

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEYDOĞU KARADENİZ MİKROBİYAL BESİN ZİNCİRİNDE**  
**MİKROZOOPLANKTON DİNAMİĞİ**

**RIZA USTA**

**TEZ DANIŞMANI**  
**YRD. DOÇ. DR. ÜLGEN AYTAN**  
**TEZ JÜRİLERİ**  
**PROF. DR. KADİR SEYHAN**  
**YRD. DOÇ. DR. ERTUĞRUL AĞIRBAŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

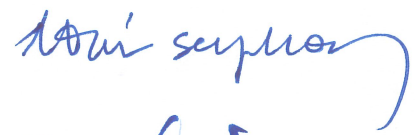

**RİZE-2017**

**Her Hakkı Saklıdır**

T.C.  
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEYDOĞU KARADENİZ MİKROBİYAL BESİN ZİNCİRİNDE  
MİKROZOOPLANKTON DİNAMİĞİ

Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN danışmanlığında, Rıza USTA tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 17/04/2017 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan	: Prof. Dr. Kadir SEYHAN	
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN	
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ	

  
Doç. Dr. Ferhat KALAYCI  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



## ÖNSÖZ

Güneydoğu Karadeniz Mikrobiyal Besin Zincirinde Mikrozooplankton Dinamiği'nin araştırıldığı bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda "Yüksek Lisans Tezi" olarak hazırlanmıştır. TÜBİTAK "Güneydoğu Karadeniz Planktonik Besin Zincirinde Mikrozooplanktonun Rolü" isimli proje kapsamında gerçekleştirilen bu tezin yüerütülmesindeki desteğinden ötürü Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederiz.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bize her türlü desteği veren, bunun yanında bize çalışmamız ve kendimizi geliştirmemizde olağanüstü katkısı olan çok değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN'a teşekkürlerimi borç bilirim. Yüksek lisans dönemimde sıcaklığıyla, özverili yardımları ve bilgi birikimiyle yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ hocama içtenlikle teşekkür ederim. Saha çalışmalarındaki yardımlarından ötürü Yrd. Doç. Dr. İlknur YILDIZ ve Öğr. Gör. Dr. Ahmet ŞAHİN' e, nütrient analizleri için Kimya Yük. Müh. Dilek FİDAN' a ve görsel çizimler için sevgili Andre VALENTE'ye teşekkür ederim. Başarılarını gururla takip edeceğim sevgili ekip arkadaşlarım F. Başak ESENSOY ŞAHİN ve Yasemen ŞENTÜRK' e, dostlarım Mustafa BAKIRCI ve Yusuf ÖZDEN'e çok teşekkür ederim. Deniz çalışmalarındaki yardımlarından ötürü R/V SURAT I, R/V DENAR ve R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA gemileri kaptan ve gemi adamlarına da çok teşekkür ederim.

Hayatta sahip olabildiğim için şükrettiğim aileme tükenmeyecek borcum olduğunu bilerek teşekkür ederim. Hayatımın geri kalanını paylaşmaya söz verdiğim ve çok sevdiğim sevgili eşim Büşra USTA'ya da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi TÜBİTAK tarafından 114Y232 nolu proje ile desteklenmiştir.

**RIZA USTA**

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Güneydoğu Karadeniz Mikrobiyal Besin Zincirinde Mikrozooplankton Dinamiği” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemleri kabul ettiğimi beyan ederim.

17/04/2017

  
Rıza USTA

*Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

## ÖZET

### GÜNEYDOĞU KARADENİZ MİKROBİYAL BESİN ZİNCİRİNDE MİKROZOOPLANKTON DİNAMİĞİ

Rıza USTA

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN

Güneydoğu Karadeniz’de Mayıs 2015-Nisan 2016 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada nehir ağzı, kıyı ve açık sularda mikrozooplanktonun komünite yapısı, bolluğu, dağılımı ve çevre ile olan etkileşimi araştırılmıştır. Mikrozooplankton çalışma süresince 97’si Protozoa ve 11’i Metazoa’ya ait toplam 108 tür ile temsil edilmiştir. Mikrozooplankton bolluğu öfotik bölge içerisinde 63-2733 hücre. l<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiş ve heterotrofik dinoflagellatlar baskın grup olmuştur. Mikrozooplankton biyoması ise 0.7- 28.9 µg C l<sup>-1</sup> arasında değişmiş ve mikrometazoa tarafından domine edilmiştir. Bolluk ve biyomas değerleri nehir ağzından açığa doğru düşüş sergilemiştir. Mikroplankton bolluğu sayıca mikrofıtoplankton tarafından domine edilse de mikrozooplankton toplam mikroplankton biyomasının önemli bir katılımcısı olmuştur (%41-50). İstasyonlar arasında toplam mikrozooplankton bolluğu ve biyoması bakımından istatistiki açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır (p> 0.05). Mikrozooplankton bolluğu sıcaklık, tuzluluk, Chl-*a*, ve fitoplankton bolluğu ile istatistiksel olarak önemli korelasyon sergilemiştir (p<0.05). Bu çalışma ile mikrozooplanktonun Güneydoğu Karadeniz’de bolluk ve biyomas bakımından planktonun önemli bir katılımcısı olduğu ortaya konulmuştur. Güneydoğu Karadeniz planktonik besin zincirinde mikrozooplanktonun birincil üretim ile planktivor balıkların ana besinini oluşturan mesozooplankton arasındaki enerji akışındaki önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir.

2017, 66 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Protozoa, Mikrozooplankton, Besin Zinciri, Karadeniz.

## ABSTRACT

### DYNAMIC OF MICROZOOPLANKTON IN MICROBIAL FOOD WEB OF THE SOUTHEASTERN BLACK SEA

Rıza USTA

Recep Tayyip Erdoğan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Fisheries  
Master Thesis  
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ülgen AYTAN

Microzooplankton community structure, abundance, biomass and their relation with environmental factors were investigated between May 2015 and April 2016 in river mouth, coastal and open waters of Southeastern Black Sea. Microzooplankton was represented by a total of 108 species belonging to 97 Protozoa and 11 Metazoa during study period. Microzooplankton abundance ranged from 63 to 2733 cell. l<sup>-1</sup> dominated by heterotrophic dinoflagellates. Microzooplankton biomass ranged from 0.7 to 28.9 µg C.l<sup>-1</sup> and dominated by micrometazoans. Abundance and biomass values tended to decrease from river mouth to open waters. Total microplankton abundance was dominated by microphytoplankton, whereas microzooplankton was an important contributor of total microplankton biomass (41-50 %). No significant differences were found between sampling stations in terms of microzooplankton abundance and biomass ( $p>0.05$ ). Microzooplankton abundance showed statistically significant correlation between temperature, salinity, Chl-*a* and phytoplankton abundance ( $p<0.05$ ). This study shows that microzooplankton is an important participant of plankton in terms of abundance and biomass in the Southeastern Black Sea. The results suggest that microzooplankton might have an important role in the energy flow between the primary production and copepods which is favorite food for plantivorous fishes in the Southeastern Black Sea.

2017, 66 pages

**Keywords:** Protozoa, Microzooplankton, Food Web, Black Sea.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Mikrozooplankton.....	2
1.3. Mikrozooplanktonun Besin Zincirindeki Rolü .....	2
1.4. Mikrozooplanktonun Alt Besinsel Seviyeler Üzerindeki Kontrolü.....	3
1.5. Mikrozooplanktonun Remineralizasyondaki Rolü .....	5
1.6. Mikrozooplanktonun Üst Trofik Seviyelerin Diyetine Katılımı.....	5
1.7. Mikrozooplanktonda Beslenme .....	6
1.8. Literatür Özeti.....	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	10
2.1. Materyal .....	10
2.2. Çalışma Sahası .....	11
2.3. Deniz Çalışmaları .....	12
2.4. Laboratuvar Çalışmaları .....	13
2.4.1. Besin elementleri .....	13
2.4.2. Mikrozooplankton Hücre sayımı ve Teşhisleri.....	14
2.5. İstatistiki Analizler.....	15
3. BULGULAR.....	16
3.1. Hidrografi.....	16
3.1.1. Sıcaklık .....	16
3.1.2. Tuzluluk .....	18
3.1.3. Çözünmüş Oksijen.....	20
3.1.4. Turbidite.....	22
3.1.5. Besin Elementleri.....	24
3.1.6. Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR) .....	28

3.1.7. Yerde Floresan (Klorofil- <i>a</i> ).....	28
3.2. Mikrozooplankton Bolluk ve Biyomas Dağılımı.....	30
3.2.1. Mikrozooplanktonun Kalitatif Dağılımı .....	30
3.2.2. Mikrozooplanktonun Kantitatif Dağılımı .....	32
3.3. Mikrozooplanktonun Çevresel Parametrelerle Etkileşimi.....	42
4. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	44
4.1. Hidrografi.....	44
4.2. Mikrozooplankton Dinamiği.....	44
5. ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR .....	50
EKLER.....	61
ÖZGEÇMİŞ .....	66



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.</b>	Mikrobiyal besin zinciri (A) ve klasik besin zinciri (B) şeması (Teixeira, 2009'dan modifiye edilmiştir). ....	4
<b>Şekil 2.</b>	Bazı mikrozooplankton grubu canlıların beslenme şekilleri.....	8
<b>Şekil 3.</b>	Çalışma Sahası ve Örnekleme İstasyonları .....	10
<b>Şekil 4.</b>	Karadeniz' de üst tabaka genel dolaşımı (Oğuz vd., 1993).....	12
<b>Şekil 5.</b>	SBE 32 Carousel 12 şişeli su örnekleme ve Sea bird SBE-25 Plus CTD prop .....	13
<b>Şekil 6.</b>	Örneklerin FlowCAM'de analiz edilmesi. ....	14
<b>Şekil 7.</b>	Örnekleme istasyonlarına ait sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) profilleri .....	17
<b>Şekil 8.</b>	Örnekleme istasyonlarına ait tuzluluk (ppt) profilleri.....	19
<b>Şekil 9.</b>	Örnekleme istasyonlarına ait çözünmüş oksijen (mg/L) profilleri.....	21
<b>Şekil 10.</b>	Örnekleme istasyonlarına ait turbidite profilleri. ....	23
<b>Şekil 11.</b>	Örnekleme istasyonlarına ait $\text{NO}_{2+3}$ ( $\mu\text{M}$ ) profilleri.....	25
<b>Şekil 12.</b>	Örnekleme istasyonlarına ait $\text{PO}_4$ ( $\mu\text{M}$ ) profilleri .....	26
<b>Şekil 13.</b>	Örnekleme istasyonlarına ait $\text{SiO}_3$ ( $\mu\text{M}$ ) profilleri.....	27
<b>Şekil 14.</b>	Örnekleme istasyonlarında in-situ floresan profilleri.....	29
<b>Şekil 15.</b>	Güneydoğu Karadeniz'de çalışma sürecince rastlanılan mikrozooplankton türlerine ait örnekler.....	32
<b>Şekil 16.</b>	Örnekleme istasyonlarında mikrozooplankton hücre bolluğunun vertikal dağılımı .....	33
<b>Şekil 17.</b>	Örnekleme istasyonlarında mikrozooplankton biyomasının vertikal dağılımı .....	34
<b>Şekil 18.</b>	Nehir ağzı (A), Kıyı (B) ve Açık (C) istasyonlarında mikrozooplankton gruplarına ait öfotik bölge ortalama hücre bolluğunun değişimi. ....	36
<b>Şekil 19.</b>	Nehir ağzı (A), Kıyı (B) ve Açık (C) istasyonlarında mikrozooplankton gruplarının toplam bolluğa katılımı (%). ....	37
<b>Şekil 20.</b>	Nehir ağzı (A), Kıyı (B) ve Açık (C) istasyonlarında mikrozooplankton gruplarına ait öfotik bölge ortalama biyomasının değişimi. ....	39
<b>Şekil 21.</b>	Nehir ağzı (A), Kıyı (B) ve Açık (C) istasyonlarında mikrozooplankton gruplarının toplam biyomasa katılımı (%). ....	40
<b>Şekil 22.</b>	Mikrozooplankton tür kompozisyonu bakımından örnekleme istasyonlarında mevsimsel olarak gerçekleştirilen Bray-Curtis benzerlik analizi. ....	41
<b>Şekil 23.</b>	Mikrozooplankton tür kompozisyonu bakımından örnekleme istasyonlarında mevsimsel olarak gerçekleştirilen çok boyutlu ölçeklendirme (MDS) analizi.....	42

## TABLÖLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b>	Örnekleme istasyonları ve derinlikleri.....	11
<b>Tablo 2.</b>	Mikrozooplanktonun öfotik bölge ortalama bolluk ve biyoması ile fiziksel ve biyolojik parametreler arasında gerçekleştirilen korelasyon sonuçları (n=51, * p<0,05). .....	43
<b>Tablo 3.</b>	Mikrozooplankton bolluğunun ılıman kıyı ve nehir ağızı sistemlerinde karşılaştırılması. ....	45
<b>Tablo 4.</b>	Mikrozooplankton biyomasının ılıman kıyı ve nehir ağızı sistemlerinde karşılaştırılması. ....	47



# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Dünyanın en büyük anoksik baseni olan Karadeniz yoğun nehir deşarjı ve yağışlar dolayısı ile düşük tuzluluğa sahip yüzey sularının, boğazlar yolu ile Karadeniz'e giren yoğun tuzluluğa sahip Akdeniz sularından kalıcı bir haloklinle ayrıldığı bir denizdir. Son yarım yüzyılda kirlilik, ötrofikasyon, aşırı avcılık, istilacı türlerin girişi ve iklimsel ısınma/soğuma nedeniyle Karadeniz ekosistemi değişiklikler sergilemektedir (Oguz ve Gilbert, 2007). Bu değişiklikler ise besin zincirinde de kendisini göstermiş, ana fitoplankton gruplarının oranı, bloom zamanı ve büyüklüğü değişmiş, zooplanktonda kimi türler aşırı artış gösterirken kimi türler ise neredeyse yok olmuştur (Kideys, 2002; Oguz ve Gilbert, 2007; BSC, 2008; Oguz vd., 2012a). Karadeniz'de fitoplankton ve zooplankton biyomasındaki bu değişimlerin güçlü bir şekli de su sıcaklığında değişimle ilgili olduğu rapor edilmektedir (Oguz vd., 2006; Nesterova vd., 2008). İç basende fitoplankton biyomasının sıcak yıllarda düştüğü, soğuk yıllarda ise artış gösterdiği bildirilmiştir (Oguz vd., 2006; Nesterova vd., 2008). Global olarak değerlendirme yapılan çalışmalarda ısınmanın gelecek yıllarda artması (Collins vd., 2013) ve dolasıyla pelajik besin zinciri içinde enerji akışının mikrobiyal besin zinciri yoluyla artacağı beklenmektedir (Caron ve Hutchins, 2012).

Bugüne kadar klasik besin zinciri anlayışının (büyük boy fitoplankton-zooplankton- balık) hakim olduğu Karadeniz'de (Cushing, 1989) mikrobiyal besin zincirinin rolü ve katılımcıları yeteri kadar değerlendirilmemiştir. Değişen Karadeniz ekosisteminde pelajik besin zincirinin tüm katılımcılarının değerlendirilmesi enerji akışının anlaşılabilmesi ve gerçekçi ekosistem modellemeleri önem arz etmektedir. Özellikle balıkçılık açısından önemli bir alanı temsil eden Güneydoğu Karadeniz'de mikrobiyal besin zincirinin ana katılımcısı olan mikrozooplankton dinamiğinin ve biyotik/abiyotik çevre ile etkileşiminin araştırılması gerekmektedir.

## 1.2. Mikrozooplankton

Mikrozooplankton, 20 ile 200 µm boyut aralığındaki protozoa (heterotrofik dinoflagellatlar, siliyatlar ve sarkodinler) ve metazodan oluşan (Dussart, 1965), kıyı ve açık deniz ekosistemlerinde toplam zooplankton biyomasının önemli kısmını temsil eden grup olarak tanımlanmaktadır (Calbet ve Landry, 2004). Grubun önemli katılımcıları: dinoflagellatlar, siliyatlar, radyolaryalar, foraminiferalar gibi fagotrofik protozoalar ve rotifera, krustase nauplisi, holo- ve meroplanktonik larvalar gibi metazoalardır. Yapılan birçok çalışma ile mikrozooplanktonun ötrofik upwelling bölgelerinden oligotrofik okyanus döngülerine, hatta kutuplara kadar birçok denizel sistemde birincil üretim üzerindeki beslenme etkisi ve mesozoplanktonun tercih edilen besini grubu olduğu ortaya konulmuştur (Gifford ve Dagg, 1988; Neuer ve Cowles, 1994; Dagg, 1995; Landry vd., 2000). Bu şekilde enerjinin birincil üretimden üst besinsel seviyelere aktarılmasında çok önemli bir basamağı temsil etmektedir. Ayrıca bolluk açısından kıyı ve açık deniz ekosistemlerinde mikrozooplanktonun fitoplanktonu genellikle geçtiği; bunun üstüne büyüme hızlarının fitoplanktonla eşit seviyede, kimi zaman da fitoplanktondan yüksek olduğu yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Banse, 1982; Buskey, 1993; Sherr ve Sherr, 1994). Mikrozooplankton denizel ortamda çevresel faktörlerle bağlantılı olarak kalitatif ve kantitatif değişimler göstermektedir. Dünya genelinde yapılan çalışmalarda mikrozooplanktonun plankton komuniteleri arasındaki yeri, çevresel faktörlerle olan ilişkileri ve besin zincirindeki rolü ortaya konulmuştur (Azam, 1983; Calbet ve Landry, 2004; Calbet 2008). Hatta değişen iklim koşulları altında sergileyecekleri durum ve olası besin zinciri senaryoları da bildirilmiştir (Caron ve Hutchins, 2012).

## 1.3. Mikrozooplanktonun Besin Zincirindeki Rolü

Enerjinin büyük boyutlu fitoplanktondan zooplanktona ve sonrasında balığa aktarıldığı kabulüne dayanan klasik besin zinciri (Pomeroy, 1974) görüşünün son yıllarda yapılan kapsamlı çalışmalar sonucunda besin zincirini açıklamada yeterli olmadığı, sanılanın aksine enerjinin büyük bir kısmının bakteri ve küçük boyutlu fitoplanktondan, flagellatlara ve mikrozooplankton yoluyla zooplanktona aktarıldığı

mikrobiyal besin zinciri ile sisteme girdiği ortaya konmuştur (Azam vd., 1983; Calbet ve Landry, 2004). Mikrobiyal besin zincirinin bir katılımcısı olarak mikrozooplankton pelajik sistemde ekolojik olarak üç temel rol oynar. Alt besinsel seviyelerin tüketicisidir, diğer canlılar için besin kaynağıdır ve reminalizasyonda görev alır (Calbet, 2008).

#### **1.4. Mikrozooplanktonun Alt Besinsel Seviyeler Üzerindeki Kontrolü**

Yüksek büyüme hızı dolayısı ile mikrozooplankton, plankton topluluğu içerisinde bakteri ve fitoplanktonun biyokütlesindeki değişimleri eş zamanlı takip edebilme ve avcı baskısı dolayısı ile alt besinsel seviyeler üzerinde sıkı bir kontrol uygulamaktadır (Sherr vd., 1986; Sherr ve Sherr, 1994). Biyolojik süreçlerle ortamda bulunan çözünmüş organik maddeyi (ÇOM) kullanan bakterileri tüketmesiyle onları besin ağına dahil ederek enerji transfer mekanizmasına dahil etmektedir (Azam vd., 1983). Bu ÇOM'den bakterilere oradan da mikrozooplanktona giden yol, enerji kazanımını sağlar (Şekil 1). Aksi takdirde sistemde birikecek olan çözünmüş organik bileşenler sistemin dışında kalarak akışın devamlılığını engelleyecektir (Azam vd., 1983; Thingstad vd., 1997).



## 1.5. Mikrozooplanktonun Remineralizasyondaki Rolü

Mikrozooplakton, tüm canlılarda olduğu gibi beslenme faaliyetinin bir sonucu olarak tükettiği organik formdaki maddeleri sindirim sonucu dış ortama bırakır (Nagata ve Kirchman, 1991, 1992; Strom vd., 1997; Nagata, 2000; Ward ve Bronk 2001). Çözünmüş organik maddeleri daha ziyade amonyum ve fosfat formlarında ortama bıraktıkları tespit edilmiştir (Goldman ve Caron, 1985; Caron ve Goldman, 1990; Neuer ve Franks, 1993; Dolan 1997; Gaul vd., 1999). Bunu takiben, beslenme faaliyetleri ile özellikle avı durumunda olan heterotrofik bakteriler (Jumars vd., 1989) ve fitoplankton için biyomaslarını arttıracak substrat kaynağı sağladıkları tespit edilmiştir (Dolan, 1997).

Mikrozooplanktonun, Dünya'nın iklimiyle direkt bağlantılı olan birkaç elementin biyojeokimyasal döngüsüne katkı sağladığı, bu döngüde rol sahibi olduğu için küresel ölçekte düzenleyici etkisi vardır. Özellikle karbon ve kükürt döngüsünde aracı rolü özellikle vurgulanmaktadır. Yüzeyle ototrof canlılar tarafından kullanılmış organik karbonu döngü içerisine katarak su kolonunda yerçekimi sebebiyle çökmesini önemli ölçüde azaltmaktadır (Longhurst, 1991; Wassmann, 1998). Sonuçta mikrozooplankton aktivitesi, derin deniz ve okyanuslarda oluşan CO<sub>2</sub>'in atmosfere karışmasını engelleyerek sucul ortamda karbonun kaybedilmesini önleyici etki yapar (Legendre ve Le Fèvre, 1995). Tüm açılardan denizel ortamda hayati önem taşıyan elementlerin döngülerinde önemli etkisi dikkate alınmalı, mikrozooplanktonun takibi ve araştırılması önem arz etmektedir.

## 1.6. Mikrozooplanktonun Üst Trofik Seviyelerin Diyetine Katılımı

Mikrozooplankton üst trofik seviyeler için de besin görevi görmektedir (Sherr vd., 1986, Stoecker ve Capuzzo, 1990; Gifford, 1991; Atkinson, 1996; Calbet ve Saiz, 2005). Hücre boyutları (Berggreen vd., 1988), yüksek besinsel içeriği ve yüzme davranışı sebebiyle mikrozooplankton, genellikle kopepodların tercih edilen besinini oluşturur (Jonsson ve Tiselius, 1990; Kiørboe ve Visser, 1999). Mikrozooplanktonun mesozoplankton tarafından öncelikli besin olarak tercih edildiği, hatta kopepod diyetinin birçok akuatik sistemde %50'lik kısmını oluşturduğu tespit edilmiştir (Calbet

ve Saiz, 2005; Stoecker ve Capuzzo, 1990). Yapılan çalışmalar fitoplanktonla beslenmeye kıyasla mikrozooplanktonla beslenen kopepodlarda üreme ve büyümenin hızlı bir artış gösterdiğini göstermiştir (Kleppel, 1993; Breteler vd., 1999). Kopepodlar gibi kladoser (Turner vd., 1988), Ktenofor (Stoecker vd., 1987), balık larvaları (Fukami vd., 1999) ve bivalvelerin de (Dupuy vd., 1999; Wong vd., 2003; Nielsen ve Maar, 2007) mikrozooplanktonla beslendiği tespit edilmiştir. Böylelikle mikrozooplankton mikrobiyal besin zinciri ile klasik besin zinciri arasında önemli bir bağlantı görevi görmektedir (Stoecker ve Capuzzo, 1990; Klein Breteler vd., 1999).

