

Homa Dalyanı (İzmir Körfezi, Ege Denizi)'nda Sekonder Prodüktivitenin Araştırılması

*Meryem Yazıcı, Baha Büyükişik

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 35100, İzmir, Türkiye
*E mail: meryemyazici61@gmail.com

Abstract: *Investigation on the secondary productivity in Homa Fisheries Lagoon (Izmir Bay, Aegean Sea).* In this study, secondary productivity in Homa Fisheries Lagoon (Izmir Bay) has been evaluated using zooplankton biomass measurements. Identifying the factors that control the primary and secondary productivity will also reveal the factors on fish productivity; leading to the control of the fish production in the fisheries. Therefore, the zooplankton samples were taken periodically from the lagoon between October 1998 and September 1999. Temperature, salinity, dissolved oxygen and pH were also measured. At the end of these studies, the variation of the secondary productivity during a year was obtained. It was observed that the secondary productivity oscillates around an average in autumn, but there is a significant increase in summer. The secondary productivity is about 1000 µgC/m³day along the year, but it reaches 7000 µgC/m³day in summer months. Thus, it is revealed that the productivity of mesozooplankton and macrozooplankton was 20% of the annual fish production. These results are much less than the expected zooplankton productivity and show the relative importance of the phytoplankton and microzooplankton productivity.

Key Words: Zooplankton, Homa Fisheries Lagoon, secondary productivity, temperature dependent growth model, Izmir Bay.

Özet: Bu çalışmada İzmir Körfezi (Ege Denizi)'nde yer alan Homa Dalyanı'nda zooplankton biyomasından yararlanılarak sekonder prodüktivite araştırılmıştır. Primer ve sekonder prodüktiviteyi kontrol eden faktörlerin ortaya konulmasıyla, dalyanda balık verimliliğini kontrol eden faktörler de belirlenmiş olacaktır. Bu da dalyandaki balık üretiminin kontrolü anlamına gelmektedir. Bu amaçla Ekim 1998 - Eylül 1999 tarihleri arasında dalyandan alınan zooplankton örnekleri incelenmiş; ayrıca sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve pH ölçülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda sekonder prodüktivitenin yıl boyunca gösterdiği değişim elde edilmiştir. Sonbahar aylarında veriler ortalama bir değer etrafında salınırken, yaz aylarında önemli bir artış görülmüştür. Sekonder üretim değerleri yıl boyunca ortalama 1000 µgC/m³gün civarında iken yaz aylarında bu değer 7000 µgC/m³gün'e kadar artış göstermiştir. Buna göre, mesozooplankton ve makrozooplankton üretiminin yıllık balık veriminin %20'si olduğu açığa çıkmıştır. Bu sonuçlar, beklenen zooplankton üretiminin çok altında olup, fitoplankton ve mikrozooplankton üretiminin bağlı önemini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Zooplankton, Homa Dalyanı, sekonder prodüktivite, sıcaklığa bağımlı büyüme modeli, İzmir Körfezi.

*Bu çalışma aynı adlı doktora tezinden alınmıştır.

Giriş

Denizel ortamda besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonik organizmalar primer prodüktiviteden sorumludur. Sekonder prodüktiviteden ise tek hücreli hayvanlar ve metazoan sorumludur. Sekonder prodüktivitenin büyüklüğüne bağlı olarak balıklar ve diğer deniz ürünlerinin bolluğu azalır veya çoğalır. Dünyada insan tarafından hasat edilen deniz ürünlerinin en bol olduğu bölgeler upwelling sahaları, konvergans sahaları ve lagünlerdir. Nitekim günümüzde dünya denizlerinden avlanmakta olan toplam 80 milyon ton balığın yarısı upwelling sahalarından, diğer yarısı ise kıyısız bölgeden elde edilmektedir. Ülkemizde Ege Denizi ve Akdeniz başta olmak üzere farklı yapıda 80 kadar dalyan bulunmaktadır. Çalışmalarımızı yaptığımız Homa Dalyanı ise İzmir çevresindeki tek aktif dalyandır.

Kınacıgil (1988), çalışmasında Homa Dalyanı'nın fiziko-kimyasal parametrelerini ve besleyici element miktarlarını saptamış, bunların ekonomik balık türleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Homa Dalyanı (İzmir Körfezi) fitoplanktonu üzerinde yapılan bir başka araştırmada, 62 tür fitoplanktonun

mevsimlere göre dağılımı ortaya koyulmuştur (Cirik ve diğ. 1991). Dalyanda bugüne değin balık verimliliği ve primer üretime dair çalışmalar yapılmış olmakla beraber, zooplankton üretimi ile ilgili çalışmaların eksikliği bizi bu konuya yönlendirmiştir.

