

Su Ürünleri Mühendisliği

Temel İlkeleri ve Genel

Hususlar

Ders Notları



Prof. Dr. Telat YANIK

Atatürk Üniversitesi

Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü

ERZURUM - 2010

Su Ürünleri Mühendisliği

Temel İlkeleri ve Genel

Hususlar

Ders Notları

Prof. Dr. Telat YANIK

Atatürk Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü
ERZURUM - 2010

GİRİŞ

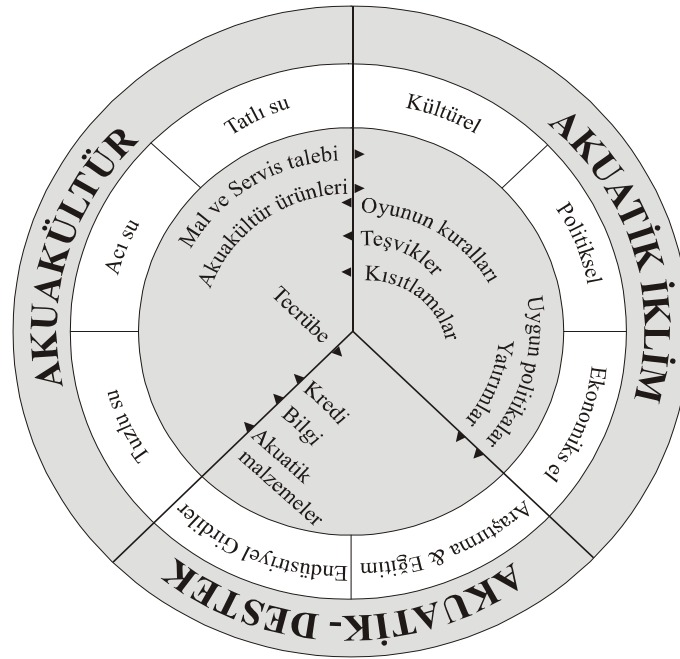
Kelime olarak, Akuakültür sudaki bitki ve hayvanların maksatlı müdahalelerle üretilmeleri olarak tarif edilebilir. Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliği üretilen miktar, yetiştirilebilen tür sayısı ve yetiştiricilik yapılan coğrafik bölge ve ortam bakımından önemli artış göstermiştir. Bu artışın nedenlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Çelikkale vd 1999).

- Doğal stoklardan maksimum yararlanma düzeyine ulaşılmış olması ve birçok türün doğal veya avcılık yoluyla üretiminin artan talebi karşılayamaması,
- Su ürünlerinin besin değeri ve artan nüfusun beslenmesinde oynayacağı rolün toplumlarca benimsenmiş olması,
- Açık deniz balıkçılığının giderek pahalı bir ekonomik faaliyet haline gelmesi, münhasır ekonomik bölgelerin sınırlarının çoktan belirlenmiş oluşu,
- Deniz kirliliği ve aşırı avcılık gibi nedenlerle doğal stoklara zarar verilmesi ve bu stokların takviye edilmelerine gerek duyulması,
- Talebin artması ve doğal üretimin azalması sonucu pazar fiyatlarındaki artışın yetiştiriciliği cazip hale getirmesi,
- Su ürünlerinin beslenmede önemini kavrayan toplumlarda yıl boyunca su ürünlerine talep olması,
- Biyoloji, çeşitli mühendislik ve genetik bilimindeki gelişmelerle yetiştiricilikte her geçen gün yeni gelişmelerin sağlanmasıdır.

Tahminlere göre 2025 yılında dünya su ürünleri yetiştiriciliğinin 1989 yılındaki gibi kişi başına yıllık 19 kg su ürünleri değerinin korunabilmesi için 62 milyon tona (şu andaki üretimin yaklaşık 1,5-2 katına) ulaşması gerekmektedir. 1998 yılında dünya su ürünleri tüketimi kişi başına 15,8 kg olarak gerçekleşmiştir. Kişi başına 3,2 kg'lık azalma dünya nüfusunun artmasından kaynaklanmıştır (Davenport et al. 2003).

Akuakültürde başarı sağlamak için pek çok faktörün dikkatli şekilde ayarlanması şarttır (Şekil 1). Zira sucul çevre canlılar için hem besin ortamı hemde yaşama ortamı olarak hizmet etmektedir. Karşılaştırma yapıldığında, kara ve sudaki hayvan yetiştiriciliği pek çok bakımdan benzerdir. Her iki yetiştiricilikte de girdilerin pek çoğu aynıdır ve yine çok benzer diğer işlemlere tabi tutulurlar. Ayrıca her iki yetiştiricilikte aynı maksata yani insan tüketimi için hayvansal protein üretimine hizmet etmektedirler.

Diğer taraftan kara hayvanlarının yetiştiriciliğindeki temel bilimlerin çoğu (genetik ve yetiştirme, besleme, büyütme, patoloji) aquatik hayvanlar içinde uygulanabilir. Ancak, hidrosfer ve atmosfer karşılaştırıldığında, kara ve su hayvanlarının kültürlerinde önemli etkilere sahip olan bazı biyolojik farklılıklar olduğu görülmektedir. Aquakültürcüler genelde "soğuk kanlı" düşük yapılı hayvanlarla çalışırken, zooteknistler başlıca "sıcak kanlı" yüksek yapılı hayvanlarla çalışmaktadırlar. Sıcak kanlı kara hayvanlarıyla karşılaştırıldıklarında, soğuk kanlı aquatik hayvanlar çevrelerindeki değişimlerden daha az bağımsızdırlar. Yani çevre faktörlerinden daha fazla etkilenirler.



Şekil 1. Akuakültür ve üzerinde rol oynayan faktörler

Karasal ve akuatik hayvan yetiştiriciliğinin doğal yapısı

Evcilleştirme ve kültivasyon neticesinde karadan pek çok tipte bitkisel ve hayvansal gıdalar sağlanmıştır, fakat aynı yoldan hareketle göllerden, nehirlerden ve okyanuslardan balık üretimi oldukça sınırlıdır. Avlamayla elde edilen hasat miktarını, avlanmaya açık ve kapalı yani yasak ve serbest sezonlar oluşturarak, yakalanabilir balık miktarını, ağ büyüklüğü ve tekne büyüklüklerini de sınırlandırmak suretiyle düzenlenmek mümkündür. Ancak, çeşit, büyüklük ve üretilcek miktar üzerinde bir

kontrole sahip olmak oldukça zor hatta imkansızdır. Buralardaki üretimin miktarı sadece doğadaki olayların oluşum sıralarının inisiyatifine bağlı olmaktadır.

Doğal sulardaki aquatik hayvanların verimini arttıramadığımızdan ve hasadın miktarını attırdığımızdan dolayı istenilen miktarlarda balık, karides, yengeç ve istiridye avlayabilmemiz doğal kaynaklarımıza kalıcı hasarlar vermeksizin mümkün olamamaktadır. Sonuç olarak, yapılan tahminlere göre, aquatik hayvanlara olan talep yüzünden bu yüzyılın sonunda bunların dünya çapında üretimi yaklaşık 20 milyon tonu geçecektir. Uzun vadede bu istenmeyen tüketim-üretim miktarı sadece yetiştiricilikle tersine çevrilebilir.

Hem aquatik hem de kara hayvanlarının üretimleri, hasatları, işlenmeleri, pazarlanmaları, ve gıda olarak değerlendirilmeleri birbirinden bağımsız pek çok faktörlere bağlıdır. Bunlar aslında fiziksel, kimyasal, biyolojik, psikolojik, sosyolojik ve ekonomik yöntemlerin bir kompleksidir. Bu yöntemlerde genler, hücre membranları, dokular, toprak, su, iklim, bilim adamları, satıcılar, kasaplar, bankacılar, devlet müesseseleri, gıda kontrolcüler, reklam şirketleri, yeme hevesi, diet ve pek çok diğer tamamlayıcı faktörlerle beraber girdilerde birbirlerine bir çok boyutlu matris içinde bağlanmışlardır. Bu matris ekosistem olarak adlandırılmaktadır (Odum, 1983). Bu hayvan üretimi, hasadı, pazarlanması, ve ekosistemin değerlendirilmesi bir çeşit örümcek ağı ile karşılaştırılabilir. Bu benzetimde, her ünite diğerlerine direkt veya indirekt olarak bağlanmıştır. Bu benzetimi açarsak, ağ içerisindeki her hangi bir komponentin durumunun değişimi veya yönünün saptırımı sonuçta bütün diğer komponentlerin oransal pozisyonunda bir değişmeye neden olur. Bir örnek olarak, Papa III.Paul bölgesel Roma Pisikoposlarını istedikleri zamanda et yeme yasağını kaldırabileceklerine izin verdiği kararını açıkladığı zaman, bu kararın ülkedeki bütün hayvan üretim ekosistemi “ağı üzerinde kötü yansıma yaptığı bildirilmektedir (Bell, 1968.) Daha yakın geçmişte, birkaç broyler karkası üzerinde az miktarda feces (dışkı) bulunması da aynı şekilde kötü yansımayla sonuçlanmıştır.

Tabiattaki hayvan üretim miktarının tahmin edilmesine, populasyon yoğunluğuna bağlı olmayan (seller ve kuraklıklar) ve populasyon yoğunluğuna bağlı olan (tüketiciler ve rekabet) faktörlerin eklemeli veya toplamı, ve birbirini etkileyen tesirleri oldukça fazladır. Örneğin Karadenizdeki hamsi stoğu, ağaçlık alanlarındaki tavşan populasyon

miktarı ve Mobil Koyundaki karides popülasyonu yıldan yıla büyük ölçülerde değişmektedir. Üretim işlemine veya hayvan ziraatine müdahaledeki maksatlardan birisi belirsizliği veya kesinsizliği azaltmaktır. Çünkü müdahale miktarı arttıkça belirsizlik miktarı en azından belli bir noktaya kadar azalacaktır.

Doğadan çeşitli metotlarla yapılan avcılık ve yetiştiricilik (dalyan, setler) kara hayvanları yetiştiriciliğinde daha az gözükmektedir. Çünkü karasal hayvanların sadece bir kaç türü (tavşan, kuş) ancak bu tip sınırlı yani doğadan yavru veya anaç toplamak için kurulan setler veya dalyanlar gibi müdahale sistemleriyle avlanmaktadır. Buna en açık örnek farklı yem çeşitleriyle beslenen mesela yeşil yemle beslenen ve kesif yemle beslenen kültürlerden üretilen sığır eti üretiminin karşılaştırılmasıdır. Bu iki sistem bu şekilde karşılaştırılabilir; bir tanesi meradan beslenmeye dayanmakta diğeri ise önceden değinildiği gibi hazırlanmış yemlerle besleme sistemine dayanmaktadır. Müdahalenin seviyesi ve verimin miktar olarak derecesi, mera beslemesinde kesif yemle yani feedlot sistemiyle elde edilenden daha az olmaktadır. Aynı hayvanların üretildikleri aynı ortamda aynı anda yem üretilmesi Müdahalenin düşük seviyesini temsil etmektedir. Yeşil otlarla beslenen sığırlardan muhtelif yıllarda kuraklık mevsiminde elde edilen net verimin az oluşu bu yarı kontrollü sisteme iyi bir örnektir.

Dünyanın kültüre alınmış karides miktarının sadece küçük bir kısmı bu tip mera yemlemesiyle yani yemle hayvanın aynı anda aynı yerde üretildiği sistemle üretilmektedir. Amerika'da bunun yerine soya fasülyesi, mısır ve buğday tane yem olarak üretilmiş ve bu yemlerin karides yemi olarak kullanıldıkları tropik bölgelere pazarlanmıştır. Müdahalenin bu seviyede olmasıyla, hayvan kültürü ve yem kültürü buralarda ikiye katlanmıştır. Uluslar arası karides ticaretinde yaşama payı ve gelişme için gerekli olan verim çıktı seviyesi tam kontrollü kültür sistemi gerektirir. Aynen bunun gibi sığır işleme, pazarlama ve ekosistemin kullanılması da daha fazla miktarda net verim seviyesini gerektirir ki bu yeşil otlarla beslemeyle sağlanamaz.

BÖLÜM I

1.1. Kültür ortamları bakımından kara ve su hayvanları

Genellikle çevre şartlarının yaşayan yaratıkların doğasını evrimle şekillendirdiğine inanılmaktadır (Smith,1977). Diğer yandan, yaşayan canlıların biyolojisi yani tabiatı onların kültürlerinde etkili olacak müdahalenin yapısını ortaya çıkarır. Bu açıdan hareketle, kara ve su hayvanlarının ıslahı için gereken müdahalenin farklı olabileceği açıktır, Çünkü bunların yaşadıkları çevreler hidrosfer ve atmosfer farklıdır.

Kara hayvanlarının ıslahı atmosferde mümkündür. Yeryüzüyle temasta olan atmosfer, nitrojen karışımları, oksijen, su buharı, karbondioksit, ve ağır gazlardan oluşmaktadır. Su, havadan farklı olarak, bir kimyasal bileşiktir. Fakat, özel bir kompozisyona sahip olmasına rağmen nadiren de olsa saf kimyasal formda bulunur. Su genellikle tuzlardan ve gazlardan oluşan kompleks bir çözelti olarak bulunur. Ünlversal çözücü olarak adlandırılır. Su herhangi bir sıvının çözebildiğinden daha fazla madde çözme yeteneğine sahiptir. Sonuç olarak, aquakültürde kullanılan suyun kompozisyonu havadan daha fazla değişmektedir. Suyun doğal yapısından dolayı, amonyak ve karbondioksit gibi atık ürünleri su içerisinde tehlikeli seviyelere kadar yükselebilir. Buna ek olarak ta pestisidler ve diğer kontaminantlarda ciddi problemlere neden olabilirler.

Hava yüksek derecede uçuş ve dışarıdan bir güç uygulandığında bir formdan diğerine geçebilme yeteneğinde olan akışkanlar karışımıdır. Oksijenin ve nitrojenin ferdi (serbest) molekülleri değişmez halde hareket ederler. Bu yüzden bunların havadaki konsantrasyonları sabit kalır. Su hava kadar akışkan değildir. Suyun yoğunluğundan dolayı serbest moleküller daha yavaş hareket ederler. Örneğin, hareketsiz bir suda bir oksijen molekülü yaklaşık 6 m/yr hareket edecektir. Sonuç olarak, sudaki oksijen konsantrasyonu aquakültür için kullanıldığı zaman biyolojik oksijen ihtiyacından dolayı azalır. Bu oksijeni atmosferden sağlamakta güçtür. Alışılmamış durumlar hariç, havanın şeffaflığı suyunkinden çok daha fazladır.

Havadaki görüş mesafesi genellikle binlerce metre olarak ölçülür. Su içerisinde bu santimetrelerle ölçülür. Pek çok akuakültürel durumlarında, hayvanlar hiç görülemezler. Sonuç olarak, çiftçi havuz temizlene kadar yemlediği hayvanları sayamaz.

Hava birim hacıma nispeten daha az ağırlığa sahiptir ve bu ağırlık rakıma göre azalır. Bu olağanüstülüğün bir sonucu olarak, havadaki nesneler düşük seviyede (boyuancy) sahiptirler, yani kaldırma kuvvetinden az faydalanırlar. Suyun yoğunluğundan dolayı,

cisimler içerisine batarlar ve bu cisimler havadaki cisimlerden daha fazla miktarda kaldırma kuvvetine maruz kalırlar. Neticede, hava ortamında yaşayan hayvanlar üzerindeki yerçekimi etkisi, su ortamında yaşayan hayvanlar üzerindeki yerçekiminin etkisinden çok farklıdır.

Havanın fiziksel yapısı gaz halinden sıvı hale zor değişmesine rağmen, su sıcaklığının 0°C'den 100°C'ye kadar değiştirilmesi suretiyle sıvı halden katı hale (buz) veya gaz haline (buhar) geçebilir. Yukarıda da değinildiği gibi, havanın sıcaklığı ısıyla muameleyle hızlı şekilde değişebilir. Suyun sıcaklığı da aynı yöntemle değiştirilebilir fakat bu eşit derecede olmaz. Suyun sıcaklığını yükseltmek için gerekli olan ısı miktarı, diğer bütün maddelerin sıcaklığını arttırmak için ihtiyaç duyulan ısı miktarından daha fazladır. Benzer şekilde, suyun sıcaklığını düşürmek içinde birkaç madde hariç diğer bütün maddelerden daha fazla miktarda ısı atmak gereklidir. Bu fevkalâdeliğin bir sonucu olarak, hidrosferin sıcaklığı atmosferinkinden çok daha yavaş değişir. Havadan ısı enerjisi uzaklaştırıldıkça hacmi azalır ve yoğunluğu artarak katı hale kadar devam eder. Aynı şey su içinde olur fakat sadece bir noktaya devam eder. 4°C'nin altı su için donma noktasıdır bu sıcaklıkta yoğunluk en yüksek noktasına ulaşır. Sıcaklık daha fazla düşürülürse yoğunluk azalır. Bu olağanüstülüğün bir sonucu olarak, havuzların yüzeyinde buz teşekkül eder. Buz kaplanması oksijen miktarını düşürür ve fotosentezle üretim azalır, ayrıca hayvanları yemlemek zorlaşır ve hasat yapmayı da önler. Suda oksijen mevcuttur fakat havadaki konsantrasyonuyla karşılaştırıldığında önemli miktarda azdır. Havadaki oksijen oldukça sabit bir oranda %21 oranında bulunur. Sudaki miktarı suyun sıcaklığına bağlı olarak 5 ila 15 ppm arasında değişir. Oksijen konsantrasyonu, aquatik hayvanların metabolizma ve oksijen ihtiyaçlarının maksimum olduğu yüksek sıcaklıklarda en düşüktür. Sonuç olarak, aquatik hayvanlar metabolizmalarında kullanmak için sudan oksijeni alırlarken, karadaki hayvanların havadan oksijeni almalarından daha fazla zorlanırlar.

1.2. Biyolojik yönden kara ve su hayvanları

Atmosfer ve hidrosfer kültürel çevre olarak birbirlerinden farklıdırlar ve kara ve su hayvanlarının biyolojileri de farklıdır. Fakat, suyun yaşam üzerindeki rolü hem kara hem de su hayvanlarında hemen hemen aynıdır. Su bütün hayvanların hücre

metabolizmalarında aynı rolü oynar, fakat her iki çevreninde fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı evrim bu iki gruba da hayatların sürdürülebilmesi için farklı mekanizmalar sağlamıştır. Türlerin bu iki çevre üzerinde başarıyla üretilmesi onların biyolojilerinin idare edilme miktarına bağlıdır.

Yüksek yapılı hayvanlar düşük yapılı hayvanlara karşı dediğimizde, hayvanlar için kullanılan "yüksek" ve "düşük" kelimeleri tam manasıyla tarif edilememelerine rağmen, bu kelimeler suda ve karada yaşayan hayvanlar arasındaki genel farklılıkları çok iyi tanımlamaktadırlar. Kültüre alınan akuatik hayvanlar içerisinde, "soğuk-kanlı" kabuklular (yengeç ve karides), yumuşakçalar (istiridye ve deniz tarağı) ve bazı daha ilkel omurgalılar (balıklar) dahil edilmektedirler. Kültüre alınmış "sıcak-kanlı" kara hayvanları sığır, koyun, domuz ve kanatlı hayvanlar gibi yüksek yapılı omurgalılardır. Genel bir ifadeyle, akuatik hayvanların hayatları, karada yaşayan hayvanların hayatlarıyla kıyaslandığında, yaşamış oldukları çevrelerinden daha az bağımsızdırlar.

a. Vücut destekleri ve hareket

Havanın ve suyun yoğunluklarının farklılığından dolayı, karadaki hayvanlar boyuancy'den hiç yararlanamamalarına rağmen, su hayvanları boyuancy'den (kaldırma kuvveti) oldukça faydalanırlar. Sonuç olarak, kara hayvanları vücutlarını desteklemek için ağır bir iskelete sahiptirler ve bu hareket için gerekli olan mekaniksel sistemi sağlar. Bunun aksine, su hayvanları daha hafif iskelete ihtiyaç duyarlar. Fakat telafi edici faktörler vardır. Vücut yüzeyi ve su arasındaki sürtünme oldukça fazladır ve bunu yenmek için yüksek miktarda enerji gereklidir.

b. Termoregülasyon

"Soğuk-kanlılık" suda yaşayan hayvanlar için bir avantajdır. Vücut sıcaklıkları çevre sıcaklığına göre değişir. Yani balıklar vücut sıcaklığını düzenleyecek veya sabit tutacak bir mekanizmaya sahip değildirler. Bunlar vücut sıcaklıklarını sabit tutmak için oksijen harcamak zorunda değildirler. Bu hayvan için bir avantaj olarak gözüktüğü de yetiştirici için bir dezavantajdır. Yılın soğuk aylarında su sıcaklığı düştüğünde, metabolizma çarpıcı şekilde yavaşlar ve büyüme hemen hemen durur. Amerika'nın güney bölgelerinde bile kanal kedi balığı için büyüme periyodu sadece 6-9 ay arasındadır. Bu problem akuatik hayvanların kültür sistemlerinde "kontrol altına alınmış çevre" geliştirmek için sarf edilen çabaların karşısındaki en büyük güçlüktür. Kontrol altına alınmış dış çevrenin nispeten kontrolsüz iç çevreye tercih edilmesi mümkün olabilir.

Su ortamlarının diğer bir özelliği, taşıma gücünün atmosfere oranla çok daha fazla olmasıdır. Su havadan daha yoğun olduğu için, içindeki canlıları kolayca taşır. Örneğin, çok ağır olan balinalar bile suyun bu özelliği nedeniyle suda kolayca hareket ederler. Buradan da anlaşılabileceği gibi, balıklar hareketleri için fazla enerji harcamazlar. Halbuki atmosferde buna benzer bir hayat şekline rastlanmaz (Tatlı suyun kaldırma kuvveti daha düşük olduğu için balıklar daha fazla enerji harcarlar). Balık yetiştiriciliğiyle ilgilenen herkesin su sıcaklığıyla sudaki gaz konsantrasyonları (miktarı) arasında sıkı bir ilişkinin varlığından haberdar olması gerekir. Ayrıca tatlı su, deniz suyu ve acı suların farklı kimyasal yapılara sahip olduğu da bilinmelidir. Kısacası, kara tarımında bitkisel ve hayvansal üretimi engleyen çok değişik faktörler olduğu gibi, su tarımında da verimi etkileyen çok değişik çevresel faktörler bulunmaktadır. Bu nedenle, balık beslemede de çevre genotip interaksiyonlarının iyi bilinmesinde fayda vardır.

1.3. Su regülasyonu

Hem kara hem de su hayvanlarının hücreleri canlı kalabilmeleri için mutlaka daima yaş olmalıdırlar. Hücre membranları içerisinde her iki yönde taşınan moleküller membranlar yaş olmazlarsa ilgili yerlere ulaştırılamazlar. Buna ilaveten, besin maddeleri ve metabolik atıklarda hücrelerin içine ve dışına bir sulu ortamda taşınırlar. Hem kara hem de su hayvanlarının vücutlarında mutlaka su biriktirmeleri gerekmesine rağmen, bunu yapış şekilleri farklıdır. Mesela, kara hayvanlarıyla karşılaştırıldıklarında, farklılıklar özellikle tatlı su balıklarında daha belirgindir. Kanal kedi balıklarının kanları içerisinde yaşamış oldukları sulardan daha fazla "tuzlar" içermektedir. Sonuç olarak, basınç farklılığından dolayı her iki yanda bulunan solungaçların, barsak sisteminin ve derinin yarı geçirgen membranlarından, su molekülleri dolaşım sistemine geçerler. Kedi balıkları suda boğulmamak için suyu mutlaka devamlı surette dışarıya pompalamak zorundadırlar. Bunun tam tersine kara hayvanları su kaybından dolayı meydana gelen kuruluğa karşı koymak için, vücutlarını soğutmak için ve hücrelerden atıkların vücut dışına taşınmaları için mutlak surette düzenli olarak su içmeleri zorunludur.

Tatlı su balıklarında kandaki iyon konsantrasyonu çevredeki suyun iyon konsantrasyonundan daha yüksektir. Bilindiği gibi, iyonik konsantrasyonu düşük olan sudan, iyonik konsantrasyonu yüksek olan ortama doğru devamlı bir diffizyon vardır. Bu nedenle tatlı su, balıkların solungaç ve sindirim sistemi aracılığıyla devamlı olarak

vücuda girmektedir. Tuzlusu veya deniz balıklarında kanın iyon konsantrasyonu, çevredeki suyun iyon konsantrasyonundan daha düşüktür. Yani iç basınç çevredeki su basıncından daha azdır. Dolayısıyla az yoğun ortamdan çok yoğun ortama doğru bir geçiş nedeniyle balığın derisinden devamlı su kaybı olmaktadır. Bu su kaybını önlemek için balık devamlı su içer, mümkün olduğu kadar az idrar çıkarır. Su organizmalarının yaşamını, içinde yaşadıkları suların fiziksel ve kimyasal özellikleri geniş çapta etkiler. Bugün bile ,su organizmaları hakkında bildiklerimiz kara organizmalarınkinden oldukça azdır. Çünkü su organizmalarıyla çalışmanın bir çok zorlukları vardır. Su yoğunluğu nedeniyle canlıların hareket kabiliyetlerini azaltırken, kaldırma kuvvetinin yüksek olması nedeniyle de canlıların fazla enerji harcamadan yüzmelerini kolaylaştırır. Bilindiği gibi, kara hayvanlarının büyük bir çoğunluğunun hareket kabiliyetleri sınırlıyken, su canlıları üç boyutta hareket etme şansına sahiptirler. Yani, su içinde canlılar aşağı-yukarı ve yanlara doğru hareket edebilmektedirler. Bu durum su canlılarına herhangi bir sorunla karşılaşmışları zaman kaçıp kurtulma imkanı sağlar. Atmosfer oksijeniyle solunum yapan hayvanlar (bazı balık türleri dahil, dipnoi), oksijence zengin bir ortamda yaşamaktadırlar. Halbuki sudaki O_2 miktarı havadaki % 5'i kadardır. Bu durumda, sudaki balık iki önemli sorunla karşı karşıyadır.

1. Balık havaya göre daha yoğun olan suyu devamlı şekilde solungaçlarına pompalamak zorundadır. Bunun için devamlı olarak ağızdan su alır ve solungaçlardan dışarı atar.
2. Balık, O_2 miktarı düşük olan sudan çok fazla miktarda solungaçlardan geçirme zorunluluğundadır. Balıklar ancak bu şekilde solunum olayını gerçekleştirebilirler. Ayrıca suyun sıcaklığı ve içerdiği iyonların da balıkların solunum ve osmoregülasyonu üzerinde büyük etkisi vardır.

Standart sıcaklık ve basınçta havayla doymuş 1 litre suda 14.6 mg O_2 , ya da havadaki O_2 'nin % 5'i kadar O_2 bulunmaktadır.

1.4. Fecundite (Yumurta verimi)

Kültürde kullanılan akuatik hayvanların yumurta verimleri veya yavru verimleri genellikle kara hayvanlarınkinden çok daha fazladır. Bazı istisnalar olmasına rağmen, akuatik hayvanların dişileri her yıl birkaç binden birkaç milyona kadar yumurta verirler. Kara hayvanlarındaki verim ise, genellikle bu miktarların sadece küçük bir fraksiyonudur (kısmı kadardır).

1.5. Yavruların bakımı

Döllenmiş yumurtaların ve yavruların bakımı kültür için kullanılan kara hayvanlarının çoğunda doğuştan gelen önemli bir karakteristiktir. Genellikle döllenmiş yumurtalardan yavruların çıkıp kendilerine yeterli hale gelinceye kadar bakım işlerini dişi ve ikincil plânda da erkek ebeveyn üstlenir. Oysa, akuatik hayvanların çoğunda döllenmiş yumurtaların bakımı ve yumurtalardan çıkan yavruların bakımı diye bir şey yoktur. Üstelik, bunlarda yumurtaların döllenmesi esnasında çiftler arasında herhangi bir bağda söz konusu değildir. Döllenmiş yumurtalar hidrosferin merhametine terk edilirler. İlginçtir ki, bir dereceye kadar yumurtalarına sahip olan sadece bir kaç tür kültüre alınmıştır. Mesela, *Oreochromis*'lerin bazı türlerinde örneğin tilapialarda yumurtalar döllenmeye başlandığında geçici bir çift bağı vardır ve dişi döllenmiş yumurtaları onlar açılıncaya kadar ağzında taşır ve bu kuluçka süresi pek çok gün sürer. Ara sıra, yavrular ağızdan dışarıda yemlenmeleri için bırakılır fakat tehlike anında tekrar hızlıca geri kaçırlar. Ayrıca, Luisiana kırmızı crayfish'lerin (*Procambarus clarkii*) dişileri döllenmiş yumurtaları onlar açılıncaya kadar kuyruklarının altlarında taşırlar.

1.6. Atıkların değerlendirilmesi

Kara hayvanlarında üre ve dışkı direkt olarak yere dökülür ve orada ayrışır. Bunların toplu halde olması yani akümülyasyonu, intizamsızlığa, pis kokulara veya mide bulanmasına sebep olabilir fakat genellikle bunlar hayatı tehdit edici problemlere neden olmazlar. Bunun aksine, akuatik hayvanlarda üre ve dışkı suya bırakılır ve orada mikroorganizmalara maruz kalarak oksidasyona uğrarlar ve dekompoze (ayırışma) olurlar. Bu işlemler sırasında hayvanlar havadan alınan oksijen için mikroorganizmalarla rekabet etmek zorundadırlar. Kullanılmamış yemin ortamda olması bu problemleri daha da arttırır. Bazı şartlarda bu rekabet çok şiddetlenir hatta ortamda yaşama payı için bile yeterli oksijen olmaz ve hayvanlar hayatlarını devam ettiremeyerek hepsi ölürler.

2. Beslenme bakımından kara ve su hayvanları

Balıklarda besin maddesi ihtiyaçları türlere göre farklılıklar arz etmekte ve bu farklılıklar besin maddelerinin sindiriminde gözlenmektedir. Bu nedenle yem hazırlanırken ele alınacak türün ılık ya da soğuk suda yaşadığı, tatlı su yada deniz balığı olduğu, kabuklu olup olmadığı gibi hususlar dikkate alınmalıdır. Hatta beslenme

alışkanlıklarına göre yemlerin şekli (pelet, yaş, granül yem vs) de önemlidir. Balıklar kara hayvanlarına göre almış oldukları besin maddelerini daha fazla ete çevirmektedirler. Örneğin, tavuklar aldıkları her gram yemin 0.48 g'ını değerlendirebilirlerken balıklarda bu miktar 0.84 g civarında olmaktadır (Lovell , 1989). Diğer yandan balıklarda randıman da kara hayvanlarına oranla oldukça fazladır Tablo 1 ve 2'de çeşitli çiftlik hayvanlarıyla balıkların karşılaştırılması verilmektedir.

Besin maddeleri bakımından ele alındığında balıklar ile diğer çiftlik hayvanları arasında bir takım farklılıklar vardır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

1-Balıklar, soğukkanlı (poiklotherm) canlılar olduğundan, enerji ihtiyaçları diğer hayvanlara göre daha azdır. Bu yüzden balıklar beslenirken, enerji düzeyi düşük, protein değeri yüksek yemlerle beslenmelidirler.

2-Balıklar, sıcakkanlı (homoiklotherm) hayvanlardan farklı olarak bazı yağ asitlerine esansiyel olarak ihtiyaç duymaktadırlar. (araçhidonik, linoleik ve linolenik asit)

3-Balıklar çözünmüş durumdaki minarelleri, yaşama ortamları olan sudan büyük miktarda alabilmektedirler. Bu nedenle yemlerde mineral madde kullanımı sınırlıdır.

Tablo 1. Balık, tavuk ve sığır yemlerinde bulunan besin maddeleri ve değerlendirilme oranları (Lovell, 1989)

Hayvan	Yem kompozisyonu			Etki		
	Protein (%)	Enerji (Kcal/ME/g)	ME/Protein Oranı	Ağırlık kazancı/1 g yem	Protein kazancı/ 1 g yem	Protein kazancı/ ME
Balık	32	2,7*	8,5	0,84	0,36	47
Tavuk	18	2,8	16	0,48	0,33	23
Sığır	11	2,6	24	0,13	0,15	6

*Sindirilebilir (SE) enerjiden tahmin edilmiş metabolik enerji (ME)

Tablo 2. Çeşitli hayvanların et oranı ve karkas özellikleri (Lovell, 1989)

Hayvan	Et oranı		Karkas özelliği	
	Et oranı ¹	Atık ²	Yağsız et (%)	Yağ (%)
Kanal yayını	60	14	81	5
Tavuk	61	15	60	25
Sığır	72	21	54	26
Domuz	72	30	65	9

¹Hayvanın temizlendikten sonra pazarlanabilen et oranı

²Balıklarda sadece kemikler, sığır ve domuzda kemikler, yağ ve bağlar, kümes hayvanlarında kemikler

Dünyada Akuakültürün Durumu

ÜLKE	2003	2004	2005	2006	2007	Sıra
China	33.663.593	35.941.524	37.615.311	39.359.174	41.172.951,10	1
India	2.312.971	2.799.304	2.966.646	3.169.305	3.354.757	2
Indonesia	1.228.559	1.468.612	2.124.093	2.479.247	3.121.379	3
Philippines	1.448.504	1.717.028	1.895.848	2.092.274	2.214.785	4
Viet Nam	967.502	1.228.617	1.467.300	1.693.727	2.194.500	5
Korea, Republic of	839.845	952.856	1.057.725	1.279.163	1.399.075	6
Thailand	1.064.409	1.259.983	1.304.213	1.406.981	1.390.031	7
Japan	1.301.578	1.260.810	1.253.963	1.223.953	1.279.346	8
Bangladesh	856.956	914.752	882.091	892.049	945.812	9
Chile	91.714	104.330	112.001	129.708	158.789	10
Caucasus (Kafkaslar)						
Iran	91.714	104.330	112.001	129.708	158.789	25
Turkey	79.943	94.450	119.567	129.025	140.021	27
Russian Federation	108.751	110.018	114.997	106.343	105.803	31
Armenia	1.064	813	739	1.056	1.566	98
Georgia	56	72	72	75	180	131
Azerbaijan	122	184	114	110	113	139
EU-27	1.452.045	1.421.264	1.375.587	1.389.808	1.408.491	27
World Total	50.216.412,90	54.494.750,50	57.731.889,70	61.316.850,70	65.190.029,80	163

Şekil 2. Dünyada su ürünleri üretimi

Ülke	2003	2004	2005	2006	2007
Spain	268.201	293.319	219.367	292.919	281.266
France	239.620	242.671	245.160	238.151	237.653
Italy	191.884	118.217	181.101	172.833	178.992
United Kingdom	181.838	207.203	172.813	171.848	174.203
Greece	101.434	97.143	106.268	113.307	113.258
Ireland	62.516	58.359	60.050	53.122	57.101
Netherlands	66.540	78.598	71.370	45.553	56.761
Germany	74.280	57.233	44.685	35.379	44.994
Poland	35.436	35.131	37.920	35.867	35.628
Denmark	37.772	42.814	39.012	37.188	31.168
Czech Republic	19.670	19.384	20.455	20.431	20.447
Hungary	11.870	12.744	13.661	14.686	15.864
Finland	12.558	12.821	14.355	12.891	13.031
Romania	9.042	8.137	7.284	8.088	10.312
Portugal	8.033	6.700	6.696	7.893	7.473
Sweden	6.334	5.989	5.880	7.549	5.365
Bulgaria	4.465	2.489	3.145	3.257	4.032
Lithuania	2.356	2.697	2.013	2.224	3.377
Malta	887	868	736	1.115	2.548
Austria	2.233	2.267	2.420	2.503	2.525
Cyprus	1.821	2.175	2.387	2.633	2.504
Slovenia	1.353	1.571	1.346	1.369	1.352
Slovakia	881	1.180	955	1.263	1.199
Estonia	372	252	555	703	778
Latvia	637	545	542	565	729
Belgium	1.261	739	414	128	128

EU-27 aquaculture in 2003-2007

Turkey would be 5th place in EU

140.000

Şekil 3. Avrupada su ürünleri üretimi

KAFKASLAR VE TÜRKİYE



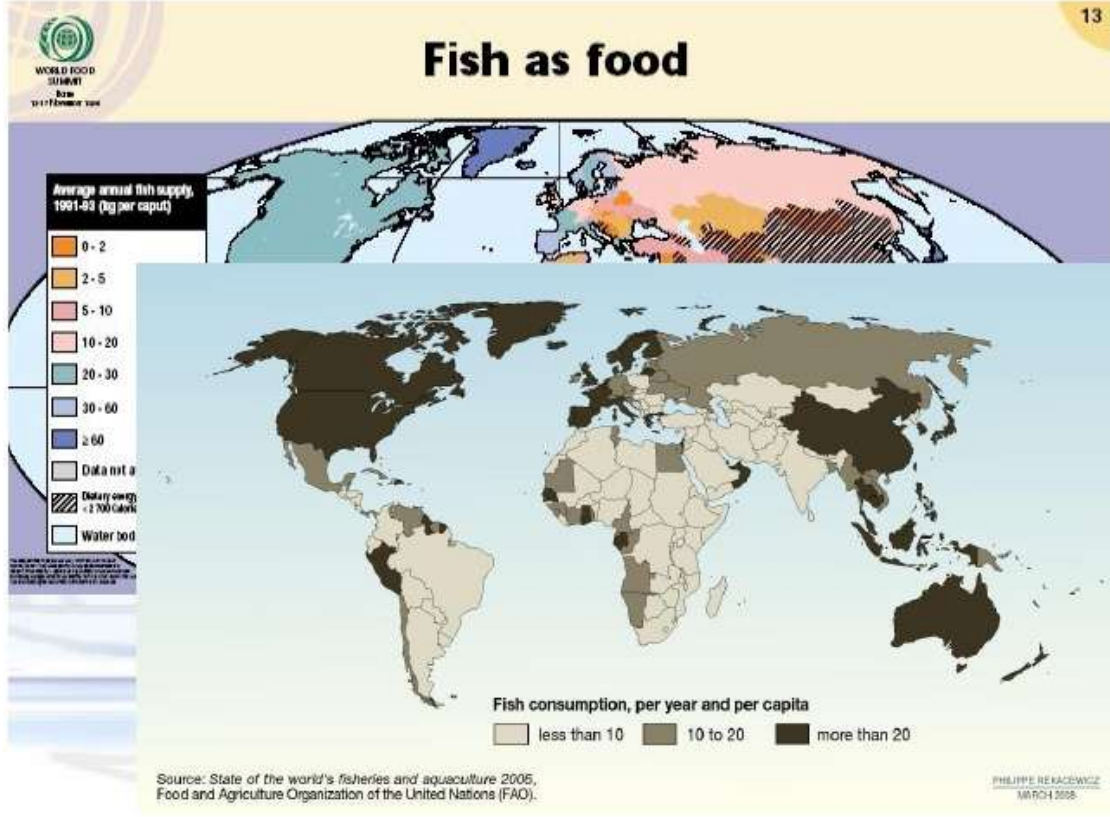
(a)

The most aquaculture species (first three) in Caucas countries
<http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp> (April, 2009)

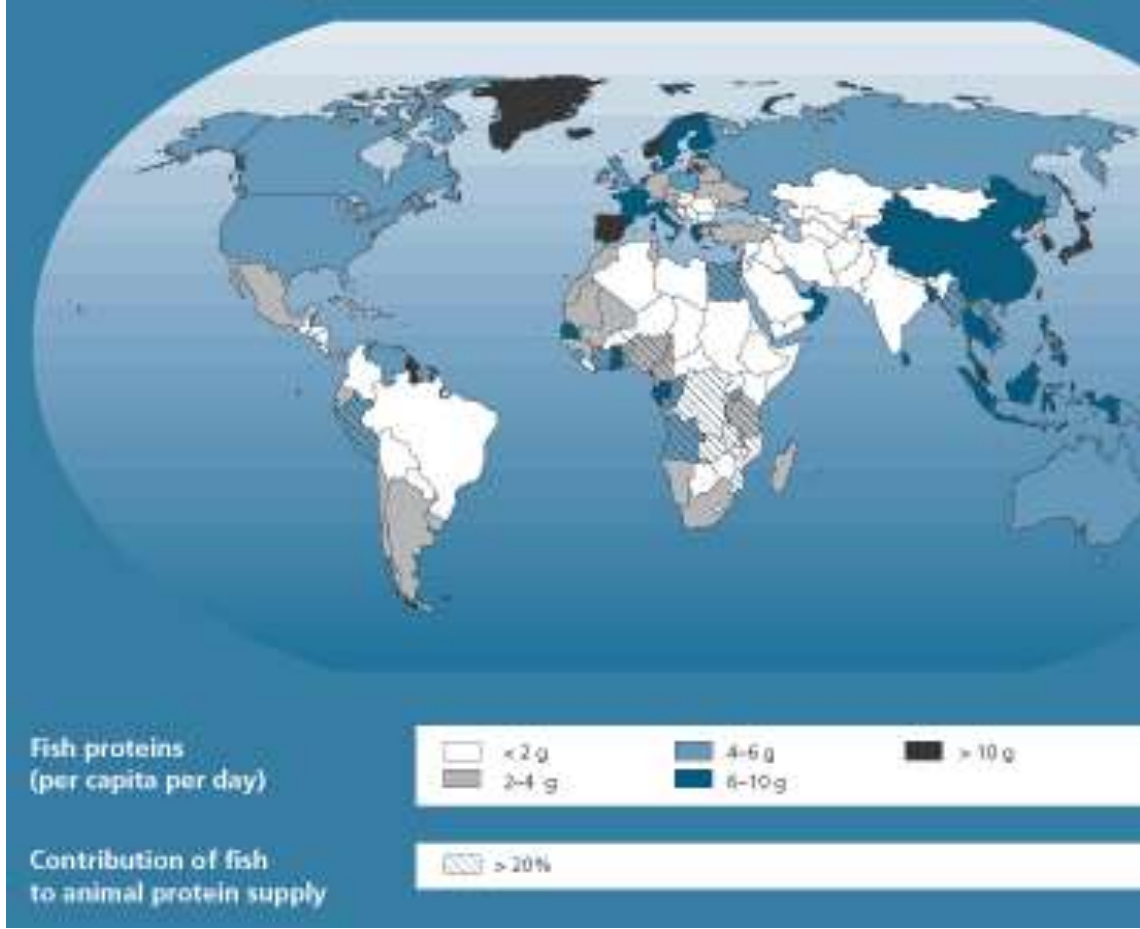
Country	Species	2007
Iran	Rainbow trout	58.761
Iran	Silver carp	53.494
Iran	Common carp	24.316
Turkey	Trouts nei	58.433
Turkey	Seabasses nei	41.900
Turkey	Gilthead seabream	33.500
Russian Federation	Common carp	44.276
Russian Federation	Silver carp	20.073
Russian Federation	Sea trout	14.240
Armenia	Trouts nei	593
Armenia	Common carp	445
Armenia	Silver carp	445
Armenia	Trouts nei	593
Georgia	Rainbow trout	150
Georgia	Common carp	15
Georgia	Silver carp	15
Azerbaijan	Common carp	61
Azerbaijan	Freshwater fishes nei	30
Azerbaijan	Freshwater bream	18

(b)

Şekil 4 a ve b Kafkaslarda su ürünleri üretimi ve Türkiye'nin yeri



Şekil 5. Gıda olarak balığın dünyada ülkeler bazında kişi başına tüketim miktarı (1991-1993 ve 2006 yılı)



Şekil 6. Dünyada tüketilen hayvansal proteine balık etinin ülkeler bazında katkı oranı <http://www.fao.org/DOCREP/007/y5600e/y5600e28.gif>

Türkiyede Su Ürünleri Faaliyetlerinin Örgütlenmesi

1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu, 04.04.1971 tarih ve 13799 Sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanuna istinaden çıkarılan Su ürünleri Tüzüğü ise, 27.07.1973 tarih ve 14607 Sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmıştır.

Bu kanun ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığına (TKB);

- Su ürünleri üretiminin nizamla bağlanması ve bu amaçla da su ürünleri üreticisi gerçek ve tüzel kişilere, su ürünleri üretiminde kullanılan gemiler ve bunları sahip ve donatanlarına ruhsat verilmesini sağlama,
- Su ürünlerinin korunması ve kontrolü için gereken tedbirleri almak,
- Ticari amaçla su ürünleri yetiştiriciliği yapmak isteyenlerin projelerini incelemek, uygun olanların faaliyetine izin vermek,
- Etüt ve araştırmalar yapmak ve yaptırmak,

- Su kaynaklarının kirlenmesini önleyici tedbirleri almak ve aldirmek,
- Kooperatifçiliğe teşvik etmek,
- Su ürünleri yatırımlarını teşvik ve himaye etmek,
- Su ürünleri eğitim ve öğretimi ile ilgili tedbirleri almak,
- Av araç-gereçlerinin haiz olması gereken asgari vasıf ve şartlar ile bunların kullanma usul ve esaslarını belirlemek ve üreticilere tanıtmak,
- Su ürünleri üretim yerleri, balıkçı barınakları, çekek yerleri ve üst yapılarının kiralanması ile ilgili esasları belirlemek,
- Su ürünleri ile ilgili bilgi ve belgeleri toplayıp değerlendirmek görevleri verilmiştir.

Bakanlığa kanunla verilen bu görevlerin yanında 1973 yılında çıkarılan Su Ürünleri Tüzüğü ile de, deniz ve içsularımızdaki su ürünleri stoklarının korunması, ekonomik değere sahip olmayan türlerin yerine daha ekonomik türlerin yetiştirilmesi, teknolojinin olanaklarından yararlanmak suretiyle üretimin artırılması, beslenmedeki protein ihtiyacının karşılanması gibi amaçlarla ve yetkili kamu kuruluşlarının yapacakları bilimsel ve teknik araştırmaların sonuçları göz önünde tutulmak suretiyle mevcut yasak, tehdit ve yükümlülöklere, mevsimler, zamanlar, istihsal vasıtaları, su ürünlerinin cinsleri, ağırlıkları ve büyüklükleri yönünde yenilerini ekleme yetkisi verilmiş bulunmaktadır.

1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu'nun bazı maddeleri, 1986 yılında günümüz şartlarına uygun olarak yeniden düzenlenmiş, tadil getiren 3288 Sayılı Kanun 28.05.1986 tarih ve 19120 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlöğe girmiştir. Bu kanun ile getirilen en önemli değışiklikler, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu'nun cezalara ilişkin 36. maddesi ile ilgili olmuş, 1380 sayılı kanununun bazı maddelerine getirilen tüzük hükümleri, 1995 yılında 3288 sayılı kanun ile yönetmelik haline dönüştürölmüştür. Ayrıca, Ticaret Bakanlığı'na verilen görevler, TKB'na devredilmiştir. Kanunun uygulamaya konulması ile 1971 yılında Su Ürünleri Genel Müdürlöğü kurulmuştur. Genel Müdürlöğe bağılı olarak Türkiye çapında 10 adet Su Ürünleri Bölge Müdürlöğü faaliyete geçmiştir. Bunlar Ankara, İstanbul, İzmir, Van, Mersin, Eğirdir, Elazığ, Sinop, Samsun ve Trabzon Su Ürünleri Bölge Müdürlükleri'dir. Bu oluşum sonucunda su ürünleri konusunda bölgesel olarak etkin çalışmalar başlamıştır. Bu durum 1983 yılına

kadar sürmüştür. 1983’de yapılan bir reorganizasyonla Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tekrar daire başkanlığı seviyesine indirilmiştir. 1985 yılında 361 Sayılı TKB Teşkilat ve Görev Kanunu ile Su Ürünleri Daire Başkanlığı da kaldırılarak, su ürünleri hizmetleri bakanlığın ilgili genel müdürlüklerine dağıtılmış, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü ile Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü’nde Su Ürünleri Daire Başkanlığı birimleri kurulmuştur. Bu durum su ürünleri hizmetlerinin yürütülmesinde önemli sıkıntı ve problemler yaratmıştır. Yetersiz su ürünleri politikası, kredilerin yönlendirilmesinde etkinliğin arzu edildiği şekilde olmaması, kiralama işlemlerinde Maliye Bakanlığı, yetiştirme alanlarının kullanımında Çevre Bakanlığı etkin hale gelmiştir. Yasal işlemlerin zorlaşması sonucu, yasal olmayan işletmeler ortaya çıkmıştır. Çünkü bir işletmenin açılabilmesi için, TKB, Maliye Bakanlığı, Orman bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Çevre Bakanlığı, Turizm Bakanlığı, Kültür Bakanlığı, Ulaştırma bakanlığı, Deniz Müsteşarlığı ve belediyelerden izin alınması gerekmektedir. Bu işlemler de 1.5-2 yıl gibi uzun bir zaman almaktadır. Avrupa Birliği ile uyum sürecinde reorganizasyonun gündeme geldiği şu günlerde balıkçılık ve su ürünleri faaliyetlerinin daha organize yürütülmesi amacıyla çalışma yürütülmesi zorunluluk olmuştur. İnsan beslenmesi için önemi her fırsatta vurgulanan su ürünlerinde sürdürülebilir ve kontrollü bir üretim bu koşulda mümkün olabilir.

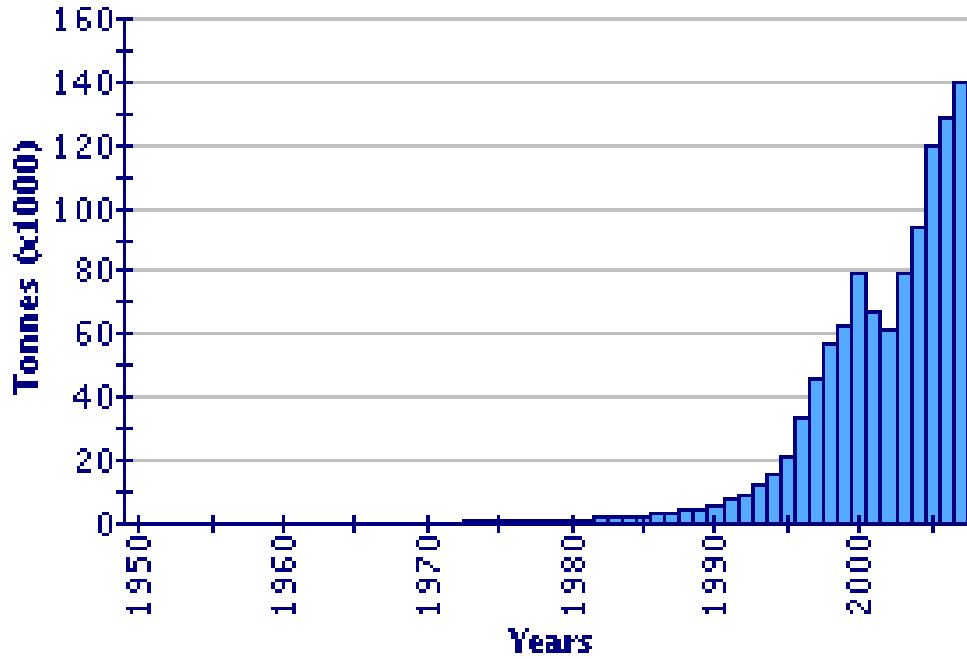
Table 3 Marine and freshwater resources in Turkey.

Marine resources of Turkey		
	Coast length (km)	Surface area (km ²)
Black Sea, Aegean Sea and Mediterranean Sea	7 144	234 750
Sea of Marmara, Istanbul and Dardanelles	1 189	11 322
Total	8 333	246 072

SOURCE: Ministry of Agriculture and Rural Affairs

Freshwater resources in Turkey		
Resource	Number	Extent
Natural Lakes	200	906 118 ha
Dam Lakes	159	342 377 ha
Ponds	750	15 500 ha
Rivers	33	177 714 km

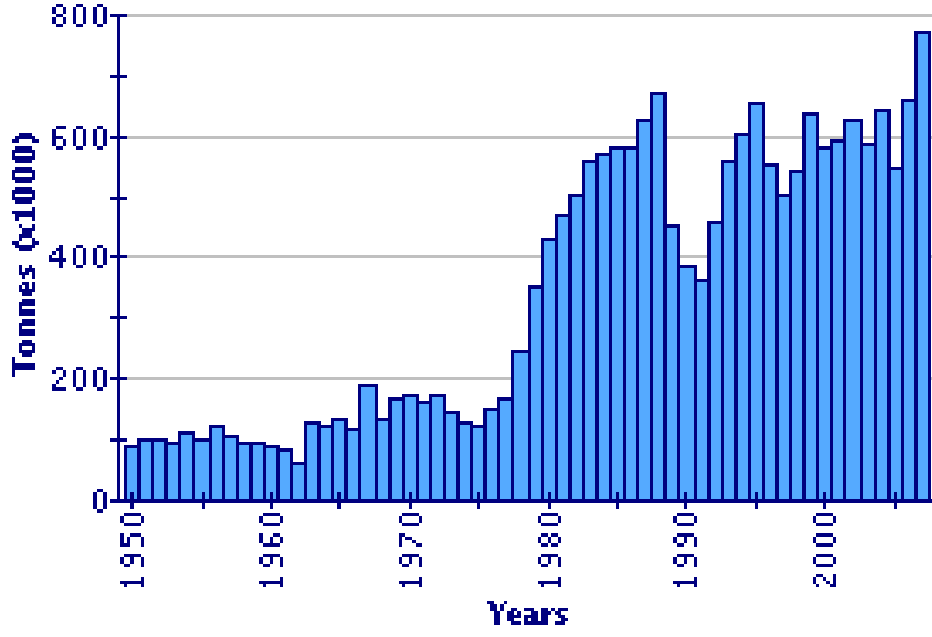
SOURCE: Ministry of Agriculture and Rural Affairs



Turkey
(FAO Fishery Statistic)

Production

Şekil 8. Su ürünleri kültür üretimi



Şekil 9. Reported total aquaculture production in Turkey (from 1950)
http://www.fao.org/fishery/countrysector/FI-CP_TR/3/en

Türler	Çiftlik (adet)	Üretim (ton/yıl)	
Alabalık Trout	1316	61,173	
Sazan Carp	66	600	
Çipura Seabream	346	33500	
Levrek seabass		41900	
Yumuşakça Mussels	4	1100	
Diğerleri Others	5	1748	
Toplam	1737	140.021	     

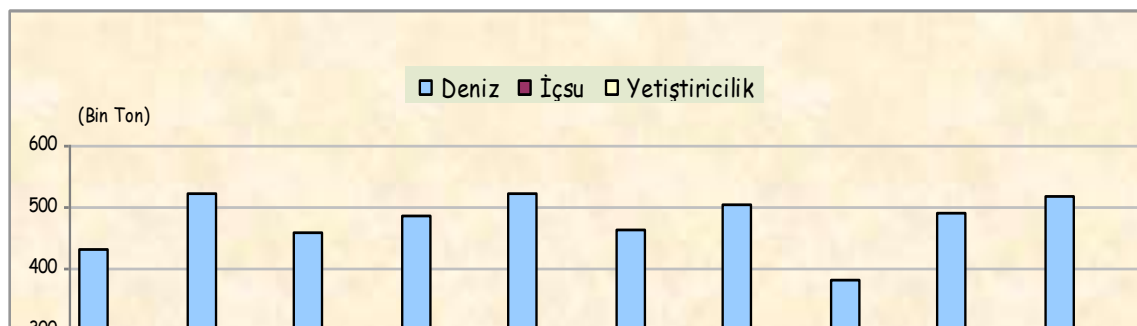
Şekil 10. Türkiyede kültürle yapılan üretimin detaylandırılması

Species	2005	%	Annual Growth (%)	2006	2010	2015
Carp	571	0.5	8	617	839	1233
Trout	49,282	41	10	54,210	79,368	127,825
Seabream	28,334	24	8	30,600	41,632	61,171
Seabass	37,490	31.5	8	40,489	55,085	80,938
Mussel	1,500	1.3	1	1,515	1,577	1,657
Other	2,000	1.7	5	2,100	2,553	3,258
Total	119,177			129,532	181,055	276,082

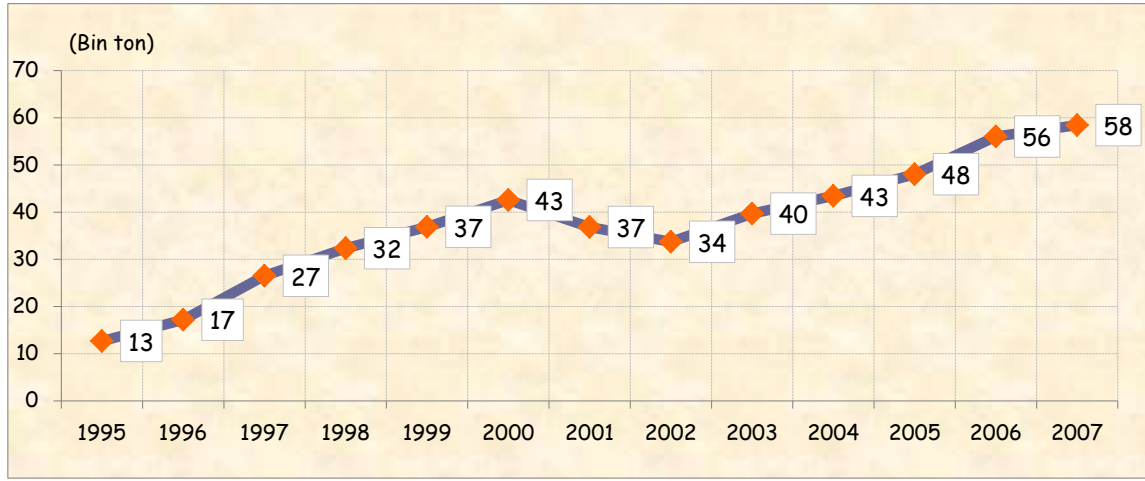
Predicted production and growth of farmed fish in Turkey (Tonnes)

Şekil 11.

2007 yılında deniz balıkçılığı üretimi 518.201 ton, iç su balıkçılığı üretimi 43.201 ton ve yetiştiricilik üretimi ise 139.873 ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 12).

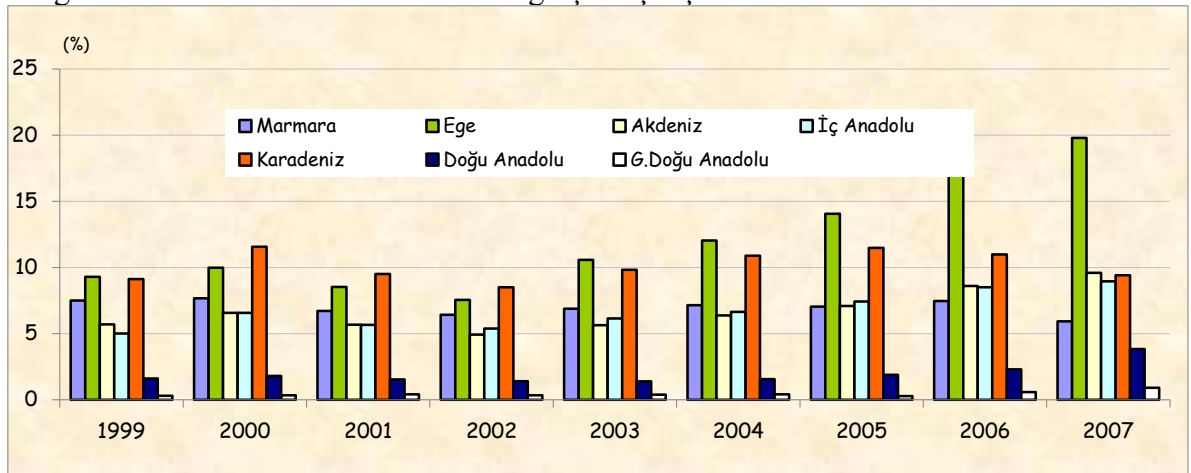


Şekil 12. Su ürünleri avcılık ve yetiştiricilik miktarının yıllara göre gelişimi
2007’de çipura 33.500 ton, levrek 41.900 ton, alabalık 2.740 ton’a ulaşmıştır. Diğer ürünlerin toplamı (karides, midye ve diğerleri) 2.700 ton olmuştur.



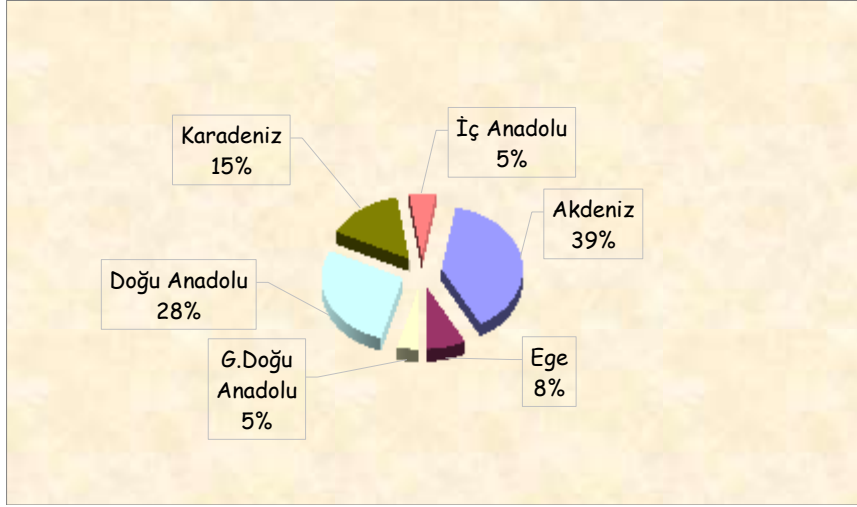
Şekil 13. Alabalık üretiminin yıllara göre değişimi

Alabalık üretim miktarlarının yıllar itibariyle bölgelere göre oransal dağılımı Şekil 15’de verilmiştir. 2007 yılında Ege Bölgesi’nde 19.792 ton, Akdeniz Bölgesi’nde 9.594 ton, Karadeniz Bölgesi’nde 9.414 ton, İç Anadolu Bölgesi’nde 8.954 ton, Marmara Bölgesi’nde 5.936 ton, Doğu Anadolu Bölgesi’nde 3.836 ton ve Güney-Doğu Anadolu Bölgesi’nde ise 907 ton alabalık üretimi gerçekleşmiştir.



Şekil 14. Alabalık üretiminin bölgelere göre dağılımı

Ülkemizdeki alabalık ağ kafes işletmelerinin dağılımı şekil 15’ te sunulmuştur.



Şekil 15. Toplam alabalık ağ kafes işletmelerinin bölgelere dağılımı (%)

BÖLÜM II

2. GÖK KUŞAĞI ALABALIĞI KÜLTÜRÜ

Atlantik salmon, pasifik salmon ve gökkuşağı alabalığı genel olarak salmonidler olarak toptan isimlendirilmektedirler. Bu balıklar dünyada kültürü en fazla yapılan karnivor balıklardır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Dünyada salmon üretimi 1000 ton olarak

Cultured salmon: World Production in 1 000 tonnes							
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ATLANTIC SALMON							
Norway	507	537	573	600	725	775	865
Chile	281	343	379	370	355	375	250
UK	146	139	119	125	140	145	152
Canada	90	87	103	115	110	110	110
Faeroe Is.	56	38	16	13	20	25	38
Australia	14	15	16	16	20	20	20
Ireland	16	12	12	15	15	15	15
USA	16	14	10	10	12	12	12
Others	5	3	3	3	3	3	3
Total	1131	1188	1247	1270	1400	1480	1465
PACIFIC SALMON							
Japan	9	10	12	10	10	10	10
Chile	97	103	115	115	120	113	70
Canada	17	21	21	10	8	7	7
New Zealand	5	9	9	10	10	10	10
Total	128	139	157	145	148	130	97
Gran Total	1259	1345	1391	1415	1548	1600	1562

Salmon ve trout (deniz alası ve alabalık) ların bazı türleri çok geniş çevre şartlarında örneğin 0 dereceden maksimum 28 dereceye kadar olan su sıcaklıklarında yaşamaktadırlar. Su sıcaklığı 2-15 derecede yumurtlayabilmekte 6 -25 derecelerde ise başarılı bir şekilde gelişmektedirler.

Gökkuşağı alabalığı *Oncorhynchus mykiss* olarak bilinir ve pasifik salmon cinsine tabidir. Familyası salmonidae familyasıdır. Bu familyaya Atlantik salmon (*Salmo salar*), alp alaları (*Salvelinus* spp), buzul alası (*S. alpinus*), buzul tymalusu (*Thymallus arcticus*) ve beyaz balıklar (*Coregonus* sp.) girmektedir. Şekil 2.1.

Şekil 2.1’de de görüldüğü gibi alabalık türleri sistematikte Clupeiformes ordosunda yer almaktadırlar. Familyaları *Salmonidae* dir. Morfolojik bakımdan yağ yüzgeci ile karakterize edilmektedirler. Salmonidae familyasında ekonomik yetiştiricilik ve doğal suların balıklandırılması için önem arz eden çeşitli alabalıklar üç alt familyaya ayrılmaktadır. Bunlar Thymallinae (grayling), Salmoninae ve Coregoninae (white fish) dir. Salmoninae alt familyası ise 3 cinse ayrılmaktadır. Bunlar

a- *Salmo* (Atlantik salmonlar)

b- *Salvelinus*

c- *Oncorhynchus* (Pasifik salmonlar)

Dünya genelinde ençok tanınan alabalık türleri aşağıda gösterilmiştir (Bruno ve Poppe 1996).

- *Salmo salar* Linnaeus (Atlantik Salmonu)
- *Salmo trutta f.trutta* Linnaeus (Deniz alabalığı)
- *Salmo trutta forma fario* Linnaeus (Dere alabalığı)



- *Oncorhynchus mykiss* Walbaum (Gökkuşığı alabalığı)
- *Salvelinus fontinalis* Mitchill (Kaynak alabalığı)
- *Salvelinus alpinus* Linnaeus (Alp alabalığı)
- *Salvelinus namaycush* Walbaum (Göl alabalığı)

Ülkemizin yerel alabalık alt türleri ise şöyle sıralanabilir (Çelikkale 1994).

- *Salmo trutta macrostigma* Dumeril (Anadolu Dağ alabalığı)
- *Salmo trutta abanticus* Tortonese (Abant alabalığı)
- *Salmo trutta caspius* Kessler (Aras alabalığı)
- *Salmo trutta labrax* Pallas (Karadeniz alabalığı)
- *Salmo trutta f.lacustris* Linnaeus (Göl alabalığı)

Gökkuşığı alabalığı kuzey pasifik okyanus civarı bölgelerde güney Kaliforniyadan Alaskaya (Aleutians bölgesi, Kamchatka'nın yarım adasının batı pasifik bölgeleri ve Okhotska denize boşalma havza akıntılarında) kadar doğal olarak bulunmaktadır.

Gökkuşığı alabalıkları genellikle tatlı sularda yaşamaktadırlar, fakat doğu ve batı kuzey pasifik anadrom stokları tespit edilmiştir. Bu stokların hayat devrelerinin pasifik salmonla aynı olduğu görülmüştür. Pasifik salmonlar gibi bunlarda hayatlarının belli bir kısmını okyanusta geçirmektedirler ve göllere ve derelere yumurtlamak için dönerler ve burada hayatlarının fry ve juvenil dönemlerini geçirirler. Gökkuşığı alabalığının pek çok hattı post juvenil dönemlerinde tuzluluk derecesi azar azar arttırıldığında denizdeki hayata adapte olmaktadır (75-100 g).

Buda kültürü yapılan diğer alabalıklarla karşılaştırıldığında gök kuşağı alabalığının üstün yönüdür.

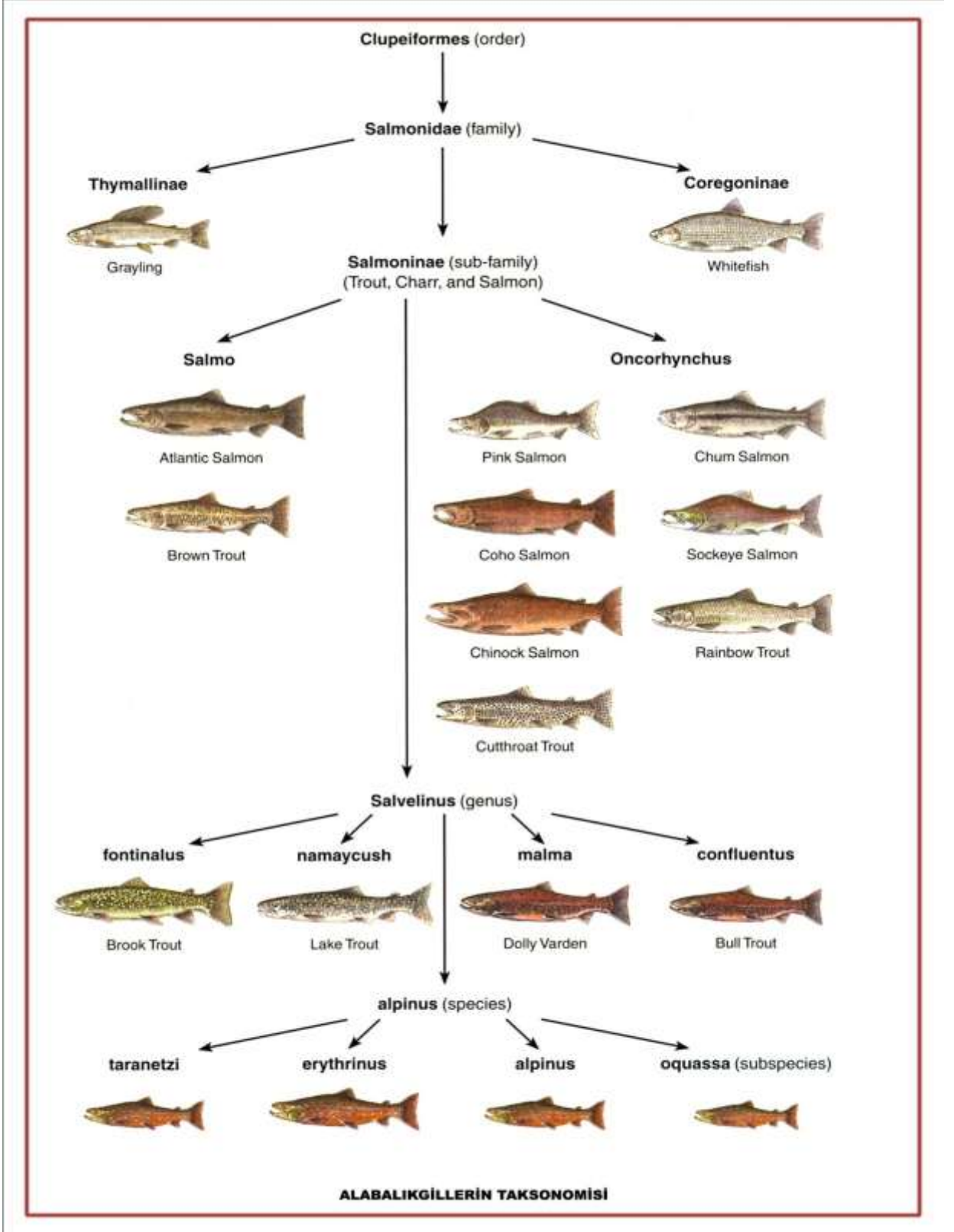
Gökkuşağı alabalığı dünyada yüzlerce yıldır kültürü yapılan en yaygın alabalıktır. Bu balık çok geniş sıcaklık derecelerini tolere etmektedirler. Su kalitesi bakımından yüksek derecede oksijenli su isterler ve en iyi 13-18 oC'ler arasında büyürler.

Gıda olarak oldukça kalitelidirler etleri diyetlerine bağlı olarak kırmızı (pigmentli) veya beyaz (pigmentsiz) olabilir.

Kuzey Amerika, Britanya, Danimarka, Fransa ve İtalyada Gökkuşağı alabalığı çiftlikleri genelde tatlı sulara sürekli su akışlı işletmeler şeklindedir. Şili ve İskandinavya ülkelerinde ise gökkuşağı alabalıkları ilk dönemlerini tatlı suda geçirdikten sonra denizlerdeki kafeslerde yetiştirilmektedir.

Diyet formülasyonları denizde yaşayanlarınkilerinken biraz farklılıklar göstermektedir (Tablo 2.2).

Gökkuşağı alabalıkları göllerde, nehirlerde ve derelerde yaşamaktadırlar. Fry dönemlerinde zooplanktonları sonrada balık büyüdükçe böcekleri, kabukluları ve diğer balıkları yem olarak tüketmektedirler.



Şekil 2.1 Alabalıkgillerin taksonomisi

Table 2.2. Tatlısu ve deniz suyunda gökkuşağı alabalığı yetiştirmek için kullanılan yaygın pratik yem formülasyonları

	Deniz-suyu diyet	Tatlı su diyet
	(gkg ⁻¹)	(gkg ⁻¹)
Ingredient		
Balık unu	550	400
Kümes hayvanları yan ür. unu		80
Kan unu		0-50
Soya unu	50	50-100
Buğday tane ve elek altı	144	120-250
Vitamin premix	10	10
İz-mineral premix	1	1
Choline chloride (60%)	4	4
Ascorbic acid	1	1
Balık yağı	240	120-210
Carophyll Pink®	0.1	–
Proximate kompozisyon		
Nem	8%	8%
Ham protein	43%	45%
Ham Yağ	28%	18-26%

Yumurtlamaları bulunduğu yetiştirme suyu sıcaklık şartlarına bağlı olarak pek çok zamanlara denk gelse de genellikle suyun sıcaklığına bağlı olarak doğal ortamlarında ilkbaharda olmaktadır. Kıyı bölgelerindeki gökkuşakları ise Aralık ayının sonlarına doğru yumurtlamaktadırlar.

Dişileri kum ve çakıllı yerlere yaptıkları yuvalarına 500-2500 iri yumurta (50-150 mg-yumurta⁻¹) bırakmakta, erkekleri ise bunları hemen dölemektedirler. Yumurtaların gelişmeleri ve açılmaları için gerekli süre çevre suyu sıcaklığıyla doğrudan ilişkilidir. Gökkuşağı alabalıkları 4.5 derecede 80 günde, 10 derecede 31 günde ve 15 derecede ise sadece 19 günde açılmaktadırlar (Leitritz and Lewis, 1980). Yumurtalar döllenmeden 2 gün sonra (post fertilizasyon) dan blastophorun tamamen kapanıncaya kadarki (10 derecede 9 gün) döneme kadar ele almaya ve şoklanmaya karşı çok hassastırlar.

Yumurtalar renklendiğinde (10 derecede yaklaşık 16 gün) hassaslık periyodu bitmektedir ve yumurtalar açılincaya kadar elle müdahale edilebilirler, transfer edilebilirler. Yumurtalar açıldıklarında keseli yavrular çıkmaktadır. Keseli yavrularda

yumurta sarısı vücuda yapışmış vaziyettedir. Bu frylara “yolk sac fry” veya “alevin” adı verilmektedir bunlar çakıllar arasında saklanmaktadırlar. Bu boşluklarda hareketsiz durarak ihtiyaç duydukları enerji ve besin maddelerini bu keseden sağlamak suretiyle büyümelerini sürdürürler. Yolk sac veya kese tamamen kaybolacağı ve etrafının balığın ventral tarafındaki deriyle kapatılacağı sırada yavrular “buttoned up” yani “tamamlanmış veya derisi tamamen kapanmış yavru” adını alırlar.

Alevinlerin bu döneme gelmesi genellikle sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir genellikle 10 derecede gereken süre çıkıştan itibaren yaklaşık 20 gün, 15 derecede ise 10 gün veya daha azdır. Bundan sonra ise frylar yemlenmeye hazırdırlar, dolayısıyla çakılların arasından çıkarak suyun yüzeyinde yem aramaya başlarlar. Bu dönemde “swim up fry” yani serbest yüzen yavru adını alırlar. Döllenmeden yumurtaların açılmasına kadarki evrelerin en sonuncusu sularda besinin en bol olduğu ilkbahar mevsimine denk gelmektedir.

Nehirlerdeki su sıcakları bulundukları coğrafik yerlere bağlı olarak değiştiklerinden balıkların yumurtlama ve yumurtaların açılış zamanları da yerel şartlara bağlı olarak değişebilmektedir.

Gökkuşağı alabalığı büyüme oranları su sıcaklığına ve ortamdaki besinin varlığına bağlı olarak değişmektedir ve yabani olanları genellikle 3-4 yaşlarında cinsi olgunluğa ulaşmaktadırlar. Yumurtlamada en fazla ilk kez yumurtlayan balıklar görülmektedir yalnızca dişilerin çok az bir kısmı yeniden yumurtlamak için hayatta kalmayı başarabilmektedirler.

Gökkuşağı alabalıklarında büyüme ve maturasyon oldukça belirsizdir yani belli bir verim oranı yada yaş yoktur. Büyüme ve olgunlaşma çevre şartları tarafından etkilenmekte, soğuk bölgelerdeki haşin sularda yaşayan balıklar sıcak bölgelerdeki durgun sulardakinden daha uzun yaşamaktadırlar. İngilterenin Kolombiya bölgesindeki Kooteney gölünden yakalanan 5-6 yaşlı balıkların maksimum ağırlıkları 17-23 kg arasında değişmektedir (Behnke, 1992). Fakat derelerde yaşayan gökkuşakları ilk yaşlarında 100 g ve 3 yaşlarında ise 300-450 g civarında olabilmektedirler.

İlk balık yetiştiricilik denemeleri 1763 yılında ilk defa alabalıklardan suni döl almış olmasından dolayı Jacobi ye atfedilse de Livingston Stone 1872 yılında Amerika’da ilk defa gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğini tanımlamıştır (Stickney, 1996). Stone bu balıkların Pazar büyüklüğüne ulaşması için 4 yıl geçmesi gerektiğini ve çiftlik teslimi satış fiyatının da kg başına yaklaşık 1 ila 2,5 dolar olması gerektiğini vurgulamıştır. Daha sonra ise 1881 yılında Kaliforniyadaki The McCloud River Hatchery gökkuşağı alabalığı yumurtalarını üretmeye başlamış ve ülke çapında satarak yayılmasını sağlamıştır (Stickney, 1996). Dolayısıyla alabalık yetiştiriciliği 1900lu yılların başında Amerikada bir iş kolu olmuştur ve bu çiftliklerin üçte biri 1950 yılına kadar “fee-fishing” olarak yani bir yerin günlük aylık yada uzun dönemler için kiralanarak balıkçılık yapılması devam etmiştir. İlk ticari alabalık çiftliği İdahoda 1909 yılında ikiz şelalelerin yakınında açılmıştır. Önceleri mezbaha yan ürünleri ile kuru unları kullanarak kendi yemlerini yaş veya yarı yaş yem olarak yapan çiftlikler, 1950’ li yılların başında yemlerin kısmen peletlenmesiyle oldukça hızlı bir gelişme kaydetmişlerdir.

Bunun yanında gökkuşağı alabalığın pek çok özellikleride kültürünün artmasına yol açmıştır. Bunlardan bazılarını sıralayacak olursak;

1. Gökkuşağı alabalığı çok kolay sağılır ve bunların fryları diğer tatlı su balıklarının frylarıyla karşılaştırıldıklarında cüssece iridirler ve dolayısıyla ilk yemlenmeleri için yem hazırlamak kolaydır.
2. Bu balıklar oldukça hızlı gelişmektedirler ve gıda olarak ta bunlara talep oldukça fazladır.
3. Geniş sıcaklık sınırlarında yaşayabilmektedirler, ve ılıman bölgelerde kültür için çok sayıda uygun yer bulunmaktadır.
4. Balıkların sağım zamanları fotoperyot ve ayarlaması yapılarak değiştirilebilmektedir. Bu ise bu balıkların yıl boyu pazarlarda taze olarak bulunmasına imkan sağlamaktadır.

Günümüzde yumurta üreticileri tamamı dışı olan stoklar oluşturmuşlardır. Bu ise balıkların pazar değerinin düşmesine neden olan erkekler arasında meydana gelen erken olgunlaşmaların ve kavgaların elimine edilmesini sağlamıştır.

Triploid gökkuşağı alabalıkları da yetiştirilmiştir. Fakat bu işlemin balıklarda sağladığı avantajlar örneğin steril (kısır) olmaları (somatik büyümenin gonadal büyümeyle yavaşlatılmaması) ancak balıklar 500g'a ulaştıktan sonra ortaya çıkmaktadırlar. Bu nedenle 500 g dan daha küçük olarak pazarlaması yapılan ülkelerde triploid alabalıklara pek yaygın rastlanılmamaktadır.

Ülkemizde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği ise 1970'li yıllarda kamu ve özel sektör tarafından başlatılmıştır.

Gökkuşağı yetiştiriciliği tüm dünyada benzerdir. Balıklar sürekli su verilmek suretiyle, su miktarı ve kalitesine bağlı olarak örneğin su sıcaklığı ve oksijen içeriği, stoklama yapılarak toprak havuzlarda, veya beton kanallarda (racewaylarda) yetiştirilmektedirler.

Su akışı genellikle cazibeli sistemdir, yani su kaynağından gelen su çiftliğe herhangi bir pompa vs aracılığı olmadan girmektedir. Genellikle racewaylarda su birinden diğerine geçecek şekilde düzenleme yapılmaktadır. Üst kısımdaki racewaylara daha fazla balık stoku yapılmakta, stok miktarı aşağılara doğru gelindikçe düşmektedir. Amarıkadaki racewaylarda stok miktarı $1.8 \text{ kg L}^{-1}\text{dak}^{-1}$ su girişi olarak verilmektedir. Bu miktar bütün racewaylar kombine edildiklerinde $9.6 \text{ kg L}^{-1}\text{dak}^{-1}$ 'a kadar çıkmaktadır (Brannon and Klontz, 1989). İtalya'da ise uzunlukları 1000 metreyi bulan geniş az derin dere şeklindeki sistemlerde alabalık yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Yumurtalar kuluçkahanelerdeki tablalarda yada kuluçkalıklarda sürekli akışlı sistemlerde açılmaktadır. Kuluçka randımanı %95 oranında olabilmektedir. İlk yumurta açıldığında sarı bir keseleri vardır ve ilk yemlemeye kadar bu keseleri kullanılmaktadırlar. İlk yemleme başladığında neredeyse hiç ara vermeden ilk 7-10 gün sürekli yemleme yapılır (örneğin saat başı). Balık büyüdükçe yemleme sıklığı düşürülmektedir ve yavrular daha büyük beton yalaklara yada dairesel fiberglas

havuzlara transfer edilmektedirler. Balıklar 15-20 g 'a geldiklerinde ise işletme dışındaki havuzlara alınmakta ve burada hasat zamanına kadar beslenmektedirler. Elverişli su şartlarında balıklar örneğin Amerika'da 500-600 g'a 6-7 ayda gelmektedirler. Avrupada ise balıklar tatlı su sistemlerinden 1-1.5 kg olarak denizlerdeki kafeslerden ise 2.5-3.5 kg olarak hasat edilmektedirler.

Balıkların herhangi bir gerileme olmaksızın normal yada iyi gelişmelerinden emin olmak için diyetlerine bütün vitaminleri içeren bir vitamin karması katılmalıdır. Ancak tarihsel süreç içinde ilk geliştirilen yem H-440 olarak piyasaya çıkmış ve balıkların amino asit ihtiyaçlarını tespit etmek için kullanılmıştır. Daha sonrada balıkların büyümelerine yönelik çeşitli besin maddelerini test etmek için yarısaf test diyetleri hazırlanmıştır. Tablo 2.3' ve 2.4'te çeşitli maksatlar için hazırlanmış yarı saf rasyon formülleri görülmektedir.

Table 2.3. Salmonidler için hazırlanmış yarı saf diyet formülasyonları (alabalıklar için H-440, Oregon test diyet (OTD) ve Guelph test diyet)

Ingredient	H-440	OTD	Guelph
Vitaminsiz casein	38.0	49.5	40.0
Jelatin	12.0	8.7	4.0
Dextrin	28.0	15.6	9.0
Nişasta	—	—	11.5
Alpha-cellulose	—	7.7	3.0
Carboxymethylcellulose	—	1.3	—
D,L-Methionine	—	—	0.5
L-Arginine	—	—	1.0
Balık yağı (deniz orijinli)	—	10.0	15.0
Vitamin E	—	0.2	In vitamin premix
Choline chloride	—	1.0	In vitamin premix
Mineral mix	4*	4.0†	8.0
Vitamin premix	9‡	2.0§	3.0
Yağ premix	9	—	—

* Mineral mix contains the following (g kg⁻¹ premix): calciumbisphosphate,135.7; calciumlactate,326.9; ferriccitrate,29.7; magnesiumsulphate,132; potassiumphosphate(dibasic),239.8; sodiumbisphosphate,87.2; sodiumchloride,43.5;AlCl₃.6H₂O,0.15;KI,0.15;CuCl₂,0.1;MnSO₄.H₂O,0.8;CoCl₂.H₂O,1.0;ZnSO₄.H₂O,3.0

† Mineral mix contains the following (g kg⁻¹ premix): CaCO₃,21; CaHPO₄.2H₂O,735; K₂HPO₄,81; K₂SO₄,68;NaCl,30.6;Na₂HPO₄.6H₂O,21.4;MnO,25.0;FeC₆H₅O₇.3H₂O,5.58;MnCO₃,4.18;CuCO₂,0.34;ZnCO₃,0.81;KI,0.01;NaF,0.02;CoCl₂,0.2;citricacid,6.88.

‡ Vitamin premix contains the following (g kg⁻¹ premix):alpha-cellulose,893; cholinechloride,56; inositol,22;ascorbicacid,11;niacin,8.4;Ca-pantothenate,5.6;ribofla-vin,2.2; menadione,0.45; pyridoxine.HCl,0.56; thiamine-HCl,0.56; folicacid,0.17; biotin,0.06; vitaminB12,10mg. § Vitamin premix contains the following (g kg⁻¹ premix):thiamine-HCl,3.2; riboflavin,7.2;niacinamide,25.6;biotin,0.08;Ca-pantothenate,14.4;pyridoxine-HCl,2.4; folicacid,0.96; menadione,0.8; vitaminB12,2.67; inositol,125;

ascorbic acid, 60.0; para-aminobenzoic acid, 20; vitamin D₂, 0.4; BHA, 0.75; celite, 735.8.^{||} Oil premix contains the following (g kg⁻¹ premix): maize oil, 664.7; cod-liver oil, 331.9; D,L-alpha-tocopheryl acetate, 4.4.

TABLE 2.4 Estimated Dietary Protein Requirement for Maximal Growth of Some Species of Juvenile Fish (As Fed Basis)

Türler	Protein Kaynağı	Tahmini Protein ihtiyacı (%)	Reference
Atlantic salmon	Casein and gelatin	45	Lall and Bishop (1977)
Channel catfish	Whole egg protein	32–36	Garling and Wilson (1976)
Chinook salmon	Casein, gelatin, and amino acids	40	DeLong et al. (1958)
Coho salmon	Casein	40	Zeitoun et al. (1974)
Common carp	Casein	31–38	Ogino and Saito (1970); Takeuchi et al. (1979)
Estuary grouper	Tuna muscle meal	40–50	Teng et al. (1978)
Gilthead sea bream	Casein, fish protein concentrate, and amino acids	40	Sabaut and Luquet (1973)
Grass carp	Casein	41–43	Dabrowski (1977)
Japanese eel	Casein and amino acids	44.5	Nose and Arai (1972)
Largemouth bass	Casein and fish protein concentrate	40	Anderson et al. (1981)
Milkfish	Casein	40	Lim et al. (1979)
Plaice	Cod muscle	50	Cowey et al. (1972)
Puffer fish	Casein	50	Kanazawa et al. (1980)
Rainbow trout	Fishmeal, casein, gelatin, and amino acids	40	Satia (1974)
Red sea bream	Casein	55	Yone (1976)
Smallmouth bass	Casein and fish protein concentrate	45	Anderson et al. (1981)
Snakehead	Fishmeal	52	Wee and Tacon (1982)
Sockeye salmon	Casein, gelatin, and amino acids	45	Halver et al. (1964)
Striped bass	Fishmeal and soy proteinate	47	Millikin (1983)
Blue tilapia	Casein and egg albumin	34	Winfrey and Stickney (1981)
Mossambique tilapia	White fishmeal	40	Jauncey (1982)
Nile tilapia	Casein	30	Wang et al. (1985)
Zillii's tilapia	Casein	35	Mazid et al. (1979)
Yellowtail	Sand eel and fishmeal	55	Takeda et al. (1975)

2.1. Besin madde İhtiyaçları

Gökkuşluğu alabalıkları domuz, kümes hayvanlarının ihtiyaç duyduğu bütün esansiyel besin maddelerini diyetlerle almak zorundadırlar. Ayrıca bağırsaktan sentezinin pek çok memeli ve kuşlarda gerçekleşmesine rağmen balıkta sentezi olmayan pek çok vitaminin özellikle vitamin C ninde rasyona dışarıdan katılması zorunludur.

Diğer evcil monogastrik hayvanlar ve gökkuşluğu alabalıkları arasındaki farkların başında balıkların esansiyel mineral ihtiyaçlarından bazılarını yetiştiricilik suyundan karşılaması gelmektedir. Diğer bir farklılık ise gökkuşluğu alabalıklarının

karbonhidratlara karşı fazla tolerans gösterememeleridir. Bu balıklar rasyonlarında protein ve lipidleri enerji kaynağı olarak öncelikli tercih etmektedirler. Karbonhidratlar 3. sırayı almaktadırlar.

Salmon ve alabalıklar için diyetel ihtiyaçlar prensip olarak aşağıdaki gibidir:

Protein	10 adet esansiyel amino asit
Lipit	Omega-3 yağ asitleri (diyesin %1'i)
Enerji	Başlıca yağlar ve proteinden sağlanır
Vitaminler	15 adet esansiyel vitamin
Mineraller	10 adet esansiyelliği ıspatlanmış mineral*
Astaksantin	Canlı yumurta oranını artırmak için gerekli Renk maddesi olarak gerekli

*Diğer mineraller de esansiyel olabilir ancak onlar sudan yeterince alınabilmektedir.

2.2. Protein, Amino asitler ve Enerji

Protein ve enerji hayvanların hepsinin gökkuşağı alabalığı dahil başlıca diyet bileşenleridir. Ancak hem alabalık hemde diğer hayvanların diyetlerinde esansiyel amino asit ve kalori kaynağı gerektirmelerine rağmen, günümüzde maalesef çok fazla sayıdaki hayvanların her birine özel diyet ihtiyaçları bulunmamaktadır. Buna ilaveten balıkların rasyonlarında esansiyel olmayan amino asitler yada bunların sentezi için prekursorların olması gerekmektedir. Pratik olarak balıkların esansiyel amino asit ihtiyaçlarını karşılamak ve esansiyel olmayan asitlerinde sentezlenmesine yetecek miktarda diyetlere protein katılması gerekmektedir. Diyetlerin mutlaka yeteri miktarda proteinlerden kaynaklanmayan enerji içermesi gereklidir. Böylelikle balıkların metabolik enerji ihtiyaçlarını karşılamada kullanılan sindirilmiş proteinin kullanımı en düşük seviyede tutulması sağlanmış olmaktadır. Yani ucuz enerji ile pahalı enerjiyi tasarruf ettirmek hedeflenmektedir.

Bu ihtiyaçlar balık büyüklüğü, su sıcaklığı, aktivite seviyesi, üreme durumu, diyetin enerji seviyesi ve diğer faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla diyetlere katılacak net protein miktarını tam olarak tahmin edebilmek neredeyse imkansızdır. Benzer şekilde pek çok değişkeni göz önüne almaksızın buna diyetin protein miktarı ve

kalitesi dahil (amino asitlerin dengesi ve görünür sindirimleri), diyetlerde olması gereken tam bir enerji miktarını tespit etmek te neredeyse imkansızdır.

Buna rağmen piyasada bulunan gök kuşağı alabalığı yemleri genellikle balıkların bulundukları yaşam dönemine bağlı olarak %42 ila %48 arasında ham protein ve %16-24 arasında lipit içermektedirler Tablo 2.5

Tablo 2.5. Alabalık diyetlerinde tavsiye edilen protein ve yağ seviyeleri

Üretim Dönemi	Protein (%)	Yağ (%)
Starter diyet (fry), Başlangıç	45–50	16–18
Grower diyet (fingerlings), Büyütme	42–48	20–24
Brood-stock diyet (maturing fish), Damızlık	35–40	14–16

Starter: başlangıç, grower: büyütme Brood-stock: damızlık

Gökkuşağı alabalıkları büyüyüp gelişmeleri için diyetlerinde 10 adet amino asite ihtiyaç duymaktadırlar. Diğer omurgalıların hepsi de aynı amino asitlere ihtiyaç duymaktadır. Fakat gökkuşağı alabalıklarında sadece 4 amino asit için tahminler yapılmıştır bunlar: arginin, lisin, metiyonin ve triptofandır. Çünkü bu 4 amino asit yem maddelerinde sınırlı olarak bulunmaktadır. Dolayısıyla alabalıklar için yapılan bütün diyetlerde ihtiyaç seviyesini sağlamak bakımından kontrol edilmektedirler.

Eğer diyetler bu 4 amino asit yeteri miktarda içerirlerse diğer amino asitlerinde rasyonda yeterli miktarda oldukları farzedilir. Katılacak miktarlarda ise gökkuşağı alabalığına benzer balıkların örneğin Pasifik salmonların bilinen diyetset amino asit ihtiyaçları esas alınmaktadır. Bu 4 amino asit için yapılan ihtiyaç tahmin çalışmalarında çok farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, gökkuşağı alabalığında arginin ihtiyacı için yapılan çalışmalarda değerler diyetin %1.2 si (Kaushik, 1979) ila %2.8'sine kadar (Ketola, 1983) değişmektedir.

Arginin ihtiyacı tespit çalışmalarında kullanılan yarı saf diyetlerdeki proteinin seviyesi ve kaynağı ile balıkların büyüme dönemleri bu farklılıklara neden olan başlıca faktörlerdir (NRC, 1993). Benzer şekilde lisin ihtiyacı için de diyetset tahminler %1.3 ten %2.9a kadar değişmektedir. Bukadar çok değişik tahminlere rağmen esansiyel aminoasitlerin hepsi için miktar tavsiyelerinde bulunulmuştur (Table 2.6).

Tablo 2.6. Gök kuşağı alabalıklarının Esansiyel amino asit ihtiyaçları

Amino asit	diet %si	protein %si
Arginine	2.0	5.0
Histidine	0.7	1.8
Isoleucine	0.8	2.0
Leucine	1.4	3.5
Lysine	1.8	4.5
Methionine + cystine	1.4	3.5
Phenylalanine + tyrosine	1.8	4.5
Threonine	0.8	2.0
Tryptophan	0.2	0.5
Valine	1.3	3.2

2.3. Lipidler ve yağ asitleri

İlk çalışmalar Oregon devlet üniversitesinde yapılmış olup neticede gökkuşağı alabalığının noksanlık arazlarını önlemek ve normal büyümek için diyetlerinde omega-3 yağ asitlerine ihtiyaç duydukları tespit edilmiştir (Castell *et al.*, 1972a,b,c). Alabalıklar diyetlerinde diyetteki lipit seviyesine ve yaşama dönemine bağlı olarak %0.5 ila %1 arasında n-3 yağ asidine ihtiyaç duymaktadırlar. Pek çok diğer balık türü gibi alabalıklarda eicosapentaenoic (EPA) (C20:5) asit ve docosahexaenoic asiti (DHA) (C22:6) birleştirerek phospholipidlere dönüştürürler.

Deniz balıklarından farklı olarak alabalıklar linoleik asiti (C18:3) desaturasyon (doymamış hale getirmek) ederek ve elongate (uzatmak) etmektedirler. Dolayısıyla bu daha kısa zincirli prekursorlardan (ön madde) EPA ve DHA üretmektedirler.

