

Karadeniz balık ekosistemi benzeşimi-Besin ağında aşağıya doğru modeli uygulaması

Ferit Bingel ve Erhan Mutlu

ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, P. K. 28, 33731 Erdemli-İçel

Özet

Sucul ortamda bulunan populasyonların bolluğu yıldan yıla dikkate değer artma ve azalmalar göstermektedir. Buna karşın bolluğun ve artma ve azalmaların gerçek nedenleri ile bunları kontrol eden faktörler ve böylece ürünün tahmin edilmesi yeterince bilinmemektedir.

Bu amaç için geleneksel olarak kullanılan yöntemler ve formüller tek türlü populasyon yada stok modelleri düşüncesine dayanmaktadır. Artma ve azalmaları açıklamada tek türlü modellerin yeterlilik ve esnekliği sınırlı ve yavaştır. Buna karşın son 20 yılda çok türlü yaklaşım ve tümseç benzeşim teknikleri geliştirilmiş ve farklı denizlerde uygulanmıştır. Karadeniz eko sistemini daha iyi anlamak için uygulanan ya da yararlanılan birçok fiziksel-biyolojik model alt beslenme basamaklarındaki olayları tanımlamaktadır.

Üst beslenme basamaklarının modellenmesinde besin zincirinde geriye doğru ilişkilerin kullanılması yönünde yeni adımlar atılmaktadır. Besin zincirinde geriye doğru modelinin prensibi üst (uç) tüketiciden başlamak ve hangi biyokitle (ve tür kompozisyonunun) uç tüketiciyi besleyebileceği sorusunu sorarak bütün sistemi yukarıdan aşağıya alt beslenme basamaklarına ulaşıcaya kadar tanımlamaktır.

Jelatinli organizmaların patlayan biyokitesinin Karadeniz balık ekosistemine etkilerini açıklayabilmek için bu çalışmada Karadeniz'in balık eko sistemi sorgulanmaktadır.

Burada Karadeniz'de 'normal' koşullarda 70 milyon ton ölçülen jölemsi biyokitle ile 1988/89'dan sonra buna katılan *Mnemiopsis*'le birlikte toplam 213 milyon tona yükselen jölemsi biyokitle ve izleyen dönemde ise 180 milyon tona düşen toplam jölemsi biyokitenin bulunduğu koşullardaki balık eko sistemi Laevastu ve Larkins'in (1981) geliştirmiş oldukları benzeşim modeliyle incelenmektedir.

Anahtar sözcükler: Karadeniz, balık ekosistemi, benzeşim, modelleme

Simulation of the fish-ecosystem of the Black Sea-An application of a down the food-web model

Abstract

Abundance of populations occurring in the aquatic environment shows considerable fluctuations from one year to another. However the real causes and the assessment of factors controlling abundance and/or the fluctuations and hence the possible yield has not been yet fully known.

Traditionally, the methods and formulations used for this purpose base on the ideas of single species population and/or stock models. The ability and flexibility of single species models to explain fluctuations is limited and slow. However, in the last two decades multi-species approaches and holistic ecosystem simulation techniques were derived and applied for different sea regions. Most of the models applied or utilised for a better understanding of the Black Sea eco-system are physical-biological models describing the events at the lower trophic levels.

However, there are also new steps for modelling the higher trophic level relations using back down the food chain relations. Principle of the back down the food chain model is that it starts with apex predators and questions what biomass (and composition of species) is required to sustain this apex biomass and the whole system is described in this descending order until lower trophic levels are reached.

In this present paper the fish ecosystem of the Black Sea is questioned, aiming to reveal impact of exploding biomass of jelly organisms in the Black Seas' fish ecosystem.

In here, the fish ecosystem, under varying jelly biomass estimations of 70 million tons (under normal conditions) 213 million tons (obtained biomass following the invasion of *Mnemiopsis* after 1988/89) and 180 million tons (present situation), will be evaluated via the simulation model improved by Laevastu and Larkins (1981).

Key words: Black Sea, fish ecosystem, simulation, modelling

Giriş

Sucul ortamdaki populasyonların bolluğu yıldan yıla dikkate değer artma ve azalmalar göstergesidir. İnsanlık bir tür'ün ürününü etkileyen biyokitle değişimlerini eski çağlardan beri bilmektedir (Nikolskii, 1969). Buna karşın bolluğu ya da artma ve azalmaları dolayısıyla olası ürünü kontrol eden gerçek neden ve faktörlerin belirlenmesi yeterince bilinmemektedir.

