonksiyonu (ϕ) ile ulaşılmaktadır.

$$u = -\frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (3.37)$$

$$w = -\frac{\partial \phi}{\partial z} \quad (3.38)$$

3.37 ve 3.38 bağıntıları süreklilik denkleminde (3.35) yerine konulduğunda potansiyel akımın Laplace diferansiyel denklemi elde edilir.

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (3.39)$$

Enerji korunumu prensibiyle kararsız akım için Bernoulli denklemi 3.40 bağıntısında verilmiştir.

$$-\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{u^2 + w^2}{2} + \frac{P}{\rho} + gz = 0 \quad (3.40)$$

P = Basınç

ρ = Akışkanın yoğunluğu

g = Yerçekimi ivmesi

t = Zaman

İkinci derece hız terimleri ihmal edilerek 3.41 ayrıca yatay ve geçirimsiz deniz tabanındaki düşey hız bileşeninin sıfır olmasıyla da 3.42 elde edilir.

$$-\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{P}{\rho} + gz = 0 \quad (3.41)$$

$$w = -\frac{\partial \phi}{\partial z} \Big|_{z=-h} = 0 \quad (3.42)$$

Düşey hız bileşeni serbest düzeyde ($z=\eta$) kinematik sınır koşulu ile belirlenir.

$$w = -\frac{\partial \phi}{\partial z} \Big|_{z=\eta} = \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (3.43)$$

Bağıntı 3.41'den serbest düzeyde basıncın sıfır olması ($P=0$) durumunda dinamik sınır koşulu elde edilir.

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + g\eta = 0 \quad (3.44)$$

Dalga profili denklemi 3.45 bağıntısı ile verilmiştir.

$$\eta = a \sin \left[2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \right] = a \sin(kx - \sigma t) \quad (3.45)$$

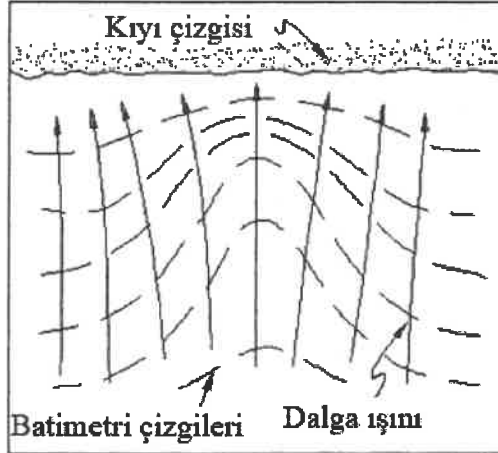
3.43 ve 3.44 bağıntılarından elde edilen 3.46 bağıntısı ile Laplace denklemi birlikte çözümlendiğinde potansiyel akım fonksiyonu (3.47) elde edilir.

$$-\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} + g \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad (3.46)$$

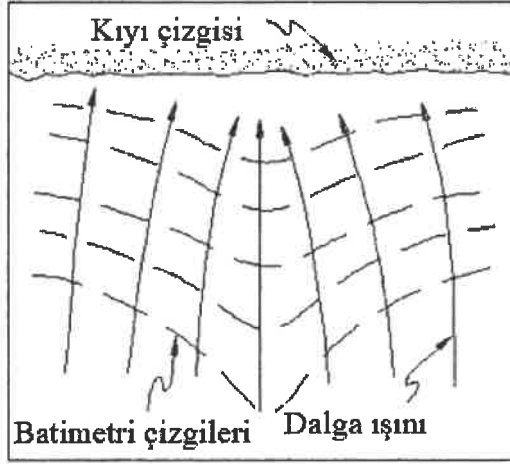
$$\phi = \frac{-aC \cosh(k(z+h))}{\sinh(kh)} \cos(kx - \sigma t) \quad (3.47)$$

3.2.5.2. Dalga sapması (Wave refraction)

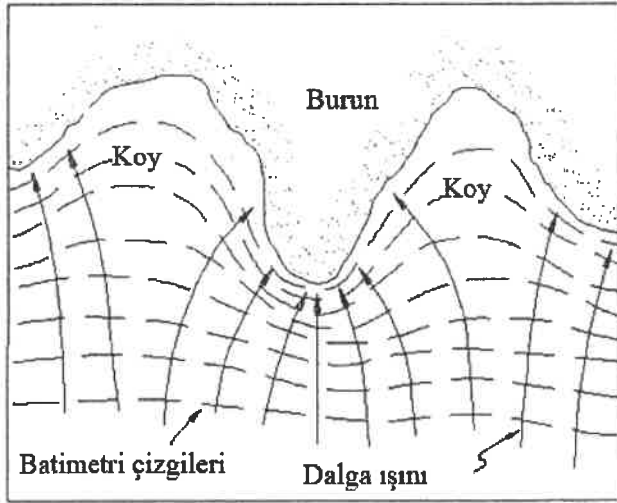
Belirli açı ile kıyıya yaklaşan dalganın deniz tabanına yakın tarafı taban etkisini daha önce hissedip yavaşlar ve dalga dönerek batimetri çizgilerine paralel hale gelir (Şekil 3.6).



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.6. (a) Denizaltı sırtı varlığında (b) Denizaltı kanyonu varlığında (c) Düzensiz kıyı çizgisi durumunda dalganın kıyıya yaklaşımı (CEM 2006)

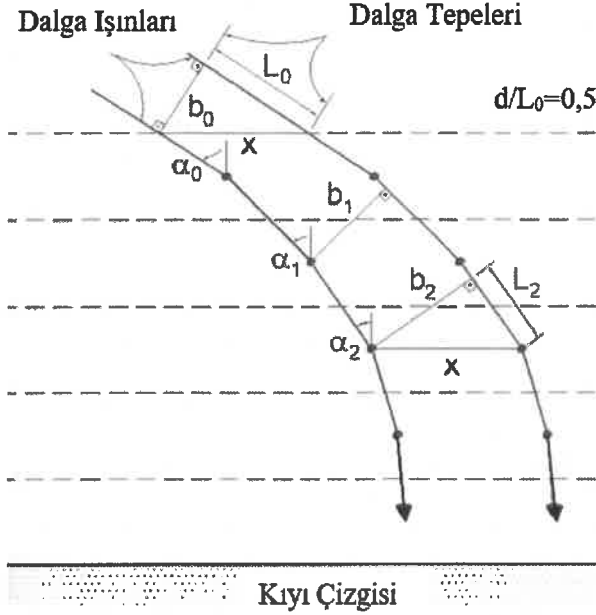
Küçük genlikli dalga teorisinde dalga periyodu sabit olarak kabul edilmektedir. α_0 derin su dalgasının batimetri ile yaptığı açı, C_0 derin su dalga yayılma hızı, α dalganın batimetri ile yaptığı açı ve C dalga yayılma hızıdır.

Snell Yasası dalga yaklaşım açıları ile dalga boyları arasındaki bağıntıyı vermektedir.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{L}{L_0} = \frac{C}{C_0} \quad (3.48)$$

Sapma katsayısı (K_r) derin su dalga genişliği (b_0), sığ su dalga genişliği (b) ile bağıntılı olarak bulunur (Şekil 3.7).

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{b_0}{b}} \quad (3.49)$$



Şekil 3.7. Doğrusal batimetri halinde dalga sapması (Ergin 2009)

3.2.5.3. Sığlaşma (Shoaling)

Azalan derinliğin etkisiyle kıyıya yaklaşan dalgaların boyları kısalmaya ve dikleşirler. Sığ suya geçen dalgaların dalga boyu kısalmaya, enerji sabit kalacağından dalga yüksekliği artar. Enerji akılarının (P) eşitlenmesi ile dalga enerjisine (E), dalga grup hızına (C_g) bağlı olarak sığlaşma katsayısı hesaplanmaktadır (K_s).

$$P_0 = P_1 \quad (3.50)$$

$$b_1 E_{a1} C_{g1} n_1 = b_0 E_{a0} C_{g0} n_0 \quad (3.51)$$

$$\frac{H_1}{H_0} = \sqrt{\frac{C_{g0} n_0}{C_{g1} n_1}} \sqrt{\frac{b_0}{b_1}} = K_s K_r \quad (3.52)$$

Değişen su derinliğindeki grup hızları ile sığlaşma katsayısı orantılıdır, çünkü sığlaşma ile dalganın yayılım hızı dalga grup hızına eşit duruma gelir. Türbülans, taban pürüzlülüğü gibi nedenlerle enerji kaybı olmadığı varsayılırsa derin su dalga yüksekliğinden herhangi bir noktadaki dalga yüksekliğine 3.53 bağıntısı ile geçiş yapılır.

$$H_1 = K_s K_r H_0 \quad (3.53)$$

3.2.5.4. Dalga yansımaları (Wave reflection)

Kırılmaya uğramadan yüzeye çarpan dalgalar, yüzeyin dalga enerjisini kırılamıyorsa veya bir bölümünü kırması durumunda yansımaya uğrarlar. Gelen dalga 3.54 bağıntısı ile ifade edilirse, 3.55 bağıntısı da yansıyan dalgayı ayrıca 3.56 bağıntısı da yansımaya katsayısını ifade etmektedir.

$$\eta_i = a \sin(kx - \sigma t) \quad (3.54)$$

$$\eta_r = C_r a \sin(kx - \sigma t) \quad (3.55)$$

$$C_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (3.56)$$

Yansımaya katsayısı (C_r) yansıyan dalga yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranıdır ve 0 ile 1 arasında değişmektedir. Düşey ve geçirimsiz yüzeye çarpan dalgalar tam yansımaya uğrarlar, böylece gelen dalga ile aynı özelliklere sahip yansıyan dalga oluşur. Bu durumda yansımaya katsayısı 1'dir.

3.2.5.5. Dalga dönmesi (Wave diffraction)

Derin sudan sığ suya ilerleyen dalganın dalgakıran gibi bir yapıyla veya ada, burun gibi bir engelle karşılaşması durumunda dalga dönmesi gerçekleşir (Şekil 3.8). Dönen dalga yüksekliğinin (H_d) gelen dalga yüksekliğine (H_s) oranı dönme katsayısıdır (K_d).

$$K_d = \frac{H_d}{H_s} \quad (3.57)$$



Şekil 3.8. Kaliforniya Channel Adaları limanı dalgakıranı (SPM 1984)

3.2.5.6. Dalga kırılması (Wave Breaking)

Doğada dalgalar düzensiz olduğundan kırılma derinlikleri farklıdır; bu nedenle tek bir derinlikte kırılma meydana gelmez. Kırılmış, kırılmakta olan ve kırılmamış dalga formlarının bulunduğu bölgeye dalga kırılma bölgesi denilmektedir. Kıyıya yaklaşan dalgalar belirli bir derinlikte kırılarak türbülans etkisiyle enerji kaybederler. Bu enerjilerini kırılma bölgesi ile kıyı arasında harcarlar.

Derin su dalga kırılması: Derin suda dalga kırılması dalganın sahip olabileceği maksimum dikliğin aşılması durumunda meydana gelir. Teorik çalışmalarla derin suda maksimum diklik koşulu 3.58 eşitliği ile belirlenmiştir.

$$\frac{H_0}{L_0} = 0.142 \cong \frac{1}{7} \quad (3.58)$$

Bu maksimum diklik koşulunda dalga tepesindeki su partiküllerinin hızları dalga yayılma hızına eşittir ve su partikül hızının dalga yayılma hızını aşmasıyla dalga formu bozularak kırılma başlar.

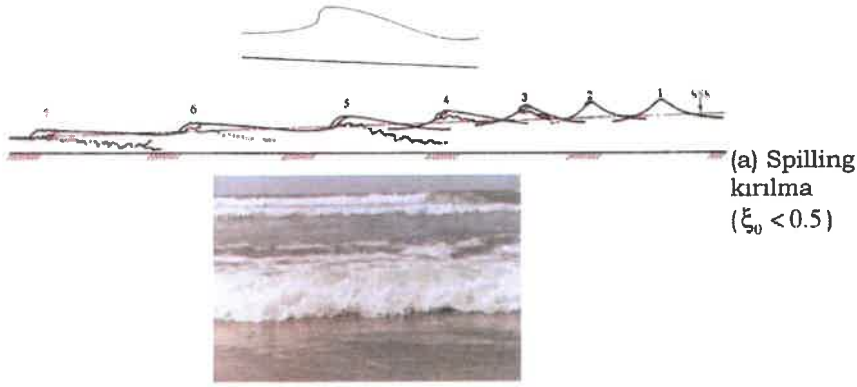
Sığ su dalga kırılması: Sığ suda ise derinliğin azalmasıyla taban etkisi hissedilir ve tabana yakın partiküllerin hareketi yüzeydekilere göre gecikir. Dalga periyodu sabit kalırken dalga yayılma hızı yavaşlar, dalga yüksekliği artar. Dalga tepelerindeki su partikül hızlarının dalga yayılma hızına eşit olması ve dalganın maksimum yüksekliği ulaşmasıyla dalga formu bozulur ve kırılma meydana gelir. Kırılma indeksi 3.59 eşitliği ile bulunur. Kırılma derinliği d_b ve kırılma anındaki dalga yüksekliği H_b ile gösterilmektedir.

$$\gamma_b = \frac{H_b}{d_b} \quad (3.59)$$

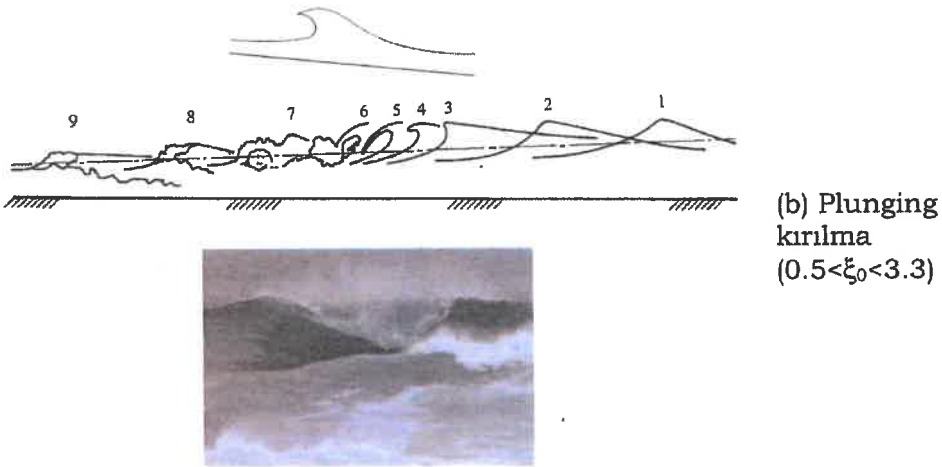
3.60 eşitliği surf parametresi veya İribarren Sayısı olarak bilinen boyutsuz parametreyi ifade etmektedir. Derin su dalga yüksekliği L_0 ve kıyı eğimi m ile ifade edilmektedir.

$$\zeta_0 = \frac{m}{(H_b / L_0)^{0.5}} \quad (3.60)$$

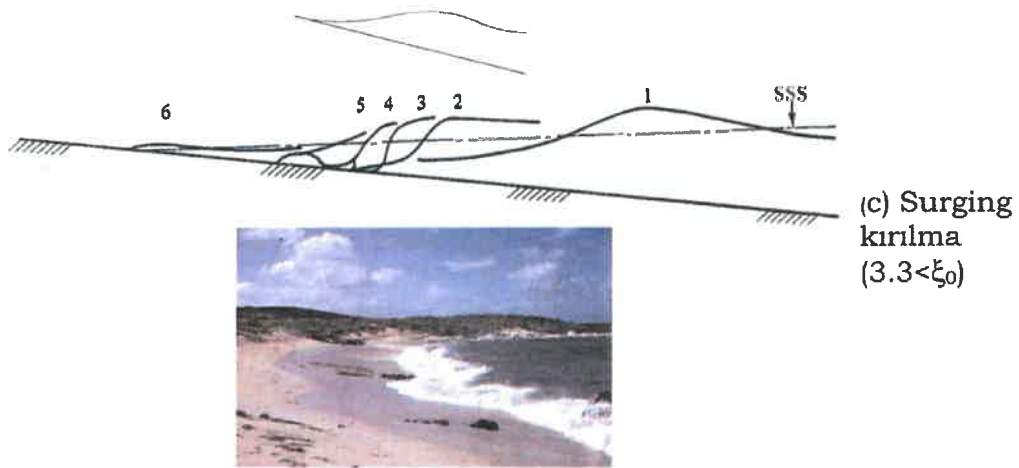
Taban özellikleri ve dalga karakteristiği dalga kırılmasını etkilediğinden, sığ su dalga kırılması üç ana başlıkta incelenmektedir (Şekil 3.9). Daha dik veya yatay taban ile meydana gelen spilling tipi kırılmada su yüzeyi köpürür. Plunging yani sıçrayarak kırılan dalga ise spilling tipine göre dalga dikliğinin daha küçük ve taban eğiminin biraz daha büyük olduğu durumda meydana gelir. Son olarak surging yani kabararak kırılan dalgada ise kırılma kıyı çizgisine yakın olur, taban eğimi büyük ve dalga daha basıktır. Surf parametresi dalga kırılma tiplerine göre çeşitlilik göstermektedir; spilling tipinde 0,5'ten küçük; plunging tipi kırılmada 0,5 ile 3,3 arasında; son olarak surging tipi kırılmada ise 3,3'den büyüktür.



(a)



(b)



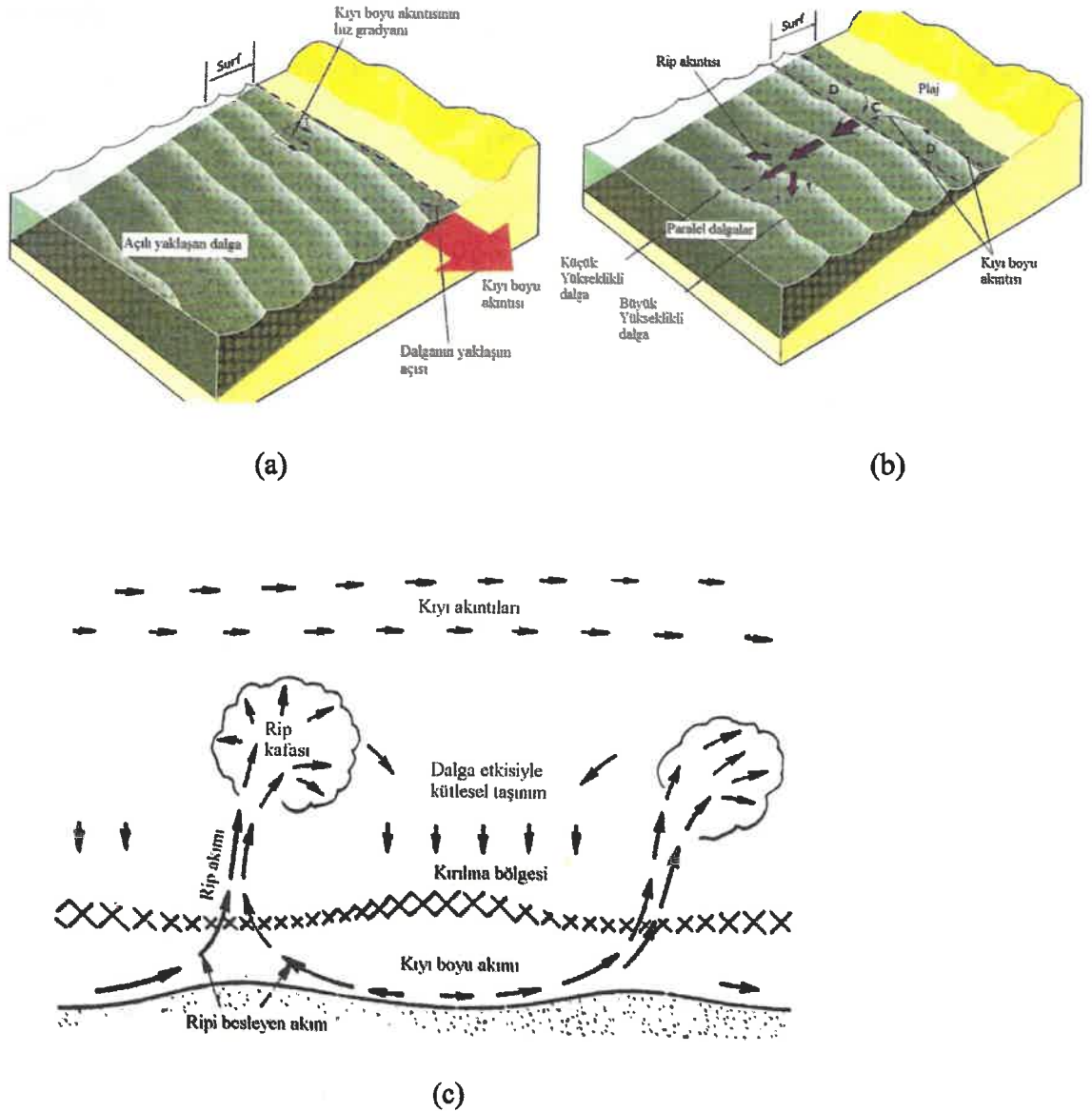
(c)

Şekil 3.9. Dalga kırılma tipleri (Dean ve Dalrymple 1998)

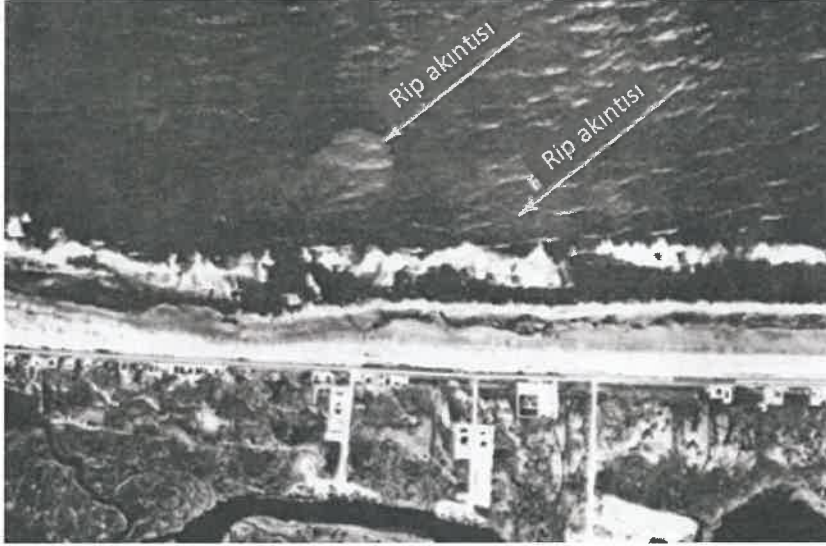
3.2.6. Dalgaların sebep olduğu akıntılar

Sediman taşınımı, kıyı çizgisi değişimi ve kıyı yapıları tasarımı gibi konularda dalga etkenli akıntı ve akıntı-dalga etkileşimi önem arz etmektedir.

Belirli bir açı ile kıyıya yaklaşan dalgalar kırılmadan sonra surf bölgesinde akıntı oluştururlar. Kırılma bölgesindeki dalga kaynaklı kıyıya paralel akıntılar kıyı boyu akıntısını oluşturur, bu akıntı dalga yüksekliği ve ortalama su seviyesi değişiminde etkilidir. Dalga yüksekliği fazla olan dalgadan düşük olan dalgaya doğru oluşan akım açık denize döner ve kıyıya dik rip akıntısını oluşturur (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11).



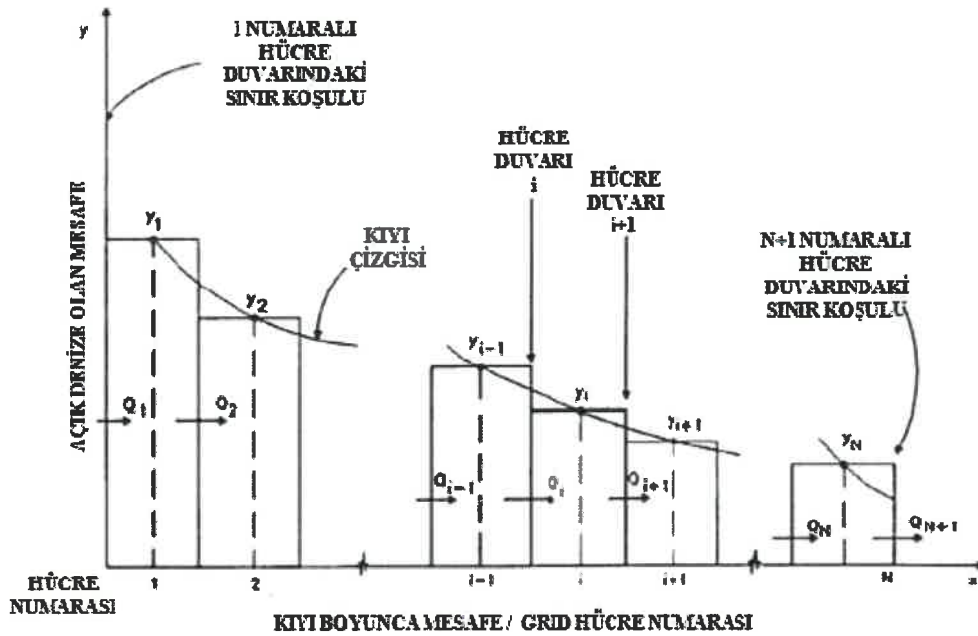
Şekil 3.10. (a) Kıyıya açılı yaklaşan dalga (b) Kıyıya paralel yaklaşan dalga (c) Yakın kıyı dalga etkenli akıntılar (Yüksel ve Özkan Çevik 2009)



Şekil 3.11. Rip akıntısı, Ludlam adası, New Jersey (SPM 1984)

3.2.7. GENESIS modeli çözüm ağı sistemi

Şekil 3.12’de sunulan şaşırtmalı çözüm ağı kullanan GENESIS modelinde, kıyı çizgisi konumları (y) çözüm ağı orta noktalarında, taşınım oranları (Q) çözüm ağı kenarlarında hesaplanır (Gravens vd 1991). Sol sınır koşulu 1 ve sağ sınır koşulu N çözüm ağı numarasına konumlanmıştır.



Şekil 3.12. GENESIS çözüm ağı (Hanson ve Kraus 1989)

Toplam çözüm ağı sayısı N olmak üzere, ilk çözüm ağı $i=1$ 'den başlayarak; son çözüm ağı $i=N+1$ olarak tanımlanmaktadır. Toplamda kıyı çizgisi konum değerleri N kadar olduğundan ilk kıyı çizgisi konumu da N noktalarında verilmelidir. Açık deniz kum taşınım oranının $N+1$ değeri vardır. Bu durumda sol sınır Q_1 iken sağ sınır Q_{N+1} ve bu değerlerin tanımlanması gerekmektedir. Q değerlerinin dalga koşullarının bir fonksiyonu olmasından dolayı dalga parametreleri Q noktalarında hesaplanır. Ayrıca yapıların uç kısımları da Q noktalarında konumlanmıştır. İdeal sağ ve sol sınır koşulları sahile yakın uç noktalarken, mahmuzlar dalgakıranlar gibi sahil yapıları oluşan gridin iç kısmında kalarak simülasyonda bulunmalıdır. Kıyı dolguları ve batıklar y noktalarına konumlandırılır.

İzin verilen bir sınırdaki uygulanan yansımaya koşulu sol sınır için 3.61 ve sağ sınır için 3.62 eşitliğinde verilmiştir.

$$Q_1 = Q_2 \quad (3.61)$$

$$Q_{N+1} = Q_N \quad (3.62)$$

Kum taşınımına izin verilmediği durumda ΔQ sıfırdır ve bu nedenle Δy de sıfır olur, bu durumda y değişmediğinden sabitlenmiş sınır koşulu elde edilir.

Çoklu dalga kaynağının varlığında, kıyı boyu taşınım oranı her bir dalga kaynağının etkisi değerlendirilerek çözümlenir. GENESIS lineer süperpozisyonla her grid için kıyı boyu taşınım oranını hesaplar. Bu durumda M dalga kaynağı ve m kaynağının ürettiği i . çözüm noktasındaki taşınım oranı $Q_{i,m}$ ile ifade edilir. 3.63 eşitliği toplam taşınım oranını, 3.64 brüt ve 3.65 net taşınım oranını tanımlamaktadır.

$$Q_i = \sum_{m=1}^M Q_{i,m} \quad (3.63)$$

$$Q_g = Q_{rt} + Q_{lt} \quad (3.64)$$

$$Q_n = Q_{rt} - Q_{lt} \quad (3.65)$$

Burada sağa doğru taşınımın toplamı Q_{rt} iken; sola doğru ise Q_{lt} 'dir. Brüt taşınımın (Q_g) yönle ilgisi olmadığından pozitif değer alır. Net taşınım (Q_n) ise sağdan ve soldan taşınım arasındaki farkı ifade eder. GENESIS modeli net taşınım oranını (Q_n) kullanmaktadır.

GENESIS sonlu farklar yöntemlerinden (finite difference method) biri olan Crank-Nicolson örtülü yöntemi (Crank-Nicolson Implicit Scheme) ile 3.66 eşitliğini kullanarak çözüm ağı sonuçlarını vermektedir (Hanson ve Kraus 1989).

$$\frac{\partial Q_i}{\partial x} = \frac{1}{2} \left[\frac{Q'_{i+1} - Q'_i}{\Delta x} + \frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta x} \right] \quad (3.66)$$

Üst indis bir sonraki zaman adımını; alt indis ise bir sonraki gridi temsil etmektedir. Örtülü sonuçlar denklem sistemi ile sonuç vermektedir.

3.2.8. Kıyı yapıları

Kıyı çizgisinin korunması, kıyı arkası koruma, liman oluşturulması gibi nedenlerle kıyı yapılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Kıyı duvarları, bitişik dalgakıranlar, mahmuzlar gibi birçok örneği mevcuttur (Kapdaşlı 1992, Yüksel ve Özkan Çevik 2009).

Dalgakıranlar dalganın kıyıya ulaşmasını engellemek amacıyla kıyıya bitişik veya açığa inşa edilen yapılardır. Kıyı ile bağıntılı dalgakıranları mahmuzlardan ayıran özellikleri daha derinde inşa edilmeleri ve kıyı korumada daha etkin olmalarıdır. Ardışık dalgakıranlar kıyıda art arda girinti-çıkıntı oluştururlar, sonuç olarak plaj muskası ve tombolo oluşturabilirler. Tombolo oluşumu ile birlikte yukarı kıyıda birikme, aşağı kıyıda ise erozyon meydana gelmektedir. Bu durumda yukarı kıyıda biriken malzeme taranarak aşağı kıyıya taşınır. Mahmuzlardan farklı dalga dönmesi etkisiyle kıyının değişime uğramasıdır. Liman dalgakıranları ise en büyük dalga istatistiği kullanılarak gemi tipi ve elleçleme kapasitesi göz önünde bulundurularak arka bölgelerindeki insan ve deniz araçlarını koruma amacıyla inşa edilmektedir.

Mahmuzlar ise erozyonu önlemek amacıyla kıyıya dik olarak yapılan kıyı koruma yapısıdır. Kıyı boyu taşınım hareketi kontrol ederek yukarı kıyı bölgesinde kumun tutulmasını sağlarlar. Geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere doğrusal, kıvrımlı, T, Y ve zigzag tipinde ve seri halinde inşa edilebilirler.

Kıyı duvarları kıyı erozyonunu önlemek amacıyla kıyı çizgisine paralel olarak yapılmış kıyı ile denizi ayıran yapılardır.

3.2.9. NEMOS modeli

GENESIS matematik modeli, CEDAS (Coastal Engineering Design and Analysis System) yazılımının NEMOS (Nearshore Evolution Modeling System) paket programının alt modellerinden biridir. NEMOS art arda sıralı sistemlerle (cascade system) uzun dönemli kıyı çizgisi değişimi benzeşimini sağlamaktadır. Bu sürecin akış şeması Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. NEMOS veri işleme akış şeması

Her bir adım için girdi dosyası bir önceki basamağın çıktı dosyasıdır. Akış şemasındaki alt yazılımların işlevi sırasıyla açıklanmıştır:

- ✓ GRIDGEN (Grid Generator): Batimetri ve başlangıç kıyı çizgisi kullanılarak çalışma alanı için üniform grid dosyası oluşturulur. Oluşturulan bu dosya dalga modelinde ve GENESIS'te kullanılır.
- ✓ WWL (Waves, Winds, Water Levels): Orijinal dalga verileri girdi olarak kullanılarak, verilere yönelik belirleme ve düzenleme sağlar.
- ✓ WSAV (Wave Station Analysis and Visualization): Gelen dalgaların istatistiksel analizini ve benzeşimde kullanılacak dalga grubu verilerini üretir.
- ✓ SPECGEN (Spectrum Generator): STWAVE'de kullanılacak yönsel spektrum analizini verir. Dalga yaklaşım yönüne ve frekansına bağlı olarak dalga enerji yoğunluğunu gösterir. Her bir tekil dalga bileşenlerinin ayrı ayrı sahip oldukları enerji ile yer değiştirir, dalga spektrumu oluşturulur.
- ✓ STWAVE (Steady State Spectral Wave): 2 boyutlu sonlu farklar ile yakın kıyıda zamana bağlı olmayan spektral dalga enerji yayılımını göstermektedir. Dalgaları açık denizden modelde belirlenmiş yakın kıyı çizgisine taşıyarak dalga parametrelerindeki değişimi hesaplar.
- ✓ WMV (Wave Model Visualization): Bir önceki adımda (STWAVE) elde edilen sonuçlarla dalgaların kıyıya yaklaşımını görselleştirir.
- ✓ GENESIS: Tek çizgi modelini temel alan bu model kıyı çizgisi değişimi benzeşimi yapmaktadır.

3.3. Dalga İklimi ve Dalga İstatistiği

3.3.1. Dalgaların oluşumu ve gelişimi

Dalga iklimi farklı doğrultulardan değişik yükseklik ve periyotlu dalgaların meydana gelme frekanslarının belirlenmesidir. Katı madde taşınımını sağlayan ve kıyı morfolojisini belirleyen etmen dalga olduğundan çalışma alanının dalga ikliminin belirlenmesi gerekmektedir. Enerjilerini okyanus veya deniz üzerinden esen rüzgârlardan sağlayan dalgalar su yüzeyinde oluşmaya başlarlar ve gittikçe gelişirler. Bu nedenle dalga iklimi doğrudan dalga ölçümleriyle sağlanabildiği gibi uzun dönem rüzgâr verilerinden elde edilecek dalga verileriyle de tahmin edilebilir.

Rüzgâr dalgalarının yükseklikleri ve periyotları U rüzgâr hızı, F feç mesafesi (rüzgârların etki mesafesi, dalga kabarma mesafesi) ve T_w rüzgâr esme süresine bağlıdır. Rüzgârın dalgaları meydana getirdiği esme doğrultusundaki mesafeye "feç" denir. Feç; rüzgâr hızı ve doğrultusunun yeterince sabit kaldığı bölge olarak da bilinir.

Feç uzunluğu, üretilen dalgaların karakteristiklerini belirleyen önemli bir faktördür. Kısa feçler için, dalgalar tam gelişmiş haldeki boyutlarına ulaşmaya fırsat bulamadan gelişme alanı dışına yayılmakta ve böylece beklenenden daha küçük yüksekliklere sahip olmaktadır. Dalgaların yükseklikleri ve periyotları feç mesafesinin büyümesiyle artmaktadır. Dalgalar bu durumda feçin sonunda maksimum yüksekliklerine ulaşmaktadır. Rüzgârın esme süresi de dalgaların gelişmesini kontrol eden önemli bir

faktördür. Aynı feç uzunluğu ve rüzgâr hızı için üretilen dalgaların yükseklikleri sürenin artmasıyla artmaktadır.

Rüzgâr hızı, feç uzunluğu ve esme süresi arttıkça rüzgârın ürettiği dalgaların ortalama yükseklikleri artmakta ancak bu belirli limitler içinde kalmaktadır. Verilen rüzgâr hızı, sınırsız feç ve esme süresi için gelişecek olan dalgaların ortalama yüksekliği ve periyodu sabit bir limit değere sahiptir. Bu limit şartında rüzgârdan dalgalara geçen enerji miktarı, dalgaların kırılma ve türbülansı nedeniyle harcadıkları enerji miktarı ile dengededir. Dalgaların bu denge durumu ‘Tam Gelişmiş Deniz Durumu (FAS, Fully Arisen Sea State)’ olarak bilinir. Bu durum şu şekilde de açıklanabilir; rüzgârdan dalgaya olan enerji aktarımı ancak rüzgârın su yüzeyi üzerindeki yatay bileşeni, dalga yayılma doğrultusundaki hızına eşit veya daha büyük bir hıza sahip olması durumunda meydana gelir. Ancak verilen bir rüzgâr hızıyla üretilen dalgaların sahip olabilecekleri sadece bir maksimum dalga yayılma hızı ve periyodu vardır. Bu durumda dalgalar rüzgâr ile denge konumuna ulaşırlar, işte bu hal FAS olarak bilinmektedir. Bu durumda dalga spektrumunda artık bir değişim meydana gelmez. Bu hale ulaşabilmek için feç ve rüzgâr esme süresinin yeterince uzun olması gerekmektedir. Tam gelişmiş deniz durumunun oluşmadığı (FAS) durumlarda eğer rüzgâr esme süresi bu minimumdan büyük ise dalga ‘feç limitli’dir, buna karşın rüzgâr esme süresi bu minimumdan daha küçük ise FAS meydana gelmez ve bu durumda dalga ‘süre limitli’ olmaktadır (CERC 1984).

Verilen bir rüzgâr hızında (U , m/s) denizdeki denge halinin ulaşması için gerekli minimum feç uzunluğu (F_{FAS} , km) ve verilen bir rüzgâr hızında denizdeki denge halinin oluşması için gerekli minimum esme süresi (t_{FAS} , saat)’dır. O halde gerçek yani ölçülen veya verilen feç uzunluğu, veya gerçek esme süresi; FAS değerinden daha küçükse bu durumda dalgalar beklenen maksimum dalga yüksekliğine ulaşmayacaklardır. Bu durum Gelişmekte Olan Deniz Durumu (Developing Sea State) olarak bilinmektedir. Özetlenirse, tam gelişmiş ve gelişmekte olan deniz şartları aşağıdaki ifade edilebilmektedir;

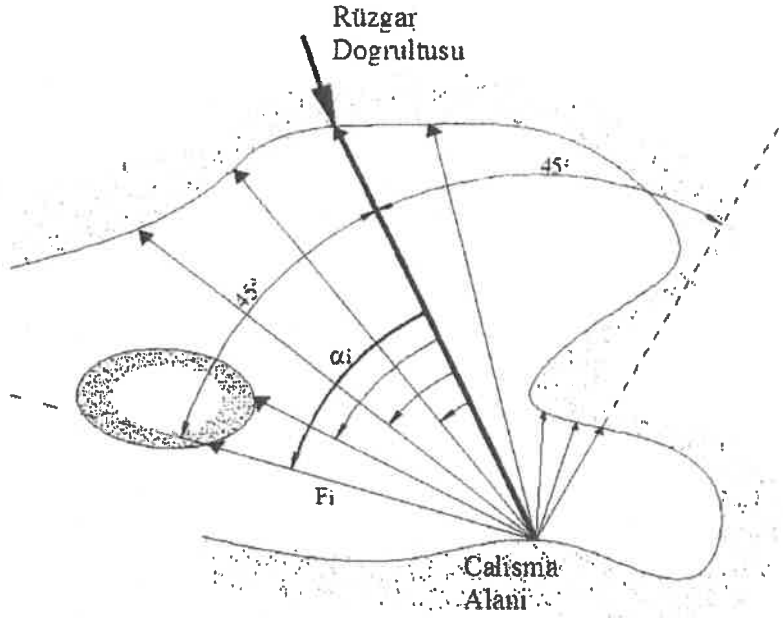
$$\begin{array}{ll} F_{gerçek} > F_{FAS} \text{ ve } t_{gerçek}(T_w) > t_{FAS} & \text{Tam gelişmiş deniz durumunu,} \\ F_{gerçek} < F_{FAS} \text{ ve } t_{gerçek}(T_w) < t_{FAS} & \text{Gelişmekte olan deniz durumunu verir.} \end{array}$$

Su derinliği de, ilerleyen dalgaların yükseklikleri üzerinde etkilidir. Su derinliği azaldıkça, diğer faktörlerin sabit kalması halinde, dalga yüksekliği azalmaktadır. Ancak dalgalar genellikle denizin derin su bölgesinde üretilirler. Sığ su şartlarında derin su hali için verilen ifadeler kullanılamaz.

Feç uzunluğu genellikle körfezler, göller ve kapalı denizlerde limit hali oluşturur; buna karşın açık denizlerde ise feç uzunluğunun genellikle dalgaların gelişmesi üzerinde etkisi yeterince yoktur. Feç uzunluklarının belirlenebilmesi için literatürde değişik yöntemler bulunmaktadır, bunlardan en çok kullanılanı efektif feç uzunluğudur.

Şekil 3.14’de görüldüğü gibi kıyılarda göz önüne alınan mevki dikkate alınan dalga yönünden itibaren her iki tarafta $\pm 45^\circ$ lik bir bantta 7.5° lik aralıklarda feç uzunlukları ölçülür ve bu yön için efektif feç olarak tanımlanan feç uzunluğu 3.67 eşitliğiyle belirlenmiş olur (Yüksel ve Özkan Çevik 2009).

$$F = \frac{\sum F_i \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \quad (3.67)$$



Şekil 3.14. Efektif feçin hesaplanması

3.3.2. Dalga tahmin yöntemleri

Dalga iklim verileri dalga kayıt cihazları kullanılarak doğrudan ölçümle elde edilebileceği gibi meteorolojik veriler (sinoptik harita, rüzgâr verisi vs.) kullanılarak da tahmin edilebilir.

