

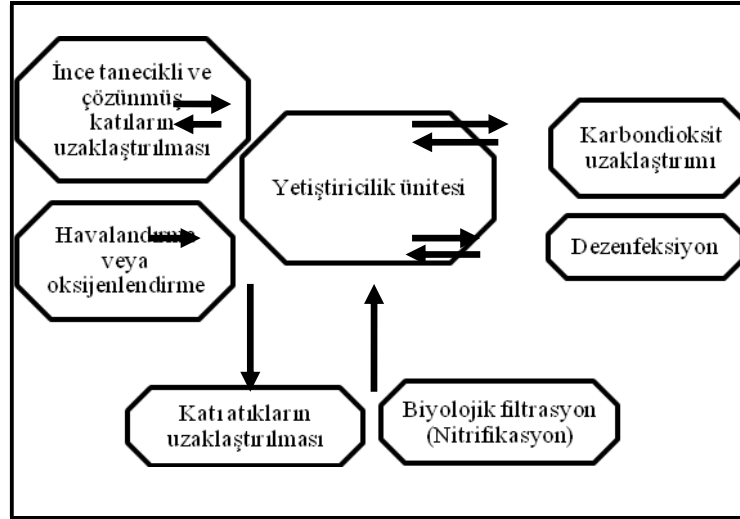
## **TEKRAR DOLAŞIMLI ÜRETİM SİSTEMLERİNDE SU KALİTESİ ve YÖNETİMİ**

- Tekrar dolaşimli (resirkülasyonlu) su ürünleri yetiştiricilik sistemleri, günümüzde özellikle doğal su kaynaklarının tükenmeye başlamasıyla üretim miktarının artırılması, üretimin daha az riskle ve kontrol edilebilir olarak sürdürülebilmesi konusunda önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Bu tip üretim sistemleri, çözünmüş oksijen konsantrasyonunu devamlı kontrol edebilme ve ayarlayabilme başta olmak üzere, yetiştiricilik için önemli diğer su kalite özelliklerinin de sorunsuz bir şekilde devamlılığı açısından oldukça avantajlıdır. Ayrıca tekrar dolaşimli su ürünleri yetiştiricilik sistemleri açık sularda yapılan yetiştiricilikle karşılaştırıldığında, hastalıklar ve parazitlerle mücadelede kullanılan antibiyotik ve kimyasal ihtiyacı ile atık boşaltımını azalttığı için avantaj teşkil eder. Tilapia, yayın balığı, levrek, salmon, karides, midye ve istiridye gibi çeşitli su ürünleri bu tür sistemlerde üretimi yapılan türlere örnek olarak verilebilir (Bijo 2007).

- Tekrar dolaşımli (veya kapalı devre) sistemlerde kullanılan su arıtılmakta ve bu suya toplam kullanılan su hacminin günlük % 10'u kadar su eklenmektedir; başka bir deyişle sistemin mantığı sürekli arıtılan suyun yeniden kullanılması ve kültürde oluşan organizmaların uzaklaştırılmasıdır. Genellikle kapalı devre yetiştiricilik sistemleri mekanik ve biyolojik filtre bileşenlerini, pompaları, ana tankları ve sistemde hastalık kontrolünü sağlamak ve su kalitesini artırmak için ek su arıtım elemanlarını kapsar (Küçük 2005). Şekil 8.1'de tekrar dolaşımli sistem dizaynının temel bileşenleri gösterilmiştir. Çizelge 8.1'de ise, tekrar dolaşımli sistemlere ilişkin su kalite özellikleri ve önerilen değerler verilmiştir.