Peterson ve ark. (2002)'a göre; kıyısız upwelling bölgelerinde zooplanktonun biyoması ve sekonder prodüktivitesi genel olarak kalanoid kopepodlarla baskındır. Böyle çevrelerde üretici ve tüketiciler olarak kopepodların rolünü anlamada, büyüme ve biyoması kontrol eden faktörleri tanımlamak esastır.

Huntley ve Lopez (1992)'e göre, 20.yy. başlarında Avrupa balık stokları üzerine çalışmaların sonucunda, denizel zooplanktonun pek çok deniz balığının temel besin kaynağını oluşturduğu gerçeği ile karşılaşmıştır. Bu gerçek zooplanktonun bolluk ve dağılımı ile birlikte onların prodüktivitesini hesaplamaya yönelik bir ivme yaratmıştır. Deniz zooplanktonunun üretim hesabı için geçen yüzyıl boyunca pek çok metod geliştirilmiş, ihtiyaç duyulan iki esas değişkenin biyomas ve büyüme hızı olduğu görülmüştür. Bu nedenle deniz kopepodlarının üretim hesabı, biyomas ve

büyüme hızının hesabına göre değişir. Bu işte en büyük zorluk, tam ve hızlı ölçüm yapılmasının imkânsizliğidir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, kopepodların bireysel büyüme hızları, jenerasyon zamanı ve yumurta-ergin ağırlıklarından kesin olarak ölçülebilir. Aynı zamanda, yapılan başka çalışmalar da sıcaklığın, büyüme hızlarındaki varyasyonların %90'ından fazlasını açıkladığını göstermiştir.

Zooplankton üretiminin genel denklemi (P) aşağıdaki biçimdedir:

$$P = \sum_{i=1}^j N_i \cdot W_i \cdot g_i \quad (1)$$

(N_i: Sayı, W_i: Ağırlık, g_i: Büyüme hızı)

Deniz zooplanktonunun üretim hesabında diğer bir deneme de yaşa, ağırlığa veya evrelere özel büyüme hızlarını kullanır. Ancak, popülasyonun uygun alt bölümlere ayrılabilmesi zordur. Her sınıftaki bireyleri isimlendirmek ve birer birer saymak, genellikle örneklerin yüzlercesinin mikroskopik analizini gerektirir. Bu yöntem tek türlerin üretiminde makul ve güvenilir bazı ölçüler sağlanmasına rağmen, zooplankton komünitelerinin üretim hesabı için kullanışlı olmadığı gösterilmiştir (Huntley and Lopez, 1992).

Tüm bu nedenlerden dolayı bu çalışmada, sıcaklığa bağımlı büyüme modelinin esas alınması uygun görülmüştür. Bu metodun temel kabulü kopepod fertlerinin büyümesinin üstel kanuna uymasıdır (Huntley and Lopez, 1992).

$$W_t = W_0 e^{g \cdot t} \quad (2)$$

(W₀: 0 zamanında ağırlık (µgC), W_t: t zamanında ağırlık (µgC), g: Anlık büyüme hızı (gün⁻¹), t: Zaman, e=2,718)

Miller ve diğ. (1977) ve Landry (1978), çeşitli *Acartia* türlerinin büyüme hızlarının, verilen bir sıcaklıkta tüm hayat devrinde sabit olduğunu ve üstel büyümenin açık bir şekilde gösterilebileceğini ifade etmişlerdir. Diğer araştırmacılar da hayat devri içinde basamaktan basamağa büyüme hızının değişebileceğini rapor etmişlerdir. Örneğin erken kopepodit basamakları (C₁ – C₃) için büyüme hızları en büyük, ileri kopepodit basamakları için en küçük ve nauplii için ara değerler olabilir. Üstel bir model, yumurtadan ergine kopepodların tüm hayat devirlerinde büyüme hızını açıklayan en iyi yaklaşımdır. Çeşitli türler için, ağırlık artışı ile ilgili veri toplanarak bu düşünce test edilmiştir. Her bir tür için, yumurta ağırlıklarına, ağırlık verisini normalize ettikten sonra, denklem tekrar şöyle yazılabilir:

$$\ln \left(\frac{W_t}{W_0} \right) = g \cdot t \quad (3)$$

Dört kopepod türü için elde edilen verilerden ergin büyüklüklerinin 1,3 µg C (*A. clausi*) – 80 µg C (*Calanus sinicus*) arasında olduğu görülür. Basamağa bağlı ağırlıklar ve gelişim zamanları 15 °C sıcaklıkta rapor edilmiştir. Sonuçlar, üstel büyüme modelinde türler arası varyasyonun baskı altına alındığını gösterir. Yani genel bir üstel büyüme hızı tüm türlere uygulanabilir. Fakat boreal kopepodlar ve ılıman kopepodların jenerasyonlarının hayat döngüsüne baştan aşağıya uygulanamaz. Böylece kopepodların çoğu için ferdî büyüme diapoz noktasına kadar hayat devrinde üsteldir. Bu duruma

göre denklemi tekrar şöyle yazabiliriz:

$$W_a = W_e \cdot e^{g \cdot \tau} \quad (4)$$

(W_a: Ergin ağırlığı, W_e: Yumurta ağırlığı, τ : Jenerasyon süresi)

