

TÜBİTAK

2007-448

✓

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu
Environment, Atmospheric, Earth and Marine Sciences Research Grant Group

9 93300

Proje No: 104Y208

***Calanus* Genusu Kopepotlarının Marmara Denizi
İstila Başarısının Temel Faktörü Olan Tuzluluk
Toleransı**

Prof.Dr. Ahmet E. KIDEYŞ
Prof.Dr. Leonid SVETLICHNY
Dr. Elena S. HUBAREVA
Dr. Alexandra SHMELEVA
Dr. Melek İŞİNİBİLİR OKYAR

Haziran 2007
İSTANBUL

ÖNSÖZ

Marmara Denizinde iki tabakalı bir yapı vardır; Üstteki tabaka Karadeniz'den gelen düşük tuzlu suların etkisi altında iken, alttaki tabaka yüksek tuzlulukta Ege sularının etkisi altındadır. Marmara Denizinde bu komşu denizlerden taşınan ve çoğu balıkların temel besinini oluşturan kopepodlar bulunmaktadır. Denizlerde birçok planktonik organizma günlük (ve bazen de mevsimlik) dikey vertikal göçler gerçekleştirir. Karadenizin düşük tuzlu sularında 100-200 metrelere kadar göç yapma yeteneği kazanmış *C.euxinus*'un boğazlar yoluyla Marmara Denizine taşınması sonucu buraya nasıl adapte olduğu bilinmemektedir.

Bu çalışmanın amacı, Mart 2005-Mart 2007 tarihleri arasında Marmara ve Karadeniz'den alınan *Calanus euxinus* (yumurtadan yetişkin bireylere)'un bolluğunda, popülasyon yapısında, vertical dağılımında ve farklı gelişim safhalarının fizyolojik durumunda mevsimsel değişimlerin bölgesel etkilerini gözlemlemek ve tuzluluk değişimlerine karşı fizyolojik ve davranışsal tepkisini laboratuvar koşulları altında çalışmaktır.

TÜBİTAK ve NASU desteği olmaksızın bu çalışmanın gerçekleştirilmesi mümkün olamazdı.

Her iki kurumada yaptıkları maddi manevi destekleri sebebiyle ayrı ayrı teşekkür ederiz.

Ayrıca İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi ve ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsünün her türlü destek ve yardımlarına da en içten teşekkürlerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	III
TABLO LİSTESİ	IV
ÖZET	V
ABSTRACT.....	VI
1. GİRİŞ	1
2. MALZEME VE METOT	2
2.1. Formaldehitli Örneklerde Morfolojik Karakterlerin Tayini	2
2.2. Marmara Denizi Ve Karadeniz'den Toplanan <i>C. euxinus</i> Dişilerinden Elde Edilen Yumurtaların Açılma Başarısı, Yumurtanın Batma Hızı ve Toplu Ölümlerinin Tayini.....	3
2.3. Karadeniz <i>Calanus euxinus</i> 'unun Yetişkin Bireylerinin Tuzluluğa Olan Toleransını Test Etmek İçin Deneysel Çalışma.....	4
2.4. Marmara Denizinden Toplanan <i>Calanus euxinus</i> 'un Hareketsel ve Fizyolojik Parametreleri Üzerine Tuzluluğun Etkisini Test Etmek İçin Deneysel Çalışma	5
2.5. Fizyolojik Karakterlerin Ölçülmesi.....	5
3. SONUÇ VE TARTIŞMA	6
3.1. Karadeniz Ve Marmara Denizinde Bulunan <i>Calanus euxinus</i> 'un Bolluk, Popülasyon Yapısı, Vertical Dağılımı ve Morfolojik Karakterleri.....	6
3.2. Karadeniz ve Marmara Denizinde <i>Calanus euxinus</i> 'un Boy, Batma Hızı ve Yumurta Kütle Yoğunluğu	13
3.3. Marmara Denizi'nin Düşük Tuzluluğa Sahip Üst Tabakalarına Bırakılan <i>C. euxinus</i> Yumurtalarının Batması Esnasında Değişen Tuzluluk Oranının Hesaplanması	14

3.4. Düşük Tuzluluğa (%17-21.8) Bırakılan Karadeniz ve Marmara Denizi	
<i>Calanus euxinus</i> Yumurtasının Tuzluluk Toleransı	16
3.5. Karadeniz <i>Calanus Euxinus</i> 'un Yetişkin ve Kopepodit Safhalarının	
Tuzluluk Toleransı ve Aşırı Tuzlu Sulara Uyum Sağlamış Dişiler	
Tarafından Bırakılan Yumurtaların Hayatta Kalma Oranı.....	17
3.6. Marmara Denizinde Gelişen Küçük Boydaki <i>Calanus euxinus</i> 'da	
Tuzluluk Toleransı.....	22
3.7. Marmara ve Karadeniz <i>Calanus euxinus</i> 'unun Solunum Oranı.....	23
4. SONUÇ	27
5. KAYNAKLAR	30

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.	: Marmara Denizinde yüzey ve derin sulardaki <i>Calanus euxinus</i> ' un farklı gelişme safhalarındaki bireylerinin nispi bolluğu.....	8
Şekil 2.	: Nisan 2003'de Karadeniz'den (■) ve Nisan 2005'de Marmara Denizinin yüzey (□), alt tabakalar (■) ve toplam tabakalardan (☒) alınan <i>Calanus euxinus</i> II - V kopepodit safhaları, erkek ve dişilerinin boy diyagramı.	9
Şekil 3.	: Karadeniz (B) ve Marmara Denizinden alınan <i>Calanus euxinus</i> 'un dişi, erkek ve kopepodit (CI - CV) safhalarındaki 3 boy grubunun (G1 - G3) yağ kesesi hacmi ($x \pm SD$).....	11
Şekil 4.	: Marmara Denizinin yüzey (□) ve alt tabakaları (■) ve Karadeniz'deki (■) <i>Calanus euxinus</i> 'un 5. kopepodit safhasındaki moulting döneminin dağılım sıklığı.	11
Şekil 5.	: Marmara (●) ve Karadenizin (□) derin ($2.4 < L_{pro} < 2.8$ mm), ve sığ ($2.05 < L_{pro} < 2.4$ mm) bölgelerinde bulunan ve laboratuarda yetiştirilen ($1.8 < L_{pro} < 2.05$ mm) <i>Calanus euxinus</i> dişilerinin urosome uzunluğu (Luro), ikinci antenin endopodunun uzunluğu (LA2), 5. thoracopodların uzunluğu (L_{p5}) ve bunların prosome uzunluğuna (L_{pro}) oranı.....	12
Şekil 6.	: Ekim 2005'de Karadeniz'de (■) ve Marmara Denizinden (□) <i>Calanus euxinus</i> 'un V. kopepodit safhaları için boy-frekans eğrileri..	13
Şekil 7.	: Yatay yatak katsayısının derinlikle değişimi. Karadenizde Sevastopol civarından, Marmara Denizi'nin Prens adaları civarından ve İstanbul Boğazından toplanan <i>Calanus euxinus</i> 'da yumurta çapı, batma hızı ve kütle yoğunluğu.....	15
Şekil 8.	: Kuzeydoğu Marmara Denizinde tuzluluk ve sıcaklığın tipik vertikal dağılımına bağlı olarak hesaplanan deniz suyu yoğunluğu ve dinamik moleküler viskozitesinin yaz (I) ve kış profilleri.....	16
Şekil 9.	: Kış (A) ve Yaz (B) aylarında Marmara Denizinde tuzluluk ... değişiminin olduğu veya yüzeye yakın bölgeye bırakılan <i>Calanus euxinus</i> yumurtalarının batışı.	17
Şekil 10.	: Marmara Denizindeki <i>Calanus euxinus</i> 'un yumurtasının tuzluluğun 21.8'den 28‰'a artırılmasından sonra ki durumu.....	18
Şekil 11.	: Az tuzlu suda bulunan Karadeniz (o) ve Marmara Denizi (●) <i>Calanus euxinus</i> 'unun dişi bireyleri tarafından bırakılan yumurtanın kuluçka dönemi üzerinde artan tuzluluğun etkisi ve Marmara Denizi dişilerinin bıraktığı yumurtaların kuluçka dönemi (A) ve 21.8 - 38.6‰ oranında değişen tuzluluk arasındaki ilişki (B).....	19
Şekil 12.	: ‰37 ve ‰40 lik tuzluluğa kısa süreli uyum esnasında Karadenizden alınan <i>Calanus euxinus</i> dişilerinde yüzme için harcanan zamandaki değişimler (A) ve hareket sıklığı (B).....	20
Şekil 13.	: ‰ 10'dan 37'ye tuzluluk artışında <i>Calanus euxinus</i> 'un yüzme için harcanan zaman (●) ve hareket sıklığının değişimi (◇).....	21
Şekil 14.	: Yüksek tuzluluğa (37‰) maruz kaldıktan sonra <i>Calanus euxinus</i> (Karadenizden alınan)'un yumurtasının	

	hayatta kalması.....	21
Şekil 15.	: Yüksek tuzluluk, $19\pm 1^{\circ}\text{C}$ (●) ve daha düşük tuzluluk, 18°C (◊, Sazhina 1987)'da Karadeniz <i>Calanus euxinus</i> 'unun toplam boy ve gelişme zamanı.....	22
Şekil 16.	: ‰ 22'den 51'e tuzluluk artışında (~ 4 saat) Marmara Denzinin yüzeyinden alınan <i>Calanus euxinus</i> 'un dişi (A, C), erkek (B, D) ve V kopepodit safhasında hareket sıklığı (C, D) ve yüzme için harcanan zamandaki değişimler (A, B).....	23
Şekil 17.	: ‰ 38.6'den ‰14 ve ‰17'e tuzluluk azalışında (~ 2.5 saat) Marmara Denzinin yüzeyinden alınan <i>Calanus euxinus</i> 'un dişi ve V kopepodit safhasında hareket sıklığı (B) ve yüzme için harcanan zamandaki değişimler (A).....	24
Şekil 18.	: Marmara Denzinin yüzey tabakasındaki <i>Calanus euxinus</i> mide içeriği miktarındaki değişimler ve ‰ 38.6'a adaptasyon sağlama rejimi.....	25
Şekil 19.	: Marmara Denzinin yüzey tabakasındaki <i>Calanus euxinus</i> mide içeriği miktarındaki değişimler ve ‰ 38.6'den ‰ 22.1'e adaptasyon sağlayamama rejimi.....	26
Şekil 20.	: Yüksek tuzluluğa adaptasyon gösterdikten sonra Marmara Denzindeki <i>Calanus euxinus</i> 'un yumurtasının kuluçka başarıısı	26
Şekil 21.	: Tuzluluğun 38'e arttırılmasından önce ve sonra Marmara Denzinin yüzey tabakalarından toplanan <i>Calanus euxinus</i> 'un dişi ve erkeğinde solunum oranı.....	27
Şekil 22.	: Mart –Kasım 2002-2007 tarihleri arasında Karadeniz'deki <i>Calanus euxinus</i> 'un I-VI kopepodit safhalarının (●) ve Mart –Aralık 2002-2007 tarihleri arasında ise Marmara Denizi'ndeki ($20\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) III-VI kopepodit safhalarının (▲) solunum oranı.....	29

TABLO LİSTESİ

Tablo 1	: Karadeniz(güney batı ve Sinop bölgesi, 1999 - 2005) ve Marmara Denzinin Prens adaları (Nisan 2005 – Şubat 2007) civarında <i>Calanus euxinus</i> 'un olluğu (ind m ⁻²)	7
Tablo 2	: Karadeniz'in derin bölgelerinden alınan (Nisan 2003) <i>C.euxinus</i> ve Marmara Denizinden alınan (Nisan 2005) <i>C.euxinus</i> 'u farklı safhalarında prosome uzunluğunun (mm) sıklık dağılımına göre boy grupları (G1 – G3).....	8
Tablo 3	: Karadeniz'den toplanan dişi ve erkeklerde (17-20%), 20±0.5°C <i>Calanus euxinus</i> 'un ağırlık-solunum oranı (Q/WW), ‰ 39 tuzlulukta beslenen Karadeniz dişileri, Prens adaları civarında bulunan (18.7-39.6‰) Marmara Denizi dişi ve erkek bireyleri.....	28

ÖZET

Mart 2005-Mart 2007 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada, Marmara ve Karadeniz'den alınan *Calanus euxinus* (yumurtadan yetişkin bireylere)'un bolluğu, popülasyon yapısı, vertical dağılımı ve farklı gelişim safhalarının fizyolojik durumunda mevsimsel değişimlerin bölgesel etkileri ve tuzluluk değişimlerine karşı fizyolojik ve davranışsal tepkilerini belirlemek amacı ile laboratuvar koşulları altında çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Marmara Denizi *C. euxinus* popülasyonu, İstanbul Boğazı vasıtasıyla Karadeniz'den Marmara Denizine taşınan bireylerden oluşmaktadır. *C. euxinus*'un gelişim safhaları farklı sıcaklık ve tuzluluk kombinasyonlarından etkilenmektedir. Yüksek enerji ihtiyacı sebebiyle, Marmara Denizindeki *C.euxinus* popülasyonunun yetişkin bireyleri ve V. kopepodit safhaları, önemli miktarda yağ oranını vücudunda biriktirememektedir.

ABSTRACT

In this study, seasonal changes in abundance, population structure, vertical distribution and physiological state of different development stages and to study under laboratory conditions physiological and behavioral response to salinity changes in *Calanus euxinus* (from eggs to adults) from the Black and Marmara Seas have been investigated during the period from March 2005 to March 2007. According these results, The Marmara Sea *C. euxinus* population is formed from the individuals recruiting from the Black Sea through the Bosphorus. The development phases of *C. euxinus* are affected by different combinations of temperature and salinity. Due to high energy expenditure, V copepodites and adults of *C. euxinus* from the Marmara Sea population can not accumulate significant amounts of lipids.

1. GİRİŞ

Marmara Denizi Karadeniz ve Ege Denizi arasında su değişimini sağlayan bir su havzası olarak düşünülmektedir. Pozitif su dengesi sebebiyle, Karadeniz suları İstanbul Boğazı vasıtasıyla Marmara Denizine taşınır ve tuzluluğu ‰18-22, sıcaklığı ise yazın 20-24 °C, kışın 8-9 °C olan yüzey tabakasını (15-20 m) oluşturur. Bu tabakanın altında su sıcaklığı yıl boyunca 15 °C'de sabit olan, tuzluluğu ise daha yüksek olan Akdeniz suyu bulunur (Beşiktepe ve ark., 1994). Su kütlelerinin dağılımıyla etkilenen Marmara Denizinin farklı zooplankton toplulukları yapısı, Karadeniz orijinli türlerin üst tabakaya, Akdeniz orijinli olanların ise alt tabakaya yerleşmesi ile oluşmuştur (Tarkan ve ark., 2005). Kopepodlar, Marmara Denizinde toplam zooplanktonun ‰8'ini oluşturur (Cebeci and Tarkan, 1990). Kopepod toplulukları içinde *Acartia* ve *Calanus* genusu baskın gruba oluşturur (Tarkan ve Erguven, 1988), bununla birlikte, daha büyük olması sebebiyle *Calanus*, pelajik besin ağının çok önemli bir halkasını oluşturan denizdeki karbon dönüşümünde önemli bir rol oynar. Marmara Denizinde iki *Calanus* türü büyük miktarlarda bulunmuştur; *Calanus euxinus* (Hulsemann) (Tarkan ve ark., 2005) ve Atlantik orijinli *Calanus helgolandicus* (Claus) (Benli ve ark., 2001). Bununla birlikte, bu iki türün morfolojik ve genetik farklılıklarının tespitindeki zorluklar yüzünden (Papadopoulos ve ark., 2005; Unal ve ark., 2006), Marmara Denizindeki *Calanus* türlerinin orijini ve durumu hala tartışmalıdır.

C. euxinus, Karadeniz'de, 6-8 üreme dönemine sahiptir (Sazhina, 1987) ve genelde tüm gelişim safhalarına örneklerde rastlanır. Böylece, *C. euxinus* Marmara Denizi faunasını sürekli zenginleştiren Karadeniz suları ile İstanbul Boğazından Marmara Denizine girer. *C. helgolandicus*'un Marmara Denizi'ne Çanakkale Boğazı yolu ile girmesi muhtemel değildir, çünkü doğu Akdeniz de bu tür Adriyatik Denizinde (Vucetic, 1965) bol miktarda ve Ege Denizinde ise sadece mevsimsel olarak bulunur (Apostolopoulou, 1985).

Genellikle, *Calanus* genusu'nun temsili yaşam döngüsü, son gelişme safhalarının geniş (200 m kadar) günlük ve ontogenetic göçlerini içerir. Örneğin Karadeniz'de, gün içinde *C. euxinus* yüzey tabakalardan 100-200 m derinliğe kadar iner. Bu nedenle, Marmara denizinde günlük göçler yapacak olan *C. euxinus* ani tuzluluk artışına alışkın olmalıdır. Yüzeyin altına bırakılan negatif yüzme özelliğindeki yumurtalar aşırı tuzlu derin tabakalara inecek ve tuzluluk stresine de maruz kalacaktır.

