



T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Ar-Ge Yayın No: 1

ZEBRA MİDYE İLE MÜCADELEDE FİLTASYON VE BOYA DENEMELERİ SONUÇ RAPORU



Ar-Ge Proje No: 2011/1

Mayıs 2012
ANKARA



T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Ar-Ge Proje No: 2011/1

ZEBRA MİDYE İLE MÜCADELEDE FİLTASYON VE BOYA DENEMELERİ SONUÇ RAPORU

Copyright © Bu raporun yayın hakları DSİ'ye aittir. Her hakkı saklıdır. Hiç bir bölümü ve paragrafı kısmen veya tamamen ya da özet halinde, fotokopi, faks veya başka herhangi bir şekilde çoğaltılamaz, dağıtılamaz. Normal ölçüyü aşan iktibaslar yapılamaz. Normal ve kanuni iktibaslarda kaynak gösterilmesi zorunludur.

DSİ Ar-Ge Bilim Kurulu Sekreterliği
Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Dairesi Başkanlığı
06100 Yücetepe ANKARA

Tel	(312) 399 2796
Faks	(312) 399 2795
E posta	dsiarge@dsi.gov.tr

Ön söz

Zebra midye, tatlısu ekosistemlerinde yaşayan en önemli tutunucu-kirletici canlılardan biridir. Bu iki kapakçıklı yumuşakçalar tutundukları yüzeylerde oluşturdıkları biyokütle ile su akışını aksatma ya da tamamen engelleme, korozyona yol açma, su filtre ya da eleklerini tıkama, kapalı sulama sistemlerinde tıkanmalara neden olma, sucul ekosistemde doğal olarak bulunan diğer canlıların yaşamını kısıtlama gibi bir çok önemli soruna neden olarak hem teknik ve ekonomik hem de ekolojik anlamda zararlı olabilmektedir.

Zebra midyenin, 1997 yılından itibaren Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santralında, 2000 yılında ise Birecik Barajında sorun yaratması üzerine DSİ Genel Müdürlüğü'nce 2001 yılından bu yana bir dizi çalışma yürütülmüştür.

Midyenin savaşıma yönelik temel yaşamsal-çevresel veriler derlenmiş, 2001-2002 yıllarında Kesikköprü ve Atatürk Barajı ve HES'lerinde izleme çalışmaları yapılmıştır. Araştırma sonunda zebra midye zararlısının dış kaynaklı olmadığı, tersine yerli doğal bir türümüz olduğu, uygun ortamlar bulduğunda hızla çoğalarak ve tutunma organlarıyla yaşadığı yere sıkıca tutunarak sorunlar yarattığı anlaşılmıştır. Yaşama ortamının uygun olup olmadığını belirleyen en önemli parametrelerin ise sıcaklık, pH, kalsiyum iyonu konsantrasyonu, tutunma yerinin nitelikleri ve su akış hızları olduğu tespit edilmiştir.

Mücadelede en uygun ve ekonomik yöntemin belirlenmesi amacıyla DSİ 15. Bölge Müdürlüğü (Şanlıurfa) görev alanında 2006-2008 yılları arasında tutunmayı engelleyici boyalarla boyama, farklı malzemelerin kullanılması, kimyasal uygulama ve süzme yöntemleri üzerinde deneme çalışmaları yapılmıştır. Kapalı sistem sulamalarda ise filtrasyonun etkinliğini saptamak üzere 2010 yılında filtre denemesi gerçekleştirilmiştir.

DSİ 15. Bölge Müdürlüğü görev alanında 2011 yılında yapılan bu Ar-Ge Projesi ile kapalı sulama sistemlerinde kullanılmak üzere Eko Mühendislik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. tarafından önerilen filtrasyon yönteminin ve su altında kalan yapılarda kullanılmak üzere InnovCoat Nanoteknolojik Boya ve Yüzey Ürünleri San. Tic. ve Ar-Ge A.Ş. tarafından önerilen boyanın etkililiği araştırılmıştır.

Yapılan çalışmalara üniversitelerimizin de katkıda bulunması; yatırımcı kuruluşlarla yeni bilimsel gelişmeler doğrultusunda ortak projelerin yürütülmesi en büyük temennimizdir.

Bu raporun, zebra midyenin sorun oluşturma riskinin yüksek olduğu bölgelerde su yapılarının planlanması, projelendirilmesi ile işletilmesi aşamasında, araştırmacı ve uygulayıcılar tarafından dikkatle incelenmesini; çalışmanın Ülkemize ve araştırmacılara yarar sağlamasını dileriz.

Zebra midyenin potansiyel tehlikesini fark ederek DSİ bünyesinde araştırmalara öncülük eden ve bu konudaki bilgilerimizin temelini oluşturan, emekli Ot Kontrolü ve Bitkisel Kaplama Şube Müdürü Gürol ALTINAYAR'a, çalışmaya verdiği destek için İşletme ve Bakım Dairesi Başkanı Ahmet Fikret KASALAK'a, projenin yönlendirilmesine katkı sağlayan Ar- Ge Bilim Kuruluna ve proje koordinatörlerimizden Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkan Yardımcısı Dr. Vehbi ÖZAYDIN, Proje ve İnşaat Daire Başkan Yardımcısı Erdoğan DOĞAN ve Teknik Hizmetler Şube Müdürü Salih ATMACA'ya, arazi gözlemleri ile örnekleme çalışmaları sırasında gösterilen ilgiden ve katkılarından dolayı çalışma dönemimizdeki DSİ 15. Bölge Müdürlüğü yetkili ve ilgililerine teşekkür ederiz.

Çalışma Grubu Adına
Seyit AKSU
İşletme ve Bakım Dairesi Başkan Yardımcısı

Projenin özeti

Su yapılarında sorun yaratan zebra midyenin [*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)] kontrolünde çeşitli yöntemler uygulanmakta ve araştırmalara devam edilmektedir. Farklı yapılarda farklı yöntemlerin uygulama imkânı bulunmaktadır.

Kapalı sulama sistemlerinde zebra midye ile mücadelede, filtrasyon yöntemi kimyasal kullanılmaması ve damla sulama sistemine filtre edilmiş su sağlaması avantajları ile öne çıkmaktadır.

Baraj, hidroelektrik santraller ve sulama sistemlerinde, normal çalışma sırasında su altında kalan bölümlerin korozyondan korunabilmesi için, farklı boya sistemleri uygulanmaktadır. Zebra midye sorunu olan bu bölümlerde korozyondan korumanın yanında midye tutunmasını da engelleyecek boya sistemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir.

Bu proje ile zebra midyenin sorun yarattığı ve bu sorunların büyüme potansiyelinin yüksek olduğu DSİ 15. Bölge Müdürlüğü görev alanındaki sulamalarda önerilmiş olan filtrasyon yönteminin ve su altında kalan yapılarda kullanılmak üzere boyanın etkililiği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kapalı sulama sistemi, zebra midye (*Dreissena polymorpha*), filtre sistemleri, Bernoulli filtresi, boya sistemleri, korozyon

Proje hakkında genel bilgiler

Projeyi teklif eden kuruluş	DSİ İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı
Projeye destek veren kurum / kuruluşlar	1. DSİ 15. Bölge Müdürlüğü 2. Filtrasyon denemesi için Eko Mühendislik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. 3. Boya denemesi için Eti Maden İşletmeleri Gn. Md. 4. Innov'coat Nanoteknolojik Boya ve Yüzey Ürünleri San. Tic. Ve Ar- Ge A. Ş. Bilkent Üniversitesi
Proje yürütücüsünün / yürütücülerinin Adı, soyadı ve kurumu	Seyit AKSU DSİ Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkan Yardımcısı
Yardımcı araştırmacının / araştırmacıların Adı, soyadı ve kurumu	Eko Mühendislik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Serdar GÜREL / Makine Mühendisi InnovCoat Nanoteknolojik Boya ve Yüzey Ürünleri San. Tic. ve Ar-Ge A.Ş. Dr. Hüseyin Çeliker / Genel Müdür Dr. Gülsen Çeliker / AR- GE ve Teknoloji Md. Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi, Bilkent Üniversitesi Doç. Dr. Hilmi Volkan Demir Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Fehmi Ünlü / Daire Başkanı Erhan Tektaş / Başmühendis M.Hamdi Demirhan / Teknik Uzman Soner Gökçek / Maden Yüksek Mühendisi Mustafa Barış / Endüstriyel Teknoloji, M.Sc. DSİ İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı Hasan ÇEVLİK / Kimya Yüksek Mühendisi Meltem İdem ELİBOL / Ziraat Yüksek Mühendisi Emine FAYDAOĞLU / Uzman Biyolog Merve BÜYÜKYAYLA / İnşaat Mühendisi DSİ 15. Bölge Müdürlüğü A. Kerim AKINCI/ Bölge Müdür Yardımcısı Mehmet Sabih İPEK / İşletme ve Bakım Şube Müdürü Yılmaz AKMAN / ŞOS Şube Müdürü Yunus AĞAN / Bozova-Yaylak Sulamaları Başmühendisi Selami GÖLBAŞI / 152. Şube Müdürlüğü / Su Ürünleri Başmühendisi
Projenin ilgili olduğu program / alt program	Sulama ve Drenaj
Proje Süresi	12 ay
Başlama Tarihi	01.01.2011
Bitiş Tarihi	31.12.2011

Projenin amacı

Kapalı sulama sistemlerinde sorun yaratan zebra midye ile mücadelede Eko Mühendislik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. tarafından önerilen Bernoulli Filtresinin ve su altında kalan yapılarda zebra midye tutunmasını engellemek amacı ile Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Innov'coat Nanoteknolojik Boya ve Yüzey Ürünleri San. Tic. ve Ar-Ge A.Ş. ve Bilkent Üniversitesi tarafından önerilen boyanın yeterliliğinin araştırılmasıdır.

Projenin gerekçesi

Yeni sulama projelerinin açılması ile artan su ihtiyacını karşılayabilmek için sulama suyunda tasarruf önem kazanmakta ve kapalı sulama sistemleri yaygınlaşmaktadır. Bu sistemlerin öngörülen ekonomik ömürleri boyunca hizmet verebilmesi için çeşitli tipte ve göz açıklığında filtreler kullanılmaktadır. Kullanılmakta olan filtrelerin zebra midye larvalarının sisteme girişini engellemediği görülmektedir.

Baraj, hidroelektrik santraller ve kapalı sulama sistemlerinde; su altında kalan metal aksam, dolusavak ve dipsavak kapakları, su depo tanklarının iç yüzeyleri, cebri boruların iç yüzeyleri, sifon pompa boşaltımları, su alma yapıları, dip savaklarda bulunan ızgaralar, su dağıtım şebekeleri, vanalar, hidrantlar vb. bölümlerin korozyondan korunabilmesi için, farklı boya sistemleri uygulanmaktadır. Yapılarda son kat olarak çoğunlukla kullanılan epoksi boyalar korozyonu önlemekte ancak midye tutunmasını ve oluşturduğu sorunları engelleyememektedir.

DSİ 15. Bölge Müdürlüğü (Şanlıurfa) görev alanında zebra midyenin ciddi sorunlar oluşturabileceği göz önüne alınarak kapalı sulama sistemlerinde zebra midye ve larva geçişini engelleyecek filtre ve su ile doğrudan temas eden su yapılarında zebra midye tutunmasını önleyecek boyanın araştırılması gerekmektedir.

İçindekiler

Ön söz.....	i
Projenin özeti.....	ii
Proje hakkında genel bilgiler	iii
Projenin amacı.....	iv
Projenin gerekçesi	v
İçindekiler	vi
Şekillerin listesi.....	vii
Çizelgelerin listesi.....	ix
Genel.....	1
Midyenin oluşturduğu sorunlar	4
Yüksek basınçlı su püskürterek temizleme	7
Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm (ELF- EM) uygulaması	7
Isı uygulamaları	9
Yüksek akış hızı.....	9
Uzaklaştırıcı yapı malzemelerinin kullanılması	12
Biyolojik Mücadele	13
Mekanik temizleme	15
Kimyasal maddelerin kullanımı	16
Boya uygulamaları	21
Sezon sonunda sistemin tamamen boşaltılması.....	24
Filtre uygulaması.....	26
Materyal ve yöntem.....	28
Filtre uygulaması.....	31
Sonuçlar ve tartışma	34
Filtre uygulaması sonuçları.....	43
Zebra midye araştırmalarında gözlenen çevresel değişimler	46
Öneriler	48
Kaynaklar	49

Şekillerin listesi

Şekil 1 - Zebra midyenin (d. polymorpha) yaşam çemberi	2
Şekil 2 - Ergin midye üzerine tutunan genç midyeler	3
Şekil 3 - Ergin zebra midyede borucuklar	3
Şekil 4 - Zebra midye ergini	3
Şekil 5 - Zebra midyenin tutunma organları	3
Şekil 6 - Su borularında zebra midye sorunu	4
Şekil 7 - Su alma yapılarında ızgaralarda zebra midye sorunu	5
Şekil 8 - Atatürk Barajı HES soğutma serpantinleri	5
Şekil 9 - Hidrantlarda zebra midye sorunu	5
Şekil 10 - İçmesuyu ham su borusunda biriken zebra midyeler	6
Şekil 11 - Demirköprü Barajında su alma yapısında zebra midye sorunu	6
Şekil 12 - Yüksek basınçlı su püskürterek zebra midye savaşı (ZMIS, 2001)	7
Şekil 13 - Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm uygulamalarında etki şekli	8
Şekil 14 - Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm uygulamalarında kullanılan ELF EM Aygıtı	8
Şekil 15 - Harran sulaması 1070 hattında krepin yapısı	10
Şekil 16 - Yaylak Sulaması 1100-1200-1600 priz yapısı	11
Şekil 17 - CTP boru parçaları	12
Şekil 18 - Atatürk Barajı HES soğutma sistemindeserpantin temizliği	15
Şekil 19 - Yaslıca Tüneli'nde zebra midyelerin mekanik olarak temizlenmesi	15
Şekil 20 - Klor tankı ve dozlama pompası	19
Şekil 21 - Klorlama öncesi ve sonrası boru içlerini görüntüleyen robot kamera sistemi	20
Şekil 22 - 1050-05 hattı CTP boru bağlantılarında zebra midye	20
Şekil 23 - İçme suyu ham su giriş ağzı ızgaralarında biriken zebra midyeler	20
Şekil 24 - İçmesuyu ham su borusunda biriken zebra midyeler	20
Şekil 25 - Şanlıurfa içmesuyu ham su ön klorlama sistemi	21
Şekil 26 - Şanlıurfa T2 tüneli çıkış kapağında boya uygulaması (silikon esaslı boya)	22
Şekil 27 - Şanlıurfa Tüneli kapaklarında zebra midye sorunları	33
Şekil 28 - Şanlıurfa Tünel kapaklarında zebra midyeye karşı sea-nine bileşimli boyalarla yapılan uygulama	23
Şekil 29 - Harran sulaması 1070 yedeğinde drenaja bağlanmamış uç tahliyeleri	24
Şekil 30 - Yaylak sulaması 1400.20 drenaj hattına bağlanmamış uç tahliyesi	24
Şekil 31 - Yaylak sulaması 1400. 20 uç tahliyesi	25
Şekil 32 - Yaylak sulaması 1400. 21 uç tahliyesinin motopompla tahliyesi	25
Şekil 33 - Yaylak sulaması 1400. 20 H1	25
Şekil 34 - Merkez Bozova sulaması R-4 H2	25
Şekil 35 - 40 µm göz aralığı olan filternox filtresi ve mikroskop görüntüleri	27
Şekil 36 - Arkal diskli filtresi	28
Şekil 37 - Bernoulli filtresi	28
Şekil 38 - Tatarhöyük pompa istasyonu	29
Şekil 39 - Deneme plakalarının su içine sarkıtılması	30
Şekil 40 - Bernoulli filtresi	31
Şekil 41 - Bernoulli filtresinin kurulduğu hat ve kontrol hatları planı	32

