

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞU KARADENİZ KIYILARINDA DENİZ YÜZEY

AKINTILARI

BALIK. TEKN. MÜH. Şenol AKIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Balıkçılık Teknolojisi Yüksek Mühendisi"
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02.01.1995

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 27.01.1995

Tezin Danışmanı : Doç. Dr. H. Fehmi DURUKANOĞLU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ertuğ DÜZGÜNEŞ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ercan KÖSE

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Temel SAVAŞKAN

OCAK - 1995

TRABZON

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programında yapılmıştır.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz kıyılarında deniz atmosfer etkileşimi sonucu ortaya çıkabilecek deniz yüzey akıntı özellikleri, Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Hopa meteorolojik istasyonlarının 1990, 1991 ve 1992 yılları rüzgar verileri kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek gerek konu seçimi ve gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında ilgisini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. H. Fehmi Durukanoğlu'na teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Ayrıca verilerin değerlendirilmesinde yardımlarını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Ercan Köse'ye ve rüzgar verilerinin temininde her türlü kolaylığı sağlayan Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Bilgi İşlem Merkezi Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca maddi olarak destek gördüğüm Fen Bilimleri Enstitüsüne teşekkür etmeyi bir görev bilirim.

Trabzon, Ocak 1995

Şenol AKIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
TABLO LİSTESİ	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Deniz Akıntıları	2
1.3. Doğu Karadeniz' in Meteorolojik ve Oşinografik Özellikleri	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	17
2.1. Çalışma Sahası	17
2.2. Yöntem	18
2.2.1. Deniz Yüzey Akıntı Hızının Belirlenmesi	18
2.2.2. Yüzey Akıntı Yönünün Belirlenmesi	21
2.3. Verilerin Elde Edilmesi	24
2.3.1. Verilerin Düzenlenmesi	24
3. BULGULAR	29
3.1. Baskın Rüzgarların Oluşturduğu Deniz Yüzey Akıntıları.....	29
3.1.1. Samsun Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları	29
3.1.2. Ordu Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları	30
3.1.3. Giresun Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları	30

3.1.4. Trabzon Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları	32
3.1.5. Hopa Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları	33
4. İRDELEME VE DEĞERLENDİRME	45
5. SONUÇLAR	54
6. ÖNERİLER	55
7. KAYNAKLAR	56
8. EKLER	59
9. ÖZGEÇMİŞ	64



ÖZET

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz kıyılarında hava-deniz etkileşimi sonucu mevsimsel olarak oluşabilecek deniz yüzey akıntı özellikleri, kıyısız meteorolojik istasyonların 1990, 1991 ve 1992 yıllarına ait rüzgar verileri kullanılarak teorik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma ile, Doğu Karadeniz kıyılarında, Samsun'dan Hopa'ya kadar kuzey-kuzeydoğu yönünde maksimum 6-17 cm/s, minimum 3-5 cm/s ortalama 5-10 cm/s değerinde sürekli bir akıntı sisteminin olabileceği tespit edilmiştir.

Çalışmada tespit edilen rüzgar akıntılarının, bölgede daha önceki çalışmalarla belirlenen doğu-güneydoğu yönündeki kıyı formunu takip eden mevcut akıntı sistemine etkisi, kıyıya yaklaştırma veya kıyıdan uzaklaştırma şeklinde olabileceği belirlenmiştir.

Samsun ve Hopa kıyılarında nispeten, Ordu, Giresun ve Trabzon kıyılarına oranla daha şiddetli akıntılar oluşabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler :Karadeniz, rüzgar akıntıları, yüzey akıntıları, hava-deniz etkileşimi

SUMMARY

Sea Surface Currents on the Eastern Black Sea Coasts

The aim of this study is to determine the surface current patterns which occurs seasonally due to air-sea interaction. The wind data used in this study are belong to 1990 to 1992 period and has been obtained from the meteorological land stations located on the Eastern Black Sea Coasts.

In this research it has been estimated that there is a current system whose max. value is 6-17 cm/s, min. value is 3-5 cm/s and average value is 5-10 cm/s in the direction of NNE from Samsun to Hopa.

The effect of wind currents on the the existing currents which is shown previous studies has been also analysed. Those currents either force existing currents to close the coast or turn them away from coast.

It has been shown that the currents speed of Samsun and Hopa coasts is higher than those of Ordu, Giresun and Trabzon.

Key Words : Black Sea, wind currents, sea surface currents, air-sea interaction

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Termohalin akıntılarının basit açıklaması	2
Şekil 2. İzopiknlerin yatay olmamasının neden olduğu yoğunluk akıntıları	3
Şekil 3. Dünya yüzeyinde, Ocak ayına ait deniz seviyesindeki ortalama basınç ve rüzgar dağılımları	4
Şekil 4. Dünya yüzeyinde, Temmuz ayına ait deniz seviyesindeki ortalama basınç ve rüzgar dağılımları.....	5
Şekil 5. Dünya okyanus ve denizlerinde oluşan önemli yüzey akıntıları	5
Şekil 6. Ekman'a göre yüzeyde $z=0$ 'da akıntı hız bileşenleri	8
Şekil 7. Ekman Spirali	8
Şekil 8. Karadeniz'in batimetrik yapısı	10
Şekil 9. Karadeniz aylık ortalama yüzey su sıcaklığının değişimi	11
Şekil 10. Doğu Karadeniz bölümünde sıcaklık (a), tuzluluk (b) ve yoğunluk (c)'un düşey değişimi	12
Şekil 11. Karadeniz'de yüzey akıntı sistemi	14
Şekil 12. Karadeniz'de siklonik ve antisiklonik döngüler	15
Şekil 13. Karadeniz genel akıntı sirkülasyonu	15
Şekil 14. Çalışma sahası	17
Şekil 15. Çeşitli araştırmacılara göre yüzey akıntı hızının rüzgarla değişimi	20
Şekil 16. Çeşitli araştırmacılara göre sapma açısı (α)'nın rüzgar hızına bağlı olarak değişimi	22
Şekil 17. SW (225°)'den istasyona doğru esen bir rüzgarın oluşturacağı akıntının şematik görünümü	23
Şekil 18. Rüzgarların istasyona geliş yönüne göre adlandırılmasını gösteren rüzgar gülü	24
Şekil 19. 1990 yılı kış mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	36

Şekil 20.	1990 yılı ilkbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.....	36
Şekil 21.	1990 yılı yaz mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	37
Şekil 22.	1990 yılı sonbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	37
Şekil 23.	1991 yılı kış mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	38
Şekil 24.	1991 yılı ilkbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.....	38
Şekil 25.	1991 yılı yaz mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	39
Şekil 26.	1991 yılı sonbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	39
Şekil 27.	1992 yılı kış mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	40
Şekil 28.	1992 yılı ilkbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.....	40
Şekil 29.	1992 yılı yaz mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	41
Şekil 30.	1992 yılı sonbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları	41
Şekil 31.	Samsun istasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri	42
Şekil 32.	Ordu istasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri ...	42
Şekil 33.	Giresun istasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri	43
Şekil 34.	Trabzon istasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri	43
Şekil 35.	Hopa istasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri ..	44
Şekil 36.	Rüzgar akıntılarının girişimiyle Samsun-Ordu kıyılarında oluşabilecek kıyıya paralel akıntılar ve diğer kıyılardaki akıntılarla etkileşimi	48
Şekil 37.	Genelde bütün mevsimlerde görülebilecek yüzey akıntıları	48

Şekil 38.	1991 ilkbahar mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	49
Şekil 39.	1992 ilkbahar mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	49
Şekil 40.	1990 ve 1991 sonbahar ve 1991 yaz mevsimlerinde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	50
Şekil 41.	1990 ilkbahar mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	50
Şekil 42.	1990 yaz mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	51
Şekil 43.	1990 ve 1992 kış mevsimlerinde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	51
Şekil 44.	1991 kış mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	52
Şekil 45.	1991 yaz mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	52
Şekil 46.	1992 sonbahar mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi	53

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Karadeniz' in su bütçesi	9
Tablo 2. İstasyonların ve anemograf' ın konumları	17
Tablo 3. İstasyonlarda akıntı hesaplarında kullanılan enlem dereceleri	21
Tablo 4. Baskın rüzgarların etkili olacağı kabul edilen bölgeler.....	21
Tablo 5. Samsun istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri	27
Tablo 6. Ordu istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri	27
Tablo 7. Giresun istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri	27
Tablo 8. Trabzon istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri	28
Tablo 9. Hopa istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri	28
Tablo 10. Samsun istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları	31
Tablo 11. Ordu istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları ...	31
Tablo 12. Giresun istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları.	34
Tablo 13. Trabzon istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları	34
Tablo 14. Hopa istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları....	35

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yeryüzeyinin % 71'ni oluşturan deniz ve okyanusların sahip oldukları ekonomik kaynakların verimli bir şekilde kullanılması ancak, okyanusların ve denizlerin bilimsel olarak her yönüyle (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) incelenmesiyle sağlanabilir. Son yıllarda denizlere kıyası olan ülkeler, denizleri daha iyi tanımak, tanıtmak ve denizlerden değişik alanlarda ekonomik faydalar elde etmek için yoğun bir çaba harcamaktadırlar.

Denizlerde yatay ve düşey yönlerde oluşan, kitlesel su hareketleri olarak ifade edilebilen akıntıların bu ortamda yaşayan canlılar üzerine etkinliği büyüktür. Akıntılarla, denizdeki canlıların yaşamında ihtiyaç duyduğu çevresel parametrelerin (sıcaklık, tuzluluk, oksijen) homojen bir dağılımı sağlanmaktadır. Bunun yanısıra akıntılar, besin (fitoplankton, zooplankton vb.) bakımından zengin olan suları fakir olan bölgelere taşımak suretiyle, bu bölgedeki canlıların hayatlarını devam ettirmede önemli bir görevi yerine getirmektedir [1].

Kutup bölgelerinde soğuyarak yoğunluğu artan sular, alt akış olarak tropik bölgelere, tropik bölgelerde ısınmayla yoğunluğu azalan suların üst akış olarak kutuplara taşınması mekanizmasını gerçekleştiren akıntılar, kutup bölgelerindeki suların donmasını, tropik bölgelerdeki suların ise fazla ısınmamasını sağlayarak yeryüzü sıcaklığını dengelemektedir [2].

Akıntılar, deniz taşıtlarının seyirinde izlenmesi arzu edilen rotayı saptırması açısından navigasyon (gemi seyri)'da dikkat edilmesi gereken önemli bir oluşumdur. Deniz taşıtlarının izlemesi gereken rotayı akıntının saptırması nedeniyle rota çizimlerinde, akıntının rotayı saptırma miktarı da göz önünde bulundurulur. Bu yüzden, deniz taşımacılığının ekonomik olarak yapılması için denizlere ve okyanuslara ait yüzey akıntı haritalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Balıkçılık teknolojisi açısından da denizde yapılacak avlanma ve yetiştiricilik faaliyetlerinde kullanılan ağ ve kafes sistemlerine doğrudan etkisi vardır. Bu nedenle

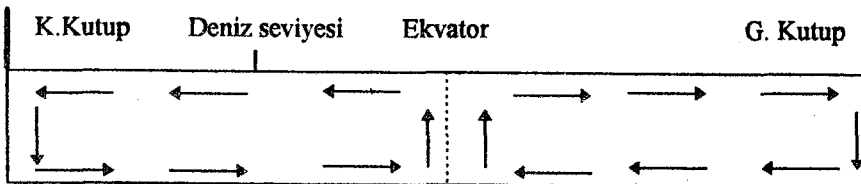
balıkçılık faaliyetlerinin gerçekleştirileceği bölgelerde oluşabilecek yerel akıntıların gerek doğrudan akıntı ölçerlerle ve gerekse dolaylı yöntemler kullanılarak belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada, Türkiye deniz balıkları üretiminin % 51'nin gerçekleştirildiği Doğu Karadeniz kıyılarında [3], meteorolojik istasyonlarının (Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Hopa) saatlik rüzgar verileri, rüzgarla deniz yüzey akıntıları arasındaki ilişkiyi belirleyen temel bağıntılarda kullanılarak, yüzey akıntı hızı ve yönünün teorik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Rüzgar kaynaklı yüzey akıntılarının mevsimsel değişimleri ve bunların Doğu Karadeniz kıyılarındaki mevcut akıntı sistemi üzerinde olabilecek etkileri incelenecektir. Bu amaçla ilk olarak deniz ve okyanuslarda meydana gelen akıntıların fiziksel mekanizması ve bunların oluşumuna neden olan kuvvetlerin üzerinde durulması gerekir.

1.2. Deniz Akıntıları

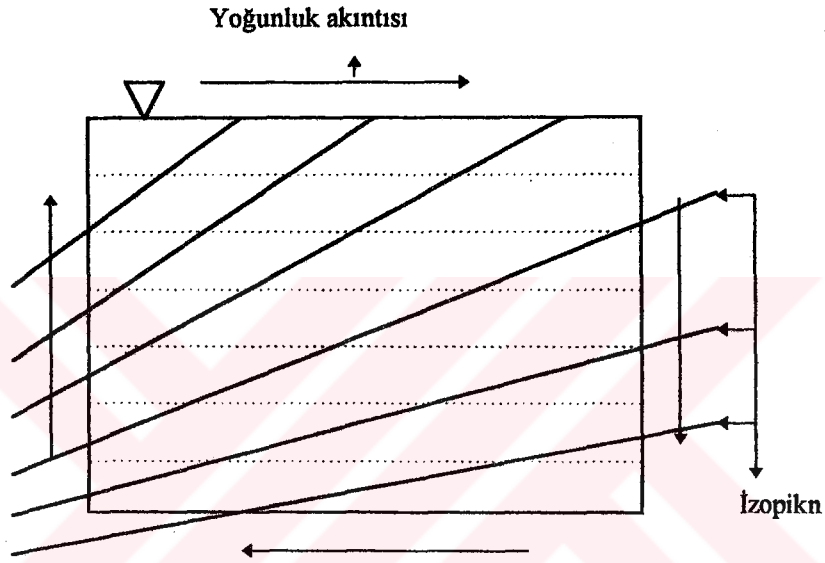
Deniz akıntılarının oluşumunda, deniz suyu yoğunluğunu değiştiren tuzluluk, sıcaklık, basınç, buharlaşma, yağış, nehir akışları ve suların donması gibi olaylar etkindir. Ayrıca rüzgarlar, deniz suyu yoğunluğunu değiştirmeden sadece yüzey tabakalarda akıntılara sebep olurlar. Vektörel bir büyüklük olan akıntıların yönleri, dünyanın kendi etrafında dönmesi sonucu oluşan Koriolis Kuvveti ile, bölgesel bazı etkiler sonucu ortaya çıkan (deniz çukurunun şekli vb.) kuvvetler belirler.

Deniz suyu yoğunluğuna, tuzluluk ve sıcaklığın birlikte etkileri sonucu düşey yönde oluşan akıntılara Termohalin akıntılar adı verilmektedir. Termohalin akıntılar, ekvatoryal bölgelerde suların ısınması, kutup bölgelerinde ise suların buharlaşma ve donması sonucu meydana gelen yoğunluk farklılıklarıyla oluşturulur. Üst tabakalarda soğuyarak yoğunluğu artan su dibe çökerek, yoğunluğu az olan nispeten sıcak sularla yer değiştirmek suretiyle düşey yönde harekete neden olacaktır (Şekil 1) [4].



Şekil 1. Termohalin akıntılarının basit açıklaması [4].

Deniz suyu yoğunluğuna tuzluluk, sıcaklık ve basıncın ortak etkisiyle oluşan yoğunluk tabakalaşmasının neden olduğu akıntılara yoğunluk (tabakalı) akıntıları adı verilmektedir. Denizde hiç bir su hareketi olmasaydı, bütün noktalarda sıcaklık farklı olmasına karşın, en hafif su yüzeyde, en ağır en altta olacak şekilde bir denge mevcut olurdu. Sonuçta izopiknler (eş yoğunluk yüzeyleri) Şekil 2’de kesikli çizgilerle gösterildiği gibi yatay olurdu. Bununla beraber izopiknlerin yatay olmaması durumunda Şekil 2’de düz çizgilerle gösterilen denge durumu ortaya çıkacak şekilde yoğunluk akıntısı oluşacaktır [5].



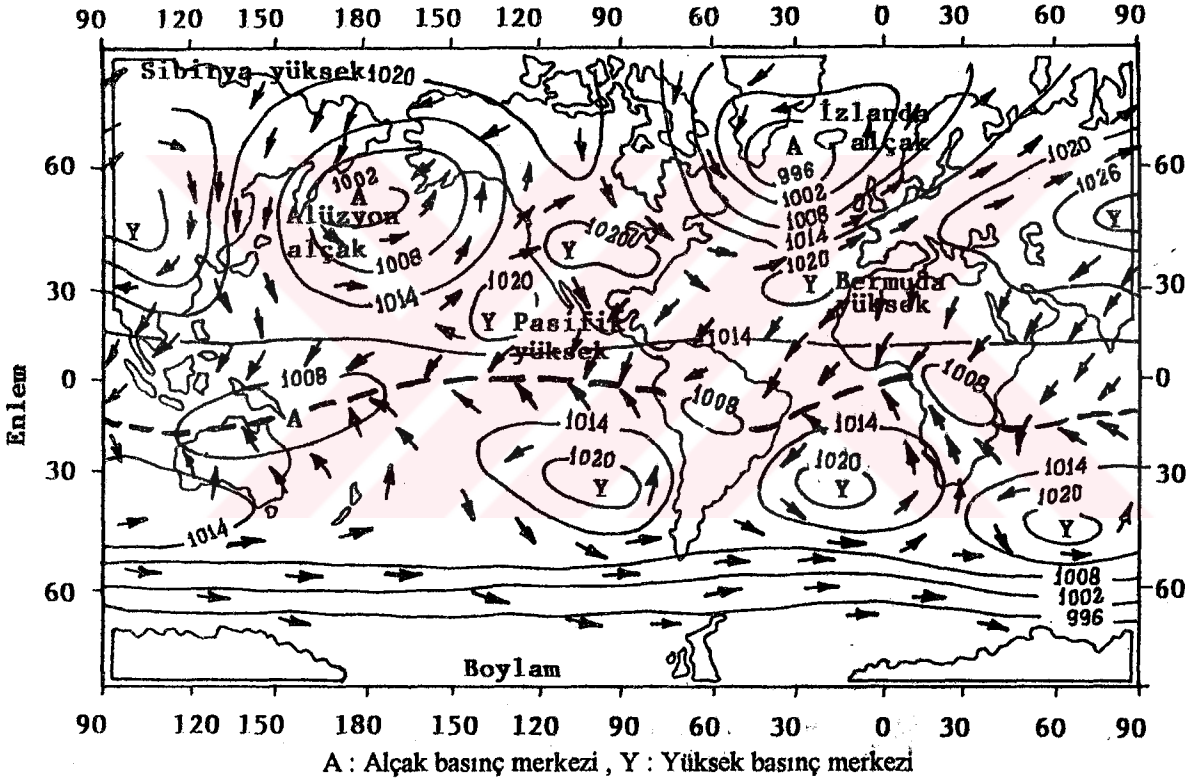
Şekil 2. İzopiknlerin yatay olmamasının neden olduğu yoğunluk akıntıları [5].

Dünya ile ay arasındaki çekim gücü nedeniyle, yeryüzünde suların alçalması ve yükselmesi sonucu birbirine zıt yönlere gerçekleşen akıntılara Med-Cezir (Gel-Git) akıntıları adı verilir. Bu akıntılar genellikle gel-git olayının daha fazla hissedildiği yerlerde etkilidir [6].

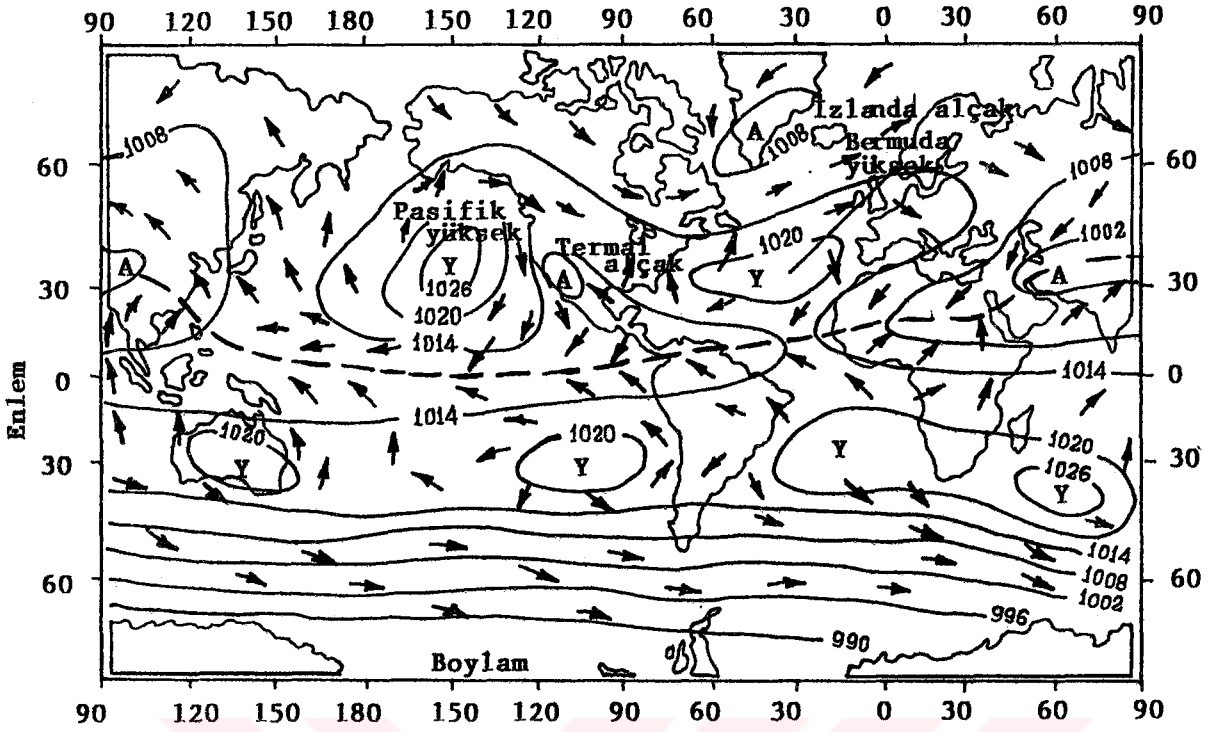
Kıyasal akıntıların olmadığı durumlarda, kısa periyotlu dalgaların kıyıya getirdiği suların dip akıntısı şeklinde geriye dönmesi sonucu oluşan akıntılara geri dönüş akıntısı adı verilmektedir. Büyük fırtınalarla sahillere gelen dalgaların oluşturacağı akıntıların kuvvetli olmasından dolayı, taban oyulur ve zemin malzemesi açıklara taşınır [5].

Okyanus ve denizlerde oluşan yüzey akıntılarının birinci etmeni rüzgarlar olup, rüzgarların oluşturduğu akıntılar sürüklenme akıntıları olarak adlandırılır. Rüzgar, deniz yüzeyinde ince su tabakasına uyguladığı kuvvet sonucu, bu tabakanın yatay yönde

hareketine sebep olur. Bu tabakalar herbiri bir önceki katmanın altında oluşacak şekilde hareket halindedir. Dünya üzerinde, basınç farklılıklarıyla oluşturulan, havanın yatay yöndeki hareketi olarak tanımlanan rüzgarlar ile, okyanus ve denizlerde oluşan yüzey akıntıları arasında sıkı bir ilişki vardır. Şekil 3 ve Şekil 4'de farklı aylarda dünya üzerindeki rüzgar ve basınç dağılımları ve Şekil 5'de bunların oluşturduğu yüzey akıntıları görülmektedir. Bu şekillerden görüleceği gibi, okyanus ve deniz akıntıları tam olarak rüzgar özelliklerini almayarak bunun yerine döngü (gyres) diye adlandırılan kapalı döngüler şeklinde spiraller oluştururlar. Suyun sürtünme katsayısı havadakinden daha büyük olması nedeniyle yüzey akıntıları, rüzgara göre daha yavaş hareket ederler [7].

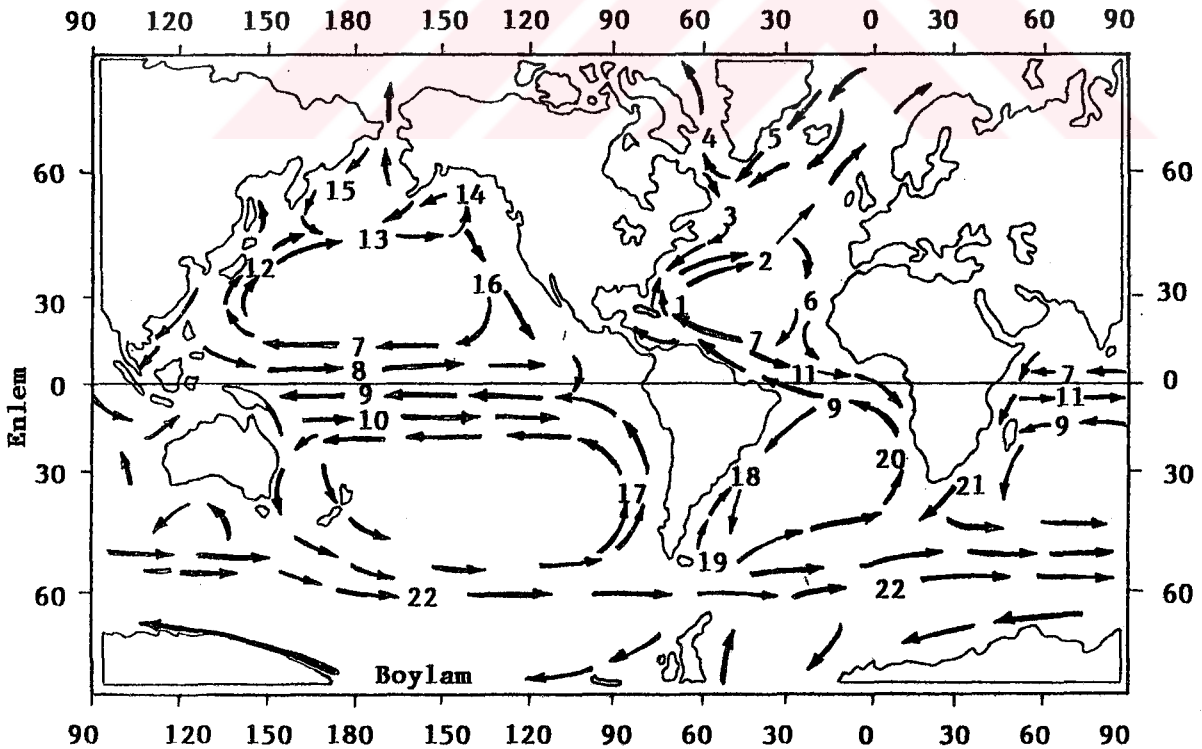


Şekil 3. Dünya yüzeyinde, Ocak ayına ait deniz seviyesindeki ortalama basınç ve rüzgar dağılımları [7].



A: Alçak basınç merkezi, Y: Yüksek basınç merkezi

Şekil 4. Dünya yüzeyinde, Temmuz ayına ait deniz seviyesindeki ortalama basınç ve rüzgar dağılımları [7].