Belirgin dalga yüksekliği kavramı, belirli bir deniz ortamında bütün dalgaların en büyük üçte birinin ortalama dalga yüksekliği olarak ilk defa Sverdrup ve Munk (1947) tarafından ifade edilmiştir. 3.68 bağıntısı dalga kaydından en büyük üçte bir dalgalar seçilerek, bu dalga yüksekliklerinin ortalaması yani belirgin dalga yüksekliğini (H_s) verir.

$$H_s = \frac{1}{N/3} \sum_{i=1}^{N/3} H_i \quad (3.68)$$

N , H_i büyükten küçüğe sıralanmış bir dalga kaydında ardışık dalga yüksekliklerinin sayısıdır.

Literatürde bir çok ampirik dalga tahmin yöntemi bulunmaktadır: 1970'te Bretschneider tarafından SMB, 1965'te Wilson tarafından Wilson, 1973'te Haselman vd tarafından JONSWAP, 1984'te U.S. Army Corps tarafından SPM ve SPM yerine kullanılan 2006'da U.S. Army Corps tarafından CEM.

Belirgin dalga yüksekliği tahmini için meteorolojik rüzgâr kayıtlarından veya sinoptik haritalardan elde edilen rüzgâr hızının denizden 10 m yükseklikte ölçülmüş

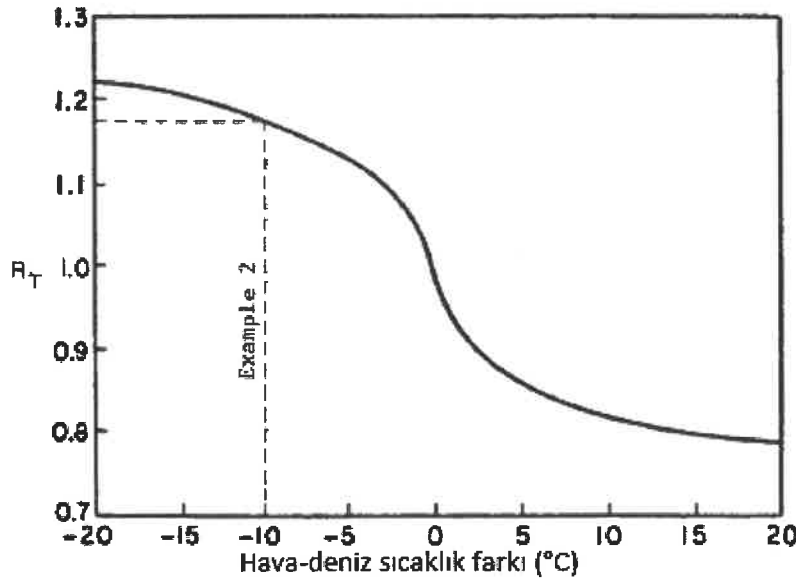
olması gerekmektedir. Diğer durumlarda “Z” denizden ölçme noktasının yüksekliği ise 3.69 eşitliğiyle deniz yüzeyinden 10 m yükseklikteki hız bulunmaktadır (SPM 1984). SPM bu eşitliği “Z” değerinin 20 m’den az olduğu durumlarda kullanılmasını tavsiye etmiştir.

$$U(10) = U(Z) \left(\frac{10}{Z} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (3.69)$$

Burada $U(10)$ denizden 10 m yükseklikte rüzgâr hızını (m/s); $U(Z)$ ise denizden Z m yükseklikteki rüzgâr hızını (m/s) ifade etmektedir.

1977’de Resio ve Vincent hava-deniz sıcaklık farkının sıfır olması durumunda sınıır tabakası doğal kararlılık durumunda olacağından rüzgâr hızının düzeltilmesine gerek olmadığını; fakat diğer durumlarda Şekil 3.15’in kullanılarak 3.70 eşitliğinin uygulanması gerektiğini; sıcaklık bilgisinin olmadığı durumda da R_T ’nin 1,1 olarak alınmasını stabilite düzeltilmesi olarak tanımlamışlardır (SPM 1984).

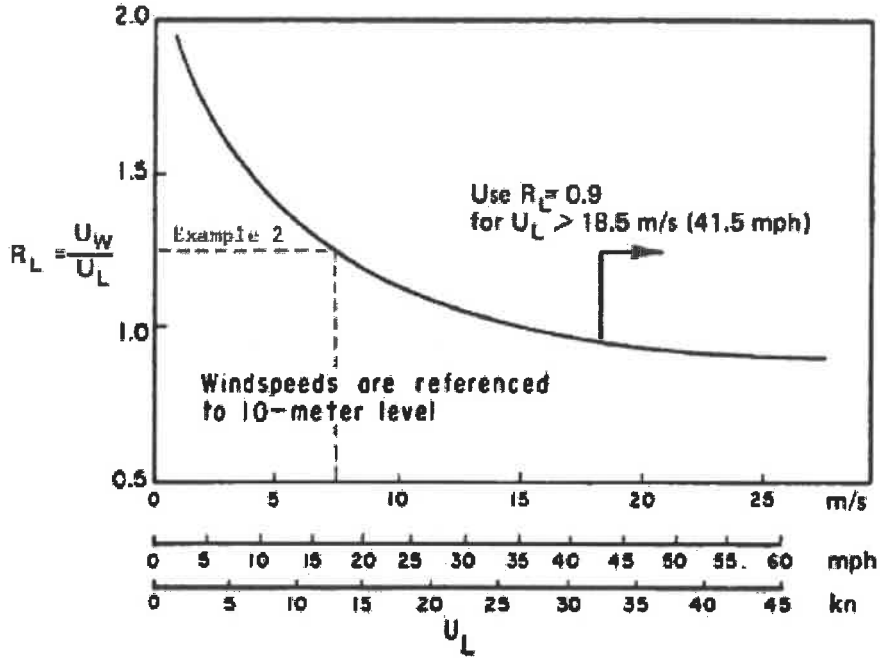
$$U = R_T U(10) \quad (3.70)$$



Şekil 3.15. Sıcaklığa bağlı amplifikasyon oranı (R_T) (SPM 1984)

1977’de Resio ve Vincent su üzerindeki rüzgârın yerine suya yakın kara üzerindeki rüzgâr verilerine ulaşılabileceğine, bu nedenle basınç gradyanı aynı, sadece yüzey pürüzlülüğünün farklı olduğu durumlarda Şekil 3.16 kullanılarak düzeltme faktörü ile (R_L) konumun rüzgâr hızına etkisini ifade etmiştir (SPM 1984). Böylelikle 3.71 bağıntısı ile karadaki rüzgâr hızının deniz üzerindeki rüzgâr hızına dönüşümü sağlanmaktadır.

$$U_w = R_L U_L \quad (3.71)$$

Şekil 3.16. Düzeltme faktörü (R_L) (SPM 1984)

3.3.2.1. SMB yöntemi

Sverdrup, Munk ve Bretschneider tarafından geliştirilen SMB yönteminde belirgin dalga yüksekliği (H_s) ve periyodu (T_s); feç mesafesi (F), rüzgâr hızı (U) ve yer çekimine (g) bağlıdır (Yüksel ve Özkan Çevik 2009). Bretschneider 1957'de revize ederek sunduğu yarı ampirik ve üç boyutsuz ifadeden oluşan SMB yöntemi 3.72, 3.73 ve 3.74 eşitliklerinde verilmiştir. Verilmiş olan bu denklemler derin su hali için geçerlidir.

$$\frac{gH_s}{U^2} = 0,283 \tanh(0,0125\phi^{0,42}) \quad (3.72)$$

$$\frac{gT_s}{U} = 7,540 \tanh(0,077\phi^{0,25}) \quad (3.73)$$

$$\frac{gt_w}{U} \geq 6,5882 \exp \left\{ \left[0,0161(\ln \phi)^2 - 0,3692 \ln \phi + 2,2024 \right]^{1/2} + 0,8798 \ln \phi \right\} \quad (3.74)$$

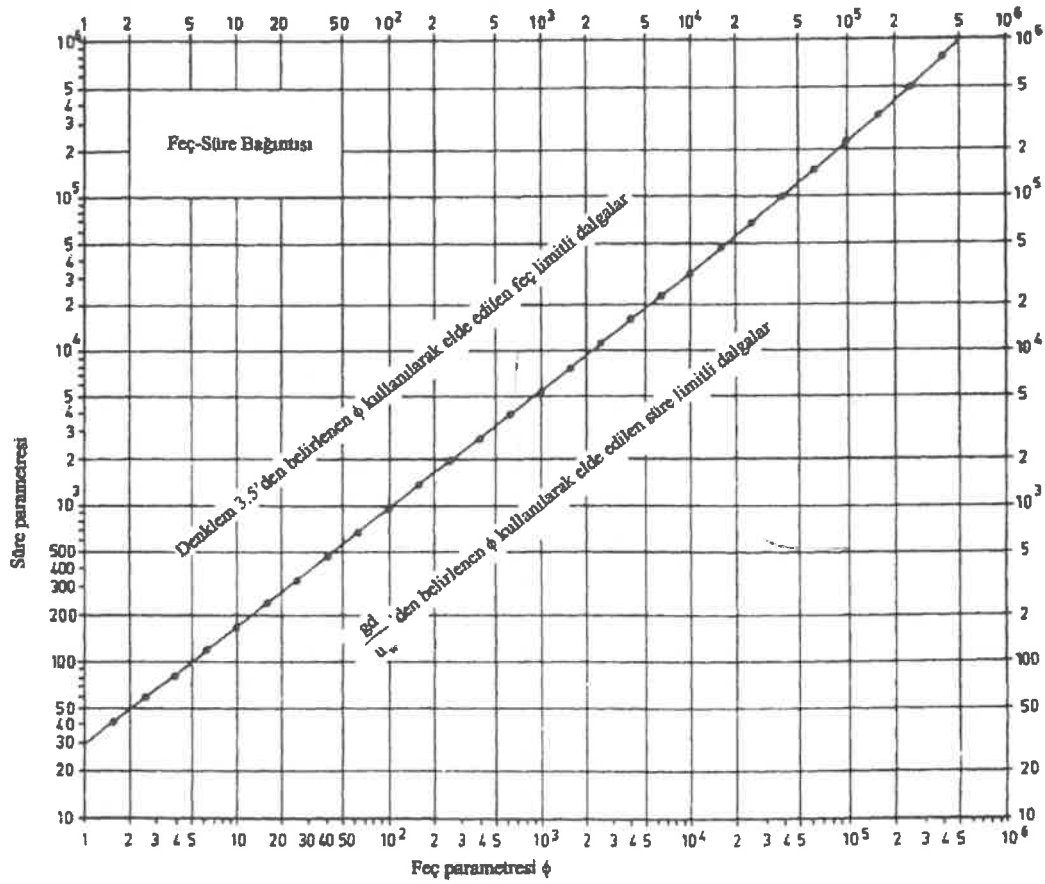
Feç parametresi 3.75 eşitliği ile tanımlanmıştır.

$$\phi = \frac{gF}{U^2} \quad (3.75)$$

Mevcut rüzgâr verilerinden t_w , U ve F belirlenerek 3.75 eşitliğiyle ϕ elde edilir. Süre parametresi (gt_w/U) 3.74 eşitliğiyle elde edildikten sonra, dalganın feç veya süre

limitli olma durumu gözden geçirilir. Rüzgâr feç boyunca dalgayı oluştururken eğer yeterli süre esmişse ve feç yeterli uzunlukta ise bu durumda tam gelişmiş deniz koşulları meydana gelmiştir. Başka bir deyişle bu koşullar altında dalgalar erişebilecekleri en büyük dalga yüksekliğine ulaşmıştır. Bu durumdan sonra rüzgâr esmeye devam etse bile artık dalga parametreleri değişmez. Buna karşılık feçin uzunluğu sınırlı ise veya rüzgâr esme süresi kısa ise gelişmekte olan deniz durumu söz konusudur. Gelişmekte olan deniz durumunda, dalgayı feç uzunluğu sınırlıyorsa feç limitli, süre sınırlıyorsa süre limitli durum meydana gelmektedir.

Şekil 3.17’te verilen monograma göre hesaplanmış olan süre ve feç parametresi belirlendiğinde eğrinin üzerinde kalıyorsa dalgalar feç limitlidir ve 3.75 ile belirlenen feç parametresi kullanılır. Eğer eğrinin altına kalıyorsa süre limitlidir ve 3.74 ile elde edilen süre parametresi kullanılarak eğri kesleştirilir ve monogramdan okunan feç parametresi belirgin dalga yüksekliği (H_s) belirlemede kullanılır.



Şekil 3.17. Feç ve süre parametresi ilişkisi (Yüksel ve Özkan Çevik 2009)

3.3.2.2. CEM yöntemi

Yarı ampirik olan bu yöntem feç limitli, süre limitli ve tam gelişmiş deniz durumu için kullanılır (CEM 2006). Mevcut durumdaki feç ve rüzgâr hızı için maksimum enerjiye sahip dalgaların oluşma zamanı t_{min} 3.76 eşitliğiyle bulunur.

$$t_{\min} = 77.23 \frac{F^{0.67}}{U^{0.34} g^{0.33}} \quad (3.76)$$

Feç mesafesi F (m), rüzgâr hızı U (m/s) ve yer çekimine g (m/s²), esme süresi t (saat) ile gösterilmektedir.

Feç limitli durumda 3.77 ve 3.78 eşitlikleri kullanılmaktadır.

$$\frac{gH_s}{u_*^2} = 4.13 \times 10^{-2} \left(\frac{gF}{u_*^2} \right)^{1/2} \quad (3.77)$$

$$\frac{gT_p}{u_*} = 0.751 \left(\frac{gF}{u_*^2} \right)^{1/3} \quad (3.78)$$

Burada H_s belirgin dalga yüksekliği (m), T_p pik spektral periyot (s) ve u_* sürtünme hızı (m/s)'dir. Sürtünme hızı ve bağlı olduğu sürtünme katsayısı eşitlikleri verilmiştir.

$$u_* = U(C_D)^{1/2} \quad (3.79)$$

$$C_D = 0,001(1,1 + 0,035U) \quad (3.80)$$

Tam gelişmiş deniz durumunda ise 3.81 ve 3.82 eşitlikleri kullanılmaktadır.

$$\frac{gH_s}{u_*^2} = 2,115 \times 10^2 \quad (3.81)$$

$$\frac{gT_p}{u_*} = 2,398 \times 10^2 \quad (3.82)$$

Son olarak süre limitli durumda ise 3.83 eşitliği kullanılmaktadır.

$$\frac{gF}{u_*^2} = 5,23 \times 10^{-3} \left(\frac{gt}{u_*} \right)^{3/2} \quad (3.83)$$

3.3.3. Dalga istatistiği

3.3.3.1. Dalga spektrumu

Spektrum analizi dalga enerjisinin dalga frekansına göre dağılımıdır. FFT (Fast Fourier Transform) matematiksel tekniği ile zamandan frekansa geçmek spektrum analizinin temelini oluşturur. Tekli dalga yerini açık deniz düzensiz dalgalarının birleşimi almaktadır. Bu nedenle tekli dalgaya ait bilgiler kaybolmaktadır. Gerçek deniz koşullarında oluşan sonsuz sayıda dalga, çok sayıdaki basit harmonik dalganın birleşiminden oluşmaktadır. Bu yöntem ile her bir tekli dalgayı incelemek yerine hepsinin oluşturduğu spektrum analiz edilmektedir.

3.3.3.2. Uzun dönem dalga istatistiği (Log-Normal dağılım)

Çalışma alanının dalga iklimini belirlemek kıyı çizgisi değişimi modeli için gereklidir. Uzun dönem dalga istatistiği de bunu sağlayarak belirgin dalga yüksekliklerinin oluşma olasılığını analiz etmektedir.

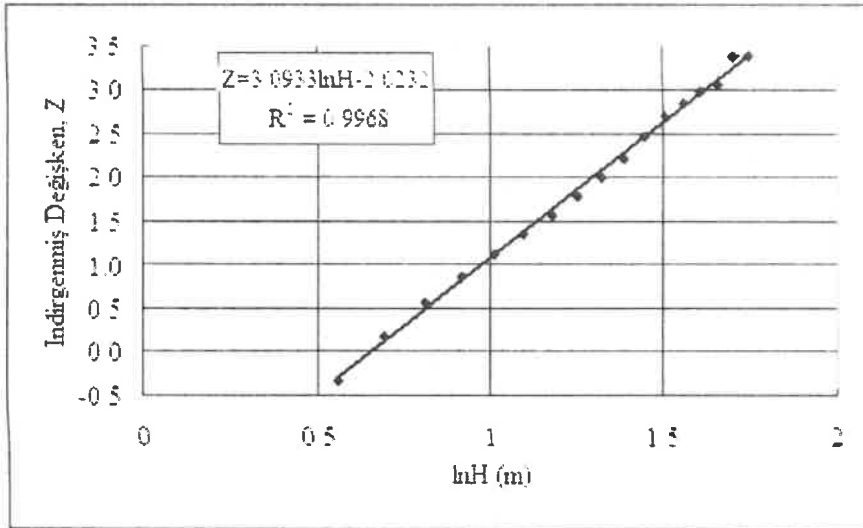
σ ve μ dağılım parametreleri olmak üzere 3.84 bağıntısında log-normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu verilmiştir (Goda 2000).

$$f(H_s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma H_s} \exp\left[-\frac{\ln(H_s - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3.84)$$

3.85 bağıntısı log-normal olasılık dağılımını vermektedir (Yüksel ve Özkan Çevik 2009, Gökkuş ve Dağlı 2017).

$$Y = Z = \Phi^{-1}(P) = \frac{\ln H - \overline{\ln H}}{\sigma_{\ln H}} = \frac{1}{\sigma_{\ln H}} \ln H - \frac{\overline{\ln H}}{\sigma_{\ln H}} \quad (3.85)$$

3.86 eşitliğiyle Y yerine $Z = \Phi^{-1}(P)$ ve 3.87 eşitliğiyle X yerine $\ln H$ değişkenleri kullanılmıştır. Bu durumda eksen dönüşümleri ile elde edilen ve bir doğru elde edilmesini sağlayan indirgenmiş eksen Z 'dir. P 'nin $\ln H$ 'a göre değişimi log-normale çok yakındır. En uygun doğruyu elde edebilmek için lineer regresyon analizinden faydalanılmıştır. Örneğin Şekil 3.18'te Kamphuis tarafından sunulan $H=1,5$ m'lik veriler için Log-normal dağılım görülmektedir (Yüksel ve Özkan Çevik 2009).



Şekil 3.18. Log-normal dağılım örneği

$$Y = \Phi^{-1}(P) \quad (3.86)$$

$$X = \ln H \quad (3.87)$$

Dağılım parametrelili A ve B için 3.88 ve 3.89 eşitlikleri verilmiştir.

$$A = \frac{1}{\sigma_{\ln H}} \quad (3.88)$$

$$B = -\frac{\overline{\ln H}}{\sigma_{\ln H}} \quad (3.89)$$

Burada σ standart sapma, H ortalama dalga yüksekliğidir.

Balas vd (2013) log-lineer olasılık dağılımını 3.90 bağıntısı ile tanımlamışlar, (3.91) bağıntısı ile de gösterilebileceğini ifade etmişlerdir.

$$Q(H_s) = e^{2.3(H_s - B)^A} \quad (3.90)$$

$$H_s = A \log Q(H_s) + B \quad (3.91)$$

Burada $Q(H_s)$ belirgin dalga yüksekliğinin H_s değerine eşit veya daha büyük olma olasılığı, A ve B dağılım parametreleridir.

3.3.3.3. En büyük değer dalga istatistiği (Gumbel dağılımı)

En büyük dalgaların analizi için geliştirilmiş Gumbel dağılımı sınırlı sayıdaki sıralanmış verilerin analizinde kullanılır (Li vd 2012). Fisher-Tippett type I olarak da bilinir (Goda 2000).

Yalçın ve Özkan Çevik (2009) Gumbel dağılımını 3.92 bağıntısı ile tanımlamıştır.

$$P = \exp \left[-\exp \left(-\frac{H - \gamma}{\beta} \right) \right] \quad (3.92)$$

3.92 bağıntısında her iki tarafın logaritması alınarak 3.93 ve tekrar logaritması alınarak 3.94 bağıntısı elde edilmiştir.

$$\ln P = -\exp \left(-\frac{H - \gamma}{\beta} \right) \quad (3.93)$$

$$-\ln \left(\ln \frac{1}{P} \right) = \frac{H - \gamma}{\beta} = \frac{1}{\beta} H - \frac{\gamma}{\beta} \quad (3.94)$$

İndirgenmiş değişken G ile adlandırılarak dönüşüm sonucu 3.95 bağıntısı elde edilmiştir. Diğer değişkenler de 3.96, 3.97 ve 3.98 bağıntıları ile gösterilmiştir. A ve B dağılım parametreleridir, bu parametrelerden γ ve β elde edilir.

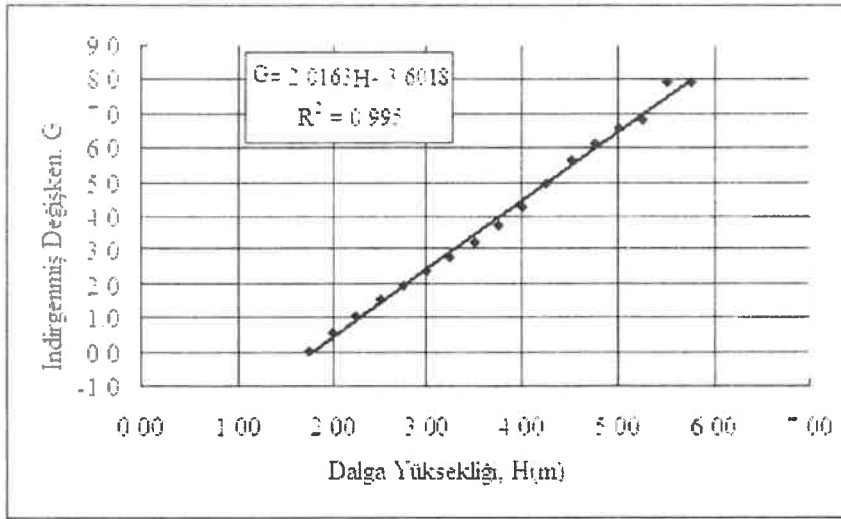
$$Y = -\ln \left(\ln \frac{1}{P} \right) = G \quad (3.95)$$

$$X = H \quad (3.96)$$

$$A = \frac{1}{\beta} \quad (3.97)$$

$$B = -\frac{\gamma}{\beta} \quad (3.98)$$

Örneğin Şekil 3.19 2000 yılında Kamphuis tarafından elde edilmiş $H=1,5$ m'lik veriler için Gumbel dağılımı göstermektedir (Yüksel ve Özkan Çevik 2009). Dalga yükseklikleri küçükten büyüğe sıralanıp yarı-log kâğıtta konumlandırılarak oluşan en uygun doğrudan Gumbel dağılımının denklemini elde edilmiştir.



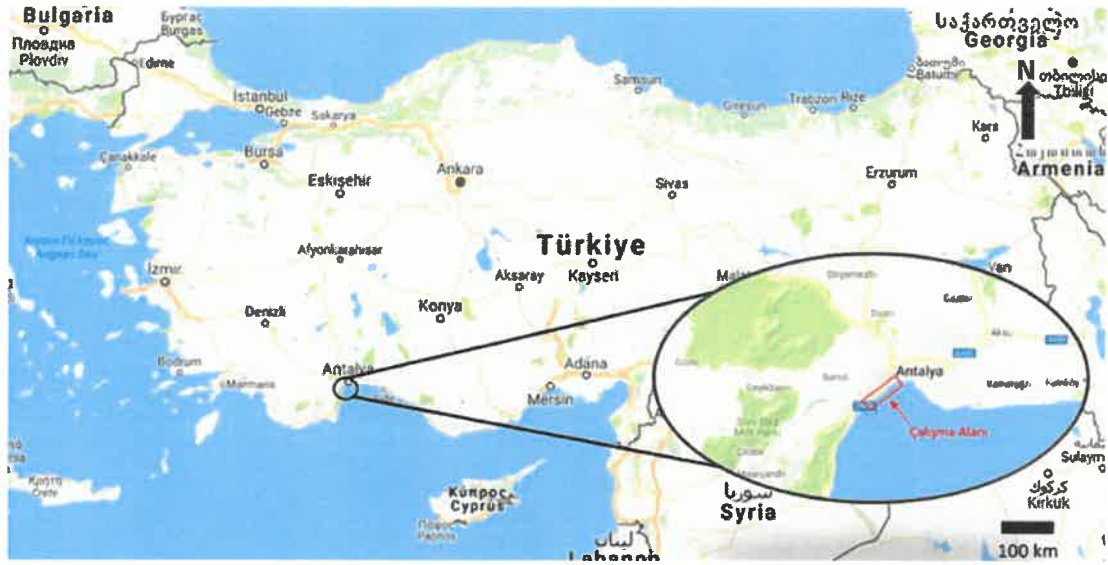
Şekil 3.19. Gumbel dağılım örneği

3.4. Konyaaltı Sahili Çalışma Alanı

Konyaaltı olarak adlandırılan bölgenin falezlerin güneybatısından yer almasından dolayı eskiden Koyaltı olarak anıldığı ve zamanla değişerek şimdiki ismine dönüştüğü bilinmektedir. Konyaaltı'nın tarihteki yeri araştırıldığında geçmişte önemli bir yerleşim birimi olduğu ortaya çıkmaktadır.

M.Ö. 30 yılına kadar uzandığı bilinen Likya Uygarlığının sınırları içinde yer alan Olbia Kenti günümüzdeki Konyaaltı bölgesinde yer almaktaydı. Olbia Kenti Termessos'da yaşayan Solymler'in hem ticaret hem de ulaşım amacıyla kurdukları yerleşimdir. 60'lı yılların başında yapılan araştırmalarda bölgede rıhtım bloklarına ve güçlü surlara rastlanmıştır. Fakat zamanla kum birikmesi ve alüvyonla dolması ile II. Attalos yeni bir liman kenti kurmak istemiştir ve zamanla kent önemini yitirmiştir.

Antalya İli'nin Batı ucunda bulunan falezlerin bittiği yerden başlayarak Antalya Limanı'na kadar yaklaşık 7,5 km boyunca uzanan Konyaaltı Sahili Antalya-Kemer karayolu üzerinde bulunur (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Çalışma sahası genel coğrafi konumu

Bu çalışma kapsamında Antalya İli Konyaaltı Sahili kıyı çizirisi değişimi GENESIS sayısal modeli ile incelenerek, elde edilen sonuca göre kıyı koruma yapısı önerilip uzun dönemde önerilen kıyı yapılarının da çalışma bölgesine etkisi analiz edilmiştir.

4. BULGULAR

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 17300 nolu Antalya Havaalanı İstasyona ait 1981-2006 yılları arası 25 yıllık ve 17302 nolu Antalya Bölge İstasyonu'na ait 2012-2017 arası 5 yıllık rüzgâr verileri elde edilmiştir. İki istasyon arasındaki kuş uçuşu mesafe 12 km'den az olduğundan, her iki istasyon verileri beraber incelenerek toplamda 30 yıllık rüzgâr hızları ve esme süreleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.1'de verilen Konyaaltı Sahili için dalga yönlerine göre etkili feç mesafeleri Google Earth'den yararlanılarak hesaplanmıştır (Şekil 4.1).

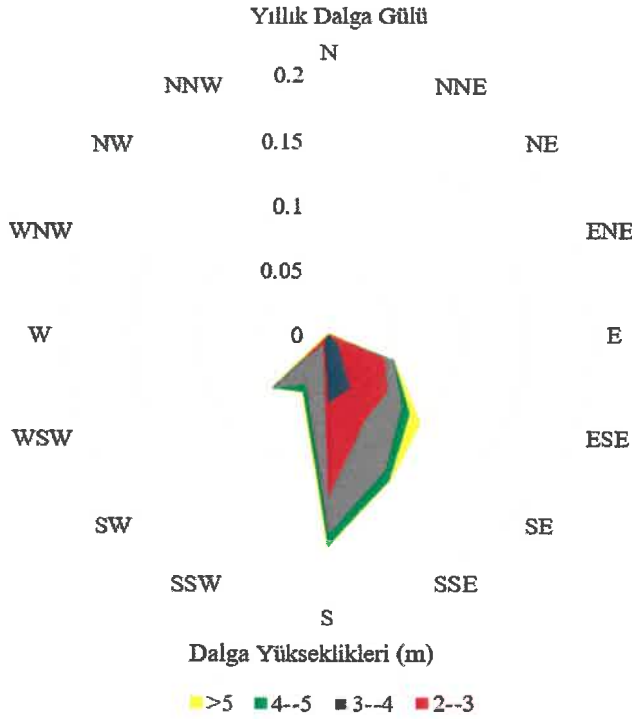
Çizelge 4.1. Konyaaltı Sahili yönlerine göre kabarma uzunlukları

Yön	Yön Kısaltmaları	Feç mesafesi (km)
Doğu Kuzey Doğu	ENE	20,742
Doğu	E	74,036
Doğu Güney Doğu	ESE	178,507
Güneydoğu	SE	319,016
Güney Güney Doğu	SSE	388,680
Güney	S	335,316
Güney Güney Batı	SSW	208,619
Güneybatı	SW	70,310



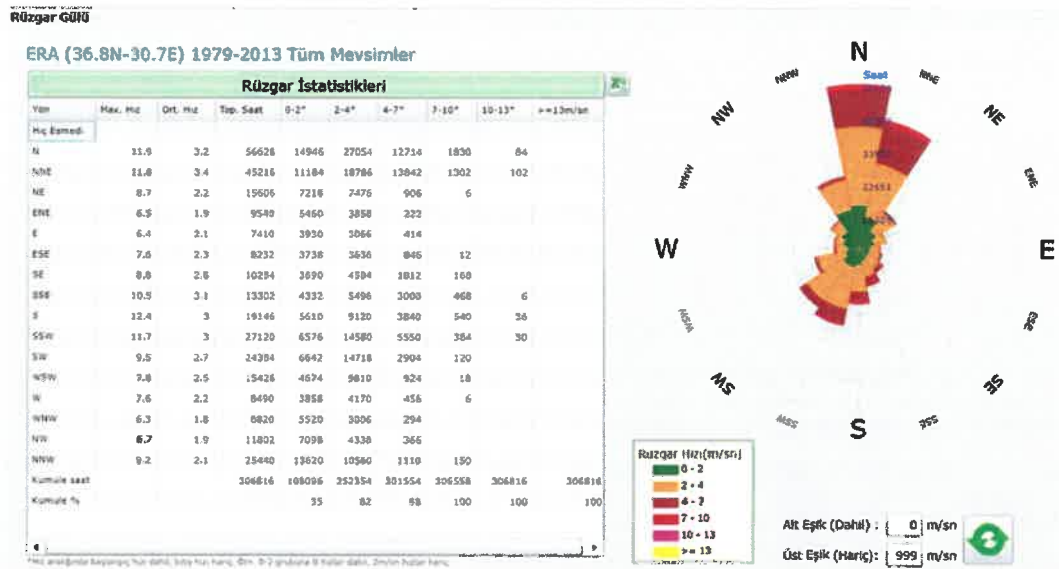
Şekil 4.1. Yönlerine göre dalga kabarma uzunlukları (feç uzunlukları)

Rüzgâr verileri ve efektif feç uzunlukları kullanılarak SMB metodu ile belirgin dalga yüksekliği ve periyodu elde edilmiştir. Bu verilere göre hazırlanmış yıllık dalga gülü Şekil 4.2'te görülmektedir.

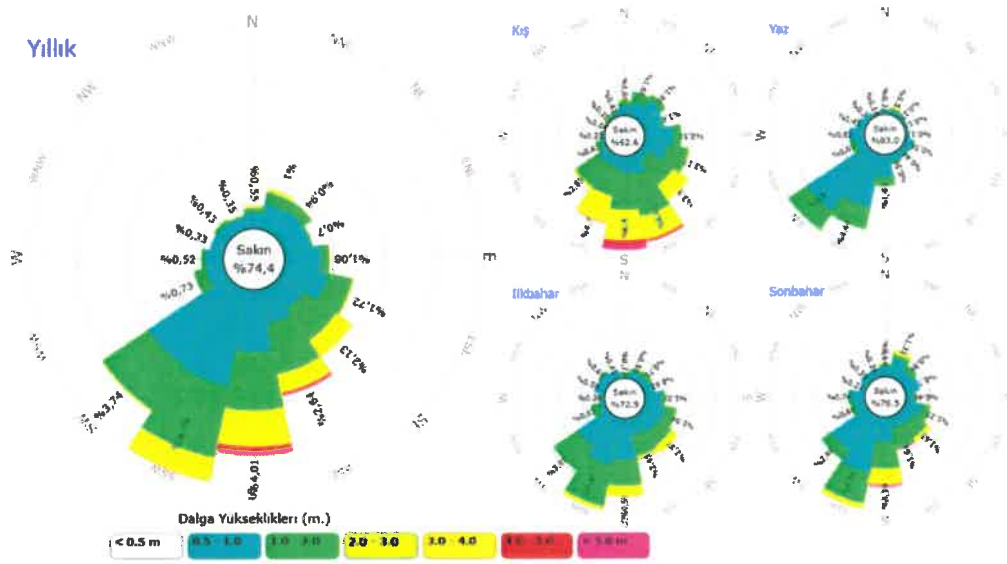


Şekil 4.2. SMB yönteminden elde edilen yıllık dalg gültü

HYDROTAM-3D dalg formasyon modülü ile Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF) 1979-2013 yılları arasındaki rüzgar verileri kullanılarak CEM metodu ile ampirik olarak belirgin dalg yüksekliği ve periyodu elde edilmiştir. Yıllık rüzgârgültü ise Şekil 4.3'da; yıllık ve mevsimsel dalg gülleri Şekil 4.4'te ve verilmiştir.



Şekil 4.3. Yıllık rüzgârgültü



Şekil 4.4. Yıllık ve mevsimsel dalga gülleri

Log-normal dağılım ile elde edilen uzun dönem dalga istatistiği sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Log-normal dağılım ile belirgin dalga yükseklikleri (m) için aşılma süreleri (saat/yıl)

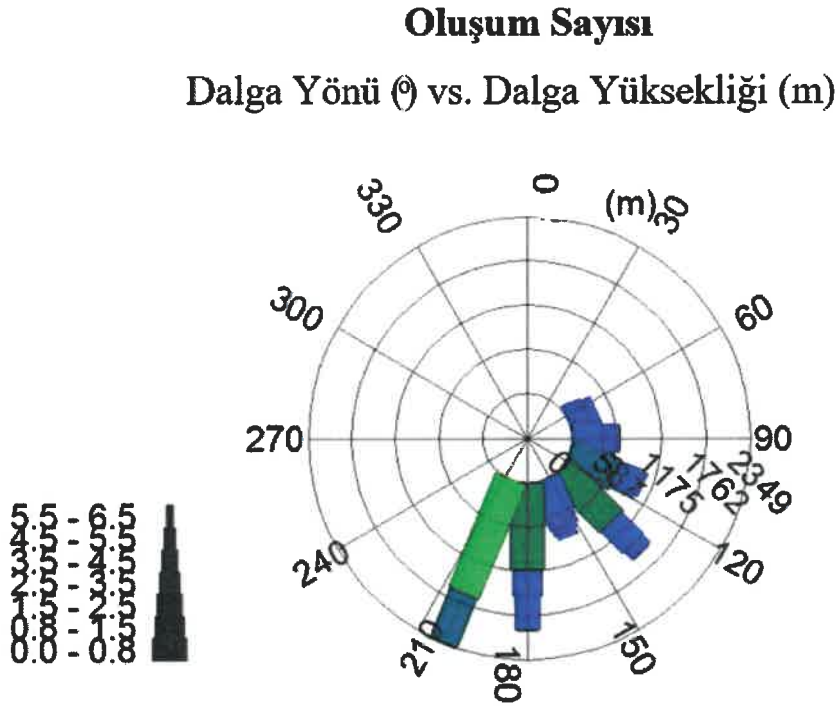
Yön	Denklem
N	$H_s = -1,167 - 0,385 \cdot \ln(P(H_s))$
NNE	$H_s = -1,477 - 0,488 \cdot \ln(P(H_s))$
NE	$H_s = -1,182 - 0,378 \cdot \ln(P(H_s))$
ENE	$H_s = -0,845 - 0,286 \cdot \ln(P(H_s))$
E	$H_s = -1,514 - 0,443 \cdot \ln(P(H_s))$
ESE	$H_s = -1,094 - 0,406 \cdot \ln(P(H_s))$
SE	$H_s = -2,051 - 0,735 \cdot \ln(P(H_s))$
SSE	$H_s = -2,504 - 0,874 \cdot \ln(P(H_s))$
S	$H_s = -3,074 - 1,141 \cdot \ln(P(H_s))$
SSW	$H_s = -1,698 - 0,727 \cdot \ln(P(H_s))$
SW	$H_s = -0,943 - 0,448 \cdot \ln(P(H_s))$
WSW	$H_s = -0,680 - 0,270 \cdot \ln(P(H_s))$
W	$H_s = -0,575 - 0,222 \cdot \ln(P(H_s))$
WNW	$H_s = -0,167 - 0,125 \cdot \ln(P(H_s))$
NW	$H_s = -1,373 - 0,391 \cdot \ln(P(H_s))$
NNW	$H_s = -1,177 - 0,329 \cdot \ln(P(H_s))$

Gumbel dağılımdan elde edilen en büyük değer dalga istatistiği sonucu ise Çizelge 4.3'te verilmiştir.

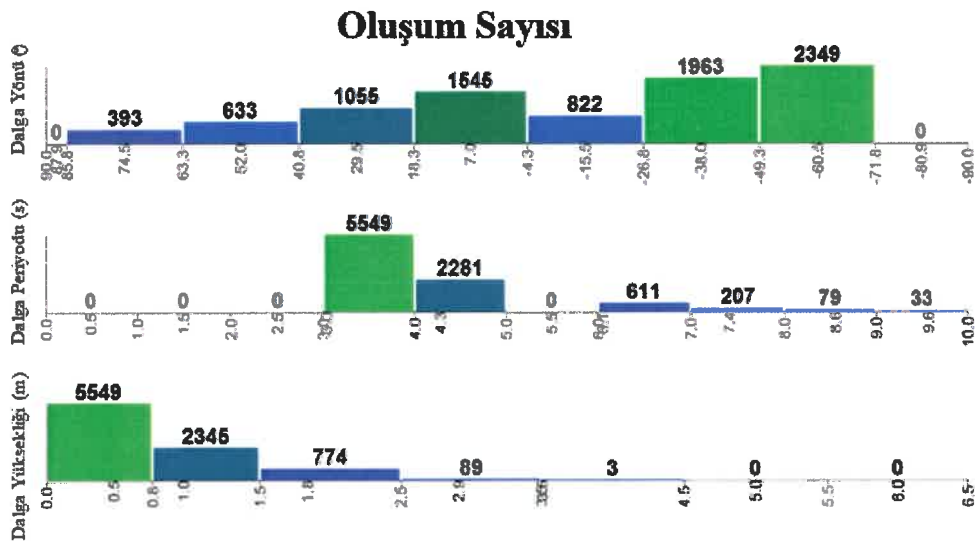
Çizelge 4.3. Gumbel dağılımı ile belirgin dalga yükseklikleri (m) için aşılma süreleri (saat/yıl)

Yön	Denklem
N	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,375)/0,440)))$
NNE	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,522)/0,442)))$
NE	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,542)/0,354)))$
ENE	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,640)/0,262)))$
E	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,716)/0,369)))$
ESE	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 1,188)/0,453)))$
SE	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 1,991)/0,656)))$
SSE	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 2,247)/0,835)))$
S	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 2,865)/1,115)))$
SSW	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 2,250)/0,661)))$
SW	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 1,339)/0,432)))$
WSW	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,815)/0,298)))$
W	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,557)/0,234)))$
WNW	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,494)/0,135)))$
NW	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,496)/0,376)))$
NNW	$H_s = \exp(-\exp(-((H_s - 0,275)/0,337)))$

Uzun dönem dalga istatistiği ile elde edilen veriler GENESIS için kullanılmıştır. Uzun dönem dalga istatistiğinden elde edilen 1 yıllık dalga verileri WWWL ile WSAV için girdi dosyasına dönüştürülmüştür. WSAV modülü ile Konyaaltı Sahilinin maruz kaldığı dalgaların oluşum sayısı ve yönü elde edilmiştir (Şekil 4.5'te ve Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Konyaaltı Sahilinin maruz kaldığı dalgaların oluşum sayısı ve yönünü veren dalga gülü



Şekil 4.6. Konyaaltı Sahilinin maruz kaldığı dalgaların oluşum sayısı ve yönünü veren histogram

SPECGEN modülü ile elde edilen kıyıya doğru farklı açılarla yaklaşan, farklı hız ve periyoda sahip 34 dalga grubu parametresi Çizelge 4.4'te, ayrıca bu dalga grupları için kartezyen sistemde polar sistemde 2 boyutlu spektrum analizleri Ek-1'te görülmektedir.