Geleneksel olarak bu amaçlar için kullanılan model ve formüller tek tür'lü populasyon ya da stok görüşüne dayanmaktadır. Tek türlü stok ve populasyon modellerinin esneklik ve yeteneği, artma ve azalmaların açıklanmasında, sınırlı ve yavaş olmaları nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Son 20 yılda tümsel ve çok türlü eko-sistem model ve benzeşim teknikleri geliştirilmiş ve bir çok denizde de uygulanmıştır (Laevastu ve Larkins 1981). Karadeniz eko sistemini daha iyi anlamak için Türk bilim adamlarınca kullanılan ve uygulanan çoğu model çalışması temelde bitkisel ve hayvansal planktonlar, detritus ve çözünmüş anaorganik nitrat ve amonyak olmak üzere beş bileşenden oluşan alt beslenme basamaklarındaki fiziksel-biyolojik olayları ele almaktadır (Oğuz ve ark., 1996). Daha sonra Oğuz ve ark., (1999) bunlara ikişer bitkisel ve hayvansal gruptan oluşan çoklu yiyen/yenen sistemini uygulamışlardır. Bir ileri aşamada bu modeller jöleli karnivor makro-zooplankton ve bakteriyel plankton ile çözümlemiş organik azot bileşenleri eklenerek genişletilmiştir (Oğuz ve ark., 1998).

Yukarıda anılan modeller alt beslenme basamaklarındaki olayları tanımlayabilirler. Karadeniz'de uygulanan fiziksel-biyolojik ya da biyokimyasal model çalışmaları henüz üst beslenme bileşenlerini kullanmaktan uzak görülmektedir. Bunun yanında üst beslenme ilişkilerini ele alan, kullanımına hazır modeller de vardır. Buna ICLARM (International Center for Living Aquatic Resources Management) tarafından geliştirilmiş olan ECOPATH (ekolojik patikalar) yazılımı (Christensen ve Pauly, 1992, 1995, 1996) örnek olarak verilebilir. Gücü ve Oğuz (1997) Karadeniz'in farklı dönemlerini incelemek için bu durağan modeli kullandılar.

Onların bulgularına göre zooplankton sistemindeki kritik bileşendir. Sistemindeki farklı bileşenlerin değiştirilmesiyle *Mnemiopsis* patlamasından sonra fito ve zooplanktonlar ile jölemsi bileşenlerin arttığı ve beslenme ağındaki enerji ve madde akışının ölü son olan ve başka türlü kullanılmayan jöleli kütleye doğru olduğunu göstermişlerdir. Karadeniz'in balık eko sistemindeki durumu detaylarıyla ele alan son çalışmayı yapan Örek (2000) üst beslenme basamağında yer alan, göreceli olarak az balık biyokitlesi sisteminin, alt beslenme basa-maklalarındaki çok büyük biyokitleyi etkilemeden uzak olduğunu göstermiş ve alt ve üst beslenme basamaklarının ayrı ayrı modellenmesi ve bunların sonra birleştirilmesini önermiştir.

Üst beslenme basamaklarındaki etkileşim ve ilişkilerin incelemesinde birim zamanda biyokitle değişimlerini kullanan başka benzeşim model ve yazılımlardan biri Northwest and Alaska Fisheries Center-Kuzeybatı ve Alaska Balıkçılık Merkezi tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır (Laevastu ve Larkins, 1981; Laevastu ve Bax 1985; Lasevastu, 1988, 1990). Bu besin zincirinde geriye doğru modelinin prensibi üç tüketici biyokitlesini ayakta tutabilecek biyokitle ve tür kompozisyonun ne olabileceği sorusunu sormak ve bunu alt beslenme basamaklarına kadar sürdürerek tüm sistemi baş aşağı tanımlamaktır.