Şekil 5. Dünya okyanus ve denizlerinde oluşan önemli yüzey akıntıları [7].

Şekil 5' de görülen,

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Sıcak Su Akıntısı (Gulf Stream), | 12. Kuroshio Akıntısı, |
| 2. Kuzey Atlantik Sürüklenmesi, | 13. Kuzey Pasifik Sürüklenmesi, |
| 3. Soğuk Su Akıntısı (Labrador Current), | 14. Alaska Akıntısı, |
| 4. Batı Grönland Sürüklenmesi, | 15. Oyashio Akıntısı, |
| 5. Doğu Grönland Sürüklenmesi, | 16. Kaliforniya Akıntısı, |
| 6. Kanarya Akıntısı, | 17. Peru veya Humbolt Akıntısı, |
| 7. Kuzey Ekvatoryal Akıntısı, | 18. Brezilya Akıntısı, |
| 8. Kuzey Ekvatoryal Ters Akıntı, | 19. Folkland Akıntısı, |
| 9. Güney Ekvatoryal Akıntısı, | 20. Bengula Akıntısı, |
| 10. Güney Ekvatoryal Ters Akıntı, | 21. Agulhas Akıntısı, |
| 11. Ekvatoryal Ters Akıntı, | 22. Batı Rüzgar Sürüklenmesi' dir. |

Rüzgar akıntıları ile yoğunluk akıntıları, diğer akıntılara nazaran daha geniş deniz alanlarında etkili olmalarına karşın, hızları oldukça küçüktür. Doğrudan rüzgar hızına bağlı olarak akıntı hızını belirlemek amacıyla önerilmiş bağıntılar birbirinden farklı sonuçlar vermektedir. Genel olarak rüzgarla, yüzey akıntıları arasındaki ilişki;

$$V = k.W \quad (1)$$

şeklindedir. Burada;

V : Yüzey akıntı hızı (m/s),

W : Rüzgar hızı (m/s),

k : 0.015 ile 0.050 arasında değişen bir katsayı'dır.

Gözlemler ve fiziksel düşünceler, k katsayısının enlem derecesine bağlı olduğunu göstermektedir. Enlem derecesi arttıkça soğuyan suların viskozitesi artması nedeniyle bu suların hareketi, viskos olmayan bir suya oranla daha yavaş olacağından, soğuk bölgelerde küçük, tropik bölgelerde büyük katsayı daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır [5].

Rüzgarın, deniz ve okyanuslarda oluşturacağı akıntılarla ilişkisini matematiksel olarak incelenmesi ilk kez 1908 yılında Ekman tarafından yapılmış ve literatürde Ekman

Teorisi olarak yer almıştır. Bu teoride Ekman, deniz suyunun homojen bir dağılım gösterdiği, rüzgarın yüzeyde oluşturacağı eğimin olmadığı, okyanus ve denizlerin sınırsız olduğu ve rüzgarın belli bir hızda ve yönde durmaksızın estiği kabullerini yaparak, yüzeydeki akıntı hızının yatay (u) ve düşey (v) bileşenlerinin derinlikle değişiminin teorik olarak aşağıdaki eşitliklerle açıklanabileceğini göstermiştir [6].

$$u = \pm V_o \cdot \cos\left[\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{D_e \cdot z}\right] \cdot \exp\left[-\frac{\pi}{D_e \cdot z}\right], \quad + \text{Kuzey Yarıküre için} \quad (2)$$

$$v = V_o \cdot \sin\left[\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{D_e \cdot z}\right] \cdot \exp\left[-\frac{\pi}{D_e \cdot z}\right], \quad - \text{Güney Yarıküre için} \quad (3)$$

$$V_o = \frac{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot \tau_{yn}}{(D_e \cdot \rho \cdot |f|)} \quad (4)$$

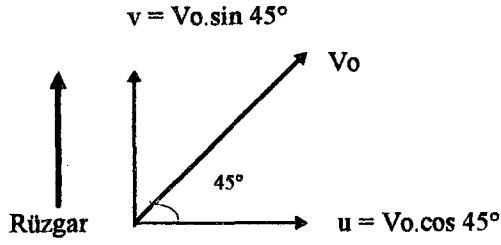
$$D_e = \frac{4.3W}{\sqrt{\sin|\phi|}} \quad (5)$$

$$\tau_{yn} = \rho \cdot C_d \cdot W^2 \quad (6)$$

Bu eşitliklerde;

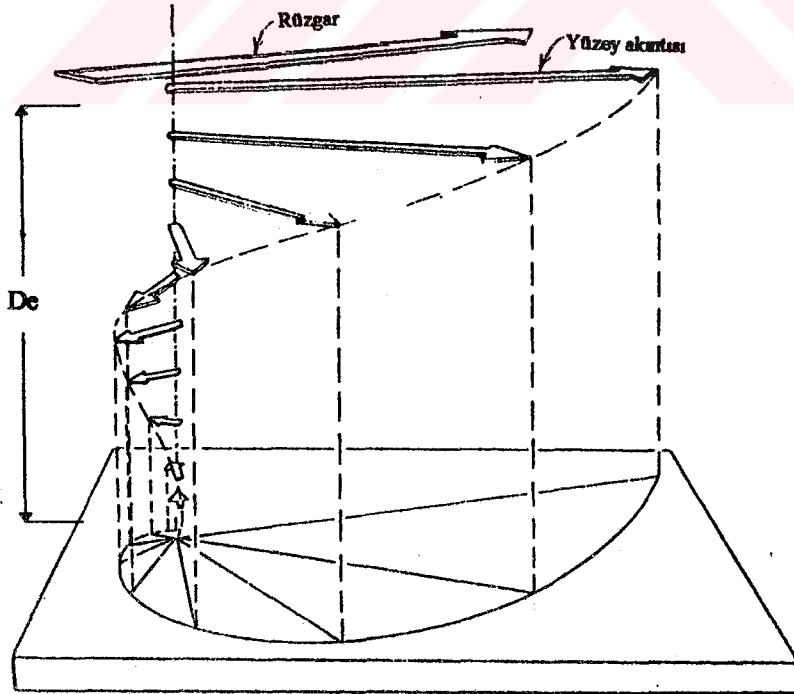
- u : Yatay akıntı hız bileşeni (m/s),
- v : Düşey akıntı hız bileşeni (m/s),
- V_o : Toplam yüzey akıntısı (m/s),
- τ_{yn} : Deniz yüzeyinde rüzgar gerilmesi (N/m²),
- f : Koriolis parametresi ,
- D_e : Sürtünme derinliği (m),
- ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m³),
- W : Rüzgar hızı (m/s),
- z : Su derinliği (m),
- C_d : Sürtünme katsayısı (boyutsuz),
- φ : Enlem derecesi'dir.

$z=0$ yüzey tabakasında akıntı hızı bileşenleri Şekil 6'da görüldüğü gibidir.



Şekil 6. Ekman'a göre yüzeyde $z=0$ 'da akıntı hız bileşenleri [6].

Bu teoriye göre, su derinliğinin büyük olması halinde, Kuzey Yarıküre'de yüzey akıntıları, dünyanın kendi etrafında dönmesi sonucu oluşan Koriolis Kuvveti sebebiyle rüzgar yönünden 45° sağa doğru saparlar. Güney Yarıküre'de ise bu sapma sola doğrudur. Yüzey akıntı hızı, yüzeyden derinlere doğru inildikçe sürtünme etkisiyle azalır. Ekman, derinliğin etkisi ihmal edilebilecek kadar fazla olması halinde, hızın sürtünme etkisiyle sıfır olduğu derinlikteki (D_e) akıntı yönünün, rüzgar yönünden 180° sapacağını göstermiştir. Rüzgar akıntısının yön ve hızının derinlikle değişimi Ekman Spirali ile gösterilir (Şekil 7) [2, 6].



Şekil 7. Ekman Spirali [2].

Ekman kanunu sadece derin sularda geçerlidir. Suların sığlaşması halinde, yüzeydeki sapma 45° 'den az olur ve sıklık arttıkça bu sapma azalır. Su derinliği, sürtünme derinliğinin % 10-20'sine eşit olduğunda sapma pratik olarak sıfır olur ve bütün derinliklerde rüzgar ve akıntı yönü aynı olur [5].

1.3. Doğu Karadeniz'in Meteorolojik ve Oşinografik Özellikleri

Karadeniz, $41^\circ - 47^\circ$ N ve $28^\circ - 42^\circ$ E enlem ve boylamları arasında, 420000 km² yüzey alanına ve 1300 m ortalama derinliğe sahip bir iç denizdir. Kuzeyde Kerç Boğazı ile Azak denizine, güneybatıda ise İstanbul ve Çanakkale Boğazlarıyla Marmara ve Ege denizlerine bağlıdır [8].

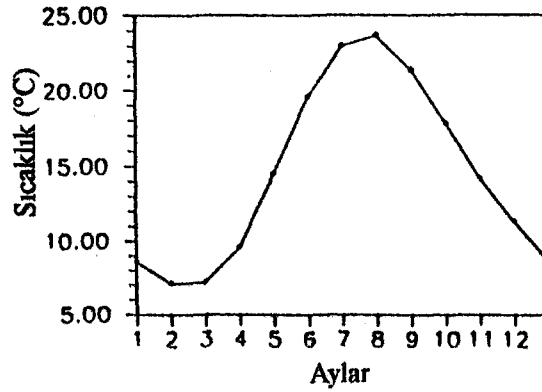
Karadeniz'in tuzluluk ve su miktarını değiştiren faktörler üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, Karadeniz'in yağış ve nehirlerden 480 km³/yıl su kazandığını ve bunun ancak 380 km³/yıl kısmının atmosfere geri döndüğünü göstermiştir (Tablo 1). Su kazancının kaybindan çok oluşu şeklindeki pozitif su dengesi, fiziksel oluşumları belirleyen en önemli faktördür [9].

Tablo 1. Karadeniz'in su bütçesi [9].

Su kazanç kaynakları	km ³ /yıl	Su kayıp kaynakları	km ³ /yıl
Boğaz alt akıntısı	180	Boğaz yüzey akıntısı	360
Azak denizi	50	Azak denizine doğru	30
Yağışlar	120	Buharlaşma	320
Nehirler	360	—	—
Toplam	710	Toplam	710

Deniz havzasının (basin) % 60'nı oluşturan ve 2000-2100 m derinliğe sahip iç kesimler nispeten düz topoğrafyaya sahiptir. Havzanın dış formunda olan, genelde 200 m'den sığ bölgeler, dar ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Denizin güney ve güneydoğu kıyılarında kıta yamaçı birçok deniz altı kanyonu (vadi) ile kesilmektedir (Şekil 8) [8].

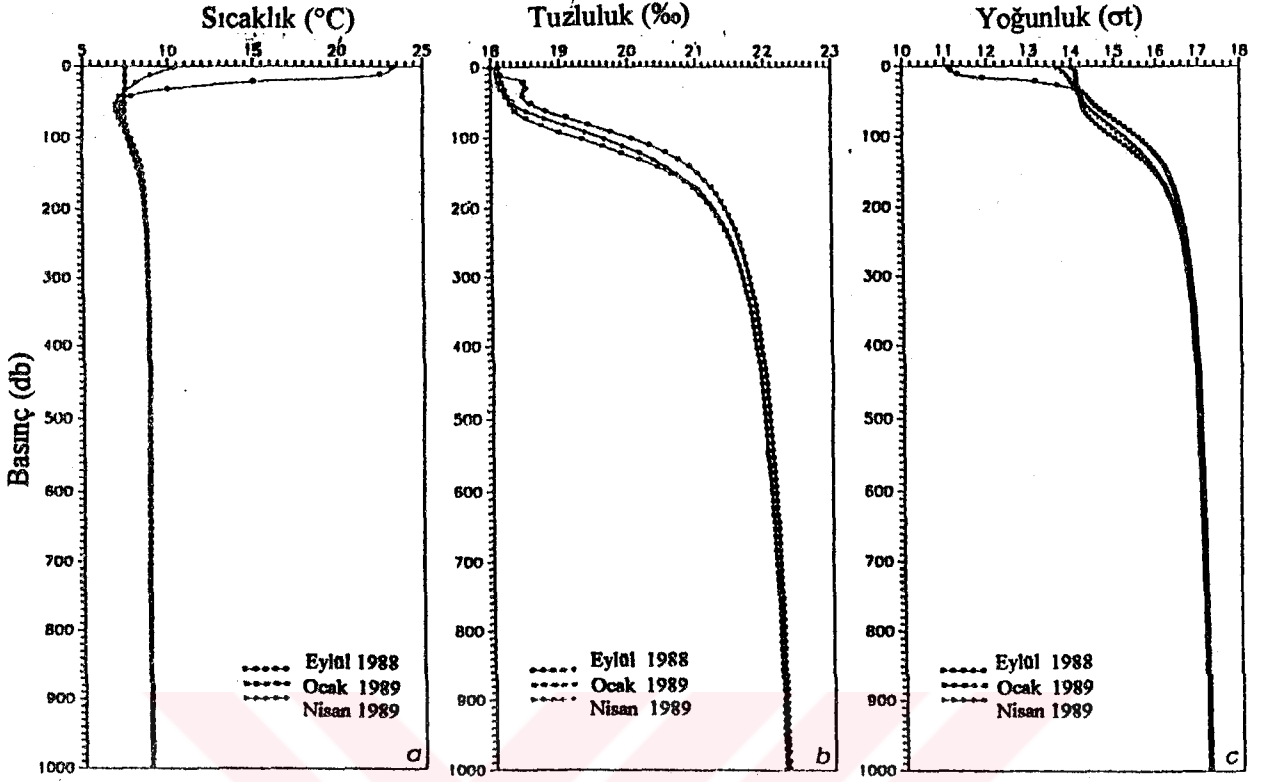
Karadeniz, atmosferin genel sirkülasyonu çerçevesinde, yazları Azor antisiklonu ile Basra siklonik merkezleri, kışları İzlanda alçak basınç merkezi ile Sibiryaya yüksek basınç merkezleri etkisi altındadır [10,11]. Balkanlar ve Akdeniz'den gelen alçak basınç ve bunlara bağlı cephe sistemlerinin bölgedeki hava ve iklim oluşumlarında çok önemli etkinlikleri vardır [12]. Önemli karasal yükseltiler atmosferik olayların oluşumuna ve



Şekil 9. Karadeniz aylık ortalama yüzey su sıcaklığının değişimi [15].

Sıcaklık yönünden 200-300 m üzerindeki sular; yüzey karışım tabakası, yaz aylarında oluşan mevsimsel termoklin (sıcaklık tabakası) ve sabit termoklin şeklinde üç kısma ayrılır [9]. Bununla birlikte, denizin biyolojik, kimyasal ve hidrolojik karakteristiklerini belirlemede etkili, 25-100 m arasında, 6.5 °C ile 7.5 °C sıcaklığa sahip ve yüzey su sıcaklığının 8-9 °C'den yüksek olduğu zaman Karadeniz'in bütününde görülebilen Soğuk Ara Tabakası (SAT)'da vardır [16]. Doğu Karadeniz bölümünde, ilkbahar sonları ile yazın mevsimsel termoklin 25-100 m arasında bulunur (Şekil 10a). Kış aylarında 70-80 m derinlikteki suların sıcaklığı 7.5 °C'dir. Bu derinlikteki su tabakasının altında, 7-7.5 °C sıcaklık dağılımıyla oluşturulan homojen bir tabaka vardır. Sıcaklık 200 m de 8.7 °C, 500 m de 8.9 °C ve 1000 m de 9.0 °C'ye ulaşır (Şekil 10a) [8].

Tuz ve su bütçelerini dengeleyen olaylar (yağış, buharlaşma, boğaz ve nehir akımları) ve bunların geçici ve uzaysal değişimleri düşey tuzluluk tabakalaşmasını belirleyen önemli faktörlerdir. Haloklin tabakasının (tuzluluk tabakası) derinliği ve keskinliği, rüzgara, termik kuvvetlerle birlikte zemin topoğrafyasına bağlıdır. Karadeniz'in nehir ve yağışlardan olan su kazancı, boğazlar yoluyla kazandığı Akdeniz suyundan fazla olması nedeniyle, Akdeniz'in aksine düşük tuzluluk değerine sahiptir [9]. Yüzey tabakaların tuzluluğu ‰ 17.5 ile ‰ 18.5 iken, derin suların tuzluluğu ‰ 22.3'tür. Doğu Karadeniz bölümünde, 30-40 m deki tuzluluk ‰18.0'dir. Denizin bu bölümünde haloklin tabakasında tuzluluk ‰19.5, 100 m de ‰ 20.0 ve 125 m de ‰ 20.5 arasında değişim gösterir (Şekil 10b) [8].



Şekil 10. Doğu Karadeniz bölümünde sıcaklık (a), tuzluluk (b) ve yoğunluğun (c) düşey dağılımı [8].

Yoğunlukdaki değişim, tuzluluk değişimiyle paralellik gösterir. Veri analizleri yüksek yoğunlukdaki bölgelerin yüksek tuzlulukta, buna karşın düşük sıcaklıkta olduğunu göstermiştir [9]. Bununla birlikte, Doğu Karadeniz bölümünde 50 m nin üzerinde mevsimsel sıcaklık değişimi, yoğunluğun mevsimsel değişimine neden olmaktadır. Bu tabakanın üzerinde yoğunluk $11.0-14.5\sigma_t$ (sigma theta, $(\text{yoğunluk}-1)*1000$) formülünden elde edilen değer), 100 m de $15.6\pm 0.2 \sigma_t$ ve 150 m de $16.1 \pm 0.1\sigma_t$ 'dir. Kalıcı piknoklin (yoğunluk tabakası) ile kalıcı haloklin aynı tabakalar arasında yer alır. 200 m'nin altında yoğunluk nispeten yavaş bir artış gösterir (Şekil 10c) [8].

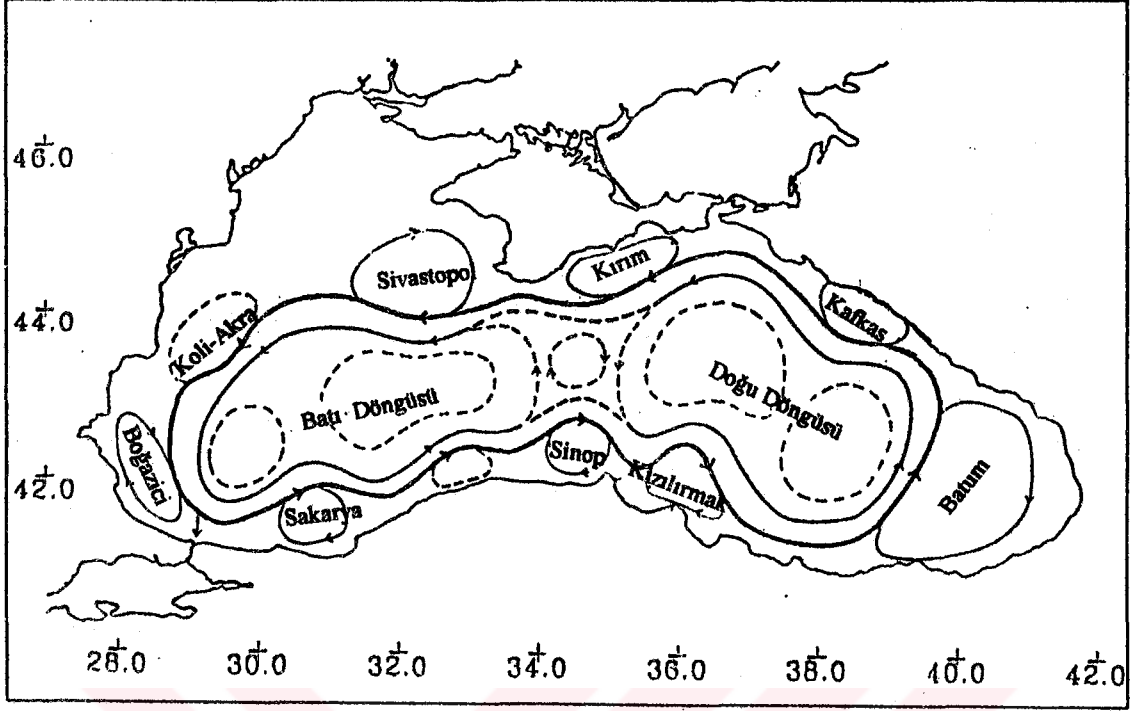
Karadeniz'de, yüzey akıntıları ve sirkülasyonu üzerine yapılan çalışmalar sonucunda deniz akıntı yapısının, doğu ve batı bölümlerinde siklonik iki geniş döngüden oluştuğu gösterilmiştir (Şekil 11,12) [17, 18, 19, 20]. Blatov ve ark.[21] bu sirkülasyonu desteklemiş ve doğu kesimindeki döngünün yazın batıya doğru yöneldiğini belirtmiştir. Bu siklonik döngülerin oluşumunda etkili esas etmen açık olmamakla birlikte, bunların

oluşumunda siklonik rüzgarların etkili olacağı belirtilmiştir [17, 22]. Nümerik çalışmalar, bu akıntıların oluşumunda esas etmenin tuzluluk dağılımı olduğunu, oluşan rüzgarların bu akıntıları desteklediğini göstermiştir [9, 23]. Bununla birlikte, nehir akışlarının oluşturacağı yoğunluk akıntılarının bu akıntı sistemine etkisi bilinmemektedir. Bu sirkülasyona, Akdeniz'in yüksek yoğunlukdaki tuzlu sularının boğazlar yoluyla alt akıntı olarak Karadeniz'e akmasıyla birlikte, bu bölgedeki nehir akışlarının önemli etkileri vardır [24].

Oğuz ve ark. [19], kalıcı piknoklin tabakası üzerinde 5 dbar ve 100 dbar'lık dinamik topoğrafya haritalarından, ortalama hızı 20 cm/s ve genişliği 40-80 km olan bir band şeklindeki siklonik bir akıntı sisteminin Karadeniz'de etkili olduğunu göstermişlerdir. Bu akıntı, dar kıyusal zondaki baskın antisiklonik döngüyü, iç kısımlardaki baskın siklonik döngüden ayırır. Bu akıntı sisteminin ana bölümü doğu yönünde, Anadolu kıyıları boyunca kalırken, iki antisiklonik kıyusal döngü oluşturur ve havzanın (basin) iç kesimlerinde de iki siklonik döngüyü destekler. $33^{\circ} 00' - 36^{\circ} 00' E$ boylamları arasında yer alan antisiklonik döngüler Sinop ve Kızılırmak döngüleri olarak belirlenmiş ve tanımlanmıştır (Şekil 12). Ana akıntıların kesişim noktaları havzanın doğu kesiminin sonunda oluşmakta, akıntı kollarından biri yaklaşık $39^{\circ} 50' E$ 'de havzanın iç kesimlerine, diğeri ise Karadeniz'in güneydoğu köşesinde Batum döngüsü oluşturacak şekilde hareket eder (Şekil 12). Bu döngü ve dış kenarı boyunca uzanan daha etkili kuzeyli akıntılar yüzey sirkülasyonu artırıcı şekilde hareket ederler. Bu durumda geostrofik yüzey akıntı hızı 30 cm/s ye ulaşır.

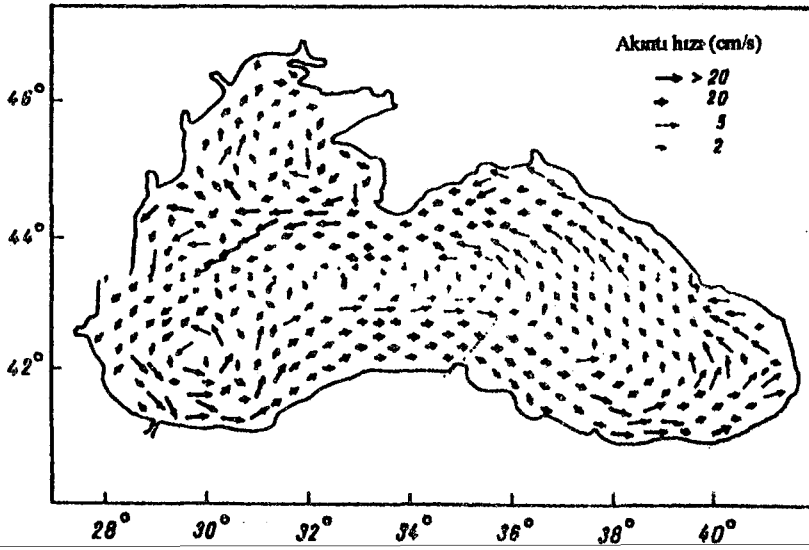
Karadeniz'de yüzey akıntıları derinlere doğru inildikçe azalır. Mevcut ana akıntı hızı yüzeyde 40 cm/s ye kadar ulaşırken 100 m de %50 oranında azalma gösterir ve derin tabakalarda 10 cm/s nin altına düşer. 500-1000 m arasında akıntı hızı 2-5 cm/s kadardır [25].

Doğu Karadeniz kıyıları, $34^{\circ} 00' E$ civarında doğuya yönelen ana akıntı kolunun etkisi altındadır. Yaklaşık 10-20 cm/s arasında hıza sahip bu akıntı kolu Sinop, Samsun, Ordu kıyı formunu takip ederek Giresun-Trabzon arasında ($39^{\circ} 50' E$) iki kola ayrılır. Bu kollardan biri Hopa-Batum kıyılarına, diğeri ise kuzeydoğuya, deniz çanağının iç kesimlerine doğru yönelir. Hopa' ya yönelen akıntı kolu Rize kıyılarında 20-30 cm/s hıza ulaşırken, denizin iç kesimlerine yönelen diğer akıntı kolunun hızı 10-20 cm/s dir. Hopa-Batum kıyılarına yönelen akıntı kolu, Batum kıyılarında tekrar iki kola ayrılır.



Şekil 12. Karadeniz'de siklonik ve antisiklonik döngüler [19].

Bunlardan biri kıyı formunu takip ederek kuzeye doğru hareketini devam ettirirken, diğer bir kol güneybatıya doğru yönelir ve $39^{\circ} 50' E$ 'de iç kesimlere yönelen akıntı koluyla birleşerek, Batum-Trabzon arasında 5-20 cm/s hıza sahip büyük bir siklonik döngü oluşturur (Şekil 11, 13) [9, 17].



Şekil 13. Karadeniz genel akıntı sirkülasyonu [9].

Bu çalışmada, Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Hopa meteorolojik istasyonların geçmiş yıllara ait (1990-1991-1992) mevsimsel baskın rüzgar verileri kullanılarak Doğu Karadeniz kıyılarında oluşturabileceği yüzey akıntılarının teorik olarak belirlenmesi yanında, ayrıca bu akıntıların yukarıda özetlendiği gibi olan mevcut akıntı sistemine olabilecek etkileri incelenecektir.



