

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOMBİNE AKIMLAR ALTINDA OLUŞAN
SEDİMAN DALGACIKLARI: GEDİZ VE BÜYÜK
MENDERES ÖRNEKLERİ**

Sinem OĞUZ KABOĞLU

Mart, 2020

İZMİR

**KOMBİNE AKIMLAR ALTINDA OLUŞAN
SEDİMAN DALGACIKLARI: GEDİZ VE BÜYÜK
MENDERES ÖRNEKLERİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı,

Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Programı

Sinem OĞUZ KABOĞLU

Mart, 2020

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SİNEM OĞUZ KABOĞLU, tarafından DR. ÖĞR. ÜYESİ A. HÜSNÜ ERONAT ve DR. ÖĞR. ÜYESİ CÜNEYT BAYKAL yönetiminde hazırlanan “KOMBİNE AKIMLAR ALTINDA OLUŞAN SEDİMAN DALGACIKLARI: GEDİZ VE BÜYÜK MENDERES ÖRNEKLERİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi A. Hüsni ERONAT

Yönetici

Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt BAYKAL

Yönetici

Prof. Dr. Doğan YAŞAR

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Doç. Dr. Okan FİSTİKOĞLU

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Yalçın ARISOY

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Servet KARASU

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Gökmen TAYFUR

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tez TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenen “Nehir-Deniz Etkileşiminde Kısa Süreli Sediment Form Oluşumlarının Değerlendirilmesi: Gediz ve B. Menderes Örnekleri” isimli ve 115Y722 nolu proje kapsamında üretilmiştir. Bu projeye dahil olmamı sağlayan sayın Dr. Öğretim Görevlisi Doğan Kısacık’a bana olan güveninden dolayı teşekkür ederim. Bu süreçte destekleri ve yol göstericilikleri için sayın danışman hocalarım Dr. Öğretim Üyesi A. Hüsnü Eronat ve Dr. Öğretim Üyesi Cüneyt Baykal’a teşekkürü bir borç bilirim. Desteği her zaman benimle olan ve bu süreçte desteğini çok daha iyi hissettiğim eşim, meslektaşım sayın Dr. Öğretim Görevlisi Gökhan Kaboğlu’na teşekkür etmeden geçmem mümkün değil. Bu tezin üretildiği proje kapsamında çalışan tüm ekibe özverili çalışmalarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Ve son olarak bu süreci tamamlayabilmemdeki en önemli aktörler annelerim Emine Kaboğlu ve Şengül Oğuz ile babalarım Fikret Kaboğlu ve Savaş Oğuz, onlar olmadan bu yolculuk burada bitemezdi. Onlara ne kadar teşekkür etsem az kalır. Bu tezi oğullarım Atlas ve Demir’e ithaf ediyorum.

Sinem OĞUZ KABOĞLU

KOMBİNE AKIMLAR ALTINDA OLUŞAN SEDİMAN DALGACIKLARI: GEDİZ VE BÜYÜK MENDERES ÖRNEKLERİ

ÖZ

Kıyusal alanlarda sediman taşınımının gerçekleştiği en küçük yapısal unsur olan deniz taban formları, etkilendikleri hidrodinamik koşullara ve sediman karakteristiğine göre değişimler göstermektedir. Bu değişimlerin izlendiği çalışmalar, dalga ve akıntı etkisi altında gelişen deniz taban formları ile ilgili oldukça çok iken, kombine akım altında gelişen deniz taban formlarının gelişimini inceleyen çalışma sayısı göreceli olarak oldukça azdır. Diğer taraftan, Türkiye kıyılarında bu formları inceleyen bir çalışma mevcut değildir.

Bu motivasyonla, tez çalışması kapsamında kombine akımlar altında gelişen deniz taban formlarını ve bu formların etkilendikleri dinamikleri incelemek amacıyla Gediz ve Büyük Menderes nehir ağzılarında, farklı dönemlerde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, öncelikle sediman dalgacıklarının yerinde fotoğraflanarak tespit edilmesi ve boyutlarının ölçülmesini içermektedir. Bunun yanında, hidrodinamik koşulların belirlenmesi için akıntı ve rüzgar ölçümleri, sediman karakteristiğinin belirlenmesi için deniz tabanı sediman örnekleme yapılmıştır. Bu temel ölçümlerin yanında, deniz suyunun fiziksel özellikleri de ölçülmüştür.

Bu ölçümler ve sonrasındaki analizler sonucunda, elde edilen parametreler ile literatürdeki önerilen faz diyagramları ve analitik modeller test edilmiştir. Bunun yanında, boyut analizi ve regresyon analizi ile sediman dalgacıklarını etkileyen parametreler belirlenerek, bu parametreler ışığında sediman dalgacıklarına yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar sonucunda, üç farklı faz diyagramı önerisi ile sediman dalgacıkları şekilsel olarak sınıflandırılmıştır. Bunun dışında, tez veri setini iki farklı koşul için temsil eden ve sediman dalgacıklarına boyutsal yaklaşım sağlayan bir model önerisi geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Nehir-deniz etkileşim alanı, deniz taban formları, deniz taban form tahmini, faz diyagramı

RIPPLES UNDER COMBINED FLOW: GEDİZ AND BÜYÜK MENDERES CASES

ABSTRACT

Seabed forms, which are the micro components of the sediment transport, varies according to the hydrodynamic conditions and sediment characteristics. Although the studies on the determination of these variations under either wave or current are much, the studies on the development of seabed forms under combined flow conditions are relatively rare. On the other hand, there are not any studies focusing on these forms for the Turkish coasts.

The thesis study was performed with this motivation, by conducting fieldworks in different seasons at Gediz and Büyük Menderes river mouths, in order to investigate the development of seabed forms and their dynamics under combined flow. The studies included the in-situ determination of the ripples via underwater photography and the measurement of ripple dimensions. Additionally, current-wind measurements and seabed sediment sampling were made in order to determine the hydrodynamic conditions and sediment properties of the study areas, respectively. Furthermore, the physical properties of the seawater was measured at both sites.

The phase diagrams and analytical models from the literature were tested with the parameters obtained from the results of these measurements and their analysis. Further to that, new approaches for ripples were developed by the determination of the parameters affecting the ripples using dimension analysis and regression analysis. As a result of these approaches, three new phase diagrams were developed and ripples were categorized using these proposed phase diagrams. Additionally, an analytical model was developed using the thesis data. This model enables to determine the dimensions of the ripples under two different conditions.

Keywords: River-sea interaction zone, bedforms, bedform prediction, phase diagram

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xv
BÖLÜM BİR - GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ - LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1 Deniz Taban Formları	5
2.1.1 Akıntı Altında Gelişen Deniz Taban Formları.....	8
2.1.2 Dalga Altında Gelişen Deniz Taban Formları	11
2.1.3 Kombine Akımlar Altında Gelişen Deniz Taban Formları.....	15
BÖLÜM ÜÇ - MATERYAL VE METOD	24
3.1 Çalışma Alanları.....	24
3.1.1 Gediz	24
3.1.2 Büyük Menderes	26
3.2 Veri Toplama.....	27
3.2.1 Sediman Dalgacıklarının Yerinde Ölçülmesi.....	34
3.2.2 Hidrodinamik Ölçümler	37
3.2.3 Sediman Örnekleme	46

3.2.4 Fiziksel Parametreler.....	48
3.3 Analizler	49
3.3.1 Faz Diyagramları.....	50
3.3.2 Tahmin Formülleri	52
3.3.3 Boyut Analizi	57
3.3.4 Regresyon analizi	59
BÖLÜM DÖRT - BULGULAR.....	61
4.1 Sediman Dalgacığđ Ölçümleri	61
4.2 Hidrodinamik Koşullar.....	74
4.3 Sediman Özellikleri.....	78
4.4 Fiziksel Özellikler	85
4.5 Faz Diyagramları.....	99
4.6 Tahmin Formülleri	111
4.7 Boyut Analizi	115
4.8 Regresyon Analizi	119
BÖLÜM BEŞ - SONUÇLAR VE TARTIŞMA	124
5.1 Yeni Faz Diyagramı Önerisi.....	130
5.2 Yeni Tahmin Formülü Önerisi	134
5.3 Belirsizlikler ve Öneriler	138
KAYNAKLAR	140
EKLER.....	147

Ek 1: Kısaltmalar.....	147
Ek 2: Faz Diyagramlarında Kullanılan Tanımlamalar	149
Ek 3: Tahmin Formüllerinin Hesaplanmasında Kullanılan MATLAB Kodları...152	
Ek 4: Boyut Analizi.....	161
Ek 5: Literatürde Kullanılan Faz Diyagramları.....	174



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Tipik bir kıyı kesiti bölümleri ve tanımları.....	1
Şekil 1.2 Kıyı bölgesinde etkin olan hidrodinamik koşullar ve sınır tabakaları	2
Şekil 2.1 Deniz taban formu oluşum şeması.....	5
Şekil 2.2 Farklı deniz taban formları a) akıntı altında oluşan sediman dalgacığı, b) dalga altında oluşan sediman dalgacığı, c) akıntı altında oluşan kumul, d) kıyı boyu eşik	6
Şekil 2.3 Sedimanter tabanda Akıntı, Dalga ve Kombine akımlar altında oluşan deniz taban formları	7
Şekil 2.4 Deniz taban formunun genel tanımlayıcı geometrisi.....	8
Şekil 2.5 Akıntı etkisi altında oluşan deniz taban formlarının şematik gösterimi	10
Şekil 2.6 Birkaç saniyelik döngüsel periyoda sahip döngüsel dalganın hızı arttıkça kumlu bir tabanda gelişen formlar.....	13
Şekil 2.7 Deneysel çalışma sonucu ortaya çıkarılan kombine akım altındaki tanecik hareketleri.	16
Şekil 2.8 Kombine akım altında kum dalgacıklarının dağılımı	17
Şekil 2.9 Kombine akımlar altında deniz taban yapılarını sınıflandırma diyagramı .	19
Şekil 2.10 Kleinhans (2005)'in geliştirdiği kombine akımlar için faz diyagramı.....	20
Şekil 2.11 Amos, Bowen, Huntley, ve Lewis, (1988)'in önerdiği faz diyagramı.....	21
Şekil 2.12 Dumas ve diğer.(2005)'nin önerdiği faz diyagramı.....	22
Şekil 2.13 Perillo'nun (2014) önerdiği faz diyagramı (USPB: yüksek akım düzlem taban, 3D SD: üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D AR: üç boyutlu asimetric dalgacık, 2D/3D SR: iki ve üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D QAR: üç boyutlu yarı asimetric dalgacık, 3D CR: üç boyutlu akıntı dalgacığı, 3D CD: üç boyutlu akıntı kumulu, NM: hareket yok)	23
Şekil 3.1 Çalışma alanları olan Gediz ve Büyük Menderes'in lokasyon haritası	24
Şekil 3.2 Gediz için Temmuz dönemindeki çalışılan istasyonlar (G7 RCM, G8 RCM, G9 RCM akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)	29
Şekil 3.3 Gediz için Ekim dönemindeki ölçüm yapılan istasyonlar (G7 RCM, G8 RCM, G9 RCM akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)	29

Şekil 3.4 Büyük Menderes için Mart dönemindeki ölçüm yapılan istasyonlar (BMRCM1 ve BMRCM2 akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)	31
Şekil 3.5 Büyük Menderes için Mayıs dönemindeki ölçüm yapılan istasyonlar (BM24, BM4 ve BM14-m akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)	32
Şekil 3.6 Büyük Menderes için Ekim dönemindeki ölçüm yapılan istasyonlar (BM31, BM4 ve BM32 akıntı ölçüm istasyonlarıdır.).....	32
Şekil 3.7 a) Sediman dalgacık ölçümü ve b) kullanılan ölçek	35
Şekil 3.8 Tez kapsamında ölçülen sediman dalgacığı ve dalgacığı tanımlayan parametreler.....	36
Şekil 3.9 Gediz Nehri'ni etkileyen hidrodinamik kuvvetler (siyah ok) ve ölçülen akıntı bileşenleri (kırmızı ok)	37
Şekil 3.10 Büyük Menderes nehrini etkileyen hidrodinamik kuvvetler (siyah ok) ve ölçülen akıntı bileşenleri (kırmızı ok)	38
Şekil 3.11 Çalışma alanında kullanılan RCM cihazının montaj ve ölçüm alanına ait şematik gösterimi	39
Şekil 3.12 Dalga etkisinden arındırılmış akıntı hızı hesabının gösterimi	40
Şekil 3.13 Deniz tabanı sediman örneklemesinde kullanılan Van Veen grab çalışma prensibi	46
Şekil 3.14 Sıcaklık ve tuzluluk ilişkili dinamik viskozite ilişki abağı	49
Şekil 4.1 Gediz ve B. Menderes nehir ağızlarında gözlenen sediman dalgacıklarının yükseklik ve uzunluk dağılım grafiğı	62
Şekil 4.2 Gediz nehir ağızında gözlenen sediman dalgacık yükseklik ve uzunluğı dağılım grafiğı	63
Şekil 4.3 Gediz nehir ağızında Temmuz döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları	64
Şekil 4.4 Gediz nehir ağızında Ekim döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları	65
Şekil 4.5 Gediz nehir ağızında gözlenen sediman dalgacıklarının dönemlere göre yükseklik ve uzunluğı dağılım grafiğı	66
Şekil 4.6 B. Menderes nehir ağızında gözlenen sediman dalgacık yükseklik ve uzunluğı dağılım grafiğı	67

Şekil 4.7 B. Menderes nehir ağzında Mart döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları	68
Şekil 4.8 B. Menderes nehir ağzında Mayıs döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları.....	70
Şekil 4.9 B. Menderes nehir ağzında Ekim döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları.....	71
Şekil 4.10 B. Menderes nehir ağzında gözlenen sediman dalgacıklarının dönemlere göre yükseklik ve uzunluğu dağılım grafiği	73
Şekil 4.11 Gediz nehir ağzında Temmuz dönemi (üst) Ekim döneminde (alt) ölçülen kombine akım hakim yön ve hızları.....	74
Şekil 4.12 B. Menderes nehir ağzında Mart (sol) ve Mayıs (sağ) dönemlerinde ölçülen kombine akım hakim yön ve hızları.....	76
Şekil 4.13 B. Menderes nehir ağzında Ekim döneminde ölçülen kombine akım ortalama hızı ve hakim yönleri.....	77
Şekil 4.14 Gediz nehir ağzından alınan sediman örneklerinin Shepard'a (1954)göre dağılım grafiği	79
Şekil 4.15 Gediz nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde kum dağılım haritası	80
Şekil 4.16 Gediz nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde silt dağılım haritası	81
Şekil 4.17 Gediz nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde kil dağılım haritası.....	81
Şekil 4.18 B. Menderes nehir ağzından alınan sediman örneklerinin Shepard'a (1954)göre dağılım grafiği	83
Şekil 4.19 B. Menderes nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde kum dağılım haritası.....	84
Şekil 4.20 B. Menderes nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde kil dağılım haritası.....	84
Şekil 4.21 B. Menderes nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde kil dağılım haritası.....	85
Şekil 4.22 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan sıcaklık verilerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	88

Şekil 4.23 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan tuzluluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	89
Şekil 4.24 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan yoğunluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	90
Şekil 4.25 Gediz nehir ağzından Temmuz dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası	91
Şekil 4.26 Gediz nehir ağzından Ekim dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası	91
Şekil 4.27 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan yoğunluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	94
Şekil 4.28 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan yoğunluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	95
Şekil 4.29 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan yoğunluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği.....	96
Şekil 4.30 B. Menderes nehir ağzından Mart (üst) dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası	97
Şekil 4.31 B. Menderes nehir ağzından Mayıs (alt) dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası	98
Şekil 4.32 B. Menderes nehir ağzından Ekim dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası	98
Şekil 4.33 Amos ve diğer. (1988)'nın önerdiği faz diyagramında Gediz ve B. Menderes nehirlerinin tüm dönem verisi.....	100
Şekil 4.34 Amos ve diğer. (1988)'nın önerdiği faz diyagramında Gediz nehrinin tüm dönem verisi	101
Şekil 4.35 Amos ve diğer. (1988) önerdiği faz diyagramında B. Menderes nehrinin tüm dönem verisi.....	102
Şekil 4.36 Kleinhans'ın (2005) önerdiği faz diyagramında Gediz ve B. Menderes nehirlerinin tüm dönem verisi	103
Şekil 4.37 Kleinhans'ın (2005) önerdiği faz diyagramında Gediz nehrinin tüm dönem verisi	104
Şekil 4.38 Kleinhans'ın (2005) önerdiği faz diyagramında B. Menderes nehrinin tüm dönem verisi	105

Şekil 4.39 Dumas ve diğer. (2005)'nin önerdiği faz diyagramında Gediz ve B. Menderes nehirlerinin tüm dönem verisi	106
Şekil 4.40 Dumas ve diğer. (2005)'nin önerdiği faz diyagramında Gediz nehrinin tüm dönem verisi	107
Şekil 4.41 Dumas ve diğer. (2005)'nin önerdiği faz diyagramında B. Menderes nehrinin tüm dönem verisi	108
Şekil 4.42 Perillo'nun (2014) önerdiği faz diyagramında Gediz ve B. Menderes nehirlerinin tüm dönem verisi (USPB: yüksek akım düzlem taban, 3D SD: üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D AR: üç boyutlu asimetrik dalgacık, 2D/3D SR: iki ve üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D QAR: üç boyutlu yarı asimetrik dalgacık, 3D CR: üç boyutlu akıntı dalgacığı, 3D CD: üç boyutlu akıntı kumulu, NM: hareket yok).....	109
Şekil 4.43 Perillo'nun (2014) önerdiği faz diyagramında Gediz nehrinin tüm dönem verisi (USPB: yüksek akım düzlem taban, 3D SD: üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D AR: üç boyutlu asimetrik dalgacık, 2D/3D SR: iki ve üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D QAR: üç boyutlu yarı asimetrik dalgacık, 3D CR: üç boyutlu akıntı dalgacığı, 3D CD: üç boyutlu akıntı kumulu, NM: hareket yok)	110
Şekil 4.44 Perillo'nun (2014) önerdiği faz diyagramında B. Menderes nehrinin tüm dönem verisi (USPB: yüksek akım düzlem taban, 3D SD: üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D AR: üç boyutlu asimetrik dalgacık, 2D/3D SR: iki ve üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D QAR: üç boyutlu yarı asimetrik dalgacık, 3D CR: üç boyutlu akıntı dalgacığı, 3D CD: üç boyutlu akıntı kumulu, NM: hareket yok).....	111
Şekil 4.45 Boyutsuz dalgacık uzunluğu $\lambda/D50$ parametresi için tahmin ve ölçüm sonuçlarının kıyaslanması	112
Şekil 4.46 Boyutsuz dalgacık yüksekliği $\eta/D50$ parametresi için tahmin ve ölçüm sonuçlarının kıyaslanması	113
Şekil 4.47 Boyutsuz dalgacık uzunluğu λ/h parametresi için tahmin ve ölçüm sonuçlarının kıyaslanması	114
Şekil 4.48 Boyutsuz dalgacık yüksekliği η/h parametresi için tahmin ve ölçüm sonuçlarının kıyaslanması	114

Şekil 4.49 Tez kapsamındaki problem tanımının şematik gösterimi ve kombine akım koşullarında oluşan deniz taban formlarını etkileyen parametreler	115
Şekil 5.1 İki nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacık türlerinin su derinliği (h) ve sediman dane çapına (D_{50}) göre dağılımı	128
Şekil 5.2 İki nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacık türlerinin kombine akımda (U_{wc}), su derinliğine (h) ve sediman dane çapına (D_{50}) göre dağılımı	129
Şekil 5.3 İki nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacık türlerinin dalga yüksekliklerine göre ($H_{1/10}$), su derinliğine (h) ve sediman dane çapına (D_{50}) göre dağılımı	129
Şekil 5.4 İki nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacık türlerinin çökme hızlarının (w_s), su derinliğine (h) ve sediman dane çapına (D_{50}) göre dağılımı	130
Şekil 5.5 $U_{wc}ws$ ve $H_{1/10}h$ parametrelerine göre belirlenen faz diyagramı ve tez verisi	132
Şekil 5.6 Boyutsuz sediman parametresi D^* ve $H_{1/10}h$ parametresine göre belirlenen faz diyagramı ve tez verisi.....	133
Şekil 5.7 $U_{wc}ws$ ve $D_{50}h$ parametrelerine göre belirlenen faz diyagramı ve tez verisi	133
Şekil 5.8 Tez verisi ile yüksek R-kare değeri veren U_{wTh} parametresinin uyum eğrisi	134
Şekil 5.9 Tez verisi ile yüksek R-kare değeri veren ve ilişkili değişken içermeyen D^* parametresinin uyum eğrisi	135
Şekil 5.10 Tüm veri seti ile D^* parametresinin MATLAB'daki uyum eğrisi.....	135
Şekil 5.11 Boyutsuz λ/h ve η/h parametreleri denklem (5.1) ve (5.2) ile hesaplanan sonuçların ölçümler ile karşılaştırılması	137

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Farklı akım rejimlerine göre taban formlarının sınıflandırılması	9
Tablo 2.2 Literatürde mevcut bazı faz diyagramları ve kullandıkları parametreler ..	11
Tablo 2.3 Literatürde mevcut bazı faz diyagramları ve kullandıkları parametreler ..	15
Tablo 3.1 Arazi çalışmalarında dönemlere göre alınan veriler	28
Tablo 3.2 Arazi çalışmalarında Gediz nehir ağzında Temmuz 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları	30
Tablo 3.3 Arazi çalışmalarında Gediz nehir ağzında Ekim 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları	30
Tablo 3.4 Arazi çalışmalarında B. Menderes nehir ağzında Mart 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları	33
Tablo 3.5 Arazi çalışmalarında B. Menderes nehir ağzında Mayıs 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları	33
Tablo 3.6 Arazi çalışmalarında B. Menderes nehir ağzında Ekim 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları	34
Tablo 3.7 Gediz ve B. Menderes nehir ağzlarında yapılan dalış ve sediman dalgacığı ölçüm sayısı	35
Tablo 3.8 Rüzgar veri setlerinin istatistiki karşılaştırma sonuçları	43
Tablo 3.9 Yapılan arazi çalışmaları ve her bir çalışma için saatlik dalga analizi yapılan tarihler	45
Tablo 3.10 Sediman örneklerine uygulanan analizler ve ilgili standartlar	47
Tablo 3.11 Kombine akımlar altında oluşan deniz taban formlarının tahmini için üretilen dört faz diyagramı ve özellikleri	50
Tablo 3.12 Amos, Boen, Huntley, ve Leis, (1988) ve Kleinhans (2005) faz diyagramlarında kullanılan denklem ve parametreler	51
Tablo 3.13 Dumas, Arnott, ve Southard (2005) ve Perillo, Best, ve Garcia (2014)'nın ürettiği faz diyagramlarında kullanılan denklem ve parametreler	52
Tablo 3.14 Li ve diğerleri tarafından geliştirilen tahmin formüllerinde kullanılan parametreler ve hesaplanma yöntemleri	53

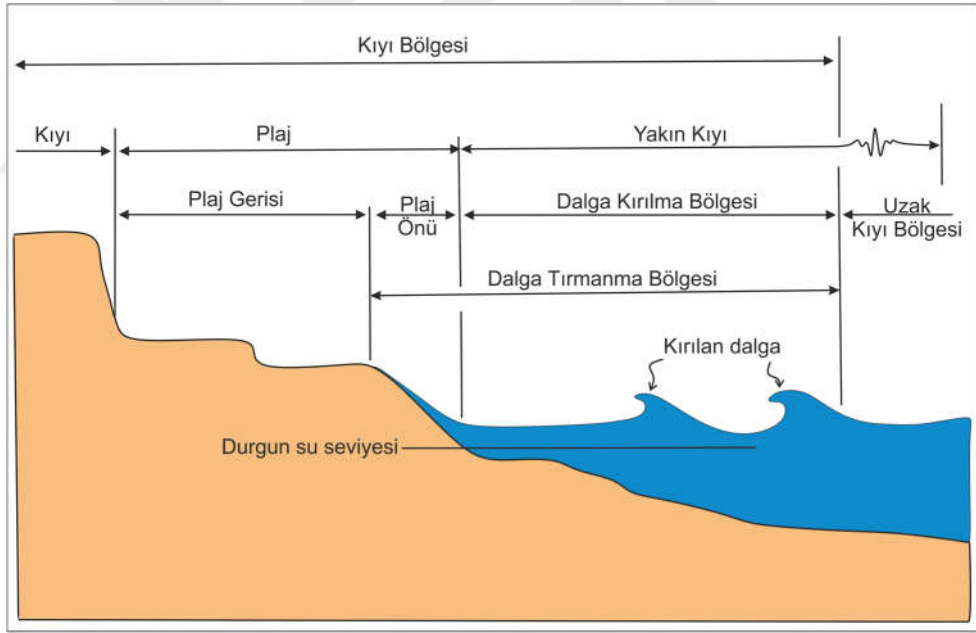
Tablo 3.15 Tanaka ve Dang tarafından geliştirilen tahmin formüllerinde kullanılan parametreler ve hesaplanma yöntemleri.....	54
Tablo 3.16 Khelifa ve Ouellet tarafından geliştirilen tahmin formüllerinde kullanılan parametreler ve hesaplanma yöntemleri.....	55
Tablo 3.17 Soulsby ve diğerleri tarafından geliştirilen tahmin formüllerinde kullanılan parametreler ve hesaplanma yöntemleri.....	57
Tablo 4.1 Gediz ve B. Menderes ağzlarında gözlenen sediman dalgacıklarının boyut özet tablosu.....	61
Tablo 4.2 Gediz Nehir ağzında ölçüm yapılabilen sediman dalgacık istasyonları, ölçülen minimum, maksimum ve ortalama boyutları.....	62
Tablo 4.3 B. Menderes Nehir ağzında ölçüm yapılabilen sediman dalgacık istasyonları, ölçülen minimum, maksimum ve ortalama boyutları.....	67
Tablo 4.4 Gediz nehir ağzında Temmuz ve Ekim dönemlerinde ölçülen kombine akım minimum maksimum ve ortalama değerleri.....	75
Tablo 4.5 Gediz nehir ağzında Temmuz ve Ekim dönemleri için hesaplanan dalga yüksekliklerinin ($H_{1/3}$ ve $H_{1/10}$) minimum maksimum ve ortalama değerleri	75
Tablo 4.6 B. Menderes nehir ağzında Mart Mayıs ve Ekim dönemlerinde ölçülen kombine akım minimum maksimum ve ortalama değerleri.....	76
Tablo 4.7 B. Menderes nehir ağzında Mart Mayıs ve Ekim dönemlerinde ölçülen kombine akım minimum maksimum ve ortalama değerleri.....	76
Tablo 4.8 B. Menderes nehir ağzında Ekim dönemlerinde ölçülen kombine akım minimum maksimum ve ortalama değerleri.....	77
Tablo 4.9 B. Menderes nehir ağzında Mart, Mayıs ve Ekim dönemleri için hesaplanan dalga yüksekliklerinin ($H_{1/3}$ ve $H_{1/10}$) minimum maksimum ve ortalama değerleri	78
Tablo 4.10 Gediz ve B. Menderes nehir ağzlarındaki sedimanın dane çapı ve yoğunluğu	78
Tablo 4.11 Gediz nehir ağzlarındaki sedimanın dane çapı ve yoğunluğunun istasyonlardaki değerleri	79
Tablo 4.12 B. Menderes nehir ağzlarındaki sedimanın dane çapı ve yoğunluğunun istasyonlardaki değerleri	82

Tablo 4.13 Gediz ve B. Menderes nehir ağızlarındaki istasyon su derinliklerinin minimum maksimum ve ortalama değerleri.....	86
Tablo 4.14 Gediz nehir ağızlarında Temmuz döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri	87
Tablo 4.15 Gediz nehir ağızlarında Ekim döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri	87
Tablo 4.16 B. Menderes nehir ağızlarında Mart döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri	92
Tablo 4.17 B. Menderes nehir ağızlarında Mayıs döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri.....	93
Tablo 4.18 B. Menderes nehir ağızlarında Ekim döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri	93
Tablo 4.19 Problem tanımında belirlenen boyutlu parametreler	116
Tablo 4.20 Problem tanımında belirlenen boyutsuz parametreler	116
Tablo 4.21 Sediman dane çapı ile boyutsuzlaşmış dalgacık boyutlarıyla ilişkili bulunan birinci grup parametreler ve ilişki katsayıları	120
Tablo 4.22 Sediman dane çapı ile boyutsuzlaşmış dalgacık boyutlarıyla ilişkili bulunan ikinci grup parametreler ve ilişki katsayıları.....	121
Tablo 4.23 Su derinliği ile boyutsuzlaşmış dalgacık boyutlarıyla ilişkili bulunan birinci grup parametreler ve ilişki katsayıları.....	122
Tablo 4.24 Su derinliği ile boyutsuzlaşmış dalgacık boyutlarıyla ilişkili bulunan ikinci grup parametreler ve ilişki katsayıları.....	123
Tablo 4.25 Dalgacık dikliği RS ile en yüksek ilişki gösteren parametreler ve ilişki katsayıları	123
Tablo 5.1 Yeni oluşturulan faz diyagramında kullanılan sediman dalgacık sınıfları ve görsel örnekleri.....	131
Tablo 5.2 D * parametresi ile boyutsuz λh ve ηh parametrelerinin regresyon model sonuçları	136

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

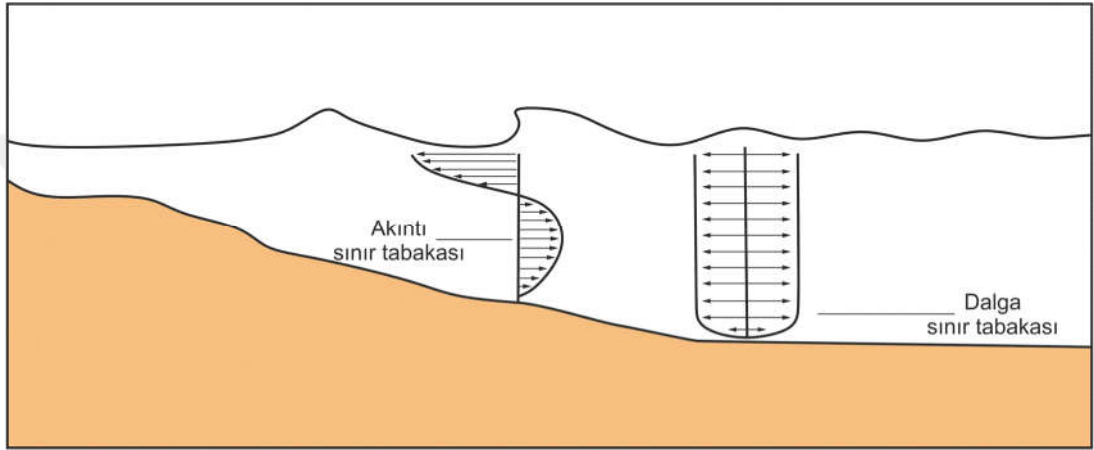
İnsanlık için, geçmişten günümüze önemini koruyan kıyısal alanlar, denizlerin ve karaların birleştiği ve karşılıklı etkileşim halinde oldukları bölgeler olarak tanımlanabilir. Bu alanlar dinamiktir ve bu dinamiklerle sürekli değişerek hep bir sonraki aşamaya evrilir. Her kıyı bölgesinde bu dinamik koşullarla kıyının etkileşimi farklılık gösterir. Bu farklı etkileşimlerle gelişen yapı ve şekillerin tanımladığı kıyı tiplerinin varlığı bilinse de (Van Rijn, 1998), sedimanter kıyıları en yaygın görülen kıyı tipi olarak karşımıza çıkmaktadır (Baas, Best ve Peakall, 2016; Sorensen, 2006). Sedimanter kıyıları için belirlenen tipik bir kıyı kesiti, temel olarak açıktan kıyıya doğru, uzak kıyı bölgesi (offshore), dalga kırılma bölgesi (inshore), plaj ve kıyı olmak üzere dört temel bölümden oluşmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Tipik bir kıyı kesiti bölümleri ve tanımları (Shore protection manual, 1984)

Kıyı alanlarında morfoloji rüzgâr, dalga, akıntı veya bunların kombine etkisi altında şekillenmektedir. Tipik bir sedimanter kıyı alanında etkili olan kombine akımlar Şekil 1.2’de görülmektedir. Bu etkilerle deniz tabanında harekete geçen sediman taşınarak yeni birikme ve oyulma alanları oluşturur. Bunun büyük ölçekteki sonucu kıyılardaki erozyon ve yığılma alanları iken küçük ölçekte deniz taban formlarıdır.

Sediman taşınımının deniz taban formları (akıntının tersi yönünde hareket eden ters kumullar hariç) ile etkileşimi düşünüldüğünde, ortalama akıntı hızından çok daha düşük bir hızla akıntı ile birlikte akıntı yönünde hareket ettikleri söylenebilir. Bir taraftan akıntının gücü deniz taban formlarını kontrol ederken diğer taraftan bu formlar yarattıkları taban sürtünmesi ile akıntının karakteristiğini önemli ölçüde etkilemektedirler (Dey, 2014).



Şekil 1.2 Kıyı bölgesinde etkin olan hidrodinamik koşullar ve sınır tabakaları (Perillo, 2013'den uyarlanmıştır)

Kıyılar insanlık tarihi boyunca yaşam için ideal alanlar olarak tercih edilmiştir ve bu nedenle insanlık için vazgeçilmez büyük bir öneme sahiptir. Bu alanların büyük bir kısmını oluşturan sedimanter kıyılarda sediman taşınımının iyi bilinmesi de bir o kadar öneme sahiptir. Mevcut kıyı çizgisinin korunarak kıyı erozyonlarının önlenmesi, balıkçı barınağı, liman gibi faaliyet alanlarından etkin fayda sağlayabilmek, körfezlerin sığlaşmasını önlemek gibi birçok konuda sediman taşınım bilgisine ihtiyaç vardır. Bu bilgiye ulaşmak için farklı seçenekler mevcuttur. İlgilenilen alanın ayrıntılı alansal ölçüm ve analizlerini yaparak bu bilgiye ulaşmak yöntemlerden biri olabilir. Ancak bu yöntem alanın büyüklüğüne de bağlı olarak uzun zaman alabilir ve maliyetleri oldukça yüksek olur. Bu israfı önlemek için araştırmacılar sediman taşınım modellerini geliştirmişlerdir. Bu şekilde minimum zaman ve para kaybıyla istenen sonuca ulaşabilmektedir. Ancak bu modellerin iyi ve doğru sonuçlar vermesi alanın ayrıntılı ve iyi bir şekilde tanımlanarak modele aktarılmasıyla mümkündür. Bu

noktada kullanılan birçok denklem, teorem ve varsayım bulunmaktadır. Bu denklem, teorem ve varsayımları ne kadar iyileştirirsek sediman taşınım modellerinin sonuçları o kadar iyileşecektir.

Modeller içerisinde kullanılan denklemlerden biri de deniz taban pürüzlülüğüdür. Bu bilginin fiziksel olarak tanımlanması ve modellenmesi için deniz taban form bilgilerine gerek duyulmaktadır. Bu bilgiler aynı zamanda stratigrafik yorum yaparken, tabakalanma içerisinde gözlemlenen deniz taban formundan o dönemin hidrodinamik özelliklerini çıkarmaya çalışırken de oldukça önem göstermektedir. Tüm bu gereksinimlerin karşılanması için geçmiş yıllarda birçok araştırma ile farklı yaklaşım ve modeller geliştirilmiş olsa da durumun karmaşıklığı ve çeşitliliği sebebiyle üzerinde anlaşılmış bir model henüz bulunmamaktadır.

Bir sonraki bölümde ayrıntılarıyla anlatılacak olan literatürdeki mevcut çalışmalar temel olarak iki farklı prensipte ortaya konmuştur. Bunlardan ilki, sedimanter kıyılarda farklı hidrodinamik koşullar altında oluşan deniz taban formlarının şekilsel yani geometrik özelliklerine göre sınıflandırılmasını içeren faz diyagramlarıdır. Diğer araştırma prensibi ise bu deniz taban formlarının boyutsal özelliklerini tahmin eden analitik modeller yani tahmin formülleridir. Bu iki grup içerisindeki çalışmalar da kendi içlerinde, hidrodinamik koşullara göre ve sediman çapına göre gruplaşmaktadır. Bu gruplardan kum özellikli sedimanter koşullarda sadece akıntı ve sadece dalga etkisi en çok çalışılan ve geliştirilen başlıklar olmuşlardır. Bunun yanında tüm dünyada, deniz tabanında en çok bulunan koheziv yani ince daneli sedimanda (Baas ve diğer., 2016) ve özellikle kıyılarda sıkça görülen kombine akım etkisinde yapılan çalışma sayısı oldukça azdır.

Özet olarak deniz taban formları, sediman taşınımının gözlemlendiği en küçük yapılardır. Bu yapıların incelenmesi, dinamiklerinin ve etkileşim mekanizmalarının belirlenmesi, sediman taşınımını daha iyi anlamamızı ve tanımlamamızı sağlayacaktır ve bu etkileşim halen net olarak ortaya konmamıştır. Diğer taraftan oluşan deniz taban formları, sediman taşınımında zorlayıcı etki oluşturmakta ve pürüzlülük parametresi olarak hesaplamalara dahil edilmekle birlikte bu alanda uzlaşılmış bir model

bulunmamaktadır. Son olarak dalga ve akıntı altında gelişen deniz taban formları çok sayıda çalışmaya konu olmuş olsa da kombine akımlar altında gelişen deniz taban formları halen az çalışılmış bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan, tüm bu çalışmalar dünyanın birçok ülkesinde hem deneysel hem de arazi ölçümleriyle yapılmış ve yapılmakta olmasına karşın Türkiye’de böyle bir araştırma yapılmamıştır. Tüm bu motivasyonla, tez kapsamında kombine akımlar altında gelişen deniz taban formları iki nehir ağzında incelenerek kontrol eden parametreler belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanı olarak seçilen Gediz ve B. Menderes Nehirleri Ege Denizi için önemli kaynaklardan ikisidir. Gediz Nehri İzmir Körfezi’ne dökülürken B. Menderes doğrudan Ege Denizi’ne dökülmektedir. Her iki nehir de buldukları bölgeler için önemli su ve sediman kaynaklarıdır. Seçilen bu iki çalışma alanı, kombine akım koşullarını yansıtma ve yanlarında farklı özellikleriyle kombine akımın farklı koşullarını da test etmemizi sağlamıştır.

Tez kapsamında Bölüm İki’de deniz taban formlarının literatürdeki yeri ve yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Bu bölümde, deniz taban formları etkisi altında oldukları hidrodinamik koşullara göre üç başlıkta incelenmiştir. Bölüm Üç kapsamında tez içerisinde değerlendirilen veri seti, çalışma alanı ve uygulanan analizlerin kullandıkları yöntemler açıklanmıştır. Bu bölümde tanımlanan yöntem ve analizlerin bulguları ise ilerleyen Bölüm Dört’te sunulmuştur. Bölüm Beş’te elde edilen tüm veriler ve analizler sonucunda elde edilen çıktılar değerlendirilmiştir. Bunun yanında, yeni önerilen faz diyagramları ve tahmin formülü de yine bu bölümde sunulmuş ve tartışılmıştır. Buna ek olarak, tez çalışması içerisindeki belirsizlikler tanımlanarak, elde edilen deneyimler ile öneriler sunulmuştur.

BÖLÜM İKİ

LİTERATÜR ÖZETİ

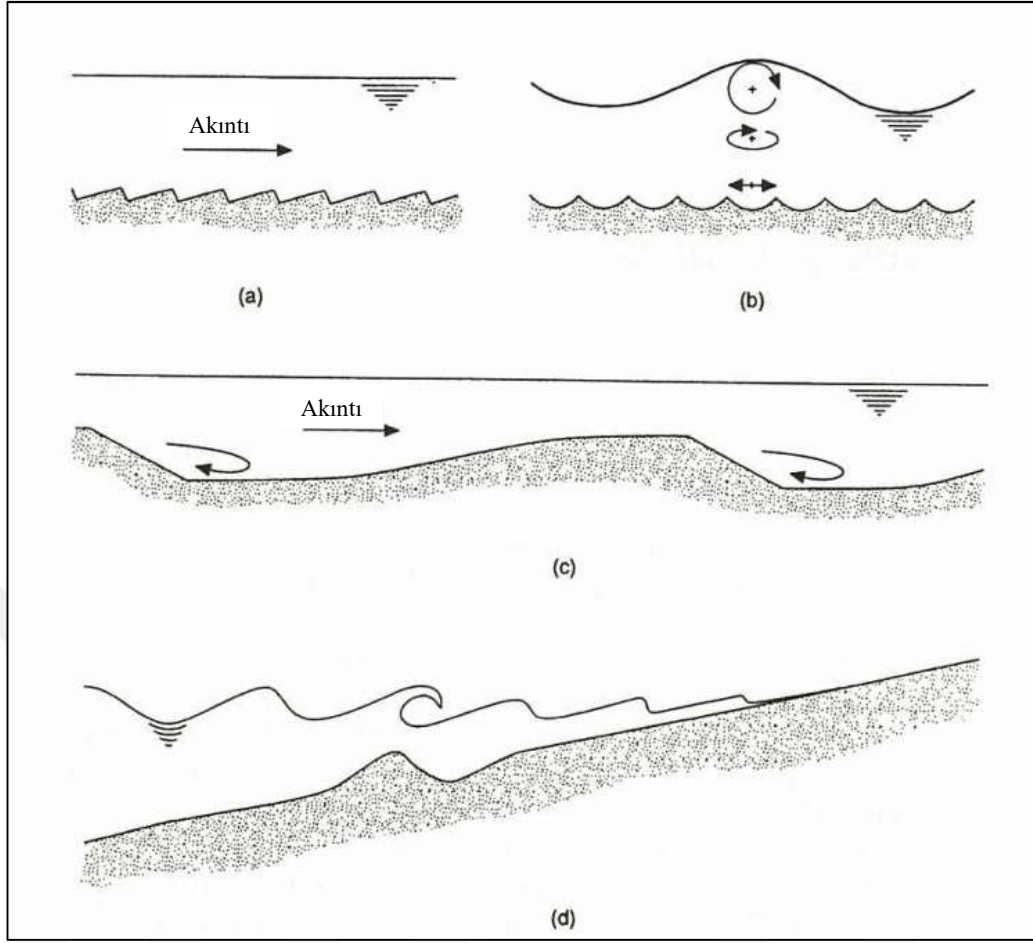
2.1 Deniz Taban Formları

Doğada, sedimanter deniz tabanı üzerinde gözlenen geometrik formlar, sediman taşınımının bir sonucu olarak, akışkan hareketiyle oluşur. Bölgesel depolanma ve aşınma işlemleri bu formları yönetir (Şekil 2.1). Bu nedenle, sedimanter deniz tabanı çok nadiren düz görülürken genelde oldukça belirgin geometrik formlar halinde gözlemlenir (Dey, 2014). Bu farklı geometrik desenli formlara deniz taban formları adı verilir. Deniz taban formları temel olarak, sediman taşınımında hidrodinamik koşulların davranışını etkilemesi ve sedimanter tabakalarda dönemsel karakteristikleri ortaya koyması açısından mühendislerin, sedimentologların ve jeomorfologların araştırma konularından biri olmuştur (Ashley, 1990; Best, 2005; García, 2008; Julien ve Klaassen, 1995; Southard, 1991).



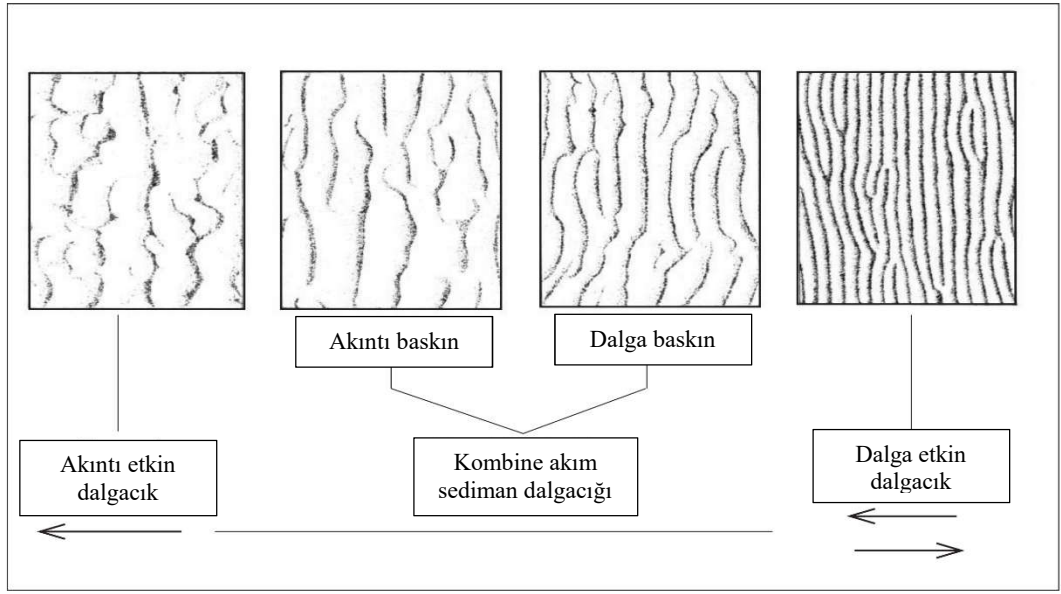
Şekil 2.1 Deniz taban formu oluşum şeması (Allen, 1969'dan uyarlanmıştır)

Bu çalışmada, deniz taban formları mühendislik bakış açısıyla değerlendirilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, deniz taban formları, hareketli (sedimanter) bir deniz tabanı üzerinde, içerdiği tanecikleri hareket ettirebilecek herhangi bir hidrodinamik etki (akıntı, dalga ya da her ikisi birlikte) ile tetiklenerek oluşan ve geometrik taban topoğrafyasını oluşturan rölyef yapılarıdır (van Rijn, 1993). Akıntı, dalga veya kombine akıntılarının oluşturduğu farklı geometrik formların incelenmesi için yapılan deneysel çalışmalar ve arazi ölçümleri, bu formların temel olarak akım koşulları ve sediman kompozisyonuna göre değişen karakteristik geometrik özellikleri olduğunu göstermiştir (Şekil 2.2. Cheel, 2005; Dey, 2014).



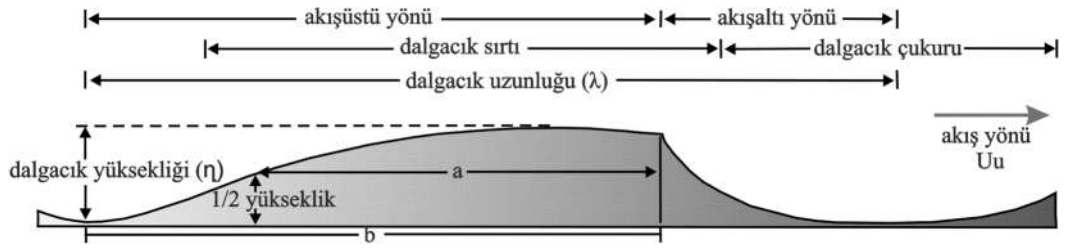
Şekil 2.2 Farklı deniz taban formları a) akıntı altında oluşan sediman dalgacığı, b) dalga altında oluşan sediman dalgacığı, c) akıntı altında oluşan kumul, d) kıyı boyu eşik (Soulsby, 1997)

Deniz taban formlarının tipleri, daha önce de belirtildiği gibi, etkisi altında olduğu akıntının gücüne ve doğasına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Örneğin, nehirlerde gözlenen istikrarlı akıntı küçük dalgacıklar, büyük kumullar ve kimi durumlarda büyük kumullar gerisinde küçük dalgacıklar gibi farklı boyutlarda yapılar oluşturabilir. Benzer yapılar gel-git akıntıları etkisiyle deniz ve haliçlerde de oluşur. Dalganın deniz tabanında etkili olduğu alanlarda ise, akıntının oluşturduğu taban formlarından farklı ve daha simetrik kum dalgacıkları oluşur. Dalga aynı zamanda kırılma bölgesinde bu yapıları büyütürken kıyı boyu eşiklerine dönüştürebilmektedir (Soulsby, 1997). Kombine akım altında oluşan deniz taban formları, etkisi altında olduğu kombine akımın bileşenlerine göre çok değişken olsa da genel karakteristiği Şekil 2.3'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.3 Sedimanter tabanda Akıntı, Dalga ve Kombine akımlar altında oluşan deniz taban formları (Cheel, 2005)

Bir sediman dalgacığını tanımlayan temel parametreler deniz taban form uzunluğu (λ) ve yüksekliğidir (η). Deniz taban form uzunluğu (λ) iki ardışık dalga çukuru arasındaki yatay uzaklığını ve deniz taban form yüksekliği (η) ise dalga çukuru ile tepesi arasındaki düşey mesafeyi belirtir (Şekil 2.4). Bu iki parametre temelde deniz taban yapılarının ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Bunların dışında, sıklıkla kullanılan oransal parametrelerden dalgacık dikliği deniz taban form yüksekliğinin (η) boyuna (λ) oranı olarak (η/λ) tanımlanır ve deniz taban formunun yassılığını verir. Simetri indisi ise sediman dalgacığının akış üstü yönündeki dalga çukuru ile sırtı arasındaki yatay mesafenin akış altı yönündeki dalga çukuru ile sırtı arasındaki yatay mesafeye oranını ifade eder (Şekil 2.4). Eğrilik indisi (roundness index) sediman dalgacığı yüksekliğinin yarı seviyesindeki yatay mesafenin, akış üstü tarafındaki çukur ve sırt arasındaki yatay mesafeye oranı olarak hesaplanır (Şekil 2.4 (a/b)) ve sediman dalgacığının akış üstü tarafının dışbükeyliğini tanımlar (Dumas, Arnott ve Southard, 2005) .



Şekil 2.4 Deniz taban formunun genel tanımlayıcı geometrisi (Dumas, Arnott, ve Southard, 2005'ten uyarlanmıştır)

Yapılan çalışmalarda deniz taban formları etkisi altında oluştukları hidrodinamik koşullara göre incelenmiştir. İlerleyen bölümlerde akıntı, dalga ve kombine akım etkisinde oluşan deniz taban formlarının literatürdeki yeri incelenmiştir.

2.1.1 Akıntı Altında Gelişen Deniz Taban Formları

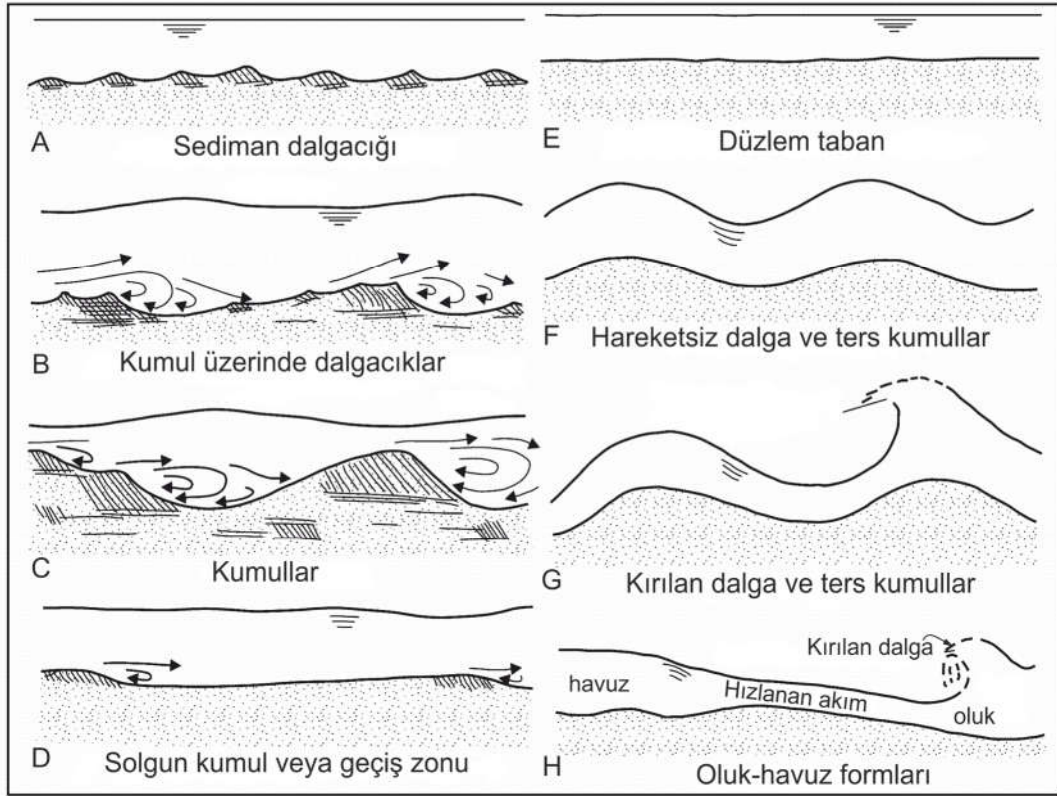
Literatürde tek yönlü akım olarak tanımlanan ve en belirgin nehirlerde görülen akıntılar laminar ve türbülans olarak iki şekilde tanımlanabilmektedir. Laminar akım göreceli olarak daha düşük akış hızlarında meydana gelir ve adından da anlaşılacağı gibi katmanlar halinde kayan ve katmanlar arası herhangi bir akışkan geçişi olmayan akım şeklidir. Akış hızı belirli bir limiti aştığında girdaplı (eddy) akımlar ile laminar akımın dengesi bozularak istikrarsız hale gelir. Böyle kararsız, rastgele ve salınımlı akımlara türbülanslı akım denir (Dey, 2014).

Deniz taban formlarını sınıflandırırken, nehir akımları bu iki akım tipinin dışında Froude sayısına ($Fr = [U/(gh_d)^{0.5}]$) bağlı olarak farklı rejimlere ayrılırlar (U derinlik ortalaması alınmış akış hızı, g yer çekimi ivmesi, h_d su derinliği) (Dey, 2014; Frostick, McLelland, ve Mercer, 2011; García, 2008; Simons ve Richardson, 1966; van Rijn, 1993). Froude sayısına göre üç temel grup oluşturulmuştur (Tablo 2.1). Bu grupta Froude sayısı 1'den küçük olan akımlar kritik altı sınıf olarak değerlendirilirken, akış rejimi Nehir olarak adlandırılmaktadır. Froude sayısının 1'e yaklaştığı durum ise kritik akış düzeyini belirlemekte ve geçiş rejimi olarak tanımlanmaktadır. Akıntı güçlendikçe ve Froude sayısı 1'den büyük değerlere ulaşıncaya kritik üstü akış sınıfında sel rejimi gelişmektedir. Her bir rejimde meydana gelen taban formlarının şematik görüntüsü ise Şekil 2.5'te gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Farklı akım rejimlerine göre taban formlarının sınıflandırılması

Akış rejimi	Froude sayısı	Akış sınıfı	Oluşması beklenen taban formları
Nehir	$Fr < 1$	Kritik altı akış (subcritical flow)	Dalgacık, kumul üstü dalgacık ve kumullar (ripples, ripples on dunes, and dunes)
Geçiş	$Fr \approx 1$	Kritik akış (about critical flow)	Solgun kumullar (washed-out dunes)
Sel	$Fr > 1$	Kritik üstü akış (supercritical flow)	Düzlem taban, ters kumul, oluk ve havuz formları (plane bed, antidunes, chutes, and pools)

Bu sınıflandırmaya göre, akıntı altında kum zeminde oluşan deniz taban formları oluşum ve gelişim aşamalarına göre şu şekilde tanımlanmaktadır. Düşük akıntı hızındaki nehir rejiminde ve Froude sayısının 1'den küçük olduğu ($Fr < 1$) koşullarda sedimanter nehir tabanında sediman dalgacıkları görülür (Şekil 2.5 A). Akıntı hızı arttıkça bu dalgacıklar büyüyerek kumul üzerinde dalgacıklara ve kumullara dönüşür (Şekil 2.5 B, C). Akıntı güçlendikçe kumullar solgun kumullara dönüşür ve buna aynı zamanda geçiş zonu denmektedir. Solgun kumullar güçlenen akıntıyla düzlem tabana dönüşür ve buradan sonra akış kritik üstü olarak tanımlanır (Şekil 2.5 D, E). Froude sayısının 1'den büyük olduğu yüksek akım koşullarında ters kumullar oluşmaya başlar (Şekil 2.5 F, G). Bu durum, sel rejiminde su seviyesinin kabarma eğilimi göstererek kumulun tepe noktasındaki akıntı hızının düşmesi ile oluşur. Tabanda yoğun halde olan askıda sediman kumul eşiğini geçemez ve akış yönünün tersinde birikim gösterir (Bayazıt ve Avcı, 2010). Sel rejimi gücünü arttırdığında ise, su yüzeyindeki dalgalanmalar kırılarak denizlerde görülen kırılan dalga etkisini oluşturmaya başlarlar. Özellikle sığ sularda bu etkiyle birlikte deniz tabanında oluk-havuz (chute-pool) yapıları oluşur (Şekil 2.5 H). Sel rejimlerinde çok nadiren görülen bu formlarda oluk tarafındaki Froude sayısı 1'den büyük yani kritik üstüyken, havuz kısmında 1'den küçük yani kritik altındadır. Oluk tarafından hareket eden sediman, havuz kısmında birikim gösterir. Belirlenen bu sınıflara göre tanımlanan deniz taban formları, bazı yayınlarda küçük farklılıklar gösterse de genel olarak üzerinde uzlaşılmış tanımlamalardır.



Şekil 2.5 Akıntı etkisi altında oluşan deniz taban formlarının şematik gösterimi (Bayazıt ve Avcı, 2010; Simons ve Richardson, 1966)

Akıntı etkisinde oluşan deniz taban formlarına en kesitte bakıldığında, simetrik olmadığı ve akıntı yönündeki yüzünün daha yumuşak bir eğime sahip olduğu görülür. Bu formlara yukarıdan bakıldığında genellikle düzensiz ve üç boyutludurlar (Şekil 2.3). Tipik olarak bağımsız bir sediman dalgacığının tepe genişliğinin, uzunluğunun bir ila üç katı arasında değişmesi beklenir. Dalgacık uzunluğu (λ), genellikle dane çapının yaklaşık 1000 katı, yüksekliği (η) ise dalga boyunun $1/7$ 'si kadardır (Soulsby, 1997).

Bu genel yaklaşımın dışında, belirli bir akıntı koşulunda kum tabanda oluşacak formların farklı parametrelerle tahminine yönelik üretilen faz diyagramları da literatürde mevcuttur (Tablo 2.2). Bunlardan birkaçına değinmek gerekirse; Englund ve Hansen (1967)'in ortaya attığı metot sınıflandırma parametresi olarak Froude sayısını kullanılırken, Liu (1957) askıda madde parametresini ve taneciklerle ilişkili Reynold sayısını kullanmıştır. Simons ve Richardson (1966)'ın akım gücünü ve dane çapını temel parametre olarak kullanan metodu Liu (1957) gibi deneysel çalışmalar

sonucu geliştirilmiştir. Van den Berg ve Van Gelder (1993) ve Van Rijn (1984)'ın boyutsuzlaştırılmış taban kayma gerilmesi ve boyutsuzlaştırılmış tanecik parametresini kullandıkları metotları ise hem deneysel hem de arazi verilerinin birlikte kullanımıyla geliştirilmiştir.

Tablo 2.2 Literatürde mevcut bazı faz diyagramları ve kullandıkları parametreler

Araştırma	Taban formu
Liu (1957)	$f\left(\frac{u_c}{w_s}, \frac{u_c d_{50}}{v}\right)$
Simons ve Richardson (1966)	$f(\tau_{b,c} \bar{u}, d_f)$
Van Rijn (1984)	$f(T, D_*)$
Van den Berg ve Van Gelder, (1993)	$f(\theta', D_*)$
Kleinans, (2005)	$f(\theta_c', D_*)$

Bu çalışmalarda kullanılan parametreler ve tanımları şu şekildedir:

- u_c : akıntı hızı
- w_s : çökelme hızı
- v : kinematik viskozite
- d_{50}, d_{90} : dane çapı
- $\tau_{b,c}$: akıntı taban kayma gerilmesi
- d_f : dane çapı
- θ' : hareketlilik parametresi
- θ_c' : akıntı Shields parametresi
- $T = (\tau'_{b,c} - \tau_{b,c})/\tau_{b,c}$: taban kayma gerilmesi
- $\tau'_{b,c}$:dane ile ilişkili taban kayma gerilmesi
- D_* : dane çapı parametresi

2.1.2 Dalga Altında Gelişen Deniz Taban Formları

Rüzgar etkisiyle oluşan ve tipik periyotları 5-15 saniye arasında değişen dalgaların, sığ sularda yansıma (reflection), sapma (refraction), taban sürtünmesi ve sığlaşma etkilerine maruz kalması dışında, en sonunda kırılma bölgesinde (surf zone) kırılarak enerjisi sönmülenir. Dalganın, özellikle kırılma öncesi sığlaşma fazında, profili ani yüksek harmoniklerle bozulmuş durumdadır (dalga asimetrisi). Dalga surf zonunda

kırılarak kaotik yüksek hızlı ve küçük ölçekli türbülanslara sebep olduğu gibi düzenli kıyı boyu ve kıyıya dik (cross-shore) akıntılara da neden olur. (Van Rijn, 1998)

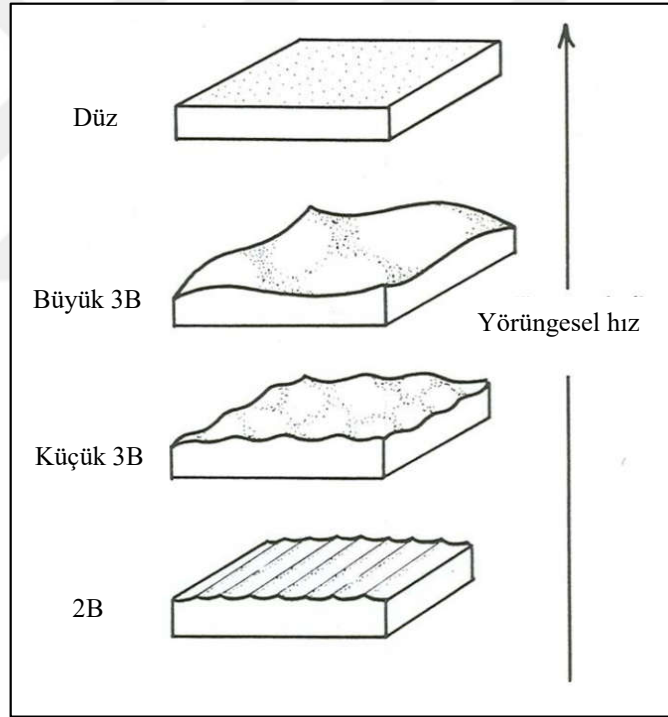
Dalga hareketini sınıflandırmak, en temelde matematiksel karmaşıklığı nedeniyle oldukça zordur. Sınıflandırma yapabilmek için kullanılan ayrımlardan biri suyun dalga ile birlikte hareket etmesi olarak tanımlanan taşıyıcı dalga (translatory waves), ve suyun sadece dalganın yörüngesel hareketine dahil olarak başlangıçtaki yerine geri geldiği döngüsel dalgadır (oscillatory waves) (Southard, 2006).

Deniz taban formlarının oluşumunda öncelikli öneme sahip olan döngüsel dalgalar, her bir periyotta taşıdığı parçacık ya da suyu kapalı bir döngüsel yörüngeyle hareket ettirir. Bu yörüngenin çapı su yüzeyinin altına inildikçe azalır. Su yüzeyinde oluşan dalga hareketi, rüzgarın itme kuvveti ve yer çekimi kuvvetinin karşılıklı etkileşiminin (bileşkesinin) bir sonucudur. Bu hareketin yerçekimi kuvvet bileşeni suyun en altındaki sağa ve sola harekete neden olur ki sediman hareketini sağlayan bu harekettir (Southard, 2006).

Kıyısız alanlarda döngüsel dalgalar kumlu bir taban üzerinde küçük, orta ve büyük ölçekli birçok farklı boyut ve şekilde taban formu oluşturabilir. Deniz tabanında dalga koşuluna göre genellikle irili ufaklı dalgacıklar gözlemlenir. Bu deniz taban formu kombinasyonları deniz tabanına yakın dalga hız profilini, tabandaki kayma gerilmesini, türbülansı ve dolayısıyla sedimanın karışmasını ve taşınmasını etkiler. Yani tabandaki hız profili, kayma gerilmesi ve türbülans tabandaki formun boyutlarını etkiler. (Frostick ve diğer., 2011). Bunun tersi olarak, taban formlarının varlığı tabandaki hızı azaltırken kayma gerilmesi ve türbülansı artırarak sedimanın yüksek yoğunluklu askıda katı madde ile birlikte hareket etmesine neden olur.

