

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

GÜNEYDOĞU KARADENİZ SU KOLONUNDA BAZI FİZİKSEL
PARAMETRELERİN YILLIK DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

727471

Kimyager Ali ALKAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

“ Yüksek Lisans (Çevre Bilimleri) ”

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24.09.2002

Tezin Savunma Tarihi : 08.11.2002

727471

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. H. Basri ŞENTÜRK

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Muhammet BORAN

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

Trabzon 2002

ÖNSÖZ

Karadeniz dünya denizleri içerisinde bir çok yönüyle tekil özelliklere sahip, dünyanın en büyük anoksik su kütesidir. Bu çalışma ile Karadeniz’de etkili değişimin olduğu ilk 200 metrelik su kolonunda bazı fiziksel parametrelerin ölçülmesi amaçlanmıştır.

Çalışma 2001 yılı içerisinde toplam 33 ölçüm yapılmak suretiyle Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü imkanlarıyla gerçekleştirilmiştir.

Tez danışmanım olarak çalışma süresince büyük katkı ve desteğini gördüğüm sayın hocam Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ’ye, yine bu çalışmanın yürütülmesine imkan sağlayan ve bu dönemde enstitüde idari görev yapan Yılmaz BEKİROĞLU ve Mehmet ÇALIK’a, deniz çalışmalarında ve tez yazımı esnasında yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Trabzon, Eylül 2002

Ali ALKAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET.....	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Deniz Suyunun Genel Bileşimi.....	3
1.3. Deniz Suyunun Fiziksel Özellikleri.....	6
1.3.1 Sıcaklık.....	8
1.3.1.1 Okyanus ve Denizlerin Isınma ve Soğumasını Etkileyen Olaylar.....	9
1.3.1.2 Okyanus ve Denizlerde Yüzey Suyu Sıcaklığının Değişimi.....	11
1.3.1.3. Okyanus ve Denizlerde Su Sıcaklığının Derinliğe Bağlı Değişimi.....	12
1.3.2. Tuzluluk.....	14
1.3.2.1 Okyanus ve Denizlerin Tuzluluğunu Etkileyen Faktörler.....	16
1.3.2.2. Okyanus ve Denizlerin Yüzey Suyu Tuzluluğunun Değişimi.....	16
1.3.2.3. Okyanus ve Denizlerde Tuzluluğun Derinliğe Bağlı Değişimi.....	17
1.3.3. Yoğunluk.....	18
1.3.3.1. Okyanus ve Denizlerin Yoğunluğuna Etki Eden Faktörler.....	19
1.3.3.2. Okyanus ve Denizlerin Yüzey Suyu Yoğunluğunun Değişimi.....	20
1.3.3.3. Okyanus ve Denizlerde Su Yoğunluğunun Derinliğe Bağlı Değişimi.	20
1.3.4. Elektriksel İletkenlik.....	21
1.3.5. Termik Genleşme.....	22
1.3.6. Deniz Suyunun Sıkışabilirliği.....	22
1.3.7. Deniz Suyunun Donma Noktası.....	22
1.3.8. Deniz Suyunun Spesifik Isısı.....	22
1.3.9. Osmotik Basınç ve Yüzey Gerilimi.....	22

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BOKÜ MANTARYON MERKEZİ**

1.4.	Karadeniz'in Özelliklerine Genel Bakış.....	25
1.4.1.	Karadeniz'in Konumu.....	25
1.4.2.	Karadeniz'in Hidrokimyasal Özellikleri.....	27
1.4.3.	Karadeniz'de Genel Sirkülasyon ve Kitlese Su Hareketleri.....	30
1.4.4.	Karadeniz'de Upwelling.....	37
1.4.5.	Karadeniz Su Kolonunun Özellikleri.....	38
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	40
2.1.	Materyal.....	40
2.1.1.	Örnekleme.....	40
2.1.2.	Araştırma Teknesi.....	40
2.1.3.	CTD Sistemi.....	41
2.2.	Yöntem.....	42
2.2.1.	Deniz Suyunda Sıcaklık Ölçümü.....	42
2.2.2.	Deniz Suyunda Tuzluluk Ölçümü.....	43
2.2.3.	Deniz Suyunda Yoğunluk (Sigma-t) Ölçümü.....	44
2.2.4.	Deniz Suyunda Elektriksel İletkenlik Ölçümü.....	44
3.	BULGULAR.....	45
4.	TARTIŞMA.....	57
5.	SONUÇLAR.....	62
6.	ÖNERİLER	63
7.	KAYNAKLAR.....	64
	ÖZGEÇMİŞ.....	68

ÖZET

Bu çalışmada Karadeniz'in Trabzon-Yomra açıklarında 40°58.385' N-39°50.982' E ve 40°58.662' N-39°51.275' E koordinatlarında belirlenen, 50m ve 200 m derinlikteki 2 ayrı istasyonda 2001 yılı boyunca su kolonunda bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin (sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk ve elektriksel iletkenlik) yıl içerisindeki değişimleri araştırılmıştır.

Su kolonunda sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk ve elektriksel iletkenlik parametrelerinin farklı zamanlarda derinliğe bağlı olarak yapılan ölçümlerinin profilleri incelenmiş ve bu parametrelerin zamana ve derinliğe bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Ölçümler sonucunda etkili değişimlerin ilk 50 metrede meydana geldiği, bu değişimlerde yaz mevsiminde oluşan mevsimsel termoklin tabakasının önemli rol oynadığı söylenebilir.

Deniz suyu yüzey sıcaklık değerleri hava sıcaklığına paralel olarak artarak ağustos ayında 29°C ile en yüksek değerine ulaşırken, mart ayında 9.75°C ile minimum seviyeye inmektedir. Yüzey suyunda sıcaklık farkı yıl boyunca 19-20 °C civarında iken, bu farklılık 50 m derinlikte 6-7°C, 100 m derinlikte 2-2.5°C ve 200 m derinlikte ise 0.5 °C olmaktadır.

Çalışmanın yapıldığı 2001 yılı boyunca yüzey suyunda ‰17.41 ile haziran ayında minimum, ‰ 17.93 ile şubat ayında maksimum tuzluluk değerleri ölçülmüştür. Tuzluluk değerleri derinliğe bağlı olarak artarak 50 m. derinlikte ortalama ‰18.18, 100 metrede ‰19.49 ve 200 metrede ‰21.26 değerine ulaşmaktadır.

Yoğunluk değerleri sigma-t cinsinden yüzey suyunda en düşük ağustos ayında 9.24 kg/m³ olarak ölçülürken, 13.69 kg/m³ ile şubat ayında en yüksek değere ulaşmaktadır. Derinliğe bağlı olarak 50 metrede ortalama 13.93 kg/m³, 100 metrede 15.10 kg/m³, 150 metrede 16.06 kg/m³ ve 200 metrede 16.44 kg/m³ değerleri tespit edilmiştir.

Elektriksel iletkenlik yüzey suyunda 2.0694 S/m ile şubat ayında minimum, ağustos ayında ise 3.1292 S/m ile maksimum değerini almaktadır. 50 metrede ortalama 2.0694 S/m, 100 metrede 2.1375 S/m, 150 metrede 2.2777 S/m ve 200 metrede 2.3456 S/m elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Karadeniz, Su kolonu, CTD Sistemi, Fiziksel Parametreler

SUMMARY

The Investigation on the Seasonal Changes of Some Physical Parameters in the Water Column of Southeastern Black Sea

This paper presents the work, which has been carried out in the Black Sea's Yomra-Trabzon region, between 40° 58.385' N-39 50.982' E and 40° 58.662' N-39° 51.275' E coordinates, in two different stations in the depths of 50 m and 200 m. During year 2001, in this water column, changes in some physical parameters (salinity, temperature, density and conductivity) has been measured.

In this water column salinity, temperature, density and conductivity parameters has been measured in relation to the depth. It's been noticed that these profiles change depending on time of the year and the depth. As a result of these measures, it has been seen that effective changes happen within 50 m of depth. Termochline layer formed in the summer season, plays a role in these changes.

Surface temperature of sea water in parallel and depending on the weather temperature, increases and reach 29 °C in August and decrease to the minimum level of 9.75 °C in March. While surface level temperature difference during the year is around 19-20 °C and goes down to 6-7 °C in 50 m depth, 2-2.5 °C in 100m depth and 0.5 °C in 200 m depth.

In the year 2001, registered salinity measurements of surface water are minimum of ‰ 17.41 in June, and maximum of ‰ 17.93 in February. These salinity measurements changes depending on the depth of water and in 50 m average of ‰ 18.18, 100 m ‰ 19.49 and 200 m ‰ 21.26.

Density parameters measured in the surface water as sigma-t, found minimum in August as 9.24 kg/m³ and reaches maximum in February as 13.69 kg/m³. The registered measures depending of depth are; in 50 m average 13.93 kg/m³, in 100 m average 15.10 kg/m³, in 150 m average 16.06 kg/m³ and in 200 m 16.44 kg/m³.

Conductivity in the surface water measured as minimum of 2.0694 S/m in February, maximum of 3.1292 S/m in August. In 50m average 2.0694 S/m, in 100 2.1375 S/m, in 150 m 2.2777 S/m and in 200 m 2.3456 S/m conductivity values measured.

Key Words: Blacksea, Water Column, CTD System, Physical Parameters.

İC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Karadeniz havzası lokasyon haritası.....	2
Şekil 2.	Deniz suyundaki elementlerin doğadaki dolaşimleri.....	4
Şekil 3.	Su moleküllerinin sıcaklığa bağlı molekül geometrileri.....	7
Şekil 4.	Sıcaklığın derinliğe bağlı tabakalaşması.....	12
Şekil 5.	Su yoğunluğunun derinliğe bağlı tabakalaşması.....	20
Şekil 6.	Karadeniz'in koordinatları.....	26
Şekil 7.	Karadeniz baseninin batimetrisi.....	26
Şekil 8.	Karadeniz'in su bütçesi için kutu modeli.....	29
Şekil 9.	Karadeniz'in akıntı sistemleri şeması.....	31
Şekil 10.	Karadeniz'de suyun düşey yöndeki sirkülasyonunun teorik diyagramı.....	37
Şekil 11.	Araştırma sahası ve istasyonlar.....	40
Şekil 12.	Araştırma-3 Teknesi.....	40
Şekil 13.	CTD Probu.....	41
Şekil 14.	Verilerin bilgisayara alınışı.....	42
Şekil 15.	Aylık ortalama sıcaklık değerlerinin 1. ve 2. istasyonda derinliğe bağlı değişimi.....	52
Şekil 16.	Aylık ortalama tuzluluk değerlerinin 1. ve 2. istasyonda derinliğe bağlı değişimi.....	53
Şekil 17.	Farklı aylarda ölçülen sigma-t ve tuzluluk ilişkileri.....	54
Şekil 18.	Aylık ortalama sigma-t değerlerinin 1. ve 2. istasyonda derinliğe bağlı değişimi.....	55
Şekil 19.	Aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin 1. ve 2. istasyonda derinliğe bağlı değişimi.....	56
Şekil 20.	1.istasyonda sıcaklığın zamana ve derinliğe bağlı olarak gösterdiği tabakalaşma.....	58
Şekil 21.	2.istasyonda sıcaklığın zamana ve derinliğe bağlı olarak gösterdiği tabakalaşma.....	59

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Yeryüzündeki okyanusların alanı, hacmi ve ortalama derinlikleri.....	1
Tablo 2. Deniz suyundaki elementler	5
Tablo 3. Çeşitli iyonların deniz suyunda bulunma oranları.....	8
Tablo 4. Deniz yüzeyinde ($p=0$) sıcaklık ve tuzluluk değişimlerinin genleşme katsayısına etkileri ($B \times 10^6$).....	22
Tablo 5. Deniz suyunun sıcaklık, tuzluluk ve basınca bağlı sıkışabilirlik katsayısının değişimleri.....	23
Tablo 6. Spesifik ısının sıcaklık ve tuzluluk etkisindeki değişimleri.....	24
Tablo 7. Karadeniz'in su bütçesi.....	30
Tablo 8. CTD probunda parametrelerin ölçüm hassasiyetleri.....	42
Tablo 9. Tuzluluk hesabında yararlanılan çeşitli yöntemler ve duyarlılıkları....	43
Tablo 10. Ölçüm yapılan tarihler ve ölçüm sayıları.....	45
Tablo 11. 1. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama sıcaklık değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	46
Tablo 12. 1. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama tuzluluk değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	46
Tablo 13. 1. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama sigma-t değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	47
Tablo 14. 1. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	47
Tablo 15. 2. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama sıcaklık değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	48
Tablo 16. 2. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama tuzluluk değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	49
Tablo 17. 2. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama sigma-t değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	50
Tablo 18. 2. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	51

SEMBOLLER DİZİNİ

CTD	: İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik
μg	: Mikrogram
% S	: Binde tuzluluk
E	: Doğu
İSKİ	: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi
KAS	: Kıyısal Akıntı Sistemi
m	: Metre
N	: Kuzey
Ppm	: Milyonda Kısım
SAT	: Soğuk Ara Tabaka
SÜMAE	: Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü
σ_t	: $\text{Sigma-t} = (\text{Yoğunluk-1}) \times 1000$

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Okyanuslar ve denizler, yerkürenin çukur bölümlerini dolduran birbirleriyle ilişkili su kütleleridir. Yerkürede geniş bir alan kaplayan bu su kütesinin, sınırları pek belli olmayan geniş bölümleri için okyanus; sınırları bariz bölümleri için deniz terimleri kullanılır. Okyanus ve deniz terimleri genel isimlerdir ve yalnız başlarına bulduklarında bir mana ifade etmezler. Ancak özel isimlerin sonlarına geldiklerinde manaları vardır. Örneğin; Atlantik Okyanusu, Karadeniz gibi.

Yerkürenin yaklaşık %71'ni örten su kütesinin okyanuslara bölünüşü zamana ve araştırmacılara göre değişik şekillerde yorumlanmıştır. Günümüzde Atlantik, Pasifik, Hint ve Arktik okyanusu olmak üzere 4 okyanusun varlığı kabul edilmektedir. Bu okyanusların (bitişik denizler dahil) alanı, hacmi ve ortalama derinlikleri Tablo 1 de verilmiştir [1].

Tablo. 1. Yeryüzündeki okyanusların alanı, hacmi ve ortalama derinlikleri

Okyanuslar ve Bitişik Denizler	Alan 10^6 km^2	Hacim 10^6 km^3	Ortalama Derinlik (m)
Arktik Okyanusu	12.257	13.702	1117
Hint Okyanusu	74.118	284.608	3840
Atlantik Okyanusu	94.314	337.210	3575
Pasifik Okyanusu	181.033	714.410	3940

Genellikle okyanusların bitişiğinde bulunan denizlerin, okyanuslara göre sınırları oldukça belirlidir. Denizler, bazı özel iklimsel şartlarda bulduklarından belli özelliklere sahiptirler.

Denizler, topoğrafik ve hidroğrafik özelliklere göre; Kenar, kıtalararası, iç ve kapalı olmak üzere dört bölümde incelenebilir. Araştırma konusu olan Karadeniz, Anadolu ve Balkan Yarımadaı ile Doğu Avrupa platformu arasında yer alan büyük bir iç denizdir.

Karadeniz dünya denizleri içindeki tekil özelliklere sahip bir deniz olup bir ekosistem olarak incelendiğinde Karadeniz'de pek çok bilimsel problem cevap beklemektedir. Bu cevapların sağlıklı ve bilimsel olarak verilebilmesi çevresel sorunlara öncülük edebilecektir.



Şekil 1. Karadeniz havzası lokasyon haritası

Bugüne kadar yapılmış oşinografik araştırmalar, sistemin genel fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinin tanımlanmasında önemli rol oynamasına rağmen yeterli oldukları söylenemez. Örneğin bir kısım Rus araştırmacıların sürdürdüğü çalışmalarda elde edilen bulguların duyarlılığı ve ayırım gücü bugünkü düzeyin gerisinde kaldığından elde edilen sonuçlarda o ölçüde sınırlı olmuştur [2,3,4,5,6,7,8,9].

Günümüzde, çevre ülkeler Karadeniz'den özellikle balıkçılık, turizm, deniz taşımacılığı alanlarında yararlanmakta ve yarı arıtılmış evsel ve sanayi atıklarını kıyı sularına deşarj etmektedirler. Sınırlı ve kapalı bir basen konumunda ve tatlı su girdisi yüksek seviyede olan Karadeniz'in giderek bozulan ekolojik dengesinin yeterince anlaşılabilmesi ve canlı/cansız kaynakların rasyonel şekilde kullanılması gerekmektedir.

Son yirmi yılda Karadeniz ekosisteminde çarpıcı değişikliklerin olduğu çevre bilimcilerince dile getirilmektedir. Özellikle bölgenin kuzeybatısında yer alan geniş kıta sahanlığına büyük nehirler yoluyla ulaşan karasal kaynaklı besin elementleri (fosfor ve azot bileşikleri), bu bölgenin yüzey sularında aşırı plankton çoğalmasına, tabandaki aşırı organik madde birikimi de sığ sularda dahi oksijensiz koşullara ve buradaki yaşamın sona ermesine kadar uzanan dramatik değişikliklere neden olmuştur.

Karadeniz genelinde de ekonomik değere sahip balık türleri ve avlanabilir miktarları azalmıştır. Ekosistemde bazı yeni canlı türleri baskın hale gelirken, ekonomik değere sahip bazı türler de kaybolma noktasına gelmiştir. Canlı yaşamda gözlenen bu dramatik değişim sürecinde sistemin hidrokimyasal özelliklerinde ne tür değişikliklerin meydana geldiği henüz yeterince bilinmemektedir [2,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19].

Karadeniz'in korunmasını amaçlayan geleceğe dönük yönetim programlarının başarılı olması ekosistemde uzun zaman diliminde meydana gelen hidrokimyasal değişikliklerin, sistemin hidrografik özelliklerine bağlı kısa süreli değişimlerini ayırt etmekten geçer. Bu farkın belirlenmesine imkan veren sağlam bilimsel verilere dayalı görüşler bugüne kadar yeterince ortaya konamamıştır.

1.2. Deniz Suyunun Genel Bileşimi

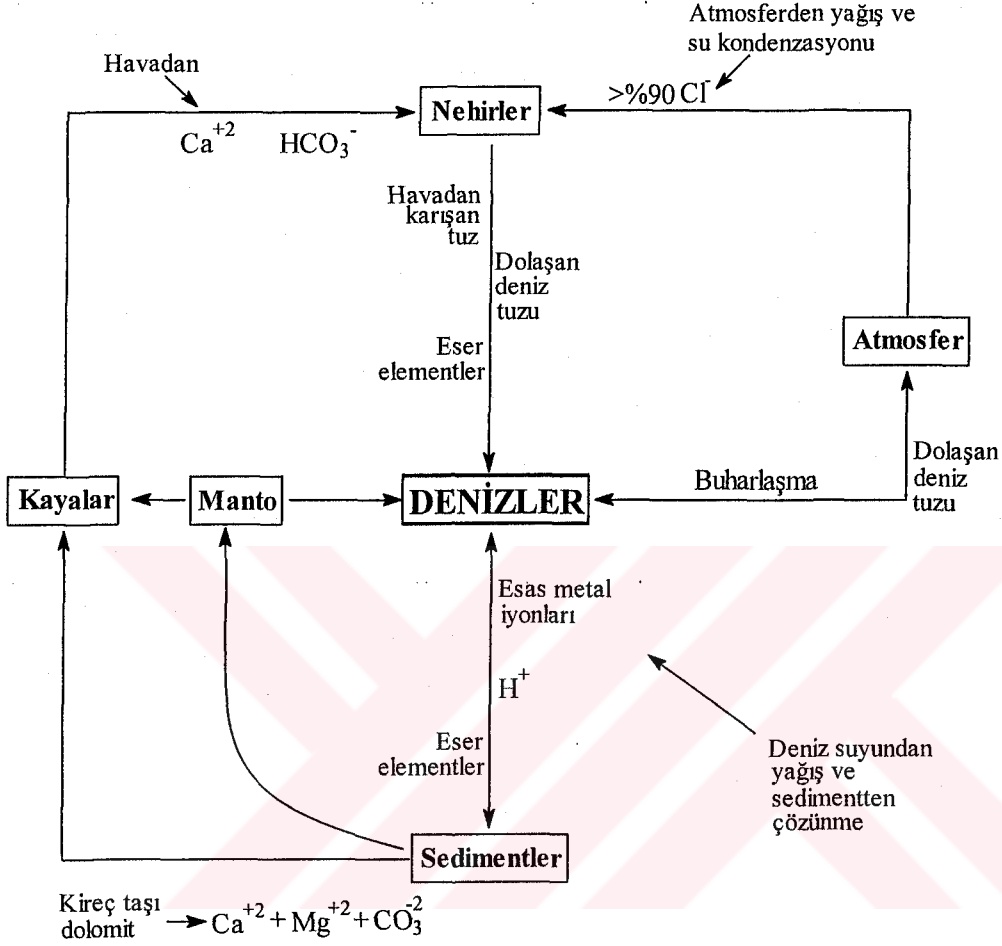
Yeryuvarında mevcut elementlerin büyük bir kısmının (90 elementten 80'ni) deniz suyunda çözülmüş halde bulunduğu sanılmaktadır. Bu nedenle deniz suyu pek çok katı madde ve gazın çözülmüş halde bulunduğu bir çözeltiyi oluşturur. Bunlardan başka deniz suyunda çözülmüş organik bileşiklerle asılı halde bulunan organik ve inorganik kökenli parçacıklar da vardır. Deniz suyunda çözülmüş veya asılı halde bulunan bu maddeler atmosfer, okyanus ve karalar arasında oluşan alışverişten kaynaklanmaktadır (Şekil 2).

Deniz suyuna çeşitli kaynaklardan gelen çözülmüş veya asılı halde bulunan bu maddeler başlıca dört grupta toplanabilirler. Bunlar; çözülmüş organik maddeler, çözülmüş inorganik maddeler, çözülmüş atmosferik gazlar ve asılı halde bulunan parçacıklardır.

Deniz suyunun mevcut bileşimi bu ortamda oluşan kimyasal, biyolojik ve fiziksel olaylara bağlı olarak değişebilir.

Çok geniş hacim ve alana sahip okyanus ve denizlerde devamlı olarak gelişen fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar bu ortamın yapısı üzerinde de önemli etkilere sahiptirler. Bu olaylara örnek olarak; atmosfer ve okyanuslar arasındaki ilişkiler, çeşitli maddelerin çözünürlük derecesi, aneorobik bakterilerin indirgenmesi, okyanus suyu ve dibi arasındaki ilişkiler ve çökelim olayları, tuzların oluşum ve çözünürlükleri, çeşitli elementlerin konsantrasyonunu kontrol eden ve etkileyen olaylar, tatlı suların etkisi biyolojik olaylar gösterilebilir [20].

Deniz suyunun bileşimini etkileyen bu olaylar genel olarak kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel olarak üç grupta toplanabilirler.



Şekil 2. Deniz suyundeki elementlerin doğadaki dolaşimleri

Tablo 2'de deniz suyundeki elementlerin, bulunma şekilleri ve su ortamında kalış süreleri verilmiştir.

Deniz suyu bileşimi üzerinde bitkisel ve hayvansal organizmaların önemli etkilere sahip oldukları bilinmektedir. Bitkisel formlar, biyokimyasal dolaşımın bir bölümünü oluşturan fotosentez ve solunumları sırasında yüzey sularının oksijen ve karbondioksit içeriğini devamlı olarak değiştirirler. Diğer bir deyişle, fotosentez süresince karbondioksit tüketip oksijen ürettiklerinden yüzey sularının oksijenle zenginleşmesini sağlarlar. Dip suları ise hayvanların solunumu ve oksidasyon olayları sonucu oksijen yönünden fakirdirler.