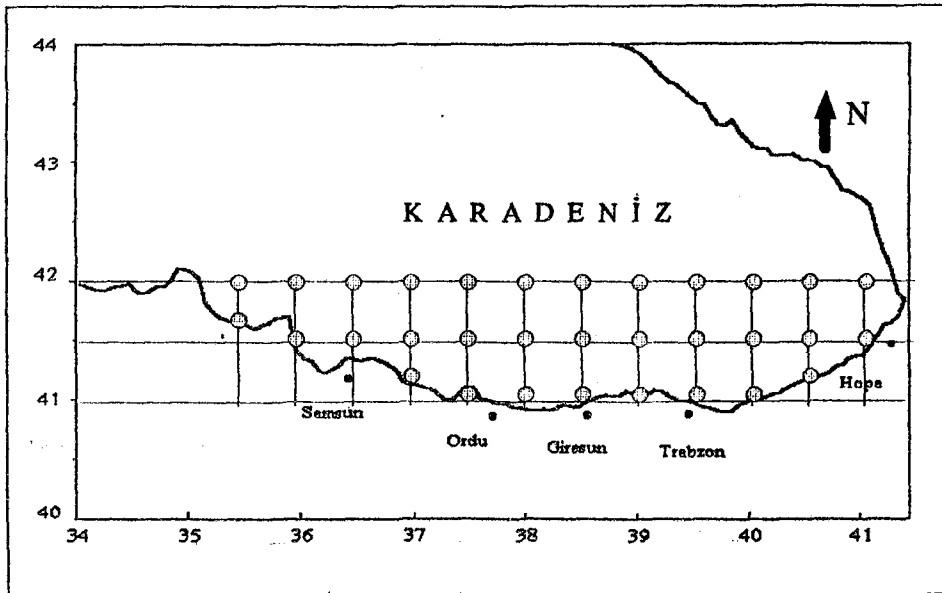
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Sahası

Doğu Karadeniz sahil şeritinde kıyusal meteorolojik istasyonların (Tablo 2) rüzgar verilerinden, deniz yüzeyinde oluşabilecek deniz yüzey akıntılarının tahmin edilmesi amaçlanan bu çalışmada, çalışma sahası olarak Samsun ($35^{\circ} 30' E$)'dan Hopa ($41^{\circ} 25' E$)'ya kadar olan, $40^{\circ} 55'-42^{\circ} 00' N$ enlemleri arasındaki deniz alanı seçilmiştir (Şekil 14).

Tablo 2 . İstasyonların ve anemografin konumları.

İstasyonlar	Enlem	Boylam	İstasyonun Denizden Yüksekliği (m)	Anemografin istasyondaki yüksekliği (m)
Samsun	$41^{\circ} 17' N$	$36^{\circ} 20' E$	44	13
Ordu	$40^{\circ} 59' N$	$37^{\circ} 52' E$	04	13
Giresun	$40^{\circ} 55' N$	$38^{\circ} 24' E$	38	12
Trabzon	$41^{\circ} 00' N$	$39^{\circ} 43' E$	30	10
Hopa	$41^{\circ} 25' N$	$41^{\circ} 25' E$	33	10



Şekil 14. Çalışma sahası.

2.2. Yöntem

Deniz akıntıları doğrudan (direkt) ve dolaylı (indirekt) yöntemler kullanılarak belirlenebilmektedir. Doğrudan akıntı ölçüm yöntemi, sabit bir noktadan geçen akımın zamanın ve derinliğin bir fonksiyonu şeklinde ölçülmesi olan Eulerian yöntemi ve su partiküllerinin izlediği yörüngeleri, zaman ve mevkinin bir fonksiyonu olarak suda yüzebilen objeleri takip ederek ölçülmesi olan Langrangian yöntemi olarak iki kısma ayrılır. Eulerian yönteminde, akıntımetrenin sabitleştirileceği deniz yapılarının temininde problemler olmaktadır. Bununla birlikte, akıntımetreler demirli bir gemiye, zemine, denizaltı kablosuna veya petrol arama kulelerine sabitleştirilebilir. Langrangian yönteminde ise yüzer şişeler, yüzer kartlar, yüzer uçurtmalar, paraşüt yüzücüler ve otomatik şamandıraların hareketleri takip edilerek akıntı hızı ve yönü belirlenebilmektedir. Bu yöntemde, denize bırakılan objenin başlangıç ve bitiş konumlarını çok iyi tespit etmek gerekir. Dolaylı yöntem, denizdeki yoğunluk dağılımından yatay basınç bileşeni tahmin etmek suretiyle, bu bileşenin oluşturacağı hareketin dolayısıyla akıntının tahmin edilmesi olan Geostrofik yöntem [26], rüzgarların veya basıncın denizler üzerindeki dağılımından yararlanarak yapılan hesaplama yöntemi olarak iki kısma ayrılır. Rüzgardan akıntı tahmini yönteminde genellikle aylık ve mevsimsel ortalama değerler kullanılarak, kısa süreli değişimlerin oluşturacağı hatalar azaltılmış olur [4].

2.2.1. Deniz Yüzey Akıntı Hızının Belirlenmesi

Yüzey akıntısına ilişkin birçok gözlem, sürüklenme kartları ve denizde yüzen objelerden uzun yıllardan beri yapılmaktadır. Yapılan gözlemlerden elde edilen sonuçlar, deniz seviyesinden standart bir yükseklikte (10 m) ölçülen rüzgarla, deniz yüzey akıntısı ve akıntı yönünün rüzgardan sapmasını açıklayan terimlerce belirtilmektedir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde yapılan çalışmalar değişik sonuçlar vermesine karşın, genelde yüzey akıntı hızı rüzgar hızının yaklaşık %3'lük bir kısmından oluşmaktadır [27].

Belli bir bölgede, rüzgarla yüzey akıntısı arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek için o bölgenin yapısına en uygun bağıntıyı elde etmek gerekir. Bu iki yolla sağlanabilir. Birincisi, uzun süreli akıntı ve rüzgar ölçümleri yapmak, ikincisi var olan bir bağıntıda yer alan bölgesel parametreleri değiştirerek bölgeye uygun hale getirmek.

Bu çalışmada, deniz yüzey akıntıları, yüzey akıntı hızını enlem ve deniz yüzeyinde esen rüzgar hızının fonksiyonu olarak tanımlayan Thorade'nin aşağıdaki bağıntıları kullanılarak hesaplanmıştır [17].

$$V = \frac{2.59\sqrt{W}}{\sqrt{\sin \phi}}, \quad W < 6 \text{ m/s için} \quad (7)$$

$$V = \frac{1.26 W}{\sqrt{\sin \phi}}, \quad W \geq 6 \text{ m/s için} \quad (8)$$

Bu bağıntılarda;

V : Yüzey akıntı hızı (cm/s),

W : Rüzgar hızı (m/s),

ϕ : Enlem derecesi'dir.

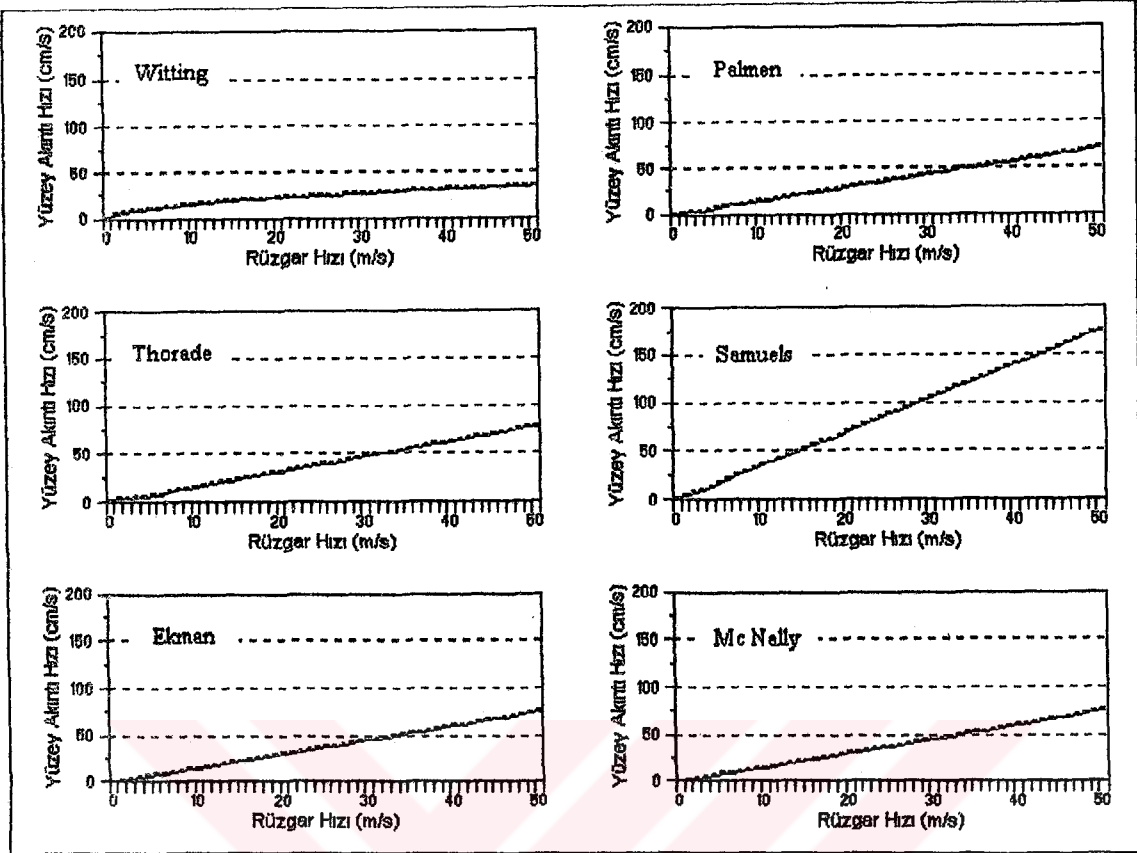
Bu bağıntıların seçiminde iki faktör etkili olmuştur. Birincisi, bağıntıların elde edilmesinde dünyanın farklı bölgelerinden sağlanan akıntı verileri kullanılması, ikincisi, bağıntılarda yer alan enlem derecesinin bölgelere göre değişkenlik göstermesidir.

Bu çalışmada kullanılan bağıntılar ile, diğer araştırmacıların [17, 28, 29] benzer amaçlar için tanımladıkları bağıntılardan, 41° 00' N enleminde, 1-50 m/s ye kadar değişen rüzgar hızlarında elde edilen yüzey akıntı hızının değişimi Şekil 15'de görülmektedir. Şekilden görüleceği gibi bu çalışmada kullanılan bağıntılar, aynı rüzgar ve enlem derecesinde, Samuels ve ark. [28] önermiş olduğu bağıntı hariç diğerleriyle uyumlu bir değişim göstermektedir. Bununla birlikte, bu bağıntıların elde edilmesinde dünyanın farklı bölgelerinden sağlanan akıntı gözlem sonuçlarının kullanılmasından dolayı, Doğu Karadeniz kıyılarında rüzgar akıntılarını temsil etme yüzdesi diğerlerine göre daha fazla olacağı açıktır.

Yüzey akıntı hızı hesaplamaları aşağıda belirtilen kabüllere göre yapılmıştır;

a- Deniz yüzeyinde diğer nedenlerin (tuzluluk, sıcaklık, basınç vb.) oluşturabileceği akıntıların olmadığı, tek etkin kuvvetin rüzgar olduğu kabul edilmiştir.

b- Rüzgar akıntılarının yön ve hızlarına etkiyebilen deniz çukurunun şekli dikkate alınmamıştır.



Şekil 15. Çeşitli araştırmacılara göre yüzey akıntı hızının rüzgarla değişimi [17, 28, 29].

c- Standart bir yükseklikte ölçülen rüzgar hızından deniz yüzey akıntı hızı tahmin edilmesinde, rüzgarın belirli bir zaman periyodu boyunca (saat, ay, mevsim, yıl vb.) sabit bir yönde ve sabit bir hızda esmesi varsayılır [6]. Bu temel varsayımdan hareketle bu çalışmada rüzgarın, mevsimsel periyotta baskın rüzgar (mevsim süresince en fazla esen rüzgar) yönünde, ortalama, maksimum ve minimum değerlerde estiği kabul edilmiştir. Örneğin Trabzon için 1990 yılı kış mevsiminde baskın rüzgar yönü SSW'dir. Bu rüzgar kış mevsimi boyunca (Aralık-Ocak-Şubat) 647 saat (yaklaşık 26 gün) 7.84 maksimum, 1.81 m/s minimum ve 3.87 m/s ortalama değerlerde durmaksızın estiği kabul edilmiştir.

d- Yüzey akıntı hızı, sadece rüzgar hızı ve enlemin bir fonksiyonu olarak kabul edilmiştir.

İstasyonlara göre, akıntı hesabında kullanılan enlem dereceleri Tablo 3'te görülmektedir. Bu tabloya göre örneğin, Samsun için üç farklı enlem derecesinde ($41^{\circ} 17' N$, $41^{\circ} 30' N$ ve $42^{\circ} 00' N$) yüzey akıntı hızı hesaplanmıştır. Bu tablonun ilk

istasyonun bulunduğu enlem derecesini, diğer sütünlarda deniz alanında kalan ana enlemleri göstermektedir (Şekil 14).

Tablo 3. İstasyonlarda akıntı hesaplarında kullanılan enlem dereceleri.

İstasyonlar	Enlem Derecesi			
	Samsun	41° 17' N	41° 30' N	42° 00' N
Ordu	41° 00' N	41° 30' N	42° 00' N	-
Giresun	40° 55' N	41° 00' N	41° 30' N	42° 00' N
Trabzon	41° 00' N	41° 30' N	42° 00' N	-
Hopa	41° 25' N	41° 30' N	42° 00' N	-

e - İstasyonlarda mevsimsel baskın rüzgarların Tablo 4'deki enlem ve boylamlar arasında etkili olabilecekleri ve Şekil 14'deki noktalarda da akıntı oluşturabilecekleri kabul edilmiştir. Örneğin 1990 kış mevsiminde Samsun istasyonuna ait baskın rüzgar SW yönündedir. Tablo 4'e göre, Samsun istasyonunda bu rüzgarın etki sahası 41° 17' - 42° 00' N enlemleri, 35° 30' - 36° 30' E boylamları arasındaki bölgedir.

Tablo 4. Baskın rüzgarların etkili olacağı kabul edilen bölgeler.

İstasyonlar	Enlem	Boylam
Samsun	41° 17' - 42° 00' N	35° 30' - 36° 30' E
Ordu	40° 59' - 42° 00' N	37° 00' - 37° 30' E
Giresun	40° 55' - 42° 00' N	38° 00' - 38° 30' E
Trabzon	41° 00' - 42° 00' N	39° 00' - 40° 00' E
Hopa	41° 25' - 42° 00' N	40° 30' - 41° 30' E

2.2.2. Yüzey Akıntı Yönünün Belirlenmesi

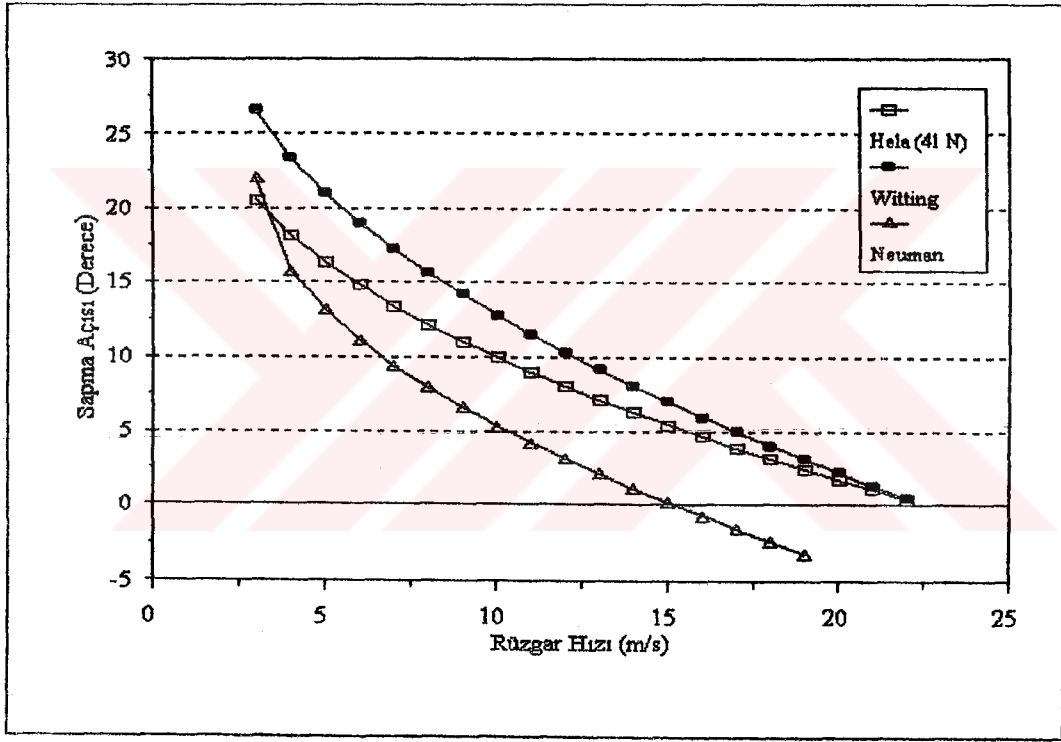
Vektörel bir büyüklük olan akıntının yönü, Koriolis Kuvveti'nin saptırıcı etkisinden dolayı, Kuzey Yarıküre'de rüzgar yönünden sağa, Güney Yarıküre'de ise sola doğru sapma göstereceğinden hareketle tespit edilmiştir. Ekman'a göre bu sapma açısı 45° kadardır. Ekman'dan sonra yapılan çalışmalarla sapma açısının, artan rüzgar hızına karşın azaldığını ve belli bir hızdan sonra akıntıyla rüzgarın aynı doğrultuda olacağı belirlenmiştir [17, 28, 29]. Şekil 16'da, Hela (41° 00' N), Neumann ve Witting'in yapmış oldukları çalışmalardan elde ettikleri rüzgardan akıntının sapma derecesinin rüzgar hızına bağlı olarak değişimi verilmiştir. Şekilden, Witting'in çalışmasından elde edilen sapma açısı değerleri, nispeten Hela ve Neumann'ın sonuçlarına göre daha fazla

olmasına, bu üç çalışmanın sonuçları birbirine çok yakın değerde olmaları nedeniyle, birini diğerine tercih etmek önemli bir hataya yol açmayacaktır. Bu yüzden çalışmada, Witting'in aşağıdaki bağıntısı tercih edilerek akıntının rüzgardan sağa doğru sapma açısı belirlenmiştir [17].

$$\alpha = 34^\circ - 7.5 \sqrt{W} \quad (9)$$

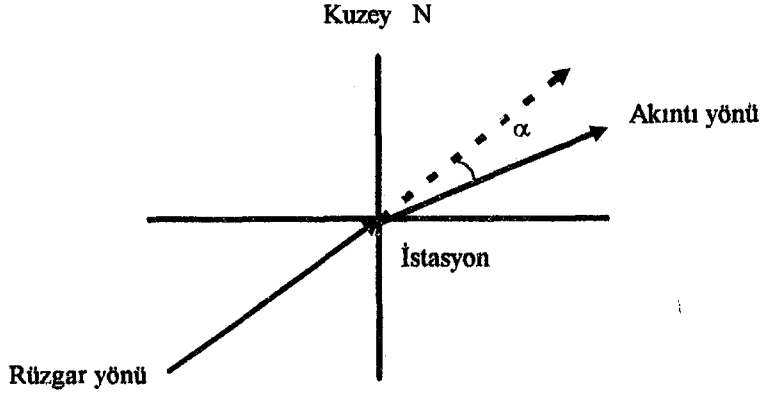
Bu bağıntıda;

W : Rüzgar Hızı (m/s)'dir.



Şekil 16. Çeşitli araştırmalara göre sapma açısı (α)'nın rüzgar hızına bağlı olarak değişimi [17, 30].

Rüzgar yönü, istasyonlara doğru geliş açısına göre belirlenirken, akıntı yönü istasyondan çıkan yön olarak belirtilmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. SW (225°)'den istasyona doğru esen bir rüzgarın oluşturacağı akıntının şematik görünümü.

Yüzey akıntı yönü, rüzgarın esme yönüne göre; Rüzgar kuzey - doğu (0°- 90°) yönleri arasında esiyorsa yüzey akıntı yönü,

$$D = (\text{Rüzgar yönü} + 180) + \alpha \quad (10)$$

doğu - güney (90°- 180°) arasında esiyorsa yüzey akıntı yönü,

$$D = (\text{Rüzgar yönü} + 180) + \alpha \quad (11)$$

güney - batı (180°- 270°) arasında esiyorsa yüzey akıntı yönü;

$$D = (\text{Rüzgar yönü} - 180) - \alpha \quad (12)$$

batı - kuzey (270°- 360°) arasında esiyorsa yüzey akıntı yönü;

$$D = (\text{Rüzgar yönü} - 180) - \alpha \quad (13)$$

şeklindeki bağıntılardan hesaplanmıştır (Şekil 17).

Bu bağıntılarda;

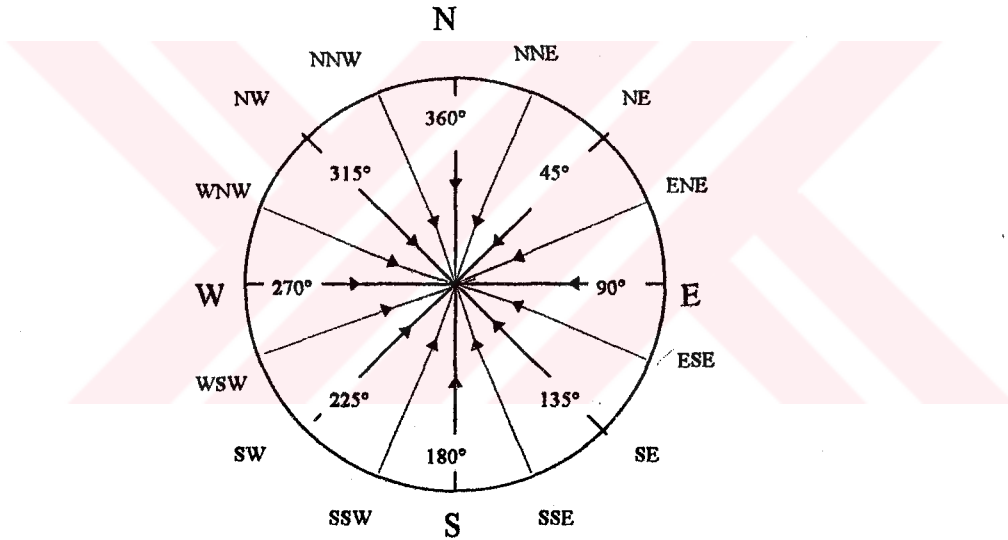
D: Yüzey akıntı yönü,

α : Akıntı yönünün rüzgar yönünden sapma açısı'dır.

2.3. Verilerin Elde Edilmesi

Doğu Karadeniz kıyılarında, yerel olarak esen mevsimsel baskın rüzgarların oluşturacağı deniz yüzey akıntılarının belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada, gerekli rüzgar verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. 1990-1992 yılları arasında, Samsun, Ordu, Giresun ve Trabzon ve Hopa meteorolojik istasyonlarında ölçülen saatlik rüzgarlar bu çalışmanın verilerini oluşturmaktadır.

İstasyonlarda standart bir yükseklikte bulunan anemograf ile alınan saatlik rüzgar verileri (hız, yön ve esme süresi), ölçüm yapılan saatte en fazla esen rüzgarın ortalaması alınarak elde edilmekte ve saatlik olarak düzenlenen kartlara işlenmektedir. Meteorolojik amaçlar için rüzgar yönleri rüzgar gülleri ile gösterilmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. Rüzgarların istasyona geliş yönüne göre adlandırılmasını gösteren rüzgar güllü [7].

2.3.1. Verilerin Düzenlenmesi

Bir bölgede, belli bir zaman periyotunda en fazla esen rüzgar o bölge için baskın rüzgar olarak adlandırılır. Baskın rüzgarlar, bölgelerin iklimlerini belirlemede etkinliğinin fazla oluşu, yerleşim yerlerinin, elektrik santralleri ve fabrikaların planlamasında göz önünde tutulması gerekli çevresel bir parametre olmasından dolayı, önemi diğer yöndeki rüzgarlara göre daha fazladır [7]. Bu nedenle çalışmada, denizlerin de en çok

etkisinde kalacağı rüzgarların baskın rüzgarlar olacağı ve bu rüzgarların diğer rüzgarlara göre nispeten daha kalıcı ve sürekli akıntı oluşturabileceği düşüncesiyle, yüzey akıntı hızı ve yönü belirlenmesinde mevsimsel baskın rüzgarlar kullanılmıştır.

Bunun için ilk aşamada, istasyonlardan temin edilen aylara göre düzenlenmiş saatlik rüzgar verileri, mevsimsel olarak düzenlenmiştir. Düzenlemede, Aralık, Ocak ve Şubat ayları Kış mevsimini, Mart, Nisan ve Mayıs ayları İlkbahar mevsimini, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları Yaz mevsimini ve Sonbahar mevsimini de Eylül, Ekim ve Kasım ayları temsil edecek şekilde alınmıştır. İstasyonlarda, mevsimleri temsil eden ayların toplamında, diğer yönlere göre daha çok esen (en fazla % frekansa sahip) rüzgarlar mevsimsel baskın rüzgar olarak değerlendirilmiştir (Ek Şekil 1, 2, 3, 4 ve 5). Rüzgar hızı olarak bu rüzgarların ortalama, maksimum ve minimum değerleri alınmıştır. Seçilen istasyonlarda çalışma periyodu içerisinde bu şekilde düzenlenen baskın rüzgarların, esme sayısı (% frekans olarak), hızı ve yönü Tablo 5, 6, 7, 8 ve 9'da görüldüğü gibi elde edilmiştir. İkinci aşamada, deniz yüzeyinde dalga ve akıntı oluşumunda etkili olabilecek rüzgarların denizde ve 10 m deniz seviyesinde ölçülmesi gerektiğinden [27], kıyı meteorolojik istasyonlarından temin edilen saatlik rüzgar verilerinden elde edilen Tablo 5, 6, 7, 8 ve 9'daki mevsimsel baskın rüzgarlar, önce denize uyarlanmış, daha sonra da denize uyarlanan bu rüzgarlar 10 m deniz seviyesine indirgenmiştir.

Mevsimsel baskın rüzgar hızları, aşağıdaki bağıntı kullanılarak denize uyarlanmıştır [31].

$$U_{deniz} = 3.0 (U_{kara})^{0.67} \quad (14)$$

Bu bağıntıda;

U_{deniz} : Denize uyarlanan rüzgar hızı (m/s),

U_{kara} : İstasyonlarda ölçülen rüzgar hızı (m/s),

0.67 : Bir sabit'dir.

Daha sonra, denize uyarlanan rüzgarlar, Tablo 2'de verilen istasyonların ve anemografin denizden olan yükseklikleri dikkade alınarak, aşağıdaki bağıntı ile 10 m deniz seviyesine indirgenmiştir [32].

