



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**KEPEZ LİMANI FARKLI ZOOPLANKTON GRUPLARININ
KARARLI İZOTOP KOMPOZİSYONLARININ ÇEVRESEL
DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ**

Sinan UZUNDUMLU

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

KEPEZ LİMANI FARKLI ZOOPLANKTON GRUPLARININ
KARARLI İZOTOP KOMPOZİSYONLARININ ÇEVRESEL
DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ

Sinan UZUNDUMLU

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 18/01/2019

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ

ÇANAKKALE

Sinan UZUNDUMLU tarafından Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEş yönetiminde hazırlanan ve **18/01/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Kepez Limanı Farklı Zooplankton Gruplarının Kararlı İzotop Kompozisyonlarının Çevresel Değışkenlerle İlişkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı**’nda **DOKTORA TEZİ** olarak oybirliğı/oyokluğı ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEş

Başkan

Prof. Dr. Tolga GÖKSAN

Üye

Prof. Dr. şükran YALÇIN ÖZDİLEK

Üye

Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ

Üye

Doç. Dr. Mehmet ÇULHA

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu alışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FDK-2016-869

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Sinan UZUNDUMLU

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bana sürekli yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yardımlarını hiçbir zaman benden esirgemeyen kıymetli danışman hocam sayın Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ'e, çalışmamın gelişmesinde önemli rolleri olan değerli tez izleme komitesi üyelerim Prof. Dr. Şükran YALÇIN ÖZDİLEK ve Prof. Dr. Tolga GÖKSAN'a, jüri üyelerim Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ ve Doç. Dr. Mehmet ÇULHA'ya, bu çalışmayı FDK-2016-869 no'lu proje kapsamında destekleyen Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı'na, doktora dönemi süresince şahsıma burs olanağı tanıyan Kredi ve Yurtlar Kurumu Genel Müdürlüğü'ne, lojistik destek sağlayan Çanakkale Liman İşletmesi San. ve Tic. A.Ş.'ne ve Liman Müdürü Evren BECEREN'e, laboratuvar çalışmalarımnda yardımlarından dolayı Arş. Gör. Dr. Selin ERTÜRK GÜRKAN'a, çalışmam boyunca bana manevi desteğini her zaman hissettiren değerli eşime ve hayatımın her evresinde benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sinan UZUNDUMLU

Çanakkale, Ocak 2019

SİMGELER VE KISALTMALAR

İb.	İlkbahar mevsimi
Sb.	Sonbahar mevsimi
i1	1. istasyon
i2	2. istasyon
i3	3. istasyon
i4	4. istasyon
i5	5. İstasyon
ist.	İstasyon
Ort.	Ortalama
SD	Standart sapma
min	Minimum
max	Maksimum
C	Karbon
N	Azot
ÇO	Çözünmüş oksijen
pH	Power of hydrogen
AKM	Askıda katı madde
Chl- <i>a</i>	Klorofil- <i>a</i>
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
GF/C	Cam fiber filtre (1,2 mikrometre göz açıklığı)
GF/F	Cam fiber filtre (0,7 mikrometre göz açıklığı)
n	Örnek sayısı
m	Metre
km	Kilometre
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre
L	Litre

mm	milimetre
ml	Mililitre
nm	Nanometre
m ³	Metreküp
‰	Binde oranı
%	Yüzde oranı
δ	Delta
°C	Santigrat derece
n.s.	İstatistiksel olarak önemli değil

ÖZET

KEPEZ LİMANI FARKLI ZOOPLANKTON GRUPLARININ KARARLI İZOTOP KOMPOZİSYONLARININ ÇEVRESEL DEĞİŞKENLERLE İLİŞKİSİ

Sinan UZUNDUMLU

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ

18/01/2019, 78

Bu çalışma Çanakkale Boğazı'nda bulunan Kepez Limanı'nda kıyısız alanın biyolojik ve fiziko-kimyasal özelliklerin bölgedeki baskın zooplankton gruplarının $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ kompozisyonları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Zooplankton örnekleri pelajik bölgeden 200 μm göz açıklığına sahip plankton kepçesiyle horizontal olarak toplanmış, örnekler tür bazında ayıklandıktan sonra kararlı izotop analizleri kütle spektrometresi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda toplam zooplankton bolluğu ilkbahar ve yaz mevsimlerinde maksimum değerlere ulaşmıştır. En baskın tür kopepod *Acartia clausi* olmuştur. Kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ değerleri hem mevsimsel hem de istasyonlar arası önemli farklılıklar göstermiştir. $\delta^{15}\text{N}$ değerleri ise aynı mevsim içinde istasyonlar arası önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerleri seçici beslenici olan kopepod *Calanus helgolandicus* türünde saptanmıştır. Filtre ederek beslenen kladoser *Penilia avirostris* türünün $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin kopepodlara göre oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Yüksek askıda katı madde ve klorofil-*a* değerlerinin tespit edildiği kış mevsiminde, kopepodların $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde zenginleşme tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda zooplankton $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ oranlarının çevresel ve biyolojik faktörlerin etkisi altında olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak birincil tüketicilerde herbivor ve diğer grupların diyet farklılıklarının yanında seçici beslenici ve filtre ederek beslenen mezozooplanktonun diyet bakımından farklı davrandığı açıkça ortaya konmuştur.

Anahtar sözcükler: $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Zooplankton, Çevresel Değişkenler, Çanakkale Boğazı.



ABSTRACT

THE RELATIONSHIP AMONG THE STABLE ISOTOPE COMPOSITIONS OF DIFFERENT ZOOPLANKTON GROUPS WITH THE ENVIRONMENTAL VARIABLES IN KEPEZ HARBOUR

Sinan UZUNDUMLU

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Doctoral Dissertation in Fisheries Science

Advisor: Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ

18/01/2019, 78

This study was carried out to determine the effects of the biological and physico-chemical properties of the coastal zone on the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ compositions of dominant zooplankton species in Kepez Harbour of the Dardanelles. Zooplankton samples were collected horizontally with a 200- μm -mesh size plankton net and isotopic analyses were performed by mass spectrometry after identification to species level. Total zooplankton abundance reached its maximum values in spring and summer. Copepod *Acartia clausi* was the most abundant species. The $\delta^{13}\text{C}$ values of copepods showed statistically significant differences both temporally and spatially. The $\delta^{15}\text{N}$ values showed statically significant differences between stations in the same sampling period. As a selective feeder, copepod *Calanus helgolandicus* had the highest values in both $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$. Being a filter feeder, the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of cladocera *Penilia avirostris* were significantly lower than $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of copepods. Enrichment was observed in $\delta^{15}\text{N}$ values of copepods in winter, when the highest values of total suspended solids and chlorophyll-*a* were determined. The results showed that $\delta^{13}\text{C}$ values of the copepods were under the influence of environmental and biological factors. Additionally, dietary differences between herbivorous groups and other groups were clearly demonstrated, as well as differences in the diets of filter-feeding and selectively-feeding zooplanktonic species.

Keywords: $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Zooplankton, Environmental Variables, Dardanelles.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Çalışma Sahası	11
3.2. Çevresel Değişkenler İçin Örnek Toplanması ve Laboratuvar Analizleri	12
3.3. Zooplankton Bolluğu için Örnek Toplanması ve Hesaplaması	13
3.4. Kararlı $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ İzotop Analizleri İçin Örnek Toplanması, Hazırlanması ve Analizi	14
3.5. İstatistiksel Analizler.....	16
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	17
4.1. Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Özellikler	17
4.2. Zooplankton Gruplarının Bolluk Miktarları.....	26
4.3. Kararlı İzotop Analizlerinin Değerlendirilmesi	31
4.3.1. Kopepodlarda $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerlerinin İstasyonlar Arası Değişimleri	33
4.3.2. <i>A. clausi</i> $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerlerinin İstasyonlar Arası Değişimleri.....	35
4.3.3. Kopepodlarda $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerlerinin Mevsimsel Değişimleri.....	37
4.3.4. Farklı Türlerle ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri.....	39
4.3.5. Mevsim İçi İstasyonlar Arası Farklılıkların Değerlendirilmesi.....	42

4.3.5.1. İlkbahar 2016 Döneminde $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi	42
4.3.5.2. Sonbahar 2016 Döneminde $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi	45
4.3.5.3. Kış 2017 Döneminde $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi	49
4.3.5.4. İlkbahar 2017 Döneminde $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi	53
4.3.6. İstasyonların Mevsimsel Farklılıkların Değerlendirilmesi	56
4.3.6.1. İstasyon 3: <i>A. clausi</i> 'nin İzotopik Kompozisyonunun Zamansal Değişimi, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi	56
4.3.6.2. İstasyon 4: Kopepodların İzotopik Kompozisyonunun Mevsimsel Değişimi, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi	59
4.3.6.3. İstasyon 5: <i>A. clausi</i> 'nin İzotopik Kompozisyonunun Zamansal Değişimi, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi	63
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR	71
EKLERİ	I
EK 1. Çalışma Boyunca Tespiti Yapılan Bazı Türlerle Ait Resimler.....	II
EK 2. Çalışmanın Gerçekleştirildiği İstasyonlara Ait Resimler	IV
ÖZGEÇMİŞ	VI

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Çalışma alanında bulunan istasyonların genel görünüşü.....	11
Şekil 3.2. Yaz döneminde toplanan <i>Penilia avirostris</i> türlerinin 60µm plankton bezinde toplanması	15
Şekil 4.1. Farklı istasyonlarda sıcaklık değerlerinin mevsimsel değişimi	18
Şekil 4.2. Farklı istasyonlarda pH değerlerinin mevsimsel değişimi	19
Şekil 4.3. Farklı istasyonlarda tuzluluk değerlerinin mevsimsel değişimi	20
Şekil 4.4. Farklı istasyonlarda çözünmüş oksijen değerlerinin mevsimsel değişimi.....	21
Şekil 4.5. Farklı istasyonlarda askıda katı madde değerlerinin mevsimsel değişimi	22
Şekil 4.6. Farklı istasyonlarda chl- <i>a</i> değerlerinin mevsimsel değişimi	23
Şekil 4.7. Farklı istasyonlarda kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin mevsimsel değişimi	24
Şekil 4.8. Çalışma boyunca tespit edilen grupların yüzde (%) dağılımları	29
Şekil 4.9. Çalışma boyunca tespit edilen grupların yıl boyu dağılımları.....	30
Şekil 4.10. Çalışma boyunca tespit edilen grupların istasyonlar arası dağılımı	31
Şekil 4.11. Çalışma boyunca elde edilen kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin istasyonlar arası dağılım grafiği (ort±SD).....	35
Şekil 4.12. Çalışma boyunca elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin istasyonlar arası dağılım grafiği (ort±SD).....	36
Şekil 4.13. Çalışma boyunca elde edilen kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin mevsimler arası dağılım grafiği (ort±SD).....	39
Şekil 4.14. Çalışma boyunca elde edilen farklı türlerin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort±SD)	41
Şekil 4.15. 2016 İlkbahar döneminde 3. ve 5. istasyonlarda <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort±SD).....	43
Şekil 4.16. 2016 Sonbahar döneminde 4. ve 5. istasyonlarda <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort±SD).....	46
Şekil 4.17. Sonbahar 2016 döneminde tespiti yapılan AKM ve chl- <i>a</i> değerlerinin istasyonlar arası regresyon eğrisi	47
Şekil 4.18. 2017 Kış döneminde 3., 4. ve 5. istasyonlarda <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort±SD).....	50
Şekil 4.19. 2017 Kış döneminde tespiti yapılan AKM ve chl- <i>a</i> değerlerinin istasyonlar arası regresyon eğrisi	51
Şekil 4.20. 2017 İlkbahar döneminde 3., 4. ve 5. istasyonlarda <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort±SD).....	54
Şekil 4.21. <i>A. clausi</i> 'nin 3. istasyonda $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin zamansal dağılım grafiği (ort±SD)	57
Şekil 4.22. Kopepodların 4. istasyonda $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin mevsimsel dağılım grafiği (ort±SD)	60

Şekil 4.23. 4. istasyonda tespiti yapılan AKM ve chl- <i>a</i> değerlerinin mevsimsel regresyon eğrisi.....	61
Şekil 4.24. <i>A. clausi</i> 'nin 5. istasyonda $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin zamansal dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)	65
Şekil 4.25. 5. istasyonda tespiti yapılan AKM ve chl- <i>a</i> değerlerinin mevsimsel regresyon eğrisi.....	65



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Çalışma alanında bulunan istasyonların özellikleri	12
Çizelge 4.1. Çalışma alanında elde edilen fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerin tanıtıcı istatistikleri.....	17
Çizelge 4.2. Çalışma boyunca Çanakkale Boğazı'nda elde edilen fiziko-kimyasal ve biyolojik değişkenlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	25
Çizelge 4.3. Çanakkale Boğazı'nda çalışma boyunca elde edilen istasyonlar arası bolluk oranları	27
Çizelge 4.4. Çanakkale Boğazı'nda çalışma boyunca elde edilen mevsimler arası bolluk oranları	28
Çizelge 4.5. Çalışma boyunca kararlı izotop analizi için veri elde edilebilen bölgeleri gösterir çizelge (Hücreler içindeki sayılar örnek adedini temsil eder)	32
Çizelge 4.6. Çalışma boyunca elde edilen kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin istasyonlar arası tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	34
Çizelge 4.7. Çalışma boyunca elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin istasyonlar arası tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	36
Çizelge 4.8. Çalışma boyunca elde edilen kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin mevsimler arası tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	38
Çizelge 4.9. Elde edilen türlere ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N oranlarının tanıtıcı istatistikleri	39
Çizelge 4.10. Çalışma boyunca elde edilen farklı türlere ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	41
Çizelge 4.11. 2016 İlkbahar döneminde 3. ve 5. istasyonlarda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	44
Çizelge 4.12. 2016 İlkbahar döneminde 3. ve 5. istasyonlarda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları	45
Çizelge 4.13. 2016 Sonbahar döneminde 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	48
Çizelge 4.14. 2016 Sonbahar döneminde 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları	49

Çizelge 4.15. 2017 Kış döneminde 3. 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	52
Çizelge 4.16. 2017 Kış döneminde 3. 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları	53
Çizelge 4.17. 2017 İlkbahar döneminde 3. 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	55
Çizelge 4.18. 2017 İlkbahar döneminde 3. 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları	56
Çizelge 4.19. 3. istasyonda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin zamana bağlı tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	58
Çizelge 4.20. 3. istasyonda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları	59
Çizelge 4.21. Yıl boyunca 4. istasyonda elde edilen Kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	62
Çizelge 4.22. Yıl boyunca 4. istasyonda elde edilen Kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları	63
Çizelge 4.23. 5. istasyonda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin zamana bağlı tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar	66
Çizelge 4.24. 5. istasyonda elde edilen <i>A. clausi</i> 'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları	67

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Okyanuslarda, denizlerde ve tatlı sularda serbest halde yaşayabilen, hareket organları olsa bile sınırlı hareket kabiliyetine sahip olan ve bu nedenle su hareketlerinin etkisiyle pasif şekilde yer değiştiren bütün organizmalara plankton adı verilir (Özel, 2005). Plankton, başlıca bitkisel ve hayvansal olmak üzere iki grupta toplanır. Bitkisel plankton fitoplankton olarak adlandırılıp, fotosentez vasıtasıyla kendi besinlerini üreterek besin zincirinin ilk basamağında yer alır. Sucul organizmalar için önemli bir besin kaynağı olan hayvansal plankton ise zooplankton olarak adlandırılır ve besin zincirindeki birincil tüketici organizmalardır (Özel, 2005; İnanmaz, 2009). Planktonik organizmaların boyu 2µm - 2m arasında olup yüzey sularında genellikle küçük bireyler, derin sularda ise daha büyük boyuttaki bireyler yaşamlarını sürdürürler (Özel, 2005). Denizel ekosistemlerdeki planktonik organizmalar, karbon (C) ve nitrojen (N) gibi makro besin elementlerinin birincil üreticilerden daha yüksek trofik seviyelerdeki tüketicilere doğru yönlendirilmesinde karmaşık ve temel rol oynarlar (Kürten ve ark., 2016).

Zooplankton, besin zincirinde birincil üreticiler olan fitoplanktondan sonra en önemli kısımdır ve yüksek bir çeşitliliğe sahiptir. Dünya üzerinde 10.000'den fazla türünün olduğu bilinen Copepoda'lar, zooplanktonun en önemli grubunu oluştururlar (Huys ve Boxshall, 1991). Copepoda, Cladocera gibi grupların dâhil olduğu ve yaşamlarının tüm evresini planktonda geçiren holoplanktonik formların yanında nekton ve bentik organizmaların yumurta ve larvalarını kapsayan meroplanktonik formlar da zooplanktonu oluşturmaktadır. Bu nedenle biyolojik çeşitlilik açısından zooplankton oldukça önemlidir (Özel, 2005).

Zooplanktonik organizmalar, fitoplanktonla beslenmenin yanında, detritus ve bakteri gibi biyosestonu da filtre ederek beslenir ve bu şekilde organik enerjinin üst basamaklara aktarılmasında rol oynarlar. Aynı zamanda fitoplanktonun üremesini kontrol altında tutarak sucul ekosistemi dengede tutmakta önemli bir role sahiptirler (Elmacı ve Obalı, 1997; Vézina ve Pahlow, 2003). Ayrıca, zooplankton içerdiği önemli aminoasitler, yağlar (%5 - %30) ve karbonhidratlar (%12 - %20) sayesinde hayvansal proteine gereksinim duyan sucul omurgalı ve omurgasız hayvanların temel besin maddelerini oluşturmaktadır (Harris ve ark., 2000; Özel, 2005). Bu nedenle zooplankton bolluğu balık üretimini doğrudan etkiler (Harris ve ark., 2000; Ware ve Thomson, 2005).

Ekolojik çalışmalar, türlerin fonksiyonel rollerini doğrudan yaklaşımlarla ölçmeye giderek daha fazla odaklanmakta ve besin ağlarının daha iyi tanımlanmasını sağlamaktadır (Grey ve Jones, 1999; Visconti ve Manca, 2011). Bu çalışmalar, biyolojik ve fiziko-kimyasal yapıdaki büyük zamansal ve mekânsal değişkenlik ile karakterize edilen sucul ortamlar için oldukça önemlidir. Bu çeşitliliğe, besin ağındaki zooplankton taksonunun nispi pozisyonlarındaki önemli mevsimsel değişiklikler ve besin zinciri boyunca madde ve enerjinin transferinde birincil ve ikincil tüketicilerin rolü eşlik edebilir (Jones ve ark., 1998). Ayrıca ekolojinin ana temalarından biri, doğal sistemlerde enerji akışının anlaşılmasıdır. Bu bilgi sadece bilimsel açıdan değil, aynı zamanda doğal kaynakların daha iyi yönetilmesi açısından da önemlidir (Driscoll, 2014).

Bu amaçları ele almak için kullanılabilecek farklı yaklaşımlar arasında karbon ve azot kararlı izotop analizi kullanılarak yapılan çalışmalar oldukça önemlidir. İzotoplar, çekirdeklerinde aynı sayıda protona sahip olmalarına rağmen nötron sayıları farklı olan atomlardır. Bu nedenle izotopların atom numaraları aynı olmakla birlikte atom ağırlıkları dolayısıyla nükleer özellikleri birbirlerinden farklıdır. İzotoplar radyoaktif (kararsız) ve radyoaktif olmayan (kararlı, duraylı) izotoplar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Kararsız izotoplar radyoaktif bozunum gösteren izotoplardır. Kararlı izotoplar ise hiçbir şekilde radyoaktif bozunum göstermeyen izotoplardır (Fry, 2006). İzotop ölçümleri ekologları ilgilendiren bütün sistemlerde element döngülerinin ayrıntılı nüanslarının belirlenmesini sağlayan ölçümlerdir (Fry, 2006). Başlangıçta denizel ortamlarda ve genellikle balıklarda uygulanan kararlı izotop analizleri, son zamanlarda göl sistemlerinde de uygulanmakta olup, zooplankton gruplarının ekolojik rollerini değerlendirebilmektedir. Kararlı izotop analizleri, insanoğlundaki “parmak izi” nin benzersiz olduğu gibi, bütün organizmalarda bir işaret sağlayarak son etkinlikleri takip etmenin bir yolunu sunar. Bu durumda, farklı zooplankton gruplarına ait güncel beslenme geçmişleri, karbon ve azot kararlı izotop imzalarının potansiyel gıda kaynakları ile karşılaştırılması yoluyla izlenebilmekte ve ölçülebilmektedir (Wada, 2009; Visconti ve Manca, 2011).

Yukarıda da bahsedildiği gibi izotoplar, nötron sayısında farklılık gösteren bir elementin formlarıdır. İzotoplar, genellikle elementlerin sirkülasyonunu işaretleyen doğal boyalar veya renkler olarak işlev gördüğü gibi tekil mikrolardan bütün tabiata kadar birçok seviyede ekolojik bağlantıları işaretler (Fry, 2006). İzotoplar, ekolojide komünite ekolojisi ve besin

ağındaki istilacı türlerin belirlenmesi, yaşam tarihi ekolojisi ve hayvan göçlerinin araştırılmasının yanı sıra su kirliliğinin kaynağını ve hangi organizmaya kadar uzandığının belirlenmesinde, restorasyon çalışmalarında ve sucul ekosistemde bentik ve pelajik bölgedeki besin zincirinin belirlenmesi gibi temel araştırmalarda da kullanılmaktadır (Fry, 2006).

Bir sistemdeki bütün organizmalar arasındaki beslenme etkileşimleri, bir besin ağı kavramı kullanılarak açıklanmaktadır (Driscoll, 2014). Dolayısıyla, kararlı izotoplar bu besin ağındaki zooplankton ekolojisini anlamak için oldukça faydalıdır. Zooplanktonun besinsel karbon kaynaklarını belirlemek için $\delta^{13}\text{C}$ kullanılırken sucul organizmaların trofik pozisyonunu tahmin etmek için $\delta^{15}\text{N}$ kullanılmaktadır (Matthews, 2005). Kararlı izotop analizleri organik maddenin dönüşümünü ve kökenini gösterir (Fanelli ve ark., 2011). Tüketicilerin dokularındaki $\delta^{15}\text{N}$, avlarına göre tipik olarak ‰2,5 – 4,5 oranında zenginleşme gösterir, böylece organizmaların trofik düzeylerini tahmin etmek için kararlı $\delta^{15}\text{N}$ izotop verileri kullanılabilir (Owens, 1987). Bunun tersine organizmanın dokusundaki $\delta^{13}\text{C}$ oranı daha yüksek trofik seviyelere doğru ‰0,4 – 2 gibi oldukça zayıf bir şekilde zenginleşir ve böylece $\delta^{13}\text{C}$, bir organizmanın diyetinin birincil organik karbon kaynaklarının yararlı bir göstergesi olarak davranabilir (Fanelli ve ark., 2011). Kararlı izotop oranlarının, besin ağlarını incelemek için yararlı araçlar olmasının birkaç nedeni vardır. $\delta^{13}\text{C}$ değerindeki farklılıklar, birincil tüketicilerin karbonu sabitledikleri koşullara dayanarak besin zincirinin en alt tabakasında meydana gelir (Riebesell ve ark., 2000). Örneğin algler, düşük CO_2 konsantrasyonuna kıyasla yüksek CO_2 konsantrasyonunda daha "seçicidir", ve bu nedenle algler, yüksek CO_2 konsantrasyonundaki fotosentez sırasında, ^{13}C 'den daha fazla ^{12}C 'yi asimile eder. Besin zincirinin en alt tabakasında $\delta^{13}\text{C}$ değerindeki bu farklılıklar, belirli bir tüketicinin diyetine katkıda bulunan karbon oranını belirtmek için kullanılabilir (Matthews, 2005).

Karbon gibi, besin zincirlerinin tabanındaki $\delta^{15}\text{N}$ oranında değişikliklere yol açabilecek çeşitli süreçler vardır (Robinson, 2001). $\delta^{15}\text{N}$ besin ağı araştırmaları için oldukça faydalıdır, çünkü tüketiciler tercihen ^{14}N boşaltımı eğilimindedir, dolayısıyla ^{15}N ile ^{14}N arasındaki nispi oran besin zinciri boyunca artar ve buna trofik zenginleşme denir (Matthews, 2005). Trofik zenginliğin büyüklüğü türler arasında değişmektedir (Vanderklift ve Ponsard, 2003). Ancak $\delta^{15}\text{N}$ oranındaki ortalama zenginleşme genellikle ‰2,5 - ‰4,5 arasındadır (Owens, 1987; Post, 2002; Vanderklift ve Ponsard, 2003). Yani kararlı karbon izotoplarında olduğu gibi,

organizmaların $\delta^{15}\text{N}$ değerleri trofik pozisyonlarını ve diyetlerini besin ağı boyunca yansıtır (Fry ve Sherr, 1984; Minagawa ve Wada, 1984; Peterson ve Fry, 1987; Matthews, 2005).

Yukarıda bahsedildiği üzere, zooplanktonik organizmalar birincil üreticilerden aldıkları organik maddeyi daha yüksek trofik seviyelerde bulunan tüketicilere aktarmakta önemli bir göreve sahiptirler (Saiz ve ark., 2007). Besin ağının detaylarının belirlenmesinde farklı zooplankton türlerinin edindiği görevlerin belirlenmesi, kıyı bölgelerdeki ekosisteme dayalı yönetimin geliştirilmesi açısından çok anlamlıdır (Yang ve ark., 2017). Bunun gibi çevresel süreçleri ve değişiklikleri daha iyi anlayabilmek için bir sistemin trofik yapısını anlayabilmek oldukça önemlidir (Koppelman ve ark., 2009). Özellikle kıyasal alanlar başta olmak üzere birçok fiziko-kimyasal sürecin etkisi altında olan denizel ekosistemlerde, kararlı izotop oranlarını etkileyebilecek birçok faktör mevcuttur. Fiziksel süreçler hidrografik modellerin zamansal ve mekânsal değişimlerinde farklı ölçeklerde önemli bir rol oynar (Espinasse ve ark., 2018). Trofik seviyenin en alt tabakası, bu değişimler için oldukça hassas olup, zooplanktonun izotopik işaretleri bunun gibi fiziksel süreçlere, karasal girdilere, mevsimsel değişimler gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilir (Mompeán ve ark., 2013; Espinasse ve ark., 2018). Bu durumların belirlenmesi için kararlı $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ izotop analizleri, planktonik organizmaların besin ağındaki karbon kaynaklarının ve trofik pozisyonunun belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Dünya okyanus ve iç sularının ekolojik yapısını ve denizel besin ağını anlayabilmek için planktonik organizmalar üzerinde kararlı izotop analizleri uzun süredir sıklıkla kullanılıyor olmasına rağmen Akdeniz ve Ege Denizi'nde bu alanda yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır (Bănarü ve ark., 2014; Espinasse ve ark., 2018; Koppelman ve ark., 2009). Bununla beraber yapılan çalışmaların birçoğu planktonların boy grupları arasında yapılmışken, taksonomik gruplar veya tür bazında yapılmış çalışma sayısı fazla değildir (Fanelli ve ark., 2011; Sommer ve Sommer, 2004).

Çalışmanın yapıldığı Çanakkale Boğazı, farklı özelliklerde çift katmanlı akıntı özelliğine sahip olup üst katman Karadeniz'den gelen düşük tuzluluk derecesi gösteren sudan ibaretken alt katman Akdeniz'den gelen yüksek tuzluluk derecesine sahip sulardan oluşmaktadır (Tarkan ve ark., 2005). Bu farklılığın dışında karasal girdiler sonucu besin elementlerinde günlük değişimin görüldüğü bilinmektedir (Odabaşı ve BüyüKateş, 2009). Bu da ortamdaki biyolojik çeşitliliği ve besin zincirini trofik seviye boyunca doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışma Çanakkale Boğazı'nda bulunan Kepez Limanı ve Dardanos Yerleşkesi'nde belirlenen 5 farklı noktada mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amaçları; (i) bölgede bulunan baskın zooplankton gruplarının kararlı karbon ve azot izotop kompozisyonlarının zamansal ve mekânsal farklılıklarının belirlenmesi, (ii) bu farklılıklara sebep olabilecek çevresel veya biyolojik faktörlerin tespit edilmesi ve ne yönde etkilediğini belirlenmesi, (iii) farklı zooplankton türlerinin kararlı karbon ve azot izotop oranlarının farklılıklarını ortaya koyup bu anlamda beslenme alışkanlıkları ve trofik düzeyleri hakkında fikir sahibi olunmasıdır. Bölgede daha önce planktonik organizmalar üzerinde kararlı izotop analizleri yapılmadığından çalışma oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra tür bazında yapılmış olmasıyla da Akdeniz ve Ege Denizi'nde yapılmış önceki çalışmalardan farklılık göstermektedir. Ayrıca çalışmanın ileriki dönemlerde Türkiye sularında plankton grupları üzerinde yapılacak denizel kararlı izotop çalışmalarına da bir referans olması beklenmektedir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bölgede, zooplanktonun bolluğu ile ilgili yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Örneğin; İnanmaz (2009), 2004 - 2006 yılları arasında Çanakkale Boğazı ve Saroz Körfezi Gelibolu Yarımadası kıyılarında yaptığı mevsimsel çalışmada, 29 familya ve 34 cinse ait toplam 46 tür tespit etmiştir. En fazla bolluğa sahip ilk beş tür sırasıyla kopepodlardan *Acartia clausi*, kladoserlerden *Penilia avirostris* ve *Evadne nordmanni*, appendikülerlerden *Oikopleura dioica* ve hidrozoanlardan *Liriope tetraphylla* olmuştur. Çanakkale Boğazı üst akıntılarının etkisinde olan Saroz Körfezi'ndeki istasyonlarda az da olsa Akdeniz suyunun etkisinin olduğunu, tür sayısı bakımından körfezdeki istasyonların boğazdaki istasyonlardan daha zengin olmasının başlıca nedeninin bu durum olduğunu belirtmiştir.