Alabalıklar az miktarda n-6 yağ asidine özellikle arachidonik asite (C20:4) fosfolipid ve prostaglandin sentezi için ihtiyaç duymaktadırlar (Cho and Cowey, 1991). Omega -3 yağ asitleri genellikle diyetlere deniz balığı yağı ilave etmekle karşılanır. Normalde diyetlere %4-5 deniz balığı yağı ilavesi noksanlığı önlemek için yeterli miktarlarda n-3 yağ asitini sağlar.

Alabalıklar yemlerine hayvansal ya da bitkisel orijinli katı veya sıvı yağ katılarak diyetel n-3 yağ asiti seviyesi %1in üzerine çıkarıldığında normal büyüme sağlarlar.

2.4. Vitaminler ve Mineraller

Vitaminler rainbow trout diyetlerinde esansiyellikleri tespit edilmiş ilk besin maddeleridir (McLaren *et al.*, 1947a). Halver 1957 yılında yapmış olduğu çalışmalarda chinook-salmon fingerlinglerini yarı saf bir rasyonla beslemiştir. Her defasında diyetten sadece 1 vitamini çıkarmış ve neticede thiamine, riboflavin, pyridoxine, pantothenic acid, niacin, inositol, folic acid, biotin ve choline'nin esansiyel diyet nutrientleri olduklarını tespit etmiştir.

Vitamins were the first nutrients shown to be essential in rainbow-trout diets (McLaren *et al.*, 1947a). Halver (1957) conducted feeding trials with chinook-salmon fingerlings fed a semipurified diet from which one vitamin at a time was deleted and demonstrated that thiamine, riboflavin, pyridoxine, pantothenic acid, niacin, inositol, folic acid, biotin and choline were essential dietary nutrients.

Thiamine, niacin ve biotin esansiyel olduğu daha önceleri gösterilmiştir. Pasifik salmonlarla gökkuşağı alabalığının hayat dönemleri çok benzer olduğundan bilim adamları gökkuşağı alabalığının ihtiyaçlarının da bu balıklar gibi olduğunu farzetmişler ve yemleri buna göre vitaminlerle desteklemişlerdir.

Gökkuşağı alabalıklarında yağda eriyen vitaminler (A,D,E,K) den sadece vitamin E üzerine çok çalışma yapılmıştır. Vitamin A ve D ihtiyaçları ağırlık artışı ve eksiklik arazları esas alınarak tahmin edilmiştir. Vitamin A ihtiyacı 2500 ve vitamin D ihtiyacı ise 1600–2400 IU kg⁻¹ diyet olarak tespit edilmiştir. K vitamini üzerine çalışmalar gökkuşağında yapılmamış ancak göl alasında (*Salvelinus namaycush*) yapılan çalışmalarda ihtiyaç 0.5-1.0 mg kg⁻¹ diyet olarak tespit edilmiştir.

Vitamin E ihtiyacı ise diyetteki çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) konsantrasyonu ve diyet lipidlerinin oksidasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Diyetlere katılması gereken miktar ise 25 ila 100 mg kg⁻¹ diyet arasında değişmektedir. Dokulardaki vitamin E miktarları vitamin E miktarı fazla olan diyetlerle kısa dönemli beslendiklerinde artış göstermektedir.

Gökkuşağı alabalıklarında suda eriyen vitaminlerle ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Vitaminler için yapılan ihtiyaç tahminlerinde başlangıçta ağırlık kazancı, noksanlık semptomları ve maksimum karaciğer-depolama seviyeleri esas alınmıştır. Günümüzde ise enzim aktiviteleri bu maksat için kullanılmaktadır. İlk metotlarla elde edilen değerlerin enzim aktivitesi esas alınarak yapılan tahminlerden önemli derecede yüksek olduğu görülmüştür. Örneğin diyetel thiamin miktarı 1 ve 10 mg kg⁻¹ diyet arasında değişmekteydi fakat enzim aktiviteleri kullanılarak yapılan tahminlerde diyetel ihtiyaç 1 mg kg⁻¹ diyet olarak tespit edilmiştir. Benzer durumlar pyridoxine, riboflavin, niacin, biotin ve folic asit içinde müşahade edilmiştir. Gökkuşaklarında sadece pantothenic asit ve choline için yapılan son tahminlerde ilk değerlere benzer yada daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Gökkuşağı alabalıklarının diyetel B12 ve inositol ihtiyaçları ise sadece tek bir çalışmaya (50 yıl önce yapılmış) dayandırılmaktadır. Günümüzde gökkuşağı alabalıkları için esas alınan diyetel vitamin ihtiyaçları ki Tablo 2.7’de verilmiştir.

Gökkuşağı alabalıkları beklide karasal hayvanların da ihtiyaç duydukları aynı minerallere ihtiyaç duymaktadır, fakat bunların hepsinin diyetlerinde olmasına gerek yoktur (Tablo 2.8).

Diğer balıklar gibi alabalıklarda yaşadıkları sudan mineralleri almakta oldukça maharetlidirler sadece fosfor ve iodyeni alamazlar. Çünkü bu mineraller suda balığın ihtiyaçlarını karşılayacak miktarlarda bulunmamaktadırlar.

Alabalıklara mineral ilavesi sadece 5 mineralle sınırlandırılmıştır bunlar bakır, iyot, demir, manganez ve çinkodur. Diğer mineraller ise balık rasyonlarındaki balık unlarınca zaten fazla miktarlarda karşılanmaktadır. Balık ununun alabalık diyetlerindeki miktarı azaltıldığında paralel olarak hem makro ve hem de iz elementlere duyulan ihtiyaç miktarları artmaktadır.

Tablo 2.7. Gök kuşağı alabalığı Vitamin ihtiyaçları (her kg kuru diyet).

Vitamin	İhtiyaç
Vitamin A	2500 IU
Vitamin D	2400 IU
Vitamin E	50 IU*
Vitamin K	R
Thiamin	R
Riboflavin	4mg
Pyridoxine	3mg
Pantothenic acid	20 mg
Niacin	10 mg
Biotin	0.15 mg
Folic acid	1m
Vitamin B	0.01 mg
Ascorbic acid	50 mg
Choline	1000 mg
Myo-inositol	300 mg
* Yüksek oranda PUFA içeren diyetlerde daha fazla olabilir	
PUFAs, polyunsaturated fatty acids veya çoklu doymamış yağ asidi; R, required veya ihtiyaç	

Table 2.8. Gökkuşağı alabalığı için Esansiyel diyetsetl minearller

Macrominerals	Microminerals (trace elements)
Calcium*	Iron
Phosphorus*	Manganese
Sodium*	Copper
Potassium*	Zinc
Chlorine*	Cobalt
Magnesium*	Selenium
Sulphur*	Iodine*

Buna ilaveten taneli ve yağlı tohumlu yem maddelerinin kullanımlarının artırılması diyetdeki phytate (tohumlardaki fosforun depo formu) miktarını arttırmaktadır. Phytate fosforu monogatrik hayvanlar tarafından balık dahil kullanılamaz ve diyetdeki miktarı aşırı arttığında diğer minerallerinde özellikle çinkonun kullanılabilirliğinizde azaltabilmektedir. Pek çok iz element premiks formülasyonları alabalıklar için yapılmış olup kompozisyonları Tablo 2.9’da verilmiştir.

Fosfor bakımından Amerikada veAvrupada çiftliklere suya bırakabilecekleri toplam maksimum günlük yük miktarları verilmiştir. Çiftliklerin bu yükü aşmamaları

gerekmektedir. Bazı çiftlikler bu sınırı aşmamak için daha az balık stoklamakta diğerleri ise feçesi ve yenmemiş yemleri yemlemeden hemen sonra havuzlardan uzaklaştırmayı tercih etmektedirler. Genellikle çiftçiler düşük fosforlu diyetleri tercih etmektedirler. Atık sudaki fosforun kaynağı diyet olduğundan (ya yememiş yemlerden direk olarak ya da feçesten, çözünmemiş ve yararsız formu veya idrardan çözünmüş olarak) yem teknolojileri sürekli yemlerde modifikasyonlar yapmaktadırlar.

En ideali, diyetlerdeki fosforun tamamının biyolojik olarak elverişli olması ve diyetlerin alabalıkların ihtiyaçlarından fazla fosfor içermemesidir.

Gerçek olan şudur ki yemler pek çok yem maddesi karıştırılarak yapılmaktadır ve bu maddelerde çeşitli formlarda fosfor içermektedirler ve tamamı elverişli fosfor değildir. Örneğin balık kılçıkları balık ununun bir bileşeni olup kalsiyum fosfat içermektedir. Kılçıklardaki fosforun biyo-elverişliliği diyetteki kılçık miktarına bağlı olarak değişmektedir. Diyetteki kılçık miktarı %0 dan %10'a arttırıldığında fosforun biyo-elverişliliği %70' den <%20 e kadar değişmektedir.

Tablo 2.9.Açık formüllü salmonid diyetlerinde mineral premix karışımları

US Balık ve Vahşi Hayat Servisi İz Element premix No. 3		Ontario Doğal Kaynaklar Bakanlığı Mineral premix MIN-9504
Element (formu*)	(g element kg ⁻¹ premix)	(g element kg ⁻¹ premix)
Zn (ZnSO ₄ .7H ₂ O)	75	12.0
Mn (MnSO ₄)	20	17.64
Cu (asCuSO ₄ .5H ₂ O)	1.54	1.5
I (KIO ₃) veya I (C ₂ H ₈ N ₂ .2HI)	10	1.5
Fe (FeSO ₄ .7H ₂ O)	—	2.6
NaCl	—	240

* Tercih edilen bileşim

Bu nedenle balık-kılçık ya da kemik muhtevasının düşük küllü balık unu kullanılarak düşürülmesi düşük fosforlu yem üretiminde çok değerli bir formulasyon stratejisidir. Diğer formulasyon yaklaşımları ise düşük fitatlı tane yemlerin ve fitazların kullanılmasını esas almaktadır.

2.5. Karetenoid renk maddeleri

Gökkuşaağı alabalıklarında kırmızımsı maddelerle ilgili çalışmalar yapılmamıştır. Atlantik salmonlarda karetenoidlerden özellikle astaksantin yavrularda canlılığı artırmak için damızlık balık rasyonlarına esansiyel olarak katıldığı bildirilmektedir.

Atlantik salmonların dişileri astaksantinsiz diyetlerle beslendiğinde yahutta caretenoid içermeyen başlangıç yemleriyle beslendiklerinde çıkan frylarda yüksek ölüm oranı gözlenmiştir. Mortalite oranını düşürmek için diyetlere katılması gereken miktarın ise ($< 5 \mu\text{g g}^{-1}$) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun diğer salmonidlerde de mortaliteyi düşüreceği varsayılmaktadır.

2.6. Yemler ve Yemleme Pratikleri

Gökkuşaağı alabalığı ilk yemlemede küçük daha sonrada balık büyüdükçe daha büyük porsiyon yemleri tüketmektedir. Küçük yemler peletlerin parçalanmasıyla ve çeşitlik büyüklükte göz açıklığına sahip eleklerden geçirilmesiyle elde edilmektedir. Yakın geçmişte 2 mm yemler üretilmiyordu, günümüzde 1 mm den daha küçük yemler üretilmektedir. Buda fryların 1.5 -2 g olduklarında toz yemden granül yeme geçilmesine imkan sağlamaktadır. Genel kural olarak balık büyüdükçe yem taneceğinde büyütülür ancak boylamanın her zaman mümkün olmadığı yahutta çok çeşitli balıklardan alınan yavruların bir arada tutulduğu havuzlarda genetik farklılıklardan dolayı farklılıklar olacağından yem taneciklerinin karıştırılarak verilmesi örneğin 1-2 mm arasında daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Bu işlemle havuzdaki bütün balıkların yem alması hedeflenmektedir. Genellikle balıklar için tavsiye edilen en büyük taneli yemin kullanılmasında fayda vardır (Tablo 2.10). Optimum neticeler için pelet uzunluğu peletin çapından azıcık uzun olmalıdır.

Gökkuşaağı alabalığı yemlemedeki temel prensip frylar ve fingerlinglerin en kısa sürede en hızlı büyümeleri için çok sık yemlenmeleridir. Bunu yaparken aşırı yemlemenin yetiştiricilik suyunu kirletmemesine dikkat edilmelidir. Ayrıca post-juvenile dönemde de balıklardan optimum büyüme ve optimum yem dönüşüm oranı sağlanmalıdır. Bunun arkasındaki neden ekonomiktir. Küçük balıklar üretim siklusundaki toplam yemin $< 5\%$ 'ini tüketmektedirler. Dolayısıyla bu dönemdeki yem değerlendirmede olabilecek

herhangi bir düşüş alabalık üretimindeki ekonomikliliği fazla etkilememektedir. Fakat bu peryotta yüksek kaliteli yemleri kullanarak elde edilecek herhangi bir ağırlık kazancı yani balıkların hızlı büyütülmeleri üretim siklusunun kısaltılmasına imkan sağlayacaktır. Bütün balıklarda olduğu gibi yemleme oranı su sıcaklığı ve balık büyüklüğüyle direkt ilişkilidir.

Tablo 2.10. Gökkuşaağı alabalıklarında tavsiye edilen ekstrude diyet partikül büyüklüğü

Granül yada pellet büyüklüğü	Elek çapı	Balık ağırlığı (g her balık)
Starter granül	30–40	< 0.23
No. 1 granül	20–30	0.23–0.5
No. 2 granül	16–20	0.5–1.5
No. 3 granule or 1 mm	10–16	1.5–3.5
No. 4 granule or 2 mm	6–10	3.5–9
3 mm pelet		9–38
4 mm pelet		38–90
5 mm pelet		90–450
6 mm pelet		450–1500
8 mm pelet		> 1500

Yemleme oranları sıcaklık düştükçe ve balıklarlar büyüdükçe düşmektedir. Gökkuşaağı alabalıkları için pratik olması bakımından yemleme kartları hazırlanmıştır. Bu yem tabloları kullanılırken yemin enerji yoğunluğunu da dikkate alınmalıdır (Tablo 2.11). Yemleme kartları sadece referans bilgiler olup tavsiye niteliğindedirler kullanılmaları harfiyen uygulanacakları manasına gelmez. Her çiftlik kendi sıcaklık, büyüme ve yem değerlendirme kayıtlarını tutmalıdır. Sonrada bu gerçek kayıtlardan tavsiye edilen yem tablolarından sapmalara bakarak kendi tablolarını oluşturmalarıdır.

Peletler balıklara elle verilebilir, mekanik yemleme sistemleriyle verilebilir yahut ta isteğe bağlı sarkaçlı yemliklerle verilebilir.

Fry ve fingerlingler genellikle çok sık yemlenirler, ilk yemlemede saatte 4 kez yemlemeye kadar yapılabilir. Dolayısıyla mekanik yemleyiciler (zaman ayarlı) fry ve fingerling dönemlerin için çok uygundur.

Tablo 2.11. Ekstrüde edilmiş diyetlerin kullanılması durumunda gökkuşağı alabalıklarında kullanılacak örnek bir yem Tablosu. Karttaki değerler yem değerlendirme oranıyla çarpılarak günlük yem miktarı tespit edilmiş ve toplamın %si olarak ifade edilmiştir. Örneğin eğer tahmin edilen yem değerlendirme oranı 1.2 ise bu durumda 7.5 g lık balığın 12.8 oC’de büyütülmesi için $3.03 \times 1.2 = \%3.6$ yem verilmelidir. Yahut ta $0.273 \text{ g diyet gün}^{-1}$ (7.5×3.6). Eğer bir tank 5000 adet böyle balık içeriyorsa tanka günlük atılacak toplam yem miktarı $136.5 \text{ g yem gün}^{-1}$.

Balık Ağırlık (g)	Su Sıcaklığı (°C)									
	8.3	9.4	10.5	11.7	12.8	13.9	15.0	16.1	17.2	18.3
0.53	3.50	4.29	5.09	5.88	7.03	7.87	8.66	7.87	7.07	6.68
1.3	2.63	3.22	3.82	4.41	5.30	5.90	6.49	5.90	5.30	5.01
2.6	2.10	2.58	3.05	3.53	4.24	4.72	5.20	4.72	4.24	4.01
4.6	2.75	2.15	2.54	2.94	3.54	3.93	4.33	3.93	3.54	3.34
7.5	1.50	1.84	2.18	2.52	3.03	3.37	3.71	3.37	3.03	2.86
11.4	1.31	1.61	1.91	2.21	2.65	2.95	3.25	2.95	2.65	2.50
16.4	1.17	1.43	1.70	1.96	2.36	2.62	2.89	2.62	2.36	2.23
23	1.05	1.29	1.53	1.76	2.00	2.36	2.60	2.36	2.12	2.00
31	0.95	1.17	1.39	1.60	1.93	2.15	2.36	2.15	1.93	1.82
41	0.88	1.07	1.27	1.47	1.67	1.97	2.16	1.97	1.77	1.67
52	0.81	0.99	1.17	1.36	1.63	1.82	2.00	1.82	1.63	1.54
66	0.75	0.92	1.09	1.26	1.52	1.69	1.86	1.69	1.52	1.43
81	0.70	0.86	1.02	1.18	1.34	1.57	1.73	1.57	1.41	1.34
98	0.66	0.81	0.95	1.10	1.33	1.47	1.62	1.47	1.33	1.25
120	0.62	0.76	0.90	1.04	1.25	1.39	1.53	1.39	1.25	1.18
142	0.58	0.72	0.85	0.98	1.18	1.31	1.44	1.31	1.18	1.11
168	0.55	0.68	0.80	0.93	1.12	1.24	1.37	1.24	1.12	1.05
197	0.53	0.64	0.76	0.88	1.06	1.18	1.30	1.18	1.06	1.00
239	0.50	0.61	0.73	0.84	1.01	1.12	1.24	1.12	1.01	0.95
267	0.48	0.59	0.69	0.80	0.96	1.07	1.18	1.07	0.96	0.91
303	0.46	0.56	0.66	0.77	0.92	1.03	1.13	1.03	0.92	0.87
350	0.44	0.54	0.64	0.74	0.88	0.98	1.08	0.98	0.88	0.83
378	0.42	0.52	0.61	0.71	0.85	0.94	1.04	0.94	0.85	0.80
413	0.40	0.50	0.59	0.68	0.82	0.91	1.00	0.91	0.82	0.77
454	0.39	0.48	0.57	0.65	0.79	0.87	0.96	0.87	0.79	0.74
504	0.38	0.46	0.55	0.63	0.76	0.84	0.93	0.84	0.76	0.72
568	0.36	0.44	0.53	0.61	0.73	0.81	0.90	0.81	0.73	0.69
650	0.35	0.43	0.51	0.59	0.71	0.79	0.87	0.79	0.71	0.67
757	0.34	0.42	0.49	0.57	0.68	0.76	0.84	0.76	0.68	0.65
908	0.33	0.40	0.48	0.55	0.66	0.74	0.81	0.74	0.66	0.63

Balıklar havuzlara alındığında isteğe bağlı yemlikler kullanılabilir. İsteğe bağlı yemlikler genellikle silindirik konik tabanlı yem depoları olup alt uçlarında metal bir ip yetiştiricilik suyuna sarkıtılmıştır. Konik ucun içerisinde çapı ucun çapından daha küçük bir platform vardır ve bu platform asılı ipliğe bağlıdır. Balıklar ipi hareket ettirdiklerinde yem suya dökülmektedir. Yem dökme oranını (hep ip çekilişinde düşen yem miktarı) platformu aşağı ya da yukarı hareket ettirerek ayarlamak mümkündür.

Bu yemliklerin pek çok faydası vardır. İlk olarak işçilik masrafları azalmaktadır. İkinci olarak balık istediği zaman istediği miktarda yem yemektedir. Üçüncü olarak yem gün boyu oradadır ve yem alırken balıklarda aşırı hareketlenme gözlenmez. Bu ise yetiştiricilik suyundaki oksijen seviyelerini fazla etkilemez ve balıklar daha az saldırgan olurlar. Dezavantajı ise bu yemliklerin diyet atıkları üzerinde dönmesidir. Yüksek rüzgar dahi ipi oynatabilir ve yem dökülmesine neden olabilir buda hem daha fazla atık ve hem de yem kaybı demektir. Ayrıca bu yemliklerin ayarlarının da çok iyi yapılması gerekmektedir. Mekaniksel yemleme ve elle yemleme genellikle denizlerdeki ağ kafeslerde kullanılmaktadır. Mekaniksel yemleme pek çok makinelerle yapılmaktadır en yaygın olanlarında diyet sistem içine döndürülerek yumuşak tüplerden bırakılmaktadırlar. Yemleme frekansı ve her yemlemede verilen toplam yem miktarı ekonomik büyümeyi sağlamak için dikkatlice kontrol edilmektedir. Elle yemleme işçiliğin düşük olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Dolayısıyla her çeşit otomatik yemlik mutlak surette kontrol edilmeli ve ayarları iyi yapılmalıdır.

2.7. Alabalık Yetiştiriciliği ve Çevresel Mülahazalar

Alabalık çiftlikleri suyu tüketmemektedirler, çiftliklerden çıkan sular besin maddeleriyle zenginleşmiş olarak çıkmakta ve göllere yada nehirlerle boşaltılmaktadırlar. Bu nutrientler yada besin maddeleri suyun kalitesini düşürmekte, algler ve akuatik bitkilerin ise gelişmesini arttırmaktadırlar. Bu nedenle gökkuşağı alabalığı çiftliklerinin alıcı suya bırakacakları katı maddelerin miktarı sınırlandırılmalıdır. Bu işlem kuluçkahanelerin ve işletmelerin çıkışlarına yerleştirilecek davul filtrelerle sağlanabilir. Başka bir faktör ise kuluçkahanelerin atık sularındaki fosfor miktarıdır. Sindirilmemiş besin maddeleri yenmemiş diyetten, pelet tozlarından, feçesten ve metabolik atıklardan (üre ve solungaç atıkları) kaynaklanmaktadır. Pek çok çiftlik eğer drum filtre

kullanmıyorsa dinlenme havuzu yapmakta ve biriken atıkları gübre olarak ziraatin diğer kollarında kullanılmaktadırlar. Kuluçkahane sularındaki fosfor 2 formda bulunmaktadır. Bunlar katı partiküller (kemik ve diğer çözünmeyen formlar) ve idrarla atılmış çözünmüş fosfor. Katı fosfor toplanıp atılsa da sıvı formu ekonomik olarak toplanamaz toplanamaz. Çünkü çok fazla miktardaki suda az miktarlarda fosfor bulunmaktadır. Bu nedenle gökkuşağı alabalığı yemlerindeki fosfor miktarının balığın ihtiyacıyla sınırlandırılması yapılacak diyet formülasyonlarındaki başlıca yaklaşımdır. Bu yaklaşımı kullanarak hazırlanan yemler ile balıklarca oratama bırakılan fosfor miktarı oldukça azaltılmıştır. Çözünmeyen fosforun gökkuşağı alabalığı rasyonlarında azaltılması için 2 yaklaşıma ihtiyaç vardır. 1. Düşük fosforlu diyet ingredientleri kullanmak 2. Diyet ingredientlerindeki fosforun biyo-elverişliliğini artırmak. Günümüzde balık yemlerinde kullanılan yem maddelerindeki fosforun miktarı ve biyo-elverişlilikleri bilinmektedir (Tablo 2.12)

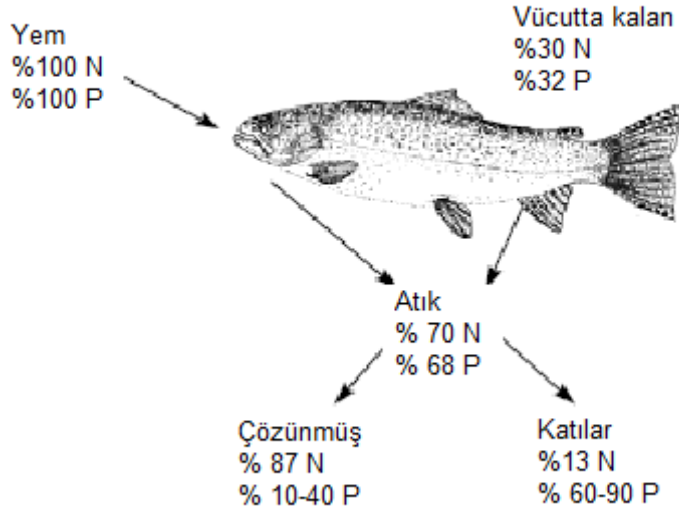
Tablo 2.12. Gökkuşağı alabalığı rasyonlarında kullanılan yem maddelerinde bulunan fosforun elverişliliği (%)

Ingredient	Toplam fosfor	Elverişli fosfor	Elverişlilik oranı
Ringa balığı unu (herring)	2.05	0.91	44.4
Hamsi balığı unu	2.90	1.46	52.1
Menhaden fish-meal (ringa)	3.43	1.25	36.5
Beyazbalık unu	3.50	0.60	17.2
Beyazbalık unu, kılçıksız	1.69	0.79	46.8
Tavukçuluk atıkları	2.36	0.90	38.3
Tavukçuluk atıkları, düşük kül	1.68	1.06	63.0
Et ve kemik unu	2.68	0.58	21.8
Et ve kemik unu düşük kül	2.49	0.87	35.0
Tüy Unu	1.26	1.00	79.4
Kan unu	0.72	0.74	103.5*
Buğday -gluten unu	0.18	0.13	74.7
Mısır-gluten unu	0.54	0.05	8.5
Soya unu	0.85	0.23	26.6
Buğday unu	0.32	0.15	47.0

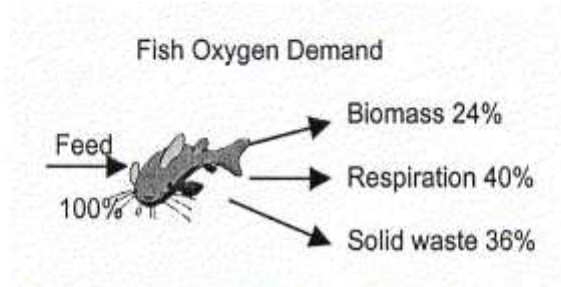
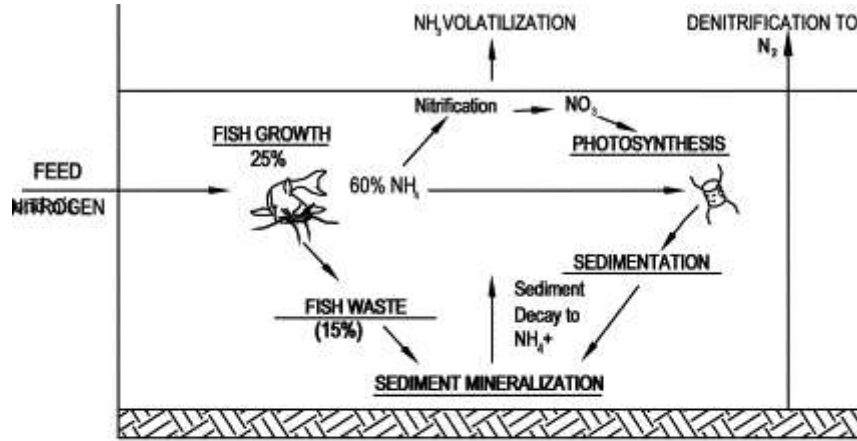
*Açıkcası mineralin elverişliliği %100'ü geçemez. Bu değerin verilmiş olması invivo çalışmalarda mineralin tespitinde karşılaşılan güçlüklerin gösterilmesi içindir. Pratikte ingredientler arasında %3-5 ten daha az farklılık varsa güvenmek akıllıca olmaz.

Yemlerin metabolize olduktan sonra uğramış olduğu akibet ve N ve P bakımından atık miktarları Şekil 2.2'de verilmiştir.

Yemdeki Nitrojen (N) ve fosforun (P) akibeti



Şekil 2.2. Yemdeki azot ve fosforun akibeti



Şekil 2.3 Havuzlardaki nitrojen döngüsü ve balıkların toplam oksijen harcama bilançosu

2.8. Gelecekteki Temayüller

Dünya çapında, kültür yoluyla alabalık üretimi artmaktadır, fakat bu artış oranı Atlantik salmon üretiminden küçük bir orandadır. Alabalıklar insanlar tarafından tüketilmeyen maddeleri insan gıdasına çevirmede oldukça maharetlidirler. Günümüzde bu dönüştürme oranı yaklaşık 1:1 e yaklaşmıştır. Bunun manası 1 ton yem ile 1 ton balık üretilmektedir. Diyetler ayrıca yağlı tohumların küspeleriyle (soya unu), balık unu, tane yemlerin elek altları ve tavukçuluk ve mezbahe artıklarından oluşturulmaktadır. Alabalıklarda randıman %50 den daha fazla olmaktadır. Bu balıklar esansiyel yağ asitleri ve proteince zengin, hayvansal proteinlerle karşılaştırıldığında doymuş yağ bakımından oldukça düşüktür. Alabalık üretiminin her yıl %5 oranında artacağı varsayılmaktadır. Gelecekte toplam ürün bakımından kültürü en fazla yapılan ilk 10 balık arasına girecektir.

Geçtiğimiz son 20 yılda alabalık diyetleri pek çok bakımdan değişikliğe uğramıştır. İlk olarak diyet protein ve yağ seviyeleri artmıştır, diyet protein kaynaklarının kalitesi artmıştır, neticede diyetlerdeki toplam proteinin sindirilebilirliği artmıştır (Şekil 2.4).

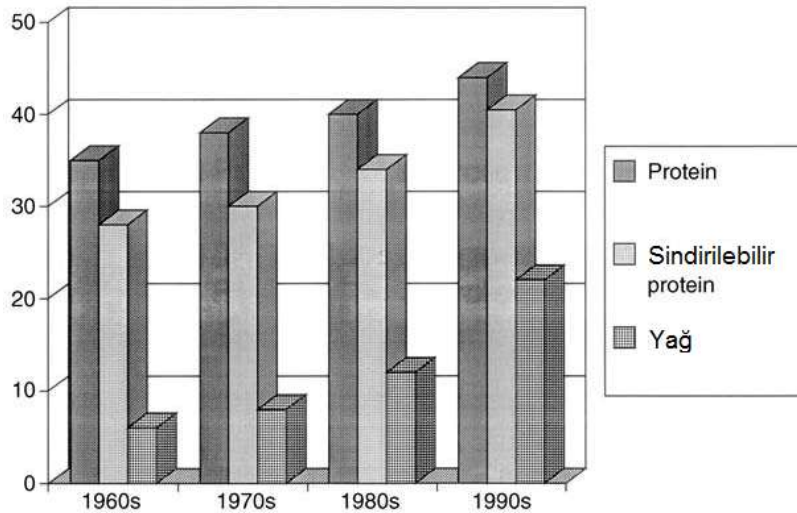


Fig. 2.4. Son 40 yılda alabalık yemlerindeki protein ve yağ seviyelerindeki değişimler

İkinci olarak; günümüzde alabalık diyetleri buharla peletleme yerine pişirme ekstrüzyonla üretilmektedirler. Üçüncüsü ise diyet formülasyonundaki vurgu günümüzde düşük-kirleticili diyetler üzerinedir. Bunu yapmak için alternatif protein kaynaklarının balık unu yerine kısmi ikamesi amaçlanmaktadır. Düşük kül içerikli mezbaha atıkları ve çeşitli bitkisel kaynaklardan elde edilen proteinlerde yine bu maksatla kullanılmaktadır. Çok değil 10 yıl önce balık unu genellikle 50% oranında alabalık diyetlerine katılmaktaydı günümüzde bu değer fiyata bağlı olarak %25- 40 arasında değişmektedir. Alternatif protein kaynakları olarak kan unu, tüy unu, düşük küllü tavuk unu, soya unu ve kanola unu da kullanılmaktadır. Mısır-gluten unu da yine gelecek için umut verici bir maddedir ancak günümüzde sadece %5 oranında kullanılmaktadır. Çünkü fazla miktarda ksantofil renk maddesi (sarı renk verir) içermektedir ve balık eti sarardığından arzu edilmemektedir. Gelecekte balık etine ihtiyacın arttığı düşünüldüğünde balık ununa talepte artacak ve dolayısıyla da alternatif bulma çalışmaları da devam edecektir

2.9. Kafes Balıkçılığında Karşılaşılan Başlıca Sorunlar ve Öneriler

Akarsular ve durgun sularda yapılan alabalık kültüründe karşılan sorunlardan bazıları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Bürokratik sorunlar: Kuruluş aşamasında ilgili kurumlardan görüş alınırken süreç ya çok uzun olmakta veya izin verilmemektedir. Bu da müteşebbisin yatırım şevkini kırmaktadır. Onun için ekolojik, sağlık ve güvenlik açısından incelemeleri yapılmış adeta imar planı çıkarılmış hazır “izin alanlarının” yatırımcılara açılması hem yatırımcı ve hem de devlet kurumları açısından pratik bir uygulama olacaktır.
- Su kirası sorunu: Kafeslerin kurulduğu nehir, göl ve baraj sularındaki alanların kiraya verilmesi il özel idarelerinin sorumluluğu altındadır. Kiraya verme işlemlerinde kısmen de olsa Tarım Bakanlığı’ndan görüş alınmakta ancak kendileri görüş oluşturmaktadırlar.

Bu nedenle birim alan fiyatlarında önemli dalgalanmalar görülmektedir. İzleyen kiralamalarda da artışlar oldukça yüksek olarak belirlenmektedir. Bu nedenle, kiralama ücretleri daha makul ve ekonomik veriler baz alınarak belirlenmelidir

- Yem fiyatlarının yüksek ve balık fiyatının ucuz olması birçok küçük aile işletmesinin piyasadan silinmesine neden olmaktadır. Buna bazı büyük işletmelerin yem fiyatının biraz üstünde toptan satış yapmaları da piyasa istikrarsızlığına zemin hazırlamaktadır. Bakanlık tarafından sağlanan destekler zamanında verilmemektedir. Acil parasal ihtiyaç nedeniyle zamansız arz yapıldığından karlılık düzeyine ulaşmak zorlaşmaktadır. Onun için verilen desteklerin geciktirilmeden üreticiye ödenmesi beklentisi önemsenmelidir.
- Örgütsel yetersizlik: Son bir kaç yılda atılan önemli adımlara rağmen, üreticiler, arasındaki örgütlenme yetersizliği veya mevcutların etkin olamaması nedeniyle sektörün karşılaştığı sorunların çözümüne yeterli katkıyı sağlayamamaktadır. Özellikle üretici birliklerine daha fazla etkinlik kazandırılmalı ve tek çatı altında birleşmeleri sağlanmalıdır.
- Sektörel uyumsuzluklar: Bazı yörelerde balık üretim tesislerine olumsuz yaklaşımlarda bulunmaktadır. Hele girişimci yerli halkın haricinde dışarıdan biri olması durumunda şikayet ve engellemelerle karşılaşmaktadır. Bu noktada tesislerin turizme olumsuz etkilerinin olduğu/olacağı yaklaşımı medya vasıtası ile işlenmektedir. Bu da söz konusu işletmeleri adeta sabıkalı konuma getirmektedir. Halbuki bu tesisler ekolojik istemler doğrultusunda işletildiğinde turizme destek sağlayan önemli bir sektör olacaktır.
- ÇED Raporu: ÇED raporu hazırlamanın süresi ve maliyeti üreticiler için hem zaman kaybı ve hem de ekonomik maliyeti arttıran bir koşuldur. Bu koşulun uygulanması şarttır. Ancak hem süre ve hem de maliyet açısından yumuşatılması gerekmektedir.
- Pazarlama sorunu: Pazarlama gerek iç piyasada ve gerekse dış satımda oldukça önemlidir. İç piyasada fiyat istikrarının sağlanması ve dış satımda bazı kolaylıkların temini balık yetiştiriciliğinin daha sağlıklı ve istikrarlı gelişimini sağlayacaktır. Ayrıca üreticilerin, geleneksel pazarlama metotları dışında, ülke nüfusu ve balık tüketim miktarı göz önüne alındığında önemli bir potansiyel bulunan iç pazarı genişletmek için sistemli girişimlerde bulunması gerekmektedir. Bunun da ötesinde, yine önemli bir

potansiyel bulunan dış pazarda daha fazla pay sahibi olabilmek için gayret sarf edilmelidir.

Baraj göllerinde üretilen balığın genellikle su sıcaklığının yükseldiği dönemde pazara aynı anda arz edilmesi de fiyat oluşumunu olumsuz etkilemektedir. Soğuk muhafaza zinciri ağının genişletilmesi bu önemli problemin olumsuz etkilerini azaltacaktır.

- Tanıtım ihtiyacı: Ülkemizde kişi başına düşen yıllık balık tüketimi 8,1 kg.dır. Bu tüketim miktarını arttırmak ve halka balık tüketim alışkanlığını kazandırmak için STK'larla birlikte devletinde katkısıyla medya bazlı projeler geliştirilmelidir. Bu projelerde işlenmiş ürünlere yönelik temalara öncelik verilmesi ana yaklaşım olmalıdır.
- Son yıllarda görülen kuraklık nedeniyle, doğal olarak öncelik içme suyu teminine verilmekte ve baraj gölleri içme suyu teminine tahsis edilmektedir. Bu barajlarda balık çiftliği kurulmasını yasaklayan Su Kirliliği Yönetmeliği nedeniyle, üretim alanları daralmakta ve daha sonra içme suyuna tahsis edilen baraj göllerinde yer alan balık çiftlikleri kapatılmak zorunda bırakılmaktadır.

2.10. Doğu Anadolu Bölgesi Balıkçılığının Sorunları, Fiziksel ve Ekolojik Engeller

Türkiye'nin tüm iç sularından elde edilen balık miktarından (65.000 ton) daha fazla balık üretim potansiyeline sahip olabilecek bölgemizde de üretimi engelleyen çeşitli sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunlardan önemli olan bazıları üzerinde kısaca durulmuştur.

1. İklim :

Bölgede şiddetli bir karasal iklim hüküm sürmekte ve bu nedenle kış mevsimi oldukça sert ve uzun sürmektedir. Genellikle akarsu ve gölleri 4-6 ay kadar buzlar altında kalmaktadır. Bu durum, suların uzun süre soğuk olmasına ve balıkların yavaş büyümelerine neden olmaktadır. Suların soğuk olması balıkların, bilhassa alabalıkların kuluçka sürelerini uzatmaktadır. Buzlar altında kalan göllerde ise, eğer balık stoku yükselecek olursa oksijen yetmezliği ortaya çıkabilir. Bu nedenle göl ve göletlerde stok miktarı ile av miktarını çok iyi dengelemek gerekir. Ayrıca göl ve göletlerin buzla kaplı olması kışın balık avcılığını da son derece zorlaştırmaktadır.

Alabalıkların kuluçka süresini kısaltmak için bölgede bol miktarda bulunan kaynak ve artezyen sularından yararlanmak mümkündür. Alabalık kuluçkahaneleri bu tip su

kaynakları üzerinde kurularak hem kuluçka süresi kısaltılabilir ve hem de kış boyunca yavruların büyümeleri sağlanabilir.

2. Erozyon :

Çayır-mera alanlarının giderek azalması bölgede akarsu ve göller için büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Çünkü, bitki örtüsünün tahrip olması sellere, bilhassa akarsuların bahar aylarında şiddetli bir şekilde bulunmasına neden olmaktadır.

Sellerle sulara karışan silt ve miller bilhassa akarsulardaki alabalıkları boğup öldürmektedir. Silt ve mil nedeniyle göl, gölet ve baraj gölleri giderek dolmakta ve bentik flora ve faunalar tahrip olmaktadır. Böylece bu su kaynaklarında besin zinciri bozulmaktadır. Bilindiği gibi, bulanık sularda plankton verimi ve buna bağlı olarak da balık üretimi düşmektedir. Bu sorunun çözümlenebilmesi için meyilli araziler tasarlanarak ağaçlandırılması çayır ve meralar zamansız ve aşırı otlatılmalıdır. Erozyonun şiddetli olduğu yörelerdeki akarsular üzerine yer yer set ve bentler yapılmalıdır. Bu set ve bentler arkasında birikecek olan kıymetli topraklar da çeşitli araçlar için kullanılabilir.

3. Damızlık Sorunu :

Bölgemizde yumurta, yavru ve damızlık balık ihtiyacını karşılayacak kamu ve özel işletme sayısı yok denecek kadar azdır. Yetiştiriciler arzu ettikleri zaman uygun fiyatlarla damızlık ihtiyaçlarını karşılamalıdır. Damızlık sağlayamayan bir çok üreticinin balıkçılık yapmaktan vazgeçtikleri görülmektedir. Bölgede üreticinin her çeşit damızlık ihtiyacını karşılayabilecek damızlık işletmelerin kurulması gerekmektedir.

4. Yem Sorunu :

Kültür balıkçılığında da girdilerin % 40-60'ni yem oluşturmaktadır. Kaliteli ve ucuz yem temin edilmedikçe balıkçılıkta istenen gelişme sağlanamaz. Bu sorunun çözümünde mezbaha artıklarından yararlanabilir. Yavru balıkların beslenmesi için canlı yem üretimi yapılarak yemden tasarruf sağlanabilir. Kuru karma yem ise bölgedeki yem fabrikaları tarafından karşılanabilir.

5. Ulaşım ve Pazarlama Sorunu :

İklim ve topoğrafik yapı nedeniyle bölgemizin önemli sorunlarından bir diğeri ise ulaşım dır. Kış aylarında köy ve kasabalardan bir çoğunun yolları zaman zaman kapanmaktadır. Bilhassa alabalık üretimi için uygun olan dere ve göller için kışın ulaşım sorun olabilir. Ilık su balıklarının kuluçka mevsimi ilkbahar ve yaz aylarına rastladığından ulaşım problemi olmamaktadır.

Bölgede halkın balık tüketim alışkanlığı çok fazla olmadığından (10 kg'ın altında) olmadığından üretilen balığın pazarlanması sorun olabilir. Fakat bu, alabalıklar için söz konusu değildir. Çünkü alabalıklara talep oldukça yüksektir. Diğer tür balıklar ise piyasada deniz balığının bulunmadığı periyotlarda pazara sürülürse pazarlama sorun olmayabilir.

Ayrıca soğuk hava zincirinin mutlaka kurulması ve balıkların pazara temiz ve dondurulmuş olarak sunulması gerekir. Çünkü, birçok aile sadece temizleme nedeniyle balık yemekten kaçınmaktadır.

Ayrıca komşu ülkelerle sınır ticareti yoluyla önemli miktarlarda balık pazarlanabilir. Yetiştiricilerin de ortak olabileceği ihracat şirketleri de kurulabilir.

6. Organizasyon Sorunu:

Diğer sektörlerde olduğu gibi, su ürünleri sektöründeki başıboşluk ve dağınıklık, yani organizasyon sorunu bölgemiz için de geçerlidir. Bu sektörden sorumlu tek bir teşkilatın oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Bu teşkilat (Su ürünleri Bakanlığı).

7. Eğitim, Yayın ve Araştırma Sorunu :

Su ürünleri konusunda Elazığ'da eğitim yapan 1 adet Su Ürünleri Fakültesi ile Erzurum ve Van'da Ziraat Fakültelerinde ki Su Ürünleri Mühendislik Bölümleri ve meslek yüksek okulların su ürünleri programlarında su ürünleri eğitimi verilmektedir. Ancak bu eğitim kurumlarının altyapıları hala yetersizdir.

Bölgemizin ekolojik özellikleri dikkate alınarak ciddi araştırmaların yapılması gerekir. Ancak, yapılan araştırmalarla teknoloji ve dolayısıyla üretim artışı ve verimlilik sağlanabilir. Fiziksel, Ekonomik ve ekolojik şartların değişkenliğinin çok yüksek olması

nedeniyle bölgenin çeşitli yörelerinde lâboratuarlar, araştırma istasyonları ve eğitim birimleri oluşturulmalıdır.

8. Kredi Sorunu :

Kredi alanındaki bürokratik engeller ortadan kaldırılmalı. Krediler geçim sıkıntısı çeken ailelere ve bu konuda diploma sahibi uzman kişilere verilmelidir.

Bu sorunlardan başka bölge balıkçılığının sorunları arasında stok tespiti, teknoloji ve çevre kirliliği gibi sorunlarda bulunmaktadır.

9. Su Kaynaklarımızda Islah ve Balıklandırma Çalışmaları

Bölge sularının bir bölümüne Tarım İl Müdürlüğü tarafından temin edilen aynalı sazan yavruları bırakılmaktadır. Bunun dışında ciddi balıklandırma, stok tespiti ve programlı balıkçılık yapılmamaktadır. Yapılması gereken bölgemizde bulunan her derenin balıkları ayrı ayrı sağılarak kesesi çekilmiş yavruların tekrar bu derelere salıverilmesi suretiyle balıklandırılmalarının yapılmasıdır.

10. Bölgede Sportif ve Rekreatif Balıkçılığın Durumu

Yapılacak balıklandırma çalışmaları neticesinde su kaynaklarımızda olta balıkçılığı özendirilerek sportif manada kaynakların kullanılması sağlanmalıdır. Maalesef insanlar dereden bir an önce balık çıkarmak için her çeşit av aracını ahlaki saymaktadırlar. Av araçları kontrol altına alınmalıdır.

11. Endemik ve Değerli Türlerin Muhafazası ve Geliştirilmesi

Her dereye muhakkak surette en az 1 kuluçkahane bu maksatla kurulmalı yada özel sektörle anlaşmalar yapılarak bu işler özendirilmelidir.

12. Kültürü yapılan balık türlerinin doğal su kaynaklarına kaçma riski her zaman mevcuttur. Balıkların doğal su kaynaklarına kaçmaları nehirlerde yiyecek bakımından haksız rekabete yol açmaktadır. Eğer avcı balıklar ise oradaki balıkların yavru ve yumurtalarını tüketmektedirler.

Üreme kabiliyetinde iseler su kaynaklarında bulunan diğer türlerle çiftleşerek istenmeyen melez türler meydana gelebilir. Dolayısıyla işletmelerin giriş ve çıkışlarında önlem alınmalıdır. Filtrasyon yahut çökeltme bu işe yardımcı olabilir.

2.11. Türkiye Su Havzaları ve Kirlilik Problemleri

Günümüzde ya doğal kaynaklardan, ya kuyulardan veya nehir, göl ve baraj sularının özel yöntemlerle arıtılmasından sağlanan sular, içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. Kaynak suları genellikle toprağın derinliklerinden geldiklerinden ötürü, doğal olarak mikrobiyolojik yönden temiz olup, yeryüzünde nakil, kullanma ve diğer işlemler esnasında kirlenmektedir. Bir kontaminasyona uğramayan kuyular için de, aynı şeyleri söylemek mümkündür. Arıtma sonucu elde edilen sular için durum biraz farklıdır. Arıtma işlemlerindeki herhangi bir aksaklık, suyun tam olarak temizlenmesini önler (Leloğlu, 1984).

Doğu anadolu bölgesinde mevcut yeraltı sularının kalitesini bozan etmenlerin başında; formasyondan gelenler, Volkanizmadan gelenler ve yapısal etmenler gelmektedir. (Yurdagül ve Kaplan, 1984). Ancak günümüzde atık suların kullanılmasıyla faydalar sağlanması amaçlanmaktadır. Örneğin, atık suların sulama suyu olarak kullanılması. Atık suların sulama amacıyla kullanılmasında sağlanan önemli yararlar; suyun yeniden kullanılması ve korunması, bitki besin maddelerinin yeniden kullanımı, atık suların yönetiminin daha ucuza yapılması ve tarımda verimliliğin artırılmasıdır. Bu yararlardan en önemli olanı ise, bitki beslenmesinde esas olan mikro ve makro besin maddelerinin sağlanmasıdır (Sağlam ve ark.,1984).

Su kaynaklarımızdan içme suyu başta olmak üzere, sulama suyu, kullanma suyu, enerji üretimi ve buralarda yapılan doğal avcılık ve kültür balıkçılığı olarak faydalanılmaktadır. Ülkemizde bulunan su kaynakları drenaj sahaları itibariyle 26 havza olarak ifade edilmektedir (Tablo 2.13). Bunların tamamının karşı karşıya olduğu tehlikeler ve bu tehlikelerin doğurduğu belli başlı sorunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Nehirler üzerinde planlanan barajların yapımı esnasında balıkların rahatlıkla geçebilecekleri göç yollarının yapılmaması veya aktif olarak kullanılmaması neticesinde ekolojik dengenin bozulması

Tablo 2.13. Drenaj sahaları itibariyle Ülkemiz su havzaları (26 adet)

Havza Adı	Ortalama Su Kapasitesi (km ³ /yıl)
Meriç Havzası	1.33
Marmara Havzası	8.33
Susurluk Havzası	5.43
Kuzey Ege Havzası	2.09
Gediz Havzası	1.95
Küçük Menderes Havzası	1.19
Büyük Menderes Havzası	3.03
Batı Karadeniz Havzası	8.93
Antalya Havzası	11.06
Burdur Göller Havzası	0.50
Akarçay Havzası	0.49
Sakarya Havzası	6.40
Batı Karadeniz Havzası	9.93
Yeşilırmak Havzası	5.80
Kızılırmak Havzası	6.48
Konya Kapalı Havzası	4.52
Doğu Akdeniz Havzası	11.07
Seyhan Havzası	8.01
Asi Havzası	1.17
Ceyhan Havzası	7.18
Fırat Havzası	31.61
Doğu Karadeniz Havzası	14.90
Çoruh Havzası	6.30
Aras Havzası	4.63
Van Gölü Havzası	2.39
Dicle Havzası	21.33

2. Nehirler üzerinde planlanan balıkçılık işletmelerinin buraları kirletiyor sebebiyle kapatılmak istenmesi neticesinde meydana gelen ekonomik kayıplar. Ayrıca bir nehir üzerinde kurulacak balık işletmelerinin aralarındaki mesafelerinde kaç kilometre olacağının kanunla belirtilmiş olmamasında dolayı çıkan hukuki anlaşmazlıklar

3. Özellikle bazı bölgelerimizde bulunan havzalarımız şehirlerle iç içe girmiş durumda olduklarından mülklerinin kamuya ait olması nedeniyle yapılaşma vb. bahanelerle bazı çevreler tarafından yağmalanması.

4. Mevcut sularımızın erozyon nedeniyle kirlenmesi

5. Fabrika atık sularıyla kirlenmesi

6. Kanalizasyon sularıyla kirlenmesi

7. Özellikle kentleşmenin hızlı olduğu bölgelerde havzaları koruma mesafelerine riayet edilmemesi neticesinde sulama maksatlı vs. yapılan bazı su rezervuarlarında ve tabii su kaynaklarımızda problemlerin doğması

8. Su kaynaklarımızın yakınlarında çeşitli maksatlarla kurulan tesislerin (fabrikalar vs.) katı atıklarının ve sıvı atıklarının suya veya toprağa atılması neticesinde sularda meydana getirdikleri kalıcı hasarların su ortamında yaşayan canlıları öldürmeleri. Örneğin, kağıt fabrikası ve kanalizasyon atıklarının boşaltıldığı nehir havzasında yaşayan ergin atlantik salmonlar (*Salmo salar*)'ın kan hemoglobininde, plazma kolesterolünde ve bilirubinlerinde önemli derecede değişiklikler olduğu kaydedilmektedir (Everall et. al., 1991).

9. Hava kirliliğine bağlı olarak oluşan sülfirik asitin topraklarımıza ve su kaynaklarımıza yağması neticesinde hep toprakların hem de suların doğal yapılarının bozulması

10. Tarım arazilerinde bilinçsiz kullanılan ilaçların ve gübrelerin topraktan yıkanması neticesinde su kaynaklarımıza ulaşması neticesinde ortaya çıkan problemler

2.12. Su Kaynaklarının Korunması ve Kirliliğinin Önlenmesi İçin Tavsiyeler

İç sular karasal su sisteminde bulunan tüm suları içine almaktadır Dış görünüşleri bakımından iç sular; durgun su, akarsu ve yeraltı suyu olarak çok değişiklik arz etmektedir. Su kirliliğine neden olan başlıca kaynaklar; Evsel ve endüstriyel atık sular, toksik metal kirliliği, zirai ilaçlama sonucunda oluşan kirlilik ve piknik vs. eğlence atıklarıdır. Kirletilen suların kaliteleri bozulmaktadır. Düşük kaliteli sular balıkların hastalanmalarına sebep olabilen stress kaynaklarının başında gelmekte ve hatta toplu ölümlere yol açmaktadır.

Kirletici ajanların orijinleri çok farklı olsa da meydana getirdikleri hasar yönünden ele alındıklarında hepsinin suda olmaması gereken unsurlar olarak algılanması ve dolayısıyla sularımızın temiz tutulması gerekmektedir. Elimizde olmayan nedenlerden dolayı (atmosferik olaylar, doğal afetler vs.) sularda meydana gelen değişikliklere karşı da önceden önlem alınması verimlilik üzerine olumlu etkiler

yapacaktır. Havzaların korunması yukarıda saydığımız olumsuzlukları büyük ölçüde engelleyecektir.

Havzaları korumak için alınacak idari ve teknik tedbirlerin bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Yeterli miktarda ve sık sık denetimler yapılarak tahribatların önlenmesi veya en aza indirilmesi
2. Havzalarda istihdama müsaade edilmemesi
3. Havza sınırları belirlenmeli ve koruma altına alınmalı
4. Havza kenarlarında bulunan tarım topraklarında gübreleme ve ilaçlama faaliyetleri işi bilenler tarafından uygun metotlarla yapılmalı
5. Maden işletmeciliği yapılan yerlerin denetim altında bulunması
6. Havzalarda bulunan orman örtüsünün korunmaya alınması
7. Sanayi tesislerinin havza koruma alanlarının dışına kaydırılması
8. Çevrenin ağaçlandırılmasıyla rüzgar gibi faktörlerle toprak erozyonunun önlenmesi
9. Hava kirliliğinin kontrol altına alınması
10. Biyolojik kirlenmenin önüne geçilmesi için su kaynaklarında yetiştirilcek uygun su canlılarının belirlenmesi
11. Orman yangınlarının önlenmesi ve ormanlarda emniyet şeritlerinin açılması ayrıca koruculuk sisteminin iyileştirilmesi
12. Bitki örtüsünün korunması bu maksatla mera kanunlarının uygulanmasına riayet edilmesi
13. Teknik tedbir olarak üst havzaların ağaçlandırılması suretiyle erozyonun engellenmesi, Her çeşit fabrikaya filtrasyon düzeneklerinin konulması ve her zaman çalışır vaziyette olup olmadıklarının kontrol edilmesi. Bu şekilde sulara geçmesi muhtemel her çeşit zararlı maddelerin eliminasyonu sağlanmış olacaktır.
14. Su havzalarında bulunan nüfus kontrol altına alınmalı
15. Yönetmenlikler ve kurallar açık ve net olmalı

16. Çöplüklerin havzaların dışında planlanması
17. Kanalizasyon suları filtre edilmeli
18. Havzaların içerisinde geçirecek yolların planının iyi yapılması
19. Yasal düzenlemeler ve caydırıcı önlemler alınmalı (orman yakıcılar vs. cezalandırılmalı)
20. Devlet kurumları ortak ve koordineli çalışmalı
21. Seller yapılacak setlerle vs. önlenmeli

Destekleyici Tablolar

Table 10: Predicted Use of Fish Meal in Aquafeeds in 2010

Compared to amount needed if percentage of fish meal in feeds remains the same as 2000

	Feed (000 mt)	Fish meal (000 mt)
2000 (est.)	13,098	2,115
2010 (today's use levels)	37,226	4,081
2010*		2,831

Difference for 2010 at today's use levels and Barlow's prediction - 1,250,000 mt

Barlow (2000)

Tablo 1-1 Farklı balıklar için Optimum Protein: Enerji oranları

Türler	Sindirilebilir Protein (DP) (%)	Sindirilebilir Enerji (DE) (kcal/g)	Son DP/DE (mg/kcal)	Ağırlık (g)	Cevap Kriteri	Referanslar
Kanal yayını	22.2	2.33	95	526	Ağırlık kazancı	Page and Andrews (1973)
	28.8 ^a	3.07 ^a	94	34	Ağırlık kazancı	Garling and Wilson (1976)
	27.0	2.78	97	10	Protein kazancı	Mangalik (1986)
	27.0	3.14	86	266	Protein gain	Mangalik (1986)
	24.4 ^a	3.05 ^a	81	600	Ağırlık kazancı	Li and Lovell (1992)
Red drum	31.5 ^a	3.20 ^a	98	43	Ağırlık kazancı	Daniels and Robinson, (1986)
Hybrid levrek	31.5 ^a	2.80	112	35	Ağırlık kazancı	Nematipour et al. (1992)
Nil tilapia	30	2.90	103	50	Ağırlık kazancı	El-Sayed (1987)
Yaygın sazan	31.5 ^a	2.90 ^a	108	20	Ağırlık kazancı	Takeuchi et al. (1979)
Gökkuşluğu alabalığı	33	3.6	92	90	Ağırlık kazancı	Cho and Kaushik (1985)
	42	4.10	105	94	Ağırlık kazancı	Cho and Woodward (1989)

^a Sindirilebilir protein ve enerji değerleri diyetin kompozisyonundan hesaplanmıştır

Table 7: Open-Formula Diet Specifications for Dry Salmon Diets

Ingredient	Percent in Diet		
	Starter S8-2	Crumbles (18-2)	Pellets (19-2)
Herring meal	58	55	50
Dried whey	5	5	5
Blood flour (or meal)	10	10	10
Condensed fish solubles <i>or</i>	3	3	3
Poultry byproduct meal	1.5	1.5	1.5
Wheat germ meal	----	5	5
Wheat middlings mill-run <i>or</i> shorts	Remainder	Remainder	Remainder
Vitamin premix	1.5	1.5	1.5
Choline chloride (60%)	0.58	0.58	0.58
Ascorbic acid	0.1	0.1	0.1
Trace mineral mixture	0.05	0.1	0.1
Lignon sulfonate pellet binder	2.0	2.0	2.0
Fish oil <i>or</i> Soybean lecithin (max. 2%)	12	9	9

Abernathy Diets, 1986

Table 8: Typical Salmon and Trout Diet Formulations

Ingredient	Salmon	Trout
Fish meal	51%	22-25%
Soybean meal	8%	<15%
Animal byproduct meals	0%	~15%
Wheat/wheat byproducts	8%	22%
Corn gluten	0%	<5%
Vitamins/minerals	2.2%	1%
Fish/soy oil	30.8%	7-8%
Crude protein	44%	44%
Crude lipid	>34%	16%

Table 9: Fish Meal Use by Species Group (% in diet and 000mt), Showing an Increase of 38% in Fish Meal Use by 2010

Species Group	2000	2010*	2000	2010*
Catfish	3%	0%	15 mt	0 mt
Salmon	40%	30%	454 mt	377 mt
Trout	30%	25%	176 mt	147 mt
Marine Fish	45%	40%	415 mt	688 mt
Flatfish	55%	45%	69 mt	263 mt
Shrimp	20%	20%	372 mt	485 mt
Carp	5%	2.5%	350 mt	675 mt

Source: Barlow (2000)

BÖLÜM III

ALABALIK KÜLTÜR BALIKÇILIĞINDA TEMEL FAKTÖRLER

SULARIN ÖZELLİKLERİ

3.1. Suların Kimyasal Özellikleri

Bir materyalin kimyasal özelliği yapısında bulunduğu maddenin kimyasal içeriğini değiştirme kabiliyeti şeklinde tanımlanmaktadır. Örneğin sodyumun kimyasal özelliklerinden biri onun klorle tam olarak reaksiyona girme kabiliyetidir. Ayrıca, sodyum suyla kuvvetlice reaksiyona girmektedir, yani suda tam olarak çözünmektedir.

Sularda bulunan kimyasal madde miktarları her çeşit canlı organizmalar üzerine oldukça fazla miktarda değişik etkiler yapmaktadır. Örneğin, deniz balıkları için tuzluluk oldukça önemli bir kimyasal kriterdir. Ayrıca, sularda bulunan besin zinciri üzerinde oldukça önemli etkilere sahip olan, azot, silis ve fosfor gibi mineraller besleyici elementler olarak isimlendirilmektedirler. Suların genel bazı kimyasal özellikleri aşağıdaki gibi sıralanarak, balık yetiştiriciliği için fazlaca önem arzedenler ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

1. Tuzluluk, 2. Çözünmüş Oksijen, 3. Karbondioksit, 4. Amonyak
5. Nitrit, 6. Fosfor, 7. Hidrojen sülfür, 8. Kükürt, 9. Asidite,
10. pH ve SBV, 11. Sertlik, 12. Silis.

Su Kalitesi

3.1. Sıcaklık

Sıcaklık sularda tabakalaşmaya neden olmasından dolayı balıklar üzerine indirekt etkilere sahiptir. Sıcaklık değiştikçe suyun yoğunluğunda değişmektedir 4oC’de suyun yoğunluğu maksimum olmaktadır. Bu dereceden sonra tekrar düşmektedir. Su donduğunda buz halini almakta özgül ağırlığı aniden % 9 oranında azalmakta ve su yüzeyinde yüzmektedir. Suyun sıcaklığı ile yoğunluğu arasındaki bu özel durum, ılıman bölgelerde özellikle kışın hava sıcaklığının 0 oC’nin altına düştüğü yerlerde, dip sularının sıcaklığının +4 oC’de sabit kalması nedeniyle sudaki hayat için büyük önem taşımaktadır. Eğer su, sıcaklığı azaldıkça yoğunluğu artan diğer sıvılar gibi olsaydı, en soğuk sular dibe kadar inecek, kışın şiddetli soğuklar esnasında nehir ve göllerin donmaları dipten başlayarak satıha kadar devam edecekti.

Bahar başlarında havuz sularının sıcaklığı yüzeyden dibe kadar uniformdur. Fakat, havalar ısındıkça yüzey suları ısınmakta ve yoğunlukları düşmektedir. Yaz başlarında ise havuzlarda tabakalaşma olayı gerçekleşmekte ve başlıca üç tabaka meydana gelmektedir. Bunlar:

1. Oksijence zengin ve nispeten sıcak, epilimnion adı verilen üst tabaka.
2. Sıcaklıkta ani düşüşün meydana geldiği geçiş tabakası veya termoklin (metalimnion)
3. Oksijen bakımından fakir, soğuk ve hipolimnion adı verilen dip tabaka

Bu tabakalardaki sular yoğunluk farklarından dolayı birbirlerine karışmamaktadırlar. Ilıman bölgelerde tabakalar arasındaki sıcaklık farkları oldukça belirginleşmekte, yaz mevsiminde ise kuvvetli rüzgar ve yağmurlar neticesinde sık sık geçici stratifikasyon (tabakalaşma) ve turnover (karışma) olmaktadır. Turnover havuzlarda zaman zaman su kalitesi problemlerine yol açabilmektedir, çünkü dipte bulunan sular genellikle bol miktarda çürümüş organik madde, az oksijen ve dekompozisyon sonucu meydana gelen toksik ürünleri içermektedirler. Yaz turnoveri olduğu zaman suyun rengi hızlı bir şekilde kahverengi, siyah yada griye dönüşmekte, suyun kokusu çürük kokusuna benzemekte ve balıklar su yüzeyine başlarını çıkarmak suretiyle hava yutmaktadırlar. Bu saydığımız semptomlar genellikle ağır fırtına ve yağmurlardan sonra ortaya çıkmaktadır. Turnover ayrıca sularda bulunan fitoplankton miktarının azalması neticesinde ışık penetrasyonunun artmasına bağlı olarak dip sularının ısınmasıyla oluşabilmektedir. Küçük havuz ve göllerde yapılacak sürekli havalandırmayla stratifikasyonun önlenmesi mümkün olmaktadır. Çünkü havalandırma işlemi oksijenin suyun tabakalarına homojen olarak dağılmasına ve alglerin reklerinin arzu edilen yeşilden arzu edilmeyen mavi-yeşile dönüşmesini engellemeye yardım etmektedir. Derinliği az, yüksek verimli göl ve havuzlarda yaşayan canlılar zaman zaman kış ölümlerinden etkilenmektedirler. Genellikle, kış sezonunda sıcaklığı 4.4 oC'nin altına düşen suların balıkçılık için elverişli olmadığı kaydedilmektedir. Soğuk bölgelerdeki göllerde su sirkülasyonunun oluşmaması nedeniyle çözünmüş oksijen derişimi derine doğru hızla azalmaktadır. Aynı şekilde tropikal bölgelerdeki göllerde mevsimsel sıcaklık değişikliklerine bağlı düşey hareketler olmadığından, özellikle derin göllerin dip suları çözünmüş oksijen ve canlılık bakımından çok fakirleşmektedir. Kıştan yaza ve yazdan kışa geçilen mevsimlerde göl suları gerek sıcaklık gerekse çözünmüş oksijen derişimi bakımından daha fazla homojenlik arz etmektedirler.

Canlılar için maksimum, optimum ve minimum olmak üzere üç önemli sıcaklık bildirilmektedir. Sıcaklık istekleri bakımından canlılar; euryterm ve stenoterm olarak iki grupta toplanmaktadırlar. Euryterm olanlar çok geniş sıcaklık değişimlerine tahammül etmektedirler. Stenotermiler ise dar bir sıcaklık değişimi içinde yaşayan organizmalardır. Stenoterm organizmalar; yalnız soğukta (stenoterm psikrofil (soğuk seven) organizmalar) yaşayanlar ve yalnız sıcakta yaşayanlar (stenoterm termofil (sıcak seven) organizmalar) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yaşamış oldukları su sıcaklıkları esas alındığında balıklar; soğuk su, ılık su ve sıcak su balıkları olarak üç gruba ayrılmaktadırlar ve genellikle; soğuk su balıkları 15 oC veya daha düşük, ılık su balıkları 15-20 oC arası, sıcak su balıkları ise 20 oC'nin üzerindeki su sıcaklıklarına ihtiyaç duymaktadırlar. Optimum sıcaklıkları dikkate alarak örnekler verecek olursak; Çipura balığı larvaları için uygun su sıcaklığı 16-25 oC, yumurtaları için kuluçka suyu sıcaklığı 17 ± 1 oC, prelarvadan postlarvaya geçişte 18 oC, postlarval dönemin 2. haftasıyla birlikte 19 -22 oC olmaktadır. Dil balıkları için optimum yetiştirme sıcaklığı 20 - 22 oC olarak verilmektedir. Levrek balıkları larval dönemde 1. - 10. gün arası 14 - 16 oC, 10. 30. gün arası 16- 18 oC su sıcaklığı istemektedirler. Alabalıklar, 6-10 oC'ler arasında yumurta ve milt bırakmakta, büyümek için 14 -18 oC'ler arasında optimum sıcaklık istemekte, 22 oC'ye kadar yaşayabilmekte fakat 26 oC'de % 50 oranında ölmektedirler. Sazan balıklarında ise; 0-5 oC'ler arasında büyüme durmakta, 18-20 oC'ler arasında üreme faaliyetleri başlamakta ve 20-28 oC'ler arasında optimum düzeyde gelişme olmaktadır. Ayrıca, sudak 18-26 oC, yayın 22-28 oC ve turnalar 16-24 oC'ler arasında optimum gelişme göstermektedirler.

Tablo 4.3. *Salmo trutta*'nın büyümesi için gerçek yaşam ortamına yakın iki sıcaklık derecesinde adaptasyona tabi tutulmak suretiyle elde edilen düşük ve yüksek sıcaklık sınırları

Adaptasyon sıcaklığı	Büyüme için en düşük	Büyüme için en yüksek
(°C)	sınır (°C)	sınır (°C)
4	4.9	18
19	6.3	19

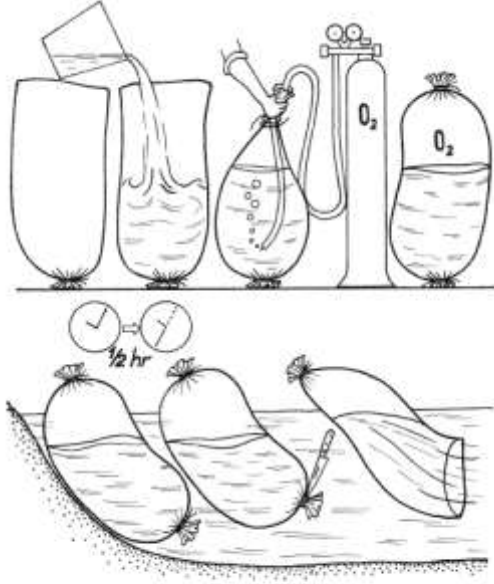
Tablo 4.4. Tatlı suda tutulan kahverengi alabalık ve Atlantik salmonlarda büyüme için gerekli olan alt ve üst sınır sıcaklıklar (Elliot ve Hurley 1997)

	<i>S. trutta</i>	<i>S. salar</i>
Üst sıcaklık sınırı (°C)	19,5	22,5
Optimum sıcaklık (°C)	13,1	15,9
Alt sıcaklık sınırı (°C)	3.6	6.0

Sıcaklık, balıklarda metabolizma, yem değerlendirme ve yaşama gücü üzerine direkt etki yapmaktadır. Diğer fiziksel faktörlerden hiç birisi balıkların büyümesi ve gelişmesi üzerine sıcaklık kadar etki yapmamaktadır. Balıklarda metabolizma hızı sıcaklık artışıyla hızlı bir şekilde artmakta, sıcaklığın düşmesi durumunda ise balıkların oksijen ve yiyecek talepleri azalmaktadır. Yumurtlama ve yumurtadan çıkış gibi birçok biyolojik prosesin yıl içinde oluş zamanı çevre sıcaklığı tarafından etkilenmektedir. Balık türleri belirli sınırlar arasındaki sıcaklıkları tolere edebilmektedirler. Bu sınırlar içerisinde balık büyüdükçe değişebilen büyüme ve üreme gibi özellikleri gerçekleşmektedir. Balıklar gibi; hastalık yapan organizmalarda gelişebilmeleri için optimum sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadırlar. Pek çok kimyasal madde sıcaklık arttıkça daha hızlı bir şekilde suda çözünmektedir, fakat gazlar örneğin oksijen, nitrojen ve karbondioksit sıcaklık arttıkça daha az çözünmektedirler.

Sıcaklıkta meydana gelen büyük dereceli ani değişimler balıklarda ölümle sonuçlanabilecek streslere neden olmaktadır. Bu problemle balıkları bir yerden başka bir yere transfer ederken suyun sıcaklığının artması ve varış yerindeki su sıcaklığından farklı olmasından dolayı sıkça karşılaşılmaktadır. Bu nedenle balıkları stoklamak için boşaltmadan önce, suyun sıcaklığını düşürerek alıcı ortam sıcaklığına yaklaştırmak gereklidir (Şekil 3.1). Bunun için alıcı ortamdaki su yavaş yavaş taşıma ortamına eklenmelidir. Hassas küçük frylar için su sıcaklığını ayarlama oranının saatte 3.6 oC, büyük balıklar için ise, saatte 9 oC olması balıkların güvenli bir şekilde transfer edilmelerine imkan sağlamaktadır. Örneğin, balıkların yükleme yapıldığı yerde su sıcaklığı 10oC olsun, transfer esnasında sıcaklığın 17 oC'ye yükseldiğini ve boşaltım yapılacak suyunda 9 oC sıcaklığa sahip olduğunu farz edelim. Yapılacak hesaplama aşağıdaki gibidir:

Fry'lar ve büyük balıklar için $17-9 = 8$ oC'lik sıcaklık farkı elde edilir. Bu değeri yumuşatma oranına bölecek olursak gerekli olan süre sırasıyla $8/3.6=2.22$ ve $8/9= 0.88$ saat olarak hesaplanmış olur. Başka bir ifadeyle büyük balıklar küçük balıklara göre $2.22/0.88=2.5$ kat daha hızlı adapte olmaktadır.



Şekil 3.1. Uzun mesafelere transfer edilen frylar polietilen torbalarda taşınmalı. Alıcı suya bırakılmadan önce suya sokularak 30 dk bekletilerek sıcaklık eşitlenmelidir.

3.2. pH

Pek çok göl ve akarsu 6 ile 8 arasında pH değerine sahiptir. Fakat, bazı göller asit yağmurlarının etkisi olmaksızın doğal olarak asidik karaktere sahiptirler. Göller ve akarsuların karakterleri; içlerinde bulundukları su veya onları çevreleyen toprağın asit yağmurlarını nötralize edebilecek tampon (buffer) görevi yapamadıklarında asidik (pH değeri düşük) olmaktadır. Bazı bölgelerde toprağın tamponlama kabiliyeti fakir (zayıf) olduğundan o bölgelerde bulunan göllerin pH değerleri 5'in altına düşebilmektedir.

Doğal sularda yaşayan (balıklar, kabuklular, su böcekleri gibi) canlı toplulukları değişik asidite değerlerini tolere edebilmektedirler. Şekil 3.1'de sularda yaşayan bazı organizmalar ve pH değerleri gösterilmektedir.

	pH Dereceleri
--	---------------

	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Alabalık						
Bass, levrek						
Perch						
Kurbağa						
Salamender						
İstiridye						
Kerevit						
Yılan						
Mayıs böceği						

Şekil 3.1. Sulara yaşayan çeşitli türlerin pH toleransları

Alabalık yetiştiriciliğinde ideali, yetiştirme ortamındaki balıklara düzenli bir şekilde daima aynı kalitede suyun temin edilmesidir. Aynı zamanda su miktarı ile kalite arasındaki sıkı ilişki de göz ardı edilmemelidir. Bu bakımdan su miktarındaki ani değişimlerin suyun mevcut kalite değerlerini olumsuz veya olumlu yönde etkileyebileceği unutulmamalıdır. Alabalık yetiştiriciliğinde su kalitesine ilişkin suda incelenmesi gereken çeşitli parametre değerleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Aşağıda bazı balık türleri ve sularında istemiş oldukları pH dereceleri verilmektedir.

Balık Türü	pH isteği
Alabalık	6.5 - 8.5
Levrek	7.0 - 8.5
Dil Balığı	8.1 - 8.2
Çipura	7.5 -8.0

pH’da görülebilecek günlük dalgalanmaları doğru tespit etmek için ölçümler mutlak surette havuz başında ve erken sabah saatleri ile öğlen sonrası akşama doğru saatlerde yapılmalıdır

pH: Bir çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonunun eksi logaritması olarak tarif edilmektedir. pH tayininde genellikle kolorimetrik ve elektrometrik yöntemler kullanılmaktadır. Elde edilen pH değerlerinin balıklardaki etkileri aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

1. pH 11’den büyük olduğunda çözünmüş oksijenin çok yüksek olduğu havuzlar hariç, bütün balıklar için öldürücü olmaktadır.
2. pH 10 - 11 arasında olduğunda çok uzun süreli maruz kalmada pek çok balık türünde lethal ve sublethal etkilere yol açmaktadır.
3. pH 9-10 arasında bir çok balık türü için ikincil derecede etkiler yapmaktadır.

4. pH 5.0 -6.0 arasındaki asidik sular alkali suları tercih eden balıklar için toksik etkilere sahiptir. Asiditenin yükselmesi balıklarda vücut tuzlarının kaybına ve oksijen alımının kaybolmasına neden olmaktadır. Netice itibariyle suların verimlilikleri üzerine etki yapmaktadır.

5. pH 4 - 5 arasında vücut tuzlarının kaybı, solungaçların büyümesi, yumurta veriminde düşüş, büyümede gerileme ve hastalıklara karşı mukavemetin azalması gibi sublethal etkiler görülmektedir.

6. pH'nın 4'ten düşük olması bir çok balık türlerinde öldürücü etki yapmaktadır.

3.3. Oksijen

Havuzlarda Oksijen noksanlığı nasıl anlaşılır?

1. Balıkların, gecenin geç veya sabahın erken saatlerinde su sathına yakın yüzmeleri yada başlarını sudan çıkararak hava yutmaları.
2. Balıklarda yem alımının aniden durması
3. Su renginin hızlı bir şekilde kahverengi, siyah veya gri renge dönüşmesi
4. Sulardan çürük madde kokusunun yayılması
5. Alglerin azalması
6. Sıcak ve bulutlu hava periyotlarının uzun sürmesi
7. Şiddetli yaz rüzgarları ve yağmur fırtınaları olması

2. Su kaynaklarında oksijen azalmasına sebep olan unsurlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Suya giren organik atıkların artması

Herhangi bir organik materyal örneğin çiftlik gübresi, fosseptik çukur ve aşırı balık beslemeden kaynaklanan artıklar sulardaki oksijen ihtiyacını arttırmaktadır. Çünkü bu materyallerin çürüyebilmeleri için oksijen gerekmektedir.

2. Su bitkilerinin ölmesi

Sucul bitkiler havuz ve göllerde oksijenin başlıca temel kaynağı olduğundan, herbisit yada doğal sebeplerden kaynaklanan ani bitki ölümleri ortamdaki oksijenin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, ölen bu materyallerin ayrışabilmesi için yine oksijene gerek olduğundan problem daha da büyümektedir.

3. Su bitkilerinin aşırı çoğalması

Sıcak aylarda bitki gelişmesi özellikle fitoplanktonlar ve submers bitkilerin aşırı çoğalması sonucunda ürettikleri oksijen miktarı suyun tutabileceğinden fazla olduğu

için süper saturasyona neden olmaktadır. Geceleyin bitkiler tarafından tüketilen oksijen miktarı fazla olduğundan 24 saatlik periyotta çözünmüş oksijen miktarında büyük dalgalanmalar ortaya çıkmaktadır. Başka bir risk ise uzun süre kapalı havaların devam etmesi nedeniyle ışığın yoğunluğunun azalması ve sulardaki oksijen talebi aynı olmasına rağmen oksijen üretimlerindeki düşüşler neticesinde ölümlerin olabilmesidir.

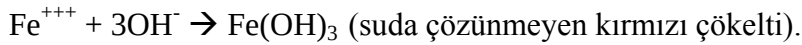
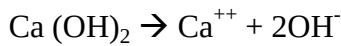
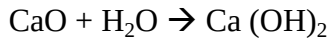
Tablo 3.1. Tatlısu balıklarından alabalık türleri için geçerli su kalite kriterleri

Özellikler	İstenilen sınırlar (mg/l)
Çözünmüş oksijen	> 6 mg/l >7* 5 - 7 sınırlı büyüme* > 7 mg/l (kuluçkahanelerde) > 5,5 mg/l (Gökkuşluğu alabalığında)
Amonyak (iyonize olmamış)	< 0,02 mg/l
Amonyak (NH ₃)*	0,002 mg/l (kuluçkahanelerde) < 0,02 mg/l (devamlı)* < 0,05 mg/l (Aralıklı)*
Nitrit (NO ₂ ⁻ N)	0,01 mg/l (yumuşak sularda) 0,06 mg/l (sert sularda)
Nitrit (NO ₂)*	< 0,5 mg/l*
Nitrat (NO ₃ ⁻ N)	< 40 mg/l
Nitrat (NO ₃)*	0 - 30*
Nitrojen*	< 100 % Toplam doymuşluk* < 110 % Toplam gaz basıncı*
Karbondioksit (CO ₂)	< 6 mg/l serbest CO ₂ ; <2.0*
PH	6,5 – 8,5 6.7 - 8.5*

2.1.10. pH ve asit bağlama değeri (SBV)

Alabalık yetiştiriciliği yapılacak suların nötr veya çok hafif alkali olması, suyun pH değerinin 6,5 – 8,5 arasında, en iyisi 7 civarında olması gereklidir. 5,0'in altında ve 9,2'nin üzerindeki pH değerleri alabalıklarda öldürücü etki yapmaktadır. Düşük pH değerleri; humik (humustan elde edilen asit) asitli arazilerden akan sularda, kar suyu karışan sularda ve amonyaktan meydana gelen HNO₂ ve HNO₃ oluşumları sonucu ortaya çıkmaktadır. Suyun yüksek pH değerleri göstermesi halinde NH₃ ve azot bileşiklerinin zararlı etkileri artmaktadır. Bu nedenle, alabalık yetiştiriciliği yapılan suyun pH değeri sık sık ölçülmelidir. Tesis kurulurken normal değerler elde edilebilir. Fakat mevsimsel olarak bu değerler değişebilir. Özellikle kar suları ve orman arazilerinden gelen sularda, ilkbaharda pH değerleri düşebilir. O takdirde, bu değer arzu edilen değere yani nötre dönüştürülmesi gerekir. Bunun için en kullanışlı olan yöntem havuzlara gelen suyun kireçlenmesi yöntemidir. Su taşıyan kanal üzerine köy

değirmenlerinin çalışma düzenine benzer bir düzenek kurulur ve belli aralıklarla belli miktarda kireç suya dökülür. Bunun için su kanalı üzerine bir çark yerleştirilir. Bu çark akan su vasıtasıyla döner. Bu dönüşe bağlı olan bir kol, bir hazneye yerleştirilen kireçten belli bir miktarın suya akmasını sağlar. Suyu dökülen kireç suyun pH'sını istenilen düzeye yükselttiği gibi, su içerisinde bulunan muhtemel demir bileşiklerini de tutarak zararlı etkilerini ortadan kaldırmaktadır. Demir bileşikleri balıkların solungaçları üzerindeki alkali vasatta çökerek solungaçların tıkanmasına ve balığın ölümüne neden olmaktadır. Suyun havuza gelmeden, yani balıkla temas etmeden önce kireçlenmesiyle demir çöktürme işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Aşağıda çöktürme işlemi verilmektedir:



Kireç aynı zamanda suyun asit bağlama gücü için de gerekli olan bir maddedir. Suyun asit bağlama gücü genelde balık yetiştiriciliği için önemli bir faktördür. Suyun asit bağlama gücü, metiloranj indikatörü ilave edilmiş 100 ml suyun 1/10' nun HCl asitle titre edildiğinde sarf edilen asidin ml cinsinden ifadesi olup, sularda 0,1 – 6,0 arasında değişme göstermektedir. Alabalık yetiştirilecek sularda bu değerin 1,5 – 2,0 arasında olması arzu edilmektedir. Düşük değerler kirecin yetersizliğini, 3,5 – 4,0' ün üzerindeki değerler ise ya fazla kireç yada fazla kirliliği ifade etmektedir. 1 asit bağlama değeri 28 mg CaO/l'te denktir. O halde alabalık yetiştirilen sularda 35 – 40 mg CaO/l'te olması yeterlidir.

Sazan yetiştiriciliğinde suyun pH değeri sınırları 5,5–10,8 olup, optimal değer 7–8' dir. Havuzun doğal verimliliği büyük ölçüde suyun kireç içeriğine bağlı olup, bunun ölçüsü olan asit bağlama gücü 0,5' in altında olduğunda, su az verimli, 0,5 – 1,5 arasında orta ve 1,5' den fazla değere sahip sular verimli olarak nitelendirilmektedirler. Sazan havuzlarında bir litre suda 42 mg CaO bulunması optimaldir. Bu değer altında kireç içeren suların bulunduğu havuzların tabanı kireçlenerek eksiklik giderilmektedir. Havuz suyunda kireç arttıkça pH değeri yükselmekte, ancak pH değerinin her yükselişi kireç içeriğinin fazlalığı anlamına gelmemektedir. Özellikle, yazın fitoplanktonların ve diğer su bitkilerinin kuvvetli fotosentezleri sonucu fazla miktarda CO₂ bağlanmakta buna bağlı olarak da pH değeri yükselmekte ve yanlışlıkla suda fazla kireç bulunduğu kanısına varılabilmektedir. Havuz suyunda günlük pH ölçümlerinde 6,5–8,5 arasındaki değerler suda yeterli kireç bulunduğunu göstermektedir. pH değerlerinin bunun altına düşmesi halinde kireçleme gereklidir (Çelikkale, 1991).

2.1.11. Sertlik

Herhangi bir suyun sertliği denildiğinde o suyun sabunu çöktürme özelliği anlaşılmaktadır. Bu nedenle sert sular köpük oluşturmak için çok sabun kullanımı gerektiren sular olarak tanımlanır. Kimyasal olarak sertlik; su içinde çözünmüş (+2) değerlikli katyonlar yani Ca⁺², Mg⁺², Sr⁺², Fe⁺², Mn⁺² ile HCO₃⁻, SO₄⁻², Cl⁻, ve NO₃⁻ gibi anyonlarının bileşik oluşturması neticesinde ortaya çıkmaktadır. (Şengül ve ark., 1986).

Hidrosferde suların sertliği coğrafik olarak değişim göstermektedir. Kural olarak

yüzey suları, yeraltı sularından daha yumuşaktır. Genellikle, suyun sertlik derecesi, yağmur suyundan başlayarak izlediği yol boyunca temasta bulunduğu jeolojik yapıyla yakından ilgilidir. Toplam sertlik genellikle kalsiyum karbonat cinsinden ppm olarak ifade edilmektedir. Sertlik dereceleri ve buna tekabül eden kalsiyum karbonat miktarları Tablo 2.17’te verilmektedir.

Tablo 2.17. İçermiş oldukları kalsiyum karbonat miktarları bakımından suların sınıflandırılması

CaCO ₃ (mg/l)	Sertlik Sınıfı
0 – 75	Yumuşak
75 – 150	Orta sert
150 – 300	Sert
300 ve üzeri	Çok sert

Dünyada sık kullanılan sertlik derecelerinin mg/l CaCO₃ değerleri aşağıdaki gibidir:

- 1 Fransız sertlik derecesi = 10 mg/l
- 1 Alman sertlik derecesi = 17,8 mg/l
- 1 İngiliz (Clark) sertlik derecesi = 14,3 mg/l
- 1 Amerikan sertlik derecesi = 17.16 mg/l

Fransız sertlik derecesi bunların arasında en yaygın olarak kullanılmaktadır ve buna göre suların sınıflandırılması Tablo 2.18’te verilmektedir.

Tablo 2.18. Fransız sertlik derecesine göre suların sınıflandırılması

Farnsız Sertlik Derecesi	Sertlik Sınıfı
7.2 - 14.5	Yumuşak
21.5 - 32.5	Orta sert
32.5 -54.0	Sert
> 54.0	Çok sert

Sertlik çeşitleri :

1. Toplam sertlik (Kalsiyum ve magnezyum sertliği)

Doğal sularda en sık rastlanan Ca ve Mg iyonlarının oluşturduğu sertlik çok az hata ile toplam sertlik olarak kabul edilebilir. Toplam sertlik terimi, sudaki divalent (çift değerlikli) metal iyonlarının konsantrasyonunu belirtir ve litrede miligram cinsinden belirlenen ekuvalent kalsiyum karbonat olarak tarif edilmektedir.

$$\text{Toplam sertlik} = \text{Kalsiyum sertliği} + \text{Magnezyum sertliği}$$

Suların yumuşatılmasında sık olarak kullanılan kireç-soda yönteminde harcanacak reaktifi hesaplamaya yardımcı olan bu bilgi, çoğu kez kalsiyum ve magnezyum iyonlarının ayrı ayrı tayini ile ve daha sonra yukarıda görülen eşitlik uyarınca hesapla bulunur.

2. Karbonat sertliği ve karbonat olmayan sertlik

Toplam sertliğin, sudaki karbonat ve bikarbonat iyonlarına karşı gelen kısmı karbonat sertliği olarak bilinir. Bu iyonlar aynı zamanda doğal suların alkalinitesini de belirlediğinden, eğer alkalinite toplam sertlikten küçükse;

$$\text{Karbonat sertliği (mg/l CaCO}_3\text{)} = \text{Alkalinite (mg/l CaCO}_3\text{)}$$

Eğer alkalinite toplam sertliğe eşit veya büyükse;

$$\text{Karbonat sertliği (mg/l CaCO}_3\text{)} = \text{toplam sertlik (mg/l CaCO}_3\text{)} \text{ alınır.}$$

Karbonat sertliğinin ayrıca ele alınmasının nedeni; suyun kaynaması esnasında veya sönmüş kireç ile yumuşatma işlemlerinde bu tür bilgiye gerek duyulmasıdır.

Kaynama sırasında;



Sönmüş kireç ile yumuşatmada;



Bu şekilde kaynatma ile çöktürülerek giderilebilen sertlik geçici sertlik olarak tanımlanır. Toplam sertliğin karbonat sertliği dışında kalan kısmına ise karbonat olmayan veya kalıcı sertlik denir. Çünkü bu sertlik kaynama ile giderilemez.

Karbonat dışı (kalıcı) sertlik = toplam sertlik – karbonat (geçici) sertlik eşitliğinden hesap edilir. Bu son grupta $\text{SO}_4^{=}$, NO_3^- , Cl^- gibi anyonlara karşı gelen katyonların yarattığı sertlik yer almaktadır.

3. Yalancı (Pseudo) sertlik

Tuzlu sularda sabun köpürmesi, şimdiye kadar açıklandığından farklı olarak sabunun iyonlaşması engellendiğinden dolayı durur. Bu olayın sorumlusu sabun ve tuzlu sudaki ortak olan Na^+ katyonlarının “ortak iyon etkisi” dir. Sodyumun normal bir sertlik yaratıcı unsur olmamasına karşın meydana gelen bu sertliğe yalancı (Pseudo) sertlik denir.

2.1.10.1. Alkalilik ve sertlik arasındaki ilişki

Alkalinite ve sertlik birbirine benzer, fakat ölçüm yöntemleri farklılık arz etmektedir. Alkalinite ve asidite suların hidrojen iyonlarını farklı maksatlar için kabul etme kapasitesileridir. Anyonlar (negatif yüke sahip olanlar) veya bazlar başlıca karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-) ve hidroksil (OH^-) iyonlarından oluşmaktadır.

Alkalinite, bu anyonlar kalsiyum karbonatın eşdeğer konsantrasyonları bakımından ele alınmaktadır. Örneğin, Arce ve Boyd (1980), Alabama'daki havuz sularında, toplam alkalinite ile toplam sertlik arasında yüksek bir pozitif korelasyon olduğunu göstermişlerdir. Kıraç bölgelerin sularında evaporasyon ile iyon konsantrasyonlarında artışlar olmaktadır. Kıyisal ovalar boyunca, bazen kaynak suları

yüksek alkalinite ve düşük sertlikte olabilirler, dolayısıyla bu tip sulardan doldurulan havuzların sularında da yüksek alkalinite ve düşük sertlik görülebilir. Havuz sularında toplam sertlik ve toplam alkalinite ile ilgili bazı seçilmiş veriler Tablo 2.19’da verilmektedir.

Tablo 2.19. Bazı farklı havuz sularının toplam sertlik ve toplam alkaliniteleri.

Su Tipi	Toplam Alkalinite (mg/litre)	Toplam Sertlik (mg/litre)
Kumlu topraktaki havuz	13.2	12.9
Asidik, killi topraktaki havuz	11.6	12.3
Kalkerli topraktaki havuz	51.1	55.5
Yumuşak fakat alkalın kaynak suyu ile doldurulmuş havuz	93.0	15.1
Kıraç bölgedeki havuz	346	708

Genellikle herhangi bir suyun sertliği, suyun sabunu çöktürme kapasitesinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Sabun başlıca kalsiyum ve magnezyum iyonları tarafından çöktürülmektedir. Fakat, alüminyum, demir, manganez, stronsiyum ve çinko gibi diğer metal iyonları ile hidrojen iyonları tarafından da çöktürülebilir.

Sertliğin rakamsal olarak karbonat ve bikarbonat iyonlarının toplamından büyük olduğunda, sertliğin miktarı toplam alkaliniteye eşdeğer olup “karbonat sertliği” olarak adlandırılmaktadır. Sertliğin miktarı toplam alkaliniteden fazla olduğunda “karbonat olmayan sertlik” adını almaktadır. Sertlikte alkalinite gibi kalsiyum karbonatın (CaCO_3) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. Bir çok araştırmacı “sert su” terimini alkalinitesi yüksek su manasında yanlış ifade etmektedirler. Alkalinitesi yüksek pek çok su sert sudur fakat bu her zaman doğru değildir. Balık kültürü ile ilgilenenler çoğu zaman suların toplam sertliğine gereğinden fazla önem vermektedirler. Oysaki, balık havuzlarında toplam sertlik genellikle toplam alkalinite kadar önemli değildir.

Balıklar geniş alkalinite ve sertliği sınırları altında gelişmektedirler. Litresinde 40 mg veya daha fazla toplam alkalinite içeren doğal sular, düşük alkaliniteye sahip sulardan daha fazla verimli olarak kabul edilmektedirler. Fazla miktardaki verimlilik direkt olarak toplam alkalinitenin bir sonucu olmayıp toplam alkalinite ile birlikte miktarları da artan fosfor ve diğer besleyici elementlerin miktarına bağlıdır. Normalde 20 - 120 mg/l arasında toplam alkaliniteye sahip havuz sularına yapılan gübrelemenin balık üretiminde çok az bir etkiye sahip olduğu, bu değer 20 mg’den daha az olması durumunda yapılan gübrelemenin ise, alkalinite artışına paralel olarak balık üretimini de artırdığı kaydedilmektedir.

Düşük alkalinitede, sular asiditeye karşı olan buffer veya tampon özelliğinin çoğunu kaybetmekte ve sonuçta pH’da dalgalanmalar görülmektedir. Hatta alkalinite “0” olduğu zaman bile, ortamda tannik asit gibi zayıf asitlerin olması düşük alkaliniteli suların bu asitlerin hidrojen iyonlarını bağlayabilecekleri ve bu yüzden de pH’da değişimlere neden olabileceği bildirilmektedir. Ayrıca, düşük alkalinitede balıklar bakır gibi toksik maddelere karşı daha fazla duyarlı olmaktadır.

Su sertliği ve alkalinitesinin tespiti hemen su başında su test kitleriyle yada

sulardan örnek alınarak laboratuvarlara yapılmaktadır. Alkaliniteyi arttırmak için zirai kireç (dolomit) kullanılması tavsiye edilmektedir. Havuzlarda yapılacak kireçleme için gerekli olan kireç miktarları Tablo 2.20’de verilmektedir.

Tablo 2.20. Çeşitli alkaliteli havuzlar için gerekli olan dolomit miktarı

Total alkalite (ppm)	Dolomit kireç (g) / yüzey alanı (m ²)
12 ve daha az	247
12 – 14	185
15 – 25	61.77 -123.54
25 ve daha fazla	İlaveye gerek yok

Tablo. 3.4. Alabalık yetiştirilen tatlı sularda toksisiteye sebep olan maddelerin sınır değerleri ve alınacak önlemler. * sertlik yada calsiyumun toksisiteyi gidermedeki etkisini göstermektedir.

Maddeler	Sınırlar /Prensipler	Notlar
Sudaki katılar	25-80 mg/L <25 olması istenir	
pH	<5.0 - >9 zararlı, <4 - >9,5 - 10 lethal	Diğer zehirlerin gücünü etkileyebilir
Amonyak	İyonlaşmamış NH ₃ formu toksik, 5-25 µg/L	Toksisitesi pH ya bağlıdır
Klor	Toksik türü HOCL dir Hipoklorit asit 5mg HOCL/L maksimum olmalı	Toksisitesi pH ya bağlıdır HOCL düşük pH de artmaktadır
Siyanür	Toksik formu iyonlaşmamış HCN dir 4 µg/L da lethaldir	Toksisitesi pH ya bağlıdır HCN düşük pH de artmaktadır
Nitrat	Nitrite dönüşürse toksik	Ötrofikasyonda rol oynar
Kadmiyum	Düşük dozuna dahi uzun süreli maruz kalmada lethal	
Krom	Cr ₂ O ₇ olarak toksik. Tavsiye edilen ortalama miktar <25 µg/L ve	
Nitrit	Yüksek derecede toksiktir (NO ₂ -). 10 µg/L NO ₂ olarak (3 µg/L NO ₂ -N)	10 mg/L -150 mg/L arasında 5 sınıfı olup bu değerlerde Cl ise 1 mg/l ve 40 mg/l olmalıdır
Fosfat	Toksik değildir 0,2 mg/L PO ₄ - cinsinden	Ötrofikasyonda rol oynar
Aluminyum	Sadece yumuşak düşük pHlı sularda bulunan Al+++	Çamurda çok bulunur
Bakır	Kuprik iyonu (C++) olarak toksik 5mg/L yumuşak sularda (10 mg/L CaCO ₃) 112 mg/L sert sularda (>300 mg/L CaCO ₃ olarak)	*
Demir	Balıklar için asidik olan sularda bulunan demir toksik	
Kurşun	Orta dereceli yumuşak sularda 1 mg/L lik doza (50 mg/l CaCO ₃) 48 saat maruz kalmada gökkuşağı alabalıklarında toksiktir.	*
Civa	Çok toksiktir	*

Nikel	Ortalama doz <10 µg/l (20 mg/l * CaCO ₃) yumuşak suda ve <40 µg/l sert suda (320 mg/L CaCO ₃)
Çinko	Sertliği 10-500 mg/l CaCO ₃ olan * sularda miktarı 30-500 µg/l olmalı

Döllenmiş yumurtaların kuluçkasının gerçekleştirileceği kuluçkahanelerdeki suyun fiziksel olarak temiz olması gerekmektedir. Kuluçkahanelerde bu maksatlarla çeşitli filtrasyon alet ve ekipmanları kullanılmaktadır. Kuluçkahanenin büyüklüğü döllenmiş yumurta miktarı ve kullanılan kuluçka gereçlerinin tipine bağlıdır. Orta büyüklükte bir kuluçka evinin su gereksinimi saniyede 3-5 litredir. Kuluçkahanelerdeki yumurta, fry ve fingerlingler için gerekli su miktarı Tablo 3.2’de verilmektedir.