Düzgün ve sedimanter bir deniz tabanında hareket eşiği aşıldığında, büyük oranda düzenli, en kesitte bakıldığında simetrik, çukurluk alanları geniş ve sırtları doğrusal uzanan dalgacıklar oluşur. Bu düzenli, düz uzanan dalgacık modeli akıntı koşullarında oluşan taban formlarından farklılık gösterir. Oluşum sürecinde, sediman dalgacığının boyu ve yüksekliği, tanecik hareketinin eşik değeri aşmasıyla birlikte artmaya başlar.

Bu artış dalga yörüngesel çapı ve sediman dalgacığının dikliğiyle orantılı olarak maksimum seviyeye ulaşır ve bir aralıkta sabit kalır. Buna kırılma aralığı (breakoff range) denir ve bu süreçte sediman dalgacığının üzerindeki kuvvet azalır ve dalgacık yavaşça küçülür. Göreceli düşük hızlarda deniz tabanında oluşan bu dalgacıklar iki boyutlu (2D), küçük ve aralarındaki uzaklık birkaç santimetreyi aşmazken hızın artmasıyla bu dalgacıklar genişler ve büyürler. Ortalama hızlarda bu yapılar fark edilir şekilde daha az düzenli ve üç boyutlu (3D) olmaya başlarlar ve hız profili doğrultusunda uzanmaya devam ederler. Bu üç boyutlu dalgacık yapısı hızın artmasıyla sönük ve geniş kumullara dönüşene kadar büyür ve genişler (Şekil 2.6). Bu şekilde, tıpkı akıntı koşullarında olduğu gibi yüksek hızlarda ondülasyonlu deniz tabanı düz bir tabana dönüşmeye başlar (Southard, 2006).



Şekil 2.6 Birkaç saniyelik döngüsel periyoda sahip döngüsel dalganın hızı arttıkça kumlu bir tabanda gelişen formlar (Southard, 2006)

Literatürde dalga etkisi altında gelişen deniz taban formlarının sınıflandırılması konusunda yapılmış iki temel çalışma mevcuttur. Bunlar ayrıntılı yöntemleri aşağıda kısaca açıklanacak olan Bagnold (1946) ve Clifton (1976)'dır.

Döngüsel dalga etkisinde oluşan kum dalgacıklarını sınıflandırma yöntemlerinden en yaygın ve en eskisini geliştirmiş olan Bagnold, 1946 yılında yaptığı yayında, yuvarlanan-dane dalgacığı ve vorteks dalgacığı olmak üzere iki grup tanımlamıştır. Bunlardan yuvarlanan-dane dalgacığı (Rolling-grain ripples) olarak adlandırılan form, hareketin başlangıcındaki düz tabanda danelerin ileri ve geri salınımlarıyla oluşmaya başlar ve danelerin zamanla bir araya toplanarak oluşturduğu küçük üçgensiz sırtları kasteder. Bu formlar, Shields parametresi kritik değerin iki katından az olduğu sürece dengededir (Bagnold, 1946). Daha güçlü bir akış durumunda sediman dalgacığının kuytu, akıntı-altı (lee-side) kısmındaki akış hızlanarak danelerin iki form arasındaki boşlukta hareket etmeye başlamasına neden olur. Bu durumda sediman dalgacığı denge geometrisine gelinceye kadar büyüyerek vorteks dalgacığı adı verilen forma ulaşır. Denge halindeki yuvarlanan-dane sediman dalgacığına doğada ya da deneysel çalışmalarda çok nadiren rastlanmaktadır. Bunun yerine yuvarlanan-dane kum dalgacıklarının sürekli gelişerek vorteks kum dalgacıklarına dönüştüğü ancak dane hareketinin eşik değerde olması durumunda değişim sürecinin uzun olduğu görülmüştür (Werf, 2003).

Bir başka sınıflandırma yöntemi ise Clifton'ın 1976'da taban formlarını üç tipe incelediği yayında açıklanmıştır. Özetle bu yöntem yörünge çapı ($d_o=2a$) ve tabandaki sedimanın dane çapına dayanmaktadır. Tanımlanan üç tip şöyledir:

- Yörüngesel sediman dalgacığı (orbital ripples) $\leftrightarrow d_o=D_{50} < 1000$, uzunluğu d_o 'ın artmasıyla artar, D_{50} 'den etkilenmez;
- Yörüngealtı sediman dalgacığı (suborbital ripples) $\leftrightarrow 1000 < d_o=D_{50} < 5000$, uzunluğu d_o 'ın artmasıyla azalır, D_{50} 'nin artmasıyla artar;
- Yörüngesiz sediman dalgacığı (anorbital ripples) $\leftrightarrow d_o=D_{50} > 5000$, uzunluğu d_o 'dan bağımsızdır, D_{50} 'nin artmasıyla artar.

Gözlemler, yörüngesel sediman dalgacığının (orbital ripples) diklik değerinin 0,17 olarak karakterize edildiğini göstermiştir (Wiberg ve Harris, 1994). Yörüngesiz kum dalgacıklarının (anorbital ripples) maksimum diklik değerinin ise bu değerden düşük, yaklaşık 0,12 olduğu ve bu dikliğin, tabakalı akış (sheet-flow) rejimine ulaşmaya

kadar yörüngesel çap arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Yörüngealtı kum dalgacıklarının (suborbital ripples) diklik değeri ise bu değerlerin arasında değişmektedir. Kanal deneylerinde daha çok yörüngesel kum dalgacıkları (orbital ripples) görülürken arazi verilerinde yörüngesiz kum dalgacıkları (anorbital ripples) daha sık gözlemlenmiştir. Yörüngealtı kum dalgacıkları (suborbital ripples) ise hem deneysel hem arazi verilerinde görülmüştür (Wiberg ve Harris, 1994).

Bu sınıflandırma yöntemlerinin dışında, deniz taban formlarının etkilendikleri hidrodinamik koşullara göre sınıflandıran faz diyagramları üretilmiştir. Bu diyagramlar çoğunlukla kum zemin üzerinde farklı dalga parametrelerinin gruplandığı deniz taban form sınıflarıdır. Bu çalışmalardan üç tanesi kullandıkları parametrelerle birlikte Tablo 2.3'te sunulmaktadır. Bu faz diyagramları ayrıca Ek 5'te sunulmuştur.

Tablo 2.3 Literatürde mevcut bazı faz diyagramları ve kullandıkları parametreler

Araştırma	Taban formu
Komar ve Miller, (1974)	$f(\theta, D_{50})$
Allen, (1982)	$f(d_0, D_{50})$
Kleinans, (2005b)	$f(\theta_w, D_*)$

Burada kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir:

θ : Dalga Shields parametresi

D_{50} : Sediman dane çapı

d_0 : Orbital çap

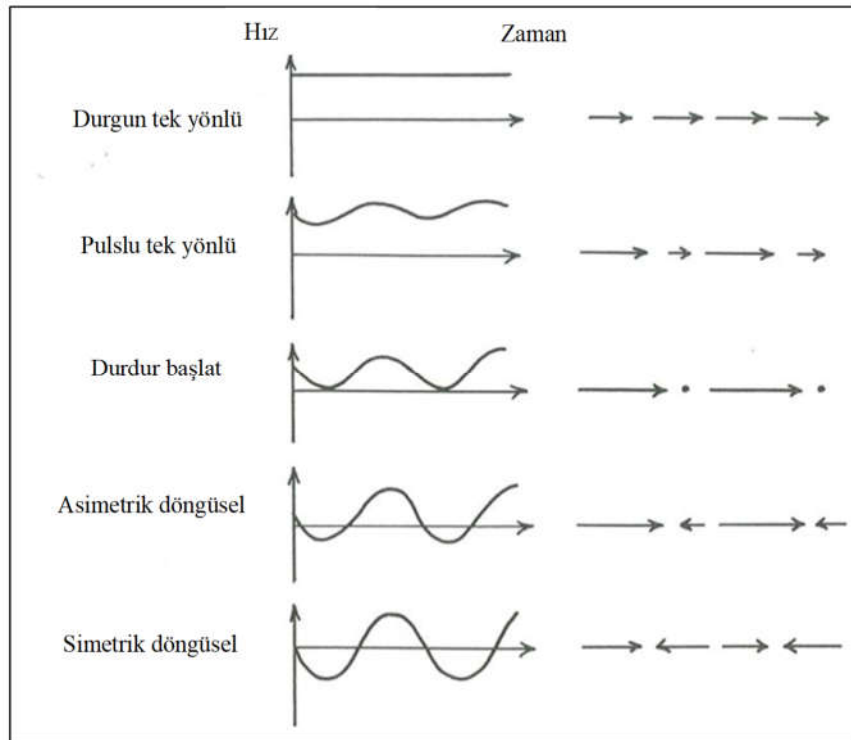
D_* : Boyutsuz dane çapı parametresi

2.1.3 Kombine Akımlar Altında Gelişen Deniz Taban Formları

Kıyısız alanlarda sıklıkla akıntı ve dalganın bir arada bulunduğu durumlar görülür. Kıyı bölgesinde ve açıklarda birçok farklı kaynaktan oluşan değişik akıntı tipleri gözlemlenir. Aynı şekilde dalganın karmaşık salınım hareketi düşünüldüğünde, farklı kombinasyonda akıntı ve dalga etkisini bir arada gözlemlemek mümkündür. Bu akıntı ve dalga etkisini bir arada barındıran akış durumuna kombine akım adı verilmektedir.

Akıntı dalgaya paralel, dik ya da karşı yönlü olabileceği gibi farklı açılarla da olabilir (Southard, 2006; van Rijn, 1993).

Bu kombine akımlar farklı taban formlarını oluştururlar. En basit tanımıyla kombine akımların oluşturduğu taban formlarını tanımlamak için yapılan bir deney çıktılarını inceleyelim. Deney bir tank içerisinde aynı yönde ve tek periyotta üretilen dalga ve akıntı etkisinin kumlu bir zeminde oluşturduğu tanecik hareketini incelemekte. İlk aşamada dalga hızı akıntı hızından yüksek tutuluyor ve taneciklerin buldukları yerde salındıkları ancak net yer değiştirmenin olmadığı görülüyor. Akıntı hızı arttırıldığında ve dalga hızını geçtiğinde ise taneciklerin tek bir yöne hareket ettikleri ancak hızlarının belirli zaman aralıklarında değiştiği gözlemlenmektedir (Şekil 2.7) (Southard, 2006). Bu tanecik hareketi bilgisi bize deniz taban formunun hangi hakim etki altında şekillendiği bilgisini vermektedir.



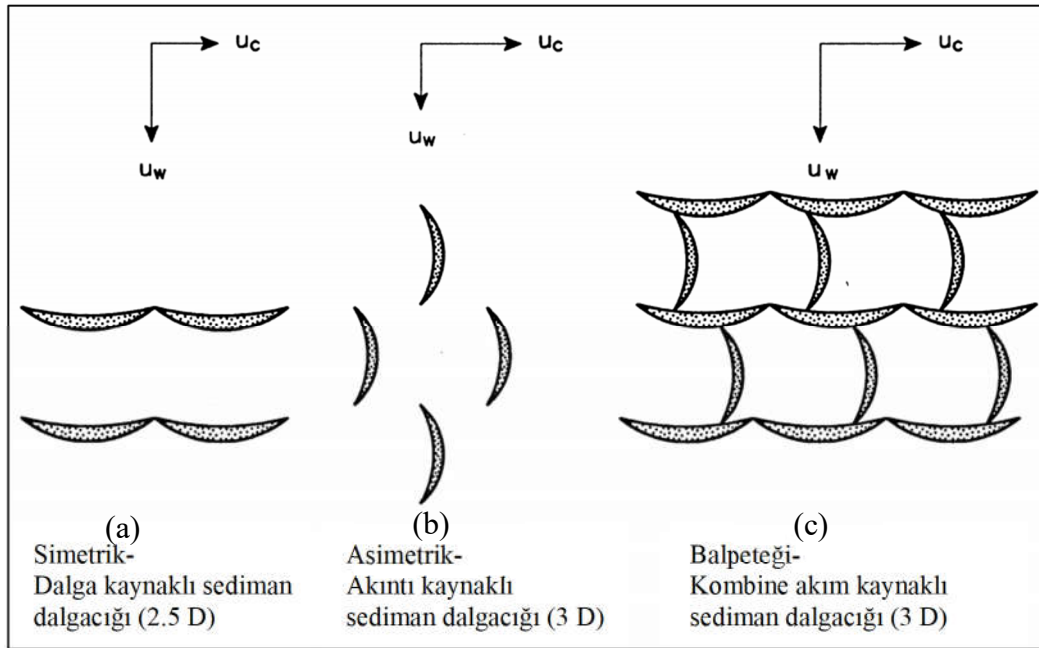
Şekil 2.7 Deneysel çalışma sonucu ortaya çıkarılan kombine akım altındaki tanecik hareketleri (Southard, 2006)

Ancak maalesef doğada olaylar bu kadar muntazam ve düzenli değildir. Doğada bu ileri ve geri hareketin simetrisini bozan etki sadece dalga etkin kombine akım

olmayabilir. Farklı yörüngesel hızlara sahip döngüsel dalgalar da (ör.: iki yönlü hareketin birinin hızı yüksek ama süresi kısa, diğeri ise yavaş ama süresi uzun olma durumu) tek başına bu etkiyi yapabilir. Bu durumu özellikle yukarıda dalga bahsinde geçen dalganın sığılaşma etkisine maruz kaldığı durumlarda gözlemlemek mümkündür (Southard, 2006).

Van Rijn (1993)'a göre kombine akımlar altında oluşan deniz taban yapıları dört kategoriye ayrılabilir. Bunlar;

- Simetrik, dalga kaynaklı sediman dalgacıkları: zayıf akıntı koşulunda, kum dalgacıklarının sırtı dalga yönüne dik olacak şekilde gelişirler (Şekil 2.8 a)
- Asimetrik, akıntı kaynaklı sediman dalgacıkları: güçlü akıntı ve düşük dalga hızı koşulunda, sediman dalgacıklarının akıntı yönüne dik olacak şekilde gelişirler (Şekil 2.8 b),
- Balpeteği şekilli kombine akım sediman dalgacığı dağılımı: dalga ve akıntı güçlerinin eşit olduğu koşulda gelişirler (Şekil 2.8 c),
- Paralel uzanan büyük ölçekli sırt ve barlar: sırt ve çukurlukları akıntı yönüne paralel uzanım gösterir



Şekil 2.8 Kombine akım altında kum dalgacıklarının dağılımı (van Rijn, 1993)

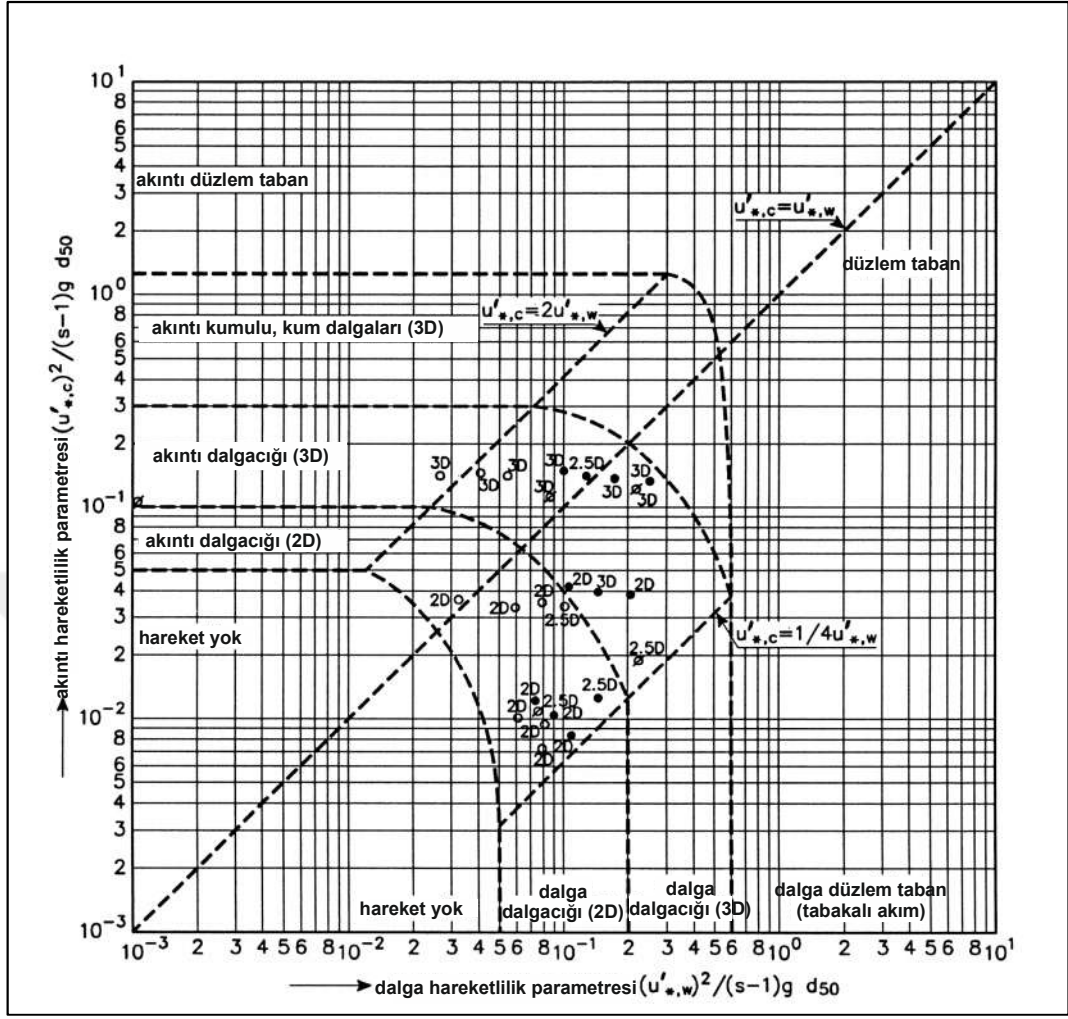
Amos ve Collins, (1978) gel-git akıntılarının etkin olduğu bir alanda yaptıkları arazi çalışmaları sonucu karşılaştıkları sediman dalgacıklarını şu şekilde sınıflandırmışlardır:

$U_w/u_c > 10$ ise dalga hakim sediman dalgacığı

$U_w/u_c < 1$ ise akıntı hakim sediman dalgacığı

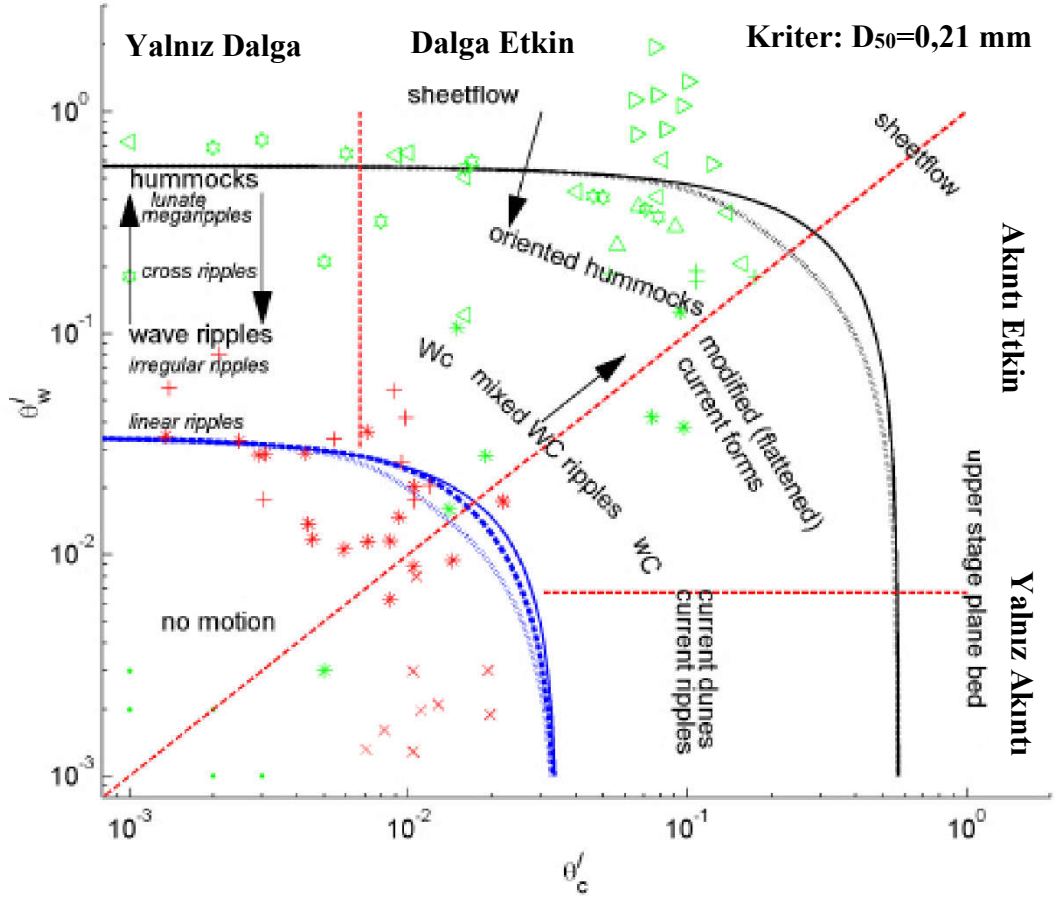
Kombine akımlar etkisinde oluşan taban formları üzerine genel kanı dalga ve akıntı koşullarının hangisinin daha baskın olduğuna göre değiştirdir. Eğer bir alanda dalga bileşeni akıntı etkisine baskın geliyorsa taban formları daha simetrik ve dik sırtlı olarak gözlemlenir. Akıntı gücü dalga etkisini aştığında ise özellikle karşıt yönlü olduklarında daha asimetrik formda ve büyük boy ve yükseklikte formların oluşması beklenir. Bu koşulda dalga etkisi kumul dalgacığın sırt kısmının daha yuvarlatılmış olmasına neden olur.

Deniz taban formlarının sınıflandırılması ile ilgili yapılan çalışmalardan biri Van Rijn, (1993)'nın ulaşabildiği tüm verileri kullanarak ve temel parametre olarak dalga ve akıntı ilişkili hareketlilik parametrelerini seçerek yaptığı faz diyagramıdır (Şekil 2.9). Bu diyagramda dalga ve akıntı hareketlilik parametrelerine göre oluşabilecek farklı deniz taban formları farklı bölgelerle ifade edilmektedir.



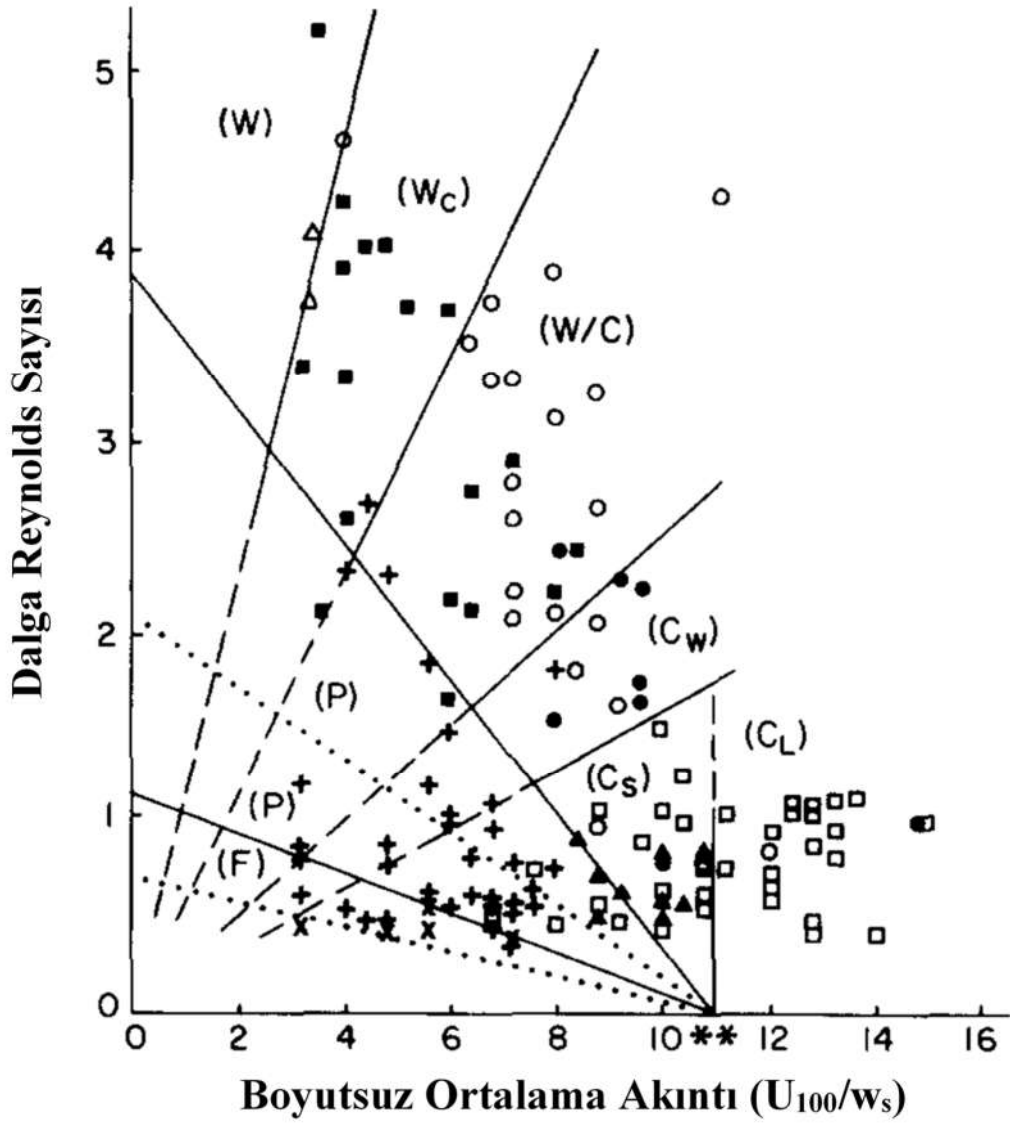
Şekil 2.9 Kombine akımlar altında deniz taban yapılarını sınıflandırma diyagramı (Van Rijn, 1993)

Bu diyagramı, öğrencilerinden Kleinhans 2005 yılında akıntı ve dalga Shields parametresini kullanarak ve yine geniş bir veri grubu ile Şekil 2.10'daki gibi geliştirmiştir. Bu çalışmada ise deniz taban formları dalga ve akıntı için hesaplanan Shields parametresine göre sınıflandırılmaktadır.



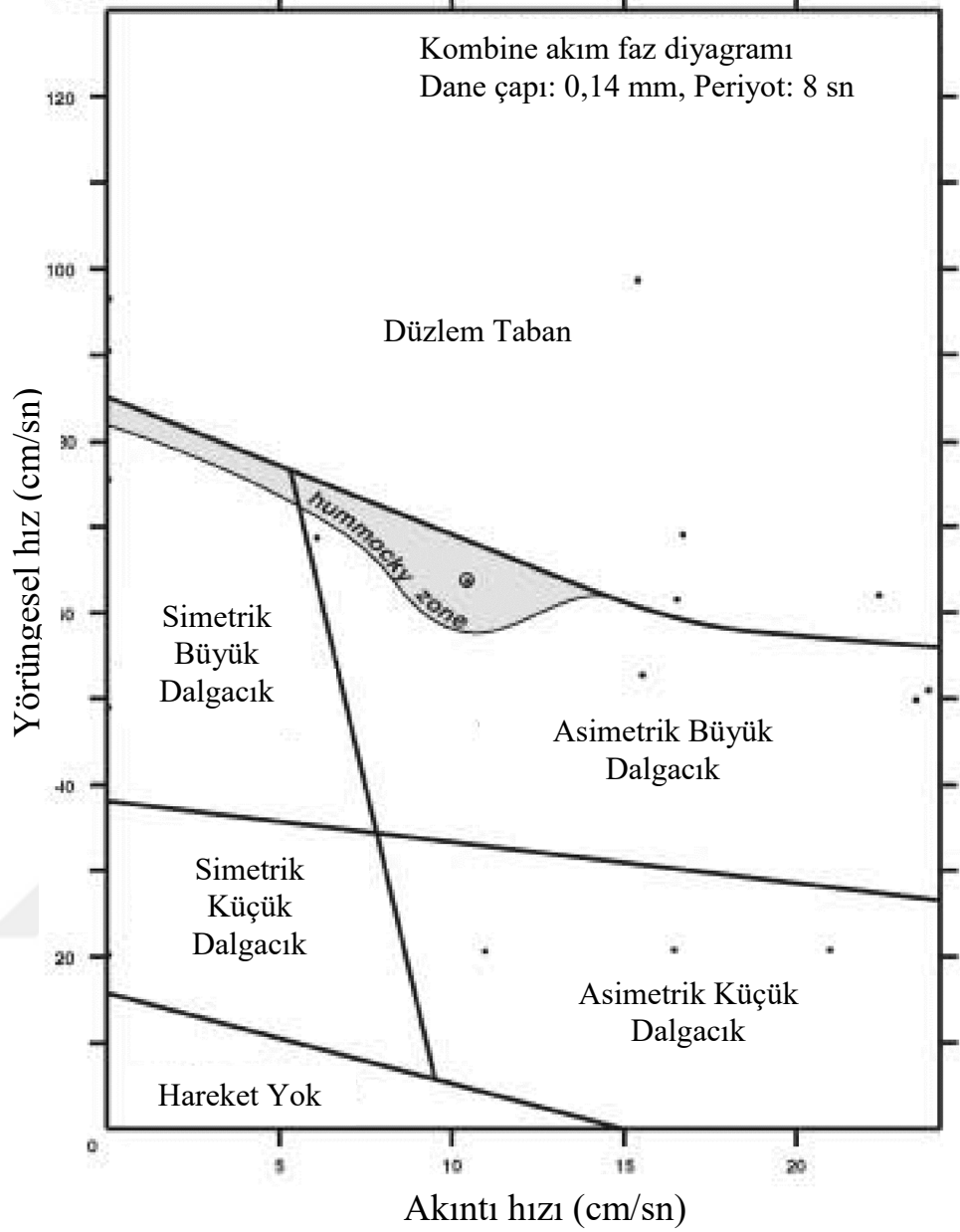
Şekil 2.10 Kleinhans (2005)'in geliştirdiği kombine akımlar için faz diyagramı

Bunların dışında literatürde benzer faz diyagramları mevcuttur. Bunlardan Amos, Bowen, Huntley, ve Lewis'in 1988 yılında önerdikleri faz diyagramı Şekil 2.11'de görülmektedir. Bu çalışmada yapılan arazi çalışması sonuçları değerlendirilmiş ve dalga Reynold sayısı ile boyutsuz ortalama akıntı (U_{100}/w_s) parametresine göre deniz taban formları sınıflandırılmıştır.



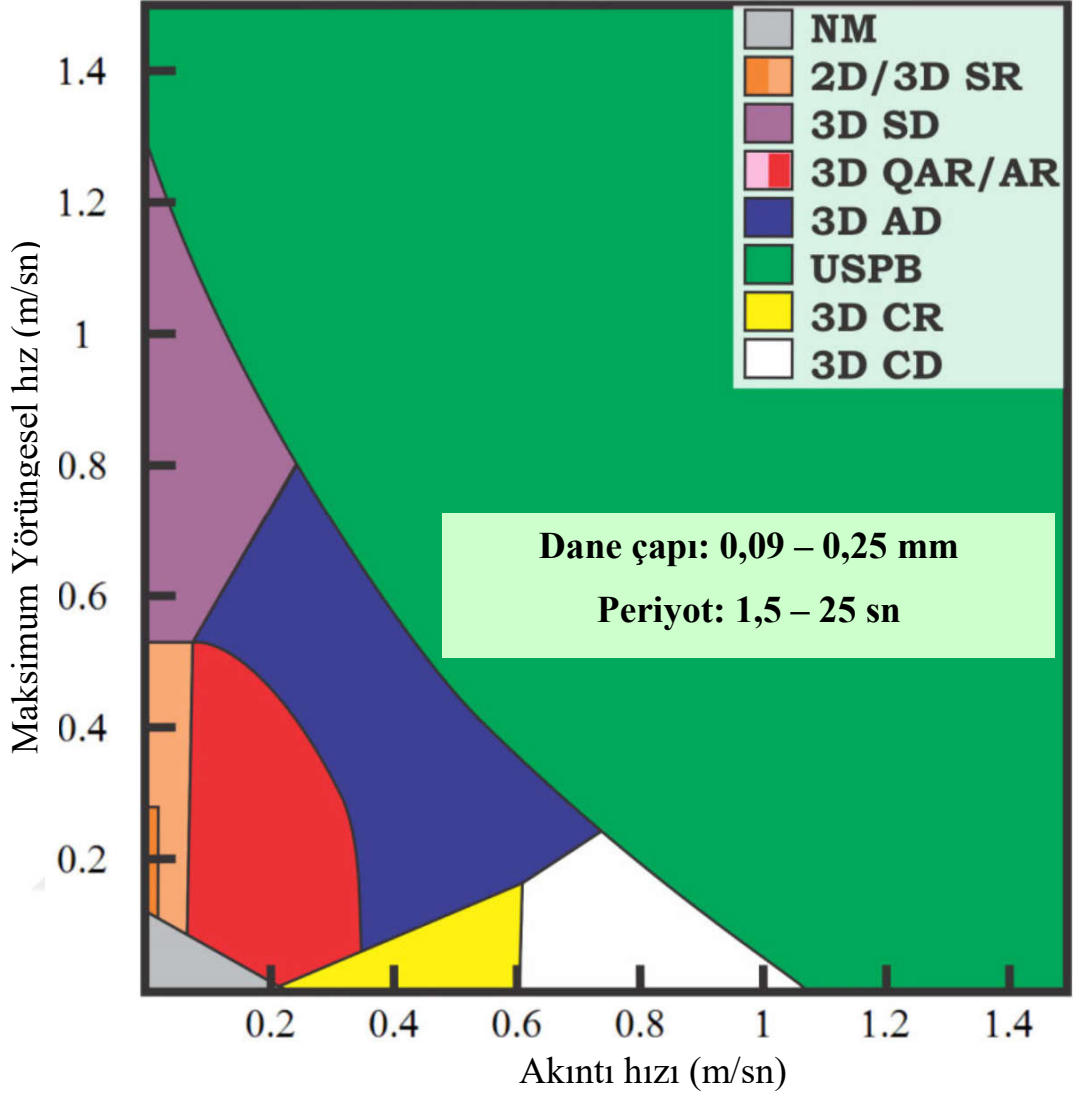
Şekil 2.11 Amos, Bowen, Huntley, ve Lewis, (1988)'in önerdiği faz diyagramı

Dumas ve diğer. 2005 yılında önerdikleri faz diyagramında ise deney sonuçlarını kullanmışlardır. Yapılan deneylerde akıntı ve dalga karşılıklı etkileşime sokulmuştur. Farklı sediman dane çapına sahip zeminlerde farklı periyotlarda gelişen deniz taban formları yörüngesel hız ve akıntı hızına göre sınıflandırılmıştır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Dumas ve diğer.(2005)'nin önerdiği faz diyagramı

En son önerilen faz diyagramlarından biri olan Perillo'nun (2014) doktora tezi kapsamında önerdiği faz diyagramı da yine deneysel çalışma sonucu üretilmiştir. Farklı sediman çaplarındaki zemin üzerinde gelişen deniz taban formları farklı periyotlarda gözlemlenerek akıntı hızı ve yörüngesel hıza göre sınıflandırılmıştır (Şekil 2.13)



Şekil 2.13 Perillo'nun (2014) önerdiği faz diyagramı (USPB: yüksek akım düzlem taban, 3D SD: üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D AR: üç boyutlu asimetrik dalgacık, 2D/3D SR: iki ve üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D QAR: üç boyutlu yarı asimetrik dalgacık, 3D CR: üç boyutlu akıntı dalgacığı, 3D CD: üç boyutlu akıntı kumulu, NM: hareket yok)

BÖLÜM ÜÇ

MATERYAL VE METOD

3.1 Çalışma Alanları

Tez kapsamında kombine akımların görülebileceği sedimanter ortam olarak iki nehir ağı seçilmiştir. Bu nehirlerden biri körfez bağlantılı Gediz Nehri, diğeri ise açık deniz bağlantılı Büyük Menderes Nehri (B. Menderes)'dir (Şekil 2.1).



Şekil 3.1 Çalışma alanları olan Gediz ve Büyük Menderes'in lokasyon haritası

3.1.1 Gediz

Gediz Nehri, Anadolu'dan doğup Ege Denizi'ne akan en büyük ikinci nehirdir. Nehir Kütahya'dan doğarak Uşak ve Manisa'yı geçtikten sonra İzmir Körfezi'ne dökülmektedir. Yaklaşık 401 km uzunluğu ve 17 000 km²'lik havzasıyla Türkiye'nin önemli havza alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu havza, içerisinde körfezler, alüvyal adalar tuzlalar, geniş tarım alanları ve zengin habitatlarıyla dört lagün mevcuttur. Bunların dışında delta farklı tür ve sayıda kuşa ev sahipliği yapmasıyla

dünya çapında “Önemli Kuş Alanı” olma özelliği göstererek 1998’de Ramsar Alanı ilan edilmiştir. Bölge aynı zamanda, tarım, balıkçılık ve tuz üretimi gibi konularda önemli bir ekonomik değer oluşturmaktadır.

Gediz Nehri’nin yatağı geçen yüzyıllar içerisinde birkaç kez değiştirilmiştir. Gediz ile ilgili ilk kayıt 16. yy’da Piri Reis’in Kitab-ı Bahriye (1935) isimli kitabıdır. Kitapta “Smyrna” adlı haritasında İzmir Körfezi görülmektedir ve Gediz Nehri güçlü akıntısıyla resmedilmiştir. Nehir yatağı son olarak 1886 yılında, körfezin sığlaşmasını engellemek için değiştirilerek günümüzdeki yerine taşınmıştır. Ancak bu yatak aslında nehrin eski yataklarından biridir (Kayan ve Öner, 2015). Taşındığı dönemde denize iki aktif kanalla bağlanan nehrin 1980 yılında kuzeybatıdaki kanalı kapatılarak günümüz aktif ağzı ile körfeze dökülmesi sağlanmıştır (Aksu ve Piper, 1983).

Gediz Nehri’nin hidrodinamik koşulları incelendiğinde, debi değerleri için nehir üzerinde akım ölçümleri gerçekleştiren EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü) ve DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü)’nin arşiv verisi ilk bilgiyi vermektedir. EİE 2011 akım gözlem yıllığında 512 nolu, ağza en yakın olan istasyonda 1962 ile 2011 (50 yıl) yılları arasında ölçülen ortalama debi değeri 37,1 m³/sn olarak verilmektedir. DSİ istasyonlarındaki mevcut durum incelendiğinde ise nehir ağzına en yakın dört debi (akım) ölçüm istasyonunda veri görülmemektedir. Veri bulunan en yakın istasyon Muradiye Köprüsü üzerindeki D05A025 kodlu istasyondur. Bu istasyonda 1969-2017 yılları arasında, 2001-2015 yılları arası ve 1998 yılı hariç (33 yıl) veri toplanmıştır. Toplanan tüm verilerden elde edilen yıllık ortalama akım değeri 32,9 m³/sn’dir (“DSİ-SVT rasatlar bilgi bankası,” 2019). Nehir üzerinde kurulu beş barajdan en büyüğü 1960 yılında nehir ağzından 180 km içeriye kurulan Demirköprü barajıdır (SYGM, 2018). Baraj kış ve sonbahar dönemlerinde sulama için kapatılmaktadır. Buna ek olarak yine sulama amaçlı nehir kolları dışında kurulan sulama tesisleri mevcuttur (DSİ, 2016).

Gediz Nehri ağzının etkisinde kaldığı rüzgar ile ilgili tez kapsamında ölçüm yapılmıştır. Literatürde nehir ağzındaki hakim rüzgarların kuzey-kuzeybatı (KKB) yönlü olduğu verilmektedir (Süzal, Bizsel, Bizsel, ve Hüsrevoğlu, 2008). İzmir

Körfezi'nde termoklin ve rüzgar etkisiyle oluşan akıntıların incelendiği Sayın ve Eronat'ın (2018) yaptığı çalışmada, kuzeyli rüzgarlar etkisinde Gediz önünde anti-siklonik bir akıntı rejimi oluştuğu görülmektedir.

Gediz Nehri'nde kirlilik ve azalan nehir debisi önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Minareci ve Işıktaş, 2018; Uluturhan Süzer, Kontaş, ve Yılmaz, 2015). Bu durum özellikle nehirdeki ve nehir ağzındaki biyoçeşitliliği olumsuz yönde etkilemektedir. Nehrin suyu bulanık ve kokulu akmaktadır. Bu durum sadece biyoçeşitliliği değil su kalitesini ve kirleticilerin taşındığı sediman karakteristiğini de etkilemektedir (Akçay, Oğuz, ve Karapire, 2003; Parlak, Boyac, ve Arslan, 2006).

Gediz nehir ağzı aynı zamanda hidromorfolojik evrim açısından değerlendirildiğinde nehir etkin-dalga kontrollü nehir özelliği göstermektedir. Her geçen yıl nehrin etkisi azalarak mevcut dalga koşullarını hakim hale getirmektedir (Oğuz Kaboğlu, Kaboğlu, ve Kısacık, 2019).

3.1.2 Büyük Menderes

Büyük Menderes Nehri 26 000 km²'lik havza alanı ile Ege Denizine dökülen en büyük nehir olma özelliği göstermektedir. Nehir 584 km uzunluğunda olup, Afyonkarahisar'ın Dinar ilçesinden doğarak Denizli'yi geçer ve Aydın'dan Ege Denizi'ne dökülür. Havza, dağlarla çevrelenmiş özel yapısı içerisinde geniş ovalara, küçük göllere, terk edilmiş kıvrımlı kanallara, kıyıda ise bataklıklara, kumul eşiklere ve lagünlere sahiptir (Büke ve diğer., 2011; Ergin, Kadir, Keskin, Turhan-Akyüz, ve Yaşar, 2007). Bölge biyolojik çeşitlilik anlamında da oldukça zengindir. Birçok endemik ve nesli tehlike altında olan türe ev sahipliği yapmaktadır. Ayrıca havza bünyesinde iki milli park, iki tabiat parkı, iki koruma bölgesi ve dört yaban hayatı geliştirme bölgesi bulunmaktadır. Bölgedeki en büyük ekonomik gelir kaynakları, havzanın yaklaşık %45'lik bir bölgesini kapsayan tarım ve tekstilden gıdaya kadar geniş bir yelpazede değişen sektörleriyle sanayidir (Büke ve diğer., 2011).

Büyük Menderes Nehri'nin debi bilgisi için, nehir üzerinde ölçüm istasyonları bulunan EİE ve DSİ istasyonları incelenmiştir. EİE istasyonlarından nehir ağzına en yakın aktif istasyon olan 706 nolu Aydın Köprüsü üzerindeki debi istasyonunun 1950 ile 2011 (62 yıl) yılları arasındaki ortalama debi değeri 53,7 m³/sn'dir. DSİ istasyonlarından ana kol üzerinde ağza yakın aktif bir istasyon bulunamamıştır. Nehir İzmir, Manisa, Kütahya, Isparta ve Muğla'dan kanallarla beslenmektedir (Büke ve diğer., 2011). Tez kapsamında Mart ve Mayıs dönemlerinde nehir ağzında akıntı ölçümü yapılmıştır.

Büyük Menderes açık denize bakan ağzı ile hidrodinamik evrimsel açıdan dalga etkin bir deltadır. Maruz kaldığı rüzgar yönleri tez kapsamında ölçülmüş olsa da literatürde hakim rüzgar yönü kış aylarında kuzey-kuzeydoğu olarak verilmekle birlikte bu dönemde kıyı boyu akıntısının güney yönlü olduğu verilmektedir (Aksu, Piper, ve Konuk, 1987).

3.2 Veri Toplama

Veri toplama çalışmaları 2017 yılında farklı dönemlerde gerçekleştirilmiştir. Gediz Nehri ağzında çalışmalar nehir ağzından 2,6 km açığa kadar yaklaşık 2 km genişliğindeki bir alanda yürütülmüştür. B. Menderes'te ise nehir ağzında 2 km açığa kadar 3,7 km genişliğindeki alanda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Her iki nehir de yaz döneminde deniz suyunun içeri girmesini engellemek ve sulama amaçlı kullanım için Mayıs sonunda kapatılarak Eylül ortalarında açılmaktadır. Çalışmalar nehrin açık ve kapalı olduğu dönemlerde yapılarak kombine akım etkisinin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Ancak Büyük Menderes'te deniz çalışmaları planlandığı şekilde yapılamamış ve nehrin kapalı olduğu dönem örneklenememiştir. Buna karşın yağışlı dönem sonrası temsil edecek nitelikte Mart ve Mayıs dönemlerinde ve kurak dönem sonrası Ekim döneminde ölçümler yapılmıştır. Bu nedenle çalışma sonuçları Büyük Menderes için kurak ve yağışlı dönem olarak değerlendirilmiştir. Gediz Nehri için ise nehrin kapalı olduğu Temmuz dönemi ve açık olduğu Ekim dönemi örneklemeleri yapılmıştır. Gediz için sonuçlar kombine akım ve kombine olmayan akım olarak

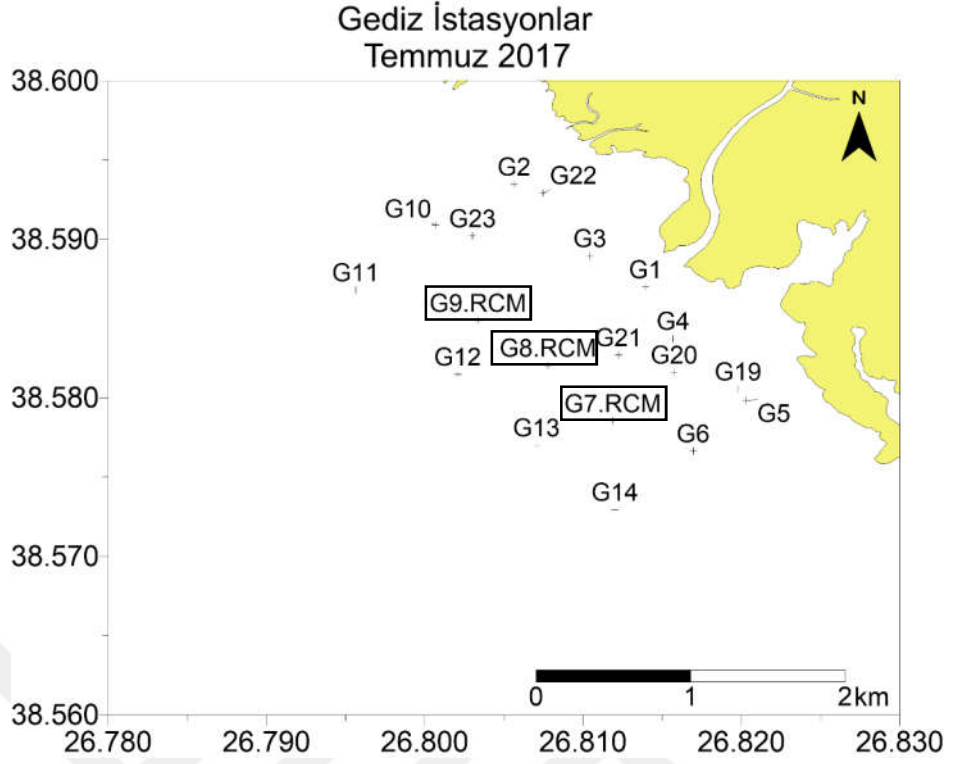
değerlendirilmiştir. Çalışma alanlarında yapılan ölçümler ve dönemleri Tablo 3.1’de özet olarak verilmektedir.

Tablo 3.1 Arazi çalışmalarında dönemlere göre alınan veriler

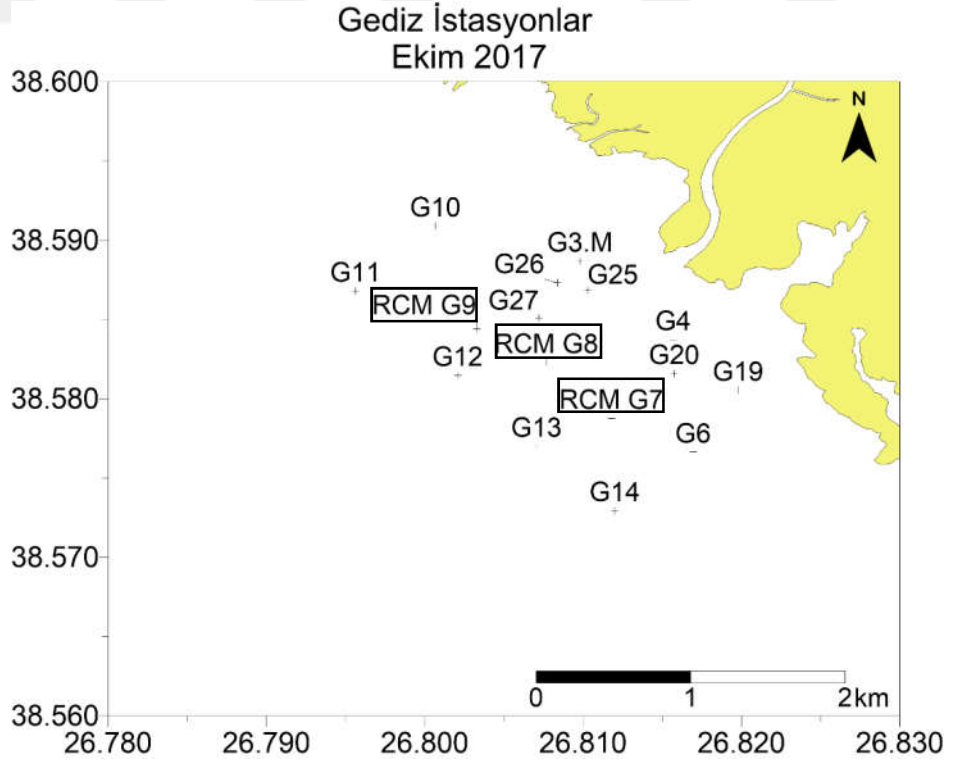
	Gediz		Büyük Menderes		
	Temmuz	Ekim	Mart	Mayıs	Ekim
Akıntı	+	+	+	+	+
Rüzgar	+	+	+	+	+
Sediman	+		+		
Dalgacık Ölçümü	+	+	+	+	+
CTD	+	+	+	+	+

Tez kapsamında yapılan tüm arazi çalışmaları ve ölçümler 115Y722 nolu TÜBİTAK 3501 projesi kapsamında, proje ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanları ve yapılan ölçümler aşağıdaki bölümlerde ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Gediz Nehri’nde iki dönemde yapılan örnekleme istasyonları Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de verilmektedir. Her iki çalışma döneminde de G7 RCM, G8 RCM, G9 RCM istasyonlarında akıntı ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Bölüm 3.2.2.1).

Gediz nehir ağzında bu iki dönemde çalışılan istasyonların koordinat listesi ve su derinlikleri Tablo 3.2. ve 3.3’te sunulmaktadır.



Şekil 3.2 Gediz için Temmuz dönemindeki çalışılan istasyonlar (G7 RCM, G8 RCM, G9 RCM akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)



Şekil 3.3 Gediz için Ekim dönemindeki ölçüm yapılan istasyonlar (G7 RCM, G8 RCM, G9 RCM akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)

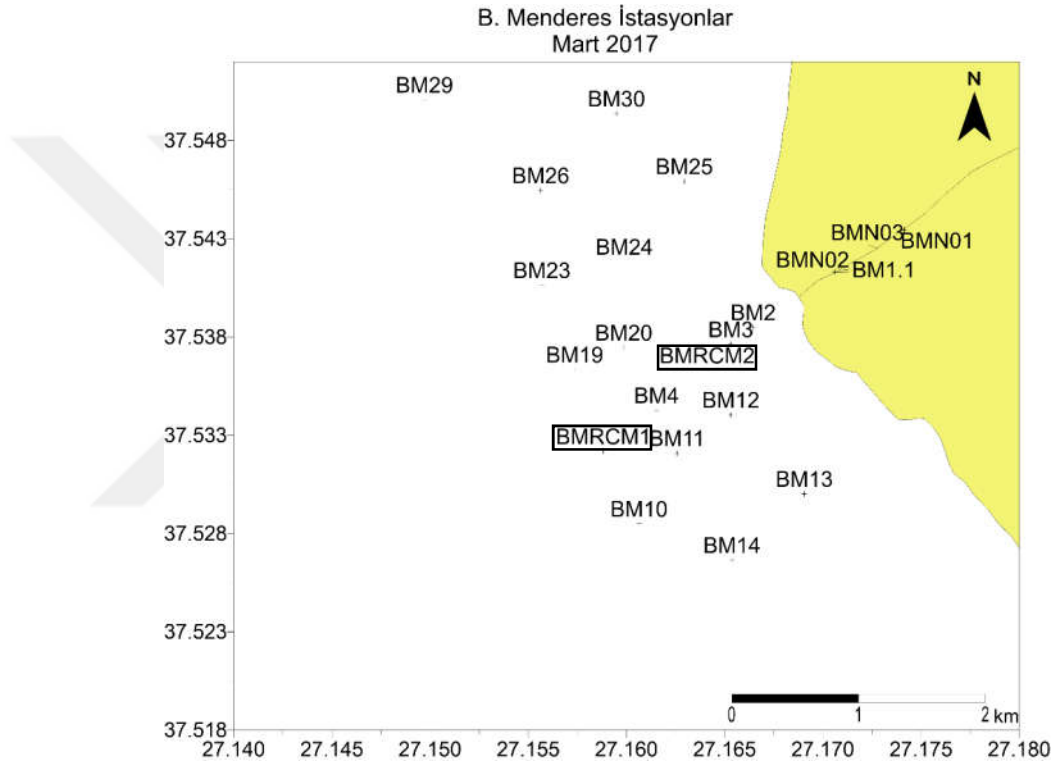
Tablo 3.2 Arazi çalışmalarında Gediz nehir ağzında Temmuz 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları

İst.	Su derinliği (m)	Koordinatlar	
		X	Y
G1	0,8	26,813947	38,586976
G2	1,5	26,805640	38,593460
G3	0,6	26,810430	38,588940
G4	0,7	26,815690	38,583730
G5	1,8	26,820320	38,579820
G6	3,5	26,816950	38,576630
G7.RCM	4,8	26,811880	38,578530
G8.RCM	4,5	26,807790	38,582030
G9.RCM	5,0	26,803360	38,584860
G10	3,4	26,800670	38,590900
G11	5,5	26,795630	38,586790
G12	9,6	26,802080	38,581470
G13	8,6	26,807060	38,577000
G14	6,1	26,812010	38,572940
G19	0,7	26,819790	38,580536
G20	0,5	26,815753	38,581592
G21	0,5	26,812240	38,582692
G22	1,6	26,807482	38,592920
G23	3,5	26,803022	38,590195

Tablo 3.3 Arazi çalışmalarında Gediz nehir ağzında Ekim 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları

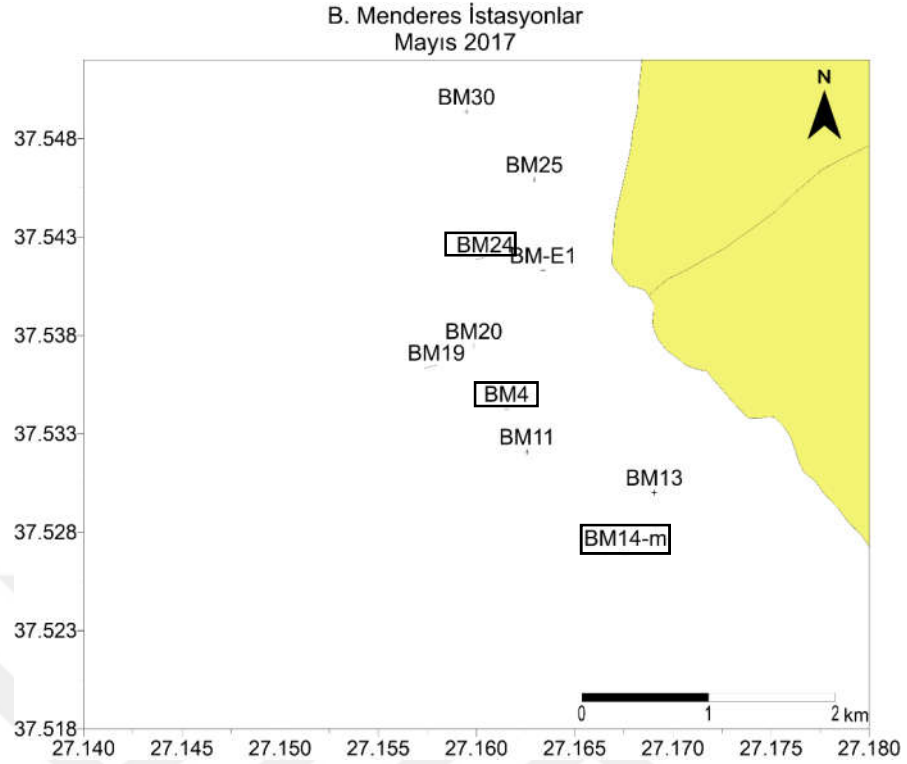
İst.	Su derinliği (m)	Koordinatlar	
		X	Y
RCM G7	4,7	26,811797	38,578762
RCM G8	4,4	26,807669	38,582284
RCM G9	5,5	26,803281	38,584397
G19	1,5	26,819790	38,580536
G20	1,0	26,815753	38,581592
G25	0,5	26,810305	38,586823
G4	0,5	26,815690	38,583730
G3.M	0,5	26,809799	38,588682
G26	1,6	26,808370	38,587326
G27	1,9	26,807194	38,585108
G6	3,6	26,816950	38,576630
G10	3,4	26,800670	38,590900
G11	5,5	26,795630	38,586790
G12	9,6	26,802080	38,581470
G13	8,6	26,807060	38,577000
G14	6,1	26,812010	38,572940

Büyük Menderes Nehri'nde ise yağışlı dönem olarak belirlenen Mart ve Mayıs dönemlerinde ölçüm yapılan istasyonlar Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te görülmektedir. Mart döneminde BMRCM1 ve BMRCM2 istasyonlarında Mayıs döneminde ise BM24, BM4 ve BM14-m istasyonlarında akıntı ölçümleri yapılmıştır. Büyük Menderes için kurak dönemi temsil eden Ekim dönemi istasyonları ise Şekil 3.6'da görülmektedir. Bu dönemde BM31, BM4 ve BM32 istasyonlarında akıntı ölçümleri yapılmıştır (Bölüm 3.2.2.1).

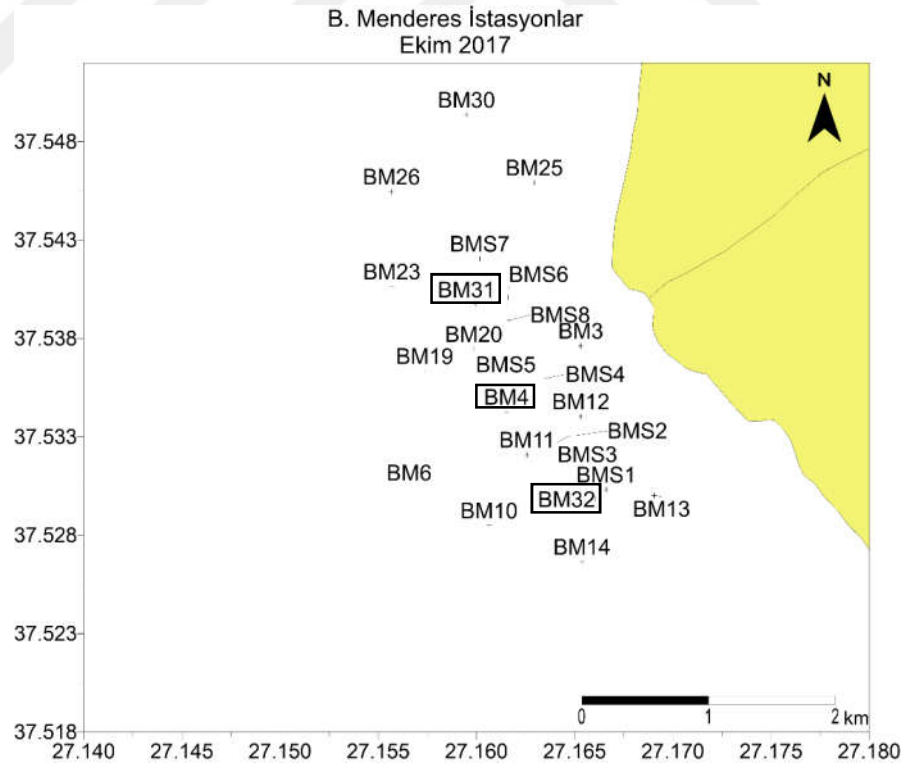


Şekil 3.4 Büyük Menderes için Mart dönemindeki ölçüm yapılan istasyonlar (**BMRCM1** ve **BMRCM2** akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)

B. Menderes nehir ağzında bu üç dönemde çalışılan istasyonların koordinat listesi ve su derinlikleri Tablo 3.4, 3.5 ve 3.6'da sunulmaktadır.



Şekil 3.5 Büyük Menderes için Mayıs dönemindeki ölçüm yapılan istasyonlar (**BM24, BM4 ve BM14-m** akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)



Şekil 3.6 Büyük Menderes için Ekim dönemindeki ölçüm yapılan istasyonlar (**BM31, BM4 ve BM32** akıntı ölçüm istasyonlarıdır.)

