

GÜNEY KARADENİZ ZOOPLANKTONUN YÜZEYSEL VE DİKEY DAĞILIMLARININ AKUSTİK DOPPLER AKINTI ÖLÇERİ İLE ANALİZİ

Funda ERKAN ve Ali Cemal GÜCÜ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü P.K: 28 Erdemli, 33731 İÇEL

ABSTRACT

In this study, to obtain accurate vertical and horizontal distribution of the Black Sea zooplankton, Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) was used. The backscattered signal intensity from ship-borne 150 kHz ADCP, which is a measure of biomass, is compared with macro and meso-zooplankton samples collected in the southern Black Sea. Significant correlation between samples and backscatter intensities was obtained. Data sets from basin wide surveys (September 1996, July 1997) were used to obtain spatial and vertical distribution of zooplankton within Turkish Exclusive Economic Zone. At a fixed station daily migration pattern of the zooplankton was studied and depicted in distribution diagrams.

Key Words: ADCP, Zooplankton, Black Sea, Vertical and Horizontal Distribution

GİRİŞ

Zooplanktonun bolluğu ve dağılımı çalışmalarında akustik yöntemler son yirmi yıldır kullanılmaktadır. Bu çalışmalarla kullanılan akustik yöntemler geniş bir alanın taranmasını ve eş zamanlı veri kaydını mümkün kılmaktadır. Son zamanlarda plankton çalışmalarında, aslında akıntı hızı profillerinin ölçülmesi amacıyla fiziksel oşinografi çalışmaları için geliştirilen Akustik Doppler Akıntı Ölçeri (Acoustic Doppler Current Profiler-ADCP) kullanılmıştır. ADCP'nin teknigi, su kolonunda pasif olarak taşıdığı (sürüklendiği) kabul edilen partiküllerden geri gelen akustik yansımıya yoğunluğuna dayanmaktadır. Bu partiküler, açık denizde, çoklu zooplankton ve mikronekton olduğundan, ADCP akıntı hızlarına ek olarak biyolojik veri de sağlayabilmektedir. Bu çalışmada, geniş bir alanın taranmasını sağlayarak zooplanktonun güney Karadeniz'de yüzeysel ve dikey dağılımlarını tam gösterebilmek amaçlanmıştır. Bu nedenle plankton ağıyla örneklemenin yanı sıra akustik teknikler de kullanılmıştır.

MATERIAL VE METODLAR

Zooplanktonun dağılıminin belirlenmesi için gemiye monteli ADCP seferler boyunca rutin olarak veri toplamıştır. Zooplanktonun su kolonunda günlük dikey dağılıminin görülebilmesi için, her iki seferde aynı istasyonda Nansen açılır kapanır plankton ağı ve 30 litrelük Niskin su örneklem şışesi ile zooplankton örneklemesi gerçekleştirilmiştir. Örneklemeye derinlikleri, su kolonunun, mezozooplanktonun dağılımını etkileyen bazı biyokimyasal özelliklerinin yeraldığı derinliklerin yoğunluk değerlerine, ve eşzamanlı toplanan akustik verilerin özelliklerine göre seçilmiştir. Ayrıca su kolonundaki biyolojik olmayan partiküllerin geri yansımıya yoğunluğuna ne derecede etki ettiğinin bulunması için farklı hidrografik özelliklere sahip beş ayrı istasyondan 5 litrelük Niskin şışeleri ile örneklem yapılmış ve su kolonundaki askıda katı yük miktarı ölçülmüştür. Kaydedilen ADCP verileri incelenmiş ve ADCP'nin her derinlik hücrende Mean Volume Backscattering Strength- MVBS hesaplanmıştır. R.D. Instruments (1991) tarafından verilen aşağıdaki formül, ham geri yansımıya yoğunluğu değerlerinden her derinlik için MVBS'i hesaplamada kullanılmıştır.

$$MVBS = 10 \log_{10} \left\{ \frac{4.47 \times 10^{-20} K_2 K_s (273 + T_x) (10^{K_c(E-E_r)/10} - 1) r^2}{(cPK_1 10^{-2r\alpha/10})} \right\}$$