Büyükateş ve İnanmaz (2007), Çanakkale Boğazı'nda bulunan Kepez Limanı'nda kladoserlerin zamansal varyasyonlarını ve vertikal dağılımını çalışmış, çalışma sonucunda *P. avirostris*'in özellikle yaz aylarında baskın tür olduğunu belirlemişlerdir. Yine aynı bölgede Büyükateş ve İnanmaz, (2010) zooplanktonun çevresel faktörlere bağlı varyasyonlarını gözlemlemiş, çalışma sonucu sırasıyla kladoserler *P. avirostris*, appendiküler *O. dioica* ve kopepodlardan *A. clausi* baskın tür olarak tespit etmişlerdir.

Tarkan ve ark. (2005), 1999-2000 yılları arasında İstanbul Boğazı'nda mevsimsel yaptıkları bir çalışmada, boğazdaki Akdeniz ve Karadeniz katmanları arasında zooplanktonun geçişinin belirlenmesini amaçlamışlardır. İlkbahar mevsiminde İstanbul Boğazı'nda bolluk oranlarının yükseldiğini tespit etmiş, kış mevsiminde ise kopepod *A. clausi* en baskın tür olarak belirlemişlerdir. Üst tabakada elde edilen bolluk oranlarında sırasıyla *Noctiluca scintillans* ve *A. clausi* en baskın tür olarak tespit edilmişken, alt tabakada ise sırasıyla *A. clausi* ve meroplankton bivalvler en baskın türler olarak kaydedilmiştir.

Siokou-Frangou ve ark. (2004), Ege Denizi ve Karadeniz'in mezozooplankton komunitelerini belirlenmesi amaçlı yaptıkları bir çalışmada *A. clausi*, *Paracalanus parvus*, *P. avirostris*, *Podon polyphemoides* türleri bu iki denizde de baskın olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Karadeniz mesozooplanktonu hem nicel, hem de nitel olarak komuniteler arası bir değişkenlik göstermiş, Ege Denizi'nde ise önemli bir değişkenlik tespit edilmemiştir.

Bu farkın, hem bu ekosistemler üzerindeki değişken antropojenik etkilere, hem de yarı kapalı Karadeniz'in hassas karakterine bağlanabileceği belirtilmiştir.

Akdeniz ve Ege Denizi'nin bazı bölgelerinde zooplanktonun kararlı karbon ve azot oranları ile yapılan çalışmalar mevcuttur. Örneğin;

Espinasse ve ark. (2018), Lion Körfezi'nde İlkbahar 2010 ve Kış 2010 dönemlerinde yaptıkları bir çalışmada zooplanktona ait 6 boy grubunun (80 – 2000µm) kararlı karbon ve azot izotop kompozisyonlarının çevresel ve biyolojik faktörlerle olan ilişkisini araştırmış, zooplanktonun boy grupları, izotopik analizleri ve beslenme stratejileri arasında belirgin ilişkilerin olduğu tespit etmişlerdir.

Yalçın Özdilek ve Jones (2014), Çanakkale iç sularında yaptıkları bir çalışmada bölgedeki balık faunasına olan etkisini anlayabilmeye yönelik istilacı bir tür olan *Carassius gibelio*' nun diyet kompozisyonu ve trofik pozisyonunu kararlı izotop analizleriyle tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonunda söz konusu türün trofik niş genişliğinin diğer türlere göre daha geniş olduğu, istilacı bir tür olmasında düşük trofik pozisyonunun ve yüksek diyet plastisitesinin katkısı olduğunu tespit etmişlerdir.

Banaru ve ark. (2014), 2009 – 2010 yılları arasında Akdeniz'in Marsilya Körfezi'nde yaptıkları bir araştırmada 6 farklı boy grubuna (80 > 2000µm) ait zooplanktonun ve POM'nin mevsimsel kararlı izotop analizini yapmış, izotopik oranların zooplanktonun boy grubuna göre zenginleştiiğini tespit etmişlerdir. En yüksek $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin 1000 – 2000µm boy grupları arasındaki zooplanktonda olduğunu belirlemişlerdir. Mevsimsel değişimlerin, çevresel parametrelerin (sıcaklık, besin, chl-*a* konsantrasyonu) dalgalanmaları ile tutarlı olduğunu ve fitoplankton ve deniz suyu partikül organik madde (POM) bileşimi ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerini yaz ve sonbahar mevsimlerine nazaran kış ve ilkbahar mevsimlerinde daha düşük saptamış, değişimlerinin çevresel ve biyolojik faktörlerle bağlantılı olduğunu tespit etmişlerdir.

Costalago ve ark. (2012), Lion Körfezi'nde yaptıkları araştırmada 2 küçük balık türünün beslenme alışkanlıklarını inceleme amaçlı muhtemel besin grubu olan kladoser, kopepod, mikrop plankton ve apendiküler türlerinin kararlı karbon ve azot değerlerini belirlemişlerdir. Balık larvalarının genel itibariyle mikrop plankton ile beslendiğini, kladoserlerin yaz mevsiminde, apendikülerlerin ise sonbahar döneminde ergin balık bireylerinin besin grubu olduğunu tespit etmişlerdir.

Fanelli ve ark. (2011), Kuzeybatı Akdeniz’de yer alan Katalan Denizi’nde yaptıkları bir araştırmada, makroplankton ve mikronektöne ait 34 taksonun besin ağı yapısını belirlemek amaçlı kararlı karbon ve azot izotop analizi yapmışlardır. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ arasında düşük korelasyon olduğu dönemlerde bu zayıf ilişkinin detritus ya da farklı çökelti şeklindeki partikül organik madde tüketimiyle alakalı olabileceğini belirtmişlerdir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ arasında yüksek korelasyon olduğu dönemlerde (kış ve bahar aylarında) ise bu yüksek doğrusal ilişkinin planktonun fotik zondaki yeni üretimi asimile ettiği ile ilgili olabileceği belirlenmiştir.

Koppelman ve ark. (2009), 2001 yılının Ekim ayında Doğu Akdeniz’de 4 farklı bölgede gerçekleştirdikleri bir çalışmada ise 5 boy grubuna ait mezozooplanktonun bolluk ve kararlı izotop analizleri gerçekleştirmiş, bolluk oranlarında Doğu Akdeniz’in oligotrofik yapısına bağlı olarak düşüş tespit etmişlerdir. Çalışma sonucu mezozooplanktonun $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin atmosferik azot fiksasyonuna bağlı olarak düşük olduğu belirtilmiştir.

Bunların yanı sıra dünya üzerinde farklı noktalarda zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ oranları ile ilgili çeşitli çalışmalar da yapılmıştır, örneğin;

Kürten ve ark. (2016), 2012 yılının bahar mevsiminde Kızıl Deniz’de yaptıkları bir araştırmada çevresel değişkenler (besin elementleri, klorofil-*a*), oşinografik veriler (sıcaklık, tuzluluk, akış hızı), partikül organik madde (POM) ve fitoplankton arasındaki ilişkiyi toplanan zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ izotop değerleriyle değerlendirilmesini amaçlanmışlardır. Çalışma sonucunda besin stokiyometrisi ve fitoplankton kompozisyon modelleri ile taksonomik ve trofik gruplar arasında tutarlı varyasyonların, Kızıldeniz’deki zooplankton ekolojisinin büyük ölçüde hidrografik özelliklerden etkilendiğini ortaya koymuşlardır.

Yang ve ark. (2017), Kuzey Pasifik Okyanusu’nda yaptıkları bir araştırmada, farklı bölgelerde bulunan 5 farklı boy grubunda olan (100 – 2000 μm) zooplankton türlerine ait kararlı izotop oranlarını analiz etmişlerdir. Analizler sonucunda en büyük zooplankton grubunun farklı bir kompozisyonla ve daha geniş bir aralığı kapsayan yüksek izotop oranlarını gösterdiği belirlenmiştir. Zooplankton kararlı izotop oranlarındaki bölgesel varyasyonların tüm boyut sınıflarında birbirlerine yakın olduklarını ortaya koymuş ve bunun yanında Kuzey Ekvatoryal Zıt Akımı ve Kuzey Ekvatoryal Akımı’nda yüksek izotop oranları, Subtropik Zıt Akımda ise düşük izotop oranları tespit edilmiştir. Zooplanktonik organizmaların izotop oranlarının bu bölgesel modelleri oşinografik özelliklerin (sıcaklık, tuzluluk, besin elementleri,

chl-*a*) değişim değerleri ile de tutarlı görülmüş, aynı zamanda partikül organik madde (POM) izotopik oranları ile de ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda ortamdaki fiziko-kimyasal süreçlerin zooplanktonların kararlı izotop oranları üzerindeki etkisine vurgulanmıştır.

Lee ve ark. (2013), Kore’de bulunan Soyang Gölü’nde 2007 – 2009 yılları arasında yaptıkları bir araştırmada yaz mevsiminde muson yağışlarının yüksek değişkenli girdilerinin etkilerinin araştırmak için POM ve zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ kararlı izotop kompozisyonların belirlenmesini ama lanmışlardır. Çalışma sonucunda muson öncesi ve muson sonrası dönemlerdeki zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ kompozisyonları arasında açıkça farklılık olduğu gözlemlenmiş, elde edilen mevsimsel modellerin önceden farklı mevsimlerde yapılmış bazı çalışmaların modelleri arasındaki farklılığı da ortaya koymuşlardır. Sonuçlar, zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerindeki mevsimsel değişimlerin fitoplanktonun artmasıyla yakından ilişkili olduğunu göstermiş, ortamda bulunan besin elementlerinin muson fırtınaları zamanında yoğun bulanık su tabakasından etkilenerek besin miktarının değiştii ortaya konmuştur.

Henschke ve ark. (2015), Avustralya’da bulunan Tasman Denizi’nde yaptıkları bir çalışmada 21 adet okyanus zooplankton türünün $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ oranlarını kullanarak trofik pozisyonlarının belirlenmesi amaçlamışlardır. Askıda POM ve zooplankton örnekleri doğu Tasman Denizi’nde IS, CCE ve WCE isimli 3 farklı bölgeden alınmıştır. Çalışma sonunda zooplankton arasındaki trofik ilişkilerin oldukça dinamik olduğunu ve farklı su türlerinden etkilendiklerini ortaya koymuşlardır.

Sommer ve Sommer (2004), 2001 yılında Baltık Denizi’nde yaptıkları bir araştırmada denizel mezozooplanktonun $\delta^{15}\text{N}$ değerlerini belirlemiş, kopepodlar ve meroplanktonik larvalar arasında önemli farklılıklar tespit etmelerine karşın holoplanktonik türler arasında önemli farklılıklar tespit etmemişlerdir. Ortalama olarak mezozooplanktonun seçilen boy grupları arasında $\%3,4\pm0,9$ zenginleşme gözlemlenmişlerdir.

Gismervik (1997), 1994 yılında Norveç’ te yaptığı bir araştırmada bazı zooplankton türlerinin karbon, azot ve fosfor izotop kompozisyonlarının farklılıklarının ortaya konmasını amaçlamıştır. Kalanoid kopepodların atomik C:N oranlarının *Calanus* sp. türünün 5. evresi hariç Redfield oranlarını (6:6) altında gözlemlenmiş, buna karşılık Kopepodlardaki C:P

oranlarının Redfield oranlarına yakın ya da yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. *A. clausi* ve kladoserlerde düşük C:P oranları elde edilmiştir.

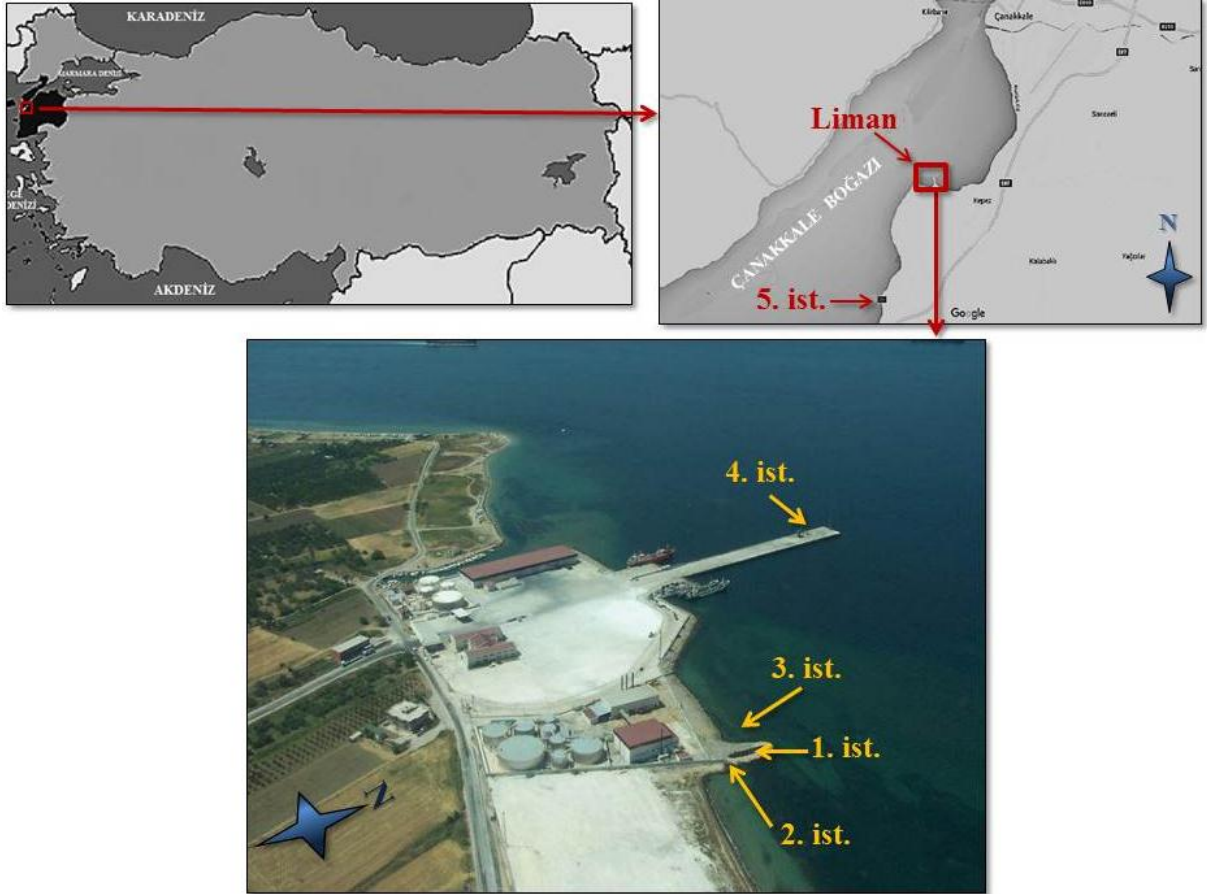
Hobson ve Welch (1992), 1988 – 1990 yılları arasında Kanada’da yaptıkları bir araştırmada kutup denizlerinin besin ağını belirleyebilmek amacıyla kararlı izotop analizlerini yapmışlardır. Çalışma sonucunda 1. üreticilerden, kutup ayılarına kadar olan 43 türe ait 322 doku örneğinin kararlı karbon ve azot oranları ölçülmüş, temelde 5 adet trofik seviyenin bulunduğu belirlenmiştir. Karbon oranlarının, ilk 2 trofik seviyeden sonra belirli bir zenginleşme modeli göstermediği ortaya konmuştur. *Boreogadus saida*, yaz mevsiminde birincil üreticiler ve daha yüksek trofik seviyedeki omurgalılar arasında önemli bir bağlantı olmasına rağmen, belirlenen izotopik modelin, düşük düzeydeki omurgasızlar ile deniz kuşları ve deniz memelileri türleri arasındaki daha yakın bağları olduğunu öngörmüşlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Sahası

Bu çalışma Marmara Bölgesi Güney Marmara Bölümü'nde, Çanakkale Boğazı doğu kıyılarında ve Kepez burnu kuzey kıyılarında yer alan Kepez Limanı'nda Nisan 2016 ve Ekim 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Liman içerisinde 4 adet, Liman dışında bulunan Dardanos yerleşkesinde 1 adet olmak üzere toplam 5 istasyonda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Çalışma alanında bulunan istasyonların genel görünüşü

Arazi çalışmaları İlkbahar 2016 – Yaz 2017 mevsimleri arasında gerçekleştirilmiştir. İlk örnekleme Nisan 2016 tarihinde gerçekleştirilmiş, bunu takiben arazi çalışmaları Ekim 2016, Ocak 2017, Mayıs 2017 ve Ağustos 2017 dönemlerinde gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar

çalışmaları Ekim 2017 dönemine kadar devam etmiştir. Araştırmada 1. istasyon Liman Atık Kabul Tesisi faaliyetleri esnasında soğutma amaçlı alınan deniz suyunun tedarik noktası, 2. istasyon deniz suyunun soğutma tesisinden deşarj noktasıdır. 3. istasyon İşletme içinde kıyısız alandan bir bölge, 4. istasyon rıhtımın uç noktası, 5. istasyon ise referans istasyonu olup Dardanos yerleşkesinin iskelesidir. 1. istasyon boğaz akıntısına maruz kalmayan akıntıdan izole bir havuzda, 2. istasyon ise tesisten gelen soğutma suyunun yüksek debiyle kıyısız alana boşaldığı bölgededir (Ek Şekil 2.1). 3. istasyon Liman içerisinde bulunan kıyısız alan olmakla beraber boğaz akıntısına maruz kalabilmektedir (Ek Şekil 2.1). 4. istasyon akıntının ve derinliğin yüksek olduğu Liman iskelesi (Çizelge 3.1; Ek Şekil 2.2), 5. istasyon ise diğer istasyonlardan yaklaşık 10 km uzaklıkta olup kontrol istasyonu olarak kullanılmıştır (Ek Şekil 2.3).

Çizelge 3.1. Çalışma alanında bulunan istasyonların özellikleri

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Derinlik (m)
1	Tedarik Noktası	40°06'11.1"	26°22'53.9"	2
2	Deşarj Noktası	40°06'10.3"	26°22'53.9"	-
3	İşletme Kıyısız Bölge	40°06'11.0"	26°22'53.1"	2-3
4	Rıhtım	40°06'20.4"	26°22'40.4"	25-28
5	Dardanos (Referans)	40°04'29.6"	26°21'28.2"	2-3

3.2. Çevresel Değişkenler İçin Örnek Toplanması ve Laboratuvar Analizleri

Sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen (ÇO) değerleri çoklu su analiz probu (YSI 650 MPS) ile mevsimsel olarak bütün istasyonlardan yerinde tayin edilip kayıt altına alınmıştır. Bütün örneklemeler gün içerisinde 10:00 - 14:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Işık geçirgenliği gibi pek çok parametrenin de değişmesine neden olabilen askıda organik ve inorganik maddelerin tümünden oluşan toplam Askıda Katı Madde (AKM) yükünün değişiminin belirlenmesi için gravimetrik yöntem kullanılmıştır. AKM yükünün değişiminin belirlenmesi için GF/C filtre kağıtları ilk olarak 20 ml saf su ile 3 kez yıkanmıştır. 105°C' de 2-3 saat kurutulur ve sabit tartıma getirilmiştir. GF/C filtre kağıtlarından 1000 ml'lik hacimlerde su örnekleri süzümüştür. Bu işlemin ardından tuzun giderilmesi amacıyla, 10 ml saf su ile 3 tekrarlı yıkama işlemi uygulanmıştır. Etüvde 24 saat 105°C'de tekrar

kurutulan filtreler hassas terazide okunmuş ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak AKM değerleri hesaplanmıştır (Clesceri ve ark., 1998).

$$\text{AKM (mg L}^{-1}\text{)} = [(\text{Kuru ağırlık (mg)} - (\text{Filtre darası (mg)}) \times 1000] / \text{Numune hacmi (ml)} \quad (3.1)$$

Birincil üretimin bir göstergesi olan ve besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonun fotosentez yapabilmesi için gerekli olan klorofil-*a* (chl-*a*) konsantrasyonunun belirlenmesi için ise APHA (1995)'daki yöntem kullanılmıştır. 2L'lik su örnekleri (hacim, fitoplankton ve askıdaki katı madde oranına göre değişim göstermektedir) örnekleme alanında vakumlu süzme düzeneğinde 47 mm GF/F filtre kağıdı kullanılarak süzölmüş, bu işlemde sonra filtre kağıtları cam tüplere konulup alüminyum folyoya sarılarak analize kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Laboratuvara getirilen örneklere 10 ml %90'luk aseton ilave edilip, ağızları kapatılarak 24 saat buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabından çıkarılan örneklerde ezme işlemi uygulanıp, 2000-3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra üstteki berrak sıvı otomatik pipetle alınarak spektrofotometre küvetine boşaltılmıştır. Okumalarda kör olarak %90'luk aseton kullanılmış, örnekler 750 nm, 665 nm, 645 nm ve 630 nm dalga boyunda okunmuştur. 750 nm'de okunan değer düzeltme değeri olup, bulanıklıktan meydana gelebilecek hataların giderilebilmesi için bu dalga boyunda okunan değer, 665, 645 ve 630 nm'de okunan değerlerden çıkarılmıştır. Okunan değerler aşağıdaki eşitlikler kullanılarak klorofil-*a* değerleri hesaplanmıştır:

$$\text{Klorofil-}a = 11.64(\text{OD}_{665}) - 2.16(\text{OD}_{645}) - 0.10(\text{OD}_{630}) \quad (3.2)$$

$$\text{Klorofil-}a \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = (\text{Klorofil-}a \times \text{aseton hacmi}) / \text{Süzölen su örneğinin hacmi} \quad (3.3)$$

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerlerini ölçmek için su ve atık su analizleri için standart metotlardan (Eaton ve Franson, 2005) ve Kapalı Reflux – Titrimetrik Metot'tan yararlanılmıştır.

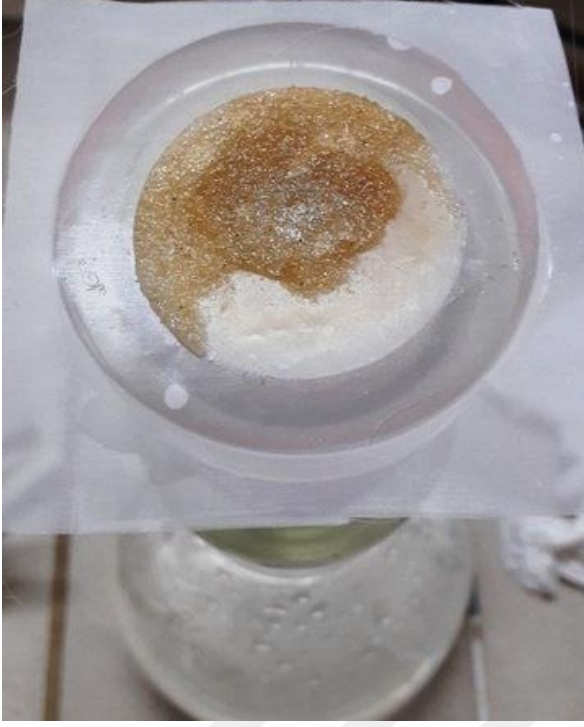
3.3. Zooplankton Bolluğu için Örnek Toplanması ve Hesaplaması

Çalışma alanında baskın mezozooplankton gruplarının belirlenmesi amacıyla bolluk çalışması yapılmıştır. Bolluk çalışması sonucunda baskın bulunan türler, kararlı karbon ve

azot örnekleme esnasında ayrıca toplanmıştır. Bütün istasyonlardan mevsimsel olarak alınan örnekler laboratuvar ortamında %37 lik formaldehit ile muamele edilmiştir. Kalitatif analiz için laboratuvara getirilen zooplankton örneklerinin üzerindeki fazla su sifonlama yöntemiyle alınmış ve örnekler daha küçük hacimdeki plastik şişelere aktarılmıştır. Grup ve türlerin zooplankton içerisindeki dağılım oranlarının belirlenmesi için birim örnek yöntemi kullanılmıştır (Özel, 2005). Türlerin sistematik tayinleri ve tanımlamaları Tregouboff ve Rose, (1957) ve Todd ve ark., (2006)' na göre gerçekleştirilmiştir. Tür tespiti için Olympus marka SZX7 model trinoküler stereozoom araştırma mikroskobu kullanılmıştır.

3.4. Kararlı $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ İzotop Analizleri İçin Örnek Toplanması, Hazırlanması ve Analizi

Zooplankton örnekleri Nisan 2016 ve Ağustos 2017 tarihleri arasında toplam 11 tarihte bütün istasyonlardan 200 μm göz açıklığına sahip standart plankton kepçesi kullanılarak pelajik bölgeden horizontal olarak toplanmıştır. Bütün örneklemeler gün içerisinde 10:00 - 14:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Toplanan örnekler 2 L lik plastik şişelere koyularak strafor kutular içinde muhafaza altına alınıp laboratuvara getirilmiştir. Numuneler, içinde bulunan organizmaların metabolizmaları yavaşlaması amacıyla 1 gün strafor kutu içinde laboratuvar da bekletilmiştir. Böylelikle organizmaların metabolizmaları yavaşlayarak ayıklama işlemi daha kolay hale gelmiştir. Ertesi gün 60 μm plankton ağı kullanılarak numuneler plastik şişelerden süzölmüş ve daha konsantre hale getirilmiştir. Süzölen örnekler petri kaplarına boşaltılmış ve tür bazında bireyler ayıklanarak pompa düzeneği vasıtasıyla 60 μm plankton bezinde süzölmüştür (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Yaz döneminde toplanan *Penilia avirostris* türlerinin 60µm plankton bezinde toplanması

Plankton bezine süzülen bireyler gerekli markalaması yapıldıktan sonra alüminyum folyo ile sarılarak izotop analizlerine hazırlanma aşamasına kadar -70°C de muhafaza altına alınmıştır. İzotop analizlerine hazırlama aşamasında ise plankton ağı üzerinde bulunan bireyler 24 saat boyunca 60°C de etüvde bekletilmiştir. Yeterince kurduğundan emin olunan örnekler, daha sonra örnek başına minimum 0,150 mg (1500 µg) olacak şekilde 9 mm çapında kalay kapsüller içerisine koyularak paketlenmiş ve eliza tepsilerindeki kuyucuklarda muhafaza altına alınarak izotop analizleri gerçekleştirilmesi için Akdeniz Üniversitesi Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne gönderilmiştir. Burada kararlı izotop analizleri Kütle İzotop Spektrometresi (Delta V Thermo Finnigan; Thermo, Waltham, USA) ile gerçekleştirilmiştir.

Kararlı izotoplarla ilgili yapılan bazı çalışmalarda örneklerden yağların ayrılması için asitle muamele ediliyor olup bazı çalışmalarda da bu muamele yapılmamaktadır. Asidin karbon izotop oranları üzerinde aşırı modifikasyona neden olmadığı belirtilmesine (Bunn ve ark., 1995) rağmen, yağ içeriğinin karbon izotop kompozisyonu üzerine potansiyel etkisi olduğuna dair net bir doğrulama da bulunmamaktadır (Søreide ve ark., 2006). Bununla beraber asit ile muamelenin azot izotop oranları üzerine etkisi olduğu bilinmektedir (Bunn ve ark.,

1995; Bode ve ark., 2003). Mompean ve ark. (2013), yaptıkları bir çalışmada en yüksek C:N oranını $4,8 \pm 0,00$ olarak tespit etmiş, bu oranın organizmanın yağların etkisi altında olmadığını gösterdiğini, bu sebeple örnekler asit ile muamele edilmediğini belirtmişlerdir. Bu doğrultuda, yapılan çalışmada bütün örneklerden elde edilen ve organizmadaki yağlanmayı temsil eden C:N oranının en yüksek değeri $4,662 \pm 0,586$ ($n=10$) olarak kaydedilmiş olup, bu durum sistemde yağların etkisinin olmadığını göstergesidir. Bu sebeple, yapılan çalışmada karbonhidratların ayrılması için örnekler asitle muamele edilmemiştir. Analizler sonucu elde edilen veriler δ sembolü ile aşağıdaki formül kullanılarak ifade edilmiştir;

$$\delta^{13}\text{C} \text{ veya } \delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = (\text{Rörnek}/\text{Rstandart}-1) \times 1000 \quad (3.4)$$

Burada, Rörnek; örneklerdeki $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ veya $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ oranlarını, Rstandart ise azot için atmosferik N_2 , karbon için ise V-PDB (Vienna Pee Dee Belemnite)'de ölçülen $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ veya $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ oranları ifade etmektedir. C kararlı izotop analizi, CH-6 Sucrose standart kullanılarak, N kararlı izotop analizi ise USGS-34 Potassium Nitrate standart kullanılarak yapılmıştır.