Tablo 3.2. Alabalık yumurtaları, fry ve fingerlingleri için su ihtiyaçları

Adet	İhtiyaç (l/dak)
1000 adet 1000 yumurta	0,5
1000 adet 1 aylık yavru	1,0
1000 adet 2 aylık yavru	2,0
1000 adet 3 aylık yavru	3,0
1000 adet 5 aylık yavru	5,0

Yukarıdaki Tabloda da görüldüğü gibi yumurtadan 5. aya kadar gelişim sürecinde ihtiyaç duyulan su miktarı artmaktadır. Su ihtiyacı kuluçkalığın tipine ve suyun özelliklerine bağlı olarak ta değişebilmektedir.

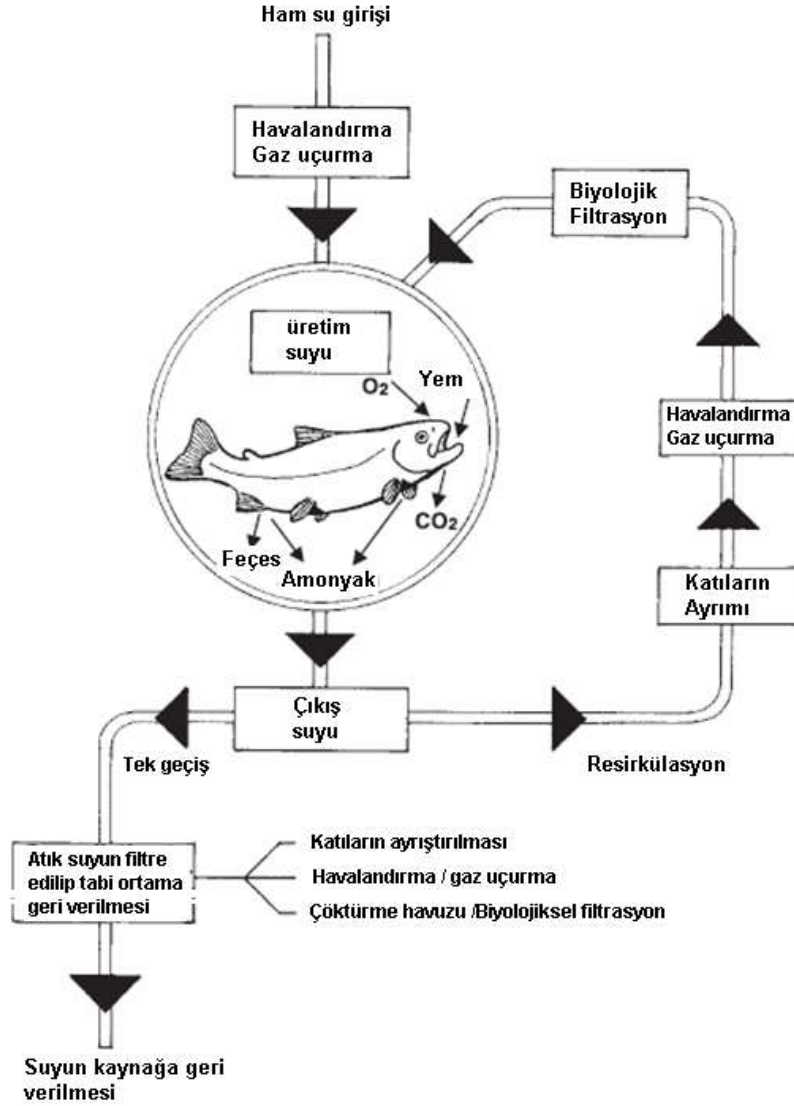
Su Miktarı ile Balık Üretimi İlişkisi

Balık üretim miktarını, su kalitesi ile birlikte temel olarak suyun miktarı yani debisi etkilemektedir. Fakat bunlarla birlikte balık üretim miktarında yetiştirme sistemi ve kullanılan teknik donanımlarda etkilidir. Örneğin 1000 m² havuz yüzeyi için saniyede 8 litre kaynak veya iyi kalitede dere suyuna gereksinim vardır. Bu örnekte teknik donanımlardan yararlanmaksızın 400-500 kg alabalık üretilebilir. Fakat ilave olarak havalandırma gibi ilave tekniklerden yararlanıldığında ise yılda 1500-2000 kg alabalık üretmek mümkün olabilir. 1000 m²’den büyük ve 3 m’den derin havuzlarda, küçük havuzlara oranla daha az suya gereksinim vardır. Böyle havuzlarda rüzgarın etkisiyle suyun kalitesi olumlu etkilenebilirse de işçilik yönünden büyük havuzlarda çok büyük

güçlüklerle karşılaşılır. Diğer yandan akarsu kanallarında yetiştiricilikte geleneksel havuz yetiştiriciliğine göre 10-20 misli daha fazla suya gereksinim vardır. Yani 1000 m² akarsu kanalında alabalık yetiştiriciliği için saniyede 80-160 litre suya ihtiyaç vardır. Alabalık üretiminde işletme tiplerine göre stoklama miktarları Tablo 3'3de ki gibidir. Suyun işletmeye alınması ve çeşitli işlemlerden geçirilmesi de üretilcek balık miktarı üzerine etki yapmaktadır (Şekil 3.2).

Tablo 3.3. Alabalık üretiminde işletme tipleri ve stok miktarları

	Ekstansif	Yarı Entansif			Entansif
	Geleneksel havuz yetiştiriciliği	kombine tesis tipleri			
Tesis türü	toprak havuz kanal tipi havuz	Ağ kafes	tank-silo	TANK	
Su yenilenmesi	düzenli akıntı	su	düzenli akıntı	dolaşımli su değişimi	
İlave oksijen temini	gerekirse havalandırma			havalandırma veya sıvı oksijenlendirme	
Besleme	tam değerli karma yem				
Stok yoğunluğu kg/m3	0,1-0,8	2-20	20-50	40-70	40-801 20-402



Şekil 3.2 Alabalık çiftliklerine suyun kaynaktan alınışı ve tekrar geri verilmesi

Alabalık üretiminde ana ilke kullanılan suyun miktar ve kalitesinin esas alınarak üretim miktarının saptanmasıdır. Buradan yola çıkılarak önceleri havuzlarda su değişiminin günde 3-5 defa gerçekleşmesiyle saniyede 1 litre suyla yılda 50-75 kg mutfaklık balık üretilebileceği şeklindeydi. Fakat günümüzde yaygın kanı saniyede 1 litre suyla 100-150 kg sofralık balık üretilmesine dönüşmüştür (Bohl 1982).

Günümüzde balık üretim miktarı genellikle m³'de kg olarak ifade edilmektedir. Havuzlarda değişimin günde 3-5 defa gerçekleşmesiyle 3-5 kg/m³ balık üretilebilir. Daha yoğun üretimde bu miktar 1 m³ suda 10 kg'a yükselmektedir. 0,30-0,50 m

derinlikteki havuzlarda suyun saatte 3 defa değişimiyle m²'de 20 kg (=40-60 kg/m³) balık üretilmişir. Hatta Fransa'nın Brötanya yöresinde havalandırmalı havuzlarda m³'de 100 kg balık üretimi gerçekleştirildiği bildirilmiştir (Bohl 1982). Benzer üretim miktarlarına su değişiminin saatte 5-10 defa gerçekleştirildiği tanklarda m³'de 50-100 kg'la ulaşılmıştır (Steffens 1981).

Alabalık üretiminde su miktarı kadar kullanılan suyun sıcaklığı ve yetiştirme ortamına stoklanan bireylerin ortalama canlı ağırlığının dikkate alınması gerekmektedir. Bu faktörlerin dikkate alınmasıyla saniyede 1 litre su girişiyle yoğun üretim koşullarında üretilebilecek balık miktarları Tablo 4'de sunulmuştur (Steffens 1981).

Su sıcaklığı oC	Yavru ortalama 1 g	Yavru ortalama 10 g	Besi balığı ortalama 100 g.
	Kg	Kg	Kg
5	30	50	60
10	25	40	50
15	15	25	30
20	10	20	25

Belirli bir miktar su ile üretilebilecek balık miktarının saptanmasında yararlanılan bir diğer kriter suyun oksijen içeriğidir. Buradaki birinci temel ilke toplam 1 kg alabalığın 1 saatte tükettiği oksijenin esas alınmasıdır. Bu yöntemde 50 g'dan küçük balıkların toplam 1 kg'nın 1 saatte 500-600 mg oksijen tükettiği, 50 g'dan daha büyük balıkların ise toplam 1 kg'nın 1 saatte 400-500 mg oksijen tükettiklerinin dikkate alınmasıdır. Ayrıca kullanılan suyun havuzlardan çıkışta litrede 6 mg oksijen içermesi zorunludur. Havuzlara giren suyun içerdiği oksijen ile çıkış suyunun kapsadığı oksijen arasındaki miktar balıkların tüketebileceği kullanılabilir oksijeni ifade eder. Bu veriler esas alınarak (Steffens 1981),

Örneğin havuzlara girişte litrede 11 mg oksijen içeren debisi saniyede 100 litre olan bir su kaynağı ile 50 g'dan küçük balıklar stoklandığında üretilebilecek sofralık balık miktarını hesaplamak gerekirse,

Oksijenden yola çıkılarak üretilecek balık miktarını hesaplamada ikinci temel ilke 1 kg yemin balık tarafından tüketilmesinde harcanan oksijenin esas alınmasıdır. Bu tip hesaplamada yararlanılan formül aşağıda gösterilmiştir (Bohl 1982).

$$d = \text{debi} = \text{litre/sn}$$

2= Beslenme fizyolojisi bakımından saptanmış katsayı

Bu formüle göre havuzlara girişte litrede 11 mg oksijen içeren debisi saniyede 100 litre olan bir su kaynağı ile, günde %2 oranında yemlemeyle üretilebilecek balık miktarını saptamak gerekirse,

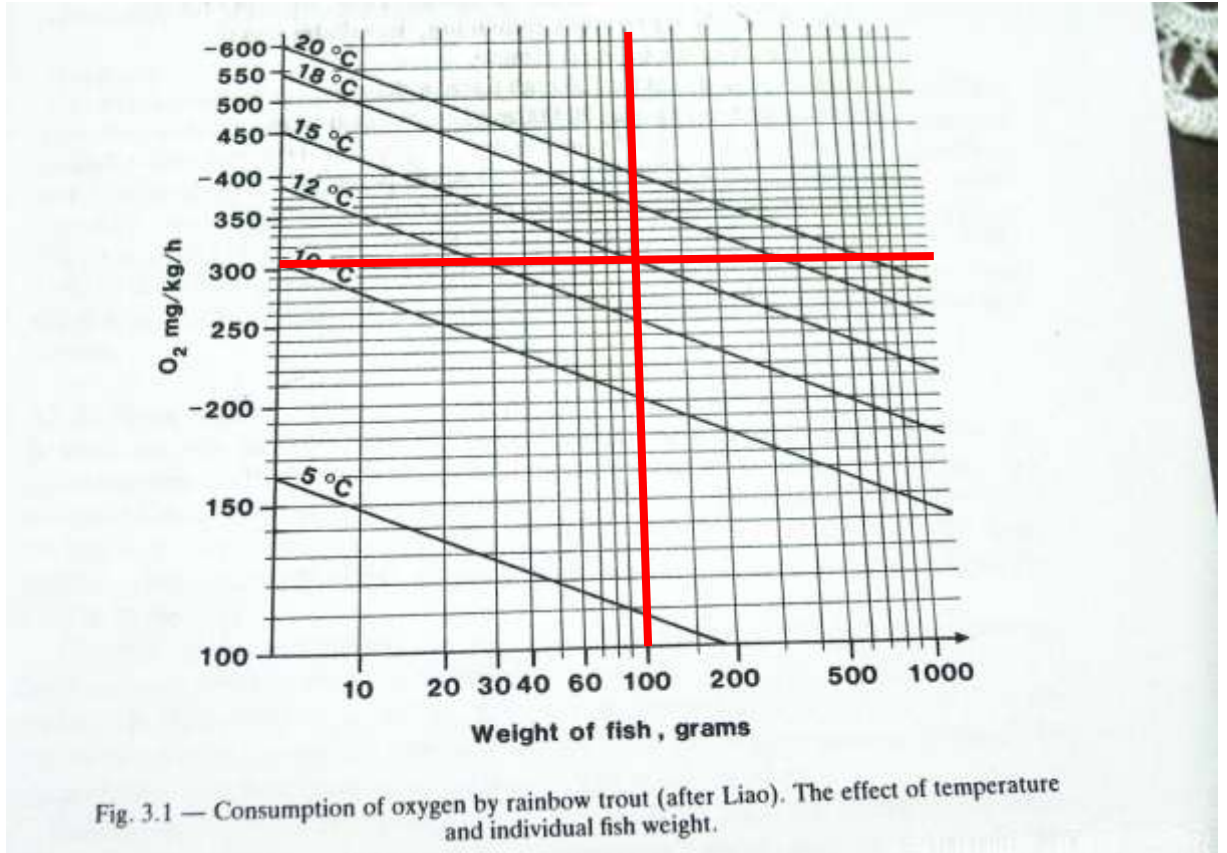
Balıklar, günde canlı ağırlıklarının %2'si oranında yemlendiğine göre;

Buraya kadar belirtilen veriler doğrultusunda saniyede 1 litre suyla genel olarak 100-200 kg pazarlık balık üretilebileceğini belirtebiliriz.

SORU:

15 °C'de 5 ton 100 g'lık alabalıkları balıkları yetiştirebilmek için gerekli olan su miktarını hesaplayınız.

CEVAP:



Yukarıdaki şekilde 100 g'lık balıkların 15 °C'de 310 mg oksijen tükettikleri görülmektedir. Dolayısıyla

$$5000 \times 310 \text{ mg} = 1550000 \text{ mg} = 1550 \text{ g}$$

Aşağıdaki Tablo'da Suyun taşıyabileceği oksijen miktarına bakacak olursak;

15 °C'de suyun 10.1 mg O₂ taşıdığını görmekteyiz.

Kural olarak balıkların bu oksijenin yarısını kullanabileceklerdir. O halde $10.1/2=5.05$ ppm olmaktadır.

$$1550000 \text{ mg} / 5.05 \text{ mg/L} = 306930.693 \text{ L/h}$$

1000 litre 1 m³ e eşit olduğundan dolayı,

Sonuç 306.930 yaklaşık 307 m³/h olarak bulunur. Saniyeye çevirmek gerekirse $307/3600=0.085 \text{ m}^3/\text{sn}$ olur.

Appendix 3
Oxygen solubility values

The amount of oxygen dissolved in water milligrams per litre (mg/l) in relation to salinity and temperature. Atmosphere at Standard Pressure (760 mm Hg), relative humidity 100% and oxygen content 20.94%.

Temp (°C)	Salinity (parts per thousand)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
0.5	14.42	13.83	13.61	12.74	12.55	12.36	11.60	11.42
1	14.22	13.65	13.44	12.60	12.41	12.21	11.45	11.28
2	13.82	13.29	13.09	12.28	12.10	11.93	11.18	11.01
3	13.44	12.94	12.75	11.98	11.80	11.63	10.91	10.74
4	13.08	12.59	12.41	11.68	11.50	11.33	10.64	10.49
5	12.72	12.26	12.09	11.38	11.21	11.05	10.38	10.23
6	12.40	11.95	11.78	11.09	10.93	10.78	10.13	9.98
7	12.08	11.65	11.49	10.82	10.67	10.52	9.89	9.75
8	11.80	11.36	11.21	10.56	10.41	10.26	9.67	9.53
9	11.51	11.09	10.94	10.30	10.16	10.02	9.45	9.31
10	11.25	10.84	10.70	10.07	9.93	9.79	9.23	9.11
11	11.01	10.60	10.45	9.84	9.71	9.58	9.03	8.91
12	11.05	10.37	10.22	9.63	9.50	9.36	8.84	8.72
13	10.55	10.14	10.00	9.41	9.29	9.16	8.65	8.54
14	10.32	9.94	9.80	9.21	9.09	8.97	8.47	8.36
15	10.10	9.73	9.59	9.03	8.90	8.78	8.31	8.20
16	9.88	9.52	9.38	8.85	8.73	8.61	8.15	8.05

SORU 2. 15 °C su sıcaklığına ve 1 m³/s debiye sahip bir akarsuda 100 g'lık balıklardan ne kadar yetiştirebiliriz. Hesaplayınız?

CEVAP:

Kural olarak balıkçılıkta suyun tamamını kullanamıyoruz. En fazla %50'si bu maksatla kullanılabilir. Dolayısıyla elverişli miktar $\frac{1}{2}=0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ olmaktadır. Bu sıcaklıkta su 10.1 mg/L oksijen içermektedir. Kural olarak balıklar bunun yarısını kullanacaklarından elverişli oksijen miktarı;

$$10.1/2=5 \text{ mg/L O halde } 0.5 \text{ m}^3/\text{s}=0.5 \times 1000=500 \text{ L/s}$$

500 L/s x 5 mg/L = 2500 mg/s olmaktadır. Saat cinsinden hesaplayacak olursak:

$3600 \times 2500 = 9,000,000$ mg oksijen/h olmaktadır.

100 g'lık balıklar yukarıdaki şekilde 310 mg /L oksijen tüketmektedirler. O halde;

$9,000,000 / 310 = 29032.25$ kg = 29 ton balık üretebiliriz.

Balık büyüklüğü azaldıkça yetiştirilecek balık miktarı düşmektedir.

Appendix 3

Oxygen solubility values

The amount of oxygen dissolved in water milligrams per litre (mg/l) in relation to salinity and temperature. Atmosphere at Standard Pressure (760 mm Hg), relative humidity 100% and oxygen content 20.94%.

Temp (°C)	Salinity (parts per thousand)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
0.5	14.42	13.83	13.61	12.74	12.55	12.36	11.60	11.42
1	14.22	13.65	13.44	12.60	12.41	12.21	11.45	11.28
2	13.82	13.29	13.09	12.28	12.10	11.93	11.18	11.01
3	13.44	12.94	12.75	11.98	11.80	11.63	10.91	10.74
4	13.08	12.59	12.41	11.68	11.50	11.33	10.64	10.49
5	12.72	12.26	12.09	11.38	11.21	11.05	10.38	10.23
6	12.40	11.95	11.78	11.09	10.93	10.78	10.13	9.98
7	12.08	11.65	11.49	10.82	10.67	10.52	9.89	9.75
8	11.80	11.36	11.21	10.56	10.41	10.26	9.67	9.53
9	11.51	11.09	10.94	10.30	10.16	10.02	9.45	9.31
10	11.25	10.84	10.70	10.07	9.93	9.79	9.23	9.11
11	11.01	10.60	10.45	9.84	9.71	9.58	9.03	8.91
12	11.05	10.37	10.22	9.63	9.50	9.36	8.84	8.72
13	10.55	10.14	10.00	9.41	9.29	9.16	8.65	8.54
14	10.32	9.94	9.80	9.21	9.09	8.97	8.47	8.36
15	10.10	9.73	9.59	9.03	8.90	8.78	8.31	8.20
16	9.88	9.52	9.39	8.85	8.73	8.61	8.15	8.05
17	9.67	9.32	9.19	8.67	8.55	8.44	7.98	7.88
18	9.45	9.13	9.01	8.51	8.40	8.28	7.83	7.73
19	9.27	8.94	8.82	8.34	8.23	8.13	7.69	7.59
20	9.08	8.77	8.65	8.18	8.07	7.97	7.56	7.46
21	8.90	8.60	8.48	8.03	7.93	7.83	7.42	7.31
22	8.73	8.43	8.33	7.88	7.78	7.68	7.28	7.20
23	8.57	8.28	8.17	7.73	7.64	7.54	7.15	7.07
24	8.40	8.12	8.01	7.59	7.49	7.40	7.04	6.95
25	8.24	7.97	7.87	7.46	7.37	7.27	6.91	6.83
26	8.10	7.83	7.73	7.32	7.23	7.14	6.79	6.71
27	7.95	7.68	7.59	7.19	7.10	7.02	6.68	6.60
28	7.81	7.56	7.46	7.08	6.99	6.90	6.56	6.49
29	7.67	7.42	7.33	6.95	6.87	6.79	6.45	6.37
30	7.54	7.29	7.21	6.83	6.75	6.67	6.34	6.26

Values are derived from Table 4 in Carpenter (1966) by interpolation and application of the following conversions:

• Oxygen at STP 1.428 mg = 1 ml

• Salinity ‰ = 0.030 + 1.805 Chlorinity ‰ (Knudsen relationship, Harvey 1966) (see Chap. 2)

At high altitudes or for atmospheric pressures deviating from 760 mm these figures must be adjusted. mg/l₂ = R × AP/760, R = reading from table. AP = Local barometer reading in mm mercury.

Damızlık popülasyonu işletmenin sofralık balık üretiminin %1'i kadar yeterlidir. Yani 400 ton üretim kapasiteli bir işletmede 1 ton damızlık balık bulundurulacak demektir. Damızlık balıklar günlük su değişiminin defalarca olacağı kaliteli suyun verildiği havuzlara m²'ye 1-2 kg stok yoğunluğunda yerleştirilir. Erkek / dişi oranı 1: 5 ila 1 : 8 olmalıdır. Genellikle erkekler 2, dişiler ise 3 yılda cinsel olgunluğa ulaşır. İşletmenin yumurta üretim kapasitesini saptamada kg dişi başına 2000 Adet yumurta hesaplanır. Damızlığa ayrılacak bireylerin seçimi ön büyütme döneminden başlayarak gerçekleştirilmelidir. Ayrılan balıkların yetiştirilmesine devam edilerek popülasyon içersinden damızlık balık ayırımında belirgin özel likler aranmalıdır. Bu nitelikler:

- Hızlı büyümeyle birlikte yemi iyi değerlendirme,
- Hastalıklara karşı dayanıklılık,
- Düzgün ve uyumlu vücut formu,
- Yüksek üreme verimi (Sayıca fazla ve çapı büyük yumurta, kaliteli sperma vb.)
- Cinsi olgunluğa geç ulaşma.

Yukarıdaki özel likler dikkate alınarak seçilen damızlık balıklar, damızlık havuzlarında kaliteli pelet yem yanında taze balık, karides gibi yaş yemle de beslenmelidir. Damızlık balıkları yemlemede aşırıya kaçılmamalıdır. Damızlıklar yılda yaklaşık 0,5 kg artış göstermelidir. Yoğun yemleme gonad ürünlerinden özellikle yumurtalarda yağ dejenerasyonuna neden olabilir (Bohl 1982).

Damızlıkların Verimi

Üç yaşındaki damızlık balıkların ortalama ağırlıkları 1-2 kg arasındadır. Dişi balıklar 6. yaşına kadar birbirini takip eden 4 üreme peryodunda kullanılır. Çünkü canlı ağırlık artışıyla birlikte damızlık balıkların kg vücut ağırlığına düşen yumurta miktarı azalır. Örneğin 6 yaşındaki balıklarda bu miktar kg canlı ağırlık için 1200 adet yumurtanın altına iner. Fakat çapı daha büyük yumurtalardan satış avantajı daha fazla olan canlılıkta larva elde edilir. Bu nedenle 4-5 yaşındaki dişiler her yönüyle büyük ekonomik değere sahiptir. Yapılan araştırmalar 3 yaşlı erkeklerin spermasının hiçbir zaman 4-5 yaşlı erkeklerin spermasının kalitesine ulaşamadığını göstermiştir. Fakat 3 yaşlı erkeklerin sperması miktar bakımından daha fazladır. Bu bakımdan yetiştiriciler damızlık balık giderini de dikkate alarak 3 yaşındaki erkekleri tercih ederler (Lindhorst-Emme 1990).

Dişi damızlıkların yumurta verim özel liklerine ilişkin temel bilgiler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Steffens 1981).

- Damızlık balıktan elde edilen toplam yumurta miktarı balık büyüdükçe artış gösterir. Örneğin 3 yaşında 750 g ağırlıkta balıktan 1800 adet yumurta elde edilirken; 4 yaşında 1300 g ağırlıkta balıktan 2500 adet yumurta alınır.

- Balık büyüklüğü arttıkça kg vücut ağırlığına düşen oransal yumurta miktarı azalır. Örneğin 3 yaşında 750 g ağırlıktaki balıkta kg canlı ağırlığa düşen yumurta sayısı 2400 adet olurken; 4 yaşlı 1300 g ağırlıkta balığın kg canlı ağırlığa düşen yumurta sayısı ise 2000 adettir.

- Yumurta sayısı, yemin miktar ve kalitesiyle etkilenebilir.

- Yumurta sayısının bireylerde farklılığında genetik koşulların etkisi çok büyüktür.

- Yaşlı ve büyük balıklar genç ve küçük balıklara oranla daha büyük yumurta geliştirirler ve bu suretle daha kuvvetli larva oluşumunu sağlarlar. Örneğin 178 g ağırlıkta 2 yaşlı balıkta yumurta çapı 3,9 mm olurken, 2700 g ağırlıkta 7 yaşlı balığın yumurtasının çapı ise 5,7 mm dir.

Özgün bir çalışma sonucunda elde edilen damızlık dişilerin yumurta verimleri ve erkek damızlıkların sperma (süt) miktarlarına ilişkin veriler Tablo 5’de gösterilmiştir (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 5. Damızlık balıkların döl verimi

dişi yaş	adet	boy cm	ağırlık g	toplam yumurta miktarı adet	1000 adet yumurta g	yumurta çapı mm
3	1	49	1210	3000	65	3,5-4
	2	48	1160	3000	65	3,5-4
	3	44,5	990	2500	65	3,5-4
4	1	52	1515	3000	80	4,5-5
	2	53,5	1780	3500	80	4,5-5
	3	52	1650	3200	80	4,5-5
5	1	58	2100	3500	85	5,5-6
	2	58	2150	3500	85	5,5-6
	3	58,5	2325	4000	85	5,5-6

6	1	60,5	2580	4000	90	6
	2	62	2620	4000	90	6
	3	59,5	2350	3500	90	6
ERKEK				SPERMA (SÜT) MİKTARI(ml)		
3	1	43,5	730	8		
	2	44,5	800	10		
	3	44,5	935	13		

Damızlıkların Cinsiyet Ayrımı

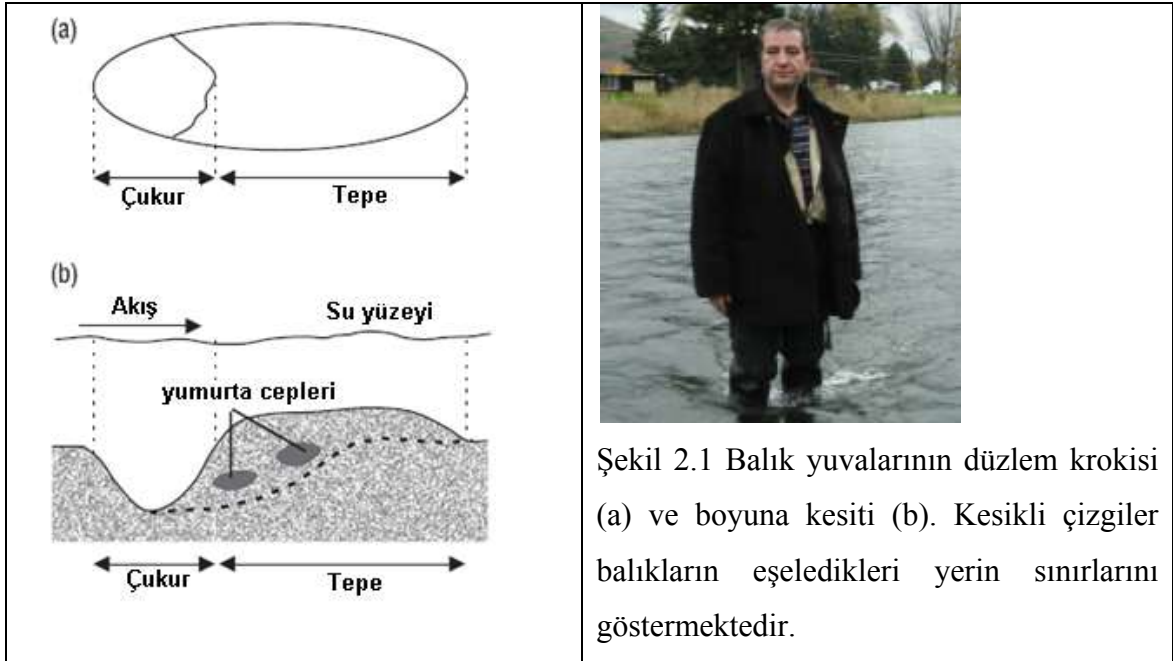
Gökkuşağı alabalıkları kökenlerine göre yılın farklı dönemlerinde yumurtlama olgunluğuna erişirler. Yılın erken döneminde yumurtlayanlar Temmuz/Ağustos, Orta dönemdekiler Kasım/Aralık, geç dönemdekiler Mart/Nisan'da üremeye hazırdırlar. Damızlık balıklar üreme sezonundan 4 hafta önce cinsiyet ve yaşlarına göre ayrılmalıdır. Bu ayrım işleminde erkek ve dişi balığın vücut yapısına bakılır. Dişilerde karın daha şişkindir. Cinsiyet deliği etrafı kırmızı renkte görünümündedir. Üreme zamanı erkeklerde alt çene öne doğru uzamış ve bir kanca şeklinde yukarı kıvrılmıştır. Erkeklerde vücut daha yassıdır. Özellikle erkekler üreme zamanı yaklaştığında yanıl çizgi boyunca daha koyu ve parlak kırmızı bir şerit taşırlar (Şekil 2345).



Şekil 2345. Erkek ve dişi damızlık gökkuşağı alabalıkları

SAĞIM VE YUMURTALARIN DÖLLENMESİ

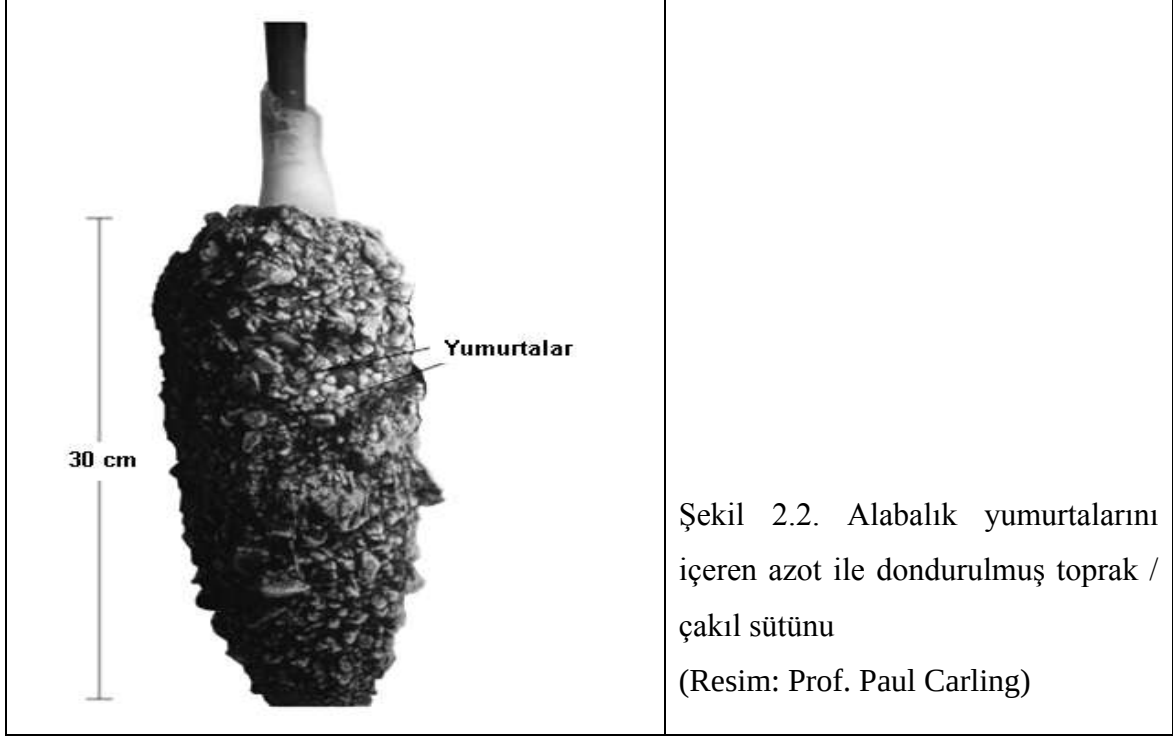
Tabiatta bulunan balıklar yumurtalarını çeşitli şekillerde ortama bırakmaktadırlar. Akarsularda genellikle salmonidler nehrin orta kısmında akıntının nispeten yavaş oldukları yerlere yuva yapmakta yumurtaların üzerlerini de örtmektedirler. Şekil 2.1’ de balıkların yumurta dökme işlemi şematik olarak gösterilmektedir. Yumurtalarını çakıllı zeminlere de dökmekte ve çakıllar arasındaki boşluklardan yaklaşık 30 cm derine bırakmaktadırlar.



Böylece yumurtadan çıkan keseli yavrular otomatikmen çeşitli tüketicilerinden korunmuş olmaktadır. Kese çekilince çalılardan dışarı çıkmaktadırlar. Anlaşılabileceği gibi çalılardan yumurtaları örneklemek oldukça zordur. Dolayısıyla bir boru vasıtasıyla ortama sıvı azot verilip bir sütun halinde toprak dondurulmak suretiyle örnekleme yapılabilmektedir. (Şekil 2.2’de alabalık yumurtalarının bulunduğu cepler tabiattan yukarıda anlatılan sistemle elde edilen toprak sütunuyla birlikte gösterilmektedir.

Ayrıca bazı balıklar deniz kenarlarına gelerek toplu halde yumurta bırakmaktadırlar. Şekil 2.3’te Capelin balıklarının okyanus kenarında yumurtlamaları görülmektedir. Capelinler yağ yüzgeçleri olmamasına karşın alabalıklarla aynı takıma Clupeiformes ve

familyaya sahip olabilmektedirler. Dolayısıyla bir çeşit som balığı yada deniz alabalığı denilmesi kanaatimizce yanlış olmamaktadır.



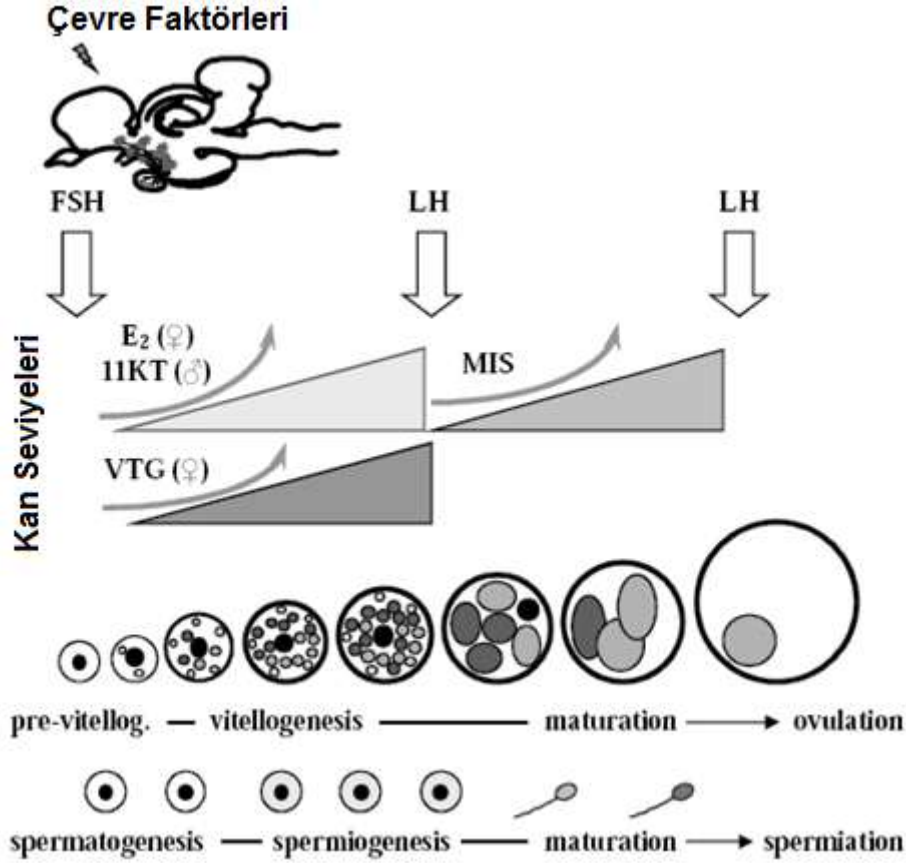
Şekil 2.3. Capelin balıklarında yumurtlama zamanı

Kültür ortamında ise sağım işlemi tamamıyla kontrollü şartlarda yapılmaktadır. Balık üretiminde damızlık balıklara üreticiler eliyle hafif bir masaj uygulanarak dişi

balıklardan yumurta ve erkek balıklardan süt (spermatozoa içeren beyazımsı renkte sıvı) alım işlemi sağım olarak adlandırılır. Sağım döneminden 2-3 hafta önce damızlıklara verilen yem miktarı azaltılır. Damızlık balıklarda sağıma hazırlığa yönelik son kontrollerin yapılmasından sonra, yani sağımın bir hafta öncesinde ise yemleme tamamen kesilir. Yumurtlama olgunluğuna ulaşmayan damızlıklar ise bir hafta boyunca canlı ağırlıklarının %0,5'i gibi düşük oranda yemlenir (Greenberg 1969, Wiesner 1968). Sağımda damızlıklara zarar vermemek, işlemi çabuk ve seri olarak gerçekleştirmek ile sağımı yürüten kişinin fazla güç sarfetmeden, çok sayıda damızlık balığı sağabilmesi için damızlıklara narkoz uygulanabilir. Damızlık balıkları bayıltmada anestezi olarak sıkça kullanılan preparatlar (Atay 1987, Bohl 1982).

- MS-222 (Tricainemethansulphonat)
- Trichlormethylpropanol (TCMP)
- Quinaldin (2 Methylchinolin)

Belirtilen anesteziyelerden suda kolay eriyen MS-222 1:20.000-1:30.000 (1 g+ 20-30 lt su) konsantrasyonlarında kullanılır. Balıklar sağımdan birkaç dakika önce anestezi madde bulan suya yerleştirilirler. Sağım işlemi bittikten sonra balıklar tekrar oksijen yönünden zengin temiz suya bırakılırlar ve burada 2-3 dakika içinde normale dönerler. Alabalık üretiminde sağımın ana kuralı işlemin kuru koşullarda gerçekleştirilmesidir. Çünkü yumurtanın su ile teması halinde spermanın yumurtaya giriş kapıcığı olan mikropil 1-2 dakika içersinde kapanır. Ayrıca erkek balıktan elde edilen sütün içerdiği spermatozoa'lar suda yaklaşık 1 dakika kadar yaşabilirler. Bu nedenlerle sağımda damızlık balıkların bir bez yada en iyisi havlu ile kurulanmasıdır. Alabalık sağımında dikkat edilmesi gereken bir diğer konu balıkların uygun sağım zamanının saptanmasıdır. Sağım zamanı balıkların kanlarındaki hormon miktarları takip edilerek tespit edilmektedir. Şekil 1223'te balıklarda yumurta ve spermin elde edilmesi için gonad gelişme süreci gösterilmektedir.



Şekil 1223. Erkek ve dişi balıklarda erginleşme sürecinde endokrin ve gonadal değişimler süreci. Şeklin üst kısmı hipofiz ve plazmadan hormon salgılanmasını göstermektedir. Alt yarısı ise yukarıdaki kısma ilişkin oosit ve sperm gelişimini göstermektedir. Başlangıç evrelerinde hipofizden FSH uyarılması ile dişilerden östrojen (Estradiol, E₂) ve erkeklerden de gonad gelişmesini düzenleyen androjen (11-ketotestesteron (11KT) salgılandığını göstermektedir. Dişilerdeki E₂ hormonu ilave olarak karaciğer üzerinde görev alarak VTG sentezinde (vitellogenez) rol oynamaktadır. Gametogenez periyodu erkeklerde kanda FSH seviyesinin artması ve androjenlerin artmasıyla, dişilerde ise E₂ ve VGT'nin artmasıyla karakterize edilmektedir. Gametogenezin sonunda hipofiz LH sekresyonu erginliği gösteren sterodlerin (MIS) sentez edildiğini göstermektedir. Bunlar gonadal gelişme sürecini düzenlemektedirler. Bu esnada

kandaki FSH ve androgen/estrogen miktarı düşmekte, LH ve MIS miktarı artmaktadır. Maturasyon (erginleşme veya olgunlaşma) sonunda ise GnRH'ya bağlı LH'nın, artması ovulasyon, spermiyasyon ve yumurtlamayı teşvik etmektedir.

Tam olgunluğa ulaşmış dişi alabalık sudan çıkarılıp kuyruğu aşağı gelecek şekilde tutulduğunda yumurtalar kendiliğinden akmaya başlar (Şekil 1224).



Şekil 1224. Elle Sağım işlemi



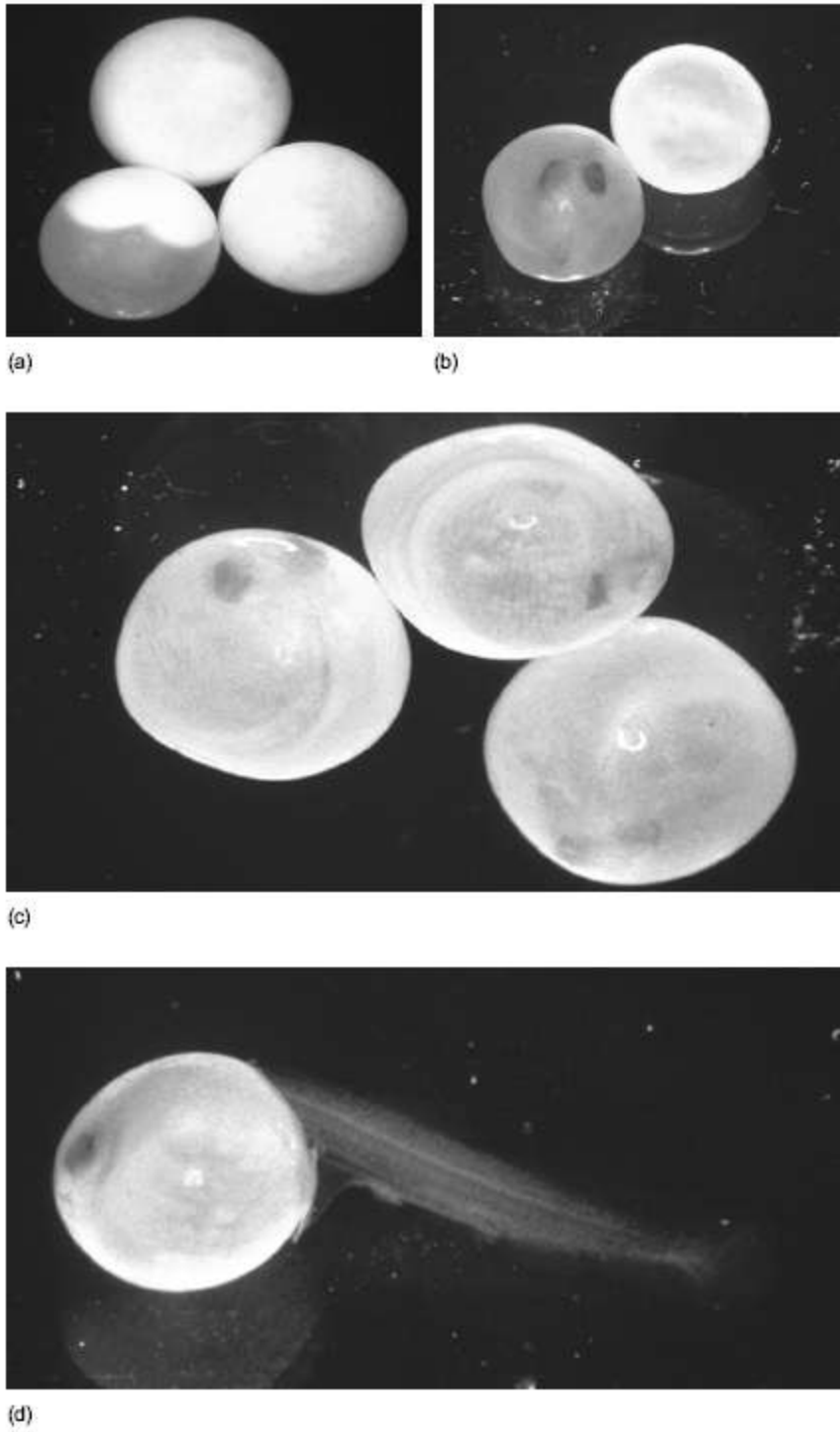


Fig. 2.4 Trout eggs. (a) Dead eggs. (b) Living eggs. One is at an early stage of development and the other is 'eyed'. (c) Eyed eggs with the embryos clearly visible. (d) An alevin in the process of hatching. Egg diameters are approx. 5 mm. Photographs by Trevor Furnass, ARPS.

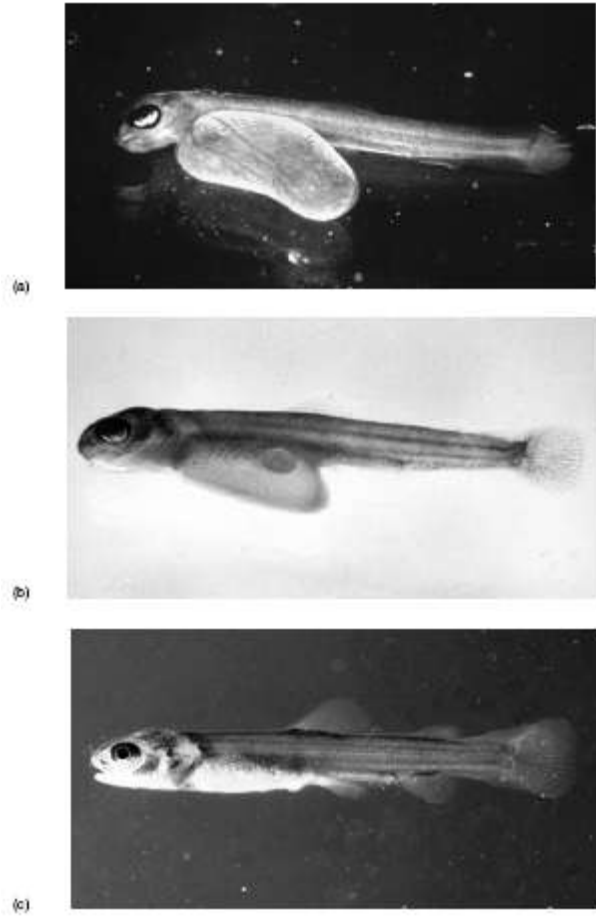


Fig. 2.5 Trout alevins and fry. (a) A recently hatched alevin. (b) An older alevin with partly absorbed yolk sac. (c) A fry shortly after emergence from the gravel. Alevin lengths are 15–20 mm. Photographs by Trevor Furness, ARPS.

Genellikle sağımda balığın sırtının sağan kişiye dönük olması geleneksel tutuş şeklidir. Damızlık balıkların sağımı balığın boyutuna göre tek veya iki kişi tarafından gerçekleştirilir. Birkaç dişinin yumurtası küçük hacimli plastik kaba sağılır ve bu yumurtaların üzerine de birden fazla erkeğin sütü sağılır. Dişi balıklar yılda bir defa sağıldıkları halde, erkekler 15 gün ara ile birkaç defa sağılabilirler (Brown ve Gratzek 1980).

Plastik bir küvete sağlan yumurta-süt karışımı elle veya plastik bir kaşıkla karıştırılır. Daha sonra bu karışım üzerine bir miktar temiz su ilave edilir. Yaklaşık 5 dakikada döllenmiş yumurtaların bir küvet içerisinde 30-45 dakika süreyle su alıp şişme işleminin tamamlanması beklenir. Bu evrenin sonunda yumurtalar birkaç defa temiz su ile yıkanarak kuluçka tablalarına yerleştirilir (Atay 1980).



Kuluçka

Balık üretiminde döllenmiş yumurtalardan embriyonal evrelerin (Morula, Blastula ve Gastrula) gelişimiyle yumurtadan larva çıkışının tamamlanmasına kadar geçen süreç kuluçka (Incubation) işlemi olarak adlandırılır.

Gökkuşáğı alabalığının döllenmiş yumurtalarının kuluçkası için uygun su sıcaklığı 7-10 oC arasındadır. Yumurtalardan larva çıkış süresi gün-derece olarak ifade edilir. Gün-derece; günlük ortalama su sıcaklıklarının toplamı olarak larva çıkış süresinin belirtilmesidir. Örneğin 10 oC su sıcaklığında larvalar 30 günde yumurtadan çıktığında, gün derece 300'dür. Buna göre döllenmiş yumurtalardan kaç gün sonra larva çıkabileceğinin gün-derece olarak göstergeleri farklı alabalık türlerine göre Tablo 6'da sunulmuştur (Bohl 1982). Ayrıca çeşitli alabalıklar arasında yapılan çaprazlamalardan elde edilecek sonuçlarda şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Farklı alabalık türlerinde kuluçka süreleri

Alabalık türü	Kuluçka süresi Gün-derece
Gökkuşáğı alabalığı	320-360
Dere alabalığı	410-440
Kaynak alabalığı	430-450

Kuluçka döneminde 10 oC su sıcaklığında gökkuşağı alabalığının döllenmiş yumurtalarından 32 ila 36 gün sonra vitellus keseli (yedek besin keseli) larvalar çıkar. Larvaların çıkışında su sıcaklığı ile birlikte kalıtsal etki ve damızlıkların yaşı yanında, suyun oksijen içeriği ve ışık yoğunluğu gibi çevresel faktörlerde etkilidir. Alabalık yumurtaları embriyonal gelişme sürecinde ışık etkisine karşı aşırı duyarlıdırlar. Bu bakımdan direkt güneş ışığından korunmaları gerekir. Kaliteli damızlıklardan elde edilen yumurtaların optimum koşullarda kuluçkasında kayıp oranı yaklaşık %10-20 olabilir. Büyük işletmelerde bu oran %20-30'u aşmamalıdır (Bohl 1982, Steffens 1981).

Kuluçka Süresinde Koruyucu Önlemler

Döllenmiş yumurtaların kuluçka döneminde su sıcaklığı, oksijen miktarı, suyun temizliği, ışık gibi faktörlere özen göstermekle beraber, ölü yumurtaların ayaklanması da çok önemlidir. Çünkü ölen yumurtalarda saprolegnia sp. mantarları kısa sürede enfeksiyona neden olur ve sağlıklı yumurtalara bulaşarak onların da ölmelerine neden olurlar. Bu hastalık odağı ölü yumurtalar, sağlıklı yumurtaları zedelemeyen cımbız (yumuşak ahşap materyalden özel imal edilenler tercih edilmelidir), özel pens yada maşalar, tıpta kullanılan lastik puarların ucuna 15-20 cm boyunda cam boru takılarak hazırlanan özel pipetler, ölü yumurtaların sifon edilmesi, tuz eriyiği (%10, 7'lik tuz eriyiğinde-960 g NaCl/8 lt su-ölü yumurtalar 3 dakikada dibe çökerler) ve fotosel sistemi ile çalışan elektrikli seçicilerden yararlanılarak ayıklanabilir. Fakat yinede fazla işçilik gerektirmesine rağmen en iyi sonuçlar elle temizlemeyle elde edilmektedir. Ölü yumurtaların canlı yumurtalardan ayırımında hangi yöntem tercih edilirse edilsin, bu işlem yumurtaların göz lekeli döneminde gerçekleştirilmelidir.

Döllenmiş yumurtalar göz lekeli döneme 200-220 gün-derece sonra ulaşırlar. Gözlekeli dönemde yumurtaların mekanik işlemlere duyarlılıkları azalır. Fakat döllenmeden yaklaşık 8 saat geçtikten sonrası ile göz lekesi oluşana kadar ki dönemde ise yumurtalar fevkalade duyarlıdırlar. Kuluçka döneminde mantarlaşmaya karşı koruyucu olarak kimyasal maddelerle yumurtaları ilaçlamak faydalı olmaktadır. Bu amaçla kullanılan kimyasal maddeler Tablo 7'de belirtilmiştir (Steffens 1981).

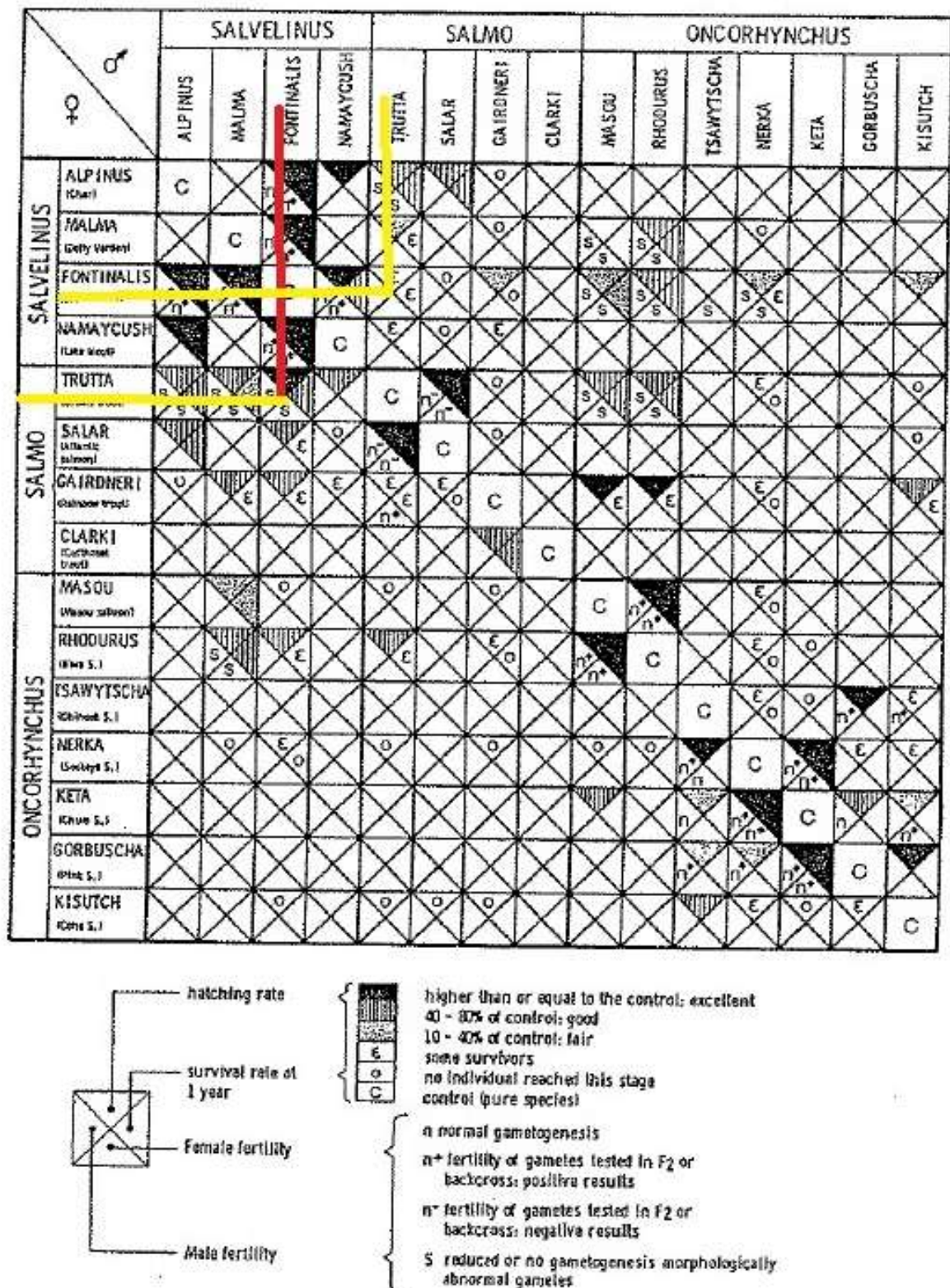


Figure 4.21 Viability and fertility of interspecific salmonid hybrids among the genera *Salvelinus*, *Salmo*, and *Oncorhynchus*.

Source: Chevassus (1979)

Tablo 7. Kuluçkada kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal maddenin adı	Kullanım konsantrasyonu	Süresi
Malahit yeşili	1-2 mg/lt	Günde 1 saat
Formol (%30)	1-2 mg/lt	Günde 15 dakika
Metilen mavisi	5-20 mg/lt	Günde 15 dakika

Bu maddelerin tamamı kuluçka sisteminin giriş suyuna ilave edilirler. Koşullara göre belirtilen tedavi 2 günde bir veya daha fazla süre arayla da uygulanabilir. Kuluçka döneminde yumurtalara saprolegnia enfeksiyonuna karşı en yaygın kullanılan kimyasal madde Malachit yeşilidir. Çoğunlukla oxalat formu, kristalize veya sıvı konsantrasyonu kullanılmaktadır. Maalesef günümüzde henüz Malachit yeşilinin yerini alacak zararsız ve aynı değerde bir kimyasal madde bulunamamıştır. Bu dezenfeksiyon maddesinin son on yıldan beri yoğun şekilde kanser etkisinden bahsedilmekte ve kullanılırken özenli davranılması gerektiği belirtilmiştir. Özellikle pazarlık balık üretiminde kullanımı yasaklanmıştır. Çünkü balığın etinde insan sağlığı için zararsız düzeye inene kadar 108 gün geçmesi gerekmektedir. Bu nedenle Almanya’da Malachit yeşilinin satışı 1988 yılı sonundan itibaren veteriner hekim reçetesine bağlanmıştır. Ayrıca kullanımı da yumurta ve larva dönemi ile 6 cm boyunda yavru balıklarla sınırlandırılmıştır (Baur ve Rapp 1988, Lindhorst-Emme 1990, Schlotfeldt ve Alderman 1995).

Balık yumurtalarının yüzeylerinde enfeksiyon etkenlerinin bulunabildiği ve böylece hastalıkların yayılmasında rol oynadıkları bilinmektedir. Bu nedenle işletmelerin yumurta satışlarında, yumurtaların taşınmasından önce dezenfeksiyon işlemini uyguladıklarını garanti etmeleri istenmektedir. Bu hedefe yönelik olarak iyot preparatlarıyla banyo işlemine tabi tutulan yumurtaların, bu işlemin uygulanmadığı yumurtalara oranla daha az mantarlaştıkları bildirilmiştir (Bohl 1982).

İyot içeren dezenfeksiyon maddesi olarak yaklaşık %1 aktif iyot kapsayan Actomar K30 önerilmektedir. Alabalık yumurtalarının bu maddeyle dezenfeksiyonu için ideal iki dönem vardır.

Birinci uygulama zamanı döllenmeden 10 saat sonra yeşil yumurta dönemi, daha da iyi olan 2.ci dönem ise yumurtaların gözlekeli devresidir. Belirtilen dezenfeksiyon işlemi

için 1 litre suya 15 ml Actomar K30 ilave edilir ve yumurtalara banyo uygulanır. Actomar K30 ile hazırlanan banyo solüsyonunun etkinliği rengi ile anlaşılır. Kullanılan eriyiğin rengi kahverengiden-sarıya kadar kullanılabilirliğini gösterir. Açık sarı renk oluştuğunda ise etkinliği garanti edilemez, hatta bazen tamamen etkisizdir (Baur ve Rapp 1988, Bohl 1982, Schlotfeldt ve Alderman 1995).

Kuluçka Tipleri

Alabalık üretim tesislerinde yaygın olarak kullanılan kuluçka tipleri ve temel nitelikleri Tablo 8’de belirtilmiştir.

Tablo 8. Kuluçka tipleri

Kuluçka gereci	Su gereksinimi	Kapasite
Kuluçka kanalı	15-25 lt/dak.	100.000 Adet yumurta
Zuger şişesi	1,5-3 lt/dak.	30-50.000 Adet yumurta
Kuluçka dolabı	1,2-2 lt/dak.	100.000 Adet yumurta

Kuluçka kanalları

En eski ve halen günümüzde de yaygın olarak kullanılan kuluçka gereçleridir. Birkaç metre uzunluğunda kanal ve içerisine konulan özellikle tabanları gözenekli materyalden yapılan, yumurta yerleştirilen tablalardan (Kasetlerden) oluşur. Tablalar arasında kanalda enine bölmeler vardır. Bu sistemde su tablaya alttan girer ve yumurtaların oksijenini sağladıktan sonra üstten çıkar. Kuluçka kanallarının boyları farklı olmakla birlikte 2-3 m uzunluk tercih edilmektedir. Yumurta tablaları ise 45x45 cm boyutunda kare şeklindedir. Yumurta tablalarının tabanı için 1,5 mm çapında yuvarlak delikleri olan alüminyum materyal kullanılması daha uygundur. Yumurta tablaları kuluçka kanallarına üst üste değil, birbiri ardı sıra konulmalıdır. Kuluçka kanallarına 4-7 adet yumurta kaseti yerleştirilir. Bu kasetlere suyun kalitesine göre kuluçka için yumurtalar tek kat konulduğunda 5000 adet, çift kat konulursa 10.000 adet yumurta bırakılır. Kuluçka kanallarının herbirisine kuluçkanın ilk günlerinde 15 lt/dak. su girişi sağlanırken, bu miktar yumurtalardan larva çıkışına yakın 25 lt/dak düzeyine yükseltilir (Bohl 1982, Çelikkale 1994, Lindhorst-Emme 1990, Steffens 1981).

Bu tip kuluçkalıklar alt kısımları huni şeklinde olan, ilk kullanan kişinin ismine atfen zuger şişesi olarak adlandırılan ve genellikle 6,5-8 lt kapasiteli gereçlerdir. Daha az yer

kaplayan, daha az suya gereksinim duyan ve kurulmaları kolay olan bu gereçlerin, kapasiteleri 30.000 ile 50.000 adet yumurtadır. Taban kısımları açık olan ve ters yerleştirilen bu şişelerin, huninin alt kesimi gibi daraltılmış boğaz kısmından verilen su girişinin basıncının yumurtalara zarar vermemesi için, ağız kısmına 3 cm yüksekliğinde cam boncuklardan (yaklaşık 6 mm çapında veya aynı büyüklükte çakıl taşları) oluşan bir katman yerleştirilir. Normal boyutta bir zuger şişesi için 1,5-3 lt/dak. su gereklidir. İki zuger şişesi için 0,25 x 0,50 m, çift sıralı 8 zuger şişesi için ise 0,50 x 1.00 cm'lik alana gereksinim vardır. 8-10 zuger şişesine yerleştirilen yumurta miktarı, kanal sistemi kuluçkalıklarda 36 adet kuluçka kanalına konulan yumurta miktarına eşdeğerdedir. Belirtilen miktarda kuluçka kanalı için, kuluçka evinde 35 m² yer ayırmak gerekir. Ayrıca zuger şişeleri fiyat bakımından da daha uygundur (Bohl 1982).

Kuluçka dolaplarının kullanımı son yıllarda özellikle büyük kapasiteli işletmelerde hızla artmaktadır. Buna neden olarak çok az alana gereksinim duymaları, kaliteli, fakat az miktarda su kullanımı ve işçilik giderinden tasarruf gösterilebilir. Kuluçka dolapları damlalıklı ve vertikal akışlı dolaplar olmak üzere iki tiptir. Damlalıklı dolaplarda yumurtaların larva çıkışından kısa süre önce dışarı alınarak kuluçka kanallarında tablalara yerleştirilmesi zorunludur (Ekingen 1975).

İkinci tipte ise larvalar yemleme dönemi öncesine (serbest yüzme) kadar dolabın tepsilerinde tutulabilmektedir. Bunlar Veco (İSVİÇRE)-Dolapları olarak adlandırılırlar. Bu dolapların yumurta tablaları tepsi şeklinde daireseldir. Her dolapta 10 tepsi bulunur. Her tepsi şeklindeki yumurta tablasına 10.000 adet yumurta konur. Bu dolapların su girişi üsttendir, önce birinci tepsiye su dolar, daha sonra ikinci vd. ne devam eder. Bu dolaplarda 100.000 adet yumurta için 1,2-2,0 lt/dak. su yeterli olmaktadır (Bohl 1982). Kuluçka döneminin sona erdiği günlerde 25-35 gün-derecede yada bir başka ifadeyle 10 oC su sıcaklığında 2,5 günde yumurtaların tamamından larva çıkışı tamamlanır. Bu arada ortamdaki yumurta kabukları sifonlanarak günde iki defa yumurta tablalarının delikleri tıkanmaması için ayıklanmalıdır. Yumurtadan çıkan larvalara Vitellus keseli larva denilir. Bunlar besin kesesi olarak da adlandırılan keselerini su sıcaklığına göre 12-17 günde tüketirler. Bu dönemde larvaların barındırıldığı gereçlerden en azından her iki günde bir beyaz renkli ölü yumurtalar yada ölen keseli larvalar veya deforme ve

anomalili larvalar sifonlanarak uzaklaştırılmalıdır. Belirtilen temizlik işlemi yapılmadığı durumda hızlı bir şekilde mantar enfeksiyonu ile karşılaşılır (Lindhorst-Emme 1990)

Larvaların serbest yüzme dönemine ulaşmaları, besin keselerinin çoğunu tüketmeleri, larvaların yemlenmeye başlanmaları için önemli göstergelerdir. Vitellus keseli larvaların %10'u yem alma gücüne ulaştığında yada besin keselerinin 2/3'lük kısmını tükettiklerinde ve serbest yüzmeye başladıklarında yemlenmeye başlanmalıdır. Larvalar belirtilen evreye ulaştıklarında, kuluçka kanallarında yumurta tablaları arasındaki bölmeler kaldırılır, tablolarda bulunan larvalar yavaş bir şekilde kanallara stoklanırlar (Bohl 1982, Çelikkale 1994, Iglar 1990, Steffens 1981).

Serbest yüzme devresine ulaşmış ve suda aktif hareket eden larvaların bakım ve beslenmelerine özen gösterilerek ortalama 1 g canlı ağırlığa kadar yetiştirilmeleri genel olarak "ön büyütme" olarak tanımlanır. Bu devre 60-80 günde tamamlanır. Bu dönemde yetiştirme ortamı olarak daha ziyade büyütme kanalları kullanılır. Ayrıca ön büyütme dönemi kuluçka evinde tank yada kanallarda gerçekleştirilir. Su değişimi, stok yoğunluğuna ve su kalitesine bağlı olarak 4-8 kez/saat, olmalıdır. Belirtilen koşullarda stok yoğunluğu 100.000 larva/m³ sudur. Larvaların yemlenmesine her 30-60 dakikada bir günde 12 saat devam edilir. Bu dönemde kayıp oranı yaklaşık %30-35'dir. Optimum üretim koşullarında hasatta üretim hedefi en azından 1 g bireysel ağırlıkta m³'de toplam 25 kg veya 25.000 ön büyütülmüş yavru olmalıdır (Steffens 1981).

Ön büyütme döneminde larvaların yetiştirilmesinde aşağıdaki önlemlerin alınmasında fayda vardır (Çelikkale 1994).

- Kaliteli su temini,
- Direkt güneş ışığından korumayla birlikte dolaylı aydınlık sağlama,
- Yavruların köşelerde veya belli noktalarda birikmelerinin önlenmesi,
- Yemlemenin sık olarak yapılması, fakat her defasında azar azar verilmesi ve yem artıkları ile dışkıların sürekli temizlenmesi gibi konularda özen gösterilmelidir.

Alabalık larvalarının ön büyütülmesinde genellikle 3-4 m uzunluk ve 40-80 cm genişlikte kanallar kullanılmaktadır. Genelde betonarme inşa edilirse de, hijyenik açıdan polyester kanallar tercih edilmelidir. Populasyonun stok yoğunluğu, kullanılan suyun miktar ve kalitesine bağlıdır. Bu kanallarda su değişiminin optimum düzeyi saatte 4-8 defa olmalıdır. Derinlikleri 30-80 cm olan bu kanallarda su yüksekliği balık

boyutuna koşut olarak yükseltilir. Örneğin 3,60 m uzunluk, 40 cm genişlik, 17 cm su derinliğinde kanala yaklaşık 30.000 adet gökkuşağı alabalığı larvası, yani 122.000 larva/m³ stoklanarak yemlenebilir. Yemleme dönemindeki larvalarda genellikle 100.000 adet/m³, yani 100 adet/lt stok miktarları uygulanır. Belirtilen stok miktarları uygulandığında kanallarda saatte 4-8 defa su değişimi için 1-2 lt/sn/m³ su gereklidir. Bu koşullar altında, 8-10 oC'lık su sıcaklığında 8 günlük yemleme sonunda stokta 50.000 yavru/m³, 15 günlük yemlemeden sonra ise 20.000-30.000 yavru/m³ şeklinde seyreltme yapılır (Bohl 1982).

Kapasitesi 2-4 m³, genelde polyester olan, fakat beton yada eternitten de imal edilen kanal tipi tanklarda iyi düzeyde oksijen içeren suyla 30.000-60.000 adet larva 6-8 hafta beslenir. Bu tanklara su girişi 20-40 lt/dak./m³ su, olmalıdır. Stok yoğunluğu 8-12 adet larva/lt. Bu tanklarda taban eğimi %1,5-2 olduğunda iyi temizlenme olanağı yaratır (Lindhorst-Emme 1990).

Bu tanklarda üst kısımdan basınçla gelen su, tank içindeki suyu dairevi bir hareket halinde tutar. Dolayısıyla bu tankların her tarafında oksijen hemen hemen aynı düzeydedir. Bu tanklarda su çıkışı tabanın ortasındadır. Su çıkış kısmı üzerine 15-20 cm çapında 3,5-4,0 mm göz açıklığında, paslanmaz metalden yapılmış bir süzgeç yerleştirilir. Tankın alt kısmına yerleşmiş olan su çıkış borusu hareketli bir dirsek ile dış kısımdan yükselmektedir. Bu hareketli dirseklerle tank içindeki su seviyesi kolayca ayarlanabilmektedir.

Diğer taraftan tankın tabanında orta su çıkış kısmına doğru yaklaşık %5 meyil vardır. 2 m çapında ve yaklaşık

Fingerling (Parmak Büyüklüğünde Balık) Yetiştiriciliği

Parmak büyüklüğünde yavru balık üretiminde stok materyali olarak ön büyütmesi yapılan genellikle en azdan 0,5-1 g bireysel ağırlıkta ve 4-5 cm boyunda yavrular kullanılır. Eğer ön büyütmesi yapılan yavruların stoklandığı havuzlarda ve kullanılan suda dönme hastalığına neden olan parazitin (*Myxosoma cerebralis*) sporları varsa, yavruların boyu en azından 6-7 cm olmalıdır. Çünkü belirtilen büyüklükteki yavruların omur ve kafa kemiklerinin kıkırdak kısımları oldukça dayanıklılık kazanmıştır ve deforme olmaz hale gelmiştir (Bohl 1982). Parmak büyüklüğünde yavru balıkların yetiştiriciliği yapılan bütün üretim donanımlarının, yavru balıklar stoklanmadan önce hijyenik yönden önlemlerinin alınması zorunludur. Bu önlemlerin başında

dezefeksiyon gelir. Dezenfeksiyon etkisi sıcaklığa bağlıdır. Genel bir kural olarak, dezenfeksiyon maddesinin etkisi için 20 oC'da 30 dakika, 12 oC'da 1 saat, 4 oC'da 2,5 saat süre gereklidir. Dezenfeksiyon maddesi olarak genellikle formaldehyd (Ticari adı Formol) tercih edilir. Konsantrasyon olarak %5'lik eriyik (5 kısım Formol + 32 kısım su) önerilmektedir. Metal olmayan materyaller için NaOH (Sodyum hidroksit) %2 oranında, yani 20 g NaOH (Sud kostik) 1 litre suya ilave edilerek kullanılmaktadır (Bohl 1982, Baur ve Rapp 1988).

Beton kanallarda finrgerling yetiştiriciliği

Mevcut kapasiteyi daha iyi değerlendirmek için, 7-10 m uzunluk, 0.80-1 m genişlik ve 0,80-1 m derinlikte beton kanallar parmak büyüklüğünde yavru üretiminde kullanılmaktadır. Su koşullarına ve her 10 dakikada su değişiminin gerçekleşmesine bağlı olarak stok yoğunluğu 2000-5000 adet ön büyütülmüş yavru/m³ tercih edilir. Bu durumda hasatta elde edilen ürün 50 kg/m³ olur ve yavru balıkların bireysel ağırlıkları 10-15 g yada 30 g'a ulaşabilir. Bu tip yetiştiricilikte yavruların defalarca yemlenmesi çok zaman alırsada, aynı zamanda günde iki defa temizlik yapılmalıdır (Bohl 1982). Yavru yetiştirme kanallarının 8-10 m uzunluk ve 1-2 m genişlikte olanları fingerling üretimi için esas yönünden uygundur. Bu kanallarda su değişimi en azından 5-20 dakika sürede gerçekleşmelidir. Kanalların savaklarında 3,5 mm çapında delikli materyal kullanılmalıdır. Su değişimine göre stok yoğunluğu 2000-5000 adet/m³, yavru yada daha yüksek olabilir. Hasatta balık büyüklüğü ve su koşullarına göre 50 kg/m³ veya özellikle daha iyi koşullarda 100 kg/m³, ürün elde edilebilir (Steffens 1981).

Havuzlarda fingerling yetiştiriciliği

Parmak büyüklüğünde yavru balık yetiştiriciliği uygun koşullarda havuzlarda da yapılabilir. Bu havuzların betonarme yapılması daha uygundur. Dikdörtgen konumdaki havuzların genişlik/uzunluk oranları yaklaşık 1/4-1/6 olmalıdır. Bu havuzlarda kullanılan suyun kalite ve miktarına bağlı olarak stok yoğunluğu 60-100 adet ön büyütülmüş yavru/m³ (ortalama 1 m derinlikte) şeklinde düzenlenir. Bu tip üretimde 50.000 adet fingerling yetiştiriciliği için yaklaşık 10 lt/sn suya gereksinim vardır. Ayrıca hafif asidik karakterde 3-5 lt/sn suyla, örneğin 450 m² yüzleminde ve 1,5-2,3 m derinlikte havuzda

ek havalandırma koşullarında 60.000-80.000 adet yavru ortalama 12-15 cm (2-3 kg/m²) boya kadar üretilir (Bohl 1982).

Ağ kafeslerde fingerling yetiştiriciliği

Ağ kafeslerde parmak büyüklüğünde yavru yetiştiriciliği pazarlık boyutta (sofralık) balık yetiştiriciliği kadar uygun değildir. Bunun en büyük nedeni fingerling yetiştirilecek kafeslerde ağ göz açıklığının küçük olma zorunluluğudur. Çünkü ağın gözleri küçüldükçe ağlar daha çabuk tıkanır ve böylece su değişimi engellenir. Ayrıca kafeslere stoklanacak yavru balıkların genellikle ön beslemesi yapılmış ortalama 1 g ağırlıkta olmaları nedeniyle, kafesten kaçmamaları için 4 mm göz açıklığında ağlar gereklidir (Beueridge 1987).

Belirtilen sorunlar dikkate alınarak ağ kafeslere stoklanacak yavruların en az 2 g ağırlıkta ve ağ göz açıklığının 6 mm olması daha uygundur. Ağ kafeslerde parmak büyüklüğünde yavru yetiştiriciliğinde stok yoğunluğu 300-500 adet/m³, yavru önerilmektedir. Bu tip yetiştiricilikte uygun su koşullarında yavru balıklar 8-10 cm boy yada 50 g ağırlığa kadar büyütülebilirler. Yalnız yavru balıklar büyüdükçe 1 cm balık boyu için 1 mm ağ göz açıklığı temel alınarak kafesin ağ torbası periyodik olarak yenilenmelidir (Kieckhäfer 1983, Steffens 1981).

Pazarlık (Sofralık) Alabalık Yetiştiriciliği

Yavruların fingerling (Parmak büyüklüğünde balık) üretiminde amaç, 140-150 günlük yemleme döneminde yavruları en azından ortalama 10 g bireysel ağırlığa ulaştırmaktır. Fakat daha iyisi 30 g bireysel ağırlığın üstüne çıkmak olmalıdır (Steffens 1981).

Pazarlık alabalık üretiminde genel olarak sofralık balık büyüklüğü 250-330 g/adet (4 yada 3 adet/kg) olarak kabul edilmektedir. Mutfaklık balık yetiştiriciliğinde havuz, kanal ve kafes sistemleri kullanılır (Bohl 1982, Çelikkale 1994, Steffens 1981).

Havuzlarda sofralık alabalık üretimi

Bu havuzların ölçüleri, kullanılan suyun miktarı ve kalitesi ile havuz yapılan arazinin topoğrafik durumu ve toprak yapısına göre büyük değişiklik gösterir. Havuzların beton yapılmasında zorunluluk yoktur. Toprak yapısı killi ve suyu tutma özel liğinde ise havuzların kullanımı, beton havuzlara bakarak daha fazla işçilik gerektirirse de, sabit

yatarım gideri daha azdır. Beton havuzlarda dezenfeksiyon ile bakım daha kolay, yemleme ve balıkların kontrolü daha iyi, fakat yapım gideri ise yüksektir (Atay 1995, Çelikkale 1994, Emre ve Kürüm 1998).

Pazarlık alabalık besiciliğinin gerçekleştirildiği havuzların boyutları, genellikle 20-50 m uzunluk, 4-12 m genişlik ve en fazla 1.20 m derinlikte olmalıdır. Uygun stok yoğunluğu su değişimine ve kalitesine göre saptanır. Ayrıca yemleme, havuz hijyeni, teknik donanım kullanımı (Örneğin havalandırma gibi), üretim süresi gibi faktörlerde stok miktarını saptamada dikkate alınmalıdır (Lindhorst-Emme 1990, Steffens 1981).

Optimum yetiştirme koşulları ve tam değerli pelet yem kullanımı ile gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinde 8 aylık üretim sürecinde tüketim ağırlığına ulaşılabilceği beklenmelidir (Bohl 1982).

Sofralık balık üretim miktarı genellikle kg/m³ olarak ifade edilir. Örneğin havuzlarda su değişimi günde 3-5 defa gerçekleştiğinde 3-5 kg/m³, balık üretilebilir. Yarı yoğun üretim koşullarında ise bu miktar 10 kg/m³'e yükselir. Derinliği 30-50 cm olan havuzlarda su değişiminin saatte 3 defa gerçekleştiği durumda 20 kg/m² (=40-60 kg/m³) balık üretilir (Bohl 1982).

Havuzlara verilen su miktarı esas alınarak da stok miktarı hesaplanabilir. Buna göre iyi kalitede 1 lt/sn'lik su girişine göre hasatta 100-150 kg sofralık balık üretileceği hedefine yönelik stoklama yapılır. Pazarlık alabalık büyüklüğü 200-250 g baz alınarak, 1 lt/sn debi için 400-600 adet fingerling stoklanır (Çelikkale 1994).

Kanallarda sofralık alabalık üretimi

Derinlikleri 50-65 cm, genişlikleri bir kaç metre olan, betondan yapılan, uzunlukları birkaç yüz metre, su değişiminin saatte 2-3 defa gerçekleştiği üretim tesisleridir. Taban eğimi 30 m'de 10-20 cm dir. Birkaç yüzmetre uzunluğundaki bu kanallar ızgaralarla yaklaşık 30 m'lik bölümlere ayrılır. Üretim kapasiteleri genellikle 24-32 kg/m³'dür (Steffens 1981). Bu kanal tipi havuzlar, mekanik yemlemeye hastalıklarla savaşa ve otomatik seleksiyona uygun balık üretim tesisleridir (Atay 1995).

Yavru balıkların pazarlık boyuta kadar büyütülmesinde suyun akış hızı 1,5-3 cm/sn olmalıdır. Benzer veriler Amerikan kaynaklarına (Westers'e göre) tablo 9'da belirtilmiştir (Bohl 1982).

Tablo 9. Kanallarda ve havuzlarda su akış hızı

Balık boyu	Su akış hızı
2 cm	0,0025-0,005 m/sn
2-5 cm	0,005-0,01 m/sn
5-10 cm	0,01-0,02 m/sn
10-20 cm	0,02-0,03 m/sn

Bir hektar yüzleminde kanal tipi havuzlarda 1000 lt/sn su ile 100 ton alabalık üretilir. Bu hesaplama havuzlarda yarı intensif yetiştiricilik yöntemindeki 100 kg balık/lt/sn su ile hesaplanan geleneksel eski üretim miktarına eşdeğerdir (Bohl 1982).

Kafeslerde sofralık alabalık üretimi

Ağ kafeslerde yetiştiricilik göller, baraj gölleri, göletler, kum-çakıl göletleri, akarsu gölcükleri ve büyükçe yapılmış sulama kanallarında, belirli çerçevelere takılmış ağ kafesler içinde, balıkların kontrol altında büyütülmeleridir. Ülkemizde denizlerimizde ağ kafeslerde çipura ve levrek yetiştiriciliğine koşut olarak, son yıllarda kamunun da yönlendirmesiyle özel girişimciler tarafından tatlısu kaynaklarımızda da ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliği hızla yaygınlaşmaya başlamıştır (Atay 1994). Kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinde öncelikli olarak su koşullarının uygun olması gerekir. Buna ilişkin koşullar Tablo 10’da özetlenmiştir. (Ruhdel 1977).

Tablo 10. Ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinde su koşulları

Nitelik	Miktar
Su sıcaklığı	20 oC’nin altında
Oksijen	6 mg/lt’nin üzerinde (sabahları)
PH	8’in altında
NH4	0,5 mg/lt’nin altında
Zehirli madde	Olmamalı
Su derinliği	4 m’nin üzerinde
Oksijen tüketimi	600 g/ton/saat

Kafesin yerleştirildiği ortamın tabanı ile kafesin ağ torbasının alt kısmı arasında en az 1 m aralık olmalıdır. Kafesin ağ torbası su ortamında geometrik şeklini tam olarak koruyamayacağından hacminin yaklaşık %15'i kaybolur. Kafesler uzun süre aynı yerde konuşlandırıldıklarında gölün yada göletin su kalitesini etkilerler. Sığ göllerde her üretim periyodunda kafeslerin yeri değiştirilmelidir. 10 m'den derin göllerde ise yer değiştirmeye gereksinim yoktur. Ağ kafeslerin büyüklükleri çok farklı olmakla birlikte 5 m x 5 m x 5 m boyutları en çok kullanılanıdır. Ağ kafesin göz açıklığı balığın boyunun 1/10'u olmalıdır. Ağ göz açıklığının bir başka ifadeyle pratikte 1 cm alabalık boyu için 1 mm ağ göz açıklığı esas alınır. Ağ kafeslere en azından ortalama 40 g ağırlıkta yavru balıklar stoklanır. Yılın Mart ayında stoklanan yavrular Haziran ayı ortalarında, Eylül ayında stoklanan balıklar Aralık ayında hasat edilirler (Bohl 1982, Kieckhäfer 1983, Ruhdel 1977). Normal su koşulları altında ağ kafeslerde stok yoğunluğu 50-100 adet ortalama 40 g ağırlıkta yavru balık/m³ olarak planlanır. Bu durumda hasatta üretim miktarı 20-30 kg/m³ olarak gerçekleşir. Örneğin Orta Avrupa göl ve baraj göllerinde ağ kafeslerde yetiştiricilikte ağ göz açıklığı 14 mm olarak düzenlenir. Stok yoğunluğu olarak 90 adet 40 g ağırlıkta yavru/m³ esas alınır. Bu koşullarda 100 ton alabalık üretimi için 4x3x3 m boyutlarında yaklaşık 180 kafese gereksinim vardır. Uygun koşullar altında stok yoğunluğu 100 adet fingerling/m³, olarak uygulanabilir (Steffens 1981).

Ağ kafeslerde yetiştiricilikte 17-20 oC su sıcaklığında, gökkuşağı alabalıklarında ortalama 35 g ağırlıkta stoklanan yavrular yüksek büyüme oranıyla 300 g ağırlığa ulaşmışlardır. Bu durumda 2,5 ayda 265 g ağırlık artışı sağlanmış, yani yavrular günde 3,5 g büyümüşlerdir (Bohl 1982).

Ağ kafeslerde yetiştiricilikte ortalama 50 g'lık balıkların, 90-100 yemleme gününde 250 g olan sofralık büyüklüğe ulaştırmak hedeflenmelidir. Bu hedefe yönelik olarak 20 m³'lük kapasiteli ağ kafese 500-1800 adet yavru balık yeterlidir. 20 m³ kapasiteli ağ kafeslere 700 adetten az balık stoklandığında, 1000 veya 1200 adet balık stoklamaya oranla büyüme daha yavaş olmuştur. Fakat 20 m³ kapasiteli ağ kafeslere 1200 adetten fazla balığın stoklanması da önerilmemektedir. Belirtilen maksimum stok yoğunluğu esas alındığında 1200 x 250 g= 300 kg balık üretilir. Aynı koşullarda bir sezon daha üretim yapıldığında 300 x 2= 600 kg yıl sürecinde alabalık üretimi gerçekleştirilir.

Göllerde ağ kafeslerde yılda 600 kg sofralık alabalık üretildiğinde ortama balıklar tarafından bırakılan dışkı 1 hektar havuz yüzleminin kendini temizleme gücünü etkilemez (Kieckhäfer 1983). Ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinde Kieckhäfer'e (1983) göre m³'e ortalama 50 g ağırlıkta yavruardan 60 adetden fazla stoklanmamalıdır. Bu stoklama miktarı uygulandığında ise 250 g sofralık balık bireysel hasat ağırlığına göre 15 kg balık/m³ ürün elde edilir.

Fakat literatür verilerine (Mann 1974, Falk 1968) göre 20-30 kg/m³, mutfaklık alabalığı ağ kafeslerde üretmek olasıdır (Kieckhäfer 1983). Ağ kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği deniz ortamında da gerçekleştirilebilir (Atay 1994). Çünkü gökkuşağı alabalıklarının tuz konsantrasyonuna toleransları balıklar büyüdükçe artmaktadır. Yavru balıkların ağırlıkları 50 grama ulaştığında %0 12-15 tuz konsantrasyonunda, %0 0-1'lik konsantrasyona oranla büyümeleri %70 daha iyi olmaktadır. Parmak büyüklüğünde yavru balıklar sofralık balık büyüklüğüne kadar %30 tuzlulukta ve bunun üstünde konsantrasyonda deniz suyunda beslenebilirler (Steffens 1981).

ALABALIKLARIN BOYLANMASI

Alabalıkların sınıflandırılması yada boylarına göre ayrılması özenle uygulanması gereken bir işlemdir. Çünkü alabalıkların karnivor karakterde olmaları nedeniyle, balıklar arasındaki büyüklük farkı aşırı boyutlara ulaştığında, büyük bireylerin küçükleri yemeleri (Kannibalizm) olgusuyla karşılaşılır. Bu sakıncanın yanında verilen yem büyük balıklar tarafından alınır ve küçük balıklar ise yetersiz düzeyde beslenirler. Böylece yem dağılımının dengesiz olması bakımından büyük balıklar ile küçük balıklar arasındaki büyüklük farkı giderek artar. Sonuçta birim canlı ağırlık artışı için tüketilen yem miktarı (yem değerlendirme değeri) artar, bir başka tanımla yem değerlendirme oranı (FQ yada FCR= Food Conversation Rate) olumsuz yönde etkilenir (Vollmann-Schipper 1975).

Alabalık üretiminde yavru balıkların boylarına göre ilk seleksiyonu, larvaların 6-8 hafta beslenmesinden sonra, yani ön büyütme dönemi sonunda yavruların yaklaşık 1 g ağırlığa ulaştığında gerçekleştirilmelidir. Bu işlemin uygulanmasında sabit yada ayarlı ayırma kutuları kullanılır. Belirtilen gereçler daha çok miktarı az ve boyu küçük yavruların sınıflandırmasında kullanılır. Eğer iyi bir gelişme elde etmek, kanibalizme

engel olmak ve aynı büyüklükte balık elde etmek isteniyorsa seleksiyon yapmak zorunludur. Bütün balıklar aynı büyüklükte olurlarsa, günlük yem gereksinimi daha doğru ve havuzun toplam kapasitesi daha kolay tahmin edilir (Atay 1995, Bohl 1982). Hem yavru balıklar hem de daha büyük balıkları sınıflandırmada ise ızgaraları ayarlanabilen, havuzlara ve kanallara monte edilebilen boylama sistemleri kullanılabilir. Bu sistemin ızgara aralığını 1,6-21 mm arasında ayarlamak mümkündür (Atay 1995). Ayrıca alabalıkları aynı anda ikiden fazla boya ayırmak için su püskürtme ve titreşim esasına göre çalışan sınıflandırma makinalarından da yararlanılabilir. Belirtilen boylama gereçlerinden farklı olarak kapasitesi büyük üretim tesislerinde ise; ayırmayı hızlandırmak, zaman ve işçilikten tasarruf etmek için; üretim tesisi dışında kurulan, su akıntısı verilebilen ve balıkları yakalama sırasında boylama yapabilen sistemlerin kullanılması önerilmektedir (Vollmann-Schipper 1975, Iglar 1990).

Yavru Alabalıkların Sınıflandırılması

Alabalıkların boylanmasının pratikte iki önemli yararı vardır. Bunlar:

- 1- Farklı boyuttaki balıkların ayrılmasıyla kannibalizm önlenir.
- 2- Özellikle yavru balıklar satış için sınıflandırılmış olur.

Yavru balık üreticileri yavru balıkları satış için pratikte 6 sınıfa ayırmaktadırlar. Bu sınıflar ve balık boyutları Tablo 11’de sunulmuştur (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 11. Yavru balık sınıfları

SINIF	BALIK BOYU
I	6-8
II	8-10
III	10-12
IV	12-15
V	15-18
VI	18-21

Alabalık Yavrularında Boy-Ağırlık İlişkisi

Alabalık yavrularının boy, ağırlık ve sayısal ilişkileri ise Tablo 12’de gösterilmiştir (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 12. Alabalıklarda boy, ağırlık ve adet bağlantısı (Einsele’ye göre)

Boy cm	Ağırlık g	Adet/kg
2	0,1	10.000
3	0,3	3.300
4	0,7	1.400
5	1,4	715
6	2,4	410
7	4,0	255
8	5,7	175
9	8,0	125
10	11,0	90
11	15,0	67
12	20,0	50
13	25,0	40
14	30,8	32
15	38,0	26
16	46,0	22
17	55,3	18
18	65,6	15
19	77,5	13
20	90,0	11

Alabalık yavrularının pazara sunumunda sınıflandırma ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Örnek olarak Avusturya’da tercih edilen sınıflandırma Tablo 13’de görülmektedir (Igler 1990).

Tablo 13. Yavru balıkların sınıflandırılması

Balık boyu cm	Adet/kg	Ortalama adet/kg
5-7	660-270	465
7-9	270-120	195
9-12	120-50	85

12-15	50-30	40
15-20	30-10	20
20-25	10-5	7,5
25'den büyük	5-1	3

ALABALIKLARIN YEMLENMESİ

Gökkuşluğu alabalıklarının yemlenmesinde öncelikli olarak aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır (Ruhdel 1977).

- a- Su sıcaklığı
- b- Suyun oksijen içeriği
- c- Suyun alkalitesi
- d- Stok yoğunluğu

Yemin İçeriği

Gökkuşluğu alabalığının yetiştiriciliği için optimum su sıcaklığı 15-20 oC olmasına karşın, yemlemeye uygun su sıcaklığı ise 14-16 oC'dır. Gökkuşluğu alabalıklarının larva yeminde %40, yavru yeminde %30 ve sofralık balıkların yeminde ise %30 protein bulunması genel kullanım oranlarıdır. Bu oranlar larva yeminde %50'ye, mutfaklık balık beslenmesinde %46'ya kadar yükseltilebilmektedir. Yemleme metodu, su ve işletme koşullarına göre seçilir. Alabalık yemlerinde yağ içeriği başlangıçta %4-5 oranında önerilmektedir. Rasyonda protein miktarının yüksekliği ile birlikte yağ oranı %8'e kadar artırıldığında, yem değerlendirme ve balığın et kalitesi iyileşir. Alabalık pelet yemlerinde %8-12 oranında yağ ve %42-50 oranında protein üst sınır olarak kabul edilmektedir (Ruhdel 1977). Avrupa'da tanınmış bazı firmaların ürettikleri alabalık ticari besi yemlerinin içerikleri Tablo 14'de gösterilmiştir (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 14. Alabalık besi yemi içerikleri

FİRMA	YEMİN ADI	İÇERİK				Kg. YEMDE İLAVE MADDE			
		Ham protein	Ham yağ	Kül	Ham selüloz	Vitamin A İ.Ü	Vitamin D3 İ.Ü.	Vitamin mg	E
Ecoline, Danimarka	Ecolife 18	%42	%24	%6	-	Açıklanmamış			

Trouvit, Milkivit	Bio 40	%40	%11	%9	%4	38.000	2000	50
Panto	Forellengold 40	%40	%8	%10	%2	20.000	650	100
Alma	Forellenfutter 40	%41	%10	%14	%2,5	15.000	1875	65

Yem Tüketimi Dağılımı

Alabalık üretim tesislerinde yem tüketimi işletme giderleri içerisinde yaklaşık %50-60 oranıyla en büyük payı oluşturur. İşletme giderinin yaklaşık 2/3'ünü oluşturan yemin yıl sürecinde kullanımının üretim dönemlerine göre dağılımı Tablo 15'de görülmektedir (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 15. Alabalık üretim işletmelerinde yem tüketiminin üretim dönemlerine dağılımı

Yemleme dönemi (balık büyüklüğüne göre)	Yıllık yem gereksinimi %
I Kuluçka evinde larva besleme ve ön büyütme	%2-4
II Havuzlarda yavru yetiştiriciliğinden bir yaşına kadar	%30-35
III Bir yaşından iki yaşına kadar	%50-60
IV Damızlık balıklar (3-6 yaş)	%8-12

Tablo 15'de görülen dönemlerden kuluçka evinde larvaların yemlenmesi günde 8-12 defa yapılmalıdır. Yem balıklara su yüzeyine serpilerek verilmelidir. Larva besiciliği döneminde 2000 adet larva için yem gereksinimi ilk bir ay yaklaşık 1 kg, ikinci ay ise 2 kg olarak hesaplanmalıdır (Bohl 1982). Daha sonraki dönemlerden yavru yetiştiriciliğinde yemleme sıklığı günde 3-4 defa, pazarlık balık besiciliğinde ise günde 2 defa olmalıdır. Balıklara haftada bir gün yemleme yapılmamalıdır (Ruhdel 1977).