Bu yüzden, farklı tuzluluğa sahip iki su tabakasından oluşan Marmara Denizinde *Calanus*'un hayatta kalması, tuzluluğun derece derece değiştiği koşullar altında yumurtadan yetişkinlere kadar tüm gelişim safhalarının adaptasyonuna bağlıdır.

Bu çalışmanın amacı, Mart 2005-Mart 2007 tarihleri arasında Marmara ve Karadeniz'den alınan *Calanus euxinus* (yumurtadan yetişkin bireylere)'un bolluğunda, popülasyon yapısında, vertical dağılımında ve farklı gelişim safhalarının fizyolojik durumunda mevsimsel değişimlerin bölgesel etkilerini gözlemlemek ve tuzluluk değişimlerine karşı fizyolojik ve davranışsal tepkisini laboratuvar koşulları altında çalışmaktır.

2. MATERYAL VE METOT

Marmara Denizinde bulunan *Calanus*'un alan ve laboratuvar çalışmaları, Nisan ayı sonu-Mayıs ve Ekim 2005, Aralık 2006, ve Şubat-Mart 2007 aylarında yapıldı. Zooplankton örnekleri, Marmara Denizindeki istasyonumuzdan (40° 51', 715 N, 28° 57', 901 E) closing Nansen net (ağız açıklığı 50 cm, ağ göz açıklığı 200 µm) ile alınmıştır. Bu istasyon, Karadeniz suyundan (tuzluluğu ‰18.7–23.2, sıcaklığı ise 11 –18.7 °C) oluşmuş olan yüzey tabakası (0-25 m), ara tabaka (25-50 m) ve Akdeniz suyunun oluşturduğu (tuzluluğu ‰39.0, sıcaklığı ise 15.0°C) alt (50–200 m) tabakalardan oluşur. Marmara Denizinde İstanbul Boğazına yakın bir bölgeden (0-50 m derinlikten) bir tane total vertical çekim yapıldı. Örnekler formaldehit (4% borax ile tamponlanmış) ile muhafaza edildi. Ayrıca her örnekleme periyodunda, kopepodlarla canlı deneyleri yapabilmek için, 2-4 kez zooplankton örnekleri alındı.

Karadeniz'deki *C. euxinus*'un fizyolojik ve davranış karakterlerine (yumurta üretimi, hayatta kalma ve gelişim oranları, solunum, beslenme, yetişkin bireylerin hareket süreleri ve sıklığı), tuzluluk değişimlerinin etkileriyle ilgili olarak alan ve laboratuvar çalışmaları ise Sevastopol'a yakın bir bölgeden (yaklaşık 80 m derinlikten) toplanan kopepodlar kullanılarak Şubat 2005'den Mart 2007'ye kadar sürdürüldü. 1999-2003 tarihleri arasında güney batı Karadeniz'den toplanan *C. euxinus*'un boy ve yaşı hakkındaki datalar kıyaslama için kullanıldı.

2.1. Formaldehitli örneklerde morfolojik karakterlerin tayini.

Laboratuvarda tüm örnekler Bogorov chamber'a aktarıldı. Yaklaşık 20 (veya 50 bireye kadar) *C. euxinus* bireyinin II-VI (CII-CVI)'cü kopepodit safhaları her örnekten rasgele tasnif edilir. Sonra kopepodlar 40 µm ağ göz açıklığındaki bezle filtre edilen deniz suyunun (% 4 formaldehitle dengelenmiş) içinde 24 saat boyunca % 1'lik Borax carmine solüsyonu ile boyandı (Tande ve Hopkins, 1981). Bu işlem, prosome uzunluğu, urosome, ikinci antenin

endopodu, beşinci yüzme bacağı, yağ kesesi hacmi, gonad gelişiminin boy ve durumu, gnathobase'deki dişlerin oluşumu gibi özellikleri kontrol etmemizi sağlar.

Mandibular gnathobase'lerin morfolojik kontrolü ışık mikroskobu altında yapıldı. Sol mandible iğne ile alınıp mikroskop lamına bir damla gliserin içine konuldu, lamel ile kapatıldı ve 150 büyütmede bakıldı. Moulting dönemi safhaları ise Arashkevich ve ark. (2004) tarafından Miller ve Nielsen (1988), Miller ve ark. (1991)'in önerdiği diş gelişmesine göre yapıldı. 5 safha tanımlandı; postmoult, son postmoult, intermoult, erken premoult and premoult.

Olgunluğa ulaşmış dişilerdeki gonadların kontrolü Niehoff ve Hirche (1996) ve Niehoff ve Runge (2003)'a göre yapıldı.

Kopepoditlerin vücut hacmi (V_b , mm^3) Svetlichny ve ark., (1998)'nin formülüne göre hesaplandı. $V_b = 0.58L_p d_p^2$; L_p prosome uzunluğu, mm; d_p dorsal olarak ölçülen maksimum vücut genişliğidir. Yağ kesesi hacmi (V_s) elipsoid hacim olarak belirlendi: $V_s = \pi/6 L_s d_s^2$, L_s ve d_s yağ kesesinin maksimum uzunluk ve genişliğidir (yan taraftan ölçüldüğünde).

2.2. Marmara Denizi ve Karadeniz'den Toplanan *C. euxinus* Dişilerinden elde Edilen Yumurtaların Açılma Başarısı, Yumurtanın Batma Hızı ve Toplu Ölümünün Tayini.

Yumurtaların yoğunluğu (ρ , g cm^{-3}) dairevi objelerin batma hızından (v , cm s^{-1}) hesaplandı (Stepanov ve Svetlichny, 1981): $\rho = (3v\pi d v + \rho_w g V)/gV$, v kinematik moleküler viskozite (cm s^{-1}), d yumurta çapı (cm), ρ_w deniz suyunun yoğunluğu (g cm^{-3}), g yerçekimi hızı, 9.81 cm s^{-2} , V yumurtanın hacmi. Deniz suyunun yoğunluğu sıcaklık (0.1°C 'lik sapma ile), tuzluluk (0.1% 'lik bir sapması olan pIONeer 65 kullanılarak) ve Zubov ve Czihirin (Zubov ve Czihirin 1940)'nin tablosu dikkate alınarak hesaplandı.

Blastula safhasındaki yumurtanın batma hızını hesaplamak için, geceleyin dişiler tarafından bırakılan *Calanus* yumurtaları sabahleyin pipet ile toplandı, ve (150 büyütmede mikroskopla çapları ölçüldükten sonra) sıcaklığı ve yoğunluğu aynı olan su ile dolu üzerinde numaralar bulunan tüplere (uzunluğu 20, çapı 1 cm) aktarıldı. Termal suyun ısı yayılım etkilerini minimuma indirmek için, tüp 3 cm çapında bir silindirin içine tamamen daldırıldı. Her yumurtanın batma hızı, tüpün merkezi eksenine odaklanmış mikroskop kullanılarak, tüp içinde yumurtanın bir iki santimetreyi kat etme zamanının ortalamasından hesaplanır. Önceki çalışmalarımızda, hayvanın tüpün duvarına olan yakınlığı 10 bireyin çapından daha az ise, tüpün duvarlarının kopepodun batma hızını etkilediğini bulmuştuk (Stepanov ve Svetlichny,

1981). Bu yüzden yumurta (çap 0.18 mm) ve tüpün duvarı arasındaki mesafe 2 mm'den daha az olduğunda çıkan sonuçları analizlere katmadık.

C. euxinus yumurtalarının başarılı bir şekilde açılmasında tuzluluğun etkisini anlayabilmek için, tuzluluğu ‰ 17-18.7 olan Karadeniz'deki *Calanus*'unun büyük boydaki dişi bireyleri (prosome uzunluğu 2.6-2.7 mm) ve ‰ 21.8 tuzluluktaki Marmara denizinin küçük boydaki dişilerinin (prosome uzunluğu 1.9-2.15 mm) ortama bıraktığı blastula safhasındaki yumurtalar ile $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta çalışıldı. Deney esnasında, her saat ‰ 1-3 oranında deniz suyu tuzluluğu düzenli bir şekilde ‰ 37-39'a kadar artırıldı. Yumurtalar bir pipetle sürekli olarak düşük tuzluluktaki kaptan daha yüksek tuzluluğa sahip deniz suyunun bulunduğu kabın içine transfer edildi. Dişilerin ve onların yumurta verimleri sebebiyle yumurtaların ilk baştaki sayıları 50-150'ydi. 10-20 yumurta kontrol yumurtası olarak muhafaza edildi. 3-5 tanesi orta ve ölümcül tuzluluğa maruz bırakılarak yumurtadan nauplii'nin çıkmasına veya ölümlerine kadar (gözlem süresi üç gün olarak hesaplandı) gözlemlendiler.

2.3. Karadeniz *Calanus euxinus*'unun Yetişkin Bireylerinin Tuzluluğa Olan Toleransını Test Etmek için Deneysel Çalışma.

C. euxinus'un tuzluluğa olan toleransını hesaplayabilmek için, düzenli bir şekilde artan ve azalan tuzluluk karşısındaki fizyolojik ve davranışdaki tepkileri gözlemlendi. Yüksek ve düşük tuzluluğa sahip su, Karadeniz suyuna deniz tuzu eklenerek veya onu tatlı su ile seyrelterek elde edildi. Beş yöntem kullanıldı (Fig. 1): (1) derece derece olan transfer, tuzluluk 2-6 saat zarfında ‰ 17 den ‰ 37'ye (bir deneyde ‰ 50'ye kadar) saatte ‰ 3-9 oranında değiştirildi, (2) derece derece olan transfer, tuzluluk ‰ 17'den ‰ 25-27'ye saatte ‰ 2-6 oranında 2-4 saat zarfında artırıldı, bu tuzlulukta 13 saat tutulduktan sonra tuzluluk derece derece ‰ 37'ye artırıldı, (3) ‰ 37'den ‰ 17'ye kopepodların (‰ 37'de birkaç gün muhafaza edildi) adaptasyon zorluğu, (4) derece derece olan transfer, 2-6 saat zarfında tuzluluk derece derece ‰ 17'den ‰ 12'ye saatte ‰ 4 oranında, (5) derece derece olan transfer, tuzluluk ‰ 17'den ‰ 14'de ve 18 saat ‰ 14'de tutulup ‰ 14'den ‰ 12'ye indirilir.

Deneylerin tüm safhalarında, yaklaşık $300 \mu\text{gC L}^{-1}$ konsantrasyonunu sürdürmek için *Prorocentrum minimum* deniz suyuna kopepod ile birlikte eklendi. Tuzluluk değişiminin öncesinde ve sonrasında *C. euxinus* (dişi bireyler)'un davranış, beslenme, yumurta üretimi ve hayatta kalma durumları kontrol edildi. Uzun süreli deneylerin ayrı serilerinde, değişen

tuzluluk rejimi kopepodların beslenme aktivitesine göre verildi. Tuzluluk değişimine tepki olarak alg tüketimi durmuşsa, beslenme yeteneklerini tekrar kazanıncaya kadar bu tuzlulukta tutuldular ve ancak ondan sonra tekrar tuzluluk artırıldı.

C. euxinus yeni nesilleri denizden toplanan dişilerin bıraktığı yumurtalardan elde edildi ve 2 l 'lik bir akvaryum tankı içinde 38-39 ‰ tuzlulukta ve 17-19 °C sıcaklıkta *Prorocentrum minimum* ve *Thalassiosira weissflogii* ile ‰ 37'e alıştırıldı. Gelişim deneylerinde, her safhasındaki bireylerin prosome uzunluğu ve gelişim süresi kaydedildi. Deneylerin sonunda büyütülen dişilerin solunum oranları ölçüldü ve sonra 5 saat süreyle ‰ 17 tuzluluğa sahip olan suya konulup adaptasyonları bozuldu ve ertesi gün tekrar solunum oranı ölçüldü.

2.4. Marmara Denizinden Toplanan *Calanus Euxinus*'un Hareketsel ve Fizyolojik Parametreleri Üzerine Tuzluluğun Etkisini Test Etmek İçin DeneySEL Çalışma.

Üç yöntem kullanıldı (Fig. 2): (1) Kısa süreli deneyler, tuzluluk 1.7-4 saatlik bir zaman zarfında ‰22.1'den ‰ 38.6'ya (bir deneyde ‰ 59'ye kadar) saatte ‰ 4-8 oranında değiştirildi, (2) uzun süreli deneyler, tuzluluk 2 saatlik bir zaman zarfında ‰22.1'den ‰32'ye saatte ‰5 oranında değiştirildi bu tuzlulukta kopepodlar 15.5-17 saat bekletildi ve sonra tuzluluk derece derece ‰38.6'ya artırıldı., (3) Tuzluluk 1.3-3.3 saatlik bir zaman zarfında ‰38.6'dan ‰22'ye (bir deneyde ‰14'e kadar) saatte yaklaşık ‰ 8-10 oranında düşürülerek kopepodların adaptasyonları (‰38.6'da 2-3 gün bekletilir) bozulur.

Deneyler esnasında, kopepodların beslenme ve hareketlerini gözlemledik. Üstelik yumurtaların hayatta kalması ve dişi ve erkekteki solunum oranları 38.6‰ uzun süreli adaptasyonun sağlanmasından önce ve sonra ölçüldü.

2.5. Fizyolojik Karakterlerin Ölçülmesi.

Solunum oranı, deney ve kontrol kapları (hemen hemen 2.5 ml'lik cam şırınga ile aynı) kullanılarak tayin edildi. Bir aktif dişi ve erkek, filtre edilmiş deniz suyu ile doldurulmuş bir deney şırıngasına konuldu. Deney ve kontrol şırıngalarının her biri incecik plastik bir tüple bağlandı ve sonra deney ve kontrol kaplarında önceki oksijen konsantrasyonuna eşit bir değer elde etmek için ince bir şırınga ile su birkaç kez pompalandı. Daha sonra şırıngalar ayrıldı, bir kapak ile kapatıldı ve 20°C sabit sıcaklıkta inkübe edildi. İnkübe süresi yaklaşık 2 saat olarak hesaplandı.

Oksijen konsantrasyonu 0.5 ml hacmindeki ölçüm kabı ile bağlantılı, içinde magnetik karıştırıcı bulunan polarographic membrane oksijen sensörüyle ölçüldü (Svetlichny and Umanskaya, 1991). Deney şırıngasındaki (6 adet) su örneği hava ile temas etmeksizin, bir iğne ile ölçüm kabına alındı. Bunların 2 âdeti ölçüm kapları yıkamada, geri kalan 4 tanesi ise oksijen konsantrasyonunu ölçmede kullanıldı.

Ağırlık- solunum oranının ($\text{mg O}_2/\text{mg wet weight h}$) hesaplandığı formül: $y = (x_e - x_c)V / n_s t W x_e$ deneyin sonunda deney kabı içindeki oksijen konsantrasyonu (mg/l); x_c deneyin sonunda kontrol kabı içindeki oksijen konsantrasyonu (mg/l); V kabın hacmi (ml); n_s türlerin sayısı; t deney süresi (h); kopepodun ortalama yaş ağırlığı (mg). Deneydeki ortalama oksijen konsantrasyonu $x_m = (x_i + x_e) / 2$ formülünden hesaplandı; x_i deney ve kontrol kaplarında ölçülmüş ilk oksijen konsantrasyonudur.

Hareket parametreleri (ağız organellerinin hareket sıklığı, Hz ; yüzmede harcanan zaman, gözlemlenen toplam zamanın yüzdesi), hareketleri sayan ve depolayan, osciloskopla bağlantılı oküler mikroskopta photodiode kullanılarak belirlendi. Hareket örneğinde ilk hareketlerin sıklığı $F = 1/D_a$ formülü ile hesaplandı; D_a hareketin ortalama süresi (10 ölçümden hesaplandı). Yüzmede harcanan zaman $T = D_a n_a$ formülü ile hesaplandı, n_a hareketin sayısı. Hareket parametrelerinin ortalama değerlerini elde etmek için *Calanus*'un hareketlerinin gözlem süresi 10 dakika için hesaplandı.

Besin tüketimi mide içeriğinin miktarı (%) ve fecal pellet üretiminden hesaplandı.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

3.1. Karadeniz Ve Marmara Denizinde Bulunan *Calanus Euxinus*'un Bolluk, Popülasyon Yapısı, Vertical Dağılımı ve Morfolojik Karakterleri

Tarkan ve ark. (2005) ve Svetlichny ve ark. (2006)'nin sonuçlarına göre, yıl boyunca toplam zooplanktonun bolluğu, Karadeniz'de Marmara Denizine göre daha boldur. *C. euxinus*'un sayısı da aynı eğilimi göstermektedir. Marmara Denizinde çalışmamız süresince, *C. euxinus*'un maksimum bolluğu (1055 ind m^{-2}) Nisan 2005 tarihinde bulundu, oysa Karadeniz'de aynı sezonda bu türün sayısı yaklaşık 10 kat daha fazlaydı (Tablo 1).

