

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**MESOZOOPANKTON OTLAMA HIZI
ÖLÇÜMLERİ İÇİN DEĞİŞTİRİLMİŞ
SEYRELME DENEMELERİ**

Mert SAPANCI

**Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı
Bilim Dalı Kodu: 504.02.01
Sunuş Tarihi: 30/07/2007**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Baha BÜYÜKİŞİK

Bornova-İZMİR

III

Mert SAPANCI tarafından **Yüksek Lisans tezi** olarak sunulan “**Mesozooplankton Otlama Hızı Ölçümleri İçin Değiştirilmiş Seyrelme Denemeleri**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 30/07/2007 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Baha BÜYÜKİŞİK

Raportör Üye: Prof. Dr. Uğur SUNLU

Üye: Prof. Dr. Cengiz METİN

ÖZET

MESOOZOOPLANKTON OTLAMA HIZI ÖLÇÜMLERİ İÇİN DEĞİŞTİRİLMİŞ SEYRELME DENEMELERİ

SAPANCI, Mert

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Temel Bilimler A.B.D.

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Baha BÜYÜKİŞİK

Temmuz 2007, 54 Sayfa

Dünyada 1982'den beri fitoplankton komünitesi potansiyel büyüme hızı ve otlama hızı ölçümleri için seyrelme tekniği kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Landry'nin tekniği çok fazla değiştirilmeden, aynı prensiplere bağlı kalınarak sadece mesozooplankton yoğunluğunu artırma yoluna gidilmiştir. Bu çalışmanın amacı, mesozooplankton abundansı fazla olan verimli bölgelerde ters filtrasyon tekniğinin seyrelme tekniğine adapte edilmesi ile daha geniş av konsantrasyonu aralığında mikrozooplankton yanında mesozooplankton otlama hızlarının da elde edilmesi ve değiştirilen metodun avantaj ve dezavantajlarının İzmir Körfezi örneklerinde incelenmesidir. Yat Limanı istasyonunda 1 ile 6 hafta arasında değişen mesozooplankton otlama periyotları gözlenirken; Çiğli istasyonunda 1 veya 2 haftalık periyotlar birbirini takip etmektedir.

Anahtar sözcükler: İzmir Körfezi, Seyrelme Tekniği, Ters Filtrasyon Tekniği, mesozooplankton, fitoplankton, otlama

VII

ABSTRACT

MODIFICATION OF DILUTION EXPERIMENT FOR MEASUREMENT OF MESOZOOPLANKTON GRAZING RATE

SAPANCI, Mert

MSc in Faculty of Fisheries

Supervisor: Prof. Dr. Baha BÜYÜKİŞİK

July 2007, 54 pages

In the world, dilution technique is being used for measuring the grazing rate and growth rate of phytoplankton community since 1982. In this research increasing only mesozooplankton density depending on the same principles not much changing Landry's technique is put into practice. The aim of this research, getting mesozooplankton grazing rate as well as microzooplankton with adopting the reverse filtration technique into dilution technique in productive regions where mesozooplankton abundance is more and examining the advantages and disadvantages of the modified method in the examples of Izmir Bay. In the Yatch Port Station 1 to 6 weeks of mesozooplankton grazing periods can be observed; but on the other hand in Çiğli Station, 1or 2 weeks of periods follow each other.

KEYWORDS: Izmir Bay, Dilution Technique, Reverse Filtration Technique, mesozooplankton, phytoplankton, grazing

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma konusunu bana öneren, çalıŐmalarım sırasında bilgi ve birikimlerini benimle paylaŐan danıŐmanım, Sayın Hocam Prof. Dr. Baha BÜYÜKİŞIK'a, yürütücüsü olduğu TUBİTAK 102Y116 nolu projeden sağladığı katkı dolayısıyla Sayın Prof. Dr. UĞur SUNLU'ya ve tez verilerimin elde edilmesinde emeği olan proje ekibine, tez aŐamamda benden desteğini esirgemeyen sevgili arkadaşım Uzman Biyolog Serkan KÜKRER ve AraŐ. Gör. Fatma ÇOLAK SABANCI'ya en içten teŐekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar maddi ve manevi her konuda benim arkamda olan ve desteklerini hep hissettiren sevgili aileme sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunmak isterim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XV
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler	4
1.2. Çalışma Bölgesi.....	5
2. MATERYAL VE METOT	6
2.1. Örnekleme	15
2.2. Denemelerin Dizaynı.....	15
2.3. Ters Filtrasyon Tekniğinin Uygulanması	17
2.4. Seyrelme Tekniği İle Birlikte Ters Filtrasyon Tekniği Kullanıldığında Karşılaşılan Durumlar	19
2.4.1. Seyrelme 0-1 Aralığında Karşılaşılan Durumlar	19
2.4.1.1. Filtrasyon Hızın Sabit Olduğu Durum	19
2.4.1.2. Tüketim Hızının Sabit Olduğu Durum	20
2.4.2. Ters Filtrasyon Uygulandığında Karşılaşılan Durumlar	21

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
2.4.2.1. Düşük Hayvan Yoğunluklarında Karşılaşılan Durum	21
2.4.2.2. Yüksek Hayvan Yoğunluklarında Karşılaşılan Durumlar	22
2.4.2.2.1. Av Konsantrasyonu (C) Çok Düşük Olduğunda Karşılaşılan Durum	22
2.4.2.2.2. Av Konsantrasyonu (C) Çok Yüksek Olduğunda Karşılaşılan Durum	22
3. BULGULAR	24
4. SONUÇ VE TARTIŞMA	40
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	54

XIII

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Örnekleme İstasyonları	5
2.1. Klorofil <i>a</i> -zaman grafiğinde seyrelme tekniğine kaynaklık eden sınırlar	7
2.2. Av konsantrasyonuna bağlı tüketim hızı (A) ve filtrasyon hızı (B)	8
2.3. Tüketim hızının saturasyona eriştikten sonra (A) ve saturasyona erişmediği (B) durumlarda ters filtrasyonun geçerliliği.....	12
2.4. Seyrelme oranları ve net büyüme hızı arasındaki ilişkiler	13
2.5. Nauplius yoğunluğuna bağlı bireysel boşaltım hızı	14
2.6. Çalışmada kullanılan deney düzeneği.....	15
2.7. Ters filtrasyon tekniğinde kullanılan deney düzeneği	17
2.8. Ters filtrasyon tekniğinde seyrelme serilerinin oluşturulması	19

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.9. Filtrasyon hızının sabit olduğu durumu gösteren av konsantrasyonuna bağlı filtrasyon hızı (A) ve Tüketim hızı (B)	20
2.10. Tüketim hızının sabit olduğu durumu gösteren av konsantrasyonuna bağlı filtrasyon hızı (A) ve Tüketim hızı (B)	21
3.1. Yat Limanı'nda yıl boyunca fitoplankton net büyüme hızı ile mesozooplankton otlamasının ilişkisi	24
3.2. Çiğli'de yıl boyunca fitoplankton net büyüme hızı ile mesozooplankton otlamasının ilişkisi	24
3.3. Yat Limanı'nda farklı maksimum fitoplankton büyüme hızlarındaki mesozooplankton otlaması	25
3.4. Çiğli'de farklı maksimum fitoplankton büyüme hızlarındaki mesozooplankton otlaması.....	26
3.5. Yat Limanı ve Çiğli'de mesozooplankton otlama yüzdesinin yıl boyunca haftalık değişimleri	27
3.6. Şubat ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	29
3.7. Mart ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	29

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.8. Nisan ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	30
3.9. Mayıs ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	31
3.10. Haziran ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	32
3.11. Temmuz ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	33
3.12. Ağustos ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	34
3.13. Eylül ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	35
3.14. Ekim ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	35
3.15. Kasım ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	36
3.16. Aralık ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	37
3.17. Ocak ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge

Sayfa

2.1.	Denemelerde ilave edilen nutrient konsantrasyonları	17
2.2.	Deriştirme protokolü	18

1. GİRİŞ

Seyrelme tekniği, partikülsüz su ile farklı derecelerde seyreltilen su örneklerinin inkübasyonlarını kullanarak fitoplankton büyüme hızı ile mikrozooplankton otlama hızı ölçümlerinin ayrı ayrı hesaplanması tekniğidir.

1982 yılında seyrelme tekniğinin ortaya atılmasından sonra (Landry&Hassett,1982), teknik bir alan tekniği olarak sucul ekosistemde fitoplankton büyüme hızını ve mikrozooplankton otlama etkisini belirlemek için geniş bir şekilde kullanılmıştır. Bu yaygın kullanımın nedeni tekniğin diğer tekniklere göre bazı avantajlar sağlamasındandır. Öncelikle deney organizmaları üzerinde daha az manipulasyon gerektirmesi ve bir deneme serisinden fitoplankton komünitesi potansiyel büyüme hızı ya da taxon-spesifik potansiyel büyüme hızı ile birlikte otlama hızı ölçümlerinin de elde edilmesi tekniğin en büyük avantajlarıdır. Metot zaman içinde geliştirilmiştir. Gallegos ve Vant 1996 ¹⁴C inkübasyonları ile birlikte seyrelme metodunu C/Chla oranlarını bulmak için kullanmıştır. Teknik ayrıca pigment spesifik otlama hızlarının ve seçicilik indislerinin elde edilmesi için de uygulanmıştır (Strom & Welschmeyer 1991; Gaul & Antia 2001). Teknik ayrıca model çalışması ile test edilmiş ve mikrozooplanktonun hızlı üremesi durumunda karşılaşılabilecek durumlar ile ilgili olarak Gallegos (1989) tarafından bilgi verilmiştir.

Metodun belli çevre şartları ile sınırlı kalması, belli organizmalarla sınırlanması gibi zayıflıklar minimize edilerek, güçlü kısımlarına değinilerek daha mükemmel metotlar geliştirilinceye kadar kullanılmaya devam edilmesi araştırmacılar tarafından önerilmektedir (Landry ve ark., 1995).

Biyolojik süreçlerin bilinmesi oldukça önemlidir. Doğadaki süreçlerin bilinmesi onların kontrolüne imkan sağlamaktadır. Bu nedenle doğadaki tüm süreçlerin bilinmesi gereklidir. Birincil üretimin kayıp süreçlerinden bir tanesi olan otlamanın da bilinmesi besin zinciri için önemlidir.

Zooplankton otlamasının hesabı için kullanılan tekniklerden bir tanesi Frost'un 1972 yılında uyguladığı tekniktir. Teknikte, seyrelme yapılmadan direkt olarak alınan deniz suyu örneğinin klorofili ölçülmüştür ve bir gece karanlıkta bekletildikten sonra tekrar örneğin klorofili ölçülerek aradaki farktan toplam zooplankton otlamasının hesabı yapılmıştır. Bu tekniğin dışında türleri tek tek ayırarak belirli yoğunluklarındaki otlama hesabı da yapılmıştır. Ancak bu metotta manipölasyon fazladır. Bu da algin ölme ihtimalini yükseltmektedir.

Seyrelme denemelerinde çoğunlukla mikrozooplankton ile çalışılmaktadır. Bunun nedeni mesozooplankton sayısının m^3 'te 3-5 adet olabilmesidir. Mesozooplankton sayısının m^3 'te az olması, çalışmalarda alınan su örneklerinde bulunmamasına neden olabilir. Ancak produktivite bakımından zengin olan bölgelerde mesozooplankton sayısı örnekleme serileri içerisinde bulunabilecek

kadar çoğaldığı zaman uygulanabilir. Az olduğu bölgelerde ise mesozooplankton otlaması ihmal edilebilir (Büyükkışık ve ark., 2001).

Mesozooplanktonun bol olduğu yerlerde ya da zamanlarda mikrozooplankton otlamasının hesabının yanında mesozooplankton otlamasının da hesabının yapılması doğal ortamdaki bir başka sürecin daha belirlenmesini sağlamaktadır.

Mesozooplankton otlamasını hesaplamak için bu çalışmada, Landry'nin tekniği çok fazla değiştirilmeden, aynı prensibe bağlı kalınarak sadece mesozooplankton yoğunluğunu artırma yoluna gidilmiştir. Burada alg ve mikrozooplanktonun denemeden etkilenmemesi için su örneği sadece 200 μ 'dan ters filtrasyonla süzülerek mesozooplanktonun konsantre edilmesi düşünülmüştür. 200 μ 'luk filtreden alg ve mikrozooplankton kolayca geçtiği için yoğunluklarında herhangi bir değişiklik olmamaktadır, sadece mesozooplankton yoğunluğu artmaktadır. Çalışmada mesozooplankton sayısının azlığı nedeniyle konsantre etme tekniği seyrelmeden daha uygun olmaktadır, ayrıca algin yoğunluğunun değiştirilmemesi ile alg biyoması eksponansiyel fazda tutulmaktadır. Deriştirme serilerinde mesozooplanktonun artışı ile birlikte %100 seyrelme oranına kadar olan kısımda elde edilen azalan doğrunun farklı bir eğim ile devam etmesi öngörülmektedir.

Mesozooplankton abundansı fazla olan verimli bölgelerde ters filtrasyon tekniğinin seyrelme tekniğine adapte edilmesi ile daha geniş av konsantrasyonu aralığında mikrozooplankton yanında mesozooplankton otlama hızlarının da elde edilmesi ve değiştirilen metodun avantaj ve dezavantajlarının İzmir Körfezi örneklerinde incelenmesi amaçlanmıştır.

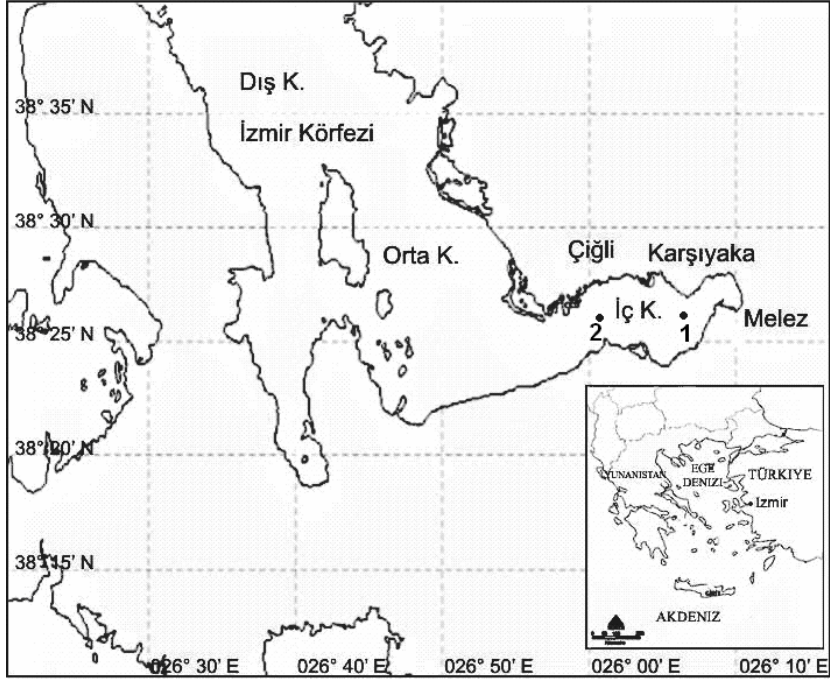
1.1 Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler

Çalışma alanını oluşturan İzmir Körfezi (enlem $38^{\circ} 20'$ N, boylam $26^{\circ} 30'$ E ve enlem $38^{\circ} 40'$ N boylam $27^{\circ} 10'$ E) Ege Denizi'ne açılan kapalı bir körfezdir ve yaklaşık 60 km. uzunluğa sahiptir. İzmir Körfezi genel olarak Dış Körfez, Orta Körfez ve İç Körfez olmak üzere 3 bölgeye ayrılmaktadır.

