

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**KEBAN BARAJ GÖLÜ PERTEK AVLAK SAHASINDA BULUNAN MİDYE
POPULASYONLARININ EKOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN SU ALTI DALIŞ
TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ**

Zühal TAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

I. DANIŞMAN

Prof. Dr. Volkan KIZAK

II. DANIŞMAN

Doç. Dr. Önder AKSU

TUNCELİ – 2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KEBAN BARAJ GÖLÜ PERTEK AVLAK SAHASINDA BULUNAN MİDYE
POPULASYONLARININ EKOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN SU ALTI DALIŞ
TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ**

Zühal TAŞ
(200100020)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

I. DANIŞMAN

Prof. Dr. Volkan KIZAK

II. DANIŞMAN

Doç. Dr. Önder AKSU

TUNCELİ – 2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KEBAN BARAJ GÖLÜ PERTEK AVLAK SAHASINDA BULUNAN MİDYE
POPULASYONLARININ EKOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN SU ALTI DALIŞ
TEKNIĞI İLE BELİRLENMESİ**

**Zühal TAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 11/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....	İmza:.....	İmza:.....
Prof. Dr. Volkan KIZAK (Munzur Üniversitesi)	Doç.Dr. Başar ALTINTERİM (Malatya Turgut Özal Üniversitesi)	Doç. Dr. Filiz Kutluyer KOCABAŞ (Munzur Üniversitesi)
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMUB021-20

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Zühal TAŞ

Danışman
Prof. Dr. Volkan KIZAK

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı'nda yürütülmüştür.

Tüm bu süreçte benden desteğini esirgemeyen ve her konuda yardımcı olan tez danışmanlarım Sayın Prof. Dr. Volkan KIZAK ve Doç. Dr. Önder AKSU'ya, dalış tüplerinin doldurulmasında yardımcı olan dalış eğitmeni Suat TOKSUN'a ve dalış asistanı Umut Taha KARAKÖSE'ye, dalış bölgesinde teknesini kullandıran ve dalışlarda yardımcı olan Su ürünleri Mühendisi Serkan TAŞ'a teşekkür ederim.

Zühal TAŞ
Tunceli - 2023



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER	III
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IV
TABLolar LİSTESİ.....	V
RESİMLER LİSTESİ.....	VI
SEMBOLLER LİSTESİ.....	VII
KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
ÖZET.....	IX
ABSTRACT	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Tatlısı midyelerinin genel özellikleri ve biyolojisi	2
1.1.1. Morfolojik ve anatomik yapısı	2
1.1.2. Tatlısı midyelerinin ekolojik özellikleri ve beslenmesi	4
1.1.3. Midyelerin üremesi	6
1.1.4. Kirlilik ve sedimantasyon	9
1.2. Midyelerin önemi	9
1.2.1. Ekolojik önem	9
1.2.2. Kültürel ve ekonomik önem	10
1.3. Dalış yaparak su altı populasyonlarının incelenmesi	11
1.4. Oksidatif stres ve antioksidanlar	12
1.5. Daha önce yapılan çalışmalar	13
1.6. Keban Baraj Gölü midyeleri	16
1.6.1. Zebra midye (<i>Dreissena polymorpha</i>)	16
2. MATERYAL VE METOT	19
2.1. Çalışmada bölgesi.....	19
2.2. Sualtı dalış, gözlem ve örneklemeye çalışmaları	20
2.2.1. Dalış malzemeleri	20
2.2.2. Sualtı dalış çalışmaları	21
2.3. Örneklerin boy ve ağırlık ölçümleri	23
2.4. Antioksidan analizleri.....	24
2.4.1. Diseksiyon ile örnek alma	24
2.4.2. Süpernatantların hazırlanması	24
2.4.3. Biyokimyasal analizler	27
2.10. İstatistiksel analizler	27
3. BULGULAR.....	28
3.1. Sualtı gözlemler	28
3.2. Midyelerin uzunluk-ağırlık parametreleri	35
3.2.1. Ortalama uzunluk ve ağırlıklar	35
3.2.2. Uzunluk ağırlık ilişkisi	35
3.2.3. Genişlik ağırlık ilişkisi	35
3.2.4. Genişlik uzunluk ilişkisi	36
3.3. Antioksidan analiz sonuçları	37
4. TARTIŞMA.....	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
6. KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Midye kabuğu morfolojisi (Neddeau ve ark., 2009).....	3
Şekil 1.2. Midye iç-dış kesit (Neddeau ve ark., 2009)	4
Şekil 1.3. Bir tatlı su midyesinin iç anatomisi (Jones ve ark., 2019)	4
Şekil 1.4. Midyenin etli ayağı ve dış sifonları görülmektedir (Helfrich ve ark. 1997)	5
Şekil 1.5. Bir tatlısu midyesinin kesiti (Jones ve ark., 2019)	7
Şekil 1.6. Tatlısu midyesinin yaşam döngüsü (Neddeau ve ark., 2009)	8
Şekil 1.7. Dreissena polymorpha tarafından enfestasyona uğramış bir <i>Anodonta anatina</i> (Ercan ve ark., 2013)	18
Şekil 2.1. Çalışma bölgesi (URL-2, 2017; URL-3, 2021)	19
Şekil 3.1. Midyelerin uzunlukları ile ağırlıkları arasındaki ilişki	35
Şekil 3.2. Midyelerin genişlikleri ile ağırlıkları arasındaki ilişki	36
Şekil 3.3. Midyelerin genişlikleri ile uzunlukları arasındaki ilişki	36

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Midyelerin antioksidan analiz sonuçları	38
---	----



RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Çalışma bölgesinin geniş açılı resmi	19
Resim 2.2. Tekneye yüklenmiş dalış malzemeleri	20
Resim 2.3. Dalış bölgelerine ulaşımında kullanılan balıkçı tekneleri	21
Resim 2.4. Badi sistemi ile 2 kişilik dalış çalışması	22
Resim 2.5. Midyelerin dalgıç tarafından el ile toplanması	22
Resim 2.6. Midyelerin en ve boylarının dijital kumpas ile ölçülmesi	23
Resim 2.7. Midyelerin ağırlıklarını tartıldığı hassas terazi	24
Resim 2.8. Çözeltiye glikoz eklenerek pH ayarlama işlemi	25
Resim 2.9. Homojenizasyon işlemi	26
Resim 2.10. Santrifüj cihazı	26
Resim 2.11. Numunelerin mikropipetler ile kitlere bırakılması	27
Resim 3.1. Kıyıda 10 cm derinlikte A 1-2 mm boyunda B yaklaşık 5-10 mm boyunda midye kümeleri.....	28
Resim 3.2. Yaklaşık 3 m derinlikte kayaya tutunmuş yaklaşık 10 mm boyunda midyeler	29
Resim 3.3. 8-10 m derinliklerde yaklaşık 30 mm büyüklükte midyeler	29
Resim 3.4. 40 mm'den büyük ölmüş midyelerin kabukları	30
Resim 3.5. Su içinde ve su dışında ölmüş midyelerin kabukları	30
Resim 3.6. Plastik bir halkayı substrat olarak kullanan midyeler.....	31
Resim 3.7. Halatlara tutunmuş genç midyeler	32
Resim 3.8. Balık kafesi ağlarına tutunmuş genç midyeler	32
Resim 3.9. Boş midye kabukları (A) ve bunların üzerinde yeni genç midyeler (B)	33
Resim 3.10. Sifonları açık şekilde bekleyen midyeler	34
Resim 3.11. Aşırı sediment altında kalarak sifonlarını iyice uzatmak zorunda kalan midyeler	34

SEMBOLLER LİSTESİ

O₂	: Oksijen
mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
mm	: Milimetre
µM	: Mikrometre
n	: Birey sayısı
L	: Litre
ml	: Mililitre
w	: Weight, ağırlık
v	: Volume, hacim
pH	: Power of Hydrogen, bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesi
OH	: Hidroksil iyonu
rpm	: Revolutions per Minute, dakikadaki devir sayısı
dk	: Dakika
m	: Metre
O₂⁻	: Süperoksit
H₂O⁻	: Perhidroksi
H₂O₂	: Hidrojenperoksit
RO	: Alkoksi
°C	: Santigrat

KISALTMALAR LİSTESİ

ROS	: Reaktif oksijen türleri
SOD	: Süperoksit dismutaz
MDA	: Malondialdehit
CAT	: Katalaz
SCUBA	: Self-Contained Underwater Breathing Apparatus: Kendinden Yeterli Sualtı Solunum Aygıtı
HES	: Hidroelektrik santralleri
BC	: Denge yeleği



ÖZET

Sualtı dalış gözlem çalışmalarında en küçük boydaki midyelerin kıyıda 5-10 cm derinliklerde tutunabilecekleri nesnelerin üzerinde kümeler halinde oldukları görülmüştür. Kıyıdan derinliklere doğru gidildikçe de midyelerin boylarının büyüdüğü tespit edilmiştir. Midyelerin uygun tutunma yeri olan yerlerde direk güneş ışınlarına doğru durmadıkları, kayalık yerlerin yan kısımlarına yapışarak indirekt olarak faydalandıkları görülmüştür. Büyük midyelerin genelde ortalama 30 mm büyüklükte oldukları belirlenmişse de, 40 mm den daha büyük ve çok sayıda midye kabuklarına da rastlanılmıştır. Ancak bunlardan hiç birine canlı olarak rastlanılmamış, kümeler halinde ölü ve boş kabukları bulunmuştur. Midyelerin su zeminine göre yayılım gösterdikleri belirlenmiştir. Çıplak taban çamurundansa rahatça tutunabilecekleri kayalık bölgeleri tercih ettikleri görülmüştür. Çıplak kumlu tabanlarda ise bulabildikleri teneke kutu, şişe, plastik artıklar, halat, balık ağıları ve hatta tekne tabanlarına kadar tutunup kümeler halinde yaşadıkları tespit edilmiştir. Gözlem yapılan ve midyelerin yaşamalarına uygun zemin yapılarının tamamen midyeler ile kaplı oldukları olduğu, en fazla canlı midye kümelerinin 0-8 m arasındaki derinliklerde olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan suyun daha berrak olduğu ve gün ışığının daha derinlere ulaşabildiği bölgelerde ise 15 m derinliklerde de canlı midye kümelerine bolca rastlanılmış ve canlı midyelerin bulunduğu derinlik sınır yaklaşık 18 m civarlarında kalmıştır. Midyelerin sifonlarının sürekli olarak açık bir şekilde suyu süzme işlemini yaptıkları görülmüştür. Çalışma bölgesinin büyük bölümünde aşırı sediment olduğu midyelerin üstünü kapladığı, midyelerin bu durumda sifonların normalden daha fazla uzatarak suyu süzme işlemini gerçekleştirdikleri görülmüştür. Midyelerin canlıları da substrat olarak kullandıkları kerevitlerin ve hareketli midyeler olan Unionidlerin de üzerlerinde kümeler halinde bulundukları tespit edilmiştir.

Midyelerin ortalama uzunluklarının $21,025 \pm 3,02$ mm, ortalama genişliklerinin $10,33 \pm 1,49$ mm, kabuklu ağırlıklarının ortalama $9,45 \pm 4,29$ g ve ortalama et ağırlıklarının $1,99 \pm 1,55$ mg olduğu tespit edilmiştir. Midyelerin uzunluk ile ağırlıkları arasında $R^2 = 0,749$ doğrusal ve güçlü bir ilişki bulunmuştur. “b” değerlerine baktığımızda negatif allometrik büyüme gösterdiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kıyıya yakın bölgelerde daha berrak ve sedimentasyon az olduğu yerlerden alınan midyeler ile, sedimentin daha çok olduğu ve hatta midyelerin üzerinin sedimentle kaplandığı alanlardan alınanların antioksidan seviyelerindeki farkın araştırılması amaçlanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında sedimentin az olduğu bölgeden alınan midyelerde SOD, CAT ve MDA seviyelerinin sedimentle kaplanan midyelerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SOD ve CAT’ın daha yüksek olması sedimentin az olduğu bölgelerdeki midyelerde oksidatif stresin düşük olduğu anlamına gelmekteyse de MDA’nın yüksek olması bu sedimentte bu duruma etki eden nedenlere de bakılmasını gerektirmektedir.