3.5. İstatistiksel Analizler

Çevresel ve biyolojik değişkenlerin ve zooplanktona ait kararlı izotop oranlarının mevsimler arası ve istasyonlar arası farklılıklarının belirlenmesi amacıyla Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA Testi) (önemlilik seviyesi $p < 0,05$) gerçekleştirilmiştir. İstasyonlar arası ve mevsimler arası farklı grupların belirlenmesi amacıyla Tukey Testi, varyansların homojenliğinin belirlenmesi için Levene Testi uygulanmıştır. Zooplanktonun bolluk değerlerinin istasyonlar ve mevsimler arası farklılıklarının belirlenmesi amacıyla Kruskal-Wallis Testi uygulanmıştır. Verilerin normal dağılım durumlarına göre Pearson ve Spearman Rank Korelasyon Testi kararlı karbon ve azot izotop sonuçları ile çevresel ve biyolojik değişkenler arasındaki negatif veya pozitif yöndeki doğrusal ilişkinin tespiti için kullanılmış, Normalite Testi Anderson-Darling metodu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca birbirleri arasında önemli düzeyde korelasyon tespiti yapılan değişkenler arasında Regresyon Analizi gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 18.0 ve Minitab 17.1.0. programları aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 4

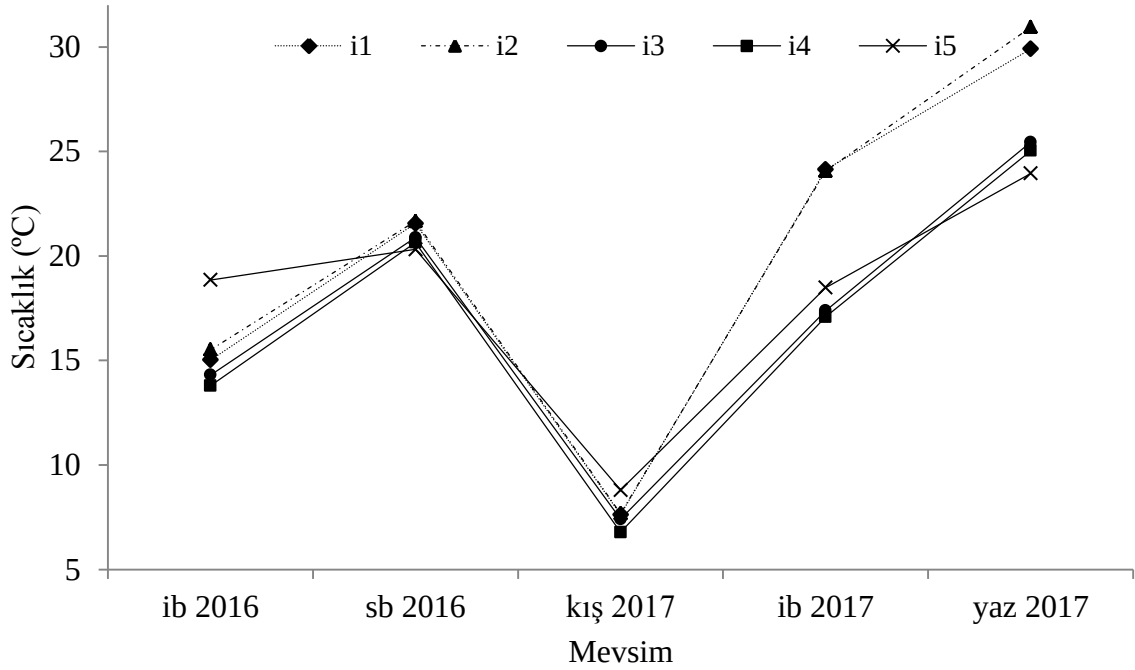
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Özellikler

Çalışma boyunca sıcaklık, pH, tuzluluk, ÇO, AKM, chl-*a* ve KOİ değişkenlerinin mevsimsel ve istasyonlar arası değişimleri elde edilmiştir. Bu değişim değerlerinin tanıtıcı istatistikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

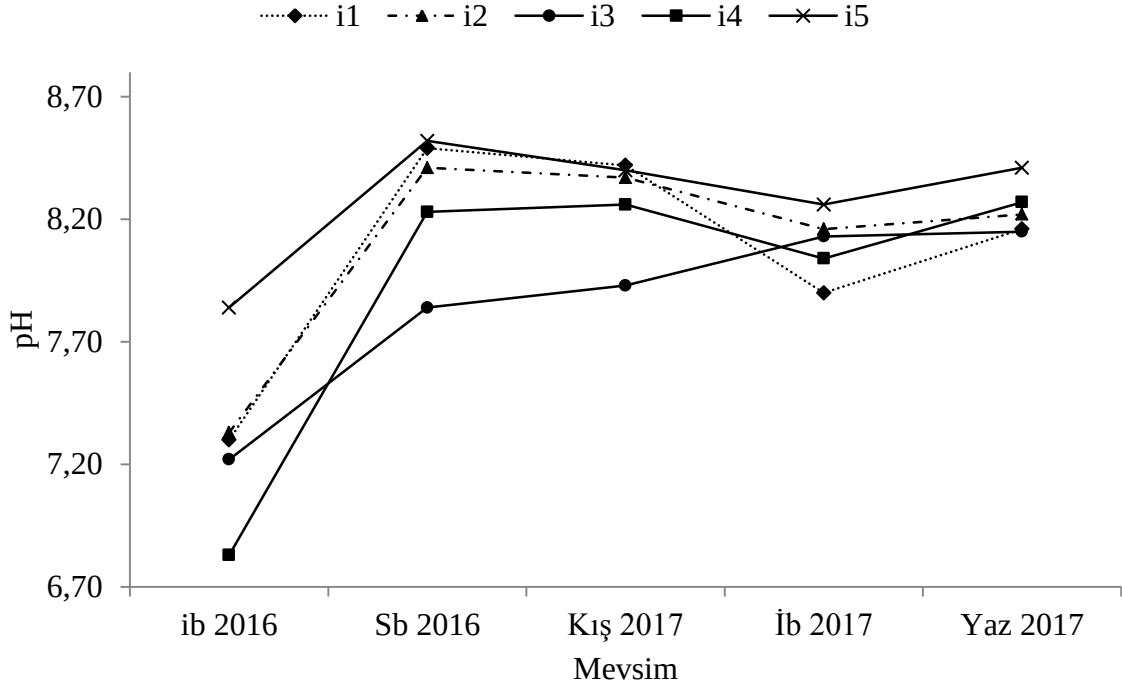
Çizelge 4.1. Çalışma alanında elde edilen fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerin tanıtıcı istatistikleri

Değişken	n	Ort±SD	Min	Max
Sıcaklık (°C)	75	18,292±6,841	6,78	30,98
pH	75	8,015±0,433	6,82	8,61
Tuzluluk (‰)	75	26,30±2,208	22,72	30,38
Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)	75	6,13±1,769	2,38	8,62
Askıda Katı Madde (mg L ⁻¹)	75	19,47±32,63	0,60	156,00
Klorofil-a (µg L ⁻¹)	75	3,722±2,629	1,25	13,57
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg L ⁻¹)	25	49,17±25,81	19,84	117,6



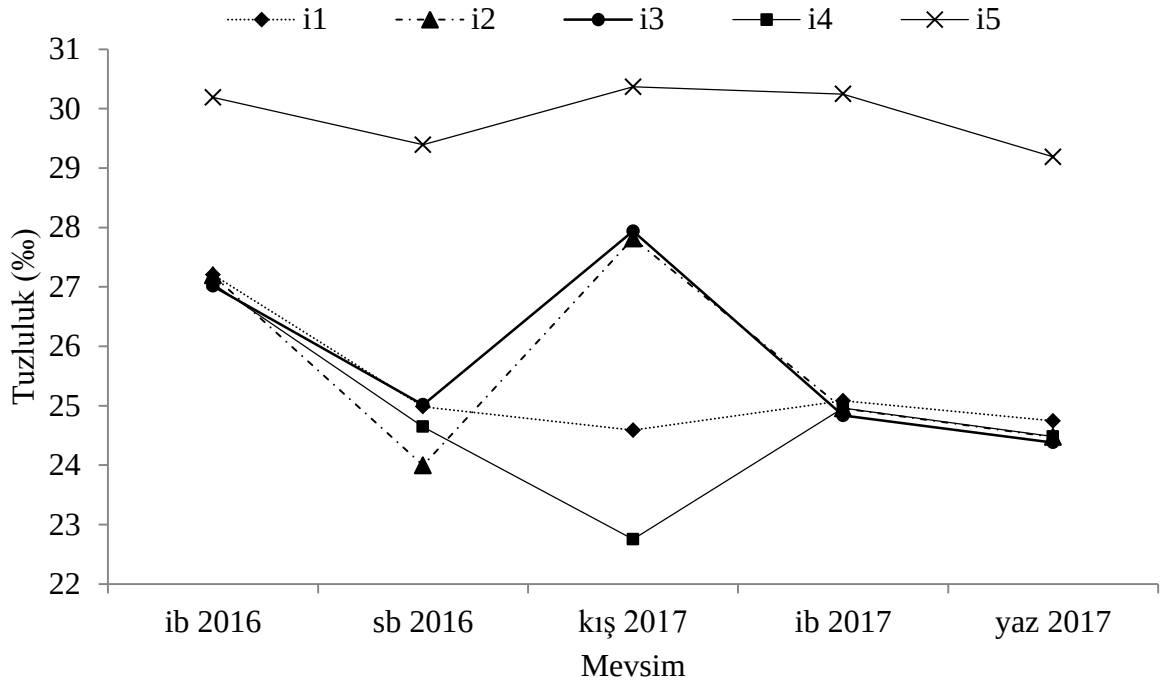
Şekil 4.1. Farklı istasyonlarda sıcaklık değerlerinin mevsimsel değişimi

Çanakkale Boğazı'nda elde edilen sıcaklık değerleri mevsim normallerinde seyretmiş (Şekil 4.1), en düşük değer kış mevsiminde 4. istasyonda $6,78^{\circ}\text{C}$, en yüksek değer ise yaz mevsiminde 2. istasyonda $30,98^{\circ}\text{C}$ olarak kayıt altına alınmıştır (Çizelge 4.1). Yapılan Varyans Analizi sonucu istasyonlar arası sıcaklık değerlerinin genel ortalamaları bakımından değişimleri istatistiksel açıdan önemli değildir (Çizelge 4.2; $p>0,05$). Bölgede yapılan bazı çalışmalarda elde edilen en yüksek değerler $22-26^{\circ}\text{C}$ arasında tespit edilmiştir (Büyükteş ve İnanzmaz, 2007, 2009; İnanzmaz, 2009; Türkoğlu, 2010). Yapılan çalışmada yaz mevsiminde 1. ve 2. istasyonlarda elde edilen sıcaklık değerlerinin mevsim normallerinin oldukça üzerinde seyretmesinin sebebi, örnek alınan noktanın kıyısal alandan izole bir havuz içinde olmasıdır.



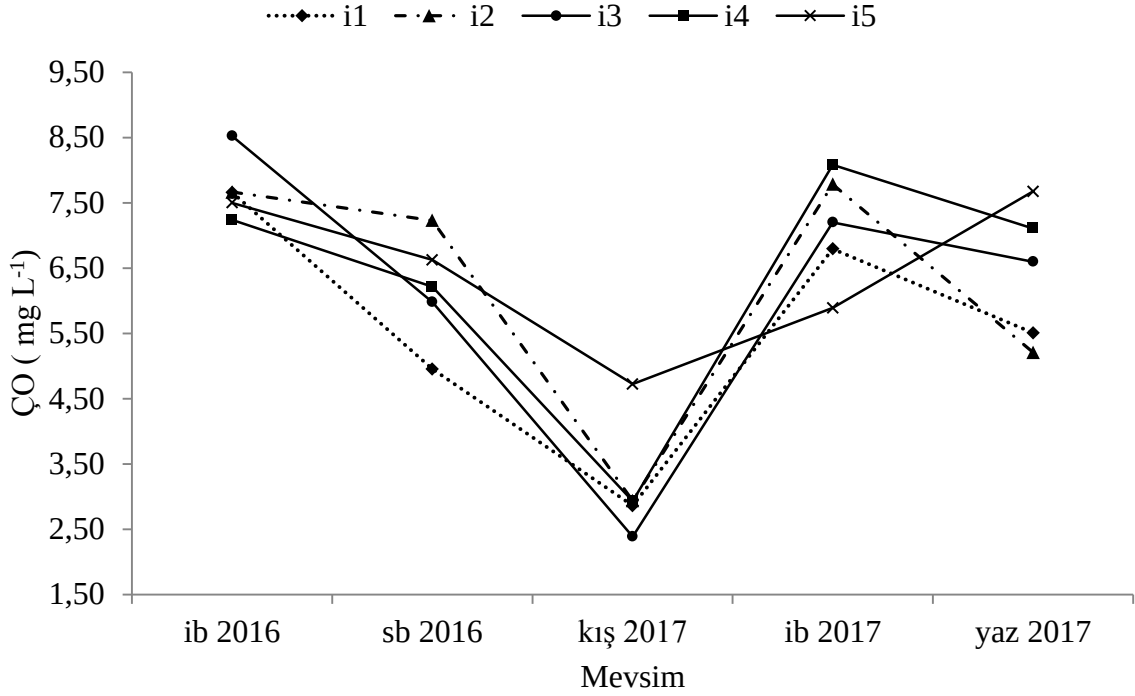
Şekil 4.2. Farklı istasyonlarda pH değerlerinin mevsimsel değişimi

pH değerlerinde maksimum değer sonbahar mevsiminde 5. istasyonda 8,61 olarak tespit edilmiş, minimum değer ise 2016 İlkbahar döneminde 4. istasyonda 6,82 olarak kayıt altına alınmıştır (Şekil 4.2; Çizelge 4.1). İstasyonlar arası pH değişimleri istatistiksel açıdan önemli değilken (Çizelge 4.2; $p>0,05$), mevsimler arası pH değişimleri istatistiksel açıdan önemlidir (Çizelge 4.2; $p<0,001$). Elde edilen pH değerleri bölgede yapılmış olan diğer çalışmalarla benzerlik göstermiştir (BüyüKateş ve İnanmaz, 2007, 2009).



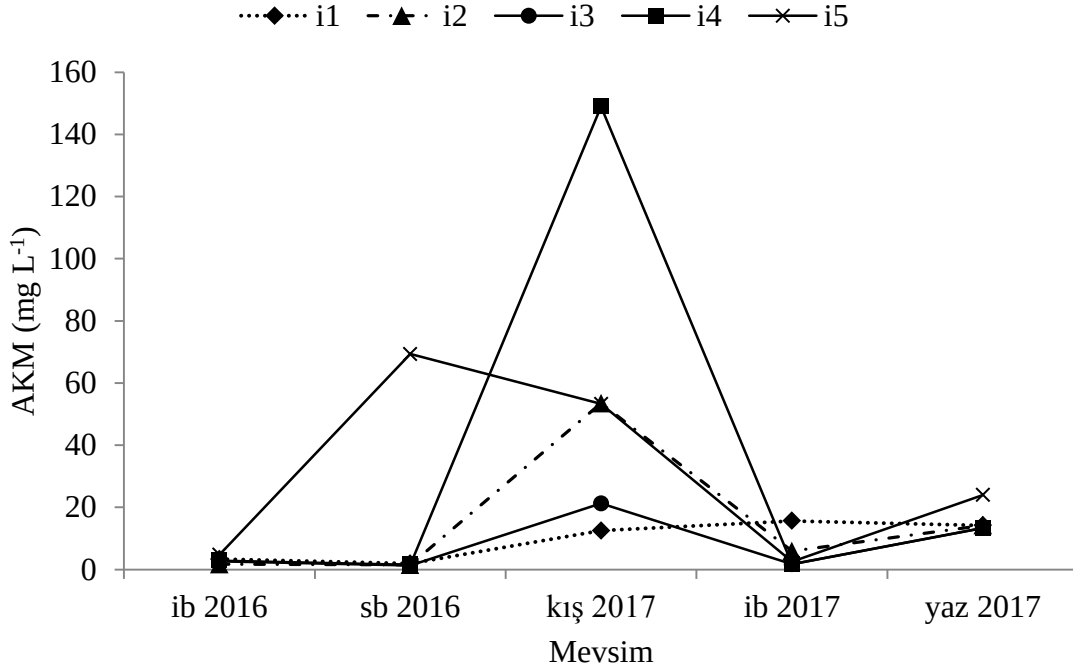
Şekil 4.3. Farklı istasyonlarda tuzluluk değerlerinin mevsimsel değişimi

Tuzluluk miktarında en yüksek değer kış mevsiminde 5. istasyonda %30,38 oranında, en düşük değer ise yine kış mevsiminde 4. istasyonda %22,72 oranında tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Çalışma boyunca 5. istasyonda elde edilen tuzluluk değerleri diğer istasyonlara nazaran daha yüksek seyretmiş (Şekil 4.3) ve bu farklılık istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 4.2; $p < 0,001$). Tuzluluk değerlerinin mevsimsel değişimleri de istatistiksel olarak önemli tespit edilmiş olup, en yüksek değerler 2016 ilkbahar döneminde, en düşük değerler ise yaz döneminde kayıt altına alınmıştır (Çizelge 4.2; $p = 0,025$). Daha önce bölgede yapılan bazı çalışmalarda tuzluluk değerleri %22,00 - %36,00 değişmiş (Büyükkateş ve İnanmaz, 2007, 2009; İnanmaz, 2009; Türkoğlu, 2010) bu değerler çalışmada elde edilen verilerle örtüşmektedir.



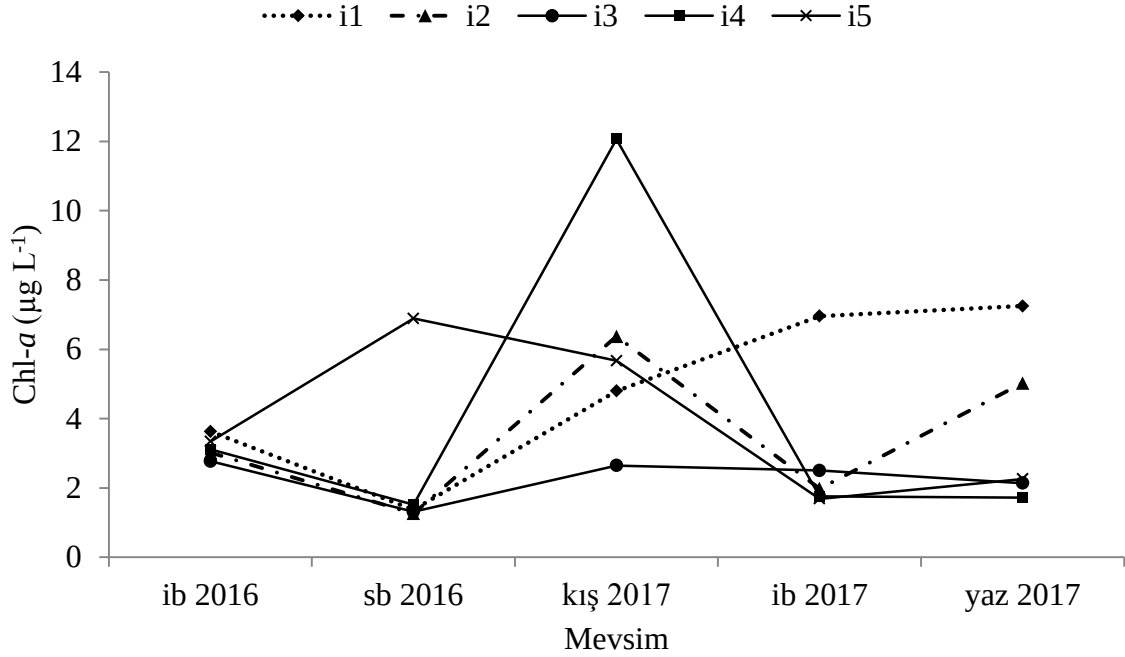
Şekil 4.4. Farklı istasyonlarda çözünmüş oksijen değerlerinin mevsimsel değişimi

İstasyonlar arası ÇO konsantrasyonundaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değilken, mevsimsel farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2; $p < 0,001$). En düşük değer kış döneminde 3. istasyonda $2,38 \text{ mg L}^{-1}$ olarak tespit edilmişken, en yüksek değer 2016 İlkbahar döneminde yine 3. istasyonda $8,62 \text{ mg L}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.1). Karasal girdi yükü sonucu AKM değerlerinin yüksek tespit edildiği (Şekil 4.5) kış döneminde çözünmüş oksijen konsantrasyonu oldukça düşük değerler göstermiştir (Şekil 4.4). Elde edilen ÇO değerlerinin AKM değerleri ile negatif yönde önemli doğrusal ilişki göstermesi ($p < 0,001$; $r = -0,511$; $n = 75$), AKM yoğunluğunun ÇO üzerinde negatif yönlü etkisinin olduğunu göstermektedir. Bu durum kış mevsiminde tespit edilen düşük ÇO değerlerini açıklamaktadır. Ayrıca yüksek AKM konsantrasyonunun tespit edildiği kış mevsimi hariç diğer mevsimlerdeki veriler değerlendirildiğinde, ÇO değerleri ile sıcaklık değerleri arasında negatif yönde önemli doğrusal ilişki tespit edilmiştir ($p < 0,001$; $r = -0,564$; $n = 60$). Bölgede daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen çözünmüş oksijen değerleri $3,89 \text{ mg L}^{-1} - 9,58 \text{ mg L}^{-1}$ arasında tespit edilmiş (Büyükateş ve İnanmaz, 2009; İnanmaz, 2009; Türkoğlu, 2010), yapılan çalışmada elde edilen değerler ile benzerlik göstermiştir.



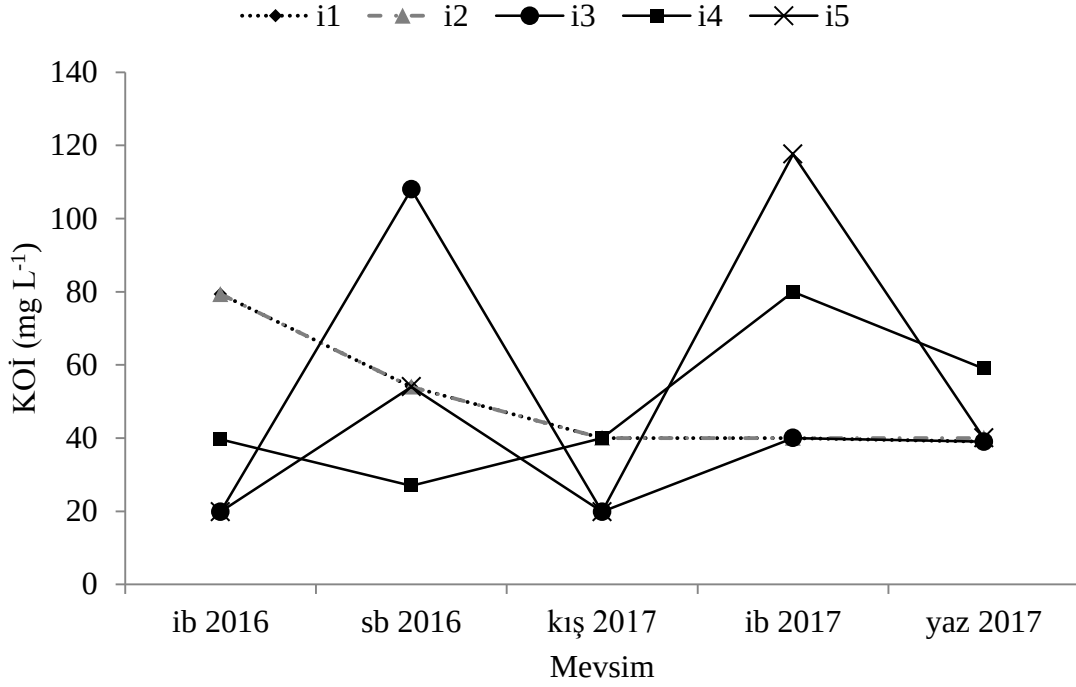
Şekil 4.5. Farklı istasyonlarda askıda katı madde değerlerinin mevsimsel değişimi

İstasyonlar arası AKM değişimlerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmemişken, mevsimler arası askıda katı madde miktarlarında önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 4.2; $p < 0,001$). En yüksek değer kış mevsiminde 4. istasyonda $156,00 \text{ mg L}^{-1}$, en düşük değer ise 2016 İlkbahar döneminde 1. istasyonda $0,60 \text{ mg L}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Kış örnekleme döneminde özellikle 4. istasyonda yoğun yağış sonucu karasal girdiler arttığı gözlemlenmiştir (Ek Şekil 2.2), bunun sonucu olarak askıda katı madde miktarları diğer dönemlere göre yüksek değerlerde seyretmiştir (Şekil 4.5). Bununla beraber geçmişte Çanakkale Boğazı'nın farklı noktalarında yapılan diğer çalışmada elde edilen değerler $10,10 \text{ mg L}^{-1} - 23,40 \text{ mg L}^{-1}$ aralığında seyretmiş (Kılıç, 2012; Odabaşı ve Büyükkateş, 2009), yapılan çalışmada elde edilen değer aralığıyla benzerlik göstermemektedir. En düşük değerlerin tespiti yapıldığı 1. ve 2. istasyonlar, denizel sistemden izole bir havuz içerisinde olduğu için boğaz akıntısının etkisi altında olmayıp buna bağlı olarak bu istasyonlarda AKM değerlerinde düşük değerler tespit edilmiştir. Öte yandan yukarıda da bahsedildiği gibi kış döneminde yağışa paralel karasal girdiler sonucu 4. istasyonda oldukça yüksek AKM değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Farklı istasyonlarda chl-a değerlerinin mevsimsel değişimi

Fitoplankton yükünün bir göstergesi olan chl-a değerleri istasyonlar arası istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermemişken, genel ortalamaları bakımından mevsimsel farklılıkları istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir (Çizelge 4.2; $p < 0,001$). Ancak aynı mevsim içinde istasyonlar arası farklılıklar tespit edilmiş olup, bu farklılıklara çalışmanın diğer safhası olan kararlı izotop analizi sonuçları başlığı altında değinilmiştir. En yüksek chl-a değeri kış mevsiminde 4. istasyonda $13,57 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak, en düşük değer ise sonbahar döneminde 2. istasyonda $1,24 \mu\text{g L}^{-1}$ olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1). AKM değerlerinde olduğu gibi chl-a konsantrasyonu kış mevsiminde özellikle 4. istasyonda olmak üzere bütün istasyonlarda yüksek değerler göstermiştir (Şekil 4.6). Öte yandan bölgede daha önce yapılan bazı çalışmalarda elde edilen chl-a değerleri $0,32 - 6,67 \mu\text{g L}^{-1}$ arasında değişim göstermiş (Büyükteş ve İnanzmaz, 2007; Kılıç, 2012; Odabaşı ve Büyükteş, 2009), çalışmada elde edilen maksimum değer gözlemlendiği kış mevsimi 4. istasyonda elde edilen değer hariç chl-a değer aralığıyla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.7. Farklı istasyonlarda kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin mevsimsel değişimi

Bölgede KOİ değerleri bakımından istasyonlar arası ve mevsimler arası istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmemiştir (Çizelge 4.2; $p>0,05$). En yüksek değer 2017 İlkbahar döneminde 5. istasyonda, en düşük değer ise 2016 İlkbahar döneminde ve 2017 Kış döneminde 3. ve 5. istasyonlarda gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1). 1. ve 2. istasyonlarda elde edilen KOİ değerleri aynı seyretmiş, 1., 2. ve 5. istasyonlar KOİ değerleri bakımından en yüksek ortalamalara sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7). Bölgede KOİ değerleriyle ilgili yalnızca iç sularda yapılmış çalışma mevcuttur (Akbulut ve ark., 2006). Çalışma boyunca Kepez Limanı'nda tespit edilen KOİ değerlerinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)'ndeki sınır değerlerini aşmadığı gözlemlenmiştir (SKKY; Tablo 20.6, Tablo 22).