Şekil 42 - Zebra midye larva örneklemesi	33
Şekil 43 - Haziran ayında ara değerlendirmeye alınmış son kat üzerine sol-jel uygulamalı plakaların Ekim ayı sonundaki görünüşleri	36
Şekil 44 - Ara değerlendirmeye alınmamış son kat üzerine sol-jel uygulamalı plakaların Ekim ayı sonundaki görünüşleri	37
Şekil 45 - Haziran ayında ara değerlendirmeye alınmış astar üzerine sol-jel uygulamalı plakaların Ekim ayı sonundaki görünüşleri	38
Şekil 46 - Ara değerlendirmeye alınmamış astar üzerine sol-jel uygulamalı plakaların Ekim ayı sonundaki görünüşleri	39
Şekil 47 - Doğrudan saç üzerine bor uygulamalı (4 No' lu Formülasyon) plakaların ekim ayı sonundaki görünüşleri	40
Şekil 48 - Kontrol plakalarının Ekim ayı sonundaki görünüşleri	40
Şekil 49 - Pompa istasyonu içinde tespit edilen zebra midye görüntüleri	41
Şekil 50 - Pompa istasyonu girişinde tespit edilen zebra midye görüntüleri	42
Şekil 51 - Sulama sezonu sonunda hidrant bölümlerinden görüntüler	44
Şekil 52 - Merkez Bozova Sulaması filtre istasyonunda tespit edilen görüntüler	45
Şekil 53 - Atatürk Barajı yıllara göre seviye değişimi	46
Şekil 54 - Atatürk Baraj Gölü'nde derinliğe bağlı sıcaklık değişimi (2009)	47
Şekil 55 - Atatürk Baraj Gölü'nde derinliğe bağlı sıcaklık değişimi (2011)	47
Şekil 56 - Sıcaklıkla buharlaşma basıncının değişimi	48

Çizelgelerin listesi

Çizelge 1 - Zebra midyenin gelişme yeteneği ile çevresel etkenler arasındaki ilişkiler	3
Çizelge 2 - Zebra midyenin sorun oluşturma potansiyeli ile çevresel etkenler arasındaki ilişkiler	4
Çizelge 3 - Zebra midyenin avrupa'da saptanmış avcı doğal düşmanı kuşlardan (Molloy et al.,1997) Türkiye'de de bulunan türler	13
Çizelge 4 - Zebra midyenin avrupa'da saptanmış avcı doğal düşmanı balıklardan (Molloy et al.,1997) Türkiye'de de bulunan türler	14
Çizelge 5 - 1050 nolu yedeğin tersiyerlerinde yer alan boru çapları ve uzunlukları	17
Çizelge 6 - 1050 yedeğinde kullanılan boru çapları ve akış hızları	17
Çizelge 7 - 1070 nolu yedeğin tersiyerlerinde yer alan boru çapları ve uzunlukları	18
Çizelge 8 - 1070 yedeğinde kullanılan boru çapları ve akış hızları	19
Çizelge 9 - Su ile doğrudan temas eden su yapılarında uygulanan boya sistemleri	21
Çizelge 10 - Boya denemesi	31
Çizelge 11 - Boya denemesi ara değerlendirme sonuçları	35
Çizelge 12 - Tatarhöyük PS 1-2 Pompa İstasyonunda zebra midye larva sayıları	35
Çizelge 13 - Zebra midye larva sayıları ve su sıcaklıkları	43

ZEBRA MİDYE İLE MÜCADELEDE FİLTRASYON VE BOYA DENEMELERİ SONUÇ RAPORU

Genel

Sucul bitki ve hayvan topluluklarının, insanlar tarafından çeşitli amaçlarla inşa edilmiş su yapıları ile su taşıtlarının yüzeylerine tutunmaları ve gelişmelerini buralarda sürdürmeleri, sorunlar yaratmaktadır. Bu sorunlar canlıların neden olduğu kirlenme ya da kısaca kirlenme olarak tanımlanmaktadır (Altınayar vd., 2005).

Sorunlara neden olan canlılardan bir bölümü Dreissenidae familyasında bulunan türler ve özellikle zebra midyedir [*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)]. Zebra midye Hazar Denizi havzasındaki Ural Irmağı ve kollarındaki bir tür topluluğundan Rus bilimci ve kâşif Pyotr Simon Pallas tarafından tanımlanmıştır. Zebra midye konusundaki araştırmalara, son 150 yılda, midyenin doğal yayılış alanlarından Avrupa'daki tatlı sulara bulaşmasıyla başladığı, 1988'de Kuzey Amerika'ya girmesiyle de çalışmaların yoğunlaştığı anlaşılmaktadır (Sprung and Borcharding, 1991). Zebra midye kirlenme sorunları yanında, sucul ekosistemlerde de sorunlar yaratmaktadır. Sorunların temel nedeni, midyenin yoğunluk ve kütlelerinin çok yüksek düzeylere (örneğin yoğunlukların 30 000 - 100 000 adet/m²ye; canlı kütlelerinin tüm omurgasız dip canlılarının kütlelerinin 10 katına) ulaşabilmesidir (ZMIS, 2001). Zebra midyenin, Kuzey Amerika'da yol açtığı ekonomik kayıplar yaklaşık 5 milyar dolar/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle midye, üzerinde çok yoğun araştırmalar yapılan zararlılardan biri olma konumunu sürdürmektedir (ZMIS, 2001).

Zebra midyenin sınıflandırmadaki yeri aşağıda verilmiştir:

Alem (regnum) : Animalia

Dal (phylum) : Mollusca

Sınıf (classis) : Bivalvia

Takım (ordo) : Cardiida Ferussac, 1822

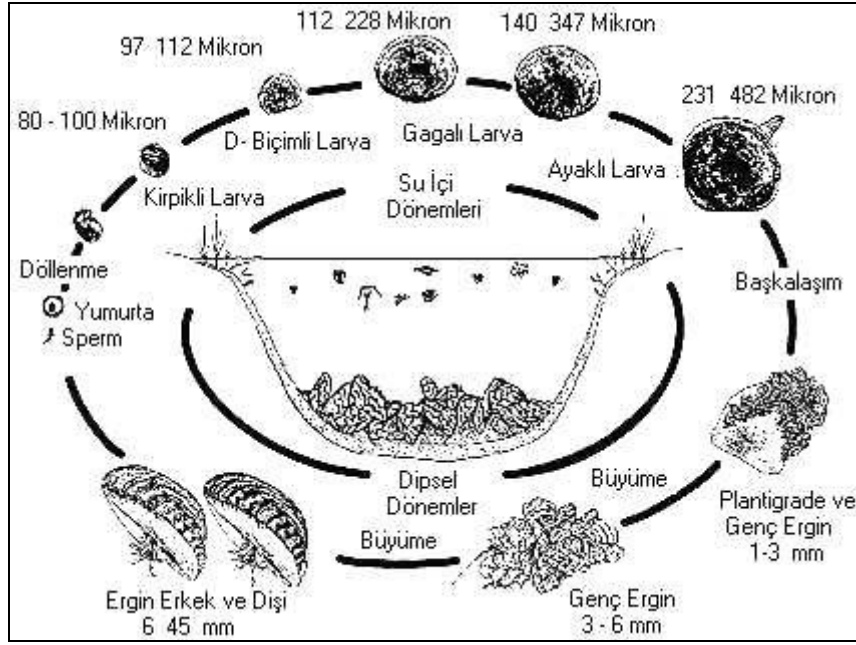
Üst Familya: Dreissenaceae

Familya (familia) : Dreissenidae (Andrusov, 1897)

Cins (genus) : *Dreissena* Van Beneden

Tür (species) : *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)

Zebra midyenin yaşam çemberi Şekil 1'de verilmiştir. Zebra midyenin dişileri genellikle 1 yıl içinde üreme yeteneğine kavuşurlar. Suyu bırakılan yumurtalar, su içinde erkek eşey hücreleri ile döllenir (Bobat vd., 2005).



Şekil 1 - Zebra midyenin (*D. polymorpha*) yaşam çemberi (ZMIS, 2001)

Dişi midye bir defada 40.000 adet yumurta yumurtlayabilir ve hayatı boyunca bıraktığı yumurta sayısı 1 milyona ulaşabilir (Bobat vd., 2005). Tüm yıl boyunca ılık olan sularda yumurtlama dönemi daha uzun olabilir. Yumurtaların kuluçka süresi (3 - 5) gündür. Yumurtadan çıkan kurtçuk ya da larvalar 1 aya kadar uzayan sürelerle suda özgürce yüzer. Bu dönem planktonik dönem olarak ta adlandırılır. Kurtçuk ya da larvalar yumurtadan çıktıklarında (80 - 100) mikron boyutundadır.

Larvalar için en uygun gelişme sıcaklıkları (20 - 22) °C'tur. Larvaların yayılışları genellikle akıntılar aracılığıyla edilgen olarak gerçekleşir. Bu süre sonunda larvalar, ayakları aracılığıyla tabanda sürünerek yerleşebileceği bir yer arar. Bu sırada boyutları (180 - 290) mikrona ulaşmıştır.

Larvanın tabana yerleşmesinden sonra genç midye dönemi ya da yerleşik dönem başlar. Larvalar tutunma yerlerine ya da tabana, vücutlarında ayaklarının yakınında bulunan ve saçak şeklinde ve güçlü iplikçiklerden oluşan tutunma organı ile bağlanır (ZMIS, 2001).

Genç midyeler tutunmak için sert ya da kayalık yüzeyler ile yaşadıkları sularda bulunan yerli midyeler ve kendi türlerinin erginlerini yeğlemekle birlikte, bitki örtüsü üzerine de yerleşebilmektedir (Şekil 2). Ergin döneme doğru midyelerin su hızlarının 2 m/s'nin üzerinde olduğu sularda tutunmaları güçleşir. Zebra midye hem su alma borucukları ve hem de su verme borucukları bulunan ve suyu süzerek beslenen canlılardır (Şekil 3). Bir canlı, günde 1 litre suyu süzerek içindeki alglerle beslenebilir.



Şekil 2 - Ergin midye üzerine tutunan genç midyeler

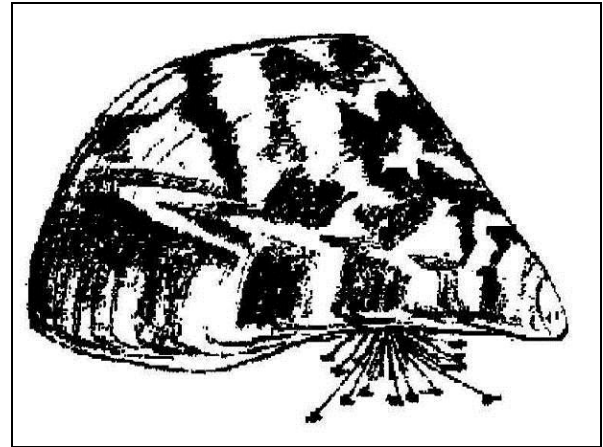


Şekil 3 - Ergin zebra midyede borucuklar

Zebra midye adını, kabukları üzerinde bulunan kuşaklı desenden almıştır (Şekil 4 ve Şekil 5). Ancak kabuk üzerindeki bu desen büyük ölçüde değişmekte, bu kuşak ya da şeritler bazen bulunmamakta, bazı kabuklarda ise çok açık ya da koyu şeritler bulunmaktadır. Zebra midye bir yaşında iken boyutları (5 - 10) mm olup, 5 yıl kadar yaşamakta ve en çok 50 mm boya ulaşabilmektedir. Boyutlar yaşama yerine göre önemli ölçüde değişebilmektedir.



Şekil 4 - Zebra midye ergini



Şekil 5 - Zebra midyenin tutunma organları

Bu canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için kalsiyum önemli bir besin maddesidir ve en uygun yoğunlukları (25 - 125) ppm arasında değişmektedir. Midyenin yaşamını sürdürmesinde önemli olan diğer çevresel etkenler su sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijendir. En uygun su sıcaklıkları (17 - 25) °C'tur ve 31 °C'un üzerindeki sıcaklıklar genellikle öldürücüdür (Çizelge 1).

Çizelge 1 - Zebra midyenin gelişme yeteneği ile çevresel etkenler arasındaki ilişkiler (Claudi and Mackie, 1994)

Gelişme Eşikleri	Sıcaklık (°C)(*)		pH	Ca++ (mg/l)
Canlı kalması olanaksız	< - 2,0	> 40	0 - 6,8	5 - 6
Zayıf gelişme	0 - 8	28 - 30	6,9 - 7,4	10 - 11
Orta düzeyde gelişme	9 - 12	25 - 27	7,5 - 7,8	25 - 26
İyi gelişme	13 - 17	21 - 24	7,9 - 8,0	> 35
En iyi gelişme	18 - 20		> 8,0	

*Sıcaklık hem düşük hem de yüksek değerlerde gelişimi olumsuz etkilemektedir.

Çizelge 2 - Zebra midyenin sorun oluşturma potansiyeli ile çevresel etkenler arasındaki ilişkiler (ZMIS, 2001)

Sorun oluşturma eşikleri	Sıcaklığın 12 °C'tan fazla olduğu ay sayısına göre	pH	Ca ⁺⁺ (mg/l)	DO (mg/l)	Tuzluluk (ppt)
Sorun oluşturma tehlikesi düşük	<1	< 6,79	< 20,99	< 4,59	> 3
Sorun oluşturma tehlikesi orta	1 - 3,99	6,8 - 7,39	21- 54,99	4,6 - 8	1 - 3
Sorun oluşturma tehlikesi yüksek	>4	7,4 - 8,99	> 55,99	> 8	0 - 1
Sorun oluşturma tehlikesi düşük		9,0 - 10,0			

Midyenin gelişimini, büyük topluluklar oluşturmamasını etkileyen diğer çevresel etkenler ise su hızları ve tutunma yerlerinin uygunluğudur.

Midyenin oluşturduğu sorunlar



Şekil 6 - Su borularında zebra midye sorunu



Şekil 7 - Su alma yapılarında ızgaralarda zebra midye sorunu



Şekil 8 - Atatürk Barajı HES soğutma serpantinleri



Şekil 9 - Hidrantlarda zebra midye sorunu



Şekil 10 - İçmesuyu ham su borusunda biriken zebra midyeler



Şekil 11 - Demirköprü Barajında su alma yapısında zebra midye sorunu

Zebra midye insanlar tarafından besin maddesi olarak tüketilmemektedir.

Zebra midye ile mücadelede her yöntemin her ortamda uygulama imkânı bulunmamaktadır. Su yapılarında zebra midyeye karşı uygulanabilecek savaşım yöntemleri aşağıda özetlenmiştir:

1. Yüksek basınçlı su püskürterek temizleme
2. Düşük frekanslı elektromanyetizm uygulaması
3. Isı uygulamaları
4. Yüksek akış hızı
5. Uzaklaştırıcı yapı malzemelerinin kullanılması
6. Biyolojik mücadele
7. Mekanik temizleme
8. Kimyasal maddelerin kullanımı
9. Boya sistemleri
10. Filtrasyon

Yüksek basınçlı su püskürterek temizleme

Basıncı 3000 psi olan su püskürtülerek, zebra midyenin tutunduğu yerden sökülerek uzaklaştırılması uygulanan mücadele yöntemlerinden biridir (Şekil 12).



Şekil 12 - Yüksek basınçlı su püskürterek zebra midye savaşı (ZMIS, 2001).

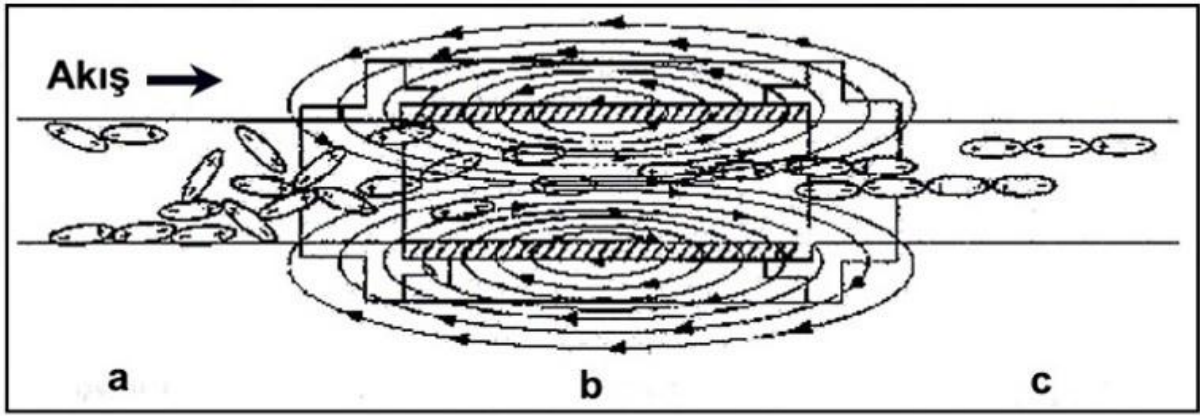
Uygulamalar sırasında uygulama araçlarının doğru kullanılması, güvenlik önlemlerine uyulması ve zebra midye dışındaki materyalin uzaklaştırılmasından kaçınılması için özen gösterilmesi gerekmektedir. Uygulamada kullanılabilecek farklı boru ve memelerle denemeler yapılarak, en uygun araçların seçilmesi sağlanabilir.