Yemin Boyutu

Alabalıkların yemlenmesinde özellikle larva ve yavru dönemlerinde yemin boyutunun balıkların ağız açıklığına uygunluğu çok önemlidir. Bu konuya ilişkin veriler Tablo 16'de gösterilmiştir (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 16. Yavru balıkların büyüklüklerine uygun yem boyutları

Yavru yemi granül yada pelet çap, mm	Yavru ağırlığı g/1000 adet	Yavru boyu cm
0,4-0,6	100-200	2-3
0,6-0,8	200-500	3-4
0,8-1,2	500-1000	4-5
1,2-1,6	1000-2000	5-6
1,6-2,0	2000-4000	6-7

Yemleme ve Su Sıcaklığı

Alabalık besiciliğinin bütün evrelerinde su sıcaklığının etkisi yadsınamaz. Çünkü su sıcaklığı en başta suyun oksijen yönünden doymuşluğunu etkilemekle birlikte, aynı zamanda balıkların metabolizma hızına da tesir etmektedir. Yavru yetiştiriciliğinin ilk haftalarındaki yemlemede, su sıcaklığının etkisine ilişkin özgün örnek Tablo 17’de görülmektedir (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 17. Farklı su sıcaklıklarında yavruların yemlenme sonuçları

Yemleme zamanı (Ön büyüme)	g/1000 adet yavru	
	9,5 oC	15 oC
2. Hafta	250	400
3. Hafta	400	600
6. Hafta	600	1000
Hafta	900	1400

Tablo 17’deki verilerin elde edilmesinde 4 m³ hacminde kanal tipi küvetlerde, yetiştirme için ideal su sıcaklığı olan 15 oC’da başlangıçta 100.000 adet olan stok yoğunluğu, 5. haftadan itibaren 60.000 adete indirgenmiştir.

Yemleme Zamanı

Ön büyümesi yapılmış yavruların ilkbahar yaz döneminde, parmak boyunda yavru balık boyutuna kadar beslenmesinde, günlük yemleme öğünleri aşağıdaki gibi olmalıdır.

1. Yemleme 07.00-08.000 saatlerinde
2. Yemleme 11.00-12.00 saatlerinde
3. Yemleme 14.00-15.00 sularında

Sonbahar döneminde fingerling dönemine ulaşan yavru balıklar ise aşağıda gösterilen saatlerde günde iki defa yemlenirler.

1. Yemleme 08.00-09.00
2. Yemleme 13.00-14.00

Yemleme (Besi) süresi

Alabalık yetiştiriciliğinde bir diğer önemli konu yavru balıkların ne kadar süre beslenerek pazara sunulabileceğidir. Bu konu tamamen su ve yemleme koşullarıyla balığın kalıtsal kökenli büyüme performansına bağlı bir durum olarak kabul edilse de, Tablo 18’de normal koşullarda gerçekleşmesi olası besi süreleri verilmiştir (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 18. Sofralık balık besi süreleri

Stoklama boyu Cm	Ortalama bireysel ağırlık g	Yavru balığın 300 g hasat ağırlığına ulaşma süresi Ay
6-8	4	10-12
12-15	25	7-9
15-18	50	4-6
20-22	100	2-3
24-26	200	1-2

Yem Değerlendirme Oranı

Balık yetiştiriciliğinin verimliliğinin ölçütü olarak birim balık üretimi için harcanan yem miktarı kullanılmaktadır. Çünkü balık üretiminde girdilerin büyük çoğunluğunu yavru, işçilik ve yem giderleri oluşturmaktadır. Bu üç gider içerisinde de en büyük paya yem sahiptir. Belirli koşullar altında farklı kalitede 3 çeşit yemle yürütülen gökkuşağı alabalığı besiciliğine ilişkin veriler Tablo 19’da görülmektedir (Lindhorst-Emme 1990).

Tablo 19. Farklı yemlerle besleme sonuçları

Havuz büyüklüğü (200 m2)	Kapasite 250 m3
Deney süresi	8 hafta (Eylül/Ekim)
Su sıcaklığı	11 oC
Havuz girişte O2	8,5 mg/l
Savakta O2	5 mg/l
Deney havuzuna stok miktarı	5000 adet gökkuşağı alabalığı yavrusu

Yavru balıkların stoklama ağırlığı 105 g			
Yemin fiyatı DM	Yem tüketimi kg	Canlı ağırlık artışı kg	Yem değerlendirme oranı FQ yada FCR
1.30 DM	650	580	1,12
1.45 DM	750	740	1,01
1.65 DM	725	685	1,05

Tablo 19’da görülen veriler irdelendiğinde birim balık üretimi için harcanan yem, yani yem değerlendirme oranı kadar, yemin fiyatında çok önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Yemleme Oranı

Alabalık üretiminde başarılı besiciliğin temelini balıkları canlı ağırlıklarının %’si olarak doğru oranda yemlemek oluşturur. Yemleme oranını saptamada stok miktarı, su kalitesi ve miktarıyla birlikte, yetiştirme ortamında su değişimi gibi bir çok faktör dikkate alınabilir. Fakat balıklara günlük olarak verilecek yem miktarını saptarken iki ana ilke unutulmamalıdır. Bu iki ilke (Igler 1990):

- 1- Balıkların yem alımı su sıcaklığına bağlıdır.
- 2- Balıklar büyüdükçe yem gereksinimi oransal olarak düşer.

Su sıcaklığı baz alınarak alabalık popülasyonuna canlı ağırlıklarının %’si olarak günlük verilecek yem miktarı Tablo 20’den yararlanarak saptanır (Kieckhäfer 1983).

Su sıcaklığı Co	Balıkların canlı ağırlığının %’si olarak yemleme oranı	Yemleme sıklığı Gün
2 o’nin altı	Yemleme yapılmaz	-
2-3	% 0,5	2 x haftalık
3-4	% 0,5	5 x haftalık
4-5	% 1,0	5 x haftalık
5-6	% 1,5	5 x haftalık
6-7	% 2,0	5 x haftalık

8-12	% 3,0	6 x haftalık
12-18	% 3-4	6 x haftalık
18 oC'nin üzeri	% 3 ve daha az	5 x haftalık

Alabalıkların beslenmesinde günlük olarak verilecek yem miktarını tespit etmede, yine su sıcaklığının esas alındığı, fakat balıkların ortalama bireysel ağırlık ve boylarına göre gruplandırıldığı ve pratikte uygulanan yemleme oranları Tablo 21'de gösterilmiştir (İgler 1990).

Tablo 21 . Örnek bir yemleme tablosu

Su sıcaklığı oC	Stok'un canlı ağırlığının %'si							
4	1,7	1,3	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
6	1,7	1,5	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
8	2,0	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2
10	2,5	2,2	1,7	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4
12	2,0	2,2	2,0	2,0	1,8	1,5	1,5	1,5
14	2,0	2,0	2,4	2,0	2,0	1,8	1,7	1,6
16	2,0	2,0	2,8	2,3	2,0	1,8	1,7	1,6
	Balık adedi/kg							
	200-80	80-40	40-25	25-15	15-10	10-8	8-6	5
	Ağırlık, g/adet							
	3,8-11	11-25	25-38	38-65	65-90	90-135	135-180	180'den fazla
	Boy, cm							
	7-10	10-13	13-15	15-18	18-20	20-23	23-25	25'in üzeri

Alabalık Yemleme Yöntemleri

En eski yemleme şekli olan elle yemleme halen kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle yemlemede, balıklar özenle yavaş bir şekilde yemlenmeyi gerektirdiği için işçilik giderini artırır.

Alabalık yetiştiriciliğinde büyük kapasiteli işletmelerde ve işçilik ücretinin yüksek olduğu ülkelerde yaygın olarak otomatik yemlikler kullanılmaktadır. Yem otomatları içerisinde en çok kullanılanlar, sarkaçlı yemlikler, yürüyen band sistemi ile çalışan yemlikler ve hava basınçlı yem otomatlarıdır (Çelikkale 1994).

Sarkaçlı yemliklerde bir yem deposu, yemin düşmesini ayarlayan bir mantar, mantara takılan ve su içerisine uzayan bir çubuk bulunur. Balık havuzda yüzerken çubuğa dokunduğunda belli miktar yem suya dökülür. Bu sistemi balık 1-2 günde öğrenebilmektedir (Kieckhäfer 1983).

Band sistemi yemliklerde, saat benzeri mekanizma yardımıyla yürüyen band üzerine yem konur. Band ilerledikçe yada döndükçe bandın yanlarından suya yem dökülür. Bu bandlar çalar saatlerin belirli zamana ayarlanarak kurulmasına benzer şekilde çalışırlar ve belirli zaman aralıklarıyla yavru yada özellikle larva yetiştirme kanallarına düzenli bir şekilde yem bırakırlar (Bohl 1982). Hava basınçlı yemliklerde, yem deposu havuz kenarındaki plastik bir boru üzerine yerleştirilmiştir. Yem deposu boru içine yem dökülecek şekilde boruya bağlıdır. Bir kompresör yardımıyla borunun, bir kenarından belli sürelerde hava basılır ve boru içine dökülmüş olan yem havuza fışkırtılır. Her havuz başına yerleştirilen bu sisteme merkezden otomatik olarak kumanda edilir (Lindhorst-Emme 1990).

ALABALIKLARIN TAŞINMASI

Alabalıkların yavru ve sofralık boyutlarında canlı olarak taşıma kaplarına konulmazdan önce uyulması gereken ilkeler aşağıda 4 madde halinde belirtilebilir.

- 1- Alabalıkların havuzlardan hasat sonrasında aşırı stresli oldukları bilinmeli,
- 2- Balıkların solungaçları temiz olmalı,
- 3- Balıklara havuzun taban yapısının kokusu sinmiş olabilir. Özellikle havuzlarda bulunan alg, çamur ve balçık vd. leri direkt olarak balığın etini etkiler.

4- Balıkların sindirim sistemi boş olmalıdır. Çünkü taşıma sırasındaki stresin etkisiyle balıkların barsak içeriğinin taşıma suyuna boşaltılmasıyla oluşacak bulanıklık taşımada büyük sorunlar yaratır (Lindhorst-Emme 1990).

Alabalıkların taşıma sürecinde en büyük gereksinimleri oksijendir. Fakat diğer taraftan suyun oksijen içeriğinin su sıcaklığına göre değişken olduğu bilinen bir olgudur. Farklı su sıcaklıklarında oksijen doymuşluğu ve alabalıkların belirli süreçte tükettikleri oksijen Tablo 22’de özetlenmiştir (Koch et.al. 1976).

Su sıcaklığı	Oksijen doymuşluğu
5 oC	12,74 mg. O ₂ /lt
10 oC	11,25 mg. O ₂ /lt
15 oC	10,07 mg. O ₂ /lt
20 oC	9,10 mg. O ₂ /lt
25 oC	8,27 mg. O ₂ /lt
30 oC	7,52 mg. O ₂ /lt
Toplam 1 kg ağırlıkta alabalığın 1 saatte tükettiği oksijen miktarı	
10 oC su sıcaklığında	100 cm ³
25 oC su sıcaklığında	250 cm ³

Alabalıkların canlı olarak taşınması aşamasında taşıma gereçlerindeki balıkların oksijen gereksinimleri, oksijen tüplerinden yararlanarak taşıma suyuna oksijen verilerek karşılanır. Piyasada satılan oksijen tüplerinin özel likleri Tablo 23’de gösterilmiştir (Lindhorst-Emme 1990).



Tablo 23. Farklı kapasitede oksijen tüplerinin nitelikleri

2	5	0,4	100 bar
5	9	1	100 bar
10	15	2	200 bar
20	35	4	200 bar
50	70	10	200 bar

Alabalıkların farklı büyüklük dönemlerinde taşınmalarında belirli sürede gereksinim duyulan oksijen miktarları Tablo 24’de görülmektedir (Lindhorst-Emme 1990).

	Kg		
Larva	10	1	20
Yavru balık	20	1	30
Sofralık balık	25	1	35

Alabalıkların canlı olarak taşınmaları öncesi havuz yada yavru yetiştirme kanal veya tanklarından yakalanmalarında ve taşıma kaplarına stoklanmalarında yararlanılan

kepçelerde kullanılan ağ materyalin iplik kalınlığı ve ağ göz açıklıkları Tablo 25’de gösterildiği gibi olmalıdır (Lindhorst-Emme 1990).

Balık Büyüklüğü cm	İplik Kalınlığı mm	Ağ Göz Açıklığı mm
Küçük yavru	20/15	6
9-12	20/18	8
13-18	20/18	11
20-24	20/21	15
25'den büyük	20/24	19

Yavru Balıkların Taşınması

Alabalık yavruları özellikle küçük dönemlerinde plastik torbalarda oksijen ilave edilerek taşınırlar. Plastik torbalar 50 cm genişlik ve 1.20 m yükseklik boyutlarında dayanıklı materyalden üretilmiş olmalıdır. Plastik torbaların 1/3’üne temiz, soğuk su konur; 2/3’üne ise saf, gaz formunda oksijen doldurulur. Bu torbalarla 10-15 lt su içerisinde, 4-6 hafta yemlenmiş 1000 adedi 400-700 g olan 2000-3000 adet yavru emniyetli bir şekilde taşınabilir. Fakat yavruların taşınma ortamının su sıcaklığının, bulundukları havuz suyu sıcaklığı ile aynı olması zorunludur. Dayanıklı plastikten üretilen torbalarla 15-20 lt su hacminde 12-15 cm boyda olan 100 adet, toplam 2,5-3 kg yavru balığın taşınması mümkündür (Lindhorst-Emme 1990).

Alabalık yavruları oksijen yönünden zenginleştirilmiş taşıma kaplarında (tanklarında) da taşınabilir. Bu tip taşımada 30-40 lt su hacminde 8000-10.000 adet yem alma yeteneğinde yavru taşınması mümkündür. Bu yavruların 1000 adedi toplam 120-160 g ağırlıktadır. Aynı koşullarda 3-4 hafta yemlenmiş 1000 adedi 400-700 g ağırlıkta olanların ise 4000-5000 adedi taşınabilir. Alabalık yavrularının yukarıda belirtilen ağırlıkta olanlar için bu koşullar altında taşınma süresi 1-2 saattir. Daha uzun süreli taşımalarda taşınacak yavru balık miktarı %10-20 oranında azaltılmalıdır. Taşıma tanklarının kapasitesi 100 lt olduğunda, 10-12 kg ön büyütmesi yapılmış yavru veya 15-20 kg parmak büyüklüğünde balık (Fingerling) taşınabilir.

Sofralık Balıkların Taşınması

Sofralık alabalıklar plastik torbalarda 15-20 lt su hacminde 250 g bireysel ağırlıkta 20 adet, yani toplam 5 kg ağırlığa kadar taşınabilir.

Sofralık alabalıkların tanklarda taşınmasında 100 lt su hacminde 20-25 kg stok miktarı esas alınır. Daha fazla miktarda pazarlık balık taşımada ise kasalarına tank monte edilen kamyon, kamyonet ve ağır vasıtalarla yararlanılır. Bu araçlarla taşımada araçta bulunan oksijen tüplerinden taşıma tanklarına düzenli bir şekilde oksijen verilir. Bu tip endüstriyel şekilde pazara alabalık sunmada 500 lt suda 75 kg yada 100 lt su içinde 150 kg alabalık taşınır. Belirtilen kapasitede tanklardan araçların çekiş gücüne göre bir adet yada birden fazla tank konabilir.

Tam donanımla tankların monte edildiği ağır vasıtalarla oksijen miktarına bağlı olarak 4000 km yada daha fazla uzaklıklara 50-60 saat sürede sorunsuz olarak mutfaklık alabalık taşıyabilmek olasıdır (Lindhorst-Emme 1990). Çekici güçleri 1,5 ton ile 32 ton arasında değişen taşıma vasıtaları ile pazarlık balık taşınabildiği gibi küçük yavruları (larva) ve büyükçe yavruları (Fingerling) da taşımak olanak içerisindedir. Fakat 500 lt'de 75 kg, 1000 lt'de 150 kg, olarak belirtilen sofralık alabalık miktarlarını, larvalar için 2/3 ve parmak büyüklüğünde yavrularda ise 1/3 oranında azaltmak gereklidir. Ayrıca bu miktarlarda balıkların kondisyonu, taşıma süresi ve su sıcaklığına bağlı olarak değişiklik yapmak gerekebileceği de unutulmamalıdır.

Alabalık Yumurtalarının Taşınması

Gökkuşağı alabalığının yetiştiriciliğinin dünya genelinde yayılmasında, döllenmiş yumurtalarının uygun koşullarda sorunsuz bir şekilde kıtalararasında kolayca taşınabilmesinin önemi yadsınamaz. Gökkuşağı alabalığının yumurtalarının döllenmesinden sonra 24-36 saat içerisinde daha çok kısa mesafelerde işletmeler arası taşındığı bilinmektedir. Bu sürede yumurtalar henüz duyarlı döneme ulaşmamışlardır. Fakat gökkuşağı alabalığı yumurtaları en emin bir şekilde göz lekeli oluştuktan sonra en uzak mesafelere dahi taşınabilmektedir. Çünkü gökkuşağı alabalığının döllenmiş yumurtaları göz lekeli dönemde mekanik darbelere, sarsıntılara ve elden geçirme, sayım, tartım, ölçüm vd. işlemlere karşı oldukça dayanıklı konuma ulaşmışlardır. Alabalık yumurtalarının sayımında, örneğin üzerinde yumurtanın yerleşmesine uygun çukurlukları olan sayım plakalarından yararlanılmaktadır. Bu plakaların kapasitesi 200 adet yumurtadır.

Fakat pratikte yumurtaların sayımında en çok volümetrik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde damızlık balıkların yaşlarına göre belirli adet yumurtasının taşıdığı su hacmi temel olmaktadır. Bu duruma ilişkin olarak yumurta büyüklüğüne bağlı olarak taşınan su miktarları, damızlıkların yaşı da dikkate alınarak Tablo 25’de gösterilmiştir (Lindhorst-Emme 1990).

Damızlık yaşı	Yumurta adeti	Su hacmi ml
3	1000	55-75
4	1000	75-80
5	1000	80-90
6	1000	85-95

Alabalık yumurtalarının miktarı saptandıktan sonra taşınmak için styropor kasetlere yerleştirilir. Styropor kasetlerin 6 yada 10 adedi bir kutu yada sandığa yerleştirilir. Paketin en altına su emici materyal bulunan bir kaset yerleştirilir. Yumurta kasetlerinin en üstündeki kasete de yumurtalara nemli ortam sağlamak yönünden buz parçaları konulur. Göz lekeli yumurtaların en son taşınabileceği süreç 260 gün derecedir. Eğer yumurtalar bu dönemden sonra taşınırsa, yumurtalardan larvalar taşınma esnasında çıkabilir ve yüksek oranlı kayıplarla karşılaşılır. Yumurtaların kutulara yerleştirilmesinde ölçü silindirlerinden yararlanarak her defasında 5000 adet yumurta ölçülür. Yumurta taşınan kutuların kapasiteleri 100.000-150.000 adet arasındadır. Yumurta taşıma kutuları üzerine DİKKAT, sarsmayınız, canlı alabalık yumurtası, donmadan koruyunuz gibi uyarıcı yazılar bulunan, 30x40 cm boyutlarında kırmızı renkli bir etiket yapıştırılmalıdır. Ayrıca yumurta satın alan alabalık üreticileri, yumurta üreten alabalık üretim işletmelerinden yumurtalarının sağlıklı olduğuna ve bulaşıcı hastalık taşımadığına ilişkin sağlık sertifikası istemeyi unutmamalıdır.

BÖLÜM 4

4.1 Su Ürünleri Mühendisliği

Gün geçtikte dünyadaki akuakültür endüstrisinde gelişmeler hızla artmaktadır. Yeni yeni mekanizasyon aletleri geliştirilmektedir. Bunlar arasında iletim, havalandırma, filitreleme, avcılık alet ve ekipmanları sayılabilir. Elbetteki su ürünleri mühendisliği alanındaki gelişmeler üzerinde pek çok faktör etkilidir mesela teknolojiye ilerlemeler kullanılan suyun azalmasına ve yeniden kullanılmasına imkan sağlamıştır (resirkülasyon sistemleri)

Bir başkası ise açık deniz (offshore) kafeslerinin geliştirilmiş olmasıdır. Yakın zamana kadar açık denizlerden iyi sonuçlar alınamamaktaydı.

Ekonomik öneminin artmasına paralel olarak maaşlarda artmış sonuç itibariyle daha fazla teknolojinin kullanılması ve işçi sayısının azaltılmasına neden olmuştur.

Yeni akuakültür türlerinin geliştirilmesi bu sahada çalışan uzmanların katılımı olmaksızın gerçekleşmemektedir. Hatta bazı teknolojilerin yeni türlerin kültürüne transferi sağlansa bile her tür için optimize edilecek ve geliştirilecek bir teknolojiye ihtiyaç vardır. Bir örnek verecek olursak yassı balıklar için üretilen tankların pelajik balıklar için üretilenlerden daha geniş tabanlı olmasıdır.

Su ürünleri mühendisliği geniş bir alanı kapsar ve mekaniksel mühendislik, çevre mühendisliği, materyal teknolojisi, instrümantasyon, monitoring ve peyzaj ve inşaat gibi pek çok genel mühendislik bilgilerini içerir

Su Ürünlerinin Mühendisliğinin ana hedefi akuakültürdeki ve biyolojik üretim sistemlerindeki teknik mühendislik bilgilerinin ve prensiplerinin kullanılmasıdır. Elbetteki bir otomobilin yada çivinin üretilmesindeki teknolojiyle balık üretimi arasındaki teknoloji fazla benzerlik göstermez. Bu nedenle teknolojiksel ve biyolojiksel bilginin akuakültürde kullanılması büyük bir maharet istemektedir.

4.2 Akuakültürün Sınıflandırılması (kültür tipleri)

Kullanılan üretim sistemi ve teknoloji temel alındığında akuakültür tesisleri ve üretim sistemleri pek çok bakımdan sınıflandırılabilir. Birim hacimden (m^3) veya birim alandan elde edilecek verim temel alındığında en yaygın olan sınıflandırma 'Extensive', 'intensive' and 'yarı-intensive' akuakulture tipleri şeklinde olanıdır.

Ekstensif akuakültürde birim alandan az miktarda verim elde edilir. Üretilen tür düşük bir oranda stoklanır, dışarıdan yem verilmez, insan eliyle müdahaleler yapılmaz. Kullanılan teknoloji düşük seviyeli olup birim alan için yapılan yatırımda yok denecek kadar azdır. Bazı sazanların kültüründe olduğu gibi yem verilmeden yapılan havuz yetiştiriciliği buna tipik bir örnektir. Denizlerdeki kontrolsüz (sea ranching) yetiştiricilik yada tabi göllerin yeniden balıklandırılması da bu tip yetiştiriciliğe örnek verilebilir.

Intensif (tam kotrollu) yetiştiricilikte üretim için daha yüksek ve daha fazla teknoloji kullanılarak birim hacimden daha fazla verim elde edilmektedir. Yatırım masrafları da elbetteki yüksek olmaktadır. Yetiştirilecek türden en fazla geliri elde etmek için türün optimum büyüme şartlarını sağlamak için sürekli araştırmalar yapılır. İlave yem verilmesi, hastalıkların sürekli kontrol altında tutulması ve etkili ve sürekli ıslah

sistemleri de bu tip yetiştiriciliğin olmazsa olmazlarından. Entansif yetiştiricilik sistemlerinde hastalıkların çıkması canlılar yüksek verim için sürekli stres altında olduklarından daha fazladır. Salmon yetiştiriciliği entansif yetiştiriciliğin en güzel örneğidir.

Ekstansif ve entansif yetiştirme sistemlerinin entegrasyonunda mümkündür bu şekildeki yetiştiricilik tipine ise yarı-entansif (yarı kontrollü) akuakültür denilmektedir. Örneğin kontrollü şartlarda fry elde edilerek bir gölete atılıp kontrolsüz olarak yetiştiricilik yapılması.

Bir yetiştiricilik sisteminin başka sınıflandırmasında ise yetiştirilen canlının hayat evreleri temel alınarak yapılmaktadır.

Başka bir sınıflandırmada ise; yetiştiricilik sisteminin tipine yetiştirilen canlının hayat evreleri dikkate alınarak isim verilmektedir. Örneğin yumurta, fry, juvenile veya önbüyütme (ongrowing).

Bazı çiftlikler bu işlemlerin hepsini içermektedirler bu halde ise tam üretim yada kombine yetiştiricilik sistemi adını (full production) alırlar.

Çiftliklerde kullanılan yetiştiricilik tipine bağlı olarak çok sayıda sınıflandırmalar yapılmaktadır bunlarda esas olan faktör üretim ünitesinin dizaynı ve fonksiyonudur. Bu istemler yetiştirilecek türün hayat-evrelerine bağlıdır. Balıklar için şu sınıflandırmalar kullanılmaktadır.

1. Kapalı üretim sistemleri: Bu tip sistemlerde balıklar dış çevreden ayrı kapalı bir sistemde tutulmaktadır.
2. Açık üretim sistemleri: Bu sistemlerde ünite ağlar gibi geçirgen duvarlara sahiptir ve bu nedenle balıklar kısmen dış çevreden etkilenmektedirler. Başka bir sınıflandırmada ise işletmelerin kurulduğu yerler esas alınmaktadır. Örneğin karasal, kıyı yada deniz işletmeleri gibi isimler kullanılmaktadır.

Kara tabanlı işletmeler ise suyun işletmeye alınır şekline göre cazibeli (gravite sistemler) veya pompalı sistemler gibi isimler alabilmektedirler. Cazibeli sistemlerde su kaynakları genellikle çiftlikte daha yüksek bir rakımdadır. Dolayısıyla su cazibe ile kaynaktan çiftliğe akmaktadır. Pompalı sistemlerde ise su kaynağı çiftlikle aynı seviyede veya daha düşük rakımda olabilir. Kıyısız su sistemlerinde ise (içinden akışlı çiftlikler, through-flow) su beslemesi dalgalarla sağlanmaktadır.

Çiftlikler suyun kaç kez kullanıldığına bağlı olarak isimler alabilirler örneğin sadece bir kez kullanılıyorsa sürekli akan, yada sürekli değişen veya akışlı yetiştiricilik sistemleri (flow-through farm) adı verilmektedir.

Eğer su çıkış suyu kullanılarak çok kez kullanılıyorsa o zamanda resirkülasyon yetiştiricilik sistemleri yada yeniden kullanılan sistemler adını almaktadır.

4.3 Balık çiftliği: Bir sistemdeki teknik unsurlar

Bir çiftlikte bulunan pek çok teknik unsurlar vardır ve aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- a. Üretim üniteleri
- b. Su taşıma ve tedavi sistemleri
- c. Ek ekipmanlar (yemleme, yakalama ve izleme alet ve ekipmanları)

Bunu gösterebilmek için 2 örnek verilebilir: bunlar kara tabanlı kuluçkahane ve juvenil çiftliği, ve bir önbüyütme deniz kafes sistemi.

4.3.1 Kara-tabanlı kuluçkahane ve juvenil üretim çiftliği

Kara-tabanlı çiftlikler normalde deniz işletmelerinden daha fazla alet ekipman kullanılmaktadır. Özellikle çok sayıda tank içeren intensif yetiştiricilik sistemleri.

Ana bileşenler aşağıdaki gibi olup Şekil 1.de gösterilmiştir.

- Su girişi ve transferi
- Su tedavi üniteleri
- Üretim Üniteleri
- Yemleme üniteleri
- Boylama ve işletme içi balık transferi için gerekli alet ve ekipmanlar
- Çiftlikten dışarı balık transferi için alet ve ekipman
- Atık suyun dışarı atılması ve bu suyun tedavisi için gerekli alet ve ekipmanlar
- Otomatikleştirme ve izleme sistemleri içingerekli alet ve ekipmanlar

Su girişi ve transferi

Suyun giriş dizaynı su kaynağının tipine bağlı olarak değişir. Deniz suyu, tatlı su mu (nehir, göl) veya yüzey suyu yer altı suyu olmasına bağlı olarak değişir. Aynı çiftlikte çeşitli su kaynaklarının kullanılmasında mümkündür. Suyun cazibe ilemi yada pompaylamı iletilmesine de bağlıdır. Bu durumda bir pompaunitesi gereklidir. Su normalde borularla transfer edilmektedir fakat açık kanallarda kullanılabilir.

Su Tedavi Üniteleri

Genellikle yetiştiricilik susyu balıklara gönderilmeden önce gerekli tedavi işlemlerinden geçirilmektedir. Suda bulunan katı parçacıkların ayrıştırılması çeşitli mekanik ekipmanlar kullanılarak sağlanmaktadır. Daha fazla temizlik için ise büyük mikro organizmaların uzaklaştırılması maksadıyla filtreler kullanılmaktadır. Özellikle yumurtalar ve frylar için kullanılan su mikro organizma yükünü azaltmak için dezenfeksiyona da tabi tutulabilir.

Havalandırma suyun çözünmüş oksijen miktarını artırmak için ve nitojen ve karbondioksit gazlarının aşırı doymuşluğunu önlemek için kullanılan diğer bir tedavi şeklidir.

Çiftlikte yeteri miktarda su ve pompa yüksekliği olmaması durumunda yahut ta pompalama olmaması durumunda ise saf oksijen gazı suya ilave edilebilir. Eğer çiftlikteki su miktarı yetersiz ise o takdirde suyun resirkülasyonu söz konusu olmaktadır. Bu ise suyun daha fazla tedavisi manasına gelmektedir.

Balıkların optimum büyüme ve gelişmesi için suyun ısıtılması veya soğutulması da gündeme gelebilir. O takdirde bir ısı pompasına yada soğuk depolama ünitesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Eğer tatlı su kaynağında pH çok düşük ise pH ayarlaması da yine tedavinin bir parçasını oluşturmaktadır.

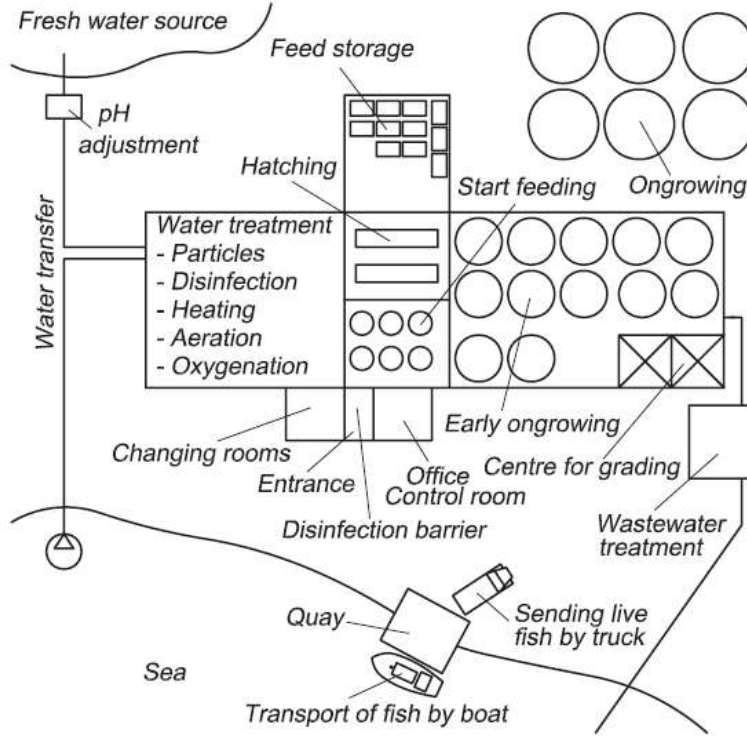


Figure 1.1 Example of major components in a land-based hatchery and juvenile production plant.

Üretim Üniteleri

Balık üretiminde kullanılacak tankların büyüklüğü ve dizaynı üretilecek türün çeşidine bağlıdır. Kuluçkahanelerde yüzer yumurtalar için veya batır yumurtalar için uygun tanklar veya sistemler bulunmalıdır. Yumurtadan çıkıştan sonra ya inkübatörler sistemden uzaklaştırılır yahutta frylar daha büyük bir tanka transfer edilirler. Asıl prensip satışa kadar balık büyüdükçe tank büyüklüğünün artırılmasıdır. Yavru büyütme tankları genellikle işletme içinde büyütme havuzları ise dışında olabilmektedir.

Yemleme Ekipmanları

Yemleme için çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Kuru yemler için yaygın olarak otomatik yemlikler kullanılarak işçilik azaltılmaktadır. Gün içerisinde gece yada gündüz aralıklarla yemleme yapılması gerekmektedir. Prensip olarak balıkların özellikle fry ve juvenil dönemlerinde ihtiyaç duydukları anda yeme ulaşması benimsenmiştir.

İşletme içi balık transferi ve boylama

Balıklar büyüdükçe tanklardaki yoğunluğu azaltmak için seyreltme gereklidir. Aynı zamanda aynı tankta bulunan bazı bireylerin diğerlerinden büyük olması ya da küçük olması da hem kannibalizm yönünden hem de yem yeme rekabeti bakımından risk oluşturduğundan balıkların düzenli olarak boylanmaları gerekmektedir.

Balık Transferi

Juveni balıkların büyütme çifliğine transferleri gerekmektedir. Özellikle tatlısularda tutulan yavrular kafeslere transfer edilmektedirler. Bu maksatla tankerler veyahutta eğer deniz içerisinde taşınacaksa botlar kullanılmaktadır. Yükleme işleminin yapılacağı güverte ise işletme kurulurken de yapılabilir.

Atıkların toplanması ve atıksu tedavisinde kullanılan alet ve ekipmanlar

Balık çiftliklerinde genellikle bir problem çıkmadan önlem alınması prensibi uygulanmaktadır. Atıklar usulüne uygun tedavi edilmelidir. Ölü balıklar mutlak surette tedavi edilmeli ve stoklanmalıdır örneğin daha sonra kullanılmak üzere asit içinde yada dondurularak muhafaza edilmelidirler.

Yine ölü balıklardan antibiyotik veya diğer ilaçların kalıntıları içerenler usulüne uygun olarak temizlenmelidir. Atık su tedavisinin gerekli olup olmadığı atık suların atıldığı yerin şartlarına bağlıdır. Normalde atık suların atıldığı noktalara en azından büyük partüküllerin ayrıştırıldığı tambur filtreler konulmalıdır.

Instrumentation and monitoringİzleme ve otomasyon ekipmanları

Kara tabanlı balık çiftliklerinde özellikle pompa kullanılması gerekli olanlarda izleme sistemi “monitoring” zorunludur çünkü eğer sistemde bir bozukluk olması pompanın bozulması yada suyun kesilmesinin ekonomik sonuçları oldukça yüksektir. Sudaki oksijen konsantrasyonunda düşerek sonuçta balıkların hepsinin ölmesine yok açacaktır. Dolayısıyla yetiştiricilikte alet ve ekipmanların kullanımı optimum üretim için örneğin su kalitesi kontrolünde giderek artmaktadır.

4.3.2 Deniz kafesi işletmelerinde büyütme

Normalde denizlerdeki kafes işletmeleri kara tabanlı işletmelerinden daha az alet ekipman gerektirmektedir. Çünkü buralarda akıntılar suyun değişmesini sağlamaktadır dolayısıyla su transferi ve tedavisi gerekli değildir.

Gerekli olan unsurlar aşağıdaki gibidir: (Şekil 1.2)

- Üretim Ünitesi

- Yemleme ünitesi
- Çalışma botu
- Boylama makinası
- Ana istasyon

Üretim Üniteleri

Deniz kafesleri yapı ve büyüklük bakımından büyük ölçüde değişiklikler arz etmektedirler. Ana farklılık dalgalara karşı dayanabilmesidir ve açık açık deniz yetiştiriciliği için özel kafesler geliştirilmiştir.

Bu üniteler tek olabileceği gibi kafes sistemleri şeklinde de olabilmektedir. Kafes istenildiği takdirde bir iskele ile karaya bağlanabilir. Deniz kafesleri demirleme sistemlerine de sahiptirler. Balık büyümesini artırmak için su altı aydınlatma sistemi de kullanılabilir.

Yemleme Ünitesi

Genellikle fazla miktarda yeme ihtiyaç duyulduğundan kafes sistemine yemlikler inşa edilmektedir. Elle yemleme de yapılabilir fakat işçilik masrafları artmaktadır.

Çalışma Botu

Denizlerde faaliyet gösteren bütün kafes balık işletmelerinin bota ihtiyacı vardır. Çok çeşitli botlar kullanılmaktadır. Bot seçiminde asıl faktör çiftliğin büyüklüğüdür, çiftliğin iskelesinin olup olmadığıdır ve kafeslerin karaya olan uzaklığıdır. Eğer kafesler kıyıdan uzaksa ve açık denizdeyseler normal olarak daha hızlı ve geniş botlar tercih edilmektedir.

Boylama

Eğer bir üretim planı var ise boylama makinasının alınması gerekir bazı durumlarda taşeronlardan kiralama yoluna da gidilebilir.

Baz veya Ana istasyon

Bütün kafes çiftlikleri baz istasyonu içermektedirler: bu kara tabanlı yada yüzen büyük bir botta olabilir. Baz istasyonu depolama uniteleri, ağ odaları, elbise değişim kabinler, tuvalet ve ölü balıklara müamele için alet ekipmanlar içermektedir. Depolama odaları yem depolama birimlerini ve diğer odaları içermektedir. Bu odalarda ağlar yıkama ekipmanları, bakım ve boyama malzemelerini içermektedir.

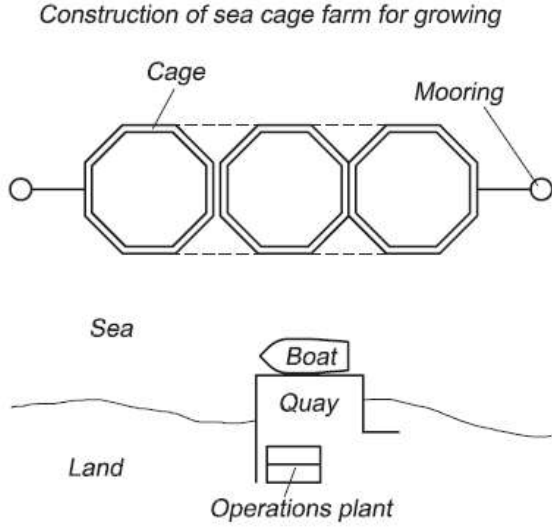


Figure 1.2 Example of major components in an on-growing sea cage farm.

4.4 Gelecekteki gelişmeler: Su Ürünleri Mühendisliğinin artan önemi

Küresel su ürünleri sektöründeki büyüme çeşitli faktörlerin katkısı ile kesinlikle devam edecektir. Dünya nüfusunun sürekli artması denizel protein ihtiyacının da artmasına yol açmaktadır.

Geleneksel metotlarla yapılan avcılık neticesinde av miktarının artırılması oldukça zordur. Bu nedenle su ürünlerinin artırılması muhakkak suretle kültürden kaynaklanmalıdır. Buna ilaveten akuakültür sayesinde pazarda hem ucuz hem de yıl boyu ürün bulmak mümkündür.

İnsan diyetlerinde daha sağlıklı bir yaşam için kırmızı et yerine beyaz et yenilmesi gerektiğinin açığa çıkmasıyla da balıklara olan talebi artırmaktadır. Buda su ürünleri mühendislerine gelecek için sorumluluk yüklemektedir. Yapmaları gereken iş birim hacim veya alandan daha fazla ürün almayı sağlayacak metotlar geliştirmektir. Çözmeleri gereken önemli sorunların başında elverişli tatlı su kaynakları ve denizel alanların bulunması gelmektedir.

Tatlı su kaynaklarının azalmasına karşın artan daha fazla balık yetiştirme ihtiyacı icat edilecek teknolojilerle üretilen 1 kg ağırlık balık için daha az su tüketimini sağlamaya çalışmaktır. Bunun için daha güvenilir ve daha az masraflı olabilecek resirkülasyon sistemleri yani suyun yeniden kullanılmasını gündeme getirmektedir.

Suyun yeniden kullanım teknolojisinde yapılan filtrasyon vs işlemleriyle su kalite kriterleri sürekli olarak kontrol edilmekte ve sisteme kaliteli su verilmektedir.

Su kalitesinde daha doğru kontrole sahip olmakta oldukça önemlidir özellikle kültüre alınan bir türün fry üretim devresi çok önemlidir.

Kafes balıkçılığında açık denizlerde uygun yerlerin daha fazla kullanılması devam edecektir. Hem dalgalara dayanıklı hemde kötü hava şartlarına dayanıklı kafeslerin geliştirilmesi balıkların yemlenmesi ve kontrolü bakımından önemlidir.

Elektronikte ve izlemedeki hızlı gelişmeler akuakültür endüstrisine yavaşça katılacaktır. Intensif akuakültürde işleme odalarında yapılacak işlemler elektronik aletlerle izlenecek, beklide robotlar günümüzde elle yapılan pek çok işi yapacaklardır.

Nanoteknoloji kullanılarak elde edilecek küçük sensörler daha fazla maksatlar için kullanılacaklardır. Örnek verecek olursak demir atma hatlarına konulacak sensörler ve ağ düğümleri izlenerek yırtıklar tespit edilebilecektir. Balıkların ferdi etiketlemesiyle onların sağlık durumlarının izlenmesi kolay olacaktır aynı zamanda kaçan balıkların kontrolünde mümkün olabilecektir.

SU ÜRÜNLERİ KÜLTÜRÜNDE UYGULANAN YETİŞTİRİCİLİK SİSTEMLERİ

1. Havuzlar

Toprak, beton fiberglas yada dayanıklı başka malzemelerden suyu havuzlamak için yapılan sistemlerdir. Ebatları genellikle balıkların büyüme dönemlerine bağlı olarak değişir. Örneğin 10x3x1.7 beton havuz olarak kullanılabilir. Toprak havuzlar 1 da dan küçük olmamalıdır.

2. Kafesler

Alabalık kafeslerinde genellikle yükseklik çapın yarısı kadar olmaktadır. 10 m çaplı kafesler tercih edilmektedir.

3. Silolar

Silindirik yapılar olup beton yada fiberglas veyahut her çeşit dayanıklı malzemeden yapılmaktadır. Çapları 2-10 m arasında değişmektedir.



The concrete silos normally used for the seed production/fry culture of trouts.

4. Racewaylar

İster toprak ister beton olsun kanal şeklinde yapılan sistemlerdir. Kanaldan farkı ise bunlar muhakkak suretle kara tabanlı olmaktadır. Ve belli aralıklarla bölmelerden oluşmaktadır.





The raceway ponds set together for the trout culture

Pen kültürü

Denizlerde akarsu veya durgunsularda kurulan sistemlerdir ağ işletmelerinden farkı bunların sabit yapılar olmasıdır. Yani balıkların kaçmaması için kapalı bir sistemin suyun içerisinde kurulmasıdır.

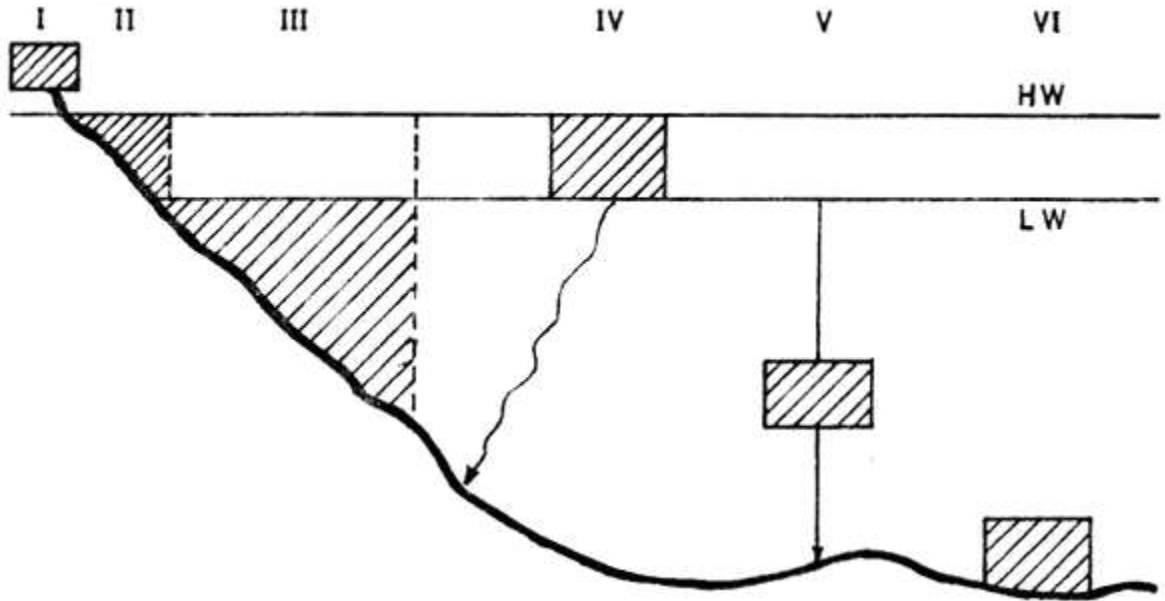


Fig. 1. Six possible zones for cage culture in coastal waters (after Milne, 1979 1-shore; 2-intertidal; 3-sublittoral; 4-surface floating; 5-mid-water; and 6-seabed

Of the 6 possible zones, i) shore, ii) intertidal, iii) sublittoral, iv) surface floating v) mid-water and vi) sea bed in the coastal waters (Milne, 1979) (Fig. 1) -also see under 'Cage Culture' - pen culture is possible only in the three zones, namely, intertidal, sublittoral and seabed -all having natural bottom as the limit of the lower side of the enclosure.

In the case of freshwater bodies, except for the very large lakes - even here tidal influence is little compared with the sea, the intertidal zone is non-existent. Largely the enclosure of a pen is restricted to shallow area adjacent to the shore. The pen or enclosure may be (a) completely enclosed on all four sides in the middle of a bay, with no foreshore or (b) a shore enclosure with a foreshore extending to deep water surrounded by a net structure or (c) a bay or loch enclosure with an embankment or net structure only at the entrance, (Fig. 2).

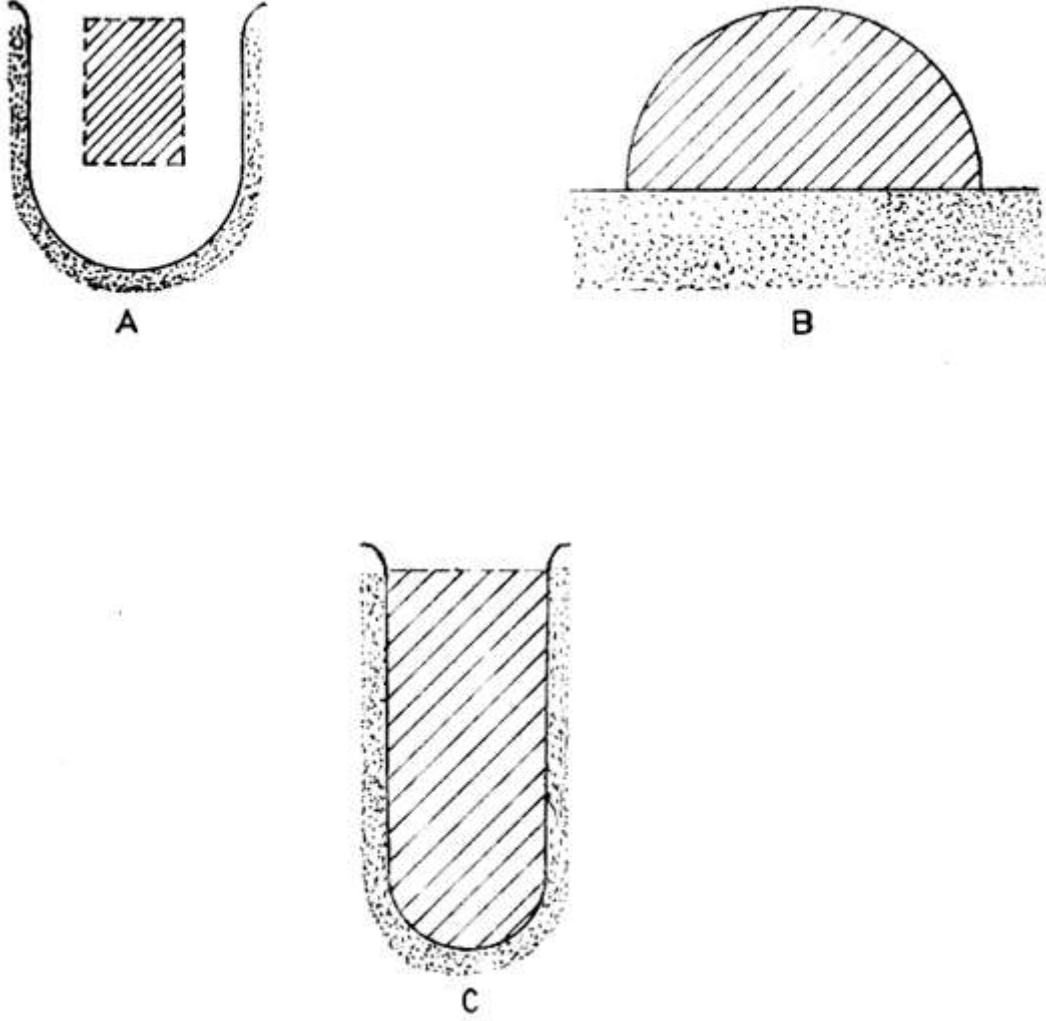


Fig. 2. Types of enclosures (see text)



SUYUN YETİŞTİRİCİLİK SİSTEMLERİNDE KULLANILMASI

The effluent discharged from a fish farm can contain three classes of pollutant (Fig. 3.1):

- Nutrients and organic matter
- Micro-organisms
- Escaped fish

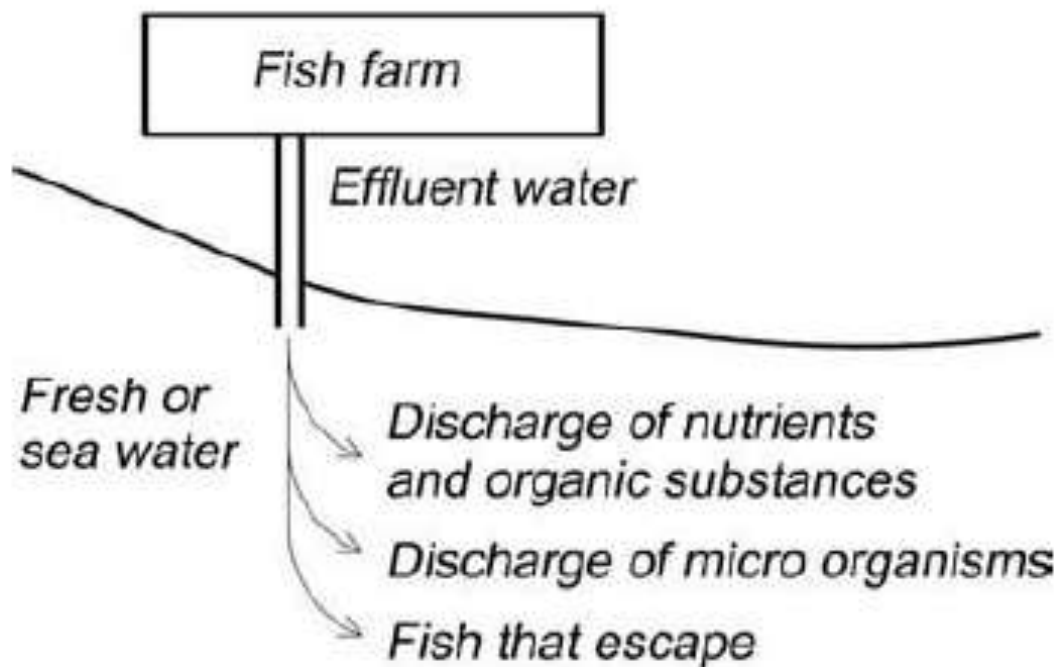


Figure 3.1 Every fish farm, whether it is on land or in the sea, will discharge effluent.

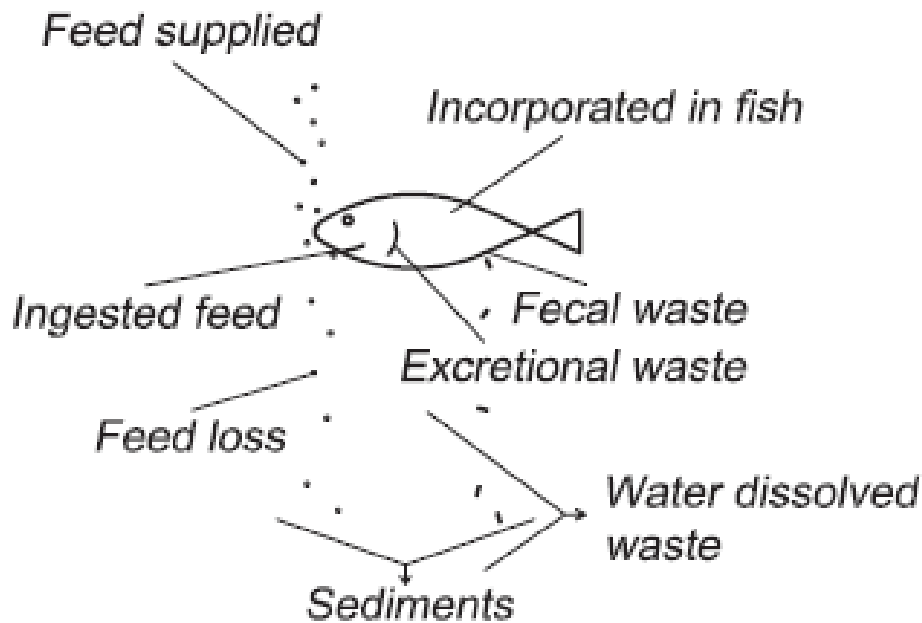


Figure 10.6 Fish in a system will produce faecal waste and soluble waste.

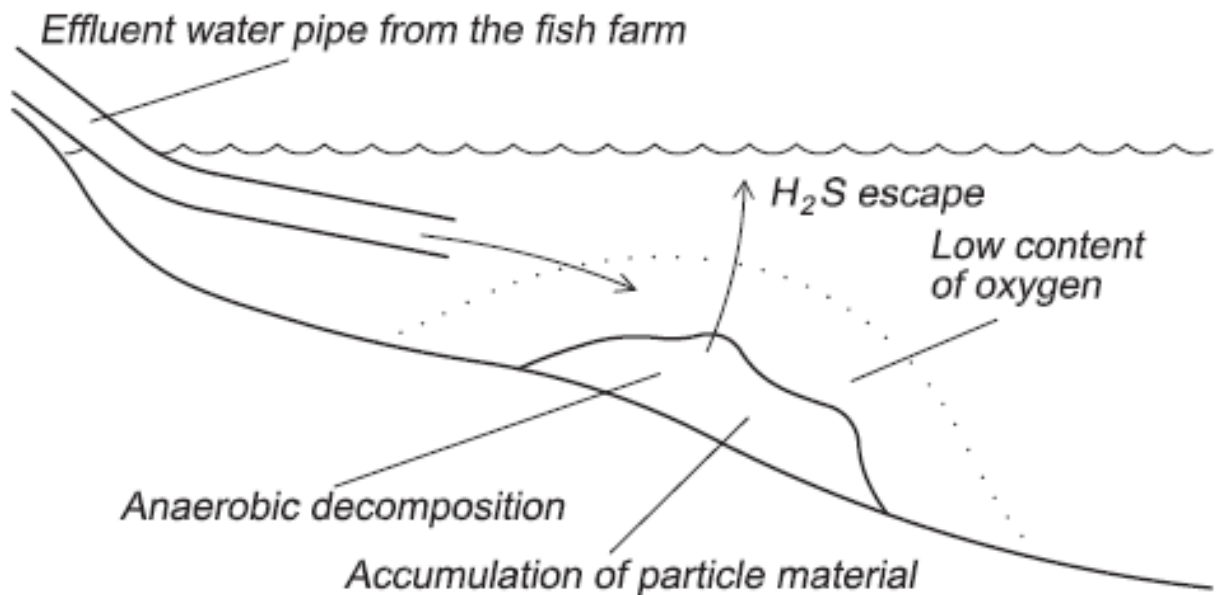


Figure 3.2 Local anaerobic decomposition may occur in the recipient water body if the point discharge is excessive.

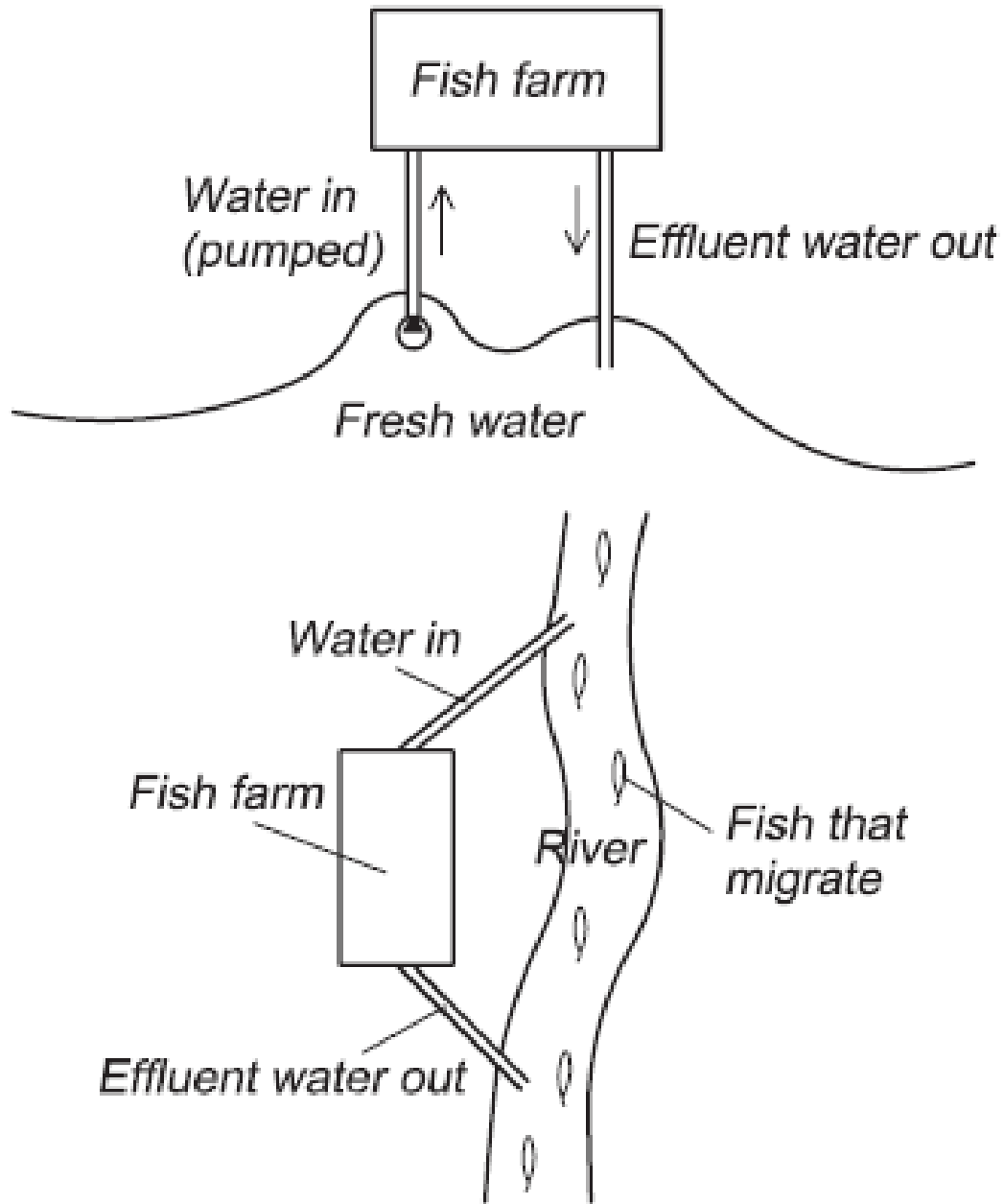


Figure 3.3 Short circuiting between the outlet and inlet water to the fish farm must be avoided to prevent the concentration of pathogenic micro-organisms increasing in the recipient water body.

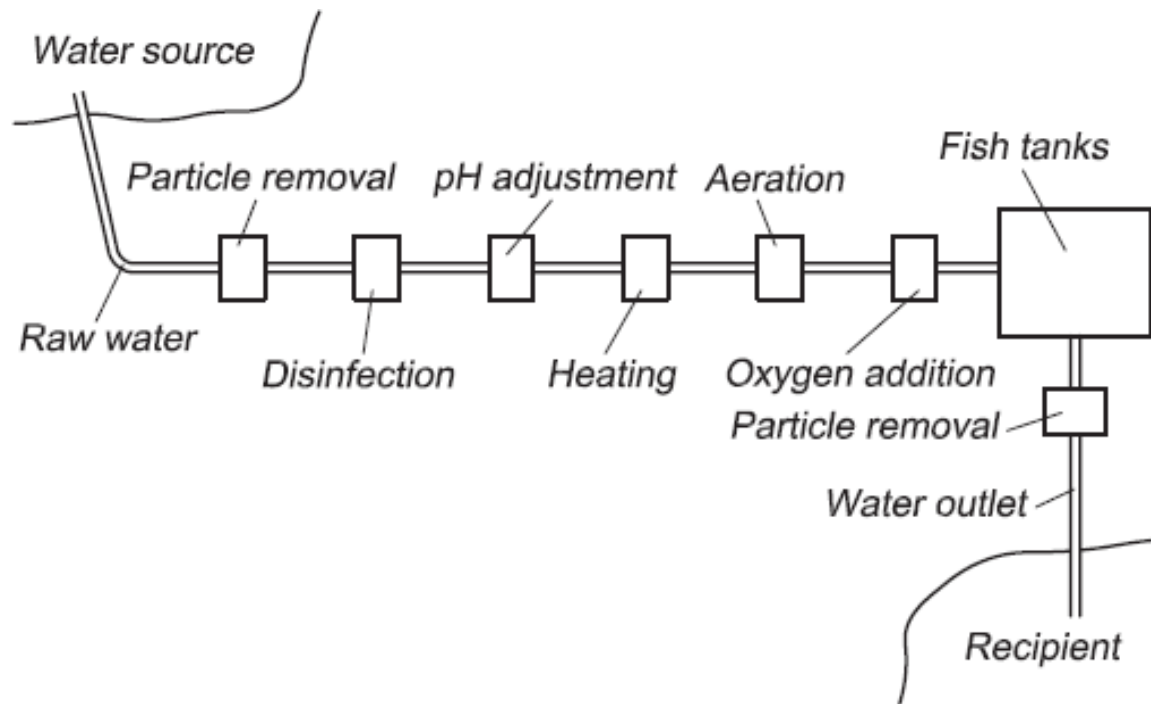


Figure 3.4 Water treatment processes.

5.5 Purification efficiency

As shown, there are several methods for removing particles from a water flow. To evaluate how effectively a filter is functioning and to compare filter systems, the term purification efficiency is commonly used (Fig. 5.9). This can be defined as follows:

$$C_e = ((C_{in} - C_{out})/C_{in}) \times 100$$

where:

$$C_e = \text{efficiency (\%)}$$

C_{in} = concentration of the actual substance entering the filter

C_{out} = concentration of the actual substance exiting the filter.

Example

The concentration of suspended solids entering the filter units is measured and found to be 20mg/l; on exiting the filter the concentration is measured as 5mg/l. Find the purification efficiency of the filter.

$$\begin{aligned} C_e &= ((C_{in} - C_{out})/C_{in}) \times 100 \\ &= ((20 - 5)/20) \times 100 \\ &= 75\% \end{aligned}$$

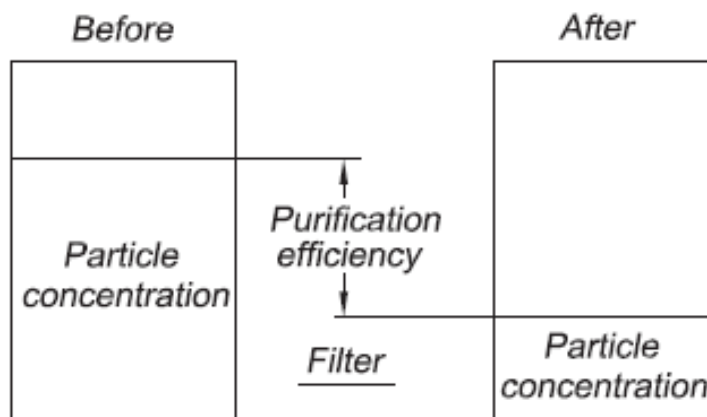


Figure 5.9 The purification efficiency indicates how much of an actual substance is removed by the filter.

5.7 Sludge production and utilization

Removal of particles from the water creates sludge comprising water and particles. The water content and dry matter (DM) or total solids (TS) in the sludge depend on the particle filter used. To give an idea of the amount of sludge (faeces) created by the fish, the following estimate can be used: for each kilogram of feed eaten by rainbow trout 20% faeces are produced, measured on 100% DM basis.⁴⁰ This value, however, depends on a number of factors including feed composition, feed type, fish size and fish species, and will therefore vary. If the feed conversion rate is above unity and traditional dry feed is used, there will be feed loss that goes directly to the outlet in addition to the sludge produced from the faeces. This also shows the importance of correct feeding and avoiding feed losses.

water, the amount. Normally the percentage DM in the sludge is 0.1–1%, but in special filters it might be up to 5%. It is advantageous to have as much DM in the sludge as possible, which means that back-flushing with water is disadvantageous. The of particles.²⁶ Vertical sedimentation in a cone has been used and increased the DM in the sludge to 7–10%.

culture land. Sludge from fish farms is rich in organic nitrogen (3–9% of DM) and phosphorus (1–4% of DM). In addition, the concentration of heavy metals is usually below regulatory limits.⁴¹ This makes the sludge useful as a fertilizer.

Example

How much sludge is produced per kg commercial dry feed supplied to rainbow trout if the purification efficiency of the filter is set to 50% measured as DM? What happens if the feed conversion rate increases to 1.2?

Per kg feed supplied, 200 g of sludge is produced and the filter collects 50% of this. This means that the amount of sludge collected per 1 kg feed supplied is 100 g.

If the feed conversion rate is 1.2 only 0.83 kg of the 1 kg feed supplied will be utilized for growth, while the rest will be feed loss. Calculating that 20% of the feed eaten is converted to faeces, this represents 0.17 kg. If this is added to the feed loss, the amount is $0.17 + 0.17 = 0.34$ kg. If collecting 50% of this, the amount collected per kg feed supplied will be 170 g.

11.2 Classification of production units

There are a number of different designs of production units (Fig. 11.1). Several classifications systems can therefore be used, either directly related to the production unit or the production method, which again influences the design of the production unit.

11.2.1 Intensive/extensive

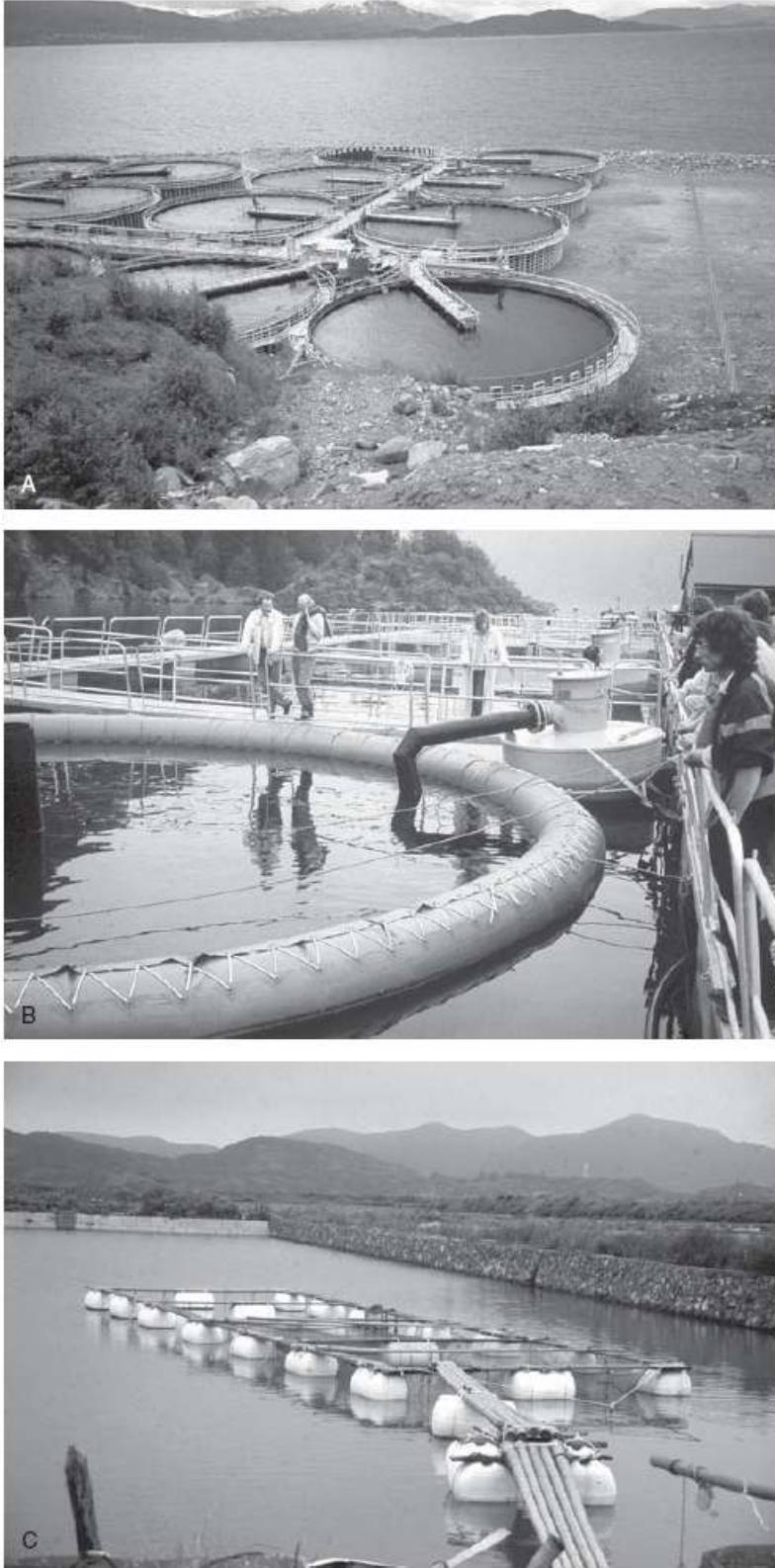


Figure 11.1 A number of different designs of closed production units are in use: tanks (A), closed sea cages (B), sea cages (C), ponds (E), raceway (F), tidal basin (G).



Figure 11.1 Continued.

11.2.2 Fully controlled/semi-controlled

11.2.3 Land based/tidal based/sea based

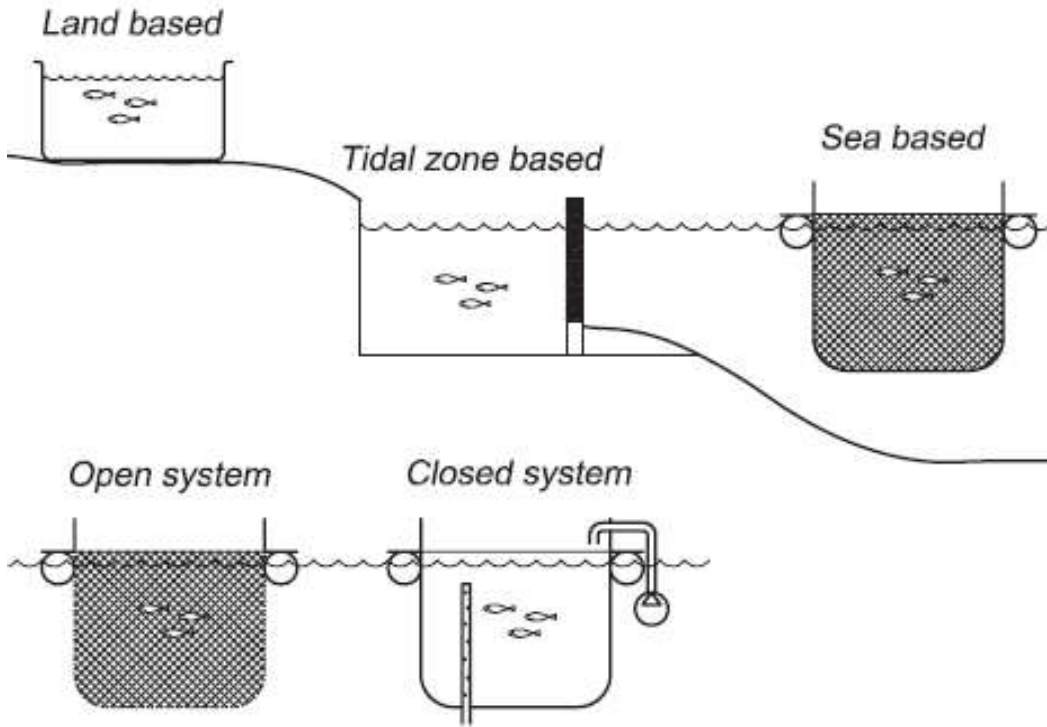


Figure 11.2 Production units can be open or closed, and placed onshore, in the tidal zone or in the sea.

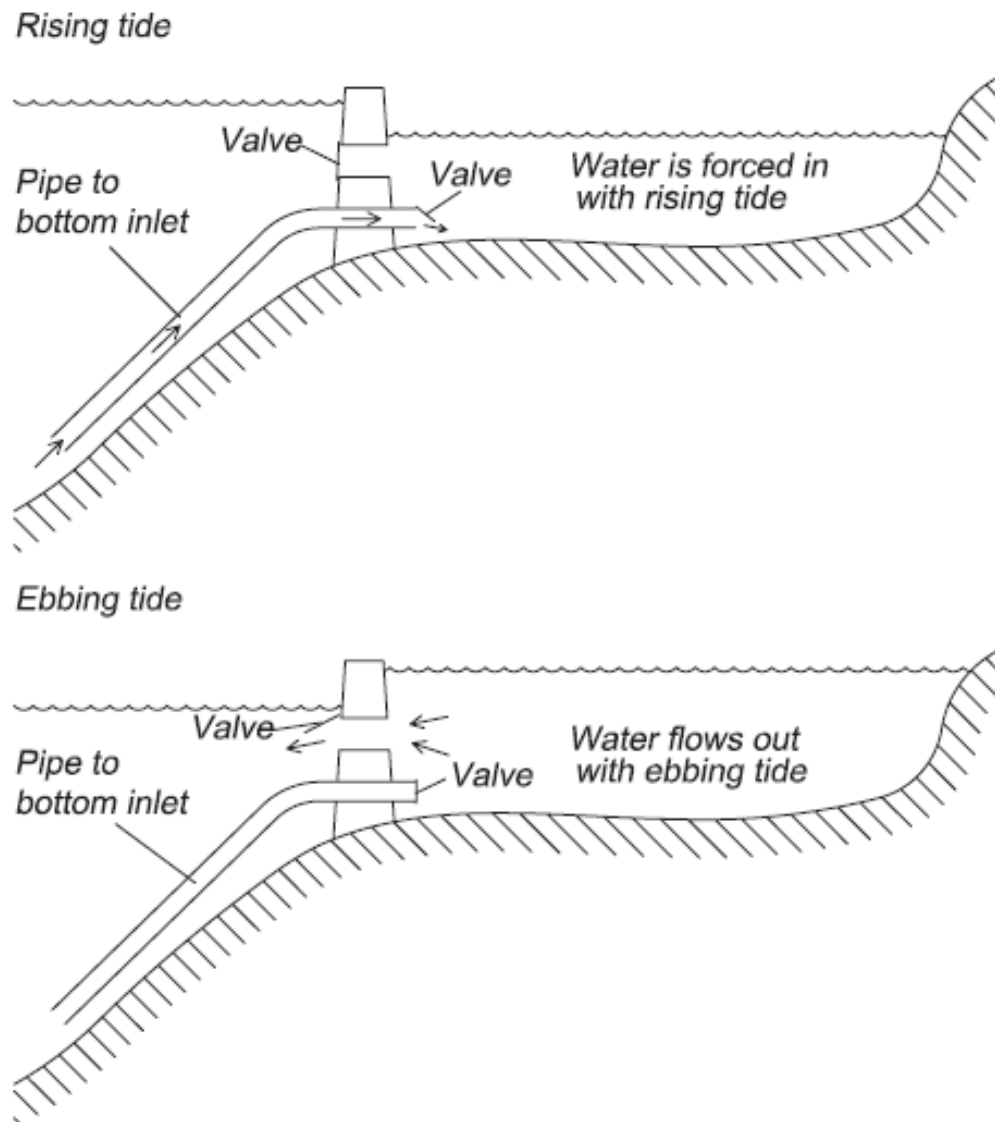


Figure 11.3 Use of a tidal basin where special valves control the water supply and exchange so only bottom water is taken into the basin.

exchange. If using the tide there can be a batch exchange, meaning exchange only occurs when the tide is high. Specially designed valves may also be used either taking in only surface water or only taking in bottom water (Fig. 11.3).

Normally they have an open construction, like sea cages, where water supply and exchange is ensured by the natural currents. However, the units can also be closed with sealed walls and bottom (Fig. 11.2), in which case a pump must be used to ensure water supply and exchange. The advantage with such systems compared to land-based units is that the pumping head is reduced.

11.2.4 Other

A number of other categories are also possible. One is based on the means of water supply and exchange, whether continuous or batch. Another is based on the investment cost per unit farming volume or per unit farming area. Sea cages and ponds represent relatively low-cost systems, while circular concrete tanks represent high-cost systems.

If freshwater is fed into a seawater pond, because of the density difference, it will form a layer on the

top of the seawater for a period of time. This can be utilized in specially designed production units for Arctic charr farming during the winter because they do not then tolerate full salinity. A freshwater/brackish layer can be kept in a sea cage by having a tarpaulin skirt in the upper part of the net bag walls with an open lower netted part and sending freshwater in through a pipe (Fig. 11.4).

Another way that this density gradient can be utilized is by sending freshwater into a closed lagoon or basin of seawater. Because of the density difference the freshwater will float on top in a separate layer and a 'greenhouse effect' can be achieved. Heat radiation will go down to the seawater, but the reflection is reduced because of the border layer between the saltwater and freshwater so the temperature of the seawater in the basin will increase more than that of the freshwater on the surface. This principle can be used for oyster spat farming in the northern hemisphere, for example (Fig 11.4).

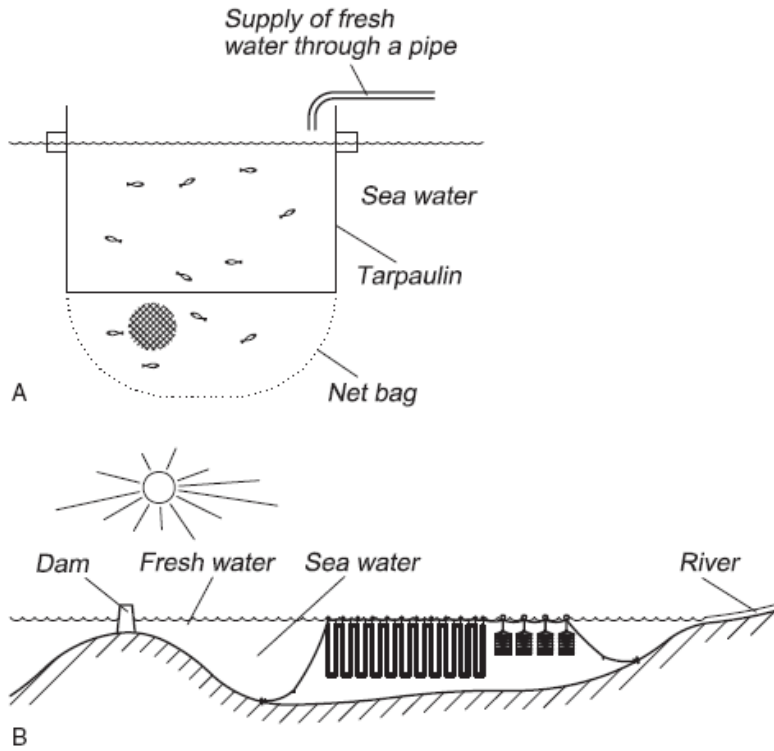


Figure 11.4 Production units utilize the fact that freshwater has a lower density than salt water, either to create a volume of freshwater in a sea cage (A) or to heat the water in a basin (B).

Kafeslerde Yetiştiriciliğin Avantajları

*Kültür sistemlerinin hepsinde balıklara uygun kalitede yetiştiricilik suyu, stres, stoklama, avcılar, hastalık, hırsızlık, Vandalizm ve kaçışlar ile kayıpların en az olduğu veya olmadığı ortamların sağlanması amaçlanmaktadır.

*Balık yetiştiricilik sistemleri havuzlar ve kanallar gibi toprak tabanlı sistemler ile tava ve kafes gibi su tabanlı sistemlerden oluşmaktadır. Su-tabanlı sistemlerde su akıntısı ortama sürekli taze su sağlamak ve ortamdaki yem ve metabolik artıkları uzaklaştırmaktadır. Dolayısıyla daha avantajlı olmaktadır. Diğer avantajlarını da kısaca özetleyecek olursak;

* Kafes sistemi nehirlerle, göletlere, göllere, sulama kanallarına kurulabilir.

* Küçük aile işletmeleri şeklinde de planlanabilen kafes sistemlerinin, başlangıç kurulumu oldukça kolay ve kurulum masrafları oldukça düşüktür. Besleme ve hasat kolaydır.

* Sulardan en fazla verimin alınmasına imkan sağlayan kafes sisteminde, kötü ortam şartlarında ünite su içerisinde yatay ve dikey doğrultuda hareket ettirilebilir.

* Alabalık yetiştiriciliğinde kullanılan en ekonomik metottur. Düşük masrafla yüksek kar imkanı sağlamaktadır.

* Havuz sisteminde tüm giderlerin %40-60'ını yem giderleri oluştururken, kafes sisteminde bu oran %30-50 olmaktadır. Başka bir ifadeyle;

* Kafes sisteminde 1 kg balık eti üretmek için gerekli masraf havuz sisteminde harcanan masrafin %30-40'ı kadardır.

* Kafeslerde tutulan balıkların yemlerinin belli bir kısmını tabii yemler oluşturduğundan bunların etleri daha lezzetli olmaktadır.

YUMURTA DEPOLAMA VE KULUÇKALAMA EKİPMANLARI

Kuluçkahanelerde kullanılan ekipmanlar yumurtaların özelliklerine bağlı olarak seçilirler. Aşağıdaki şekilde 12.2 pelajik (yüzen) yumurtalar için dizayn edilen kuluçkalık tipi görülmektedir.

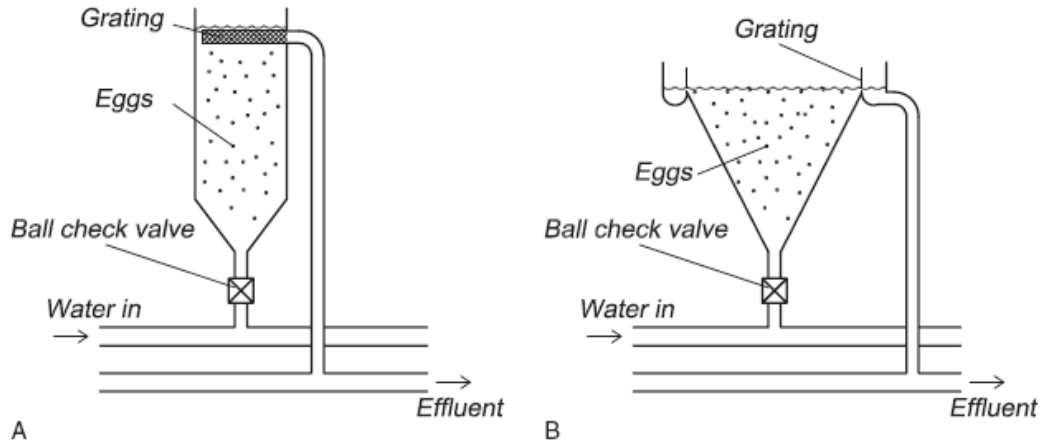


Figure 12.2 Designs of incubator for pelagic eggs: (A) cylinder with a conical bottom; (B) funnel-formed.

Kuluçkalıklarda dikkat edilmesi gereken husu suyun giriş ve çıkış kısımlarıdır. Su akışının türe bağlı olarak $3-4 \text{ dak}^{-1}$ olması arzu edilir. Genellikle suyun giriş ve çıkış kısımlarına süzgeçler (grating) takılır. Elek gözeneklerinin özellikle çıkışta yumurtalar kaybolmasın diye küçük olması arzu edilir. Ancak tıkanmaması içinde ters taraftan hava verilmesi gerekir. Şekil 12.3te ise yumurtaların kuluçkaya alınıp ilk serbest yüzme dönemine kadar tutulacakları sistemler görülmektedir. Suyun alttan verilip üstten sistemi terk ettiğine dikkat ediniz. Amaç yumurtaların sürekli temiz suyla temaslarının sağlanmasıdır.

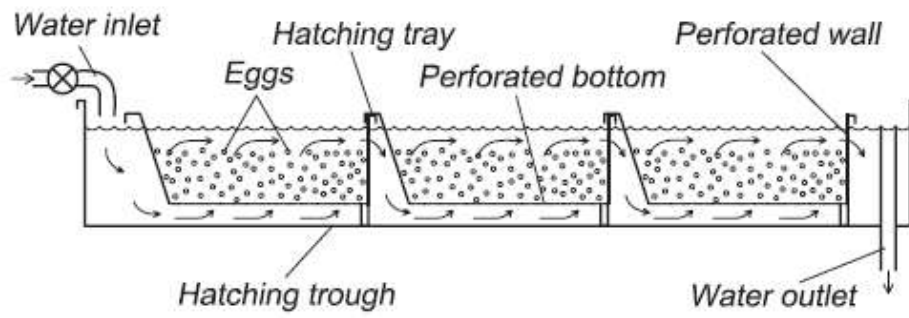


Figure 12.4
much used in s
on the bottom.

Figure 12.4 Hatching troughs with trays inside are much used in salmonid farming where the eggs are lying on the bottom.

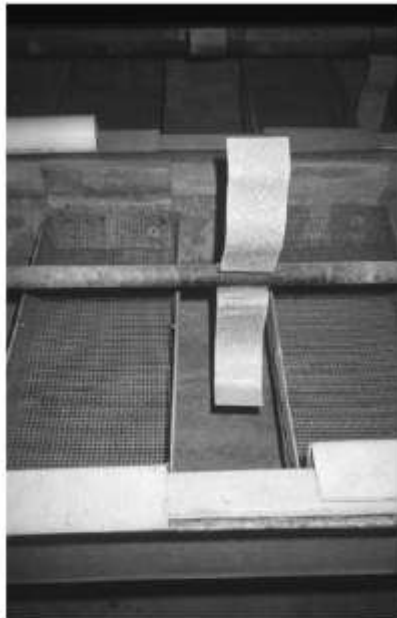


Figure 12.5 System for rearing eggs of channel catfish.

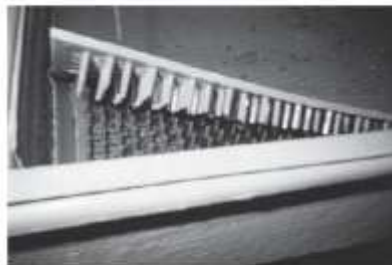


Figure 12.6 Artificial substrate is placed in the hatching tray to improve the development of the yolk sac fry.



Figure 12.7 In hatching cabinets the eggs are placed in drawers or racks above each other.

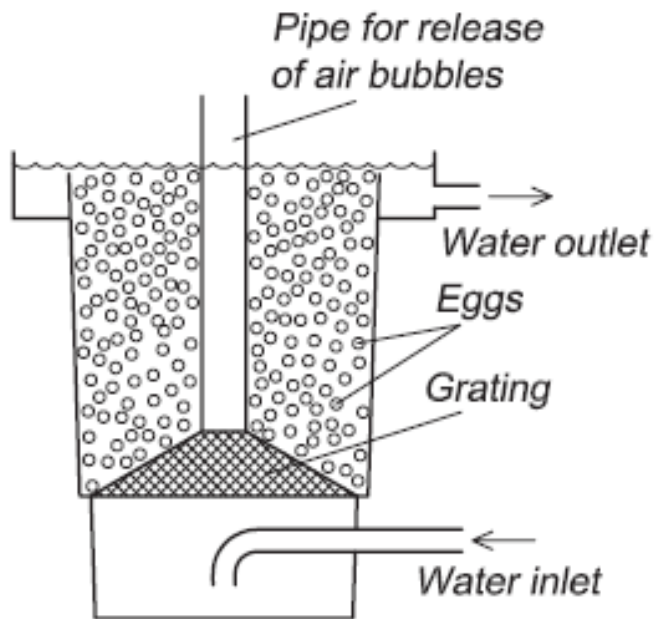


Figure 12.8 In the egg-rearing cylinder layers of eggs are stacked on top of each other, but must be removed before hatching. During incubation the eggs must lie completely still.



Figure 12.9 Tank for combined egg storage, hatching and start feeding.

Tanklar, havzalar ve diğer kapalı üretim sistemleri

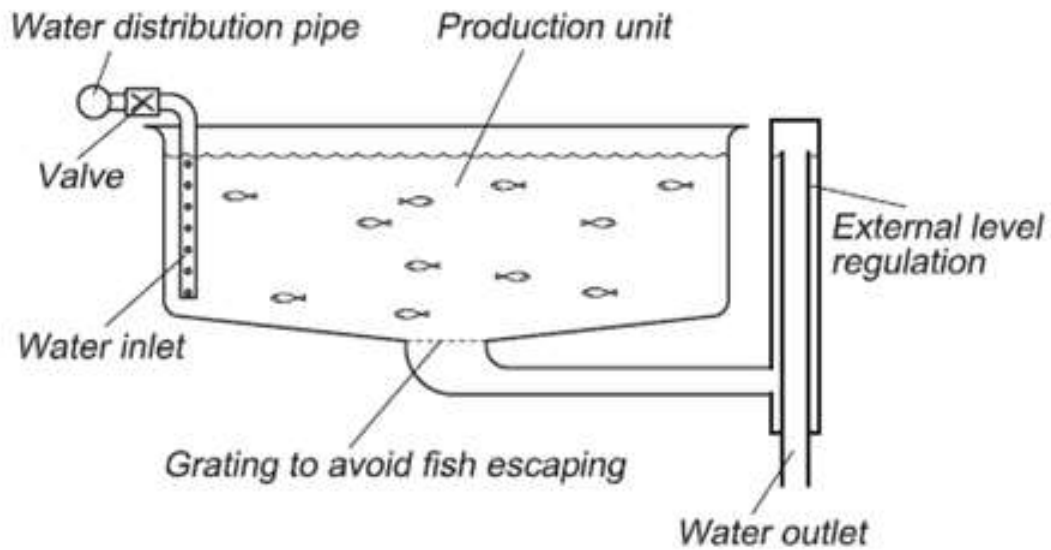


Figure 13.1 The main components in a closed production unit include the water inlet, the storage unit and the water outlet. A circular tank is used as an example.

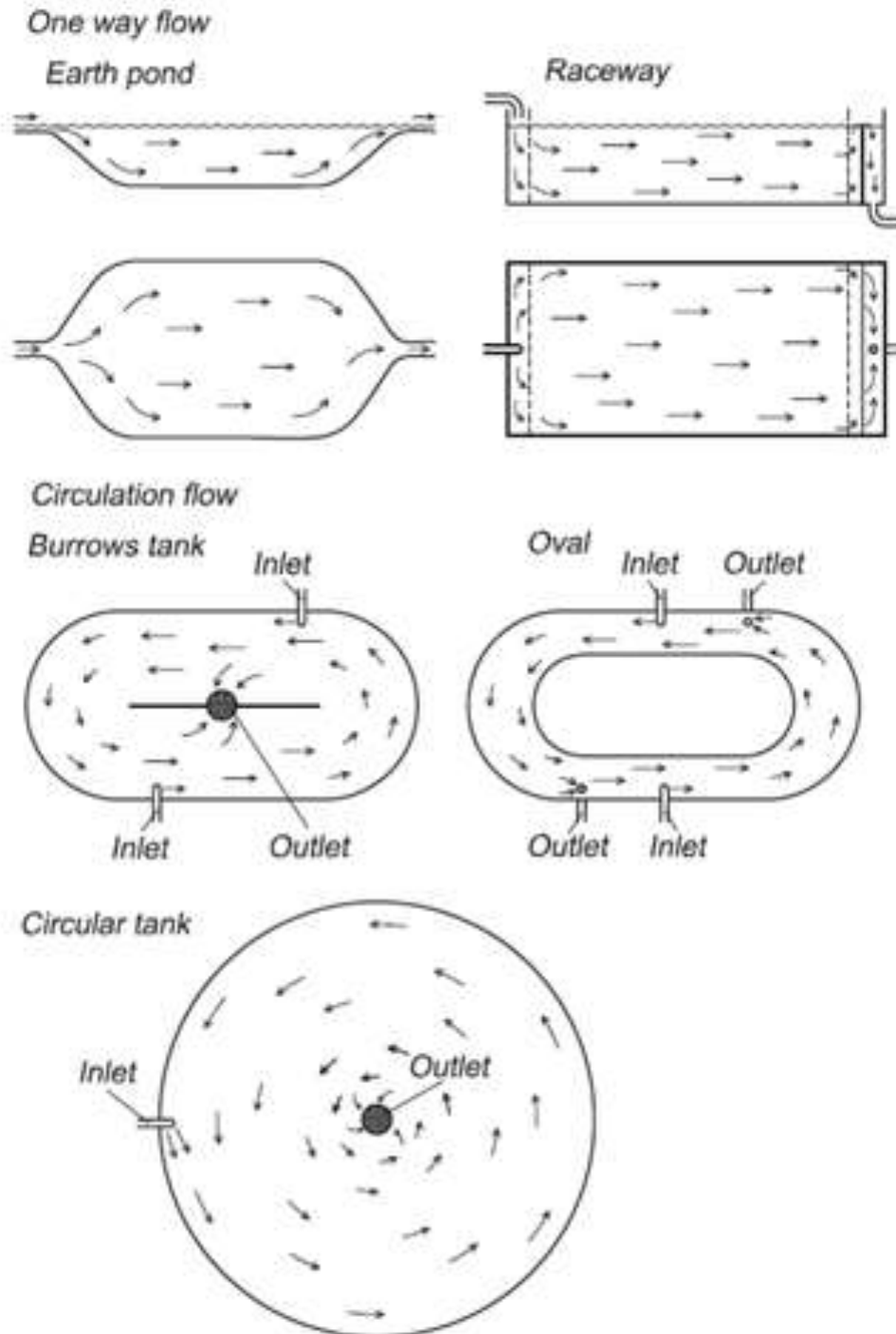


Figure 13.2 Production units can be separated into units with a circulating water flow and those with a one-way water flow.