Denizel sistemlerde gerçekçi karbon döngüsü yaklaşımları yapabilmek için, besin zincirinin işleyişini anlamak gereklidir. Özellikle besin zincirindeki enerji akışında kilit rol oynayan grup/gruplar ve abiyotik ve biyotik çevre ile olan ilişkileri incelenmelidir. Av-avcı ilişkilerinin aşağıdan yukarıya (Bottom-up) ve yukarıdan aşağıya doğru (Top-down) kontrolü farklı durumlar arz etmektedir. Aşağıdan yukarıya ilerleyen kontrol, kaynağın üst basamaktaki tüketici tarafından sınırlandırıldığı ve üst basamaktaki canlıları da kısıtladığı akış şeklinde sürerken; yukarıdan aşağıya doğru işleyiş ise üst basamaktaki avcılarının beslendiği grubu kontrol altına alması şeklinde gerçekleşmektedir (McQuenn vd., 1989). Bu durumda ekosistemin işleyişini tanımlayabilmek ve yorumlayabilmek için besin zincirinin yukarıdan aşağıya mı yoksa aşağıdan yukarıya doğru mu kontrol edildiği ve bu işleyişte hangi faktörlerin etkili olduğunu bilmek gereklidir.

### **1.7. Mikrozooplanktonda Beslenme**

Mikrozooplankton çok farklı beslenme davranışı sergileyebilen bir gruptur. Ekosistemin farklılaşmasıyla beraber besin alışkanlıklarını da değiştirme yoluna giden mikrozooplankton avını daha etkili avlamanın yoluna gitmektedir (Şekil 2). Bu durum farklı tip ve boyutlarda farklı strateji oluşturmasıyla karşımıza çıkmaktadır (Tillmann, 2004). Beslenme şekillerini kısaca şu şekilde açıklamak mümkün olacaktır:

- a) **Süzerek beslenme;** bu beslenme metodunda avcı silleri, kolları ve oluşturduğu uzantılar yardımıyla su içerisinde dalga hareketleri oluşturarak suyu filtreleme yoluna gitmesi şeklinde bir beslenmedir. Bu yolla kendi



hacminin 100 ile 1000 katı arasında hacme sahip suyu filtre edebilmektedir. Genellikle kendisinden çok küçük boyutlarda olan canlı türlerinin hâkim olduğu dönemlerde bu beslenme yoluna gider (Fenchel, 1982).

**b) Aktif beslenme;** bu tip beslenmede avcı avını aktif olarak yakalayıp parçalama yoluna gitmektedir. Özellikle krustase nauplisi ve bazı kopepodit evrelerindeki canlılar avlarını parçalarken ortama da atık ürünler bırakmalarından dolayı özellikle bakteriler tarafından direkt besin kaynağı sağlamaktadır.

**c) Pasif beslenme;** avcı türlerin avlarını tuzağa düşürmek suretiyle gerçekleştirdiği beslenme çeşididir. Avcı adeta pusuda bekleyip uygun zamanı bulunca avına saldırma tekniği geliştirmiştir. Tentakülleri sayesinde avına tutunup ya bütün olarak hücre içine alma (fagositoz) ya da avının zırhını delip hücre öz suyunu emerek beslenme yoluna gider.

Mikrozooplankton, avlarında son derece seçici olabilmektedir ancak bu seçiciliği bazı kriterlere dayandırarak gerçekleştirmektedir. Bu kriterler avının büyüklüğünün beslenme çeşidindeki aktif rol oynayıcıdır (Hansen vd., 1994). Avcılar av verimliliklerini avlarının boyutları ile ayarlayıp ona uygun beslenme yoluna giderler. Bu durumda hücre dışı beslenme kapasitesi ile dinoflagellatlar diğer mikrozooplankton organizmalara kıyasla avının büyüklüğüyle çok ilgilenmezler. Bu yüzden av yelpazesi oldukça geniştir. Yapılan çalışma ve gözlemlerde mikrozooplanktonun besin seçme derecesi avlarının bulunduğu ortamdaki konsantrasyonlarına bağlı olarak değiştiği ve artışa bağlı olarak besinini seçme eğiliminde olduğu ortaya çıkmıştır (Heinbokel, 1978; Stoecker vd., 1986; Jürgens ve DeMott, 1995; John ve Davidson, 2001) (Şekil 2).



**Şekil 2.** Bazı mikrozooplankton grubu canlıların beslenme şekilleri (URL-1).

### 1.8. Literatür Özeti

Denizel besin zincirlerinin anahtar bileşeni olarak tanımlanan mikrozooplanktonun komünite yapısı (Burkill vd., 1993; Gifford vd., 1995; Edwards ve Burkill, 1995; Fileman vd., 2002; Sherr ve Sherr, 2002; Fileman ve Leakey, 2005; Fileman ve Leakey, 2005; Moritz vd., 2006; Monti vd., 2012) birçok akuatik sistemden rapor edilmiştir. Kıyısız ılıman bölgelerde yapılan çalışmalara bakıldığında, Linley vd., (1983) tarafından İngiliz Kanalı, Revelante ve Gilmartin (1983) tarafından Kuzey Adriyatik Denizi'nde Maine Körfezi nehir ağzında, Aizawa (1987) tarafından Japonya Osaka Körfezi'nde, Dolan ve Coats (1990) tarafından Chesapeake Körfezi'nden, Amerika Nomura vd., (1992) tarafından, Japonya Tokyo Körfezi'nde, Uye vd., (1996) tarafından Japonya İç Denizi'nde, Strom ve Strom (1996) tarafından Meksika Körfezinden, Fileman vd., (2002) tarafından Güney İngiltere kıyılarından, Moritz vd., (2006) tarafından Kuzey Batı Avustralya'dan ve Monti vd., (2012) tarafından Kuzey Adriyatik Denizi'nden mikrozooplankton bolluk ve biyomasını rapor etmişlerdir.

Landry ve Calbet (2004) yaptıkları deneyler ve gözlemler sonucunda mikrozooplankton üretimini uzaktan algılama ve modelleme yoluyla okyanus topluluklarındaki dinamiklerin anlaşılması açısından bir potansiyel yol olabileceğini ve geriye dönük veri dasetasının zenginleştirilebileceğini bildirmişlerdir. Diğer yandan Calbet ve Landry (2004), deniz sistemlerinde mikroplanktonik otlayıcıların fitoplankton üzerindeki global etkisinin bir analizini gerçekleştirmişlerdir. Landry ve Calbet (2004), mikrozooplanktonun bu denli önemine rağmen, trofik davranışları ve biyojeokimyasal döngüler ve küresel pelajik sistemlerin devamlılığı açısından önemli

hususların halen yeteri kadar bilinmemesine dikkat çekerek ışığın, vertikal göçün, av ve avcılarının etkisinin ne denli sonuçlar doğurabileceğini görebilmek adına çalışmaların yönünü değiştirmiştir.

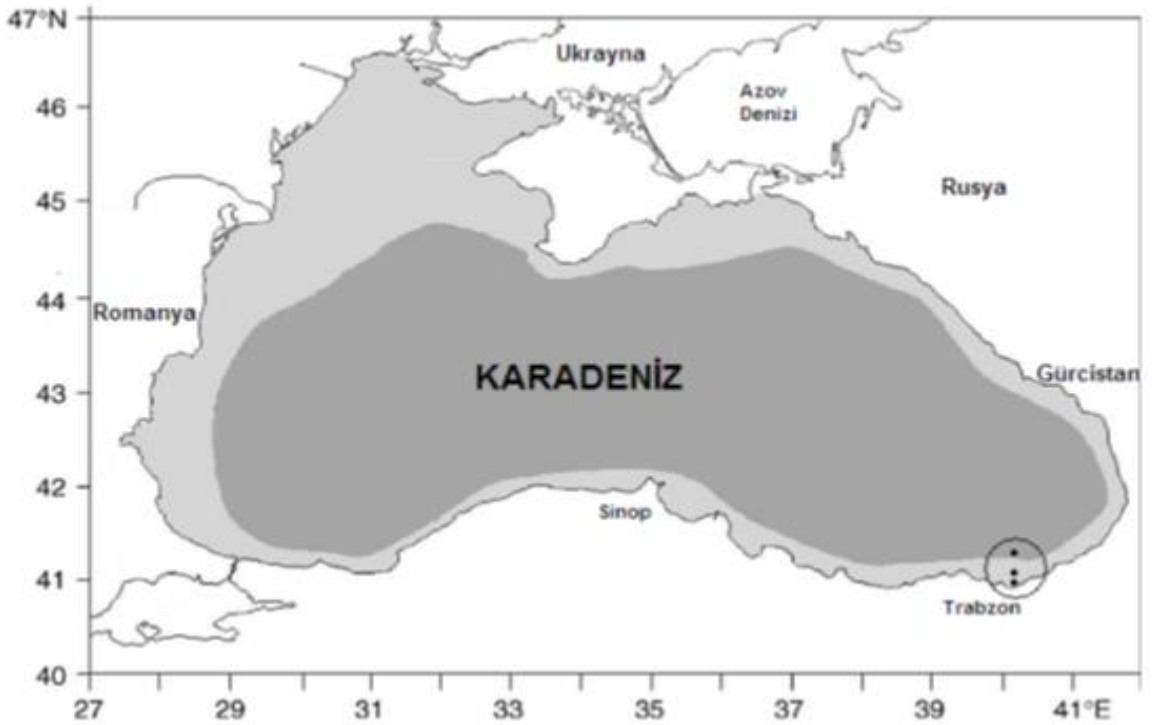
Karadeniz son yarım yüzyılda, istilacı türlerin girişi, aşırı avcılık, ötrofikasyon, kirlilik, aşırı ısınma/soğunma gibi iklimsel olayların etkisi altında bir dizi değişim sergilemektedir (Besiktepe vd., 1999; Kideys, 2002; Daskalov, 2002; Oguz ve Gilbert, 2007; Oguz vd., 2012). Özellikle besin zincirinin yapısında meydana gelen değişiklikler (fitoplankton temel grup oranlarında değişim) dikkati çekmektedir. Ancak Karadeniz’de yapılan çalışmalarda da klasik besin zinciri (fitoplankton, zooplankton, balık) yaklaşımı süregelmiştir (Cushing, 1989). Ancak mikrozooplanktonun birçok kıyusal ve açık deniz ekosisteminde rolü ortaya konmuş olsa da Karadeniz’de gerçekleştirilen çalışmalarda yeteri kadar önem verilmemiştir. Genellikle spesifik bir mikrozooplankton grubunun kompozisyonu ve dağılımı, (örn: tintinnid siliyatlar) (Koray vd., 2000; Gomez ve Boicenco, 2004; Kurilov, 2007; Gavrilova ve Dolan, 2007) ve avcı olarak fitoplankton üzerindeki rolü (Stelmakh, 2013, 2014; Kopuz, 2012) bölgesel ve dar zaman periyodunda yapılmış sınırlı sayıda çalışma ile rapor edilmiştir. Aytan (2016) Güneydoğu Karadeniz’de Haziran 2015-Ağustos 2015 tarihleri arasında nehir ağzı ve açık istasyonunda mikrozooplankton komünite kompozisyonu, bolluğu ve ilişkili olduğu düşünülen çevresel parametreleri araştırmıştır.

Balıkçılık açısından önemli bir alanı temsil eden Güneydoğu Karadeniz’de gerçekleştirilen bu çalışma ile nehir ağzı, kıyusal ve açık sularda mikrozooplanktonun komünite yapısı, kompozisyonu, bolluğu ve biyomasi araştırılmıştır. Ayrıca üzerinde etkili olduğu düşünülen çevresel faktörlerle ilişkisinde anlaşılması amaçlanmıştır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

Güneydoğu Karadeniz’de 114Y232 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında yürütülen bu çalışma mikrozooplanktonun dağılımını ve çevresel faktörlerle etkileşimini ortaya koymak üzere farklı özelliklere sahip olduğu düşünülen 3 ayrı istasyonda (nehir ağzı, kıyı ve açık deniz) Mayıs 2015- Nisan 2016 tarihlerinde aylık ve iki haftalık örneklemelemlerle (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ekim) toplamda 17 sefer gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Deniz çalışmalarında KTÜ Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesine ait R/V DENAR, Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü ait R/V SÜRAT ARAŞTIRMA I ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi’ ne ait R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA gemileri kullanılmıştır. Örnekleme istasyonlarının kıyıdan olan uzaklıkları, derinlikleri, koordinatları ve örnekleme derinlikleri Tablo 1’de ve verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma sahası ve örnekleme istasyonları.

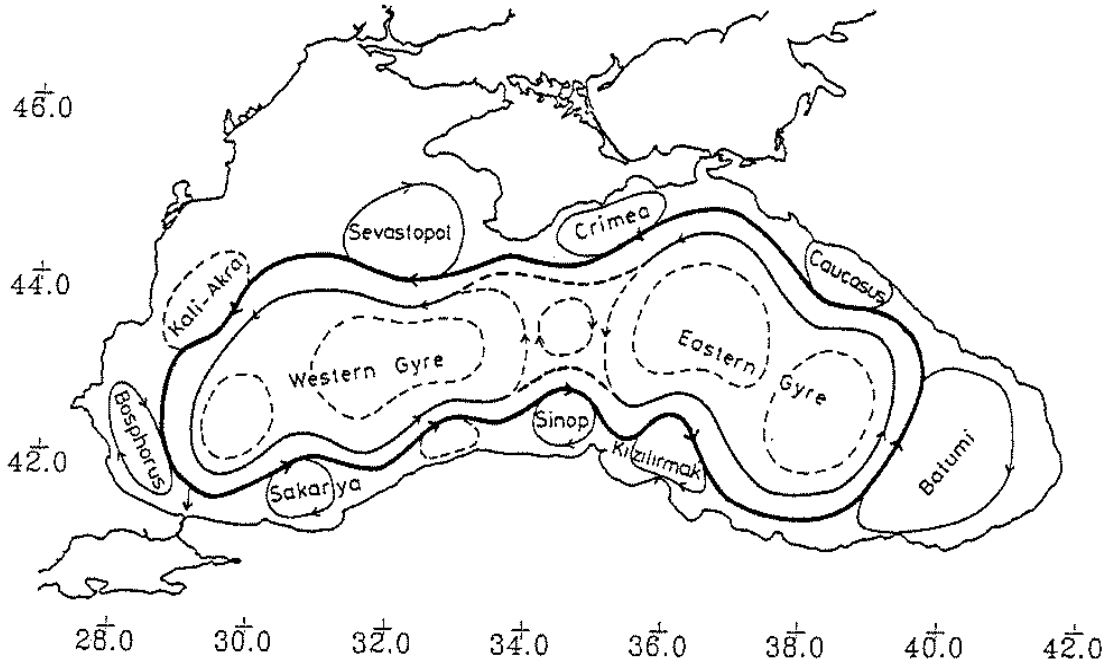
**Tablo 1.** Örnekleme istasyonları ve derinlikleri.

İstasyon	Uzaklık (deniz mili)	Derinlik (m)	Koordinat	Örnekleme Derinlikleri (m)
Nehir Ağzı	0.5	120	40° 57'34'' N; 40°15'071'' E	0,10,25,50
Kıyı	5	700	41° 01'15'' N; 40°15'071'' E	0,10,25,50
Açık	20	1200	41° 15'98'' N; 40°15'071'' E	0,10,25,50

## 2.2. Çalışma Sahası

Oldukça dar ve nispeten sığ bir derinliğe sahip İstanbul Boğazı'yla dünya denizlerine bağlanan Karadeniz, yüzeydeki oksijenli tabakanın (70-120 m) altındaki derin basen suların oksijensiz olması ve yüksek konsantrasyonda hidrojen sülfür içermesiyle farklılığını ortaya koymaktadır (Sorokin, 1983). Buharlaşıma yolu ile olan su kaybının zengin tatlı su girdilerinden daha düşük seviyede cereyan etmesiyle pozitif su dengesine sahip olan Karadeniz düşük tuzlulukta (~ ‰ 18) ve ince bir karışım tabakası (~30 m) ile yüzeyde çok güçlü bir mevsimsel ısınma ve soğumaya uğrar. Bunların yanı sıra, 18-20°C'e kadar ulaşan mevsimsel bir değişim ile yüzey sularında mevsimsel sıcaklık farklılığının en fazla olduğu denizlerden biridir. Ortalama olarak kışın 5°C, yazın ise 25°C yüzey suyu sıcaklığına sahiptir (Anonim, 2000). Karadeniz yüzey sularında ÇO (çözünmüş oksijen) derişimi mevsimlere bağlı olarak değişmekle beraber kış aylarında su sıcaklığının düşmesiyle 350-400 µM seviyelerine ulaşırken; yaz aylarında 250-300 µM seviyelerine düşmektedir. Kış aylarında yoğun dikey karışımların olması üst tabaka sularında ÇO konsantrasyonunun homojen bir yapı sergilemesini sağlamaktadır. Karadeniz'de ışığın yüzeydeki değere göre %1'e indiği derinlik, başka bir ifadeyle ışıklı tabakanın kalınlığı 20-35 m derinliklerde tespit edilmiştir (Yılmaz, 2002).

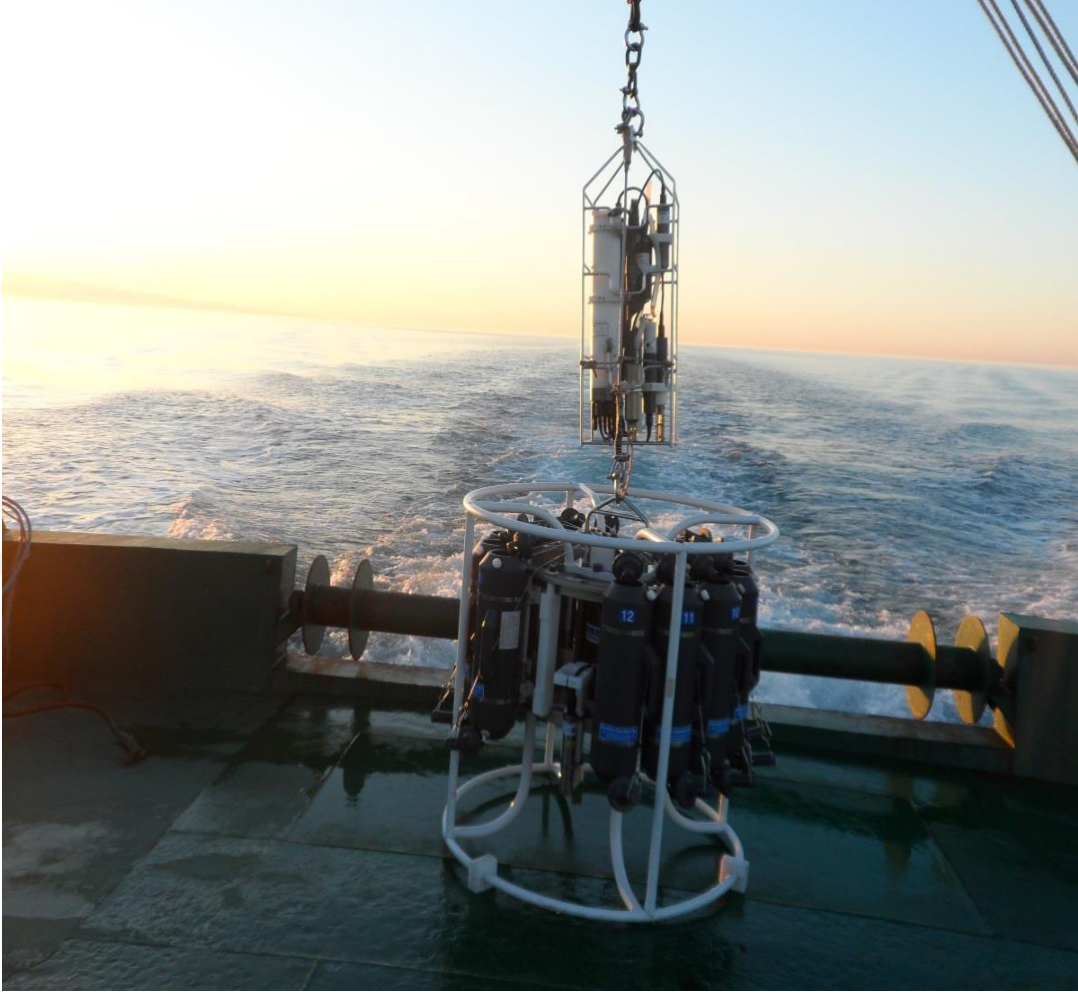
Siklonik sırt akıntısıyla genel dolaşım özelliği göstermesi Karadeniz'in bir başka çarpıcı özelliğidir. Bu dolaşım sıklıkla, siklonik merkez döngüleri, perifer boyunca bir dizi antisiklonik döngüleri ve basenin en doğu köşesinde bulunan yarı- sürekli bir antisiklonik dolaşım özelliğindeki Batum döngüsüyle çevrelenir (Şekil 4).



Şekil 4. Karadeniz’ de üst tabaka genel dolaşımı (Oğuz vd., 1993).

### 2.3. Deniz Çalışmaları

Örnekleme istasyonlarından Mayıs 2015- Nisan 2016 tarihleri arasında aylık ve iki haftalık (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ekim aylarında) periyotlarda fiziko-kimyasal parametreleri belirlemek amacı ile toplam 17 kez deniz suyu örnekleme yapılmıştır. Deniz suyuna ait sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik, turbidite ve yoğunluk parametreleri Sea bird SBE-25 Plus CTD prop kullanılarak, çözülmüş oksijen konsantrasyonu ise CTD prop üzerinde yer alan SBE 63-DO sensörü kullanılarak optik olarak yerinde ölçülmüştür. In-situ floresan ölçümleri CTD üzerinde bulunan WETLAB florometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öfotik bölgenin belirlenmesi amacıyla, PAR (Fototsentetik Aktif Radyasyon) ölçümleri Li-Core sualtı PAR Equipment (Li-193 SA Spherical Quantum Sensor, Li -1400 data logger, Li-190SAT su üstü Quantum Sensor) ile gerçekleştirilmiştir. Besin elementi ve mikrozooplankton analizleri için belirlenen derinliklerden (0, 10, 25 ve 50 m) SBE 32 Carousel 12 şişeli su örnekleyici deniz suyu örnekleri alınmıştır (Şekil 5).