Çizelge 4.4. Dalga grubu parametreleri

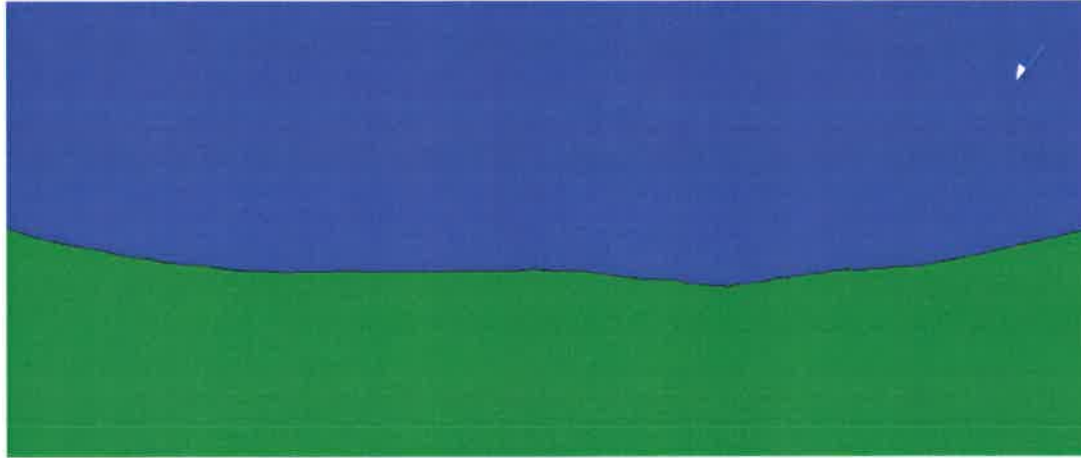
#	H (m)	T (s)	Açı (°)
1	0,48	3,03	74,5
2	0,48	3,03	52
3	0,48	3,03	29,5
4	0,48	3,03	7
5	0,48	3,03	-15,5
6	0,48	3,03	-38
7	0,48	3,03	-60,5
8	0,97	4,28	74,5
9	0,97	4,28	52
10	0,97	4,28	29,5
11	0,97	4,28	7
12	0,97	4,28	-15,5
13	0,97	4,28	-38
14	0,97	4,28	-60,5
15	0,97	6,05	52
16	0,97	6,05	-60,5
17	1,83	6,05	52
18	1,83	6,05	29,5
19	1,83	6,05	7
20	1,83	6,05	-15,5
21	1,83	6,05	-38
22	1,83	7,41	52
23	1,83	7,41	29,5
24	1,83	7,41	7
25	1,83	7,41	-15,5
26	1,83	7,41	-38
27	1,83	7,41	-60,5
28	1,83	8,56	-38
29	2,91	8,56	29,5
30	2,91	8,56	7
31	2,91	8,56	-15,5
32	2,91	9,57	-15,5
33	2,91	9,57	-38
34	3,5	9,57	7

Gelen dalganın açıktan kıyıya doğru transformasyonu STWAVE ile yapılarak farklı periyot, hıza sahip ve etkili yönlerden gelen dalga gruplarının kıyıya yaklaşımları ve batimetri eğrileri Ek-2’te verilmiştir. SPECGEN’deki gibi 34 farklı dalga grubu için ayrı ayrı sonuçlar WMV modülü ile elde edilmiştir.

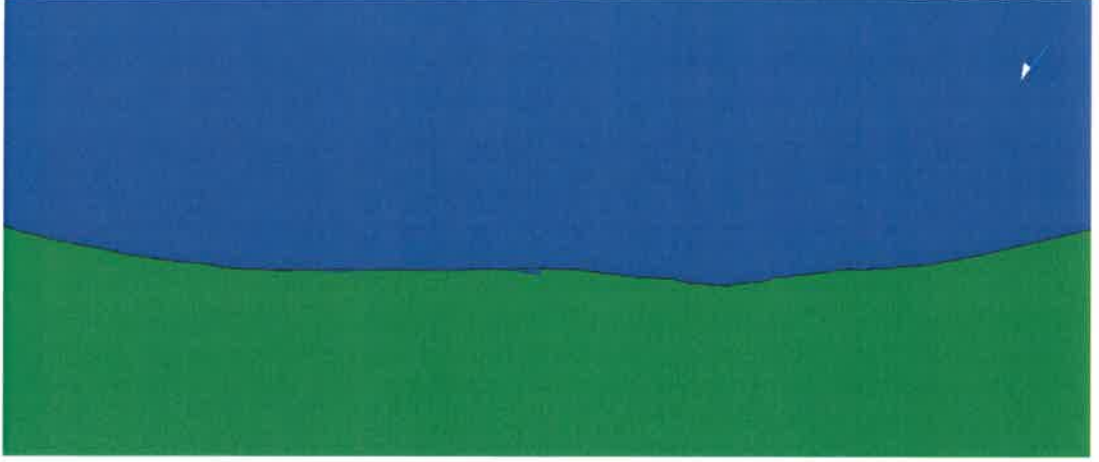
Çalışma alanından alınan sediman numuneleri için yapılan elek analiz grafiği Ek-3’te mevcuttur. Elek analiz sonucunda ortalama sediman dane çapı (D_{50}) 4,39 mm olarak belirlenmiştir. GENESIS modeli için kapama derinliği 25 m, dalga verilerin sağlandığı istasyon derinliği 13,8 m, sediman dane çapı 4,39 mm, K_1 katsayısı 0,4 ve K_2 katsayısı 0,2 olarak öngörülmüştür.

7440 m uzunluğundaki kıyı hattı için kıyı boyu ve kıyıya dik uzunluk 20 m x 20 m’lik aralıklara bölünerek çözüm ağı oluşturulmuştur. Başlangıç yılı 2014 olarak belirlenerek 20 yıllık kıyı çizgisi değişimi benzeşimi yapılmış olan GENESIS modelinin sunduğu çıktı dosyası Ek-4’te bulunmaktadır.

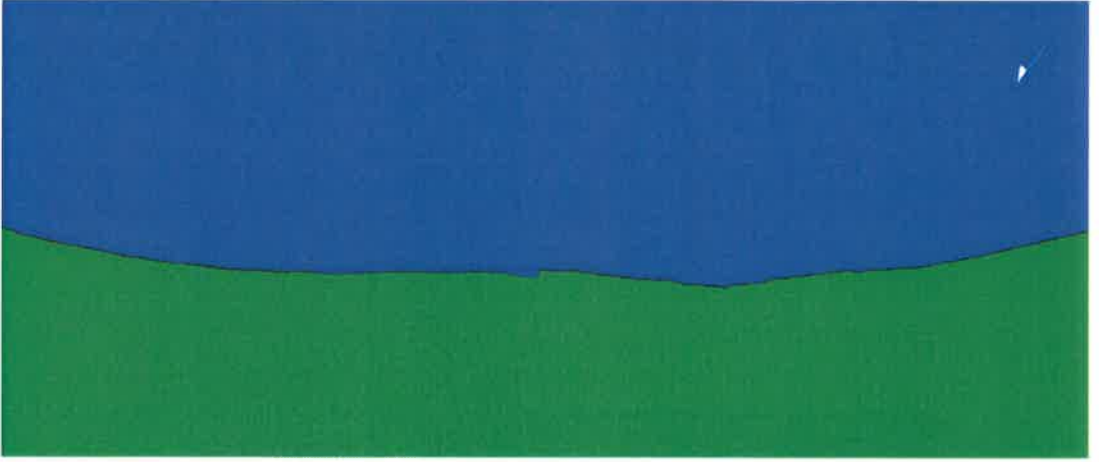
GENESIS ile 2014’ten itibaren 1, 2, 3, 5, 10, 15 ve 20 yıl sonraki kıyı çizgisi değişimleri görülmektedir (Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14). Şekillerde görülen mavi alan denizi, yeşil alan karayı ve siyah çizgi başlangıç kıyı çizgisini göstermektedir.



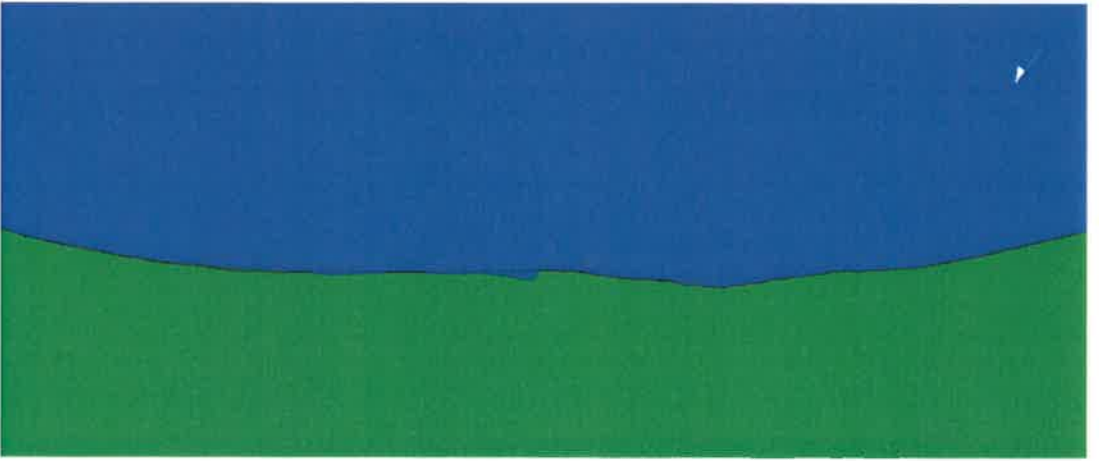
Şekil 4.7. Kıyı çizgisinin başlangıç konumu



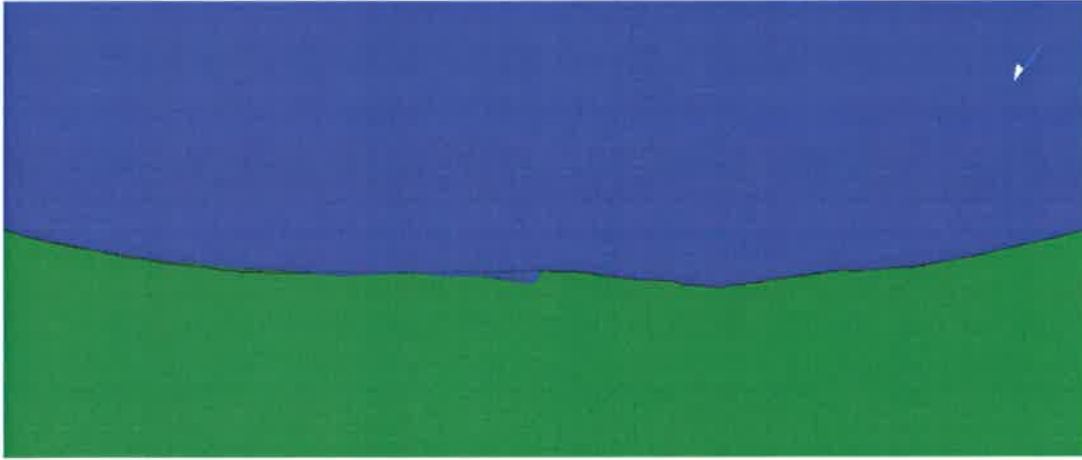
Şekil 4.8. Kıyı çizgisinin 1 yıl sonraki konumu



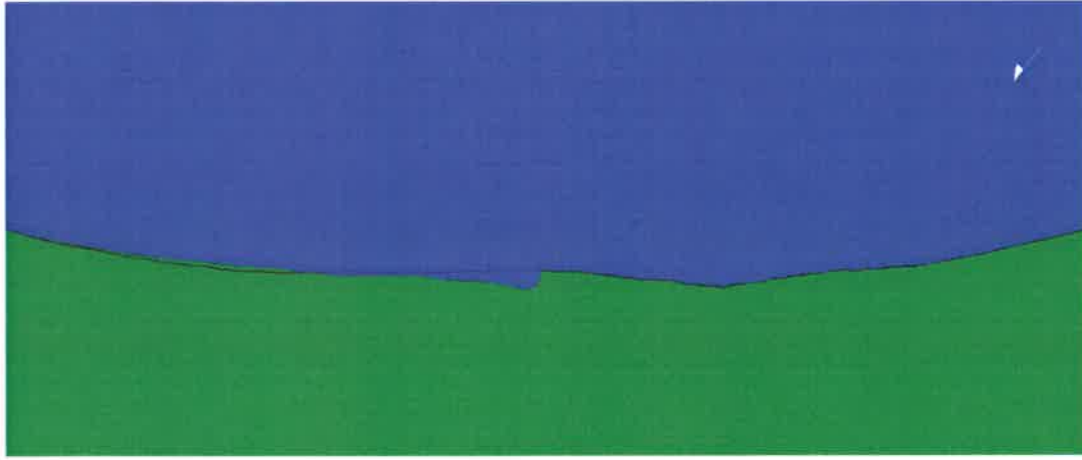
Şekil 4.9. Kıyı çizgisinin 2 yıl sonraki konumu



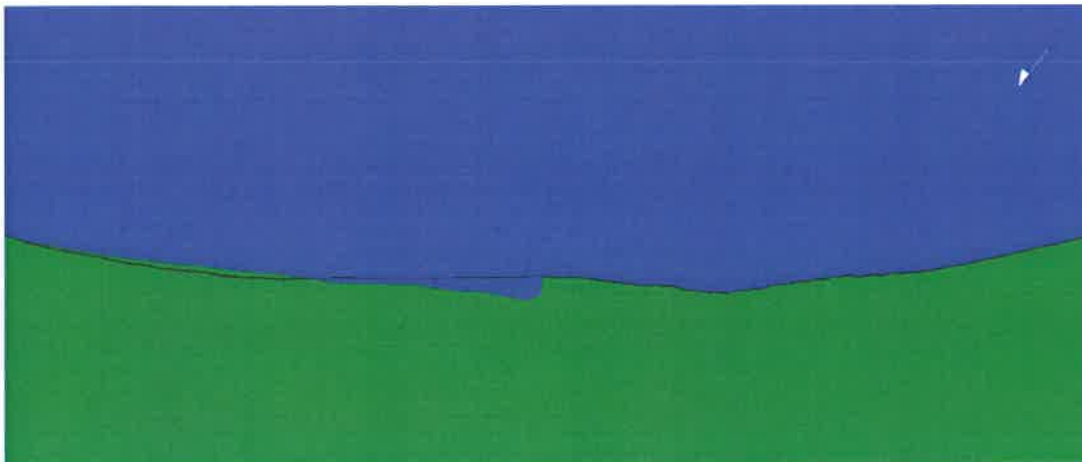
Şekil 4.10. Kıyı çizgisinin 3 yıl sonraki konumu



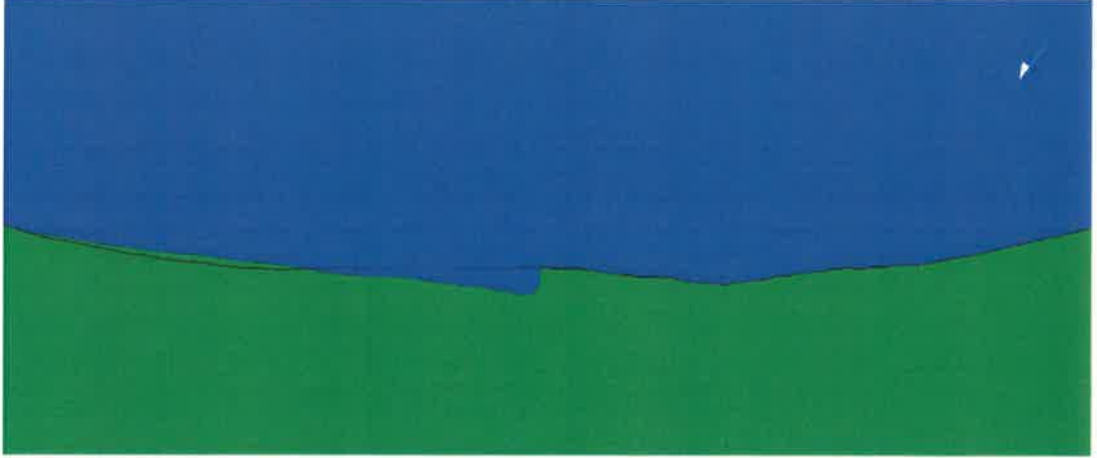
Şekil 4.11. Kıyı çizgisinin 5 yıl sonraki konumu



Şekil 4.12. Kıyı çizgisinin 10 yıl sonraki konumu



Şekil 4.13. Kıyı çizgisinin 15 yıl sonraki konumu



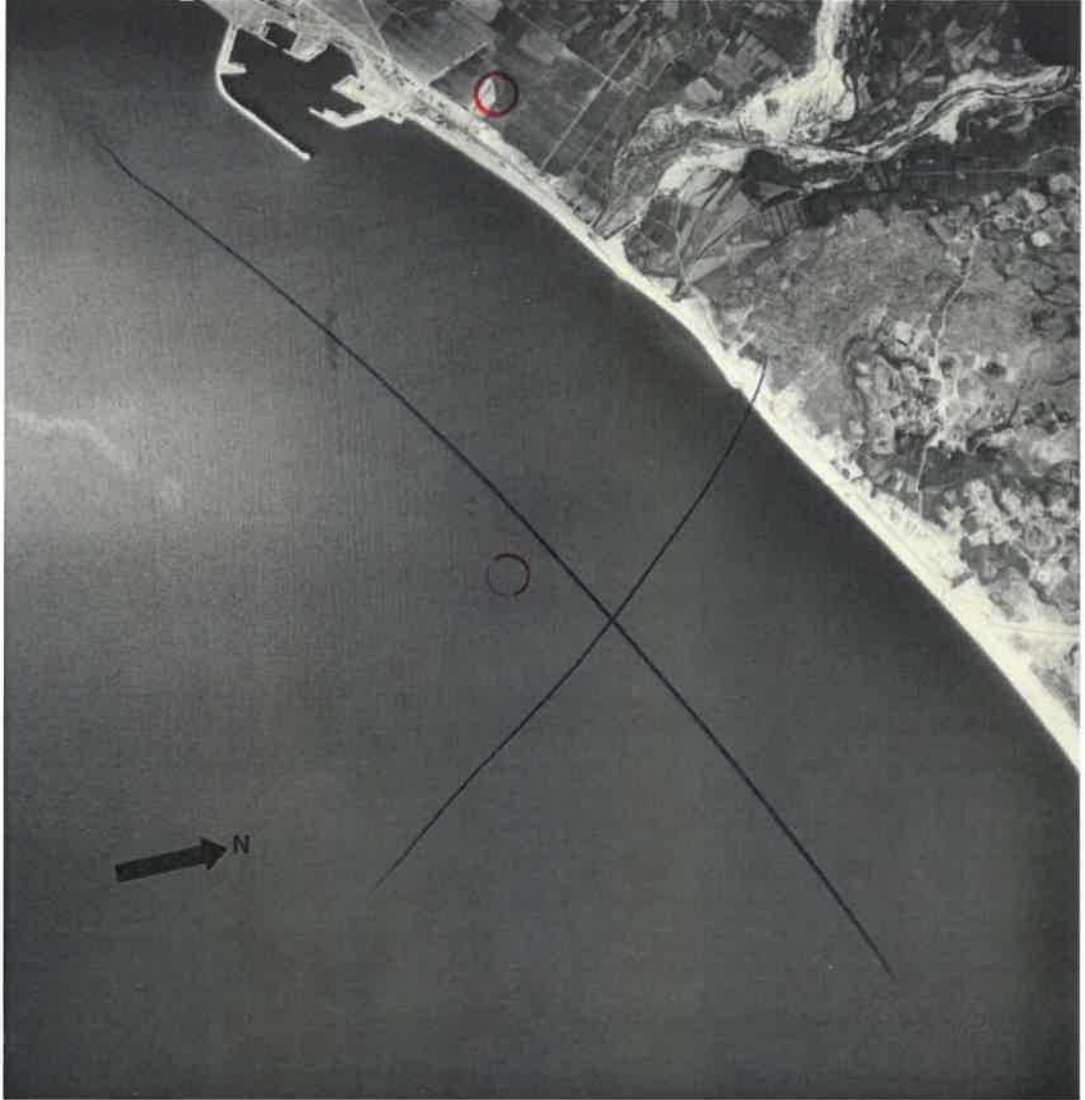
Şekil 4.14. Kıyı çizgisinin 20 yıl sonraki konumu

20 yıllık benzeşim sonucunda taşınımın Batı Güneybatı'dan (WSW) Doğu Kuzeydoğu'ya (ENE) doğru olduğu ve sahilde 1, 2 ve 20 yılda sırasıyla yaklaşık olarak 20 m, 50 m ve 170 m'lik erozyon öngörülmüştür. Toplam net taşınım $-1.68E+06$ m³ olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda Boğazçayı ağzı çıkışının Doğu tarafında (Antalya yönünde) birikme oluşacağı ve çay çıkışının yaklaşık 1-1,5 km doğusunda ise erozyon oluşacağı sonucuna varılmıştır. Konyaaltı sahilinin en dinamik olan bu kısmının haricinde önemli bir erozyon veya birikme gözlenmemiştir.

GENESIS sayısal modeli akarsuların kıyıya taşıdığı sediman yükünün kıyı boyu sediman taşınımına etkisini gösterememektedir. Yani Boğazçayı'ndan gelen yıllık sediman yükü ihmal edilmiştir. Özellikle Boğazçayı'ndan malzeme alımının çok yoğun olduğu ve dolayısı ile sediman yükünün denize ulaşamadığı dönemler dikkate alındığında geliştirilen modelin tam olarak kıyı çizgisindeki değişimi ortaya koyduğu 1975 ve 1981 yılına ait hava fotoğraflarının (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16) karşılaştırılması ile doğrulanmıştır. 1975 yılında Boğazçayı'nda malzeme alımının az olması nedeniyle kıyıya sediman girişi mevcuttur. Ancak 1981 yılındaki hava fotoğrafında da görüldüğü üzere Boğazçayı yatağından fazla sediman alındığından, kıyıya malzeme gelmediğinden modelleme sonucunda elde edilen erozyon net olarak doğrulanmıştır.



Şekil 4.15. 1975 yılı Konyaaltı Sahili'nin bir bölümünün kıyı çizgisi

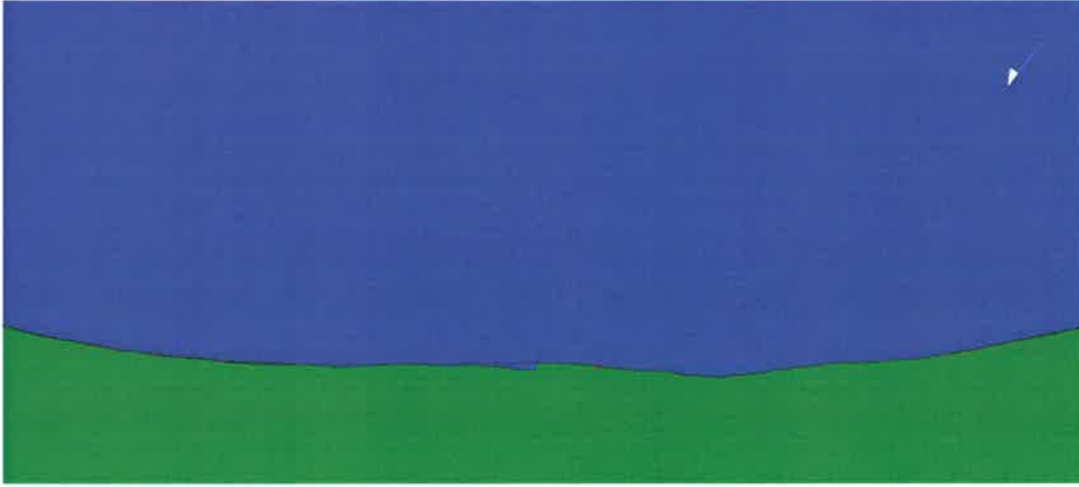


Şekil 4.16. 1981 yılı Konyaaltı Sahili'nin bir bölümünün kıyı çizgisi

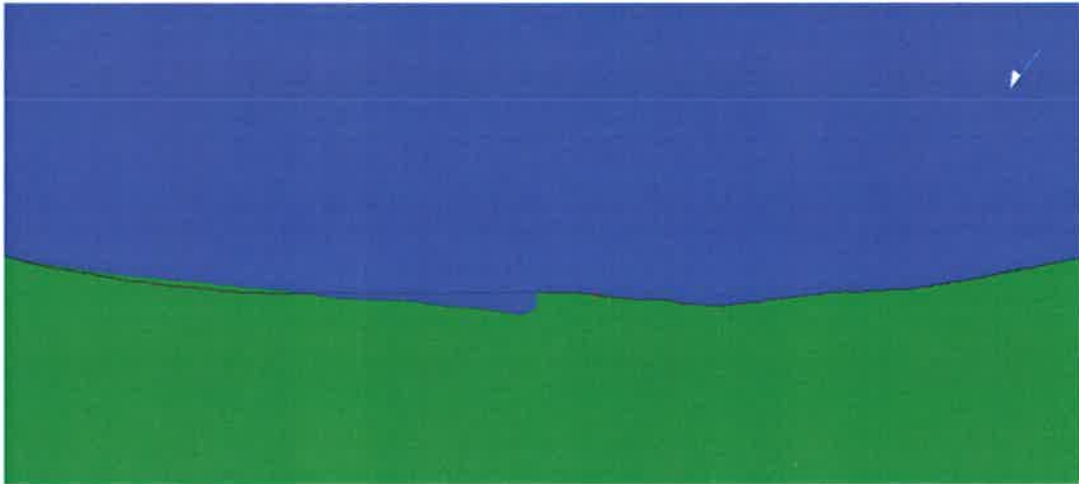
5. TARTIŞMA

20 yıllık benzeşim ile Konyaaltı Sahiline sediman taşıyan Boğaçayı, Arapsuyu-I ve Arapsuyu-II kaynaklarında yapılacak düzenleme/yapılaşma ile sediman taşınımının engellenmesinin kıyı çizgisi üzerindeki etkisi tahmin edilmiştir. Alınabilecek önlemler ve planlanacak su ve deniz yapılarının etkileri karşılaştırmalı olarak bu bölümde sunulmuştur.

Şekil 4.14'te toplam $-1.68E+06$ m³ net taşınımın tahmin edildiği Konyaaltı Sahilinde erozyona maruz kalan bölgenin yaklaşık 400 m doğusuna, 20 m'si kıyının iç tarafında kalacak şekilde 80 m uzunluğunda geçirimsiz mahmuz yapıyla 3 yıllık benzeşimle toplam net taşınım miktarı $-2.01E+05$ m³ ve 20 yıllık benzeşimle $-1.67E+06$ m³ olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.1, Şekil 5.2).



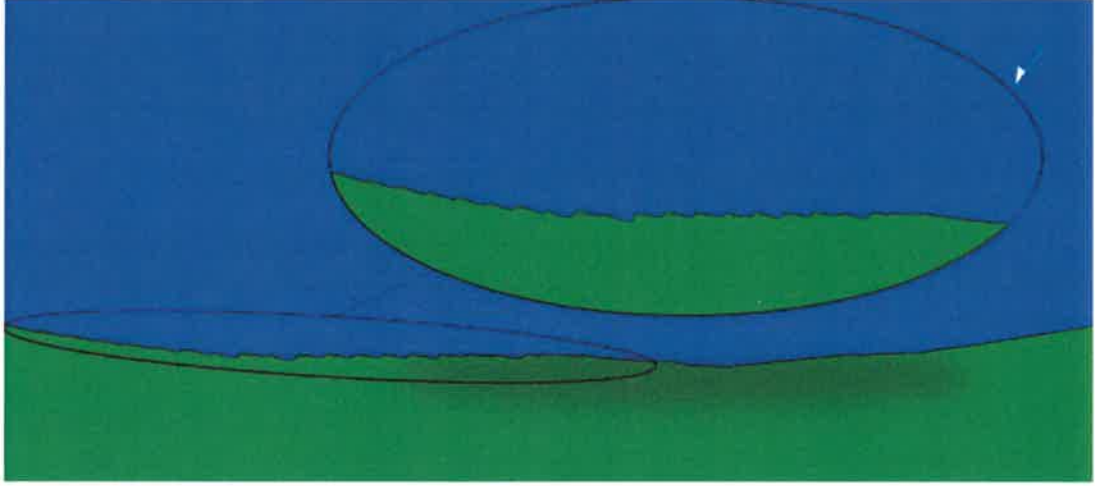
Şekil 5.1. Tek mahmuzun 3 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi



Şekil 5.2. Tek mahmuzun 20 yıllık kıyı çizgisi değişimi etkisi

Tek mahmuz yapımı ile 20 yıllık benzeşimde 10000 m³'lük kazanç elde edildiği ve erozyonu azalttığı; fakat yeterli olmadığı görülmektedir. Yaygın uygulamada da olduğu gibi Konyaaltı Sahilinin maruz kaldığı erozyonun önlenbilmesi için sahil boyu ardişik mahmuz yapımı çalışılmıştır.

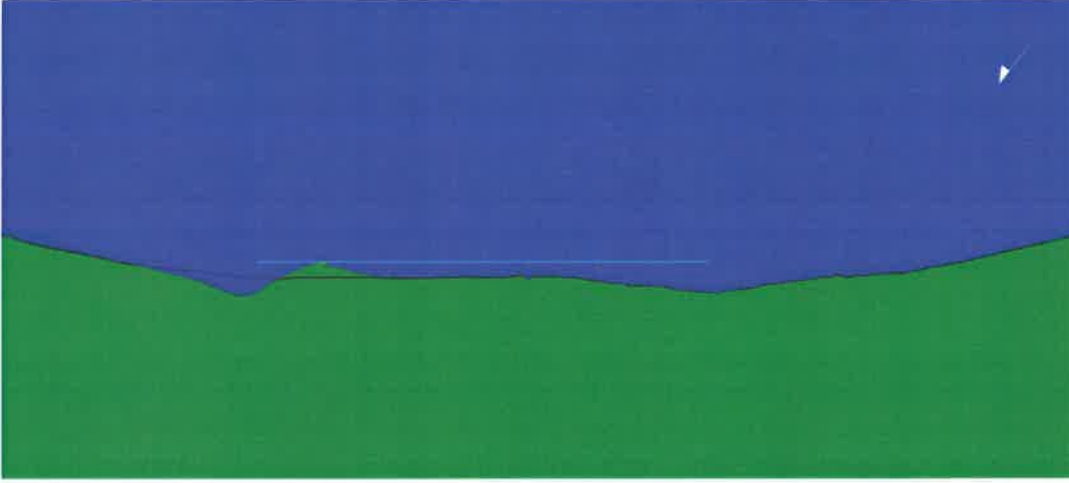
Konyaaltı Sahili boyunca 200 m aralıklarla 20 m'si kıyının iç tarafında kalacak şekilde 80 m uzunluğunda geçirimsiz mahmuz yapımla 20 yıllık kıyı çizgisi değişimi benzeşimi modellenmiştir (Şekil 5.3). Bu benzeşimle 20 yıllık toplam net taşınım miktarı -1.95E+04 m³ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.3. Sıralı mahmuzların 20 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi

Erozyonun önlenbilmesi için sahil boyunca belirli aralıkla mahmuzlar gerektiği; fakat sahilin turizm amaçlı kullanımı ve mahmuzların çevresel etkisinin dezavantajlar oluşturacağı düşünülmektedir. Bu nedenle mahmuz yapımının açık deniz dalgakıran yapımına göre daha az maliyetli olmasına rağmen bu tasarımı Konyaaltı Sahili için bir çözüm olarak değerlendirilemeyeceği öngörülmektedir. Bu nedenle açık deniz dalgakıran yapımı çözüm olarak çalışılmıştır.

Konyaaltı Sahilinin erozyona maruz kaldığı bölgenin yaklaşık 90 m açığına 5 m derinliğe, dalga yüksekliği iletim katsayısı sıfır alınarak açık deniz dalgakıran yapımı modellenmiştir (Şekil 5.4). 5 yıllık benzeşimle hesaplanan toplam net taşınım miktarı -4.52E+05 m³'tür. Açık deniz dalgakıranı ile erozyonun kısmen önlediği; fakat 5 yılda tombolo oluşumuna sebep olduğu görülmektedir. Tombolo oluşumunun deniz yapılarında istenilen bir durum olmaması nedeniyle bu tasarım da çözüm olarak önerilmemektedir.

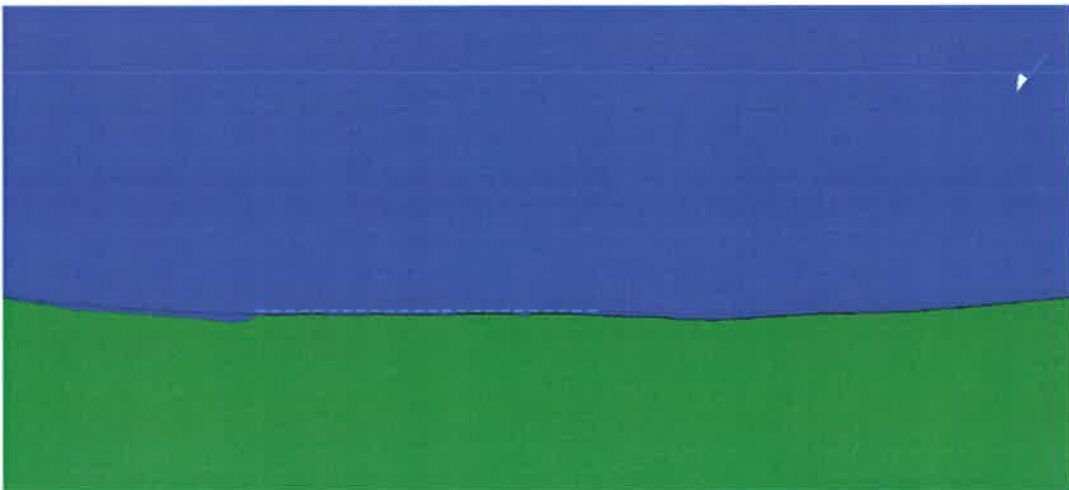


Şekil 5.4. Açık deniz dalgakıranının 5 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi

Dalgakıranın doğusunda oluşan erozyon dalgakıranın bitimiyle başlamaktadır. Oluşan erozyonun önlenmesi için sahilin doğusu boyunca yani falezlere kadar dalgakıranın uzatılması gerekmektedir. Çözüm olarak tombolo oluşumunun engellenebilmesi için dalgakıranın daha açığa yapımı gerekmektedir. Fakat dalgakıranın sahil boyunca uzatılması ve daha açığa alınması, maliyet ve deniz turizmi açısından sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle açık deniz dalgakıranlarının ardışık olarak yapımı çözüm olarak çalışılmış, farklı tasarımların Konyaaltı Sahiline etkileri incelenmiştir.

5.1. Tasarım-1

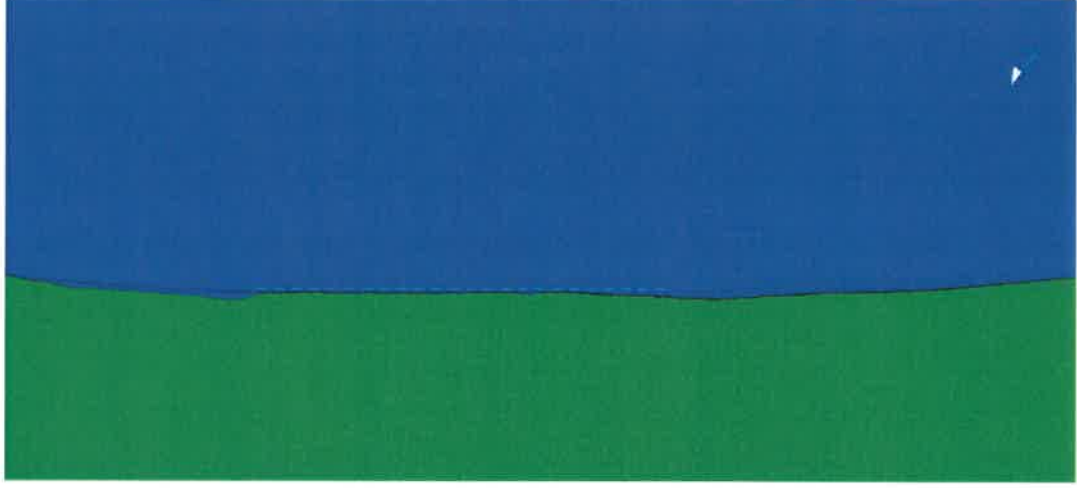
Sadece erozyona maruz kalan bölgenin açığına 5 m derinliğe dalga yüksekliği iletim katsayısı sıfır alınarak aralarında 20 m olacak şekilde 80 m uzunlukta açık deniz ardışık dalgakıran yapımı ile 20 yıllık benzeşimle net taşınım miktarı $-3.52E+06 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Açık deniz ardışık dalgakıranının 20 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-1)

5.2. Tasarım-2

Tasarım-2 ile ardışık açık deniz dalgakıranları arasındaki mesafe uzatılarak modellenmiştir. Erozyon meydana gelen bölgenin açığına 5 m derinliğe dalga yüksekliği iletim katsayısı sıfır alınarak aralarında 40 m olacak şekilde 80 m uzunlukta açık deniz ardışık dalgakıranı yapımı ile 20 yıllık benzeşimde net taşınım miktarı $-3.67E+06 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.6).

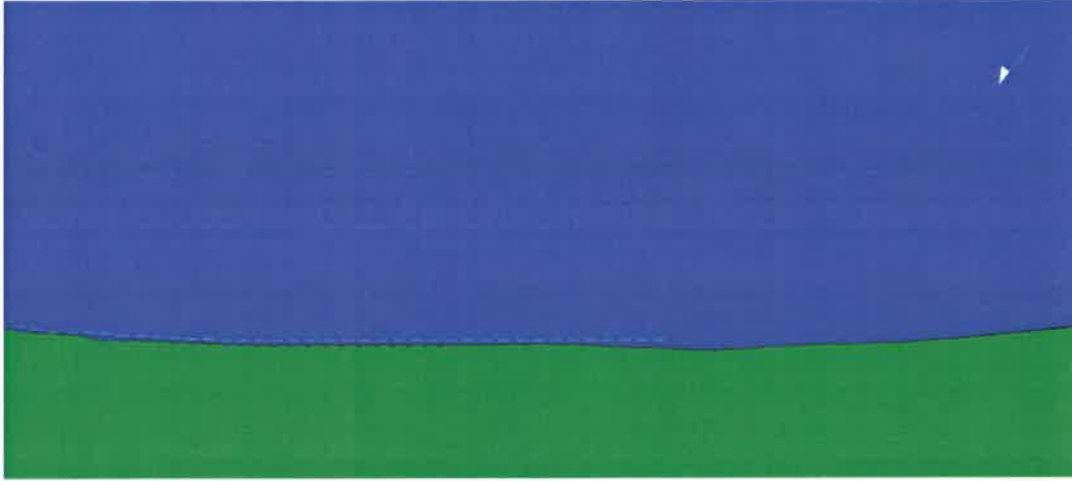


Şekil 5.6. Açık deniz ardışık dalgakıranının 20 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-2)

Tasarım-1 ve Tasarım-2’de açık deniz ardışık dalgakıranları arasındaki mesafe değiştirilerek 20 yıllık benzeşimle birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca Şekil 5.5’te ve Şekil 5.6’da görüldüğü üzere dalgakıranın doğusunda oluşan erozyon dalgakıranın bitimiyle başlamaktadır. Erozyona maruz kalan bölgenin açığına ardışık açık deniz dalgakıranı yapımı ile erozyon sahilin doğusuna doğru ötelenmiş ve kısmen önlenebilmiştir. Bu nedenle oluşan erozyonun önlenebilmesi için sahilin doğusuna falezlere kadar açık deniz dalgakıranı yapımı gerekmektedir.

5.3. Tasarım-3

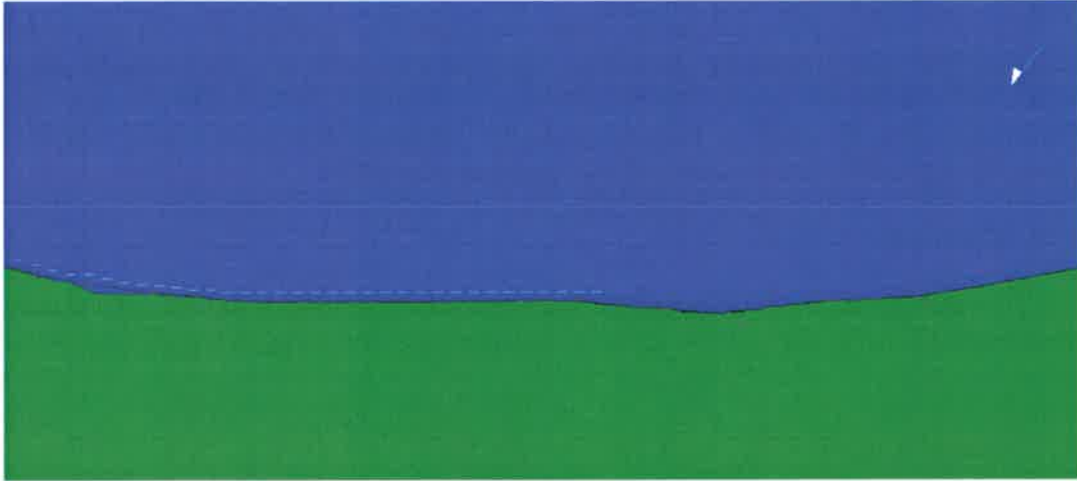
Sahil boyunca 5 m derinliğe dalga yüksekliği iletim katsayısı sıfır alınarak aralarında 40 m olacak şekilde 80 m uzunlukta açık deniz ardışık dalgakıranı yapımı modellenmiştir. 2 yıllık benzeşimde kıyımın doğu sınırında bulunan dalgakıranlarda kısmen tombolo oluşumu gözlenmiş ve net taşınım miktarı $-5.56E+05 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Sahil boyu açık deniz ardışık dalgakıranının 2 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-3)

5.4. Tasarım-4

Tasarım-3 ile oluşan tombolonun önlenmesi için sahilin doğu sınırında bulunan ve tomboloya neden olan 5 dalgakıran derine taşınmıştır. Tasarım-4'te sahilin doğusunda bulunan 5 dalgakıran 8 m derinliğe ve kalan sahil boyu açık deniz dalgakıranlar 5 m derinliğe yerleştirilmiştir. Dalga yüksekliği iletim katsayısı sıfır alınarak aralarında 40 m olacak şekilde 80 m uzunlukta açık deniz ardışık dalgakıran yapımı ile 4 yıllık benzeşimde net taşınım miktarı $-6.76E+05 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.8).