Dış Körfez; Karaburun yarımadası ile Gediz deltası arasında kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan daha geniş ve daha derin kesimidir. Uzunluğu 45 km. olan Dış Körfez' in genişliği ağız kesiminde 24 km' yi bulur. Derinliği genellikle 45 m ile 70 m arasında değişmekte ve en derin yeri ağız kesiminde 71 m'ye ulaşır. Dış Körfez güneyde, derinliği en çok 18 m olan Gülbahçe Koyu ile sona ermektedir.

Orta Körfez; Dış Körfez' in güneydoğusunda yer almakta ve Yenikale fenerleri ile Urla'dan Tuzla'nın kuzeybatısına kadar uzanmaktadır ve İzmir kentinin kıyılarında yer alan İç Körfez kesimi ile sona ermektedir. Toplam uzunluğu 38 km. olan Orta Körfez'in genişliği batıda 20 km'yi bulurken, doğuya doğru gidildikçe azalır. Ortalama derinliği 43 m'dir.

Toplam uzunluğu 38 km. olan İç Körfez İzmir şehrinin kıyıları boyunca uzanmaktadır. İç Körfezin en derin yeri orta kesimlerde yer alır ve 20 m civarındadır. İç ve Orta Körfezde batıdan doğuya doğru gidildikçe derinlik azalmaktadır (Uslu, 1994).



Şekil 1.1 Örnekleme istasyonları

1.2 Çalışma Bölgesi

İzmir Körfezi'nde

1-) Karşıyaka Yat Kulübü Açığı

2-) İzmir Büyük Kanal Projesi Arıtma Tesisi Deşarj Kanalı Açığı
(Çiğli)

olmak üzere 2 istasyondan haftalık olarak bir yıl boyunca (Aralık 2003- Ocak 2004) örnekleme yapılmıştır.

İstasyonların koordinatları sırasıyla:

1-) $38^{\circ} 26' 86''$ N, $27^{\circ} 06' 56''$ E,

2-) $38^{\circ} 25' 47''$ N, $27^{\circ} 00' 05''$ E olarak kaydedilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Seyrelme tekniğinde çeşitli seyrelme serilerinden elde edilen net büyüme hızları (k) seyrelmeye iki kabul yoluyla bağlıdır (Landry&Haset, 1982).

1. Fitoplankton büyüme hızı populasyon yoğunluğu üzerindeki seyrelme etkisinden bağımsızdır.
2. Mikrozooplankton otlaması ile oluşan fitoplankton mortalitesi, mikrozooplankton abundansı üzerindeki seyrelme etkisi ile orantılıdır.

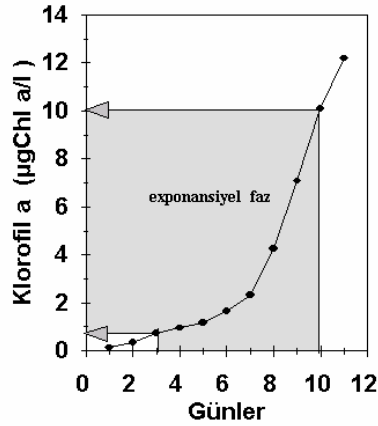
Populasyon büyümesinin üssel modeli dikkate alındığında seyrelme ile net büyüme hızı (k) arasındaki doğrusal bağıntı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$k = \mu_0 - m D_i \quad (1)$$

Bağıntıdaki m otlama hızını (gün^{-1}), μ_0 fitoplankton potansiyel büyüme hızını, D_i seyrelme oranını ifade etmektedir.

Birinci kabulde, fitoplankton abundansının büyüme grafiğinde üssel fazda olduğu ve seyrelme ile yine bu fazda kaldığı düşünülmekte ve üssel büyüme fazında hızın sabit olduğu bilinmektedir. Ayrıca klorofil a 'nın geniş bir aralığında eksponansiyel fazda büyüme

geçerlidir. Uygun olmayan şartlarda, (yani çok düşük ve çok yüksek klorofil *a* konsantrasyonlarında) teori geçersiz olacaktır.

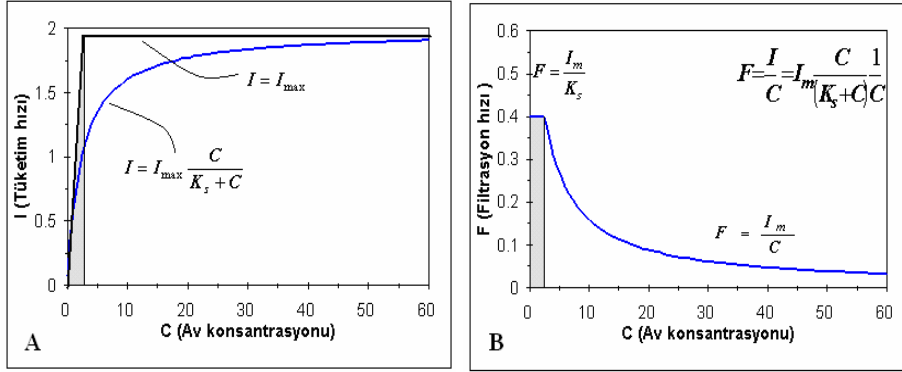


Şekil 2.1 Klorofil *a* – zaman grafiğinde seyrelme tekniğine kaynaklık eden sınırlar (Büyükkışık ve ark. 2003'ten alınmıştır)

Şekil 2.1'de kabulün geçerli olduğu sınırlar gölgeli olarak verilmiş olup değerler gelişigüzel seçilmiştir. Fitoplankton büyümesinin gerçek hızı, nutrient ilaveli ve ilavesiz seyreltilmemiş örneklerde gözlenen büyüme hızının karşılaştırılması ile hesaplanabilir (Andersen ve ark., 1991).

İkinci kabulü yani otlama hızının seyrelme ile orantılı olarak değiştiği görüşünü ele aldığımızda, otlamayı $m = P \times F$ şeklinde yazabiliriz.

Burada; *P* otlayıcı abundansı, *F* ise otlayıcının filtrasyon hızı (Bireysel temizleme hızı)'dır.



Şekil 2.2 Av konsantrasyonuna bağlı tüketim hızı (A) ve filtrasyon hızı (B) (Büyükişık ve ark. 2003'ten alınmıştır)

Seyrelme yaklaşımında mikrozooplanktonun bireysel temizleme hızı sabittir, yani bireysel temizleme hızı besin konsantrasyonundaki seyrelmenin etkisinden bağımsızdır (Şekil 2.2 B, gri taralı alan). Filtrasyon hızı tüketim hızına, tüketim hızı da av konsantrasyonuna bağlıdır ($F=f(I)$, $I=f(C_{av \text{ kons.}})$), dolayısıyla hem filtrasyon hızı (F) hem de tüketim hızı (I), av konsantrasyonu ile bağıntılıdır (Şekil 2.2 A,B).

Tüketim hızı-av konsantrasyonu grafiğinde görülen (Şekil 2.2 A) eğride her bir tüketim hızı, kendisine tekabül eden av konsantrasyonuna bölünecek olursa ($F=I/C$) ferdi filtrasyon hızı elde edilmektedir. Eğimli doğru ile gösterilen bölgede (Şekil 2.2 A, gri taralı alan) hem tüketim hızı hem de av konsantrasyonu aynı oranda arttıkları için oranları sabit kalmaktadır. Nitekim ($F=I/C$) bireysel filtrasyon hızları bu bölgede sabittir (Şekil 2.2 B). Doygunluk noktasından sonra av konsantrasyonu artarken tüketim hızı maksimum değerinde sabit kalmaktadır. Bundan dolayı oran yani F, hiperbolik olarak azalacaktır. Her iki grafikte bu bölgeler tekniğin geçersiz olduğu bölgelerdir. Tüketimin av konsantrasyonuna bağımlılığı Michaelis-Menten denklemi ile ya da

Rectilinear graf ile (Frost, 1972) verilebilir. Michaelis-Menten denkleminde yapılacak kabullerle Frost (1972)'un sonuçlarına ulaşılabilmektedir.

$$\text{Michaelis-Menten Denklemi: } I = I_m \frac{C}{K_s + C}$$

Denklemden I , tüketim hızını, I_m , maksimum tüketim hızını, K_s , yarı doygunluk sabitini, C ise av konsantrasyonunu ifade etmektedir.

- Denklemden C , K_s 'e göre çok küçükse, C ihmal edilebilir. O zaman denklem:

$$I = I_m \frac{C}{K_s} \text{ şekline dönüşür ki bu da merkezden geçen eğimli}$$

doğrudur. Seyrelme tekniğinde eğrinin bu kısmı kullanılmaktadır. Diğer bir değişle teknik I_m 'a karşılık gelen av konsantrasyonuna kadar geçerlidir (Şekil 2.2 A).

- Eğer C , K_s 'den çok büyükse K_s ihmal edilebilir. O zaman denklem $I=I_m$ şekline dönüşür, bu da yatay doğru ile ifade edilen denklemdir (Şekil 2.2 A).

Düşük besin konsantrasyonlarında filtrasyon hızını av konsantrasyonu cinsinden aşağıdaki gibi ifade edebiliriz

$$F = \frac{I}{C} = \frac{I_m}{C} \cdot \frac{C}{(K_s + C)} = \frac{I_m}{K_s + C} \quad (2)$$

Yeterince yüksek besin konsantrasyonlarında K_s , C 'nin yanında ihmal edilebilir. Filtrasyon hızı, $F = \frac{I_m}{C}$ şekline dönüşür.

Düşük besin konsantrasyonunda spesifik otlama hızı ise

$$m = P.F = P \cdot \frac{I}{C} = P \frac{I_m \cdot C}{K_s} \cdot \frac{1}{C} = P \frac{I_m}{K_s} \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir.

Seyrelme yapıldığında hem av hem de otlayıcı aynı oranda seyrelecektir. Fakat parantez içindeki pay ve payda da bulunan C teriminin seyrelme oranları birbirini götürür. Sadece otlayıcı abundansını gösteren P teriminin yanında yer alacak olan seyrelme oranı (D_i) kalır.

$$\text{Seyrelme ile otlama } (mD_i) = P \cdot D_i \left(\frac{I_m C D_i}{K_s} \frac{1}{C D_i} \right) = m D_i \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bu denklemden anlaşıldığı üzere sadece otlayıcının seyrelmesi otlamayı etkilemektedir. Böylece tüm denklemi yazarsak net büyüme hızı, $k = \mu_0 - mD_i$ 'dir.

Büyüme hızı, $k = \frac{1}{\Delta t} \cdot \ln \frac{C}{C_0}$ olup deneysel olarak klorofil ya da abundanstaki günlük değişimin \ln 'i ile bulunabilir.

Seyrelme oranına karşı net büyüme hızı grafiği, azalan negatif eğimli bir doğrudur. Y eksenini kestiği nokta μ_0 , hücresel büyüme hızını vermektedir. Eğim ise otlama hızıdır.

- Otlama denklemi: $m = P.F = P \cdot \frac{I}{C} = P \cdot \frac{I_m}{C}$ şeklindedir.
- Seyrelme ile; $m = P.D_i \cdot \frac{I_m}{C D_i} = P \cdot \frac{I_m}{C} = m$ şekline dönüşür.

Seyrelme oranları birbirini götürürse otlamanın seyrelmelerden bağımsız olduğu bölgeyi gösterir. Böyle bir durumda Landry&Hassett (1982) tarafından verilen azalan doğruya uymayacaktır. Bu durum Gallegos tarafından da tartışılmıştır.

Ters filtrasyonda otlayıcı bolluğu artarken fitoplankton ve mikrozooplankton bolluğu değişmez. Çünkü 200 μ m bezden geçerler. Seyrelmenin 1'den büyük olduğu değerler için otlama aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$m = \bar{P}.F = \bar{P} \cdot \frac{I}{C}$$

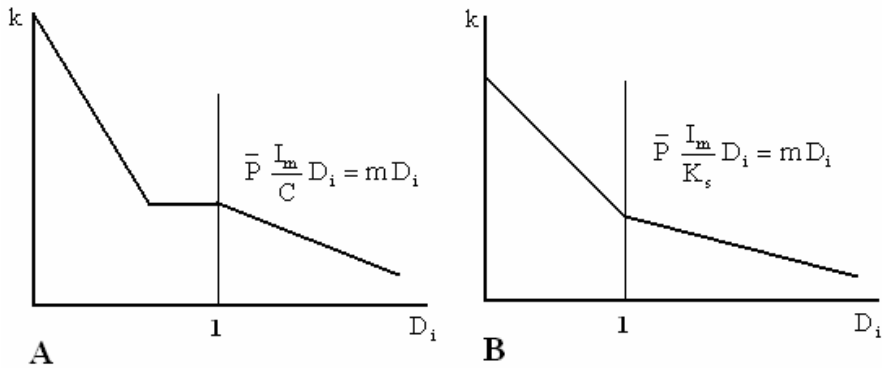
$$m = \bar{P}.D_i \left[\frac{I_m \cdot C D'_i}{K_s + C D'_i} \right] \cdot \frac{1}{C D'_i} \quad (5)$$

Formül 5'te $C_{\%100}$ 'nin seyrelme katsayısı (D_i) $\bar{P}_{\%100}$ 'ninkinden farklı olup $D'_i=1$ 'e eşittir ve sabittir. Burada her ne kadar derişme olsa da seyrelme olarak ele alınacak, yani seyrelmenin 1'den büyük değerleri olarak dikkate alınacaktır. Ters filtrasyonda protozooplankton otlaması, protozooplanktonun bolluğu seyrelmeden etkilenmediği için

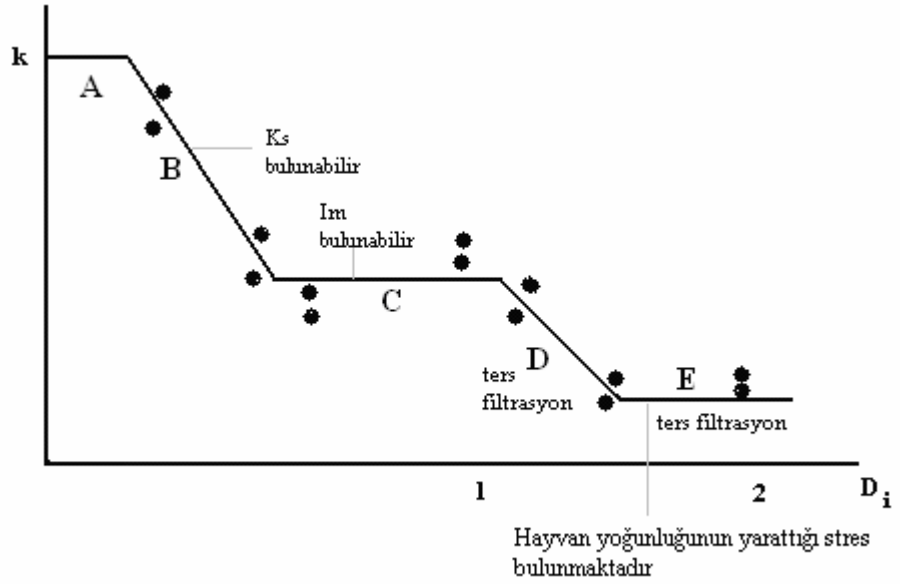
(<200 μ) sabittir. Bu durumda yukarıdaki denkleme göre $k = \mu_0 - m_{\text{proto}} - m_{\text{meso}} D_i$ olur. Yani tekrar seyrelme ile k arasında farklı bir ilişki başlar. Ancak eğim değişir, çünkü hem sabit protozooplankton otlaması hem de değişen mesozooplankton otlamasını içermektedir. Burada mesozooplanktonun büyüme hızı ihmal edilebilir. Mikro otlayıcıların büyüme hızı ise denemenin kısa süreli olmasıyla bir dereceye kadar elimine edilebilir.

