

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

MARMARA DENİZİ ZOOPLANKTON DİNAMİĞİ

DOKTORA TEZİ

**M.Sc. İzzet Noyan YILMAZ
Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı**

**Danışman
Prof.Dr. Halil İbrahim SUR**

Ağustos, 2008

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

İzzet Noyan YILMAZ tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “MARMARA DENİZİ ZOOPLANKTON DİNAMIĞI” başlıklı bu tez FİZİKSEL OŞİNOGRAFI VE DENİZ BİYOLOJİSİ Anabilim Dalı’nda DOKTORA Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Halil İbrahim SUR

Jüri Üyesi
Prof. Dr. İsmet ÖZEL

Jüri Üyesi
Doç. Dr. Erhan MUTLU

Jüri Üyesi
Yard. Doç. Dr. Mustafa CEBECİ

Jüri Üyesi
Yard. Doç. Dr. Ahsen YÜKSEK

Tez Savunma Tarihi: 21.08.2008

*Bu alışma değerli hocam Prof. Dr. Erdoğan Okuş'un
anısına ithaf edilmiştir.*

ÖNSÖZ

Bu çalışma Türkiye’de deniz bilimlerinin ve özellikle deniz biyolojisinin gelişmesi için tam bir adanmışlıkla çalışan ve bir deniz araştırma seferi esnasında yaşanan elim bir kaza ile aramızdan ayrılan rahmetli hocam Prof.Dr. Erdoğan Okuş’un anısına ithaf edilmiştir. Tez danışmanlığımı yürüttüğü Ekim 2002–9 Nisan 2006 tarihleri arasındaki dönemdeki desteği ve 1999’dan beri paylaştığımız çalışma ortamında ekibine olan akademik ve insani katkıları için kendisine minnettarım.

2006’dan sonraki dönemde tez çalışmama sahip çıkan ve bilimsel desteğini esirgemeyen tez danışmanım ve Anabilim Dalı Başkanım Prof. Dr. Halil İbrahim Sur’a ve tezime her zaman destek olan Yard.Doç.Dr. Ahsen Yüksek’e teşekkür ederim. Tezimin taksonomik çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’nden Prof. Dr. İsmet Özel ve Araş.Gör. Dr. Vedat Aker’e minnettarım. Tezin istatistiksel analizleri konusunda bana yeni fikirler veren ve uygulamalarda yardımcı olan Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü’nden Doç. Dr. Erhan Mutlu’ya teşekkür ederim. Fizik verisinin sağlanmasında ve örneklemelerdeki hassas üst-alt tabaka ayrımı için Yard. Doç. Dr. Hüsne Altıok ve Araş. Gör. Dr. Edip Müftüoğlu’na ve Marmara Denizi’nde elde ettiği fitoplankton verisini kullanmama izin veren Yard. Doç.Dr. Seyfettin Taş’a teşekkür ederim. Son olarak başta araştırma görevlileri Nazlı Demirel ve Volkan Demir olmak üzere tüm Enstitü çalışanlarına, gemi ve laboratuvar çalışmalarında teknik desteğiyle bize büyük yardımları dokunan Laborant Sezgin ÇAMURCU’ya ve Kaptan Tayfun DENİZMEN nezdinde, deniz çalışmaları sırasında bizlerle uyum içerisinde çalışan R/V ARAR personeline teşekkür ederim.

Eğitimim için çok büyük fedakarlıklara katlanan sevgili anneme, babama ve kardeşime minnet borçluyum.

Sevgili eşim Aslı’ya gittikçe zorlaşan bir süreçte her zaman yanımda olduğu için teşekkür ederim. Senin varlığın en büyük desteğimdi...

“Marmara Denizi Zooplankton Dinamiği” başlıklı bu Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği tarafından “Doktora Tez Projesi” olarak desteklenmiştir (Proje No: T-1047).

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
EK LİSTESİ	ix
SİMGE LİSTESİ	x
KISALTMA LİSTESİ	xi
I. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın amacı	2
1.2. Önceki çalışmalar	3
1.3. Çalışma sahası	4
1.3.1. Hidrografik ölçümler	5
1.3.2. Klorofil a dağılımı ve fitoplankton yapısı	11
II. MATERYAL ve METOD	16
2.1. Örneklemeler	16
2.2. Laboratuvar analizleri	18
2.3. İstatistiksel analizler	19
III. BULGULAR	26
3.1. <i>Liriope tetraphylla</i> 'nın dağılımı	26
3.2. Üst tabaka zooplanktonunun zamana bağlı değişimi	28
3.2.1. Toplam zooplankton bolluğu ve grup kompozisyonu	28
3.2.2. Tür kompozisyonu ve biyoçeşitlilik	34
3.2.3. Zooplankton komünite yapısı	45
3.3. Üst tabaka zooplanktonunun mekana bağlı değişimi	54
3.3.1. Toplam zooplankton bolluğu ve tür kompozisyonu	54
3.3.2. Zooplankton komünite yapısı	63
3.4. Alt tabaka zooplankton yapısı	74
IV. TARTIŞMA ve SONUÇ	78
KAYNAKLAR	90
EK	100
ÖZGEÇMİŞ	106

ÖZET

Bu tez çalışması yüksek sıcaklık ve tuzluluk derecelenmeleri ile yıl boyu iki tabakalı yapısını koruyan Marmara Denizi'nde 2004–2006 yılları arasındaki zooplankton dağılımını ve bu dağılıma etki eden faktörleri incelemektedir.

Marmara Denizi'nin kuzeydoğu bölgesini ve İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışını kapsayan aylık zaman serisi verisi zooplankton bolluğunun ve komünite yapısının sergilediği mevsimsel döngülerin büyük oranda sıcaklık ve ikinci derecede klorofil *a* değerlerindeki değişimler ile kontrol edildiğini göstermektedir. Zooplankton komünite yapısının Marmara Denizi ve Karadeniz arasında iyi bir ayırım gösterdiği gözlenirken, özellikle sıcak dönemlerde Marmara Denizi'nde bolluk değerlerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kış aylarında artan benzerlikler, uygun koşullar altında iki denizin hızla farklılaştığını ve bunda termofilik türlerin önemli rol oynadığını göstermektedir. Marmara Denizi'nde daha önceki çalışmalarda tespit edilen Cladocera baskınlığında hafif düşüşler tespit edilmesine rağmen Copepodaya oranla baskınlığını koruduğu görülmektedir. 2005 sonbaharında *Liriope tetraphylla*'nın ekosisteme giriş yapması ve 2006'da çok yüksek bolluk seviyelerine ulaşmasıyla zooplankton komünite yapısında belirgin değişimler gözlenmeye başlamış ve *Acartia clausi*, *Penilia avirostris*, *Sagitta setosa* gibi önemli türlerin bolluklarındaki düşüşlerin aksine *Paracalanus parvus* bolluğu artmıştır. Uygulanan çok değişkenli istatistiksel yöntemler de zooplankton komünitesinin sıcaklık dışında kalan kalıpları üzerindeki en etkili değişkenin *L. tetraphylla* bolluğu olduğunu yansıtmaktadır.

Marmara Denizi'nin tüm körfezlerini, kıyılarını ve açık alanlarının kapsayacak şekilde yürütülen mevsimsel örneklemeler zooplankton tür kompozisyonunda ve komünite yapısında belirgin mekansal farklılıkların da olduğunu göstermektedir. Özellikle kapalı koy ve körfezlerde tespit edilen kirlilik indikatörü türler ve komünite yapısındaki ayrımlar trofik şartlardaki değişimin zooplankton üzerindeki etkilerini açıkça yansıtmaktadır.

Elde edilen bulgular Marmara Denizi'nin Ege Denizi ile Karadeniz arasında bir geçiş bölgesi olduğu varsayımını ekolojik açıdan sorgulayan bulgular sunmaktadır. Fiziksel yapının

aksine Marmara Denizi zooplanktonu tamamen kendine has özellikler taşımakta ve çevre denizlerden ayrılmaktadır. Marmara Denizi'nin iç dengeleri, kıyısal etkileşimleri ve tabakalı yapısı farklı zooplankton yapısını beraberinde getirmiştir. Bu çalışma zooplanktonun Marmara Denizi'nde 2005–2006 döneminde yaşanan ve ileride yaşanabilecek değişimlerin hassas bir göstergesi olduğunu yansıtmaktadır.

ABSTRACT

This thesis deals with the distribution of zooplankton in the highly thermohaline stratified Sea of Marmara and the factors affecting distribution patterns.

Time series data collected from the Northeastern Marmara basin and the Black Sea exit of the Strait of İstanbul showed that seasonal fluctuations in zooplankton abundance and community structure are primarily controlled by variations in temperature and secondary by primary production (chlorophyll a). Zooplankton communities provided a good separation among Marmara and Black Sea. In warmer periods of the year, Sea of Marmara had apparently higher abundance levels. The increase in similarities in winter period indicates that zooplankton communities in two basins differentiate rapidly under optimum conditions and thermophilic species are very important in this differentiation. The Cladocera dominance reported in earlier studies showed a decreasing trend, while maintained its dominance over Copepoda. The introduction of *Liriope tetraphylla* in autumn of 2005, and its high abundance in 2006 caused significant shifts in zooplankton community structure. Abundance of major zooplankton species, such as *Acartia clausi*, *Penilia avirostris*, *Sagitta setosa* decreased, while abundance of *Paracalanus parvus* increased. The multivariate statistical methods applied also confirmed that the *L. tetraphylla* abundance levels is the most important driver of non-temperature dependent patterns in zooplankton communities of the Marmara stations.

Seasonal samplings conducted in the entire basin showed that zooplankton species assemblages and community structure have significant spatial patterns. Detection of eutrophication indicator species in bays of the basin and spatial patterns in community structure points to the importance of trophic differences on zooplankton.

The results presents contradictory findings to the general accepted statement of Sea of Marmara being an transition zone between the Black and Mediterranean seas in terms of ecology. On contrary to physical structure, Marmara zooplankton has characteristic features and is significantly different than the neighbouring basins. Dynamics of the Sea of Marmara, together with its permanent stratification caused the different planktonic system. As

demonstrated in the abnormal patterns in 2005-2006 period, this study shows that zooplankton is a good and sensitive indicator of ecological change in the present and future.

TABLO LİSTESİ

sayfa

Tablo 1.	Örnekleme yapılan istasyonların koordinatları, toplam derinlikleri ve örnekleme stratejileri.	19
Tablo 2.	Toplam zooplankton bolluğunun istasyon bazında çevresel parametreler ile korelasyonu ve betimsel istatistiği.	29
Tablo 3.	Zooplankton bolluğu anomalilerinin sıcaklık, klorofil a ve tuzluluk anomalileri ile korelasyonu (n=36).	31
Tablo 4.	Copepoda ve Cladocera grupları ile <i>L. tetraphylla</i> 'nın yıllara göre zooplankton bolluğuna kümülatif yüzde katılımları.	34
Tablo 5.	Aylık örnekleme tespit edilen türlerin/grupların istasyonlara göre dağılımı ve frekansları.	35
Tablo 6.	Tür sayısının istasyon bazında çevresel parametreler ile korelasyonu ve betimsel istatistiği.	37
Tablo 7.	Shannon Çeşitliliği'nin istasyon bazında çevresel parametreler ile korelasyonu ve betimsel istatistiği.	39
Tablo 8.	İstasyon çiftleri arasındaki benzerlikler testinin sonuçları (ANOSIM).	47
Tablo 9.	Şekil 21'de belirtilen B ve C grupları arasındaki benzerlikten sorumlu türler ve oranları (SIMPER).	48
Tablo 10.	Temel bileşenlerin Karadeniz (n=36)ve Marmara (n=108) istasyonlarına göre çevresel parametreler ve <i>N. scintillans</i> – <i>L. tetraphylla</i> bollukları ile korelasyonu.	49
Tablo 11.	Mevsimlik örneklemede alt ve üst tabakalarda tespit edilen türlerin/grupların örnekleme ve tabakalara göre dağılımları ve frekansları.	55
Tablo 12.	Mevsimlik veride grup benzerliklerinden sorumlu türler (SIMPER).	69
Tablo 13.	Eylül 2005 döneminde tespit edilen farklılıktan sorumlu olan türler (SIMPER).	70
Tablo 14.	Aralık 2005 döneminde tespit edilen farklılıktan sorumlu olan türler (SIMPER).	72
Tablo 15.	Copepoda ve Cladocera'nın senelik ortalama yüzde bolluklarının Karadeniz-Marmara-Ege Denizi boyunca değişimi ve İstanbul çevresindeki mevcut durum.	80
Tablo 16.	Batı Akdeniz'de <i>Acartia</i> sp. ve <i>Penilia avirostris</i> 'in farklı besin konsantrasyonlarında beslenme oranları ($\mu\text{gC birey}^{-1} \text{L}^{-1}$).	82

ŞEKİL LİSTESİ

sayfa

Şekil 1.	Zooplankton örnekleme tabakalarına göre ortalaması alınmış sıcaklık, tuzluluk ve klorofil a değerlerinin değişimi.....	7
Şekil 2.	Su kolonu boyunca sıcaklığın değişimi.	8
Şekil 3.	Su kolonu boyunca tuzluluğun değişimi.....	9
Şekil 4.	Marmara Denizi'nde mevsimlik olarak ölçülen sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin değişimi	10
Şekil 5.	Marmara Denizi'nde 5 m derinlikte klorofil a'nın değişimi.....	13
Şekil 6.	Fitoplankton bolluğunun değişimi.	14
Şekil 7.	Fitoplankton komünite yapısının mevsimsel değişimi (MDS, CLUSTER)	15
Şekil 8.	Örnekleme istasyonları	17
Şekil 9.	Uygulanan çok değişkenli analiz yöntemlerinin şematik gösterimi.	23
Şekil 10.	<i>Liriope tetraphylla</i> 'nın aylık değişimi.....	27
Şekil 11.	<i>Liriope tetraphylla</i> 'nın Eylül ve Aralık 2005'teki dağılımı.	27
Şekil 12.	Toplam zooplankton bolluğunun aylık örneklemelelerdeki değişimi.	28
Şekil 13.	Toplam zooplankton bolluğu, sıcaklık ve klorofil a anomalileri.....	30
Şekil 14.	Önemli zooplankton gruplarının yüzde dağılımı	32
Şekil 15.	Tür sayısı ve Shannon çeşitlilik indisinin zamana bağlı değişimi.	38
Şekil 16.	Aylık örneklemelelerde önemli kopepod türlerinin dağılımı.	40
Şekil 17.	Aylık örneklemelelerde önemli kladoser türlerinin dağılımı.....	42
Şekil 18.	Aylık örneklemelelerde diğer önemli zooplankton türlerinin/gruplarının dağılımı.	44
Şekil 19.	<i>Noctiluca scintillans</i> 'ın aylık değişimi.	45
Şekil 20.	Zaman serisi verisi zooplankton komünite yapısı (MDS).	46
Şekil 21.	Zaman serisi verisi MDS ordinasyonu üzerine kümeleme analizinde %50 benzerlikte elde edilen grupların yansıtılması.	48
Şekil 22.	Zaman serisi verisi 1. ve 2. temel bileşenlerinin zamana bağlı değişimi.....	50
Şekil 23.	2004-2006 yılları Eylül-Aralık aylarının MDS ordinasyonu (A) ve üzerine yansıtılmış <i>Liriope</i> bollukları (B).	51
Şekil 24.	K0 ve MY2 istasyonları zaman serisi verilerine ait zooplankton MDS (A) ve çevresel parametreler PCA (B) ordinasyonları.....	53
Şekil 25.	Toplam zooplankton bolluğunun mevsimsel örneklemelelerdeki değişimi.	57
Şekil 26.	Tür sayısının mevsimlik örneklemelelerdeki değişimi.	58
Şekil 27.	Shannon çeşitlilik indisinin mevsimlik örneklemelelerdeki değişimi.....	59
Şekil 28.	Marmara Denizi'nde önemli zooplankton türlerinin/gruplarının mevsimsel değişimi.....	61
Şekil 29.	<i>Noctiluca scintillans</i> 'ın Marmara Denizi'ndeki dağılımı.	63

Şekil 30.	Mevsimlik zooplankton örneklerinde komünite yapısı ve sıcaklık ve klorofil a değerlerinin yansıtılması.	65
Şekil 31.	Mevsimlik zooplankton örnekleme kümeleme analizi sonucu.	66
Şekil 32.	Mevsimlik çalışma çevresel faktörler temel bileşenler analizi.	67
Şekil 33.	Seçilmiş istasyonlarda fitoplankton ve zooplankton komünite yapısı (MDS).	68
Şekil 34.	Seçilmiş istasyonlarda Öklid mesafesi kullanılarak hazırlanmış çevresel faktörler sınıflandırması (MDS).	69
Şekil 35.	Eylül 2005 örneklemeinde zooplankton komünitesinde ~%67 benzerlikte tespit edilen gruplar ve harita üzerindeki konumları.	71
Şekil 36.	Aralık 2005 örneklemeinde zooplankton komünitesinde ~%67 benzerlikte tespit edilen gruplar ve harita üzerindeki konumları.	73
Şekil 37.	Haziran 2005 (%65) ve Mart 2006 (%72) örneklemeinde zooplankton komünitesinde tespit edilen grupların harita üzerindeki konumları.	74
Şekil 38.	Marmara Denizi'nde alt ve üst tabakalarda zooplankton bolluğunun ve tür sayısının değişimi.	76
Şekil 39.	Marmara Denizi'nde alt ve üst tabakalarında zooplankton komünite yapısının mevsimsel değişimi A: MDS, B: CLUSTER.	77
Şekil 40.	Karşılaştırmalı veride kullanılan bölgeler.	80
Şekil 41.	Marmara Denizi aylık ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi ve eğilimi (EMIS MODIS/SeaWIFS verisi)	83
Şekil 42.	<i>L. tetraphylla</i> ve beslendiği <i>P. parvus</i>	85
Şekil 43.	Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) endeksinin 1995-2007 arasındaki değişimi	87

EK LİSTESİ

sayfa

EK 1	Tespit edilen türlerin taksonomik hiyerarşisi.....	100
------	--	-----

SİMGE LİSTESİ

\sim	: yaklaşık
$^{\circ}\text{C}$: sıcaklık
ϕ_w	: korelasyon kat sayısı (BIOENV)
$\bar{\delta}_i$: Ortalama benzememe (SIMPER)

KISALTMA LİSTESİ

ANOVA	: Tek yönlü varyans analizi
<i>H'</i>	: Shannon çeşitliliği (log 2 tabanında)
MDS	: Multi-dimensional scaling, çok boyutlu ölçekleme
<i>N</i>	: Toplam birey sayısı
PC	: Principal component, temel bileşen
PCA	: Principal components analysis, temel bileşenler analizi
<i>S</i>	: Toplam tür sayısı
SD	: Standart sapma
SIMPER	: Similarity percentage, benzerlik yüzdesi analizi

I. GİRİŞ

Denizel canlılar habitatları ve hareket kabiliyetlerine göre bentik, planktonik ya da nektonik olarak sınıflandırılır. Planktonik organizmalar su kolonunda asılı olarak yaşayan ve boyutları ya da hareket kabiliyetleri nedeniyle pasif olarak yer değiştirebilen canlılardır. Her ne kadar hareketleri türbülans karışımlarına ya da akıntılara bağlı olsa da, tüm planktonik türler en azından dikey konumlarını değiştirecek kadar hareket kabiliyetindedirler. Planktonun hayvansal kısmını oluşturan zooplankton, oldukça yüksek bir çeşitliliğe sahiptir. Zooplanktonun en önemli grubunu oluşturan Copepoda aynı zamanda dünyadaki en kalabalık çok hücreli canlı grubunu oluşturmaktadır, öyle ki toplam kopepod sayısının tüm böceklerin 3 katından fazla olduğu tahmin edilmektedir (Schminke, 2007). Hayatlarının tüm evresini planktonda geçiren ve Copepoda gibi tür çeşitliliği açısından zengin grupları içeren holoplanktik formların yanı sıra, birçok bentik canlının ve balık türünün erken hayat evresini kapsayan meroplanktik formları da içermekte ve tür çeşitliliği çok yüksek seviyelere çıkmaktadır. Bu yüksek çeşitlilik ve biyokütle ekosistemde tüketici, üretici ve av olarak birçok görev üstlenmektedir.

Pelajik besin zincirinde çok önemli rol oynayan bu mikroskobik grup, mikrozooplankton ile beraber fitoplanktondan organik enerjinin üst basamaklara aktarılmasında ve fitoplanktonik üretimi kontrol ederek pelajik ekosistemin dengelenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu yüzden zooplankton bolluğunda ya da tür kompozisyonunda tespit edilen değişimler aynı zamanda birincil üretimi etkileyen önemli değişikliklerin de göstergesidir (Clark, 1992). Bunun yanı sıra balık larvalarının ilk beslenme dönemlerinde uygun boyuttaki zooplanktonun ortamdaki varlığı balık populasyonlarının devamlılığı açısından temel teşkil etmektedir (Cushing v.d., 1990). Zooplanktonun balık stokları üzerine olan bu etkisi daha üst basamaklarda yer alan canlıların avcılık baskısından kaynaklanan etki ile beraber balık stoklarının kontrolünü sağlayan en önemli çevresel etkenleri oluşturmaktadır. Baltık Denizi'nde yapılan çalışmalar zooplankton komünite yapısında gözlenen değişim ile beraber ticari açıdan önemli balık türlerinin populasyonunda önemli düşüşler/değişimler olduğunu göstermektedir (Kornilovs v.d., 2001; Mollmann v.d., 2005). Zooplanktonun fitoplankton

üzerinden beslenmesi dikey madde taşınımını hızlandırması açısından da çok önemlidir. Gerek fekal peletler, gerek dikey göç hareketleri ile zooplankton hem su kolonunun derin kısımları, hem de bentik canlılar için gerekli organik maddenin taşınmasını hızlandırmaktadırlar. Birçok zooplankton türü kısa yaşam döngüsüne sahip ve yüksek çoğalma yetisinde olduğu için çevre şartlarındaki değişimden kaynaklanan strese bolluk ve komünite yapısı anlamında kısa sürede tepki vermektedir. Bu stres predatör baskısından noktasal kirleticilere kadar çok geniş bir skaladan kaynaklanabilir. Son dönemlerdeki çalışmalar özellikle küresel iklim değişikliğinin etkileri üzerine yoğunlaşmaktadır (Mollmann v.d., 2005). Bu açıdan zooplanktondaki değişimleri yakından takip etmek ve yorumlamak gerekmektedir.

2 µm boyutundaki protozooplanktondan, 2 m çapa erişen medüzleri kapsayan megazooplanktona kadar çok geniş bir boy aralığında değişim gösteren zooplanktonun en önemli boy aralıklarını 20-200 µm aralığında değişim gösteren mikrozooplankton ve 0.2-20 mm aralığını kapsayan mesozooplankton oluşturmaktadır (Raymonti 1983). Bu çalışma Marmara Denizi'ndeki mesozooplankton dağılımı üzerine odaklanmaktadır.

1.1. Çalışmanın amacı

Tez çalışmasının başlıca amacı Marmara Denizi zooplanktonundaki mekana ve zamana bağlı yapıların anlaşılması ve etkili olan çevresel şartların belirlenmesidir. Özellikle komünite yapısının tanımlanması üzerinde durularak zooplankton dinamiklerinin anlaşılması hedeflenmiştir.

Yüksek tabakalaşma nedeniyle planktonik süreçlerin büyük kısmının üst tabakada gerçekleşmesinden dolayı Karadeniz üst tabaka zooplanktonunun Marmara Denizi'ndeki değişimi ve iki deniz komünitelerinin birbirinden farkının tespiti de amaçlanmaktadır.

2005'te Marmara Denizi'ne giriş yapan *Liriope tetraphylla*'nın (Trachymedusae) Marmara Denizi'ndeki dağılımı ve plankton ekosistemine etkilerinin anlaşılması da tezin önemli hedeflerinden biridir.

Çalışmanın bir diğer amacı ise zooplanktondaki uzun dönem değişikliklerin anlaşılmasına olanak tanıyabilecek uzun süreli bir zooplankton verisinin oluşmasına katkıda bulunmaktadır.

1.2. Önceki çalışmalar

Marmara Denizi'nde yürütülen zooplankton çalışmaları çok sınırlıdır ve genellikle balıkçılık amaçlı çalışılmıştır. İlk taksonomik çalışmalar İÜ Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü'nce kladoserler, kopepodlar ve öfasidler (Demir, 1955; 1958; 1959a; 1959b) ile meroplankton (Demirhindi, 1959) üzerine yapılmıştır. Cebeci (1984) ve Uysal (1987) yüksek lisans tezlerinde Marmara zooplanktonunun grup kompozisyonunu vermişlerdir. Marmara Denizi'nin balıkçılık amaçlı incelendiği bir çalışmada önemli zooplankton türleri ve dağılımları üzerine bilgiler verilmiştir (Kocataş v.d., 1993). Ünal v.d. (2000) 1998 ilkbaharında yürüttükleri çalışmada dikey mesozooplankton dağılımını, özellikle kopepod tür kompozisyonu vermişler ve 63'ü yeni kayıt olmak üzere 99 kopepodu tür bazında tanımlamışlardır. Balkıs (2004) Marmara Denizi Tintinnid faunası üzerine bir çalışma yapmıştır. Yılmaz v.d. (2005) heterotrofik dinoflagellat *Noctiluca scintillans* ile zooplanktonun ilişkisini incelemiştir. Mutlu (2005) Türkiye denizlerinin zooplankton ve nekton kaynaklı akustik özelliklerini vermiştir. Marmara Denizi'nde dağılım gösteren önemli türler üzerinde yürütülen fizyolojik çalışmalar esnasında genel zooplankton dağılımı üzerine de bilgiler verilmiştir (Hubareva v.d., 2008; Svetlichny v.d., 2006a; Svetlichny v.d., 2006b). İşinibilir v.d. (2008) İzmit Körfezi zooplankton yapısını değerlendirmiştir. Bu çalışmalar dışında Cebeci ve Tarkan (1990), Ünsal ve Uysal (1988), Tarkan ve Ergüven (1988), Tarkan v.d. (2000), Shiganova v.d. (1995) Marmara zooplanktonunu kapsayan çalışmalar yayınlamışlardır. Zaman serisi verileri ise daha da kısıtlıdır. "Marmara Denizi ve Karadeniz Ekolojik Etkileşiminin Zaman Serisi Verileri ile Araştırılması" projesi kapsamında, Mayıs 1997-Mayıs 1998 dönemine ait zooplankton örneklerini kapsayan iki hafta aralıklarla toplanan veri (Polat-Beken v.d., 2000, Yüksek vd., 2002) ve Mart 1999-Mart 2002 arası aylık örnekleme (Yılmaz, 2002) Marmara Denizi için en önemli periyodik veri setleridir. Ne var ki, her iki veri seti de İstanbul bölgesine yoğunlaşmakta ve tüm Marmara Denizi'ni kapsayan yüksek çözünürlüklü mekansal çalışmalar bulunmamaktadır.

Marmara Denizi'ndeki çalışmaların azlığı ve yetersizliğine oranla Karadeniz zooplanktonu özellikle Rus ve Ukraynalı bilim adamlarınca detaylı olarak çalışılmıştır. Kovalev v.d. (1999) ve Kıdeyş v.d. (2000) çalışmalarında Karadeniz zooplankton araştırmalarının geçmişini vermişlerdir. Bu çalışmalar son 30 yıl içinde Karadeniz zooplankton faunasının insan kaynaklı ötrofikasyondan ve stresten geniş ölçüde etkilendiğini ve zamansal/mekansal değişimlerin yaşandığını göstermektedir. Bu değişimlerin sonucunda bazı türler yok olmuş ya da sayıları çok azalmış, bununla beraber ötrofikasyona dayanıklı fırsatçı ve yabancı türler bolluklarını arttırmışlardır. Benzer şekilde Yunanlı araştırmacıların Ege Denizi'nde ve Çanakkale Boğazı'nın çıkışında yaptığı ayrıntılı çalışmalar bulunmaktadır (Siokou-Frangou v.d., 2002). Bazı çalışmalar ise Akdeniz-Karadeniz zooplanktonunu karşılaştırmaya yönelik olarak yürütülmüştür (Benli vd., 2001; Kovalev v.d., 2001; Siokou-Frangou v.d., 2004).

1.3. Çalışma sahası

Marmara Denizi, Karadeniz ve Ege Denizi'ne dar ve uzun iki boğazla bağlanan yarı kapalı bir denizdir. Kuzey kısmında derinliğin en fazla 1273 m olduğu üç çukur bulunmaktadır (Beşiktepe v.d., 1994). Marmara Denizi'nin hidrografisi büyük oranda İstanbul ve Çanakkale Boğazları'ndan gerçekleşen su alışverişi ile sağlanır. Keskin bir yoğunluk arayüzeyi az tuzlu Karadeniz (~18 psu) ve tuzlu Akdeniz (~38.5 psu) kökenli su kütlelerini birbirinden ayırmaktadır. Boğazlar sisteminden giriş yapan farklı tuzluluklara sahip sular, Marmara Denizi'nde kendine özgü iki tabakalı bir ekosisteminin oluşmasına neden olmaktadır (Sorokin, 1983). Karadeniz kökenli üst tabaka suyunun ortalama yenilenme süresi 4-5 ay, Akdeniz kökenli alt tabaka suyunun ise 6-7 yıldır (Beşiktepe v.d., 1994). Her ne kadar tabakaların karışması keskin piknoklin tabakası ile engellense de, rüzgarlara bağlı olarak özellikle kışın kayda değer ölçüde karışım gerçekleşmektedir (Anderson ve Carmack, 1974). Bunun yanı sıra türbülansa bağlı karışım üst tabakada geniş bir tuzluluk skalasının görülmesine sebep olmaktadır (Ünlüata v.d., 1990). Üst tabaka, İstanbul Boğazı'ndan geçerken değişime uğrayan Karadeniz kökenli su kütlelerinin mevsimsel özellikleri ile, Marmara Denizi'ndeki yerel ısınma/soğuma ve karışım olaylarının sonuçlarını sergilemektedir (Beşiktepe v.d., 1994). İlkbahardaki solar ısınma üst 15-20 metrelik su

kütlesini ısıtarak yıl boyu kalan soğuk bir ara tabakanın oluşumuna neden olmaktadır (Özsoy, 1986).

Tez kapsamında Karadeniz'i sadece İstanbul Boğazı girişindeki bir istasyon temsil etmekte ve Marmara Denizi üst tabakasına giriş yapan su kütlesinin biyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin yorumlanmasına katkıda bulunmaktadır. Karadeniz kalıcı tabakalaşmaya sahip dünyanın en büyük yarı kapalı denizlerinden biridir (Sorokin, 1983). Denizin evrimsel gelişimi esnasında oluşan ve mevsimsel olarak değişmekle beraber ortalama 200 m derinlikten başlayan hidrojen sülfür tabakasıyla aynı zamanda dünyanın en büyük oksijensiz su kütlesini oluşturmaktadır. Kıyılarına evsel ve sanayi atıkları ile kirlenmiş suları taşıyan pek çok nehir, su yenilenmesinin çok zayıf olduğu bu denizde organik aktiviteyi artırıcı etkiye sebep olmaktadır (Sur v.d., 1994, Sur v.d., 1997). Kıyı suları, döngü sularından inorganik ve organik aktivite bakımından daha yüksek olup pelajik ve bentik yaşam üzerinde baskı yaratmaktadır (Cociasu v.d., 1996; Ragueneau v.d., 2002).

Karadeniz ve Marmara Denizi üst tabaka ekosistemi karasal girdilerden önemli ölçüde etkilenmekte (Aslan-Yılmaz, 2002; Okuş v.d., 2002; Tuğrul and Polat, 1995; Yılmaz, 2002) ve birincil üretimin yıl boyu yüksek kalmasına neden olmaktadır. Oluşan organik madde dibe doğru çökerken Karadeniz'de anoksik zona inmekte, Marmara Denizi'nde ise ara tabakada birikime uğramaktadır (Okuş v.d., 2002). Çanakkale Boğazı'ndan giren alt tabaka suyunun İstanbul Boğazı'na ulaştığında besin elementleri bakımından yaklaşık 10 kat zenginleştiği bildirilmiştir (Tuğrul ve Polat, 1995). Bununla birlikte, İstanbul Boğazı ve çevresindeki derin deşarjlar da sisteme karbon ve besin elementi katkısında bulunarak Karadeniz anoksik sularına doğru ilerlemektedir. (Okuş v.d., 2002; Aslan-Yılmaz, 2002).

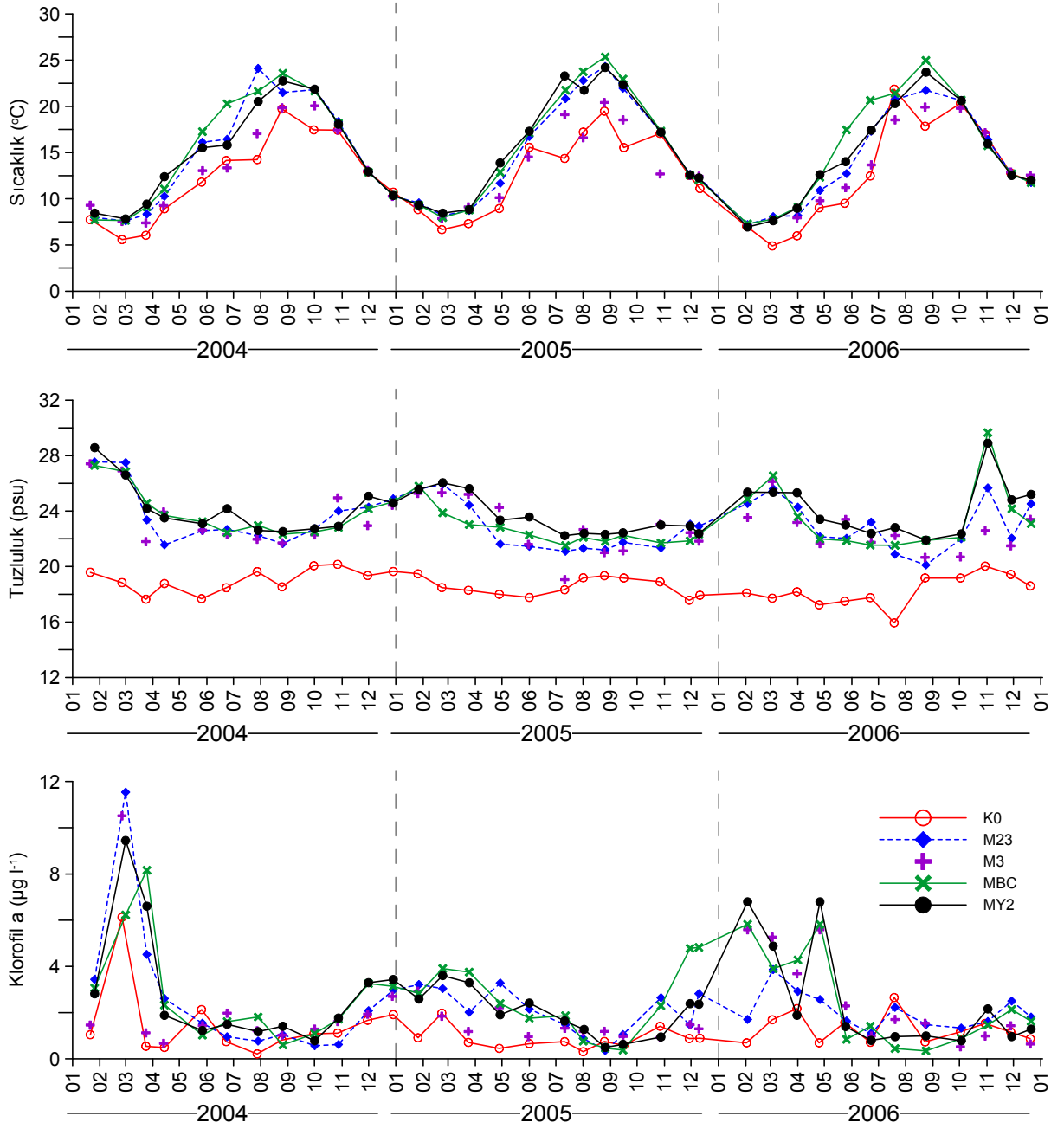
1.3.1. Hidrografik ölçümler

Zooplankton örneklemeleri ile eş zamanlı olarak SBE 9/11 CTD sistemi ile sıcaklık ve tuzluluk profilleri kaydedilmiş ve zooplankton çekim aralığının ortalaması olarak kullanılmıştır.

Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda üç yıl süre ile aylık olarak gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen ortalama sıcaklık, tuzluluk ve klorofil a değerleri Şekil 1'de

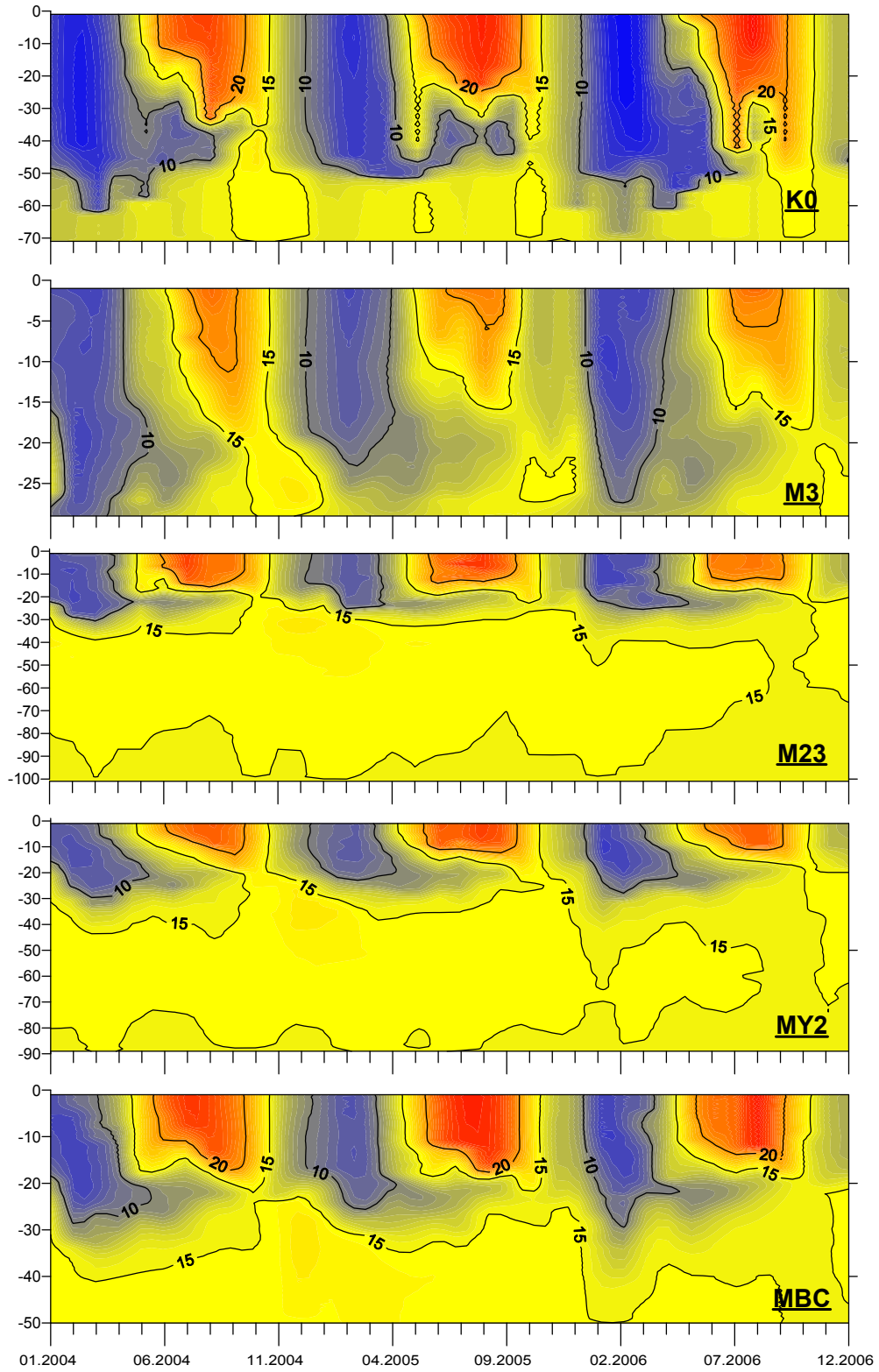
verilmiştir (Sur v.d., 2005; Sur v.d., 2006; Sur v.d., 2007). Sıcaklık değerlerinin K0'da örnekleme tabakasının kalınlığına (50 m) bağlı olarak daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek değerler ise genellikle MBC istasyonunda ölçülmüştür. Örnekleme tabakasından kaynaklan etkiyi ortadan kaldırmak için istasyonlara ait 5 m verisi incelendiğinde ve en düşük ve en yüksek sıcaklık değerlerinin K0'da görüldüğü tespit edilmiştir (4.60 ve 26.96 °C). Ortalama sıcaklık değerleri açısından 2004'te ciddi bir düşüş olduğu görülmektedir. Tuzluluk değerlerinde ise beklenildiği gibi Karadeniz ve Marmara istasyonları arasında ciddi farklar bulunmaktadır. K0'da yaklaşık 17 psu aralığında seyreden ortalama tuzluluk değerleri 5 m'de 14.03-18.23 değerleri arasında değişmektedir. Bu değerler Marmara istasyonlarında 20.13 ile 28.68 psu aralığında değişmektedir. Tuzluluk değerlerindeki artışın genellikle kış aylarına ve ilkbaharın ilk dönemine geldiği görülmektedir. Bu dönemlerde arttan klorofil a değerleri de dikey karışımlara dikkat çekmektedir.