Anahtar Kelimeler : Midye, sualtı dalış, boy-ağırlık antioksidan

ABSTRACT

Determination of Ecological Characteristics of Mussel Populations in Keban Dam Lake Pertek Hunting Area by Underwater Diving Technique

In underwater diving observation studies, it has been observed that the smallest sized mussels are in clusters on the objects they can hold on at 5-10 cm depths on the shore. It has been determined that the mussels increase in size as they go from the coast to the depths. It has been observed that mussels do not stand in direct sunlight in places with suitable attachment points, and they indirectly benefit by sticking to the sides of rocky places. Although it has been determined that large mussels are generally 30 mm in size, a large number of mussel shells larger than 40 mm have also been found. However, none of them were found alive, and their dead and empty shells were found in clusters. It was determined that mussels spread according to the water floor. It has been observed that they prefer rocky areas where they can easily cling rather than bare bottom mud. It has been determined that they live in clusters on bare sandy floors, clinging to cans, bottles, plastic scraps, ropes, fishing nets and even boat floors. It was determined that the ground structures that were observed and suitable for the mussels to live in were completely covered with mussels, and the most live mussel clusters were at depths between 0-8 m. On the other hand, in regions where the water is clearer and daylight can reach deeper, live mussel clusters were found abundantly at 15 m depths, and the depth of living mussels remained around 18 m. It has been observed that the siphons of mussels are constantly filtering the water openly. It was observed that in most of the study area, the mussels were covered with excess sediment, and the mussels carried out the process of filtering the water by extending the siphons more than normal in this case. It has been determined that crayfish, which are used as substrate by mussels, and Unionids, which are mobile mussels, are found in clusters on them.

It was determined that the average length of the mussels was 21.025 ± 3.02 mm, the average width was 10.33 ± 1.49 mm, the average shell weight was 9.45 ± 4.29 g, and the average meat weight was 1.99 ± 1.55 mg. $R^2 = 0.749$ linear and strong correlation was found between the length and weight of the mussels. When we look at the “b” values, it was determined that it showed negative allometric growth.

In this study, it was aimed to investigate the difference in antioxidant levels of mussels taken from areas close to the coast where there is clearer and less sedimentation, and those taken from areas where there is more sediment and even where the mussels are covered with sediment. higher than the mussels covered with sediment. Higher SOD and CAT mean that oxidative stress is low in mussels in regions with less sediment, but high MDA also requires consideration of the reasons affecting this situation in this sediment.

Keywords: Mussels, underwater diving, length-weight antioxidant

1. Giriş

Tatlı su midyeleri nehirlerin, akarsuların ve daha az ölçüde göllerin tortularında yaşayan büyük çift kabuklu (iki kabuklu) yumuşakçalardır (Tucker and Theiling, 1999). Tatlı su midyesi, tatlı su istiridyesi olarak da bilinen tatlı su çift kabukluları dikkate değer organizmalardır. Bir yüzyıldan fazla yaşayabilirler ve benzersiz yaşam öyküleri, tatlı su balıklarında ve bazen diğer omurgalılarda ebeveyn bakımı (kuluçka) ve larva parazitliğini içerir (Lopes-Lima ve ark., 2014).

Tatlı su midyeleri su ekosistemlerinde önem arz eden canlılardır (Vaughn ve Hakenkamp, 2001), bazen nehirlerin bentik canlılarının yüzde 90'dan fazlasını oluşturur (Negus, 1966). Tek bir midyenin bir günde süzdüğü su miktarı 40 litreyi aşabilir (Tankersley ve Dimock, 1993) ve bir midye popülasyonunun birleşik süzülmesi, yaz boyunca bir nehirde gözlemlenen seston tutulmasının yaklaşık %50'sinden sorumlu olabilir. Su kolonundan bentoza madde ve enerji transferlerinin birincil ve ikincil üretim, biyojeokimyasal döngüler, sedimantasyon hızları ve su berraklığı üzerinde güçlü etkileri olabilir (Strayer ve ark., 1999). Doğal filtre besleyicileri olarak tatlı su midyeleri, su sütunundaki asılı partikülleri ve kirleticileri süzer ve su kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olur. Bazı midyeler günde 10 galon suyu filtreleyebilir, bu da insanlar dahil diğer hayvanlar için su kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur. Midyeler yaygın olarak nehirlerde ve göllerde geçmiş ve şimdiki su kalitesi koşullarının göstergeleri veya biyolojik monitörleri olarak kullanılır. Tatlı su midyelerinin ölüm oranındaki ani artış, toksik kontaminasyonun güvenilir bir göstergesidir. Tatlı su midyelerinin ortadan kaybolması genellikle kronik su kirliliği sorunlarına işaret eder. Ayrıca biyologlar, akarsu ve göllerdeki su kirliliği olaylarının türünü, kapsamını ve hatta zamanlamasını belirlemek için midye kabuklarında ve dokularında bulunan kirleticilerin miktarını ölçebilirler (Tucker ve Theiling, 1999). Ek olarak, kabukları diğer birçok canlı için bir substrat işlevi görür (Vaughn ve Hakenkamp, 2001; Spooner ve ark, 2013). Tatlı sular üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinden dolayı midyeler genel olarak ekosistemlerin mühendisi adıyla tanımlanır (Gutierrez ve ark, 2003). Ekosistemlerdeki kilit rolleri, çok daha fazla midye bulunan bölgelerde ilişkili makroomurgasızların daha yüksek çeşitliliği ile belgelenmektedir (Aldridge ve ark., 2007). Tatlı su midyeleri ayrıca su arıtma, çeşitli ticari balıklar için önemli bir av olarak hizmet etme, doğrudan bir protein kaynağı sağlama ve ek