En etkili sonuçların alınabilmesi için uygulanacak basınç ve su miktarları konusunda da ayarlamalar yapılmalıdır. Bu yöntemin uygulanmasında, midyenin bulaşık olduğu yüzeylerle, püskürtme memesinin ucu arasındaki mesafe de, etkili bir uygulama için önemlidir. Bu mesafe arttıkça, yöntemin etkililiği azalmaktadır. Bu yöntem su altındaki ya da suyu boşaltılmış çevrelerde, etkili olarak kullanılabilir. Temizlik sonucunda temizlenen midyelerin bulundukları yerden uzaklaştırılması gerekir. Midyelerin ölmeye ve ayrışmaya bırakılması durumunda, oluşan koku çalışanlar için dayanılmaz olabilir” (ZMIS, 2001).

Bu yöntemle Atatürk HES su alma kapaklarında yapılan uygulamalardan olumlu sonuç alındığı kaydedilmektedir.

Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm (ELF- EM) uygulaması

“Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizmin (extremely low frequency electromagnetism) (ELF-EM), canlılar üzerindeki etkisi konusunda yapılan çalışmalarda, yöntemin hücre ve dokularda Ca^{++} ’un da dâhil olduğu iyonların bağlanmasını ve taşınmasını etkilediği saptanmıştır. Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm uygulaması, zebra midye ile mücadelede kimyasal olmayan bir savaşım yöntemi olarak kullanılabilir (Ryan, 1998). Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm yöntemi ile yapılan uygulamalarda (frekanslar $\nu < 300$ Hz ve dalga boyu $\lambda > 1 \times 10^6$ m) zebra midye mineral kalsiyumu alma yeteneğini kaybetmektedir. Mineral kalsiyum, zebra midye tarafından emilmesi ya da alınması uygun olmayan duruma geldiğinde; bu durum büyüme, kabuk gelişimi, üreme ve normal metabolik işlevlerin sürdürülememesi ile sonuçlanacaktır. Düşük frekanslı elektromanyetizmin, kalsiyum karbonatın çözünürlüğünü artırarak, zebra midyenin kalsiyumu sudan emme ya da alma yeteneğini etkilediği, bunun yanında kabuk ve dokulardaki kalsiyumun da uzaklaşmasına neden olduğu kaydedilmektedir”



Şekil 13 - Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm uygulamalarında etki şekli (ZMIS, 2001).

- a) Elektromanyetizm uygulaması yapılmamış suda rasgele dağılmış olan ve boruların çeperlerine tutunan moleküller;
- b) Elektromanyetizm uygulamasına maruz kalan ve sıvı içinde polarize olan moleküller;
- c) Elektromanyetizm uygulamasına maruz kalmış ve (+) ve (-) kutupları aracılığıyla zincir oluşturmuş moleküller

Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm yöntemi uygulamaları, gelecekte kimyasal olmayan zebra midye savaşımında kalıcı bir yöntem durumuna gelebilir. ELF EM aygıtları (Şekil 14), su alma yapılarına yerleştirilebilir ve bakım onarım masrafları da düşük düzeydedir.

Ancak, sistemin ilk tesis masrafları yüksektir. Örneğin Atatürk Barajında 2 üretim ünitesine soğutma suyu sağlayan ve çapı 40 cm olan borulara takılacak aygıtın bedeli yaklaşık 38 435 US dolardır. Türkiye’de HES soğutma sistemlerindeki (kapalı sistemlerdeki) zebra midye sorunları için bu yöntemin uygulanmasının uygun olabileceği düşünülmektedir. (Altınayar vd., 2005).



Şekil 14 - Aşırı derecede düşük frekanslı elektromanyetizm uygulamalarında kullanılan ELF EM aygıtı.

Atatürk Barajı HES’te 2005 yılında bu yöntemin yerli bir firma aracılığıyla uygulandığı, deneme sonunda midyelerin tamamen yok olmadığı, ancak tutunan midye sayısında azalma gözlemlendiği bildirilmiştir (Atatürk Barajı HES İşletme Müdürlüğünün 1 Mart 2005 tarih ve 268 Sayılı Yazısı).

Isı uygulamaları

Sıcaklığa karşı gösterilen hoşgörü, çevre sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda kalma süreleri ile doğrudan bağlantılıdır. Midyelerin, - 10 °C'tan 4 saat kalmaları durumunda, küme biçimindekiler de dâhil, tümünün öldüğü; ayrı ayrı bulundukları durumlarda (küme oluşturmadıkları durumlarda): 1,5 °C'tan düşük sıcaklıklarda 15,1 saatte; - 10 °C'tan düşük sıcaklıklarda 1,3 saatte % 100 ölüm gerçekleştiği kaydedilmektedir (ZMIS, 2001).

Su sıcaklıkların 32,5 °C'un üzerine çıkması durumunda, 5 saatten fazla uygulama süreleri midyeler için öldürücüdür. Zebra midyenin sıcaklık hoşgörüsünün diğer kirletici türlere göre daha az olması, midyeyi ısı uygulamalarına daha duyarlı duruma getirmektedir (ZMIS, 2001).

Zebra midye savaşımında ısı uygulamaları etkili ve maliyet açısından da uygun bir yöntemdir. Yönetim uzmanlarının çoğu, ısı uygulamaları yönteminin kimyasal savaşım yöntemine göre çevresel açıdan daha emin ve güvenli olduğunu kabul etmektedirler. Ancak ısınmış suyun boşaltılacağı yerler konusundaki kısıtlamalara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Isı uygulamalarının bu türünde zebra midye bulaşmalarının denetimi için ısıtılmış su kullanılmaktadır. Hidroelektrik santrallarda kondensörlerden çıkan ısınmış sular, yeniden su alma yapısına aktarılarak tüm sistemde dolaşımı sağlanabilir. Ancak su sıcaklığının midye için öldürücü düzeye çıkarılabilmesi için, suyun ısıtılması gerekir (ZMIS, 2001).

Kapalı devre çalışarak su tüketiminin olmadığı sistemlerde etkili bir yöntem olan düşük ve yüksek sıcaklık uygulamasının sulama sistemlerinde uygulama şansı bulunmamaktadır.

Yüksek akış hızı

Midyelerin borularda tutunması sonucunda; metal yüzeylerde kimyasal aşınım, conta ve keçelerde aşınma ve yıpranma; bakım masraflarının artması; dengelenmemiş güçlerin oluşmasıyla akış dağılımının bozulması ve pompalarda yük artışı görülür. Midyelerin birbirleri üzerinde tutunarak boruların içini doldurması durumunda su akışı tamamen durabilir.

Genç midyeler akış hızının 1,5 m/s'den daha az olduğu boruların içine ya da su altında bulunan alanlara tutunurlar. Zebra midyeler su akış hızının fazla olduğu yerlerden uzaklaşma ve daha uygun olan yerlere hareket etme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle su soğutma sistemi ya da kullanma suyu sağlama sistemleri borularında, su akış hızının artırılması midye tutunmasını engeller. Su yapılarının tasarlanmasında, boru içindeki su hızlarının belirtilen değerin (1,5 m/s'nin) üzerinde olmasının sağlanması, sorunları azaltacaktır (ZMIS, 2001).

Harran Sulaması 1050 ve 1070 yedeğinde maksimum su hızları 1,5 m/s ile 2,3 m/s arasında değişmektedir. Sistem tam kapasite ile çalıştığında zebra midye tutunmasını engelleyecek düzeyde su hızının elde edilebileceği görülmektedir. Ancak sulamanın kesildiği hatlarda su hızı yavaşlayacağından hatta duracağından zebra midye tutunması mümkün olacaktır.

Ayrıca su alma yapılarının (krepin yapısı) çöplerle tıkanması da su hızını azaltmakta ve ortamı zebra midye tutunmasına elverişli hale getirmektedir (Şekil 15).



Şekil 15 - Harran sulaması 1070 hattında krepin yapısı

Krepin yapılarının tıkanması sulama sisteminde basınç kaybına da neden olmakta, yağmurlama başlıkları randımanlı çalışmadığından çiftçilerin şikâyetine yol açmaktadır. Tıkanmaların önlenmesi için sulama birlikleri tarafından krepin yapılarının önüne çeşitli ızgaralar yerleştirilmektedir (Şekil 16). Yerleştirilen ızgaralar kanal hidroliğini bozduğundan tıkanmalara yol açan çöplerin farklı bir sistemle bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Özellikle isale ve ana kanalların ayırım yerlerinde (Harran Regülatörü gibi müdahalenin az olacağı yerlerde), otomatik zaman ayarlı ızgara sistemleri kurularak iri atıkların temizlenmesi krepinlerin tıkanmasını önleyecektir. Krepin yapılarının bu şekilde korunması sistemde su hızının düşmesini önleyeceğinden, boruların bağlantı yerlerinde midye tutunumunu azaltacaktır.



Şekil 16 - Yaylak sulaması 1100-1200-1600 priz yapısı

DSİ tarafından yapılan ızgara

Atatürk Sulama Birliği tarafından priz yapısına eklenen ızgara



Uzaklaştırıcı yapı malzemelerinin kullanılması

Yeni tesislerin yapımında, zebra midye ya da diğer canlılardan kaynaklanabilecek kirlenme sorunları göz önüne alınarak, yapı malzemelerinin seçiminde özen gösterilmelidir. Uygun malzeme seçimi daha sonra uygulanacak savaşım masraflarını en düşük düzeyde tutarak, uzun vadede kazançlı çıkılmasını sağlayacaktır.

Midye tutunumunu azaltıcı yönde en etkili başta olmak üzere tesis yapımında kullanılabilecek malzemeler, aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------|
| 1. Bakır | 6. Vinyl | 11. Asbest |
| 2. Galvanize demir | 7. Baskılanmış tahta | 12. Paslanmaz çelik |
| 3. Alüminyum | 8. Siyah çelik | 13. PVC |
| 4. Akrilik | 9. Çam (pine) | |
| 5. Teflon | 10. Polypropylene | |

Boru üretiminde kullanılabilecek malzemeler ise, yine en etkiliden başlamak üzere, aşağıda sıralanmıştır. Boruların dikey olarak yerleştirilmesi durumunda, zararlıların tutunmalarının, yatay olarak yerleştirmeye göre daha az olacağı kaydedilmektedir (ZMIS, 2001).

- | | | |
|--------------------|------------------------------|--|
| 1. Bakır | 4. Alüminyum | 7. Polyethylene |
| 2. Pirinç (brass) | 5. Akrilik (acrylic) | 8. PVC |
| 3. Galvanize demir | 6. Siyah çelik (black steel) | 9. ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) |

Kapalı sistem sulama şebekelerinde kullanılmakta olan ve kullanılması düşünülen malzemelerle 2007 yılında Atatürk Barajı Kayıkhanesi İskelesi'nde ve Mardin Regülatörü'nde deneme düzeneği kurulmuştur.

- Metalizing (Çinko - Alüminyum kaplama),
- Line-x (poliüretan esaslı yüzey kaplama),
- CTP boru,
- HDPE boru,
- Kontrol amaçlı saç levha

(20 x 30) cm ebadında malzeme örnekleri hazırlanarak 1 ve 5 m derinliklere yerleştirilmiştir.



Şekil 17 - CTP boru parçaları

İskeledeki deney düzeneğine müdahalede bulunulduğundan değerlendirmeye alınmamıştır. Mardin Regülatöründeki denemede en fazla zebra midye tutunması Line-x kaplı levhada, en az tutunma ise CTP boru parçasında gözlenmiştir (Aksu vd., 2007 b).

Biyolojik Mücadele

Zebra midye topluluklarını baskı altında tutan ve yoğunluklarının artmasını engelleyen etkenlerden biri de doğal düşmanlardır.

Dış ülkelerde zararlının avcıları olan balık ve kuş türlerinin çoğu ülkemizde de bulunmaktadır (Çizelge 3 ve Çizelge 4). Baraj göllerinde midye topluluklarının yoğunluklarını baskı altında tutan balık, kuş ve diğer doğal düşmanların korunması gerekmektedir. Biyolojik mücadele için sistemde olmayan türlerin aşılması ekolojik dengeyi bozacağından uygun görülmemektedir.

Çizelge 3 - Zebra midyenin Avrupa'da saptanmış avcı doğal düşmanı kuşlardan (Molloy et al., 1997) Türkiye'de de bulunan türler

Sıra No.:	Türler	Yaygın Adları	Tipi	Saptandığı Yerler		Açıklamalar
				Avrupa	Türkiye	
1	<i>Anas platyrhynchos</i>	Yeşilbaş (Mallard)	Çamurcun ördek	+	+	
2	<i>A.strepera</i>	Boz ördek (Cadwal)	"	+	+	
3	<i>Aythya ferina</i>	Elmabaş patka (Pochard; European pochard)	Dalgıç ördek	+	+	
4	<i>A.fuligila</i>	Tepeli patka (Tufted duck)	"	+	+	10-25 mm boyundaki midyeleri tercih eder.
5	<i>A.marila</i>	Karabaş patka (Greater Scaup)	"	+	+	11-21mm boyundaki midyelerle beslenir. 11-13 mm boyundakileri tercih eder.
6	<i>A.nyroca</i>	Pasbaş patka (Ferrugineus duck; whiteeye)	"	+	+	
7	<i>Bucephala clangula</i>	Altıngöz (Goldeneye)	"	+	+	8-12 mm boyundaki midyeleri tercih eder
8	<i>Clangula hyemalis</i>	Telkuyruk (Longtailed duck)		+	+	
9	<i>Cygnus olor</i>	Kuşu (Mute swan)	Kuşu	+	+	
10	<i>Fulica atra</i>	Sakameke (Coot; Baldcoot)	Dalgıç su tavuğu	+	+	
11	<i>Gallinula chloropus</i>	Saztavuğu (Moorhen)	"	+	+	
12	<i>Larus argentatus</i>	Kuzey gümüş martısı (Herring Gull)	Martı	+	+	
13	<i>L.canus</i>	Küçük gümüş martı (Common Gull)	"	+	+	
14	<i>L.ridibundus</i>	Karabaş martı (Blackheaded Gull)	"	+	+	
15	<i>Melanitta fusca</i>	White-winged Scoter; Velvet Scoter	Dalgıç ördek	+	+	
16	<i>Mergus merganser</i>	Büyük tarakdiş (Common Scoter)	"	+	+	
17	<i>M.serrator</i>	Tarakdiş (Sawbill)	"	+	+	
18	<i>Netta rufina</i>	Macar ördeği (Red-crusted-Pochard)	"	+	+	
19	<i>Podiceps ruficollis</i>	Küçük batağan (Grebe)	Dalgıç kuş	+	+	
20	<i>Somateria mollissima</i>	(Pufla (Eider; Common Eider)	Dalgıç ördek	+	+	
21	<i>Tadorna tadorna</i>	Una (Shelduck; Common Shelduck)	Ötücü kuş	+	+	

Çizelge 4 - Zebra midyenin Avrupa'da saptanmış avcı doğal düşmanı balıklardan (Molloy et al.,1997) Türkiye'de de bulunan türler