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^n \quad (15)$$

Bu eşitlikte;

U_2 : İstasyon seviyesinde denize uyarlanan rüzgar hızı (m/s),

U_1 : Rüzgarın indirgeneceği yükseklikteki hızı (m/s),

Z_2 : İstasyonun ve anemografin deniz seviyesinden yüksekliği (m),

Z_1 : Rüzgarın indirgeneceği deniz seviyesi (m),

n : Kararlılık katsayısı (boyutsuz)'dır.

n için üç katsayı önerilmektedir. Kararsız (hava parselinin ilk konumundan uzaklaşmaya çalışması) durumda n 0.10, kararlı (hava parselinin başlangıç konumuna gelmesi) durumda 0.18 ve nötr (hava parseline etkiyen kuvvet olmaması) durumda 0.14 değerlerini almaktadır. Buna göre yukarıdaki formül aşağıdaki şekilde düzenlenebilir;

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^{0.10} \quad ; \text{ Kararsız durum için} \quad (16)$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^{0.14} \quad ; \text{ Nötr durum için} \quad (17)$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^{0.18} \quad ; \text{ Kararlı durum için} \quad (18)$$

Çalışma sahamızda, havanın kararlı veya kararsız olduğu belirlenmesinde kullanılan Radiosondaj istasyonu verilerinin olmayışı (Samsun hariç) nedeniyle, indirgemedede hava nötr dengede alınmıştır. İndirgemedede kullanılan Z_2 yükseklikleri, Tablo 2'nin 4. ve 5. sütunlarının toplanmasıyla elde edilmiştir.

İstasyonlardaki baskın rüzgar hızlarının denize uyarlanması ve 10m ye indirgenmesi sonucu elde edilen, yüzey akıntı hesaplanmasında kullanılan mevsimsel baskın rüzgar hızları ve yönleri Tablo 5, 6, 7, 8 ve 9'da verilmiştir.

Tablo 5. Samsun istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri.

Yıllar ve Mevsimler	Baskın Rüzgar	Baskın Rüzgar Frekansı (%)	İstasyondaki Baskın Rüzgar Hızı (m/s)			10m Deniz Yüzeyindeki Rüzgar Hızı (m/s)		
			Ort	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
1990 Kış	SW	26.23	3.30	7.36	0.53	5.23	8.96	1.54
İlkbahar	SW	15.60	1.97	7.17	0.33	3.70	8.80	1.12
Yaz	SW	21.37	1.80	3.63	0.40	3.49	5.58	1.27
Sonbahar	SW	26.40	2.00	6.53	0.37	3.74	8.27	1.21
1991 Kış	SW	24.03	3.33	9.63	0.23	5.26	10.72	0.95
İlkbahar	NNW	12.83	2.80	7.53	0.23	4.69	9.09	0.95
Yaz	SW	18.83	1.57	2.70	0.53	3.18	4.57	1.67
Sonbahar	SW	24.63	1.93	6.53	0.30	3.65	8.27	1.14
1992 Kış	SW	28.37	4.17	9.33	0.40	6.12	10.50	1.38
İlkbahar	SW	12.55	1.80	6.36	0.23	3.49	8.12	0.95
Yaz	SW	20.47	1.57	3.00	0.17	3.18	4.91	0.78
Sonbahar	SW	17.07	2.87	8.80	0.23	4.77	10.50	1.14

Tablo 6. Ordu istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri.

Yıllar ve Mevsimler	Baskın Rüzgar	Baskın Rüzgar Frekansı (%)	İstasyondaki Baskın Rüzgar Hızı (m/s)			10m Deniz Yüzeyindeki Rüzgar Hızı (m/s)		
			Ort	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
1990 Kış	SSE	17.07	2.20	5.00	0.67	4.72	8.19	2.13
İlkbahar	NW	22.13	1.80	6.43	0.10	4.13	9.69	0.60
Yaz	NW	24.60	2.70	7.60	0.30	5.42	10.84	1.24
Sonbahar	ESE	19.93	1.30	2.63	0.13	3.32	5.32	0.71
1991 Kış	SSE	23.63	2.13	6.93	0.47	4.62	10.19	1.68
İlkbahar	NNW	17.60	1.33	3.77	0.13	3.37	6.78	0.71
Yaz	ESE	17.17	1.30	2.73	0.13	3.32	5.46	0.71
Sonbahar	ESE	25.23	1.23	2.40	0.23	3.20	5.01	1.04
1992 Kış	SSE	30.90	1.93	4.50	0.27	4.33	7.63	1.16
İlkbahar	NNW	19.73	1.50	4.80	0.10	3.65	7.97	0.60
Yaz	ESE	20.97	1.30	7.50	0.13	3.32	10.74	0.71
Sonbahar	ESE	19.07	1.20	5.80	0.13	3.15	9.04	0.71

Tablo 7. Giresun istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri.

Yıllar ve Mevsimler	Baskın Rüzgar	Baskın Rüzgar Frekansı (%)	İstasyondaki Baskın Rüzgar Hızı (m/s)			10m Deniz Yüzeyindeki Rüzgar Hızı (m/s)		
			Ort	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
1990 Kış	SSW	26.93	1.40	4.73	0.10	3.00	6.78	0.51
İlkbahar	SSW	15.37	1.13	5.77	0.10	2.60	7.75	0.51
Yaz	SSW	25.80	1.20	3.20	0.10	2.71	5.22	0.51
Sonbahar	SSW	23.03	1.27	4.00	0.10	2.81	6.06	0.51
1991 Kış	SSW	29.60	1.53	6.03	0.10	3.18	7.98	0.51
İlkbahar	NE	15.23	1.60	3.80	0.10	3.28	5.86	0.51
Yaz	SSW	21.00	1.17	3.97	0.10	2.66	6.03	0.51
Sonbahar	SSW	24.23	1.20	3.73	0.10	2.71	5.79	0.51
1992 Kış	SSW	33.30	1.70	5.40	0.10	3.42	7.41	0.51
İlkbahar	SSW	18.13	1.37	4.63	0.10	2.96	6.69	0.51
Yaz	SSW	21.45	1.20	4.10	0.10	2.71	6.16	0.51
Sonbahar	SSW	27.65	1.35	5.95	0.10	2.93	7.91	0.51

Tablo 8. Trabzon istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri.

Yıllar ve Mevsimler	Baskın Rüzgar	Baskın Rüzgar Frekans (%)	İstasyondaki Baskın Rüzgar Hızı (m/s)			10m Deniz Yüzeyindeki Rüzgar Hızı (m/s)		
			Ort	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
1990 Kış	SSW	31.17	1.95	5.60	0.63	3.87	7.84	1.81
İlkbahar	SSW	17.43	1.57	4.97	0.17	3.84	7.23	0.75
Yaz	WSW	29.23	2.40	5.50	0.50	4.44	7.74	1.55
Sonbahar	SSE	32.13	2.60	5.43	0.40	4.69	7.68	1.34
1991 Kış	SSE	32.03	2.57	5.30	0.33	4.65	7.55	1.18
İlkbahar	ENE	13.93	1.80	4.53	0.30	3.66	6.80	1.10
Yaz	SSE	18.23	1.98	4.07	0.53	3.90	6.33	1.61
Sonbahar	SSE	46.53	2.37	5.23	0.63	4.40	7.49	1.81
1992 Kış	SSW	39.50	2.40	4.97	0.10	4.44	7.23	0.53
İlkbahar	SSW	15.57	1.80	4.93	0.13	3.66	7.20	0.63
Yaz	SSW	29.57	2.43	4.67	0.13	4.48	6.94	0.63
Sonbahar	SSW	37.57	2.50	5.20	0.10	4.57	7.46	0.53

Tablo 9. Hopa istasyonuna ait mevsimsel baskın rüzgar parametreleri.

Yıllar ve Mevsimler	Baskın Rüzgar	Baskın Rüzgar Frekans (%)	İstasyondaki Baskın Rüzgar Hızı (m/s)			10m Deniz Yüzeyindeki Rüzgar Hızı (m/s)		
			Ort	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
1990 Kış	E	58.07	3.40	8.83	0.13	5.57	10.56	0.63
İlkbahar	E	37.20	1.73	7.47	0.13	3.54	9.44	0.63
Yaz	E	50.73	1.77	4.93	0.10	3.60	7.15	0.52
Sonbahar	E	52.43	3.13	8.73	0.17	5.27	10.48	0.75
1991 Kış	E	46.67	3.73	9.37	0.23	5.91	10.95	0.91
İlkbahar	E	29.30	1.90	7.73	0.17	3.76	9.63	0.75
Yaz	E	43.83	1.80	4.23	0.17	3.63	6.43	0.75
Sonbahar	E	35.57	1.70	3.93	0.17	3.49	6.12	0.75
1992 Kış	E	44.83	3.30	8.03	0.27	5.44	9.88	1.02
İlkbahar	ESE	27.60	3.90	7.50	0.13	6.09	9.43	0.62
Yaz	NE	26.13	1.50	3.63	0.17	3.21	5.80	0.75
Sonbahar	E	31.57	4.23	8.70	0.33	6.43	10.42	1.16

3. BULGULAR

3.1. Baskın Rüzgarların Oluşturduğu Deniz Yüzey Akıntıları

Yapılan kabuller neticesinde, $35^{\circ} 30' - 41^{\circ} 25' E$ boylamlarıyla, $40^{\circ} 55' - 42^{\circ} 00' N$ enlemleri arasında kalan Doğu Karadeniz kıyılarında, mevsimsel baskın rüzgarların oluşturabileceği deniz yüzey akıntılarının yön ve hızları istasyonlara göre belirlenmiştir. Rüzgar aynı olmak şartıyla, istasyonun bulunduğu enlem derecesinde yapılan hesaplama neticesinde bulunan akıntı hızıyla, $42^{\circ} 00' N$ enlemde yapılan hesaplama sonucunda bulunan akıntı hızı arasındaki fark bütün istasyonlarda 0.05-0.08 cm/s arasında, enlem artışına karşın azaldığı belirlenmiştir (Tablo 10, 11, 12, 13 ve 14). Bu yüzden, aşağıda istasyonlara göre yapılacak değerlendirmede, bulgu olarak ifade edilecek akıntı hızı, istasyonun bulunduğu enlemde yapılan hesaplamada elde edilen değerlerdir.

3.1.1. Samsun Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları

Samsun kıyılarında ($35^{\circ} 30' - 37^{\circ} 00' E$, $41^{\circ} 17' - 42^{\circ} 00' N$), inceleme periyotunda (1990-1991-1992) mevsimsel baskın rüzgarların oluşturabilecekleri deniz yüzey akıntı parametreleri Tablo 10' da verilmiştir. $41^{\circ} 17' N$ 'deki akıntı hızıyla $42^{\circ} 00' N$ 'deki akıntı hızı arasındaki fark ortalama değerinde 0.05 cm/s olarak bulunmuştur (Tablo 10). İnceleme periyotunda, kış mevsimlerinde baskın SW rüzgarının ortalama olarak sırasıyla, 7.29 cm/s, 7.30 cm/s ve 9.49 cm/s hıza sahip kuzeydoğu-doğu (60°) yönünde akıntılar oluşturabileceği belirlenmiştir (Tablo 10), (Şekil 19, 23, 27). 1990 ve 1992 ilkbahar mevsimlerinde baskın olan SW rüzgarının etkisinde, 65° yönünde, sırasıyla ortalama 6.14 cm/s, 5.95 cm/s değerlerinde akıntılarının oluşabileceği saptanmıştır (Şekil 20, 28). 1991 yılı ilkbaharında ise oluşabilecek akıntılarının, NNW rüzgarının etkisinde, güneye doğru (175°) ortalama 6.90 cm/s lik değerinde olabileceği belirlenmiştir (Şekil 24). Kış mevsimi gibi yazın da baskın olan SW rüzgarının, inceleme periyotunda

sırasıyla ortalama 5.95 cm/s, 5.69 cm/s ve 5.60 cm/s lik 65° yönünde akıntılar oluşturabileceği tespit edilmiştir (Şekil 21, 25, 29). Sonbaharda aynı rüzgarın ortalama 6.17 cm/s, 6.09 cm/s ve 6.69 cm/s hızlarında, 64° yönünde akıntılar oluşturabileceği saptanmıştır (Şekil 22, 26, 30). En yüksek akıntı hızına 16.63 cm/s ile 1991 kış mevsiminde, en düşük hızı ise 2.11 cm/s ile 1992 yaz mevsiminde belirlenmiştir (Şekil 31).

3.1.2. Ordu Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları

41° 00'-42° 00' N enlem, 37° 00'-38° 00' E boylamları arasındaki Ordu kıyılarında, inceleme periyodu (1990-1991-1992) boyunca görülebilecek yüzey akıntı bulguları Tablo 11'de verilmiştir. 41° 00' N'deki akıntı hızıyla, 42° 00' N'deki akıntı hızı arasındaki fark ortalama değerinde 0.07 cm/s bulunmuştur (Tablo 11). Üç yıl boyunca, kış mevsimlerinde baskın olan SSE rüzgarı, kuzey yönünde (355°) ortalama olarak sırasıyla 6.95 cm/s, 6.87 cm/s ve 6.65 cm/s lik akıntılar oluşturarak, suları kıyısız alanlardan açıklara taşıyabileceği saptanmıştır (Şekil 19, 23, 27). Buna karşın, ilkbahar mevsimlerinde ise NW ve NNW rüzgarlarının güney yönünde (175°) ortalama 6.50 cm/s, 5.87 cm/s ve 6.11 cm/s değerinde akıntılar oluşturarak açıktaki suları kıyılara yığabileceği belirlenmiştir (Şekil 20, 24, 28). Yaz 1990'da NNW rüzgarı ortalama 7.44 cm/s hızında güney yönünde bir akıntı (Şekil 21), 1991 ve 1992'nin aynı mevsimde baskın ESE rüzgarının batı-kuzeybatı (310°) yönünde ortalama 5.83 cm/s lik akıntılar oluşturabileceği saptanmıştır (Şekil 25, 29). Sonbaharda her üç yılda baskın olan ESE rüzgarının ortalama olarak sırasıyla 5.83 cm/s, 5.72 cm/s ve 5.67 cm/s lik değerinde, batı-kuzeybatı yönlerinde akıntılar oluşturabileceği saptanmıştır (Şekil 22, 26, 30). 16.86 cm/s ile en yüksek akıntı hızına 1990 yaz mevsiminde rastlanırken, en düşük akıntı hızına 2.47 cm/s ile aynı yılın ilkbahar mevsiminde rastlanmıştır (Şekil 32).

3.1.3. Giresun Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları

Giresun kıyılarında (40° 55' - 42° 00' N, 38° 00' - 39° 00' E) mevsimsel baskın rüzgarların oluşturacağı yüzey akıntı değerleri Tablo 12'de verilmiştir. 40° 55' N'deki akıntı hızıyla, 42° 00' N'deki akıntı hızı arasındaki fark ortalama değerinde 0.08 cm/s

Tablo 10. Samsun istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları.

Mevsimler ve Yıllar	Rüzgar Yönü (Derece)	Rüzgar Hızı (m/s)		Sapma Açısı, α (Derece)		I			II			III			Akıntı Yönü (Derece)		
		Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
1990 Kış	225.0	5.23	8.96 1.54	17.38	11.56 24.70	7.29	13.89	3.95	7.28	13.86	3.95	7.24	13.80	3.92	61.84	56.56	69.70
İlkbahar	225.0	3.70	8.80 1.12	19.57	11.75 26.07	6.14	13.65	3.37	6.12	13.62	3.37	6.09	13.56	3.35	64.57	56.75	71.07
Yaz	225.0	3.49	5.58 1.27	20.00	16.29 25.54	5.95	7.53	3.60	5.94	7.51	3.60	5.91	7.48	3.57	65.00	61.29	70.54
Sonbahar	225.0	3.74	8.27 1.21	19.49	12.44 25.76	6.17	12.82	3.50	6.15	12.79	3.50	6.12	12.73	3.48	64.49	57.44	70.76
1991 Kış	225.0	5.26	10.72 0.95	16.76	9.44 26.68	7.32	16.63	3.11	7.30	16.60	3.11	7.26	16.52	3.09	61.79	54.44	71.68
İlkbahar	337.5	4.69	9.09 0.95	17.76	11.38 26.68	6.90	14.11	3.11	6.89	14.08	3.11	6.85	14.01	3.09	175.26	168.88	184.18
Yaz	225.0	3.18	4.57 1.67	20.62	17.96 24.32	5.69	6.82	4.11	5.67	6.80	4.11	5.65	6.77	4.09	65.62	62.96	69.32
Sonbahar	225.0	3.65	8.27 1.14	19.67	12.44 26.00	6.09	12.82	3.40	6.08	12.79	3.40	6.05	12.73	3.38	64.67	57.44	71.00
1992 Kış	225.0	6.12	10.50 1.38	15.45	9.70 25.19	9.49	16.29	3.74	9.47	16.25	3.74	9.43	16.17	3.72	60.45	54.70	70.19
İlkbahar	225.0	3.49	8.12 0.95	20.00	12.63 26.68	5.95	12.60	3.11	5.94	12.57	3.11	5.91	12.51	3.09	65.00	57.63	71.68
Yaz	225.0	3.18	4.91 0.78	20.62	17.38 27.39	5.69	7.06	2.81	5.67	7.05	2.81	5.65	7.02	2.79	65.62	62.38	72.39
Sonbahar	225.0	4.77	10.50 1.14	17.63	10.17 26.00	6.69	15.66	3.40	6.65	15.63	3.40	6.61	15.55	3.38	62.63	55.17	71.00

I: 41° 17' N, II: 41° 30' N ve III: 42° 00' N enlemlerini göstermektedir.

Tablo 11. Ordu istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları.

Mevsimler ve Yıllar	Rüzgar Yönü (Derece)	Rüzgar Hızı (m/s)		Sapma Açısı, α (Derece)		I			II			III			Akıntı Yönü (Derece)		
		Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
1990 Kış	157.5	4.72	8.19 2.13	17.70	12.54 23.05	6.95	12.74	4.67	6.92	12.67	4.64	6.88	12.61	4.62	355.20	350.04	360.55
İlkbahar	315.0	4.13	9.69 0.60	18.76	10.65 28.21	6.50	15.08	2.47	6.47	15.00	2.46	6.43	14.93	2.44	153.76	145.65	163.21
Yaz	315.0	5.42	10.84 1.24	16.54	9.31 25.64	7.44	16.86	3.57	7.41	16.78	3.55	7.37	16.71	3.53	151.54	144.33	160.64
Sonbahar	112.5	3.32	5.32 0.71	20.33	16.69 27.68	5.83	7.38	2.69	5.80	7.34	2.68	5.77	7.31	2.67	-312.83	309.19	320.18
1991 Kış	157.5	4.62	10.19 1.68	17.88	10.06 24.28	6.87	15.85	4.14	6.84	15.77	4.12	6.81	15.70	4.12	355.38	347.56	361.78
İlkbahar	337.5	3.37	6.78 0.71	20.23	14.48 27.68	5.87	10.54	2.69	5.84	10.49	2.68	5.81	10.44	2.66	177.38	171.98	185.18
Yaz	112.5	3.32	5.46 0.71	20.33	16.48 27.68	5.83	7.47	2.69	5.80	7.43	2.68	5.77	7.40	3.26	312.83	308.98	320.18
Sonbahar	112.5	3.20	5.01 1.04	20.58	17.22 21.66	5.72	7.16	3.26	5.69	7.12	3.25	5.66	7.09	3.95	313.08	309.72	318.85
1992 Kış	157.5	4.33	7.63 1.16	18.40	13.28 20.14	6.65	11.87	3.44	6.62	11.81	3.42	6.59	11.75	4.17	355.90	350.78	363.43
İlkbahar	337.5	3.65	7.97 0.60	19.66	12.83 21.10	6.11	12.39	2.47	6.08	12.33	2.46	6.05	12.27	2.99	177.16	170.33	185.73
Yaz	112.5	3.32	10.74 0.71	20.33	9.42 21.66	5.83	16.71	2.69	5.80	16.63	2.68	5.77	16.55	3.26	312.83	301.92	320.18
Sonbahar	112.5	3.15	9.04 0.71	20.69	11.45 21.17	5.67	14.07	2.69	5.64	14.00	2.68	5.62	13.93	3.26	313.19	303.95	320.18

I: 41° 00' N, II: 41° 30' N ve III: 42° 00' N enlemlerini göstermektedir.

olarak belirlenmiştir (Tablo 12). İnceleme periyotunda (1990-1991-1992) yüzey akıntılarının bütün mevsimlerde (ilkbahar 1991 hariç) baskın olan SSW rüzgarının etkisinde 5-6 cm/s lik 41° - 43° (kuzeydoğu) yönünde akıntılar oluşturabileceği tespit edilmiştir (Şekil 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29 ve 30). Buna karşın 1991 ilkbahar mevsiminde ise baskın NE rüzgarı, 245° yönünde, 5.80 cm/s hızında akıntı oluşturabileceği saptanmıştır (Şekil 24). En yüksek akıntı hızı 12.42 cm/s ile 1991 kış mevsiminde, en düşük akıntı hızı ise bütün mevsimlerde 2.29 cm/s olarak belirlenmiştir (Şekil 33).

3.1.4. Trabzon Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları

Trabzon kıyılarında ($41^{\circ} 00'$ - $42^{\circ} 00'$ N , $39^{\circ} 00'$ - $40^{\circ} 30'$ E) mevsimsel baskın rüzgarların oluşturacağı yüzey akıntı değerleri Tablo 13'de verilmiştir. $41^{\circ}00'$ N'deki akıntı hızıyla, $42^{\circ} 00'$ N'deki akıntı hızı arasındaki fark ortalama değerinde 0.06 cm/s olarak belirlenmiştir (Tablo 13). Bu istasyon kıyılarında, 1990 ve 1992 yılları kış mevsimlerinde SSW rüzgarının, ortalama olarak 6.29 cm/s, 6.74 cm/s hızlarında, 41° (kuzeydoğu) yönünde akıntılar oluşturabileceği (Şekil 19, 23), 1992 yılının aynı mevsiminde, baskın SSE rüzgarının 355° (kuzey) yönünde ortalama 6.90 cm/s lik değerinde akıntı oluşturabileceği saptanmıştır (Şekil 27). İlkbahar mevsimlerinde 1990 ve 1992 yıllarında baskın olan SSW rüzgarının 42° (kuzeybatı) yönünde sırasıyla ortalama 5.85 cm/s ve 6.12 cm/s akıntılar oluştururken (Şekil 20, 28), 1991 yılının aynı mevsiminde baskın ENE rüzgarının 6.12 cm/s lik 267° (batı) yönünde bir akıntı oluşturabileceği saptanmıştır (Şekil 24). 1990 yaz mevsiminde baskın WSW rüzgarının 85° (doğu) yönünde ortalama 6.74 cm/s lik akıntı (Şekil 21), 1991 yılının aynı mevsiminde baskın SSE rüzgarının 355° (kuzey) yönünde 6.32 cm/s (Şekil 25) ve 1992 yılı aynı mevsiminde baskın olan SSW rüzgarının da 40° civarında 6.77 cm/s lik akıntılar oluşturabilecekleri belirlenmiştir (Şekil 29). 1990 ve 1991 yılları sonbahar mevsimlerinde etkin olan SSE rüzgarları, 355° (kuzey) yönünde sırasıyla 6.92 cm/s, 6.71 cm/s lik akıntılar oluşturabilecekleri saptanmışken (Şekil 22, 26), 1992 yılının aynı mevsiminde SSW rüzgarının 40° (kuzeydoğu) yönünde, 6.83 cm/s lik akıntı oluşturabileceği belirlenmiştir (Şekil 30). Mevsimler içerisinde en yüksek akıntı hızı, 12.19 cm/s ile 1990

kış mevsiminde kuzeybatı yönünde olabileceği belirlenirken, en düşük akıntı hızı 2.31 cm/s ile 1992 yılı kış ve ilkbahar mevsimlerinde saptanmıştır (Şekil 34).

3.1.5. Hopa Kıyılarında Oluşabilecek Deniz Yüzey Akıntıları

Hopa kıyılarında ($41^{\circ} 00' - 42^{\circ} 00' N$, $40^{\circ} 30' - 41^{\circ} 25' E$) mevsimsel baskın rüzgarların oluşturacağı yüzey akıntı değerleri Tablo 14'de verilmiştir. $41^{\circ} 25' N$ 'deki akıntı hızıyla $42^{\circ} 00' N$ 'deki akıntı hızı arasındaki fark ortalama değerinde 0.05 cm/s olarak tespit edilmiştir (Tablo 14). Bu istasyon kıyılarında görülebilecek akıntılar bütün mevsimlerde 1992 yılı ilkbahar ve yaz mevsimi hariç) büyük farkla baskın olan E (Doğu) rüzgarının etkisi altındadır (Ek Şekil 5). İnceleme periyodu (1990-1991-1992) süresince kış mevsimlerinde bu rüzgarın sırasıyla 7.52 cm/s, 7.74 cm/s ve 7.43 cm/s ortalama değerinde, 286° (batı-kuzeybatı) yönünde akıntılar oluşturabilecekleri belirlenmiştir (Şekil 19, 23, 27). 1990 ve 1991 ilkbahar mevsimlerinde ise bu rüzgarın sırasıyla, 5.99 cm/s ve 6.17 cm/s hızlarında 290° (batı-kuzeybatı) yönünde akıntılar oluştururken (Şekil 20, 24), 1992 yılının aynı mevsiminde baskın ESE rüzgarının 330° yönünde, ortalama 9.43 cm/s lik bir akıntı oluşturabileceği belirlenmiştir (Şekil 28). 1990 ve 1991 yıllarının yaz mevsimlerinde E rüzgarının 286° (batı-kuzeybatı)'de sırasıyla ortalama, 6.04 cm/s ile 5.95 cm/s lik akıntı oluşturabileceği saptanmıştır (Şekil 21, 25). 1992 yılı yaz mevsiminde ise NE rüzgarının etkisinde oluşabilecek akıntının 5.70 cm/s lik değerinde 245° yönünde olabileceği belirlenmiştir (Şekil 29). Sonbahar mevsimlerinde E rüzgarının etkisiyle ortalama olarak sırasıyla, 7.31 cm/s, 5.95 cm/s ve 9.96 cm/s lik 284° (batı-kuzeybatı) yönünde akıntılar oluşabileceği saptanmıştır (Şekil 22, 26, 30). En yüksek akıntı hızına 16.97 cm/s ile 1991 kış mevsiminde rastlanırken, en düşük akıntı hızı 2.31 cm/s ile 1990 yaz mevsiminde görülmüştür (Şekil 35).

Tablo 12. Giresun istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları.