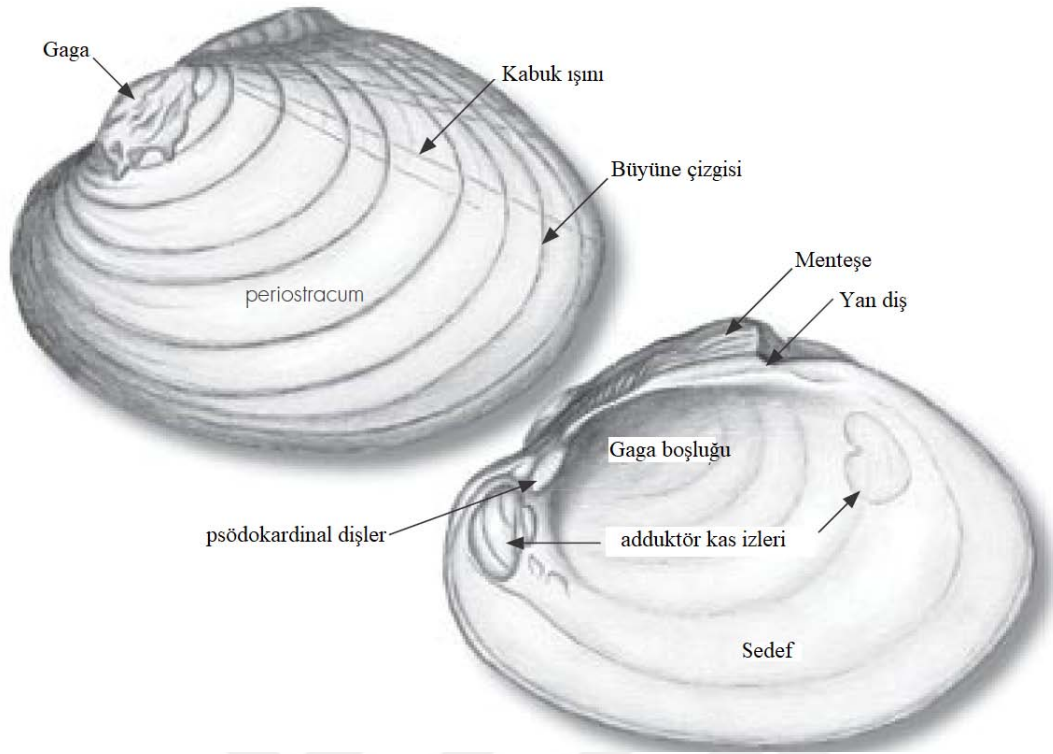
olarak, kabukları diğer birçok organizma için önemli bir substrat işlevi görür (Vaughn ve Hakenkamp, 2001; Spooner ve ark, 2013).

Midye dünya çapında hızla azalmaktadır (Strayer ve ark., 2004). Örneğin, 511 tatlı su midyesi türünden 224'ü (%44) 2015 Tehdit Altındaki Türler Kırmızı Listesi'nde Tehdite Yakın veya Tehdit Altında olarak sınıflandırılmıştır. Tatlı su midyelerindeki azalmaya ilişkin küresel farkındalığın çoğu, kıta popülasyonu en çok tehlikealtında olan Kuzey Amerika Unionidaailesidir (Williams ve ark, 1993; Strayer ve ark, 2004). Kuzey Amerika türlerinin %70'inden fazlasının bir düzeyde tehlikede olduğu kabul edilmektedir (Williams ve ark, 1993) ve 37 türün neslinin tükendiği varsayılmaktadır (Lydeard ve ark, 2004).

1.1. Tatlısı midyelerinin genel özellikleri ve biyolojisi

1.1.1. Morfolojik ve anatomik yapısı

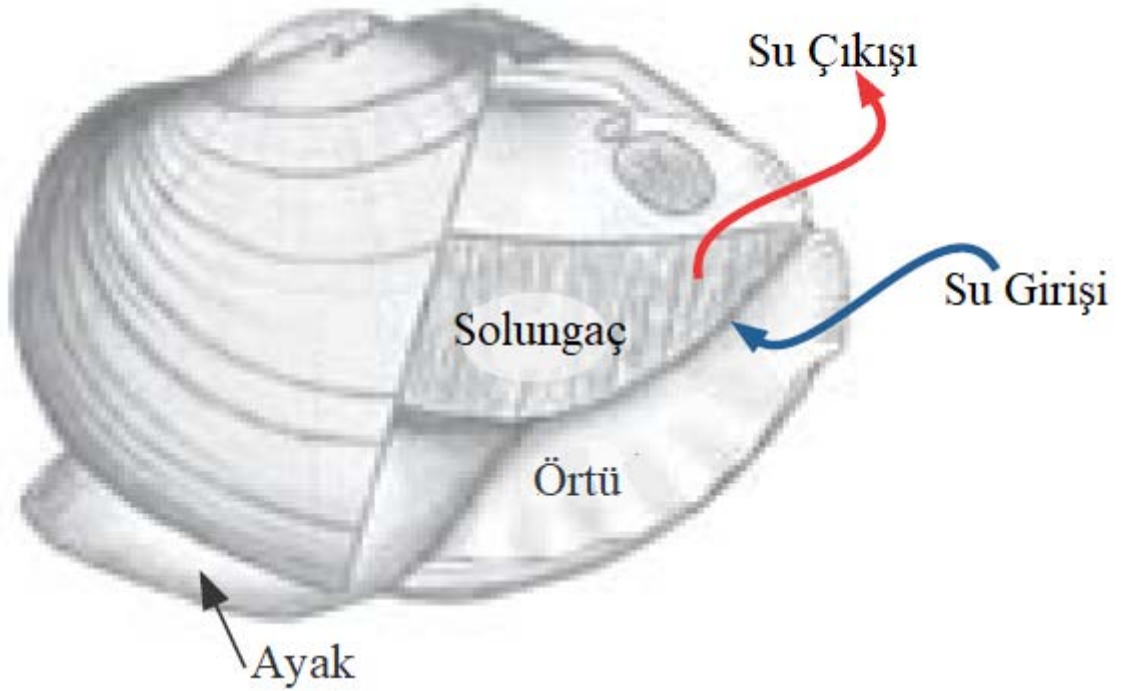
Bu yumuşak gövdeli hayvanlar, çoğunlukla kalsiyumdan yapılmış ve bir menteşe ile birbirine bağlanmış iki kabukla çevrilidir (Tucker and Theiling, 1999). Ancak kabukların şekli, boyutu, kalınlığı ve rengi türler arasında büyük farklılıklar gösterir. Kabuk yüzeylerinin rengi sarı veya yeşilden kahverengi veya siyaha değişir; ayrıca belirgin çıkıntılar, ışınlar, tümsekler ve dokular içerebilirler. Birçok türün kabuklarında renkli ışınlar veya şerit işaretleri bulunur (Machtinger, 2007). İki kapakçık birbirinin ayna görüntüsüdür ve dorsal menteşe boyunca elastik benzeri bir bağ ile bağlanır. Kapakçıkların dışı, kabuğa rengini veren periostrakum adı verilen bir madde ile, içi ise sedef adı verilen pürüzsüz bir sedef malzemesi ile kaplanmıştır. Sırt kenarı boyunca yükseltilmiş yuvarlak alana gaga denir; kabuklar eşmerkezli bir düzende gaganın dışarı doğru büyür. Midye, kapakçıklar arasında güçlü ve sağlam bir bağlantı oluşturan menteşe üzerinde "dişlere" sahip olabilir. İki tür diş vardır - yanal dişler menteşeye paralel ince uzun yapılardır ve psödokardinal dişler gaganın altında ve biraz önünde kısa kalın yapılardır(Şekil 1.1) (Nedea ve ark., 2009).



