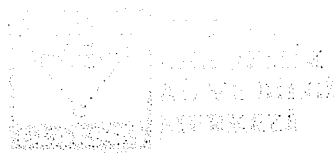
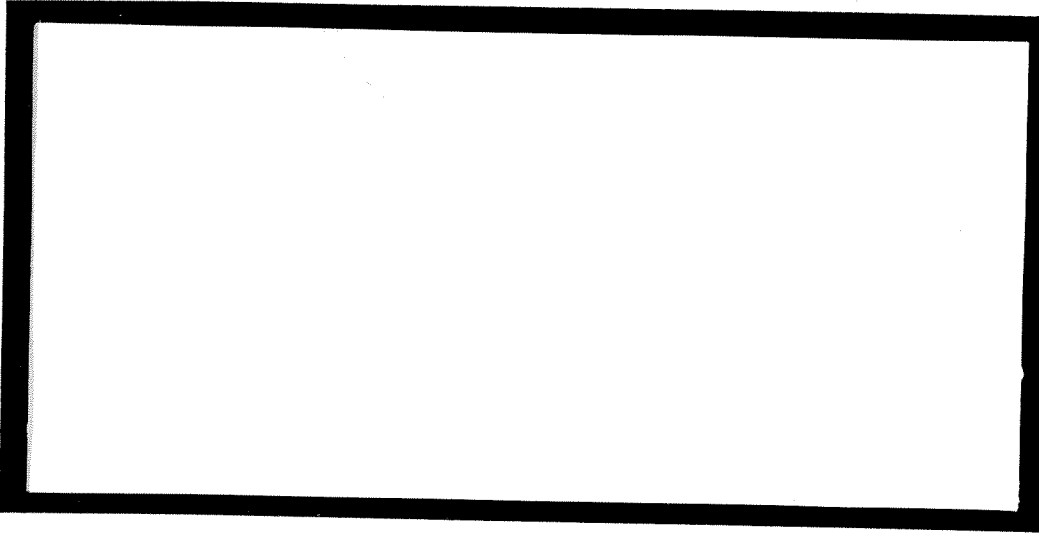


1997-1294 Farla



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY



Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve
Çevre Araştırma Grubu

Earth Marine Atmospheric Sciences and
Environmental Researches Grant Group

**KARADENİZ'DE YAŞAYAN MNEMİOPSİS'İN
SOLUNUM YOLUYLA HARCADIĞI
ENERJİ MİKTARININ BELİRLENMESİ**

Proje No: YDABÇAG-96/D



Yrd. Doç. Dr. Ahmet Erkan Kılıç

Ağustos 1996

Erdemli

<i>İçindekiler</i>	Sayfa
Teşekkür	3
Özet	4
Abstract	5
Şekiller listesi	6
Tablolar listesi	7
1. Projeyi destekleyen ve işbirliği yapılan kuruluşlar	8
2. Giriş	9
3. Projenin amacı	11
4. Projede uygulanan yöntem	12
5. Bulgular	14
5.1. Morfometrik ölçümler	14
5.2. Oksijen örnekleme zamanının belirlenmesi	17
5.3. <i>Mnemiopsis</i> 'in çeşitli sıcaklıklarda oksijen tüketimi	18
5.4. <i>Mnemiopsis</i> 'in oksijen tüketimi - kuru ağırlık ilişkisinin enerji - kuru ağırlık ilişkisi olarak ifade edilmesi	23
5.5. <i>Mnemiopsis</i> 'in Karadeniz'deki boy dağılımı ve yoğunluğu	25
5.6. <i>Mnemiopsis</i> 'in solunum yoluyla harcadığı enerjinin hesaplanması	28
6. Tartışma ve sonuç	30
7. Kaynakça	32

Teşekkür

Bu çalışma Orta Doğu Teknik Üniversitesine bağlı Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsünde gerçekleştirilmiş olup, enstitü olanaklarının kullanılmasını sağladığı için Enstitü Müdürlüğüne teşekkür ederim. Ayrıca enstitü personelinin Araştırma görevlisi Şengül Beşiktepe'ye ve Tarım Bakanlığına bağlı Trabzon'daki Yomra Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürü Yılmaz Bekiroğlu ve elemanlarından Ülkü Ataç, Yılmaz Çiftçi, Ali Alkan ve Binnur Ceylan ile İstanbul Üniversitesi'ne bağlı Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Müdürlüğüne ve araştırma gemileri R/VArar'ın personeline yardımlarından dolayı müteşekkirim. Bu çalışmaya sağladığı destekten dolayı TÜBİTAK'a minnettarım.

Özet

Bu çalışmada Karadeniz'e 1980'li yılların sonunda Atlantikten kazara taşınan ktenofor *Mnemiopsis*'in oksijen tüketimi değişik sıcaklıklarda tesbit edildi. Oksijen tüketiminin *Mnemiopsis*'in vücut hacmi ile orantılı olarak arttığı gözlemlendi. *Mnemiopsis*'te kuru ağırlık (mg) ile oksijen tüketimi (R ; $\mu\text{l birey}^{-1}\text{saat}^{-1}$) arasındaki ilişki 20 °C için;

$$\text{Log}_{10} R = 0.46 + 0.86 \text{ Kuru Ağırlık},$$

ve 8 °C için;

$$\text{Log}_{10} R = 0.46 + 0.86 \text{ Kuru Ağırlık},$$

denklemleri ile tanımlandı. Karadeniz'de *Mnemiopsis*'in boy dağılımı ve 1991-1995 yıllarına ait yoğunluk değerleri kullanılarak, yılda metrekare başına 812 kilojoule (=193 kilokalori) enerjiyi solunum yoluyla kaybettiği saptandı.

Anahtar kelimeler: Enerji, Karadeniz, ktenofor, *Mnemiopsis*, solunum, oksijen

Abstract

In this study the oxygen consumption of the ctenophore *Mnemiopsis*, which was accidentally transported to the Black Sea from the Atlantic, was determined at different temperatures. Oxygen consumption was observed to increase with the body volume of *Mnemiopsis*. The relationship between oxygen consumption (R ; $\mu\text{l birey}^{-1}\text{saat}^{-1}$) and dry weight (mg) of *Mnemiopsis* could be described with the following equation. For 20 °C;

$$\text{Log}_{10} R = 0.46 + 0.86 \text{ Dry Weight},$$

and for 8 °C;

$$\text{Log}_{10} R = 0.46 + 0.86 \text{ Dry Weight},$$

Using the size frequency distribution and density values of *Mnemiopsis* from the Black Sea for the years 1991-1995, annual energy loss via respiration was determined as 812 kJoule (=193 kCal).