**Şekil 5.** SBE 32 Carousel 12 şişeli su örnekleyici ve Sea bird SBE-25 Plus CTD prop.

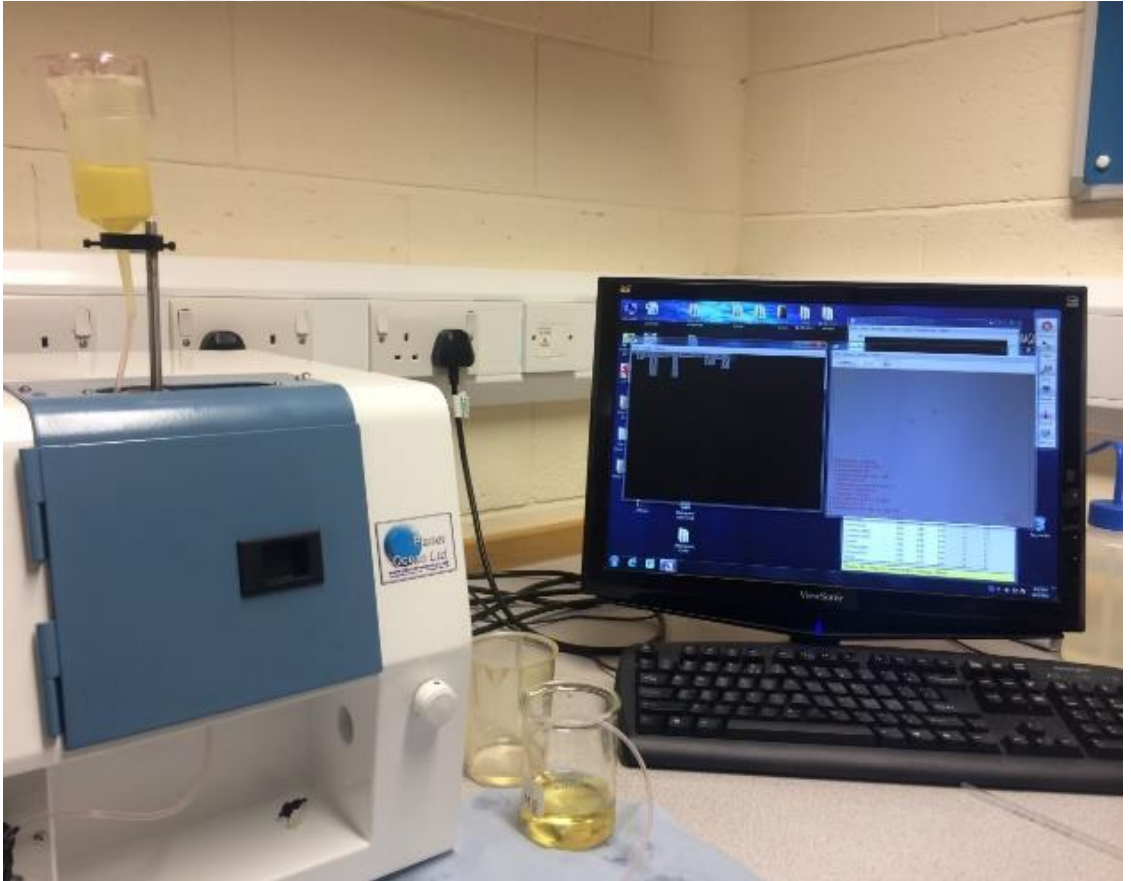
## **2.4. Laboratuvar Çalışmaları**

### **2.4.1. Besin elementleri**

Proje kapsamında deniz suyundaki temel besin elementleri (Nitrit, Nitrat, Silikat ve Fosfat) konsantrasyonları belirlemek amacı ile örnekleme derinliklerinden alınan deniz suyu örnekleri 0.45 µm'lik filtreden süzülerek 250 ml'lik plastik (seyreltik HCL ile yıkanmış) şişelere alınmıştır. Örnekler koruyucu kimyasal ilavesi yapmadan derin dondurucuda analiz zamanına kadar saklanmıştır. Analizler iki gün içerisinde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan SEAL marka Oto-Analizör kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## 2.4.2. Mikrozooplankton Hücre sayımı ve Teşhisleri

Mikrozooplankton için örnekleme derinliklerinden alınan deniz suyundan 1 lt'lik alt örnekleme yapılmıştır. Deniz suyu örnekleri gemi üzerinde bulunan labotauvarda hızlıca 10 µm göz açıklığına sahip plankton ağı kullanılarak ters filtrasyon işlemi ile 10 ml'ye konsantre edilerek %2' lik lugol solüsyonu ile fikse edilmiştir. Örnekler analiz aşamasına kadar karanlık ortamda saklanmıştır. Örneklerin analizi Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde bulunan Leica DMI 6000 Epifloresan mikroskobu ve Plymouth Marine Laboratory (İngiltere) bünyesinde bulunan FlowCAM ile 100–400x büyütmede gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Dinoflagellat tür teşhisleri Steidinger ve Tangen (1997), siliyat tür teşhisleri ise Marshall (1969), Taniguchi (1997) ve Larink ve Westheide'e (2006) göre yapılmıştır.



Şekil 6. Örneklerin FlowCAM'de analiz edilmesi.



FlowCAM yazılımının hesapladığı hücre hacimleri ( $\mu\text{m}^3$ ) aşağıdaki dönüşüm faktörleri kullanılarak her bir grup için karbon biyomasları dinoflagellatlar için  $\text{pg C hücre}^{-1}=0.760 \times \text{hacim}^{0.819}$  (Menden-Deuer ve Lessard, 2000); Tintinnid siliyatlar için  $\text{pg C hücre}^{-1} = (\text{hacim} \times 0.053) + 444.5$  (Verity ve Langdon, 1984); diğer siliyatlar için  $\text{pg C hücre}^{-1} = \text{hacim} \times 0.19$  (Putt ve Stoecker, 1989) , Silikoflagellat için  $\text{pg C hücre}^{-1} = \text{hacim} \times 0.08$  (Beers ve Stewart, 1970) ve mikrometazoa için  $60 \mu\text{g C. hücre}^{-1}$  (Verity vd.,1993) olarak hesaplanmıştır.

## 2.5. İstatistiki Analizler

İstatistiksel analizlere başlamadan önce verilere logaritmik dönüşüm yapılarak normal dağılım gösterip göstermedikleri test edilmiştir. Biyolojik ve fiziko-kimyasal veriler arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi için parametrik olmayan Spearman Rank-Order korelasyonu gerçekleştirilmiştir. İstasyonlar arasında biyolojik ve fiziko-kimyasal veriler bakımında farklılıkların olup olmadığı One-Way ANOVA ile test edilmiştir. Mikrozooplankton tür çeşitliliği bakımından örnekleme istasyonları arasında farklılık olup olmadığını test etmek amacıyla Primer 6.0'da ve Bray-Curtis benzerlik ve çoklu küme analizi gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Hidrografi

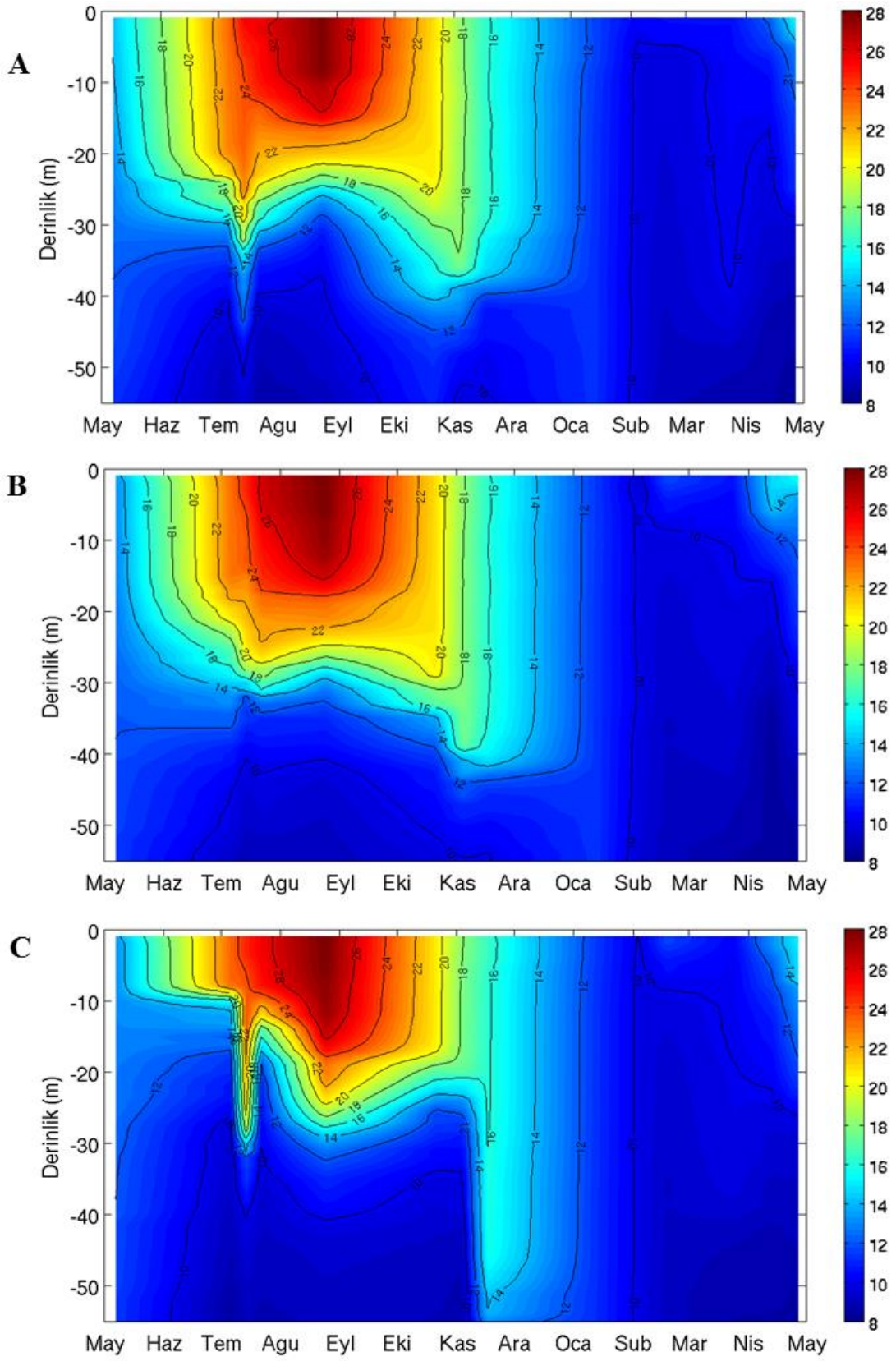
##### 3.1.1. Sıcaklık

Örnekleme istasyonlarına ait sıcaklık profilleri Şekil 7'de verilmiştir. Genel olarak çalışma bölgesinde en düşük su sıcaklığı (9.8°C) Şubat ve en yüksek su sıcaklığı (28.1°C) Ağustos ayında kaydedilmiştir. Mevsimsel termoklin Mayıs ayında oluşmaya başlamış ve Ağustos ayında en belirgin halini almıştır. Kasım ayında ise termoklinin varlığı devam etmekle beraber, Aralık ayında belirginliğini yitirdiği görülmektedir. Ocak sonu, Şubat ve Mart aylarında dikey karışım gözlenmiştir.

Nehir ağzında en yüksek sıcaklık ilk 50 metrede Ağustos ayında 27.8 °C olarak ölçülmüşken en düşük sıcaklık kar erimelerinin yoğun olduğu Nisan ayında 8.5 °C olarak ölçülmüştür. Ekim ayından itibaren su sıcaklığı homojen hale gelmeye başlamıştır. Bu homojenlik karışımların başladığı Nisan ayının sonundan itibaren mevsimsel termoklin ortaya çıkmaya başlamıştır.

Kıyı istasyonunda yüzey suyu sıcaklığı 9.5-28.1 °C arasında değişmiştir. Maksimum sıcaklık yine Ağustos ayında ölçülürken en düşük yüzey sıcaklığı Şubat ayında ölçülmüştür. Mevsimsel termoklinin nehir ağzıyla benzerlik gösterdiği bu istasyonda termoklin tabakasının da yakın derinliklerde olduğu görülmüştür.

Açık istasyonu incelendiğinde 9.9-27.9 °C arasındaki değişim diğer istasyonlarla benzerlik gösterirken mevsimsel termoklinin derinlere inemediği görülmüştür. Yağışlarla beraber sıcaklık değişiminin keskin çizgilerle ayrılmadığı kendi içerisinde daha esnek değişim gösterdiği gözlenmiştir.

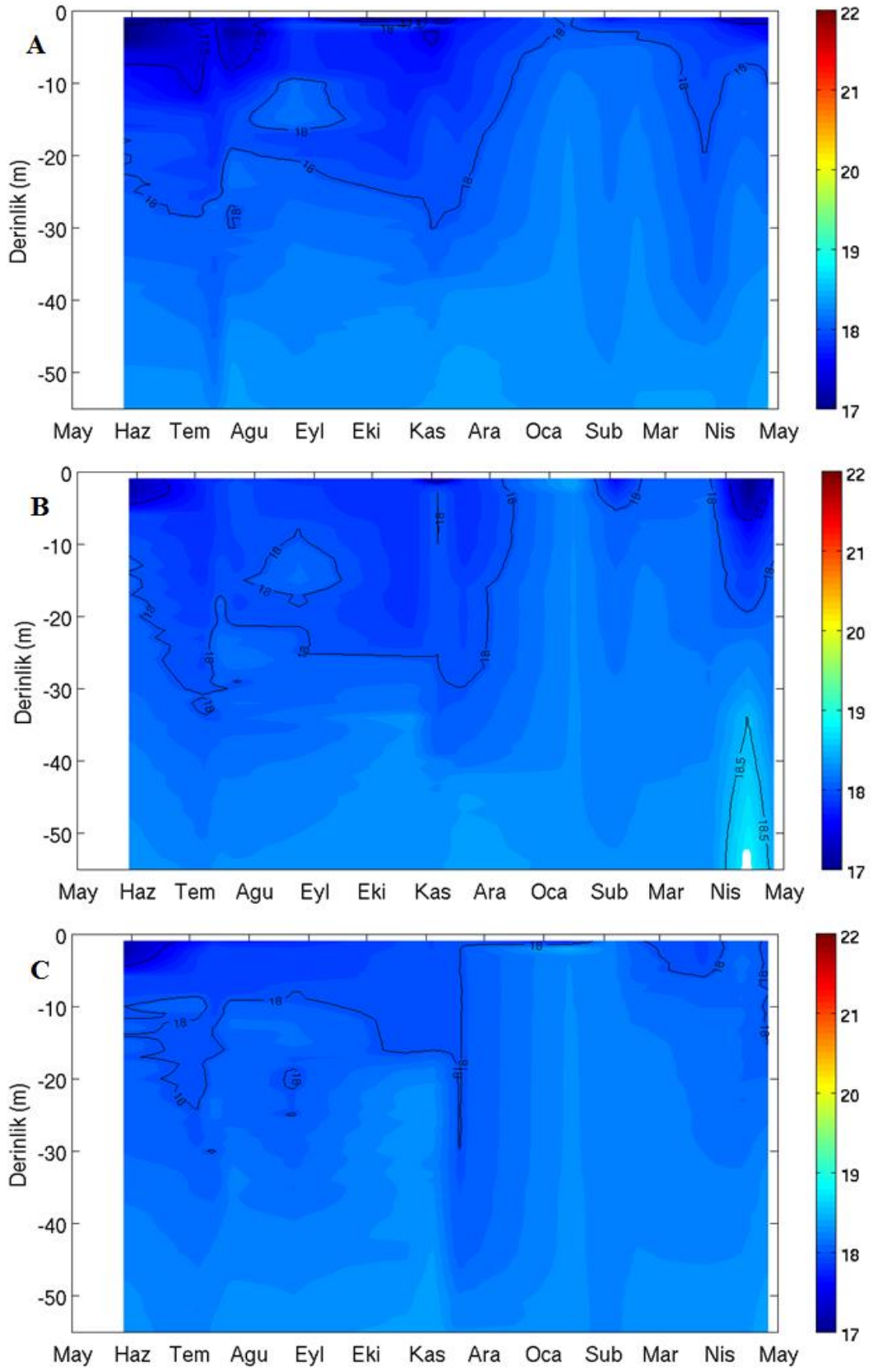


**Şekil 7.** Örneklem istasyonlarına ait sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) profilleri (A: Nehir ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

### 3.1.2. Tuzluluk

Tuzluluk profillerine bakıldığında elde edilen verilerin Karadeniz'in genel karakteristiğine uygun (17-18 ppt) bir yapı gösterdiği tespit edilmiştir. Derinlerde Akdeniz etkisini yansıtan tuzlu sular ve yüzeyde ise tatlı su girdisiyle oluşan az tuzlu sularla karakterize olan Karadeniz kendine özgün bir tabakalaşma yapısı göstermektedir. Örnekleme periyodu süresince yakın kıyı istasyonunda yüzey suyu tuzluluk değerler 16.49-18.23 ppt arasında değişmiştir (Şekil 8).

Yağışların ve kar erimelerinin fazla olduğu Nisan aylarında 1 birimlik bir değişim olsa da istasyonlar incelendiğinde tuzluluğun genelde benzer değerlerde kaldığı görülmektedir. Değişimin ilk 10 metrelik tabakada etki gösterdiği 30-40 metrelerden sonra karakteristik yönüne bağlı olarak kademeli olarak artış gösterdiği görülmüştür (Şekil 8).

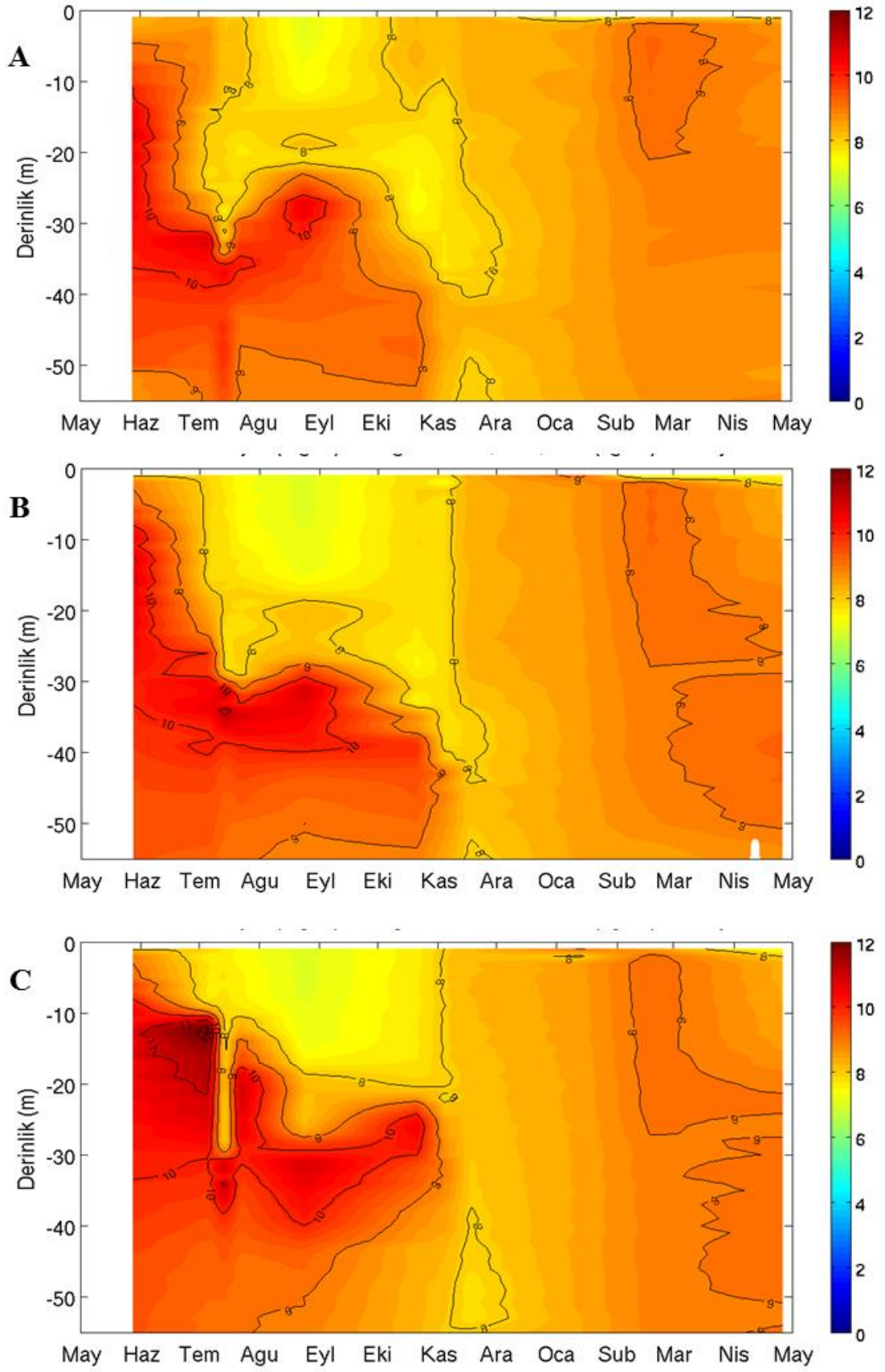


**Şekil 8.** Örneklemeye istasyonlarına ait tuzluluk (ppt) profilleri (A: Nehir ağızı, B: Kıyı, C: Açık).

### 3.1.3. Çözünmüş Oksijen

Karadeniz'in genel karakteristiğine uygun bir yapı sergileyen çözünmüş oksijen (ÇO) profilleri örnekleme istasyonlarında yüzeyde 7-10 mg.l<sup>-1</sup> arasında değişmiştir (Şekil 9). Yaz aylarında öfotik bölge içindeki biyolojik aktivite ve artan su sıcaklığına bağlı olarak yüzeyde düşük ÇO değerleri düşük ölçülürken öfotik bölge altında çözünmüş oksijence zengin sular gözlenmiştir. Kış aylarında ise dikey karışımın etkisiyle birlikte ÇO su kolonunda daha homojen bir yapı sergilemiştir.





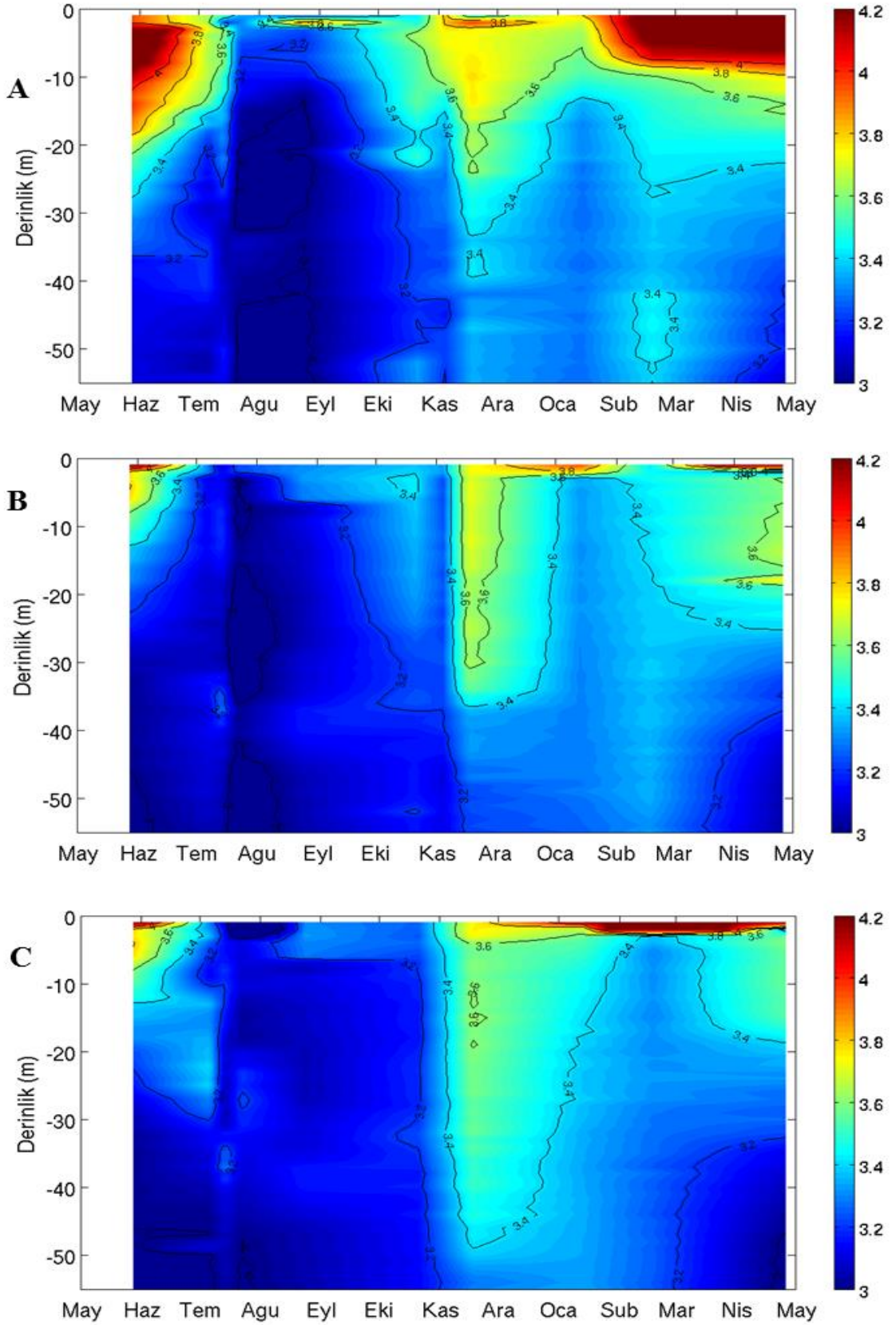
**Şekil 9.** Örnekleme istasyonlarına ait çözünmüş oksijen (mg/L) profilleri (A: Nehir Ağı, B: Kıyı, C: Açık).