Çizelge 4.2. Çalışma boyunca Çanakkale Boğazı'nda elde edilen fiziko-kimyasal ve biyolojik değişkenlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort±SD	P değeri	Faktör	n	**Ort±SD	P değeri
Sıcaklık (°C)	İlkbahar 2016	15	15,499±1,838 ^C	<0,001	1. ist.	15	19,65±7,95	>0,05
	Sonbahar 2016	15	21,011±0,542 ^B		2. ist.	15	19,97±8,17	
	Kış 2017	15	7,659±0,677 ^D		3. ist.	15	17,09±6,31	
	İlkbahar 2017	15	20,230±3,306 ^B		4. ist.	15	16,67±6,42	
	Yaz 2017	15	27,059±2,914 ^A		5. ist.	15	18,08±5,20	
pH	İlkbahar 2016	15	7,3040±0,3316 ^B	<0,001	1. ist.	15	8,00±0,0447	>0,05
	Sonbahar 2016	15	8,2993±0,3010 ^A		2. ist.	15	8,085±0,413	
	Kış 2017	15	8,2760±0,1904 ^A		3. ist.	15	7,852±0,3629	
	İlkbahar 2017	15	8,0973±0,1411 ^A		4. ist.	15	7,882±0,559	
	Yaz 2017	15	8,0973±0,1411 ^A		5. ist.	15	8,2553±0,2524	
Tuzluluk (‰)	İlkbahar 2016	15	27,731±1,275 ^A	0,025	1. ist.	15	25,321±0,993 ^b	<0,001
	Sonbahar 2016	15	25,607±2,020 ^{AB}		2. ist.	15	25,686±1,610 ^b	
	Kış 2017	15	26,691±2,788 ^{AB}		3. ist.	15	25,837±1,435 ^b	
	İlkbahar 2017	15	26,017±2,191 ^{AB}		4. ist.	15	24,778±1,422 ^b	
	Yaz 2017	15	25,453±1,938 ^B		5. ist.	15	29,877±0,504 ^a	
ÇO (mg L ⁻¹)	İlkbahar 2016	15	7,717±0,454 ^A	<0,001	1. ist.	15	5,555±1,739	>0,05
	Sonbahar 2016	15	6,200±0,851 ^C		2. ist.	15	6,164±1,928	
	Kış 2017	15	3,167±0,833 ^D		3. ist.	15	6,137±2,129	
	İlkbahar 2017	15	7,149±0,811 ^{AB}		4. ist.	15	6,313±1,856	
	Yaz 2017	15	6,418±0,970 ^{BC}		5. ist.	15	6,482±1,135	
AKM (mg L ⁻¹)	İlkbahar 2016	15	3,053±1,507 ^B	<0,001	1. ist.	15	9,51±6,13	>0,05
	Sonbahar 2016	15	15,10±30,45 ^B		2. ist.	15	15,35±20,43	
	Kış 2017	15	57,9±50,3 ^A		3. ist.	15	8,04±8,34	
	İlkbahar 2017	15	5,49±5,89 ^B		4. ist.	15	33,7±59,9	
	Yaz 2017	15	15,81±4,43 ^B		5. ist.	15	30,77±29,91	

Çizelge 4.2'nin devamı

Değişken	Faktör	n	*Ort±SD	P değeri	Faktör	n	**Ort±SD	P değeri
Chl-a (µg L ⁻¹)	İlkbahar 2016	15	3,174±0,758 ^B	<0,001	1. ist.	15	4,802±2,488	>0,05
	Sonbahar 2016	15	2,471±2,291 ^B		2. ist.	15	3,532±1,979	
	Kış 2017	15	6,310±3,304 ^A		3. ist.	15	2,273±0,563	
	İlkbahar 2017	15	2,976±2,255 ^B		4. ist.	15	4,03±4,23	
	Yaz 2017	15	3,678±2,219 ^B		5. ist.	15	3,967±2,113	
KOİ (mg L ⁻¹)	İlkbahar 2016	5	47,60±30,1	>0,05	1. ist.	5	50,47±17,31	>0,05
	Sonbahar 2016	5	59,40±29,6		2. ist.	5	50,67±17,14	
	Kış 2017	5	31,94±11,04		3. ist.	5	45,30±36,4	
	İlkbahar 2017	5	63,50±34,8		4. ist.	5	49,14±20,69	
	Yaz 2017	5	43,40±8,73		5. ist.	5	50,30±40,30	

*Büyük harfler mevsimler arası farklı grupları temsil eder.

**Küçük harfler istasyonlar arası farklı grupları temsil eder. “A/a” en yüksek grup ortalamasıdır.

4.2. Zooplankton Gruplarının Bolluk Miktarları

Çanakkale Boğazı'nda 2016 İlkbahar ve 2017 Yaz dönemleri arasında baskın zooplankton türlerini belirleyebilmek amacıyla tür ve grupların m³ teki toplam birey sayıları hesaplanmıştır. Belirlenen en baskın türler çalışmanın diğer safhası olan kararlı izotop analizleri için kullanılmıştır. İzotop analizleri için ayıklanması güç olan 200 mikrondan küçük mikrozooplankton bolluk örnekleme esnasında toplanmamıştır. Yapılan çalışma sonucunda en baskın tür olarak kopepodlardan *Acartia clausi* türü tespit edilmiştir. Her türlü ortama adapte olabilen ve kirlilik indikatörü olarak bilinen (Mavili ve Sever, 2002; Siokou-Frangou ve ark., 2004; Tarkan ve ark., 2000a) *A. clausi*, Çanakkale Boğazı'nda daha önce yapılan çalışmalarda da baskın olarak belirlenmiştir (Büyükkates ve İnanzmaz, 2010; İnanzmaz, 2009). Yalnızca Çanakkale Boğazı'nda değil, geçmişte Marmara Denizi, Ege Denizi ve Karadeniz'de yapılan bazı çalışmalarda da *A. clausi* türü en baskın tür olarak kayıt altına alınmıştır (İşinibilir ve ark., 2010; Tarkan ve ark., 2005). Yaz mevsimi hariç bütün mevsimlerde pelajikteki yerini alan bu türün bolluk oranı çalışma boyunca %31 olarak tespit edilmiştir. Bu türü %13,97 oranla kladoserlerden *Penilia avirostris* takip etmiştir. Filtre ederek bakteri ve alglerle beslendiği bilinen (Katechakis ve ark., 2004; Turner ve ark., 1988) bu tür, bölgede daha önce

yapılan çalışmalarda da bu çalışmada olduğu gibi genellikle yaz mevsiminde baskın olduğu bilinmektedir (Büyükateş ve İnanzmaz, 2007, 2009). Geçmişte Marmara Denizi'nde farklı bölgelerde yapılan bazı çalışmalarda da *P. avirostris* türü baskın türler arasındaki yerini almıştır (İşinibilir ve Tarkan, 2002; Tarkan ve ark., 2000b). Kopepodlardan *Calanus helgolandicus* türü toplam bolluğu %12,66 oranla temsil etmiş ve bütün mevsimlerde kendini göstermiştir. Bu türleri sırasıyla dinoflagellat *Noctiluca scintillans* (%11,35), kopepod *Oithona nana* (%9,17), tunicat *Oikopleura dioica* (%9,17), kopepod larvası (%7,86), kopepod *Pseudocalanus elangatus* (%2,18), kopepod *Paracalanus parvus* (%1,31) takip etmiştir (Çizelge 4.3; Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. Çanakkale Boğazı'nda çalışma boyunca elde edilen istasyonlar arası bolluk oranları

Grup	Tür	Toplam adet/m ³	İstasyonlar Arası Bolluk Oranları (%)					Türler Arası Toplam Bolluk Oranları (%)
			i1	i2	i3	i4	i5	
Copepoda	<i>Acartia clausi</i>	13800	0,87	0,00	4,80	20,52	4,80	31,00
Cladocera	<i>Penilia avirostris</i>	6400	0,00	0,00	1,75	12,23	0,00	13,97
Copepoda	<i>Calanus helgolandicus</i>	5800	0,00	0,00	1,31	8,73	2,62	12,66
Dinoflagellata	<i>Noctiluca scintillans</i>	4800	0,00	0,87	2,62	5,68	2,18	11,35
Copepoda	<i>Oithona nana</i>	4800	0,00	0,00	0,00	10,48	0,00	10,48
Tunicata	<i>Oikopleura dioica</i>	4200	0,00	0,00	1,31	6,11	1,75	9,17
Copepoda	<i>Copepoda naupliu</i>	3600	0,00	0,00	1,31	0,87	5,68	7,86
Copepoda	<i>Pseudocalanus elangatus</i>	800	0,44	0,00	0,87	0,87	0,00	2,18
Copepoda	<i>Paracalanus parvus</i>	400	0,44	0,00	0,44	0,00	0,44	1,31
İstasyonlar Arası Toplam Bolluk Oranları (%)		-	1,75	0,87	14,41	65,50	17,47	100,00

Çalışma boyunca istasyonlar arası bolluk oranları incelendiğinde, derinliği, boğaz akıntısına yakınlığı ve kıyısız alana uzaklığıyla diğer istasyonlardan ayrılan 4. istasyonun bolluk oranı diğer istasyonlara nazaran oldukça yüksek tespit edilmiştir (%65,50). Bu istasyonu %17,47 oranıyla kıyısız alanda bulunan ve referans istasyonu olan 5. istasyon,

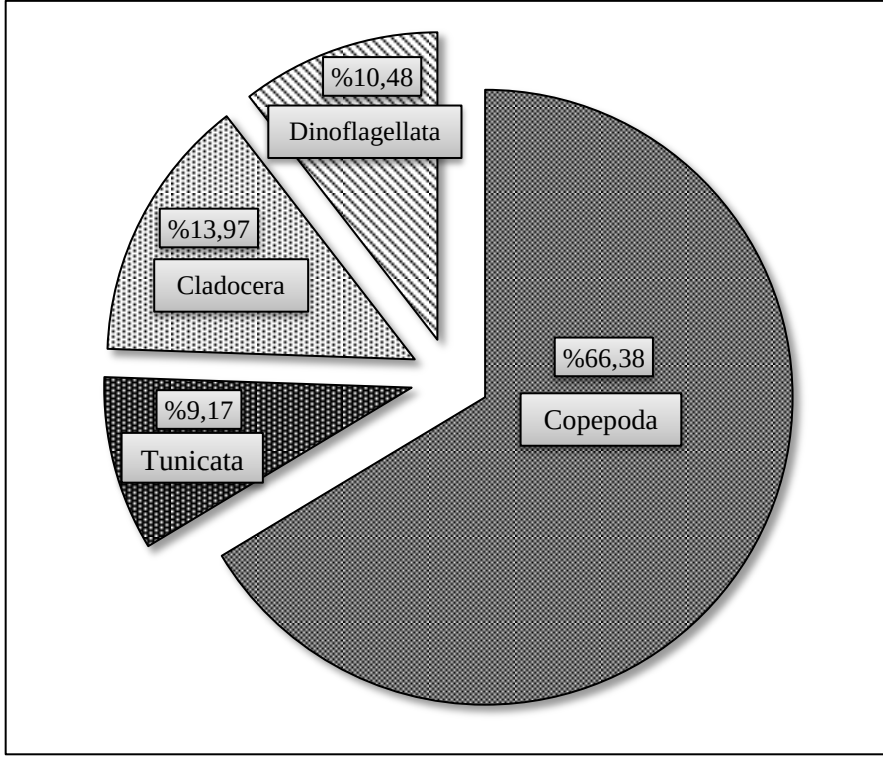
%14,41 oranıyla Liman içinde kıyısız alanda bulunan 3. istasyon takip etmiştir (Çizelge 4.3). Boğaz akıntısından izole halde havuz içinde bulunan 1. ve 2. istasyonlarda bolluk oranlarının ise oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3; Sırasıyla: %1,75, %0,87). Bununla beraber yapılan Kruskal-Wallis Testi sonucu zooplanktonun istasyonlar arası bolluk farklılıkları istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir ($H=21,61$; $df=4$; $p<0,001$).

Çizelge 4.4. Çanakkale Boğazı'nda çalışma boyunca elde edilen mevsimler arası bolluk oranları

Grup	Tür	Toplam tür/m ³	Mevsimsel Bolluk (%)					Türler Arası Toplam Bolluk Oranları (%)
			İb. 2016	Sb. 2016	Kış 2017	İb. 2017	Yaz 2017	
Copepoda	<i>Acartia clausi</i>	13800	7,86	7,42	9,61	6,11	0,00	31,00
Cladocera	<i>Penilia avirostris</i>	6400	0,00	0,44	0,00	0,00	13,54	13,97
Copepoda	<i>Calanus helgolandicus</i>	5800	0,87	1,31	3,49	0,44	6,55	12,66
Dinoflagellata	<i>Noctiluca scintillans</i>	4800	3,49	3,49	0,00	2,62	1,75	11,35
Copepoda	<i>Oithona nana</i>	4800	4,80	1,31	0,00	4,37	0,00	10,48
Tunicata	<i>Oicopleura dioica</i>	4200	3,06	2,18	0,00	2,18	1,75	9,17
Copepoda	<i>Copepoda naupliu</i>	3600	3,93	0,87	0,00	3,06	0,00	7,86
Copepoda	<i>Pseudocalanus elangatus</i>	800	0,00	0,00	1,75	0,00	0,44	2,18
Copepoda	<i>Paracalanus parvus</i>	400	0,00	0,00	1,31	0,00	0,00	1,31
Mevsimler Arası Toplam Bolluk Oranları (%)			24,02	17,03	16,16	18,78	24,02	100,00

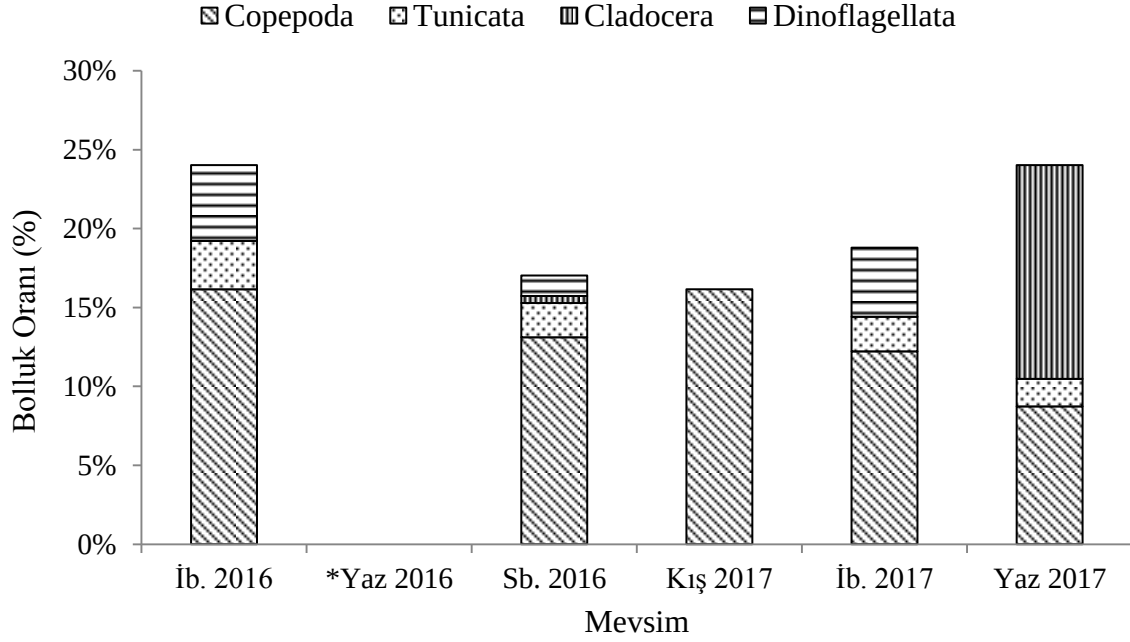
Mevsimler arası bolluk oranları incelendiğinde ise ılıman iklimlerdeki zooplankton bolluk oranlarının soğuk iklimlerde kaydedilen zooplankton bolluk oranlarına nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek bolluk miktarı 2016 İlkbahar dönemi ve 2017 Yaz döneminde aynı oranla (%24,02) tespit edilmiş, bu dönemleri %18,78' lik oranla 2017 İlkbahar mevsimi takip etmiştir. Sonbahar ve kış dönemlerinde bolluk oranları sırasıyla

%17,03 ve %16,16 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). 2016 Yaz döneminde örnekleme gerçekleştirilememiştir. Yapılan Kruskal-Wallis Testi sonucu zooplanktonun mevsimler arası bolluk farklılıkları istatistiksel olarak önemli tespit edilmemiştir ($H=1,42$; $df=4$; $p=0,840$).



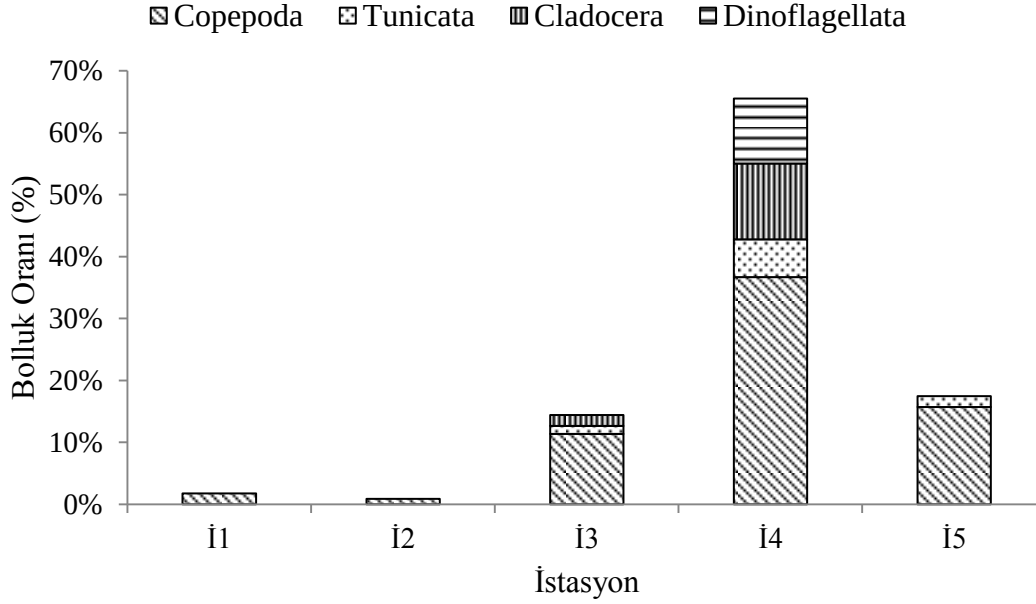
Şekil 4.8. Çalışma boyunca tespit edilen grupların yüzde (%) dağılımları

Çalışma boyunca elde edilen grupların toplam bolluk miktarları değerlendirildiğinde kopepodların %66,38' lik oranla en baskın grup olduğu belirlenmiştir. Bu grup yaz mevsimi hariç bütün mevsimlerde baskın olarak pelajikteki yerini almıştır. Kopepodları sıcak sularda oldukça yoğun tespit edilen kladoser grubu %13,97 oranla takip etmiştir. Dinoflagellatlar ve tunikatlar sırasıyla %10,48 ve %9,71 lik oranla toplam bolluğu temsil etmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.9. Çalışma boyunca tespit edilen grupların yıl boyu dağılımları (*Yaz 2016 döneminde örnekleme gerçekleştirilememiştir)

Tespit edilen grupların mevsimler arası bolluk oranları incelendiğinde 2016 İlkbahar dönemi en yoğun tür tespiti yapılan mevsim olmuş, kopepod grubunun yaz mevsimi hariç bütün mevsimlerde baskın olduğu gözlemlenmiştir. Kladoserler yalnızca suların sıcak gözlemlendiği dönemler olan Sonbahar 2016 ve Yaz 2017 mevsimlerinde tespit edilmiştir. Tunikatlar soğuk suların hakim olduğu kış mevsimi hariç bütün mevsimlerde, dinoflagellatlar ise ilkbahar örneklemelelerinde ve az miktarda sonbahar örneklemesinde tespit edilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.10. Çalışma boyunca tespit edilen grupların istasyonlar arası dağılımı

İstasyonlar arası grupların dağılımı incelendiğinde ise kopepodlar en yoğun 4. istasyon olmak üzere bütün istasyonlarda tespit edilmiş, 1. ve 2. istasyonlarda kopepodlar harici başka bir grubun tespiti yapılmamıştır. Kladoserler yalnızca 3. ve 4. istasyonlarda, dinoflagellatlar yalnızca tür yoğunluğunun en fazla olduğu 4. istasyonda, tunikatlar ise 3., 4. ve 5. istasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 4.10).

4.3. Kararlı İzotop Analizlerinin Değerlendirilmesi

Çanakkale Boğazı'nda yapılan çalışma sonucu bölgede baskın tespit edilen kopepodlardan *A. clausi*, *C. helgolandicus* ve kladoserlerden *P. avirostris* türlerinin toplamda 5 mevsim ve 3 istasyonda kararlı karbon ve azot izotop analizleri gerçekleştirilmiştir. Çevresel ve biyolojik verilerde olduğu gibi kararlı karbon ve azot analizi için 2016 Yaz döneminde hiçbir istasyonda veri elde edilememiştir (Çizelge 4.5). Ayrıca, ortamda bulunan zooplanktonun bolluk oranlarının belirlenmesi için yapılan çalışmada olduğu gibi kararlı izotop analizleri için örnek toplama esnasında 1. ve 2. istasyonlarda yeterli miktarda tür tespiti yapılamadığından, bu istasyonlarda hiçbir türe ait kararlı karbon ve azot izotop analiz sonucu bulunmamaktadır.

Çizelge 4.5. Çalışma boyunca kararlı izotop analizi için veri elde edilebilen bölgeleri gösterir çizelge (Hücreler içindeki sayılar örnek adedini temsil eder)

	Kopepod						Kladoser		
Tür	<i>A. clausi</i>			<i>C. helgolandicus</i>			<i>P. avirostris</i>		
Mevsim / İstasyon	i3	i4	i5	i3	i4	i5	i3	i4	i5
2016 ilkbahar	9	-	14	-	-	-	-	-	-
2016 Yaz	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016 Sonbahar	-	3	5	-	-	-	-	-	-
2017 Kış	3	3	2	-	-	-	-	-	-
2017 İlkbahar	2	10	2	-	-	-	-	-	-
2017 Yaz	-	-	-	-	10	-	-	10	-

2016 ve 2017 Yaz dönemlerinde tespiti yapılamayan *A. clausi*'nin bu mevsimlerde kararlı karbon ve azot izotop analiz sonucu elde edilememiş, diğer bütün mevsimlerde bu türe ait analizler gerçekleştirilmiştir. *C. helgolandicus* ve *P. avirostris* türleri için ise yalnızca 2017 Yaz döneminde yeterli miktarda birey toplandığı için, bu mevsim harici diğer mevsimlerde kararlı karbon ve azot analiz sonuçları bulunmamaktadır. *C. helgolandicus* türü bir kopepod olduğu için bu türe ait 2017 Yaz döneminde elde edilen veriler yine bir kopepod olan *A. clausi* ile birlikte aynı istasyonda mevsimsel farklılıkların belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca bir kladoser olan *P. avirostris*'e ait yalnızca yaz mevsiminde ve tek istasyonda veri elde edilebildiği için mevsimsel ve istasyonlar arası değişimi incelenememiş, bu türe ait izotop verileri türler arası farklılıkların belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Zooplanktona ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ oranlarının toplam grup ortalamalarının istasyonlar arası farklılıkları değerlendirilirken mevsimsel farklılıklar, mevsimler arası farklılıkları belirlerken de istasyonlar arası farklılıklar göz ardı edilmiştir. Bu sebeple, elde edilen verilerin toplam grup ortalamalarının istasyonlar arası ve mevsimler arası farklılıklarının belirlenmesinin yanında, aynı mevsim içinde farklı istasyonlarda veri bulunan dönemlerde elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin değişimleri de incelenmiştir. Ayrıca istasyonların mevsimsel değişimlerini

inceleyebilmek için, veri bulunan her istasyon ayrı ayrı olmak üzere bu istasyonlardaki kararlı karbon ve azot sonuçların mevsimsel değişimleri incelenmiştir. Bununla beraber, çalışma boyunca veri elde edilen 3 türün $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ oranları arasındaki farklılıklar incelenerek beslenme alışkanlıkları ve trofik düzeyleri hakkında tespitlerde bulunulmuştur.

4.3.1. Kopepodlarda $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerlerinin İstasyonlar Arası Değişimleri

Bu başlık altında çalışma boyunca kopepodlara ait toplam $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin istasyonlar arası farklılıkları incelenmiş, bu farklılıkların hangi faktörlerin etkisi altında olabileceği tartışılmıştır. Kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ değerleri incelendiğinde istasyonlar arası önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 4.6; $p < 0,001$). Özellikle yüksek plankton bolluğuyla bilinen ve Karadeniz ve Ege Denizi arasında yoğun akıntılara maruz kalabilen 3. ve 4. istasyonlardaki $\delta^{13}\text{C}$ oranları, referans istasyonu olan 5. istasyondaki $\delta^{13}\text{C}$ oranlarına nazaran oldukça düşük tespit edilmiştir (Şekil 4.11). Zooplanktonun izotopik kompozisyonlarının sistemdeki zooplankton bolluğuna bağlı olarak değişebileceği bilinmektedir (Matthews ve Mazumder, 2003; Yang ve ark., 2017). Çalışmanın diğer safhası olan bolluk belirleme safhasında en yüksek plankton yoğunluğuna rastlanan istasyonun 4. istasyon olduğu belirlenmiş (Çizelge 4.3), bu istasyonda diğer istasyonlara nazaran bolluk oranları ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki anlamlı farklılık değerlendirildiğinde, 4. istasyondaki zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki azalmanın sebeplerinden birisi sistemdeki yoğun zooplankton bolluğu olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, denizel sistemlerde çevresel ve biyolojik faktörlerin yanında fitoplankton yoğunluğu da yatay ve dikey akıntılara bağlı olarak değişebileceği bilinmektedir (Büyükkateş ve İnanmaz, 2007; Zervoudaki ve ark., 2011). Akıntıların sebep olduğu denizel sistemdeki bu değişimler epipelajikte yaşayan zooplanktonun beslenme alışkanlıklarını etkileyebilir. İstasyonlar arası bu faktörler karşılaştırıldıklarında, karbon kaynakları ve diğer besin elementleri değiştiğinden dolayı, 3. ve 4. istasyonlarda elde edilen zooplanktonun beslenme alışkanlıklarının referans istasyonu olan 5. istasyona nazaran farklı olması beklenmektedir. Bu yüzden, kopepodlara ait 3. ve 4. istasyonlarda elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki düşük oranlarına, akıntı ve derinliğin yanında sistemin biyolojik özelliklerinin de katkısı olabildiği söylenebilir. Bu çalışmada olduğu gibi, geçmişte zooplanktonun izotopik kompozisyonları üzerine yapılan bazı çalışmalarda da çevresel faktörlerin (özellikler karasal girdiler) yanında birincil üretim gibi biyolojik faktörlerin

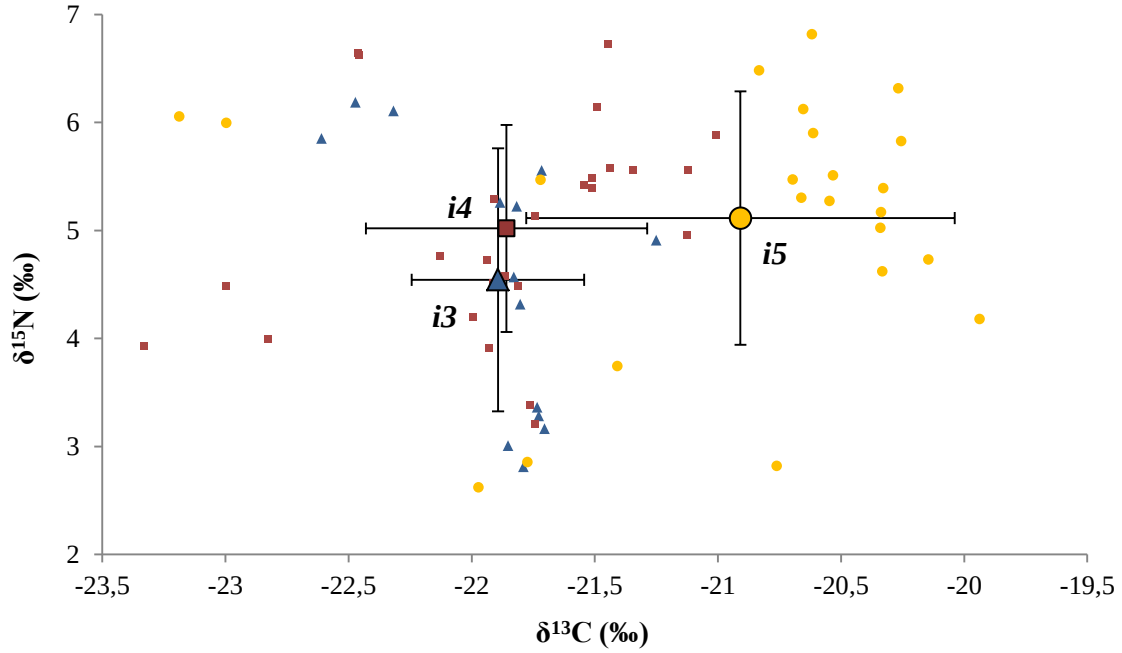
zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ değerlerini etkilediği ortaya konmuştur (Fanelli ve ark., 2009; Yang ve ark., 2017). Ayrıca, bu çalışmada elde edilen zooplanktona ait $\delta^{13}\text{C}$ değerleri, geçmişte Akdeniz'in farklı noktalarında yapılan bazı çalışmalarda elde edilen değerlerle örtüşmektedir (Bănarü ve ark., 2014; Fanelli ve ark., 2011; Fanelli ve ark., 2009).