Seyrelmenin bire kadar olan kısmında eğer otlama doygunluğa ulaşırsa, diğer bir değişle hayvan yoğunluğu ile net büyüme hızı arasındaki ilişki biterse ters filtrasyonla elde edilen 1'den büyük seyrelme oranlarında hayvan yoğunluğu ile net büyüme hızı arasında ilişki aşağıdaki formüle göre av konsantrasyonunun değişmesi nedeniyle tekrar başlamaktadır.

$$m = \bar{P} D_i \left[\frac{I_m}{C D_i} \right] = m D_i \quad (6)$$



Şekil 2.3 Tüketim hızının saturasyona eriştikten sonra (A) ve satuasyona erişmediği (B) durumlarda ters filtrasyonun geçerliliği



Şekil 2.4 Seyrelme oranları ve net büyüme hızı arasındaki ilişkiler (A, Gaul&Antia, 2001; B, Landry&Haset, 1982; C, Redden ve ark 2002; D, Bu çalışma; E, Büyükişık&Koray 1989)

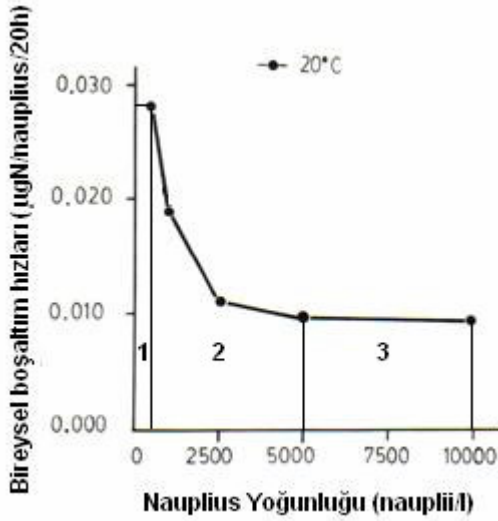
A→ Eşik

$$B \rightarrow k = \mu_0 - \frac{\bar{P} D_i I_m}{K_s}$$

$$C \rightarrow k = \mu_0 - \bar{P} D_i \frac{I_m}{C D_i} \quad (7)$$

$$D \rightarrow k = \mu_0 - m_{\text{mikro}} - m_{\text{meso}} D_i$$

$$E \rightarrow k = \mu_0 - m_{\text{mikro}} - \bar{P} D_i \frac{I_m}{C}$$



Şekil 2.5 Nauplius yoğunluğuna bağlı bireysel boşaltım hızı (Büyükişik&Koray 1989 değiştirilerek alınmıştır)

Nauplius yoğunluğuna bağlı bireysel amonyum boşaltım hızı (Şekil 2.5) incelendiğinde başlangıçta hacim stresi bulunmazken (Şekil 2.5 1 numaralı alan), belli nauplius yoğunluğuna ulaşıldığında hacim stresinin meydana geldiği söylenebilir (Şekil 2.5 2 numaralı alan). Hacim stresinin bulunduğu durumda seyrelme ile ilişki sona ermektedir. Ancak nauplius yoğunluğunun belli yoğunluğun üzerine çıktığı durumlarda tekrar seyrelme ile ilişki başlamaktadır.

Hacim stresi bulunmadığında (Şekil 2.5 1 numaralı alan) otlama

$$\text{formülü } m = F.PD_i = \frac{I}{C} PD_i = \left[\frac{I_m.C}{K_s + C} \frac{1}{C} \right] PD_i \text{ şeklindedir.}$$

Hacim stresi oluştuğunda (Şekil 2.5 2 numaralı alan) bir h faktörü

$$\text{denkleme ilave olmaktadır. } h = f\left(\frac{1}{PD_i}\right)$$

Bu durumda otlama formülü;

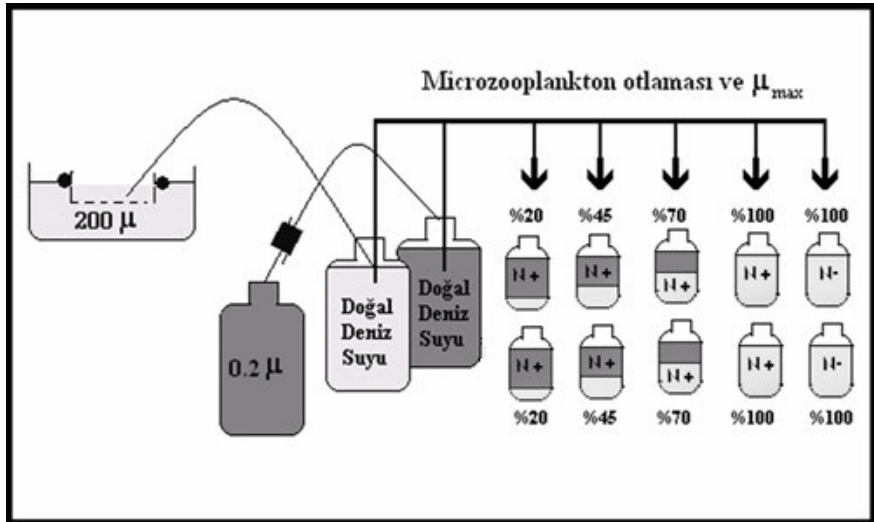
$$m = F.PD_i = \frac{I}{C} PD_i = \left[\frac{I_m \cdot C}{K_s + C} \frac{1}{C} \right] h PD_i \text{ şeklindedir.}$$

h faktörü otlayıcı abundansının (P) bir fonksiyonudur. Denklemden otlayıcı abundansının yanında bulunan seyrelme oranları birbirini götürdüğünden seyrelme ile ilişki ortadan kalkmaktadır.

2.1 Örnekleme

TUBİTAK 102Y116 nolu proje kapsamında İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Körfez Kontrol Teknesi ile İzmir İç Körfezi'nde seçilen 2 istasyondan deniz suyu örnekleri diyafram pompa ile 20 litrelik PET bidonlara 52 hafta boyunca alınmıştır.

2.2 Denemelerin Dizayını



Şekil 2.6 Çalışmada kullanılan deney düzeneği

Örnekler araştırma istasyonlarında 0.5m derinlikten diyafram pompa ile 20lt'lik PET bidonlar içine alınmıştır. Laboratuara getirilinceye kadar bidonlar deniz suyu ile ıslatılmış keten bezlere sarılarak içerideki sıcaklığın sabit kalması sağlanmıştır. Denemeler laboratuarda *in situ* sıcaklığı benzetilmiş ortamda yapılmıştır.

Laboratuara getirilen örnekler sifonlama ile 0.22 μ göz açıklığına sahip Sartorius filtre kapsülünden geçirilerek seyrelmelerde canlı içermeyen deniz suyu olarak kullanılmıştır. Fluorometre ile *in vivo* klorofil *a* konsantrasyonu ölçülerek test edilmiştir. Fluorometre ile klorofil *a* ölçümünde, fluorometrenin kalibrasyonu için bir gün önce alınan deniz suyu örneklerinin, trikolorometrik spektrofotometrik yöntem ile ölçülen klorofil *a* değerleri kullanılmıştır. Deney öncesi tüm cam ve lastik ekipman “temiz” teknik kullanılarak aşağıda belirtildiği gibi temizlenmiştir.

Deney öncesi tüm malzemeler %10 HCl içeren ultrapure su ile yıkanmış, takiben ultrapure su ile üç kere çalkalanarak temizlenmiştir. Filtre kartuşundan ilk defa geçirilen 1lt deniz suyu, dökülerek içindeki asit kalıntısı uzaklaştırılmıştır. Şişelere önce nutrient ilavesi yapılmış, takiben seyrelme oranına göre filtre edilmiş deniz suyu ve daha sonra doğal deniz suyu ilavesi yapılmıştır.

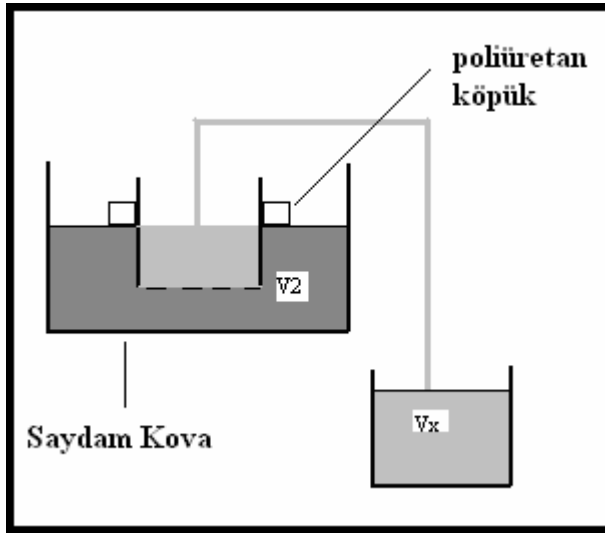
In vivo klorofil *a* konsantrasyonları tüm şişelerde, Model 10 AU Turner Designs Field fluorometre kullanılarak başlangıçta ve bir gün sonra ölçülmüştür. Seyrelme serileri olarak %20, %45, %70 ve %100 kullanılmıştır. Bununla birlikte klorofil *a* konsantrasyonları çok düşük olan örneklerde %80 ve %90 seyrelmeler de kullanılabilir.

Çizelge 2.1. Denemede ilave edilen nutrient konsantrasyonları

$\text{PO}_4^{-3} - \text{P}$	0.393$\mu\text{mol/L}$
$\text{NO}_3^{-} - \text{N}$	8.83$\mu\text{mol/L}$
$\text{NH}_4^{+} - \text{N}$	5$\mu\text{mol/L}$
Si	10.7$\mu\text{mol/L}$

Nutrient ilaveleri İzmir Körfezi için f/2 ortamının 1/100'ü olacak şekilde yapılmıştır (Çizelge 2.1). Ortalama *in situ* fitoplankton büyüme hızı, nutrient ilave edilmemiş, D=1 seyrelme oranına sahip örneklerde net büyüme hızı ve otlama hızından hesaplanmıştır.

2.3 Ters Filtrasyon Tekniğinin Uygulanması



Şekil 2.7 Ters filtrasyon tekniğinde kullanılan deney düzeneği

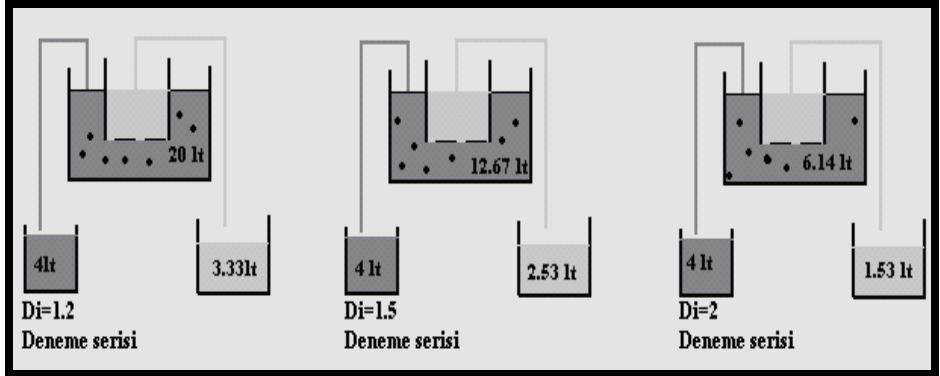
20 lt toksik olmayan saydam plastik kovaya alınan deniz suyu üzerine altı 200 μm bezle kaplanmış, kenarlarına yüzücülüğü sağlamak

üzere köpük eklenmiş ters filtrasyon düzeneği yerleştirilmiştir. Silikon hortum kullanılarak sifon ile 200 μ m bez içeren kabın içinden deniz suyu diğer bir kaba ters filtrasyon ile aktarılmıştır. Aktarılan su 3.33lt olduğunda sifon durdurulup, 20lt'lik plastik kova içersinden 4lt su deneme için alınmıştır ($D_i=1.2$). Sifonlamaya devam edilmiş ve 2.53lt su toplandığında yine kova içinden 4lt su deneme için alınmıştır ($D_i=1.5$). Aynı şekilde 1.53lt su uzaklaştığında tekrar kovadan 4lt su örneği alınmıştır ($D_i=2$).

Denemeler iki seri olarak uygulanmıştır. Alınan örnekler seyrelme tekniğinde olduğu gibi inkübe edilmiş, başlangıçta ve bir gün sonra klorofil *a* ölçümleri yapılmıştır.

Çizelge 2.2. Deriştirme protokolü

	20x1=1.2 V	12.67x1.2=1.5V	6.14x1.5=2V
Başlangıç	20 lt	12.67 lt	6.14 lt
Filtre edilen miktar	3.33 lt	2.53 lt	1.53 lt
Kalan örnek hacmi	16.67 lt	10.14 lt	4.61 lt
Alınan su	4 lt	4 lt	4 lt
Di	1.2	1.5	2.0



Şekil 2.8 Ters filtrasyon tekniğinde seyrelme serilerinin oluşturulması

Ters filtrasyon tekniğinin geçerli olabilmesi için örnek hacmi en az 2.7lt olmalı ve mesozooplankton açısından zengin bölgelerde uygulanmalıdır. Aksi takdirde m^3 'lerce su kullanmak gerekir.

2.4 Seyrelme Tekniği İle Birlikte Ters Filtrasyon Tekniği Kullanıldığında Karşılaşılan Durumlar

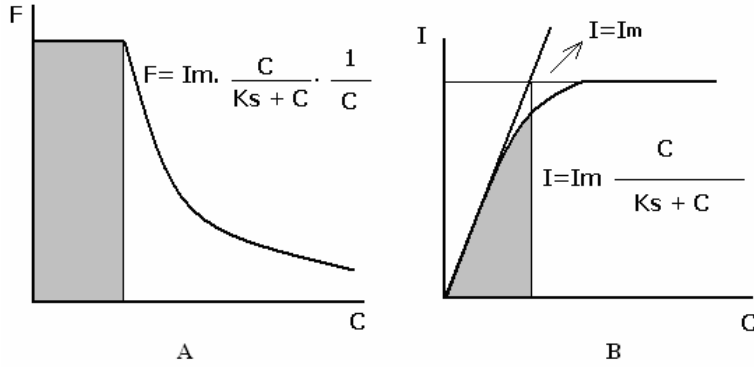
2.4.1 Seyrelme 0-1 Aralığında Karşılaşılan Durumlar

2.4.1.1 Filtrasyon Hızı Sabit Olduğu Durum

Tüketimde (I) hayvan yoğunluğuna bağlı bir stres bulunmadığı durumda;

$I = f(P)$; hayvan yoğunluğuna bağlı fonksiyon (h). Burada $h=1$ 'dir.

F; sabit durumda ise yani av konsantrasyonuna bağlı filtrasyon hızı sabittir. Landry'nin teorisinin geçerli olduğu kısım burasıdır (Şekil 2.9 A, gri renkli alan) ve Şekil 2.9 B'de verilen eğrinin ($I=f(C)$) gri renkle taranan kısmı ile tanımlanmaktadır.



Şekil 2.9 Filtrasyon hızının sabit olduğu durumu gösteren av konsantrasyonuna bağlı filtrasyon hızı (A) ve Tüketim hızı (B)

Otlama (m);

$$m = PD_i \frac{I_m CD_i}{K_s + CD_i} \frac{1}{CD_i}$$

Eğer C, K_s 'nin yanında çok küçükse ihmal edilebilir. O zaman formül

$$m = PD_i \frac{I_m}{K_s}$$

şekline dönüşür. Sadece otlayıcı konsantrasyonuna etki

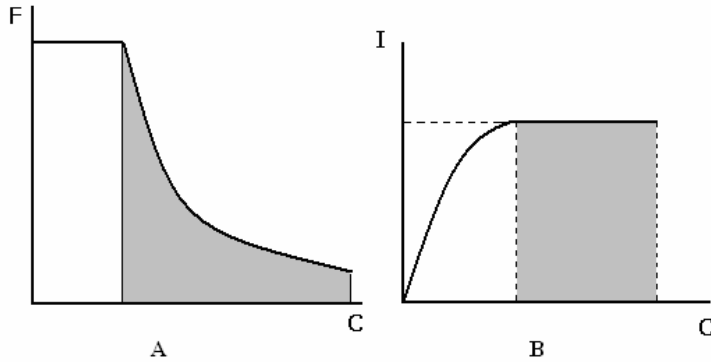
eden seyrelme faktörü otlamayı etkilemektedir.