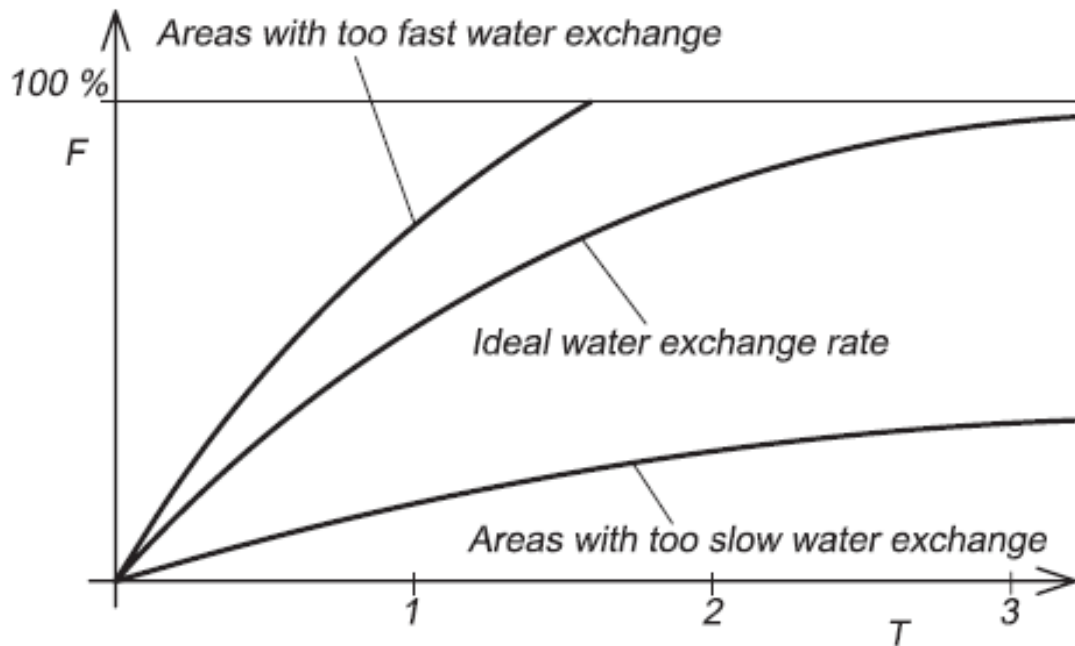


Figure 13.3 Amount of water exchanged in a tank in relation to time.

Mathematically, the water exchange rate can be calculated as follows (based on developing a differential equation):

$$F = (1 - e^{-t/th}) \times 100$$

where:

t = time after start of filling water into the unit

th = time necessary to fill one tank volume at the actual water flow rate; also known as the theoretical retention time

F = water exchange rate (proportion of the water volume in the unit that is exchanged after time t)

Example

Fifty litres of new water is added to a tank that contains 100l water, described as old water, over a period of 5 minutes (i.e. 10l/min). The same amount of old water flows out through the outlet because the water volume and level are constant. How much of the water volume is exchanged after 5 and 10min, respectively?

$$e = 2.71828\ 18284\ 59045\ 23536$$

Setting $t = 5\text{ min}$

$$t_h = 100\text{l} / (10\text{l/min}) = 10\text{min}$$

$$\begin{aligned} F &= (1 - e^{-5/10}) \times 100 \\ &= (1 - 0.605) \times 100 \\ &= 39.5\% \end{aligned}$$

Setting $t = 10\text{ min}$

$$F = 63.2\%$$

This means that by adding a water volume equal to the tank volume only 63.2% of the water is exchanged, not all as might be expected, the reason being that new and old water are mixed.

$$\begin{aligned} F &= (1 - 2.71828\ 18284\ 59045\ 23536^{-10/10}) \times 100 = (1 - 2.71828^{-1}) \times 100 = 1 - (1/2.71828) \times 100 \\ &= (1 - 0.3678) \times 100 \\ &= 0.6321 \times 100 \\ &= 63.21\% \end{aligned}$$

13.5 Ideal or non-ideal mixing and water exchange

The aim in designing a closed production unit including the inlet and outlet, is to achieve the most effective mixing as possible of the new incoming water to the old water together with a good exchange of water in the entire farming volume. No new water must go directly to the outlet, by what could be called a short cut; neither must there be

areas or zones in the unit where there is small or no exchange of water, so called 'dead zones' (Fig. 13.4). Since water exchange does not occur in the completely dead zones, no new water or oxygen is supplied, so the fish will prefer not to stay there and the effective farming volume will be reduced below the real tank volume. If there are short cuts, part of the inlet water will go directly to the outlet without having been properly utilized by the fish; this results in non-ideal mixing. Short cuts will also give zones in the unit where the water flows much more slowly and than elsewhere water exchange will therefore not be satisfactory.

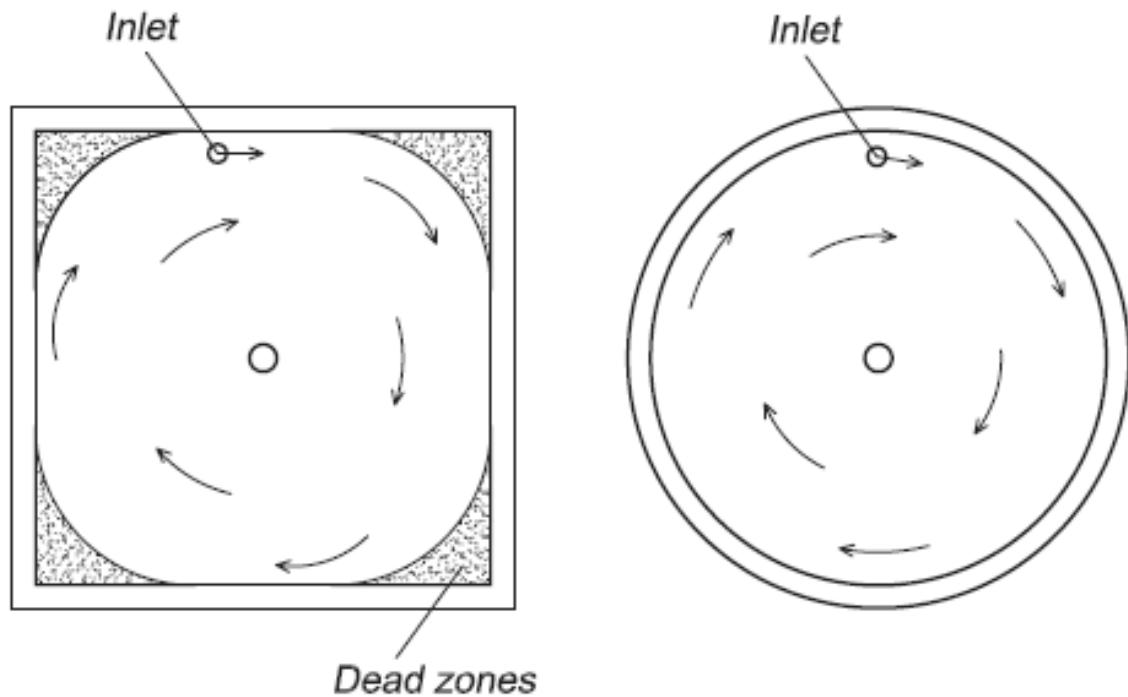


Figure 13.4 Water exchange rate in tanks with dead zones.



Figure 13.6 Tanks of different materials: concrete (A), tarpaulin with a framework of wood plates (B), fiberglass (C), stainless steel (D), coated steel plates (E).

Su akışını düzenlemek suretiyle tankların kendiliklerinden (yem ve alg) temizlenmelerini sağlanabilir. Buna hidrolik kendi kendine temizleme denir. Suyun yüzeyinde birincil bir akış (yatay olarak), suyun içindede ikincil bir akış (dikey olarak) oluşturabilir. Şekil 13 7’de fiberglas tanktaki akışlar görülmektedir. Fipteki suyun hızı yüksek (6-8 cm /s) olmalıdır ki temizlenme olsun. Dipteki bu 6-8 cm/s lik hız üstteki suyun hızının 12-15 cm olmasını sağlar.

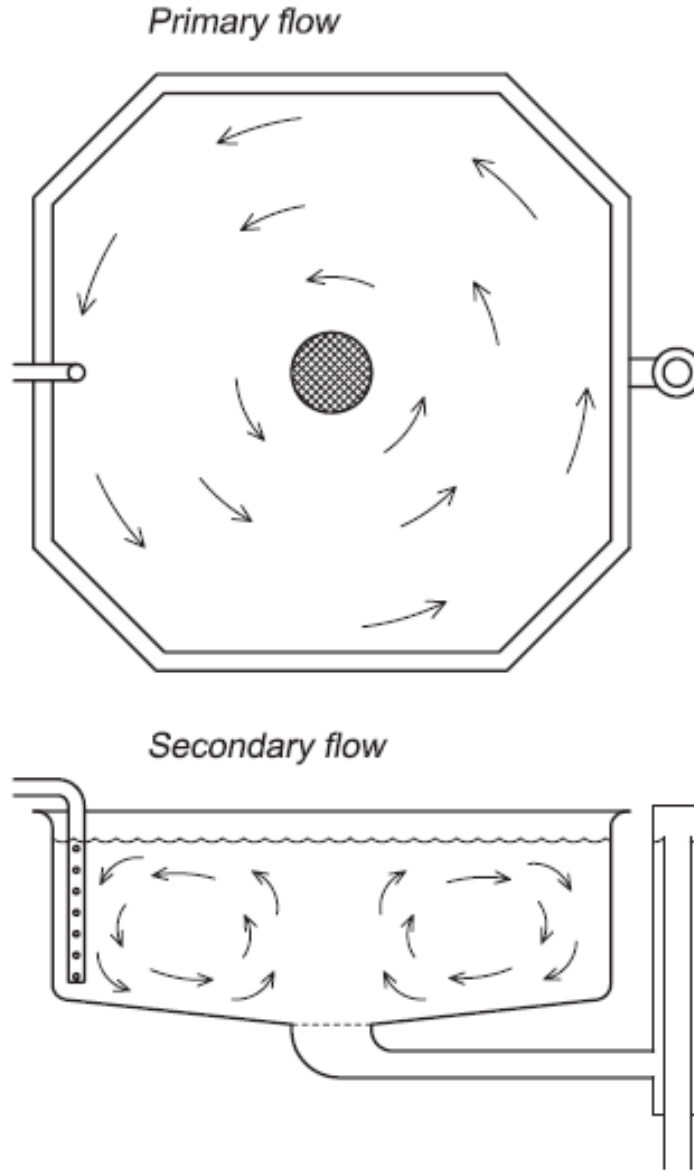


Figure 13.7 In a tank with a correctly designed inlet and outlet, both a primary and secondary flow will be generated.

Tanklarda balık stoğunun artırılmasında tabandaki hızı arttırdığı görülmüştür. Dolayısıyla eğer stok fazlaysa daha düşük bir su akıntısı da verilebilir.

Doğru şekilde dizayn edilmiş bir devamlı su akışlı ünite de ki burada sürekli su girişi ve çıkışı vardır,akıntı ise daireseldir,kendi kendini hidrolik temizlenme için suyun tanktaki kalış süresi 30-100 dakika arasında olmalıdır. Bu demektir ki değişen su su hacmi 10-33

L/m³ arasında olmalıdır. 30'un altında ve 100 dk'nın üstündeki hızlarda etkili temizlenme olmadığı görülmüştür. O takdirde ilave temizlemeye ihtiyaç duyulmaktadır.

Ayrıca akıntının çok hızlı olması durumunda balıklarda stres oluşmaktadır.

Hidrolojik kendi kendine temizlemeyi sağlamak için tankın içinde yüksek akıntı hızı sağlamak için yüksek hacimde su gerekir. Bu ise balıkların büyüme dönemlerine bağlı olarak değişir. Tortu oluşumundan kaçınmak için tanklar sürekli kontrol edilmeli ve temizlenmelidir. Sifonlama da bu maksatla kullanılmaktadır. Tortu uzaklaştırılmaz ise istenmeyen bakteri gelişmesi neticesinde suyun kalitesini de düşürmektedir. Dolayısıyla tanklar her gün düzenli olarak temizlenmelidir. Bu iş elle yapılabildiği gibi ticari olarak satılan otomatik sistemler de geliştirilmiştir. Tankın tabanına monte edilen elektrikle çalışan dönen fırçalar kullanılabilir. Diğer çözüm önerisi ise tırtıl benzeri bir ünitenin tankın tabanında gezmesi yada boru çapının yarısı uzunlukta bir yıkama kolunun kullanılması sayılabilir. Bunlardan başka tortuyu uzaklaştırmak için sisteme oksidasyon ajanları gibi kimyasallar da katılabilir.

SU GİRİŞİ DİZAYNLARI

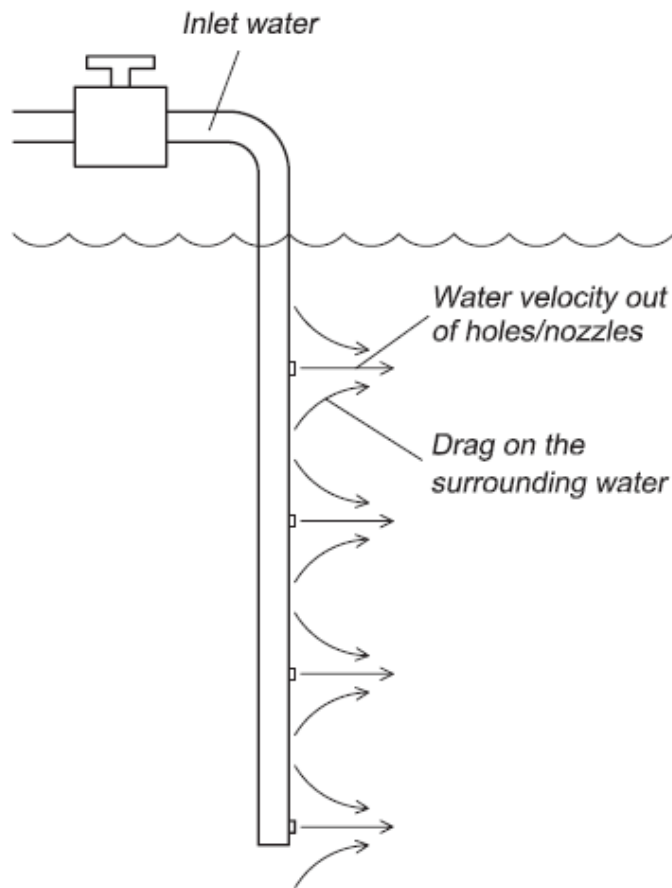


Figure 13.9 Having the tank water inlet below the water surface and using nozzles in the inlet pipe will create velocity gradients, and mixing of the water in the tank is achieved.

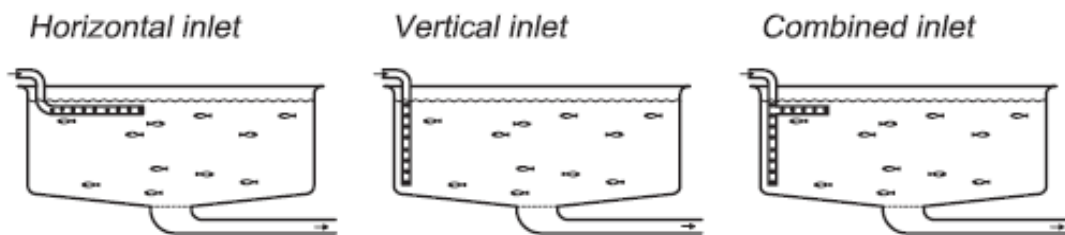


Figure 13.10 Various designs of inlet pipe in tanks with a circular flow pattern.

Su Girişi

The impulse, as the force caused by the inlet water is called, depends on the water flow and water velocity; it can be expressed as follows for tanks with a circular flow pattern:

$$F = \rho Q (v_2 - v_1)$$

where:

F = impulse

ρ = water density

Q = water flow

v_1 = velocity of the water in the tank

v_2 = velocity out of the holes in the inlet pipe.

This equation shows that by increasing Q , the impulse will increase. The same result is achieved by increasing the velocity of the water emerging from the holes in the inlet pipe. Decreasing the cross-sectional area of the holes will increase the velocity of the water. However, the increased velocity will increase the turbulence and hence the head loss. Recommended values are below 1.5 m/s in the inlet pipe, while the velocity in the hole (or split or nozzle) should be below 1.2 m/s.⁷

Depending on the current velocity from the holes in the inlet pipe, the current velocity in tanks with circular flow is normally in the range 0.15–0.25 m/s.⁷

The velocity of the inlet water out of the holes or nozzles in the inlet pipe (V_2) depends on the design of the nozzle (hole), the area and the amount of water that has to pass. It can be expressed as follows (based on the continuity equation; see Chapter 2):

$$V_2 = \frac{Q}{\sum A}$$

where:

V_2 = velocity out of the nozzles

Q = water flow out of the nozzles

$\sum A$ = total cross-sectional area of all the nozzles.

The relation between the water velocity in the inlet pipe and the velocity out of the nozzles will be as follows:

$$V_2 = \frac{V_0 A_0}{\sum A}$$

where:

V_0 = velocity in the inlet pipe

A_0 = area of the inlet pipe.

Example

An inlet pipe to a circular tank is designed for a water flow (Q) of 50 l/min. Suggest an appropriate pipe diameter and area of the nozzles (holes).

First, calculate the area of the inlet pipe:

$$A = Q/V$$

Transform the units so that they correspond and take a maximum water velocity of 1.5 m/s.

$$50 \text{ l/min} = 0.00083 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{0.00083}{1.5} \\ &= 0.000553 \text{ m}^2 \\ &= 5.53 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Calculate the diameter:

$$\begin{aligned} A &= \pi d^2/4 \\ d &= \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 5.53}{3.1415}} \\ &= 2.65 \text{ cm} \end{aligned}$$

In practice the nearest standard dimension will be used.

Calculate the total nozzle/area (cross-sectional area) using a velocity of 1.2 m/s.

$$\begin{aligned} \sum A &= Q/V \\ &= \frac{0.00083 \text{ m}^3/\text{s}}{1.2 \text{ m/s}} \\ &= 0.00069 \text{ m}^2 \\ &= 6.9 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

This must then be divided by the number of holes used in the total water column.

To force the water through the inlet pipe results in a head loss. Because of this, a minimum head (available water pressure) is necessary to get the water to flow through the nozzles/holes. Different shapes of the nozzles/holes will result in different head loss because of different degrees of turbulence created in the nozzles. This must be taken into consideration when constructing the inlet pipe.

Example

Head loss in the inlet pipe

The inlet pipe has a diameter of 63 mm and a water flow of 300 l/min is used. This gives a water velocity of about 1.6 m/s. Find the head loss when increasing the water velocity from 1 to 2.5 m/s ($f = 0.024$).

<i>Water velocity (m/s)</i>	<i>Head loss per metre of pipe (mH₂O)</i>
<i>1.0</i>	<i>0.019</i>
<i>1.6</i>	<i>0.05</i>
<i>2.0</i>	<i>0.08</i>
<i>2.5</i>	<i>0.12</i>

With a water velocity of 2.5 m/s in the inlet pipe, it is necessary to have a pressure in the pipe of 0.1 mH₂O per metre of pipeline to achieve the necessary water flow.

Su Çıkışı

The tank outlet or drain normally has two functions: 1, to remove the waste from the tank as quickly as possible, before the leakage of nutrient starts; 2, to maintain the correct water level inside the tank. Correct design of the outlet is also important for the water exchange rate and to ensure effective self-cleaning. Incorrect specification of the outlet system or the outlet pipe may result in settling of uneaten feed particles and faeces, and the outlet system will function as a settling basin.

Example

The supply of water to a fish tank with a farming volume of 6 m³ should be between 60 and 200 l/min to ensure sufficient self-cleaning. Find a suitable diameter for the outlet pipe.

Choose a velocity of 0.5 m/s and calculate for the smallest amount of water.

$$A = Q/V$$

$$Q = 60 \text{ l/min} = 0.001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{0.001 \text{ m}^3/\text{s}}{0.5 \text{ m/s}}$$

$$= 0.002 \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = 0.025 \text{ m}$$

$$= 2.5 \text{ cm}$$

The next task is to calculate the water velocity in the pipe with the largest amount of water when the radius of the pipe is 2.5 cm.

$$V = Q/A$$

$$Q = 200 \text{ l/min} = 0.0033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{0.0033 \text{ m}^3/\text{s}}{0.002 \text{ m}^2}$$

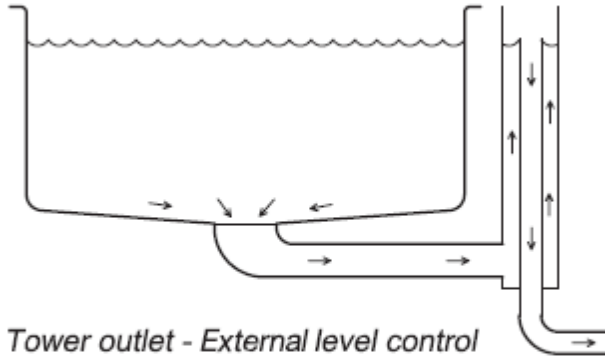
$$= 1.67 \text{ m/s}$$

A larger dimension for the outlet pipe is recommended because this velocity is rather high. This also shows that the outlet system is not designed optimally if there is too large a variation in the water flow.

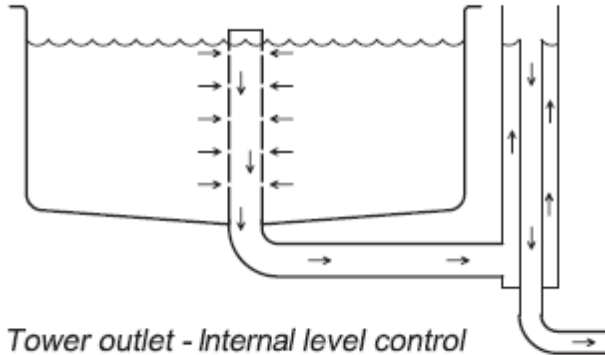
The design of the outlet can be either of the flat or tower type (Fig. 13.11). The flat outlet contains a horizontal screen inside the fish tank, adapted to the fish size. This

normally covers an outlet pot. From the outlet pot the outlet pipe goes to a vertical standing pipe where the water level inside the tank is controlled. It is important to increase the speed through the holes in the outlet screen to avoid fouling and blockage. Velocities above 0.3–0.4 m/s are recommended.

Flat outlet



Tower outlet - External level control



Tower outlet - Internal level control

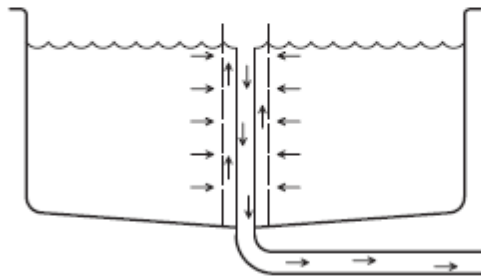


Figure 13.11 Flat or tower outlets are typical designs.

13.10 Dual drain

It is also possible to use a double outlet, i.e. a dual drain (Fig. 13.13).^{14,17–19} Such an outlet allows part of the water flow (up to 5% of the total flow) to be

13.10 Dual drain

It is also possible to use a double outlet, i.e. a dual drain (Fig. 13.13).^{14,17–19} Such an outlet allows part of the water flow (up to 5% of the total flow) to be

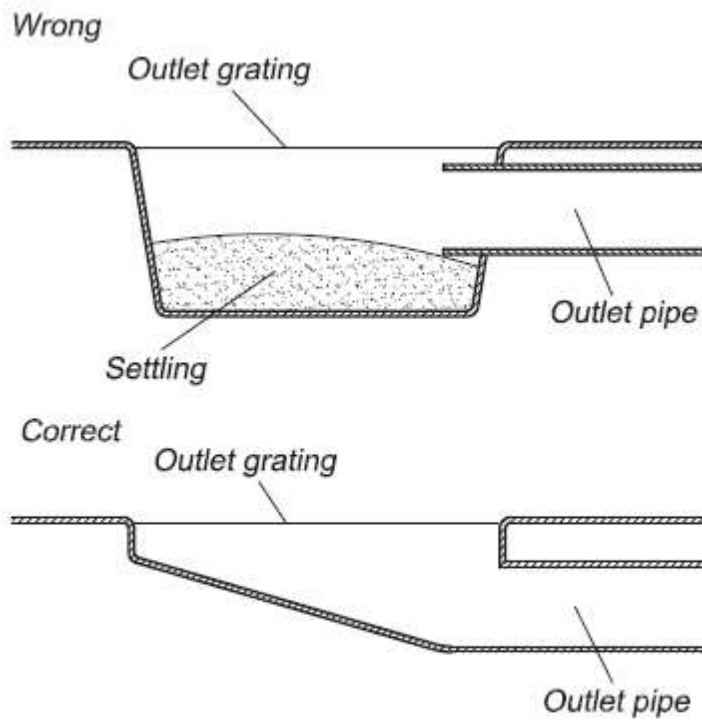


Figure 13.12 Correct design of the outlet pot is important.

13.10 Dual drain

It is also possible to use a double outlet, i.e. a dual drain (Fig. 13.13). Such an outlet allows part of the water flow (up to 5% of the total flow) to be taken through a separate centre drain located in the bottom of the tank, while the main water flow is taken out from the water column above the tank bottom through some type of tower outlet.

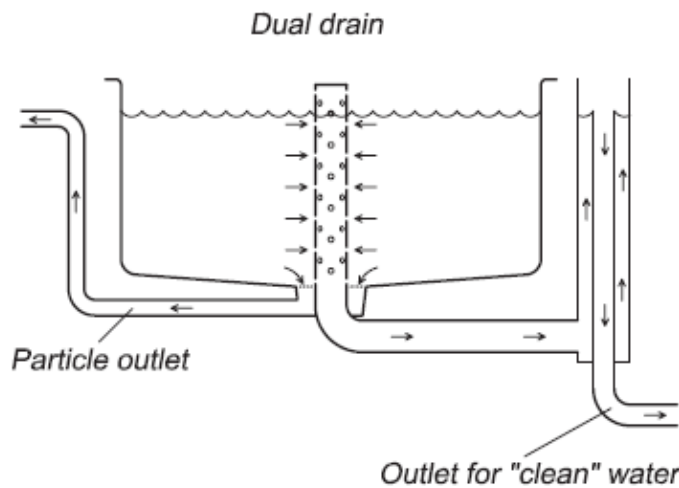


Figure 13.13 The double or dual drain outlet will separate particles from the water.

By taking out up to 20% through the bottom and the rest through the outlet in the upper part of a tank wall, good separations have been achieved.

BÖLÜM 5

HASTALIKLAR VE TEDAVİ YÖNTEMLERİ

Kültür balıkçılığında ekonomik kayıplara yol açan hastalıklar aşağıdaki gruplar altında toplanmaktadırlar.

1. Bakteriyel hastalıklar
2. Mantar hastalıkları
3. Viral hastalıklar
4. Paraziter hastalıklar
5. Balıklara zarar veren biyotik faktörler
6. Balıklara zarar veren ekolojik ve abiyotik faktörler.
7. Balıklarda timörler
8. Balıklarda anomaliler

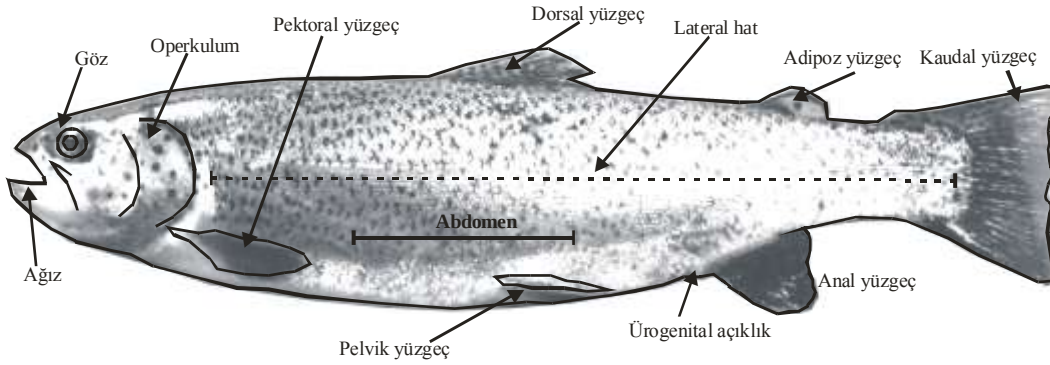
5.1. Hastalık teşhisinde kullanılan belirtiler

Şekil 4’te normal bir balığın dış görünüşü verilmektedir. Şekil 5’de ise balığın iç organları şematik olarak gösterilmiştir.

5.1.1. Dış muayene ile hastalık belirtileri

1. Yavaş hareket
2. Kararsız dönme hareketleri
3. Rengin solması
4. Rengin koyulaşması
5. Göz fırlaması
6. Gözde kanama
7. Ağızda kanama
8. Yavaş hareket

9. Kararsız dönme hareketleri
10. Rengin solması
11. Rengin koyulaşması
12. Göz fırlaması
13. Gözde kanama
14. Ağızda kanama
15. Ağızda ve çenelerde erozyon
16. Solungaç kapakları bölgesinde kanama
17. Solungaç hasarı
18. Solungaç üzerinde beyaz nodüller
19. Yüzgeç çürümesi
20. Yüzgeç diplerinde kanama
21. Kuyruk yüzgecinde çürüme



Şekil 4. Gökkuşaağı alabalığının dış görünümü (Orijinal)

22. Vucut yuzeyinde kanamalar
23. Karında şişme
24. Vücutta ülserler

25. Dış yüzeyde ur, çıban vb şişkinlikler
26. Deride yanma veya kızartı
27. Yanlarda içi kan dolu kabarcıklar
28. Anusun dışı çıkması (şişkin anüs)
29. Anüs etrafında kanama
30. Sıskalaşma veya incelme

5.1.2. İç muayene ile hastalık belirtileri

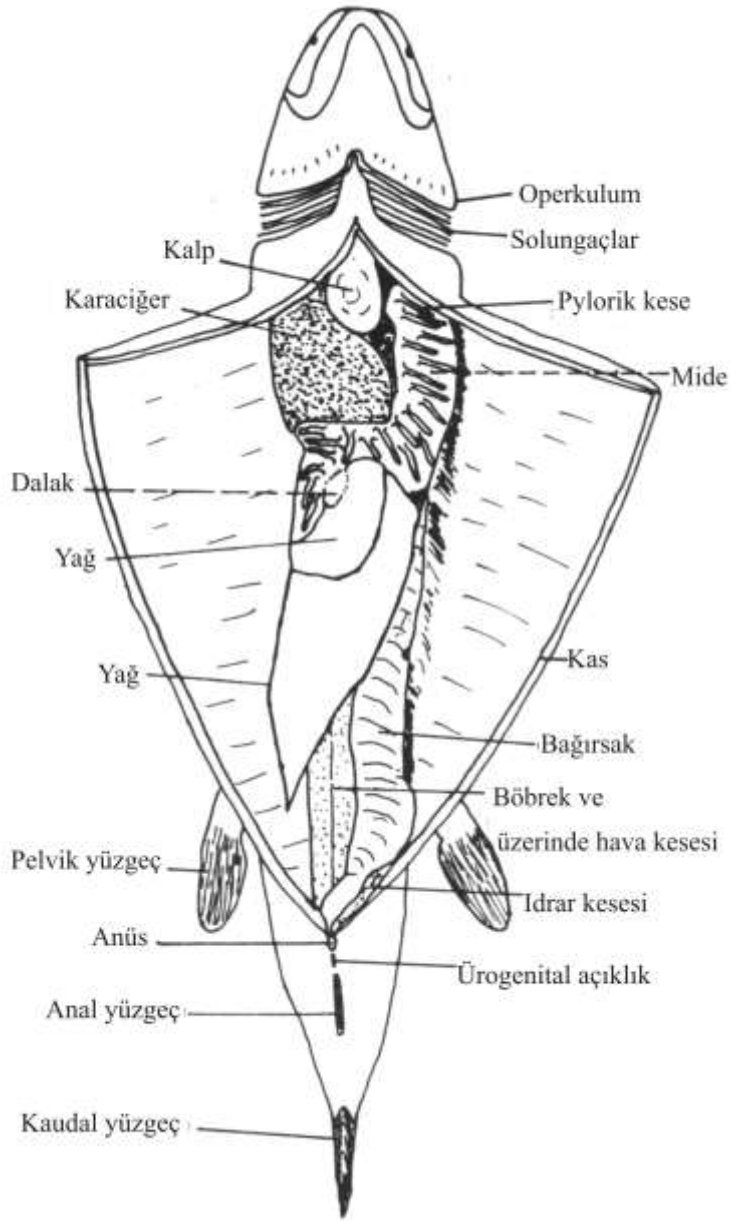
1. Dokuda gaz dolu boşluklar veya kesecikler
2. Karın boşluğunda ascitik (sarı sıvı) sıvı toplanması
3. Doku duvarlarında toplu iğne başı kadar kanamalar
4. Hava kesesinde kanama
5. Hava kesesinde sıvı toplanması
6. İç organların üzerinde veya içinde beyaz nodüllerin görülmesi
7. Böbrekte şişme
8. Kalp yada böbrek üzerinde yalancı zar veya membran oluşması
9. Karın boşluğunda kan
10. İnce barsakların sarı sıvı ile dolarak şişmesi
11. İç organların içinde veya yüzeyinde kanama
12. İç organların normalden çok küçük olması

5.2. Hastalık teşhisinde alınması gereken örnek miktarı

Erzurum ili ve çevresinde 1989 yılından itibaren yapılan hizmetlerde rastlanılan en büyük problemlerin; bu işle uğraşan kişilerin tecrübesizliği neticesinde balıklara vermiş oldukları rahatsızlıklardan kaynaklanan bazı problemlerle, sanitasyon, idari ve besleme hatalarından kaynaklanan bazı bakteriyel hastalıklar oldukları müşahade edilmiştir.

Çiftliklerde meydana gelen hastalık problemlerinin çözümlenebilmesi için öncelikle problemin ne kadar ciddi olduğunun anlaşılmasında fayda vardır. Yani bir sürüde yalnızca bir balığın rahatsızlanması çoğu zaman bir risk teşkil etmemektedir. Ancak toplu halde meydana gelen rahatsızlıklar daha fazla tehdit edici ve üzerinde önemle durulmasını gerektiren hallerdir.

Dolayısıyla bir sürüde hastalık olup olmadığını anlayabilmek için balıkların dış ve iç muayenelere tabi tutulmaları gerekmekte ve hatta gerekiyorsa otopsi yapılmalıdır. Doğru teşhis ve tedavinin yapılabilmesi yeterli miktarda balığın ele alınmasıyla mümkün olmaktadır.



Şekil 5. Bir balığın iç organlarının şematik olarak gösterilmesi (Austin ve Austin, 1987)

Balık populasyonlarında meydana gelebilecek hastalıkların %2 ve %5 seviyesinde anlaşılabilmesi için gerekli olan örnek büyüklüğü Tablo 17’de verilmektedir.

Tablo 17. Büyüklüğü 50 - 100.000 balık olan populasyonlardan hastalık teşhisinde alınacak örnek büyüklüğü (Aras, 1994)

Populasyon Büyüklüğü (Adet)	Örnek Büyüklüğü %2 Hassasiyet için (adet)	%5 Hassasiyet için (adet)
50	48	34
100	77	44
250	112	52
500	128	55
1000	138	57
1500	142	57
2000	143	58
4000	146	58
10000	147	58
100000+	148	58

5.3. Gökkuşuğu alabalıklarında görülen bazı hastalıklar

Alabalıkların yüksek yoğunlukta yetiştirilmeleri ve büyük miktarda yumurtalarının ve yavrularının taşınımı, çeşitli hastalıkların ve çevresel zararların ortaya çıkması ve taşınması için uygun durumlar meydana getirirler. Alabalıklarda teşhis edilmiş birçok hastalık mevcuttur. En yaygın virüs kaynaklı hastalıklar; infeksiyöz pankreatik nekroz (IPN), infeksiyöz hematopoietik nekroz (İHN) ve viral hemarajik sepsis (VHS) iken bakteriyel hastalıklar içerisinde furunkulosis, bakteriyel solungaç hastalığı, kızıl ağız ve vibriosis hastalıkları sayılabilir. Bir protozoan olan *Myxosoma cerebralis* parazitinin meydana getirdiği dönme hastalığı özellikle genç alabalıkların bir çok türüne bulaşabilmektedir. Ayrıca paraziter hastalıklar içerisinde yer alan beyaz benek hastalığı da oldukça sık olarak gözlenmektedir. *Argulus* ve *Gyrodactylus* parazitlerinin meydana getirdiği enfeksiyonlar ölüme sebep olmaz fakat balıkların büyümelerinde ve pazarlanmalarında olumsuz etki gösterirler.

Bir hastalığın ortadan kaldırılması; hasta balıkların uzaklaştırılması, hastalığın tekrarının önlenmesi, stresin azaltılması ve optimum şartların devamı ile gerçekleştirilebilir. Kimyasal ilaçların kullanılması, sadece hastalık meydana getiren mikroorganizma üzerinde geçici bir etki oluşturur. Eğer ortam şartları geliştirilemezse hastalık yeniden meydana gelebilir. Bu sebeple su ürünlerinde en iyi tedavi, genel

yetiştiricilik kurallarına uyulması ve hastalık yapan amillerin çiftliğe girmemesi için önlemlerin alınmasıdır.

Çiftlikteki suyun kimyasal özellikleri, tedavi için kullanılacak ilaçların toksik ve tedavi etkinliklerini etkilemektedirler. Bu sebeple ilaçlar bütün balıklara uygulanmadan önce hasta olan küçük bir gruba uygulanmalıdır. Hasta balıkların kimyasal ilaçlara olan dayanıklılıkları sağlamlara nazaran daha azdır. Bu nedenle uygulanacak dozun miktarı hasta olan küçük grupta belirlenmesi gerekir. Tedaviye başlanmadan önce temizliğe özen gösterilmelidir. Çünkü yem artıkları kimyasal ilaçları emerek ilacın etkinliğini azaltmaktadır. Ayrıca tedavi öncesi stok yoğunluğu azaltılmalı, yemlemeye birkaç gün öncesinden ara verilmeli, tedavi öncesi ve tedavi esnasında oksijen miktarı ölçülmeli, mümkün ise ek havalandırma sağlanmalı ve günün en serin zamanında tedaviye başlanmalıdır.

Bazı çiftliklerde, balıkların diyetlerine bakteriyel bir hastalığın ortaya çıkmaması için düşük konsantrasyonda antibiyotik karmaları katılmaktadır. Fakat bu düşük miktarda katılan antibiyotiklere karşı patojen bakterilerde dayanıklılık meydana gelebilmekte ve balık vücudunda antibiyotik kalıntıları oluşarak insan gıdası olarak kullanılmasını engellemektedir. Bu nedenle antibiyotik tedavileri gerekli olduğu zaman, gerekli miktarda ve sürede yapılmalıdır.

Balık çiftliklerinde ilaçların balıklara verilmesinde üç yöntemden yararlanılır. Bunlar; yeme ilaç katılması, banyo veya daldırma ile tedavi ve çok az kullanım alanı olan enjeksiyon yöntemidir. Yeme ilaç katılarak yapılan tedavide ilaç kullanılan yeme ya direk olarak katılıp karıştırılarak yada uygun bir yağ içerisinde katıldıktan sonra yeme ilave edilmektedir. Balıkların kimyasal ilaçlar ile banyo ettirilmeleri veya bu çözeltilere daldırılmaları en yaygın kullanılan yöntemdir. Fakat bu yöntemin uygulanmasında kullanılan ilacın hangi hastalıklarda kullanılabileceği, konsantrasyonu ve uygulama süresi çok iyi belirlenmelidir. Tablo 18’de balık hastalıklarında kullanılan bazı antimikrobiyal bileşiklerin veriliş metotları gösterilmiştir.

Tablo 18. Balık hastalıklarında kullanılan bazı anti-mikrobiyal bileşiklerin veriliş metotları (Austin ve Austin 1999)

Anti-mikrobiyal bileşik	Kontrol edilen hastalık	Veriliş metotları
Amoksisilin	furunculosis, solungaç	60-80mg/ kg vücut

	hastalığı	ağırlığı/ gün balıklara enjekte edilir. Tedavi 10 gün sürdürülür.
Kloramin B yada T	yüzgeç çürümesi, solungaç hastalığı	pH'sı 7,5-8 olan suyun litresine üç gün boyunca 18-20mg katılarak balıklar banyo yaptırılır.
Kloramfenikol	kolumnaris, furunculosis, yüzgeç çürümesi, vibriosis	Suyun litresine 10-50mg katılarak balıklar banyo yaptırılır veya yemin kilogramına 50-70mg katılır.
Eritromisin	bakteriyel böbrek hastalığı	Günde 1 kg balığa 25-100mg verilir. Tedavi 21 gün sürdürülür.
Formalin	yüzgeç çürümesi	Suyun litresine 2-5mg katılarak balıklar 15-60 dakika banyo yaptırılır.
Kanamisin	yüzgeç çürümesi, hemorajik septisemi, vibriosis	Günde 1 kg balığa 50mg verilir. Tedavi 7 gün sürdürülür.
Malahit yeşili	columnaris, yüzgeç çürümesi, solungaç hastalığı	Suyun litresine 1-3mg katılarak balıklar 60 dakika banyo yaptırılır.
Oksitetrasiklin	soğuk su hastalığı, columnaris, furunculosis, yüzgeç çürümesi, solungaç hastalığı, hemorajik septisemi	Günde 1 kg balığa 75-100mg verilir. Tedavi 10-21 gün sürdürülür.
Streptomisin	hemorajik septisemi	Günde 1 kg balığa 50-75mg verilir. Tedavi 5-10 gün sürdürülür.
Sulfonamidler	bakteriyel böbrek hastalığı, soğuk su hastalığı, columnaris, furunculosis, vibriosis, solungaç hastalığı, hemorajik septisemi	Günde 1 kg balığa 100-200mg verilir. Tedavi 10-20 gün sürdürülür.

Ticari alabalık yetiştiricilerinin, balık hastalıkları konusunda dikkat etmeleri gereken en önemli husus; balıkların hasta olduktan sonra tedavi edilmeleri değil, çiftliklerinde hastalığın ortaya çıkmaması için gerekli önlemleri almaları kuralını iyi bilmeleridir. Çünkü, hastalık bulaşan bir çiftlikte ne yapılırsa yapılsın mutlaka ekonomik kayıplar oluşacaktır. Bu sebeple herhangi bir hastalığın çiftliklerine

bulaşmasını önlemek için kullandıkları suyun özelliklerini sık sık kontrol ettirmeleri, stres unsurlarını en aza indirmeleri ve dezenfeksiyon işlemlerini düzenli olarak yapmaları gerekmektedir. Tablo 19’da çiftliklerde kullanılan dezenfeksiyonlar ve uygulamaları gösterilmiştir.

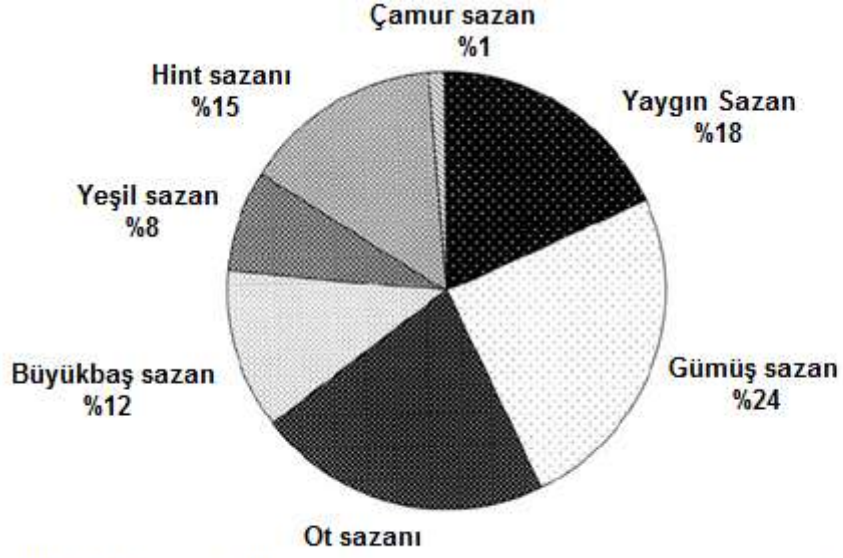
Tablo 19. Dezenfektanlar ve uygulamaları (Pillay, 1993)

Dezenfektan	Dozaj	Uygulama	Etkili olduğu ajanlar
Klor	10-20gr/litre	Beton ve fiberglas havuzlara, ağlara vb.	Bakteri, mantar ve virüsler
Sodyum hidroksit	10gr/litre		Bakteri, virüs ve protozoa
Kalsiyum oksit	380gr/m ²		protozoa
Dörtlü amonyum bileşikleri	100mg/litre	Ağlar, giysiler ve eller için	Bakteriler

BÖLÜM 6 SAZAN BALIKLARI YETİŞTİRİCİLİĞİ

Sazanlarda besin madde ihtiyaçları





Şekil 18. 1. Sazan kültüründe yaygın sazan'ın (*Cyprinus carpio*) toplam içindeki payı

Tablo 18.2 Yaygın sazan (*Cyprinus carpio*) Makrobesin ihtiyaçları

Besin Maddesi	İhtiyaç
Protein	30–35 g 100 g ⁻¹
Lipid	5–15 g 100 g ⁻¹ (enerjiyle ilişkili)
Esansiyel yağ asitleri	
Linoleik	1 g 100 g ⁻¹
Linolenik	1 g 100 g ⁻¹
Sindirilebilir Enerji	13–15 MJ kg ⁻¹ (310–360 kcal)
Karbonhidrat (Nişasta olarak)	30–40 g 100 g ⁻¹

Protein ve amino asitler

Sazan balıklarında yaşama gücü için öngörülen protein miktarı yaklaşık 1 g kg^{-1} ve maksimum protein kazanımı için ise 12 g kg^{-1} olduğu rapor edilmiştir. Ancak nitrojenin maksimum büyüme için kullanımı $7-8 \text{ g kg}^{-1}$ vücut ağırlığı olduğunda gerçekleşmiştir.

Sazan balıkları için ideal ham protein oranı %30-38 arasında bulunmuştur. Bu değerler genellikle yüksek derecede protein içeren tek tür yem maddeleri örneğin kazein, tam yumurta proteini veya balık unu gibi yem maddeleri ile hazırlanan yarı saf rasyonlarla yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. Eğer diyetle yeteri kadar enerji sağlanmışsa o takdirde protein seviyesi %30-35 arasında olabilir.

Sazanın tam vücut amino asit profili diyetteki varyasyonlardan yada balığın yaşından etkilenmez (Schwarz and Kirchgessner, 1988). Diğer balıklarda tespit edilen 10 adet esansiyel amino asitleri sazan için de esansiyeldir. Tablo 18.3'te sazanların ihtiyaç duymuş oldukları amino asit ihtiyaçları verilmektedir. Bu değerler balıkların farklı büyüme dönemlerine göre birazcık farklılıklar gösterebilirler. Lisin ihtiyacı fingerling döneminde diyetin %2.25'i (proteinin %6'sı) kadar olup, balık büyüdükçe juvenil dönemde %1,75'i (proteinin (%5,4'ü) olmaktadır. Aynı durum metionin içinde geçerlidir.

Diğer balıklarda yapılan çalışmalarda sistin ve tirozin sırasıyla diyetel metiyonin ve fenilalanin yerine kullanılmaktadır. Yakın geçmişte yapılan sülfürlü amino asitlerin senteziyle ilgili bir çalışmada gökkuşağı alabalıklarıyla ve nil tilapiyalarıyla (50 kat daha fazla çıkmış) (*Oreochromis niloticus*) karşılaştırıldığında sazanlarda hepatik sistinsülfinat dekarboksilaz (cysteinesulphinate decarboxylase, CSD) aktivitesinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise sazan kas dokusunun yüksek miktarda taurin içermesidir.

CSD sistinden taurinin biosentezinde görev almaktadır ve eğer aktivitesi düşükse bunun manası sazan diyetine taurin katılması gereklidir.

Amino asit ihtiyaçları tüm vücuttan elde edilen amino asit profili verilerinden ve günlük

vücutta depolanan protein miktarından tahmin edilebilir. Eğer balıklar sindirilebilirliği de %80 olan %35 protein içeren bir diyet ile günlük canlı ağırlıklarının %3'ü oranında besleniyorlarsa, balıkların 0,58 g protein 100 g⁻¹ vücut ağırlığı depoladığı farzedilebilir. Bu farzımahallere dayanılarak elde edilen veriler Tablo 18.3'te sunulmuştur. Görülmektedirki her iki metot kullanılarak elde edilen veriler bir birleriyle uyum içerisinde. Fakat depolanma oranına amino asitlerin metabolik patwaylarında kullanılan amino asitler ki bunlar protein sentezinde kullanılmazlar, dahil değildir.

Tablo 18.3 Yaygın sazanların (*Cyprinus carpio*) Amino asit ihtiyaçları

Amino asit	Nose (1979)		Ogino (1980)	Dabrowski (1983)
	diyetteki protein %	Diyetteki (%)	diyetteki protein %	(mg kg ⁻¹ day ⁻¹)
Arginine	4.3	1.6	4.4	506
Histidine	2.1	0.8	1.5	145
Isoleucine	2.5	0.9	2.6	255
Leucine	3.3	1.3	4.8	429
Lysine	5.7	2.2	6.0	458
Methionine	2.1	0.8	1.8	105
Cystine	5.2	2.0	0.9	n/a
Phenylalanine	3.4	1.4	3.4	254
Tyrosine	2.6	1.0	2.3	190
Threonine	3.9	1.5	3.8	213
Valine	3.6	1.4	3.4	305
Tryptophan	0.8	0.3	0.8	n/a

n/a, tespit edilmemiş değer.

Dahası ferdi aminoasitlerin absorpsiyonları proteinin kaynağına ve yemlemeden sonra geçen zamana bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir. Bu bağlamda metabolik amino asit ihtiyaçlarını tanımlayan absorpsiyon oranının bilinmesi faydalı olmaktadır.

Enerji

Hem açlık halindeki hemde metabolik oranları ve yaşama gücü enerji ihtiyaçları diğer teleoslarda olduğu gibi su sıcaklığıyla etkilenmektedir.

İstirahat halinde 17 oC'nin altında ölçülen metabolik oranlar oldukça düşüktür. Yem alımıyla (N alımı) vücut ısı artışı arasında da linear bir ilişki tespit edilmiştir. Değer 40kJ g⁻¹N alımı olmuştur. Protein ve lipit ihtiyaçları sindirilebilir enerjiyle alakalıdır. Maksimum büyüme için optimum sindirilebilir enerji/protein oranı 97-116 olarak bulunmuştur.

Protein kaynağı olarak %25 balık unu, %4 et unu, %10 soya unu ve %8 mısır gluten unu kullanılarak oluşturulan bir diyetin enerji bilançosu hesaplanmış, maksimum büyüme için toplam enerji (%100) kabul edildiğinde; %29' luk kısmın fekal enerji, %1,5'lik kısmın fekal olmayan enerji, %31,9'luk kısmın ısı artışı (SDA) ve %36,7'lik kısmın ise net enerji (%12,6'lık kısmı yaşama gücü ve aktiviteye, %24,1'lik kısım verim enerjisi)

Çalışmada sazanlarda maksimum büyüme için gerekli olan ihtiyaçlar vücut ağırlıklarının % 1,83, 3,60, ve 5,17'si oranlarında yemlediklerinde sırasıyla 285, 548 ve 721 kJ kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Değerlerin yem büyüklüğü ve balık büyüklüğü ile değiştiği de anlaşılmıştır.

Lipitler ve yağ asitleri

Sazan omnivor bir balık olup hem lipitleri hem de karbonhidratları diyetlerinde enerji kaynağı olarak kullanabilirler bu nedenle sindirilebilir enerji içerikleri diyetteki lipit muhtevassından daha fazla önemlidir.

Diyetteki sindirilebilir enerji (DE veya SE) değerinin 13 ten 15 MJ kg⁻¹ e %5-15 arasında lipit katılarak çıkarılmasının balıklarda ne büyümede nede net protein kullanımında bir artışa sebep olmadığı görülmüştür. Ancak diyetle lipitlerin artırılmasının vücut ta iç yağ olarak depolandığı görülmüştür. Bu istenmeyen bir durumdur. Zira amaç yağ değil protein üretmektir. Esansiyel yağ asitleri (EFA) bakımından ise sazanların (*Cyprinus carpio*) ve ot sazanlarının (*Ctenopharyngodon idella*) hem n-6 hemde n-3 yağ asitlerine ihtiyaç duydukları

görülmüştür. Bu yağ asitlerden her birinin diyetlere %1 oranında ilave edilmelerinin juvenil yaygın sazanlarda en iyi büyüme ve yem değerlendirmeyi sağladığı tespit edilmiştir. Fakat bu miktarların daha da düşük olabileceği yönünde de çalışmalar yapılmaktadır. Yaygın sazanlarda EFA noksanlık arazlarının kolaylıkla tespit edilememelerine rağmen, yine de yetersiz büyüme, yüksek mortalite ve deride renk kaybı rapor edilmiştir. Diğer taraftan ot sazanlarında noksanlık durumunda lordosis (omurga eğriliği), “sekoke hastalığı” (iştah kaybı, yetersiz büyüme var kaslarda distrofi yok) rapor edilmiştir.

Sazan larvalarının beslenmesinde orta-zincirli trigliseritlerin (MCT) rolü araştırılmış ve tricaproin (C6:0), tricaprin (C10:0), trilaurin (C12:0) ve triolein (C18:1) nin etkili büyüme ve yaşama gücü için üretildiği; tricaprylin (C8:0)’in ise çok zayıf bir kaynak olduğu ispatlanmıştır.

Tricaprylin’i diğer MCT’lerden ayırt eden özelliği (30 g 100 g⁻¹’e kadar çok iyi kullanılmaktadır) yağ asidi enzim sistemlerinde açıklanamayan organizasyon bozukluklarıyla ilişkili olmasıdır. Fosfolipidler (PL) larval beslenmede tekstür üzerinde sahip oldukları etki, oksidasyona karşı rezistans sağlamaları ve gıda pariküllerinin suya dayanıklılıklarını artırması da dahil pek çok role sahiptirler.

PL ile zenginleştirilmiş canlı yemler yerine, yapay yemler ile sazan larvaları besleneceklerse yeterince PL nin diyetle katıldığından emin olunmalıdır. Diyetset PLnin yetersiz olması incebağırsağın ön kısmında enterocytlerde yağ damlacıklarının akümülyasyonuna neden olmakta, mukosal epitelyumun yüksekliğinde bir artışa ve ortalama hepatocyte hacminde bir azalmaya neden olmaktadır. Fakat tavuk yumurtası sarısı veya soya kaynaklı phosphatidylcholine (PC) ilavesinin intestinal steatosis’i (karaciğerde yağlanma) engellediği hepatocyte hacmini arttırdığı tespit edilmiştir (Fontagné *et al.*, 1998). Faydalarının onların emülsifyning (bulamaç oluşturma) özelliklerinden bağımsız olmasına rağmen, PL’lerin nötral lipitlerin absorbsiyonu içinde gerekli oldukları tespit edilmiştir. Soya lesitin’den elde edilen PLnin yüksek başlangıç ağırlığı sağlamada önemli olduğu vurgulanırken, sazan larvalarının normal gelişmelerinden phosphatidylinositol’un sorumlu olduğu tespit edilmiştir.

Tavsiye edilen diyetel PL ilaveleri mutlaka surette larvaların vücutlarındaki ile aynı kompozisyon karşımı olmalıdır. PLnin ağırlığa bağı olduğı, diyetle ilgili olmadığı da vurgulanmaktadır.

Karbonhidratlar

Karbonhidratların kullanımıyla ilgili yaygın sazanlarla ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Balıklarda diğerkara hayvanlarıyla karşılaştırıldığında sindirim kanalındaki amilaz aktivitesi ve nişastanın sindirilebilirliği daha düşüktür. Balıklar arasında ise; bağırsaktaki amilaz aktivitesi omnivor balıklarda (yaygın sazan dahil) karnivor balıklardan daha yüksektir.

Vücut boyuna bağırsak boyu oranı sazanlarda 1,8-2,0'dir. Bu değerkökkuşığı alabalığı ve Japon yılan balıklarındaki (*Anguilla japonicus*) orandan 4 kat daha fazla olup sazanlarda karbonhidratların daha iyi sindirildiğinin göstergesidir. Farklı seviyelerdeki karbonhidratların ve yemleme sıklığının sazanlarda yem değerkendirmeye üzerine olan etkileri de araştırılmıştır. Günde 2 kez nişastalı diyetlerle beslenen sazanlarda en yüksek ağırlık kazancı ve en iyi yem değerkendirmeye oranları tespit edilmiştir. Glukoz ve maltozda günde 4 kez yemleme yapılması durumunda nişasta gibi iyi değerkler vermişlerdir. Bu demektirki bir öğünde fazla miktarda glukoz veya maltozlu diyet verilmesi “absorbsiyon etkinliğini” düşürmektedir. Dolayısıyla bu maddeler kullanıldığında yemleme sayısı artırılmalıdır.

Sazanların karbonhidratları enerji kaynağı olarak kullandıkları tespit edilmiştir. Pek çok çalışmadan elde edilen sonuçlar dikkate alındığında; yaygın sazan rasyonlarında optimum diyetel karbonhidrat seviyelerinin %30-40 arasında olması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Vitaminler ve Mineraller

Sazanlarda kalite ve kantite bakımından vitamin ihtiyaçları çok iyi çalışılmıştır. Tablo 18.4'te vitamin ihtiyaçları ve noksanlık arazları özetlenmiştir. Folik asit, vitamin B12 ve

K için diyetel ihtiyaçlar henüz tespit edilmemiştir, fakat bu vitaminlerin bazıları sazan ve diğeri tatlısu balıklarında bağırsak florasından sentez edilebilir.

Table 18.4. Sazan balıklarında vitamin ihtiyaçları ve noksanlık belirtileri
(Satoh, 1991; NRC, 1993).

Vitamin	İhtiyaç (mg kg ⁻¹)	Noksanlık Arazı
Thiamine, B1	0.5	Az gelişme, sinirlilik, deride renk kaybı, derialtı kanama
Riboflavin, B2	7	İştahsızlık, az gelişme, hepatopankreasta, deride, kanamalar, yüzgelerde incelme, Işıktan korkma, sinirlilik, anterior böbrek nekrozu
Pyridoxine, B6	6	İştahsızlık, ascites, ataxia, göz fırlaması, kasılma, Sinir bozuklukları, anemi, düşük hepatopankreatik transferaz
Pantothenate	30	İştahsızlık, az büyümede, sabilik, deride kanama, uyuşukluk, göz fırlaması
Niacin, B3	28	İştahsızlık, yetersiz büyüme, düşük yaşama gücü, deride kanama, yüksek ölüm
Biotin, Vitamin H	1	Büyümede gerileme, eritrosit kırılabilirliği ve parçalanması, deride mukus artışı, uyuşukluk
Choline	500	Büyümede gerileme, fatty hepatopancreas, vacuolization of hepatic cells
Inositol	440	İştahsızlık, büyümede gerileme, dermatitis, loss of skin mucosa
Vitamin A	4000 IU	İştahsızlık, büyümede gerileme, göz bozulması, deride renksizleşme, solungaç kapağının ters dönmesi, deride ve yüzgeçte kanama
Vitamin E	100	Kasların işlevsizliği, göz fırlaması, lordosis, böbrek dejenerasyonu, pankreatik dejenerasyon
Vitamin C	required	Kuyruk yüzgeci erozyonu, larva döneminde solungaç yaylarında bozulma, büyümede gerileme

Yaygın sazanların vitamin ihtiyaçları su sıcaklığı ve diyet kompozisyonu gibi pek çok faktör tarafından etkilenmektedir. Örneğin juvenil veya olgun yaygın sazanlar vitamin C ye ihtiyaç duymamaktadırlar çünkü bunlar askorbik asiti D-glukozdan sentezleyebilmektedirler. Fakat yaygın sazan fryları kaudal yüzgeç erozyonu ve solungaç yaylarında deformasyon gibi vitamin C noksanlık arazlarını gösterirler ve dolayısıyla rasyonlarına katılması gereklidir. İlk yeme alışmış yavrularla yapılan çalışmalar göstermiştir ki; dokularda maksimum depolanma için gerekli olan seviyeler (270 mg askorbik asit equivalent kg-1) yaşama gücü ve büyüme için (45 mg askorbik asit equivalent kg-1) gerekenden daha fazladır. Vitamin E bakımından ise ihtiyacın diyetteki çoklu doymamış yağ asidi varlığına bağlı olarak artabileceği söylenebilir.

Ekstrusyon tekniklerinin tüzer yemleri üretmek için kullanılmasıyla pişirmeden dolayı üretim aşamasında ve depolama esnasında pek çok vitaminin tahrip olabilmektedir. Dolayısıyla vitamin seviyelerinin diyetlerdeki ihtiyaç duyulan miktarlarını tutturabilmek için muhakkak surette diyetlere ihtiyaç duyulandan daha fazla 2 kat yada 5 katı kadar ilave edilmelidir. Mineral ihtiyaçları ve noksanlık arazları Tablo 18.5'te özetlenmiştir. (Yaygın sazanın kobalt, bakır, demir, magnezyum, mangan, fosfor ve çinkoya ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir)

Sazanlarda sindirim için ve kalsiyum fosfor gibi pek çok bileşikleri çözmek için gerekli olan asitleri salgılayan bir mide yoktur. Dolayısıyla fosforun elverişliliği tuzların ve ingredientlerin sudaki çözünürlüklerine bağlıdır (Satoh et al., 1992, 1997).

İhtiyaç duyulan fosforun balık unundan (beyaz veya kahverengi balık unu) veya trikalsiyum fosfattan elde edilmesi, karşılaştırma yapıldığında suda daha fazla çözünür olan mono ve di-kalsiyum fosfatlardan daha düşüktür. Dolayısıyla diyetlere fosfat kaynaklarının katılması vitamin C ihtiyacını karşılamak için en uygun yöntemlerden bir tanesidir.

Tablo 18.5. Sazan balıklarının mineral madde ihtiyaçları eksiklik semptomları (Satoh, 1991; NRC, 1993; Kim et. al., 1998).

Mineral	İhtiyaç	Noksanlık arazları
Fosfor	6-8 g kg ⁻¹	Büyümede gerileme, iskelet anormalliği, yem değerlendirmede düşüş, vücutta ve omurgada düşük kül, iç organlarda yağlanmada artış
Magnezyum	0.4-0.5 g kg ⁻¹	Büyümede gerileme, iştahsızlık, yüksek ölüm, uyuşukluk, rehavet, katarakt, yüksek ölüm, iskelette yüksek Ca oranı, kemikte düşük fosfor oranı
Demir	150 mg kg ⁻¹	Özgül ağırlıkta, hemoglobin miktarı ve hematokrit değerinde düşme, ortalama korpüsküler çapta anormallik
Çinko	15-30 mg kg ⁻¹	Büyümede gerileme, mortalitede artış, deri ve yüzgeç erozyonu, düşük kemik Zn konsantrasyonu
Manganez	13 mg kg ⁻¹	Yetersiz büyüme, cücelik, iskelet anormallikleri, yüksek ölüm, kemikte düşük Ca, magnezyum, fosfor, çinko ve manganez
Bakır	3 mg kg ⁻¹	Yetersiz büyüme
Kobalt	0,1 mg kg ⁻¹	Yetersiz büyüme

Balık unlarına monobasik fosfat ilavesi yaygın sazanlarda büyümede artış sağlamıştır. Bakır, magnezyum, manganez ve çinkonun sazan diyetlerine dışarıdan katılması gereklidir. Fakat trikalsiyum fosfatın aşırı ilavesinin çinko ve manganez gibi iz elementlerin elverişliliklerini inhibe (engellediği) ettiği de tespit edilmiştir. Bu inhibasyonun gökkuşağı alabalıklarıyla karşılaştırıldığında sazanlarda daha az olduğu bildirilmiştir. Çinko noksanlığı ve lipit alımı arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir çalışmada besinlerin malabsorpsiyonu (zayıf emilim) gözlenmiş ve bu durum barsaklardaki lipit depolanmasıyla ilişkilendirilmiştir.

Pratiksel Diyetler

Değişen zamanla birlikte çiftlikte hazırlanan ham yemlerle sazanların geleneksel olarak yemlenmeleri de yerini gelişen teknolojiyle birlikte ticari pelet yemlere bırakmıştır. Fakat dünyada en fazla sazan üretimi yapılan Çin'de hala bazı işletmelerde taze yemler, doğal yemler ve kendi kuruttukları yemler kullanılmaktadır. Sazanlar için geliştirilmiş bitkisel ve hayvansal kaynaklı yemler

piyasada bulunmaktadır. Bitkisel kaynaklı olanlara yağlı tohumlular, fasulyeler, tahıllar, tane yemler, otlar, kepekler, küspeler ve ağaç yaprakları dahil edilmektedir. Hayvansal kaynaklılara ise balık unu, et kemik unu, ipek böceği pupa unu, kan unu, tüy unu ve tavukçuluk artıkları unu girmektedir. Günümüzde üretilen sazan diyetleri balık unu tabanlıdır. Balık unu yerine geçebilecek yada ikame edilebilecek maddelerin araştırılmasına devam edilmektedir. Bu şekilde hem balık unundan hemde yemin fiyatından tasarruf edilmesi amaçlanmaktadır. Günümüzde bu maksatla hazırlanan expanded (genişletilmiş) diyetler hızla yaygınlaşmakta ve bütün balıklar için kullanılmaktadır. Expanded diyetler teknolojik olarak ekstrude yemlerle geleneksel buharla peletlenmiş yemlerin arasında sayılabilir.



Şekil. Ekstruded /extended yem

İngredientlerin (Yem maddelerinin) Sindirimleri

Protein ve enerjinin görünür sindirimlerinin türe ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği çok iyi bilinmektedir. Bu özellikle bitkisel yem maddeleri için çok doğrudur. Tablo 18.6’da farklı sıcaklıklarda tutulan ve değişik yem maddeleriyle beslenen sazan balıklarında görünür sindirilebilirlik dereceleri verilmektedir. Sindirebilirlik değerlerinin balıkların vücut büyüklüğünden (3- 295 g) etkilenmedikleri görülmüştür.

Sazanlar için diyet formülasyonu yapılırken sazanların bitkisel yem maddelerini daha iyi değerlendirdikleri göz önüne alınarak balık unu yerine bitkisel ürünlerin yerleştirilmesi için çaba sarf edilmektedir. Patates nişastası, mısır nişastası, çavdar,

buğday unu gibi bitkisel karbonhidratlı yem maddeleri yarayırlılıklarını artırmak için ekstrüzyon (parçalama ve pişirme) işlemine tabi tutulmaktadır. Ekstrüzyon ile yem maddelerindeki nişastanın jelatinizasyonu sağlanmakta ve enerji değeri de artmaktadır. Sazan fingerlingleri çığ ve ekstrüde nişasta ile beslenerek diyetlerde bulunan jelatinize karbonhidrat oranı ve sindirilebilir enerji miktarının etkileri tespit edilmiştir. Buna göre; düşük enerjili (19.7 MJ kg^{-1}) yemlerle beslenen balıklarda en iyi büyüme performansı jelatinizasyon seviyesi %40'ın üstüne çıktığında, yüksek enerjili (20.9 MJ kg^{-1}) yemlerle beslenenlerde ise en iyi performans jelatinizasyon %20 olduğunda elde edilmiştir.

Sazanlar 18 oC'de soya ve ringa balığı unu ile beslenmiş ve soya ile beslenen balıkların enerji ve protein bakımından görünür sindirilebilirlik katsayıları (ADC) daha yüksek çıkmıştır (Kim *et al.*, 1998). Ancak; enerjinin görünür sindirilebilir katsayısı (ADC) bakımından soya protein konsantresi ve ringa balık unu arasında fark çıkmamıştır.

Susam, hardal, yer fıstığı ve kurutulmuş Hindistan cevizi gibi yağlı tohumlu yem maddeleri toplam proteinin %25-%75'i arasında kullanılmış netice ADC bakımından fazla bir fark (%78-%90) elde edilmemiştir (Hasan *et al.*, 1997).

Malt-protein unununda (MPF) alternatif protein kaynağı olarak kullanılabileceğı tespit edilmiştir. Malt protein unu sazan fingerling yemlerinde %40-60 arasında yerleştirilmiş ve yeme kristal amino asitler ilave dildiğinde ağırlık kazancı ve yem değerlendirme bakımından herhangi bir kötü etki yapmaksızın %60 oranında katılabileceğı tespit edilmiştir. Dolayısıyla MPF alternatif yem maddesi olarak iyi bir kaynaktır.

Pek çok protein kaynağı kullanılarak sazan yemi formüle edilmek istenildiğinde maddelerin protein sindirilebilirlik değeri ile ferdi amino asit elverişliliklerinin bilinmesi gerekir. Ekstrüzyon işlemi yemlerde jelatinizasyona sebep olduğundan diyet ya da tek başına yem maddesinin enerji yarayırlılığını artırmaktadır. Fakat işleme esnasında yüksek derecede ısı ve basınç olduğundan oksidasyonla amino asit kayıplarına yol açar ve sonuçta onların yarayırlılıklarını azaltır. Örneğin Maillard reaksiyonuyla (serbest aminoasitler, proteinler veya peptid zincirlerinin serbest amino gruplarıyla indirgen şekerler arasında gerçekleşen ve esmer renkli melanoidinlerin oluştuğı bir dizi reaksiyon) lizin yarayırlılığını azaltır. Bu nedenle ekstrüzyon işlemi yapılırken amino asit elverişliliğini düşürmemek için dikkatli olmak gerekir.

Tablo 18. 6. Farklı sıcaklıklarda tutulan sazanlarda çeşitli yem maddelerinin protein ve enerjilerinin görünür sindirilebilirlik dereceleri (Takauchi, 1991).

Proximate kompozisyon				Görünür sindirilebilirlik (%)					
Ingredients	Nem	Protein	Gross enerji	Protein			Enerji		
	(%)	(%)	(MJ kg ⁻¹)	15°C	20°C	25°C	15°C	20°C	25°C
Beyaz balık unu	8.8	65.8	0.17	94	90	92	86	89	88
Lokal balık unu	10.8	63.5	0.18	90	90	93	87	87	86
Et unu	11.8	69.0	0.22	91	91	95	76	79	82
İpek böceği pupa unu	7.8	52.6	0.24	87	86	88	80	79	82
Mısır Gluten unu	8.8	64.3	0.22	82	88	93	73	80	85
Yağsız soya unu	10.7	45.3	0.17	94	96	95	76	79	80
Yağsız buğday ruşeym unu	10.6	31.3	0.17	92	93	94	70	74	77
Yağsız prinç kepeği	11.3	18.8	0.16	60	85	88	48	71	76
Buğday unu	13.1	15.8	0.16	78	79	80	49	73	79

Ekstrüzyon işlemi genellikle ingredientlerin görünür amino asit elverişliliklerini arttırmaktadır. Fakat gerçek sindirilebilirlik dereceleriyle arasında farklılıklar olmaktadır. Sazan diyetlerine orkinos yağı katılmış ve sonuçta yağ miktarının %10 dan %15 e çıkarıldığında görünür sindirilebilir katsayısının önemli derecede %85den %59'a düştüğü görülmüştür. Fakat daha yüksek seviyelerde yağ ilavesinin sindirimdeki bu olumsuzluğu giderdiği görülmüştür.

Sığır kuyruk yağı ve farklı erime noktalarına sahip hidrojenlendirilmiş çeşitli balık yağları karşılaştırıldığında 10 g dan küçük sazanlarda 53 derece erime noktalı balık yağının sindirilebilirliğinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Erime noktası 38 dereceye indirildiğinde ise yağlar etkili bir şekilde kullanılmışlardır. Balık büyüklüğü ve

su sıcaklığına bağlı olmaksızın sindirilebilirlik %70'den daha fazla olmuştur. Bu nedenle yüksek kaliteli lipid yemleri (eğer balıkların ihtiyaç duydukları esansiyel yağ asitlerini karşılayacak kalitede ise) diyetlerde herhangi bir kötü etki yapmaksızın enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Balık Unu için Alternatif Arayışları

Balık unu tam balıktan yapıldığında çok yüksek kaliteli olmakta ve protein kaynağı olarak diyetlere katılmaktadır. Ayrıca enerji ve mineral yönünden çok zengin olması, yüksek derecede hazmolabilme özelliğine sahip olması ve çok lezzetli olması nedeniyle çoğu balık türleri tarafından sevilerek tüketilmektedir. Tam balıktan elde edilen balık unu %60-80 protein içermekte, bunun da %80-95'i balıklar tarafından sindirilebilmektedir. Bir diğer özelliği de bitkisel orijinli yem maddelerinde en az bulunan amino asitlerden lizin ve metionine çok zengin olmasıdır. Deniz kaynaklı balık unları çoğu balık türü için esansiyel olan n-3 yağ asitlerini %1-2,5 oranında içermektedir. Fakat kaliteli balık unları çok pahalıdırlar. Bu nedenle alternatif protein kaynaklarıyla balık unlarının kısmen veya tamamen ikame edilmeleri düşünülmelidir (Higgs et. al. 1988).

Balık unu balıkların sadece minimum besin ihtiyaçlarını sağlamakla kalmayıp büyüme ihtiyaçlarını da karşılamaktadır. Örneğin yüksek kaliteli balık unları salmonid diyetlerinde kullanılan en iyi protein kaynakları olarak bilinmektedirler. Diğer yandan, yüksek fiyatlı olması bakımından balık ununun ticari yemlerde bol miktarda kullanılmasından kaçınılmaktadır (Pike et. al. 1990).

FAO (1983), kaliteli balık unlarının kimyasal kompozisyonlarının oldukça sabit olması, fiyatlarının da pahalı olmasından dolayı, entansif balık kültüründe, sadece yemin, tüm masrafların %40-60'lık kısmını tuttuğunu belirtmektedir. Akyurt (1989) ise, entansif balık yetiştiriciliğinde, girdilerin %60-70'ini yemin oluşturduğunu kaydetmektedir. Bu nedenle de daha ucuz ve kaliteli bir protein kaynağının bulunması gerektiği vurgulanmaktadır. Dolayısıyla sekonder protein kaynakları olarak bilinen diğer protein kaynaklarından iyi kaliteli kan unu, soya unu, kümes hayvanları atıkları unları, mısır unu, brewer mayası ve hidrolize tüy unu kısmen (%5-15) balık yemlerinde kullanılmaktadır. Fakat bunlar hem büyümeyi hem de yem değerlendirmeyi düşürmektedirler. Ancak, bunların tümünün karma yapılması halinde balık unu yerine %50'ye kadar kullanılabileceği bildirilmektedir (Tacon ve Jackson, 1985).

Denenmiş alternatif yemlerden en fazla başarı soya unundan elde edilmiştir.

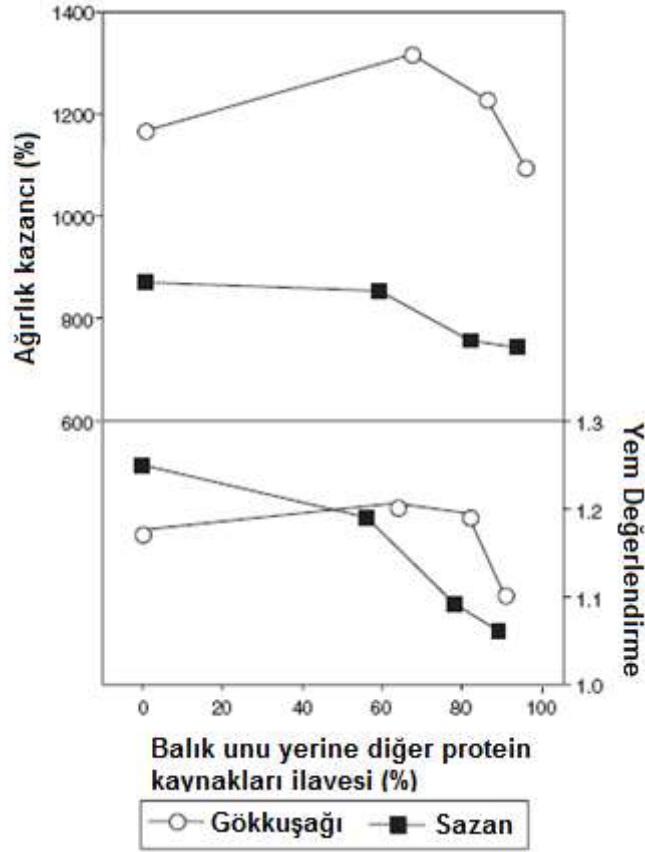
Kahverengi balık unu yerine %56 oranında bitkisel karma (%25 soya unu ve 10% mısır gluten unu, %38 proteinli yem) kullanılması tavsiye edilmiştir. Aksine, gökkuşağında ise yaklaşık %90 ikame seviyesinde, %40 proteinli bir diyetle başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Fig. 18.3; Pongmaneerat, 1993).

Sazanların bitkisel proteinleri gökkuşağı alabalıklarından daha iyi kullandıkları genel olarak kabul edilmesine rağmen, sazanlarda gözlenen bu düşük ikame seviyeleri ilave edilen kristal amino asitlerin karşılaştırma yapıldığında sazanlarca daha az kullanımına bağlanabilir. Bununla ilgili olarak, taurinin sınırlayıcı amino asit olup olmadığının test edilmesi gereklidir.

Balık unu yerine ikame çalışmaları göstermiştir ki; çevresel fosfor yükü diyetteki balık unu seviyesine paralel olarak azalmaktadır.

Toplam fosfor ve nitrojen yükü dikkate alındığında sazan diyetlerinde uygun balık unu seviyesinin kan unu ve yağsız soya unuyla kombinasyonu yapılarak %20-25 civarında olması gerektiği vurgulanmaktadır. Yine diyetlere protein konsantrisinin katılmasının da atık fosfor seviyesinin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir.

Sazan frylarıyla yapılan çalışmalarda %25 oranında keten tohumu yada yerfıstığı küspesi katılarak elde edilen diyetlerle protein kaynağı olarak sadece balık unu katılarak hazırlanan diyetlerden elde edilen büyüme değerleriyle rekabet edebileceği gösterilmiştir. Soya protein konsantrisi ile %40lık ikame yapılması durumunda sazan larvalarında yaşama gücü ve büyüme bakımından herhangi bir aksaklık izlenmemiştir, fakat %60-70 oranında ikame yapıldığında büyümede gerilemeye neden olmuştur. (sülfürlü amino asit ilaveleri de büyümede gerilemeyi değiştirememiştir)



Şekil 18.3 Balık unu yerine diğer protein kaynaklarının ikamesi ile yapılan yemlerle beslenen Sazan ve Gökkuşaağı alabalıkları arasında yem değerlendirme ve % ağırlık kazancı

Yemleme Pratikleri

Yoğun sazan balığı kültürü uygun yemleme oranlarının etkilerinin bilinmesini gerektirir. Yemleme oranının uygun olması sadece optimum büyümeyi değil aynı zamanda akuatik suları kontrol etmek içinde önemlidir. Yarı entansif kültürde standart prosedürleri kullanarak

Yarı entansif kültürde besin madde girişindeki varyasyonlar ve tabi yem döngüsündeki devir zamanını tespit için standart prosedürlerin uygulanması gereklidir. Entansif operasyonlar için ise uygun yem formülasyonları ve yemleme pratikleri geliştirilmelidir. Bunu yaparken potansiyel sindirim oranı ve metabolik atık boşaltımı da dikkate alınmalıdır.

Tablo 18.1 Farklı büyüme dönemlerindeki sazan balıklarının *Cyprinus carpio*, kültür sistemleri ve yemleme pratiklerini göstermektedir (Kafuku, 1992).

Balık dönemi	Üretim Sistemi	Yemler/yemleme
Olgun balık	Sağım havuzu	%70 bitkisel madde %30 hayvansal madde içeren ve vitamin ve minerallrle zenginleştirilmiş diyet
Fry	Durgun su havuzu	Daphnia ve diğer zooplankton Yapay diyetler
Yazlıklar	Durgun su havuzu	Günde beş kez pelet yemle yemleme
	Yarı su akışlı yetiştirme havuzu	Yapay yemler, ipekböceği pupaları, sebzeler, haşlanmış buğday
Sofralık-balık	Yetiştirme havuzu, Akışlı yetiştirme havuzu	
	İlk bahar su havuzu	
	Sirkülasyon su havuzu	
	Yüzer ağ kafes	

Japonyada Kasumigaura gölünde yapılan bir çalışmayla sazan balıklarına ticari yemler ve test diyetleri verilerek yemleme oranları tespit edilmiştir (Tablo 18.7 ve 18.8). Kasumigaura diyeti düşük proteinli ve yüksek enerjili olup, sonuçta küçük taneli yemler için yemleme oranları daha yüksek tespit edilmiştir.

Yemleme oranlarının ayrıca su sıcaklığına ve balık büyüklüğüne de önemli derecede bağlı olduğu tespit edilmiştir. Yapılacak kültür operasyonlarında uygun rasyon büyüklüğünün seçilmesi de gereklidir.

Çalışmada tercih edilen optimum su sıcaklıkları 30-32 oC ler arasındadır. Büyümede gerileme sıcaklıkta düşüşlerin yaşandığı 10 oC civarlarında çok iyi görülmüştür. Fakat büyüme hormonu çalışmaları kışında iştahın teşvik edildiğini göstermiştir. Bu demektir ki kışın istenmeyen iklim şartlarında dahi yetiştiricilik yapılabilir (Teskeredxic et al., 1995).

Sazan kültürü sürekli geliştiğinden her geçen gün daha fazla entansif yetiştiricilik sistemleri devreye girmekte ve dolayısıyla gelişmiş diyet formülasyonlarının hem

ihtiyacı karşılama ve hemde çevre kirliliğini önleme bakımından yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Tablo 18.7. Normal standartlara göre hazırlanmış ticari yemle beslenen sazanlarda sıcaklık ve balık büyüklüğü esas alınarak hazırlanan günlük yemleme oranlarındaki değişimler (Miyatake, 1997)

Su Sıcaklığı (°C)	Vücut ağırlığı (g)											
	2-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000
15	4.5	3.7	3.2	2.8	2.5	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9
16	4.8	4.0	3.4	3.0	2.7	2.4	2.1	1.8	1.6	1.4	1.1	0.9
17	5.2	4.3	3.7	3.2	2.9	2.6	2.2	1.9	1.7	1.5	1.2	1.0
18	5.6	4.7	4.0	3.4	3.1	2.8	2.3	2.0	1.8	1.6	1.3	1.0
19	6.0	5.1	4.3	3.7	3.4	3.0	2.5	2.2	1.9	1.7	1.3	1.1
20	6.5	5.5	4.6	4.0	3.7	3.2	2.7	2.4	2.2	1.8	1.4	1.2
21	7.0	6.0	4.9	4.3	4.0	3.4	2.9	2.6	2.1	1.9	1.5	1.3
22	7.6	6.5	5.3	4.6	4.3	3.7	3.1	2.8	2.3	2.0	1.6	1.4
23	8.2	7.0	5.7	4.9	4.6	4.0	3.4	3.0	2.5	2.1	1.7	1.5
24	8.8	7.5	6.1	5.3	4.9	4.3	3.7	3.2	2.7	2.3	1.8	1.6
25	9.5	8.0	6.5	5.7	5.2	4.6	4.0	3.4	2.9	2.5	2.0	1.7
26	10.2	8.5	6.9	6.1	5.5	4.9	4.3	3.7	3.1	2.7	2.2	1.8
27	10.9	9.0	7.4	6.5	5.8	5.2	4.6	4.0	3.3	2.9	2.4	1.9
28	11.6	9.5	7.9	6.9	6.2	5.6	4.9	4.3	3.6	3.1	2.6	2.0
29	12.3	10.1	8.4	7.4	6.6	6.0	5.2	4.6	3.9	3.3	2.8	2.1
30	13.1	10.7	8.9	7.9	7.0	6.4	5.7	4.9	4.2	3.5	3.0	2.2

Tablo 18. 8. Düşük proteinli ve yüksek enerjili yemle beslenen sazanlarda sıcaklık ve balık büyüklüğü esas alınarak öngörülen günlük yemleme oranları (Miyatake, 1997)

Su Sıcaklığı (°C)	Vücut ağırlığı (g)								
	1-5	5-10	10-50	50-100	100-200	200-400	400-600	600-800	800-1000
15	4.65	3.42	2.16	1.59	1.26	0.95	0.84	0.76	0.69
16	5.15	3.80	2.39	1.76	1.40	1.05	0.94	0.84	0.77
17	5.17	4.21	2.65	1.95	1.55	1.17	1.04	0.93	0.85
18	6.33	4.66	2.94	2.17	1.72	1.30	1.15	1.03	0.95
19	7.02	5.17	3.26	2.40	1.90	1.44	1.28	1.14	1.05
20	7.78	5.73	3.61	2.66	2.11	1.59	1.41	1.26	1.16
21	8.62	6.35	4.00	2.95	2.34	1.76	1.57	1.40	1.29
22	9.65	7.04	4.44	3.27	2.59	1.96	1.74	1.55	1.43
23	10.60	7.81	4.92	3.62	2.88	2.17	1.93	1.72	1.58
24	11.75	8.65	5.45	4.02	3.19	2.40	2.13	1.91	1.75
25 ve üzeri	13.02	9.60	6.04	4.45	3.53	2.66	2.37	2.11	1.94

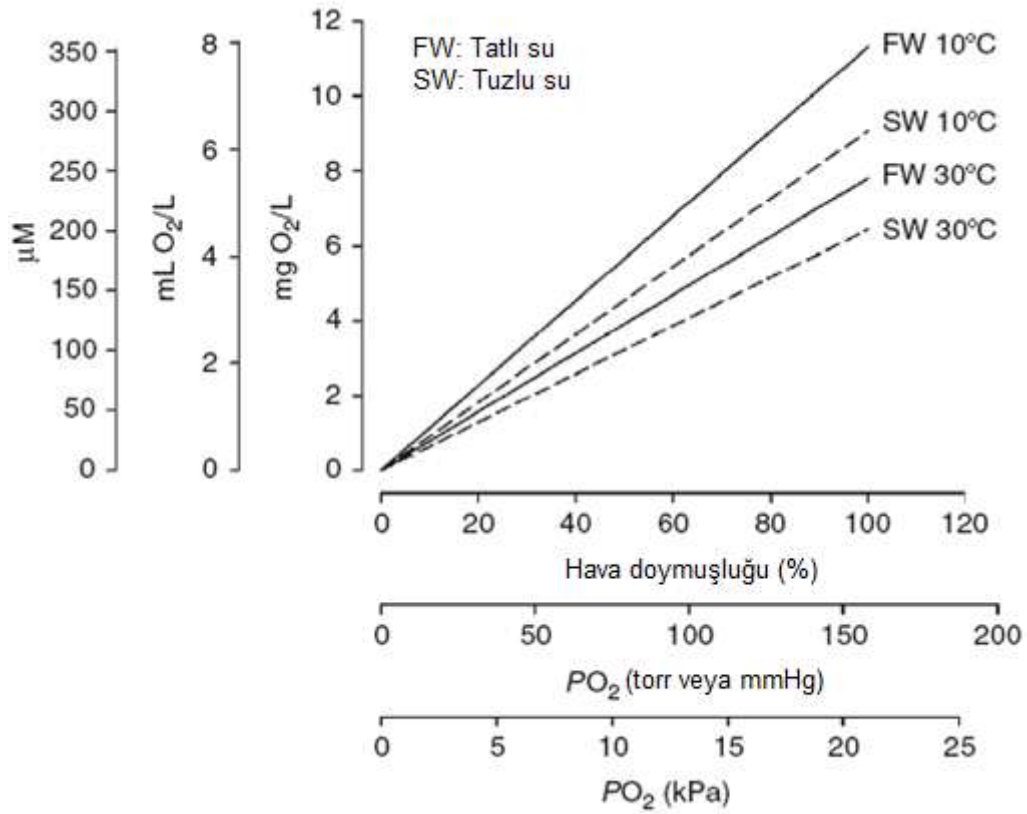
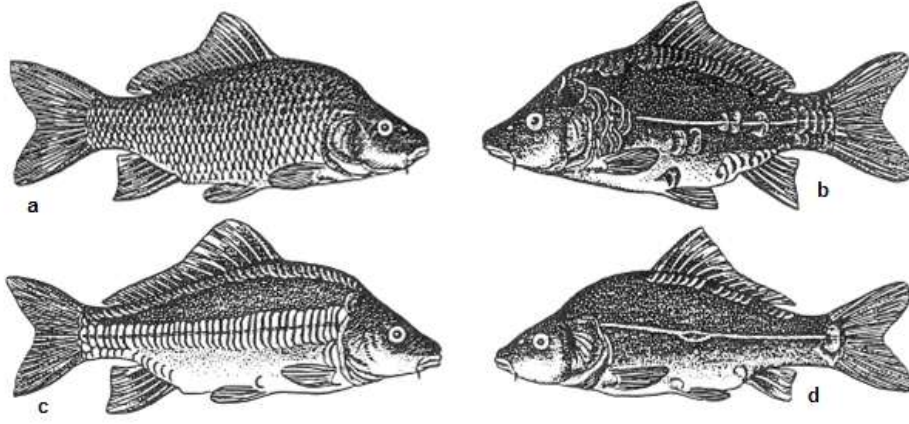


Fig. 1.1. Tatlı su (FW) ve tuzlu suda (SW) 10 oC’de suyun oksijen doymuşluk seviyelerine ait Nomogram (J.G. Richards, Yayınlanmamış veri).

Üretilcek balığın tanımlanması

Sınıf	: Pisces	: Balık
Alt Sınıf	: Osteichtyes	: Gerçek balıklar
Üst takım	: Teodeortei	: Kemikli balıklar
Takım	: Cypriniformos	: Sazanlar
Alt takım	: Cyprincidoe	: Sazan benzerleri
Familya	: Cyprinidae	: Sazan balıkları
Cins	: Cyprinus	: Sazan cinsi
Tür	: Cyprinus carpio (LL.1758) sazan (Kuru, 1971)	

Aynalı sazan (mirror carp) sazangillerin kültür türü olup, ılık su balığıdır. Son yıllarda kendini piyasaya kabul ettirmiştir. Omnivor balıklardandır. Piyasada ıslah yoluyla çeşitli varyeteleri bulunmaktadır. Bunlar:

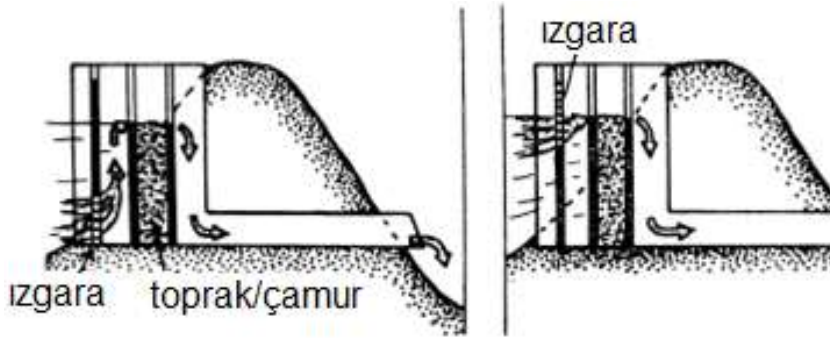


Şekil 4.5. Cyprinus carpio'nun pul tipleri (Kirpichnikov, 1981)'den sonra

- a. SSnn ve Ssnn:pullu sazan**
- b. ssnn: aynalı sazan**
- c. SSNa ve SsNn: tek sıra pullu sazan**
- d. ssNn: deri yada çıplak sazan**

Tablo 2.3. Sazanlarda Su kalitesi kriterleri

	Birim	optimum seviye (kuluçkahaneler için)	Müsade edilen sınır değeri (Havuzlar için)
Konduktivite	μS	1000-2700	6000'e kadar
H ₂ S	mg/l	0.0	0.1
NO ₂	mg/l	0.5'in altında	0.5
NO ₃	mg/l	1.0-10.0	15.0
NH ₄ ⁺ ion	mg/l	1.5-2.0	3.0
Serbest NH ₃	mg/l	0.0	0.1
O ₂ doymuşluğu	%	70'in üstü	50
Çözünmüş O ₂	mg/l	5-12	3-4
pH	—	7.0-8.5	9.0
Fe, Mn	mg/l	0.02'nin altı	0.02



Şekil 2.9 Savak çiftlik havuzlarında kullanılan geleneksel boşaltım sistemidir. Su seviyeleri tahta bir tabla ile kontrol edilir. Fazla su ızgaradan geçirilerek dışarı atılır

Sazan Yetiştiriciliğinin Temel İlkeleri

Sazan balıklarının kültürü antik çağlara dayanmaktadır. **Buraya defterdekini yazacağım.** Sazanlar aşağıdaki özelliklerinden dolayı dünyada kültürü yaygın olarak yapılan balıklar arasında en yaygın olanlardır.

1. İlk yatırım masrafları toprak havuzlarda yetiştiriciliğinin yapılması nedeniyle düşüktür.
2. Düşük oksijene toleranslıdırlar.

3. pH dalgalanmalarına toleranslıdırlar.
4. Sıcaklık dalgalanmalarına toleranslıdırlar.
5. Suni döl almak kolaydır. Bir yumurtlama sezonunda çok sayıda yumurtlayabilirler. Bir dişi ortalama 200.000- 1,5 milyon adet yumurta vermektedir.
6. Omnivor olduklarından, her çeşit yemi tüketebilmektedirler.
7. Yem değerlendirmesi yüksektir. Hızlı büyürler.
8. Hastalıklara karşı dirençlidirler
9. Etleri lezzetlidir
10. Fiyatı ucuz olduğundan ve herkesçe bilinen bir balık olduğundan kolayca pazarlanmaktadır.
11. Kuluçka süresi kısadır (3–4 gün). Boyları 18 mm olduğunda frylar aktif olarak yüzmeye ve yem almaya başlarlar.
12. Sazan havuzlarına verilecek su miktarı sadece buharlaşma ve sızıntı yolu ile kaybedilecek suyun temini için gereken su miktarıdır (1 L/dk/ha).

Ekolojik Karakterleri

Sazanlar termofilik (sıcak seven) balıklardır fakat aşırı yüksek sıcaklıkları çok uzun süreli soğukları veya gün içindeki hızlı dalgalanmaları tolere edebilen canlılardır. Su sıcaklığı düştükçe sazanlarda metabolizma hızı da düşmekte ve büyüme yavaşlamaktadır. 4 oC’de yem alımını durdurmaktadırlar. En hızlı gelişmelerini (optimum büyüme) 20 oC’de yapmaktadırlar. Sazanlar pH ya karşı da oldukça toleranslıdırlar acı sulardan alkali sulara kadar yayılım gösterirler (pH=9). Oksijen dalgalanmalarına da dayanıklı olup 3-4 mg/L oksijen seviyesinde dahi gelişmektedirler. Ancak seviye 0.3-0.5 mg/L ye düştüğünde balık ölümleri görülmektedir. Sazan çok hızlı büyüyerek 20 kg a kadar erişebilir. Bentik ve zooplanktonik organizmalarla ile aynı zamanda bitki tohumları, su bitkilerini ve detritusla da beslenirler.

Sazanların balık havuzlarında büyütülmesi

Kültüre alınmış balık türlerinin bioritimleri ve büyümeleri ılıman iklimlerde süreklilik arz etmez. Aktif yemlenme ve pasif (yem yememe) durumları sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Aktif yemlenme durumlarında balıklar hızlı gelişirler. Bu aktif period ilkbahar, yaz ve sonbaharın başlarında olmaktadır. Bu aylarda sıcaklık genellikle 12-14 oC nin üzerindedir. Yem yemediği zamanlarda büyüme olmamaktadır. Aslında birazcık

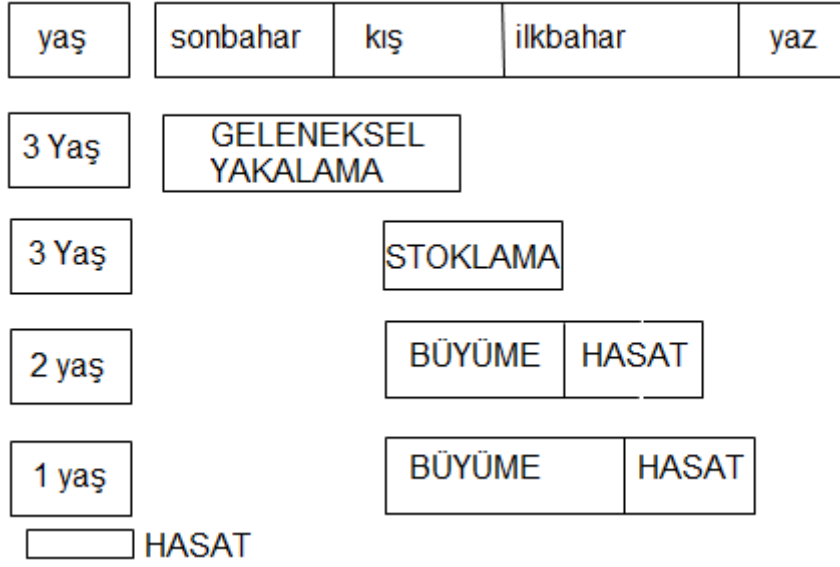
ağırlık kaybı dahi olmaktadır. Bu periyotta balık nehrin 40Clik alt kısmına çekilir. Bu sıcaklıkta metabolizmaları minumum seviyededir. Büyümezler fakat kız mevsimi boyunca canlılıklarını sürdürürler. Kış mevsimlerinden dolayı balıklar 3 büyüme sezonunda ancak 1-1.5 kg a ulaşmaktadırlar.