Genel ortalama bakımından kopepodlara ait elde edilen $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde istasyonlar arası farklılık bulunmaması, sistemdeki zooplanktonun farklı karbon kaynaklarından dolayı beslenme alışkanlıkları değişse de, genel anlamda trofik düzeyinin değişmediği anlamına gelebilir. Fakat bu durumla ilgili tam bir tespitite bulunabilmek için aynı dönemde alınan örneklerin $\delta^{15}\text{N}$ değerlerindeki istasyonlar arası farklılıkları da incelemek gerekmektedir. Mevsimler içi istasyonlar arası farklılıkların ve istasyonların mevsimsel farklılıklarının belirtildiği konu başlıklarında bu durum ele alınmıştır.

Çizelge 4.6. Çalışma boyunca elde edilen kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin istasyonlar arası tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort±SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	i3	14	-21,8936±0,3501 ^B	<0,001
	i4	26	-21,8600±0,5720 ^B	
	i5	23	-20,9100±0,8700 ^A	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	i3	14	4,544±1,219	n.s.
	i4	26	5,018±0,958	
	i5	23	5,115±1,173	
C:N	i3	11	3,7839±0,2834	n.s.
	i4	23	3,7634±0,1785	
	i5	21	3,991±0,619	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.



Şekil 4.11. Çalışma boyunca elde edilen kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin istasyonlar arası dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)

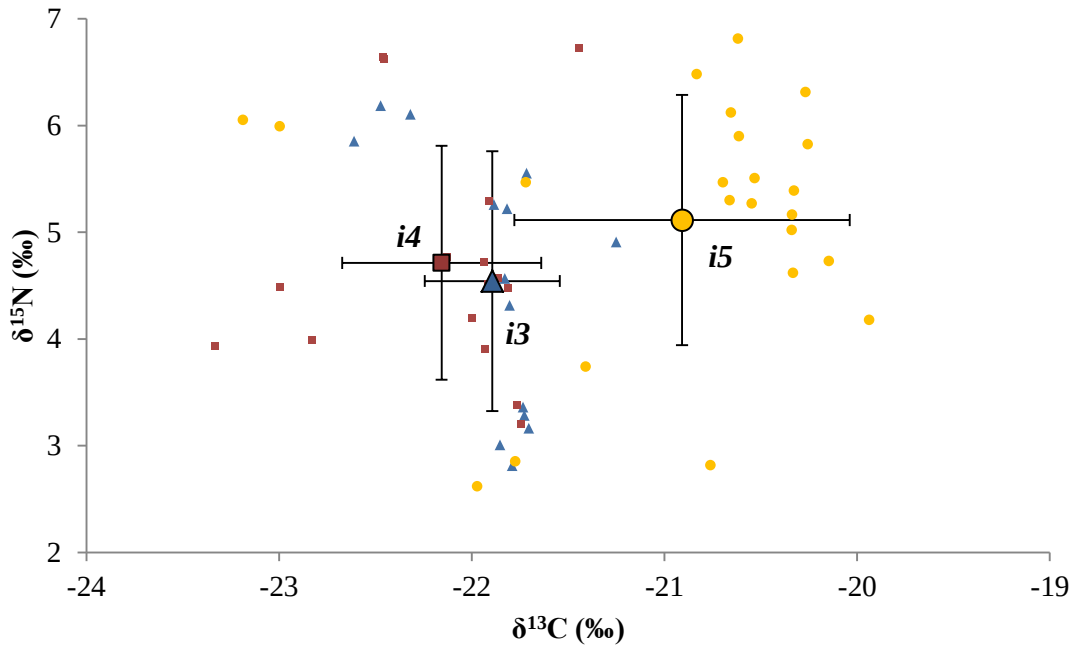
4.3.2. *A. clausi* $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerlerinin İstasyonlar Arası Değişimleri

Bu başlık altında *A. clausi* türünün toplam $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin 3. 4. ve 5. istasyonlar arasındaki farklılıkları incelenmiştir. *A. clausi*'nin $\delta^{13}\text{C}$ oranları kopepodlarda olduğu gibi referans istasyonu olan 5. istasyonda, 3. ve 4. istasyonlara nazaran önemli düzeyde yüksek değerlerde seyretmiştir (Şekil 4.12). $\delta^{15}\text{N}$ değerleri ise yine aynı şekilde bir üst başlıkta tespit edildiği gibi istasyonlar arası farklılıkları istatistiksel olarak önemli değildir (Çizelge 4.7; $p < 0,001$). Bu değişimlerin olası sebeplerine başlık 4.3.1.'de değinilmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışma boyunca elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin istasyonlar arası tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort $\pm$ SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	i3	14	-21,8936 $\pm$ 0,3501 ^B	<0,001
	i4	16	-22,157 $\pm$ 0,517 ^B	
	i5	23	-20,9100 $\pm$ 0,870 ^A	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	i3	14	4,544 $\pm$ 1,219	n.s.
	i4	16	4,713 $\pm$ 1,096	
	i5	23	5,115 $\pm$ 1,173	
C:N	i3	11	3,7839 $\pm$ 0,2834	n.s.
	i4	13	3,8131 $\pm$ 0,1844	
	i5	21	3,991 $\pm$ 0,619	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.



Şekil 4.12. Çalışma boyunca elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin istasyonlar arası dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)

4.3.3. Kopepodlarda $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerlerinin Mevsimsel Değişimleri

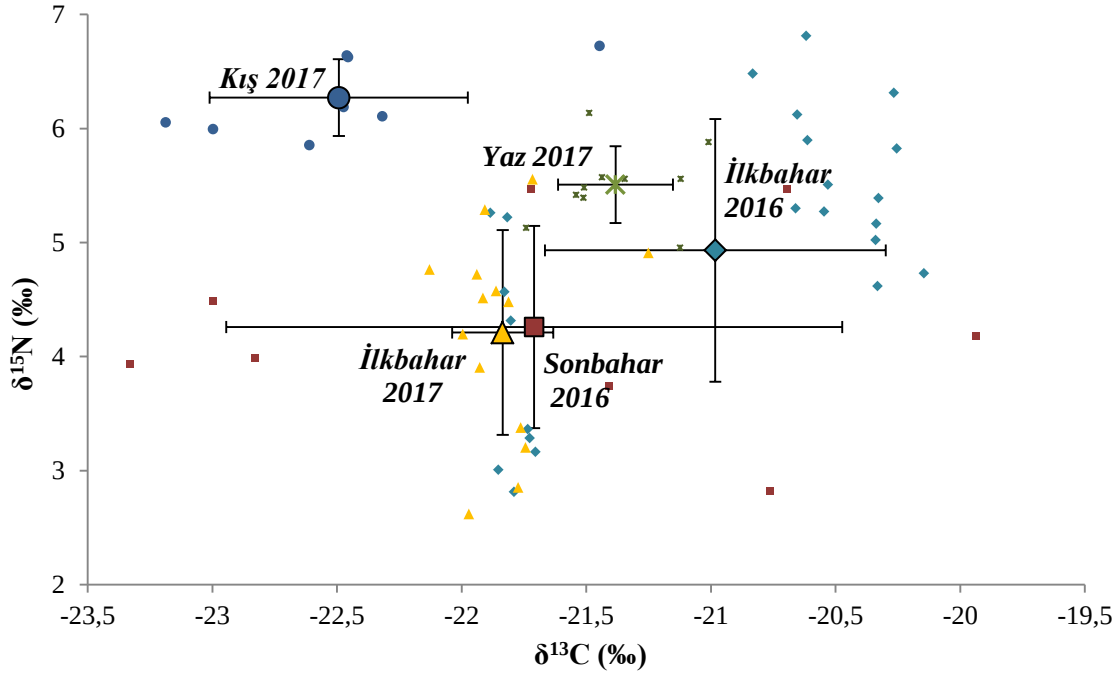
Çalışma boyunca kopepodlara ait elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde mevsimler arası önemli farklılıklar tespit edilmiştir. En yüksek $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ilkbahar 2016 döneminde, en düşük ise Kış 2017 döneminde tespit edilmiştir (Şekil 4.13). 2016 Sonbahar ve 2017 İlkbahar değerleri birbirine çok yakın olmasına rağmen tespit edilen farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 4.8; $p<0,001$). Yoğun karasal girdiler sonucu AKM yükünün tespit edildiği kış mevsiminde $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin düşük olması o dönem içindeki düşük plankton bolluğuyla ilgili olabilir. Ancak en düşük $\delta^{13}\text{C}$ değerinin tespit edildiği kış mevsiminde en yüksek $\delta^{15}\text{N}$ değerinin tespiti, bu dönemde karasal girdilerin $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinden çok $\delta^{15}\text{N}$ değerlerini etkilediğinin bir göstergesi olabilir. Bununla beraber Akdeniz ve Ege Denizi'nde zooplanktonun $\delta^{15}\text{N}$ değerleri, birincil üretimin $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin düşük olmasından dolayı açık sulardaki zooplanktonun $\delta^{15}\text{N}$ değerlerine nazaran düşük olduğu bilinmektedir (Bode ve ark., 2007; Koppelman ve ark., 2009; Mullin ve ark., 1984). Kış mevsimi hariç, diğer bütün mevsimlerde zooplanktona ait $\delta^{15}\text{N}$ değerleri, Akdeniz'de yapılan bazı çalışmalarla örtüşmektedir (Bănaru ve ark., 2014; Costalago ve ark., 2012; Espinasse ve ark., 2018). Yukarıda da bahsedildiği gibi kopepodların en yüksek $\delta^{15}\text{N}$ değerleri AKM ve chl-*a* yükünün en yoğun olduğu kış mevsiminde tespit edilmiştir. Bu dönemde $\delta^{15}\text{N}$ değerlerindeki zenginleşmenin sebeplerinden biri olarak dönem içinde aşırı yağış sonucu oluşan karasal girdiler gösterilebilir. $\delta^{15}\text{N}$ değerleri ile AKM konsantrasyonları arasında tespit edilen istatistiksel olarak önemli olan pozitif yöndeki doğrusal ilişki bu fikri desteklemektedir (Çizelge 4.16; $p<0,05$. Çizelge 4.22; $p<0,001$).

Çizelge 4.8. Çalışma boyunca elde edilen kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin mevsimler arası tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort $\pm$ SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	İlkbahar 2016	23	-20,9830 $\pm$ 0,6830 ^A	<0,001
	Sonbahar 2016	8	-21,7090 $\pm$ 1,2360 ^{ABC}	
	Kış 2017	8	-22,4950 $\pm$ 0,5180 ^C	
	İlkbahar 2017	14	-21,8357 $\pm$ 0,2037 ^{BC}	
	Yaz 2017	10	-21,3830 $\pm$ 0,2304 ^{AB}	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	İlkbahar 2016	23	4,933 $\pm$ 1,152 ^{BC}	<0,001
	Sonbahar 2016	8	4,261 $\pm$ 0,887 ^C	
	Kış 2017	8	6,271 $\pm$ 0,337 ^A	
	İlkbahar 2017	14	4,211 $\pm$ 0,899 ^C	
	Yaz 2017	10	5,508 $\pm$ 0,337 ^{AB}	
C:N	İlkbahar 2016	23	3,6284 $\pm$ 0,0781 ^C	<0,001
	Sonbahar 2016	8	4,667 $\pm$ 0,500 ^A	
	**Kış 2017	-	-	
	İlkbahar 2017	14	3,8731 $\pm$ 0,2781 ^B	
	Yaz 2017	10	3,6988 $\pm$ 0,1561 ^{BC}	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.

**Kış 2017 dönemine ait C:N verisi yoktur.



Şekil 4.13. Çalışma boyunca elde edilen kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin mevsimler arası dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)

4.3.4. Farklı Türlerle ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri

Bu başlık altında 2016 İlkbahar ve 2017 Yaz dönemleri arasında Çanakkale Boğazı'nda elde edilen en baskın 3 türe ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin türler arası farklılığı incelenecek, bu 3 türün beslenme alışkanlıkları ile ilgili tespitlerde bulunulacaktır. Tespit edilen türlere ait kararlı karbon ve azot analiz sonuçlarının en yüksek ve en düşük değerlerinin, ortalama, standart sapma ve örnek sayılarının bulunduğu tanıtıcı istatistikleri Çizelge 4.9'da görülebilir.

Çizelge 4.9. Elde edilen türlere ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N oranlarının tanıtıcı istatistikleri

Tür	n	$\delta^{13}\text{C}$			$\delta^{15}\text{N}$		
		ort $\pm$ SD	Min	Max	ort $\pm$ SD	Min	Max
<i>A. clausi</i>	53	-21,545 $\pm$ 0,119	-23,33	-19,94	4,842 $\pm$ 0,160	2,62	6,81
<i>C. helgolandicus</i>	10	-21,382 $\pm$ 0,072	-21,74	-21,01	5,507 $\pm$ 0,160	4,95	6,14
<i>P. avirostris</i>	10	-22,241 $\pm$ 0,140	-23,31	-21,92	3,939 $\pm$ 0,170	2,76	4,80

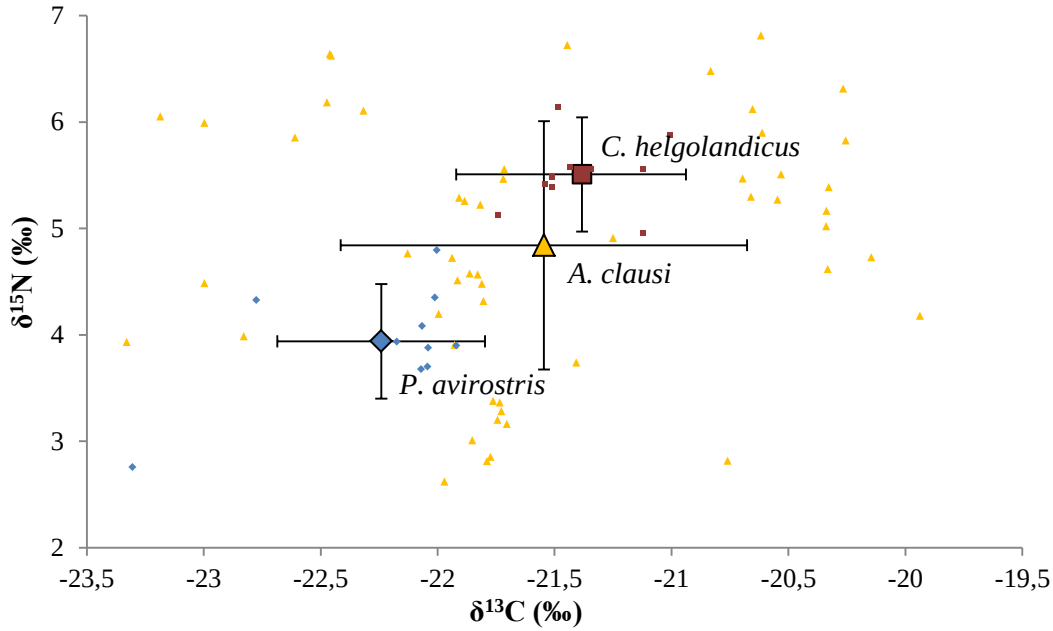
Bölgede tespiti yapılan en baskın 3 zooplankton türünün kararlı izotop analiz sonuçları incelendiğinde, kopepod olan *C. helgolandicus* ve *A. clausi* türlerinin hem $\delta^{13}\text{C}$ değerleri, hem de $\delta^{15}\text{N}$ değerleri bakımından belirgin bir şekilde kladoser *P. avirostris* türünden farklılaştığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.10; $p<0,05$, Şekil 4.14). *A. clausi* ve *C. helgolandicus* türlerinin elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ değerleri *P. avirostris* türünden oldukça yüksek tespit edilmiş, bu durum bu iki türün diyet bakımından *P. avirostris* türünden farklı davrandığının bir göstergesidir. Seçici beslenici olduğu bilinen bu iki kopepod türünün besin kaynağı olarak yüksek karbon içeren fitoplanktonik türleri tercih ettiğinin bilinmesi (Calliari ve Tiselius, 2014; Meyer ve ark., 2002), yukarıda elde edilen sonucu desteklemektedir. Ilıman sularda daha baskın olduğu bilinen *P. avirostris*'in, özellikle yaz mevsiminde sistemdeki zooplankton bolluğundaki artışta önemli rol oynadığı bilinmektedir (Büyükkateş ve İnanmaz, 2007, 2009). Filtre ederek beslenen bu tür yalnızca alglerle değil aynı zamanda bakteri ve nanoflagellatları da besin kaynağı olarak kullanabilmektedir (Atienza ve ark., 2006; Turner ve ark., 1988). Yapılan çalışmada, *P. avirostris* türü en çok chl-*a* konsantrasyonunun düşük değerler gösterdiği sıcak suların bulunduğu yaz mevsiminde 4. istasyonda gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4). Chl-*a* değerlerinin birincil üretimin bir göstergesi olduğu göz önüne alınırsa, *P. avirostris* türüne ait $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin düşük gözlemlenmesinin muhtemel sebeplerinden biri olarak birincil üretimdeki düşüş gösterilebilir.

$\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde olduğu gibi, *A. clausi* ve *C. helgolandicus* türlerinin $\delta^{15}\text{N}$ değerleri de önemli düzeyde *P. avirostris*'in $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinden farklılaşmıştır (Çizelge 4.9). En düşük $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin gözlemlendiği filtre ile beslenen zooplankton türleri, besin ağında en alt tabakada kabul edilirler (Fanelli ve ark., 2009). Nitekim, yapılan çalışmada da düşük $\delta^{15}\text{N}$ değerleriyle *P. avirostris* türü iki kopepod türü olan *A. clausi* ve *C. helgolandicus*'un altında yer almaktadır (Şekil 4.14). Buna ek olarak, *A. clausi* ve *C. helgolandicus* türleri $\delta^{15}\text{N}$ oranları bakımından anlamlı farklılık göstermemiş olmasına rağmen *C. helgolandicus* türünün $\delta^{15}\text{N}$ değerleri *A. clausi* türüne göre daha yüksek tespit edilmiştir. Bu durum *C. helgolandicus* türünün *A. clausi* türüne göre trofik seviyenin bir üst basamağına daha yakın olduğu anlamına gelebilir. Sonuç olarak Çanakkale Boğazı'ndaki besin ağı incelendiğinde, *A. clausi* ve *C. helgolandicus* türlerinin trofik seviyenin bir üst basamağına *P. avirostris* türünden daha yakın olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.10. Çalışma boyunca elde edilen farklı türlere ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort $\pm$ SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$	<i>A. clausi</i>	53	-21,546 $\pm$ 0,869 ^A	<0,05
	<i>C. helgolandicus</i>	10	-21,380 $\pm$ 0,2304 ^A	
	<i>P. avirostris</i>	10	-22,242 $\pm$ 0,446 ^B	
$\delta^{15}\text{N}$	<i>A. clausi</i>	53	4,843 $\pm$ 1,167 ^A	<0,05
	<i>C. helgolandicus</i>	10	5,508 $\pm$ 0,337 ^A	
	<i>P. avirostris</i>	10	3,942 $\pm$ 0,538 ^B	
C:N	<i>A. clausi</i>	45	3,8892 $\pm$ 0,4597 ^B	<0,01
	<i>C. helgolandicus</i>	10	3,6988 $\pm$ 0,1561 ^B	
	<i>P. avirostris</i>	10	4,662 $\pm$ 0,586 ^A	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.

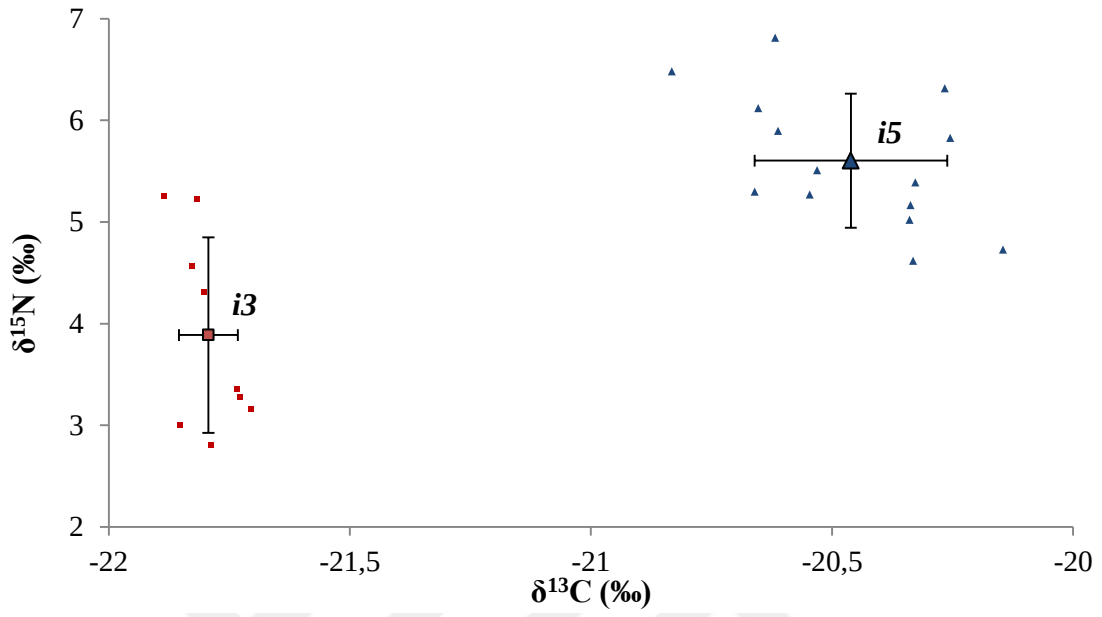


Şekil 4.14. Çalışma boyunca elde edilen farklı türlerin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)

4.3.5. Mevsim İçi İstasyonlar Arası Farklılıkların Değerlendirilmesi

4.3.5.1. İlkbahar 2016 Döneminde $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi

Bu dönemde 3 ve 5. istasyonlarda *A. clausi* türüne ait veri elde edilmiştir. İstasyonlar arası $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar saptanmış, C:N değerlerinin istasyonlar arası değişimleri istatistiksel olarak önemli farklılıklar saptanmamıştır (Çizelge 4.11; sırasıyla $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p > 0,05$). 3. istasyonda elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin ikisi de referans istasyonu olan 5. istasyondaki verilere nazaran grup ortalamaları bakımından düşük tespit edilmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin düşük olması, 3. istasyonun karbon kaynaklarının 5. istasyondan farklılaştığı anlamına gelmekle beraber karasal girdilerin bu durumun muhtemel sebeplerinden biri olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca 3. istasyonda $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin düşük olması organizmanın farklı azot kaynaklarından dolayı trofik düzeyindeki düşüşü temsil etmektedir (Şekil 4.15). Bu dönem içinde 3. ve 5. istasyonda *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde bariz farklılığın bulunması, dönem içinde 5. istasyonda olan sıcaklık, tuzluluk ve pH oranlarındaki farklılıkla ilişkisi olduğu düşünülmüştür. Nitekim Goericke ve Fry (1994), sıcaklığın $\delta^{13}\text{C}$ değerleriyle pozitif doğrusal ilişkisi olduğunu tespit etmiştir $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin sıcaklık, tuzluluk ve pH değerleriyle gösterdiği istatistiksel olarak önemli olan pozitif yöndeki korelasyon, bu fikri destekler niteliktedir. $\delta^{15}\text{N}$ değerleri de sıcaklık, tuzluluk ve pH değerleriyle pozitif yönde korelasyon göstermesine karşılık, bu doğrusal ilişki istatistiksel olarak önemli değildir (Çizelge 4.12).



Şekil 4.15. 2016 İlkbahar döneminde 3. ve 5. istasyonlarda *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)

Çizelge 4.11. 2016 İlkbahar döneminde 3. ve 5. istasyonlarda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort±SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	3. ist.	9	-21,7932±0,0608 ^B	<0,001
	5. ist.	14	-20,4609±0,1998 ^A	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	3. ist.	9	3,888±0,962 ^B	<0,001
	5. ist.	14	5,603±0,660 ^A	
C:N (%)	3. ist.	9	3,6602±0,0653	n.s.
	5. ist.	14	3,6080±0,0808	
Chl- <i>a</i> (µg L ⁻¹)	3. ist.	3	2,770±0,190	n.s.
	5. ist.	3	3,336±1,095	
AKM (mg L ⁻¹)	3. ist.	3	2,667±0,306	n.s.
	5. ist.	3	4,733±1,528	
Sıcaklık (°C)	3. ist.	3	14,31±0,010 ^B	<0,001
	5. ist.	3	18,85±0,010 ^A	
Tuzluluk (‰)	3. ist.	3	27,0133±0,0153 ^B	<0,001
	5. ist.	3	30,1900±0,0100 ^A	
ÇO (mg L ⁻¹)	3. ist.	3	8,5233±0,0874 ^A	<0,001
	5. ist.	3	7,500±0,120 ^B	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.

Çizelge 4.12. 2016 İlkbahar döneminde 3. ve 5. istasyonlarda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları

Değişken		Sıcaklık	Tuzluluk	pH	ÇO	AKM	Chl- <i>a</i>
$\delta^{13}\text{C}$	r	0,829*	0,886*	0,987**	-0,974**	0,659	0,200
$\delta^{15}\text{N}$	r	0,714	0,657	0,79	-0,814*	0,622	-0,029

Analiz türü verilerin normallik testine göre belirlenmiştir (n=6).

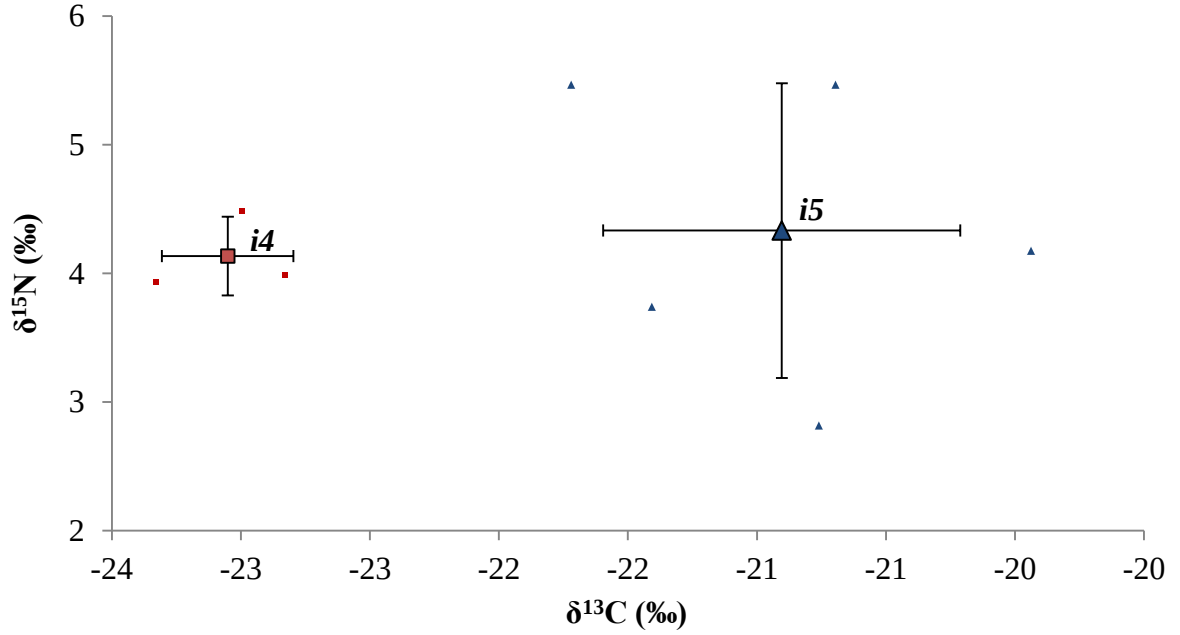
*Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir.