2.4.1.2 Tüketim Hızının Sabit Olduğu Durum

$I = f(P)$; sabit yani tüketimde hayvan yoğunluğuna bağlı stres bulunmamaktadır.

$F = f(1/C)$; (Şekil 2.10 A, gri renkli alan).

$I = I_{max}$; sabit. (Şekil 2.10 B, gri renkli alan).



Şekil.2.10 Tüketim hızının sabit olduğu durumu gösteren av konsantrasyonuna bağlı filtrasyon hızı (A) ve Tüketim hızı (B)

Otlama (m);

$$m = PD_i \frac{I_m CD_i}{K_s + CD_i} \frac{1}{CD_i}$$

Eğer K_s C'nin yanında çok küçükse ihmal edilebilir. Bu durumda otlama formülü $m = P \frac{I_m}{C}$ şekline dönüşür ve seyrelme faktörleri birbirini götürdüğünden ilişki ortadan kalkar.

2.4.2 Ters Filtrasyon Uygulandığında Karşılaşılan Durumlar

2.4.2.1 Düşük Hayvan Yoğunluklarında Karşılaşılan Durum;

Ters filtrasyonda av konsantrasyonu 200μ 'dan geçmesi nedeniyle av konsantrasyonu değişmemektedir. Yani av konsantrasyonu ile seyrelme faktörü ilişkisi bulunmamaktadır.

$h=1$ ve $I= f(P)$ sabit ise; Otlama; $m = PD_i \frac{I_m C}{K_s + C} \frac{1}{C}$ şeklindedir.

Eğer K_s C'nin yanında çok küçükse ihmal edilebilir. Bu durumda formül $m = PD_i \frac{I_m}{C}$ şekline dönüşür.

2.4.2.2 Yüksek Hayvan Yoğunluklarında Karşılaşılan Durumlar;

2.4.2.2.1 Av Konsantrasyonu (C) Çok Düşük Olduğunda Karşılaşılan Durum;

$$m = PD_i \frac{I_m C}{K_s + C} \frac{1}{C} h$$

$h = \frac{1}{PD_i}$; hayvan yoğunluğu ile ters ilişki başlamaktadır.

Yarı doygunluk sabitinin (K_s) yanında av konsantrasyonu çok küçük olduğunda C ihmal edilebilir. O zaman otlama formülü

$m = PD_i \frac{I_m}{K_s} \frac{1}{PD_i}$ şekline dönüşür ve seyrelme faktörünün ortadan

kalkması ile otlama ile seyrelme arasındaki ilişki sona erer. Bu grafikte x eksenine yatay doğru ile gösterilen bölümdür.

2.4.2.2.2 Av Konsantrasyonu (C) Çok Yüksek Olduğunda Karşılaşılan Durum;

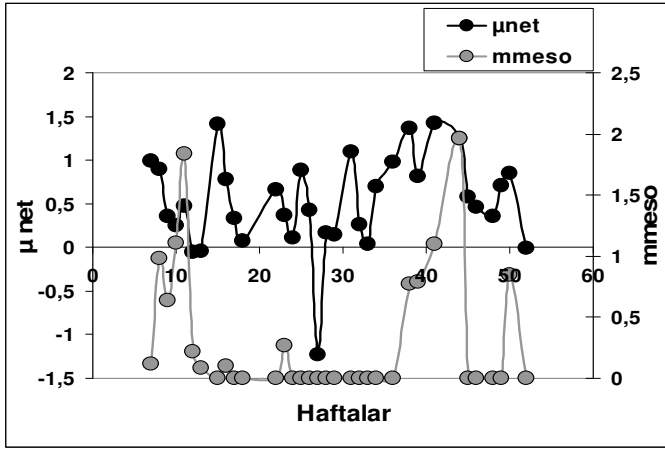
$$m = PD_i \frac{I_m C}{K_s + C} \frac{1}{C} h$$

Av konsantrasyonu (C) çok yüksek olduğunda K_s, C 'nin yanında ihmal edilebilir. O zaman otlama formülü, $m = PD_i \frac{I_m}{C} \frac{1}{PD_i}$ şekline dönüşür.

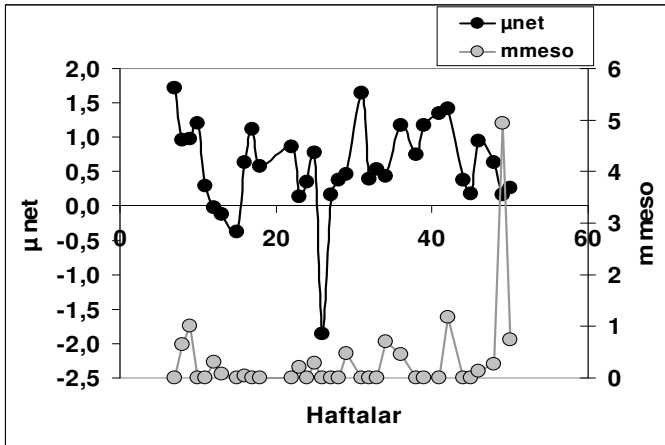
Çok düşük av konsantrasyonunda olduğu gibi yüksek av konsantrasyonunda da seyrelme faktörleri (D_i) birbirini götürmektedir ve otlama ile seyrelme arasındaki ilişki sona ermektedir.

3. BULGULAR

Seyrelme ve ters filtrasyon teknikleri ile elde edilen net fitoplankton büyüme hızları ve mesozooplankton otlama hızlarının yıl boyunca zamansal değişimi Şekil 3.1 ve 3.2’de verilmiştir.



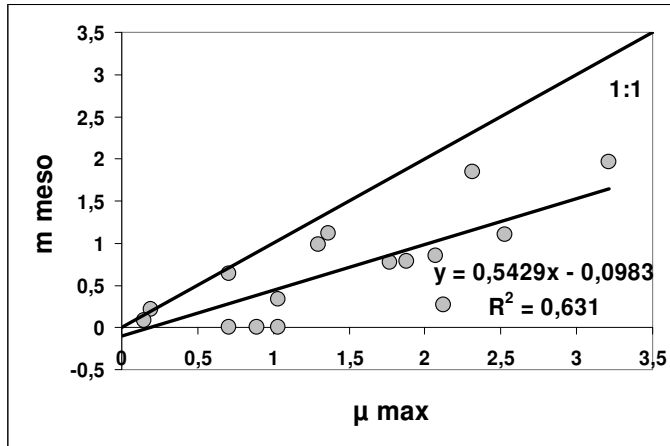
Şekil 3.1 Yat Limanı'nda yıl boyunca fitoplankton net büyüme hızı ile mesozooplankton otlamasının ilişkisi



Şekil 3.2 Çiğli'de yıl boyunca fitoplankton net büyüme hızı ile mesozooplankton otlamasının ilişkisi

Söz konusu grafiklerde mesozooplanktonun otlama ile kaçınıcı haftada alg büyümesini yakalayacağını belirlediği söylenebilir (Şekil 3.1, 3.2). Ancak daha düzgün bir ilişki mesozooplankton otlaması ve maksimum büyüme hızı (μ_{max}) arasında görülmektedir (Şekil 3.3, 3.4).

Grafiklerde D=1'den sonra gözlenen doğrudan sapan değerler mesozooplanktonun yeni durum için adaptasyon sürecinden kaynaklanabilir. Bu durumda ters filtrasyon hızının düşürülüp, yüzeyin artırılması gereklidir yani akım yavaşlatılıp stres azaltılmalıdır. Mesozooplanktonun bir hafta görülen otlamasının diğer haftada görülmemesi, ortamdan uzaklaşma etkisinin de varlığını göstermektedir.

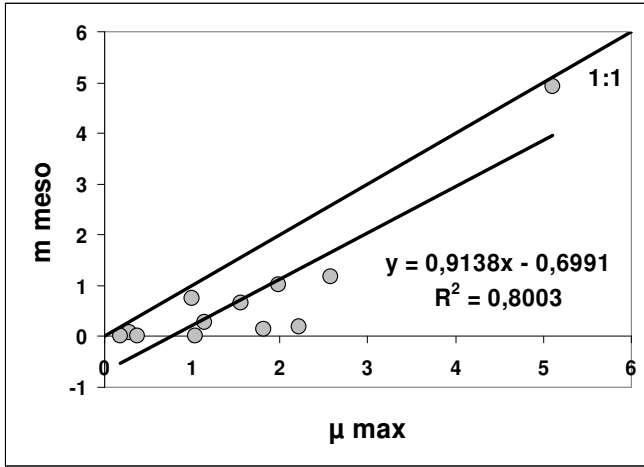


Şekil 3.3 Yat Limanı'nda farklı maksimum fitoplankton büyüme hızlarındaki mesozooplankton otlaması

Yat Limanı'ndaki mesozooplankton otlamasının 12 Mart, 7 ve 11 Nisan 2003 ile 2 Ocak 2004 tarihlerinde algal büyümeyi iyi kontrol

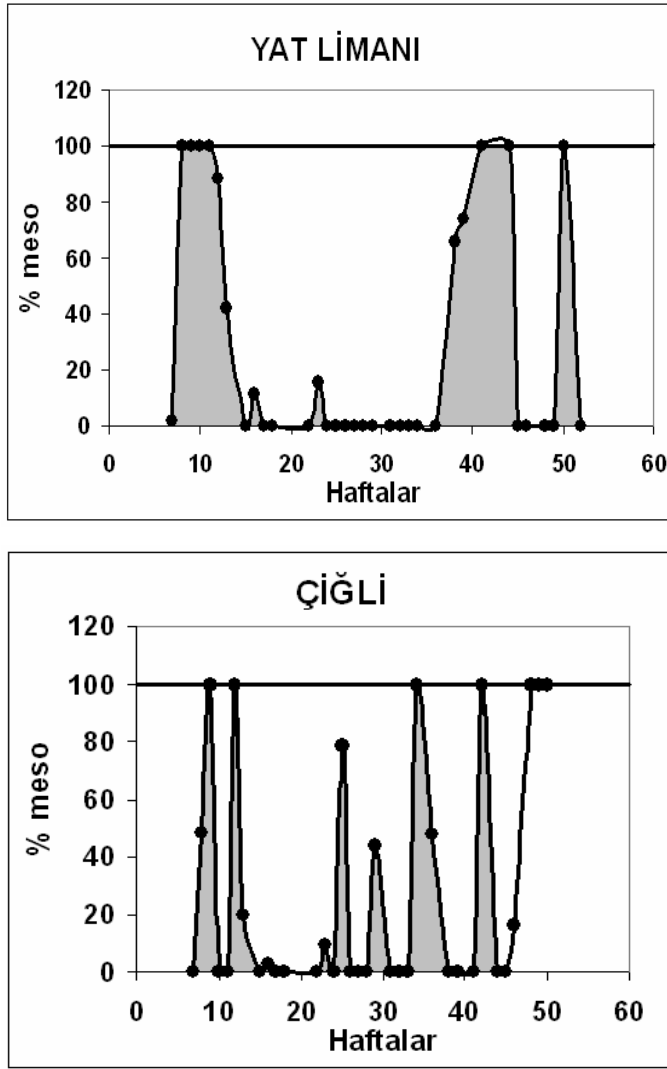
ettiği görülmektedir. Bunun dışındaki aylarda mesozooplankton otlamasının alg büyümesini kontrol edemediği tespit edilmiştir.

Mesozooplankton, fitoplanktonun maksimum büyüme hızını düşük fitoplankton büyüme hızlarında kontrol ediyor gibi görülmektedir. Maksimum büyüme hızı arttıkça kararlı halden sapma da artmaktadır.



Şekil 3.4 Çiğli’de farklı maksimum fitoplankton büyüme hızlarındaki mesozooplankton otlaması

Çiğli’deki mesozooplankton otlamasının sadece 19 ve 26 Aralık 2003 tarihlerinde algal büyümeyi kontrol ettiği görülmüştür. Genel yapı olarak mesozooplankton otlaması yıl boyunca maksimum alg büyümesini kontrol edememektedir. Bu yüzden Yat Limanı’nda olduğu gibi Çiğli’de de mesozooplanktonun, maksimum büyüme hızını düşük fitoplankton büyüme hızlarında kontrol ettiği düşünülmektedir.



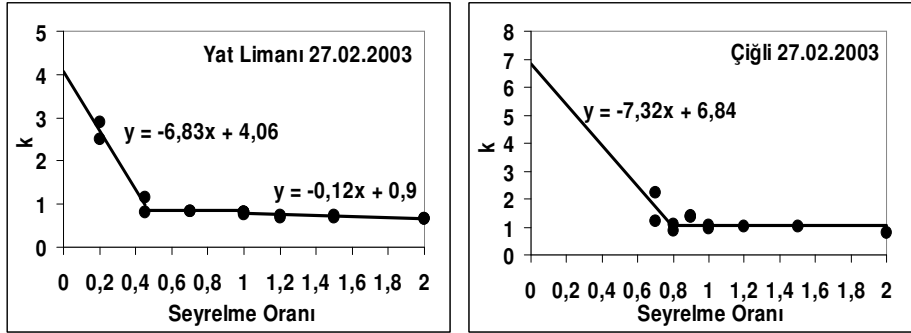
Şekil 3.5 Yat Limanı ve Çiğli’de mesozooplankton otlama yüzdesinin yıl boyunca haftalık değişimleri

İstasyonlardaki mesozooplankton otlamasının zamana bağlı değişimleri incelendiğinde (Şekil 3.5), Yat Limanı’nda 1 ile 6 hafta arasında değişen mesozooplankton otlama periyotları gözlenirken; Çiğli’de genelde 1 veya 2 haftalık periyotlar birbirini takip etmektedir.