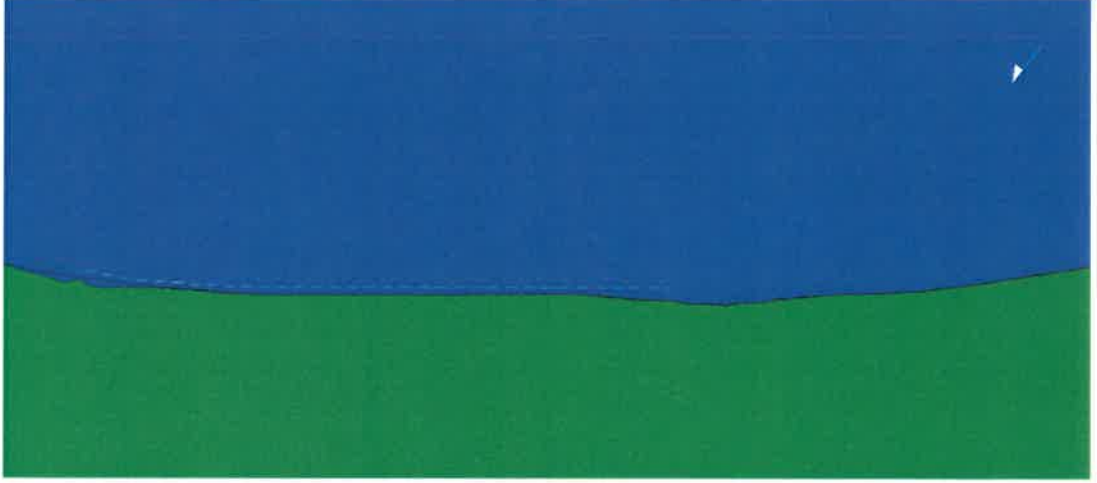


Şekil 5.8. Sahil boyu açık deniz ardışık dalgakıranının 4 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-4)

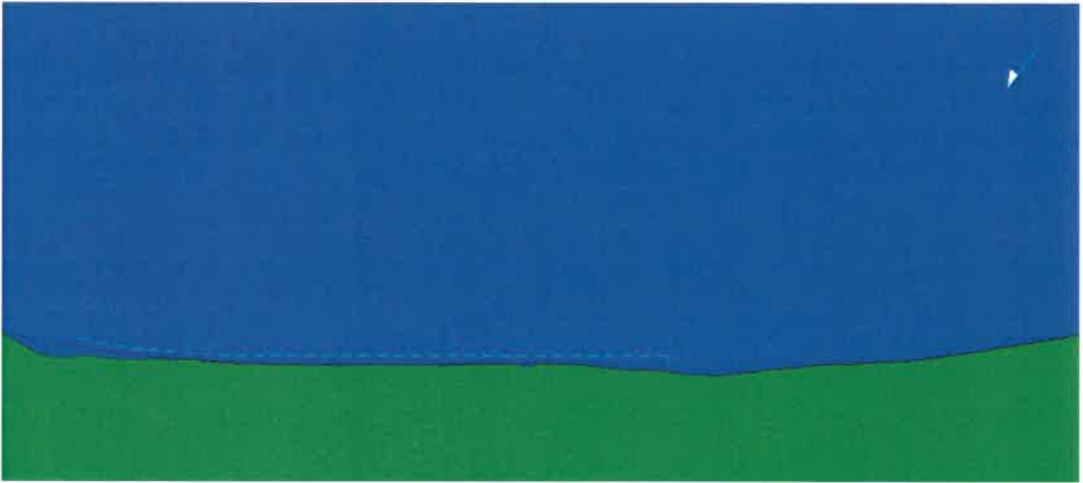
8 m derinliğe sahip sahilin doğu sınırında bulunan 5 dalgakıran kaldırılarak oluşturulan yeni tasarımdan (Tasarım-5) 4 yıllık benzeşimle elde edilen net taşınım miktarı ile Tasarım-4'ten elde edilen sonuç karşılaştırılmıştır.

5.5. Tasarım-5

Tasarım-5'te tombolo oluşumuna neden olan açık deniz dalgakıranları kaldırılarak sahil boyu 5 m derinliğe dalga yüksekliği iletim katsayısı sıfır alınarak aralarında 40 m olacak şekilde 80 m uzunlukta açık deniz ardışık dalgakıran yapımı ile net taşınım miktarı 4 yıllık benzeşimde $-1.04E+06 \text{ m}^3$ ve 20 yıllık benzeşimde $-2.10E+06 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.9, Şekil 5.10).



Şekil 5.9. Sahil boyu açık deniz ardışık dalgakıranının 4 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-5)



Şekil 5.10. Sahil boyu açık deniz ardışık dalgakıranının 20 yıllık kıyı çizgisi değişimine etkisi (Tasarım-5)

4 yıllık benzeşimle Tasarım-4'ten ve Tasarım-5'ten elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında dalgakıranların kaldırılmasıyla erozyonun arttığı bu nedenle de dalgakıranların falezlere kadar uzatılması gerektiği anlaşılmaktadır.

6. SONUÇ

Antalya İli, Konyaaltı Sahilinde yapılan çalışmada söz konusu sahilin kıyı çizgisi değişimi modellenmiştir. Kıyı boyu sediman taşınımının benzeştirilmesi amacı ile GENESIS sayısal modeli kullanılmıştır. GENESIS modeline altlık olarak tüm Konyaaltı Sahilinin -20 m derinliğe kadar batimetrisi çıkartılmış, çalışma alanında gerek kumsaldan gerekse deniz dibinden kum numuneleri alınmıştır. Elek analizi sonucunda $D_{50}=4,39$ mm olarak belirlenmiştir. Kıyı çizgisinin koordinatları D-GPS ile ölçülmüştür.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan toplam 30 yıllık rüzgâr verilerinin dalga yüksekliklerine çevrilmesi için dalga kabarma uzunluğu (fetch length) hesaplanmış, rüzgâr verilerinden dalga verileri elde edilmiştir. Rüzgâr verileri ve alan çalışmaları neticesinde Konyaaltı Sahili için etkin dalga yönünün S (Güney) ve SSE (Güney Güneydoğu) olduğu belirlenmiştir.

Kıyı çizgisi koordinatları, çalışma alanının batimetrisi ve dalga verileri kullanılarak NEMOS yazılımının alt programları ile GENESIS sayısal modeli girdileri hazırlanmış ve uzun dönemde Konyaaltı kıyı çizgisi değişimi benzeştirilmiştir. 1975 ve 1981 yılına ait kıyı çizgileri ile (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16) karşılaştırıldığında GENESIS sayısal modelinden elde edilen sonuçların doğru olduğu görülmüştür.

Çalışma Konyaaltı Sahiline sediman taşıyan Boğaçayı, Arapsuyu-I ve Arapsuyu-II kaynaklarında yapılacak düzenleme/yapılaşma, planlanacak su ve deniz yapılarının etkilerinin önceden görülebilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Sediman taşınımının engellenmesinin kıyı çizgisi üzerine etkisi ve alınabilecek önlemler karşılaştırmalı olarak çalışmada sunulmuştur.

Konyaaltı Sahilinde tek mahmuz yapımının erozyonu önlemek için yetersiz olduğu, bu nedenle genellikle uygulama bulduğu şekli ile ardışık mahmuz durumu modellenmiştir. Fakat ardışık mahmuz yapımının turizm açısından Konyaaltı Sahilinin görsel estetiğini bozacağı için tercih edilmemektedir. Erozyona maruz kalan bölgenin açığına yapılan tek açık deniz dalgakıranı da tombolo oluşumuna ve açık deniz dalgakıranının bitiminde yapının hemen doğusunda erozyona neden olduğu için tasarım olarak sunulmamıştır. Bu nedenlerle çözüm olarak farklı tasarım kriterlerine sahip ardışık açık deniz dalgakıran yapımı irdelenmiştir.

Tasarım-1'de erozyona maruz kalan bölgenin açığına 5 m derinliğe dalga yüksekliği iletim katsayısı sıfır alınarak aralarında 20 m olacak şekilde 80 m uzunlukta açık deniz ardışık dalgakıran yapımı ile $-3.52E+06$ m³'lük net taşınım elde edilmiştir. Aynı koşullarda açık deniz dalgakıranları arasındaki mesafe 40 m'ye çıkarılarak Tasarım-2 ile 20 yılda $-3.67E+06$ m³ net taşınım hesaplanmıştır. Tasarım-1 ve Tasarım-2 de erozyon ardışık açık deniz dalgakıranının bitiminde sahilin doğusuna ötelenmiş ve erozyon kısmen önlenebilmiştir. Bu nedenle Tasarım-3 ile Tasarım-2'de oluşturulan açık deniz dalgakıranının sahil boyunca yapımı önerilmiştir. Tasarım-3'te sahilin doğusunda bulunan açık deniz dalgakıranlarının 2 yılda tombolo oluşumuna neden olduğu görülmüş ve 2 yıllık benzeşimle $-5.56E+05$ m³ net taşınım hesaplanmıştır. Tasarım-4'te tombolo oluşumuna neden olan açık deniz dalgakıranları 8 m derinliğe taşınarak 4 yıllık benzeşimle net taşınım $-6.76E+05$ m³ olarak hesaplanmıştır.

Tasarım-5'te Tasarım-3'te görülen tombolo oluşumuna neden olan açık deniz dalgakıranları kaldırılarak net taşınım 4 yıllık benzeşimle $-1.04E+06$ m³ ve 20 yıllık benzeşimle $-2.10E+06$ m³ elde edilmiştir.

Oluşturulan tasarımlarda açık deniz dalgakıranlarının ardışık olarak yapımı Konyaaltı Sahili için çözüm olarak önerilmiştir. Tasarımlarda önerilen yapılarla erozyonun falezlere doğru (doğu) ötelendiği görülmektedir. Erozyon miktarının azalması ve kıyı boyunca önlenmesi için önerilen yapıların falezlerin bitimine (falezlerin batısına) kadar yapımı gerekmektedir. Bu nedenle erozyonu önlemek için yapay olarak sahil boyu yapı tasarımı yerine Boğaçayı, Arapsuyu-I ve Arapsuyu-II su kaynaklarından gelen sediman girdisinin engellenmemesi ve devamının sağlanması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında Konyaaltı Sahili kıyı çizgisi değişimi için GENESIS sayısal modeli ile benzeşimler yapılmıştır. Modellemeler sonucunda olası alternatif önlemler ve sonuçları sunulmuştur.

7. KAYNAKLAR

- ARI, H. A., YÜKSEL, Y., ÖZKAN ÇEVİK, E., GÜLER, I., YALÇINER, A. C. and BAYRAM, B. 2007. Determination and Control of Longshore Sediment Transport: A Case Study. *Ocean Engineering*, 34: 219-233.
- ARI GÜNER, H. A., YÜKSEL, Y. and ÖZKAN ÇEVİK, E. 2011. Determination of Longshore Sediment Transport and Modelling of Shoreline Change. InTech, pp. 117- 136.
- BALAS, L., NUMANOĞLU GENÇ, A., and İNAN, A. 2013. Liman Yapılarının Tasarımı İçin Dalga Tahmini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 5(2): 19-35.
- BAYRAM, A., LARSON, M., MILLER H. C. and KRAUS, N. C. 2001. Cross-Shore Distribution of Longshore Sediment Transport: Comparison Between Predictive Formulas and Field Measurements. *Coastal Engineering*, 44: 79-99.
- BIJKER, E.W., VAN HIJUM, E. and VELLINGA, P. 1976. Sand Transport by Waves. Proceedings of 15th International Conference on Coastal Engineering, pp. 1149-1167.
- BRETSCHNEIDER, C. L. 1957. Revisions in Wave Forecasting; Deep and Shallow Water. Proceedings of 6th International Conference on Coastal Engineering, pp. 30-67.
- BRUUN, P. 1954. Coast Erosion and the Development of Beach Profiles Technical Memorandum, Beach Erosion Board. <https://hdl.handle.net/2027/uiug.30112088627325>. [Son Erişim Tarihi: 30.05.2017]
- CAMENEN, B. and LARROUDE', P. 2003. Comparison of Sediment Transport Formulae for The Coastal Environment. *Coastal Engineering*, 48: 111-132.
- CEM (Coastal Engineering Manual). 2006. US ARMY CORPS OF ENGINEERS, U.S.A.
- CHENTHAMIL SELVAN, S., KANKARA, R. S., MARKOSE, V. J., RAJAN, B. and PRABHU, K. 2016. Shoreline Change and Impacts of Coastal Protection Structures on Puducherry, SE Coast of India. *Natural Hazards*, 83: 293- 308.
- DAS, M. M. 1972. Suspended Sediment and Longshore Sediment Transport Data Review. Proceedings of 13th Conference on Coastal Engineering, pp. 1027-1048, Vancouver, Canada.
- DEAN, R. G. 1977. Equilibrium Beach Profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coasts Technical Report No 12. Department of Civil Engineering and College of Marine Studies, University of Delaware, pp. 1-5, New York.

- DEAN, R. G. and DALRYMPLE, R. A. 1998. Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists. Advanced Series on Ocean Engineering: Volume 2. World Scientific, 353 p.
- DEMİRÇİ, M. and AKÖZ, M. S. 2013. Investigation of Bar Parameters Occurred by Cross-Shore Sediment Transport. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 5(2): 277–286.
- DI BONA, S. 2013. Modelling of Coastal Evolution: Long Term Simulation in the Vagueira Region (Portugal). Master thesis, University of Padova, 123 p.
- DI RISIO, M., LISÌ, I., BELTRAMÌ, G. M. and DE GIROLAMO P. 2010. Physical Modeling of The Cross-Shore Short-Term Evolution of Protected and Unprotected Beach Nourishments. *Ocean Engineering*, 37(8-9): 777–789.
- DIRECTORATE GENERAL ENVIRONMENT EUROPEAN COMMISSION (DGEEC.) 2004. A Guide to Coastal Erosion Management Practices in Europe: Lessons Learned. National Institute of Coastal and Marine Management of the Netherlands, 23 p.
- ERGİN, A. 2009. Coastal Engineering. METU Press, 365 p.
- GODA, Y. 2000. Random Seas and Design of Maritime Structures. World Scientific Publishing, pp. 377-425.
- GOKCEOGLU, C., NEFESLIOGLU, H. A., TURER, D., AKGUN, A., AYAS, Z. and TEMİMHAN, M. 2015. Determination of Coastal Border Line: An Integrated Approach for a Part of Antalya Coast (Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 8: 1145-1154.
- GÖKKUŞ, Ü. and DAĞLI, B. 2017. Long Term Statistics by Using Log-Normal Distribution in case of Lapta Region, North Cyprus. *International Journal of Sciences & Applied Research*, 4(2): 14-21.
- GÖRMÜŞ, K. S., KUTOĞLU, Ş. H., ŞEKER, D. Z., ÖZÖLÇER, İ. H., ORUÇ, M. and AKSOY, B. 2014. Temporal Analysis of Coastal Erosion in Turkey: a case study Karasu Coastal Region. *Journal of Coastal Conservation*, 18: 399-414.
- GRAVENS, M. B., HANSON, H. and KRAUS, N.C. 1991. GENESIS: Generalized model for Simulating Shoreline Change Report 2: Workbook and System User's Manual. Technical report CERC-89-19: 11-60.
- HANSON, H. and KRAUS, N.C. 1989. GENESIS: Generalized Model for Simulating Shoreline Change: Report 1: Technical Reference. Technical Report CERC-89-19: 9-148.

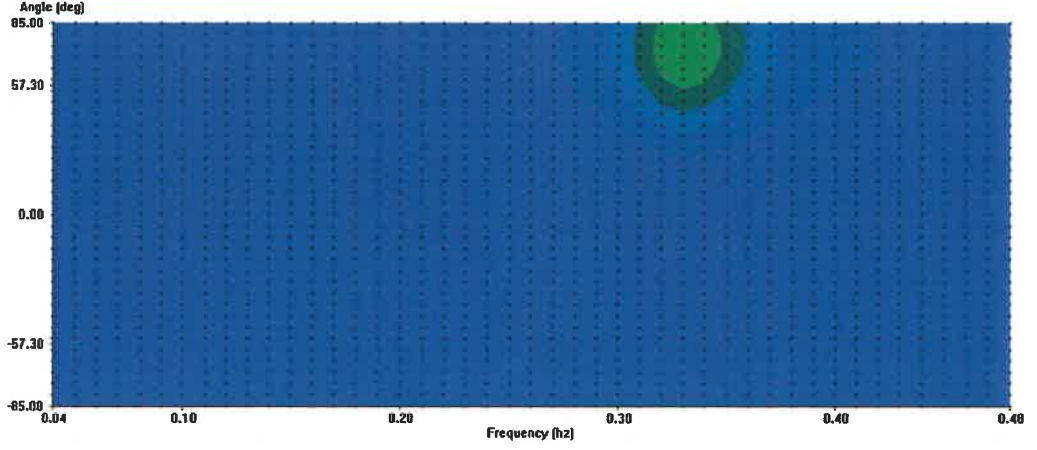
- HOAN, L. X., HANSON, H., LARSON, M. and NAM, P. T. 2010. Modeling Shoreline Response and Inlet Shoal Volume Development on Long Island Coast, United States. Coastal Engineering Proceeding, 32.
- INMAN, D. L. and BAGNOLD, R. A. 1963. Littoral Processes. Wiley- Interscience, pp. 529-553, Newyork.
- INMAN, D. L., KOMAR, P. D., and BOWEN, A. J. 1968. Longshore transport of sand. Proceedings of 11th Conference on Coastal Engineering.
- KAMPHUIS, J. W. and READSHAW, J. S. 1978. A Model Study of Alongshore Sediment Transport Rate. Proceedings of 16th International Conference on Coastal Engineering, pp. 1656- 1674, Hamburg, Germany.
- KAPDAŞLI, S. 1992. Kıyı Mühendisliği. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 227 s.
- KIRKGÖZ, M.S. 2002. Kıyı Erozyonunun Boyutları. *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*, 420-421-422: 71-73.
- KOMAR, P. D., and D. L. INMAN. 1970. Longshore Sand Transport on Beaches. *Journal of Geophysical Research*, 75(30): 5914–5927.
- KRAUS N.C., ISOBE, M., IGARASHI, H., SASAKI, T. O. and HORIKAWA, K. 1982. Field Experiments on Longshore Sand Transport in the Surf Zone. Proceedings of 18th International Conference on Coastal Engineering, pp. 969-988, Cape, Africa.
- KRAUS, N. C., HANSON, H. and HARİKAİ S. 1984. Shoreline Change at Oarai Beach: Past, Present And Future. Proceedings of 19th International Conference on Coastal Engineering, pp. 2107-2123.
- KRAUS, N. G., GINGERICH, K. J. and ROSATI, J. D. 1988. Toward an Improved Empirical Formula for Longshore Sand Transport. Proceedings of 21st Conference on Coastal Engineering, pp. 1182- 1196, Torremolinos, Spain.
- KÜÇÜKOSMANOĞLU, A., ARLI KÜÇÜKOSMANOĞLU, Ö. ve SOYASLAN, İ.İ. 2016a. Çolaklı Plajı Kıyı Boyu Tek Boyutlu Kum Taşımını. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 1-10.
- KÜÇÜKOSMANOĞLU, A. , ARLI KÜÇÜKOSMANOĞLU, Ö. and TUR, R. 2016b. Antalya Kemer Sarioren Streaan, Longshore Transport Model. *International Journal of Engineering & Applied Sciences (IJEAS)*, 8 (4): 10-22.
- KULELİ, T. 2010. Quantitative analysis of shoreline changes at the Mediterranean Coast in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167: 387- 397.

- KULELİ, T., GÜNEROĞLU A., KARSLI, F. and DİHKAN, M. 2011. Automatic Detection of Shoreline Change on Coastal Ramsar Wetlands Of Turkey. *Ocean Engineering*, 38: 1141-1149.
- LARSON, M. and KRAUS, N. 1995. Prediction of Cross-Shore Sediment Transport at Different Spatial and Temporal Scales. *Marine Geology*, 126 :111-127.
- LARSON, M., KUBOTA, S. and ERIKSON L. 2004. Swash-zone sediment transport and foreshore evolution: field experiments and mathematical modeling. *Marine Geology*, 212: 61-79.
- LI, F., BICKNELL, C., LOWRY, R. and LI, Y. 2012. A Comparison of Extreme Wave Analysis Methods with 1994–2010 Offshore Perth Dataset. *Coastal Engineering*, 69: 1–11.
- LONGUET-HIGGINS, M. S. 1970. Longshore Currents Generated By Obliquely Incident Waves, Part 1. *Journal of Geophysical Research*, 75: 6778-6789.
- LÓPEZ, I., ARAGONÉS, L. and VILLACAMPA, Y. 2016. Analysis and modelling of cross-shore profile of gravel beaches in the province of Alicante. *Ocean Engineering*, 118: 173–186.
- MILLER, H. C. 1999. Field Measurements of Longshore Sediment Transport During Storms. *Coastal Engineering*, 36: 301-321.
- MOORE, B. D. 1982. Beach Profile Evolution in Response to Changes in Water Level and Wave Height. 328 p.
- NUMANOĞLU GENÇ, A. 2016. Alara, Türkiye Denizel Alanında Sediman Taşınımının Modellenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(3): 545-553.
- OZTURK, D., BEYAZIT, I. and KİLİC, F. 2015. Spatiotemporal Analysis of Shoreline Changes of the Kizilirmak Delta. *Journal of Coastal Research*, 31 (6): 1389-1402.
- PRICE, W.A., TOMLINSON, K.W. and WILLIS, D.H. 1975. Predicting Changes in The Plan Shape of Beaches. Proceedings of 13th International Conference on Coastal Engineering, pp. 1321-1329.
- PRUKPITIKUL, S., BUAKAEW, V., KESHDET, W., KONGPROM, A. and KAEWPOO, N. 2012. Shoreline Change Prediction Model for Coastal Zone Management in Thailand. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 2: 238-243.
- RAUDKIVI, A. J. 1990. Loose Boundary Hydraulics. Pergamon Press, Oxford.

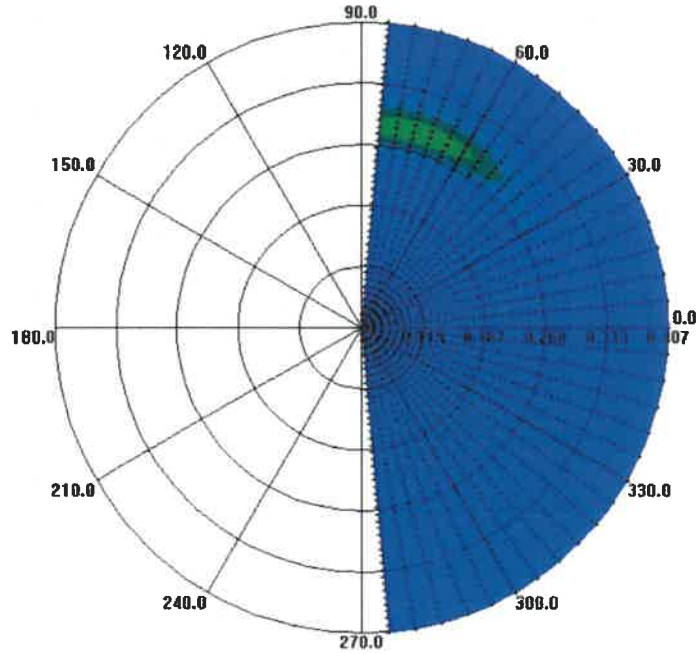
- SVERDRUP, H. U. and MUNK, W. H. 1947. Wind, Sea, and Swell: Theory of Relations for Forecasting. Hydrographic office Publications, No: 601, U.S. Navy Hydrographic Office, Washington, DC.
- SPM (Shore Protection Manual). 1984. Coastal Engineering Research Center (CERC), Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Vicksburg.
- TANG, J. LYU, Y. and SHEN Y. 2016. Numerical Simulation of Sediment Transport in Coastal Waves and Wave-induced Currents. *Acta Oceanologica Sinica*, 35(9): 111-116.
- TÜRKER, U. ve KABDAŞLI, M. S. 2002. Fırtına Dalgalarının Kıyı Profiline Yaptığı Etkinin Analizi. *İTÜ Dergisi/d*, 1(1).
- TÜRKER, U. and KABDAŞLI, M. S. 2007. Verification of Sediment Transport Rate Parameter on Cross-Shore Sediment Transport Analysis. *Ocean Engineering*, 34(8-9): 1096–1103.
- ÜLKER, M. 2006. Kıyı Boyu Sediment Taşınımının Modellenmesi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 116 s.
- VAN RIJN, L.C. 2003. Sand Transport by Currents And Waves; General Approximation Formulae. Proceedings of Coastal Sediments.
- YILMAZ, E. 2010a. Akyaka (Muğla) Kumsalı Kum Taşınımının Modellenmesi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 92 s.
- YILMAZ, N. 2010b. Zonguldak-Kozlu Kıyısı Kıyı Çizgisi Değişiminin İncelenmesi. Yüksek lisans tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, 107 s.
- YILMAZ, N., BALAS, L. and İNAN, A. 2015. Coastal Erosion Problem, Modelling and Protection. *Ocean Science Journal*, 50(3): 589–601.
- YÜKSEL, Y. ve ÖZKAN ÇEVİK, E. 2009. Kıyı Mühendisliği. Beta Basım Yayım, 732 s.
- ZHANG, L., CHEN, S. and YI, L. 2016. The Sediment Source and Transport Trends around the Abandoned Yellow River Delta, China. *Marine Georesources & Geotechnology*, 34: 440-449.

8. EKLER

EK-1
KARTEZYEN VE POLAR SİSTEMDE 2 BOYUTLU DALGA SPEKTRUM
ANALİZLERİ



(a)

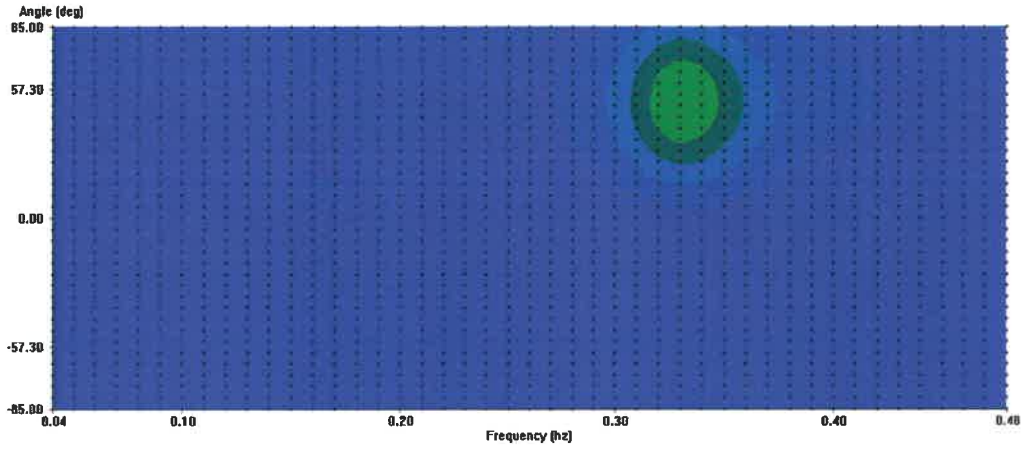


(b)

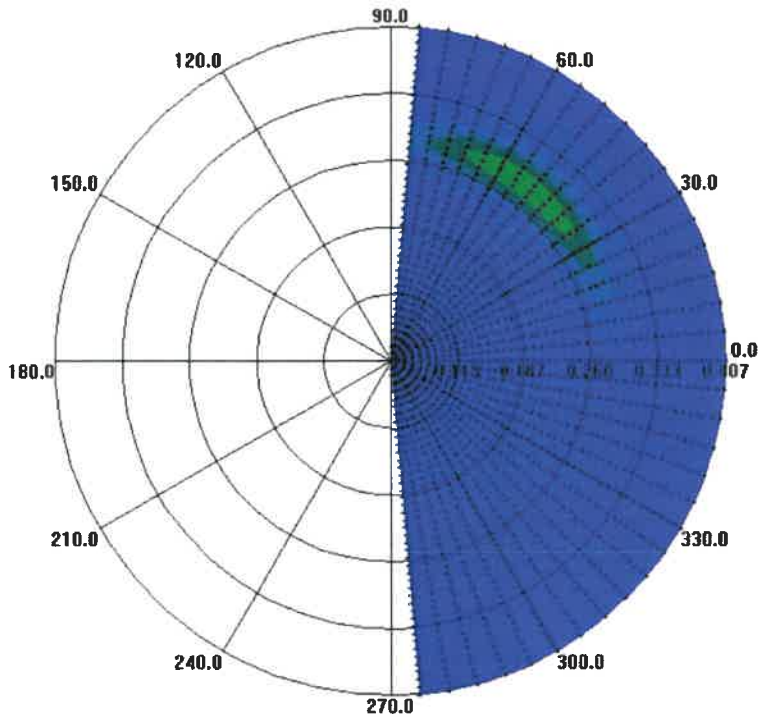
1 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

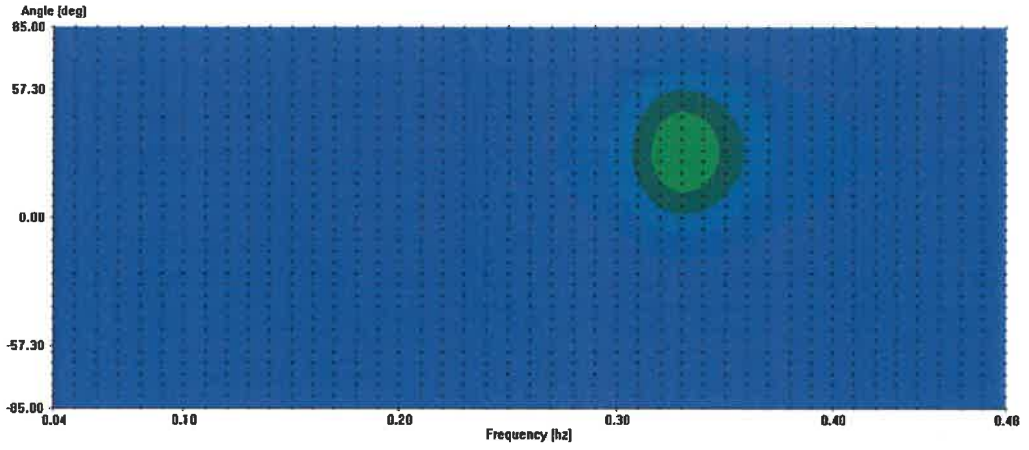


(b)

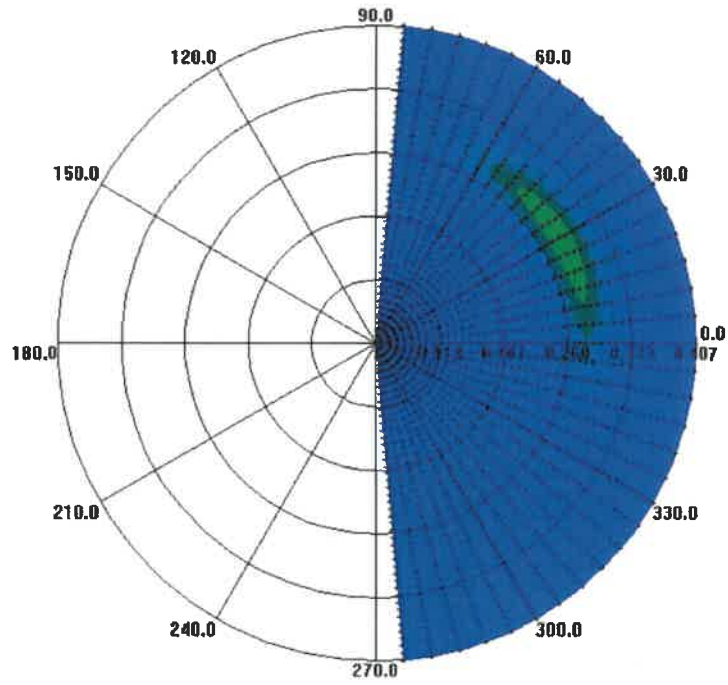
2 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

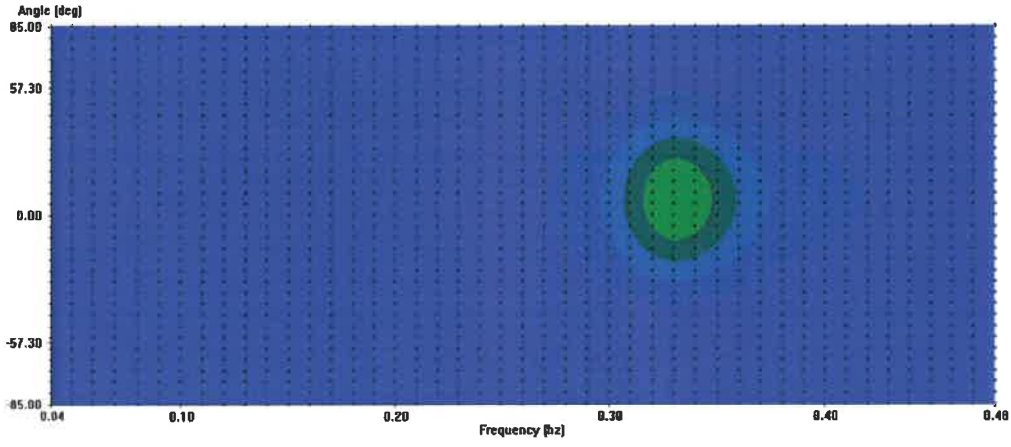


(b)

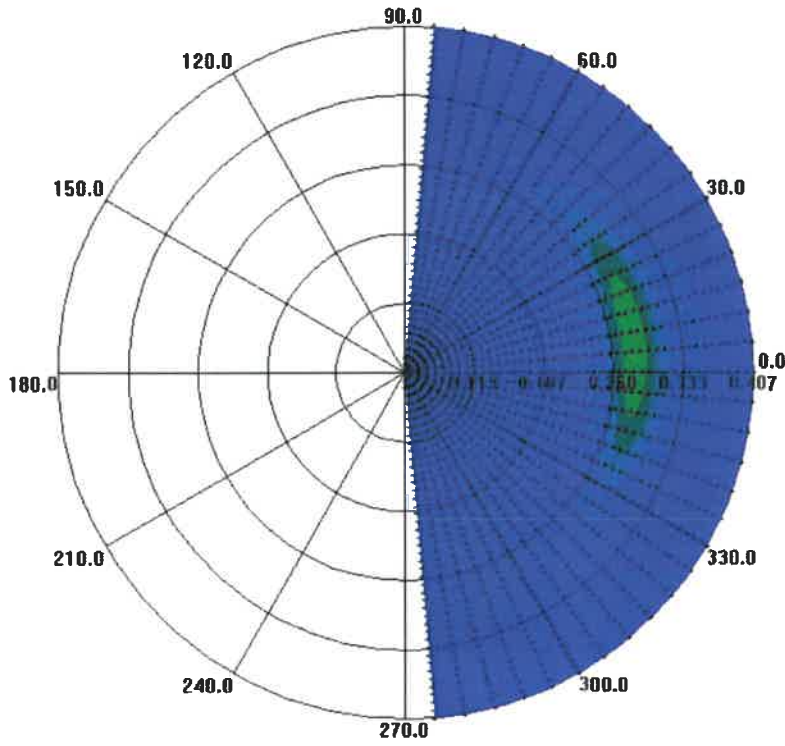
3 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

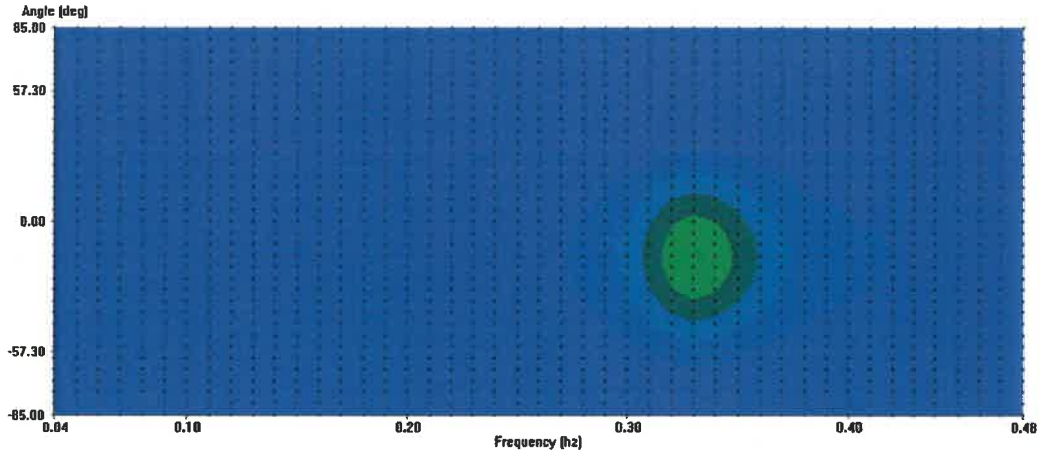


(b)

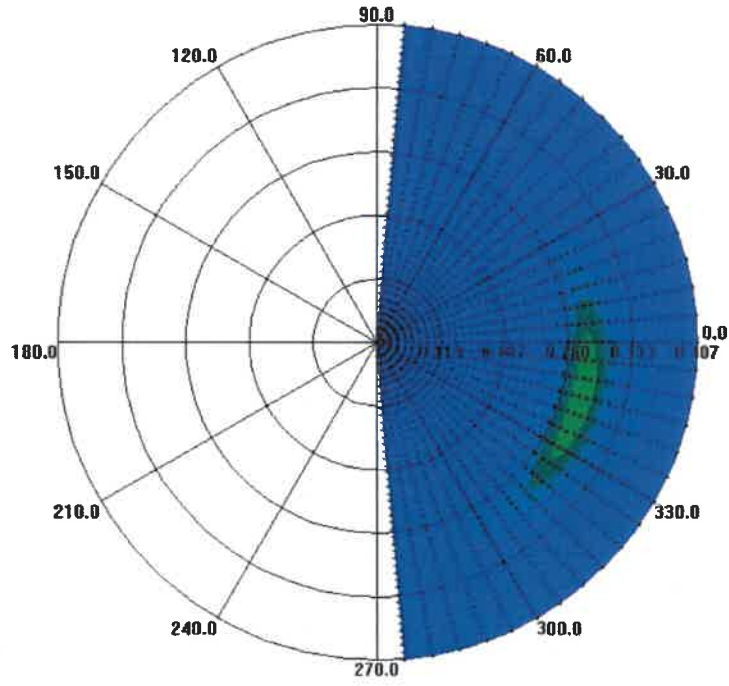
4 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

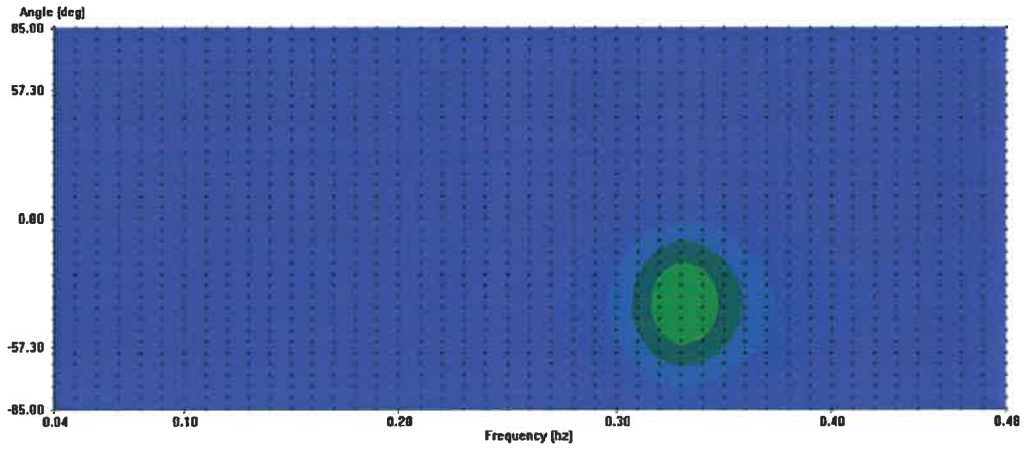


(b)

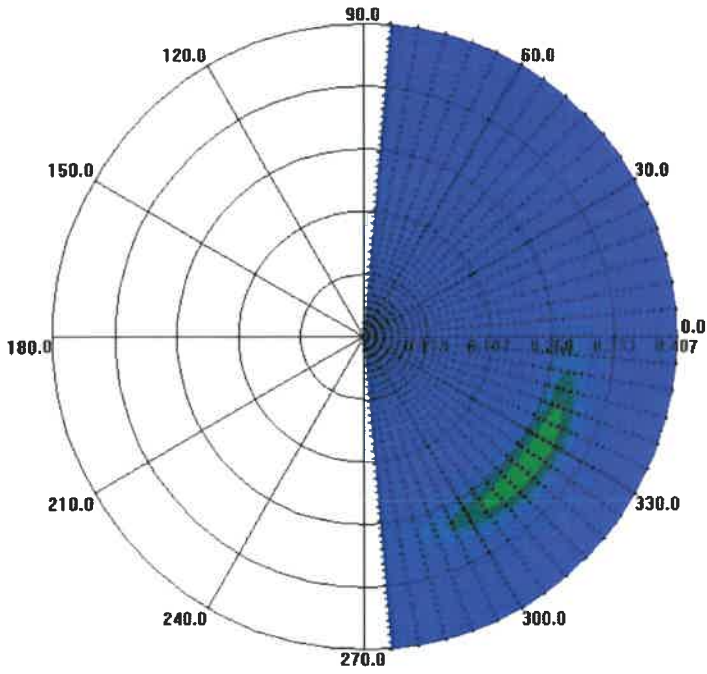
5 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