#### 3.1.4. Turbidite

Örnekleme istasyonlarında turbidite değerleri benzer yapı sergilemekle beraber, Ocak 2016- Nisan 2016 dönemi süresince en yüksek değerler nehir deşarjı etkisi altında olan nehir ağzı istasyonunda ilk 10-15 m'lik su kolonunda kaydedilmiştir (Şekil 10). Örnekleme istasyonlarında Mayıs-Haziran aylarında ölçülen yüksek değerlerin (~ 4.2 NTU) ve Ekim ayını takiben yüzey sularında artmaya başlayan turbidite değerlerinin yağışlarla beraber artan nehir deşarjından kaynaklandığı düşünülmektedir.







**Şekil 10.** Örneklemeye istasyonlarına ait turbidite profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

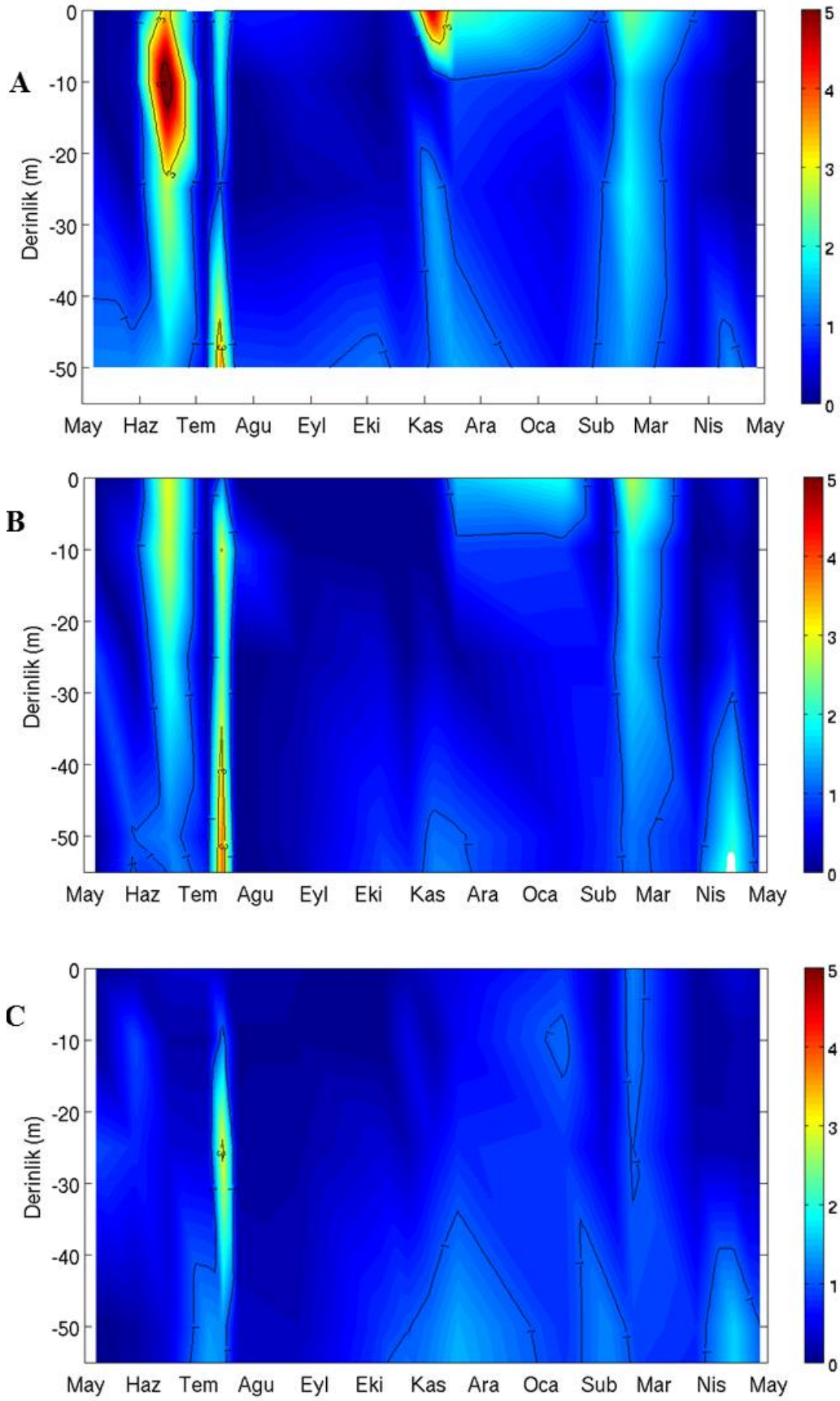
### 3.1.5. Besin Elementleri

Örnekleme bölgesinde öfotik bölge  $\text{NO}_{2+3}$  ortalaması değerlendirildiğinde belirgin bölgesel ve mevsimsel değişimlerin olduğu gözlenmiştir. Örnekleme istasyonlarında öfotik bölge içerisinde yıl boyunca  $\text{NO}_{2+3}$  değerleri  $<5 \mu\text{M}$  altında bulunmuştur. Nehir ağzı istasyonunda kısmen yüksek  $\text{NO}_{2+3}$  değerleri gözlenmiş ve 0.01 (Nisan 2016)-4.01  $\mu\text{M}$  (Haziran 2015) arasında değişmiştir. Kıyı ve açık istasyonunda ise  $\text{NO}_{2+3}$  değerlerinin öfotik bölge ortalaması sırasıyla 0.04- 2.69  $\mu\text{M}$  ve 0.09-1.52  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir.

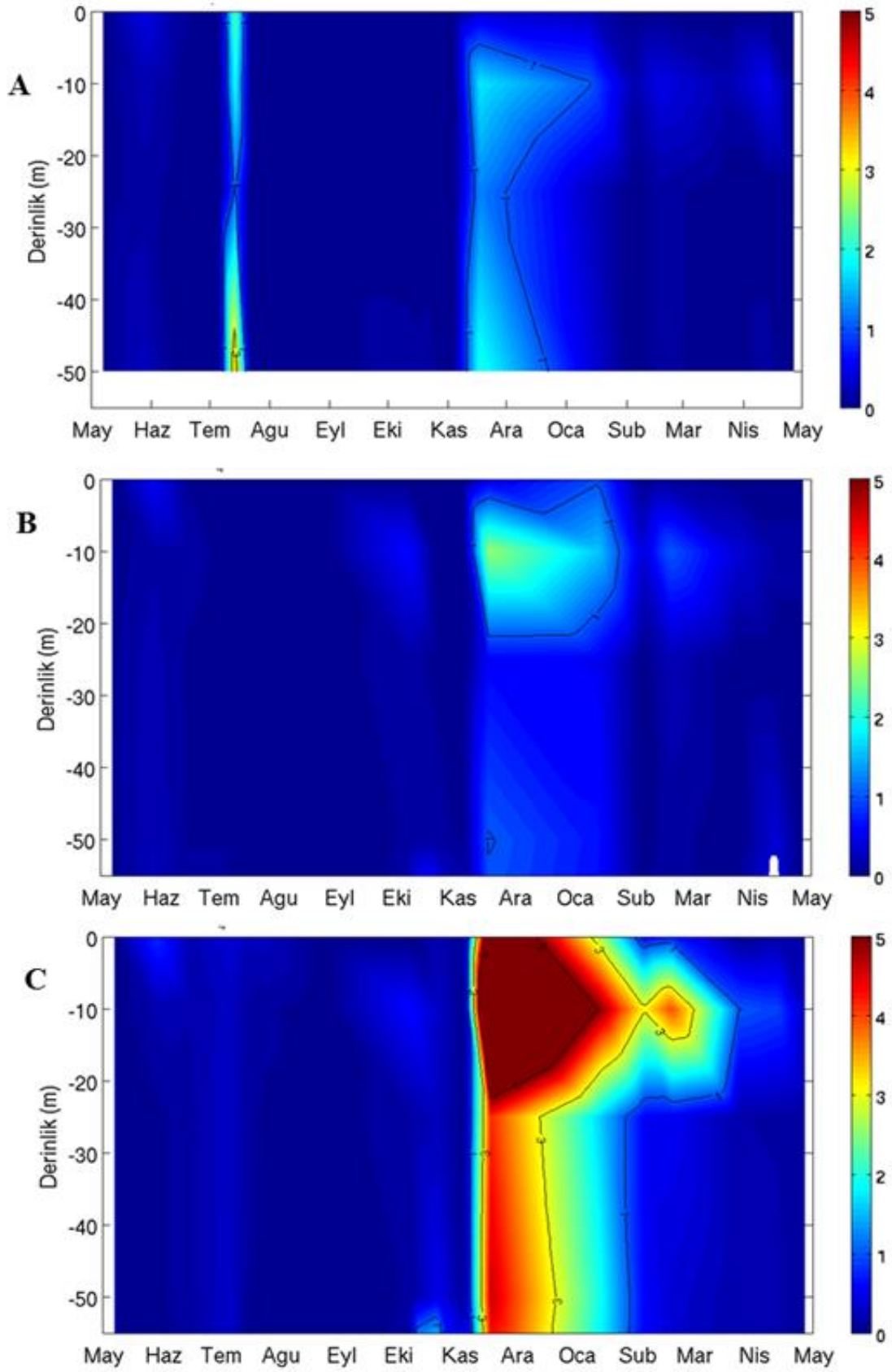
Öfotik bölge fosfat konsantrasyonu nehir ağzında 0.001-1.76  $\mu\text{M}$ , kıyı istasyonunda 0.001-1.20  $\mu\text{M}$  ve açık istasyonunda 0.02-6.62  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir. Özellikle Mayıs- Ağustos 2015 arasında yapılan haftalık/iki haftalık periyotta ölçümler bölgede besin elementi dinamiğinin ne denli değişken olduğunu ortaya koymaktadır. Fosfat profilleri kıyıda doğru gidildikçe farklılıklar sergilemiştir (Şekil 12).

Silikat örnekleme bölgesinde Karadeniz'in besin elementi dinamiğine uygun olarak derinliğe bağlı artış sergilemiştir. Öfotik bölge silikat konsantrasyonu nehir ağzında 0.27-6.87  $\mu\text{M}$ , kıyı istasyonunda 0.30-7.53  $\mu\text{M}$  ve açık sularda 0.52-9.54  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir. Öfotik bölge içerisindeki en yüksek değerler tüm istasyonlarda dikey karışımların süregeldiği Şubat ayında belirlenmiştir (Şekil 13).

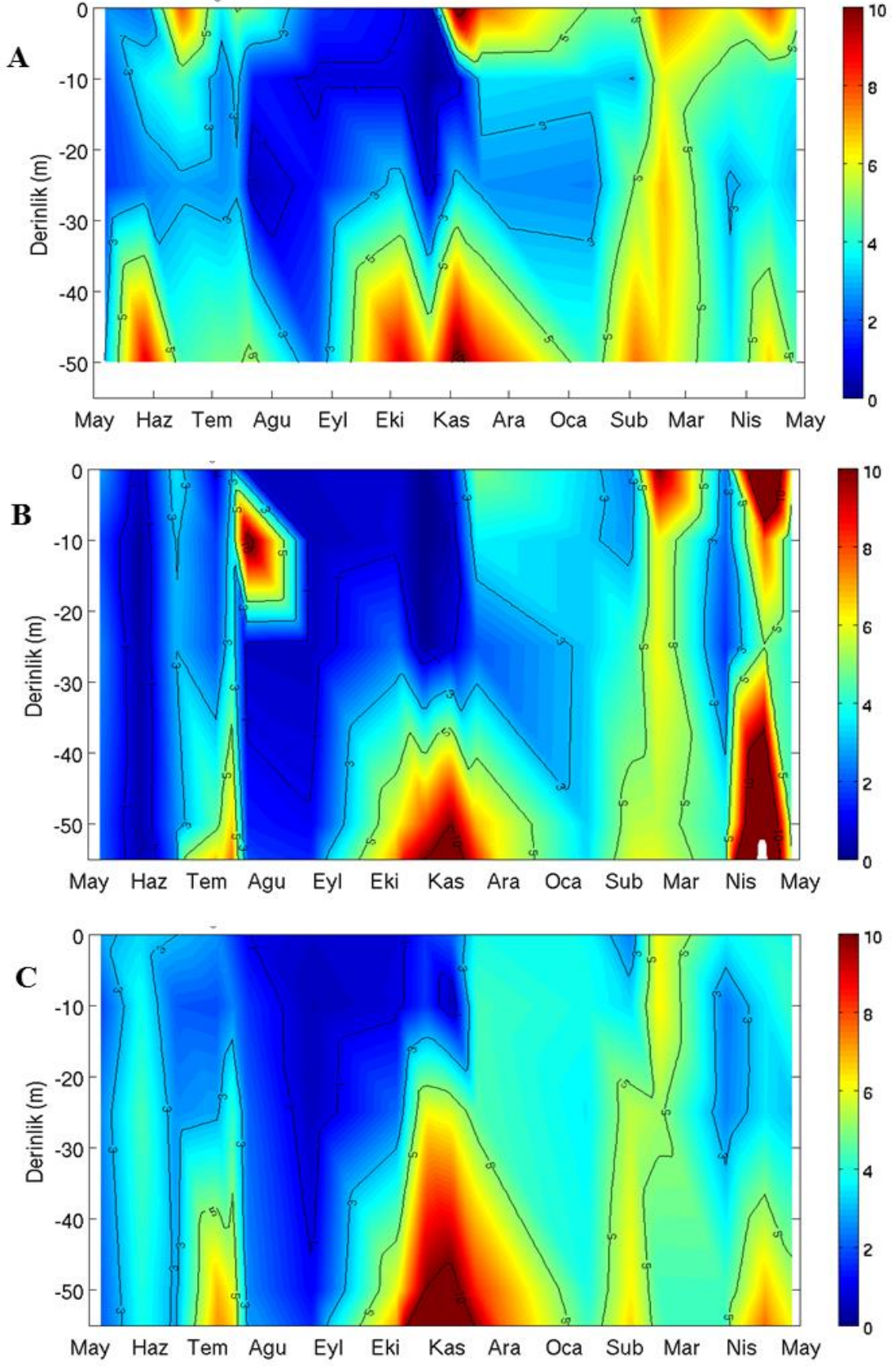
Genel olarak besin elementleri değerlendirildiğinde, ilkbahar bloomunu takiben, sıcaklık tabakalaşmasının gerçekleştiği yaz aylarında beklendiği üzere, özellikle nitrit+nitrat ve silikat öfotik bölge içerisinde en düşük seviyelere ulaşırken, fosfatın ise örnekleme dönemi boyunca düşük seviyelerde seyrettiği tespit edilmiştir. Beklendiği üzere kış dikey karışımları ile birlikte Şubat 2016 döneminde öfotik bölgede nutrient konsantrasyonu artış göstermiştir.



**Şekil 11.** Örnekleme istasyonlarına ait  $\text{NO}_{2+3}$  ( $\mu\text{M}$ ) profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).



Şekil 12. Örnekleme istasyonlarına ait  $PO_4$  ( $\mu M$ ) profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).



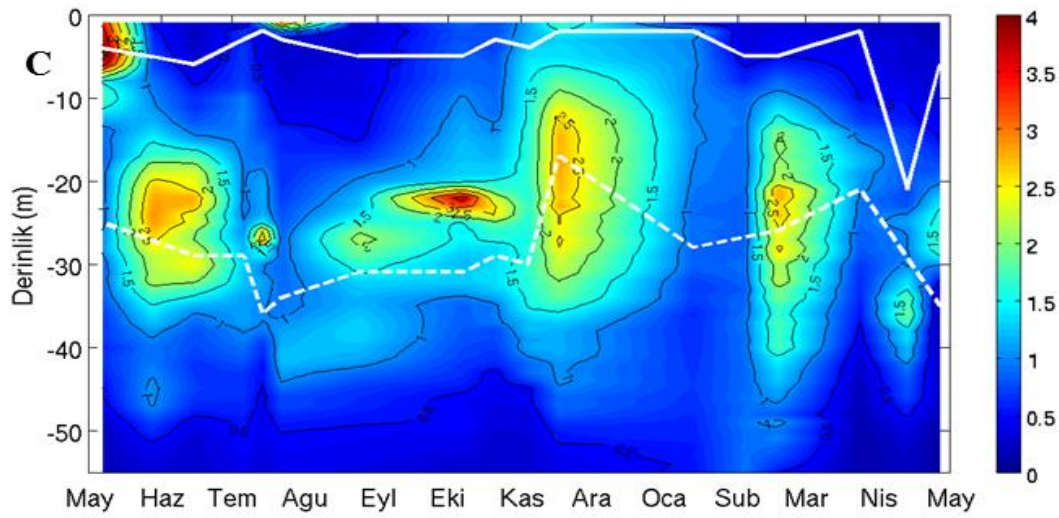
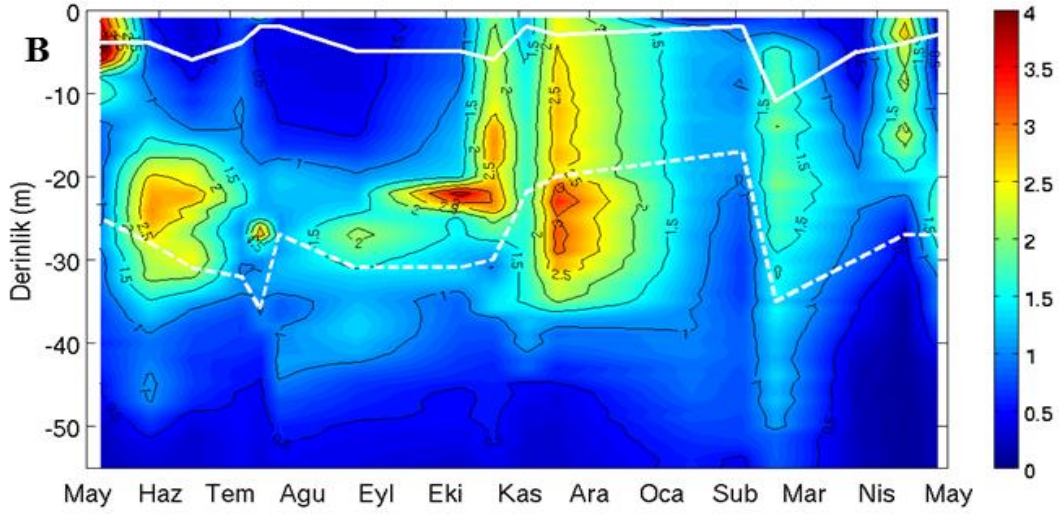
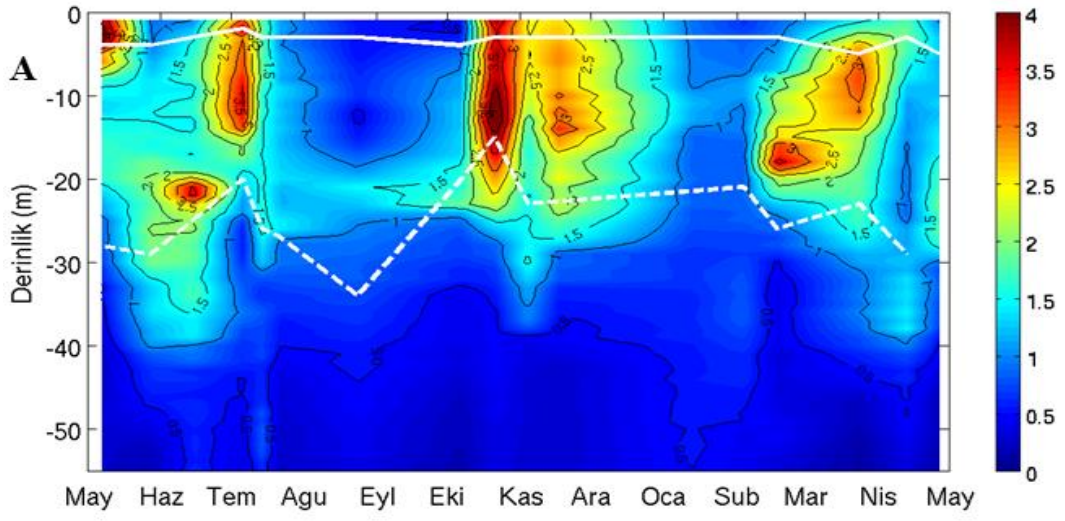
**Şekil 13.** Örnekleme istasyonlarına ait  $\text{SiO}_3$  ( $\mu\text{M}$ ) profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

### 3.1.6. Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR)

Örnekleme istasyonlarında ölçümler yüzey ışık yoğunluğunun %1'e düştüğü derinliğe kadar istasyonlarda gerçekleştirilen fotosentetik aktif radyasyon (PAR) ölçümlerine göre, %50 ışık derinliği nehir ağzında 2-5 m, kıyı istasyonunda 2-10 m ve açık istasyonda 2-14 m arasında gözlenmiştir. Nehir deşarjı etkisi altında olan nehir ağzı istasyonunda öfotik bölge derinliği 15-36 m arasında, kıyı istasyonunda 21-36 m ve açık istasyonda ise 17-37 m arasında belirlenmiştir (Şekil 14).

### 3.1.7. Yerinde Floresan (Klorofil-*a*)

Örnekleme istasyonlarında yüzey sularında öfotik bölgede floresana dayalı klorofil-*a* (Chl-*a*) değerleri yıl içerisinde bölgesel ve mevsimsel değişimler sergilemiştir. Örnekleme istasyonlarında en yüksek Chl-*a* değerlerine yüzey altı derinliklerde, genellikle öfotik bölge alt sınırında (PAR %1) rastlanılmıştır (Şekil 14). Nehir ağzı istasyonu örnekleme süresince en yüksek Chl-*a* değerlerini sergilerken, Chl-*a* değerleri kıyıdan açığa doğru azalma eğilimi göstermiştir. Öfotik bölge Chl-*a* değerleri nehir ağzı istasyonunda 0.79 (Ağustos)- 3.11  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (Ekim), kıyı istasyonunda 0.73 (Mart)- 2.78  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (Kasım) ve açık istasyonda 0.67 (Temmuz)- 2.29  $\mu\text{g.l}^{-1}$  (Kasım) arasında değişim göstermiştir.