Mevsimler ve Yıllar	Rüzgar Yönü (Derece)	Rüzgar Hızı (m/s)		Sapma Açısı , α (Derece)		Yüzey Akıntı Hızı, V (cm/s)				Akıntı Yönü (Derece)			
		Ort.	Max.Min.	Ort.	Max. Min.	I	II	III	IV	Ort.	Max. Min.		
1990 Kış	202.5	3.00	6.78 0.51	21.01	14.47 28.63	5.54	10.55 2.29	5.51	10.51 2.28	5.48	10.45 2.27	43.51	36.97 51.13
İlkbahar	202.5	2.60	7.75 0.51	21.91	13.12 28.63	5.16	12.06 2.29	5.13	11.99 2.28	5.10	11.94 2.27	44.41	35.62 51.13
Yaz	202.5	2.71	5.22 0.51	21.66	16.89 28.63	5.26	7.31 2.29	5.23	7.27 2.28	5.21	7.23 2.27	44.16	39.36 51.13
Sonbahar	202.5	2.81	6.06 0.51	21.43	15.33 28.63	5.37	9.43 2.29	5.36	9.38 2.28	5.31	9.34 2.27	43.93	38.03 51.13
1991 Kış	202.5	3.18	7.98 0.51	20.62	12.81 28.63	5.71	12.42 2.29	5.71	12.42 2.29	5.65	12.29 2.27	43.12	35.31 51.13
İlkbahar	45.0	3.28	5.86 0.51	20.41	15.85 28.63	5.80	7.75 2.29	5.79	7.74 2.29	5.74	7.66 2.27	245.41	240.85 253.63
Yaz	202.5	2.66	6.03 0.51	21.77	15.58 28.63	5.22	9.39 2.29	5.22	9.38 2.29	5.16	9.29 2.27	44.27	38.08 51.13
Sonbahar	202.5	2.71	5.79 0.51	21.66	15.96 28.63	5.26	7.70 2.29	5.26	7.65 2.28	5.21	7.62 2.27	44.16	38.46 51.13
1992 Kış	202.5	3.42	7.41 0.51	20.14	13.58 28.63	5.92	11.53 2.29	5.91	11.47 2.28	5.85	11.42 2.27	42.64	36.08 51.13
İlkbahar	202.5	2.96	6.69 0.51	21.10	14.61 28.63	5.50	10.40 2.29	5.47	10.35 2.28	5.44	10.30 2.27	43.60	37.11 51.13
Yaz	202.5	2.71	6.16 0.51	21.66	15.38 28.63	5.26	9.59 2.29	5.23	9.54 2.28	5.21	9.49 2.27	44.16	37.88 51.13
Sonbahar	202.5	2.93	7.91 0.51	21.17	12.91 28.63	5.48	12.31 2.29	5.47	12.24 2.28	5.42	12.18 2.27	43.67	35.41 51.13

I: 40° 55' N, II: 41° 30' N, III: 41° 30' N ve IV: 42° 30' N enlemlerini göstermektedir.

Tablo 13. Trabzon istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları.

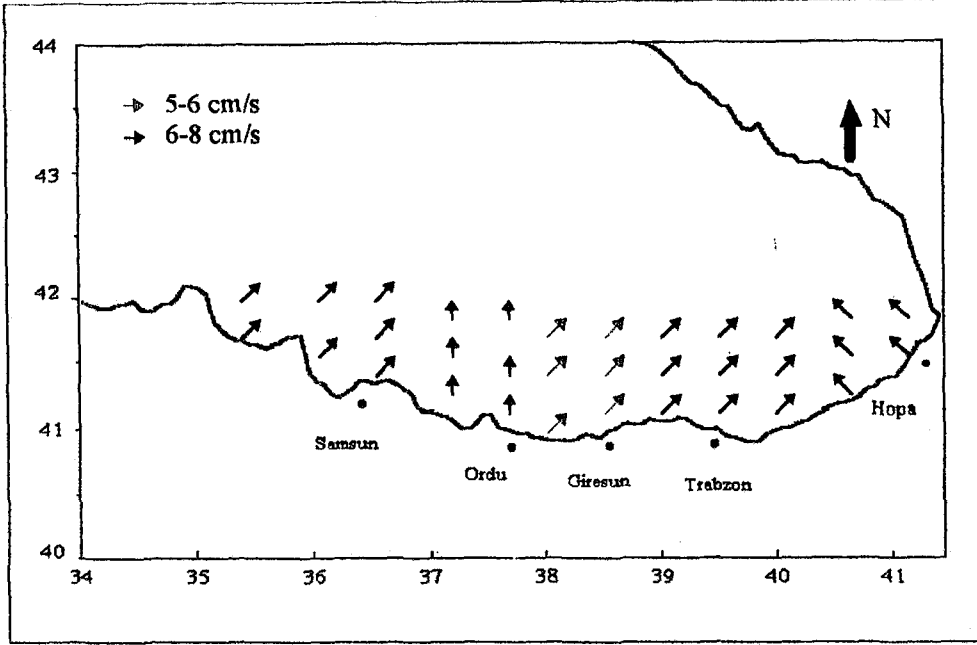
Mevsimler ve Yıllar	Rüzgar Yönü (Derece)	Rüzgar Hızı (m/s)		Sapma Açısı , α (Derece)		Yüzey Akıntı Hızı, V (cm/s)				Akıntı Yönü (Derece)			
		Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	I	II	III	IV	Ort.	Max. Min.		
1990 Kış	202.5	3.87	7.84 1.81	19.26	13.00 23.90	6.29	12.19 4.28	6.26	12.13 4.28	6.22	12.07 4.26	41.76	35.50 46.40
İlkbahar	202.5	3.84	7.23 0.75	20.29	13.83 27.49	5.85	11.25 2.76	5.82	11.20 2.76	5.79	11.14 2.75	42.79	36.33 22.50
Yaz	247.5	4.44	7.74 1.55	18.19	13.13 24.65	6.74	12.04 3.96	6.71	11.98 3.96	6.67	11.93 3.95	85.69	80.63 92.15
Sonbahar	157.5	4.69	7.68 1.34	17.76	13.22 25.33	6.92	11.94 3.68	6.89	11.88 3.68	6.85	11.82 3.66	355.26	350.72 362.83
1991 Kış	157.5	4.65	7.55 1.18	17.83	13.39 25.87	6.90	11.75 3.45	6.86	11.69 3.45	6.83	11.63 3.43	355.33	350.89 363.37
İlkbahar	67.5	3.66	6.80 1.10	19.65	14.44 26.12	6.12	10.58 3.34	6.09	10.52 3.34	6.06	10.47 3.33	267.15	261.94 273.62
Yaz	157.5	3.90	6.33 1.61	19.18	15.13 24.47	6.32	9.84 4.04	6.29	9.79 4.04	6.26	9.75 4.02	356.68	352.63 361.97
Sonbahar	157.5	4.40	7.49 1.81	18.26	13.48 23.90	6.71	11.64 4.28	6.68	11.59 4.28	6.65	11.53 4.26	355.76	350.98 361.40
1992 Kış	202.5	4.44	7.23 0.53	18.29	13.83 28.55	6.74	11.25 2.31	6.71	11.20 2.31	6.67	11.14 2.30	40.69	36.33 51.05
İlkbahar	202.5	3.66	7.20 0.63	19.65	13.88 28.05	6.12	11.19 2.52	6.09	11.14 2.52	6.06	11.08 2.51	42.15	36.38 50.55
Yaz	202.5	4.48	6.94 0.63	18.13	14.24 28.05	6.77	10.79 2.52	6.73	10.74 2.52	6.70	10.69 2.51	40.63	36.74 50.55
Sonbahar	202.5	4.57	7.46 0.53	17.98	13.52 28.55	6.83	8.73 2.31	6.80	8.69 2.31	6.77	8.65 2.30	40.48	36.02 51.05

I: 41° 00' N, II: 41° 30' N ve III: 42° 00' N enlemlerini göstermektedir.

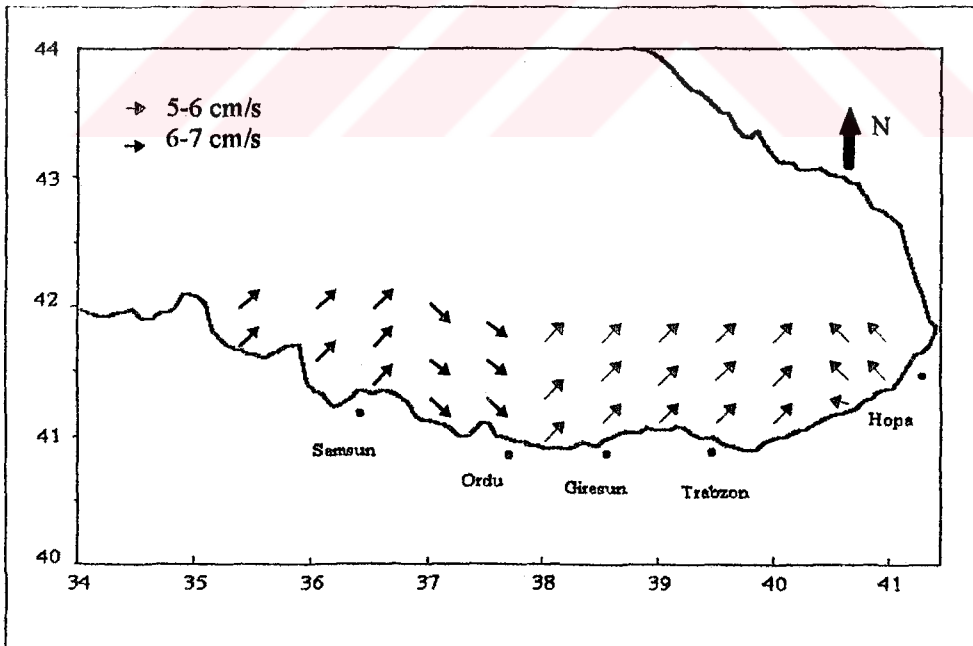
Tablo 14. Hopa istasyonuna ait baskın rüzgar yönleri ve yüzey akıntı bulguları.

Mevsimler ve Yıllar	Rüzgar Yönü (Derece)	Rüzgar Hızı (m/s)		Sapma Açısı, α (Derece)		I			II			III			Akıntı Yönü (Derece)	
		Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	Ort.	Max. Min.	
1990	Kış	5.57	10.56 0.63	16.33	9.67 28.08	7.52	16.36 2.52	7.51	16.35 2.53	7.47	16.27 2.50	286.30	279.63	289.07		
	İlkbahar	3.54	9.44 0.63	19.91	10.99 28.08	5.99	14.62 2.52	5.99	14.61 2.53	5.96	14.54 2.50	289.88	280.96	298.07		
	Yaz	3.60	7.15 0.52	19.80	13.98 28.58	6.04	11.07 2.31	6.03	11.06 2.32	6.01	11.01 2.29	289.77	283.95	298.57		
	Sombahar	5.27	10.48 0.75	16.81	9.76 27.52	7.31	16.23 2.76	7.30	16.22 2.77	7.27	16.14 2.74	286.78	279.72	297.51		
1991	Kış	5.91	10.95 0.91	15.77	9.18 26.83	7.74	16.97 3.04	7.73	16.95 3.06	7.70	16.87 3.03	285.77	279.18	296.83		
	İlkbahar	3.76	9.63 0.75	19.46	10.73 27.52	6.17	14.91 2.75	6.17	14.90 2.76	6.14	14.83 2.74	289.46	280.73	297.52		
	Yaz	3.63	6.43 0.75	19.72	14.98 27.52	6.06	9.96 2.75	6.06	9.95 2.76	6.03	9.90 2.74	289.72	284.98	297.52		
	Sombahar	3.49	6.12 0.75	19.99	15.45 27.52	5.95	9.48 2.75	5.94	9.47 2.76	5.92	9.43 2.74	289.99	285.45	297.52		
1992	Kış	5.44	9.88 1.02	16.50	10.43 26.44	7.43	15.30 3.21	7.42	15.29 3.23	7.39	15.21 3.19	286.50	280.43	296.44		
	İlkbahar	6.09	9.43 0.62	15.50	10.96 28.08	9.43	14.62 2.51	9.42	14.60 2.52	9.38	14.53 2.50	330.50	325.96	343.08		
	Yaz	3.21	5.80 0.75	20.56	15.93 27.52	5.70	7.67 2.75	5.70	7.66 2.76	5.67	7.63 2.74	245.56	240.93	252.52		
	Sombahar	6.43	10.42 1.16	14.98	9.79 25.91	9.96	16.14 3.44	9.95	16.13 3.45	9.90	16.05 3.42	284.98	279.79	295.91		

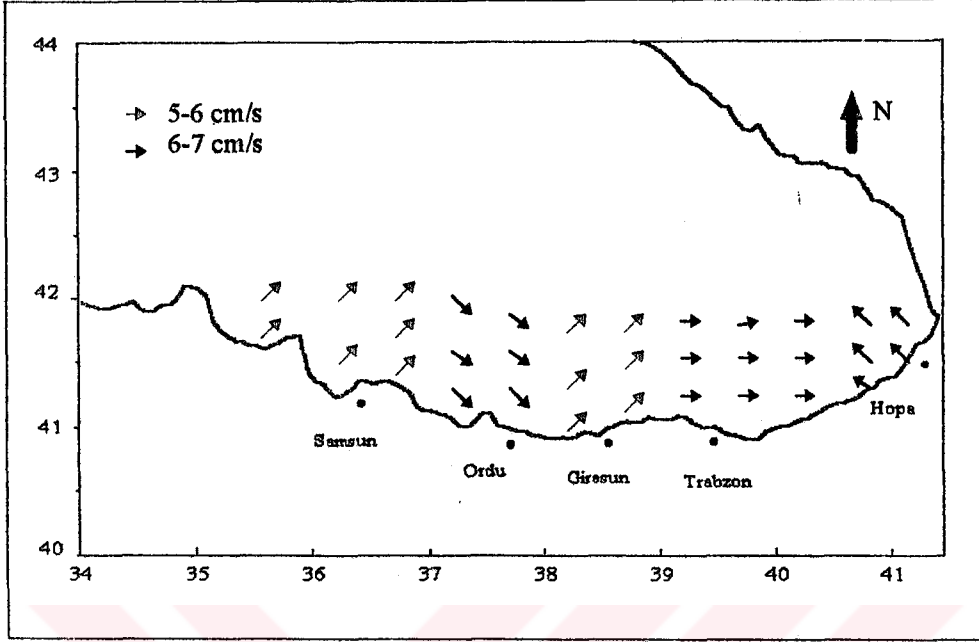
I : 41° 25' N , II : 41° 30' N ve III: 42° 00' N enlemlerini göstermektedir.



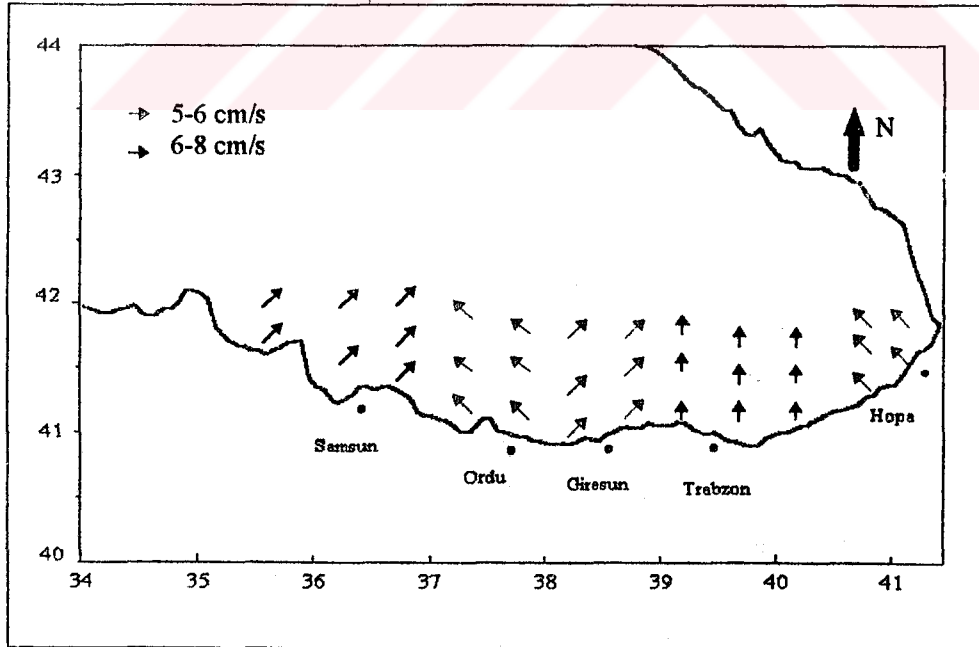
Şekil 19. 1990 yılı kış mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



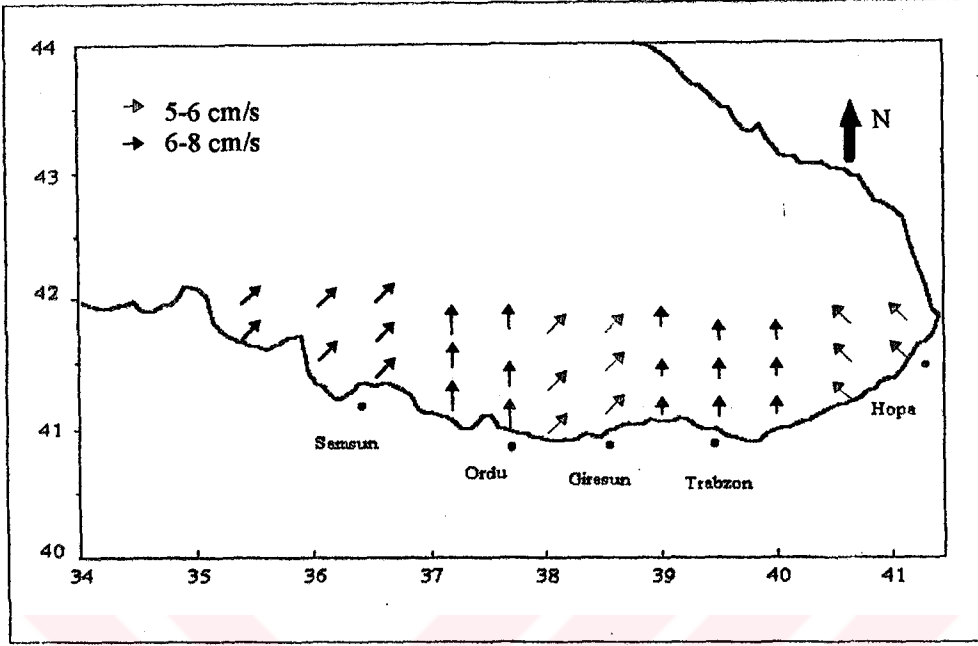
Şekil 20. 1990 yılı ilkbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



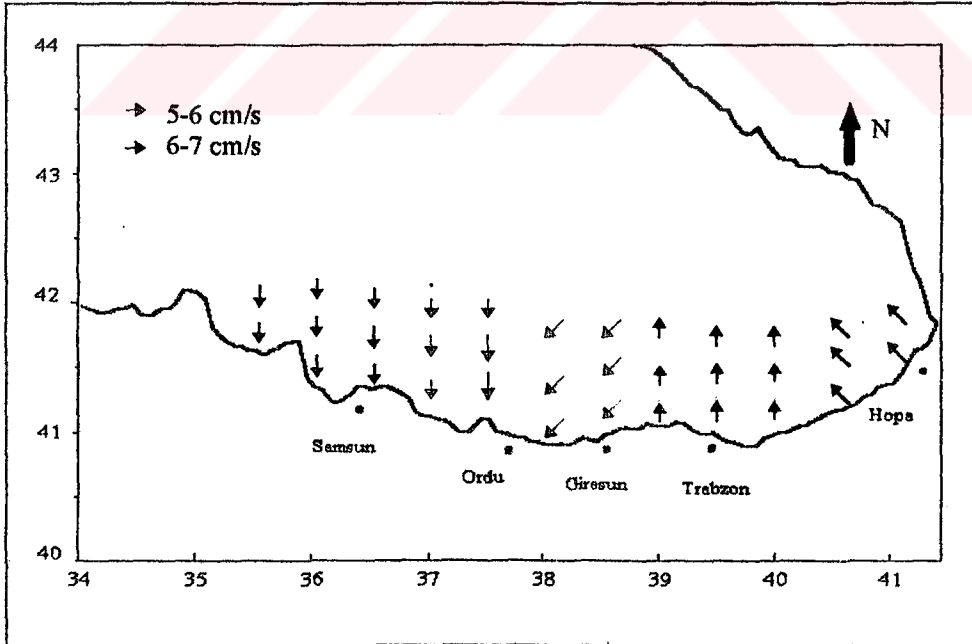
Şekil 21. 1990 yılı yaz mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



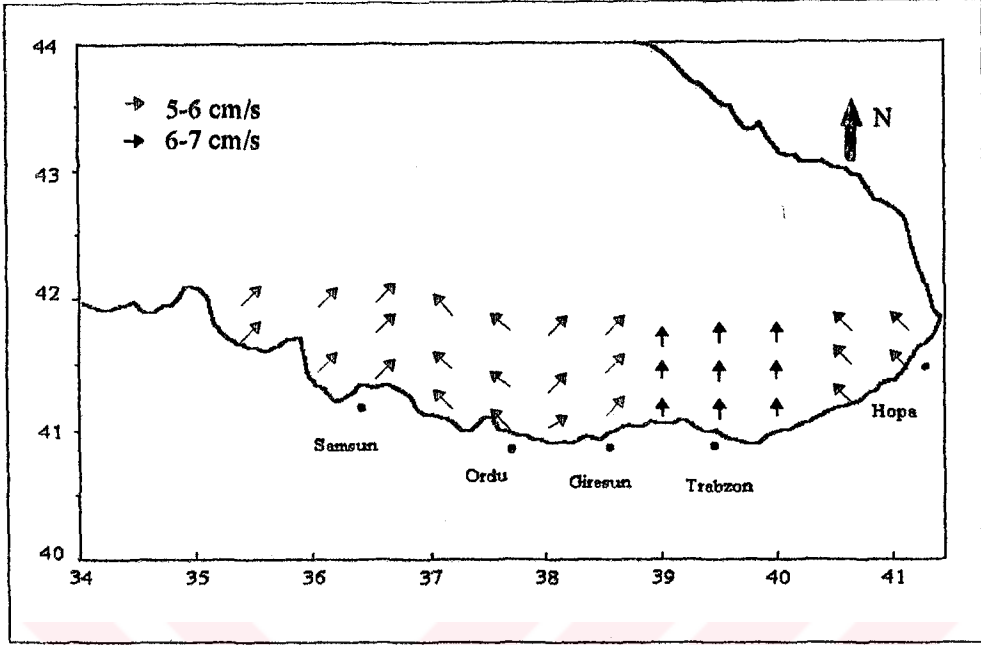
Şekil 22. 1990 yılı sonbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



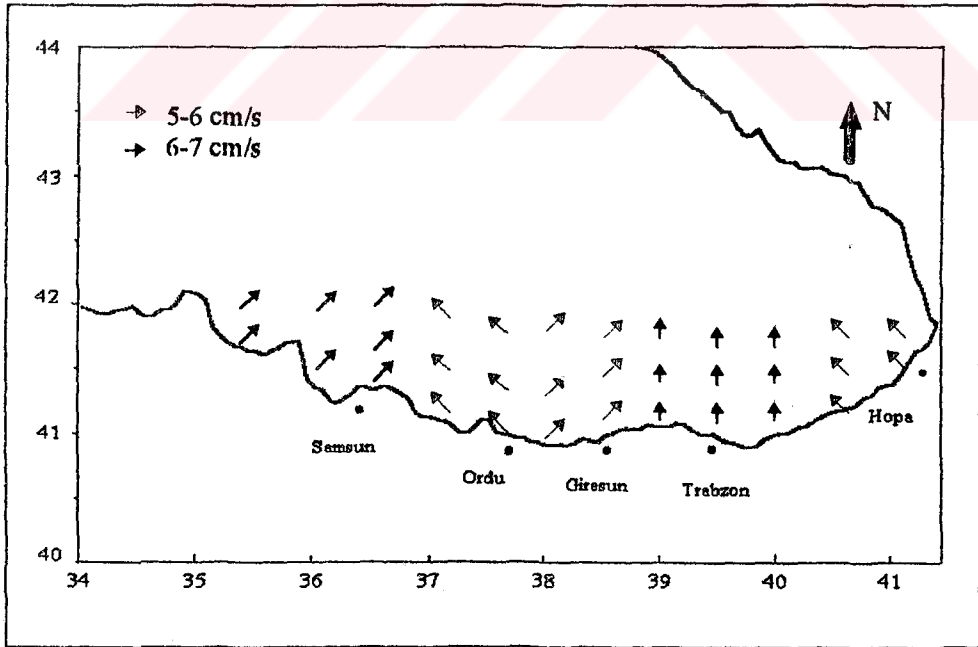
Şekil 23. 1991 yılı kış mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



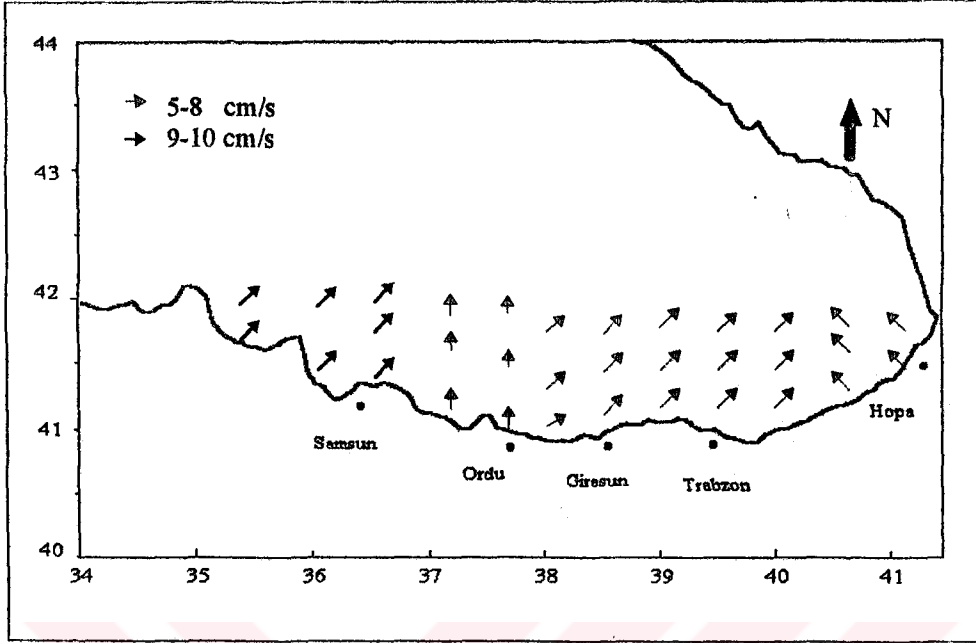
Şekil 24. 1991 yılı ilkbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



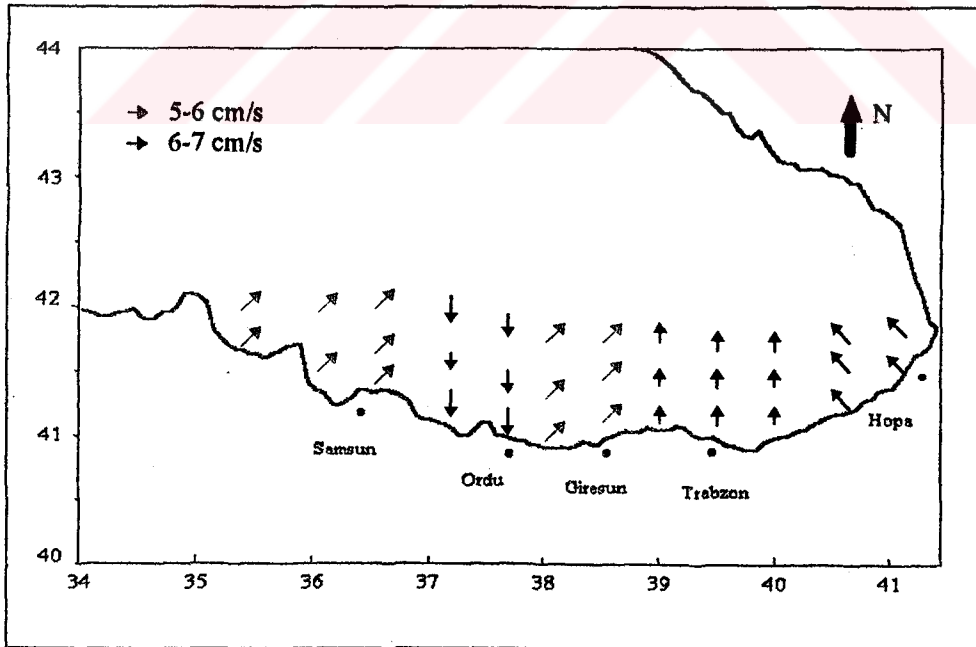
Şekil 25. 1991 yılı yaz mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