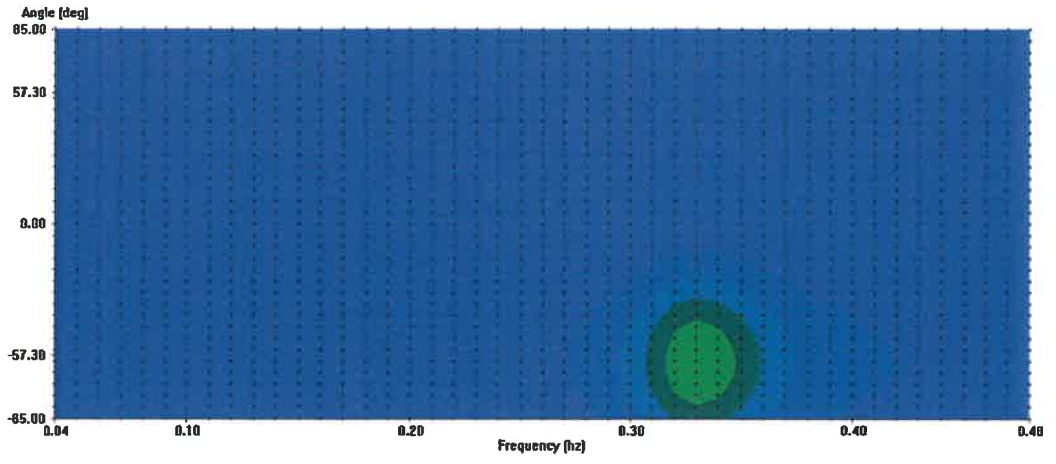


(b)

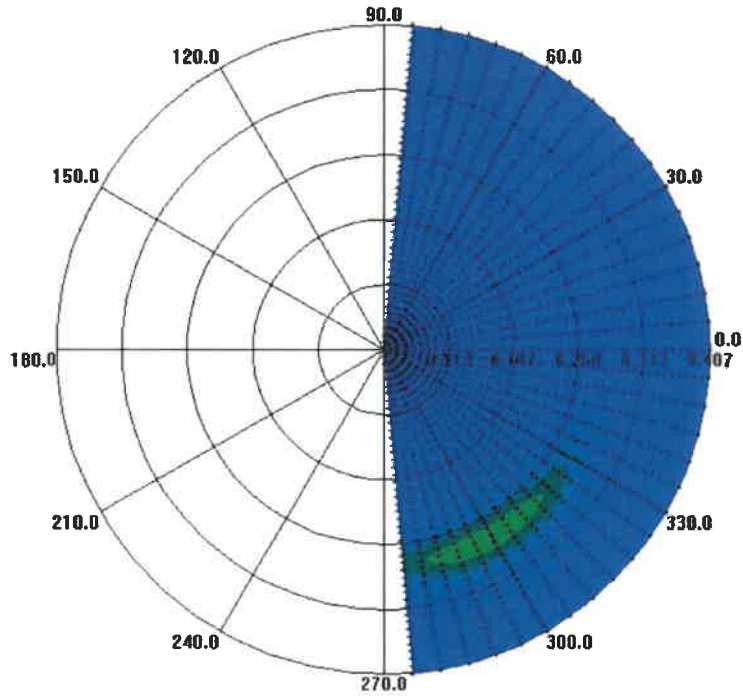
6 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

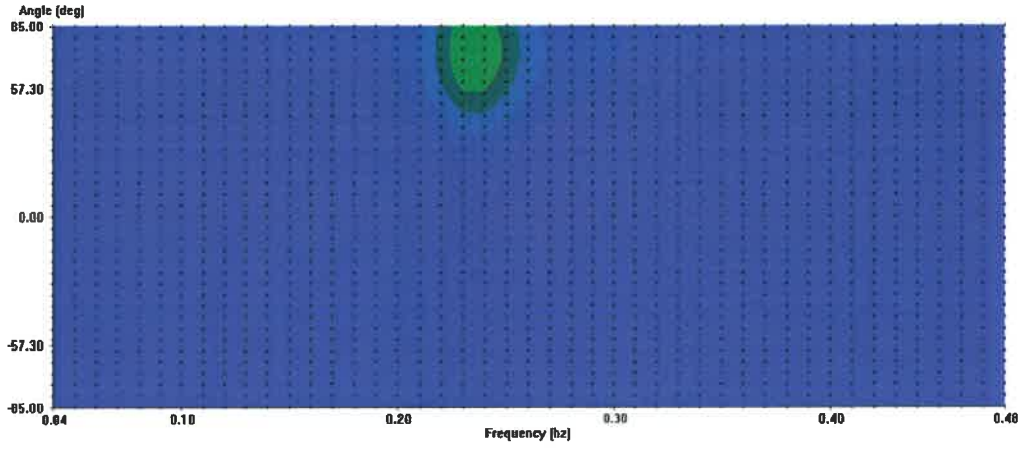


(b)

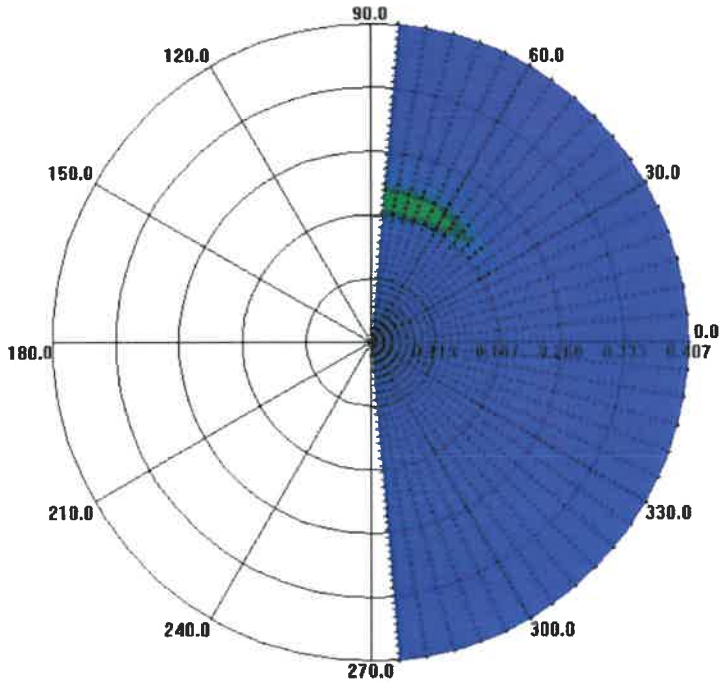
7 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

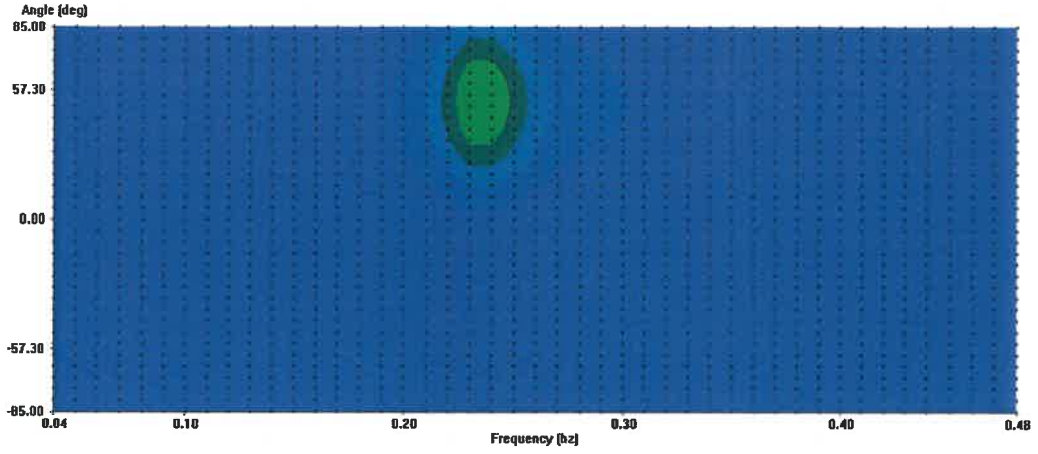


(b)

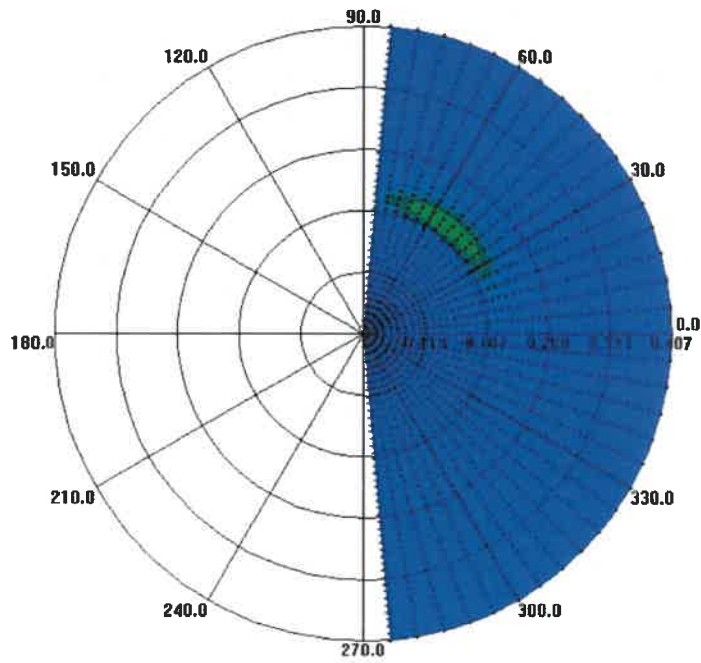
8 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

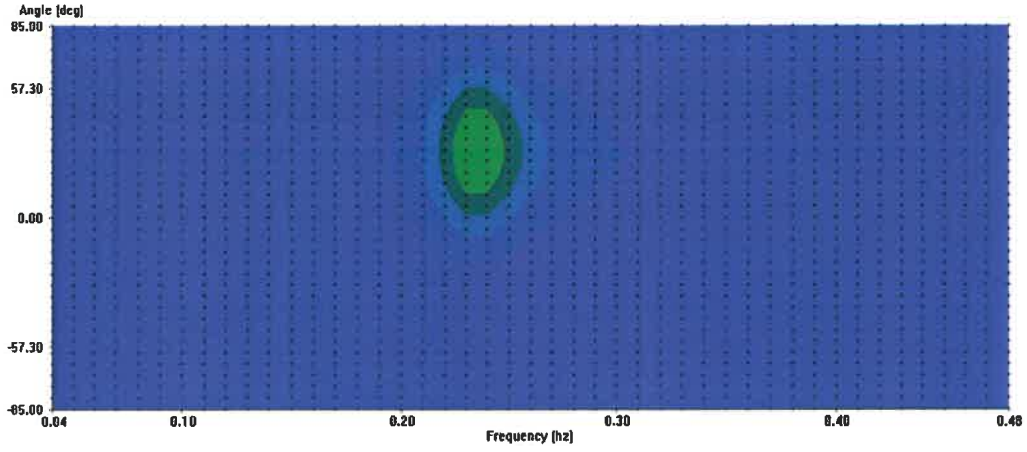


(b)

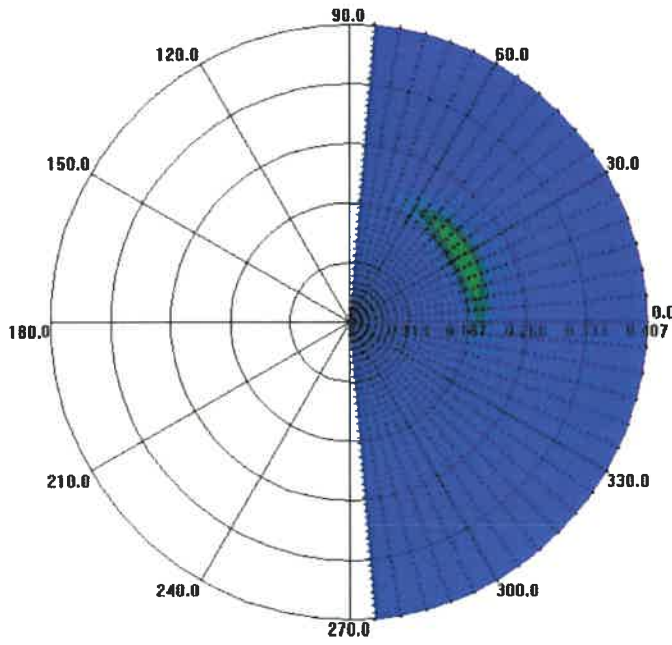
9 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

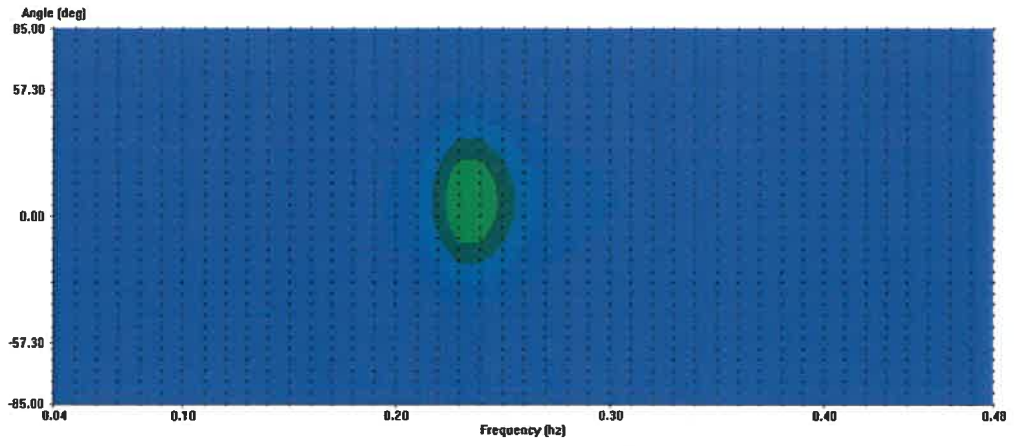


(b)

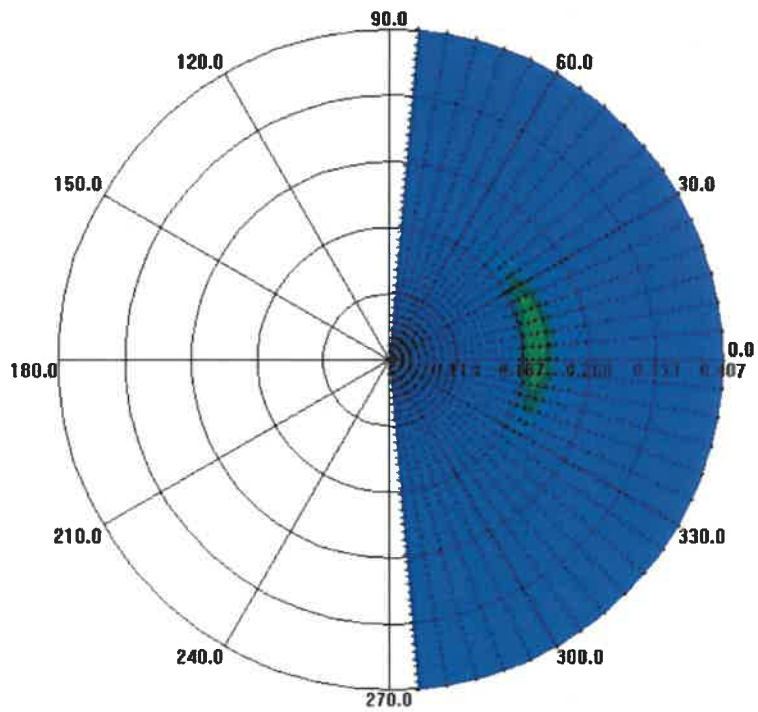
10 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

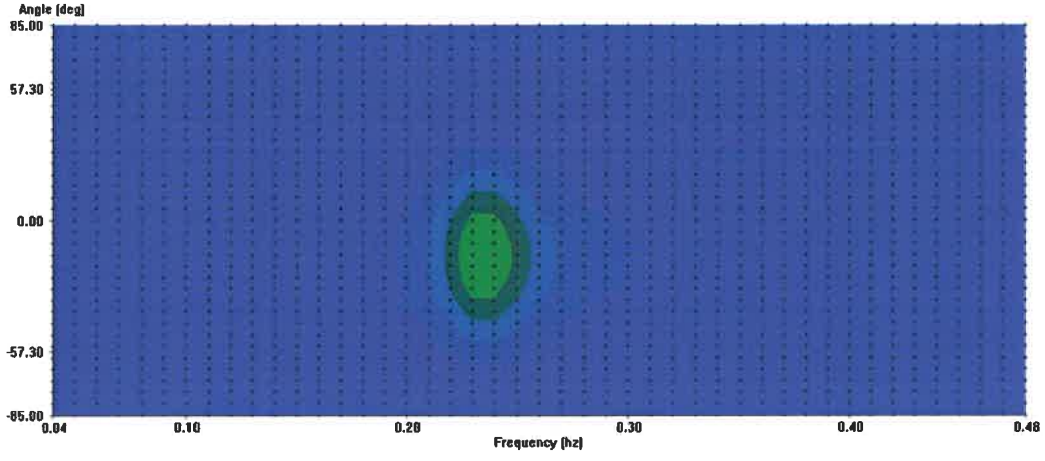


(b)

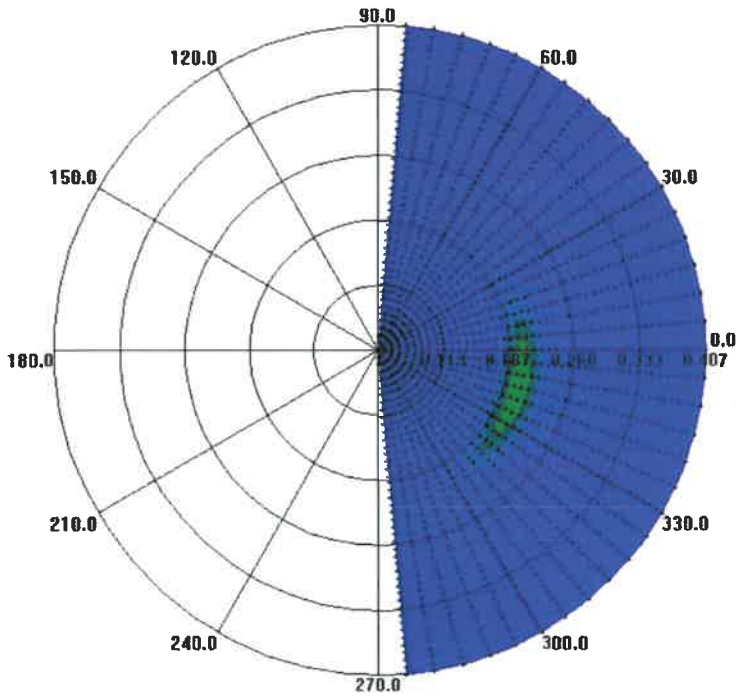
11 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

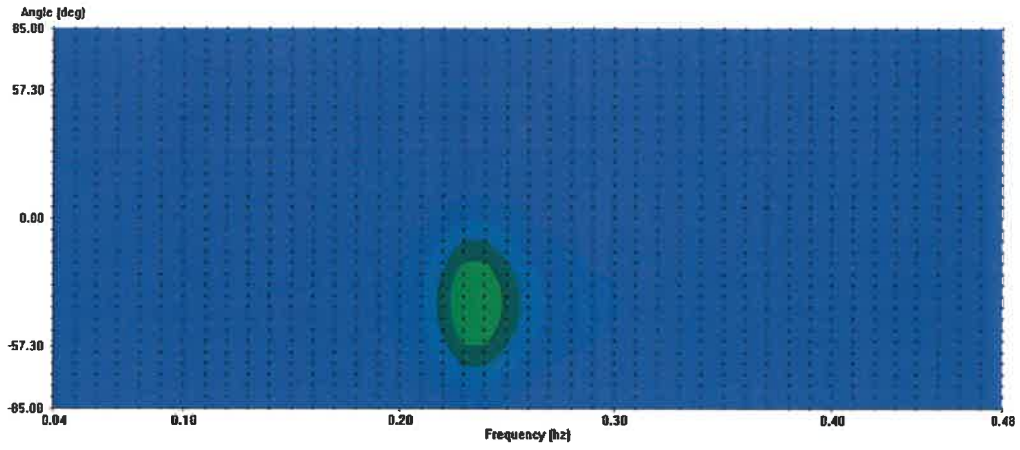


(b)

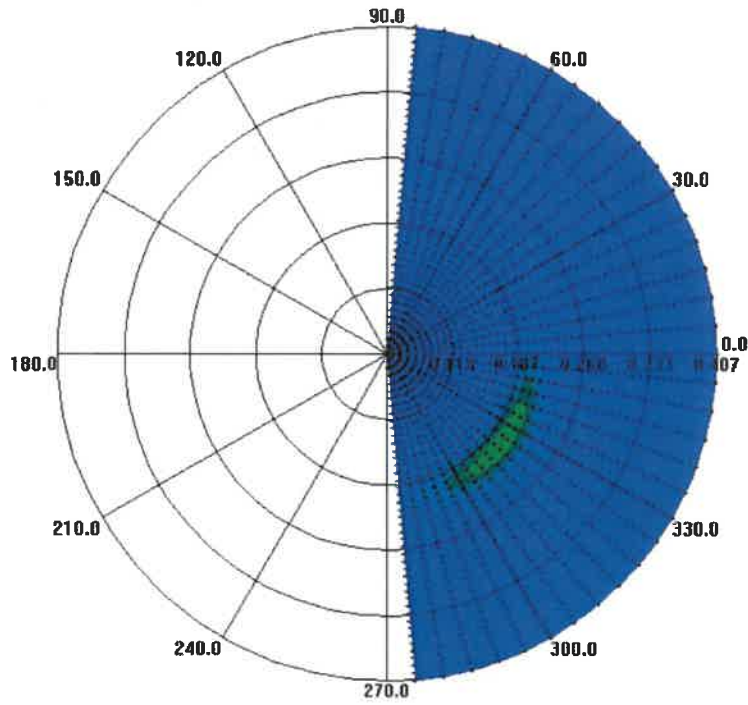
12 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

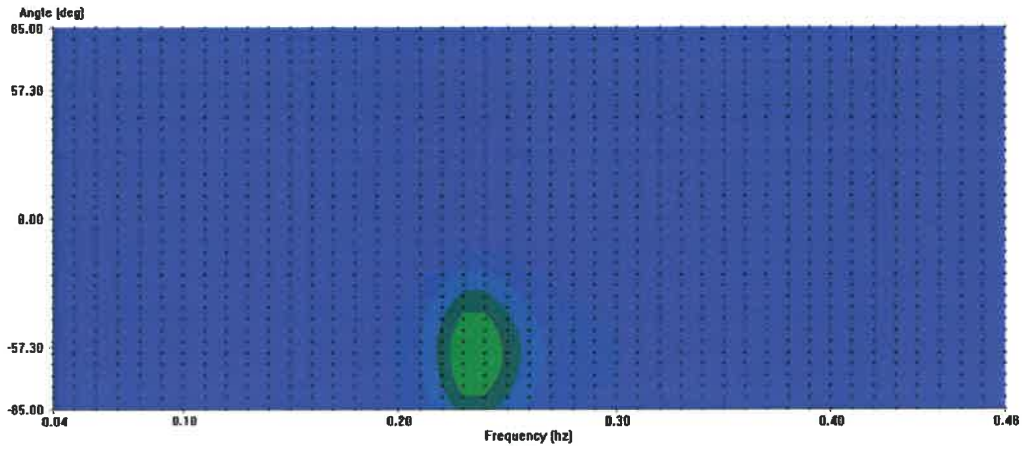


(b)

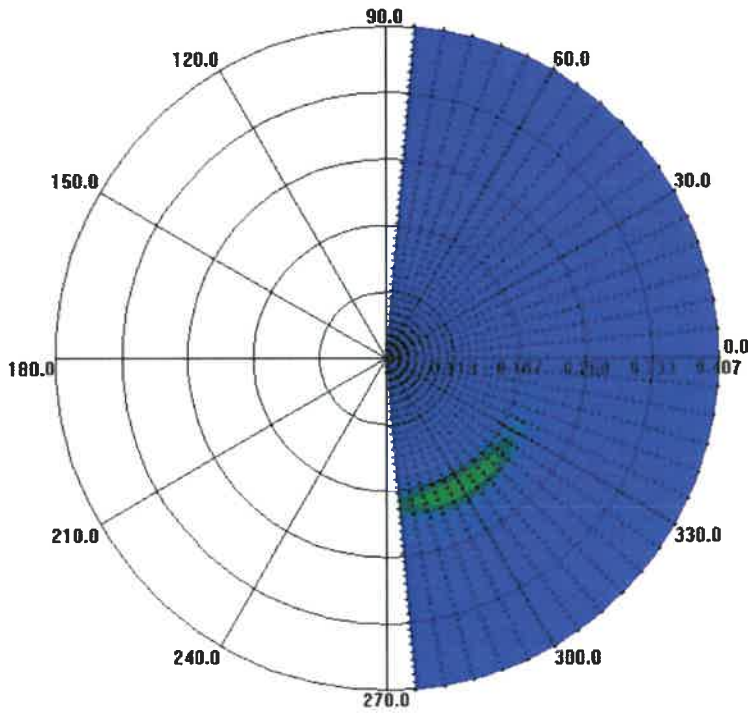
13 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

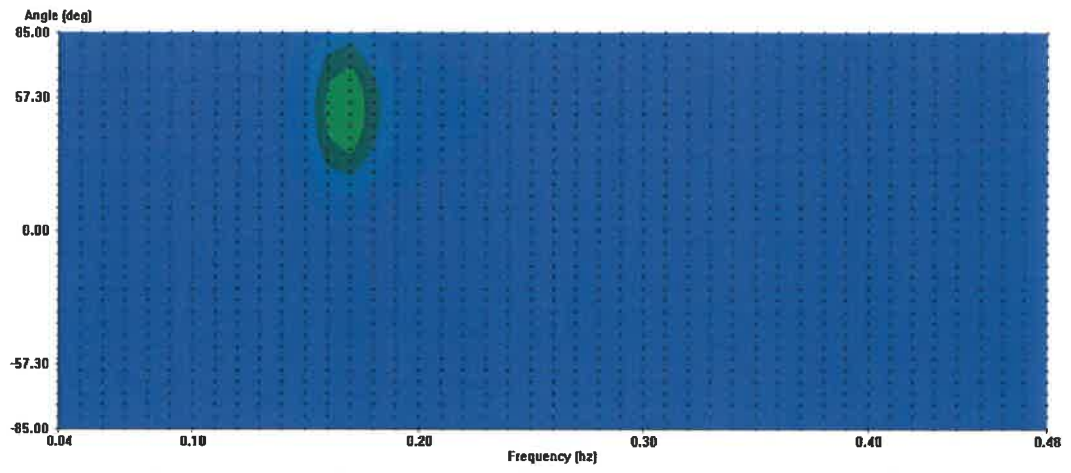


(b)

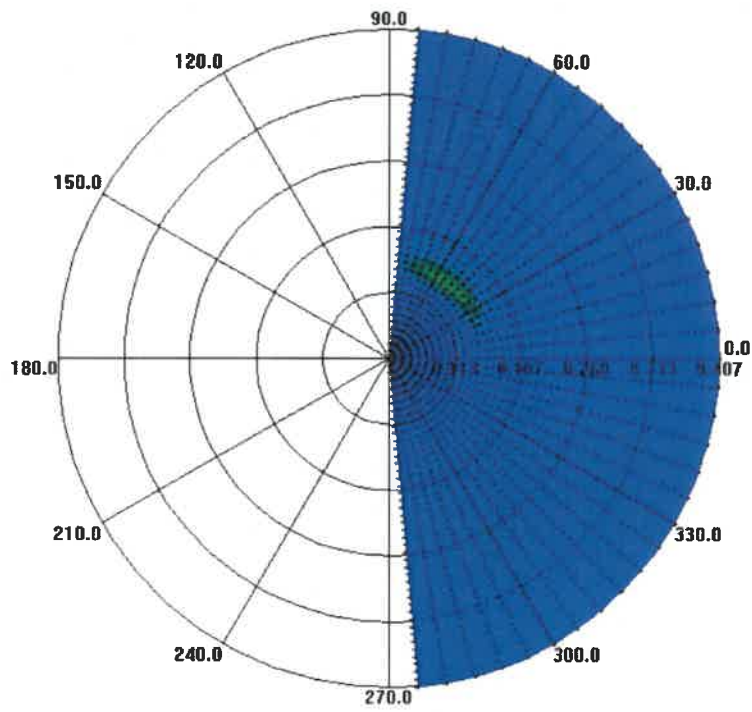
14 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

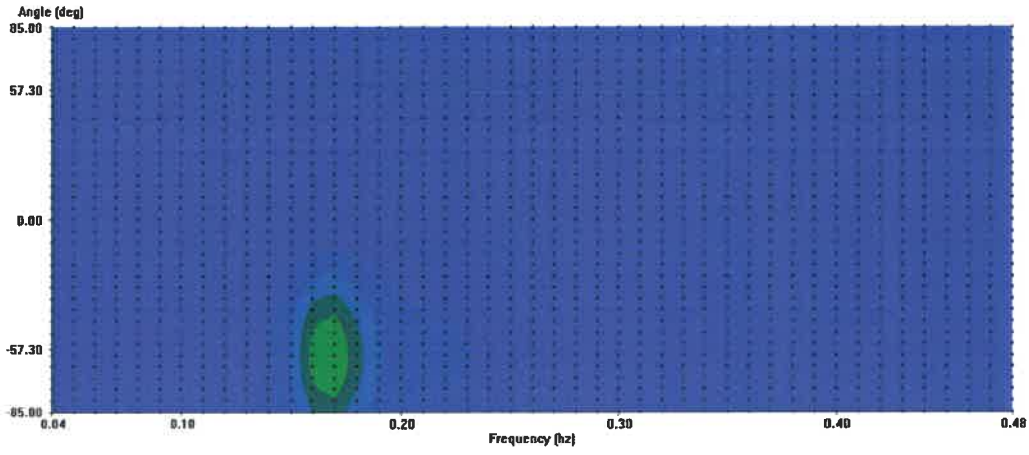


(b)

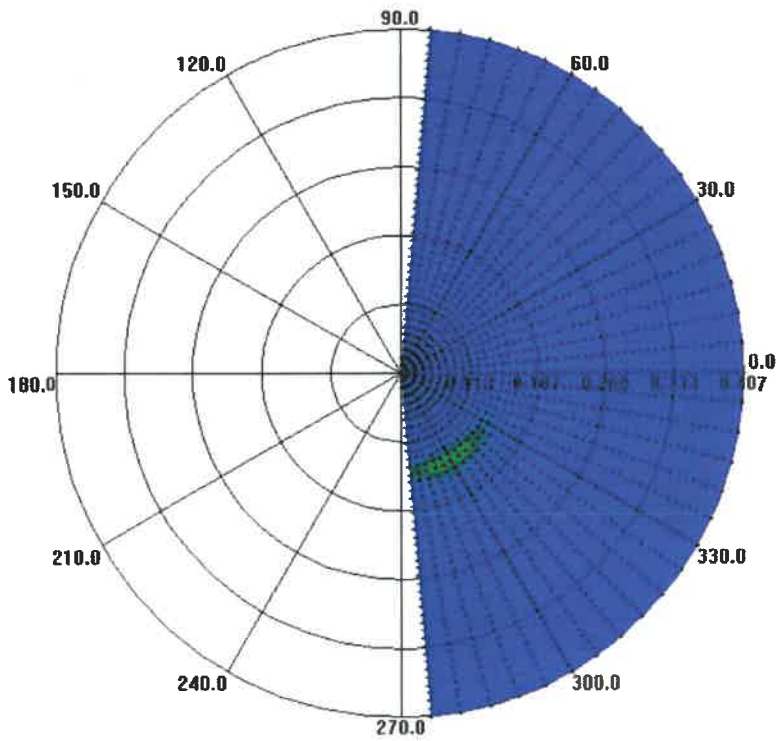
15 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

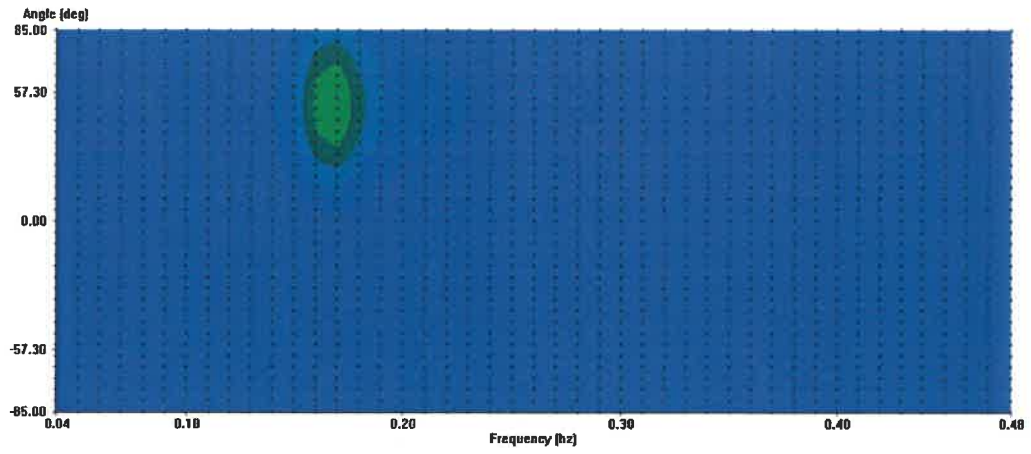


(b)

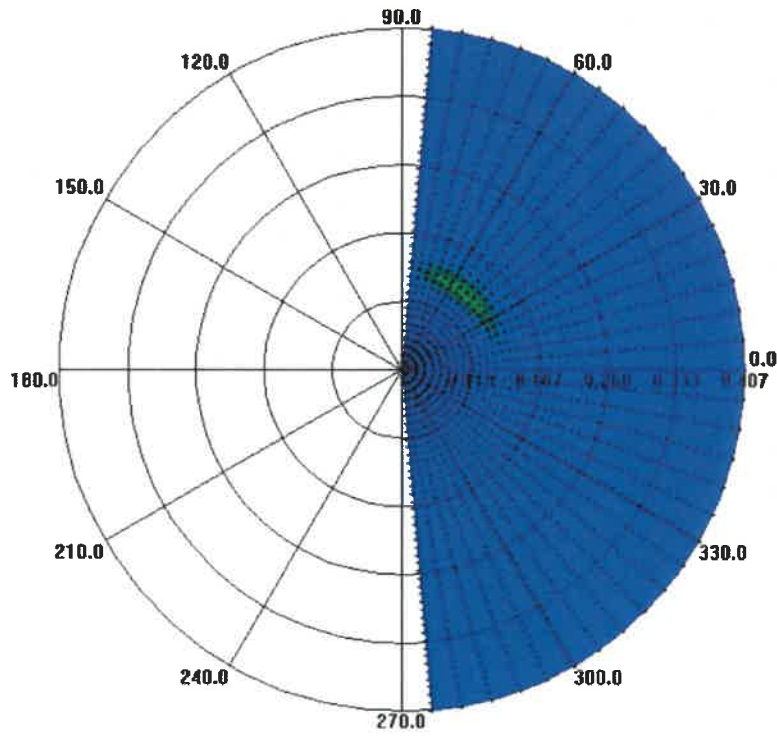
16 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

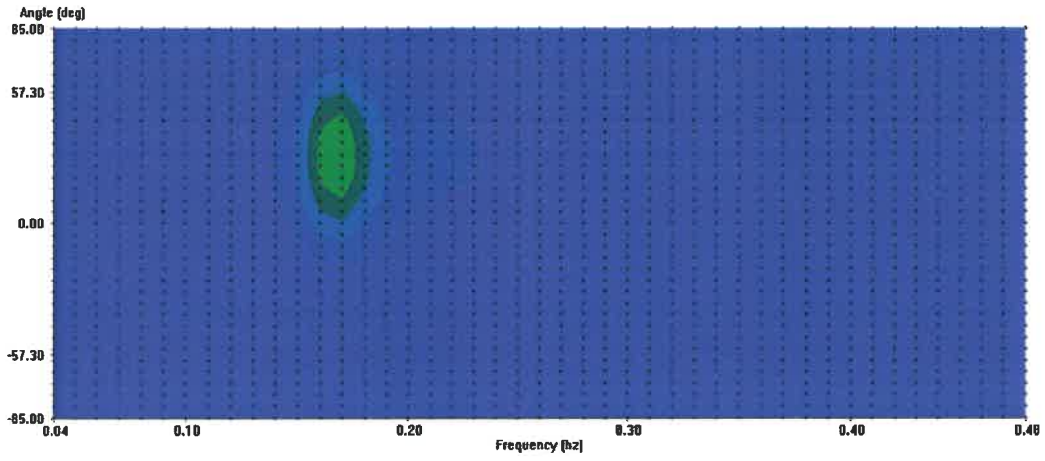


(b)

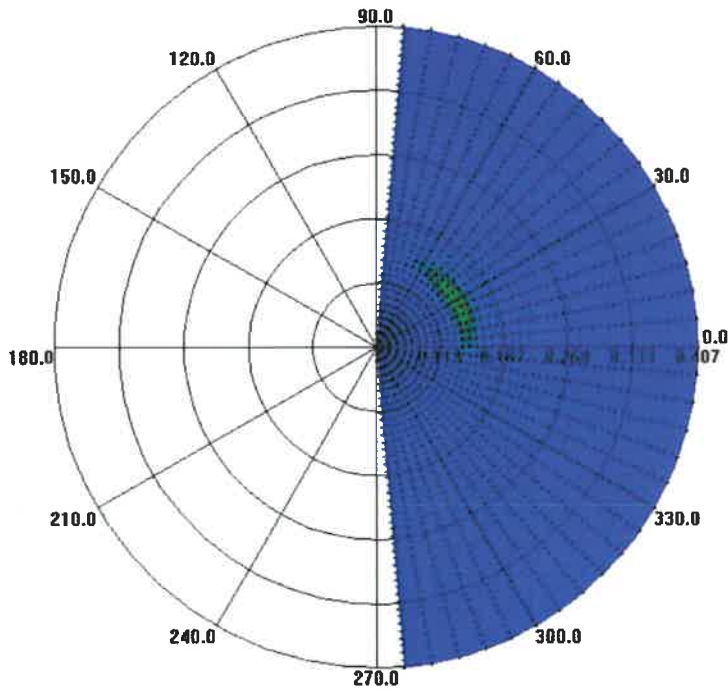
17 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

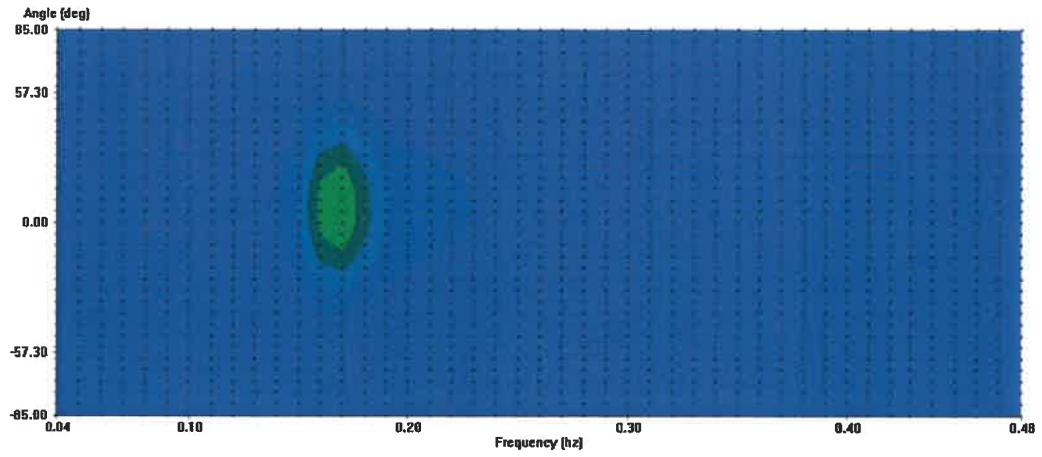


(b)

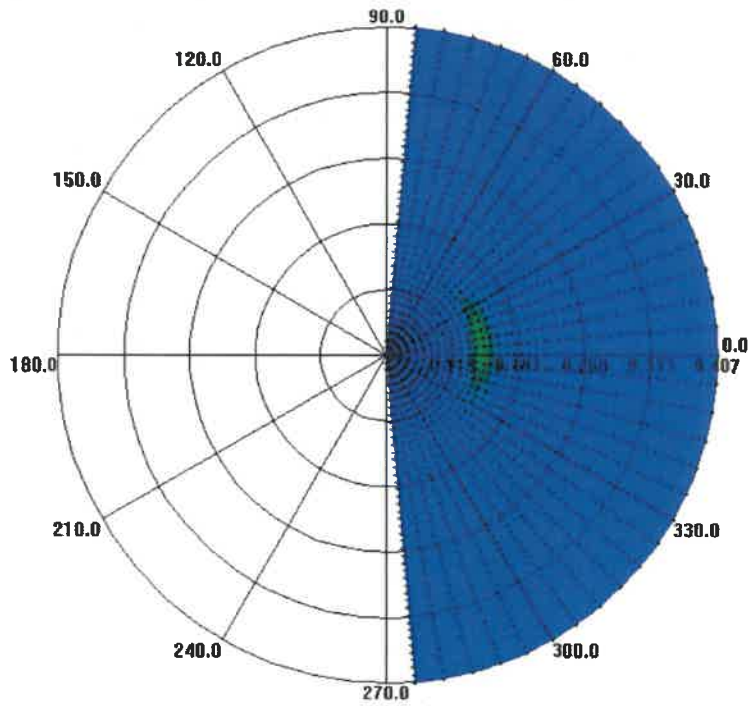
18 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