Zooplankton örnekleme stratejisinde temeli oluşturan üst tabakanın değişkenliği mevsimsel ve meteorolojik şartlar ile ilişkilidir (Şekil 2 ve 3). Sıcaklık dağılımı en düşük ve en yüksek değerlerin Karadeniz'de ölçüldüğünü göstermektedir. Karadeniz'de daha belirgin ve kuvvetli olmak üzere ilkbahar sonundan yazın sonuna kadar soğuk ara tabaka oluşumu net olarak görülmektedir. Bu yapı derinliğin oldukça düşük olmasına rağmen M3'te dahi izlenebilmektedir (Şekil 2). Ara tabakanın ortası olarak ele alınabilecek 30 psu tuzluluk değeri K0'da 50-60 metreler arasında değişirken Marmara istasyonlarında 20-25 metre aralığında seyretmektedir. Her ne kadar kış ve ilkbaharda dikey karışımlar oluşsa da, tuzluluk dağılımından da görüldüğü gibi tabakalaşma çalışma süresince korunmuştur (Şekil 3). Yaz aylarında K0 ve M3'te Kuzeybatı Karadeniz kıta sahanlığı kökenli düşük tuzluluklu suyun gelmesine bağlı olarak tuzluluk değerlerinde düşüşler görülmektedir. Yaz aylarındaki tuzluluk düşüşü diğer Marmara istasyonlarında daha düşük ölçeklerde tespit edilmiştir (Şekil 3).

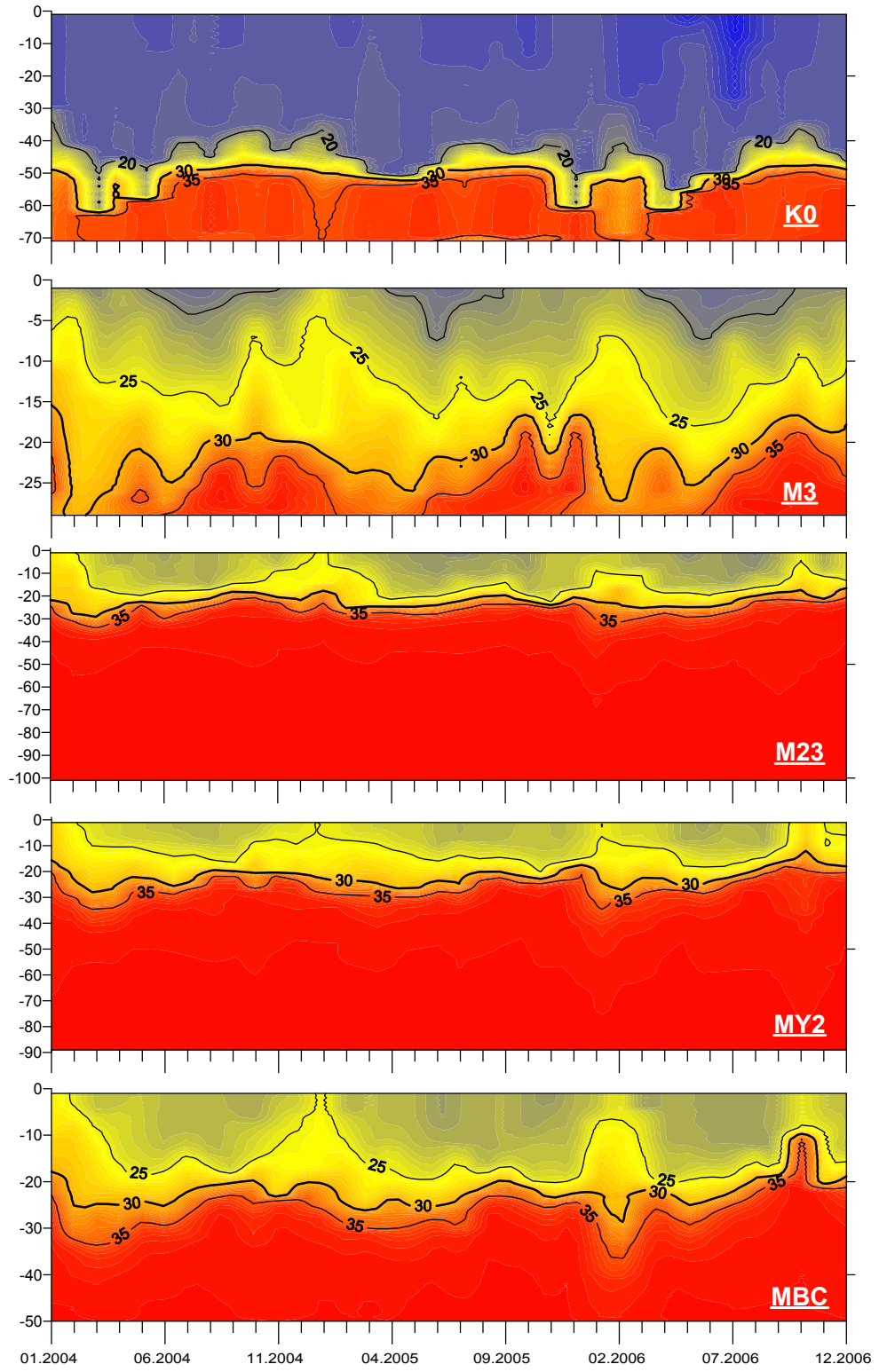


Şekil 1. Zooplankton örnekleme tabakalarına göre ortalaması alınmış sıcaklık, tuzluluk ve klorofil a değerlerinin değişimi

(Klorofil a verisi olarak 0.5, 5 ve 10 m sonuçlarının ortalaması kullanılmıştır).



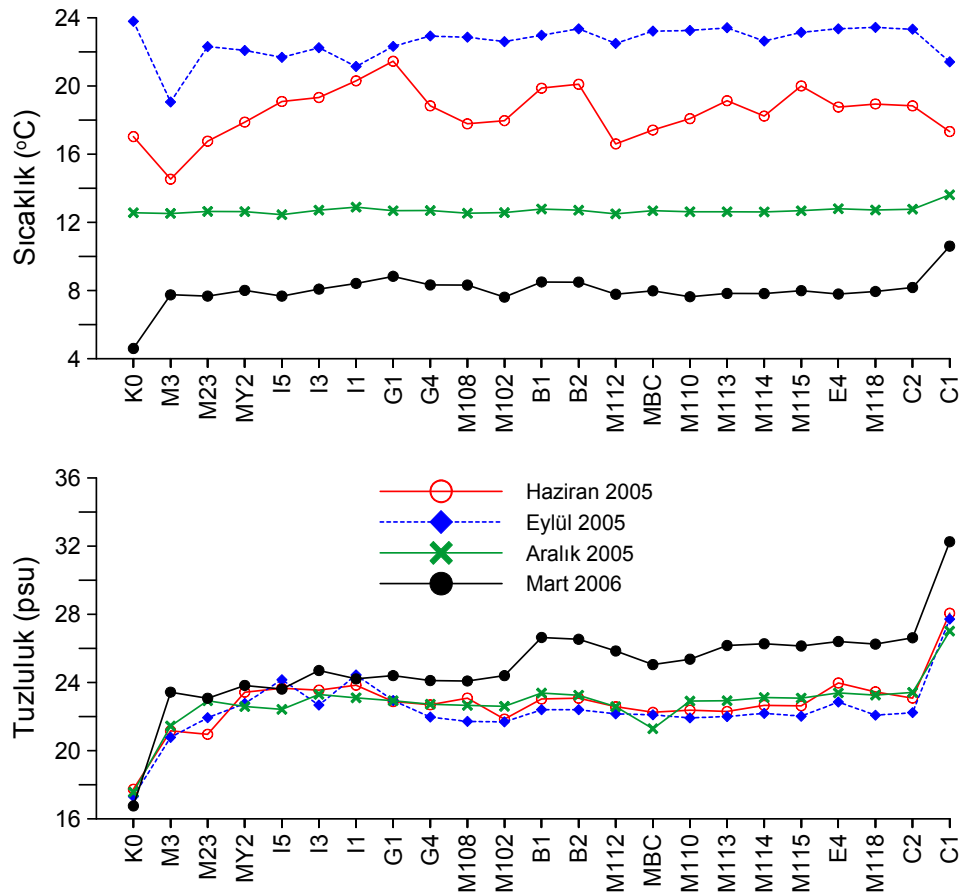
Şekil 2. Su kolonu boyunca sıcaklığın değişimi.



Şekil 3. Su kolonu boyunca tuzluluğun değişimi.

Marmara Denizi'nde mevsimlik olarak yürütülen hidrografik ölçüm sonuçları sıcaklık açısından en yüksek varyasyon gösteren ay Haziran 2005 olduğunu göstermektedir (Şekil 4). İstasyonlar arası sıcaklık derecelenmesinde farklılıklar gösteren bir diğer ay, aynı zamanda en yüksek sıcaklık değerlerinin de ölçüldüğü Eylül 2005'tir. En düşük sıcaklık değerleri Mart 2006 örneklemeğinde tespit edilmiştir.

Mevsimlik tuzluluk ölçümleri özellikle dikey karışımların arttığı kış dönemini temsil eden Mart 2006'da en yüksek değerlere ulaştığını göstermektedir. İstanbul Boğazı Karadeniz girişindeki K0 istasyonunda en düşük tuzluluk değerleri ölçülürken, Çanakkale Boğazı, Ege Denizi girişindeki C1 istasyonunda en yüksek değerler tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Marmara Denizi'nde mevsimlik olarak ölçülen sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin değişimi

(5 m derinlikte ölçülen değerler kullanılmıştır)

1.3.2. Klorofil a dağılımı ve fitoplankton yapısı

Zooplankton örneklemeleri ile eş zamanlı olarak yürütülen klorofil *a* analizleri için CTD sistemiyle entegre çalışan rozet sistemi ile 0.5, 5 ve 10 m derinliklerden su örnekleri kullanılmış ve sonuçlar üç derinliğin ortalaması olarak verilmiştir. Klorofil *a* ($\mu\text{g/L}$) analizi için aseton ekstraksiyonu yöntemi kullanılmıştır (Parsons v.d., 1984).

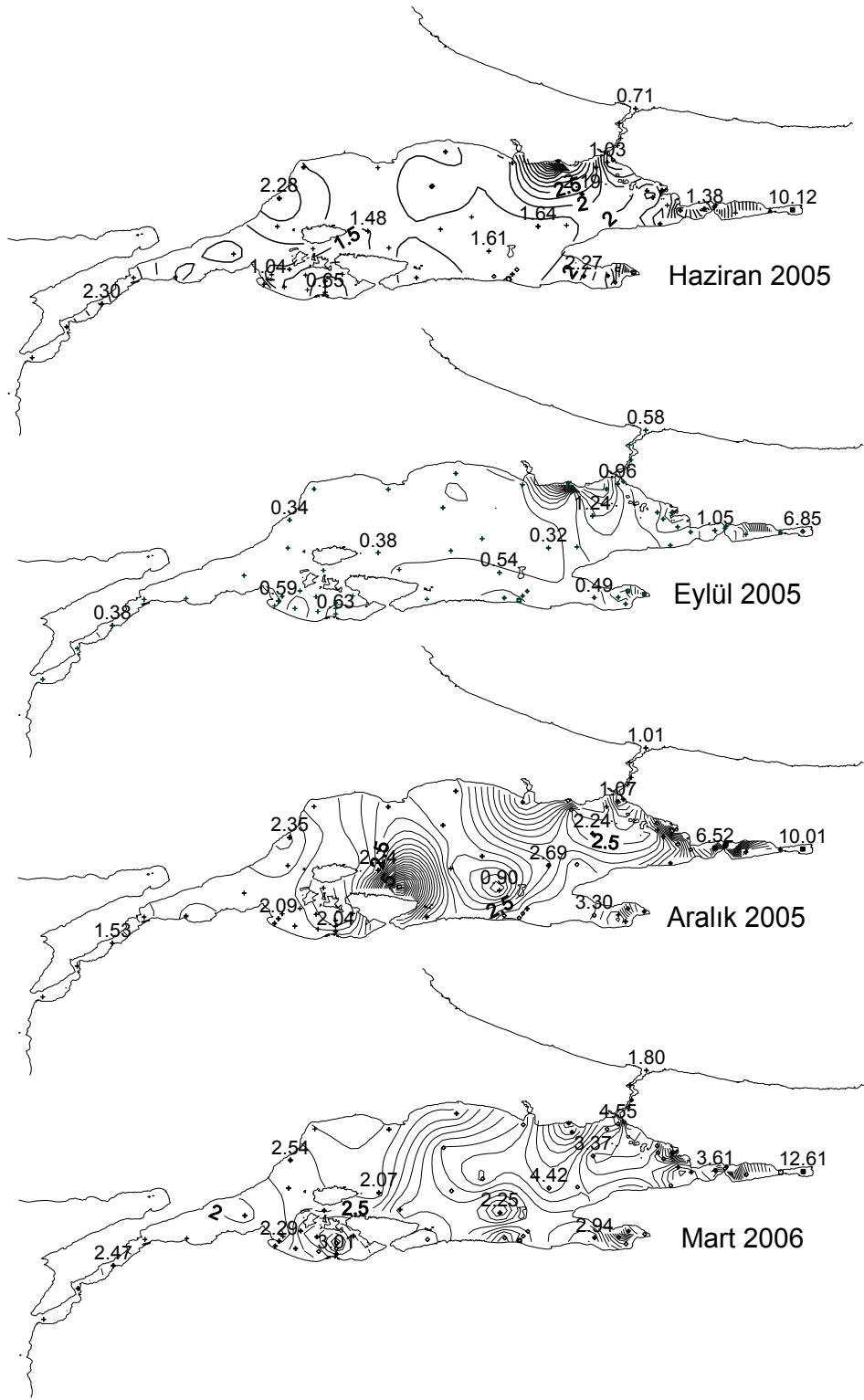
Aylık örneklemeler esnasında en yüksek klorofil *a* değerleri 2004 ilkbaharında ölçülmüştür ve 36 aylık süreç boyunca değerler genellikle Marmara istasyonlarında daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Şekil 1). 2005 senesi kışı diğer yıllar ile karşılaştırıldığında oldukça düşük klorofil *a* değerleri ile temsil edilmektedir. Bu dönemde en düşük sıcaklığın diğer yıllara göre $\sim 2^\circ\text{C}$ daha yüksek olması ilgi çekicidir. K0'da 0.21-6.13 $\mu\text{g/L}$ aralığında değişen değerler Marmara'da 0.34-10.51 $\mu\text{g/L}$ aralığında değişmektedir. Bu değişim aralığındaki farkın yanı sıra ortalama değerler de değişiklik göstermekte ve ~ 2 katlık bir fark bulunmaktadır. K0'da üç senelik ortalama klorofil *a* değeri $1.22 \pm 1.02 \mu\text{g/L}$, MBC'de ise $2.58 \pm 1.91 \mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi sonuçları da Karadeniz (K0) ve Marmara Denizi (MY2) klorofil *a* değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan belirgin olduğunu göstermektedir ($F_{1,70}=14.90, p<0.001, ANOVA$).

Marmara Denizi'nde 2005-2006 yıllarında gerçekleştirilen mevsimsel çalışmanın sonuçları iki tabakalı sistemdeki mekana bağlı değişimleri açıkça yansıtmaktadır. Klorofil *a*'nın dağılımı incelendiğinde Eylül 2005 hariç diğer üç örnekleme döneminde yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, Marmara Denizi'nde birincil üretimin çok yüksek seviyelerde olmamakla birlikte yıl boyunca devamlılık gösterdiğini işaret etmektedir (Şekil 5). Bunun yanı sıra, İstanbul çevresi, İzmit Körfezi ve Gemlik Körfezi'nde yüksek değerler tespit edilmektedir. Aralık ayında Kapıdağ Yarımadası civarında gözlenen yüksek değerler bu dönemde etkili olan dikey karışımlar ve diğer hidrografik oluşumlar ile ilişkilendirilebilir. Marmara Denizi'nde birincil üretim ışıklı tabakanın bittiği 20 m'den aşağıda oldukça düşük seviyelerdedir ve tüm alt tabakada homojen bir dağılım göstermektedir.

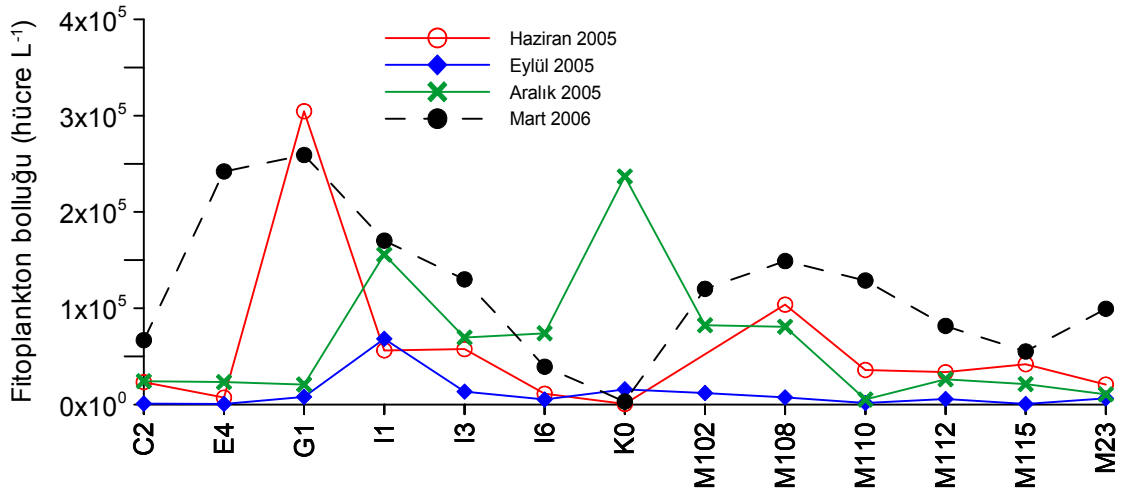
Marmara Denizi'nde yürütülen mevsimsel çalışmalar kapsamında fitoplankton tür kompozisyonunun, yoğunluğunun ve komünite yapısının tespitine yönelik çalışmalar da yapılmıştır. Komünite yapısının tespitinde yararlanılan yöntemler *Bölüm 2.3*'te verilmiştir.

Fitoplankton komünite yapısı, tür sayısı ve yoğunluğu ile zooplankton komünite yapısı arasındaki ilişki sorgulanmıştır. Komünite analizleri sadece ökaryotik formlar üzerinden yürütülmüştür. Fitoplankton çalışmalarında yüzey ve 10 m derinlikten alınan örnekler değerlendirilmiştir (Taş, yayınlanmamış veri). Fitoplankton ve zooplankton çalışmalarının sonuçları her iki parametrenin de ölçüldüğü C2, E4, M23, M108, M102, M110, M112, M115, G1, K0, I1, I3 ve I6 numaralı istasyonlarda kıyaslanmıştır. Analizler için 0.5 ve 10 m derinlikten rozet sistemi ile alınan su örnekleri laboratuvarında Utermohl tekniğine uygun bir şekilde en az 48 saat süreyle çökmeye bırakılmıştır (Utermohl, 1958). Daha sonra üst kısımdaki fazla su, ucunda 55 µm çapında göz açıklığına sahip bir plankton bez bulunan bir pipet yardımıyla sifonlanarak 100 ml'ye yoğunlaştırılmıştır (Sukhanova, 1978). Fitoplankton hücreleri ışık mikroskobu altında Sedgewick-Rafter sayım kamarası kullanılarak sayılmıştır (Semina, 1978; Guillard, 1978).

Fitoplankton bolluğunun özellikle daha ötrofik bölgeler olarak tanımlanabilecek İzmit ve Gemlik körfezlerinde oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 6). Haziran ayında Gemlik Körfezi'nin iç kısmında yer alan G1'de bolluk değerleri 3.1×10^5 hücre L^{-1} olarak tespit edilmiştir. Bu değer büyük oranda *Prorocentrum micans* bolluğuna bağlıdır ve dinoflagellatlar toplam bolluğun neredeyse tamamını oluşturmaktadır. Eylül ayında tespit edilen düşük klorofil a değerlerinin de gösterdiği gibi bu dönemde fitoplankton bolluğu oldukça düşüktür. İzmit Körfezi'nin iç kısımlarında tespit edilen ufak bir artış dışında önemli bir bolluk tespit edilememiştir. Bu dönemde diyatom ve dinoflagellat bolluk değerleri arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. Aralık ayında en yüksek değer K0'da tespit edilmiş (2.4×10^5 hücre L^{-1}), Marmara Denizi'nde ise en yüksek değer I1'de bulunmuştur (1.6×10^5 hücre L^{-1}). Bu dönemde Karadeniz'de diyatomlar, Marmara'da ise dinoflagellatlar ön plandadır. Mart örneklemesinde diyatomlar en önemli grubu oluşturmaktadır ve *Probocia alata* bolluğuna bağlı olarak en yüksek değerler Erdek Körfezi'ndeki E4 ve Gemlik Körfezi'ndeki G1'de tespit edilmiştir (sırasıyla 2.4 ve 2.6×10^5 hücre L^{-1}).



Şekil 5. Marmara Denizi'nde 5 m derinlikte klorofil a'nın değışimi.



Şekil 6. Fitoplankton bolluğunun değişimi.

Fitoplankton komünite yapısı mevsimsel kalıplar çerçevesinde değişim göstermektedir (Şekil 7). Ordinasyonda K0 örnekleri genellikle diğer istasyonlardan ayrı konumlanmakta ve Marmara Denizi ile Karadeniz'in farkını yansıtmaktadır. Fitoplankton yoğunluğunun düşük olduğu Eylül ayında komünitelerin daha dağınık bir yapı sergilediği görülürken, diyatomların baskın olduğu ve fitoplanktonun yüksek bolluk değerleri ile temsil edildiği Mart örneklemesinde K0 hariç, tüm istasyonlarda oldukça benzer bir komünite yapısı dikkat çekmektedir. Her ne kadar belirgin zamansal kalıplar ve K0 örneklerinin ayrımı net olsa da, bölgeler arası farklılıklar düzenli değildir.

II. MATERYAL ve METOD

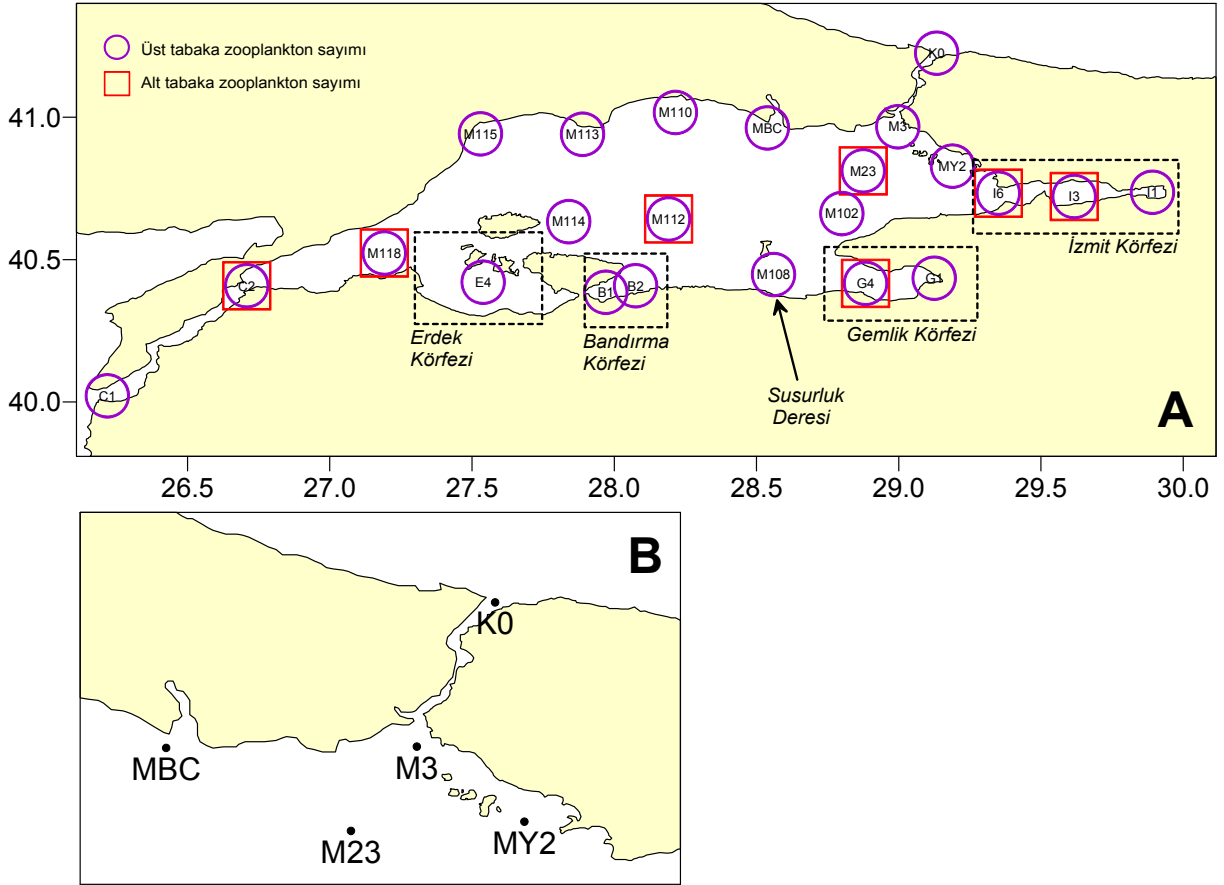
2.1. Örneklemeler

Marmara Denizi'nde yüksek tabakalaşmaya bağlı olarak zooplankton aktivitesinin üst tabakada yoğunlaştığı ve gece gündüz farkının ihmal edilebilecek düzeyde olduğu bilinmektedir (Polat-Beken, 2000; Ünal v.d., 2000; Mutlu, 2005). Bu sebepten dolayı hem Kuzeybatı Karadeniz kıta sahanlığından, hem de Marmara Denizi kıyılarından kaynaklanan kirlilik baskısı altındaki üst tabaka, zooplankton çalışmaları için esas alınmıştır. Bu kapsamda tümü eş zamanlı çevresel parametre ölçümleri ile desteklenen iki basamaklı bir örnekleme stratejisi izlenmiştir.

İlk olarak zamana bağlı değişimin tespit edilmesine yönelik olarak Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda (4) ve İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışında (1) yer alan toplam 5 istasyondan 2004–2006 yılları arasında toplam 36 aylık ve kesintisiz örnekleme yapılmıştır (Şekil 8b; Tablo 1). K0 istasyonu İstanbul Boğazı'nı Karadeniz girişinde yer almakta ve Karadeniz üst tabakasından Marmara Denizi'ne giriş yapan su kütlesinin özelliklerinin belirlenmesinde yararlanılmıştır. Bu istasyonda boğaz genelinde olanın aksine akıntı hızı oldukça düşüktür ve bu sayede tel açısından kaynaklanan hata payı olmadan örnekleme gerçekleştirilmiştir. İstanbul Boğazı'nın Marmara çıkışında yer alan M3 oldukça sığ ve dinamik bir istasyondur. Özellikle meteorolojik şartlara bağlı olarak değişen boğaz üst tabaka akıntısından (Altıok, 2001) etkilenmektedir ve yüksek akıntı hızları nedeniyle örnekleme sorunları yaşanmıştır. Kepçe üzerinde akıölçer* olmadığı için yüksek akıntı hızları olması durumunda örnekleme kepçe ağırlıkları artırılarak tekrarlanmıştır. Boğaz hattının güneybatısında yer alan M23 kıyısız etkilerden en az düzeyde etkileneceği bir konumda ve Marmara Denizi'nin en derin noktalarından birinde (1180 m) yer almaktadır. Her ne kadar kıyıda uzakta yer alsa da meteorolojik şartlara bağlı olarak boğaz üst tabaka suyundan etkilenebilmektedir (Altıok, 2001). MY2 Tuzla açıklarında yer almaktadır. İstasyonun kıyısında yer alan MY1 ile beraber iki istasyonun uzun süreli takibi, tersane ve endüstriyel faaliyetler ile evsel atıkların üst tabakada neden olduğu kirlilik ve sonrasında faaliyete geçirilen Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'nin alt tabakada neden olduğu çöküşü açıkça

* flowmeter

göstermektedir (Uysal v.d., 2002). Adalar ile Tuzla Tersane Bölgesi arasında kalan MY2 istasyonu bu etkileri açıkça yansıtmakta ve İstanbul Bölgesi'nin doğu kıyısını temsil etmektedir. Büyükçekmece Biyolojik Arıtma Tesisi'nin etkisini takip etmek için çalışılan MBC istasyonu İstanbul Bölgesi'nin batı kıyısını temsil etmektedir. Bu istasyon da dönemsel olarak Boğaz üst akıntısından etkilenmektedir ve ayrıca Büyük Çekmece Gölü'nün bağlantı kanallarından ve derelerden gelen kirlilik de bölgede etkili olmaktadır (Aslan-Yılmaz, 2002).



Şekil 8. Örneklem istasyonları

- A) Marmara Denizi geneli mevsimlik örneklemeler (Haziran, Eylül, Aralık 2005, Mart 2006)
 B) Kuzeydoğu Marmara Denizi aylık örneklemeler (Ocak 2004-Aralık 2006).

Zooplankton örneklemelerindeki ikinci aşama Marmara Denizi'ndeki bölgesel farklılıkların anlaşılmasına yönelik olarak tüm körfezleri, açık alanları, kıyısal bölgeleri ve boğazları temsil edecek şekilde planlanan mevsimlik örneklemelerdir. Haziran, Eylül ve Aralık 2005 ile Mart 2006 dönemlerinde yürütülen çalışmalarda her örnekleme döneminde 23 üst tabaka ve 7 alt tabaka örneği değerlendirilmiştir (Şekil 8a).

Zaman serisi verisibde sonuçların aktarılmasında kullanılan KARADENİZ genellemesiyle İstanbul Boğazı Karadeniz girişi (güneybatı Karadeniz), MARMARA genellemesiyle ise kuzeydoğu Marmara Denizi kastedilmiştir. Mevcut sınırlı sayıdaki istasyondan elde edilen bulguları Karadeniz ve Marmara Denizi'nin tümüne atfetmek mümkün değildir, ancak her iki denizin bölgesel farklılaşmasını göstermesi açısından elde edilen bulgular çok önemlidir.

Zooplankton numuneleri 0.57 m çapa ve 200 µm göz açıklığına sahip Nansen tipi kapanır plankton kepçesi ile çekim öncesi sıcaklık-tuzluluk profillerinin incelenmesi ile karar verilen üst karışım tabakasından ve seçilen istasyonlarda dipten ara tabaka başlangıcına dikey çekimler ile toplanmıştır. Derinliğin 150 metreden fazla olduğu noktalarda alt tabaka örneklemeleri 100 m'den başlatılmıştır. K0 istasyonunda örneklemeler sabit olarak 50 metreden yüzeye yapılmıştır. Akiölçer olmadığı için örneklemeler esnasında tel açısının olmamasına özen gösterilmiş ve gerekli durumlarda daha büyük ağırlıklar kullanılarak örneklemeler tekrarlanmıştır. Geminin deniz suyu hidroforundan sağlanan su ile dikkatlice yıkanan kepçelerden örnekler 0.33 litrelik PVC kaplara aktarılmış ve sonuç konsantrasyonu %4 olacak şekilde boraks ile tamponlanmış formaldehit ile fikse edilmiştir.

2.2. Laboratuvar analizleri

Laboratuvarda örnekler stereo mikroskop altında duplike olarak alınan ara örneklerde kalitatif ve kantitatif açıdan incelenmiştir. Ara örneklemeler 1 ml'lik Stempel pipeti kullanılarak Alden v.d. (1982)'ne göre yürütülmüştür. Bu yöntem ara örneklerde en baskın 3 türün en az 30 bireyle temsil edilecek şekilde alınmasını ön görmektedir. Araştırmacılar bütün ara örneğin sayılmasıyla %95 güven aralığında, ortalamanın \pm %30'una yakın bir değer elde edildiğini belirtmişler ve bunun minimum zamanda yapılan en doğru sayım olduğu sonucuna varmışlardır. Sayım sonuçları metreküpteki birey sayısı olarak hesaplanmıştır (birey m⁻³).

Tablo 1. Örnekleme yapılan istasyonların koordinatları, toplam derinlikleri ve örnekleme stratejileri.

(*a = aylık üst tabaka, m = mevsimlik üst tabaka, t = mevsimlik alt tabaka*)

İstasyon kodu	Enlem	Boylam	Derinlik	Örnekleme stratejisi
K0	41°13.50N'	29°08.00E'	71	<i>a,m</i>
M23	40°48.70N'	28°52.50E'	1180	<i>a,m, t</i>
M3	40°58.00N'	28°59.80E'	28	<i>a,m</i>
MBC	40°56.00N'	28°36.00E'	50	<i>a,m</i>
MY2	40°50.60N'	29°10.00E'	89	<i>a,m</i>
B1	40°33.17N'	27°56.49E'	36	<i>m</i>
B2	40°24.50N'	28°04.50E'	49	<i>m</i>
C1	40°01.31N'	26°13.10E'	62	<i>m</i>
C2	40°24.49N'	26°42.50E'	74	<i>m,t</i>
E4	40°25.25N'	27°32.35E'	46	<i>m</i>
G1	40°26.06N'	29°07.50E'	46	<i>m</i>
G4	40°25.00N'	28°53.00E'	92	<i>m,t</i>
I1	40°44.20N'	29°53.50E'	29	<i>m</i>
I3	40°43.30N'	29°37.00E'	158	<i>m,t</i>
I5	40°44.00N'	29°21.00E'	320	<i>m,t</i>
M102	40°39.70N'	28°48.00E'	313	<i>m</i>
M108	40°26.86N'	28°33.59E'	54	<i>m</i>
M110	41°01.00N'	28°12.90E'	57	<i>m</i>
M112	40°38.57N'	28°11.45E'	92	<i>m,t</i>
M113	40°56.41N'	27°53.31E'	70	<i>m</i>
M114	40°38.00N'	27°50.40E'	62	<i>m</i>
M115	40°56.50N'	27°31.78E'	47	<i>m</i>
M118	40°31.40N'	27°11.50E'	65	<i>m,t</i>

2.3. İstatistiksel analizler

İstatistiksel terimler için mümkün olduğunca Türkçe karşılıklar kullanılmıştır ancak çoğu terimin henüz Türkçede ortak olarak benimsenen bir karşılığının olmamasından dolayı yöntemlerin İngilizce isimleri dipnot olarak verilmiştir.

Veri setleri zaman serisi ve mevsimlik olarak iki ana başlıkta değerlendirilmiştir. İstanbul çevresinde toplanan 36 aylık kesintisiz veri zaman serisi verisini oluştururken, Marmara Denizi'nde yürütülen dört örnekleme çalışması mevsimlik veri setini oluşturmaktadır ve tezin geri kalan bölümlerinde bu şekilde kullanılacaklardır.

Uygulanan istatistiksel yöntemleri tek değişkenli veriye yönelik analizleri, zaman serisi analizlerini ve komünite yapısının ve etki eden faktörlerin yorumlanmasına olanak tanıyan çok değişkenli analizleri içermektedir.

Zooplankton verisinin tek değişkenli tanımlayıcıları olarak toplam zooplankton bolluğu (birey m⁻³) toplam tür sayısı ve log₂ tabanında Shannon-Weaver çeşitlilik indisi (Shannon ve Wiener, 1949; Formül 2.1) kullanılmıştır. *Noctiluca scintillans* ve *Liriope tetraphylla* çeşitlilik indisi hesaplamalarında veri setine dahil edilmemiştir.

$$H' = -\sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i \quad (\text{Formül 1})$$

$$k = \text{tür sayısı}, p_i = i. \text{ türün frekansının toplam frekansa oranı} \left(p_i = \frac{f_i}{n} \right)$$

Tek değişkenli analizler olarak tek yönlü varyans analizi* (ANOVA) ve Spearman korelasyonu kullanılmıştır (SPSS 14.0). Korelasyon analizi çevresel parametrelerle zooplanktonun tek değişkenli tanımlayıcılarının ilişkilendirilmesinde kullanılmıştır. Spearman korelasyonunun yanı sıra gerekli görülen durumlarda özellikle sıcaklığın baskın etkisi ile şekillenen ilişkilerin sorgulanmasında kısmi korelasyonlardan† yararlanılmıştır. Hem ANOVA hem de Spearman korelasyonu öncesinde verinin logaritması alınarak normal dağılıma yaklaştırılması amaçlanmıştır. Verinin büyük kısmı transformasyon sonrasında da heterojenliğini korumuştur. Verideki heterojenliğin Tip-I ve Tip-II hatalara neden olduğu bilindiğinden (Box, 1954) ANOVA'nın anlamlılığı için p<0.01 limit olarak kabul edilmiştir (Underwood, 1981).

Zaman serisi analiz yöntemlerinden önce zaman serisinin tanımını yapmak uygun olacaktır. Çoğu zaman uzun dönemli veri ile karıştırılan zaman serisi verisi düzenli zaman aralıklarında belirli bir süre boyunca ölçülen değerler anlamına gelmektedir (Diggle, 1990). Zaman serisi analizleri R programı ve bu program için geliştirilen paketler kullanılarak yürütülmüştür. Analizler Ibanez ve diğerleri (2006) tarafından ekolojik zaman serisi verilerinin zamansal ve mekansal analizleri için geliştirilen PASTECS‡ program paketi

* one-way analysis of variance (ANOVA)

† partial correlations

‡ <http://cran.r-project.org/web/packages/pastecs/index.html>

kullanılarak Berline ve diğeri (2008)'ne göre yapılmıştır. Analiz esnasında uygulanan basamaklar şöyle özetlenebilir;

1. Bu veri için gerekli olmamakla beraber çoğu ekolojik veride rastlanabilecek eksik örneklemelerin tamamlanması.
2. Ekolojik veri setlerinin bir diğeri ortak özelliği olan değışken örnekleme aralıklarının yeniden örnekleme yapılarak standardize edilmesi.
3. Çoğu ekolojik verinin sağa ya da sola eğilimli* olmasından dolayı verilerin dönüştürülmesi† ve normal dağılıma yaklaşmalarının sağlanması.
4. Yıllık döngülerin ve ortalama değıerlerden sapmaların (aykırılık, anomali) mevsimsel farklılaşma yöntemine göre çıkartılması. Bunun için zaman aralıklarının (ay) yıllara bağılı ortalamaları alınarak yıllık döngü çıkartılmıştır. Yıllık döngünün her bir yıldan çıkartılmasıyla da anomaliler elde edilmiştir. Bu anomaliler bu şekilde kullanılabilceğı gibi ortalaması alınarak her yıl için tek bir değıer olarak da kullanılabilir.
5. Eğilimin‡ saptanması için parametrik olmayan Spearman korelasyonu kullanılmıştır.
6. Birikimli toplamlar§ yöntemi ile zaman serisinin genelinde oluşan değışimlerin incelenmesi için ilk olarak düzeltilmiş serinin ortalama değıerlerinden orijinal seri çıkartılmış ve kalan değıerlerin toplanması ile birikimli toplamlar serisi elde edilmiştir. Bu serinin genel ortalamaya göre eğimi de kaymayı** .vermektedir. Eğimin pozitif olması değıerin ortalamaların üzerinde olduğunu, negatif olması ise altında olduğunu göstermektedir.

Zaman serisi analizleri toplam zooplankton bolluğı, sıcaklık ve klorofil a verisine uygulanmış ve istasyon bazında değıerlendirilmiştir. Zooplankton serilerinin eğilimi üzerinde etkili olan çevresel parametreler sorgulanmıştır.

* skewness

† transformation

‡ trend

§ cumulative sums

** shift

Çok değişkenli analiz yöntemlerinde izlenen prosedür Şekil 9'de şematik olarak özetlenmiştir. Taksonomik konumu nedeniyle *N. scintillans* ayrı olarak değerlendirilmiş ve zooplankton komünite yapısının sorgulandığı mevsimlik ve zaman serisi veri setlerine dahil edilmemiştir. 2005'in Eylül ayından sonra örneklerde tespit edilmeye başlanan *Liriope tetraphylla* da zaman serisi verisinin komünite yapısının sorgulandığı veri setine zooplankton üzerindeki olası etkilerini sorgulayabilmek için dahil edilmemiştir.