Tablo 1. Karadeniz(güney batı ve Sinop bölgesi, 1999 - 2005) ve Marmara Denizinin Prens adaları (Nisan 2005 – Şubat 2007) civarında *Calanus euxinus*'un bolluğu (ind m⁻²)

Ay	Yıl	Marmara Denizi	Karadeniz Güneybatı bölgesi	Sinop bölgesi
Nisan	1999			11800
	2003		12201	
	2005	1055		
Temmuz	1999			4800
	2000		1334	
Ekim	1999			6500
	2005	140	3120	
Aralık	1999			3500
	2006	265		
Şubat	1999			16100
	2007	25		

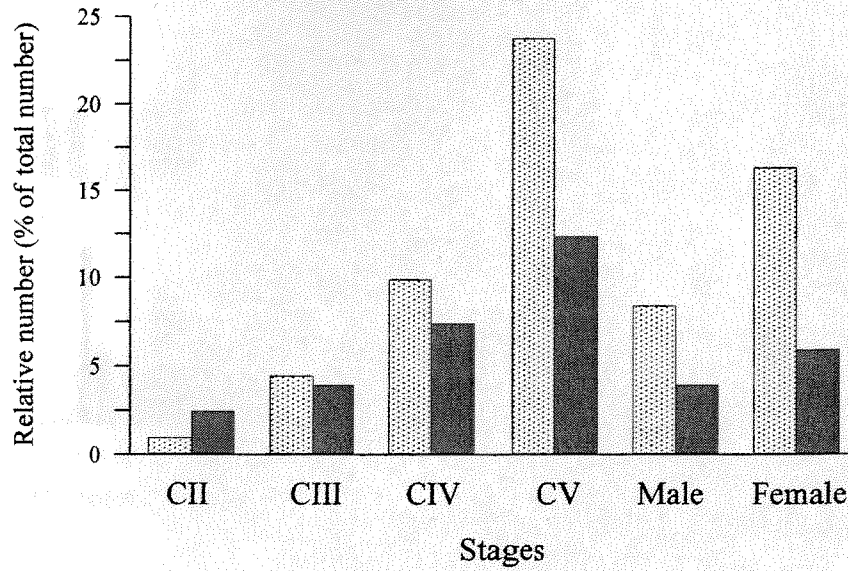
Yılın sıcak dönemlerinde Karadeniz'de *C. euxinus*'un bolluğu azalır, fakat soğuk (~8 °C) ve hypoxic tabakalara göç etme yeteneğinde olan *Calanus* sayesinde bu miktar yeterince yüksek kalır (Svetlichny et al., 2006). Bununla birlikte, Marmara Denizinde bu tür yüzeyin altında ve derin sulardaki yüksek sıcaklık (~ 15 °C) yüzünden hemen hemen yok olur. Aralık 2006'da yapılan çalışmada Marmara Denizinde *Calanus*'un miktarındaki artıştan sonra, soğuk aylarda *Calanus* popülasyonunda daha büyük bir gelişme bekleniyordu, fakat Şubat 2007'de *C. euxinus*'un sayısı önemli bir şekilde azaldı.

Yüksek ve ark. (2003)'da Aralık 1997- Mart 1998 tarihlerinde İstanbul Boğazının Marmara Denizi bölgesinde *C. euxinus* bolluğunda azalma tespit etmişlerdi. Tarkan ve ark. (2005) Marmara Denizinde 2000 yılının kış aylarında yaz ayına göre düşük toplam zooplankton miktarı kaydettiler. Bu verilere göre Marmara Denizinde *C. euxinus* gelişimi için en uygun koşullara sahip dönem bahar aylarının olduğu görülmektedir.

Nisan 2005'in sonunda, Marmara Denizinin *Calanus* popülasyonunda dişiler ve V. kopepodit safhalar (CV) baskın durumdaydı (Şekil 1). *Calanus*'un büyük bir kısmı (yaklaşık 60 %) Marmara Denizinin üst tabakasını oluşturan dar (25 m kadar) ve soğuk (11°C) olan Karadeniz suyunda bulundu. *Calanus* popülasyonunun kalan kısmı Ege Denizinin daha tuzlu sularının oluşturduğu daha derin tabakalarda (200-50 m), bununla birlikte, yaş gruplarının dağılım sıklığı üst tabakadaki *Calanus* popülasyonuna benzerdi. Ölü bireyler, nadir olarak, alt tabakalarda olduğu kadar üst tabakalarda da bulundu.

CII-CVI safhalarının (Şekil 2) boy frekans diyagramının analizinden sonra, Marmara Denizinde CV ve yetişkinler için 3 boy grubunu tespit ettik (Tablo 2). CIV, CIII ve CII için 2

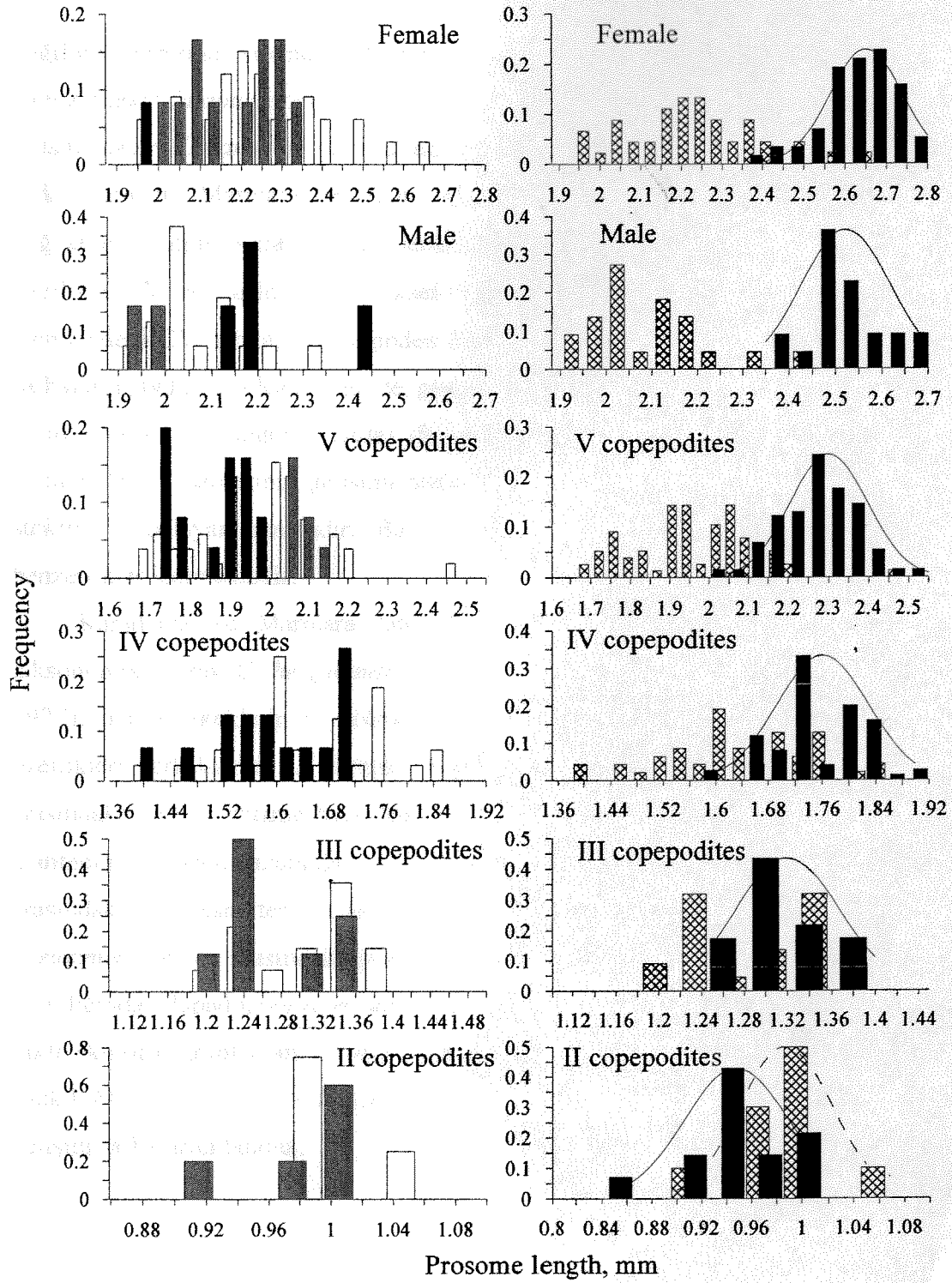
boy grubu, CI için ise tek boy grubu tespit edildi. Üç boy grubunda bulunan yetişkin bireyler ve kopepodit safhaları için ortalama prosome uzunluğu Nisan 2003 tarihinde Karadeniz’de toplanan *C. euxinus*’un prosome uzunluğu ile benzerdi.



Şekil 1. Marmara Denizinde yüzey (□, 0-25 m) ve derin sulardaki (■, 50-200 m) *Calanus euxinus* un farklı gelişme safhalarındaki bireylerinin nispi bolluğu

Tablo 2. Karadeniz’in derin bölgelerinden alınan (Nisan 2003) *C.euxinus* ve Marmara Denizinden alınan (Nisan 2005) *C.euxinus*’u farklı safhalarında prosome uzunluğunun (mm) sıklık dağılımına göre boy grupları (G1 – G3).

Safhalar	Marmara Denizi									Karadeniz		
	G1			G2			G3			Min	Ort.	Max
Female	1.95	2.05	2.12	2.15	2.25	2.32	2.35	2.5	2.65	2.4	2.65	2.8
Male	1.9	2.05	2.05	2.1	2.15	2.2	2.35	2.3	2.45	2.35	2.52	2.7
CV	1.68	1.75	1.85	1.87	1.95	2.0	2.05	2.1	2.45	2.05	2.3	2.55
CIV	-	-	-	1.4	1.52	1.55	1.57	1.6	1.85	1.6	1.76	1.9
CIII	-	-	-	1.2	1.25	1.27	1.3	1.35	1.4	1.25	1.32	1.4
CII	-	-	-	-	-	-	0.9	1.01	1.05	0.85	0.95	1.0

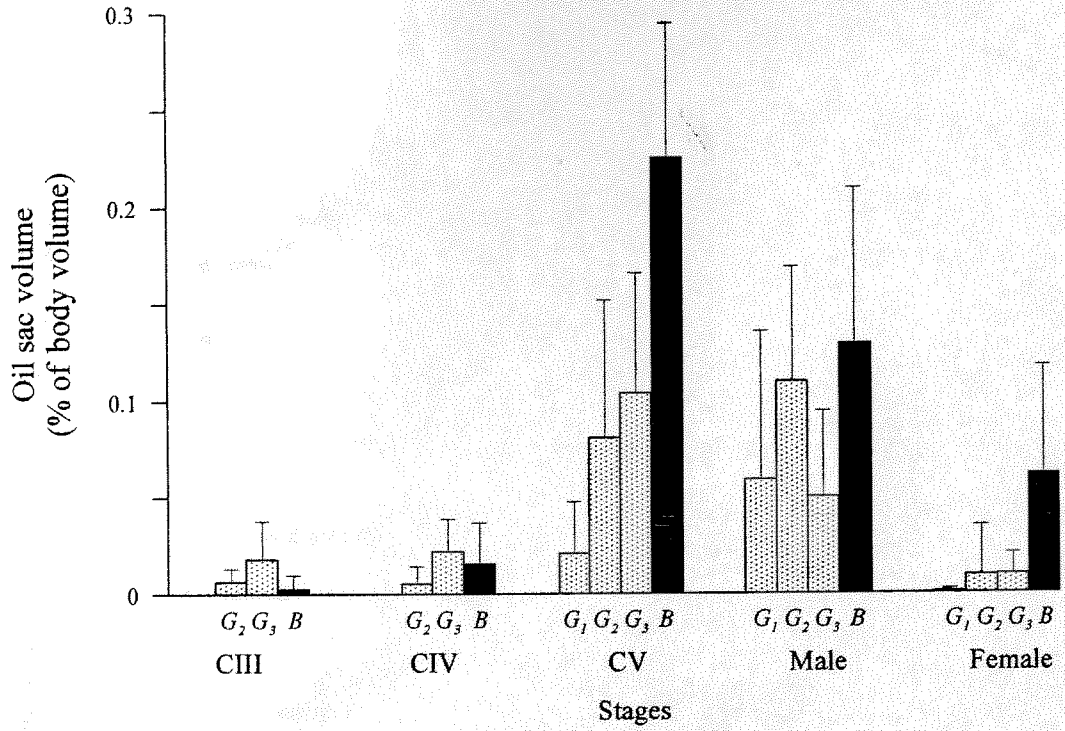


Şekil 2. Nisan 2003'de Karadeniz'den (■) ve Nisan 2005'de Marmara Denizinin yüzey (□), alt tabakalar (●) ve toplam tabakalardan (⊠) alınan *Calanus euxinus* II - V kopepodit safhaları, erkek ve dişilerinin boy diyagramı.

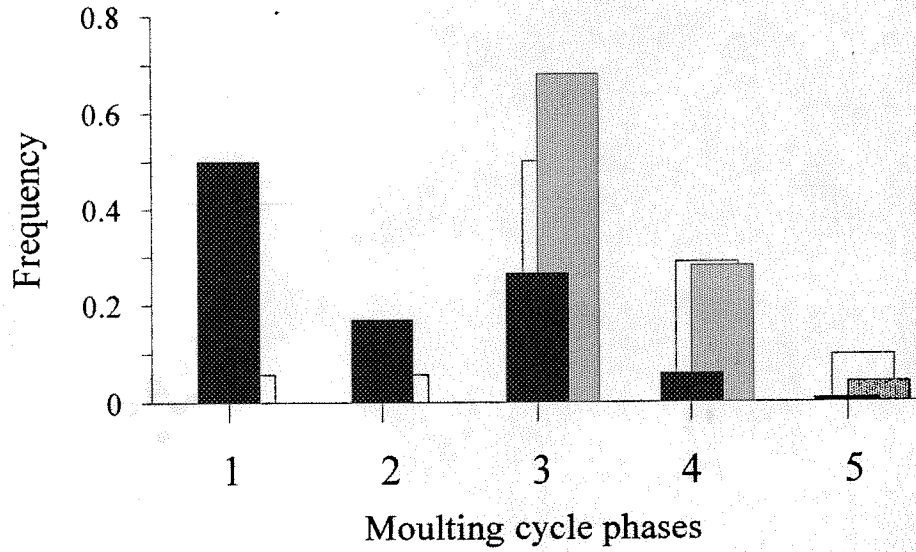
En küçük boy grubuna dâhil dişilerin ortalama boy uzunluğu, Ege Denizindeki *Calanus euxinus*'un dişilerinininkine (Fleminger and Hulsemann, 1987) yakın bir değer olan 2.04 ± 0.06 mm olarak hesaplandı. Marmara Denizinin üst ve alt tabakalarındaki *Calanus*'da boy frekans

dağılımı birbirine yakındı. Muhtemelen, tuzluluğun hızlı artışına rağmen, Marmara Denizindeki *Calanus* popülasyonu, yüzey sularından alt tabakalara göçebilen bireylerden oluşmaktadır.. *Calanus*'un vertical dağılımı sebebiyle ağırlık-yag kesesi hacminde önemli bir fark bulamadık. Marmara Denzinin üst ve alt tabakalarında bulunan kopepodit III ve IV'ün yag kesesi hacmi, Karadeniz'dekilerle benzerdi, bununla birlikte Karadeniz'deki erkek ve özellikle CV ve dişiler daha yüksek yag kesesi hacmine sahiptiler (Şekil 3). Marmara Denizindeki CV habitat derinliğinden bağımsız olarak, çoğunlukla intermoult ve premoult safhalarındaydı, oysa Karadeniz'de, genelde postmoult safha daha baskın olarak CV'de tespit edildi (Nisan ve diğer aylarda) (Şekil.4) (Svetlichny ve ark., 2002). Kısaca, Marmara Denizinde CV safhasının gelişimi hızlanmakta ve Karadeniz'deki gibi büyük miktarda yag stokunu depolayamamaktadır. Bu sonuçlar Svetlichny ve ark. (2002)'nin bulgularıyla benzerlikler içermektedir.