**Şekil 14.** Örneklem istasyonlarında in-situ floresan profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık). Düz beyaz çizgi % 50 ışık derinliğini, kesik beyaz çizgi % 1 ışık derinliğini (öfotik bölge alt sınırı) göstermektedir.

## 3.2. Mikrozooplankton Bolluk ve Biyomas Dağılımı

### 3.2.1. Mikrozooplanktonun Kalitatif Dağılımı

Çalışma bölgesinde Mayıs 2015 ve Nisan 2016 tarihleri arasında nehir ağzı, kıyı ve açık istasyonlarına ait toplam 108 mikrozooplankton türü tespit edilmiştir. Bölgede mikrozooplankton, heterotrofik dinoflagellata, ciliata ve silicoflagellata tarafından temsil edilen protozoa ve rotifera, crustacea naupli, holo- ve meroplanktonik larvalar tarafından temsil edilen mikrometazodan oluşmuştur. Tespit türler, 31'ü zırhlı (thecate) ve 16'si zırhsız olmak üzere (athecate) toplamda 47 heterotrofik dinoflagellat, 19'u lorikalı (loricate) 30'ü lorikasız olmak üzere (aloricate) toplamda 49 siliyat ve 1 silikoflagellattan oluşan protozoa ve 4'ünü Crustacea nauplisi, 3 Rotifera ve 1'ini holoplanktonik ve 3'ünü meroplanktonik larvaların oluşturduğu mikrometazoaya aittir (Tablo 5) (EK 1).

Örnekleme süresince istasyonlarda rastlanılan mikrozooplankton türlerine ait minimum-maksimum hücre bolluk değerleri (hücre.l<sup>-1</sup>) ve örnekleme süresince rastlanma sıklığı (%F) (Tablo 5)'de gösterilmiştir. Bölgede mikrozooplanktonu Heterotrofik dinoflagellat, Siliyat, Mikrometazoa ve Silikoflagellat olmak üzere 4 ana gruba ayırarak gösterilen tabloda Heterotrofik dinoflagellatı zırhlı (thecate) ve zırhsız (athecate), siliyatları lorikalı (loricate) ve lorikasız (aloricate), mikrometazoa grubunu crustacea nauplisi, rotifera, holoplanktonik ve meroplanktonik larvalar şeklinde alt gruplara ayırmıştır.

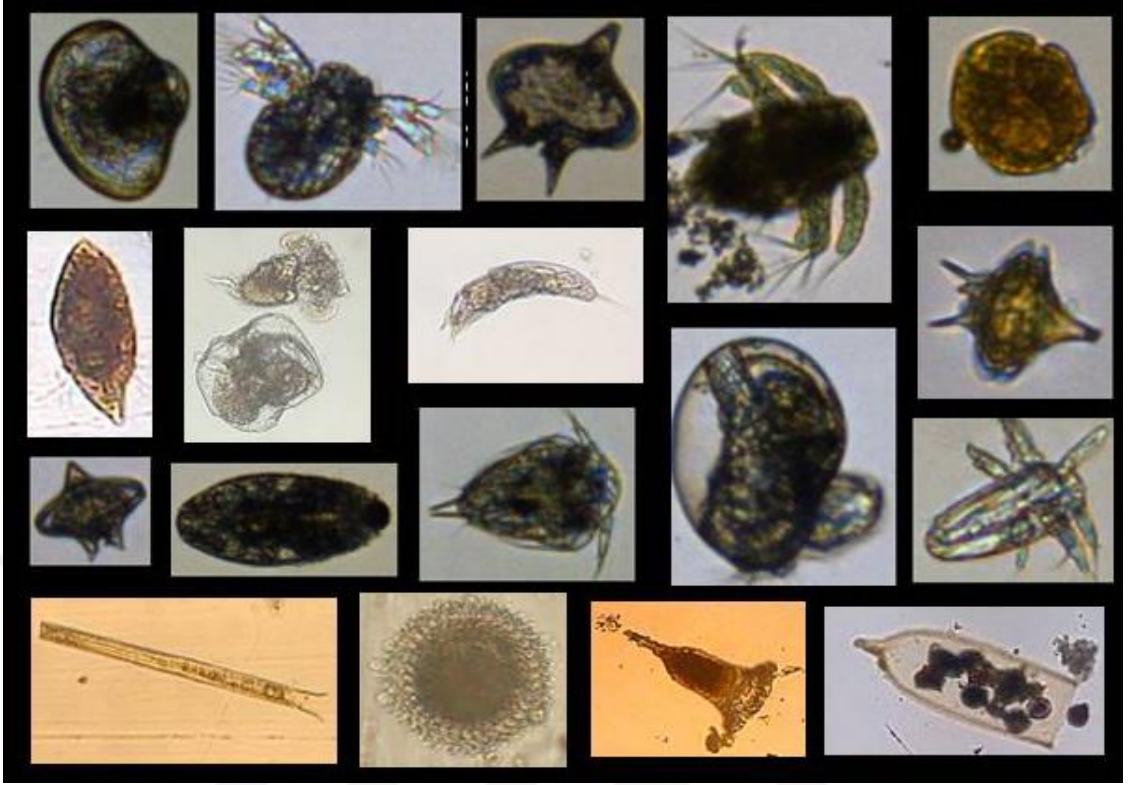
Yıl içerisinde ve istasyonlar arasında türlerde sayıca ve rastlanma sıklığı bakımından farklılıklar görülmüştür (EK 1). Heterotrofik dinoflagellatlarda zırhlı (tekalı) grupların zırhsız (tekasız) gruplara göre çeşit ve bolluk bakımından baskın oldukları tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinde bolluk bakımından zırhlı(tekalı) dinoflagellat grupları değerlendirildiğinde sırasıyla *Protoperidinium pellucidum* (728 hücre.l<sup>-1</sup>), *Protoceratium reticulatum* (542 hücre.l<sup>-1</sup>) ve *Oblea rotundata* (488 hücre.l<sup>-1</sup>) en yüksek bolluk değerlerine ulaşan türler olmuşlardır. Görülme sıklığı bakımından her üç istasyonda da yüksek oranda katılım sağlayan tür *Protoperidinium stenii* olmuştur. *Protoceratium* sp., *Protoperidinium punctulatum* ve *Protoperidinium* sp.4



ve *Protoberidinium* sp.6 en nadir rastlanan türler olmuşlardır. Zırhsız dinoflagellat (athecate) grupları değerlendirildiğinde ise bolluk bakımından en fazla katılımı yapan *Gymnodium* sp.4 (338 hücre.l<sup>-1</sup>) olmuştur.

Siliyatlara bakıldığında tür sayısı lorikasız (aloricate) türlerin lorikalı (loricate) türlere göre baskın olduğu görülürken, bolluğa katılım miktarında tersi bir durum söz konusu olmaktadır. Lorikalı (loricate) türlerde bolluğa katılım kıyı istasyonunda baskın tür 122 hücre.l<sup>-1</sup> ile *Ampharellopsis acuta* olurken, *Metacylis* sp. % 29'lük oranla nehir ağzında ilk sırayı almıştır. En az katılımı açık istasyonunda *Tintinnopsis favella* 2 hücre.l<sup>-1</sup> ile sağlarken, görülme sıklığında en az katılımı her 3 istasyonda da yine *Tintinnopsis* sp. türleri sağlamıştır. Lorikasız (aloricate) türlerde ise *Strombidium* sp.2 498 hücre.l<sup>-1</sup> ile başı çekerken onu *Strombidium* sp. (57 hücre.l<sup>-1</sup>) ve *Mesodinium rubrum* (42 hücre.l<sup>-1</sup>) takip etmektedir. Katılımın yüksek olduğu bu türler kıyı istasyonunda tespit edilmiştir. *Tontonia* sp. türü her 3 istasyonda da en yüksek katılımı sağlamaktadır (%82). *Philasterine* sp. 2 hücre.l<sup>-1</sup> ile en az katılımı sağladığı görülürken, bulunma sıklığında tüm istasyonlar göz önünde alındığında bazı *Strombidium* türleriyle beraber listede son sıraları almaktadır (%6-7).

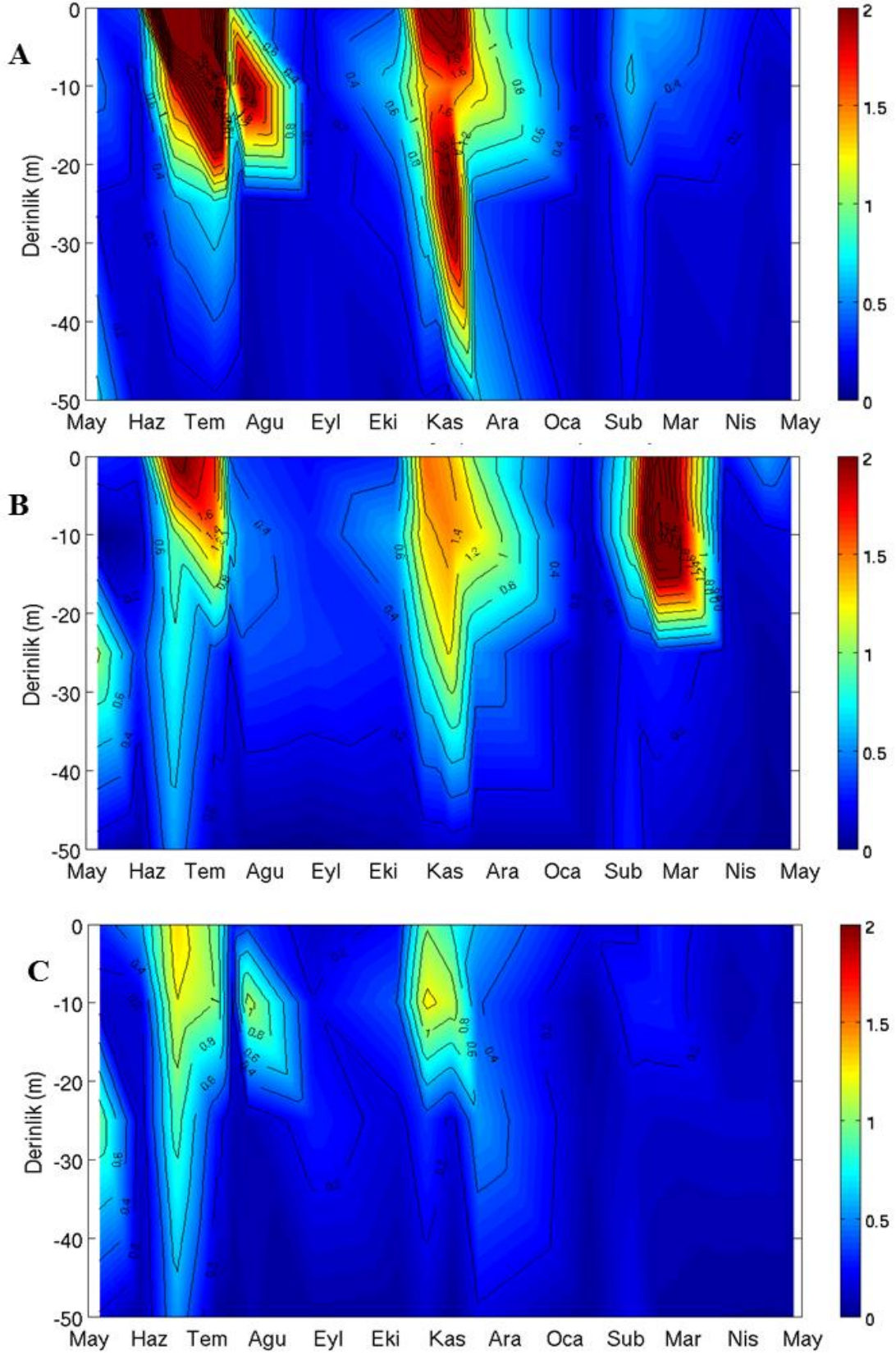
Mikrometazoa grubundaki Rotifera sınıfında *Brachionus dimidiatus* en fazla katılımı sağlarken (97 hücre.l<sup>-1</sup>), tüm istasyonlarda da en yüksek oranda tespit edilmiştir. Meroplankton ve Haloplankton grupları az sayıda tür ve bolluk katılımlarıyla bölgede mikrozooplanktona en az sayıda katılım sağlayan gruplar olmuştur. Mikrometazoa grubunun tartışmasız en büyük katılımcısı Crustacea türlerine ait copepoda nauplileri olurken ortalama % 94 katılım oranıyla ve litrede maksimum 353 hücre.l<sup>-1</sup> ile tüm istasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 15).



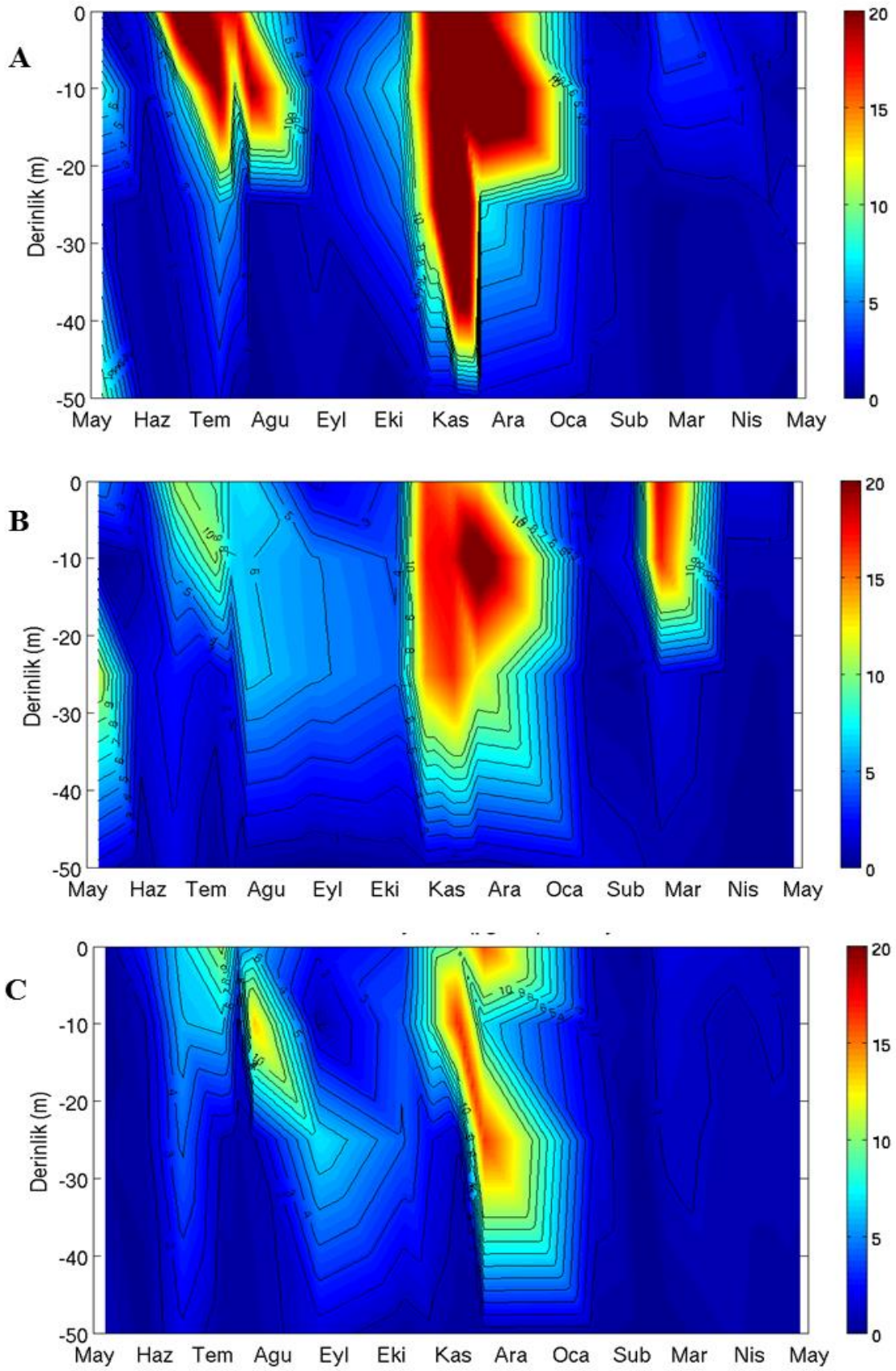
**Şekil 15.** Güneydoğu Karadeniz’de çalışma sürecince rastlanılan mikrozooplankton türlerine ait örnekler.

### 3.2.2. Mikrozooplanktonun Kantitatif Dağılımı

Mikrozooplankton bolluk ve biyomasının örnekleme istasyonlarında derinliğe bağlı değişimi Şekil 16 ve Şekil 17’de sunulmaktadır. Çalışma süresince en yüksek bolluk değerleri İlk 10 m’lik su kolonunda belirlenmiş ve heterotrofik dinoflagellatların sayıca baskınlığı gözlenirken ikinci sırayı siliyatlar almıştır.



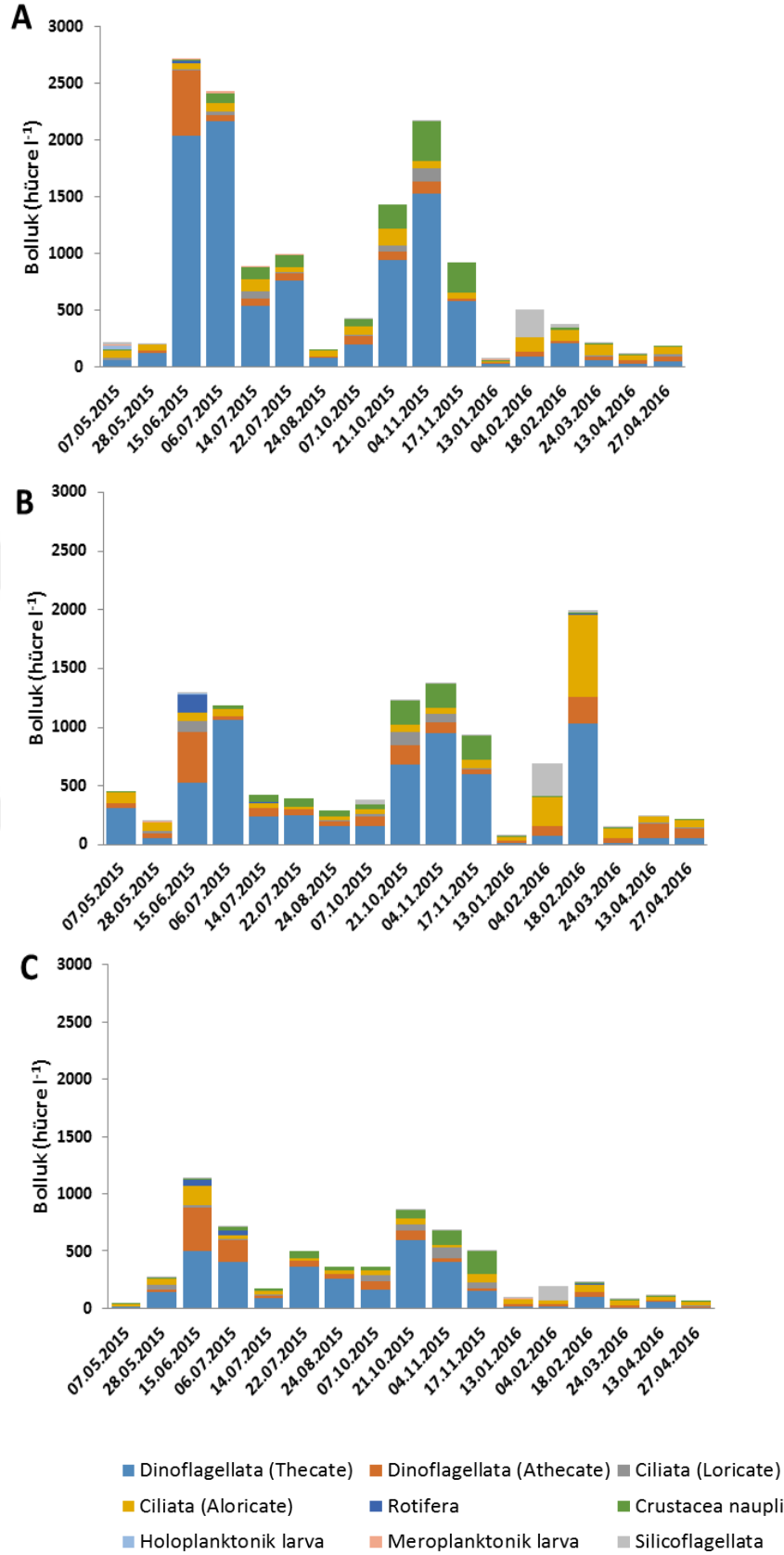
**Şekil 16.** Örneklem istasyonlarında mikrozooplankton hücre bolluğunun ( $\times 10^3$  hücre.l<sup>-1</sup>) vertical dağılımı (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).