Örneklemler arasındaki kalıpları görebilmek için zooplankton verisinin doğal logaritması alınarak $[\log_e(\chi+1)]$ baskın türlerin ağırlığı azaltıldıktan sonra Bray-Curtis benzerlik ölçüsü ile bir benzerlik matrisi oluşturulmuştur (Formül 2).

$$S'_{il} = 100 \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^n |y_{ij} - y_{lj}|}{\sum_{j=1}^n (y_{ij} + y_{lj})} \right) \quad (\text{Formül 2})$$

i ve *l* türü arasındaki benzerlik

Elde edilen benzerlik matrisi üzerinden grup averajı tekniği ile hiyerarşik kümeleme analiz* yapılmıştır (CLUSTER programı, Primer v6). Analiz sonucu elde edilen dendogramlar incelenerek anlamlı gruplar belirlenmiş ve gruplar dendogram üzerine işaretlenmiştir. Elde edilen benzerlik matrisinin iki boyuta indirgenmesinde ve CLUSTER gruplarının dağılımının incelenmesinde metrik olmayan çok boyutlu ölçekleme† (MDS programı, Primer v6) kullanılmıştır. MDS sınıflandırması üzerine yansıtılan çevresel parametreler ile parametrelerin komünite yapısına olan etkileri görselleştirilmiştir. Örneklerin MDS üzerinde konumlandığı x,y koordinatlarının rakamsal bir önemi yoktur ve elde edilen sınıflandırma bir dizi analiz sonrasında elde edilen en düşük stres değerine göre çizilmektedir. Tek değişkenli parametrelerin komünite yapısı üzerine etkisini incelemek için doğal logaritması alınmış zooplankton veri seti kullanılarak bir temel bileşenler analizi yapılmıştır (PCA‡). Temel bileşenler analizinde elde edilen eksen değerleri doğrudan temel bileşenler (PC§) olduğu için zooplankton komünitesinin tanımlayıcıları kabul edilmiş ve çevresel parametrelerle ilişki

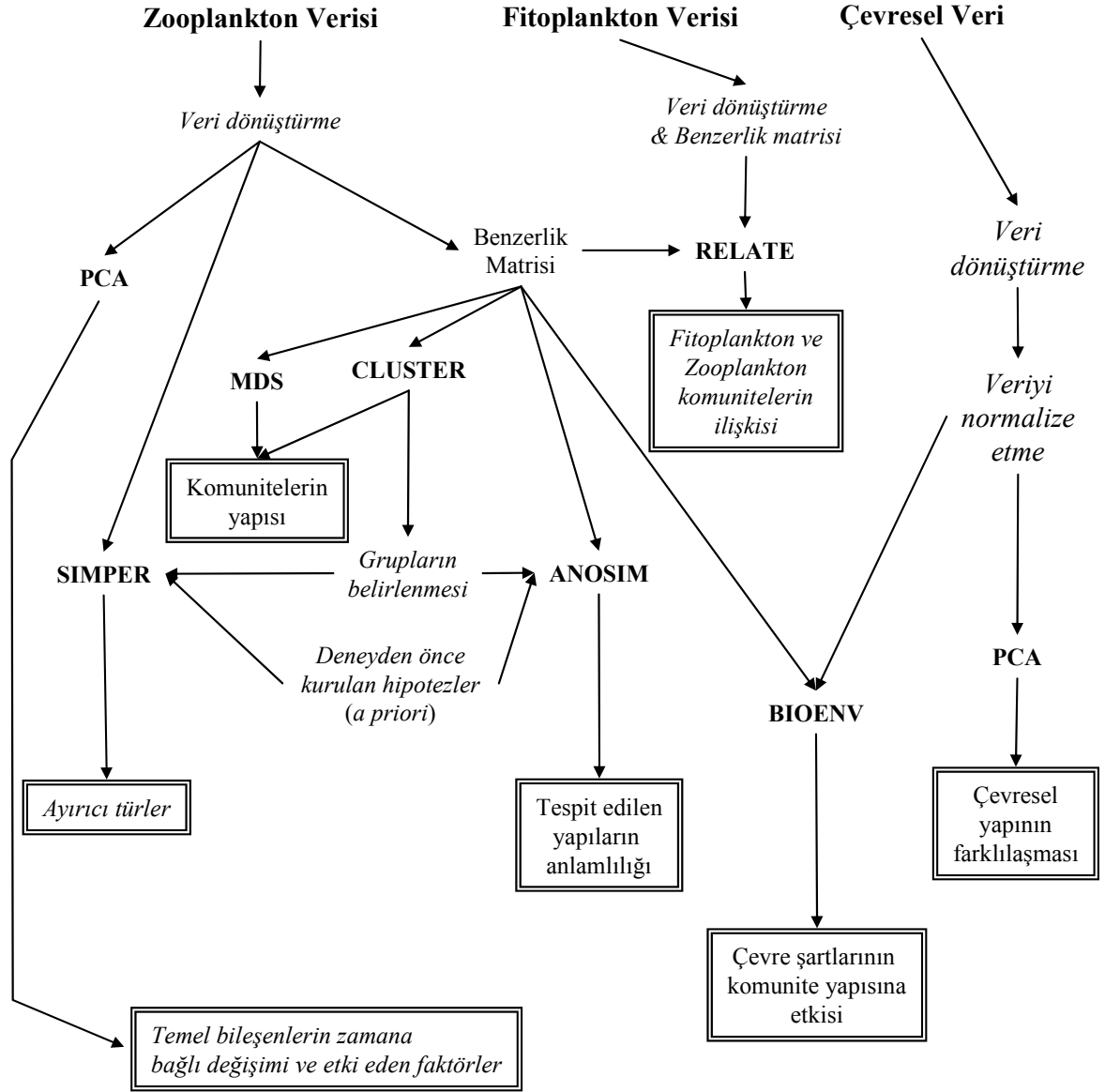
* CLUSTER, Hierarchical agglomerative clustering

† MDS, non-metric Multi-dimensional scaling

‡ PCA, Principal components analysis

§ PC, Principal component

sorgulanmıştır (Clarke ve Gorley, 2006). MDS gösterimine oldukça yakın bir sınıflandırma sağlayan PCA sonucunda PC1 ve PC2 zamana ve istasyonlara göre grafikleştirilmiş ve eksen değerleri ile çevresel parametreler arasındaki ilişki incelenmiştir.



Şekil 9. Uygulanan çok değişkenli analiz yöntemlerinin şematik gösterimi.

(Çift çizgili metin kutuları varılan sonuçları göstermektedir)

Kümeleme analiz sonucunda elde edilen gruplar ve deneyden önce kurulan hipotezlere (*a priori*) göre belirlenen faktörler, dönüştürülmüş zooplankton verisi ile benzerlik yüzdesi analizine* tabii tutulmuştur (SIMPER programı, Primer v6). Bu prosedür grup içindeki benzerliklerden ve gruplar arasındaki benzememelerden† sorumlu türlerin tanımlanmasını ve katılım oranlarının belirlenmesini sağlamaktadır. Analiz “i.” türünün grupların benzememesine olan katkısının ($\bar{\delta}_i$) standart sapmaya bölünerek $\bar{\delta}_i/SD$ katsayısının hesaplanmasına dayanır. Elde edilen “ $\bar{\delta}_i/SD$ ” oranının ≥ 1 olması durumunda tür indikatör tür olarak kabul edilmiştir (Clarke ve Gorley, 2006). Analiz Bray-Curtis benzerlik ölçüsü kullanılarak hazırlanan matris üzerinden yürütülmektedir.

SIMPER analizinde ortalama benzememe ($\bar{\delta}_i$) ve ortalama benzememenin standart sapmaya oranı ($\bar{\delta}_i/SD$) önem kazanmaktadır. $\bar{\delta}_i$ birçok örnek çifti kullanılarak hesaplanmakta ve dolayısıyla tutarlığı ancak standart sapma ile ölçülebilmektedir. Eğer $\bar{\delta}_i$ büyük ve $SD(\bar{\delta}_i)$ küçük ise $\bar{\delta}_i/SD$ oranı büyük olacak ve türün iki grubun ayrılmasına sağladığı katkının yanı sıra tüm gruplar arasında yapılan karşılaştırmalar için de iyi bir ayırıcı tür‡ olarak kullanılabilir (Clarke ve Warwick, 2001).

Komünite yapılarında tespit edilen grupların ya da *a priori* hipotezlerin (H_0) testinde benzerlikler analizi§ (ANOSIM programı, Primer v6) kullanılmıştır. Tek yönlü varyans analizinin bir türevi olan ANOSIM’de kullanılan evrensel dizi benzerliği “R” ($0 \leq R \leq 1$) dendogramlardan elde edilen ya da hipotetik olarak komünite içerisinde olduğu varsayılan yapıların test edilmesinde oldukça etkilidir. Benzerlik matrisi üzerinden yürütülen analiz sonucunda R sifira yaklaştıkça H_0 doğru kabul edilir ve gruplar arasında fark olmadığı anlamına gelir (Clarke ve Warwick, 2001).

İki komünite yapısının (tez kapsamında mevsimlik örneklemelerde, fitoplankton ve zooplankton komünitelerinin) birbirleriyle ilişkilendirilmesinde RELATE uygulaması

* SIMPER, Similarity percentages analysis

† Dissimilarity

‡ Discriminating species

§ ANOSIM, Analysis of similarities

kullanılmıştır (Primer v6). Her iki plankton grubuna ait benzerlik matrisleri RELATE ile birbirleriyle ilişkilendirilmiş ve H_0 test edilmiştir. Elde edilen ρ katsayısının sıfıra yaklaşması durumunda H_0 doğru kabul edilmiştir (Clarke ve Gorley, 2006).

Çevresel parametrelerin sınıflandırılmasında kullanılan analiz metodları matris yapısına bağlı olarak biyolojik verinin analizinde kullanılanlardan farklıdır. Verinin çeşitli birimlerde ($^{\circ}\text{C}$, psu, μM , $\mu\text{g/L}$) olması, biyolojik veride sıklıkla rastlanan “0” değerlerin azlığı ya da genellikle hiç olmaması, datanın sağ eğimli olması (varyansın ortalamayla beraber artması) ve yaklaşık normalitenin basit transformasyon teknikleri ile sağlanabilmesi çevresel parametrelerden oluşan matrislerin farklılık gösterdikleri noktalar. Bu bağlamda çevresel parametrelerin analizinde en uygun ordınasyon tekniği olarak PCA ön plana çıkmaktadır (Clarke and Warwick, 1994). Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), tuzluluk (psu) ve klorofil a ($\mu\text{g/L}$) verilerinin kullanıldığı analizde, birimlerden ve rakamsal büyüklüklerden kaynaklanan farkları azaltmak ve varyansı dengelemek için karekök transformasyonu uygulanmış ve matris normalize edilerek korelasyona dayalı temel bileşenler analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen ordınasyon MDS ordınasyonu ile kıyaslanmış ve zooplankton komunitesi ile benzer kalıplar aranmıştır. Analiz sonucunda varyansın en büyük oranının açıklandığı ilk iki temel bileşenin sonuçları kullanılarak çevresel verideki zamana ve mekana bağlı değişimler varyans analizi ile sorgulanmış ve zooplanktonun tek değişkenli tanımlayıcıları ile Spearman korelasyonu kullanılarak ilişkilendirilmiştir.

Komunite yapısının ve çevresel parametrelerin ilişkilendirilmesine yönelik olarak BIOENV prosedürü kullanılmıştır (Primer v6). Bu kapsamda ilk olarak benzerlik matrisi ve karekök dönüştürmesi uygulanmış çevresel veri kullanılarak komunite yapısındaki değişimi en iyi tanımlayan çevresel faktörler seçilmiştir. ϕ_w katsayısı komunite yapısı ile en uyumlu çevresel faktörler setinin korelasyonunu vermektedir.

İstatistiksel analizlerde SPSS 14.0 ve Primer v6 programları kullanılmıştır.

III. BULGULAR

3.1. *Liriope tetraphylla*'nın dağılımı

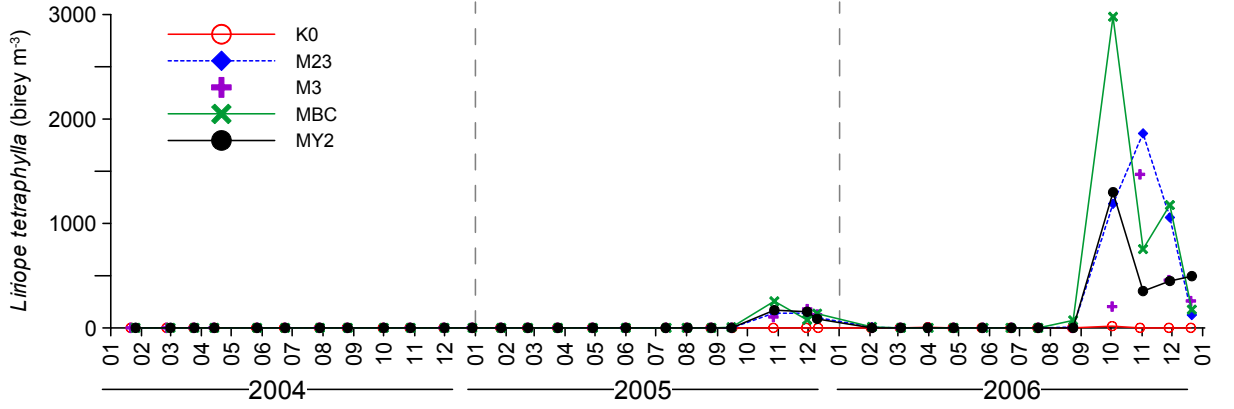
Tez çalışması kapsamında Marmara Denizi zooplankton komunitasinde tespit edilen en önemli değişimlerden biri Trachymedusae'den *Liriope tetraphylla*'nın Marmara Denizi'ne giriş yapması ve 2006'da oldukça yüksek bolluğa ulaşmasıdır. Akdeniz'de sıklıkla rastlanan, Ege'de ise çok yaygın olmayan bu türe daha önce rastlanmamış olması oldukça ilginçtir. Karadeniz'de dağılımı daha önceden bildirilen türün Enstitümüzün özellikle son 10 yılda yoğunlaşan zooplankton çalışmalarında tespit edilmemiş olması bölgenin türün gelişimi için uygun olmadığını düşündürmektedir. Bu tez çalışması *Liriope tetraphylla*'nın Marmara Denizi'ndeki ilk kaydını MBC istasyonunda Eylül 2005 olarak vermektedir. Bulgular kısmının bu türün dağılımı ile başlamasının sebebi zooplankton komünite yapısında tespit edilen bazı farklılıkların türün Marmara Denizi'ndeki yayılımıyla ilişkilendirilebilecek olmasıdır.

Türün dağılımı 2005–2006 döneminde üst tabakada Marmara Denizi ile sınırlı kalmış ve Karadeniz'de Mart 2006 (6 birey m⁻³) ve Eylül 2006 (16 birey m⁻³) dışında rastlanmamıştır (Şekil 10). Bu tez çalışması kapsamında olmamakla beraber Enstitümüzün Aralık 2007'de Karadeniz'de İstanbul Boğazı'na yakın bölgede yaptığı çalışmalarda *L. tetraphylla* alt tabakada yaygın olarak tespit edilmiştir.

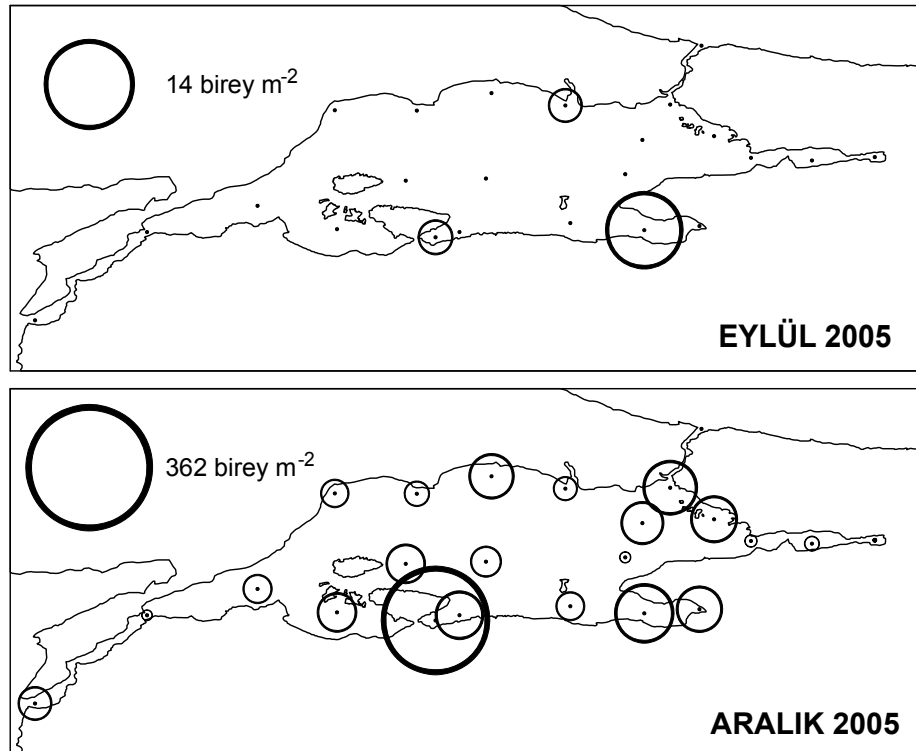
L. tetraphylla görece düşük bollukta olduğu Eylül-Aralık 2005 döneminin (en yüksek 255 birey m⁻³, Ekim 2005, MBC) ardından kesintiye uğramaktadır. MBC'de Ağustos 2006'da tespit edilen küçük bir artıştan sonra (72 birey m⁻³) Eylül 2006 sonunda 2978 birey m⁻³ değerine ulaşmaktadır. Ekim ve Kasım aylarında da yüksek seviyelerde seyreden değerler Aralık sonuna doğru düşmeye başlamaktadır (Şekil 10).

Marmara'da Eylül 2005'te yürütülen mevsimlik çalışma esnasında sadece Gemlik, Bandırma ve MBC'de, en yüksek 14 birey m⁻³ değeri (G4) ile bulunan tür, Aralık başlarında gerçekleştirilen seferde başta Bandırma, Gemlik körfezleri ve İstanbul çevresi olmak üzere tüm Marmara Denizi'nde tespit edilmiş (Şekil 11) ve en yüksek bolluk değeri B1'de 362 birey

m^{-3} olarak saptanmıştır. Bu değer 2005'te gerçekleştirilen tüm örnekleme için en yüksek değeri oluşturmaktadır. *L. tetraphylla*'nın Marmara ekosistemine girişi ile zooplankton üzerinde yaratmış olabileceği stres aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak tartışılmıştır.



Şekil 10. *Liriope tetraphylla*'nın aylık değişimi.

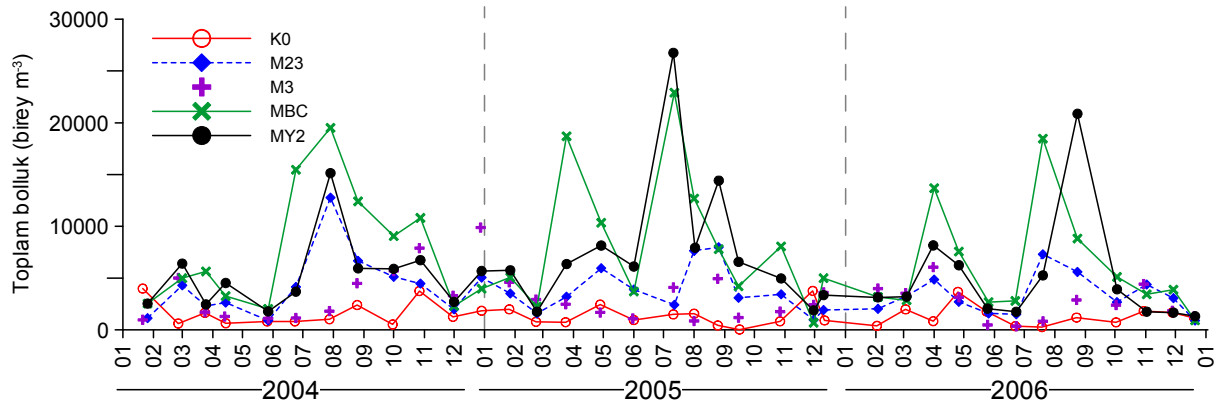


Şekil 11. *Liriope tetraphylla*'nın Eylül ve Aralık 2005'teki dağılımı.

3.2. Üst tabaka zooplanktonunun zamana bağlı değişimi

3.2.1. Toplam zooplankton bolluğu ve grup kompozisyonu

Zaman serisi verisi toplam zooplankton bolluğunun yaz aylarında en yüksek seviyelere ulaştığını göstermektedir. Kış ayları ve ilkbahar başları tüm yıllarda zooplankton bolluğunun düşük olduğu dönemlerdir Genel olarak toplam zooplankton bolluğu çalışma sahasının batısında kalan MBC’de daha yüksektir ve bu istasyonu Tuzla açıklarında yer alan MY2 izlemektedir (Şekil 12). Marmara Denizi’nin açıklarında yer alan M23’te bolluk değerleri daha düşüktür. Özellikle 2005 yazında ve kısmen ilkbaharında diğer yıllara göre zooplankton bolluğunun daha yüksek olduğu görülmektedir. En yüksek bolluk değeri de Temmuz 2005’te MY2 de 26476 birey m⁻³ olarak ölçülmüştür. K0 ve M3’te zooplankton bolluğu kış dönemleri hariç her zaman Marmara istasyonlarının oldukça altında kalmakta ve özellikle yaz aylarında bu fark 10 katın üzerine çıkabilmektedir. Karadeniz ve Marmara ortalama değerleri arasında ise ~4 katlık bir fark bulunmaktadır (Tablo 2). Tek yönlü varyans analizi sonuçları da Karadeniz (K0) ve Marmara Denizi (MY2) arasındaki farkın istatistiksel açıdan oldukça belirgin olduğunu göstermektedir ($F_{1,70}=56.71, p<0.001, ANOVA$).



Şekil 12. Toplam zooplankton bolluğunun aylık örneklemelelerdeki değişimi.

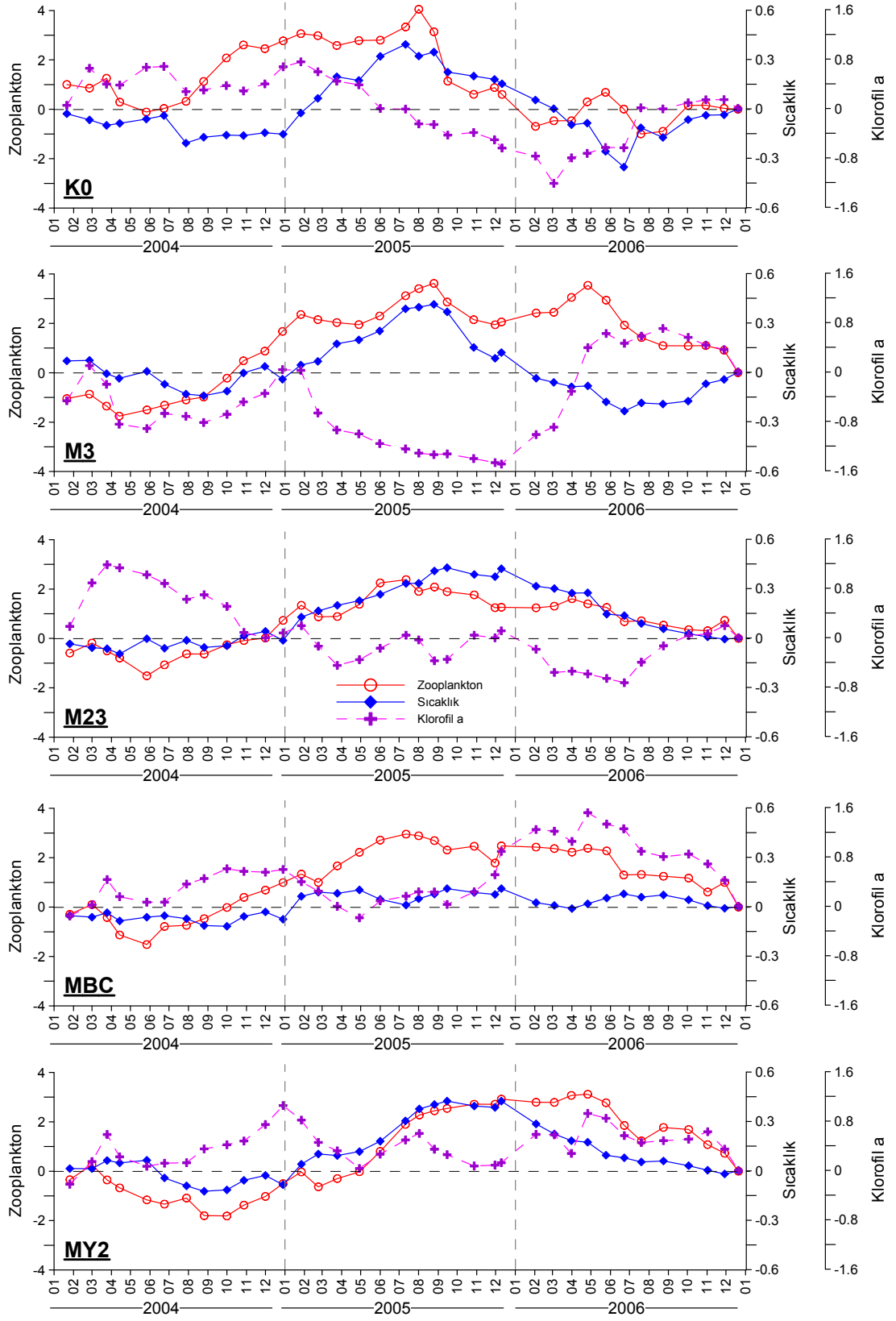
Zooplankton bolluğunun çevresel parametreler ile korelasyonu incelendiğinde sıcaklığın M3 hariç tüm istasyonlarda en önemli etken olduğu görülmektedir (Tablo 2). En yüksek korelasyonlar M23 ve MBC’de tespit edilmiştir (Tablo 2). Tuzluluğun etkisi daha çok sıcaklık ile beraber gözlenen değişiminin bir sonucudur. Sıcaklık etkisinin düştüğü kısmi korelasyon sonuçları tuzluluğun zooplankton bolluğu üzerinde etkili olmadığını göstermektedir. Klorofil a sonuçları sadece M3’te etkili olurken, diğer Marmara istasyonlarında istatistiksel açıdan anlamlı olmayan negatif eğilimdedir. Tüm veride -0.17 ($p = 0.074$) olarak hesaplanan bolluk-klorofil a korelasyonu, kısmi korelasyon analizi ile sıcaklık etkisi düşüldünce 0.28’e ($p = 0.003$) yükselmekte ve zooplankton bolluğu ile pozitif bir ilişki gösterdiği ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2. Toplam zooplankton bolluğunun istasyon bazında çevresel parametreler ile korelasyonu ve betimsel istatistiği.

	Toplam Bolluk			Sıcaklık	Tuzluluk	Klorofil a
	min	maks	ort±SD		<i>r</i>	
K0	37	3987	1419±1039	0.27‡	0.35‡	0.14
M3	346	9883	2979±2142	-0.05	0.12	0.36*
M23	896	12759	3807±2469	0.43‡	-0.33	-0.20
MBC	696	22906	7412±5856	0.39*	-0.30	-0.23
MY2	1317	26746	6023±5443	0.45‡	-0.43‡	-0.16

* $p<0.05$, ‡ $p<0.01$

Zooplankton bolluğunda 2005’te görülen yükselişin aynı yılın sıcaklık değerlerinde tespit edilen $\sim 2^{\circ}\text{C}$ ’lik artış ile ilişkili olabileceği zaman serisi analizleri ile sorgulanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen eğilim grafikleri sıcaklık artışı ile zooplankton bolluğu arasında net bir ilişki olduğunu göstermektedir (Şekil 13). Özellikle Marmara istasyonlarında daha da kuvvetlenen korelasyon, M23’te en yüksek değerine ulaşmaktadır ($r = 0.88$, $p<0.001$; Tablo 3). Karadeniz (K0) ve boğaz çıkışında yer alan M3’te de doğrusal bir korelasyon olmakla beraber, Marmara istasyonlarına göre zayıf kalmaktadır. Tuzluluk anomalileri oldukça küçük oynamalar yapmakta ve bolluk ile K0 ve M3’te pozitif, MBC ve M23’te ise negatif bir ilişki göstermektedir. Boğaz üst tabaka suyundan dönemsel olarak etkilenen M23’te ise bir ilişki bulunmamaktadır (Tablo 3). Klorofil a ile bolluk arasında ise oldukça düzensiz bir ilişki



Şekil 13. Toplam zooplankton bolluğu, sıcaklık ve klorofil a anomalileri.

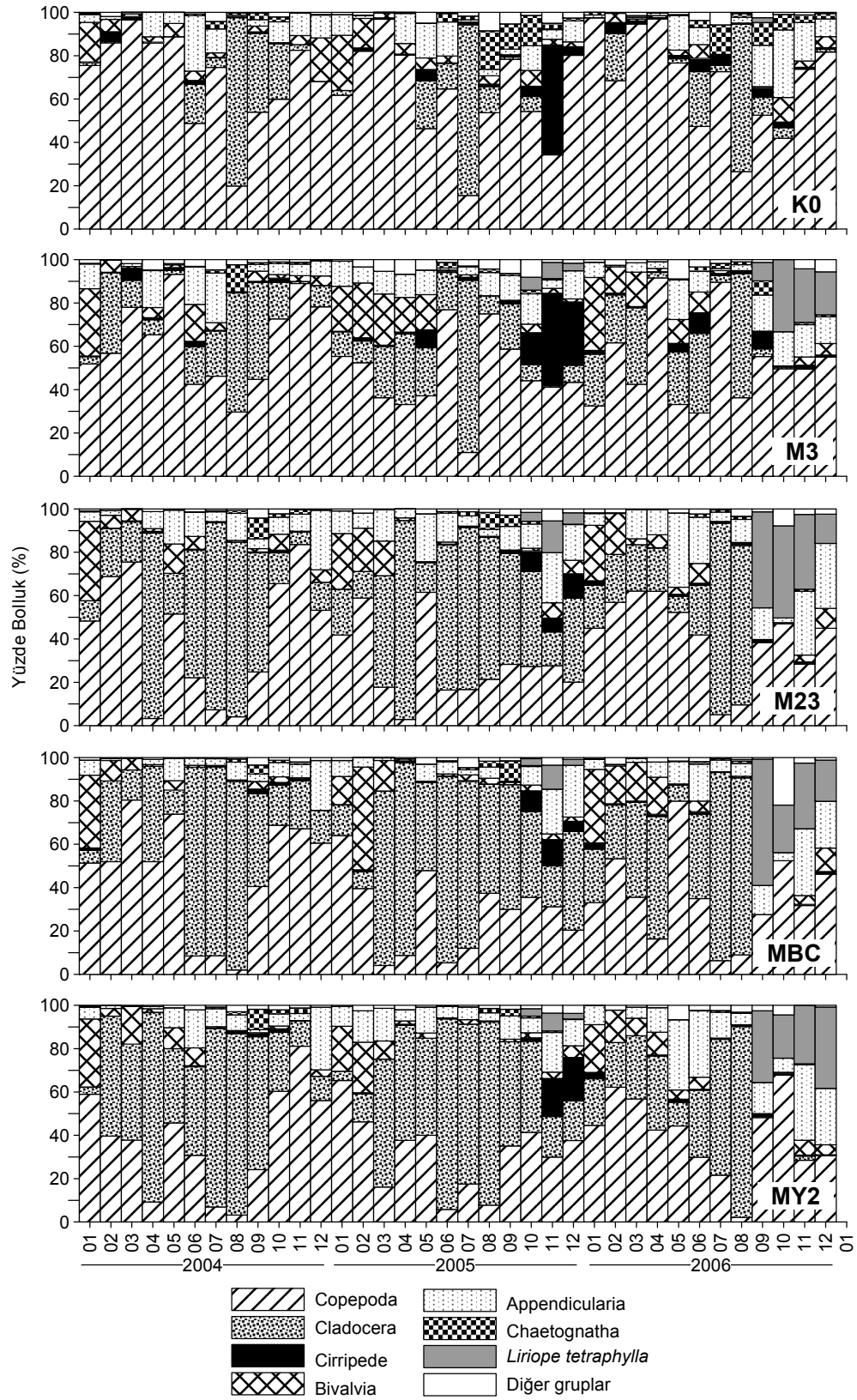
Tablo 3. Zooplankton bolluğu anomalilerinin sıcaklık, klorofil a ve tuzluluk anomalileri ile korelasyonu (n=36)

	Sıcaklık	Klorofil a	Tuzluluk
K0	0.386*	0.332*	0.711‡
M3	0.331*	-0.249	0.466°
M23	0.881‡	-0.656‡	0.125
MBC	0.705‡	0.216	-0.346*
MY2	0.788‡	0.175	-0.592‡

* p<0.05; ° p<0.01; ‡ p<0.001

vardır. Sıcaklığa göre ters bir eğilim izleyen klorofil a sadece M23'te toplam zooplankton bolluğuna benzer, ancak negatif bir eğilim göstermektedir ($r = 0.66$, $p<0.001$). Eğilim grafikleri bazı aylarda sıcaklığın düşmesine rağmen zooplankton bolluğunun arttığını ve bu dönemlerde klorofil anomalilerinin de pozitif olduğunu göstermektedir (örnek olarak M3 Nisan-Mayıs 2006; MY2 Şubat-Mart 2006). Bu yapı bazı dönemlerde klorofil a'nın zooplankton bolluğunu etkilediğinin bir göstergesidir. Genel olarak Marmara klorofil a değerleri yıl boyu zooplankton stoklarını destekleyebilecek seviyelerdedir.

Zooplankton grup kompozisyonu Karadeniz (K0) ve Marmara Denizi (MY2, MBC, M23) arasında önemli farklar bulunduğu işaret etmektedir (Şekil 14). Karadeniz'de 36 aylık dönemin %88.9'unda Copepoda baskın grubu oluşturmaktadır. Cladocera ise örneklemlerin sadece %8.3'ünde baskındır. Kasım 2005'te tespit edilen Cirripede baskınlığı dışında diğer gruplar arka planda kalmaktadır. İstanbul Boğazı'nın Marmara girişinde yer alan ve boğaz yüzey akıntısından doğrudan etkilenen M3'te de benzer bir yapı hakimdir. %83.3 Copepoda ve %13.9 Cladocera baskınlığını bir örneklemedeki (%2.8) Bivalvia baskınlığı izlemektedir. Aralık 2005'te K0'da tespit edilen Cirripede artışı bu istasyonda Kasım 2005-Ocak 2006 döneminde görülmekte ancak Copepoda seviyesinden düşük kalmaktadır. İstanbul Boğazı'nın doğrudan etki alanından uzaklaşmaya başladıkça, Marmara Denizi'nin kendine has yapısı ağırlık kazanmaktadır. Zayıf da olsa Boğaz üst tabakasından hala etkilenen M23'te Copepoda baskınlığı %52.8'e düşmekte ve Cladocera %41.7'ye yükselmektedir. Bu istasyonda belirginleşmeye başlayan bir diğer önemli fark 2006'nın sonlarına doğru oluşan *Liriope*



Şekil 14. Önemli zooplankton gruplarının yüzde dağılımı

tetraphylla baskınlığıdır. İlk olarak 2005'in son aylarında sisteme giriş yapan ve bazı aylarda ~%7'lik bolluk değerlerine ulaşan tür 2006 sonlarında %50 bolluk değerlerini zorlamaktadır. M3'te türün önemi çok daha düşüktür ve K0'da katılımı %1'in altında kalmaktadır. Boğaz akıntı sisteminden uzakta ve kıyılara yakın konumlanan MBC ve MY2 istasyonlarında Cladocera %50'lik baskınlık oranıyla tamamen ön plana çıkmıştır. Copepoda ise her iki istasyonda da örneklerin %44.4'ünde baskındır. M23'te olduğu gibi *L. tetraphylla* 2006'nın son aylarında ön plana çıkmaktadır ve her iki istasyonda birer örneklemede (%2.8) baskın grubu oluşturmaktadır. MBC'de *Bivalvia* larvaları, MY2'de ise *Appendicularia* yine birer örneklemede baskın gruptur (%2.8).

Grup dağılımında dikkati çeken bir diğer nokta yıllar arası oluşan belirgin farklılıktır. Cladocera baskınlığı en düşük sıcaklığın diğer yıllara oranla ~2°C yüksek olduğu 2005'te en yüksek seviyelere ulaşırken, *N. scintillans*'ın da düşük bolluklarla temsil edildiği 2006'da oldukça düşük kalmaktadır. Bu yapı özellikle M23 ve MY2'de daha belirgindir.

Zooplankton grup kompozisyonuna bir diğer bakış açısı kümülatif yüzde katılımdır ve grup bolluklarının çalışma dönemi boyunca toplam zooplankton bolluğuna yüzde oranının ortalaması olarak ifade edilebilir. Bu değer yukarıdaki paragrafta bahsedilen grup baskınlığı yüzdelere farklılık göstermektedir. Sonuçlar K0'da Copepoda'nın %70 civarındaki oranı ile oldukça stabil bir yapının olduğunu ve her üç örnekleme döneminde korunduğunu gösterirken, M3 ile beraber Marmara Denizi'nde farklılıklar oluşmaya başlamaktadır (Tablo 4). Su sıcaklığının daha yüksek olduğu 2005'te Karadeniz üst akıntısından birinci derecede etkilenen bu bölgede dahi Cladocera'nın yüzde katılımında artışlar olmakta ve Copepoda oranları düşmektedir. M3'te %20'lere ulaşan kümülatif Cladocera yüzdesi M23'te 2005 yılında %45.6, MY2'de %45.7, MBC'de ise %50.5'e ulaşmaktadır. Cladocera yüzdesi 2006'da M3'te 2004 değerlerine inerken diğer Marmara istasyonlarında 2004 yüzdelere oldukça altına inmekte ve 2005 değerlerine göre %40'a varan düşüşler göstermektedir. Bu durum M3 ile belirmeye başlayan *L. tetraphylla*'nın zooplanktona katılımındaki artış ile ilişkili olabilir. Ekosisteme 2005'te giriş yapan ve 2006'nın son dört ayında zooplankton içerisindeki baskınlığı oldukça yükselen tür M3 Kasım örneğinde %24'ü aşan oranı ve 2006 için %7.2'lik kümülatif oranı ile önemli türler arasına girmiştir. Bu dönemde Copepoda ve Cladocera oranlarında en yüksek değerlere ulaştıkları sırasıyla 2004 ve 2005'e göre düşüş

vardır. Bu etki diğer Marmara istasyonlarında daha da kuvvetlenmektedir. *Liriope*'nin M23'te %44.3 (Ekim 2006) ve MBC'de %58.2'ye (Eylül 2006) ulaşan oranları ve zooplankton bolluğunda tespit edilen düşüş türün zooplankton üzerindeki baskısını yansıtmaktadır.

Tablo 4. Copepoda ve Cladocera grupları ile *L. tetraphylla*'nın yıllara göre zooplankton bolluğuna kümülatif yüzde katılımları.

		Copepoda	Cladocera	<i>Liriope tetraphylla</i>
K0	2004	70.0	13.9	0
	2005	62.3	11.3	0
	2006	69.2	11.3	0.2
M3	2004	62.3	18.9	0
	2005	47.0	20.1	1.4
	2006	52.1	17.5	7.2
M23	2004	42.3	39.0	0
	2005	28.4	45.6	2.0
	2006	41.1	23.0	11.3
MBC	2004	47.1	39.3	0
	2005	28.0	50.5	1.4
	2006	35.5	30.4	10.9
MY2	2004	37.8	45.3	0
	2005	31.7	45.7	1.2
	2006	39.9	25.1	9.8

3.2.2. Tür kompozisyonu ve biyoçeşitlilik

Yürütülen aylık ve mevsimlik çalışmalarda toplam 86 tür/grup tespit edilmiştir. Copepoda 48 türle çeşitliliğin en yüksek olduğu grubu oluşturmaktadır (Ek 1).