Tablo 3.4 Arazi çalışmalarında B. Menderes nehir ağzında Mart 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları

İst.	Su derinliği (m)	Koordinatlar	
		X	Y
BM1.1	2,8	27,170850	37,541470
BM10	8,2	27,160640	37,528490
BM11	5,6	27,162570	37,532090
BM12	3,5	27,165310	37,534040
BM13	4,1	27,169050	37,530020
BM14	7,0	27,165370	37,526650
BM19	6,1	27,157360	37,536340
BM2	1,2	27,166450	37,538490
BM20	4,9	27,159860	37,537460
BM23	7,7	27,155690	37,540640
BM24	3,8	27,159890	37,541830
BM25	2,4	27,162940	37,545920
BM26	8,7	27,155630	37,545460
BM29	12,6	27,149710	37,550070
BM3	1,1	27,165310	37,537630
BM30	5,8	27,159490	37,549370
BM4	5,0	27,161530	37,534270
BMRCM1	7,1	27,158830	37,532180
BMRCM2	2,7	27,164110	37,536300

Tablo 3.5 Arazi çalışmalarında B. Menderes nehir ağzında Mayıs 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları

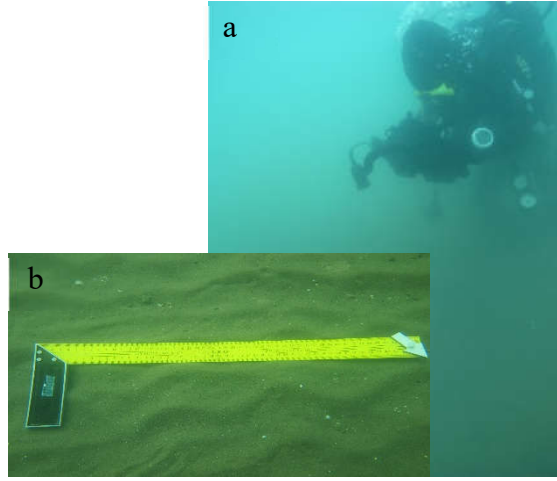
İst.	Su derinliği (m)	Koordinatlar	
		X	Y
BM24	3,8	27,159890	37,541830
BM4	5,0	27,161530	37,534270
BM14-m	5,8	27,167590	37,526950
BM30	5,8	27,159490	37,549370
BM25	2,4	27,162940	37,545920
BM-E1	2,0	27,163400	37,541310
BM20	4,9	27,159860	37,537460
BM19	6,1	27,157360	37,536340
BM11	5,6	27,162570	37,532090
BM13	4,1	27,169050	37,530020

Tablo 3.6 Arazi çalışmalarında B. Menderes nehir ağzında Ekim 2017 döneminde çalışılan istasyonlar ve koordinatları

İst.	Su derinliği (m)	Koordinatlar	
		X	Y
BM4	5,0	27,161530	37,534270
BM31	4,4	27,159970	37,539740
BM32	5,1	27,166070	37,529870
BM14	5,0	27,165370	37,526650
BM11	5,6	27,162570	37,532090
BM12	3,5	27,165310	37,534040
BM13	4,1	27,169050	37,530020
BM3	1,1	27,165310	37,537630
BM10	8,2	27,160640	37,528490
BM6	9,7	27,156570	37,530420
BMS4	3,2	27,163550	37,535983
BMS1	4,7	27,166600	37,530317
BMS2	3,9	27,165067	37,533067
BMS3	4,1	27,164733	37,533050
BMS5	3,3	27,162883	37,536683
BM20	4,9	27,159860	37,537460
BMS6	3,5	27,161567	37,539650
BMS7	3,5	27,160167	37,542050
BMS8	3,5	27,161633	37,538917
BM25	2,4	27,162940	37,545920
BM26	8,7	27,155670	37,545460
BM30	5,8	27,159490	37,549370
BM19	6,1	27,157360	37,536340
BM23	7,7	27,155690	37,540640

3.2.1 Sediman Dalgacıklarının Yerinde Ölçülmesi

İki nehir ağzında, tezin üretildiği proje kapsamında yürütülen akustik çalışmalar, bölgede oldukça küçük boyutlu taban formları olduğunu göstermiştir (Kısacık ve diğer., 2018). Akustik ölçümlerle boyutları belirlenemeyen bu sediman dalgacıklarının ölçümleri için yerinde görsel örnekleme yapılmıştır. Bu örnekleme kapsamında Bölüm 3.2’de verilen istasyonlarda dalış ile deniz tabanının mevcut durumu ölçekli olarak fotoğraflanmıştır. Çalışmalarda 1 adet Sony HDR-XR520VE Hd video kamera ve Sea&sea DX-2G sualtı fotoğraf makinası kullanılmıştır. Ölçümler için 40x4 cm ölçülerinde ölçekten yararlanılmış, istasyon derinlikleri Suunto Gekko dalış bilgisayarı kullanılarak kaydedilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 a) Sediman dalgacık ölçümü ve b) kullanılan ölçek (Kısacık ve diğer., 2018)

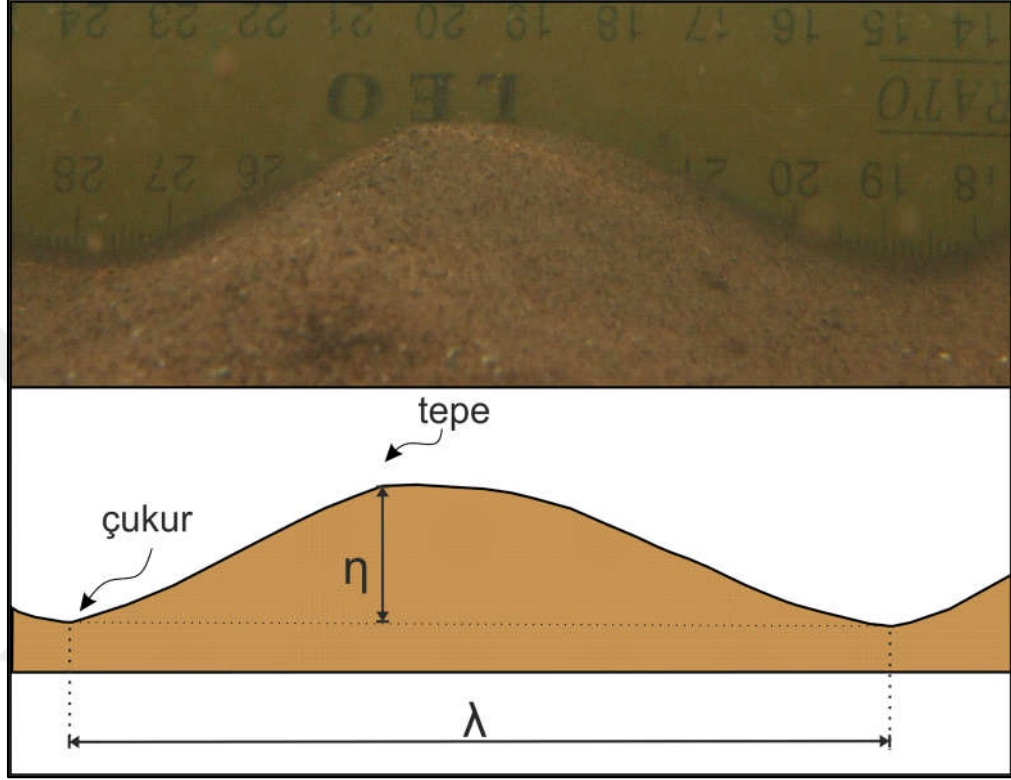
Yapılan sediman dalgacık ölçümlerinde, özellikle sığda olan bazı istasyonlarda bulanıklık nedeniyle ölçüm yapılamamıştır. Bazı istasyonlarda ise sediman dalgacığı gözlenmemiştir. Dalış yapılan ve ölçüm yapılan istasyon sayıları Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7 Gediz ve B. Menderes nehir ağzlarında yapılan dalış ve sediman dalgacığı ölçüm sayısı

	Gediz		Büyük Menderes		
	Temmuz	Ekim	Mart	Mayıs	Ekim
Dalış	6	10	18	10	19
Sediman dalgacığı ölçümü	3	6	7	7	12

Ölçümler istasyon bazlı ve her istasyonda en az beş replika olacak şekilde yapılmıştır. Mümkün olduğunca her istasyonda üstten ve yandan ölçekli çekim yapılmaya çalışılmıştır. Yapılan fotoğraf çekimleri sonrası her bir replika ölçek boyutları kullanılarak MapInfo CBS yazılımında kartezyen koordinat sistemine oturtulmuştur. Görüntü üzerindeki dalgacık geometrileri sayısallaştırılarak aşağıda tanımlanan dalgacık parametreleri ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde görüntü alım açısı nedeniyle oluşan hatalar, her bir ölçüme en yakın noktadaki yatay ve düşey bozulmanın ölçek üzerinde hesaplanmasıyla giderilmiştir. Yapılan bozulma hesabının ardından ölçümler düzeltilerek gerçek dalgacık boyutlarına ulaşılmıştır (Oğuz Kaboğlu, Kaboğlu, Kısacık, Akçali ve Alan, 2018).

Yapılan tüm ölçüm ve düzeltmelerden sonra deniz taban formunun uzunluk (λ) ve yüksekliği (η) sayısallaştırılmıştır. Şekil 3.8’de bir örnek görüntü üzerinde deniz taban form boyutları tanımlanmıştır.



Şekil 3. 8 Tez kapsamında ölçülen sediman dalgacığı ve dalgacığı tanımlayan parametreler

λ = dalgacık uzunluğu

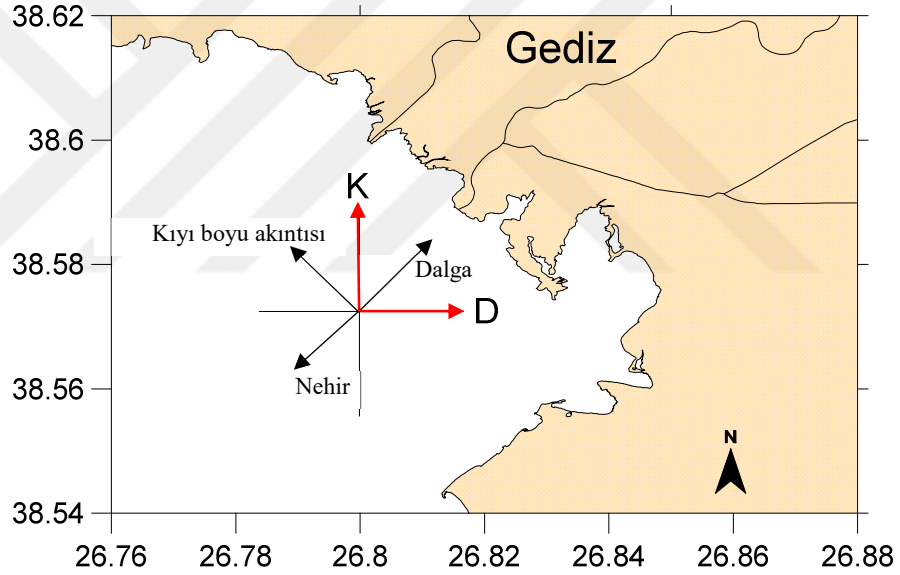
η = dalgacık yüksekliği

Ölçümler sonucu elde edilen sediman dalgacığı yüksekliği ve uzunluğu bize aynı zamanda literatürde tanımlanan dalgacık diklik indisini (ripple steepness index RS) vermektedir. Bu indis aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$RS = \eta / \lambda \quad (3.1)$$

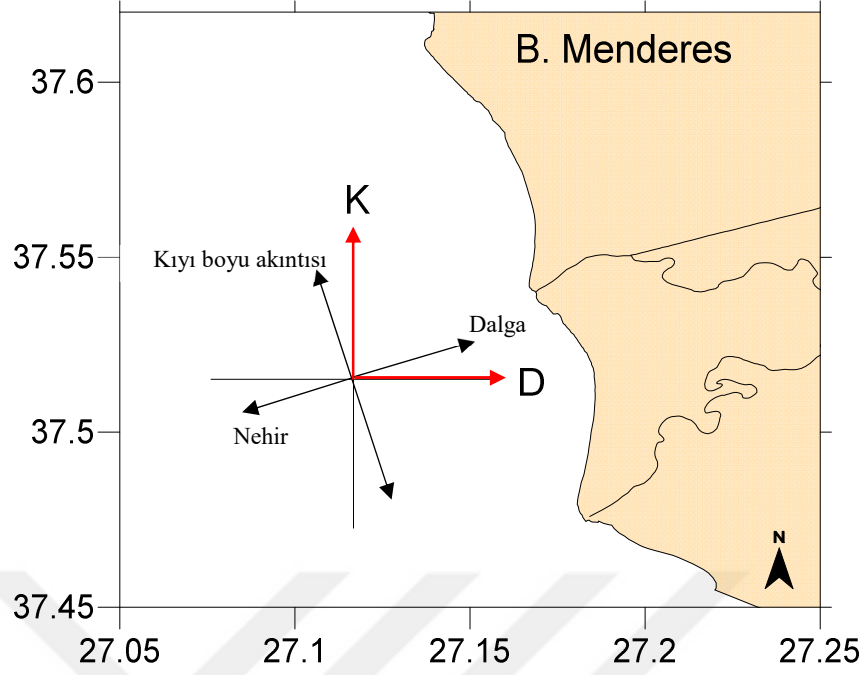
3.2.2 Hidrodinamik Ölçümler

Çalışma alanlarındaki hidrodinamik etkiler incelendiğinde temel kuvvetlerin dalga, kıyı boyu akıntısı ve nehir akıntısı olduğu söylenebilir. Tez kapsamında, çalışma alanındaki su derinliği ile etkin dalgaların boyları arasındaki oran (h/L) 0,04'ten küçük olduğundan çalışma alanları kırılma zonu içerisinde kalmaktadır. Sığ suda dalga yön değiştireceğinden hesaplamalarda dalga yönü kıyıya dik, nehir akıntısı dalga ile ters yönlü (nehir ağzının tam karşısında) ve kıyı boyu akıntısı ise kıyıya paralel olarak kabul edilmiştir (Yüksel ve diğer., 2016). Çalışmalar sırasında yapılan hidrodinamik ölçümler bu kabul ile değerlendirilmiştir. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da çalışma alanları olan Gediz ve Büyük Menderes için bu etkiler şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.9 Gediz Nehri'ni etkileyen hidrodinamik kuvvetler (siyah ok) ve ölçülen akıntı bileşenleri (kırmızı ok)

Gediz ve Büyük Menderes nehir ağızlarında hidrodinamik etkilerin belirlenebilmesi için akıntı ve rüzgar ölçümleri yapılmıştır. Yapılan bu ölçümlerin ayrıntıları ve değerlendirilmesi ile ilgili bilgiler ilerleyen bölümlerde açıklanmaktadır.

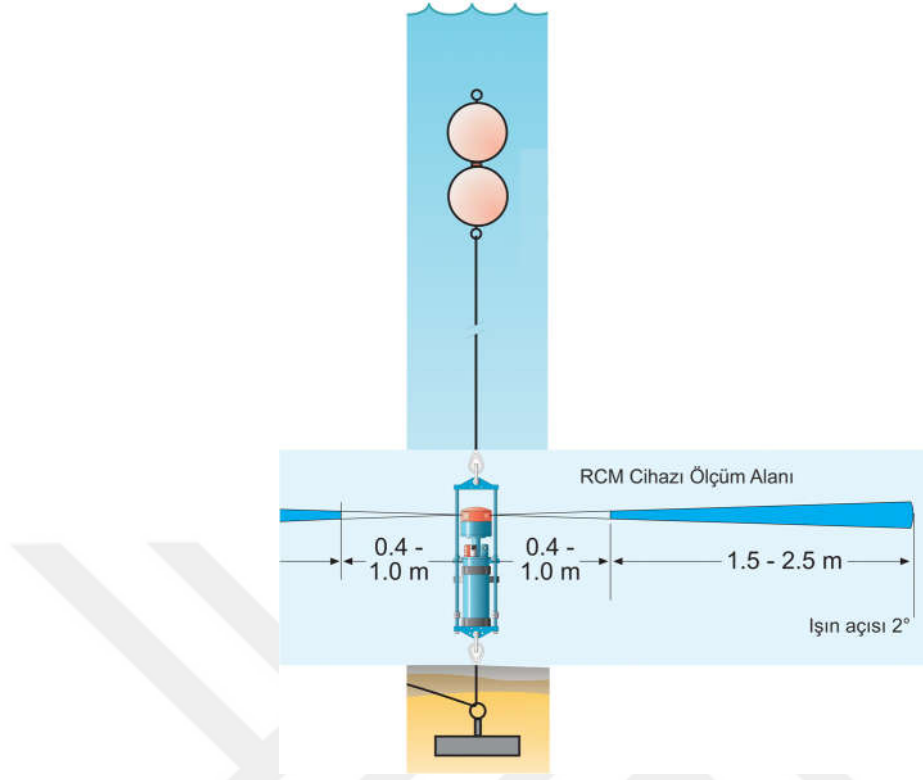


Şekil 3.10 Büyük Menderes nehrini etkileyen hidrodinamik kuvvetler (siyah ok) ve ölçülen akıntı bileşenleri (kırmızı ok)

3.2.2.1 Akıntı Ölçümleri

Her iki çalışma alanında akıntı rejimini belirleyebilmek için her çalışma döneminde, çalışma süresi boyunca noktasal akıntıölçerler ile ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerin yapıldığı istasyonlar Şekil 3.2 - 3.6'da verilen çalışma alanı ve istasyonların olduğu haritalarda görülmektedir.

Akıntı ölçümlerinde RCM (Recording Current Meter, Kaydedicili Akıntı Ölçer) aletleri kullanılmıştır. Aletler deniz tabanına beton bloklar üzerinde monte edilmiştir (Şekil 3.11). Monte edilirken, cihazın kuzey işaretinin doğru yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. Cihaz sürekli ölçüm yapmakla birlikte belirlenen sürelerde (çalışmalarda 10 dk olarak belirlenmiştir) alınan ölçümün ortalama değerini kaydetmektedir. Ölçüm boyunca üzerinde bulunan SD kart içerisine kayıt yapmaktadır.

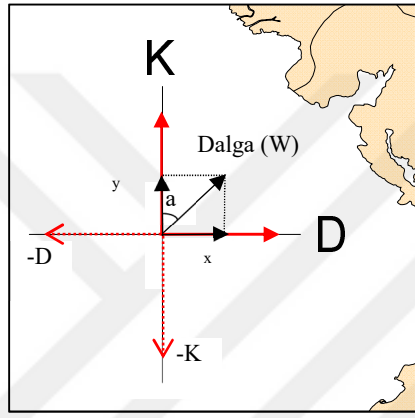


Şekil 3.11 Çalışma alanında kullanılan RCM cihazının montaj ve ölçüm alanına ait şematik gösterimi

RCM ölçüm cihazı baş kısmında bulunan dört transdüser ile çevresine gönderdiği 2°'lik ışın ile yaklaşık 3,5 m çaplı bir alanda ölçüm yapabilmektedir. Bu ölçüm alanının merkezdeki yaklaşık 0,4 ile 1 m'lik kısmında, aletten kaynaklanan bölgesel türbülans ve sonucunda oluşabilecek bulanıklaşmadan etkilenmemek için ölçüm alınmamaktadır (Şekil 3.11).

Cihazın ölçüm prensibi Doppler kayma etkisi prensibine dayanmaktadır. Bu prensibe göre, taneciğin ilerleyen tarafına doğru frekans değeri artarken ters tarafında azalır. Cihaz ortama içerisinde birçok farklı frekansın olduğu karmaşık bir ses sinyali gönderir. Buna cevaben ortamdan toplanan sinyallerin farklı frekanslara göre sınıflanmasından sonra dijital sinyal işlemci ile frekans kaymaları analiz edilmektedir. Bu analiz sonrası doppler frekansının hesaplanması için ARMA tabanlı bir parametrik model kullanılmaktadır (*RCM Operating Manuel, 2006*). Çıkış olarak cihaz mutlak hızı, açı olarak yönünü ve bu hızın vektörel olarak doğu ve kuzey bileşenlerini vermektedir. Bu bileşenlerde yön bilgisi + ve – olarak gösterilmektedir.

Arazi çalışmasında bu prensip ve aşamalarla toplanan akıntı verisi içerisinde dalganın oluşturduğu etkiyi de içermektedir. Dalga parametreleri ve akıntı parametreleri tez kapsamında ayrı ayrı incelenip değerlendirildiği için bu etkileri sayısal olarak birbirinden ayırmak gerekmektedir. Bu aşamada Şekil 3.12’de özet olarak verilen yaklaşım kullanılarak dalga etkisinden arındırılmış akıntı hızı belirlenmiştir. Şekilde dalganın bileşenleri W_x ve W_y olarak, dalga etkisinden arındırılmış akıntı A olarak, bileşenleri ise A_K ve A_D olarak verilmiştir. Dalga ile kuzeyin yaptığı dar açı ise a ile simgelenmiştir.



$$W_x = \sin a * W, \quad W_y = \cos a * W$$

$$A_K = (\pm K) - W_y, \quad A_D = (\pm D) - W_x$$

$$A = [(A_K^2) + (A_D^2)]^{1/2}$$

Şekil 3.12 Dalga etkisinden arındırılmış akıntı hızı hesabının gösterimi

Dalga parametreleri, bir sonraki başlık altında açıklandığı şekliyle belirlenmiştir. Belirlenen bu parametrelerle dalga yörüngesel hızına ulaşılmıştır. Dalga yönü kıyıya dik olarak kabul edildiğinden her iki çalışma alanı için kuzeyle yaptığı dar açı hesaplanmıştır. Buna göre Gediz Nehri için dalganın kuzeyle yaptığı dar açı 47° , Büyük Menderes için ise 70° ’dir. Buradan hareketle dalganın kuzey ve doğu yönündeki bileşenleri basit trigonometrik yöntemle hesaplanmıştır (Şekil 3.12). Hesaplanan bu bileşenler toplam akıntının doğu ve kuzey bileşenlerinden çıkartılarak dalga etkisi elemine edilmiştir. Elde edilen yeni bileşenlerden analizlerde kullanılacak bileşke akıntı hızı elde edilmiştir. Hesaplanan akıntının yönü ise bileşenlerinin yön bilgisi kullanılarak trigonometrik hesapla açı olarak elde edilmiştir.

3.2.2.2 Rüzgar Ölçümleri

Tez kapsamında dalga parametrelerinin elde edilmesi için rüzgar ölçümleri kullanılmıştır. Büyük Menderes için rüzgar verileri, kurulan meteoroloji istasyonu ile elde edilmiştir. İstasyon rüzgar ölçümleri ilk aşamada nehir ağzına yakın bir balıkçı barınağına, ölçüm prensibinde gerektiği gibi deniz seviyesinden 10 m yukarıya yerleştirilen bir anemometre ile saatlik yapılmıştır. Bölge koşullarının elverişli olmaması nedeniyle Mart 2017’de istasyon yeni ölçüm aletiyle çalışma alanının güneyine, Taşucu balıkçı barınağı yanındaki bir tesise taşınmıştır. Burada halen yarım saatte bir ölçüm almakta olan Davis Vantage VUE anemometresi rüzgar yönünü ve hızını ölçmektedir. Cihaz sürekli ölçüm yapmakta ve kayıt anında örnekleme süresindeki ortalama rüzgar hızını ve yönünü vermektedir.

Gediz nehir ağzındaki dalga parametrelerinin belirlenmesi için ise nehir ağzına yaklaşık 10 km mesafede olan Foça’da İZSU’nun kurulu meteoroloji istasyonundaki son bir yıllık rüzgar verisi kullanılmıştır. İstasyonda veriler 10 dk’lık aralıklarla kayıtlanmıştır.

Bu bölümden sonra bahsedilecek olan dalga parametrelerinin elde edilmesinde kullanılan yöntem ve analizler 115Y722 nolu TÜBİTAK 3501 projesi kapsamında, projenin ODTÜ ekibi tarafından yapılmıştır (Kısacık ve diğer., 2018).

Yapılan rüzgar ölçümleri uzun dönemli dalga iklimi tahmini için yeterli sürede yapılamadığı için analizlerde uzun süreli rüzgar verisine ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyacı karşılamak için iki farklı kaynaktan uzun süreli rüzgar ölçümleri değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirilen veri setlerinden biri 1979-2010 tarihleri arasındaki Amerika Ulusal Hava Tahmin Merkezi İklim Tahmin Sistemi Analiz NCEP-CFSR (The National Centers for Environmental Prediction Climate Forecast System Reanalysis), diğeri ise 1983-2018 yılları arasındaki Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi ECMF (European Centre for Medium-Range eather Forecasts) verisidir. Bu iki kaynaktan alınan verilerin ölçülen bir yıllık rüzgar verileriyle uyumuna bakılarak kullanılacak uzun süreli veri seti seçilmiştir. Bu amaçla iki çalışma

alanındaki rüzgar hız ve yönleri ile veri setleri arasındaki istatistiksel uyuma bakılmıştır (Kısacık ve diğer., 2018).

Orijinal veri setleri ile diğer veri setlerinin karşılaştırılması için normalize edilmiş üç istatistiksel parametre kullanılmıştır. Bu istatistiksel parametreler ve ilgili kısa açıklamalar aşağıda verilmektedir. İstatistik parametrelerin açıklamasında orijinal veri seti (tez kapsamında yapılan ölçümler) “gözlenen veri”; ECMWF ve ya CFSRv2 veri setleri ise “tahmin edilen veri” olarak adlandırılmıştır.

Karesel Ortalama Hata Varyasyon Katsayısı (KOHVK): Karesel ortalama hata zaman serisi analizlerinde, tahmin yönteminin performansının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir istatistiksel parametredir. KOHVK ise verinin ölçeklendirilmesine bağlılığı ortadan kaldıran bir parametredir.

$$KOHVK = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^m (y_{gözlenen,t} - y_{tahmin,t})^2 / m}}{\bar{y}_{gözlenen}} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de m veri sayısı, $y_{gözlenen}$ ölçümler ve model çalışmaları sonucu elde edilmiş orijinal veri, y_{tahmin} tahmin edilen veri ve $\bar{y}_{gözlenen}$ ise ölçümler sonucu elde edilmiş olan orijinal verinin ortalamasıdır.

Normalize Mutlak Ortalama Hata (NMOH): Mutlak ortalama hata, gözlemlenen veri ile tahmin edilen veri arasındaki hatayı yansıtmak için kullanılan diğer bir parametredir. NMOH ise verideki ölçek etkisinin ortadan kaldırılması için normalize edilmiş mutlak ortalama hatayı gösterir.

$$NMOH = \frac{\sum_{t=1}^m |y_{gözlenen,t} - y_{tahmin,t}| / m}{std(y_{gözlenen})} \quad (3.3)$$

Denklem 3.3’te m veri sayısı, $y_{gözlenen}$ ölçümler ve model çalışmaları sonucu elde edilmiş orijinal veri, y_{tahmin} tahmin edilen veri ve $std(y_{gözlenen})$ ise ölçümler ve model çalışmaları sonucu elde edilmiş olan orijinal verinin standart sapmasıdır.

Tahmin Kabiliyeti (TK): İklim verileri ile ilgili çalışmalarında yaygın olarak tahmin edilebilme kabiliyetini belirlemek için kullanılan bir istatistiksel parametre olan Tahmin Kabiliyeti (TK), aşağıda verilmektedir.

$$TK = 1 - \frac{var(y_{gözlenen} - y_{tahmin})}{var(y_{gözlenen})} \quad (3.4)$$

Denklemden, $var(y_{gözlenen} - y_{tahmin})$ ölçümler ve model çalışmaları sonucu elde edilmiş orijinal veri ile tahmin edilen veri arasındaki farkın, diğer bir deyişle hatanın, varyansı; $var(y_{gözlenen})$ ise ölçümler ve model çalışmaları sonucu elde edilmiş olan orijinal verinin varyansıdır. Veri setleri arasında yapılan istatistik karşılaştırma sonuçları ise Tablo 3.8’de sunulmaktadır.

Tablo 3.8 Rüzgar veri setlerinin istatistik karşılaştırma sonuçları

	B.Menderes		Gediz	
	Ölçüm – CFSRv2	Ölçüm - ECMWF	Ölçüm – CFSRv2	Ölçüm - ECMWF
Tahmin Kabiliyeti	0,0644	0,1330	0,0496	0,1201
Normalize Yanlılık	0,2265	0,1567	-0,3963	-0,3948
KOHVK	0,9256	0,8787	0,7148	0,6909
NMOH	0,7047	0,6924	1,0610	1,0880
Ölçüm Ortalama Hız	6,5661	6,2410	3,6656	3,6677
Karşılaştırılan Veri Seti Ortalama Hız	5,1801	5,3297	4,6524	4,6507

Tablo 3.8’de verilen istatistiksel karşılaştırmalarda CFSRv2 veri setinin ölçüm sonuçları ile çok daha iyi bir benzetime (KOHVK) sahip olduğu görülmektedir. Tahmin Kabiliyeti açısından ise CFSRv2 veri seti ECMWF veri setine göre çok daha üstündür. (Tahmin kabiliyeti sonucu 0’a ne kadar yakınsa o kadar başarılı demektir.) Yanlılık açısından değerlendirildiğinde CFSRv2 ve ECMWF veri setleri Büyük Menderes’te ölçümlere oranla daha düşük, Gediz’de ise daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum ortalama hızların karşılaştırılmasında da ortaya çıkmaktadır.

Bu analizler sonucunda, proje kapsamında yapılan uzun dönem dalga iklimi çalışmasında hem ECMWF hem de CFSR veri setleri değerlendirilmiş, saha çalışma dönemi için modellenen dalga parametreleri içinse CFSRv2 veri setinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Uzun dönemli rüzgar ve dalga istatistikleri için ise ECMWF ve CFSR veri setleri kullanılarak yıllık ve mevsimsel rüzgar gülleri hazırlanmıştır. Ayrıca yörenin dalga ikliminin belirlenmesi için ODTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi'nde geliştirilmiş olan "Derin Deniz Dalga Tahmin Matematik Modeli" kullanılmıştır. Bu model yardımıyla ve yörenin etkin yönler için bulunan kabarma uzunlukları ile rüzgar verileri kullanılarak 32 yıl süre ile gerçekleşen fırtınalarda oluşan rüzgar dalgalarının belirgin dalga yükseklikleri (H_s , en yüksek dalgaların 1/3'ünün ortalaması) ve periyotları (T_s) saptanmıştır. Bu veriler kullanılarak yöreye ait derin deniz dalga dikliği (derin deniz dalga yüksekliğinin dalga boyuna oranı, H_0/L_0) hesaplanmıştır.

Deniz dalga tahmin modeli ve saatlik dalga verisinin üretilmesi için SWAN deniz dalga tahmin modeli kullanılmıştır. Bu model, Hollanda'da Delft Üniversitesi ve Özel Sektör işbirliği ile gerçekleştirilen 3. nesil bir dalga tahmin modelidir. Yaklaşık olarak 50 ülkede 700 enstitü tarafından yaygın olarak kullanılan bu model ile, derin deniz dalga koşulları, rüzgâr, taban topoğrafyası, derin ve sığ sulardaki akıntı ve gelgit bilgilerine dayanarak kıyısal çevreler için düzensiz dalgalar hesaplanmaktadır. SWAN modeli; akıntı ve derinlikten kaynaklı yansımayı, lineer olmayan dalga ilişkilerini ve rüzgar kaynaklı dalga oluşumunu içermektedir. Model zamana ve yere bağlı dalga dağılımını, sığlaşmayı, rüzgarla dalga oluşumunu, taban sürtünmesini ve derinliğe bağlı kırılmayı, bitki örtüsü nedeniyle güç kaybını, engellere karşı yansımayı ve kırınımı hesaplar ve bu fiziksel hesaplamalar sonucu çıktıları vermektedir. Saatlik rüzgar hız ve yön bilgisi ile batimetri bilgisinin modele girdi olarak tanımlanması sonucunda çalışma alanları için belirgin dalga yüksekliği ve dalga periyotları ile ortalama dalga yönü bilgisi modellenmiştir.

Dalga parametrelerinin SWAN modeli ile üretilebilmesi aşamasına geçildiğinde doğru sonuçlara ulaşabilmek için modelin tüm Ege Denizi'ni kapsayacak şekilde kurulması uygun görülmüştür. Bu şekilde Ege Denizi'nde adalardan ve engebeli kıyı çizgisinden doğacak etkiler de dikkate alınmış olmaktadır. Ancak bu çalışma alanlarının Ege Denizi'ndeki ölçeği düşünüldüğünde yetersiz kaldığı için çalışma bölgelerine tekrar yakınlaşarak daha küçük gridlerle model tekrar çalıştırılmıştır. Son olarak iki çalışma alanı için de lokal etkileri temsil edebilecek yakın alanlar belirlenerek daha hassas açık deniz değerleri belirlenmiştir. Bu şekilde saha çalışmalarının yapıldığı zaman aralığını kapsayan 3 aşamalı içi içe geçen bir modelleme tercih edilmiştir. Çalışma dönemleri ve bu dönemlere ait dalga parametrelerinin üretildiği zaman aralıkları Tablo 3.9'da verilmiştir. Seçilen bu aralıklar çalışma dönemini ve bir önceki yüksek dalga enerjili dönemi kapsayacak şekilde seçilmiştir. Yapılan çalışmalardan, sediman dalgacıklarının değişen hidrodinamik koşullara hızlı tepki verdiği ancak sedimanın koheziv özelliğinin artmasıyla bu tepkinin geciktiği bilinmektedir (Kleinhans, 2005; Lichtman, 2017; Traykovski, Hay, Irish, ve Lynch, 1999). İki çalışma alanında da gözlenen yüksek koheziv özellikteki sediman karakteristiği nedeniyle bu periyot uzun alınmıştır.

Tablo 3.9 Yapılan arazi çalışmaları ve her bir çalışma için saatlik dalga analizi yapılan tarihler

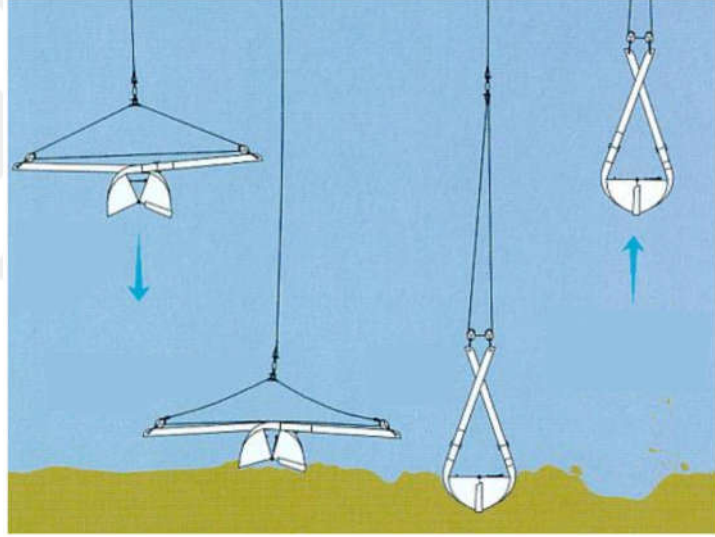
Çalışma Alanı	Saha çalışması tarihleri	Model tarafından çalışılan tarihler
B. Menderes	12-13 Mart 2017	26 Şubat – 15 Mart 2017
B. Menderes	23-24 Mayıs 2017	19 – 26 Mayıs 2017
B. Menderes	18-19 Ekim 2017	1-22 Ekim 2017
Gediz	25 Temmuz 2017	17-26 Temmuz 2017
Gediz	9-10 Ekim 2017	1-12 Ekim 2017

Bu süreçler sonucunda model içerisinden belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3}$) her bir dönemi temsil edecek tek değer olacak şekilde seçilmiştir. Seçilen bu değerler Goda (2000)'nin derin deniz için verdiği dönüştürme tablosu Jonsap spektrumu $\gamma:3.3$ kullanılarak $H_{1/10}$ a çevrilmiştir. Elde edilen değerler yani derin deniz $H_{1/3}$ ve $H_{1/10}$ değerleri Goda, (2000)'nin sığ su için önerdiği K_S katsayısı ($H_{1/10} = H_{(1/10)0} K_S$) formülü ile sığdaki her bir istasyon için hesaplanmıştır.

Tüm bu model sonuçları ve hesaplamalar sonucu elde edilen $H_{1/3}$, $H_{1/10}$, T_P (dalga pik periyodu (wave peak peryod)), T_m (dalga ortalama periyodu (mean wave peryod)) parametreleri gerekli formül hesaplarında kullanılmıştır.

3.2.3 Sediman Örnekleme

Tez kapsamında önemli bir yeri olan deniz tabanı sediman karakteristiği, Van Veen model kepçe (grab) ile alınan yüzey sediman örneklerinin analizleriyle belirlenmiştir. Yöntemde yüzey sedimanının yaklaşık 10 cm'lik kısmı örneklenmektedir (Şekil 3.13). Bu yöntemin özelliği gereği çalışma dönemi boyunca sediman özelliklerinde değişim gözlenemeyeceği için örnekleme tek dönem yapılmıştır.



Şekil 3.13 Deniz tabanı sediman örneklemesinde kullanılan Van Veen grab çalışma prensibi (Hostens ve diğer., 2013)

İlk çalışma döneminde yapılan bu örneklemler Gediz'de, Şekil 3.2'de verilen Temmuz istasyonlarında (G-10 ve G-21 hariç) gerçekleştirilmiştir. Büyük Menderes'te ise Şekil 2.4'te verilen Mart istasyonlarında (nehir içerisindeki BMN-01, 02 ve 03 istasyonları hariç) sediman örneklemleri yapılmıştır. Gediz Nehir ağzından 17 adet, Büyük Menderes Nehir ağzından 19 adet olan sediman örnekleri Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü bünyesinde bulunan Jeoloji Laboratuvarı'nda ASTM (American Society for Testing and Materials) standartlarına

göre analiz edilmiştir. Yapılan deneyler ve ilgili standartları Tablo 3.10'da görülmektedir.

Tablo 3.10 Sediman örneklerine uygulanan analizler ve ilgili standartlar

Belirlenen Parametre ve Özellikler	Belirleme Yöntemi	Standart
Sediman dane çapı dağılımı	Mekanik elek analizi	ASTM D421
	Hidrometre analizi	ASTM D422
Sediman su içeriği (w)	Su içeriği deneyi	ASTM D2216
Sediman özgül ağırlığı (G_s)	Özgül Ağırlık deneyi	ASTM D854

Yapılan analizler sonucunda çalışma alanlarını karakterize eden sediman özellikleri elde edilmiştir. Üretilen sediman dane çapı dağılımı orta değeri olan D₅₀ kullanılarak çalışma alanlarındaki sediman, kum, silt ve kil olarak sınıflara ayrılmıştır (Shepard, 1954). Bu sınıfların oluşturulmasında kum ve siltin sınır değeri olarak 0,0625 mm, silt ile kilin ayırım sınırı ise 0,004 mm olarak alınmıştır. Elde edilen bu silt ve kil yüzdeleri toplamı çamur içeriği (mc) olarak kullanılmıştır. Bu üretilen parametreler faz diyagramları, tahmin formülleri ve boyut analizlerinde kullanılmıştır ve bu bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

Bu örnekleme ve analizler sonucunda sediman dane çapı dağılım parametreleri D₅₀ ve D₉₀, özgül ağırlık (G_s) ve su içeriği (w) parametreleri elde edilmiştir. Sediman ile ilişkili gereken diğer parametreler bölümlerde bu parametreler kullanılarak elde edilmiştir.

Bunlardan porozite (n) parametresi önce boşluk oranının (e) denklem (3.5) ile hesabından sonra denklem (3.6) ile elde edilmiştir.

$$e = G_s * w \quad (3.5)$$

$$n = e / (e + 1) \quad (3.6)$$

Sediman çökme hızı (w_s) ise boyutsuz sediman çapı olan D*’a bağlı olarak, tez kapsamındaki örnekleri karakterize eden iki koşul için hesaplandı (Soulsby, 1997). Bu iki koşul ve hesaplamada kullanılan denklemler denklem (3.7) ve (3.8)’de verilmektedir. Burada v kinematik viskozitedir.

$$D_*^3 \leq 39 \quad \text{için} \quad w_s = \frac{vD_*^3}{18D_{50}} \quad (3.7)$$

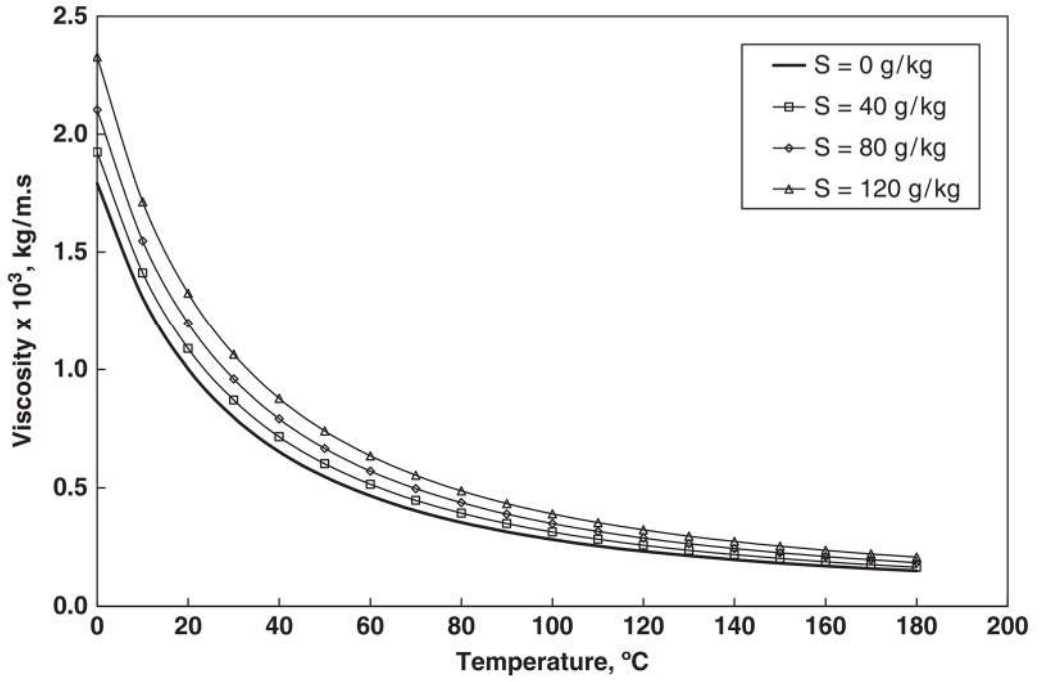
$$39 < D_*^3 < 10^4 \quad \text{için} \quad w_s = v \frac{D_*^{2,1}}{6D_{50}} \quad (3.8)$$

3.2.4 Fiziksel Parametreler

Sediman formlarının akışkan özellikleri ile ilişkisini ortaya koyacak olan çalışma alanındaki su kolonunun fiziksel özellikleri CTD (Conductivity, Temperature, Depth) ölçümleriyle tüm çalışma dönemlerinde deniz istasyonlarında yapılmıştır. Ölçümler için RBR 620 CTD cihazı kullanılmıştır. Cihaz içerisindeki iletkenlik, sıcaklık ve basınç sensörleri ile su sütunundaki derinliğe bağlı sıcaklık, iletkenlik ve ses hızı parametreleri ölçülmüştür. Cihaz aynı zamanda ölçtüğü parametrelerden tuzluluk ve yoğunluk değerlerini çeşitli algoritmalarla hesaplamaktadır. Cihaz bu işlemleri ölçüm alımı boyunca (profil boyunca) dakikada 6 kez yapabilmekte ve bu değerleri hafızasına kaydetmektedir.

Kaydedilen profil ölçümleri düzenleme ve temizleme işlemlerinden sonra sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk (ρ) ortalama değerleri analizlerde akışkan parametreleri olarak kullanılmıştır. Bunlardan dinamik (μ) viskozite Mostafa ve diğerlerinin 2010 yılında ürettikleri sıcaklık, tuzluluk ve viskozite ilişki abağından (Şekil 3.14) okunmuştur (Mostafa, Lienhard ve Zubair, 2010). Kinematik viskozite (ν) ise denklem 3.9'dan hesaplanmıştır.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho_w} \quad (3.9)$$



Şekil 3.14 Sıcaklık ve tuzluluk ilişkili dinamik viskozite ilişki abağı (Mostafa ve diğer., 2010)

3.3 Analizler

Tez kapsamında yapılan tüm ölçümler ve analizler sonrası elde edilen parametreler bölgedeki sediman dalgacıklarının karakteristiği ve çevresiyle etkileşimi konusunda bilgi sahibi olabilmek için farklı aşamalarda incelenmiştir. Bu incelemelerin ilk aşamasında literatürdeki yaklaşımlar değerlendirilerek elde edilen bilgilerin literatürdeki yeri ortaya konmuştur. Literatürde deniz taban formlarının belirlenmesinde iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan biri mevcut hidrodinamik koşulların belirlenerek oluşabilecek deniz taban formlarının sınıfsal tahmini, diğeri ise yine mevcut hidrodinamik koşullarının analiziyle deniz taban formlarının boyutsal tahminidir. Bu iki yöntem kullanılarak iki nehir ağzında toplanan veriler önce faz diyagramlarında sonra da tahmin formüllerinde test edilmiştir.

Tez verisinin literatürdeki yeri belirlendikten sonra veri setinin kendi içerisindeki etkileşimi ve ilişkisi anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla elde edilen parametrelerin sayısı da göz önünde bulundurularak literatürde sıkça kullanılan boyut analizi kullanılmıştır. Yapılan boyut analizi sonucu elde edilen boyutsuz parametreler

regresyon analizi ile deniz taban formlarına boyutsal bir yaklaşım geliştirilmeye çalışılmıştır.

Soulsby ve diğer.'nin 2005 yılında yayınladıkları çalışmada, yapılan başka çalışmalara da değinerek, düzensiz dalga koşulunda yani arazi çalışmaları için dalgayı en iyi temsil eden dalga parametrelerinin $H_{1/10}$ (en yüksek hızların 1/10'unun ortalaması) periyodun ise T_p (pik periyod) olduğu belirtilmiştir (Soulsby ve Whitehouse, 2005). Tez kapsamında yapılan çalışmalarda dalga parametreleri için farklı bir tanımlama yapılmadıkça dalga parametresi olarak bu değerler kullanılmıştır.

3.3.1 Faz Diyagramları

Deniz taban formlarını oluşturduğu hidrodinamik koşullara göre sınıflandıran faz diyagramları içerisinde kombine akım için üretilmiş dört tanesi tez kapsamında ele alınmıştır (Tablo 3.11). Bu kapsamda seçilen diyagram önerileri tez verisi ile test edilerek değerlendirilmiştir. Bu başlık altında bu diyagramların özellikleri ve kullandıkları parametreler özetlenmektedir.

Tablo 3.11 Kombine akımlar altında oluşan deniz taban formlarının tahmini için üretilen dört faz diyagramı ve özellikleri

	Eksen parametreleri		Kullanılan Veri	Kombine akım koşulu
Amos, Boen, Huntley, ve Lewis, (1988)	Dalga Shields Parametresi	Akıntı Shields Parametresi	Arazi	Gelgit-dalga
Kleinhans (2005)	Dalga Shields Parametresi	Akıntı Shields Parametresi	Deney + arazi	Dalga-akıntı
Dumas, Arnott, ve Southard (2005)	Dalga Hızı	Akıntı Hızı	Deney	Dalga-akıntı
Perillo, Best, ve Garcia (2014)	Dalga Hızı	Akıntı Hızı	Deney	Dalga-akıntı

Amos, Boen, Huntley, ve Lewis (1988) çalışmalarında belirgin dalga yüksekliği olan $H_{1/3}$ 'ü kullanırken kullandıkları diğer parametreleri ölçüm ile elde etmişlerdir. Kullandıkları dalga sürtünme kuvvetini (wave friction factor) kelvin fonksiyonları olarak ifade etmektedirler. Yapılan hesaplamalar sonucu makul sonuçlara

ulaşılamadığı için bu hesaplamada literatürde yaygın olarak kullanılan Kleinhans (2005)'in denklem sistemi kullanılmıştır. Kleinhans (2005)'in önerdiği faz diyagramında ise yine Amos ve diğerlerinin tercih ettiği gibi $H_{1/3}$ dalga yüksekliğini kullanmaktadır. Kleinhans, geniş bir veri grubu ile dalga ve akıntı Shields parametrelerine göre ürettiği faz diyagramını tek bir sediman çapı için geliştirmiştir ve bu çap 0,21 mm (kum) olarak verilmektedir. Bu iki çalışmada kullanılan denklemler ve içeriğindeki parametreler aşağıdaki Tablo 3.12'de verilmektedir.

Tablo 3.12 Amos, Boen, Huntley, ve Leis, (1988) ve Kleinhans (2005) faz diyagramlarında kullanılan denklem ve parametreler

θ_w	$\tau_w/(\rho_s - \rho_w)gD_{50}$	Dalga Shields parametresi
θ_c	$\tau_c/(\rho_s - \rho_w)gD_{50}$	Akıntı Shields parametresi
τ_w	$1/2 \rho f_w u_w^2$	Dalga taban kayma gerilmesi
f_w	$\exp[5,213(2,5D_{50}/A)^{0,194} - 5,977]$	Dalga sürtünme kuvveti
τ_c	$1/8 \rho f_c U_c^2$	Akıntı taban kayma gerilmesi
f_c	$0,24(\log 12h/k_s)^{-2}$	Akıntı sürtünme kuvveti
A	$U_w T / (2\pi)$	Dalga yörüngesel genişliği
U_w	$\frac{\pi H}{T \sinh(kh)}$	Yörüngesel hız ($U_{1/3}$)
H	$H_{1/3}$	En yüksek 1/3 dalga yüksekliği ortalaması
T	T_m	Dalga ortalama periyodu
k_s	$2,5D_{50}$	Hidrolik pürüzlülük direnci
D_{50}	Analiz sonucu	Sediman dane çapı
g	9,81	Yerçekimi ivmesi
ρ_s	$G_s * \rho_w$	Sediman yoğunluğu
G_s	Analiz sonucu	Sediman özgül ağırlığı
ρ_w	Ölçüm sonucu	Su yoğunluğu
k	$2\pi/L$	Dalga numarası
L	$\frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)$	Dalga boyu
h	Ölçüm sonucu	Su derinliği

Dumas, Arnott ve Southard (2005) ve Perillo, Best, ve Garcia (2014)'nın deneysel ölçümler sonucu oluşturdukları faz diyagramlarında akıntı hızı ve dalga hızını kullanmışlardır. Burada ölçümlerle elde ettikleri dalga hızını hesaplamak için deneysel çalışmaların daha iyi ifade edildiği başka çalışmalarca belirtilmiş olan $H_{1/3}$ belirgin dalga yüksekliği ve Kleinhans'ın özetlediği denklem sistemi kullanılmıştır (Kleinhans, 2005; Soulsby ve Whitehouse, 2005) Bu hesaplamalara yönelik denklem ve parametreler Tablo 3.13'te sunulmuştur.

Tablo 3.13 Dumas, Arnott, ve Southard (2005) ve Perillo, Best, ve Garcia (2014)'nin ürettiği faz diyagramlarında kullanılan denklem ve parametreler

U_w	$\frac{\pi H}{T \sinh(kh)}$	Yörüngesel hız
U_c	Ölçüm sonucu	Akıntı hızı
H	$H_{1/3}$	Dalga yüksekliği
T	T_m	Dalga periyodu
h	Ölçüm sonucu	Su derinliği
k	$2\pi/L$	Dalga numarası
L	$\frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	Dalga boyu

3.3.2 Tahmin Formülleri

Deniz taban formlarının boyutlarını tahmin için geliştirilen formüllerden dördü bu bölümde test edilmiştir. Bu dört formül sistemi kombine akımlar altında gelişen deniz taban formlarının uzunluk ve yüksekliğini sayısal olarak tahmin etmektedir ve aşağıda çalışma referansları yıllara göre listelenmiştir.

- Li, Wright, ve Amos, (1996)
- Tanaka ve Dang, (1996)
- Khelifa ve Ouellet, (2000)
- Soulsby, Whitehouse, ve Marten, (2012)

Bu çalışmaların önerdiği tahmin formülleri ve hesaplanmasında kullanılan parametreler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

- Li, Wright ve Amos, (1996)

$$\theta_{wm} < \theta_B \text{ için}$$

$$\eta = 0,101A_b(\theta_{wm}/\theta_{cr})^{-0,16} \text{ ve } \lambda = 4,95\eta(\theta_{wm}/\theta_{cr})^{0,04} \quad (3.10)$$

$$\theta_{wm} > \theta_B \text{ için}$$

$$\eta = 0,356A_b(\theta_{wm}/\theta_{cr})^{-1,5} \text{ ve } \lambda = 3,03\eta S_*^{-0,6}(\theta_{wm}/\theta_{cr}) \quad (3.11)$$

Li, Wright ve Amos, (1996)'nin çalışmasında önerdiği denklem (3.10) ve (3.11)'de verilen modelde kullanılan parametreler Tablo 3.14'te özetlenmiştir.

Tablo 3.14 Li ve diğerleri tarafından geliştirilen tahmin formüllerinde kullanılan parametreler ve hesaplanma yöntemleri

θ_{wm}	$\frac{\rho_w U_{*wm}^2}{\rho_w (s-1)gD}$	Maksimum Shields parametresi
θ_{cr}	$\frac{0,30}{1+1,2D_*} + 0,055[1 - \exp(-0,02D_*)]$	Kritik Shields parametresi (Soulsby, 1997)
θ_B	$1,8\theta_c S_*^{0,6}$	Kırılma noktası taban sürtünme Shields parametresi (Madsen, Grant, ve Asce, 1976)
s	ρ_s / ρ_w	Boyutsuz bağıl yoğunluk
ρ_s	$G_s * \rho_w$	Sediman yoğunluğu
G_s	-	Sediman özgül ağırlığı
ρ_w	-	Su yoğunluğu
D_{50}	-	Sediman dane çapı
g	-	Yerçekimi ivmesi
S_*	$(D/4\nu)[(s-1)gD]^{1/2}$	Boyutsuz sediman parametresi
f_w	$0,00251 \exp[5,21(0,4\Delta)^{-0,19}]$	Dalga sürtünme kuvveti
Δ	A/D_{50}	
u_{*wm}	$(f_w/2)^{1/2} u_{bm}$	Maksimum yüzey dalga sürtünme hızı
u_{bm}	$\frac{0,183 * (2H)}{\sqrt{h/g}}$	Tabana yakın yörüngesel hız
κ	0,41	Von karman sabiti
A	$H/2 \sinh kh$	Dalga yörüngesel genliği
k	$2\pi/L$	Dalga numarası
ω	$2\pi/T$	Radyal dalga frekansı
L	$\frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	Dalga boyu
H	$H_{1/3}$	Dalga yüksekliği
T	T_p	Dalga pik periyodu
h	-	Su derinliği
ν	-	kinematik viskozite

➤ Tanaka ve Dang, (1996)

$\alpha(d_0/D_{50}) < 1600$ için

$$\frac{\lambda}{D_{50}} = 0,65\alpha(d_0/D_{50}) \quad (3.12)$$

$\alpha(d_0/D_{50}) > 1600$ için

$$\frac{\lambda}{D_{50}} = 1000 \quad (3.13)$$

Tanaka ve Dang, 1996'nin çalışmasında önerdiği denklem (3.12) ve (3.13)'te verilen modelde kullanılan parametreler Tablo 3.15'te özetlenmiştir.

Tablo 3.15 Tanaka ve Dang tarafından geliştirilen tahmin formüllerinde kullanılan parametreler ve hesaplanma yöntemleri

α	$1 + 0.81/(\tanh(0.3S_*^{2/3}))^{2.5}(\bar{U}/U_w)^{1.9}$	
d_0	$U_w T / \pi$	Yörüngesel çap
D_{50}	-	Sediman dane çapı
U_w	$\frac{\pi H}{L} \frac{(L/T \pm \bar{U})}{\sinh(2\pi h/L)}$	Yörüngesel hız (aynı yöndeki hızlar için işaret negatif, karşılıklı yönlerdeki hızlar ise pozitif)
S_*	$D_{50} \sqrt{sgD_{50}/4\nu}$	Boyutsuz sediman parametresi
s	ρ_s / ρ_w	Boyutsuz bağıl yoğunluk
ν	-	Kinematik viskozite
H	$H_{1/10}$	En yüksek 1/10 dalga yüksekliği ortalaması
T	T_p	Dalga pik periyot
L	$\frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	Dalga boyu
\bar{U}	-	Derinlikle ortalanmış akıntı hızı
h	-	Su derinliği
g		Yerçekimi ivmesi

➤ Khelifa ve Ouellet, (2000)

$$2\lambda/d_{wc} = 1,9 + 0,08\ln^2(1 + \psi_{wc}) - 0,74\ln(1 + \psi_{wc}) \quad (3.14)$$

$$2\eta/d_{wc} = 0,32 + 0,017\ln^2(1 + \psi_{wc}) - 0,142\ln(1 + \psi_{wc}) \quad (3.15)$$

Khelifa ve Ouellet, (2000)'in çalışmasında önerdiği denklem (3.14) ve (3.15)'te verilen modelde kullanılan parametreler Tablo 3.16'de özetlenmiştir.

Tablo 3.16 Khelifa ve Ouellet tarafından geliştirilen tahmin formüllerinde kullanılan parametreler ve hesaplanma yöntemleri

d_{wc}	$\frac{U_{wc}^{0.5} T}{U_{wc}^2}$	Efektif yörüngesel çap
ψ_{wc}	$\frac{U_{wc}^2}{(s-1)gD}$	Hareketlilik parametresi
U_{wc}	$(\frac{U_w}{\pi})^2 + \bar{U}^2 + 2\frac{U_w}{\pi}\bar{u} \cos\theta $	Kombine akım hızı
U_w	$\frac{\pi H}{T \sinh(kh)}$	Yörüngesel hız
\bar{U}	-	Derinlikle ortalanmış akıntı hızı
T	T_p	Pik periyot
H	$H_{1/10}$	Dalga yüksekliği
θ	-	Dalga ve akıntının karşılaşma açısı
D_{50}	-	Sediman dane çapı
k	$2\pi/L$	Dalga numarası
L	$\frac{gT^2}{2\pi} \tanh(\frac{2\pi d}{L})$	Dalga boyu
g	-	Yerçekimi ivmesi

➤ Soulsby ve diğer. (2012)

Eğer $\theta_w > \theta_c$ ise Dalga dominanttır,

Bu durumda deniz taban formlarının boyutu yeni bir kriterle bağlanmıştır. Buna göre:

Eğer $\theta_w \leq \theta_{cr}$ ise deniz taban form boyutu var olduğu şekliyle kalır.

Eğer $\theta_w > \theta_{cr}$ ise deniz taban form boyutları aşağıdaki formülle hesaplanır

$$\lambda/A = [1 + 1,87 * 10^{-7} \Delta (1 - \exp\{-(2 * 10^{-4} \Delta)^{1,5}\})]^{-1} \quad (3.16)$$

$$\eta/\lambda = 0,15[1 - \exp\{-(5000/\Delta)^{3,5}\}] \quad (3.17)$$

Eğer $\theta_w < \theta_c$ ise Akıntı dominanttır,

Bu durumda ise deniz taban formlarının boyutu şu şekilde belirlenir

$$1,2 < D_* < 16 \quad \text{için} \quad \eta_{max} = D_{50} 202 D_*^{-0,554} \quad (3.18)$$

$$1,2 < D_* < 16 \quad \text{için} \quad \lambda_{max} = D_{50} (500 + 1881 D_*^{-1,5}) \quad (3.19)$$

$$0 \leq \theta_c \leq \theta_{cr} \quad \text{için} \quad \eta = \text{var olduğu şekliyle kalır} \quad (3.20)$$

$$\theta_{cr} < \theta_c \leq \theta_{wo} \quad \text{için} \quad \eta = \eta_{max} \quad (3.21)$$

$$\theta_{wo} < \theta_c \leq \theta_{sf} \quad \text{için} \quad \eta = \eta_{max} \left(\frac{\theta_{sf} - \theta_c}{\theta_{sf} - \theta_{wo}} \right) \quad (3.22)$$

$$\theta_{sf} < \theta_c \quad \text{için} \quad \eta = 0 \quad (3.23)$$

$$D_* > 1,58 \quad \text{için} \quad \theta_{wo} = 1,66 D_*^{-1,3} \quad (3.24)$$

$$D_* > 1,58 \quad \text{için} \quad \theta_{sf} = 2,26 D_*^{-1,3} \quad (3.25)$$

$$D_* \leq 1,58 \quad \text{için} \quad \theta_{wo} = 0,916 \quad \text{ve} \quad \theta_{sf} = 1,25 \quad (3.26)$$

Soulsby ve diğer. (2012)'nin çalışmasında önerdiği ve denklem (3.18) ile (3.26) arasında verilen modelde kullanılan parametreler Tablo 3.17'de özetlenmiştir.

Tablo 3.17 Soulsby ve diğerleri tarafından geliştirilen tahmin formüllerinde kullanılan parametreler ve hesaplanma yöntemleri

θ_c	$\frac{C_D \bar{U}^2}{g(s-1)D_{50}}$	Akıntı Shields' parametresi
θ_{cr}	$\frac{0,30}{1+1,2D_*} + 0,055[1 - \exp(-0,02D_*)]$	Kritik Shields' parametresi
C_D	$\left[\frac{0,40}{\ln(h/z_0) - 1} \right]^2$	Akıntı taban direnci
z_0	$D_{50}/12$	Taban pürüzlülüğü
D_{50}	-	Sediman dane çapı
D_*	$\left[\frac{g(s-1)}{v^2} \right]^{1/3} D_{50}$	Boyutsuz sediman çapı
θ_w	$\tau_w / [(\rho_s - \rho)gD_{50}]$	Shields' parametresi
τ_w	$1/2 \rho_w f_w u_w^2$	Taban kayma gerilmesi
f_w	$0,00251 \exp[5,21(0,4\Delta)^{-0,19}]$	Tanecikle ilişkili dalga sürtünme kuvveti
A	$U_w T / (2\pi)$	Dalga yörüngesel genliği
U_w	$\frac{\pi H}{T \sinh(kh)}$	$U_{1/10}$ En yüksek 1/10 dalga hızı ortalaması
H	$H_{1/10}$	Dalga yüksekliği
T	T_p	Pik periyot
k	$2\pi/L$	Dalga numarası
L	$\frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	(Tanımlanmamış) Dalga boyu
Δ	A/D_{50}	
g		Yerçekimi ivmesi
s	ρ_s / ρ_w	Rölatif sediman yoğunluğu
ρ_s	$G_s * \rho_w$	Sediman yoğunluğu
G_s	-	Sediman özgül ağırlığı
ρ_w	-	Su yoğunluğu
\bar{U}	-	Derinlikle ortalanmış akıntı hızı
h	-	Su derinliği

3.3.3 Boyut Analizi

Boyut analizi (ya da bazı kaynaklarda boyutsuz analiz) karmaşık fiziksel bir problemin çözümü için elde edilen değişkenlerin birbirleriyle ilişkilerini ortaya koyarken, boyutsal sınırlamaların oluşturduğu karmaşayı ortadan kaldırmakta kullanılır (Sonin, 2001; Gibbins, 2011). Bu yöntem sayesinde ortaya konacak ilişki yöntem ya da varsayım herkesin kullanabileceği şekilde genelleşmiş ve matematiksel olarak basitleşmiş olur.

Tez kapsamında yapılan çalışmada sediman dalgacıklarını etkileyen parametrelerin ortaya konması için bu değişkenlerin elde edilmek istenen dalgacık boyutlarıyla olan ilişkisinin anlamlı bir şekilde açıklanması gerekmektedir. Parametrelerin boyutlarından kurtarılmasıyla bu ilişki rahatlıkla incelenebilecek ve ortaya konabilecektir.

Literatürde boyutsuz analiz için yaygın olarak kullanılan yöntem pi teoremidir (Buckingham, 1914). Teorem temel olarak problem çözümü için elde edilen değişkenlerden oluşan boyutsuz parametre grupları oluşturmayı hedeflemektedir (Gibbins, 2011). Aynı zamanda yöntemin önemli bir faydası da ilgilenilen değişken sayısını azaltmaktır. Problem tanımında belirlenen boyutsal fiziksel parametreler arasındaki ilişki boyutsuz biçimde ifade edildiğinde, parametrelerin sayısı n'den n-k'ya azaltılır. Burada k, n tane parametrenin boyutsal sınıf sayısıdır.

Bu teoremin tez kapsamında uygulanabilmesi için öncelikle problem tanımlanarak, gözlenen sediman dalgacıklarının boyutsal özellikleri bağımlı değişkenler, bu özellikleri etkileyebilecek, ölçülmüş ya da hesaplanmış tüm parametreler ise bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir.

$$A_1 = f(A_2, A_3, \dots, A_n) \quad (3.27)$$

Belirlenen her bir parametre temel boyutlar cinsinden ifade edilmiştir. Burada temel boyutlar kütle (M), uzunluk (L), ve zaman (T) olarak belirlenmiştir.

$$A_i = M^a L^b T^c \quad (3.28)$$

Belirlenen bağımsız değişkenlerden seçilen boyut sayısı kadar tekrarlayan parametre seçilmiştir. Bu seçim yapılırken seçilen tüm boyutların temsil edildiğine dikkat edilmiştir.

Seçilen tekrarlayan parametreler kullanılarak her bir parametrenin boyutlarını sıfırlayacak ($M^0L^0T^0$) a, b ve c katsayıları hesaplanmış ve Π_i terimleri oluşturulmuştur.

$$\Pi_1 = f(\Pi_2, \Pi_3, \dots, \Pi_m) \quad (3.29)$$

Tez kapsamındaki probleme yaklaşımda bulunabilmek için belirlenen m adet Π_i parametresi içerisinde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenlerle olan ilişki seviyesi belirlenmiştir. Bunun için yaygın kullanılan yöntemlerden R-kare regresyon yöntemi kullanılmıştır.

3.3.4 Regresyon analizi

Regresyon analizi birbirleriyle ilgili olduğu bilinen değişkenler grubu içerisinde, ulaşılmak istenen değişken hakkında tahminde bulunabilmek için kullanılan değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen istatistiksel bir yöntemdir (Harris, 2001). Bu analizde en sık kullanılan yöntem en küçük karelerdir (Gürünlü Alma ve Vupa, 2008). Bu yöntem, grafiksel dağılım gösteren noktalara en yakın olan doğru ya da eğrinin denkleminin belirlenmesine dayanmaktadır. Buna aynı zamanda eğri uydurma yöntemi de denmektedir (Karris, 2004). Bu yöntemde, dağılım gösteren noktaların belirlenen eğriye olan uzaklıklarının karelerinin toplamı en küçük değerde olmalıdır. Oluşturulan eğrinin formülü, aynı zamanda öngörülme çalışılan parametre için bir tahmin modeli oluşturmaktadır. Oluşturulan tahmin modelinin başarısı ya da kestirilen parametreye ne kadar yaklaştığı, analiz sonucu elde edilen R^2 (R kare) değeri ile anlaşılmaktadır. Bu değer 0 ile 1 arasında değişmektedir. Değer 1'e ne kadar yakın ise tahmin modeli o kadar başarılı demektir.