A.Özgürce Yüzen Dreissena Larvalarının Avcısı (predator) Balık Türleri:						
No.:	Türler	Yaygın Adları	Familya	Saptandığı Yerler		Açıklamalar
				Avrupa	Türkiye	
1	<i>Abramis bjoerkna</i> Syn: <i>Blicca bjoerkna</i>	Silver bream; white bream	Cyprinidae	+	+	Yalnızca 70 mm'den büyük bireyler Zebra midye ile beslenir.
2	<i>A.brama</i>	Bream	"	+	+	370 mm'den büyük ve 4 ya da daha yaşlı bireyler Zebra midye ile beslenir. Besinlerinde midyenin payı çok azdır .
3	<i>Alburnus alburnus</i> Syn : <i>A.lucidus</i>	Bleak	"	+	+	
4	<i>Chondrostoma nasus</i>	Nase	"	+	+	
5	<i>Leuciscus idus</i>	İde; orfe	"	+		
6	<i>Osmerus eperlanus</i>	European smelt; sea smelt	Osmeridae	+		
7	<i>Perca fluviatilis</i>	Eurasian perch;European perch	Percidae	+	+	
8	<i>Rutilus rutilus</i>	Roach	Cyprinidae	+	+	
9	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rudd	"	+	+	
10	<i>Stizostedion lucioperca</i> Syn: <i>Lucioperca lucioperca</i>	Zander	Percidae	+	+	
B.Dreissena'nın Yerleşik Dönemlerinin (Erginleri, Genç Erginler) Avcısı (predator) Balık Türleri:						
1	<i>Abramis bjoerkna</i>	Silver bream; white bream)	Cyprinidae	+	+	
2	<i>A.brama</i>	Bream	"	+	+	
3	<i>Acipenser gueldenstaedti</i>	Russian sturgeon	Acipenseridae	+	+	
4	<i>Acipenser ruthenus</i>	Sterlet	"	+	+	
5	<i>Alburnus alburnus</i>	Bleak	Cyprinidae	+	+	
6	<i>Anguilla anguilla</i>	European eel	Anguillidae	+	+	
7	<i>Carassius carassius</i>	Crucian carp	"	+	+	
8	<i>Clupeonella cultriventris</i>	Caspian sprat	Clupeidae	+		
9	<i>Coregonus clupeaformis</i>	Lake whitefish	Salmonidae	+		
10	<i>Coregonus lavaretus</i>	Powan	"	+		
11	<i>Cyprinus carpio</i>	Common carp	Cyprinidae	+	+	Büyük (381-666 mm) ve küçük (299-373 mm) balıkların tükettiği midye nicelikleri arasında belirgin fark bulunmamaktadır.
12	<i>Huso huso</i>	Belige	Acipenseridae	+	+	
13	<i>Lepomis gibbosus</i>	Pumkinseed	Centrarchidae	+		
14	<i>Leuciscus idus</i>	İde; orfe	Cyprinidae	+		
15	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	Black carp; black amur; Chine ro	"	+		2 yaşından başlayarak Zebra ve diğer midyelerle beslenmektedir.
16	<i>Neogobius fluviatilis</i>	Monkey goby	Gobiidae	+	+	
17	<i>Neogobius kessleri</i>	Bighead goby	"	+		
18	<i>Neogobius melanostomus</i>	Round goby	"	+	+	
19	<i>Perca fluviatilis</i>	Eurasian perch;European perch	Percidae	+	+	
20	<i>Platichthys flesus</i> Syn: <i>Pleuronectes flesus</i>	European flounder; flounder	Pleuronectidae	+	+	
21	<i>Proterorhinus marmoratus</i> Syn: <i>Priolepis marmoratus</i>	Tubenose goby	Gobiidae	+		
22	<i>Rhodeus sericeus</i>	Bitterling	Cyprinidae	+	+	
23	<i>Rutilus rubilio</i>	Adriatic roach	"	+	+	159 mm'den küçük bireyler de Zebra midye beslenir.Büyük zebra midyelerin başlıca besinidir
24	<i>R.rutilus</i>	Roach	"	+	+	160 mm'den büyük balıkların besinlerinin % 95'i Zebra midyedir.
25	<i>R.rutilus heckeri</i>	Sea-roach	"	+		
26	<i>Tinca tinca</i>	Tench	"	+	+	
27	<i>Vimba elongata</i>		"	+		
28	<i>Vimba vimba</i>	Vimba	"	+	+	
29	<i>Atherina boyeri</i>				+	

Mekanik temizleme

Zebra midyelerin tel fırçalar, kazıyıcılar ya da diğer fiziksel yöntemlerle etkili bir biçimde mekanik olarak uzaklaştırılması mümkündür. Bununla birlikte insan gücü kullanılarak gerçekleştirilen uygulamalar, önleyici türdeki savaşım yöntemlerine göre maliyet açısından daha az uygundur. Çünkü bu yöntemlerin düzgün aralıklarla yinelenmesi ve zebra midye kabuklarının bulundukları yerden alınması ve yok edilmesi gerekmektedir. Mekanik temizliğin diğer bir türü, bulaşmış yüzeylerin kazınıp temizlenebilmesi için dalgıçların çalışmasıdır. Bu yöntem düşey duvarlarla diğer su altı yapılarının temizlenmesi için uygundur. İş gücü yoğun bir yöntem olmakla birlikte, en uygun seçeneklerden biridir (ZMIS, 2001). Mekanik yöntemler (kazıma ve dalgıçların çalışması). Atatürk, Karkamış, Seyhan ve Aslantaş HES'lerinde ve Yaslıca Tüneli'nde halen uygulanmaktadır.



Şekil 18 - Atatürk Barajı HES soğutma sisteminde serpantin temizliği



Şekil 19 - Yaslıca tüneli'nde zebra midyelerin mekanik olarak temizlenmesi

Kimyasal maddelerin kullanımı

Zebra midye ile mücadele amacıyla ozon, klor, alüminyum sülfat vd. kimyasal maddeler üzerinde araştırmalar devam etmektedir.

Veliger ve erginleri hedef alan ozonlama; mücadele açısından etkin, çevresel olarak zararsız fakat pahalı bir yöntem olarak görülmektedir (ZMIS, 2002).

Veligerleri hedef alan alüminyum sülfat uygulamasının mücadele açısından etkin olduğu bildirilmektedir (ZMIS, 2002). Fakat çevresel etkileri ve maliyeti konusunda yeterli bilgi edinilememiştir.

Klor [sodyum ya da kalsiyum hipoklorit] uygulaması

Zebra midyeye karşı uygulanan en yaygın savaşım yöntemlerinden biridir. Klorun zebra midye larvalarına etkisinin erginlerden daha fazla olduğu kaydedilmektedir (ZMIS, 2001).

Zebra midye savaşımında kullanılan başlıca klorlama yöntemleri (ZMIS, 2001)'den yararlanarak aşağıda özetlenmiştir:

- Sezon Sonu Uygulama (End - of - Season Treatment): Zebra midye yumurtlama ve büyüme sezonu sonunda yüksek klor dozu uygulamak gerekir.
- Periyodik Uygulama (Periodic Treatment): 2 ay gibi belli zaman aralıklarıyla, sezon sonu uygulama gibi yüksek klor dozu kullanılır.
- Kesintili Uygulama (Intermittent Treatment): Bir önceki uygulamadan sonra gelişen ve yerleşen genç midyeleri bertaraf etmek için 6, 12, 24 saat gibi zaman aralıklarında klor dozlaması yapılmaktadır.
- Yarı Devamlı Uygulama (Semicontinuous Treatment): Bu yöntem 15 dakika dozlama, 15 - 45 dakika arası mola şeklinde uygulanmaktadır. Zebra midyeler zehirli maddelere maruz kaldıklarında suyu filtrelemeyi durdurdukları ve kabuklarını kapattıkları için kısa zaman aralıkları ile dozlamanın devamlı uygulamadan daha etkili olduğu bildirilmektedir.
- Devamlı Uygulama (Continuous Treatment): Genç zebra midyelerin yerleşmesini önlemek, erginlerin ölmesini veya yerleştikleri yerden ayrılarak sistemi terk etmesi için düşük dozda devamlı yapılan uygulamadır.

Kapalı sulama sistemlerinde klorun etkinliğini belirlemek amacıyla 2007 yılında Şanlıurfa-Yukarı Harran Sulamalarında klorlama denemesi yapılmıştır. 1070 No'lu hat deneme hattı, 1050 No'lu hat ise kontrol hattı olarak seçilmiştir (Aksu vd., 2008).

Kapalı sistemde sıkıştırılmış cam elyafı boru (CTP), yüksek yoğunluklu polietilen boru (HDPE) ve asbestli çimento boru (AÇB) kullanılmıştır.

1050 Yedeği hakkında teknik bilgiler

Suyunu Mardin-Ceylanpınar anakanalı km 9+651'deki prizden alan Y1050 yedeğinin toplam hizmet alanı 474,77 ha'dır. Sulama şebekesi alanının üst kotlarında kalan 390,25 ha'lık bölümde orta basınçlı borulu sulama, alt kotlarda yer alan 84,52 ha'lık bölümde ise yağmurlama sulama uygulaması yapılacaktır. Orta basınçlı şebekede D tipi, yağmurlama şebekesinde A tipi hidrantlar kullanılmıştır.

	Yüksek basınçlı şebeke	Alçak basınçlı şebeke
Minimum işletme basıncı (m)	31,00	3,50
Sulama modülü (l/s/ha)	1,029	1,284
Hidrant debisi (l/s)	13,92	15,00
Ortalama parsel alanı (ha)	9,32	9,32
Hidrant çalışma süresi (saat)	20,00	17,00

Çizelge 5 - 1050 nolu yedeğin tersiyerlerinde yer alan boru çapları ve uzunlukları

CAP HAT	1000	800	700	600	500	450	350	300	250	200	175	150	125	100
1050-1			296	1274	766	588	311		563	180	110	147	239	
1050-2													270	
1050-3					544	325	344	572			110	173	175	
1050-4									135	190				
1050-5									190	325		385		
1050-6													320	
1050-7						432	653		245	310		320		
1050-8												313		
1050-9								245	251	234	310		290	
1050-10												335	162	173
			296	1274	1310	1345	1308	817	1384	1239	530	1673	1456	173

Çizelge 6 - 1050 yedeğinde kullanılan boru çapları ve akış hızları

Çap(mm)	Vmin(m/s)	Vmax(m/s)
1200	,01	2,30
1000	,01	2,30
900	,01	2,30
800	,01	2,30
700	,01	2,29
600	,01	2,19
500	,01	2,04
450	,01	1,95
400	,01	1,91
350	,01	1,77
300	,01	1,70
250	,01	1,65
200	,01	1,60
175	,01	1,50
150	,01	1,50
125	,01	1,50
100	,01	1,50

1070 Yedeği hakkında teknik bilgiler

Suyunu Mardin-Ceylanpınar anakanalı km 15+601.91' deki prizden alan Y1070 yedeğinin toplam hizmet alanı 717,96 ha'dır. Sulama şebekesi alanının üst kotlarında kalan 248,59 ha'lık bölümde orta basınçlı borulu sulama, alt kotlarda yer alan 469,37 ha'lık bölümde ise yağmurlama sulaması uygulaması yapılacaktır. Orta basınçlı şebekede D tipi, yağmurlama şebekesinde A tipi hidrantlar kullanılmıştır.

	Yüksek basınç şebekesi	Alçak basınç şebekesi
Minimum işletme basıncı (m)	31,00	3,50
Sulama modülü (l/s/ha)	1,029	1,284
Hidrant debisi (l/s)	13,92	15,00
Ortalama parsel alanı (ha)	9,32	9,32
Hidrant çalışma süresi (saat)	20,00	17,00

Çizelge 7 - 1070 nolu yedeğin tersiyerlerinde yer alan boru çapları ve uzunlukları

ÇAP	100	900	800	700	600	500	450	350	300	250	200	175	150	125	100
HAT	0														
1070-1	285	1037	1499	370	614	948				565	735	216		161	
1070-2									324	432	432		216		
1070-3								679	509	432	216		232	362	
1070-4						108	114	67	621	494	216		216	134	
1070-5								629	235	376	257	107	251	125	
1070-6													165		
1070-7														90	
1070-8										324		216	216		
1070-9									331			420		261	
1070-10											160		180		
1070-11											245		210		
1070-12												124	71		
1070-13					444	1654	536		219	109	424	216		265	
1070-14											108				
1070-15										109	216		216		150
1070-16										503	320		632		216
Toplam	285	1037	1499	370	1058	2710	650	1375	2239	3344	3329	1299	2605	1398	366

Çizelge 8 - 1070 yedeğinde kullanılan boru çapları ve akış hızları

Çap(mm)	Vmin(m/s)	Vmax(m/s)
1200	,01	2,30
1000	,01	2,30
900	,01	2,30
800	,01	2,30
700	,01	2,29
600	,01	2,19
500	,01	2,04
450	,01	1,95
400	,01	1,91
350	,01	1,77
300	,01	1,70
250	,01	1,65
200	,01	1,60
175	,01	1,50
150	,01	1,50
125	,01	1,50
100	,01	1,50



Şekil 20 - Klor tankı ve dozlama pompası

Debiye duyarlı dozlama pompası ile deneme hattına başlangıç olarak 2 mg/l yüksek klor dozu uygulanmış, şebekenin sonunda 2 mg/l klor konsantrasyonuna ulaşmak için uygulama dozu artırılmıştır. Bu şok dozlamadan sonra 0,5 mg/l uygulama dozu ile devam edilmiştir. 0,5 mg/l klor dozu 15 dakika uygulanmış, 30 dakika mola verilmiştir. Klor uygulaması bu şekilde 21 günde bir 3 gün boyunca yapılmıştır (Aksu vd., 2008).

Hat içlerindeki midye yerleşmelerini karşılaştırmak amacıyla robot kamera ile sulama sezonu öncesi ve sonrası görüntü alınarak kayıt yapılmıştır (Şekil 21 ve Şekil 22).



Şekil 21 - Klorlama öncesi ve sonrası boru içlerini görüntüleyen robot kamera sistemi



Şekil 22 - 1050-05 hattı ctp boru bağlantılarında zebra midye

Klorlama denemesinden olumlu sonuçlar alınmıştır. Ancak devamlı klor kullanılmasının ekonomik ve çevresel açıdan uygun olmayacağı düşünülmektedir.

Şanlıurfa içme suyu arıtma tesisi ham su iletim hattında yaşanan zebra midye sorunu (Şekil 23 ve Şekil 24) ile ilgili olarak; Şanlıurfa Belediyesine ham suyun alındığı tünel çıkışına ön klorlama ünitesi kurulması önerilmiştir.



Şekil 23 - İçme suyu ham su giriş ağzı ızgaralarında biriken zebra midyeler



Şekil 24 - İçmesuyu ham su borusunda biriken zebra midyeler

Tavsiye edildiği üzere klorlama ünitesi kurulmuş ve uygulamaya haftada bir gün 2 saat süreyle 5-8 ppm’lik yüksek dozda, şok klorlama şeklinde devam edilmektedir (Şekil 25).



Şekil 25 - Şanlıurfa içmesuyu ham su ön klorlama sistemi

Zebra midye mücadelesinde kullanılan tüm kimyasallar ve yumuşakçaları öldüren ilaçlar (molluscicides), hedef alınmayan organizmalar için de zehirlidir. Klorla göre çevresel açıdan daha az zararlı oksitleyici kimyasallar bulunmakla birlikte bunlar ya çok pahalı ya da daha az etkilidirler (ZMIS, 2002).

Boya uygulamaları

Türkiye’de baraj ve hidroelektrik santrallerin, normal çalışma sırasında su altında kalan kapaklar, radyal kapaklar, vanalar, su depo tanklarının iç yüzeyleri, cebri boruların iç yüzeyleri, pompa boşaltımları, su alma yapıları ve dip savaklarda bulunan kapak ve ızgaralar, su dağıtım şebekeleri vb. bölümlerinin kimyasal aşınımından korunabilmesi için, farklı boya sistemleri uygulanmaktadır (DSİ, 1995) (Çizelge 9).

Çizelge 9 - Su ile doğrudan temas eden su yapılarında uygulanan boya sistemleri (DSİ, 1995)

Yüzey Hazırlama	Boya Sistemi			
	Astar boya	Arakat boya	Sonkat boya	Toplam Kuru Film Kalınlığı (μ)
	Kat sayısı x kuru film kalınlığı (μ)	Kat sayısı x kuru film kalınlığı (μ)	Kat sayısı x kuru film kalınlığı (μ)	
a) St 3 derecesinde elektrikli El aletleri ile temizlik	-	-	Yüksek katılı, alüminyum pigmentli, epoksi boya 2x200	400
b) Sa2 ½ ve Sa 3 derecesinde kum püskürtme ile temizlik	Epoksi astar boya 2x50	-	Kömür katranı-epoksi sonkat boya 2x150	400
b) Sa2 ½ ve Sa 3 derecesinde kum püskürtme ile temizlik	Epoksi astar boya 2x50	-	Solventsiz kömür katranı- epoksi sonkat boya 2x150	400
b) Sa 3 derecesinde kum püskürtme ile temizlik	İnorganik etil silikat esaslı, çinko tozlu astar boya 2x75	Epoksi arakat Boya	Kömür katranı-epoksi sonkat boya 2x125	400

Yapılarda son kat olarak çoğunlukla kullanılan epoksi ya da kömür katranı-epoksi boyalar kimyasal aşınmayı önlemekte ancak midye tutunmasını ve oluşturduğu sorunları engelleyememektedir. Bu nedenle zebra midye sorunu olan tesislerde bu boya sistemlerinin yerine; kimyasal aşınımı önleyecek ve zebra midye tutunmasını engelleyecek zehirli olmayan boya sistemlerine geçilmesi gerekmektedir.