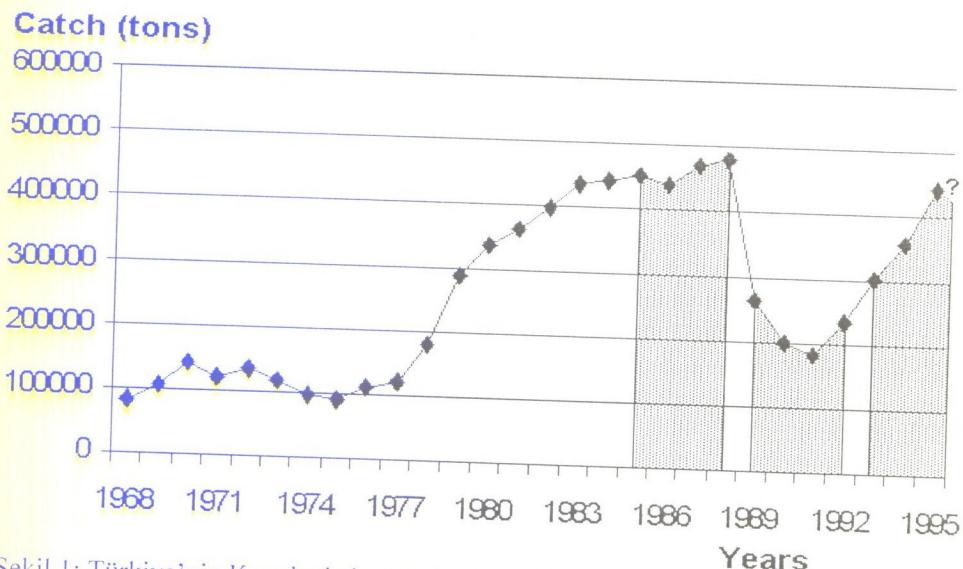
Burada Karadeniz'deki balık ekosistemi sorgulanmakta ve bazı araştırmacılarla göre yaş ağırlığı 800 milyon tona (Vinogradov, 1990) ulaştığı belirtilen *Mnemiopsis* biyokitlesinin Karadeniz balık ekosistemine etkileri incelenmektedir. Normal olarak Karadeniz'de jölemsi organizmalardan *Aurelia* ve *Pleurobrachia* her zaman vardı. Örneğin 1950 ve 1960'larda *Aurelia aurita*'nın yaş biyokitlesi 30 milyon ton (Shushkina ve Musayeva, 1983) tahmin edilmiştir. 1970'lerde ise 400 milyon ton (Gomoiu, 1981) gibi çok daha yüksek bir biyokitle tahmin edilmiştir. Görülebildiği kadariyla *Mnemiopsis*'in aksine *Aurelia* biyokitlesi pelajik balık biyokitlesini etkilememektedir. Bu durum farklı jöleli organizma biyokitlesi kullanılarak test edilmektedir.

Materiyal ve yöntem

Beslenme zincirinde geriye doğru yaklaşımında da farklı türlerin besin madde ve kompozisyonuna ihtiyaç vardır. Bu çalışmada farklı balık tür ve gruplarının yanında bulunabilen beslenme verileri kullanılmıştır.

Karadeniz'de yaşayan farklı balık türleri kullanılan modelde küçük pelajik balıklar, büyük pelajik balıklar, küçük demersal balıklar, büyük demersal balıklar şeklinde işlevsel ekolojik grplara altında birleştirilmiştir. Sisteme katılan diğer organizmalar ya besin kaynağı (bentik organizmalar ve zooplankton) ya da beslenme zincirinde ölü son olarak verilmektedir.

Programın çalıştırılabilmesi için besin matriisin yanında ekolojik grupların ortalamasını içeren verilere ihtiyaç vardır. Önemli değişkenlerden biri türlerden oluşturulan grupların av değerleridir. Av ya da ürün değerleri (hata taşısa bile) FAO'nun veri tabanından alınmıştır. Türkiye'nin Karadeniz kıyısındaki av değerlerininlığında (Şekil 1) FAO'dan alınan av değerlerinin birbirini izleyen üç dönem için (1985-1988; 1989-1992 ve 1993-1996) ortalamaları alınmıştır. Hamsinin çökme öncesi ve *Mnemiopsis*'in geliştiği süreci, 1985-88 döneminin temsil ettiği kabul edilmiştir. 1989-1992 döneminin ise hamsinin *Mnemiopsis* ile yarıştığı ve *Mnemiopsis*'in azaldığı süreci temsil ettiği varsayılmıştır. Son olarak 1993-1996 döneminin de hamsının kendisini toparladığı ve sistemin denge öncesindeki durumunu temsil ettiği kabul edilmiştir.