Keywords: Black Sea, Ctenophora, Energy, *Mnemiopsis*, Oxygen, Respiration



Şekiller listesi

Sayfa

<i>Şekil 1.</i> Karadeniz <i>Mnemiopsis</i> 'i.	9
<i>Şekil 2.</i> <i>Mnemiopsis</i> 'in büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan çeşitli uzunluklar (Mutlu 1996'dan). BW = Vücut genişliği, AL = Ağız boyu, ArL = Auricle boyu, LL = Lob boyu (veya toplam boy).	14
<i>Şekil 3.</i> Trabzon sahillerinden Temmuz 1995 tarihinde toplanan <i>Mnemiopsis</i> 'in ağırlık - hacim ilişkisi.	16
<i>Şekil 4.</i> <i>Mnemiopsis</i> 'in 24°C'de oksijen tüketiminin kuru ağırlık ile logaritmik ilişkisi.	20
<i>Şekil 5.</i> <i>Mnemiopsis</i> 'in 20°C'de oksijen tüketiminin kuru ağırlık ile logaritmik ilişkisi.	22
<i>Şekil 6.</i> <i>Mnemiopsis</i> 'in 8°C'de oksijen tüketiminin kuru ağırlık ile logaritmik ilişkisi.	23
<i>Şekil 7.</i> <i>Mnemiopsis</i> 'in 20°C'de enerji kaybı ile kuru ağırlık arasındaki logaritmik ilişki.	24
<i>Şekil 8.</i> <i>Mnemiopsis</i> 'in 8°C'de enerji kaybı ile kuru ağırlık arasındaki logaritmik ilişki.	24
<i>Şekil 9.</i> Değişik sıcaklıklardaki kesişim değerlerinin bulunması için 20 °C ve 8 °C için bulunan kesişim değerlerinin (Log10 A; bkz <i>Şekil 7 ve 8</i>) bu sıcaklıklara plotu.	25
<i>Şekil 10.</i> <i>Mnemiopsis</i> 'in Haziran 1996'daki hacim grubu dağılımı	26

Tablolar listesi

Sayfa

Tablo 1. Trabzon'un Yomra kıyılarından örneklenen <i>Mnemiopsis</i> 'lerde çeşitli morfolometrik ölçümler.	.....	15
Tablo 2. Havalandırma sonrası deney kavanozuna alınan deniz suyunda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun (ÇO) zamana bağlı değişimi.	.....	17
Tablo 3. <i>Mnemiopsis</i> 'in 24 °C'deki oksijen tüketimi.	.....	19
Tablo 4. <i>Mnemiopsis</i> 'in 20 °C'deki oksijen tüketimi.	.....	21
Tablo 5. <i>Mnemiopsis</i> 'in 8 °C'deki oksijen tüketimi.	.....	22
Tablo 6. <i>Mnemiopsis</i> 'in 1991 ve 1995 arasında çeşitli örnekleme zamanlarında Karadeniz'deki yoğunluğu.	.....	27
Tablo 7. <i>Mnemiopsis</i> biyokütlesinin enerji denkleminin eğim değeri ile ilişkilendirilmesi. (Tüm değerler mg m ⁻² olarak).	.....	28
Tablo 8. <i>Mnemiopsis</i> 'in solunum yoluyla harcadığı enerji miktarının hesaplanması.	.....	29

1. PROJEYİ DESTEKLEYEN VE İŞBİRLİĞİ YAPILAN KURULUŞLAR

Projeyi destekleyen ve işbirliği yapılan kuruluşlar şunlardır:

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, bünyesindeki Yer, Deniz, Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu (YDABÇAG) tarafından YDABÇAG-96D Projesi kapsamında desteklemiştir.

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı - Trabzon Su Ürünleri

Araştırma Enstitüsü (TKB-TSÜAE)

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığına bağlı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü proje çalışmalarına bu çalışmada yapılan üç deneyden ilkinin gerçekleştirilmesine katkıda bulunmuştur.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü (ODTÜ-DBE)

Deniz Bilimleri Enstitüsü, deneylerin ve analizlerin yapılıp, sonuçların değerlendirilmesine katkıda bulunmuştur. Ayrıca projenin ara raporu ve final raporu da Deniz Bilimleri Enstitüsünde hazırlanarak TÜBİTAK'a sunulmuştur.

2. GİRİŞ

Son çeyrek yüzyılda, özellikle Kuzeybatısındaki büyük nehirlerin taşıdığı nütrient (nitrat ve fosfat) konsantrasyonlarının artması sonucu, Karadeniz ekolojik sisteminde değişiklikler izlenmiş, nütrient dengesinin bozulması, fitoplankton ve zooplanktonun kompozisyonunu etkilemiştir (Borodkin ve Korzhikova, 1991). Böylece plankton ve dolayısıyla üretim miktarında bir artış gözlenmiş, ve bunun Türkiye'nin avladığı hamsi miktarlarının yıllara göre yükselmesinde önemli bir etken olduğu ileri sürülmüştür (Kıdeyş, 1994). Ancak, Kuzeybatı Atlantik'ten Karadeniz'e tesadüfen taşındığı sanılan ve bilhassa üretimin yüksek olduğu denizlerde çok etkili bir zooplankton yiyici olan bir ktenefor türünün (*Mnemiopsis sp.*; **Şekil 1**) biyomasının 1988'lerden itibaren bu



Şekil 1. Karadeniz *Mnemiopsis*'i.

denizde olaganüstü miktarlarda artışı, bu yıldan itibaren hamsi av miktarlarında görülen ani düşüşte en etkin faktör olarak göze çarpmaktadır (Kıdeyş 1994, Niermann ve diğ. 1994).

Solunum, oksijen kullanarak enerjisi yüksek bileşiklerin vücutta biyokimyasal olarak yakılması diye tarif edilebilir. Böylece bir organizma ya da populasyonun metabolizmasının oranı (veya "masrafı") tüketilen oksijenin ölçülmesi ile tesbit edilebilir. Metabolik faaliyetlerin neticesi olarak bu şekilde üretilen ısı enerjisi daimi olarak ortama kaybedilir. Kullanılan her ml oksijenin 20.2 joule (=4.8 kalori) ısı enerjisine eşdeğer olduğu hesaplanmıştır (Ivlev 1934).

Herhangi bir tür için oksijen tüketimi (R) ile vücut ağırlığı (W) arasındaki ilişki şu denklemlerle ifade edilebilir:

$$R = a.W^b \quad R = a . W^b \text{ veya logaritmik olarak;}$$

$$\text{Log}10 R = \text{Log}10 a + b . \text{Log}10 W.$$

Bu denklemlerde *b* oksijen tüketimi ile ağırlık arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan doğrusal çizginin eğimi, *a* da çizginin y eksenini kestiği kesişim noktasıdır. Bu denklem metabolik aktivitenin ağırlık ile ilişki derecesini gösterir. Sıcaklık *b*'yi etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Soğukkanlı hayvanlarda yükselen ortam sıcaklığı genelde oksijen tüketiminin artmasına neden olur. Şüphesiz diğer birçok faktör (açlık durumu, hareketlilik, üreme vs) oksijen tüketimini etkileyebilir.

Bu çalışmada *Mnemioipsis*'in oksijen tüketimi ölçülerek birim alanda ne kadarlık bir enerjinin bu şekilde kaybolduğu araştırılmaktadır.