**Korelasyon 0,001 seviyesinde önemlidir.

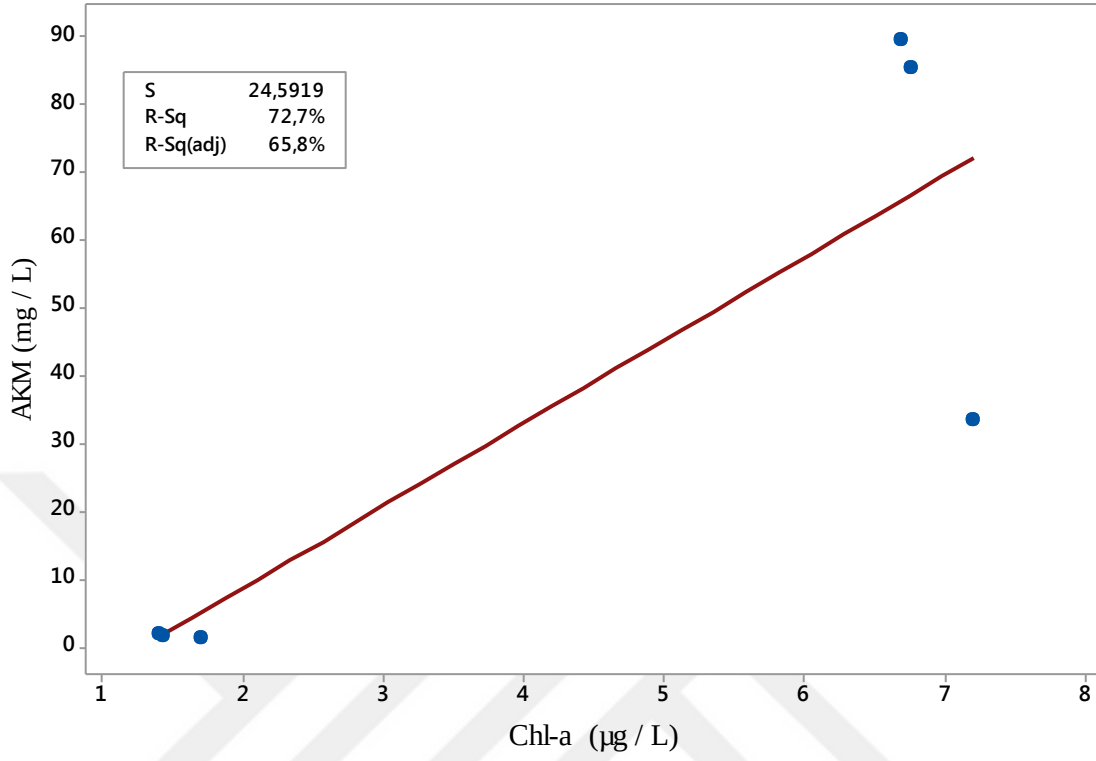
4.3.5.2. Sonbahar 2016 Döneminde $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi

Bu dönemde *A. clausi* türüne ait 4. ve 5. istasyonlarda kararlı karbon ve azot izotop analizi sonuçları elde edilmiştir. Yapılan Varyans analizi sonucu $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde bu iki istasyondaki farklılık istatistiksel olarak önemli tespit edilmişken (Çizelge 4.13; $p<0,05$), $\delta^{15}\text{N}$ değerlerindeki farklılık istatistiksel olarak önemli tespit edilmemiştir (Çizelge 4.13; $p>0,05$). C:N değerlerinin istasyonlar arası farklılığı da istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 4.13; $p<0,05$). Çevresel ve biyolojik etmenlerden sıcaklık değerleri hariç, elde edilen verilerin hepsi $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde olduğu gibi referans istasyonu olan 5. istasyonda 4. istasyona nazaran yüksek seyretmiş, bu değişimler istatistiksel olarak önemli saptanmıştır (Çizelge 4.13). Ayrıca yapılan korelasyon analizi sonucu bu mevsimde *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ verileri ile çevresel değişkenler arasında yüksek oranda doğrusal ilişki saptanmıştır (Çizelge 4.14). 4. ve 5. istasyonlarda $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin farklı olup $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde farklılık bulunmaması, *A. clausi* türünün 2016 Sonbahar döneminde referans istasyonu olan 5. istasyonda daha pelajik kaynaklı besin maddeleri ile beslendiğini göstermektedir (Şekil 4.16). Nitekim örnekleme yapıldığı dönemde 5. istasyonda akıntı ve dalga sonucu yoğun askıda katı madde yükünün olması ve fitoplanktonik yükü temsil eden chl-*a* değerlerinin de 5. istasyonda yüksek seyretmesi bu fikri desteklemektedir. Bununla beraber AKM değerleri ile chl-*a* değerleri arasında önemli düzeyde korelasyon olması (Şekil 4.17; $p=0,031$; $r^2=0,727$), bu dönem içinde sistemdeki yükün fitoplanktonik olduğunu göstermekte olup, referans istasyonundaki zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin zenginleşmesinde bu yükün rolü olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca İlkbahar 2016 dönemine tesis içinde bulunan 4. istasyondaki $\delta^{13}\text{C}$ değerleri sonbahar döneminde yine tesis içinde bulunan 4. istasyonda tespiti yapılan $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine nazaran daha yüksek gözlemlenmiş, bunun mevsimsel şartların yanında sonbahar döneminde 5. istasyonda elde edilen yüksek AKM ve chl-*a* değerleriyle ilgisi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.16. 2016 Sonbahar döneminde 4. ve 5. istasyonlarda *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)



Şekil 4.17. Sonbahar 2016 döneminde tespiti yapılan AKM ve chl-*a* değerlerinin istasyonlar arası regresyon eğrisi

Çizelge 4.13. 2016 Sonbahar döneminde 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort $\pm$ SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	4. ist.	3	-23,051 $\pm$ 0,255 ^B	<0,05
	5. ist.	5	-20,904 $\pm$ 0,692 ^A	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	4. ist.	3	4,135 $\pm$ 0,305	>0,05
	5. ist.	5	4,333 $\pm$ 1,145	
C:N (%)	4. ist.	3	4,1155 $\pm$ 0,0611 ^B	<0,05
	5. ist.	5	4,998 $\pm$ 0,267 ^A	
Chl- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	4. ist.	3	1,5214 $\pm$ 0,1602 ^B	<0,05
	5. ist.	3	6,887 $\pm$ 0,280 ^A	
AKM (mg L^{-1})	4. ist.	3	1,533 $\pm$ 0,252 ^B	<0,05
	5. ist.	3	69,3 $\pm$ 31,2 ^A	
Sıcaklık (°C)	4. ist.	3	20,6433 $\pm$ 0,0252 ^A	<0,05
	5. ist.	3	20,3133 $\pm$ 0,0902 ^B	
Tuzluluk (‰)	4. ist.	3	24,6433 $\pm$ 0,0058 ^B	<0,05
	5. ist.	3	29,3933 $\pm$ 0,0058 ^A	
ÇO (mg L^{-1})	4. ist.	3	6,2133 $\pm$ 0,1050 ^B	<0,05
	5. ist.	3	6,6233 $\pm$ 0,1050 ^A	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.

Çizelge 4.14. 2016 Sonbahar döneminde 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları

Değişken		Sıcaklık	Tuzluluk	pH	ÇO	AKM	Chl- <i>a</i>
$\delta^{13}\text{C}$	r	-0,987**	0,971**	0,665	0,918**	0,951**	0,771
$\delta^{15}\text{N}$	r	-0,182	0,353	0,660	0,369	-0,090	0,486

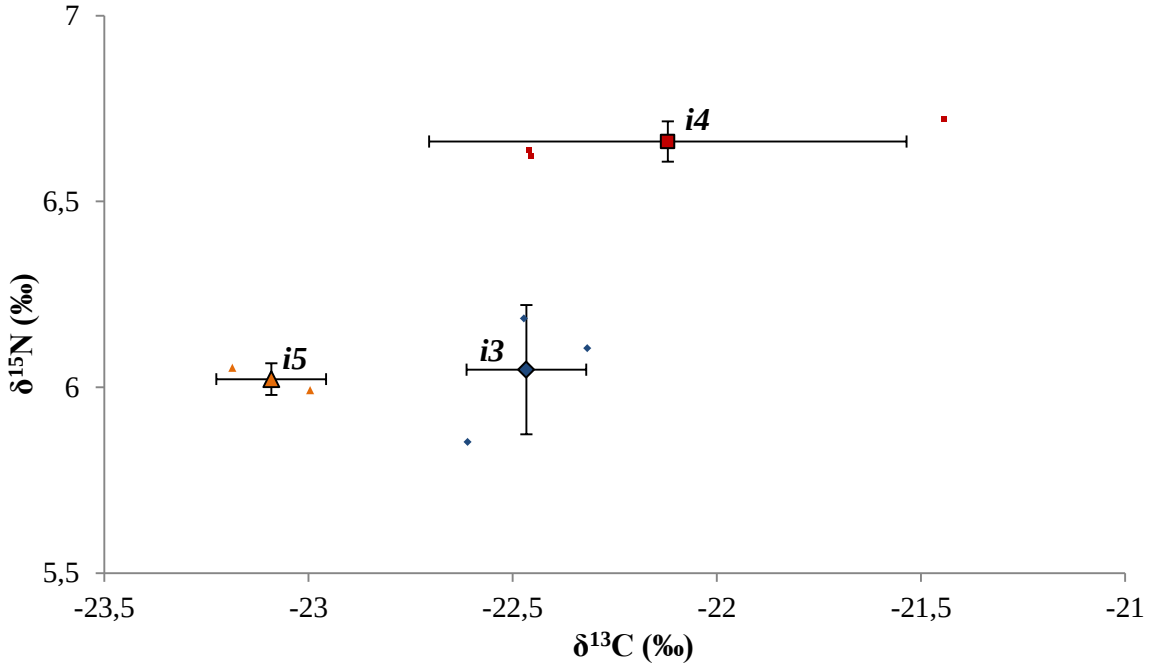
Analiz türü verilerin normallik testine göre belirlenmiştir (n=6).

**Korelasyon 0,01 seviyesinde önemlidir.

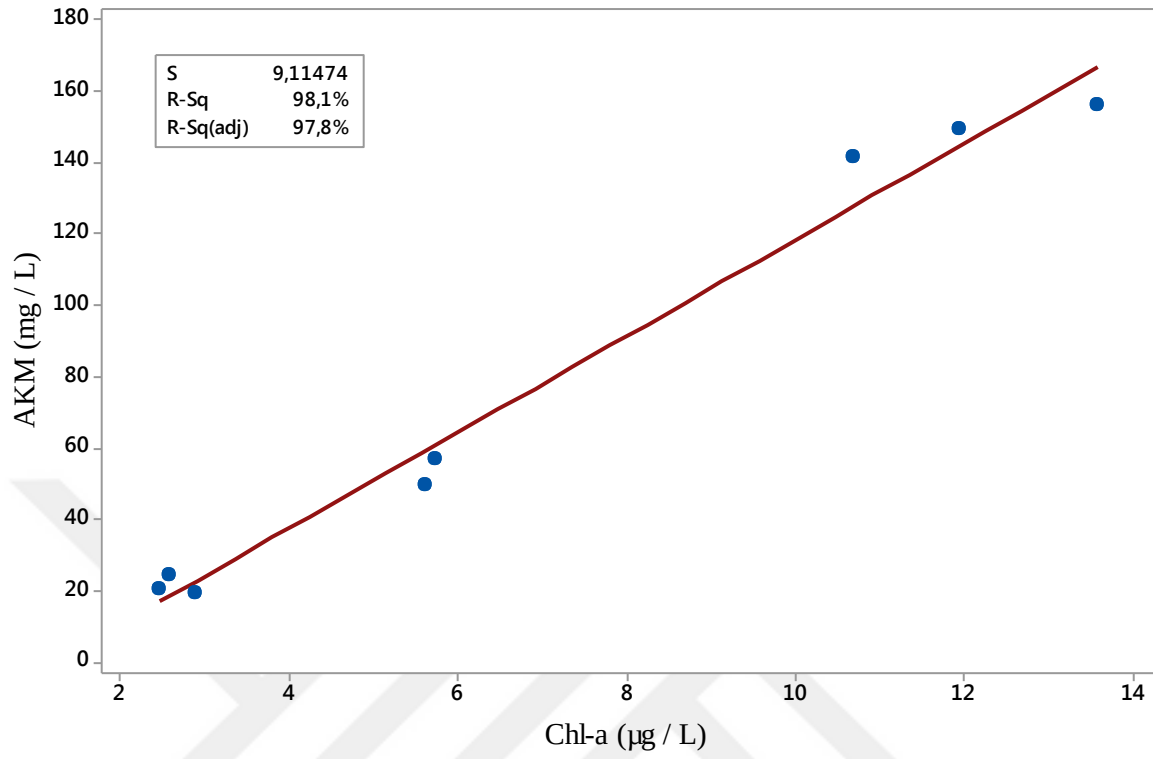
4.3.5.3. Kış 2017 Döneminde $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi

Bu dönemde 3., 4. ve 5. istasyonlardan *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerleri elde edilmiş, C:N değerleri ise örnekler filtre üzerinde olduğu için elde edilememiştir. *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ oranları bu dönemde istasyonlar arasında farklılık gösterse de, bu farklılık istatistiksel olarak önemli tespit edilmemiştir (Çizelge 4.15; $p>0,05$). $\delta^{15}\text{N}$ oranları bakımından ise tesis içinde olan 3. ve referans istasyonu olan 5. istasyonlar birbirlerine benzer tespit edilmiş, 4. istasyon ise $\delta^{15}\text{N}$ değerleri bakımından bu iki istasyondan daha yüksek değerlerle farklılaşmış ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir (Çizelge 4.15; $p<0,05$). Bu dönem içinde elde edilen çevresel ve biyolojik veriler incelendiğinde, 4. istasyonda tespit edilen AKM ve chl-*a* değerlerinin $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde olduğu gibi 3. ve 5. istasyona nazaran istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek seyretmiş (Çizelge 4.15; $p<0,05$), bu değerlerin $\delta^{15}\text{N}$ oranlarını etkilediği düşünülmektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin AKM ve chl-*a* değerleri ile gösterdiği pozitif yöndeki doğrusal ilişki istatistiksel olarak önemli olup, bu fikri desteklemektedir (Çizelge 4.16). Ayrıca 4. istasyonda yüksek AKM değerlerinden anlaşıldığı üzere, bu dönem içinde yoğun yağış sonucu sonrası örnekleme yapılmış (Ek Şekil 2.2) ve dolayısıyla 4. istasyonda karasal girdiler sonucu besin kaynaklarındaki bu değişimin *A. clausi* türünün $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerini etkilediği düşünülmektedir (Şekil 4.18). Bölgede herhangi bir karasal girdi olmamasına rağmen yoğun boğaz akıntısına maruz kalan 4. istasyonda, bu dönem gözlenen düşük tuzluluk değerleri (Çizelge 4.15) bölgede akıntıya bağlı olarak tatlı su girişi olduğunu göstermektedir. Bununla beraber dönem içinde AKM ve chl-*a* arasında önemli düzeyde tespit edilen pozitif yöndeki

doğrusal ilişki (Şekil 4.19; $p < 0,001$; $R^2 = 0,981$) sistemdeki yükün yalnızca karasal girdilerde kaynaklanmadığını, bunun yanında bölgede fitopanktonik yükünde olduğu anlamına gelmektedir. 4. istasyondaki $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin 3. ve 5. istasyonlara nazaran yüksek tespit edilmesinin diğer muhtemel sebeplerinden biri olarak, örnekleme yapıldığı dönemde yüksek $\delta^{15}\text{N}$ değerlerine sahip birincil üreticiler gösterilebilir. Ayrıca kış mevsiminde *A.clausi* türüne ait $\delta^{15}\text{N}$ değerleri, birincil üretimin ana kaynağının nitrat olduğu açık denizlerde tespit edilen $\delta^{15}\text{N}$ değerleriyle örtüşmektedir (Koppelman ve ark., 2009; Fry ve Quinones, 1994).



Şekil 4.18. 2017 Kış döneminde 3., 4. ve 5. istasyonlarda *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)



Şekil 4.19. 2017 Kış döneminde tespiti yapılan AKM ve chl-*a* değerlerinin istasyonlar arası regresyon eğrisi

Çizelge 4.15. 2017 Kış döneminde 3. 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort $\pm$ SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	3. ist.	3	-22,4663 $\pm$ 0,1466	n.s.
	4. ist.	3	-22,120 $\pm$ 0,585	
	5. ist.	2	-23,0910 $\pm$ 0,1344	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	3. ist.	3	6,047 $\pm$ 0,174 ^B	<0,05
	4. ist.	3	6,6613 $\pm$ 0,0539 ^A	
	5. ist.	2	6,0220 $\pm$ 0,424 ^B	
Chl- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	3. ist.	3	2,648 $\pm$ 0,227 ^C	<0,05
	4. ist.	3	12,064 $\pm$ 1,453 ^A	
	5. ist.	2	5,6672 $\pm$ 0,0889 ^B	
AKM (mg L^{-1})	3. ist.	3	21,27 $\pm$ 2,59 ^C	<0,05
	4. ist.	3	149,00 $\pm$ 7,26 ^A	
	5. ist.	2	53,13 $\pm$ 5,01 ^B	
Sıcaklık (°C)	3. ist.	3	7,4133 $\pm$ 0,005 ^B	<0,05
	4. ist.	3	6,780 $\pm$ 0,000 ^C	
	5. ist.	2	8,800 $\pm$ 0,0141 ^A	
Tuzluluk (‰)	3. ist.	3	27,9367 $\pm$ 0,0451 ^B	<0,05
	4. ist.	3	22,750 $\pm$ 0,0300 ^C	
	5. ist.	2	30,3700 $\pm$ 0,0141 ^A	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.

Çizelge 4.16. 2017 Kış döneminde 3. 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları

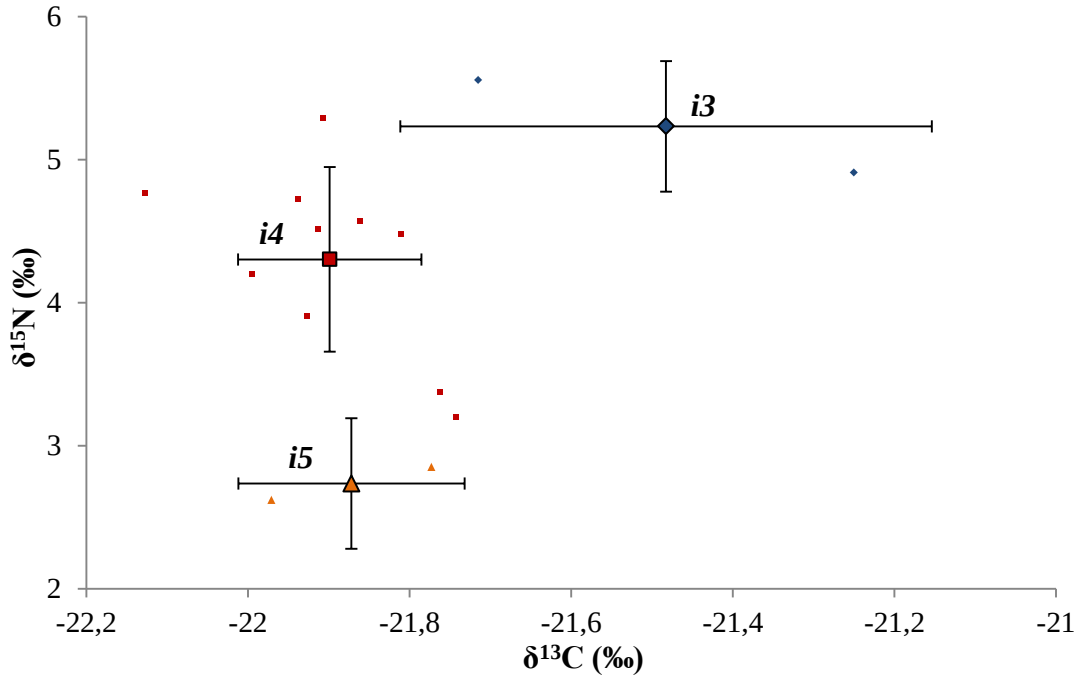
Değişken		Sıcaklık	Tuzluluk	pH	ÇO	AKM	Chl- <i>a</i>
$\delta^{13}\text{C}$	r	-0,847*	-0,786*	-0,332	-0,299	0,262	0,520
$\delta^{15}\text{N}$	r	-0,872*	-0,786*	0,306	0,156	0,738*	0,912*

Analiz türü verilerin normallik testine göre belirlenmiştir (n=8).

*Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir.

4.3.5.4. İlkbahar 2017 Döneminde $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N Değerleri, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi

Bu dönem içerisinde *A. clausi*'ye ait 3. 4. ve 5. istasyonlarda $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerleri tespit edilmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerleri bakımından 3. istasyonda diğer istasyonlara nazaran daha yüksek seyretmiş (Şekil 4.20) ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir (Çizelge 4.17; $p<0,05$). Dönem içerisinde 3. istasyonda elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin aynı dönemde 3. istasyonda yüksek tespit edilen chl-*a* değerlerinin etkisi altında olduğu düşünülmektedir. Tuzluluk değerlerinin yüksek seyrettiği referans istasyonu olan 5. istasyonda $\delta^{15}\text{N}$ değerleri düşük seyretmiş, yapılan korelasyon analizi sonucunda da *A. clausi*'ye ait $\delta^{15}\text{N}$ değerleri ile aynı dönemde elde edilen tuzluluk değerleri arasında istatistiksel olarak önemli olan negatif yönde doğrusal ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.18). Aynı zamanda referans istasyonunda chl-*a* değerleri tespit edilmiş en düşük değerler olup, chl-*a* değerlerinin birincil üretimin göstergesi olduğu göz önüne alındığında bu durumun birincil tüketicilerin bu dönem içindeki $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerini etkilediği düşünülmektedir.



Şekil 4.20. 2017 İlkbahar döneminde 3., 4. ve 5. istasyonlarda *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)

Çizelge 4.17. 2017 İlkbahar döneminde 3. 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort $\pm$ SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	3. ist.	2	-21,483 $\pm$ 0,329 ^A	<0,05
	4. ist.	10	-21,8988 $\pm$ 0,1136 ^B	
	5. ist.	2	-21,8720 $\pm$ 0,1400 ^B	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	3. ist.	2	5,232 $\pm$ 0,457 ^A	<0,05
	4. ist.	10	4,302 $\pm$ 0,645 ^A	
	5. ist.	2	2,735 $\pm$ 0,164 ^B	
C:N (%)	3. ist.	2	4,3410 $\pm$ 0,1041 ^A	<0,05
	4. ist.	10	3,7224 $\pm$ 0,699 ^B	
	5. ist.	2	4,159 $\pm$ 0,350 ^A	
Chl- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	3. ist.	3	2,503 $\pm$ 0,214 ^A	<0,05
	4. ist.	3	1,7548 $\pm$ 0,0602 ^B	
	5. ist.	3	1,686 $\pm$ 0,224 ^B	
AKM (mg L^{-1})	3. ist.	3	1,667 $\pm$ 0,208 ^B	0,044
	4. ist.	3	1,700 $\pm$ 0,361 ^B	
	5. ist.	3	2,533 $\pm$ 0,473 ^A	
Sıcaklık (°C)	3. ist.	3	17,3833 $\pm$ 0,0058 ^B	<0,01
	4. ist.	3	17,0833 $\pm$ 0,0058 ^C	
	5. ist.	3	18,4833 $\pm$ 0,0404 ^A	
Tuzluluk (‰)	3. ist.	3	24,8367 $\pm$ 0,0231 ^C	<0,01
	4. ist.	3	24,9633 $\pm$ 0,0115 ^B	
	5. ist.	3	30,2467 $\pm$ 0,0351 ^A	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.

Çizelge 4.18. 2017 İlkbahar döneminde 3. 4. ve 5. istasyonlarda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları

Değişken		Sıcaklık	Tuzluluk	pH	ÇO	AKM	Chl- <i>a</i>
$\delta^{13}\text{C}$	r	0,432	-0,685	-0,240	-0,008	-0,369	0,487
$\delta^{15}\text{N}$	r	-0,414	-0,847*	-0,392	0,658	-0,601	0,688

Analiz türü verilerin normallik testine göre belirlenmiştir (n=7).

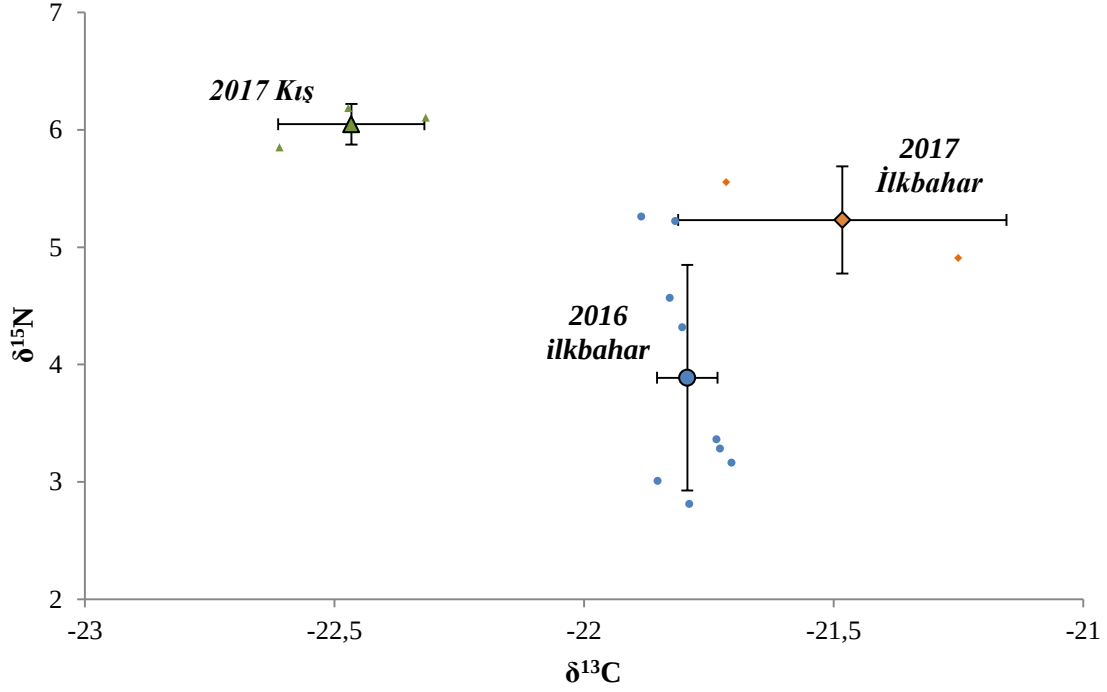
*Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir.

4.3.6. İstasyonların Mevsimsel Farklılıkların Değerlendirilmesi

4.3.6.1. İstasyon 3: *A. clausi*'nin İzotopik Kompozisyonunun Zamansal Değişimi, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi

Bu başlık altında 3. istasyonda *A. clausi* türünün $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N oranlarının zamana bağlı değişimlerini ve bu değişimlerin çevresel ve biyolojik etkenlerle olan ilişkisi incelenmiştir. 3. istasyonda *A. clausi* türünün 2016 ilkbahar, 2017 Kış ve 2017 İlkbahar dönemlerinde kararlı $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ izotop verileri elde edilebilmiştir. 3. istasyonda tespiti yapılan $\delta^{13}\text{C}$ değerleri, bu 3 dönemde de istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiş (Şekil 4.21, Çizelge 4.19; $p < 0,01$), özellikle 2016 ve 2017 ilkbahar dönemlerinde farklılık olması, aynı mevsim koşulları olsa da planktonik türlerin besin kaynaklarının değiştiğini göstermektedir. Nitekim AKM ve chl-*a* değerlerinin 2016 ve 2017 ilkbahar dönemlerinde önemli farklılıklar göstermemesi bu durumu desteklemektedir. Bununla beraber $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin diğer dönemlerin aksine AKM ve tuzluluk değerleri ile gösterdiği negatif yöndeki %90'ın üzerindeki korelasyon oldukça dikkat çekicidir (Çizelge 4.20). Aynı mevsimsel koşullarda $\delta^{13}\text{C}$ değerlerindeki değişim, farklı fitoplanktonik besin kaynaklarıyla açıklanabilir. Nitekim Çanakkale Boğazı'nda 2001 – 2002 yılları arasında Türkoğlu (2010) tarafından yapılan bir çalışmada fitoplankton yoğunluğunun aynı mevsimsel koşullarda da değişebileceği ortaya konmuştur. Bu durum birincil tüketicilerin beslenme alışkanlıklarını etkileyerek farklı karbon kaynaklarıyla sistemde bulunabileceğini göstermiştir. 3. İstasyonda *A. clausi* türünün $\delta^{15}\text{N}$ değerleri incelendiğinde ise diğer başlıklarda olduğu gibi en yüksek değer kış mevsiminde gözlemlenmiş, bunu sırasıyla 2017 ilkbahar ve 2016 ilkbahar takip etmiştir. Öte yandan 3. istasyonda *A. clausi*'ye ait $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin zamansal farklılıkları istatistiksel olarak

önemli olup (Çizelge 4.19; $p<0,01$) kış mevsiminde *A. clausi* türünün $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin o dönem yüksek tespit edilen AKM değerlerinin etkisi altında olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.21. *A. clausi*'nin 3. istasyonda $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin zamansal dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)

Çizelge 4.19. 3. istasyonda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin zamana bağlı tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort $\pm$ SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	2016 İlkbahar	9	-21,7932 $\pm$ 0,0608 ^B	<0,01
	2017 Kış	3	-22,4663 $\pm$ 0,1466 ^C	
	2017 İlkbahar	2	-21,483 $\pm$ 0,329 ^A	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	2016 İlkbahar	9	3,888 $\pm$ 0,962 ^B	<0,01
	2017 Kış	3	6,047 $\pm$ 0,174 ^A	
	2017 İlkbahar	2	5,232 $\pm$ 0,457 ^{AB}	
Chl- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	2016 İlkbahar	3	2,2770 $\pm$ 0,190	>0,05
	2017 Kış	3	2,648 $\pm$ 0,227	
	2017 İlkbahar	3	2,503 $\pm$ 0,214	
AKM (mg L^{-1})	2016 İlkbahar	3	2,667 $\pm$ 0,306 ^B	<0,01
	2017 Kış	3	21,27 $\pm$ 2,59 ^A	
	2017 İlkbahar	3	1,667 $\pm$ 0,208 ^B	
Sıcaklık (°C)	2016 İlkbahar	3	14,31 $\pm$ 0,01 ^B	<0,01
	2017 Kış	3	7,4133 $\pm$ 0,0057 ^C	
	2017 İlkbahar	3	17,3833 $\pm$ 0,0058 ^A	
ÇO (mg L^{-1})	2016 İlkbahar	3	8,5233 $\pm$ 0,0874 ^A	<0,01
	2017 Kış	3	2,386 $\pm$ 0,0057 ^C	
	2017 İlkbahar	3	7,20 $\pm$ 0,1229 ^B	
Tuzluluk (‰)	2016 İlkbahar	3	27,0133 $\pm$ 0,0153 ^B	<0,01
	2017 Kış	3	27,9367 $\pm$ 0,0451 ^A	
	2017 İlkbahar	3	24,8367 $\pm$ 0,0231 ^C	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder.