Tablo 2. Deniz suyundaki elementler

Element	Konsantrasyon mg/kg	Ortamda bulunma şekli	Su ortamında kalış süresi (yıl)
H	108 000	H ₂ O	
He	0.000005	He(g)	
Li	0.1-0.17	Li ⁺	2.0.10 ⁷
Be	0.0000006		1.5.10 ²
B	4.6	B(OH) ₃ , B(OH) ₂ O ⁻	
C	28	HCO ₃ ⁻ , H ₂ CO ₃ , CO ₃ ²⁻	
N	0.1- 0.7	NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , N ₂ (g)	
O	857 000	H ₂ O, O ₂ (g), SO ₄ ²⁻	
F	1.3	F ⁻	
Ne	0.0001	Ne(g)	
Na	10 561	Na ⁺	2..6.10 ⁸
Mg	1272	Mg ²⁺ , MgSO ₄	4.5.10 ⁷
Al	0.01-0.5		1.0.10 ²
Si	0.02-4.0	Si(OH) ₄ , Si(OH) ₃ O ⁻	8.0.10 ³
P	0.001-0.10	HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , H ₃ PO ₄	
S	884	SO ₄ ²⁻	
Cl	18 980	Cl ⁻	
Ar	0.6	Ar(g)	
K	380	K ⁺	1.1.10 ⁷
Ca	400	Ca ²⁺ , CaSO ₄	8.0.10 ⁶
Sc	0.00004		5.6.10 ³
Ti	0.001		1.6.10 ²
V	0.003-0.002	VO ₂ (OH) ₂ ²	1.0.10 ⁴
Cr	0.00005		3.5.10 ²
Mn	0.001-0.010	Mn ²⁺ , MnSO ₄	1.4.10 ³
Fe	0.002-0.02	Fe(OH) ₃ (s)	1.4.10 ²
Co	0.0005	Co ²⁺ , CoSO ₄	1.8.10 ⁵
Ni	0.0001-0.002	Ni ²⁺ , NiSO ₄	1.8.10 ⁴
Cu	0.001-0.010	Cu ²⁺ , CuSO ₄	5.0.10 ⁴
Zn	0.005-0.01	Zn ²⁺ , ZnSO ₄	1.8.10 ⁵
Ga	0.00003		1.4.10 ³
Ge	0.00007	Ge(OH) ₄ , Ge(OH) ₃ O ⁻	7.0.10 ³
As	0.003-0.02	HAsO ₄ ²⁻ , H ₂ AsO ₄ ⁻ , H ₃ AsO ₄ , H ₃ AsO ₃	
Se	0.004	SeO ₄ ²⁻	
Br	65	Br ⁻	
Kr	0.0003	Kr(g)	2.7.10 ⁵
Rb	0.12-0.2	Rb ⁺	1.9.10 ⁷
Sr	8-13	Sr ²⁺ , SrSO ₄	7.5.10 ³
Y	0.0003		3.0.10 ²
Nb	0.00001		5.0.10 ⁵
Mo	0.0005-0.01	MoO ₄ ²⁻	2.1.10 ⁶
Ag	0.0003	AgCl ₂ ⁻ , AgCl ₃ ²⁻	5.0.10 ⁵
Cd	0.00011	Cd ²⁺ , CdSO ₄	
In	0.02		5.0.10 ⁵
Sn	0.003		3.5.10 ⁵
Sb	0.0005	IO ₃ ⁻ , I ⁻	
I	0.05-0.06	Xe(g)	
Xe	0.0001	Cs ⁺	4.0.10 ⁴
Cs	0.0005-0.002	Ba ²⁺ , BaSO ₄	8.4.10 ⁴
Ba	0.03-0.05		1.1.10 ⁴
La	0.0003		6.1.10 ³
Ce	0.0004	WO ₄ ²⁻	1.0.10 ³
W	0.0001	AuCl ₄ ⁻	5.6.10 ³
Au	0.000004-0.000006	HgCl ₃ , HgCl ₄ ²⁻	4.2.10 ⁴
Hg	0.00003	Tl ⁺	
Tl	<0.00001		

Biyokimyasal dolaşımında etkin olan diğer önemli elementlere örnek olarak karbon, azot, fosfor, silis vb. gösterilebilir. Bu elementler, denizel bitkilerin gelişim periyodunda organik maddeyi oluşturmak üzere sudan alınırlar; buna karşın artık ürün veya organik maddenin ayrışımı ile suya verilirler. Bununla beraber organik maddelerin deniz dibindeki birikimleri çok azdır; zira genellikle ayrışır veya su içindeki çökmesi sırasında dip hayvanları tarafından besin olarak kullanılırlar.

Besleyici elementlerin vertikal ve horizontal yöndeki dağılışı incelendiğinde biyokimyasal olaylar nedeni ile geniş farklılıklar gösterdikleri görülür.

Ayrıca bazı organizmaların bazı elementleri bünyelerinde biriktirebildikleri veya çeşitli atıklarıyla suya bıraktıkları da bilinmektedir. Dolayısıyla bazı elementlerin deniz suyundaki konsantrasyonları ortamdaki organizmaların aktivitelerine bağlı olarak değişimler gösterebilmektedir.

Deniz sularının tuz içeriği o bölgedeki buharlaşma ve yağış miktarına bağlı olarak değişimler gösterir. Buharlaşmanın fazla olduğu subtropikal bölge yüzey sularının tuzluluğu oldukça yüksektir.

Akıntı, dalga ve denizlerde oluşan diğer karışımlar deniz suyunun içerdiği elementleri bir bölgeden diğer bölgeye taşırlar. Bu nedenle özellikle yüzey suları çeşitli fizikokimyasal özellikleri yönünden yeknesaktırlar.

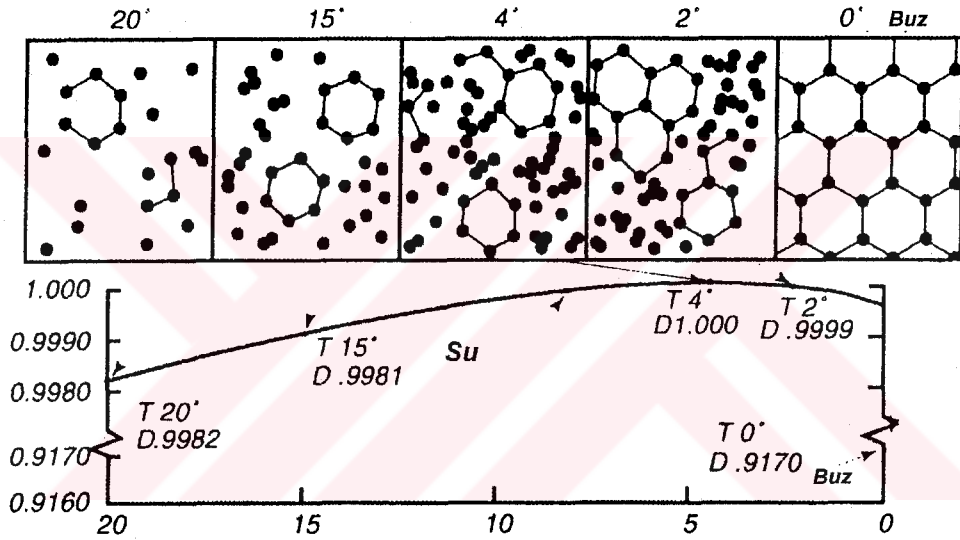
Deniz suyunun bileşimini genel olarak etkileyen kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel olayların anlaşılabilmesi için sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk, pH, alkalinite, elektriksel iletkenlik, çözünmüş gazlar, besleyici ve inorganik elementler gibi parametrelerin vertikal, horizontal ve zamansal konsantrasyon dağılımlarının belirlenmesi gereklidir.

1.3. Deniz Suyunun Fiziksel Özellikleri

Deniz suyunun genel fiziksel özelliklerini ve bunların değerlendirmesini doğrudan gözlemlere dayalı olarak açıklamaya çalışan, fiziksel oşinografinin alt bölümüne Sinoptik veya Tanımsal Fiziksel Oşinografi adı verilir. Oşinografinin bu dalı aynı zamanda suyun fiziksel özelliklerinin vertikal ve horizontal dağılışı durumları ile bunlara ait basit kuralları açıklamaya çalışır [1].

Deniz suyu %96.5 saf su ve %3.5 tuzlar, çözünmüş gazlar, organik maddeler ve çözünmemiş partiküllerden meydana gelmiştir. Deniz suyunun fiziksel özelliklerini esas

olarak %96.5 oranında bünyesinde bulunan saf su belirler. Bu nedenle deniz suyunun özelliklerini anlayabilmek için su kimyası hakkında bazı bilgilere sahip olmak gerekir. Bir su molekülü iki Hidrojen ve bir Oksijen atomunun aralarında kovalent bağ yapımlarıyla oluşmuş dipol bir moleküldür. Bitişik su molekülleri zayıf iyonik bağlarla (%6) birbirini etkiler. Su molekülü zincirleri sıcaklık azalmasıyla büyürler. Molekül zincirlerinin bu görünüşü yüksek yüzey gerilimi ve sıcaklık azaldıkça standart atmosfer basıncında 4 °C ye kadar yoğunluk artışı eğilimi taşırlar. Daha düşük sıcaklıklarda bu zincirler kırılır ve yoğunluk tekrar azalır [21] (Şekil 3).



Şekil 3. Su moleküllerinin sıcaklığa bağlı molekül geometrisi

Deniz suyu tuzlu sudur ve tuzluluk binde birim (ppt: parts per thousand) olarak ifade edilir. Tuzluluk kimyasal titrasyon başta olmak üzere (doğru fakat zaman alıcı) iletkenlik (duyarlı) ve indüktanz gibi birçok farklı yöntemle ölçülebilir. Tuzluluk ifadesinde birbirinden çok az farkları olan PSU (Practical Salinity Units) ve PSS (Practical Salinity Scala) gibi birimler de kullanılır. Okyanuslar içinde çeşitli su tuzlulukları bulunmasına rağmen, bu çeşitliliğin sınırları genellikle 32-38 PSU gibi küçük aralıktadır. Tuzluluğu etkileyen bütün olaylar iyonları da aynı şekilde etkilediği için iyonların oranı çoğunlukla sabit kalır. Yalnızca biyolojik olaylarda rol oynayan Ca gibi küçük iyonlar bu kuralın dışında kalırlar [22].

Tablo 3. Çeşitli iyonların deniz suyunda bulunma oranları

Element	İyon	Bulunma %'si
Klorür	Cl ⁻	55.04
Sodyum	Na ⁺	30.61
Sülfat	SO ₄ ⁻	7.68
Magnezyum	Mg ⁺⁺	3.69
Kalsiyum	Ca ⁺⁺	1.16

Suyun sıkıştırılabilme özelliği çok düşüktür. (Okyanus dibinde yaklaşık %3) Sıkıştırılabilme özelliği düşük olduğu için yerinde yapılan sıcaklık ölçümü ile potansiyel sıcaklık ölçümü yalnız 2000m derinlikten sonra farklılık gösterir. Yine de yoğunluğun sıcaklık, tuzluluk ve basınca bağlı ilişkileri lineer değildir. Bütün sıcaklık değerlerinde tuzluluğun artması ile yoğunluk artar ancak bu artış çok düşük sıcaklıklarda biraz etkilenir.

Tipik okyanus yoğunlukları 1 g/cm³ civarındadır. Yoğunluk değişimleri çok küçük değerler olduğu için genellikle yoğunluk yerine Sigma-t değeri kullanılır.

Deniz suyu çeşitli dalga boyundaki ışınları geçirir. Temiz bir deniz suyu mavi-yeşil dalga boyundaki ışınları 50 metre veya daha derinlere kadar geçirebilme yeteneğine sahip iken kırmızı ışığı birkaç metre derinlikten aşağıya geçirmez. Deniz suyundaki bulanıklık ışık geçirgenliğini azaltır.

Deniz suyunun akustik özelliği askeri önemi nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Sesin havadaki hızı 345 m/sn iken deniz suyunda ortalama ses hızı 1400-1500 m/sn civarındadır. Balinalar birbirleriyle binlerce mil uzaklıklardan haberleşmede bu avantajı kullanırlar. Sesin hızı sıcaklık ve basınç artışıyla artar [22].

1.3.1. Sıcaklık

Sıcaklık deniz suyunun birçok fiziksel hatta kimyasal özelliği üzerinde önemli etkilere sahiptir. Örneğin su yoğunluğu ve bunun değişimi sonucu oluşan akıntılar sıcaklık ve tuzluluk değişimlerine bağlı olarak gelişir. Bunun gibi denizlerde gözlenen birçok fiziksel ve kimyasal olayla sıcaklık ve tuzluluğun yakın ilişkisi vardır.

Sıcaklık değerleri; alkalinitenin çeşitli formlarının hesaplanmasında, CaCO₃ dengesi ve doygunluğu ile ilgili çalışmalarda, tuzluluk hesabında ve genel laboratuvar

çalışmalarında kullanılır. Oşinografik çalışmalarda sıcaklığa derinliğin bir fonksiyonu olarak ihtiyaç duyulur.

Limnolojik ve oşinolojik çalışmalarda çeşitli derinliklerde sıcaklık ölçümleri için reversing termometre, termofon veya termistor kullanılabilir. Eğer derinden alınan suyun sıcaklığı yüzeyde ölçülürse düzeltme faktörü kullanılmalıdır.

$$\Delta T = \left[\frac{(T^l - t)(T^l + v_0)}{K} \right] \times \left[1 + \frac{(T^l - t)(T^l + v_0)}{K} \right] + L \quad (1)$$

ΔT : Ham değeri düzeltmek için eklenmesi gereken cebirsel düzeltme değeri

T^l : Yüzeyde ölçülen sıcaklık

t : Termometre ile derinde ölçülen sıcaklık değeri

v_0 : Kapilerin sonunda 0°C çizgisindeki küçük haznenin hacmi

K : Civa ve camın termal genişlemesine bağlı sabit

L : Termometrenin T^l ne bağlı kalibrasyon faktörü

Sıcaklık ölçümü için birçok fiziksel yöntem vardır. Ancak bu yöntemlerden yalnızca birkaçı mutlak sıcaklık ölçmek için kullanılabilir. Sıcaklığın birimi K ile gösterilen Kelvin'dir ve Kelvin sıcaklığı T, Celsius sıcaklığı t'ye aşağıdaki bağıntı yardımıyla çevrilebilir.

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15 \quad (2)$$

Mutlak skalayı kullanarak sıcaklık ölçümü zordur ve genellikle Ulusal Standartlar Laboratuvarları tarafından yapılır. Mutlak ölçümler pratik sıcaklık skalasını belirlemek için kullanılır.

Denizlerde sıcaklık ölçümü için kullanılan enterpolasyon cihazları genellikle platin resistanslı termometrelerdir. Bu termometreler sıcaklığın fonksiyonu olarak bir direnç gösteren saf platin tel içerirler [23].

1.3.1.1. Okyanus ve Denizlerin Isınma ve Soğumasını Etkileyen Olaylar

Okyanus sularının sıcaklığı, bunların ısınma ve soğumasını aynı anda zıt yönlerde etkileyen faktörlerin etkisindedir. Okyanus sularının ısınmasında etkin olan başlıca etkenler; güneş ışınlarının soğurulması, yerin iç ısısının okyanus tabanında konveksiyonla alınması, kinetik enerjinin ısıya dönüşmesi, su buharının yoğunlaşmasından oluşan ısı ile

kimyasal ve biyolojik olaylar sonucu oluşan ısıdır. Bununla beraber bunlardan konveksiyonla okyanus tabanından gelen ısı miktarının fazla olmadığı ve yılda 50-80 g cal/cm³ olduğu; kuvvetli gel-git akıntıları sonucu oluşan kinetik enerjinin oldukça bölgesel olduğu; kimyasal ve biyolojik olaylar sonucu oluşan ısı enerjisinin de düşük olduğu bulunmuştur. Aynı şekilde atmosferden konveksiyonla ısı alımı da büyük değildir; zira atmosferin alt tabakalarının deniz yüzeyinden daha sıcak olması hali az rastlanan bir olaydır. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi okyanus ve deniz sularının sıcaklığını kontrol eden en önemli etken güneş ışınları olmaktadır. Bu ışınların önemli bir bölümü denizler tarafından soğurulur , fakat soğurulma miktarı denizin sakin veya çalkantılı olma durumuna göre değişimler gösterir. Diğer bir deyişle gelen ışınların bir bölümü denizin durumuna bağlı olarak geriye yansıtılır. Bununla beraber, denizlerin albedosu düşük olduğundan yansımaya yoluyla olan ısı kaybı da oldukça düşüktür.

Okyanus ve deniz sularının ısı kaybına neden olan başlıca etkenler ise deniz yüzeyinden yansımaya, buharlaşma ve atmosfere bağlı ısı konveksiyonlarıdır. Okyanuslar belli zamanlarda bir ısı kaynağı gibi davranarak etraflarına ısı verirler. Bu ısı miktarı yüzey suları sıcaklığına ve havanın nispi nemine bağlı olarak değişir; sıcaklığın artışı ve nispi nemin düştüğü oranda verilen ısı miktarı artar. Denizler atmosfere konveksiyon yoluyla da bir miktar ısı verirler; bu olay denizlerin atmosferden daha sıcak olduğu zamanlarda oluşur. Nihayet buharlaşma olayı okyanuslara ısı kaybettiren en önemli olaydır. Gerçekte okyanusların kazandığı enerjinin yarısından fazlası atmosfere buharlaşma yolu ile iade edilir.

Yukarıdaki açıklamalara göre okyanuslar için en önemli ısı kaynağını güneş radyasyonu; ısı kayıplarını ise geri radyasyon, atmosfere bağlı ısı konveksiyonu ve buharlaşma ile olan ısı kayıpları oluşturur. Diğer bir deyişle; okyanuslar tarafından alınan ısı ile verilen ısı miktarı birbirine eşittir.

Bu ısı alışverişi sayesinde okyanusların ısı bütçesindeki gelir ve giderin tüm bölgelerde eşit olması gerekir. Diğer bir deyişle alınan enerjinin verilen ve depo edilen enerjiye eşit olması gerekir. Bununla beraber okyanuslarda yapılan gözlemlerde ısı bütçesi yönünden bölgelerde daima bir eşitliğin olmadığı gözlenmiştir. Ekvatordan 25° enleme kadar alınan enerji verileden fazla olduğu halde 25° enlemden sonra verilen enerji alınandan fazladır. Bu nedenle aradaki fark , alçak enlemlerden yüksek enlemlere doğru, başta sıcak su akıntılarıyla olmak üzere enerji nakli ile kapatılmaktadır.

Okyanuslarda izlenen bu ısı alışverişi miktarı bölgesel olarak değiştiği gibi mevsimsel olarak da değişebilmektedir. Bölgesel değişimlerde güneş enerjisi 25° kuzey ve güney enlemleri arasında daha etkin olup, bu enlemlerden sonra ise atmosferle olan alışverişin etkisi daha fazladır. Bu ilişkiler çerçevesinde okyanus yüzey sularının ortalama sıcaklığı 17.5°C, karasal ortamınki ise 14.5 °C civarındadır. Ayrıca okyanuslarda en fazla sıcaklık değişimleri orta enlemlerde olduğu halde karasal ortamlardaki en fazla değişimlere kutup bölgelerinde rastlanmaktadır.

Ortalama 17.5 °C sıcaklığa sahip okyanus yüzey sularının sıcaklığı -2°C ile 28°C arasında değişmektedir. En soğuk bölgeyi oluşturan kutuplarla en sıcak bölgeyi oluşturan ekvator arasındaki isotermlerin dağılışı ise az çok birbirine paralel olup kıyılara yakın bölgelerde bu paralellik kısmen ortadan kalkmaktadır [1].

1.3.1.2. Okyanus ve Denizlerde Yüzey Suyu Sıcaklığının Değişimi

Okyanus suları yüzey sıcaklığının günlük değişimleri, güneş ışınlarının şiddeti ve müddeti ile suların karışım durumuna bağlıdır. Genellikle günlük değişimler yüksek enlemlerde ve derin suların yüzey tabakalarında çok düşük olduğu halde, bu değişimler sığ sahil sularında daha yüksektir. Örneğin, kutuplara yakın bölgelerde 0.3-0.5°C' lik maksimal bir değişime karşın, sahillerdeki az derin sakin sularda bu değişim 2-3°C' ye erişir. Sahillerde veya açık sularda gözlenen bu günlük değişimlerin pratik olarak okyanuslardaki biyolojik, fiziksel ve kimyasal olaylar üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır.

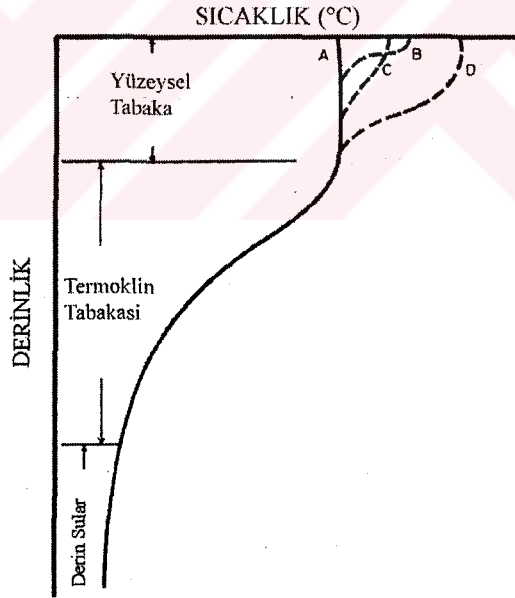
Okyanus suları yüzey sıcaklıklarının yıllık değişimleri, güneş ışınlarının mevsimsel değişimine, okyanus ve atmosfer arasında oluşan ısı alışverişini etkileyen predominant rüzgarlara ve okyanuslardaki mevcut akıntılara bağlıdır. Bu değişimler kutup ve ekvatorial bölgelerde düşük (genellikle 2°C, bazen 8°C) olmakla beraber ılıman bölgelerde ve karalarla çevrili bölgelerde (Baltık Denizi, Karadeniz, Adriatik Denizi, İran Körfezi) oldukça yüksek (10°-20°C) değerlere ulaşır [1].

1.3.1.3. Okyanus ve Denizlerde Su Sıcaklığının Derinliğe Bağlı Değişimi

Genellikle tüm okyanus sularında yüzeyden dibe doğru sıcaklık azalması mevcut olup, bu azalma 28-30°C den -1°C'ye kadar olmaktadır. Bu değişimler kutup bölgelerinde ya çok zayıf yada hemen hemen sıfır değerinde olmasına karşın, sıcak bölgelere yaklaştıkça maksimuma ulaşır.

Ekvatorun çevresinde ve ılıman bölgelerde yapılan incelemelerde derinliğe bağlı olarak sıcaklığın tabakalaşmalar gösterdiği ve bununla ilgili olarak yüzeyden dibe doğru yüzeysel tabaka, geçiş tabakası ve derin su tabakası olmak üzere üç tabakanın mevcut olduğu saptanmıştır.

Yüzeysel Tabaka: Bu tabakaya deniz troposferi adı da verilir. Kalınlığı hiçbir zaman 100m'yi geçmez. Güneş ışınlarının atmosferle olan ısı alış verişinin ve rüzgarın oluşturduğu karışımların etkisinde bulunan bir tabakadır. Kışın sıcaklık yönünden az çok homojen olan bu ince yüzeysel tabakada yazın mevsimsel termokline rastlanır (Şekil 4).



Şekil 4. Sıcaklığın derinliğe bağlı tabakalaşması [Kış (A), İlkbahar (B,C), Yaz(D)]

Şekil 4'ten de anlaşılacağı gibi kışın bu tabaka hemen hemen isotermdir. İlkbaharda ise güneş enerjisinin absorpsiyonuyla yüzey sıcaklığı artar ve yüzeyde mevsimsel termoklin görülür. Bu termoklinin eğimi, yüzey sularının ani ısınmasına ve denizin sakin oluşuna paralel olarak artar. Diğer bir deyişle sakin ve çabuk ısınmış sularda bu eğim çok fazladır. Bununla beraber rüzgar etkisiyle bu eğim azalabilir. Mevsimsel termoklin özellikle yaz

mevsiminde iyi gelişir ve yüzey sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu yörelerde yaz termoklini ancak 15m derinliğe kadar yayıldığı halde, yüzey sıcaklık değişimlerinin düşük olduğu yörelerde 50 metreden daha derine yayıldığı gözlenmiştir. Yaz sonunda termoklin gelişmesinin sonu olduğu düşünülebilir. Aslında karışım olayları azalır ve dolayısıyla termoklinin gelişimi de durur. Sonbaharda tekrar soğuyan yüzey sularının yoğunluğu artar, tabakalaşma daha az sabitleşir ve konveksiyonla alış veriş başlar ve termoklin de düzenli olarak yüzeye çıkar. Mevsimsel termokline örnek olarak çeşitli aylarda yapılmış gözlemler verilebilir.

Geçiş Tabakası: Sıcaklığın bazı zamanlarda aniden 20°C'den fazla değiştiği yani takriben 5°C'ye kadar indiği tabakadır. Bu tabakaya devamlı termoklin adı verilir. Ekvatorial bölgelerde sıcaklık değişimlerinin her metredeki değeri 0.4°C geçebilir ve en az 100 m derinlikte bulunur. 15° enlemlerden sonra gelen enlemlerde ise bu değer metrede 0.05°C olabilir ve çoğunlukla 100-200m arasındaki bir derinlikte rastlanır. 50° enlemlere doğru ise termoklin tekrar yüzeye çıkar.

Derin Sular: Bu tabakaya deniz stratosferi adı da verilir. Suları soğuk olan bu tabakada sıcaklık 5-2 °C arasında değişmekle birlikte ortalama sıcaklık 3.8 °C olarak bulunmuştur. Kutup bölgelerinden gelen bu serin sular okyanusların büyük bir kısmını oluştururlar.

Sıcaklığın derinliğe bağlı değişimleri üzerinde yapılan gözlemlerde, sıcaklığın bazı hallerde derinliğe paralel olarak ağır fakat düzenli bir şekilde arttığı izlenmiştir. Bu artış okyanus kabuğundan suya geçen ısı akışı etkisinden olmayıp derinliğe paralel olarak artan sıkışmanın bir sonucudur. Aynı olay atmosferde de gözlenebilir. Örneğin, atmosferdeki hava yükselip genişlerse veya alçalarak sıkışırsa Adyabatik Isınma veya Adyabatik Soğuma ile sıcaklık değişimleri sudakinden çok daha fazla olur. Okyanuslarda ise Adyabatik ısınma çok önemsiz olup, 1000 metre derinliğe indirilmiş bir su kütlelerinde ancak derecenin % 1 inden daha az bir ısınma olur. Örneğin, büyük okyanus havzalarında 5000 metre derinlikte adyabatik ısınma 0.5 °C civarında, 10000 metrede ise 1 °C kadardır. Eğer bu derinlikteki su kütlesi yüzeye çıkarılacak olursa aynı oranda soğuyacaktır. İşte derinliğe bağlı adyabatik ısınma nedeniyle doğada gözlenmiş sıcaklıklarda yapılan düzeltmelerden sonraki sıcaklığa potansiyel sıcaklık adı verilir [1].