3. PROJENİN AMACI

Hamsi ve diğer pelajik stoklarımızın ani bir şekilde azalmasına neden olan bu hayvanın biyolojik ve ekolojik özelliklerinin acil olarak öğrenilmesi, balıkçılığımızın tekrar iyi bir duruma gelmesi için gerekli tedbirlerin alınmasında en önemli basamaklardan birini oluşturmaktadır. *Mnemiopsis*'in, hamsi ve diğer birçok pelajik balığın besinini oluşturan zooplanktonu çok obur bir şekilde tükettiği bilinmektedir. Karadeniz ekosistemi üzerine bu taraklı (ktenofor) tarafından yapılan olumsuz etkinin ortaya çıkarılması için biyokitle tesbitinin yanında (ki bu ODTÜ Deniz Bilimleri tarafından halihazırda araştırılmaktadır), bu türün beslenme, solunum, büyüme ve üreme oranlarının da bilinmesi gerekmektedir. Çünkü solunumun artmasıyla bu canlının besin tüketimi de artmakta dolayısıyla ortamda diğer canlıların ve özellikle de hamsinin kullanacağı besin kaynağı azalmaktadır. Bu çerçevede *Mnemiopsis*'in oksijen tüketim miktarının araştırılması, bu hayvanın aldığı besini ne şekilde kullandığını göstermesi açısından önemlidir.

4. PROJEDE UYGULANAN YÖNTEM

Mnemiopsis'in solunum yoluyla harcadığı enerji miktarının belirlenmesi için ilk deney (5-6 Temmuz 1995; sıcaklık 24 °C); tarihinde Trabzon'un Yomra sahillerinden toplanan örneklerle, ikinci deney (30 Ekim 1995; sıcaklık 20 °C) ve üçüncü deneyler (3 Aralık 1995; sıcaklık 8.5 °C) ise İstanbul Boğazından toplanan örneklerle yapıldı. Deneylerde değişik boy gruplarına ait 7 ile 24 arasında *Mnemiopsis* kullanılarak hacmi 750-1000 ml arasında değişen pet kavanozlarda yapıldı. Her fert için bir kavanoz kullanıldı. Deney için GFC ile filtre edilmiş (yaklaşık 0.5 micron) deniz suyu kullanıldı. İlk deneyin süresi 13 saat 45 dakika iken sonraki deneyler 4'er saat olarak belirlendi. Deney sonunda kalan oksijen miktarının tesbiti için su örnekleri alındıktan sonra *Mnemiopsis*'lerin hacimleri dereceli silindirde ölçüldü. İlk deney sonunda hacim ölçümünün yanında çeşitli boy (toplam boy, ağız boyu ve auricle boyu; *Şekil 2*) ve ağırlık ölçümleri de yapıldı.

Başlangıçta bolca havalandırılan filtre edilmiş deniz suyunun oksijen konsantrasyonu havalandırma sonrası örnekleme zamanının tesbiti amacıyla 1 veya 2 dk. aralıklarla stabil değerler elde edilinceye kadar ölçüldü. Tüm çözülmüş oksijen ölçümleri Winkler metodu (Strickland ve Parsons, 1968) ile yapıldı.

Solunum değerlerinin enerji cinsinden Karadeniz'de *Mnemiopsis* populasyonu için hesaplanmasında Crisp (1984) denklemi kullanıldı:

$$R = \sum_0^m A_j \Delta t_j \cdot \left(\sum_0^n w_i^b \right)$$

Bu denklemde;

R solunum yoluyla kayıp, Δt_j saat bazında toplam zaman, w_i i hacim grubunun ortalama kuru ağırlığıdır. A ve b log solunumun enerji olarak değeri (joule/saat) ve log kuru ağırlık (mg) arasındaki doğrusal ilişkinin kesişim ve eğim değerleridir.

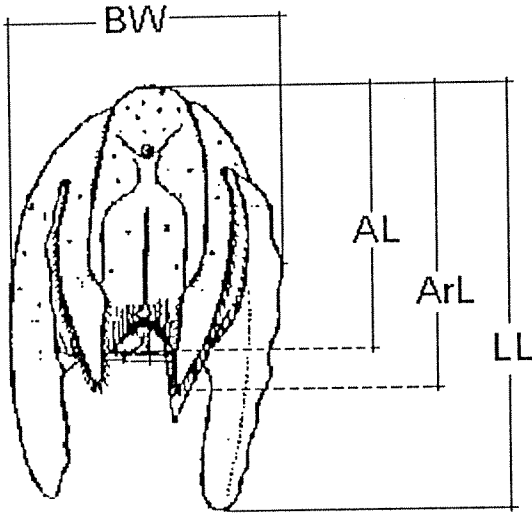
Regresyon kesişim ve eğim değerlerinin karşılaştırılması kovaryans (ANCOVA) analizi ile yapıldı (Zar, 1984).

Mnemiopsis'in boy dağılımına (hacim grubu olarak) ait veriler Haziran 1996'da Karadeniz'deki 66 istasyondan toplanan örneklerden elde edildi.

5. BULGULAR

5.1. Morfometrik ölçümler

Mnemiopsis üzerinde yapılan boy ölçümleri *Şekil 2* de gösterilmiştir. Ancak tüm hayvanların her tip boyunu ölçmek pratikte mümkün olmadı (*Tablo 1*).



Şekil 2. *Mnemiopsis*'in büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan çeşitli uzunluklar (Mutlu 1996'dan). BW = Vücut genişliği, AL = Ağız boyu, ArL = Auricle boyu, LL = Lob boyu (veya toplam boy).

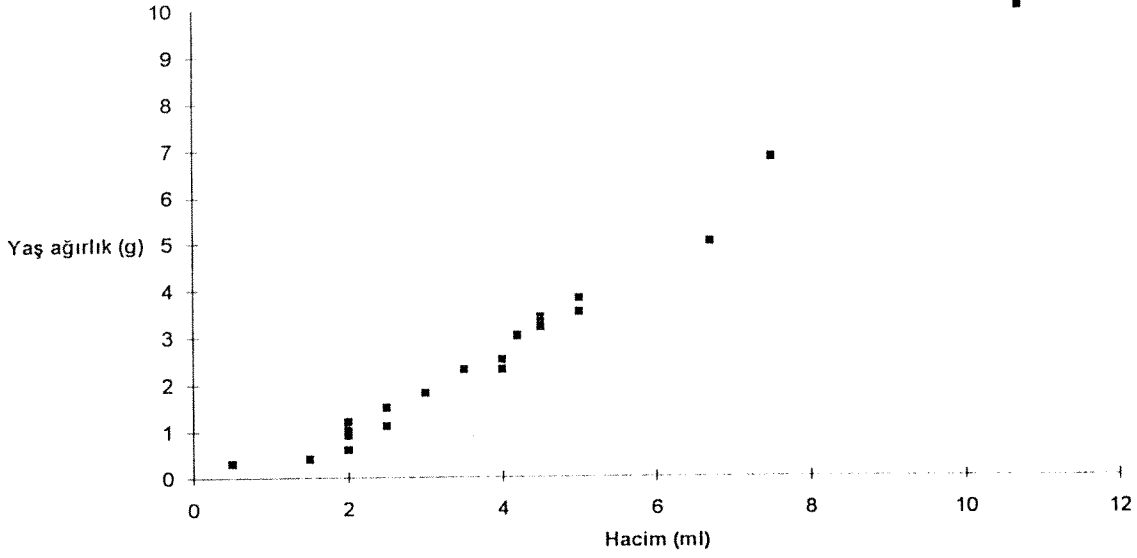
Bununla beraber tüm hayvanların ağırlık ve bilhassa hacim ölçümleri kolayca tesbit edildi. *Mnemiopsis*'in ağırlık - hacim ilişkisinin eğim değeri 1 olarak bulundu (*Şekil 3*).