Şekil 1: Türkiye'nin Karadeniz kıyısındaki av miktarları zaman serisi (DIE, 1968-1995). Eylül 1999'da 1996 yılı istatistikleri yayınlanmamıştı.

Temel veri tabanı olarak olara küçük ve büyük pelajik balıklar, küçük ve büyük demersal balıklar ile küçük bentik organizmalara ait mesleki av değerleri dikkate alınmıştır. Yine *Aurelia* ve *Mnemiopsis* özellikle hamsi ve diğer küçük pelajik balıklarla aynı besin için yarışlıklarından birleştirilmiş jöleli grup olarak modelde yer almaktadır.

Modelin çalıştırılabilmesi için yukarıdakilere ek olarak tahmini başlangıç biyokitlesi, büyümeye katsayısi, izin verilebilir tüketim yüzdesi, yumurtlama stresinden kaynaklanan ölüm oranları, yıllık mesleki av, besin ihtiyacı ve optimum sıcaklık değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların dışında bentos ve zooplankton'un ya iyi tahmin edilmiş miktarlarının ya da gerçekten ölçülmüş değerlerine ihtiyaç vardır. Bütün bu değerler ile büyümeye katsayısına ilişkin veriler değişik kaynaklardan alınmış ya da hesaplanmıştır.

Temeli biyokitle dengesine dayanan modelde kullanılan bilgisayar programını Taivo Laevastu vermiştir. Programın basitleştirilmiş şeması ve kullanılan değişkenleri Şekil 2'de verilmektedir.

Sonuç ve öneriler
Karadeniz balık ekosisteminin yukarıdan aşağıya benzeşim modeli sonuçları özetle şöyle sıralanabilir:

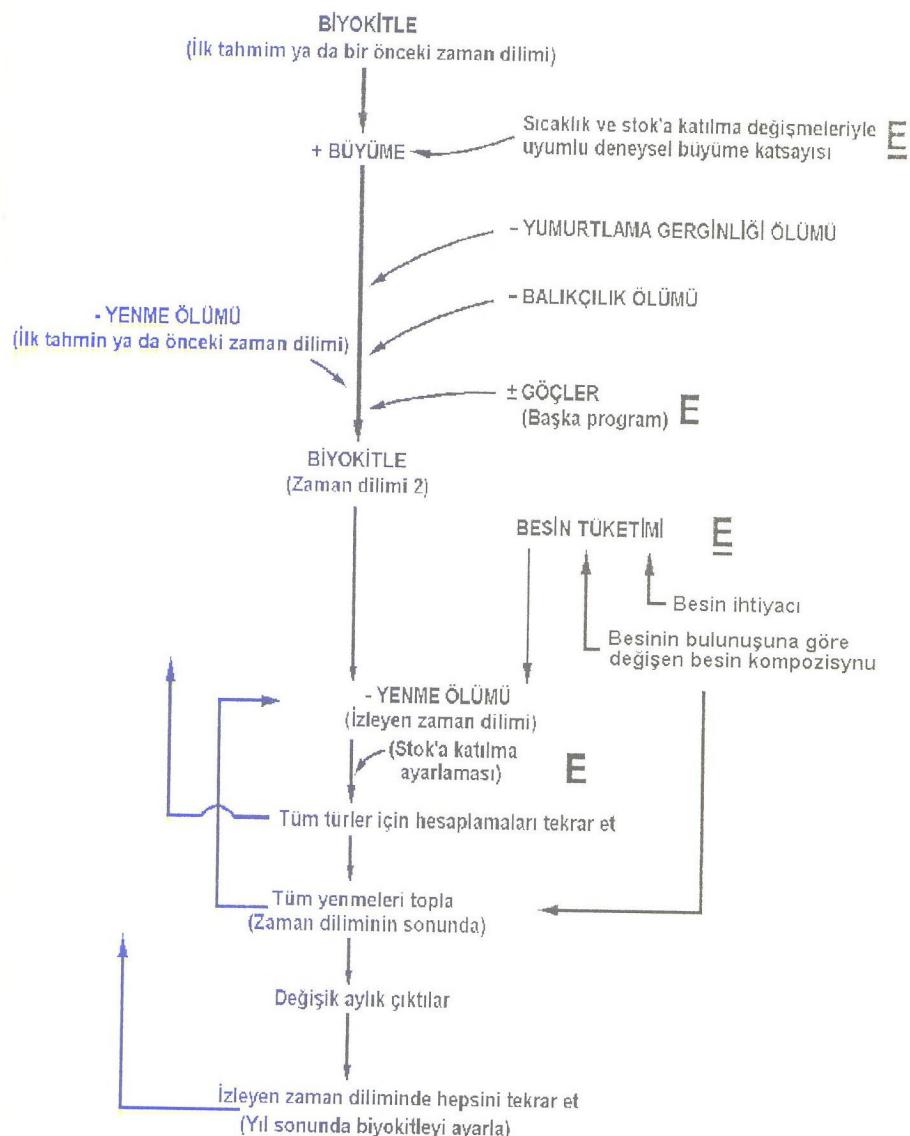
- Genel olarak küçük pelajik balıkları kapsayan grup bir kaç yıl içerisinde kararsız bir dengeye geçmektedir. Buna karşın bütün diğer gruplar 15-20 en geç 30 yıllık bir süreçte denge durumuna geçmektedirler.
- Literatürde verilen zooplankton ve bentos biyokitlesi ve üretimi 70 ile 213 milyon ton arasında değişen jölemler biyokitlesini ve sistemi ayakta tutmaya yetecek düzeydedir ki bu da son yıllarda yapılan ölçüm ve gözlemlerle uyumlu görülmektedir.
- Aşırı denilebilecek 400-800 milyon ton'luk jölemler biyokitlesi 10 ile 26 yıl sonra sistemi kararsız hale getirmekte ve jölemlerin besin kitliği nedeniyle 43-58 yıl içerisinde çökmesine (ölümüne) neden olmaktadır.