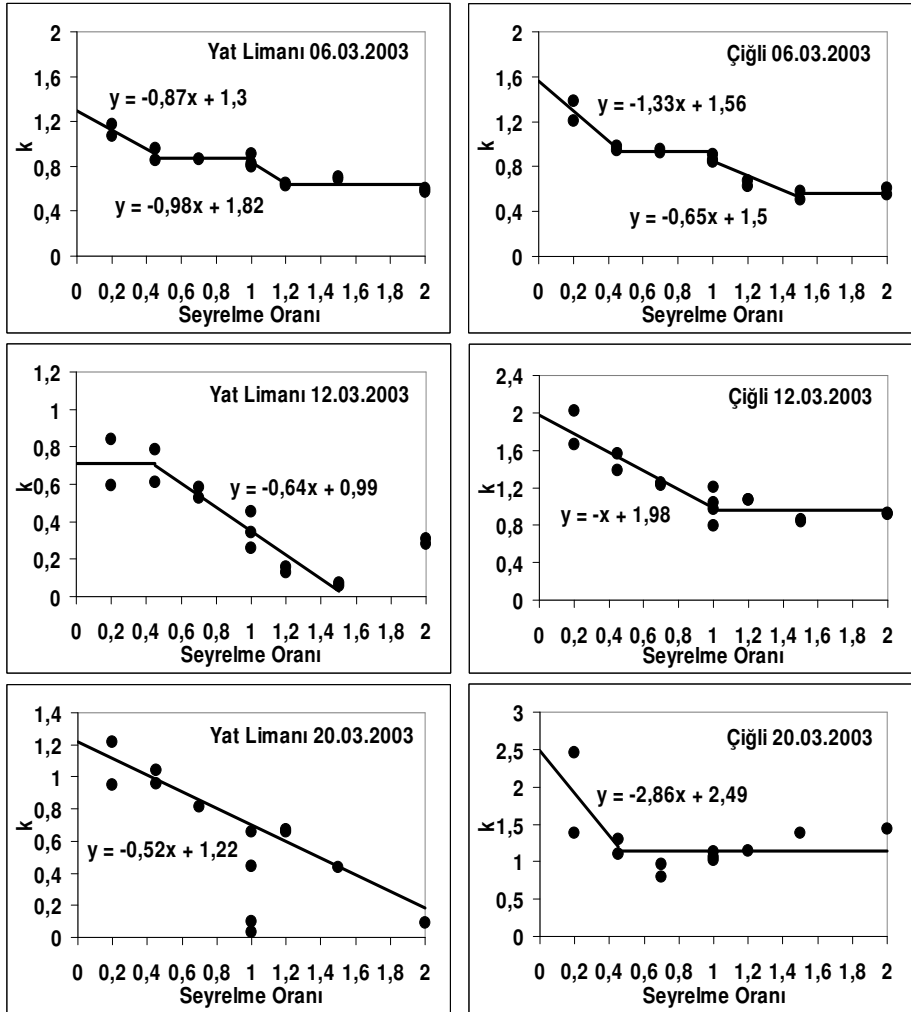
Alg büyümesi mikrozooplankton ve mesozooplankton otlaması tarafından kontrol edilmektedir. Ancak alg büyümesi her ikisinin yani toplam otlamanın üzerinde de olabilmektedir. Eğer mesozooplankton otlaması toplam otlamadan büyük ise; manipulasyondan kaynaklanan bir durumdan söz edebiliriz. %20'ye kadar olan seyrelme serilerinde ortamda az olan mesozooplankton 0'a kadar düşebilir. %100'de yeterli sayıda olacağından eğrinin daha aşağıya kaymasına neden olabilmektedir. Bunun yanında mikrozooplanktonun çoğalması eğri eğiminin değişmesine neden olabilir böylece %100 N+ değerleri daha yukarıda olmaktadır. Ayrıca ortamdaki mikrozooplanktonun dağılımı da önem taşımaktadır. Bazı kaplarda hiç bulunmazken diğer kaplarda bol olabilir. Nutrient ilave edilmemiş örneklerde bir limitasyon görülüyor ise %20, %45 seyrelmelerde daha önce belirtilen nutrient sınırlaması yerine algin adaptasyon fazından eksponansiyel faza geçişinin olmadığını söylemek daha doğrudur. Nutrient ilave edilmemiş örneklerde değer yüksek ise nutrient ilave edilmiş örneklerde fazla nutrient inhibe edici etki yaratmaktadır. İnhibisyon ve limitasyon faktörleri aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir (Gaul&Antia,2001). Ancak bu formüller net büyüme hızının negatif olduğu durumlarda uygulanamaz.

$$\text{İnhibisyon faktörü} = \frac{k(N+)}{k(N-)}$$

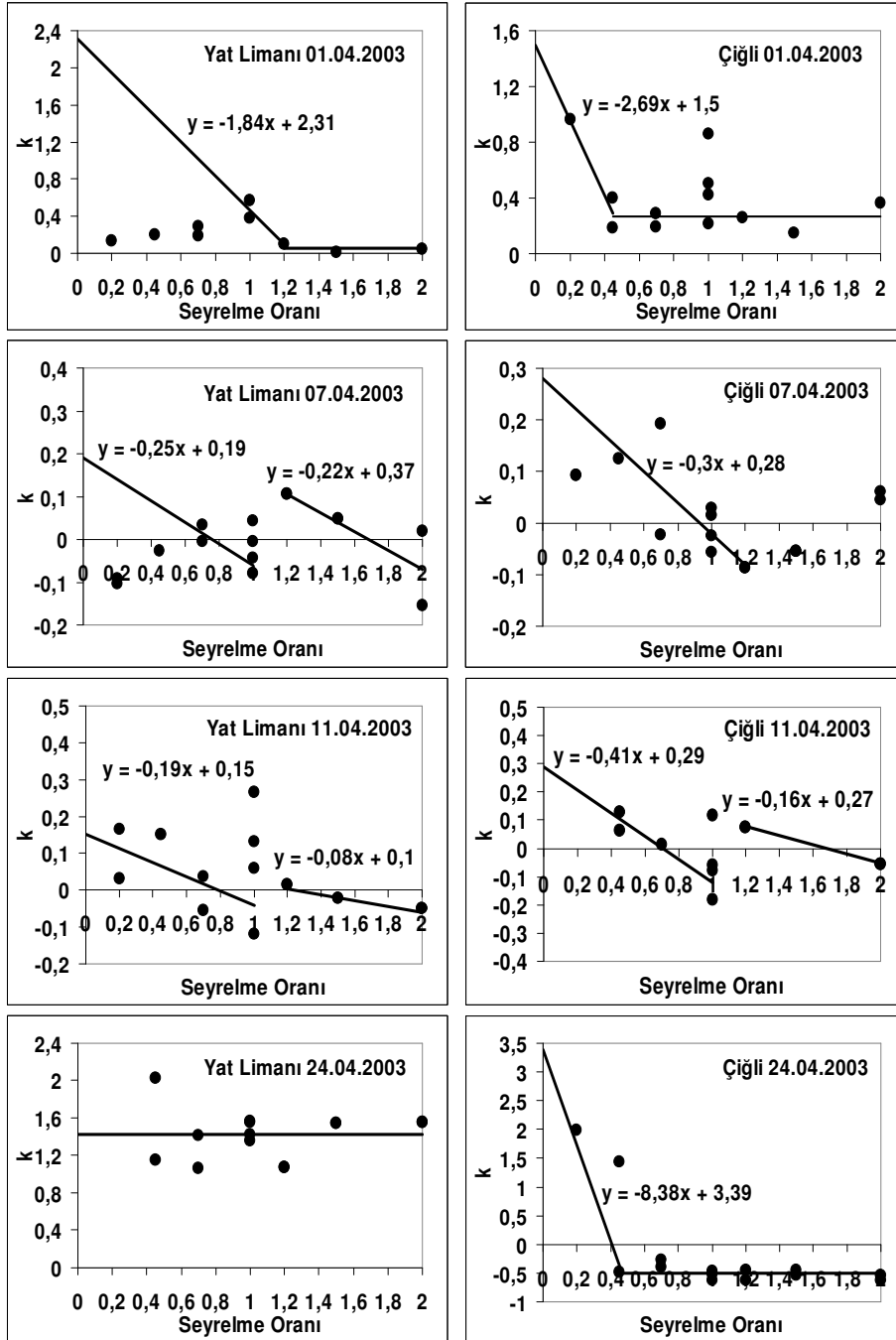
$$\text{Limitasyon faktörü ise tam tersidir} = \frac{k(N-)}{k(N+)}$$



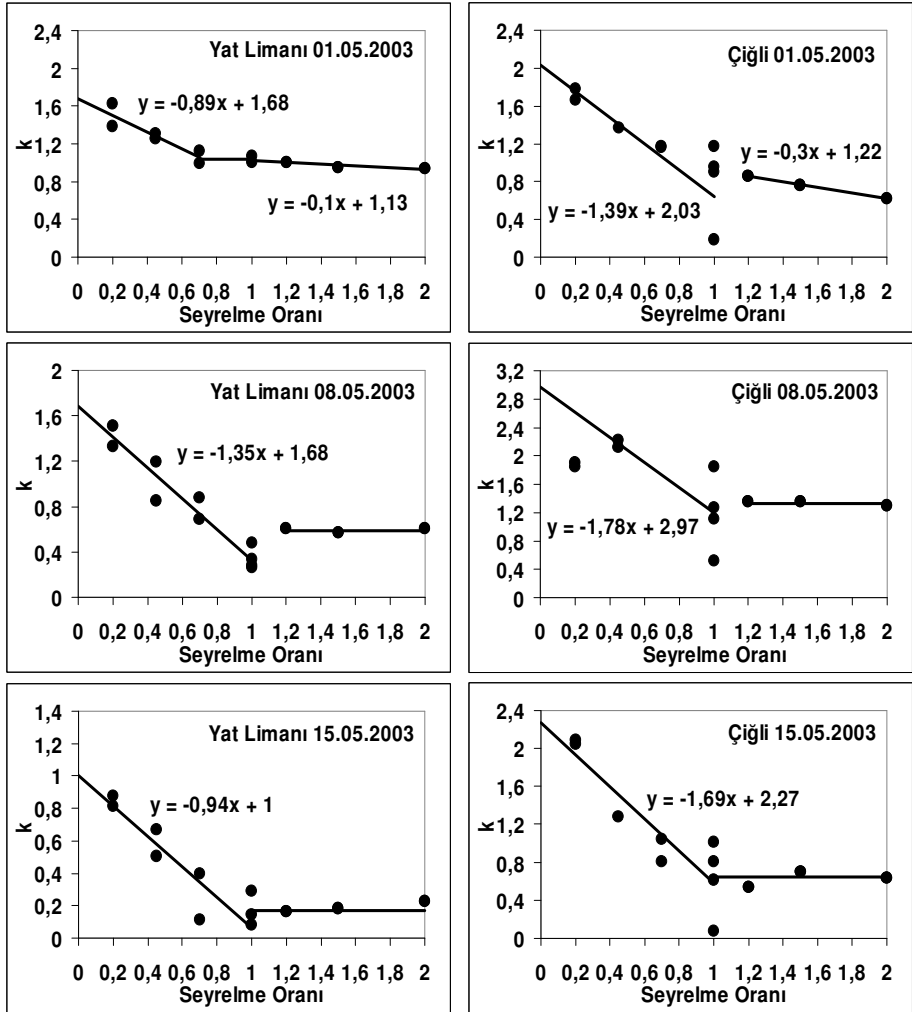
Şekil 3.6 Şubat ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



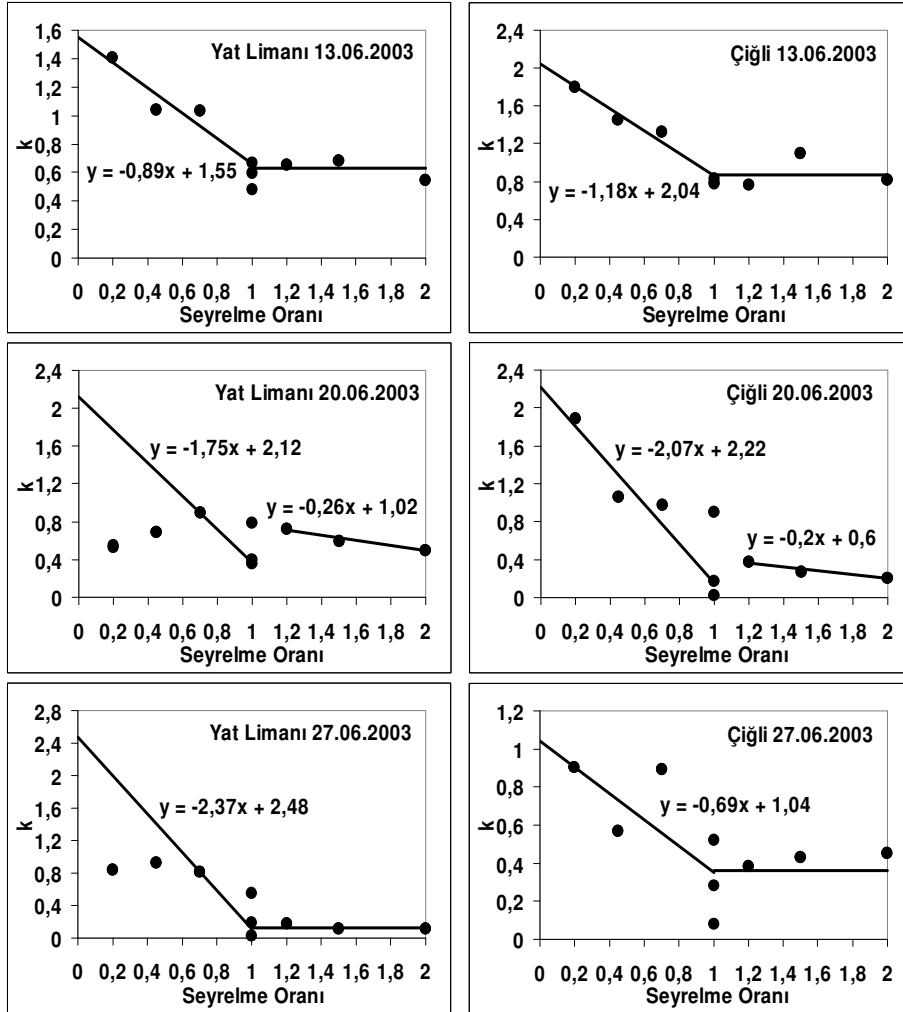
Şekil 3.7 Mart ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



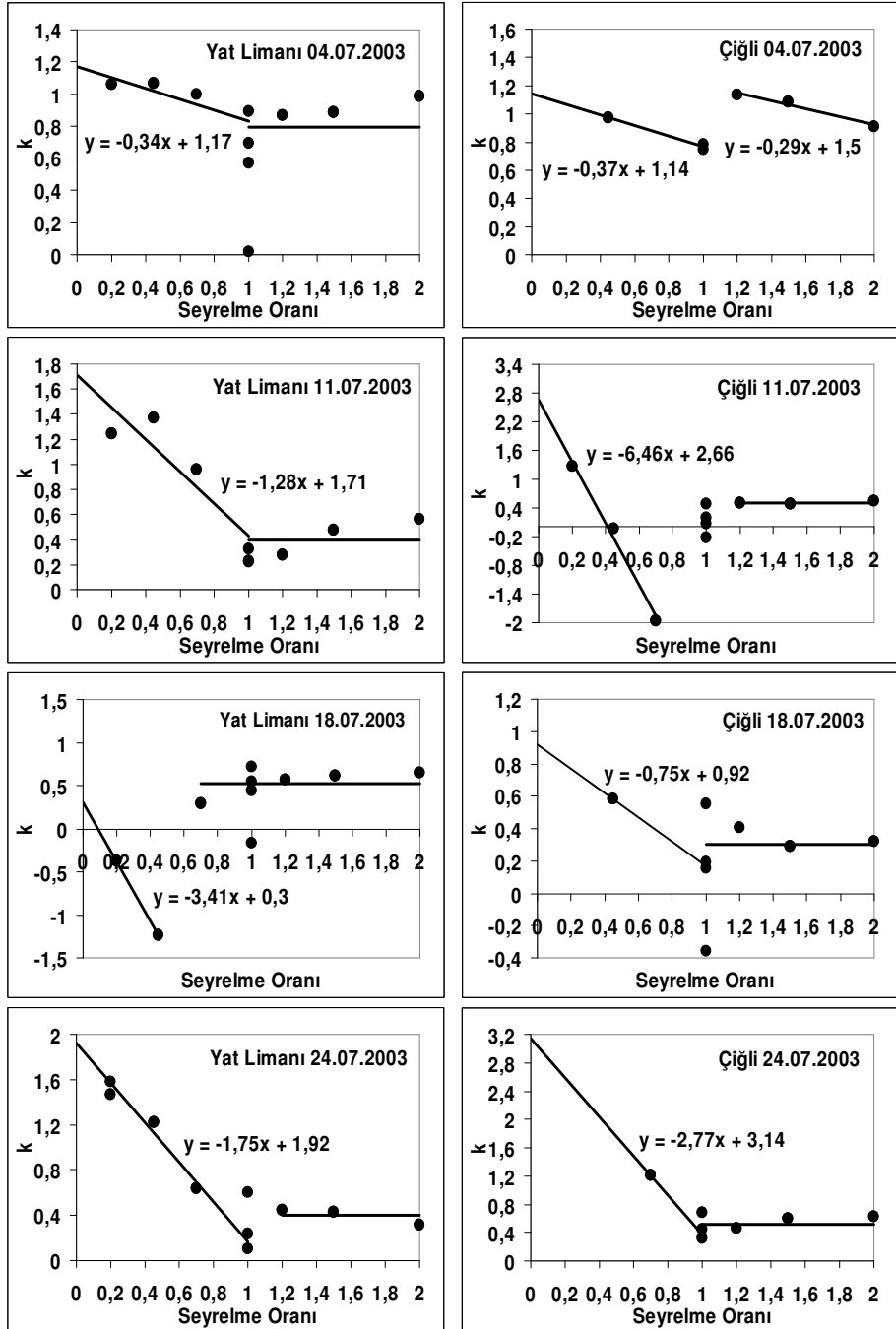
Şekil 3.8 Nisan ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