Tablo 1. Trabzon'un Yomra kıyılarından örneklenen *Mnemiopsis*'lerde çeşitli morfometrik ölçümler.

No	Toplam boy (cm)	Ağız boyu (cm)	Auricle boyu (cm)	Hacmi (ml)	Ağırlığı (g)
1	?	2.3	?	2.0	0.6
2	3.5	2.8	?	5.0	3.5
3	4.5	3.5	?	6.7	5.0
5	?	2.3	2.8	4.0	2.3
7	?	3.3	5.6	7.5	6.8
8	4.0	2.5	2.7	4.5	3.4
9	4.0	2.2	2.9	5.0	3.8
10	2.0	1.6	2.1	2.0	1.2
11	3.5	2.0	2.3	4.2	3.0
12	?	1.8	2.1	4.0	2.5
13	?	2.0	2.4	4.5	3.3
14	2.3	1.4	?	3.0	1.8
15	1.8	1.2	?	2.0	0.9
17	3.2	1.8	2.3	3.5	2.3
18	1.4	0.9	1.1	0.5	0.3
19	2.5	1.5	1.7	2.5	1.5
20	1.9	1.4	1.6	2.0	1.0
22	?	1.2	1.7	1.5	0.4
23	3.0	2.2	2.6	4.5	3.2
24	5.5	3.3	4.2	10.7	10.0

(? ölçümün mümkün olmadığını gösterir).

$$\text{Ağırlık (g)} = -1.08 + \text{Hacim (ml)}, r^2 = 0.98, n = 23$$



Şekil 3. Trabzon sahillerinden Temmuz 1995 tarihinde toplanan *Mnemiopsis*'in ağırlık - hacim ilişkisi.

Bu ilişki doğrusal olup, denklemi şudur:

$$\text{Yaş ağırlık (g)} = -1.08 + \text{Hacim (ml)}; r^2 = 0.98, n = 23.$$

Hernekadar bu denklemin korelasyon katsayısı çok yüksek ise de ($r^2=0.98$), denklemin hesaplanmasında az sayıda küçük hacimli ktenoforların kullanılması nedeni ile söz konusu boy grubu için denklem gerçekçi olmayabilirdi. Bu nedenle hesaplamalarda çok sayıda küçük ktenoforların da dahil edildiği Mutlu (1996)'ya ait hacim-ağırlık denklemi kullanıldı:

$$\text{Yaş ağırlık (g)} = -0.249 + 0.886 \cdot \text{Hacim (ml)}.$$

5.2. Oksijen örnekleme zamanının belirlenmesi

Ana tankta doymun bir şekilde havalandırılmakta olan deniz suyunun deney kavanozlarına alındıktan sonra doymunluk seviyesinde zamana ait nasıl bir değışimin olduğunu anlamak için yapılan deneyde organizmaları kavanoza koymadan en az 1 dakika beklemenin gerektiğini ortaya koydu. Deney kavanozuna alınan doymun deniz suyunun çözünmüş oksijen konsantrasyonu ilk andaki 7.6 ml l⁻¹ değerinden 1 dakika sonra 7.2 ml l⁻¹ ve 7.1 ml l⁻¹ seviyesinde 6 dakika boyunca durağan kaldığı gözlendi (*Tablo 2*). Bu durum deney sırasında dikkate alınarak çalışıldı.

Tablo 2. Havalandırma sonrası deney kavanozuna alınan deniz suyunda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun (ÇO) zamana bağlı değışimi.

Havalandırmayı müteakip örnekleme zamanı (dakika)	ÇO (ml l ⁻¹)
0	7.6
1	7.2
2	7.2
4	7.1
6	7.1

5.3. *Mnemiopsis*'in çeşitli sıcaklıklarda oksijen tüketimi

Değişik hacim gruplarına ait *Mnemiopsis*'in oksijen tüketimi üç ayrı sıcaklıkta (24, 20 ve 8 °C) ölçülmüş olup, **Tablo 3** de 24 °C ye ait ilk deneyin ölçümleri sunulmaktadır.

Doğrudan tartım yoluyla bulunan yaş ağırlık değerleri, Borodkin ve Korzhikova (1991)'nın Karadeniz *Mnemiopsis*'i için tesbit ettiği kuru ağırlık:yaş ağırlığının oranı kullanılarak kuru ağırlığa çevrilmiştir. Oksijen tüketimi bu sıcaklıkta 197 ile 422 $\mu\text{l birey}^{-1}\text{saat}^{-1}$ arasında değişmiştir.

Şekil 4'ten de anlaşılacağı üzere genelde oksijen tüketimi hayvanların kuru ağırlığı ile bir artış göstermiştir. Ancak denklemin eğim değerinden anlaşılacağı üzere (0.02) bu artış ani değildir. Bulunan denklemin regresyon katsayısı (r^2) 0.50 olarak tesbit edilmiştir. Bu düşük değer deney süresinin (13 saat 45 dakika olarak) uzun tutulmasından kaynaklanmış olmalıdır. Bu nedenle *Mnemiopsis*'in solunum yoluyla harcadığı enerjinin tesbit edilmesinde bu sıcaklığa ait ölçümler değerlendirme dışında tutulmuşlardır.

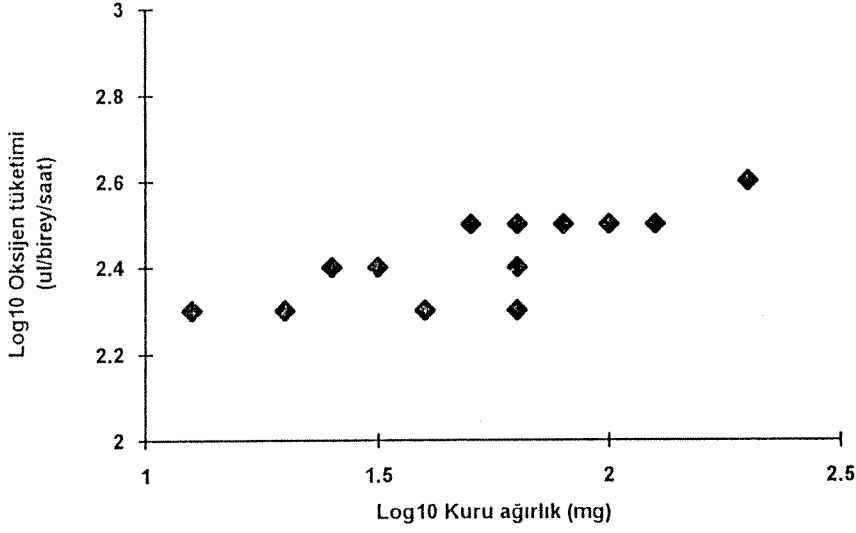
Tablo 3. *Mnemiopsis*'in 24 °C'deki oksijen tüketimi.