- Jölemlilerin biyokitlesinin sistem dengesini bozmadığı (180 milyon ton gibi bir) değerde yalnız küçük pelajik balıkların avı, sistemin sağlıklı kabul edildiği dönemdeki av oranında (640 bin ton) gerçekleştirilecek olursa balık eko-sisteminin dengesi modelde 14 yıl sonra bozulmaktadır.
 - Jölellerin biyokitlesinin sistem dengesini bozmadığı 213 milyon ton gibi bir değerde yalnız küçük pelajik balıkların avı sistemin sağlıklı kabul edildiği dönemdeki av oranında gerçekleştirilecek olursa balık eko-sisteminin dengesi modelde 3 yıl sonra bozulmaktadır.
 - Sistemin sağlıklı kabul edildiği dönemde yalnız küçük pelajik balıkların avının kabaca 1.3 oranında artırılması halinde balık eko-sisteminin dengesi modelde 9 yıl sonra bozulmaktadır.
 - Jöleller biyokitlesi ister yüksek isterse düşük seviyelerde olsun balık eko-sistemi içerisinde dengesi en kararsız grubu küçük pelajikler oluşturmaktadır. Bu nedenle de avcılığının düzenlenmesinde en çok dikkat edilmesi gereken grup bu olmalıdır. Küçük pelajik balıklar içerisinde en baskın tür hamsidir. Gerçekten de hamsinin yumurtlama, büyümeye, kışlama,avlama ve olgunlaşma safhaları irdelenerek olursa iyi ve kötü stoka katılma olaylarının meslesi avı en çok 2-3 yıl yıl içerisinde etkileyebileceğini gerçeği, model sonuçlarıyla da uyuşmakta daha doğrusu çelişmemektedir.
 - Balık eko-sisteminin besin zincirinde yukarıdan aşağıya modellenmesi ülkemizde ilk kez denenmektedir. Bu tebliğ özellikle genç araştırmacıların çalışmalarını bu yönde de genişletmelerine katkı sağlayabilirse amacına ulaşmış sayılmalıdır. Burada şu noktalarında altın çizilmesinde de yarar vardır.
- Mevcut balıkçılık veri tabanı (burada kullanılan dahil) güvenilir model uygulamalarını desteklemekten henüz oldukça uzaktır. Dolayısıyla model uygulamalarına temel olabilecek veri tabanının oluşturulması için zoo ve fitoplankton üretim değerlerinin yanında sağlıklı sayısal mide muhtevası analizlerine özellikle önem verilmelidir.