1.3.2. Tuzluluk

Tuzluluk en basit şekilde 1 kg deniz suyunda çözünmüş olarak bulunan toplam madde miktarının gramı olarak tanımlanır. Çözünmüş tuz miktarı çok küçük olduğu için tuzluluk ölçümleri çeşitli yöntemlerle doğru ve pratik olarak çok dikkatlice yapılmalıdır. Bunun önemini anlamak için şu örneği inceleyelim; okyanuslarda tuzluluk binde 34.60 ile 34.80 arasında olduğunda bu ikisi arasındaki değer milyonda 200 gibi bir değerdir. Bu değer Kuzey Pasifik'te daha küçük olup milyonda 20 civarındadır. Eğer sular tuzlulukları farkı ile sınıflandırılmak istenirse tuzluluk belirlemede cihazların duyarlılığının yaklaşık olarak milyonda 1 düzeyinde olmasına ihtiyaç duyulur. Sıcaklık aralığının daha büyük olduğu (yaklaşık 1°C) ve sıcaklık ölçümünün daha kolay olduğu bilinmelidir.

Geçmişte deniz suyunun tuzluluğu hidrometrik ve arjentometrik metotlarla ölçülmekteydi. Son yıllarda ise yüksek duyarlık ve hassasiyetleri nedeniyle iletkenlik ve yoğunluk metotları kullanılarak tuzluluk ölçümü yapılmaktadır. İyi bir ölçüm için salinometre veya densimetre, KCl standardı veya standart deniz suyuna karşı kalibre edilmelidir. Böylece ± 0.01 birim hassasiyetle tuzluluk ölçümü mümkündür.

Başlangıçta tuzluluk 1 kg deniz suyunda çözünmüş olarak bulunan madde miktarının gramı olarak tanımlanmış ancak bütün çözünmüş materyal miktarını ölçmek pratikte mümkün olmadığı gerekçesiyle bunun çok kullanışlı bir tanım olmadığı kanaatine varılmıştır. Gazlar gibi uçucu materyallerin miktarının ölçülmesi, deniz suyunun buharlaştırılması veya kurutulması ile kurutma basamaklarında kaybolan klorür miktarının hesaplanmasındaki zorluklar gerekçelere örnek olarak gösterilebilir.

Bu güçlüklerden kurtulmak için Uluslar Arası Deniz Araştırmaları Konseyince 1889'da kurulan bir komisyon tarafından tuzluluk; bütün karbonatlar yükseltgendiğinde, Br ve iyodürün Cl ile yer değiştirdiği ve bütün organik maddelerin tamamen yükseltgendiği 1 kg deniz suyunda çözünmüş olan toplam katı materyal miktarının gramı olarak tanımlanmıştır. Bu tanım 1902'de yayınlanmış ve faydalı olmasına rağmen rutin olarak kullanılmasının zor olduğu görülmüştür. Yukarıdaki tanımlamanın pratikte uygulanmasının zorluğu, deniz suyundaki Cl miktarı ile tuzluluğun direkt orantılı olması ve Cl miktarının basit kimyasal analizlerle doğru ölçülebilmesinden dolayı tuzluluk (S) klor oranları kullanılarak yeniden tanımlanmıştır.

$$S = 0.03 + 1.805 \text{ Cl}$$

(3)

Burada Cl; 0.3285234 kg deniz suyu örneğindeki halojenleri tamamen çöktürmek için gerekli olan Ag miktarı olarak belirlenmiştir.

1964' de UNESCO ve diğer uluslar arası kuruluşlar tarafından oşinografik tablolar ve standartlar konulu bir panel düzenlenmiştir. Bu panelin amacı daha doğru tanımların üretilmesi olmuş ve 1966'da bu panel sonucunda tuzluluk ve klor oranı arasındaki ilişki kullanılarak aşağıdaki bağıntı elde edilmiştir [24].

$$S = 1.80655 \quad (4)$$

Aynı zamanlarda oşinograflar iletkenlik ölçüm cihazlarını tuzluluk ölçümü için kullanmaya başlamışlar, bu cihazlarla çok doğru ölçümler alınabildiği ve klor ölçümlerinde kullanılan kimyasal yöntemlerle karşılaştırılmasının oldukça kolay olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak komite tuzluluk ile iletkenlik arasındaki ilişkiyi kullanarak deniz suyundaki tuzluluğu;

$$S = -0.08996 + 28.29729R_{15} + 12.80832R_{15}^2 - 10.67869R_{15}^3 + 5.98624R_{15}^4 - 1.32311R_{15}^5$$

olarak tanımlamıştır. (5)

$$R_T = \frac{C_{(S,15,0)}}{C_{(35,15,0)}} \quad (6)$$

$C_{(S,15,0)}$ 15 °C de, atmosfer basıncında yukarıdaki bağıntıdan türetilen S tuzluluğa sahip deniz suyunun iletkenliği ve $C_{(35,15,0)}$ ise standart Copenhagen standart deniz suyunun iletkenliği ve R_T iletkenlik oranıdır.

1970'lerde gemilerde kullanılabilen ve derinlerdeki iletkenliği ölçebilen hassas iletkenlik ölçüm cihazları geliştirilmiştir. 1978'de uluslar arası bir panelde tuzluluğun belirlenmesinde yalnızca iletkenliğin kullanılması gerektiği ve klor oranı ile bağlantısının bırakılarak tuzluluk skalasının yeniden düzenlenmesi savunulmuştur. Aynı iletkenlik oranına sahip olan suların aynı tuzluluğa sahip olduğu belirtilerek 1978'de resmi pratik tuzluluk skalası olarak aşağıdaki eşitlik kullanılmaya başlanmıştır.

$$S = 0.0080 - 0.1692R_T^{1/2} + 25.3851R_T + 14.0941R_T^{3/2} - 7.0261R_T^2 + 2.7081R_T^{5/2} + \Delta S \quad (7)$$

$$R_T = \frac{C_{(S,T,0)}}{C_{(KCl,T,0)}} \quad (8)$$

$$\Delta S = \frac{(T - 15)}{(1 + 0.0162(T - 15) + 0.0005 - 0.0056R_T^{1/2} - 0.0066R_T - 0.0375R_T^{3/2} + 0.636R_T^2 - 0.0144R_T^{5/2})}$$

$$2 \leq S \leq 42 \quad (9)$$

Burada $C_{(S, T, 0)}$ standart atmosfer basınç ve T sıcaklıktaki deniz suyunun iletkenliği ve $C_{(KCl, T, 0)}$ ise standart atmosfer basınç ve T sıcaklıktaki standart KCl solüsyonunun iletkenliğidir. Standart KCl çözeltisi 1 kg çözeltide 32.4356 g KCl içerir [25].

1.3.2.1. Okyanus ve Denizlerin Tuzluluğuna Etki Eden Faktörler

Sıcaklık gibi tuzlulukta deniz suyunun değişmez özelliklerinden birini oluşturur. Deniz suyunun birçok fiziksel özelliği tuzluluğa bağlı olarak değişimler gösterebilir. Diğer bir deyişle, tuzluluk artışına paralel olarak deniz suyunun yoğunluğu, molekül vizkositesi, elektrik iletkenliği ve osmotik basıncı arttığı halde, spesifik ısı, donma noktası sıcaklığı ve ısı iletkenliği azalır. Bu nedenle tuzluluk bir kimyasal özellik olmasına rağmen okyanuslardaki dağılışı fiziksel oşinografi bölümünde incelenir. Örneğin, fiziksel oşinografinin önemli bir bölümünü oluşturan okyanus akıntılarını inceleyebilmek için yoğunluk dağılışını bilmek gereklidir. Suların yoğunluğu ise sıcaklık ve tuzluluğa bağlı olarak değişir [1].

1.3.2.2. Okyanus ve Denizlerin Yüzey Suyu Tuzluluğunun Değişimi

Yüzey tuzluluğu bu tuzluluğu artıran ve azaltan olmak üzere birbirine zıt iki faktörün etkisindedir. Tuzluluğu artıran faktörlerin başında, buharlaşma, deniz suyunun donması ve vertikal karışımlar; tuzluluğu azaltan etkenlerin başında ise yağışlar, buzların çözülmesi, daha az tuzlu derin su tabakaları ile olan vertikal karışımlar ve özellikle kıyı bölgelerindeki sularda etkili olan nehir sularının karışımları gelir. Bununla birlikte yapılan gözlemlerde tuzluluk değişimlerinin, özellikle buharlaşma ile yağış arasındaki farkın değişimlerine az çok paralel olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, yüzey tuzluluğunun; buharlaşmanın yağışlardan daha çok etkili olduğu subtropikal bölgelerde en yüksek değerde, yağışların buharlaşmadan daha önemli olduğu ekvator ve yüksek enlemlerde ise en düşük değerde olduğu görülür.

Okyanuslarda yüzey isohalinlerinin dağılışı az çok bölgesel olma eğilimindedirler. Tuzluluğu düşük bölgelerin başında yağışların çok etkin olduğu ekvator bölgesi (Bengal, Gine, Panama Körfezi, Güney-Doğu Asya), büyük nehirlerle sahip kıyı bölgeleri (Amazon Ağızı, Karadeniz, Baltık Denizi vb.) Arktik Okyanusu ve bitişik denizleri gösterilebilir.

Buna karşın yüzey tuzluluğu yüksek olan bölgelerin başında buharlaşmanın yağıştan çok daha etkin olduğu Akdeniz, Kızıl Deniz, Atlantik ve Hint Okyanuslarının subtropikal bölgeleri gelir.

Okyanusların yüzey suyu tuzluluğundaki günlük değişimler ya hiç yoktur yada çok düşük değerdedir. Zira yağış ve buharlaşma rejimlerindeki günlük değişimler çok düşük düzeydedir. Bununla birlikte güneşin yüksekliğine paralel olarak düşük de olsa yüzey suları tuzluluğunda bir artış görülebilir. Ancak bazı bölgelerde sağanak halindeki yağışlardan sonra yüzey suları tuzluluğunda önemli azalmalar olursa da yağıştan birkaç saat sonra bu azalma vertikal karışımlarla ortadan kalkar.

Yüzey suları tuzluluğunun mevsimsel değişimleri de genellikle çok zayıf olup bu değişimin %10'u geçmediği görülmüştür. Ancak bazı bölgelerde daha yüksek tuzluluk değişimlerine rastlanabilir. Örneğin, subpolar bölgelerde yazın buzların erimesi tuzluluk değerinin bariz şekilde yükselmesine neden olur. Ayrıca yıllık yağış değişimlerinin yüksek olduğu bölgelerde (Bengal Körfezi, Güney-Doğu Asya Bölgesi, Panama Körfezi ve Pasifik'in Kuzey-Doğu Bölgesi) de tuzluluk değişimlerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Nihayet debisinde önemli yıllık değişimler gösteren nehirlerin ağız kısımlarına yakın yerlerde de önemli tuzluluk değişimleri izlenebilir [1].

1.3.2.3. Okyanus ve Denizlerde Tuzluluğun Derinliğe Bağlı Değişimi

Tuzluluğun derinliğe bağlı değişimleri, sıcaklığa göre daha karmaşık ve daha düzensizdir. Ancak sıcaklık yönünden olan tabakalaşmaya paralel olarak tuzluluk yönünden de vertikal yönde üç tabaka ayırt edilebilir. Bunlar Yüzeysel Tabaka, Haloklin Tabaka ve Derin Su Tabakasıdır. Kalınlığı 30-40 metreyi bulan ve su hareketlerinin etkisinde olan yüzeysel tabakanın tuzluluğu, sıcaklıkta olduğu gibi yeknesak bir durum gösterir. Bu su tabakasının altında ise tuzluluk, derinliğe bağlı olarak önemli değişimler gösterir. Tuzluluk değişimlerinin önemli olduğu bu tabakaya Haloklin Tabakası adı verilir. Bu tabakanın altında ise tuzluluk değişimleri çok düşük düzeydedir ki bu tabakaya da "Derin Su Tabakası" adı verilir.

Tuzluluğun vertikal dağılışına paralel olarak izlenen bu tabakaların kalınlığı bölgesel olarak değişebilir. En geniş yüzeysel tabakaya ekvator çevresinde, en dar tabakaya ise kutuplarda rastlanır. Ayrıca ılıman ve tropikal bölgelerde 800-1000 metre derinliğe doğru

tuzluluğun minimum olduğu; daha sonra 2000-2500 metre derinliğe doğru ise tekrar bir artışın olduğu ve nihayet bu derinlikten sonra çok az da olsa bir azalmanın olduğu gözlenmiştir. 4000 metre derinlikten sonra ise tuzluluğun ancak ‰ 34.6 ile ‰ 34.9 arasında değiştiği ve çoğunlukla ‰ 34.7 olduğu bulunmuştur [1].

1.3.3. Yoğunluk

Bir cismin kütlesinin birim hacmine oranına yoğunluk veya özkütle denir ve

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ ile gösterilir [1].} \quad (10)$$

Kış mevsimi boyunca yüzeyde oluşan soğuk su kendi yoğunluğuna ve daha derindeki suyun yoğunluğuna bağlı olarak derine iner. Bu sular daha sonra akıntılarla okyanus ve denizlerin diğer kısımlarına taşınırlar. Her zaman düşük yoğunluklu sular yukarıda, yüksek yoğunluklu sular ise aşağıda kalma eğilimindedir. Okyanuslardaki akıntıların dağılımı yoğunluk değerlerine bağlı basınç ile ilişkilidir. Eğer okyanus ve denizlerdeki suyun hareketi izlenmek isteniyorsa yoğunluk dağılımının bilinmesi gerekir.

Su kütlesinin hareketinin hesaplanabilmesi için milyonda birkaç kısım doğrulukla su yoğunluğunun ölçülmesi gerekir. Bu çok kolay değildir. Suyun mutlak yoğunluğu yalnızca çok özel laboratuvarlarda en iyi doğrulukla $1/2.5 \times 10^5 = 0.000004$ olarak ölçülebilir.

Mutlak yoğunlukla çalışmanın zorluklarından kurtulmak için oşinograflar saf suyun yoğunluğuyla ilişkili yoğunluğu kullanırlar. Yoğunluk $\rho(S,t,p)$ çözülmüş atmosferik gazlarla doygun olduğu farz edilen ve genel bileşimi bilinen ortalama standart deniz suyu kullanılarak belirlenir. Burada S:tuzluluğu, t:sıcaklığı ve p:basıncı göstermektedir.

Pratikte yoğunluk direkt olarak ölçülmez ancak yerinde ölçülmüş olan basınç, sıcaklık ve iletkenlik kullanılmak suretiyle deniz suyu için belirtilen eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

Bu şekilde 0.000002 doğrulukla yoğunluk hesabı yapılabilir.

Deniz suyu yoğunluğunun $1.02400-1.03000 \text{ g/cm}^3$ arasında değiştiği gözlenmiştir. Sigma-t oşinografide σ_{stp} (s:tuzluluk, t:sıcaklık, p:basınç) simgesiyle gösterilmekte olup, basınç sıfır olduğunda

$$\sigma_t = (\text{Yoğunluk}-1) \times 1000 \quad (11)$$

formülünden çıkan değerle daha kolay bir şekilde ifade edilir. Örneğin deniz suyu yoğunluğu $\rho=1.02613 \text{ g/cm}^3$ ise bunun yukarıdaki formüle göre tam sayıyla sigma değeri $\sigma_t=26.13$ tür.

Oşinografik sembollerle ilgili Gruplar σ saf sudaki değer olması nedeniyle diğer sularda σ yerine γ değeri kullanılmasını önermişlerdir. Ancak pratikte yine σ kullanılmaktadır.

Eğer okyanus veya denizlerde yüzey tabakalarında çalışılıyorsa suyun sıkıştırılabilme dikkate alınmayabilir ve yeni değer sigma-t

$$\sigma_t = (S, t, 0)$$

olarak kullanılabilir. Ancak derin sularda çalışma yapıldığında mutlaka bu özellik dikkate alınmalı ve σ değeri düzeltilerek verilmelidir.

Bir su kütlesi derine doğru hareket edince tuzluluğu ve sıcaklığı diğer sularla karışmasından dolayı değişebilir. Böylece sıcaklık ve tuzluluk ölçümleri kullanılarak su kütlesinin hareket yolu izlenebilir [21].

1.3.3.1. Okyanus ve Denizlerin Yoğunluğuna Etki Eden Faktörler

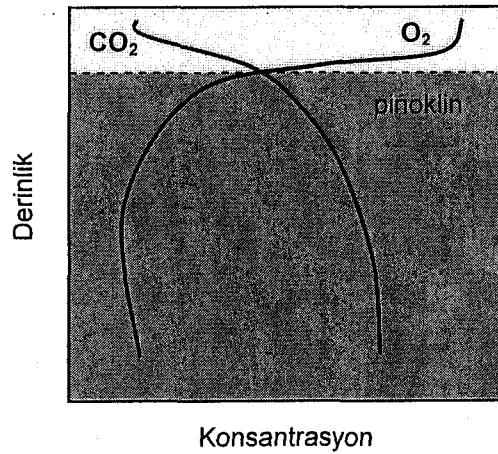
Deniz suyunun yoğunluğu sıcaklık, tuzluluk ve basıncın etkisine bağlı olarak değişebilen bir fiziksel özelliktir. Su yoğunluğunun değeri tuzluluk ve basınç artışına paralel olarak arttığı halde, sıcaklık artışına paralel olarak azalır. Bu üç etkenden özellikle sıcaklığın yoğunluk üzerindeki etkisi daha önemlidir. Örneğin, tuzluluk yönünden eşit fakat sıcaklık yönünden farklı iki suyun yoğunlukları birbirinden farklıdır. Bununla beraber, deniz suyunun yoğunluğu, kimyasal bileşimleriyle de yakından ilgilidir. Normal atmosfer basıncında ve 0°C 'deki bir suyun yoğunluğu direkt olarak sadece tuzluluğun etkisindedir. Bu etki, diğer bir deyişle tuzluluk ve yoğunluk arasındaki ilişkiler, M Knudsen tarafından incelenmiş olup 1903 yılında tuzluluğun etkisindeki yoğunlukları gösteren Hidroğrafik tabloları hazırlamıştır [1].

1.3.3.2. Okyanus ve Denizlerin YüzeY Suyu Yoğunluğunun Değişimi

Kutup bölgeleri ile tuzluluk değişimleri çok yüksek olan bazı kıyusal bölgeler dışındaki tüm yüzeY sularının yoğunluk değişimleri sıcaklık değişimlerine paralel olarak değişir. Bu nedenle yoğunluk, sıcaklığı yükselten (direkt güneş etkisi) ve tuzluluğu azaltan (yağışlar, nehirlerle olan taşınma) tüm olaylardan etkilenen sularda azalırken tuzluluğu artıran (buharlaşıma) ve sıcaklığı azaltan (suların soğuması ve buzullaşıma) olaylardan etkilenen sularda artış gösterir [1].

1.3.3.3. Okyanus ve Denizlerde Su Yoğunluğunun Derinliğe Bağlı Değişimi

Okyanus sularının yoğunluğu derinliğe bağlı olarak artış gösterir. Bu artış düzenli olmayıp tıpkı sıcaklığın derinliğe bağlı azalmasında olduğu gibi önce yavaş ve belli bir derinlikten sonrada ani olarak yükselir. İşte termokline analog olan bu su tabakasına Pinoklin tabakası adı verilir (Şekil 5). Bu tabakanın üzerinde yüzeysel tabaka, altında ise derin tabaka yer alır. Bunlardan yüzeysel tabaka 100 m kalınlığında olup okyanus hacminin ancak %2 'lik bölümünü , pinoklin tabakası ise 1000 m kalınlıkla okyanus hacminin yaklaşık %20 'lik bölümünü oluşturur.



Şekil 5. Su yoğunluğunun derinliğe bağlı tabakalaşması

Tropik ve ılıman bölgelerde yüzeyde birkaç yüz metre derinliğe kadar suların yoğunluğu az çok yeknesaktır. Bunu takiben yoğunluğu ani olarak artan ve 500-1000 metre derinliğe erişen ikinci tabaka ve nihayet 1000 metreden dibe kadar olan ve yoğunluk artışı oldukça ağır gelişen geniş üçüncü tabaka yer alır. Bu derin su tabakasında yoğunluk az çok yeknesak olup 27.7-28.0 arasında değiştiği görülmektedir [1].

1.3.4. Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik suyun elektrik akımını iletme yeteneğinin ölçüsüdür. Suyun iletkenliği (-) yüklü anyonlar klorür, nitrat, sülfat, fosfat ve (+) yüklü katyonlar Na, Mg, Fe, Ca ve Al gibi çözünmüş inorganik maddelerin varlığından etkilenir. Sudaki tuz konsantrasyonu arttığı zaman, elektriksel iletkenlik artar (büyük tuzluluk, büyük iletkenlik). Yağ, fenol, alkol ve şeker gibi organik bileşikler elektrik akımını iyi iletmezler. Dolayısıyla bu maddeler suda düşük iletkenliğe neden olurlar. İletkenlik sıcaklıktan da etkilenir; sıcak sular daha fazla iletkenliğe sahiptir. Bu nedenle iletkenlik standart bir sıcaklık için ifade edilir (25°C). İletkenlik bir algılayıcı veya bir ölçüm cihazıyla ölçülür. İletkenlik ölçüm cihazları sıcaklık düzeltmesi ve tam kalibrasyon gerektirir. Bu tür ölçüm cihazlarında suya batırılan proptaki iki elektrot arasına voltaj uygulanır. Sudaki direnç nedeniyle oluşan voltajdaki düşüş santimetredeki iletkenliği hesaplamak için kullanılır. Ölçüm cihazları algılayıcı tarafından ölçülen değeri santimetredeki μmho 'ya çevirir ve kullanıcı için sonuç gösterir.

Bazı iletkenlik ölçüm cihazları toplam çözünmüş madde ve tuzluluk ölçümü için kullanılabilir. Toplam çözünmüş madde konsantrasyonu mg/L olarak deneysel olarak belirlenmiş 0.55 ve 0.9 arasındaki faktörle iletkenlik sonuçlarının çarpılmasıyla hesaplanabilir. Ölçüm cihazları aynı zamanda sıcaklık da ölçerler ve otomatik olarak o sıcaklığa karşılık gelen iletkenlik okumasını yaparlar. İletkenlik arazide veya laboratuvarında ölçülebilir. Çoğu zaman arazide toplanan örneklerin laboratuvarında ölçülmesi daha iyidir. Bu yolla eş zamanlı olarak bir çok örnek toplanabilir. Eğer arazide ölçüm önemliyse ölçüm cihazları arazide kullanılmak üzere ayarlanmalıdır [26].

1.3.5. Termik Genleşme

Cisimlerin hacimleri sıcaklık değişimlerine bağlı olarak değişir; genellikle sıcaklık artışları cisimlerin hacimlerinde artışlara neden olur. Bununla beraber, cisimlerin hacim değişimleri belirli sıcaklık ve basınç sınırları içinde olur. İşte sıcaklıkla özgül hacmin bağlı değişimine Termik Genleşme Katsayısı denir.

Deniz suyunun termik genleşme katsayısı sıcaklık, tuzluluk ve basıncın etkisindedir. Bu sayının sıcaklık ve tuzluluk artışına paralel olarak aynı oranda arttığı gözlenmiştir (Tablo 4). Tablodan da görüleceği gibi termik genleşmenin eksi değerleri düşük tuzluluk ve sıcaklıkta olmaktadır. Bu nedenle genel olarak bu değerlerin üzerinde sıcaklık ve tuzluluğa sahip olan deniz suyu, sıcaklık artışına paralel olarak genişir [1].

Tablo 4. Deniz yüzeyinde ($p=0$) sıcaklık ve tuzluluk değişimlerinin genleşme katsayısına etkileri ($B \times 10^6$)

Tuzluluk (%)	Sıcaklık (°C)							
	-2	0	5	10	15	20	25	30
0	-105	-67	17	88	151	207	257	303
10	-65	-30	47	113	170	222	270	314
20	-27	5	75	135	188	237	281	324
25	-10	21	88	146	197	244	287	329
30	7	36	101	157	206	251	292	332
40	38	65	126	177	222	263	301	337

1.3.6. Deniz Suyunun Sıkışabilirliği

Sıvıların hacmi basınca bağlı olarak değişimler gösterebilir. Sıkışabilirlik çeşitli basınçlarda oluşabilen hacim değişimlerinin saptanmasından ibarettir. Deniz suyunun sıkışabilirliği üzerine yapılan çalışmalarda, sıkışabilirliğin tatlı sudan daha az olduğu tespit edilmiştir.

Sıvıların sıkışabilirliği, sıkışabilirlik katsayısı ile açıklanır. Bu amaçla, hacmi $V=q.h$ olan silindir bir sıvı ile doldurulup ve silindirin üzerinin de hareket edebilen bir pistonla kapatılıp ve piston bir F kuvveti ile aşağıya doğru belli bir mesafede itilirse, silindirin içerisindeki sıvının hacmi $v=-g.h$ kadar azalır. Benzer olay atmosferik basınca hidrostatik basıncın etkisiyle okyanuslarda da oluşabilir. Okyanuslardaki hacmin bağlı değişimi V/v basınç değişimi ile orantılı olduğundan:

$$V/v = -K.p \text{ olur ve buradan da ;}$$

$K = 1/V \cdot V/\rho$ sıkışabilirlik katsayısı olan K saptanabilir.

Deniz suyunun sıkışabilirlik katsayısı sıcaklık, basınç ve tuzluluğun etkisinde olup, bu etkilerin artışına paralel olarak azalır. Deniz suyunun bu sıkışabilirlik özelliği özellikle sesin su içindeki hızı ile adyabatik değişimler için önemlidir (Tablo 5) [1].