Büyüme oranları yaşa bağlı olarak ta değişmektedir. Yaşayan bütün organizmalardaki genel kural balıklar içinde geçerlidir yani cinsi olgunluğa kadar balıklar hızlı gelişirler ve bu hızlı gelişme bütün üretim sürecini etkilemektedir. Fakat 3 büyüme sezonu dikkate alındığında sezonlar arasında büyük farklılıklar görülebilir. En hızlı gelişme oranı larval dönemden 1 yıllık yaşa kadar görülmektedir. Buradaki büyüme larva ağırlığının birkaç yüz katıyla ifade edilmektedir. İkinci büyüme sezonunda çevre şartları optimum olduğunda 10 kat bir büyüme oranı gerçekleşmektedir. Üçüncü büyüme sezonunda ise ancak 5 katlık bir ağırlık kazancı sağlanmaktadır. Genel toplamda bu büyüme ortalama 2 kg olup karşılaştırma yapıldığında 2. dönemden elde edilen 200 g ve 1. dönemden elde edilen 20g ağırlık kazancından net olarak daha fazladır. (Tablo 2.1)

Tabiattaki büyüme oranı sıcaklık ve balıkların yaşlarından dolayı tam olarak tam olarak tespit edilemez. Büyüme oranı ayrıca stok yoğunluğu, yemin kalite ve kantitesi ve oksijen gibi faktörlerle de önemli ölçüde etkilenmektedir.

Tablo 2.1 Yaygın sazan ve çin sazanlarında büyümenin mevsimlere göre değişimi

Üretim Dönemi	Başlangıç Ağırlığı	Son Ağırlık	Net Büyüme
	(g)	(g)	(kat)
Frydan gelişmiş frya	0.003±0.005	0.3±1.5	100-300
Gelişmiş frydan			
1 yazlığa	0.3±1.5	20-70	50-100
1. yazlıktan			
2. yazlığa	20-70	100-350	7-10
2 yazlıktan			
sofralık balık	100-350	600-1750	5-7



Şekil 6.11. Sofralık sazan üretim senaryosu. Hasat; geleneksel olarak sonbahar ve kış aylarında havuzlar boşaltılarak yapılmakta, yaz aylarında ise sudan yapılmaktadır.

Tablo 345. Havuzlarda monokültür olarak yetiştirilen sazanlarda verim

	Stoklama		Yaşama gücü		Verim
	(Balık/ha)	(kg/ha)	(balık/ha)	(%)	
Larva- 1 yazlık	100000-200000	0	10000-40000	5-30	200-400
1 yazlık	40000-60000	8-15	20000-35000	50-60	300-700
1 yazlık-2 yazlık	5000-7000	100-200	3000-4000	50-70	600-800
2 yazlık - sofralık	600-800	120-200	400-500	50-70	600-700

2.3. Yetiştirme Döngüsü

Yetiştiricilik 2 ana işleme ayrılmaktadır. Bunlar:

1. Fryların bakım ve büyütülmesi (üreme biyolojisi, ekoloji ve taksonomik bilgi gerektirir)
2. Gelişmekte olan balıkların yetiştirilmesi (teknolojik, besleme, fizyolojik ve idari bakımdan pratik bilgi gerektirir)

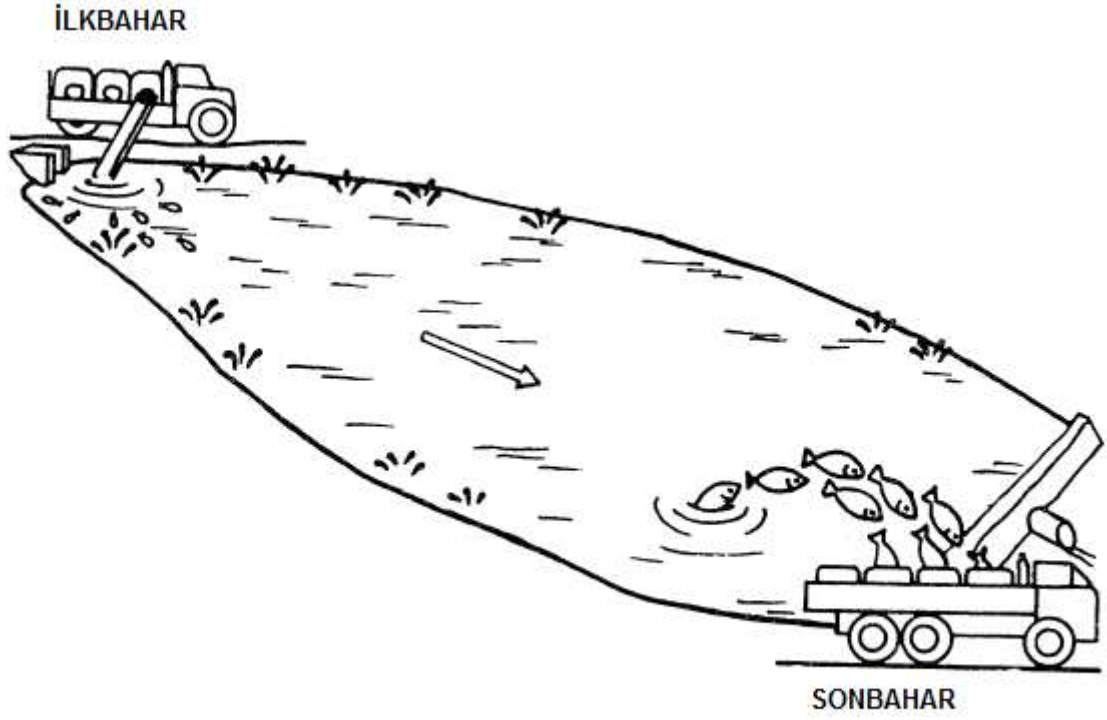
İlk devre kaliteli damızlık üretimini içermektedir. Fry yemleme havuzlarına alınmalıdır. 3-4 hafta sonra fingerlingler alınarak önbüyütme havuzlarına alınırlar. 1

yazlık ve 2 yazlık balıklar kış aylarında havuzlardan alınır. Sonra tekrar ilk baharda havuzlara stoklanarak büyütülürler. Genellikle sıcak iklime sahip yerdeki balıklar ılıman iklime sahip yerlerdeki balıkların 3 yılda sağladıkları gelişmeyi sadece 1 yılda sağlayabilmektedirler. Balıkların Pazar ağırlıklarında ülkeden ülkeye fark etmekte bazı ülkelerde 300-500 g lık balıklar pazarlanabildiklerinden buda çok kısa sürmektedir.

2.4. Çiftlikte Üretim

Bir balık çiftliği iyi planlanmış ve programlanmış aktivitelerin yürütüldüğü yetiştiricilik ve ıslah çalışmalarının yapıldığı balık havuzlarının bulunduğu ekonomik bir ünitedir. Verimler esas alındığında

1. Ekstensif yetiştiricilik: stoklama düşük olup yemleme hemen hemen hiç yapılmaz ve hasat olarak hektara yılda birkaç yüz kg ürün alınır. Ermenistandaki bir uygulamada 300 g'lık aynalı sazanlar havuzlara atılıp daha sonra sonbaharda 4 kg olarak hasat edilmektedir.
2. Yarı-entansif yetiştiricilik: Stok miktarı daha fazla idare daha başarılı ve günlük yem verilmektedir. Verim hektara birkaç ton olmaktadır.

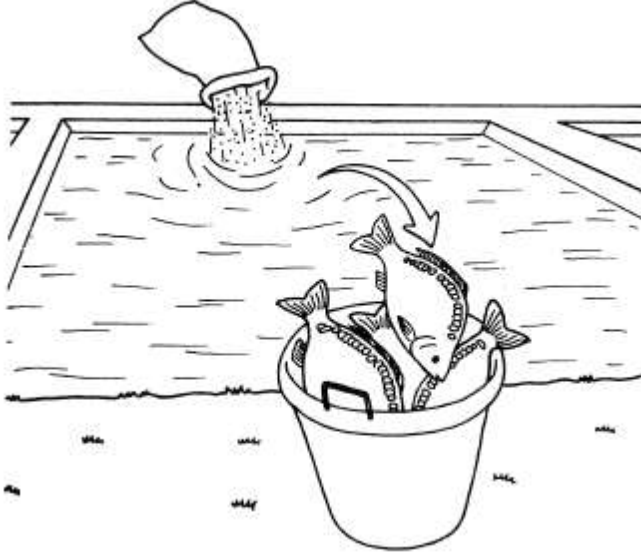


Şekil 2.1. Ekstensif sazan yetiştiriciliği, havuza stoklanan yavruların hasadı şeklindedir

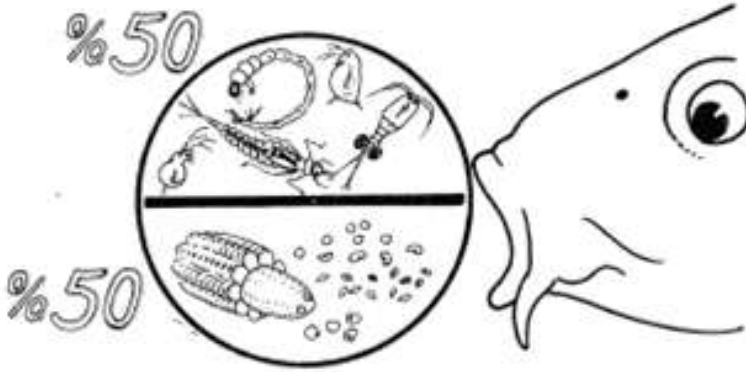
Tablo.2.2 Sazan çiftlik havuzlarında doğal verimlilik (kg/ha/yıl)

Havuz tanımlaması	Sazan monokültürü (kg)	Sazan polikültürü (kg)
Zayıf	100	150
Orta	100-200	150-375
İyi	250-400	375-600
Çok iyi	400-600	600-900

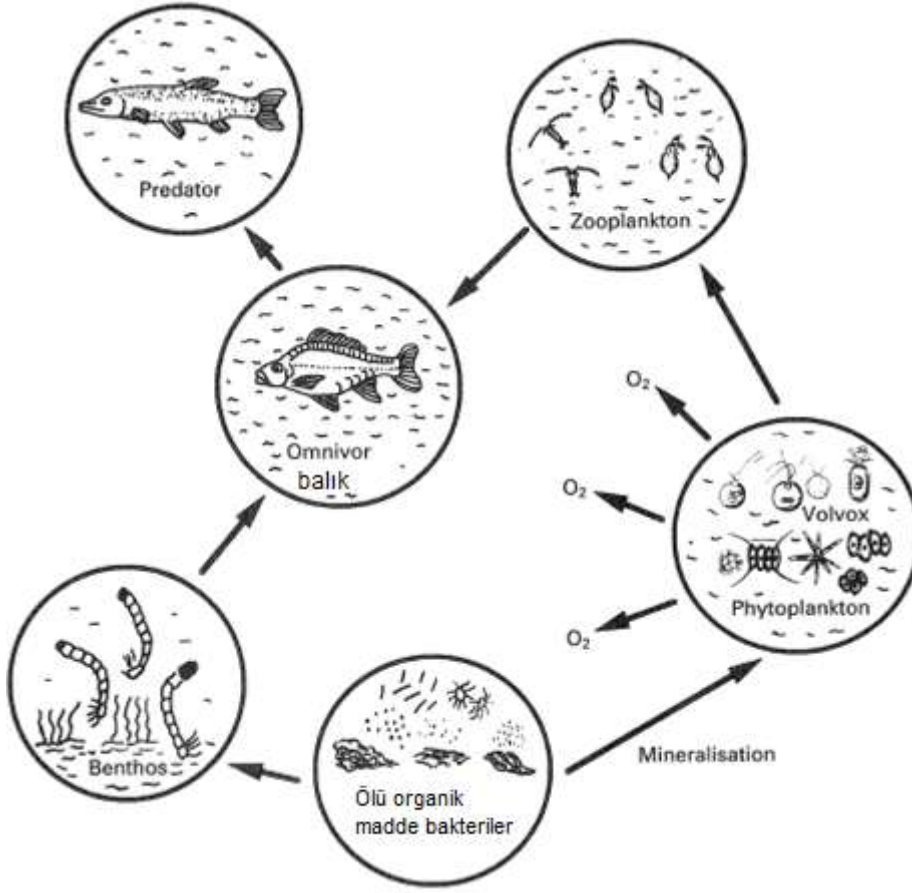
Tukarıda tanımlanan 2 çeşit yetiştirme tekniğinde stoklama yapısı monokültür (tek tür genelde yaygın sazan) veya polikültür (pekçok yarışmasız türler, genellikle sazangiller) olabilir. Her iki sistemdede stoklama çiftçinin maksadına bağlı olarak değişmektedir. Balık verimi ilave yemlemeyle de arttırılabilir.



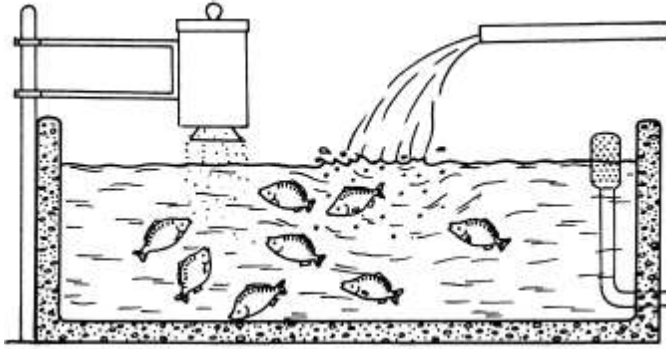
Sazanlar ilk başlarda monokültür olarak yetiştirilmekte ve genellikle ucuz tahıllarla beslenmekteydiler.



Sazanlar omnivor balıklardır.



Şekil 2.1. Balık kültür havuzundaki tropik (besin) ağı



Şekil. Sazan havuzlarında kullanılan otomatik yemlikler

Sazanlar entansif olarak yetiştirildiklerinde kaliteli yemler verilmektedir. Şekilde otomatik yemlik ile yemleme işlemi görülmektedir.

Yarı entansif sistemlerde ılıman iklime sahip bölgelerde hektara 1-2 ton verim almak hedeflenir bunun için yapılacak başlangıç stoklama işlemi aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

Örneğin ;

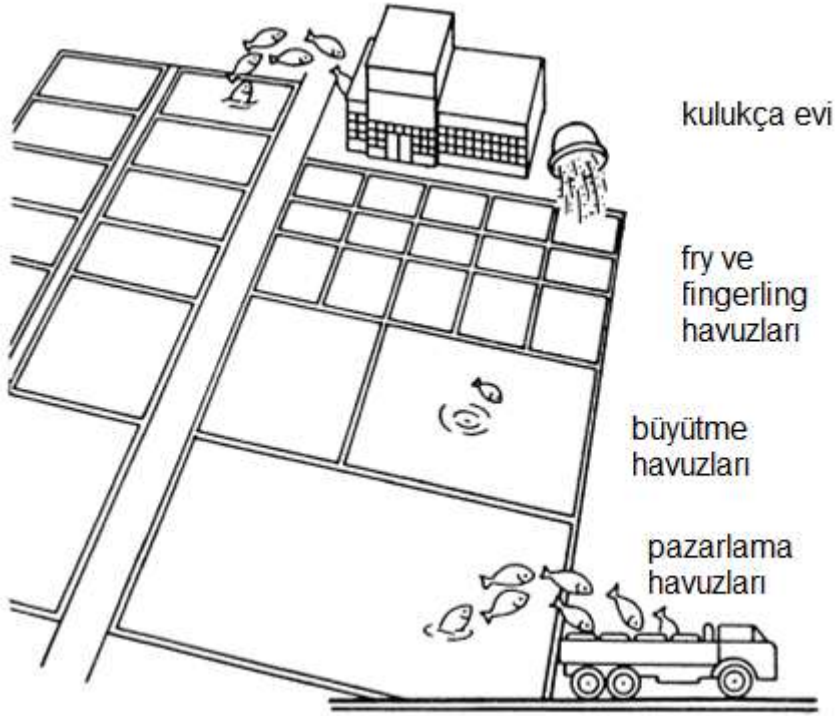
2 yazlık balık (C2) başkangıç ağırlığı	250g
Arzu edilen son ferdi ağırlık	1000g
Tahmini havuz kapasitesi:	1500 kg
Stoklamada gerekli toplam balık sayısı	$1500 \text{ kg} / 1000\text{g} = 1500 \text{ balık}$
Toplam stokun %20'si muhtemel kayıp	$1500 + \%20 = 1800 \text{ balık}$

Sazan Çiftlikleri

Çiftlikler genellikle;

1. Kuluçkalama: yumurtaların alınışından ilk yemlemeye kadar olan dönem geçmektedir.
2. Erken fry yetiştirme: bu havuzlara ilk yemlemeye başlanıldığında stoklama yapılır ve 1 aylık olduklarında biter.
3. Fingerling büyüütme: 1 aylık yavruların stoklanmasıyla başlar fingerlinglerin hasadıyla biter
4. Önbüyütme yada semirtme periyodu: fingerlinlerin stoklanmasından 2. sezonun sonuna kadar devam eder.
5. Sofralık balık üretimi: 2 yazlık yavruların stokuyla başlar 2. sezonun sonunda biter. 2 yıllık üretim yapılıyorsa bu aşamaya gerek kalmaz.

İlk üç dönem intensif yetiştiricilik yapılan çiftliklerde uygulanır ve havuzlarda gerçekleştirilir. Eğer bütün işlemler havuzlarda yapılırsa “tam yetiştirme” yada full operasyon adını almaktadır.



Şekil 2.5. Full operasyon çiftliklerinde yapılan işlemler kuluçkahaneden başlayıp pazarlama aşamasına kadar devam etmektedir.

Ayrıca yukarıda zikredilen dönemlerin her hangi birini yapan işletmelerde vardır örneğin bir çiftlik sadece yavru üretimi yapabilir, bir diğeri fingerlingleri alıp büyütebilir bu tip yetiştiricilik ise “kısmi yetiştiricilik” adını almaktadır.

2.7 . Havuzlar

Sazan havuzları genellikle sığdır çünkü bu sularda yaz aylarında su hemen ısınmaktadır. Sub tropikal bölgelerde ve Avrupada havuz derinlikleri 1-1.5 m olabilmektedir. Fakat sıcak iklimlerde havuz derinliği aşırı ısınmayı önlemek için 2-2.5 m ye kadar çıkarılabilmektedir.

Havuz büyüklüğü fingerlingler için hazırlanan birkaç yüz metrekareden, intensif yetiştirme için 100 hektar büyüklüğüne kadar çıkarılabilir. Full veya tam yetiştiricilik yapılan çiftliklerde toplam çiftlikteki havuz alanları aşağıdaki gibi verilebilir:

Sazan balıklarında suni Üretim

- 1 yazlık fingerling üretimi (C1 olarak adlandırılır): %10
- Büyütme havuzunda fingerling üretimi (C2): %20
- Sofralık balık üretimi (C3) : %70

Havuzlar büyüklük bakımından farklılık göstermektedir.

- Fry büyütme havuzları : 100-5000 m²
- Fingerling havuzları : 5000-20000 m²
- Besi havuzları : 5-10 ha
- Sofralık balık üretimi: >5ha
- Özel kışlatma havuzları : 600-2000 m²
- Depolama havuzları : 0.2-10 ha (kışlık olarakta kullanılabilir)

Genel olarak balıklardan yumurta çeşitli yöntemlerle elde edilmektedir. Bu yöntemler arasında;

1. Yarma metodu : Bu yöntem genellikle atlantik ve pasifik salmonlarına uygulanır. Çünkü bu balıklar yumurtladıktan sonra genellikle ölmektedir.

2. Yaş yöntem : Önce sperm sulandırılır ve yumurtalar bu sıvı ile döllenir.

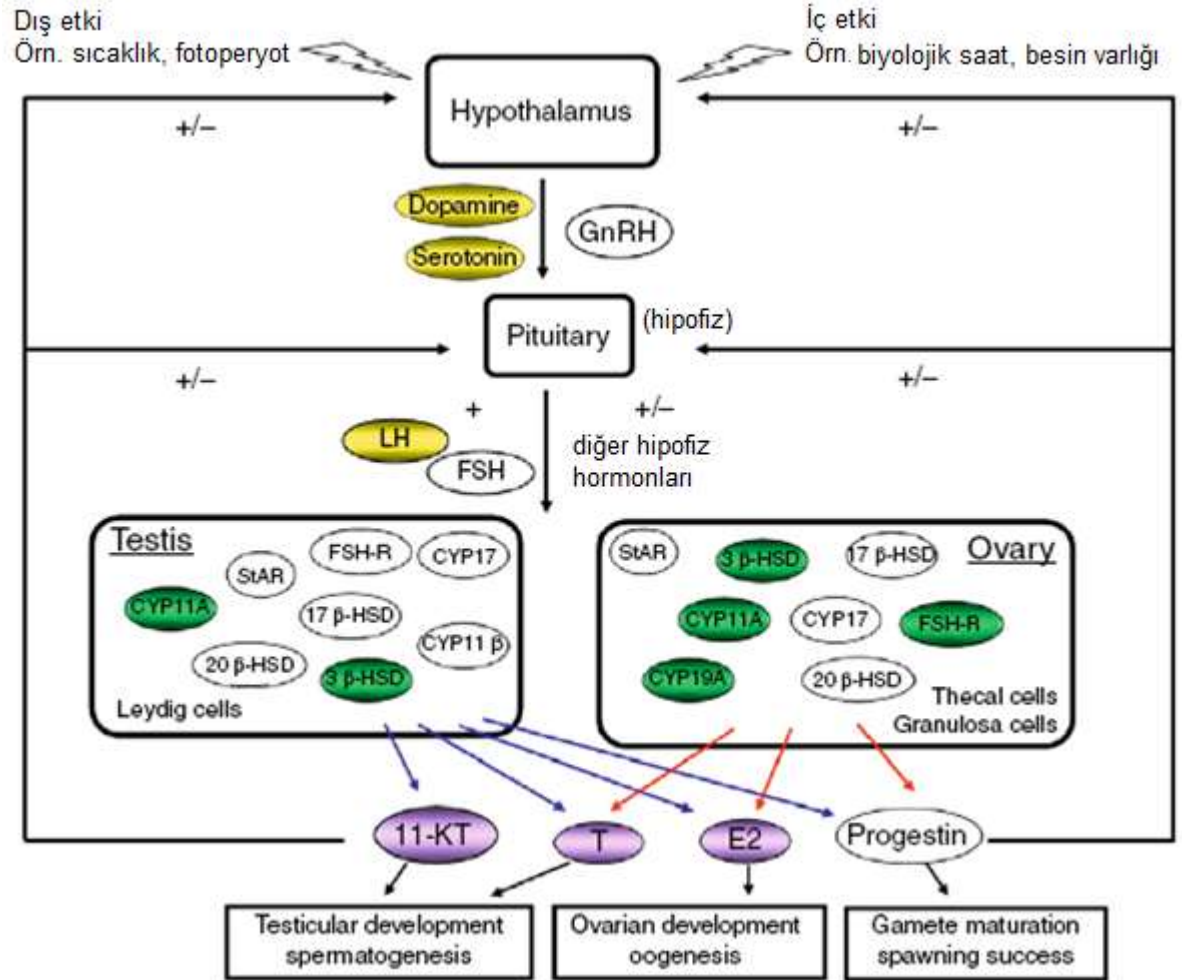
3. Kuru yöntem: Yumurtalar bir kaba sağılır. Sperm ise başka bir kaptan toplanarak direkt sperm yumurtaların üzerine dökülmek suretiyle döllenme gerçekleştirilir.

4. Sıvı Oksijen metodu veya hava basıncı metodu: bir iğneyle karnın yan tarafından oksijen verilir ve sağım yapılır.

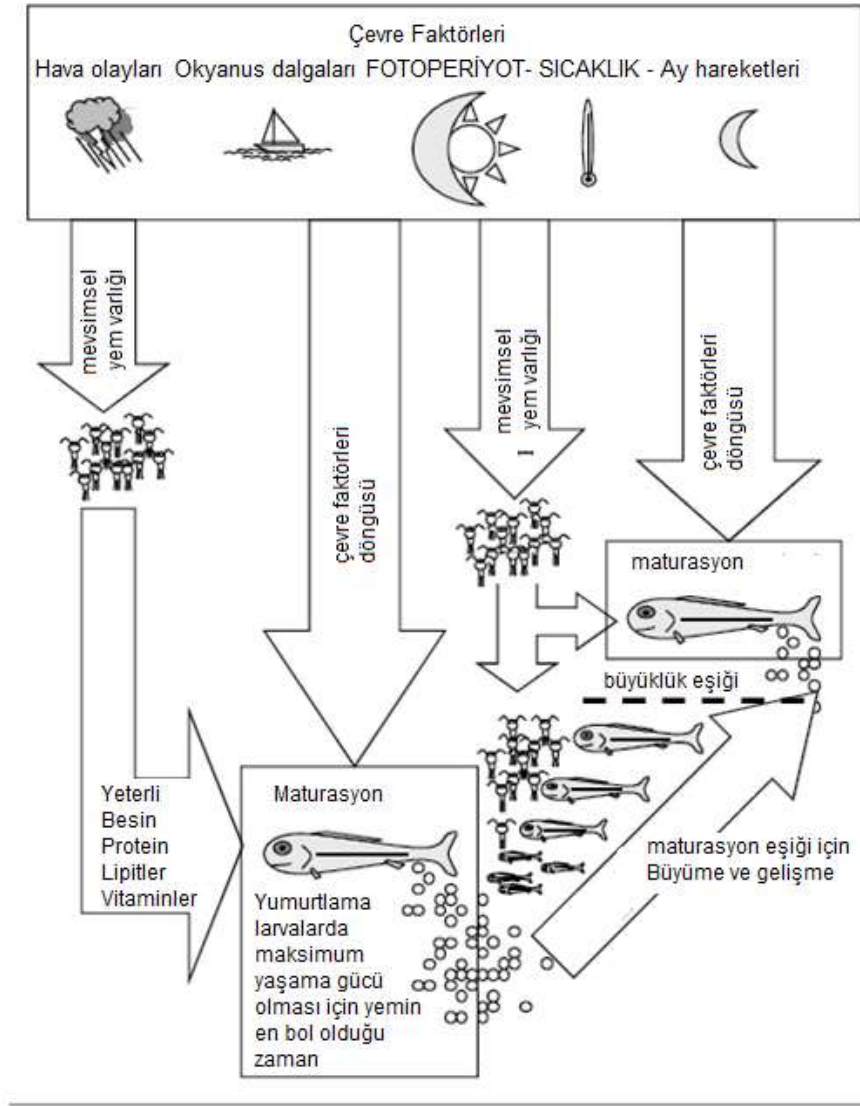
5. Hormon veya hipofiz metodu: Sağım yapabilmek için balıklara hipofiz hormonu enjekte edilir. Sazan balıklarında genellikle bu yöntem uygulanmaktadır. **Hipofiz**, Orta beyinle temas halinde beyinin altında üç lob veya parçadan oluşan bir bezdir. Bunlar ön, arka ve orta loblardır. Arka lob hormon depo sevkiyatını yapar. Ön lob ise hormonları salgılar. Bu

hormonlar büyüme ve üreme gibi önemli hayatsal olayları yönetmektedir.

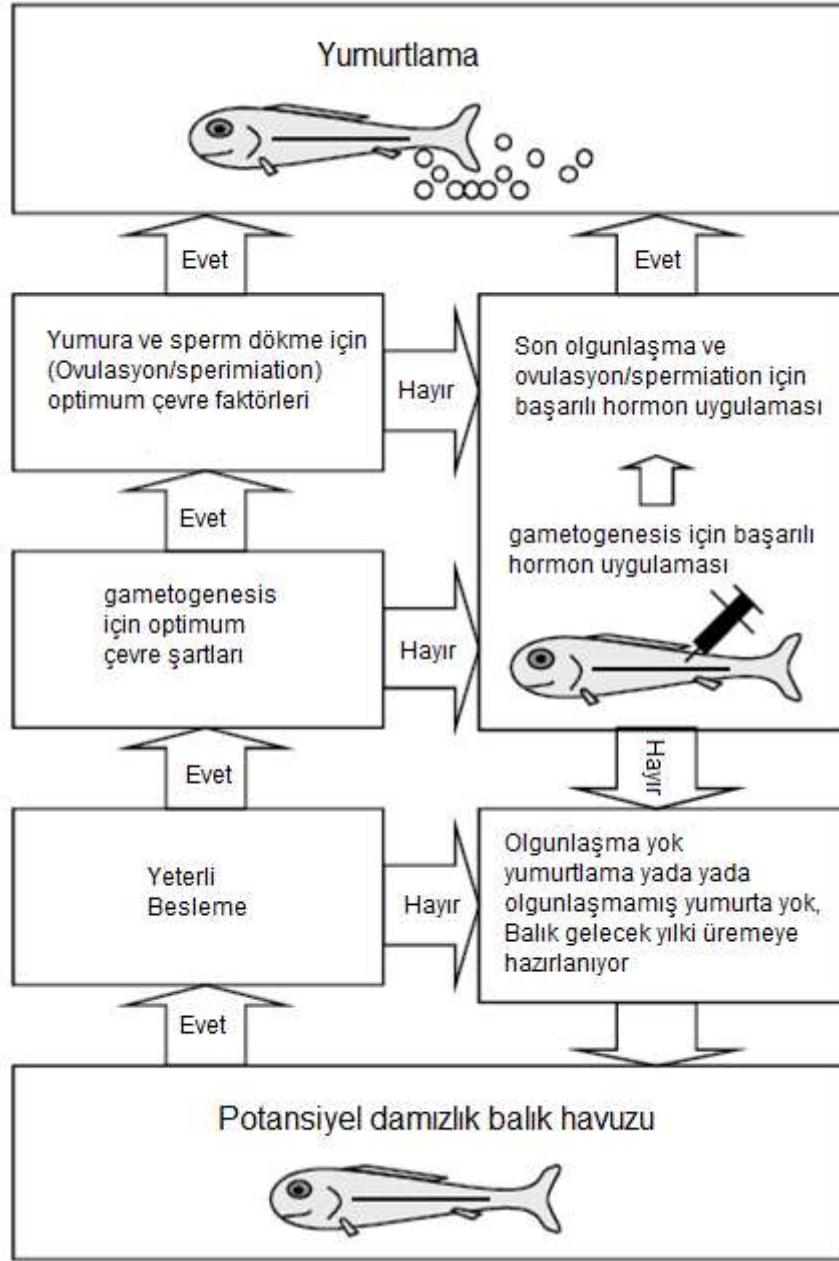
Hipofiz bezi beyaz renkte ve yarım pirinç tanesi büyüklüğünde bir bezdir.



Şekil 3.2 HPG aksis eksen ve kontrol Erkek ve dişi teleostlarda üreme hormon sentez ve sekresyonunun HPG aksis ve kontrolü. Steroidogenez için anahtar regülatör hormonlar LH, serotonin ve Dopamindir. Hypoxiadan sorumlu genler CYP11A, 3 B-HSD, CYP 19A ve FSH-R'dir. Gametogenezde rol oynayan hormonlar ise 11-KT, T (testesteron) ve E2 (estradiol)'dir.



Şekil 3. Balıkları etkileyen çevre faktörleri. Fotoperyot, sıcaklık, ay hareketleri, yağış tipleri ve okyanus hareketleri gibi çevre faktörleri mevsimsel yem miktarını ve balıklarda maturasyonu kontrolü altında tutmaktadır. Balıklar yemin bol olduğu dönemlerde enerjiyi depolar ve olgunlaşmada kullanır. Olgunlaşmadan 1 ay yada 1 yıl sonrasında balıklar çıkacak yavruların beslenebilmeleri için yumurtlamalarını ortamda yemin en bol olduğu dönemde gerçekleştirmektedirler.



Şekil 7. Kontrollü şartlarda yumurtlama zamanını tespit için yapılan işlemler ve kritik noktalar

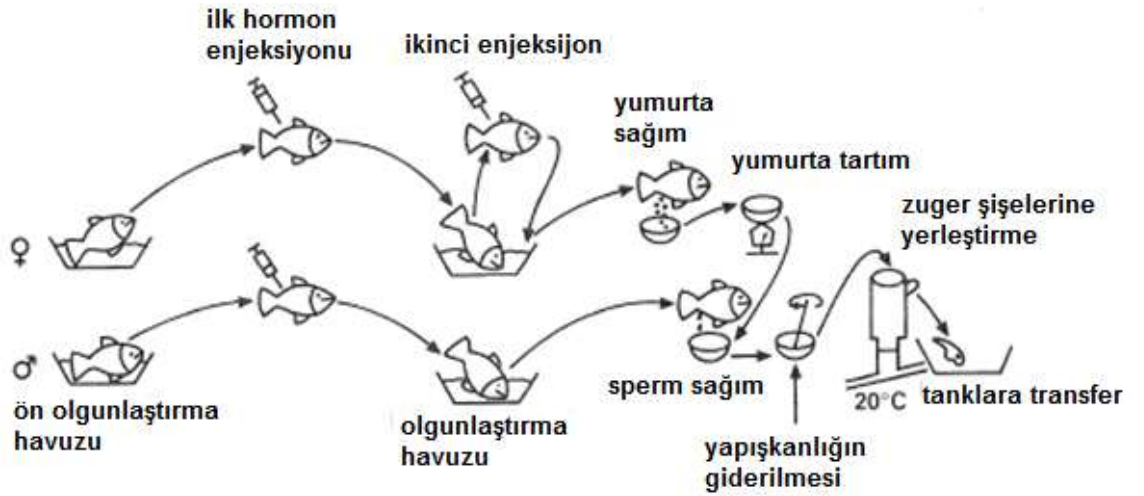
Sazanlardan suni olarak döl alabilmek için aşağıdaki husular dikkate alınmalıdır.



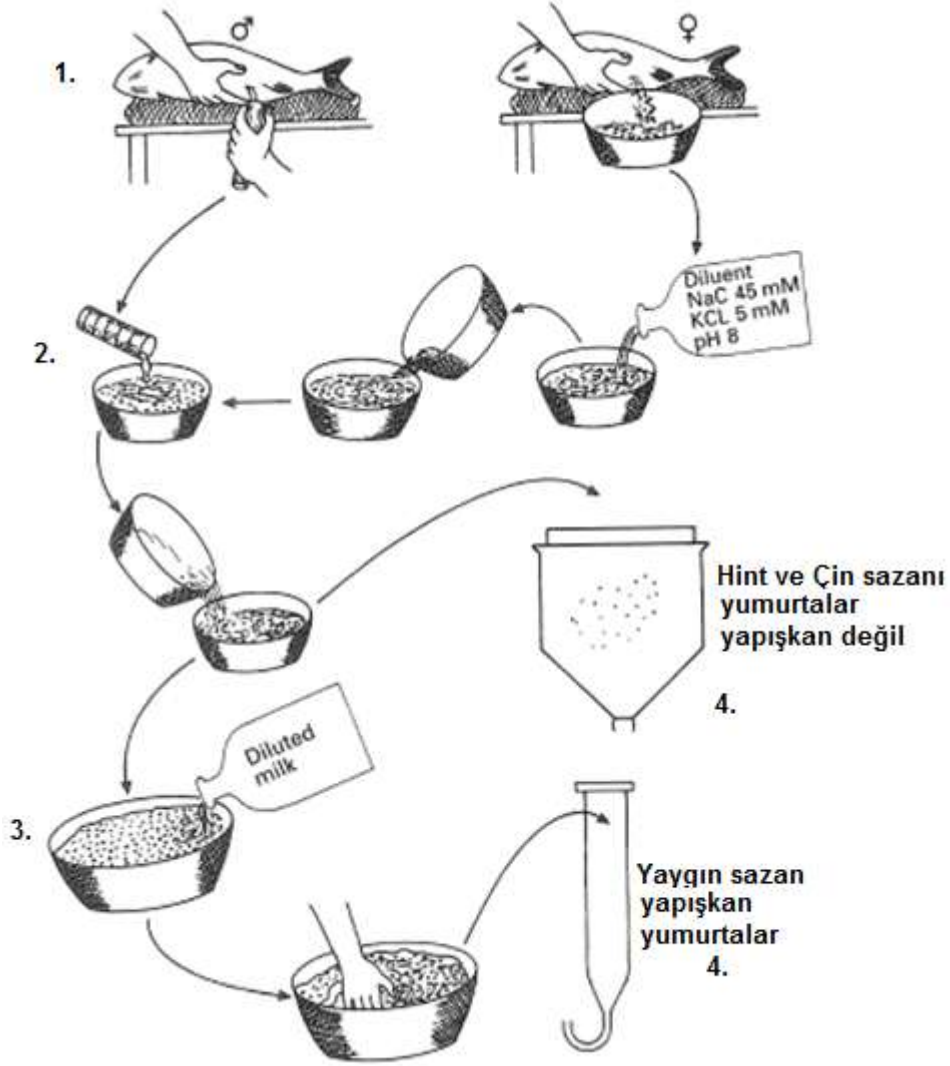
Table 3 – Seçilmiş hormon terapileri. Dozlar ovulasyon yada sağıım zamanını tespit için çeşitli türlerde başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Bazı türlerde aynı terapiler kullanılmaktadır. Inj. = injection, imp. = implant, PIM =pimozide, MET = metaclopramide.

Familya	Tür	Aynı hormon terapisi	Hormon terapisi ($\mu\text{g kg}^{-1}$ vücut ağı.)
Percichthyidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Sağıımı zamanını göstermek için etkili hormon GnRH α . Dozlar GnRH α imp. İçin 25-100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ ve GnRH α inj. için 10-40 $\mu\text{g kg}^{-1}$	10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α repeated inj. [168]
Moronidae	<i>Morone saxatilis</i> <i>M. chrysops</i>		62 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α EVAc imp. [169]
Centropomidae	<i>Lates calcarifer</i>		37.5–75 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α imp. [165]
Sparidae	<i>Sparus aurata</i>		100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α EVAc imp. [31]
Sciaenidae	<i>Sciaenops ocellatus</i>		20 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α inj. [44]
Carangidae	<i>Seriola dumerili</i>		2 x 40 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α EVAc imp. [140]
Scombridae	<i>Thunnus thynnus</i>		40-100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α EVAc imp. [170]
Paralichthyidae	<i>Paralichthys lethostigma</i>		100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α imp. [171]
Scophthalmidae	<i>Psetta maxima</i>		25 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α imp. [164]
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i>		40 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α inj. [172]
Chanidae	<i>Chanos chanos</i>		10-33 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α inj. [173-174]
Salmonidae	<i>Salmo salar</i>		50 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α EVAcimp. [175]
Acipenseridae	<i>Acipenser baeri</i>		10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ GnRH α inj. [176]

Lutjanidae	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	GTH hazırlanması yada GnRHa'nın yüksek dozları. Dozlar hCG inj. İçin 1760 IU kd-1 ve GnRHa inj. için 100 µg kg-1	1000 IU kg-1 hCG inj. 100 µg kg-1 GnRHa inj. [177] 1000-1760 IUkg-1 hCG inj.; 1° = 10;;2° = 90 µg kg-1 GnRHa inj. [178]
Ictaluridae	<i>Ictalurus punctatus</i>		
Clariidae	<i>Clarias gariepinus</i>	Dopamine inhibasyonu tanımlandı. GTH yada GnRHa + dopamine antagonist. Dozlar hCG için 44-4000 IUkg-1, cGTH için 300-600 µg kg-1 ve GnRHa + DA antagonist (PIM,MET). için 20-50 µg kg-1	4000 IU kg-1 hCG inj. 50 µg kg-1 GnRHa + 500 µg kg-1 PIM inj. [179] 1° = 14-21,2° = 30-48 IU g-1 of hCG [281] 1° = 10 µg kg-1 GnRHa + 15 mg kg-1 of MET 2° = 20 µg kg-1 GnRHa + 15 mg kg-1 MET [180]
Mugilidae	<i>Mugil Cephalus</i>		
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>		1° = 50-100 µg kg-1 cGtH; 2° = 250-500 µg kg-1 cGtH [57] 1° = 2 µg kg-1 GnRHa + 0.5 µg kg-1 PIM; 2° = 18 µg kg-1 GnRHa + 4.5 µg kg-1 PIM [181]



Şekil 3.6. Hormon enjeksiyonu yapılarak ovulasyon ve sperimiasyonun sağlanması ve suni dölleme ve inkubasyon



Şekil 3.11. Çin ve Hindistan sazanlarında fertilizasyon sürecini gösteren diyagram. 1. Gametlerin uzaklaştırılması 2. Fertilizasyon 3. Sadece yaygın sazan için 1:5 oranında suyla dilute (seyreltme) edilmiş sütün yumurtalara ilavesiyle yapışkan tabakanın giderilmesi. Alternatif metot olarak ise 20 g üre/l + 4 g NaCl/l suya katılarak hazırlanıp yumurtalara ilave edilir. 4. Şişkin yumurtalar 1 saat sonra inkübatörlere transfer edilirler (genellikle Zuger şişeleri, bazende 200 L'lik yuvarlak kavanoz kuluçkalıklar kullanılır). Çin ve Hindistan sazanlarının yumurtaları yapışkan olmadıklarından bunlar direk olarak inkübatöre yerleştirilmektedirler.

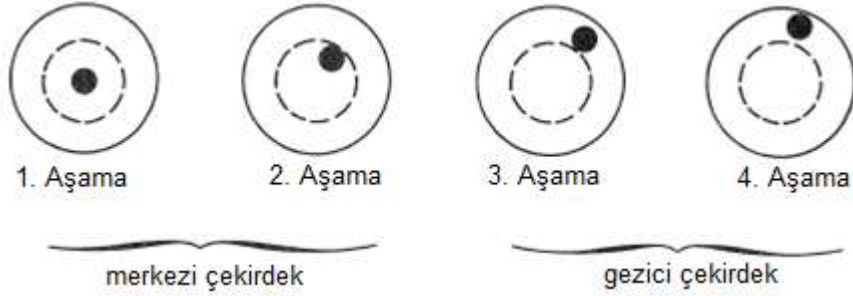
Fertilizasyon öncesi yapışkanlığın giderilmesinde ovanın (yumurta) sulandırıcıyla karıştırılmasında geleneksel olarak kullanılan Woynarovich sulandırıcısı NaCl+üre yerine aşağıdaki solüsyon da başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

NaCl 2,63 g

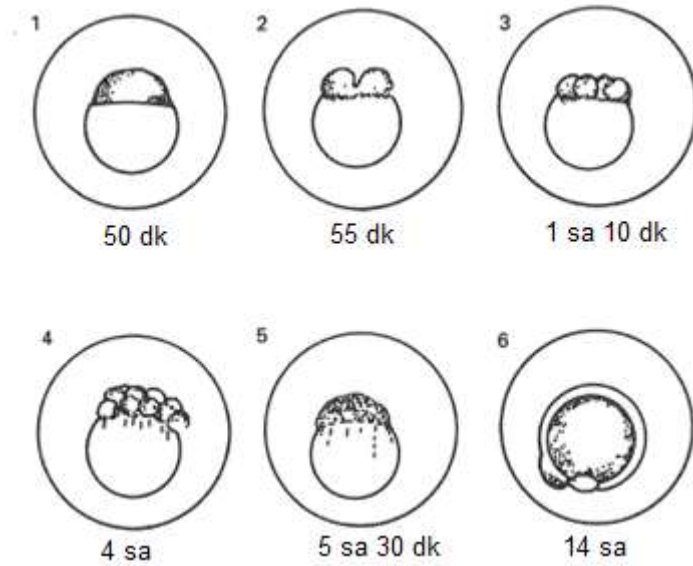
KCl 0,37 g

Tris 0,3 g

Glisin 1,4 g



Şekil 3.4. Sazan oositinde hücresel vezikülün hareketi. Göç hayvansal kutba doğrudur. Bu kutupta mikrofil bulunmaktadır. Döllenme esnasında sperm hücresi (spermatozoa) buradan içeri girmektedir.



Şekil 3.13. Sazanların 25 °C’de erken embriyonik gelişmeleri. 1. döllenmiş yumurta; 2. İlk-hücre bölünmesi; 3. dört-hücre evresi (blastomerler); 4. morula; 5. blastula; 6. myotom segmentasyonunun başlaması

YAPAY ÜRETİM

1. Hipofiz Yöntemi : Tam kontrollü döl alımı hipofiz uygulamalı veya uygulamasız olarak yapılmakta, hipofiz uygulaması yapılmadan döl alımı daha çok Alabalıklarda yapılmaktadır. Çünkü bunlarda sazan ve benzeri balıklarda olduğu gibi yumurta kanadı yoktur ve yumurtaları da yapışıcı değildir. Sazan ve benzeri balıklarda hipofiz uygulaması yapılmadan tam kontrollü döl alımı mümkün değildir. Sazan ve diğer balıklarda hipofizle döl alımında bilinmesi zorunlu iki önemli nokta vardır.

1. Hipofiz nedir ve ne amaçla uygulanır
2. Hipofiz uygulaması ne zaman ve nasıl uygulanmaktadır?

Damızlık Balıklarının Seçimi : Bu balıkların seçiminde en önemli konu sağlıklı balıkların damızlığa ayrılmasıdır. Çok iri ve çok küçük balıklar damızlığa ayrılmamalıdır. Hızlı gelişen balıkların kısır olabildiği görüldüğünden hızlı gelişen balıkların damızlığa ayrılmaması gerekmektedir. Genellikle alabalıklarda 500-2000 g’lıklardan daha kaliteli yumurta ve sperma alınır. Çok yaşlı alabalıklar damızlıkta kullanılmamalıdır. Çünkü yaşla birlikte yumurta ve sperma kalitesi düşmekte, sazanlarda ise genellikle 4-8 kg. olanlardan daha iyi sonuç alınmaktadır. Genel olarak damızlık balıklarının seçiminde aşağıdaki özellikler aranır.

1. Fiziki yapıda kusur olmamalıdır
2. Balığın boyuna oranla ağırlığı daha fazla olmalıdır
3. Yemi iyi değerlendirmeli
4. Hızlı büyümeli

5. Hastalıklara dayanıklı olmalı
6. Her türlü çevre sorunlarına uyum sağlamalı
7. Üreme kabiliyeti yüksek olmalı
8. Cinsi olgunluğa geç ulaşmalıdır.

CİNSİ OLGUNLUĞUN TAYİNİ

Cinsi olgunluğa gelen her balığa hipofiz enjekte edilemez. Hipofiz uygulaması yapılacak başlığın uygun olması gerekir. Bu devre sazanlarda yumurta olgunlaşmasının dördüncü devresidir. Önceki devrelerde hipofiz enjektisi ile yumurta alınamayacağı gibi balığın zarar görmesi ve hatta ölmesi de mümkündür. Sazanlarda yumurta olgunlaşması genellikle beş devreye ayrılır. Dördüncü devreye kadar yumurta sarısının depolanması tamamlanır. Dördüncü devreye girmiş balık muayene edildiğinde karnının şişmiş, yumuşamış ve bir torba şeklinde sarkmış olduğu kolayca görülür. Bu devrede cinsiyet deliği hafifçe kızarmış ve dışa doğru şişmiş durumdadır. Cinsi olgunluğa ulaşmış erkeklerin karnı sıvazlandığında spermiler akar. Bu spermalara balıkçılıkta süt adı verilir.

HİPOFİZİN ALIMI VE SAKLANMASI

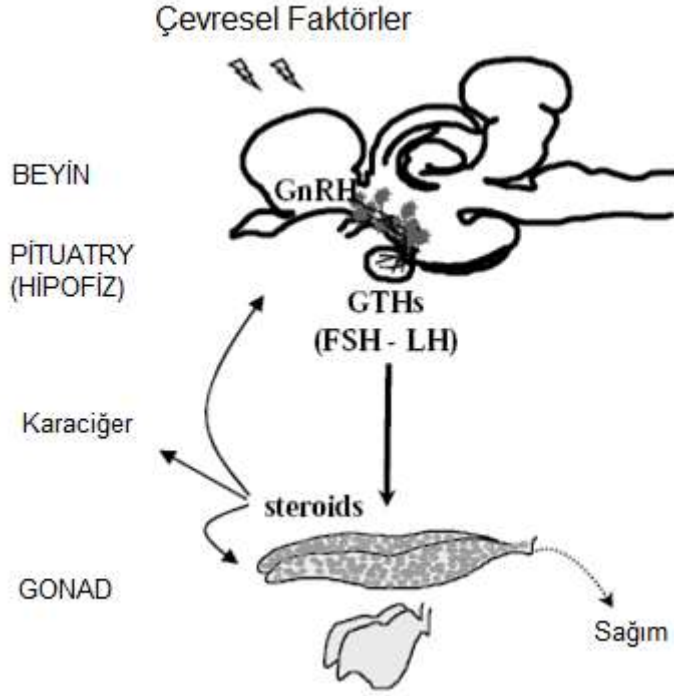
Hipofiz orta beyinin hemen altında bulunan kemik odacık içinde bulunur. Mercimek tanesi büyüklünde ve beyaz renklidir. Bir pens yardımıyla çıkarılır.

Hipofiz bezi balıkların kafalarından çeşitli yöntemlerle alınabilir. Bez ya kışın ya da ilkbaharda alınmalıdır. Hipofiz bezi alınan balıklar genellikle 1 kg' dan ağır olmalıdır.

1. Burgu yöntemi ile hipofizin alımı : Özel yapılmış aletlerle iki gözün ortasından girilerek hipofiz bezi dışarı çıkartılmaktadır.

2. Kesme Yöntemi : Balığın kafası çeşitli şekillerde açılarak bez dışarı çıkarılabilir. Örneğin, kafa önce vucuttan ayrılır. Alt çene kafadan çıkarıldıktan sonra ağız ayrılır. Yada kafatası keskin bir bıçak veya testereyle göz hizasından kesilerek hipofiz zedelenmeden dışarı çıkarılabilir. Elde edilen hipofiz bezi 10–12 saat asetonda, 10–12 saat de oda sıcaklığında bekletilip kurutularak buzdolabında muhafaza edilir.

Yapılan çalışmalarda elde edilen hipofizin 4-5 saat asetonda bekletilmesinin de yeterli olduğu kaydedilmektedir.

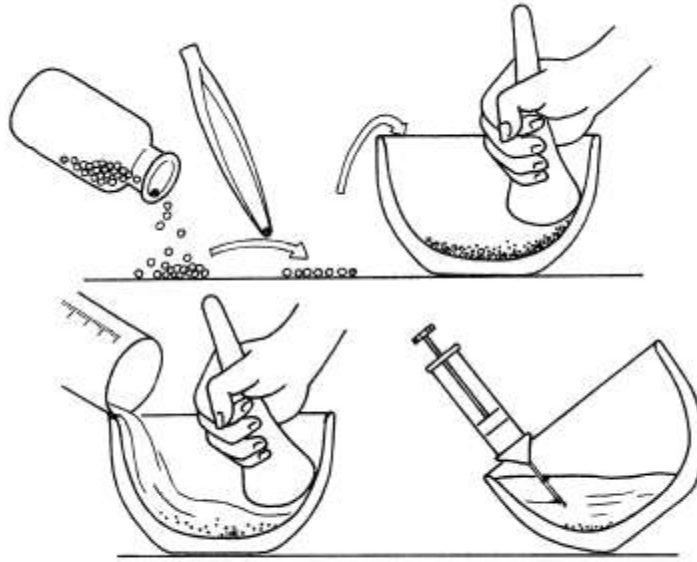


Şekil 4. İlk üremede rol oynayan kritik hormonların gösterildiği beyin-hipofiz-gonad (BPG) eksen. Üreme işleminde süreç beyinde başlamaktadır. Beyin çevre faktörlerini alır değerlendirir ve gonadotropin yumurta bıraktıracı hormon (GnRH) salgılanmasını aktive ederek cevap verir. GnRH ise hipofiz hormonlarının salgılanmalarını stimüle eder. Hipofiz hormonları gonadotropinler (GTHs), folikül stimüle edici hormon (FSH) ve luteinizing hormon (LH) dur. Bunlar gonadlarda (ovaryum ve testisler) cinsiyet steroidlerinin sentezinde rol oynamaktadırlar ve gonadal gelişmede rol oynayan en son etkileyicileridir. Cinsiyet steroidleri gonadsal olmayan dokularda da görev yapmaktadırlar. Bunlar beyin/hipofizdeki feedback (geri besleme) aksiyonlarında rol oynamakta ve dişilerde de karaciğerde vitellogenin (VTG) salgılanmasını stimüle etmektedirler.

HİPOFİZİN SULANDIRILMASI VE ENJEKSİYONU

Kuru hipofiz bezi bir havanda dövülür. Daha sonra ezilen hipofiz taneleri %6'lık fizyolojik tuz solüsyonunda eritilirler. Bu eriyik 6 gr. NaCL'nin 1lt saf suda eritilmesi ile elde edilir. Bu tuz solüsyonundan her bir hipofiz tanesi için 0.5 ml alınır.

Tuz eriyiği içinde hipofiz bezleri iyice eritilmelidir. Hipofiz miktarı olarak dişi sazanların 1kg. canlı ağırlığı için 1 hipofiz, erkekler için ise yarım hipofiz hesaplanmaktadır. Fazla doz balıklara toksik etki yapmaktadır. Bu maksat için saf sofra tuzu kullanılabilir. Hazırlanan hipofiz eriyiği şırınga ile verilir.



Şekil 3.14. Kurutulmuş sazan hipofizlerinin ezilerek fizyolojik tuz çözeltisinde sulandırılması

Enjeksiyon için genellikle küçük iğneler (14-16 numara) kullanılır. Enjeksiyondan önce balıklar büyük bir kaptaki hazırlanan anestezi maddesinde bayıltılırlar. Bu amaç için çeşitli anestezi maddeleri kullanılmaktadır. Bununla beraber bütün dünyada en çok kullanılan anestezi maddesi M.S.₂₂₂'dir. Sandoz ilaç fabrikasının ürünüdür. Hazırlanan banyoya yaklaşık olarak %0,06'lık M.S.₂₂₂ maddesi ihtiva etmelidir. Bu banyo 10 lt su içinde 300-500 mg M.S.₂₂₂ karıştırılarak hazırlanabilir. Bu şekilde

hazırlanan banyo içinde balıklar 2-3 dak. İçinde bayılırlar. Bayılan balıklar sudan çıkarılır, bir masa üzerinde havlu ile kurulanırlar. Yan olarak yatırılan balığın sırt yüzgecinin birinci şuasının hemen altına sırt kasları içine iğne batırılarak hipofiz enjekte edilir. Enjeksiyondan hemen sonra iğne deliği hemen kapatılarak (parmakla) biraz masaj yapılır. Balıklar bayılılmadan da enjeksiyon yapılabilir. Bunun için bir ağ kepçe içinde bir kişi tarafından balıklar suda tutulurken ikinci kişi ise enjeksiyon işini yapar. İğnenin sırt kasları arasına iyice girmesine dikkat edilmelidir. Enjeksiyondan sonraki sürede erkek ve dişi balıklar bir arada tutulurlar. Çünkü denemelerde hormon etkisi altında oluşan hafif kovalamacanın (yumurtlama oyunu) enjeksiyonun etkisini artırdığı görülmüştür. Enjeksiyondan sonra ovulasyonun başlaması su sıcaklığına ve balık türlerine göre farklılık gösterir. Sazanlarda genellikle enjeksiyonun 16 saat sonra ovulasyonu başlattığı bildirilmektedir. Bu süre balıklara verilen hipofiz durumuna göre de değişebilmektedir. Havuz yetiştiriciliğinde bu süre için şu bağıntı bulunmuştur.

$$Y = 46,78 - 1,403 \cdot X$$

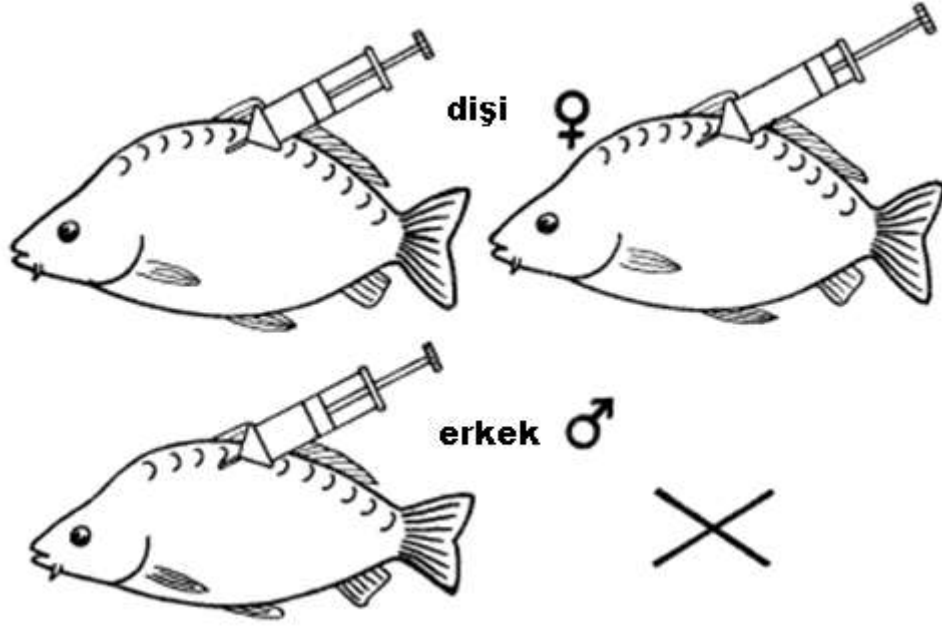
Burada Y (zaman (sa)); X (su sıcaklığı) dır.

Hipofiz enjekte edilen balıklarda bazen erken yumurtlama görülmektedir. Bu nedenle hipofizden sonra dişi balıkların cinsiyet deliği anüsle birlikte dikilmektedir. Bu durumda barsakların boş olmasına dikkat edilmelidir. İstenen sonuçlar elde edildikten sonra dikişler açılarak balıklar sağılmaktadır. Bazı araştırmacılar gerekli dozun bir defada enjekte edilmesini savunmaktadırlar. Bu durumda hipofiz bir seferde değil farklı aralıklarla enjekte edilmelidir.

Buna göre balıklara yumurtlama teknesine yerleştirildiğinin saat 8-9 civarında verilecek dozun $\frac{1}{4}$ ' ü enjekte edilir. ikinci günü Saat 16 sıralarında ise kalan $\frac{3}{4}$ ü tatbik edilir.

Her 1kg balık ağırlığı için 1 adet hipofiz bezi yeterli olmaktadır. Bu şekildeki uygulamalarda balıkların cinsiyet deliklerinin dikilmesi gerekir. Dikilmediğinde erken yumurtlama söz konusudur. Son yıllarda erkek ve dişi balıklar başlangıçtan itibaren aynı yerde tutularak cinsiyet deliğini dikme işleminden vazgeçilmiştir.

Böylece dişi balık tarafından bırakılan bütün yumurtalar erkekler tarafından döllenabilmektedir. Bu durumda balıklar devamlı olarak kontrol edilmelidir (suni sağım yapılacaksa)



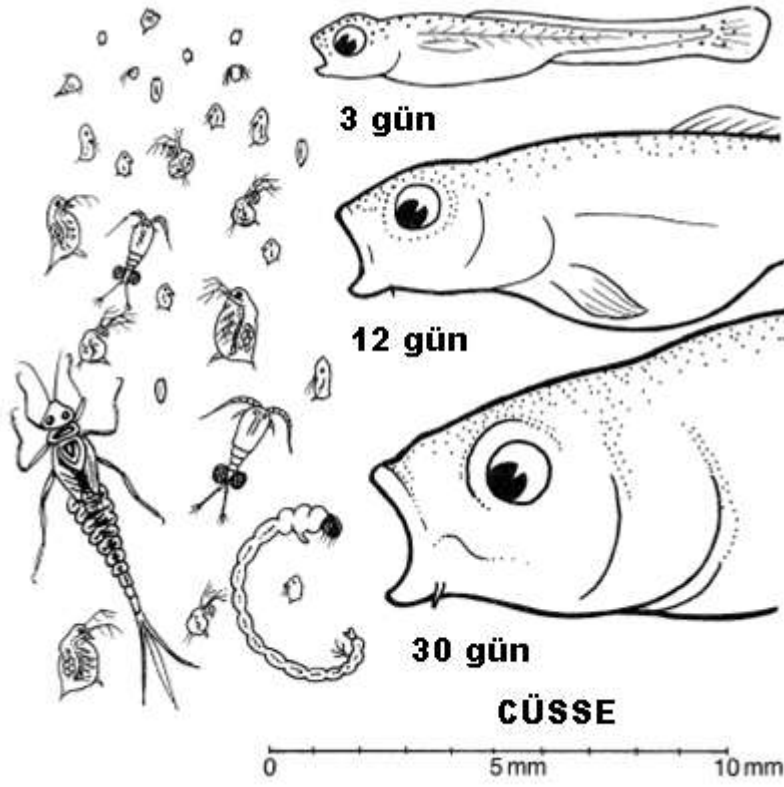
Şekil 3.13. Uygun hormon dozu dişilere 2 dozda erkeklere ise tek dozda verilmektedir.

Reçete aşağıdaki gibidir: (ortam sıcaklığı 23 oC)

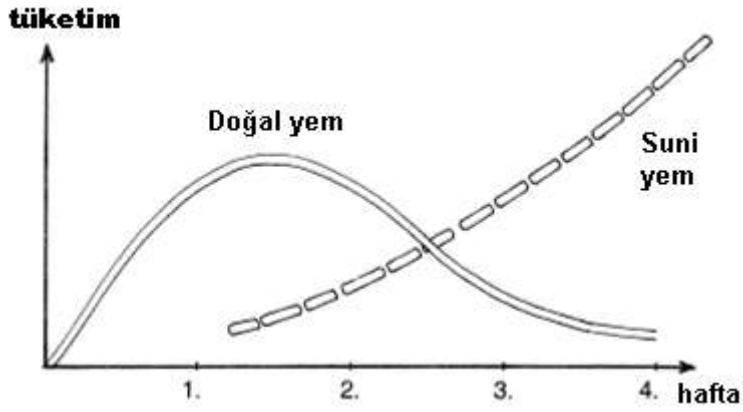
Zaman: 0 (ön enjeksiyon): 0,3 mg/kg

Zaman: 12 saat (karar enjeksiyonu): 3,5 mg/kg

Ovulasyonun karar enjeksiyonundan 11-13 saat sonra gözlenmektedir.

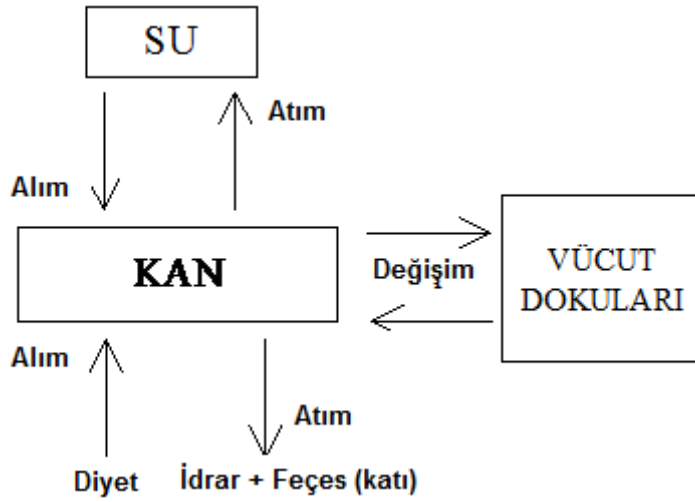


Şekil 4.11 Tabi havuz faunası balık büyüdükçe sürekli yem doğru büyüklükteki yemi sağlamaktadır



Şekil 4.12. Frylar tarafından tüketilen yemin çeşidi 1. haftadan sonra değişmektedir

MİNERAL MADDELER



Suda ve yemde mineralin fazla olması balığın ihtiyacını değiştirmemektedir. Kirlenme seviyesindeki mineral madde konsantrasyonu ise balıkta zehirlenmelere neden olmaktadır.

2. Balıkların Mineral İhtiyaçları :

Balıklar suda yaşadıklarından diğer hayvanlardan farklıdır. İhtiyaç duydukları mineral maddeleri suda bulabilmektedirler. Çünkü su balıklar için bir besin ortamıdır. Mineral maddeler ihtiyaç duyulan miktarlarına göre makro ve mikro mineraller olarak ayrılırlar.

a) Makro elementler (Major yada esas elementler)

Diyetteki ihtiyaç seviyesi 100 mg/kg kuru yemden fazla ihtiyaç duyulan elementler 250 mg/kg'a kadar çıkabilir. Bunlar arasında Ca, P, Mg, K, Na, Cl ve S yer almaktadır.

b) Mikro Mineraller (Minor yada tali elementler)

Diyetteki ihtiyaçları 100 mg/kg'ın altında olan minerallerdir. Bazıları Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Cr, Se, I ve Ni'dir.

Vücutta bulunan organların fonksiyonları ve vücut iskeleti için balıklar minerallere ihtiyaç duyarlar. Bazıları biyokatalitik olarak görev yapar. Örneğin Ca ve P kemik gelişimi için, Fe kanda hemoglobin oluşturulmasında gereklidir. Yine osmoregülasyonda Na ve Cl önemli rol oynamaktadır. Bütün bu elementler yukarıdaki şemada gösterildiği gibi vücuda girerler. Mineraller enzimler ve hormonlarla biyokatalitik olarak kompleks yapılar oluşturur.

Deniz balıkları için mineral ihtiyaçlarını karşılamada 1. kaynak su, 2. kaynak ise yemdir. Tatlı su balıkları için ise 1. Kaynak yem 2. Kaynak su'dur. Aşağıdaki tabloda tam balıktan yapılan analizler neticesinde elde edilen mineral madde kompozisyonu verilmektedir.

Tam Balıktan Yapılan Analiz Sonuçları

Major Element (mg/kg)	Gökkuşığı (10 -1800 g)	Sazan (170 - 1150 g)
Ca	5,2	6,1
P	4,8	5
Mg	0,33	0,25
K	3,2	2,1
Na	1,3	0,85
Minör Element (mg/kg)		
Fe	12	2
Cu	1,2	1,1
Mn	1,8	0,7
Zn	2,5	63

Kalsiyum (Ca)

Kalsiyum, hem sudan hemde yemden alınabilmektedir. Sudan solungaçlar vasıtasıyla alınır. Diğer minerallerin fazla olması Ca absorpsiyonunu arttırır. Fakat sudaki Ca absorpsiyonu artışı ile doğrusal değildir. Yani, balık sadece ihtiyacı kadar Ca'ı sudan almaktadır. Fazlasını dışarıya atmaktadır. Yemle Ca verilmesi durumunda bu Ca'dan da faydalanılır. Fakat Ca konusunda su birinci kaynaktır. Çünkü suyla alınan miktar en az yemle alınan miktar kadardır. Sudan alındı zaman direkt osmosla kana geçer. Eğer suyla alınan Ca az ise yemdeki Ca'dan fazla miktarda alınır. Bu durumun terside olabilir. Su sıcaklığının artması ilede Ca absorpsiyonu artmaktadır. Sudan alınan Ca, daha çok yapısal amaçlarla kullanılmakta ve kan dolaşımıyla dokulara taşınması son derece hızlı olmaktadır. Ca, iskeletin teşekkül etmesinde önemli bir elementtir. Toplam Ca'un büyük bir kısmı deride ve pullarda depolanır. (Ca değişimi buralarda olur). Ca ayrıca dokularda ve sinir sisteminde, kan pıhtılaşmasında, vitamin D'nin metabolizmasında rol oynar. Ayrıca biyolojik membranların geçirgenliğinde etkilemektedir. Ca'un vücuttaki miktarı hormonlar yardımıyla düzenlenir. Pek çok balık türü için kemiklerdeki ve pullardaki Ca:P oranı 1,5 - 2,5, tüm vücutta 0,7 -1,6 arasında değişmektedir. Ağırlığı 340 - 3300 g arasında değişen sazanlarda yapılan analizlerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

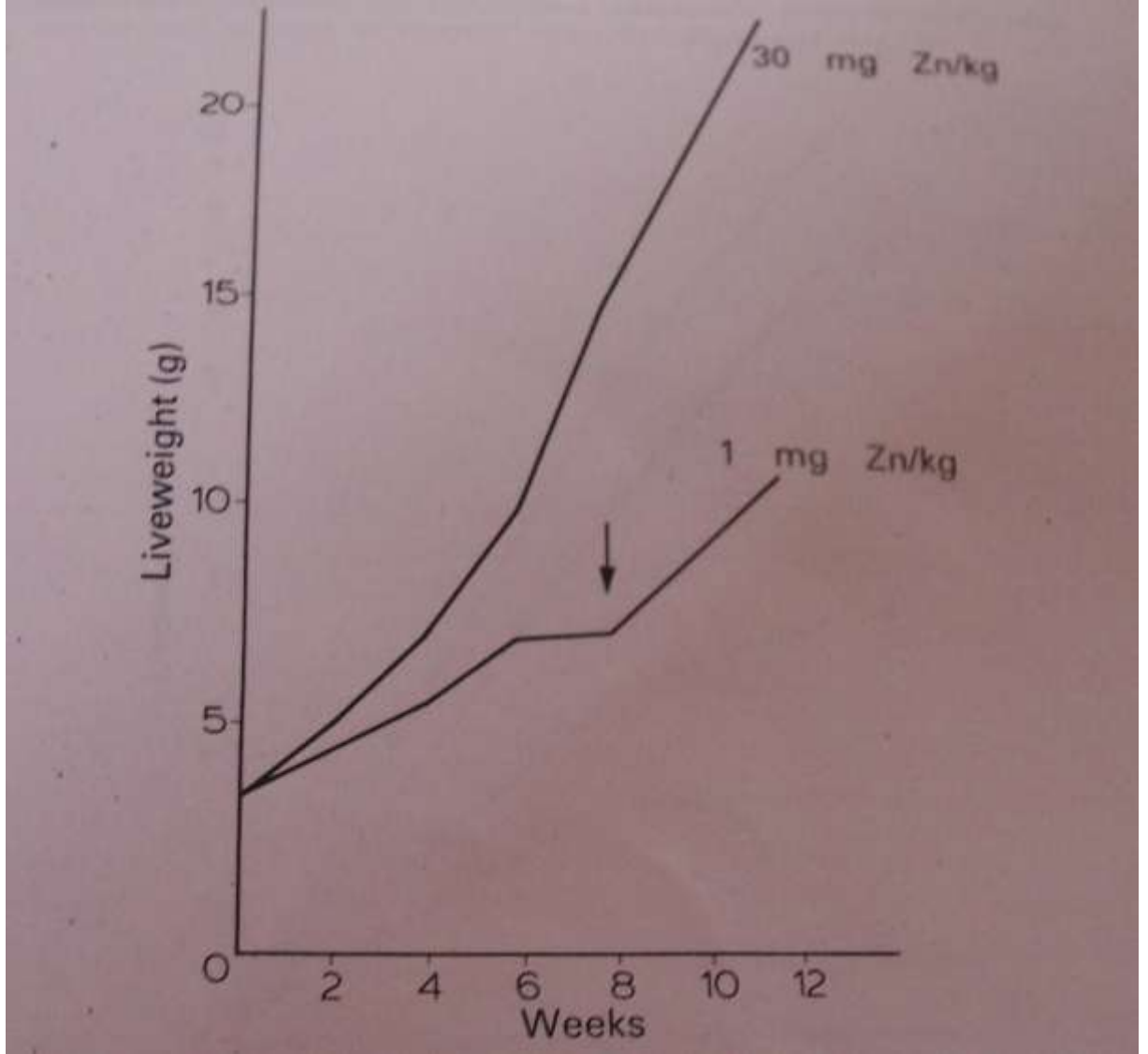
Vertebra (Omurga)	80g/kg (64 - 90 g/kg)
Doku	124 mg/kg (57 - 410 mg/kg)
Karaciğer	38 mg/kg (21 - 155 mg/kg)

Düşük düzeyde Ca büyümeyi olumsuz yönde etkilemektedir ve ani ortam değişikliklerine adaptasyonu düşürmektedir. Yemden alınan Ca, büyüme için, sudan alınan Ca ise daha çok iskelet sistemi için yani yapısal maksatlarla kullanılmaktadır. Eğer Ca normal düzeyde ise; sıcaklığa karşı toleransı arttırmakta, zararlılara karşı direnci arttırmakta ve düşük pH'larda meydana gelebilecek toksikasyonları da engellemektedir.

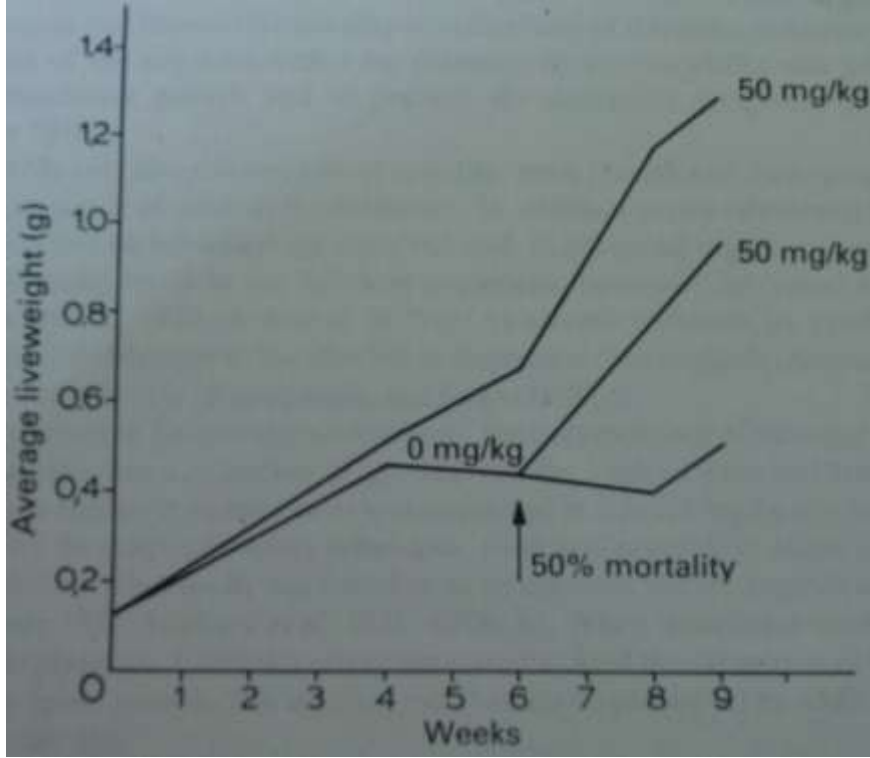
Yapılan araştırmalarda diyetle P varlığı Ca'un alınımını azalttığı ve farklı türdeki balıkların Ca'dan faydalanma miktarının da farklı olduğunu göstermiştir. Gökkuşaağı alabalıklarında sudaki Ca miktarı 200 mg/l'ye çıkarılınca büyüme optimum olmaktadır. (Yemde 300 mg/kg olması durumunda). Eğer suyla düşük miktarlarda Ca verilirse absorpsiyon derecesi son derece kötü olmaktadır. Bu nedenle 200 mg/l Ca'un ekonomik üretim yapabilmek için balıklara mutlak surette verilmesi gerekmektedir. Dere

alabalıkları ise gökkuşağı alabalıklarından daha iyi absorbsiyon yapabilmektedirler. Bunun sebebi ise, iptidai şartlara alışmış olmaları ve dolayısıyla yem değerlendirmelerinin kültürdeki balıklardan daha iyi olmasıdır.

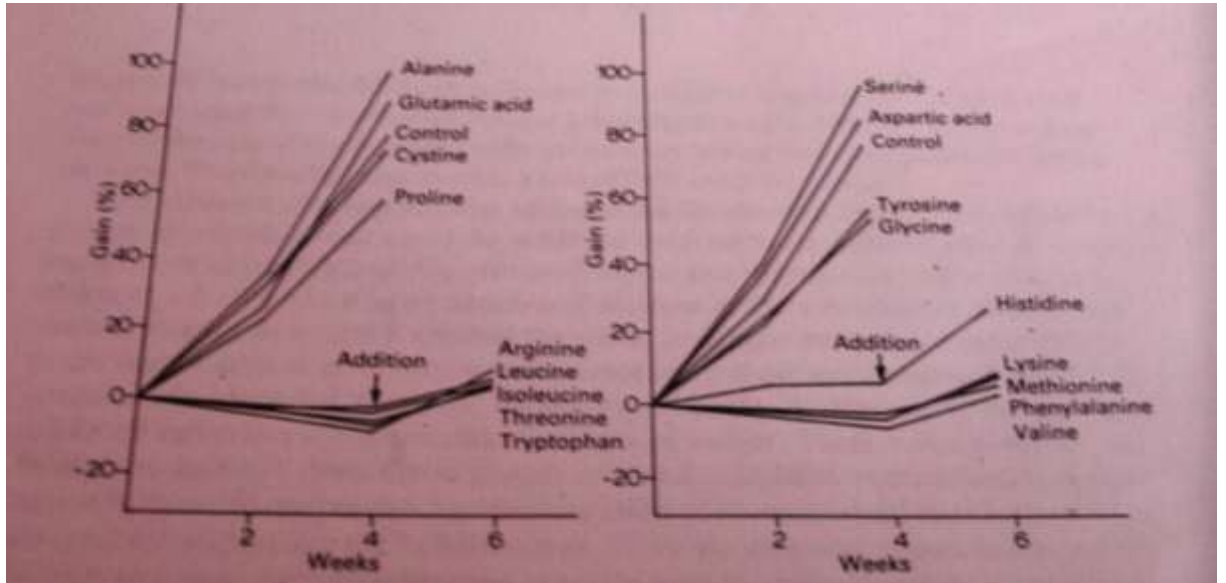
Yapılan bir araştırmada gökkuşağı alabalıklarında düşük Ca düzeyli su (3mg/l) ve yüksek Ca düzeyli (45 mg/l) sularda yemle 2 g/kg Ca verilmesiyle ihtiyacın karşılandığı tespit edilmiştir. Yayın balıklarında ise, suda 56 mg/l Ca olduğunda optimum büyüme elde edilmiştir (Diyetteki Ca düzeyi 15 g/kg, elverişli P 8 g/kg). Calsiyum seviyesi yükseltildiğinde ise (20 g/kg) büyümede azalma kaydedilmiştir. Yapılan başka bir araştırmada en iyi büyüme oranı ve yem değerlendirme 15 g Ca/kg ve 9 g PO₄/kg içeren diyetten elde edilmiştir. 3g/kg Ca ve 2 g/kg PO₄ içeren diyetlerde büyümenin çok düşük olduğu belirtilmiştir. Farklı varyetelerden elde edilen farklı büyüme sonuçları ihtiyaç duyulan Ca miktarının da farklı olması gerektiğinin bir göstergesidir.



Şekil 97. Diyetel çinko seviyelerinin gökkuşağı alabalıklarında büyüme üzerine etkisi. Ok'un gösterdiği nokta çinkonun noksan olduğu diyet (1 mg Zn/kg)'in 30 mg ZN/kg diyet ile değiştirildiği zamandır.

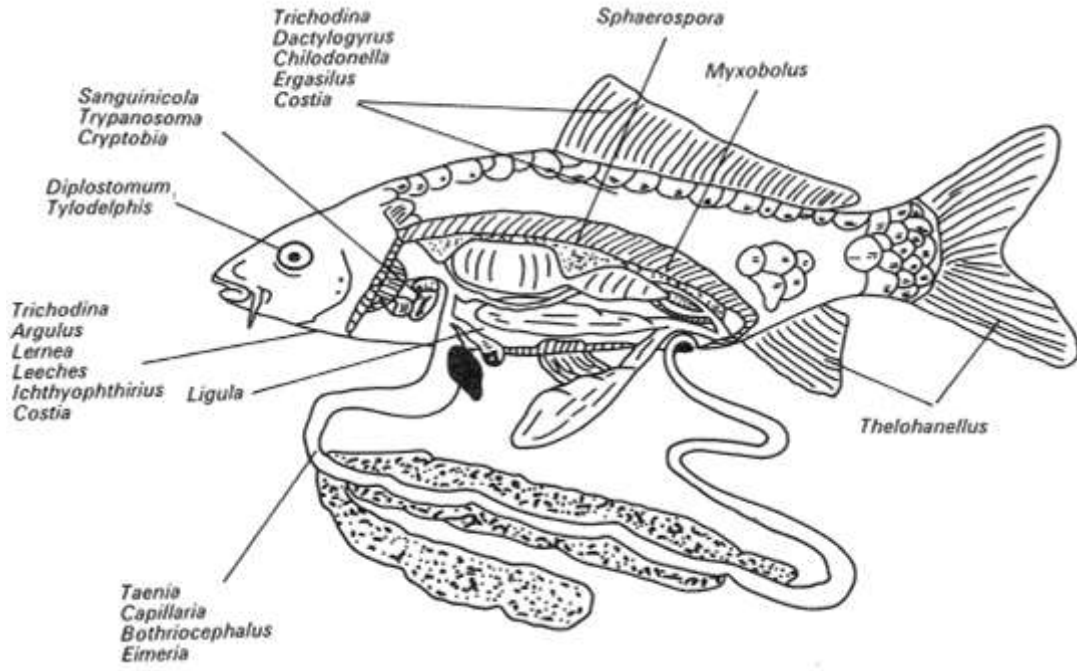


Şekil 70 Tiyaminin gökkuşağı alabalıklarında büyüme üzerine etkisi

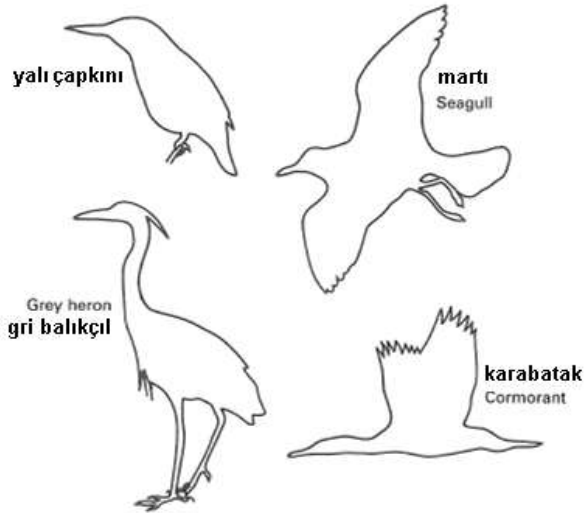


Şekil 29. Sazanlarda amino asitlerin büyüme üzerine etkisi, her bir diyetle sadece bir amino asit noksanıdır. (Haftalara göre büyüme esas alınmıştır)

HASTALIKLAR

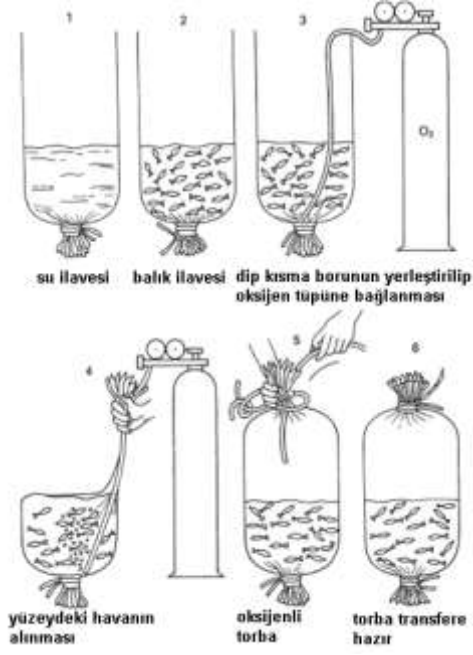


Şekil.6.26. Balıklarda görülen parazit türleri ve bulundukları yerler



Şekil 6.17. Balıkçık kuşların silüetleri

Taşıma



Şekil 7.29. Nylon torbanın balık transferi için hazırlanış prosedürü: 1. Torbaya suyun konulması, 2. Balıkların ilavesi 3. Borunun torbanın dibine salınması 4. Oksijen vermeden önce hava boşluğunun alınması 5. Oksijen verildikten sonra torbanın kapatılması 6. Torbanın transfere hazır hale gelmesi

BÖLÜM 7

SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR EKOSİSTEM: AKUAPONİK

Akuaponik, kapalı devre akuakültür ile hidroponik (topraksız tarım veya suda bitki yetiştiriciliği) sebze, meyve ve bitki üretiminin birlikte yapıldığı biyo-entegre bir gıda üretim sistemidir (Diver, 2006). Son derece verimli ve ekolojik olarak da oldukça sağlıklı olan bu sistemde, yem ve balık dışkılarından kaynaklı atıklar nitrat bakterileri tarafından hidroponik bitkilerin kullanabileceği bir forma dönüştürülür. Akuaponikte, toksik atıkları ortamdaki uzaklaştırmak için nitrat bakterilerinin doğal bir filtre görevi yapmasının yanı sıra, geleneksel metotlarla yetiştirilen balık ve sebze yetiştiriciliğinden daha az su kullanılmaktadır (Al-Hafedh et al., 2008). Rakocy ve ark. (1992), bu sistemlerde günlük su değişiminin %1-5 arasında olduğunu bildirmektedirler. Ayrıca çevre için potansiyel bir kirlilik kaynağı olan atık sular bitkilerin ihtiyaç duyduğu azot (N) yönünden zengin olduğundan akuaponik sistemlerde bu suların kullanılması aynı zamanda suyun kalitesini de artırmaktadır. Böylece ticari bir kazanç elde edilirken sürdürülebilir bir balıkçılık ve sebze üretimi bir arada sağlanmış olmaktadır (Adler et al., 2000).

Diğer taraftan bu kültür yönteminde herhangi bir antibiyotik ve kimyasal kullanımı söz konusu olmadığından akuaponik sistemler organik tarımın bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Rakocy, 1999). Uygun bir şekilde dizayn edilmiş akuaponik sistemlerde sebze ve bitki üretimi kültür alanının yaklaşık %90'ını oluşturmakta ve %65-70 oranında bir gelir sağlamaktadır (Rakocy, 1998).

Bununla birlikte, daha az su kullanarak daha fazla miktarda balık yetiştirmek için dizayn edilen kapalı devre akuakültürde, atık sular toksik ürünlerden arındırılmak ve yeniden kullanılmak üzere ayrı bir işleme tabi tutulur. Oysa bu metabolik yan ürünler ekonomik değeri olan ya da bir şekilde ilk üretime yararlı olan ikinci bir ürüne kanalizasyonla edilirse özel bir arıtma işlemine gerek kalmamaktadır (Rakocy et al., 1992).

Kültür balıkçılığı (akuakültür) ve topraksız tarım (hidroponik) uygulamaları çok eski olmasına rağmen ikisinin kombine edilmesi oldukça yenidir. 1970'lerde başlayan akuaponik uygulamaları, geçen otuz yılda farklı dizayn ve sistemlerle hızlı bir şekilde gelişmeye devam etmiştir (Rakocy and Hargreaves, 1993). Bununla birlikte 1980'lere kadar hidroponik ve akuakültürün entegrasyonuna yönelik uygulamalar sınırlı düzeyde

kalmış, 1980'lerden sonra ise bir takım yeniliklerin bu sisteme dahil edilmesiyle akuaponik teknolojisi uygulanabilir bir seviyeye gelmiştir (Diver, 2006). Özellikle 1986'da tilapia kültüründen kaynaklı atık suların kum üzerinde yetiştiriciliği yapılan domates yataklarına kanallize edilmesiyle bilinen ilk kapalı sistem akuaponik gerçekleştirilmiştir (McMurtry et al., 1993, 1997). Ticari olarak emekleme döneminde olan akuaponik, aynı zamanda teknolojik gelişimlerle revize edilmiş daha etkin ve daha az yer kaplayan bir yetiştiricilik potansiyeline sahiptir.

Akuaponik sistemler; balık yetiştirme tankı, askıda bulunan katı maddeleri ayırıcı bir bölüm, bir biyofiltre, hidroponik bir bitki yatağı ve atık suların toplandığı bir depodan oluşmaktadır (Rakocy and Hargreaves, 1993).

Akuaponik'de Kullanılan Temel Unsurlar

Hidroponik sistem: Hidroponik; bitkilerin topraksız, besin maddesince zengin sulu bir ortamda üretilme sistemidir. Hidroponik sistemlerde, besin film tekniği (NFT), yüzer sal, çakıl, kum, talaş, turba, perlit, vermikolit, kaya yünü (asbest) gibi farklı bitki yatakları ile sulama suyuna enjekte edilen suni besin maddeleri kullanılmaktadır. Kullanılan bu besin maddeleri genellikle çözünabilirliği yüksek, kalsiyum nitrat gibi, sentetik ticari gübrelerdir. Bununla birlikte balık hidrosilatı gibi çözülebilir organik gübrelerin kullanıldığı hidro-organik yöntem diğer bir uygulama şeklidir. Esasen hidroponik sistemler mineral element konsantrasyonunun doğru bir şekilde verildiği kimyasal bir formülasyondur. Bununla birlikte hidroponik üretim yönteminde başarı, söz konusu bu maddelerin sera şartlarında kontrollü bir şekilde verilmesiyle sağlanmaktadır (Diver, 2000)

Akuakültür orijinli atık sular: Besin maddeleri hidroponik bitkilere sera şartlarında kontrollü bir şekilde verilirken akuaponik üretimde akuakültür suyu ile sağlanır. Balık atıkları, hidroponik bitkiler için amonyak, nitrat, nitrit, fosfor, potasyum gibi makro besinleri ve demir, mangan, çinko, bakır gibi mikro besinler açısından zengindir (Diver, 2006). Bununla birlikte bu besin maddeleri hidroponik bitkiler tarafından hızlı bir şekilde tüketildiğinden akuaponik sistemlerde bu besin madde konsantrasyonları sürekli olarak kontrol edilmelidir (Al-Hafedh et al., 2008).

Akuaponik’de kullanılan sebze ve bitkiler: Bu entegre sistemde deneysel amaçlı 30’dan fazla sebze türü (ıspanak, marul, domates vs.) yetiştirilmektedir (Rakocy et al., 1992). Akuaponik sistemlerde kullanılacak hidroponik bitkilerin seçimi balık stoğuna ve dolayısıyla kültür suyunun besin madde konsantrasyonuna bağlıdır. Örneğin; marul, bitki, ıspanak, frenk soğanı, fesleğen, su teresi gibi bitkiler büyümek için hem daha az besin maddesine ihtiyaç duymakta hem de akuaponik sistemlere daha çabuk adapte olmaktadır. Diğer taraftan domates, dolmalık biber ve salatalık gibi sebzeler daha fazla besin ortamı istediklerinden bunlar için kurulacak akuaponik sistemlerin komplike olması zorunludur (Diver, 2006).

Ayrıca akuaponik entegrasyonunda su sümbülü (*Eichhoria crassipes*), su mercimeği (*Spirodela* and *Lemna* spp.), eğrelti otu (*Azolla* sp.), su teresi (*Nasturtium officinale*), su kestanesi (*Eleocharis dulcis*), su ıspanağı (*Ipomoea aquatica*) ve yılan balığı otu (*Vallisneria* sp) gibi akuatik bitkiler de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bitkiler adi sazan ve tilapia gibi herbivor balıklar için yem olarak kullanılabilceği gibi süs bitkisi olarak da yetiştirilip satılabilmektedir. Bununla birlikte bu tür akuatik bitkiler, su içerisine ışığın nüfus etmesini önleyerek fitoplankton büyümesini engellemek ve ortamda aşırı miktarda bulunan nitrojeni uzaklaştırmak için de oldukça kullanışlıdır (Rakocy, 1992).

Akuaponik’de kullanılan balık türleri: Çeşitli sıcak ve soğuk su balıkları (tilapia, alabalık, tatlı su levreği gibi) kapalı devre akuakültüre adapte olmuştur. Diğer taraftan akuaponik kültür sistemlerinde bütün balık türleri uygun olmayabilir. Örneğin Rakocy (1998), hibrit çizgili levreğin bitki büyümesini hızlandıran yüksek potasyum seviyesini tolere edemeyebileceğini bildirmiştir. Bununla birlikte akuaponik kültür yönteminde kullanılan balık türleri arasında; Nil tilapiası (*Oreochromis niloticus*); hibrit tilapia, (*Oreochromis urolepis hornorum* x *Oreochromis mosambicus*); Adi sazan (*Cyprinus carpio*); hibrit Sazan (*Ctenopharyngodon idella* x *Aristichthys nobilis*; hibrit Çizgili levrek (*Morone chrysops* x *Morone saxatilis*); ve Altın balık (*Carassius* sp.) (Selock 2003); Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Adler et al. 2000); Avustralya barramundi (*Lates calcarifer*); ve Murray morina balığı (*Maccullochella peelii peelii*), ayrıca kırmızı kerevit (*Cherax quadricarinatus*) gibi çeşitli kabuklular

sayılabilir (Diver, 2006). Ancak en çok kullanılanı sıcaklık, pH, oksijen, çözünmüş besin maddeleri açısından sürekli değişen su ortamlarına toleransı yüksek olan Tilapiadır.

Hidroponik bitki yatakları: Tatlı su akuaponik sistemlerde sebze ve bitki yetiştirmek için aeroponik, besin film tekniği (NFT), kum yatağı, asbest gibi farklı hidroponik bitki yatakları kullanılmaktadır (Gonzales, 2002). Örneğin, Rakocy ve Nair (1987) yüzen polisitren bir bitki yatağı, McMurty ve ark. (1990) kum yatağı kullanmışlardır. Rakocy (1995)'e göre akuaponik sistemlerde bitki üretim alanı uygun büyüklükte seçilirse, bitki yatağı olarak polisitren malzemeden yapılmış yüzer sistemler etkili bir biyofiltrasyon görevi de üstlenebilmektedir. Ayrıca Lennard ve Leonard (2006), morina balığı ve marulu entegre ettikleri akuaponik bir sistemde, çakıl, NFT ve yüzer sal sistemi olarak üç farklı hidroponik bitki yatağı kullanmışlar, bunlar içerisinde en etkili bitki yatağının sırasıyla çakıl, yüzer sal ve NFT olduğunu bildirmişlerdir. Kullanılan bu bitki yataklarına göre hidroponik sistemler NFT kültürü, çakıl kültürü, talaş kültürü, kaya yünü kültürü olarak da adlandırılabilir.

Biyofiltre: Bazı akuaponik sistemler amonyak döngüsünü ve diğer atıkları hidroponik bitkilerin alabileceği bir forma dönüştürmeyi kolaylaştıran askıdaki katı maddelerin toplandığı ara filtre ve kartuşlarla birlikte dizayn edilirler. Diğer sistemlerde ise bu atıklar özellikle çakıl kültürü olarak da adlandırılan hidroponik sistemlere direkt bir şekilde verilmektedir. Çünkü bu kültür sistemlerinde çakıl, katı atıkları tutarak akışkan bir biyoreaktör olarak fonksiyon görmektedir (Diver, 2006).

Akuaponikte Ortam Şartları

Akuaponik’de ortam şartları Rakocy ve ark. (1992)’ye göre;

Sıcaklık: Sistemde sıcaklık, yetiştirilecek sebze ya da bitkiye göre ayarlanmalıdır. Sebze üretimi için optimum sıcaklık 24 °C’dir.

pH: Nitrifikasyonu sürdürmek ve yeterli besin elde etmek için pH 7.0’a ayarlanmalıdır.