Bu amaçla uygulanabilecek boya sistemleri aşağıda verilmiştir:

Boyamada en yaygın ve başarılı olarak silikon tabanlı zehirli olmayan boyalar (nontoxic silicone-based paints) kullanılmaktadır. Bu boyama sonucunda zebra midyelerin tutunmasını en düşük düzeye indiren kaygan bir yüzey oluşmaktadır. Boyama sonucunda oluşturulan yüzey, midyenin tutunma iplikçiklerinin tutunma yeteneğini engeller.

Boyamanın etkili olabilmesi için birkaç kat olarak uygulanması gerektiğinden maliyeti yüksek ve 80-100 dolar/m²'dir. Etkililikleri 5 yıl kadar sürebilir ve daha sonra yenilenmeleri gerekebilir. Boyalardan zehir salınmadığı için ya da boyalar zehirsiz olduğundan, çevre sağlığı açısından daha uygun olarak kabul edilmektedir. Ancak aşınmaya karşı duyarlı olmaları nedeniyle, buz ya da atıklar tarafından aşındırılmalarının söz konusu olmadığı alanlarla uygulamaları sınırlandırılmalıdır (ZMIS, 2001). Türkiye’de bu konuda uygulamalı çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Şanlıurfa içmesuyu tesisleri T2 tüneli ham su giriş ızgarası ve Arıtma tesisi ile giriş yapısı arasındaki borularda ve tanklarda (pompa emme tankları) zebra midyeye yoğun olarak rastlanmıştır. Sorunun giderilmesi için 2007 yılında Şanlıurfa T2 tüneli çıkış kapağında tutunmayı engelleyici silikon esaslı antifouling boya uygulanmıştır. Uygulamada sadece iki kat epoksi ve iki kat silikon (toplam kalınlığı 450 µm) esaslı boya kullanılmıştır. Silikon esaslı boyanın zebra midyeye karşı etkili olduğu görülmüş ancak boyanın fiziksel etkilere dayanıksız olması nedeniyle başarılı bulunmamıştır (Aksu vd., 2008).



Şekil 26 - Şanlıurfa T2 tüneli çıkış kapağında boya uygulaması (silikon esaslı boya)

Zebra midyeye karşı kullanılabilecek diğer bir boya türü ise isothiazolone (Sea-Nine) etkili madde içeren zehirsiz boyalardır. Isothiazolone, kirlenmeye neden olan, özellikle deniz canlılarının savaşımları için geliştirilmiş ve uygulanması önerilen yoğunluklarda olumsuz çevresel etkileri olmadığı bildirilen bir kimyasal maddedir. Çevreye salındığında birkaç saat içinde parçalanmaktadır. Isothiazolone etkili maddesi, bakır içeren zehirli antifouling boyalar ve silikon bazlı boyalarda da kullanılabilmektedir (<http://www.seanine.com>; Altınay vd., 2005).

Sea-nine ve bakır içeren boyalarla Şanlıurfa tünelleri giriş kapaklarında 2002 yılında yapılan deneysel amaçlı uygulamaların sonuçları aşağıda verilmiştir (Şekil 27 ve Şekil 28).



Şekil 27 - Şanlıurfa tünelleri kapaklarında zebra midye sorunları



Şekil 28 - Şanlıurfa tünel kapaklarında zebra midyeye karşı sea-nine bileşimli boyalarla yapılan uygulama

Yukarıda verilen boya sistemleri dışında, bakır içeren zehirli antifouling boyalar da geçmişte yoğun biçimde kullanılmış ve halen sınırlı düzeyde kullanılmaktadır. Bu boyama sistemi tabanda korozyonu önleyici sistemle, bunun üzerinde genellikle bakır içeren antifouling son kattan oluşmaktadır. Çinko ile yapılan metalik kaplamaların da, potansiyel olarak en kalıcı ve zebra midyeye karşı en uzun süreli olarak etkili olan uygulama olduğu kaydedilmektedir (ZMIS, 2001).

Yukarıda tanımlanan boya ya da kaplama önemli düzeyde çinko ve bakır içermektedir. Bu nedenle gelecekte uygulamaları ile ilgili daha kesin kısıtlamaların getirilmesi söz konusudur. Bu boya ya da kaplama sistemlerinin zebra midyenin tutunmasının engellenmesi üzerindeki etkililiği bakır ve çinkonun sudaki zehirliliğinden kaynaklanmaktadır. Bu sistemlerin uygulanması sonucunda suya, hedef alınmayan canlıları etkileyebilecek, ölçülebilir düzeylerde, çinko ve bakır karışabilmektedir. Ancak, çinko ve bakırın suya salınma oranlarının göreceli olarak düşük, seyrelme oranlarının ise yüksek olması, uygulamada ya da doğal koşullarda hedef alınmayan canlılar üzerindeki ikincil etkilerinin ihmal edilebilir ya da çok düşük düzeyde olabileceğini göstermektedir (Altınayar vd., 2005).

Sezon sonunda sistemin tamamen boşaltılması

Sistemin tamamen boşaltılması en ekonomik ve etkili yöntemlerden biri olarak düşünülmüş, ancak uygulamak mümkün olmamıştır.

Bu yöntemin uygulanabilmesi için boru hatları uç tahliyelerinin mansap şartının sağlanarak drenaj kanallarına bağlanması gerekmektedir.

Tarlaların içine inşa edilmiş olan hat sonu tahliye yapılarının konumları itibarı ile hattı boşaltmaya elverişli olmadıkları ve batık çalışıkları için tahliye olan suların arazi içinde göllendiği (Şekil 29) ve ürüne zarar verdiği görülmektedir.



Şekil 29 - Harran sulaması 1070 yedeğinde drenaja bağlanmamış uç tahlieleri



Şekil 30 - Yaylak sulaması 1400.20 drenaj hattına bağlanmamış uç tahliyesi



Şekil 31 - Yaylak sulaması 1400. 20 uç tahliyesi

Bazı tahliyelerin boşaltılması motopomla mümkün olmaktadır. Bu yüzden tahliyelerin motopomla tahliyesi ihmal edilmekte (Şekil 32), su içinde kalan metal aksam korozyona uğramaktadır.



Şekil 32 - Yaylak sulaması 1400. 21 uç tahliyesinin motopomla tahliyesi



Şekil 33 - Yaylak Sulaması 1400. 20 H1



Şekil 34 - Merkez Bozova Sulaması R-4 H2

Yaylak Sulaması ve Merkez Bozova Sulamasında iki farklı hidrant yapısının projelendirildiği görülmektedir (Şekil 33 ve Şekil 34). Üstü kapalı, yandan açık şekilde inşa edilmiş olan Merkez Bozova Sulamasındaki hidrant yapısı hava şartlarına karşı korunaklı ve rahat işletilecek bir yapıdadır. Buna karşılık Yaylak Sulamasındaki hidrant yapısının, hidrantı hava şartlarına karşı korumadığı gibi yapı içine girilip çıkılması, işletme ve bakımındaki zorluklar çiftçilerin şikâyetine yol açmakta, hidrantlardaki koruma kapakları çiftçilerce tahrip edilmektedir.

Filtre uygulaması

Göz açıklığı 40 µm olan süzgeçlerle yapılacak aşırı süzme, akışı sınırlı olan soğutma sistemlerinde uygulanabilir bir yöntem olabilir. Göz açıklığı 25 µm ve 40 µm olan süzgeçlerle çalışmalar yapıldığı kaydedilmektedir. Yüksek bulanıklık gibi olumsuz koşullar dışında bu süzgeçler, özgürce yüzen tüm zebra midye larvalarını tutabilmektedir (ZMIS, 2001).

Türkiye’de HES soğutma sistemlerinde kullanılan süzgeçlerin göz açıklıkları 100-300 µm arasında değişmektedir ve larvaların sisteme girişini engelleyememektedir. Birecik Barajının göz açıklığı 100 µm olan shaft sızdırmazlık filtrelerindeki tıkanmaların, zebra midye larvaları dışında baraj gölünde bulunan artıkların sisteme girişi ve kristal oluşumundan da kaynaklandığı saptanmıştır (Bobat, Hengirmen and Zapletal, 2001 a,b).

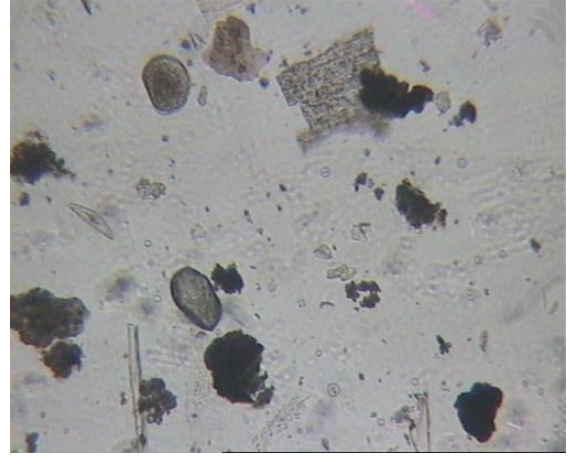
Mardin Kanalı ve Harran Regülatöründe, Antel Firmasınca sağlanan 40 µm göz aralığı olan fitre ile 2006-2007 yıllarında iki deneme yapılmış (Şekil 35), filtrenin zebra midye larvalarının tamamını tuttuğu gözlenmiştir (Çevlik,H., Erşan,H., 2006., Aksu vd., 2007 a).

Antel firmasınca sağlanıp, denemesi yapılan 40 µm göz aralıklı filternox filtresinin 2 bar (20 m kot farkı olan yerde) basınç altında filtrasyonu ve geri yıkamayı herhangi bir enerji gereksinimi olmadan otomatik olarak yapacağı, 2 bar - 0,5 bar (20 m - 5 m kot farkı) aralığında ise filtrasyonun yapılacağı, geri yıkama işlemi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyulacağı bildirilmektedir.

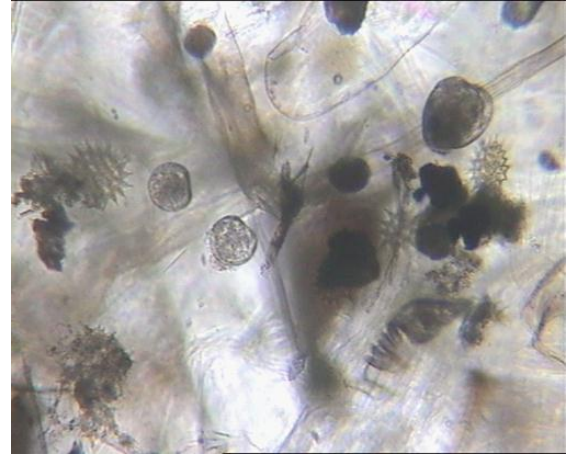
Her iki durumda da inşa edilmiş boru hatlarında söz konusu filtrenin çalıştırılması teknik ve ekonomik olarak uygun görülmemektedir. Şöyle ki, birçok boru hattı başlangıcında 20 m su basıncı bulunmamaktadır. Bu durumda filtrenin 20 m su basıncının sağlandığı noktada kurulması gerekmektedir. Bu ise o noktaya kadar olan kısmın zebra midye ile tıkanması durumunda filtreden sonraki kısmında çalışmasına engel olacaktır. Filtrasyon sisteminin boru hattı başlangıcına kurulması durumunda da ihtiyaç duyulan pompa ve elektrik enerjisinin maliyeti sistemin ekonomik olmamasına neden olabilecektir (Çevlik, H. ve Erşan, H., 2006).



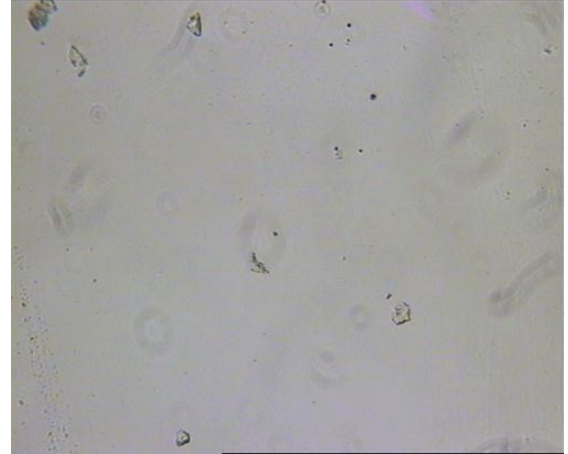
Şekil 35 - 40 µm göz aralığı olan filternox filtresi ve mikroskop görüntüleri



Ham Su



Geri yıkama suyu



Filtrelenmiş su

Arkal Firmasınca sağlanan 100 µm göz aralıklı diskli filtre (Şekil 36) ile 2010 yılında Atatürk Barajı Su Ürünleri Üretim İstasyonunda yapılan deneme, hem filtre hem de kontrol havuzunda zebra midye tutunması tespit edilmediğinden sonuçsuz kalmıştır.

100 µm göz aralıklı Arkal diskli filtresinin basıncı 3 bar (30 m kot farkı) olan yerde filtrasyonu ve geri yıkamayı herhangi bir enerji gereksinimi olmadan otomatik olarak yapacağı, 3 bar - 0,2 bar (30

m - 2 m kot farkı) aralığında ise filtrasyonun yapılacağı geri yıkama işlemi için enerjiye ihtiyaç duyulacağı bildirilmektedir.



Şekil 36 - Arkal diskli filtresi

Eko Mühendislik Firmasınca sağlanan 300 μ m göz aralığı olan bernoulli filtresi (Şekil 37) ile 2010 yılında Merkez Bozova Sulamasında yapılan denemede hem filtre hem de kontrol hattında zebra midye tutunması tespit edilmediğinden deneme sonuçsuz kalmıştır.

Bernoulli filtresinin 0,6 bar (6 m kot farkı) su basıncında çalışacağı ve geri yıkama işlemi için enerjiye ihtiyaç duyulacağı bildirilmektedir.



Şekil 37 - Bernoulli Filtresi

Materyal ve yöntem

Zebra midye ile mücadele araştırmalarında; uzaklaştırıcı yapı malzemelerinin kullanılmasında olduğu gibi tutunmayı engelleyici boya ve filtrasyon uygulamaları da ilgili firmaların teklif ettikleri ve bilabedel sağladıkları malzeme ve lojistik destekle yapılmıştır.

Tutunmayı engelleyici boya uygulaması

İnnov'coat Firması tarafından önerilen bor içerikli boya ile metal aksamda zebra midye ile mücadele denemesi planlanmıştır.

DSİ 15. Bölge Tatarhöyük PS-1-2 Pompa İstasyonu çalışma alanı olarak seçilmiştir.



Şekil 38 - Tatarhöyük pompa istasyonu

Bor içerikli boyanın etkinliği denenmek üzere 0,5 cm kalınlığında, (20 x 30) cm boyutlarında hazırlanmış toplam 50 adet plaka kullanılmıştır. Numaralandırılmış plakalara Si, Ti, O, C ve B içerikli 7 farklı boya formülasyonu uygulanmıştır. Formülasyonlar bor içeriği ve proses değişikliği ile elde edilmiştir. Boyanmış plakalar ve kontrol plakaları, sulama sezonu başında çelik tel vasıtasıyla pompa istasyonu içindeki ızgaralara bağlanarak su yüzeyinden itibaren 5 m derinliğe sarkıtılmıştır.

Haziran ayında plakaların bir kısmı çekilerek tutunma olup olmadığına dair ara değerlendirme, Ekim ayında tüm plakalar çekilerek son değerlendirme yapılmıştır. Ekim ayı sonundaki değerlendirmede 25 ve 33 no'lu plakaların sarkıtılmalarında kullanılan teller koptuğundan suya düşmüş ve değerlendirmeye alınamamışlardır.

Plakalar yerleştirildiğinde, Haziran ayındaki gözlemler sırasında ve sezon sonunda zebra midye larvası örnekleme yapılmıştır.