Tablo 5. Deniz suyunun sıcaklık, tuzluluk ve basınca bağlı sıkışabilirlik katsayısının değişimleri

Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (‰)	Derinlik (metre)	Sıkışabilirlik ($\times 10^6$)
0	0	0	52.50
30	0	0	48.00
0	35	0	46.60
0	35	1000	45.80
0	35	2000	45.05
0	35	5000	42.95
0	35	10000	40.01

1.3.7. Deniz Suyunun Donma Noktası

Saf bir sıvı belli basınçta ve belli sıcaklıkta donmaya veya erimeye başlar. Bu sıcaklığa Donma veya Erime Noktası denir. Donma ve erime sırasında genellikle cisimlerin hacimlerinde bir değişim olur.

Saf su 0°C de donduğu halde deniz suyu içerdiği tuz oranına bağlı olarak daha düşük sıcaklıklarda donar. Diğer bir deyişle, deniz suyunun donma noktası tuzluluk artışıyla ters orantılıdır. Tuzluluğun artmasıyla deniz suyunun en yüksek yoğunluğa sahip olduğu sıcaklık derecesi de azalır. Örneğin ‰24.49 tuzluluğa sahip bir suda yoğunluk - 1.33°C'de maksimum olur [1].

1.3.8. Deniz Suyunun Spesifik Isısı

Spesifik ısı bir cismin 1 gramının sıcaklığını 1°C değiştirmek için alınması veya verilmesi gerekli olan ısı miktarı olarak tanımlanabilir. Deniz suyunun spesifik ısısı sıcaklık, tuzluluk ve basınca bağlı olarak değişir. Genel olarak tuzluluk ve sıcaklık artışları açık olarak spesifik ısının azalmasına neden oldukları halde, basınç artışları spesifik ısının yükselmesine neden olmaktadır (Tablo 6) [1].

Tablo 6. Spesifik ısıнын sıcaklık ve tuzluluk etkisindeki değışimleri

Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (%)					
	0	10	20	30	35	40
-2					0.9521	0.9457
0	1.0078	0.9899	0.9737	0.9591	0.9524	0.9457
5	1.0043	0.9882	0.9732	0.9593	0.9526	0.9462
10	1.0019	0.9870	0.9729	0.9596	0.9531	0.9469
15	1.0004	0.9866	0.9729	0.9598	0.9536	0.9476
20	0.9995	0.9861	0.9729	0.9603	0.9543	0.9483
25	0.9988	0.9861	0.9732	0.9608	0.9480	0.9483
30	0.9985	0.9861	0.9737	0.9615	0.9557	0.9502

1.3.9. Osmotik Basınç ve Yüzey Gerilimi

Sıvılarda oluşan diffüzyon olayına osmos adı verilir. Bitkisel ve hayvansal hücelere ait zarlar küçük büyük moleküllerin geçişini seçme özelliğine sahiptirler. Bu tip zarlara yarı geçirgen zar denir. “ U “ şeklinde bir boru olduğunu ve bunun tam ortasında yarı geçirgen olan bir zarı yerleştirilip bu tüpün bir tarafına çözelti (örneğin şeker çözeltisi) diğer tarafına da saf su konulursa su molekülleri yarı geçirgen zarı kolaylıkla geçerek şeker çözeltisine karışacaklarından şekerli su içeren taraftaki çözeltinin yavaş yavaş yükselip bir “h” seviyesinde durduğu görülür. Bunun nedeni su moleküllerinin zardan kolaylıkla geçebilmeleri , şeker moleküllerinin ise geçememeleridir. “h” yüksekliğindeki sıvı sütununun hidrostatik basıncı daha fazla su molekülünün diffüzyonla şeker çözeltisine karışımını önler. İşte çözücünün çözelti içine daha fazla geçmesini önleyen bu basınca osmotik basınç denir. Deniz suyunun osmotik basıncı özellikle tuzluluğa bağlı olarak değışimler gösterir. Örneğin bir suyun %8 tuzlulukta osmotik basıncı 5 atmosfer iken %40 tuzlulukta 26 atmosfere yükseldiği tespit edilmiştir.

Denizel ortamda oluşan osmotik basınç, burada yaşayan türlerin fizyolojisinde önemli bir etkiye sahiptir. Zira denizel formların zarları da az-çok yarı geçirgen bir özellik gösterir. Nadiren bazı türler iç basınçlarını ortam basıncına hemen hemen ayarlama yeteneğindedirler. Buna karşın denizel türlerin büyük çoğunluğu osmoregülasyon yeteneğinden yoksundurlar. Bu nedenle bu türler belli tuzluluğu sahip bölgelerde yerleşmişlerdir. Buna karşın acı sularda olduğu gibi tuzlulukta küçük değışimler buralarda yaşayan türlerin kaçmasına neden olur.

Moleküller arasındaki mevcut kohezyon kuvvetlerinin bir sonucu olarak sıvıların serbest yüzeylerinde tıpkı gerilmiş bir lastik zar gibi çok ince bir sıvı zarı oluşur. Bu zarı

gergin tutan kuvvete yüzey gerilim kuvveti, yüzeyde birim uzunluğa dik olarak etkileyen yüzey gerilim kuvvetine de yüzey gerilim katsayısı denir. Deniz suyunun diğer fiziksel özelliklerinde olduğu gibi yüzey gerilim katsayısı da sıcaklık ve tuzluluğuna bağlı olarak değişiklikler gösterir. Bu katsayı sıcaklıkla azaldığı halde, tuzlulukla artmaktadır. Ayrıca yüzey gerilim katsayısı deniz yüzeyinin temizliğine ve yüzeyle temasta olan gazın türüne göre değişiklikler gösterir. Örneğin, bazı aminoasitler ve humik asitler katsayıyı yükselttiği halde yağlı asitler, esterler, alkoller ve hidrokarbürler azalmasına sebep olurlar.

Oşinografide yüzey gerilim katsayısının deniz suyunda oluşan dalga ve çalkantılarla ilgili oluşu bulunmuştur. Aynı zamanda okyanusların yüzeysel pelikülünün fizikokimyasal incelenmesinde (atmosfer ve okyanuslar arasındaki termik alışverişte olduğu gibi) etkisi olduğu anlaşılmıştır [1].

1.4. Karadeniz'in Özelliklerine Genel Bakış

1.4.1. Karadeniz'in Genel Konumu

Karadeniz, Avrupa ve Asya kıtalarının birbirine yaklaştığı bir bölgede, $40^{\circ} 55'$ ve $46^{\circ} 32'$ kuzey enlemleriyle, $27^{\circ} 27'$ ve $41^{\circ} 42'$ doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 6).

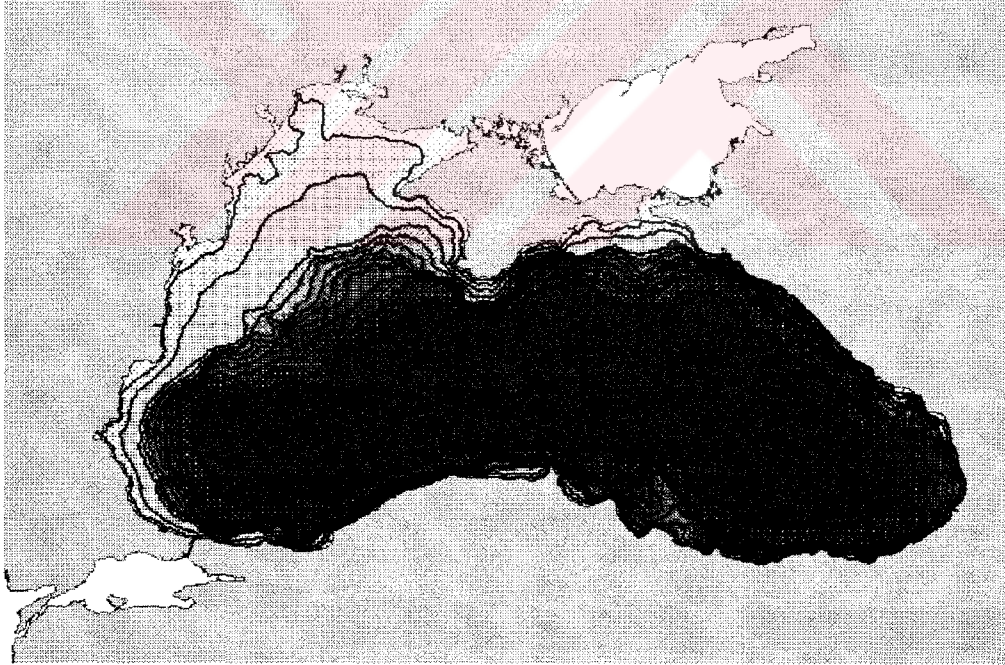
Dünyanın en büyük kapalı iç denizidir ve İstanbul Boğazı gibi dar bir koridor vasıtasıyla güneyde Marmara Denizi ile, Kerch boğazı yoluyla kuzeyde Azak denizi ile birleşir. Karadeniz'in yüzey alanı 423.000 km^2 'dir. Maksimum ve ortalama derinlikleri sırasıyla, 2200 ve 1240 m'dir (27,28). Kuzey-Batı Karadeniz hariç sığ bölgeler dardır. Derinliği 200 m'yi geçmeyen bölgeler toplam alanın %27'sini oluşturur ve daha çok Kuzey-Batı Karadeniz'de bulunur (Şekil 7).

Hacmi 537.000 m^3 'tür. Doğu-batı yönünde, en uç noktalar arasındaki uzaklık 1149 km ve kuzey-güney yönünde maksimum genişliği 611 km'dir.

Karadeniz, Akdeniz ve Ege denizine göre az sayıda körfez ve koya sahip olması ve kuzey-batı kıyıları hariç dik yapılı sıra dağlarla çevrili kıyıları ile karakterize edilir.



Şekil 6. Karadeniz'in koordinatları



Şekil 7. Karadeniz baseninin batimetrisi

Karadeniz maksimum derinliği 2200 m olan eliptik bir basendir. Karadeniz morfolojik olarak dört üniteye ayrılır; kıta sahanlığı, kıta yokuşu, kıta yamacı ve deniz dibi düzlüğü. Kırım yarımadası batısında 190 km den daha geniş olan kıta sahanlığı, Türkiye kıyıları, Doğu Rusya ve Kırım yarımadası güneyinde 20 km' den daha dardır. Kıta yokuşu

denizaltı kanyonlarıyla bölünmüş dik yokuşlar olmak üzere iki türüdür. Düzgün yokuşlar Kırım yarımadası batısı ve Azak denizinin güneybatısındaki geniş kıta sahanlığı ile sınırlıdır. 1:40 ile 2:1000 eğimli kıta yamacında en belirgin depolama oluşu, deniz dibi düzlüğünü birbirinden farklı iki bölüme ayıran Tuna fanıdır. 1:1000 den daha az eğimli olan deniz dibi düzlüğü basenin doğu kısmında daha iyi gelişmiştir.

1.4.2. Karadeniz'in Hidrokimyasal Özellikleri

Karadeniz'e nehirler vasıtasıyla yılda 357 km^3 su girmekte buna ilaveten 225 km^3 yağış almaktadır. Buharlaşma yolu ile kayıplar ise yaklaşık $350 \text{ km}^3/\text{yıl}$ dır [29]. Boğaz yoluyla 157 km^3 alt suyun girmesine karşın 387 km^3 suyun da üst yolla çıktığı bilinmektedir.

Karadeniz büyük nehir deşarjlarına karşın Akdeniz ile ancak Boğaz vasıtası ile su değişimi olan yarı kapalı bir denizdir. Karadeniz'in üst 200 metrelik bölümü farklı özellikler gösteren birkaç katman içermektedir. Bunlar; karışık katman, mevsimsel termoklin, soğuk ara tabaka ve sabit haloklin katmanlarıdır. Mevsimsel termoklinde düşey sıcaklık değişimleri $2-3^\circ\text{C m}^{-1}$ 'ye erişebilmektedir. Bu katmanın derinliği 10-50 m arasında değişkendir. Deneysel veriler mevsimsel termoklinin (düşey karışıma da neden olan) güçlü rüzgarlar etkisinde sıklıkla bozulduğunu ve homojen yapıda düşey sıcaklık dağılımının oluştuğunu göstermiştir. Bu tür işlevler genellikle sonbahar döneminde aktif olmakta ve ısı ile tuzun düşey hareketine önemli katkıda bulunmaktadır.

Yüzey sıcaklığının $8-9^\circ\text{C}$ 'den yüksek olduğu zamanlarda soğuk ara tabaka tüm Karadeniz genelinde görülebilir. 8°C eş sıcaklık eğrisi bu katmanın alt ve üst sınırlarını simgeler. Bu sınırlar yaklaşık 50-100 m derinliklerdedir.

Sabit haloklin Karadeniz'in Akdeniz kökenli yüksek tuzlu ve yoğun dip suyu ile nehir deşarjlarıyla takviye edilmiş az tuzlu yüzey sularını birbirinden ayırmaktadır. Yüzey suyu 17.5- 18.5 ppt arasında tuzluluk değerlerine sahiptir. Karadeniz'in dip sularında ise tuzluluk 22.0 ppt civarındadır. Tuzluluk değerlerinde gözlenen yüksek artışlar 150-200 m derinlikler arasında nispeten ince bir katmanda sınırlıdır. Bu haloklinin derinliği büyük oranda düşey hareketlere bağlı olup Karadeniz ortasında 50 m su derinliğine kadar azalmaktadır. Aynı zamanda oksijenli ve oksijensiz ortamların ara yüzeyleri olarak tanımlı

bir kemoklini de simgelemektedir. Oksijenli yüzey katmanıyla düşey karışımı engelleyen sabit haloklin dip sularının durgun ve oksijensiz olmasında yegane etkindir.

Dip suları Karadeniz'de 300 metrenin altında yer alır. Bu katmanda sıcaklık ve tuzluluk son derece homojendir. Her iki parametre değerleri su derinliği ile doğru orantılı olarak artar. Çeşitli araştırma sonuçları sıcaklık ve tuzlulukta meydana gelen mevsimsel değişimlerin Karadeniz'in dip sularını etkilemediğini göstermiştir. Onlu yıllarla ifade edilen periyotlarda oksijensiz hale gelen ve diğer durgun basenlerden farklı olan Karadeniz, oksijensiz dip suyunun yaklaşık 2000 yıllık değişim süreciyle hemen hemen kararlı bir sisteme sahiptir (14). Bu süreç kuzey Pasifik' in derin sularına yaklaşık iki kat fazladır. Bir diğer araştırmada TOP ve DIE, (1990) Karadeniz'in 700 m'den daha derin dip sularında Helyum'un kalış zamanı esas alınmak suretiyle su değişimi için 900 yıllık bir süre saptanmıştır.

Mangan ve demirin oksik-anoksik geçiş zonu yakınında askı halde olması hayli enteresandır. Oksijenli ortama doğru yukarı yönlü diffüzyon oksitlenmeye neden olmakta ve mangan oksitlerin içersine gömüldüğü oksijensiz ortamda bol miktarda çözülmüş mangan yer almaktadır. Demir iyonlarınca yoğun olan bu ortamdan hemen sonra demir sülfür oluşumu başlamaktadır.

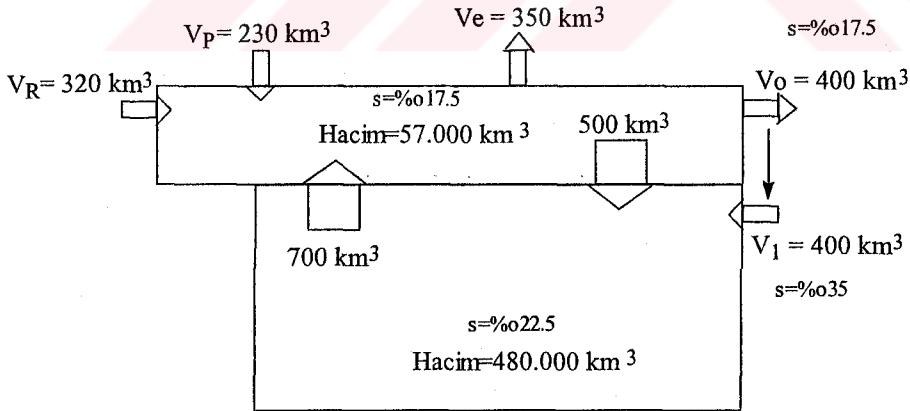
Karadeniz, Akdeniz'in aksine, toplam tatlı su girdisinin buharlaşma kaybından fazla olduğu bir basendir. Boğazlar ve Karadeniz'de elde edilen bulgulara dayanarak, Karadeniz'in su ve tuz bütçesine ait güvenilir tahminler yapılmıştır. Karadeniz, su seviyesinin yakın jeolojik evrelerde yükselmesiyle, binlerce sene öncesindeki tatlı su gölü konumundan bu günkü özelliklere doğru bir evrim geçirmiştir. Akdeniz kaynaklı suların basene dolması ile dipte daha tuzlu ve sıcak, yüzeyde ise az tuzlu ve soğuk deniz suları oluşmuştur. Farklı karakterdeki bu su kütleleri birbirinden 100-150 m derinliklerdeki yoğunluk ara yüzeyi ile ayrılmaktadır. Yüze yakın su kütlelerinin mevsimlere ve bölgelere göre değişimlere uğramaktadır. Kış aylarında, kuzeybatı sahanlığı bölgesinde olduğu gibi, basenin iç kesimlerinde de yüzey sularının soğuyarak batması sonucunda soğuk ve homojen bir su kütlesi olan Soğuk Ara Tabaka (SAT) oluşmaktadır. Karadeniz, İstanbul ve Çanakkale boğazları vasıtasıyla Akdeniz'e Kerch boğazı yoluyla da Azak denizine bağlantılıdır. Atlantik okyanusuna olan uzaklığı 3000 km'dir. Su dengesinin esas unsurlarını; nehirler, yağmurlar ve boğazlar vasıtasıyla giren su ile, buharlaşma ve yine boğazlar vasıtasıyla çıkan suyun toplamı oluşturur [30,31,32].

Nehirler yoluyla gerçekleşen tatlı su girişinin en önemli kısmını, Tuna nehri oluşturmaktadır. Tuna'dan boşalan suyun hacmi 203 km^3 civarındadır. Ayrıca Dinyester ve Bug nehirlerinden 54.7 km^3 'lük bir su girişi olmaktadır.

Anadolu kıyılarından Karadeniz'e en fazla su girişi; Sakarya, Kızılırmak ve Yeşilirmak' tan olup, her biri yaklaşık olarak yıllık 6 km^3 'lük hacme sahiptir. Nehirler bu suyu geniş bir alanı drene ederek Karadeniz'e taşırlar .

Nehirler üzerinde çok sayıda barajın yapılmış olması, barajlardan gelecek suyun miktarını sızma olayı düşünülürse pek etkilemez. Ancak Karadeniz'e gelecek nutrient miktarının azalmasına büyük ölçüde azalmış olması bunun çarpıcı bir göstergesidir.

Karadeniz havzası bol yağış alan bir havzadır. Yağış miktarı batıdan doğuya doğru artış gösterir ve 2500 mm 'ye kadar ulaşır. Buna rağmen Karadeniz'in yarı kurak bir iklim kuşağında bulunması sonucu, buharlaşma miktarı ($332\text{-}392 \text{ km}^3/\text{yıl}$) yağış miktarından ($225\text{-}300 \text{ km}^3/\text{yıl}$) daha fazladır. Ancak, buharlaşmanın sebep olduğu kayıplar, net tatlı su girdisinden daha azdır. Kuzeye doğru rutubetli bölgedeki hareketlerden kaynaklanan akım, tatlı su iç akımına ve sonuç olarak yüzey deniz sularının seyrelmesine sebep olur. Yapılan gözlemlere dayanarak Karadeniz su bütçesini hesaplamaya yarayan Şekil 8'de bir kutu modelini geliştirilmiştir [33].



Şekil 8. Karadeniz'in su bütçesi

Bu modele göre Karadeniz çanağına nehirlerden (V_R) 320 km^3 , deniz yüzeyine düşen yağışlardan (V_P) 230 km^3 ve Boğaz alt akıntısı ile Akdeniz'den %35 tuzlulukta (V_1) 200 km^3 ve Boğazdan dışarı taşınan %17.5 tuzlulukta 400 km^3 (V_0) suyun 72 km^3 'ü akıntıya karışarak tekrar geri dönmektedir. Karadeniz'den çıkan su miktarları ise yüzeyden buharlaşma (V_0) ile 350 km^3 ve yukarıda sözü edilen Boğaz akıntısının götürdüğü 400 km^3 (V_0) miktarındaki sudur. Bu alışverişi Karadeniz'in tuz bütçesini de etkilemektedir. Üst

57.000 km³'lük yüzey tabakasından ortalama %17.5 s tuzluluktaki 500 km³ su alt tabakaya ve 200 metrenin altındaki 480.000 km³'lük %22.5 tuzluluktaki su kütesinden ise 700 km³'lük bir su kütesi üst tabakaya diffüzyon yolu ile geçmektedir.

Karadeniz'in su bütçesine ilişkin diğer bir bilanço da Tablo 7'de verilmiştir [10]. Diğer yarı kapalı denizlerde olduğu gibi, Karadeniz'de de su bütçesinden suyun hidrokimyası da geniş çapta etkilenmektedir.

Yoğunluğun sebep olduğu su akımlarından meydana gelen giriş çıkışlar ise şöyledir. Düşük tuzluluktaki Azak denizi tuzları (%10) üstten Karadeniz'e, daha tuzlu Karadeniz suları (%17-18) ise alt akıntı olarak Kerch boğazı yolu ile Azak denizine girer. Diğer taraftan, yüksek tuzluluğa sahip Akdeniz suları (Marmara suları yüzeyde %22, 150 m'de %38) dip akıntısı olarak Marmara'ya girer (200 km³/yıl). Marmara'dan gelen tuzlu sular, Karadeniz'in 200 m' nin üzerindeki üst tabakası içinde tuzluluk tabakalaşmasına neden olarak, verimli bir flora ve fauna gelişimi olur.

Tablo 7. Karadeniz'in su bütçesi

Kazanç bilançosu (Aktif)	Km ³	%	Kayıp bilançosu (Pasif)	Km ³	%
Akarsular	336	53.16	Buharlaşma	340	53.80
Yağış	120	18.99	Kerç'ten giden	32	5.06
Kerç'ten gelen	53	8.39	Boğaz'dan çıkan	260	41.16
Boğaz'dan giren	123	19.46			
Toplam	632	100.00	Toplam	632	100.00

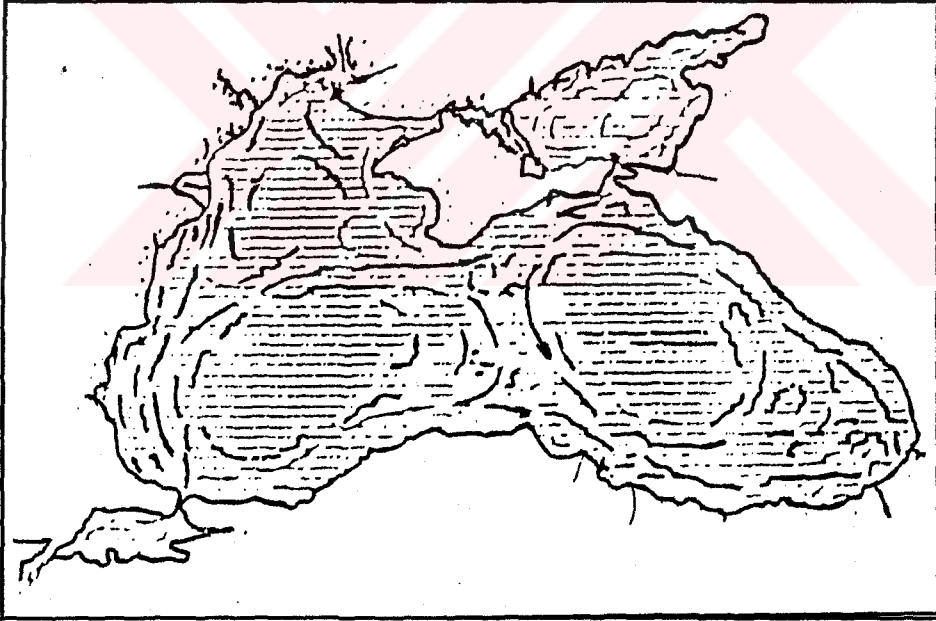
1.4.3. Karadeniz'de Genel Sirkülasyon ve Kitlesel Su Hareketleri

Su dinamiği göz önüne alındığında, Karadeniz iki farklı bölge veya ortamdan oluşmaktadır. Bunlar derin su ortamı ve kuzeybatı Karadeniz'deki geniş şelf ortamı, 50m den daha az derin olan şelf ortamında sirkülasyon derin su ortamındakinden tamamen farklıdır. Genel olarak su hareketlerine neden olan parametreler atmosferik etkiler, yoğunluk, sıcaklık ve tuzluluk, akıntı, düşey hareket ve değişimler olarak tanımlanabilir.

Karadeniz'de su yoğunluğun düşey dağılımı esas olarak tuzluluk etkisindedir. Yoğunluk değişimindeki mevsimsel farklılıklar derinliğe bağlı olarak değişmekte ve sıcaklığın mevsimsel değişiklikler nedeniyle yüzeyde maksimuma erişmektedir. Daha derinlerdeki soğuk ara katmana doğru yoğunluk farklılıkları azalır. Bu durumda soğuk ara tabakanın üst katman ile sabit haloklini birbirinden ayıran dinamik olarak pasif bir ara

tabaka olduğunu göstermektedir. Karadeniz sirkülasyonunu belirlemek amacıyla yoğunluk verileri sıklıkla kullanılmıştır. Genel sirkülasyon sikloniktir. Ancak 300m nin altında derin deniz sirkülasyonu ile ilgili olarak kesin sonuçlara varılabilecek veriler henüz tam değildir. Karadeniz'in yüzey akıntıları Neumann [34]. tarafından oldukça iyi bir şekilde incelenmiştir (Şekil 9).