Tez kapsamında problem tanımında belirlenen değişkenlerden, boyut analizi ile elde edilen parametreler regresyon analizi ile incelenmiştir. Bu amaçla üretilen her bir parametre ve boyutsuz sediman dalgacığı parametreleri Grapher programında grafiklenerek uygun doğrusal, polinomal ve logaritmik eğrileri hesaplatılmıştır.

Hesaplatılan her bir eğrinin R kare değeri Ek-IV'te listelenmiştir. Yapılan analizler sonucu, en iyi ilişki katsayısını veren parametreler kullanılarak tahmin formülü geliştirilmiştir.



BÖLÜM DÖRT

BULGULAR

4.1 Sediman Dalgacığ Ölçümleri

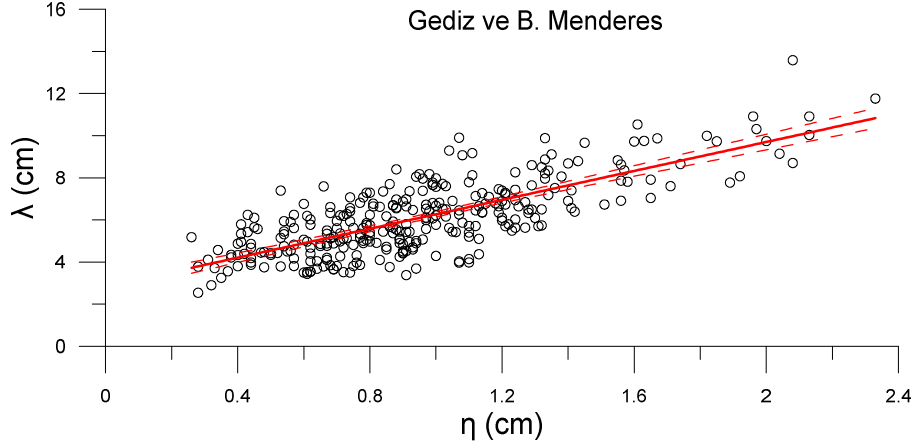
Tez kapsamında çalışılan iki nehir ağzında da küçük ölçekli sediman dalgacıklarına rastlanmıştır. Her istasyonda arazi koşullarının el verdiği ölçüde beş replika olacak şekilde ölçüm yapılmıştır. Alınan bu replikalı örneklerin hepsinden ölçüm yapılamamıştır. Yapılan dalışlarda elde edilen deniz taban form bilgisi ayrı değerlendirilirken Gediz nehir ağzında iki dönemde toplam 85 ölçüm, B. Menderes nehir ağzında ise üç dönemde 272 ölçüm değerlendirmeye alınmıştır. Bu ölçümlerde gözlenen en büyük sediman dalgacık uzunluğu 13,58 cm, en büyük yükseklik değeri ise 2,33 cm'dir. Gediz ve B. Menderes nehir ağzlarında gözlenen sediman dalgacık yükseklik ve uzunluklarının minimum maksimum ve ortalama değerleri Tablo 4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 4.1 Gediz ve B. Menderes ağzlarında gözlenen sediman dalgacıklarının boyut özet tablosu

	Gediz			Büyük Menderes		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
λ (cm)	3,44	9,99	6,29	2,54	13,58	5,77
η (cm)	0,31	2,00	0,88	0,26	2,33	0,98

Bu iki nehir ağzında gözlenen sediman dalgacık uzunluk ve yükseklikleri birbirleriyle doğrusal ilişki göstermektedir. Bu ilişkiyi gösteren denklem (4.1) dikkate alındığında ve ortalama sediman dalgacık yükseklikleri düşünüldüğünde, ölçülen sediman dalgacık uzunlukları, yüksekliklerinin yaklaşık altı katıdır diyebiliriz. İlişkiyi gösteren grafik Şekil 4.1'de görülmektedir.

$$\lambda = 3,42 \eta + 2,85 \quad (4.1)$$

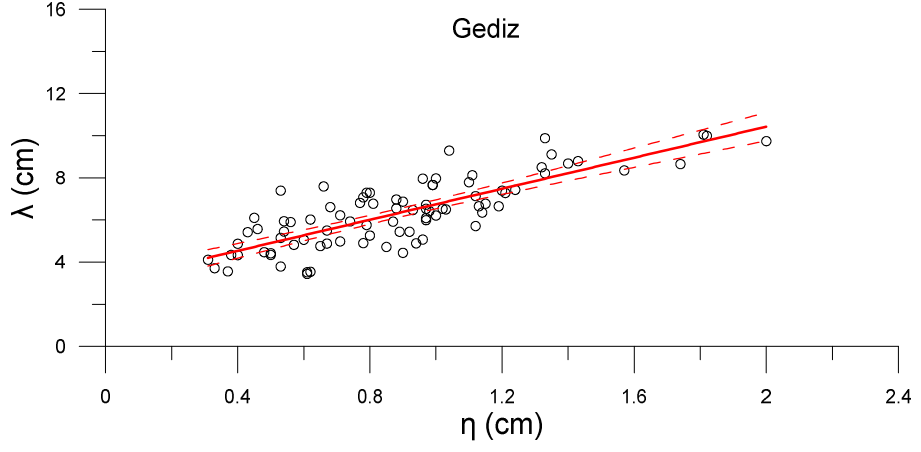


Şekil 4.1 Gediz ve B. Menderes nehir ağızlarında gözlenen sediman dalgacıklarının yükseklik ve uzunluk dağılım grafiği

Gediz nehir ağızında B. Menderes nehir ağızına göre daha az ölçüm yapılabilmektedir. Buna karşın sonuçlar daha tutarlı görülmektedir. Sediman dalgacık uzunluğu ve boyunun dağılım grafiğinde saçılan veri daha azdır (Şekil 4.2). Gediz nehir ağızında iki dönemde gözlenen en büyük dalgacık uzunluk değeri 9,99 cm iken yükseklik değeri ise 2,00 cm'dir ve her iki değer de Ekim döneminde ölçülmüştür (Tablo 4.2).




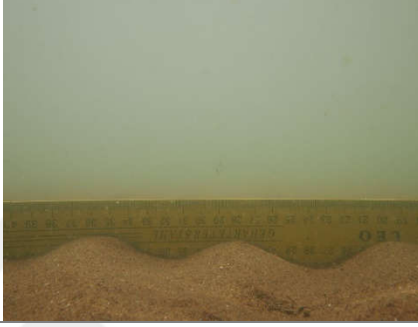

Tablo 4.2 Gediz Nehir ağızında ölçüm yapılabilen sediman dalgacık istasyonları, ölçülen minimum, maksimum ve ortalama boyutları

İst.	Tarih	Dalgacık Uzunluğu λ (cm)			Dalgacık Yüksekliği η (cm)		
		Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
G3	Temmuz	3,71	6,10	4,90	0,33	0,57	0,43
G19	Temmuz	3,56	9,29	6,18	0,31	1,11	0,80
G20	Temmuz	4,89	9,88	7,25	0,66	1,74	1,10
G19	Ekim	3,44	9,99	5,93	0,61	2,00	1,07
G20	Ekim	4,33	6,65	5,67	0,40	1,19	0,74
G25	Ekim	4,34	6,22	5,07	0,48	0,92	0,62
G3.M	Ekim	5,42	7,96	6,59	0,43	1,14	0,83
G26	Ekim	3,52	8,68	6,58	0,53	1,40	0,98








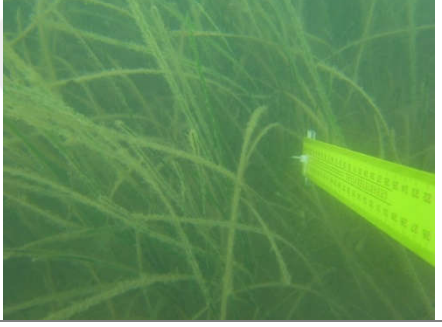

Şekil 4.2 Gediz nehir ağzında gözlenen sediman dalgacık yükseklik ve uzunluğu dağılım grafiği

Gediz nehir ağzında Temmuz döneminde 5 istasyonda deniz taban formu örneklenebilmiştir. Bu istasyonlar ve istasyonlara ait örnek görseller Şekil 4.3'te görülmektedir.

İst.	Örnek görsel	İst.	Örnek görsel
G3		G19	
G4		G20	
G11			

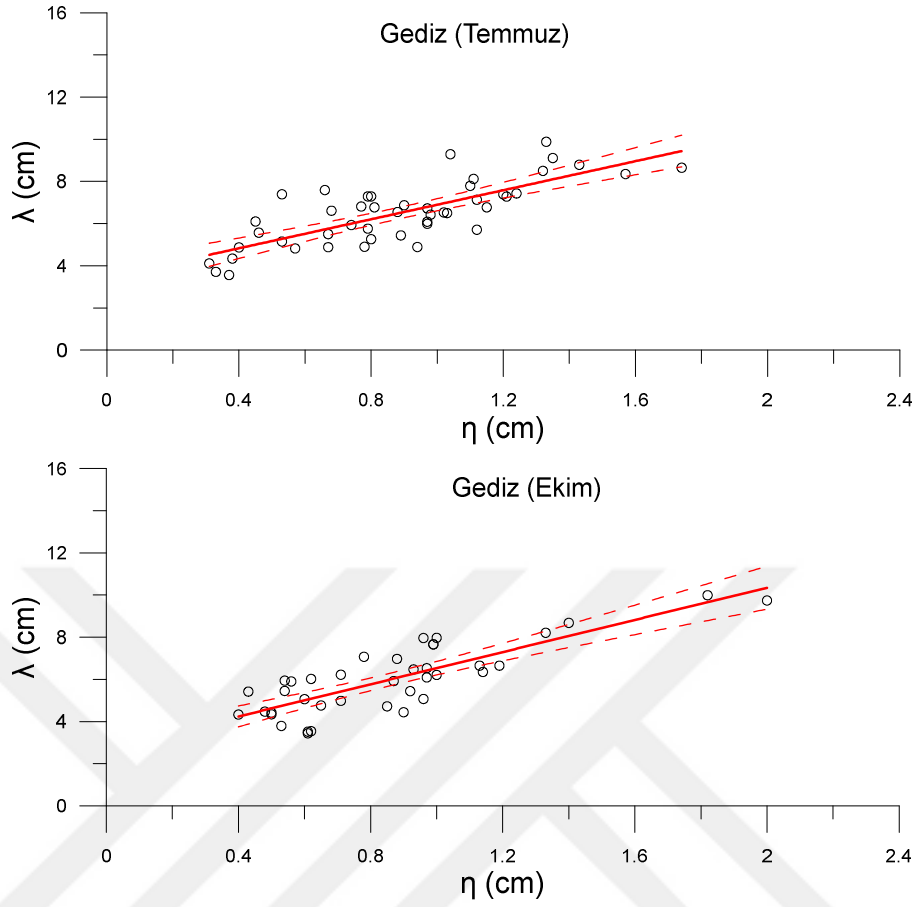
Şekil 4.3 Gediz nehir ağzında Temmuz döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları

Gediz nehir ağzında Ekim döneminde ise 7 istasyonda deniz taban formu örneklenebilmiştir. Bu istasyonlar ve gözlemlenen örnek deniz taban formu görselleri Şekil 4.4’te sunulmaktadır.

İst.	Örnek görsel	İst.	Örnek görsel
G3		G25	
G4		G26	
G19		G27	
G20			

Şekil 4.4 Gediz nehir ağzında Ekim döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları

Gediz nehir ağzında Temmuz döneminde 47 adet sediman dalgacık ölçümü yapılmıştır. Ekim döneminde ise 38 ölçüm yapılmıştır. Yapılan bu ölçümlerdeki sediman dalgacık uzunluğu ve yüksekliğinin dağılım grafiği Şekil 4.5'te görülmektedir.



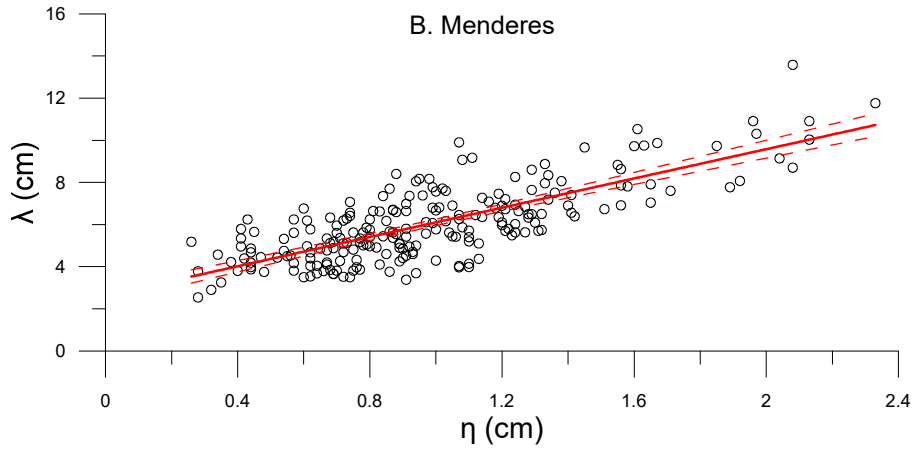
Şekil 4.5 Gediz nehir ağzında gözlenen sediman dalgacıklarının dönemlere göre yükseklik ve uzunluğu dağılım grafiği

B. Menderes nehir ağzında Gediz nehir ağzına göre daha büyük boyutlu sediman dalgacıkları ölçülmüştür. Ölçülen en büyük sediman dalgacık uzunluğu 13,58 cm ve en büyük yükseklik değeri ise 2,33 cm olarak Ekim ayında ölçülmüştür. Ölçülen sediman dalgacık uzunluğu ve yüksekliği dağılım grafiğinde verinin yüksek değerlerde saçılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.7). B. Menderes nehir ağzında yapılan tüm sediman dalgacık uzunluk ve yükseklik ölçümlerinin dönemlere göre minimum, maksimum ve ortalama değerleri Tablo 4.3'te özetlenmiştir.

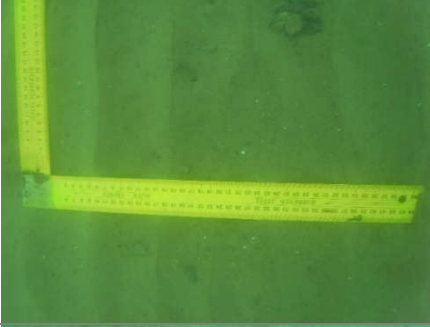
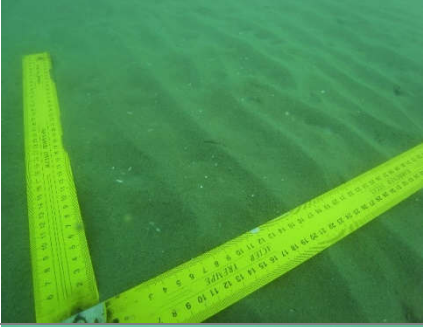
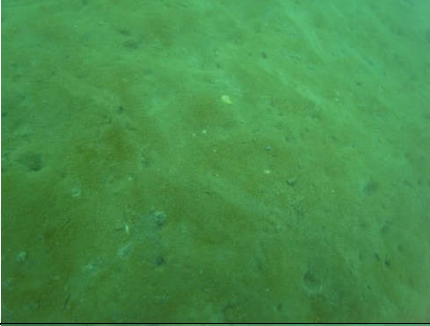
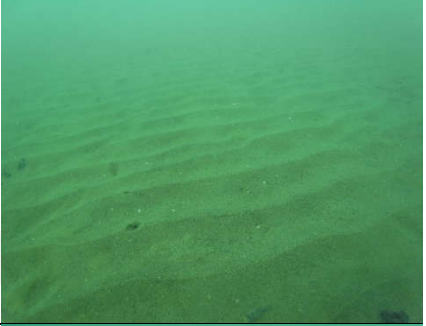
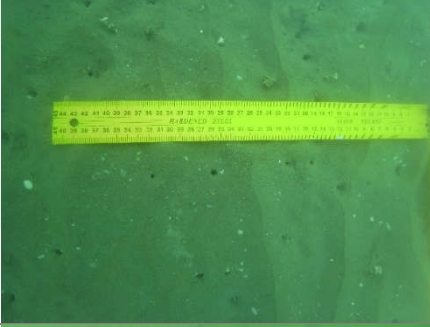




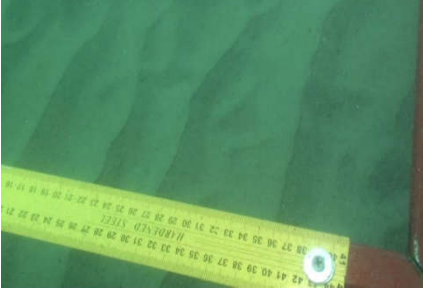
B. Menderes nehir ağzında Mart döneminde 15 istasyonda deniz taban formu örnekleme yapılabilmektedir. Deniz taban formu örneklenen bu istasyonlar ve örnek görseller Şekil 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.3 B. Menderes Nehri ağzında ölçüm yapılabilen sediman dalgacık istasyonları, ölçülen minimum, maksimum ve ortalama boyutları






İst.	Tarih	Dalgacık Uzunluğu λ (cm)			Dalgacık Yüksekliği η (cm)		
		Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
BM11	Mart	2,95	6,21	4,21			
BM19	Mart	4,40	8,40	6,36	0,45	1,19	0,77
BM20	Mart	5,62	8,87	7,02	0,60	1,33	0,94
BM24	Mart	3,98	6,05	5,10			
BM25	Mart	4,18	5,85	5,13			
BM30	Mart	3,28	5,96	4,54			
BM4	Mart	4,95	9,90	7,99	0,86	1,63	1,10
BM24	Mayıs	3,52	7,91	5,82	0,72	1,65	1,05
BM14-m	Mayıs	3,25	5,34	4,11	0,35	0,57	0,45
BM30	Mayıs	3,68	4,04	3,88	0,40	0,64	0,53
BM25	Mayıs	4,10	8,34	6,00	0,62	1,34	1,11
BM19	Mayıs	4,04	7,57	5,40	0,54	1,00	0,72
BM11	Mayıs	5,57	6,24	5,85	0,43	0,97	0,73
BM13	Mayıs	2,54	5,18	4,16	0,26	0,68	0,43
BM31	Ekim	6,45	8,60	7,32	0,87	1,36	1,15
BM12	Ekim	4,50	6,73	5,31	0,44	1,21	0,74
BM13	Ekim	4,39	5,79	5,16	0,41	0,62	0,47
BM3	Ekim	5,10	13,58	9,74	0,89	2,33	1,75
BMS4	Ekim	3,54	5,63	4,67	0,62	1,24	0,85
BMS2	Ekim	3,50	4,10	3,75	0,67	0,74	0,70
BMS3	Ekim	3,38	5,07	4,21	0,67	0,94	0,86
BMS5	Ekim	3,65	6,91	4,82	0,66	1,56	0,88
BMS6	Ekim	5,10	8,63	6,66	0,81	1,89	1,31
BMS7	Ekim	5,49	8,83	7,17	1,14	1,71	1,39
BMS8	Ekim	3,50	6,33	4,79	0,47	1,08	0,73
BM25	Ekim	3,76	8,07	5,61	0,75	1,92	1,13



Şekil 4.6 B. Menderes nehir ağzında gözlenen sediman dalgacık yükseklik ve uzunluğu dağılım grafiği

İst.	Örnek görsel	İst.	Örnek görsel
BM4		BM19	
BM10		BM20	
BM11		BM23	
BM13		BM14	
BM24		BM25	

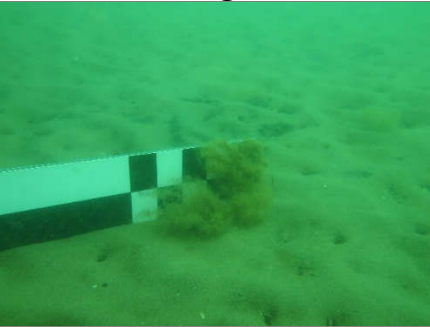





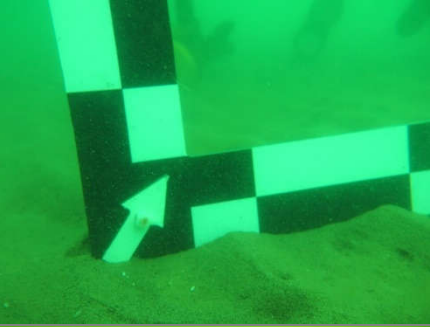

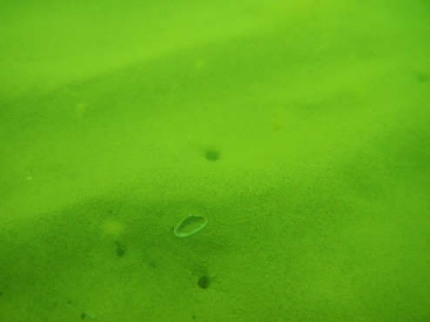
Şekil 4.7 B. Menderes nehir ağzında Mart döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları

İst.	Örnek görsel	İst.	Örnek görsel
BM26		BM-RCM1	
BM29		BM-RCM2	
BM30			







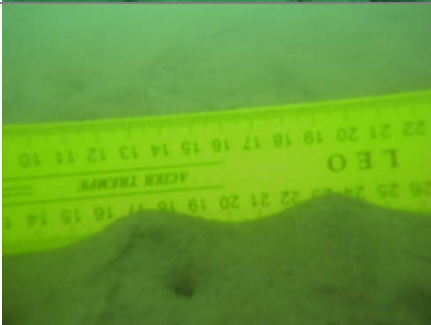
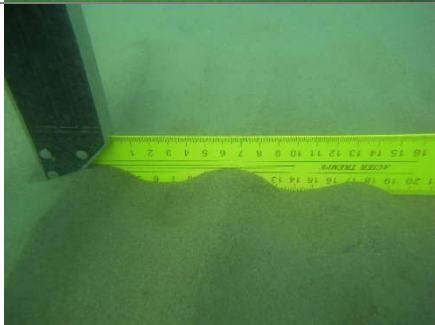
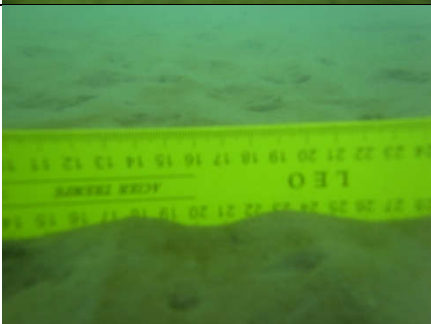

Şekil 4.7 devamı

B. Menderes nehir ağzında Mayıs döneminde ise 9 istasyonda deniz taban formu tespiti yapılmıştır. Bu deniz taban formlarının örnek görselleri ve istasyonları Şekil 4.8’de özetlenmiştir.


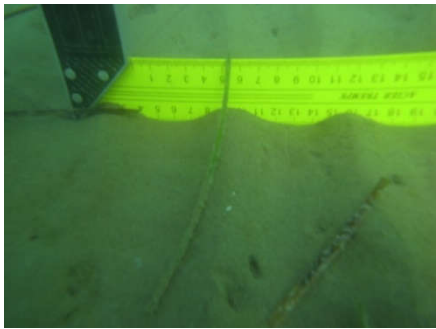

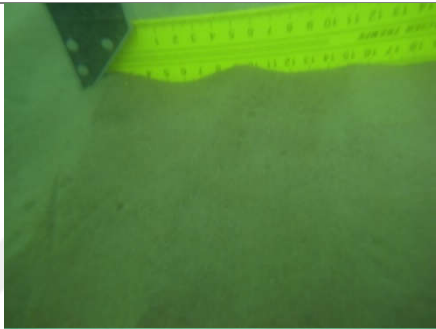

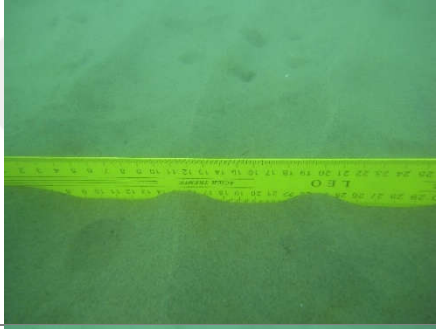
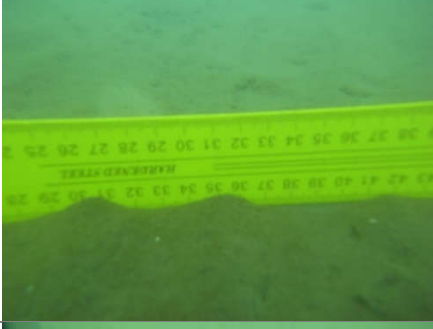

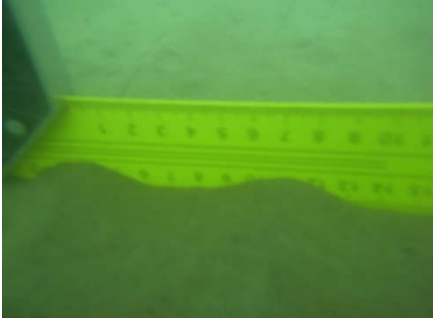

B. Menderes nehir ağzında en çok deniz taban formu örnekleme Ekim döneminde 20 istasyonda yapılmıştır. Gözlemlenen deniz taban formlarının örnek görselleriyle birlikte istasyonlardaki durumu Şekil 4.9’de görülmektedir.

İst.	Örnek görsel	İst.	
BM11		BM24	
BM13		BM25	
BM14		BM30	
BM19		BME-1	
BM20			

Şekil 4.8 B. Menderes nehir ağzında Mayıs döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları

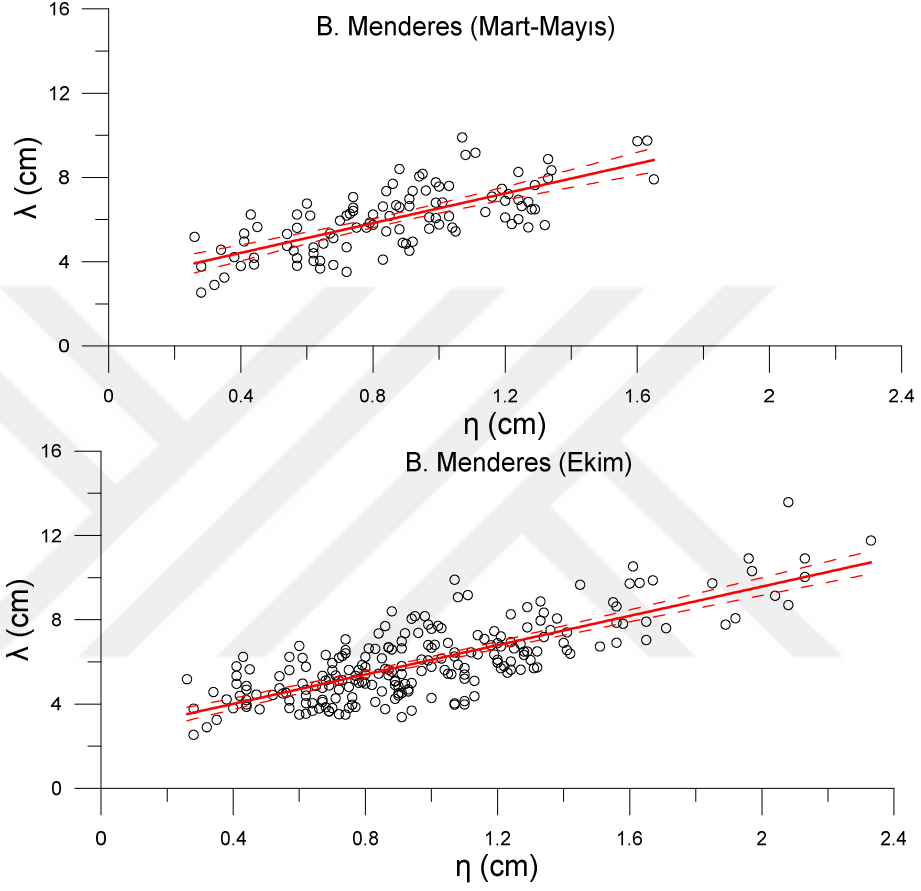
İst.	Örnek görsel	İst.	Örnek görsel
BM3		BM14	
BM4		BM19	
BM11		BM20	
BM12		BM25	
BM13		BM30	

Şekil 4.9 B. Menderes nehir ağzında Ekim döneminde istasyonlara göre gözlenen deniz taban formları

İst.	Örnek görsel	İst.	Örnek görsel
BM31		BMS4	
BM32		BMS5	
BMS1		BMS6	
BMS2		BMS7	
BMS3		BMS8	

Şekil 4.9 devamı

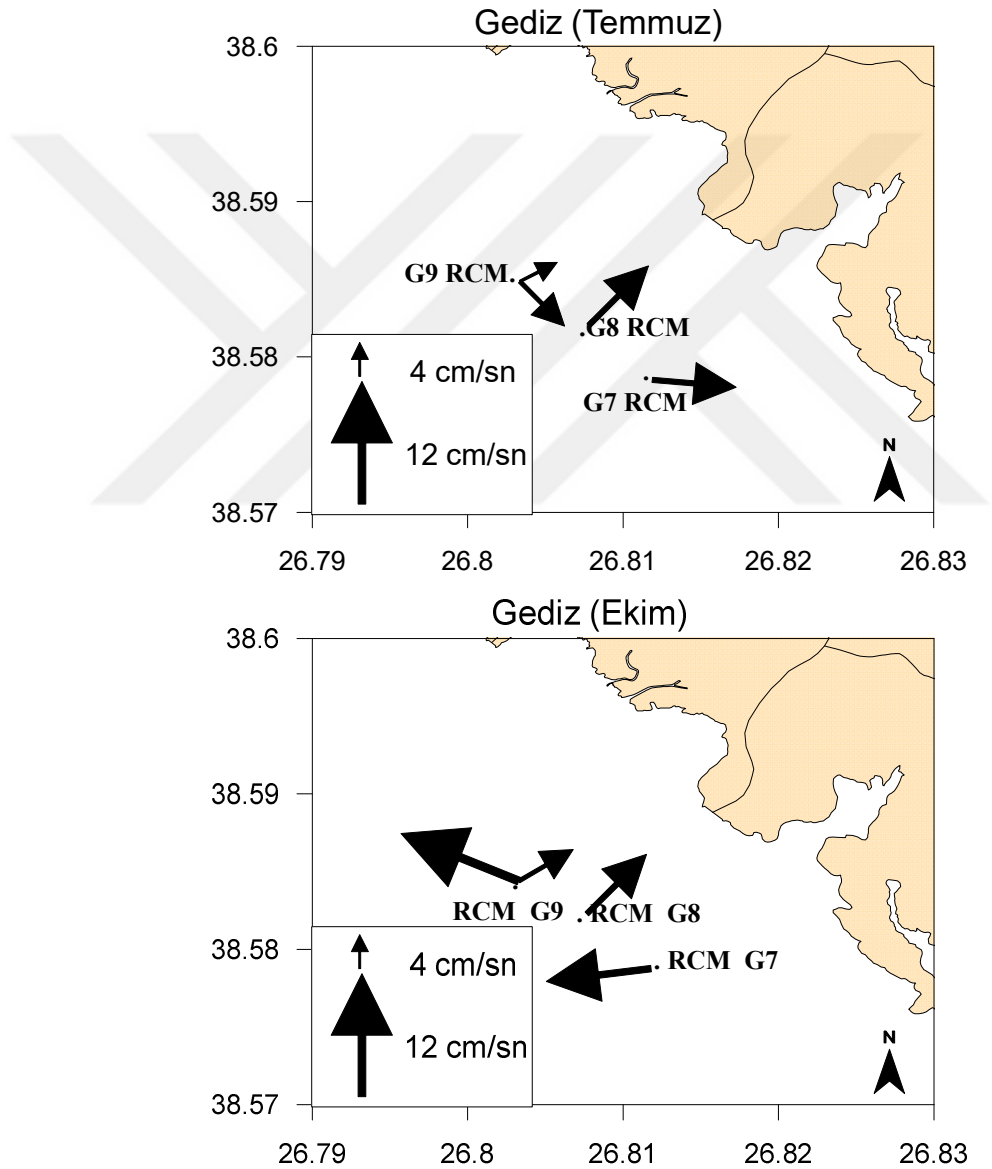
B. Menderes nehir ağzında Mart ve Mayıs döneminde toplam 152 sediman dalgacık ölçümü yapılmıştır. Ekim döneminde ise 120 ölçüm değerlendirmeye alınmıştır. Bu ölçümlerin sediman dalgacık uzunluğu ve yüksekliği dağılım grafiği dönemlere göre Şekil 4.10'da sunulmuştur ve her iki grafikte de verilerin saçıldığı görülmektedir.



Şekil 4.10 B. Menderes nehir ağzında gözlenen sediman dalgacıklarının dönemlere göre yükseklik ve uzunluğu dağılım grafiği

4.2 Hidrodinamik Koşullar

Seçilen iki çalışma alanında da düşük enerjili hidrodinamik koşullar etkilidir. Gediz nehir ağzında yapılan kombine akım ölçümlerinde Temmuz döneminde kıyıya dik akımlar gözlemlenirken bir diğer hakim akıntı yönü güneybatı olarak kaydedilmiştir. Bu dönemde yönler dalga etkisinin hakim olduğunu göstermektedir (Şekil 4.11). Bu dönemde kaydedilen hızlar 1,23 cm/sn ile 9,29 cm/sn arasında değişmektedir.



Şekil 4.11 Gediz nehir ağzında Temmuz dönemi (üst) Ekim döneminde (alt) ölçülen kombine akım hakim yön ve hızları

Gediz nehir ağzında Ekim döneminde ise kombine akımın hakim yönünün kıyıdan açığa doğru olduğu görülmektedir. Bu dönemde bir diğer bileşke hakim yönün ise açıktan kıyıya doğru olduğu kaydedilmiştir. Bu iki yön bize bu dönemde nehir akıntısının ve dalganın birlikte etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 4.11). Bu dönemde kombine akım hızları Temmuz döneminden daha yüksek olmakla birlikte 0,44 cm/sn ile 15,61 cm/sn arasında değişmektedir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Gediz nehir ağzında Temmuz ve Ekim dönemlerinde ölçülen kombine akım minimum maksimum ve ortalama değerleri

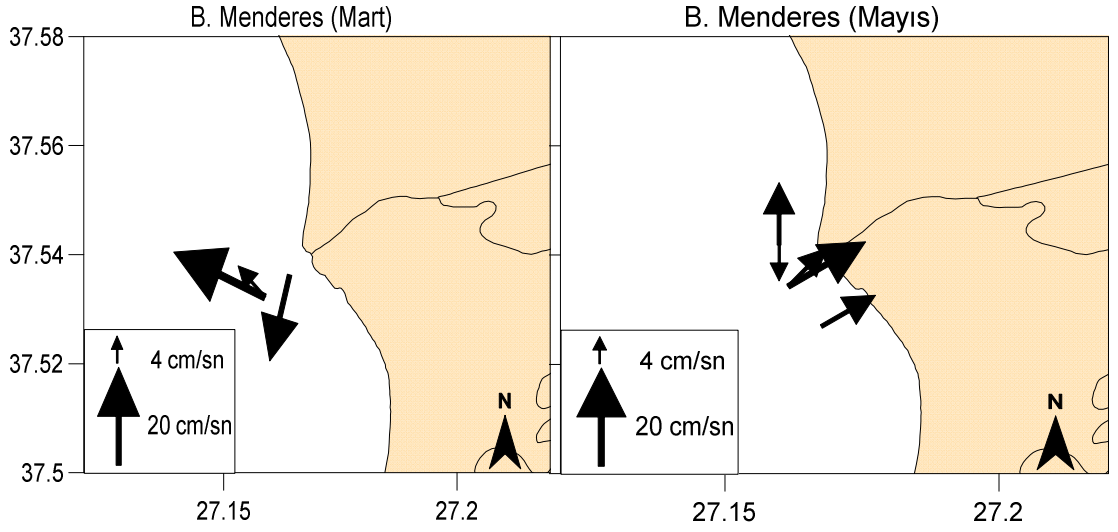
	RCM Temmuz 2017 (cm/sn)			RCM Ekim 2017 (cm/sn)		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
G7	2,92	9,29	5,87	0,70	14,05	6,75
G8	1,23	8,00	4,65	0,57	15,62	5,40
G9	1,60	6,77	3,58	0,44	4,90	2,92

Gediz nehir ağzında etkili olan dalgaların yükseklikleri en büyük değerlerin 1/3'ü ve 1/10'u olmak üzere iki şekilde değerlendirilmiştir. Bu değerlerin Temmuz ve Ekim dönemlerindeki minimum, maksimum ve ortalama değerleri pik periyotları ile birlikte Tablo 4.5'da verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde her iki dönemde de minimum dalga yüksekliğinin 0,2 m civarında olduğu ve pik periyodun 4 sn. civarında olduğu görülmektedir. Dalga yükseklikleri Ekim döneminde 1 m'ye kadar çıkmaktadır.

Tablo 4.5 Gediz nehir ağzında Temmuz ve Ekim dönemleri için hesaplanan dalga yüksekliklerinin ($H_{1/3}$ ve $H_{1/10}$) minimum maksimum ve ortalama değerleri

	$H_{1/3}$ (m)			$H_{1/10}$ (m)			T_p (sn)
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	
Gediz (Temmuz)	0,268	0,614	0,505	0,276	0,780	0,606	4
Gediz (Ekim)	0,268	0,835	0,669	0,275	1,023	0,786	3,9

B. Menderes nehir ağzında yapılan kombine akım ölçümlerinde Mart döneminde hakim yönün kuzeybatı ve güneybatı yönlü olduğu ve gözlemlenen ortalama hızın ise 8,29 cm/sn olduğu kaydedilmiştir.



Şekil 4.12 B. Menderes nehir ağzında Mart (sol) ve Mayıs (sağ) dönemlerinde ölçülen kombine akım hakim yön ve hızları

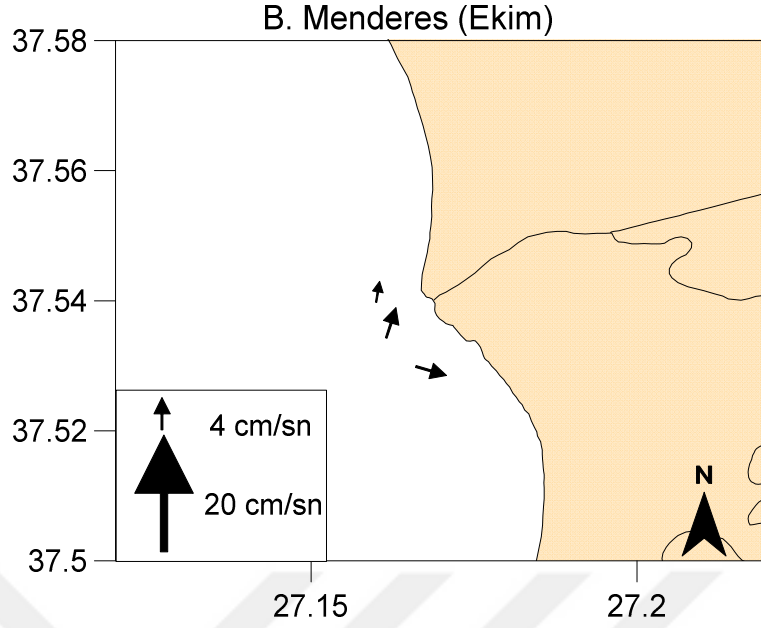
Tablo 4.6 B. Menderes nehir ağzında Mart Mayıs ve Ekim dönemlerinde ölçülen kombine akım minimum maksimum ve ortalama değerleri

RCM Mart 2017 (cm/sn)			
	Min.	Maks.	Ort.
BMRCM1	0,75	20,97	7,11
BMRCM2	1,04	28,02	9,49

Mayıs döneminde ise ölçülen kombine akım hakim yönünün açıktan kıyıya doğru olduğu görülmektedir (Şekil 4.12). Bu etkinin dalğanın gücünü yansıttığını söylemek mümkündür. Bu dönemde ölçülen en yüksek hız 19,79 cm/sn iken ortalama hız 5,49 cm/sn'dir (Tablo 4.5).

Tablo 4.7 B. Menderes nehir ağzında Mart Mayıs ve Ekim dönemlerinde ölçülen kombine akım minimum maksimum ve ortalama değerleri

RCM Mayıs 2017(cm/sn)			
	Min.	Maks.	Ort.
BM24	1,04	13,52	5,08
BM4	0,57	19,79	6,22
BM14-m	0,54	12,94	5,18



Şekil 4.13 B. Menderes nehir ağzında Ekim döneminde ölçülen kombine akım ortalama hızı ve hakim yönleri

B. Menderes nehir ağzında Ekim döneminde ölçülen kombine akım değerleri diğer dönemlere göre düşüktür (Tablo 4.8). Bu dönemdeki hakim yönlerin ise açıktan kıyıya doğru olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır (Şekil 4.13).

Tablo 4.8 B. Menderes nehir ağzında Ekim dönemlerinde ölçülen kombine akım minimum maksimum ve ortalama değerleri

RCM Ekim 2017 (cm/sn)			
	Min.	Maks.	Ort.
BM31	0,11	12,55	2,66
BM4	0,11	6,06	2,41
BM32	0,18	6,13	2,43

B. Menderes nehir ağzında üç dönem için hesaplanan dalga yükseklikleri en büyük değerlerin 1/3'ü ve 1/10'u olmak üzere iki şekilde, minimum maksimum ve ortalama değerleriyle Tablo 4.9'de sunulmaktadır. Bu değerler incelendiğinde Mart ve Ekim dönemlerinde dalga yüksekliklerinin 1 m'yi bulduğu ve sırasıyla pik periyotları (T_p) 4,5 sn ve 4,9 sn'dir. Mayıs döneminde ise dalga yükseklikleri 0,5 m'lerde ve pik periyodu (T_p) ise 3,1 sn'dir.

Tablo 4.9 B. Menderes nehir ağzında Mart, Mayıs ve Ekim dönemleri için hesaplanan dalga yüksekliklerinin ($H_{1/3}$ ve $H_{1/10}$) minimum maksimum ve ortalama değerleri

	$H_{1/3}$ (m)			$H_{1/10}$ (m)			T_p (sn)
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	
B. Menderes (Mart)	0,561	1,037	0,935	0,587	1,267	1,141	4,5
B. Menderes (Mayıs)	0,481	0,523	0,512	0,597	0,642	0,624	3,1
B. Menderes (Ekim)	0,570	1,098	1,020	0,593	1,327	1,264	4,9

4.3 Sediman Özellikleri

Yapılan laboratuvar analizleri sonucu elde edilen sedimanın dane çapını karakterize etmek için D_{50} parametresi kullanılmıştır. Bunun yanında yine laboratuvar analizleri sonucu sediman yoğunluğu elde edilmiştir. Her iki çalışma alanında da ortalama sediman çapına bakıldığında kum çoğunluklu olduğunu söylemek mümkündür. Her iki çalışma alanında gözlemlenen sedimanın dane çapı (D_{50}) ve yoğunluğunun minimum, maksimum ve ortalama değerleri Tablo 4.10'te verilmektedir.

Tablo 4.10 Gediz ve B. Menderes nehir ağzlarındaki sedimanın dane çapı ve yoğunluğu

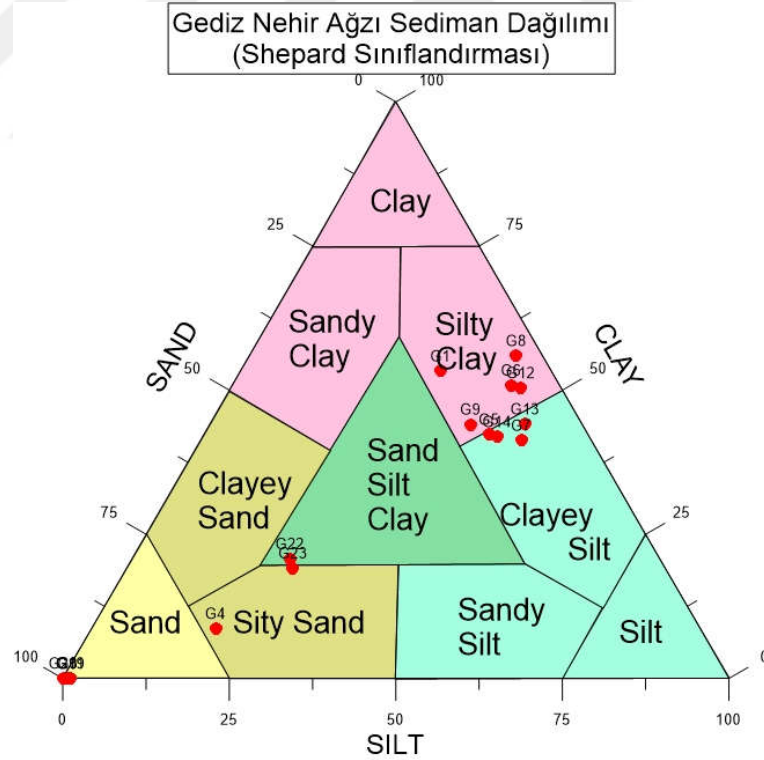
	Gediz			B. Menderes		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
D_{50} (mm)	0,002	0,325	0,083	0,003	0,180	0,069
ρ_s (kg/m³)	2412	2730	2638	2518	2715	2651

Elde edilen kum, silt ve kil yüzdelerinin dağılımı Shepard (1954)'ın üçgen diyagramıyla değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre Gediz ve B. Menderes nehir ağzlarındaki sediman karakteristiği koheziv yapı göstermektedir.

Gediz nehir ağzında alınan sedima örneklerinden elde edilen sedimanın dane çapı (D_{50}) ve yoğunluk (ρ_s), özgül ağırlık (Gs) ve kum, silt, kil yüzde değerleri istasyonlara göre Tablo 4.11'de verilmiştir. Ayrıca elde edilen sediman verilerinden elde edilen Gediz nehir ağzının diyagram sonuçları Şekil 4.14'da görülmektedir. Burada da açıkça görüldüğü gibi istasyonların büyük bir bölümü çamurlu içerik göstermektedir ve ince daneli zemin hakimdir.

Tablo 4.11 Gediz nehir ağızlarındaki sedimanın dane çapı ve yoğunluğunun istasyonlardaki değerleri

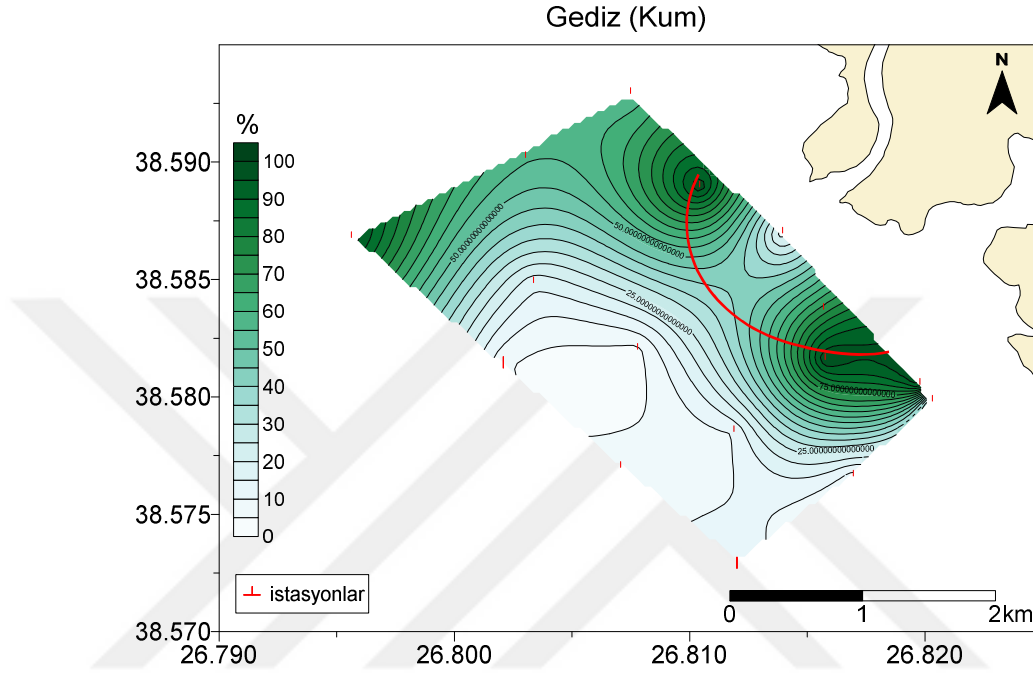
İstasyon	D ₅₀ (mm)	ρ_s (kg/m ³)	G _s	%Kum	%Silt	%Kil
G1	0,00226	2641,31	2,5777	16,6	30,1	53,3
G3	0,18578	2696,56	2,6343	99,1	0,8	0,0
G4	0,09905	2641,86	2,5763	72,2	18,5	8,6
G5	0,00425	2651,10	2,5854	14,8	42,8	42,2
G6	0,00237	2667,00	2,5971	7,2	41,9	50,8
G7.RCM	0,00557	2714,45	2,6432	10,5	48,2	41,2
G8.RCM	0,00195	2474,02	2,4089	3,9	40,1	55,9
G9.RCM	0,00358	2657,22	2,5872	16,7	39,2	44,0
G11	0,18599	2631,69	2,5638	98,8	1,2	0,0
G12	0,00288	2597,46	2,5298	6,0	43,6	50,4
G13	0,00414	2635,72	2,5676	8,5	47,4	44,1
G14	0,00545	2673,08	2,6036	13,8	44,3	41,9
G19	0,22830	2413,31	2,3516	98,2	1,2	0,0
G20	0,32546	2725,79	2,6560	99,6	0,2	0,0
G22	0,08643	2719,95	2,6539	55,4	23,8	20,7
G23	0,08166	2658,64	2,5900	55,8	25,0	19,1



Şekil 4.14 Gediz nehir ağızından alınan sediman örneklerinin Shepard'a (1954)göre dağılım grafiği

Gediz nehir ağızında her bir istasyonda elde edilen kum yüzdelere göre hesaplanan kum yüzdesi dağılım haritasında nehir ağızının hemen karşısında Şekil 4.15'de kırmızı

yay ile gösterilen alanda bir kum baru gözlemlenmiştir. Bu kum barının nehrin hemen karşısındaki kısmında sediman örneği alınmadığından dağılım haritasında yapı tam olarak yansımamaktadır. Bu alan dışında batı açıktaki kum yüzdesinde yine bir artış gözlemlenmiştir.



Şekil 4.15 Gediz nehir ağızından alınan sediman istasyonları ve yüzde kum dağılım haritası

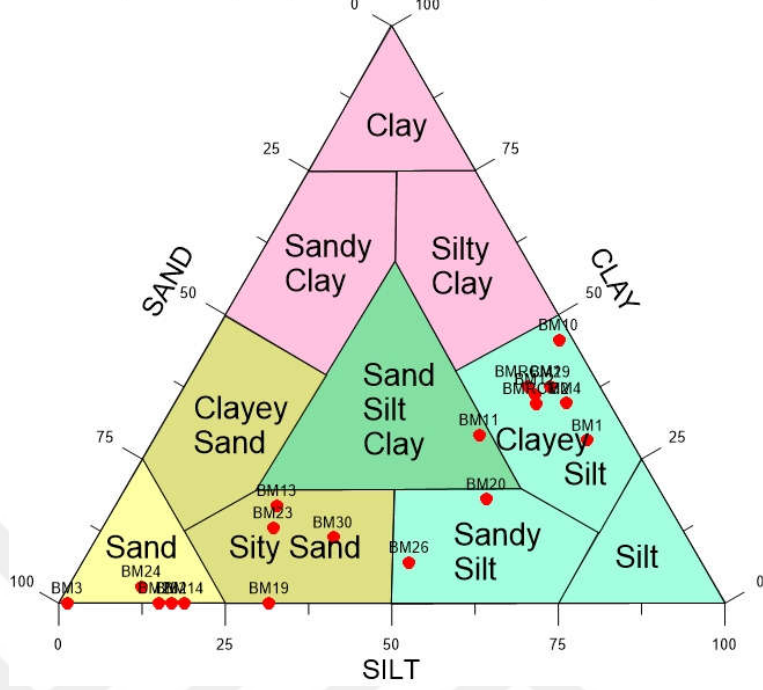
Gediz nehir ağızında kum içerik oranının azaldığı nehir ağızının hemen önü ve kum barının arkasında silt yoğunluğunun arttığı görülmektedir (Şekil 4.16). Bu bölgelerde aynı zamanda kil içeriğinin de arttığı görülmektedir (Şekil 4.17).

B. Menderes nehir ağzında ise alınan sediman örneklerinin sedimanın dane çapı (D_{50}) ve yoğunluk (ρ_s), özgül ağırlık (G_s) ve kum, silt, kil yüzde değerleri istasyonlara göre Tablo 4.12’de verilmiştir. Ayrıca elde edilen sediman zemin sınıfları Shapard’ın üçgen diyagramında Şekil 4.18’de görülmektedir. Buradaki istasyonlarda dağılım Gediz nehir ağzından daha fazla kum içerikli istasyon olduğunu göstermektedir. Bölge için hakim sınıfların killi silt, siltli kum ve kum olduğu söylenebilir.

Tablo 4.12 B. Menderes nehir ağızlarındaki sedimanın dane çapı ve yoğunluğunun istasyonlardaki değerleri

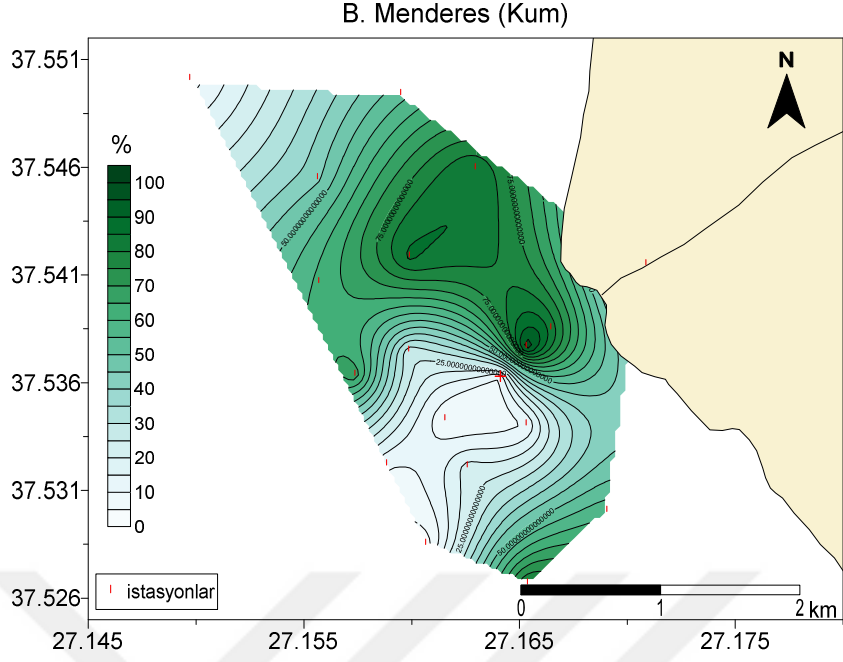
İstasyon	D_{50} (mm)	ρ_s (kg/m ³)	G_s	%Kum	%Silt	%Kil
BM10	0,00338	2622,00	2,5492	2,1	52,3	45,6
BM11	0,01419	2658,38	2,5839	22,2	48,5	29,1
BM12	0,00562	2601,26	2,5297	10,4	53,3	36,1
BM13	0,08683	2679,72	2,6053	58,7	24,3	16,9
BM14	0,10233	2714,89	2,6389	81,0	18,8	0,0
BM19	0,12148	2634,95	2,5631	68,3	31,6	0,0
BM2	0,16982	2644,42	2,5954	83,0	17,0	0,0
BM20	0,01320	2643,38	2,5707	26,7	55,2	18,0
BM23	0,08954	2637,39	2,5641	61,2	25,7	13,0
BM24	0,13974	2697,67	2,6219	86,1	11,0	2,9
BM25	0,14093	2707,52	2,6317	84,8	15,0	0,0
BM26	0,06300	2614,97	2,5419	43,8	49,1	7,1
BM29	0,00526	2637,69	2,5634	7,4	55,1	37,5
BM3	0,17968	2663,62	2,6059	98,7	1,3	0,0
BM30	0,07762	2644,94	2,5708	53,1	35,5	11,4
BM4	0,00561	2519,01	2,4496	6,5	58,8	34,6
BMRCM1	0,00546	2667,56	2,5926	10,7	51,7	37,5
BMRCM2	0,00812	2625,24	2,5515	11,0	54,4	34,6

B. Menderes Nehir Ağızı Sediman Dağılımı
(Shepard Sınıflandırması)



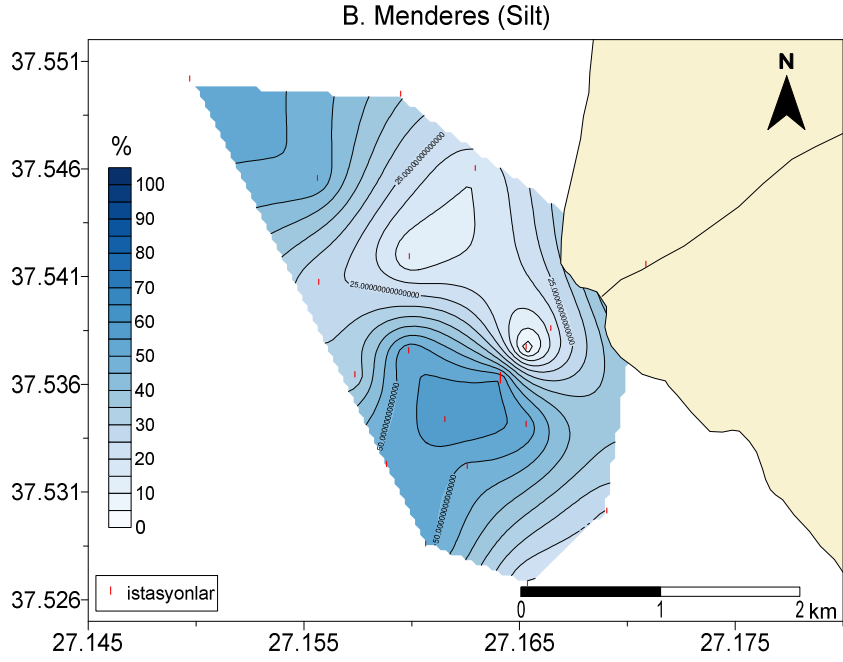
Şekil 4.18 B. Menderes nehir ağzından alınan sediman örneklerinin Shepard'a (1954) göre dağılım grafiği

B. Menderes nehir ağzı için elde edilen bu verilerle hesaplanan dağılım haritaları bize bu zemin sınıflarının bölge içerisindeki etkinliği hakkında bilgi vermektedir. Bu haritalardan biri olan yüzde kum içeriği dağılım haritası Şekil 4.19'da görülmektedir. Kum yoğunluğunun B. Menderes nehir ağzının hemen karşısında başlayıp kuzeybatı yönüne doğru ilerlediği görülmektedir.



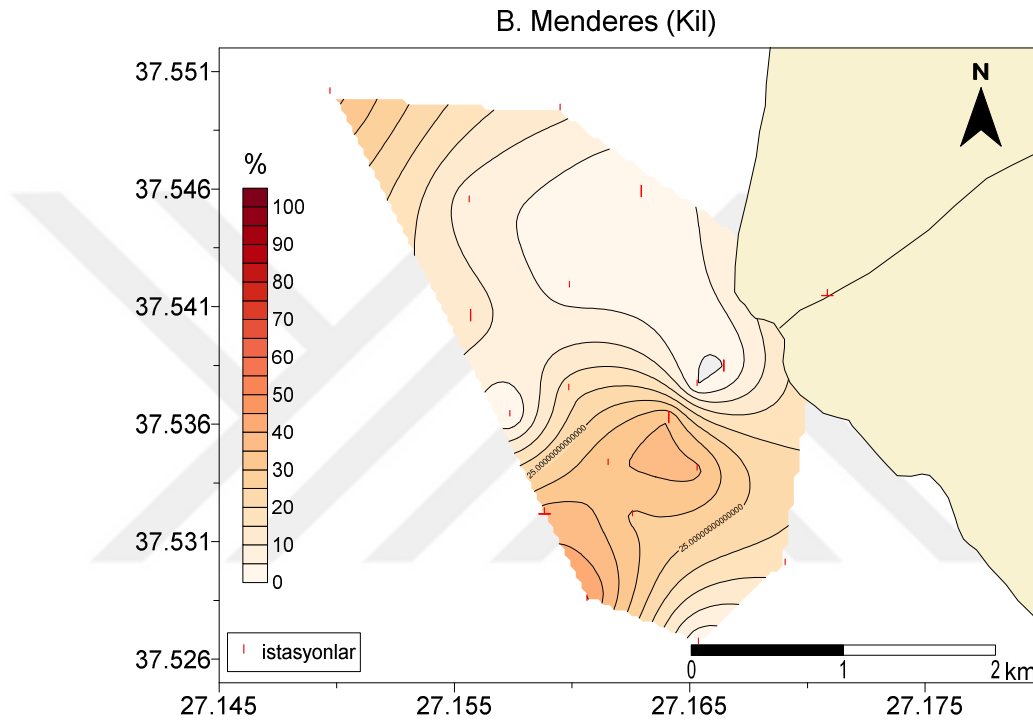
Şekil 4.19 B. Menderes nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde kum dağılım haritası

İnce daneli zemin sınıflarından silt içeriği yüzde dağılım haritası incelendiğinde ise nehir ağzının hemen karşısındaki kum yığınının arkasında silt yoğunluğunun arttığı görülmektedir (Şekil 4.20). Benzer bir yoğunluk artışı kuzeybatı açıktadır.



Şekil 4.20 B. Menderes nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde kil dağılım haritası

B. Menderes nehir ağzında kil yoğunluğu ise Gediz nehir ağzına kıyasla daha azdır. Şekil 4.21’de görülen kil yüzdesi dağılım haritası kil içeriğinin en yoğun görüldüğü alanın silt yoğunluğuyla paralel şekilde nehir ağzının karşısında kum birikiminin hemen arkası olduğunu göstermektedir ve bu kil içeriğinin % 35 civarında olduğu görülmektedir. Benzer bir yoğunluk ise silt yoğunluk dağılımıyla paralel şekilde kuzeybatı açığa görülmektedir.



Şekil 4.21 B. Menderes nehir ağzından alınan sediman istasyonları ve yüzde kil dağılım haritası

4.4 Fiziksel Özellikler

Gediz ve B. Menderes nehir ağzları genel itibariyle sığ ve geniş bir delta alanından oluşmaktadır. Her iki çalışma alanı da sığ su derinliklerine sahiptir. Gediz nehir ağzındaki istasyon derinlikleri incelendiğinde en derin istasyon su derinliğinin 9,60 m olduğu görülmektedir (Tablo 4.13). En sığ istasyonun ise 0,5 m’de yer aldığı görülmektedir.

Tablo 4.13 Gediz ve B. Menderes nehir ağızlarındaki istasyon su derinliklerinin minimum maksimum ve ortalama değerleri

	Min. (m)	Maks. (m)	Ort. (m)
Gediz	0,50	9,60	3,49
B. Menderes	1,10	12,60	4,96

B. Menderes nehir ağızındaki istasyon derinlikleri ise Gediz nehir ağızındakilere göre daha derindir. B. Menderes nehir ağızındaki istasyonlarda gözlenen en yüksek derinlik 12,60 m'dir. Bölgede ortalama su derinliği 5 m civarındayken en düşük derinlikteki istasyonun 1,10 m olarak gözlemlenmiştir (Tablo 4.13).

Gediz ve B. Menderes nehir ağızlarında su kolonunun fiziksel özelliklerini belirlemek için yapılan CTD ölçümleri sonucu bölgelerdeki yoğunluk, sıcaklık ve tuzluluk hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Her iki çalışma alanı için tüm dönemlere ait yoğunluk, sıcaklık ve tuzluluk dağılım grafikleri oluşturulmuştur.

Gediz nehir ağızında Temmuz ve Ekim dönemlerine ait sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk maksimum minimum ve ortalama değerleri Tablo 4.14 ve 4.15'te görölmektedir.