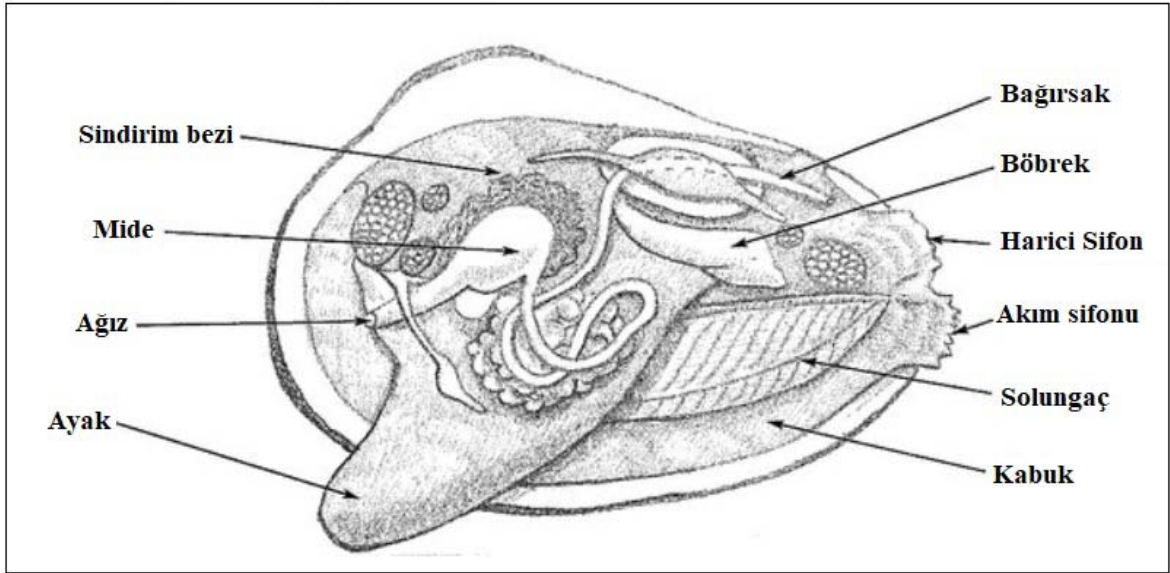
Şekil 1.1. Midye kabuğu morfolojisi (Neddeau ve ark., 2009)

Bazıları tekdüze koyu kahverengi veya siyah ile parlak sarı olmak üzere çeşitli pigmentlere sahiptirler. Pek çok türün belirgin şekilde renkli ışınları, köşeli çift ayraçları ve tümsekleri veya çıkıntıları veya her ikisi birden vardır (Tucker ve Theiling, 1999).

Tatlı su midyesinin etli kısmı, kaslar ve sinir sistemi ile birlikte tüm sindirim, solunum, dolaşım, boşaltım ve üreme organlarını içerir. Canlı midye, iki kapakçık arasındaki boşluğu doldurur. Kabuğun dışında görünen tek vücut parçaları, hareket ve beslenme için kullanılan ayak ve solunum ve solunum açıklıklarına dönüştürülen manto kenarlarıdır. Manto, kabuğun hemen içinde bulunan, duyu organlarını içeren, solunum, beslenme ve üremeye yardımcı olan ve kabuğun salgılanmasından sorumlu olan ince bir doku tabakasıdır. Bir midye rahatsız edildiğinde manto kenarlarını ve ayağını kabuğun içine çeker. Midyeler, solunum açıklığından vücuda su (yiyecek ve spermle birlikte) çeker ve filtrelenmiş suyu, atıkları ve larvaları dışarı verme açıklığından dışarı atar (Neddeau ve ark., 2009).



Şekil 1.2. Midye iç-dış kesit (Nedea ve ark., 2009)