Sıcaklık ayrıca büyüme için birincil itici fonksiyondur. Yani, ağırlık-spesifik ferdî büyüme hızları sıcaklığın üstel bir fonksiyonu olup türlerden ve vücut büyüklüğünden bağımsızdır. Tüm metabolik fonksiyonlar içinde protein sentezi, büyüme hızıyla en yakından ilişkili olanıdır. Çünkü kopepod ve diğer krustase larvaları yalnızca küçük bir yüzde olarak karbonhidrat içerir, çoğunlukla diapoz (büyüme zamana bağlı olarak durduğunda) hazırlık için lipid sentezlerler. Bu esnada vücut ağırlığını artırma anlamına gelen protein sentezini terk ederler. Deniz soğukkanlılarının protein sentezinde enzimatik reaksiyonlarla ilgili son çalışmalar sıcaklıkla üstel olarak bağlantılı olduklarını gösterir (G.N. Somero ve S.Kaupp ile kişisel görüşme; Huntley ve Lopez'den,1992). Böylece, büyümenin kendisinin sıcaklığın üstel bir fonksiyonu olacağı beklenebilir. Bu da şu matematiksel ifadeye yol açar:

$$g = a \cdot e^{x \cdot t} \quad (5)$$

(g: Anlık büyüme hızı, x,a: Orantı sabitleri, t: Sıcaklık (°C))

Bir fert veya bir tür için basamak sürelerinin toplamı, onun jenerasyon süresi ile ilişkilidir. Denklem 4 ve 5'in birleştirilmesinden, jenerasyon zamanının sıcaklığın negatif üstel bir fonksiyonu olduğuna karar verilebilir:

$$\tau = b e^{-y \cdot T} \quad (6)$$

(T: Sıcaklık (°C), b,y: Orantı sabitleri)

Bu formülde ortaya koyulan hipotez, basamak süresi, gelişim hızı ve son olarak da jenerasyon süresinin aynı zamanda türden ve vücut büyüklüğünden bağımsız olduğudur. Denklem 4'ün log uyarlaması ve yeniden düzenlenmesi ile ağırlığa bağlı bireysel büyüme hızı açıklanabilir.

$$g = \left[\ln \left(\frac{W_a}{W_e} \right) \right] / \tau \quad (7)$$

Vücut büyüklüğü ve türlerden bağımsız, fakat sıcaklığa bağımlı büyüme hızına dayanan hipotez yerine de denklem 5 geçerlidir.

$$\left[\ln \left(\frac{W_a}{W_e} \right) \right] / \tau = a e^{x \cdot T} \quad (8)$$

Böylece bu denklem ergin ağırlığının, yumurta ağırlığının, jenerasyon zamanı ve sıcaklığın dönemlerdeki büyüme hızını tayin eder. Bu denklemde ihtiyaç duyulan tüm değişkenler için yayınlanmış değerlere güvenilir (Huntley and Lopez, 1992).

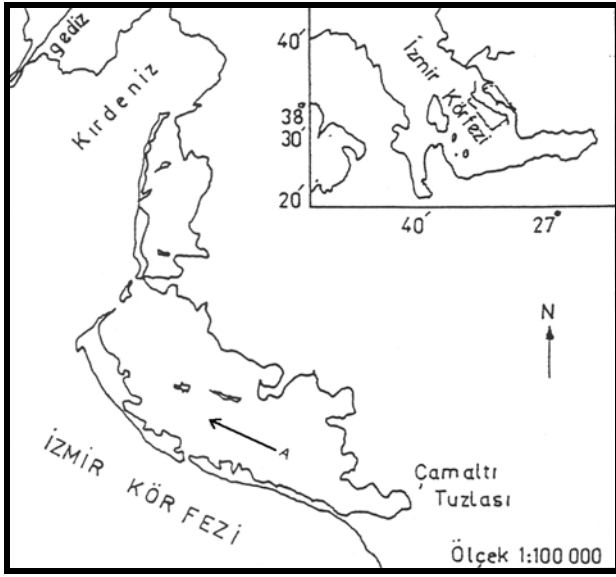
Materyal ve Yöntem

Çalışmaların yürütülmesi için yararlanılan zooplankton örnekleri Ekim 1998 – Eylül 1999 tarihleri arasında, Homa Dalyanı'ndan aylık olarak alınmıştır. Bu çalışmalar sırasında

ayrıca çeşitli fiziko-kimyasal parametreler de ölçülmüştür. Zooplankton çekim hattı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Materyal alımı sırasında ayrıca sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, tuzluluk ölçümleri yapılmıştır. Bu fiziko-kimyasal parametreler elde edilirken; sıcaklık, termometre; tuzluluk, Harvey yöntemi; çözünmüş oksijen, Winkler metodu ve pH ise pHep-pH Electronic Papier (HANNA Ins.) ile ölçülmüştür.