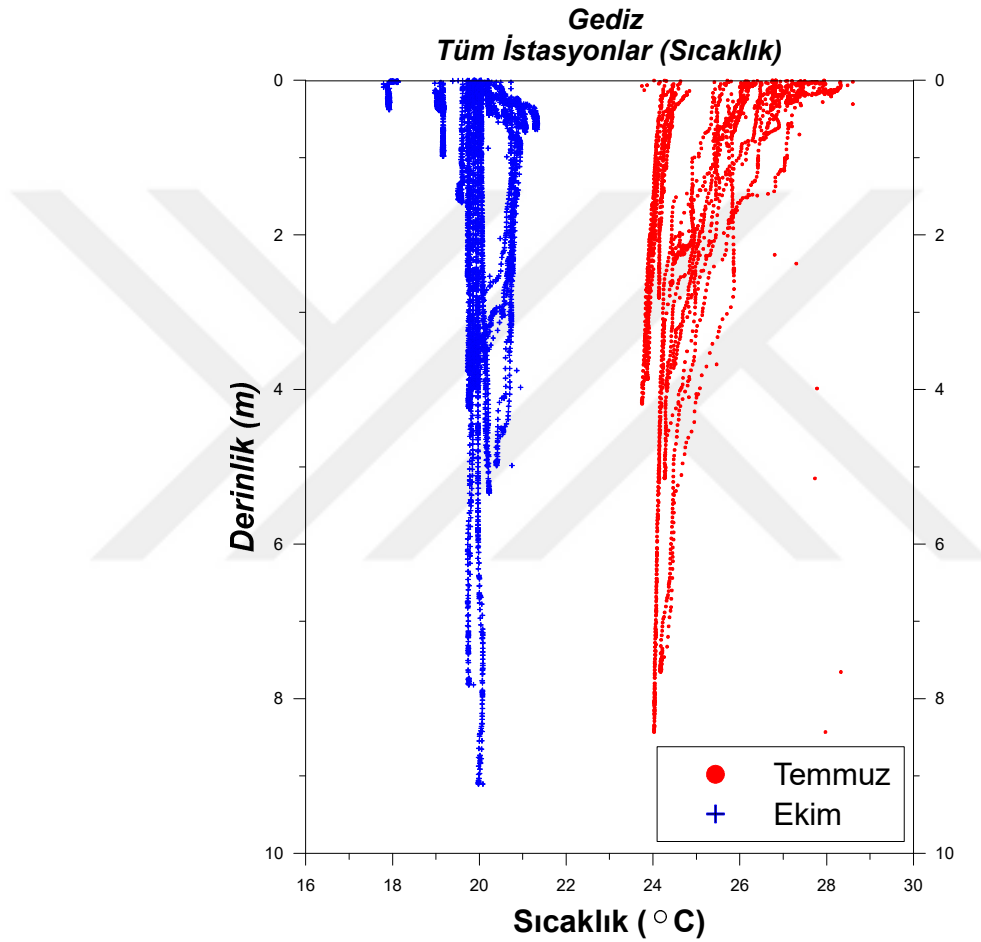
Tablo 4.14 Gediz nehir ağızlarında Temmuz döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri

CTD İst.	Sıcaklık (C°)			Tuzluluk (‰)			Yoğunluk [(sigma-t) kg/m ³]		
	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.
G-1	28,60	27,07	27,25	38,58	32,16	37,69	25,39	20,55	24,66
G-3	27,52	27,40	27,47	38,27	30,67	36,42	25,03	19,31	23,64
G-4	26,83	26,75	26,80	39,05	36,55	38,55	25,85	23,96	25,46
G-5	26,19	25,41	25,85	39,13	37,47	38,10	26,34	24,85	25,42
G-6	24,62	24,14	24,25	39,55	38,69	39,43	27,06	26,25	26,93
G-7	25,08	23,86	24,11	39,58	38,44	39,41	27,17	25,92	26,96
G-8	24,52	23,80	24,04	39,57	38,97	39,46	27,15	26,49	27,02
G-9	24,59	23,74	23,97	39,50	39,16	39,47	27,15	26,61	27,05
G-10	26,80	24,63	25,60	39,55	38,33	38,95	26,90	25,29	26,14
G-11	27,78	24,31	25,80	39,82	38,48	39,46	27,04	25,09	26,47
G-12	27,97	24,02	24,83	39,67	38,25	39,43	27,12	25,16	26,76
G-13	28,33	24,16	25,47	40,24	38,31	39,41	27,08	24,92	26,55
G-14	27,73	24,27	25,11	39,71	38,35	39,47	27,05	25,20	26,70
G-22	27,37	26,40	26,73	39,16	36,69	37,74	26,03	23,88	24,87
G-23	27,30	24,47	25,21	39,68	38,03	39,28	27,03	24,98	26,52
	Genel Ortalama		25,499	Genel Ortalama		38,818	Genel Ortalama		26,076

Tablo 4.15 Gediz nehir ağızlarında Ekim döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri

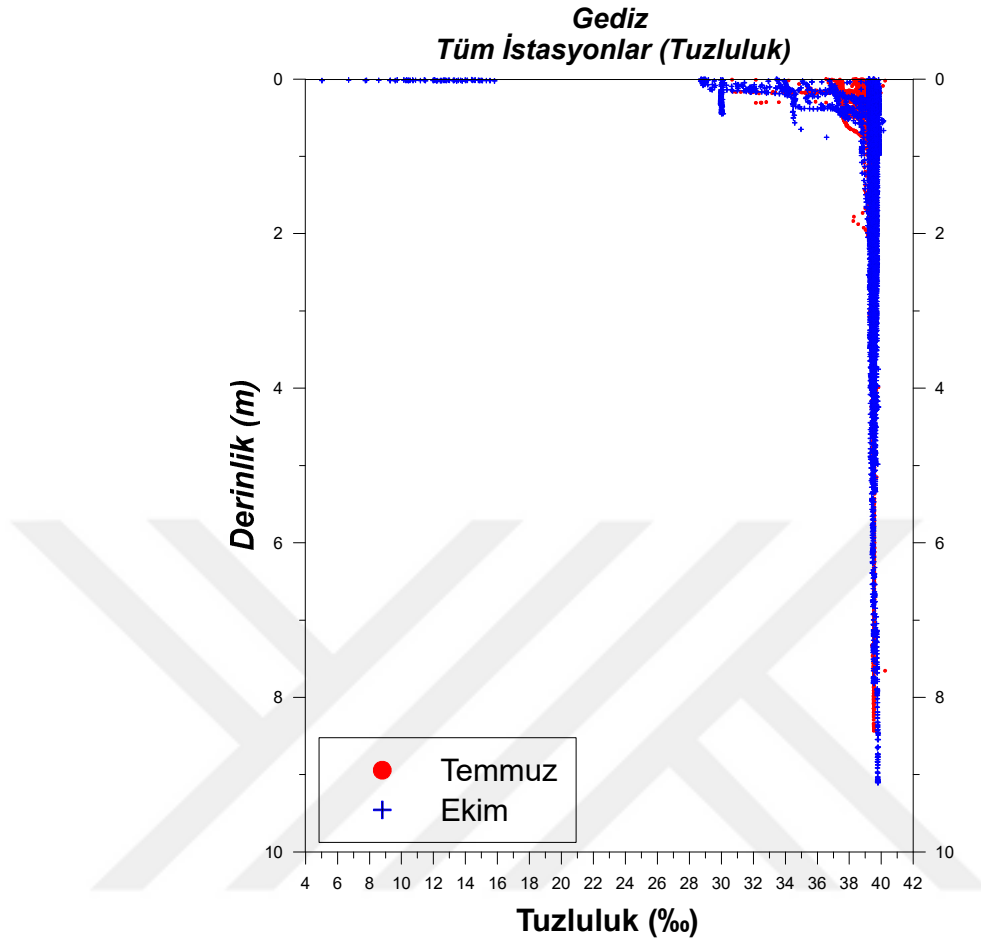
CTD İst.	Sıcaklık (C°)			Tuzluluk (‰)			Yoğunluk [(sigma-t) kg/m ³]		
	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.
G-4	20,23	20,19	20,21	30,11	29,96	30,00	20,98	20,87	20,90
G-6	19,96	19,85	19,91	39,46	35,66	39,09	28,20	25,30	27,92
G-7	20,95	19,88	20,48	39,77	36,76	39,16	28,28	25,97	27,82
G-8	20,86	19,73	20,24	39,81	33,45	39,21	28,38	23,61	27,92
G-9	20,75	20,39	20,66	39,78	39,50	39,68	28,31	28,07	28,17
G-10	19,75	19,71	19,74	39,68	39,50	39,66	28,41	28,27	28,40
G-11	19,79	19,38	19,76	39,83	39,52	39,55	28,62	28,28	28,31
G-12	20,08	19,71	19,98	39,80	39,46	39,54	28,47	28,19	28,25
G-13	19,86	19,73	19,82	39,54	39,25	39,36	28,33	28,05	28,15
G-14	20,23	20,01	20,12	39,64	39,22	39,41	28,29	27,98	28,11
G-19	21,07	19,86	20,76	40,13	33,94	38,33	28,53	23,92	27,10
G-20	21,34	19,87	20,73	39,68	28,72	36,24	28,02	20,00	25,51
G-25	17,93	17,79	17,91	39,39	37,86	39,30	28,66	27,49	28,59
G-26	19,18	19,11	19,16	39,86	32,94	39,82	28,71	23,42	28,67
G-27	19,70	19,51	19,60	39,61	39,49	39,56	28,42	28,28	28,36
G-3-M	19,10	18,97	19,06	39,86	36,29	39,59	28,75	25,99	28,52
	Genel Ortalama		25,499	Genel Ortalama		38,818	Genel Ortalama		26,076

Gediz nehir ağzında Temmuz döneminde 0,5 m'lik yüzey suyunda gözlemlenen sıcaklık değerleri 24 °C ile 28 °C arasında değişirken yaklaşık 4 m'den sonra bu değer 24,5 °C civarında görülmektedir (Şekil 4.22). Ekim döneminde ise deniz suyu sıcaklıkları beklendiği gibi düşüyor. Gediz nehir ağzında Ekim döneminde 0,5 m'lik yüzey suyunda gözlemlenen sıcaklık değerleri 18 °C ile 21 °C arasında değişirken yaklaşık 4 m'den sonra bu değer 20 °C civarında görülmektedir.



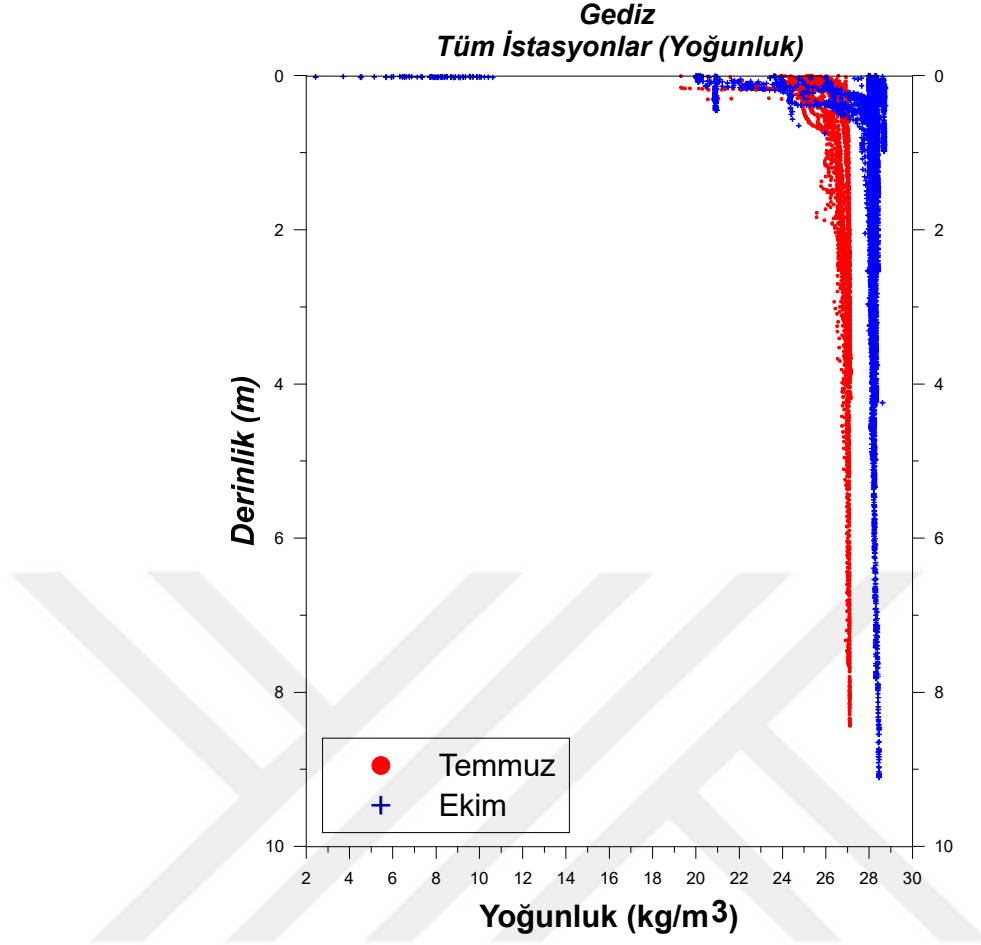
Şekil 4.22 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan sıcaklık verilerinin derinliğe göre değişim grafiği

Temmuz döneminde tuzluluk değerleri ‰ 31 ile ‰ 39,5 arasında değişim gösterirken derinlere inildikçe ‰ 39,5 civarında sabitlenmektedir (Şekil 4.23). Aynı dönemde tuzluluk değerleri ‰ 11 ile ‰ 40 arasında değişim gösterirken derinlere inildikçe ‰ 40 civarında sabitlenmektedir.



Şekil 4.23 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan tuzluluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği

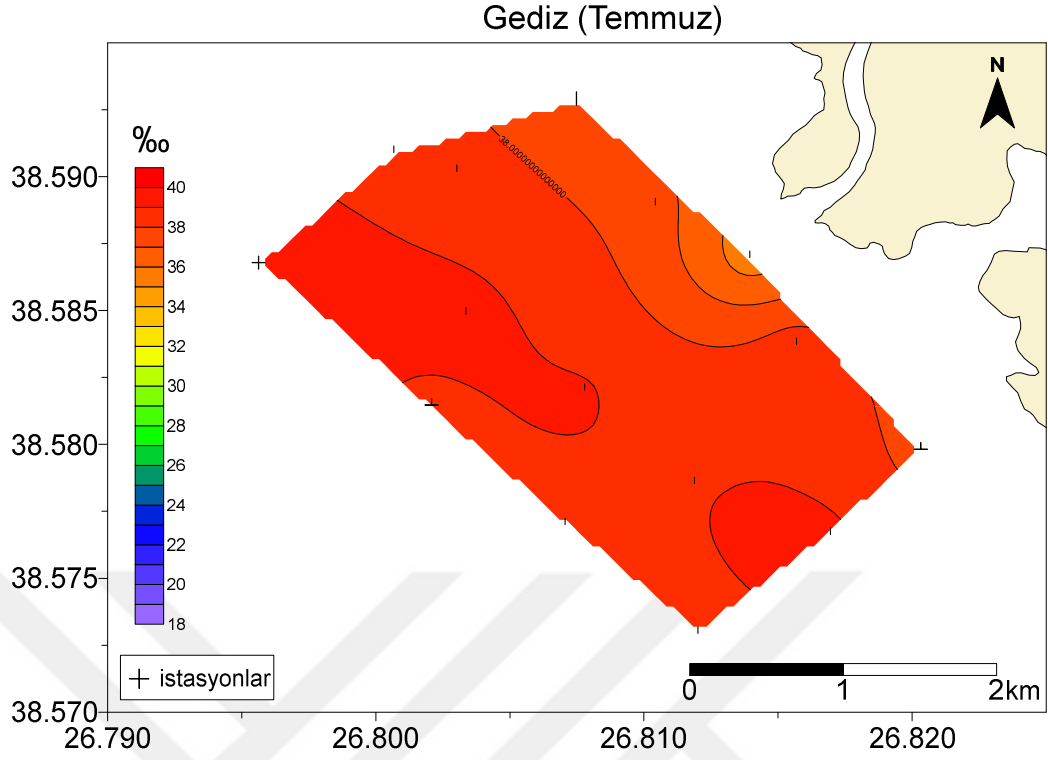
Temmuz dönemindeki yoğunluk değerlerinin 1023 kg/m^3 ile 1027 kg/m^3 arasında değiştiği ancak bu değişimin özellikle yüzeydeki 0,5 m'lik suda olduğu gözlemlenmektedir. Derinlere inildikçe yoğunluğun 1027 kg/m^3 civarına sabitlendiği söylenebilir (Şekil 4.24).



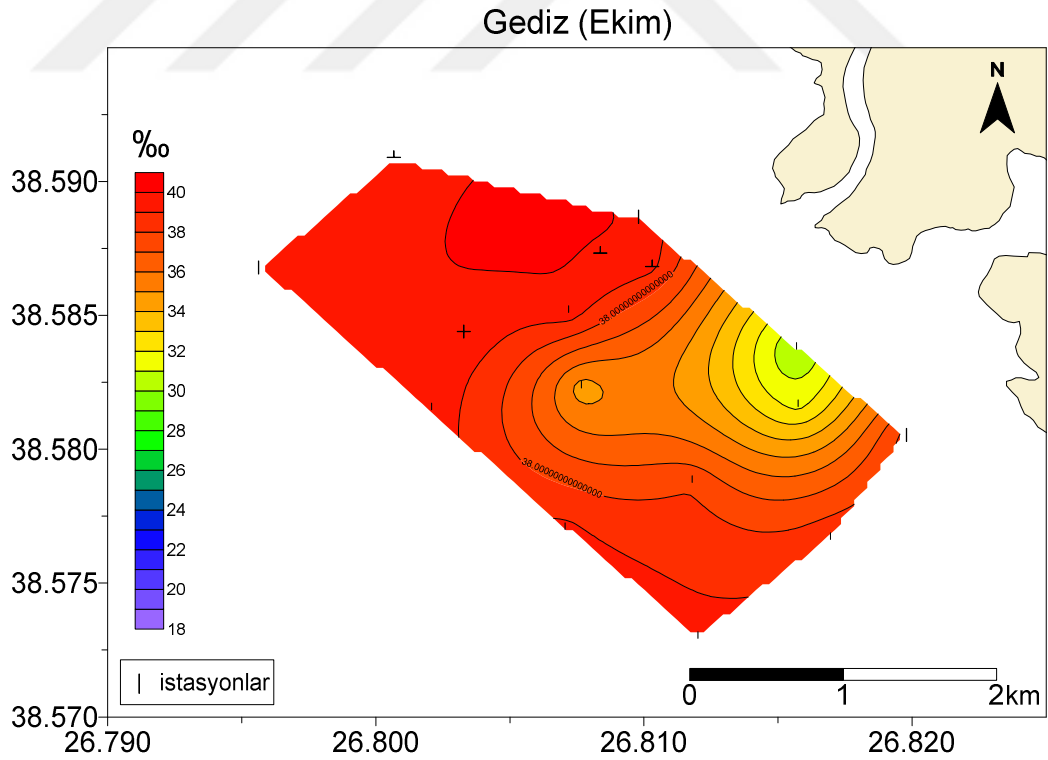
Şekil 4.24 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan yoğunluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği

Gediz Nehir ağzında yüzey suyu olarak değerlendirilen 0-2 m arasındaki suyun Temmuz dönemindeki tuzluluk dağılım haritası Şekil 4.25’de görülmektedir. Burada nehir ağzının çıkışında çok az da olsa bir tuzluluk düşüşü görülmektedir.

Gediz Nehir ağzında 0-2 m arasındaki suyun Temmuz dönemindeki tuzluluk dağılım haritası Şekil 4.25’te ve Ekim dönemindeki tuzluluk dağılım haritası ise Şekil 4.26’da görülmektedir. Burada nehir ağzının çıkışından güneydoğu yönüne doğru belirgin bir tuzluluk düşüşü görülmektedir. Bu da bize bu dönemde nehir etkisinin Temmuz döneminden çok daha fazla olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.25 Gediz nehir ağzından Temmuz dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası



Şekil 4.26 Gediz nehir ağzından Ekim dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası

B. Menderes nehir ağzında Mart, Mayıs ve Ekim dönemlerinde yapılan CTD ölçümlerine ait istasyonlara göre sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk maksimum minimum ve ortalama değerleri Tablo 4.16, 4.17 ve 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.16 B. Menderes nehir ağızlarında Mart döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri

CTD İst.	Sıcaklık (C°)			Tuzluluk (‰)			Yoğunluk [(sigma-t) kg/m ³]		
	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.
BM-2	15,50	13,96	14,72	38,93	9,76	25,69	28,90	6,76	18,87
BM-3	15,85	13,70	14,99	38,98	10,69	30,04	28,85	7,53	22,16
BM-4	15,57	14,84	15,47	39,06	28,61	38,17	28,99	21,07	28,32
BM-10	15,78	15,62	15,75	39,15	24,04	38,53	29,02	17,41	28,54
BM-11	15,64	15,44	15,61	39,06	36,73	38,85	28,97	27,21	28,81
BM-12	15,88	14,53	15,73	39,06	30,64	38,23	28,92	22,71	28,30
BM-13	15,86	15,71	15,80	39,05	38,23	38,61	28,91	28,30	28,58
BM-14	15,86	15,34	15,81	39,07	34,48	38,91	28,95	25,50	28,81
BM-19	15,65	14,54	15,48	39,06	14,59	37,79	28,98	10,38	28,03
BM-20	15,46	14,53	15,39	38,95	24,83	38,06	28,93	18,24	28,26
BM-23	15,51	14,29	15,40	38,94	25,63	38,46	28,95	18,88	28,57
BM-24	15,89	15,54	15,86	39,06	38,41	39,02	28,92	28,45	28,88
BM-25	15,76	15,66	15,73	38,99	38,86	38,91	28,89	28,79	28,83
BM-26	15,44	14,08	15,25	38,94	34,77	38,66	28,96	25,99	28,76
BM-29	15,70	15,56	15,65	39,10	38,91	39,05	29,02	28,86	28,98
BM-30	15,84	15,75	15,79	39,07	37,30	38,95	28,95	27,58	28,85
BM-RCM-2	15,83	15,82	15,82	39,05	39,01	39,03	28,91	28,88	28,90
BM-RCM-1	15,86	15,79	15,84	39,06	38,67	39,03	28,94	28,62	28,90
	Genel Ortalama		25,499	Genel Ortalama		38,818	Genel Ortalama		26,076

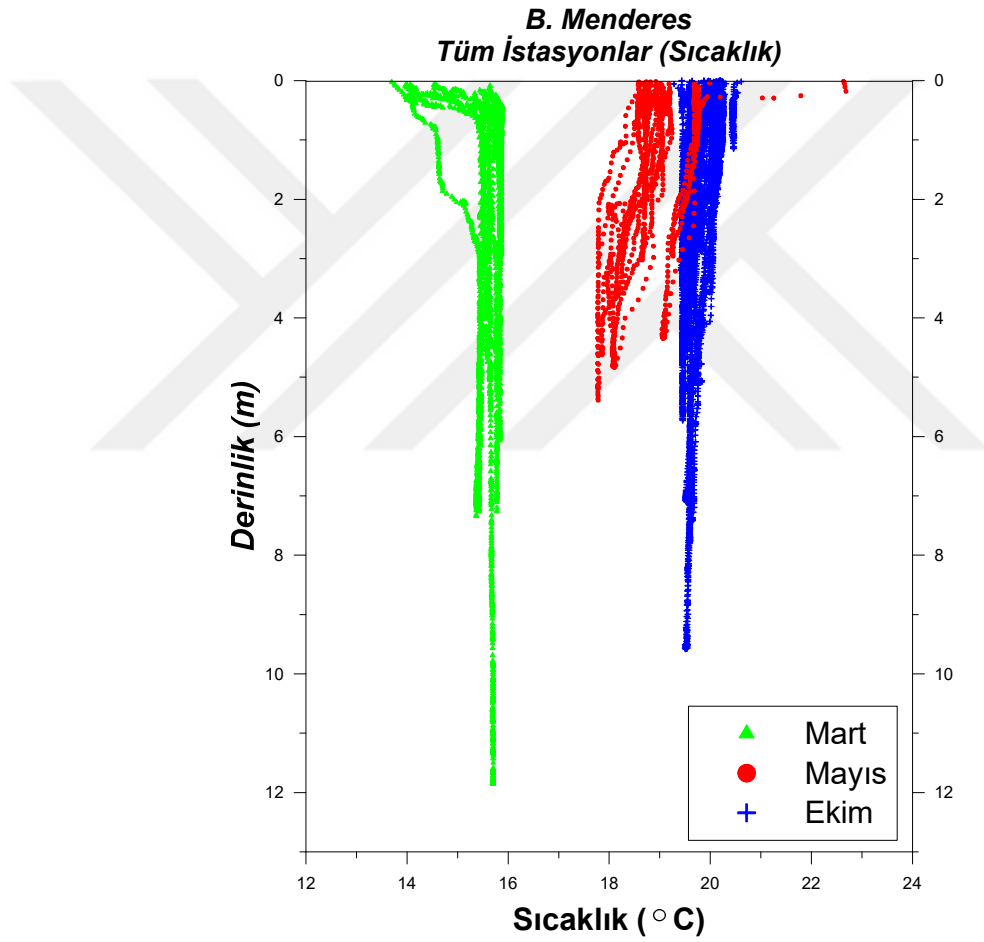
Tablo 4.17 B. Menderes nehir ağızlarında Mayıs döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri

CTD İst.	Sıcaklık (C°)			Tuzluluk (‰)			Yoğunluk [(sigma-t) kg/m ³]		
	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.
BM-4	19,07	17,94	18,70	39,41	38,56	39,21	28,58	27,76	28,33
BM-11	19,70	19,04	19,44	38,94	38,38	38,61	28,04	27,43	27,67
BM-13	22,68	19,24	19,69	38,97	20,67	38,09	28,00	13,20	27,21
BM-14	18,89	17,77	18,82	39,28	37,31	38,69	28,59	26,83	27,90
BM-19	19,09	18,07	18,70	39,17	37,75	38,39	28,48	27,10	27,70
BM-20	19,24	18,13	18,71	39,20	36,51	38,18	28,47	26,12	27,53
BM-24	18,74	18,63	18,70	39,28	39,19	39,24	28,40	28,30	28,35
BM-25	18,98	18,55	18,65	39,34	38,84	39,15	28,44	27,97	28,29
BM-30	18,94	17,85	18,44	39,38	39,01	39,23	28,67	28,22	28,41
BME-1	18,80	18,58	18,74	39,07	38,63	38,80	28,25	27,87	28,00
	Genel Ortalama		25,499	Genel Ortalama		38,818	Genel Ortalama		26,076

Tablo 4.18 B. Menderes nehir ağızlarında Ekim döneminde yapılan CTD ölçümlerinin istasyonlara göre maksimum, minimum ve ortalama değerleri

CTD İst.	Sıcaklık (C°)			Tuzluluk (‰)			Yoğunluk [(sigma-t) kg/m ³]		
	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.	maks.	min.	ort.
BM-3	20,61	20,43	20,45	39,15	36,95	39,05	27,82	26,13	27,73
BM-4	20,16	19,42	19,52	39,44	37,21	39,20	28,26	26,41	28,11
BM-6	19,76	19,28	19,61	39,33	36,30	39,24	28,21	25,95	28,12
BM-10	19,64	19,43	19,49	39,32	39,15	39,20	28,19	28,08	28,12
BM-11	20,16	19,54	19,88	39,27	38,72	38,96	28,16	27,57	27,83
BM-12	20,28	19,92	20,21	39,21	38,45	38,60	28,00	27,34	27,46
BM-13	20,26	19,81	19,98	39,37	38,74	39,09	28,16	27,55	27,89
BM-14	19,90	19,44	19,66	39,28	35,48	39,17	28,20	25,16	28,05
BM-19	20,02	19,65	19,90	39,27	39,06	39,21	28,12	27,86	28,02
BM-20	20,12	19,49	19,63	39,26	38,25	39,10	28,17	27,21	28,00
BM-23	20,07	19,60	19,85	39,26	39,11	39,18	28,14	27,89	28,01
BM-25	20,19	20,11	20,17	39,09	39,01	39,05	27,86	27,78	27,81
BM-26	20,17	19,59	19,83	39,25	38,68	39,02	28,15	27,53	27,90
BM-30	20,13	19,74	19,95	39,31	38,85	39,08	28,14	27,67	27,90
BM-31	20,31	19,64	19,83	39,48	38,39	39,17	28,28	27,32	28,00
BM-32	20,16	19,54	19,72	39,33	38,51	39,15	28,20	27,40	28,02
BMS-2	19,68	19,55	19,59	39,31	38,89	39,15	28,18	27,83	28,04
BMS-4	19,71	19,37	19,58	39,24	36,75	38,81	28,12	26,26	27,79
BMS-5	20,00	19,57	19,74	39,27	35,83	39,00	28,15	25,41	27,89
BMS-7	20,21	19,74	19,92	39,30	38,03	38,79	28,12	27,02	27,69
BMS-8	20,21	19,62	19,80	39,23	37,67	38,92	28,10	26,75	27,81
	Genel Ortalama		25,499	Genel Ortalama		38,818	Genel Ortalama		26,076

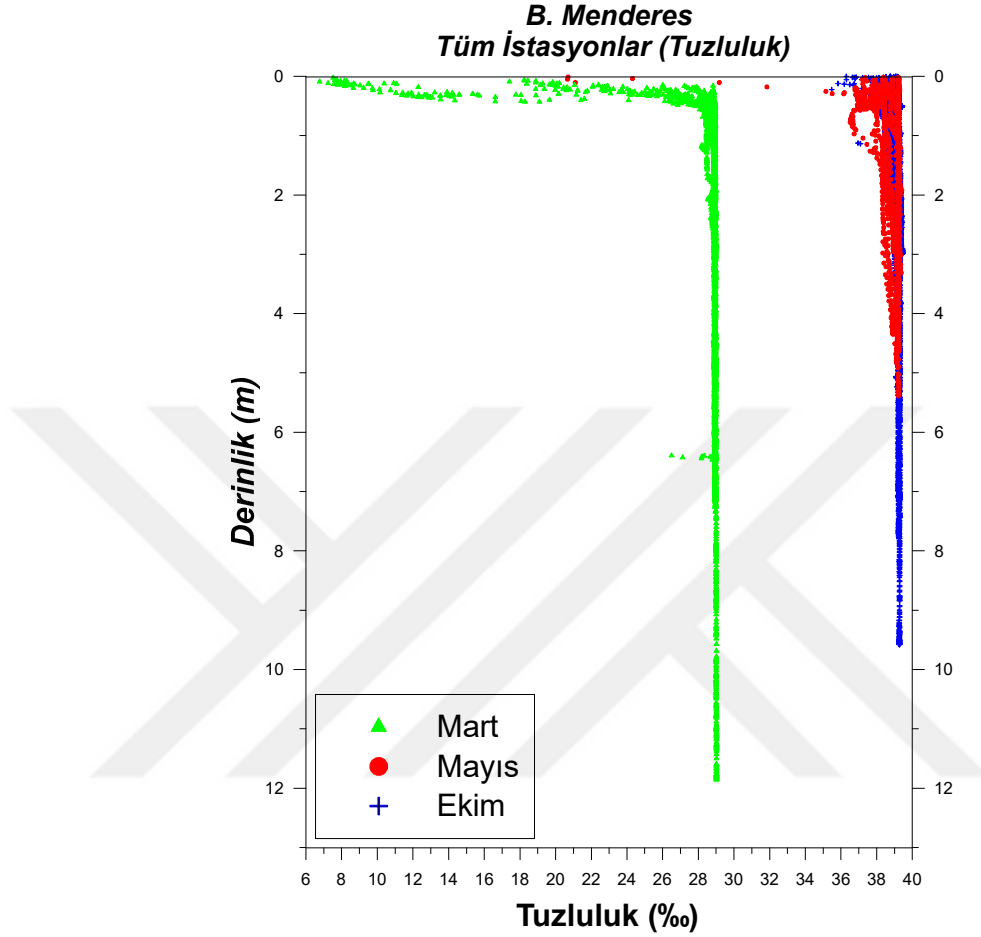
B. Menderes nehir ağzında Mart döneminde 0,5 m'lik yüzey suyunda gözlemlenen sıcaklık değerleri 14 °C ile 16 °C arasında değişirken yaklaşık 4 m'den sonra bu değer 15,5 °C civarında görülmektedir (Şekil 4.27). B. Menderes nehir ağzında Mayıs döneminde istasyonların sığda olmasından dolayı derinlerde belirgin farklılık göstermemiştir. Sığ suda gözlemlenen sıcaklık değerleri 18 °C ile 20 °C arasında değişmektedir. B. Menderes nehir ağzında Ekim döneminde 0,5 m'lik yüzey suyunda gözlemlenen sıcaklık değerleri ise büyük bir değişim göstermezken 20 °C civarında değişmektedir.



Şekil 4.27 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan yoğunluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği

Mart döneminde tuzluluk değerleri ‰ 12 ile ‰ 29 arasında değişim gösterirken derinlere inildikçe ‰ 29 civarında sabitlenmektedir (Şekil 4.28). Mayıs döneminde

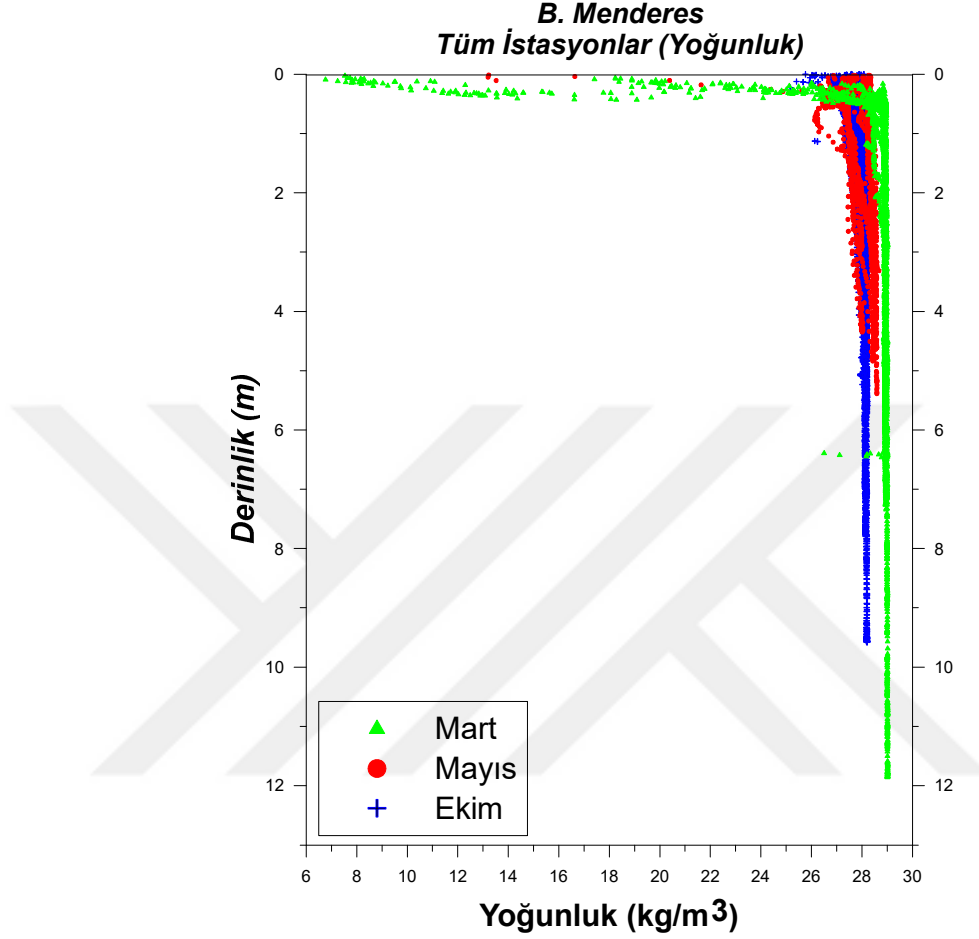
tuzluluk değerleri ‰ 8 ile ‰ 39 arasında değişim gösterirken derinlere inildikçe ‰ 39 civarında sabitlenmektedir.



Şekil 4.28 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan yoğunluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği

Mart döneminde yoğunluk değerlerinin 1008 kg/m^3 ile 1029 kg/m^3 arasında değiştii ancak bu değişimin özellikle yüzeydeki 0,5 m'lik suda oluştugu gözlemlenmektedir. Derinlere inildikçe yoğunluğun 1029 kg/m^3 civarına sabitlendiği söylenebilir (Şekil 4.29). B. Menderes nehir ağzında Mayıs döneminde yoğunluk değerlerinin 1002 kg/m^3 ile 1028 kg/m^3 arasında değiştii ancak bu değişimin yüzeydeki 2 m'lik suda oluştugu gözlemlenmektedir. Derinlere inildikçe yoğunluğun 1028 kg/m^3 civarında olduğu söylenebilir (Şekil 4.29). B. Menderes nehir ağzında Ekim döneminde yoğunluk değerlerinin 1004 kg/m^3 ile 1028 kg/m^3 arasında değiştii ancak bu değişimin özellikle yine yüzeydeki 0,5 m'lik suda oluştugu

gözlemlenmektedir. Derinlere inildikçe yoğunluğun 1028 kg/m^3 civarına sabitlendiği söylenebilir (Şekil 4.29).

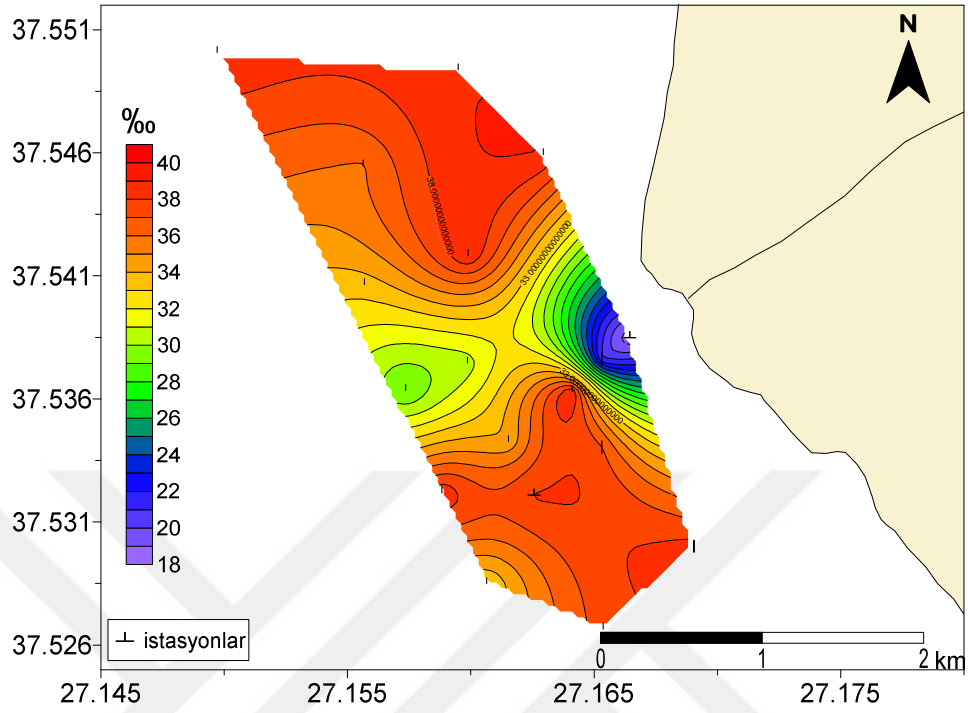


Şekil 4.29 Gediz nehir ağzından Temmuz ve Ekim dönemlerinde alınan yoğunluk verilerinin derinliğe göre değişim grafiği

B. Menderes Nehir ağzında yüzey suyu olarak değerlendirilen 0-2 m arasındaki suyun Mart dönemindeki tuzluluk dağılım haritası Şekil 4.30'de görülmektedir. Burada nehir ağzının çıkışından güneydoğu yönüne doğru belirgin bir tuzluluk düşüşü görülmektedir. Bu da bize bu dönemde nehir etkisinin Mart döneminden çok daha fazla olduğunu göstermektedir.

B. Menderes Nehir ağzında 0-2 m arasındaki suyun Mayıs dönemindeki tuzluluk dağılım haritası ise Şekil 4.31'de görülmektedir. Burada Mart ayına göre çok daha homojen bir tuzluluk seviyesi görülmektedir.

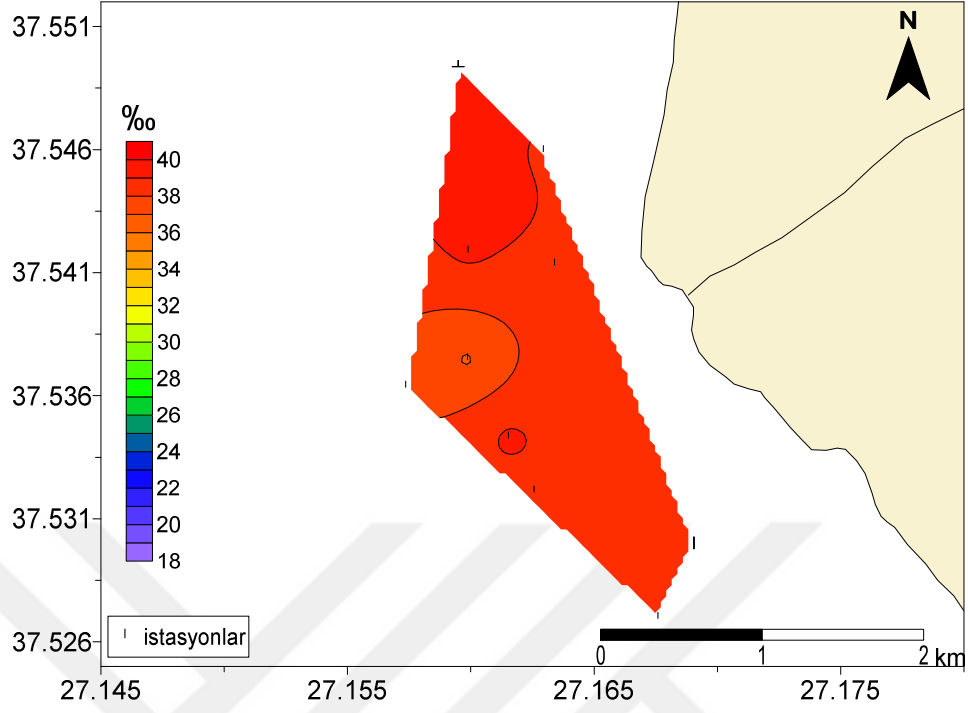
B. Menderes (Mart)



Şekil 4.30 B. Menderes nehir ağzından Mart (üst) dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası

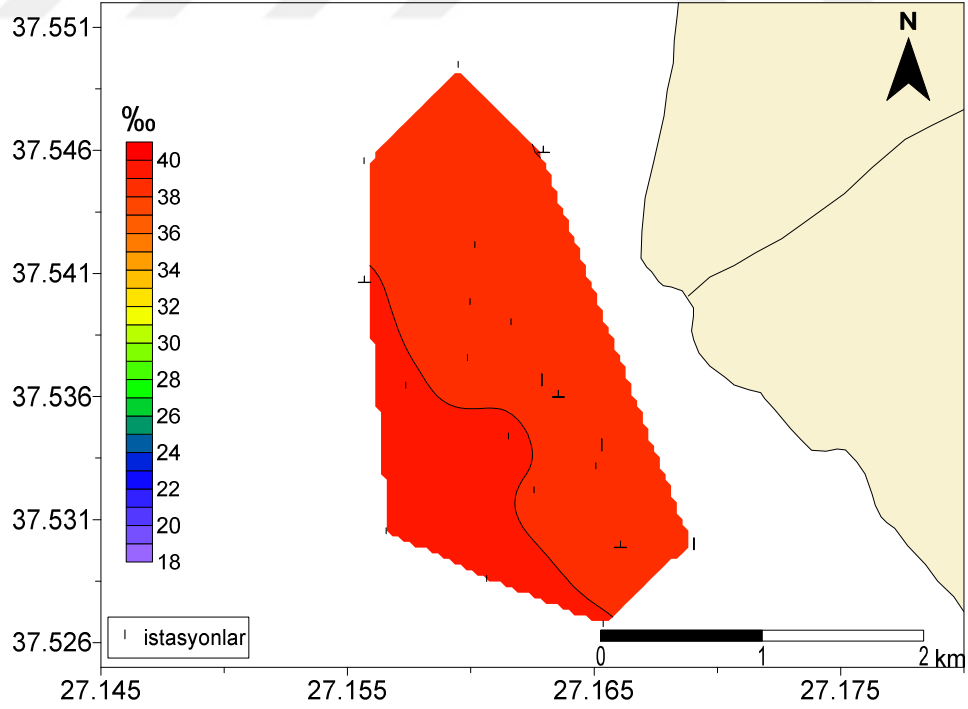
B. Menderes Nehir ağzında 0-2 m arasındaki suyun Ekim dönemindeki tuzluluk dağılım haritası ise Şekil 4.32’de görülmektedir. Burada nehir ağzının çıkışından bir tuzluluk düşüşü görülmemektedir. Nehir etkisinin olmadığı rahatlıkla söylenebilir.

B. Menderes (Mayıs)



Şekil 4.31 B. Menderes nehir ağzından Mayıs (alt) dönemlerindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası

B. Menderes (Ekim)



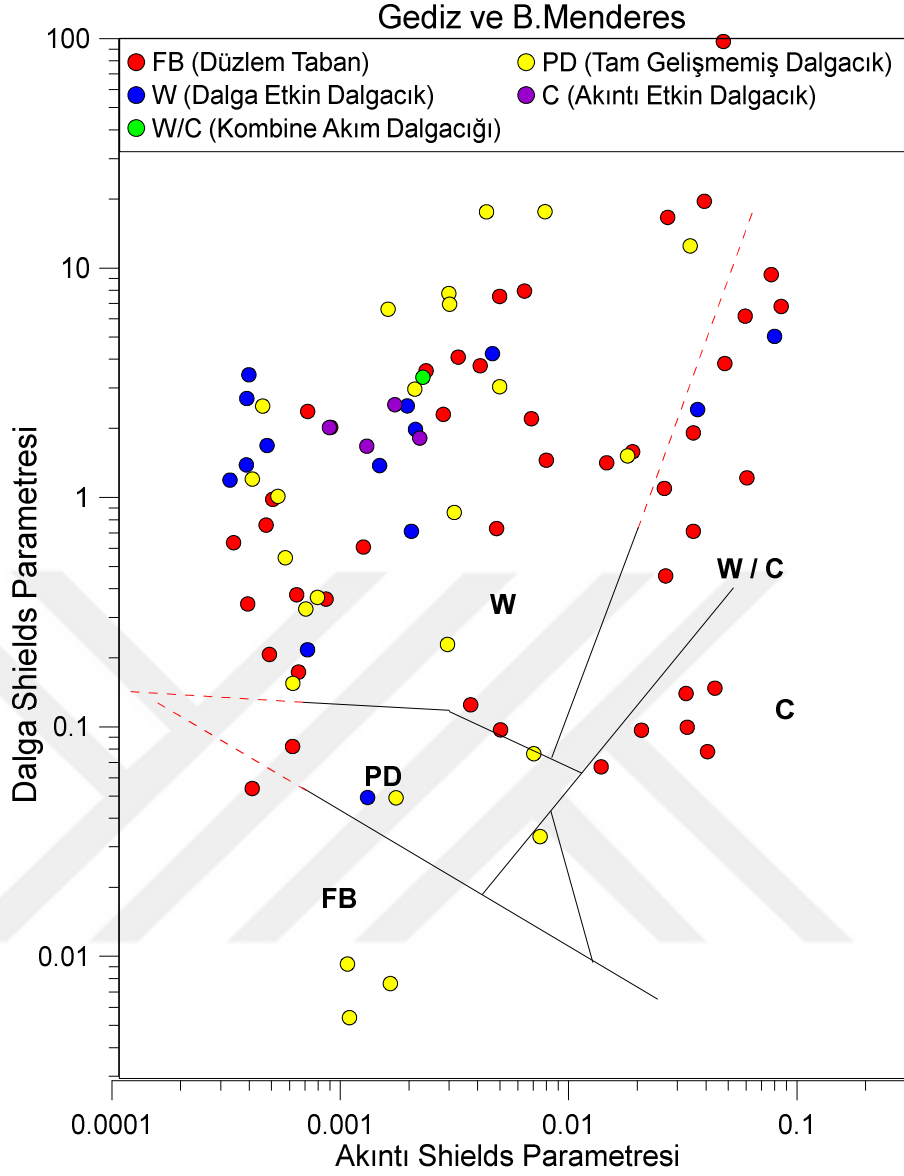
Şekil 4.32 B. Menderes nehir ağzından Ekim dönemindeki yüzey tuzluluk dağılım haritası

4.5 Faz Diyagramları

Faz diyagramları ile deniz taban formlarının tahmin edilmesi hakkında literatürde birçok veri olsa da henüz fikir birliğine varılmış ve üzerinde anlaşılmiş bir diyagram mevcut değildir (Kleinhans, 2005). Özellikle çalışılan faz diyagramlarının büyük bir bölümünün kum zeminler için üretildiği düşünüldüğünde bu alanda daha çok araştırmaya ihtiyaç olduğunu söylemek yanlış olmaz. Bu araştırmaların bir aşaması olarak arazi verisiyle bu diyagramların test edilmesi yer almaktadır. Tez kapsamında elde edilen veriler ile literatürde kombine akım koşulları için üretilmiş olan faz diyagramlarından dördü test edilmiştir. Bu testler yapılırken arazide gözlemlenen deniz taban formları her bir faz diyagramı için tanımlanan ve Ek 2’de sunulan tanımlamalar kullanılarak sınıflandırılmıştır. Test sonuçları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

➤ Amos, Boen, Huntley ve Lewis (1988)

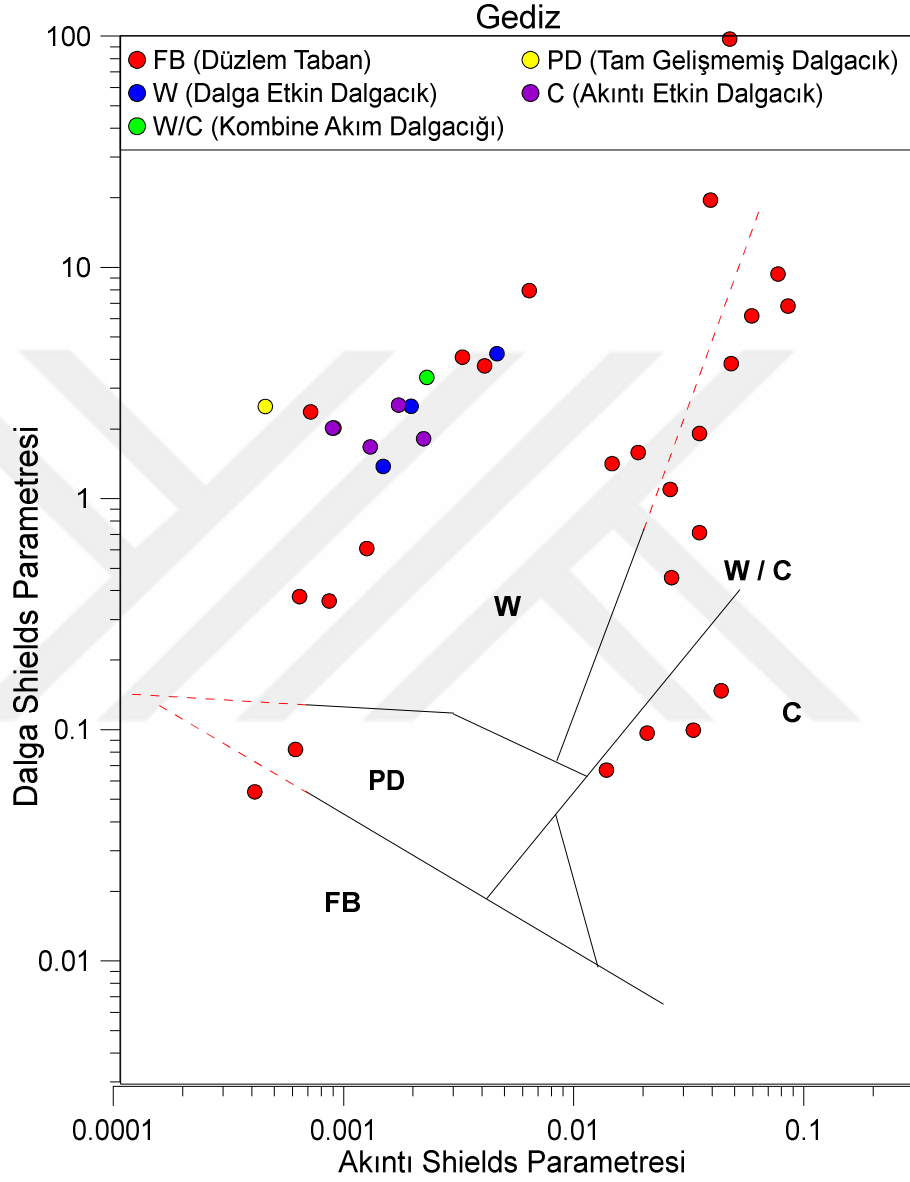
Amos ve diğerlerinin (1988) yaptıkları arazi çalışmaları sonucu geliştirdikleri faz diyagramlarından biri olan kombine akım altında oluşan deniz taban formlarının dalga ve akıntı Shields parametrelerini kullanarak sınıfladığı faz diyagramı tez verisi ile birlikte Şekil 2.33’te görülmektedir.



Şekil 4.33 Amos ve diğer. (1988)'nin önerdiği faz diyagramında Gediz ve B. Menderes nehirlerinin tüm dönem verisi

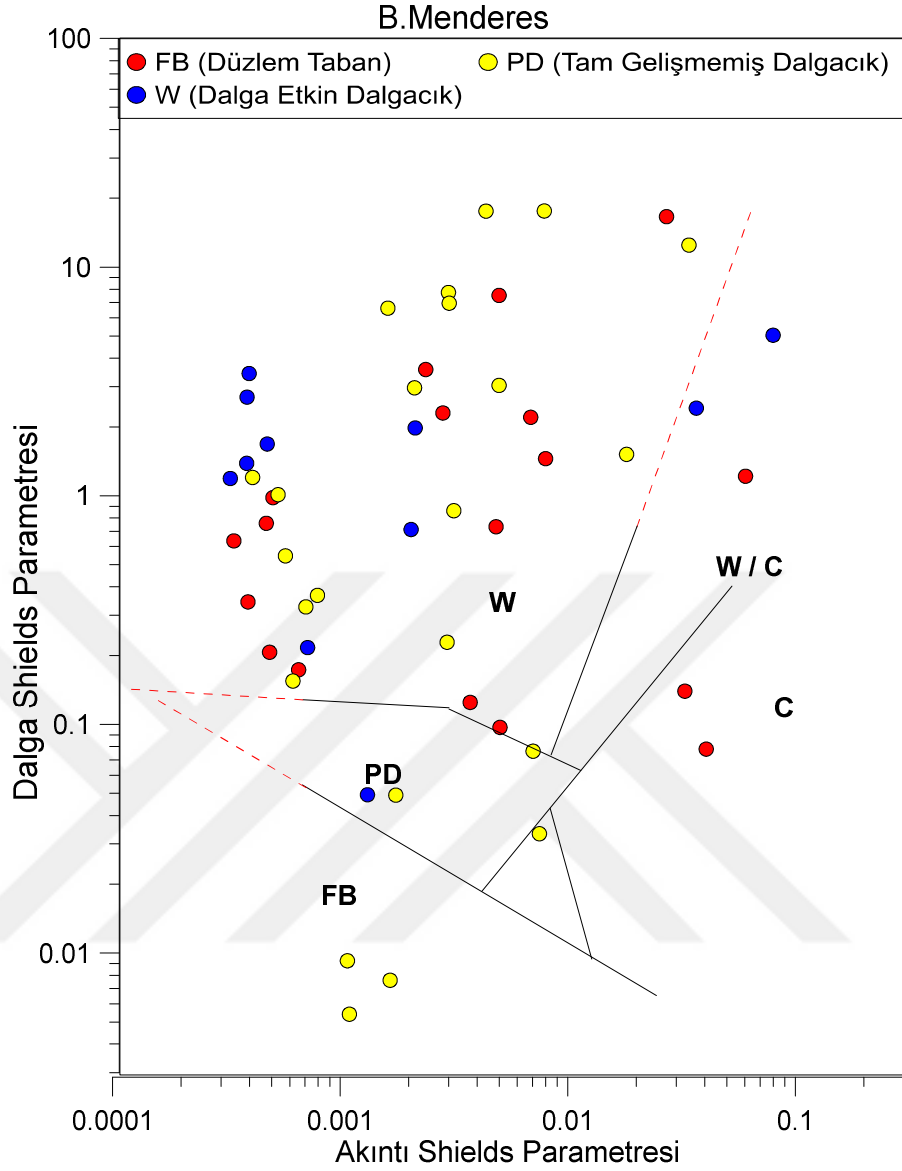
Yapılan çalışmalarda iyi derecelenmiş ince kum üzerinde oluşan deniz taban formları sınıflandırılmıştır. Tez kapsamındaki ince daneli zeminde ve sığ su koşullarında oluşan deniz taban formları ile diyagram sınırları pek uyumlu görülmektedir. Bu diyagram Gediz ve B. Menderes nehir ağızlarında gözlemlenen deniz taban formlarına göre ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise sonuçlar çok büyük değişim göstermemektedir.

Gediz nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacıkları düşük akıntı Shields yüksek dalga Shields değerlerinde gözlemlenmiştir. Akıntı Shields parametresinin değeri arttıkça gözlemlenen deniz taban formu düzlem taban olmaktadır (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 Amos ve diğer. (1988)'nin önerdiği faz diyagramında Gediz nehrinin tüm dönem verisi

B. Menderes nehir ağzı için ise durum bundan daha karmaşık görünmekle birlikte yüksek dalga Shields parametresinde daha belirgin deniz taban formlarının gözlemlendiği söylenebilir (Şekil 4.35).

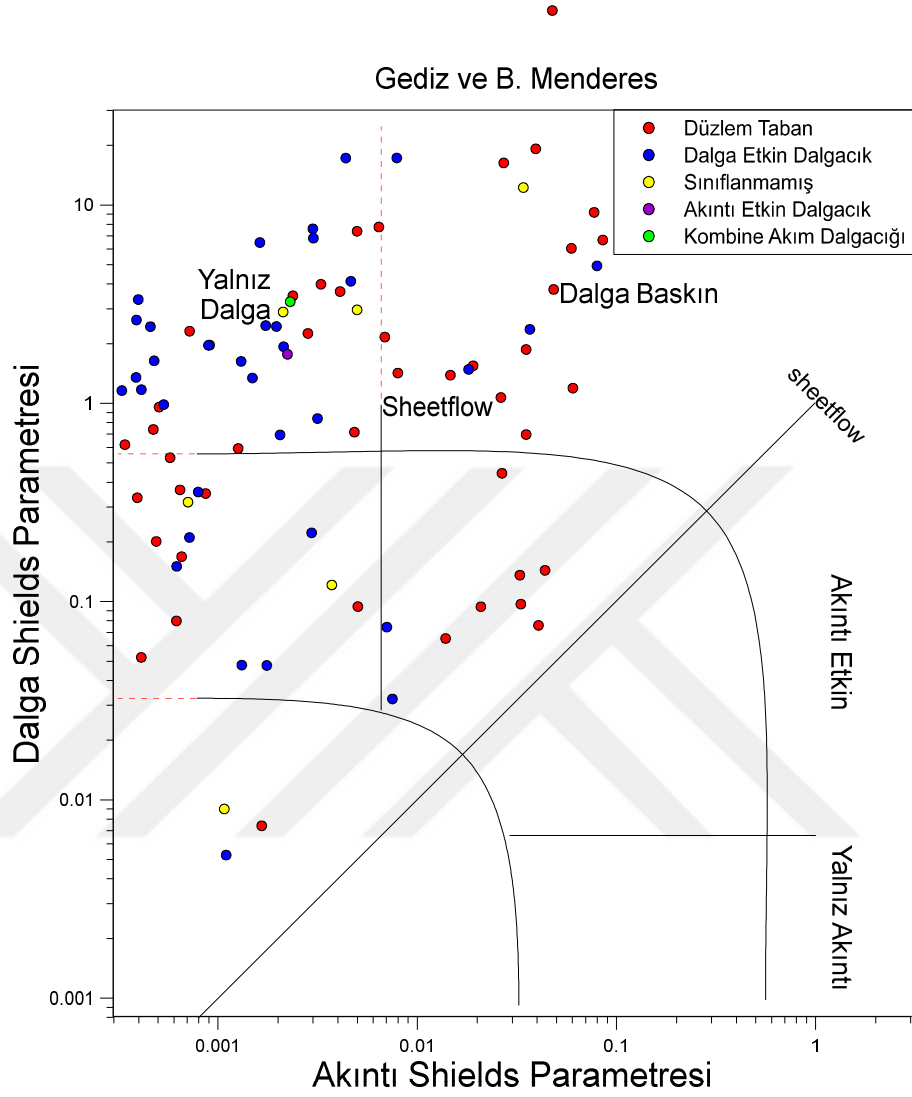


Şekil 4.35 Amos ve diğer. (1988) önerdiği faz diyagramında B. Menderes nehrinin tüm dönem verisi

➤ Kleinhans (2005)

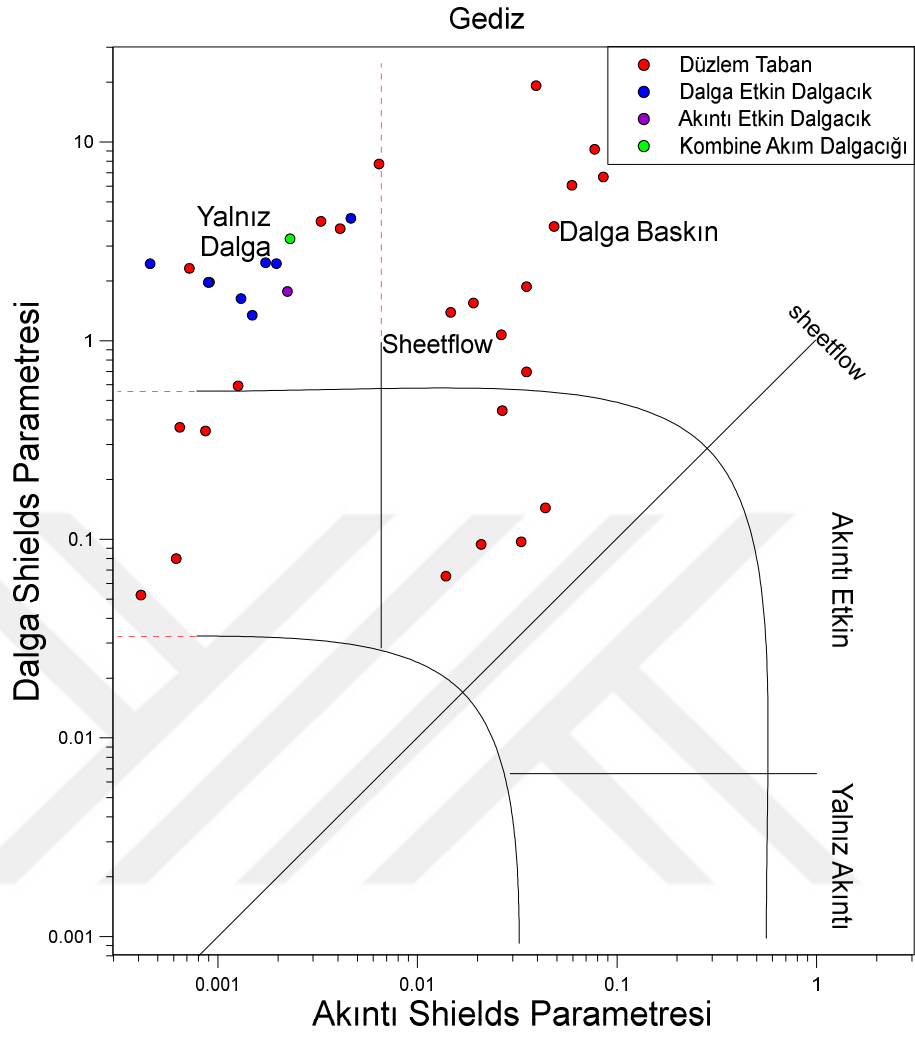
Kleinhans (2005) literatürdeki arazi ve deney sonuç verilerini kullanarak kum zeminler için kombine akım etkisini incelediği faz diyagramında Amos ve diğer. (1988)'nin diyagramlarında kullandıklarına benzer şekilde akıntı ve dalga Shields parametrelerini kullanmıştır. Şekil 4.36'da bu faz diyagramında tez verisi olan iki nehir ağzından elde edilen verilerin dağılımı görülmektedir. Bu dağılımda açıkça görülmektedir ki oluşan deniz taban formlarında dalga etkisi hakimdir. Shields parametrelerine göre sediman dalgacıklarının görülmesi beklenen yerlerde düzlem

taban izlenmiş olması bu diyagramda dikkate alınmayan zemin cinsi farkından kaynaklı olabilir.