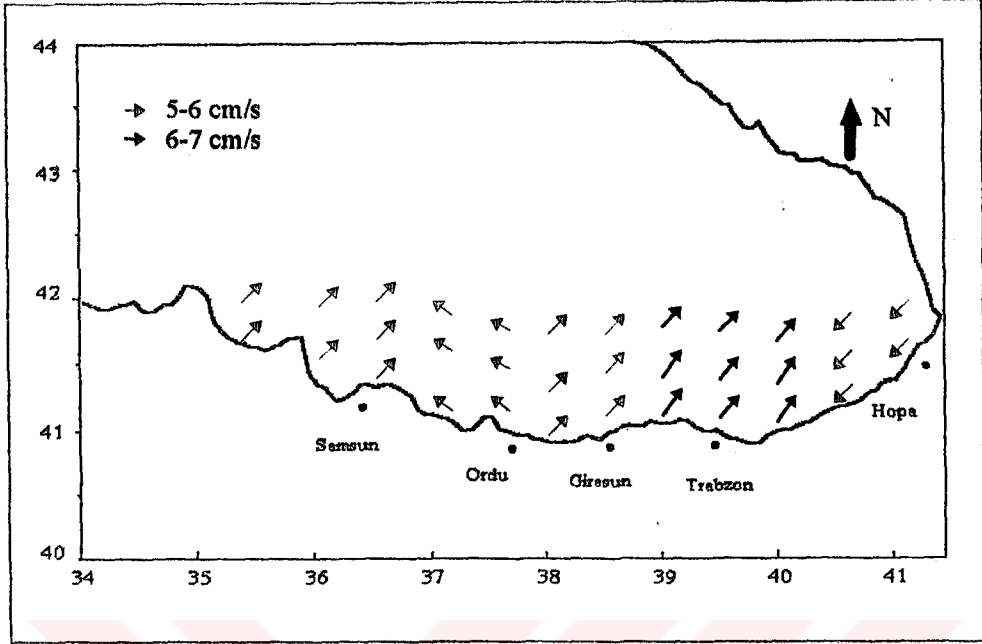
Şekil 26. 1991 yılı sonbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



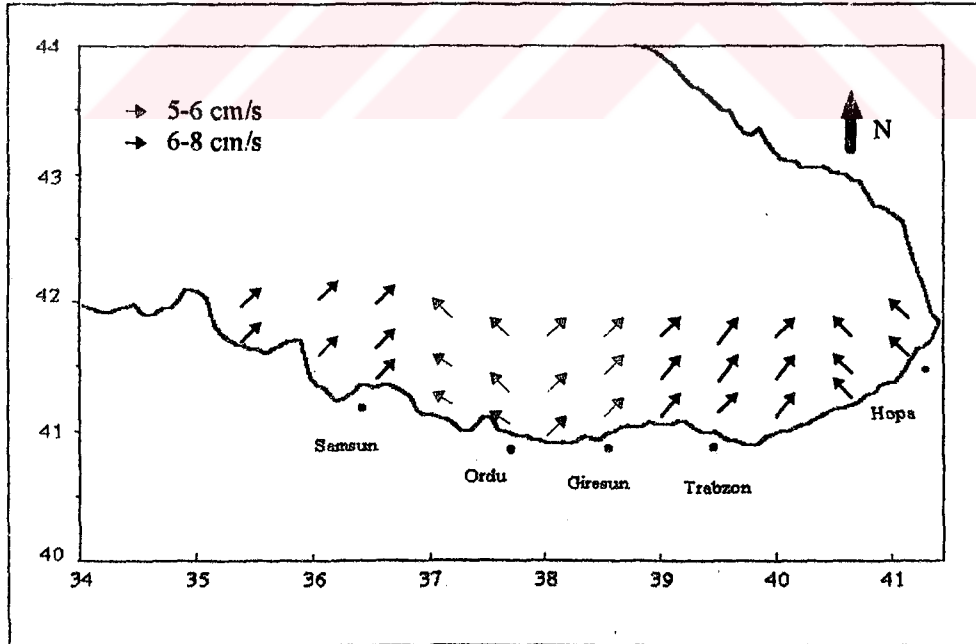
Şekil 27. 1992 yılı kış mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



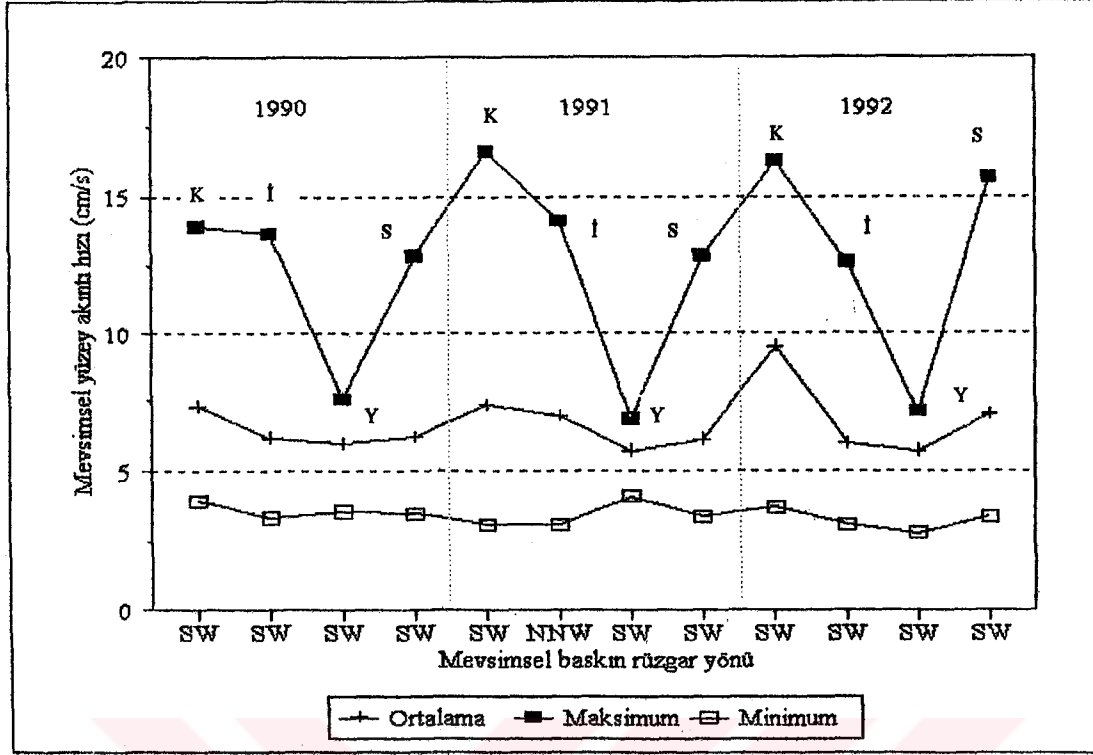
Şekil 28. 1992 yılı ilkbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



Şekil 29. 1992 yılı yaz mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.

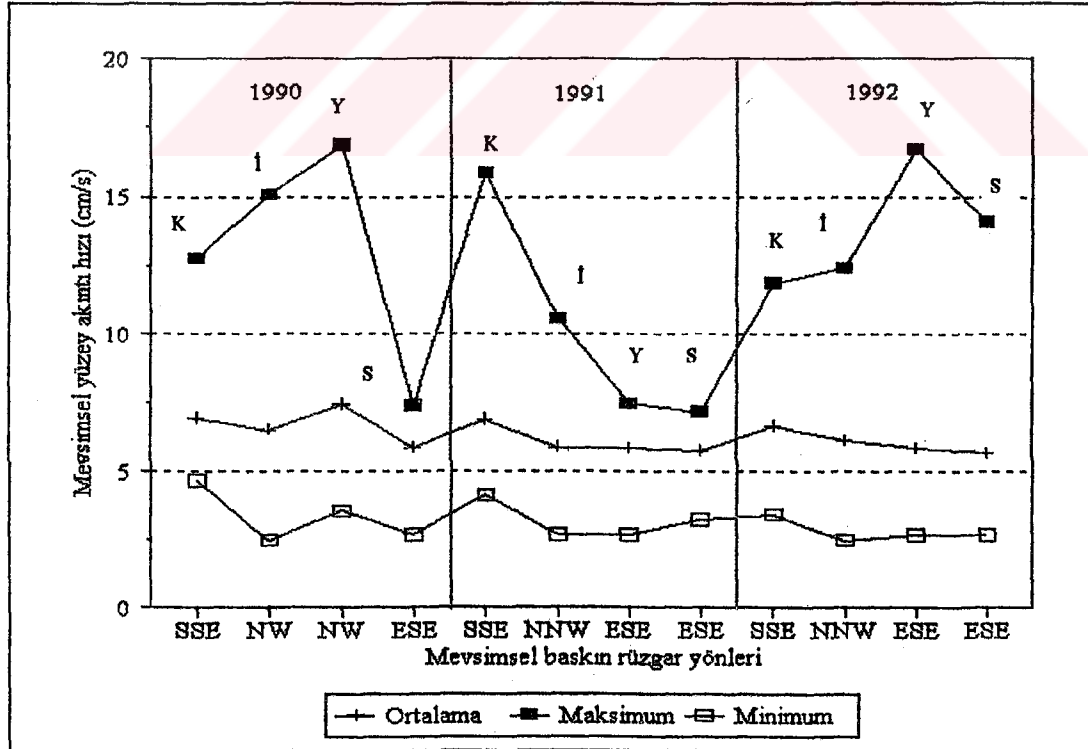


Şekil 30. 1992 yılı sonbahar mevsiminde baskın rüzgarların oluşturabileceği yüzey akıntıları.



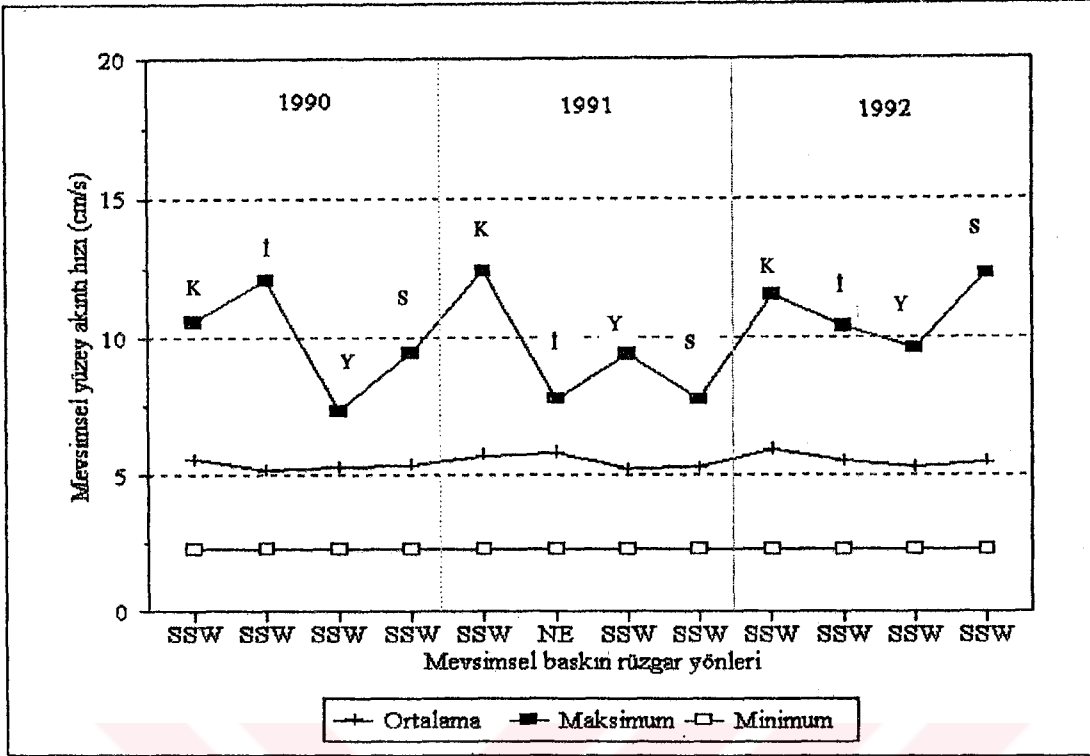
K: Kış, İ: İlkbahar, Y: Yaz, S: Sonbahar

Şekil 31. Samsun istasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri.



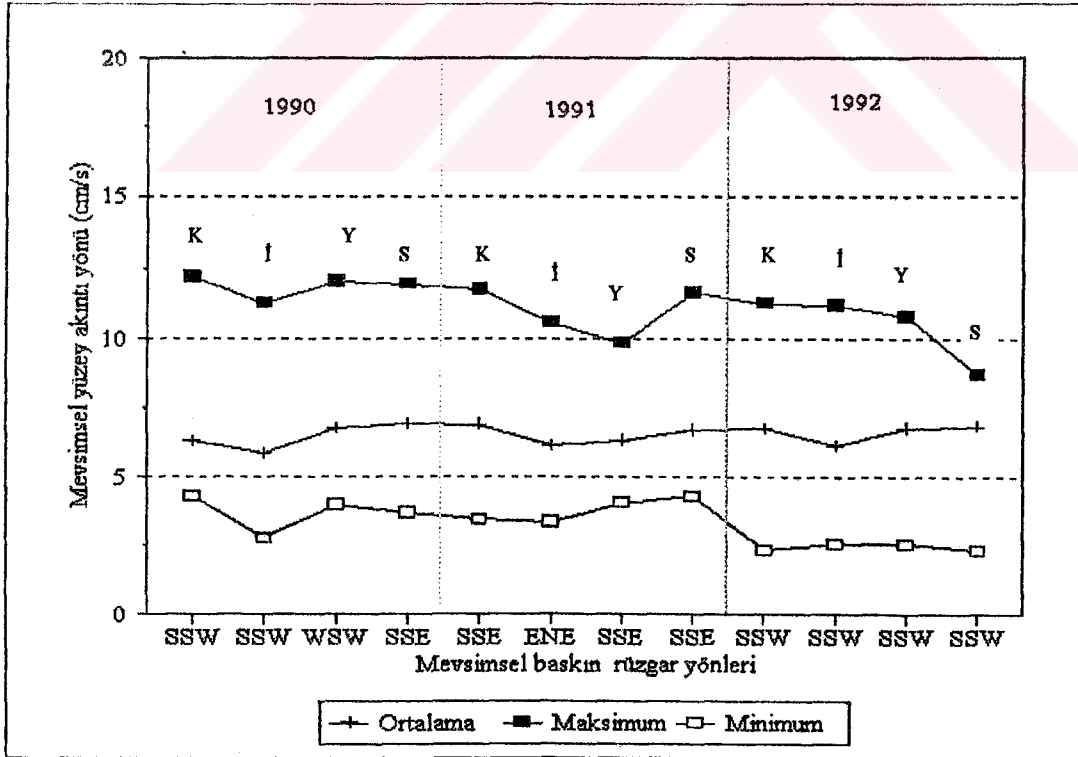
K: Kış, İ: İlkbahar, Y: Yaz, S: Sonbahar

Şekil 32. Ordu istasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri.



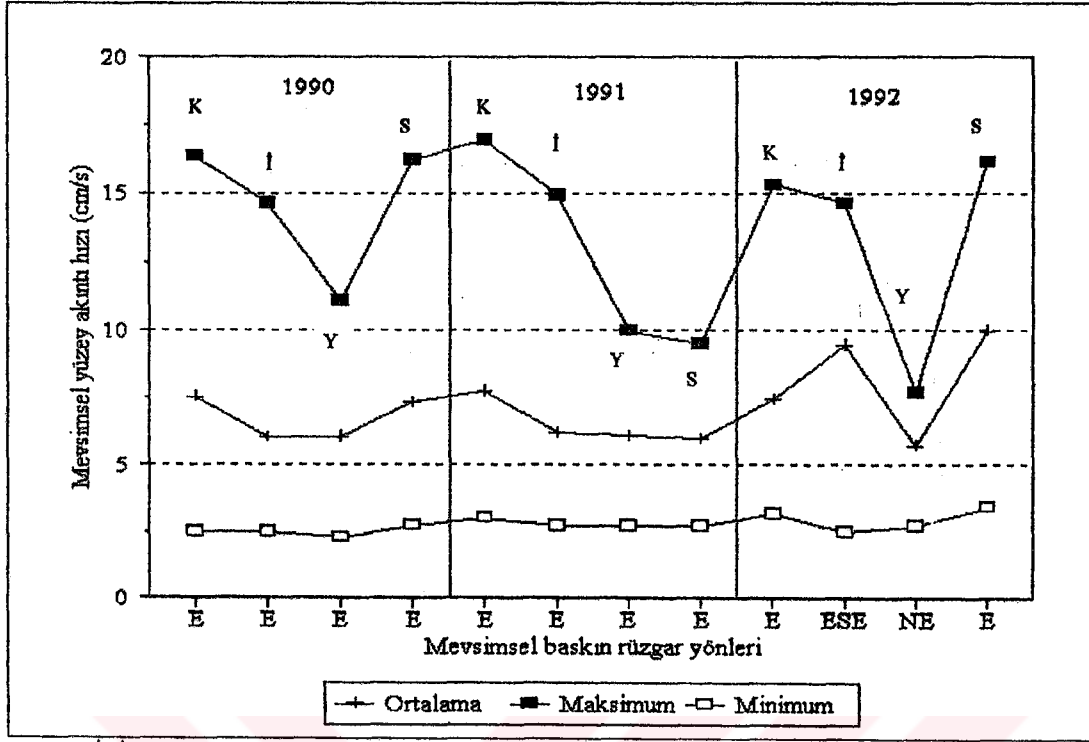
K: Kış, İ: İlkbahar, Y: Yaz, S: Sonbahar

Şekil 33. Giresun İstasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri.



K: Kış, İ: İlkbahar, Y: Yaz, S: Sonbahar

Şekil 34. Trabzon İstasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri.



K: Kış, İ: İlkbahar, Y: Yaz, S: Sonbahar

Şekil 35. Hopa istasyonuna ait mevsimsel akıntı hızlarının yıllara göre değişimleri.

4. İRDELEME VE DEĞERLENDİRME

Doğu Karadeniz kıyılarında Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon, Hopa meteorolojik istasyonlarının 1990, 1991, 1992 yıllarına ait mevsimsel baskın rüzgar hızı ve yönü kullanılarak, $40^{\circ} 55' - 42^{\circ} 00' N$ enlemleriyle, $35^{\circ} 30' - 41^{\circ} 25' E$ boylamları arasındaki deniz yüzeyinde oluşabilecek baskın rüzgar etkenli yüzey akıntı hızı ve yönü teorik olarak belirlenmiştir.

Samsun kıyılarında, üç yıl boyunca bütün mevsimlerde ortalama 5-10 cm/s, maksimum 7-16 cm/s ve minimum 2- 4 cm/s arasında değişen, kuzeydoğu-doğu (60°) yönünde sürekli bir akıntının etkisi altında olabileceği söylenebilir. İstisnai olarak 1991 ilkbahar mevsiminde güney yönünde (175°) oluşabilecek akıntılar, açıktaki suları kıyı alanlarına yığması sonucu, kıyı formunu takip eden akıntılar oluşabilir (Şekil 36). Bu akıntılar bir sonraki Ordu istasyonuna kıyı formunu takip ederek ulaşabilir. Samsun kıyılarında kışları en yüksek seviyeye ulaşan akıntı hızı, yazın düşmeye başlar. İlkbaharda ise akıntının yaza göre nispeten daha etkili olduğu söylenebilir (Şekil 31). Samsun kıyılarını takip eden Ordu kıyıları, mevsimsel farklılık gösteren yüzey akıntılarının etkisindedir. Bu kıyılarda akıntı hızları, ortalama 5-7 cm/s, maksimum 7-17 cm/s ve minimum 2-5 cm/s arasında değişmektedir. Samsun ve Ordu kıyılarında, 1991 ilkbahar mevsiminde güneye doğru olan akıntılarının etkileşimiyle, açıktaki suların kıyısız alanlarda toplanması sonucu kıyı formunu takip eden akıntılar oluşabilecektir (Şekil 36). Ordu kıyılarında diğer mevsimlerde ise yüzey akıntıları kıyı sularını sahilden uzaklaştıracak şekilde hareketi sözkonusudur. Bu durumda, Samsun kıyılarında kuzeydoğu yönündeki akıntılar, Ordu kıyılarındaki kuzeybatı-kuzey yönündeki akıntılarla kesilebilir veya iki akıntının etkileşimi sonucu, kuzey-kuzeydoğu yönünde bir akıntı oluşabilir (Şekil 37). Ordu kıyılarında akıntı hızı, maksimum değerinde 1990 ve 1992 yılları yaz mevsimleriyle 1991 yılı kış mevsiminde en üst seviyede iken sonbahar mevsimlerinde akıntı hızlarında bir azalma görülür (Şekil 32).

Yüzey akıntı hızlarının, diğer kıyılara oranla en düşük olduğu Giresun'da bütün mevsimlerde, kuzey-kuzeydoğu yönünde, ortalama 5-6 cm/s, maksimum 7-12 cm/s ve minimum 2 cm/s yüzey akıntıları oluşabilir. Kuzey-kuzeydoğu yönündeki bu sürekli akıntılar, Ordu kıyılarında güney yönünde oluşan akıntıların girişiyle oluşturulan kıyıya paralel akıntılar ile birleşip, tek kol halinde kuzeydoğu-doğu'ya yönebilir (Şekil 37). Bununla birlikte, 1990 ilkbahar mevsiminde, NE rüzgarının oluşturabileceği 245° yönündeki akıntılar, bu mevsimde Ordu kıyılarında, kıyıya paralel şekilde hareket edecek akıntıları engelleyecektir (Şekil 36). Giresun kıyılarında akıntı hızı, maksimum değerde en fazla akıntı hızına 1990, 1991 ve 1992 yıllarında sırasıyla ilkbahar, kış ve sonbahar mevsimlerinde görülürken, ortalama değerde kış ve ilkbahar mevsimlerinde akıntı hızları diğer mevsimlere göre daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 33).

Ortalama 6-7 cm/s, maksimum 8-13 cm/s ve minimum akıntı hızının 2-5 cm/s olduğu Trabzon kıyılarında, akıntı yönleri mevsimsel farklılık gösterir. 1990 kış ve ilkbahar mevsimleriyle, 1992 yılının bütün mevsimlerinde kuzey-kuzeydoğu yönünde oluşabilen akıntılar, Giresun kıyılarında gelen kuzey-kuzeydoğu yönündeki akıntılarla desteklenerek, kuzey-kuzeydoğu yönünde etkinliği daha fazla olan akıntılar oluşabilir. (Şekil 37). 1990 yaz mevsiminde doğu (85°) yönünde oluşan akıntılar, Giresun kıyılarında kuzeydoğu yönündeki akıntılarla birleşip, kıyıya paralel akıntılar oluşabilir. 1990 kış, 1991 kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde kuzey (355°) yönündeki akıntılar, Giresun'dan kuzeybatıya yönelen akıntılarla birleşerek denizin iç kesimlerine doğru hareketini devam ettirebilir (Şekil 37). Mevsimsel olarak akıntı hızlarında önemli bir farklılığın olmadığı Trabzon kıyılarında, kış ve sonbahar mevsimlerinde, diğer mevsimlere göre daha fazla akıntı hızları görülebilir (Şekil 34).

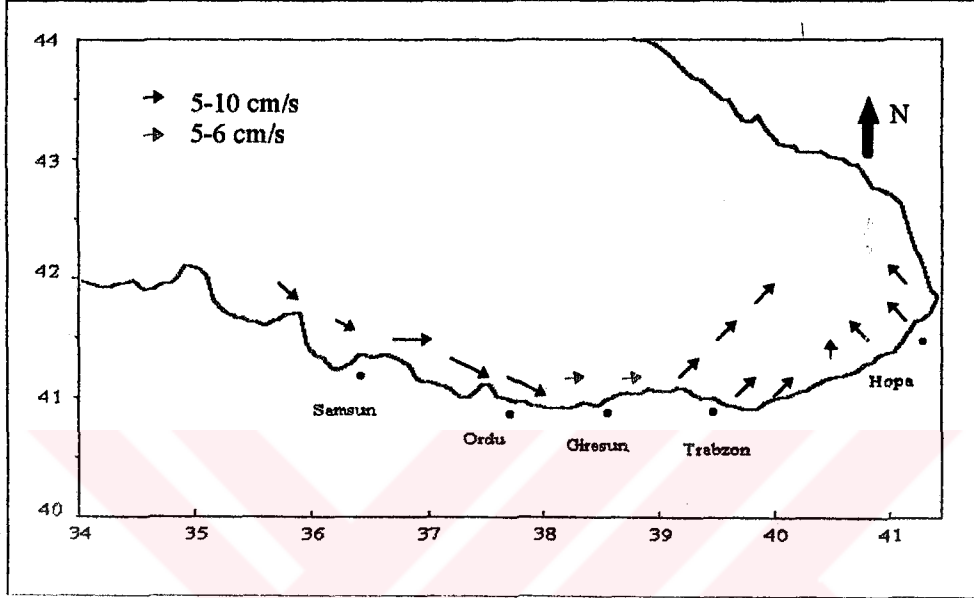
Bütün mevsimlerde doğu rüzgarının etkisinde olan Hopa kıyılarında, ortalama 6-10 cm/s, maksimum 7-17 cm/s ve minimum 2-4 cm/s değerinde kuzeybatı-batı yönünde oluşabilecek akıntılar, Trabzon kıyılarında gelebilecek kuzey-kuzeydoğu yönündeki akıntılarla birleşerek tek kol halinde, kuzeye, Batum kıyılarına doğru hareketini devam ettirebilir (Şekil 36, 37). Hopa kıyılarında kış ve sonbaharda diğer mevsimlere göre akıntı hızı daha fazladır (Şekil 35).