Çekimler sırasında, özellikle yaz aylarında su derinliğinin azalması nedeniyle 27 cm çapında bir plankton kepçesi kullanılmıştır. Bu kepçenin uzunluğu 2,5 m olup, kollektörün yan yüzeylerinde su çıkış pencereleri bulunmaktadır. Konik yapıdaki kepçenin göz açıklığı 200 µm'dir. Çekimler horizontal olarak ve 10 dakika süre ile 2 mil/saat'ten daha az hızla gerçekleştirilmiştir.

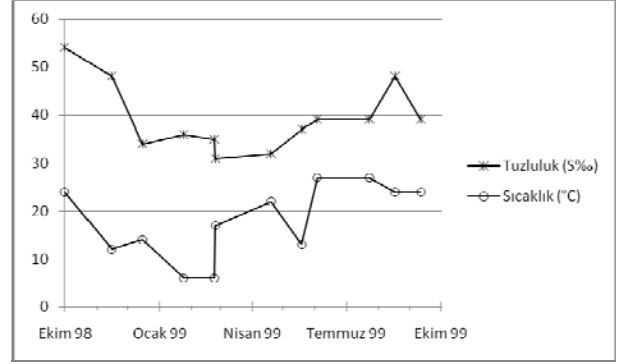


Şekil 1. Homa Dalyanı'nın genel görünümü ve zooplankton çekim hattı (A).

Fikse edilen zooplankton örnekleri, birim hacim yöntemi ile sayılmıştır. Daha sonra örnekler Whatman GF/C kâğıdından süzölmüştür. Bu iş için Milipore filtrasyon düzeneği kullanılmıştır. Elde edilen filtratın önce yaş ağırlığı, etüvde 50 °C'de 1 saat kurutulduktan sonra da kuru ağırlığı ölçülmüştür. Ağırlık ölçümlerinde ±0,1 mg hassas terazi kullanılmıştır. Elde edilen kuru ağırlıkların C'a dönüşümü, 0,4 ile çarpılarak yapılmıştır. Bu hesabın yapılmasında literatür çalışmalarından (Omori ve Ikeda 1984, Bamstedt 1986) yararlanılmıştır.

Bulgular

İzmir Körfezi Homa Dalyanı'nda, çalışma süreci olan Ekim 1998 – Eylül 1999 tarihleri arasında aylık periyotlar halinde ölçülen fiziko-kimyasal parametreler Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Yapılan tür tespitinde, daha önceki çalışmalardan da görülebileceği gibi (Pulat ve Özel, 2003) *A. clausi* baskın olarak bulunmuştur.



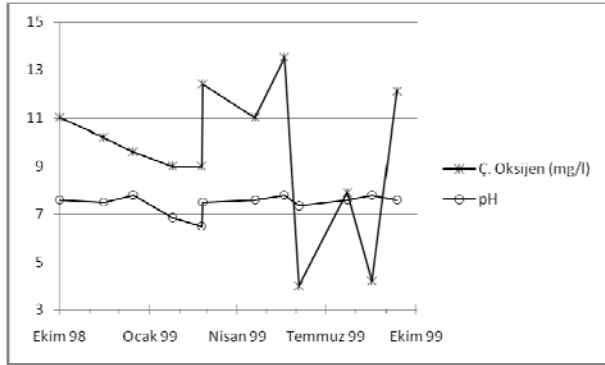
Şekil 2. Dalyanda su sıcaklığı (°C) ve tuzluluk (‰) değerleri değişimi.

Homa Dalyanı'nda su sıcaklığının değişimini saptamak amacıyla yapılan ölçümler sonucunda en düşük su sıcaklık değeri Şubat ayında 6,4 °C, en yüksek sıcaklık değeri ise Haziran ve Temmuz ayında 28 °C olarak ölçülmüştür. Homa Dalyanı'nın ortalama sıcaklığının ise 17 °C olduğu bulunmuştur. Dalyanda su sıcaklığının aylık değişimleri Şekil 2'de verilmiştir.

Dalyan suyunun ısınmasında ve soğumasında gelgit hareketleri, su yüzeyinde esen rüzgârlar ve atmosfer ile ısı transferi önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca dalyan suyunun sığ olması sebebiyle su sıcaklığı her türlü doğa olayından etkilenmekte ve güneş ışınları sığ suya daha hızlı nüfuz etmektedir. Bu durum dalyandaki balık hasadı için önemlidir. Homa Dalyanı'nda tuzluluk konsantrasyonu ile ilgili yapılan ölçümler sonucunda en düşük değer Nisan ayında 31,00 ‰, en yüksek tuzluluk konsantrasyonu ise Ekim ayında 54,25 ‰ olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda Homa Dalyanı'ndaki ortalama tuzluluk konsantrasyonu ise 37,08 ‰ olarak tespit edilmiştir.