Işık: Ticari hidroponik bitkiler yoğun güneş sevdiklerinden kültürde gölge alan olmamasına dikkat edilmelidir. Güneşlenmenin az olduğu soğuk bölgelerde bitki üreme periyodunun uzadığı bildirilmektedir.

Çözünmüş oksijen: Optimum 6.2 olarak bildirilmektedir.

Akuaponik’de Böcek ve Hastalık Kontrolü

Entegre sistemlerde sebzeler için böcek ve hastalık kontrol teknikleri, biyolojik kontrolü, rezistant türleri, araştırma ve özelleştirilmiş kültür uygulamalarının kullanımını sınırlamaktadır. Bunlar içerisinde özellikle kurtların kontrolünde oldukça etkili olan bir biyolojik kontrol metodu *Bacillus thuringiensis* bakterisinin kullanımıdır. Akuaponik sistemlerde balıklara son derece toksik olan pestisitler genellikle kullanılmamakta hatta gıda olarak tüketilen balık kültürleri için de kesinlikle tavsiye edilmemektedir. Diğer taraftan balık hastalıkları ve parazitlerinin tedavisinde kullanılan pek çok teropatik, entegre sistemlerde biyofiltelere zarar vermekte ve sebzeler tarafından hızlı bir şekilde absorblanıp konsantre edildiğinden kullanılmaları gerektiği bildirilmektedir (Rakocy et al., 1992).

Besin Madde İhtiyacı

Bitkiler için gerekli besin maddeleri, makro ve mikro elementler olmak üzere iki grupta değerlendirilir. Makro besin elementleri nitrojen (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), sülfür (S) ve magnezyum (Mg); mikro besin elementleri ise demir (Fe), klor (Cl), manganez (Mn), bor (B), çinko (Zn), bakır (Cu) ve molibden (Mo)’den ibarettir. Optimum bir bitki büyümesi için bu besin madde miktarlarının dengeli olması gerekmektedir (Tablo).

Tablo. Hidroponik bitkiler için genel bir besin solüsyonu (Resh, 1989).

Besin elementleri	Konsantrasyon (mg/litre)
Ca	197
Mg	44
K	400
N (NO ₃ formunda)	145 (642)
P (PO ₄ formunda)	65 (199)
S (SO ₄ formunda)	197.5 (592)

Cl	—
Fe	2
Mn	0.5
Cu	0.03
Zn	0.05
B	0.5
Mo	0.02

Hidroponik besin solüsyonları vejetatif büyümeyi teşvik eden total nitrojeni (NH_4) %10-20 oranında içerirler. Bununla birlikte amonyum, balık atıklarında fazla miktarda bulunduğundan entegre sistemlere kesinlikle eklenmemektedir. Aynı şekilde klorid iyonları da hem balık yemlerinde hem de suda yeterli miktarda bulunduğundan ne hidroponik ne de diğer entegre sistemlerde besin elementi olarak kullanılmamaktadır.

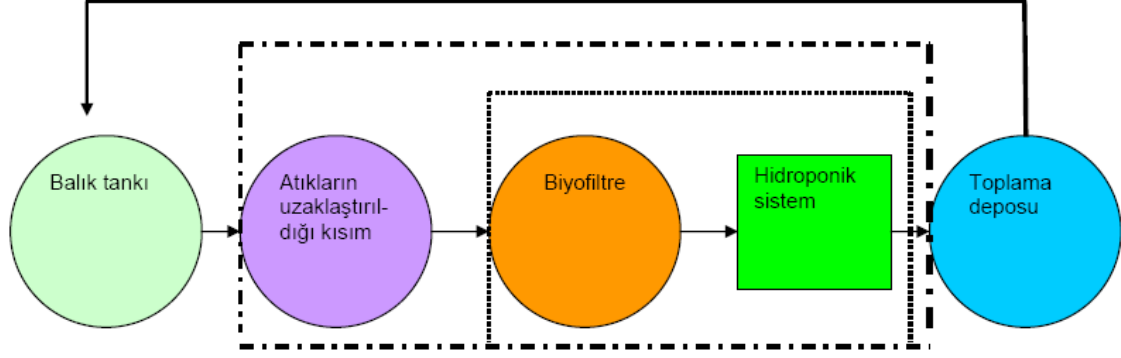
Tipik bir hidroponik sistemde besin tuzlarının toplam konsantrasyonu 2,100 mg/L olup bu miktarın üzerinde ki bir konsantrasyon pek çok sebze için toksik etki yapmakta ve üretimi azaltmaktadır. Standart hidroponik sistemlerde kullanılan besin solüsyonları bitkiler tarafından hemen absorblandığından esansiyel elementlerin hemen hepsinin konsantrasyonu hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu durumda sisteme yeni bir solüsyon eklenmelidir. Bununla birlikte entegre kapalı devre sistemlerde bitkiler tarafından absorblanan miktardan daha fazlası yem ve metabolik atıklarla sağlandığından ortamda besin madde konsantrasyonu hızlı bir şekilde yükselmektedir. Böylesi bir durumda kültür suyu değiştirilmeli ya da dilute edilmelidir. Bu açıdan entegre sistemlerde kullanılan suda çözünmüş tuz ve katı atık konsantrasyonunun başlangıçta 100 mg/L'nin altında tutulması gerektiği bildirilmektedir (Rakocy et al., 2004).

Genel olarak akuaponik sistemlerde besin madde konsantrasyonu su kaynağına, balık yemine ve hidroponik bitki yatağına bağlı olarak değişmektedir (Rakocy et al., 2006).

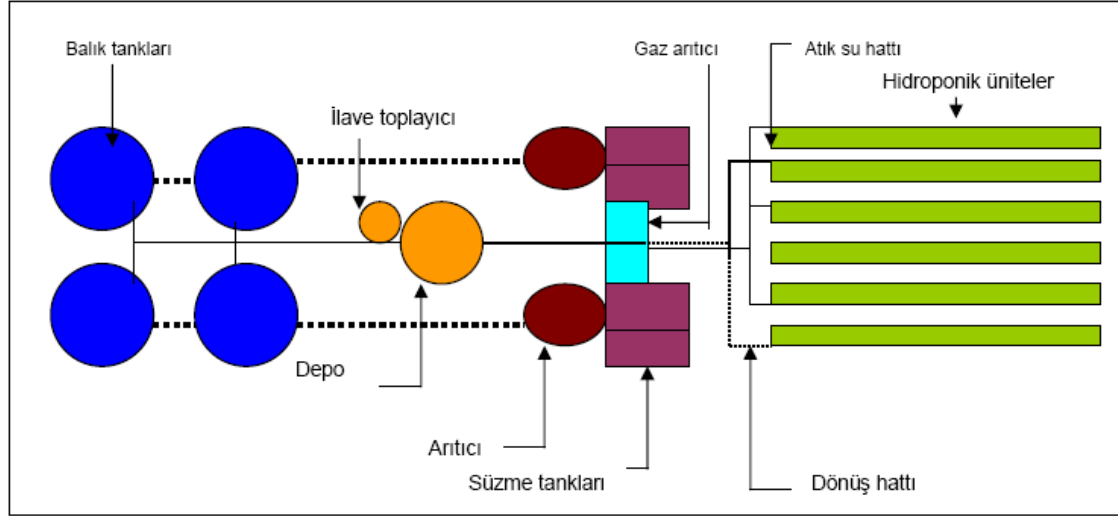
Akuaponik Sistem Dizaynı

Akuaponik sistem dizaynı hidroponik ekipmanlara ilaveten genellikle kapalı sistem akuakültür yetiştiriciliğine benzemektedir. Sistemde ilk önce balık tanklarından çıkan ve hem askıda hem de çökmüş formdaki organik maddeleri içeren atık su süzülür. Daha sonra kültür suyunda bulunan amonyak ve nitrat biyofiltre aracılığı ile ortamdan uzaklaştırılır. Süzülen su hidroponik üniteye aktarılır ve son olarak bu üniteden çıkan su

bir depoda toplandıktan sonra tekrar balık tanklarına döndürülmektedir. Biyofiltre ve hidroponik unsurlar aynı zamanda bir biyofiltre görevi de gören çakıl ve kum gibi bitki yataklarıyla birlikte kombine edilebilir. Genel ekipmanların bulunduğu bir sistem örneği Şekil 1’de, daha detaylı bir örnek ise Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Akuaponik sistem unsurlarının optimum yerleştirme düzeni (Rakocy et al., 2006)



Şekil 2. UVI Akuaponik sistemi (Rakocy et al., 2004)

Netice itibariyle;

Son yılların önemli bir yetiştiricilik faaliyeti olan akuaponik, mevcut kaynakları optimum seviyede kullanan, çevre ile dost bir entegre sistemdir. Yukarıda bahsedilen yararlarına ek olarak bu sistemle;

- 1- Su kalitesi korunmuş olur
- 2- Havuz suyunun yaklaşık %90'ı yeniden kullanılır.

- 3- Özellikle doğal havuzlarda yapılan yetiştiricilikte rüzgarlardan kaynaklı erozyon önlenabilir.
- 4- Sıcak yaz günlerinde havuz suyunun aşırı miktarda ısınması ve buharlaşmadan kaynaklı su kaybı engellenir.
- 5- İş yükü azaltılır
- 6- Özellikle büyük havuzlarda balıkların kaçması ya da kaçırılması kontrol edilebilir (Sharma et al., 2003).

Dünya için eski fakat Türkiye için yeni olan bu sistemle, su ürünleri yetiştiriciliğinden kaynaklı olumsuz çevresel etkiler azaltılabilir ve zirai ekonomiye katkı sağlanabilir.

EKLER

EK-I

I. BÖLÜM

1. SU POTANSİYELİ

1. 1. Su Kaynakları

İç sular karasal su sisteminde bulunan tüm suları içine almaktadır. Dış görünüşleri bakımından iç sular; durgun su, akarsu ve yeraltı suyu olarak çok değişiklik arz etmektedirler.

Durgunsular; göl, gölet, gölcük, rezervuar, baraj gölü ve geniş balık havuzları gibi büyük kalıcı (nadiren periyodik) su kütleleridir. Ayrıca, yağışların oluşturduğu su birikintileri, taşlar üzerinde biriken sular, karalarda bulunan tuzlu su kütleleri, sediment birikimi (siltasyon) ve yapı değişmesi (transition) neticesinde oluşan bataklıklar ve benzeri su kütleleri de durgun sular kapsamındadır. Yüzey suları ise, akarsular olarak bilinen dereler ve bu derelerin beslediği ırmaklar, dağ sel suları ve nehirlerdir. Toprak altında hareketli yada sabit olarak duran ve çeşitli nedenlerle yeryüzüne çıkabilen sular ise yeraltı sularıdır.

Hidrojen oksitlenmesi sonucu oluşan su yeryüzündeki çok önemli bileşiklerden biridir. Yeryüzü yaklaşık 1.45 milyar km³ suyla kaplanmıştır. Bunun sadece 28,38 milyon km³'ü yani % 1,92'si tatlı sudur. Suların dağılımı Tablo 1.1'de, tatlı su dağılımı ise Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Su kaynakları ve hidrosferdeki miktarları (Lvovitch, 1979).

	Hacim (km ³ x 10 ³)	Toplam Hacmin %'si
Okyanuslar	1370323	93.94180
Derin yeraltı suları	60000	4.11320
Aktif yeraltı suları	4000	0.27400
Buz	24000	1.64500
Göller	280	0.01900
Toprak nemi	85	0.00580
Atmosfer	14	0.00096
Nehirler	1.2	0.00008
Toplam Tatlı su	28380.2	1.92000
Genel Su Toplamı	1458703	99.99984

Atmosferdeki bütün gazlar sularda çözünmüş halde bulunmaktadır. Denizlerdeki yüzey sularında sıvı fazı ile gaz fazı arasındaki denge sabittir. Deniz suyu içerisindeki çözülmüş oksijen miktarı litrede 0-10 ml arasında değişmektedir. Sıfır değeri tamamen kirlenmiş sularda, 10 değeri ise aşırı doygunluğa ulaşmış bölgelerde örneğin, yüzeyde ve büyük fotosentez aktivitesinin olduğu yerlerde söz konusu olmaktadır.

Atmosferde ve deniz suyunda bulunan gazlar Tablo 1.3' te sunulmaktadır.

Gazların sudaki çözünürlükleri sıcaklık arttıkça düşmektedir. Tatlı suda 1 atmosfer basınçta sıcaklığa bağlı olarak saf gazların doygunluk değerleri Tablo 1.4'de, normal şartlar altındaki gaz konsantrasyon değerleri ise, Tablo 1.5'te verilmektedir.

Tablo 1.2. Dünyadaki tatlı suların dağılımı (Klee, 1990)

	(km ³)	(%)
Buzullar	27818246	77,23
Yeraltı suları 800 m derinliğe kadar	3551572	9,86
Yeraltı suları 800 – 4000 m arası	4448470	12,35
Yüzey nemi	61234	0,17
Göller	126070	0,35
Akarsular	1080,60	0,003
Mineral sular	360,20	0,001
Bitki, hayvan, insan	1080,60	0,003
Atmosfer nemi	14408	0,04
Toplam	36022521,40	100,00

Tablo 1.3. Atmosferde ve deniz suyunda bulunan çözünmüş gazlar (Kocataş,1986)

	Atmosferde (%)	Deniz suyunda (‰ 35 ve 10 °C)
Azot	78.98	62.1
Oksijen	20.95	34.4
Argon	0.93	1.7
Karbondioksit	0.03	1.8

Gazlar; sabit hareketli moleküllerden oluşmaktadır. (bazı durumlarda bu moleküller yalnız atomlardır) Küçük moleküllerden oluşan pek çok madde normal şartlar altında gaz veya uçucu sıvı halindedir. Tablo 1.6’da yaygın olarak bilinen

bazı gazlar ve özellikleri verilmektedir.

Tablo 1.4. Tatlı suda gazların sıcaklığa bağlı olarak değişimleri (Schwoerbel, 1987)

	Sıcaklık (°C)			
Gazlar	0	10	20	30
Oksijen	69.5	53.7	43.3	35.9
Azot	28.8	22.6	18.6	15.9
Karbondioksit	3.350	2.320	1.690	1.260

Tablo 1.5. Normal şartlar altında gazların sudaki konsantrasyonları (Schwoerbel, 1987)

	Kısmi Basınç	Çözünürlük			
Gazlar	(%)	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C
Oksijen	20.99	14.5	11.1	8.9	7.2
Azot	78.0	22.4	17.5		11.9
Karbondioksit	0.03	1.005	0.70	0.51	0.38

Tablo 1.6. Seçilmiş bazı gazların özellikleri (Ebbing, 1987)

Ad	Formül	Renk	Koku	Toksiklik
Amonyak	NH ₃	renksiz	keskin	toksik
Karbondioksit	CO ₂	renksiz	kokusuz	toksik değil
Karbon monoksit	CO	renksiz	kokusuz	çok toksik
Klor	Cl ₂	mat yeşil	sinir bozucu	çok toksik
Helyum	He	renksiz	kokusuz	toksik değil
Hidrojen	H ₂	Renksiz	kokusuz	toksik değil

Hidrojen Klor	HCl	Renksiz	sinir bozucu	tahrip edici
Hidrojen sülfür	H ₂ S	Renksiz	iğrenç	çok toksik
Metan	CH ₄	Renksiz	kokusuz	toksik değil
Neon	Ne	Renksiz	kokusuz	toksik değil
Nitrojen	N ₂	Renksiz	kokusuz	toksik değil
Nitrat	NO ₂	kırmızı -kahve	sinir bozucu	çok toksik
Oksijen	O ₂	Renksiz	kokusuz	toksik değil
Kükürt dioksit	SO ₂	Renksiz	boğucu	toksik

1.2. Suyun Hidrolojik Çevrimi

Hidrolojik çevrim, suyun okyanus ve denizlerden buharlaşarak atmosfere geçmesi, yağışlarla yeryüzüne düşmesi ve karalar üzerinde toplanıp tekrar deniz ve okyanuslara dönmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Doğada oluşan gerçek çevrim, bu tanımla anlatılmak istenenden çok daha karmaşık olup nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Hidrolojik çevrimi meydana getiren iki temel unsur olan yağış ve buharlaşmanın oluşması, özellikle ısı alış verişiyle bağlantılı olduğundan, hidrolojik olaylar atmosferdeki çok karmaşık termodinamik olaylar tarafından etkilenmektedir.

2. Zaman sürecinde, hidrolojik çevrimde önemli değişimler gözlenebilir. Kurak dönemlerde çok yavaşlayan çevrim oranı, sulak dönemlerde sürekli bir hal almakta ve artmaktadır.

3. Çevrimin şiddeti ve dönüş hızı, coğrafi ve iklimsel özelliklere göre değişmektedir. Bunun en önemli sebebi, güneşten gelen enerjinin yeryüzündeki enlem derecelerine ve mevsimlere göre farklılık arz etmesidir.

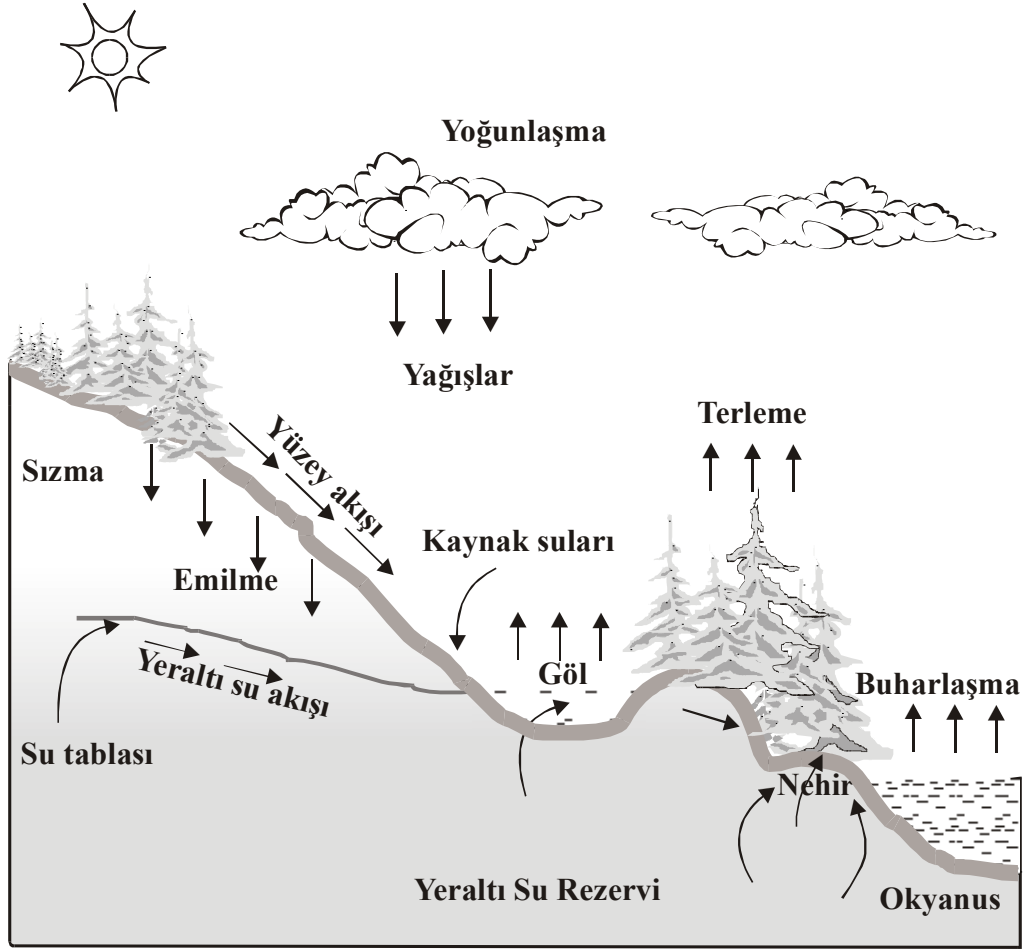
4. Hidrolojik çevrimin çeşitli aşamalarında kısa devreler olabilmektedir. Örneğin, yağışlar doğrudan doğruya denizlere, göllere veya akarsulara düşebilir veya yağışlar toprak yüzeyine absorbe edilip akışa geçmeden buharlaşabilmektedir. Yerçekirdeğinden kaynaklanan az miktardaki radyoaktif enerji ve ısı transferi dışında hidrolojik çevrim için gerekli olan enerji güneşten sağlanmaktadır. Güneşin yeryüzüne verdiği toplam güç 1.73×10^{17} j/s'dir. Güneşten gelen toplam enerjinin %30'u atmosferden yansıyarak uzaya geri dönmekte, %47'si atmosfer ve yeryüzünde soğurulmakta ve % 23'ü ise hidrolojik çevrimde kullanılmaktadır. Başka bir ifadeyle, yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık 1/3'i hidrolojik çevrimde kullanılmaktadır. Hidrolojik çevrimde, terleme-buharlaşma, atmosfer nemi, yağışlar ve akışlar olmak üzere başlıca dört ana unsur rol oynamaktadır.

a. Atmosfer nemi

Bitkilerin terlemesinden, nemli topraklar, akarsular, göller, denizler ve okyanuslardan her yıl yaklaşık 380.000 km^3 su buharlaşarak atmosfere karışmaktadır. Yerküre üzerinde lokalize olmuş tuzlu ve tatlı büyük su yüzeylerinden ve karadan gelen buharlaşma ile bitkilerin terlemesi, atmosferdeki su buharının başlıca kaynaklarıdır. Atmosferde bulunan toplam su miktarı Tablo 1.1'de verilmektedir.

b. Buharlaşma ve terleme

Atmosferde bulunan 380.000 km^3 toplam su buharının % 84'ü (320 km^3) okyanuslardan ve denizlerden, kalan %16'lık (60.000 km^3) kısmı ise iç sulardan ve karasal alanlardaki terlemeden atmosfere geçmektedir.



Şekil 1.1. Suyun hidrosiklusu

c. Yağış

Buharlaşma ve terleme neticesinde atmosferde biriken su buharı çok küçük damlacıklar halinde yoğunlaşmakta ve bulutları oluşturmaktadır. Su damlacıkları, ağırlık ve hacim olarak bulutların bunları taşıyabilme sınırına kadar artmakta ve toplam yük taşıma kapasitesini aştığında ise yağışlar halinde yeryüzüne atmosferdeki sıcaklığa bağlı olarak kar, dolu, ve yağmur olarak inmektedirler. Okyanuslara düşen toplam yağış miktarı 284.000 km^3 karalara düşen ise 96.000 km^3 olmaktadır.

d. Akışlar

Yeryüzüne inen yağışların bir kısmı bitkiler tarafından tutulmakta, bir kısmı ise, direkt nehir, göl ve deniz gibi yerüstü sularına karışmakta, bir kısmı da topraktan yüzey akışları ile su kütlelerine ulaşmaktadır. Ayrıca, toprağın değişik katmanlarından yerçekimi etkisiyle derinlere sızarak yeraltı sularını oluşturmaktadırlar. Toprağa sızan sular, aşağıya doğru hareketlerine devam etmekte (perkolasyon) ve yeraltı suyu akışlarını oluşturmaktadırlar. Bu yeraltı suları yüzeydeki akarsuları, gölleri beslemekte ve yüzey sularının buharlaşması ile su dolaşımı (hidrosiklus) yeniden başlamaktadır (Şekil 1.1).

Karalara düşen 96.000 km³lük kısmın 60.000 km³'ü atmosfere buharlaşma ve terleme geri kalan 36.000 km³'ü ise yüzey yıkanma suları ile su kaynaklarına ulaşmaktadır.

II. BÖLÜM

2. SULARIN ÖZELLİKLERİ

2.1. Suların Kimyasal Özellikleri

Bir materyalin kimyasal özelliği yapısında bulunduğu maddenin kimyasal içeriğini değiştirme kabiliyeti şeklinde tanımlanmaktadır. Örneğin sodyumun kimyasal özelliklerinden biri onun klorle tam olarak reaksiyona girme kabiliyetidir. Ayrıca, sodyum suyla kuvvetlice reaksiyona girmektedir, yani suda tam olarak çözünmektedir.

Sularda bulunan kimyasal madde miktarları her çeşit canlı organizmalar üzerine oldukça fazla miktarda değişik etkiler yapmaktadır. Örneğin, deniz balıkları için tuzluluk oldukça önemli bir kimyasal kriterdir. Ayrıca, sularda bulunan besin zinciri üzerinde oldukça önemli etkilere sahip olan, azot, silis ve fosfor gibi mineraller besleyici elementler olarak isimlendirilmektedirler. Suların genel bazı kimyasal özellikleri aşağıdaki gibi sıralanarak, balık yetiştiriciliği için fazlaca önem arz edenler ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

1. Tuzluluk, 2. Çözünmüş Oksijen, 3. Karbondioksit, 4. Amonyak
5. Nitrit, 6. Fosfor, 7. Hidrojen sülfür, 8. Kükürt, 9. Asidite,
10. pH ve SBV, 11. Sertlik, 12. Silis.

2.1.1. Tuzluluk

Yeryüzünde bulunan en önemli ve en büyük su kütleleri, dünyanın su varlığının % 93.94' lük kısmını oluşturan denizler ve okyanuslardır. Deniz suyunu

diğer sulardan ayıran en önemli özellik, nehir ve yağış sularıyla karalardan taşınan çözünmüş maddelerden meydana gelen tuzluluktur. Tuzluluk, (salinite) 1 kg deniz suyunda çözünmüş halde bulunan katı cisimlerin tümünün gram olarak miktarı şeklinde tanımlanmaktadır. Deniz suyunun bir çok fiziksel özelliği saliniteye bağlı olarak değişimler göstermektedir.

Örneğin, salinite artışına paralel olarak deniz suyunun yoğunluğu, molekül viskozitesi, elektrik iletkenliği ve osmotik basıncı artarken, spesifik ısı, donma noktası sıcaklığı ve ısı iletkenliği azalmaktadır. Tuzluluk derecesi, buharlaşma, deniz suyunun donması ve vertikal karışımlar ile artarken, yağışlar, buzların çözülmesi, daha az tuzlu derin su tabakalarıyla olan vertikal karışımlar ve özellikle kıyı bölgelerindeki sularda etkili olan nehir sularının karışımları ile azalarak çok değişiklik arz etmektedir. Mesela, Marmara sularıyla beslenen Kuzey Ege’de tuzluluğun ‰ 37, Güney Ege’nin her noktasında ‰ 38.8, geniş havzalı ve yüksek debili nehirlerle beslenen Karadeniz’ de ise ‰ 17 olduğu bilinmektedir. Karadeniz’de bu oranın düşük olmasına bölgenin ikliminin etkisi oldukça fazladır. Bu denizde buharlaşmadan dolayı su kaybı diğerlerine oranla daha düşüktür.

Dünya denizlerinin okyanuslar dahil ortalama tuzluluğu ağırlıkça 34.7’dir, yani 1000 gramında 34.7 g çözünmüş madde bulunmaktadır. Fakat, genellikle, deniz sularının (tipik deniz suyu) 1000 gr’ında 35 g tuz bulunduğu (‰ 35 tuzlu) farz edilmektedir. “Tipik” tuzlulukta deniz suyunun bileşimi Tablo 2.1’de verilmektedir. Tablodaki bileşikler 1 kg suda çözündürülerek sentetik “Tipik” deniz suyu elde edilmektedir.

Denizlerde suyun çözünmüş tuzlara oranı değişiklik arz etmesine rağmen, majör elementlerin deniz sularındaki oranları neredeyse sabittir. Çözünmüş maddelerin %99.28’ini major elementler teşkil etmektedir. Bunlar; klor, sülfat, bikarbonat, brom ve flor anyonlarıyla, sodyum, magnezyum, stronsiyum,

kalsiyum ve potasyum katyonlarıdır. Deniz suyunda bulunan iyon halindeki çeşitli elementler ve miktarları Tablo 2.2’ de verilmektedir. Denizlerdeki kütlenin ortalama % 96.5’ini su oluşturmaktadır.

Tablo 2.1. Sentetik deniz suyunun kompozisyonu (Müezzinoğlu, 1987)

Element	Miktar (g)	Element	Miktar (g)
NaCl	23,45	NaHCO ₃	0,192
MgCl ₂	4,98	KBr	0,096
Na ₂ SO ₄	3,92	H ₃ BO ₃	0,026
CaCl ₂	1,10	SrCl ₂	0,024
KCl	0,66	NaF	0,003

Tablo 2.2. Deniz suyunda bulunan çözünmüş maddeler (Thurman, 1988)

Major elementler (>100 ppm)	Minör Elementler (1-100 ppm)	İz elementler (< 1 ppm)
Klor (Cl ⁻) 55,04	Bromin 65	Nitrojen
Sodyum (Na ⁺) 30,61	Karbon 28	Lityum
Sülfat (SO ₄ ⁻²) 7,68	Stronsiyum 8,0	Rubidyum
Magnezyum (Mg ⁺²) 3,69	Bor 4,6	Fosfor
Kalsiyum (Ca ⁺²) 1,16	Silikon 3,0	İyodin
Potasyum (K ⁺) 1,10	Florin 1,0	Demir
Toplam 99,28		Çinko
		Molibden

Çözünmüş katı maddelerin %90’ından fazlasını altı elementin teşkil ettiği Tablo 2.2’de görülmektedir. Bunlar; klor, sülfat, sodyum, magnezyum, kalsiyum

ve potasyum'dur. Tuzlu sularda iyon konsantrasyonunun %55.04'ünü klor iyonu oluşturmasına karşın, tatlı suların karbonatlı olduğu, bu sularda fazla miktarda kalsiyum (%20.39) ve karbonat bulunduğu (35.15) kaydedilmektedir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Tatlı su ve tuzlu su bileşenlerinin karşılaştırılması (hacim/hacim'in toplam %'si olarak) (Schwoerbel, 1987)

	Deniz Suyu	Tatlı Su (Nehir suyu)
CO_3^{-2}	0.41 (HCO_3^-)	35.15
SO_4^{-2}	7.68	12.14
Cl^-	55.04	5.68
NO_3^-	-	0.90
Ca^{+2}	1.15	20.39
Mg^{+2}	3.69	3.41
Na^+	30.62	5.79
K^+	1.10	2.12
$(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$	-	2.75
SiO_2	-	11.67
$\text{Sr}^{+2}, \text{H}_3\text{BO}_3, \text{Br}^-$	0.31	-

2.1.2. Çözünmüş Oksijen

Suyun oksijen kaynakları genellikle havanın su yüzeyinden difzyonu ve bitki fotosentezidir. Oksijen, havanın büyük bileşenlerinden (%20.95) birisi olmasına rağmen, suda çözünmesi sınırlıdır. Çözünmüş oksijen konsantrasyonları 0°C'de en büyüktür ve sıcaklığın artmasıyla azalmaktadır. Tablo 2.4'te 760 mm cıva basıncında (1 atm.'lik basınç) saf suda çözünmüş oksijen miktarları

verilmektedir. Diğer atmosferik basınçlara göre oksijenin çözünürlüğünü düzeltmek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır

$$DO_C = DO_t \times ((P_0 - P_w) / (760 - P_w))$$

DO_C = Düzeltilmiş oksijen çözünürlüğü

DO_t = 760 mm basınçta oksijenin çözünürlüğü

P_0 = Belirtilen atmosfer basıncı

P_w = Suyun buhar basıncı

Tablo 2.4. Farklı sıcaklıklarda saf suda oksijenin çözünürlüğü (Boyd, 1992)

Sıcaklık (°C)	Çözünmüş oksijen (mg/l)	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş oksijen (mg/l)	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş oksijen (mg/l)
0	14.16	12	10.43	24	8.25
1	13.77	13	10.20	25	8.11
2	13.40	14	9.98	26	7.99
3	13.05	15	9.76	27	7.86
4	12.70	16	9.56	28	7.75
5	12.37	17	9.37	29	7.64
6	12.06	18	9.18	30	7.53
7	11.76	19	9.01	31	7.42
8	11.47	20	8.84	32	7.32
9	11.19	21	8.68	33	7.22
10	10.92	22	8.53	34	7.13
11	10.67	23	8.38	35	7.04

Farklı sıcaklıklardaki suyun buhar basıncı Tablo 2.5'te gösterilmiştir. Atmosferik basıncı etkileyen en büyük etken yüksekliktir. Yükseklikle birlikte basıncın düşüşü yaklaşık olarak şu şekildedir; 0 - 600 m arası her 300 m'de % 4, 600 - 1500 m arası her 300 m'de % 3, 1500 - 3000 m arası her 300 m'de % 2.5. Hutchinson (1957), atmosferik basıncın daha doğru hesaplanması için denklemler geliştirmiştir, fakat basıncı bir barometre ile ölçmek daha uygun ve daha doğrudur. Oksijenin suda çözünürlüğü tuzluluğun artışıyla azalmaktadır, tuzluluktaki her 9000 mg/l'lik artış, saf suda oksijenin çözünürlüğünü % 5 oranında azaltmaktadır. Bu nedenle, tatlı sularda tuzluluğun etkisi pek önemsenmemektedir.

Tablo 2.5. Farklı sıcaklıklarda saf suyun buhar basıncı (Boyd, 1992).

(°C)	mm-Hg	(°C)	mm-Hg
0	4.58	20	17.54
5	6.54	25	23.76
10	9.21	30	31.82
15	12.79	35	42.1

Suyun ihtiva ettiği çözünmüş oksijenin miktarı, atmosferinkine eşitse bu su oksijenle doymuştur. Kapasitesinin altında oksijene sahip sulara doymamış sular denmektedir. Suda denge durumundan daha fazla oksijen olmasına, süper doymuşluk veya süper saturasyon denilmektedir. Başka bir ifadeyle suda bulunan çözünmüş oksijen miktarı havanın oksijeninden fazlaysa su, süper doygunluğa ulaşmış demektir.

Oksijen konsantrasyonunu doymuşluğun yüzdesi olarak belirtmek uygundur. Örneğin, 25 °C ve 760 mm basınçta 5.15, 8.11 ve 13.25 mg/l

çözünmüş oksijen ihtiva eden suların % doymuşluğu aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. Tablo 2.4'e bakıldığında teorik doymuşluk 8.11'dir.

Bu nedenle;

$$(5.15 / 8.11) \times (100) = \% 64 \text{ (Doymamış)}$$

$$(8.11 / 8.11) \times (100) = \% 100 \text{ (Doymuş)}$$

$$(13.25 / 8.11) \times (100) = \% 163 \text{ (Süper-Doymuş)}$$

Oksijenin sudaki çözünürlüğü oksijenin kısmi basıncı (tension) olarak ifade edilmektedir. Oksijen tensionu, suda belirli bir oksijen konsantrasyonunun tutulabilmesi için, atmosferde bulunması gerekli olan oksijenin kısmi basıncını temsil etmektedir. Havadaki oksijenin tensionu yada kısmi basıncı, standart basınçta, 760 mm x 0.2095 = 159.2 mm'dir. Çözünmüş oksijen miktarı 4.4 mg/l ve sıcaklığı 20°C olan sudaki oksijen tensionu ise; $(4.4 / 8.84) \times (159.2) = 79.2$ mm olarak hesaplanmaktadır.

Diğer bir deyişle; atmosferde 79.2 mm'lik bir oksijen tensionu olması durumunda, 20 °C sıcaklığa sahip sudaki çözünmüş oksijen miktarı 4.4 mg/l olmaktadır. 20 °C'de 15.2 mg/l çözünmüş oksijen içeren bir suyun tensionu daha büyük olacaktır: $(15.2 / 8.84) \times (159.2) = 273.7$ mm

Oksijen konsantrasyonları her litre suda bulunan mililitre olarak ifade edilmektedir. 0 °C ve 760 mm basınçta bir su doygunlukta 14.16 mg/l çözünmüş oksijen ihtiva etmektedir. 0 °C ve 760 mm basınçta 22.4 litre hava 1 mol oksijen ihtiva ettiği farzedildiğinde, mililitreye çevirmek için oksijenin yoğunluğu $32,000 \text{ mg/mol} \div 22,400 \text{ ml/mol} = 1.43 \text{ mg/ml}$ olmaktadır. Oksijenin ağırlığını hacime

çevirdiğimizde; $14.16 \text{ mg/l} \div 1.43 \text{ mg/l} = 9.90 \text{ ml/l}$ bulunur. Oksijenin yoğunluğu, sıcaklığın yükselmesi ve basıncın düşmesiyle azalmaktadır. Oksijenin 1 molü tarafından tutulan hacim ise genel gaz kanunundan hesaplanmaktadır:

$$P V = n R T$$

P : basınç (atmosfer); V : hacim (litre); n : mol sayısı

R : 0,082 (gaz sabiti)

T : sıcaklık ($^{\circ}\text{K}$)

Çözünmüş oksijen intensif balık kültüründe çok önemli bir faktördür. Balıkçıların başarısı bir anlamda düşük oksijen miktarlarıyla mücadele etme kabiliyetleriyle ölçülmektedir. Balıklar için oksijen gereksinimi türlere, yaşa ve kültür şartlarına göre değişmektedir. Ilık su balıklarının çoğusu en az 4 ppm, soğuk su balıkları ise büyüme ve üremeleri için en az 5 ppm çözünmüş oksijene ihtiyaç duymaktadırlar. Yavru balıklar erginlere göre daha fazla miktarlarda oksijene ihtiyaç duymaktadırlar. Düşük miktardaki oksijen, stres ve enfeksiyöz hastalıkların artmasına sebep olmaktadır. Havuzlarda balıklar, böcekler, bakteriler ve sucul bitkiler oksijen tüketmektedirler. Havuz ve göllerde oksijen üretimi ve tüketimi arasında bir denge mevcuttur. Oksijen azalması sonucu bu denge bozulmakta ve balıkların ölümüne neden olabilmektedir. Su kaynaklarında oksijen azalmasına sebep olan unsurlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Suyu giren organik atıkların artması

Herhangi bir organik materyal örneğin çiftlik gübresi, fosseptik çukur ve aşırı balık beslemeden kaynaklanan artıklar sulardaki oksijen ihtiyacını arttırmaktadır. Çünkü bu materyallerin çürüyebilmeleri için oksijen gerekmektedir.

2. Su bitkilerinin ölmesi

Sucul bitkiler havuz ve göllerde oksijenin başlıca temel kaynağı olduğundan, herbisit yada doğal sebeplerden kaynaklanan ani bitki ölümleri ortamdaki oksijenin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, ölen bu materyallerin ayrışabilmesi için yine oksijene gerek olduğundan problem daha da büyümektedir.

3. Su bitkilerinin aşırı çoğalması

Sıcak aylarda bitki gelişmesi özellikle fitoplanktonlar ve submers bitkilerin aşırı çoğalması sonucunda ürettikleri oksijen miktarı suyun tutabileceğinden fazla olduğu için süper saturasyona neden olmaktadır. Geceleyin bitkiler tarafından tüketilen oksijen miktarı fazla olduğundan 24 saatlik periyotta çözünmüş oksijen miktarında büyük dalgalanmalar ortaya çıkmaktadır. Başka bir risk ise uzun süre kapalı havaların devam etmesi nedeniyle ışığın yoğunluğunun azalması ve sulardaki oksijen talebi aynı olmasına rağmen oksijen üretimlerindeki düşüşler neticesinde ölümlerin olabilmektedir.

2.1.2.1 Oksijen noksanlığının anlaşılması

Havuzlardaki oksijen konsantrasyonları gün boyunca dalgalanmalar göstermektedir. Konsantrasyonun en yüksek olduğu zaman 12 ila 16 saatleri arasındır (öğlen ve sonrası), ve en düşük konsantrasyon şafaktan hemen önce gözlenmektedir. Bu nedenle sabahın eken saatleri en kritik dönemdir. Bir oksijen metre veya kimyasal test kiti çözünmüş oksijenin düşme miktarını tespit için en iyi yoldur. Çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının gecenin geç saatlerinde veya sabahın erken saatlerinde ölçülmesi gereklidir. Bunun yapılamadığı zamanlarda oksijen miktarındaki düşüşler, akşamın erken saatlerindeki ölçümler ve 2-3 saat sonra tekrar yapılan ölçümler esas alınarak tahmin edilebilmektedir. Oksijen metre yada test kiti olmadığı zamanlarda, aşağıdaki gözlemler ve durumlar oksijen eksikliğini tahminde kullanılabilir:

1. Balıkların, gecenin geç veya sabahın erken saatlerinde su sathına yakın yüzmeleri yada başlarını sudan çıkararak hava yutmaları.
2. Balıklarda yem alımının aniden durması
3. Su renginin hızlı bir şekilde kahverengi, siyah veya gri renge dönüşmesi
4. Sulardan çürük madde kokusunun yayılması
5. Alglerin azalması
6. Sıcak ve bulutlu hava periyotlarının uzun sürmesi
7. Şiddetli yaz rüzgarları ve yağmur fırtınaları olması

2.1.2.2. Balıkların oksijen ihtiyaçları

Hemoglobinin oksijen ile yüklenmesi ve boşaltılması oksijen tensionu tarafından idare edilmektedir. Solungaçlardaki suyun oksijen tensiyonu kanınkinden daha yüksek olduğundan hemoglobine oksijen yüklenmektedir. Dokularda oksijenin hızlı kullanımı buralardaki oksijen tensionunun kandakinden daha düşük olmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle hemoglobin oksijeni dokulara boşaltmaktadır. Oksijen tensionu ve hemoglobinin oksijenle yüzde olarak doygunluğu arasındaki ilişki oksihemoglobin ayrışma eğrisiyle gösterilmektedir (Şekil 2.1). Eğriler ya hiperbolik yada sigmoid olmaktadır. Sıcak su türleri tipik olarak sigmoid oksihemoglobin çözülme yada ayrışma eğrisine sahiptirler. Bunlar hemoglobini oksijen ile düşük oksijen basıncında yükleyebilirler ve dokulardaki hemoglobinde bulunan oksijeni soğuk su balıklarından (genellikle hiperbolik oksihemoglobin ayrılma veya dissosiasyon eğrisine sahiptirler) daha büyük oranda boşaltabilirler.

Karbondioksit kanla taşınmaktadır. Venalardaki basıncı suyun basıncından daha büyük olduğundan suya solungaçlardan bırakılmaktadır. Arterlerdeki karbondioksit basıncının düşük, dokulardakinin ise yüksek olmasından dolayı

hareket yönü dokudan kana doğrudur. Belli bir oksijen basıncında hemoglobinin oksijenle doymuşluk yüzdesi karbondioksit basıncının artmasına paralel olarak düşmektedir. Bu olay oksijenin hemoglobinden dokulara bırakılmasını kolaylaştırır. Bununla beraber suda karbondioksitin yüksek konsantrasyonları, hemoglobinin oksijen ile yüklenmesine ters etki eder. Bu yüzden, balıklar suda karbondioksit konsantrasyonu fazla olduğunda daha fazla çözülmüş oksijene ihtiyaç duymaktadırlar.

Balıkların oksijen ihtiyaçları genellikle oksijen basıncına bağlı olarak litrede miligram (ppm) cinsinden ifade edilmektedir. Örneğin; 2 mg/l oksijen tutunması 30 °C ve 42 mm'lik oksijen basıncında ve 15 °C'de 33 mm'lik basınçta gerçekleşmektedir. Oksijenle doymuş suda hemoglobinin oksijen ile yüklenmesi 30 °C'de, 15 °C'dekinden daha fazla olabilmektedir.

Balıkların solunum oranları (oksijen tüketimi); türe, balık büyüklüğüne, aktiviteye, sıcaklığa, beslenme durumuna ve diğer faktörlere göre farklılıklar göstermektedir. Yaygın olarak bulunan bazı tatlı su balıklarının 17 - 20 °C de, dinlenme anında oksijen tüketimleri (Tablo 2.6) 65 ile 210 mg/kg /saat arasında değişmektedir (Clausen,1936). 20 °C' de harekete zorlanan balıkların oksijen tüketimi (Tablo 2.6) 266-888 mg/kg/saat arasında değişmektedir (Basu, 1959). Shell (1965), aktivitesi az, beyaz kedi balıklarının (beyaz yayın, *Ictalurus catus*) oksijen tüketimlerinin 11 °C' de 60 mg/kg/saat iken, 25 °C'de 276 mg/kg/saat'a çıktığını bildirmektedir. *Tilapia nilotica*'nın 25 °C'de oksijen tüketimi; saniyede 30 cm, yüzmeye zorlandığında 220 mg/kg/saat iken, 60 cm/s'ye zorlandığında 458 mg/kg/saat olarak kaydedilmektedir (Farmer ve Beamish, 1969).

Yapılan karşılaştırmada az önce yemlenmiş kanal kedi balıklarının (channel catfish) oksijen tüketim hızlarının yemlenmemiş balıklardan daha yüksek olduğu

tespit edilmiştir (Andrews ve Matsuda,1975). Örneğin; sıcaklığı 28 °C ve 7 mg/l çözülmüş oksijen içeren suda bulunan balıkların oksijen tüketimleri; yemlemeden hemen sonra 520 mg/kg/saat, yemlemeden 1 saat sonra 680 mg/kg/saat, tüm gece aç bırakılanlarda 380 mg/kg/saat, 3 gün aç kalanlarda 290 mg/kg/saat ve 9 gün açlık çekenlerde 290 mg/kg/saat olmuştur. Bunun yanında; Catfish'in oksijen tüketimi, yüksek çözülmüş oksijen konsantrasyonlarında düşük oksijen konsantrasyonlarındakinden daha fazla olmuştur (Tablo 2.7). Oksijen konsantrasyonları 1 ve 2 mg/l olduğunda aç bir balık beslenmiş bir balık kadar oksijen tüketmiştir.

Andrews ve Matsuda (1975), yemlenmiş ve aç balık için Q_{10} değerlerini (sıcaklıktaki 10 °C'lik artışın oksijen tüketimindeki artışa etkisi) sırasıyla 1.9 ve 2.3 olarak rapor etmektedirler. Tablo 2.7'de channel catfish'ler için gösterildiği gibi benzer şekilde diğer balık türlerinde de ağırlığa oranlandığında küçük balıklar daha fazla oksijen tüketmektedirler. Moss ve Scott (1964), catfish'lerin zayıf olanlarının kondüsyonu iyi olanlardan daha az oksijen tükettiğini kaydetmektedirler.

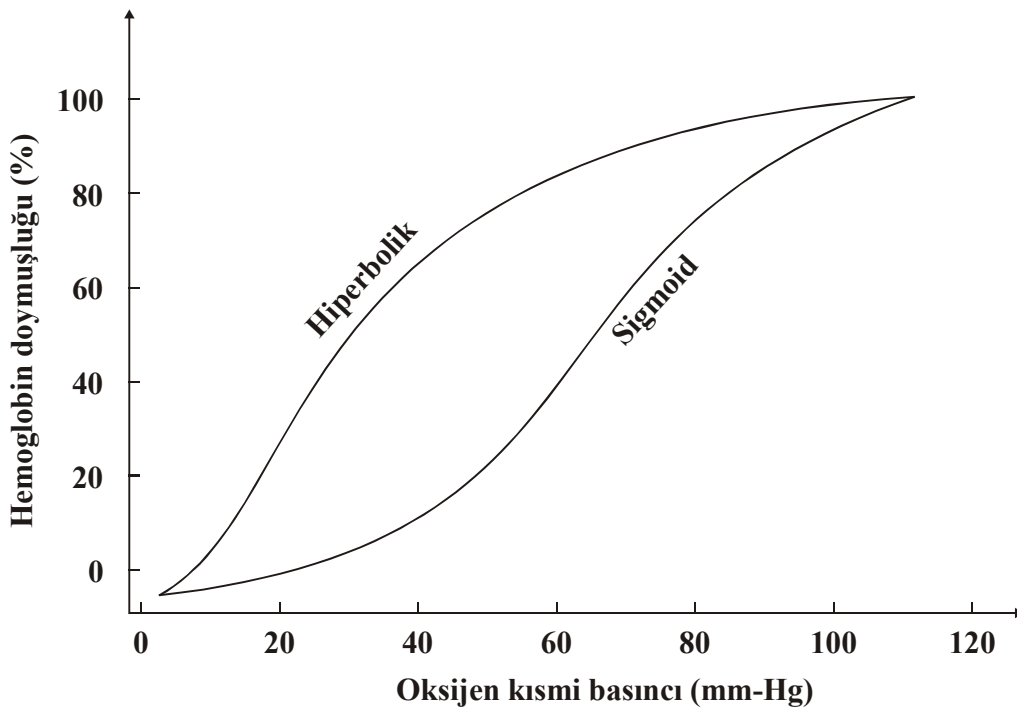
Boyd et. al., (1978), yemlenmiş ve aç channel catfish'lerin ortalama oksijen tüketimleriyle yaptıkları çoklu regresyon analizinden aşağıdaki denklemi elde etmişlerdir.

$$\log O_2 \text{ tüketimi (mg } O_2/\text{g balık/saat)} = - 0.999 - 0.000957 W + 0.0000006 W^2 + 0.0327 T + 0.0000087 T^2 + 0.0000003 WT$$

W : ortalama balık ağırlığı (g); T : °C ; Korelasyon katsayısı : 0.99

Yukarıdaki eşitliğin hazırlanmasında kullanılan verilerdeki balık ağırlıkları;

2.3 - 1,006 g, sıcaklık ise 24 - 30 °C arasında değişmektedir. Bu eşitliğin bazı sınırlamaları vardır; ancak havuzlarda tutulan channel catfish tarafından tüketilen oksijenin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. Ilıksu ve soğuksu balıkları için oksihemoglobin çözülme eğrileri (Boyd, 1982)

Moss ve Scott (1961), oksijen tüketimini 26 - 35 °C'de istirahatındaki bluegill 53 - 195 mg O₂/kg/h, largemouth bass 100 - 119 mg O₂/kg/h ve channel catfish için 83 - 171 mg O₂/kg/h olarak kaydetmişlerdir. Küçük bluegill (< 15 g) büyük bluegill (30 - 50 g) 'den daha fazla oksijen kullanmıştır, fakat largemouth bass'ta (5 - 80 g) ve channel catfish'te (20 - 105 g) büyüklükle oksijen tüketimleri

arasında fark bulunamamıştır. Adı geçen balık türleri oksijen bakımından fakir olan sularda oksijenle doymuş sulara nazaran daha fazla oksijen tüketmişlerdir. Ayrıca, üç türün yaklaşık eşit büyüklükteki bireylerinin 25 ve 35 °C’de yaklaşık oranlarda oksijen tükettiklerini rapor etmişlerdir.

Schroeder (1975), 20 - 30 °C’de balık respirasyonunu hesaplamak için genel bir eşitlik vermektedir. Aşağıdaki eşitlikle oksijen tüketimini yaklaşık olarak tahmin etmek mümkündür.

$$Y = 0.001 \times W^{0.82}$$

Y: Oksijen tüketimi (g/saat)

W: Ağırlık (g)

Tablo 2.6. Bazı tatlısu balıklarında 17 - 20 °C’de oksijen tüketimi (mg/kg/h)
(Basu, 1959; Clausen,1936)

Türler	Dinlenme	Aktif
Micropterus salmoides	228	-
Ictalurus melas	273	-
Pomoxis annularis	205	-
Erimyzon sucetta	449	-
Campostoma anomalum	500	-
Etheostoma blennioides	261	-
Salvelinus fontinalis	-	329
Catostomus commersoni	-	306
Cyprinus carpio	-	888
Carassius auratus	-	373
Ictalurus nebulosus	-	266

Tablo 2.7. İyi beslenen channel catfish'in 26 - 28 °C'de oksijen tüketimi
(Andrews ve Matsuda, 1975)

ÇO (mg/l)	Ağırlık (g)	O ₂ Tüketimi (mg O ₂ /kg/h)
1	200	90
2	200	190
4	200	390
7	200	690
7	5	1,225
7	10	1,050
7	50	750
7	100	625
7	500	480
7	1,000	340

Çözünmüş oksijenin sublethal dozlarına uzun süre maruz kalınması balıklar için zararlı olmaktadır. Fathead minnows (*Pimephales promelas*) 11 ay boyunca devamlı olarak çözünmüş oksijenin düşük konsantrasyonlarına maruz bırakılmıştır (Brungs, 1971). Çözünmüş oksijenin 4 mg/l yada daha düşük olduğu konsantrasyonlarda fryların yaşama gücü düşmüştür. Kontrol değeri olan 7.8 mg/l'nin altındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında ise fryların büyümesi azalmıştır. Andrews et al., (1973), channel catfish'i laboratuarda tanklarda çözünmüş oksijenin 3 farklı seviyesinde (100 , 60 ve % 36) büyötmüşler; Adlibitum yemleme yapıldığında ağırlık kazanması ve yem tüketimi azalan çözünmüş oksijen saturasyonu ile düşme eğilimi göstermiştir. Havuzlarda çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının düşük olduğu durumlarda channel catfishler yem tüketimlerini azaltmaktadırlar (Tucker et al., 1979). Benzer şekilde, Largemouth bass'larda düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarına devamlı

maruz kaldıklarında yem alımı ve büyüme azaltmıştır (Stewart, 1967).

Düşük miktardaki çözünmüş oksijene devamlı maruz kalınması aynı zamanda balıkta bakteriyel enfeksiyonun prekursoru yada habercisi olarak dikkate alınmalıdır (Snieszko, 1973; Plumb et al., 1976). Kültür şartları altında, karbondioksit ve amonyum konsantrasyonları, çözünmüş oksijen konsantrasyonları düşüken genellikle yüksektir. Walters ve Plumb (1980) , balıklarda bakteriyel enfeksiyonlara sebep olmada çevre şartlarının düşük oksijen konsantrasyonlarından daha etkili olduğunu göstermişlerdir.

Havuzlarda tipik olarak gözlenen çözünmüş oksijen konsantrasyonları gün boyunca geniş dalgalanmalar göstermektedir. Rappaport et al., (1976) İsrail’de sazanlarla yaptıkları bir çalışmada havuz sularında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun gündüzleri saturasyonun % 25’in altına düştüğünde büyüme gerileme olduğunu bulmuşlardır.

Çözünmüş oksijenin minimum tolere edilebilir konsantrasyonu türlere, büyüklüğe, fiziksel şartlara, eriyen maddelerin konsantrasyonuna ve diğer faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Balıklarca tolere edilen çözünmüş oksijenin minimum konsantrasyonu her hangi bir konsantrasyona maruz bırakılma zamanına bağlıdır. Bir balık 0.5 mg/l çözünmüş oksijende birkaç saatliğine yaşayabilir fakat günlerce yaşayamaz. Moore (1942), yapmış olduğu denemede bir gölde pek çok balık türünü kafeslere koyarak farklı derinliklere (oksijen konsantrasyonları farklı) indirmek suretiyle lethal etkiye sahip düşük oksijen konsantrasyonlarının ortalama değerlerini (24 ve 48 saat maruz bırakılma); yazın 3.1 mg/l, kışın ise 1.4 mg/l olarak kaydetmiştir (Tablo 2.8). Bazı ılık su türleri için laboratuar testleri ile tespit edilen çözünmüş oksijenin lethal konsantrasyonları Tablo 2.9’da verilmektedir. Bu konsantrasyonlar genellikle Moore (1942) tarafından rapor edilenlerden daha düşüktür.

Ilık su türlerine nazaran soğuk su türleri, çözünmüş oksijenin daha yüksek

konsantrasyonlarında ölmektedirler. Örneğin; gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) minimum 1.89 - 3.00 mg/l ve levrek (*Perca sp.*) türleri minimum 1.05 - 1.34 mg/l oksijenle 84 saat yaşayabilmektedirler. (McKee ve Wolf, 1963).

Ellis et al., (1948), balıklar için çözünmüş oksijenin zararlı dozunun normal akarsu şartlarında ortalama 3.0 mg/l yada daha az olduğunu, normal dozun ise 5.0 mg/l yada daha fazla olması gerektiğini bildirmişlerdir. McKee ve Wolf (1963), ılıksu balıkları için habitatlarında çözünmüş oksijen muhtevasının her 24 saatlik periyotta en azından 16 saatte 5 mg/l'den daha az olmaması gerektiğini kaydetmişlerdir. Her 24 saatte 8 saati aşmayan bir sürede 5 mg/l'den az olabilir fakat hiçbir zaman oksijen içeriği 3 mg/l'den az olmamalıdır. Soğuk su türleri için çözünmüş oksijenin kritik konsantrasyonları, 2-3 mg/l olarak bildirmektedir (Tablo 2.10).

Tablo 2.8. Yaz ve kış mevsiminde bir gölde kafeslerde tutulan balık türleri için ölçülen en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonları (Moore, 1942).

Türler	Yaz (24 saat sonra ölüm)	Kış (48 saat maruz bırakma)
<i>Esox lucius</i>	3.1	2.3
<i>Micropterus salmoides</i>	3.1	2.3
<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	4.2	1.4
<i>Lepomis cyanellus</i>	3.1	0.8
<i>Perca flavescens</i>	3.1	1.5
<i>Lepomis gibbosus</i>	3.1	0.8
<i>Ictalurus melas</i>	2.9	0.3

Tablo 2.9. Havuz balıkları için çözülmüş oksijenin lethal dozları (Doudoroff ve Shumway,1970)

Türler	mg/l
<i>Carassius auratus</i>	0.1 - 2.0
<i>Catla catla</i>	0.7
<i>Cirrhina mrigala</i>	0.7
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	0.2 - 0.6
<i>Cyprinus carpio</i>	0.2 - 0.8
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	0.3 - 1.1
<i>Labeo rohita</i>	0.7
<i>Ictalurus punctatus</i>	0.8 - 2.0
<i>Lepomis macrochirus</i>	0.5 - 3.1
<i>Micropterus salmoides</i>	0.9 - 3.1

Davis (1975), çözülmüş oksijenin letal seviyelere düştüğünde balıklarda davranış ve kan kimyasında değişimler olduğunu bildirmektedir. Örneğin, bluegill ve largemouth bass'ın 0.8 - 1.0 mg/l çözülmüş oksijen ihtiva eden suda en azından 2 hafta canlılığını sürdürebildiği kaydedilmektedir (Moss ve Scott, 1961).

Tablo 2.10. Soğuk su balıklarında çözülmüş oksijen miktarının etkileri (McKee ve Wolf ,1963; Swingle, 1969).

Çözülmüş oksijen	Etkiler
< 1 mg/l	Birkaç saatten fazla maruz kalınırsa ölüm
1 - 5 mg/l	Balık canlılığını sürdürür fakat maruz kalma devam ederse üreme ve büyümede gerileme
> 5 mg/l	Balık üreme ve büyümesi normal

Çağlayan sularının atmosferik gazlarla süpersaturasyona uğramaları neticesinde bu suların beslediği kaynaklarda yaşayan balıklarda gaz kabarcığı hastalığı ve ölümlerin görüldüğü bildirilmektedir (Nebeker ve Brett, 1976). Gaz kabarcığı hastalığı, balığın yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonuna sahip sudan düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlu suya aniden geçmesiyle de görülebilir. Bunun tam terside söz konusudur.

Bununla beraber, 3 - 4.5 mg/l'lik çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının her iki türde de davranışlarda değişikliğe sebep olduğu bildirilmektedir (Davis, 1975).

Havuz sularında gün ışığı saatlerinde fitoplankton fotosentezinden dolayı süpersaturasyon normal bir durumdur. Mckee ve Wolf (1963), havuzlarda % 150 oksijen saturasyonuna maruz kalan sazanların % 100 - 125 oksijen saturasyonuna maruz kalan sazanlardan daha büyük bir sıklıkta hastalığa yakalandıklarını, havuzda oksijen konsantrasyonunun % 300'e ulaştığında ise balıkların öldüklerini bildirmektedirler. Ölüm sebebi, solungaçları çevreleyen oksijen kabarcıklarıdır. Faruqui (1975), sazan fry'ı kuluçka havuzlarında gaz kabarcığı hastalığı ve ölüme sebep olarak fitoplankton büyümesinin hızlanması nedeniyle çözünmüş oksijenin 20 mg/l'ye ulaşmasını ileri sürmektedir.

Havuz balıklarında gaz kabarcığı hastalığının ortaya çıkışı detaylı olarak çalışılmamıştır. Fakat, havuzlarda mevsimler ve aşırı besin madde girişi gibi faktörlere bağlı olarak meydana gelen fitoplankton patlamaları neticesinde su yüzeyinde oluşan fitoplankton tabakalarının ışığın derinlere penetrasyonunu veya nüfuzunu sınırlandırması neticesinde, yüzey sularında süpersaturasyon oluşmaktadır. Yüzey sularında oksijenin zararlı seviyelere ulaşması durumunda, balıklar oksijen saturasyonunun daha az olduğu derinlere inmektedirler. Bu nedenle, havuzlarda oksijenle süpersaturasyon, çoğu zaman sadece hareketi sınırlı olan yumurta ve fryları tehdit etmektedir. Şüphesiz süpersaturasyon havuzların

derin kısımlarında da oluşabilmektedir yeterki su berrak olsun ve ortamda makrofitler bol olsun.

2.1.3. Karbondioksit

Bütün sular belli bir miktar çözünmüş karbondioksit içermektedirler. Karbondioksit bitkilerin gelişmesi için önemli bir bileşiktir. Su bitkileri ve fitoplanktonlar gün boyunca fotosentezle karbondioksit'i sudan uzaklaştırmaktadırlar. Hemen hemen bütün yaşayan organizmalar sürekli olarak suya karbondioksit vermektedirler. Ayrıca, geceleri fotosentez durduğundan bitkilerde suya karbondioksit vermektedirler. Bu nedenle 24 saatlik periyot süresince karbondioksit, çözünmüş oksijen değişimine karşı dalgalanma göstermektedir.

Karbondioksit konsantrasyonundaki değişmelere bağlı olarak asidite gün boyunca dalgalanmaktadır. Suya karbondioksit ilave edildiğinde asit oluşturarak pH'nın düşmesine neden olmakta, bunun aksine karbondioksit sudan uzaklaştırıldığında ise, suyun pH'sı yükselmektedir. Karbondioksitin sulardaki miktarı oksijenden bağımsız olarak arttığından problemlere yol açmamasına rağmen oksijen noksanlığına bağlı olarak miktarının artması problemlere neden olmaktadır. Çözünmüş oksijen sınırlandığında yükselen karbondioksit seviyeleri balıkların kalan oksijeni alma kabiliyetini olumsuz yönde etkilemektedir. Metrekareye 3.35-5.6g sulandırılmış kireç atılması durumunda ortamda kalsiyum karbonat olarak çökeceğinden karbondioksit değeri azalacaktır. 1 ppm karbondioksit'i nötralize etmek için gerekli olan sulandırılmış kireç miktarı yaklaşık 1 ppm'dir. Çok düşük alkaliteye sahip havuzlarda fazla miktarda sulandırılmış kireç kullanılması, pH değerinin toksik seviyelere çıkmasına neden olacağından, kullanılacak kireç miktarına dikkat edilmelidir. Kronik olarak yüksek karbondioksit konsantrasyonuna sahip havuzlar genellikle yüksek azotlu madde konsantrasyonlarına sahiptirler.

Sulandırılmış kireçle yapılan uygulamada pH artmakta ve balıklar için potansiyel tehlike oluşturan toplam azotlu maddelerin toksik yada iyonlaşmamış formlarının artmasına neden olmaktadır. Şurası unutulmamalıdır ki; sulandırılmış kireçle muamele yüksek karbondioksit seviyelerinin düşürülmesine çok az etki yapmaktadır. Çevrede değişiklikler yapılmaması durumunda karbondioksit seviyesi tekrar yükselmeye başlayacaktır. Karbondioksit, pH, sıcaklık ve alkalinite arasındaki ilişkiler, karbondioksit konsantrasyonlarını hesaplamak için kullanılmaktadır. Suyun pH, sıcaklık ve toplam alkalinitesinden (ppm CaCO_3), karbondioksit seviyelerini elde etmek için Tablo 2.11 kullanılabilir.

Tablo 2.11. pH, sıcaklık ve toplam alkaliteden karbondioksit'i belirlemek için çarpım katsayıları (Anonymous, 1989).

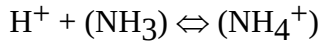
	Sıcaklıklar (°C)						
pH	5	10	15	20	25	30	35
6,0	2,915	2,539	2,315	2,112	1,970	1,882	1,839
6,2	1,839	1,602	1,460	1,333	1,224	1,187	1,160
6,4	1,160	1,010	0,921	0,841	0,784	0,749	0,732
6,6	0,732	0,637	0,522	0,531	0,493	0,473	0,462
6,8	0,462	0,402	0,367	0,335	0,313	0,298	0,291
7,0	0,291	0,254	0,232	0,211	0,197	0,188	0,184
7,2	0,184	0,160	0,146	0,133	0,124	0,119	0,116
7,4	0,116	0,101	0,092	0,084	0,078	0,075	0,073
7,6	0,073	0,064	0,058	0,053	0,050	0,047	0,046
7,8	0,046	0,040	0,037	0,034	0,031	0,030	0,030
8,0	0,029	0,025	0,023	0,021	0,020	0,019	0,018
8,2	0,018	0,016	0,015	0,013	0,012	0,012	0,011
8,4	0,012	0,010	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007

Karbondiyoksit konsantrasyonunu elde etmek için Tablo'11'den gözlenen pH ve sıcaklık değerleri ile ilgili faktör bulunup bunun toplam alkalinite ile çarpılması gerekmektedir. Örneğin; pH 7,4, sıcaklık 20 °C ve CaCO₃ cinsinden alkalinite 200 ppm farzedildiğinde Tablo 2.11'den elde edilen faktör değeri 0.084'tür. O halde, karbondiyoksit miktarı (ppm) = 0,084 x 200 = 16,8 olarak bulunur.

Genellikle karbondiyoksit konsantrasyonu 5 ppm'in altında olan sular balık popülasyonlarının rahatça yaşayabilmeleri için elverişlidirler. Bu değerin 20 ppm'i aşması popülasyonlar için zararlı olmaktadır. Sudaki çözünmüş oksijen miktarının 3-5 ppm'e kadar düşmesi durumunda daha düşük karbondiyoksit konsantrasyonları da zararlı olabilmektedir.

2.1.4. Amonyak

Toplam amonyum nitrojen, (TAN) toksik yani iyonlaşmamış amonyak (NH₃) ve molekular (iyon) formdaki (NH₄⁺) amonyumdan oluşmaktadır (Stickney, 1991). İyonize olmamış amonyak (aniyonize), balıklara yüksek derecede toksiktir fakat amonyum iyonu (NH₄⁺) nispeten zararsızdır. Amonyum ve iyonize olmamış amonyumun bir kısmının toplamına toplam amonyum nitrojeni (TAN) denmektedir. TAN'ın sadece küçük bir kısmı iyonize olmamış toksik amonyak olarak bulunur ve moleküler amonyumla arasında bir denge mevcuttur.



Amonyak havuz sularına, gübrelerle, balık dışkılarıyla ve nitrojenli bileşiklerin mikrobiyal çürümesiyle ulaşırken, bitkilerin absorpsiyonu, bazı bakterilerin nitrata dönüştürmeleri ve diğer döngülerle (pathway) kaybolmaktadır. Fakat, balık yoğunluğunun çok fazla olduğu havuzlara yapılan aşırı yemleme de,

amonyak konsantrasyonunu istenmeyen seviyelere çıkarabilmektedir. Balıklar, yemle aldıkları proteinleri sindirmeleri neticesinde açığa çıkan amonyağı solungaçları ve diğer nitrojenli bileşikleride dışkılarıyla bulundukları ortama atmaktadırlar. Atılan bu nitrojenli maddelerin miktarı kültür sistemine veya havuza verilen yemin miktarına göre değişmektedir, yani yemleme oranı arttıkça amonyak oranı da artmaktadır. Ayrıca, yenmemiş yemler, ölü algler ve akuatik bitkilerin bakteriyel dekompozisyonu sonucu da havuzlara amonyak girişi olduğu kaydedilmektedir.

Yapılan araştırmalara göre 1 kg yemden meydana gelen toplam atık amonyum miktarı 0.0032 kg kadardır (Laird and Neednam, 1987). Fakat bunun % kaçının toksik formda olduğu sıcaklık ve pH tarafından belirlenmektedir ve elde edilen değer taşıma kapasitesi olarak adlandırılmaktadır (Tablo 2.14).

Yem kaynaklı toplam amonyum miktarını bulmak için aşağıdaki bağıntılardan faydalanılmaktadır. Bunlar:

$$N = (0.032 \times r) / (0.00143 \times 0.02) \text{ ve}$$

$$p = R / N$$

N : akış hızı (l/dk/yem mik.)

0.032 : kg'daki NH₃ miktarı

r : Toplam NH₃ %'si (Tablo 2.14)

0.00143 : dönüşüm sabiti

0.02 : Bulunması gereken max. NH₃ miktarı

p : Yem miktarı (kg)

R : Toplam akış oranı (l/dk)

Örneğin: 12 C' lik sıcaklıkta ve pH 8.0 da toplam amonyum miktarı esas alınarak 1 kg yem için 23.7 l/dk 'lık bir akış hızının gerekli olduğu aşağıda görülmektedir.

$$N = (0.032 \times 0.0212) / (0.00143 \times 0.02) = 23.72 \text{ l/dk/kg yem}$$

Toplam amonyum miktarı esas alınarak 1200 l/dk'lık bir akışta gerekli olan toplam yem miktarı:

$$P = 1200 \text{ l/dk} / 23.7 \text{ l/dk/kg} = 50.6 \text{ kg yem olarak bulunmaktadır.}$$

Aynı şekilde amonyum seviyesinden hareketle elde edilen taşıma kapasitesi, verilecek maksimum yem miktarına eşit olmaktadır. Eğer 7.5 cm'lik balık 12 derecede canlı ağırlığının %3'ü kadar yemlenirse, 50.6 kg yem havuzdaki 1687 kg balığa yeterli olabilecektir. Fakat, eğer pH 8.5 olursa gerekli olacak minimum akış oranı 71.6 l/dk/kg yem olmaktadır. Buda günlük verilecek yem miktarının sadece 16.8 kg ve besleyeceği balık miktarının da 560 kg olması demektir (Stickney, 1991). Yapılan bir araştırmada 1 ton balıktan elde edilen net nitrojen miktarı Tablo 2.12' deki gibi bulunmuştur.

Bazı araştırmacıların 1 ton balıktan kg olarak tesbit etmiş oldukları atık madde miktarları Tablo 2.13' te verilmektedir.

Tablo 2.12. 1 ton balıktan elde edilen net nitrojen miktarı (Laird ve Neednam, 1987).

Amonyak	55.5
Nitrit (kg N)	1.8
Nitrat	10.2

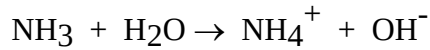
Tablo 2.13. 1 ton balık tarafından üretilen atık maddeler (kg)

	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	Top.-N
Alabaster (1982)	36-146	0 - 547		-
Penczak et al. (1982)	-	-	-	100
Phillips et al. (1986)	-	-	-	78 -117
Solbe (1982)	55	2	10	-
Warrer-Hansen (1982)	45	-	-	83

Algal planktonlar vasıtasıyla yapılan amonyak assimilasyonu (özümseme) balıklarla temasta olan amonyağın azalması bakımından önemlidir. Sonbahar ve kış aylarında amonyum miktarı artmaktadır. Çünkü bu mevsimlerde havuzlardaki alg populasyonları sudaki amonyağı alamayacak derecede azalmaktadırlar. Buna ilaveten düşük su sıcaklıklarında aerobik bakteriyel aktivite yavaşlamakta, buna bağlı olarak nitrifikasyon olayı yavaşlamakta ve sonuçta nitrojenin zararsız şekle yani nitrata dönüşmesi yavaşlamaktadır (Şekil 2.2). Alglerin ölüp tükenmeleride amonyak yükselmesine sebep olabilmektedir. Fakat alglerin yok olmasıyla oluşan düşük pH ortamda var olan toksik iyonlaşmamış amonyağın oranını azaltmaktadır. Balıkları birkaç günde öldürebilen tehlikeli kısa-dönem toksik iyonlaşmamış amonyak seviyeleri, 0.6 ppm'den başlamaktadır. İyonlaşmamış amonyumun 0.06 ppm'lik seviyesine dahi kronik (sürekli) olarak maruz kalma:

solungaçlarda ve böbreklerde hasara, büyümede gerilemeye, beyinin işlevlerini yürütememesine, ve balığın oksijen taşıma kapasitesinde azalmaya sebep olabilmektedir (Durborow et al., 1992b). Amonyakın 0.02 ppm 'lik seviyede olması dahi alabalıklar için toksik olmaktadır (Stickney, 1991).

Sularda iyonize olmamış amonyakın miktarı, pH ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Suyun sıcaklığı ve pH'sı arttıkça toksik formdaki TAN'ın oranı artmaktadır (Tablo 2.14). İyonize olmamış amonyakın konsantrasyonu üzerinde pH'nın etkisinin sıcaklıktan daha fazla olduğu kaydedilmektedir. pH'nın bir birim artmasına karşılık toksik iyonize olmamış amonyak 10 kat artmaktadır (Durborow et al., 1992b). Amonyakın pH ile logaritmik olarak azaldığı, örneğin pH 8.5'ten 6.5'e düştüğünde etkisinin 100 kat azaldığı bildirilmektedir (Tablo 2.14) (Stickney, 1991). Aşağıdaki reaksiyon, iyonize olmamış amonyakın amonyum iyonuna dönüşümünü göstermektedir.



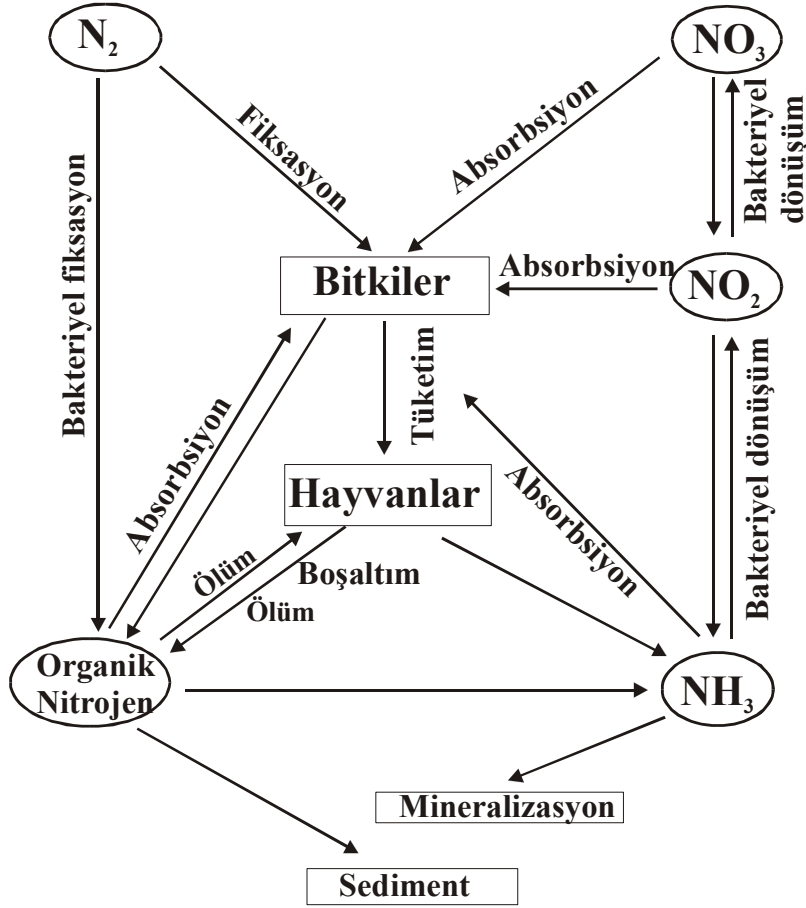
Tomasso et al., (1980), amonyak toksisitesinde pH'nın önemli olduğunu göstermek için yaptıkları araştırmada, catfishlerde toplam amonyak nitrojeninin 24 saatteki LC₅₀ değerlerinin pH 7, 8 ve 9'da 21-25 °C'de 264, 39 ve 4.5 mg/l olduğunu ve bu değerlerin NH₃-N'in pH 7, 8 ve 9 iken, 24 saatlik LC₅₀ değerleriyle 1.39, 1.82 ve 1.49 mg/l uyum gösterdiğini, ayrıca ortamdaki kalsiyum konsantrasyonunun artmasıyla amonyak toksisitesinin de hafifçe azaldığını kaydetmektedirler.

Colt ve Armstrong (1979)'a göre, suda amonyak seviyesi yükseldiğinde, balığın boşaltımla attığı amonyak miktarı azalmakta, kan ve dokudaki amonyak miktarı yükselmekte ve buna bağlı olarak; kan pH'sında artışa, enzimi katalize eden reaksiyonlarda ve membran stabilitesinde ise ters etkilere sebep olmaktadır.

Sudaki yüksek aniyonize amonyak konsantrasyonları, balığın su geçirgenliğini etkilemekte ve dahili iyon konsantrasyonlarını azaltmaktadır.

Amonyak, dokulardaki oksijen tüketimini arttırmakta, solungaçlara zarar vermekte ve kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltmaktadır. Amonyanın sublethal dozlarına maruz bırakılan balıkların böbrek, dalak, tiroit bezi ve kanlarında histolojik değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Amonyanın sublethal (ikincil derecede ölümcül) dozlarına maruz kalma, balıklarda hastalıklara karşı direnci düşürmektedir. Anonymous (1973), kısa dönemde amonyağa maruz bırakılan balık türlerinin pek çoğunda $\text{NH}_3\text{-N}$ 'in toksik konsantrasyonunu 0.6-2 mg/l olarak bildirmektedir. Ball (1967), ve Colt ve Tchobanoglous (1976), $\text{NH}_3\text{-N}$ 'in balıklarda 96 saatlik LC_{50} değerinin 0.4 ile 3.1 mg/l aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fingerlinglerinde amonyağın 24 saatlik LC_{50} değeri 2.36 mg/l olarak tespit edilmiştir (Robinette, 1976).

Amonyanın 0.006 - 0.34 mg/l'lik sublethal konsantrasyonlarına sürekli maruz kalma balık organ ve dokularında patolojik değişikliklere sebep olmaktadır (Smith ve Piper, 1975). Kültür tanklarında yetiştirilen balıklarda gözlenen büyümedeki gerilemelere ortamda biriken amonyak neden olmaktadır (Smith ve Piper, 1975; Andrews et al., 1971). Örneğin, amonyağın 0.12 mg/l olması catfishlerde büyümede gerilemeye ve solungaçlarda zarara sebep olurken, 0.06 mg/l olmasının ise herhangi bir zararlı etkisi olmamaktadır (Robinette, 1976). Colt ve Tchobanoglous (1978), yaptıkları bir çalışmada, channel catfish yavrularını 31 gün süreyle test etmişler ve aniyonize amonyağın büyümeyi azalttığını bulmuşlardır.



Şekil 2.2. Havuzlarda Nitrojen Döngüsü

Araştırmada, $\text{NH}_3\text{-N}$ 'in etki aralığının 0.058-0.99 ppm olduğunu, 0.52 mg/l'lik bir konsantrasyonunun büyümede % 50'lik bir azalmaya sebep olduğunu, 0.97 mg/l'de ise hiç büyüme olmadığını, neticede amonyağın ortamda olmasının (miktar olarak konsantrasyonu önemli değil), büyümeyi ters yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Ancak, bu ifade tam manasıyla doğru değildir. Çünkü, balık havuzlarında amonyak nitrojenin birikimini önlemenin herhangi bir pratik yolu yoktur ve balık kültürünün karlı olduğu havuzlarda genelde oldukça yüksek konsantrasyonlar (1-2 mg/l) gözlemlenmektedir. Soğuk su türleri ile yapılan çalışmalarda da $\text{NH}_3\text{-N}$ 'in 0.05 ppm'lik konsantrasyonlarının bile büyümeyi

azalttığı kaydedilmektedir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu düşük olduğunda amonyak toksisitesinde artış olduğu kaydedilmektedir (Merkens ve Downing, 1957). Fakat, çözünmüş oksijen seviyesinin düşmesiyle karbondioksit konsantrasyonunun yükseldiği, buna bağlı olarakta amonyak toksisitesinin düştüğü, bu düşme miktarının çözünmüş oksijen noksanlığından kaynaklanan toksisite artışına yakın veya daha fazla olduğu, dolayısıyla çözünmüş oksijenin balık havuzlarındaki amonyak toksisitesi üzerine yapmış olduğu etkinin önemsiz olduğu vurgulanmaktadır (Lloyd ve Herbert, 1960).

Havuzda bulunan toksik iyonize olmamış amonyum konsantrasyonunu elde etmek için, bir su kalitesi ölçüm kitiyle TAN (toplam amonyum nitrojen) değeri tespit edilir. Daha sonra ise, suyun sıcaklık ve pH'sı temel alınarak yapılmış olan Tablo 2.14'den TAN'ın toksik fraksiyonlarıyla karşılaştırılmak suretiyle o andaki durum daha iyi anlaşılmaktadır. Elde edilen bu fraksiyonu TAN'la çarpmak suretiyle suda bulunan toksik iyonlaşmamış amonyum konsantrasyonu ppm olarak bulunmaktadır. Örneğin, suyun pH'sı 8.6, su sıcaklığı 30 °C, ve TAN 3 mg/l ise Tablo 2.14'e bakılarak 0.2422 ile çarpılır ve sonra TAN değeriyle de çarptıktan sonra toksik iyonlaşmamış amonyum miktarı 0.73 mg/l olarak hesaplanır. Suyun sıcaklığı 24 °C ve pH'sı 9 olursa ihtiva ettiği aniyonize amonyak miktarı $3 \times 0.344 = 1.032$ mg/l olmaktadır.

2.1.4.1. Tedavi yöntemleri

Yüzey alanı fazla olan havuz sistemlerinde yüksek TAN konsantrasyonları için tedavi zor olmaktadır. Havuzun tamamında amonyak seviyesinin düşürülmesi maksadıyla havuza su pompalama yöntemi pratik ve ekonomik olmamakta, sadece içe akan suya yakın bir yerde balıkların gidip rahatlayabilecekleri bir bölge sağlanmaktadır. Havalandırma suretiyle yüksek oranda çözünmüş oksijen

sağlanması ise, iyonlaşmamış amonyumun toksik etkisini azda olsa azaltmaktadır. Yüksek oksijen seviyesinden dolayı aerobik bakteriyel aktivite artmakta ve TAN seviyelerinde de azalma olmaktadır. TAN seviyelerinin kabul edilebilir bir seviyeye düşmesine kadar geçici olarak yemleme oranında azaltma yapmakta tavsiye edilmektedir. Yukarıda sıralanan önlemlere rağmen problemi çözmede en iyi yol yüksek TAN'ın oluşmasını önleme yaklaşımlarıdır. TAN seviyelerini düşük tutmada, yemleme oranlarının azaltılması ve iyi bir yemleme programı yapmak büyük rol oynamaktadır. Fazla miktarda atık yemin havuz dibinde birikmesi veya yemleme oranının günlük 0,404 ha için 45360g'ı aşması durumunda, yetiştiriciler yüksek TAN konsantrasyonları için hazırlıklı olmalıdırlar.

Balıklar fazla miktarda yemlenmemeli ve yemleyici, verilen yemin balıklar tarafından tüketildiğinden mutlaka emin olmalıdır. Bu hem pratik hemde ekonomik yönden önemlidir, çünkü yem fiyatları üretim masraflarının büyük bir parçasını oluşturmaktadır (Akyurt, 1989; Yanık, 1991; Yanık ve Aras 1996).

Bunlara rağmen, stok yoğunluğunun devamlı surette arttığı havuz ve tanklarda, yemleme oranının azaltılması her zaman pratik bir çözüm olarak kabul edilmemektedir. Fakat, kültür sistemlerindeki organik yüklenmeler veya birikmeler, üzerinde durulması gereken en önemli faktördür. Fazla miktardaki nitrojeni bertaraf etmede entansif (tam kontrollü) resirkülasyon sistemleri daha uygun olabilir. Fakat, çoğu havuz sistemlerinde kontrol altına alınabilecek nitrojen ve organik madde birikimini ölçmek çok zordur. Daha etkili çözümleme teknikleri geliştirilmediği takdirde, nitrojen ve organik madde birikimi, kültür

Tablo 2.14. Toplam iyonlaşmamış amonyum yüzdesi ile pH ve sıcaklık arasındaki ilişkiler (Trussell, 1972; Emerson et al., 1975; Anon.1989; Boyd, 1992).

Sıcaklıklar (°C)															
pH	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
6,0	0,01	-	0,02	-	0,02	-	0,03	-	0,04	-	-	-	-	-	-
6,5	0,03	-	0,05	-	0,07	-	0,09	-	0,13	-	-	-	-	-	-
7,0	0,12	0,13	0,16	0,18	0,21	0,25	0,30	0,34	0,40	0,46	0,52	0,60	0,70	0,80	0,95
7,2	-	0,21	-	0,29	0,34	0,40	0,47	0,54	0,63	0,72	0,82	0,96	1,10	1,26	1,50
7,4	-	0,34	-	0,46	0,54	0,63	0,74	0,85	0,99	1,14	1,30	1,50	1,78	1,98	2,36
7,5	0,37	-	0,50	-	0,68	-	0,92	-	1,24	-	-	-	-	-	-
7,6	-	0,53	-	0,73	0,85	1,00	1,17	1,34	1,56	1,79	2,05	2,36	2,72	3,10	3,69
7,8	-	0,84	-	1,16	1,35	1,57	1,84	2,11	2,45	2,81	3,21	3,70	4,24	4,82	5,72
8,0	1,10	1,33	1,58	1,82	2,12	2,47	2,88	3,30	3,83	4,38	4,99	5,74	6,55	7,43	8,77
8,2	-	2,10	2,50	2,86	3,32	3,85	4,49	5,14	5,94	6,76	7,68	8,80	10,00	11,29	13,22
8,4	-	3,28	3,90	4,45	5,15	5,97	6,93	7,90	9,09	10,31	11,65	13,26	14,98	16,78	19,46
8,5	3,39	-	4,82	-	6,40	-	8,52	-	11,18	-	-	-	-	-	-
8,6	-	5,10	6,00	6,88	7,93	9,14	10,56	11,97	13,68	15,41	17,28	19,50	21,83	24,22	27,68
8,8	-	7,85	9,20	10,48	12,01	13,76	15,76	17,73	20,08	22,41	24,88	27,74	30,68	33,62	37,76
9,0	-	11,90	13,80	15,65	17,78	20,18	22,87	25,46	28,47	31,40	34,42	37,83	41,23	44,53	49,02
9,2	-	17,63	20,40	22,73	25,53	28,61	31,97	35,12	38,69	42,04	45,41	49,09	52,65	55,99	60,38
9,4	-	25,33	30,0	31,80	35,20	33,84	42,68	46,18	50,00	53,48	56,86	60,45	63,79	66,85	70,72
9,6	-	34,96	39,20	42,49	46,27	50,16	54,14	57,62	61,31	64,56	67,63	70,78	73,63	76,17	79,29
9,8	-	46,0	50,50	53,94	57,72	61,47	65,17	68,31	71,53	74,28	76,81	79,33	81,57	83,51	85,85
10,0	-	57,45	61,70	64,98	68,40	71,66	74,78	77,35	79,92	82,07	84,00	85,88	87,52	88,92	90,58
10,2	-	68,15	71,90	74,63	77,42	80,03	82,45	84,41	86,32	87,88	89,27	90,60	91,75	92,71	98,84

Ortamda var olan iyonlaşmamış amonyağın miktarını tespit etmek için:

- Tablodan belirli bir sıcaklık ve pH değeri için verilmiş olan iyonlaşmamış amonyak fraksiyonu bulunur (Tablo değerlerini 100'e bölünüz).
- Toksik (iyonlaşmamış) amonyak'ın mg/l cinsinden konsantrasyonunu

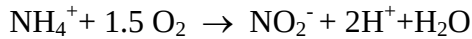
bulmak için, örnekte bulunan toplam amonyum nitrojen miktarıyla, tablodan elde edilen fraksiyon çarpılır.

havuzlarına stoklama kapasitesi üzerinde ve üretim oranında sınırlayıcı bir faktör olabilir.

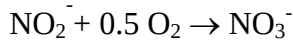
2.1.5. Nitrit

Balıklar tarafından yem sindirildikten sonra azotlu bileşikler balık kültür sistemine girmekte ve fazla nitrojen amonyağa dönüşmektedir. Daha sonra toplam amonyum nitrojen (TAN) nitrite çevrilmekte, buda ortamda tabii olarak varolan bakteriler tarafından hızlı bir şekilde toksik olmayan formuna yani nitrata (NO_3)'e dönüştürülmektedir (Şekil 2.2). Aynı şekilde yenmemiş (zayi olmuş) yem ve diğer organik materyallerden kaynaklanan nitrojenli atıklarda amonyak, nitrit ve nitrata dönüşmektedirler (Durborow et al., 1992a). Nitrifikasyon olarak isimlendirilen bu olayda rol alan bakteriler ve kimyasal olaylar aşağıdaki gibidir:

Nitrosomanas bakterileri amonyumu nitrite dönüştürmektedirler.



Nitrobacter bakterileri ise nitriti nitrata dönüştürmektedirler (Landeu, 1992)



Havuzlardaki aşırı nitrit kaynakları kesin teşhis edilememekle beraber, anaerobik çamur yada suda bulunan bakterilerin nitrati redüksiyona uğratmalarından ileri gelebileceği kaydedilmektedir (Hollerman ve Boyd 1980). Fakat, yaygın kanaat nitrifikasyon reaksiyonundaki bir dengesizliğin nitrit akümülyasyonuna veya birikimine sebep olacağı yönündedir. Kaynağını tespit etmeden yapılan ölçümlerde havuzların nadiren $\text{NO}_2\text{-N}$ 'in 0.5-5 mg/l'lik nitrit

konsantrasyonlarını ihtiva ettiği bildirilmektedir.

Nitrit balık tarafından absorbe edildiğinde hemoglobin ile reaksiyona girmekte ve metahemoglobini oluşturmaktadır. Metahemoglobin iyi bir oksijen taşıyıcısı olmadığından dolayı, nitrit absorpsiyonunun devam etmesi hypoxia (dokulara oksijenin taşınamaması) ve cyanosis'e (dokulara oksijen gitmemesi) neticesinde, derinin soluklaşması veya koyu mavimsi bir hal alması) sebep olmaktadır. Fazla miktarda metahemoglobin içeren kan kahverengi renktedir, bu nedenle balıklarda nitrit zehirlenmesi genellikle kahverengi kan hastalığı olarak isimlendirilmektedir. Başka bir ifadeyle; su yüksek miktarda nitrit konsantrasyonları içerdiğinde Kahverengi Kan Hastalığı (Brown Blood Disease) meydana çıkmaktadır (Durborow et al. 1992a). Bu hastalıkta; nitrit solungaçlar vasıtasıyla Kan Dolaşım Sistemine geçmekte ve kanı çikolata rengine yani kahverengiye dönüştürmektedir. Kandaki oksijeni hücrelere taşıyan, hemoglobin nitritle birleşerek methemoglobini oluşturmakta, bu madde ise oksijeni dokulara taşıyamamakta, neticede buna maruz kalan balıklar suda yeterli oksijen olmasına rağmen, boğularak ölmektedirler. Kahverengi kan hastalığına yakalanmış balıklarda, suda oldukça yüksek miktarda oksijen olsa bile solunum hızı artmaktadır.

Nitrit problemleri daha çok kapalı, entansif kültür sistemlerinde yetersiz, etkisiz, veya işlevsiz filtrasyon sistemlerinden dolayı ortaya çıkar. Havuzlardaki yüksek nitrit konsantrasyonları daha çok ilkbahar ve sonbahar aylarında temperaturün çokça değiştiği zaman ortaya çıkar. Ayrıca, bu mevsimlerde plankton miktarının azalması ve bakteriyel aktivitenin azalması da nitrojen siklusunda kırılmaya sebep olur. Havuzlardaki plankton aktivitesinde düşük sıcaklıklardan, besin yetersizliğinden, kapalı havalardan, yabancı otlarla mücadele vb. sebeplerden dolayı meydana gelen bir azalma, algler tarafından daha az amonyağın assimile edilmesine veya özümsemesine sebep olur ve bu yüzden de nitrifikasyon için bakterilerin üzerindeki yük artar (Şekil 2.2). Eğer ortamda nitrit

seviyesi artarsa, mevcut bakteriler nitrata çevirme işlemi için çok hızlı çalışmak zorunda kalırlar. Sonuçta ortamda bir nitrit birikmesi oluşabilir ve bu durumda ise kahverengi kan hastalığı riski ortaya çıkar. Su değişim kapasitesi yüksek olan veya iyi filtrasyon sistemlerine sahip olan sistemlerde nitrit problemlerinin seyrek olarak ortaya çıkmasına rağmen, bu işletmelerde (her çeşit işletme dahil), sistemler mutlaka bütün yıl boyunca düzenli şekilde izlenmeli ve kahverengi kan hastalığından dolayı doğabilecek büyük kayıpları önlemek için gerekli olduğu zamanlarda müdahaleler yapılmalıdır.

2.1.5.1. Balık türlerinin nitrit toksisitesine olan hassasiyetleri

Nitrit kanla birleştiğinde oksijen alımını azalttığı için nitrit zehirlenmesinin semptomları oksijen noksanlığı arazlarıyla, semptomların gün boyu sürmesi haricinde oldukça benzerdir. Balıklar için toksik olan nitrit konsantrasyonu; balık türlerine, suda bulunan klor iyonu miktarına (Cl^-) ve çözünmüş oksijenin miktarına bağlıdır. NO_2^- 'in 0.5 mg/l'lik düşük konsantrasyonları bazı soğuksu balıklarında toksik etki yapmaktadır (Crawford ve Allen, 1977). Örneğin, gökkuşağı alabalıkları 0,15 ppm nitrite maruz kaldıklarında strese girmekte, bu miktar 0,55 ppm olduğunda ise ölmektedirler.

Kanal kedi balıkları nitrite daha fazla dayanıklıdır. Fakat, 29 ppm'de onlarda ölmektedirler. Konikoff (1975) bir araştırmasında, 21 °C'lik suda tutulan channel catfishler için NO_2^- -N'in 96 saatlik LC_{50} değerini 4.6 mg/l olarak tespit etmiştir. Yine aynı balıkta NO_2^- -N'in 96 saatlik LC_{50} değeri 13 mg/l olarak yayınlanmıştır (Russo ve Thurston 1977). Tomasso et al., (1979), channel catfish fingerlinglerini 24 saat süreyle NO_2^- 'in 1; 2.5 ve 5 mg/l dozlarına tabi tutmuşlar ve kandaki metahemoglobin seviyelerini sırasıyla %21, %60 ve %77 olarak tespit etmişlerdir. Sulara kalsiyum ve klor eklenmesinin balıklarda nitrit toksisitesini

azalttığı kaydedilmektedir (Perrone ve Meade, 1977; Wedemayer ve Yasutake, 1978; Tomasso et al., 1979).

Büyük ve küçük ağızlı levrekler (*Labrax lupus* veya *Largemouth* ve *Smallmouth bass*), yeşil güneş balıkları (*Green sunfish*), güneş, ay veya pervane balıkları (*Mola mola*), mavi-solungaçlı balıklar (*Pomatomus saltatrix* veya *Blue gill*) yüksek derecedeki nitrit konsantrasyonlarına karşı oldukça dayanıklıdır ve büyük ölçüde tolere edebilmektedirler. Bazı sıcak su balıkları örneğin *Centrarchids*'ler solungaçlarından nitrat geçişini engellemektedirler, fakat güneyde, ılıman bölgelerde yaşayan diğer sıcak su balıkları bunu yapamamakta ve kanlarındaki nitrit konsantrasyonları artmaktadır. Mesela, tilapialar ve kedi balıkları nitrite oldukça hassastırlar. Yüksek nitrit konsantrasyonlarından dolayı kahverengi kan hastalığına yakalanma hassasiyetleri bakımından altın balıklar (*Carassius auratus* veya *Gold fish*) ve büyük başlı golyan balıkları (*Phoxinus phoxinus*) kedi balıkları ve levrekler arasında yer almaktadırlar. Yani, nitriti levrekten daha az, kedi balıklarından daha fazla tolere edebilirler. Çıplak levrekler ve melezleri (*Striped bass*) nitrite hassasiyet göstermektedirler, fakat diğer türlerle karşılaştırıldıklarında bu hassasiyetin oranı hakkında az miktarda bilgi bulunmaktadır.