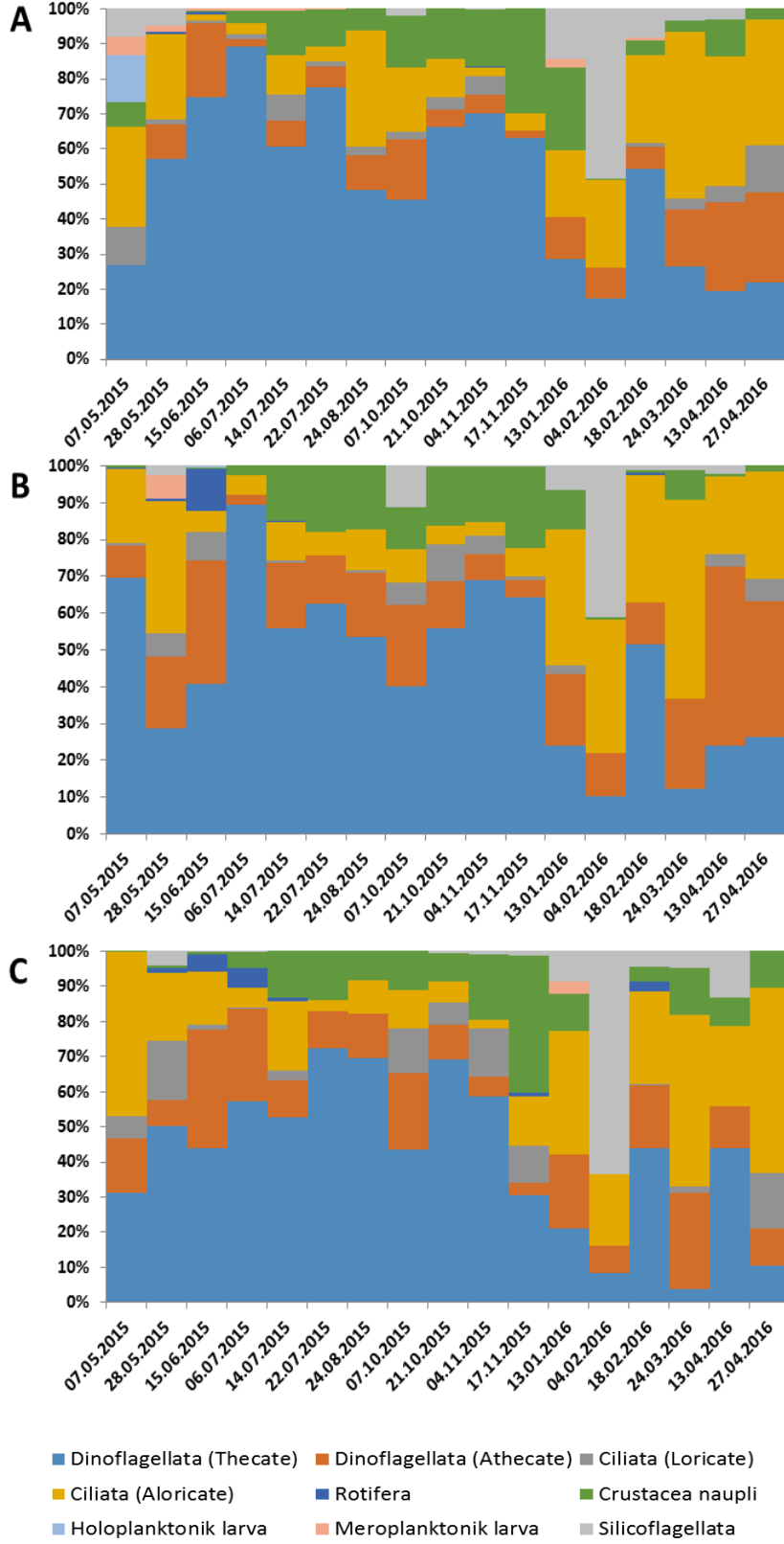
**Şekil 17.** Örnekleme istasyonlarında mikrozooplankton biyomasının vertikal dağılımı (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

Mikrozooplankton bolluğunun öfotik bölge içerisindeki dağılımı incelendiğinde, nehir ağzından açığa doğru gidildikçe azalma sergilediği gözlenmiştir. Nehir ağzı istasyonunda öfotik bölge içerisinde hücre bolluğu 82-2733 hücre.l<sup>-1</sup>, kıyı istasyonunda 77-2000 hücre.l<sup>-1</sup>, açık istasyonunda 63-1137 hücre.l<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 18). Çalışma süresince nehir ağzı ve açık sularda iki, kıyı istasyonunda ise üç belirgin bolluk artışı gözlenmiştir. İstasyonlarda kalitatif bakımından heterotrofik dinoflagellat türlerinin baskın olduğu görülmektedir (Şekil 19). Özellikle termal tabakalaşma süresince *Gyrodinium* ve *Protoperdinium* gibi zırlı dinoflagellatlar baskın takson olmuşlardır (Tablo 5).





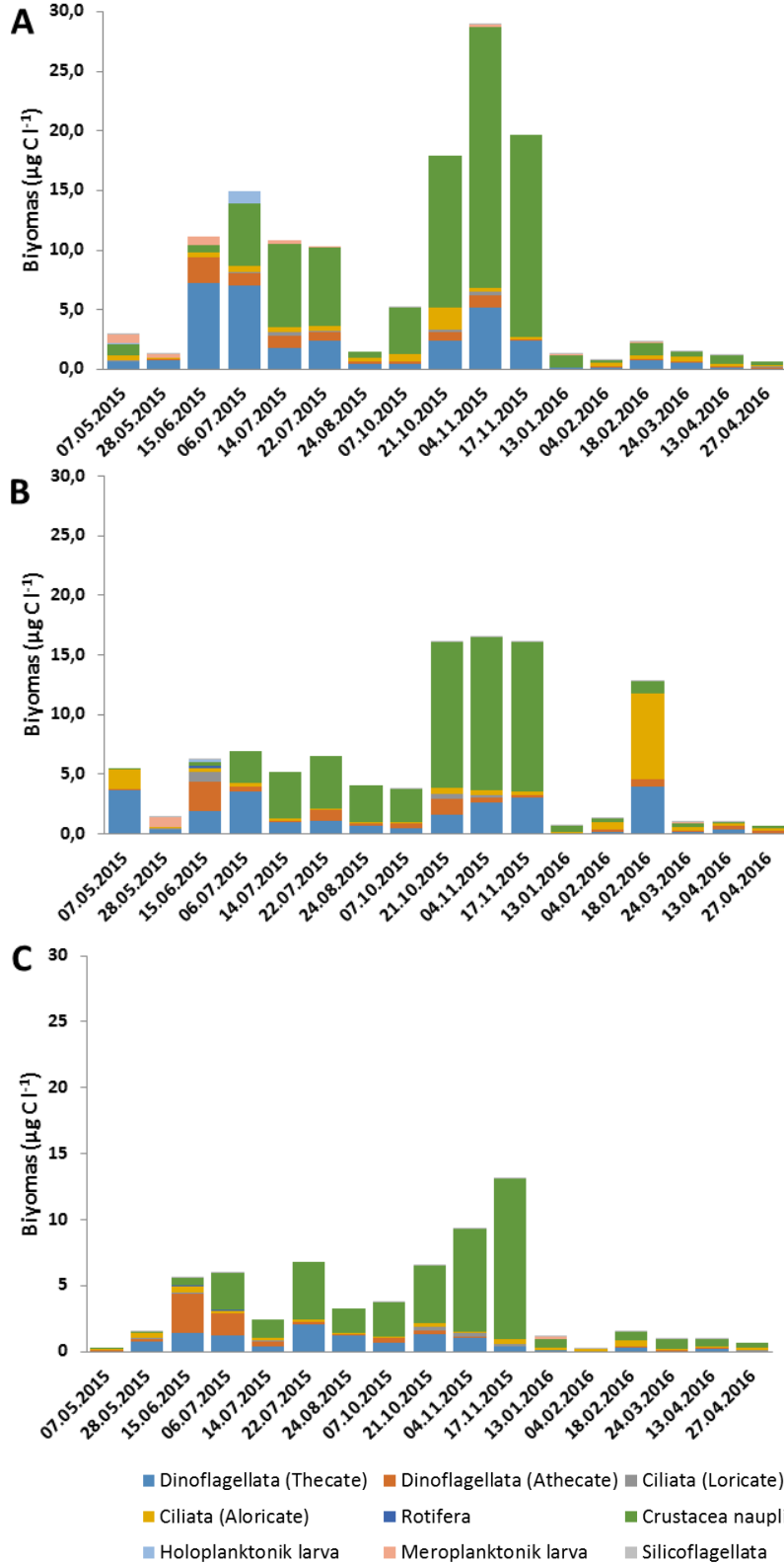
**Şekil 18.** Nehir ağzı (A), Kıyı (B) ve Açık (C) istasyonlarında mikrozooplankton gruplarına ait öfotik bölge ortalama hücre bolluğunun değişimi.



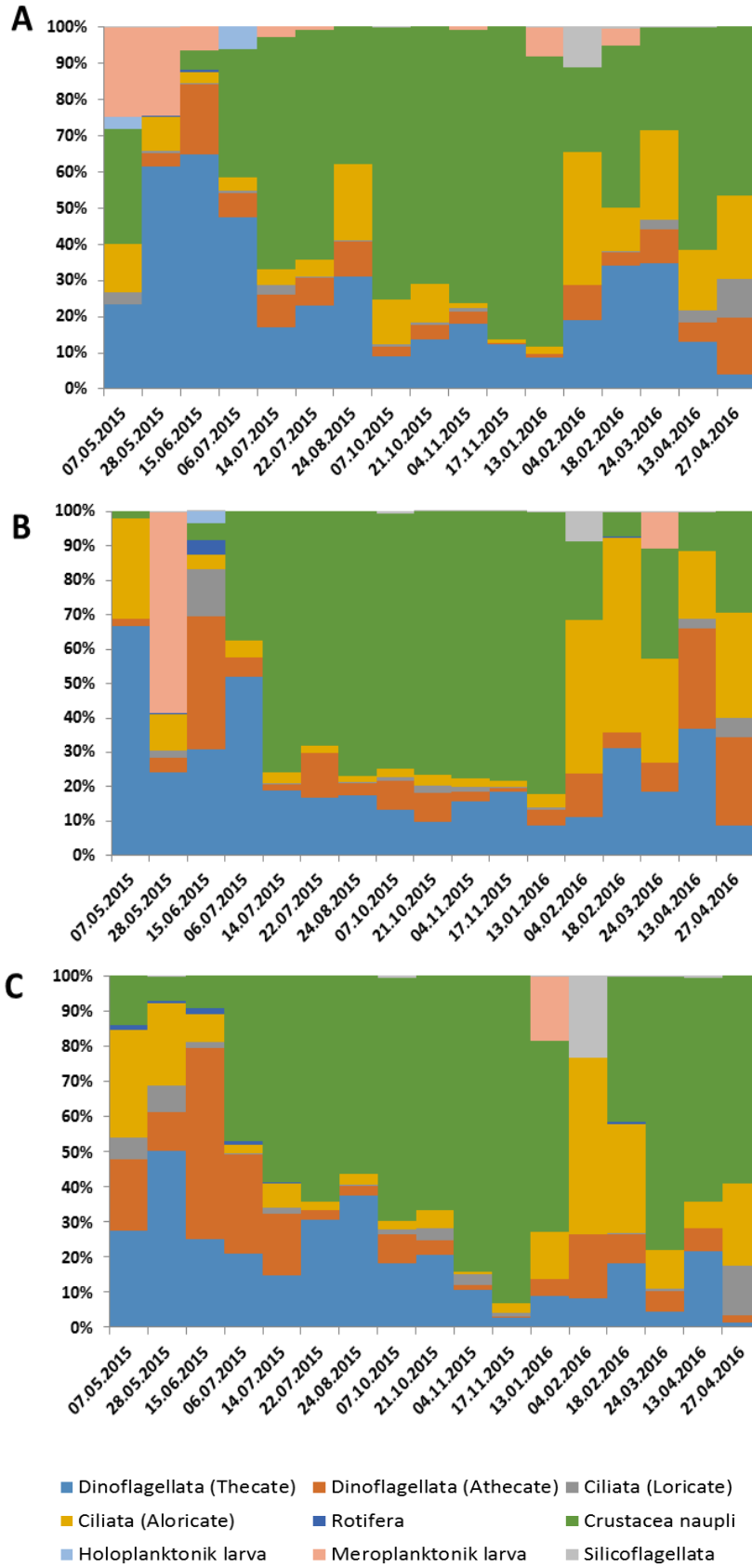
**Şekil 19.** Nehir ağzı (A), Kıyı (B) ve Açık (C) istasyonlarında mikrozooplankton gruplarının toplam bolluğa katılımı (%).

Mikrozooplankton biyomasının öfotik bölge içerisindeki dağılımı incelendiğinde, bolluk değerleri benzer şekilde nehir ağzından açığa doğru gidildikçe azalma sergilemiştir. Nehir ağzı istasyonunda öfotik bölge içerisinde biyomas değerleri  $0.8-28.9 \mu\text{g C l}^{-1}$ , kıyı istasyonunda  $0.7-16.5 \mu\text{g C l}^{-1}$ , açık istasyonunda  $0.7-13.1 \mu\text{g C l}^{-1}$ , arasında değişim göstermiştir (Şekil 20). Çalışma süresince nehir ağzı ve açık sularda iki, kıyı istasyonunda ise üç belirgin bolluk artışı gözlenmiştir. Bolluk değerlerinin aksine, istasyonlarda yüksek karbon içeriğine sahip copepoda naupliileri toplam biyomasa en yüksek katkıyı yapmıştır (Şekil 21). İstasyonlar arasında toplam mikrozooplankton bolluğu ve biyoması bakımından istatistiki açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).



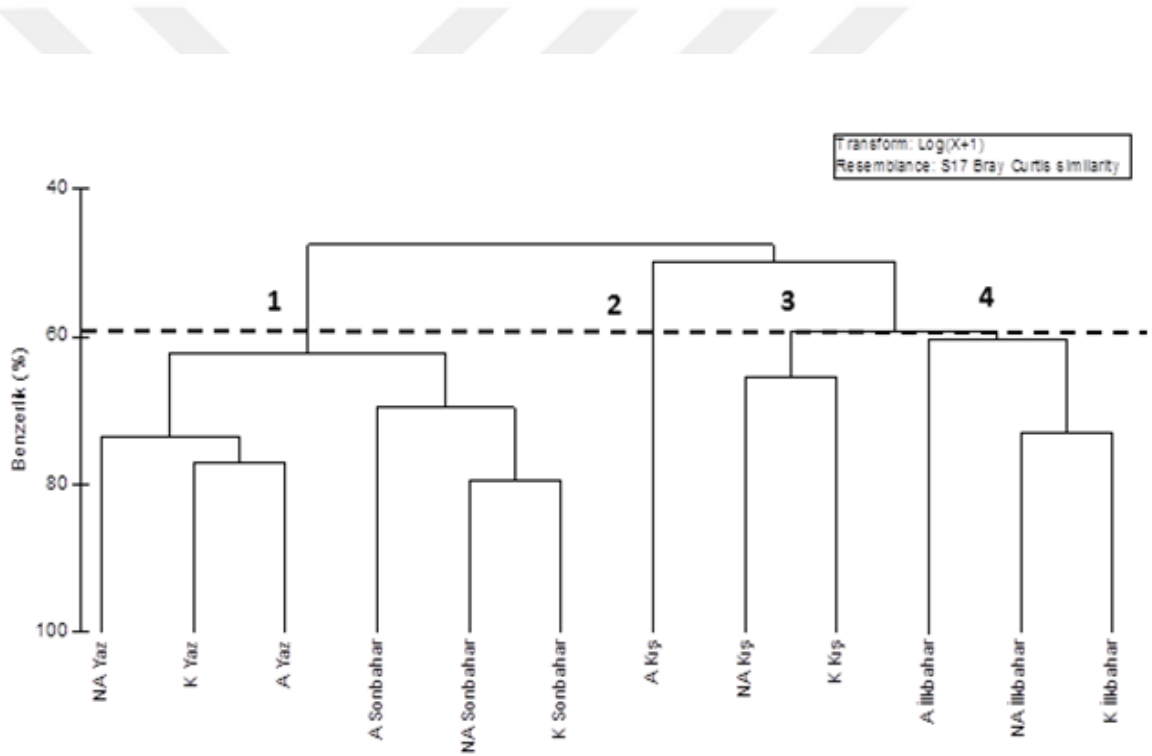


**Şekil 20.** Nehir ağzı (A), Kıyı (B) ve Açık (C) istasyonlarında mikrozooplankton gruplarına ait öfotik bölge ortalama biyomasının değişimi.

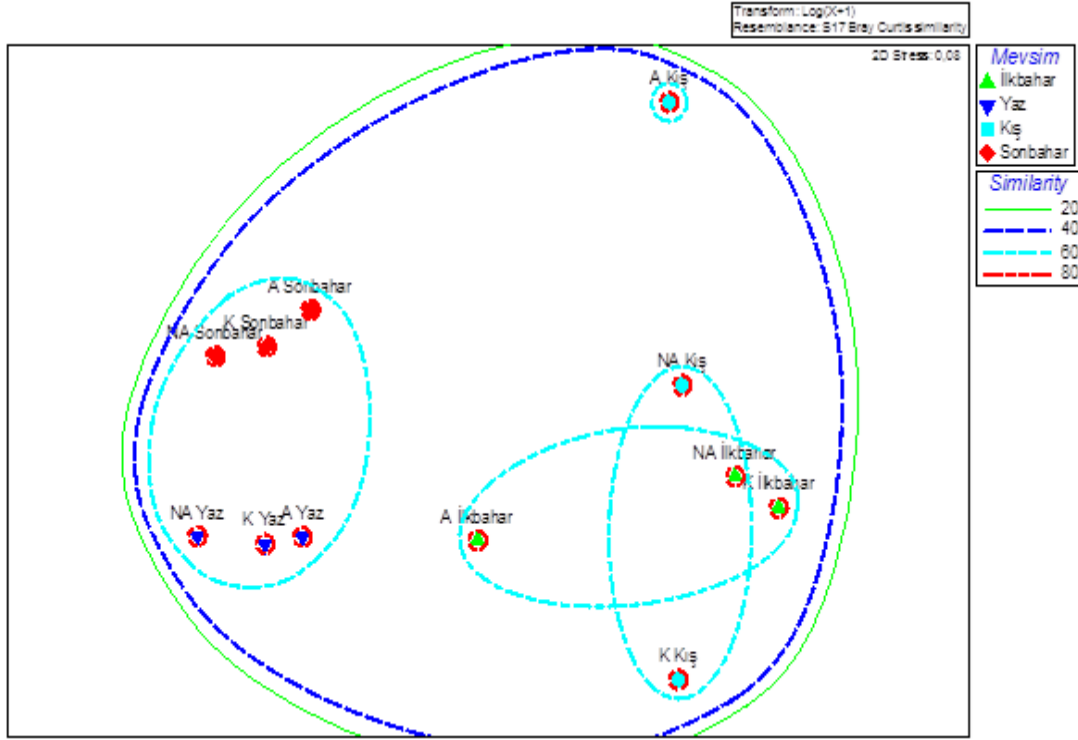


**Şekil 21.** Nehir ağzı (A), Kıyı (B) ve Açık (C) istasyonlarında mikrozooplankton gruplarının toplam biyomasa katılımı (%).

İstasyonlarda tespit edilen türlerin öfotik bölge içerisindeki ortalama bollukları Log (X+1) fonksiyonu ile transforme edilerek Bray-Curtis benzerlik analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, yaklaşık %60 benzerliğe sahip dört küme tespit edilmiştir (Şekil 22). Küme 1, termal tabakalaşmanın başladığı ve süregeldiği yaz ve sonbahar periyodunda tüm istasyonları içermekte; küme 2, ilkbahar periyodunda tüm istasyonları; küme 3, kış periyodunda nehir ağzı ve kıyı istasyonunu; küme 4 ise kış periyodunda açık istasyonu içermektedir. Çok boyutlu ölçeklendirme analizi sonuçlarında tüm istasyonlarının birbirine yaklaşık %40 benzediği görülmektedir (Şekil 23).



Şekil 22. Mikrozooplankton tür kompozisyonu bakımından örnekleme istasyonlarında mevsimsel olarak gerçekleştirilen Bray-Curtis benzerlik analizi.



**Şekil 23.** Mikrozooplankton tür kompozisyonu bakımından örnekleme istasyonlarında mevsimsel olarak gerçekleştirilen çok boyutlu ölçeklendirme (MDS) analizi.

### 3.3. Mikrozooplanktonun Çevresel Parametrelerle Etkileşimi

Mikrozooplankton gruplarının (heterotrofik dinoflagellat, siliyat, mikrometazoa, silikoflagellat) hem kendi içerisinde hem de çevresel parametrelerle olan ilişkilerinin anlaşılabilmesi için gerçekleştirilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Yapılan korelasyon sonuçları mikrozooplankton bolluğundaki değişimin sıcaklıkla pozitif yönde etkileşim içerisinde olduğunu, buna karşın tuzlulukla negatif yönde etkileşim içerisine girdiğini göstermiştir ( $p < 0.050$ ). Diğer yandan yine mikrozooplankton bolluğuyla Chl-*a*, fitoplankton bolluk ve fitoplankton biyomasının pozitif yönde etkileşim içerisinde oldukları tespit edilmiştir. Mikrozooplankton biyomasına bakıldığında sıcaklıkla bolluk arasında gözlenen pozitif yönde etkileşim tekrarlanırken, tuzlulukla negatif yönde etkileşim devam etmektedir. Chl-*a* ve fitoplankton biyomasının mikrozooplankton biyoması değişimine pozitif katkı sağladığı görülürken fitoplankton bolluğun herhangi bir katkısının olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ). Turbiditenin ise mikrozooplankton bolluk ve biyomasındaki değişimde herhangi bir etkileşim içerisine girmediği saptanmıştır (Tablo 2).

**Tablo 2.** Mikrozooplanktonun öfotik bölge ortalama bolluk ve biyoması ile fiziksel ve biyolojik parametreler arasında gerçekleştirilen korelasyon sonuçları (n=51, \* p<0,05).

	Sıcaklık	Tuzluluk	Turbidite	Chl- <i>a</i>	Fitoplankton bolluk	Fitoplankton biyomas
MZ Bolluk	<b>0,33*</b>	<b>-0,50*</b>	-0,04	<b>0,48*</b>	<b>0,31*</b>	<b>0,68*</b>
MZ Biyomas	<b>0,54*</b>	<b>-0,56*</b>	-0,12	<b>0,52*</b>	0,25	<b>0,66*</b>

## 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

### 4.1.Hidrografi

Projede kapsamında seçilen istasyonlar Kuzeydoğu kıta sahanlığına göre daha az bozulmuş bir ekosisteme sahip (Oguz, 2012b) ve balıkçılık açısından önemli bir alanı temsil eden Güneydoğu Karadeniz (Oguz, 2012a) için temsil edici olarak kabul edilebilir. Kış sonu karışım ve yazın termal tabakalaşma ile hidrografi beklenen yapıyı sergilemiştir. İlkbahar-yaz periyodunda artması beklenen nehir deşarjları ile birlikte yüzey sularında düşük tuzluluk değerleri gözlenmiştir (Kara vd., 2008). Besin elementleri özellikle nitrit+nitrat ve fosfat düşük bulunmuştur ve Güney Karadeniz’de yapılmış çalışmalarla uyum içerisindedir (Eker-Develi ve Kideys, 2003; Stelmakh ve Georgieva, 2014; Agirbas, 2015). Yakın dönemlerde Batum antisiklonunun etkisindeki bölgelerde yapılan çalışmalarda tespit edilen fiziksel parametrelerin (sıcaklık, tuzluluk, chl-*a*, türbidite vb.) proje kapsamında elde edilen verilerle uyum gösterdiği görülmüştür (Ağırbaş, 2010; Kopuz, 2012).

### 4.2. Mikrozooplankton Dinamiği

Bu çalışma ile mikrozooplankton komünite yapısı, bolluk ve biyoması güneydoğu Karadeniz’den detaylı olarak ilk kez rapor edilmektedir. Ilıman kıyısularda, mikrozooplankton bolluğunun göze çarpan mevsimsel değişim gösterdiği ve genellikle kış aylarında en düşük, ilkbahar ve özellikle yaz aylarında ise en yüksek bolluk değerlerine ulaştığı bilinmektedir (Smetacek, 1981; Revelante ve Gilmartin, 1983; Montagnes vd., 1988; Dolan ve Coats, 1990). Bu çalışmada en yüksek hücre bolluğu değerleri yazın tespit edilmiştir ve mikrozooplanktona ait hücre bollukları ılıman kıyısul bölgelerden rapor edilen birçok çalışma ile uyum içerisindedir (Tablo 3). Fakat ötrofik kıyısul bölgelerden rapor edilen çalışmalarla kıyaslandığında hücre sayıları daha düşük bulunmuştur. Bu farklılıkların sistemin trofik yapısından ileri gelebileceği gibi, farklı fiziko-kimyasal özelliklere sahip olması, örnekleme dönemi ve farklı örnekleme ve analiz yöntemlerinden de kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Tablo 3.** Mikrozooplankton bolluğunun ılıman kıyı ve nehir ağız sistemleriyle karşılaştırılması.