Zebra midye ile mücadelede bor ve bor bileşikleri ile yapılandırılmış antifouling fonksiyonlu nanokaplama ürünün teknik özellikleri aşağıda verilmiştir:

- Innov- Antifouling kaplama, sol-jel teknolojisi ile hazırlanmış 3 boyutlu inorganik ağ yüzeyde aşınması güç suda çözünmeyen yapı oluşturur.
- Si, Ti, O, C ve Bor elementlerinden oluşur. Bor ve bor bileşiklerinin nanoölçekte morfolojik özellikleri ve kimyasal özellikleri önemli bir artı değer getirmektedir. Yüzeyde morfolojik olarak kaygan, tutunmayı zorlaştıran bir yapı oluşturmak suretiyle, mikroorganizmalar yüzeye tutunmayı başarsa bile kaplamanın kimyasal yapısı ile bu organizmaların çoğalıp koloni oluşturmasını engellemektedir.
- En önemli özelliği biyosit veya salıverme mekanizması ile çalışan gümüş, bakır gibi metaller içermez.
- Ph: 3-4
- Alkol ve su esaslıdır. Alevden uzak tutulmalıdır.

- Kaplama kalınlığı: 1'µmm nin altındadır.
- Kaplamanın su ile yaptığı temas açısı : >100° , konvansiyonel antifouling boyalarda 60-70°
- Kaplamanın paslanmaz çelik üzerinde çizilme direnci : >1 N, konvansiyonel antifouling boyalarda çizilme direnci < 0,1 N
- Deniz ve su altında tüm yüzeylerde kullanılmaktadır.
- Soğukçekme saç yüzeylerde kumlama sonrası antikoroziyif astar üzerine veya astar üzerine 2K sonkat uygulandıktan sonra uygulanır. Cam veya jelcoat uygulanmış FRP yüzeylere temizleme sonrası direkt uygulanabilmektedir.
- Spray veya sünger rulo ile uygulanır.
- Kuruma süresi 25 °C, (1 - 4) saattir.
- Su ile temas etmeden en az 48 saat bekletilmelidir.
- Toksik değildir. Sağlık Bakanlığından gıda ile temas edebilir sertifikası alınmıştır.



Şekil 39 - Deneme plakalarının su içine sarkıtılması

Çizelge 10 - Boya denemesi

Formulasyon Grubu	Uygulama Şekli ve Plaka Numaraları					
	2 kat astar + son kat +borlu boya	2 kat astar + borlu boya	Çıplak sac + borlu boya	Astar + son kat	Çıplak sac	Antipas
1	37-44-7	20-47-19				
2	25-10-9	38-36-18				
3	4-1-23	8-15-26				
4	16-2-48	3-40-35	45-32-42			
5	50-34-39	46-5-29				
6	11-17-6	28-21-30				
7	31-41-27	14-12-43				
Kontrol				33-22	13	2 adet (Numarasız)

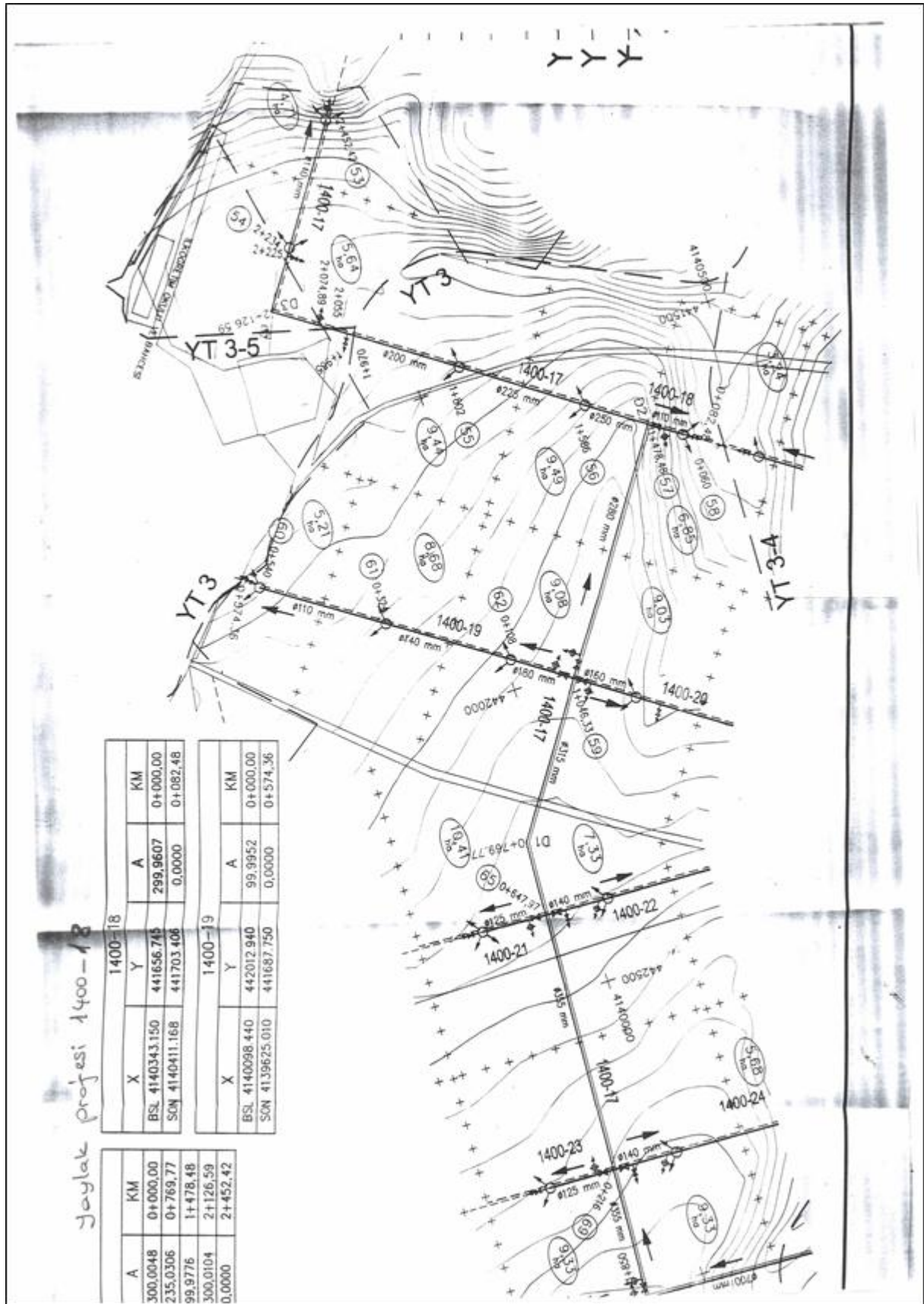
Filtre uygulaması

Eko Mühendislik Firmasınca önerilen Bernoulli filtresi DSİ 15. Bölge Müdürlüğü görev alanındaki Yaylak Kapalı Sulama Sisteminde denenmiştir.

Bernoulli filtresi (Şekil 40) 1400. 20 hattına monte edilmiş, 1400. 18 -1400. 21 ve 1400. 22 hatları kontrol hattı olarak seçilmiştir (Şekil 41).



Şekil 40 - Bernoulli filtresi



Şekil 41 - Bernoulli filtresinin kurulduğu hat ve kontrol hatları planı

Hatlara su verilmeden önce hidrant, vantuz, sürgülü vana, hat sonu vanaları ve filtreler açılarak zebra midye olup olmadığına bakılmış ve resimlenmiştir. Bu işlem sezon sonunda yinelenmiştir.

Deneme hattında filtre öncesi ve sistem çıkışından, kontrol hattında ise sisteme giriş ve çıkıştan zebra midye larvalarının tespiti için örnekleme ve sayımlar yapılmıştır. Larva örnekleme, sezon başı, ortası ve sonunda olmak üzere 55 µm göz aralıklı plankton ağından 100 L su süzülerek suretiyle yapılmıştır. 100 mL lik plastik şişeye konulan örnek % 4'lük formalin ile korunmuştur (Şekil 42).

Laboratuvara getirilen örnekten Hensen pistonlu pipeti ile 1 mL alınarak inverted mikroskopta sayılmıştır. 1 mL örnekteki larva sayısının belirlenmesinden sonra 1 m³ göl suyundaki larva sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$N = v \cdot n / V$$

Burada;

- N : 1 m³ göl suyundaki larva sayısı
v : Örnek hacmi (mL)
n : 1 mL örnekteki larva sayısı
V : Plankton ağında süzülen su miktarı (m³)



Şekil 42 - Zebra midye larva örnekleme

Bernoulli filtresinin teknik özellikleri:

- Kesintisiz Filtreleme için kendini otomatik olarak temizler.
- F450 Filtresi, filtre eleğinin üzerinde, debi geçişini engelleyebilecek birikimler oluşmasına meydan vermeden, temizleme işlemini başlatacak bir fark basınç uyarı sistemine sahiptir.
- Katı parçacıklar, bu sırada açılan deşarj vanası üzerinden filtre dışına atılırlar.
- Temizleme işlemi, önceden belirlenmiş zaman aralıklarında da yaptırılabilir.
- Suyun filtrelenmesi, temizlik işlemi sırasında kesintiye uğramamaktadır.
- Temizleme için ters yönden akış sağlanmasına gerek yoktur.
- Tek bir filtrede 20 m³/Saat'ten 7.000 m³/Saat'e kadar debi geçirme imkânı.
- Minimum basınç düşümü.
- 0,15 mm'den 10 mm'ye kadar filtreleme hassasiyeti.
- Herhangi bir yönde monte edilebilme imkânı.
- Düşük ağırlık.
- Her türlü çalışma şartlarında güvenilir işletme.
- 0,6 Bar gibi düşük basınçlarda ve PN 10'a kadar basınç seviyelerinde kullanılabilme imkânı.
- Yüksek miktarda kir yüklerinin kolaylıkla ayrılması.
- Düşük atık seviyesi ve akışkan kaybı.
- Düşük basınç kaybı sayesinde enerji tasarrufu.
- Büyük soğutma suyu sistemlerini, tesisleri ve prosesleri kirlenmeden korur.
- Filtre bakım kaynak gereksinimini minimize eder.
- Isı eşanjörleri ve tesislerde oluşacak hasarları önler.
- Üretim durması ve üretim hatalarının önüne geçer.

Sonuçlar ve tartışma

Boya uygulaması sonuçları

Haziran ayında Tatarhöyük PS-1-2 Pompa İstasyonuna sarkıtılan 51 adet plakadan 18 adedi çekilmiş, üzerlerinde plantigrade ve juvenil yerleşmesi olup olmadığı kontrol edilmiştir. Kontrol sonuçları Çizelge 11'de, deneme süresince yapılan larva sayımları Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 11 - Boya denemesi ara değerlendirme sonuçları

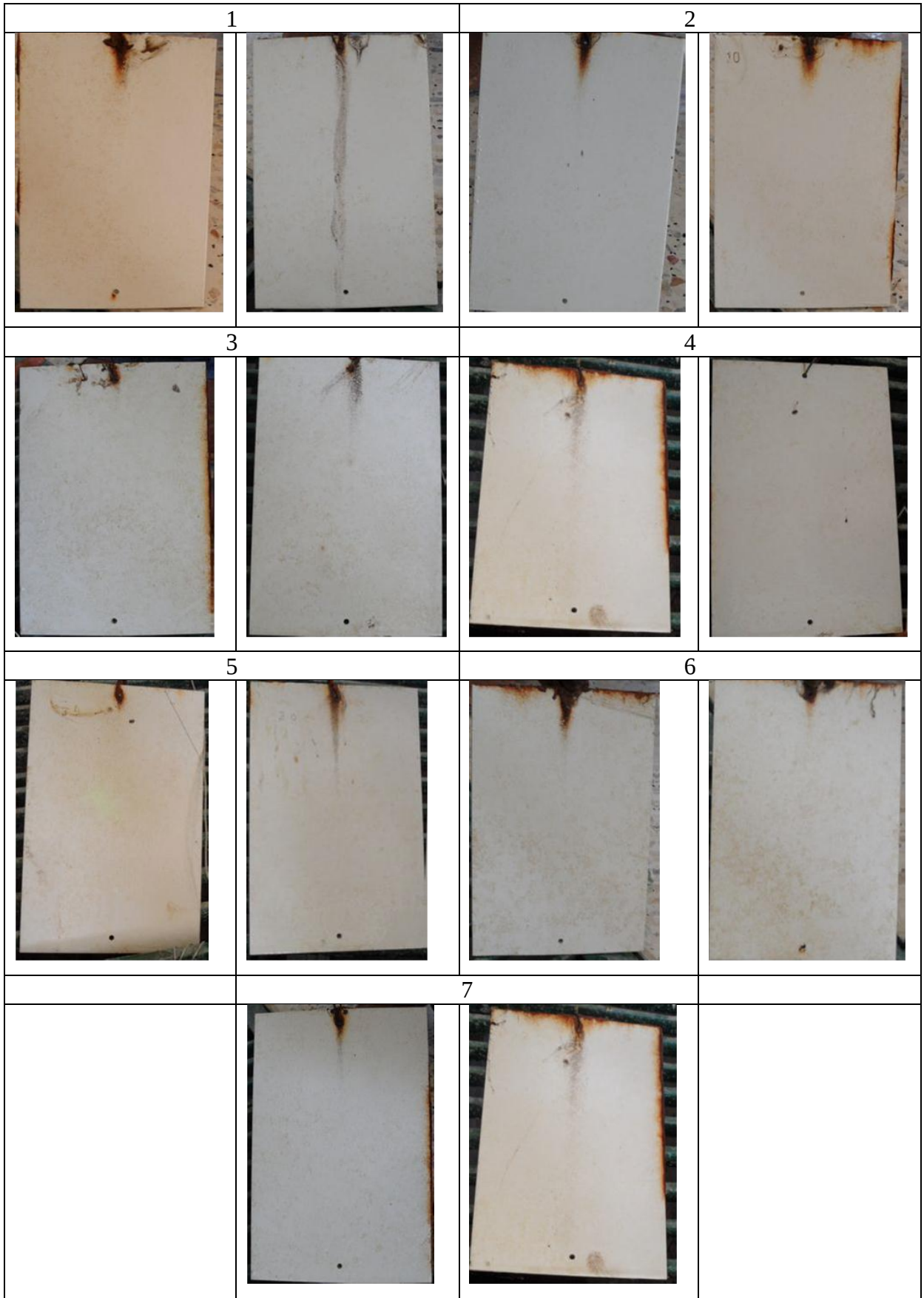
Formülasyon		Plaka No	Zebra Midye Yerleşikliği
1-son kat	Borlu boya uygulanmış plakalar	37	1 adet juvenil var
1-astar		20	1 adet juvenil var
2-son kat		25	2 adet juvenil var
2-astar		38	Tutunma yok
3-astar		8	Tutunma yok
3-son kat		4	1 adet juvenil var
4-saç		45	1 adet juvenil var
4-astar		3	1 adet juvenil var
4-son kat		16	Tutunma yok
5-astar		46	2 adet juvenil var
5-son kat		50	Tutunma yok
6-son kat		11	1 adet plantigrade, 1 adet juvenil
6-astar		28	1 adet juvenil var
7-son kat		31	Tutunma yok
7-astar		14	1 adet juvenil var
Çıplak saç	Kontrol plakaları	13	Tutunma yok- Aşırı paslanma
Astar		33	Tutunma yok
Son kat		22	Tutunma yok