İstanbul çevresinde gerçekleştirilen aylık çalışmalarda 27'si Copepoda olmak üzere 59 tür/grup tespit edilmiştir (Tablo 5). 36 aylık görülme sıklıklarına göre bakıldığında en önemli türler olarak Copepoda'dan *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus* ve *Oithona similis*; Cladocera'dan *Pleopis polyphemoides*; Appendicularia'dan *Oikopleura dioica*; Chaetognatha'dan *Sagitta setosa* ve diğer gruplardan Cirripedia nauplius larvası, Bivalvia larvası ve Polychaeta larvası ön plana çıkmaktadır. *Noctiluca scintillans* da tüm istasyonlarda yüksek frekans değerleriyle temsil edilmektedir. İstasyonlara göre tür sayıları K0 ve M3'te

Tablo 5. Aylık örneklemelelerde tespit edilen türlerin/grupların istasyonlara göre dağılımı ve frekansları

	K0	M3	M23	MBC	MY2
Copepoda					
<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht, 1881	100.0	100.0	97.2	94.4	97.2
<i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849	25.0	19.4	2.8	5.6	11.1
<i>Acartia</i> sp.					5.6
<i>Calanus euxinus</i> Hulsemann, 1991	86.1	63.9	33.3	16.7	30.6
<i>Centropages kröyeri</i> Giesbrecht, 1893	16.7		11.1	5.6	
<i>Centropages ponticus</i> Karavaev, 1895	16.7	11.1	16.7	16.7	5.6
<i>Centropages</i> sp.	2.8	13.9	5.6	2.8	5.6
<i>Centropages typicus</i> Kröyer, 1849	13.9	30.6	30.6	25.0	22.2
<i>Clausocalanus</i> sp.		2.8			
<i>Diaixis pygmaea</i> (Scott T., 1899)	2.8			2.8	
<i>Euchaeta marina</i> (Prestandrea, 1833)	2.8				
<i>Lucicutia flavicornis</i> (Claus, 1863)		2.8			
<i>Mesocalanus tenuicornis</i> (Dana, 1849)	8.3	5.6			2.8
<i>Metridia lucens</i> Boeck, 1865	16.7	22.2	2.8	5.6	
<i>Paracalanus nanus</i> Sars G.O., 1925	2.8	2.8			
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	100.0	100.0	100.0	100.0	97.2
<i>Paracalanus pygmaeus</i> Claus, 1863	5.6	8.3	5.6	2.8	5.6
<i>Paracalanus</i> sp.			2.8		
<i>Pseudocalanus elongatus</i> (Boeck, 1865)	97.2	75.0	38.9	41.7	30.6
<i>Oithona nana</i> Giesbrecht, 1893	33.3	50.0	44.4	41.7	75.0
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	86.1	77.8	58.3	47.2	55.6
<i>Oithona</i> sp.	5.6	5.6	11.1	5.6	
<i>Oncaea media</i> Giesbrecht, 1891	36.1	50.0		5.6	2.8
<i>Oncaea</i> sp.	5.6	22.2			
<i>Clytemnestra rostrata</i> (Brady, 1883)	2.8	2.8			
<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847)	5.6	30.6	25.0	22.2	25.0
<i>Microsetella rosea</i> (Dana, 1848)	2.8	2.8			
Cladocera					
<i>Evadne nordmanni</i> Loven, 1836	11.1	52.8	50.0	41.7	44.4
<i>Evadne spinifera</i> Müller P.E., 1867	16.7	11.1	8.3	13.9	11.1
<i>Penilia avirostris</i> Dana, 1849	41.7	47.2	50.0	47.2	52.8
<i>Pleopis polyphemoides</i> (Leuckart, 1859)	52.8	83.3	83.3	80.6	86.1
<i>Pseudevadne tergestina</i> (Claus, 1877)	19.4	25.0	27.8	33.3	25.0
Diğer gruplar					
<i>Oikopleura dioica</i> Fol, 1872	97.2	100.0	100.0	97.2	94.4
<i>Sagitta setosa</i> Müller, 1847	75.0	58.3	50.0	38.9	41.7
<i>Sagitta</i> sp.			2.8		
Cirripedia nauplius larvası	77.8	91.7	55.6	61.1	50.0
Cirripedia cypris larvası	36.1	19.4	30.6	47.2	30.6
Ostracoda (sp.)	2.8				2.8
Ctenophora (sp.)	2.8	8.3	13.9	19.4	25.0
Medusae (sp)		2.8	8.3	8.3	11.1
<i>Obelia</i> sp.		5.6	2.8		5.6
<i>Pleurobrachia pileus</i> (Müler, 1776)	13.9	8.3	8.3	2.8	8.3

Tablo 5. *Devam.*

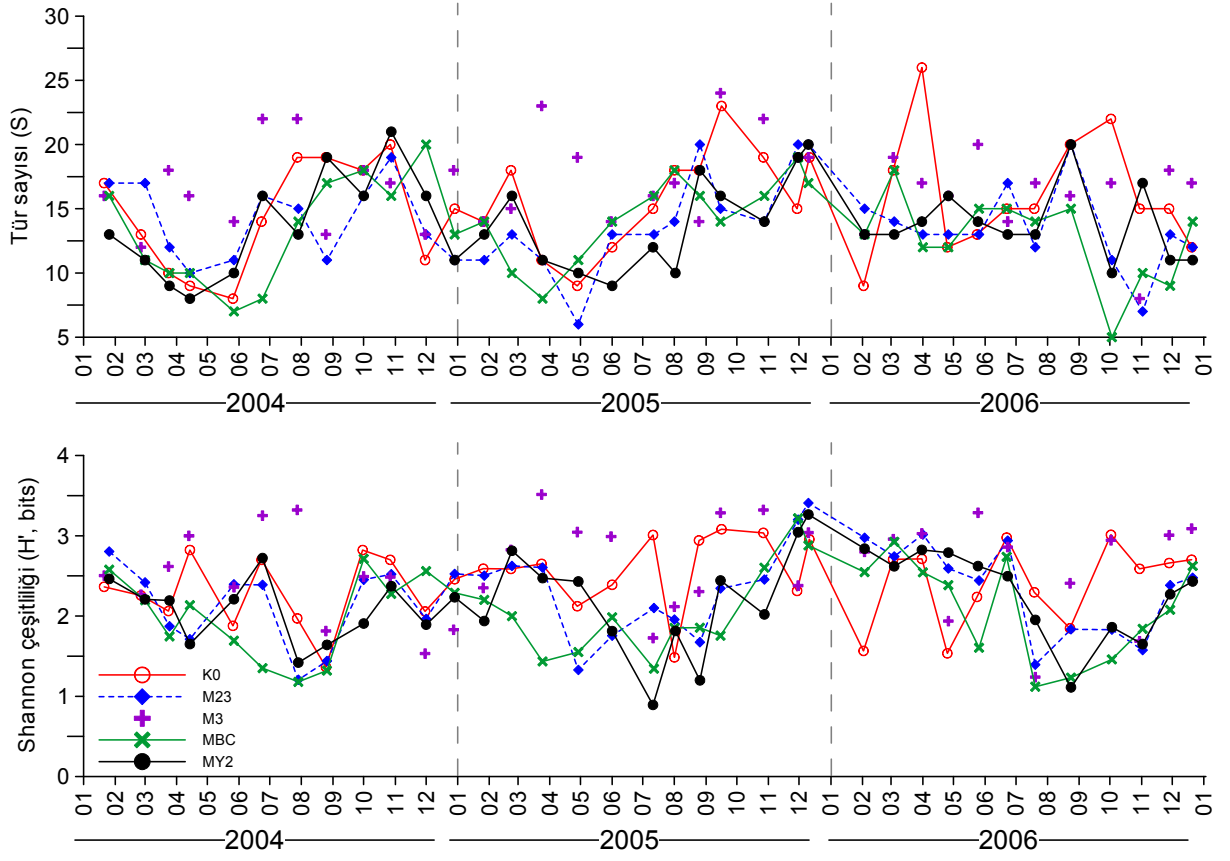
	K0	M3	M23	MBC	MY2
Diğer gruplar devam					
Balık larvası	8.3	2.8	8.3	11.1	19.4
Balık yumurtası	19.4	11.1	27.8	19.4	11.1
Foraminifera (sp.)		2.8	2.8		
Isopoda (sp)			5.6	16.7	2.8
Actinotroch larvası	2.8	8.3			
Bivalvia larvası	91.7	88.9	97.2	91.7	94.4
Gastropoda larvası	55.6	58.3	50.0	41.7	58.3
Polychaeta larvası	58.3	75.0	66.7	69.4	72.2
Decapoda larvası	27.8	50.0	30.6	38.9	25.0
Polychaeta Trochopore larvası	11.1	5.6		2.8	5.6
Bipinnaria		8.3	8.3	2.8	16.7
Echinopluteus	11.1	22.2	19.4	22.2	16.7
Ophiopluteus	19.4	33.3	16.7	13.9	16.7
Cyphonautes	5.6		2.8	2.8	
Ascidia larvası		2.8			2.8
<i>Liriope tetraphylla</i> (Otto, 1823)	5.6	19.4	25.0	27.8	19.4
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney, 1810) Kofoid, 1920	97.2	91.7	100.0	97.2	94.4
Toplam tür/grup sayısı:	59	48	44	43	43

çeşitliliğin daha yüksek olduğunu göstermektedir. En yüksek tür sayısı M3'te tespit edilmiştir (50 tür) ve bu yapı büyük oranda bölgenin sığ ve dinamik yapısından kaynaklanmaktadır. Marmara Denizi'ni temsil eden diğer istasyonlarda toplam tür sayıları birbirine yakın değerlerdedir. Tür sayısı sığ M3'te tüm çalışma dönemi boyunca yüksektir. Bunun yanı sıra K0'da bahar aylarında mevsimsel yükselmeler tespit edilmiştir (Şekil 15). En yüksek tür sayısı Nisan 2006'da K0'da elde edilmiştir (26 tür), ancak çalışma dönemindeki dağılımlara ve ortalama değerlere bakıldığında M3'ün daha zengin bir faunaya sahip olduğu söylenebilir (Tablo 6). Bu yapının ortaya çıkmasındaki başlıca etken meroplankton çeşitliliği ve *Metridia lucens* gibi alt tabaka türlerinin bu istasyonda sıklıkla tespit edilmesidir. Konumu gereği oldukça dinamik bir yapıya ve zaman zaman yüksek akıntı hızlarına sahip olması ve Karadeniz kökenli üst akıntıdan doğrudan etkilenmesi çeşitliliği arttırmaktadır. Tür çeşitliliğinin genellikle ilkbahar-yaz ortasını kapsayan dönemde düşük olduğu görülmektedir. Bu durum 2006'da bozulmakta ve tür sayıları daha yüksek değerler arasında değişim göstermektedir. 2006 yılında tür sayısını etkileyecek en önemli faktör heterotrofik dinoflagellat *Noctiluca scintillans*'ın düşük bolluk değerleri ile temsil ediliyor olması olabilir. Tür sayısının değişiminde çevre şartları etkisizdir ve sadece K0'da tuzluluk değerleri ile zayıf bir artış göstermektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Tür sayısının istasyon bazında çevresel parametreler ile korelasyonu ve betimsel istatistiği.

	Tür Sayısı			Sıcaklık	Tuzluluk <i>r</i>	Klorofil <i>a</i>
	min	maks	ort±SD			
K0	8	26	15.4±4.23	0.31	0.33*	0.04
M3	8	24	16.9±3.37	0.01	-0.04	-0.18
M23	6	20	13.8±3.42	0.18	-0.04	-0.23
MBC	5	20	13.5±3.62	0.19	-0.17	-0.09
MY2	8	26	15.4±4.23	0.27	-0.17	-0.16

* p<0.05



Şekil 15. Tür sayısı ve Shannon çeşitlilik indisinin zamana bağlı değişimi.

En yüksek zooplankton bolluk değerlerinin tespit edildiği MBC ve MY2 istasyonları tür sayısının en düşük olduğu noktalar olarak dikkati çekmektedirler. Açıkta yer alan M23'te dahi tür sayılarının genellikle bu iki istasyondan yüksek olması kirlilik baskısını ön plana çıkarmaktadır. Klorofil a değerlerinin MBC ve MY2'de diğer istasyonlara göre daha yüksek olması bu savı güçlendirmektedir. M23'te gözlenen yüksek tür sayısı bölgenin dönemsel olarak Karadeniz üst tabaka akıntısından etkileniyor olması ile ilişkilendirilebilir, ancak zooplankton tür kompozisyonu Marmara Denizi'ndeki diğer istasyonlar ile benzerlik göstermektedir. Varyans analizi sonuçları Karadeniz (K0) ve Marmara Denizi (MY2) temsili istasyonları arasında tür sayısı açısından belirgin bir fark olmadığını göstermektedir ($p < 0.05$).

Shannon çeşitlilik indisi değerleri M3 ve K0'da en yüksek değerleri almaktadır (Şekil 15). Mart 2005'te elde edilen 3.51 bit (M3) en yüksek, Temmuz 2005'te ki 0.89 bit (MY2) ise en

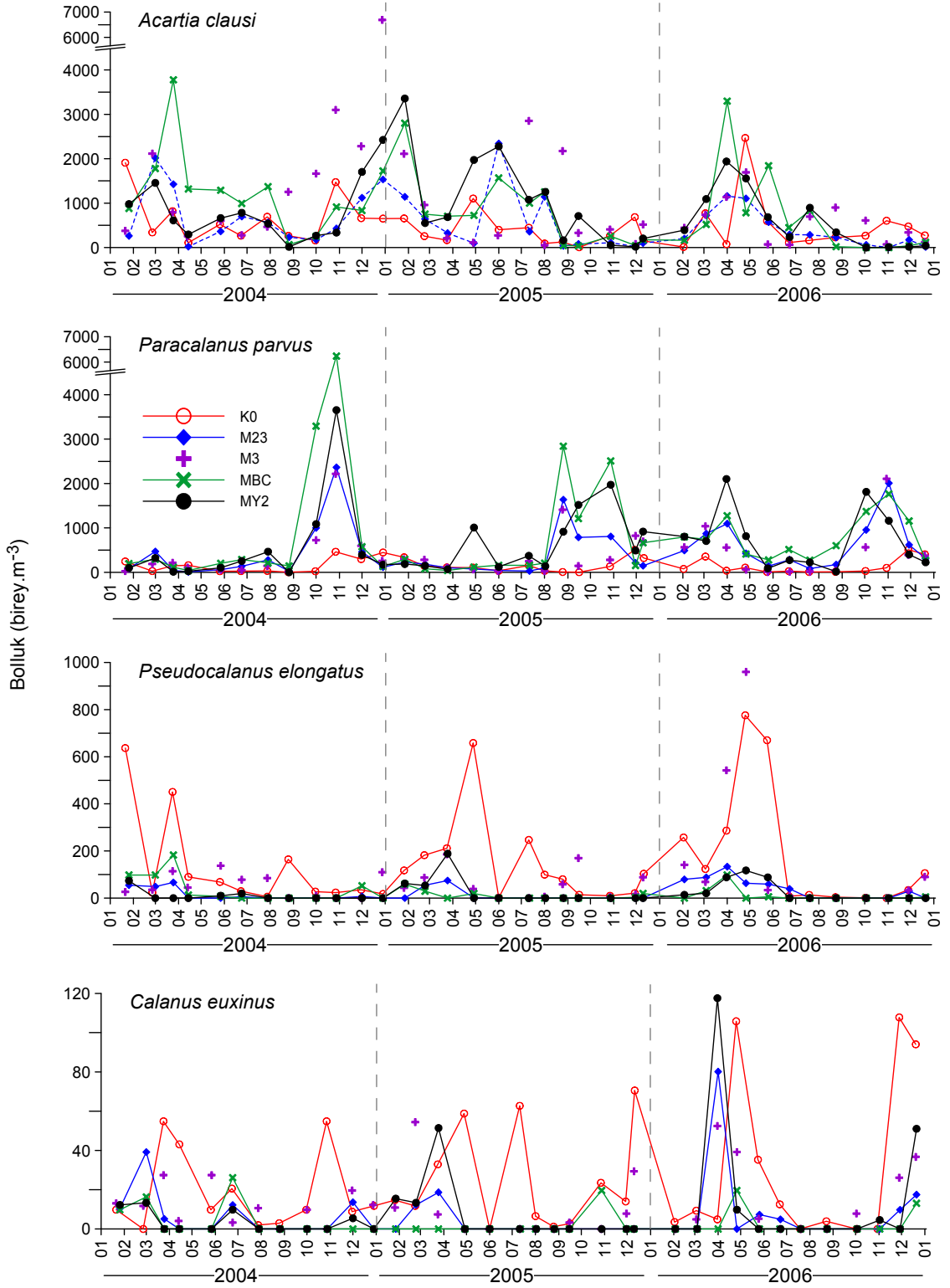
düşük değeri oluşturmaktadır. Toplam tür sayısına benzer olarak MBC ve MY2’de çeşitlilik daha düşüktür. Marmara Denizinde yaz aylarında artan Cladocera baskınlığı çeşitlilik değerlerindeki düşüşün başlıca nedenidir. Bu sav Marmara istasyonlarında *H'* ile sıcaklık arasında gözlenen negatif korelasyon ile de desteklenmektedir (Tablo 7). Yaz aylarında gözlenen yüksek Cladocera baskınlığı ile ilişkili olarak kış döneminde artan çeşitlilik klorofil a değerlerinde kışın gözlenen artışa denk geldiği için *H'* ve klorofil a değerleri arasında MBC ve M23’te pozitif bir ilişki çıkmaktadır. K0 ve M3’te bu yönde bir etkilenme yoktur.

Önemli kopepod türlerinin dağılımları Şekil 16’da verilmiştir. En önemli türlerden olan *Acartia clausi* bolluğu 2004’te daha yüksektir ve 2005’teki düşüşün ardından 2006’da tekrar artmaktadır (Şekil 16). Türün 2004’te sonbaharda gösterdiği artış 2004 ve 2005’te zayıflamış ve yerini *Paracalanus parvus*’a bırakmıştır. *P. parvus* genellikle sonbahar aylarında yüksek bolluk değerlerine ulaşmaktadır ve bolluk değerlerinde 2004’ten 2006’ya bir düşüş olduğu ancak *N. scintillans* bolluğunun düşük olduğu 2006 ilkbaharında artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 16). *Pseudocalanus elongatus* bolluk değerleri K0 ve M3’te diğer istasyonlara göre daha yüksektir ve genellikle kış-ilkbahar başlarında artış göstermektedir. Benzer Şekilde *Calanus euxinus* da K0 ve M3’te yıl içerisinde yüksek değerlerle temsil edilmektedir ancak en yüksek bolluk MY2’de tespit edilmiştir. Hem *P. elongatus* hem de *C. euxinus* Karadeniz için önemli kopepod türleridir.

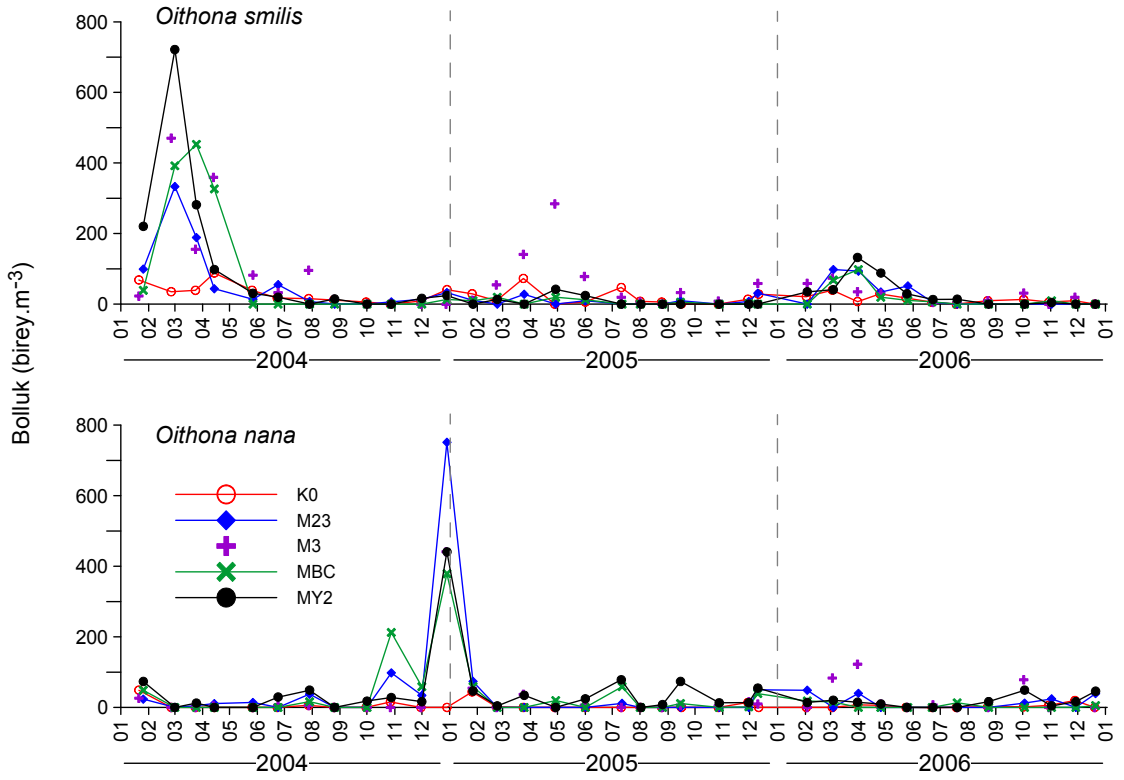
Tablo 7. Shannon Çeşitliliği’nin istasyon bazında çevresel parametreler ile korelasyonu ve betimsel istatistiği.

	Shannon Çeşitliliği (<i>H'</i>)			Sıcaklık	Tuzluluk	Klorofil a
	min	maks	ort±SD			
K0	1.36	3.08	2.43±0.480	0.08	0.20	0.09
M3	1.24	3.51	2.60±0.582	-0.27	0.13	0.15
M23	1.21	3.41	2.27±0.549	-0.51‡	0.47°	0.20
MBC	1.12	3.22	2.05±0.563	-0.48°	0.23	0.52‡
MY2	0.89	3.26	2.18±0.550	-0.62‡	0.26	0.38*

* p<0.05; ° p<0.01; ‡ p<0.001

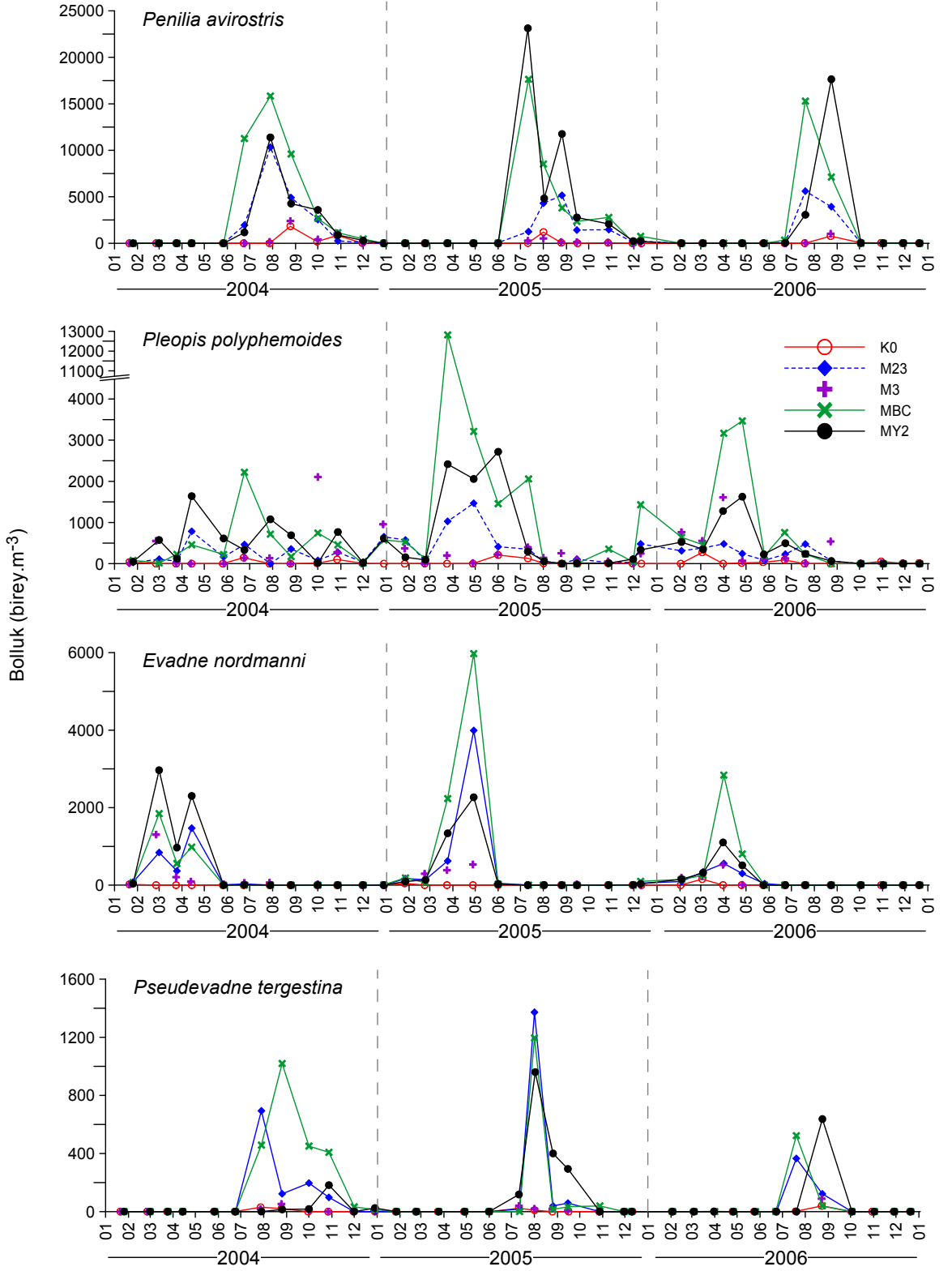


Şekil 16. Aylık örneklemelerde önemli kopepod türlerinin dağılımı.



Şekil 16. Devam.

Marmara'daki yüksek bolluk değerleri temel olarak yüksek Cladocera oranları ile ilişkilidir. K0 ve M3'te Cladocera bolluğu Marmara'ya oranla çok düşük kalmaktadır (Şekil 17). Marmara Denizi istasyonlarında yaz aylarında oluşan *Penilia avirostris* artışı en yüksek zooplankton bolluklarının tespit edildiği dönemi oluşturmaktadır. Mükemmel bir zamansal kalıp çerçevesinde dağılım gösteren tür 2005'de artarak en yüksek bolluğa ulaşmıştır (MY2, Temmuz 2005, 23121 birey m⁻³). Türün dağılımındaki en ilginç nokta nispeten sıcak geçen 2005'te Aralık ayına kadar ortamda bulunması olmuştur. Bu dönemde dahi çoğu parteogenetik dişinin embriyo taşıyor olması önemlidir. *P. avirostris* ile aynı dönemlerde dağılım gösteren *Pseudevadne tergestina* daha düşük bolluk değerleri ile dağılım göstermektedir. *Pleopis polyphemoides* her ne kadar 2004'te tüm yıl içerisinde dağılım gösterse de, en yüksek bolluklara ulaştığı 2005'te ve sonrasında 2006'da Ocak-Temmuz ayları arasında dağılım göstermiştir. *P. polyphemoides* bolluğu genellikle MBC'de daha yüksektir (Mart 2005, 12815 birey m⁻³). Nisan aylarında artış gösteren *Evadne nordmanni* de diğer kladoser türleri gibi 2005'te daha yüksek bolluk değerleri ile temsil edilmektedir.

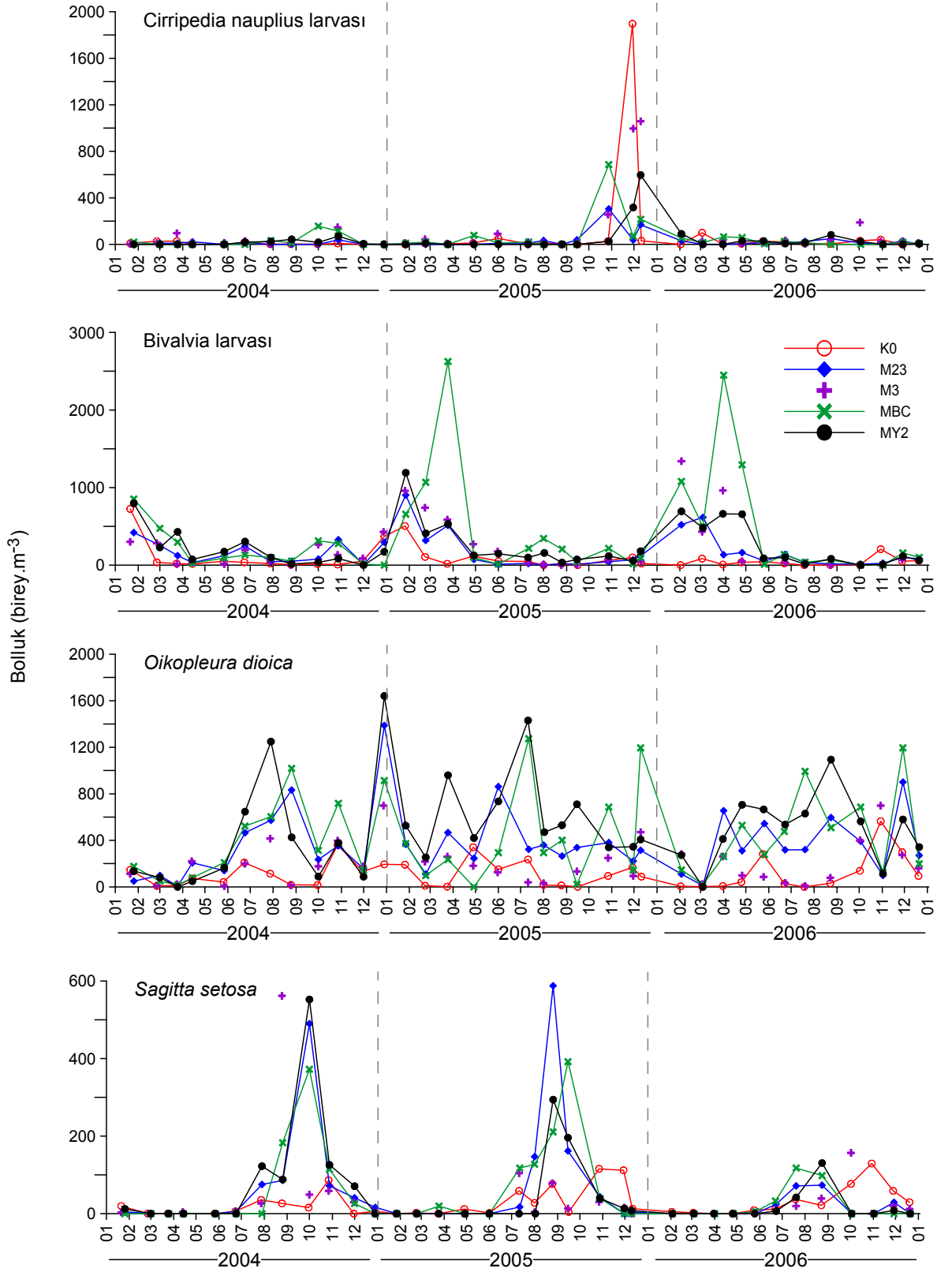


Şekil 17. Aylık örneklemelerde önemli kladoser türlerinin dağılımı.

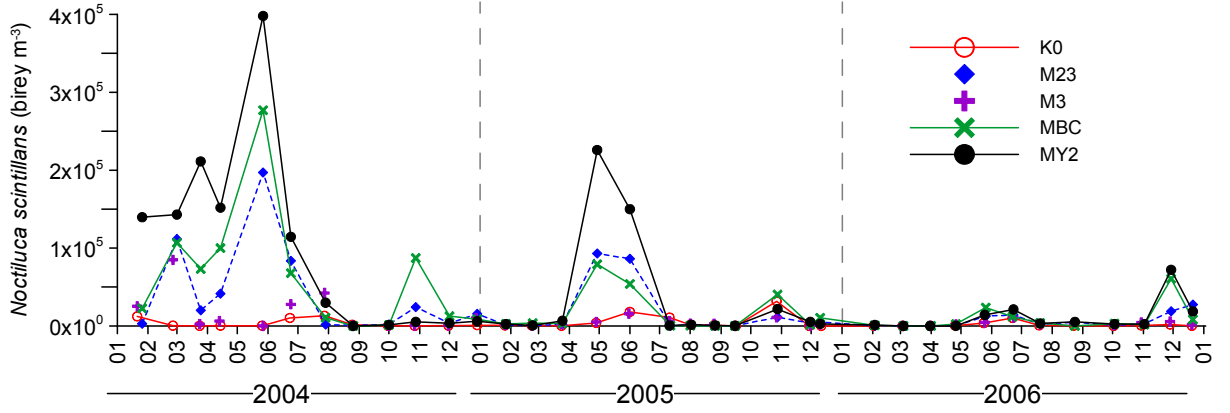
Zooplanktona katılım gösteren bir diğere önemli grup Cirripedia nauplius ve cypris larvalarıdır. Nauplius larvası 2005'in son aylarında yüksek bolluk değeri ile temsil edilmiştir ve değeri K0 ve M3'te Marmara istasyonlarına oranla çok yüksektir (Şekil 18). Kış sonu-ilkbahar döneminde artış gösteren Bivalvia larvası genellikle MBC'de en yüksek değere ulaşmaktadır. Zooplanktona yıl boyu katılım gösteren *Oikopleura dioica* Marmara istasyonlarında daha yüksek bolluğa sahiptir. Bu termofilik türün de bolluğunun 2005'te az da olsa diğere senelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Eylül-Ekim gibi yüksek bolluk değeri ile tespit edilen *Sagitta setosa* 2004-2006 yılları arasında düzenli bir düşüş göstermektedir. Tek yönlü varyans analizi sonuçları temsili Karadeniz (K0) ve Marmara Denizi (MY2) istasyonları arasındaki *N. scintillans* bolluğu farkının istatistiksel açıdan belirgin olduğunu göstermektedir ($F_{1,70}=11.11, p=0.001, ANOVA$).

Noctiluca scintillans Marmara Denizi'nde zooplanktonun 200 µm'den büyük fraksiyonunda önemli yer tutmaktadır. Türün 2004-2006 yılları arasında sergilediği değişim belirgin bir düşüş eğilimindedir (Şekil 19). *Noctiluca* bolluğu Tuzla açıklarındaki MY2'de en yüksek değeri almakta ve 2004'ün Ocak-Haziran aylarını kapsayan 6 aylık dönemde yoğunluk 10^5 hücre m^3 'ün altına düşmemektedir. En yüksek değer bu dönemde Mayıs sonunda tespit edilmiştir (3.98×10^5 hücre m^{-3}). Türün K0'daki değeri oldukça düşük seviyelerde kalmakta, M3'te ise nadir olarak küçük yükselmeler görülmektedir.

Noctiluca scintillans dağılımındaki en önemli nokta 2006 baharında tespit edilen düşük bolluk değeri'dir. Marmara Denizi'ndeki dağılımı genellikle yüksek kış sonu-ilkbahar artışı ve daha sönük kalan Kasım-Aralık artışı ile özdeşleşen türün, 2006'da sergilediği yapı oldukça ilginçtir. 2004'ün aynı aylarında 3.98×10^5 birey m^{-3} 2005'te 2.23×10^5 birey m^{-3} seviyelerinde olan bolluk 2006'da 10 katlık bir düşüşle 2.35×10^4 birey m^{-3} olarak tespit edilmiştir. Kasım sonundaki değeri ise daha yüksektir (6.06×10^4 birey m^{-3}).



Şekil 18. Aylık örneklemelerde diğer önemli zooplankton türlerinin/gruplarının dağılımı.

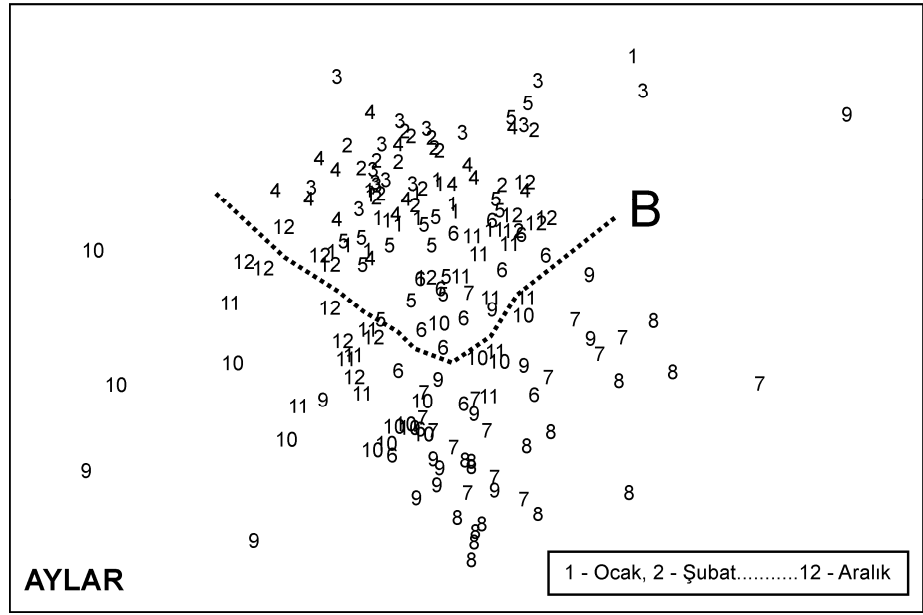
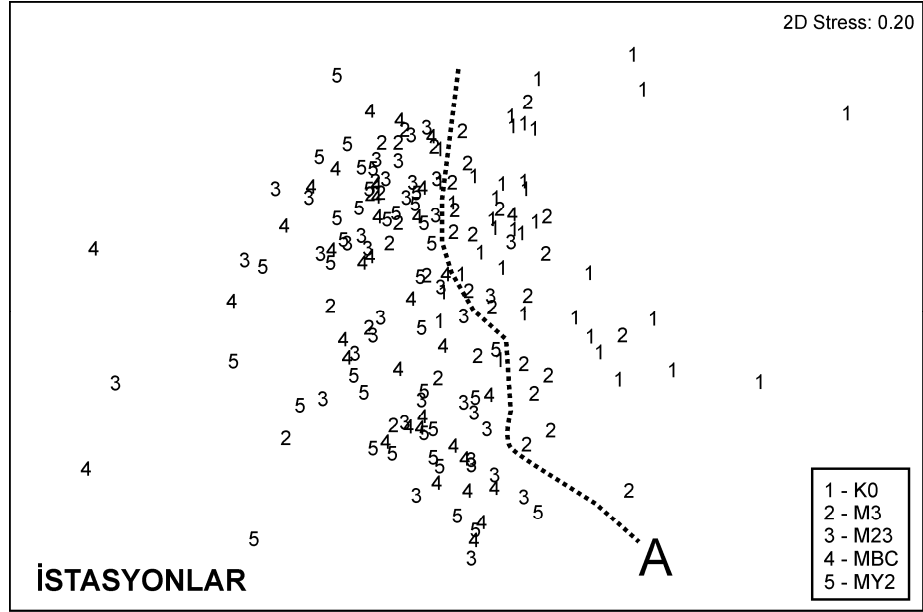


Şekil 19. *Noctiluca scintillans*'ın aylık değişimi.

3.2.3. Zooplankton komünite yapısı

Zaman serisi verisi MDS ordinasyonu hem mekansal hem de zamansal kalıplara işaret etmektedir (Şekil 20). İstasyonlar gösterimindeki “A” çizgisi K0 ve M3’ün diğer istasyonlardan ayrıldığı hattın kabaca gösterimidir. Her ne kadar istasyonlara çok zayıf bir ayırım olsa da ($R = 0.14$, $p=0.001$), K0 ve Marmara istasyonları arasındaki çiftli testler ayırımın arttığını göstermektedir (Tablo 8). Tüm veri içerisinde R değerinin düşük çıkması M3 istasyonunun bir geçiş bölgesi olarak rol oynaması ile ilişkilidir. M3 ve diğer Marmara istasyonları arasında var olan fark M3 zooplanktonunun Karadeniz’den etkilendiğinin bir diğer göstergesidir. M3 ile M23 arasındaki nispeten daha düşük olan fark ise M23’ün de dönemsel olarak Karadeniz’den etkilendiğini yansıtmaktadır.

Zaman serisindeki aylara bağlı değişim daha kuvvetlidir (Şekil 20) ve geçiş dönemi “B” çizgisi ile kabaca belirtilmiştir ($R = 0.44$, $p=0.001$, ANOSIM). Zamana bağlı değişim kümeleme analizinde %50 benzerlikte mekansal kalıpların önünde yer almakta ve komünite yapısı üzerindeki en önemli etken olarak sıcaklığı işaret etmektedir (Şekil 21). Kış (A) ve yaz (B) gruplarının ufak bir kesişme bölgesi hariç net olarak ayrılmaktadır. Sıcaklık değerleri bakımından B grubu ile benzerlik gösteren ancak farklı gruplanan “C” 2006’nın son dört



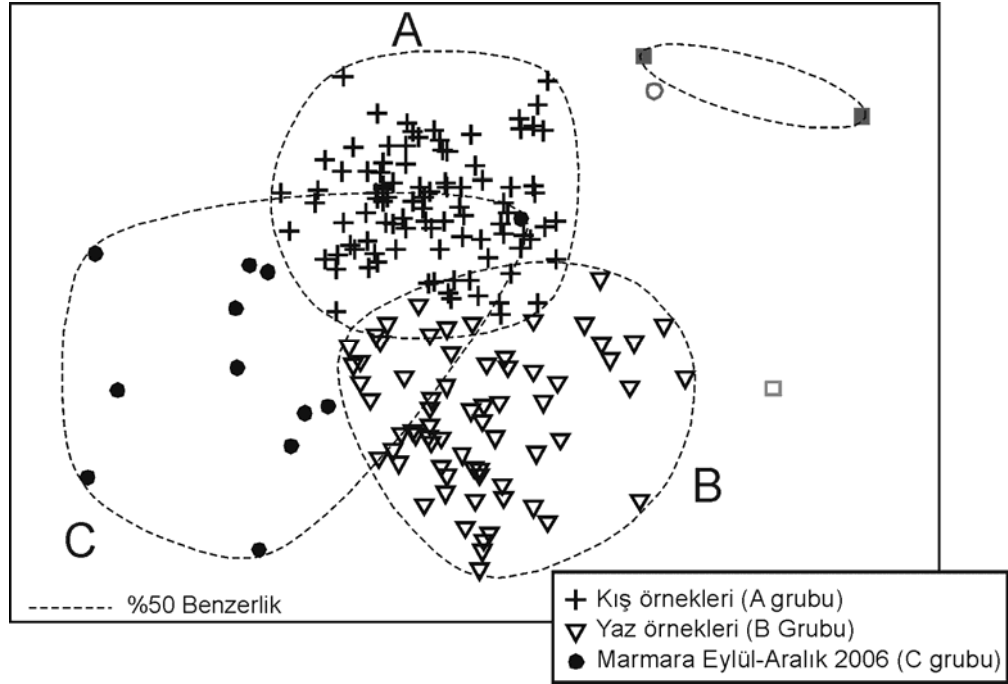
Şekil 20. Zaman serisi verisi zooplankton komünite yapısı (MDS).
(Ordinasyon ayırımı daha iyi gösterebilmek için döndürülmüştür)

Tablo 8. İstasyon çiftleri arasındaki benzerlikler testinin sonuçları (ANOSIM).

İstasyon çiftleri:	R	p
K0-M3	0.15	0.001
K0-M23	0.28	0.001
K0-MBC	0.33	0.001
K0-MY2	0.34	0.001
M3-M23	0.08	0.003
M3-MBC	0.11	0.003
M3-MY2	0.11	0.002
M23, MY2 ve MBC arasında yapılan eşleştirmelerde fark görülmemektedir (p<50)		

ayının M3 dahil Marmara örneklerini içermektedir. Aralık 2006 MBC örneğinin “A” grubunun arasına karışmış olması dışında oldukça keskin bir ayırım söz konusudur ($R = 0.74$, $p=0.001$, ANOSIM). Bu dönem *Liriope tetraphylla*'nın % 40'ı aşan baskınlıkla zooplanktona katılım gösterdiği döneme denk gelmektedir. *L. tetraphylla* komünite yapısı veri setine dahil olmadığı için gözlenen farklılık tamamen zooplanktondaki değişimi ve dolayısıyla *L. tetraphylla*'nın etkisini yansıtmaktadır. B ve C grupları arasındaki %56.7'lik benzememe birçok türün dağılımdaki değişimden kaynaklanmaktadır (Tablo 9, SIMPER). Kladoser türlerinin bolluklarındaki düşüş başta gelen farklılık olarak görülmektedir ayrıca *Paracalanus parvus* hariç tüm türlerin bolluklarında düşüş söz konusudur. $\bar{\delta}_i/SD$ değerleri söz konusu türler arasında ayırıcı türlerin az olduğunu ve en önemlilerinin *P. avirostris* ve *S. setosa* olduğunu göstermektedir.