Çalışma bölgesi	Mikrozooplankton bolluğu (hücre l <sup>-1</sup> )	Referans
Kuzey Adriyatik Denizi	70-5600	Revelante ve Gilmartin, 1983
Osaka Körfezi, Japonya	1200-13800	Aizawa, 1987
Tokyo körfezi, Japonya	<21700	Nomura vd., 1992
İç deniz, Japonya	30-2190	Uye vd., 1996
Kuzeybatı Avustralya	140-3400	Moritz vd., 2006
Kuzey Adriyatik	6-10100	Monti vd. 2012
Güneydoğu Karadeniz	63-2733	Bu çalışma

Çalışma süresince mikrozooplankton komunitesinde kalitatif bakımdan heterotrofik dinoflagellat ve siliyatları içeren protozooplankton baskınlığı daha önce ılıman kıyusal bölgelerde yapılmış çalışmalarla uyum içerisinde olduğu görülmüştür (Burkill vd., 1993; Gifford vd., 1995; Edwards ve Burkill, 1995; Fileman ve Leakey, 2005). Protozooplankton içerisinde de baskın grup heterotrofik dinoflagellatlar olmuştur. Yapılan bir literatür çalışmasında heterotrofik dinoflagellat biyomasının siliyat biyomasını geçebileceği rapor edilmiştir (Sherr ve Sherr 2002; Moritz vd., 2006). Karadeniz’de önceki yıllarda yapılan çalışmalarda da termal tabakalaşma süresince düşük nütrient konsantrasyonlarında dinoflagellatların sayıca artış gösterdikleri ve fitoplankton komunitelerinin baskın grubu oldukları rapor edilmiştir (Bologa, 1986; Benli, 1987; Eker-Develi ve Kideys, 2003; Agirbas vd., 2015). Ancak, yapılan bu çalışmalarda dinoflagellatlar trofik seviyeleri göz önünde bulundurulmadan fitoplankton içinde sınıflandırılmıştır. Mikrozooplanktonun uzun yıllardır ana katılımcısının siliyatlar olduğu öne sürülmüş, mikсотrofik ve heterotrofik dinoflagellatlar göz önünde bulundurulmamıştır. Lessard ve Swift’in (1986) yaptığı çalışmalardan sonra dinoflagellatların yaklaşık yarısının kloroplast içermediği ve diğer planktonik hücreler üzerinden beslendiği ortaya konmuştur. Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışmada, dinoflagellatlar FlowCAM ve epifloresan mikroskobu ile fotosentetik pigment içerip-içermemelerine göre

sınıflandırılmış ve fitoplankton içerisinde yer alan dinoflagellatların birçoğunun fagotrofik beslenme davranışı gösteren mikso-, heterotrofik hücreler olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi dinoflagellatlar içinde Gymnodiniales ve Peridinales grubuna ait heterotrofik dinoflagellatların baskınlığı diğer çalışmalarla da dünyanın birçok bölgesinden rapor edilmiştir (Edwards ve Burkill, 1995; Fileman vd., 2002; Fileman ve Leakey, 2005; Monti vd., 2012). Denizel ortamda diatom bloomları esnasında mikrozooplankton komunitelerinde heterotrofik dinoflagellatlar sayıca artış gösterme eğilimindedir (Hansen, 1991; Archer vd. 2000; Putland, 2007; Olson ve Strom, 2002; Verity vd., 2002; Horner vd., 2005; Leising vd., 2005). Özellikle *Protoperdinium* spp., *Oblea rotunda* ve *Diplopsalis lenticula* gibi tekali heterotrofik dinoflagellatların kendilerinden boyutca büyük bloom yapan diatom formlarını tüketebildiği rapor edilmiştir (Sherr ve Sherr, 2002). Bunun yanı sıra *Gyrodinium* sp. gibi tekasız formlarda *Chaetoceros* spp. gibi büyük boyutlu diatomları tüketmekte ve bloom esnasında sayıca artış sergilemektedirler (Sherr ve Sherr, 2002). Bu çalışma esnasında da termal tabakalaşma süresince özellikle diatomların neden olduğu fitoplankton aşırı artışları esnasında mikrozooplankton komunitesi içinde heterotrofik dinoflagellatların sayıca baskınlığı söz konusu olmuştur. Siliyatlar içinde de *Strombidium* genusunun baskınlığı birçok çalışma ile uyum göstermektedir (Edwards ve Burkill, 1995; Fileman vd., 2002). Bu çalışmada, Güneydoğu Karadeniz'de bulunan mikrozooplankton biyoması ( $0.7-28.9 \mu\text{g C l}^{-1}$ ) diğer ılıman kıyı ve nehir ağızı sistemlerinden rapor edilen biyomas değerleri ile de uyum içerisinde (Tablo 4). Mikrozooplankton bolluğu bölgede heterotrofik dinoflagellatlar tarafından temsil edilirken, biyomasa katkı bakımından baskın grup özellikle kopepod naupliileri tarafından temsil edilen mikrometazoa olmuştur. Benzer şekilde mikrometazoa baskınlığı diğer ılıman kıyısal sulardan da rapor edilmiştir (Fileman ve Leakey, 2005).



**Tablo 4.** Mikrozooplankton biyomasının ılıman kıyı ve nehir ağız sistemlerinde karşılaştırılması.

Çalışma bölgesi	Mikrozooplankton biyoması ( $\mu\text{g C l}^{-1}$ )	Referans
Kuzey Adriyatik Denizi	3-16	Revelante ve Gilmartin, 1983
İngiliz Kanalı	1,2-29,7	Linley vd., 1983
Osaka Körfezi, Japonya	0,81-26,4	Aizawa, 1987
Chesapeake Körfezi, Amerika	7,5-12,5	Dolan ve Coats, 1990
İç deniz, Japonya	0,53-28,3	Uye vd., 1996
Meksika Körfezi	2,2-18,9	Strom ve Strom, 1996
Kuzeybatı Avustralya	0,2-1,5	Moritz vd., 2006
Güneydoğu Karadeniz	0,7-28,9	Bu çalışma

Örnekleme istasyonları arasında toplam mikrozooplankton bolluğu ve biyoması bakımından istatistikî açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Bununla beraber gerçekleştirilen benzerlik küme analizi (Şekil 17-18) Güneydoğu Karadeniz’de termal tabakalaşma süresince tüm istasyonların mikrozooplankton tür çeşitliliği ve bolluğu bakımından birbirine yaklaşık %60 benzerlik gösterdiğini doğrulamaktadır.

Artan sıcaklıkla birlikte termal tabakalaşmanın mikrozooplankton komunitesi üzerindeki etkisi bilinmektedir (Revelante ve Gilmartin, 1983; Kiørboe, 1993). Bölgede toplam mikrozooplankton bolluğu ile sıcaklık arasında istatistikî açıdan önemli pozitif bir ilişki ( $R^2=0.51$ ), tuzluluk ile ise istatistikî açıdan önemli negatif bir ilişki ( $R^2=-0.59$ ) bulunmuştur. Mikrozooplanktonun bakteriden büyük boyutlu fitoplanktona kadar çok çeşitli av üzerinden beslenmektedir (Sherr ve Sherr, 2002). Mikrozooplankton birçok akuatik sistemde birincil üretimin baskın otlayıcısı olduğu ve günlük fitoplankton biyomasının yarısından fazlasını tükettiği bilinmektedir (Calbet, 2008). Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışmada fitoplankton biyomasının bir göstergesi olan klorofil-*a* ve mikrozooplankton bolluğu arasında bulunan istatistiksel olarak önemli ilişki, diğer birçok akuatik sistemden rapor edildiği üzere Karadeniz’de de mikrozooplanktonun birincil üretimi kontrolde önemli bir avcı olabileceğini göstermektedir. Mikrozooplanktonun zooplankton ve balık larvaları için

önemli bir besin kaynağı (Gifford ve Dagg, 1991; Calbet ve Saiz, 2005) olduğu göz önünde bulundurulduğunda, güneydoğu Karadeniz’de özellikle klorofil-*a* değerlerinin düşüş gösterdiği termal tabakalaşma periyodunda sayıca artış gösteren mikrozooplankton bölgede alt besinsel seviyelerden üst besinsel seviyelere enerji aktarımında önemli bir rol oynayabileceği düşünülmektedir.



## 5. ÖNERİLER

Bu çalışma ile Güneydoğu Karadeniz’de mikrozooplankton komünite yapısı, dinamiği ve çevre ile olan etkileşimi değerlendirilmiştir. Proje sonuçları güneydoğu Karadeniz’de mikrozooplanktonun bolluk ve biyomas bakımından önemli bir yer teşkil ettiğini göstermektedir.

Kalitatif bakımdan heterotrofik dinoflagellatlarca temsil edilen mikrozooplankton, bölge de bundan sonra yapılacak plankton çalışmalarında klasik anlayışın dışına çıkılarak, çoğu miksotrofik ve heterotrofik olan dinoflagellatların gelişmiş mikroskobik analizlerle, trofik modlarına göre ototrof ve heterotrof olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylelikle son yarım yüzyılda hızlı bir değişim sergileyen Karadeniz ekosisteminde, sistemin trofik durumu hakkında daha realistik yaklaşımlar yapılarak, model senaryolarının doğru çalışmasına katkıda bulunulabilir.

Değişen iklim koşulları altında mikrobiyal besin zinciri yoluyla enerji akışının artacağı beklenmektedir. Birçok ekosistemde birincil üretim ile üst besinsel seviyeler arasındaki kilit grup olarak değerlendirilen mikrozooplanktonun, değişen Karadeniz ekosisteminde planktonik besin zincirinin tüm katılımcıları ile eş zamanlı olarak basen genelinde izlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Birçok denizel sistemde fitoplanktonun ana tüketicisi olan mikrozooplanktonun fitoplankton üzerindeki kontrolü Karadeniz ekosisteminde basen genelinde değerlendirilmelidir. Mesozooplanktonun tercih edilen besinini oluşturan mikrozooplanktonun Karadeniz’de potansiyel avcıları belirlenmelidir. Besin zinciri içindeki enerji akışı belirlenmiş olması ile Karadeniz için daha gerçekçi karbon döngüsü yaklaşımları yapılabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Ağırbaş, E., 2010.** Gneydoğu Karadeniz’de Pigment Konsantrasyonu ve Birincil retim’in evre Koşulları İle Etkileşimi. Doktora Tezi. K.T.., Fen Bilimleri Enstitisi, Trabzon, 181 s.
- Ağırbaş, E., Feyzioglu, A.M., Kopuz, U. and Llewellyn, C.A., 2015.** Phytoplankton community composition in the south-eastern Black Sea determined with pigments measured by HPLC-CHEMTAX analyses and microscopy cell counts. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95 (1), 35 –52.
- Aizawa, Y., 1987.** Microzooplankton In Production Potential of Marine Bioresources and Marine Environment (Second Stage) in Japanese. *Sci. Tech. Agency, Tokyo*, 313–316.
- Anonim, 2000.** Trk Denizleri, Ulusal Deniz Araştırmaları Programı: 1997-2001 Akdeniz Marmara denizi ve Boğazlar sistemi, Karadeniz Atmosfer Alt projeleri 1995-1999 dnemi sentez raporu, Editrler: İlkay Salihoğlu, Erhan Mutlu, ODT, İel.
- Archer, S.D., Verity, P.G. and Stefels, J., 2000.** Impact of microzooplankton on the progression and fate of the spring bloom in fjords of northern Norway. *Aquat. Microb. Ecol*, 22, 27–42.
- Atkinson, A., 1996.** Subantarctic copepods in an oceanic, low chlorophyll environment: ciliate predation, food selectivity and impact on prey populations. *Mar. Ecol. Prog Ser*, 130, 85-96.
- Aytan, U., 2016.** Gneydoğu Karadeniz’de Yaz Dnemi Mikrozooplankton Dinamiği. *Yunus Araştırma Blteni*, 2, 151-162.
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Gray, J.S., Meyer-Reil, L.A. and Thingstad, F., 1983.** The ecological role of water column microbes in the sea. *Marine Ecological Progress Series*, 10, 257- 263.
- Banse, K., 1982.** Cell volumes, maximal growth rates of unicellular algae and ciliates, and the role of ciliates in the marine pelagial. *Limnol. Oceanogr.* 27, 6, 1059-1071.
- Beers, J.R. and Stewart, G.L., 1970.** Numerical abundance and estimated biomass of microzooplankton. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, 17, 67-87.
- Benli, H., 1987.** Investigations of plankton distribution in the southern Black Sea and its effects on particle flux. In: Degens, E.T., Izdar, E., Honjo, S. (Eds.), *Particle Flux in the Ocean. Mitteilungen des Geologisch -Paleontologischen Institut, Universitat Hamburg*, 62, 77- 87.

- Berggreen, U., Hansen, B. and Kiørboe, T., 1988.** Food size spectra, ingestion and growth of the copepod *Acartia tonsa* during development: implications for determination of copepod production. *Mar Biol*, 99, 341-352.
- Besiktepe, S.T., Unluata, U. and Bologna, A.S., 1999.** Environmental Degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies. NATO Science Series, 2/56, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 393 pp.
- Bologna, A.S., 1986.** Planktonic Primary Productivity of the Black Sea: A Review. *Thalassia Jugoslavica*, 21-22, 1-2, 1-22.
- Breteler, K.W., Schogt, N. and Baas, M., 1999.** Trophic upgrading of food quality by protozoans enhancing copepod growth: role of essential lipids. *Marine Biology*, 135, 191–198.
- BSC, 2008.** State of the environment of the Black Sea (2001–2006/7). Oguz T (ed) The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution publication, Istanbul.
- Burkill, P.H., Edwards, E.S., John, A.W.G. and Sleigh, M.A., 1993.** Microzooplankton and their herbivorous activity in the northeastern Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research II*, 40, 479-493.
- Buskey, E.J. 1993.** Annual pattern of micro- and mesozooplankton abundance and biomass in a subtropical estuary. *J. Plank. Res.*, 15, 8, 907-924.
- Calbet, A. and Landry M.R., 1999.** Mesozooplankton influences on the microbial food web: Direct and indirect trophic interactions in the oligotrophic open ocean. *Limnol.Oceanogr*, 44,1370-1380.
- Calbet, A., 2001.** Mesozooplankton grazing effect on primary production: A global comparative analysis in marine ecosystems. *Limnol Oceanogr*, 46, 824-1830.
- Calbet, A., Landry, M.R. and Nunnery, S., 2001.** Bacteria-flagellate interactions in the microbial food web of the oligotrophic subtropical North Pacific. *Aquat Microb. Ecol*, 23, 283-292.
- Calbet, A. and Landry, M.R., 2004.** Phytoplankton growth, microzooplankton grazing, and carbon cycling in marine systems. *Limnology and Oceanography*, 49, 51–57.
- Calbet, A. and Saiz, E., 2005.** The ciliate-copepod link in marine food ecosystems. *Aq. Microb. Ecol.*, 38, 157-167.
- Capriulo, G.M., Sherr, E.B. and Sherr, B.F., 1991.** Trophic behaviour and related community feeding activities of heterotrophic marine protists. In: Reid PC, Turley CM, Burkill PH (eds) *Protozoa and Their Role in Marine Processes*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 219-264.

- Caron, D.A. and Goldman, J.C., 1990.** Protozoan nutrient regeneration. In: Capriulo GM (ed) Ecology of Marine Protozoa. Oxford University Press, New York, 283-306.
- Caron, D.A. and Hutchins, D.A., 2012.** The effects of changing climate on microzooplankton grazing and community structure: Drivers, predictions and knowledge gaps. *Journal of Plankton Research*, 35, 235–252.
- Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.L., Fichefet, T., Friedlingstein, P. and Gao, X., 2013.** Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ed. by T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley. Cambridge University Press, New York, Cambridge, NY, UK, USA, 1552 pp.
- Cushing, D.H., 1989.** A difference in structure between ecosystems in strongly stratified waters and in those that are only weakly stratified. *Journal of Plankton Research*, 11, 1-13.
- Dagg, M.J., 1995.** Ingestion of phytoplankton by the micro- and mesozooplankton communities in a productive subtropical estuary. *J. Plank. Res.*, 17, 4, 845-857.
- Daskalov, G.M., 2002.** Overfishing drives a trophic cascade in the Black Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 225, 53-63.
- Dolan, J.R., 1997.** Phosphorus and ammonia excretion by planktonic protists. *Mar Geol*, 139, 109-122.
- Dolan, J.R. and Coats, D.W., 1990.** Seasonal abundance of planktonic ciliates and microflagellates in mesohaline Chesapeake Bay waters. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, 31, 157–175.
- Dupuy, C., Le Gall, S., Hartmann, H.J. and Bréret, M., 1999.** Retention of ciliates and flagellates by the oyster *Crassostrea gigas* in French Atlantic coastal ponds: protists as a trophic link between bacterioplankton and benthic suspension-feeders. *Mar Ecol Prog Ser*, 177, 165-175.
- Dussart, B.M., 1965.** Les différentes catégories de plancton. *Hydrobiologia*, 26, 72-74.
- Edwards, E.S. and Burkill, P.H., 1995.** Abundance, biomass and distribution of microzooplankton in the Irish Sea. *Journal of Plankton Research*, 17, 4, 771-782.
- Eker-Develi, E. and Kideys, A.E., 2003.** Distribution of phytoplankton in the southern Black Sea in summer 1996, spring and autumn 1998. *Journal of Marine Systems*, 39, 203-211.

- Fenchel, T., 1982.** Ecology of Heterotrophic Microflagellates.II. Bioenergetics and growth. *Marine Ecological Progress Series*, 8, 225- 231.
- Fileman, E.S., Cummings, D.G., and Llewellyn, C., 2002.** Microplankton community structure and the impact of microzooplankton grazing during an *Emiliana huxleyi* bloom, off the Devon coast. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 82, 359-368.
- Fileman, E.S., and Leakey, R.J.G., 2005.** Microzooplankton dynamics during the development of the spring bloom in the north-east Atlantic. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 85, 741-753.
- Fukami, K., Watanabe, A., Fujita, S., Yamaoka, K. and Nishijima, T., 1999.** Predation on naked protozoan microzooplankton by fish larvae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 185, 285–291.
- Galvão, H.M., Fritz, A.T. and Schmaljohann, R., 1989.** Ingestion of gametes by protists: fate of surplus reproductive energy in the sea. *Mar Ecol Prog Ser* 51:215-220.
- Gaul, W., Antia, A.N. and Koeve, W., 1999.** Microzooplankton grazing and nitrogen supply of phytoplankton growth in the temperate and subtropical northeast Atlantic. *Mar Ecol Prog Ser*, 189, 93-104.
- Gavrilova, N. and Dolan, J., 2007.** A Note on Species Lists and Ecosystem Shifts: Black Sea Tintinnids, Ciliates of the Microzooplankton. *Acta Protozool.*, 46, 279–288.
- Gifford, D.J. and Dagg, M.J., 1988.** Feeding of the estuarine copepod *Acartia tonsa* Dana: Carnivory VS. Herbivory in Natural Microplankton Assemblages. *Bulletin of Marine Science*, 43, 3, 458-468 (11).
- Gifford, D.J. and Dagg, M.J., 1991.** The microzooplankton-mesozoo- plankton link: consumption of planktonic protozoa by the calanoid copepods *Acartia tonsa* Dana and *Neocalanus plumchrus* Murukawa. *Mar Microb Food Webs*, 5, 161-177.
- Goldman, J.C. and Caron, D.A., 1985.** Experimental studies on an omnivorous microflagellate: implications for grazing and nutrient regeneration in the marine microbial food chain. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*. 32, 8, 899-915.
- Gomez, F. and Boicenco, L., 2004.** An annotated checklist of dinoflagellates in the Black Sea. *Hydrobiologia*, 517, 43–59.
- González, J.M. and Suttle, C.A., 1993.** Grazing by marine nanoflagellates on viruses and virussized particles: ingestion and digestion. *Mar Ecol Prog Ser* 94:1-10.

- Hansen, P.J., 1991.** Quantitative importance and trophic role of heterotrophic dinoflagellates in a coastal pelagical food web. *Marine Ecology Progress Series*, 73, 253-261.
- Hansen, B., Bjørnsen, P.K. and Hansen, P.J., 1994.** The size ratio between planktonic predators and their prey. *Limnol Oceanogr*, 39, 95-403.
- Heinbokel, J.F., 1978.** Studies on the functional role of tintinnids in the southern California Bight. I. Grazing and growth rates in laboratory cultures. *Mar Biol*, 47, 177-189.
- Horner, R.A., Postel, J.R., Halsband-Lenk, C., Pierson, J.J., Pohnert, G. and Wichard, T., 2005.** Winter-spring phytoplankton blooms in Dabob Bay, Washington. *Prog Oceanogr*, 67, 286–313.
- Jeong, H.J., Lee, C.W., Yih, W.H. and Kim, J.S., 1997.** *Fragilidium* cf. *mexicanum*, a thecate mixotrophic dinoflagellate which is prey for and a predator on co-occurring thecate heterotrophic dinoflagellate *Protooperidinium* cf. *divergens*. *Mar Ecol Prog Ser*, 151, 299-305.
- John, E.H. and Davidson, K., 2001.** Prey selectivity and the influence of prey carbon: nitrogen ratio on microflagellate grazing. *J Exp Mar Biol Ecol*, 260, 93-111.
- Jonsson, P.R. and Tiselius, P., 1990.** Feeding behaviour, prey detection and capture efficiency of the copepod *Acartia tonsa* feeding on planktonic ciliates. *Mar Ecol Prog Ser*, 60, 35-44.
- Jumars, P.A., Penry, D.L., Baross, J.A., Perry, M.J. and Frost, B.W., 1989.** Closing the microbial loop: dissolved carbon pathway to heterotrophic bacteria from incomplete ingestion, digestion and absorption in animals. *Deep-Sea Res*, 36, 483-495.
- Jürgens, K. and De Mott, W.R., 1995.** Behavioral flexibility in prey selection by bacterivorous nanoflagellates. *Limnol Oceanogr*, 40, 1503-1507.
- Kara, B., Wallcraft, A.J., Hurlburt, H.R., Stanev, E.V., 2008.** Air-fluxes and river discharges in the Black Sea with a focus on Danube and Bosphorus. *Journal of Marine System*, 74, 74-95.
- Kideys, A. E., 2002.** Fall and rise of the Black Sea ecosystem. *Science*, 297, 1482-1484.
- Kjørboe, T. and Visser, A.W., 1999.** Predator and prey perception in copepods due to hydromechanical signals. *Mar Ecol Prog Ser*, 179, 81-95.
- Kleppel, G.S., 1993.** On the diets of calanoid copepods. *Mar Ecol Prog Ser*, 9, 183-195.