Karadeniz'de tuzluluk, özellikle üstteki karışık katmanın altında baroklinik sirkülasyonun sağlanması açısından son derece önemli rol oynar. Basen ortasında yukarı yönlü hareket tuzluluk daha fazladır. Kuzey ve kuzeybatı Karadeniz'de ise nehir gidilerinin fazla olması nedeniyle yüzeyde tuzluluk daha düşüktür. Tuzluluğun yanal dağılımı incelendiğinde Akdeniz sularının sadece boğaz girişi çevresinde küçük bir alanda etkin olduğu görülmüştür. Akdeniz suyu açık denize yayılarak hızla haloklin suyuna karışmaktadır. Bu şekilde düşey karışımla derin sudan yüzey suyuna geçen tuz kaybı dengelenmektedir.



Şekil 9. Karadeniz'in akıntı sistemleri şeması

Yüzey akıntıları nicel olarak mevcut verilerle uyumludur. Artan su derinliğine bağlı olarak hızlarda bir azalma görülmesine karşın akıntı yönlerinde belirgin bir değişim olmadığı tespit edilmiştir [35].

Karadeniz'de akıntılar iki etkene bağlı olarak değişim göstermektedir. Bunlar; kuzeybatıdaki nehir akışları ve rüzgarın etkisidir. Nehir debilerindeki değişimler ve rüzgar

dağılımlarındaki farklılıklar normal akıntıları büyük ölçüde etkiler, hatta bazı alanlarda yönlerini değiştirebilirler. Karların erimesi ve şiddetli yağmurlardan dolayı ilkbahar sonlarında kıyılardaki akıntı şiddeti artar. Akıntı üzerinde rüzgarın etkisi ile en çok yaz sonunda ve sonbahar aylarında görülmektedir.

İstanbul Boğazı alt akımı ile Karadeniz'e giren Akdeniz sularının kıta sahanlığı ve basen içinde nasıl yayıldıkları, Karadeniz sularının yenilenmesi açısından önemli bir bilimsel sorundur. Akdeniz kaynaklı suların İstanbul boğazı çıkışındaki yayılımı, Türk ve Rus araştırmacıların ilgisini çekmekle birlikte, yeterli ölçümler yapılamadığı için kesinlikle belirlenememiş ve uygulamadaki önemi nedeniyle, tartışmalara kaynaklık etmiştir. Bölgedeki batimetrik ve oşinografik bulgulardaki belirsizlikler, uzun yıllar, Akdeniz sularının yılın bir bölümünde Karadeniz'e ulaşabildiği, çıkış bölgesinde üst sularla karışarak büyük oranda geri döndüğü gibi spekülasyonlara yol açmıştır

Son yıllarda bir bölümü İSKİ İstanbul Boğazı projesinde desteklenen yeni çalışmalarla Akdeniz sularının kıta sahanlığı üzerindeki yayılımı ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Bölgenin kritik önemdeki batimetrisinin de kesinlikle belirlendiği bu çalışmalar, Akdeniz dip sularının Boğaz çıkışında bir eşiği açarak ve taban yapısındaki bir kanal içinden akarak sürekli olarak Karadeniz'e çıktığını göstermiştir. Ayrıca Poyraz rüzgarlarının ve eşik geometrisinin etkisi ile Boğaz alt akımının bir kaç gün süre ile kesilebildiğini de göstermişlerdir. Akdeniz sularını taşıyan kanal şeklindeki taban topografyası kıta sahanlığının yaklaşık yarısında sona ermekte ve burada yoğun Akdeniz suları tabanda ince bir tabaka şeklinde daha geniş bir alana hızla yayılmaktadır. Özellikle bu noktadan sonra hemen üzerindeki soğuk ve az tuzlu Karadeniz suları ile karışan daha sıcak ve tuzlu Akdeniz suları, hızlı bir şekilde evrim geçirerek kıta sahanlığı üzerinde 3-6 kez seyrelmeye uğrar. İnce bir tabaka şeklinde kıta sahanlığının kenarlarına doğru ilerleyen yoğun taban suları burada yamaçlardan ve yamaçlarda yer alan kanyonlar içinden derinlere doğru akar [7,32].

Kıta sahanlığında evrime uğrayarak kıta yamacından derine doğru akan yoğun suların derinlerdeki etkileri, ortamda tuzluluğun yoğunluğa katkısının sıcaklığa göre bir kaç kat fazla olması nedeniyle, sadece sıcaklık anomalileri ile izlenebilmektedir. Batan suların Karadeniz baseni içindeki daha derinde fakat aynı yoğunlukta bulunan su kütlelerinden daha soğuk olması sonucunda soğuk anomaliler gözlenmektedir. Oluşan ince soğuk su

tabakaları özellikle Batı Karadeniz’de İstanbul Boğazına yakın bölgede sürekli olarak gözlenmiştir [7,30,31,32,35].

Karadeniz’de su kolonunun büyük bölümü hem sıcaklık hem de tuzluluğun derinlikle artması sonucunda çifte difüzyon kararsızlığı gösterir. Kıta sahanlığında evrime uğrayan suların ve ortamın çifte difüzyon etkisi ile oluşan soğuk özellikli girişim tabakaları orta derinliklerde (100-500) basen içerisine doğru yayılır. Girişim tabakalarının aynı anda sıcaklık, askı yük, oksijen, besin elamanları ve Çernobil radyonükleikleri bu derinlerde basen içerisine taşıdıkları gözlenmiştir ve bu sınır tabakanın özellikle oksik ve anoksik bölgeler arası dikey karışıma önemli katkılar yaptığı belirlenmiştir. Dip suları ile orta derinlikli suların ortalama yenilenme süreleri arasındaki önemli farklılıklar, batan Akdeniz sularının en fazla 500 m derinliğe kadar gözlemlenen soğuk girişim tabakaları şeklinde ayrışması ile uyumludur [7].

Yüze yakın su kütleleri mevsimlere ve bölgelere göre değişimlere uğramaktadır. Kış aylarında, kuzeybatı kıta sahanlığı bölgesinde olduğu gibi, basenin iç kesimlerinde de yüzey sularının soğuyarak batması sonucunda soğuk ve homojen bir su kütlesi olan soğuk ara tabaka oluşmaktadır. Soğuk ara tabaka sularının Karadeniz’in akıntı sistemi ile basen çevresinde taşındıkları, kıyılarımız boyunca batıdan doğuya doğru kalınlığının azalarak sıcaklığının artması ile izlenebilir [7].

Soğuk ara tabaka (SAT), Karadeniz’in siklonik akıntı sistemi ile ilgili olarak kıyı boyunca basen ortasına göre daha derinde yer alır ve antisiklonik döngülerde daha da derinlerde bulunabilir. Öte yandan, Soğuk ara tabaka İstanbul boğazı çevresinde Akdeniz suları ile etkileşerek değişime uğramaktadır. Yüzeyle Soğuk ara tabaka arasında yer alan termoklin tabakası mevsimsel ve yıldan yıla klimatolojik değişimlerden etkilenmektedir.

Karadeniz’in derin su kütleleri, en dipteki sular dışında durağan özellikler gösterir. 500 m’den daha derin kesimde yenilenme süreci etkinliğini yitirdiği için yıldan yıla tuzluluk-sıcaklık değişimleri gözlemek mümkün değildir. 1700 m’ den daha derin taban sularının tuzluluk ve sıcaklık özellikleri konvektif karışımla tüm basende eşitlenmiştir [7].

Karadeniz’in durağan dip şartlarında, yer kabuğundan deniz suyuna olan jeotermal ısı akışı, dipte dengeli tuzluluk tabakalaşmasına karşı bir etken olarak konveksiyon yaratarak dip tabakasının zamanla kalınlaşmasına yol açmaktadır.

Büyük oranda laboratuvar deneylerine dayanan türbülanslı konveksiyon teorisi ile gözlenen özelliklerin uyumu, sadece üst sularla etkileşimin dengeye ulaştığı bir rejimin

uzun zaman için geçerli limitinde sağlanabilmektedir; böylece konveksiyonun Karadeniz'in tatlı su dönemini izleyerek Akdeniz sularınca ilk kez istila edildiği binlerce yıl öncesinden beri süre geldiği sonucu elde edilmiştir.

Konvektif tabakanın hemen üzerinde yine çifte difüzyon kararsızlığı bulunduğu için 151 akımının moleküler akımlarla taşınması mümkündür. Dip karışım tabakasının türbülans çevrim zamanı 10 gün mertebesinde tahmin edilmektedir [7,36]

Karadeniz'in genel dolaşım sisteminin başlıca elamanı, basenin çevresini dolanan 50-80 km genişliğindeki siklonik karakterli Kıyusal Akıntı Sistemidir (KAS). Karadeniz'in dolaşım sistemi ile ilgili ilk jeostrofik bulgulara dayanılarak yapılmıştır. Bu dolaşım tahminlerine göre yüzey dolaşımının en belirgin özelliği, basenin batı ve doğu yarısında yer alan iki siklonik döngüdür.

Sovyet kökenli araştırmacıların daha sonraki yıllarda elde ettikleri jeostrofik akıntı haritaları ana hatları ile önceki sonuçları destekler niteliktedir. Bu şematik sonuçlarda kışın daha organize ve kuvvetli olan dolaşım basenin iç kısmında yaklaşık 100 km çapında iki veya üç küçük siklonik döngü oluşturmakta, yazın ise daha düzensiz ve zayıf bir dolaşım sistemi belirtilmektedir. Bazen Kıyusal Akıntı Sistemi'nin doğu ve batı siklonları şeklinde ikiye ayrılmadan tüm baseni çevrelemekte, bazı durumlarda ise basenin batı ve doğusundaki iki veya üç siklonik döngü oluşturmaktadır. Yazın ise daha düzensiz ve batı siklonları şeklinde ikiye ayrılmadan tüm baseni çevrelediği, bazı durumlarda ise, basenin batı ve doğusundaki iki siklonik döngünün arasında daha küçük bir antisiklonik döngü oluştuğu izlenmiştir. Bunlara ek olarak, daha küçük ölçekli çeşitli döngüler de bazı dolaşım tahminlerinde izlenebilmektedir. Özellikle Kırım ve Sinop arasındaki bölgede zaman zaman böyle küçük girdaplar izlenmiş ve bunların birleşerek uzun süre boyunca varlıklarını sürdürebilen daha büyük girdapları oluşturdukları gösterilmiştir.

Karadeniz'de şimdiye kadar gerçekleştirilen hidrografik çalışmalar genellikle yüzeye yakın derinliklerde yoğunlaşmış ve bu derinliklere kadar benzer özellikler saptanmıştır 500 m'den daha derinlerdeki akıntılar hakkında güvenilir bilgiler bulunmamakla birlikte dolaşımın genel siklonik karakterinin değişmediği, bazı bölgelerde ise antisiklonik döngülerin oluştuğu bildirilmektedir.

Kıyusal Akıntı Sistemi yüzey akıntıları ortalama 20-25 cm/s mertebesinde. Bu akıntıların üzerinde 17 saatlik atalet salınımları, bir kaç günlük ve uzun süreli mevsimsel salınımlar da yer almaktadır.

Önceki çalışmalardan, genel dolaşım sistemini oluşturan temel etkenler arasındaki rüzgar gerilimi, tatlı su girdisi, yüzey tuz ve ısı akıları, ile İstanbul Boğazı su alışverişinin önemli rollerinin olduğu bilinmektedir. İstanbul Boğazı su akılarının güvenilir tahminleri elde edilmiş ve boğaz akılarının doğrudan ölçümlerle tanımlanması çalışmaları sürdürülmektedir [32].

Son yıllardaki çalışmalar; Karadeniz akıntı sistemlerinin geçmişte ortaya konulduğundan çok daha karmaşık bir yapıya sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır [32]. Geçmiştekilere oranla daha kapsamlı ve duyarlı ölçümler ile uydu verileri, dolaşım sisteminin gerçekte orta-ölçekli döngüler, kıvrımlar yaparak ilerleyen akıntılar, jetler ve filamentlerden oluştuğunu ve çeşitli ölçeklerde sürekli etkileşim içinde bulunduğunu göstermiştir.

1986-1990 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmalar İstanbul Boğazı ile batı kıyıları arasında varlığı Bulgar araştırmacılarca da saptanan bir antisiklonik döngü ile bunun çevresini izleyerek İstanbul Boğazına giren akıntıları göstermiştir Kıyusal akıntıların bir bölümü ise ayrılarak doğu yönünde devam etmektedir.

Taban topografyasını doğu yönünde izleyen Kıyusal Akıntı Sistemi (KAS), Sakarya kanyonu bölgesinde orta-ölçekli antisiklonik döngüler oluşturabilmektedir. Kuzeydoğu Karadeniz'den İstanbul Boğazı bölgesine kadar uzanan kıta sahanlığının, Sakarya kanyonunda birden sona ermesi, topografik etkenlerle akıntılarda ve hidrografik özelliklerde keskin bir değişim ve karışım oluşturduğu gibi, bu bölgede akıntılar hızla yön değiştirmesine de neden olmaktadır [32]. Sakarya-Sinop arasında akıntılar uydu verilerince de gösterildiği gibi zamana bağımlı bir dalga hareketi ile bağıntılı kıvrımlar yapmaktadır. 100-150 km dalga boyundaki bu kıvrımların topografik değişimlerin yol açtığı bir kararsızlık mekanizması ile oluştuğu düşünülmektedir.

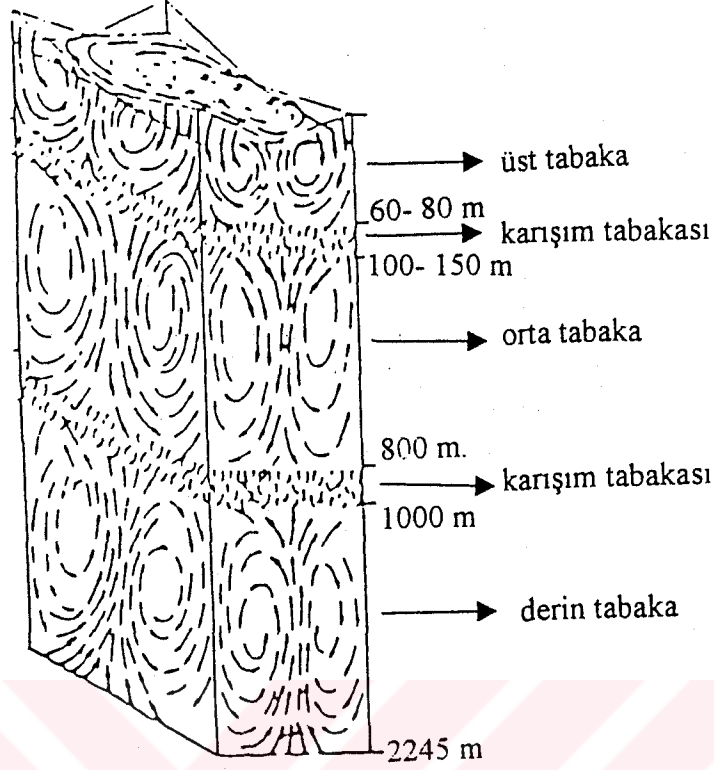
Eylül 1990 Karadeniz yüzey dolaşımı daha önceki çalışmaların elde edilen sonuçlarla uyumludur ve KAS ile kıyı boyunca bir dizi antisiklonun varlığını göstermektedir Kafkasya ve Kırım kıyıları ile Kırım'ın batısında antisiklonlar görülmektedir. Basenin iç bölgesindeki siklonik döngülerden orta kesimdeki ikisi ile doğu basenindeki döngüler, Kafkasya kıyılarından basenin içine doğru uzanan bir jet ile birbirinden ayrılmışlardır Sinop-Hopa arasındaki kıyı bölgesinde zamansal değişkenlikler gösteren orta-ölçekli antisiklonik döngüler saptanmıştır. Trabzon-Hopa açıkları ile Kafkasya arasında yer alan kararlı antisiklonik döngü daha önceki çalışmalarda da sıklıkla varlığı belirtilen doğu

Karadeniz'in özgün bir yapısıdır. Yürütülen hidrografik ölçümler yanında, uydu verileri de Karadeniz dolaşım sistemlerinin anlaşılmasına önemli katkılarda bulunmuştur. Uydulardan, yaklaşık 1 km duyarlılık ile elde edilen kızılötesi yüzey değişkenliklerini atmosferik etkenlere bağımlı olarak yansıtan uydu verileri gerçekte birbirini bütünleyen ve farklı ölçekleri içeren ölçümlerdir ve bu şekilde kullanıldıklarında gerçek değişkenliğin anlaşılmasına katkıda bulunmaktadırlar [7,32,35].

Bolguslovkij, Beljokov ve Zarov, tarafından yapılan çalışmada; Rumeli (kuzey-güney akıntısı), Anadolu, Kafkasya ve Kırım akıntısı olmak üzere 4 siklonik dönüşten oluşan ana akıntıları tespit etmişlerdir.

Yüzey akıntılarının hızı dönüş sonunda 25-50 cm/sn'den daha fazla olmasına rağmen, merkezde 10 cm/sn veya daha azdır. 1600 m derinliklerdeki akıntı örnekleri 0-100 m derinlikler arasında kalan daha üstteki su tabakalarıyla benzerdir. Dibe yakın bölgelerde sahil bölgeleri hariç akıntıların yönü dip topografyası ve sahil çizgisi şekliyle yakından ilgilidir. Akıntı yönlerinin 350 m'nin altındaki eş derinlik eğrilerinde değiştiği faraziyesi henüz doğrulanmamıştır.

1000 metrenin altındaki derinliklerde bazı bölgelerde daha yüksek hızlar gözlenmiştir. Sahillerde ve sığ alanlarda siklonik sirkülasyon kuvvetli rüzgar olduğu zaman tersine döner. Bu kuvvetli rüzgarların süresi ve yönlerine bağlı olarak sahil alanlarda sıcak su ile soğuk su farklılığının ortaya çıkması, suyun tuzluluk yapısı ve sıcaklığından bir akıntı ölçüsü geliştirilebilir. Karadeniz'in başta gelen temel hidrografik sistemi ve onun üretime ait hidrobiyolojik özelliği, Boğazlardan Karadeniz'e karışan daha tuzlu su, karasal alanlardan gelen geniş nehir suyunun derinlere girmesiyle, derinliklerdeki su yoğunluğu yükselir. Vertikal yönde meydana gelen yavaş yaşam şartları, indirekt ve genel verilerle tanımlanmış ve teorik çalışmalarla da doğrulanmıştır. Karadeniz suyunun sirkülasyonu ve düşey yöndeki yaşam, Növitzi ve Bibik (1964)'in incelemeleri ile açıklanmıştır. Hesaplamalar göstermiştir ki, dip suları 100 veya 130 yıllık zaman periyotlarında oksijenli zona yükselir (Şekil 10) [37].



Şekil 10. Karadeniz'deki suyun düşey yöndeki sirkülasyonunun teorik diyagramı

1.4.4. Karadeniz'de Upwelling

Karadeniz'de rüzgar etkisindeki upwelling (gel-git) oluşabilmesi için; kıyıya paralel, yoğun hızda ve yeterince uzun süreli esen rüzgarların (bakış yönü denize doğru olduğunda, sağa sola doğru esen rüzgarlar) mevcut olması gerekir.

Upwelling; kıyısız deniz sirkülasyonu ve biyolojik aktivite açısından birinci derecede önemli bir fiziksel oluşumdur.

Upwelling'i önemli kılan, rüzgar tesiriyle yüzey suyunun kıyından açığa doğru taşınımı esnasında, taşınan suyun yerini, 100-200 m'ler den gelen nütrientçe zengin suyun alması ve bunun sonucu, nütrience zenginleşen yüzey suyunda, önce fitoplankton, sonraki aşamalarda ise besin zincirinin diğer halkalarının yüksek verimliliğe sahip bir gelişme sağlamasıdır. Bu nedenle okyanuslarda yapılan avcılığın yarısına yakın kısmı, kıyısız upwellingin olduğu bölgelerden sağlanır.

Upwelling oluşması için gerekli şartları, güney ve kuzey Karadeniz olmak üzere iki bölümde ele almak mümkündür. Karadeniz'in Anadolu kıyıları dışında kalan kıyılarında upwelling oluşması için gerekli rüzgarlara, güney ve güney-batı rüzgarlarına ihtiyaç vardır.

Tuna Odessa arasında yapılan araştırmalar sonucunda, upwelling mevcudiyeti tespit edilmiştir. Bu bölgede upwelling tabakaları güney-batı rüzgarlarının etkisiyle oluşur. Dip suları (100 m'den daha sığ) 12-16 km'lik bir bant oluşturacak şekilde yüzeye çıkar. Bu bölgede biyo-ekolojik açıdan Karadeniz'in en verimli alanlarından biridir. Karadeniz'in güney-batı kısımlarında etken bir upwelling için rüzgar hızları ve özellikle esme süreleri yetersizdir.

Güney Karadeniz sahillerinde upwelling için en uygun sahanın Sinop-Bafra arasındaki bölge olduğu söylenebilir. Bu bölgede esen rüzgarların hızı 4-6 m/sn, esme süreleri ise 10 gün olup upwelling için uygundur.

Bölgede yapılan bir çalışmada, güney-doğu Karadeniz'de upwellingin olup olmadığı araştırılmış ve sonuç olarak, bu bölgede upwelling olayının görülmediği tespit edilmiştir [38]. Bu bölgede upwelling oluşumu ancak çok dar bir alanda, kısa süreli olarak görülebilir ki buda her zaman rüzgar tesiri ile olmaz. Upwellingin rüzgarlar dışında da bazı etkilerle (nehir boşalımları, zemin topografyasının akıntıları saptırması vs.) oluşabildikleri bilinmektedir. Buna rağmen, güney-doğu Karadeniz'de güçlü upwellingin olmayışı bu bölgede denizel verimliliğin azalmasına neden olmamakta, aksine verimlilik artışı sağlanmaktadır. Bunun sebebi, Karadeniz'de yıllık su sirkülasyonunun % 90'lık bir kısmı sadece 200 m'lik üst tabakada gerçekleşmesi ve bu tabakaya giren yağmur ve nehir sularının yıllık hacminin 400-500 km³ gibi bir değere ulaşmasıdır. Nehirlerden denize sürekli bir şekilde nütrient ve diğer besleyici elementler taşınır. Karadeniz'de mevcut yüzey akıntılarının yardımı ile bu maddeler, kıyısız sulardan denizin tüm sathına yayılır [38].

1.4.5. Karadeniz Su Kolonunun zellikleri

Karadeniz'de derinlikle beraber çözünmüş oksijen değeri hızla düşerken buna karşılık H₂S konsantrasyonu ise hızla artmaktadır. Karadeniz 175 m'den sonraki su kütlesinin tamamen oksijensiz olması, buna karşın en azından 500.000 yıldan beri mutlak kükürtlü hidrojen gazı ile doymuş dünya üzerinde birkaç gl hariç, bu büyüklükte yegane anoksik deniz örneğini oluşurmaktadır [39].

Karadeniz'de yaklaşık olarak 175 m. derinlikte anoksik özellik (oksijensizlik) yanında, çözünmüş hidrojen sülfür varlığı da bulunmaktadır. Bu şartlar oşinografik ortamın temel özelliklerini oluşurmaktadır. Atıkların derin sulardan biyosfere yönelmeleri çok az

ölçüde olup; bu durum sözü edilen anoksik ortamın, atık akışkanının atılması bakımından ideal olarak kabul edilmesine yol açmaktadır.

Karadeniz’de çok önemli karakteristik oşinografik özellikler biyolojik işlemlerin sonucudur. Başlıca kimyasal reaksiyonlar olmasa dahi fotosentez ile enzimatik olaylarda katalizör olarak organik ve inorganik maddeler önde gelmektedir. 350 metre derinde bulunan tortu biyolojik sistem ile ilgilidir. 200 metre derinliğin altında toksik H₂S’li sudan dolayı canlı formları yoktur. Biyolojik faaliyetler su kolonunda, 50 metre üzerinde başlar ve 175 metreye varmadan biter.

Kat kat cereyan eden mikrobiyal oluşum anoksik zona geçişte göze çarpan bir paralellik arz etmektedir [40].