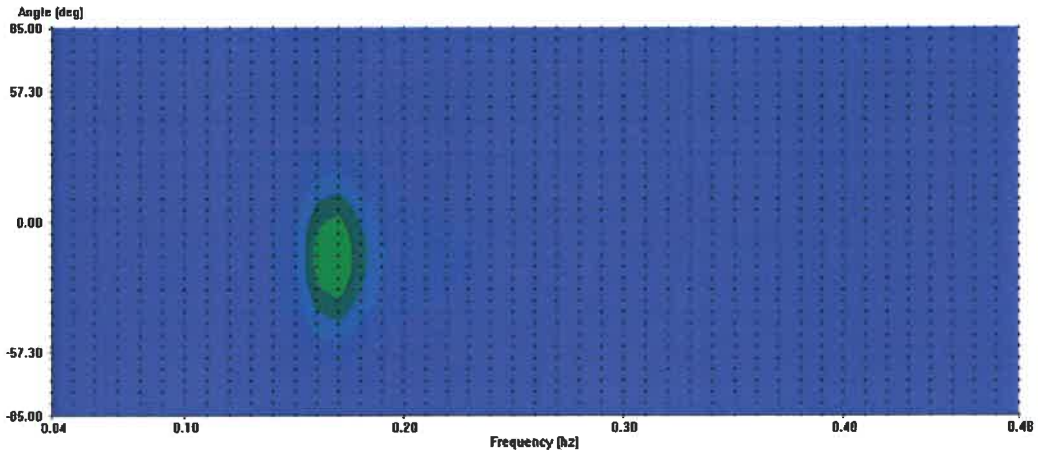


(b)

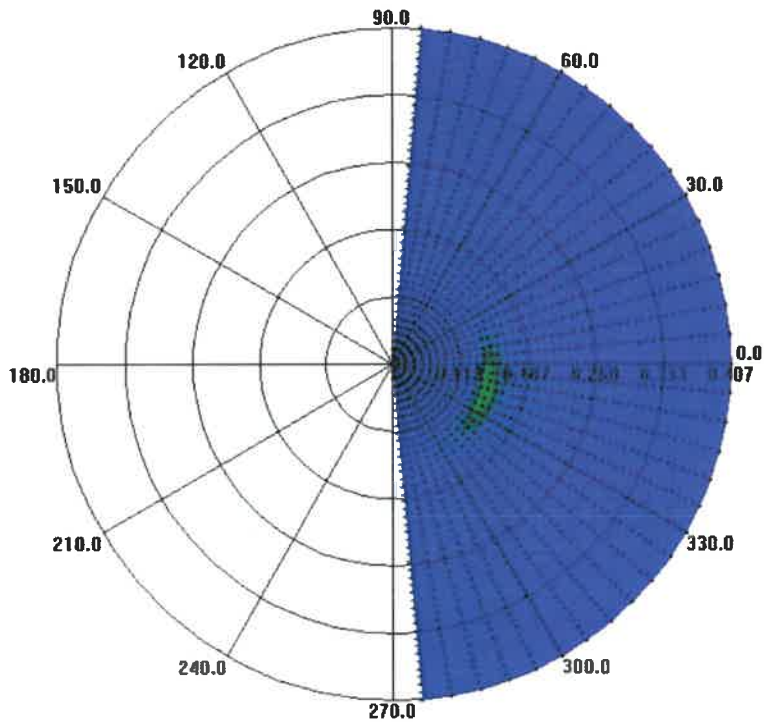
19 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

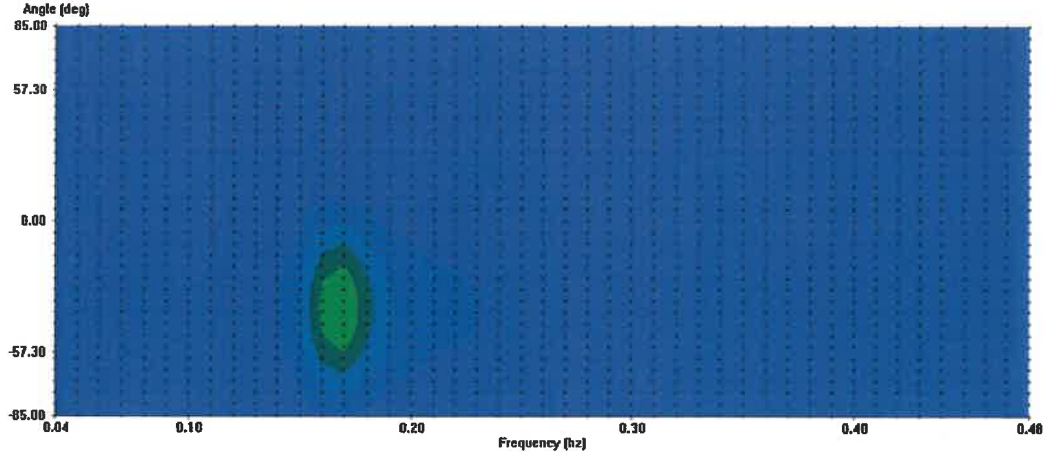


(b)

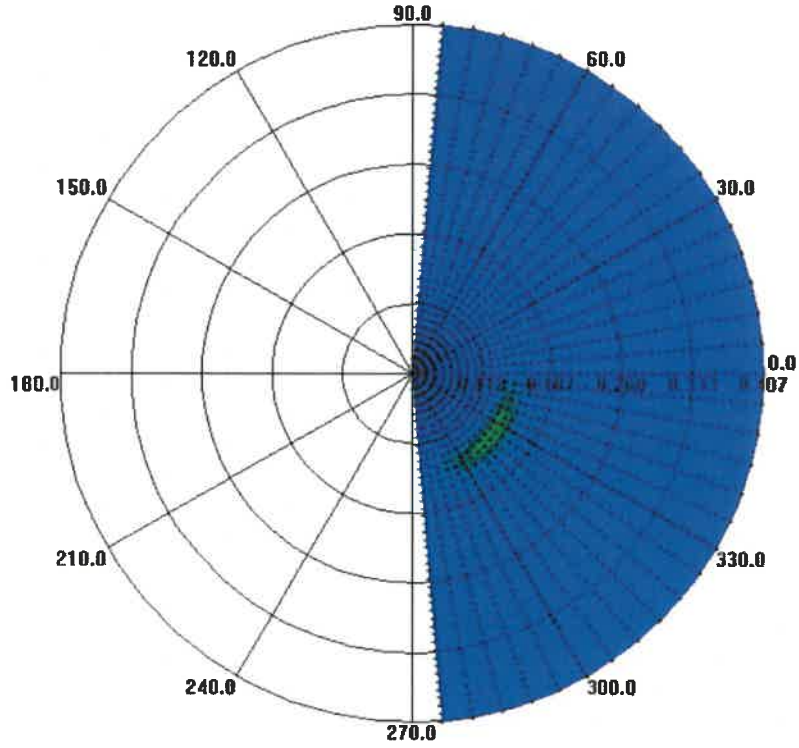
20 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

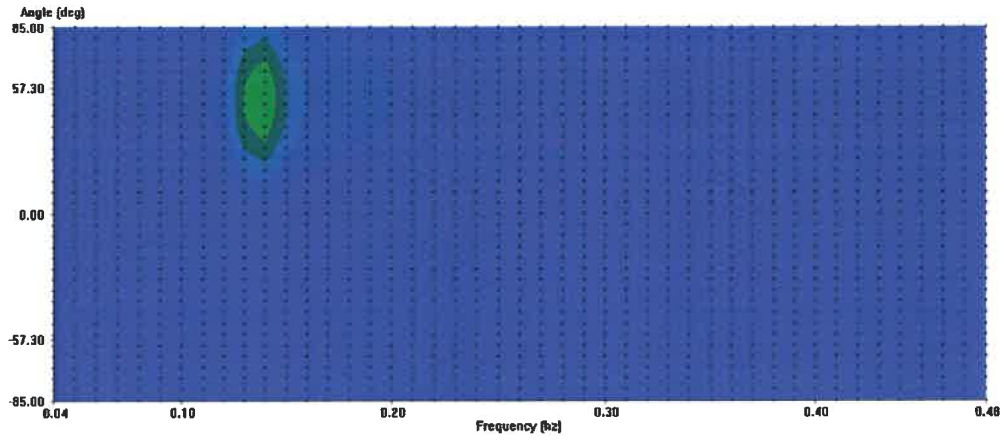


(b)

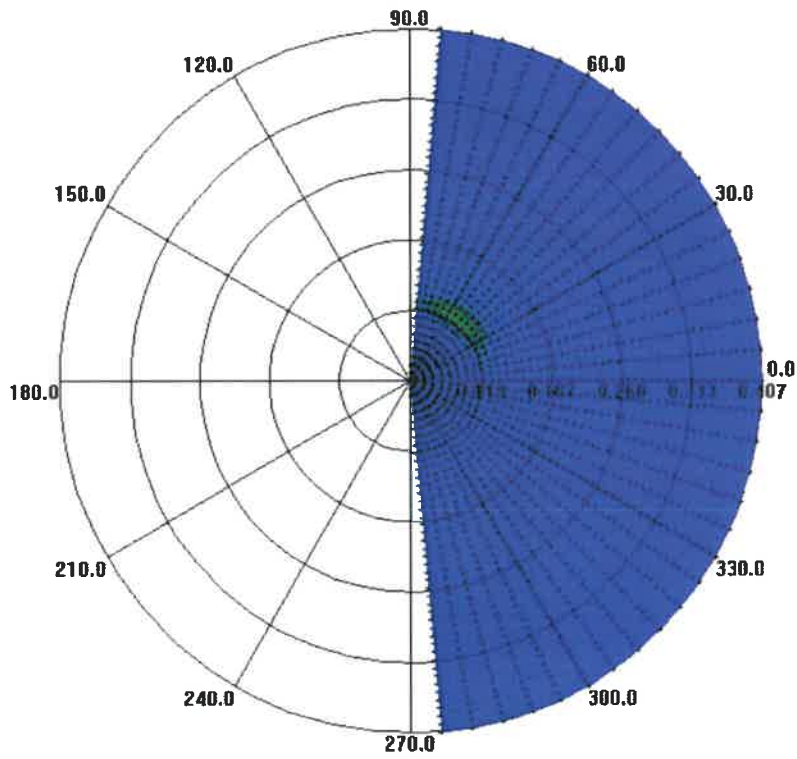
21 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

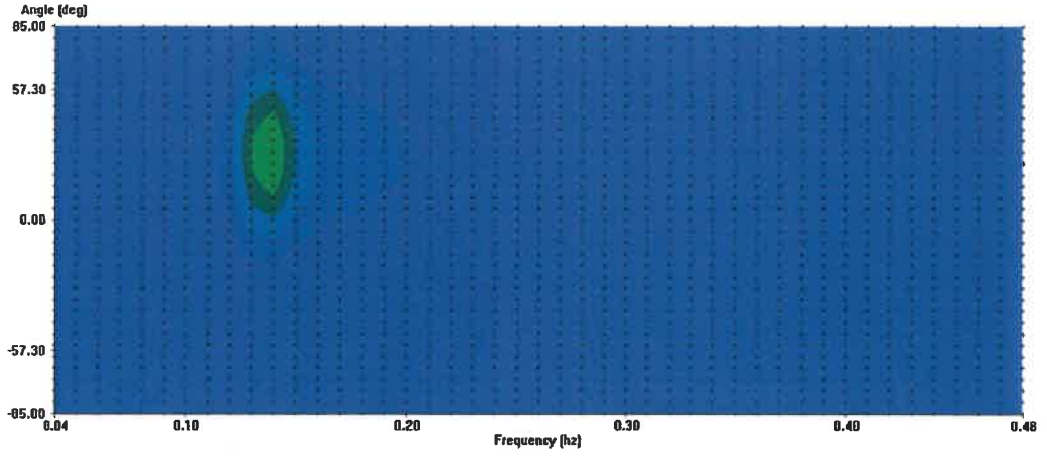


(b)

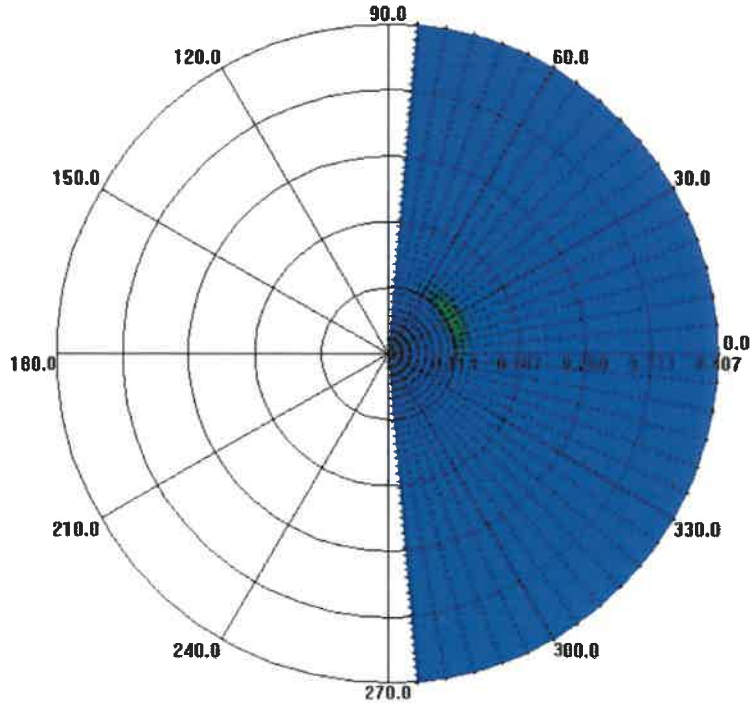
22 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

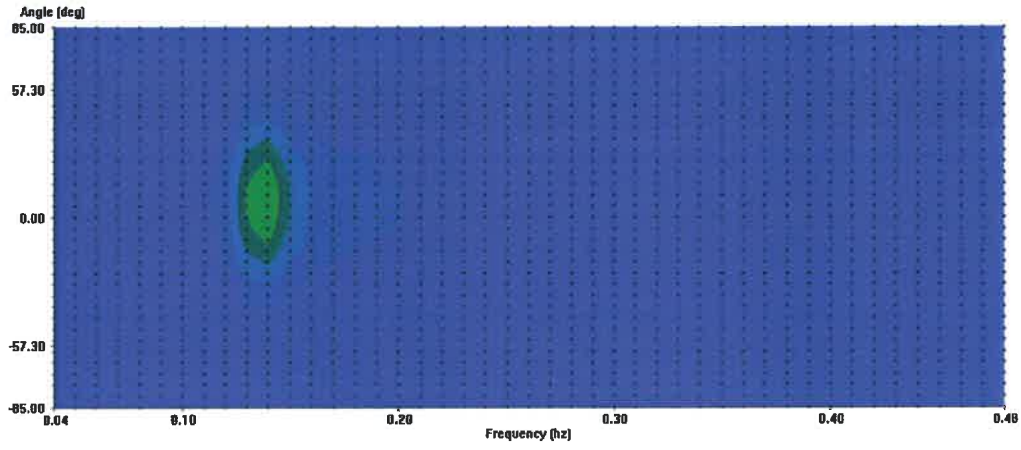


(b)

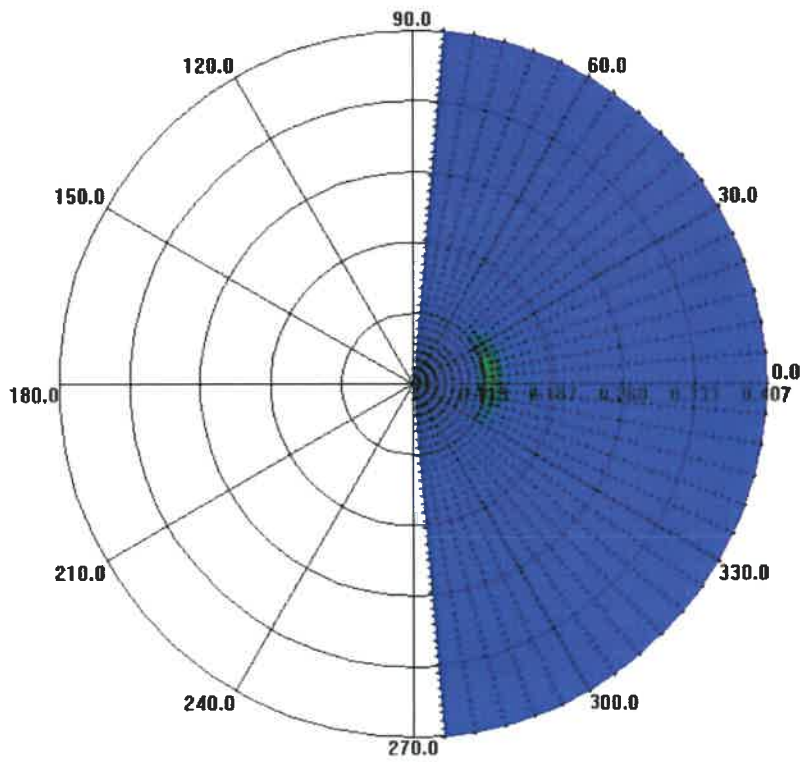
23 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

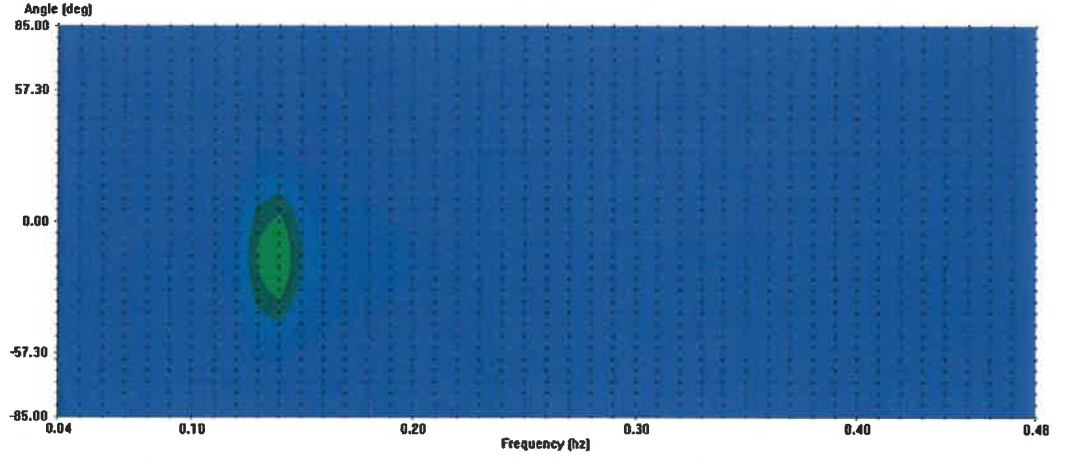


(b)

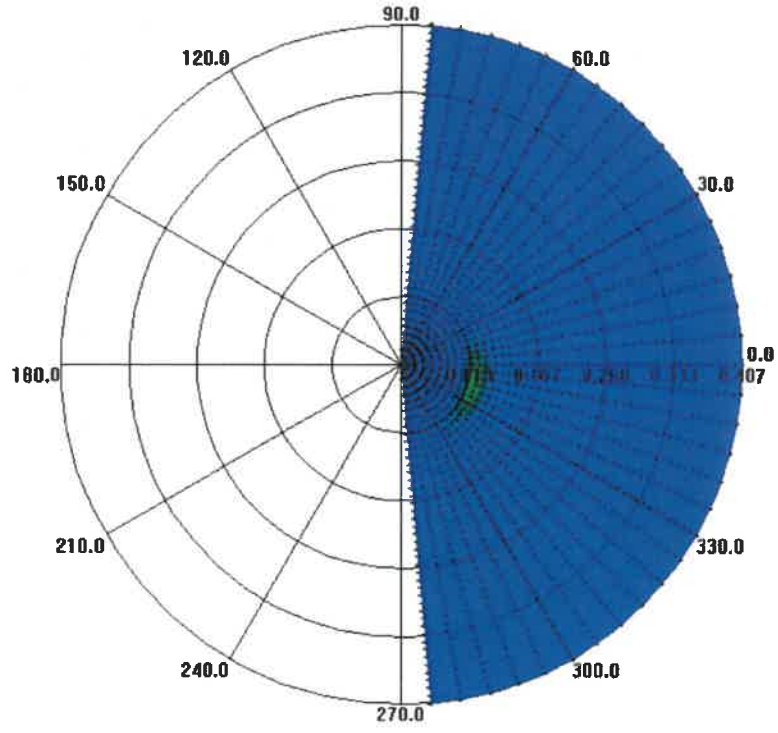
24 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

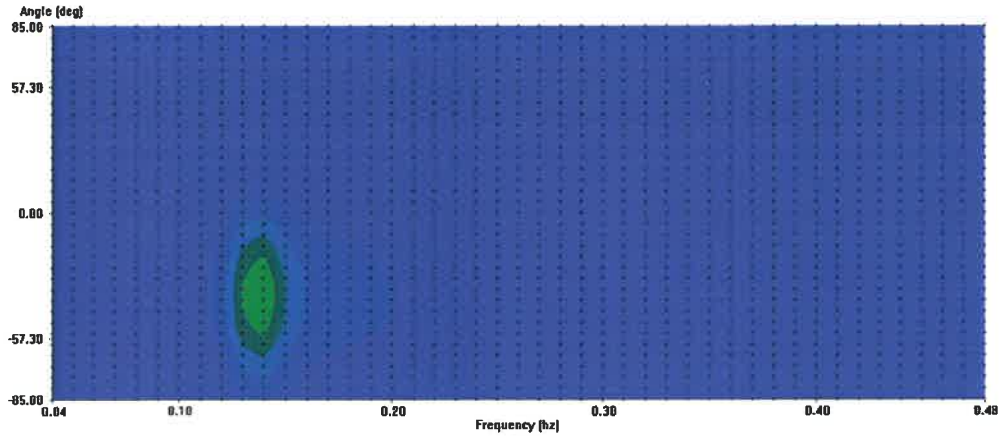


(b)

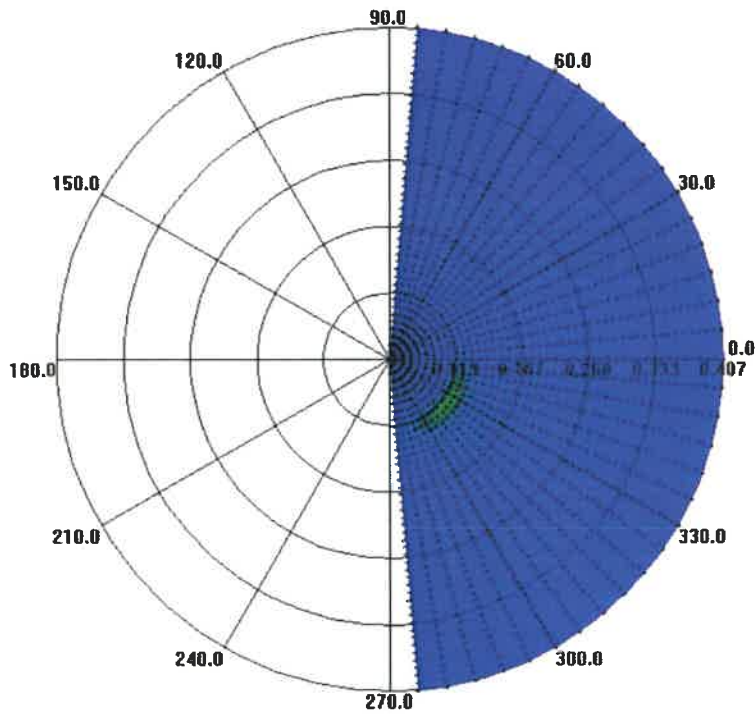
25 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

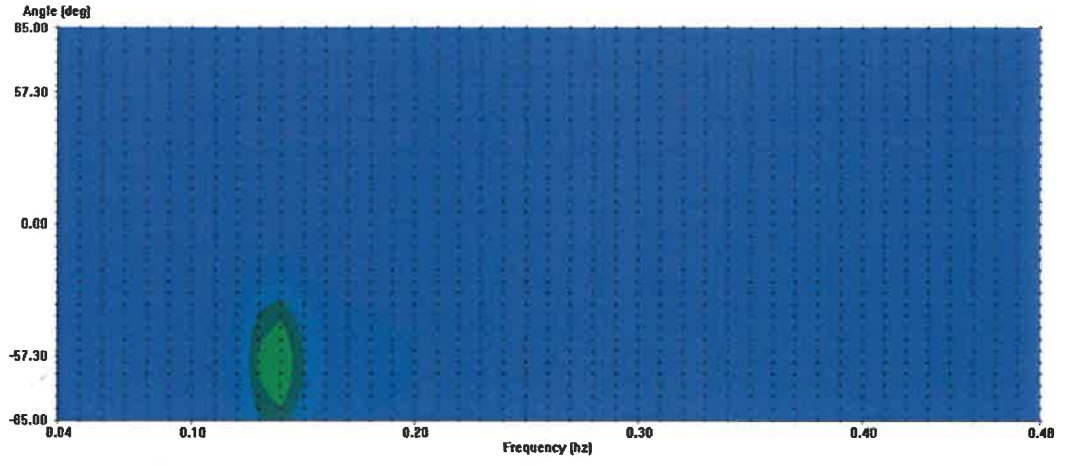


(b)

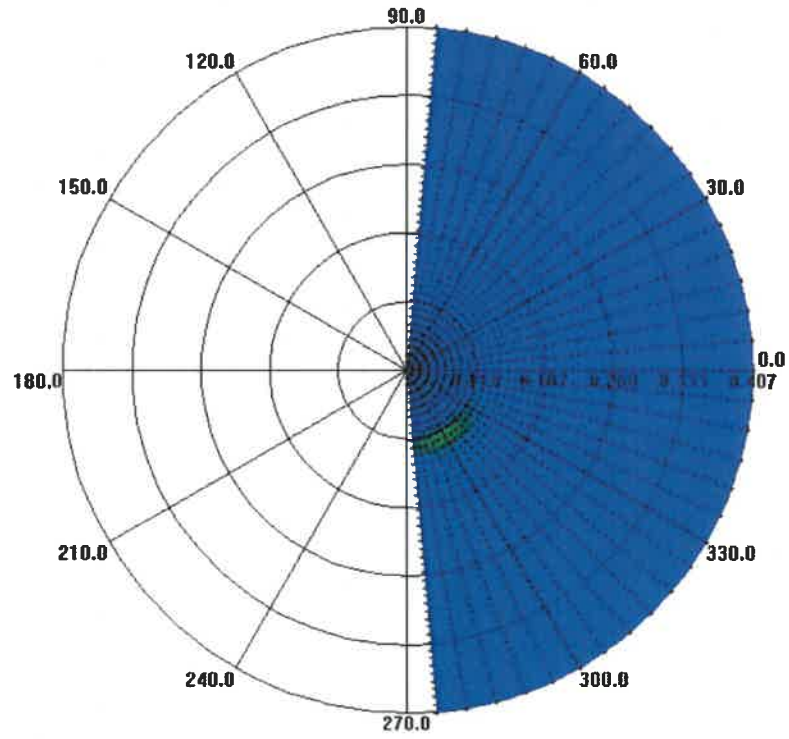
26 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

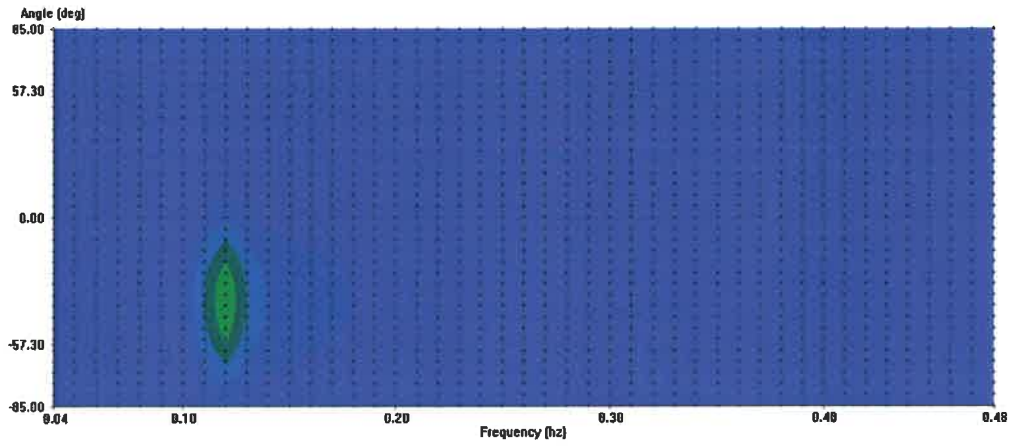


(b)

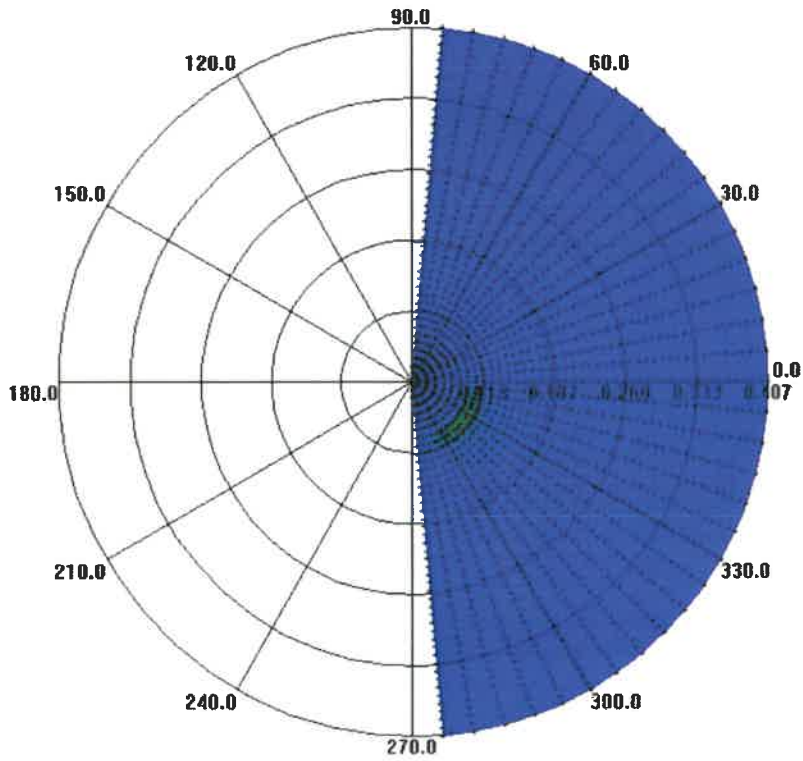
27 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

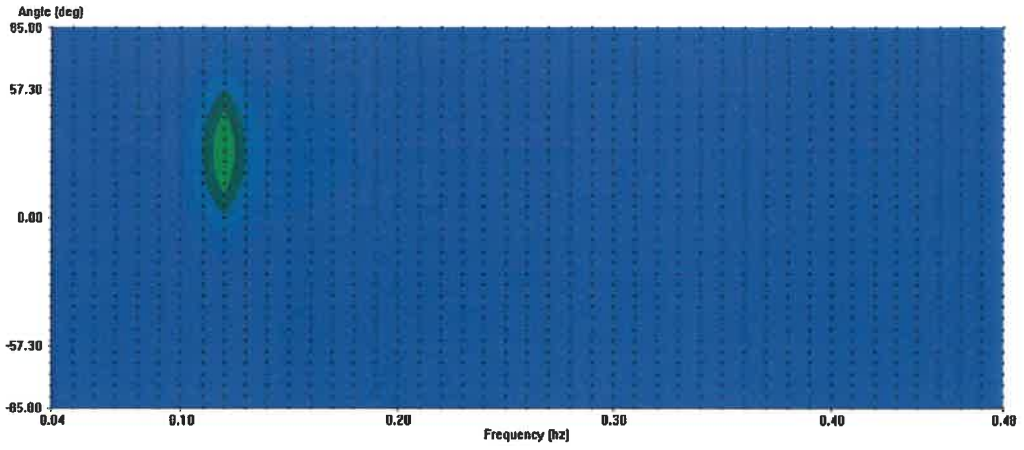


(b)

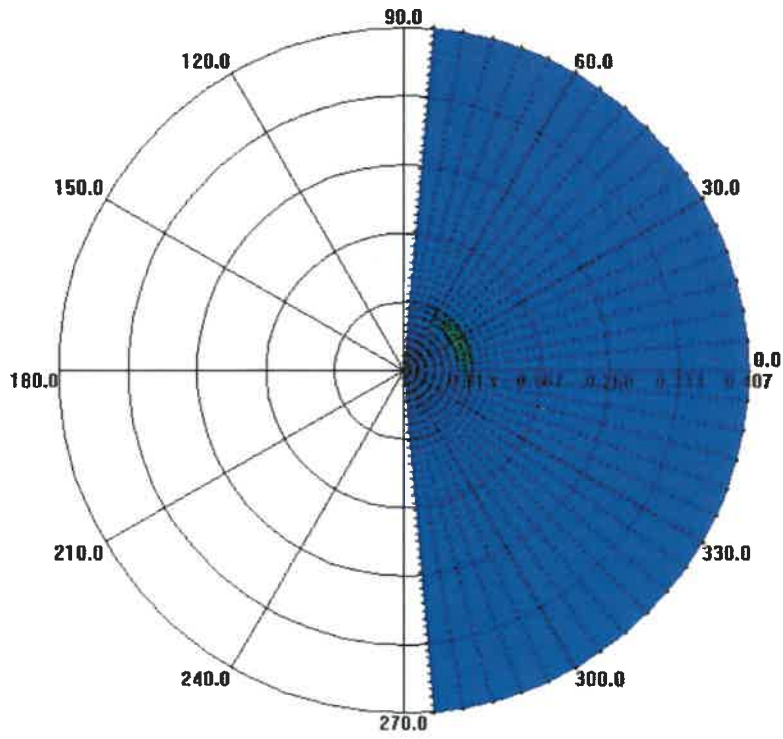
28 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

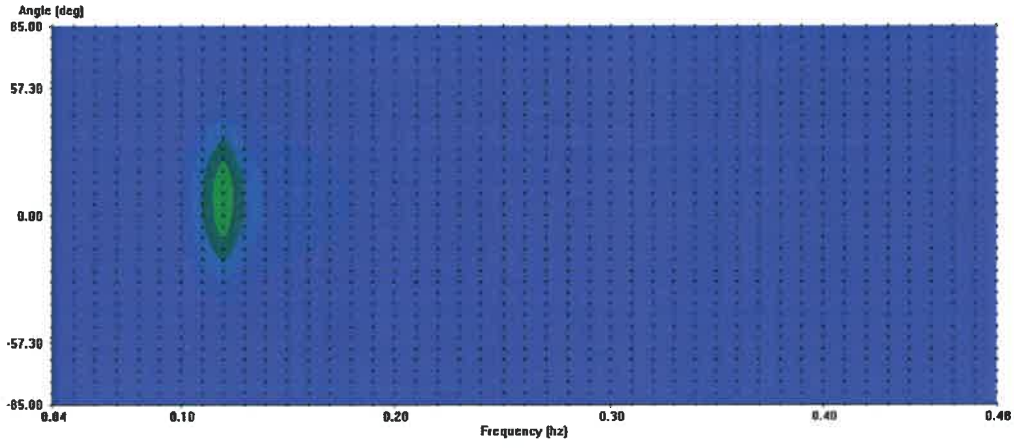


(b)

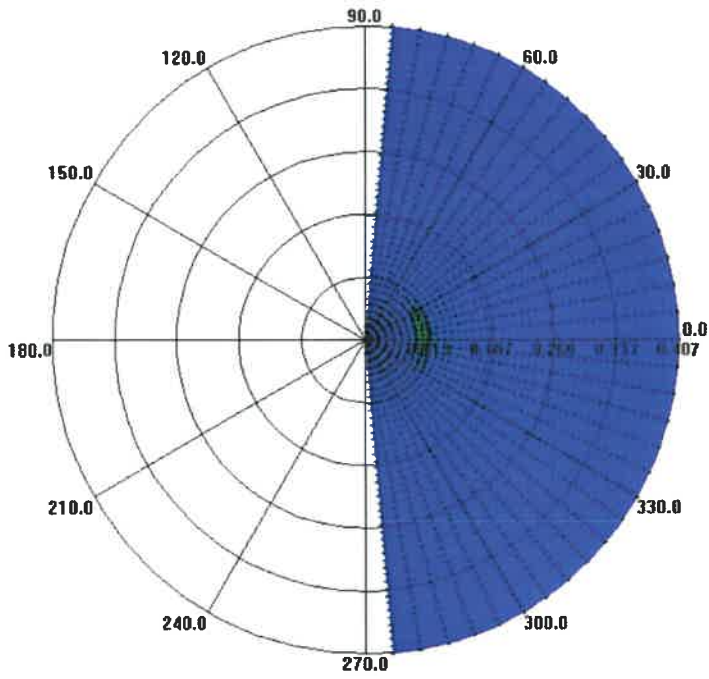
29 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

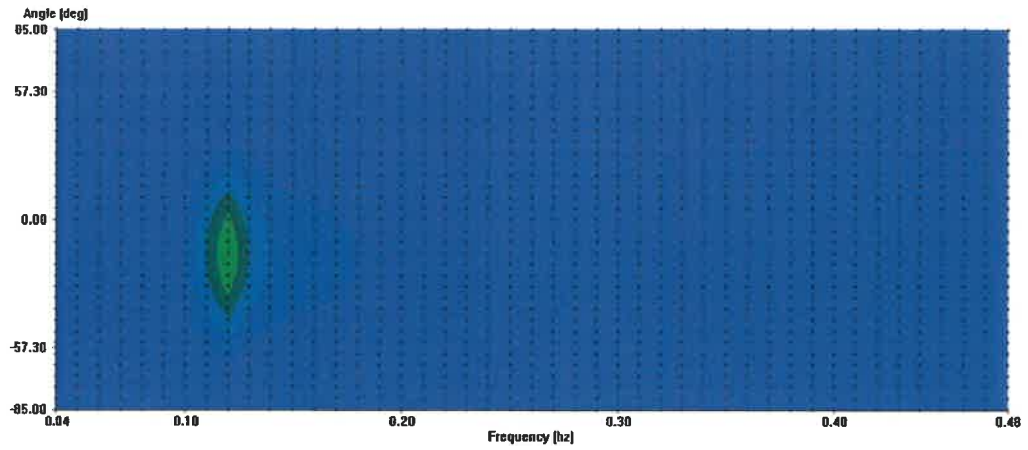


(b)

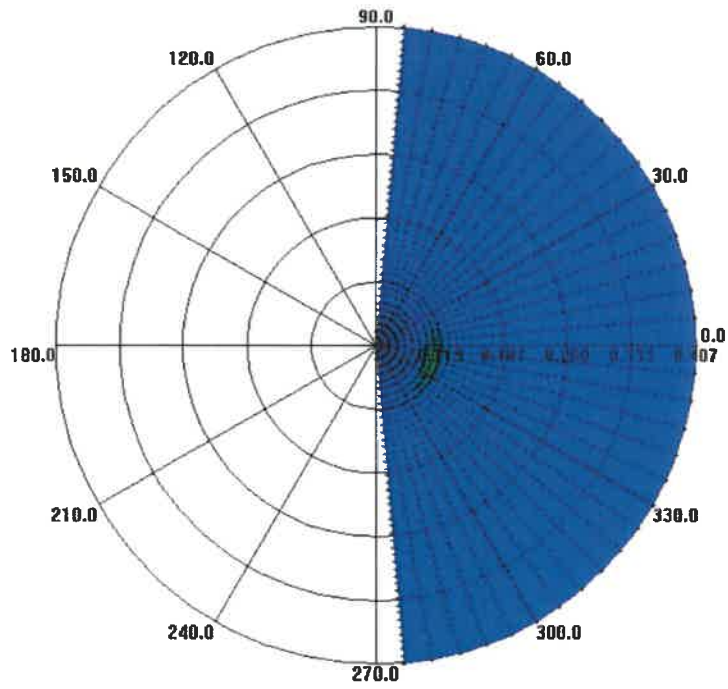
30 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

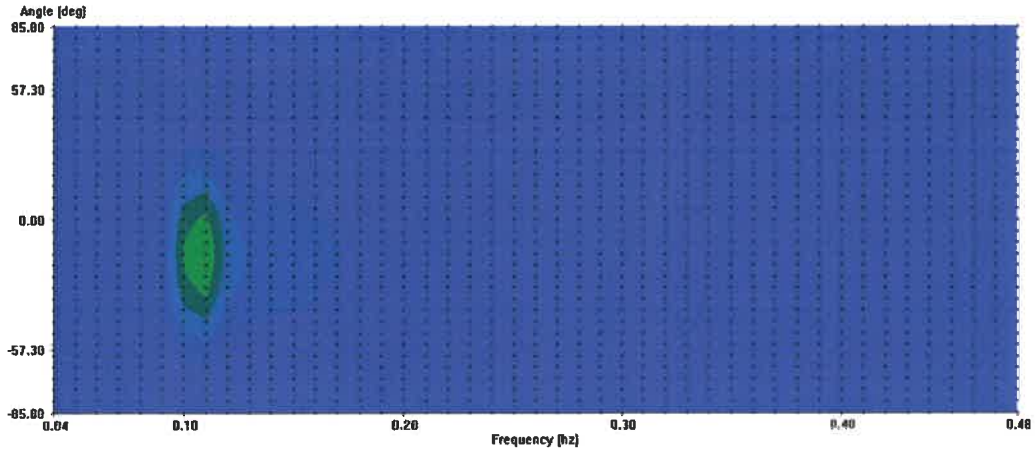


(b)