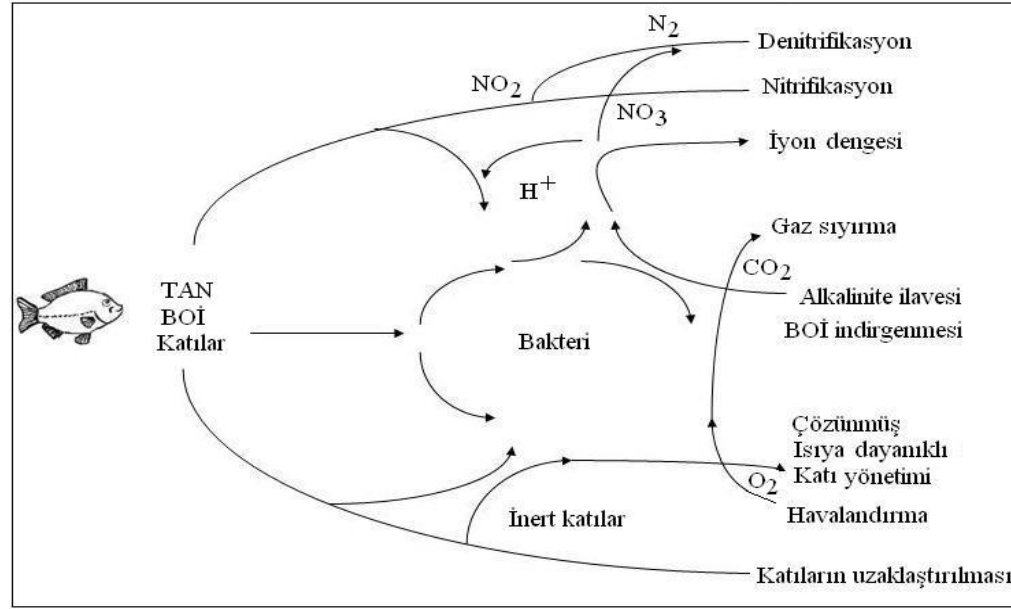
- Tüm yetiştiricilik sistemlerinde olduğu gibi, tekrar dolaşımli sistemlerde de ürünün büyümesini teşvik edecek uygun çevresel koşullar sağlanmak zorundadır. Kritik çevresel özellikler; su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, iyonize olmamış amonyak, nitrit ve karbondioksitin yanısıra nitrat konsantrasyonu, pH ve alkalinite düzeyleridir. Yemleme oranı, yem tüketimi, metabolik hız ve atık yem miktarı, tank suyu kalitesini etkiler. Tüketilmeyen yemler ve balık metabolizma ürünleri (dışkıları); amonyak-azotu, karbondioksit, katı maddeler içerir ve bunların sistemde bakterilerce parçalanması esnasında oksijen miktarı azalacağından balıkların sağlığı doğrudan etkilenir (Losordo et al. 1998). Şekil 8.2’de, tekrar dolaşımli bir sistemde balık dışkılarının bakteriyel ve kimyasal etkileşimler üzerindeki etkilerine ilişkin diyagram sunulmuştur.

Şekil 8.1. Tekrar dolaşımı üretim sisteminin temel bileşenleri (Losordo et al. 1998)



Çizelge 8.1. Tekrar dolaşımli üretim sistemlerinde su kalite özelliklerine ilişkin önerilen değerler  
(Masser et al. 1999)

Özellik	Önerilen değer
Sıcaklık	Yetiştiriciliği yapılan türe göre seçilmelidir. (- 5°F'tan daha düşük ani değişimler istenmez).
Çözünmüş oksijen	Ilık su balıkları için genellikle 5 mg/L (Biyofiltre çıkışında > 2 mg/L, doygunluk ≥ % 60 )
Karbondioksit	< 20 mg/L
pH	7,0-8,0
Toplam alkalinite	≥ 50-100 mg/L CaCO <sub>3</sub>
Toplam sertlik	≥ 50-100 mg/L CaCO <sub>3</sub>
NH <sub>3</sub> -N	<0,05 mg/L
NO <sub>2</sub> -N	<0,5 mg/L
NaCl	% 0,02-0,2



Şekil 8.2. Tekrar dolaşımli üretim sisteminde balık dışkılarının bakteriyel ve kimyasal etkileşimler üzerindeki etkileri (Masser et al. 1999)

Çizelge 8.2’de tekrar dolaşımli sistemlerdeki balıklar, Çizelge 8.3’de ise sistemdeki su kalitesi baz alınarak uygulanabilecek olası yöntemler verilmiştir.

Çizelge 8.2. Tekrar dolaşımli üretim sistemlerinin balıkların izlenmesine dayalı yönetimi (Masser et al. 1999)

Gözlem	Olası nedenler	Yönetim
Su girişi veya havalandırıcılar etrafında toplanma	Düşük oksijen Parazit/hastalık Yüksek amonyak veya nitrit Kötü kalitedeki yemler	Tankın çözünmüş oksijen seviyesi kontrol edilir. Balık, semptomlar dikkate alınarak incelenir. Amonyak ve nitrit konsantrasyonları kontrol edilir. Rengin solması ve yavaş yüzme için yem ve balık kanı kontrol edilir.
Yüzeyden hava yutma hareketleri	Düşük oksijen Parazit/hastalık Yüksek amonyak ya da nitrit Yüksek karbondioksit Kötü kalitedeki yemler	Tankın çözünmüş oksijen seviyesi kontrol edilir. Balık, semptomlar dikkate alınarak incelenir. Amonyak ve nitrit konsantrasyonları kontrol edilir. Karbondioksit seviyesi kontrol edilir. Rengin solması ve yavaş yüzme için yem ve balık kanı kontrol edilir.
Yem tüketiminin azalması	Düşük oksijen Parazit/hastalık Yüksek amonyak ya da nitrit Kötü kalitedeki yemler	Tankın çözünmüş oksijen seviyesi kontrol edilir. Balık, semptomlar dikkate alınarak incelenir. Amonyak ve nitrit konsantrasyonları kontrol edilir. Rengin solması ve yavaş yüzme için yem ve balık kanı kontrol edilir.
Yem tüketiminin durması	Düşük oksijen Parazit/hastalık Yüksek amonyak ya da nitrit	Tankın çözünmüş oksijen seviyesi kontrol edilir. Balık, semptomlar dikkate alınarak incelenir. Amonyak ve nitrit konsantrasyonları kontrol edilir.
Kan renginin kaybolması- kahverengi berrak (kansız)	Yüksek nitrit Vitamin eksikliği	Balık, semptomlar dikkate alınarak incelenir; 1 mg/L nitrit için 5-6 mg/L klorür ilave edilir; yeni yeme geçilir. Balık, semptomlar dikkate alınarak incelenir, yeni yeme geçilir.
Omurgada kırılmaya bağlı eğrilik ya da ‘S’ şekilli omurga	Vitamin eksikliği	Balık, semptomlar dikkate alınarak incelenir, yeni yeme geçilir.