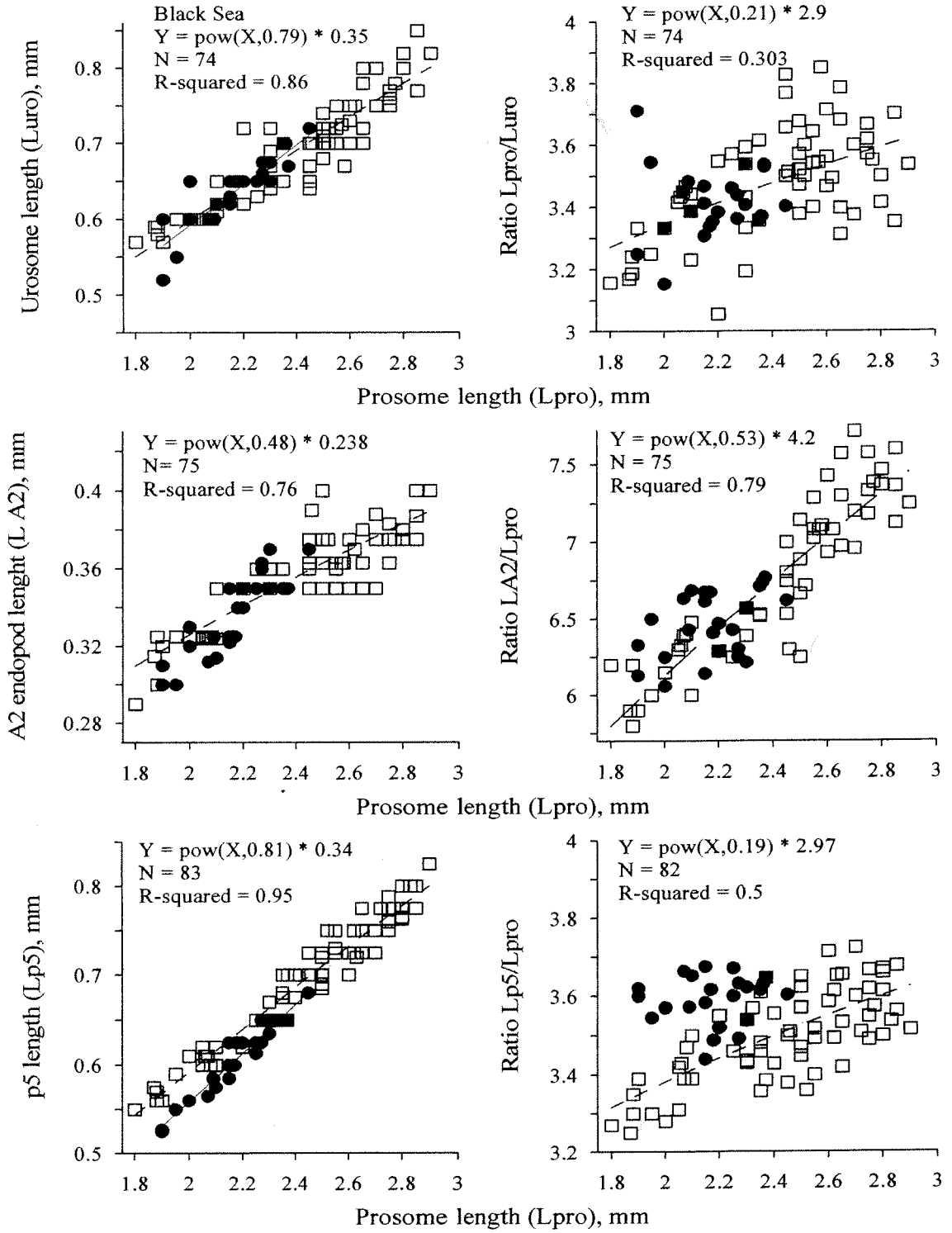
Karadeniz ve Marmara Denzinin üç farklı boy grubunda bulunan *C. euxinus*, taksonomik olarak *C. helgolandicus*'un tipik özelliklerini taşır (Fleminger ve Hulsemann, 1977); dişi ve erkeklerin 5. yürüme bacağına (p5) dişli kısmını oluşturan iç kenarının eğim özellikleri, erkeklerin 5. yürüme bacağına (p5) endopod ve exopodlarının uzunluğu arasındaki oran ve yüzme bacaklarının morfolojilerinin diğer detayları. Urosome uzunluğu, 2.antenin endopod uzunluğu, p5'in uzunluğu, prosom uzunluğu ve bunların oranları arasındaki ilişki karakteristik bir tanımlamadır (Şekil 5). Karadeniz ve Marmara Denizindeki *C.euxinus* bireyleri arasındaki genetik farklılıkların algılamasının oldukça güç olduğu hesaba katıldığında (Papadopoulos ve ark., 2005; Unal ve ark., 2006), bu denizlerde aynı türlerin farklı ekolojik gruplardan oluştuğu sonucuna varabiliriz. Ayrıca bu çalışmada Ekim 2005 (Şekil 6) ve kış 2006-2007 tarihlerinde, *Calanus euxinus*'un farklı boy gruplarının son gelişim safhalarını bulduk.



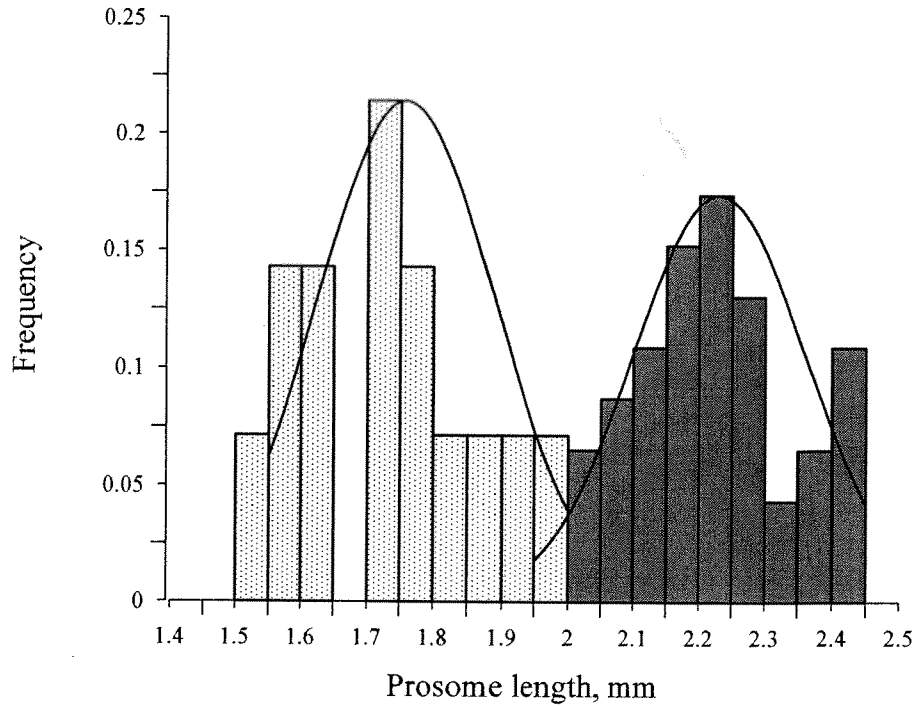
Şekil 3. Karadeniz (B) ve Marmara Denizinden alınan *Calanus euxinus*'un dişi, erkek ve kopepodit (CI - CV) safhalarındaki 3 boy grubunun (G1 - G3) yağ kesesi hacmi ($\bar{x} \pm \text{SD}$).



Şekil 4. Marmara Denizinin yüzey (□) ve alt tabakaları (■) ve Karadeniz'deki (■) *Calanus euxinus*'un 5. kopepodit safhasındaki moult döneminin dağılım sıklığı.



Şekil 5. Marmara (●) ve Karadeniz'in (□) derin ($2.4 < L_{pro} < 2.8$ mm), ve sıg ($2.05 < L_{pro} < 2.4$ mm) bölgelerinde bulunan ve laboratuvarında yetiştirilen ($1.8 < L_{pro} < 2.05$ mm) *Calamus euxinus* dişilerinin urosome uzunluğu (Luro), ikinci antenin endopodunun uzunluğu (LA2), 5. thoracopodların uzunluğu (Lp5) ve bunların prosome uzunluğuna (Lpro) oranı.



Şekil 6. Ekim 2005’de Karadeniz’de (■) ve Marmara Denizinden (□) *Calanus euxinus*’un V. kopepodit safhaları için boy-frekans eğrileri.

3.2. Karadeniz ve Marmara Denizinde *Calanus euxinus*’un Boy, Batma hızı ve Yumurta Kütle Yoğunluğu.

Küçük boydaki dişiler (1.9–2.15 mm prosome uzunluğu, Aralık 2006’da Marmara Denizi Prens adaları civarı) ve büyük boydaki dişiler (2.6–2.7 mm prosome uzunluğu, Şubat 2007’de Marmara Denizi İstanbul Boğazının iç tarafı ve Karadeniz’in Sevastopol civarı) tarafından bırakılan yumurtalar arasında, baskın olarak bulunan çap 174–176 μm ’di (Şekil 7). Marmara ve Karadeniz’deki dişilerin minimum yumurta çapları benzer (yaklaşık 168 μm) bulundu oysa Karadeniz’dekilerin maksimum yumurta çapları (195 μm) Marmara Denizi’nin İstanbul Boğazı girişinden toplanan büyük boydaki dişilerin yumurta çaplarından (188 μm) ve Prens adaları civarından toplanan küçük boydaki dişilerin yumurta çaplarından (182 μm) daha büyüktü. Genelde, çalışılan dişilerin tümünün yumurta boyu, sonradan *C. euxinus* adı altında yeni bir tür olarak tanımlanan (Hulsemann, 1991), Karadeniz popülasyonunu oluşturan *Calanus helgolandicus*’un (Sazhina, 1987) tipik özelliklerine sahipti.

Marmara Denizinde küçük boydaki dişilerin yumurta kütle yoğunluk oranı ($1.024 - 1.050 \text{ g cm}^{-3}$) Karadeniz’deki büyük boydaki bireylerle ($1.027 - 1.055 \text{ g cm}^{-3}$) karşılaştırıldığında daha düşük değerlerde değişim göstermiştir. Bununla birlikte, ortalama kütle yoğunluk değeri önemli miktarda değişmemiştir (1.036 ± 0.006 ve $1.040 \pm 0.006 \text{ g cm}^{-3}$).

Knutsen ve ark. (2001) ‰ 34.5 – 35 tuzluluğa sahip Barents Denizinde yaşayan *C. Glacialis*’in yumurtalarının ortalama kütle yoğunluğunu 1.0556 g cm^{-3} buldu. *C.euxinus* daha yakından ilgili bu türün yumurtasının daha yüksek kütle yoğunluğu daha yüksek tuzlulukla ilgili olduğu görülmektedir. Bu neri Miller ve Marcus (1994)’in sonuçlarıyla benzerlik gösterebilir. Bu yazarlar, tuzluluğun ‰ 15’den 31’e arttığı zaman, *Acartia tonsa* yumurtasının kütle yoğunluğunda 1.066 ’dan 1.087 g cm^{-3} ’e arttığını hesapladılar. Muhtemelen, *C.euxinus* yumurta kütle yoğunluğu Karadeniz’in düşük tuzluluğuna adaptasyon göstermiştir ve karakteristik olarak genotipiktir. Karadeniz ve Marmara Denizinde bulunan *C.euxinus* yumurtalarının benzer kütle yoğunluğu, Marmara Denizi popülasyonunun sürekli olarak Karadeniz’den gelen dişiler tarafından oluşturulduğunu gösterir.

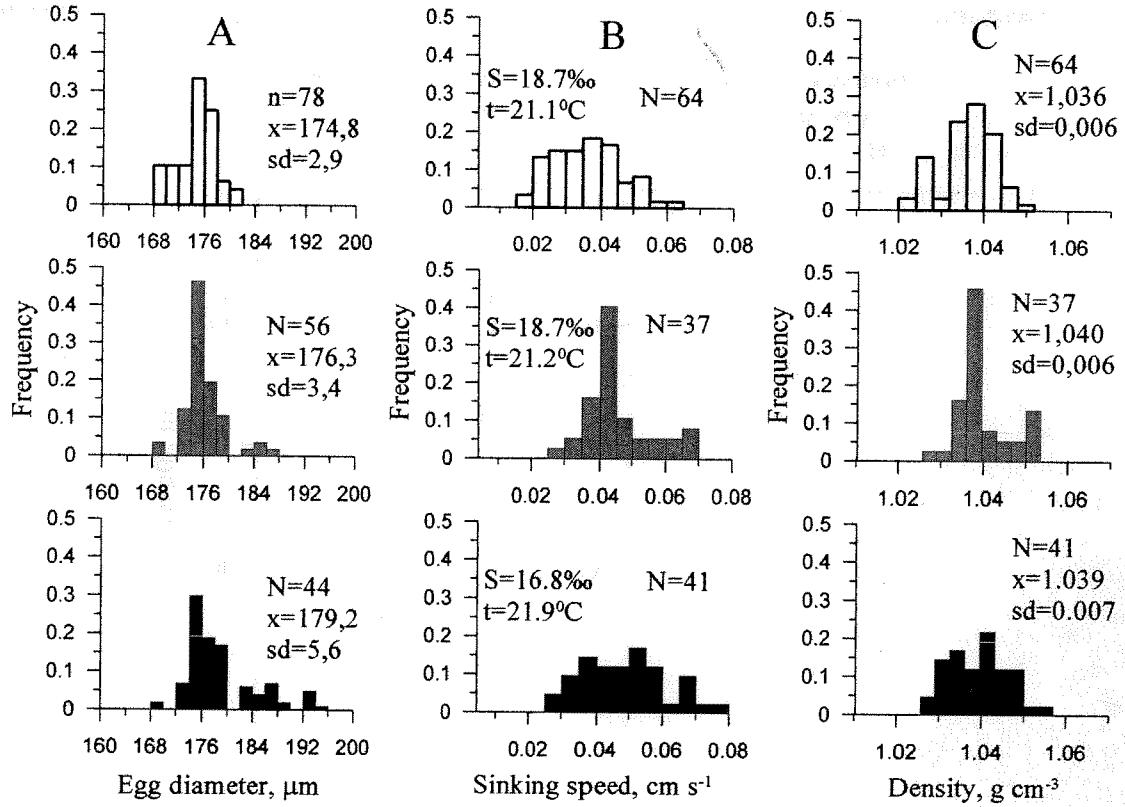
Yumurtanın batma hızı, büyük oranda su sıcaklık ve yoğunluğuna bağlıdır. $21.1\text{--}21.9$ °C sıcaklık ve ‰16.8 ve 18.7 tuzlulukta yapılan deneylerimizde, *C.euxinus*’un batma hızı $0.019 - 0.077 \text{ cm s}^{-1}$ arasında değişti. 20 °C’de *C.helgolandicus*’un yumurta gelişim zamanı yaklaşık 21.4 saat olarak hesaplandı (Corkett ve ark., 1986). Bu dönem esnasında, yüzey altı tabakalara bırakılan *Calanus* yumurtaları 14.6 – 59.3 m derinliğe kadar inebildi. Sonra *C.euxinus*’un yumurtasının derin sulara batması esnasında değişen tuzluluk oranını hesaplamak için Marmara Denizinde su yoğunluğu ve sıcaklığın yaz ve kiş vertikal dağılımında yumurtanın batma işlemni analiz edeceğiz.

3.3. Marmara Denizi’nin Düşük Tuzluluğa Sahip st Tabakalarına Bırakılan *C. euxinus* Yumurtalarının Batması Esnasında Değişen Tuzluluk Oranının Hesaplanması.

Marmara Denizinin İstanbul Boğazı bölgesinde yaz ve kiş için viskozitenin vertical dağılımı ve suyun koşullara bağlı yoğunluğu Kocatas ve ark. (1993), Balkis (2003) and Tarkan ve ark. (2005)’nin sonuçlarından hesaplandı (şekil 8). Batan yumurtayı iki değişken etkilemektedir; a) st tabakalara bırakılmak b) tuzluluğun hızlı bir şekilde değiştiği bölgeye yakın bırakılmak.

Yumurtanın batma hızı $v = \frac{gd^2(\rho - \rho_w)}{24\eta}$ (Stepanov and Svetlichny, 1981) formülünden hesaplandı; g yerçekimi hızı, 981 cm s^{-2} , d yumurtanın çapı (cm), ρ yumurtanın kütlesel yoğunluğu (g cm^{-3}), η deniz suyunun dinamik moleküler viskozitesi (dyne s cm^{-2}). Batma derinliği, 1 saat aralıklarla 1.038 g cm^{-3} ortalama kütle ile yumurtanın kat ettiği mesafenin toplamı olarak hesaplanır. Yumurtanın gelişme zamanı, $D = 1014 (T + 10.94)^{-2.05}$

(Corkett et al., 1986) formülünden hesaplandı, T su batarken su kolonunun ortalama sıcaklığıdır.

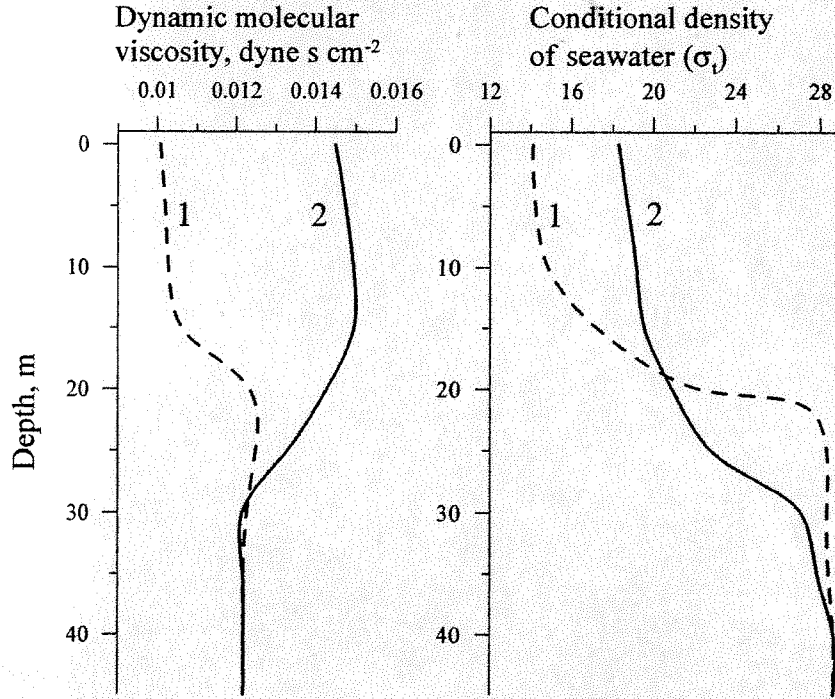


Şekil 7. Karadenizde Sevastopol civarından (■), Marmara Denizi'nin Prens adaları (□) civarından ve İstanbul Boğazından (■) toplanan *Calanus euxinus*'da yumurta çapı, batma hızı ve kütle yoğunluğu

Not: Marmara Denizi prens adaları civarından toplanan dişilerdeki prosom uzunluğu 1.9-2.3 mm, diğer durumlarda 2.6-2.7 mm.