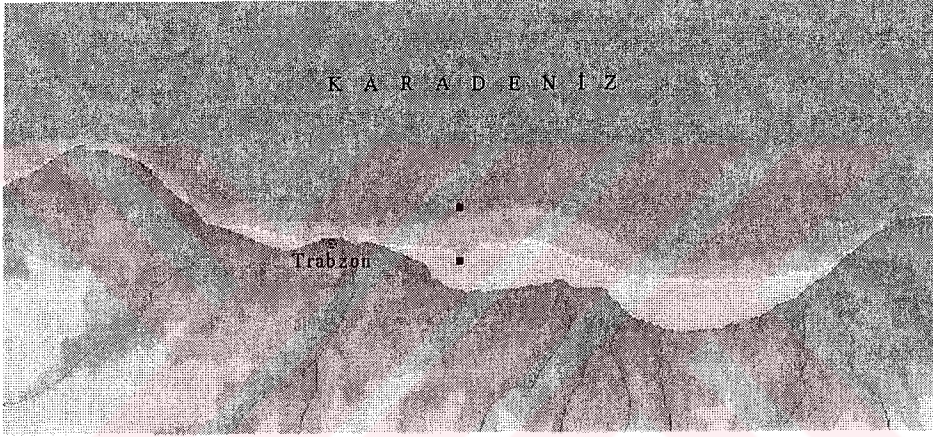


2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Örnekleme

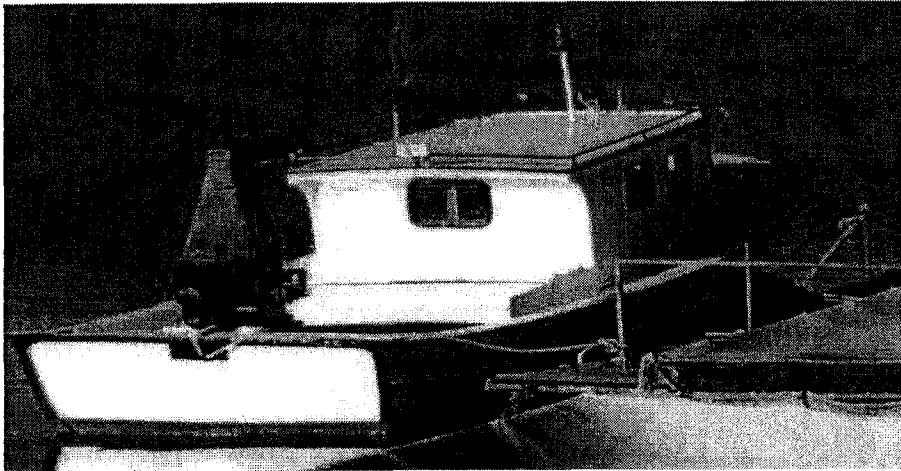
Ölçümler Karadeniz'in Trabzon-Yomra açıklarında $40^{\circ}58.385' N-39^{\circ}50.982' E$ ve $40^{\circ}58.662' N-39^{\circ}51.275' E$ koordinatlarında belirlenen, 50m ve 200 m derinlikteki 2 ayrı istasyonda gerçekleştirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Araştırma sahası ve istasyonlar

2.1.2. Araştırma Teknesi

Saha çalışmalarında kullanılan SÜMAE'ne ait Araştırma-3 teknesi, 7 metre boyunda olup vinç, ekosounder ve navigasyon cihazına sahiptir (Şekil 12).

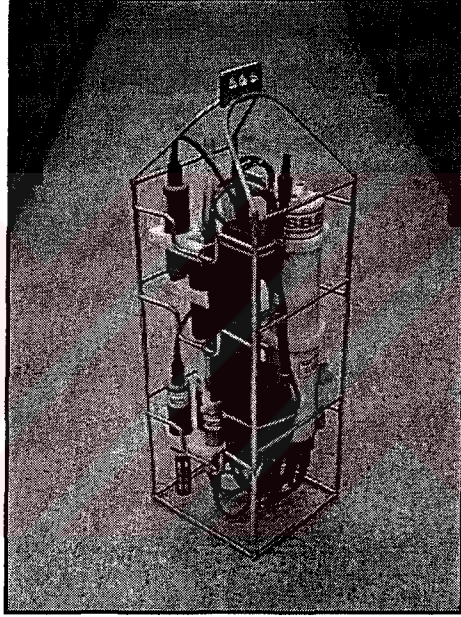


Şekil 12. Çalışma süresince yararlanılan Araştırma-3 teknesi

2.1.3. CTD Sistemi

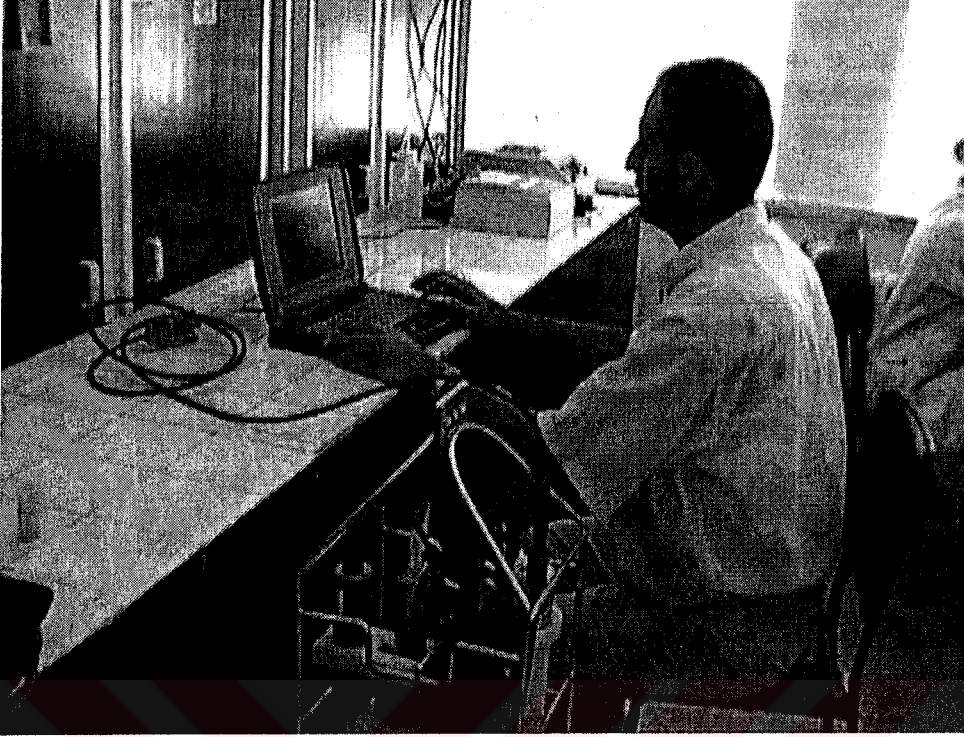
Ölçümlerde Sea-Bird SBE 25 model CTD prob kullanılmıştır (Şekil 13).

CTD sistemi olarak adlandırılan sistemler iletkenlik (Conductivity), sıcaklık (Temperature) ve derinlik (Depth) parametrelerini ölçmek için dizayn edilmiş sistemlerdir. Ölçülen bu parametreler yardımıyla çeşitli bağıntılar kullanılmak suretiyle tuzluluk, yoğunluk vb. bazı parametreler hesaplanabilmekte yine CTD sistemlerine ilave edilebilen çözünmüş oksijen, pH, ışık geçirgenliği, klorofil-a vb. sensörler sayesinde adı geçen parametreler de ölçülebilmektedir.



Şekil 13. Ölçümlerde kullanılan CTD Probu

CTD sistemleri esas olarak su altı algılayıcıları ve bilgisayar olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır. Su altı kısmı sıcaklık, elektriksel iletkenlik, basınç, çözünmüş oksijen, pH algılayıcıları ile çeşitli sensörler için su devir daimini sağlayan pompa ve kaydediciden oluşur. Cihaz açılıp suya indirildiğinde iletkenliğe bağlı olarak devreye giren pompa yardımıyla su devir daimi sağlanır. Esas olarak 1/24 saniye veri alma hızına sahip olan sistemde bu verilerin ortalamasını da almak mümkündür. CTD su kolonunda derine doğru bırakıldıkça alınan bütün veriler kaydedici tarafından kesiksiz olarak kaydedilir. Aynı şekilde CTD yukarı çekilirken de bütün veriler kaydedilerek cihaz çıktığında kapatılır. Daha sonra bir bilgisayar ile bağlantı kurulup CTD'deki kaydedicide bulunan veriler uygun formata indirgenerek bilgisayar ortamına alınır (Şekil 14).



Şekil 14. Verilerin bilgisayar ortamına alınışı

Kullanılan CTD sistemindeki sensörlerin ölçüm aralıkları ve duyarlılıkları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. CTD sistemindeki sensörlerin ölçüm aralıkları ve duyarlılıkları

Sensör (Algılayıcı)	Ölçüm aralığı	Başlangıç Duyarlılığı
Basınç	0-1000 psia (680 m)	Max. Hata : 1.7 metre
Sıcaklık	(-5) - (+35) °C	± 0.001 °C
E.İletkenlik	0.0 - 7.0 S/m	0.0003 S/m

2.2. Yöntem

2.2.1. Deniz Suyunda Sıcaklık Ölçümü

Deniz suyu sıcaklık ölçümleri SBE 25 model CTD sisteminde bulunan SBE 3F sıcaklık sensörü ile 0.001 °C hassasiyetle elektro analitik yöntemle yapılmıştır.

Bu amaçla CTD sistemi açma düğmesi kullanılarak açılıp yüzeyde stabilize için 2 dakika bekletilmiş ve prop su kolonunda hedeflenen derinliğe kadar vinç yardımıyla indirilip tekrar çekilmiştir. Prop yüzeye geldiğinde kapama düğmesi kullanılarak kapatılmıştır. Böylece su kolonu boyunca saniyede 8 veri almak suretiyle veriler cihaz hafızasına alınmıştır. Daha sonra laboratuara getirilen prop bir bilgisayara bağlanmış ve alınan veriler temizlenip düzenlenmek suretiyle bilgisayar ortamına alınmıştır.

Derinlik kapasitesi 6800 metre olan sıcaklık sensörünün kalibrasyonu ITS-90 sıcaklık standartlarına göre Sea Bird firmasının bilgisayar kontrollü kalibrasyon banyolarında yapılmıştır.

2.2.2. Deniz Suyunda Tuzluluk Ölçümü

Tuzluluk ölçümü için iletkenlik, yoğunluk, ses hızı gibi fiziksel özelliklerin ölçümünü içeren indirekt metotlar kullanılmaktadır. Tuzluluk ve fiziksel özellikler arasında belirlenen bir ampirik ilişki ile bir standart çözeltinin tuzluluğunu hesaplamak mümkündür. Bu şekilde elde edilebilecek tuzluluk duyarlılıkları ölçüm şekline göre Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Tuzluluk hesabında yararlanılan çeşitli yöntemler ve duyarlılıkları

Özellik	Ölçüm Duyarlılığı	Tuzluluk Duyarlılığı
İletkenlik	± 0.0002	± 0.0002
Yoğunluk	$\pm 3 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$	± 0.004
Ses Hızı	$\pm 0.02 \text{ m/s}$	± 0.01

Yüksek duyarlılık ve ölçüm kolaylığı nedeniyle tuzluluk ölçümlerinde çoğunlukla iletkenlik metodu kullanılır.

Bu çalışmada tuzluluk hesabı SBE 25 model CTD probu ile ölçülen basınç, sıcaklık ve iletkenlik değeri yardımıyla Sea Bird firmasının kendi bilgisayar programı kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla otomatik olarak hesaplanmıştır.

$$S = -0.08996 + 28.29729R_{15} + 12.80832R_{15}^2 - 10.67869R_{15}^3 + 5.98624R_{15}^4 - 1.32311R_{15}^5$$

$$R_T = \frac{C_{(S,T,0)}}{C_{(KCl,T,0)}}$$

$$\Delta S = \frac{(T - 15)}{(1 + 0.0162(T - 15) + 0.0005 - 0.0056R_T^{1/2} - 0.0066R_T - 0.0375R_T^{3/2} + 0.636R_T^2 - 0.0144R_T^{5/2})}$$

$$2 \leq S \leq 42$$

Burada $C(S,T,0)$ standart atmosfer basınç ve T sıcaklıktaki deniz suyunun iletkenliği ve $C(KCl,T,0)$ ise standart atmosfer basınç ve T sıcaklıktaki standart KCl solüsyonunun iletkenliğidir. Standart KCl solüsyonu 1 kg solüsyonda 32.4356 g KCl içerir.

E.iletkenliği ölçmek için, iletkenliği bilinen KCl çözeltisi ile ilişkili bir standart deniz suyu ile kalibre edilmiş bir iletkenlik köprüsü kullanılır.

2.2.3. Deniz Suyunda Yoğunluk (Sigma-t) Ölçümü

Pratikte yoğunluk direkt olarak ölçülmez ancak yerinde ölçülmüş olan basınç, sıcaklık ve iletkenlik değerleri deniz suyu için belirtilen eşitlikte kullanılmak suretiyle yoğunluk (sigma-t) hesaplanabilir. Bu şekilde 0.000002 doğrulukla yoğunluk hesabı yapılabilir.

Bu çalışmada SBE 25 model CTD sistemi ile alınan basınç, sıcaklık ve iletkenlik verileri kullanılarak sigma-t değerleri sistemin kendi bilgisayar programı ile otomatik olarak hesaplanmıştır.

2.2.4. Deniz Suyunda Elektriksel İletkenlik Ölçümü

Deniz suyunda elektriksel iletkenlik ölçümleri SBE 25 CTD sisteminde bulunan SBE 4 iletkenlik sensörü kullanılarak yapılmıştır. İletkenlik sensörünün kalibrasyonu doğal deniz suyu kullanılarak Sea Bird tarafından bilgisayar kontrollü kalibrasyon banyolarında yapılmıştır. Elektriksel iletkenlik ölçümü için de sıcaklık ölçümündeki prosedür uygulanmıştır.

3. BULGULAR

Çalışma alanı olarak seçilen bölgede birisi 50 metre diğeri 200 metre derinlikte olmak üzere iki istasyon tespit edilmiş ve bu istasyonlarda bir yıl boyunca toplam 33 kez ölçüm yapılmıştır. Genellikle mevsimsel değişimlerin olduğu bahar aylarında ölçüm sayısı artırılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı tarihler ve ilgili ayda yapılan ölçüm sayıları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. Ölçüm yapılan tarihler ve ölçüm sayıları.

AYLAR	ÖLÇÜM SAYISI	ÖLÇÜM TARİHİ (Günler)			
		1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
OCAK	2	03		18	
ŞUBAT	2		09		27
MART	1			15	
NİSAN	3	05		17	30
MAYIS	3	04	09		28
HAZİRAN	4	04	12	19	27
TEMMUZ	3		09	16	23
AĞUSTOS	3		09	13	21
EYLÜL	4	05	11	18	27
EKİM	4	03	08	19	30
KASIM	2		14		23
ARALIK	2	07			25

Çalışma süresince her iki istasyonda yapılan ölçümler sonucunda bulunan aylık ortalama sıcaklık, tuzluluk, sigma-t ve elektriksel iletkenlik değerleri Tablo 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve Şekil 15, 16, 18, 19'da verilmiştir.

Tablo 11. 1. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama sıcaklık değerlerinin aylara bağlı değişimi

Derinlik (metre)	A Y L A R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yüzey	11.6864	10.2176	10.1035	10.7908	15.3194	19.2738	25.3217	28.2655	25.3498	21.6067	16.9112	12.3490
5	11.7470	10.1574	9.7035	10.5610	14.4934	18.5948	24.6913	27.9839	25.2862	21.5598	16.9395	12.3877
10	11.7818	10.1014	9.4577	10.3283	13.2562	16.9184	23.9780	27.4560	25.2606	21.4856	16.9534	12.3308
15	11.5553	10.0583	9.3582	10.1578	12.6490	16.1499	23.6242	27.1789	24.7227	21.4675	16.9911	12.2569
20	11.1216	9.9848	9.2656	10.0846	11.9562	15.2596	22.7381	25.5665	22.2189	21.4464	16.9889	12.1608
25	10.5460	9.9716	9.0527	9.8879	11.2150	13.7334	19.2247	19.3694	20.3514	21.2057	16.9075	11.9933
30	9.9152	9.9592	8.8434	9.7410	10.3499	12.7080	15.4730	14.0506	17.8245	20.5167	15.5642	11.8893
35	9.4659	9.9417	8.6681	9.6048	9.7568	11.5334	12.8423	11.4739	13.2261	17.7499	14.7888	11.8644
40	9.0439	9.9127	8.6151	9.5231	9.3757	9.3852	11.0360	9.6460	11.0317	14.7234	13.8610	11.8198
45	8.5294	9.8893	8.6070	9.4322	8.9940	8.8148	9.9389	8.8425	9.9899	10.3718	12.5990	11.7879
50	7.8450	9.3911	8.0673	9.3531	8.7787	8.8378	8.9824	8.6182	9.2538	9.5452	12.9727	11.7758

Tablo 12. 1. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama tuzluluk değerlerinin aylara bağlı değişimi

Derinlik (metre)	A Y L A R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yüzey	17.5902	17.8590	17.9151	17.8414	17.6577	17.6163	17.8152	17.8847	17.7823	17.6201	17.5690	17.8224
5	17.6202	17.8872	17.9690	17.8864	17.7837	17.7066	17.8360	17.8811	17.7748	17.6214	17.6307	17.8502
10	17.7523	17.9050	18.0186	17.9554	17.9160	17.8305	17.8362	17.9467	17.7946	17.6264	17.6382	17.8625
15	17.8556	17.9132	18.0296	17.9763	17.9683	17.8813	17.8316	17.9559	17.8474	17.6263	17.6562	17.8683
20	17.9360	17.9342	18.0467	17.9928	17.9820	17.9192	17.8653	17.9993	17.9124	17.6358	17.6645	17.8776
25	17.9847	17.9370	18.0852	18.0043	18.0053	17.9997	17.9499	18.0628	17.9367	17.6800	17.6694	17.8971
30	18.0790	17.9410	18.1325	18.0112	18.0477	18.0343	18.0134	18.1271	17.9754	17.7267	17.7711	17.9081
35	18.1845	17.9457	18.1920	18.0277	18.0681	18.1271	18.0519	18.1177	18.0869	17.8729	17.8018	17.9121
40	18.3097	17.9546	18.2220	18.0362	18.0821	18.2126	18.0884	18.1627	18.1421	18.0460	17.8977	17.9177
45	18.3805	17.9605	18.2243	18.0477	18.1150	18.2379	18.1151	18.1820	18.1361	18.1836	17.9955	17.9163
50	18.8524	17.9833	18.2589	18.0600	18.1410	18.1953	18.1545	18.1791	18.1243	18.1876	17.9573	17.9166

Tablo 13. 1. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama sigma-t değerlerinin aylara bağlı değişimi

Derinlik (metre)	A Y I L A R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yüzey	13.1567	13.5758	13.6352	13.4794	12.5841	11.7085	10.3125	9.4987	10.2851	11.1496	12.1954	13.2280
5	13.1708	13.6059	13.7298	13.5477	12.8305	11.9244	10.5088	9.5827	10.2974	11.1633	12.2365	13.2427
10	13.2678	13.6271	13.7999	13.6343	13.1483	12.3452	10.7083	9.7929	10.3192	11.1872	12.2392	13.2615
15	13.3799	13.6392	13.8210	13.6746	13.2867	12.5138	10.8009	9.8829	10.5065	11.1917	12.2451	13.2782
20	13.5028	13.6652	13.8459	13.6975	13.4032	12.7084	11.0617	10.3868	11.1507	11.2043	12.2517	13.3014
25	13.6158	13.6691	13.9022	13.7331	13.5371	13.0522	11.9837	12.0389	11.6254	11.2990	12.2723	13.3436
30	13.7679	13.6738	13.9642	13.7577	13.7029	13.2555	12.8273	13.1792	12.2512	11.5002	12.6149	13.3684
35	13.9116	13.6798	14.0314	13.7877	13.8001	13.5437	13.3306	13.5974	13.2836	12.1896	12.7671	13.3755
40	14.0681	13.6905	14.0611	13.8043	13.8598	13.9565	13.6381	13.8877	13.6789	12.9338	12.9927	13.3870
45	14.1908	13.6982	14.0638	13.8245	13.9326	14.0490	13.8121	14.0027	13.8186	13.8049	13.2980	13.3910
50	14.6407	13.7811	14.1529	13.8440	13.9789	14.0140	13.9644	14.0274	13.9060	13.9176	13.2151	13.3931

Tablo 14. 1. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara bağlı değişimi

Derinlik (metre)	A Y I L A R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yüzey	2.1272	2.0796	2.0796	2.1078	2.3279	2.5381	2.9078	3.0891	2.9043	2.6690	2.4029	2.1880
5	2.1330	2.0793	2.0669	2.1050	2.3043	2.5142	2.8815	3.0752	2.9001	2.6669	2.4125	2.1919
10	2.1503	2.0786	2.0569	2.0960	2.2475	2.4368	2.8334	3.0515	2.9013	2.6632	2.4142	2.1919
15	2.1498	2.0773	2.0530	2.0894	2.2210	2.4018	2.8126	3.0368	2.8781	2.6623	2.4186	2.1887
20	2.1357	2.0759	2.0501	2.0874	2.1857	2.3580	2.7669	2.9493	2.7459	2.6625	2.4197	2.1848
25	2.1105	2.0756	2.0430	2.0784	2.1489	2.2843	2.5800	2.6027	2.6439	2.6552	2.4160	2.1782
30	2.0875	2.0755	2.0371	2.0715	2.1075	2.2329	2.3797	2.3153	2.5071	2.6231	2.3553	2.1740
35	2.0753	2.0752	2.0341	2.0663	2.0784	2.1804	2.2412	2.1750	2.2664	2.4888	2.3172	2.1732
40	2.0659	2.0748	2.0346	2.0630	2.0600	2.0741	2.1486	2.0827	2.1543	2.3442	2.2792	2.1716
45	2.0461	2.0743	2.0345	2.0596	2.0435	2.0467	2.0933	2.0425	2.0984	2.1237	2.2224	2.1699
50	2.0576	2.0507	2.0098	2.0568	2.0350	2.0437	2.0472	2.0305	2.0583	2.0802	2.2379	2.1694

Tablo 15. 2. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama sıcaklık değerlerinin aylara bağlı değişimi

Derinlik (metre)	A Y L A R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yüzey	11.6890	10.1229	10.7169	10.9752	15.4526	19.8578	25.1442	28.4340	25.4868	21.7155	16.4759	12.3885
5	11.7238	10.0587	10.2867	10.7767	14.3426	18.6067	24.5254	28.1012	25.4156	21.6342	16.4736	12.3736
10	11.3781	10.0393	9.6618	10.4141	13.4345	17.2404	24.1781	27.6710	25.2908	21.6127	16.4754	12.3279
15	11.0677	10.0274	9.3627	10.2686	12.4854	15.9543	23.4596	27.1620	24.3452	21.5451	16.5513	12.2469
20	10.8429	10.0204	9.2034	10.1148	11.8906	15.0877	22.2428	25.1251	22.8357	21.4552	16.5495	12.0650
25	10.4042	10.0106	8.8837	9.9088	11.0027	13.4974	19.5462	20.1911	20.8275	21.2612	16.5323	11.9570
30	9.9892	10.0065	8.5165	9.7686	10.1347	12.6133	15.1586	14.7185	17.4702	20.2693	16.0573	11.9281
35	9.8267	9.9833	8.2774	9.6014	9.6773	11.5211	13.2703	11.0461	13.1793	18.1556	13.9563	11.7905
40	9.5358	9.9486	8.1110	9.4479	9.2951	9.4278	11.1404	9.7535	11.0879	14.4825	13.0905	11.7643
45	8.7734	9.8773	8.3352	9.3568	8.9911	9.0296	9.7532	9.0961	9.9748	10.5741	12.3407	11.7516
50	8.1785	9.6724	8.1449	9.1855	8.7920	8.6205	9.1240	8.5695	9.0375	9.3749	11.8795	11.6818
60	7.8542	9.0334	7.9946	8.7541	8.3415	8.2724	8.5328	8.2594	8.4961	8.4772	11.5186	11.5107
70	7.7946	8.5367	7.8829	8.5170	8.0956	8.0343	8.0870	8.0076	8.1473	8.2149	11.3075	10.9664
80	7.8870	7.8006	7.9774	8.1198	7.9505	8.0006	7.9549	7.8775	7.9343	8.0457	10.1556	10.4553
90	8.0108	7.7652	8.0183	8.0048	7.9638	8.0368	7.9341	7.8868	7.8803	7.9445	8.2560	9.9273
100	8.1085	7.8786	8.0546	7.9608	8.0161	8.0519	7.9694	7.9574	7.9303	7.9723	8.0604	9.4325
125	8.3194	8.1600	8.2337	8.0555	8.1745	8.2053	8.1793	8.1886	8.1587	8.2236	8.0602	8.5404
150	8.4827	8.2517	8.4060	8.2703	8.3801	8.3446	8.3407	8.3826	8.3633	8.3804	8.2489	8.1527
175	8.5640	8.3436	8.5090	8.4000	8.5036	8.4798	8.4891	8.5055	8.4753	8.5049	8.4493	8.3854
200	8.6607	8.4208	8.5824	8.5275	8.6269	8.5838	8.6452	8.6078	8.6675	8.6482	8.5247	8.4376

Tablo 16. 2. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama tuzluluk değerlerinin aylara bağlı değişimi