Ekim ayında tuzluluk konsantrasyonu oldukça yüksektir. Bunun sebebi suyun durgun olması, deniz istasyonundan dalyana su girişinin olmaması ve buharlaşmadır. Kasım ayında ise dalyanda tuzluluk konsantrasyonunda bir düşüş meydana gelmiştir. Aralıkta yağmurlardan dolayı tuzluluk oldukça azalmıştır. Mart ayında ise dalyan istasyonunda tuzluluk konsantrasyonu hızla düşerek en düşük değere ulaşmıştır. Bunun sebebi mevsim normallerinin üstünde yağmur yağması ve sel olmasıdır. Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ise dalyanda tuzluluk konsantrasyonu yükselmiştir. Temmuz ayında ise tuzluluk değeri sabit kalarak Ağustos ayında ani olarak artmıştır. Bu durum dalyanın karakteristik yapısından kaynaklanmaktadır. Eylül ayında ise tuzluluk hızlı bir şekilde düşmüştür.

Dalyanda tuzluluğun ekstrem değerlere artışı buharlaşmanın, düşüşü ise yağmurların ve sulama kanallarının suyunun zaman zaman dalyana boşaltılmasının sonucudur. Bu durum dalyanın, yani sığ suyun çevre şartlarından önemli derecede etkilendiğinin bir kanıtıdır (Büyüksık, Akyol ve Metin, 2001).



Şekil 3. Dalyanda pH ve çözünmüş oksijen (mg/l) değerleri.

Homa Dalyanı'ndaki pH değeri için yapılan ölçümlerde, en düşük değer Şubat ayında 6,5; en yüksek değer ise Ağustos ayında 7,8 olarak ölçülmüştür. Ortalama değer ise 6,8 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 3'te görüldüğü gibi Şubat ayında pH en düşük değerini almıştır. Genelde fitoplankton patlamalarının olduğu, dolayısıyla fotosentetik aktivitenin arttığı aylarda, sudan CO₂'nin uzaklaşması ile pH'da artış ve takiben zooplankton artışıyla azalış belirgindir. Bu durum Mayıs ayında belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Haziran ayında bir düşüş görülmesine rağmen Temmuz ve Ağustos aylarında pH değerlerinde yükselme, Eylül ayında ise bir düşüş vardır. Homa Dalyanı'nda en düşük oksijen değeri 4,3 mg/l olarak Ağustos ayında; en yüksek değeri ise 13,4 mg/l olarak Mayıs ayında bulunmuştur.

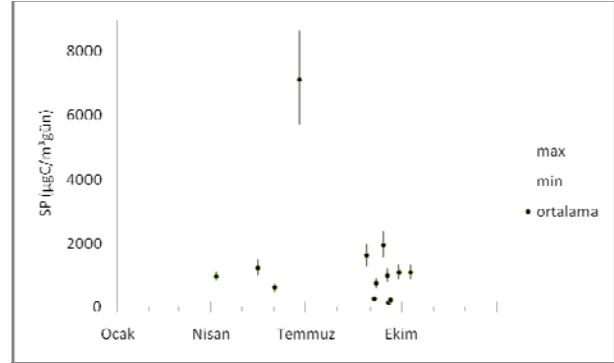
Şekil 3'te dalyandaki çözünmüş oksijen değerleri verilmiştir. Ekim ayında oksijen değeri 11 mg/l olup, Kasım, Aralık ve Ocak aylarında bu değer düşüş gösterir. AOU (Görünür oksijen değişimi) değerlerinde de dalyanda azalma olmaktadır. Çünkü solunum hızlanmakta ve fotosentetik aktivite düşmektedir. Ortamdaki oksijen miktarı da buna bağlı azalmaktadır. Bu aylarda dalyan, ayrıca lodos rüzgârından etkilenmiştir. Şubat ayında oksijen değeri yükselmektedir. Bu yükselmenin nedeni esen rüzgârın etkisiyle akıntı yönünün denizden dalyana doğru olmasıdır. Bunun yanında bu aylardaki AOU değerlerinden solunum aktivitesinin azalması fotosentetik aktivitenin artmakta olduğu anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda oksijen miktarı yükselmiştir. Mayıs ayında ise çözünmüş oksijen değerindeki ani yükselmenin nedeni, sığ olan dalyan bölgesinin mevsim normallerinin üzerinde yağış olmasıdır.

Dalyan sahasında elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda, sıcaklığa dayalı büyüme formülünden yararlanarak büyüme hızı bulunmuştur. m³'teki toplam zooplankton biyomasından da, büyüme hızından faydalanılarak önce günlük, daha sonra da Homa Dalyanı'nın toplam sekonder üretimi hesaplanmıştır.