Çizelge 12 - Tatarhöyük PS 1-2 pompa istasyonunda zebra midye larva sayıları

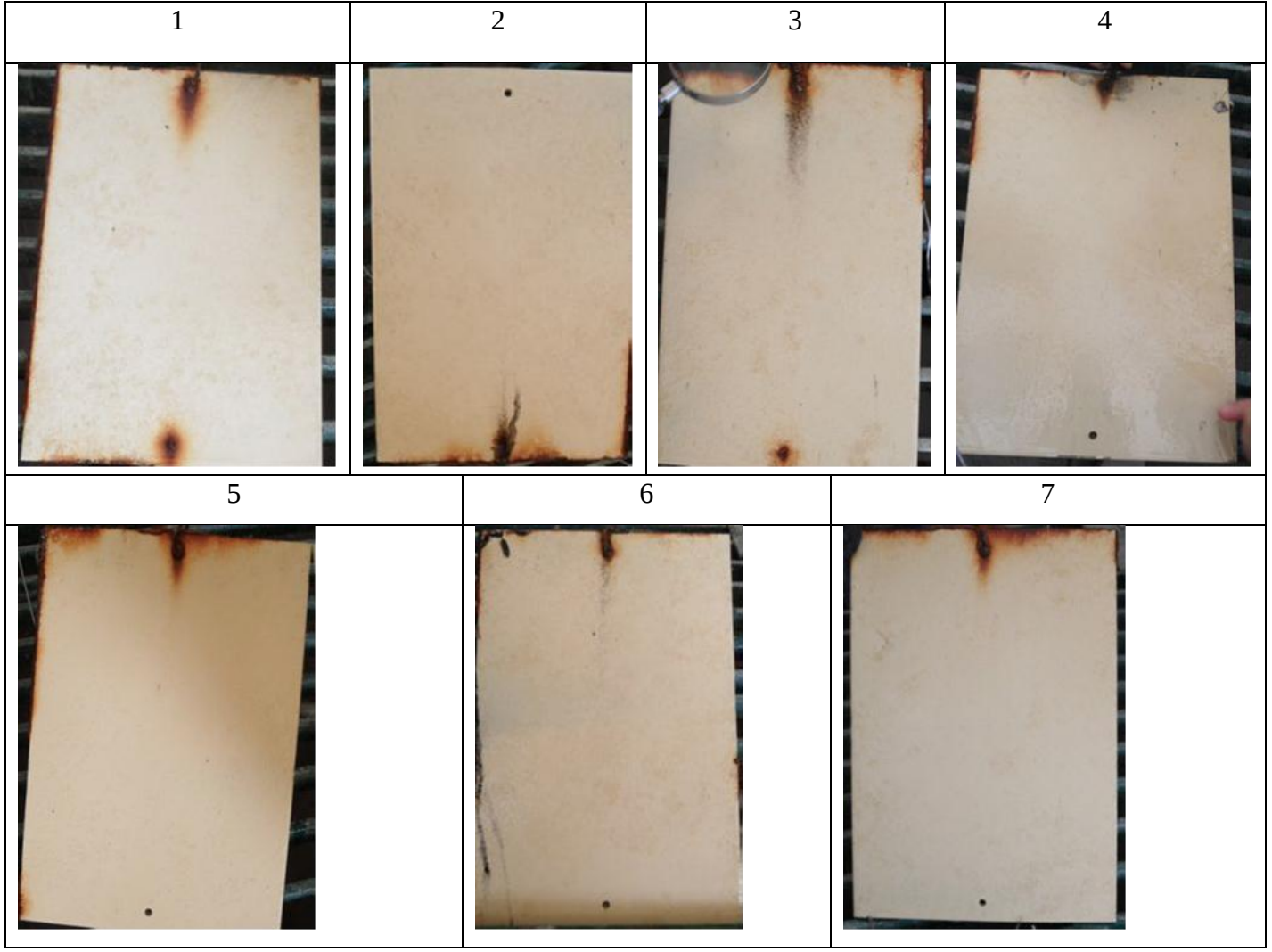
31.03.2011		23.06.2011		18.10.2011	
Su Sıcaklığı	adet /m ³	Su Sıcaklığı	adet /m ³	Su Sıcaklığı	adet /m ³
°C		°C		°C	
16	0	28	42000	23	500

1	3	4	5
			
6	7	Son kat - Kontrol	
			

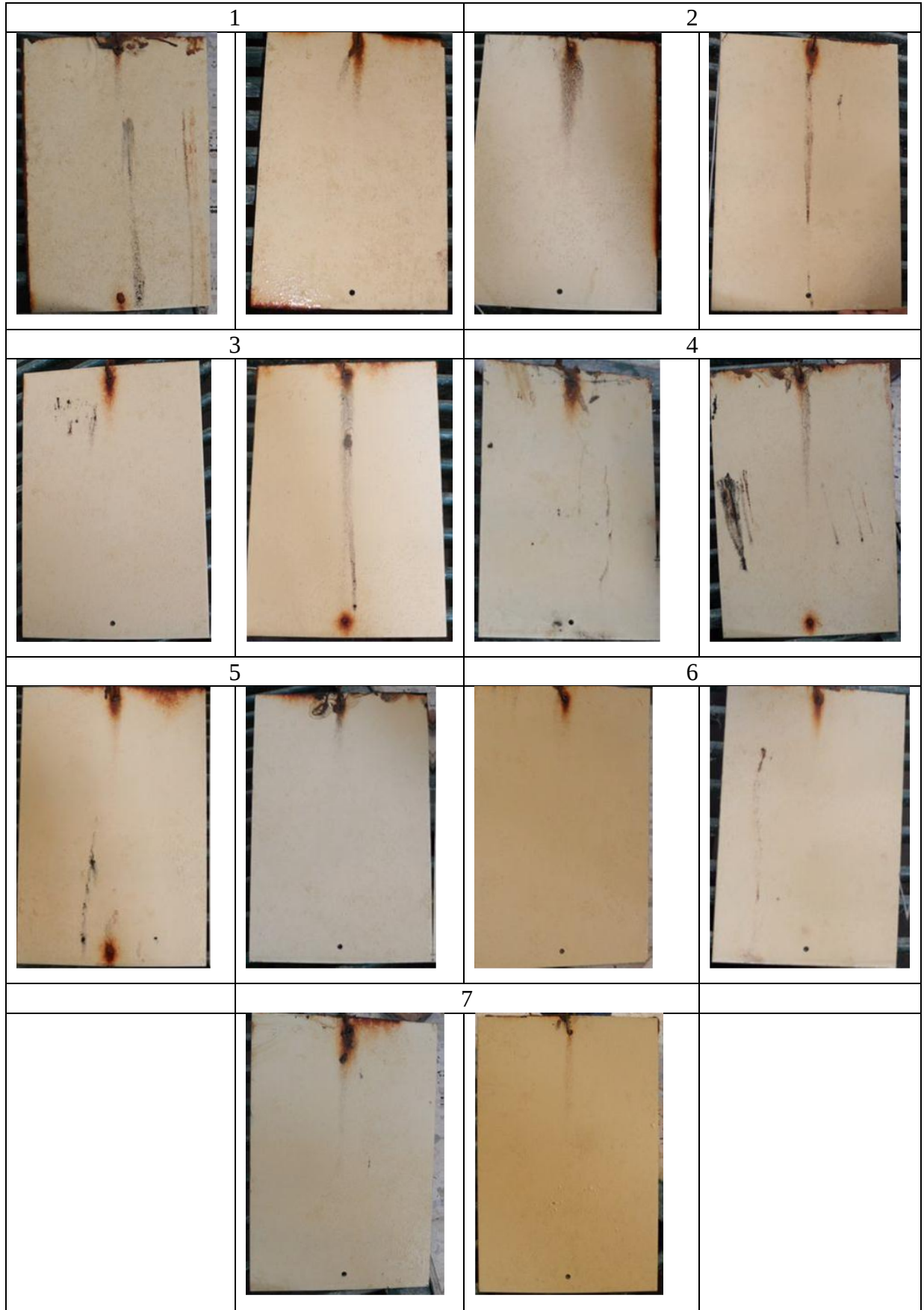
Şekil 43 - Haziran ayında ara değerlendirmeye alınmış son kat üzerine sol-jel uygulamalı plakaların Ekim ayı sonundaki görünüşleri



Şekil 44 - Ara değerlendirmeye alınmamış son kat üzerine sol-jel uygulamalı plakaların ekim ayı sonundaki görünüşleri



Şekil 45 - Haziran ayında ara değerlendirmeye alınmış astar üzerine sol-jel uygulamalı plakaların Ekim ayı sonundaki görünüşleri



Şekil 46 - Ara değerlendirmeye alınmamış astar üzerine sol-jel uygulamalı plakaların Ekim ayı sonundaki görünüşleri

Ara değerlendirme	Ara değerlendirme yapılmamış	
		

şekil 47 - Doğrudan saç üzerine bor uygulamalı (4 no'lu formülasyon) plakaların ekim ayı sonundaki görünüşleri

Antipas	Antipas	Kaplamasız saç
		

şekil 48 - Kontrol plakalarının Ekim ayı sonundaki görünüşleri



Şekil 49 - Pompa istasyonu içinde tespit edilen zebra midye görüntüleri



Şekil 50 - Pompa istasyonu girişinde tespit edilen zebra midye görüntüleri

Boya denemesi ile ilgili olarak firma tarafından yapılan değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir:

Son kat üzerine uygulanmış olan formülasyonlarda, yüzeylerde meydana gelen biyolojik gelişim açısından en iyi sonucu 7 no'lu formülasyon başta olmak üzere 1 ve 2 nolu formülasyonlar sergilemiştir. Astar üzerine uygulanmış olan formülasyonlarda ise 3, 5, 6 ve 7 no'lu formülasyonlar diğerlerine nazaran daha iyi sonuç vermişlerdir.

Çıplak saç üzerine sadece 4 no'lu formülasyon ve antipas uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Çıplak saç ve antipaslı kontrol plakaları, ara değerlendirmeye alınmayarak hiç müdahale edilmemiş olan 4 no'lu formülasyon uygulamalı plakalara göre oldukça yüksek paslanma sergilemişlerdir.

Yüzeylerinde sol-jel uygulaması olmayan saçlar yüksek derecede paslanma sergilemiştir. Biyolojik gelişim paslı yüzeylerde gerçekleşemediğinden bu yüzeylerde de zebra midye görülmemiştir.

Firma tarafından yapılan değerlendirmeler de göz önüne alınarak boya denemesinden aşağıdaki sonuçları çıkarmak mümkündür:

Ekim ayındaki kontrollerde, haziran ayındaki kontrolde tespit edilmiş olan başkalaşım aşamasındaki zebra midyelerin plakalarda tutunarak gelişimlerini tamamlayamadıkları anlaşılmıştır.

Tamamı paslanan kontrol plakalarının yüzeyinde zebra midye tutunması ve gelişmesine uygun olmayan gevşek bir doku oluştuğu gözlenmiş, kontrol olarak hazırlanan plakaların amaca uygun olmadığı görülmüştür.

Pompa istasyonu girişinde ve içerisinde değişik bölümlerde zebra midye tutunması ve gelişmesi görülmesine karşılık deneme plakalarında zebra midye tutunmasının gözlenmemesi borlu boya formülasyonlarının etkili olduğunu düşündürmektedir.

Formülasyonların dayanıklılık açısından benzer sonuçlar verdiği, plaka yüzeyinde biyolojik gelişim olmaması bakımından en iyi sonucu 7 no'lu formülasyonun verdiği gözlenmiştir.

Filtre uygulaması sonuçları

Filtre denemesi sırasında yapılan zebra midye larvası ile ilgili sayım sonuçları Çizelge 13'te verilmiştir. Çizelgedeki sonuçlar; Mart ayında kitlesel üretimin henüz başlamadığını, Haziran ayında tüm örnekleme noktalarında önemli ölçüde larva üretimi olduğunu, Ekim ayında üretimin azaldığını göstermektedir.

Çizelge 13 - Zebra midye larva sayıları ve su sıcaklıkları

	31.03.2011		23.06.2011		18.10.2011	
	°C	adet /m ³	°C	adet/m ³	°C	adet/m ³
Atatürk Baraj Gölü	12	0	27,5	12342	26	3822
1400-1200-1600 Priz Yapısı	13	333	25	4500	-	Örnek Alınmadı
1400-20 H2 Filtre Hattı	17	0	24	9000	24	1000
1400-18 H1 Kontrol Hattı	-	Örnek Alınmadı	24	6500	24	0
1400-21 H1 Kontrol Hattı	16	0	24	20667	24	500
1400-22 H2 Kontrol Hattı	15	167	24	4500	24	0

Bernoulli filtresinin takıldığı hat ve kontrol hatlarında önceden hidrant, vantuz, sürgülü vana, hat sonu vanaları ve hidrant filtreleri açılarak zebra midyenin varlığı tespit edilmiş olmasına ve deneme sırasında su örneklerinde zebra midye larvaları bulunmasına rağmen sezon sonunda hatlarda zebra midye tutunması tespit edilememiştir (Şekil 51).



Şekil 51 - Sulama sezonu sonunda hidrant bölümlerinden görüntüler

Bernoulli filtresinin, dağıtım kanalı su alma ağzında bulunan ızgara dışında, herhangi bir ek kaba filtre kullanılmadan, sulama sezonu boyunca, sürekli ve problemsiz olarak çalıştığı görülmüştür.

Soğutma sistemlerindeki filtre boyutlarının azaltılması ve ters yıkamalarla, filtrelerde tutunan midyelerin sistemden uzaklaştırılması kuramsal olarak uygun görülmekle birlikte, göz açıklığının azaltılması ek sorunlara neden olabildiğinden, bu yöntemin kullanma alanlarının sınırlı olduğu anlaşılmaktadır.

Filtrasyon denemeleri sırasında Merkez Bozova ve Yaylak Sulamasındaki mevcut filtrelerin performansları incelenmiş ve aşağıdaki sorunlar tespit edilmiştir:

Merkez Bozova ve Yaylak Sulamasındaki mevcut filtreler 2 bölümden oluşmaktadır. Girişteki kaba filtre bölümü otomatik olarak değil de, filtre sökülerel el ile temizlenebilmektedir. Bu işlemin zahmetli olması nedeniyle ihmal edildiğı ve işletme sırasında ciddi problem yarattığı görülmüştür.

Merkez Bozova Filtre İstasyonundaki kaba eleklerin basınç altında kırıldığı ve otomatik çalışan hassas filtreleme kısmına da zarar verdiği ve filtrelerin devre dışı kaldığı tespit edilmiştir (Şekil 52).

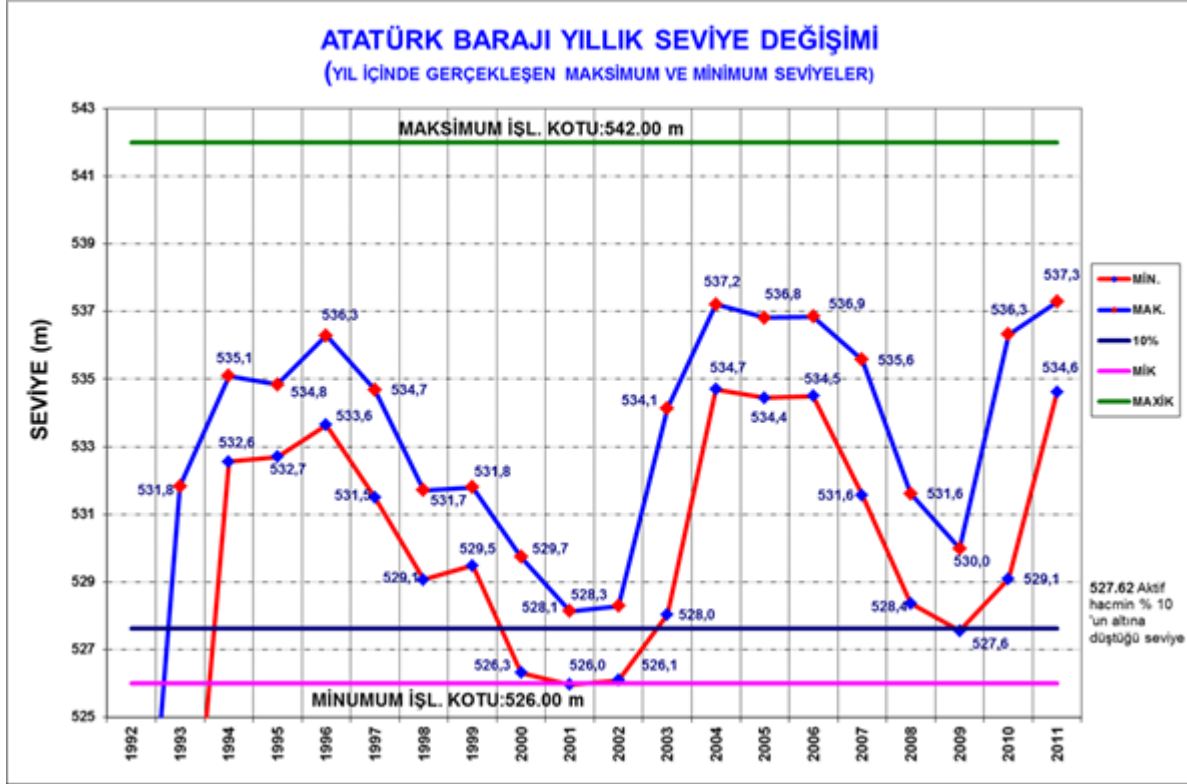
Yaylak Sulaması Filtre İstasyonlarında temizlenmesi ihmal edilen kaba filtrelerin basınç kayıplarına yol açtığı ve yağmurlama başlıklarının çalışmadığı ve bu nedenle de filtrelerin by-pass edildiğı görülmüştür. Yaylak ve Bozova sulamalarında kullanılmakta olan filtrelerin, çalıştırılrsa bile zebra midye larvalarının sisteme girişini engellemediğı tespit edilmiştir (2010).