No	Hacmi (ml)	*Yaş ağırlık (g)	**Kuru ağırlık (mg)	Oksijen tüketimi (μl birey ⁻¹ saat ⁻¹)	Spesifik oksijen tüketimi (μl mg ⁻¹ saat ⁻¹)
1	2.0	0.6	12	223	18.6
2	5.0	3.5	70	230	3.3
3	6.7	5.0	100	349	3.5
5	4.0	2.3	46	350	7.6
7	7.5	6.8	136	327	2.4
8	4.5	3.4	68	296	4.4
9	5.0	3.8	76	327	4.3
10	2.0	1.2	24	275	11.4
11	4.2	3.0	60	223	3.7
12	4.0	2.5	50	295	5.9
13	4.5	3.3	66	267	4.0
14	3.0	1.8	36	210	5.8
15	2.0	0.9	18	212	11.8
17	3.5	2.3	46	290	6.3
18	0.5	0.3	6	223	37.1
19	2.5	1.5	30	237	7.9
20	2.0	1.0	20	197	9.9
22	1.5	0.4	8	220	27.5
23	4.5	3.2	64	347	5.4
24	10.7	10.0	200	422	2.1

* Yaş ağırlık doğrudan tartılarak bulundu.

**Borodkin ve Korzhikova (1991)'ya göre *Mnemiopsis*'te kuru ağırlık yaş ağırlığın %2'sidir.

$$\text{Log}_{10} Y = 2.1 + 0.2 * \text{Log}_{10} X; r^2 = 0.5$$



Şekil 4. *Mnemiopsis*'in 24°C'de oksijen tüketiminin kuru ağırlık ile logaritmik ilişkisi.

Sonraki iki deneyde (20 ve 8 °C'de) deney süresi 4 saat olarak belirlenmiş olup **Tablo 4** ve **5**'de bu deneylere ait ölçüm değerleri sunulmaktadır. 20 °C'de oksijen tüketimi 45-200 µl birey⁻¹saat⁻¹ arasında değişmiştir. Birim ağırlık (spesifik oksijen tüketimi) başına çevrildiğinde bu değerler 1.1 ile 2.5 µl mg⁻¹saat⁻¹ olarak verilebilir. Oksijen tüketimi 8 °C'de oldukça azalmıştır (oksijen tüketimi olarak ranj 30-100 µl birey⁻¹saat⁻¹ ve spesifik oksijen tüketimi olarak ranj 0.7-1.1 µl mg⁻¹saat⁻¹) Bu sıcaklıklardaki oksijen tüketimi ile kuru ağırlık arasındaki logaritmik ilişkiler **Şekil 5** ve **6**'da gösterilmektedir.

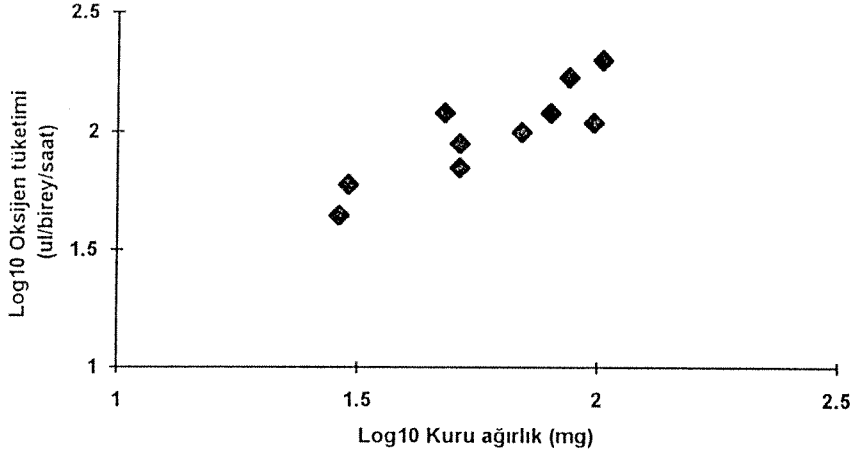
Tablo 4. *Mnemiopsis*'in 20 °C'deki oksijen tüketimi.

No	Hacmi (ml)	*Yaş ağırlık (g)	**Kuru ağırlık (mg)	Oksijen tüketimi ($\mu\text{l birey}^{-1}\text{saat}^{-1}$)	Spesifik oksijen tüketimi ($\mu\text{l mg}^{-1}\text{saat}^{-1}$)
1	3.2	2.6	52	70	1.4
2	1.9	1.4	29	45	1.6
3	4.8	4.0	80	120	1.5
5	5.2	4.4	87	170	2.0
7	5.8	4.9	98	110	1.1
8	4.5	3.7	75	100	1.3
9	2.0	1.5	30	60	2.0
10	3.0	2.4	48	120	2.5
11	3.2	2.6	52	90	1.7
12	6.0	5.1	101	200	2.0

*Yaş ağırlık (g) = $-0.249 + 0.886 \cdot \text{Hacim (ml)}$ [Mutlu, 1996'dan].

**Borodkin ve Korzhikova (1991)'ya göre *Mnemiopsis*'te kuru ağırlık yaş ağırlığının %2'sidir.

$$\text{Log}_{10} Y = 0.46 + 0.86 * \text{Log}_{10} X; r^2 = 0.75$$



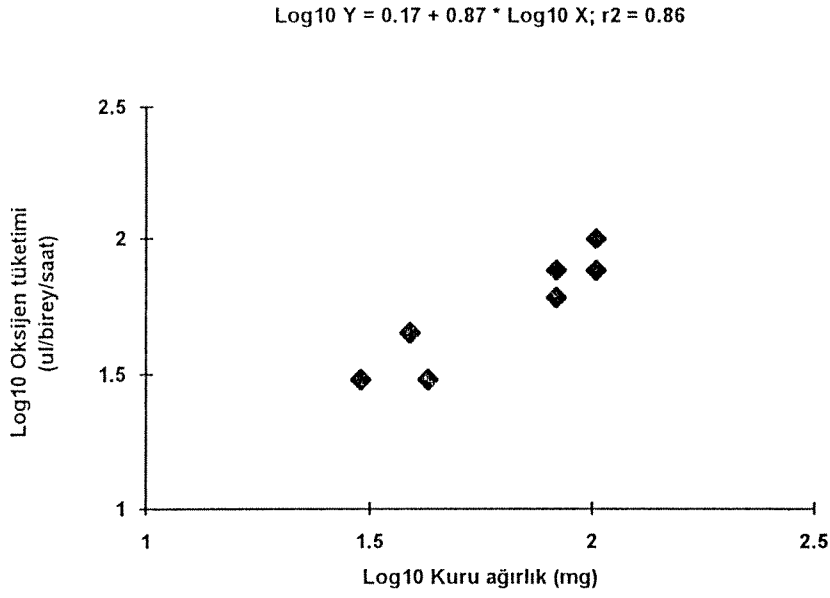
Şekil 5. *Mnemiopsis*'in 20°C'de oksijen tüketiminin kuru ağırlık ile logaritmik ilişkisi.

Tablo 5. *Mnemiopsis*'in 8 °C'deki oksijen tüketimi.

No	Hacim (ml)	*Yaş ağırlık (g)	**Kuru ağırlık (mg)	Oksijen tüketimi (µl birey ⁻¹ saat ⁻¹)	Spesifik oksijen tüketimi (µl mg ⁻¹ saat ⁻¹)
1	5.0	4.2	84	75	0.9
2	5.0	4.2	84	60	0.7
3	2.5	2.0	39	45	1.1
4	6.0	5.1	101	100	1.0
5	6.0	5.1	101	75	0.7
6	2.7	2.1	43	30	0.7
7	2.0	1.5	30	30	1.0

*Yaş ağırlık (g)= -0.249 + 0.886.Hacim (ml) [Mutlu, 1996'dan].