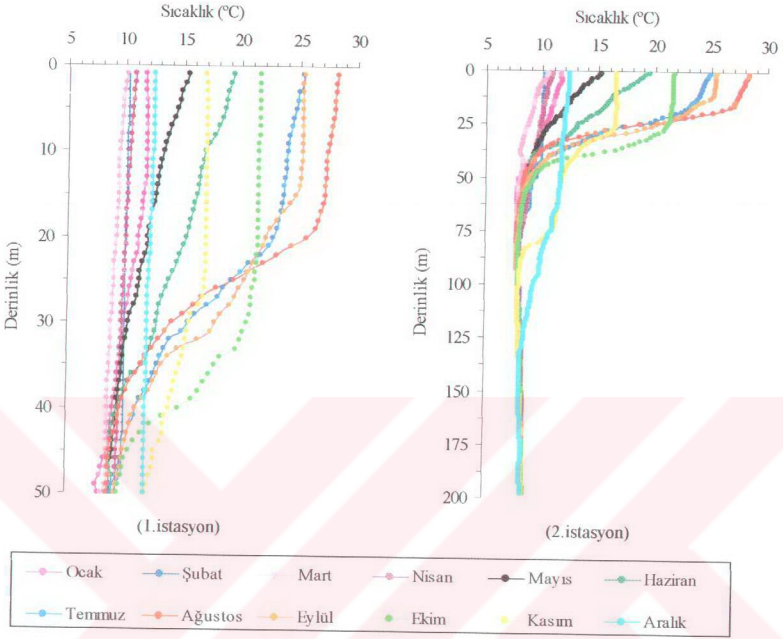
Derinlik (metre)	A Y L A R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yüzey	17.6173	17.8937	17.6560	17.8625	17.6793	17.5677	17.8291	17.8416	17.8158	17.6286	17.6334	17.8464
5	17.6422	17.8996	17.8556	17.9445	17.8818	17.7186	17.8296	17.8670	17.8132	17.6278	17.6352	17.8508
10	17.8107	17.8986	17.9854	17.9609	17.9413	17.8344	17.8430	17.9320	17.8072	17.6290	17.6386	17.8518
15	17.8845	17.8985	18.0326	17.9988	17.9891	17.9026	17.8658	17.9604	17.8642	17.6255	17.6658	17.8604
20	17.9581	17.9062	18.0595	18.0050	18.0087	17.9341	17.9061	18.0033	17.8698	17.6393	17.7035	17.8742
25	18.0509	17.9182	18.1139	18.0137	18.0325	18.0298	17.9555	18.0627	17.9859	17.6726	17.7259	17.8815
30	18.0777	17.9205	18.1242	18.0248	18.0576	18.0703	18.0380	18.1110	18.0102	17.7671	17.7877	17.8864
35	18.1807	17.9386	18.1467	18.0455	18.0680	18.0983	18.0883	18.1665	18.0848	17.8577	17.9181	17.9007
40	18.2750	17.9602	18.1709	18.0531	18.0868	18.1921	18.1060	18.1650	18.1377	18.0264	17.9287	17.9037
45	18.3940	17.9792	18.3352	18.0647	18.1077	18.1974	18.1314	18.1754	18.1407	18.1496	17.9680	17.9051
50	18.4951	18.0133	18.4759	18.0830	18.1247	18.2913	18.1559	18.1924	18.1849	18.2234	18.0146	17.9161
60	18.9262	18.1302	18.6591	18.1735	18.2054	18.4522	18.2140	18.2814	18.2154	18.3967	18.1408	17.9405
70	19.1906	18.2153	19.0667	18.2806	18.4293	18.7472	18.4094	18.5544	18.3872	18.5833	18.3292	18.0099
80	19.5155	18.5588	19.6005	18.5272	18.8988	19.0344	18.8296	18.9878	18.6761	18.8447	18.5113	18.0717
90	19.9586	18.7302	19.7790	18.7777	19.3489	19.3312	19.1656	19.2104	19.0875	19.2161	18.9084	18.1501
100	20.2785	19.2570	19.9348	19.0874	19.7452	19.7711	19.5837	19.6220	19.4452	19.5745	19.1978	18.3993
125	20.8041	20.3582	20.5504	19.8946	20.3469	20.4088	20.3592	20.4105	20.3247	20.5303	19.9304	19.2373
150	21.1059	20.6085	20.9549	20.6271	20.8791	20.7772	20.7798	20.8837	20.8350	20.8808	20.5868	20.0245
175	21.1111	20.8118	21.1503	20.9274	21.1278	21.0736	21.1024	21.1362	21.0637	21.1189	21.0103	20.8749
200	21.4121	20.9736	21.2342	21.1789	21.3581	21.2773	21.4000	21.3218	21.4366	21.3917	21.1529	20.9860

Tablo 17. 2. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama sigma-t değerlerinin aylara bağlı değişimi

Derinlik (metre)	A Y L A R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yüzey	13.1768	13.6156	13.3499	13.4696	12.5762	11.5437	10.3731	9.4142	10.2715	11.1281	12.3323	13.2398
5	13.1910	13.6286	13.5643	13.5626	12.9380	11.9346	10.5506	9.5361	10.2896	11.1493	12.3341	13.2453
10	13.3713	13.6302	13.7480	13.6277	13.1401	12.3033	10.6569	9.7165	10.3198	11.1561	12.3362	13.2529
15	13.4688	13.6318	13.8228	13.6771	13.3266	12.5667	10.8704	9.8913	10.6165	11.1719	12.3405	13.2724
20	13.5548	13.6386	13.8635	13.7031	13.4309	12.7522	11.2185	10.5155	10.9689	11.2058	12.3696	13.3131
25	13.6790	13.6492	13.9449	13.7377	13.5948	13.1206	11.9137	11.8449	11.5460	11.2793	12.3905	13.3366
30	13.7496	13.6516	13.9963	13.7647	13.7405	13.3110	12.9068	13.0465	12.3632	11.5868	12.5386	13.3451
35	13.8530	13.6688	14.0411	13.8022	13.8100	13.5338	13.2840	13.6976	13.2782	12.1153	13.0309	13.3784
40	13.9697	13.6901	14.0786	13.8273	13.8735	13.9348	13.6352	13.8757	13.6645	12.9770	13.1740	13.3848
45	14.1694	13.7143	14.1818	13.8476	13.9273	13.9899	13.8483	13.9672	13.8251	13.7447	13.3088	13.3878
50	14.3233	13.7678	14.3132	13.8835	13.9645	14.1133	13.9476	14.0434	13.9799	13.9670	13.4051	13.4073
60	14.6974	13.9397	14.4731	14.0058	14.0799	14.2800	14.0640	14.1485	14.0694	14.2127	13.5477	13.4531
70	14.9104	14.0642	14.8042	14.1171	14.2824	14.5377	14.2676	14.3900	14.2436	14.3891	13.7285	13.5887
80	15.1543	14.4160	15.2111	14.3560	14.6656	14.7660	14.6108	14.7432	14.4930	14.6126	14.0660	13.7077
90	15.4872	14.5541	15.3460	14.5647	15.0161	14.9941	14.8758	14.9164	14.8208	14.9141	14.6384	13.8358
100	15.7260	14.9538	15.4637	14.8117	15.3200	15.3361	15.1988	15.2303	15.0949	15.1913	14.8870	14.0936
125	16.1120	15.7827	15.9241	15.4322	15.7721	15.8167	15.7809	15.8201	15.7564	15.9094	15.4596	14.8612
150	16.3280	15.9675	16.2195	15.9795	16.1635	16.0881	16.0904	16.1668	16.1309	16.1646	15.9506	15.5226
175	16.4282	16.1153	16.3595	16.1987	16.3428	16.3032	16.3245	16.3490	16.2959	16.3354	16.2574	16.1593
200	16.5450	16.2322	16.4456	16.3795	16.5074	16.4494	16.5375	16.4814	16.5633	16.5307	16.3596	16.2399

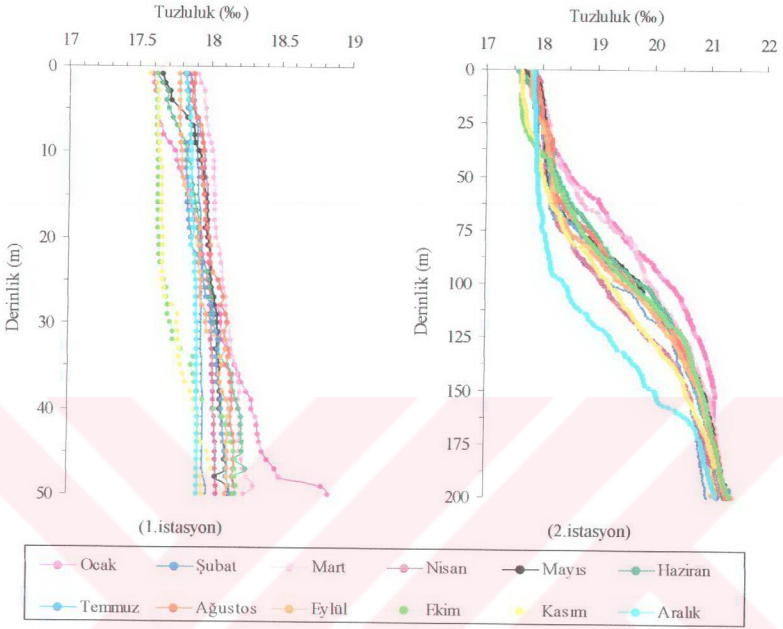
Tablo 18. 2. İstasyonda çeşitli derinliklerdeki ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara bağlı değişimini

Derinlik (metre)	A Y L A R											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yüzey	2.1303	2.0782	2.0839	2.1199	2.3375	2.5641	2.8996	3.0923	2.9172	2.6763	2.3873	2.1929
5	2.1308	2.0769	2.0844	2.1192	2.3255	2.5263	2.8706	3.0813	2.9132	2.6722	2.3872	2.1929
10	2.1352	2.0746	2.0641	2.1011	2.2599	2.4548	2.8461	3.0619	2.9049	2.6707	2.3881	2.1905
15	2.1269	2.0741	2.0535	2.0976	2.2146	2.3937	2.8082	3.0365	2.8589	2.6665	2.3959	2.1874
20	2.1232	2.0747	2.0481	2.0903	2.1853	2.3504	2.7445	2.9242	2.7747	2.6634	2.4007	2.1793
25	2.1102	2.0756	2.0371	2.0805	2.1404	2.2748	2.5989	2.6492	2.6777	2.6573	2.4027	2.1745
30	2.0913	2.0758	2.0191	2.0744	2.0972	2.2319	2.3655	2.3500	2.4915	2.6147	2.3846	2.1737
35	2.0937	2.0767	2.0091	2.0680	2.0743	2.1760	2.2687	2.1574	2.2639	2.5090	2.2858	2.1681
40	2.0884	2.0773	2.0029	2.0608	2.0563	2.0742	2.1562	2.0886	2.1569	2.3285	2.2407	2.1672
45	2.0603	2.0757	2.0315	2.0574	2.0426	2.0538	2.0853	2.0551	2.0980	2.1309	2.2053	2.1668
50	2.0392	2.0686	2.0358	2.0504	2.0341	2.0420	2.0548	2.0293	2.0533	2.0750	2.1860	2.1644
60	2.0657	2.0475	2.0465	2.0374	2.0190	2.0403	2.0299	2.0224	2.0282	2.0455	2.1800	2.1583
70	2.0894	2.0303	2.0817	2.0361	2.0290	2.0577	2.0265	2.0369	2.0275	2.0507	2.1882	2.1372
80	2.1272	2.0266	2.1405	2.0404	2.0687	2.0849	2.0620	2.0737	2.0456	2.0684	2.1462	2.1169
90	2.1785	2.0421	2.1609	2.0598	2.1148	2.1169	2.0949	2.0967	2.0842	2.1005	2.0861	2.0975
100	2.2163	2.1012	2.1788	2.0888	2.1577	2.1623	2.1390	2.1421	2.1230	2.1382	2.1052	2.0975
125	2.2819	2.2279	2.2515	2.1756	2.2276	2.2357	2.2292	2.2348	2.2246	2.2489	2.1795	2.1358
150	2.3227	2.2590	2.3029	2.2621	2.2937	2.2815	2.2815	2.2943	2.2884	2.2940	2.2568	2.1949
175	2.3453	2.2856	2.3295	2.3006	2.3268	2.3200	2.3235	2.3278	2.3188	2.3261	2.3119	2.2945
200	2.3658	2.3073	2.3422	2.3343	2.3582	2.3475	2.3636	2.3534	2.3687	2.3630	2.3315	2.3095



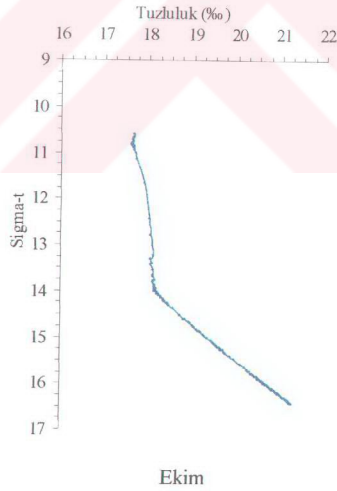
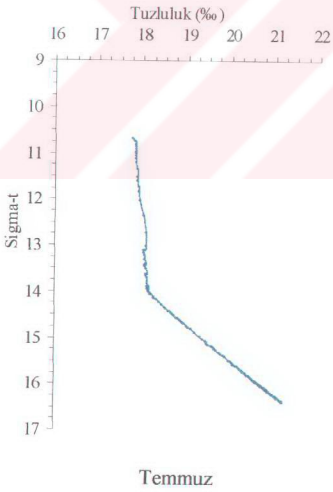
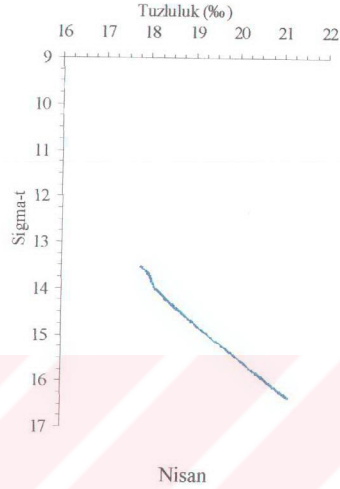
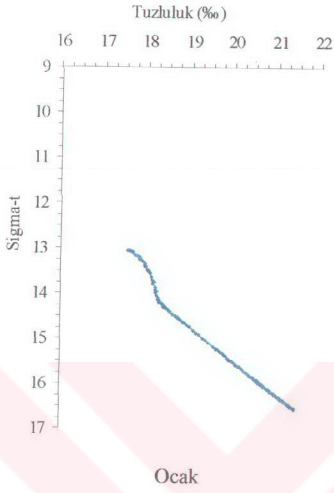
Şekil 15. Aylık ortalama sıcaklık değerlerinin 1. ve 2. istasyonda derinliğe bağlı değişimi

1. istasyonda yapılan sıcaklık ölçümleri aylık ortalamalarına göre yüzey suyunda minimum sıcaklık şubat-mart aylarında 10°C civarında bulunmuş ve su kolonunda homojen bir dağılım gözlenmiştir. Ocak, şubat, mart ve nisan ayları boyunca sıcaklık değerlerindeki değişme çok az olup bu dönemde su kolonunun derinliğe göre homojen olduğu söylenebilir. Mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarını kapsayan süreçte hava sıcaklığı artışına paralel olarak önce yüzey suyunda başlayan daha sonra yüzey altı suları etkileyen bir ısınma gerçekleşmektedir. Yüzey suyu sıcaklığı Ağustos ayında maksimum sıcaklık değerine ulaşmaktadır. Temmuz, ağustos ve eylül aylarındaki sıcaklık eğrileri mevsimsel termoklin oluşumlarının en güzel göstergesidir. Mevsimlere bağlı olarak su kolonunda ilk 40 metrede büyük değişimler gösteren su sıcaklığında bu derinliğin altında büyük farklılıklara rastlanmamaktadır. 200 metre derinlikteki 2. istasyonda da benzer şekilde ilk 40 metrede önemli sıcaklık değişimleri gözlenmiş olup özellikle 125 metre derinlikten sonra su sıcaklığının yıl boyunca 8-9°C civarında sabitlendiği tespit edilmiştir.

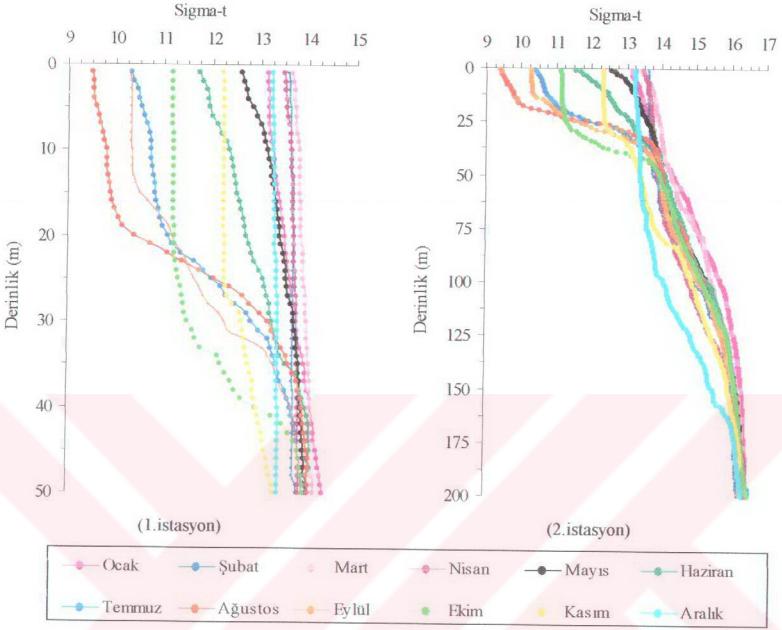


Şekil 16. Aylık ortalama tuzluluk değerlerinin 1. ve 2. istasyonda derinliğe bağlı değişimi

1. istasyonda yüzey suyu tuzluluğu yaklaşık olarak ‰ 17.5-18 değerleri almakta ve 50 metrelik su kolonunda aylar itibarıyla çok küçük değişimler olmaktadır. Ancak 200 metre derinlikte olan 2. istasyondaki ölçümlerden anlaşılacağı üzere 50 metre derinlikten sonra tuzluluk değerlerinde hızla bir artış gözükmektedir. Haloklin tabaka olarak adlandırılan bu tabakanın yeri yıl içerisinde farklı derinliklerde bulunmakla birlikte alt sınırı 160 metre derinliğe kadar inmektedir. Bu derinlikte yaklaşık olarak ‰ 21 tuzluluk değerine ulaşmakta bu derinlikten sonra daha yavaş bir artış göstermektedir. Haloklin tabaka derinliğe bağlı olarak izlenmek istenirse farklı zamanlarda farklı derinliklerde yer aldığı görülmektedir. Ancak tuzluluk değerleri, ölçüm anındaki sigma-t değerlerine karşı grafiğe geçirildiğinde mevsim ve zaman farkı gözetmeksizin sigma-t'nin yaklaşık 14 değerini aldığı derinlik haloklin tabakanın başladığı yer olarak net bir şekilde görülmektedir (Şekil 17).

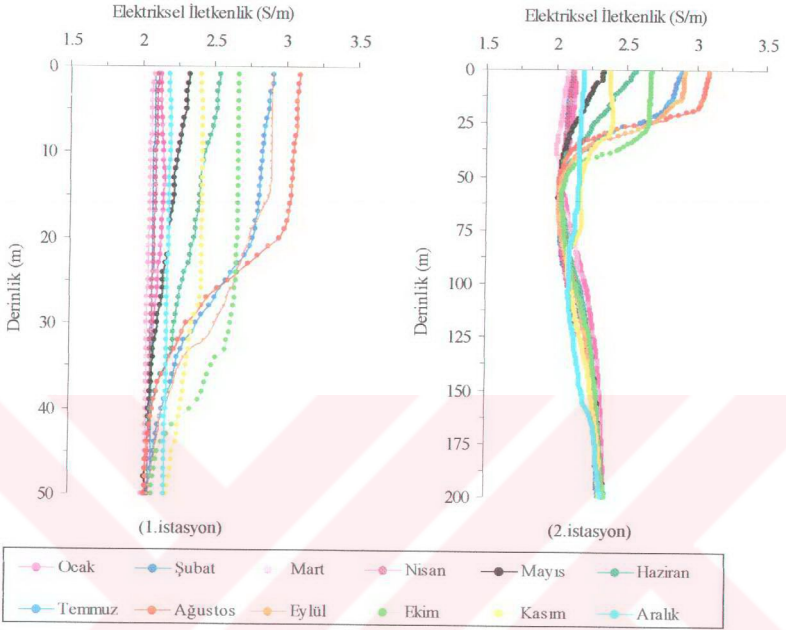


Şekil 17. Farklı aylarda ölçülen sigma-t tuzluluk ilişkileri



Şekil 18. Aylık ortalama sigma-t değerlerinin 1. ve 2. istasyonda derinliğe bağlı değişimi

Her iki istasyondaki sigma-t ölçümlerinde minimum σ_t değeri 9.5 olarak Ağustos ayında, maksimum σ_t değeri ise 13.5 olarak Şubat ve Mart aylarında tespit edilmiştir. Sıcaklıkta olduğu gibi ilk 40 metrede σ_t 'nin de yıl boyunca büyük değişimler gösterdiği ve σ_t 'nin sıcaklık profilinin ayna görüntüsü gibi şekillendiği belirlenmiştir. σ_t değişimlerinin yüzeysel tabakada sıcaklık, daha derin su kütlelerinde ise tuzluluk etkisinde şekillendiği tespit edilmiştir.



Şekil 19. Aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin 1. ve 2. istasyonda derinliğe bağlı değişimi

Su kolonunda elektriksel iletkenlik değeri değişim grafiğinin tamamen sıcaklık grafiklerine paralel bir şekilde oluştuğu gözlenmiştir. Yüzey suyunda 2-3.5 S/m arasında değerler alan elektriksel iletkenlik sıcaklık değişimine bağlı olarak değişimler göstermekte ve bu sebeple soğuk ara tabakanın bulunduğu derinliklerde minimum değerleri almaktadır. Yüzeyden soğuk ara tabakaya kadar genellikle sıcaklık değişimine bağlı olarak azalan elektriksel iletkenlik soğuk ara tabakanın altında azda olsa artan sıcaklık değerlerine paralel olarak tekrar artmaktadır. Yıl boyunca yapılan ölçümlerde sıcaklıkta olduğu gibi yüzeyde şubat ve mart aylarında minimum, ağustos ayında ise maksimum elektriksel iletkenlik değerleri tespit edilmiştir.

4. TARTIŞMA

Karadeniz’de sıcaklık dağılımının temel özelliği derinliğe bağlı olarak hızla azalmasıdır. Yüzey tabakasında yıl boyunca değişim gösteren sıcaklık 50-70 metredeki soğuk ara tabakanın ortalarında 7°C civarlarına düşer. Sıcaklıktaki bu minimum değer su derinliğine bağlı olarak 75-100 metre derinliklerde de gözlenebilir. 50-200 metre derinlikler arasındaki tuzluluk gradienti nedeniyle dip sularına ısı transferi gerçekleşmez. Bu sebeple Karadeniz’in dip suları karasal iklim koşullarından fazla etkilenmez.

Yüzey suyu aylık ortalama sıcaklık değişimi güz döneminde su soğumasının yavaş olması nedeniyle asimetriktir. Bahar ve yaz mevsiminin ilk yarısında deniz suyu maksimum sıcaklığına ulaşmadan önce hava sıcaklığından daha düşük iken yaz mevsiminin ikinci yarısından itibaren hava sıcaklığından daha yüksektir. Soğuk ara tabakanın sıcaklık değişimi 6.4-7.0 °C iken Orta ve Doğu Karadeniz’de bu değer yaz sonlarında 7.5-8.0°C olabilmektedir. Soğuk ara tabakanın altında ise su sıcaklığı 100 metrede 7.2-8.5°C, 300 metrede 8.5-8.9°C’ dir [41].

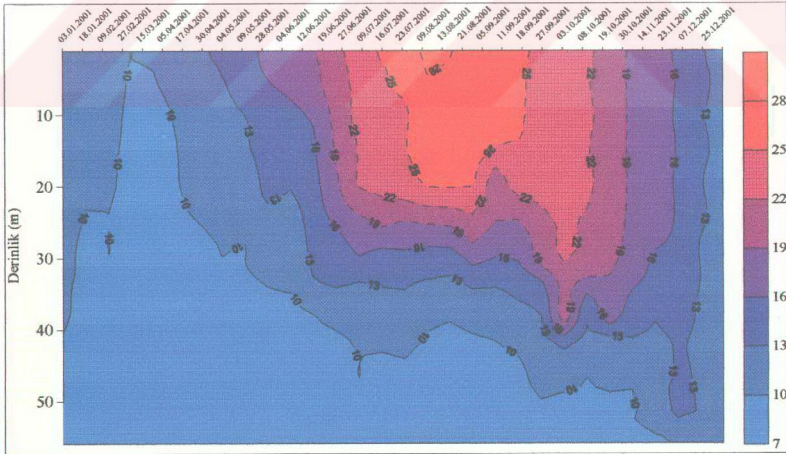
Karadeniz’de hava sıcaklığına bağlı olarak deniz yüzey suyu sıcaklığı şubat-mart aylarında minimum sıcaklıklara düşmekte ve su kolonu homojen bir görünüme sergilemektedir. Yüzey suyunun ısınması ve rüzgar kaynaklı karışımlar nedeniyle ısınan su kütleli karışım tabakasına kadar inmektedir. Nisan, mayıs, haziran, temmuz ve ağustos ayları ısınma sürecini teşkil etmektedir. Bu süreçte mevsimsel termoklin oluşumu başlamakta olup net şekilde izlenebilmektedir. Yaz sonlarında ise soğuma süreci başlamakta ve bu süreç eylül, ekim, kasım, aralık ve ocak aylarını kapsamaktadır. Yaz ortalarındaki rüzgarların bahardakine göre zayıf olması nedeniyle bu zamandaki yüzey suyu çok fazla derine inememekte ve karışım tabakasında iki veya daha fazla homotermal tabaka oluşmaktadır. Bu sürecin sonunda şubat ve mart döneminde su kolonu yine homojen görünüme ulaşmaktadır.

Çalışma süresince yapılan ölçümlerde yüzey suyu sıcaklıkları 1. ve 2. istasyonda sırasıyla; minimum sıcaklıklar 9.84°C ve 9.78°C olarak şubat ayında, maksimum sıcaklıklar 29.02°C ve 28.64°C olarak ağustos ayında tespit edilmiştir. Ortalama yüzey suyu sıcaklıklarının aylara göre değişimleri incelendiğinde aylar arasında en fazla sıcaklık artışının hava sıcaklıklarına paralel olarak mayıs-haziran dönemlerinde olduğu görülmektedir.