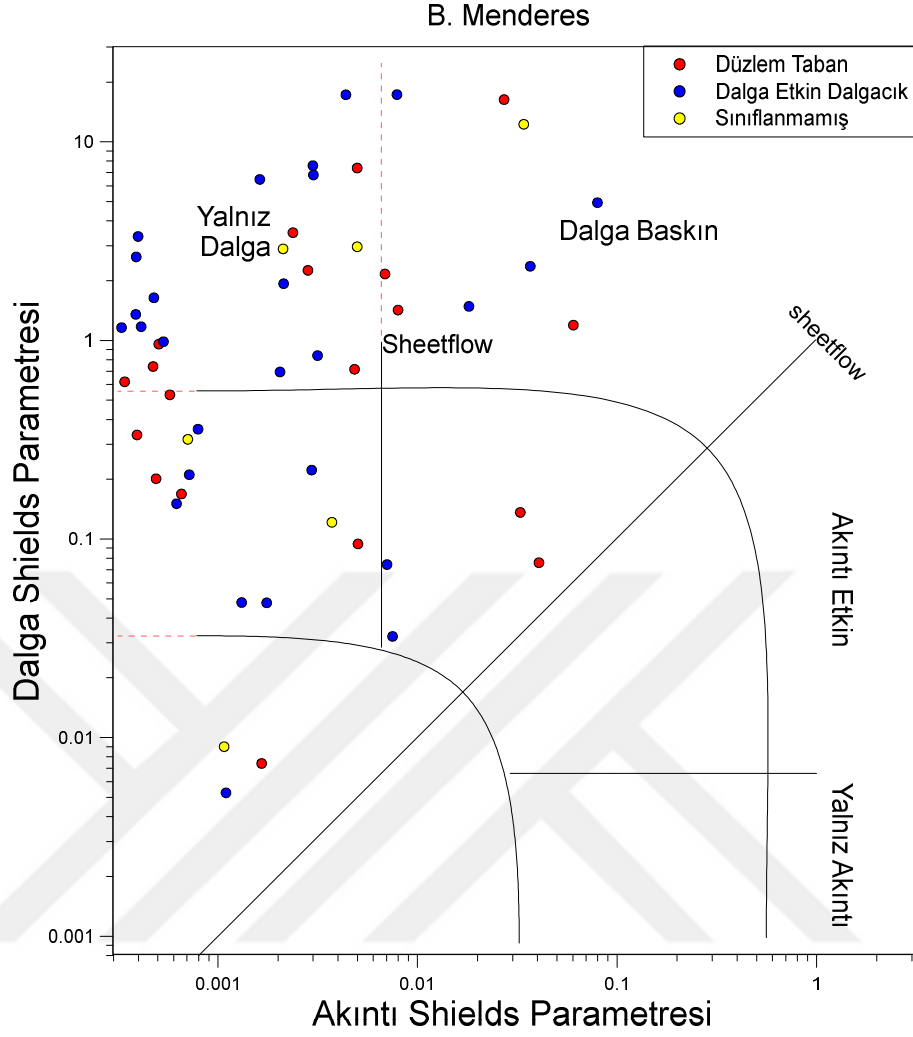
Şekil 4.36 Kleinhaus'ın (2005) önerdiği faz diyagramında Gediz ve B. Menderes nehirlerinin tüm dönem verisi

Diyagram iki nehir ağızı için ayrı ayrı incelendiğinde Gediz nehir ağızında nispeten daha tutarlı sonuçlarla karşılaşılmıştır (Şekil 4.37). Dalga Shields parametresinin daha etkin olduğu alanlarda belirgin deniz taban formları gözlemlenirken akıntı Shields parametresinin arttığı alanlarda düzlem taban izlenmiştir.



Şekil 4.37 Kleinhans'ın (2005) önerdiği faz diyagramında Gediz nehrinin tüm dönem verisi

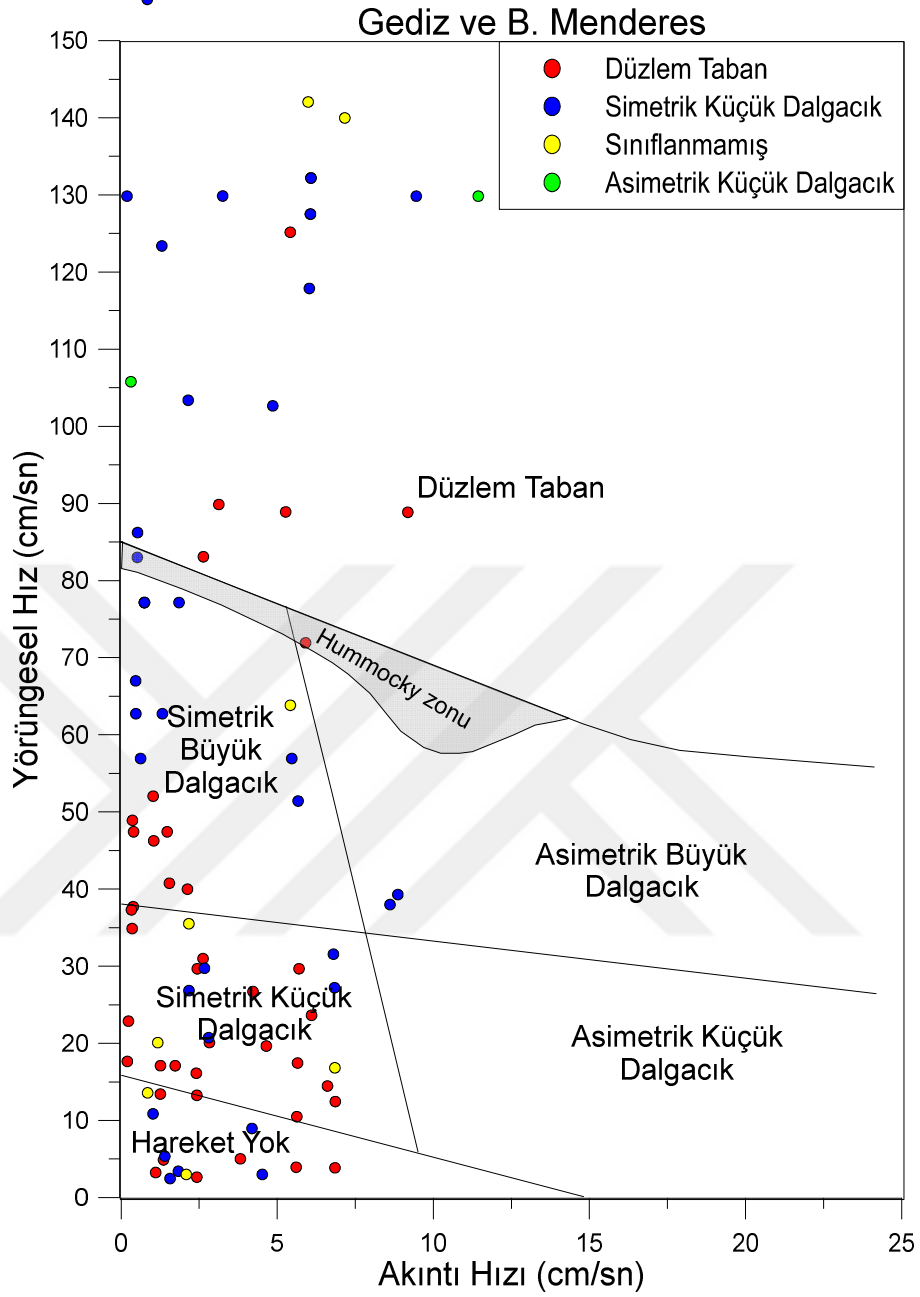
B. Menderes nehir ağzında üç dönemde gözlemlenen veriler oldukça saçılım göstermektedir. Gediz nehir ağzında gözlemlendiği gibi belirgin bir fark bu nehir ağzında görülmemiştir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38 Kleinhans'ın (2005) önerdiği faz diyagramında B. Menderes nehrinin tüm dönem verisi

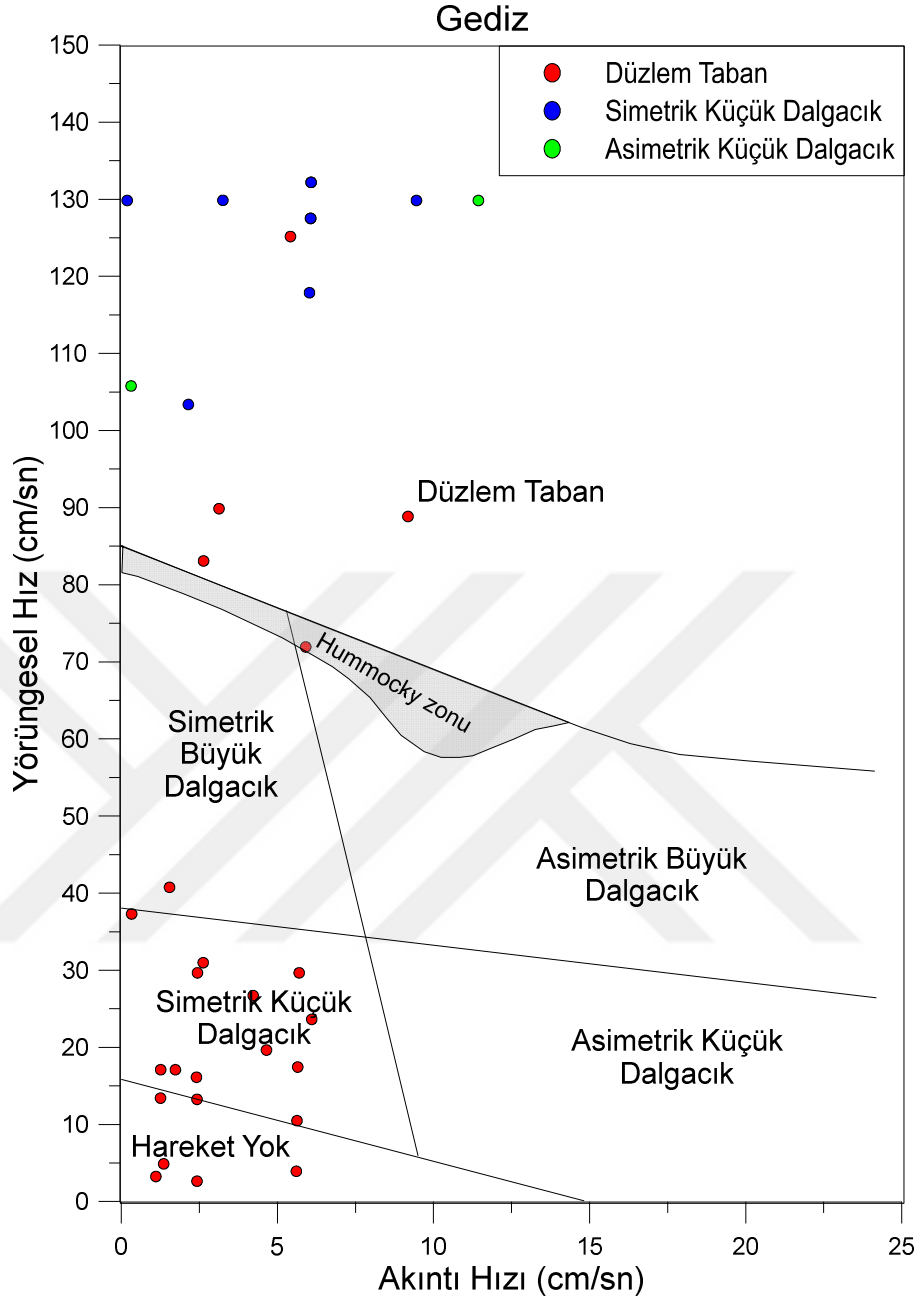
➤ Dumas, Arnott, ve Southard (2005)

Akıntı ve dalga hızlarını kullanarak ve yine kum zeminde oluşan deniz taban formlarını sınıflandıran Dumas ve ark (2005)'nin çalışmasında tez verisi düşük akıntı koşulları ve yüksek dalga hızlarıyla kendini göstermektedir (Şekil 4.39). Gediz ve B. Menderes'in tüm dönemlerinin verisi birlikte değerlendirildiğinde belirgin bir ayırım ve sınıflama gözlenmemektedir.



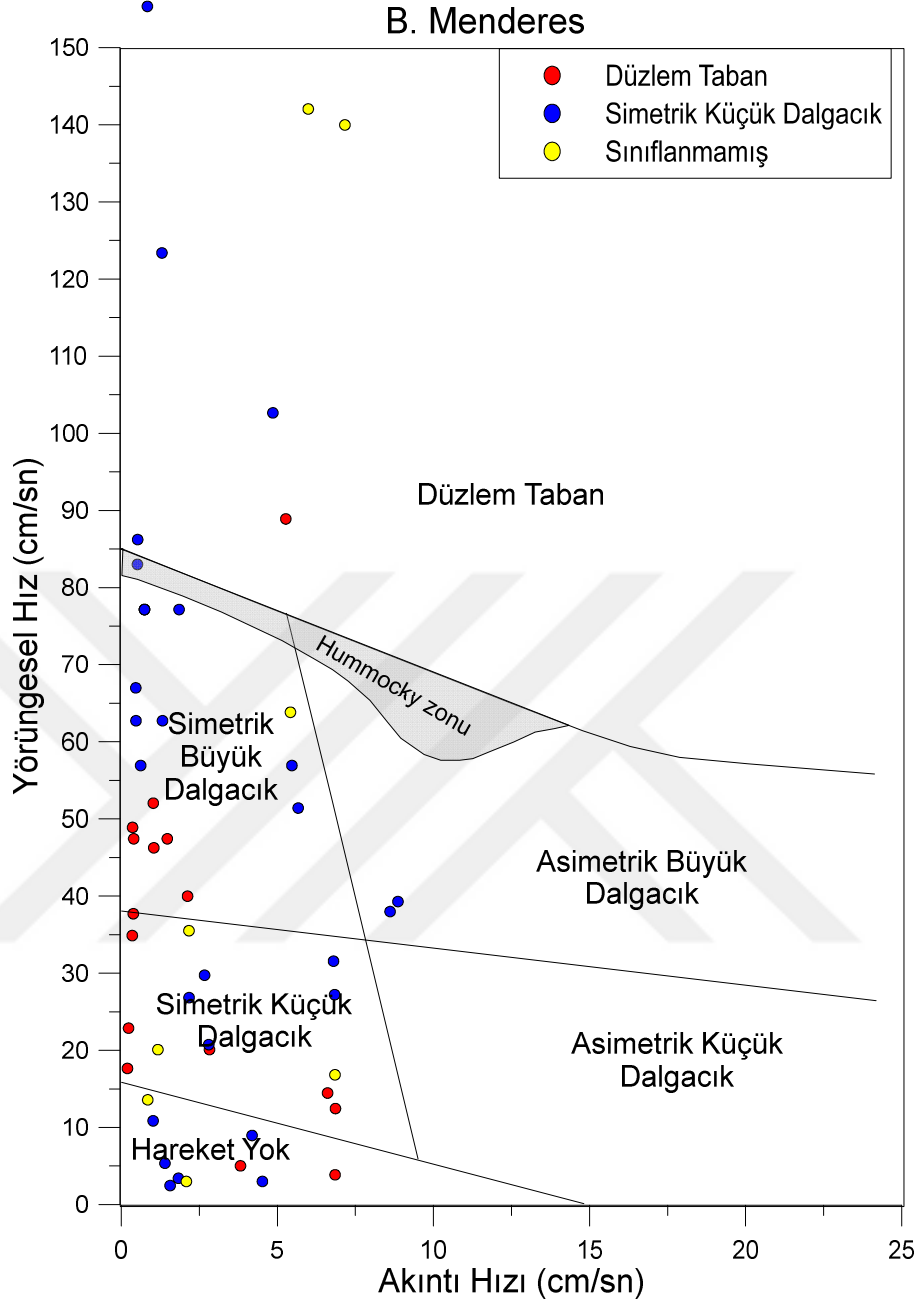
Şekil 4.39 Dumas ve diğer. (2005)'nin önerdiği faz diyagramında Gediz ve B. Menderes nehirlerinin tüm dönem verisi

Gediz nehir ağzındaki veriler yüksek dalga hızlarında belirgin deniz taban formu oluşturarak belirgin bir ayrımı ortaya koymaktadır (Şekil 4.40). Düşük akıntı ve dalga hızlarında ise beklenen sediman dalgacıkları görülmemiş onun yerine düzlem taban izlenmiştir.



Şekil 4.40 Dumas ve diğer. (2005)'nin önerdiği faz diyagramında Gediz nehrinin tüm dönem verisi

B. Menderes nehir ağzında dalga hızlarının Gediz nehir ağzında gözlemlendiği kadar büyük olmadığı Şekil 4.41'de görülmektedir. Belirgin deniz taban formlarının görüldüğü yerler için ise akıntı ve dalga hızlarına göre belirgin bir farkla ayrılmamıştır.

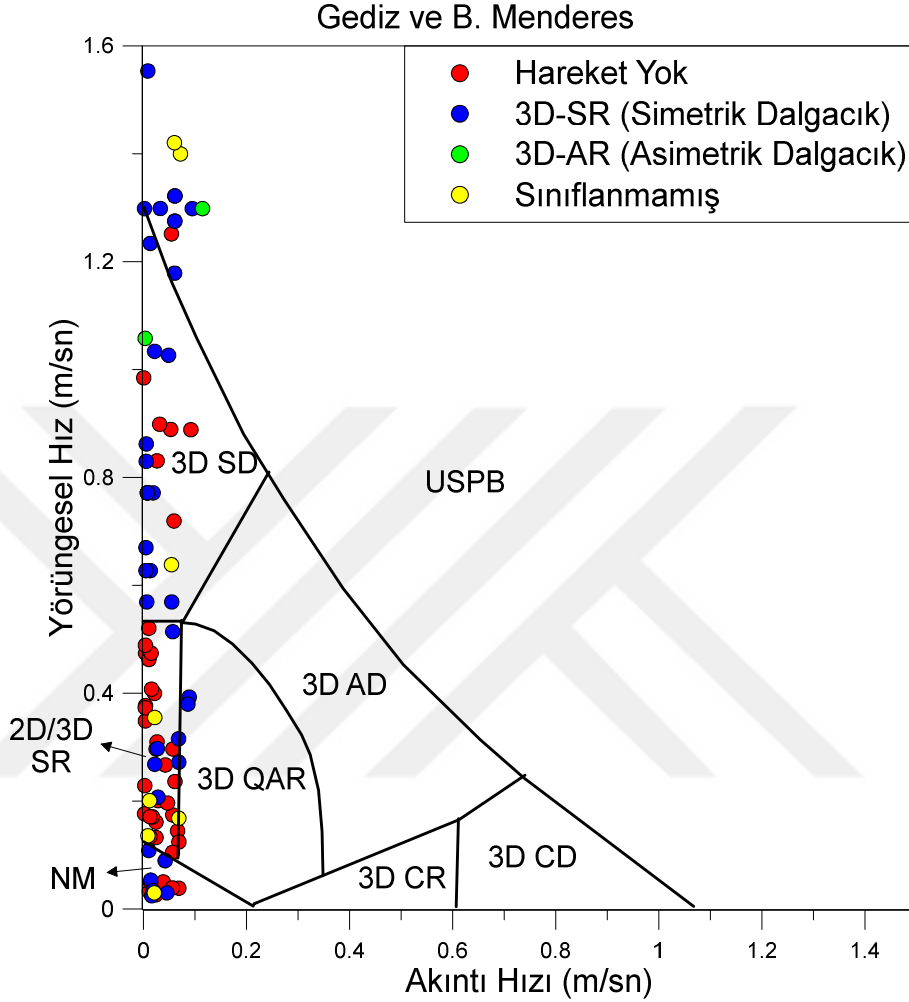


Şekil 4.41 Dumas ve diğer. (2005)'nin önerdiği faz diyagramında B. Menderes nehrinin tüm dönem verisi

➤ Perillo, Best ve Garcia (2014)

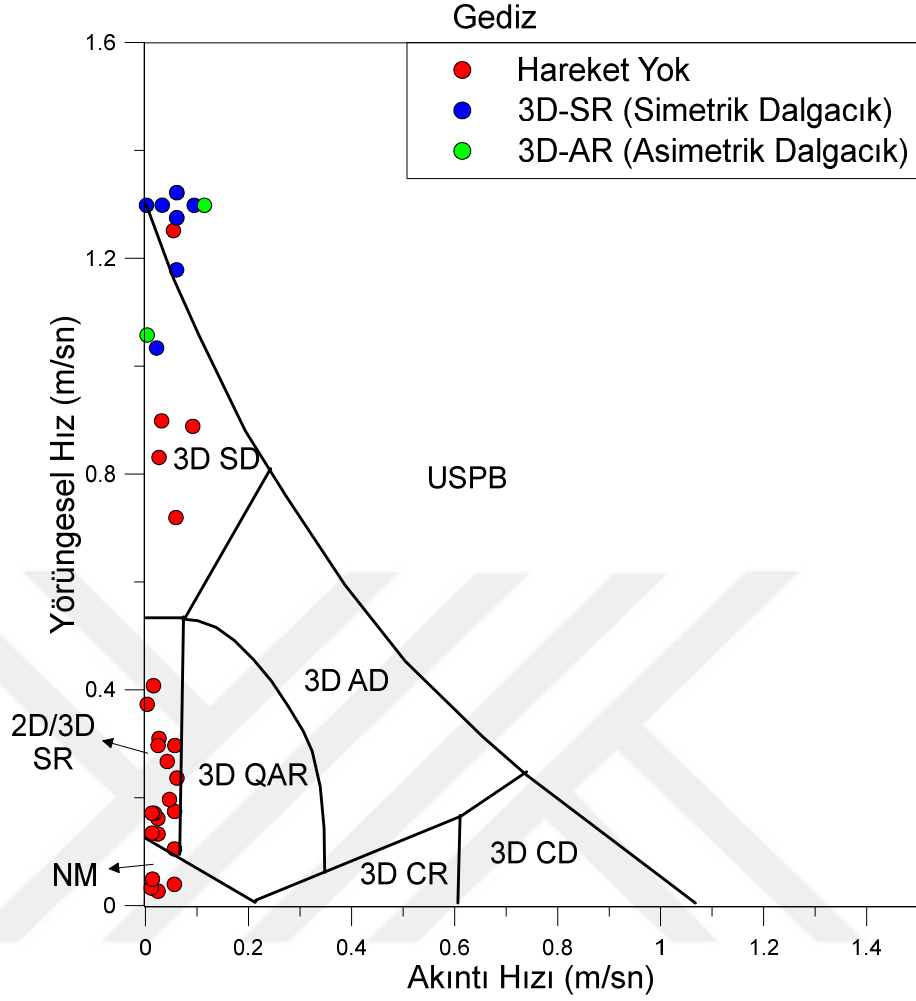
Deniz taban formlarını yaptığı deneysel çalışma sonuçlarıyla akıntı ve dalga hızlarına göre sınıflandıran Perillo (2014)'nin faz diyagramında tez verisi Şekil 4.42'de görüldüğü gibi dağılım göstermektedir. Burada gözlemlenen belirgin deniz

taban formları dalga hızlarının arttığı alanlarda yoğunluk gösteriyor olsa da belirgin bir ayırım gözlenmemektedir.



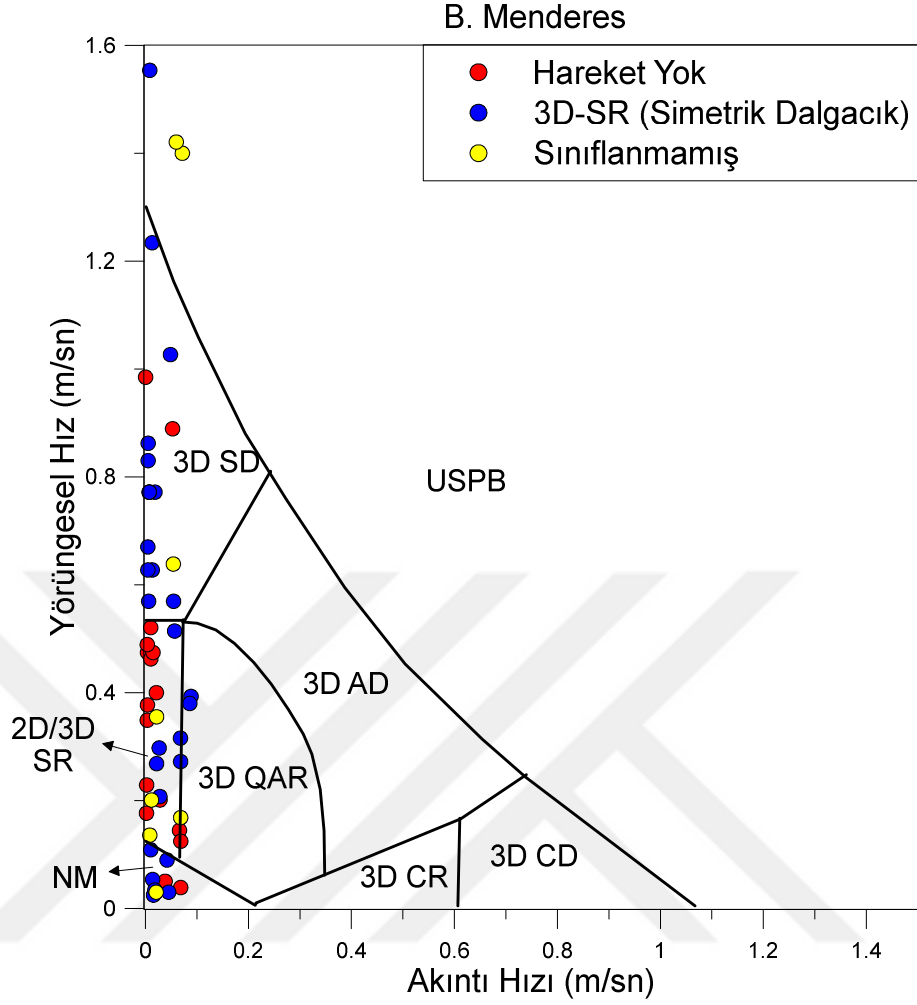
Şekil 4.42 Perillo'nun (2014) önerdiği faz diyagramında Gediz ve B. Menderes nehirlerinin tüm dönem verisi (USPB: yüksek akım düzlem taban, 3D SD: üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D AR: üç boyutlu asimetrik dalgacık, 2D/3D SR: iki ve üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D QAR: üç boyutlu yarı asimetrik dalgacık, 3D CR: üç boyutlu akıntı dalgacığı, 3D CD: üç boyutlu akıntı kumulu, NM: hareket yok)

Gediz nehir ağzında gözlemlenen deniz taban formları ise dalga hızlarının arttığı alanda gruplaşmış görünmektedir (Şekil 4.43). Buna karşın izlenen sediman dalgacıklarının özellikleri önerilen diyagram ile uyum göstermemektedir.



Şekil 4.43 Perillo'nun (2014) önerdiği faz diyagramında Gediz nehrinin tüm dönem verisi (USPB: yüksek akım düzlem taban, 3D SD: üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D AR: üç boyutlu asimetrik dalgacık, 2D/3D SR: iki ve üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D QAR: üç boyutlu yarı asimetrik dalgacık, 3D CR: üç boyutlu akıntı dalgacığı, 3D CD: üç boyutlu akıntı kumulu, NM: hareket yok)

B. Menderes nehir ağzında gözlemlenen deniz taban formları ise Gediz nehir ağzındaki sonuçlardan farklı olarak belirgin bir gruplaşma göstermemektedir. Buna rağmen dalga hızlarının arttığı alanlarda belirgin sediman dalgacığı üretimine daha yatkın görünmektedir. Bunların yanında sediman dalgacık ve düzlem taban verilerinin faz diyagramıyla uyumlu olduğu söylenemez (Şekil 4.44).

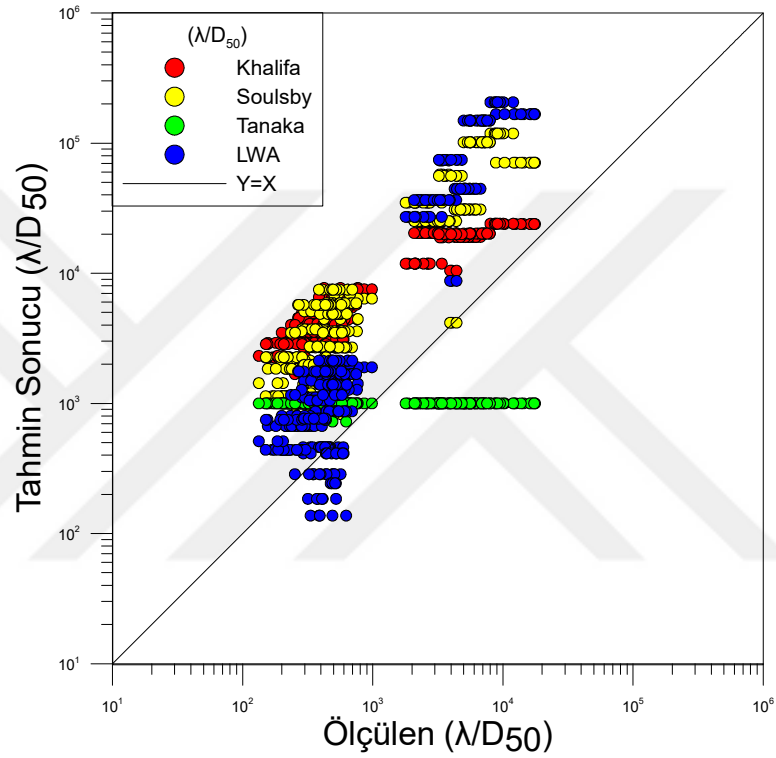


Şekil 4.44 Perillo'nun (2014) önerdiği faz diyagramında B. Menderes nehrinin tüm dönem verisi (USPB: yüksek akım düzlem taban, 3D SD: üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D AR: üç boyutlu asimetric dalgacık, 2D/3D SR: iki ve üç boyutlu simetrik dalgacık, 3D QAR: üç boyutlu yarı asimetric dalgacık, 3D CR: üç boyutlu akıntı dalgacı, 3D CD: üç boyutlu akıntı kumulu, NM: hareket yok)

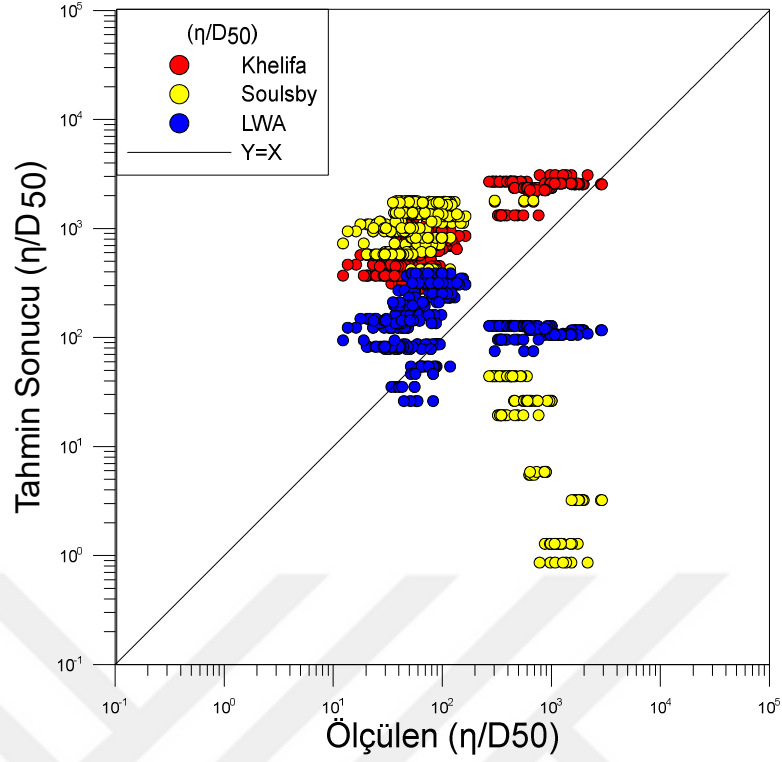
4.6 Tahmin Formülleri

Literatürde yer alan kombine akım altındaki deniz taban formlarının boyutlarını tahmin eden dört model bu bölümde tez verileriyle test edilmiştir. Bu hesaplamaların yapıldığı MATLAB kodları Ek 3'te sunulmaktadır. Yapılan testlerde tahmin ve ölçüm sonuçları sediman dane çapı (D_{50}) ve su derinliği (h) ile boyutsuzlaştırılarak dağılımları, $X=Y$ eğrisi üzerinde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede değerler bu eğriye ne kadar yakınsa o kadar doğru bir yaklaşım olduğu söylenebilir. Şekil 4.45 ve Şekil 4.46'de sediman çapı ile yapılan boyutsuzlaştırma ile tahmin edilen ve ölçülen

dalgacık boyutları karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmada dikkat çeken ilk durum çalışma alanlarında homojen olmayan sediman dane çapının sonuçları gruplaştırması olmaktadır. Bu karşılaştırma bize değerlendirilen tüm modeller ile tahmin edilen sediman dalgacık boyutlarının ölçülen değerlerin üzerinde olduğunu göstermektedir. Bunun yanında ölçülen boyutlara en yakın tahmin sonucunun Li, Wright, ve Amos, (1996)'nin tahmin formülüne ait olduğu görülmektedir.

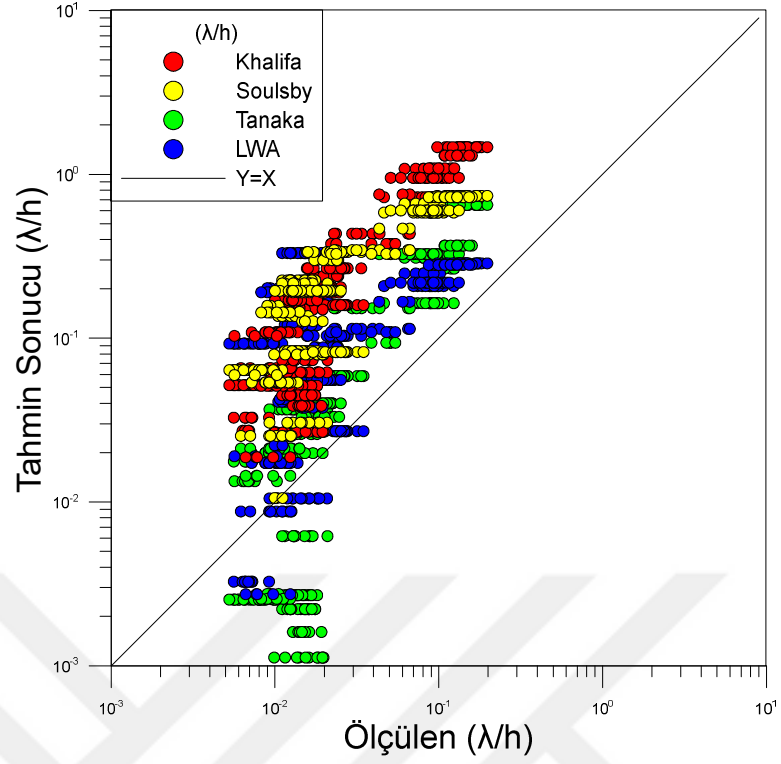


Şekil 4.45 Boyutsuz dalgacık uzunluğu λ/D_{50} parametresi için tahmin ve ölçüm sonuçlarının kıyaslanması (LWA: Li, Wright, ve Amos, (1996))

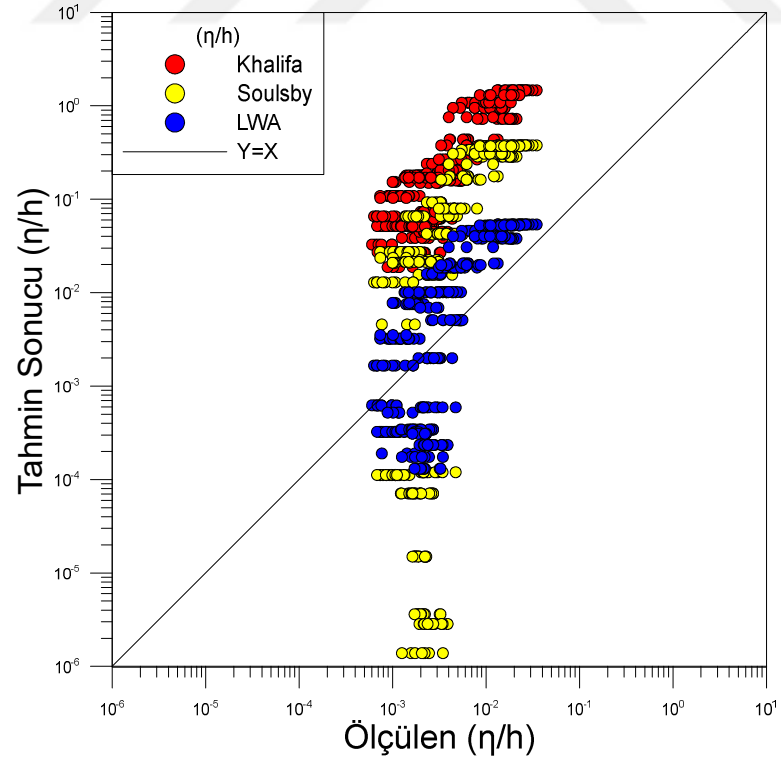


Şekil 4.46 Boyutsuz dalgacık yüksekliği η/D_{50} parametresi için tahmin ve ölçüm sonuçlarının kıyaslanması (LWA: Li, Wright, ve Amos, (1996))

Sediman dalgacık uzunluğu ve yüksekliğinin su derinliği ile boyutsuzlaştırıldığı tahmin ve ölçülen değerlerin dağılım grafiği Şekil 4.47 ve Şekil 4.48’de görülmektedir. Bu grafiklerde su derinliğinin dağılım içerisinde farklı bir gruptamaya neden olmadığı ve sonuçların değerlendirilmesinde daha kullanışlı bir boyutsuzlaştırma operatörü olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar da yine tahmin çıktılarının ölçülen boyutlardan daha büyük olduğu sonucunu desteklemektedir. Aynı zamanda su derinliği ile yapılan boyutsuzlaştırma ile Soulsby ve diğer. (2012)’nin saçılan verilerine rağmen Khelifa ve Ouellet (2000)’in tahmininden daha iyi yaklaşımda bulunduğu görülmektedir.



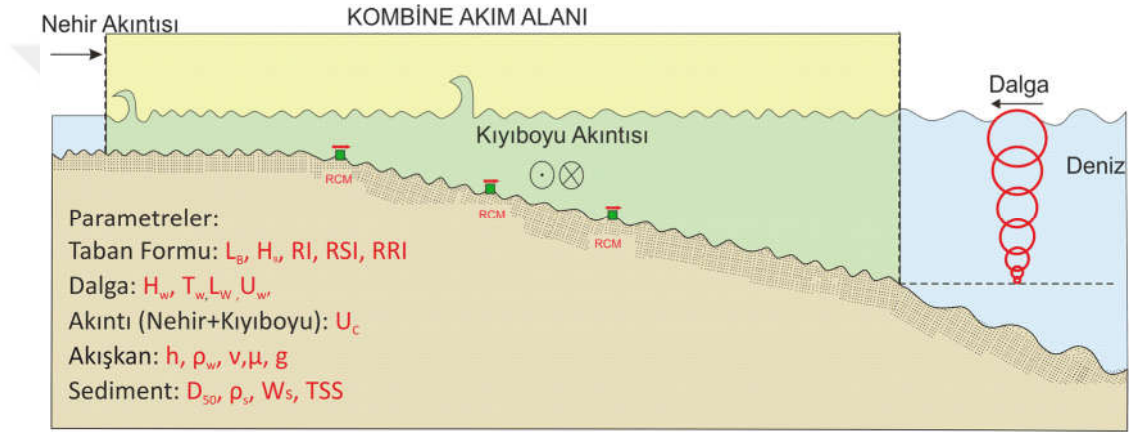
Şekil 4.47 Boyutsuz dalgacık uzunluğu λ/h parametresi için tahmin ve ölçüm sonuçlarının kıyaslanması (LWA: Li, Wright, ve Amos, (1996))



Şekil 4.48 Boyutsuz dalgacık yüksekliği η/h parametresi için tahmin ve ölçüm sonuçlarının kıyaslanması (LWA: Li, Wright ve Amos, (1996))

4.7 Boyut Analizi

Tez kapsamında incelenen sediman dalgacıklarının boyutları hakkında bir yaklaşımda bulunabilmek için yapılan boyut analizinde önce problemi tanımlayan parametreler belirlendi. Şekil 4.49'da verilen şematik problem tanımında kombine akım alanı olarak tanımlanan nehir ağzında dalga, akıntı gibi hidrodinamik etkiler ile sediman ve su kolonu parametreleri dikkate alınmıştır. Bununla birlikte yaklaşımda bulunulurken belirlenmek istenen sediman dalgacıklarının boyutları dışında geometrik tanımlayıcıları da kullanılmıştır.



Şekil 4.49 Tez kapsamındaki problem tanımının şematik gösterimi ve kombine akım koşullarında oluşan deniz taban formlarını etkileyen parametreler (Kisacik ve diğer., 2018)

Tablo 4.19 Problem tanımında belirlenen boyutlu parametreler

n	Boyutlu Parametreler A_i	Sembol	SI Birimi	Boyutu
1	Dalgacık yüksekliği	η		
2	Dalgacık uzunluğu	λ		
3	Dalga yüksekliği	H	m	$M^0 L^1 T^0$
4	Su derinliği	h		
5	Sediman dane çapı	D_{50}		
6	Çökme hızı	w_s		
7	Yörüngesel hız	U_w	m/sn	$M^0 L^1 T^{-1}$
8	Akıntı hızı	U_c		
9	Kombine akım hızı	U_{wc}		
10	Sediman yoğunluğu	ρ_s	kg/m^3	$M^1 L^{-3} T^0$
11	Su yoğunluğu	ρ_w		
12	Yerçekimi ivmesi	g	m/sn^2	$M^0 L^1 T^{-2}$
13	Kinematik viskozite	ν	m^2/sn	$M^0 L^2 T^{-1}$
14	Dalga periyodu	T	sn	$M^0 L^0 T^1$

Tablo 4.20 Problem tanımında belirlenen boyutsuz parametreler

n	Boyutsuz Parametreler	Sembol
15	Dalga ve Akıntı arasındaki açı (saat yönünde dar açı)	β_{wc}
16	Porozite	n
17	Çamur yüzdesi	mc
18	Dalgacık dikliği (Ripple steepness)	RS

Problemi tanımlayan fonksiyon aşağıda vermiştir.

$$(\eta, \lambda, RS) = f(H, h, D_{50}, w_s, U_c, U_w, U_{wc}, \rho_s, \rho_w, g, \nu, T, \beta_{wc}, n, mc)$$

Dalgacık boyutunu tanımlayan ve fonksiyonun solunda yer alan parametreler bağımlı değişkenler, sağında yer alan parametreler ise problem çözümü için seçilen bağımsız değişkenlerdir. Seçilen parametreler içerisinde sadece ρ_s ve ρ_w M (kütle) boyutunu içermektedir ve birbirlerinden başka boyutsuzlaştıracakları bir parametre

yoktur. Bu nedenle analiz bu iki parametre dışarıda bırakılarak iki boyutta (L uzunluk ve T zaman) gerçekleştirilmiştir. Analize sokulan parametreler boyutsuz parametrelerin de çıkarılmasıyla aşağıdaki gibidir.

$$f(\eta, \lambda) = f(H, h, D_{50}, w_s, U_c, U_w, U_{wc}, g, \nu, T)$$

Seçilen iki boyutu temsil edecek tekrarlayan parametreler iki farklı grupta $k_1 = \{h, U_w\}$, $k_2 = \{D_{50}, \nu\}$, olarak belirlenmiştir. Bu iki grup için her bir analiz sonucu, belirlenen $n=12$ terim içerisinde $k=2$ tekrarlayan parametre ile $m=n-k=10$ adet Π terimi oluşturulmuştur. İki versiyonda yapılan analizlerde elde edilen parametreler aşağıdaki gibidir.

Grup 1

İlk grup ile yapılan analizler ayrıntılarıyla Ek 4'te verilmiştir. Bu analizler sonucu elde edilen parametreler f_1 fonksiyonu içerisinde görülmektedir.

$$\left(\frac{\eta}{h}, \frac{\lambda}{h}\right) = f_1\left(\frac{H}{h}, \frac{D_{50}}{h}, \frac{w_s}{U_w}, \frac{U_c}{U_w}, \frac{U_{wc}}{U_w}, \frac{hg}{U_w^2}, \frac{\nu}{U_w h}, \frac{U_w T}{h}\right)$$

Bu terimlerden

- $\frac{hg}{U_w^2}$ terimi Froude sayısını ($Fr = u/\sqrt{gh}$) vermektedir.
- Aynı terimde h yerine D_{50} yazıldığında ve boyutsuz $R = (\rho_s - \rho_w)/\rho_w$ parametresine bölüldüğünde terim hareketlilik parametresine ($\psi = \frac{U_w^2}{RgD_{50}}$) dönüşür.
- $\frac{U_w T}{h}$ terimi ise boyutsuz dalga genlik indisi A/h terimine benzerlik göstermektedir ($A = U_w T/2\pi$)
- Aynı terimde h yerine D_{50} yazıldığında Soulsby (1997)'de verilen dalga altında askıda katı madde konsantrasyonu hesabında kullanılan $r = U_w T/5\pi D_{50}$ parametresine benzerlik göstermektedir.

İlk grup için regresyon analizi yapılan parametre grubu ise son durumda aşağıdaki gibi olmuştur.

$$\left(\frac{\eta}{h}, \frac{\lambda}{h}, \frac{\eta}{D_{50}}, \frac{\lambda}{D_{50}}, RS \right) = f1 \left(\frac{H}{h}, \frac{D_{50}}{h}, \frac{H}{D_{50}}, \frac{U_w}{w_s}, \frac{U_w}{U_c}, \frac{U_{wc}}{U_w}, \frac{U_{wc}}{w_s}, \frac{U_w h}{v}, \frac{U_c h}{v}, \frac{U_{wc} h}{v}, \frac{w_s h}{v}, \frac{U_w T}{h}, \frac{U_c T}{h}, \frac{U_{wc} T}{h}, \frac{w_s T}{h}, Fr, \psi \right)$$

Grup 2

İkinci grup ile yapılan analizler sonucu ise aşağıdaki $f2$ fonksiyonunu tanımlayan parametreler elde edilmiştir.

$$\left(\frac{\eta}{D_{50}}, \frac{\lambda}{D_{50}} \right) = f2 \left(\frac{H}{D_{50}}, \frac{h}{D_{50}}, \frac{D_{50} w_s}{v}, \frac{D_{50} U_c}{v}, \frac{D_{50} U_{wc}}{v}, \frac{D_{50} U_w}{v}, \frac{D_{50}^3 g}{v^2}, \frac{vT}{D_{50}^2} \right)$$

Bu terimlerden

- $\frac{D_{50} U_w}{v}$ parametresinde ise U_w yerine U^* (yüzey sürtünme hızı (skin friction shear velocity)) yazıldığında parametre dane Reynold sayısına ($Re^* = \frac{D_{50} U^*}{v}$) dönüşür.
- $\frac{D_{50}^3 g}{v^2}$ parametresi ise boyutsuz $R = (\rho_s - \rho_w) / \rho_w$ parametresine bölündüğünde boyutsuz sediman çapı parametresine ($D^* = \left[\frac{g(s-1)}{v^2} \right]^{1/3} D_{50}$) dönüşmektedir.

Üretilen bu parametrelerin yanında boyutsuz bağıl yoğunluk $s = \rho_s / \rho_w$, dalga ve akıntı arasındaki açı (β_{wc}), porozite (n) ve çamur yüzdesi (mc) parametreleri de sediman dalgacık boyutlarıyla ilişkili olduğu bilinen parametreler olarak ikinci grup değerlendirmesine dahil edilmiştir. Analiz ve incelemelerin sonunda bu grup içerisinde regresyon analizi ile etkinlikleri test edilecek olan parametreler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\left(\frac{\eta}{h}, \frac{\lambda}{h}, \frac{\eta}{D_{50}}, \frac{\lambda}{D_{50}}, RS \right) = f2 \left(\frac{D_{50}W_s}{v}, \frac{D_{50}U_c}{v}, \frac{D_{50}U_{wc}}{v}, \frac{D_{50}U_w}{v}, \frac{D_{50}^2}{vT}, \frac{h^2}{vT}, Re^*, D_*, s, \cos(\beta_{wc}), n, mc \right)$$

4.8 Regresyon Analizi

Boyut analizinden elde edilen parametrelerin regresyon analizi IBM SPSS Statistic ile analiz edilerek etkinlik dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen parametrelerin her birinin regresyon analiz sonuçları (R-kare) Ek 4'te sunulmuştur. Sonuçlar içerisinde %50 ve daha fazla ilişkili sonuç veren parametreler, boyutsuz dalgacık parametrelerine göre $(\eta/h, \lambda/h, \eta/D_{50}, \lambda/D_{50}, RS)$ Tablo 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24'te verilmiştir.

Tablo 4.21'de görülen parametreler yapılan ilk boyut analizi sonu elde edilen parametrelerin, η/D_{50} ve λ/D_{50} parametreleri ile iyi ilişki verenlerini içermektedir. Bu parametrelerle ilişkisi incelenen dalgacık boyutları sediman dane çapı (D_{50}) ile boyutsuzlaştırılmıştır. Burada görülen parametreler incelendiğinde görülmüştür ki ilişkili bulunan parametrelerin hepsinde sediman dane çapı değişkeni veya türetilmiş W_s değişkenini içermektedir. Bu durumda, elde edilen yüksek ilişki katsayısının sediman dalgacık boyutları ile olan güçlü ilişkiden mi yoksa aynı değişkeni içeriyor olmasından mı kaynaklandığı anlaşılamamaktadır. Bu parametreler sediman dalgacık boyutlarının tahmini için güvenilir gözükmemektedir.

Tablo 4.21 Sediman dane çapı ile boyutsuzlaşmış dalgacık boyutlarıyla ilişkili bulunan birinci grup parametreler ve ilişki katsayıları

Parametre	R-kare (λ/D_{50})			R-kare (η/D_{50})		
	Lin.	Üst.	Log.	Lin.	Üst.	Log.
$\frac{U_w}{w_s}$	0,768	0,604	0,701	0,793	0,585	0,725
$\frac{U_{wc}}{w_s}$	0,783	0,443	0,729	0,675	0,398	0,707
ψ	0,537	0,571	0,470	0,628	0,583	0,516
$\frac{w_s h}{v}$	0,348	0,465	0,719	0,350	0,407	0,734
$\frac{w_s T}{h}$	0,096	0,255	0,625	0,099	0,257	0,623

Tablo 4.22’de görülen parametreler yapılan ikinci boyut analizi sonu elde edilen parametrelerin, η/D_{50} ve λ/D_{50} parametreleri ile iyi ilişki verenlerini içermektedir. Bu parametrelerle ilişkisi incelenen dalgacık boyutları da yine sediman dane çapı (D_{50}) ile boyutsuzlaştırılmıştır. Burada görülen parametreler incelendiğinde de aynı şekilde görülmüştür ki ilişkili bulunan parametrelerin, mc (çamur içeriği) hariç hepsinde sediman dane çapı değişkeni veya türetilmiş W_s değişkenini içermektedir. Bu durumda, elde edilen yüksek ilişki katsayısının sediman dalgacık boyutları ile olan güçlü ilişki mi yoksa aynı değişkeni içeriyor olamsından mı kaynaklandığı anlaşılamamaktadır. Bu parametrelerden sadece mc (çamur içeriği) yüde olarak ifade edildiği için sediman dane çapı parametresini içermemektedir. Ancak sadece çamur içeri kullanılarak sediman dalgacıklarının boyutuna bir yaklaşımda bulunulması mantıklı görülmemekle birlikte bu parametrenin sediman dalgacık boyutlarıyla ilişkili olduğu da açıkça görülmektedir.

Tablo 4.22 Sediman dane çapı ile boyutsuzlaşmış dalgacık boyutlarıyla ilişkili bulunan ikinci grup parametreler ve ilişki katsayıları

Parametre	R-kare (λ/D_{50})			R-kare (η/D_{50})		
	Lin.	Pol.	Log.	Lin.	Pol.	Log.
Re^*	0,174	0,412	0,537	0,182	0,413	0,588
$\frac{D_{50}w_s}{\nu}$	0,117	0,304	0,707	0,119	0,288	0,715
$\frac{D_{50}U_{wc}}{\nu}$	0,209	0,469	0,533	0,220	0,470	0,589
$\frac{D_{50}U_w}{\nu}$	0,277	0,531	0,541	0,275	0,471	0,521
$\frac{D_{50}^3g}{\nu^2}$	0,076	0,223	0,690	0,077	0,214	0,699
D_*	0,347	0,659	0,689	0,352	0,621	0,697
$\frac{D_{50}^2}{\nu T}$	0,142	0,354	0,685	0,145	0,339	0,696
n	0,516	0,716	0,516	0,514	0,666	0,513
mc	0,593	0,880	0,248	0,606	0,820	0,252

Tablo 4.23’de görülen parametreler yapılan ilk boyut analizi sonu elde edilen parametrelerin, η/h ve λ/h parametreleri ile iyi ilişki verenlerini içermektedir. Burada belirlenen parametreler içerisinde yüksek ilişki katsayısı veren parametreler kendi aralarında işleme sokularak regresyon analizi tekrarlandığında ilişki katsayılarında gelişme görülmemiştir. Bu nedenle sediman dalgacık boyutlarına yaklaşım bu seviyede bırakılmıştır.

Tablo 4.23 Su derinliği ile boyutsuzlaşmış dalgacık boyutlarıyla ilişkili bulunan birinci grup parametreler ve ilişki katsayıları

Parametre	R-kare (λ/h)			R-kare (η/h)		
	Lin.	Üst.	Log.	Lin.	Üst.	Log.
Fr	0,634	0,543	0,481	0,499	0,400	0,366
$\frac{U_{wc}h}{\nu}$	0,460	0,414	0,602	0,378	0,303	0,483
$\frac{U_{wc}h}{\nu}$	0,279	0,402	0,540	0,284	0,469	0,507
$\frac{U_w T}{h}$	0,839	0,873	0,495	0,739	0,790	0,462
$\frac{U_c T}{h}$	0,647	0,535	0,535	0,474	0,401	0,380
$\frac{U_{wc} T}{h}$	0,836	0,727	0,742	0,689	0,589	0,610
$\frac{w_s T}{h}$	0,836	0,704	0,434	0,762	0,611	0,402

Tablo 4.24’te görülen parametreler, yapılan ikinci boyut analizi sonucu elde edilen parametrelerin, η/h ve λ/h parametreleri ile iyi ilişki verenlerini içermektedir. Burada Re^* ve D_* parametresi hem η/h ve λ/h parametreleri hem de η/D_{50} ve λ/D_{50} parametreleri ile iyi ilişki sonucu verdiğiinden bu iki terim deniz taban formlarının boyutları ile ilişki kurulabilecek parametreler olarak dikkat çekmektedir.

Tablo 4.24 Su derinliği ile boyutsuzlaşmış dalgacık boyutlarıyla ilişkili bulunan ikinci grup parametreler ve ilişki katsayıları

Parametre	R-kare (λ/h)			R-kare (η/h)		
	Lin.	Üst.	Log.	Lin.	Üst.	Log.
Re^*	0,604	0,542	0,361	0,553	0,460	0,319
$\frac{D_{50}w_s}{\nu}$	0,639	0,559	0,262	0,623	0,509	0,249
$\frac{D_{50}U_c}{\nu}$	0,684	0,546	0,358	0,547	0,408	0,269
$\frac{D_{50}U_w}{\nu}$	0,503	0,617	0,335	0,507	0,606	0,334
$\frac{D_{50}U_{wc}}{\nu}$	0,544	0,499	0,324	0,495	0,418	0,286
$\frac{D_{50}^3g}{\nu^2}$	0,581	0,476	0,292	0,572	0,430	0,278
$\frac{h^3g}{\nu^2}$	0,307	0,520	0,844	0,310	0,590	0,732
D_*	0,605	0,621	0,299	0,581	0,566	0,285
$\frac{D_{50}^2}{\nu T}$	0,627	0,561	0,291	0,602	0,505	0,274
$\frac{h^2}{\nu T}$	0,387	0,602	0,836	0,378	0,658	0,730
mc	0,318	0,410	0,684	0,305	0,378	0,654

Sediman dalgacık dikliği (RS steepness) ise hiçbir parametre ile yüksek ilişki sonuçları vermemiştir. Buna karşın en iyi ilişkiyi yaklaşık 0,3 ile $\frac{U_w}{U_c}$, parametresi ile vermiştir (Tablo 4.25). Bu durum ise sediman dalgacık dikliğinin dalga ve akıntı hızlarının oranlarıyla ilişkili olduğunu göstermiştir.

Tablo 4.25 Dalgacık dikliği RS ile en yüksek ilişki gösteren parametreler ve ilişki katsayıları

Parametre	R-kare (RS)		
	Lin	Pol.	Log
$\frac{U_w}{U_c}$	0,256	0,233	0,327

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tez kapsamında kombine akım etkisinde oluşan sediman dalgacıkları ve etkileşim halinde olduğu koşullar incelenmiş ve analiz edilmiştir. Yapılan çalışmalar iki nehir ağzı için farklı dönemleri örnekleme prensibi üzerine kurulmuştur. Buna göre her iki nehir ağzı için de dönemler niteliklerine göre sınıflandırılmıştır. Gediz nehir ağzında Temmuz döneminde yapılan çalışmalar sırasında nehir ağzının kapalı olduğu, Ekim döneminde ise açık olduğu göz önüne alınarak çalışma dönemleri nehir etkisinin olmadığı (Temmuz) ve nehri etkisinin olduğu (Ekim) dönemler olarak değerlendirilebilir. B. Menderes nehir ağzında ise nehrin kapalı olduğu dönem örnekleneemediğinden çalışma dönemleri yağışlı sezonun hemen arkasından yapılan Mart-Mayıs dönemi ve kurak sezon sonrası yapılan Ekim dönemi olarak ayrılabilir. Yapılan değerlendirmeler sonucu her iki çalışma alanının da düşük hidrodinamik koşullara sahip olduğu görülmüştür. Kombine akım etkisi değerlendirildiğinde ise, her iki bölgedeki kombine akım koşulunun dalga etkin kombine akım olduğu söylenebilir.

Sediman dalgacık ölçümlerinde iki çalışma alanında da oldukça küçük boyutlu deniz taban formlarına rastlanmıştır. Gediz nehir ağzında en büyük sediman dalgacığı boyutları nehir etkisinin olduğu dönemde gözlenmiştir. Buna karşın ortalama değerlere bakıldığında nehrin kapalı olduğu dönemde az bir farkla daha büyük boyutlar görülmektedir. Bunun bir sebebi örnekleme sayılarının farkı olabileceği gibi bir diğer sebebi ise hidrodinamik koşulların değişimi olabilir. Hidrodinamik koşullar değerlendirildiğinde, nehrin kapalı olduğu dönemde yapılan kombine akım ölçümlerinin nehir etkisini gösterir yönde ve kapalı döneme göre daha büyük olduğu, dalga yüksekliklerinin de yine bu dönemde daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu iki sonuç bir arada değerlendirildiğinde Gediz nehir ağzında daha güçlü hidrodinamik koşulların etkin olduğu nehir açık dönemde sediman dalgacık boyutlarının ortalama değerleri azalmaktadır ve bunun en büyük nedeni olarak karşılıklı yönlerde gelişen dalga ve akıntı etkilerinin sediman dalgacığı üzerinde birbirini sönmüleyici etki gösterdiği söylenebilir.

B. Menderes nehir ağzında kurak ve yağışlı dönemler, sediman dalgacık boyutlarına göre değerlendirildiğinde kurak dönemde ölçülen sediman dalgacık boyutları yağışlı döneme göre daha büyük görülmektedir. Diğer taraftan yağışlı dönemde nehir debisindeki artışla beraber akıntı değerleri kurak döneme göre hissedilir oranda yüksekken dalga yükseklikleri kurak dönemde yağışlı döneme göre az bir farkla daha büyüktür. Bu durum yağışlı dönemde dalga ve akıntının karşılıklı birbirini sönmemesi nedeniyle kurak dönemde daha güçlü olan tarafın yani dalganın etkisiyle sediman dalgacık boyutlarının büyüdüğü sonucunu ortaya koymaktadır.

Deniz taban formlarının incelendiği literatürde önemli bir yeri bulunan araştırmacılardan Soulsby'nin 2005 yılında bir proje için yaptığı ayrıntılı analizde 0,06 ile 0,125 mm arasında değişen sediman dane çapına sahip zeminde oluşan sediman dalgacıklarının boyutları incelenmiştir. Bu incelemeye göre kombine akım koşulu için karşılaşılan sediman dalgacık yüksekliklerinin ve uzunluklarının ortalaması sırasıyla 0,008 ve 0,064 m'dir. Tez çalışması kapsamında benzer koşullar olan 0,002 ile 0,325 mm dane çaplı zeminde kombine akım altında oluşan sediman dalgacık yüksekliklerinin ve uzunluklarının ortalaması sırasıyla 0,009 ve 0,06 m olarak bulunmuştur. Sonuçlar büyük benzerlik göstermekle birlikte kombine akımın koşulu burada önemli bir ayrım olarak görülmektedir.

Her iki çalışma alanında da sediman dağılımı heterojen bir yapı göstermektedir ve en belirgin sediman dalgacıkları kum zeminde gözlemlenmiştir. Gediz nehir ağzının önünde görülen kum barının etkisi nehrin iki yanında da görülmektedir. Bu barın hemen arkasında ince kil ve silt yoğunluklu zemin yer almaktadır. Gediz Nehrinin yıllar içerisinde gittikçe etkisini yitirdiği ve debisinin düştüğü göz önüne alındığında, nehirden gelen sedimanın ileriye taşınmadığı dalga etkisiyle ağzın hemen önüne çökeldiği anlaşılmaktadır. İnce daneli sedimanın ise askıda kalarak daha ileriye taşınabildiği ve burada yine dalga etkisiyle ilerleyemeyip çökeldiği görülmektedir.

B. Menderes nehir ağzında ise ağzın hemen karşısından kuzey batı yönüne doğru uzanan kum hakim zemin nehir ağzının karşısında derinleştikçe yerini kil ve siltli ince daneli zemine bırakmaktadır. Bu dağılımın da yine nehir tarafından taşınan sedimanın

dalga etkisiyle kuzeye doğru kıyıya paralel biriktirmesinin bir sonucu olduğu söylenebilir.

Faz diyagramlarının tez verisiyle testleri sonucu elde edilen sonuçlarda gözlemlenen deniz taban formlarının beklenenden daha küçük olduğu görülmüştür. Shields parametresinin kullanıldığı diyagramlarda uyum çok daha düşük görülmektedir. Bu parametrenin kullanıldığı diyagramlardaki en iyi ayırım ise dalga ya da akıntı etkili deniz taban form oluşumunu ayırt etmekte olmuştur. Hızların kullanıldığı diyagramlar ise tez verisi ile daha uyumlu bulunmuştur. Test sonuçlarının başarısız olmasının bir sebebi ise sediman dane çapının kimi yerlerde oldukça küçük olması ve düşük hidrodinamik koşullardır. Diğer taraftan kullanılan dalga parametreleri örneklenen deniz taban formlarını tanımlamakta başarısız olmuş yani dalga parametreleri için seçilen dönemler yaklaşım için geniş kalmış olabilir. Bu durum deniz taban formlarının beklenenden daha küçük olmasını açıklar.

Tahmin formüllerinde ise sonuçlar benzer şekilde beklenen sediman dalgacık boyutlarının ölçülenden yüksek olduğu görülmektedir ve yine sediman çapının etkisi sonuçları bozmaktadır. D_{50} sediman çapı ile yapılan değerlendirmeler veri seti içerisinde gözlemlenen iki grup veriyi net şekilde ortaya koymaktadır. Su derinliğinin sonuçları olumlu etkilediği görülse de yine bir grup veride uyumsuzluk yüksektir ve bunun da yine gözlemlenen iki grubun etkisi olduğu söylenebilir.