2.1.5.2. Tedavi Yöntemleri

Kahverengi kan hastalığının nitrojenle ilişkili bir problem olmasından dolayı bunu tedavi için yapılacak en etkili işlem yemleme oranını azaltmak suretiyle sistemde mevcut olan nitrojen miktarını azaltmak veya minimize etmektir. Fakat, fazla miktarda stok yapıp ve hızlı büyütme suretiyle kısa sürede istihali hedef alan modern entansif havuzlarda veya kapalı sistem balık kültüründe uzun müddet az yem verilmesi bu işi yapan pek çok çiftçi tarafından tutarlı bir seçenek olarak kabul görmemektedir.

Yetiştiriciler havuzlarda yüksek derecede nitritin ortaya çıkmasını çoğu

zaman önleyememelerine rağmen, olumsuz etkilerini güvenilir bir şekilde ve ekonomik olarak minimize edilebilme veya nötralize edilebilme şansına sahip olmaları bakımından şanslı sayılmaktadırlar. Sodyum klor (adi tuz veya NaCl) kahverengi kan hastalığını tedavi etmekte kullanılmaktadır. Kalsiyum klor'de kullanılabilir fakat bu daha pahalıya mal olmaktadır. Solungaçlardan absorpsiyon için tuzun klor kısmı nitritle rekabete girmektedir. Bir havuzda klorün nitrite en azından 6:1 (altıda bir) oranında ayarlanması kedi balıklarına nitrit girişini etkili bir şekilde önlemektedir. Eğer havuzlarda bulunan kedi balıkları veya diğer balıklar bakteriyel veya diğer parazit hastalıklarına sahiplerse, nitrite olan hassasiyetleri daha fazla olabilmektedir. Dolayısıyla, daha fazla koruma sağlayarak kan dolaşım sistemine nitrit geçişini önlemek için daha yüksek klor nitrit oranı gerekmektedir. Bir kural olarak kedi balığı üreticileri yüksek nitrit konsantrasyonlarından kaynaklanabilecek ölümlere karşı bir "sigorta" olarak havuz sularında en azından 25 ila 50 ppm arasında bir klor miktarı tutturmaya çalışmalıdırlar. Diğer balık türlerinin kültürleriyle uğraşan yetiştiricilerde nitriti potansiyel bir problem olarak düşünebilir ve tuzu diğerlerinde olduğu gibi bir sigorta bufferi olarak kullanabilirler. İhtiyaç duyulan tuz miktarının nasıl hesaplanacağına gelince;

Tedaviden önce oranların hesaplanması gereklidir. Bunun için, havuzun veya tankın hacminin hesaplanması yanında, sudaki klor ve nitrit konsantrasyonları mutlaka tespit edilmelidir. Bu maksatla piyasada satılan su kalite test kitleri veya cihazları da kullanılabilir.

Havuzlar için ihtiyaç duyulan tuz miktarı aşağıdaki formüllerle hesaplanabilir. 1. Formül:

$$\text{(Havuz NO}_2 \text{ konsantrasyonu x 6) - (Havuz Cl konsantrasyonu) = Havuza ilave edilecek klor miktarı (ppm)}$$

Formülde kullanılan "6" rakamı arzulanan minimum klor:nitrit oranını

göstermektedir. Burada 6:1 oranında klor nitrit oranı sağlamak için kullanılmaktadır. Eğer daha fazla miktarda bir oran arzu edilirse formüldeki "6" rakamının yerine daha büyük bir rakam yazılmalıdır.

Eğer sonuç "0" veya negatif bir sayıysa bu demektir ki, havuzdaki klor konsantrasyonu Kahverengi Kan Hastalığını önlemek için yeterli düzeydedir. Birinci formülden elde edilen sonuç aşağıdaki formülde kullanılır. 2. Formül:

Yüzey alanı (acre) x Ortalama derinlik (feet) x Havuza ilave edilecek klor miktarı (ppm) x 4.5 = Havuza ilave edilecek tuz (NaCl) miktarı (pound)

$$1 \text{ acre-foot} = 1233 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ acre} = 0.404 \text{ dönüm veya hektar (ha)}$$

$$1 \text{ feet (ft)} = 12 \text{ inch} = 0.305 \text{ m}$$

$$1 \text{ pound (lb)} = 16 \text{ ounces} = 453.6 \text{ g}$$

Bir acre-foot (1233 m³) alanda bulunan klor konsantrasyonunu 1 ppm arttırmak için 4.5 pound veya 2.04 kg tuz eklemek gereklidir.

Mesela:

Aşağıdaki veriler derinliği ortalama 4 feet (121.92 cm) olan ve 20-acre'lik (80940 m²) bir yüzeye sahip olan bir kedi balığı havuzundan alınmıştır.

Veriler;

4 ppm nitrit

15 ppm klor

Önce birinci formül kullanılırsa;

(6 x 4 ppm nitrit) -15 ppm havuzdaki klor = 24 -15 = 9 ppm klor havuza ilave edilmelidir.

İkinci formülü kullanıldığında ise;

20 acre (80940 m²) x 4 feet (1,22 m) ortalama derinlik x 9 ppm (havuza ilave edilecek klor x 4.5 = 3240 pound (1467.72 kg) tuzun havuza ilave edilmesi gereklidir.

Dikkat edilmesi gereken husus bu formüllerde mutlak surette formülde verilen birimlerin kullanılması gerekmektedir. Çünkü, 2. formüldeki katsayı bu ölçü ve tartı sistemleri esas alınarak hazırlanmıştır, aksi taktirde aynı sonucu almak mümkün değildir. Örneğin yukarıdaki işlemi yeniden yapacak olursak;

80940 m² x 1.22 m x 9 ppm (0.009 kg/m³) x 4.5 = 3999.24 kg tuzun havuza ilave edilmesi gerekecektir ki, bu sonuç yukarıdaki sonucun 2 katından daha fazladır. Hesaplamayı 2. formüldeki “4.5” katsayısının değiştirdiği görülmektedir.

Hesaplanan tuzun havuzlara tatbik edilmesi işlemi çeşitli motorlu araçlarla kenardan veya teknelerle vs. yapılmalıdır. Balıklar Kahverengi kan hastalığına yakalandıklarında tuzun homojen bir şekilde ve mümkün olduğu kadar çabuk havuza yayılması gereklidir. Havuza tuz tatbik edilmesinden itibaren 24 saat içinde kahverengi kan hastalığının önüne geçilebilmektedir. Su kalitesini düzenli şekilde izlemek için yapılacak iyi bir program kahverengi kan hastalığını önlemede etkili olmaktadır. Havuz suyu ilkbahar ve sonbahar aylarında haftada en az 2-3 kez kontrol edilmelidir. Yılın diğer aylarında ise en azından haftada bir kez kontrol edilmelidir.

Kedi balıkları için tavsiye edilen klor nitrit oranı en az 6:1 olmalıdır. Havuzlarda yeterli miktarda klor olsa bile olası bir nitrit yükselmesine karşı havuzlar günlük olarak kontrol edilmelidir. Bunlara ilaveten, ağır yağışlardan veya kuyu sularının aktif akış periyotlarından sonra klor miktarı ölçülmelidir. Çünkü her iki olayda da klor konsantrasyonları dilusyona (sulandırma) uğrayabilmekte ve neticede klor:nitrit oranı azalmaktadır. Bu nedenle sürekli olarak havuzlarda ani nitrit artışlarına karşı bir buffer olarak görev yapabilecek

miktarda genellikle 25-50 ppm arasında klor konsantrasyonu bulunması gerekmektedir. Bu işlem kedi balığı yetiştiriciliğinde havuzlarda bir standart olarak uygulanmakta, dolayısıyla kedi balığı yetiştiriciliğinde kahverengi kan hastalığına çok nadir rastlanmaktadır. Havuzlarda klor konsantrasyonunu 25-50 ppm seviyesinde tutmak oldukça kolaydır. Örneğin, eğer bir havuz 4 ppm klor konsantrasyonuna sahipse bunu 25 ppm'e yükseltmek için basit olarak 21 ppm klor eklenmelidir. Bunu sağlamak için gerekli olan tuz miktarı ise ikinci formül kullanılarak hesaplanılabilir.

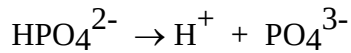
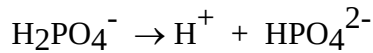
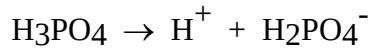
Kahverengi Kan Hastalığını kontrol altına almak için kullanılacak başka bir yol ise, TAN değerinin (toplam amonyum nitrojen konsantrasyonu) her hafta düzenli olarak kontrol edilmesidir. TAN'ın her 1 ppm'i oldukça kısa bir sürede 3 ppm nitrite dönüşebilir. Yüksek TAN seviyesi yetiştiriciyi bir kaç gün içinde nitrit problemiyle karşılaşacağı hususunda alarm durumuna geçirmekte ve böylece tahmin yapıldıktan sonra önlem almak kolaylaşmaktadır. Pek çok bölgede, su kendiliğinden doğal olarak yüksek klor konsantrasyonları içermektedir bu durumlarda sigortalama için ilave tuza gerek kalmamaktadır. Buna rağmen yinede sular sık sık kontrol edilmelidir, çünkü klor seviyeleri de geniş ölçüde dalgalanmaktadır (Durborow et al., 1992a,b).

Sonuç olarak, Kahverengi kan hastalığı nitrit, klor ve TAN'ın yakından izlenmesiyle, ve uygun klor nitrit oranının sağlanmasıyla önlenabilir veya en azından minimize edilebilir. Eğer kahverengi kan hastalığıyla karşılaşılırsa suya tuz ilave etmek suretiyle tedavi edilebilir. Kedi balıkları ve bunun gibi diğer balıklar kahverengi kan hastalığına veya nitrit streslerine maruz kaldıklarında bakteriyel enfeksiyonlara, anemiye, ve strese kaynaklanan diğer hastalıklara karşı daha çok hassaslaşmaktadırlar. Sublethal (ikinci derecede öldürücü) problemler ise, genellikle kahverengi kan hastalığının meydana çıkışından 1-3 hafta sonra meydana çıkan *Aeromonas* ve *Columnaris* kaynaklı bakteriyel enfeksiyonlardır.

Günümüzde balıklar üzerinde nitritten veya diğer stres yapıcı unsurlardan kaynaklanan sublethal etkilerin azaltılması için daha fazla miktarda klor uygulanmasının faydalı olup olmayacağını tespit etmek için araştırmalar devam etmektedir.

2.1.6. Fosfor

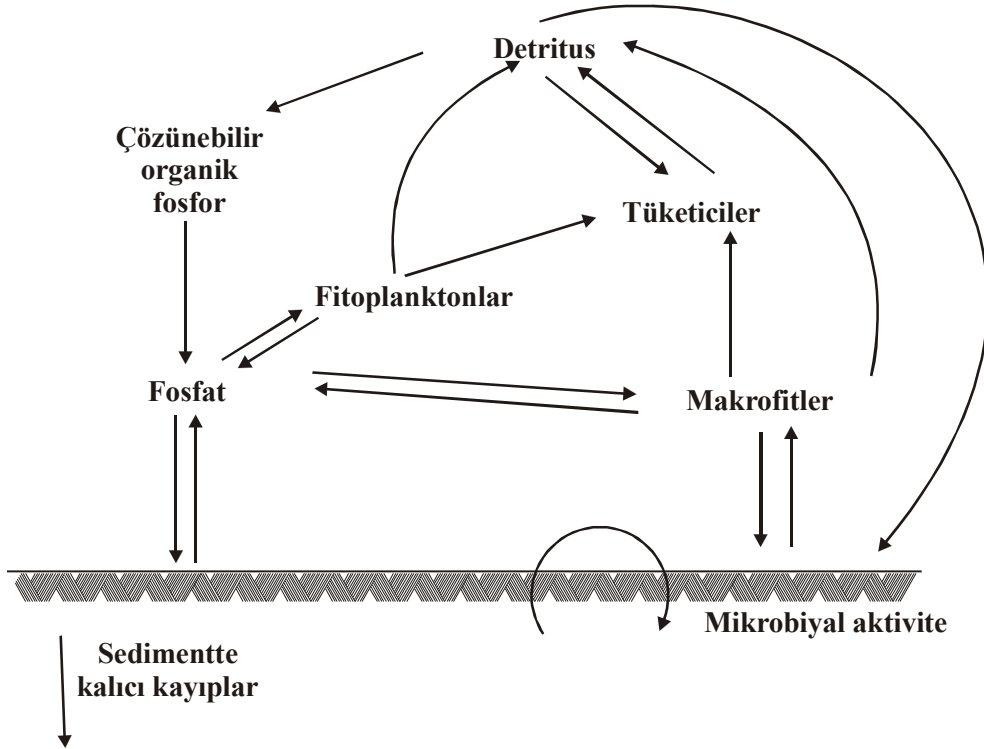
Fosfor, azot ve potasyum besleyici elementlerdir. Sularda bulunan fosfor formları genellikle ortofosfatlar, organik fosforlar ve partikül fosforlardır. Tabi sularda fosforun inorganik formları genelde orthofosforik asidin ürünlerini iyonize etmektedir.



Tabii sularda H_2PO_4^- ve HPO_4^{2-} genelde dominanttır. Akuatik ekosistemlerde, fosfor tali bir unsur olmasına rağmen üretimde çok önemlidir. Bu yüzden, havuz sularında fosfor konsantrasyonları ve çamur önem arz etmektedir. Fosforlu gübreler balık kültüründe geniş kullanım alanına sahiptir ve metabolik atık orijinli fosfor, havuzlarda besleme açısından önem taşımaktadır. Analizler yapılırken dikkate alınan fosfor formu genellikle çözünebilen veya filtre edilebilen ortofosfattır. Miktarı havuzlar gübrelendikten hemen sonra artmaktadır. Havuzlardaki ortofosfat konsantrasyonunun gerekli fosforu karşılaması bakımından 0.1-0.5 mg/l olması arzu edilmektedir. Ortamda bulunan ortofosfat, bakteriler, fitoplanktonlar ve makrofitler (çıplak gözle görülebilen su bitkileri) tarafından hızlı bir şekilde absorbe edilmektedir.

Yapılan çalışmalarda fitoplanktonların makrofitlerden daha fazla fosfor

absorbe ettikleri hatta ihtiyaçlarından daha fazla fosfor absorbe (bünyeye dahil edilmesi mesela süngerin suyu emmesi) ettiklerini ortaya çıkarmıştır. Ortamda bulunan ve fitoplanktonlar tarafından absorbe edilmeyen ortofosfatlar ise, çamur tarafından absorbe edilmektedir. Kuvvetli asidik veya kuvvetli alkali çamurun hafif asidik veya nötral çamurdan daha fazla ortofosfat adsorbe (herhangi bir maddenin sıvı yada gazları üzerinde bir tabaka olarak biriktirmesi) ettiği bildirilmektedir. Örneğin kuru bir çamur fosforun 0.05 ppm'ini 30 dakika gibi kısa bir sürede absorbe edebilmektedir. Sularda bulunan kalsiyum miktarıda fosfor absorpsiyonunu etkilemektedir. Kalsiyum miktarı ve pH'sı yüksek olan sularda kalsiyum, kalsiyum-fosfat halinde direkt olarak çökelebilmekte ve ortamdaki ortofosfat miktarı düşmektedir. Bir balık havuzundaki fosfor döngüsü Şekil 2.3'te sunulmaktadır.



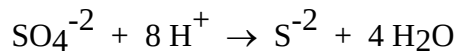
Şekil 2.3. Bir balık havuzundaki fosfor siklusu (Boyd, 1982)

2.1.7. Hidrojen sülfür

Balık avcılığında avcılarının zehirlenmesi de dahil pek çok sorunlara yol açan hidrojen sülfür (H_2S); renksiz, bozuk yumurta kokusunda zehirli bir gazdır. Balıkların solunumlarına karışarak onları öldürmektedir. Havuz sistemlerine bakterilerin faaliyeti ile ayrıışan organik maddelerden geçmektedir. Büyük bir kısmı iyonlaşmadığından en az pH kadar kadar zehirlidir.

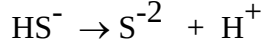
Yüksek sıcaklık H_2S 'in balıklar üzerindeki zehir etkisini arttırmaktadır. Suyun sıcaklığı $10^{\circ}C$ olduğunda ortamda bulunan gaz balıkları etkilemezken $20^{\circ}C$ 'de etkilemektedir. Yaz aylarında su sıcaklığı $32,2^{\circ}C$ 'ye yükselince H_2S konsantrasyonu artmaktadır. Kış aylarında da ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Asitli ve H_2S 'li sularda havalandırma yapılmalıdır. Hidrojen sülfürün sulardaki zehirli etkisini yok etmek için 2-6 mg/l potasyum permanganat kullanılarak bu problem hızla çözülür. Potasyum permanganat kullanılırken dikkat edilmeli verilecek miktar aşılmamalıdır. Aksi taktirde balıklar için öldürücü olmaktadır. Eğer suyun pH'sı düşük ise, H_2S 'nin zehir etkisi kireç bileşimi ile azaltılabilir.

Anaerobik şartlar altında, heterotrofik bakteriler, sülfat ve diğer oksidize olmuş sülfür bileşiklerini metabolizmada terminal elektron akseptörleri olarak kullanmakta ve sülfürü aşağıda gösterildiği şekilde açığa çıkarmaktadırlar:



Hidrojen sülfürün iyonizasyonu sonucunda sülfür açığa çıkmaktadır. Reaksiyonlar aşağıdaki gibidir:





Toplam indirgenmiş sülfürün kendi türleri arasındaki dağılışını pH düzenlemektedir. Aniyonize veya iyonlaşmamış hidrojen sülfür balıklar için toksiktir, fakat dissosiasyonu veya ayrışması sonucu ortaya çıkan iyonların toksikliği önem arzetmemektedir. Aniyonize hidrojen sülfür oranı pH'nın artmasıyla birlikte artmaktadır. Belirli pH derecelerinde analitik prosedürlerle elde edilen toplam sülfür konsantrasyonlarından aniyonize sülfür konsantrasyonlarını tespit etmek için standart tablolar hazırlanmıştır (Tablo2.15).

Adelman ve Smith (1970), ortamda 0.006 mg/l H₂S bulunması durumunda turna balığı (*Esox lucius*) yumurtalarının yaşama gücü ve frylarının büyümesinin sınırlandığını göstermişlerdir. Mavi solungaçlı balıklar yada bluegill'lerde (*Lepomis macrochirus*) hidrojen sülfüre oldukça hassastırlar. Smith et al., (1976), bluegill yumurtalarının 22 °C' de 72 saatlik LC₅₀ değerini H₂S için 0.019mg/l olarak, 96 saatlik LC₅₀ değerlerini 35 günlük frylarda 22 °C'de 0.013 mg/l, juvenillerde 20 °C'de 0.048 mg/l, ve yetişkin bluegill'lerde 20°C' de 0.045 mg/l olarak bildirmişlerdir. Kronik olarak 0.002 mg/l H₂S'ye 826 güne kadar maruz bırakılan bluegillerde ölüm olmamış, fakat yumurta bırakılması görülmemiştir. Ortamda 0.011 mg/l H₂S bulunması ergin bluegilllerin büyümesini geriletmiştir.

Kanal catfish frylarında 25 - 30 °C ve pH'sı 6.8 olan suda H₂S için 3 saat LC₅₀ değeri 0.8 mg/l'dir (Bonn ve Follis, 1967). Kanal catfish fingerlinglerine pH 7 iken, H₂S'nin LC₅₀ değeri 1.0 mg/l, yetişkin fingerlinglerde 1.3 mg/l ve erginlerde 1.4 mg/l olarak tespit edilmiştir. Yapılan arazi çalışmalarında asidik göllerde yaşayan kanal catfishlerin gelişmesindeki gerilemelere hidrojen sülfürün yüksek konsantrasyonlarının neden olduğu tespit edilmiştir (Bonn ve Follis, 1967). Smith et al., (1976), balık kültür sistemlerinde hidrojen sülfürün hiç

bulunmaması gerektiğini kaydetmektedirler.

Tablo 2.15. 25 °C sıcaklık ve farklı pH değerlerinde sulu solüsyonların içerdikleri aniyonize hidrojen Sülfür yüzdeleri (Boyd, 1982).

pH	%	pH	%
5.0	99.0	7.5	24.4
5.5	97.0	8.0	9.3
6.0	91.1	8.5	3.1
6.5	76.4	9.0	1.0
7.0	50.6		

2.1.8. Kükürt

Sulara karışan kükürtlü maddeler tür bakımından çok çeşitli olup Sülfür, kükürt, Sülfat, Sülfür, tiyosülfat, kükürt oksitlerle, kükürtlü halojenürler ve çok sayıda organik kükürt bileşikleri halinde olabilmektedirler. Bu kadar çok sayıda kaynaktan çeşitli fiziksel yada kimyasal formlarda su ortamına giren kükürt, ortamın redoks potansiyeline ve pH'ya bağlı olarak doğal çevrime uğramaktadır (Yaramaz, 1992).

Azot bileşiklerinin denitrifikasyonu sonucu inert N₂ gazı haline geçmesinden (azotun ortamdan uzaklaşması) sonra su içerisindeki Sülfatlar organik maddeyi oksitlemeye devam etmektedirler. İndirgenme sonucu su ortamı asidik olmakta ve Sülfür, H₂S gazı çıkışıyla serbest hale gelmekte ve çıkan H₂S ve NH₃ gazları arasında pH'a bağlı sabit bir orantı sağlamaktadır. Yüzeyden 100-150 m derinliklerden itibaren tamamen oksijensiz olan Karadeniz'de oksijenin 0.11 ml/l değerinden başlayarak Sülfür derişimi hızla artmaktadır. Bu tür ortamlarda metal katyonları genellikle suda az çözünen metal Sülfür (pirit) oluşumuyla çökerek sedimente geçmektedirler. İndirgenmiş su ortamlarında en çok rastlanan

dengeli kükürt bileşiği H_2S 'dir. Toksik bir gaz olan H_2S 'nin normal basınçta ve 25 °C'deki suda çözünürlüğü oksijene göre 100 kat daha fazladır. Suda çözünmüş H_2S zayıf asit özelliği göstermektedir.

Kükürdün şu kaynaklardan geldiği bilinmektedir.

1. Kentsel kullanılmış sular
2. Endüstriyel kullanılmış sular ve maden ocaklarından süzülen sular.
3. Kent sokaklarından gelen yağmur suları.
4. Tarlalardan kükürtlü yapay gübreleri yıkayıp çözerek sürükleyen yağmur suları.
5. Maden çıkarma işlemlerinde oluşan kükürtlü cevher ve kömür yığınlarından süzülen yıkama ve yağmur suları.
6. Kükürtlü maddelerin kaza sonucu çevreye saçılımı.
7. Atmosferden yıkanarak veya çökelerek sulara karışan kükürtlü maddeler.
 - a. Fosil yakıtların yanması nedeniyle havaya karışanlar.
 - b. Katı atık yakılması nedeniyle havaya karışanlar.
 - c. Kentsel veya endüstriyel pis suların sıkı deniz alanlarında anaerobik ayrışması sonucu havaya karışanlar.

2.1.9. Asidite

Asidite suyun hidrojen iyonlarını tutma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Asidite karbonik asit ve tannik asit gibi zayıf asitlerle, demir ve alüminyum sulfat gibi tuzların iyonlaşmamış kısımlarından kaynaklanmaktadır. Asiditenin standart ölçü birimi pH olarak ifade edilmektedir. pH değerleri 1 - 14 arasında değişmekte olup numaranın küçüklüğü asitliğin daha fazla olduğunu göstermektedir. Nötr sularda pH değeri 7 olmaktadır. Balıklar 3.5 - 10.0 pH değerleri arasında

yaşayabilmektedirler fakat pek çok balık türünün arzuladığı pH değerleri 6.5 -9.0 olmaktadır. Bazı balık türlerinin istemiş oldukları optimum pH değerleri Tablo 2.16’da verilmektedir. Balıkların yüksek sıcaklıklardaki yüksek pH değerlerine tolerasyonları çok azdır. Yüksek pH’da amonyum toksisitesi en büyük problemlerden birisi olurken düşük pH’da hidrojen sülfür çok fazla toksik etki yapmaktadır.

Havuz sularının pH’sı ortamda bulunan karbondioksitin miktarına bağlı olarak değişmektedir. Ortamda bulunan karbondioksitin başlıca kaynağı bitki ve hayvan solunumudur. Karbondioksit fotosentez esnasında kullanılmaktadır dolayısıyla sudaki karbondioksit konsantrasyonu geceleyin artmakta ve gündüzleri azalmaktadır. Karbondioksitin suda bulunması asiditeye delalet ettiğinden genellikle suyun pH’sı akşama doğru en yüksek değerine ulaşmakta ve güneş doğmadan hemen önce ise en düşük değere düşmektedir. Günlük pH dalgalanmalarının miktarı suyun buffer kapasitesine bağlıdır. Zirai kireç ilavesi suyun bikarbonat buffer kapasitesini arttırmaktadır, bu ise günlük dalgalanmaları azaltmakla beraber genellikle sabahları pH’yı arttırmakta ve öğleden sonraları düşürmektedir.

Tablo 2.16. Yetiştiriciliği yapılan bazı balık türleri ve pH istekleri

Balık Türü	pH isteği
Alabalık	6.5 - 8.5
Levrek	7.0 - 8.5
Dil Balığı	8.1 - 8.2
Çipura	7.5 -8.0

Buffer: Bir solusyonda bulunan hem asitleri hemde bazları solüsyonun orjinal asiditesini veya alkalinitesini değiştirmeden nötralize edebilme yeteneğine

sahip herhangi bir madde.

pH'da görülebilecek günlük dalgalanmaları doğru tespit etmek için ölçümler mutlak surette havuz başında ve erken sabah saatleri ile öğlen sonrası akşama doğru saatlerde yapılmalıdır

pH: Bir çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonunun eksi logaritması olarak tarif edilmektedir. pH tayininde genellikle kolorimetrik ve elektrometrik yöntemler kullanılmaktadır. Elde edilen pH değerlerinin balıklardaki etkileri aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

1. pH 11'den büyük olduğunda çözünmüş oksijenin çok yüksek olduğu havuzlar hariç, bütün balıklar için öldürücü olmaktadır.

2. pH 10 - 11 arasında olduğunda çok uzun süreli maruz kalmada pek çok balık türünde lethal ve sublethal etkilere yol açmaktadır.

3. pH 9-10 arasında bir çok balık türü için ikincil derecede etkiler yapmaktadır.

4. pH 5.0 -6.0 arasındaki asidik sular alkali suları tercih eden balıklar için toksik etkilere sahiptir. Asiditenin yükselmesi balıklarda vücut tuzlarının kaybına ve oksijen alımının kaybolmasına neden olmaktadır. Netice itibariyle suların verimlilikleri üzerine etki yapmaktadır.

5. pH 4 - 5 arasında vücut tuzlarının kaybı, solungaçların büyümesi, yumurta veriminde düşüş, büyümede gerileme ve hastalıklara karşı mukavemetin azalması gibi sublethal etkiler görülmektedir.

6. pH'nın 4'ten düşük olması bir çok balık türlerinde öldürücü etki yapmaktadır.

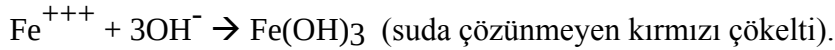
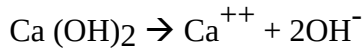
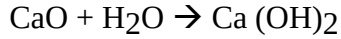
Örneğin, gökkuşağı alabalığı 48 saat müddetince yüksek pH'ya (pH 9.5) maruz bırakılıp daha sonra pH 8.0'da iyileşmeye bırakılmıştır. Amonyum salgısı maruz bırakma öncesindeki oranlara düşmüş, fakat plazma TAN konsantrasyonu

yükselmeye devam etmiştir. Plazma Na^+ ve Cl^- konsantrasyonları % 5 azalmıştır. Temizlenme süresince balık tarafından salgılanan aşırı TAN 'nin toplamı, extrasellüler sıvıdaki TAN kalıntılarından 50 kat daha büyük olarak bulunmuştur (Wilkie ve Wood, 1995). Bir araştırmada, ortalama tuzluluk seviyeleri; ‰ 34 - 35 olan, 7.2 - 7.4 mg l O_2 içeren , sıcaklığı 6.4 - 6.6 °C arasında değişen ve pH'sı 7.5 -7.6 olan deniz suyunda 430 ± 73 g ağırlığındaki Atlantik salmonlar, 425 mg /l TAN (total amonyum-N) 0.01 - 2.78 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ aralığındaki su amonyum seviyelerine maruz bırakılıp 48 saat test edilerek, LC_{50} değerleri TAN için 58.6 mg/l - 59.4 mg/l, $\text{NH}_3\text{-N}$ için ise 0.24 mg - 0.34 mg /l olarak bulunmuştur (Knoph ve Olsen, 1996).

2.1.10. pH ve asit bağlama değeri (SBV)

Alabalık yetiştiriciliği yapılacak suların nötr veya çok hafif alkali olması, suyun pH değerinin 6,5 – 8,5 arasında, en iyisi 7 civarında olması gereklidir. 5,0'in altında ve 9,2'nin üzerindeki pH değerleri alabalıklarda öldürücü etki yapmaktadır. Düşük pH değerleri; humik (humustan elde edilen asit) asitli arazilerden akan sularda, kar suyu karışan sularda ve amonyaktan meydana gelen HNO_2 ve HNO_3 oluşumları sonucu ortaya çıkmaktadır. Suyun yüksek pH değerleri göstermesi halinde NH_3 ve azot bileşiklerinin zararlı etkileri artmaktadır. Bu nedenle, alabalık yetiştiriciliği yapılan suyun pH değeri sık sık ölçülmelidir. Tesis kurulurken normal değerler elde edilebilir. Fakat mevsimsel olarak bu değerler değişebilir. Özellikle kar suları ve orman arazilerinden gelen sularda, ilkbaharda pH değerleri düşebilir. O takdirde, bu değerlerin arzu edilen değere yani nötre dönüştürülmesi gerekir. Bunun için en kullanışlı olan yöntem havuzlara gelen suyun kireçlenmesi yöntemidir. Su taşıyan kanal üzerine köy değirmenlerinin çalışma düzenine benzer bir düzenek kurulur ve belli aralıklarla belli miktarda kireç suya dökülür. Bunun için su kanalı üzerine bir çark yerleştirilir. Bu çark akan su vasıtasıyla döner. Bu dönüşe bağlı olan bir kol, bir

hazneye yerleştirilen kireçten belli bir miktarın suya akmasını sağlar. Suyu dökülen kireç suyun pH'sını istenilen düzeye yükselttiği gibi, su içerisinde bulunan muhtemel demir bileşiklerini de tutarak zararlı etkilerini ortadan kaldırmaktadır. Demir bileşikleri balıkların solungaçları üzerindeki alkali vasatta çökerek solungaçların tıkanmasına ve balığın ölümüne neden olmaktadır. Suyun havuza gelmeden, yani balıkla temas etmeden önce kireçlenmesiyle demir çöktürme işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Aşağıda çöktürme işlemi verilmektedir:



Kireç aynı zamanda suyun asit bağlama gücü için de gerekli olan bir maddedir. Suyun asit bağlama gücü genelde balık yetiştiriciliği için önemli bir faktördür. Suyun asit bağlama gücü, metiloranj indikatörü ilave edilmiş 100 ml suyun 1/10' nun HCl asitle titre edildiğinde sarf edilen asidin ml cinsinden ifadesi olup, sulara 0,1 – 6,0 arasında değişme göstermektedir. Alabalık yetiştirilecek sulara bu değerin 1,5 – 2,0 arasında olması arzu edilmektedir. Düşük değerler kirecin yetersizliğini, 3,5 – 4,0' ün üzerindeki değerler ise ya fazla kireç yada fazla kirliliği ifade etmektedir. 1 asit bağlama değeri 28 mg CaO/l'te denktir. O halde alabalık yetiştirilen sulara 35 – 40 mg CaO/l olması yeterlidir.

Sazan yetiştiriciliğinde suyun pH değeri sınırları 5,5–10,8 olup, optimal değer 7–8' dir. Havuzun doğal verimliliği büyük ölçüde suyun kireç içeriğine bağlı olup, bunun ölçüsü olan asit bağlama gücü 0,5' in altında olduğunda, su az verimli, 0,5 – 1,5 arasında orta ve 1,5' den fazla değere sahip sular verimli olarak nitelendirilmektedirler. Sazan havuzlarında bir litre suda 42 mg CaO bulunması

optimaldır. Bu değerin altında kireç içeren suların bulunduğu havuzların tabanı kireçlenerek eksiklik giderilmektedir. Havuz suyunda kireç arttıkça pH değeri yükselmekte, ancak pH değerinin her yükselişi kireç içeriğinin fazlalığı anlamına gelmemektedir. Özellikle, yazın fitoplanktonların ve diğer su bitkilerinin kuvvetli fotosentezleri sonucu fazla miktarda CO₂ bağlanmakta buna bağlı olarak ta pH değeri yükselmekte ve yanlışlıkla suda fazla kireç bulunduğu kanısına varılabilmektedir. Havuz suyunda günlük pH ölçümlerinde 6,5–8,5 arasındaki değerler suda yeterli kireç bulunduğunu göstermektedir. pH değerlerinin bunun altına düşmesi halinde kireçleme gereklidir (Çelikkale, 1991).

2.1.11. Sertlik

Herhangi bir suyun sertliği denildiğinde o suyun sabunu çöktürme özelliği anlaşılmaktadır. Bu nedenle sert sular köpük oluşturmak için çok sabun kullanımı gerektiren sular olarak tanımlanır. Kimyasal olarak sertlik; su içinde çözülmüş (+2) değerlikli katyonlar yani Ca⁺², Mg⁺², Sr⁺², Fe⁺², Mn⁺² ile HCO₃⁻, SO₄⁻², Cl⁻, ve NO₃⁻ gibi anyonlarının bileşik oluşturması neticesinde ortaya çıkmaktadır. (Şengül ve ark., 1986).

Hidrosferde suların sertliği coğrafik olarak değişim göstermektedir. Kural olarak yüzey suları, yeraltı sularından daha yumuşaktır. Genellikle, suyun sertlik derecesi, yağmur suyundan başlayarak izlediği yol boyunca temasta bulunduğu jeolojik yapıyla yakından ilgilidir. Toplam sertlik genellikle kalsiyum karbonat cinsinden ppm olarak ifade edilmektedir. Sertlik dereceleri ve buna tekabül eden kalsiyum karbonat miktarları Tablo 2.17’te verilmektedir.

Tablo 2.17. İçermiş oldukları kalsiyum karbonat miktarları bakımından suların sınıflandırılması

CaCO ₃ (mg/l)	Sertlik Sınıfı
0 – 75	Yumuşak
75 – 150	Orta sert
150 – 300	Sert
300 ve üzeri	Çok sert

Dünyada sık kullanılan sertlik derecelerinin mg/l CaCO₃ değerleri aşağıdaki gibidir:

1 Fransız sertlik derecesi = 10 mg/l

1 Alman sertlik derecesi = 17,8 mg/l

1 İngiliz (Clark) sertlik derecesi = 14,3 mg/l

1 Amerikan sertlik derecesi = 17.16 mg/l

Fransız sertlik derecesi bunların arasında en yaygın olarak kullanılmaktadır ve buna göre suların sınıflandırılması Tablo 2.18’te verilmektedir.

Tablo 2.18. Fransız sertlik derecesine göre suların sınıflandırılması

Fransız Sertlik Derecesi	Sertlik Sınıfı
7.2 - 14.5	Yumuşak
21.5 - 32.5	Orta sert
32.5 -54.0	Sert
> 54.0	Çok sert

Sertlik çeşitleri :**1. Toplam sertlik (Kalsiyum ve magnezyum sertliği)**

Doğal sularda en sık rastlanan Ca ve Mg iyonlarının oluşturduğu sertlik çok az hata ile toplam sertlik olarak kabul edilebilir. Toplam sertlik terimi, sudaki divalent (çift değerlikli) metal iyonlarının konsantrasyonunu belirtir ve litrede miligram cinsinden belirlenen ekuvalent kalsiyum karbonat olarak tarif edilmektedir.

$$\text{Toplam sertlik} = \text{Kalsiyum sertliği} + \text{Magnezyum sertliği}$$

Suların yumuşatılmasında sık olarak kullanılan kireç-soda yönteminde harcanacak reaktif hesaplamaya yardımcı olan bu bilgi, çoğu kez kalsiyum ve magnezyum iyonlarının ayrı ayrı tayini ile ve daha sonra yukarıda görülen eşitlik uyarınca hesapla bulunur.

2. Karbonat sertliği ve karbonat olmayan sertlik

Toplam sertliğin, sudaki karbonat ve bikarbonat iyonlarına karşı gelen kısmı karbonat sertliği olarak bilinir. Bu iyonlar aynı zamanda doğal suların alkalinitesini de belirlendiğinden, eğer alkalinite toplam sertlikten küçükse;

$$\text{Karbonat sertliği (mg/l CaCO}_3\text{)} = \text{Alkalinite (mg/l CaCO}_3\text{)}$$

Eğer alkalinite toplam sertliğe eşit veya büyükse;

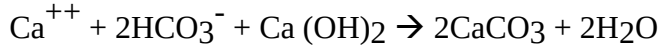
$$\text{Karbonat sertliği (mg/l CaCO}_3\text{)} = \text{toplam sertlik (mg/l CaCO}_3\text{)} \text{ alınır.}$$

Karbonat sertliğinin ayrıca ele alınmasının nedeni; suyun kaynaması esnasında veya sönmüş kireç ile yumuşatma işlemlerinde bu tür bilgiye gerek duyulmasıdır.

Kaynama sırasında;



Sönmüş kireç ile yumuşatmada;



Bu şekilde kaynatma ile çöktürülerek giderilebilen sertlik geçici sertlik olarak tanımlanır. Toplam sertliğin karbonat sertliği dışında kalan kısmına ise karbonat olmayan veya kalıcı sertlik denir. Çünkü bu sertlik kaynama ile giderilemez.

Karbonat dışı (kalıcı) sertlik = toplam sertlik – karbonat (geçici) sertlik eşitliğinden hesap edilir. Bu son grupta $\text{SO}_4^{=}$, NO_3^- , Cl^- gibi anyonlara karşı gelen katyonların yarattığı sertlik yer almaktadır.

3. Yalancı (Pseudo) sertlik

Tuzlu sularda sabun köpürmesi, şimdiye kadar açıklandığından farklı olarak sabunun iyonlaşması engellendiğinden dolayı durur. Bu olayın sorumlusu sabun ve tuzlu sudaki ortak olan Na^+ katyonlarının “ortak iyon etkisi” dir. Sodyumun normal bir sertlik yaratıcı unsur olmamasına karşın meydana gelen bu sertliğe yalancı (Pseudo) sertlik denir.

2.1.10.1. Alkalilik ve sertlik arasındaki ilişki

Alkalinite ve sertlik birbirine benzer, fakat ölçüm yöntemleri farklılık arz etmektedir. Alkalinite ve asidite suların hidrojen iyonlarını farklı maksatlar için kabul etme kapasitesileridir. Anyonlar (negatif yüke sahip olanlar) veya bazlar başlıca karbonat (CO_3^{-2}), bikarbonat (HCO_3^-) ve hidroksil (OH^-) iyonlarından oluşmaktadır.

Alkalinite, bu anyonlar kalsiyum karbonatın eşdeğer konsantrasyonları bakımından ele alınmaktadır. Örneğin, Arce ve Boyd (1980), Alabama'daki havuz sularında, toplam alkalinite ile toplam sertlik arasında yüksek bir pozitif

korelasyon olduğunu göstermişlerdir. Kıraç bölgelerin sularında evaporasyon ile iyon konsantrasyonlarında artışlar olmaktadır. Kıyısız ovalar boyunca, bazen kaynak suları yüksek alkalinite ve düşük sertlikte olabilirler, dolayısıyla bu tip sulardan doldurulan havuzların sularında da yüksek alkalinite ve düşük sertlik görülebilir. Havuz sularında toplam sertlik ve toplam alkalinite ile ilgili bazı seçilmiş veriler Tablo 2.19’da verilmektedir.

Tablo 2.19. Bazı farklı havuz sularının toplam sertlik ve toplam alkaliniteleri.

Su Tipi	Toplam Alkalinite (mg/litre)	Toplam Sertlik (mg/litre)
Kumlu topraktaki havuz	13.2	12.9
Asidik, killi topraktaki havuz	11.6	12.3
Kalkerli topraktaki havuz	51.1	55.5
Yumuşak fakat alkalın kaynak suyu ile doldurulmuş havuz	93.0	15.1
Kıraç bölgedeki havuz	346	708

Genellikle herhangi bir suyun sertliği, suyun sabunu çöktürme kapasitesinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Sabun başlıca kalsiyum ve magnezyum iyonları tarafından çöktürülmektedir. Fakat, alüminyum, demir, manganez, stronsiyum ve çinko gibi diğer metal iyonları ile hidrojen iyonları tarafından da çöktürülebilir.

Sertliğin rakamsal olarak karbonat ve bikarbonat iyonlarının toplamından büyük olduğunda, sertliğin miktarı toplam alkaliniteye eşdeğer olup “karbonat sertliği” olarak adlandırılmaktadır. Sertliğin miktarı toplam alkaliniteden fazla olduğunda “karbonat olmayan sertlik” adını almaktadır. Sertlikte alkalinite gibi kalsiyum karbonatın (CaCO_3) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. Bir çok araştırmacı “sert su” terimini alkalinitesi yüksek su manasında yanlış ifade

etmektedirler. Alkalinitesi yüksek pek çok su sert sudur fakat bu her zaman doğru değildir. Balık kültürü ile ilgilenenler çoğu zaman suların toplam sertliğine gereğinden fazla önem vermektedirler. Oysaki, balık havuzlarında toplam sertlik genellikle toplam alkalinite kadar önemli değildir.

Balıklar geniş alkalinite ve sertliği sınırları altında gelişmektedirler. Litresinde 40 mg veya daha fazla toplam alkalinite içeren doğal sular, düşük alkaliniteye sahip sulardan daha fazla verimli olarak kabul edilmektedirler. Fazla miktardaki verimlilik direkt olarak toplam alkalinitenin bir sonucu olmayıp toplam alkalinite ile birlikte miktarları da artan fosfor ve diğer besleyici elementlerin miktarına bağlıdır. Normalde 20 - 120 mg/l arasında toplam alkaliniteye sahip havuz sularına yapılan gübrelemenin balık üretiminde çok az bir etkiye sahip olduğu, bu değerin 20 mg'dan daha az olması durumunda yapılan gübrelemenin ise, alkalinite artışına paralel olarak balık üretimini de arttırdığı kaydedilmektedir.

Düşük alkalinitede, sular asiditeye karşı olan buffer veya tampon özelliğinin çoğunu kaybetmekte ve sonuçta pH'da dalgalanmalar görülmektedir. Hatta alkalinite "0" olduğu zaman bile, ortamda tannik asit gibi zayıf asitlerin olması düşük alkaliniteli suların bu asitlerin hidrojen iyonlarını bağlayabilecekleri ve bu yüzden de pH'da değişmelere neden olabileceği bildirilmektedir. Ayrıca, düşük alkalinitede balıklar bakır gibi toksik maddelere karşı daha fazla duyarlı olmaktadır.

Su sertliği ve alkalinitesinin tespiti hemen su başında su test kitleriyle yada sulardan örnek alınarak laboratuvarlara yapılmaktadır. Alkaliniteyi arttırmak için zirai kireç (dolomit) kullanılması tavsiye edilmektedir. Havuzlarda yapılacak kireçleme için gerekli olan kireç miktarları Tablo 2.20'de verilmektedir.

Tablo 2.20. Çeşitli alkaliteli havuzlar için gerekli olan dolomit miktarı

Total alkalite (ppm)	Dolomit kireç (g) / yüzey alanı (m ²)
12 ve daha az	247
12 – 14	185
15 – 25	61.77 -123.54
25 ve daha fazla	İlaveye gerek yok

2.1.12. Silisyum

Silisyum miktarı diğer besleyici elementlerde olduğu gibi mevsimlere, derinliğe ve bölgelere bağlı olarak değişimler göstermekte, mevsimsel değişimler özellikle yüzey sularında dikkati çekmektedir. Bir hücreli alg yani diatom çoğalmasının fazla olduğu ilkbahar aylarında Si değişimi çok düşük düzeylerde olmasına karşın, fotosentez aktivitesinin diğer bir ifade ile bir hücreli alg büyümesinin az olduğu kış aylarında değişimde bir yükselme görülür. Silis diğer besleyici elementler gibi canlıların esas yapısına girmez, fakat pek çok denizel formun iskeletlerini oluşturur. Çözünmüş silikat özellikle fitoplanktonların önemli bir grubunu oluşturan diatomların (aynı zamanda silikoflagellatlar ve radiolerlerin de), silisli algler, silisli süngerlerin yapısal bir bileşimidir. Diatomların üremesi için denizlerde Si derişiminin belli bir minimumun üzerinde olması gerekir. 30 – 40 µg/l oranında veya daha fazla çözünmesi Si bulunduğu sürede üreme devam etmektedir. Bu element yerküresinde bol olarak bulunduğu halde, deniz suyunda oldukça düşük derişimlerde bulunur. Özellikle kıyı suları tipik olarak çözünmüş Si içerirler. Karalardan drenaj yoluyla gelen silikat, hızlı biyolojik aktivite ve nehirlerin taşıdığı yüksek miktartlı çözünmüş maddelerdir. Denizlere, nehirlere önemli miktarda Si taşınmaktadır Dünyada önemli balıkçılık sahalarını oluşturan upwelling bölgelerinde (Afrika'nın batı, Peru sahilleri) yüksek produktiviteyi

diatomların oluşturması nedeniyle Si özel bir öneme sahiptir.

Doğal sulara silis çözünmüş olarak silikat ve silisilik asit şeklinde veya süspansiyon olarak SiO₂, kil mineralleri ve organik yapıya bağılı olarak bulunur. Sadece monomerik form bitkilerce alınabilir.

2.2. Suların Fiziksel Özellikleri

Fiziksel özellik; bir maddenin kimyasal yapısı değışmeksizin gözlenen karakterleri olarak bilinmektedir. Mesela, bir maddenin fazları (katı, sıvı, gaz), rengi, yoğunluğu ve erime noktası fiziksel özelliklerdendir. Fiziksel açıdan su, eşsiz özelliklere sahiptir. Tablo 2.21’de en önemli özelliklerinden bazıları verilmektedir.

Tablo 2.21. Suyun fiziksel özellikleri

Yoğunluk (25 °C’de g/cm ³)	0.9970
Maksimum Yoğunluk (g/cm ³)	1.0000
Maksimum Yoğunlukdaki sıcaklık (°C)	3.940
Vizkosite (Pascal / s) (25 °C)	0.890 x 10 ⁻³
Kinematik Vizkosite (m ² /s) (25 °C)	0.890 x 10 ⁻⁶
Erime Noktası (°C) (1 atm=101325 Pa)	0.0000
Kaynama Noktası (°C) (1 atm)	100.00
Buzun Latent (gizli) Isısı (kJ/mol)	6.0104
Buharlaşmanın Latent Isısı (kJ/mol)	40.660
Spesifik Isı Kapasitesi (15 °C) (J/kg °C)	4186
Termal Kondüktivite (25 °C) (J/cm.s. °C)	0.0569
Yüzey Gerilimi (25 °C) (N/m)	71.97 x 10 ⁻³
Dielektrik sabiti (25 °C)	78.54

2.2.1. Sıcaklık

Sıcaklık sularda tabakalaşmaya neden olmasından dolayı balıklar üzerine indirekt etkilere sahiptir. Sıcaklık değıştikçe suyun yoğunluğuda değışmektedir 4°C’de suyun yoğunluğu maksimum olmaktadır. Bu dereceden sonra tekrar düşmektedir. Su donduğunda buz halini almakta özgül ağırlığı aniden % 9 oranında azalmakta ve su yüzeyinde yüzmektedir. Suyun sıcaklığı ile yoğunluğu arasındaki bu özel durum, ılıman bölgelerde özellikle kışın hava sıcaklığının 0 °C’nin altına düştüğü yerlerde, dip sularının sıcaklığının +4 °C’de sabit kalması nedeniyle sudaki hayat için büyük önem taşımaktadır. Eğer su, sıcaklığı azaldıkça yoğunluğu artan diğer sıvılar gibi olsaydı, en soğuk sular dibe kadar inecek, kışın şiddetli soğuklar esnasında nehir ve göllerin donmaları dipten başlayarak satıha kadar devam edecekti.

Bahar başlarında havuz sularının sıcaklığı yüzeyden dibe kadar uniformdur. Fakat, havalar ısındıkça yüzey suları ısınmakta ve yoğunlukları düşmektedir. Yaz başlarında ise havuzlarda tabakalaşma olayı gerçekleşmekte ve başlıca üç tabaka meydana gelmektedir. Bunlar:

1. Oksijence zengin ve nispeten sıcak, epilimnion adı verilen üst tabaka.
2. Sıcaklıkta ani düşüşün meydana geldiği geçiş tabakası veya termoklin (metalimnion)
3. Oksijen bakımından fakir, soğuk ve hipolimnion adı verilen dip tabaka

Bu tabakalardaki sular yoğunluk farklarından dolayı birbirlerine karışamamaktadırlar. Ilıman bölgelerde tabakalar arasındaki sıcaklık farkları oldukça belirginleşmekte, yaz mevsiminde ise kuvvetli rüzgar ve yağmurlar neticesinde sık sık geçici stratifikasyon (tabakalaşma) ve turnover (karışma) olmaktadır. Turnover havuzlarda zaman zaman su kalitesi problemlerine yol açabilmektedir, çünkü dipte bulunan sular genellikle bol miktarda çürümüş

organik madde, az oksijen ve dekompozisyon sonucu meydana gelen toksik ürünleri içermektedirler. Yaz turnoveri olduğu zaman suyun rengi hızlı bir şekilde kahverengi, siyah yada griye dönüşmekte, suyun kokusu çürük kokusuna benzemekte ve balıklar su yüzeyine başlarını çıkarmak suretiyle hava yutmaktadırlar. Bu saydığımız semptomlar genellikle ağır fırtına ve yağmurlardan sonra ortaya çıkmaktadır. Turnover ayrıca sularda bulunan fitoplankton miktarının azalması neticesinde ışık penetrasyonunun artmasına bağlı olarak dip sularının ısınmasıyla oluşabilmektedir. Küçük havuz ve göllerde yapılacak sürekli havalandırma ile stratifikasyonun önlenmesi mümkün olmaktadır. Çünkü havalandırma işlemi oksijenin suyun tabakalarına homojen olarak dağılmasına ve alglerin reklerinin arzu edilen yeşilden arzu edilmeyen mavi-yeşile dönüşmesini engellemeye yardım etmektedir. Derinliği az, yüksek verimli göl ve havuzlarda yaşayan canlılar zaman zaman kış ölümlerinden etkilenmektedirler. Genellikle, kış sezonunda sıcaklığı 4.4 °C'nin altına düşen suların balıkçılık için elverişli olmadığı kaydedilmektedir. Soğuk bölgelerdeki göllerde su sirkülasyonunun oluşmaması nedeniyle çözünmüş oksijen derişimi derine doğru hızla azalmaktadır. Aynı şekilde tropikal bölgelerdeki göllerde mevsimsel sıcaklık değişikliklerine bağlı düşey hareketler olmadığından, özellikle derin göllerin dip suları çözünmüş oksijen ve canlılık bakımından çok fakirleşmektedir. Kıştan yaza ve yazdan kışa geçilen mevsimlerde göl suları gerek sıcaklık gerekse çözünmüş oksijen derişimi bakımından daha fazla homojenlik arz etmektedirler.

Canlılar için maksimum, optimum ve minimum olmak üzere üç önemli sıcaklık bildirilmektedir. Sıcaklık istekleri bakımından canlılar; euryterm ve stenoterm olarak iki grupta toplanmaktadırlar. Euryterm olanlar çok geniş sıcaklık değişimlerine tahammül etmektedirler. Stenotermiler ise dar bir sıcaklık değişimi içinde yaşayan organizmalardır. Stenoterm organizmalar; yalnız soğukta (stenoterm psikrofil (soğuk seven) organizmalar) yaşayanlar ve yalnız sıcakta yaşayanlar (stenoterm termofil (sıcak seven) organizmalar) olmak üzere ikiye

ayrılmaktadır. Yaşamış oldukları su sıcaklıkları esas alındığında balıklar; soğuk su, ılık su ve sıcak su balıkları olarak üç gruba ayrılmaktadırlar ve genellikle; soğuk su balıkları 15 °C veya daha düşük, ılık su balıkları 15-20 °C arası, sıcak su balıkları ise 20 °C'nin üzerindeki su sıcaklıklarına ihtiyaç duymaktadırlar. Optimum sıcaklıkları dikkate alarak örnekler verecek olursak;

Çipura balığı larvaları için uygun su sıcaklığı 16-25 °C, yumurtaları için kuluçka suyu sıcaklığı $17 \pm 1^{\circ}\text{C}$, prelarvadan postlarvaya geçişte 18 °C, postlarval dönemin 2. haftasıyla birlikte 19 -22 °C olmaktadır. Dil balıkları için optimum yetiştirme sıcaklığı 20 - 22 °C olarak verilmektedir. Levrek balıkları larval dönemde 1. - 10. gün arası 14 - 16 °C, 10. 30. gün arası 16- 18 °C su sıcaklığı istemektedirler. Alabalıklar, 6-10 °C'ler arasında yumurta ve milt bırakmakta, büyümek için 14 -18 °C'ler arasında optimum sıcaklık istemekte, 22 °C'ye kadar yaşayabilmekte fakat 26 °C'de % 50 oranında ölmektedirler. Sazan balıklarında ise; 0-5 °C'ler arasında büyüme durmakta, 18-20 °C'ler arasında üreme faaliyetleri başlamakta ve 20-28 °C'ler arasında optimum düzeyde gelişme olmaktadır. Ayrıca, sudak 18-26 °C, yayın 22-28 °C ve turnalar 16-24 °C'ler arasında optimum gelişme göstermektedirler.

Sıcaklık, balıklarda metabolizma, yem değerlendirme ve yaşama gücü üzerine direkt etki yapmaktadır. Diğer fiziksel faktörlerden hiç birisi balıkların büyümesi ve gelişmesi üzerine sıcaklık kadar etki yapmamaktadır. Balıklarda metabolizma hızı temperatur artışıyla hızlı bir şekilde artmakta, temperaturün düşmesi durumunda ise balıkların oksijen ve yiyecek talepleri azalmaktadır. Yumurtlama ve yumurtadan çıkış gibi birçok biyolojik prosesin yıl içinde oluş zamanı çevre sıcaklığı tarafından etkilenmektedir. Balık türleri belirli sınırlar arasındaki sıcaklıkları tolere edebilmektedirler. Bu sınırlar içerisinde balık büyüdükçe değişebilen büyüme ve üreme gibi özellikleri gerçekleşmektedir. Balıklar gibi; hastalık yapan organizmalarda gelişebilmeleri için optimum sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadırlar. Pek çok kimyasal madde sıcaklık arttıkça

daha hızlı bir şekilde suda çözünmektedir, fakat gazlar örneğin oksijen, nitrojen ve karbondioksit sıcaklık arttıkça daha az çözünmektedirler.

Sıcaklıkta meydana gelen büyük dereceli ani değişimler balıklarda ölümle sonuçlanabilecek streslere neden olmaktadır. Bu problemle balıkları bir yerden başka bir yere transfer ederken suyun sıcaklığının artması ve varış yerindeki su sıcaklığından farklı olmasından dolayı sıkça karşılaşılmaktadır. Bu nedenle balıkları stoklamak için boşaltmadan önce, suyun sıcaklığını düşürerek alıcı ortam sıcaklığına yaklaştırmak gereklidir. Bunun için alıcı ortamdaki su yavaş yavaş taşıma ortamına eklenmelidir. Hassas küçük frylar için su sıcaklığını ayarlama oranının saatte 3.6°C , büyük balıklar için ise, saatte 9°C olması balıkların güvenli bir şekilde transfer edilmelerine imkan sağlamaktadır. Örneğin, balıkların yükleme yapıldığı yerde su sıcaklığı 10°C olsun, transfer esnasında sıcaklığın 17°C 'ye yükseldiğini ve boşaltım yapılacak suyunda 9°C sıcaklığa sahip olduğunu farz edelim. Yapılacak hesaplama aşağıdaki gibidir:

Fry'lar ve büyük balıklar için $17-9 = 8^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık farkı elde edilir. Bu değeri yumuşatma oranına bölecek olursak gerekli olan süre sırasıyla $8/3.6=2.22$ ve $8/9= 0.88$ saat olarak hesaplanmış olur. Başka bir ifadeyle büyük balıklar küçük balıklara göre $2.22/0.88=2.5$ kat daha hızlı adapte olmaktadırlar.

2.2.2. Akıntılar

Akıntıların denizlerde meydana gelmesine etkili eden belli başlı faktörler:

1. Rüzgarın su yüzeyindeki sürtünme kuvveti
2. Atmosfer basıncındaki değişimler
3. Deniz yüzeyinin eğiminden doğan yatay basıncın gradyanı
4. Yoğunluğun yatay yüzeyde değişmesinden doğan yatay basınç gradyanı

5. Gel-gitlerden doğan kuvvetlerdir.

Meydana gelen akıntıların üzerine coriolis kuvvetleri (dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu oluşan kuvvetler) ve sürtünme kuvvetleri etki etmektedir.

Akıntılar balık göçlerini etkileyen fiziksel faktörlerdendir. İçgüdüsel olarak göç eden balıkların belirli mevsimleri seçmelerinde, üreme yiyecek bulma gibi biyolojik faktörlerin, tuzluluk, alkalinite, pH, kirleticiler gibi kimyasal faktörlerin ve dip yapısı, suyun derinliği, sıcaklık, ışık ve akıntılar gibi fiziksel faktörler etki yapmaktadırlar. Balıklar akıntıların ters istikametinde yüzdükleri için akıntı hızının fazla olması balıkların daha fazla enerji harcamalarına neden olmaktadır. Yeterinden daha az enerji depolayan balıkların gidecekleri yerlere ulaşması mümkün olmamaktadır. Örneğin somanlar denizlerden tatlı sulara geçişlerinde yolda katiyen yiyecek almamakta sürekli yüzmektedirler. Tatlı sulara geçerek yumurta ve milt bırakacakları yerlere gelip bu faaliyetlerini tamamladıktan sonra ise ölmektedirler. Tatlı sulara geçmiş olsalar dahi enerjilerinin bittiği yerde hemen ölmektedirler. İşte akıntılar bu enerji harcamasını oldukça arttırmaktadırlar.

Topoğrafik yönden ele alındığında genellikle nehirlerin üst kısımlarında akış hızı fazla, aşağılara doğru ovalara inildikçe akış hızı oldukça azalmaktadır. Akış hızının azalmasıyla sularda sıcaklık artmakta ve buna bağlı olarak akarsuların bu kısımlarında yaşayan canlı türleri üst kısımlarda yaşayanlardan oldukça farklılık arz etmektedir. Akış hızının azalmasıyla süspanse maddelerde akarsuların bu kısımlarında miktar olarak oldukça artmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla suların taşımış olduğu gazların miktarlarında düşmektedir. Ova kısımlarda genellikle oksijene daha az ihtiyaç duyan canlı formları yaşamaktadır. Tabiki suların sıcaklığı üzerine rakımın etkisinin mi, atmosferin sıcaklığının etkisinin mi yoksa akıntı hızının etkisinin mi daha fazla olduğunu tam olarak tespit etmek oldukça güçtür. Çünkü genellikle sıcaklık üzerine atmosfer

sıcaklığının etkisi değişkenlik arzederken, rakım ve topoğrafik yapıdan kaynaklanan akıntının etkisi daha az değişken hatta sabit bir görüntü arz etmektedir. Dolayısıyla belirli bir zaman için mevsimin etkisini göz ardı ettiğimizde akıntı hızının düşmesinden dolayı suyun pek çok fiziksel faktörünün indirekt olarak etkilendiğini rahatça ifade etmek mümkündür. Elbetteki sıcaklık ve besin maddeleri yönünden farklılık arzeden bölgelerde yaşayan canlı türleride farklı olmaktadır. Örneğin akarsular sıcaklık yönünden alabalık bölgesi, thymalus bölgesi, barbus bölgesi ve abramis bölgesi olarak dört kısma ayrılmaktadır. Kirlilik yönünden ele alındığında genellikle akıntının olmadığı durgun sularda ve akarsuların akıntı hızlarının düştüğü bölgelerinde, diğer kısımlarına oranla daha fazla inorganik ve organik kirlilik olmaktadır.

2.2.3. Yoğunluk

Ortamin en yoğun bulunduğu su sıcaklığı, saf sularda + 3.94 °C olduğu halde, tuzlu sularda daha düşük derecelerdir. Tuzluluk oranı arttıkça maksimum yoğunluk için gerekli olan sıcaklık derecesi düşmektedir. Diğer taraftan suyun donma noktası da tuzluluk arttıkça sıfırın altına düşmekte, böylece deniz suyunun donması güçleşmektedir (Tablo 2.22).

Deniz suyunun yoğunluğu, esasen sıcaklığa, tuzluluğa ve basınca bağlı olarak devamlı değişmekte olup, genelde, 1.0 g/cm³' ten biraz büyüktür. Yoğunluk, tuzluluk ve sıcaklığın etkisi altında derinliğe bağlı olarakta değişmektedir. Kirlenen suların fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmekte dolayısıyla yoğunlukları da değişmektedir. Kirlenen suların yoğunlukları genellikle artmaktadır.

Tablo 2.22. Suyun tuzluluğu ve yoğunluğu arasındaki ilişki

Tuz Miktarı (‰)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/l) 4 °C'de
0	1.00000
1	1.00085
2	1.00169
3	1.00251
14	1.00818
35 (Deniz suyu)	1.02822

2.2.4. Optik özellik

Işığın suya nüfuzu; yer, zaman ve suyun saydamlık derecesiyle yüzey sularının durgun yada dalgalı oluşu gibi koşullara göre değişmektedir. Bu koşullara bağlı olarak genellikle gelen ışığın % 3-50'si yansımakta, nüfuz edebilen ışığın büyük bir kısmı (%22) ise çabucak absorbe edilmektedir. Örneğin berrak bir suda, yüzeyden giren toplam radyasyonun % 80'i üst 10 m'de absorbe edilmekte, 150 m'nin altına ancak % 0.1'inden daha azı geçmektedir. Işığın çeşitli dalga boyları, suya eşit biçimde nüfuz etmemektedirler. 100 m'den daha derine spektrumun yalnızca mavi, yeşil bölgesi nüfuz etmektedir. En çabuk absorbe edilenler kırmızı ve turuncu ışınlar olup, kırmızının çoğu üst 5 metrede turuncunun çoğu ise 15-20 m'de absorbe edilmektedir. Bulanık ve kirli sularda ışığın nüfuz edebildiği derinliğin daha az olması bitkisel verimliliği azaltmakta, böylece ışık dolaylı olarak ortamdaki balık miktarına etki yapmaktadır. Işığın çeşitli dalga boylarının suya farklı nüfuz edişi balıkların renklerini etkilemektedir. Örneğin, 20 m'den daha derinde yaşayan birçok balık türü kırmızı yada turuncu pigmentli olurken, güneş ışığının hiç nüfuz etmediği çok derin (1000 m'den daha derin) sularda yaşayan balıklar ise genellikle koyu renkli olup çoğu lüminesans

(ışık organı) özelliklidir. Balıkların renkleri, gözlerinin büyüklüğü ve yeri, luminesans organlarının bulunup bulunmayışı, diğer duyu organlarının gelişme derecesi gibi morfolojik özelliklerinin çoğu ortamdaki ışığın özellikleriyle ilgilidir. Işık ayrıca balıkların hareketlerini ve göçlerini düzenlemekte, üreme zamanını saptamakta, büyüme düzeni ve oranı üzerinde etkili olmaktadır.

Deniz suyu çeşitli yapı ve boyutta askıda organik, anorganik ve çözünmüş maddeleri içermektedir. Bu maddelerin varlığı deniz suyunun optik özelliğini etkileyerek geçirgenliğini azaltmaktadır. Güneş ışınlarının şiddetine, suyun bulanıklığına, alg ve benzeri mikroorganizmaların varlığına bağlı olarak ışınlar derinlere inerken kayıplara uğramaktadırlar. Suların optik özelliklerinin vertikal dağılışı sahil sularında ve açık deniz sularında farklı şekillerdedir. Sahil sularındaki vertikal dağılışı özellikle karasal orijinli taşınımlara bağlı olduğu halde, açık denizlerde özellikle biyolojik olaylar ve suların dinamik özellikleri rol oynamaktadır. Pratikte deniz sularının ışık geçirgenliği secchi-disk ile ölçülmektedir.

2.2.5. Gel-git

Ay ve güneşin dünyadaki çekim kuvvetlerinin etkisiyle genellikle okyanuslarda meydana gelen ve günlük, yarım günlük, günlük ağırlıklı karışık ve yarım günlük ağırlıklı karışık olmak üzere dört tipte oluşan gelgitler periyodik akıntılara neden olmaktadır.

Açık okyanuslarda metreler mertebesinde olabilen gel-git seviye farkı, denizlerde daha küçük olmaktadır. Ülkemiz kıyılarında gel-git seviye değişimleri 20 - 30 cm dolayındadır. Gel-git med-cezir olarak adlandırılmakta ve med suların yükselmesi, cezir ise alçalması manasına gelmektedir. Özellikle yumuşakça ve kabuklu deniz ürünleri yetiştiriciliği elverişli bölgelerin haricinde med-cezir bölgelerinde yapılmaktadır. Çünkü med-cezir bir nevi suların karışması (upwelling) hadisesi olup sahil sularının besin maddelerince zenginleşmesine

neden olmakta ve verimliliği arttırmaktadır.

2.2.6. Turbidite

Turbidite, ışığın suyun alt kısımlarına geçmesini engelleyen asılı katı maddelerin miktarı olarak tarif edilmektedir. Turbidite planktonik alglerin suda aşırı çoğalması ve süspansiyon haldeki humus ve mil gibi her çeşit maddelerin miktarlarının artması sonucu meydana gelmektedir. Bunlardan özellikle kil partiküllerinden meydana gelen turbidite veya bulanıklık istenmez.

Bulanıklık balıkları direkt etkilememesine rağmen, çamur ışık geçirgenliğini sınırlandırmakta ve suyun veriminin düşmesine neden olmaktadır. Bunun yanında, mikroskobik bitkilerin besin zincirinin temelini oluşturmaları ve dolayısıyla balık veriminini arttırmaları nedeniyle sularda arzu edilmektedirler. Fakat, aşırı turbidite ototrof bitkilerin prodiktivetisini düşürmekte ve ışığa aşırı ihtiyaç duyan organizmaların da ölümüne sebep olmaktadır.

Bu tip problemler genellikle süspansiyon madde miktarı % 4'ten fazla olduğunda, yahutta berraklık 30 cm'nin altına düştüğünde ortaya çıkmaktadırlar. Su bulanıklığı veya seston tayini secchi disk veya nephelometre ile ölçülmektedir. Sudaki asılı partiküllerin balık türlerine verdikleri zararlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Doğrudan öldürücü toksik etki yapmaktadırlar.
2. Balıkların ve yumurtalarının gelişmesine engel olmaktadır.
3. Besinlerini görmelerini güçleştirmekte dolayısıyla avlanamamalarına neden olmaktadır.
4. Balıkların hareketlerine ve göçlerine etki etmektedirler.
5. Balıkların besin zincirinde önemli olan fito ve zooplanktonların yok olmalarına neden olmaktadır.

Asılı madde miktarı 25 mg/l'nin altında olan sular normal temiz su olarak kabul edilmektedir. 25 - 80 mg/l arasındaki süspansiyon halde madde bulunduran sularda verimlilik düşmeye başlamakta ve 80-400 mg/l arasında balık sayısı belli bir şekilde azalmaktadır. 400 mg/l nin üzerinde ise balık verimi son derece düşmektedir.

Askıda katı maddeler (AKM) sularda; erozyon, pollusyon ve kayaların aşınarak alıcı ortam olan suya taşınmasıyla oluşabilmektedir. Yetiştiricilik sistemlerinde ise fitoplankton patlamaları, yenmemiş besin artıkları ve balık dışkılarından kaynaklanabilir. Askıdaki katı maddenin etkisi katının yapısına bağlıdır. Balıklar için kömür işletmesi atıkları ve diatom artıkları diğer materyalden daha zararlıdır. Katı maddelerin toksik etkisi direkt olarak bu maddelere duyarlı yapıya sahip olan solungaçlarda görülmektedir. Mukus salgısı artmakta ve solungaçlarda bakteriyel hastalıklar görülebilmektedir. Ayrıca yumurtaların üzerini kaplayarak oksijen alımlarını azalttıkları için ölümlerde artışlara yol açabilirler.

Çipura balığı yetiştiriciliğinde özellikle yağmurlu günlerde dışarıdan pompalanan su bulanmaktadır. Bulanık sudaki partiküller balıkların solungaçlarının iyi çalışmasını önlediği gibi hastalık ve parazitlere uygun ortam da hazırlamaktadır. Bu nedenle biyolojik filtreden evvel bir kum filtresiyle bu partiküller tutulmalıdır. Alabalıklar askıda katı maddeye oldukça duyarlıdır, < 20 mg/l doğal ortamlar, < 5 mg/ l kuluçkahaneler için kabul edilebilir değerler olmaktadır. Bazı tatlı su türleri ise, örneğin tilapialar, sazan balığı türleri ve yayın balıkları 100 mg/l üzerindeki oranları tolere edebilmelerine rağmen askıdaki katının yapısı oldukça önemlidir.

Katı süspanse maddelerden ziyade planktonların sebep olduğu türbidite genellikle balık havuzlarında istenilen bir durumdur. Çünkü plankton patlaması balığın gıdasını oluşturan organizmaların büyümesini teşvik etmekte dolayısıyla

daha fazla balık üretimine imkan sağlamaktadır. Havuzlarda aşırı miktarda fitoplankton çoğalmasının oluşturduğu türbidite problemleri ortama 25-45 kg/ha Al(OH) veya organik madde eklenmek suretiyle giderilebilir.

Bulanıklığın planktonik alglerden mi yoksa çamurdan mı kaynaklandığını anlamak için mikroskopik inceleme yapılmaktadır. Bulanıklığın çamurdan kaynaklandığı tespit edildiğinde havuz suları aşağıdaki geçici tedavilerin herhangi birisine tabi tutulmalıdır.

a. 29.39 g/m^3 ticari şap atılmalıdır. Ortamın pH'sının düşmesini engellemek ve muhtemel balık ölümlerini önlemek için şapla beraber 11.02 g/m^3 sulandırılmış kireç ilavesi yapılmalıdır.

b. $33.58 - 55.96 \text{ g/m}^2$ alçı taşı atılmalıdır.

c. 7 – 10 küçük saman balyası ve metrekareye 4.47 g süper fosfat atılmalıdır.

Oksijen düşüşüne sebep olacağından üçüncü tedavi şekli yaz mevsiminde yapılmamalıdır. Metotların herhangi birisinin etkili olup olmadığını anlamak için türbiditenin derecesine bakılmalıdır. Geçici olan bu önlemler yerine çamur türbiditesine neden olan kaynağın uygulamadan önce ortadan kaldırılması daha iyi bir yoldur.

Yüksek konsantrasyonlu organik bileşiklerin yol açtığı türbidite balıklara direkt olarak zarar yapmamakta, fakat böyle sular genellikle asidik olmaları, düşük besin seviyesi ve fotosentez için sınırlı ışık penetrasyonuna sahip olmalarıyla distrofik özellikler göstermektedirler. Türbiditenin en sakıncalı olan tipi kil parçacıklarının süspansiyonundan oluşandır. Araştırmacılar, 20,000 mg/l'den daha yüksek kil türbiditesine maruz kalan balıklarda davranış değişikliklerinin olduğunu, 100,000 mg/l kil türbiditesine maruz kalan balıkların ancak 1 hafta yada daha uzun süre yaşadıklarını, fazla ölümlerin 175,000 mg/l ve

üzerindeki değerlerde ortaya çıktığını bildirmektedirler. Ancak, tabii sularda türbidite miktarı 20,000 mg/l'yi çok nadiren aşmaktadır. Türbidite süspanse toprak partiküllerinden oluşmuş olsa dahi, balıklara ani direkt etkisi hemen görülmemekte, uzun dönemde balık popülasyonları için zararlı olabilmektedir. Kil türbiditesi ışık penetrasyonunu sınırlamakta, verimi olumsuz etkilemekte ve bazı parçacıkları dibe çöktürerek buradaki yumurtaları boğabilmektedir, yada bentik komminiteleri tahrip edebilmektedir. Duchrow ve Everhart (1971), su kalitesi standartları bakımından yapılacak değerlendirmelerde, direk türbidite ölçümlerinden elde edilecek değerlerin şüpheli olabileceğine işaret etmişlerdir.

Buck (1956), Oklahoma'nın bir bölgesindeki çiftlik havuzlarını; ortalama bulanıklığı 25 mg/l civarında olan temiz havuzlar, 25 - 100 mg/l arasında olan orta dereceli havuzlar ve 100 mg/l'nin üzerinde olan çamurlu havuzlar olarak üç kategoriye ayırmış, balıkların ortalama toplam ağırlıklarını (sunfish ve largemouth bass), temiz havuzlarda 181 kg/ha, orta dereceli havuzlarda 105 kg/ha, çamurlu havuzlarda ise, 33 kg/ha olarak tespit etmiştir. Ağırlıklar arasındaki farkların, türbiditesi az olan havuzlardaki hızlı büyüme sonucu elde edilen fazla üretimden kaynaklandığını ileri sürmüştür. Fitoplanktonların net hacimlerini ortalama olarak, temiz havuzlarda 19.2 µl/l, orta dereceli havuzlarda 2.4 µl/l ve çamurlu havuzlarda ise, 1.5 µl/l olarak ölçmüş, plankton büyümesini sınırlayan en önemli faktörün ışık penetrasyonu olduğunu belirlemiştir. Türbiditesi 25 mg/l olan bir suda kırmızı ışığın % 24.9'unun 10 cm'lik bir derinliğe nüfuz ettiğini, bu değer, 50 mg/l ve 150 mg/l'lik türbiditelerde sırasıyla % 6.3 ve % 0 olduğunu tespit etmiştir.

III. BÖLÜM

3. KİRLLETİCİ KAYNAKLAR

3.1. Kirlenme

IOC (Devletlerarası Oşinografik Komisyon) kirlenmeyi, deniz çevresine insanoğlu tarafından gerek doğrudan gerekse indirekt olarak verilen madde veya enerji sonucunda; deniz canlıları ve insan sağlığı için zararlı olan, balıkçılık dahil denizdeki aktiviteyi değiştiren, ayrıca deniz suyunun içme suyu olarak kullanımında kaliteyi bozan ve tatlılığını düşüren faktörlerin tümü olarak tanımlamaktadır. FAO (Birleşmiş Milletler Tarım Organizasyonu) su kirliliğini; canlı kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık gibi çalışmaları engelleyici ve su kalitesini zedeleyici etkiler yapabilecek maddelerin suya atılması olarak tanımlamaktadır.

Bu tanımlara göre deniz kirliliğine neden olan başlıca kaynaklar, 1. Evsel atık sular, 2. Endüstriyel atıksular, 3. Petrol Kirliliği, 4. Toksik metal kirliliği, 5. Zirai ilaçlamalar, 6. Turizm ve eğlence atıkları olarak sıralanabilir (Şengül, 1991).

1. Evsel Atık Sular

Sularda evsel atık suların aşırı birikmesi neticesinde azot, fosfor fazlalığı, oksijen azlığı vs. durumlar ortaya çıkmaktadır. Su sirkülasyonunun az olduğu kapalı ve yarı kapalı koy ve benzeri bölgelerde oluşan fekal kirlilik eutrifikasyona sebep olmakta veya hızlandırıcı rol oynamaktadır (Burhan ve Yılmaz, 1998). Örneğin, gıda sanayi atık suları sanayinin niteliğine, uygulanan teknolojiye ve işlenen ham maddeye göre; karbonhidrat, yağ, protein veya bunların değişik kademelerdeki parçalanmalarından açığa çıkan ürünler, değişik oranlarda organik kirliliğe yol açmaktadır (Ülkü, 1984).

2. Endüstriyel Atık Sular

- a. Süt endüstrisi atıksuları.
- b. Şeker endüstrisi atıksuları
- c. Konserve endüstrisi atık suları

- d. Bitkisel yağ sanayi atıksuları
- e. Fermentasyon endüstrisi ve maya sanayi atıksuları
- f. Alkoloid işletmeleri atıksuları
- g. Mezbaha ve entegre et atıksuları
- h. Un ve makarna tesisleri atıksuları
- i. Sabun ve deterjan sanayi atıksuları
- j. Deri sanayi atıksuları
- k. Boya sanayi atıksuları
- l. Kimyasal madde ve gübre sanayi atıksuları.
- 1. Fosforik asit üretimi
- m. Çimento sanayi atıksuları
- n. Kömür endüstrisi atıksuları
- o. Petrol rafinerisi atıksuları
- p. Metal sanayi atıksuları ve metal kaplama atıkları
- r. Demir - çelik sanayi atıksuları
- s. Pamuklu ve yünlü tekstil sanayi atıksuları
- t. Kağıt sanayi atıksuları
- u. Balık işleme tesisleri atıkları
- v. Rafine tuz üretimi atıksuları
- y. Alkali ve soda endüstrileri atıksularının özellikleri

3. Petrol Kirliliği

Ham petrolün birleşimi komplekstir ve bölgeden bölgeye farklılıklar gösterir. Gemilerden, deniz yatağında yapılan petrol arama ve çıkarma işlemlerinden, kaza sonucu saçılma ve nehirlerde taşınan petrol yağlarından dolayı dünyada 4 milyon ton/yıl petrol ürünü denizlere bulaşmaktadır. Bu bulaşma sonunda sudan hafif olan petrol yüzeyde ince bir film teşkil etmek üzere hızla dağılmakta ve etki alanını

genişletmektedir.

Yapılan bir çalışmada, Kızıl Denizin ekonomik öneme sahip teleost türlerinden biri olan rabbitfish (*Siganus rivulatus*) Basra körfezi ve Suez körfezinden yakalanarak ham petrolün bunlar üzerindeki toksisitesi belirlenmiştir. Testler 3 litrelik küçük kavanozlarda, ‰o 41 tuzluluk ve 23°C’de yapılmıştır. 168 saatte LC₅₀ değerleri İran ham petrol için 0.74 ml/litre ve Sina petrol için 14.5 ml/litre olarak kaydedilmiştir (Eisler ve Kıssıl, 1975)

4. Toksik metal kirliliği

- a. Jeolojik ayrışma
- b. Madenlerin endüstriyel işlemleri sonucunda
- c. Endüstriyel atıklardan
- d. Evsel atıklar ve şehirsel sel suları
- e. Atmosferik kaynaklar
- f. Tarım alanlarından gelen metal girişleri
- g. Özel kaynaklar
- h. Çok kaynaklı etkiler diye sıralanabilir.

3.2. Kirleticilerin Sınıflandırılması

Akuatik ortamların kirlenmesi anlamını taşıyan pollusyonu meydana getiren atıklara pollutant veya kirleticiler denilmektedir. Akuatik ortamların kirlenmesi anlamını taşıyan pollusyonu meydana getiren atıklara pollutant veya kirleticiler denilmektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticilerin atmosfer ve ekosisteme dağılımı Tablo 3.1’ deki gibidir .

Tablo 3.1. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticilerin atmosfer ve ekosisteme dağılımı (Ramade, 1979).

Kirleticilerin tabiatı	Ekosistem			
	Atmosfer	Karalar	İç sular	Denizler
1. Fiziksel kirleticiler				
İyonlaştırıcı ışıınım	+	+	+	+
Termik Pollusyon	-	-	+	+
2. Kimyasal Kirleticiler				
Hidrokarbonlar ve yanma ürünleri	+	+	+	+
Plastik Maddeler	+	+	+	+
Pestisitler	-	+	+	+
Deterjanlar	-	-	+	+
Çeşitli sentez org. bileşikler	+	+	+	+
Kükürt Türevleri	+	+	+	-
Nitratlar	-	+	+	+
Fosfatlar	-	+	+	+
Ağır Metaller	+	+	+	+
Florürler	+	+	-	-
Aerosoller	+	+	-	-
3. Biyolojik Kirleticiler				
Ölü Organik Maddeler	-	-	+	+
Patojen Mikro organizmalar	+	+	+	+

3.3. Pollusyon Tipleri

Kirlenme çok kaynaklı bir problem olduğundan araştırmacılar sınıflandırmada tam bir ittifak sağlayamamışlardır. Bu nedenle pek çok sınıflandırma mevcuttur. Anonim, (1980)'e göre su kirliliği değişime uğrayan özelliklerine göre 4 grupta incelenmektedir. Bunlar:

1. Organik pollusyon

Çürüyebilir organik materyaller iyileştirilmemiş yada yetersiz iyileştirilmiş evsel ve endüstriyel atıksulardan kaynaklanabildiği gibi su kaynağı içerisinde

bulunan faaliyetler sonucunda da oluşmaktadır. Örneğin, balık havuzu sularında bulunan organik maddeler canlıların atıkları, plankton ve bentikte çürüyen organik maddelerin (detritus) süspanse partikülleri ve çözünmüş organik maddelerdir.

2. Anorganik pollusyon

Suda çözünmeyen herçeşit maddelerin artması

3. Bakteriyolojik pollusyon

Toplam bakteri yükü bakımından 10^2 - 10^8 arasında değişir kaliteli sularda $<10^3$ 'ten az olmaktadır.

4. Termal pollusyon

Bitkiler ve hayvanların en iyi gelişme ve büyümeleri optimum sıcaklıklarda olmaktadır. Bu durum, özellikle sudaki sıcaklık değişimlerine karşı vücut sıcaklığını değiştirmeyi başaramayan soğukkanlı hayvanlar (poikloterm, soğukkanlı) için önemlidir. Optimumun altındaki sıcaklıklarda balıklar hareketsizleşmekte ve yavaş büyümektedirler. Optimumun üstündeki sıcaklıklarda ise balıklar derhal yemlenme dahil aktivitelerini durdurmaktadırlar.

Bazı endüstri kuruluşları özellikle elektrik santralleri faaliyetleri sonucunda yan ürün olarak termik atık su boşaltmaktadırlar. Bu ise suların ısınmasına neden olmaktadır. Sıcak suyun bir diğer kaynağı da jeotermal kaynaklardır. Termal atıkla ve jeotermal ısının bir miktarı büyüme sezonlarında veya kültüre alınmış akuatik organizmaların coğrafik sınırlarının belirlenmesinde kullanılabilir.

Termal atıkların kullanılması pek çok probleme yol açmaktadır. Örneğin, atılan termal su miktarı ihtiyacın en az olduğu yaz aylarında daha suların aşırı ısınmasına yol açmaktadır. Ayrıca, 24 saatlik bir periyot göz önüne alındığında sıcaklık dalgalanmalarına neden olmaktadır. Bu ise özellikle soğuk su balıklar için tehlikelidir.

Termal akuakültür genellikle iki formda yapılmaktadır. Bunlar:

1. Kafesler veya sallar soğutma suyu olarak kullanılmış sıcak suyun direk olarak akış yoluna yerleştirilirler. Örneğin, Amerika'da bir tesisin çıkışına yerleştirilen istiridyeler 1.5-2.5 yıl daha erken cinsi olgunluğa ulaşmışlardır (Termal atık su

akarsuyun sıcaklığını 11.1 °C arttırmıştır).

2. Sıcak su, havuzlara, kanallara ve tanklara su sıcaklığını arttırmak için belli oranlarda pompalanmak suretiyle kullanılmaktadır. Yapılan bir denemede kış esnasında kömür yakan jeneratör istasyonundan çıkan sular gökkuşağı alabalığı fingerling kanallarına pompalanmış ve 6.5 ay sonunda yaşama gücü % 80, ağırlık ise ortalama 245 g olarak kaydedilmiştir. Benzer denemeler shrimplerde de yapılmış ve sonuçlar Tablo 3.14' deki gibi bulunmuştur.

Tablo 3.14. Termal suların kabuklu yetiştiriciliği üzerine etkileri

Akış oranı	Normal su sıcaklığından artış (°C)	Ort. Büyüme Oranı (g/Gün)	Yaşama gücü (%)
Yüksek	6.9	0.04	47.25
Orta	4.8	0.015	7.45
Düşük	0	0	0

Termal atık suyla yapılan ısıtmalar solar ısıtmanın problemli olduğu bölgelerde daha fazla önem kazanmaktadır. Örneğin, Finlandiya'da kış mevsimleri çok uzun olduğundan solar enerjinin ısıtmada kullanılması oldukça zayıftır. Nükleer güç fabrikalarından çıkan atık ısı atlantik salmonlarının büyümelerini olumlu etkilemektedir. Yapılan bir araştırmada, termal ısının olduğu bölgelerde bulunan salmonların 4 yıl yerine 3 yıl sonra akarsuya döndükleri tespit edilmiştir.

5.Biyolojik pollusyon

Ekosistemdeki bireylerin aktiviteleri sonucunda ortam kirlenmesine neden olan olaylara ise biyolojik pollusyon denir. Canlı bireyler ekosistem içerisinde ortamlarının fazla fiziko-kimyasal değişimlerine neden olan polлютant (kirletici) derişimlerine (konsantrasyonlarına) dayanamıyarak yer değıştirirler yada ölürler. Örneğin, İzmir körfezindeki kirlenmeden balıkların ve deniz yıldızlarının ortamı terketmeleri gibi.

6. Erozyon

Toprakların aşınıp taşınmasıdır. Bu olay rüzgar, su, dalga, buzul ve buna benzer kuvvetlerle olmaktadır. Aşınan topraklar suya karışarak direk kirlenme yaptıkları gibi,

taşınan toprak parçacıkları beraberinde kirlenme yapan iyonları da absorbe ederek içinde taşındığı, geçtiği ve depolandığı ortamları kirletirler. Ayrıca toprağın orijinal durumu bozularak kendisi de kirlenir. Toprak hem kirleten hem de kirlenen bir tabii kaynak olarak karşımıza çıkar.

Deniz suyu örneği 0.45 µm göz açıklığındaki filtreden geçirildiğinde bu filtre üzerinde kalan tüm maddeler süspansiyon (asılı) parçacıklara dahil edilirler. Deniz suyunun içerdiği asılı parçacıklar boy ve şekil yönünden de farklı olabilirler. Kendilerine özgü bir hareketten yoksun bu organik (plankton) ve inorganik (tripton) parçacıklarının tümüne birden seston adı verilir. Sestonun aksi nekton olup aktif olarak hareket edebilen organizmaları içerir.

Deniz suyunun asılı halde bulunan parçacıkları yapılan yönünden organik ve inorganik olmak üzere iki grupta incelenir. Bu parçacıkların oranı ve birleşimleri derinliğe ve yörelere bağlı olarak değişir.

7. Bulanıklık

Bulanıklık balıkları direkt etkilememesine rağmen, çamur ışık geçirgenliğini sınırlandırmakta ve suyun veriminin düşmesine neden olmaktadır. Bunun yanında, mikroskobik bitkilerin besin zincirinin temelini oluşturmaları ve dolayısıyla balık veriminini arttırmaları nedeniyle sularda arzu edilmektedirler. Fakat, aşırı turbidite ototrof bitkilerin prodiktivetisini düşürmekte ve ışığa aşırı ihtiyaç duyan organizmaların da ölümüne sebep olmaktadır.

Bu tip problemler genellikle süspansiyon madde miktarı % 4'ten fazla olduğunda, yahutta berraklık 30 cm'nin altına düştüğünde ortaya çıkmaktadırlar. Su bulanıklığı veya seston tayini secchi disk veya nephelometre ile ölçülmektedir. Sudaki asılı partiküllerin balık türlerine verdikleri zararlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Doğrudan öldürücü toksik etki yapmaktadırlar.
2. Balıkların ve yumurtalarının gelişmesine engel olmaktadır.
3. Besinlerini görmelerini güçleştirmekte dolayısıyla avlanamamalarına neden olmaktadır.
4. Balıkların hareketlerine ve göçlerine etki etmektedirler.

5. Balıkların besin zincirinde önemli olan fito ve zooplanktonların yok olmalarına neden olmaktadır.

Asılı madde miktarı 25 mg/l'nin altında olan sular normal temiz su olarak kabul edilmektedir. 25 - 80 mg/l arasındaki süspansiyon halde madde bulunduran sularda verimlilik düşmeye başlamakta ve 80-400 mg/l arasında balık sayısı belli bir şekilde azalmaktadır. 400 mg/l nin üzerinde ise balık verimi son derece düşmektedir.

Askıda katı maddeler (AKM) sularda; erozyon, pollusyon ve kayaların aşınarak alıcı ortam olan suya taşınmasıyla oluşabilmektedir. Yetiştiricilik sistemlerinde ise fitoplankton patlamaları, yenmemiş besin artıkları ve balık dışkılarından kaynaklanabilir. Askıdaki katı maddenin etkisi katının yapısına bağlıdır. Balıklar için kömür işletmesi atıkları ve diatom artıkları diğer materyalden daha zararlıdır. Katı maddelerin toksik etkisi direkt olarak bu maddelere duyarlı yapıya sahip olan solungaçlarda görülmektedir. Mukus salgısı artmakta ve solungaçlarda bakteriyel hastalıklar görülebilmektedir. Ayrıca yumurtaların üzerini kaplayarak oksijen alımlarını azalttıkları için ölümlerde artışlara yol açabilirler.

Çipura balığı yetiştiriciliğinde özellikle yağmurlu günlerde dışarıdan pompalanan su bulanmaktadır. Bulanık sudaki partiküller balıkların solungaçlarının iyi çalışmasını önlediği gibi hastalık ve parazitlere uygun ortam da hazırlamaktadır. Bu nedenle biyolojik filtreden evvel bir kum filtresiyle bu partiküller tutulmalıdır. Alabalıklar askıda katı maddeye oldukça duyarlıdır, < 20 mg/l doğal ortamlar, < 5 mg/ l kuluçkahaneler için kabul edilebilir değerler olmaktadır. Bazı tatlı su türleri ise, örneğin tilapialar, sazan balığı türleri ve yayın balıkları 100 mg/l üzerindeki oranları tolere edebilmelerine rağmen askıdaki katının yapısı oldukça önemlidir.

Katı süspanse maddelerden ziyade planktonların sebep olduğu türbidite genellikle balık havuzlarında istenilen bir durumdur. Çünkü plankton patlaması balığın gıdasını oluşturan organizmaların büyümesini teşvik etmekte dolayısıyla daha fazla balık üretimine imkan sağlamaktadır. Havuzlarda aşırı miktarda fitoplankton çoğalmasının oluşturduğu türbidite problemleri ortama 25-45 kg/ha Al(OH) veya organik madde eklenmek suretiyle giderilebilir.

Bulanıklığın planktonik alglerden mi yoksa çamurdan mı kaynaklandığını anlamak için mikroskopik inceleme yapılmaktadır. Bulanıklığın çamurdan

kaynaklandığı tespit edildiğinde havuz suları aşağıdaki geçici tedavilerin herhangi birisine tabi tutulmalıdır.

a. 29.39 g/m^3 ticari şap atılmalıdır. Ortamın pH'sının düşmesini engellemek ve muhtemel balık ölümlerini önlemek için şapla beraber 11.02 g/m^3 sulandırılmış kireç ilavesi yapılmalıdır.

b. $33.58 - 55.96 \text{ g/m}^2$ alçı taşı atılmalıdır.

c. 7 – 10 küçük saman balyası ve metrekaresine 4.47 g süper fosfat atılmalıdır.

Oksijen düşüşüne sebep olacağından üçüncü tedavi şekli yaz mevsiminde yapılmamalıdır. Metotların herhangi birisinin etkili olup olmadığını anlamak için turbiditenin derecesine bakılmalıdır. Geçici olan bu önlemler yerine çamur turbiditesine neden olan kaynağın uygulamadan önce ortadan kaldırılması daha iyi bir yoldur.

Yüksek konsantrasyonlu organik bileşiklerin yol açtığı turbidite balıklara direkt olarak zarar yapmamakta, fakat böyle sular genellikle asidik olmaları, düşük besin seviyesi ve fotosentez için sınırlı ışık penetrasyonuna sahip olmalarıyla distrofik özellikler göstermektedirler. Turbiditenin en sakıncalı olan tipi kil parçacıklarının süspansiyonundan oluşandır. Araştırmacılar, $20,000 \text{ mg/l}$ 'den daha yüksek kil turbiditesine maruz kalan balıklarda davranış değişikliklerinin olduğunu, $100,000 \text{ mg/l}$ kil turbiditesine maruz kalan balıkların ancak 1 hafta yada daha uzun süre yaşadıklarını, fazla ölümlerin $175,000 \text{ mg/l}$ ve üzerindeki değerlerde ortaya çıktığını bildirmektedirler. Ancak, tabii sularda turbidite miktarı $20,000 \text{ mg/l}$ 'yi çok nadiren aşmaktadır. Turbidite süspanse toprak partiküllerinden oluşmuş olsa dahi, balıklara ani direkt etkisi hemen görülmemekte, uzun dönemde balık popülasyonları için zararlı olabilmektedir. Kil turbiditesi ışık penetrasyonunu sınırlamakta, verimi olumsuz etkilemekte ve bazı parçacıkları dibe çöktürerek buradaki yumurtaları boğabilmektedir, yada bentik komüniteleri tahrip edebilmektedir. Duchrow ve Everhart (1971), su kalitesi standartları bakımından yapılacak değerlendirmelerde, direk turbidite ölçümlerinden elde edilecek değerlerin şüpheli olabileceğine işaret etmişlerdir.

Buck (1956), Oklahoma'nın bir bölgesindeki çiftlik havuzlarını; ortalama bulanıklığı 25 mg/l civarında olan temiz havuzlar, $25 - 100 \text{ mg/l}$ arasında olan orta dereceli havuzlar ve 100 mg/l 'nin üzerinde olan çamurlu havuzlar olarak üç kategoriye ayırmış, balıkların ortalama toplam ağırlıklarını (sunfish ve largemouth bass), temiz

havuzlarda 181 kg/ha, orta dereceli havuzlarda 105 kg/ha, çamurlu havuzlarda ise, 33 kg/ha olarak tespit etmiştir. Ağırlıklar arasındaki farkların, türbiditesi az olan havuzlardaki hızlı büyüme sonucu elde edilen fazla üretimden kaynaklandığını ileri sürmüştür. Fitoplanktonların net hacimlerini ortalama olarak, temiz havuzlarda 19.2 µl/l, orta dereceli havuzlarda 2.4 µl/l ve çamurlu havuzlarda ise, 1.5 µl/l olarak ölçmüş, plankton büyümesini sınırlayan en önemli faktörün ışık penetrasyonu olduğunu belirlemiştir. Türbiditesi 25 mg/l olan bir suda kırmızı ışığın % 24.9'unun 10 cm'lik bir derinliğe nüfuz ettiğini, bu değerin, 50 mg/l ve 150 mg/l'lık türbiditelerde sırasıyla % 6.3 ve % 0 olduğunu tespit etmiştir.

6. Diğer Pollusyon Kaynakları

- a. Hava Kirlenmesi
- b. Radyasyon Kirliliği
- c. Gürültü Kirliliği