- Klein Breteler, W.C.M., Schogt, N., Baas, M., Schouten, S. and Kraay, G.W., 1999.** Trophic upgrading of food quality by protozoans enhancing copepod growth: role of essential lipids. *Mar Biol*, 135,191-198.
- Kopuz, U., 2012.** Mikrobiyal Döngüde Pikoplankton Dinamiği ve Güneydoğu Pelajik Besin Zincirindeki Önemi. Doktora Tezi. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 179 s.
- Koray, T., Gökpınar, Ş., Polat, S., Türkoğlu, M., Yurga, L., Çolak, F., Benli, H.A., ve Sarıhan, E., 2000.** Türkiye Denizlerinin (Karadeniz, Ege Denizi ve Kuzeydoğu Akdeniz) Mikroplankton (Bir Hücreliler) Topluluklarının Kalitatif Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Su Ürünleri Dergisi*, 17, 3-4, 231-247.
- Kurilov, A., 2007.** A Synopsis of the Black Sea Fauna of Planktonic Ciliate. *Protistology*, 5, 1, 47.
- Landry, M.R., Barber, R.T., Bidigare, R., Chai, F., Coale, K.H., Dam, H.G., Lewis, M.R., Lindley, S.T., McCarthy, J.J., Roman, M.R., Stoecker, D.K., Verity, P.G. and White, J.R., 1997.** Iron and grazing constraints on primary production in the central equatorial Pacific: An EqPac synthesis. *Limnol Oceanogr*, 42, 405-418.
- Landry, M.R., Constantinou, J., Latasa, M., Brown, S.L., Bidigare, R.R. and Ondrusek, M.E., 2000.** Biological response to iron fertilization in the eastern equatorial Pacific (IronEx II). III. Dynamics of phytoplankton growth and microzooplankton grazing. *Marine Ecology Progress Series*, 201, 57-72.
- Landry, M.R., and Calbet, A., 2004.** Microzooplankton production in the ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 61, 501-507.
- Larink, O. and Westheide, W., 2006.** Coastal plankton. Photoguide for European seas. Munich, Pfeil, pp.144.
- Legendre, L. and Le Fèvre, J., 1995.** Microbial food webs and the export of biogenic carbon in oceans. *Aquat Microb Ecol*, 9, 69-77.
- Lessard, E.J. and Swift, E., 1986.** Dinoflagellates from the North Atlantic classified as phototrophic or heterotrophic by epifluorescence microscopy. *Journal of Plankton Research*, 8, 1209-1215.
- Leising, A.W., Horner, R.A., Pierson, J.J., Postel, J.R. and HalsbandLenk, C., 2005.** The balance between microzooplankton grazing and phytoplankton growth in a highly productive estuarine fjord. *Prog Oceanogr*, 67, 366-683.
- Linley, E.A.S., Newell, R.C. and Lucas, M.I., 1983.** Quantitative relationships between phytoplankton, bacteria and heterotrophic microflagellates in shelf waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser*, 12, 77-91.

- Longhurst, A.R., 1991.** Role of the marine biosphere in the global carbon cycle. *Limnol Oceanogr*, 36, 1507-1526.
- Marshall, S.M., 1969.** Protozoa Order Tintinnida, In Fraser, J. H. Haser and Hansen, V. Kr. (eds), *Fishes d'identification du Zooplankton. Cons. Per. Int. Explor. Mer Zooplankton Sheet*, Charlottenlund, Denmark, pp.117-127.
- McQueen, D.J., Johannes, M.R.S., Post, J.R., Stewart, T.J. and Lean, D.R.S., 1989.** Bottom-Up and Top-Down Impacts on Freshwater Pelagic Community Structure. *Ecological Monographs*, 59, 289- 309.
- Menden-Deuer, S. and Lessard, E.J., 2000.** Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnol. Oceanogr.*, 45, 569-579.
- Montagnes, J.S.D. and Lynn, D.H., 1988.** Taxonomic descriptions of one new species and redescription of four species in the family Strombiidae (Ciliophora, Oligotrichida). *J. Protozool.*, Lawrence, 35(2),189-197.
- Monti, M., Minocci, M., Milani, L. and Umani, S.F., 2012.** Seasonal and interannual dynamics of microzooplankton abundances in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea, Italy) *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 115, 149-157.
- Moritz, C.M., Montagnes, D., Carleton, J.H., Wilson, D. and McKinnon, A.D., 2006.** The potential role of microzooplankton in a northwestern Australian pelagic food web *Mar. Biol. Res.*, 2, 1–13.
- Nagata, T. and Kirchman, D.L., 1991.** Release of dissolved free and combined amino acids by bacterivorous marine flagellates. *Limnol Oceanogr*, 36, 433-443.
- Nagata, T. and Kirchman, D.L., 1992.** Release of macromolecular organic complexes by heterotrophic marine flagellates. *Mar Ecol Prog Ser*, 83, 233-240.
- Nagata, T., 2000.** Production mechanisms of dissolved organic matter. In: Kirchman DL (ed) *Microbial Ecology of the Oceans*. Wiley-Liss Inc, New York, p 121–152.
- Nesterova, D.A., Moncheva, S., Mikaelyan. A. and Vershinin, A., 2008.** The state of phytoplankton. In: Oguz T (ed) *State of the environment of the Black Sea (2001–2006/7)*. The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution publication, Istanbul, p 173–200.
- Neuer, S. and Cowles, T.J., 1994.** Protist herbivory in the Oregon upwelling system. *Mar. Ecol.Prog. Ser.*, 113, 147-162.
- Neuer, S. and Franks, P.J.S., 1993.** Determination of ammonium uptake and regeneration rates using the seawater dilution method. *Mar Biol*, 116, 497-505.

- Nielsen, T.G. and Maar, M., 2007.** Effects of a blue mussel *Mytilus edulis* bed on vertical distribution and composition of the pelagic food web. *Mar Ecol Prog Ser*, 339, 185- 198.
- Nomura, H., Ishimaru, T. and Murano, M., 1992.** Microzooplankton assemblage and its seasonal variation in Tokyo Bay, Japan. *La mer*, 30, 57–72.
- Oğuz, T., Dippner, J.W. and Kaymaz, Z., 2006.** Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties a interannual-to-decadal time scales. *Journal of Marine Systems*, 60, 235- 254.
- Oguz, T. and Gilbert, D., 2007.** Abrupt transitions of the top-down controlled Black Sea pelagic ecosystem during 1960-2000: evidence for regime-shifts under strong fishery exploitation and nutrient enrichment modulated by climate-induced variations. *Deep Sea Res. I*, 54, 220-242.
- Oguz, T., Salihoglu, B., Moncheva, S. and Abaza, V. 2012.** Regional peculiarities of community-wide trophic cascades in strongly degraded Black Sea food web. *J. Plankton Res.*, 34, 338-343.
- Oguz, T., Salihoglu, B., Moncheva, S. and Abaza, V., 2012a.** Regional peculiarities of community-wide trophic cascades in strongly degraded Black Sea food web. *J. Plankton Res.*, 34, 338-343.
- Oguz, T., Akoglu, E. and Salihoglu, B., 2012b.** Current state of over- fishing and its regional differences in the Black Sea. *Ocean and Coastal Management*, 58, 47-56.
- Olson, M.B., and Strom, S.L., 2002.** Phytoplankton growth, microzooplankton herbivory and community structure in the southeast Bering Sea: Insight into the formation and temporal persistence of an *Emiliana huxleyi* bloom. *Deep-Sea Res. II*, 49, 5969–5990.
- Putland, J.N. and Iverson, R.L., 2007.** Microzooplankton: major herbivores in an estuarine planktonic food web. *Mar Ecol Prog Ser* 345:63-73.
- Putt, M. and Stoecker, D.K., 1989.** An experimentally determined carbon:volume ratio for marine ‘oligotrichous’ ciliates from estuarine and coastal waters. *Limnol. Oceanog.*, 34, 1097-1103.
- Relevante, N. and Gilmartin, M., 1983.** The microzooplankton distribution in the northern Adriatic Sea with emphasis on the importance of ciliated protozoans. *Oceanol. Acta*, 6, 407-417.
- Sherr, E.B., 1988.** Direct use of high molecular weight polysaccharide by heterotrophic flagellates. *Nature*, 335, 348-351.
- Sherr, B.F., Sherr, E.B., Andrew, T.L., Fallon, R.D. and Newell, S.Y., 1986.** Trophic interactions between heterotrophic Protozoa and bacterioplankton in

estuarine water analyzed with selective metabolic inhibitors. *Marine Ecological Progress Series*, 32, 169- 179.

**Sherr, E.B. and Sherr, B.F., 1994.** Bacterivory and herbivory: Key roles of phagotrophic protists in pelagic food webs. *Microb. Ecol.*, 28, 223-235.

**Sherr, E.B. and Sherr, B.F., 2002.** Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 81, 293- 308.

**Sorokin, Y.U.I., 1983.** The Black Sea. in B.H. Ketchum (ed.). *Estuaries and Enclosed Seas. Ecosystems of the World*, Elsevier, 253- 292.

**Smetacek, V., 1981.** The annual cycle of protozooplankton in the Kiel Bight. *Mar. Biol.*, 63, 1–11.

**Steidinger, K.A. and Tangen, K., 1997.** Dinoflagellates, Identifying marine phytoplankton. C.R. Tomas (ed.), *Acad. Press, St. Petersburg, FL*, pp. 387- 584.

**Stelmakh, L. and Georgieva, E., 2014.** Microzooplankton: The Trophic Role and Involvement in the Phytoplankton Loss and Bloom-Formation in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 955-964. DOI: 10.4194/1303-2712-v14\_4\_15.

**Stoecker, D.K., Cucci T.L., Hulburt, E.M. and Yentsch, C.S., 1986.** Selective feeding by *Balanion* sp. (Ciliata: Balanionidae) on phytoplankton that best support its growth. *J Exp Mar Biol Ecol*, 95, 113-130.

**Stoecker, D.K., Verity, P.G., Michaels, A.E. and Davis, L.H., 1987.** Feeding by larval and post-larval ctenophores on microzooplankton. *J Plankton Res*, 9, 667-683.

**Stoecker, D.K. and Capuzzo, J.M., 1990.** Predation on Protozoa: its importance to zooplankton. *Journal of Plankton Research*, 12, 5, 891-908.

**Stoecker, D., Weigel, A., Stockwell, D. and Lomas, M., 2014.** Microzooplankton: Abundance, biomass and contribution to chlorophyll in the Eastern Bering Sea in summer. *Deep Sea Res. II*, 109: 134- 144.

**Strom, S.L. and Strom, M.W., 1996.** Microplankton growth, grazing, and community structure in the northern Gulf of Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 130, 229–240.

**Strom S.L., Benner, R., Ziegler, S. and Dagg, M.J., 1997.** Planktonic grazers are a potentially important source of marine dissolved organic carbon. *Limnol Oceanogr*, 42, 1364-1374.

**Taniguchi, A., 1997.** Suborder Tintinnida. In Chinare, M., and Murano, M. (eds), *An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan*. Tokyo University Press, Tokyo, 421-483.

- Teixeira, I., 2009.** Mikrozooplankton feeding impact in three different European coastal systems. PhD Thesis., Instituto de Ciencias Biomedicas de Abel Salazar da Universidade do Porto.
- Thingstad, T.F., Hagström, A. and Rassoulzadegan, F., 1997.** Accumulation of degradable DOC in surface waters: Is it caused by a malfunctioning microbial loop? *Limnol. Oceanogr*, 42, 398-404.
- Tillmann, U., 2004.** Interactions between planktonic microalgae and protozoan grazers. *J. Eukaryot Microbiol*, 51, 156-168.
- Tranvik, L.J., Sherr, E.B. and Sherr, B.F., 1993.** Uptake and utilization of 'colloidal DOM' by heterotrophic flagellates in seawater. *Mar Ecol Prog Ser*, 92, 301-309.
- Turner, J.T., Tester, P.A. and Ferguson, R.L., 1988.** The marine cladoceran *Penilia avirostris* and the "microbial loop" of pelagic food webs. *Limnol Oceanogr*, 33, 245-255.
- URL-1, 2017** [https://www.google.com.tr/search?q=mikrozooplankton+feeding&espv=2&biw=1517&bih=708&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiEz\\_Lun\\_bQAhUJJMAKHS1ZDDsQ\\_AUIBigB#imgrc=RFM7\\_Xppx\\_bDMM%3A](https://www.google.com.tr/search?q=mikrozooplankton+feeding&espv=2&biw=1517&bih=708&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiEz_Lun_bQAhUJJMAKHS1ZDDsQ_AUIBigB#imgrc=RFM7_Xppx_bDMM%3A) (15 Mart 2017).
- Uye, S.I., Nagano, N. and Tamaki, H., 1996.** Geographical and Seasonal Variations in Abundance, Biomass and Estimated Production Rates of Microzooplankton in the Inland Sea of Japan, *Journal of Oceanography Vol. 52*, pp. 689 to 703.
- Vargas, C.A. and González, H.E., 2004.** Plankton community structure and carbon cycling in a coastal upwelling system. II. Microheterotrophic pathway. *Aquat Microb Ecol*, 34,165-180.
- Verity, P.G., Stoecker, D.K., Sieracki, M.E., and Nelson, J.R., 1993.** Grazing, growth and mortality of microzooplankton during the 1989 North Atlantic spring bloom at 47N, 18W. *Deep-Sea Research I*, 40, 1793-1814.
- Verity, P.G., Wassmann, P., Frischer, M.E., Howardjones, M.H., and Allen, A.E., 2002.** Grazing of phytoplankton by microzooplankton in the Barents Sea during early summer. *J. Mar. Syst.*, 38, 109–123.
- Ward, B.B. and Bronk, D.A., 2001.** Net nitrogen uptake and DON release in surface waters: importance of trophic interactions implied from size fractionation experiments. *Mar Ecol Prog Ser*, 219,11-24.
- Wassmann, P., 1998.** Retention versus export food chains: processes controlling sinking loss from marine pelagic systems. *Hydrobiologia* 363:29-57.
- Wong, W.H., Levinton, J.S., Twining, B.S. and Fisher, N., 2003.** Assimilation of micro- and mesozooplankton by zebra mussels: A demonstration of the food

web link between zooplankton and benthic suspension feeders. *Limnol Oceanogr*, 48, 308- 312.

**Yılmaz, A., 2002.** Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 26, 219-235.



## EKLER

**EK-1.** Örnekleme istasyonlarında rastlanılan mikrozooplankton türlerine ait minimum-maksimum hücre bolluk değerleri (hücre.l<sup>-1</sup>) ve örnekleme süresince rastlanma sıklığı (%F).

	NEHİR AĞZI		KIYI		AÇIK	
	Bolluk	%F	Bolluk	%F	Bolluk	%F
<b>DINOFLAGELLATA</b>						
<b>Thecate</b>						
<i>Dinophysis rodundata</i>	0-198	76	0-133	82	0-125	50
<i>Diplopsalis lenticula</i>	0-232	71	0-143	53	0-128	50
<i>Oblea rotundata</i>	0-218	71	0-488	76	0-187	57
<i>Oxyphysis</i> sp.	0-5	12	0-3	6	0-3	7
<i>Preperidinium meunieri</i>	0-57	59	0-68	59	0-113	50
<i>Protoceratium reticulatum</i>	0-542	59	0-287	71	0-112	79
<i>Protoceratium</i> sp.	0-7	6	0	0	0	0
<i>Protoperidinium bipes</i>	0-27	24	0-38	41	0-13	14
<i>Protoperidinium brevipes</i>	0-3	35	0-15	35	0-27	50
<i>Protoperidinium cloudicans</i>	0-88	59	0-178	65	0-23	50
<i>Protoperidinium conicum</i>	0-43	82	0-12	82	0-8	57
<i>Protoperidinium depressum</i>	0-12	65	0-17	47	0-8	43
<i>Protoperidinium divergens</i>	0-38	65	0-37	59	0-78	57
<i>Protoperidinium granii</i>	0-32	12	0-5	29	0-5	7
<i>Protoperidinium linois</i>	0-17	18	0-92	12	0-5	21
<i>Protoperidinium minutum</i>	0-13	41	0-17	47	0-2	7
<i>Protoperidinium oblongum</i>	0-2	12	0-5	12	0-3	7
<i>Protoperidinium obtusum</i>	0-25	12	0-7	6	0-1	7
<i>Protoperidinium ovatum</i>	0-17	6	0-298	12	0-3	7
<i>Protoperidinium pallidum</i>	0-8	12	0-25	41	0-5	29

<i>Protoperidinium pellucidum</i>	0-138	35	0-728	53	0-22	21
<i>Protoperidinium punctulatum</i>	0	0	0	0	0-2	7
<i>Protoperidinium sabinerme</i>	0-12	24	0-15	29	0-3	29
<i>Protoperidinium stenii</i>	0-165	88	0-245	76	0-135	71
<i>Protoperidinium</i> sp. 1	0-35	18	0-2	6	0-2	7
<i>Protoperidinium</i> sp. 2	0-13	6	0-52	6	0-7	7
<i>Protoperidinium</i> sp. 3	0-2	6	0	0	0-3	7
<i>Protoperidinium</i> sp. 4	0-12	6	0	0	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp. 5	0-3	12	0-32	6	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp. 6	0-2	6	0-2	6	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp. 7	0-87	18	0-372	6	0-82	7

---

#### **Atheceta**

<i>Amphidinium</i> sp.	0-7	12	0-2	6	0-2	14
<i>Cochlodinium</i> sp.	0-3	12	0-2	12	0-3	14
<i>Gymnodium</i> sp.1	0-88	47	0-58	65	0-35	71
<i>Gymnodium</i> sp. 2	0	0	0	0	0-2	7
<i>Gymnodium</i> sp. 3	0-3	12	0-25	6	0	0
<i>Gymnodium</i> sp.4	0-338	71	0-153	65	0-163	71
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	0-23	12	0-58	6	0-58	14
<i>Gyrodinium spirale</i>	0-32	35	0-18	35	0-23	50
<i>Gyrodinium</i> sp.	0-8	53	0-37	41	0-13	29
<i>Katodinium glaucum</i>	0-48	29	0-25	47	0-18	36
<i>Polykrikos schwartzii</i>	0-28	18	0-8	24	0-3	29
<i>Polykrikos</i> sp.	0-27	18	0-15	18	0-8	29
<i>Pronoctiluca</i> sp.	0-15	41	0-92	59	0-55	36
<i>Scaphodinium mirabile</i>	0-65	47	0-82	47	0-37	29
<i>Spatulodinium pseudo noctiluca</i>	0-5	12	0-27	12	0-5	21
<i>Warnowia</i> sp.	0-3	6	0	0	0-3	21

---

#### **CILIATA**

---



<b>Loricatae</b>						
<i>Ampharellopsis acuta</i>	0-113	18	0-122	24	0-75	21
<i>Codonella perforata</i>	0-23	12	0-13	29	0-2	7
<i>Codonellopsis</i> sp.	0-2	6	0	0	0-8	14
<i>Eutintinnus</i> sp. 1	0-38	18	0-3	12	0	0
<i>Eutintinnus</i> sp. 2	0-3	6	0-5	6	0	0
<i>Favella</i> sp.	0-3	6	0	0	0-2	7
<i>Metacyclis</i> sp.	0-3	29	0-83	12	0-7	21
<i>Stenosemella nivalis</i>	0-2	12	0-2	6	0-38	7
<i>Stenosemella</i> sp.	0-23	6	0-2	6	0-2	7
<i>Tintinnopsis beroide</i>	0	0	0	0	0-5	7
<i>Tintinnopsis campanula</i>	0-3	6	0-2	12	0-2	7
<i>Tintinnopsis favella</i>	0	0	0	0	0-2	7
<i>Tintinnopsis nana</i>	0	0	0	0	0-3	7
<i>Tintinnopsis</i> sp.1	0-2	6	0-12	6	0-15	7
<i>Tintinnopsis</i> sp.2	0-8	6	0-8	12	0-12	21
<i>Tintinnopsis</i> sp.3	0-7	12	0-8	12	0-25	14
<i>Tintinnopsis</i> sp.4	0-2	6	0	0	0-5	7
<i>Tintinnopsis</i> sp.5	0	0	0-2	6	0-2	7
<i>Tintinnopsis</i> sp.6	0-28	24	0-2	6	0	0
<b>Aloricatae</b>						
<i>Didinium</i> sp.	0-5	6	0	0	0-2	7
<i>Laboea strobila</i>	0-7	29	0-5	29	0-4	29
<i>Lohmaniella oviformis</i>	0-7	12	0-2	6	0	0
<i>Mesodinium rubrum</i>	0-32	53	0-42	47	0-7	64
<i>Mesodinium</i> sp.	0	0	0	0	0-2	7
<i>Nassula</i> sp.	0	0	0-42	6	0	0
<i>Philasterine scuticociliates</i>	0	0	0	0	0-5	7
<i>Philasterine</i> sp.	0	0	0-2	12	0-2	7
<i>Strombidinopsis acuminatum</i>	0-5	6	0-3	6	0	0

<i>Strombidium conicum</i>	0-13	24	0-7	18	0-5	14
<i>Strombidium emergens</i>	0-8	29	0-3	24	0-5	21
<i>Strombidium wulffi</i>	0-22	29	0-17	41	0-4	14
<i>Strombidium sp.1</i>	0-28	65	0-18	76	0-25	71
<i>Strombidium sp.2</i>	0-2	6	0-2	6	0-2	7
<i>Strombidium sp.3</i>	0-5	18	0-7	24	0-2	7
<i>Strombidium sp.4</i>	0-3	12	0-8	24	0-2	14
<i>Strombidium sp.5</i>	0-27	18	0-42	29	0-18	43
<i>Strombidium sp.6</i>	0-5	24	0-5	12	0-8	14
<i>Strombidium sp.7</i>	0-2	6	0-8	6	0	0
<i>Strombidium sp.8</i>	0-7	6	0	0	0-3	21
<i>Strombidium sp.9</i>	0-18	6	0-12	6	0	0
<i>Strombidium sp.10</i>	0-5	29	0-57	12	0-8	29
<i>Strobilidium spiralis</i>	0-15	41	0-32	29	0-5	29
<i>Strobilidium sp.1</i>	0	0	0-7	18	0	0
<i>Strobilidium sp.2</i>	0-3	6	0-498	24	0-24	14
<i>Strobilidium sp.3</i>	0-37	65	0-35	41	0-22	64
<i>Strobilidium sp.</i>	0-18	6	0	0	0	0
<i>Tiarina fusus</i>	0-25	59	0-32	65	0-7	79
<i>Tontonia sp.</i>	0-23	71	0-22	82	0-28	79
<i>Tanımlanamayan Ciliata</i>	0-47	82	0-45	88	0-28	86

---

#### SILICOFLAGELLATA

---

<i>Dictioca speculum</i>	0-65	53	0-287	59	0-125	71
--------------------------	------	----	-------	----	-------	----

---

#### MİKROMETAZOA

##### ROTIFERA

---

<i>Brachionus dimidiatus</i>	0-27	18	0-97	12	0-7	21
<i>Rotifera sp.</i>	0-2	6	0-45	24	0-45	14
<i>Synchaeta sp.</i>	0	0	0-3	18	0-8	14

---

##### CRUSTACEA NAUPLI

---

Copepoda Naupli	0-353	94	0-198	94	0-197	93
-----------------	-------	----	-------	----	-------	----

---

<b>MEROPLANKTON</b>						
Bivalve larvası	0-15	41	0	0	0	0
Plathelminthes larvası	0-1	6	0	0	0	0
Poliket larvası	0-3	12	0-12	6	0-3	7
<b>HALOPLANKTON</b>						
Planula	0-2	6	0-3	6	0	0



## ÖZGEÇMİŞ

Rıza USTA, 14 Nisan 1987 tarihinde Rize'nin merkez ilçesine bağlı Pekmezli Köyü'nde doğdu. İlkokulunu Pekmezli İlkokulu'nda, ortaokulunu Rize merkezde Mehmet Akif ERSOY Ortaokulu'nda, liseyi yine Rize merkezde Rize Lisesi'nde tamamladı. 2004 yılında kazandığı Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden 2009 yılı Mart ayında mezun oldu. Eğitimine bir süre ara verdikten sonra 2014 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. Askerliğini yapmış olup medeni hali evlidir. 2015 yılında işe başladığı Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Pazarköy Çay Fabrikası'nda Vardiya Mühendisi olarak çalışmaktadır.