K_2 , alete bağlı sistem gürültü faktörü; K_s , frekansa bağlı sistem sabiti; T_x , transdüsör sıcaklığı (K); K_c , yansı yoğunluğu için çevrim faktörü; E , incelenen derinlik aralığındaki AGC verileri; E_r , aletin gürültü seviyesi (counts); r , transdüsörin incelenen derinlik aralığına olan uzaklığı (m); c , ses hızı (incelenen derinlik aralığındaki sesin ortalama hızı); P , pulse uzunluğu (m); K_1 , sistem voltajına bağlı dış güç terimi; α , emilim katsayısı ($dB\ m^{-1}$)dır.. K_2 , K_s , K_c , K_1 sabitleri RD Instruments tarafından verilmiştir. $T_x 28^\circ C$ olarak alınmış, E_r her işin için ayrı ayrı hesaplanmıştır, ve $\alpha 0.03\ dB\ m^{-1}$ olarak bulunmuştur. Zooplanktonun yüzeysel dağılımını elde etmek için MVBS değerleri navigasyon verileriyle birleştirilmiş ve sonra konturlanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Akustik verilerin toplam askıda katı yük miktarı ile karşılaştırılması

ADCP'nin zooplankton biyokitle tahmininde indirekt bir yöntem olmasından dolayı sonuçların doğrulanması ortaya güvenilir değerlerin çıkması açısından önemlidir. Benzeri diğer akustik aletler gibi ADCP de su kolonundaki biyolojik veya biyolojik olmayan partiküllerden gelen yansımaları ölçer. Ancak bu yöntemle biyolojik olmayan partiküller de zooplankton gibi kaydedilebilir. Bu nedenle biyolojik olmayan partiküllerden gelen yansımının geri yansımaya yoğunluğuna katkısını bulmak için toplam askıda katı yük analizi yapılmış ve sonuçlar MVBS değerleri ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda toplam askıda katı yük miktarı ile geri yansımaya yoğunluğu arasında belirgin bir ilişki bulunmamıştır ($r = 0.136$; $P = 0.422$). Bu sonuç, biyolojik olmayan partiküllerden gelen yansımının ihmali edilebilir olduğunu ve ADCP tarafından kaydedilen geri yansımının büyük çoğunlukla canlı partiküllerden geldiğini göstermektedir.

Zooplankton örnekleri

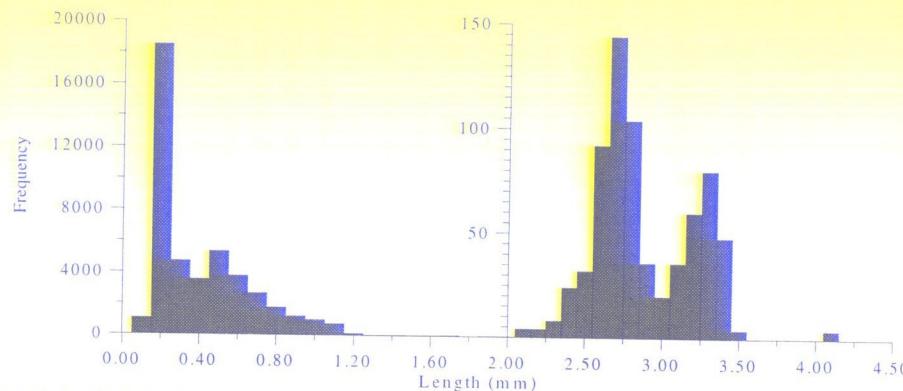
Değişik derinlikler ve farklı araştırma seferlerinden elde edilen zooplankton biyokitleleri ADCP tarafından kaydedilen akustik değerlerle istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Şimdiye kadar gerçekleştirilen çeşitli çalışmalar (Flagg ve Smith, 1989; Plueddemann ve Pinkel, 1989; Heywood ve diğ., 1991) farklı boy gruplarının geri yansımıya katkılarının önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada zooplankton büyülüklük dağılımları dikkate alınmış ve hangi boy grubunun ve taksonomik sınıfın MVBS'ı ne kadar etkilediği araştırılmıştır. Örneklerdeki zooplanktonların geniş bir boy spektrumuna sahip olduğu görülmüştür. Şekil 1'de Eylül 1996 araştırma seferinde toplanan örneklerdeki zooplanktonun boy dağılımı verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi örneklerde en çok küçük zooplanktonlar bulunmaktadır. Boyuta bağlı yansıtma oranını bulabilmek için boy sınıflandırması yapılmış ve 8 (sekiz) boy sınıfı seçilmiştir. Zooplanktonun Eylül 96 seferinde bulunan boy dağılım spektrumundan seçilen boy sınıfları ve içeriği taksonomik gruplar Tablo 1'de, bu boy gruplarındaki zooplanktonun göreceli (rölatif) biyokitlesi ile MVBS arasındaki ilişki Tablo 2'de verilmiştir.