Zooplankton komünite yapısının oluşmasında etkili çevresel parametreler sıcaklık ve *Liriope* bolluğudur ($\phi_w=0.46$, $p<0.001$, BIOENV). Etkili faktörlerin tüm kombinasyonları incelendiğinde sıcaklığın en büyük etken olduğu görülmektedir ($\phi_w=0.45$, $p<0.001$, BIOENV). *Liriope* sadece belirli bir dönemde ortamda bulunduğu için tüm veri içinde etkisi düşük kalmaktadır.



Şekil 21. Zaman serisi verisi MDS ordinasyonu üzerine kümeleme analizinde %50 benzerlikte elde edilen grupların yansıtılması.

(Anahtarda belirtilmeyen örnekler/semboller dışadüşenlerdir*)

Tablo 9. Şekil 21’de belirtilen B ve C grupları arasındaki benzememeden sorumlu türler ve oranları (SIMPER).

	(lnN)		$\bar{\delta}_i$	$\bar{\delta}_i/SD$	Birlikimli %
	Grup B	Grup C			
<i>Penilia avirostris</i>	6.71	1.24	5.74	2.19	10.13
<i>Pleopis polyphemoides</i>	4.09	0.22	4.06	1.67	17.28
<i>Acartia clausi</i>	5.75	2.37	3.67	1.55	23.76
<i>Sagitta setosa</i>	3.67	0.18	3.65	1.99	30.20
<i>Pseudevadne tergestina</i>	2.64	0	2.65	1.05	34.88
Gastropoda larvası	2.48	0.72	2.35	1.50	39.02
Bivalvia larvası	3.55	2.59	2.27	1.30	43.03
<i>Balanus</i> sp. naupli	2.69	1.34	2.24	1.31	46.98
<i>Paracalanus parvus</i>	5.43	6.77	2.02	1.13	50.54

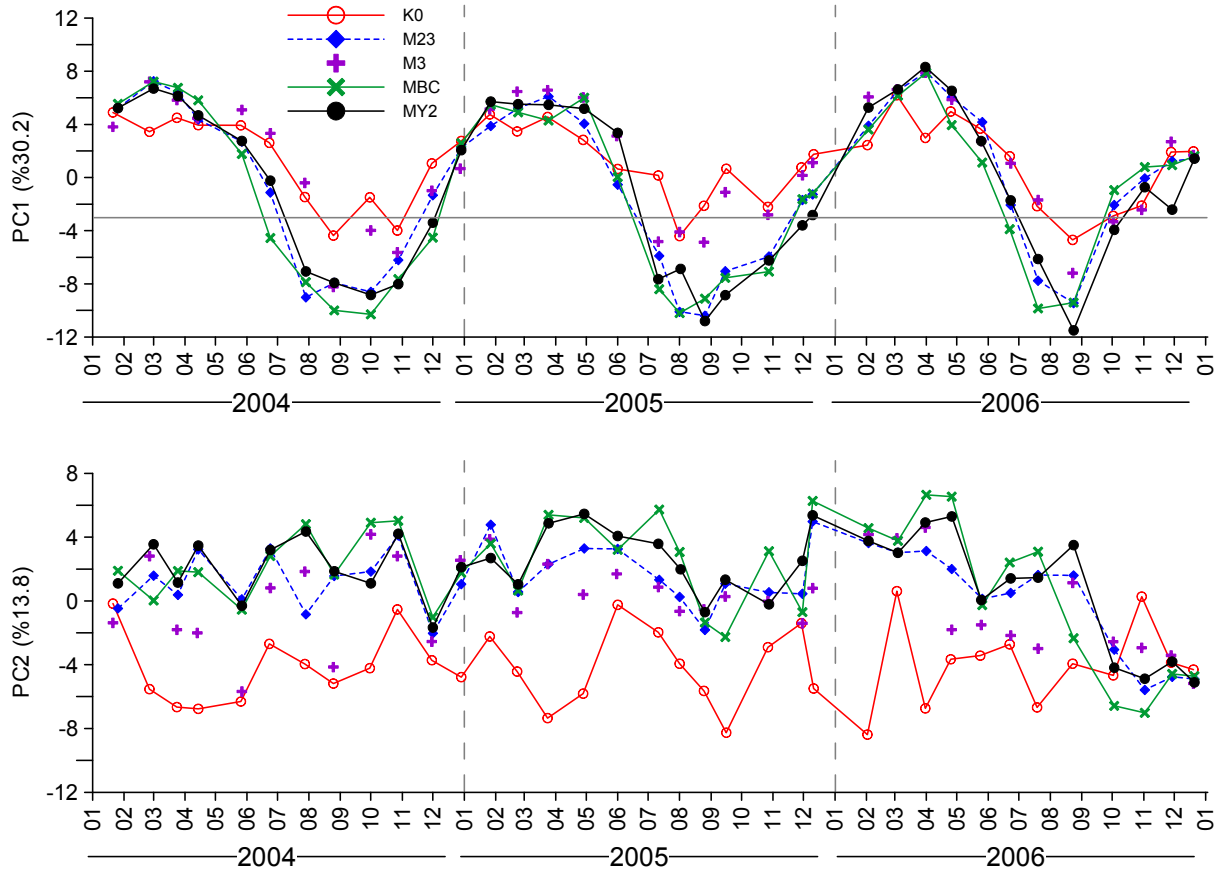
* Outlier

Zooplankton komünite yapısı ve çevresel faktörler arasındaki ilişkiyi kurabilmek için aynı zooplankton veri seti kullanılarak bir temel bileşenler analizi yapılmış ve eksen değerlerinin zamana bağlı değişimi grafikleştirilerek çevresel parametrelerle korelasyonu incelenmiştir (Şekil 22, Tablo 10). Birinci eksenin sergilediği salınım sıcaklık ile mükemmel bir uyum içerisindedir ve her iki denizde de -0.90 civarında bir korelasyon elde edilmektedir ($p < 0.001$). Marmara komünite yapısında PC1 üzerine etkili bir diğer parametre klorofil a'dır ve PC1 üzerinde sıcaklığa göre ters bir ilişkisi vardır ($r = 0.75$, $p < 0.001$). *Noctiluca scintillans* bolluğunun ($\log N$) Marmara'da varyasyonun büyük kısmını açıklayan PC1 üzerinde, Karadeniz'de ise PC2 üzerinde etkili olmaktadır. Marmara zooplankton komünitesinde ikinci temel bileşen üzerinde en etkili değişken *Liriope tetraphylla* bolluğudur ($\log N$, $r = 0.41$, $p < 0.001$). Karadeniz komünitesinde ise *Liriope*'nin herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Genel olarak Marmara komünite yapısı üzerinde daha fazla faktörün etkili olduğu ve katsayıların oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 10. Temel bileşenlerin Karadeniz (n=36) ve Marmara (n=108) istasyonlarına göre çevresel parametreler ve *N. scintillans* – *L. tetraphylla* bollukları ile korelasyonu.

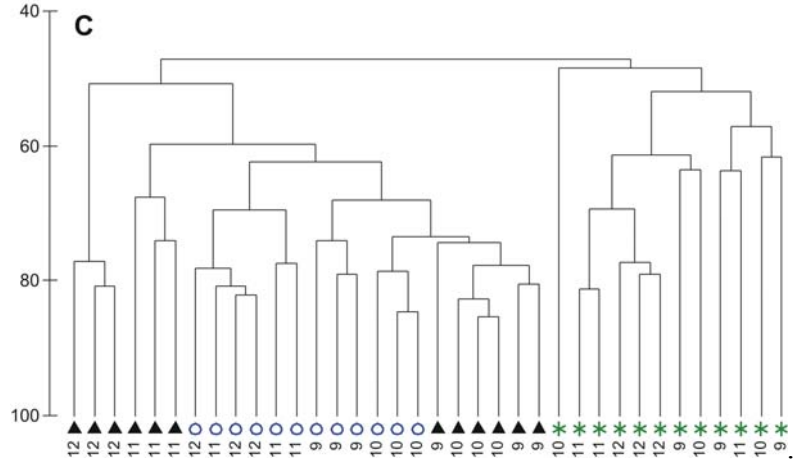
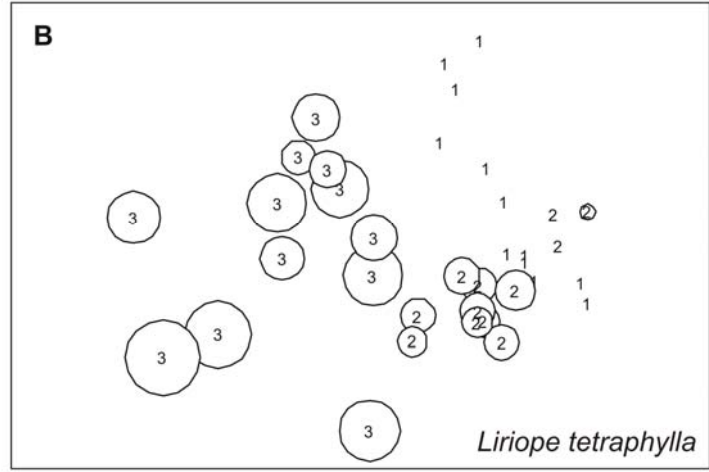
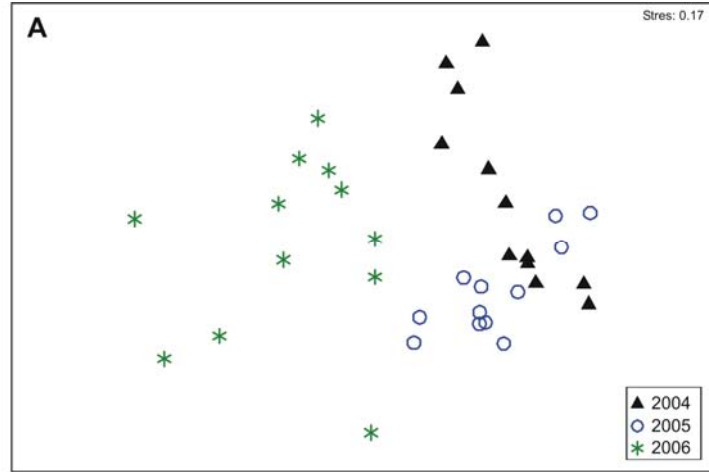
	M23, MBC, MY2		K0	
	PC1	PC2	PC1	PC2
Sıcaklık	-0.89‡	-0.20*	-0.90‡	-
Tuzluluk	0.65‡	-	-0.36*	-
Klorofil a	0.75‡	0.34‡	-	-
<i>Noctiluca scintillans</i>	0.20*	-	-	0.36*
<i>Liriope tetraphylla</i>	-	0.41‡	-	-

* $p < 0.05$; ‡ $p < 0.001$



Şekil 22. Zaman serisi verisi 1. ve 2. temel bileşenlerinin zamana bağlı değişimi.

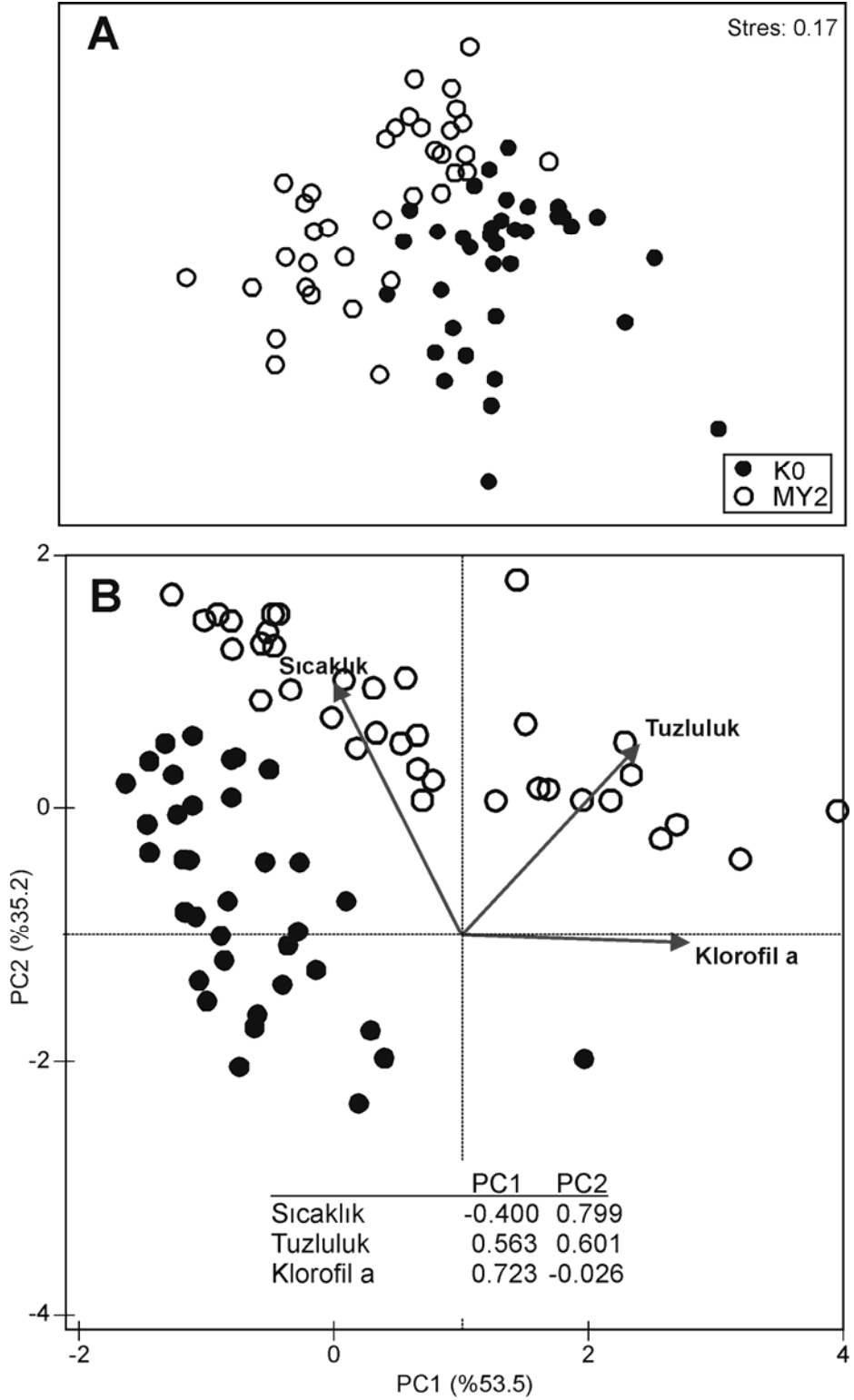
Liriopse'nin zooplankton üzerindeki dönemsel etkisini irdelemek için M23, MBC ve MY2 istasyonlarının 2004-2006 yılları Eylül-Aralık verisi üzerinden ikinci bir MDS yapılmıştır (Şekil 23). Yıllara ve aylara göre farklılaşmanın oldukça belirgin olduğu sınıflandırmada ($R = 0.82$, $p=0.001$; iki yönlü ANOSIM) en yüksek varyasyon 2006'da görülmektedir. 2006 yılı içerisinde dahi *Liriopse* bolluğundaki artışa bağlı olarak zooplankton komunitesi farklılık göstermektedir ve bu hidromedüz türünün komunitelerin şekillenmesindeki etkisini yansıtmaktadır (*L. tetraphylla* $\phi_w=0.40$, $p=0.001$, BIOENV). Bu ordinasyondaki ayırım da büyük oranda Cladocera bolluklarındaki düşüşle, başta *Pleopis polyphemoides*'in 2006'ın son döneminde tespit edilmemiş olmasıyla, ilişkilidir (SIMPER). 2004-2005 benzememesi %39 iken 2006'nın diğer yıllardan farkı %50'nin üzerindedir.



Şekil 23. 2004-2006 yılları Eylül-Aralık aylarının MDS ordinasyonu (A) ve üzerine yansıtılmış *Liriope* bollukları (B).

(B grafiğindeki rakamlar 1=2004 olmak üzere yılları, C grafiğindeki rakamlar ise ayları temsil etmektedir)

Karadeniz-Marmara Denizi farklılaşmasını incelemek için K0 ile komünite yapısı açısından K0'dan en büyük farkı gösteren MY2'nin değerlendirildiği (Tablo 8) MDS ve PCA sonuçları iki deniz arasında hem fiziksel-trofik hem de zooplankton komünitesi bakımından belirgin farklar olduğunu göstermektedir (Şekil 24). Zooplankton komünitesinde ve çevresel parametrelerde görülen iki deniz arasındaki fark çevresel parametrelerde daha belirgindir. Varyansın büyük kısmının açıklandığı PC1 boyunca en büyük değişim klorofil değerlerinde gözlenirken sıcaklık ve tuzluluk PC1 ve PC2 boyunca değişmektedir. Sonuçlar iki deniz arasında fiziksel şartların yanı sıra, zooplankton için uygun besin miktarı açısından da belirgin bir derecelenme olduğuna işaret etmektedir. İki denize göre *a-priori* test edilen benzerlikler iki bölge komüniteleri arasındaki farkın başta *P. avirostris*, *P. polyphemoides*, *P. elongatus* ve *O. dioica* olmak üzere birçok türün dağılımındaki farktan kaynaklandığını ve iki grubun farkının %51 olduğunu göstermektedir (SIMPER). Grafikselleştirilmediği takdirde öklid mesafesi ile PCA'de kullanılan parametrelerle hazırlanan benzerlik matrisinin zooplankton benzerlik matrisi ile kıyaslanması iki yapı arasındaki benzerliği istatistiksel açıdan da doğrulamaktadır ($R_{ho}=0.41$, $p=0.001$, RELATE).



Şekil 24. K0 ve MY2 istasyonları zaman serisi verilerine ait zooplankton MDS (A) ve çevresel parametreler PCA (B) ordınasyonları.

(PCA üzerinde temel bileşenleri oluşturan katsayılar verilmiştir)

3.3. Üst tabaka zooplanktonunun mekana bağlı değişimi

3.3.1. Toplam zooplankton bolluğu ve tür kompozisyonu

Mevsimlik olarak yürütülen çalışmalarda toplam zooplankton bolluğunun İstanbul civarında ve İzmit, Gemlik ve Bandırma körfezleri gibi ötrofik bölgelerde daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 25). En düşük bolluk değerleri ise genellikle İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışında yer alan K0'da ve Çanakkale Boğazı Ege çıkışında yer alan C1'de tespit edilmiştir. Marmara'nın orta ve batı kısımlarında değerler nispeten daha düşüktür. Dört örnekleme verisi beraber değerlendirildiğinde zooplankton bolluğunun özellikle İstanbul civarında ve İzmit ve Gemlik körfezlerinde daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 25). En yüksek bolluk değerleri Haziran 2005 ve Mart 2006 örneklemelerinde tespit edilmiştir. Tüm çalışma dönemleri arasında en yüksek bolluk değeri İzmit Körfezi'nin en iç kısmında yer alan I1'de Mart 2006'da tespit edilmiştir (9220 birey.m⁻³). En düşük bolluk değerleri ise genellikle İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışında yer alan K0'da ve Çanakkale Boğazı Ege çıkışında yer alan C1'de tespit edilmiştir. Marmara'nın orta ve batı kısımlarında değerler nispeten daha düşüktür.

Marmara Denizi'nde alt ve üst tabakalardan mevsimsel olarak gerçekleştirilen çalışmalarda toplam 83 tür grup elde edilmiştir. Bu türlerin 47'si Copepoda'dandır (Tablo 11). Sadece üst tabakada elde edilen türler ele alındığında (62 tür) Copepoda'dan *A. clausi*, *P. parvus* ve *O. similis*; Cladocera'dan *Penilia avirostris*; Appendicularia'dan *O. dioica*; Chaetognatha'dan *S. setosa* ve diğer gruplardan Bivalvia ve Polychaeta larvası ile *N. scintillans* ön plana çıkmaktadır.

Tür sayısı Aralık 2005'te en yüksek, *N. scintillans*'ın yüksek bolluğa sahip olduğu Haziran 2005'te ise en düşük değerleri almaktadır (Şekil 26). Aralık 2005'te oldukça kirli olan Bandırma ve Gemlik körfezlerinde tür sayısının yüksek çıkması dikkat çekicidir. Ancak her iki körfezde de dış bölgede değerler yüksektir ve iç kısımlara doğru düşmektedir. Aralık ayında tüm istasyonlarda tespit edilen yüksek tür çeşitliliği zaman serisi verisinin de gösterdiği gibi meroplanktonun yüksek katılımı ve zengin kopepod çeşitliliği ile ilişkilidir.

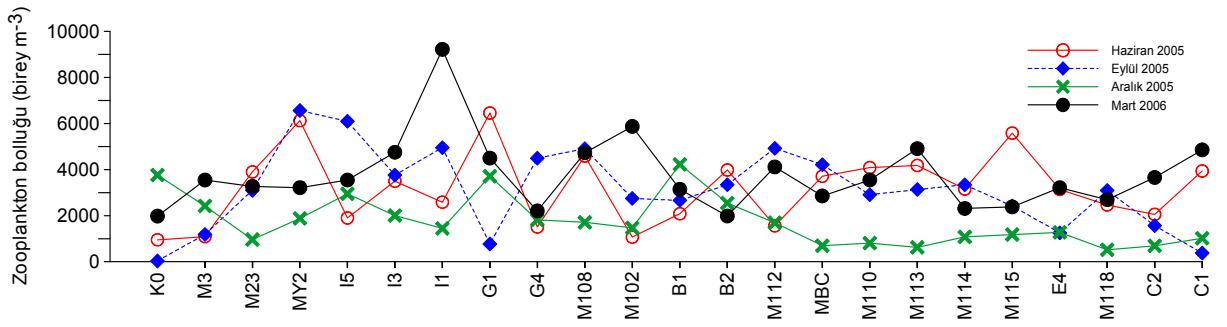
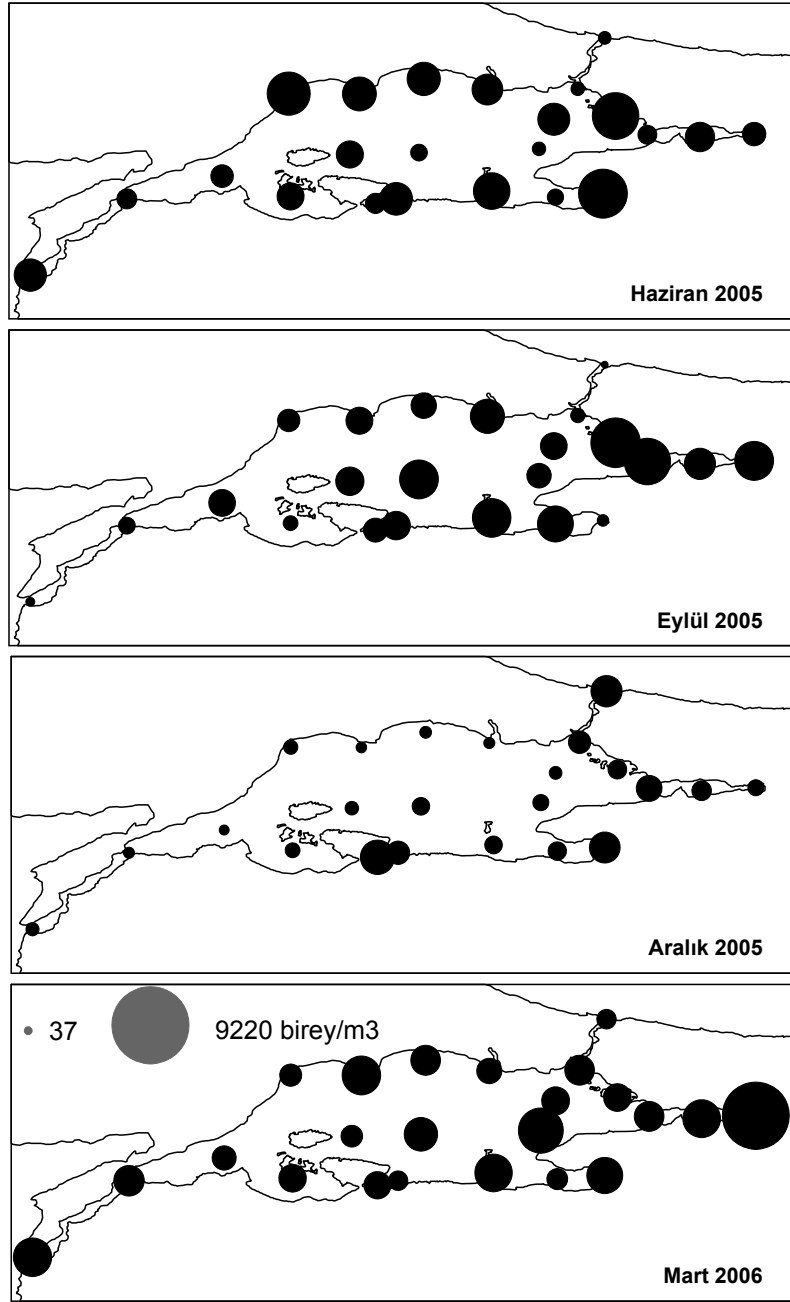
Shannon çeşitlilik indisi değerleri Haziran ve Eylül 2005'te İstanbul Boğazı ve çevresinde yüksek çıkmaktadır (Şekil 27). *N. scintillans*'ın yüksek bolluğa sahip olduğu Haziran 2005'te çeşitlilik değerleri tür sayısı gibi oldukça düşüktür. Aralık 2005'te tür sayısında gözlenen artışın etkileri çeşitlilik değerlerine de yansımakta ve tüm Marmara'da yüksek değerler göze çarpmaktadır.

Tablo 11. Mevsimlik örneklemede alt ve üst tabakalarda tespit edilen türlerin/grupların örnekleme ve tabakalara göre dağılımları ve frekansları.

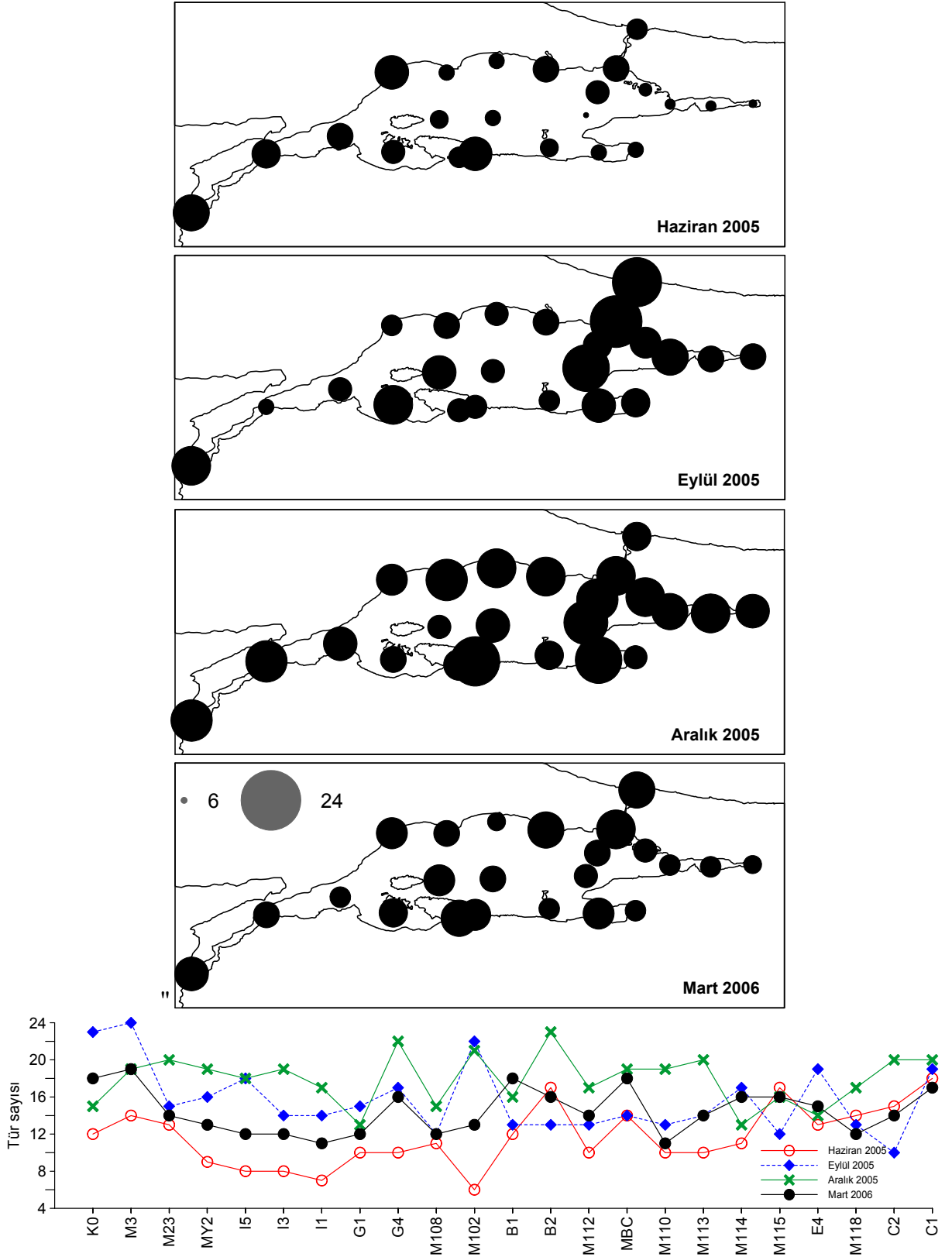
	Haziran 2005		Eylül 2005		Aralık 2005		Mart 2006	
	üst	alt	üst	alt	üst	alt	üst	alt
Copepoda								
<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht, 1881	100	85.7	100	60.0	87.0	83.3	100	100
<i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849			8.7					
<i>Acartia</i> sp.		14.3						
<i>Aetideus armatus</i> (Boeck, 1872)		28.6	4.3	20.0		66.7		33.3
<i>Calanus euxinus</i> Hulsemann, 1991		57.1	13.0	40.0	26.1	16.7	39.1	66.7
<i>Calanus</i> sp.		14.3						
<i>Calocalanus</i> sp.		14.3						33.3
<i>Candacia</i> sp.						33.3		16.7
<i>Centropages kröyeri</i> Giesbrecht, 1893	8.7		17.4					
<i>Centropages ponticus</i> Karavaev, 1895	4.3		8.7				8.7	
<i>Centropages</i> sp.	4.3		13.0		8.7			16.7
<i>Centropages typicus</i> Kröyer, 1849	17.4	14.3		20.0	91.3	16.7	91.3	50
<i>Clausocalanus arcuicornis</i> (Dana, 1849)		42.9		20.0				16.7
<i>Clausocalanus furcatus</i> (Brady, 1883)		57.1		60.0		16.7		50
<i>Clausocalanus paululus</i> Farran, 1926		14.3		20.0				
<i>Clausocalanus</i> sp.	4.3	71.4		60.0		33.3	4.3	66.7
<i>Ctenocalanus vanus</i> Giesbrecht, 1888		100		60.0		83.3		100
<i>Diaixis pygmaea</i> (Scott T., 1899)		42.9		20.0		16.7		33.3
<i>Eucalanus</i> sp.		14.3						
<i>Euchaeta marina</i> (Prestandrea, 1833)		28.6	4.3	40.0		50		66.7
<i>Euaugaptilus</i> sp.						16.7		
<i>Gaetanus</i> sp.								16.7
<i>Mecynocera clausi</i> Thompson I.C., 1888			4.3				4.3	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i> (Dana, 1849)	4.3	14.3			8.7		4.3	16.7
<i>Metridia lucens</i> Boeck, 1865		85.7	4.3	40.0	4.3	66.7	4.3	83.3
<i>Microcalanus pygmaeus pygmaeus</i> (Sars, 1900)		100		60	4.3	83.3		100
<i>Pseudocalanus elongatus</i> (Boeck, 1865)	30.4	85.7	26.1		17.4		47.8	100
<i>Paracalanus nanus</i> Sars G.O., 1925						33.3	4.3	
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	95.7	57.1	100	100	100	100	100	100
<i>Paracalanus pygmaeus</i> Claus, 1863	4.3		17.4	20	4.3			16.7
<i>Paracalanus</i> sp.	4.3	14.3		20	8.7		8.7	
<i>Scolecithricella</i> sp.		28.6				16.7		33.3
<i>Temora stylifera</i> (Dana, 1849)					4.3	16.7		
<i>Oithona nana</i> Giesbrecht, 1892	26.1		30.4	40	43.5	83.3	39.1	
<i>Oithona plumifera</i> Baird, 1843	4.3	57.1	4.3	80.0	8.7	83.3	8.7	100
<i>Oithona setigera</i> Dana, 1852		14.3						
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	82.6	100	39.1	100	65.2	83.3	100	100
<i>Oithona</i> sp.	21.7	57.1	30.4	20.0	47.8	50.0	21.7	16.7
<i>Oncaea media</i> Giesbrecht, 1891	26.1	28.6	17.4	40.0	21.7	33.3		16.7

Tablo 11. *Devam.*

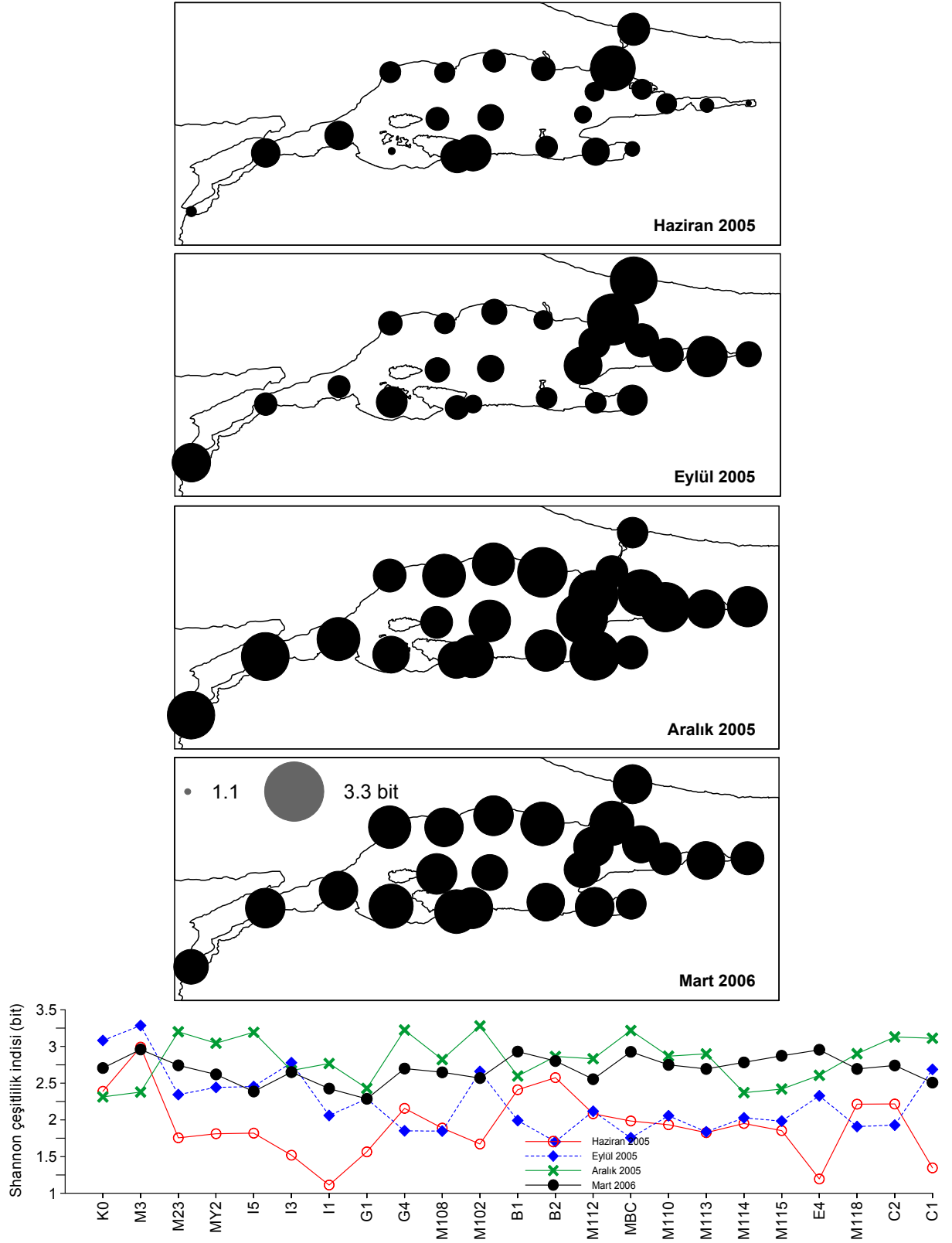
	Haziran 2005		Eylül 2005		Aralık 2005		Mart 2006	
	üst	alt	üst	alt	üst	alt	üst	alt
<i>Oncaea mediterranea</i> (Claus, 1863)		85.7	4.3	100		83.3		33.3
<i>Oncaea</i> sp.			4.3	40.0				
<i>Clytemnestra rostrata</i> (Brady, 1883)	4.3					33.3	4.3	
<i>Corycaeus</i> sp.		14.3	8.7			16.7	4.3	
<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847)	4.3		17.4		60.9	50.0	8.7	66.7
<i>Macrosetella gracilis</i> (Dana, 1847)				20.0				16.7
<i>Microsetella rosea</i> (Dana, 1848)		14.3						
Cladocera								
<i>Evadne nordmanni</i> Loven, 1836	52.2		4.3		69.6	16.7	100	100
<i>Evadne spinifera</i> P.E.Müller, 1867			60.9					
<i>Penilia avirostris</i> Dana, 1849	82.6		100	100	91.3	33.3		
<i>Pleopsis polyphemoides</i> (Leuckart, 1859)	100	85.7	39.1	20	100	66.7	100	83.3
<i>Podon intermedius</i> Lilljeborg, 1853						16.7		
<i>Pseudevadne tergestina</i> (Claus, 1877)		14.3	69.6	40				
Diğer gruplar								
<i>Oikopleura dioica</i> Fol, 1872	100	85.7	100	60.0	100	66.7	91.3	83.3
<i>Oikopleura longicauda</i> (Vogt, 1854)			4.3		13.0			
<i>Fritillaria</i> sp.				20		16.7	4.3	33.3
<i>Sagitta setosa</i> Müller, 1847	17.4	42.9	95.7	80	26.1	33.3	8.7	33.3
<i>Sagitta</i> sp.		14.3	4.3	20.0	4.3	16.7		
Cirripedia nauplius larvası	47.8		30.4		78.3	50.0	43.5	
Cirripedia cypris larvası			52.2	20.0	82.6	33.3	17.4	
Ostracoda (sp.)				40.0		50.0		33.3
Ctenophora (sp.)		14.3	56.5		13.0		8.7	
Medusae (sp.)			13.0					
Siphonophora (sp.)		14.3		60.0				16.7
Euphausiidae (sp.)			4.3				4.3	16.7
Euphausiidae (sp.) naupli								16.7
Isopoda (sp.)	8.7		8.7					
Balık larvası	8.7	28.6	8.7	20.0	4.3		4.3	
Balık yumurtası	4.3	42.9	8.7		17.4		21.7	
Foraminifera (sp.)			8.7		4.3		4.3	16.7
Actinotroch larvası (<i>Phoronis</i> sp.)		14.3	4.3	60.0	13.0	33.3		
Bivalvia larvası	82.6	100	87.0	80.0	100	83.3	100	100
Gastropoda larvası	47.8	57.1	78.3	60.0	56.5	66.7	34.8	50.0
Polychaeta larvası	60.9	57.1	82.6	60.0	100	83.3	82.6	83.3
Decapoda larvası	47.8	57.1	47.8	60.0	17.4	33.3		16.7
Polychaeta Trochopore larvası		14.3	4.3		4.3		17.4	
Bipinnaria		14.3	4.3		8.7		26.1	
Echinopluteus	4.3	14.3	34.8	60.0	43.5	16.7	26.1	16.7
Ophiopluteus	4.3	14.3	30.4	60.0	82.6	33.3	17.4	33.3
Cyphonautes			17.4		8.7			
Ascidia larvası					4.3			
<i>Liriope tetrphylla</i> (Otto, 1823)			13.0		95.7	100		16.7
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney, 1810) Kofoid, 1920	100	100	91.3	20	100	66.7	52.2	50
Toplam:		83						
Üst tabaka:	33	50	50	43	42	47	38	47
Alt tabaka:		73						



Şekil 25. Toplam zooplankton bolluğunun mevsimsel örneklemelerdeki değişimi.



Şekil 26. Tür sayısının mevsimlik örneklemelerdeki değişimi.