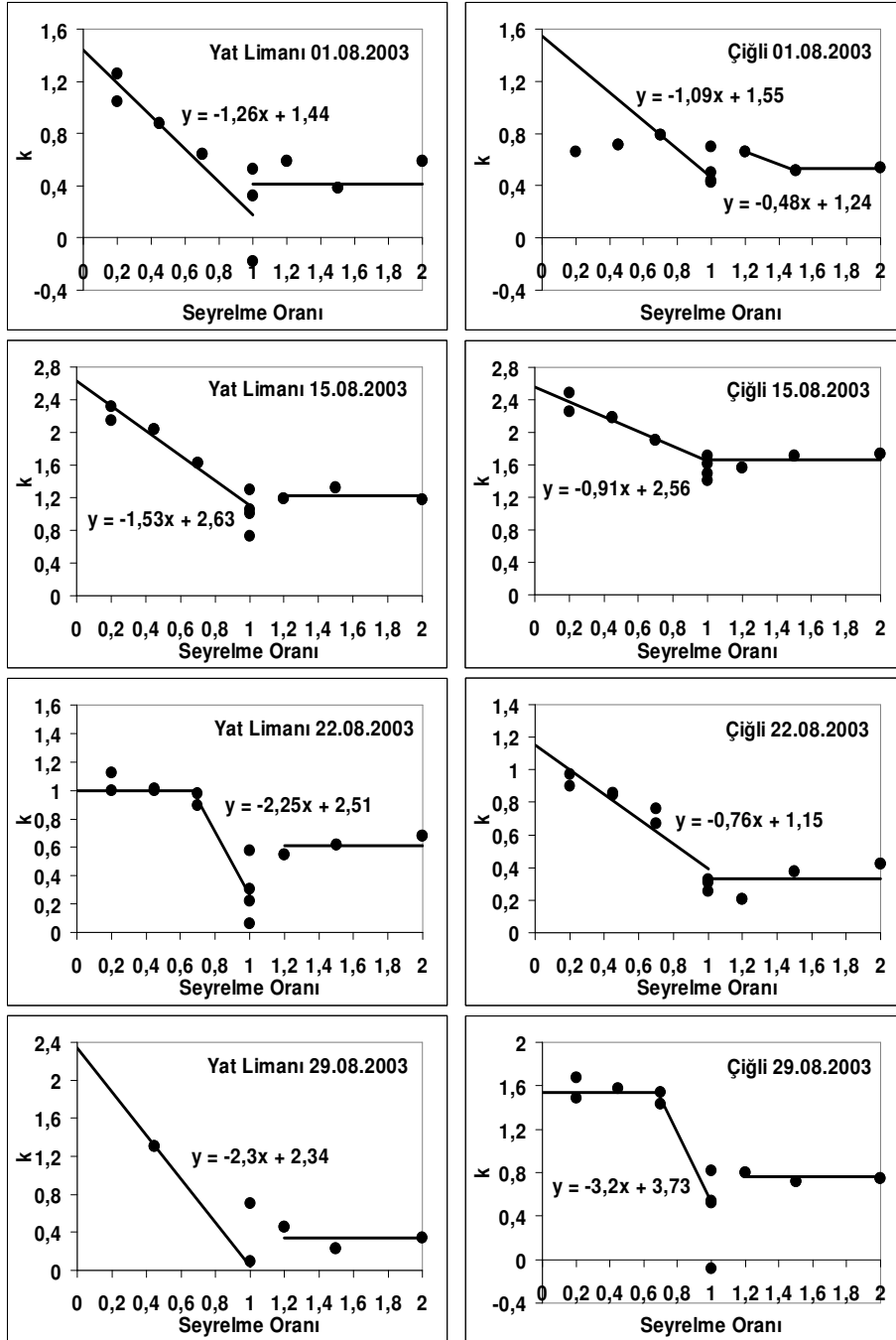
Şekil 3.9 Mayıs ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



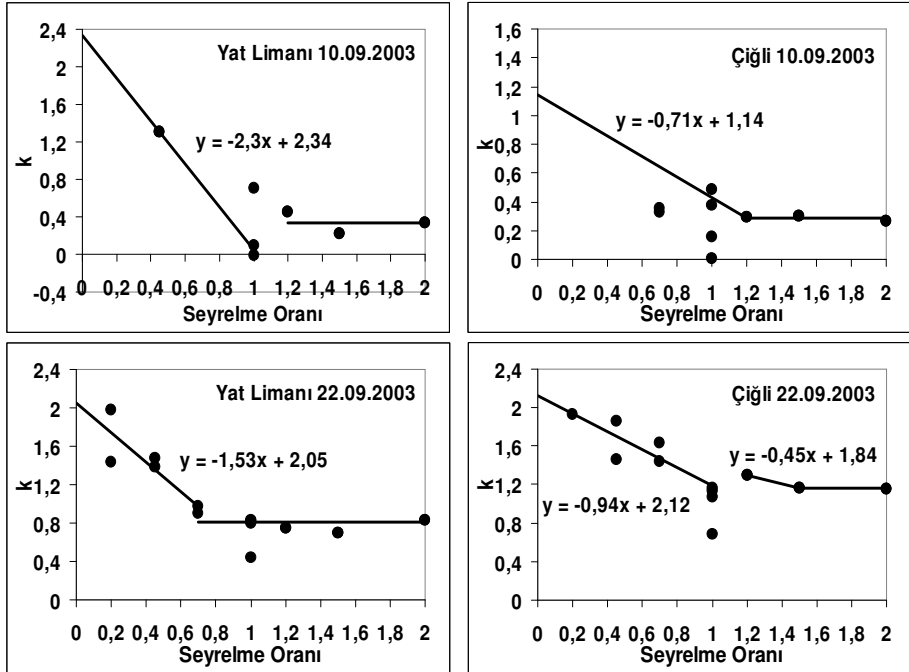
Şekil 3.10 Haziran ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



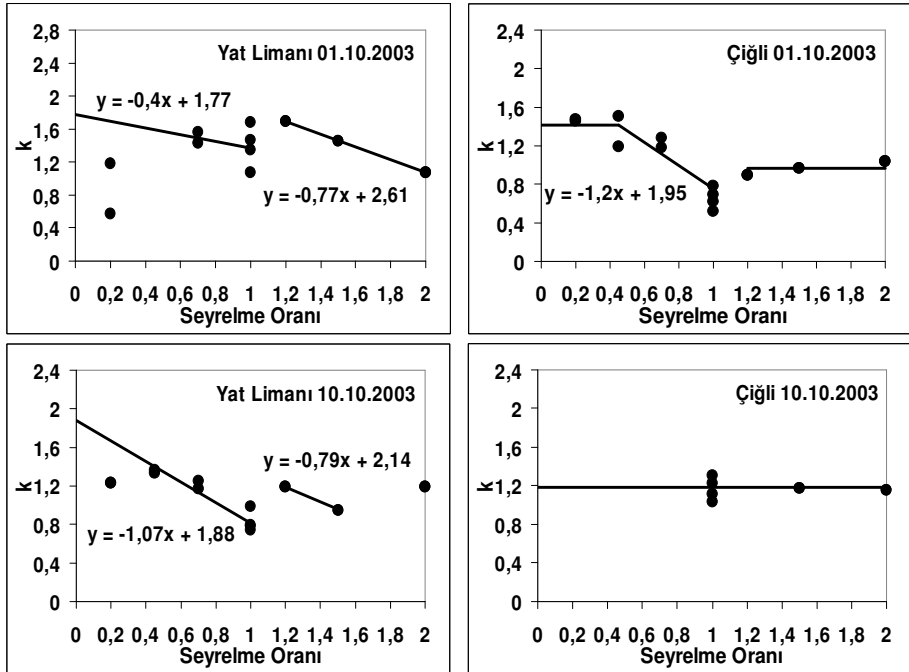
Şekil 3.11 Temmuz ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



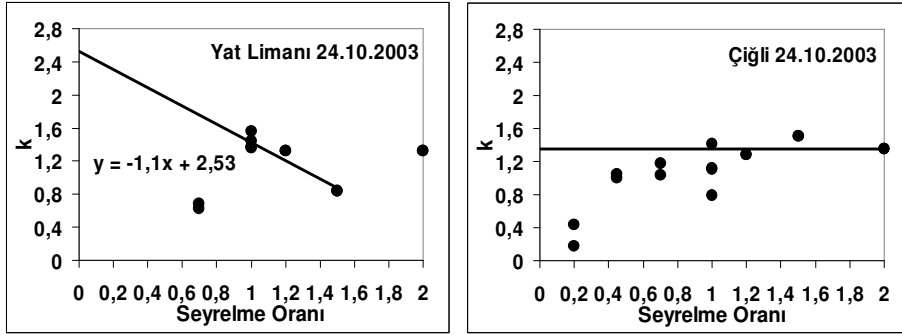
Şekil 3.12 Ağustos ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



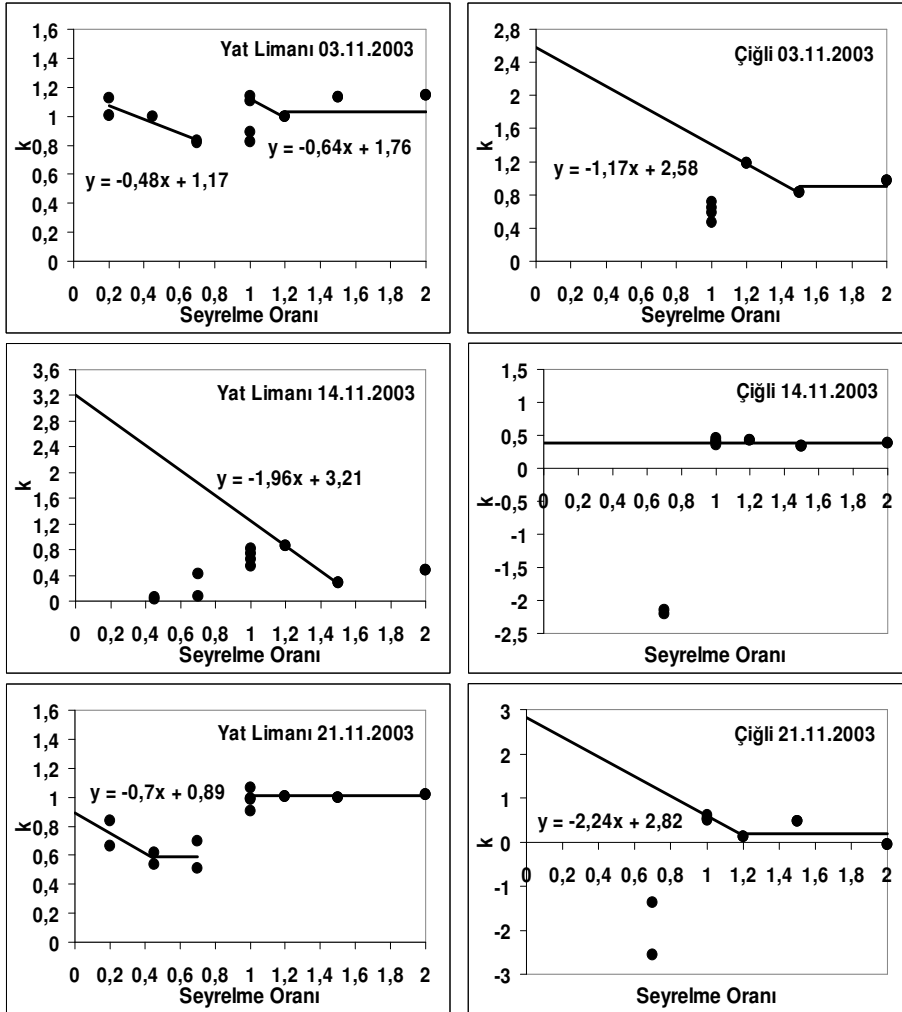
Şekil 3.13 Eylül ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



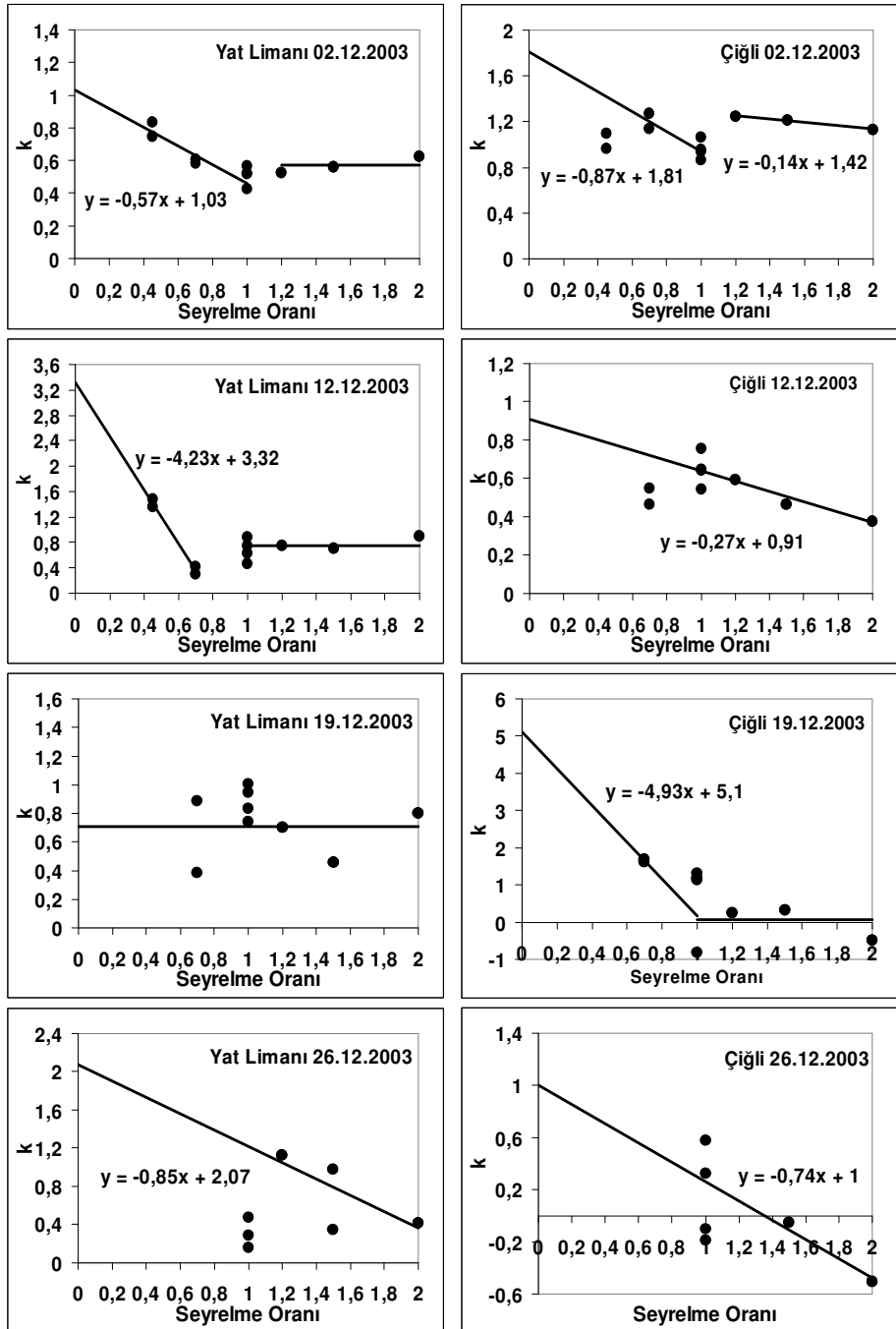
Şekil 3.14 Ekim ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