Şekil 52 - Merkez Bozova sulaması filtre istasyonunda tespit edilen görüntüler

Zebra midye araştırmalarında gözlenen çevresel değişimler

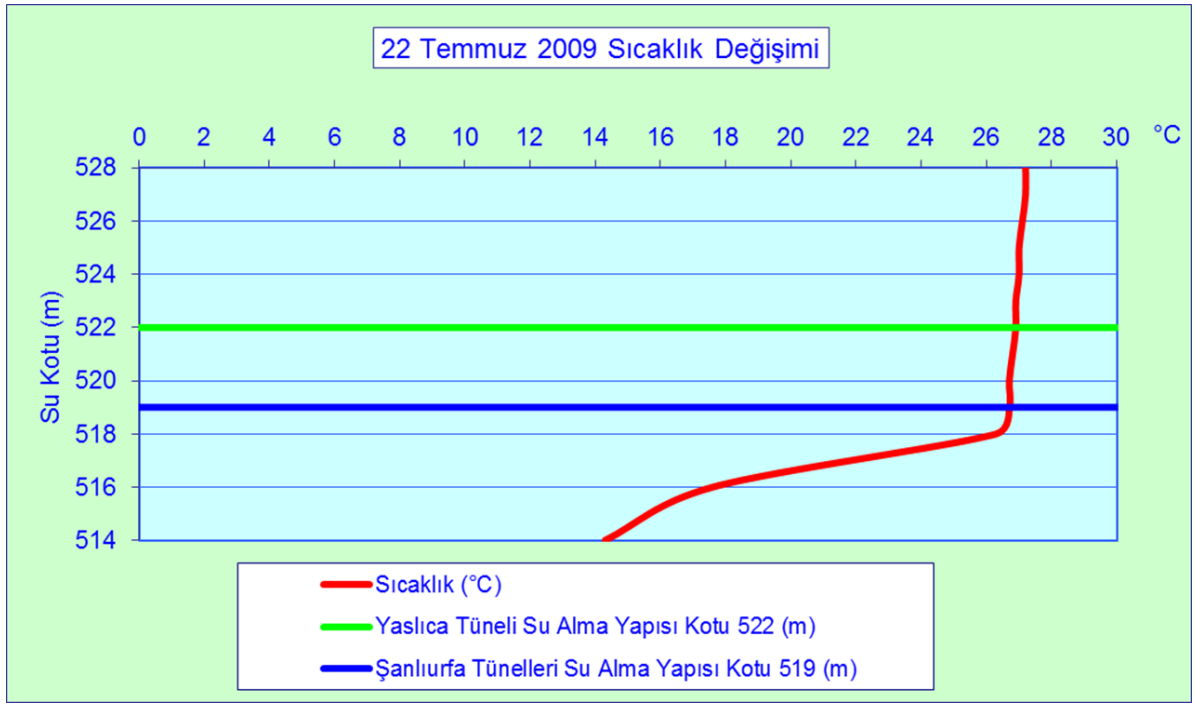
Atatürk Barajında yıllara göre seviye değişimleri Şekil 53'te verilmiştir. Seviye değişimlerinin önemli çevresel etkileri vardır. Durgun su kütlelerinde artan hava sıcaklığı ile birlikte sıcaklık tabakalaşması görülmektedir. Sıcaklık tabakalaşmasında üst kısımda sıcak, alt kısımda soğuk su kütlesi bulunmaktadır. Seviye değişimleri ile sıcaklık tabakalaşması, sucul yaşamı ve baraj gölünden su alan sulama sistemlerini doğrudan etkilemektedir.



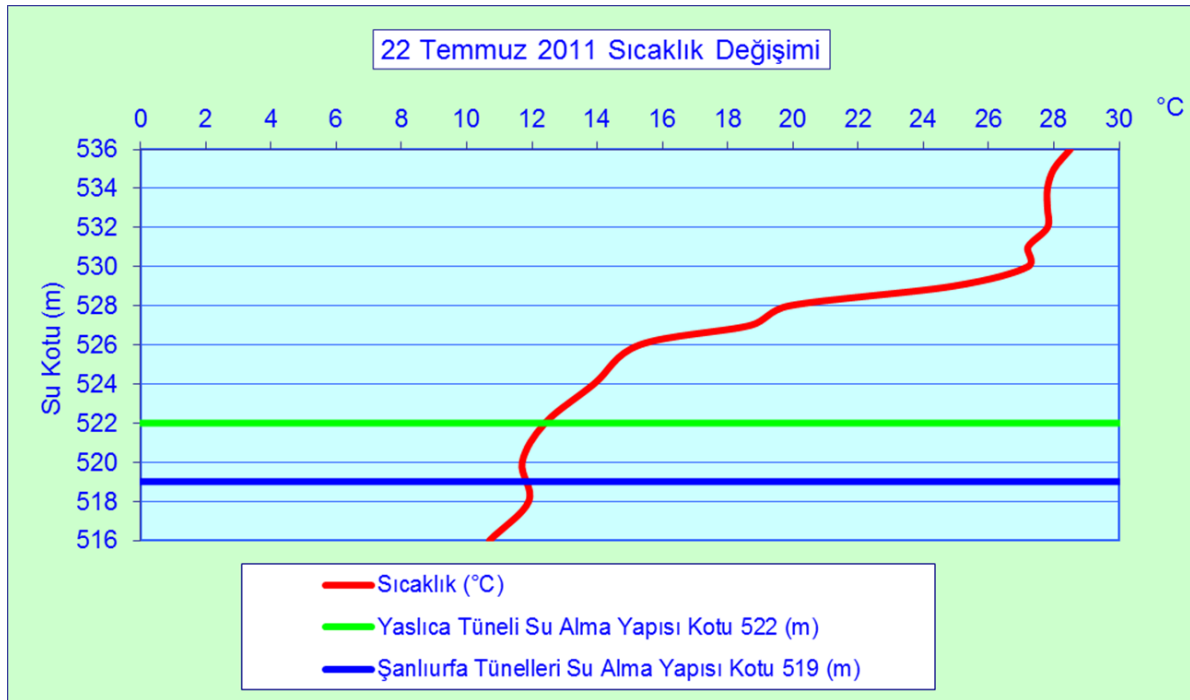
Şekil 53 - Atatürk Barajı yıllara göre seviye değişimi

Temmuz 2009'da Şanlıurfa tünelleri ve Yaslıca tüneline (26 - 27) °C sıcaklığında su girişı olurken (Şekil 54) su seviyesindeki yükselmeden dolayı Temmuz 2011'de (11 - 12) °C sıcaklığında su girişı olduğu görülmektedir (Şekil 55).

(26 - 27) °C'un üzerindeki ve (11 - 12) °C'un altındaki su sıcaklığının larva gelişimi için uygun olmadığı bildirilmektedir (DSİ, 2005).



Şekil 54 - Atatürk Baraj Gölü'nde derinliğe bağlı sıcaklık değişimi (2009)



Şekil 55 - Atatürk Baraj Gölü'nde derinliğe bağlı sıcaklık değişimi (2011)

Atatürk Barajının 528 m ve daha düşük kotlarda işletilmesi halinde Temmuz - Ağustos aylarında tünellere (26 - 27) °C'un üzerindeki sıcaklıkta su verilebilecektir.

Bu durumda;

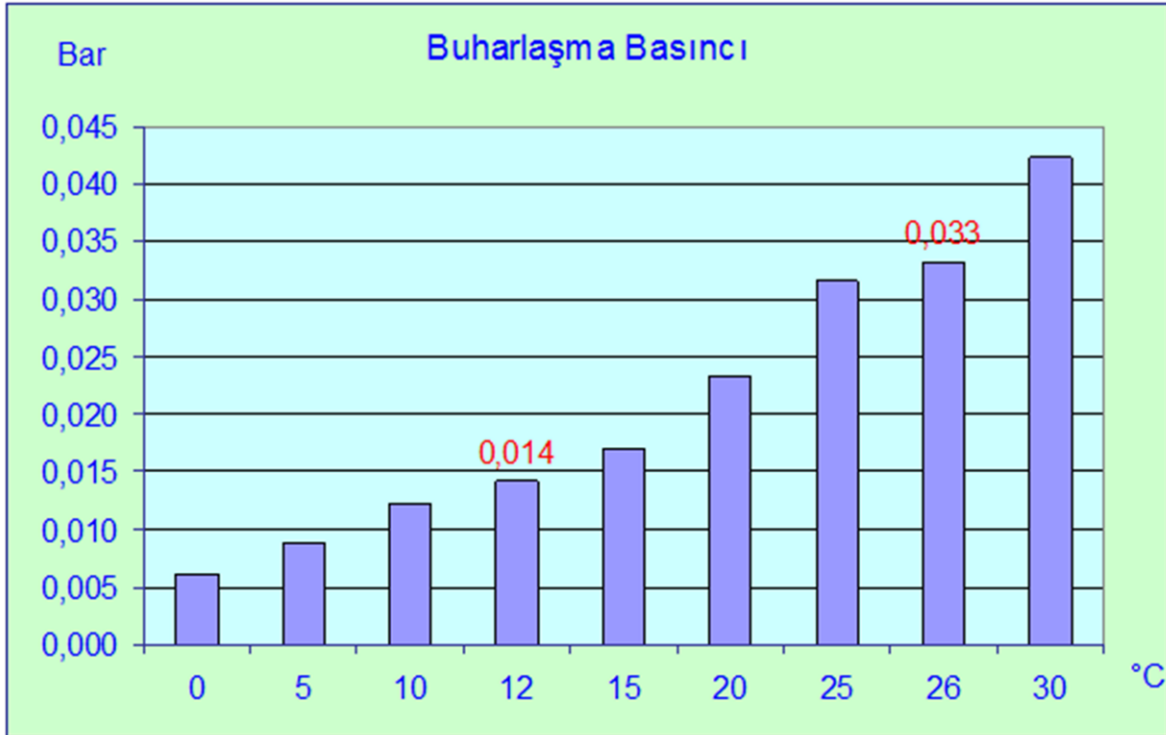
- Temmuz- ağustos ayları dışında tünellere verilen su sıcaklıkları, larva gelişimi için uygun değerlere düşecek,
- Tünellere yüksek sıcaklıkta su verildiğinde kanallardaki buharlaşma kaybı da yüksek olacak (Şekil 56),

- Baraj düşük kotlarda işletildiğinde Şanlıurfa tünellerinden alınan suyun debisi de düşük olacaktır.

Atatürk Barajının 536 m ve daha üst kotlarda işletilmesi halinde sulama sezonu boyunca tünellere 12 °C'un altında su verilebilecektir.

Bu durumda;

- Tünellere sulama sezonu boyunca larva gelişimine uygun olmayan düşük sıcaklıkta su verilecek,
- Düşük sıcaklıktan dolayı kanallardaki buharlaşma kaybı önemli oranda azaltılmış olacak,
- Tünellerden gerekli debide suyu almak mümkün olacaktır.



Şekil 56 - Sıcaklıkla buharlaşma basıncının değişimi

Öneriler

- Atatürk Barajı mümkün olduğunca 536 m kotunun üzerinde işletilmelidir.
- Mevcut filtreleri yarı otomatik hale getiren kaba-hassas elekli 2 bölümlü filtreler yerine, kaba elek gerektirmeyen tam otomatik çalışan tiplerin seçilmesi uygun olacaktır.
- Tüm filtre sistemlerinde işlemin herhangi bir aşamasında elektrik enerjisi ihtiyacı olduğundan, pompaj sulamaların filtrelenmesine öncelik verilmelidir.
- Sistemin uç tahliyelerinin cazibe ile çalışması ve ana tahliyelere bağlanması sağlanmalıdır.
- Sulama mevsimi sonunda zebra midyelerin yaşama ortamını ortadan kaldırmak ve sistem içinde tutunmuş olan zebra midyelerin kuruda kalmasını sağlamak için su tamamen boşaltılmalıdır.
- Sulama mevsimi öncesi ise kurumuş midyelerin hidrantları tıkamaması için tek tek uç tahliyeler çalıştırılarak dışarı atılması sağlanmalıdır.
- Krepin yapılarının tıkanması boru içindeki su hızını düşürerek zebra midyelerin tutunmasını kolaylaştırmaktadır. Krepin yapılarının tıkanmasını önlemek için ana kanallara otomatik ızgaraların konulması gerekmektedir.

- Yapılan malzeme denemesinde en iyi sonucu veren CTP boruların iç tarafında daha düzgün bir yüzey elde edilmesinin önemi boru üreten firmalara bildirilmelidir.
- Kapalı sistemde kullanılan malzemelerin (vana, vantuz, hidrant vb.) tek tip olması işletme ve bakımda kolaylık sağlayacaktır.
- Depolama (membran) havuzlarında rüzgâr erozyonu nedeniyle biriken tortu, su içi otlarının gelişimini hızlandırarak sistemin tıkanmasına yol açmaktadır. Havuzların boşaltılmasında yetersiz kalan mevcut tahliyeler ıslah edilmelidir.
- Bu havuzlara yabani hayvanların düşmesi halinde kolaylıkla çıkmaları için havuz şevlerine merdiven projelendirilmesi (havuz şevlerindeki tahribatları engellemek için) önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Altınayar, G., S. Üstündağ, H. Çevlik, 2005 a. Hidroelektrik Santrallerde Sorun Yaratan Zebra Midye Araştırmaları. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. DSİ Gn. Md. İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı. Ankara
- Aksu, S., E. A. Baran, H. Çevlik, H. Erşan, S. Üstündağ, İ. Şahin, M. S. İpek, Y. Ağan, 2007 a. Kapalı Sulama Sistemlerinde Zebra Midye İle Savaşım Yöntemlerinden Mekaniksel Süzme Deneme Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü
- Aksu, S., E. A. Baran, H. Çevlik, S. Üstündağ, İ. Şahin, M. S. İpek, Y. Ağan, 2007 b. Zebra Midye İle Savaşımında Malzeme Denemesi Sonuç Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü
- Aksu, S., E. A. Baran, S. Üstündağ, İ. Şahin, M. S. İpek, Y. Ağan, 2008. Zebra Midyenin Kontrol Yöntemleri Üzerine Araştırmalar Projesi Çalışma Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü
- Bobat, A., G. Altınayar, S. Üstündağ, H. Çevlik, 2005 b. Hidroelektrik Santrallerde Zebra Midye Sorunu ve Savaşımı. EÜAŞ Gn. Md. Eğitim ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayın No:2. Ankara
- Bobat, A., M.O.Hengirmen, and W.Zapletal, 2001 b. Zebra Mussel Research Project in Birecik Hydro Power Plant. Second Progress Report (June-September, 2001). Verbundplan. Birecik Barajı İşletme Ltd. Şti. 63 400 Birecik/ Şanlıurfa.
- Bobat, A., M. O. Hengirmen and W. Zapletal, 2002 a. Zebra Mussel Research Project in Birecik Hydro Power Plant. Final Report (May, 2002). Verbundplan. Birecik Barajı İşletme Ltd. Şti. 63 400Birecik/ Şanlıurfa.
- Çevlik, H., H. Erşan, 2006. Zebra Midye Araştırmaları Seyahat Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü
- DSİ, 1995. Su Yapılarında Ortamlara Göre Kullanılabilecek Uygun Boya Sistemleri. T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı Yayın No: Kİ-896, Ankara. 14 s.
- Molloy, D.P., A.Y. Karatayev, L. E. Burlakova, D. P. Kurandino and F. Laruelle, 1997. Natural Enemies of Zebra Mussels: Predators, Parasites, and Ecological Competitors. Reviews in Fisheries Science, 5 (1): 27-97.
- Ryan, M.F., 1998. Extremely Low Frequency Electromagnetism: An Effective Nonchemical Method for Control Zebra Mussel Infestation. Proc.of the Eight International Zebra Mussel and Aquatic Nuisance Species Conf. 8,81.
- ZMIS, 2001. Zebra Mussel Information System. U.S.Army Engineer Research and Development Center (ERDC), Waterways Experiment Station. 30909 Halls Ferry Road. Vicksburg, MS 39 180, USA.
- ZMIS, 2002. Zebra Mussel Information System. U.S.Army Engineer Research and Development Center (ERDC), Waterways Experiment Station. 30909 Halls Ferry Road. Vicksburg, MS 39 180, USA (<http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/>).