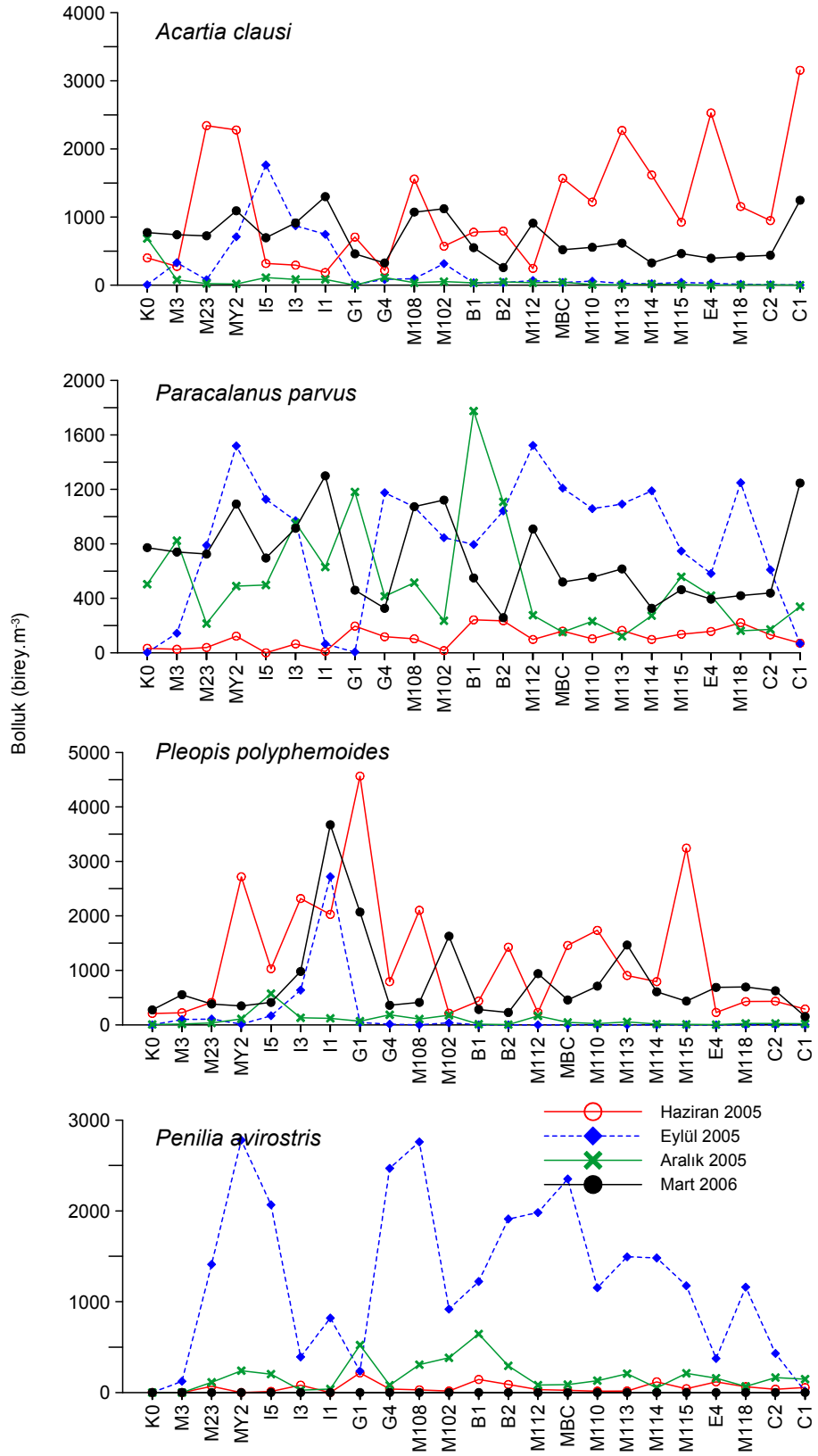


Şekil 27. Shannon çeşitlilik indisinin mevsimlik örneklemelerdeki değişimi.

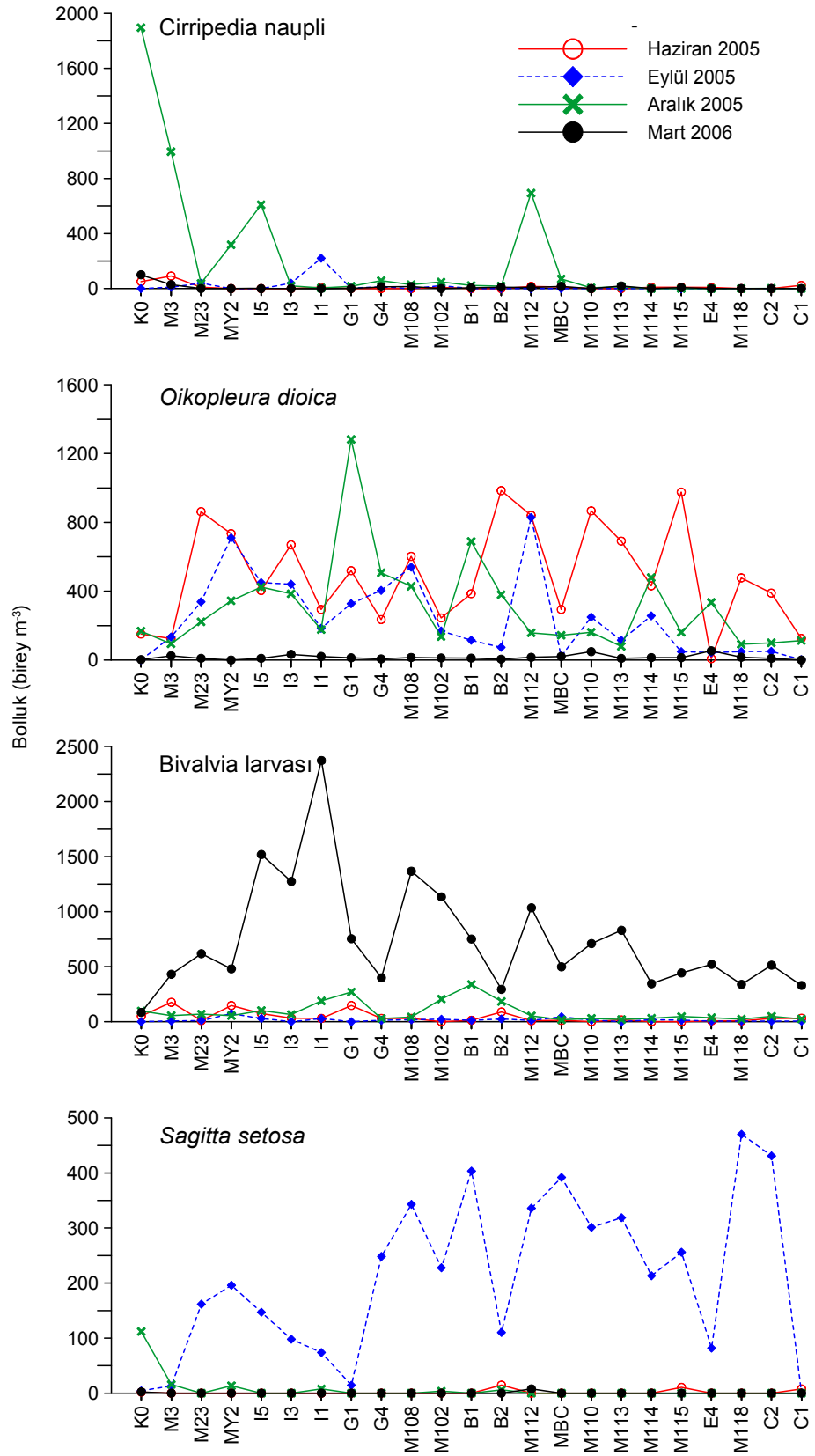
Tür dağılımı incelendiğinde kopepodların Haziran 2005 ve Mart 2006'da daha yüksek değerlerle zooplankton içerisinde temsil edildiği görülmektedir. En yüksek bolluk değerlerine ulaşan kopepod türleri *Acartia clausi* ve *Paracalanus parvus*'tur. *A. clausi* bolluğu Haziran 2005 ve Mart 2006'da en yüksektir. *P. parvus*'un yoğun dağılım yaptığı Eylül 2005'te İzmit Körfezi'nde *A. clausi* daha yüksek değerler ile temsil edilmektedir (Şekil 28).

Cladocera bolluğunda yüksek değerlerin dağılımında farklılıklar söz konusudur. İstanbul Boğazı ve kuzey Marmara civarında Haziran 2005'te ve doğu-güneydoğu Marmara'da Mart 2006'da *Pleopis polyphemoides* bolluğuna bağlı olarak değerler yükselirken, Erdek Körfezi'nde ve Marmara'nın ortalarında Eylül 2005'te *P. avirostris* bolluğuna bağlı yüksek değerler görülmektedir (Şekil 28). *P. polypemoides* Haziran 2005 ve Mart 2006'da yüksek değerlerle temsil edilirken oldukça az bireyle temsil edildiği Eylül 2005'te İzmit Körfezi'nin içlerine doğru artmaya başlamaktadır. *P. avirostris* Eylül 2005'te yüksek değerler ile temsil edilirken, Kasım-Aralık 2006'da Gemlik Körfezi civarında yüksek değerlere ulaşmaktadır. *Evadne nordmanni* ise Mart 2006'da, özellikle Gemlik Körfezi'nde, yüksek bolluklarla temsil edilmektedir.

Noctiluca scintillans Marmara genelinde Haziran ve Aralık 2005 dönemlerinde yüksektir (Şekil 29). Özellikle Haziran başında yürütülen örnekleme sırasında türün Prens Adaları civarında uzun hatlar boyunca red-tide oluşturduğu görülmüştür. M20 civarında tespit edilen red-tide yüzeyde 1.31×10^6 birey L^{-1} 'lik yoğunluğa sahiptir ve bu değer metreküpte 1.3 milyar hücreye tekabül etmektedir. Marmara Denizi üst tabakasındaki dağılımı incelendiğinde Tuzla önleri, İzmit Körfezi, Bandırma Körfezi ve Gemlik Körfezi gibi sorunlu sahaların ön plana çıktığı görülmektedir (Şekil 29). Susurluk Deresi-İmralı Adası arasında kalan bölge de yüksek *Noctiluca* gelişiminin görüldüğü bölgeler arasında yer almaktadır. Bu bölgedeki yüksek değerler kirlilik etkisinden ziyade hakim poyraz rüzgarı ile Tuzla açıklarında ve kısmen Gemlik Körfezi'nde oluşan popülasyonun sürüklenmesi ile oluşmuş olabilir. Her ne kadar Susurluk Deresi Marmara Denizi'nin en büyük tatlısu giriş kaynağı olsa ve özellikle tarımsal kirleticiler taşısa da, bölgede tespit edilen düşük klorofil değerleri yağmurların az olduğu bu dönemde böyle bir kirletici taşınımının önemsiz olduğunu düşündürmektedir. Nitekim çalışma gününde yüzey akıntısının doğudan, yani Gemlik yönünden olduğu görülmektedir. En düşük değerler Erdek Körfezi ile Çanakkale Boğazı arasında tespit edilmiştir.

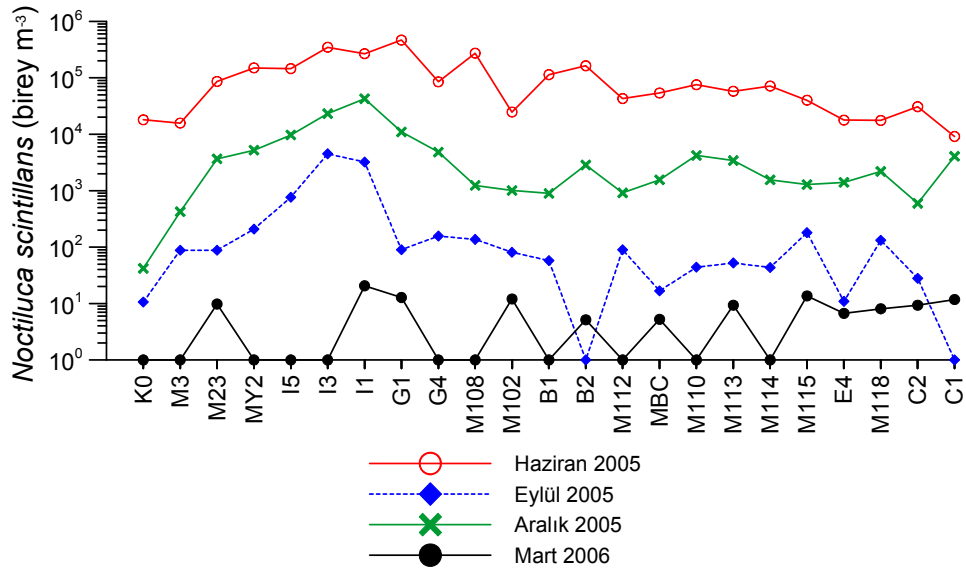


Şekil 28. Marmara Denizi'nde önemli zooplankton türlerinin/gruplarının mevsimsel değişimi.



Şekil 28. Devam.

Aralık 2005'te değerler daha düşüktür ve Gemlik ve İzmit körfezleri ile Tuzla açıkları hariç birbirine yakın olduğu görülmektedir (Şekil 29). Marmara Denizi'nin orta kısımları, Erdek Körfezi ve Çanakkale girişinde ufak bir azalma eğilimi vardır. 12'de tespit edilen 1.36×10^6 birey L^{-1} 'lik bolluğu diğer İzmit Körfezi istasyonları ve sonrasında Tuzla ve Gemlik körfezi takip etmektedir.



Şekil 29. *Noctiluca scintillans*'ın Marmara Denizi'ndeki dağılımı.

3.3.2. Zooplankton komünite yapısı

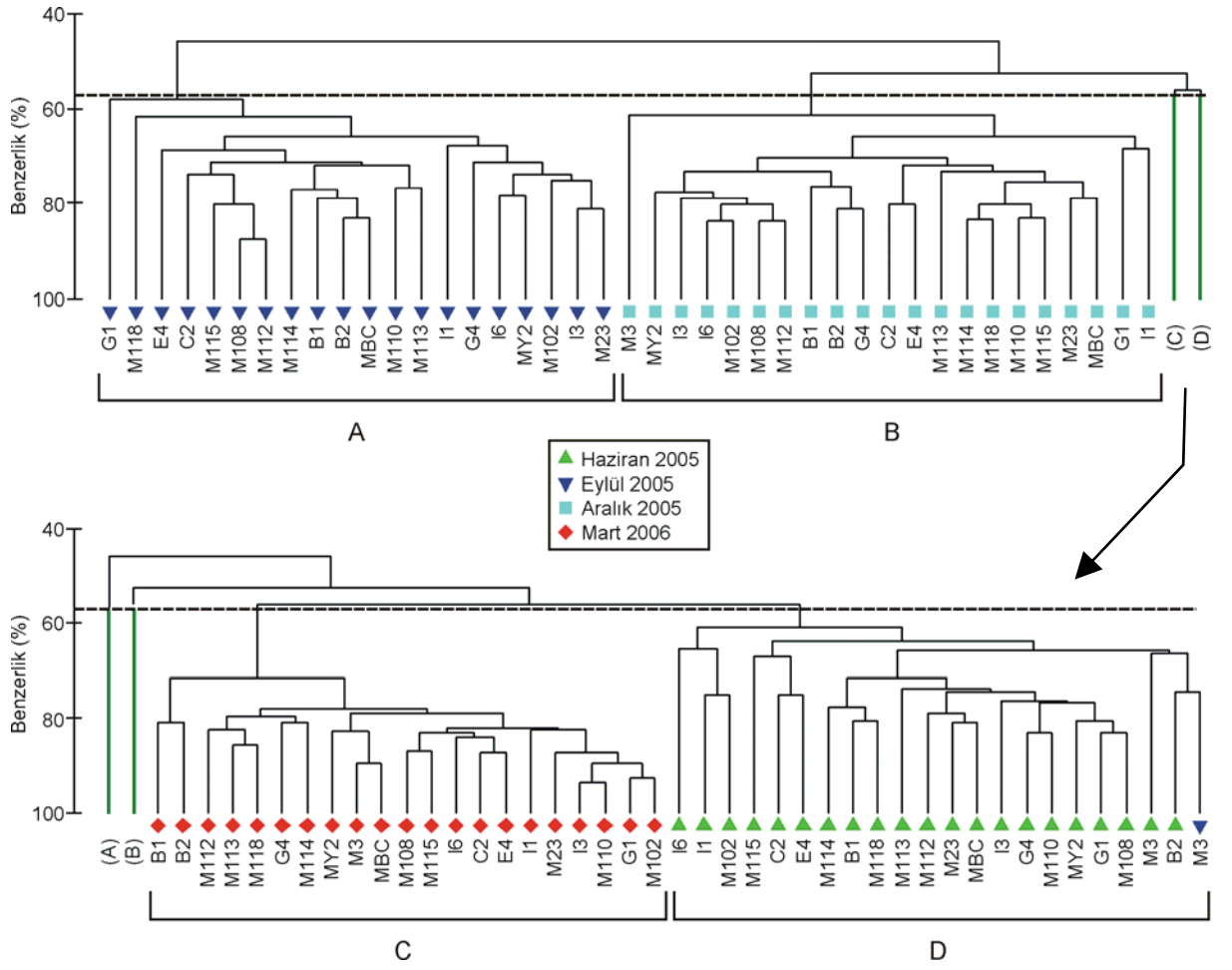
Zooplankton komünite yapısı mevsimlere göre belirgin bir farklılaşma göstermektedir ($R=0.90$, $p= 0.001$, ANOSIM). K0 ve C1'in Marmara istasyonları arasındaki farklılıkların daha net olarak görülebilmesi için veri setine dahil edilmediği sınıflandırmalarda, Eylül 2005'te komünitelerin birbirinden ayrıldığı, Mart 2006'da ise tüm Marmara'da oldukça benzer bir komünite yapısının olduğu görülmektedir (Şekil 30). Mart örnekleme esnasında gün aşırı kuzey-güney ekseninde değişen ve 7 kuvvetini bulan rüzgarlar Marmara Denizi'nde nispeten homojen bir üst tabakanın oluşmasını sağlamış olabilir. Bir diğer önemli nokta da Eylül 2005 örneklemeinde MDS birinci eksenini boyunca izlenen varyasyondur. MDS üzerine

yansıtılan klorofil a değerlerinden de izlenebildiği gibi Gemlik ve İzmit körfezlerinin iç kısımlarında yer alan istasyonlar yüksek klorofil a değerlerini almakta ve genellikle bu istasyonlar mevsimsel komuniteleri temsil eden grupların dış kısmında yer almaktadırlar.

Komunite yapısındaki farkları daha net görebilmek için yapılan kümeleme analizinde de ~%57 benzerlikte grupların Eylül 2005 M3 örneği hariç keskin bir doğrulukla mevsimlere göre ayrıldığı görülmektedir (Şekil 31). Eylül 2005 M3 örneği Haziran 2005 grubunda yer almakta ve MDS üzerinde iki grubun arasında konumlanmaktadır. Gruplar arasındaki en yüksek fark Eylül 2005 ve Mart 2006 dönemleri arasında görülmektedir ($R=0.99$, $p=0.001$, ANOSIM). En düşük fark ise Haziran 2005 ve Mart 2006 dönemleri arasındadır ki, MDS üzerine yansıtılan sıcaklık değerleri bu iki ayda değerlerin birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir ($R=0.85$, $p=0.001$).

Grupların oluşmasında rol oynayan türler ve katılım oranları incelendiğinde farklı dönemlerde farklı türlerin ön planda olduğu görülmektedir (Tablo 12, SIMPER). Yaz komunitelerini temsil eden A grubunda (Eylül 2005) termofilik türler ön plandayken, bu gruba en yüksek farklılaşmanın görüldüğü ve kışı temsil eden C grubunda (Mart 2006), A grubu için ayırt edici tür olmayan *Paracalanus parvus* hariç tamamen farklı türler bulunmaktadır. Grupların benzememesinden sorumlu türlerin başında yine Tablo 12’de verilen yaz komunitelerini (A) oluşturan türler (*P. parvus* hariç) gelmekte ve B grubunun ayırt edici türleri arka planda kalmaktadır. Grupların ayrılmasında etkili ayırt edici türler açısından en yüksek değerler Mart 2006 örneklemede görülmektedir.

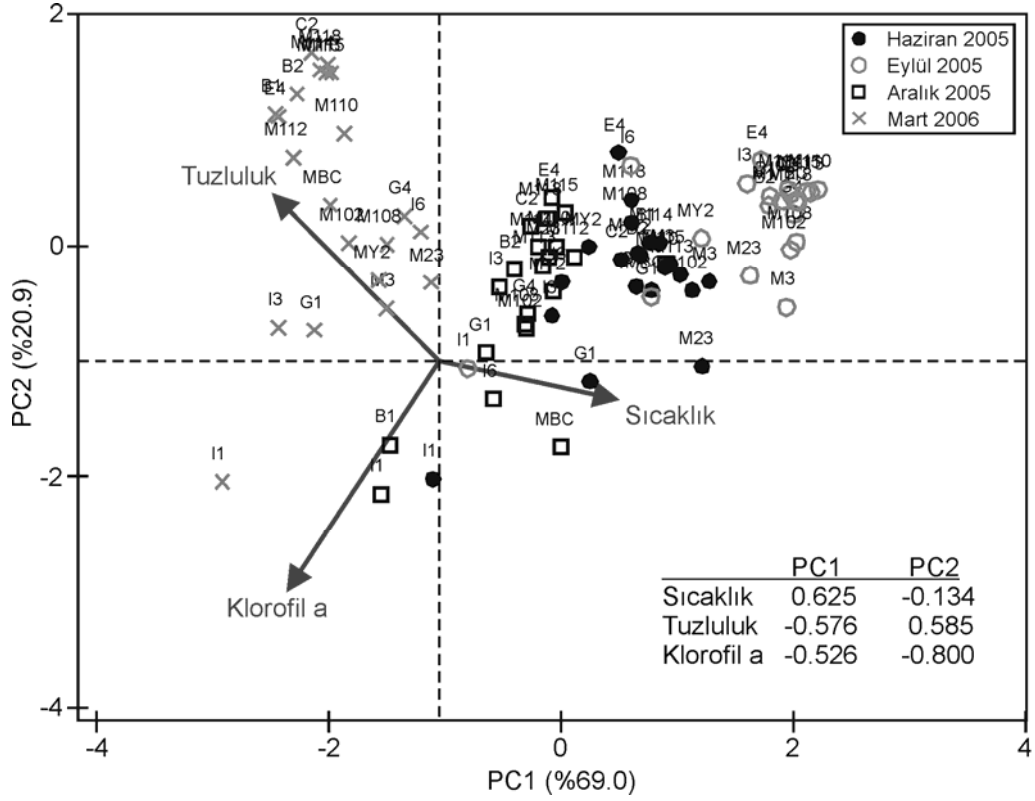
Her ne kadar Mart 2006 zooplankton komuniteleri oldukça benzer olsa da, çevresel parametreler açısından en büyük değişimin görüldüğü dönemdir. Bu dönem ile ilgili olarak komünite yapısı kısmında belirtilen gün aşırı kuzey-güney ekseninde değişen ve 7 kuvvetini bulan rüzgarlar Marmara Denizi’nde komunitelerin homojen bir şekilde dağılmasını sağlayabileceği gibi, daha kısa zaman birimleri ile tanımlanan sıcaklık düşüşleri ve dikey karışımlarla fiziksel yapıda farklılıklara sebep olmuş olabilir. PCA sınıflandırması Mart ayının tuzluluk artışı ve sıcaklık-klorofil a düşüşü ile karakterize edilen bir dönem olduğunu göstermektedir (Şekil 32). PC1 sıcaklık, PC2 ise klorofil a açısından en büyük değişimin görüldüğü eksenlerdir. I1, B1 ve G1’in klorofil artışı ile diğer istasyonlardan ayrıldığı



Şekil 31. Mevsimlik zooplankton örnekleme kümeleme analizi sonucu.

Zooplankton komünitesine etkili olan bir diğer değişken fitoplankton komünite yapısındaki varyasyondur. Taş (yayınlanmamış veri) tarafından zooplankton çalışmaları ile eş zamanlı yürütülen fitoplankton analizlerinden iki çalışma için ortak olan örnekler kullanılarak yapılan komünite analizlerinin sonuçları karşılaştırılmış ve birbirleriyle ilişkilendirilmiştir. Hem zooplankton hem de fitoplankton komünite yapılarında benzer kalıplar gözlenmektedir (Şekil 33). Her iki plankton grubunda da Eylül 2005'te daha dağınık, Mart 2006'da ise oldukça benzer komüniteler olduğu göze çarparken, zooplanktonda daha belirgin olan Aralık-Mart ayrımı fitoplanktonda zayıftır. Aralık 2005 ve Mart 2006'daki farklı yapılar iki komünite arasındaki benzerliği azaltmakla beraber korelasyon hala yüksektir ($R_{ho}=0.52$, $p=0.001$, RELATE). *N. scintillans*'ın oldukça yoğun olduğu Haziran örnekleme tarihinde ise

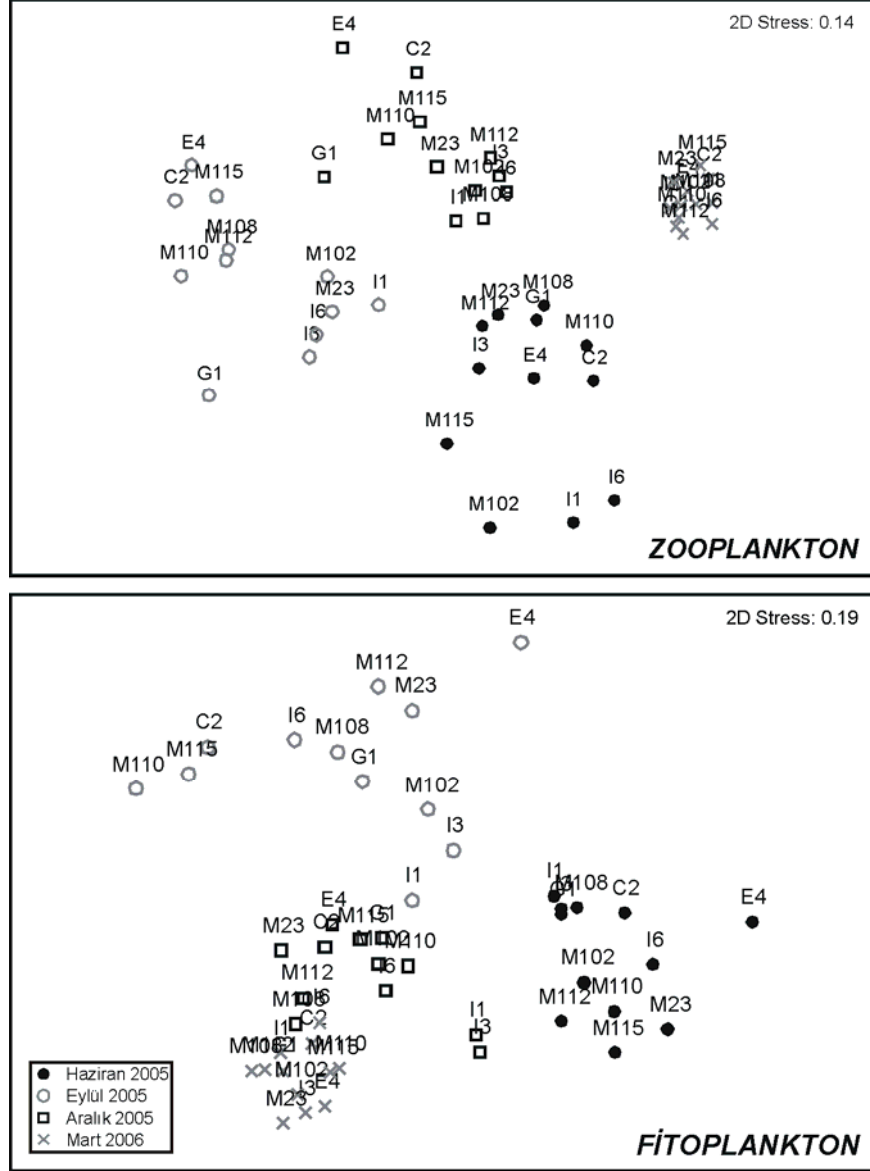
fitoplankton komunitesinde benzerliğin daha yüksek olduğu görülmektedir. Genel olarak mekansal farklılaşma zooplanktonda daha belirgindir.



Şekil 32 Mevsimlik çalışma çevresel faktörler temel bileşenler analizi.

Karekök dönüştürmesi ve Öklid mesafeleri kullanılarak oluşturulan ve sıcaklık tuzluluk ve klorofil a verilerinden oluşan çevresel faktörler benzerlik matrisi zooplankton ve fitoplankton benzerlik matrisleri ile ilişkilendirildiğinde zooplankton ile daha yüksek bir korelasyonu olduğu görülmektedir (zooplankton $R_{ho}=0.51$, fitoplankton $R_{ho}=0.43$; $p=0.001$; RELATE). Çevresel faktörler benzerlik matrisinin çok boyutlu ölçeklemesi farklı bazı yapıları dikkati çekmektedir (Şekil 34). Haziran ve Eylül örneklerinin oldukça yakın konumlandığı sınıflandırmada kesikli çizginin altında klorofil a derecelenmesine bağlı olarak İzmit ve Gemlik istasyonlarının sıralandığı ve diğer bölgelerden ayrıldığı görülmektedir. Bu bölgelerde

tespit edilen farklı zooplankton komunitelerinin temelinde çevre koşullarındaki genellikle besin bolluğuna bağlı varyasyon yatmaktadır.

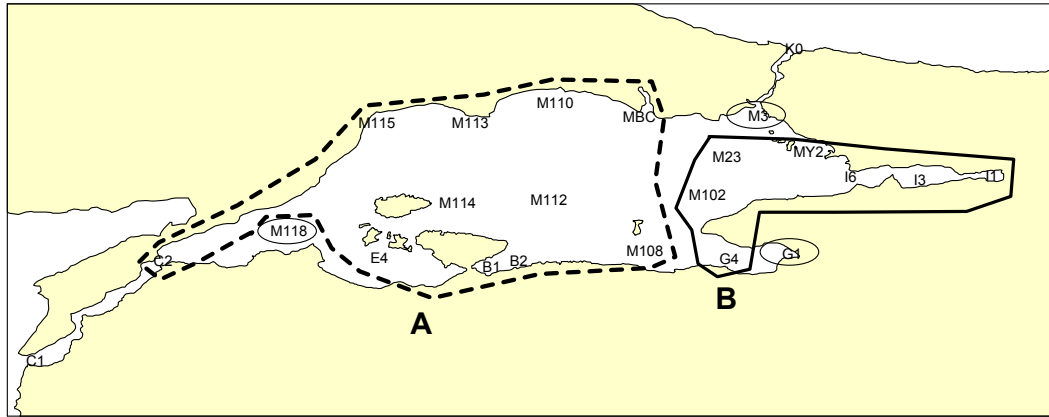
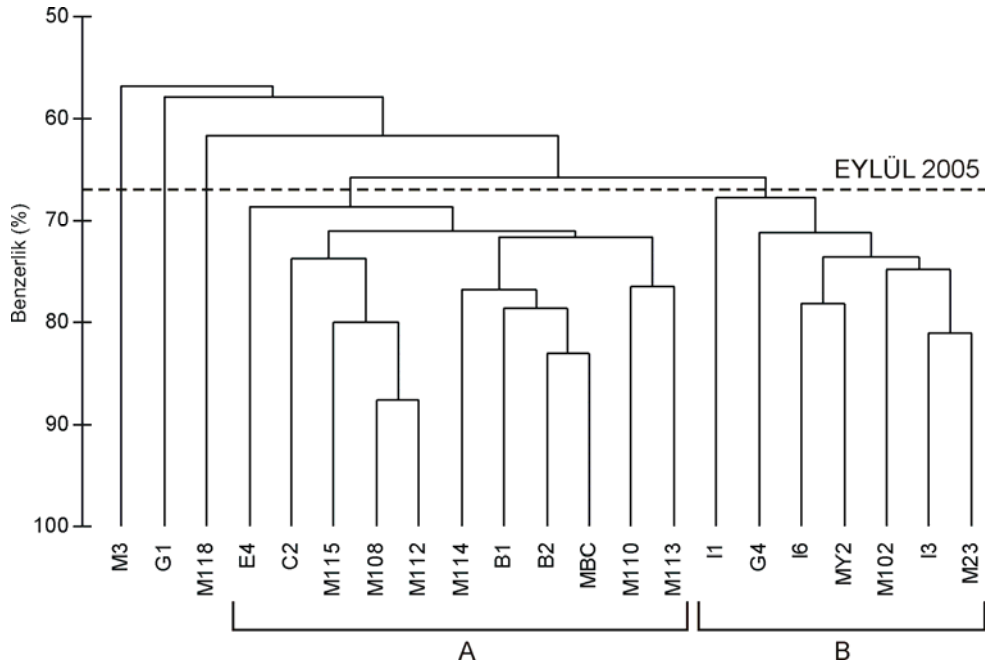


Şekil 33. Seçilmiş istasyonlarda fitoplankton ve zooplankton kommunitesi yapısı (MDS).

Zooplankton komunitelerinin sergilediği mekansal kalıpları incelemek için mevsimlik örneklemeler ayrı ayrı değerlendirildiğinde en başarılı ayırım komünite içerisindeki farklılaşmanın diğer aylara göre yüksek olduğu Eylül 2005'te görülmektedir (Şekil 30 ve Şekil 35). M3, G1 ve M118'in sınıflandırma dışı kaldığı kümeleme analizi sonucu ~%66 benzerlikte elde edilen grupların harita üzerine işlenmesi durumunda İstanbul Boğazı Mudanya ekseninde doğu-batı farklılaşması açıkça görülmektedir. İki grup arasındaki %34.3'lük benzerlik A grubunda bulunmayan *P. polyphemoides* ve *Cirripedia naupli* larvalarının B grubunda yüksek dağılımı ve yine A grubunda oldukça az olan *A. clausi*'nin B grubunda yüksek bollukta bulunmasıdır (Tablo 13). B grubunda artış gösteren ya da ortaya çıkan tüm türlerin kirlilik indikatörü olması, A ve B bölgeleri arasında çalışma döneminde trofik açıdan farklılıklar olduğunu göstermektedir. Nitekim aynı gruplaşmaya göre çevresel veri seti üzerinden yürütülen tek yönlü varyans analizleri gruplar arasında sıcaklık ($F_{1,16}=19.92$, $p<0.001$, ANOVA) ve klorofil a ($F_{1,16}=13.06$, $p=0.002$, ANOVA) açısından farklılıklar olduğunu göstermekte ve komünitelerin farklılaşmasında çevresel faktörlerin önemini yansıtmaktadır.

Tablo 13. Eylül 2005 döneminde tespit edilen farklılıktan sorumlu olan türler (SIMPER).

	Ortalama Bolluk (InN)		$\bar{\delta}_i$	$\bar{\delta}_i/SD$	Yüzde katılım	Kümülatif katılım
	Grup A	Grup B				
<i>Pleopis polyphemoides</i>	0	4.72	4.13	2.37	12.03	12.03
<i>Cirripedia nauplii</i>	0	2.65	2.37	1.40	6.90	18.93
<i>Acartia clausi</i>	3.56	6.00	2.11	1.84	6.16	25.09
<i>Pseudevadne tergestina</i>	2.23	3.50	2.04	1.43	5.95	31.04
<i>Evadne spinifera</i>	1.53	2.37	1.50	1.39	4.37	35.41
<i>Cirripedia cprid</i>	1.59	0.95	1.42	1.28	4.15	39.56
<i>Echinopluteus</i>	0.23	1.68	1.37	1.44	3.99	43.55
Decapoda larvası	1.00	1.45	1.25	1.14	3.64	47.19
Ctenophora (sp.)	1.74	1.10	1.25	1.22	3.64	50.83
<i>Oikopleura dioica</i>	4.79	5.85	1.17	1.61	3.41	54.24
Bivalvia larvası	2.46	2.75	1.05	1.14	3.06	57.30
Polychaeta larvası	2.30	2.92	1.01	1.11	2.94	60.24
<i>Sagitta setosa</i>	5.57	5.03	0.64	1.55	1.87	62.11
<i>Penilia avirostris</i>	7.15	7.16	0.62	1.29	1.82	63.93



Şekil 35. Eylül 2005 örneklemesinde zooplankton komunitasinde ~%67 benzerlikte tespit edilen gruplar ve harita üzerindeki konumları.

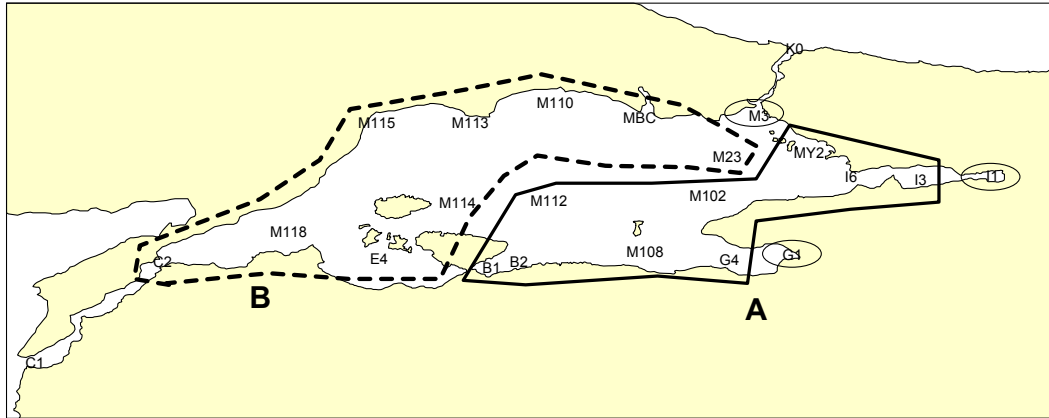
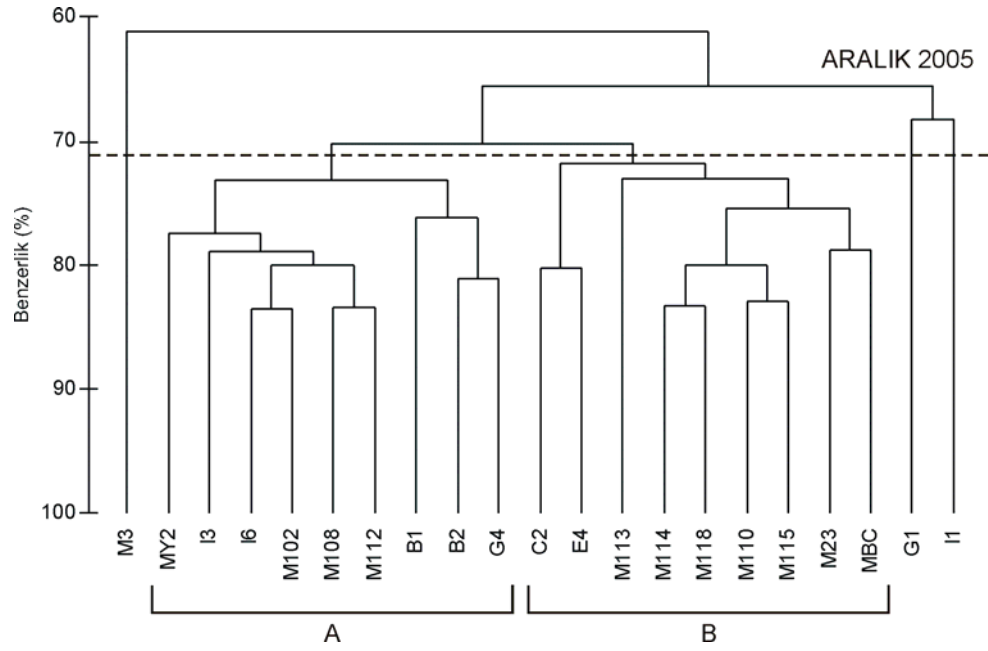
Mekansal kalıpların belirgin olduğu bir diğer dönem Aralık 2005'tir. Ötrofikasyonun yoğun olduğu bölgeler olan İzmit ve Gemlik körfezlerinin içlerinde yer alan I1 ve G1 ile Karadeniz etkisindeki M3'ün sınıflandırma dışı kaldığı analizde ~%71 benzerlikte İstanbul Boğazı-Kapıdağ Yarımadası arasında uzanan hat boyunca ayrılan iki grup elde edilmektedir (Şekil 36). A bölgesinden B bölgesine geçiş esnasında başta sırasıyla Cirripedia naupli larvası, *O. similis*, *A. clausi* ve *P. polyphemoides* olmak üzere çoğu türün bolluklarında düşüş

olduğu görülmektedir (Tablo 14). Sonuçlar bu dönemde oluşan farklılığın da kirlilik indikatörü türlerin A bölgesinde gösterdiği artış ile ilgili olduğunu göstermektedir. Varyans analizi sonuçları A ve B grupları arasında klorofil a değerleri açısından zayıf ta olsa bir ayrımın olduğunu yansıtmaktadır ($F_{1,16}=7.01$, $p=0.018$, ANOVA).