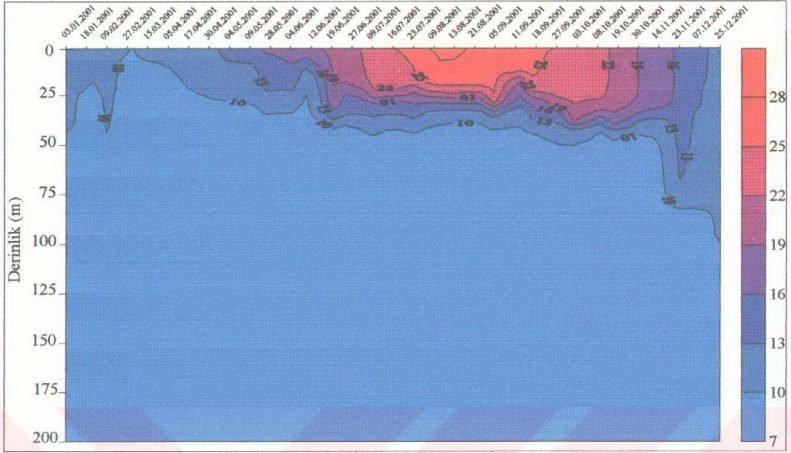
Bölgede farklı yıllarda ölçülen yüzey suyu minimum ve maksimum sıcaklık değerleri; 1990 yılında, 7.6-27°C, 1991 yılında 6.7-28°C, 1992 yılında 6.9-27°C, 1993 yılında 5.9-25°C ve 1995 yılında 7.94-25°C olarak tespit edilmiştir. Yüzey suyu sıcaklıklarının birbirinden farklılık göstermesi iklim koşullarının değişkenliğinden kaynaklanmaktadır (42,43).

Karadeniz'deki sıcaklık dağılımının bir diğer önemli temel özelliği de derinliğe bağlı olarak su kesitinde meydana gelen tabakalaşmadır (44). Ölçüm değerlerine göre yüzey sularıyla 200 m derinlikteki sular arasındaki sıcaklık farkı ocak-nisan ayları arasında çok az olmasına karşılık, mayıs ayından itibaren yüzey sularının ısınması ile birlikte mevsimsel termoklin tabakası oluşmaya başlar ve bu tabakalaşma yaz ve sonbahar aylarında, yüzeyden itibaren 40 ile 70 m'ler arasında seyrederek. Soğuk ara tabakanın altındaki derinliklerde sıcaklık, yıl boyunca çok az değişmektedir (10,32).

Çalışma süresince yapılan sıcaklık ölçümleri derinliğe bağlı incelendiğinde genellikle etkili değişimlerin ilk 50 metrede olduğu görülmektedir. Yıl boyunca ilk 50 metre derinlikte sıcaklık yönünden çeşitli tabakalaşmalar gözlenirken, bu derinliğin altında tabakalaşmanın söz konusu olmadığı görülmektedir (Şekil 20,21). Daha önce yapılan çalışmalar da bu bulguları desteklemektedir.



Şekil 20. I. istasyonda sıcaklığın zamana ve derinliğe bağlı gösterdiği tabakalaşma



Şekil 21. 2. istasyonda sıcaklığın zamana ve derinliğe bağlı gösterdiği tabakalaşma

Bu çalışmada yüzey suyunun en düşük ve en yüksek değerlerinin tespit edildiği şubat ve ağustos ayları arasındaki sıcaklık farkı 1. istasyon için 19.18°C ve 2. istasyon için 18.86°C bulunmuştur. Bu değer bölgede daha önce yapılan çalışmalarda 18.05°C civarında bulunmuştur ve bu çalışmada bulunan değerlerle uyum göstermektedir (45,46).

Karadeniz'de yüzey suyu tuzluluğu; buharlaşma, yağışlar, nehirlerden boşalan su miktarı ve coğrafik ortam farklılığına göre değişim göstermekle birlikte, bu değişimler 200 metre derinliğin altında sınırlıdır. Araştırma sahası yüzey suyu tuzluluk değerleri dikkate alındığında tuzluluğun yıl boyunca önemli bir değişiklik sergilemediği ve ortalama $\%17.75$ civarında olduğu görülmektedir. Tüm su kolonu incelendiğinde, tuzluluğun özellikle ilk 50 metreden sonra yüzeyden itibaren zemine doğru kademeli olarak arttığı ve 200 m derinlikte, $\%21$ düzeyine ulaştığı saptanmıştır (Şekil 16).

Yüzey suyu aylık ortalama tuzluluk değerleri $\%17.41$ ile 17.92 arasında değişmektedir. Ölçümler sonucu yüzeyde ortalama $\%18.0$ civarında olan tuzluluğun, 100 m de $\%19.0$ 'a 200 m ise $\%21$ 'e yükseldiği gözlenmektedir (Şekil 16). Bu sonuç bölgede yapılan diğer çalışmalarla uyum halindedir (43,45).

Karadeniz'in en önemli karakteristik özelliklerinden birisi de 100-200 metrelik derinlikler arasında sürekli bir haloklinik (geniş tuzluluk değişimi) göstermesidir ki Karadeniz bu özelliğe sahip dünyanın en büyük su kütesidir. (47). Haloklin tabaka her

Karadeniz bu özelliğe sahip dünyanın en büyük su küttlesidir [47]. Haloklin tabaka her dönemde farklı derinliklerde bulunabilmesine rağmen sigma-t'ye göre profili çizildiğinde dönem farkı olmadan sigma-t'nin yaklaşık 14 değerini aldığı yerde başlangıcı net şekilde görülebilmektedir. Su kolonunda farklı dönemlerde alınmış ölçümlerde bunu gözlemek mümkündür (Şekil 17).

Aylık ortalama yüzey suyu sigma-t değerleri, sıcaklığın minimum olduğu kış aylarında 13-13.5, sıcaklığın maksimum olduğu ağustos ayında 9.5 değerine kadar düşmektedir. 1. ve 2. istasyonda sigma-t değerleri ağustos ayında minimum olmak üzere sırasıyla 9.33 ve 9.24 olarak ölçülürken, şubat ayında maksimum 13.61 ve 13.54 değerlerine ulaşılmaktadır. Kış aylarında ilk 50 metrelik su kolonunda 13-13.5 sigma-t değerlerinde homojen bir görüntü mevcut iken diğer dönemlerde sıcaklığın etkisine bağlı olarak sıcaklık ile ters orantılı değişimler görülmektedir. İlk 50 metrelik su kolonunda sigma-t değişiminin tamamen sıcaklık etkisi altında olduğu söylenebilir. Ancak soğuk ara tabakanın altında sıcaklık artışı çok düşük olmasına rağmen sigma-t değerlerinde özellikle haloklin tabakada belirgin artışlar görülmektedir. Bu durum soğuk ara tabakadan sonra sigma-t'nin sıcaklıktan ziyade tuzluluk etkisinde değiştiğini göstermektedir. Sigma-t parametresinin su kolonunda izlenmesi H₂S tabakası başlangıcının tespiti açısından son derece önemlidir. Zira Karadeniz'de yapılan çalışmalarda sigma-t'nin 16.2 değerini aldığı yerde H₂S'in gözlenebilir seviyede olduğu bilinmektedir [11]. Bu durumda H₂S'lü tabakanın hareketiyle ilgili söylemlerde derinlikten ziyade sigma-t'nin kullanımının anlam taşıdığı açıktır. Yıl boyunca yapılan ölçümlerde 16.2 sigma-t değerinin aynı bölgede farklı derinliklerde bulunabildiği tespit edilmiştir. Sonuçlar, bölgede yapılan çalışmalarla benzerlikler göstermektedir [12].

Aylara bağlı olarak ortalama elektriksel iletkenlik değerleri incelendiğinde iletkenliğin sıcaklık eğrilerine tamamen paralel bir görünüme sahip olduğu gözlenmektedir. Çalışma boyunca hem 1. hem de 2. istasyonda yüzey suyunda minimum elektriksel iletkenlik değerleri şubat ayında sırasıyla 2.0577 (S/m) ve 2.0638, maksimum iletkenlik ise ağustos ayında sırasıyla 3.1126 (S/m) ve 3.0458 (S/m) olarak ölçülmüştür. Kışın ilk 50 metrelik su kolonunda yaklaşık 2.1 (S/m) ile homojen bir elektriksel iletkenlik değeri gözlenirken, hava sıcaklığı artışına bağlı olarak bahar döneminde artmaya başlamakta ve ağustos ayında 3.1 (S/m) ile en yüksek değerine ulaşmaktadır. Sonbahar döneminde sıcaklığının azalmasıyla birlikte ortalama 2.1(S/m) değerine yaklaşmak üzere iletkenlik değerleri tekrar düşmektedir. Termoklin tabakasinda iletkenlik değerinin hızla

düşüşü de yine sıcaklık azalmasıyla açıklanmaktadır. 50-75 metreler arasındaki soğuk ara tabakada elektriksel iletkenlik değerleri bütün yıl boyunca su kolonunun minimum değerlerini almakta ve daha derinlere gidildikçe sıcaklık artışı yanında az da olsa tuzluluk artışının etkisine bağlı olarak soğuk ara tabakadakinden daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Şubat ayında yüzey suyu sıcaklığı 10.12°C, 200 metrede ise 8.42°C olmasına rağmen yüzeydeki elektriksel iletkenlik değerinin 2.0866 (S/m) ve daha düşük sıcaklıktaki 200 metredeki elektriksel iletkenlik değerinin ise 2.3102 (S/m) olması 75 metrenin altındaki iletkenlik artışında tuzluluğun etkisini ortaya konması açısından örnek verilebilir (Şekil 19).



5. SONUÇLAR

Yapılan ölçümler sonucunda deniz suyu yüzey sıcaklığının hava sıcaklığına bağlı olarak genellikle şubat-mart aylarında minimum, ağustos ayında ise maksimum değerlerine ulaştığı tespit edilmiştir. Yüzey suyunda ölçülen minimum ve maksimum sıcaklıklar sırasıyla 9.75 °C ve 29 °C'dir. Bu sıcaklık değerlerinin yıllara bağlı değişiminin yine hava sıcaklıklarına bağlı şekillendiği görülmüştür. Su kolonu boyunca sıcaklık değişimlerinin özellikle ilk 50 metrede olduğu, bu değişimin bir göstergesi olan mevsimsel termoklinin genellikle 20-40 metre arasında oluştuğu ve dip sularının yıl boyunca sıcaklık yönünden büyük değişimler göstermediği gözlenmiştir.

Yoğunluğun bir ifadesi olarak kullanılan Sigma-t [(Yoğunluk-1)x1000] Karadeniz su kolonunda çeşitli değişimler göstermektedir. Yüzey suyunda temelde sıcaklığın etkisiyle yaklaşık 9-13.5 kg/m³ arasında değerler almaktadır. Yüzey tabakasında mevsimsel olarak sıcaklık etkisiyle değişim gösteren sigma-t, daha derin sularda bariz sıcaklık değişimi olmaması nedeniyle tuzluluğa paralel bir değişim göstermektedir. Karadeniz'de Hidrojen Sülfürün ölçülebilir seviyede olduğunun göstergesi olan 16.2 Sigma-t değerine sahip su kütlelerinin yıl içerisinde farklı derinliklerde bulunduğu tespit edilmiştir.

Elektriksel iletkenlik değerlerinin sıcaklığa paralel bir değişim göstererek ilk 50 metrede azaldığı, soğuk ara tabakada minimum değere ulaştıktan sonra tekrar artma eğilimi gösterdiği ve ortalama 2.2-3.2 S/m arasında değerler aldığı tespit edilmiştir.

Yüzey suyu tuzluluk değerinde yıl boyunca oluşan değişimlerin çok küçük boyutlarda kaldığı ve yüzey suyu maksimum tuzluluğunun sıcaklığın maksimum, yağış miktarının minimum olduğu ağustos ayında gerçekleştiği gözlenmiştir. Tuzluluğun hızla artış gösterdiği haloklin tabaka su kolonunda genellikle 75 m derinliklerden başlamasına rağmen zaman zaman bu tabakalaşmanın 50 veya 100 m derinliklere hareket edebildiği ancak tuzluluğun Sigma-t değerine karşı grafiği çizildiğinde zaman farkı olmaksızın haloklin tabakanın yaklaşık 14 σ t değerinde başladığı tespit edilmiştir. Haloklin tabakanın altında tuzluluktaki artışın devam ettiği ancak bu artışların çok hızlı olmadığı görülmüştür.

6. ÖNERİLER

Bu çalışma Trabzon-Yomra açıklarında 200 metrelik su kolonundaki 2001 yılı süresince ölçülen fiziksel parametreleri kapsamaktadır. Şüphesiz deniz suyunun özelliklerindeki zamana bağlı değişimlerin izlenmesi, bu değişimlerin sebep ve boyutlarının tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü bu değişimler deniz ortamında bulunan canlıların, üreme, beslenme ve göç olgusunu dolayısıyla yaşamlarını direkt etkilemektedir. Balıkçılık faaliyetleri, biyolojik ve kimyasal değişimlerle ilgili çalışmalar, denizde yapılacak balık yetiştiriciliği için bu parametrelerin bilinmesine ihtiyaç vardır.

Yukarıda anılan konularla ilgili daha sonra yapılacak çalışmaların bu çalışmada elde edilen veriler baz alınarak yürütülmesi ve benzer çalışmaların yapılması durumunda böyle bir çalışmaya kimyasal ve biyolojik parametreler eklenmek suretiyle çok disiplinli bir çalışma haline getirilerek yürütülmesinin faydalı olacağı kesindir. Ancak deniz araştırmalarının masraflı oluşu nedeniyle mümkün olduğunca birden fazla kişi, kurum ve kuruluş tarafından eş zamanlı olarak farklı bölgelerde aynı paralelde çalışmaların yürütülmesi zaman, emek ve finansman tasarrufu sağlayacaktır.

Özellikle deniz balıkları yetiştiriciliği yapan üreticiler tarafından bu balıkların doğal isteklerini göz önüne alarak hangi dönemde ve ne kadar süre deniz ortamında yetiştiriciliğin yapılacağına planlaması bu çalışmadaki veriler ışığında yapılmalıdır.

Son yıllarda uygulamaları görülen, deniz ortamındaki yetiştiriciliğe ilave olarak deniz kıyısında karasal ortama kurulan tesislerde, yetiştiriciliği yapılan türlerin optimum isteğini karşılayacak özellikteki su kütesinin hangi dönemde hangi derinliklerde bulunabileceği yine bu verilerden yararlanmak suretiyle tespit edilmelidir. Sıcak mevsimlerde daha soğuk suyun taşınımı için yine bu parametrelere ihtiyaç duyulmakta ve çalışma bu anlamda bir boşluğu doldurmaktadır.

Karadeniz yapısı gereği gösterdiği tabakalaşma ve içerdiği anoksik koşullar nedeniyle kıyısal deşarj ve derin deşarj sistemleri için uygun ortam olarak düşünülmekte ve bu tür çalışmaların uygulamaları günümüzde bölgemizde de gerçekleştirilmektedir. Bu tür uygulamaların öncesi ve sonrasında ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde ne tür değişiklikler olduğu temel parametrelerin ölçülmesiyle mümkün olacaktır. Bu anlamda elde edilen bu verilerden ilerideki uygulamalarda mukayese amaçlı yararlanılmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Kocataş, A., Oseanoloji, E.Ü. Fen Fak. Kitaplar serisi No: 114 İzmir, (1986)
2. Baştürk, Ö., Saydam, C., Salihoğlu, İ., Ereneva, L. V., Konolov, S.K., Stoyanov, A., Dimitrov, A., Cociasu A, Doragan. L., Altabet, M., Vertical Variations in the Principle Chemical Properties of the Black Sea in the Autumn of 1991, Marine Chemistry, 45 (1994), 149- 165.
3. Bryantsev, V.A., Fashchuk, D.Y.A., Ayzatullin, T.A., Bagotsky, S., Leohov, A.V., Variation in the Upper Boundary of the Hydrogen Sulfide in the Black Sea: Analysis of Field Observation and Modelling Results. Oceanology, 28, 2 (1988), 180- 185.
4. Murry, J. W., Black Sea Oceanography: Results from the 1988 Black Sea Expedition. Deep Sea Research, 38, 2 (1991).
5. Oğuz, T., Aubrey, D. G., Latun, V. S., Demirov, E., Koveshnikov, L., Sur, H. I., Diaconu, V., Beşiktepe S, Dumon, M., Limeburner, R., Eremeev, V., Mesoscale Circulation and Thermohaline Structure of the Black Sea Observed During Hydro Black' 91. Deep Sea Research, 41, 4 (1994), 603-628.
6. Oğuz, T., Beşiktepe, S., Baştürk, O., Salihoğlu, I., Aubrey, D.G., Balcı, A., Demirov, E., Diaconu, V., Dorogan, L., Duman, M., Ivanov, L., Konovalov, S., Stayanov, A., Tuğrul, S., Vladimirov, V., Yılmaz, A., Report of the physical and Chemical Intercalibration Workshop, January, Cooperative Marine Science Program for the Black Sea (CoMSBLACK), Technical Report, (1993) 15-29
7. Oğuz, T., Latun, V.S., Latif, M.A., Vladimirov, V.V., Sur, H.I., Markov, A.A., Özsoy, E., Katovshchikov, B.B., Eremeev, V.V., Ünlüata, U., Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea. Deep Sea Research, (40): 8 (1993) 1579-1612.
8. Sorokin, Y.I., Experimental Data on the Oxidation Rate of Hydrogen Sulfide in the Black Sea. Oceanology, 11 (1971), 352- 360.
9. Sorokin, Y.I., The Black Sea. In: Estuaries and enclosed seas. Ecosystem of the World, B.H. Ketchum editor, Elsevier, Amsterdam, 26 (1983), 253-292.
10. Baykut, F., Aydın, A., Artüz, M.İ., Bilimsel açıdan Karadeniz, İ.Ü. Yayınları sayı 3004, İstanbul, 1982.
11. Tuğrul, S., Baştürk, O., Saydam, C., Yılmaz, A., Changes in the Hydrochemistry of the Black Sea Inferred from Water Density Profiles. Nature, 359 (1992) 137-139
12. Tuğrul, S., Karadeniz Ekosistemi, Bilim ve Teknik, Şubat (1993) 106- 110

13. Murray, J.W., Jonrasch, H.W., Honyo, S., Anderson, R.F., Reeburgh, W.S., Top, Z., Friederich, G.E., Codispoti, L.A., İzdar, E., Unexpected Changes in the Oxidic/Anoxic Interface in the Black Sea., Nature, 338 (1989) 411- 413.
14. Murry, J.W., Hydrographic variability in the Black Sea, in: *Black Sea Oceanography*, edited by E. İzdar, J. M., Murray, NATO/ ASI Series, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, (1991) 1- 15.
15. Dyrssen, D., Haraldsson, S., Westerlund, A., Oren, K., Data from the 8th cruise of the RV Vityaz on the Black Sea, Report on the Chemistry of Seawater, XXXII. Department of Analytical and Marine Chemistry, University of Goteborg and Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden, November, 1984.
16. Baştürk, Ö., Tuğrul, S., Salihoğlu, İ. Vertical Chemistry of the Three Dynamically Different Regions of the Black Sea. Turkish J. Marine Sciences, (1996) 35-51.
17. Akbaba, G., Karadeniz, Bilim ve Teknik Dergisi, 364 (1998) 50-57.
18. Aydın, A., Environmental Problems of the Black Sea Marmara Üniv. Yayınları 553 (1994) 91.
19. Baykut, F., Aydın, A., Baykut, S., Çevre Sorunları, İ.Ü. Mühendislik Fak. Yayınları No: 73, İstanbul, 1987.
20. Stowe, K.S., Oceans Science, Wiley, New York, 1979.
21. Stewart R., Introduction to Physical Oceanography, Department of Oceanography Texas A. University, Texas, 2002
22. Knass, J.A., Introduction to Physical Oceanography, Prentice Hall, New Jersey, 1997
23. Lenore, S., Arnold E., Andrew D., Standart Methods For The Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, American Public Healt Association, Washington, 1998
24. Pinet, P., The Properties of Sewater, Florida Statate University, Florida, 1998
25. Fofonoff, P., Millard, R.C., Unesco, Properties of Sea Water, Unesco Tech. Pap. in Marine Sci., 44, (1983), 53-56
26. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA)., Volunteer Stream Monitoring: A methods Manual, Pub. Number: EPA 841-B-97-003, Washington, 1997
27. Ross, D.A., Uchupi, E., Prada, K.E., Macilvaine, J.C., Bathymetry and microtopography of Black Sea. The Black Sea-geology, chemistry and biology, E.T. DEGENDS, D.A. ROSS, editors, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 20, pp 1-10, 1974

28. Zenkevich, L.A., *Biology of the Seas of the USSR*. Moskva, Nauka, 739 p. (in Russian), 1963
29. Tolmazin, D., Charging coastal oceanography of the Black Sea. 1: Northwestern shelf. Progress in oceanography, 15 (1985) 217-276.
30. Oğuz, T., Latif, M.A, Sur, H.I., Özsoy, E., Ünlüata, Ü., On the dynamics of the southern Black Sea in: *Black Sea Oceanography*, edited by E. İzdar and J. M. Murray, NATO/ASI Series, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, (1991), 46-63
31. Oğuz, T., Latif, M. A., Sur, H.İ., Ünlüata, Ü., Batı ve Orta Karadeniz'in Oşinografisi, Ulusal Deniz Ölçme ve İzleme Programı, İçel, 1989
32. Oğuz, T., Violette, P.E., Ünlüata, Ü., The Upper Layer Circulation of the Black Sea: Its Variability as Inferred from Hydrographic and Satellite Observation. Journal of Geology, 121 (1994) 213-230.
33. Fonselius, S.H., Phosphorous in the Black Sea. In: *The Black Sea: Geology, Chemistry and Biology*, E.T. Degens and D.A. Ross, Editors, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, Memoirs, 20 (1974) 386-398.
34. Neumann, G., Die absolute Topographie des Physikalischen Meeresniveaus und die Oberflächenströmungen des Schwarzen Meeres. Ann. Hydr. Marit. Meteorol., 70 no. 9 (1942) 265-282
35. Okyar, M., Ediger, V., Engin, M., Seismic Stratigraphy of the Southeastern Black Sea Shelf from High-Resolution Seismic Records. Marine Geology, 121 (1994) 213-230.
36. Murray, J.W., Top, Z., Özsoy, E., Hydrographic Properties and Ventilation of The Black Sea. Deep Sea Research, 38, 2 (1991) 663-690
37. Ertüz, C, Durukanoglu, H.F., Akın, Ş., Upwelling in the South Eastern Coasts of the Blacksea, Proceeding of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST'95, October 24-27, 1995, Tarragona, SPAIN, E. Özhan (Editor), 1745-1752.
38. Leanov, A.K., Regional Oceanography, Leningrad, Hidro-meteoizdat, Vol:1, pp 760, 1960
39. İzdar, E., Duman, M., Karadeniz'in Anoksik Ortamında Metal Sülfürlerin Depolanabilirliği, D.E.Ü., Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü., (1993) 1-8.
40. Dyrssen, D., Süflide Complexation in surface seawater, Mar. Chem., 24 (1998) 143-153

41. Novitzkij, V.A., Vertical structure of the water masses and general character of the water circulation in the Black Sea. Tr. Azov. -Chernomorsk. Nauchno-Isslet. Inst. Morsk. Rybn. Khoz. Okeanogr., 23:3-22 (in Russian), 1964
42. Anonim, Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 1991-1994 yılı deniz suyu ölçümleri, (Yayınlanmadı)
43. Genç, Y., Türkiye'nin Doğu Karadeniz Kıyılarındaki Barbunya (*Mullus barbatus ponticus*, Ess. 1927) Balığının Biyo-Ekolojik Özellikleri ve Populasyon Parametreleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2000.
44. Balkas, T., Mihnea, R., Serbanescu, O., Ünlüata, U., State of the Marine environment in the Black Sea Region, UNEP Regional Seas Reports and Studies, FAO, Rome, 124 p., 1990
45. Alemdağ, N., 1999, Güneydoğu Karadeniz'in Su Kolonunda Bazı Fiziksel Parametreler ve Eser Elementlerin Dağılımlarının Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Trabzon.
46. Ataç, Ü., Aktaş, M., Yıdırım, C., Alemdağ, N., Zengin, B., Alkan, A., 1997, Karadeniz Bölgesinde Su Kirliliğine Neden Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerine Olan Etkilerinin Araştırılması, Proje Sonuç Raporu, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı TAGEM, Trabzon Su Ürünleri Merkez Araşt. Enst., Proje Kod No. TAGEM/IV/96/12/02/001, 206 s.
47. Brewer, P.G., Hydrographic and Chemical Data from the Black Sea. Wood Hole Oceanogr. Inst., Wood Hole, MA, Technical Report, Ref. No 65-71, 1971

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Artvin-Yusufeli’nde doğdu. İlkokulu Tarakçılar Köyü ilkokulu, orta öğrenimini İzmir-Bergama Lisesi, lise öğrenimini Erzincan Laborant Meslek Lisesinde tamamladı.

1995-96 öğrenim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde lisans eğitimine başladı ve 1999 yılında aynı fakülteden Kimyager unvanı ile mezun oldu. Halen Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü bünyesinde Kimyager olarak görev yapmaktadır.

Enstitüde göreve başladığı tarihten itibaren “Karadeniz Bölgesinde Su Kirliliğine Sebep Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerine Etkilerinin Araştırılması”, “Karadeniz Alabalığının Biyo-ekolojik Özelliklerinin Tespiti ve Kültüre Alınabilirliğinin Araştırılması”, “Çayeli Bakır İşletmeleri Karadeniz ve Büyükdere Çevresel Ölçme ve İzleme Programı” ile “Trabzon Açıklarında Deniz Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi” projelerinde görev almıştır.

**ZC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BENEFİANSİYON MERKEZİ**