Hedeflerin geri yansıtma oranı büyülükle doğru orantılıdır. Bu durumda büyük boyutlu organizmalardan yansımaya daha çok olacaktır. Ancak her iki seferde boy sınıflarındaki biyokitle ile MVBS arasındaki uyum değerlerine bakıldığından genel olarak küçük boy grupları MVBS ile daha çok uyum göstermiştir. Bu durum, ortamda çok yüksek biyokitleye sahip küçük boyutlu *Nociluca scintillans*'dan kaynaklanmaktadır.

MVBS ile uyumlu bulunan sınıf aralıklarındaki biyokitle değerleriyle çoklu regresyon analizi 97 seferinde de 0.84 uyum değeriyle % 71'i açıklanmıştır.

Dikey Dağılım

Eylül 96 ve Temmuz 97 seferlerinde farklı derinliklerden gün içinde farklı zamanlarda elde edilen zooplankton biyokitle dağılımı aynı andaki MVBS profili (dikey dağılımı) ile birarada incelenmiştir ve, zooplankton biyokitle ve MVBS değerleri çoğunlukla aynı yönde uyumlu bulunmuştur.



Şekil 1. Eylül 1996 araştırma seferinde toplanan örneklerdeki toplam zooplanktonun boy dağılım diagramı

Tablo 1. Seçilmiş sınıf aralıklarındaki baskın taksonomik grupların bolluğuun yüzde dağılımı (Eylül 1996)

Sınıf	Aralıkları (mm)						
0.1 - 0.3	0.4 - 0.8	0.9 - 1.2	1.3 - 1.7	1.8 - 2.3	2.4 - 3.0	3.1 - 3.6	4 <
<i>O. similis</i> (42.5%)	<i>N. scintillans</i> (84%)	<i>P. elongatus</i> (81 %)	<i>Acartia</i> spp. (73 %)	<i>Calanus euxinus</i> (40 %)	<i>Calanus euxinus</i> (93 %)	<i>Calanus euxinus</i> (96 %)	<i>Mnemiopsis leidyi</i> (47%)
Undefined Egg (27 %)	<i>Pseudocalanus elongatus</i> (7 %)	<i>Acartia</i> spp. (7 %)	Appendicularian (19 %)	Polycheta larvae (35 %)	Polycheta larvae (3 %)	<i>Sagitta setosa</i> (4 %)	<i>Sagitta setosa</i> (39%)
Cladoceran (10 %)	<i>Acartia</i> spp. (3 %)	Appendicularian (6 %)	<i>Calanus euxinus</i> (5 %)	<i>Sagitta setosa</i> (14 %)	<i>Sagitta setosa</i> (2 %)		<i>Pleurobrachia pileus</i> (14%)
<i>Pseudocalanus elongatus</i> (9 %)			<i>Calanus euxinus</i> (3 %)	Polycheta larvae (3 %)	Appendicularian (11 %)	Appendicularian (2 %)	
Nauplii (6.5 %)							

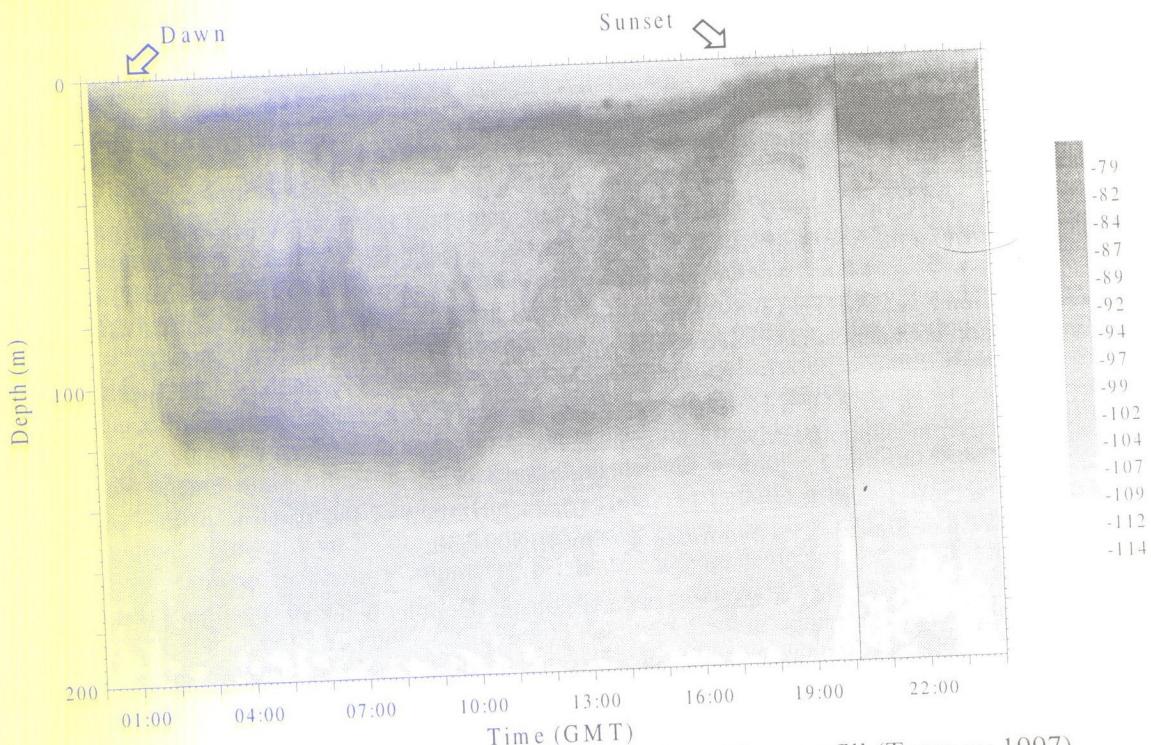
Tablo 2. Sınıf aralıklarındaki zooplanktonun göreceli biyokitleşi ile MVBS arasındaki korelasyon matriksi ($p < 0.05$, $N=52$)