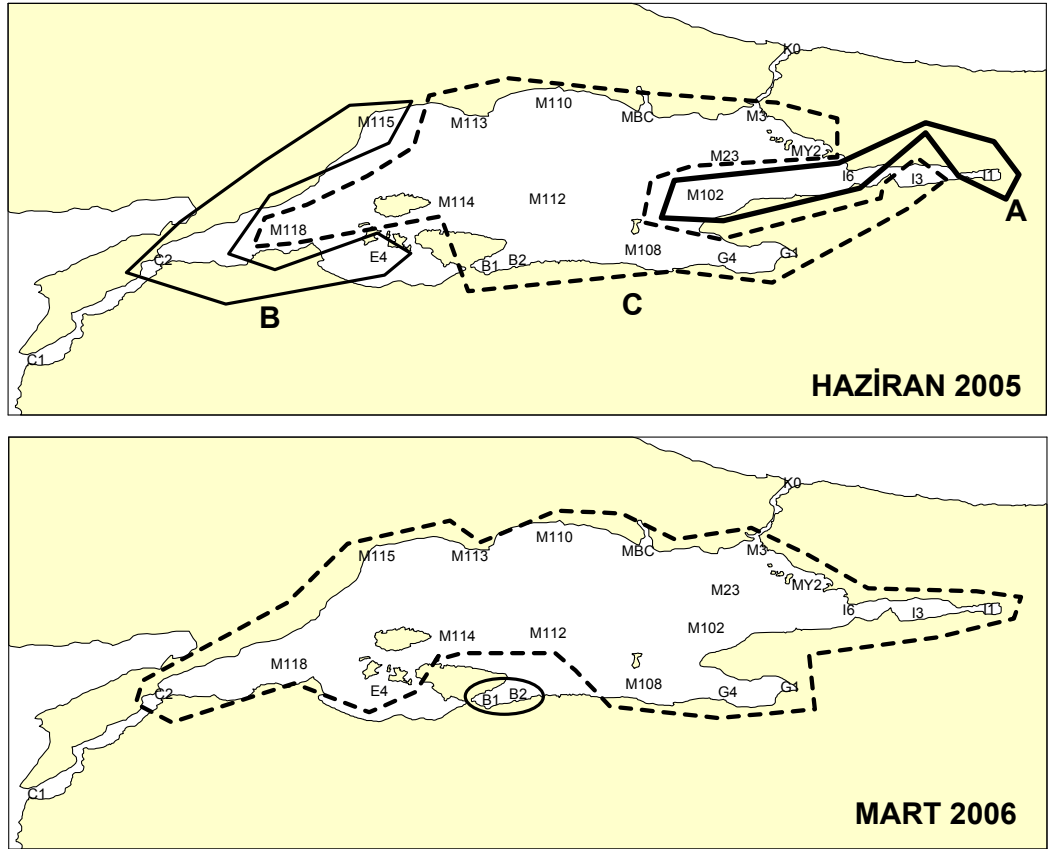
Haziran 2005 ve Mart 2006 örneklemelelerinde belirgin bir mekansal farklılaşma tespit edilememiştir. Mart 2006'da zooplankton komunitesindeki yüksek benzerlik (%72) sonucu sadece Bandırma Körfezi'nde bulunan B1 ve B2 farklı bir grupta yer almıştır (Şekil 37). Yüksek *N. scintillans* bolluğu ile tanımlanan Haziran 2005'döneminde de herhangi bir mekansal kalıba oturmayan bir dağılım ortaya çıkmaktadır (Şekil 37).

Tablo 14. Aralık 2005 döneminde tespit edilen farklılıktan sorumlu olan türler (SIMPER).

	Ortalama Bolluk (InN)		$\bar{\delta}_i$	$\bar{\delta}_i/SD$	Yüzde katılım	Kümülatif katılım
	Grup A	Grup B				
<i>Cirripedia nauplii</i>	4.36	1.51	2.59	1.56	8.66	8.66
<i>Oithona similis</i>	2.70	0.85	1.88	1.77	6.28	14.94
<i>Acartia clausi</i>	3.94	2.10	1.58	1.67	5.30	20.24
<i>Pleopis polyphemoides</i>	4.51	3.09	1.54	1.94	5.17	25.41
<i>Cirripedia cprid</i>	3.14	1.96	1.43	1.33	4.80	30.21
<i>Oithona nana</i>	1.57	0.74	1.37	1.15	4.57	34.78
<i>Echinopluteus</i>	1.05	1.24	1.22	1.42	4.07	38.85
<i>Evadne nordmanni</i>	2.43	1.37	1.17	1.51	3.93	42.78
<i>Oithona sp.</i>	1.05	1.19	1.16	1.11	3.90	46.68
Polychaeta larvası	3.46	2.17	1.12	1.91	3.74	50.42
Gastropoda larvası	1.41	0.68	1.05	1.24	3.53	53.95
<i>Euterpina acutifrons</i>	1.48	0.75	1.03	1.48	3.43	57.38
<i>Ophiopluteus</i>	2.48	2.63	0.93	1.22	3.12	60.50
<i>Centropages typicus</i>	3.74	2.69	0.91	1.86	3.03	63.53
Bivalvia larvası	4.49	3.53	0.87	1.36	2.91	66.44
<i>Paracalanus parvus</i>	6.35	5.43	0.83	1.51	2.78	69.22
<i>Penilia avirostris</i>	5.20	4.79	0.79	1.54	2.65	71.87
<i>Oikopleura dioica</i>	5.85	5.12	0.74	1.55	2.47	74.34



Şekil 36. Aralık 2005 örneklemesinde zooplankton komunitasinde ~%67 benzerlikte tespit edilen gruplar ve harita üzerindeki konumları.



Şekil 37. Haziran 2005 (%65) ve Mart 2006 (%72) örneklemelerinde zooplankton komunitesinde tespit edilen grupların harita üzerindeki konumları.

3.4. Alt tabaka zooplankton yapısı

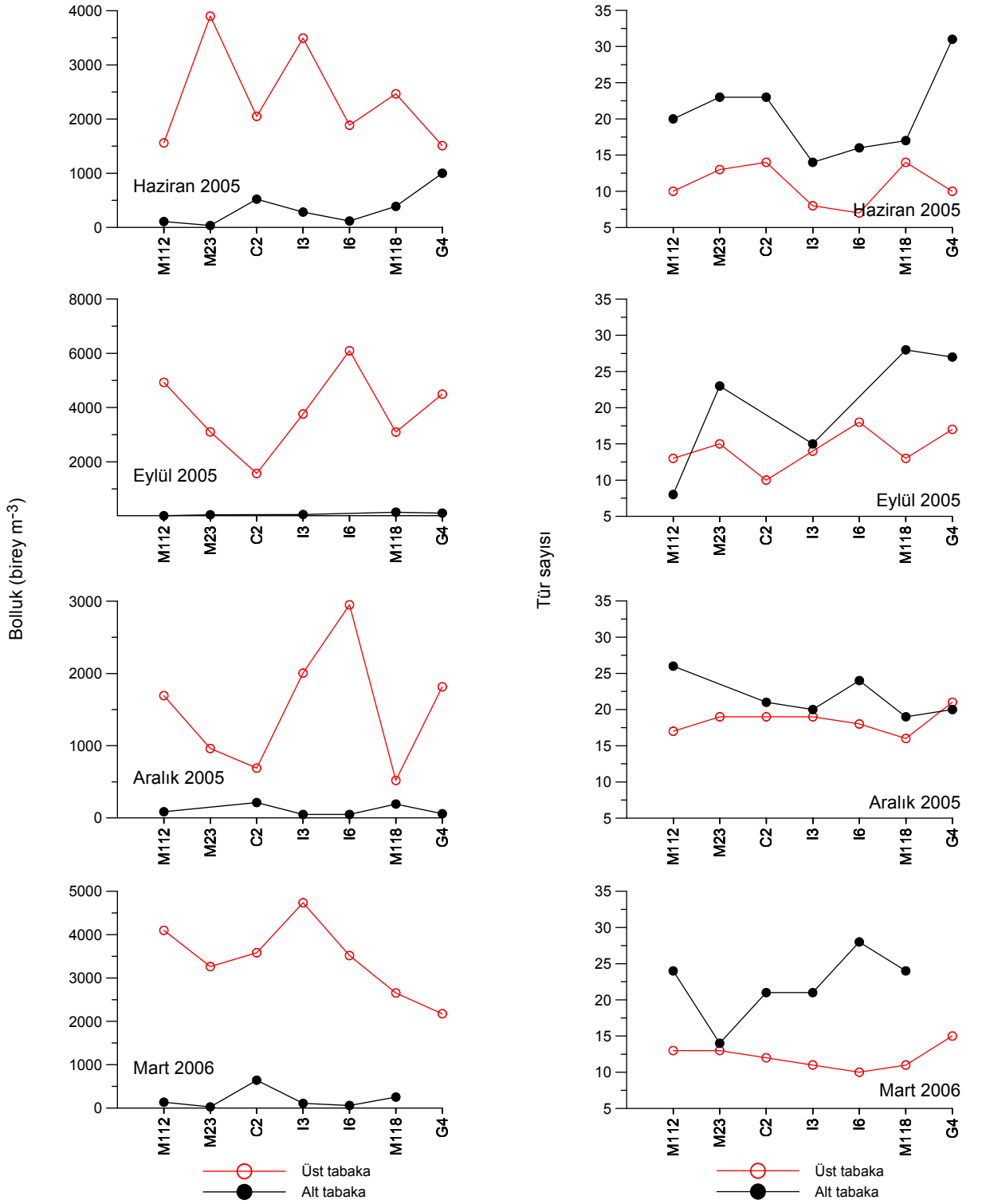
Haloklin/termoklin tabakasının altında gerçekleştirilen örneklemeler tür kompozisyonunun üst tabakadan oldukça farklı olduğunu göstermektedir (Tablo 11). Tespit edilen 73 türün büyük kısmını kopepodlar oluşturmakta ve çoğu sadece alt tabakada dağılım göstermektedir. Dört örnekleme her ne kadar frekans değerlerini tam olarak yansıtamayacak kadar düşük olsa da alt tabaka için önemli türler *A. clausi*, *Ctenocalanus vanus*, *P. parvus*, *Metridia lucens*, *Oithona plumifera* ve *Oncaea mediterranea*; Cladocera'dan *P. avirostris*; Appendicularia'dan *O. dioica* ve diğer gruplardan Bivalvia ve Polychaeta larvası ile *N. scintillans*'tır.

Alt tabakada tür sayısı Eylül 2005 örneklemeğinde M112 istasyonu hariç üst tabakadan oldukça yüksektir (Şekil 38). En yüksek değerlerin genellikle C2 yerine Gemlik Körfezi'nde bulunan G4'te görülmüş olması dikkat çekicidir. G1 üst tabakasının genellikle farklı zooplankton komuniteleri ile temsil ediliyor olması ve bu bölgede yüksek olan birincil üretim bu yapının oluşmasında etkili olmuş olabilir.

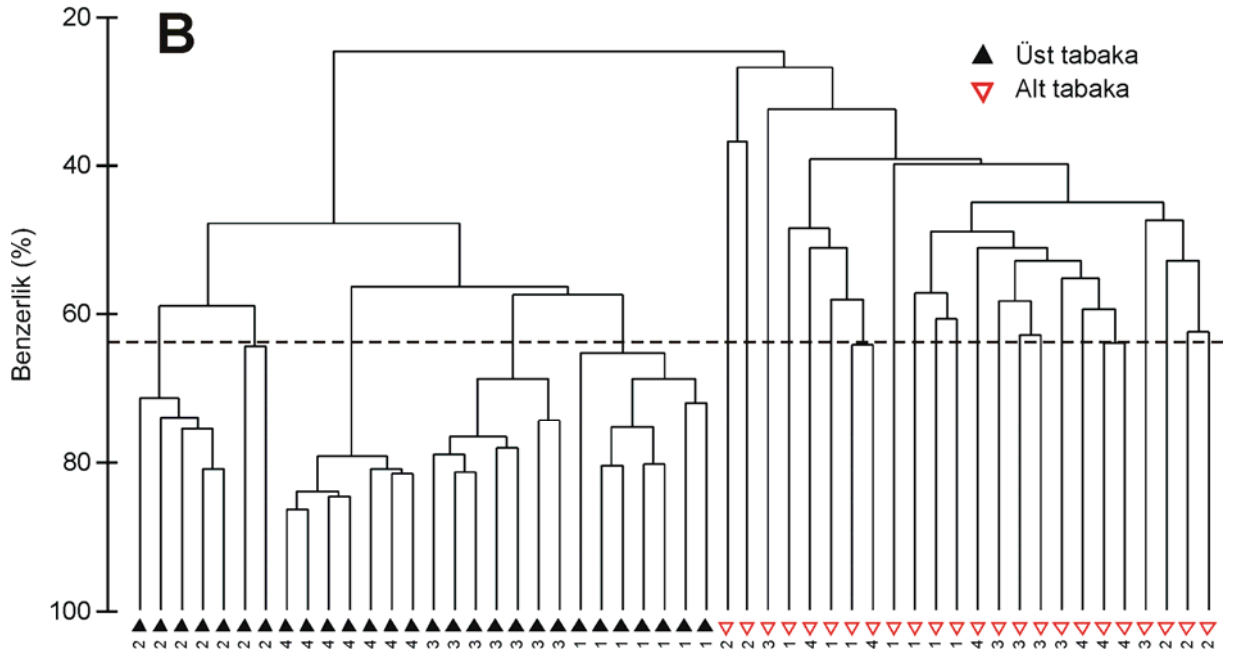
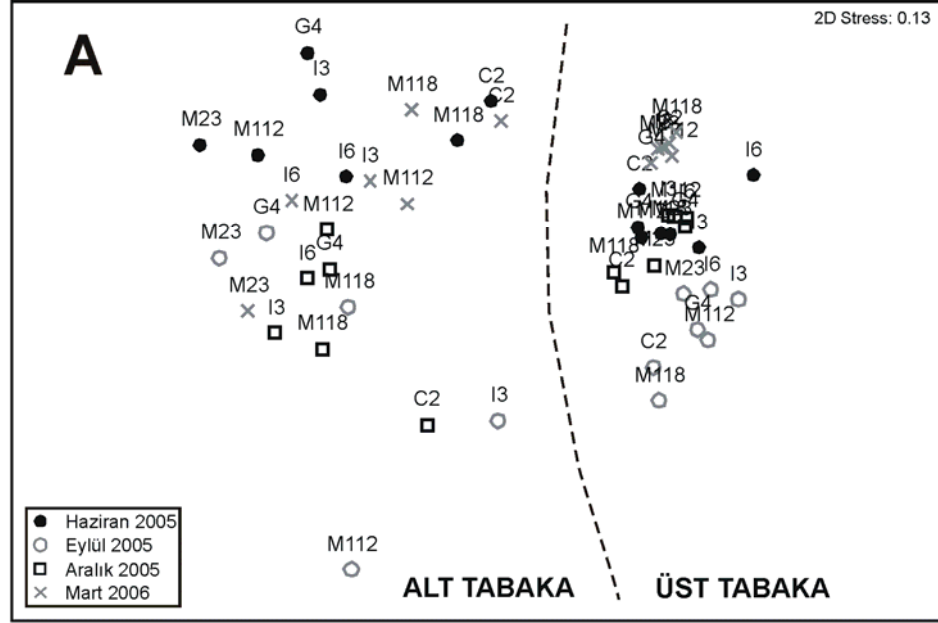
Toplam zooplankton bolluğunda üst tabaka değerleri alt tabakaya oranla oldukça yüksektir (Şekil 38). Alt ve üst tabakalar arasındaki en büyük fark tabakalaşmanın iyice kuvvetlendiği ve Marmara üst tabakasında Cladocera'nın hakim olduğu Eylül 2005'te tespit edilmiştir.

Alt ve üst tabakaların zooplankton komünite yapıları karşılaştırıldığında birinci eksen boyunca oldukça belirgin bir ayırım olduğu görülmektedir (Şekil 39). Grupların oluşmasındaki en büyük etken üst tabakada tüm dönemlerde tespit edilen türlerin bolluklarında gözlenen düşüştür (SIMPER). *C. vanus*, *Metridia lucens*, *Oithona plumifera*, *Euchaeta marina* gibi alt tabaka türlerin ayırıcı tür özelliği bolluklarının düşük olması nedeniyle oldukça azdır. Alt tabakaya özgü türlerden sadece *Microcalanus pygmaeus* ayırıcı türler arasında yer almaktadır.

Üst tabakada etkin olan mevsimsel kalıplar alt tabakada belirgin olarak gözükmemektedir. Tabaka farkının baskın etkisinden kurtulup, zamansal kalıpları sorgulayabilmek için sadece alt tabaka örneklerini kapsayan bir benzerlik matrisi oluşturulduğunda alt tabakada da mevsimsel kalıpların belirgin olduğu görülmektedir ($R=0.29$, $p=0.002$, ANOSIM).



Şekil 38. Marmara Denizi'nde alt ve üst tabakalarda zooplankton bolluğunun ve tür sayısının değişimi.



Şekil 39. Marmara Denizi'nde alt ve üst tabakalarında zooplankton komünite yapısının mevsimsel değişimi A: MDS, B: CLUSTER.

Cluster analizindeki rakamlar örnekleme aylarını temsil etmektedir (1: Haziran 2005, 2: Eylül 2005, 3: Aralık 2005, 4: Mart 2006)

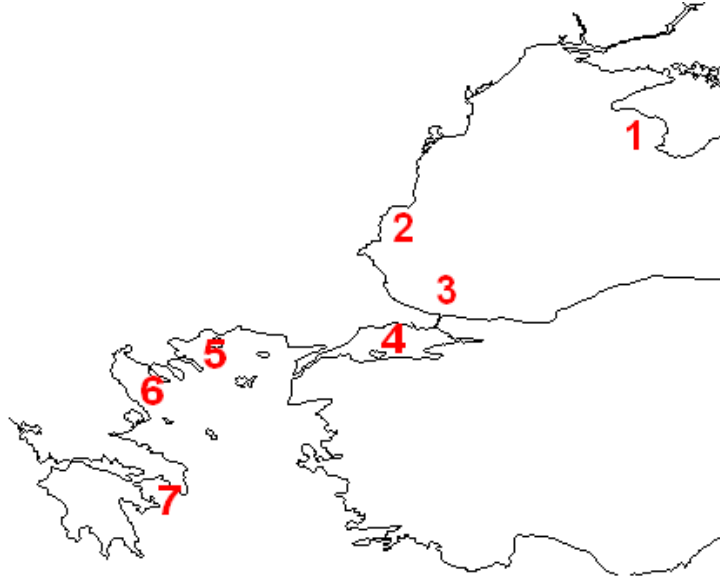
IV. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kıyusal deniz alanları ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan çok önemli bölgelerdir. Bu son derece değişken ekosistemler akıntılardaki ve kara/insan kökenli girdilerdeki varyasyon nedeniyle zamansal açıdan çok hızlı değişim göstermektedir (Walsh, 1988). Marmara Denizi'nin en derin noktalarından birinde yer alan M23'te belirgin neritik özellikler taşıyan türlerin baskın olarak tespit ediliyor olması [*P. avirostris*, *P. tergestina*, *E. nordmanni* (Fonda-Umani, 1980); *O. dioica* (Sorokin, 1983); *A. clausi*, *P. parvus* (Scotto di Carlo v.d., 1985)] Marmara Denizi'nin en derin kesimlerinin bile neritik karakter taşıdığı doğrulamaktadır. Marmara Denizi'nin bir diğer özelliği de yüksek tabakalaşmanın yıl boyunca korunmasıdır. Fiziksel şartlardaki değişimler geçiş bölgeleri olan "klin"leri oluşturur. Bu "klin"ler genellikle sıcaklık (termoklin) ve tuzluluk (haloklin) derecelenmelerinden oluşur ve zooplankton türlerinin dağılımını önemli ölçüde kısıtlar (Owen, 1989; Yamazaki v.d., 2002; Gallager v.d., 2004, Schulz v.d., 2007). Zooplankton dağılımının engellenmesi dolaylı olarak zooplankton biyokütlesinin su kolonundaki homojen dağılımını ve besin ağındaki enerji transferini etkiler (Roemmich ve McGowan, 1995; Viitasalo v.d., 1995; Vuorinen vd, 1998; Dippner et al., 2000; Möllmann et al., 2000). Marmara Denizi bu bağlamda yıl boyunca keskin tuzluluk derecelenmesi ile ayrılmakta ve buna ilaveten oluşan termoklin tabakası ile bu etki daha da kuvvetlenmektedir. Çalışmalar esnasında alt ve üst tabakalar arasında gerek tür kompozisyonu, gerek bolluk değerleri açısından tespit edilen farklar komünite yapısında da net olarak izlenebilmekte ve haloklin/termoklin tabakasının bariyer etkisini açıkça yansıtmaktadır. Tez verisinin de gösterdiği gibi önceki dönemlerde eş zamanlı yürütülen akustik ölçümler ve kepçe örneklemeleri de Marmara Denizi'nde yüzey-ara tabaka ve ara tabaka-dip şeklinde iki farklı ekosistem bulunduğunu ve geçişlerin önemsiz derecede olduğunu doğrulamaktadır (Mutlu, 2005).

Birincil üretimin ve zooplanktonun önemli kısmının fiziksel derecelenmeler yüzünden üst tabakada sıkışması sonucu komşu denizlerden farklı bir yapı kazandığı görülmektedir. Akdeniz'e ve İstanbul Boğazı Karadeniz girişine oranla yüksek zooplankton konsantrasyonları ve her iki bölgeden farklı komünite yapısı ile Marmara Denizi, zooplankton

açısından da özel bir bölgedir. Ege Denizi/Akdeniz ve Karadeniz zooplanktonu arasında yapılan karşılaştırmalı çalışmalar genellikle Marmara Denizi üzerine bilgi vermemekte ve Marmara Denizi'ni bir geçiş bölgesi olarak tanımlamaktadır (Siokou-Frangou v.d., 2004). Ne var ki Karadeniz üst tabaka suyu Marmara Denizi'nin iç dinamiklerinden ve sınırlı ışıklı tabakasından yoğun olarak etkilenmekte ve daha İstanbul Boğazı civarında farklı bir yapı kazanmaya başlamaktadır. Bu değişimin en iyi göstergesi K0-M3ve M23 istasyonlarının komünite yapılarından izlenebilmektedir. Büyük oranda Karadeniz üst tabaka akıntısından etkilenen M3 Karadeniz-Marmara komüniteleri için bir geçiş bölgesiyken, yaklaşık 10 deniz mili güney batısında yer alan ve hala Karadeniz üst tabaka suyundan etkilenen M23'te Marmara zooplanktonuna has özellikler ön plana çıkmaktadır. Komüniteler arasındaki en önemli farklardan biri Cladocera'nın zooplankton bolluğuna senelik bazda yüzde katılımıdır.

Copepoda ve Cladocera'nın zooplankton bolluğuna ortalama yüzde katılımları açısından Karadeniz, İstanbul Boğazı çevresi, Marmara Denizi ve Ege Denizi'ne ait veri setleri incelendiğinde (Siokou-Frangou v.d., 2004; Polat-Beken v.d., 2000; Yılmaz, 2002) 1976-2004 döneminde en yüksek Cladocera oranının Marmara Denizi'nde olduğu görülmektedir (Şekil 40, Tablo 15). Marmara Denizi ayrıca bu dönemde Cladocera oranının senelik ortalamalar bazında Copepoda'dan yüksek olduğu tek bölgedir. Sıcaklıkların daha yüksek olduğu Saronikos Körfezi'nde (Yunanistan) dahi Cladocera yüzdesi Marmara Denizi'ne göre oldukça düşük kalmaktadır. 1996-1997 arasında yürütülen çalışmalar Marmara Denizi'nde en yüksek Cladocera oranlarının tespit edildiği dönemdir. 1999-2001 arası elde edilen veriler ve tez verisi incelendiğinde Cladocera oranının belirgin bir düşüş eğiliminde olmasına rağmen hala Copepoda'dan yüksek olduğu görülmektedir. Son dönemdeki düşüşte 2004-2006 döneminde tespit edilen anormallikler de etkili olmaktadır. İstanbul Boğazı Karadeniz girişi Cladocera yüzdesinde 2004-2006 arasında 1999-2001'e oranla ~%50'lik bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu dönemde hem Karadeniz hem de Marmara Denizi'nde Copepoda oranları artmaktadır.



Şekil 40. Karşılaştırmalı veride kullanılan bölgeler
(Numaraların karşılıkları için bkz. Tablo 15)

Tablo 15. Copepoda ve Cladocera'nın senelik ortalama yüzde bolluklarının Karadeniz-Marmara-Ege Denizi boyunca değişimi ve İstanbul çevresindeki mevcut durum

Bölge	Dönem	% Copepoda	% Cladocera
Karşılaştırmalı tarihi veri			
1. Sevastopol Körfezi (Ukrayna) <i>Kuzeybatı Karadeniz</i>	1976-1995 *	33.3-71.2	5.2-12.9
2. Varna Körfezi (Bulgaristan) <i>Batı Karadeniz</i>	1995-1996 *	25	18.44
3. İstanbul Boğazı <i>Karadeniz Girişi</i>	1996-1997 ‡	57.6	16.6
4. Marmara Denizi <i>Kuzeydoğu bölgesi</i>	1996-1997 ‡	39.1	47.3
5. Selanik Körfezi (Yunanistan) <i>Kuzey Ege Denizi</i>	1995-1996 *	46	39
6. Thermaikos Körfezi (Selanik, Yunanistan) <i>Kuzey Ege Denizi</i>	1995-1996 *	54	28
7. Saronikos Körfezi (Yunanistan) <i>Güney Ege Denizi</i>	1984-1985 *	69.5	14.9
Güncel durum			
3. İstanbul Boğazı <i>Karadeniz girişi</i>	1999-2001 δ	52.7	19.0
	2004-2006 ●	67.2	12.2
4. Marmara Denizi <i>Kuzeydoğu bölgesi</i>	1999-2001 δ	36.3	44.0
	2004-2006 ●	36.9	40.0

* Siokou-Frangou v.d., 2004; ‡ Polat-Beken v.d., 2000; δ Yılmaz, 2002;
● Mevcut tez çalışması

Marmara Denizi'nde son 10 yıllık süreçte Cladocera'nın Copepoda'dan daha yüksek bolluklarla temsil ediliyor olması çok önemlidir. Dünya denizlerinde klasik fitoplankton-zooplankton-planktivor balık besin zincirinde zooplankton kısmındaki enerji akışının büyük kısmının Copepoda ile sağlanıyor olması (Sommer ve Stibor, 2002) Marmara Denizi besin zincirindeki değişik yapıya işaret etmektedir. Marmara Denizi'nde Cladocera'nın artışı ötrofikasyon ile değişen fitoplankton yapısı ile ilişkili olabilir. Ötrofikasyon ile artan nutrient konsantrasyonlarının özellikle küçük fitoplankton türlerinin bolluğunda artışa sebep olduğu bilinmektedir (Oviatt v.d., 1989). Ötrofikasyondan ileri derecede etkilenen Karadeniz'de de fitoplankton yapısının değiştiği ve biyokütlesinin arttığı bilinmektedir (Bodenau, 1993). Sonuç olarak trofik şartlardaki bu boyutta bir değişimin tüketicilere yansımaları kaçınılmazdır.

Fitoplankton bolluğundaki artış ve komünite yapısındaki değişim kopepodlara göre yüksek metabolik aktiviteye (Peters, 1983) ve daha etkili beslenme stratejisine (Turner ve Graneli 1992) sahip kladoserlerin oranını arttırmış olabilir. Sonuçta zooplankton otlama* baskısı pelajik besin ağlarının şekillenmesinde büyük önem taşıdığı gibi aynı zamanda besin miktarına ve kalitesine göre şekillenmektedir. Marmara Denizi zooplanktonunda Copepoda ve Cladocera'yı temsil eden en önemli türler olan *Acartia clausi* ve *Penilia avirostris* üzerinde yapılan beslenme deneyleri bazı önemli farklara işaret etmektedir. En göze çarpan fark *Acartia clausi* ve *Penilia avirostris* populasyonlarının verimli beslenme yürütebildikleri besin aralığı ile ilgilidir. *Acartia clausi* için en yüksek beslenme oranları 70 µm'den büyük gruplar olarak belirlenirken, *Penilia avirostris* en etkili beslenmesini 15-70 µm arasında yapmaktadır (Katechakis v.d., 2004). Bir diğer önemli nokta *A. clausi* ile *P. avirostris*'in artan besin konsantrasyonlarına tepkisidir. Düşük besin konsantrasyonları üzerinden beslenme esnasında *Penilia* ile *Acartia* arasındaki fark oldukça düşükken (~%30), besin konsantrasyonları arttıkça *Penilia*, *Acartia*'ya oranla ~%300'e varan oranlarda besin tüketmekte ve artan fitoplankton biyokütlesinden daha fazla oranda yararlanabilmektedir (Tablo 16, Sommer ve Stibor, 2002).

* grazing

Tablo 16. Batı Akdeniz’de *Acartia* sp. ve *Penilia avirostris*’in farklı besin konsantrasyonlarında beslenme oranları ($\mu\text{gC birey}^{-1} \text{L}^{-1}$).

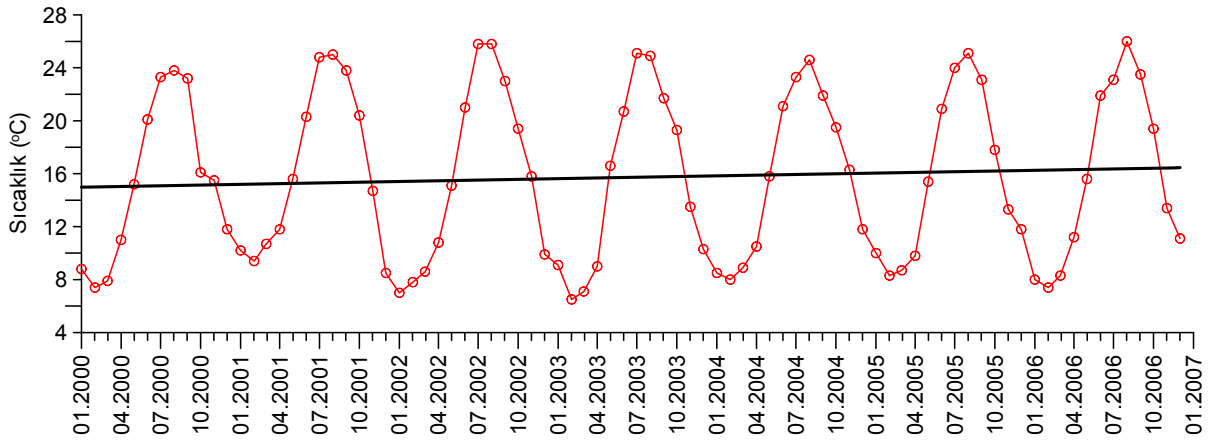
	Besin miktarı ($\times 10^6 \mu\text{m-ml}^{-1}$)			
	1	2	5	10
<i>Acartia</i> sp.	4.5	7.45	12.8	16.7
<i>Penilia avirostris</i>	5.76	11.5	28.8	57.5

Katechakis (1999)’un regresyon denklemlerine göre Sommer ve Stibor (2002)’den.

Değişken boy aralığına ve artan besin yoğunluğuna farklı tepkilerinin yanı sıra, *Acartia* ve *Penilia* populasyonlarının ayrıldığı bir diğer önemli nokta üreme biyolojileridir. Üreme konusunda partenogenesis ile çoğalan *Penilia*’nın kopepodlara göre belirgin bir üstünlüğü vardır. Uzun bir üreme ve sonrasında çeşitli embriyonik basamakları tamamlaması gereken *Acartia*’nın aksine *Penilia* neonatlarının embriyonik gelişme zamanları 2.3–2.7 gün arasında değişmekte olup, erginlerin minyatürleri şeklindedirler (Egloff vd., 1997). Bu sayede oldukça hızlı erginliğe ulaşan *Penilia* uygun koşullarda üssel artış göstererek zooplanktonda baskın duruma gelmektedir. Tüm bu etkenler Marmara Denizi’nin Karadeniz ile beraber kirlenmeye başladığı son 50 yıllık dönemde artan ve değişen besine paralel olarak, dünya denizlerinin aksine Cladocera’nın Copepoda’ya oranla baskın konuma gelmesine sebep olmuş olabilir. Cladocera baskınlığına geçiş dönemini kapsayan ya da 1990 öncesi dönemlere ait zaman serisi verisi bulunmaması ve yazarın bilgisine göre başka denizlerde böyle bir sistemin var olmaması daha ileri değerlendirmelere olanak vermemektedir.

Adriyatik Denizi’nde yapılan çalışmalar son 20 yılda yaşanan en önemli değişimlerden birinin zorunlu termofilik bir tür olarak kabul edilen *P. avirostris*’in yıl içindeki görülme frekansını arttırması olduğunu göstermektedir (Camatti vd., 2008). Söz konusu çalışma bu artışa rağmen 13.8 °C’nin altında (Kasım sonu) *P. avirsotris*’e rastlanmadığını belirtirken, İspanya kıyılarında tür üzerine yapılan detaylı çalışmalar (Kuzeybatı Akdeniz) 14-16°C’nin altında (Aralık) türün ortamdan çekildiğini göstermektedir (Atienza vd., 2008). Tez çalışması Marmara Denizi’nde 10-12 °C sıcaklıkların ölçüldüğü Aralık ayında dahi türün mevcut olduğunu göstermektedir. Marmara Denizi’ne ait veri setleri 1999-2001 döneminde günümüz ile benzer bir yapının varlığına işaret ederken, 1996-1997 döneminde Kasım ayında dahi

oldukça düşük bolluk değerlerinin olduğunu ve Aralık ayında türe rastlanmadığını göstermektedir (Yılmaz, 2002; Yüksek vd., 2002). Adriyatik Denizi’ndeki değişim bölgede son yıllarda yaşanan ısınma ile (Russo vd., 2002) ve *P. avirostris*’in beslenme çeşitliliğindeki esneklik ile ilişkilendirilmiştir (Camatti vd., 2008). Adriyatik Denizi’nin güneyinde yapılan bir çalışmada Aralık 2003’te *P. avirostris*’in tespit edilmesi de yine 14 °C’yi bulan “anormal” üst tabaka sıcaklığı ile ilişkilendirilmiştir (Vidjak vd., 2006). Her ne kadar Marmara Denizi yüzey suyu sıcaklık değerleri 2000–2006 arasında artış eğiliminde olsa da (Şekil 41), *P. avirostris* dağılımında Marmara Denizi’nde daha belirgin olarak gözlenen değişimde sıcaklığın yanı sıra trofik şartlardaki farklılığın etkili olması muhtemeldir.



Şekil 41. Marmara Denizi aylık ortalama sıcaklık değerlerinin değişimi ve eğilimi (EMIS* MODIS/SeaWIFS verisi)

Tez verisinde gözlenen bir diğer önemli bulgu *Paracalanus parvus*’un yıl içindeki görülme frekansını ve bolluğunu artırarak baskın kopepod olarak ön plana çıkmaya başlamasıdır. Küçük türlere doğru eğilim (*Paracalanus* spp., *Oithona* spp. vb.) Akdeniz’in diğer bölgelerinde de tespit edilmiştir (Camatti vd., 2008; Christou 1998; Kambruska ve Fonda-Umani, 2006). Marmara Denizi’ne ait geçmiş dönem veri setleri ve tez verisi 1996-2004 arasında *P. parvus* bolluğunda önemli artışlar olduğunu ve özellikle son yıllarda sonbahar döneminin en önemli türleri arasında yer aldığını göstermektedir (Yılmaz 2002,

* EMIS- Environmental Marine Information System (<http://emis.jrc.ec.europa.eu>).

Yüksek vd., 2002). *Paracalanus parvus*'un ekolojisi ve Marmara Denizi için önemi ile ilgili bir diğer nokta türün jelatinimsi zooplankton predasyonuna ve değişen ekolojik koşullara karşı baskın *Acartia* türlerine karşı daha dirençli olmasıdır. Marmara Denizi'nde 2004-2006 arasında gözlenen farklılaşmada bolluğunu arttıran tek tür *P. parvus*'tur (bkz. Tablo 9). Bunun yanı sıra aksi yönde bulgular da mevcuttur. Baltık Denizi'nde yapılan bir çalışma *Pseudocalanus elongatus* ve *P. parvus* stoklarının *Acartia* spp. ve *Centropages* spp. stoklarına göre *Aurelia aurita* predasyonuna daha hassas olduğunu göstermektedir (Behrends ve Schneider, 1995).

Tez kapsamında elde edilen önemli bulgulardan biri de *Liriope tetraphylla*'nın Marmara Denizi'ne girişi ve hızla artan bolluğunun komuniteler üzerine olan etkisidir. *L. tetraphylla* sabit hydroid formu olmadan doğrudan gelişen bir hidrozoa olması açısından önem taşıyan bir türdür ve hem doğu hem de batı Akdeniz havzasında en sık rastlanan medüz türlerinden biridir (Russel, 1953). Buecher ve arkadaşları (1997) yaptıkları çalışmada 1966–1993 arasında *L. tetraphylla*'nın yoğunluğunun en yüksek tespit edildiği dönem 1984'teki nispeten sıcak ve yüksek tuzluluklu dönem olarak tanımlarken, türün 27 yıllık zaman serisinde iklim değişikliği ile ilgili bir eğilim bulamadıklarını belirtmişlerdir. *L. tetraphylla*'nın Marmara Denizi'nde ilk olarak tespit edildiği 2005 senesinin de sıcak bir dönem olması bu yapı ile uyum sağlamaktadır. Büyük fark bolluk değerlerinde kendini göstermektedir. *L. tetraphylla* 1966-1993 yılları arasında Villefranche Körfezi'nde (Fransa) normal yıllarda ~ 1.5 birey.m⁻³, “yüksek” bolluklarla temsil edildiği yıllarda ise ~ 4 birey.m⁻³ ile temsil edilmiş (Beucher v.d., 1997); 1985-1995 döneminde Tigullio Körfezi'nde (İtalya) maksimum 2.59 birey.m⁻³'e erişmiş (Licandro ve Ibanez, 2000) ve Adriyatik Denizi'nde (Hırvatistan) 1996 yılında yapılan çalışmada tüm yıl boyunca rastlanılmasına rağmen ve en fazla 9 birey.m⁻³'le temsil edilmiştir (Batistic v.d., 2007). *Liriope tetraphylla* Marmara Denizi'nde ilk olarak tespit edildiği Eylül 2005'in ardından Aralık 2005'te 362 birey.m⁻³'e, Eylül 2006'da ise 2978 birey.m⁻³'e ulaşmıştır ki, bu sayı Akdeniz popülasyonu ile karşılaştırıldığında kıyaslanamayacak kadar yüksek bir değerdir. *L. tetraphylla*'nın bolluk değerlerinde farka rağmen 40°K-40°G enlemleri arasında dağılım gösteren türün (Russel, 1953) yukarıda belirtilen çalışmalara göre (Adriyatik hariç) Akdeniz ve Marmara'da görülme dönemi aynıdır (Eylül-Kasım).

Jelatinimsi zooplankton türlerinin aşırı üremelerinin planktonik besin zinciri ve balıkçılık üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Purcell ve Arai, 2001). Marmara Denizi zooplanktonunun Karadeniz’de olduğu gibi 1987 sonrasındaki dönemde *Mnemiopsis leidyi* istilası sonucu önemli ölçüde hasar gördüğü bilinmektedir (Shiganova v.d., 1995). Jelatinimsi zooplankton bolluklarının tüm dünyada artış gösterdiği öne sürülmekle beraber, bu konuda yeterince destekleyici kanıt bulunmamaktadır (Mills, 2001). Yine de özellikle Akdeniz havzasında jelatinimsi plankton patlamalarında büyük oranda ve genellikle insan kaynaklı bir artış vardır (CIESM, 2001). Bunun yanında istilacı jelatinimsi zooplankton türlerinin yayılımında son 20 yıl içinde tüm dünyada önemli bir artış olduğu gözlenmektedir (Graham vd., 2003; Kıdeyş, 1994; Shiganova, 1998). Marmara Denizi bu bağlamda trofik yapısı gereği denizanası artışlarına maruz kalmaktadır (İşinibilir, 2004). *Chrysaora hysoscella*’nın yakın zamanda Marmara ekosistemine girişi (İnanmaz, 2002), *M. leidyi* ve *Beroe ovata*’dan sonra yeni istilaların devam edebileceğini göstermektedir. Bu kapsamda *Liriope tetraphylla*’nın dikkatle takip edilmesi gerekmektedir. Türün bu çaptaki artışının etkisi zooplankton komunitesinde hemen kendisini göstermiş ve gerek tür kompozisyonu, gerek bolluk açısından bazı değişimler gözlenmiştir. 2006 ilkbaharında *Noctiluca* bolluğunun 1999-2004 değerlerin 20 kat altında kalmasının (Yılmaz 2002, Yılmaz vd., 2005) ya da 2006’nın son dört ayında zooplankton komunitesinde gözlenen değişimin *L. tetraphylla*’nın yüksek bolluğunun bir sonucu olması muhtemeldir. Mikroskobik çalışmalar esnasında *L. tetraphylla*’ların midesinde mesozooplanktona sıklıkla rastlanması bu savı güçlendirmektedir (Şekil 42).



Şekil 42. *L. tetraphylla* ve beslediği *P. parvus*.