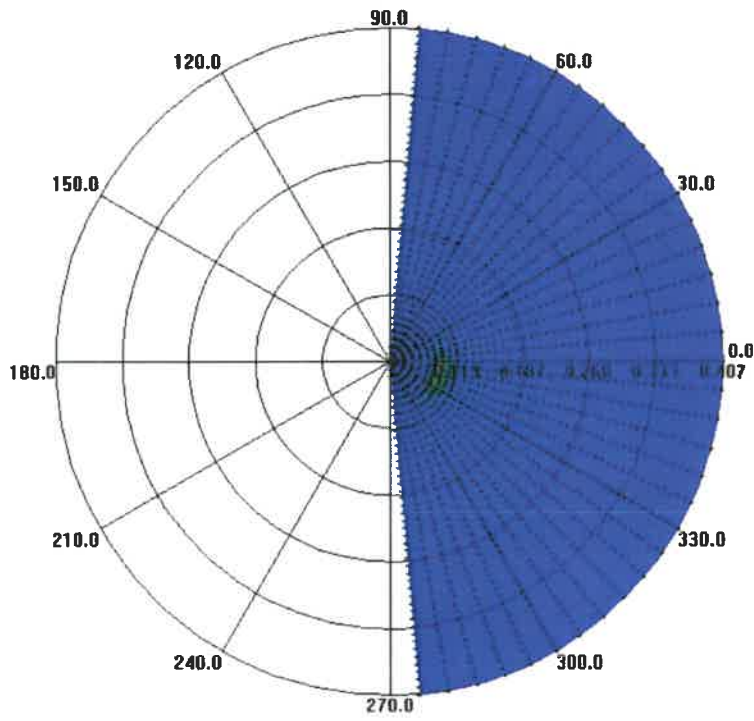
31 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

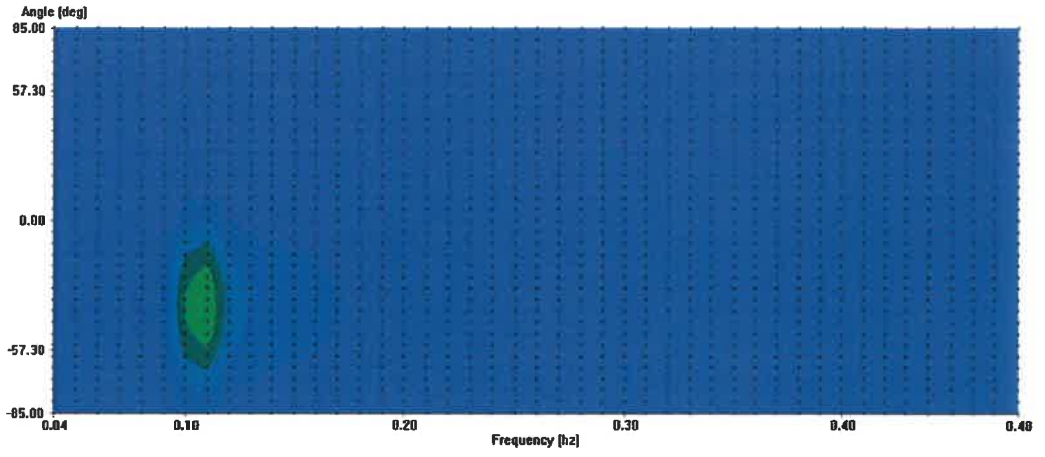


(b)

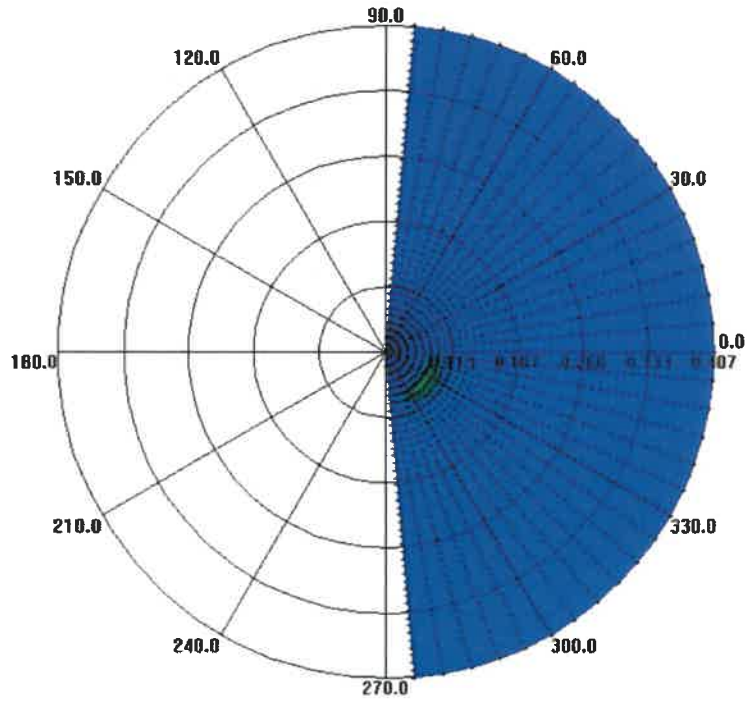
32 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

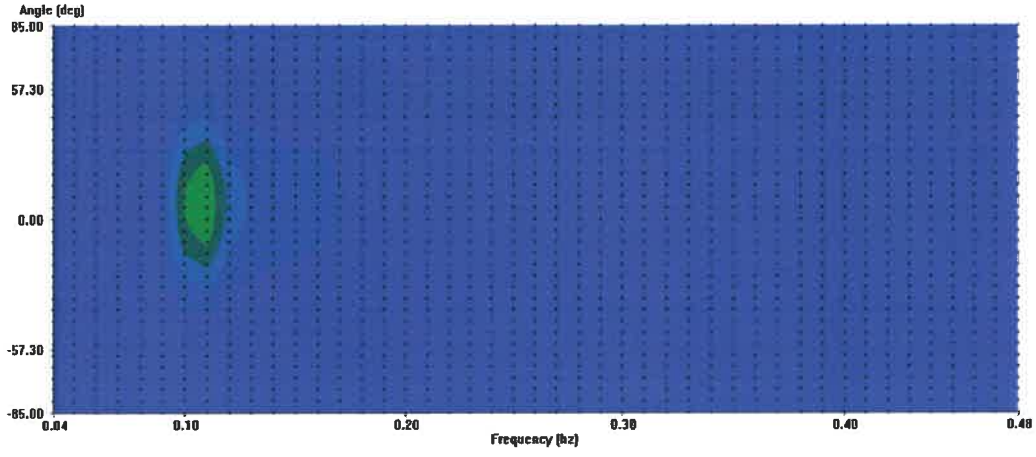


(b)

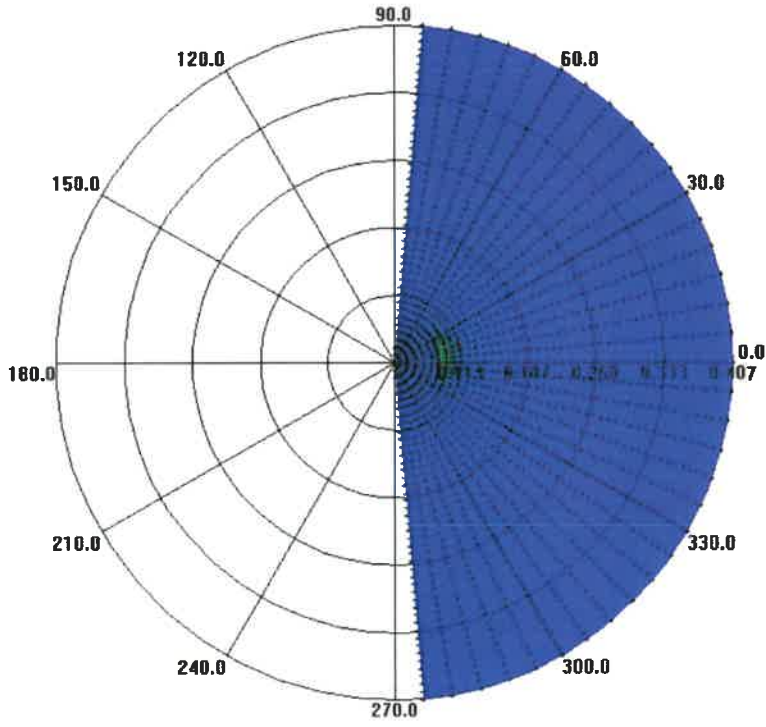
33 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

EK-1 (DEVAM)



(a)

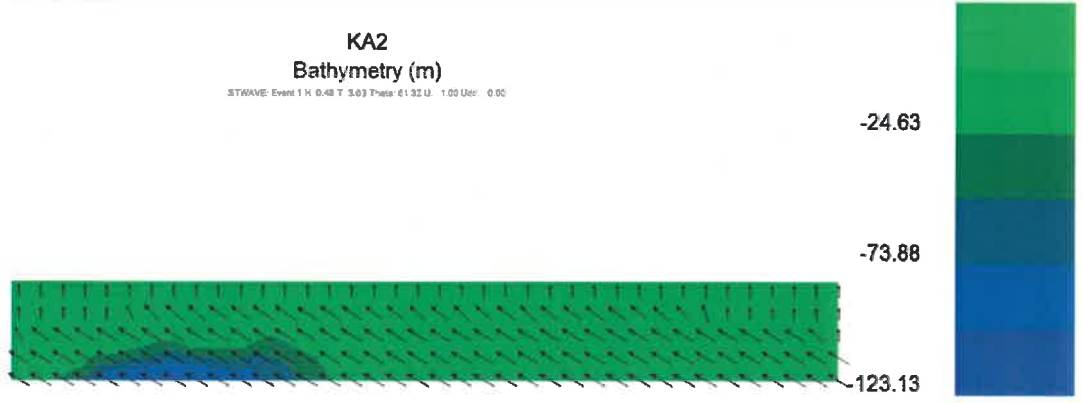


(b)

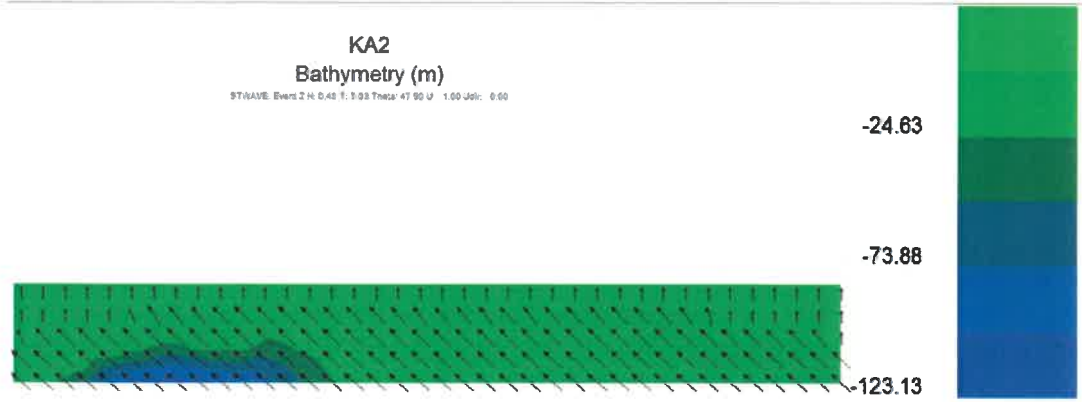
34 numaralı dalga için a) Kartezyen sistemde 2 boyutlu spektrum

b) Polar sistemde 2 boyutlu spektrum

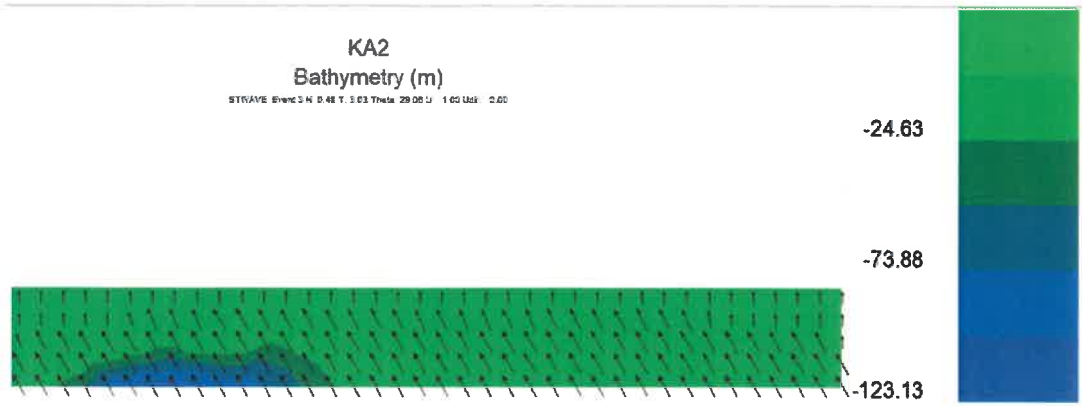
EK-2
DALGA GRUPLARININ KIYIYA YAKLAŞIMLARI VE BATİMETRİ
EĞRİLERİ



1 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

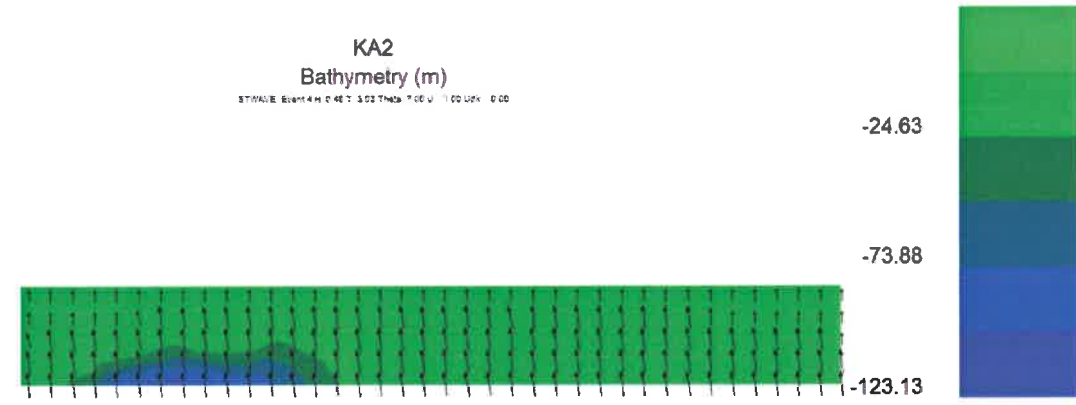


2 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

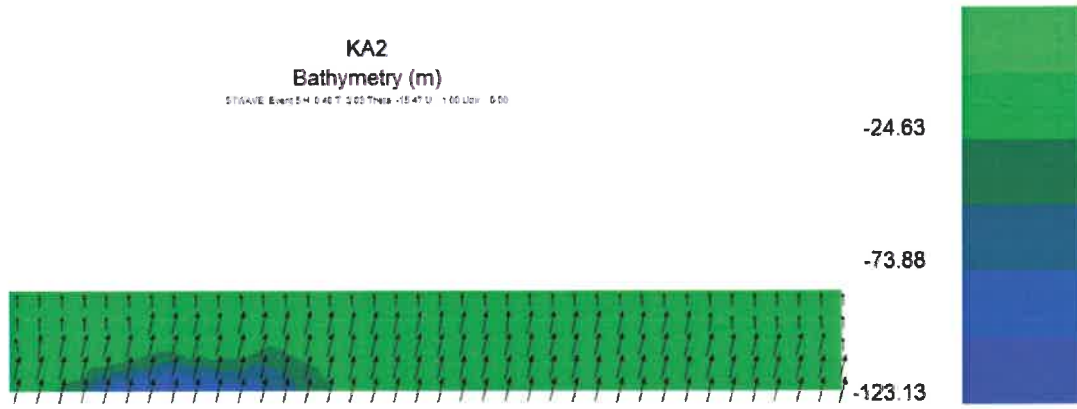


3 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

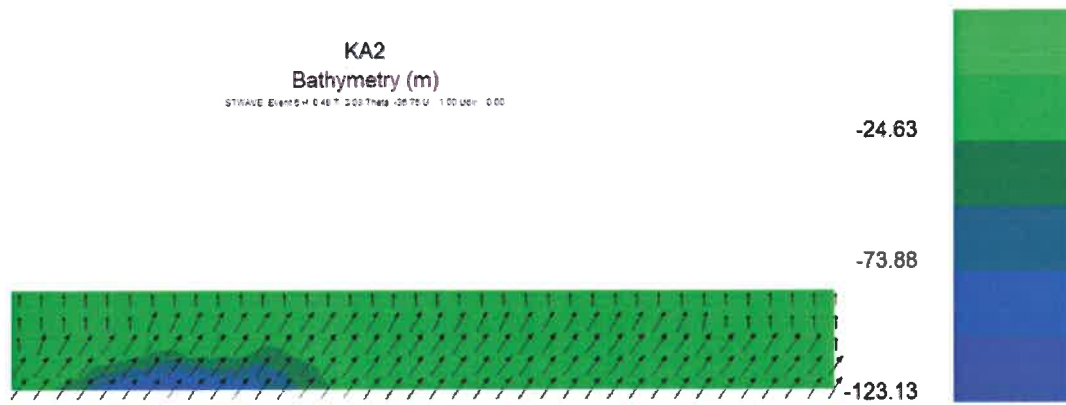
EK-2 (DEVAM)



4 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

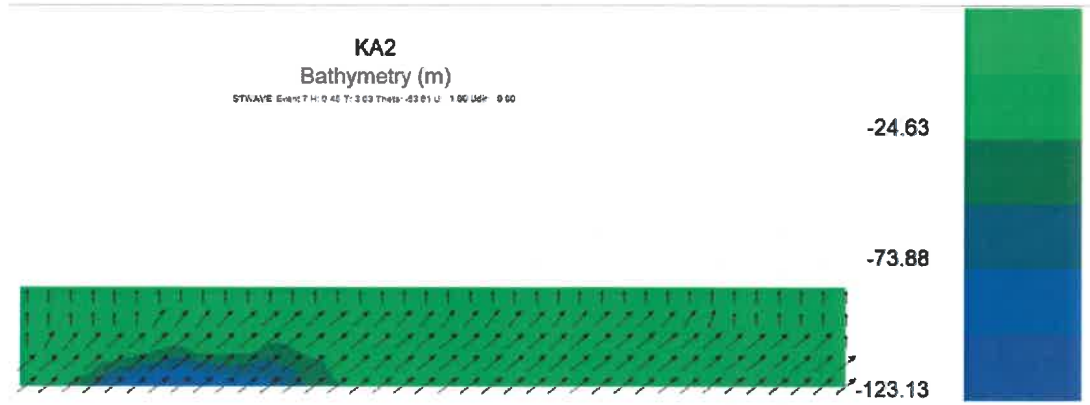


5 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

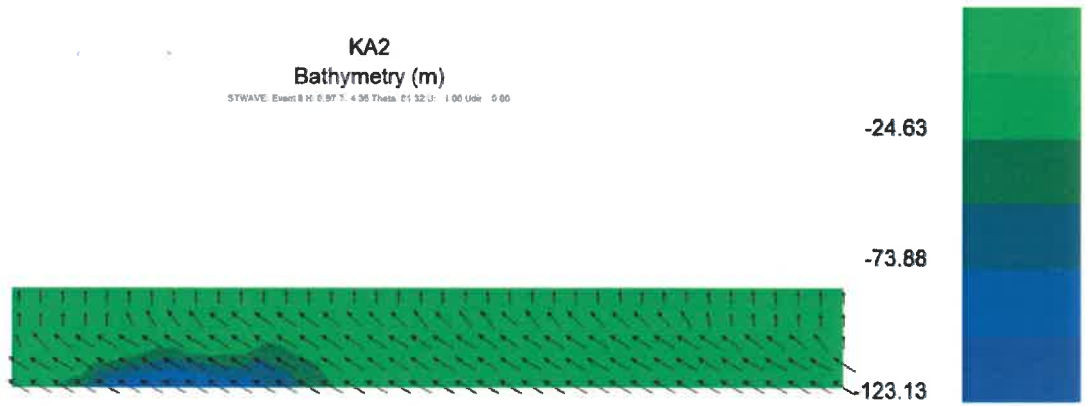


6 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

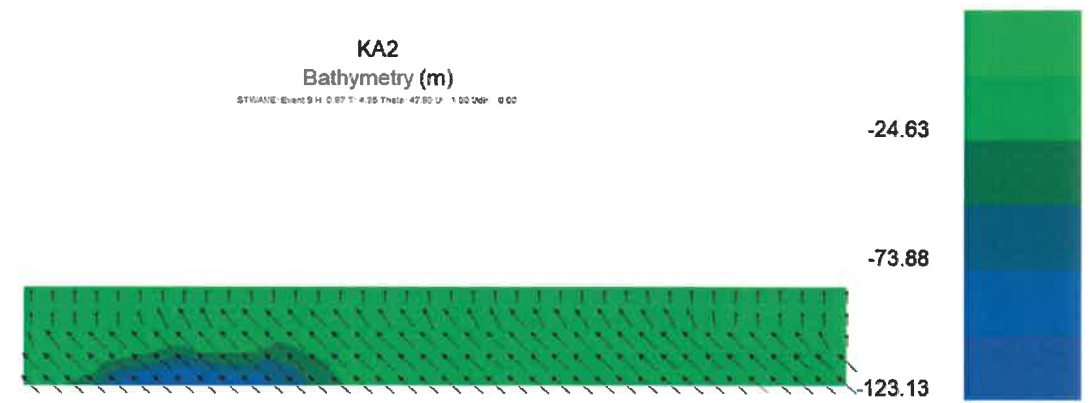
EK-2 (DEVAM)



7 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

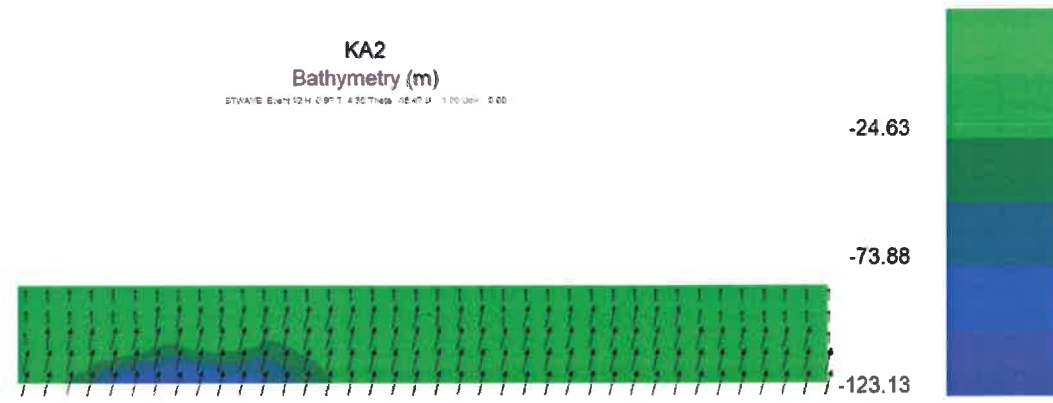
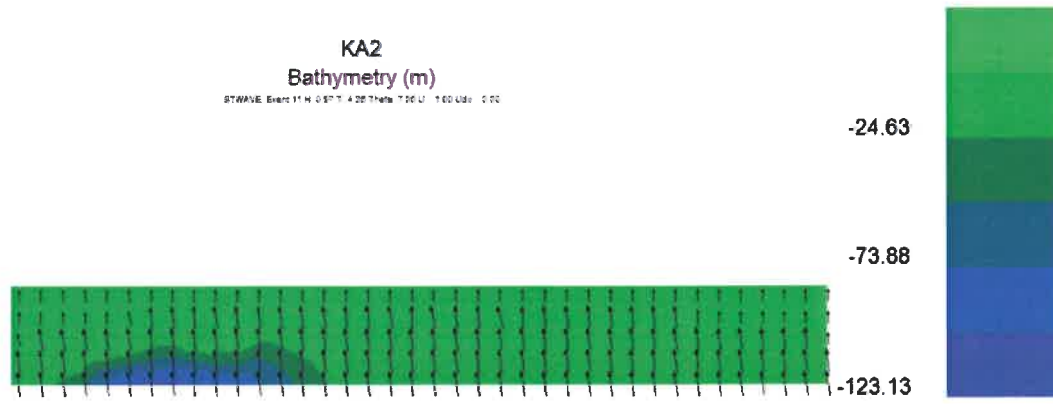
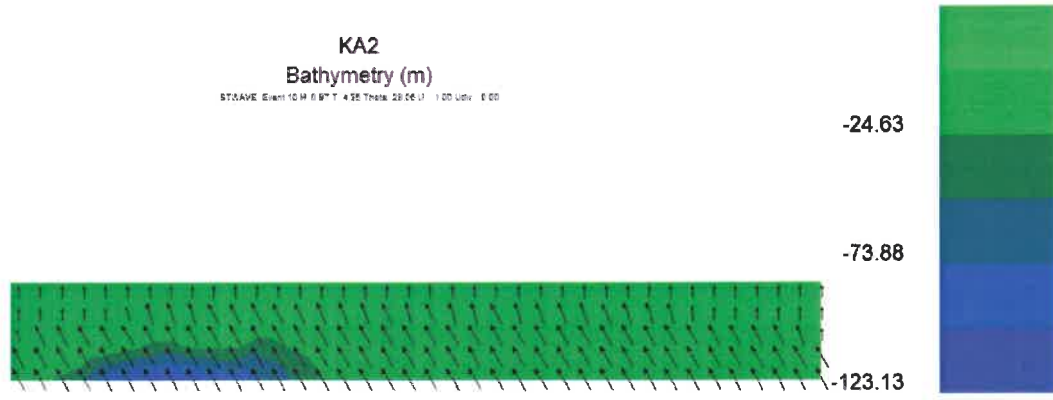


8 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

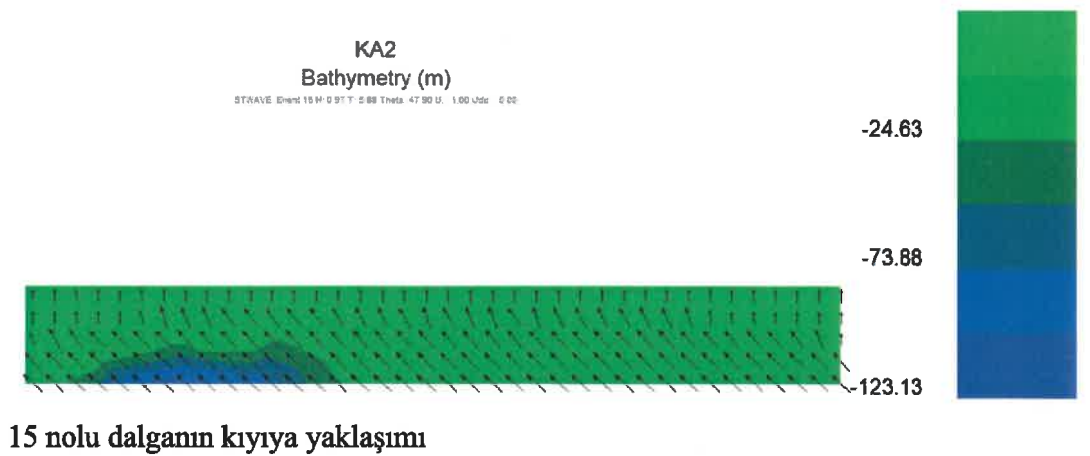
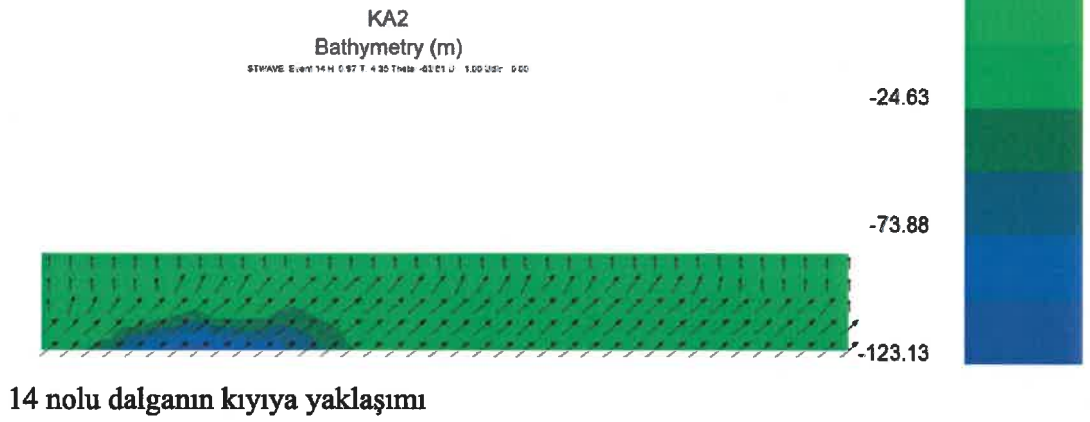
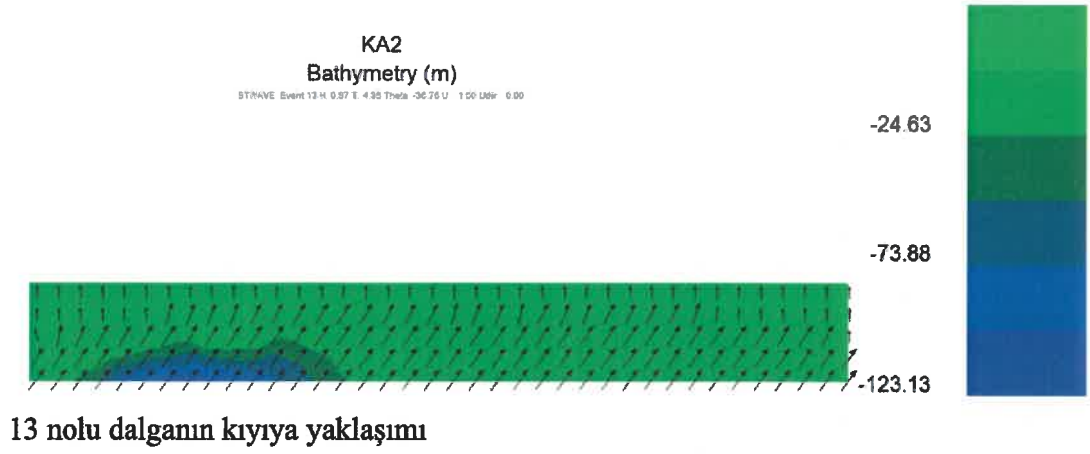


9 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

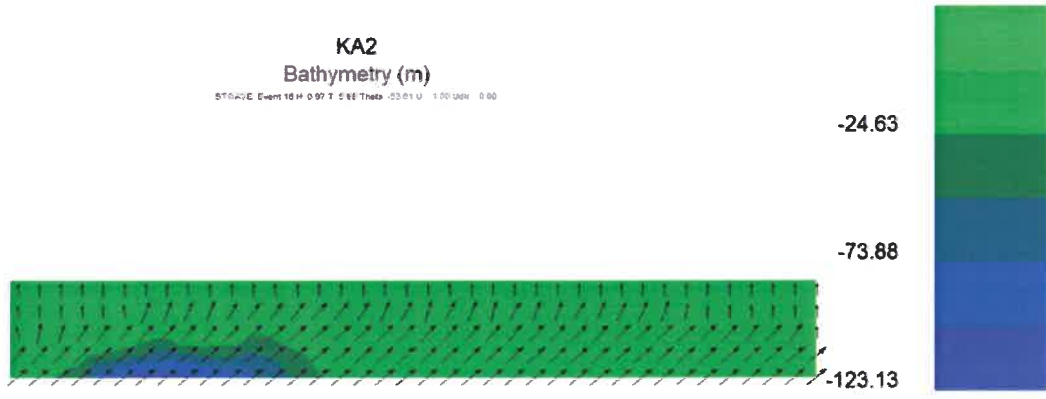
EK-2 (DEVAM)



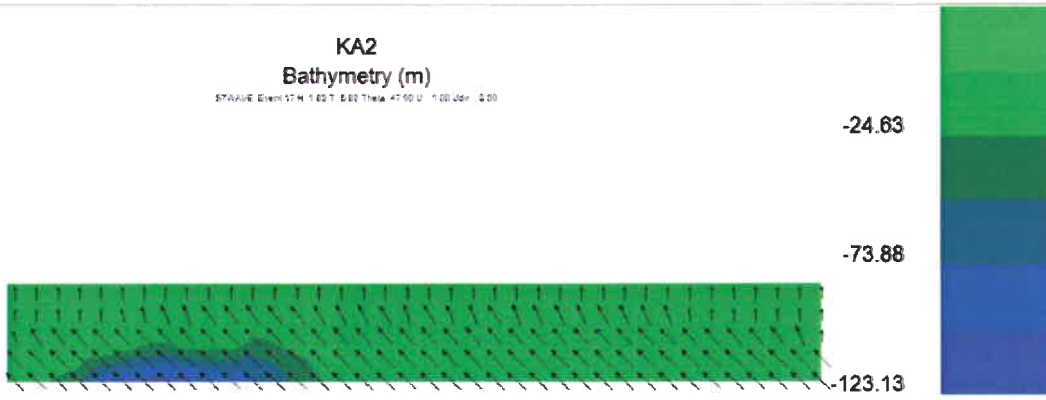
EK-2 (DEVAM)



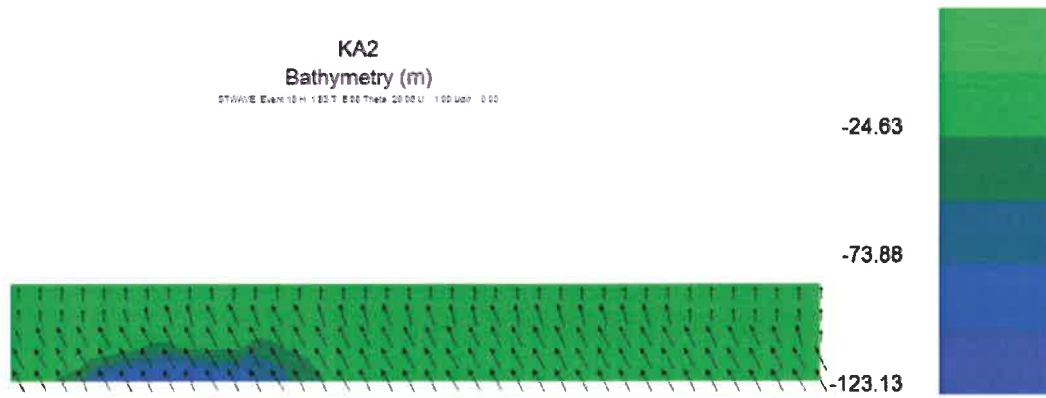
EK-2 (DEVAM)



16 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

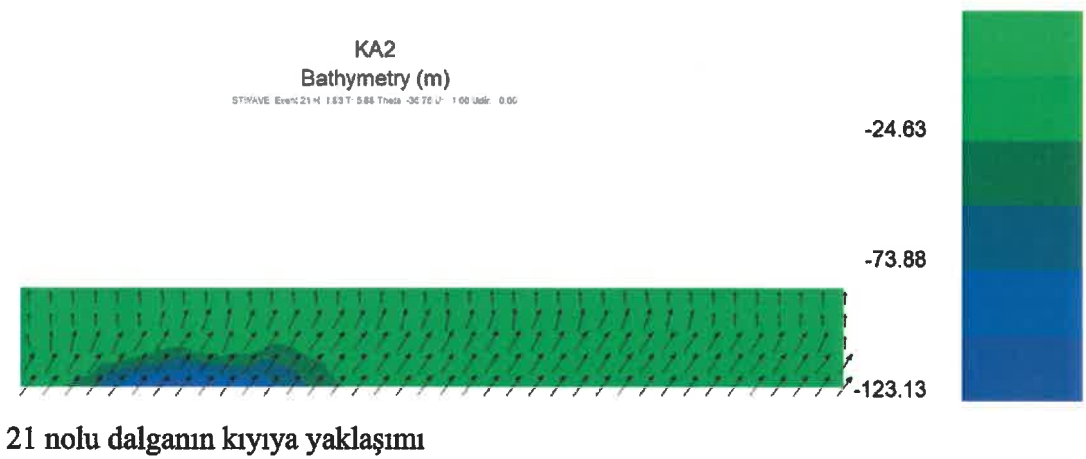
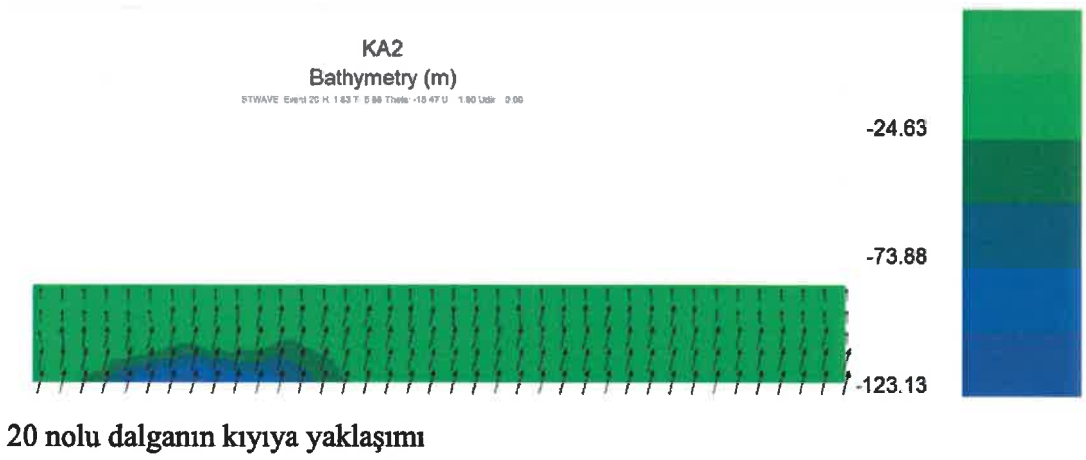
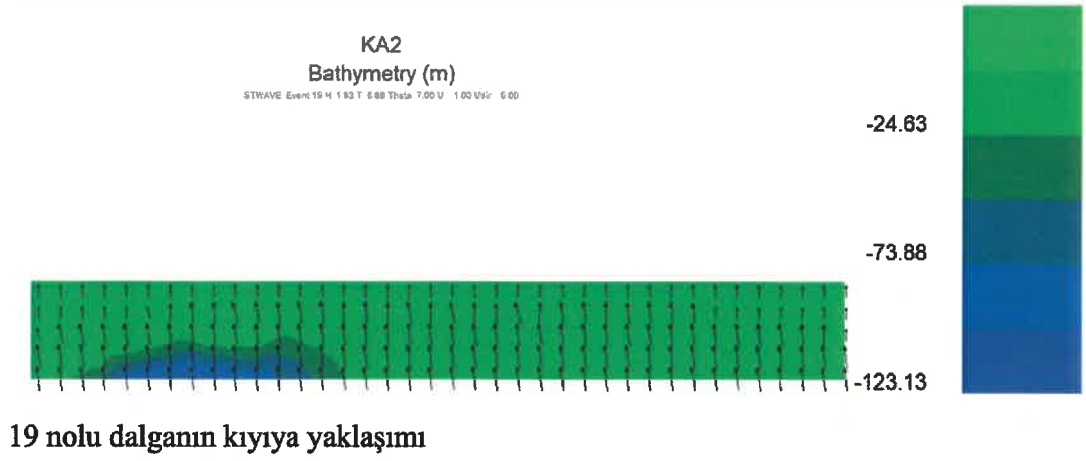


17 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

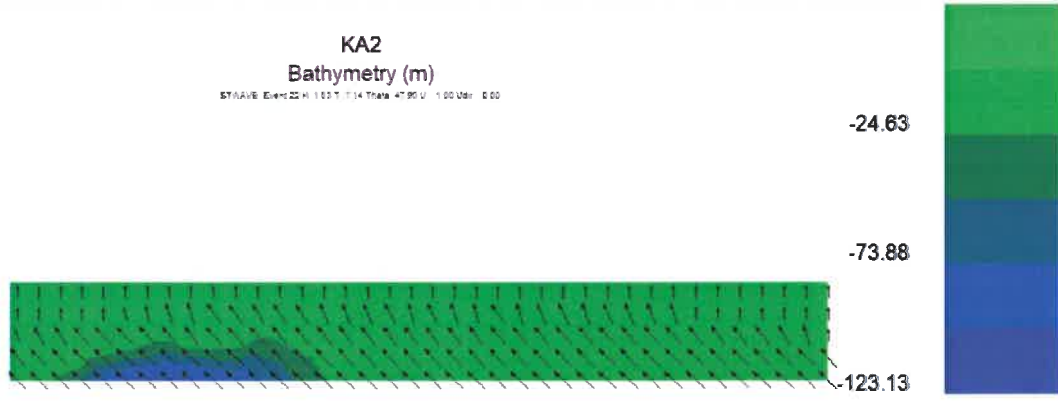


18 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

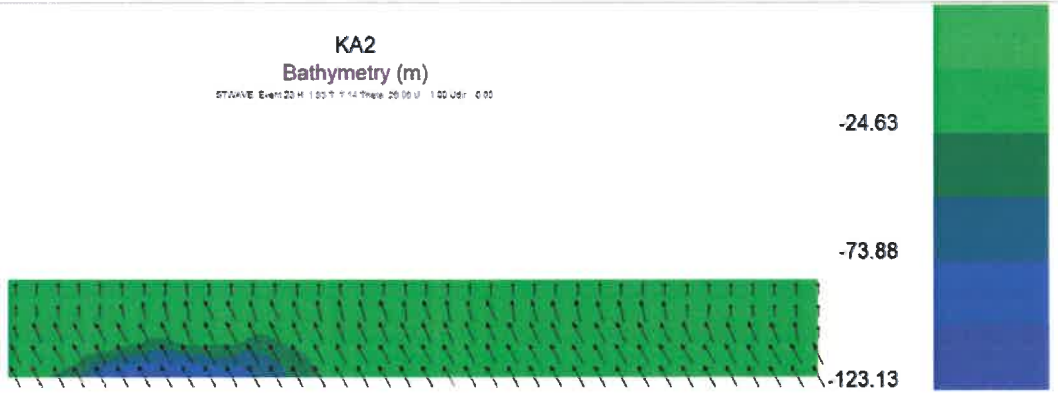
EK-2 (DEVAM)