	0.1-0.3 mm mm	0.4-0.8 mm mm	0.9-1.2 mm mm	1.3-1.7 mm mm	1.8-2.3 mm mm	2.4-3.0 mm mm	3.1-3.6 mm mm	4 mm < mm	Unclassified Zooplankton	MVBS (dB)
Unclassified zooplankton	0.720 $p=0.000$	0.678 $p=0.000$	0.788 $p=0.000$	0.587 $p=0.000$	0.618 $p=0.000$	0.094 $p=0.506$	0.795 $p=0.000$	0.884 $p=0.000$		0.666 $p=0.000$
MVBS (dB)	0.644 $p=0.000$	0.690 $p=0.000$	0.581 $p=0.000$	0.459 $p=0.001$	0.588 $p=0.000$	0.009 $p=0.951$	0.615 $p=0.000$	0.566 $p=0.000$	0.666 $p=0.000$	

Ayrıca, Eylül 96 ve Temmuz 97 araştırma seferlerinde elde edilen MVBS değerlerinin dikey profilleri incelenmiştir (Şekil 2). Şekilde koyu tonlar yüksek, açık tonlar ise düşük MVBS değerlerini ifade etmektedir. Profilde yaklaşık 150 m'nin altında anoksik bölgede herhangi bir değişiklik görülmemektedir. Gece, hedeflerin yoğunluğu yüzeye yakın sularda bulunmaktadır, şafakla beraber ışık şiddetinin artmasıyla derinlere doğru alçalmaya başlamışlardır. Gündüz su kolonunda üç ayrı grup gözlenmektedir. Birincisi, diğer grplardan daha hızlı (Eylül 96'da 1.32, Temmuz 97'de 1.58 cm/sn) derinlere inmeye ve gündüz zamanını anoksik tabakaya yakın derinliklerde geçirmektedir. Örneklerden elde edilen sayımlarına göre bu grup çoğunlukla *Calanus euxinus* bireylerinden oluşmaktadır (Erkan ve diğ., 2000). İkinci grup daha yavaş hareket etmekte, ve günü orta derinliklerde (60-100m) geçirmektedir. Zooplankton sayımlarına göre *Pseudocalanus elongatus* bu grubu oluşturan türdür (Erkan ve diğ., 2000). Üçüncü grup, belirgin bir göç hareketi göstermemektedir. Örneklerden çıkan sayımlara göre bu grup gündüz vaktini yine yüzeye yakın sularda geçirmektedir. Örneklerden çıkan sayımlara göre bu grup *Acartia* türleri, *Noctiluca scintillans* ve *Cladocera* türlerinden oluşmaktadır (Erkan ve diğ., 2000). Günün derinlerde geçen zooplanktonlar güneşin batmasına yakın zamanlarda ışık şiddetinin azalmasıyla beraber yukarı doğru harekete başlamışlardır (Eylül 96'da 1.06, Temmuz 97'de 1.17 cm/sn). Güneşin batışıyla birlikte zooplanktonların yoğunluğu yine yüzeye yakın sulara toplanmışlardır.