**Borodkin ve Korzhikova (1991)'ya göre *Mnemiopsis*'te kuru ağırlık yaş ağırlığın %2'sidir.]

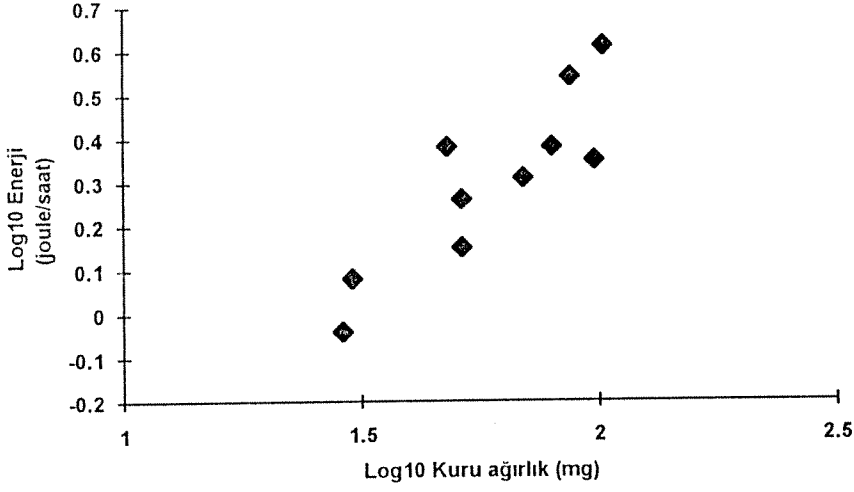


Şekil 6. Mnemiopsis'in 8°C'de oksijen tüketiminin kuru ağırlık ile logaritmik ilişkisi.

5.4. Mnemiopsis'in oksijen tüketimi - kuru ağırlık ilişkisinin enerji - kuru ağırlık ilişkisi olarak ifade edilmesi

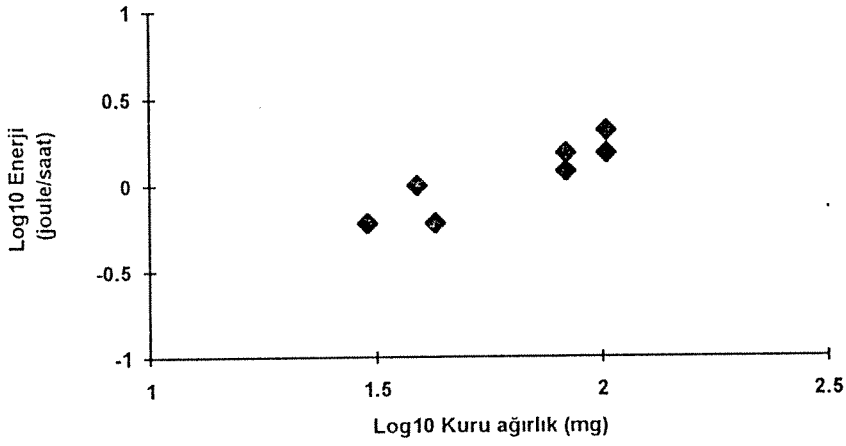
Solunum yoluyla *Mnemiopsis*'in harcadığı enerji miktarını hesaplamak için, 20 °C ve 8 °C'de bulunan oksijen tüketimi değerleri, 1 ml oksijenin 20.2 joule (ya da 4.8 kalori) olduğu gözönünde bulundurularak enerjiye (joule/saat) çevrildi (Ivlev 1934; bkz Crisp 1984). Çevirim sonrası kuru ağırlıkla enerji ilişkisi yeni denklemlerle ifade edildi (*Şekil 7* ve *8*).

$$\text{Log}_{10} Y = -1.23 + 0.86 \cdot \text{Log}_{10} X; r^2 = 0.75$$



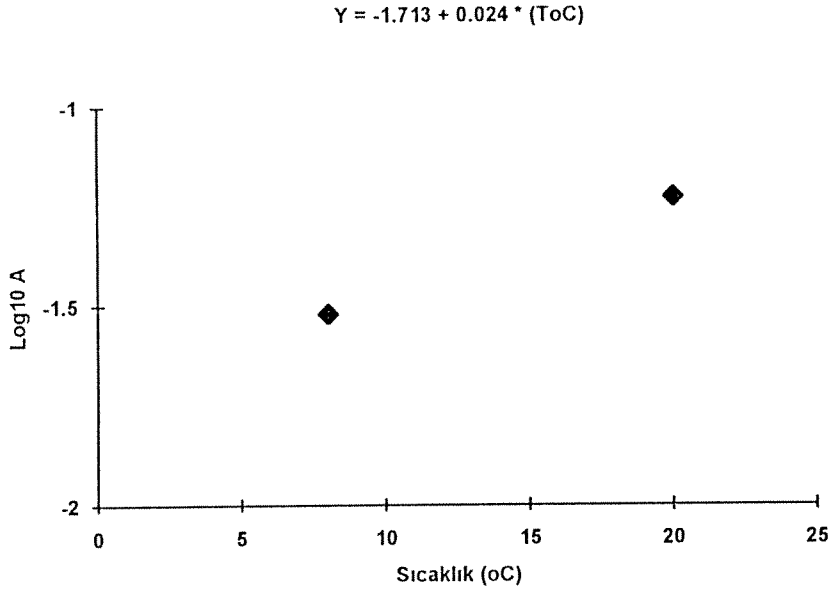
Şekil 7. *Mnemiopsis*'in 20°C'de enerji kaybı ile kuru ağırlık arasındaki logaritmik ilişki.

$$\text{Log}_{10} Y = -1.52 + 0.87 \cdot \text{Log}_{10} X; r^2 = 0.86$$



Şekil 8. *Mnemiopsis*'in 8°C'de enerji kaybı ile kuru ağırlık arasındaki logaritmik ilişki.

20 °C ve 8 °C'deki enerji kaybı ile kuru ağırlık arasındaki ilişkinin eğimleri arasında önemli bir fark olmadığından (ANCOVA testi; Zar 1984), 0.865 ortalama eğim değeri olarak kabul edildi. Bu denklemlere ait kesişim (A) değerleri iki ayrı sıcaklık için *Şekil 9*'da gösterildiği gibi plot edildikten, varsayılan herhangi bir sıcaklık değerine karşı gelecek A değerlerinin bulunabileceği denklem [$Y = -1.713 + (T^{\circ}C)$] elde edildi.