Modelimize göre (Şekil 9), Marmara Denizinin düşük tuzluluğa sahip üst tabakalarına bırakılan yumurtalar yüksek tuzluluğa sahip alt tabakaları oluşturan Akdeniz sularına inecektir. Kışın, yumurtalar 32-48 saatte, 34-35 m derinliğe bataabilir. *Calanus* yumurtaları, 23-31 m arasında bulunan maksimum tuzluluk değişim tabakasını 10 saatte alır. Bu tabakadaki ortalama tuzluluk değişim oranı, batış esnasında saatte ‰ 1.2'dir. Yazın, yumurtanın batma derinliği, daha kısa gelişim zamanı sebebiyle azalabilir (28-30 m). Bununla birlikte bu durumda, *C. euxinus* yumurtaları artan tuzluluk miktarına kışa göre daha fazla maruz kalmaktadır. Yumurtalar dişe doğru batarken 15 ila 22 m arasında 8 saat boyunca ‰ 24-37 tuzluluk artışına maruz kalırlar (ortalama tuzluluk değişim oranı saatte ‰ 1.6), ve 20-22 m tabakalar arasında 3 saat boyunca ‰ 30'dan ‰ 37 tuzluluk artışını

(ortalama tuzluluk değişim oranı saatte ‰ 2.3) yaşarlar. Sonuç olarak, bizim hesaplarımıza göre, Marmara Denizinin st tabakalarına bırakılan *C. euxinus* yumurtası, dibe batma esnasında saat başı yaklaşık ‰ 1.2-2.3 oranında tuzluluk artışına maruz kalmaktadır.

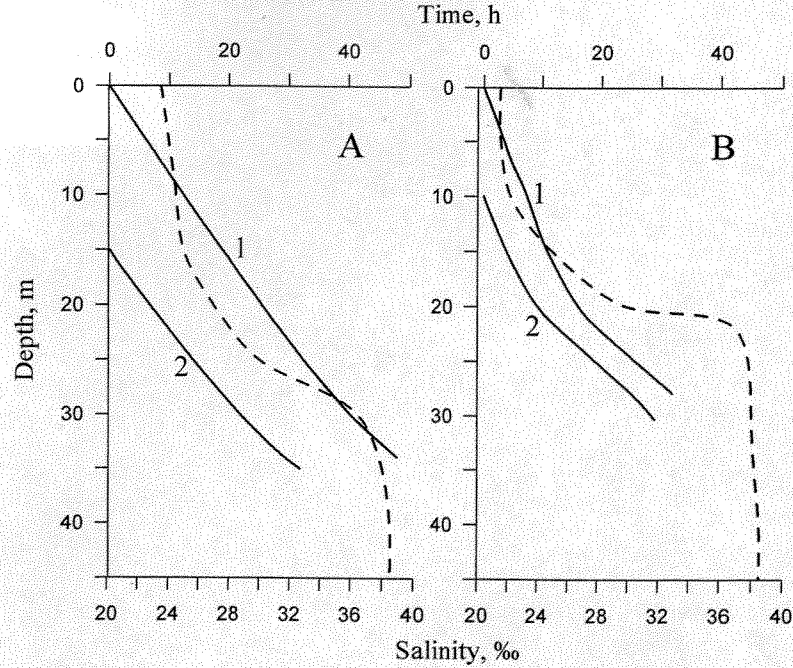


şekil 8. Kuzeydoğu Marmara Denizinde tuzluluk ve sıcaklığın tipik vertikal dağılımına bağlı olarak hesaplanan deniz suyu yoğunluğu ve dinamik moleküler viskozitesinin yaz (1) ve kış profilleri.

3.4. Düşük tuzluluğa (‰17-21.8) Bırakılan Karadeniz ve Marmara Denizi *Calanus euxinus* yumurtasının tuzluluk toleransı

‰ 17-18.7 (büyük boydaki Karadeniz dişilerinin yumurtaları)'den ve ‰ 21.8 (küçük boydaki Marmara Denizinin dişileri)'den ‰37-39'a tuzluluk artışı esnasında, *C. euxinus* yumurtaları su kaybetme sebebiyle buruşur (şekil 10). Bununla birlikte, hayatta kalan yumurta yüksek tuzlulukta uzun süre kaldığında, suyu absorbe ederek eski şekline dönme yeteneğine sahiptir. ‰29-30 'a kadar tuzluluk artışı Marmara Denizi dişilerinin yumurtalarının yumurtadan çıkma oranını (94-100%) etkilemez, oysa daha ileri seviyede tuzluluk değişiminden (saatte ‰1.5 oranında) sonra, yumurtadan çıkma başarısı $47 \pm 11\%$ oranında azalır (şekil. 11A). Bu yumurtaların, yumurtadan çıkma oranı büyük oranda ($r^2=0.92$) ‰100'den ‰33 arasında değişen tuzluluk değişimine (şekil 11B) bağlıdır. ~20°C *Calanus* yumurtalarının gelişim zamanı genelde yaklaşık 1 gün olarak hesaplanmasına rağmen, bizim deneylerimizde yüksek tuzlulukla muamele edildikten sonra aynı sıcaklıkta

yumurta gelişimi 2 günde oluştu.



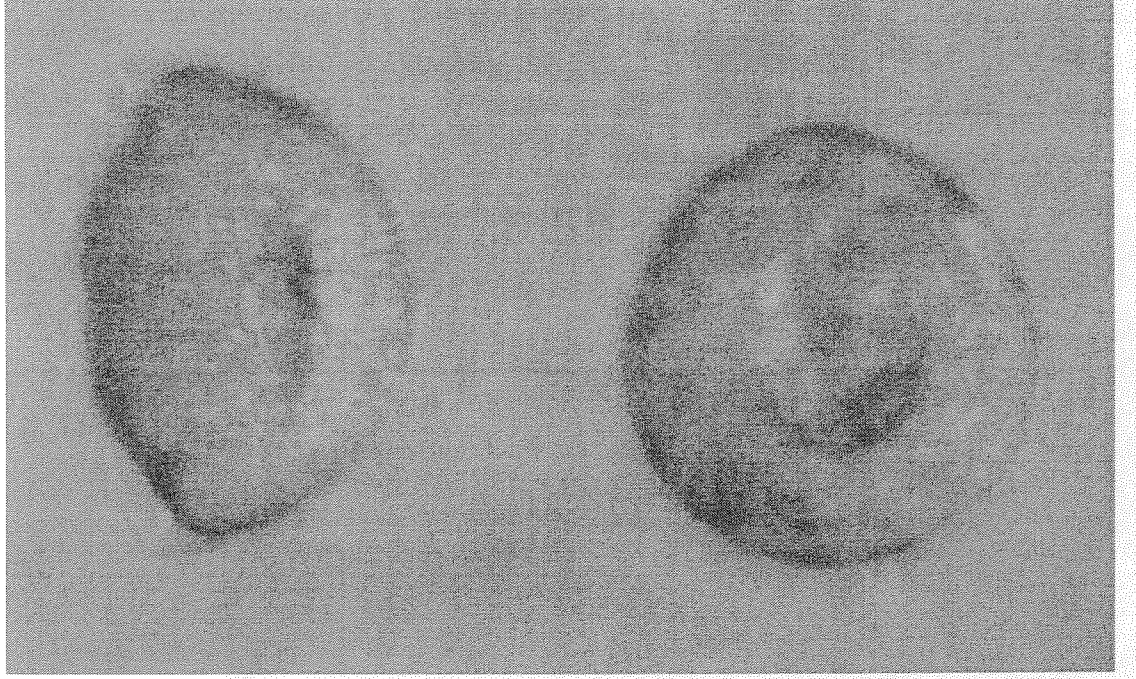
Şekil 9. Kış (A) ve Yaz (B) aylarında Marmara Denizinde tuzluluk değişiminin olduğu veya yüzeye yakın bölgeye bırakılan *Calanus euxinus* yumurtalarının batışı. Kısa çizgiler tuzluluk profillerini göstermektedir.

Saatte %1.0 oranında tuzluluk artışı esnasında, Karadeniz dişilerinin yumurtaları, %30'dan daha yüksek tuzluluk artışında, Marmara Denizi dişileri yumurtalarının aksine öldüler (Şekil 11A). Buna göre, Karadeniz'den Marmara Denizine gelen dişilerin yüksek tuzluluğa adaptasyon göstermeden ürettikleri yumurtaların burada başarılı bir gelişim göstermelerinin imkanı yoktur. Çünkü bu yumurtaların aşırı tuzlu alt tabakalara batması kaçınılmazdır.

3.5. Karadeniz *Calanus euxinus*'un yetişkin ve kopepodit safhalarının tuzluluk toleransı ve aşırı tuzlu sulara uyum sağlamış dişiler tarafından bırakılan yumurtaların hayatta kalma oranı.

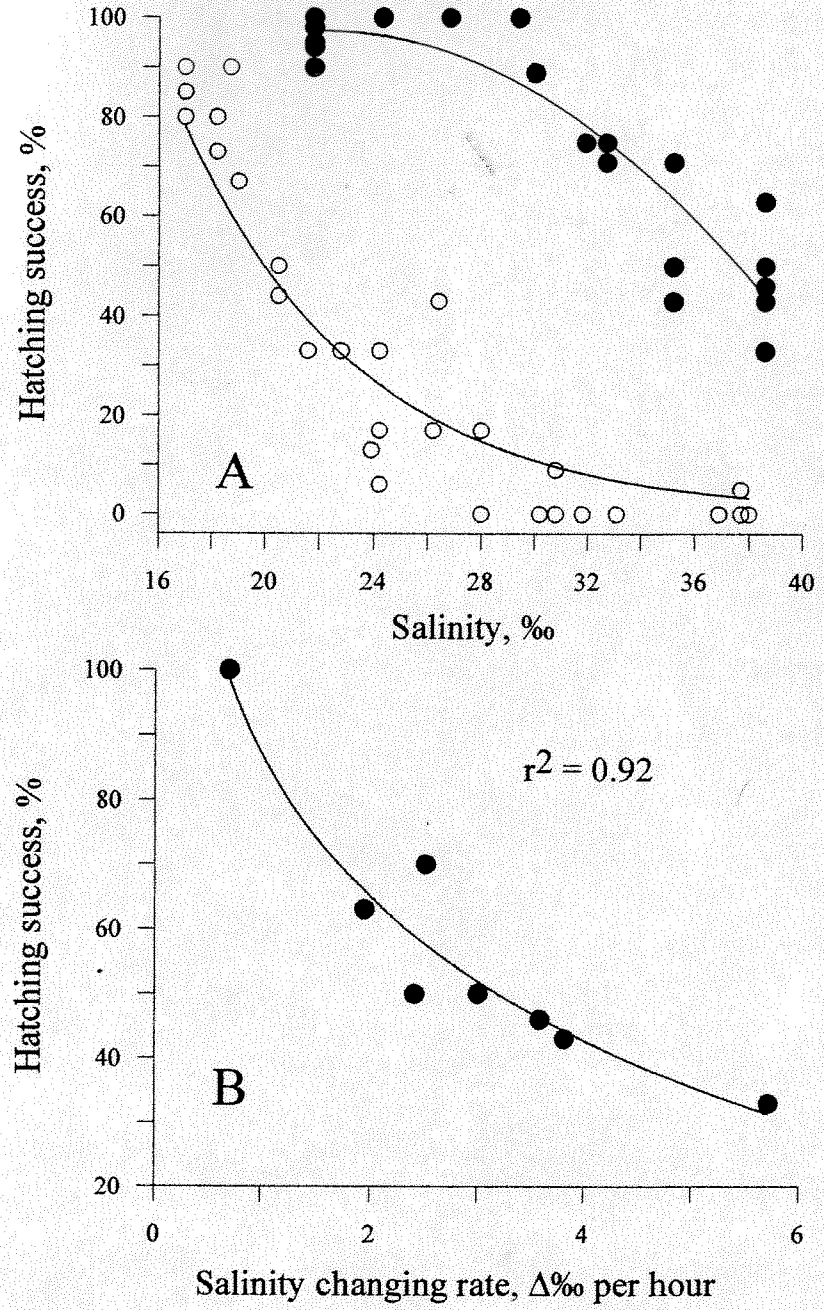
Kısa süreli tuzluluk deneylerinde (~4 saat), Karadeniz *Calanus euxinus*'un %17'dan %25-27'e düzenli tuzluluk artışından fazla etkilenmedi. Bununla birlikte, tuzluluk %37-40'ye arttırıldığında, yüzme için harcanan zaman maksimum değerlere ulaşırken ekstrimetelerin daha yavaş hareket etmesi yüzünden hareket sıklığı azaldı (Şekil.12). Bu bir yandan, kaçış hareketi yaptığı diğer yandan da rahatsız olduğunda yaptığı harekettir. Azalan tuzluluk benzer bir reaksiyona neden olur (Şekil 13). Önceki çalışmalarda *C. euxinus*'un

tuzluluk tolerans oranı ‰14-30 olduğunu göstermektedir. ‰ 38'e hatta ‰50'ye kadar olan tuzluluk artışında kopepodlar canlı olmasına rağmen, beslenmesi durmuş, kaslarında geri dönölmez değışiklikleri içeren opaklanmalar olmuştur.



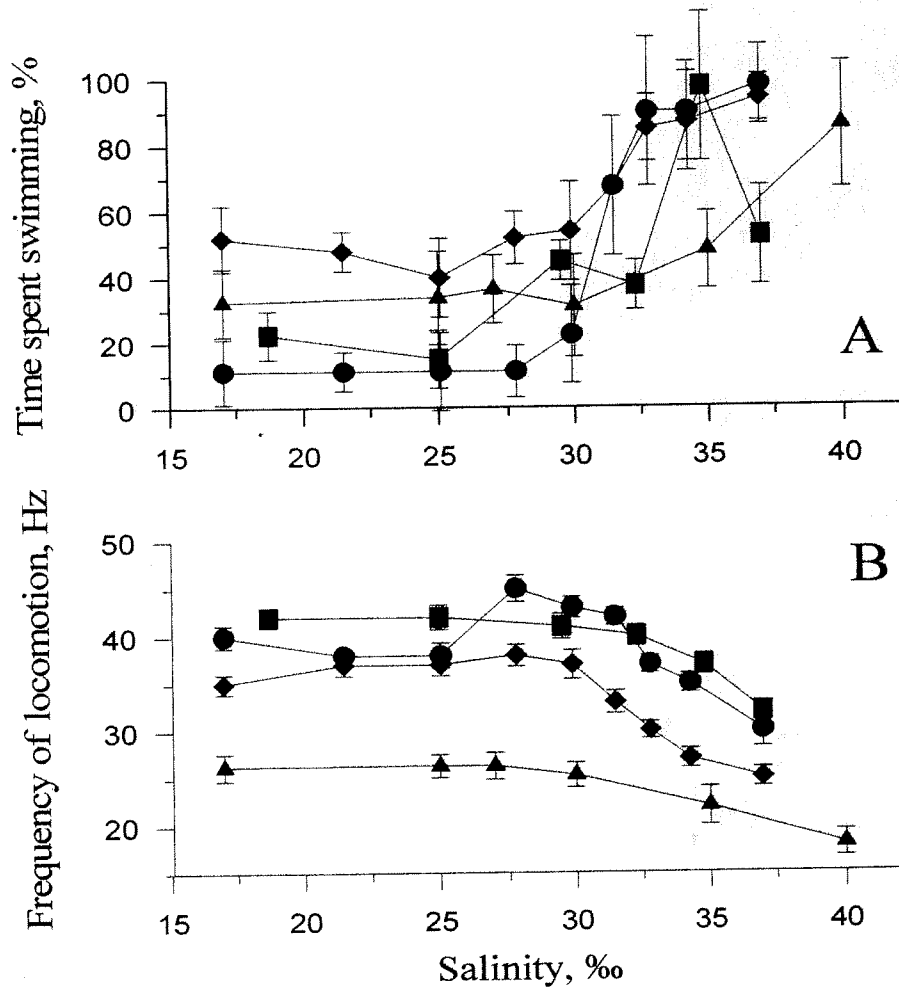
Şekil 10. Marmara Denizindeki *Calanus euxinus*'un yumurtasının tuzluluğun 21.8'den 28‰'a arttırılmasından sonra ki durumu.