Sekonder üretiminin yıl boyunca gösterdiği değişime bakılacak olursa (Şekil 4) sonbahar aylarındaki veriler ortalama bir değer etrafında salınmaktadır.

Dalyandaki sekonder üretimin kümülatif değişimi

incelendiğinde ise (Tablo 1), ilkbahar aylarından itibaren üretimin gittikçe arttığı ve yaz aylarında maksimuma ulaştığı görülmüştür.



Şekil 4. Sekonder üretiminin yıl boyunca gösterdiği değişim (ortalama ±% 95 güven sınırları).

Tablo 1. Sekonder üretiminin kümülatif değerleri (Kg C/yıl).

Gün	Ortalama	Min.	Maks.
97	915,014	789,3041	1046,676
137	1341,492	1142,940	1551,340
153	1484,441	1257,685	1724,969
177	2375,385	1972,842	2807,125
241	5061,634	4129,081	6069,890
248	5125,548	4180,384	6147,521
250	5135,493	4188,367	6159,600
257	5226,686	4261,567	6270,365
261	5283,277	4306,992	6339,101
262	5288,820	4311,442	6345,835
264	5292,577	4314,457	6350,397
272	5344,111	4355,823	6412,991
283	5461,101	4449,731	6555,089
Toplam	6284,863	5133,846	7528,278

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada esas model olarak kabul ettiğimiz "sıcaklığa bağımlı büyüme modeli"ni uygulama ve elde ettiğimiz verileri değerlendirme konusunda modelin görülen avantaj ve dezavantajlarını sunmak faydalı olacaktır.

Huntley ve Lopez (1992), yaptıkları çalışmada jenerasyon süresi ve büyüme hızının vücut ağırlığı ile bağlantılı olup olmadığını araştırmışlardır. Sıcaklığın etkilerini normalize etmek için de analizlerini 1 °C'lik sıcaklık aralıklarında (10 – 11 °C; 14,5 – 15,5 °C) sınırlandırmışlardır. Verilen herhangi bir sıcaklık aralığında 8 – 19 adet tür kullanmışlardır. Sonuçlar, anlık büyüme hızı ve kuru ağırlık arasında önemli bir bağıntı olmadığını göstermiştir. Jenerasyon süresi ve ergin kuru ağırlığı arasındaki bağıntı için de benzeri sonuç elde edilmiştir (Huntley and Lopez, 1992). Aynı araştırmacılar deniz kopepodları için büyüme hızının sıcaklığa bağımlılığının, tür farklılıklarının üzerine çıktığını göstermişlerdir. Onun ötesinde verilen bir habitat sıcaklığında büyüme hızlarının ergin vücut büyüklüğü ile ilişkili olmadığını bulmuşlardır. Böylece sıcaklığa bağımlı üstel büyüme

modelinin, tüm komünitenin üretimini hesaplamak için; bölgeye, tür kompozisyonuna, komünitenin boy frekans dağılımına bakmaksızın uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Hatta otoritelerden farklı olarak, büyümenin sıcaklığa bağımlılığının tek türlere ait fonksiyonlarla tanımlanmaması gerektiğini, tek bir fonksiyonun tüm türlere uygulanabileceğini göstermişlerdir.

Daha önceki yıllarda yüksek besin alınabilirliğinin büyüme hızını artırdığı (Vidal, 1980) ve basamak süresini kısalttığı (Klein-Breteler ve dig. 1982) laboratuvar çalışmalarıyla görülmüştür. Fakat Huntley ve Lopez (1992), kopepod büyümesi ve jenerasyon süresi üzerine besin alınabilirliğinin etkilerinin ihmal edilebileceğini gösteren iki hipotez ortaya atmıştır:

- 1- Kopepod beslenmesiyle ve hareketiyle uyumlu ufak ölçeklerde, besin konsantrasyonları kümeler içerisinde mevcuttur ve büyümeyi sınırlamaz.
- 2- Predasyon mortalitesi popülasyonun ortalama ağırlık-spesifik büyüme hızı üzerinde besin sınırlamasının etkisini yok edebilir.

Bu hipotezlere göre, okyanussal bölgelerde zooplanktonun büyümesi için besinin sınırlayıcı etkisi olsa bile, özellikle kıyasal bölgelerde zooplankton büyümesi sınırlanmaz. Çünkü laboratuvar çalışmalarında pek çok tür için tek tür fitoplankton kullanılarak yapılan denemelerde, doğada bulunanlarla karşılaştırıldığında ergin kopepodların üretiminin çoğunlukla mümkün olmadığı görülmüştür. Bu da büyüme hızlarının öneminin az olduğunu gösterir. Tüm bunlar, besini oluşturan nesnenin tanımlanmasında önemli ölçüde güçlüğün olduğunu ve doğada kopepodların, oşinografların bulamadığı besini bulma yeteneğine sahip olduğunu ortaya koyar (Huntley and Lopez, 1992). Eğer ani büyüme hızı (g), vücut büyüklüğünden ve türlerden bağımsız ise ve büyük oranda yalnız habitat sıcaklığı ile açıklanmış ise, o zaman verilen bir bölgede kopepod komünitesinin üretimi için;

$$P = B \cdot g \quad (9)$$

(P: üretim, g: ağırlığa özel büyüme hızı, B: kopepod biyoması) denklemi kullanılır.