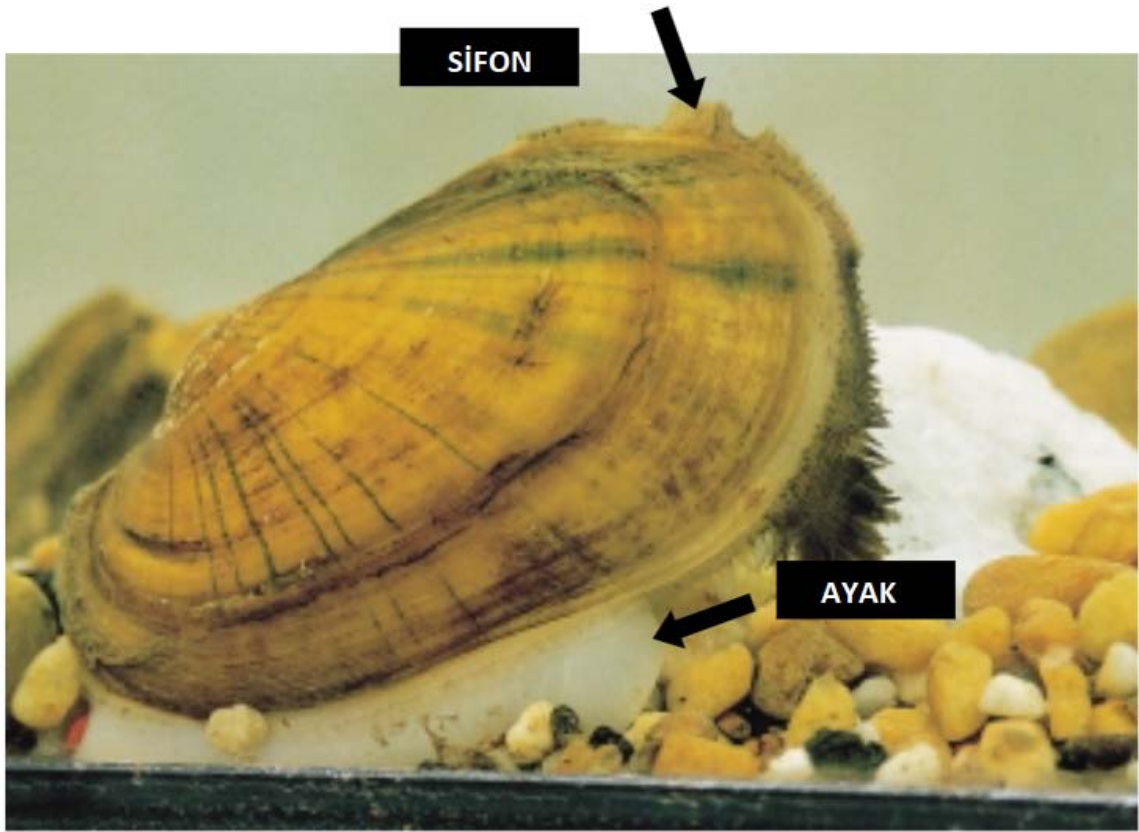


Şekil 1.3. Bir tatlı su midyesinin iç anatomisi (Jones ve ark., 2019)

1.1.2. Tatlısu midyelerinin ekolojik özellikleri ve beslenmesi

Zebra midyelerinin büyüme oranları ve bolluğu, akış hızı, besin mevcudiyeti ve sıcaklık gibi faktörler tarafından sınırlandırılrsa da (Mackie ve Claudi, 2010), büyüme

alışkanlıkları, herhangi bir sert alt tabaka olmadan, midyelerin yerleşemeyeceği ve çoğalamayacağı anlamına gelir. Birçok çift kabukluda olduğu gibi, byssus iplikleri ile katı alt tabakaya bağlanmaları gerekir ve sonuç olarak tipik olarak batık bitki örtüsü, diğer midye kabukları, taşlar ve kazıklar, baraj duvarları ve kenar su birikintileri gibi sert insan yapımı yapılar üzerinde bulunurlar (Smit ve ark., 1993). Çoğu tür sapsızdır, tüm yaşamları boyunca yalnızca kısa mesafeler hareket eder. Kabuktan uzanan kaslı etli bir ayakla manevra yaparlar. Hareket genellikle değişen su seviyeleri veya diğer çevresel koşullar tarafından tetiklenir (Helfrich ve ark. 1997).



Şekil 1.4. Midyenin etli ayağı ve dış sifonları görülmektedir (Helfrich ve ark. 1997)

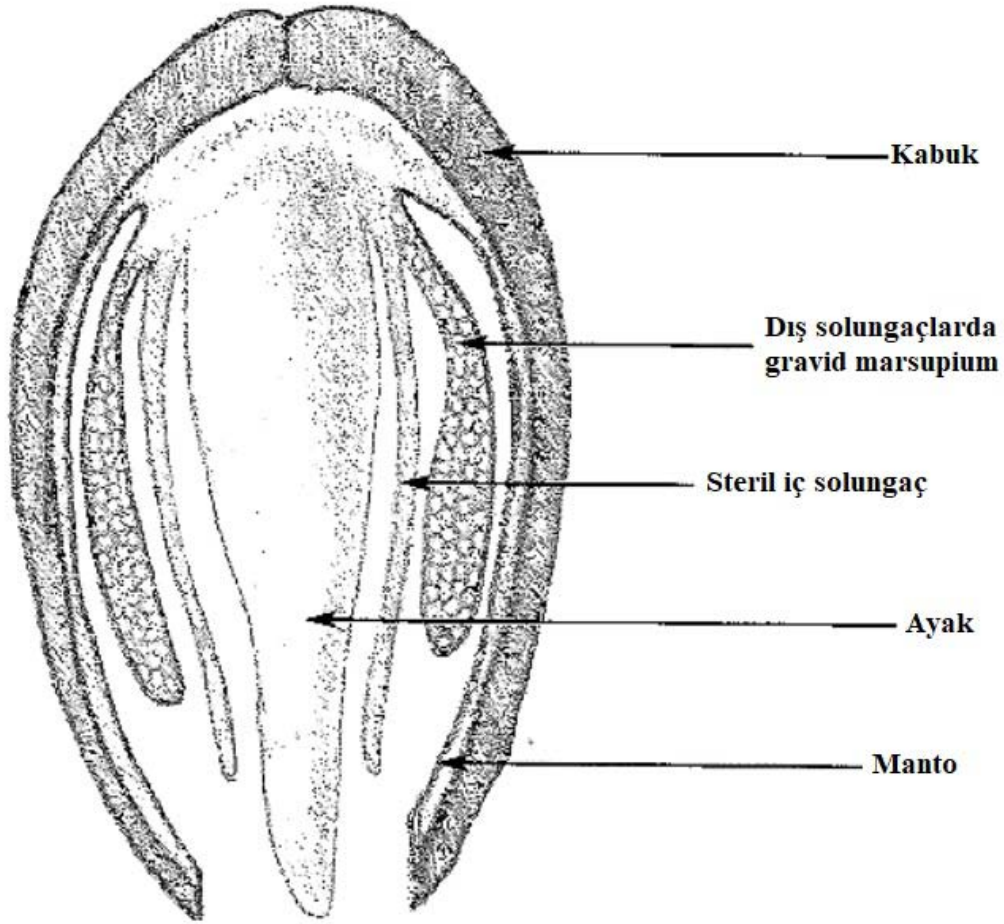
Zebra midye veliger larvalarının ultraviyole radyasyona duyarlılığı, yerleşimin tipik olarak 30 cm'den daha derinlerde meydana geldiği, ancak gölgeli alanlarda daha sık olabileceği anlamına gelir (Claudi ve Mackie, 1994). Yerleştikten sonra geçen süre boyunca, ölü zebra midyelerinin kabukları, diğerlerinin üzerine yerleşebileceği bir alt tabaka oluşturarak daha önce yumuşak ve yaşanmaz olan deniz bentoslarına yerleşmeyi mümkün kılar. Yerleşmeyi olumsuz etkileyebilecek üç faktör, alüvyon ve döküntü, sapsız

makroalgler ve avcılar gibi diğer organizmalarla rekabet ve su seviyelerindeki dalgalanmalardır (Smit ve ark., 1993). Kilgour ve Mackie (1993), yerleşim için farklı alt tabaka türlerini karşılaştırırken, zebra midyelerinin tüplerin dışındansa tüplerin içinde olmayı tercih ettiklerini buldular: korunaklı bir ortamı tercih ettiklerini ve/veya bu barınak sağlamanın kuşlar ve balıklar tarafından avlanmayı azalttığını öne sürüyor. Birçok yazar, midyelerin biyofiltre olarak kullanımlarını düşünürken substrat sağlamanın önemini vurgulamaktadır (Lindahl ve ark., 2005; Stybel ve ark., 2009). Bu habitat gereksinimini karşılamanın birkaç farklı yolu vardır (McLaughlan ve Aldridge, 2013).