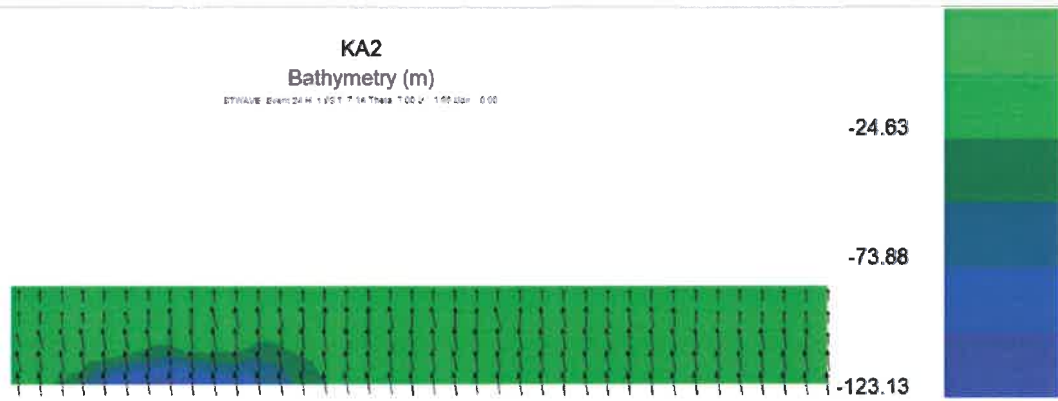
EK-2 (DEVAM)



22 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

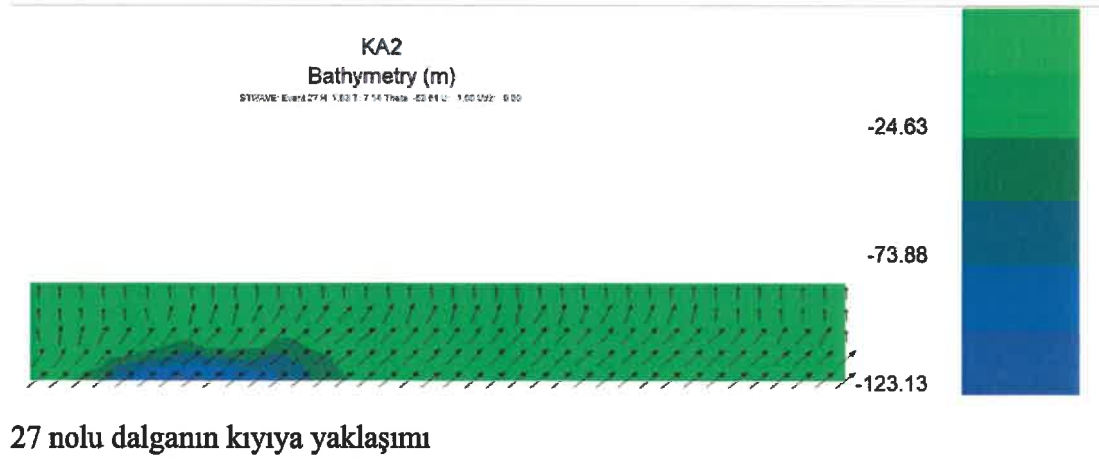
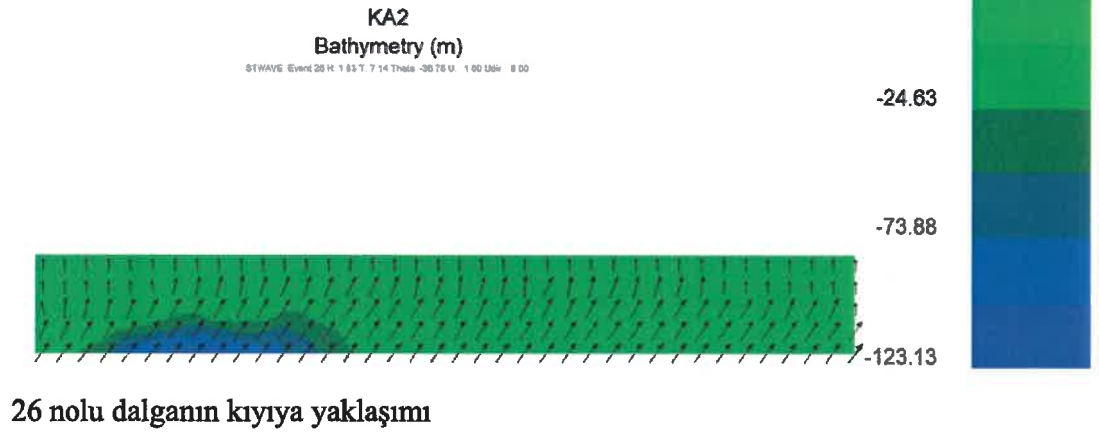
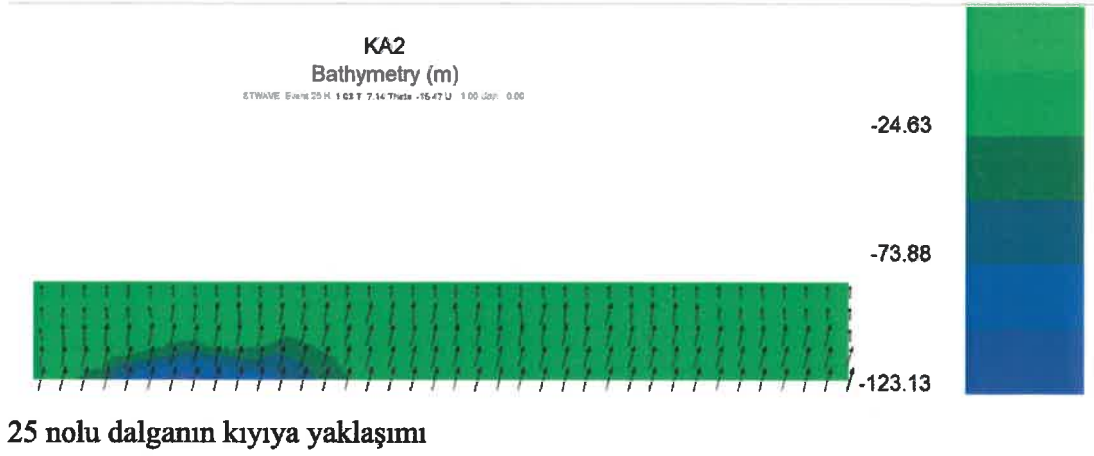


23 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

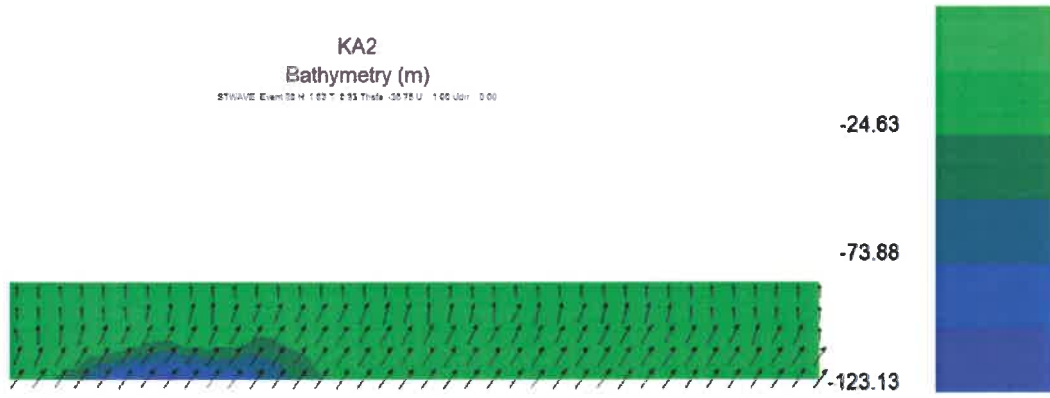


24 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

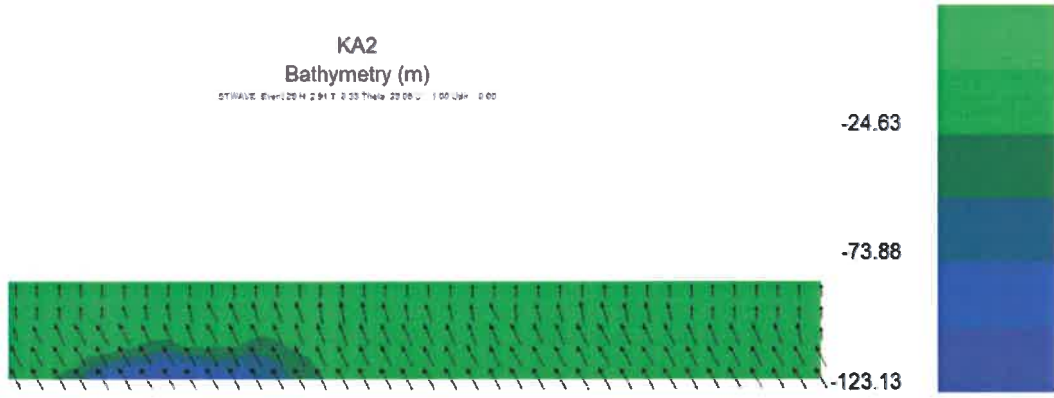
EK-2 (DEVAM)



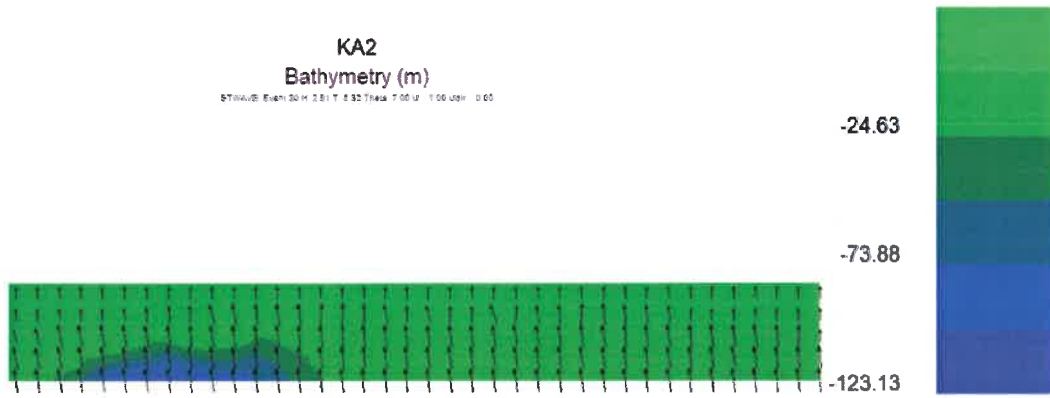
EK-2 (DEVAM)



28 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

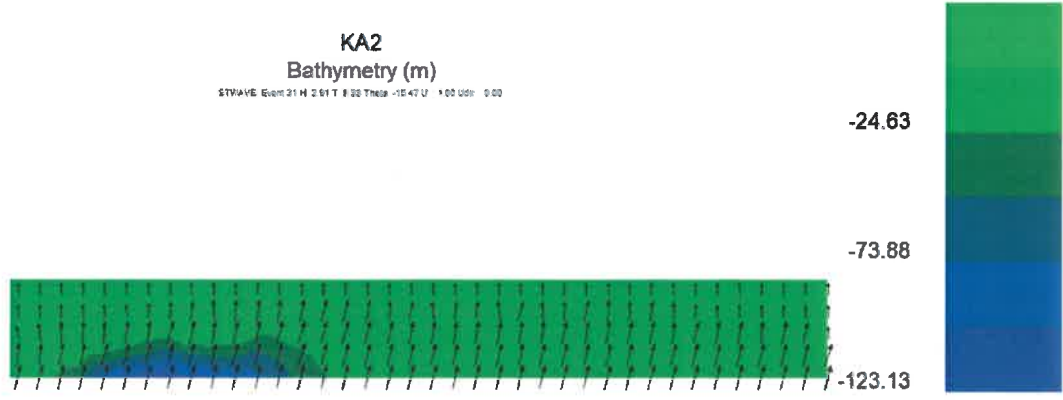


29 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

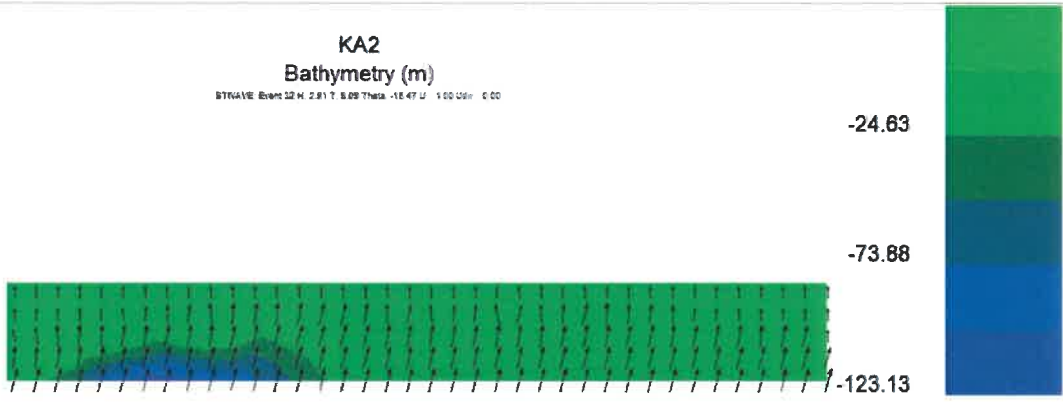


30 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

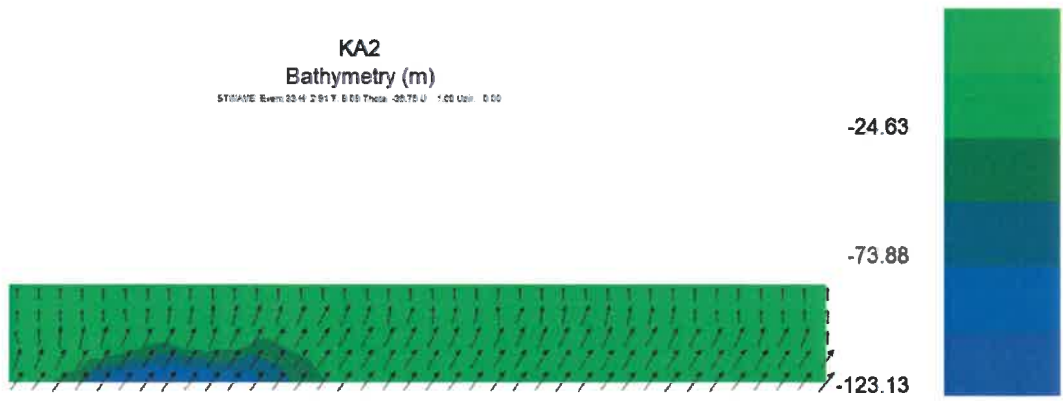
EK-2 (DEVAM)



31 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

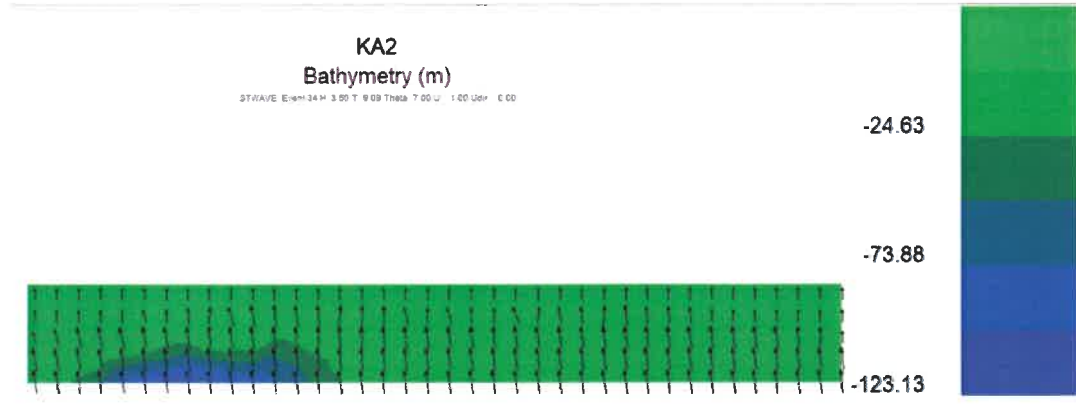


32 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı



33 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

EK-2 (DEVAM)



34 nolu dalganın kıyıya yaklaşımı

EK-3
SEDİMAN NUMUNELERİ İÇİN ELEK ANALİZ SONUCU

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
HİDROLİK LABORATUARI

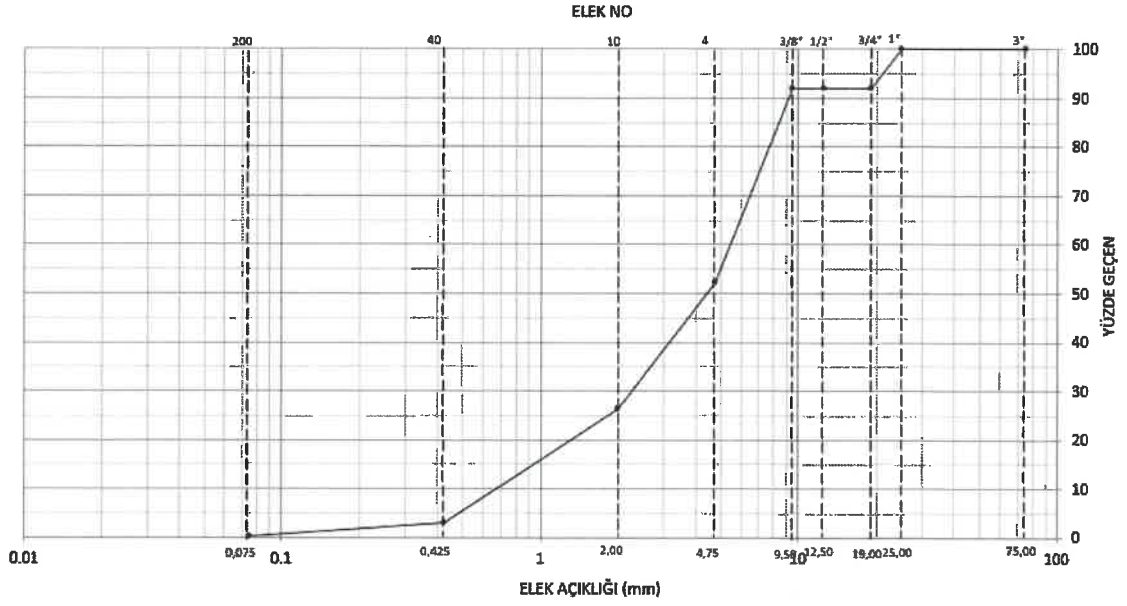
ELEK ANALİZİ GRAFİĞİ (YARI-LOG)

Numunenin Geldiği Yer
Numune No

Konyaaltı-Plaj (Ağustos 2015)
TÜM NUMUNE TOPLAM

Deney Tarihi

8.12.2015



EK-4 (DEVAM)

284.00	283.05	282.09	281.13	280.17	279.22	278.26	277.31	276.34	275.39
274.51	273.56	272.61	271.66	270.72	269.77	268.81	267.86	266.91	265.96
265.01	264.13	263.53	262.91	262.30	261.70	261.08	260.48	259.87	259.26
258.65	256.81	255.90	254.07	252.25	250.43	248.61	246.79	244.96	243.14
241.29	240.43	239.57	238.71	237.85	237.00	236.13	235.28	234.41	233.56
232.70	231.84	231.01	230.43	229.86	229.29	228.71	228.14	227.56	226.99
226.41	225.84	225.67	225.60	225.52	225.45	225.38	225.30	225.23	225.16
225.09	224.70	224.00	223.29	222.60	221.89	221.20	220.49	219.80	219.18
218.61	218.04	217.48	216.90	216.33	216.90	217.50	218.09	218.67	219.27
219.86	220.45	221.04	221.63	222.22	222.81	223.40	223.38	223.36	223.34
223.33	223.31	223.30	223.28	223.27	223.24	223.23	223.21	223.20	223.18
223.17	223.43	223.72	223.99	224.26	224.54	224.82	225.10	225.37	225.65
225.93	226.14	226.04	225.93	225.83	225.72	225.62	225.51	225.41	225.30
225.20	225.09	224.99	224.88	224.78	224.68	224.57	224.47	224.37	224.26
224.15	224.05	223.95	223.85	223.74	223.64	223.53	223.45	223.35	223.26
223.16	223.07	222.97	222.87	222.78	222.68	222.58	222.49	222.39	222.30
222.20	222.10	222.01	221.92	221.82	221.71	221.61	221.53	221.43	221.34
221.24	221.15	221.06	220.96	220.88	220.78	220.68	220.59	220.49	220.41
220.31	220.22	220.13	220.39	220.65	220.91	221.17	221.43	221.69	221.95
222.21	222.47	222.72	222.98	223.24	223.49	223.75	224.01	224.27	224.52
224.78	225.04	225.30	225.56	225.73	226.03	226.32	226.61	226.90	227.20
227.49	227.78	228.08	228.12	228.07	228.02	227.96	227.91	227.85	227.80
227.59	227.37	227.15	226.93	226.72	226.51	226.65	226.79	226.94	227.09
227.23	227.18	227.04	226.89	226.74	226.61	226.46	226.32	226.17	226.04
225.89	225.74	225.60	226.07	227.12	228.16	229.21	230.26	231.31	232.36
233.21	233.98	234.76	235.53	236.31	237.08	237.85	237.52	236.60	235.66
234.73	233.80	232.87	231.94	231.22	230.93	230.63	230.33	230.04	229.74
229.45	229.15	229.03	228.94	228.85	228.76	228.67	228.59	228.50	228.34
228.10	227.87	227.63	227.40	227.17	226.88	226.59	226.31	226.09	224.88
223.67	221.86	220.66	219.45	218.24	217.24	216.00	214.76	213.51	212.48
210.74	209.00	207.26	205.91	204.61	203.31	202.02	200.67	199.65	198.63
197.60	196.78	195.55	194.32	193.08	191.85	190.42	189.20	187.98	187.14
186.97	186.80	186.64	186.51	184.43	182.53	180.98	179.42	177.86	175.64
173.78	173.03	173.59	174.16	174.72	175.28	175.85	176.41	176.26	175.60
174.94	174.27	173.62	172.95	172.30	171.64	170.98	170.86	170.95	171.04
171.13	171.21	171.28	168.80	166.31	163.83	162.55	160.17	157.79	155.41
153.04	150.65	148.54	145.89	143.25	142.33	141.84	141.35	141.47	141.98
142.50	142.18	141.10	140.01	139.20	138.30	137.39	136.50	135.60	135.05
134.56	134.08	133.60	133.11	132.53	131.76	130.98	130.20	130.21	130.71
127.80	124.45	125.22	127.12	130.03	135.58	137.54	138.99	139.99	140.98
141.97	142.95	143.95	144.77	144.42	144.06	143.71	143.51	152.15	152.68
153.27	153.85	154.44	155.02	155.61	156.20	156.78	157.36	157.95	158.54
159.12	159.30	164.24	169.19	171.53	172.31	173.09	178.20	179.18	180.15
181.12	182.09	183.07	184.04	181.01	181.90	182.79	183.68	184.57	188.99
190.90	191.95	193.02	194.08	195.14	196.19	197.25	198.31	199.37	200.42
201.48	202.54	203.61	204.65	206.50	208.24	209.98	210.33	210.46	210.59

EK-4 (DEVAM)

210.68 212.35 214.02 216.53 219.33 221.76 223.62 225.09 226.56 226.26
 224.55 225.51 226.67 227.58 228.40 232.00 233.45 234.47 235.32 236.17
 237.02 233.80 228.62 227.59 226.15 226.59 227.04 227.48 228.15 229.54
 231.39 232.78 234.16 235.55 236.93 237.37 237.43 237.48 237.54 237.59
 237.65 237.70 237.76 238.47 239.80 241.15 242.47 243.82 245.16 246.48
 247.82 248.71 248.40 248.09 247.78 247.47 247.90 249.03 250.18 251.88
 253.01 253.98 253.20 252.42 251.64 251.02 252.44 253.86 255.29 256.71
 258.14 259.55 260.98 262.41 263.84 265.04 267.06 269.08 272.12 274.15
 276.18 278.21 280.23 282.26 284.14 285.59 287.05 288.51 289.96 291.41
 292.87 294.33 295.98 297.65 299.33 301.00 302.66 304.33 306.01 307.68
 309.35 311.02 312.68 314.36 316.03 317.69 319.37 321.04 322.71 323.80
 325.88 327.95 330.03 332.11 334.18 336.26 338.33 340.41 342.49 344.56
 346.64 348.71 350.79 352.87 354.95 357.02 359.10 361.17 363.25 365.33
 367.40 369.48 371.55 374.67 376.74 378.86 380.86 382.85 384.85 386.85
 388.85 390.84 392.83 394.83 396.83 398.82 400.82 402.82 404.82 406.81
 408.81 410.81 412.80 414.80 416.80 418.79 420.79 422.79 424.78 426.78
 427.77 429.77 431.77 433.77 435.76 437.76 439.76 441.44 443.55 445.65
 447.75 449.86 451.96 454.07 456.17 459.32 461.43 463.53 465.64 467.74
 469.85 471.94 474.05 476.16 478.26 480.37 482.48

CALCULATED FINAL SHORELINE POSITION (M)

491.88 489.68 487.47 485.28 483.14 481.02 478.91 476.81 474.73 472.67
 470.63 468.61 466.61 464.65 462.73 460.86 459.04 457.27 455.54 453.88
 452.27 450.72 449.22 447.77 446.35 444.96 443.60 442.26 440.95 439.62
 438.25 436.88 435.50 434.09 432.66 431.20 429.73 428.23 426.72 425.18
 423.60 422.01 420.41 418.80 417.17 415.54 413.90 412.26 410.63 409.02
 407.42 405.83 404.26 402.70 401.16 399.66 398.18 396.73 395.29 393.88
 392.49 391.10 389.70 388.31 386.93 385.56 384.16 382.75 381.33 379.89
 378.44 376.98 375.51 374.04 372.58 371.13 369.67 368.24 366.83 365.46
 364.12 362.83 361.58 360.37 359.20 358.07 356.98 355.90 354.86 353.84
 352.85 351.86 350.86 349.86 348.87 347.87 346.85 345.81 344.75 343.69
 342.61 341.50 340.37 339.23 338.07 336.91 335.75 334.58 333.42 332.27
 331.13 330.02 328.93 327.88 326.85 325.86 324.91 324.00 323.12 322.27
 321.46 320.68 319.93 319.19 318.47 317.76 317.06 316.37 315.67 314.93
 314.18 313.41 312.63 311.80 310.92 310.02 309.07 308.07 307.02 305.93
 304.80 303.62 302.42 301.19 299.93 298.67 297.40 296.13 294.86 293.61
 292.38 291.15 289.95 288.77 287.62 286.49 285.38 284.30 283.24 282.21
 281.20 280.20 279.23 278.29 277.36 276.44 275.52 274.61 273.69 272.79
 271.88 270.97 270.07 269.16 268.25 267.34 266.42 265.49 264.55 263.61
 262.65 261.68 260.70 259.71 258.70 257.68 256.64 255.59 254.52 253.43
 252.33 251.20 250.06 248.89 247.70 246.48 245.24 243.97 242.68 241.36
 240.02 238.64 237.23 235.79 234.32 232.82 231.28 229.71 228.12 226.50
 224.86 223.20 221.53 219.84 218.12 216.34 214.55 212.76 210.97 209.20
 207.45 205.73 204.03 202.38 200.77 199.21 197.71 196.28 194.90 193.61
 192.43 191.35 190.34 189.40 188.51 187.69 186.94 186.29 185.67 185.10
 184.63 184.19 183.77 183.41 183.06 182.68 182.28 181.88 181.49 181.10

EK-4 (DEVAM)

180.72	180.34	179.93	179.51	179.09	178.67	178.24	177.81	177.38	176.96
176.57	176.18	175.82	175.47	175.12	174.77	174.46	174.12	173.77	173.43
173.07	172.72	172.36	171.98	171.54	171.06	170.52	169.92	169.23	168.46
167.59	166.60	165.51	164.33	163.08	161.77	160.41	159.00	157.53	156.02
154.47	152.90	151.33	149.76	148.19	146.63	145.08	143.55	142.06	140.59
139.15	137.75	136.37	135.03	133.73	132.47	131.25	130.06	128.92	127.82
126.78	125.79	124.84	123.93	123.06	122.24	121.48	120.79	120.14	119.51
118.88	118.25	117.59	116.92	116.20	115.43	114.60	113.69	112.74	111.69
110.55	109.32	108.01	106.60	105.14	103.62	102.04	100.41	98.74	97.05
95.32	93.57	91.80	90.03	88.27	86.49	84.68	82.83	80.93	78.98
76.99	74.98	72.99	71.00	69.07	67.27	65.65	64.27	63.18	62.43
62.29	63.05	64.89	67.82	71.77	76.65	82.28	88.31	94.69	100.55
115.56	233.80	232.87	231.94	231.22	230.93	230.63	230.33	230.04	229.74
229.45	229.15	229.03	228.94	228.85	228.76	228.67	228.59	228.50	228.34
228.10	227.87	227.63	227.40	227.17	226.88	226.59	226.31	226.09	224.88
223.67	221.86	220.66	219.45	218.24	217.24	216.00	214.76	213.51	212.48
210.74	209.00	207.26	205.91	204.61	203.31	202.02	200.67	199.65	198.63
197.60	196.78	195.55	194.32	193.08	191.85	190.42	189.20	187.98	187.14
186.97	186.80	186.64	186.51	184.43	182.53	180.98	179.42	177.86	175.64
173.78	173.03	173.59	174.16	174.72	175.28	175.85	176.41	176.26	175.60
174.94	174.27	173.62	172.95	172.30	171.64	170.98	170.86	170.95	171.04
171.13	171.21	171.28	168.80	166.31	163.83	162.55	160.17	157.79	155.41
153.04	150.65	148.54	145.89	143.25	142.33	141.84	141.35	141.47	141.98
142.50	142.18	141.10	140.01	139.20	138.30	137.39	136.50	135.60	135.05
134.56	134.08	133.60	133.11	132.53	131.76	130.98	130.20	130.21	130.71
127.80	124.45	125.22	127.12	130.03	135.58	137.54	138.99	139.99	140.98
141.97	142.95	143.95	144.77	144.42	144.06	143.71	143.51	152.15	152.68
153.27	153.85	154.44	155.02	155.61	156.20	156.78	157.36	157.95	158.54
159.12	159.30	164.24	169.19	171.53	172.31	173.09	178.20	179.18	180.15
181.12	182.09	183.07	184.04	181.01	181.90	182.79	183.68	184.57	188.99
190.90	191.95	193.02	194.08	195.14	196.19	197.25	198.31	199.37	200.42
201.48	202.54	203.61	204.65	206.50	208.24	209.98	210.33	210.46	210.59
210.68	212.35	214.02	216.53	219.33	221.76	223.62	225.09	226.56	226.26
224.55	225.51	226.67	227.58	228.40	232.00	233.45	234.47	235.32	236.17
237.02	233.80	228.62	227.59	226.15	226.59	227.04	227.48	228.15	229.54
231.39	232.78	234.16	235.55	236.93	237.37	237.43	237.48	237.54	237.59
237.65	237.70	237.76	238.47	239.80	241.15	242.47	243.82	245.16	246.48
247.82	248.71	248.40	248.09	247.78	247.47	247.90	249.03	250.18	251.88
253.01	253.98	253.20	252.42	251.64	251.02	252.44	253.86	255.29	256.71
258.14	259.55	260.98	262.41	263.84	265.04	267.06	269.08	272.12	274.15
276.18	278.21	280.23	282.26	284.14	285.59	287.05	288.51	289.96	291.41
292.87	294.33	295.98	297.65	299.33	301.00	302.66	304.33	306.01	307.68
309.35	311.02	312.68	314.36	316.03	317.69	319.37	321.04	322.71	323.80
325.88	327.95	330.03	332.11	334.18	336.26	338.33	340.41	342.49	344.56
346.64	348.71	350.79	352.87	354.95	357.02	359.10	361.17	363.25	365.33
367.40	369.48	371.55	374.67	376.74	378.86	380.86	382.85	384.85	386.85

EK-4 (DEVAM)

388.85 390.84 392.83 394.83 396.83 398.82 400.82 402.82 404.82 406.81
 408.81 410.81 412.80 414.80 416.80 418.79 420.79 422.79 424.78 426.78
 427.77 429.77 431.77 433.77 435.76 437.76 439.76 441.44 443.55 445.65
 447.75 449.86 451.96 454.07 456.17 459.32 461.43 463.53 465.64 467.74
 469.85 471.94 474.05 476.16 478.26 480.37 482.48

CALCULATED FINAL SHORELINE POSITION (M)

491.88 489.68 487.47 485.28 483.14 481.02 478.91 476.81 474.73 472.67
 470.63 468.61 466.61 464.65 462.73 460.86 459.04 457.27 455.54 453.88
 452.27 450.72 449.22 447.77 446.35 444.96 443.60 442.26 440.95 439.62
 438.25 436.88 435.50 434.09 432.66 431.20 429.73 428.23 426.72 425.18
 423.60 422.01 420.41 418.80 417.17 415.54 413.90 412.26 410.63 409.02
 407.42 405.83 404.26 402.70 401.16 399.66 398.18 396.73 395.29 393.88
 392.49 391.10 389.70 388.31 386.93 385.56 384.16 382.75 381.33 379.89
 378.44 376.98 375.51 374.04 372.58 371.13 369.67 368.24 366.83 365.46
 364.12 362.83 361.58 360.37 359.20 358.07 356.98 355.90 354.86 353.84
 352.85 351.86 350.86 349.86 348.87 347.87 346.85 345.81 344.75 343.69
 342.61 341.50 340.37 339.23 338.07 336.91 335.75 334.58 333.42 332.27
 331.13 330.02 328.93 327.88 326.85 325.86 324.91 324.00 323.12 322.27
 321.46 320.68 319.93 319.19 318.47 317.76 317.06 316.37 315.67 314.93
 314.18 313.41 312.63 311.80 310.92 310.02 309.07 308.07 307.02 305.93
 304.80 303.62 302.42 301.19 299.93 298.67 297.40 296.13 294.86 293.61
 292.38 291.15 289.95 288.77 287.62 286.49 285.38 284.30 283.24 282.21
 281.20 280.20 279.23 278.29 277.36 276.44 275.52 274.61 273.69 272.79
 271.88 270.97 270.07 269.16 268.25 267.34 266.42 265.49 264.55 263.61
 262.65 261.68 260.70 259.71 258.70 257.68 256.64 255.59 254.52 253.43
 252.33 251.20 250.06 248.89 247.70 246.48 245.24 243.97 242.68 241.36
 240.02 238.64 237.23 235.79 234.32 232.82 231.28 229.71 228.12 226.50
 224.86 223.20 221.53 219.84 218.12 216.34 214.55 212.76 210.97 209.20
 207.45 205.73 204.03 202.38 200.77 199.21 197.71 196.28 194.90 193.61
 192.43 191.35 190.34 189.40 188.51 187.69 186.94 186.29 185.67 185.10
 184.63 184.19 183.77 183.41 183.06 182.68 182.28 181.88 181.49 181.10
 180.72 180.34 179.93 179.51 179.09 178.67 178.24 177.81 177.38 176.96
 176.57 176.18 175.82 175.47 175.12 174.77 174.46 174.12 173.77 173.43
 173.07 172.72 172.36 171.98 171.54 171.06 170.52 169.92 169.23 168.46
 167.59 166.60 165.51 164.33 163.08 161.77 160.41 159.00 157.53 156.02
 154.47 152.90 151.33 149.76 148.19 146.63 145.08 143.55 142.06 140.59
 139.15 137.75 136.37 135.03 133.73 132.47 131.25 130.06 128.92 127.82
 126.78 125.79 124.84 123.93 123.06 122.24 121.48 120.79 120.14 119.51
 118.88 118.25 117.59 116.92 116.20 115.43 114.60 113.69 112.74 111.69
 110.55 109.32 108.01 106.60 105.14 103.62 102.04 100.41 98.74 97.05
 95.32 93.57 91.80 90.03 88.27 86.49 84.68 82.83 80.93 78.98
 76.99 74.98 72.99 71.00 69.07 67.27 65.65 64.27 63.18 62.43
 62.29 63.05 64.89 67.82 71.77 76.65 82.28 88.31 94.69 100.55
 115.56 233.80 232.87 231.94 231.22 230.93 230.63 230.33 230.04 229.74
 229.45 229.15 229.03 228.94 228.85 228.76 228.67 228.59 228.50 228.34

EK-4 (DEVAM)

228.10 227.87 227.63 227.40 227.17 226.88 226.59 226.31 226.09 224.88
 223.67 221.86 220.66 219.45 218.24 217.24 216.00 214.76 213.51 212.48
 210.74 209.00 207.26 205.91 204.61 203.31 202.02 200.67 199.65 198.63
 197.60 196.78 195.55 194.32 193.08 191.85 190.42 189.20 187.98 187.14
 186.97 186.80 186.64 186.51 184.43 182.53 180.98 179.42 177.86 175.64
 173.78 173.03 173.59 174.16 174.72 175.28 175.85 176.41 176.26 175.60
 174.94 174.27 173.62 172.95 172.30 171.64 170.98 170.86 170.95 171.04
 171.13 171.21 171.28 168.80 166.31 163.83 162.55 160.17 157.79 155.41
 153.04 150.65 148.54 145.89 143.25 142.33 141.84 141.35 141.47 141.98
 142.50 142.18 141.10 140.01 139.20 138.30 137.39 136.50 135.60 135.05
 134.56 134.08 133.60 133.11 132.53 131.76 130.98 130.20 130.21 130.71
 127.80 124.45 125.22 127.12 130.03 135.58 137.54 138.99 139.99 140.98
 141.97 142.95 143.95 144.77 144.42 144.06 143.71 143.51 152.15 152.68
 153.27 153.85 154.44 155.02 155.61 156.20 156.78 157.36 157.95 158.54
 159.12 159.30 164.24 169.19 171.53 172.31 173.09 178.20 179.18 180.15
 181.12 182.09 183.07 184.04 181.01 181.90 182.79 183.68 184.57 188.99
 190.90 191.95 193.02 194.08 195.14 196.19 197.25 198.31 199.37 200.42
 201.48 202.54 203.61 204.65 206.50 208.24 209.98 210.33 210.46 210.59
 210.68 212.35 214.02 216.53 219.33 221.76 223.62 225.09 226.56 226.26
 224.55 225.51 226.67 227.58 228.40 232.00 233.45 234.47 235.32 236.17
 237.02 233.80 228.62 227.59 226.15 226.59 227.04 227.48 228.15 229.54
 231.39 232.78 234.16 235.55 236.93 237.37 237.43 237.48 237.54 237.59
 237.65 237.70 237.76 238.47 239.80 241.15 242.47 243.82 245.16 246.48
 247.82 248.71 248.40 248.09 247.78 247.47 247.90 249.03 250.18 251.88
 253.01 253.98 253.20 252.42 251.64 251.02 252.44 253.86 255.29 256.71
 258.14 259.55 260.98 262.41 263.84 265.04 267.06 269.08 272.12 274.15
 276.18 278.21 280.23 282.26 284.14 285.59 287.05 288.51 289.96 291.41
 292.87 294.33 295.98 297.65 299.33 301.00 302.66 304.33 306.01 307.68
 309.35 311.02 312.68 314.36 316.03 317.69 319.37 321.04 322.71 323.80
 325.88 327.95 330.03 332.11 334.18 336.26 338.33 340.41 342.49 344.56
 346.64 348.71 350.79 352.87 354.95 357.02 359.10 361.17 363.25 365.33
 367.40 369.48 371.55 374.67 376.74 378.86 380.86 382.85 384.85 386.85
 388.85 390.84 392.83 394.83 396.83 398.82 400.82 402.82 404.82 406.81
 408.81 410.81 412.80 414.80 416.80 418.79 420.79 422.79 424.78 426.78
 427.77 429.77 431.77 433.77 435.76 437.76 439.76 441.44 443.55 445.65
 447.75 449.86 451.96 454.07 456.17 459.32 461.43 463.53 465.64 467.74
 469.85 471.94 474.05 476.16 478.26 480.37 482.48

CALIBRATION/VERIFICATION ERROR = 252.656926243618

CALCULATED VOLUMETRIC CHANGE = -1.68E+06 (M3)

SIGN CONVENTION: EROSION (-), ACCRETION (+)

ÖZGEÇMİŞ



İlköğretim, ortaöğretim ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2009 yılında girdiği Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden 2014 yılında mezun oldu. Eylül 2014’te Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Şubat 2016’da Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’na yatay geçiş yaptı ve araştırma görevlisi olarak Akdeniz Üniversitesi bünyesinde çalışmaya başladı. MATLAB, MS OFFICE, STA4-CAD, AUTOCAD programlarını ileri düzeyde biliyor.

Yüksek lisans öğreniminde kıyı mühendisliği alanında kıyı çizgisi değişimini ve sediman taşınımını tez konusu edinmiştir.