Çizelge 8.3. Tekrar dolaşımli üretim sistemlerinin su kalitesi ve yeme dayalı yönetimi  
(Masser et al. 1999)

Gözlem	Yönetim
Düşük çözünmüş oksijen ( $< 5$ mg/L)	Havalandırma artırılır. Yemleme durdurulur. Balık, semptomlar dikkate alınarak yeni parazit/hastalık kapsamında incelenir.
Yüksek karbondioksit  ( $> 20$ mg/L)	Havalandırılmış katman artırılır. Havalandırma artırılır. Balık, semptomlar dikkate alınarak yeni parazit/hastalık açısından incelenir.
Düşük pH ( $< 6,8$ )	Alkali tamponlar ilave edilir (sodyum bikarbonat, vb). Yemleme oranı azaltılır.
Yüksek amonyak (iyonize olmamış amonyak $> 0,05$ mg/L)	Amonyak ve nitrit konsantrasyonları kontrol edilir. Sistemde su değişimi sağlanır. Yemleme oranı azaltılır. Biyofiltredeki pH, alkalinite, sertlik ve çözünmüş oksijen düzeyleri kontrol edilir. Balık, semptomlar dikkate alınarak yeni parazit/hastalık açısından incelenir.
Yüksek nitrit ( $> 0,5$ mg/L)	Sistemde su değişimi sağlanır. Yemleme oranı azaltılır. 1 mg/L nitrit için 5-6 mg/L klorür ilave edilir. Biyofiltredeki pH, alkalinite, sertlik ve çözünmüş oksijen düzeyleri kontrol edilir. Balık, semptomlar dikkate alınarak yeni parazit/hastalık açısından incelenir.
Düşük alkalinite	Alkali tamponlar ilave edilir.
Düşük sertlik	Kalsiyum karbonat ya da kalsiyum klorür ilave edilir.
Rengi solmuş, şekli bozuk yem	Yeni yeme geçilir. Balık, semptomlar dikkate alınarak yeni parazit/hastalık açısından incelenir.



- Tekrar dolaşımli su ürünleri yetiştiricilik sistemleri, tatlı su ve tuzlu sularda yetiştiricilik olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Bu tip ortamlarda özel tasarlanan teknolojilerle, sistemden etkin bir biçimde yararlanılırken atığın da etkin bir şekilde uzaklaştırılması sağlanır. Tatlı suyun kullanıldığı tekrar dolaşımli sistemlerde tilapia, kanal yayını, yılanbalığı ve tatlı su levreği yetiştirilir. Balık ve bitkinin eş zamanlı yetiştiriciliğinin yapıldığı, ortamda nitrifikasyon bakterilerinin de yer aldığı akuaponik sistemler ise, ürünlerin birinin diğerinin atığı ile beslendiği, pH kontrolüne gerek duyulmayan ve optimal büyümenin sağlandığı kapalı sistemlerdir. Bu tür sistemlerdeki en büyük sorun özellikle balık metabolik atıklarından oluşan ve 0,08 mg/L gibi çok düşük konsantrasyonları bile balıklar için zehirli olan amonyak ve türevleridir. Akuaponik sistemlerin işleyiş prensibi, balık metabolik atığındaki amonyakla beslenen nitrifikasyon bakterilerinin amonyağı balık için zehir özelliği olmayan ve bitki için yararlı nitrata dönüştürmesi şeklindedir. Tatlı su kapalı dolaşım sistemlerinde yetiştirilen mikroalgler de sistemdeki karbondioksiti kullanarak ortamdan uzaklaştırırken yetiştiriciliği yapılan balıklar için besin kaynağı oluşturur (Anonymous 2011d).

- Balıktan sonra ikincil ürün olan bitkiler, tekrar dolaşımli sistemlerde balıkların metabolik atıklarının suda oluşturduğu yüksek düzeydeki besin elementlerini kullanarak hızla büyürler. Bu tip entegre sistemlerde domates, marul ve fesleğen gibi bitkilerin hidrofonic yetiştiriciliği yapılır. Tekrar dolaşımli sistemler su üstü, yarı yüzen ve su altı sucul bitkilerin yetiştirilmesinde de kullanılır (Rakocy et al. 1992).
- Tuzlu suyun kullanıldığı tekrar dolaşımli su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde ise çipura, levrek, salmon ve karides gibi birçok su ürünü yetiştiriciliği yapılmaktadır. Son yıllarda kapsamlı olarak araştırılan bu sistemler -yüksek yoğunluklu alg havuzları- olarak adlandırılmakta ortamdaki atık miktarı, makroalg ve deniz yosununun kullanımı ile kontrol edilmektedir (Anonymous 2011d).