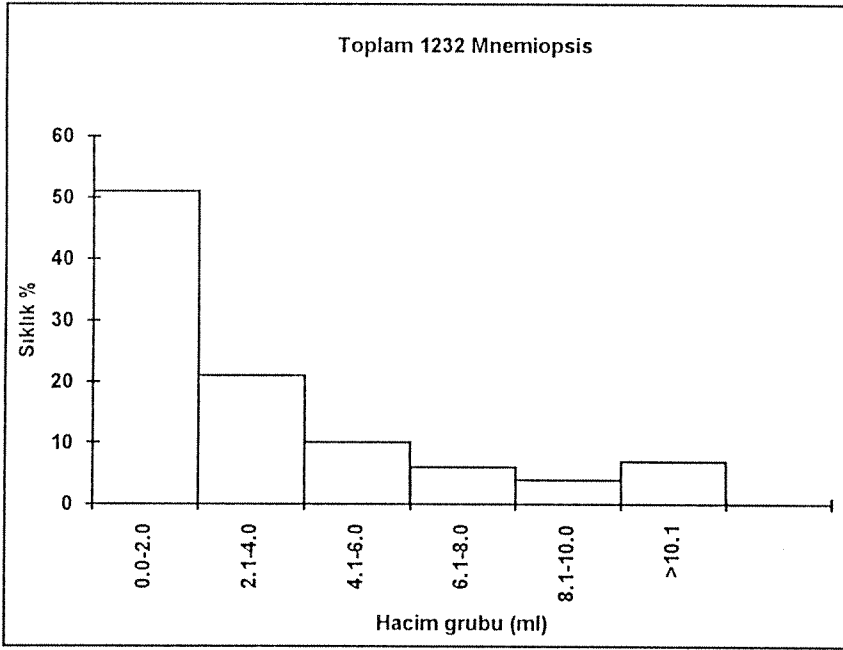


Şekil 9. Değişik sıcaklıklardaki kesişim değerlerinin bulunması için 20 °C ve 8 °C için bulunan kesişim değerlerinin (Log10 A; bkz *Şekil 7 ve 8*) bu sıcaklıklara plotu.

5.5. Mnemiopsis'in Karadeniz'deki boy dağılımı ve yoğunluğu

Mnemiopsis'te enerji kaybı hayvanların boy dağılımı ile doğrusal bir ilişki gösterdiğinden yıllık toplam enerji kaybının hesaplanmasında populasyon boy dağılımının bilinmesi gerekir. Bu nedenle bu veriler Haziran 1996'da Karadeniz'in Türk karasularında 66 istasyonda örneklenen toplam 1232 *Mnemiopsis*'in hacimlerinin ölçülmesiyle elde edildi

(Şekil 10). Sıklık dağılımı populasyonu ağırlıklı olarak (>%50) en küçük hacim grubunun (0.0-2.0 ml) oluşturduğunu gösterdi. Bir sonraki hacim grubu (2.1-4.0 ml) toplam populasyonun %21'ini oluşturdu. Hacim grubunun artmasıyla populasyondaki yüzdelerinde bir azalma görüldü.



Şekil 10. *Mnemiopsis*'in Haziran 1996'daki hacim grubu dağılımı

Mnemiopsis'in Karadeniz'de bir tek yıl boyunca her aya ait ortalama yoğunluk değerinin bulunmaması nedeniyle, 1991 ve 1995 yılları arasındaki tüm seferlerden elde edilen bulgular değerlendirildi. Bu yıllar arasında aynı aya ait birden fazla değer varsa ortalama kullanılarak, *Mnemiopsis*'in bu yıllar arası için aylık zaman serisi çıkarıldı (Tablo 6). Buna göre *Mnemiopsis*'in yaş ağırlığı metrekarede 176 g (Haziran) ile 485 g (Mart) arasında

değiştirdi. Bu değerler kuru ağırlık olarak Haziran'da 3520 mg ile Mart'ta 9700 mg'a eşdeğerdir.

Tablo 6. *Mnemiopsis*'in 1991 ve 1995 arasında çeşitli örnekleme zamanlarında Karadeniz'deki yoğunluğu.

Ay	Yıl	<i>Mnemiopsis</i>		
		^a Adet No/m ²	^a Yaş Ağırlık g/m ²	^c Kuru Ağırlık mg/m ²
Ocak	1992	97	291	5820
Ocak	1993	177	253	5060
Ocak	1994	158	339	6780
<i>Ocak ortalaması</i>		144	294	5880
<i>Şubat</i>	1994	158	339	6780
<i>Mart</i>	1995	152	485	9700
Nisan	1993	12	14	280
Nisan	1994	68	253	5060
Nisan	1995	152	485	9700
<i>Nisan ortalaması</i>		77	251	5020
<i>Mayıs</i>	1994	68	253	5060
<i>Haziran</i>	1991	11	176	3520
<i>Temmuz</i>	1992	54	226	4520
<i>Ağustos</i>	1993	40	212	4240
<i>Eylül</i>	b₋	81	300	6000
<i>Ekim</i>	1995	24	465	9300
<i>Kasım</i>	b₋	81	300	6000
<i>Aralık</i>	b₋	81	300	6000

^aMutlu 1996'dan,

^bBu aylara ait değer olmadığından tüm ayların ortalaması bu aylara ait değerler olarak kabul edildi,

^cKuru ağırlık yaş ağırlığın %2'si olarak alındı.

5.6. *Mnemiopsis*'in solunum yoluyla harcadığı enerjinin hesaplanması

Haziran 1996'da saptanan boy gruplamasının tüm aylar için geçerli olduğu varsayılarak ve *Tablo 6*'da bulunan her aya ait bulunan kuru ağırlık değerleri kullanılarak, her aydaki her hacim grubuna ait biyokitle değerleri (w_i) tesbit edildi (*Tablo 7*). Bulunan w_i değerleri ortak eğim ile ilişkilendirilerek w_i^b değerleri bulundu.

Tablo 7. *Mnemiopsis* biyokütlesinin enerji denkleminin eğim değeri ile ilişkilendirilmesi. (Tüm değerler mg m^{-2} olarak).

Hacim grubu (ml)	0.0-2.0		2.1-4.0		4.1-6.0		6.1-8.0		8.1-10.0		>10.1		Σw_i^b
	w_i	w_i^b	w_i	w_i^b	w_i	w_i^b	w_i	w_i^b	w_i	w_i^b	w_i	w_i^b	
Ocak	2999	1018	1235	472	588	249	353	160	235	113	412	183	2193
Şubat	3458	1151	1424	534	678	281	407	181	271	127	475	207	2481
Mart	4947	1569	2037	728	970	383	582	246	388	174	679	282	3382
Nisan	2560	887	1054	412	502	217	301	139	201	98	351	159	1913
Mayıs	2581	894	1063	415	506	218	304	140	202	99	354	160	1926
Haziran	1795	653	739	303	352	159	211	103	141	72	246	117	1407
Temmuz	2305	810	949	376	452	198	271	127	181	90	316	145	1747
Ağustos	2162	767	890	356	424	187	254	120	170	85	297	138	1653
Eylül	3060	1035	1260	481	600	253	360	163	240	115	420	186	2232
Ekim	4743	1513	1953	702	930	370	558	238	372	167	651	271	3261
Kasım	3060	1035	1260	481	600	253	360	163	240	115	420	186	2232
Aralık	3060	1035	1260	481	600	253	360	163	240	115	420	186	2232

Karadeniz'de sıcaklığın aylık değişimi Oğuz ve diğ. (1996)'dan alınarak her aya ait $\log A$ ve A değerleri *Şekil 9*'da sunulan denklem yardımıyla hesaplandı (*Tablo 8*). Her aya ait A

değerinin o aydaki toplam saat (Δt) ve *Tablo 7*'de hesaplanan Σw_i^b ile çarpılmasıyla, *Mnemiopsis*'in sözkonusu aya ait solunum yoluyla harcadığı enerji miktarı hesaplandı. Solunum yoluyla enerji harcamasının yıl boyunca $44076 \text{ joule m}^{-2} \text{ ay}^{-1}$ ve $97047 \text{ joule m}^{-2} \text{ ay}^{-1}$ arasında seyrettiği gözlemlendi. *Mnemiopsis*'in solunum yoluyla kaybettiği yıllık enerji miktarı metrekarede 812 kilojoule (=193 kilokalori) idi.