Huntley ve Lopez (1992), üretim denklemindeki bu iki parametreden (büyüme hızı ve biyomas) biyomasın daha değişken olduğunu ispatlamışlardır. Onlara göre; özede kopepod türlerinin popülasyon dinamikleri ve genelde, zooplankton komünitelerinin üretimi ile ilgili skalalarda biyomastaki çeşitlilik, bireysel büyüme hızındaki çeşitlilikten daha çok şey ifade eder. O nedenle üreme hesabında biyomasın ölçümlerini tam ve doğru elde etmek, büyüme hızlarındaki ölçümleri doğru elde etmekten çok daha önemlidir. Ayrıca sıcaklığa bağlı modelde zooplankton üretiminin hesabı için bireyleri teşhis etmeye, onları boy ve ağırlık kategorilerine ayırmaya gerek yoktur. Tek ihtiyaç toplam zooplankton biyomasını ölçmek ve sıcaklığa göre onun dağılımını bulmaktır.

Tüm bu avantajlarına rağmen, bu modelin uygulanmasında bazı sınırlayıcı faktörler de vardır. Bunlardan birincisi, başka zooplankton gruplarına, kopepodlardan elde edilen büyüme hızı – sıcaklık arasındaki deneysel bağıntının

uygulanmasının sağlama yapmayı gerektirmesidir. Ancak, pek çok denizel çevrede mesozooplankton biyomasının büyük bir kısmını kopepodların oluşturması kolaylık sağlar.

İkinci sınırlayıcı faktör ise; metodun sadece biyomas ölçümü ve sıcaklık gerektiren görünür basitliğinin yanında, çalışılan ekosistemin anlaşılmasını da gerektirmesidir. Örneğin küçük boyutlu (100-200µm çap) mikrozooplankton ve hatta fitoplankton toplam biyomasta önemli bir yer tutabilir. Ayrıca verilen bir çevrede türlerin hayat biçimleri de önemlidir. Özellikle boreal ve ılıman çevrelerde pek çok tür kış için diapoza girer. Sıcaklığa bağımlı model, yumurtadan ergine kadar tüm hayat döngüsü boyunca büyümenin üstel olduğunu kabul eder. Bununla beraber, kışlayan türler için kış aylarında üstel büyüme hızının kabulü yanlış olur. Çünkü diapoza giren türler genellikle kışı, diapoza olmadıkları derinlikten daha derinlerde geçirirler. Bu yüzden örnekleme derinliği ayarlanarak potansiyel hatalar düzeltilebilir. Aynı zamanda diapoza giren pek çok tür, boreal ve ılıman habitatlarda ilkbaharda hemen hemen aynı zamanlarda kışlama durumlarından çıkarlar. Böylece verilen bir çalışma sahasında üstel büyüme hızları, yılın aynı periyodunun başından sonuna kadar tüm türlere uygun olabilmektedir (Huntley and Lopez, 1992).

Zooplankton üretim hızlarının hesabı için diğer iki esas model olan cohort analizi ve fizyolojik metod, teorik ve pratik sınırlamalar yaratır. Nitekim yapılan çalışmalar, büyüme hızı hesaplamalarındaki varyansın % 90'dan fazlasını sıcaklıkla açıklar. Buradan üç önemli sonuç çıkarılır.

- 1- Büyüme hızının sıcaklığa bağlılığı, tür farklılıklarının üstündedir.
- 2- Ağırlık-spesifik büyüme hızları, vücut büyüklüğünden bağımsızdır.
- 3- Doğada besin büyümeyi sınırlayamaz.

Dalyanda daha önceki çalışmalara göre (Büyükkışık, Akyol ve Metin, 2001) dalyanın fitoplankton kaynağını deniz suyu, yağışlar ve karasal kaynaklardan gelen besinler oluşturmaktadır. İlkbahar ve yaz aylarında dalyan daha üretken olup, sonbahar ve kış aylarında üretim düşmektedir. Nitekim primer üretiminin üst besinsel kademelere aktarılması anlamına gelen sekonder üretimin ilkbahar ve yaz aylarında artarken, otlama nedeniyle fitoplanktonun çoğalması azalmaktadır. Ancak zooplankton üretimi balık verimi ile karşılaştırıldığında, fitoplankton üretiminin özellik gösterdiği açığa çıkar.