Çizelge 4.20. 3. istasyonda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları

Değişken		Sıcaklık	Tuzluluk	pH	ÇO	AKM	Chl- <i>a</i>
$\delta^{13}\text{C}$	r	0,941**	-0,929**	0,467	0,427	-0,917**	-0,107
$\delta^{15}\text{N}$	r	-0,622	0,527	0,333	-0,762*	0,533	-0,055

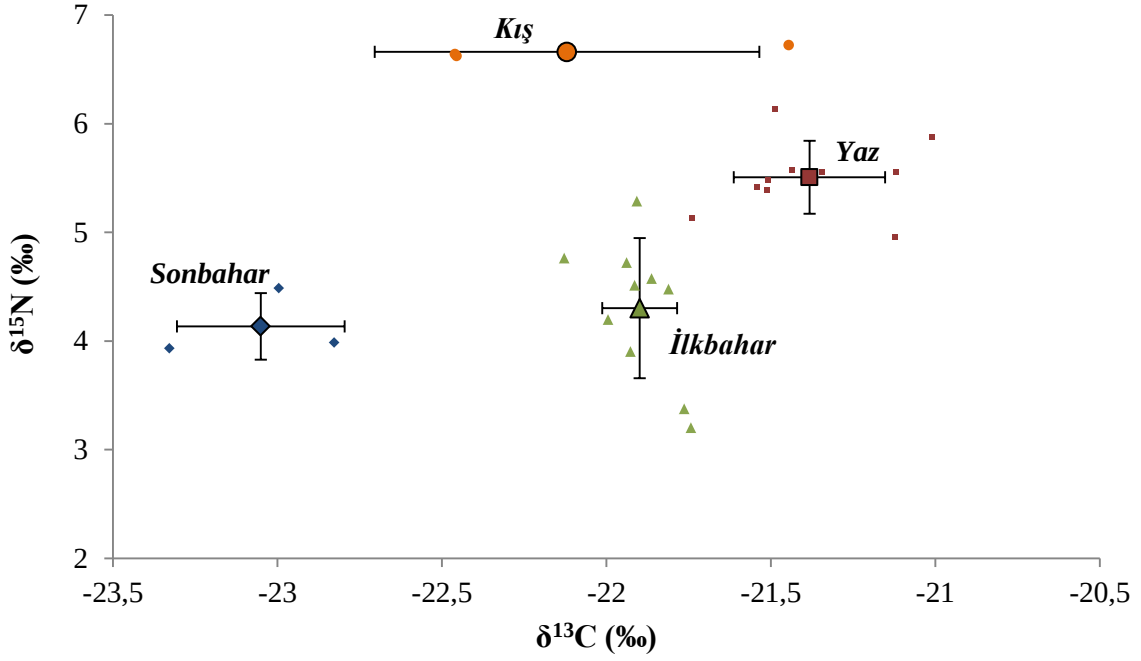
Analiz türü verilerin normallik testine göre belirlenmiştir (n=9).

**Korelasyon 0,001 seviyesinde önemlidir.

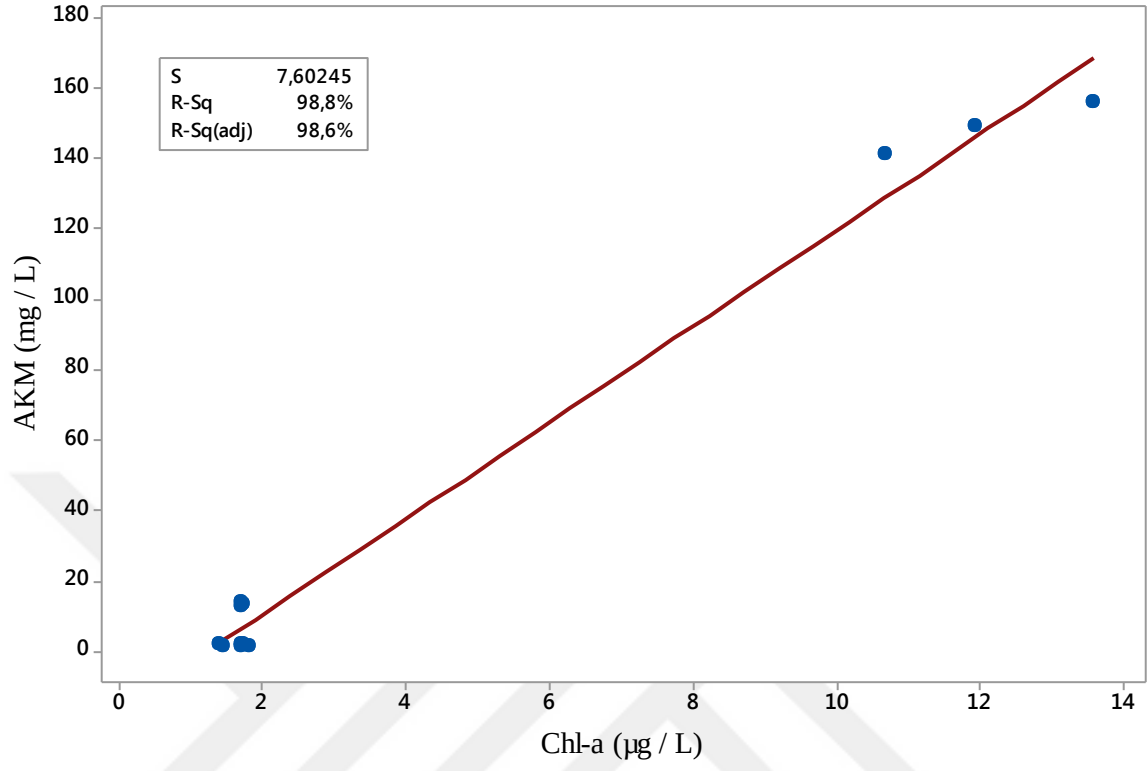
4.3.6.2. İstasyon 4: Kopepodların İzotopik Kompozisyonunun Mevsimsel Değişimi, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi

4. istasyonda kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ verileri yıl boyunca tespiti yapılabilmüş, bu oranların değişimlerinin çevresel ve biyolojik faktörlerle olan ilişkisi bu başlık altında incelenmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ oranları bakımından kopepodların gösterdiği mevsimsel farklılıkları istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir (Çizelge 4.21; $p<0,01$). En yüksek $\delta^{13}\text{C}$ değerler yaz mevsiminde, en düşük değerlere ise sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. Kış ve ilkbahar döneminde tespit edilen $\delta^{13}\text{C}$ oranları ise benzer değerlerde seyretmiştir. Bu dönem içinde 4. istasyonda $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin herhangi bir çevresel ve biyolojik faktörlerle ilişkisi gözlenememiş, söz konusu farklılıkların mevsimlere bağlı olarak değişebilen besin kaynaklarıyla alakası olduğu sonucuna varılmıştır. Kopepodlara ait $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin 4. istasyondaki mevsimsel değişimleri incelendiğinde suların soğuk seyrettiği kış mevsiminde $\delta^{15}\text{N}$ değerleri zenginleşme gözlemlenmiş, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde $\delta^{15}\text{N}$ bakımından en düşük değerler tespit edilmiştir (Şekil 4.22). Yapılan Varyans Analizi sonucu 4. istasyonda kopepodlara ait $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin mevsimsel farklılıkları istatistiksel olarak önemli tespit edilmiş (Çizelge 4.21; $p<0,01$), ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine elde edilen $\delta^{15}\text{N}$ değerleri birbirine benzer seyretmiştir. 4. istasyonda sıcaklık, tuzluluk, ÇO gibi çevresel değişkenlerin en düşük değerleri, AKM ve chl-*a* değerlerinin ise en yüksek değerleri gösterdiği kış mevsiminde kopepodlara ait en yüksek $\delta^{15}\text{N}$ değerleri tespit edilmiştir. Bu dönemde yoğun askıda katı madde ve chl-*a* yükünün $\delta^{15}\text{N}$ değerlerindeki zenginleşmenin sebebi olduğu düşünülmekle beraber, korelasyon analizi sonucu $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin sıcaklık, tuzluluk ve ÇO ile istatistiksel anlamda önemli negatif yöndeki doğrusal ilişkisi ve AKM ve chl-*a* değerleri ile gösterdiği istatistiksel olarak önemli olan pozitif yöndeki doğrusal ilişkisi bu fikri desteklemektedir

(Çizelge 4.22). Ayrıca 4. istasyonda mevsimsel verileri elde edilen AKM ve chl-*a* değerleri arasında pozitif yönde önemli düzeyde ilişki saptanmış (Şekil 4.23; $p=0,016$; $R^2=98,8$), bu durum 4. istasyondaki yükün fitoplanktonik ağırlıklı olduğunu, kopepodların $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin bu yükten etkilendiğini göstermiştir.



Şekil 4.22. Kopepodların 4. istasyonda $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin mevsimsel dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)



Şekil 4.23. 4. istasyonda tespiti yapılan AKM ve chl-*a* değerlerinin mevsimsel regresyon eğrisi

Çizelge 4.21. Yıl boyunca 4. istasyonda elde edilen Kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort $\pm$ SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Sonbahar	3	-23,051 $\pm$ 0,255 ^C	<0,01
	Kış	3	-22,120 $\pm$ 0,585 ^B	
	İlkbahar	10	-21,8988 $\pm$ 0,1136 ^B	
	Yaz	10	-21,3824 $\pm$ 0,2302 ^A	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	Sonbahar	3	4,135 $\pm$ 0,305 ^C	<0,01
	Kış	3	6,6613 $\pm$ 0,0539 ^A	
	İlkbahar	10	4,302 $\pm$ 0,645 ^C	
	Yaz	10	5,507 $\pm$ 0,336 ^B	
C:N (%)	Sonbahar	3	4,1155 $\pm$ 0,0611 ^A	<0,01
	**Kış	-	-	
	İlkbahar	10	3,7224 $\pm$ 0,0699 ^B	
	Yaz	10	3,6988 $\pm$ 0,1561 ^B	
Chl- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Sonbahar	3	1,5214 $\pm$ 0,1602 ^B	<0,01
	Kış	3	12,064 $\pm$ 1,453 ^A	
	İlkbahar	3	1,7548 $\pm$ 0,0602 ^B	
	Yaz	3	1,7226 $\pm$ 0,0078 ^B	
AKM (mg L^{-1})	Sonbahar	3	1,533 $\pm$ 0,252 ^C	<0,01
	Kış	3	149,0 $\pm$ 7,26 ^A	
	İlkbahar	3	1,700 $\pm$ 0,361 ^C	
	Yaz	3	13,333 $\pm$ 0,603 ^B	
Sıcaklık (°C)	Sonbahar	3	20,6433 $\pm$ 0,0252 ^B	<0,01
	Kış	3	6,780 $\pm$ 0,000 ^D	
	İlkbahar	3	17,0833 $\pm$ 0,0058 ^C	
	Yaz	3	25,0400 $\pm$ 0,0100 ^A	

Çizelge 4.21'in devamı

Değişken	Faktör	n	*Ort±SD	p değeri
Tuzluluk (‰)	Sonbahar	3	24,6433±0,0058 ^B	<0,01
	Kış	3	22,7500±0,0300 ^D	
	İlkbahar	3	24,9633±0,0115 ^A	
	Yaz	3	24,48±0,00 ^C	
ÇO (mg L ⁻¹)	Sonbahar	3	6,21±0,1050 ^C	<0,01
	Kış	3	2,93±0,01 ^D	
	İlkbahar	3	8,08±0,01 ^A	
	Yaz	3	7,1067±0,0416 ^B	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.

**Kış dönemine ait C:N verisi yoktur.

Çizelge 4.22. Yıl boyunca 4. istasyonda elde edilen Kopepodlara ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları

Değişken		Sıcaklık	Tuzluluk	pH	ÇO	AKM	Chl- <i>a</i>
$\delta^{13}\text{C}$	r	0,139	-0,014	-0,553	0,215	0,060	0,054
$\delta^{15}\text{N}$	r	-0,575*	-0,879**	0,316	-0,766**	0,863**	0,827**

Analiz türü verilerin normallik testine göre belirlenmiştir (n=12).

*Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir.

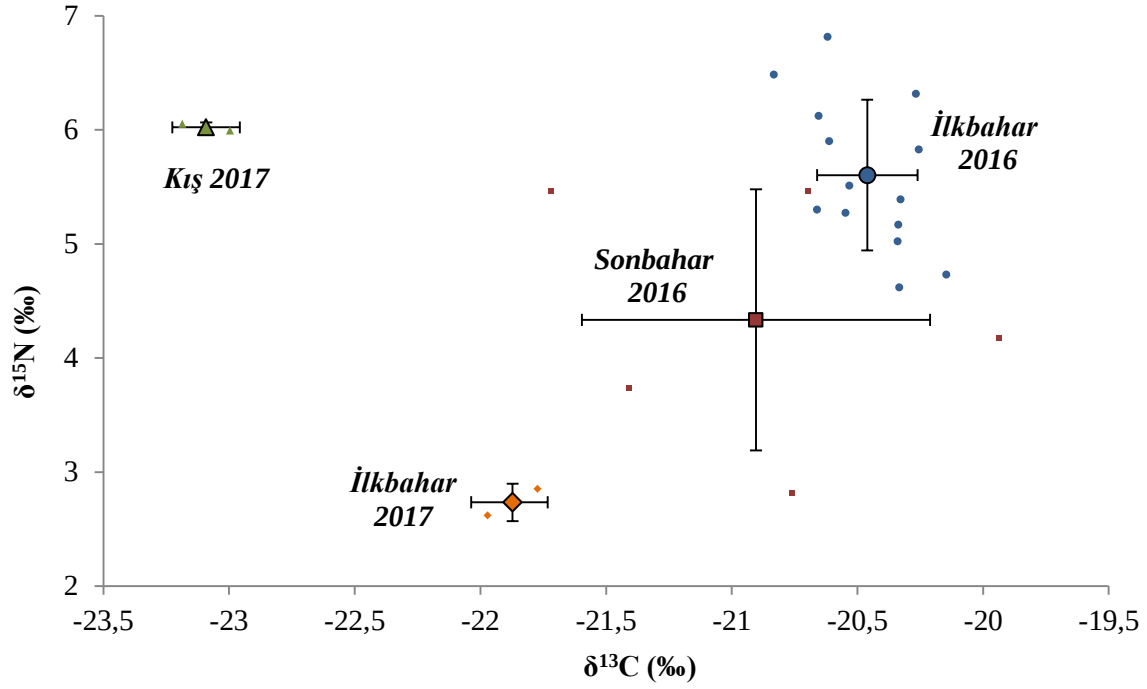
**Korelasyon 0,01 seviyesinde önemlidir.

4.3.6.3. İstasyon 5: *A. clausi*'nin İzotopik Kompozisyonunun Zamansal Değişimi, Çevresel ve Biyolojik Faktörlerle ilişkisi

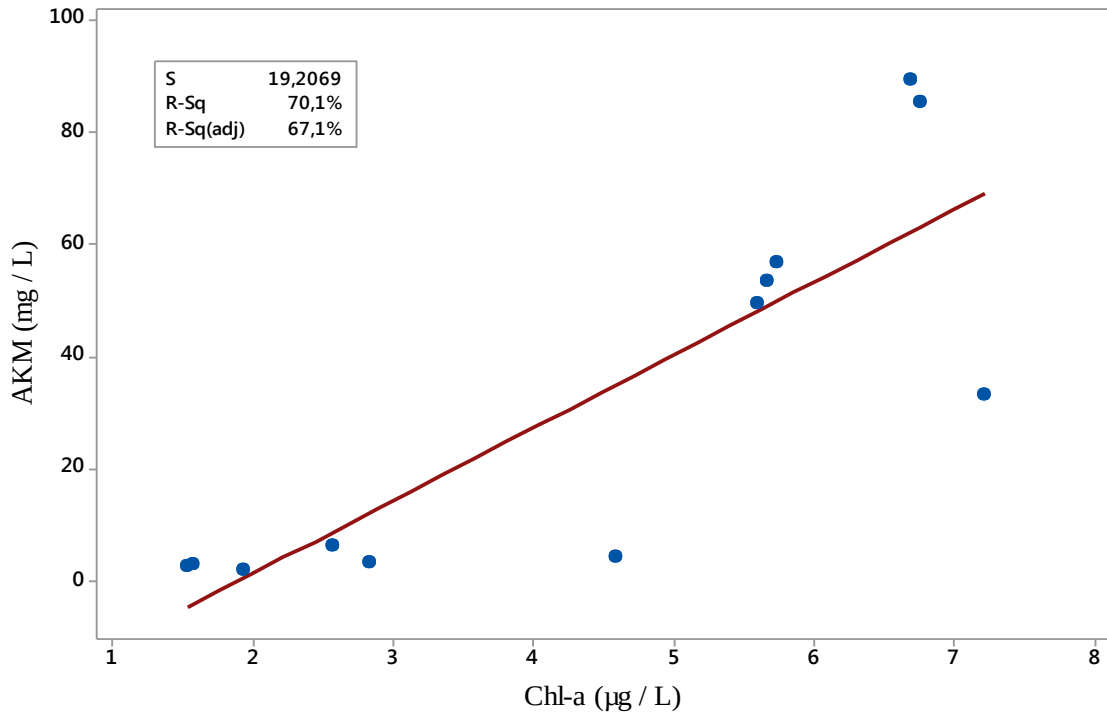
Referans istasyonu olan 5. istasyonda *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N oranlarının İlkbahar 2016, Sonbahar 2016, Kış 2017 ve İlkbahar 2017 mevsimlerinde verileri elde edilebilmiş, hem $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ kompozisyonları, hem de C:N oranları farklı dönemler arası istatistiksel olarak önemli farklılıklar ortaya koymuştur (Çizelge 4.23, $p<0,01$). 5. istasyonda *A. clausi* türü $\delta^{13}\text{C}$ oranı bakımından en yüksek değerleri ilkbahar 2016 döneminde, en düşük

değeri ise kış 2017 döneminde gözlemlenmiştir (Şekil 4.24). Tüketicilerin $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin genellikle besin kaynağının $\delta^{13}\text{C}$ değerine yakın olduğu bilinmektedir (Driscoll, 2014). Birincil tüketicilerden *A. clausi*'nin $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin 5. istasyondaki mevsimsel farklılığının belirgin olması, birincil tüketicilerin mevsimler arası besin kaynaklarının sürekli değişim içinde olduğunu göstergesidir. Ayrıca 5. istasyonda zamansal tespiti yapılan AKM ve chl-*a* değerleri arasında önemli düzeyde pozitif yöndeki doğrusal ilişki (Şekil 4.25; $p < 0,05$; $R^2 = 70,1$), sistemdeki yükün fitoplanktonik olduğunu ve bu yükün 5. istasyonda $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin zenginleşmesine katkısı olduğunu göstermiştir. $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ile AKM değerleri arasında önemli düzeydeki korelasyon bu fikri desteklemektedir (Çizelge 4.24).

$\delta^{15}\text{N}$ değerleri bakımından *A. clausi* türünün 5. istasyondaki oranları en yüksek 2017 Kış ve 2016 İlkbahar dönemlerinde, en düşük değerler ise 2017 ilkbahar döneminde gözlemlenmiştir. $\delta^{15}\text{N}$ değerlerindeki mevsimsel farklılık azot kaynaklarının mevsimler arası önemli düzeyde değiştiğini ve bu durumun *A. clausi*'nin trofik pozisyonunu etkilediğini göstermektedir. Ayrıca kış döneminde 5. istasyondaki en yüksek chl-*a* ve AKM değerlerinin tespiti bu yoğun yükün, bu türe ait $\delta^{15}\text{N}$ değerlerini etkilediği düşünülmektedir. Ancak grup ortalamalarının korelasyonuna bakıldığında $\delta^{15}\text{N}$ değerleri ile AKM ve chl-*a* arasında %50 oranına yakın pozitif ilişki olmasına rağmen bu ilişki istatistiksel olarak önemli değildir (Çizelge 4.24).



Şekil 4.24. *A. clausi*'nin 5. istasyonda $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin zamansal dağılım grafiği (ort $\pm$ SD)



Şekil 4.25. 5. istasyonda tespiti yapılan AKM ve chl-a değerlerinin mevsimsel regresyon eğrisi

Çizelge 4.23. 5. istasyonda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ ve C:N değerlerinin, çevresel ve biyolojik faktörlerin zamana bağlı tek yönlü Varyans analizi sonuçları ve Tukey hsd testi sonucu oluşan farklı gruplar

Değişken	Faktör	n	*Ort±SD	p değeri
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	2016 İlkbahar	14	-20,4609±0,1998 ^A	<0,01
	2016 Sonbahar	5	-20,904±0,692 ^A	
	2017 Kış	2	-23,910±0,1344 ^C	
	2017 İlkbahar	2	-21,8720±0,1400 ^B	
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	2016 İlkbahar	14	5,603±0,660 ^A	<0,01
	2016 Sonbahar	5	4,333±1,145 ^{AB}	
	2017 Kış	2	6,0220±0,0424 ^A	
	2017 İlkbahar	2	2,735±0,164 ^B	
C:N (%)	2016 İlkbahar	14	3,6080±0,0808 ^C	<0,01
	2016 Sonbahar	5	4,998±0,267 ^A	
	**2017 Kış	-	-	
	2017 İlkbahar	2	4,159±0,350 ^B	
Chl- <i>a</i> (µg L ⁻¹)	2016 İlkbahar	3	3,336±1,095 ^B	<0,01
	2016 Sonbahar	3	6,887±0,280 ^A	
	2017 Kış	3	5,6685±0,0643 ^A	
	2017 İlkbahar	3	1,686±0,224 ^C	
AKM (mg L ⁻¹)	2016 İlkbahar	3	4,733±1,528 ^B	<0,01
	2016 Sonbahar	3	69,3±31,2 ^A	
	2017 Kış	3	53,26±3,55 ^A	
	2017 İlkbahar	3	2,533±0,473 ^B	

Çizelge 4.23'ün devamı

Değişken	Faktör	n	*Ort±SD	p değeri
ÇO (mg L ⁻¹)	2016 İlkbahar	3	7,5±0,12 ^A	<0,01
	2016 Sonbahar	3	6,6233±0,1050 ^B	
	2017 Kış	3	4,7233±0,0651 ^D	
	2017 İlkbahar	3	5,890±0,334 ^C	
Tuzluluk (‰)	2016 İlkbahar	3	30,19±0,01 ^C	<0,01
	2016 Sonbahar	3	29,3933±0,0058 ^D	
	2017 Kış	3	30,3667±0,0115 ^A	
	2017 İlkbahar	3	30,2467±0,0351 ^B	

*Büyük harfler farklı grupları temsil eder. "A" en yüksek değerdir.

** 2017 Kış dönemine ait C:N verisi yoktur.

Çizelge 4.24. 5. istasyonda elde edilen *A. clausi*'ye ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin çevresel ve biyolojik değişkenlerle olan Pearson ve Spearman's rho korelasyon analizi sonuçları

Değişken	Sıcaklık	Tuzluluk	pH	ÇO	AKM	Chl- <i>a</i>
$\delta^{13}\text{C}$ r	-0,301	-0,796**	-0,477	0,953**	0,748**	-0,118
$\delta^{15}\text{N}$ r	-0,336	0,333	-0,095	-0,042	0,503	0,489

Analiz türü verilerin normallik testine göre belirlenmiştir (n=12).

**Korelasyon 0,01 seviyesinde önemlidir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma ile Çanakkale Boğazı'nda farklı noktalarda ve farklı zooplankton gruplarının kararlı karbon ve azot izotop oranlarının mevsimsel değişimleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Aynı mevsim içinde farklı istasyonlardan elde edilen $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerleri incelendiğinde, 2016 İlkbahar döneminde sıcaklık, tuzluluk ve pH değerlerine bağlı olarak istasyonlar arası mezozooplanktona ait $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin zenginleşebileceği tespit edilmiştir. Bu durum çevresel faktörlere bağlı olarak mezozooplanktonda özellikle karbon kaynaklarının değiştiğini göstermektedir. Ayrıca $\delta^{15}\text{N}$ değerleri bakımından istasyonlar arası önemli farklılıkların bulunması, dönem içinde referans istasyonu olan 5. istasyonda farklı azot kaynaklarının mezozooplanktonun trofik düzeyini etkilediğinin bir göstergesidir. Sonbahar döneminde, 2016 İlkbahar döneminin aksine zooplanktonun karbon kaynaklarının istasyonlar arası farklılaşmasına rağmen, trofik düzeyin değişmediği belirlenmiştir. Bunun yanında ilkbahar 2016 ve sonbahar dönemlerinde AKM ve chl-*a*'ya bağlı olarak tesis içindeki istasyonların (3. ve 4. ist.) $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin değişebileceği gözlemlenmiştir. Kış mevsiminde yoğun AKM ve chl-*a* yükünün zooplanktonun trofik düzeyini etkileyebileceği belirlenmiş, aynı zamanda mezozooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin çevresel faktörlerin etkisi altında olduğu tespit edilmiştir. 2017 İlkbahar mevsiminde yine chl-*a* yüküne bağlı olarak özellikle 3. istasyonda mezozooplanktona ait hem $\delta^{13}\text{C}$ hem de $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin zenginleştiği gözlemlenmiştir.

İstasyonların mevsimsel farklılıkları incelendiğinde ise, referans istasyonu da dâhil bütün istasyonların mevsimsel şartlara ve farklı besin kaynaklarına bağlı olarak bölgedeki mezozooplanktonun karbon kaynaklarının değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin bütün istasyonlardaki anlamlı mevsimsel farklılıkları, bölgedeki birincil tüketicilerin farklı azot kaynaklarıyla mevsimsel olarak trofik düzeyinin değişebileceğini göstermiştir. 3. istasyonda mezozooplanktona ait elde edilen mevsimsel $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerleri aynı mevsimsel koşullarda (2016 İlkbahar ve 2017 İlkbahar) olsa dahi mezozooplanktonun karbon ve azot kaynaklarının farklılaşabileceği tespit edilmiştir. Aynı zamanda çevresel değişkenlerin mezozooplanktonun mevsimsel $\delta^{13}\text{C}$ değerlerini pozitif ya da negatif yönde etkileyebileceği gözlemlenmiştir. 4. istasyonda mezozooplanktonun mevsimsel $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$

değişimleri, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde organizmanın trofik düzeyinin değişmediğini, kış mevsiminde ise maksimuma ulaştığını göstermiştir. Bu duruma çevresel değişkenlerin negatif yönde, biyolojik faktörlerin de pozitif yönde etkisi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 4. istasyonda mevsimsel fitoplanktonik değişimlerin kopepodlara ait $\delta^{15}\text{N}$ değerlerindeki zenginleşmeye katkısı olduğu tespit edilmiştir. Referans istasyonu olan 5. istasyonda mezozooplanktona ait $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerleri İlkbahar 2016, İlkbahar 2017 ve Sonbahar 2016 mevsimlerinde hemen hemen birbirlerine yakın seyretmiş fakat kış mevsiminde önemli düzeyde farklılaşmıştır. Bu durum kış mevsiminde karbon ve azot kaynaklarının bu istasyonda da diğer istasyonlarda olduğu gibi farklılaştığını göstermiştir.