Yüzeysel Dağılım

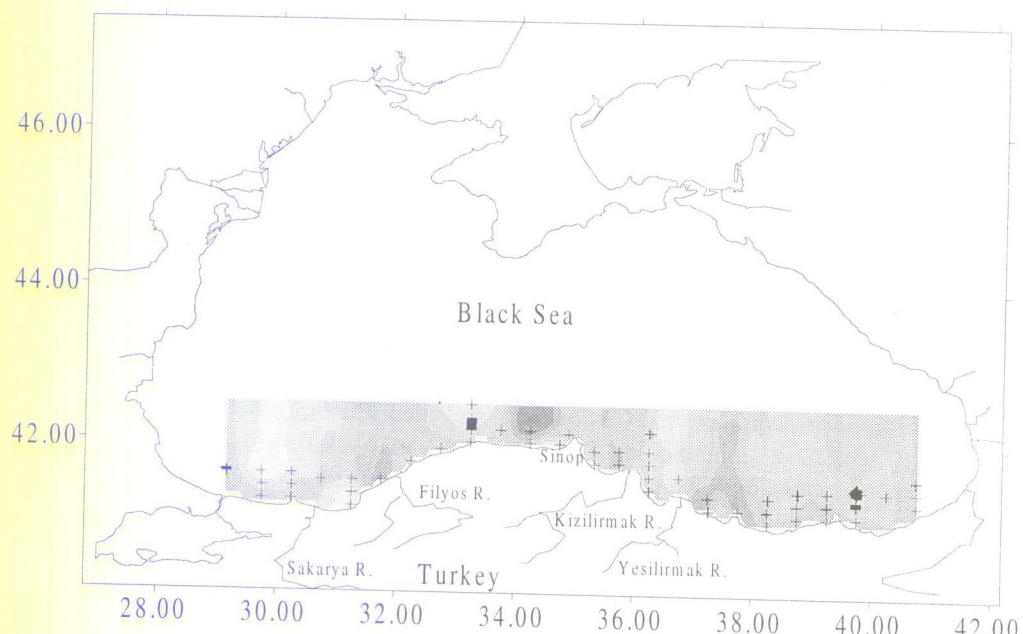
Zooplanktonun yüzeysel dağılımını göstermek için, Haziran 96, Eylül 96 ve Temmuz 97 araştırma seferlerinde elde edilen MVBS değerleri üç seferin navigasyon verileriyle birleştirilmiş ve sonra konturlanmıştır (Şekil 3). MVBS değerlerinin yüksek olduğu alanlar koyu tonlarla, düşük olduğu alanlar ise açık tonlarla gösterilmiştir. Zooplanktonun Karadeniz'de yüzeysel dağılımı Karadeniz'in çerçevesi akıntısının beslediği bölgelerde açık denize oranla daha yoğun bulunmaktadır. Aynı şekilde nehir etkisinde kalan bölgeler zooplankton açısından daha zengindir.



Şekil 2. Sabit istasyonda elde edilen MVBS değerlerinin dikey profili (Temmuz 1997).

ABSTRACT
The aim of this study was to determine the vertical distribution of zooplankton species in the Black Sea. Because the Black Sea is a closed basin situated between land areas, sampling characteristics related to the sea were different from those in the world's oceans. Five regular surveys were conducted in new research areas.

Keywords:



Şekil 3. Güneydoğu Karadeniz'de zooplanktonun göreceli biyokitlesinin yüzeyel dağılımı (Temmuz 1997)

SONUÇ

Karadeniz'de zooplankton dağılım çalışmada ADCP'nin kullanılması verimli sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Karadeniz'in derin sularının anoksik olması, yaşamın üst tabakalarda sınırlanması gibi kendine has özellikler, bu denizde zooplanktonun dağılım çalışmalarında, özellikle dikey dağılımda ADCP kullanılmasını avantajlı hale getirmektedir.

KAYNAKLAR

- ERKAN, F., A. C. GÜCÜ and J. ZAGORODNYAYA (2000) The Diel Vertical Distribution of Zooplankton in the Southeast Black Sea. *Tr. J. Zoology* (basımda)
- FLAGG, C. N. and S. L. SMITH (1989) On the use of the acoustic Doppler current profiler to measure zooplankton abundance. *Deep-Sea Research*, **36**(3), 455-474.
- HEYWOOD, K. J., S. SCROPE-HOWE, and E. D. BARTON (1991) Estimation of zooplankton abundance from shipborne ADCP backscatter. *Deep-Sea Research*, **38**(6), 667-691.
- PLUEDDEMANN, A. J. and R. PINKEL (1989) Characterization of the patterns of diel migration using a Doppler Sonar. *Deep-Sea Research*, **36**(4), 509-530.
- R. D. INSTRUMENTS (1991) Vessel-mounted Acoustic Doppler Current Profiler (VM-ADCP) Technical Manual, 264 pp.