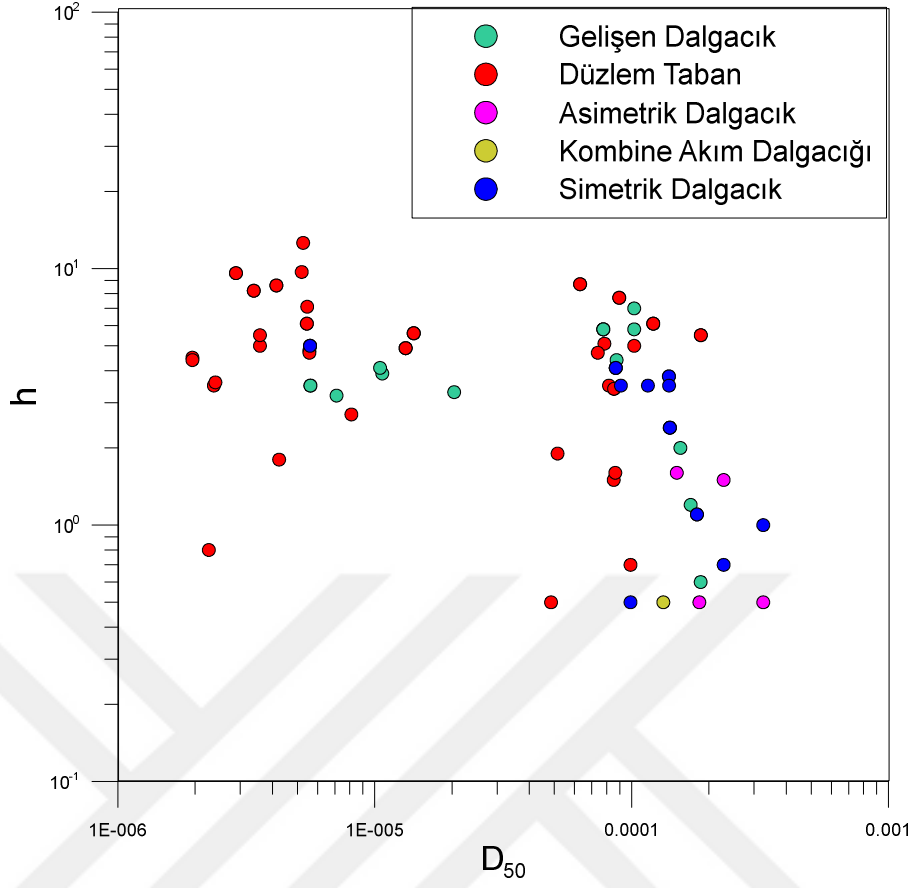
Faz diyagramlarında ve tahmin formüllerinin testlerinde çıkan sonuçlar birbirleriyle uyumlu görünmektedir. Literatürdeki mevcut bu yaklaşımların hepsi daha büyük boyutlu deniz taban formları beklemektedir. Bu durum iki farklı şekilde yorumlanabilir. Bunlardan ilki her iki çalışma alanında da hakim zemin cinsi olan kohesiv sediman olabilir. Bu durum literatürde pek iyi çalışılmamış ve yeterince dikkate alınmamıştır (Baas, Davies, ve Malarkey, 2013). Kohesiv sedimanın hidrodinamik etkilere geç cevap verdiği ya da ancak çok yüksek koşullara cevap verdiği bilinmektedir (Lichtman, 2017). Bu durumda bu diyagramların kohesiv sediman içeriği fazla olan ortamlar için kullanılması uygun değildir ve bu zeminler için yeni alternatifler geliştirilmelidir. Elde edilen sonuçların bir diğer sebebi ise

Çalışma dönemlerini temsil eden rüzgar parametrelerinin seçimi olabilir. Tercih edilen dalga tahmini analiz süreleri bu çalışma için uzun seçilmiş olabilir ve bu nedenle sediman dalgacık boyutlarıyla uyum göstermiyor olabilir.

Gözlemlenen sediman dalgacıkları Bölüm 5.1 kapsamında simetri durumlarına göre sınıflandırılmıştır. Birbirine dik ya da açılı yönlerden gelen akımların oluşturduğu bal peteği formlu sediman dalgacık türü sadece Gediz nehrinin açık olduğu dönemde nehir ağzına yakın G25 nolu istasyonda kaydedilmiştir. Ölçülen diğer sediman dalgacık formlarının büyük bir bölümü simetriktir yani dalga etkin dalgacık özelliği göstermektedir. Bunun yanında gözlemlenen sediman dalgacıklarında kombine akım etkisinin simetri bozulmalarıyla gözlemlendiği söylenebilir.

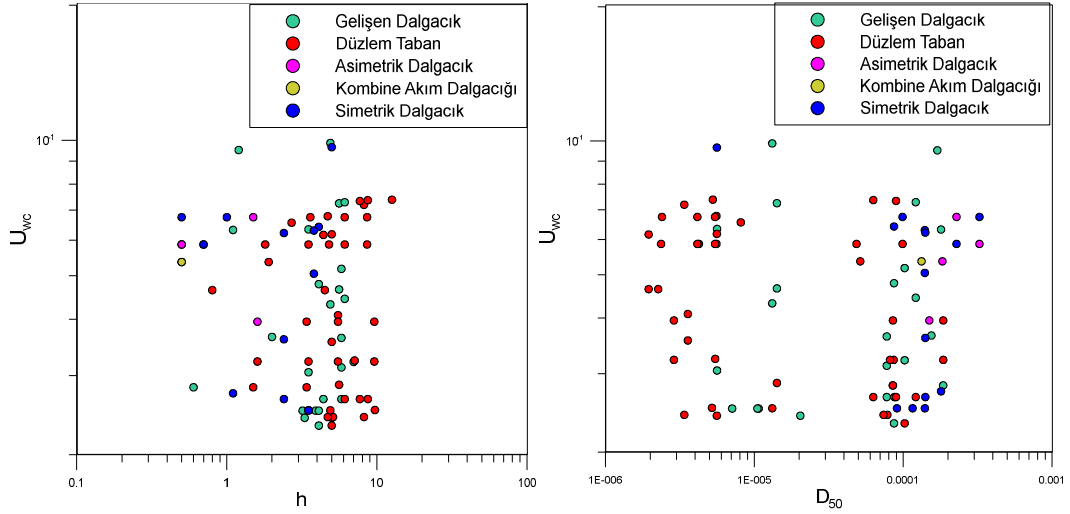
Her iki nehir ağzının hem hidrodinamik, hem sediman dağılım özellikleri hem de gözlemlenen sediman dalgacıklarının türleri göz önüne alındığında her iki nehrin de dalga etkin delta gelişimi gösterdiği söylenebilir.

Sınıflandırılan sediman dalgacıklarının su derinliği ve sediman dane çapına göre gösterdiği değişim Şekil 5.1’de görülmektedir. Burada belirgin sediman dalgacıklarının sığda (yaklaşık 3 m) ve iri daneli sedimana sahip zeminde gözlemlendiği görülmektedir. Sediman çapının her iki nehir ağzı için de homojen olmayan ve iki grupta toplanan karakteristiği de burada açıkça görülmektedir.



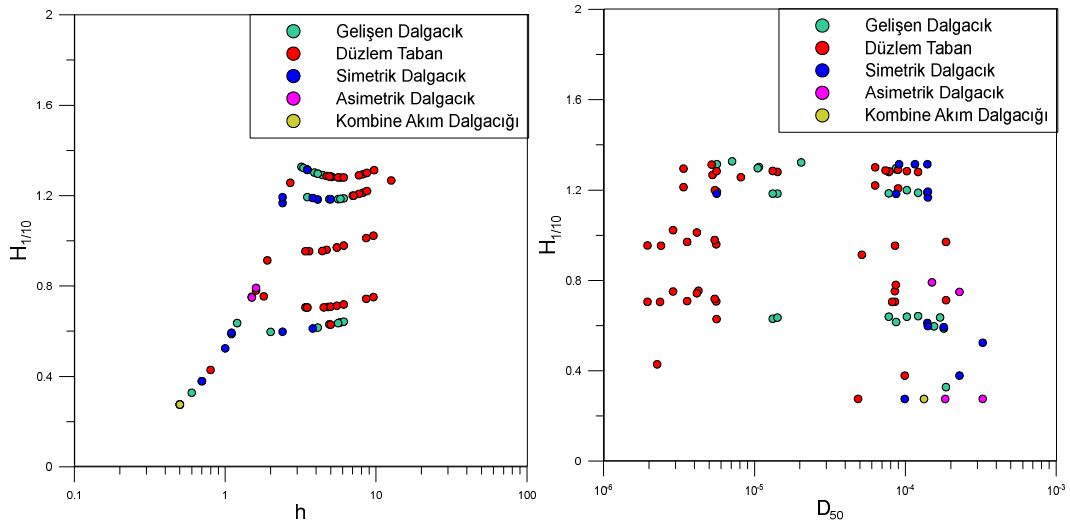
Şekil 5.1 İki nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacık türlerinin su derinliği (h) ve sediman dane çapına (D₅₀) göre dağılımı

Gözlemlenen sediman dalgacıkları 4 m'den daha sığ derinliklerde kombine akımın arttığı durumlarda belirgin özellik göstermiştir. Bu duruma benzer şekilde iri daneli zeminde akım arttıkça daha belirgin sediman dalgacıkları görülürken, aynı akım koşullarında ince daneli zeminlerde sediman dalgacığı gözlemlenmemiştir (Şekil 5.2).



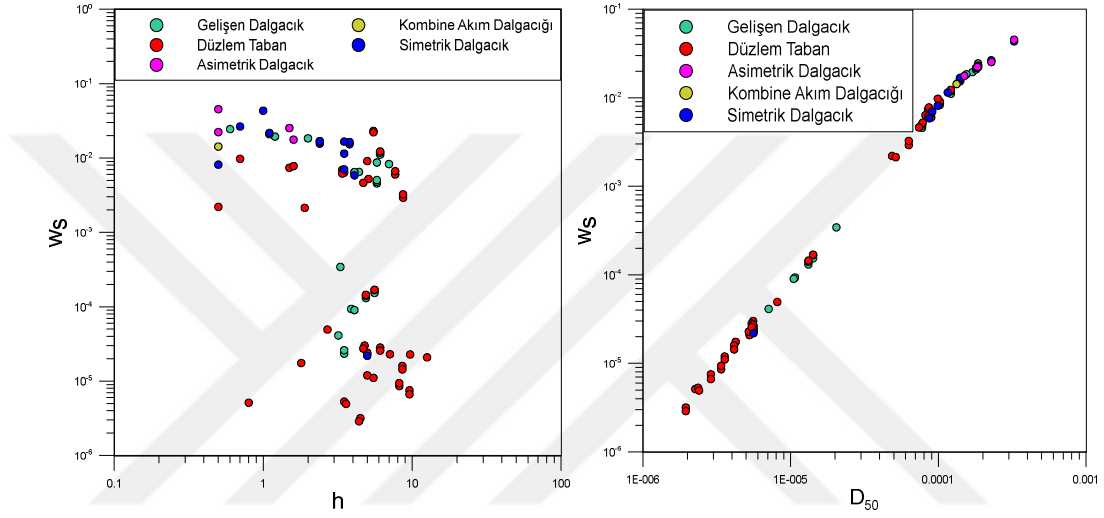
Şekil 5.2 İki nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacık türlerinin kombine akımda (U_{wc}), su derinliğine (h) ve sediman dane çapına (D_{50}) göre dağılımı

Her iki nehir ağzı için de belirlenen dalga yüksekliklerinin artmasıyla sediman dalgacıklarının büyüklüğünün artması beklenirken sonuçlar bize bu durumun derinlikle ilişkili olduğunu göstermiştir (Şekil 5.3). Yaklaşık 4 m'den daha sığ koşullarda dalga yükseklikleri sediman dalgacıklarının oluşumunda daha etkilidir. Bu durum sediman dane çapı için geçerli değildir. İnce daneli zeminlerde dalga yükseklikleri arttıkça sediman dalgacıkları gözlemlenmeye başlanmıştır.



Şekil 5.3 İki nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacık türlerinin dalga yüksekliklerine göre ($H_{1/10}$), su derinliğine (h) ve sediman dane çapına (D_{50}) göre dağılımı

Akışkan yoğunluğunu ve viskozitesini, yerçekimi ivmesi ve sediman dane çapı ile birlikte yansıtan çökme hızı (w_s , Denklem (3.3) ve (3.4)) arttığında 4 m'den daha derinde sediman dalgacıkları gözlemlenmezken çökme hızı arttıkça ve su derinliği azaldıkça sediman dalgacığı görme oranı artmıştır. Çökme hızının bağımlı olduğu parametrelerden biri olan sediman dane çapı ile dağılım grafiğinde sediman dalgacıklarının görüldüğü koşullar beklendiği gibi yüksek çökme hızı ve iri daneli zemin olmuştur (Şekil 5.4).

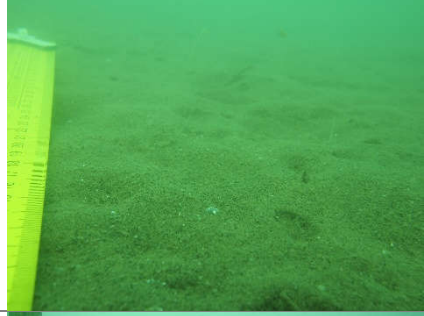
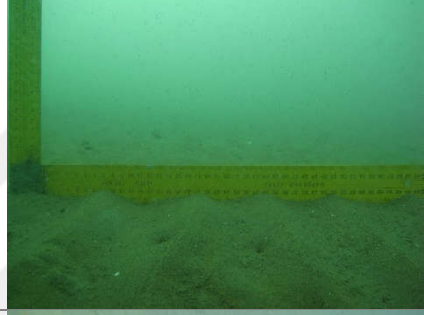
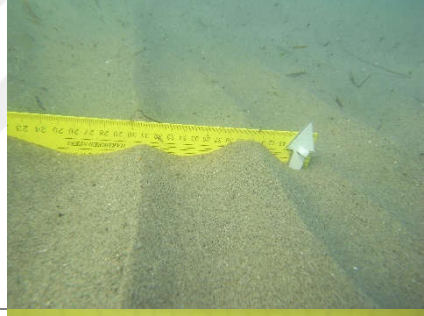




Şekil 5.4 İki nehir ağzında gözlemlenen sediman dalgacık türlerinin çökme hızlarının (w_s), su derinliğine (h) ve sediman dane çapına (D_{50}) göre dağılımı

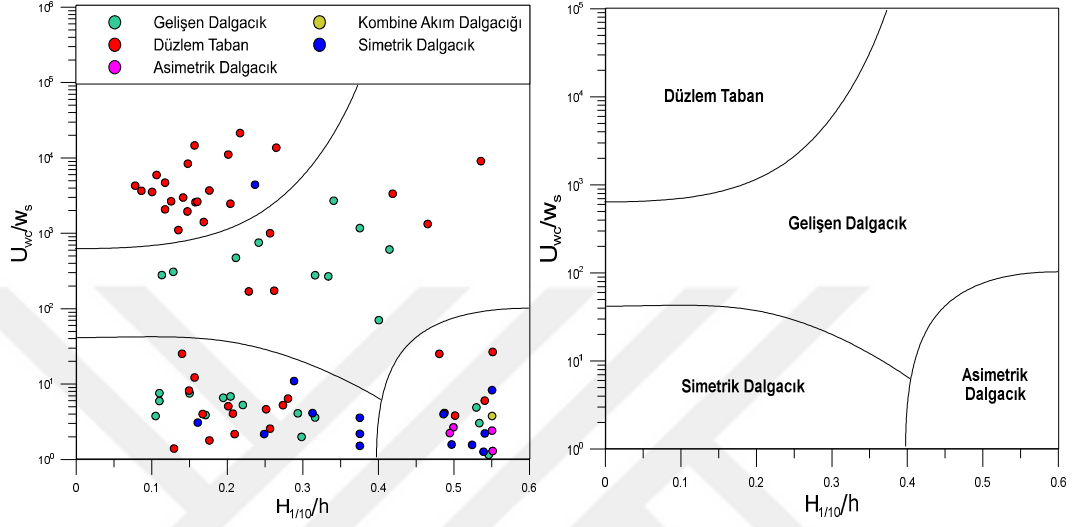
5.1 Yeni Faz Diyagramı Önerisi

Elde edilen bulgular ve yapılan analizler sonunda tez kapsamında incelenen sediman dalgacıklarını, etkileşim halinde oldukları koşullara göre sınıflandıran üç yeni boyutsuz faz diyagramı geliştirilmiştir. Bu faz diyagramları sığ suda ve koheziv özellik gösteren zeminlerde oluşacak sediman dalgacık türünü belirlemekte ya da tam tersi koşulların belirlenmesinde kullanılabilir. Bunun için öncelikle çalışma alanları olan Gediz ve B. Menderes ağzlarında gözlemlenen sediman dalgacıkları sınıflandırılmıştır. Oluşturulan sınıflandırmada alanlarda karşılaşılan dalgacıkları en iyi tanımlayan terimler Amos, Bowen, Huntley, ve Lewis, (1988b) ve Dumas ve diğer., (2005)'in faz diyagramlarından esinlenilerek oluşturulmuştur. Oluşturulan sınıflar ve örnek görselleri Tablo 5.1'de sunulmaktadır.

Tablo 5.1 Yeni oluşturulan faz diyagramında kullanılan sediman dalgacık sınıfları ve görsel örnekleri

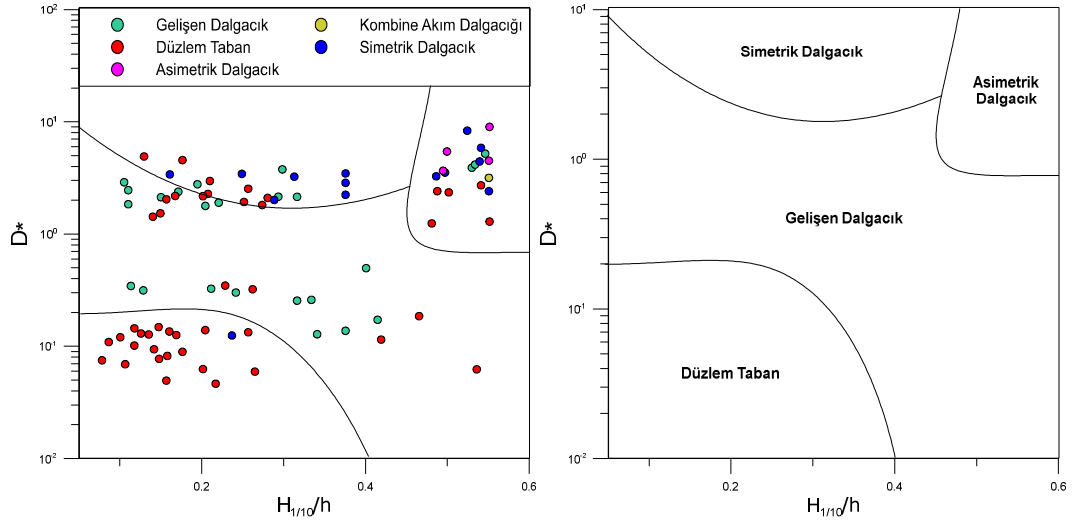
Sediman Dalgacık Sınıfı	Renk kodu	Örnek görsel
Düzlem Taban	●	
Gelişen Dalgacık	●	
Simetrik Dalgacık	●	
Asimetrik Dalgacık	●	
Kombine Akım Dalgacığı	●	

Tanımlanan bu zemin sınıflarının boyutsuz U_{wc}/w_s ile $H_{1/10}/h$ parametrelerine göre dağılımında tanımlandıkları sınıflara göre bir gruplaşma eğilimi görülmüştür. Buna göre U_{wc}/w_s değerlerinde ve düşük yüksek $H_{1/10}/h$ değerlerinde en belirgin sediman dalgacık oluşumu gözlenmektedir (Şekil 5.5).



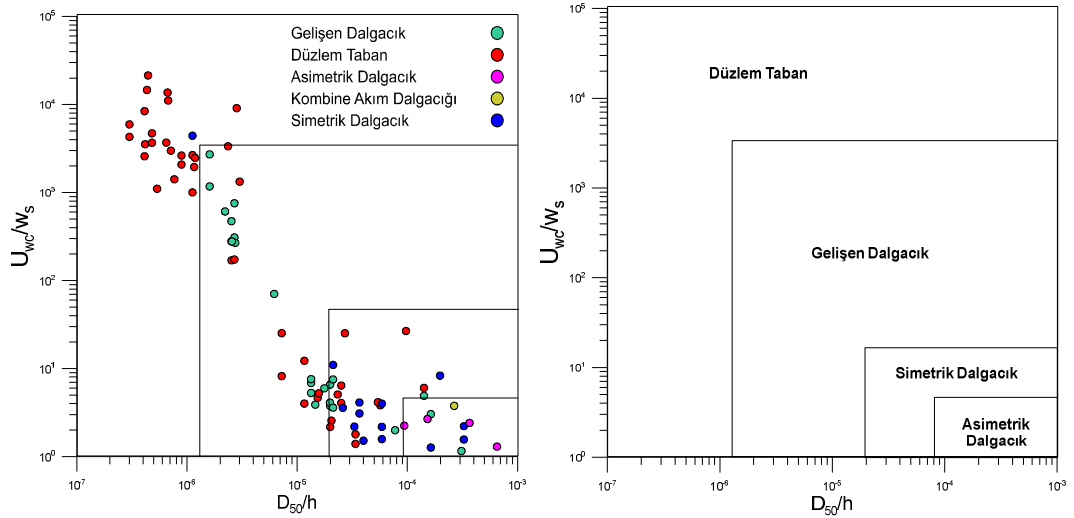
Şekil 5.5 U_{wc}/w_s ve $H_{1/10}/h$ parametrelerine göre belirlenen faz diyagramı ve tez verisi

Boyutsuz sediman dane çapı olan D^* ile $H_{1/10}/h$ boyutsuz parametresinin sediman dalgacık sınıflarına göre dağılımında da benzer bir gruplaşmaya rastlanmıştır. Bu sınıflamaya göre aynı değerdeki boyutsuz sediman dane çapı parametresi için $H_{1/10}/h$ oranı arttıkça sediman dalgacıkları gözlemlenmeye başlamaktadır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Boyutsuz sediman parametresi D_* ve $H_{1/10}/h$ parametresine göre belirlenen faz diyagramı ve tez verisi

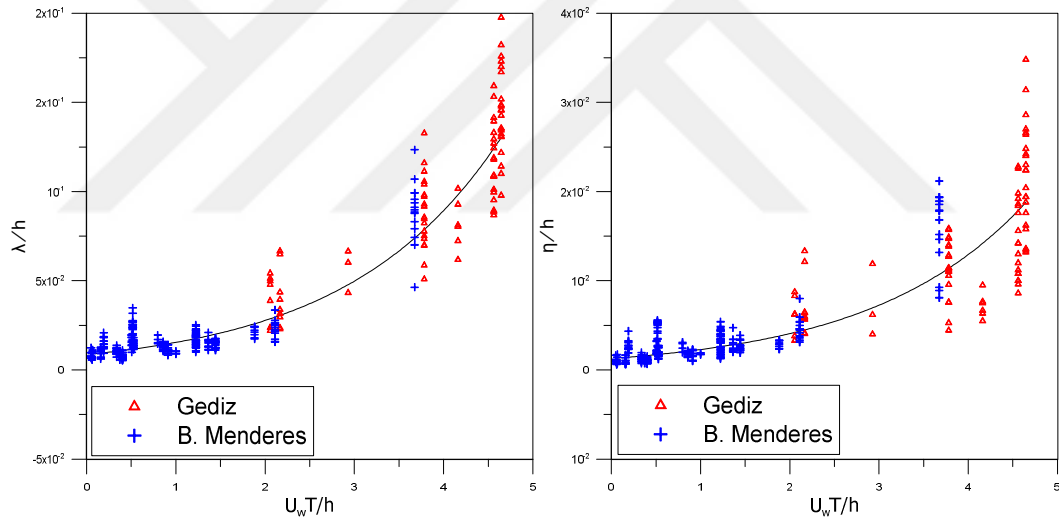
Elde edilen sediman dalgacık sınıflarının boyutsuz U_{wc}/w_s ve D_{50}/h parametrelerine göre dağılımında çökme hızının sediman çapı D_{50} ile olan bağımlılığından dolayı bir hat üzerinde dağıldığı görülmektedir. Bu dağılımın yukarıdan aşağıya doğru sediman dalgacığının oluşum ve gelişim aşamalarını gösterir nitelikte sınıflandığı görülmüştür (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 U_{wc}/w_s ve D_{50}/h parametrelerine göre belirlenen faz diyagramı ve tez verisi

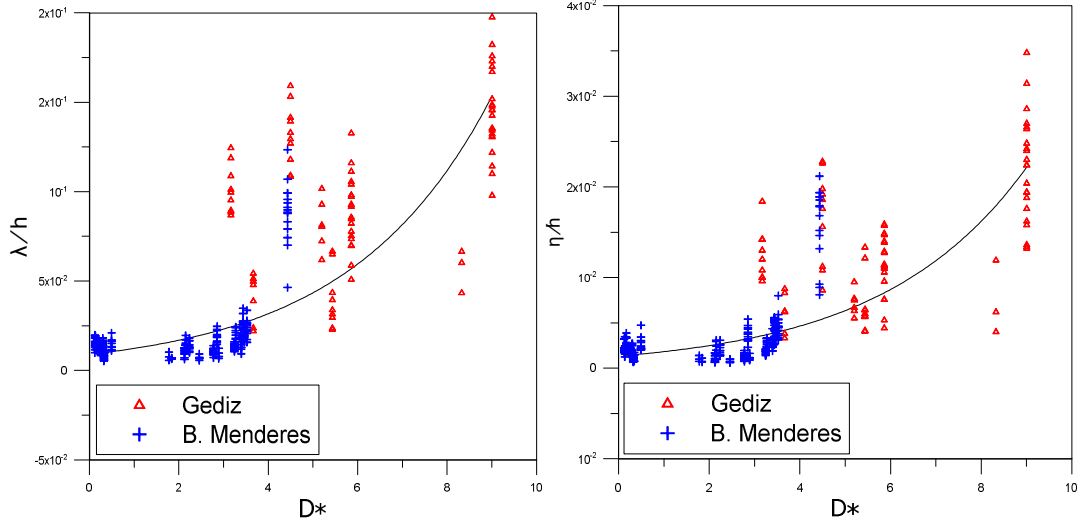
5.2 Yeni Tahmin Formülü Önerisi

Yapılan regresyon analizleri sonunda sediman dalgacık boyutları ile iyi ilişkili sonuçlar veren parametreler değerlendirilmiştir. Yüksek R-kare değeri veren parametreler ve grafikleri incelenmiştir. Buna bir örnek olarak $\frac{U_w T}{h}$ parametresinin λ/h ve η/h ile olan ilişkisi gösterilebilir (Şekil 5.8). Özellikle üstel fonksiyon ile hesaplanan eğrinin ilişki katsayıları yüksek ($\approx 0,84$) görünmektedir. Veri seti ile iyi bir uyum gösterdiği görülse de bu iyi ilişkinin, parametrenin deniz taban boyutlarını iyi temsil etmesinden değil karşılıklı aynı veya ilişkili değişkenlerden kaynaklandığı görülmüştür. Her iki eksendeki parametrelerin de su derinliğini kullandığı ve dalga hızı olan U_w değişkeninin de yine su derinliğinden hesaplandığını düşünürsek bu daha net görülecektir.



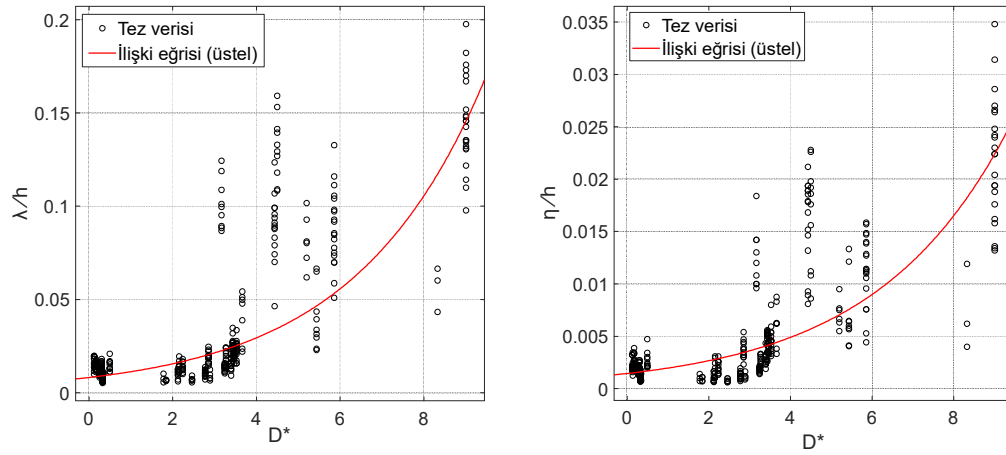
Şekil 5.8 Tez verisi ile yüksek R-kare değeri veren $\frac{U_w T}{h}$ parametresinin uyum eğrisi

İyi ilişki sonucu veren tüm parametrelerin bu benzerlikleri incelendikten sonra sediman dalgacık boyutlarının su derinliği ve sediman dane çapı ile boyutsuzlaştırılmasında da iyi ilişki sonuçları veren D_* parametresi öne çıkmıştır. Bu parametrenin veri seti ile ilişkisini gösteren dağılım garfiği Şekil 5.9'da görülmektedir.



Şekil 5.9 Tez verisi ile yüksek R-kare değeri veren ve ilişkili değişken içermeyen D_* parametresinin uyum eğrisi

Yapılan ilk analizler sonrası belirlenen D_* parametresi ile başarılı bir model geliştirebilmek için MATLAB ortamında verilerin ayrıntılı analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerde veri setine en uyumlu eğri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 Tüm veri seti ile D_* parametresinin MATLAB'daki uyum eğrisi

Seçilen koşullar için regresyon analizi sonucu elde edilmiş olan eğrinin istatistiksel değerleri Tablo 5.2'de sunulmuştur. Burada, R^2 seçilen parametrenin tahmin gücünü verirken SSE (sum of square due to error) hata kareler toplamını vermektedir ve küçük olması istenir. DFE (dergees of freedom) ise serbestlik derecesi olarak tanımlanırken RMSE (root mean square error) ortalama hata karekökü değerini göstermektedir.

Tablo 5.2 D_* parametresi ile boyutsuz λ/h ve η/h parametrelerinin regresyon model sonuçları

	R²	SSE	DFE	RMSE
λ/h	0,9954	0,0030	355	0,0029
η/h	0,9955	0,00006	355	0,00043

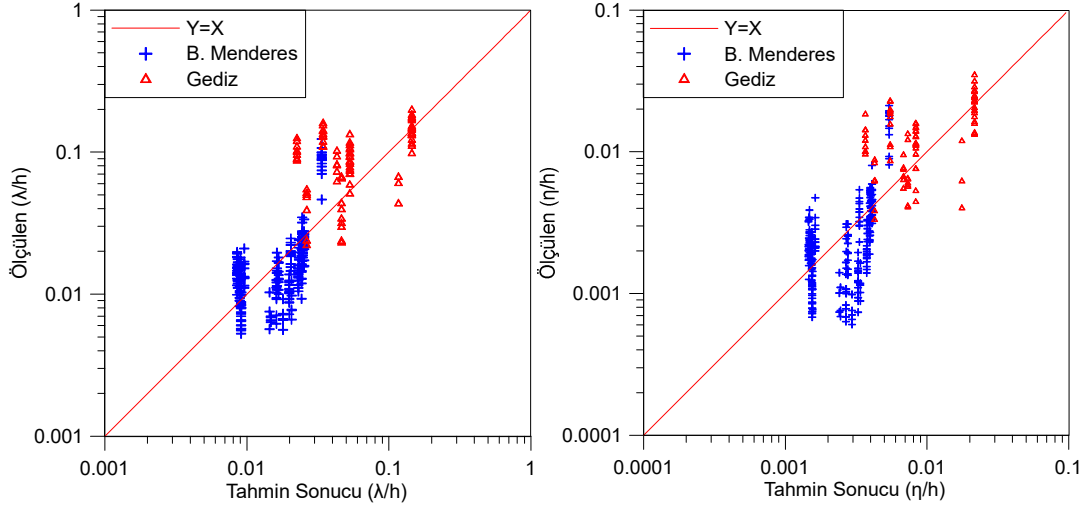
Belirlenen modelde, D_* parametresi $\left(\left[\frac{g(s-1)}{v^2}\right]^{1/3} D_{50}\right)$ ile yerçekimi ivmesi (g), boyutsuz bağıl yoğunluk ($s = \rho_s/\rho_w$), kinematik viskozite (v) ve sediman dane çapı (D_{50}) değişkenleri kullanılarak sediman dalgacık yüksekliği ve uzunluğuna boyutsal bir yaklaşım geliştirilmiştir. Sığ suda kohesive sedimanın hakim olduğu zeminlerde ve kombine akım altında gelişen sediman dalgacık uzunluğu denklem (5.1) yüksekliği ise denklem (5.2) ile hesaplanabilir.

$$\lambda/h = 0,0082\exp(0,319 D^*) \quad (5.1)$$

$$\eta/h = 0,0014\exp(0,304 D^*) \quad (5.2)$$

Bu koşullar altında verilen tahmin formülleri ile elde edilen sediman dalgacık yükseklik ve uzunluğunun ölçülen boyutlarla karşılaştırması Şekil 5.11'de görülmektedir. Bu sonucun her ne kadar başka sediman dalgacık boyutlarıyla test edilmesi gerekse de temsil ettiği tez verisi için tatmin edici olduğu söylenebilir.

Diğer taraftan tez kapsamında yapılan literatürdeki tahmin formüllerinin test sonuçları ile model sonuçları karşılaştırıldığında önerilen modelin tahmin gücünün küçük sediman çaplı ve düşük hidrodinamik koşullardaki sediman dalgacık boyutlarını tahmin etmekte oldukça başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.11 Boyutsuz λ/h ve η/h parametreleri denklem (5.1) ve (5.2) ile hesaplanan sonuçların ölçümler ile karşılaştırılması

Bunun yanında model içerisinde kullanılan parametreler tez kapsamında incelenen dört tahmin formülünde seçilen parametrelere benzerlik göstermektedir. Bölüm 3'te verilen tahmin formüllerinde de görüleceği gibi boyutsuz sediman çapı (D_*) sıklıkla tercih edilen bir parametre olarak görülmektedir.

Bu sonuçlar literatürdeki kombine akım altında gelişen deniz taban formlarının belirlenmesi çalışmaları ile paralellik gösteriyor olmasının yanında nehir ağzı gibi oldukça ince sediman çapına sahip ve fiziksel koşulları diğer sığ su koşullarından farklı olan bir ortamı örneklemesiyle literatüre önemli bir katkı sunmaktadır.

Tüm insanlık tarihi boyunca yaşam için ideal yerler olarak kabul edilen kıyısız alanların ve özellikle nehir deltalarının çevresinin sedimaner evrimleri temelde bu ve benzeri çalışmalar sayesinde öngörülebilmektedir. Bu çalışma stratigrafik yorumlama için yönlendirici bilgiler içermektedir. Diğer taraftan bu çalışma benzer alanların dinamiklerinin ve etkileşim mekanizmalarının belirlenmesi, sediman taşınımını daha iyi anlamamızı ve tanımlamamızı sağlayacaktır. Oluşan deniz taban formları, sediman taşınımında zorlayıcı etki oluşturmakta ve pürüzlülük parametresi olarak hesaplamalara dahil edilmekle birlikte bu çalışmada sunulan veri seti ve önerilen tahmin modeli bu konuda literatüre bir katkı sunulmaktadır. Son olarak bu çalışma

kombine akımlar altında gelişen deniz taban formlarının incelendiği Türkiye'deki ilk çalışma olarak literatürde geçecektir.

5.3 Belirsizlikler ve Öneriler

Kombine akımlar altında oluşan sediman dalgacıklarının incelendiği tez kapsamında yapılan çalışmalar iki nehir ağzında yapılan alansal ölçümlere dayanmaktadır. Bu tip arazi çalışmalarına dayanan araştırmalarda, kontrollü yapılan deneysel çalışmalara göre daha fazla belirsizliğin olduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Buna karşın deneysel çalışmaların arazi çalışmalarıyla desteklenmesi de önemli gerekliliklerden biridir. Tez kapsamında yapılan çalışmalar eldeki imkanlar ve en uygun seçenekler göz önüne alınarak optimize edilmiştir ancak oluşan bazı belirsizlikler birkaç başlıkta özetlenebilir.

Çalışma alanlarının sediman karakteristiğini elde etmek için tek dönemlik yapılan sediman örneklemeleri laboratuvar analizleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar tüm dönemler için kullanılmıştır. Uygulanan örnekleme yöntemiyle bu dönemler arasında fark görülmeyeceği bir gerçektir ancak her dönemde istasyon isimleri aynı kalsa da konumlamada olan sapmalar sonuçlarda da sapmalara neden olmaktadır.

Yapılan hidrodinamik ölçümler çalışma alanlarını en iyi temsil edecek şekilde yapılmıştır ancak dalga parametreleri çalışma dönemi için ölçülemediği ve belirli bir kabul ile model üzerinden hesaplandığı için sonuçların değerlendirilmesinde belirsiz bir alan oluşturmaktadır. Seçilen dönemler çalışma sürelerini kapsayan geniş bir aralıkta belirlendiği için belirlenen deniz taban formlarına göre dalga parametreleri olması gerektiğinden büyük görülmüştür. Diğer taraftan gözlemlenen kombine akımın dalga etkin kombine akım olması nedeniyle de bu etki çok daha belirgin şekilde gözlemlenmiştir.

Literatürdeki çalışmalardan bilinmektedir ki özellikle bio-film olarak tanımlanan sedimanın üst tabakasındaki EPS (Extracellular Polymeric Substances) yoğunluğu

zeminde kohesiv sediman kadar etkilidir (ör. Lichtman, 2017). Yapılan çalışmalarda gözlemlenen biyolojik aktivite ya da deniz çayırları sonuçlarda dikkate alınmamıştır.

Elde edilen sonuçlar ve değerlendirmelere göre belirsizliklerin azaltılması için öneriler şunlardır:

Arazide yapılması planlanan sediman dalgacık ölçümlerinde sediman çapının tespiti için her dalgacık ölçümünde küçük miktarlarda sediman örnekleme yapılarak hızlı ve ayrıntılı sonuçlar veren özel lazer partikül ölçücülerin kullanılması sonuçların daha güvenilir ve hassas olmasını sağlayacaktır.

Arazide yapılacak hidrodinamik etkilerin ölçümünde dalga, nehir akıntısı ve kombine akım ölçümleri çalışma süreleri boyunca sürekli ve ayrı ayrı yapılabilirse sonuçlar daha iyi ayrıştırılıp değerlendirilebilir.

Yapılacak çalışmalarda biyolojik aktivitenin etkisi de incelenmeli ve değerlendirmeye alınmalıdır.

Çalışılan iki nehir suları da kirleticiler tarafından yoğun şekilde kuşatılmış durumdadırlar (Akçay ve diğer., 2003; Minareci ve Işıktaş, 2018). Nehir ağızlarında yapılacak sediman taşınım çalışmalarında ya da sediman dalgacık ölçümlerinde bu kirleticilerin kimyasal içeriklerinin özellikle sedimanın çökme hızına ve taşınımına nasıl etki ettiği incelenmelidir.

KAYNAKLAR

- Akçay, H., Oğuz, A., ve Karapire, C. (2003). Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz river sediments. *Water Research*, 37(4), 813–822.
- Aksu, A. E., ve Piper, D. J. W. (1983). Progradation of the late Quaternary Gediz delta, Turkey. *Marine Geology*, 54(1–2), 1–25.
- Aksu, A. E., Piper, D. J. W., ve Konuk, T. (1987). Quaternary growth patterns of Büyük Menderes and Küçük Menderes deltas, western Turkey. *Sedimentary Geology*, 52(3–4), 227–250.
- Allen, J. (1969). On the geometry of current ripples in relation to stability of fluid flow. içinde *Physical Geography* (61–96). Sweden: Wiley.
- Allen, J. R. L. (1982). *Sedimentary structures, their character and physical basis* (Vol. I). New York: Elsevier.
- Amos, C. L., Bowen, A. J., Huntley, D. A., ve Lewis, C. F. M. (1988). Ripple generation under the combined influences of waves and currents on the Canadian continental shelf. *Continental Shelf Research*, 8(10), 1129–1153.
- Amos, C. L., ve Collins, M. B. (1978). The combined effects of wave motion and tidal currents on the morphology of intertidal ripple marks: The Wash, U.K. *Journal of Sedimentary Research*, 48 (3), 849–856.
- Ashley, G. M. (1990). Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem-sepm bedforms and bedding structures. *Journal of Sedimentary Research*, 60(1), 160–172.
- Baas, J. H., Best, J. L., ve Peakall, J. (2016). Predicting bedforms and primary current stratification in cohesive mixtures of mud and sand. *Journal of the Geological Society*, 173(1), 12–45.

- Baas, J. H., Davies, A. G., ve Malarkey, J. (2013). Bedform development in mixed sand-mud: The contrasting role of cohesive forces in flow and bed. *Geomorphology*, 182, 19–32.
- Bayazıt, M., ve Avcı, İ. (2010). *Akarsularda Akım ve Sediment Taşınımı*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Best, J. (2005). The fluid dynamics of river dunes: A review and some future research directions. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 110(4), 1–21.
- Buckingham, E. (1914). On physically similar systems; Illustrations of the use of dimensional equations. *Physical Review*, 4(4), 345–376.
- Büke, A., Gültekin, M., Aksoy, A., Dıvrak, B. B., Göcek, Ç., Berke, M. Ö., ve Çeşmeci, H. (2011). *Büyük Menderes havza atlası*. İstanbul: S Basım.
- Cheel, R. J. (2005). *Introduction to Clastic Sedimentology*. Canada: Brock University.
- Dey, S. (2014). *Fluvial hydrodynamics: Hydrodynamic and sediment transport phenomena*. New York: Springer.
- DSİ-SVT rasatlar bilgi bankası. (2019). 19 Aralık 2019, <http://svtbilgi.dsi.gov.tr>
- DSİ. (2016). *DSİ’ce inşa edilerek işletmeye açılan sulama ve bataklık ıslahı tesisleri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı*.
- Ergin, M., Kadir, S., Keskin, Ş., Turhan-Akyüz, N., ve Yaşar, D. (2007). Late Quaternary climate and sea-level changes recorded in sediment composition off the Büyük Menderes River delta (eastern Aegean Sea, Turkey). *Quaternary International*, 167–168 (2007), 162–176
- Frostick, L. E., McLelland, S. J., ve Mercer, T. G. (2011). *Users guide to physical modelling and experimentation: experience of the HYDRALAB network*. Boca Raton: CRC press.
- García, M. H. (2008). *Sedimentation, engineering processes, measurements, modeling, and practice*. Virginia: ASCE.

- Gibbings, J. C. (2011). *Dimensional analysis*. Liverpool: Springer.
- Goda, Y. (2000). *Random seas and design of maritime structures*. Singapore: World Scientific.
- Gürünlü Alma, Ö., ve Vupa, Ö. (2008). Regresyon analizinde kullanılan en küçük kareler ve en küçük medyan kareler yöntemlerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 3(2), 219–229.
- Harris, R. J. (2001). *A primer of multivariate statistics*. (4, Ed.). London: Lawrance Erlbaum.
- Hostens, K., Courtens, W., Craeymeersch, J., Goudswaard, K., Houziaux, J.-S., Merckx, B., ... Degraer, S. (2013). Invasive American razor clam *Ensis directus* in Belgian waters: a true opportunity for shell-fisheries. In *NIS Symposium, Oostende* (11–28).
- Julien, P. Y., ve Klaassen, G. J. (1995). Sand-dune geometry of large rivers during floods. *Journal of Hydraulic Engineering*, 121(9), 657–663.
- Karris, S. T. (2004). *Numerical analysis using MATLAB and spreadsheets* (2nd ed.). California: Orchard Publications.
- Kayan, İ., ve Öner, E. (2015). Sedimantolojik ve paleontolojik verilerle Gediz delta ovasında (İzmir) alüvyal jeomorfoloji araştırmaları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 24(2), 1–27.
- Khelifa, A., ve Ouellet, Y. (2000). Prediction of sand ripple geometry under waves and currents. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 126(1), 14–22.
- Kisacik, D., Kaboğlu, G., Ozyurt Tarakçioğlu, G., Baykal, C., Akdağ, C. T., Akçali, B., ve Oğuz Kaboğlu, S. (2018). *TUBITAK no:115Y722 “Nehir- deniz etkileşiminde kısa süreli sediment form oluşumlarının değerlendirilmesi : Gediz ve B. Menderes örnekleri.”* İzmir.

- Kleinhans, M. G. (2005). Phase diagrams of bed states in steady, unsteady, oscillatory and mixed flows. *EU SANDPIT End-Book*, 1–16.
- Komar, P. D., ve Miller, M. C. (1975). The initiation of oscillatory ripple marks and the development of plane-bed at high shear stresses under waves. *Journal of Sedimentary Research*, 45(3), 697-703.
- Li, M. Z. ., Wright, L. D., ve Amos, C. L. (1996). Predicting ripple roughness and sand resuspension under combined flows in a shoreface environment. *Marine Geology*, 130(1–2), 139–161.
- Lichtman, I. D. (2017). *Combined effects of hydrodynamics and cohesive clay on bedform morphology and migration on sandy tidal flats*. Doctoral dissertation, Prifysgol Bangor University, Bangor.
- Madsen, O., Grant, W. D., ve Asce, A. M. (1976). Quantitative description of sediment transport by waves. In *Coastal Sediment Problems* (1093–1112).
- Minareci, O., ve Işıktaş, Z. (2018). Deterjanların Gediz Nehrinde biyolojik parçalanabilirliği. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 23–28.
- Mostafa H, S., LienhardV, J. H., ve Zubair, S. M. (2010). Thermophysical properties of seawater: a review of existing correlations and data. *Desalination and Water Treatment*, 16(10), 1–67.
- Oğuz Kaboğlu, S., Kaboğlu, G., Kisacık, D., Akçali, B., ve Alan, V. (2018). Kombineakımlar altında oluşan deniz taban formlarının yerinde ölçülmesi. 3. *Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı*, 203–204.
- Oğuz Kaboğlu, S., Kaboğlu, G., ve Kisacık, D. (2019). Morphologic development of the Gediz River Mouth, Aegean, Turkey. *International Earth Science Colloquium On the Aegean Region*, 25.
- Parlak, H., Boyac, M., ve Arslan, Ö. Ç. (2006). Heavy metal deposition in sediments from the delta of the Gediz River (western Turkey): a preliminary study. *E.U.*

- Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23(3–4), 445–448.
- Perillo, M. M. (2013). *Flow, sediment transport and bedforms under combined flows*. Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign, Champaign.
- Perillo, M. M., Best, J. L., ve Garcia, M. H. (2014). A new phase diagram for combined-flow bedforms. *Journal of Sedimentary Research*, 84(4), 301–313.
- RCM Operating Manuel, Aanderaa Data Instruments AS Contact*. (2006).
- S. Dumas, R.W.C. Arnott, ve Southard, J. B. (2005). Experiments on oscillatory-flow and combined-flow bed forms: implications for interpreting parts of the shallow-marine sedimentary record. *Journal of Sedimentary Research*, 75(3), 501–513.
- Shepard, F. P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24(3), 151–158.
- Shore protection manual*. (1984). Washington,: Department of the Army, US Army Corps of engineers.
- Simons, B. D., ve Richardson, E. V. (1966). *Resistance to flow in alluvial channels*. Washington: United State Government Printing Office.
- Sonin, A. A. (2001). *The physical basis of dimensional analysis* (Vol. 2). Cambridge: Department of Mechanical Engineering MIT.
- Sorensen, R. M. (2006). *Basic coastal engineering basic coastal*. New York: Springer.
- Soulsby, R. L. (1997). *Dynamics of marine sands: a manual for practical applications*. London: Thomas Telford.
- Soulsby, R. L., ve Whitehouse, R. J. S. (2005). *Prediction of ripple properties in shelf seas-mark 2 predictor for time evolution*. Wallingford: US Office of Naval Research.
- Soulsby, R. L., Whitehouse, R. J. S., ve Marten, K. V. (2012). Prediction of time-evolving sand ripples in shelf seas. *Continental Shelf Research*, 38, 47–62.

- Southard, J. (2006). *Introduction to fluid motions, sediment transport, and current-generated sedimentary structures*. 26 Mayıs 2018, <https://ocw.mit.edu>.
- Southard, J. B. (1991). Experimental determination of bed-form stability. *Annual Reviews Earth Planet, 19*, 423–455.
- Southard, J. B., ve Boguchwal, L. A. (1990). Bed configurations in steady unidirectional water flows. part 2. synthesis of flume data. *Journal of Sedimentary Petrology, 60* (5), 658-679.
- Süzal, A., Bizsel, N., Bizsel, K. C., ve Hüsrevoğlu, Y. S. (2008). Dissolved nutrient behaviour along the estuarine salinity gradient at the Gediz River Mouth (Aegean Sea, Turkey). *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 32*(2), 67–84.
- SYGM. (2018). *Gediz Nehir havzasi yönetim plani. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*.
- Tanaka, H., ve Dang, V. T. (1996). Geometry of sand ripples due to combined wave-current flows. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 122*(6), 298–300.
- Traykovski, P., Hay, A. E., Irish, J. D., ve Lynch, J. F. (1999). Geometry, migration, and evolution of wave orbital ripples at LEO-15. *Journal of Geophysical Research: Oceans, 104*(C1), 1505–1524.
- Uluturhan Suzer, E., Konaş, A., ve Yılmaz, E. C. (2015). Assessment of heavy metal pollution of surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta (Izmir Bay). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 32*(2), 79–87.
- Van den Berg, J. H., ve Van Gelder, A. (1993). A new bedform stability diagram, with emphasis on the transition of ripples to plane bed in flows over fine sand and silt. *Special Publication of the International Association of Sedimentologists, 17*, 11–21.
- van Rijn, L. C. (1993). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal*

seas part I. Netherlands: Aqua Publication.

van Rijn, L. C. (1998). *Principles of coastal morphology*. Netherlands: Aqua Publications.

Yüksel, Y., Ergin, A., Çevik, E., Yalçın, A. C., Güler, I., Yüzer, N., ... Koçyatağı, M. A. (2016). *Kıyı yapıları planlama ve tasarım esasları* (2nd ed.). İstanbul: Beta Basım.



EKLER

Ek 1: Kısaltmalar

A: Dalga yörüngesel genliği

C_D : Akıntı taban direnci

d_0 : Yörüngesel çap

d_{wc} : Efektif yörüngesel çap

D_{50} : Sediman dane çapı dağılımı orta değeri (sediman dane çapı)

D_* : boyutsuz sediman çapı parametresine

f_w : Dalga sürtünme kuvveti

f_c Akıntı sürtünme kuvveti

Fr : Froud sayısı

g: Yerçekimi ivmesi

G_s : Sediman özgül ağırlığı

h: su derinliği

H: Dalga yüksekliği

$H_{1/3}$: En yüksek 1/3 dalga yüksekliği ortalaması

η : Sediman dalgacık yüksekliği

κ : Von karman sabiti

k: Dalga numarası

k_s : Hidrolik pürüzlülük direnci

L: Dalga boyu

λ : Sediman dalgacık uzunluğu

mc: Çamur yüzdesi

n: Porozite

ρ_s : Sediman yoğunluğu

ρ_w : Su yoğunluğu

Re^* : Dane Reynold sayısına

RS: Sediman dalgacık dikliği

s: Boyutsuz bağıl yoğunluk

S_* : Boyutsuz sediman parametresi

T: Dalga periyodu

T_m : Dalga ortalama periyodu

T_p : Dalga pik periyot
 τ_w : Dalga taban gerilme kuvveti
 τ_c : Akıntı taban kayma gerilmesi
 $\tau_{b,c}$: overall current-related bed shear stress
 τ_c : Akıntı etkisinde taban gerilme kuvveti
 \bar{U} : Derinlikle ortalanmış akıntı hızı
 u_{bm} : Tabana yakın yörüngesel hız
 U_c : Akıntı hızı
 U_w : Yörüngesel hız
 U_{wc} : Kombine akım hızı
 U^* : Yüzey sürtünme hızı
 u_{*c} : Maksimum yüzey dalga sürtünme hızı
 ν : kinematik viskozite
 w_s : Çökelme hızı
 ω : Radyal dalga frekansı
 z_0 : Taban pürüzlülüğü
 θ_B : Kırılma noktası taban sürtünme Shields parametresi
 θ_{cr} : Kritik Shields parametresi
 θ_w : Dalga Shields parametresi
 θ_c : Akıntı Shields parametresi
 θ_{wm} : Maksimum Shields parametresi
 ψ : Hareketlilik parametresi
 β_{wc} : Dalga ve Akıntı arasındaki açı, (saat yönünde dar açı)

Ek 2: Faz Diyagramlarında Kullanılan Tanımlamalar

Tablo A-1. Kleinans'ın faz diyagramında kullandığı terimler ve açıklamaları

Deniz taban formu sınıfı	Deneyimsel tanımlaması
Düzlem taban	Yüksek pürüzlülük direnci gösteren düzlem taban görüntüsü, (biyolojik aktivite hariç) sediman hareketinin olmaması ya da sıra dışı sediman hareketi
Yüksek akım düzlem taban	
Yüksek akım rejimi terskumul	
Akıntı etkin dalgacık	Maksimum uzunluğu 0,4m ve yüksekliği 0,02m olan linguoid taban formu, dengedeki taban form boyutları akış koşullarından bağımsız, dengeye ulaşmamış taban formları ise düz sırtlı görülebilir, ($Re^* < 11,6$)
Akıntı etkin kumul	Üçgenimsi kesite sahip fakat sıklıkla akışüstü tarafı (stoss side) dışbükey özellik gösterirken akışaltı tarafı (lee-side) vortekler nedeniyle bulanık, boyutları 10m'den 100m'ye ulaşabilir, ($Re^* > 11,6$)
3D ve 2D kumul	yok
Dalga etkin dalgacık	Her iki yüzü de iç bükey özellik gösterir, $D_{50} > 0,5$ mm ve sakin koşullarda düz sırt özelliği gösterebilir, fakat aksi takdirde çoğunlukla düzensizdir
hummocks	yok
Kombine akım dalgacığı	Hem akıntı hem dalga etkisini gösteren taban formlarıdır. Örneğin dalga etkisinde oluşan dalgacığa zayıf bir akıntı etkisi olduğunda zıt yada aynı yönlü bir akıntı ise dalgacığın akıntı yönünde yamulmasına eğrilmesine neden olur
Uzun dalga etkin dalgacık	yok
Mega dalgacık	yok

Tablo A-2. Dumas ve diğerlerinin faz diyagramında kullandığı terimler ve açıklamaları

Deniz taban formu sınıfı	Kısaltması	Deneyimsel tanımı
<i>Hareket yok</i>		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Faz diyagramındaki “no movement” alanı basitçe dalga ve akıntının hareket eşik değer eğrilerinin çakıştırılmasıyla oluşturulmuştur.
<i>Simetrik küçük dalgacık</i>	SSR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dalgacık uzunlukları 7 ile 11 cm arasında, ortalama 9 cm kadardır ve U_c ile doğru orantılı olarak artar ➤ Dalgacık yükseklikleri ise 0,5 ile 1,3 cm arasında değişirken genelde 1 cm civarındadır. U_c ile ters orantı gösterir ancak bu etki oldukça hafiftir. ➤ Dar ve keskin (iyi tanımlanmış) sırt karakteristiği gösterirler ➤ Geniş ve yuvarlak çukurlukları vardır ve akışaltı ve akışüstü tarafları düzdür ➤ Simetrik bir profil gösterirler (simetri indeksleri genellikle 1'dir) ➤ Sırt çizgileri devamlı ve düzdür, akıntıya diktir ➤ Desen olarak genelde 2D dağılım gösterirler ➤ Dalgacık indeksi 6 ile 14 arasında değişir ve ortalama 10'dur ➤ Eğrilik indisi ise genellikle 0,4 civarındadır.
<i>Asimetrik küçük dalgacık</i>	ASR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dalgacık uzunluğu 11 ile 21 cm arasında değişir ve ortalama 13 cm civarındadır. Yükseklikleri ise 1,2 ile 2,9 cm arasındadır ve ortalama 1,8 cm'dir. ➤ Bu tip taban formları geniş sırt özelliği gösterir ve akışaltı ile akışüstü tarafları dışbükey özellik gösterir. ➤ Sırt çizgileri düzensizdir ve 3D dağılım gösterirler ➤ Dalgacık indeksi 4 ile 11 arasında değişirken ortalama değer 8'dir. ➤ Yuvarlatılmış bir görüntüsü vardır ve Eğrilik indisi 0,6 civarındadır.
<i>Düzlem taban</i>	PL	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Yörüngesel hızlar 90–120 cm/s civarındayken yada U_w en düşük 60 cm/s ve U_c 20 cm/s hız ile ona eklendiğinde deniz taban formu düzleşerek “Plane Bed” olarak adlandırılır. ➤ Genellikle bu olay taban üzerinde yüksek askıda sediman konsantrasyonuna neden olacaktır.