L. tetraphylla'nın Marmara Denizi'ne giriş yolu bilinmemekle beraber, türün Akdeniz'de yıl boyu bulunmasının bir sonucu olarak Çanakkale Boğazı alt tabakası kanalıyla giriş yaptığı en mantıklı olasılık olarak gözükmektedir. Özellikle Kuzey Atlantik Salınımı* (NAO) ile Ege Denizi'nin dolaşımı arasında tespit edilen ilişki (Zervakis v.d., 2004) ve türün Adriyatik Denizi'ndeki mevcudiyetinin NAO ile ilişkisi (Batistic v.d., 2007) benzer bir yapının söz konusu olabileceğini düşündürmektedir. NAO endeksi incelendiğinde[†] 2005 kışında yüksek değerler olduğu görülmekte ve bu daha ılıman geçen bir yaz dönemi sonucunda oluşan sıcaklık artışına bir oranda açıklama getirebilmektedir (Şekil 43). Yine de önceki dönemlerde tespit edilen daha yüksek endeks değerlerinin görüldüğü dönemlerde *L. tetraphylla*'nın Marmara ekosistemine giriş yapmamış olması, NAO dışında başka faktörlerin rol oynadığını düşündürmektedir. Bu kapsamda önemli olabilecek bir diğer nokta popülasyonun ilk görülmeye başladığı Bandırma Körfezi'dir. 2005'te tespit edilen en yüksek değerlerin bu bölgeden olması ve Mart 2007'de Marmara genelinde dağılım göstermemesine rağmen Bandırma Körfezi civarında bazı bireylere rastlanması (İşinibilir, yayınlanmamış veri) türün Marmara Denizi'ne giriş ve adaptasyon bölgesinin Bandırma Körfezi olabileceğine işaret etmektedir. Bu bölgede yer alan bor madenlerinden çeşitli Akdeniz limanlarına yapılan yüksek ölçekli sevkiyatlar esnasında türün gemi balast suları ile bölgeye taşınmış olması muhtemeldir. T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı verileri Bandırma Limanı'nın 2004–2006 döneminde toplam kapasitesi 2.86×10^6 gros tona ulaşan 1420 gemi tarafından kullanıldığını göstermektedir[‡]. Günümüzde balast suyu, istilacı/yabancı deniz canlılarının kendi coğrafi sınırlarının dışına taşınımı ve yayılımında çok önemli rol oynamaktadır (Carlton, 1996). Karadeniz'e 1980'lerin ortasında giriş yapan *Mnemiopsis leidy*'nin ve sonrasında büyük ölçüde bozulan ekosistemin dengelenmesini sağlayan predatörü *Beroe ovata*'nın balast suları ile Karadeniz'e girişi jelatinimisi zoolplanktonun balast suyu yolu ile yayılmasının en iyi örneklerini oluşturmaktadır (Shiganova, 1998; Kideys, 2002). Türün Ege Denizi'ndeki dağılımı konusunda yeterli bilgi olmaması Marmara Denizi'ne girişi üzerine

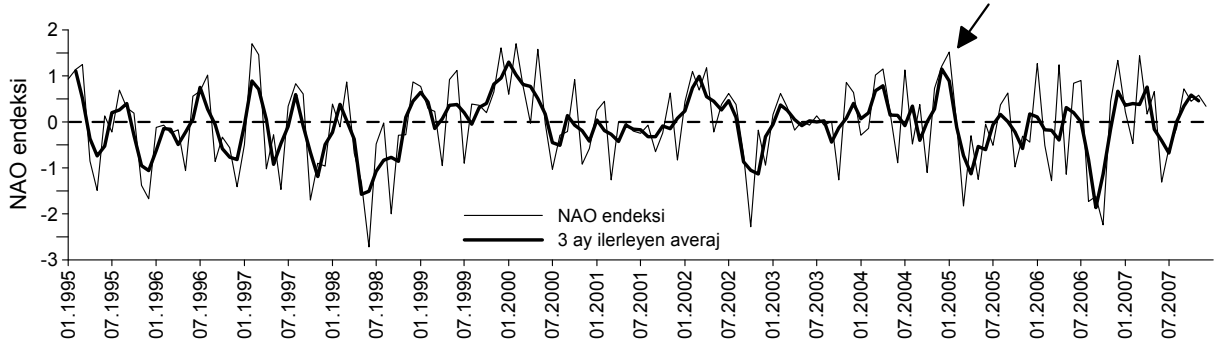
* NAO (North Atlantic Oscillation) Kuzey Atlantik Salınımı Endeksi İzlanda alçak basınç ve Azor Adaları yüksek basınç sistemlerinin deniz seviyesi basınç farkına göre hesaplanmaktadır. Endeks değerinin pozitif olması Kuzey Avrupa'nın ılıman ve bol yağmurlu bir dönem geçireceğini gösterirken, negatif değer Türkiye'nin ve diğer Akdeniz ülkelerinin yağmurlu bir dönem geçireceğine işaret etmektedir

[†] A.B.D. Ulusal Hava Servisi, İklim Tahmin Merkezi

<http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/norm.nao.monthly.b5001.current.ascii>

[‡] T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı, <http://www.denizcilik.gov.tr/tr/>

senaryoları kısıtlamaktadır. Ege Üniversitesi'nin Ege Denizi'nde yaptığı araştırmalar esnasında türün zaten oldukça az olan bolluk değerlerinde bir değişim olmadığını bildirilmesi (Dr. Vedat Aker, kişisel görüşme) balast suyu savını desteklemektedir.



Şekil 43. Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) endeksinin 1995-2007 arasındaki değişimi
(A.B.D. Ulusal Hava Servisi, İklim Tahmin Merkezi)

Marmara planktonunun 200 µm'den büyük fraksiyonunun önemli bir kısmını oluşturan *Noctiluca scintillans* tez çalışması boyunca farklı yapılar sergilemiştir. 2004'ün ilk altı aylık sürecinde 10⁵ birey m⁻³ değerinin altına inmeyen bolluk değerleri, 2005'te bir miktar azalırken, 2006 ilkbaharında 20 kat düşmüş ve sonbahar artış seviyesinin altında kalmıştır. Tespit edilen bu yapının *L. tetraphylla*'ya ve 2005'teki düşük klorofil a değerlerine bağlı olması muhtemeldir. Marmara Denizi'nde Crustacea zooplankton ile *N. scintillans* aynı besin kaynağı için rekabet etmektedir (Yılmaz vd., 2005). Bu dönemde besin kaynağı için zooplanktonun yanı sıra *L. tetraphylla* ile de rekabet etmesi popülasyonu zayıflatan etkenlerden biri olmuş olabilir. *N. scintillans*'ın zamana ve mekana bağlı dağılımından elde edilen bulgular Uhlig ve Sahling (1990)'in çalışmaları ile çelişmektedir. Yazarlar türün kirlilik ile bir ilişkisinin bulunmadığını savunmuşlar ve popülasyonda uzun süreçte bir artış olmadığını belirtmişlerdir. Tez verisi önceki veri setleri ile kıyaslandığında 8 senelik süreçte belirgin bir artış eğilimi vardır. Bunun yanı sıra mekana bağlı değişiminde de İzmit, Gemlik, Bandırma körfezleri ve Tuzla gibi kirli bölgelerde konsantrasyonların ~10 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Yılmaz, 2002; Yüksek vd., 2002).

Zooplankton bolluğu anomalileri ile sıcaklık anomalilerinin arasındaki yüksek korelasyon zooplanktonun çevre şartlarındaki değişimin ve dolayısıyla iklim değişikliğinin hassas bir göstergesi olduğunu doğrulamaktadır. Zooplankterlerin kısa ömürlü (Hays v.d., 2005) ve soğukkanlı canlılar olması çevre şartlarındaki değişime karşı son derece duyarlı olmalarını ve hatta değişen çevre şartlarının kendisinden bile daha etkili indikatörler olmalarını sağlamaktadır (Taylor v.d., 2002). Zaman serisinde tespit edilen küçük salınımların etkisinin zooplankton bolluğunda izlenebilmesi bunun en iyi örneğidir. Sıcaklık değişimleri ile zooplankton arasında herhangi bir faz farkının tespit edilememiş olması bir aylık örnekleme periyodunun zooplankton komunitesindeki anlık değişimleri tespit edebilmek için oldukça uzun olması ile ilişkili olabilir.

Sonuç olarak mesozooplankton komünite yapısının sergilediği mevsimsel döngüler büyük oranda sıcaklık ve ikinci derecede klorofil *a* değerlerindeki değişimler ile kontrol edilmektedir. Komunitelerin Marmara Denizi ve Karadeniz arasında iyi bir ayırım gösterdiği gözlenirken, özellikle sıcak dönemlerde Marmara Denizi'nde bolluk değerleri daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kış aylarında artan benzerlikler, optimum koşullar altında iki denizin hızla farklılaştığını ve bunda termofilik türlerin önemli rol oynadığını göstermektedir. 2005'te *L. tetraphylla*'nın ekosisteme giriş yapması ve 2006'da gözlenen düşük *N. scintillans* yoğunluğu gibi bulgular Marmara planktonunun dinamik bir yapıda olduğunu yansıtmaktadır. Denizel besin zincirinin temel halkalarından biri olan zooplanktonda tespit edilen bu yapının tüm sistemi etkileyen bir değişimden köken aldığı aşıkardır.

Tez kapsamında elde edilen bulgular çoğu kaynakta (örnek olarak Öztürk ve Öztürk, 1996) klasik tanım olarak kullanılan "Marmara Denizi'nin Ege Denizi ile Karadeniz arasında bir geçiş bölgesi olduğu" şeklindeki betimlemeyi ekolojik açıdan zayıflatan bulgular sunmaktadır. Üst tabaka suyunun fiziksel özelliklerinin Karadeniz'den, alt tabaka suyunun ise Ege Denizi'nden etkilediği (Beşiktepe v.d., 1994) yadsınamaz bir gerçek olsa da, Marmara Denizi planktonu kendine has özellikler taşımakta ve çevre denizlerden ayrılmaktadır. Marmara Denizi'nin iç dengeleri, kıyasal etkileşimleri ve tabakalı yapısı tez kapsamında ayrıntılı olarak belirtilen farklı plankton yapılarını beraberinde getirmiştir.

Küresel ısınmanın etkileri tüm dünyada yankı bulurken, Türkiye denizlerine ait uzun süreli plankton veri setinin bulunmaması çok büyük bir eksikliklerdir. Mevcut veri seti sıcaklık anomalilerine ve ekosistemdeki değişimlere verdiği tepkiyle zooplanktonun iyi bir indikatör olduğunu göstermektedir. Zooplankton kompozisyonunda yaşanan değişimler üst basamaklarda yer alan balık popülasyonlarını özellikle larval evrelerinde etkilemektedir. Zooplankton bu özellikleriyle çevre şartlarındaki değişimin ucuz, güvenilir ve hassas göstergeleri olarak düzenli olarak izlenmeli ve özellikle ülkemizde oldukça eksik olan zooplankton fenolojisi üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- ALDEN, R.W., DAHIYA, R.C. ve YOUNG, R.J. (1982). A method for the enumeration of zooplankton samples. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 59, 185-206.
- ALTIOK, H. (2001): İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışında su kütlelerinin mevsimsel değişimi. İÜ Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Doktora Tezi.
- ANDERSON, J.J. ve CARMACK, E.C. (1974): Observations of chemical and physical fine structure in a strong pycnocline, Sea of Marmara. *Deep-Sea Res* 21: 877-886.
- ASLAN-YILMAZ, A. (2002): İstanbul Boğazı, Boğaz'ın Karadeniz çıkışı ve Kuzeydoğu Marmara Denizi'nde deşarjların indikatör mikroorganizmalar ile izlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- ATIENZA, D., SAIZ, E., SKOVGAARD, A., TREPAT, I. ve CALBET, A. (2008): Life history and population dynamics of the marine cladoceran *Penilia avirostris* (Branchiopoda : Cladocera) in the Catalan Sea (NW Mediterranean). *Journal of Plankton Research*, 30, 345-357.
- BALKIS, N. (2004): Tintinnids (Protozoa: Ciliophora) of the Büyükçekmece Bay in the Sea of Marmara. *Scientia Marina*, 68, 33-44.
- BATISTIC, M., JASPRICA, N., CARIC, M. ve LUCIC, D. (2007): Annual cycle of the gelatinous invertebrate zooplankton of the eastern South Adriatic coast (NE Mediterranean). *J. Plankton Res.*, 29, 671-686.
- BEHRENDTS, G. ve SCHNEIDER, G. (1995): Impact of *Aurelia aurita* medusae (Cnidaria, Scyphozoa) on the standing stock and community composition of mesozooplankton in the Kiel Bight (western Baltic Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 127, 39-45.
- BENLİ, H.A., TARKAN, A.N. ve SEVER, T.M. (2001) Comparison of the mesozooplankton composition of the southwestern Black Sea, Sea of Marmara and eastern Aegean Sea. *Turkish Journal of Marine Sciences* 7: 163-179
- BERLINE, L., IBANEZ, F. ve GROSJEAN, P (2008): Roadmap for zooplankton time series analysis , SESAME WP1, Laboratoire d'océanographie de Villefranche sur mer.
- BEŞİKTEPE, Ş.T., SUR, H.İ., ÖZSOY, E., LATİF, M.A., OĞUZ, T. ve ÜNLÜATA, Ü. (1994): The circulation and hydrography of the Marmara Sea. *Prog Oceanogr* 34: 285-334.
- BEUCHER, E., GOY, J., PLANQUE, B., ETIENNE, M. ve DALLOT, S. (1997): Long-term fluctuations of *Liriope tetraphylla* in Villefranche Bay between 1966 and 1993 compared to *Pelagia noctiluca* pullations. *Oceanologica Acta*, 20, 145.

- BODENAU, N. (1993): Microalgal blooms in the Romanian area of the Black Sea and contemporary eutrophication conditions. In *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, T.J. Smayda and Y. Shimizu, (Eds.), Elsevier Science Publishers, New York, pp. 203-209.
- BOLTOSKOY, D. (1999): South Atlantic zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden.
- BOX, G.E.P. (1954): Some theorems on quadratic forms applied in the study of analysis of variance problems: I. Effect of inequality of variances in the one-way classification. *Annals of Mathematical Statistics* 25, 290-302.
- CAMATTI, E., COMASCHI, A., OLAZABAL, A.D. ve UMANI, S.F. (2008): Annual dynamics of the mesozooplankton communities in a highly variable ecosystem (North Adriatic Sea, Italy). *Marine Ecology*, 29, 387-398.
- CARLTON, J.T. (1996): Marine bioinvasions: the alteration of marine ecosystems by nonindigenous species, *Oceanography*, 9, 36-43.
- CEBECİ, M. (1984): Marmara Denizi zooplankton organizmalarının dağılımı ve ekolojik faktörler üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 44 sayfa.
- CEBECİ, M. ve TARKAN, A.N. (1990): Marmara Denizi'nde zooplankton organizmaların dağılımı. *İÜ Su Ürünleri Dergisi*, 4, 59-72.
- CHRISTOU, E.D. (1998): Interannual variability of copepods in a Mediterranean coastal area (Saronikos Gulf, Aegean Sea), *J. Mar. Syst.*, 15, 523-532.
- CIESM (2001): Gelatinous zooplankton outbreaks: theory and practice. Workshop Series, 112.
- CLARK, M.J.R. (1992): Enhancement to the Pielou Method for estimating the diversity of aquatic communities. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 11, 1559-1565.
- CLARKE, K.R. ve GORLEY, R.N. (2006): PRIMER v6 User Manual, PRIMER-E, Plymouth.
- CLARKE, K.R. ve WARWICK, R.M. (2001): Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratories, Plymouth
- COCIASU, A, DOROGAN, L., HUMBORG, C. ve POPA, L. (1996): Long-term ecological changes in Romanian coastal waters of the Black Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 32, 32-38.
- CUSHING, D.H., BLAXTER, J.H.S. ve SOUTHWARD, A.J. (1990): Plankton Production and Year-class Strength in Fish Populations: an Update of the Match/Mismatch Hypothesis. (Ed.), *Advances in Marine Biology*, 249-293.
- DEMİR, M. (1955): Denizel su pireleri ve bunların Karadeniz sahil suları ile Marmara Denizi'nde bulunduğumuz neveleri. *Hidrobiyoloji Mecmuası (A)*, 3(1), 37-47.

- DEMİR, M. (1958): Kuzeydoğu Ege, Marmara ve güney Karadeniz'in pelajik kopepodlar faunası: Kısım I. Hidrobiyoloji Mecmuası (A), 3-4, 103-124.
- DEMİR, M. (1959a): Kuzeydoğu Ege, Marmara ve güney Karadeniz'in pelajik kopepodlar faunası: Kısım II: Metrididae. Hidrobiyoloji Mecmuası (A), 5(1-4), 27-41.
- DEMİR, M. (1959b): Pontellidae and Parapontellidae (Pelagic Copepoda) from the southern Black Sea, Marmara and NE Aegean seas. Hidrobiyoloji Mecmuası (B), 4, 76-179.
- DEMİRHİNDİ, Ü. (1959): Marmara Denizi Crustacea larvaları. Hidrobiyoloji Mecmuası, (A), 5(1-4), 42-64.
- DIGGLE, P. (1990): Time series – a biostatistical introduction. Oxford Statistical Sciences Series, No:5, Oxford Science Publications.
- DIPPNER, J.W., KORNILOVS, G. ve SIDREVICS, L. (2000): Long-term variability of mesozooplankton in the Central Baltic Sea. J. Mar. Syst. 25, 23–31.
- EGLOFF, D.A., FOFONOFF, P. ve ONBE, T. (1997): Reproductive biology of marine cladocerans. Advances in Marine Biology, 31, 79-167.
- FONDA-UMANI, S. (1980): Cladoceri dell'Adriatico:un review critico. Nova Thallassia, 4, 107-133.
- GALLAGER, S.M., YAMAZAKI, H. ve DAVIS, C.S. (2004): Contribution of fine scale vertical structure and swimming behaviour to formation of plankton layers on Georges Bank. Mar. Ecol., Prog. Ser. 267, 27–43.
- GRAHAM, W.M., MARTIN, D.L., FELDER, D.L., ASPER, V.L. ve PERRY, H.M. (2003): Ecological and economic implications of a tropical jellyfish invader in the Gulf of Mexico. Biological Invasions, 5, 53-69.
- GUILLARD R.R.L. (1978): Counting slides. In: Phytoplankton manual, Sournia, A., (ed.). UNESCO, p 182-189.
- HAYS, G.C., RICHARDSON, A.J. ve ROBINSON, C. (2005): Climate change and marine plankton. Trends in Ecology & Evolution, 20, 337-344.
- HUBAREVA, E., SVETLICHNY, L., KIDEYS, A. ve ISINIBILIR, M. (2008): Fate of the Black Sea *Acartia clausi* and *Acartia tonsa* (Copepoda) penetrating into the Marmara Sea through the Bosphorus. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 76, 131-140.
- IBANEZ, F., GROSJEAN, P. ve ETIENNE, M. (2006): Pastecs: Package for Analysis of Space-Time Ecological Series, <http://cran.r-project.org/web/packages/pastecs/index.htm>

- İNANMAZ, Ö.E., BEKBOLET, M. ve KIDEYŞ, A.E. (2002): A new scyphozoan species in the Sea of Marmara: *Chrysaora hysoscella* (Linne, 1766). Proceedings of the “Second International Conference on Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of two interconnected basins”, YILMAZ, A. (Editör), 857-859.
- İSİNİBİLİR, M., KIDEYS, A.E., TARKAN, A.N. ve YILMAZ, I.N. (2008): Annual cycle of zooplankton abundance and species composition in Izmit Bay (the northeastern Marmara Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 739-747.
- İŞİNİBİLİR, M. (2004): İzmit Körfezi`nde pelajik cnidaria ve ctenophora türlerinin bolluğu, dağılımı ve bunları etkileyen faktörlerin incelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- KAMBURSKA, L. ve FONDA-UMANI, S. (2006): Long-term copepod dynamics in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea): recent changes and trends. *Climatic Research*, 31, 195–203.
- KATECHAKIS, A. (1999): Nischenüberlappung zwischen herbivorem gelatinösen und Crustaceen-Zooplankton im NW-Mittelmeer (Catalanisches Meer). Diploma Thesis, University Kiel, Kiel, Almanya.
- KATECHAKIS, A., STIBOR, H., SOMMER, U. ve 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). *J. Plankton Res.*, 26, 589-603.
- KIDEYS, A.E. (1994): Recent dramatic changes in the Black Sea ecosystem: The reason for the sharp decline in Turkish anchovy fisheries. *Journal of Marine Systems*, 5, 171-181.
- KIDEYS, A.E. (2002): Fall and Rise of the Black Sea Ecosystem. *Science*, 297, 1482-1484.
- KIDEYŞ, A.E., KOVALEV, A.V., SHULMAN, G., GORDINA, A. ve BINGEL, F. (2000): A review of zooplankton investigations of the Black Sea over the last decade. *J. Marine. Syst.*, 24, 355-371.
- KOCATAŞ, A., KORAY, T. KAYA, M. ve KARA , Ö.F. (1993): A review of the fishery resources and their environment in the Sea of Marmara. –In; *Studies and Reviews General Fisheries Council for the Mediterranean*, FAO, Roma, 64, 87-143.
- KORNILOVS, G., SIDREVICS, L. ve DIPPNER, J.W. (2001): Fish and zooplankton interaction in the Central Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.*, 58, 579-588.
- KOVALEV, A.V., SKRYABIN, V.A., ZAGORODNYAYA, YU.A., BINGEL, F., KIDEYŞ, A.E., NIERMANN, U. ve UYSAL, Z. (1999): The Black Sea zooplankton: composition, spatial/temporal distribution and history of investigations. *Turk. J. Zool.*, 23, 195-209.

- KOVALEV, V., MAZZOCCHI, G., SIOKOU-FRANGOU ve KIDEYS, E. (2001): Zooplankton of the Black Sea and the Eastern Mediterranean: Similarities and dissimilarities. *Mediterranean Marine Science*, 2, 69-77.
- LICANDRO, P. ve IBANEZ, F. (2000): Changes of zooplankton communities in the Gulf of Tigullio (Ligurian Sea, Western Mediterranean) from 1985 to 1995. Influence of hydroclimatic factors. *J. Plankton Res.*, 22, 2225-2253.
- MILLS, C.E. (2001): Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? *Hydrobiologia*, 451, 55-68.
- MÖLLMANN, C. ve KOSTER, F.W. (2002): Population dynamics of calanoid copepods and the implications of their predation by clupeid fish in the Central Baltic Sea. *J. Plankton Res.*, 24, 959-978.
- MÖLLMANN, C., KORNILOVS, G. ve SIDREVICS, L. (2000): Long-term dynamics of main mesozooplankton species in the central Baltic Sea. *J. Plankton Res.* 22 (11), 2015–2038.
- MÖLLMANN, C., KORNILOVS, G., FETTER, M. ve KOSTER, F.W. (2005): Climate, zooplankton, and pelagic fish growth in the central Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.*, 62, 1270-1280.
- MUTLU, E. (2005) A comparison of the contribution of zooplankton and nekton taxa to the near-surface acoustic structure of three Turkish seas. *Marine Ecology* 26: 17-32
- OKUŞ E., ASLAN-YILMAZ, A., YÜKSEK, A., TAŞ, S. ve TÜFEKÇİ, V. (2002): Nutrient distribution in the Bosphorus and surrounding areas, *Water Science and Technology*, 46, 59-66.
- OVIATT, C., LANE, P., FRENCH, F., III ve DONAGHA, P. (1989): Phytoplankton species and abundance in response to eutrophication in coastal marine mesocosms. *J. Plankton Res.*, 11, 1223-1244.
- OWEN, R.W. (1989): Microscale and finescale variations of small plankton in coastal and pelagic environments. *J. Mar. Res.* 47, 197–240.
- ÖZEL, İ. (1998): Planktonoloji II: Denizel Zooplankton. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:49.
- ÖZSOY, E., OĞUZ, T., LATİF, M.A. ve ÜNLÜATA, Ü. (1986): Oceanography of the Turkish Straits. First Annual Report, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Vol. 1.
- ÖZTÜRK, B. ve ÖZTÜRK, A.A. (1996): On the biology of the Turkish straits system. –In *Dynamics of Mediterranean Straits and Channels*, BRIAND, F. (Editör). CIESM Science Series, Monaco, 2, 205-221.

- PARSONS, T.R., MAITA, Y. ve LALLI, C.M. (1984). A Manual of Chemical and Biological Methods For Seawater Analysis, Pergamon Press, Oxford
- PETERS, R.H. (1983): The Ecological Implications of Body Size. Cambridge University Press, Cambridge.
- POLAT-BEKEN, Ç., OKUŞ, E., ALTIOK, H., YÜKSEK, A., YILMAZ, N. ve KIRATLI, N. (2000): Marmara Denizi ve Karadeniz ekolojik etkileşiminin zaman serisi verileri ile araştırılması. İÜ-DBİE, Sunulan Kurum: TÜBİTAK.
- PURCELL, J.E. ve ARAI, M.N. (2001): Interactions of pelagic cnidarians and ctenophores with fish: a review. *Hydrobiologia*, 451, 27-44.
- RAGUENEAU, O., LANCELOT, C., EGOROV, V., VERVLIMMEREN, J., COCIASU, A., DÉLIAT, G., KRASTEV, A., DAOUD, N., ROUSSEAU, V., POPOVITCHEV, V., BRION, N., POPA, L. ve CAUWET, G. (2002): Biogeochemical Transformations of Inorganic Nutrients in the Mixing Zone between the Danube River and the North-western Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54, 321-336.
- RAZOULS, C., DE BOVÉE, F., KOUWENBERG, J. ET DESREUMAUX, N. (2008). Diversity and geographic distribution of marine planktonic copepods (<http://copepodes.obs-banyuls.fr/en>)
- ROEMMICH, D. ve MCGOWAN, J. (1995): Climatic warming and the decline of zooplankton in the California Current. *Science* 267 (5202), 1324–1326.
- RUSSELL, F.S. (1953): The Medusae of the British Isles Vol. I: Anthomedusae, Leptomedusae, Limnomedusae, Trachymedusae, and Narcomedusae. Cambridge: Cambridge University Press.
- RUSSO, A., RABITTI, S., BASTIANINI, M. (2002): Decadal climatic anomalies in the Northern Adriatic Sea inferred from a new oceanographic data set. *PSZN: Marine Ecology*, 23 (Suppl. 1), 340–351.
- SCHMINKE, H.K. (2007): Entomology for the copepodologist. *J. Plankton Res.*, 29, i149-162.
- SCHULZ, J., MÖLLMANN, C. ve HIRCHE, H.-J. (2007): Vertical zonation of the zooplankton community in the Central Baltic Sea in relation to hydrographic stratification as revealed by multivariate discriminant function and canonical analysis. *Journal of Marine Systems*, 67, 47-58.
- SCOTTO di CARLO, B., TOMAS, C.R., IANORA, A., MARINO, D., MAZZOCCHI, M.G., MODIGH, M., MONTRESOR, M., PETRILLO, L., RIBERA d'ALCALA, M., SAGGIOMO, V. ve ZINGONE, A. (1985): Uno studio integrato dell'ecosistema pelagico costiero del golfo di Napoli. *Nova Thallassia*, 7(Ek 3), 99-128.

- SEMINA, H.J. (1978): Treatment of an aliquot sample. In: Phytoplankton manual, Sournia, A., (ed.). UNESCO, p 181.
- SHANNON, C.E. ve WIENER, W. (1949): The mathematical theory of communication, University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 125 sayfa.
- SHIGANOVA, T., TARKAN, A.N., DEDE, A. ve CEBECİ, M. (1995): Distribution of the ichthyoplankton *Mnemiopsis leidyi* in the Sea of Marmara, Turkish Journal of Marine Science, 1, 3-12.
- SHIGANOVA, T.A. (1998): Invasion of the Black Sea by the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and recent changes in pelagic community structure. Fisheries Oceanography, 7, 305-310.
- SIOKOU-FRANGO, I., BIANCHI, M., CHRISTAKI, U., CHRISTOU, E.D., GIANNAKOPOULOU, A., GOTSIS, O., IGNATIADIS, L., PAGOU, K., PITTA, P., PSARRA, S., SOUVERMEZOGLU, E., VAN WAMBEKE, F. ve ZERVAKIS, V. (2002): Carbon flow in the planktonic food web along a gradient of oligotrophy in the Aegean Sea (Mediterranean Sea). Journal of Marine Systems, 33-34, 335-353.
- SIOKOU-FRANGO, I., SHIGANOVA, T., CHRISTOU, E.D., KAMBURSKA, L., GUBANOVA, A., KONSULOV, A., MUSAEVA, E., SKRYABIN, V. ve KHOROSHILOV, V. (2004): Mesozooplankton communities in the Aegean and Black Seas: a comparative study. Marine Biology, 144, 1111-1126.
- SOMMER, U. ve STIBOR, H. (2002): Copepoda – Cladocera – Tunicata: The role of three major mesozooplankton groups in pelagic food webs. Ecological Research, 17, 161-174.
- SOROKIN, Y.I. (1983): The Black Sea. Ketchum BH (Ed.) Estuaries and Enclosed Seas (Ecosystems of the world), Elsevier, Amsterdam, 26, 253-292.
- SUR, H.İ. ve ILYIN, Y.P. (1997): Evolution of satellite derived mesoscale thermal patterns in the Black Sea., Progress in Oceanography, Vol.39, 109-151.
- SUR, H.İ., OKUŞ, E., YÜKSEK, A., TAŞ, S., ASLAN, A., YILMAZ N. ve diğ. (2005): Su Kalitesi İzleme Çalışması, Final Raporu (2004), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).
- SUR, H.İ., OKUŞ, E., YÜKSEK, A., TAŞ, S., ASLAN, A., YILMAZ N. ve diğ. (2006): Su Kalitesi İzleme Çalışması, Final Raporu (2005), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).
- SUR, H.İ., OKUŞ, E., YÜKSEK, A., TAŞ, S., ASLAN, A., YILMAZ N. ve diğ. (2007): Su Kalitesi İzleme Çalışması, Final Raporu (2006), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).
- SUR, H.İ., ÖZSOY, Ö. ve ÜNLÜATA, Ü. (1994): Boundary current instabilities, upwelling, shelf mixing and eutrophication processes in the Black Sea. Prog. Oceanogr., 33, 249-302.

- SVETLICHNY, L., KIDEYS, A.E., HUBAREVA, E., BESIKTEPE, S. ve ISINIBILIR, M. (2006a): Development and lipid storage in *Calanus euxinus* from the Black and Marmara seas: Variabilities due to habitat conditions. *Journal of Marine Systems*, 59, 62-.
- SVETLICHNY, L., KIDEYS, A.E., HUBAREVA, E.S., ISINIBILIR M., SHMELEVA, A. (2006b): Zooplankton community state in the Northeastern Marmara Sea during early autumn with comments on mass mortality of the Black Sea species due to the salinity gradient. *J. Black Sea / Mediterranean Environment*, 12, 213-231.
- TARKAN, A.N. ve ERGÜVEN, H. (1988): Marmara Denizi'nde önemli kopepod türleri, *İÜ Su Ürünleri Dergisi*, 2(2), 71-84.
- TARKAN, A.N., İŞİNİBİLİR, M. ve ÖĞDÜL, R.G. (2000): Kuzey Marmara Denizi mesozooplankton kompozisyonu. *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu*, ÖZTÜRK B., KADIOĞLU, M. ve ÖZTÜRK, H. (Editörler), TÜDAV Yayın No:5, 493-499.
- TAYLOR, A.H., ALLEN, J.I. ve CLARK, P.A. (2002): Extraction of a weak climatic signal by an ecosystem. *Nature*, 416, 629-632.
- TUĞRUL, S. ve POLAT, S.Ç. (1995) "Quantitative comparison of the influxes of nutrients and organic carbon into the sea of Marmara both from anthropogenic sources and from the Black Sea", *Water Science and Technology*, 32 (2), pp. 115-121, (1995).
- TURNER, J.T. ve GRANALI, E.(1992): Zooplankton feeding ecology: Grazing during enclosure studies of phytoplankton blooms from the west coast of Sweden. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 157(1), 19-31.
- UHLIG, G. ve SAHLING, G. (1990): Long-term studies on *Noctiluca scintillans* in the German Bight population dynamics and red tide phenomena (1968-1988). *Net. J. Sea Res.*, 25, (1/2), 101-112.
- UNDERWOOD, A.J. (1981): Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanography and Marine Biology Annual Reviews* 19, 513-605.
- UNSAL, M. ve UYSAL, Z. (1988): Zooplankton. –In; *Plankton and benthic invertebrates of the Bosphorus-Marmara junction*. ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Raporu, 53 sayfa.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommung quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 9, 1-38.
- UYSAL, A., YÜKSEK, A., OKUŞ, E. ve YILMAZ, N. (2002): Benthic community structure of the Bosphorus and surrounding area. *Water. Sci. Technol.*, 46, 8, 37-44.
- UYSAL, Z. (1987): Fate and distribution of plankton around the Bosphorus (South-western Black Sea, Bosphorus, Golden Horn, NE Marmara and the Bay of İzmit. *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ, İçel, 151 sayfa.

ÜNAL, E., SHMELEVA, A.A., ZAGORODNYAYA, J ve KIDEYŞ, A.E. (2000): Marmara Denizi'nin ilkbahar 1998'de zooplankton yapısı ve kopepod türleri. Marmara Denizi 2000 Sempozyumu, ÖZTÜRK B., KADIOĞLU, M. ve ÖZTÜRK, H. (Editörler), TÜDAV Yayın NO:5, 450-460.

ÜNLÜATA, Ü., OĞUZ, T., LATİF, M.A. ve ÖZSOY, E. (1990): On the physical oceanography of the Turkish Straits. In Pratt LJ (ed) Physical Oceanography of Sea Straits, NATO/ASI series, Kluwer, 25-60.

VIITASALO, M., KOSKI, M., PELLIKKA, K. ve JOHANSSON, S. (1995): Seasonal and long-term variations in the body size of planktonic copepods in the northern Baltic Sea. Mar. Biol. 123, 241–250.

VIDJAK, O., BOJANIĆ, N., KUSPILIC, G., MARASOVIĆ, I., GLADAN Z.N., BRAUTOVIĆ, I. (2006): Annual variability and trophic relations of the mesozooplankton community in the eutrophicated coastal area (Vranjic Basin, eastern Adriatic Sea). Journal of the Marine Biological Association UK, 86, 19–26.

VUORINEN, I., HÄNNINEN, J., VIITASALO, M., HELMINEN, U. ve KUOSA, H. (1998): Proportion of copepod biomass declines with decreasing salinity in the Baltic Sea. ICES J. Mar. Sci. 55, 767–774.

WALSH, J.J. (1988): On the Nature of Continental Shelves. Academic Press, London, 520 pp.

YAMAZAKI, H., MACKAS, D. ve DENMAN, K. (2002): Coupling small scale physical processes with biology—towards a Lagrangian approach. In: Robinson, A.R., McCarthy, J.J., Rothschild, B.J., (Eds.), The Sea, Biological–Physical Interaction in the Ocean, vol. 12. John Wiley and Sons, New York, pp. 51–112.

YILMAZ, İ.N., OKUŞ, E. ve YUKSEK, A. (2005) Evidences for influence of a heterotrophic dinoflagellate (*Noctiluca scintillans*) on zooplankton community structure in a highly stratified basin. Estuarine, Coastal and Shelf Science 64: 475-485

YILMAZ, İ.N. (2002). Kuzeydoğu Marmara Denizi ve Güneybatı Karadeniz üst tabaka zooplanktonun zamana bağlı değişimi ve çevresel şartlarla ilişkisi (Mart 1999-Mart 2003). Yüksek Lisans Tezi, İÜ Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.

YÜKSEK, A., YILMAZ, İ.N., OKUŞ, E, UYSAL, Z, SHMELEVA, A.A., GUBANOVA, A., ALTUKHOV, D., POLAT-BEKEN, S.Ç. (2002). Spatio-temporal variations in zooplankton communities and influence of environmental factors on them in SW Black Sea and the Sea of Marmara “Second International Conference on "Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins", 14-18 Ekim 2002, Ankara, Türkiye.

ZERVAKIS, V., GEORGOPOULOS, D., KARAGEORGIS, A.P. ve THEOCHARIS, A. (2004): On the response of the Aegean Sea to climatic variability: a review. *International Journal of Climatology*, 24, 1845-1858.

EK 1: Tespit edilen türlerin taksonomik hiyerarşisi.

Taksonomik hiyerarşide MARBEF ERMS-2 veri tabanı temel alınmış ve Boltovskoy (1999), Özel (1998) ve Razouls vd. (2008)'den yararlanılmıştır.*

KINGDOM: PROTOCTISTA

Phylum: Dinomastigota

Classis: Dinophyceae

Ordo: Noctilucales

Familia: Noctilucaeae

Noctiluca scintillans (Macartney, 1810) Kofoid, 1920

Phylum: Granuloreticulosa

Classis: Foraminifera

Foraminifera (sp.)

KINGDOM: ANIMALIA

Phylum: Cnidaria

Classis: Scyphozoa

Medusae (sp.)

Classis: Hydrozoa

Ordo: Siphonophorae

Siphonophora (sp.)

Ordo: Proboscoida

Familia: Campanulariidae

Obelia sp.

Ordo: Trachymedusae

Familia: Geryoniidae

Liriope tetraphylla (Otto, 1823)

Phylum: Ctenophora

Classis: Tentaculata

Ordo: Cydippida

Familia: Pleurobrachiidae

Pleurobrachia pileus (Müller, 1776)

Phylum: Annelida

Classis: Polychaeta

Polychaeta larvası

Polychaeta Trochophora larvası

* <http://www.marbef.org/data/erms.php>

Phylum: Mollusca

Classis: Gastropoda

Gastropoda larvası

Classis: Bivalvia

Bivalvia larvası

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea

Classis: Branchiopoda

Subclassis: Phyllopoda

Ordo: Diplostraca

Subordo: Cladocera

Infraordo: Ctenopoda

Familia: Sididae

Penilia avirostris Dana, 1849

Infraordo: Onychopoda

Familia: Podonidae

Evadne nordmanni Lovèn, 1836

Evadne spinifera P.E. Müller, 1867

Pleopis polyphemoides (Leuckart, 1859)

Podon intermedius Lilljeborg, 1859

Pseudevadne tergestina (Claus, 1877)

Classis: Ostracoda

Ostracoda (sp.)

Classis: Maxillopoda

Subclassis: Thecostraca

Infraclassis: Cirripedia

Cypris larvası

Nauplius larvası

Subclassis: Copepoda

Infraclassis: Neocopepoda

Ordo: Calanoidae

Familia: Calanidae

Calanus euxinus Hulsemann, 1991

Calanus sp.

Mesocalanus tenuicornis (Dana, 1849)

Familia: Paracalanidae

Calocalanus sp.

Paracalanus nanus Sars G.O., 1925

Paracalanus parvus (Claus, 1863)

Paracalanus pygmaeus Claus, 1863

Paracalanus sp.

Familia: Mecynoceridae

Mecynocera clausi Thompson I.C., 1888

Familia: Eucalanidae

Eucalanus sp.

Familia: Clausocalanidae

Clausocalanus arcuicornis (Dana, 1849)

Clausocalanus furcatus (Brady, 1883)

Clausocalanus paululus Farran, 1926

Clausocalanus sp.

Ctenocalanus vanus Giesbrecht, 1888

Microcalanus pygmaeus pygmaeus (Sars G.O., 1900)

Pseudocalanus elongatus (Boeck, 1865)

Familia: Aetideidae

Aetideus armatus (Boeck, 1872)

Gaetanus sp.

Familia: Euchaetidae

Euchaeta marina (Prestandrea, 1833)

Familia: Scolecitrichidae

Scolecithricella sp.

Familia: Diaixidae

Diaixis pygmaea (Scott T., 1894)

Familia: Augaptilidae

Euaugaptilus sp.

Familia: Lucicutiidae

Lucicutia flavicornis (Claus, 1863)

Familia: Metridinidae

Metridia lucens Boeck, 1865

Familia: Centropagidae

Centropages kroyeri Giesbrecht, 1893

Centropages ponticus Karavaev, 1895

Centropages typicus Krøyer, 1849

Centropages sp.

Familia: Temoridae

Temora stylifera (Dana, 1849)

Familia: Candaciidae

Candacia sp.

Familia: Acartiidae

Acartia clausi Giesbrecht, 1881

Acartia tonsa Dana, 1849

Acartia sp.

Ordo: Cyclopoida

Familia: Oithonidae

Oithona nana Giesbrecht, 1893

Oithona plumifera Baird, 1843

Oithona setigera Dana, 1852

Oithona similis Claus, 1866

Oithona sp.

Ordo: Harpacticoida

Familia: Clytemnestridae

Clytemnestra rostrata (Brady, 1883)

Familia: Ectinosomatidae

Microsetella rosea (Dana, 1848)

Familia: Euterpinidae

Euterpina acutifrons (Dana, 1847)

Familia: Miraciidae

Macrosetella gracilis (Dana, 1847)

Ordo: Poecilostomatoida

Familia: Oncaeidae

Oncaea media Giesbrecht, 1891

Oncaea mediterranea (Claus, 1863)

Oncae sp.

Familia: Corycaeidae

Corycaeus sp.

Classis: Malacostraca
Ordo: Decapoda
Decapoda larvası

Ordo: Euphausiacea
Familia: Euphausiidae
Euphausiidae (sp.)
Euphausiidae (sp.) naupli

Ordo: Isopoda
Isopoda (sp.)

Phylum: Echinodermata
Subphylum: Asterozoa
Bipinnaria larvası
Ophiopluteus larvası
Subphylum: Echinozoa
Echinopluteus larvası

Phylum: Phoronida
Actinotroch larvası

Phylum: Chaetognatha
Familia: Sagittidae
Sagitta setosa Müller, 1847
Sagitta sp.

Phylum: Bryozoa
Cyphonautes larvası

Phylum: Chordata
Subphylum: Tunicata
Classis: Ascidiacea
Familia: Ascidiidae
Ascidia larvası

Classis: Appendicularia
Familia: Fritillariidae
Fritillaria sp.
Familia: Oikopleuridae
Oikopleura (*Vexillaria*) *dioica* Fol, 1872
Oikopleura (*Coecaria*) *longicauda* (Vogt, 1854)

Subphylum: Vertebrata

Superclassis: Pisces

Classis: Actinopterygii

Balık yumurtası

Balık larvası

|

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Yeri:	İzmit
Doğum Tarihi:	11.03.1976
Lise:	(1987-1994), FMV Özel Işık Lisesi
Lisans:	(1995-1999), Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans	(1999-2002), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı
Çalıştığı kurum:	(1999-devam ediyor), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı