



Karada Kurulu Alabalık İşletmeleri Çıkış Suyu Yönetimi: Çöktürme Havuzları

Hatice BİLGİN YILDIRIM

Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü ANKARA

Ülkemizde karada kurulu alabalık işletmelerinin üretim kapasiteleri (Çizelge 1) her geçen gün artmaktadır. Artan işletmelerin sayısı ise mevcut su kaynakları üzerinde bir baskıya neden olmaktadır. Yetiştiricilikten çıkan sularda fosfat ve nitrat gibi besin elementleri bulunduğu için ötrofikasyona sebep olmakta ve suyun oksijen dengesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle karada-kurulu balık işletmelerinin çıkış sularının karakterize edilmesi ve atık yönetimi oldukça önemlidir.

Giriş

Midlen and Redding (1998) tarafından bildirildiğine göre, entansif su ürünleri yetiştiriciliğinden ortaya çıkan atık suların niteliği, daha büyük oranda organik madde içeren kanalizasyon atıklarından çok farklıdır. Balık yetiştiriciliği işletmelerinin çıkış suları ise besin elementleri bakımından doğal su kaynaklarına benzediği bildirilmiştir (Çizelge 2)(2).

Akar-su üzerinde kurulu işletmelerde kanallar, yetiştiricilik süresince durmaksızın suyu boşalttığı için balık üretiminden kaynaklanan katılar ve besin elementleri çıkış sularıyla doğrudan dışarıya verilmektedir (3). Yetiştiricilik kaynaklı atıklar; çözünebilir besin elementleri ve biyokatlardan oluşmaktadır. Biyokatılar yenilmemiş yem ve dışkılarından kaynaklanırken besin maddeleri; balık boşaltım ve biyokatılardaki besin elementlerinin erimesiyle meydana gelmektedir (4).

Balık dışkısı, mukusla beraber yemin sindirilmemiş

Çizelge 1 Alabalık üretimi (1)

Yıllar	2003	2004	2005	2006	2007
Alabalık (ton)	39.674	43.432	48.033	56.026	58.433

kısmını, bağırsak hücreleri döküntülerini ve bakterileri içerdiğinden toksik düzeyde metabolik atıktır ve yüksek derecede oksijen-azaltıcıdır (5). Atık yem ise, akar-su sistemlerinde yetiştiricilik uygulamalarından kaynaklanan toplam askıdaki katıların temel ögesidir (6).

katıların % 30-80'inini uzaklaştırabilmektedir (6).

Sedimentasyon; askıdaki katı maddelerin çöktürüldüğü ve ana akıştan ayrıldığı süreçtir. Dört farklı sedimentasyon şekli vardır: 1) Ayrı, 2) Topaklaşmalı, 3) Bölgesel ve 4) Ufaltma-sıkıştırma (8).

Parametre (mg/L)	Nehir suyu	Balık işletmesi çıkış suyu	Kentsel atık
BOİ ₅	1.0-5.0	3.0-20.0	300.0
Toplam azot	1.0-2.0	0.5-4.0	75.0
Amonyak azotu	Veri yok	0.2-0.5	60
Toplam fosfor	0.02-0.1	0.05-0.15	20
Askıda katı madde	Veri yok	5.0-50.0	500

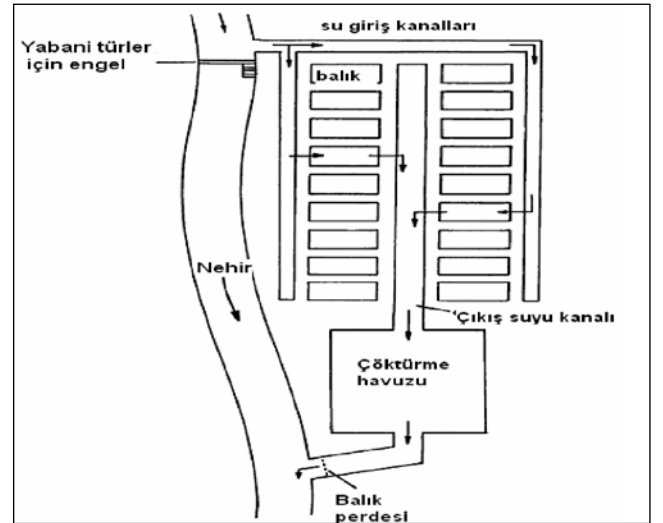
Katıların fiziksel özellikleri onların parçalanmamasını sağlamakta, bu durum onların su ortamından uzaklaştırılmasına ihtiyaç göstermektedir. Etkili katı atık yönetiminin anahtarı, katıların tekrar dağılımlarına yol açmaksızın olabildiğince hızlı bir şekilde çöktürme alanlarından uzaklaştırılmasıdır. (4).

2.Çöktürme Havuzlarının Kullanımı

Su ürünleri yetiştiriciliğinde atıksu arıtım metodlarından birisi, prosesin basitliği ve yapılabirliği açısından çöktürmedir. Çöktürme, akar-sularda salmonid üretimi ile soğuk su ve ılıksu balıkları resirkülasyon sistemleri, kedi balığı ve karideslerin havuzlarda yetiştiriciliği gibi tüm su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinde kullanılmaktadır (7).

Naylor *et al.* (1999)'a göre su ürünleri işletmelerinin çıkış sularındaki fosforun, organik maddenin ve daha az oranda olsa da balık kaynaklı ortama bırakılan azotun, çökebilen katı fraksiyonda iken çökertilerek uzaklaştırılmaları mümkün olduğundan çöktürme, işletmelerin atık yükünü azaltmada etkin bir yöntemdir (Şekil 1) (2).

Geleneksel sedimentasyon işlemi 40-100 µ'den daha büyük katıların uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Tane boy dağılımı ve katıların konsantrasyonlarına bağlı olarak geleneksel sedimentasyon süreci, tipik olarak artılmış akışta



Şekil 1. Karada kurulu işletmeler için çöktürme havuzu (2)

Bu sınıflar parça büyüklüğüne, parça yoğunluğuna, katıların fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Sedimentasyon oranını kontrol eden faktörler bu dört kategori arasında değişim gösterir (3).

Idaho Çevre Kalitesi Bölümü (1998) ve Hinshaw and Fornshell'e (2002) göre, kanallarda yapılan yetiştiricilikte, katıların çökmesine yönelik üç (3) tip sedimentasyon bölgesi vardır:

- 1) Durgun bölge çöktürme havuzu
- 2) Devamlı-akışlı çöktürme havuzu

3) Uzun-sürelî çöktürme havuzu (9).

Bu sistemlerinde amaç, çıkış suyunda toplam askıda katı maddeyi ve ilgili kirleticileri azaltmaktır (12).

İşleyen tüm çöktürme havuzları; giriş bölümü, çöktürme bölümü, sulu çamur bölümü ve çıkış bölümüne sahiptir (Şekil 2). Her bölümün farklı bir özelliği bulunmaktadır. Giriş bölümü akışı havuzun alanına paylaştırır. Çöktürme bölgesinde sedimentasyon gerçekleşir ve katılar su sütunundan ayrıldığında sulu çamur bölümünde toplanırlar. Çıkış bölümü ise arıtılmış sıvıyı tahliye eder (3).

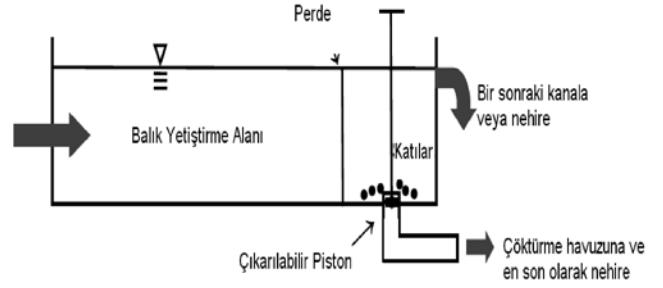


Şekil 2 Çöktürme havuzunun fonksiyonel bölgeleri (3).

1. Durgun bölge çöktürme havuzu

Askıdaki katıları uzaklaştırmanın en basit ve en ucuz yolu sedimentasyondur. Kanallarda çöktürme uygulamaları öncelikle durgun bölgelerde yapılır (11). Durgun bölge üretim kanalının içinde ayrılmış bir bölme olup yetiştirme alanının hemen altında, su akış yönünde, balık bulundurmayan, alabalık dışıkları gibi biyokatırlarla çöktürülebilir diğer katıların orijinal halde, bozulmadan büyük parçalar halinde çöktürüldüğü öncelikli alanlardır (Şekil 3). Tipik olarak durgun bölge çöktürme havuzları, her bir kanalın veya kanalların bir bölümüdür; boyutları taneciklerin çökme hızı göz önünde bulundurularak yapılır (12).

Bu bölgeler, katıların toplanıp Uluslararası Kirlilik Yok Etme Sistemi'nin (NPDES) izin verdiği limitlere uygun olarak yetiştiricilik atıklarının elde edildiği önemli bölgelerdir. Bu bölge (alan), balık üretiminden gelen akıntıdan biyokatının çıkartılmasını kolaylaştırır. Böylece biyokatırlar tesisten çıkan atık suyun alıcı suya karışmasından önce çöktürülebilir (4).



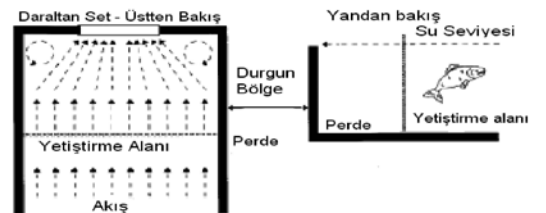
Şekil 3 Kanalların sonundan katıları uzaklaştırma metodu (12)

Durgun bölgeler kanalların sonunda yetiştirme alanlarının hemen altında ızgarayla (perdeyle) çevrilmiş alanlardır. Bu ızgara ahşap iskelet üzerine yapıştırılmış PVC veya alüminyum borulardan oluşmaktadır ve balıkların bu bölüme girişini engellemektedir (Şekil 4). Bu sayede katılar sorunsuz bir şekilde çökerler. Durgun bölgeler her bir havuzun, teknenin ya da kanalın parçası olmak zorundadır. Yetiştiricilik ünitelerinin alıcı ortama çıkış suyunu boşaltmadan önce katıları çöktürmek için durgun bölgelere sahip olmalarının temel bir zorunluluk olduğu bildirilmiştir (3).

Durgun bölgeler katıları birincil olarak çöktürmeye yardımcı olan, kanalın sonunda havuzun yaklaşık % 10'u kadar ve akar-su sistemli işletmelerin yetiştiricilik kanallarında pratik olarak kullanılan bölgelerdir (Şekil 4).



Şekil 4 Ön planda hazne ve ızgaralı durgun bölge (3)



Şekil 5 Yetiştirme alanı ve durgun bölge (4)

Katıların önemli bir kısmı yetiştirme bölgesinde çökerken, bir kısmı akıntı yönünde yavaşça ilerlemekte ve durgun bölgede

kalmaktadır. Parçacıkların durgun bölgeye ulaşmadan çökmesi, balık yetiştirme bölgesinde bulunan parçacıklar açısından bu bölgeleri verimli kılmaktadır (4).

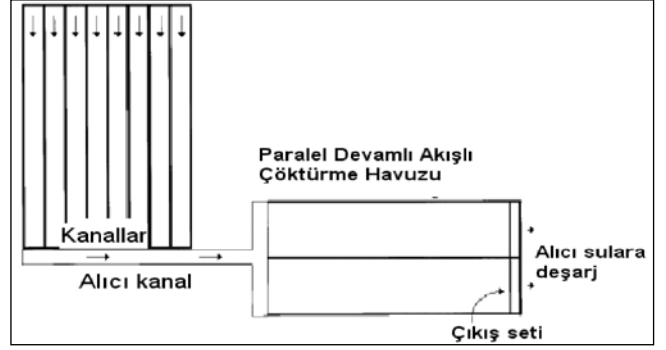
Durgun bölgeler yüzen balıktan ızgarayla ayrılan kanal alanında katıları çöktürmeyi sağlar (Şekil 5). Bölmeler, daha küçük parçalara parçalanmaksızın durgun bölgelere katıların hareketine yardımcı olur. Çöktürülmüş katılar vakumlanarak veya yerçekimiyle durgun bölgeden düzenli olarak uzaklaştırılır. Birçok tesis çöktürme havzasında toplanmış katıları depolar, katıları suyunu giderme (alma) prosesine yollar veya gelecekte satışı için bir depolama havuzunda tutar (12).

Idaho'da Su Ürünleri Yetiştiricilik Uygulamaları için Atık Yönetimi El Kitabı'nda, devlet durgun bölgeleri mümkün olan sıklıkta, işletmenin daha aşağısında bulunan kanalların en az ayda 2 kez, daha üstte bulunan grubunsa ayda 1 kez temizlenmesini tavsiye etmektedir (12).

2. Devamlı-akışlı çöktürme havuzları

Devamlı-akışlı çöktürme havuz kullanımındaki prensip, bir tesisin suyu alıcı ortama verilmeden önce bir çöktürme havuzundan geçişi olayıdır. Devamlı-akışlı çöktürme havuzları toplam tesis akışının saniyede $10 \text{ fit}^3 (\approx 0.28 \text{ m}^3)$ 'den daha az olduğu yerlerde kullanılmaktadır (4).

Devamlı akışlı çöktürme havuzları (Şekil 6) durgun bölgeyi ya da ikinci çöktürme havuzunu içermeyebilir. Bu sistem, bir veya iki büyük çöktürme bölgesine sahiptir. Tüm yetiştirme birimlerinden gelen katı içerikli sular, bir kanalda birleşerek tüm katı maddelerin biriktiği tam akışlı çöktürme havuzuna girer. Bu tür bir sistemdeki katı parçacıkları küçük borulardan geçmeyeceği ya da pompaların türbulansına maruz kalmayacağından daha büyük olacaktır. Bununla birlikte katılar bir yetiştirme biriminden diğerine ya da devamlı-akışlı çöktürme havuzuna girmek için genel biriktirme kanalından geçerken türbulansa uğrarlar, bu nedenle durgun bölge katılarından daha küçüktürler (4).



Şekil 6 Devamlı akışlı çöktürme havuzlarında balık işletmesi boşaltılmadan önce %100 akım gücüne ulaşmaktadır (4).

Devamlı-akışlı çöktürme havuzları, düşük akış hızına sahip daha küçük su ürünleri yetiştiricilik tesislerinde kullanılmaktadır. Bu havuzların dizaynında katıların çıkarılabilmesi için bir geçiş kanalı ile paralel işleyen iki havuz bulunmalıdır. Katı çıkarma esnasında bir havuz aktif durumda olmalıdır. Devamlı akışlı çöktürme havuzları için katı çıkarma işlemi yılda iki kez yapılmalıdır (4).

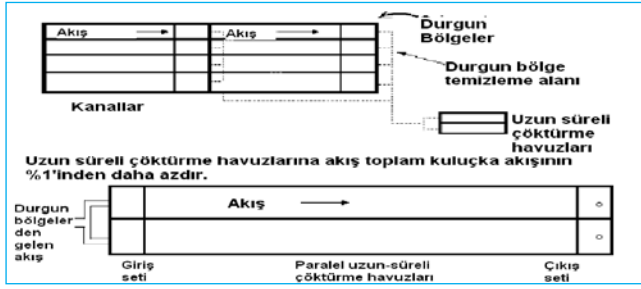
Akar-su sistemli yetiştiricilikte, çıkış suyunda 6 mg/L altındaki toplam askıda katı maddeyi azaltmada devamlı akışlı çöktürme havuzlarının etkisiz olduğu belirtilmiştir (9).

3. Uzun-sürelili çöktürme havuzları

Bu tip çöktürme havuzları, durgun bölgelerden veya yetiştirme alanlarından ayrılan su ve sulu çamurun alındığı çöktürme bölgeleridir (3;4). Genellikle durgun bölgeler ve uzun-sürelili çöktürme havuzlarının kombinasyonu katıların yakalanması ve uzaklaştırılması için kullanılan en yaygın sistemdir (3). Bu tip havuzlarından çıkan sular işlenmiş atık sular olarak kabul edilirler (4).

Uzun-sürelili çöktürme havuzlarındaki toplam askıda katı madde konsantrasyonu genellikle 100 mg/L 'den daha azdır. Ayrılma işlemi esnasında çöktürme işlemi yapılan parçaların boyutları ve şekilleri değişmez. Her bir parça diğer parçalardan "ayrı" bir çökme hızına sahiptir. Bu kadar seyreltik konsantrasyonlarda parçaların birbirine çarparak topaklanma eğilimi söz konusu değildir. Çöktürme havzasının yüzey alanı sedimantasyon oranını kontrol etmektedir (3).

Uzun-sürelili çöktürme havuzlarına giren katı tanecikler boru ve pompalarla durgun bölgelerden katıları taşıırken türbulans oluştuğundan daha küçüktür. Birkaç uzun-sürelili çöktürme havuzuna sahip birçok tesis katıları daha iyi toplamak için seri olarak bağlıdır. Bazı işletme ise yan yana bulunan 2 adet uzun-sürelili çöktürme havuzuna sahiptir (Şekil 7). Bunlardan birinden katı maddeler toplanırken, diğeri durgun bölgelerden katıları alır. Günümüzde en yaygın uygulamanın, seri veya paralel bağlı 2 uzun-sürelili çöktürme havuzunu da eş zamanlı olarak kullanmak şeklinde olduğu bildirilmiştir. (4). Uzun-sürelili çöktürme havuzları topraktan ya da betondandır. Toprak havuzların yapımı daha ucuzdur fakat bu havzalarda katıların uzaklaştırılması daha zordur (12).



Şekil 7 Uzun-sürelili çöktürme havuzları (3)

Durgun bölge ve uzun-sürelili çöktürme havuzu kombinasyonu beton kanallı alabalık işletmelerinin atık sularının arıtımı için en çok kullanılan yöntemdir. Warren-Hansen'a (1982) göre, devamlı akışlı çöktürme havuzları atık suyun tamamının alındığı ve askıda katı maddenin temizlenmesi için gerekli çökeltme şartlarını oluşturabilmek için büyük depolama

hacmi gerektiren havuzlardır. Asıl çöktürme havuzları durgun bölgeler ve uzun-sürelili çöktürme havuzları olmadan tek başlarına çökeltmek arıtma mekanizması olarak çalışır (9).

Güney Idaho'daki akar-su sistemli balık üretme işletmelerinin çıkış suyunun arıtılmasında çöktürme kullanılmaktadır. Katı atıklar öncelikle kanalın akış yönündeki balıksız durgun bölgelerde çöktürülürler. Bu katı maddeler araziye bırakılmadan önce yoğunlaştırılmaları için daha uzakta bulunan bir çöktürme havzasına aktarılır (Şekil 8). Bu atık arıtım sistemini kullanan tesislerde iki farklı deşarj kanalı vardır: ana deşarj kanalı ve uzun-sürelili çöktürme havuzuna ait deşarj kanalı. Ana deşarj kanalı debisi işletmenin toplam debisinin % 85-% 99'udur ve 0,1 mg/L'den daha az toplam fosfor ve 5 mg/L'den daha az toplam askıda katı madde konsantrasyonuyla karakterize edilir. Uzun süreli çöktürme havuzu deşarj kanalı ise, debisi durgun bölgelerdeki temizleme işleminden gelip uzun-sürelili çöktürme havuzuna gelen taşkın sularından oluşur ve toplam debinin kalan % 1 ile % 15'ini oluşturur. İkinci çöktürme havuzu deşarj kanalında, toplam askıda katı madde 100 mg/L'den az, toplam fosfor konsantrasyonu ise 1-30 mg/L arasındadır ve ana kanaldaki suyla birlikte deşarj edilmektedir. Ana deşarj kanalı debisindeki düşük konsantrasyonlara karşın toplam deşarj edilen fosforun % 85'i bu akışla ilgilidir (11).

Uzun-sürelili çöktürme havuzları katılarıyla dolduğundan ortalama toplam askıda katı madde düzeyleri daha yüksek olmaktadır. Temel olarak





Şekil 8 Kanal/çöktürme havuzu kombinasyonu (5).

katıların hızlı bir şekilde çöktüğü ve giren suyun tarafında daha derin olan uzun-sürekli çöktürme havuzları, bazı olumsuz faktörlerle daha az karşı karşıya kalmaktadır. Katıların yüzeye çok yakın olmadığı havuzlarda daha geniş bir aşağı akım alanı olacak, bu nedenle daha az sayıda parça yeniden askıda halde bulunacak ve çöktürme daha verimli olacaktır. Aynı zamanda katıların büyük bölümünün daha küçük bir alanda bulunması katıların havuzdan boşaltılmasına da yardımcı olmaktadır (4)

Atık Yönetim Kılavuzunda, çöktürme havuzlarının çeşitlerine ve bu havuzların nerede kullanıldıklarına, nerede faaliyet gösterdiklerine bağlı olarak değişik alabalık üretim sistemleri tavsiye etmektedir. Bu tavsiyeler tesisten gelen katıların parça büyüklüklerindeki değişimi de hesaba katmaktadır (3).

Tavsiye edilen çöktürme havuzlarının akış hızları şöyledir (3);

- Durgun bölgesi : 0.031ft/s = 0.9144 cm/sn
- Devamlı-akışlı : 0.013ft/s= 0.39624 cm/sn
- Uzun-sürekli : 0.0015ft/s = 0.04572 cm/sn

KAYNAKLAR

1. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Su rünleri Dairesi Verileri

2. Midlen, A. and Redding, T. A. 1998 Environmental management for aquaculture. Web

sitesi. <http://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=wxA7499yx4C&oi=fnd&pg=PR11&dq=Environmental+Management+for+Aquaculture&ots=zWuUd uBimo&sig=YUIZiAR5HPI3OTYwB2z5Mii4dk4#PPR1, M1> Erişim tarihi: 11.03.2009

3. Fornshell, G. 2001. Settling basin design. Western Regional Aquaculture Center. WRAC-106. USA

4. Idaho Waste Management Guidelines for Aquaculture Operations, Web sitesi.

http://www.deq.idaho.gov/water/prog_issues/waste_water/pollutant_trading/aquaculture_guidelines.pdf Erişim Tarihi: 13.02.2009

5. Malison, J.A. and Hartleb C.F.2005. Best Management Practices for Aquaculture in Wisconsin and the Great Lakes Region. Sea Grant Institute Board of Regents University of Wisconsin System,

6. EPA, 2006: Compliance Guide for the Concentrated Aquatic Animal Production Point Source Category, Web sitesi

<http://ag.arizona.edu/azaqua/extension/BMPs/exampleBMPplan.pdf> Erişim Tarihi: 09.03.2009

7. Sindilariu, P.D.,2007. Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production, Aquaculture Research, 38, 1005-1036

8. Cripps, S. J. and Bergheim, A. 2000. Solids management and removal for intensive land

based aquaculture production systems. Aquacultural Engineering, 22 (1-2); 33-56 p.

9. Stewart, N.T., Boardman, G.D. and Helfrich L.A.2006. Treatment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) raceway effluent using baffled sedimentation and artificial substrates. Aquacultural Engineering, 35 (2), 166-178

10. Bozüyük yöresi Gökkuşluğu alabalığı işletmeleri çıkış sularının karasuderesi üzerine etkisi.

Ankara Üniversitesi bilimsel araştırma projeleri,1 58, Ankara.

11. True, B , Johnson W. and Chen S. 2004. Reducing phosphorus discharge from flow

through aquaculture I : facility and effluent characterization. Aquacultural Engineering. 32(1); 129-144 p.

12. EPA. Web sitesi. <http://www.epa.gov/guide/aquaculture/tdd/ch4.pdf> Erişim Tarihi: 09.03.2009