Neumann, Oğuz ve Stanev [17, 19, 20]' in Karadeniz genel yüzey akıntılarıyla ilgili yapmış oldukları çalışmalarında, yüzey akıntı oluşturabilecek bütün etkileri göz önüne alarak çalışma bölgemizde, Samsun'dan doğu-güneydoğu yönlerinde, 10-20 cm/s lik

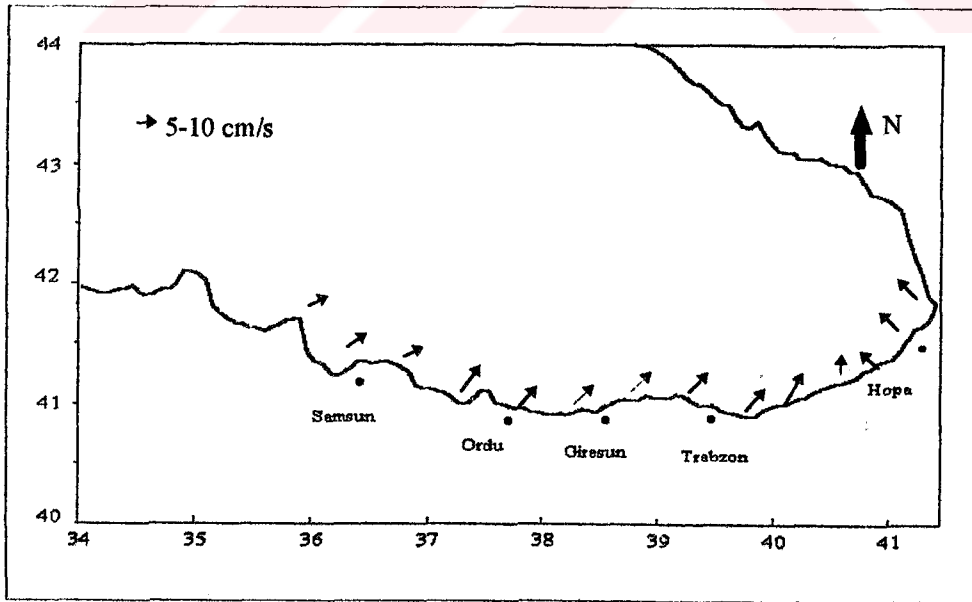
mevcut bir akıntı sisteminin etkisinde olabileceğini, bu akıntının Giresun-Trabzon arasında iki kola ayrılarak, bir kolun denizin iç kesimlerine, diğerinin de hızını 20-30 cm/s ye çıkararak Rize-Hopa-Batum kıyı formunu takip edeceğini belirtmişlerdir.

Samsun kıyılarında 5-10 cm/s lik kuzey-kuzeydoğu yönünde tespit edilen rüzgar akıntıları, bu kıyılarda mevcut 10-20 cm/s lik doğu-güneydoğu yönündeki mevcut akıntının yönünü kuzeydoğu-doğu yönüne çekebilecektir (Şekil 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 ve 46). Bununla beraber, maksimum 16 cm/s ye kadar ulaşabilen rüzgar akıntıları, mevcut akıntı yönünü kuzeydoğuya çevirebilir. 1991 ilkbahar mevsiminde güney yönündeki akıntılar, mevcut akıntıları iyice kıyıya yaklaştırabilir (Şekil 38). Ordu kıyılarında ise, güney yönünde ortalama hızı 5-7 cm/s olarak tespit edilen rüzgar akıntıları mevcut akıntıları kıyıya yaklaştırabilecektir (Şekil 38, 39, 41 ve 42). Bununla birlikte kıyıya yaklaştırma şeklindeki etki, 7-17 cm/s arasında değişen maksimum rüzgar akıntılarıyla daha da artabilir. Ayrıca bu kıyılarda kuzeybatı-kuzey yönünde tespit edilen rüzgar akıntıları, mevcut akıntıları kıyıdan uzaklaştırma şeklinde etkisi görülebilir (Şekil 40, 43, 44, 45 ve 46). Giresun kıyılarında 1991 ilkbahar mevsiminde görülen güneybatı-batı yönündeki akıntılar doğu-güneydoğu yönündeki mevcut akıntıları engelleyerek kıyıya yaklaştırabilir (Şekil 38). Diğer mevsimlerde kuzey-kuzeydoğu yönündeki ortalama 5-6 cm/s olan rüzgar akıntıları, doğu-güneydoğu yönündeki mevcut akıntıları, kuzey-kuzeydoğuya döndürebilecektir (Şekil 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 ve 46). Fakat tespit edilen rüzgar akıntıları, bu akıntılarının yanında oldukça küçük olmasından dolayı, bu akıntılarının mevcut akıntı üzerindeki etkisi fazla olmayacaktır. Giresun-Trabzon arasında iki kola ayrılan mevcut akıntının denizin iç kesimlerine yönelen koluna, bu kıyılarda kuzey-kuzeydoğu yönündeki rüzgar akıntılarının pozitif bir etkisi olabilir. Bu akıntı kolunun hızlanmasına neden olabilir. Trabzon kıyılarında, doğu yönünde, 10-20 cm/s lik mevcut akıntılar, bu kıyılarda tespit edilen ortalama 6-7 cm/s kuzey-kuzeydoğu yönündeki rüzgar akıntılarının etkisinde kalarak yönünü kuzeydoğu-doğu arasına değiştirebilir (Şekil 41, 43, 45 ve 46). Bununla birlikte 1990 yaz mevsiminde tespit edilen doğu yönündeki rüzgar akıntıları, bu yönde olan mevcut akıntılara pozitif bir katkısı vardır (Şekil 42). Ayrıca, bu kıyılarda oluşabilecek kuzeyli akıntılar, mevcut akıntıları kıyıdan uzaklaştırabilecektir (Şekil 38, 39, 40 ve 44). Hopa kıyılarında 1992 yılı yaz mevsiminde güneybatı-batı yönlerinde oluşabilecek rüzgarakıntıları bu kıyılarda mevcut kuzeydoğu-doğu yönündeki akıntıları engelleyebilir (Şekil 45). Diğer

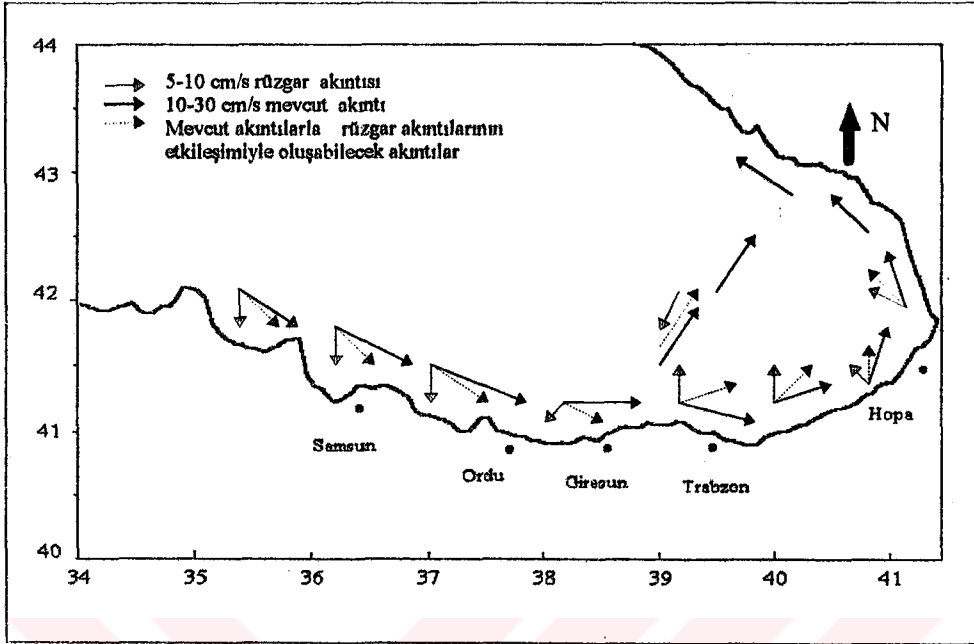
mevsimlerde batı-kuzeybatı yönünde ortalama 5-10 cm/s maksimum 7-17 cm/s olarak tespit edilen rüzgar akıntıları, bu kıyılardaki kuzey-kuzeydoğu yönündeki 20-30 cm/s lik akıntıları kıydan kuzeybatıya doğru yönelmesine etki edebilecektir (Şekil 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 ve 46). Bu etki maksimum akıntılarda daha fazla olacaktır.



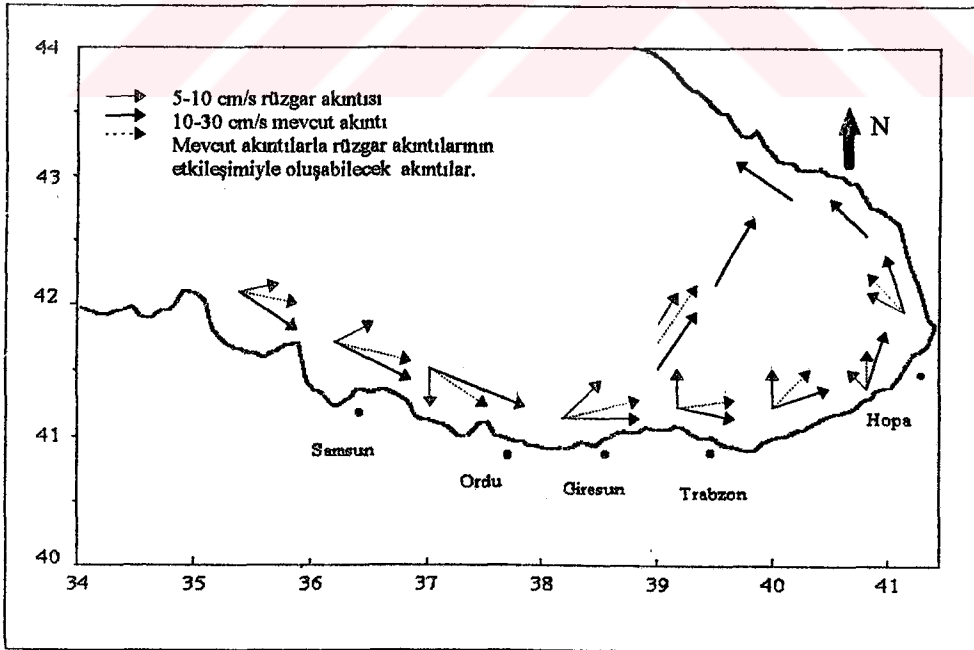
Şekil 36. Rüzgar akıntılarının girişiyle Samsun-Ordu kıyılarındaki oluşabilecek kıyıya paralel akıntılar ve diğer kıyılardaki akıntılarla etkileşimi.



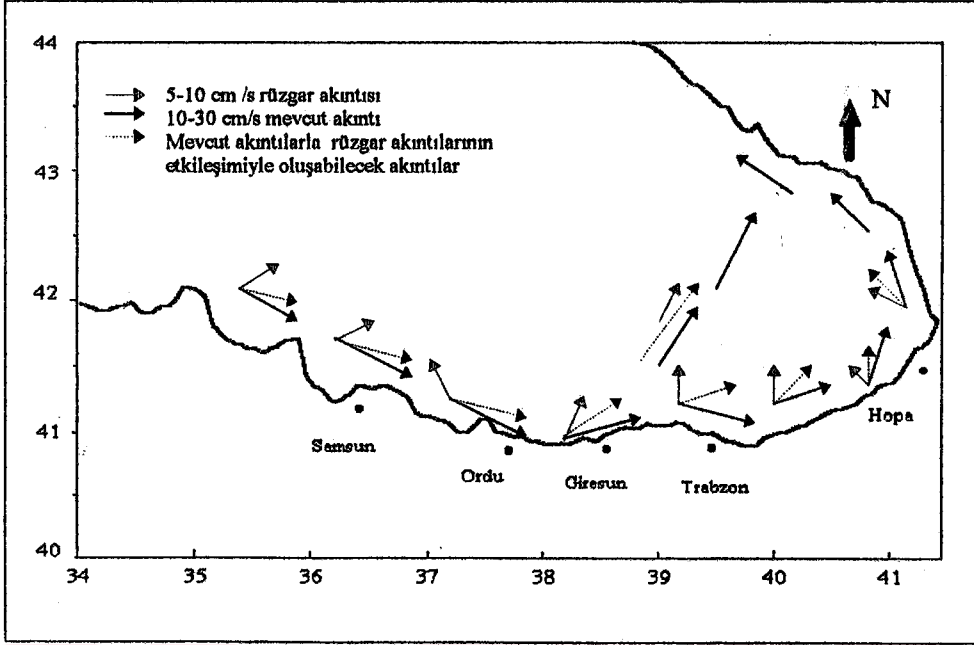
Şekil 37. Genel olarak bütün mevsimlerde görülebilecek rüzgar akıntı sistemi.



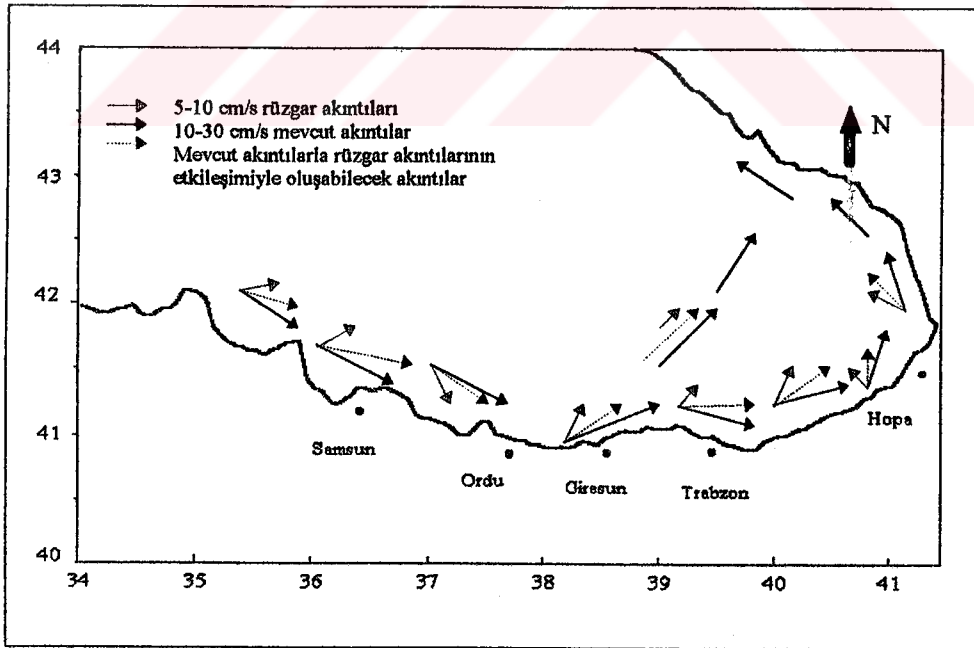
Şekil 38. 1991 ilkbahar mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.



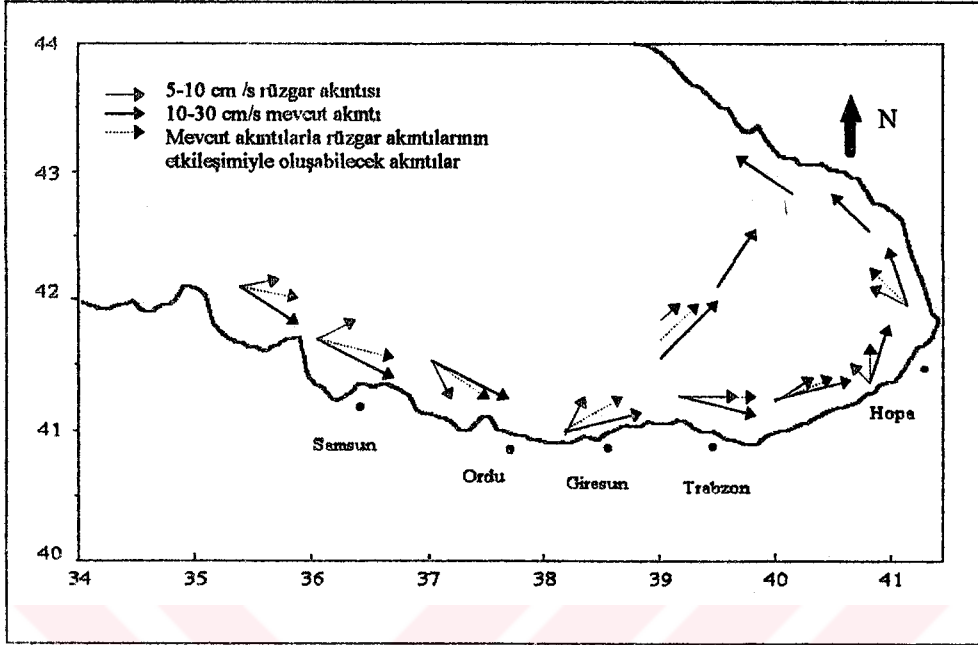
Şekil 39. 1992 ilkbahar mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.



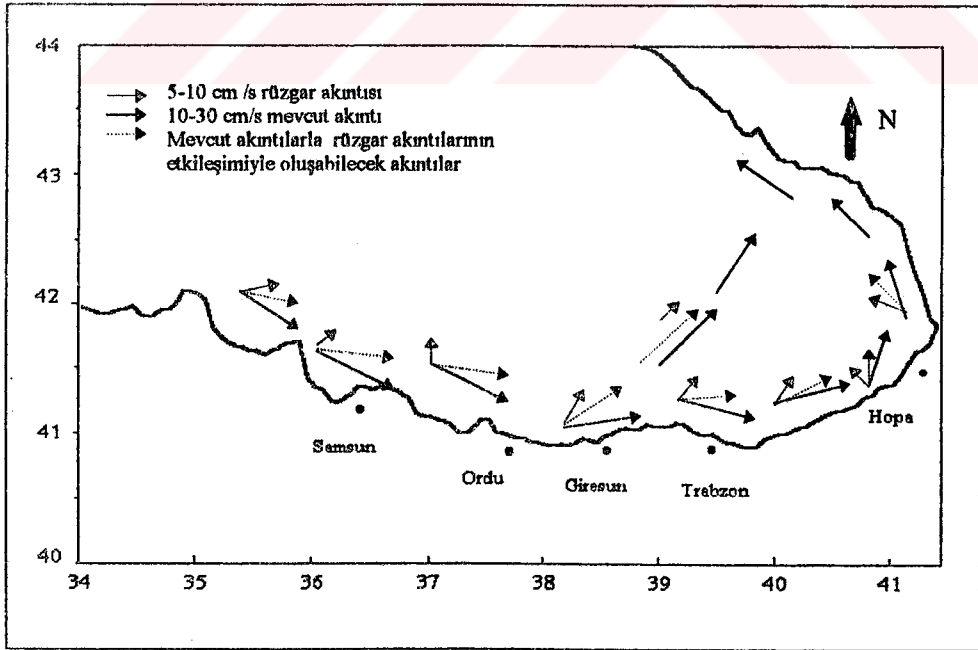
Şekil 40. 1990 ve 1991 sonbahar ve 1991 yaz mevsimlerinde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.



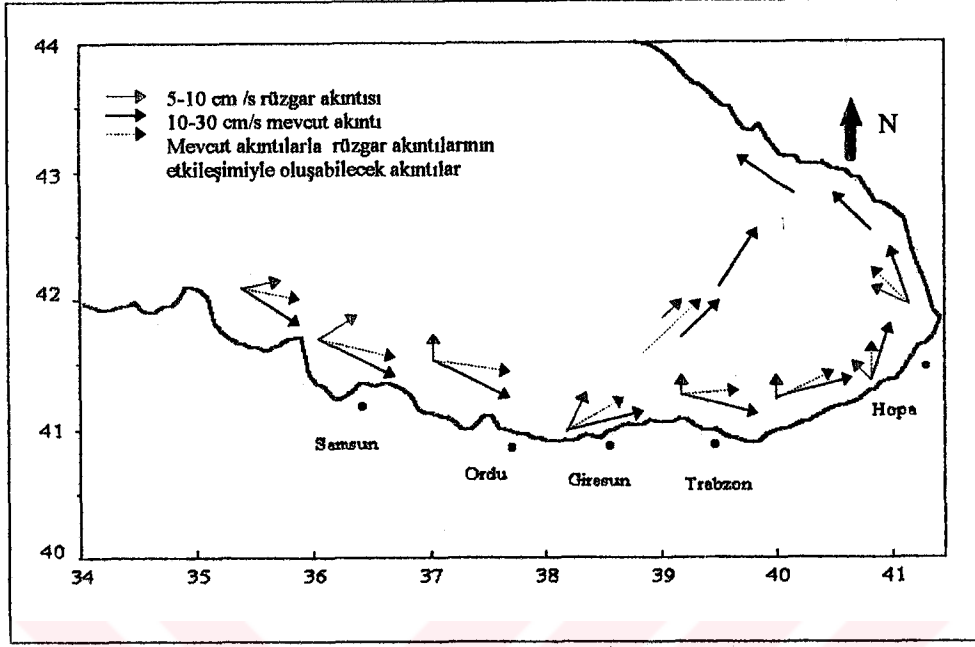
Şekil 41. 1990 ilkbahar mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.



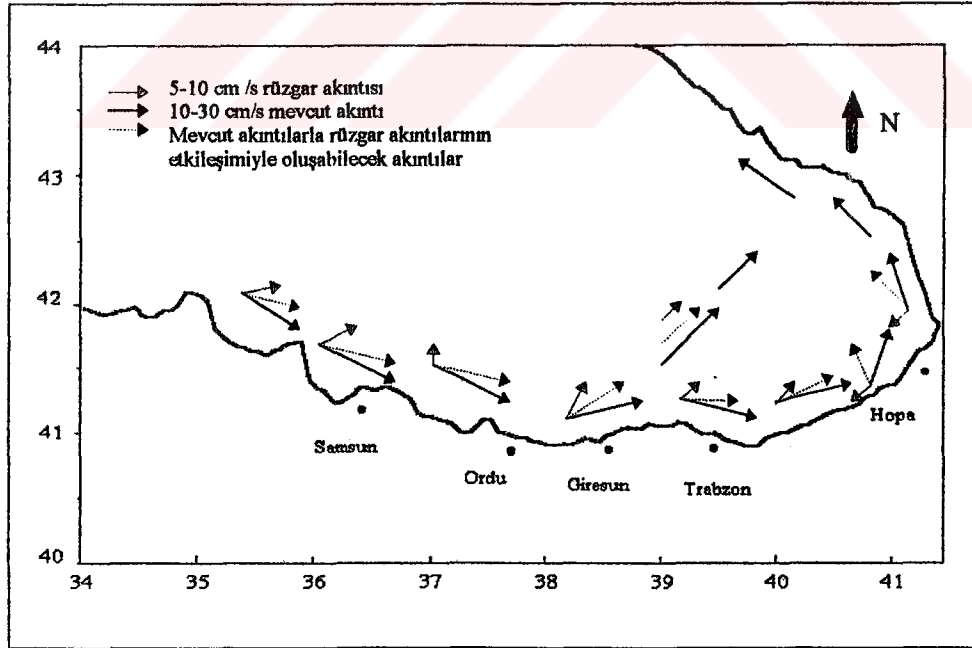
Şekil 42. 1990 Yaz mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.



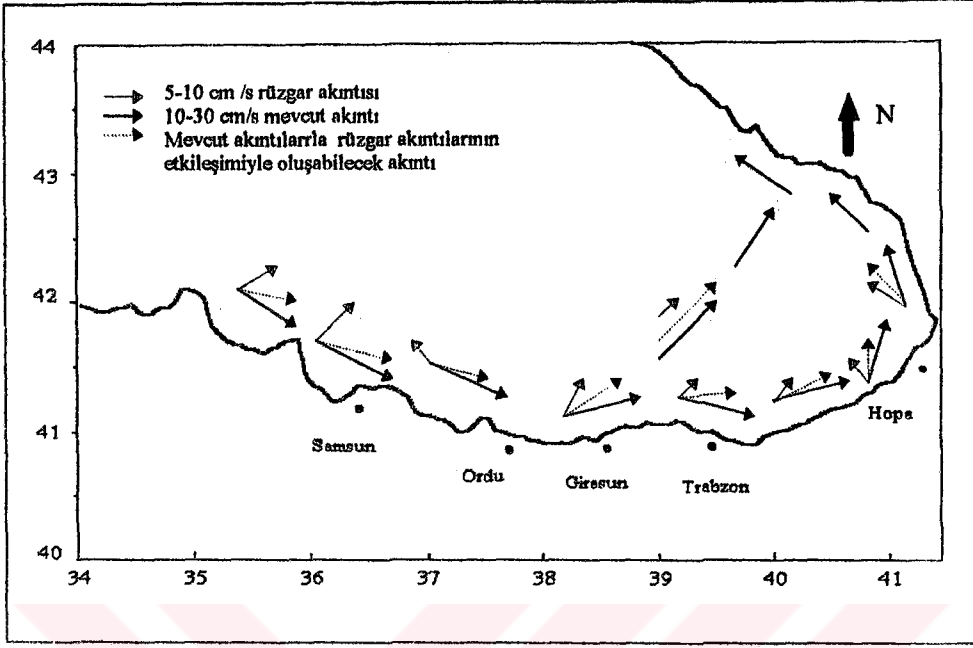
Şekil 43. 1990 ve 1992 kış mevsimlerinde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.



Şekil 44. 1991 kış mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.



Şekil 45. 1991 yaz mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.



Şekil 46. 1991 sonbahar mevsiminde oluşabilecek rüzgar akıntılarının mevcut akıntılara etkisi.

5. SONUÇLAR

İnceleme süresi içerisinde, baskın rüzgarların oluşturacağı akıntıların yönleri mevsimlere göre değişkenlik göstermesine karşın, Samsun'dan Hopa'ya kadar ortalama 5-10 cm/s, maksimum 6-17 cm/s ve minimum 3-5 cm/s hıza sahip doğu-kuzeydoğu yönünde sürekli bir akıntı sisteminin olacağı ve bu akıntının Hopa'da doğu rüzgarının oluşturacağı kuzeybatı yönündeki akıntılarla birleşerek kuzeye, Batum kıyılarına doğru hareket edeceği belirlenmiştir. Rüzgar etkisindeki bu sürekli sirkülasyon, 1990 ve 1991 İlkbahar mevsimleri hariç diğer mevsimlerde, Ordu istasyonunda baskın olan SSE ve ESE rüzgarlarının kuzeybatı yönünde oluşturacağı akıntılarla kesintiye uğrayabilir veya bu rüzgarların oluşturabileceği kuzey-kuzeydoğu yönündeki akıntılar Samsun'dan gelen kuzey-kuzeydoğu akıntılarıyla birleşerek sirkülasyonun devamlılığı sağlanabilir. Diğer istasyonlarda yüzey akıntı sirkülasyon yapısı, Giresun-Trabzon arasında sürekli doğu-kuzeydoğu yönündedir. Hopa'da bütün mevsimlerde baskın olan doğu rüzgarının oluşturacağı kuzeybatı yönündeki akıntılar Giresun-Trabzon'dan gelen akıntılarla birleşerek tek kol halinde kuzeye Batum kıyılarına doğru hareketini devam ettirir.

Bölgede bu çalışmadan elde edilen rüzgar akıntıları, önceki çalışmalarla belirtilen toplam 10-30 cm/s lik doğu-güneydoğu yönündeki mevcut yüzey akıntılarına, Samsun ve Ordu kıyılarında oluşabilecek güneyli akıntıların kıyıya yaklaştırması hariç, bütün istasyonlarda kıyidan uzaklaştırma şekilde etki edebileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca Giresun-Trabzon arasında, mevcut akıntının denizin iç kesimlerine yönelen, kuzey-kuzeydoğu yönündeki koluna bu bölgede oluşabilecek ortalama 5-7 cm/s lik rüzgar akıntılarının pozitif bir etkisi olduğu söylenebilir.

Bütün istasyonlarda, genellikle kış mevsimleri akıntı hızı üst seviyede olurken, yazın düşmektedir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki akıntı hızları kışa yaklaşır. Enlemlere göre yapılan hesaplamalarda, enlem derecesi büyümesine karşın akıntı hızının azaldığı görülmüştür. Fakat birbirine yakın enlem derecelerinde farkın 0.05 cm/s gibi bir değerde olduğundan, istasyonun enlemiyle en üst enlem olan 42° 00' N'deki akıntı değerleri arasındaki fark çok düşük bulunmuştur.