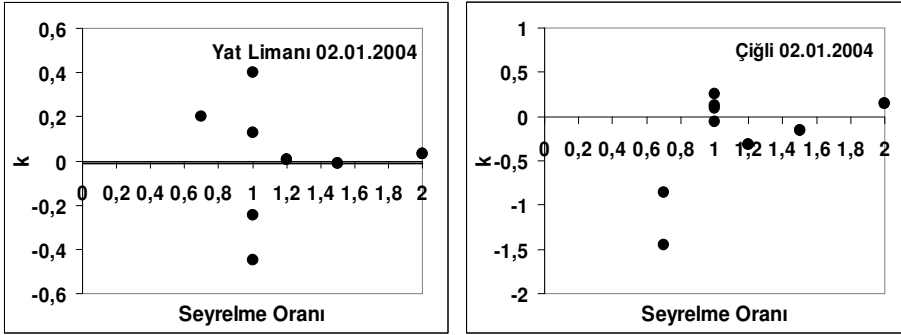
Şekil 3.14 Devamı



Şekil 3.15 Kasım ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



Şekil 3.16 Aralık ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları



Şekil 3.17 Ocak ayında farklı seyrelme oranlarında belirlenen net büyüme hızları

Örnekleme 2003 yılının Şubat ayında başlamıştır. Yat Limanı'nda Şubat ayında mikrozooplanktona göre oldukça zayıf bir mesozooplankton otlaması bulunmaktadır. Çiğli'de ise mesozooplankton otlaması bulunmamaktadır (Şekil 3.6). Mart ayında Yat Limanı'nda genel olarak mesozooplankton otlaması hâkim iken Çiğli'de mesozooplankton otlaması sadece 6 Mart tarihli örneklemede gözlenmiştir (Şekil 3.7). Nisan ayında Yat Limanı'nda algin adaptasyon fazında kalmasından yani eksponansiyel faza geçememesinden kaynaklanan bir durum belirlenmiştir. 7 ve 11 Nisan tarihli örneklemelelerde mesozooplankton otlaması gözlenmiştir. Çiğli'de ise Nisan ayında mikrozooplankton otlaması hâkimdir (Şekil 3.8). Mayıs ayında, Yat Limanı'nda ve Çiğli'de mikrozooplankton otlaması hâkimdir, Mayıs ayında sadece 1 Mayıs tarihli örneklemede mikrozooplankton otlamasının yanında bir mesozooplankton otlaması ancak genel olarak mikrozooplankton otlaması hakimdir. Çiğli'de bu ayda ayrıca bir örneklemede nutrient sınırlaması belirlenmiştir (Şekil 3.9). Haziran ayında hem her iki istasyonda da mikrozooplankton otlaması hakimdir. Yat Limanı'nda bu ayda nutrient sınırlaması gözlenmiştir. 20 Haziran tarihli örneklemede her iki istasyonda da

mikrozooplankton otlamasının yanında mesozooplankton otlaması hesaplanmıştır (Şekil 3.10). Temmuz ayında Haziran ayında olduğu gibi 2 istasyonda da genel olarak mikrozooplankton otlaması görülmektedir. Sadece Çiğli'de 4 Temmuz tarihi örneklemede mesozooplankton otlaması hesaplanmıştır (Şekil 3.11). Ağustos ayında 2 istasyonda da genel yapı Haziran ve Temmuz aylarına benzemektedir. Çiğli'de 29 Ağustos tarihli örneklemede eşik belirlenmiştir (Şekil 3.12). Eylül ayında Yat Limanı'nda algin ekspanansiyel faza geçemediği örneklemler bulunurken Çiğli'de nutrient sınırlaması gözlenmiştir. Her iki istasyonda da mikrozooplankton otlaması hakimdir, ancak Çiğli'de 22 Eylül tarihli örnekleme de mikrozooplankton otlamasının yanında düşük mesozooplankton otlaması belirlenmiştir (Şekil 3.13). Yat Limanı'nda Eylül ayında ki gibi Ekim ayında da algin ekspanansiyel faza geçemediği örneklemler vardır ancak bu ayki örneklemlerde mikrozooplankton otlamasının yanında mesozooplankton otlaması da belirlenmiştir. Çiğli'de ise Eylül ayında gözlenen nutrient sınırlamaları devam etmektedir. Nutrient sınırlaması gözlenen örneklemlerde otlama hesaplanmamıştır. 1 Ekim tarihli örnekleme de eşik belirlenmiştir (Şekil 3.14). Kasım ayında Yat Limanında 2 örneklemede mesozooplankton otlaması hesaplanmasına karşın Çiğli'de bu ayda mesozooplankton otlaması belirlenmemiştir (Şekil 3.15). Aralık ayında Yat Limanı'nda 26 Aralık tarihli örneklemede mesozooplankton otlaması gözlenirken Çiğli'de 2, 12 ve 26 Aralık tarihli örneklemlerde mesozooplankton otlaması bulunmuştur (Şekil 2.18). 2004 yılında sadece ocak ayında örnekleme yapılmıştır ve bu ayda otlama bulunamamıştır (Şekil 3.17).

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Seyrelme tekniği, günümüzde mikrozooplankton otlamasının hesabı için standart prosedürdür. Ancak seyrelme denemeleri sadece otlama hızının hesabı için değil bunun yanında mikrozooplankton otlamasının belirli tercihlerinin belirlenmesi için de kullanılmaktadır (Dolan ve ark., 2000). Bir deneme serisinden hem fitoplankton potansiyel büyüme hızının hem de otlama hızının belirlenmesi tekniğin en büyük avantajıdır. Yönteme ilave bir ters filtrasyon uygulaması ile mesozooplanktonun otlama katkısı da belirlenebilir. Bu da doğal ortamdaki bir başka sürecin daha belirlenmesini sağlamaktadır.

Seyrelme yaklaşımı, fitoplankton ve mikrozooplankton otlayıcılar arasındaki karşılaşma hızlarındaki azalmaya dayanmaktadır (Dolan&McKeon, 2005). Denemelerde seyrelme serileri hazırlamak için, örnek sularına belli oranlarda partikülsüz su ilavesi yapılmaktadır. Oligotrofik okyanus bölgesinde yapılan çalışmalarda, partikülsüz su elde etmek için çeşitli göz açıklığına sahip filtrelerden geçirilen su örneklerinin, gerçekte az sayıda, inkübasyonda hızla büyüyen ultra fitoplankton içerdiği bulunmuştur (Li, 1990). GF/F filtreleri çok sayıda zayıf klorofil *a* fluoresanlı küçük hücrelerin geçmesine izin vermektedir. Fakat siyanobakteri ve daha büyük eukaryotik ultraplankton toplulukları filtrelerden geçmemektedir. Sonuçta denemelerde partikülsüz su oluşturmak için GF/F kullanıldığında hücre geçişleri meydana gelebilmektedir. Ancak bu geçişlerin toplam klorofil *a*'ya anlam katkısı muhtemelen düşük olacaktır (Paranjape 1990). GF/F

filtre kağıdından süzülen suya denemelerde kullanılan miktarda nutrient ilavesi yapıp, inkübasyon sonunda klorofil *a* ölçümü yapılması gereklidir. Böylece filtrasyon membranından sızan fitoplankton kontrolü sağlanmaktadır (Li, 1990). Çalışmada partikülsüz suya hücre geçişlerini engellemek için 0,45+0,2 μ göz açıklığına sahip kartuş filtreleri ve filtre edilmiş kontrol örnekleri kullanılmıştır.

Seyrelme denemelerinde, düşük otlama hızlarının belirlenmesi zordur. Özellikle düşük otlama hızının belirlenmesi için başlangıç ve final klorofil *a* konsantrasyonları arasında mükemmel bir eğim gerekmektedir. Bu durum özellikle fazla seyreltilen örnekler için zordur (Dolan&McKeon, 2005). Bunun yanında otlama baskısı, seyrelme faktörü ile doğrusal olarak ilişkili olmayabilir. Bunun nedeni mikrozooplanktonun birey başına tüketim hızının farklı seyrelme muamelelerinde farklı olabilmesidir. Otlama baskısının yanında otlayıcı konsantrasyonu da inkübasyon süresince seyrelme faktörü ile doğrusal olarak ilişkili olmayabilir (Dolan&McKeon, 2005, Gallegos, 1989). Ortamda mesozooplankton bulunduğu durumda, zooplanktonun büyüme hızı ihmal edilebilir. Çünkü mesozooplanktonun jenerasyon süresi 15 gün kadardır. Deneme ise 24 saat sürmektedir.

Kıyısal sularda yapılan çalışmalarda karşılaşılan problemlerden biri karasal kaynaklı nutrient girişleridir. Fitoplankton büyümesinin bu girişlere de bağlı olabileceği varsayılmaktadır. Böyle bir durumda, algal populasyonlar arasında bu karasal nutrient girişi için bir rekabet oluşur (Begon ve ark., 1996). Eğer seyrelme denemesinde böyle bir rekabet varsa algal spesifik büyüme hızı doğal deniz suyu kesrinin

artması ile artar. Bu da özellikle hiç ilave yapılmamış ya da yetersiz nutrient ilavesi yapılmış denemeyi etkiler (Moigis&Gocke, 2003). Bunun yanında mikrozooplankton dağılımı da önem taşımaktadır. Seyrelme denemelerinde seriler hazırlanırken örnek suların homojene en yakın şekilde alınması gerekmektedir.

Besin seçiciliğini belirleyen birkaç kriter bulunmaktadır (Av boyu, mortalite, hücre konsantrasyonu vs.). Bunlar arasında av boyunun büyük bir rol oynadığı ve genellikle av ve avcı boyunun orantılı olduğu varsayılır (Hansen&Bjørnsen, 1994). Mikrozooplankton genellikle hangi uygun boyutlu besin bolsa onun üzerinde beslenir (Capriulo&Carpenter, 1980). Otlama, fitoplankton ve bakteri popülasyonu seviyelerini kontrol edebilir. Ayrıca fitoplankton komunitasinin boy yapısında mevsimsel varyasyonun nedenlerinden biri olabilir. Mikrozooplankton, birincil üretimin önemli bir kesrini tüketme kabiliyetine sahiptir (Paranjape, 1990). Mikrozooplankton otlaması mevsime, besinsel düzeye, enleme ve tuzluluğa bağlı olarak birincil üretimin %59 ile %74'ünü uzaklaştırmaktadır (Calbet&Landry, 2004). Ancak birincil üretimin %50'sinin çok üzerinde bir bölümünün otlama ile uzaklaştırılamayacağı ve oligotrofik sistemlerde bu değerin daha da az olacağı Dolan ve McKeon (2005) tarafından tartışılmıştır.

Mikrozooplankton otlaması hem fitoplankton popülasyonlarının boy dağılımlarını hem de türlerin seçici predasyonla büyümesini kontrol etmektedir (Paranjape, 1990). Algal pigmentlerle belirlenen taksonların büyüme hızları ile onlar üzerindeki otlama hızları pozitif ilişkilidir (Burkill ve ark., 1987). Eğer otlama hızı fitoplankton büyüme

hızından büyük ise, daha hızlı büyüyen pigment taksası mikrozooplankton otlama aktivitesi ile kontrol edilmektedir. Otlama hızı fitoplankton büyüme hızına yakın ya da eşit ise daha yavaş büyüyen pigment taksa kararlı halini korumaktadır ve fitoplankton ile mikrozooplankton arasında dinamik geri besleme bağıntısı ortaya çıkmaktadır (Paranjape 1990).

Mesozooplankton otlamasının fitoplankton büyümesini kontrol altına alabilmesi mesozooplanktonun 15 gün olan jenerasyon süresi nedeniyle her zaman mümkün olmamaktadır. Nitekim İzmir İç Körfezi'nde ancak yılın %20'sinde fitoplankton büyümesini kontrol edebilmektedir.

Seyrelme denemelerinde çoğunlukla mikrozooplankton ile çalışılmaktadır. Çünkü mesozooplankton sayısı m^3 'te 3-5 adet olabilmektedir. m^3 'teki sayısının az olması denemeler için alınan su örneklerinde bulunmamasına neden olabilir. Bu nedenle her ne kadar mesozooplankton otlamasının belirlenmesinde 2.7 lt'lik hacimlerle çalışmak pek çok bölge için yetersiz olsa da, verimli bölgelerde yüksek mesozooplankton bollukları yılın belirli zamanında böyle bir çalışmaya imkan vermektedir. Ancak en az haftalık yapılacak çalışmalar ile yıl boyunca mesozooplankton otlamasının ve öneminin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Nitekim İzmir Körfezi'nde her iki istasyonda da yılın %20'sinde mesozooplankton otlaması büyük öneme sahiptir. Yapılan ilave değişikliğin seyrelme yerine deriştirme olması ve böylece mesozooplanktonun sayısının artması denemenin başarısı açısından olumlu bir etki yaratmaktadır.

Ayrıca ters filtrasyon ile deriştirme, av ve mikrozooplankton konsantrasyonlarını değiştirmemekle birlikte fitoplankton büyümesinin durgunluk fazına girmesi olasılığını da elimine etmektedir. Bu metotta mikrozooplankton otlaması da sabit bir terim olarak kalmaktadır.

Mikrozooplankton ve mesozoplankton arasında bağıntılı bolluğun ve otlama hızlarının incelendiği pek çok çalışmada mesozoplanktonun otlama etkisinin mikrozooplanktona göre düşük olduğu bulunmuştur (Cowles&Fesseden, 1995; Fesseden&Cowles, 1994; Sherr&Sherr, 1994). Mikrozooplankton otlamasının mesozoplankton otlamasından daha fazla olması, mesozoplankton otlamasının önemsiz olduğu anlamına gelmemektedir. Günümüzde, mikrozooplanktonun mesozoplankton beslenmesinde önemli bir rol oynadığı hakkında genel bir fikir birliği bulunmaktadır. Bulunabilir olduğunda, mesozoplankton tarafından, mikrozooplankton ve özellikle siliatlar tüketilmektedir (Umani ve ark., 2005). Kopepodlar genellikle omnivordur ve besin olarak küçük boyutlu alg türlerini (birkaç μm), balık larvalarını ve birkaç mm'lik mesozoplankton türlerini tercih etmektedir. Kopepod türleri fitoplankton üretimini kontrol eden başlıca otlayıcı olmamasına rağmen, taşınım akışının kontrolünde önemli etkiye sahiptir. Batan fekal peletlerin üretimi nedeniyle kopepodlar biyojenik materyalin taşınımına katkıda bulunmaktadır (Roman&Gauzens, 1997). Birçok kopepod türü mikrozooplankton mevcut olduğunda onun üzerinde beslenmektedir (Nejstgaard ve ark., 2001). Mesozoplanktonun, mikrozooplankton üzerinde otlamasının bir etkisi de fitoplankton üzerindeki

mikrozooplankton otlama baskısını azaltmasıdır. Bu da alg çoğalmalarına neden olabilmektedir (Leising ve ark., 2005).