Homa Dalyanı'nda balık verimi 1996 – 2001 yılları arasında ortalama 29.595 kg olup (Acarlı, 2007), zooplankton üretimi ise Ekim 1998 – Eylül 1999 tarihleri arasında 5000 – 7000 kg'dır. Buradan sekonder üretiminin, üretimin bol olduğu yaz aylarında artmasıyla birlikte, tüm dalyadaki kümülatif değerlerin genelde düşük olduğu ortaya çıkar. Fitoplanktondan balığa kadar her enerji seviyesinde % 10 kayıp olduğu düşünülürse, zooplankton üretiminin balık veriminin 10 katı olması gerekliliği açıktır. Ancak burada bulunan değerler, balık veriminin yaklaşık %20'sidir. Bu durum, balıkların mesozooplanktonu, protozooplankton kadar tercih etmediğini; ayrıca suya besin girişinin ve dikey hareketin

fazla olması nedeniyle fitoplankton üretimi ve protozooplankton faaliyetlerinin önemini göstermektedir.

Gerek zooplankton aktivitesinin, gerekse balık larvaları vs. tarafından bentik alglerin direkt kullanımının, fitoplankton biyomasını azalttığı düşünülürse; dalyan sularında mikrobiyal çevrimin önemi daha çok ortaya çıkmaktadır. Suyun sığ olması, su kütlesinin dikey karışımının rüzgârlarla sürekli sağlanması ve besinlerin ortama hızla geri dönmesi gibi faktörler her ne kadar dalyanı besleyen etkenler olarak kabul edilse de, verimliliği artırmaya yönelik çalışmalar, bu şartların daha da iyileştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Bu çalışmalar sonucunda görülüyor ki, dalyanda balık verimliliği ve verimi etkileyen faktörler konusunda olduğu kadar, fitoplankton ve mikrozooplankton üretimi ile ilgili çalışmalara da önem verilmelidir.

Kaynakça

- Acarlı, D. 2007. Studies on fisheries and improving its fishery in Homa Lagoon. E.U. Institute of Science, PhD Thesis, 153p, Bornova, İzmir.
- Bamstedt, U. 1986. Chemical composition and energy content. p. 1-58. In E.D.S. Corner and S.C.M. O'Hara [eds.], The biological chemistry of marine copepods. Clarendon Press, Oxford.
- Büyükişik, B., O. Akyol, and G. Metin. 2001. Determining the ecological conditions in Homa Fisheries Lagoon (in Turkish). E.U. Research Fund Project Report, No: 1997-SÜF-018, 44p.
- Cirik, S., Ş. Cirik, A. Albaz, Ş. Gökpinar, and C. Metin. 1991. Recherches sur la flore marine de la lagune d'Homa (Baie de İzmir, Turquie). Rapp. Comm. int. Mer. Médit., 32:78
- Huntley, M.E. and D.G. Lopez. 1992. Temperature dependent production of marine copepods: A global synthesis. The American Naturalist, 140(2): 201-242.
- Jackson, G.A. 1987. Simulating chemosensory responses of marine microorganism. Limnol. Oceanogr., 32: 1253-1266.
- Kinacıgil, T. 1988. Investigation on water properties and economical fish species in SUYO Fisheries Lagoon (in Turkish). E.U. Institute of Science, PhD Thesis, 197p, Bornova, İzmir.
- Klein-Breteler, W.C.M., H.G. Fransz, and S.R. Gonzales. 1982. Growth and development of four calanoid copepod species under experimental and natural conditions. Netherlands Journal of Sea Research, 16: 195-207.
- Landry, M.R. 1978. Population dynamics and production of a planktonic marine copepod, *Acartia clausi*, in a small temperate lagoon on San Juan Island, Washington. Internationale Revue der gesamen Hydrobiologie, 63: 77-119.
- Miller, C. B., J. K. Johnson, and D. R. Heinle. 1977. Growth rules in the marine copepod genus *Acartia*. Limnol. Oceanogr., 22: 326-335.
- Omor, M., and T. Ikeda. 1984. Methods in marine zooplankton ecology. Wiley, New York.
- Peterson, W.T., J.G. Gutierrez, and C.A. Morgan. 2002. Cross-shelf variation in calanoid copepod production during summer 1996 off the Oregon coast, USA. Marine Biology, 141: 353-365.
- Price, H.J. 1988. Feeding mechanisms in marine and freshwater zooplankton. Bull. Mar. Sci., 43: 327-343.
- Pulat, İ. and İ. Özel. 2003. The plankton fauna of the Northern Lagoony System of İzmir Bay. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 20 (3-4): 399-403.
- Vidal, J. 1980. Physioecology of zooplankton. I. Effects of phytoplankton concentration, temperature and body size on the growth rate of *Calanus pacificus* and *Pseudocalanus sp.* Marine Biology (Berlin), 56: 111-134.
- Welschmeyer, N.A. and C.J. Lorenzen. 1985. Chlorophyll budgets: zooplankton grazing & phytoplankton growth in a temperate fjord. Limnol. Oceanogr., 30: 1-21.