Uzun süreli tuzluluk deneylerinde (24 saat), kopepodlar geceleyin ‰ 25-27 tuzlulukta tutuldu ve sonra ‰37'e kadar tuzluluk artışına maruz bırakıldı. Bu deneylerde, *C. euxinus* dişileri beslenme ve yumurta bırakma yeteneklerini sürdürdüler. Uyum sağladıktan 3 gün sonra tüm yumurtalar öldü. Adaptasyon sağladıktan sonra 4. gün bırakılan yumurtaların yaklaşık ‰ 40'ından nauplii gelişti ve sadece 6 günde, bu türün hayatta kalma oranı normal şekline dönmüştür (Şekil 14).

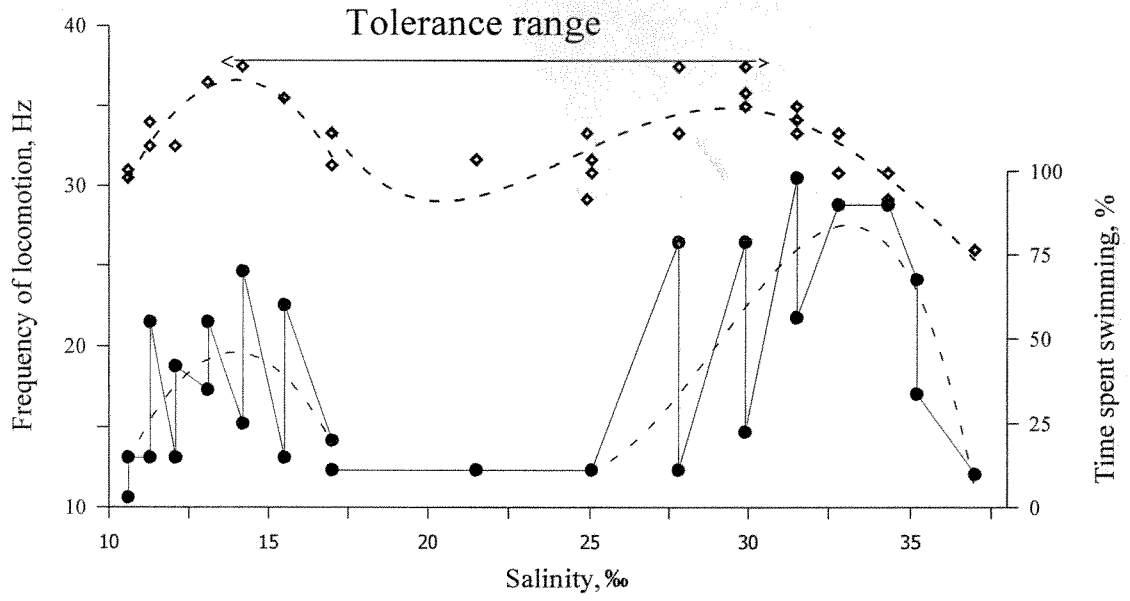


Şekil 11. Az tuzlu suda bulunan Karadeniz (o) ve Marmara Denizi (•) *Calanus euxinus*'unun dişi bireyleri tarafından bırakılan yumurtanın kuluçka dönemi üzerinde artan tuzluluğun etkisi ve Marmara Denizi dişilerinin bıraktığı yumurtaların kuluçka dönemi (A) ve 21.8 - 38.6‰ oranında değişen tuzluluk arasındaki ilişki (B).

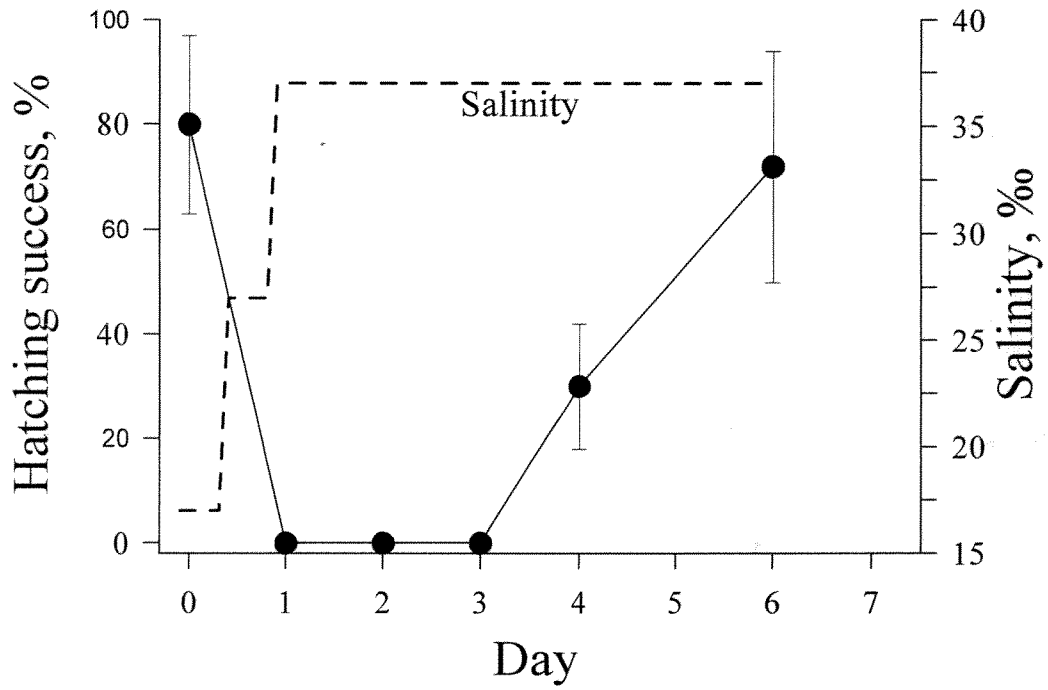
Yumurtadan yeni çıkan nauplii ‰38 tuzluluğa sahip deniz suyu ile dolu 2 l'lik akvaryuma konuldu ve dişi bireyler gelişinceye kadar $18\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de büyütüldü. Besin olarak *Prorocentrum minimum* ve *Thalassiosira weissflogii* kullanıldı. ‰38 lik tuzluluktaki yapılan deneylerimizde her kopepodit safhasının toplam boy uzunluğu ve süresi, ‰17'de ve aynı sıcaklıkta gelişen *C. euxinus*'dan (Sazhina, 1987) önemli derecede kısaydı (Şekil. 15). Sonuç olarak, 2.0 ± 0.1 mm ortalama prosome uzunluğuna sahip küçük dişi bireyler yumurtadan çıktıktan sonra sadece 25 günde akvaryumda görüldü. Böyle ortalama prosome uzunluğu Marmara Denizindeki *Calanus*'un en küçük boy grubundakine daha yakın bir değerdı. ‰38 tuzlulukta *C. euxinus*'un gelişim zamanındaki azalma daha büyük ağırlık-solunum oranı sebebiyle olduğu ortaya çıkmaktadır (Tablo 3).



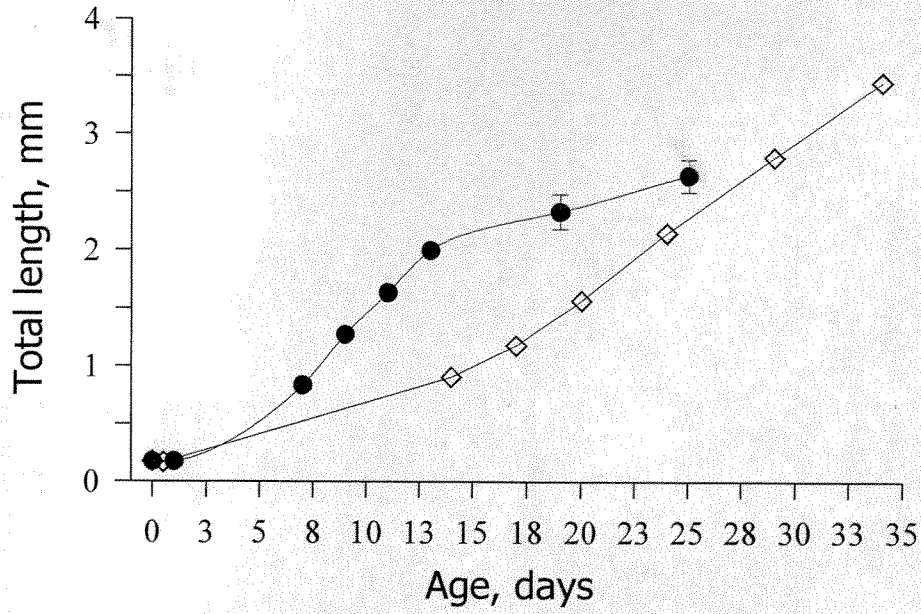
Şekil 12. ‰37 ve ‰40 lik tuzluluğa kısa süreli uyum esnasında Karadenizden alınan *Calanus euxinus* dişilerinde yüzme için harcanan zamandaki değışimler (A) ve hareket sıklığı (B).



Şekil 13. ‰ 10'dan 37'ye tuzluluk artışında *Calanus euxinus*'un yüzme için harcanan zaman (●) ve hareket sıklığının değişimi (◊).



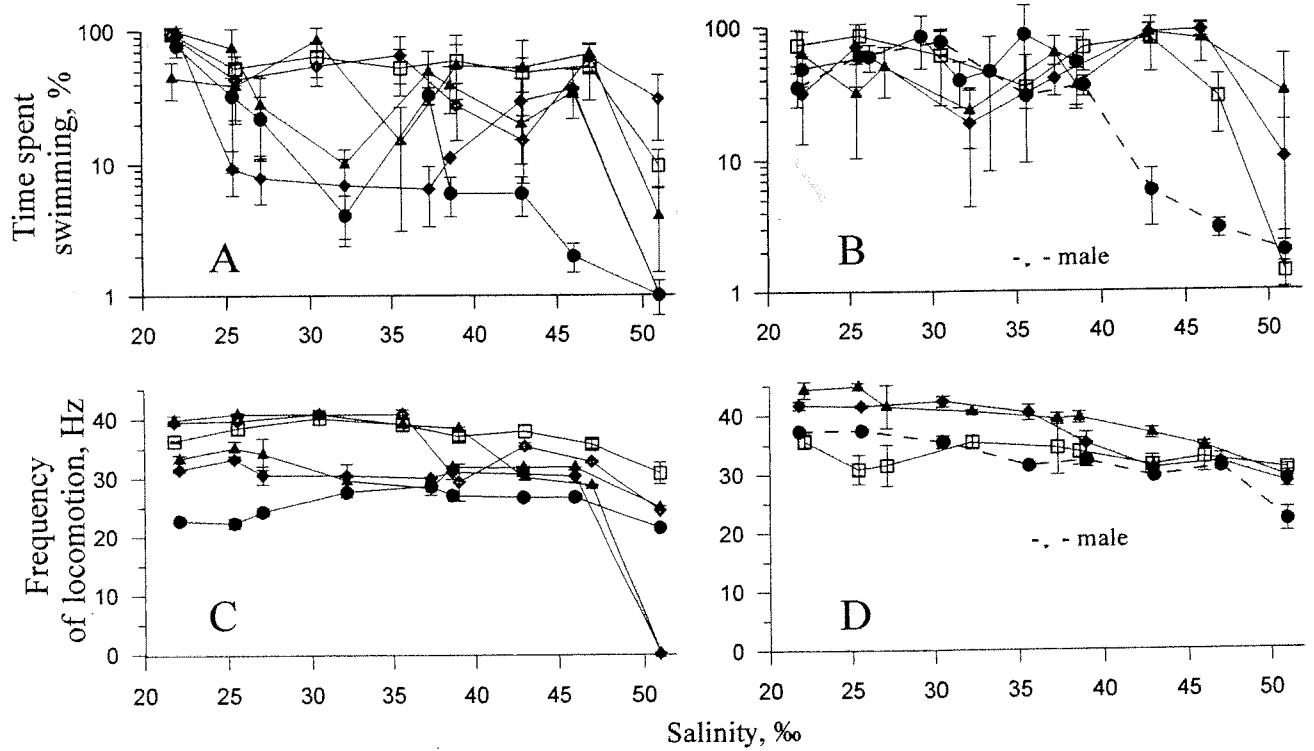
Şekil 14. Yüksek tuzluluğa (37‰) maruz kaldıktan sonra *Calanus euxinus* (Karadenizden alınan)'un yumurtasının hayatta kalması.



Şekil 15. Yüksek tuzluluk, $19\pm1^{\circ}\text{C}$ (●) ve daha düşük tuzluluk, 18°C (◇, Sazhina 1987)'da Karadeniz *Calanus euxinus*'unun toplam boy ve gelişme zamanı.

3.6. Marmara Denizinde gelişen küçük boydaki *Calanus euxinus*'da tuzluluk toleransı.

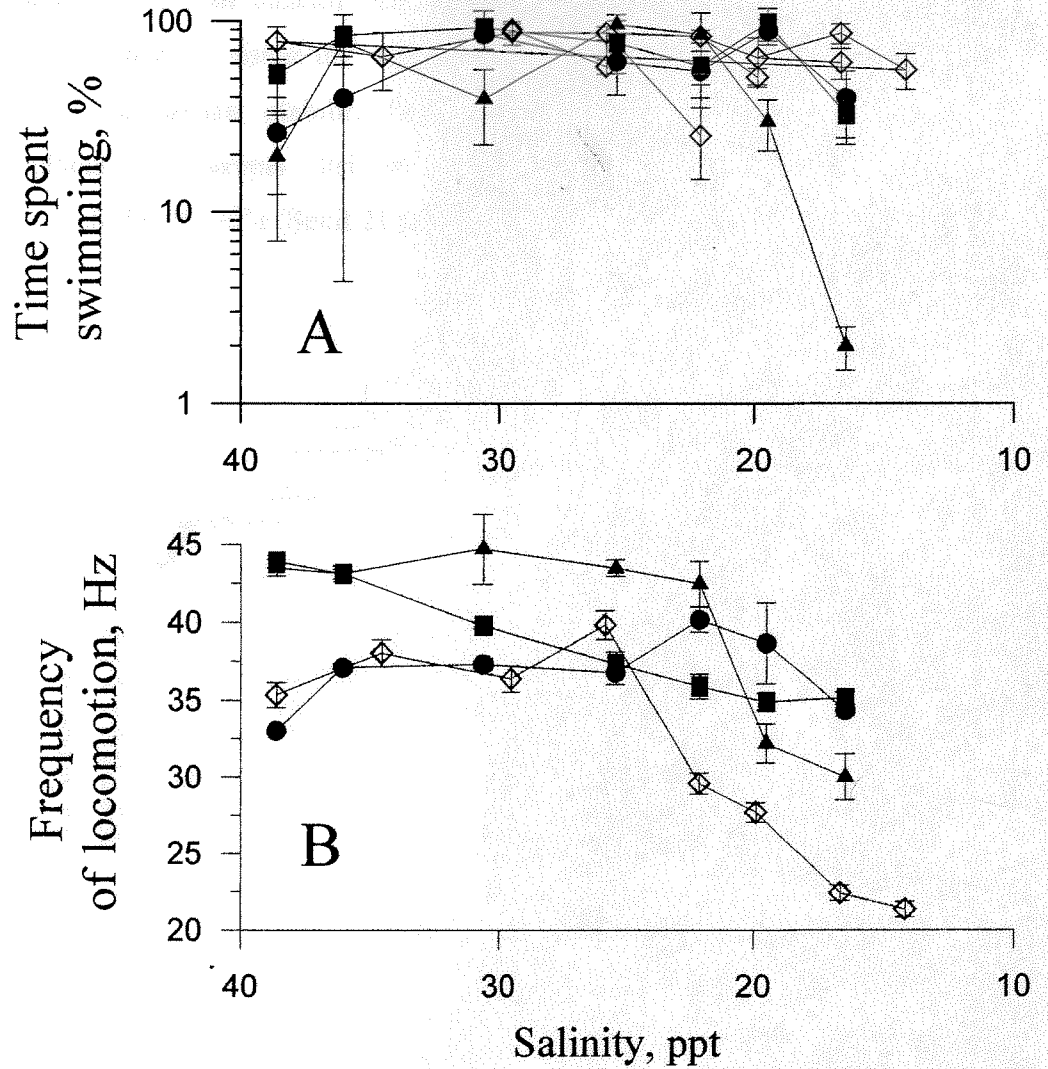
Karadeniz'deki *C. euxinus*'un tersine Marmara Denizinin yüzey tabakalarından (22.1 ‰) örneklenen *Calanus*, ‰ 40'a kadar olan kısa süreli düzenli tuzluluk artışından kaçış reaksiyonu göstermedi. Dişi, erkek, ve kopepodit V safhasının bulunduğu 9 deneyde, yüzme için harcanan zaman artan tuzlulukla önemli bir şekilde değişim göstermedi. Sadece ‰ 40–50 tuzlulukta, hem yüzme için harcanan zamanın hem de hareket sıklığının ciddi bir şekilde azalması sebebiyle, önceden de belirtildiği gibi, hareketinde bir düzensizlik gözlemlendi (Şekil 16). ‰ 38.6 tuzlulukta birkaç gün bırakıldıktan sonra, kısa süreli (2.5 h) tedricen tuzluluk azalışına maruz kalan dişilerde ve CV'de, hareket ölçümleri 22 ‰'den daha düşük değerlerde değişmeye başladı (Şekil 17). ‰ 22-39 arasındaki tuzluluk artış ve azalmalarında (Şekil 18) kopepodlar besin almayı kesmediler ve (Şekil 19) bu tuzluluk oranı içinde, *Calanus* ani tuzluluk değişiminden sonra bile hayatta kalmayı sürdürdü. Aşırı tuzlu sularda hayatta kalan dişilerin bıraktığı yumurtaların hayatta kalma oranı da yüksekti (Şekil 20). Yazın yapılan deney sonuçlarımıza göre, Marmara Denizinde gelişen *C. euxinus*'un tuzluluğun değiştiği koşullarda bile hayatta kalmaya uyum göstermiştir.