Mesozooplankton, özellikle klasik doğrusal besin zincirinin karbon transferinde ana yol olduğu verimli ekosistemlerde, fitoplankton karbonunun önemli tüketicisidir. Verimsiz ekosistemlerde ise bu kayıp süreci daha düşük etkiye sahiptir. Ancak “mesozooplankton, verimli ekosistemlerde birincil üretimin önemli tüketicisi iken verimli olmayan ekosistemlerde birincil üretim üzerinde düşük etkiye sahiptir” görüşünün varsayım niteliğinde olduğu ve nicel olarak test edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Calbet, 2001). Birincil üreticiler üzerinde mesozooplankton otlamasının, ortamın verimliliğinin artması ile artış gösterdiği belirtilmektedir (Calbet, 2001). Düşük biyomas spesifik tüketim hızı ve mesozooplanktonun birincil üretim üzerine daha fazla etkisi, verimsiz ekosistemlerde mesozooplankton için besin sınırlamasını akla getirmektedir. Bununla birlikte fitoplankton zooplanktonun tükettiği tek besin kaynağı değildir. Ve eğer bir besin sınırlaması var ise diğer besin kaynakları zooplanktonik günlük besinin önemli bir bölümünü karşılamalıdır (Tiselius, 1989; Fesseden&Cowles 1994;Calbet&Scheinberg, 2000).

Geleneksel düşüncenin aksine, baskın piko boyutlu ototrof türler tarafından oluşturulan boy engeli her zaman verimli olmayan ekosistemlerde düşük otlama baskısı ile sonuçlanmamaktadır. Verimli olmayan ekosistemlerde mesozooplankton otlamasına bağlı birincil üretim kaybı oldukça değişkendir ve neredeyse sıfır etkiden toplam oluşturulan fitoplankton biyomasının üç katına kadar çıkabilmektedir

(Calbet, 2001). Verimli olmayan ekosistemlerde birincil üretimin büyük bir bölümü pikoplanktonik organizmalardan oluşmaktadır (Agawin ve ark., 2000). Bu küçük boyutlu organizmalar üzerine mesozooplanktonun otlama baskısı oluşturması mümkün değildir (Calbet ve Scheinberg, 2000). Verimli olmayan ekosistemde pikoplankton dışında kalan kısmın mesozooplankton otlaması için uygun olması gerekmektedir ya da pelajik tunikatlar ve kladoserler gibi diğer gruplar bu küçük boyuttaki avı tüketmelidir. Bu gruplar, pek çok ekosistemde bulunmaktadır ve verimli olmayan ekosistemde birincil üretim üzerinde daha fazla etkiye sahiptir (Calbet, 2001).

Sonuçta, mesozooplankton otlamasında pikoplankton çok küçük boyutuyla boy engeli yaratmaktadır. Bu nedenle denemelerdeki fitoplankton kompozisyonunda pikoplankton lehine artışın olacağı açıktır. Ters filtrasyon ile mikrozooplankton otlamasının derişme ile sabit bir terim olarak kalması fitoplankton kompozisyonu üzerindeki bu etkiyi hafifletecektir.

Ortamdaki fitoplankton türleri yoğun olarak mesozooplankton yerine mikrozooplankton tarafından tüketiliyorsa, daha yüksek trofik seviyelere belirgin enerji aktarımı etkisi yaratmaktadır. Mikrozooplankton baskın besin ağı yüksek geri dönüşüm yeteneğine ve daha yüksek trofik seviyelere düşük enerji aktarımına sahiptir. Mesozooplankton baskın topluluklarda ise, daha fazla enerji transferi söz konusudur ve yüzey bölgesine daha fazla karbon akışı sağladıkları düşünülmektedir (Azam ve ark., 1983; Sherr&Sherr, 1988). Ortamdaki otlama etkisinin belirlenmesi, balık ve diğer ekonomik trofik seviyeler

için birincil üretimin akıbeti hakkında bilgi vermektedir (Leising ve ark., 2005).

Mesozooplankton otlama hızını hesaplamak için birçok metot geliştirilmiştir. Bu metotlar pigment analizine bağlı hızlı ve kaba hacim metodundan, daha ayrıntılı zamana bağlı mikroskopik çalışmalara değişim göstermektedir (Bamstedt ve ark., 2000). Hem avcı hem de avın belirleyicilerinin kullanıldığı çift etiketleme metodu *in situ* zooplankton omnivorluğu verilerini verir (Roman&Ruble, 1981; Roman&Gauzens, 1997). Bu metot, hem seçici beslenme hakkında detaylı bir bilgi vermemekte hem de alg üzerine otlama sadece gündüz hesaplanabilmektedir (Roman&Ruble, 1981). Birçok zooplankton türünün en yüksek otlama aktivitesini gece boyunca gerçekleştirdiği düşünüldüğünde, bu teknik ile özellikle büyük boyutlu alg türleri ve mikrozooplankton üzerindeki otlama hızında belirgin bir eksik hesaplama söz konusudur. Bu nedenle doğal planktonun günlük otlamasının hesabında kullanılan metotların 24 saatlik bir periyotta uygulanması gereklidir (Nejstgaard ve ark., 2001).

Şişe inkübasyonlarında uzaklaştırılan partikül materyalin analizi son zamanlarda non pigment taksanın direk tüketim hızının hesabında tek uygun metottur (Bamstedt ve ark., 2000). Şişe inkübasyonlarındaki problem ise av süspansiyonlarının birçok farklı trofik seviyelerden olmasıdır. Bu da doğal planktonun daha düşük belirlenmesine ya da bazı durumlarda mesozooplankton otlama hesaplamalarının negatif olmasına neden olmaktadır. Ancak negatif otlama verileri imkânsızdır. Bu durumlar genellikle ihmal edilir ya da eğer nutrient etkisi ile

açıklanamaz ise o av üzerine düşük otlama hızı bulunduğu şekilde kabul edilir (Nejstgaard ve ark.,2001). Denemelerde, nutrient ilave edilmemiş örneklerde nutrient sınırlaması gözlenmez ise, fazla seyreltilen örneklerde nutrient sınırlaması yerine algin adaptasyon fazından eksponansiyel faza geçemediğini söylemek daha doğrudur. Bunun yanında, nutrient ilavesi yapılmamış örneklerde değer yüksek ise, ilave edilen nutrient inhibe edici etki yaratabilir.

Zooplankton sayısının artması ile oluşan hayvan yoğunluğu, stres faktörünün oluşmasına neden olmaktadır. Bu stres faktörü net büyüme hızı ile seyrelme arasındaki ilişkinin durmasına yol açmaktadır. Bu da, hayvan yoğunluğunda artış ile hayvanın metabolik faaliyetlerinin hiperbolik olarak azalması ile açıklanabilir (Büyükışık&Koray, 1989).

Ege Deniz’inde Gökova Körfez’inde yapılan bir çalışmada (Büyükışık ve ark., 2001) çok düşük mesozooplankton otlama hızları oligotrofik bir besinsel yapıyı ortaya koymaktadır. Oligotrofik sistemlerde mikrobiyal çevrim daha önemli hale gelmektedir. İzmir Körfez’inde de mesozooplankton otlamasının ancak yılın %20’sinde etkin olması mikrobiyal çevrimin daha önemli olabileceğini göstermektedir. Mesozooplanktonun yeterince bol olduğu eutrofik bölgelerde 2 litrelik hacimlerde haftalık örnekleme ile bu yöntem uygulanabilir görünmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Agawin, N., Duarte, C.M. and Agusti, S., 2000**, Nutrient and temperature control of the contribution of picoplankton to phytoplankton biomass and production, *Limnol. Oceanogr.*, 45: 591-600.
- Andersen, T., Schartau, A.K.L., Paasche, E., 1991**, Quantifying external and internal nitrogen and phosphorus pools, as well as nitrogen and phosphorus supplied through remineralization, in coastal marine plankton by means of a dilution technique, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol.69: 67-80.
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Gray, J.S., Meyer-Reil, L.A. and Thingstad, F. 1983**, The ecological role of water-column microbes in the sea, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol.10: 257-263.
- Båmstedt, U., Gifeord, D.J., Irigoien, X., Atkinson, A., Roman, M., 2000**, Feding. In: Haris R, Wiebe P., Lenz J., Skjoldal H. R., Huntley M. (eds) ICES zooplankton methodology manual, Academic Pres, London, 297-399.
- Begon, M.E., Harper. J.L. and Townsend, C.R., 1996**, *Ecology*. Blackwell Science, Oxford, 1088 p.
- Burkill, P.H., Mantoura, R. F. C., Llewellyn, C.A. and Owens, N.J.P., 1987**, Microzooplankton grazing and selectivity of phytoplankton in coastal waters, *Mar. Biol.*, Vol.93: 581-590.
- Büyükişık, B., Benli, H.A., İçemer, G.T., Aydın, H.G. and Erduran, E., 2001**, Gökova Körfezi'nde Fitoplankton Büyümesi ve Etkileyen Bazı Faktörler, IV. Ulusal Ekoloji Kongresi 5–8 Ekim 2001 Bodrum.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Büyükişık, B., Sunlu, U., Sunlu, S., Sever, T.M., Kükrer, S., Orçun, E., Aydın, A., Köksal, Y., Yürür, E., Ergun, M., Gencay, H., 2003,** İzmir İç Körfezi'nde Seyrelme Tekniği ile Fitoplankton Kommünitesi Büyüme Hızı ve Zooplankton Otlama Hızı Ölçümleri, XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu 2-5 Eylül 2003, Elazığ.
- Büyükişık, B. and Koray, T., 1989,** A comparison of ammonia excretion rates in different artemia strains, Journal of Faculty of Science Ege University Series B. Vol. 11. Nr. 2.
- Calbet, A., 2001,** Mesozooplankton grazing effect on primary production: A global comparative analysis in marine ecosystems, Limnol. Oceanogr., 46(7), 2001, 1824-1830.
- Calbet, A. and Scheinberg, R.D., 2000,** Copepod grazing in a subtropical bay: Species-specific responses to a midsummer increase in nanoplankton standing stock, Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol.193: 75-84.
- Calbet, A. and Landry, M.R., 2004,** Phytoplankton growth, microzooplankton grazing and carbon cycling in marine systems, Limnol. Oceanogr., 49, 51-57.
- Capriulo, G.M. and Carpenter, E. J., 1980,** Grazing by 35 to 202µm microzooplankton in Long Island Sound, Mar. Bio., 56, 319-26.
- Cowles, T.J. and Fesseden, M., 1995,** Copepod grazing and fine-scale distribution patterns during the Light-Mixed Layers experiment, Journal of Geophysical Research, 100, 6677-6686.
- Dolan, J. R., Gallegos, C. L., and Moigis, A., 2000,** Dilution effects on microzooplankton in dilution grazing experiments, Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol.200: 127-139.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Dolan, J.R. and McKeon, K., 2005**, The reliability of grazing rate estimates from dilution experiments: Have we over-estimated rates of organic carbon consumption by microzooplankton? *Ocean Science*, 1, 1–7.
- Fesseden, L. and Cowles, T.J., 1994**, Copepod predation on phagotrophic ciliates in Oregon coastal waters, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol.107: 103–111.
- Frost, B.W., 1972**, Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus Pacificus*, *Limnol. Oceanogr.* Vol. 17, No. 6, p. 805–815.
- Gallegos, C.L., 1989**, Microzooplankton grazing on phytoplankton in the Rhade River, Maryland: non linear feeding kinetics, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol.57: 23-33.
- Gallegos, C.L. and Vant, W.N., 1996**, Microzooplankton grazing of phytoplankton in Manukau Harbour, New Zealand, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol.30:423-434.
- Gaul, W. and Antia, A.N., 2001**, Taxon-specific growth and selective microzooplankton grazing of phytoplankton in the northeast Atlantic, *Journal of Marine Systems*, 30: 241-261.
- Hansen, B. and Bjørnsen, P.K., 1994**, The size ratio between planktonic predators and their prey, *Limnol. Oceanogr.*, 39(2), 395-403.
- Landry, M.R. and Hassett, R.P., 1982**, Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton, *Mar. Biol.* 67: 283-288.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Landry, M.R., Kirshtein, J., and Constantinou, J., 1995**, A refined dilution technique for measuring the community grazing impact of microzooplankton, with experimental test in the central equatorial Pacific, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol.120: 53-63.
- Landry, M.R., Brown, S.L., Campbell, L., Constantinou, J., and Liu, H., 1998**, Spatial patterns in phytoplankton growth and microzooplankton grazing in the Arabian Sea during monsoon forcing, *Deep-Sea Research II*, 45 (1998) 2353-2368.
- Leising, A., W., Horner, R., Pierson, J.J., Postel, J., and Halsband-Lenk, C., 2005**, The balance between microzooplankton grazing and phytoplankton growth in a highly productive estuarine fjord, *Progress in Oceanography* 67 (2005) 366-383.
- Li, W. K. W., 1990**, Particles in “particle-free” seawater: growth of ultraphytoplankton and implications for dilution experiments, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, 1258-1268.
- Moigis, A. and Gocke, K., 2003**, Primary production of phytoplankton estimated by means of the dilution method in coastal waters, *Journal of Plankton Research* Vol. 25. number 10, pages 1291-1300.
- Nejstgaard, J.C., Naustvoll, L.J., and Sazhin, A., 2001**, Correcting for underestimation of microzooplankton grazing in bottle incubation experiments with mesozooplankton, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol.221: 59–75.
- Paranjape, M.A., 1990**, Microzooplankton herbivory on the Grand Bank (Newfoundland, Canada), A seasonal study, *Mar. Biol.* 107: 321–328.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Redden, A.M., Sanderson, B.G., Rissik, D., 2002**, Extending the analysis of the dilution method to obtain the phytoplankton concentration at which microzooplankton grazing becomes saturated, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 226: 27-33.
- Roman, M.R. and Gauzens, A. L., 1997**, Copepod grazing in the equatorial Pacific, *Limnol. Oceanogr.*, 42(4), 1997, 623-634.
- Roman, M.R. and Ruble, P.A., 1981**, A method to determine *in situ* zooplankton grazing rates on natural particle assemblages, *Mar. Biol.* 65: 303-309
- Sherr, E.B. and Sherr, B.F., 1988**, Role of microbes in pelagic food webs: A revised concept, *Limnol. Oceanogr.* 33: 1225-1227.
- Sherr, E.B. and Sherr, B.F., 1994**, Bactivory and herbivory: key roles of phagotrophic protists in pelagic food webs, *Microbial Ecology*, 28, 223-235.
- Strom, S.L. and Welschmeyer, N.A. 1991**, Pigment-specific rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing in the oceanic Subarctic Pacific, *Limnol. Oceanogr.*, 36: 50-63.
- Tiselius, P., 1989**, Contribution of aloricate ciliates to the diet of *Acartia clausi* and *Centropages hamatus* in coastal waters, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol.56: 49-56.
- Umani, S.F., Tireli, V., Beran, A. and Guardiani, B., 2005**, Relationships between microzooplankton and mesozooplankton: competition versus predation on natural assemblages of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea), *Journal of Plankton Research* Vol. 27. number 10, pages 973-986.
- Uslu, O., 1994**, İzmir Körfezi'nin Kirliliği, A Training Course on Remote Sensing & Geographical Information System in Coastal & Estuarine Modelling, Medeco, Turkey.

5. ÖZGEÇMİŞ

Mert SAPANCI 1982 yılında İzmir'in Bornova ilçesinde doğmuştur. İlkokulu Yavuz Selim İlkokulu'nda bitirdikten sonra, orta ve lise öğrenimine İzmir Özel Türk Koleji'nde devam etmiştir. 2000 yılında kazandığı Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden 2004 yılında mezun olduktan sonra aynı üniversitenin fen bilimleri enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır ve halen çalışmalarını sürdürmektedir.