Çoğu midye türü, akan su ve kaba çakıllı yüzeylere ihtiyaç duyarken, diğerleri durgun sulardaki siltli göl benzeri koşullarda iyi hayatta kalır. Su ve tortu kalitesi önemli habitat kriterleridir. Stres dönemlerinde (örneğin, aşırı sıcaklıklar, kuraklık, kirleticiler), birçok tür tortunun derinliklerine iner ve tutunur, bazen stres etkeni geçene kadar hayatta kalır (Fuller, 1974; Williams ve ark., 1993).

1.1.3. Midyelerin üremesi

Pek çok tür, yavaş büyüyen ve uzun ömürlü hayvanlardır ve 100 yıla kadar hayatta kalırlar (Neves, 1993). Tatlı su midyeleri hakkında bilgi edinmek için zaman ayıran insanlar, tatlı su midyelerinin sahip olduğu karmaşık yaşam döngüsü ve üreme özelliklerine hayran kalırlar. Batı inci kabuğu da dahil olmak üzere bazı Kuzey Amerika türleri için hermafroditler (kendi kendine dölleme yeteneğine sahip erkek ve dişi özelliklere sahip bireyler) belgelenmiş olmasına rağmen, tatlı su midyelerinin cinsiyetleri ayrıdır (Heard, 1970; 1975). Üreme sırasında erkekler spermlerini suya bırakır ve dişilerin döllemenin gerçekleşmesi için sudan süzmesi gerekir. Dişi midyeler spermi iç sifonları yoluyla toplar. Dişi midyeler yumurtalıklarında yumurta üretirler ve bu yumurtalar manto boşluğuna salınır ve sonunda solungaçlarda kuluçka keseleri veya marsupia adı verilen özel bölgelere sarılır (Şekil 1.5). Birkaç midye türünün dişileri, keselileri barındıran ve keseli şişlikler olarak adlandırılan kabuğun arka kısmında şişkinliğe sahiptir. Dölleme görünüşe göre marsupia içinde gerçekleşir (Jones ve ark., 2019) ve yeni oluşan embriyolar, marsupium içinde gelişerek glochidia adı verilen larvalara dönüşür (Bauer, 1992; Barnhart ve ark., 2008).

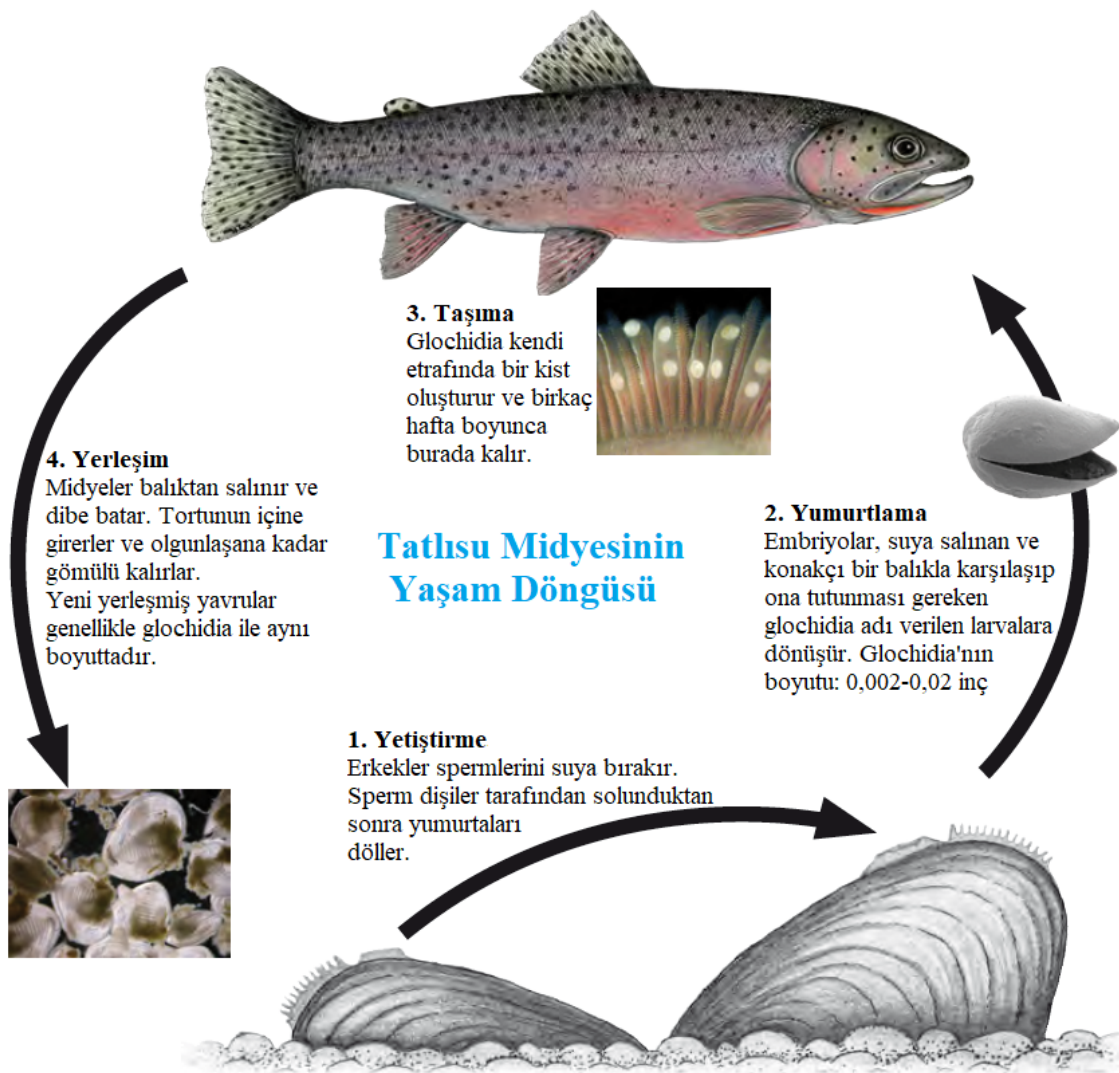


Şekil 1.5. Bir tatlisu midyesinin kesiti (Jones ve ark., 2019)