Yararlanılan kaynaklar

- Christensen, V., Pauly, D., 1992. ECOPATH II-a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. Ecological Modelling 61: 169-185
- Christensen, V., Pauly, D., 1995. Fish production, catches and the carrying capacity of the world oceans. NAGA, 18(3): 34-40
- Christensen, V., Pauly, D., 1996. Ecological modelling for all. NAGA, 19(2): 25-26.
- DIE, 1968-1995. Su ürünlerini istatistikleri.
- Gomoiu, M. T., 1981. Some problems concerning actual ecological changes in the Black Sea. Cercetari Marine, 14: 109-127.
- Güçü, A. C., Oğuz, T., 1997. Modelling trophic interrelationships in the Black Sea. In: NATO.TU-Black Sea Project: Ecosystem modelling as a management tool for the Black Sea, Symposium on Scientific Results (NATO, ASI Series, Vol. 2). L. IVANOV & T. OĞUZ (eds). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 359-371.
- Laevastu, T., 1988. Ecosystem simulation programmes for microcomputers. Programme documentations with examples of outputs. Northwest and Alaska Fisheries Center.National Marine Fisheries Service, Program Doc. No 26: 168p.
- Laevastu, T., 1990. FEBAP-Fish Ecosystem Biomass Assessment Programme (A bulk biomass simulation for resources assessment). Northwest and Alaska Fisheries Center. National Marine Fisheries Service, Program Doc. No 26: 168 pp.
- Laevastu, T., Bax, N., 1985. Utility of holistic ecosystem simulation for assessment of stocks and their response to fishing. Northwest and Alaska Fisheries Center. National Marine Fisheries Service. NWFAC Procedded Report 85-18: 37 pp.
- Laevastu, T., Larkins, H. A.. 1981. Marine fisheries ecosystem: Its quantitative evaluation and management. Fishing News Books Ltd. Farnham. Surrey, England, 159 p.
- Nikolskii, G. V., 1969. Theory of fish populations dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources. Oliver and Boyd - Edinburgh, 323 p.
- Oğuz, T., Ducklow, H., Malonette-Rizzoli, P., Tuğrul, S., Nezlin, N. P., Ünlüata, Ü., 1996. Simulation of annual plankton productivity cycle in the Black Sea by a one-dimensional physical-biological model. J. of Geophysical Res. 101(C7): 16584-16599.
- Oğuz, T., Ducklow, H. W., Shushkina, E. A., Malonette-Rizzoli, P., Tuğrul, S., Lebedeva, L. P., 1998. Simulation of upper layer biogeochemical structure in the Black Sea. In: NATO.TU-Black Sea

- Project: Ecosystem modeling as a management tool for the Black Sea, Symposium on Scientific Results (NATO, ASI Series, Vol. 2). L. IVANOV & T. OĞUZ (eds). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 257-300.
- Oğuz, T., Ducklow, H. W., Malonette-Rizzoli, P., James, W. M., Shushkina, E. A., Vedernikov, V.I., Ünlüata, Ü., 1999. A physical-biochemical model of plankton productivity and nitrogen cycling in the Black Sea. Deep Sea Res. I 46: 597-636.
- Örek, H., 2000: An application of mass balance ecopath model to the trophic structure in the Balck Sea after anchovy collapse. MS Thesis, IMS-METU, Erdemli, 115 p.
- Shuskina, E. A., Musayeva, E. I., 1983. The role of jellyfish in the energy system of the Black Sea plankton communities. Oceanology, Acad. of Sci. of the USSR, 23(1): 92-96
- Vinogradov, M. Ye., 1990. Investigation of the pelagic ecosystem of the Black Sea (44th Cruise of the R/V Dimitriy Mendeleyev), 4 July-17 September 1989. Oceanology, 30: 254-256.



Şekil 2: Modelin basitleştirilmiş işleyiş şeması.

E Çevresel etkilere işaret etmektedir. Büyüme ve besin tüketimi sıcaklığından etkilenmektedir (Laevastu ve Bax, 1985'ten).