6. ÖNERİLER

Deniz akıntıları, gerek denizlerin biyolojik ve gerekse fiziksel özelliklerini etkileyen önemli bir oluşumdur. Deniz ortamında canlıların yaşamı için gerekli deniz suyu parametrelerinin homojen bir dağılımını sağlayarak canlıların yaşamını devam ettirmede etkin rolü vardır. Ayrıca, yeryüzü sıcaklığını dengelemede ve deniz yapılarına olan etkinlikleri nedeniyle, denizlerin akıntı özelliklerinin belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz kıyılarında rüzgarın etkisiyle oluşabilecek yüzey akıntılarının mevsimsel değişimleri teorik olarak belirlenmiştir. Bununla beraber, teorik çalışmaların mutlaka, ortamda yapılacak akıntı ölçümleriyle desteklenmesi gerekir. Bu bölgede, denizin rüzgarla etkileşimi sonucu ortaya çıkabilecek akıntılarını gerçek boyutuyla ortaya koyabilmek için, bölgeye uygun rüzgar ile deniz yüzey arasındaki bağıntının, ortamda yapılacak doğrudan akıntı ölçümleriyle ortaya çıkarılması gerekir. Bunun yanında, akıntı oluşumunda etkili sıcaklık, tuzluluk, basınç ve dolayısıyla yoğunluk özelliklerinden, yüzeyde ve derinlerde oluşacak akıntılarının belirlenmesi gerekir. Doğu Karadeniz kıyılarında son yıllarda bir artış gösteren kafes balıkçılığı çalışmalarının yapıldığı alanlarda doğrudan akıntı ölçmek suretiyle kafeslerin maruz kalacağı akıntı kuvvetleri bilinebilir ve dolayısıyla bölgeye uygun kafes tipinin belirlenmesi sağlanabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Laevastu, T. ve Hela, I., Fisheries Oceanography, Fishing News (Books) Ltd., London, 1970.
2. Gross, M. G., Oceanography, Third Edition, Prentice-Hall Press, USA., 1982.
3. D.İ.E. 1992 Su Ürünleri İstatistikleri, Ankara, 1993
4. Koçataş, A., Oseanoloji, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 1986.
5. Ünsal, İ., Oceanografi, İstanbul Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, İstanbul, 1990.
6. Pond, S. ve Picard, G. L., Introductory Dynamic Oceanography, Pergamon Press, First Edition, Oxford, 1978.
7. Ahrens, C. D., Meteorology Today, Third Edition, West Publishing Company, USA, 1988.
8. Oğuz, T., La Violette, P. E. ve Ünlüata, Ü., The Upper Layer Circulation of the Black Sea: Its Variability as Inferred From Hydrographic and Satellite Observations, J. Geophys. Res., C8, 97 (1992) 12569-12584.
9. Stanev, E. V., On the Mechanisms of the Black Sea Circulation., Earth-Sci. Rev., 28 (1990) 285-319.
10. Tolmazin, D., Changing Coastal Oceanography of the Black Sea, I. Northwest Shelf Prog. Oceanog., 15 (1985) 217-276.
11. Borisov, A. A, Climates of USSR, Cyril A. Holstead, Oliver and Boyd Press, New York, 1965.

12. Durukanoğlu, H. F., Doğu Karadeniz Dağları Üzerinde Engebe Perturbasyonlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Temel Bilimler Fakültesi, İstanbul, 1980.

13. Brody, L. R. ve Nestor, M. J. R., Regional Forecasting Aids for Mediterranean Basin: Handbook for Forecasters in the Mediterranean, Naval Environmental Prediction Research Facility, California, 1980.

14. F. Bingel, A., Kıdeyş, A. E., Özsoy, E., Tuđrul, S., Baştürk, Ö. ve Oğuz, T., Stock Assessment Studies for the Turkish Black Sea Coasts, NATO-TU Fisheries Final Report, Institute of Marine Sciences Middle East Technical University, Erdemli, İçel, Turkey, 1993.

15. Altmann, E. N, Gertman, I. F. ve Golubeva, Z.A., Climatological Fields of Temperature and Salinity in the Black Sea, State Oceanog. Inst.,115, Sevastopol, Ukraina, 1987.

16. Ovchinnikov, I. M. ve Popov, Yu I., The Orijin of Cold Indermetiade Layer in the Black Sea, Doklady Academy of Sciences of USSR, 279, 4 (1986) 231-233.

17. Neumann, G. ve Pierson, W.J., Principles of Oceanography, Prenticel - Hall Inc., Englewood Cliffs, USA, 1966.

18. Knipovich, N. M., Hydrological Investigations in the Black Sea, Trudy Azova-Chernomorskoy Nauchnopromyslovoy Ekspeditsii, Russia, 1932.

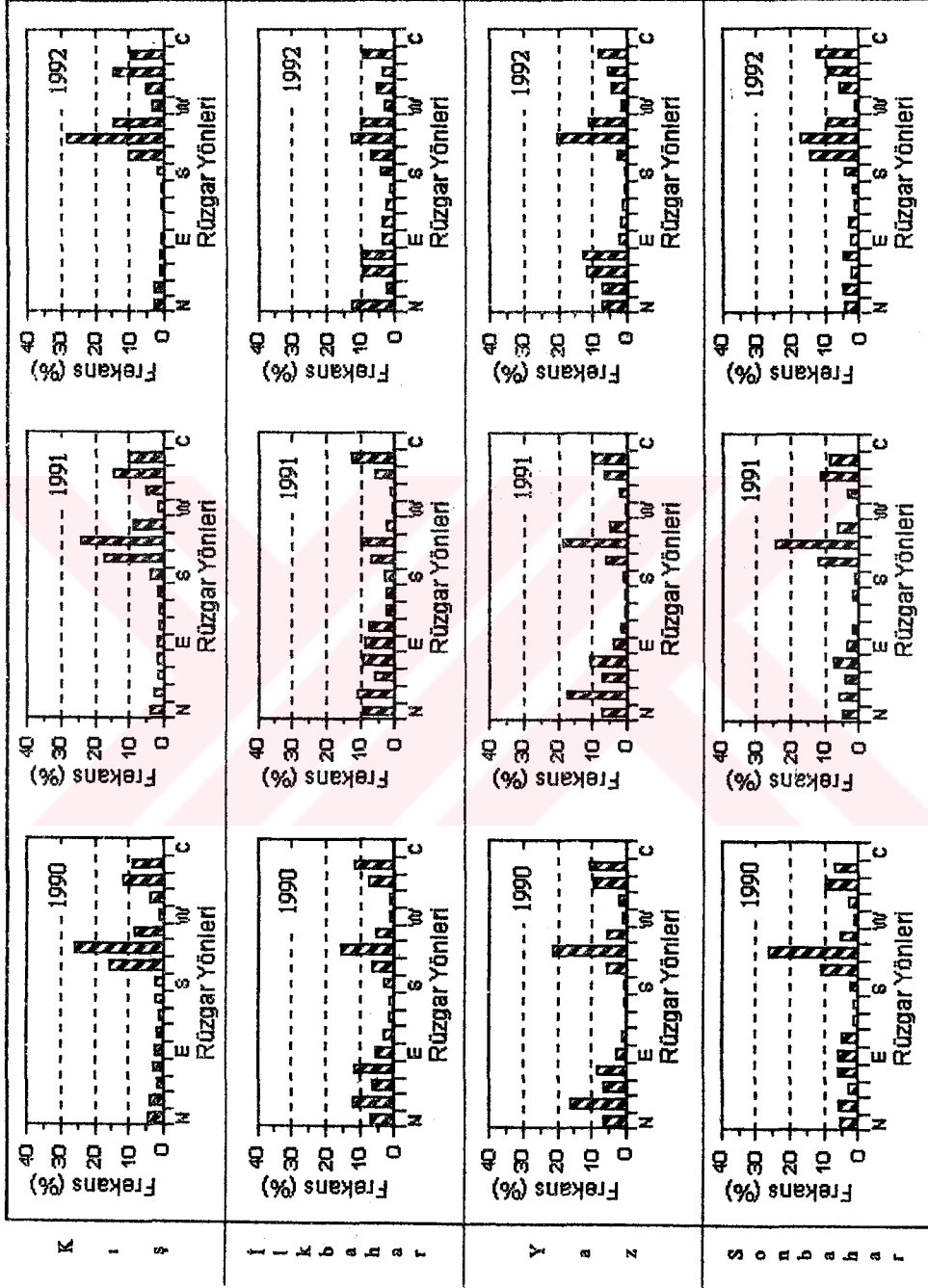
19. Oğuz, T., Latun, V. S., Latif, M. A., Vladimirov, V. V., Kotovshickov, B. B., Eremeev, V. V. ve Ünlüata, Ü., Circulation in the Surface and Intermetiade Layers of the Black Sea, Deep-Sea Research I, 40, 8 (1993) 1597-1612.

20. Stanev, E. V., Truhchev, D. I. ve Roussenov, V. M., The Black Sea Water Circulation and Numerical Modelling of Currents, Kliment Ohridski University Press, Sofia, 1988.

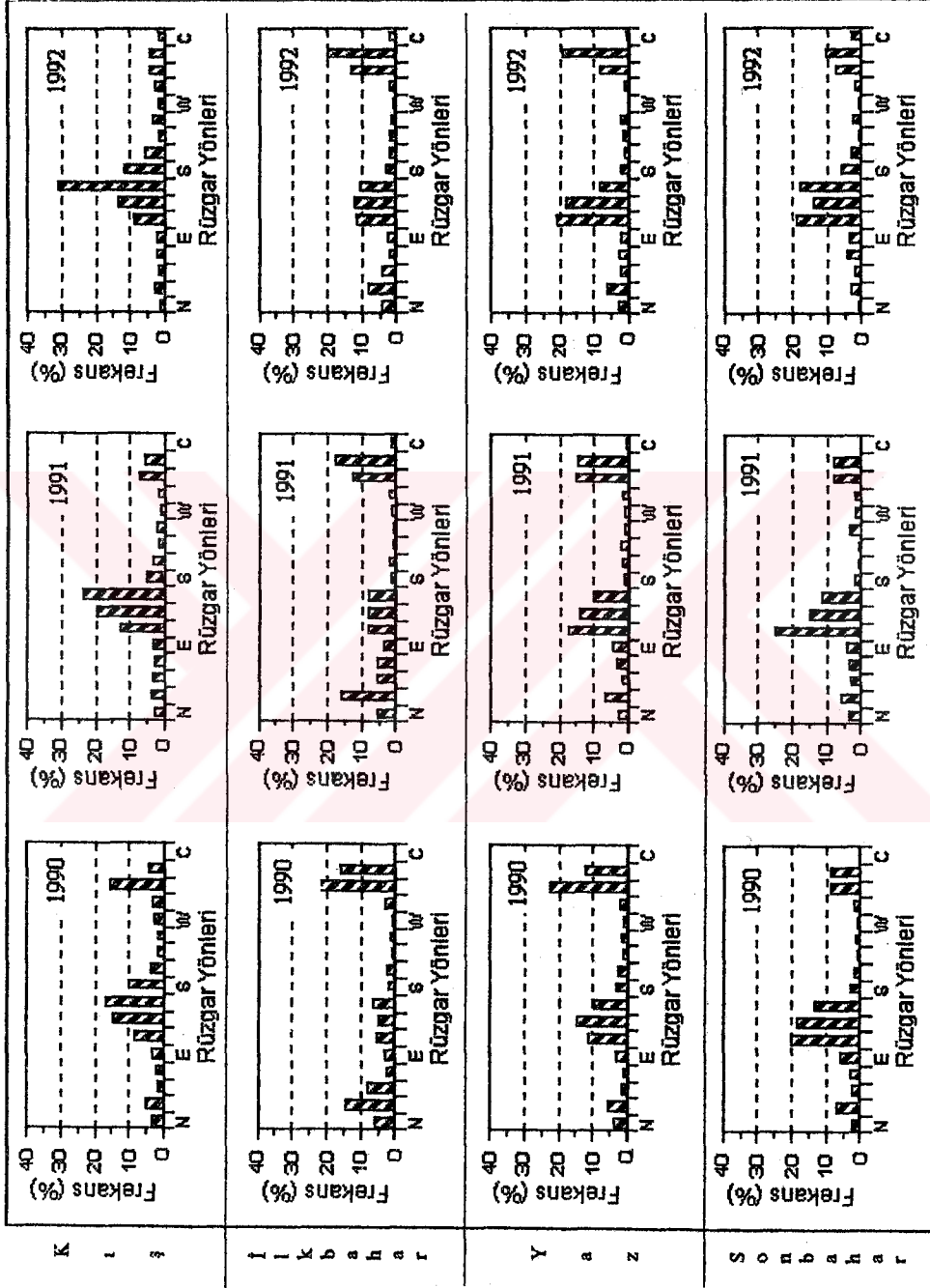
21. Blatov, A. S., Bulgakov, N. P., Ivanov, V. A., Kosarev, A. N. ve Tuljilkin, V. S., Variability of the Black Sea Hydophysical Fields, B. A. Nelepo, Leningrad , 1984.

22. Moskelenko, L. V., Calculation of Stationary Wind-Driven Currents in the Black Sea, Oceanology, 15 (1976) 168-171.
23. Marchuk, G. I., Kordzadze, A. A. ve Skiba, Yu. N., Calculations of Basic Hydrological Fields in the Black Sea, J. Atmosp. Ocean Physics, 11, 4 (1975) 379-393.
24. İzdar, E. ve Murray, J. W., Black Sea Oceanography, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1991
25. Titov, V. B., Velocity Distributions of Surface Currents in the Vicinity of North Caucasus Coast of the Black Sea, Oceanology, 25, 8 (1985) 314-318.
26. Von Arx, W. S., An Introduction to Physical Oceanography, Admision-Wesley Publishing Company, Third Edition, USA, 1967.
27. Bowden, K. F., Physical Oceanography of Coastal Waters, Ellis Horwood Ltd., England, 1983.
28. Samuels, W. B., Huang, N. E. ve Amstutz, D. E., An Oil Spill Trajectory Analysis Model With a Variable Wind Deflection Angle, Ocean Eng., 9 (1982) 347-360.
29. McNally, G. J., Satellite-Tracked Drift Buoy Observations of the Near-Surface Flow in the Eastern Mid-Latitude North Pasific, J. Geophys. Res., C9, 86 (1981) 8022-8030.
30. Hela, I., Drift Currents and Permenant Flow, Com. Phys. Math., 16, 4 (1952) 1-28.
31. Bilgin, R. ve Cam, T., Numerical Hindcasting and Forecasting of Wind Waves in the Eastern Black Sea of Turkey, Second International Conference on Air-Sea Interaction and on Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone, September 1994, Lisbon, Portugal, American Meteorological Society, 141-143.
32. Arya, S. P., Introduction to Microclimatology, Academic Press Inc., California, 1988.

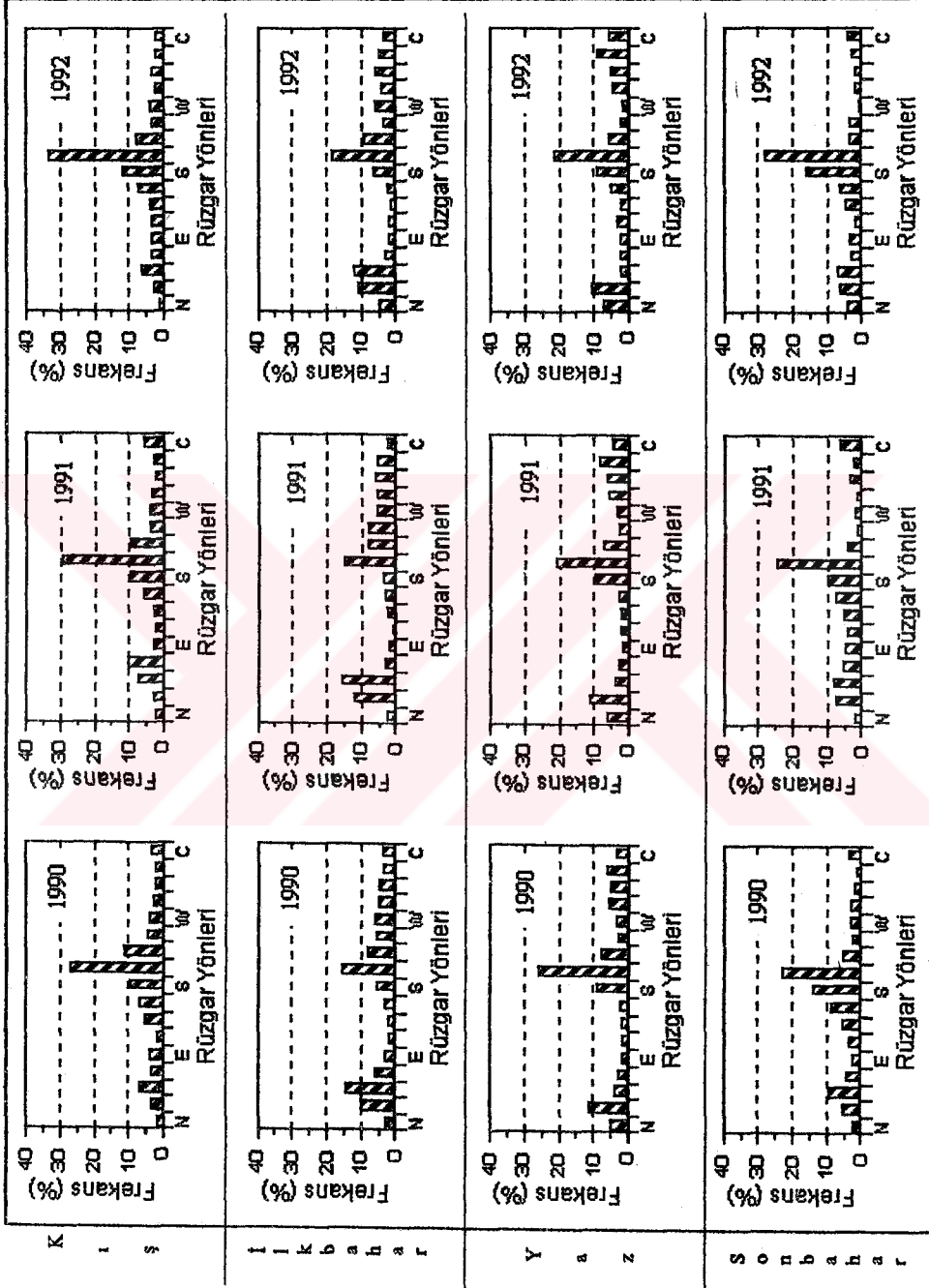
8. EKLER



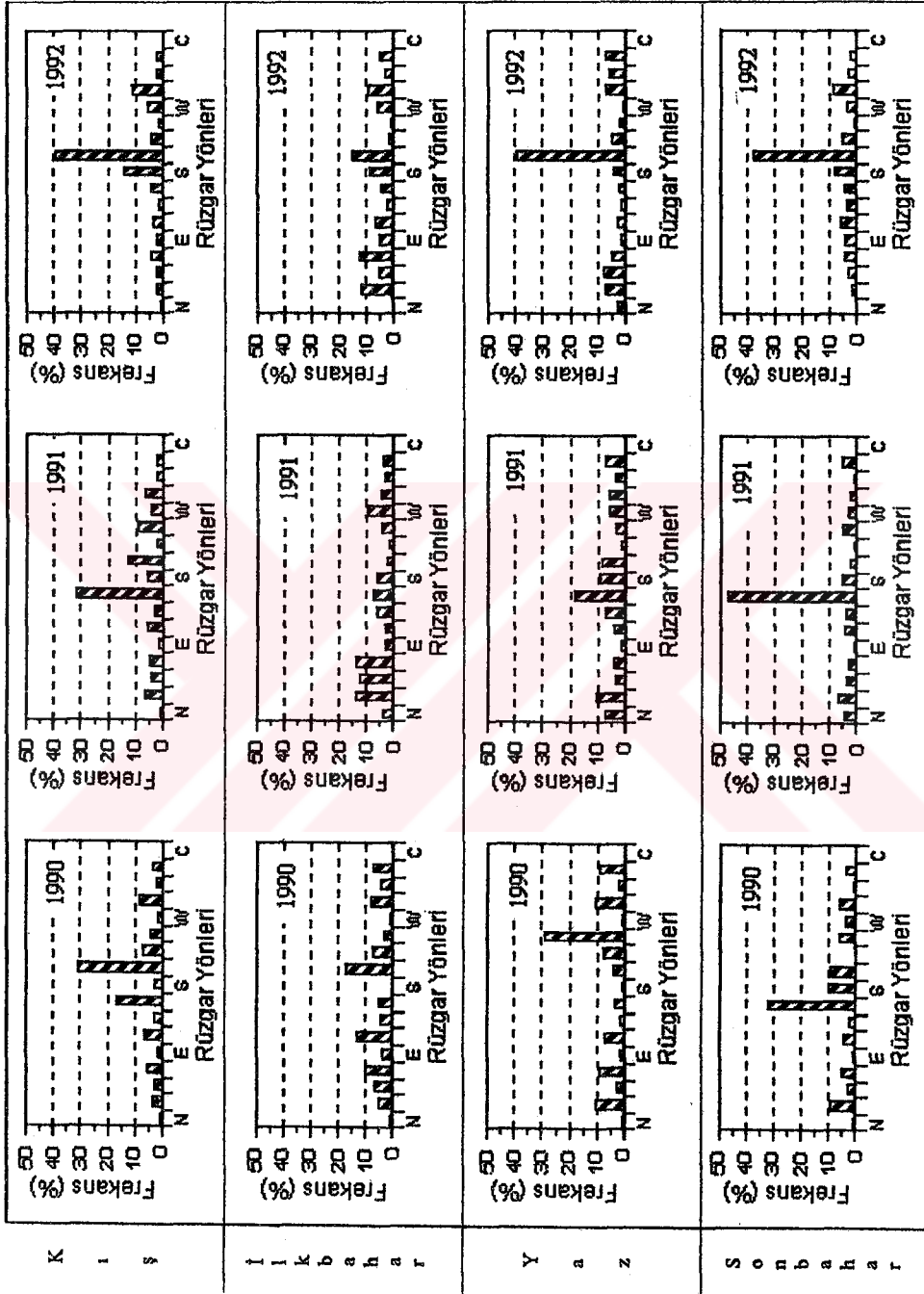
Ek Şekil 1. Samsun istasyonunda rüzgarların mevsimsel esme sayılarının (frekanslarının) % dağılımı.



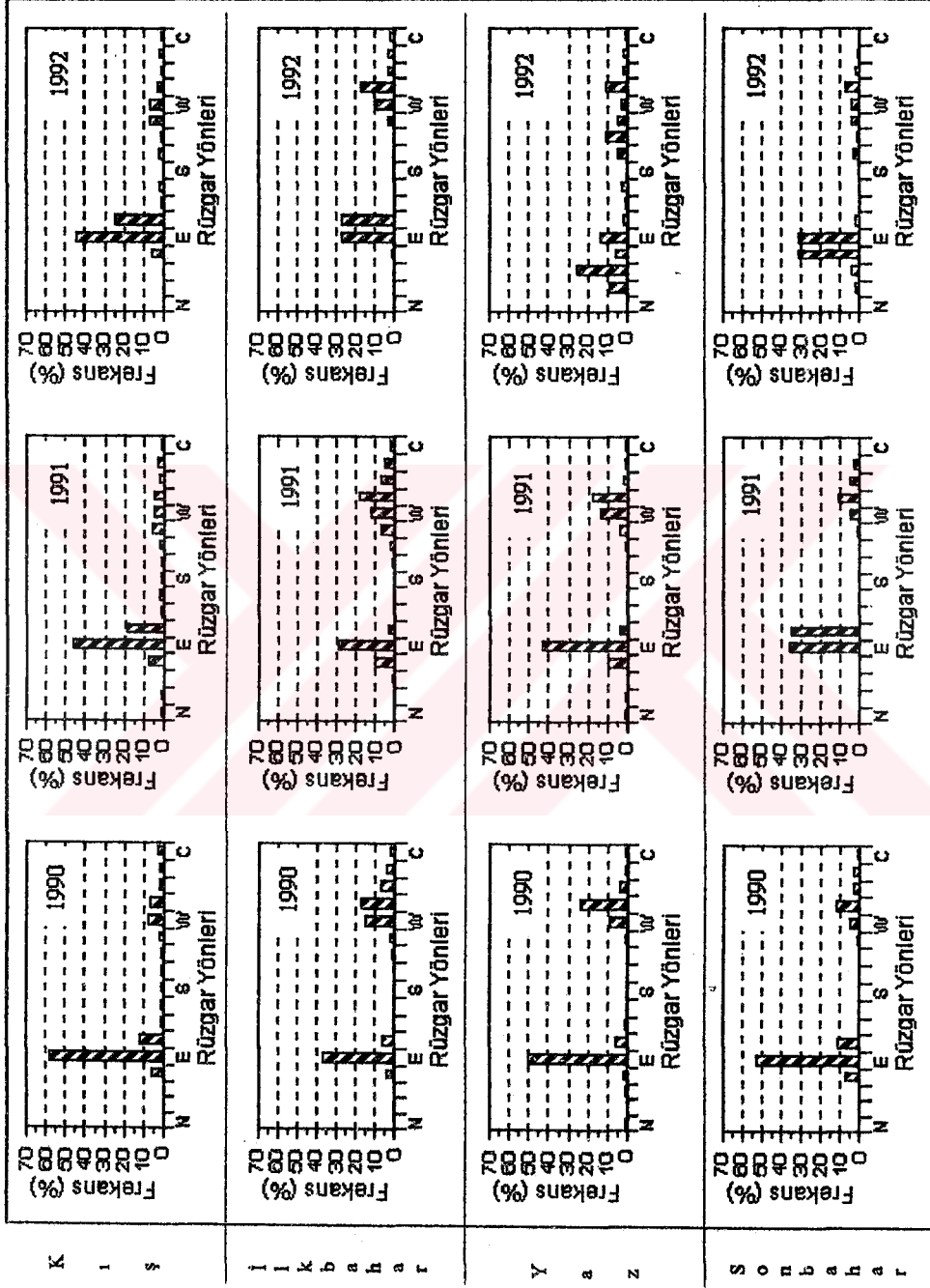
Ek Şekil 2. Ordu İstasyonunda rüzgarların mevsimsel esme sayılarının (frekanslarının) % dağılımları.



Ek Şekil 3. Güresun istasyonunda rüzgarların mevsimsel esme sayılarının (frekanslarının) % dağılımları.



Ek Şekil 4. Trabzon istasyonunda rüzgarların mevsimsel esme sayılarının (frekanslarının) % dağılımı.



9. ÖZGEÇMİŞ

Şenol Akın; 1974 yılında Trabzon ili Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk ve orta okulu İstanbul'da Şirinevler İlkokulu ve Ortaokulu'nda, Lise öğrenimini de İstanbul Kocasinan Lisesin'de tamamladı. 1987 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksek Okulu, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü'nde yüksek öğrenimine başladı. Üniversiteden 1991 yılında bölüm ikincisi olarak Balıkçılık Teknolojisi Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. Aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Haziran 1993'de Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen bu görevine devam etmektedir.