Tablo A-3. Perillo tarafından geliştirilen faz diyagramında kullanılan terimler ve açıklamaları

Deniz taban formu sınıfı	Kısaltması	Deneyimsel tanımlaması
Hareket yok	NM	➤ “No motion (NM)” bölümü sediman hareketinin başladığı sınıra kadar olan düzlem taban dönemini karakterize etmektedir.
2D Simetrik dalgacık	(2D SR)	➤ 2D simetrik dalgacıklar net olarak belirlenebilirler, düzenli, devamlılık gösteren keskin sırtlara sahip akışa dik uzanan yapılardır. ➤ Bu tip taban formları düzgün ve simetrik bir profile sahiptir.
3D Simetrik dalgacık	(3D SR)	➤ Bu taban formlarının karakteristiği 2DSR’a çok benzemektedir. Ancak bu formların uzanımları devamlı ve düzenli değildir.
3D Simetrik kumul	(3D SD)	➤ yok
3D Asimetrik dalgacık	(3D AR)	➤ Ortalama dalgacık boyları 0,14 ile 0,42 m arasında değişirken ortalama $0,22 \pm 0,07$ m olarak tanımlanmaktadır. ➤ Benzer şekilde değişim gösteren dalgacık yükseklikleri 0,016 ile 0,050 m arasında değişirken ortalama $0,025 \pm 0,009$ m gözlenmiştir.
3D Asimetrik kumul	3D AD	➤ yok
Yüksek akım düzlem taban	(USPB)	➤ Bu alanda yoğun sediman hareketiyle düzlem bir taban ile karakterize edilir.
3D Akıntı dalgacığı	3D CR	➤ yok
3D Akıntı kumulu	3D CD	➤ yok

Ek 3: Tahmin Formüllerinin Hesaplanmasında Kullanılan MATLAB Kodları

% % Li Wright and Amos, 1996, combined flow, Parameters and Prediction of the bedform dimensions

% %PARAMETERS

[num,txt]=xlsread('input_parameters.xls','B2:B89');%stations

h=xlsread('input_parameters.xls','M2:M89');%water depth

TP= xlsread('input_parameters.xls','W2:W89'); %wave spectrum peak period

g=9,81;

H=xlsread('input_parameters.xls','T2:T89'); %significant wave height

D50=xlsread('input_parameters.xls','D2:D89');%sediment grain size

von=0,41;%von karman constant

rowater=xlsread('input_parameters.xls','P2:P89');%water density

s=xlsread('input_parameters.xls','J2:J89');

v=xlsread('input_parameters.xls','O2:O89');%kinematic viscosity

L_init=1,5;

for i= 1:88

for ii=1:200

L1(ii)=((g*TP(i)^2)/(2*pi));

L2(ii)=(2*pi*h(i));

L3(ii)=tanh(L2(ii)/L_init);

L(ii)=L1(ii)*L3(ii);

L_init=L(ii);

end

L_end(i,1)=L_init;

end

for i=1:88

k(i,1)=(2*pi)/L_end(i);%wave number

Sstar(i,1)=(D50(i)/(4*v(i)))*(((s(i)-1)*g*D50(i)^(1/2)));

Dstar(i,1)=(((g*(s(i)-1))/(v(i)^2))^(1/3))*D50(i); %dimensionless sediment

diameter

Ab(i,1)=H(i)/(2*sinh(k(i)*h(i)));%near bottom excursion

```

Delta(i,1)=Ab(i)/D50(i);
FwS05(i,1)=0,00251*exp(5.21*((0,4*Delta(i))^(0,19)));%Wave friction factor
Ubm(i,1)=(0,183*(2*H(i)))/(sqrt(h(i)/g));%Near bottom orbital wave velocity
Uwm(i,1)=((FwS05(i)/2)^(1/2))*Ubm(i);%The magnitude of the maximum
shear velocity under the wave near-bottom orbital wave velocity amplitude
ks(i,1)=D50(i)*2.5; %grain roughness instead of equivalent roughness height
Q_GM(i,1)=(rowater(i)*(Uwm(i)^2))/(rowater(i)*(s(i)-
1)*g*D50(i));%Maximum value of Shields' parameter
Qc_GM(i,1)=(0,30/(1+1.2*Dstar(i)))+(0,055*(1-exp(-
0,02*Dstar(i))));%Critical Shields' parameter
Qbreak(i,1)=1,8*(Sstar(i)^(0,6));%break off point
end

%% Bedform dimensions
for i=1:88
    if Q_GM(i)<Qbreak(i)
        hB(i,1)=0,101*Ab(i)*((Q_GM(i)/Qc_GM(i))^(0,16));
        LB(i,1)=4.95*hB(i)*((Q_GM(i)/Qc_GM(i))^(0,04));
    else %Q_GM(i)>Qbreak(i);
        hB(i,1)=0,356*Ab(i)*((Q_GM(i)/Qc_GM(i))^(1,5));
        LB(i,1)=3.03*hB(i)*((Sstar(i))^(0,6))*((Q_GM(i)/Qc_GM(i));
    end
end

header={'stations','Bedform Length m','Bedform Height m','near bottom
excursion','Sstar'};
xlswrite('Outputs_LWA_combined',header);
xlswrite('Outputs_LWA_combined',txt,'A2:A89');
xlswrite('Outputs_LWA_combined',LB,'B2:B89');
xlswrite('Outputs_LWA_combined',hB,'C2:C89');
xlswrite('Outputs_LWA_combined',Ab,'D2:D89');
xlswrite('Outputs_LWA_combined',Sstar,'E2:E89');

```

```

% % Tanaka ve Dang, 1996 combined, Parameters and Prediction of the bedform
dimensions

```

```

% %PARAMETERS

```

```

[num,txt]=xlsread('input_parameters.xls','B2:B89');%stations

```

```

h=xlsread('input_parameters.xls','M2:M89');%water depth

```

```

Uc= xlsread('input_parameters.xls','Z2:Z89'); %mean flow velocity

```

```

Tp= xlsread('input_parameters.xls','W2:W89'); %wave spectrum peak period

```

```

g=9.81;

```

```

D50=xlsread('input_parameters.xls','D2:D89');%sediment grain size

```

```

H=xlsread('input_parameters.xls','T2:T89');%H1/10 wave height

```

```

rowater=xlsread('input_parameters.xls','P2:P89');%water density

```

```

s=xlsread('input_parameters.xls','J2:J89');%sediment relative density

```

```

v=xlsread('input_parameters.xls','O2:O89');%kinematic viscosity

```

```

L_init=1.5;

```

```

for i= 1:88

```

```

for ii=1:200

```

```

L1(ii)=((g*Tp(i)^2)/(2*pi));

```

```

L2(ii)=(2*pi*h(i));

```

```

L3(ii)=tanh(L2(ii)/L_init);

```

```

L(ii)=L1(ii)*L3(ii);

```

```

L_init=L(ii);

```

```

end

```

```

L_end(i,1)=L_init; %wave length

```

```

end

```

```

for i=1:88

```

```

Uw(i,1)=((pi*H(i))/L_end(i))*(((L_end(i)/Tp(i))+Uc(i))/((sinh(2*pi*h(i)/L_end(i))))))

```

```

;%wave orbital velocity

```

```

dzero(i,1)=H(i)/(sinh(2*pi*h(i)/L_end(i))); %Water semi excursion

```

```

Sstar(i,1)=(D50(i)/(4*v(i)))*(((s(i)-1)*g*D50(i))^(1/2));

```



```

    alfa(i,1)=1+(0,81/((tanh(0,3*((Sstar(i))^(2/3))))^(2.5))*((Uc(i)/Uw(i))^1.9));
end

%% Bedform dimensions

for i=1:88
    if (alfa(i)*(dzero(i)/D50(i))<1600;
        LB(i,1)=(0,65*alfa(i)*(dzero(i)/D50(i))*D50(i);
    else %(alfa(i)*(dzero(i)/D50(i))>1600;
        LB(i,1)=1000*D50(i);
    end
end

header={'Stations','Bedform Lenngh m'};
xlswrite('Outputs_TD96_combined',header);
xlswrite('Outputs_TD96_combined',txt,'A2:A89');
xlswrite('Outputs_TD96_combined',LB,'B2:B89');

```

```

%% % Khelifa & Ouellet 20000 combined, Parameters and Prediction of the bedform
dimensions
%% % Input PARAMETERS
[num,txt]=xlsread('input_parameters.xls','B2:B89');%stations
h=xlsread('input_parameters.xls','M2:M89');%water depth
Uc= xlsread('input_parameters.xls','Z2:Z89'); %mean flow velocity
Tp= xlsread('input_parameters.xls','W2:W89'); %wave spectrum peak period
g=9,81;
D50=xlsread('input_parameters.xls','D2:D89');%sediment grain size
H=xlsread('input_parameters.xls','T2:T89');%H1/10 wave height
rowater=xlsread('input_parameters.xls','P2:P89');%water density
s=xlsread('input_parameters.xls','J2:J89');%sediment relative density
v=xlsread('input_parameters.xls','O2:O89');%kinematic viscosity
beta=xlsread('input_parameters.xls','Y2:Y89');%angle of wave and flow
% Uwc=xlsread('input_parameters.xls','Y2:Y89');% measured combined flow
L_init=1,8;
for i= 1:88
for ii=1:200
L1(ii)=((g*Tp(i)^2)/(2*pi));
L2(ii)=(2*pi*h(i));
L3(ii)=tanh(L2(ii)/L_init);
L(ii)=L1(ii)*L3(ii);
L_init=L(ii);
end
L_end(i,1)=L_init; %wave length
end

for i=1:88
k(i,1)=(2*pi)/L_end(i);%Wave number
Uw(i,1)=(pi*H(i))/(Tp(i)*(sinh(k(i)*h(i))));%wave orbital velocity(soulsby 97)
Uwc(i,1)=((Uw(i)/pi)^2)+(Uc(i)^2)+(2*(Uw(i)/pi)*Uc(i)*(abs(cos(beta(i)))));
%combined flow
dwc(i,1)=(Uwc(i)^(0,5))*Tp(i); %effective fluid orbital diameter
mobKO(i,1)=(Uwc(i)^2)/((s(i)-1)*g*D50(i)); %mobilty parameter
end

%% % Bedform dimensions

for i=1:88
LB_dwc(i,1)=((1.9+0,08*(log(1+mobKO(i))^2)-0,74*log(1+mobKO(i)))/2);
hB_dwc(i,1)=((0,32+((0,017)*(log(1+mobKO(i))^2))-
0,142*log(1+mobKO(i)))/2);
LB(i,1)=LB_dwc(i)*dwc(i);
hB(i,1)=hB_dwc(i)*dwc(i);

```

end

```
header={'Stations','Bedform Lenngh m','Bedform Height m','Uwc','wave length'};
xlswrite('Outputs_KO_combined_rev1',header);
xlswrite('Outputs_KO_combined_rev1',txt,'A2:A89');
xlswrite('Outputs_KO_combined_rev1',LB,'B2:B89');
xlswrite('Outputs_KO_combined_rev1',hB,'C2:C89');
xlswrite('Outputs_KO_combined_rev1',Uwc,'D2:D89');
xlswrite('Outputs_KO_combined_rev1',L_end,'E2:E89');
```



```

%% Soulsby 2012 combined, Parameters and Prediction of the bedform dimensions
%% PARAMETERS
[num,txt]=xlsread('input_parameters.xls','B2:B89');%stations
h=xlsread('input_parameters.xls','M2:M89');%water depth
Uc= xlsread('input_parameters.xls','Z2:Z89'); %mean flow velocity
Tp= xlsread('input_parameters.xls','W2:W89'); %wave spectrum peak period
g=9.81;
D50=xlsread('input_parameters.xls','D2:D89');%sediment grain size
H=xlsread('input_parameters.xls','T2:T89');%H1/10 wave height
rowater=xlsread('input_parameters.xls','P2:P89');%water density
s=xlsread('input_parameters.xls','J2:J89');%sediment relative density
v=xlsread('input_parameters.xls','O2:O89');%kinematic viscosity
L_init=1,5;
for i= 1:88
for ii=1:200
L1(ii)=((g*Tp(i)^2)/(2*pi));
L2(ii)=(2*pi*h(i));
L3(ii)=tanh(L2(ii)/L_init);
L(ii)=L1(ii)*L3(ii);
L_init=L(ii);
end
L_end(i,1)=L_init; %wave length
end

for i=1:88
k(i,1)=(2*pi)/L_end(i);%Wave number
w(i,1)=(2*pi)/Tp(i);%radian wave frequency
Dstar(i,1)=(((g*(s(i)-1))/(v(i)^2))^(1/3))*(D50(i)); %dimensionless sediment
diameter
Uw(i,1)=(pi*H(i))/(Tp(i)*(sinh(k(i)*h(i))));%wave orbital velocity
A(i,1)=(Uw(i)*Tp(i))/(2*pi); %Water semi excursion
delta(i,1)=A(i)/D50(i);
FwS05(i,1)=0,00251*exp(5.21*((0,4*delta(i))^(-0,19)));%Wave friction factor
to_S05(i,1)=(1/2)*rowater(i)*FwS05(i)*(Uw(i)^2);
z(i,1)=D50(i)/12;
Cd(i,1)=(0,40/(log(h(i)/z(i))-1))^2;
Qc(i,1)=(Cd(i)*((Uc(i))^2))/(g*(s(i)-1)*D50(i)); %Current Shields' parameter
Qcr(i,1)=(0,30/(1+(1.2*Dstar(i))))+(0,055*(1-exp(-0,02*Dstar(i))));%Critical
Shields' parameter
Qw(i,1)=to_S05(i)/(rowater(i)*(s(i)-1)*g*D50(i));%Maximum value of wave
Shields' parameter
end

%% Bedform dimensions

```

```

for i=1:88;
%Current Dominated
if Qc(i)>Qw(i);
    state(i,1)=0;

    if Dstar(i)>1.2 & Dstar(i)<16;
        hB_max(i,1)=D50(i)*202*((Dstar(i))^(-0,554));
        LB_max(i,1)=D50(i)*(500+(1881*(Dstar(i)^(-1.5))));
    else ;
        hB_max(i,1)=((1/Dstar(i))*(31.1*log(Dstar(i))+285))/D50(i);
        LB_max(i,1)=((1/Dstar(i))*(700*log(Dstar(i))+2023))/D50(i);
    end
    if Dstar(i)>1,58;
        Qwo_S12(i,1)=1.66*(Dstar(i)^(-1.3));
        Qsf_S12(i,1)=2.26*(Dstar(i)^(-1.3));
    else;
        Qwo_S12(i,1)=0,916;
        Qsf_S12(i,1)=1.25;
    end
    end
if 0<=Qc(i)<=Qcr(i);
    LB(i,1)=LB_max(i);
    hB(i,1)=9999999;%pre-existing value
elseif Qcr(i)<Qc(i) && Qc(i)<=Qwo_S12(i);
    LB(i,1)=LB_max(i);
    hB(i,1)=hB_max(i);
elseif Qwo_S12(i)<Qc(i) && Qc(i)<=Qsf_S12(i)
    LB(i,1)=LB_max(i);
    hB(i,1)=hB_max(i)*((Qsf_S12(i)-Qc(i))/(Qsf_S12(i)-Qwo_S12(i)));
else Qsf_S12(i)<Qc(i);
    LB(i,1)=LB_max(i);
    hB(i,1)=0;
end

%Wave Dominated
else Qc(i)<Qw(i);
    state(i,1)=1;

    if Qw(i)<=Qcr(i);
        LB(i,1)=9999999;%pre-existing value
        hB(i,1)=9999999;%pre-existing value
    else %Qw(i)>Qcr(i);
        LB_A(i,1)=1/(1+(1.87*(10^(-7))*delta(i))*(1-exp(-((2*10^(-4)*delta(i))^(1.5))))));
        hB_LB(i,1)=0,51*(1-exp(-(5000/delta(i))^3.5));%steepness
        LB(i,1)=LB_A(i)*A(i);
    end
end

```

```
    hB(i,1)=hB_LB(i)*LB(i);
    end
end
end
header={'Stations','Bedform Lenngh m','Bedform Height m','state', 'L'};
xlswrite('Outputs_S12_combined',header);
xlswrite('Outputs_S12_combined',txt,'A2:A89');
xlswrite('Outputs_S12_combined',LB,'B2:B89');
xlswrite('Outputs_S12_combined',hB,'C2:C89');
xlswrite('Outputs_S12_combined',state,'D2:D89');
xlswrite('Outputs_S12_combined',L_end,'E2:E89');
```



Ek 4: Boyut Analizi

Boyut analizinde tanımlanan parametrelerin boyut kuvvetleri Tablo B-1’de görülmektedir. Seçilen $k_1 = \{h, U_w\}$ tekrarlayan parametreleri kullanılarak analiz versiyon I, $k_2 = \{D_{50}, \nu\}$ tekrarlayan parametreleri kullanılarak analiz versiyon II yapılmıştır. Problem tanımında kullanılan ve analize sokulan boyutlu parametreler şunlardır.

$$f(\eta, \lambda) = f(H, h, D_{50}, W_s, U_c, U_w, U_{wc}, g, \nu, T)$$

Tablo B-1. Belirlenen parametrelerin boyut kuvvetleri

	η	λ	H	h	D_{50}	W_s	U_w	U_c	U_{wc}	g	ν	T
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0
T	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-1	1

Versiyon I

Burada seçilen $k_1 = \{h, U_w\}$ tekrarlayan parametreleri kullanılmıştır. Sediman dalgacıklarının boyutlarına yaklaşım için belirlenen $n=12$ terim içerisinde $k=2$ tekrarlayan parametre seçilerek $m=n-k=10$ adet Π_{1-i} terimi oluşturulmuştur.

$$[\Pi_{1-1}] = [U_w]^{a_1}, [h]^{b_1}, [\eta]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^{-1}]^{a_1}, [L^1 T^0]^{b_1}, [L^1 T^0]$$

L	T
0	0 = -a₁
= a₁ + b₁ + 1	a₁ = 0
a₁ + b₁ = -1	
a₁ = 0,	b₁ = -1

$$\Pi_{1-1} = \frac{\eta}{h}$$

$$[\Pi_{1-2}] = [U_w]^{a_2}, [h]^{b_2}, [\lambda]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^{-1}]^{a_2}, [L^1 T^0]^{b_2}, [L^1 T^0]$$

L	T
0 = a₂ + b₂ + 1	0 = -a₂
a₂ + b₂ = -1	a₂ = 0
a₂ = 0,	b₂ = -1

$$\Pi_{1-2} = \frac{\lambda}{h}$$

$$[\Pi_{1-3}] = [U_w]^{a_3}, [h]^{b_3}, [H]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^{-1}]^{a_3}, [L^1 T^0]^{b_3}, [L^1 T^0]$$

L	T
$\mathbf{0} = \mathbf{a}_3 + \mathbf{b}_3 + \mathbf{1}$	$0 = -a_3$
$\mathbf{a}_3 + \mathbf{b}_3 = -\mathbf{1}$	$a_3 = 0$
$\mathbf{a}_3 = \mathbf{0},$	$\mathbf{b}_3 = -\mathbf{1}$

$$\Pi_{1-3} = \frac{H}{h}$$

$$[\Pi_{1-4}] = [U_w]^{a_4}, [h]^{b_4}, [D_{50}]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^{-1}]^{a_4}, [L^1 T^0]^{b_4}, [L^1 T^0]$$

L	T
$\mathbf{0} = \mathbf{a}_4 + \mathbf{b}_4 + \mathbf{1}$	$0 = -a_4$
$\mathbf{a}_4 + \mathbf{b}_4 = -\mathbf{1}$	$a_4 = 0$
$\mathbf{a}_4 = \mathbf{0},$	$\mathbf{b}_4 = -\mathbf{1}$

$$\Pi_{1-4} = \frac{D_{50}}{h}$$

$$[\Pi_{1-5}] = [U_w]^{a_5}, [h]^{b_5}, [W_s]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^{-1}]^{a_5}, [L^1 T^0]^{b_5}, [L^1 T^{-1}]$$

L	T
$\mathbf{0} = \mathbf{a}_5 + \mathbf{b}_5 + \mathbf{1}$	$0 = -a_5 - 1$
$\mathbf{a}_5 + \mathbf{b}_5 = -\mathbf{1}$	$a_5 = -1$
$\mathbf{a}_5 = -\mathbf{1},$	$\mathbf{b}_5 = \mathbf{0}$

$$\Pi_{1-5} = \frac{W_s}{U_w}$$

$$[\Pi_{1-6}] = [U_w]^{a_6}, [h]^{b_6}, [U_c]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^{-1}]^{a_6}, [L^1 T^0]^{b_6}, [L^1 T^{-1}]$$

L	T
$\mathbf{0} = \mathbf{a}_6 + \mathbf{b}_6 + \mathbf{1}$	$0 = -a_6 - 1$
$\mathbf{a}_6 + \mathbf{b}_6 = -\mathbf{1}$	$a_6 = -1$
$\mathbf{a}_6 = -\mathbf{1},$	$\mathbf{b}_6 = \mathbf{0}$

$$\Pi_{1-6} = \frac{U_c}{U_w}$$

$$[\Pi_{1-7}] = [U_w]^{a_7}, [h]^{b_7}, [U_{wc}]$$

$$[L^0T^0] = [L^1T^{-1}]^{a_7}, [L^1T^0]^{b_7}, [L^1T^{-1}]$$

L	T
$\mathbf{0} = \mathbf{a}_7 + \mathbf{b}_7 + \mathbf{1}$	$0 = -a_7 - 1$
$\mathbf{a}_7 + \mathbf{b}_7 = -\mathbf{1}$	$a_7 = -1$
$\mathbf{a}_7 = -\mathbf{1},$	$\mathbf{b}_7 = \mathbf{0}$

$$\Pi_{1-7} = \frac{U_{wc}}{U_w}$$

$$[\Pi_{1-8}] = [U_w]^{a_8}, [h]^{b_8}, [g]$$

$$[L^0T^0] = [L^1T^{-1}]^{a_8}, [L^1T^0]^{b_8}, [L^1T^{-2}]$$

L	T
$\mathbf{0} = \mathbf{a}_8 + \mathbf{b}_8 + \mathbf{1}$	$0 = -a_8 - 2$
$\mathbf{a}_8 + \mathbf{b}_8 = -\mathbf{1}$	$a_8 = -2$
$\mathbf{a}_8 = -\mathbf{2},$	$\mathbf{b}_8 = \mathbf{1}$

$$\Pi_{1-8} = \frac{hg}{U_w^2}$$

$$[\Pi_{1-9}] = [U_w]^{a_9}, [h]^{b_9}, [v]$$

$$[L^0T^0] = [L^1T^{-1}]^{a_9}, [L^1T^0]^{b_9}, [L^2T^{-1}]$$

L	T
$\mathbf{0} = \mathbf{a}_9 + \mathbf{b}_9 + \mathbf{2}$	$0 = -a_9 - 1$
$\mathbf{a}_9 + \mathbf{b}_9 = -\mathbf{2}$	$a_9 = -1$
$\mathbf{a}_9 = -\mathbf{1},$	$\mathbf{b}_9 = -\mathbf{1}$

$$\Pi_{1-9} = \frac{v}{U_w h}$$

$$[\Pi_{1-10}] = [U_w]^{a_{10}}, [h]^{b_{10}}, [T]$$

$$[L^0T^0] = [L^1T^{-1}]^{a_{10}}, [L^1T^0]^{b_{10}}, [L^0T^1]$$

L	T
$\mathbf{0} = \mathbf{a}_{10} + \mathbf{b}_{10}$	$0 = -a_{10} + 1$
$\mathbf{a}_{10} + \mathbf{b}_{10} = \mathbf{0}$	$a_{10} = 1$
$\mathbf{a}_{10} = \mathbf{1},$	$\mathbf{b}_{10} = -\mathbf{1}$

$$\Pi_{1-10} = \frac{U_w T}{h}$$

Tablo B-2. 1. grup içerisinde üretilen üretilen parametreler ve ilişki katsayıları

no	X	Y	Lineer	Üstel	Logaritmik
1	H/h	λ/h	0,523	0,685	0,398
2	H/h	η/h	0,490	0,697043	0,382
3	H/h	λ/D_{50}	0,051649	0,134194	0,022362
4	H/h	η/D_{50}	0,035150	0,104591	0,010689
5	H/h	RS	0,016475	0,015071	0,033890
6	D_{50}/h	λ/h	0,859537	0,738481	0,585515
7	D_{50}/h	η/h	0,764247	0,632332	0,531648
8	D_{50}/h	λ/D_{50}	0,106775	0,277858	0,513563
9	D_{50}/h	η/D_{50}	0,110485	0,284384	0,512019
10	D_{50}/h	RS	0,011757	0,010595	0,001416
11	H/D_{50}	λ/h	0,121154	0,138867	0,469917
12	H/D_{50}	η/h	0,111955	0,113583	0,420371
13	H/D_{50}	λ/D_{50}	0,840878	0,843999	0,586626
14	H/D_{50}	η/D_{50}	0,864264	0,813873	0,603438
15	H/D_{50}	RS	0,001938	0,003010	0,006626
16	$\frac{U_w}{w_s}$	λ/h	0,053900	0,050753	0,191698
17	$\frac{U_w}{w_s}$	η/h	0,049345	0,037920	0,177031
18	$\frac{U_w}{w_s}$	λ/D_{50}	0,767840	0,603592	0,700728
19	$\frac{U_w}{w_s}$	η/D_{50}	0,793434	0,585535	0,724958
20	$\frac{U_w}{w_s}$	RS	0,002334	0,002831	0,003845
21	$\frac{U_w}{U_c}$	λ/h	0,034718	0,003782	0,028894
22	$\frac{U_w}{U_c}$	η/h	0,007926	0,000624	0,002957
23	$\frac{U_w}{U_c}$	λ/D_{50}	0,001195	0,025912	0,000113
24	$\frac{U_w}{U_c}$	η/D_{50}	0,024610	0,069593	0,004952
25	$\frac{U_w}{U_c}$	RS	0,255600	0,233250	0,326855
26	$\frac{U_{wc}}{U_w}$	λ/h	0,031940	0,108896	0,001269

27	$\frac{U_{wc}}{U_w}$	η/h	0,044324	0,172453	0,005441
28	$\frac{U_{wc}}{U_w}$	λ/D_{50}	0,001702	0,000497	0,001291
29	$\frac{U_{wc}}{U_w}$	η/D_{50}	0,000459	0,002807	0,002470
30	$\frac{U_{wc}}{U_w}$	RS	0,120103	0,114670	0,197265
31	$\frac{U_{wc}}{w_s}$	λ/h	0,033849	0,033129	0,204504
32	$\frac{U_{wc}}{w_s}$	η/h	0,034958	0,035653	0,205198
33	$\frac{U_{wc}}{w_s}$	λ/D_{50}	0,783457	0,443187	0,729327
34	$\frac{U_{wc}}{w_s}$	η/D_{50}	0,674669	0,398392	0,706790
35	$\frac{U_{wc}}{w_s}$	RS	0,004149	0,002273	0,001063
36	Fr	λ/h	0,633979	0,542789	0,481460
37	Fr	η/h	0,498852	0,400313	0,366428
38	Fr	λ/D_{50}	0,014354	0,117686	0,006304
39	Fr	η/D_{50}	0,028833	0,152356	0,023283
40	Fr	RS	0,086735	0,071439	0,126378
41	ψ	λ/h	0,068123	0,063444	0,089537
42	ψ	η/h	0,057942	0,038071	0,073498
43	ψ	λ/D_{50}	0,536615	0,570642	0,469627
44	ψ	η/D_{50}	0,627483	0,582992	0,515976
45	ψ	RS	0,025137	0,023616	0,040276
46	$\frac{U_w h}{\nu}$	λ/h	0,459556	0,414373	0,602178
47	$\frac{U_w h}{\nu}$	η/h	0,378129	0,303305	0,482869
48	$\frac{U_w h}{\nu}$	λ/D_{50}	0,168693	0,348097	0,155674
49	$\frac{U_w h}{\nu}$	η/D_{50}	0,193997	0,387026	0,173026
50	$\frac{U_w h}{\nu}$	RS	0,055838	0,057252	0,057912
51	$\frac{U_c h}{\nu}$	λ/h	0,134392	0,234592	0,104956
52	$\frac{U_c h}{\nu}$	η/h	0,155715	0,321772	0,147812

53	$\frac{U_c h}{\nu}$	λ/D_{50}	0,159187	0,192698	0,076985
54	$\frac{U_c h}{\nu}$	η/D_{50}	0,094955	0,118900	0,031715
55	$\frac{U_c h}{\nu}$	RS	0,147246	0,123691	0,225840
56	$\frac{U_{wc} h}{\nu}$	λ/h	0,279292	0,401961	0,539978
57	$\frac{U_{wc} h}{\nu}$	η/h	0,283886	0,469359	0,506852
58	$\frac{U_{wc} h}{\nu}$	λ/D_{50}	0,192454	0,255115	0,151841
59	$\frac{U_{wc} h}{\nu}$	η/D_{50}	0,127887	0,184132	0,108862
60	$\frac{U_{wc} h}{\nu}$	RS	0,083657	0,066350	0,031552
61	$\frac{w_s h}{\nu}$	λ/h	0,003808	0,000512	0,050518
62	$\frac{w_s h}{\nu}$	η/h	0,001626	0,000009	0,055465
63	$\frac{w_s h}{\nu}$	λ/D_{50}	0,348550	0,465412	0,718629
64	$\frac{w_s h}{\nu}$	η/D_{50}	0,350834	0,407332	0,734046
65	$\frac{w_s h}{\nu}$	RS	0,005187	0,004983	0,000015
66	$\frac{U_w T}{h}$	λ/h	0,838735	0,872995	0,495420
67	$\frac{U_w T}{h}$	η/h	0,739498	0,790158	0,461861
68	$\frac{U_w T}{h}$	λ/D_{50}	0,084567	0,209041	0,023144
69	$\frac{U_w T}{h}$	η/D_{50}	0,075961	0,201840	0,013400
70	$\frac{U_w T}{h}$	RS	0,001308	0,001587	0,016105
71	$\frac{U_c T}{h}$	λ/h	0,646932	0,535185	0,534624
72	$\frac{U_c T}{h}$	η/h	0,473841	0,401416	0,379585
73	$\frac{U_c T}{h}$	λ/D_{50}	0,036523	0,115251	0,011453
74	$\frac{U_c T}{h}$	η/D_{50}	0,044598	0,146187	0,031240
75	$\frac{U_c T}{h}$	RS	0,065296	0,060568	0,178210

76	$\frac{U_{wc}T}{h}$	λ/h	0,836281	0,727427	0,741649
77	$\frac{U_{wc}T}{h}$	η/h	0,688805	0,589254	0,609621
78	$\frac{U_{wc}T}{h}$	λ/D_{50}	0,052668	0,183712	0,026752
79	$\frac{U_{wc}T}{h}$	η/D_{50}	0,061411	0,206922	0,039678
80	$\frac{U_{wc}T}{h}$	RS	0,039372	0,033801	0,048883
81	$\frac{w_sT}{h}$	λ/h	0,836084	0,704112	0,433715
82	$\frac{w_sT}{h}$	η/h	0,762699	0,611109	0,402274
83	$\frac{w_sT}{h}$	λ/D_{50}	0,095804	0,255200	0,624266
84	$\frac{w_sT}{h}$	η/D_{50}	0,098858	0,257494	0,622923
85	$\frac{w_sT}{h}$	RS	0,007103	0,006096	0,000281

Versiyon II

Burada seçilen $k_2 = \{D_{50}, \nu\}$ tekrarlayan parametreleri kullanılmıştır. Sediman dalgacıklarının boyutlarına yaklaşım için belirlenen $n=12$ terim içerisinde $k=2$ tekrarlayan parametre seçilerek $m=n-k=10$ adet Π_{2-i} terimi oluşturulmuştur.

$$[\Pi_{2-1}] = [D_{50}]^{a_1}, [\nu]^{b_1}, [\eta]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^0]^{a_1}, [L^2 T^{-1}]^{b_1}, [L^1 T^0]$$

L	T
0	$0 = -b_1$
$= a_1 + 2b_1 + 1$	$b_1 = 0$
$a_1 + 2b_1 = -1$	
$a_1 = -1,$	$b_1 = 0$

$$\Pi_{2-1} = \frac{\eta}{D_{50}}$$

$$[\Pi_{2-2}] = [D_{50}]^{a_2}, [\nu]^{b_2}, [\lambda]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^0]^{a_2}, [L^2 T^{-1}]^{b_2}, [L^1 T^0]$$

L	T
0	$0 = -b_2$
$= a_2 + 2b_2 + 1$	$b_2 = 0$
$a_2 + 2b_2 = -1$	
$a_2 = -1,$	$b_2 = 0$

$$\Pi_{2-2} = \frac{\lambda}{D_{50}}$$

$$[\Pi_{2-3}] = [D_{50}]^{a_3}, [\nu]^{b_3}, [H]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^0]^{a_3}, [L^2 T^{-1}]^{b_3}, [L^1 T^0]$$

L	T
0	$0 = -b_3$
$= a_3 + 2b_3 + 1$	$b_3 = 0$
$a_3 + 2b_3 = -1$	
$a_3 = -1,$	$b_3 = 0$

$$\Pi_{2-3} = \frac{H}{D_{50}}$$

$$[\Pi_{2-4}] = [D_{50}]^{a_4}, [\nu]^{b_4}, [h]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^0]^{a_4}, [L^2 T^{-1}]^{b_4}, [L^1 T^0]$$

L	T
0	$0 = -b_4$
$= \mathbf{a}_4 + 2\mathbf{b}_4 + 1$	$b_4 = 0$
$\mathbf{a}_4 + 2\mathbf{b}_4 = -1$	
$\mathbf{a}_4 = -1,$	$\mathbf{b}_4 = 0$

$$\Pi_{2-4} = \frac{h}{D_{50}}$$

$$[\Pi_{2-5}] = [D_{50}]^{a_5}, [v]^{b_5}, [W_s]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^0]^{a_5}, [L^2 T^{-1}]^{b_5}, [L^1 T^{-1}]$$

L	T
0	$0 = -b_5 - 1$
$= \mathbf{a}_5 + 2\mathbf{b}_5 + 1$	$b_5 = -1$
$\mathbf{a}_5 + 2\mathbf{b}_5 = -1$	
$\mathbf{a}_5 = 1,$	$\mathbf{b}_5 = -1$

$$\Pi_{2-5} = \frac{D_{50} W_s}{v}$$

$$[\Pi_{2-6}] = [D_{50}]^{a_6}, [v]^{b_6}, [U_c]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^0]^{a_6}, [L^2 T^{-1}]^{b_6}, [L^1 T^{-1}]$$

L	T
0	$0 = -b_6 - 1$
$= \mathbf{a}_6 + 2\mathbf{b}_6 + 1$	$b_6 = -1$
$\mathbf{a}_6 + 2\mathbf{b}_6 = -1$	
$\mathbf{a}_6 = 1,$	$\mathbf{b}_6 = -1$

$$\Pi_{2-6} = \frac{D_{50} U_c}{v}$$

$$[\Pi_{2-7}] = [D_{50}]^{a_7}, [v]^{b_7}, [U_{wc}]$$

$$[L^0 T^0] = [L^1 T^0]^{a_7}, [L^2 T^{-1}]^{b_7}, [L^1 T^{-1}]$$

L	T
0	$0 = -b_7 - 1$
$= \mathbf{a}_7 + 2\mathbf{b}_7 + 1$	$b_7 = -1$
$\mathbf{a}_7 + 2\mathbf{b}_7 = -1$	
$\mathbf{a}_7 = 1,$	$\mathbf{b}_7 = -1$

$$\Pi_{2-7} = \frac{D_{50} U_{wc}}{v}$$

$$[\Pi_{2-8}] = [D_{50}]^{a_7}, [v]^{b_7}, [U_w]$$

$$[L^0T^0] = [L^1T^0]^{a_7}, [L^2T^{-1}]^{b_7}, [L^1T^{-1}]$$

L	T
0	$0 = -b_7 - 1$
$= \mathbf{a_7 + 2b_7 + 1}$	$b_7 = -1$
$\mathbf{a_7 + 2b_7 = -1}$	
$a_7 = 1,$	$b_7 = -1$

$$\Pi_{2-8} = \frac{D_{50}U_w}{v}$$

$$[\Pi_{2-9}] = [D_{50}]^{a_9}, [v]^{b_9}, [g]$$

$$[L^0T^0] = [L^1T^0]^{a_9}, [L^2T^{-1}]^{b_9}, [L^1T^{-2}]$$

L	T
0	$0 = -b_9 - 2$
$= \mathbf{a_9 + 2b_9 + 1}$	$b_9 = -2$
$\mathbf{a_9 + 2b_9 = -1}$	
$a_9 = 3,$	$b_9 = -2$

$$\Pi_{1-9} = \frac{D_{50}^3g}{v^2}$$

$$[\Pi_{2-10}] = [D_{50}]^{a_{10}}, [v]^{b_{10}}, [T]$$

$$[L^0T^0] = [L^1T^0]^{a_{10}}, [L^2T^{-1}]^{b_{10}}, [L^0T^1]$$

L	T
$0 = a_{10} + 2b_{10}$	$0 = -b_{10} + 1$
$a_{10} + 2b_{10} = 0$	$b_{10} = 1$
$a_{10} = -2,$	$b_{10} = 1$

$$\Pi_{2-10} = \frac{vT}{D_{50}^2}$$

Tablo B-3 2. grup içerisinde üretilen üretilen parametreler ve ilişki katsayıları

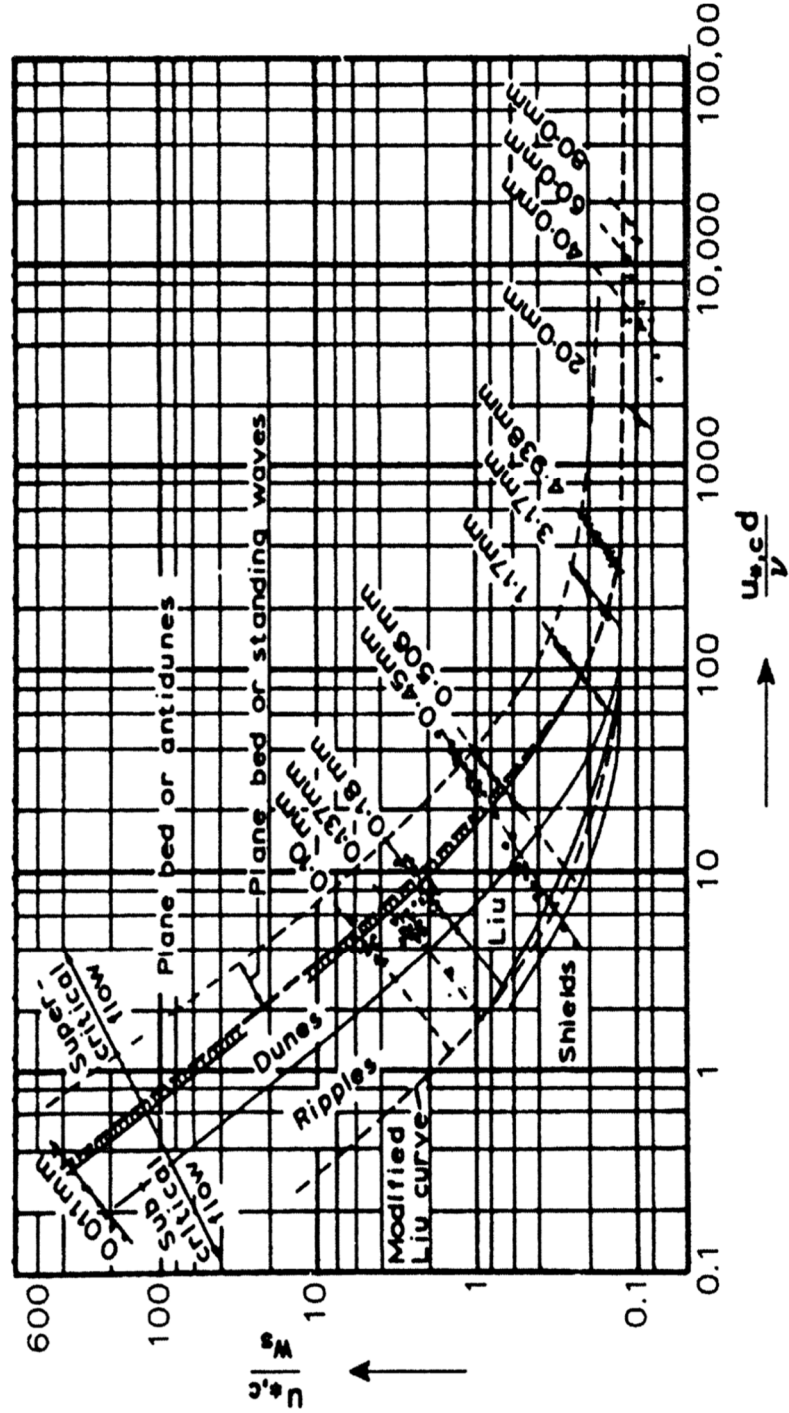
no	X	Y	Lineer	Üstel	Logaritmik
1	Re^*	λ/h	0,604625	0,542283	0,360969
2	Re^*	η/h	0,552752	0,460482	0,319411
3	Re^*	λ/D_{50}	0,174046	0,412285	0,536900
4	Re^*	η/D_{50}	0,181681	0,412971	0,588049
5	Re^*	RS	0,012242	0,009075	0,023805
6	$\frac{D_{50}W_s}{\nu}$	λ/h	0,638809	0,558869	0,261622
7	$\frac{D_{50}W_s}{\nu}$	η/h	0,623312	0,508796	0,249452
8	$\frac{D_{50}W_s}{\nu}$	λ/D_{50}	0,117035	0,303713	0,706818
9	$\frac{D_{50}W_s}{\nu}$	η/D_{50}	0,119106	0,287728	0,714600
10	$\frac{D_{50}W_s}{\nu}$	RS	0,001046	0,000592	0,000440
11	$\frac{D_{50}U_c}{\nu}$	λ/h	0,683787	0,545499	0,357832
12	$\frac{D_{50}U_c}{\nu}$	η/h	0,547246	0,407683	0,268369
13	$\frac{D_{50}U_c}{\nu}$	λ/D_{50}	0,124064	0,300535	0,333384
14	$\frac{D_{50}U_c}{\nu}$	η/D_{50}	0,134727	0,341908	0,413248
15	$\frac{D_{50}U_c}{\nu}$	RS	0,069237	0,063885	0,133234
16	$\frac{D_{50}U_{wc}}{\nu}$	λ/h	0,543997	0,498328	0,324245
17	$\frac{D_{50}U_{wc}}{\nu}$	η/h	0,495386	0,417663	0,285936
18	$\frac{D_{50}U_{wc}}{\nu}$	λ/D_{50}	0,209453	0,468564	0,532806
19	$\frac{D_{50}U_{wc}}{\nu}$	η/D_{50}	0,219616	0,470312	0,589145
20	$\frac{D_{50}U_{wc}}{\nu}$	RS	0,015126	0,011452	0,027602
21	$\frac{D_{50}U_w}{\nu}$	λ/h	0,502547	0,616946	0,334499
22	$\frac{D_{50}U_w}{\nu}$	η/h	0,506973	0,605354	0,333076
23	$\frac{D_{50}U_w}{\nu}$	λ/D_{50}	0,277039	0,531216	0,541136

24	$\frac{D_{50}U_w}{\nu}$	η/D_{50}	0,274863	0,470568	0,520868
25	$\frac{D_{50}U_w}{\nu}$	RS	0,002827	0,002895	0,005885
26	$\frac{D_{50}^3g}{\nu^2}$	λ/h	0,581373	0,476052	0,291844
27	$\frac{D_{50}^3g}{\nu^2}$	η/h	0,572091	0,429662	0,277785
28	$\frac{D_{50}^3g}{\nu^2}$	λ/D_{50}	0,075564	0,223067	0,689619
29	$\frac{D_{50}^3g}{\nu^2}$	η/D_{50}	0,077315	0,213617	0,699033
30	$\frac{D_{50}^3g}{\nu^2}$	RS	0,001813	0,001050	0,000795
31	$\frac{h^3g}{\nu^2}$	λ/h	0,307508	0,520084	0,843945
32	$\frac{h^3g}{\nu^2}$	η/h	0,310419	0,589933	0,732526
33	$\frac{h^3g}{\nu^2}$	λ/D_{50}	0,048756	0,132179	0,119483
34	$\frac{h^3g}{\nu^2}$	η/D_{50}	0,029412	0,085829	0,111625
35	$\frac{h^3g}{\nu^2}$	RS	0,073991	0,064537	0,001820
36	D_*	λ/h	0,604880	0,621184	0,299450
37	D_*	η/h	0,581074	0,565733	0,285165
38	D_*	λ/D_{50}	0,347413	0,659189	0,689358
39	D_*	η/D_{50}	0,352504	0,621039	0,697213
40	D_*	RS	0,000701	0,000636	0,000649
41	$\frac{D_{50}^2}{\nu T}$	λ/h	0,627494	0,561485	0,291246
42	$\frac{D_{50}^2}{\nu T}$	η/h	0,602006	0,504924	0,274545
43	$\frac{D_{50}^2}{\nu T}$	λ/D_{50}	0,142175	0,354255	0,685478
44	$\frac{D_{50}^2}{\nu T}$	η/D_{50}	0,145165	0,339098	0,696733
45	$\frac{D_{50}^2}{\nu T}$	RS	0,002262	0,001591	0,001444
46	$\frac{h^2}{\nu T}$	λ/h	0,387066	0,602079	0,835755
47	$\frac{h^2}{\nu T}$	η/h	0,378545	0,657647	0,730763

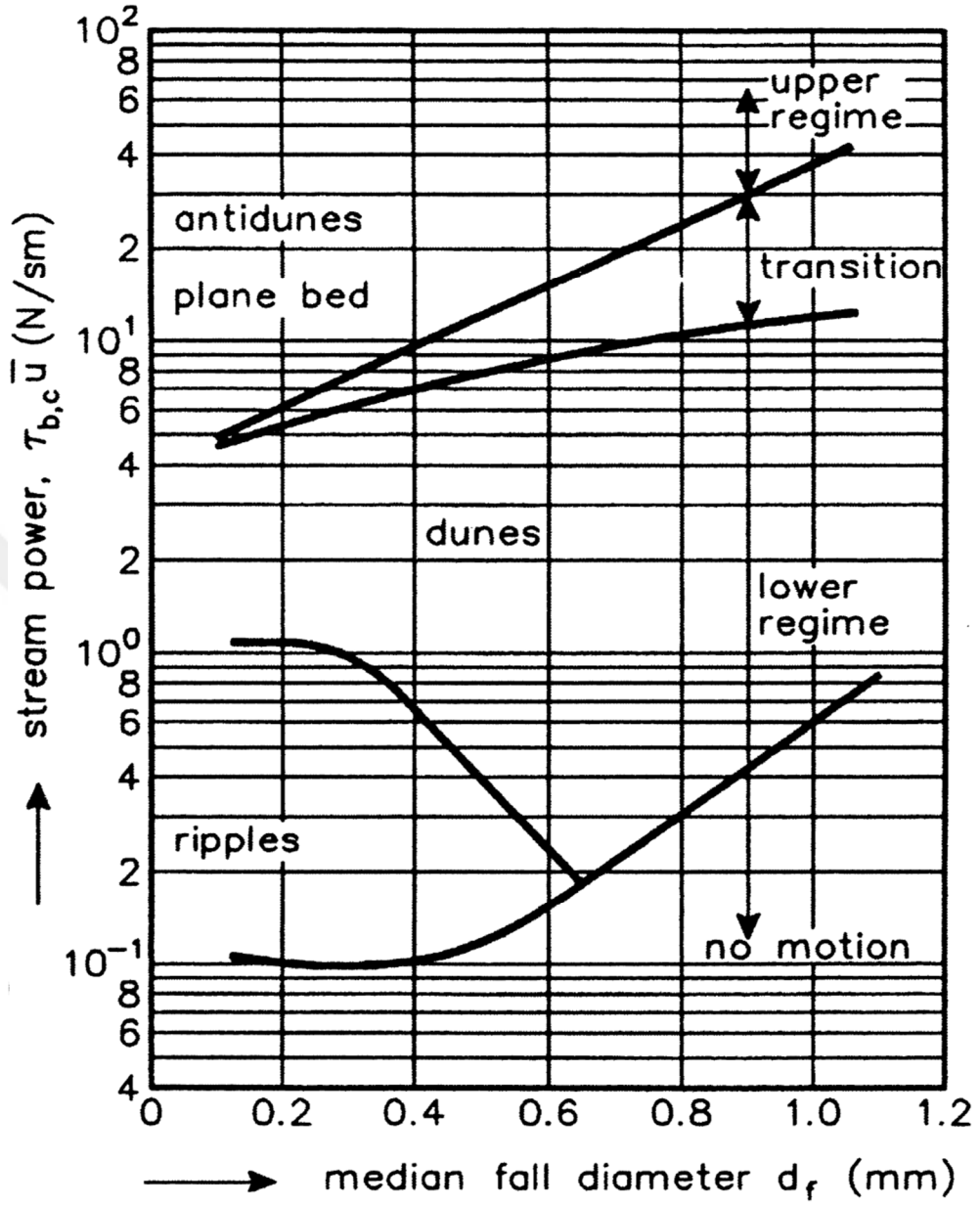
48	$\frac{h^2}{vT}$	λ/D_{50}	0,036751	0,108775	0,101074
49	$\frac{h^2}{vT}$	η/D_{50}	0,022143	0,071809	0,092369
50	$\frac{h^2}{vT}$	<i>RS</i>	0,051159	0,047612	0,000673
51	<i>s</i>	λ/h	0,001008	0,001625	0,000443
52	<i>s</i>	η/h	0,001062	0,000563	0,002688
53	<i>s</i>	λ/D_{50}	0,092526	0,037132	0,085944
54	<i>s</i>	η/D_{50}	0,087804	0,029940	0,081240
55	<i>s</i>	<i>RS</i>	0,001295	0,000070	0,001303
56	$\cos(\beta_{wc})$	λ/h	0,056021	0,068197	0,072
57	$\cos(\beta_{wc})$	η/h	0,065711	0,098361	0,120
58	$\cos(\beta_{wc})$	λ/D_{50}	0,030232	0,056382	0,037
59	$\cos(\beta_{wc})$	η/D_{50}	0,007926	0,032236	0,039
60	$\cos(\beta_{wc})$	<i>RS</i>	0,054407	0,044512	0,301
61	<i>n</i>	λ/h	0,101831	0,113170	0,101734
62	<i>n</i>	η/h	0,107323	0,104457	0,107231
63	<i>n</i>	λ/D_{50}	0,516744	0,715953	0,516112
64	<i>n</i>	η/D_{50}	0,514297	0,665931	0,513705
65	<i>n</i>	<i>RS</i>	0,000014	0,000005	0,000014
66	<i>mc</i>	λ/h	0,317662	0,409721	0,684582
67	<i>mc</i>	η/h	0,305065	0,377728	0,654158
68	<i>mc</i>	λ/D_{50}	0,592836	0,879603	0,248230
69	<i>mc</i>	η/D_{50}	0,606492	0,820011	0,252663
70	<i>mc</i>	<i>RS</i>	0,000008	0,000050	0,001319

Ek 5: Literatürde Kullanılan Faz Diyagramları

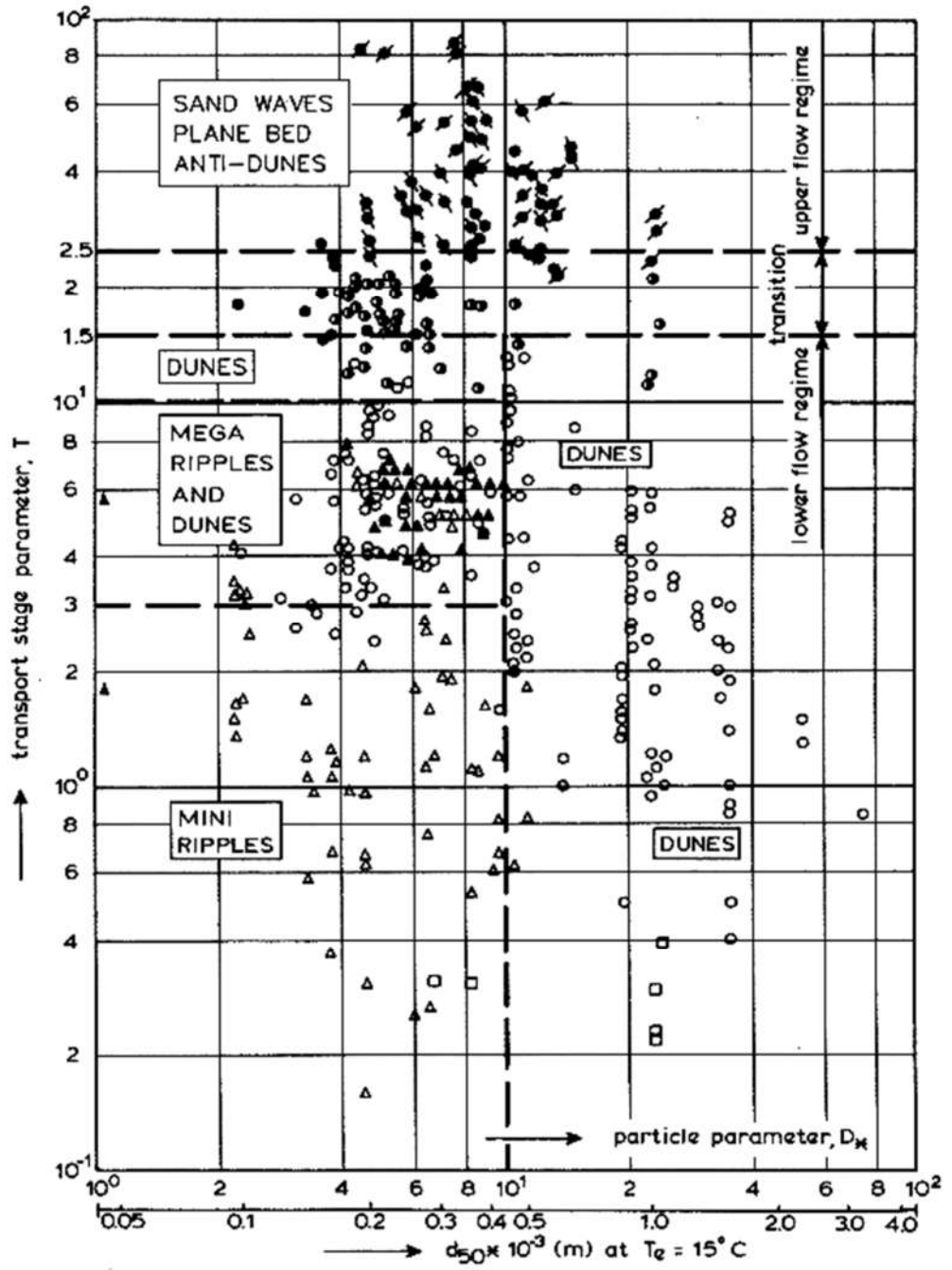
Akıntı altında oluşan deniz taban formları için geliştirilen faz diyagramları örnekleri



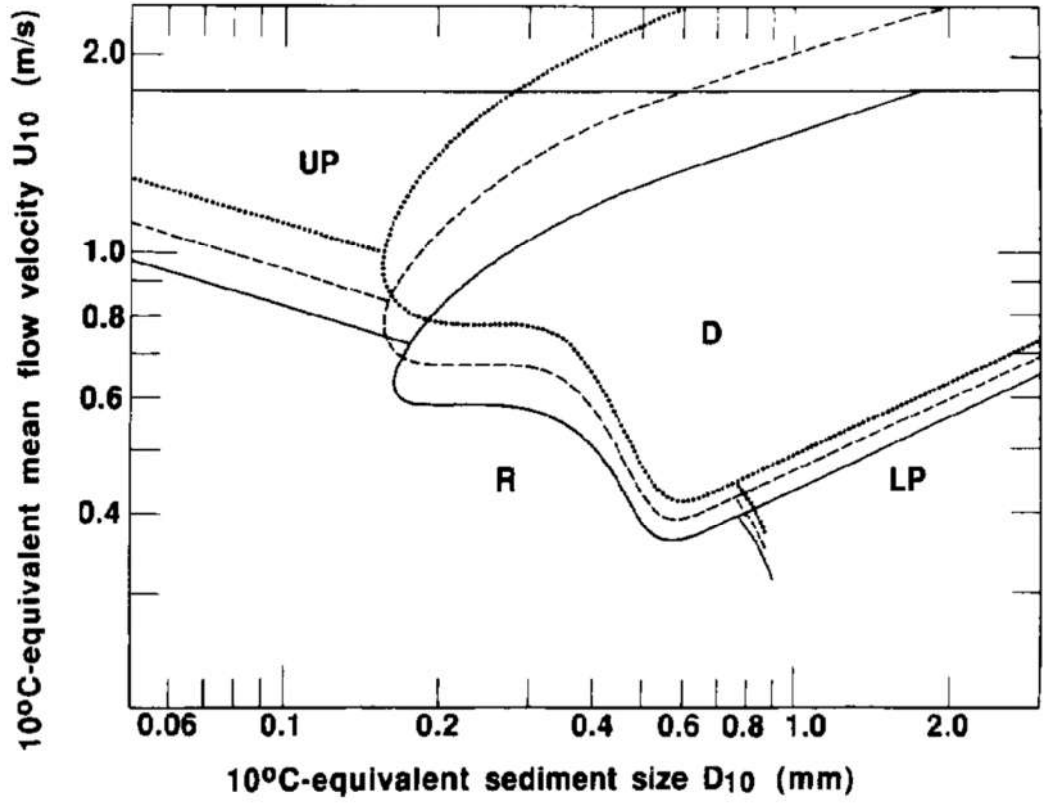
Şekil C.1 Liu (1957)'nin ürettiği faz diyagramı



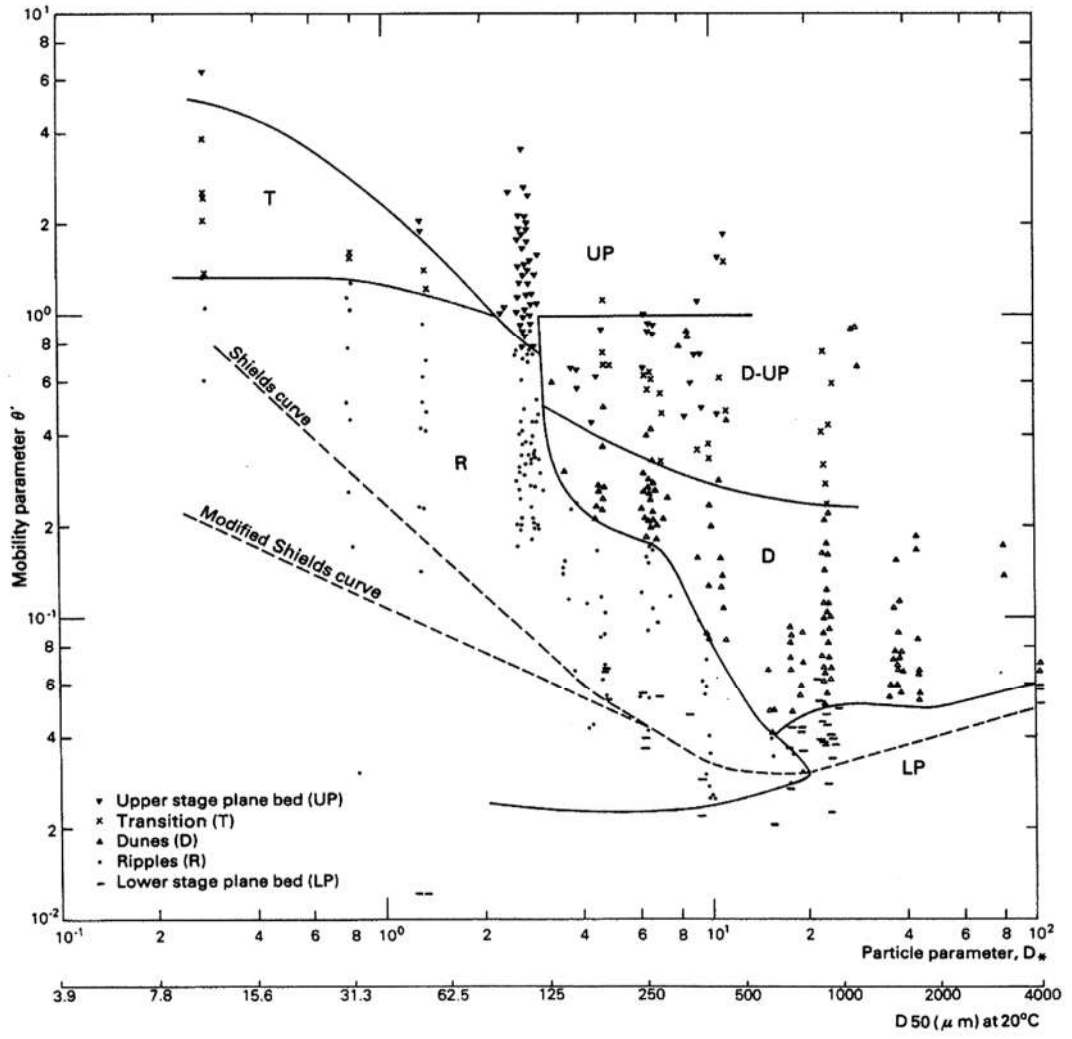
Şekil C.2 Simons ve Richardson (1966)'nin ürettikleri faz diyagramı



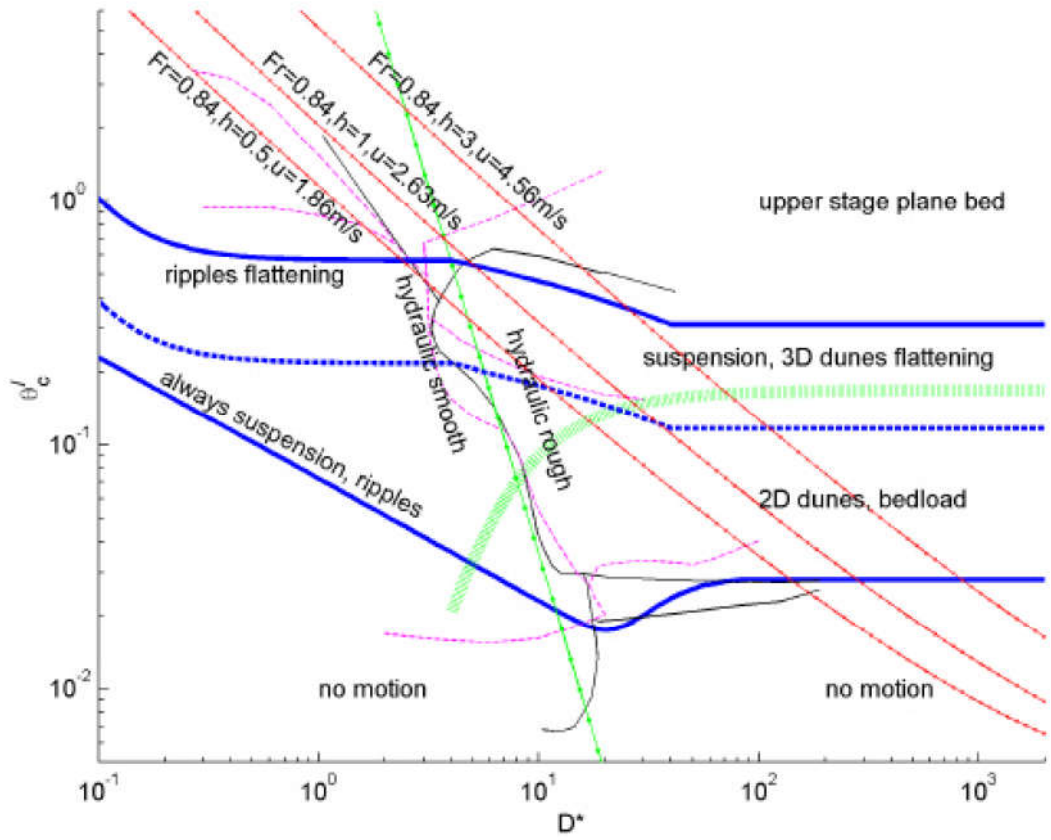
Şekil C.3 Van Rijn (1984)'nin ürettiği faz diyagramı



Şekil C.4 Southard ve Boguchwal (1990)'in ürettikleri faz diyagramı (UP: yüksek akım düzlem taban, D: kumul, R: sediman dalgacı, LP: düşük akım düzlem taban)

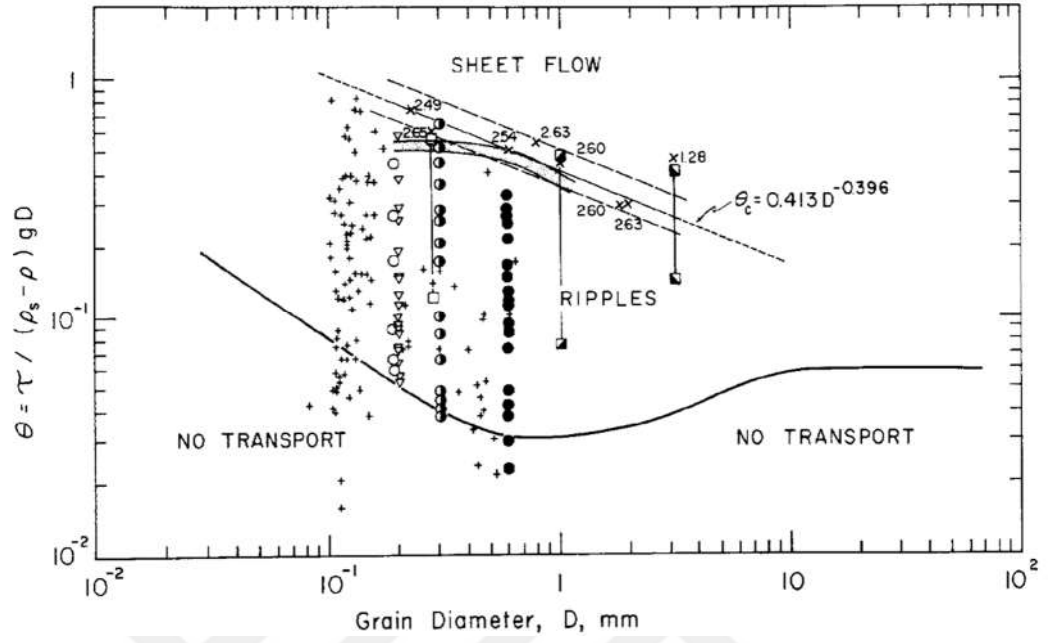


Şekil C.5 Van den Berg ve Van Gelder, (1993)'nin ürettikleri faz diyagramı

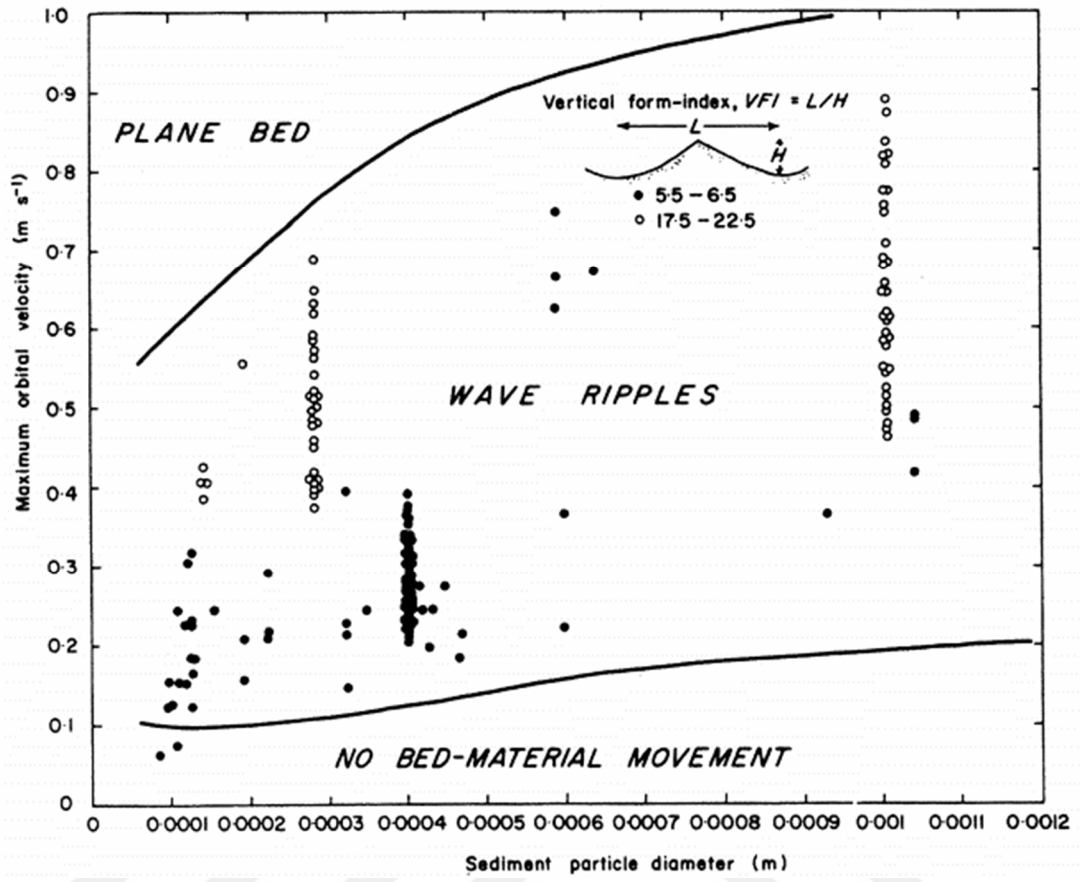


Şekil C.6 Kleinhans, (2005)'nin ürettiği faz diyagramı

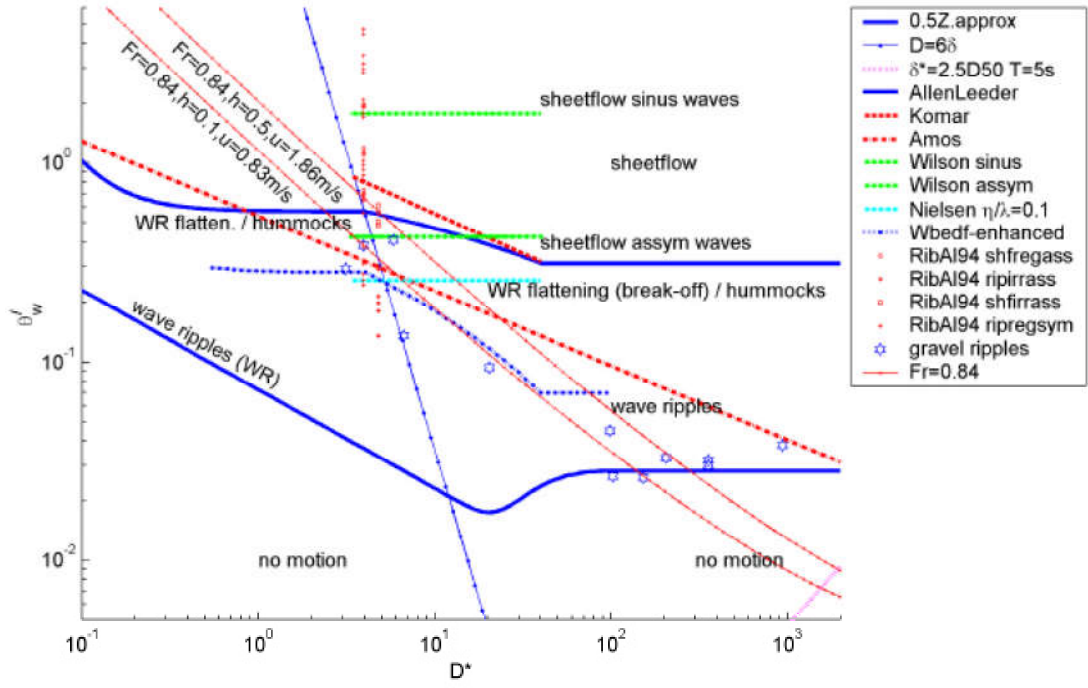
Dalga altında gelişen deniz taban formlarını sınıflandıran faz diyagramları:



Şekil C.7. Komar ve Miller (1974)'in ürettikleri faz diyagramı



Şekil C.8 Dalga etkisi altında oluşan deniz taban formlarının sınıflandırma diyagramı (Allen, 1982)



Şekil C.9 Klkeinans (2005)'in geliştirdiği faz diyagramı