Şekil 16. ‰ 22'den 51'e tuzluluk artışında (~ 4 saat) Marmara Denizinin yüzeyinden alınan *Calanus euxinus*'un dişi (A, C), erkek (B, D) ve V kopepodit safhasında hareket sıklığı (C, D) ve yüzme için harcanan zamandaki değişimler (A, B).

3.7. Marmara ve Karadeniz *Calanus euxinus*'unun solunum oranı

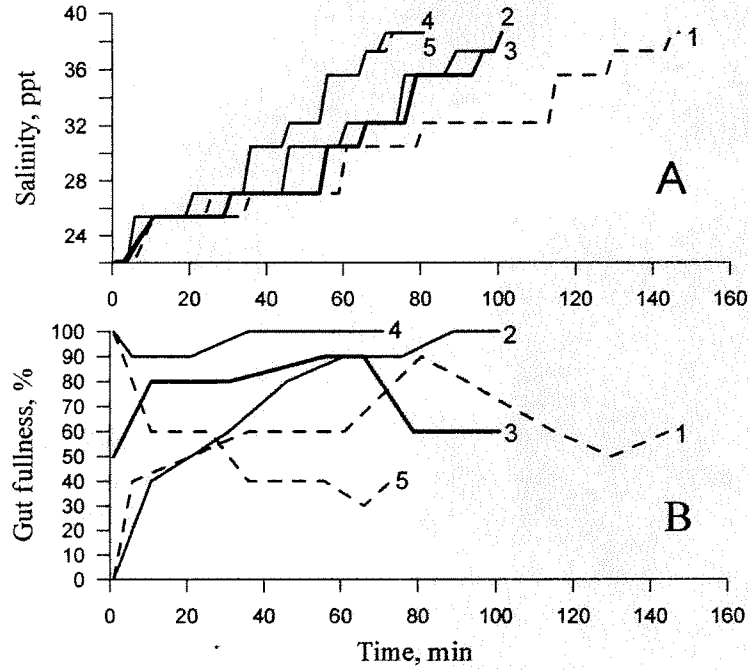
Birçok sonuçlarımıza göre, Karadeniz'deki *Calanus euxinus*'un dişi ve erkeklerinde ağırlık-solunum oranı (Q/WW , Q solunum oranı, $\mu\text{gO}_2\text{ind}^{-1}\text{h}^{-1}$; WW vücut yaş ağırlığı, mg) $0.95 - 1.34 \mu\text{gO}_2\text{mg}^{-1}\text{h}^{-1}$ arasında değişen (Tablo. 3) etkili mevsimsel bir dinamiğe sahip değildir. Nisan 2005 - Şubat 2007 tarihleri arasında Prens Adaları civarından toplanan küçük boylu dişi ve erkeklerde, ağırlık-solunum oranının ortalama değerleri, 1.6 – 1.9 kez daha yüksekti (1.71 'den $2.38' \mu\text{gO}_2\text{mg}^{-1}\text{h}^{-1}$ 'a değişen). Bu farklılıklar, vücut uzunluğu azalmasıyla ergin bir kopepodun ağırlık-solunum oranının azaldığı gibi iyi bilinen bir gerçekle açıklanamayabilir. Denizel kopepodların evrensel metabolizma modeline göre (Ikeda et al., 2001), $Q/WW \sim WW^{-0.2}$, Marmara ve Karadeniz'den alınan *C. euxinus*'un yaş ağırlıklarındaki yaklaşık 2 kat (2.1) farklılık, toplam metabolizma seviyeleri arasında sadece 1.2 kat ile sonuçlanabilir.



Şekil 17. ‰ 38.6'den ‰14 ve ‰17'e tuzluluk azalışında (~ 2.5 saat) Marmara Denizinin yüzeyinden alınan *Calanus euxinus*'un dişi ve V kopepodit safhasında hareket sıklığı (B) ve yüzmeye için harcanan zamandaki değişimler (A).

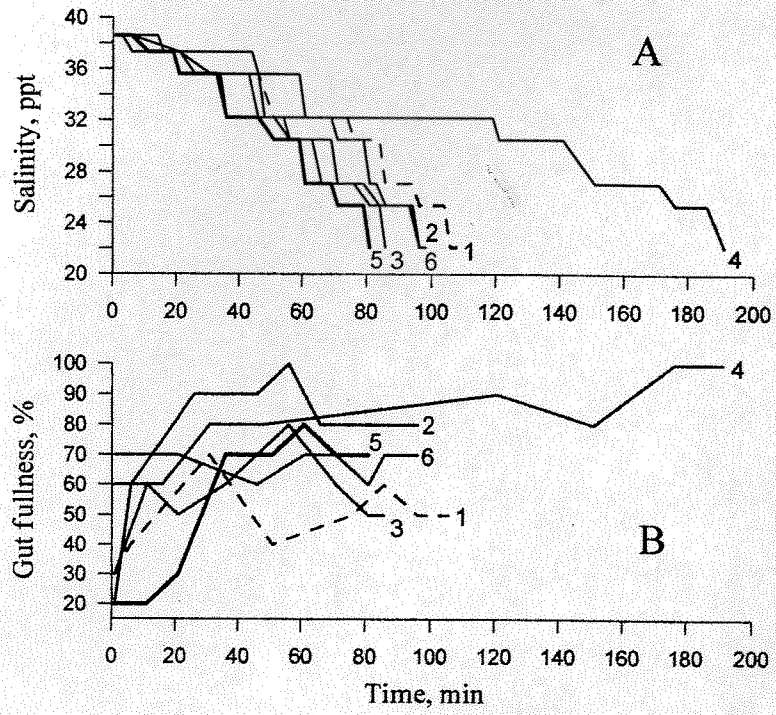
Muhtemelen, Marmara Denizi *C. euxinus*'un hesaplanan toplam metabolizması, yüksek tuzluluğa fenotipik uyum ile bağlantılıdır. ‰39 tuzluluğa sahip deniz suyunda beslenen (Karadeniz dişilerinin bıraktığı yumurtalardan aşırı tuzlu sulara) küçük boydaki dişilerde ağırlık-solunum oranı, 18 ‰ tuzluluk oranında kalan Karadeniz'deki dişilerden 2 kat daha yüksektir. Kasım 2006'da gerçekleştirilen deneylerimiz, Marmara Denizinde bulunan *C. euxinus* bireylerinin daha yüksek toplam metabolizmaya sahip olması, osmoregülasyon için ekstra enerji kaybını gösteren temel metabolizmanın (Karadeniz dişisi ile kıyaslandığında, Tablo. 3) iki kat artması sonucu olduğunu göstermiştir. Diğer metabolik seviyeye uygun geçiş, organizmadaki fonksiyonel sisteme uygun uzun süreli yeniden yapılanmasını gerekir.

Bu, ‰17'den ‰38'e olan düzenli tuzluluk artışının öncesinde ve sonrasında (Tablo 3) Karadeniz'de bulunan *Calanus*'un solunum oranındaki önemli değişiklikleri neden bulamadığımızın açıklaması olabilir. Üstelik Marmara Denizi'nin yüzey suyuna yakın bölgeden toplanan *C. euxinus* dişi ve erkeklerinde metabolizmanın yüksek seviyesi, tuzluluğun ‰ 21.8'den ‰ 39'a (Şekil 21) artmasından sonra 5 gün değişmedi.

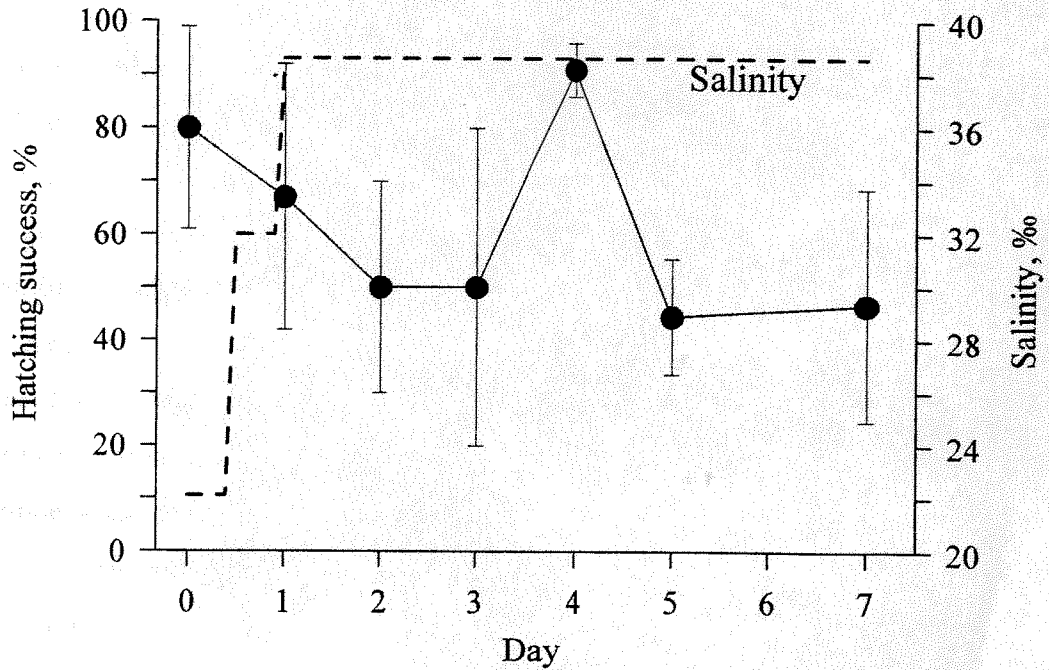


Şekil 18. Marmara Denizi'nin yüzey tabakasındaki *Calanus euxinus* mide içeriği miktarındaki değişimler ve ‰ 38.6'a adaptasyon sağlama rejimi. 1, 2, 4, 5 - kopepoditler V; 3 - dişi.

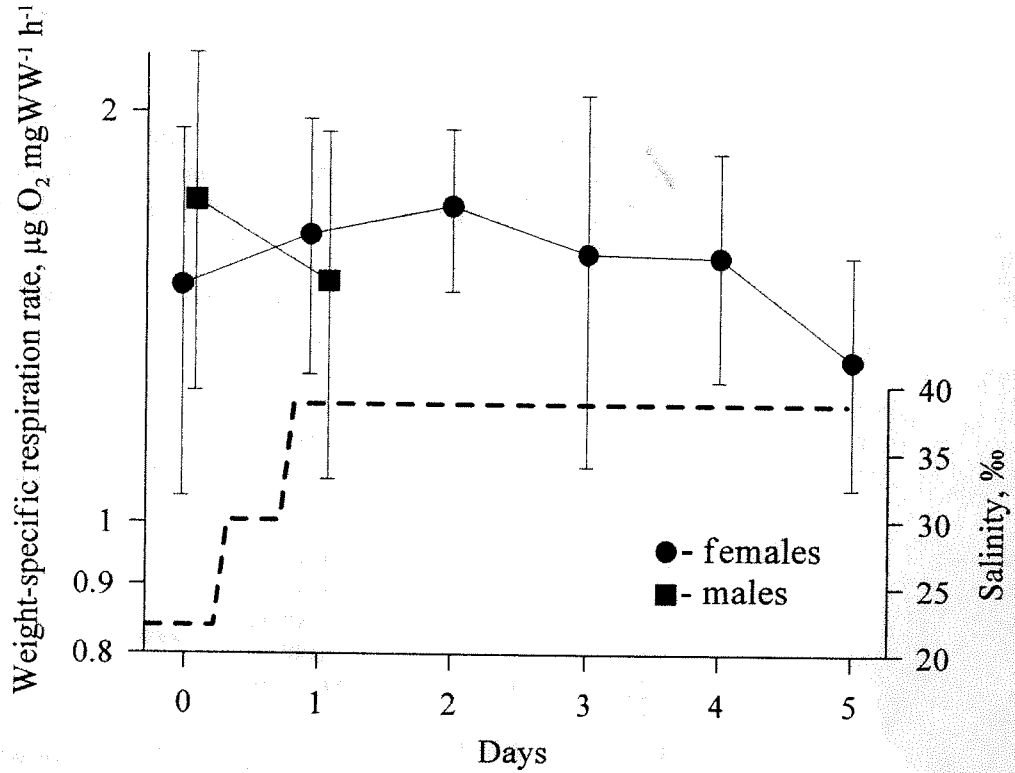
Metabolizma seviyesindeki ekolojik farklılıklar, erken gelişim safhasında ortaya çıkar. Sonuç olarak Karadeniz ve Marmara Denizi *C. euxinus* popülasyonunun solunum oranında ontogenetik değişimler (Fig. 22) iki farklı eşitlikle açıklanır; $Q = 0.91WW^{0.95}$ ve $Q = 1.56WW^{0.80}$ (anılan sıraya göre).



Şekil 19. Marmara Denzinin yüzey tabakasındaki *Calanus euxinus* mide içeriği miktarındaki değişimler ve ‰ 38.6'den ‰ 22.1'e adaptasyon sağlayamama rejimi. 1, 2, 4, 5 - kopepoditler V; 3 - dişi.



Şekil 20. Yüksek tuzluluğa adaptasyon gösterdikten sonra Marmara Denizindeki *Calanus euxinus*'un yumurtasının kuluçka başarısı.



Şekil 21. Tuzluluğun 38'e artırılmasından önce ve sonra Marmara Denizinin yüzey tabakalarından toplanan *Calanus euxinus*'un dişi ve erkeğinde solunum oranı. Her nokta 10 dakikanın karşılığıdır.

4. SONUÇ

Marmara Denizi *C. euxinus* popülasyonu, İstanbul Boğazı vasıtasıyla Karadeniz'den Marmara Denizine taşınan bireylerden oluşmaktadır. Yumurtanın boy ve yoğunluğundaki, erken kopepodit safhalarının vücut uzunluğundaki, yetişkinlerin boy ve yüzme bacağına morfolojik özelliklerindeki benzerlikler bu düşüncemizi desteklemektedir.

Daha yüksek sıcaklık ve tuzluluğa sahip olan Marmara denizinin alt tabakası *C. euxinus*'daki büyüme gelişim oranlarını hızlandırır, bu yüzden, bu denizde yumurtadan çıkan ve gelişen bireylerin boyu Karadeniz'dekilerle kıyaslandığında daha düşüktür. Marmara Denizinde geçiş boylarına sahip canlıların mevcudiyeti, gelişim esnasında *C. euxinus* farklı sıcaklık ve tuzluluk kombinasyonlarından etkilendiğini gösterir.

Halokline'nın altındaki tabakalarda sıcaklığın düşük olduğu ($\sim 11^{\circ}\text{C}$) Nisan 2005 tarihinde, Marmara Denizindeki *Calanus* popülasyonu üç boy grubundan oluşmuştur. İlk grubu oluşturan yetişkinler, Ege denizinde bulunan *C. helgolandicus*'un prosome uzunluğuna benzer prosome uzunluğuna sahiptirler. Üçüncü grubu oluşturan dişi ve erkeklerin prosome uzunluğu ise Karadeniz'dekilere yakın değerlere sahiptir. İkinci boydaki bireyler ortalama boy uzunluğuna sahiptir.