Tablo 8. Mnemiopsis'in solunum yoluyla harcadığı enerji miktarının hesaplanması.

Aylar	Δt (saat)	* q (°C)	$\text{Log}A$	A	Σw_i^b	$\Sigma A_j \Delta t \Sigma w_i^b$ (joule $\text{m}^{-2} \text{ay}^{-1}$)
Ocak	744	8.5	-1.509	0.031	2193	50579
Şubat	672	7.5	-1.533	0.029	2481	48350
Mart	744	8.5	-1.509	0.031	3382	78002
Nisan	720	9.0	-1.497	0.032	1913	44076
Mayıs	744	13.0	-1.401	0.040	1926	57318
Haziran	720	19.0	-1.257	0.055	1407	55717
Temmuz	744	24.0	-1.137	0.073	1747	94883
Ağustos	744	24.0	-1.137	0.073	1653	89778
Eylül	720	18.0	-1.281	0.052	2232	83556
Ekim	744	13.0	-1.401	0.040	3261	97047
Kasım	720	11.0	-1.449	0.036	2232	57853
Aralık	744	9.5	-1.485	0.033	2232	54800
Toplam					812 $\text{kJ m}^{-2} \text{yıl}^{-1}$ veya 193 $\text{kCal m}^{-2} \text{yıl}^{-1}$	

*Karadeniz'in açıklarını içeren orta bölgesinde aylara göre yaklaşık deniz yüzeyi sıcaklıkları (uzun yıllara ait ölçümler; Oğuz ve diğ. 1996'dan).

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Deniz omurgasızlarının çoğunda, solunum, hayvanın vücut ağırlığının artmasıyla yükselir. Ruslar ve Ukraynalılar tarafından yapılan deneylerde bu genelleme Karadeniz'deki *Mnemiopsis* popülasyonu için de bu doğrulanmıştır (Pavlova ve Minkina 1993; Minkina ve Pavlova 1995; Finenko ve diğ. 1995). Bu çalışmada *Mnemiopsis* için benzer sonuç elde edilmiştir. Tüm sıcaklıklarda büyük boylu *Mnemiopsis*'ler daha fazla oksijen tüketmişlerdir.

Bu çalışmada bulunan oksijen tüketim değerleri aynı tür için Kuzeybatı Atlantik ve Karadeniz'de yapılan çalışmalarla karşılaştırılabilir düzeydedir. Örneğin Pavlova ve Minkina tarafından 23 °C sıcaklıkta elde edilen $R = 3.20 \text{ Kuru ağırlık}^{0.89}$ denklemi logaritmik olarak ifade edilirse $\text{Log } R = 0.51 + 0.89 \text{ Log Kuru ağırlık}$ olacaktır ki bu denklem halihazır çalışmada 20 °C için elde edilen $\text{Log } R = 0.46 + 0.86 \text{ Kuru ağırlık}$ denklemine çok yakındır. Pavlova ve Minkina (1993) tarafından elde edilen biraz yüksekçe solunum değerleri onların çalışmasında sıcaklığın 3 °C yüksek olmasından kaynaklanmış olmalıdır. Gerçekten de Kremer (1976 ve 1977) sıcaklığın *Mnemiopsis*'te solunumu çok önemli derecede etkilediğini göstermiştir. Bu çalışmada da 8 °C'deki oksijen tüketimi değerleri 20 °C'dekinden çok daha düşük seviyededir.

Mnemiopsis'in solunum yoluyla harcadığı enerji miktarı $812 \text{ kJoule m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ ya da $193 \text{ kCal m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Maalesef literatürde, elde edilen bu değerlerle karşılaştırmayı sağlayabilecek, *Mnemiopsis*'le ilgili analiz sonuçları mevcut değildir. Ancak bulunan değerlerin oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Bu da *Mnemiopsis*'in Karadeniz'de en yüksek biyokitleye haiz obur bir plankton türü olmasından ötürü beklenmeyen bir sonuç değildir. *Mnemiopsis*'in ortamdan aldığı enerji şüphesiz bu değerden de çok daha fazla olmalıdır. Çünkü solunum yanında *Mnemiopsis* üreme ve büyüme gibi diğer temel metabolik faaliyetler için de enerji harcamaktadır. Karadeniz'de *Mnemiopsis*'in etkisinin

tümüyle anlaşılıp değeriendirilmesi, bu faaliyetler için harcanan enerji miktarlarının saptanması ile mümkün olabilecektir.

7. KAYNAKÇA

Borodkin S.O. ve L.I. Korzhikova 1991. Chemical composition of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and evaluation of its role in transformation of biogenic elements in the Black Sea. *Oceanology* 31: 555-558.

Crisp D.J. 1984. Energy flow measurements. *Methods for the study marine benthos* (Editörler N.A. Holme ve A.D. McIntyre). *Blackwell Scientific Publications*: 284-372.

Finenko G.A., G.I. Abolmasova ve Z.A. Romanova 1995. Intensity of the nutrition, respiration, and growth of *Mnemiopsis mccradyi* in relation to grazing conditions. *Biologiya Morya, Vladivostok* 21(5): 315-320 (İngilizce özetli Rusça).

Ivlev V.S. 1934. Eine Mikromethode zur bestimmung des kaloriengelhalts von Nahrstoffen. *Biochemische Zeitschrift* 275: 49-55.

Kıdeyş 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.

Mee L.D. 1992. The Black Sea in crisis: The need for concerted international action. *Ambio* 21: 278-286.

Minkina N.I. ve E.V. Pavlova 1995. Diurnal changes of the respiration rate in the comb jelly *Mnemiopsis leidyi* in the Black Sea. *Oceanology* 35: 222-225.

Mutlu E. 1996. Distribution of *Mnemiopsis leidyi*, *Pleurobrachia pileus* (Ctenophora) and *Aurelia aurita* (Scyphozoa) in the western and southern Black Sea during 1991-1995: net sampling and acoustical application. Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

Niermann U., F. Bingel, A. Gorban, A.D. Gordina, A.C. Gücü, A.E. Kıdeyş, A. Konsulov, G. Radu, A.A. Subbotin ve V.E. Zaika 1994. Distribution of anchovy eggs and larvae (*Engraulis encrasicolus*) in the Black Sea in 1991-1992. *ICES Journal of Marine Science* 51: 395-406.

Oğuz T., H. Ducklow, P. Malanotte-Rizzoli, S. Tuğrul, N. Nezhlin ve Ü. Ünlüata 1996. Simulation of annual plankton productivity cycle in the Black Sea by a one-dimensional physical-biological model. *Journal of Geophysical Research* 101: 16585-16599.

Pavlova E.V. ve N.I. Minkina 1993. Respiration of introduced Black Sea ctenophore (Ctenophora, Lobata, *Mnemiopsis*). *Reports of the Academy of Sciences of Russia*: 333 (5): 682-683 (Rusça).

Strickland J.D.H. & T.R. Parsons 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Reserch Board Canada Bulletin* 167: 311 s.

Zar J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall International Inc., 718 s.