Çevresel ve biyolojik faktörlerin zooplanktonun $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ oranları üzerin olan etkisi genel itibariyle değerlendirildiğinde $\delta^{13}\text{C}$ değerlerini; sıcaklık, tuzluluk, ÇO ve AKM değerleri mevsimsel koşullara bağlı olarak hem pozitif yönde hem negatif yönde önemli düzeyde etkileyebildiği, pH oranlarının ise pozitif yönde önemli düzeyde etkileyebildiği tespit edilmiştir. Zooplanktona ait $\delta^{15}\text{N}$ değerlerini ise sıcaklık, tuzluluk, ÇO değerlerinin yine mevsimsel koşullara bağlı olarak genel itibariyle önemli düzeyde negatif yönde, AKM ve chl-*a* değerlerinin ise pozitif yönde önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiştir. Çevresel değişkenlerden özellikle AKM konsantrasyonunun yoğun yağış sonucu yüksek değerlerde seyrettiği, buna bağlı olarak chl-*a* değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. AKM ve chl-*a* değerleri arasında önemli derecede korelasyonun görüldüğü dönemlerde, yükün fitoplanktonik kaynaklı olduğu ve bu durumun da birincil tüketicilerin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerini etkilediği görülmüştür.

Çalışma sonucunda istasyonlar birbirine yakın olmasına rağmen mezozooplanktonun kararlı karbon ve azot izotop kompozisyonlarının mevsimsel değişimlerin yanında çevresel veya biyolojik faktörlerin de etkisi altında kalarak farklılaşabileceği belirlenmiştir. Mezozooplanktonun kararlı karbon ve azot izotop sonuçlarının mevsimsel farklılıkları, denizel sistemin mevsimsel değişimlerine bağlı olarak farklı besin kaynaklarına sahip olabilmesi ile daha beklenir bir durumdur. Ancak aynı mevsim içinde elde edilen mezozooplanktonun birbirine yakın istasyonlar arasında dahi $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde önemli farklılıklar olması, Çanakkale Boğazı'nın farklı noktalarında besin kaynaklarının değişim gösterdiğinin bir göstergesi olup, bu durumun gelecek dönemde yapılacak çalışmaların planlanmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak, seçici beslenici olduğu bilinen kopepodların

$\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinin filtre ederek beslendiği bilinen kladoserlerden daha yüksek değerlere sahip olması, kopepodların trofik seviyede bir üst basamağa daha yakın olduklarının bir göstergesidir. Bununla beraber kararlı karbon ve azot izotop verileri değerlendirilirken, tek istasyonun mevsimsel farklılıklarının değerlendirilmesi ya da aynı mevsim içinde istasyonlar arası farklılıkların değerlendirilmesinin daha sağlıklı olacağı görülmüştür. Zira genel ortalamaları bakımından istatistiksel olarak istasyonlar arası farklılık bulunmayan $\delta^{15}\text{N}$ değerlerinde aynı mevsim içinde değerlendirildiğinde istasyonlar arası önemli farklılıklar saptanmıştır. Çalışma, bölgede denizel ekosistemdeki zooplanktonik organizmalar üzerinde gerçekleştirilen ilk kararlı izotop çalışmasıdır. Tür bazında gerçekleşmesiyle Akdeniz ve Ege Denizi'nde yapılan diğer çalışmalardan farklılaşmış olup, gelecekte ülkemiz kıyısal alanlarında yapılacak kararlı izotop çalışmalarına öncülük etmesi ve referans olması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbulut M., Odabaşı S.S., Odabaşı D.A., Çelik E.Ş., 2006. Çanakkale İli'nin Önemli İçsuları ve Kirletici Kaynakları. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23 (1/1): 9-15.
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 1995. Standard Methods for the Examination of Water And Wastewater. Washington DC, USA.
- Atienza D., Calbet,A., Saiz E., Alcaraz M., Trepas, I., 2006. Trophic Impact, Metabolism, And Biogeochemical Role of the Marine Cladoceran *Penilia avirostris* and The Co-Dominant Copepod *Oithona nana* in NW Mediterranean Coastal Waters. Marine Biology, 150 (2): 221–235.
- Bănaru D., Carlotti F., Barani A., Grégori G., Neffati N., Harmelin-Vivien M., 2014. Seasonal Variation of Stable Isotope Ratios of Size-Fractionated Zooplankton in the Bay of Marseille (NW Mediterranean Sea). Journal of Plankton Research, 36 (1): 145–156.
- Bode A., Carrera P., Lens S., 2003. The Pelagic Food Web in the Upwelling Ecosystem of Galicia (NW Spain) During Spring: Natural Abundance of Stable Carbon and Nitrogen Isotopes. ICES Journal of Marine Science, 60 (1): 11-22.
- Bode A., Alvarez-Ossorio M.T., Cunha M.E., Garrido S., Peleteiro J.B., Porteiro C., Valdes L., Varela, M., 2007. Stable Nitrogen Isotope Studies of the Pelagic Food Web on the Atlantic Shelf of the Iberian Peninsula. Progress in Oceanography, 74 (2–3): 115–131.
- Bunn S.E., Loneragan N.R., Kempster M.A., 1995. Effects of Acid Washing on Stable Isotope Ratios of C and N in Penaeid Shrimp and Seagrass: Implications for Food-web Studies using multiple stable isotopes. Limnology and Oceanography, 40 (3): 622-625.
- Büyükatış Y., İnanmaz Ö.E., 2007. Temporal Variations in Vertical Distribution and Occurrence of Marine Cladocerans in an Urbanized Harbour, Dardanelles, Turkey. Crustaceana, 80 (11): 1293–1302.
- Büyükatış Y., İnanmaz Ö.E., 2009. Cladocerans of an Urbanized Harbour: Effects of

- Environmental Parameters on Vertical Distribution, Occurrence, Abundance, and Seasonal Variation. *Crustaceana*, 82 (5): 543–554.
- Büyükateş Y., İnanmaz Ö.E., 2010. The Annual Mesozooplankton Dynamics and Influence of Environmental Parameters in an Urbanized Harbor (Kepez Harbor-Dardanelles Strait, Turkey. *Ekoloji*, 68: 60–68.
- Calliari D., Tiselius P., 2014. Feeding and Reproduction in a Small Calanoid Copepod: *Acartia clausi* Can Compensate Quality With Quantity. *Marine Ecology Progress Series*, 298 (5): 241–250.
- Clesceri L.S., Greenberg A.E., Eaton A.D., 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed). Washington, DC: American Public Health Association.
- Costalago D., Navarro J., Álvarez-Calleja I., Palomera I., 2012. Ontogenetic and Seasonal Changes in the Feeding Habits and Trophic Levels of Two Small Pelagic Fish Species. *Marine Ecology Progress Series*, 460: 169–181.
- Driscoll Z.G., 2014. Plankton Trophic Structure Within Lake Michigan as Revealed by Stable Carbon and Nitrogen Isotopes. PhD Dissertation (Doktora tezi). The University of Wisconsin-Milwaukee, USA.
- Eaton A.D., Franson M.A., 2005. Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water & wastewater. Washington (DC): American Public Health Association.
- Elmacı A., Obalı O., 1997. Fitoplankton Zooplankton İlişkileri. *Ekoloji*, 23: 16–20.
- Espinasse B., Tiano M., Guilloux L., 2018. Patterns of Variations in C and N Stable Isotope Ratios in Size-fractionated Zooplankton in the Gulf of Lion, NW Mediterranean Sea. *Journal Of Plankton Research*, 36 (5): 1204–1215.
- Fanelli E., Cartes J.E., Papiol V., 2011. Food Web Structure of Deep-Sea Macrozooplankton and Micronekton of the Catalan Slope: Insight From Stable Isotopes. *Journal of Marine Systems*, 87 (1): 79–89.

- Fanelli E., Cartes J. E., Rumolo P., Sprovieri M., 2009. Food-Web Structure and Trophodynamics of Mesopelagic-Suprabenthic Bathyal Macrofauna of the Algerian Basin Based on Stable Isotopes of Carbon and Nitrogen. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56 (9): 1504–1520.
- Fry B., 2006. *Stable Isotope Ecology* (3th ed). LA, USA. 308 p.
- Fry B., Quinones R.B., 1994. Biomass Spectra and Stable Isotopes Indicators of Trophic Level in Zooplankton in the Northwest Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 112 (1): 201–204.
- Fry B., Sherr E.B., 1984. ^{13}C Measurements as Indicators of Carbon Flow in Marine and Freshwater Ecosystems. *Contributions to Marine Science*, 27: 13–47.
- Gismervik I., 1997. Stoichiometry of Some Marine Planktonic Crustaceans. *Journal of Plankton Research*, 19, (2): 279–285.
- Goericke R., Fry B., 1994. Variations of Marine Plankton $\delta^{13}\text{C}$ with Latitude, Temperature, and Dissolved CO_2 in the World Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 8 (1): 85–90.
- Grey J., Jones R.I., 1999. Carbon Stable Isotopes Reveal Complex Trophic Interactions in Lake Plankton. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 13 (13): 1311–1314.
- Harris R., Wiebe P., Lenz J., Skjoldal H.R., Huntley M., 2000. *ICES Zooplankton Methodology Manual*. Academic, San Diego.
- Henschke N., Everett J.D., Suthers I.M., Smith J.A., Hunt B.P.V., Doblin M. A., Taylor M.D., 2015. Zooplankton Trophic Niches Respond to Different Water Types of the Western Tasman Sea: a Stable Isotope Analysis. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 104 (2015): 1–8.
- Hobson K., Welch, H.E., 1992. Determination of Trophic Relationships Within a High Arctic Marine Food Web Using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ Analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 84 (1): 9–18.
- Huys R., Boxshall G.A., 1991. *Copepod Evolution*. The Ray Society, London, 141: 595–605.

- İnanmaz Ö.E., 2009. Çanakkale Boğazi ve Saros Körfezi Gelibolu Yarımadası Kiyılarında Bazi Baskın Zooplankton Türlerinin Belirlenmesi ve Mevsimlere Bağlı Değişimleri. Doktora tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- İşinibilir M., Tarkan A.N., 2002. İzmit Körfezi'nin Sonbahar 2002'de Zooplankton Yapısı. Türk Sucul Yasam Dergisi, 3-5 (5-8): 251-256.
- İşinibilir M., Yılmaz I.N., Piraino S., 2010. New Contributions to the Jellyfish Fauna of the Marmara Sea. Italian Journal of Zoology, 77 (2): 179-185.
- Jones R.I., Grey J., Sleep D., Quarmby C., 1998. An Assessment, Using Stable Isotopes, of the Importance of Allochthonous Organic Carbon Sources to the Pelagic Food Web in Loch Ness. Royal Society of London Series B: Biological Sciences, 265 (1391): 105-110.
- Katechakis A., Stibor H., Sommer U., Hansen T., 2004. Feeding Selectivities and Food Niche Separation of *Acartia clausi*, *Penilia avirostris* (Crustacea) and *Doliolum denticulatum* (Thaliacea) in Blanes Bay (Catalan Sea, NW Mediterranean). Journal of Plankton Research, 26 (6): 589-603.
- Kılıç A., 2012. Zooplankton Günlük Vertikal Göçü: Çanakkale Boğazi Karanlık Liman Örneği. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- Koppelmann R., Böttger-Schnack R., Möbius J., Weikert, H., 2009. Trophic Relationships of Zooplankton in the Eastern Mediterranean Based on Stable Isotope Measurements. Journal of Plankton Research, 31 (6): 669-686.
- Kürten B., Al-Aidaros A.M., Kürten S., El-Sherbiny M.M., Devassy R. P., Struck, U., Zarokanellos N., Jones B.H., Hansen T., Bruss G., Sommer, U., 2016. Carbon and Nitrogen Stable Isotope Ratios of Pelagic Zooplankton Elucidate Ecohydrographic Features in The Oligotrophic Red Sea. Progress in Oceanography, 140 (2016): 69-90.
- Lee J.Y., Kim J.K., Owen J.S., Choi Y., Shin K., Jung S., Kim B., 2013. Variation in Carbon and Nitrogen Stable Isotopes in POM and Zooplankton in a Deep Reservoir and Relationship to Hydrological Characteristics. Journal of Freshwater Ecology, 28 (1): 47-62.

- Matthews B., 2005. Food Web Ecology of Zooplankton Communities in Lakes. PhD Dissertation (Doktora tezi). University of British Columbia, Canada.
- Matthews B., Mazumder A., 2003. Compositional and Interlake Variability of Zooplankton Affect Baseline Stable Isotope Signatures. *Limnology and Oceanography*, 48 (5): 1977–1987.
- Mavili S., Sever T.M., 2002. İzmir Körfezi’nde (Ege Denizi) *Acartia grani* Sars, 1904 (Copepoda, Crustacea)’nın Dağılımı. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 19 (3–4): 473–477.
- Meyer B., Irigoien X., Graeve M., Head R., Harris R., 2002. Feeding Rates and Selectivity Among Nauplii, Copepodites and Adult Females Of *Calanus finmarchicus* and *Calanus helgolandicus*. *Helgoland Marine Research*, 56 (3): 169–176.
- Minagawa M., Wada E., 1984. Stepwise Enrichment of ^{15}N Along Food Chains: Further Evidence and the Relation Between $\delta^{15}\text{N}$ and Animal Age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48 (5): 1135–1140.
- Mompeán C., Bode A., Benítez-Barrios V.M., Domínguez-Yanes J.F., Escánez J., Fraile-Nuez, E., 2013. Spatial Patterns of Plankton Biomass and Stable Isotopes Reflect the Influence of the Nitrogen-Fixer *Trichodesmium* Along the Subtropical North Atlantic. *Journal of Plankton Research*, 35 (3): 513–525.
- Mullin M.M., Rau G.H., Eppley R.W., 1984. Stable Nitrogen Isotopes in Zooplankton: Some Biographic and Temporal Variations in The North Pacific. *Limnology and Oceanography*, 29 (6): 1267–1273.
- Odabaşı S., Büyükaş, Y., 2009. Klorofil-a, Çevresel Parametreler ve Besin Elementlerinin Günlük Değişimleri: Sarıçay Akarsuyu Örneği (Çanakkale, Türkiye). *Ekoloji*, 19 (73): 76–85.
- Owens N.J.P., 1987. Natural Variations in ^{15}N in the Marine Environment. *Advances in Marine Biology*, 24: 389–451.
- Özel İ., 2005. Planktonoloji I. Plankton Ekolojisi ve Arastırma Yöntemleri (5. Baskı). Ege Üniversitesi Yayınları. İzmir. s. 271.

- Peterson B.J., Fry B., 1987. Stable Isotopes in Ecosystem Studies. *Annual Review of Ecology And Systematics*, 18 (1): 293-320.
- Post D.M., 2002. Using Stable Isotopes to Estimate Trophic Position: Models, Methods, and Assumptions. *Ecology*, 83 (3): 703–718.
- Riebesell U., Revill A.T., Holdsworth D.G., Volkman J.K., 2000. The Effects of Varying CO₂ Concentration on Lipid Composition and Carbon Isotope Fractionation in *Emiliania huxleyi*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64 (24): 4179–4192.
- Robinson D., 2001. $\delta^{15}\text{N}$ as an Integrator of the Nitrogen Cycle. *Trends in Ecology & Evolution*, 16 (3): 153–162.
- Saiz E., Calbet A., Atienza D., Alcaraz M., 2007. Feeding and Production of Zooplankton in the Catalan Sea (NW Mediterranean). *Progress in Oceanography*, 74 (2–3): 313–328.
- Siokou-Frangou I., Shiganova T., Christou E.D., Kamburska L., Gubanov A., Konsulov A., Musaeva E., Skryabin V., Khoroshilov V., 2004. Mesozooplankton Communities in the Aegean and Black Seas: A comparative Study. *Marine Biology*, 144 (6): 1111–1126.
- Sommer F., Sommer U., 2004. $\delta^{15}\text{N}$ Signatures of Marine Mesozooplankton and Seston Size Fractions in Kiel Fjord, Baltic Sea. *Journal of Plankton Research*, 26 (4): 495–500.
- Søreide J.E., Tamelander T., Hop H., Hobson K.A., Johansen I., 2006. Sample Preparation Effects on Stable C and N Isotope Values: A Comparison of Methods in Arctic Marine Food Web Studies. *Marine Ecology Progress Series*, 328: 17-28.
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY). Resmi Gazete Sayısı: 25687.
- Tarkan A. N., Morkoç E., Sever T. M., 2000a. İzmit Körfezi Baskın Zooplankton Türleri. *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu*, 468–474.
- Tarkan A.N., İşinibilir M., Ögdül R.G., 2000b. Kuzey Marmara Denizi Mesozooplankton Kompozisyonu. *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu*, 493–499.
- Tarkan A.N., İşinibilir M., Tarkan A.S., 2005. Seasonal Variations of the Zooplankton Composition and Abundance in the Istanbul Strait. *Pakistan Journal of Biological*

- Sciences, 8 (9): 1327-1336.
- Todd C., Laverack M.S., Boxshall G.A., 2006. Coastal Marine Zooplankton: A Practical Manual for Students. Cambridge University Press, Cambridge, USA. 106 p.
- Tregouboff G., Rose M., 1957. Manuel de planctonologie Méditerranéenne. 1, Texte: 2, Planches. Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.
- Türkoğlu M., 2010. Temporal Variations of Surface Phytoplankton, Nutrients and Chlorophyll-a in the Dardanelles (Turkish Straits System): A Coastal Station Sample in Weekly Time Intervals. Turkish Journal of Biology, 34 (3): 319–333.
- Turner J.T., Tester P.A., Ferguson R.L., 1988. The Marine Cladoceran *Pennilia arrostis* and the Microbial Loop of Pelagic Food Webs. Limnology and Oceanography, 33 (2): 245–255.
- Vanderklift M.A., Ponsard S., 2003. Sources of Variation in Consumer-diet $\delta^{15}\text{N}$ Enrichment: A meta-analysis. Oecologia, 136: 169–182.
- Vézina A. F., Pahlow M., 2003. Reconstruction of Ecosystem Flows Using Inverse Methods: How Well Do They Work? Journal of Marine Systems, 40–41 (2003): 55–77.
- Visconti A., Manca M., 2011. Seasonal Changes in the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ Signatures of the Lago Maggiore Pelagic Food Web. Journal of Limnology, 70 (2): 263–271.
- Wada E., 2009. Stable $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ Isotope Ratios in Aquatic Ecosystems. Proceeding of the Japan Academy, 85 (2009): 98–107.
- Ware D., Thomson R.E., 2005. Bottom-Up Ecosystem Trophic Dynamics Determine Fish Production in the Northeast Pacific. Science, 308 (5726): 1280–1285.
- Yalçın Özdilek Ş., Jones R.I., 2014. The Diet Composition and Trophic Position of Introduced Prussian Carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) and Native Fish Species in a Turkish River. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 14: 769-776
- Yang G., Li C., Guilini K., Wang X., Wang Y., 2017. Regional Patterns of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ Stable Isotopes of Size-fractionated Zooplankton in the Western Tropical North Pacific

Ocean. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 120: 39–47.

Zervoudaki S., Christou E.D., Assimakopoulou G., Örek H., Gucu A.C., Giannakourou A., Pitta P., Terbiyik T., Yücel N., Moutsopoulos T., Pagou K., Özsoy E., Papathanassiou, E., 2011. Copepod Communities, Production and Grazing in the Turkish Straits System and the Adjacent Northern Aegean Sea During Spring. *Journal of Marine Systems*, 86 (2011): 45–56.



EKLERİ

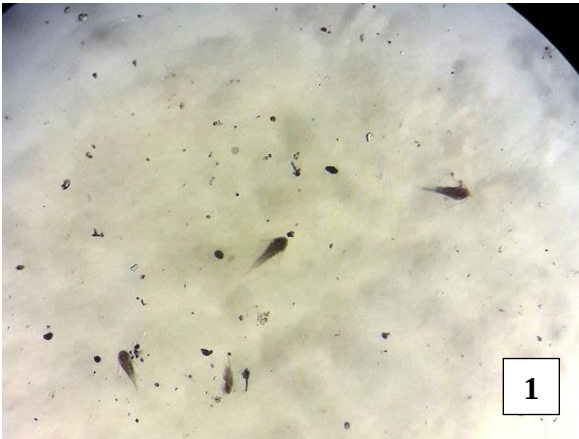
EK 1. Çalışma Boyunca Tespiti Yapılan Bazı Türlerle Ait Resimler



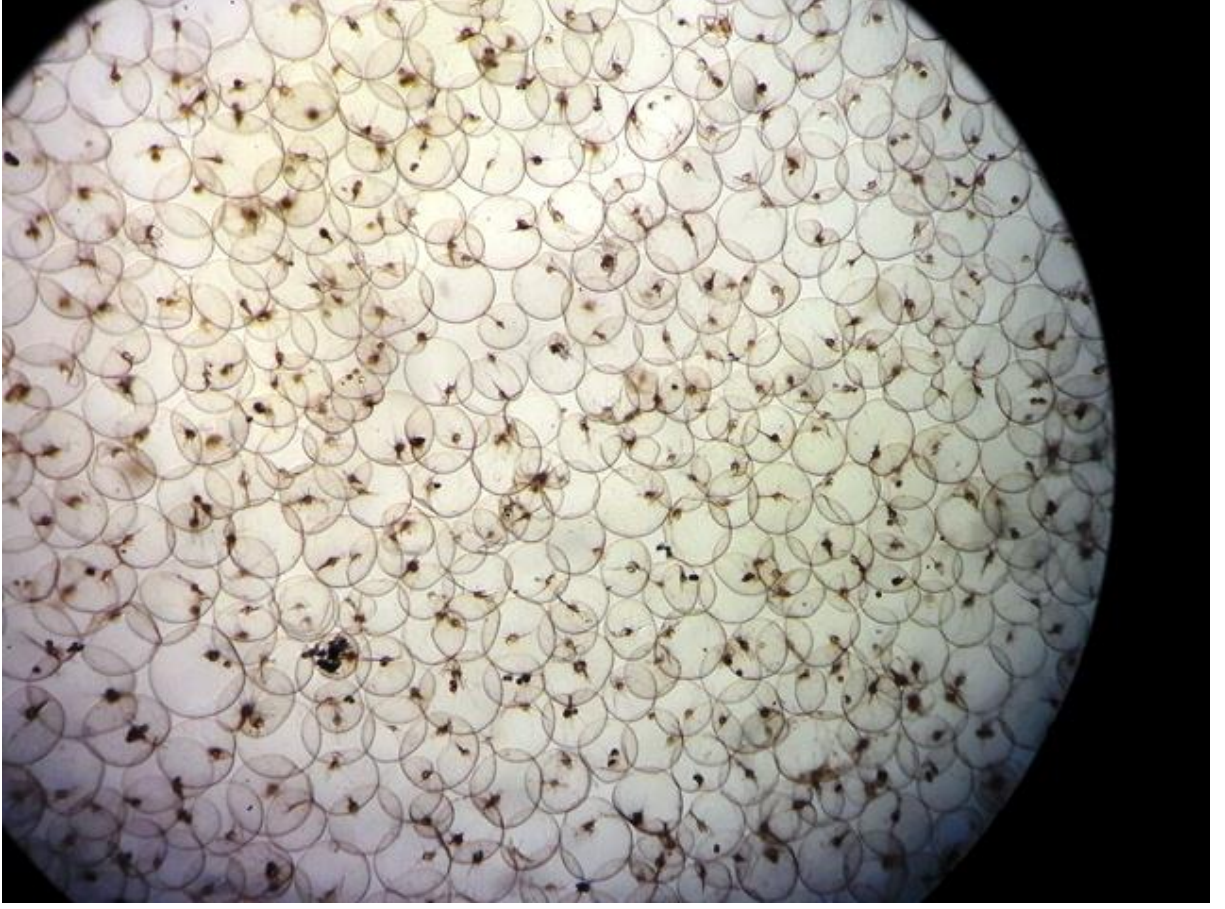
Ek Şekil 1.1. *Acartia clausi* (Orijinal)



Ek Şekil 1.2. *Canalus Helgolandicus* (1), *Penilia avirostris* (2) (Orijinal)



Ek Şekil 1.3. *Oithona nana* (1), *Oicopleura dioica* (2) (Orijinal)

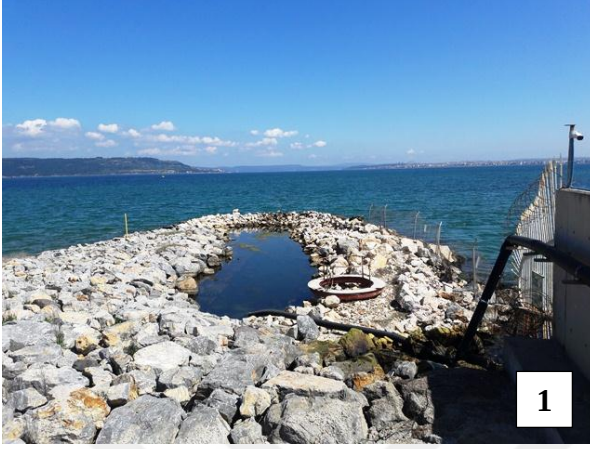


Ek Şekil 1.4. *Noctiluca scintillans* (Orijinal)



Ek Şekil 1.5. Plankton bezinde toplanmış *A. clausi* (1) ve *C. Helgolandicus* (2) bireyleri

EK 2. Çalışmanın Gerçekleştirildiği İstasyonlara Ait Resimler



Ek Şekil 2.1. Çalışma alanında bulunan 1., 2. (1) ve 3. (2) istasyonlar



Ek Şekil 2.2. Kış döneminde yapılan örnekleme esnasında 4. istasyon



Ek Şekil 2.3. Kış döneminde (1) ve ilkbahar döneminde (2) yapılan örneklemeler esnasında 5. istasyon

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sinan UZUNDUMLU

Doğum Yeri : Erzurum

Doğum Tarihi : 01.06.1983

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Atatürk Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Biyoloji Bölümü.

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen
Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel
Bilimler Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer Uluslararası Hakemli Dergi

Uzundumlu S., Büyükteş Y., 2018. Stable Isotope Compositions of Dominant Zooplankton Species in Relation to Environmental Factors in the Dardanelles. Archives of Biological Sciences. <https://doi.org/10.2298/ABS181003059U>

Uzundumlu S., Büyükteş Y., 2014. Determination of Water Quality Parameters From a Waste Treatment Plant Effluent (Balıkesir-Gönen). Marine Science and Technology Bulletin 3(2):33-38.

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

Uzundumlu S., Büyükteş Y., 2018. Seasonal $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ stable isotope composition of POM in the Dardanelles Strait and influence of environmental variables. International Marine & Freshwater Sciences Symposium Proceedings (MARFRESH2018). p.169-174

Uzundumlu S. Büyükkateş Y., 2014. Determination of Water Quality Parameters from a Waste Treatment Plant Effluent (Balıkesir-Gönen). 1st International Symposium on Aquatic Sciences and Technology. (AQUA CYPRUS 2014). p.11

c) Katıldığı Projeler

"Çardak Lagünü (Çanakkale Boğazı)'ndeki Makrozoobentik Topluluklar Üzerine Evsel Kirlilik ve Fiziksel Koşulların Etkileri", TÜBİTAK Projesi, 117Y510, Bursiyer, 2018 - Devam Ediyor

"Kalanoid Kopepod *Acartia clausi* (Giesbrecht, 1889) türünün beslenme alışkanlıklarının Partikül Organik Madde (POM) İzotop Analiziyle Belirlenmesi", BAP Hızlı Destek, FHD-2018-1432, Araştırmacı, 2018 - Devam Ediyor

"Liman Atık Kabul Tesisi Soğutma Suyunun Kalanoid Kopepod *Acartia clausi* (Giesbrecht, 1889) Doğal Siklusu Üzerine Etkileri", BAP Doktora, FDK-2016-869, Araştırmacı, 2016 - Devam Ediyor

"Mezbaha Atık Su Arıtım Tesisinde Su Kalitesi Parametrelerinin Belirlenmesi (Balıkesir – Gönen)", BAP Y.Lisans, 2013-121, Araştırmacı, 2013 – 2014, Tamamlandı

İŞ DENEYİMİ – BURS BİLGİLERİ

05.09.2008 – 17.08.2009: Cindilli Otomotiv, Erzurum

04.06.2010 – 27.08.2010: Cindilli Otomotiv, Erzurum

01.11.2010 – 04.04.2011: Akbank T.A.Ş., Erzurum

04.05.2011 – 09.08.2011: Cindilli Otomotiv, Erzurum

12.08.2011 – 31.08.2013: Mutlular Group, Gönen / Balıkesir

2015 – 2018: Kredi Yurtlar Kurumu Doktora Öğrenim Bursu

10.2018 – 01.2019: Tübitak Cost Proje Bursiyerliği

İLETİŞİM

E-posta Adresi: sinanuzundumlu@gmail.com