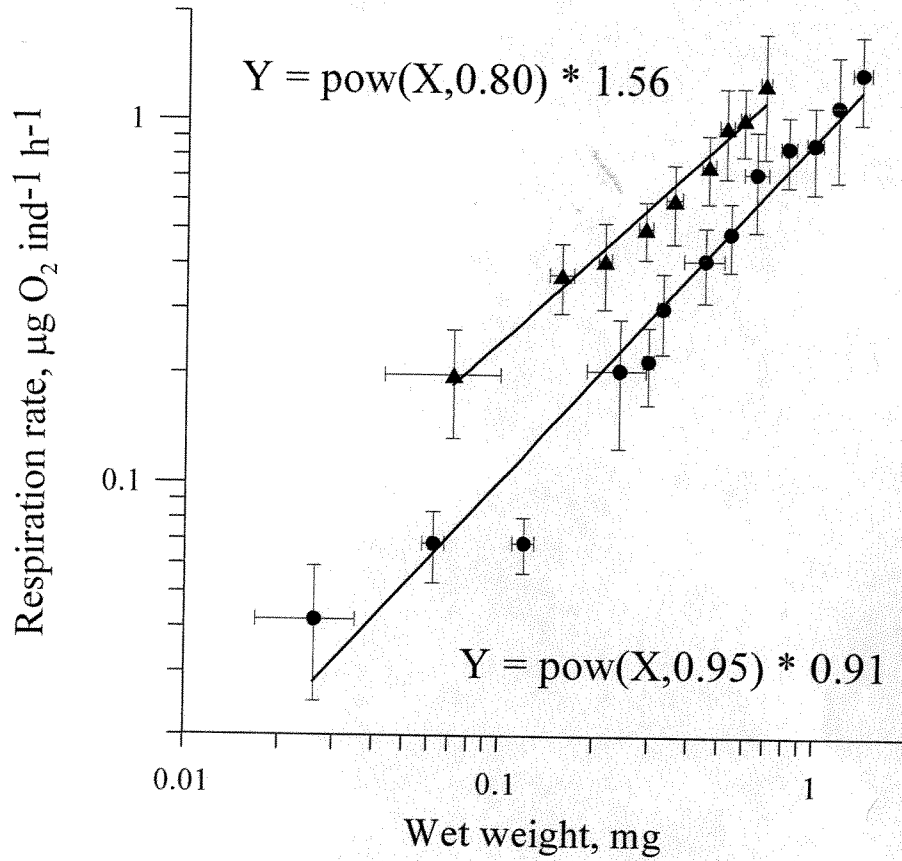
Tablo 3. Karadeniz'den toplanan dişi ve erkeklerde (17-20‰), 20±0.5°C *Calanus euxinus*'un ağırlık-solunum oranı (Q/WW), ‰ 39 tuzlulukta beslenen Karadeniz dişileri, Prens adaları civarında bulunan (18.7-39.6‰) Marmara Denizi dişi ve erkek bireyleri

Bölge	Cinsiyet	Tarih	Ortam tuzluluğu, ‰	Deney tuzluluğu, ‰	n	Yaş ağırlık, mg	Q/WW, µgO ₂ mg ⁻¹ h ⁻¹
Karadeniz	Dişi	03.2007	17-20	18.7	38	1.08±0.10	0.95±0.20
		04.2003		18.2	22	1.10±0.04	1.34±0.36
		05.2005		17.0	10	1.04±0.21	1.01±0.16
		07.1989		17.5	29	1.10±0.04	1.25±0.36
		09.2003		17.5	46	1.04±0.13	1.02±0.27
		10.2002		17.4	13	0.91±0.14	0.91±0.10
		11.2006	39.0	37.7	10	1.08±0.25	1.17±0.36
		12.2004		39.0	20	0.43±0.07	2.01±0.37
		10.1996*		17.0	10	1.07±0.06	0.45±0.03
	Erkek	04.2003	17-20	18.2	15	0.76±0.10	1.15±0.20
		10.2002		17.4	14	0.76±0.09	1.19±0.27
		04-05.2005	22.1-39.6	22.1	36	0.55±0.11	1.71±0.29
Marmara Denizi	Dişi	10.2005	23.2-39.7	23.2	6	0.33±0.03	1.78±0.51
		12.2006	21.8-38.6	21.8	22	0.59±0.13	1.92±0.57
		03.2007	18.7-38.9	18.7	6	0.39±0.09	1.76±0.21
		12.2006*	21.8-38.6	21.8	10	0.66±0.16	0.80±0.15
	Erkek	04-05.2005	22.1-39.6	22.1	18	0.57±0.10	1.60±0.45
		12.2006	21.8-38.6	21.8	6	0.47±0.02	2.38±0.76

*narkoz verilen bireylerin solunum oranı (basal metabolisme)

C. euxinus'un bu üç boy grubu hem az tuzlu (22.1 ‰) yüzey tabakasında hem de daha sıcak (~15°C) ve tuzlu (38.6 ‰) olan alt tabakada bulunur. Muhtemelen, bu üç boy grubuna dâhil olan bireyler tuzluluk eğimi boyunca hareket edebilmektedirler.

Marmara Denizinin alt tabakasının yüksek sıcaklığı sebebiyle, soğuk suda bulunan batipelajik, bir tür olan *C. euxinus* sıcak aylarda başarılı bir şekilde gelişemez. Bu türlerin maksimum bolluğu bahar ayında bulundu. Bununla birlikte, Kuzey doğu Marmara Denizinin üretiminin artmasına rağmen, 15-20 m'den daha derin tabakalarda artan tuzluluk Karadeniz'den gelen *C. euxinus*'un gelişimini etkiler.



Şekil 22. Mart –Kasım 2002-2007 tarihleri arasında Karadeniz’deki *Calanus euxinus*’un I-VI kopepodit safhalarının (●) ve Mart –Aralık 2002-2007 tarihleri arasında ise Marmara Denizi’ndeki (20±0.5°C) III-VI kopepodit safhalarının (▲) solunum oranı.

%18’den %39’a uzun süreli (birkaç saat) tuzluluk artışına maruz kalan dişiler yumurta bırakma ve beslenme yeteneklerini kaybederler, uygun bir adaptasyondan sonra bu aktivitelerini geri kazanırlar. Bununla birlikte, aşırı tuzlu sulara bir gün içinde uyum sağlamış dişiler tarafından bırakılan yumurtalar üç gün içinde ölür. Bu sonuçlarımıza göre, Karadeniz’den Marmara Denizine giren dişiler az tuzlu (%18-22) yüzey tabakasına yumurtalarını bıraksalar bile, gelişim safhalarındaki bu yumurtalar yüksek tuzluluğa sahip (~39‰) alt tabakalara batacak ve öleceklerdir. Ancak vertikal göçleri esnasında yüksek tuzluluğa uzun süreli adaptasyon yaşayan dişilerin bıraktığı yumurtalar yüksek tuzluluklarda gelişimlerini sürdürebileceklerdir.

Marmara Denizinde yaşayan *C. euxinus*’un ağırlık ve solunum oranı, Karadeniz’dekilerden 1.6 – 1.9 kat daha yüksektir. Bu olay yüksek tuzluluğa gösterilen fenotipik adaptasyonun bir sonucu olarak görülebilir. Çünkü % 39 tuzlulukta laboratuvar koşulları altında büyüyen Karadeniz *Calanus euxinus* ikinci kuşak bireyleri, 2 kat artmış

toplam metabolizmaya sahiptirler. Muhtemelen, *C. euxinus*'ın artan tuzluluğa uyum sağlaması, moleküler ve hücresel seviyede olur. Marmara Denizindeki *Calanus euxinus* dişilerinin hesaplanan temel metabolizması bu düşüncenin bir kanıtıdır. Yüksek enerji ihtiyacı sebebiyle, Marmara Denizindeki *C.euxinus* popülasyonunun yetişkin bireyleri ve V. kopepodit safhaları, Karadeniz bireyleri ile kıyaslandığında önemli miktarda yağ oranını vücudunda biriktiremez.

5. KAYNAKLAR

- APOSTOLOPOULOU M., The zooplankton communities of the eastern Mediterranean (Levantine basin, Aegean Sea): Influence of man-made factors. ed: Mediterranean Marine Ecosystems, Moraitou-Apostolopoulou, M., Kiortsis, V., Plenum Press, New York, (1985). pp.303-331.
- ARASHKEVICH E.G., Tande, K.S., Pasternak, A.F., Ellertsen, B., Seasonal moulting patterns and the generation cycle of *Calanus finmarchicus* in the NE Norwegian Sea, as inferred from gnathobase structures, and the size of gonads and oil sacs. *Mar. Biol.* 146: 119-132, (2004).
- BALKIS, N., The effect of Marmara (Izmit) Earthquake on the chemical oceanography of Izmit Bay, Turkey. *Mar. Pollution Bul.*, 46, 865-878, (2003).
- BENLİ H.A., Tarkan A.N., Sever T.M., Comparison of the mesozooplankton composition the southwestern Black Sea, Sea of Marmara and eastern Aegean Sea. *Turkish J. Mar. Sci.* - V.7: 163-179, (2001).
- BEŞİKTEPE, S.T., Sur, H.I., Ozsoy, E., Latif, M.A., Oguz, T., Unluata, U., The circulation and hydrography of the Marmara Sea. *Progress in Oceanography*, 34 (4), 285-334, (1994).
- CEBECİ M., Tarkan A.N., Distribution of zooplankton organisms in Marmara Sea. *Journal of Aquatic Products*, 4, 1: 59-72, (1990).
- CORKETT, C. J., McLaren, I. A., Sevigny, J.-M., The rearing of the marine calanoid copepods *Calanus finmarchicus* (Gunnerus), *C. glacialis* Jaschnov and *C. hyperboreus* Krøyer with comment on the equiproportional rule. *Syllogeus* 59, 539-546, (1986).
- FLEMINGER, A., Hulsemann, K., Geographical range and taxonomic divergence in North Atlantic *Calanus* (*C. helgolandicus*, *C. finmarchicus* and *C. glacialis*). *Mar. Biol.*, 40: 233-248, (1977).

- FLEMMINGER, A., Hulsemann, K., Geographical variation in *Calanus helgolandicus* s.l. (Copepoda, Calanoida) and evidence of recent speciation of the Black Sea population. *Biological Oceanography*, 5, 43-81, (1987).
- HULSEMANN, K., *Calanus euxinus*, new name, a replacement name for *Calanus ponticus* Karavaev, 1894 (Copepoda: Calanoida). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 104 (3), 620-621, (1991).
- IKEDA, T., Kanno, Y., Ozaki, K., Shinada, A., Metabolic rates of epipelagic marine copepods as a function of body mass and temperature. *Mar. Biol.*, 139, 587 – 596, (2001).
- KOCATAS, A., Koray, T., Kaya, M., Kara, O. F., Review of the fishery resources and their environment in the Sea of Marmara. *Studies and Reviews, General Fisheries Council for the Mediterranean (GFCM), FAO* 64: (1993), 87-143.
- KNUTSEN, T., Melle, W., Calise, L., Determining the mass density of marine copepods and their eggs with a critical focus on some of the previously used methods. *J. Plankton Res.*, 23, 8, 859-973, (2001).
- MILLER, C. B., Cowles, T. J., Wiebe, P. H., Copley, N. J. and Grigg, H., Phenology in *Calanus finmarchicus*; hypotheses about control mechanisms. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 72, 79-91. (1991).
- MILLER, C. B., Nielsen, R. D., Development and growth of large calanoid copepods in the Oceanic Subarctic Pacific, May 1984. *Progr. Oceanogr.* 20, 275-292, (1988).
- MILLER, D.D., Marcus, N., The effects of salinity and temperature on the density and sinking velocity of eggs of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 179, 2, 235-252, (1994.)
- NIEHOFF, B., Hirche, H.-J., Oogenesis and gonad maturation in the copepod *Calanus finmarchicus* and the prediction of egg production from preserved samples. *Polar Biol.* 16, 601-612, (1996).
- NIEHOFF, B., Runge, J.A., A revised methodology for prediction of egg production *Calanus finmarchicus* from preserved samples. *J. Plankton Res.* 25, 1581-1587, (2003).
- PAPADOPOULOS, L.N., Peijnenburg, K.T.C.A., Luttikhuisen, P.C., Phylogeography of the calanoid copepods *Calanus helgolandicus* and *C. euxinus* suggests Pleistocene divergences between Atlantic, Mediterranean, and Black Sea populations. *Mar. Biol.* 147, 1353-1365, (2005).
- SAZHINA, L.I., Reproduction, growth, productivity of marine Copepoda. Naukova Dumka,

- Kiev, 156 p, (1987).
- STEPANOV, V. N., Svetlichny, L. S., The studies on hydromechanic characteristics of planktonic copepods. Naukova Dumka, Kiev, 126 pp. (in Russian), (1981).
- SVETLICHNY, L.S., Umanskaya, A.V., Oxygen consumption cost and locomotion in *Calanus helgolandicus* (Crustacea, Copepoda). *Okeanologia*, 315, 566 – 571, (1991).
- SVETLICHNY, L. S., Hubareva, E. S., Arashkevich, E. G., Physiological and behavioural response to hypoxia in active and diapausing stage V copepodites of *Calanus euxinus*. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.*, 52, 507 – 519, (1998)
- SVETLICHNY, L.S, Hubareva, E.S., Kideys, A.E., Isinibilir M., Shmeleva, A., 2006. 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.
- SVETLICHNY L.S., Kideys A.E., Besiktepe S., Hubareva E.S., *Calanus euxinus* in the Black and Marmara Seas: morphology, ecology and energetic development strategy // Second International Conference "Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea. Similarities and differences of two interconnected basins". Abstracts. 14-18 October 2002, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, (2002) pp:137.
- SVETLICHNY L.S., Kideys A., Hubareva E., Besiktepe S., Isinibilir M., Development and lipid storage in *Calanus euxinus* from the Black and Marmara Seas: Variabilities due to habitat conditions. *J. Mar. Sys.*, 59: 52-62, (2006).
- TANDE, K. S., Hopkins, C. C. E., Ecological investigations of the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: the genital system in *Calanus finmarchicus* and the role of gonad development in overwintering strategy. *Mar. Biol.* 63, 159-164, (1981).
- TARKAN A.N., Erguven H., The main copepod species of Marmara Sea. *Journal of Aquatic Products*, 2, 2: 71-81, (1988).
- TARKAN, A.N., Isinibilir, M., Tarkan, A.S., Seasonal variations of the zooplankton composition and abundance in the Istanbul Strait. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 8 (9): 1327-1336, (2005).
- UNAL, E., Frost, B. W., Armbrust, V., Kideys A. E., Phylogeography of *Calanus helgolandicus* and the Black Sea copepod *Calanus euxinus*, with notes on *Pseudocalanus elongatus* (Copepoda, Calanoida). *Deep-Sea Research II* 53: 1911-1922,

(2006).

VUCETIC T., Quelques donnees sur la longueur des adultes de *Calanus helgolandicus* Claus provenant de Veliko Jezero. Rapports et Proces-verbaux des Reunions. International commission pour L'Exploration Scientifique de la mer Mediterranee. 18: 431-438, (1965).

YUKSEK , A., Yilmaz, N., Okus, E., Uysal, Z., Shmeleva, A.A., Gubanova, A.D., Altukhov, D., Polat-Beken, S.C., Spatio-temporal variations in zooplankton communities and influence of environmental factors on them in SW Black Sea and the Sea of Marmara. Proc. Sec. Int. Conf. "Oceanography of the eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and differences of two interconnected basins". TUBITAK Publishers, Ankara, Turkey, (2003), pp: 774-784.

ZUBOV N.N., Czihirin N.J., Oceanological tables. Gidrometeoizdat, Moscow (1940) pp: 367.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 104Y208
Proje Başlığı: <i>Calanus</i> genusu kopepotlarının Marmara Denizi istila başarısının temel faktörü olan tuzluluk toleransı
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof. Dr Ahmet E. Kideys, Dr. Melek İsinibilir Okyar, Dr Leonid S. Svetlichny, Dr. Elena S. Hubareva, Dr. Alexandra Shmeleva
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK ve NASU
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 15 Mart 2005- 15 Mart 2007
Öz (en çok 70 kelime) Marmara Denizi üstte (15-20 metrelik tabaka) Karadeniz'den gelen düşük tuzlu sular (‰18) ile altta yüksek tuzluluktaki (‰38) Ege sularından oluşmaktadır. Marmara Denizinde bu komşu denizlerden taşınan iki <i>Calanus</i> türü bulunmaktadır. Marmara Denizi <i>C. euxinus</i> popülasyonu, İstanbul Boğazı vasıtasıyla Karadeniz'den Marmara Denizine taşınan bireylerden oluşmaktadır. Marmara Denizinde geçiş boylarına sahip canlıların mevcudiyeti, gelişim esnasında <i>C. euxinus</i> farklı sıcaklık ve tuzluluk kombinasyonlarından etkilendiğini gösterir. Yüksek enerji ihtiyacı sebebiyle, Marmara Denizindeki <i>C.euxinus</i> popülasyonunun yetişkin bireyleri ve V. kopepodit safhaları, Karadeniz bireyleri ile kıyaslandığında önemli miktarda yağ oranını vücudunda biriktiremez.
Anahtar Kelimeler: <i>Calanus</i> , Marmara, tuzluluk, metabolizma
Projeden Yapılan Yayınlar: "Svetlichny L., A. E: Kideys, E. Hubareva & S. Besiktepe & M. Isinibilir, 2006, Development And Lipid Storage in <i>Calanus euxinus</i> from the Black And Marmara Seas: Variabilities Due To Habitat Conditions". Journal of the Marine System 59: 52-62. "Leonid Svetlichny, Elena Hubareva, Ahmet Kideys, Melek Isinibilir and Aleksandra Shmeleva, 2006, Zooplankton community state in the northeastern Marmara Sea during early autumn with comments on mass non-consumptive mortality" J Black Sea/ Mediterranean Environment 12:213-231.