Glochidia genellikle ilkbaharda ve yazın başlarında (Nisan'dan Temmuz'a kadar) dişilerden salınır ve dişi midyenin dış sifonundan boşaltılır (Machtinger, 2007; Jones ve ark., 2019). Minyatür midye gibi görünen mikroskobik glochidia, genellikle döllenmeden birkaç hafta ila ay sonra suya boşaltıldıklarında (Bauer, 1992; Barnhart ve ark., 2008) boyutları 0,002 ila 0,02 inç arasında değişir. Glochidia çeşitli şekillerde gelir ancak genellikle yuvarlak, oval veya üçgendir. Bazı glochidia'ların kancaları vardır, ancak diğerlerinin yoktur. Tatlı su midyesinin, bir balığa bağlı kısa bir asalak aşamasını içerecek şekilde benzersiz bir yaşam döngüsü vardır (bazı midye türleri konakçı olarak amfibileri kullanmasına rağmen). Bir midyenin yaşamı dört farklı yaşam aşamasına ayrılabilir: (1) dişi midyenin solungaçlarında gelişen bir larva (glochidium olarak adlandırılır), (2) dişi midyeden atılan serbest sürüklenen bir glochidium, (3) bir parazit glochidium canlı bir ev sahibi balığın, serbest yaşayan bir genç midyenin ve (4) yetişkin midyenin solungaçlarına

veya yüzgeçlerine yapışmıştır (Machtinger, 2007). Bir konakçıya bağlanmazlarsa, glochidia ölür (Machtinger, 2007; Jones ve ark., 2019).

Yavruyken balıkları bırakırlar ve özgür yaşamlarına başlarlar. 1.000.000 glochidia'dan yalnızca yaklaşık 1'inin yavrulara dönüştüğü tahmin edilmektedir. Gençlik aşaması veya cinsel olgunluk dönemi, türe bağlı olarak 2 ila 12 yıl arasında değişir. Yetişkinler çok uzun ömürlü olabilir ve türlerin çoğu onlarca yıl, bazıları ise bir asırdan fazla yaşar (Machtinger, 2007).



Şekil 1.6. Tatlısu midyesinin yaşam döngüsü (Nedeau ve ark., 2009)

1.1.4. Kirlilik ve sedimantasyon

Su kalitesinin bozulması, tatlı su midye toplulukları için yaygın bir sorundur. Noktasal ve noktasal olmayan kaynak kirliliğinden, özellikle tarımsal kaynaklardan sürekli organik besin akışı, midye popülasyonları için önemli bir tehdittir. Noktasal olmayan kaynak kirliliği, Amerika Birleşik Devletleri'nde su kalitesinin bozulmasının önde gelen nedeni olmaya devam ediyor (Machtinger, 2007).

Artan kirlilik, suda yaşayan organizmaların hayatta kalma oranlarını, üreme başarısını, büyümesini ve davranışlarını olumsuz etkileyebilir. Ağaç kesme, madencilik, inşaat, çiftçilik, hayvancılık faaliyetleri ve bir dizi başka arazi kullanımı, genellikle tatlı su sistemlerine kirletici maddeler içeren ikinci akışı salarak midye popülasyonlarını olumsuz etkiler. Ötrofikasyon (su kütlelerinin aşırı bitki büyümesini uyaran fazla besin aldığı bir süreç), midye yataklarının altındaki suyu bozabilir, beslenmeyi engelleyebilir ve oksijen kaynaklarını azaltabilir. Özellikle interstisyel habitatlarda çözünmüş oksijende ortaya çıkan eksiklikler yavru midyelerin hayatta kalmasını azaltabilir. Akarsulara yıkanan aşırı miktardaki ince tortu, sert bir tabaka oluşturmak için alt tabakanın daha iri taneleri arasına yerleşebilir ve böylece ara yerdeki düşük oranları azaltabilir (Machtinger, 2007).

1.2. Midyelerin önemi

1.2.1. Ekolojik önem

Doğal filtre besleyicileri olarak tatlı su midyeleri, su sütunundaki asılı partikülleri ve kirleticileri süzer ve su kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olur. Bazı midyeler günde 10 galon suyu filtreleyebilir, bu da insanlar dahil diğer hayvanlar için su kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur. Midyeler yaygın olarak nehirlerde ve göllerde geçmiş ve şimdiki su kalitesi koşullarının göstergeleri veya biyolojik monitörleri olarak kullanılır. Tatlı su midyelerinin ölüm oranındaki ani artış, toksik kontaminasyonun güvenilir bir göstergesidir. Tatlı su midyelerinin ortadan kaybolması genellikle kronik su kirliliği sorunlarına işaret eder. Ayrıca biyologlar, akarsu ve göllerdeki su kirliliği olaylarının türünü, kapsamını ve hatta zamanlamasını belirlemek için midye kabuklarında ve dokularında bulunan kirleticilerin miktarını ölçebilirler (Tucker ve Theiling, 1999). On

yıllar boyunca kontaminantlara sürekli maruz kalma, midye etinde toksinlerin biyolojik olarak birikmesine yol açar (Goudreau ve ark., 1993; Havlik ve Marking, 1987).

Ekosistemlerdeki kilit rolleri, daha yüksek yoğunlukta midye taşıyan bölgelerde ilişkili makroomurgasızların daha yüksek çeşitliliği ile örneklenmektedir (Aldridge ve ark., 2007). Midye tarih öncesi çağlardan beri insan gıdası olarak yaygın bir şekilde kullanılmamasına rağmen, diğer hayvanlar için önemli bir besin kaynağıdır (Baker, 1930; Haag, 2012). Midye sırasıyla misk sıçanları, su samuru ve rakunlar tarafından tüketilir ve genç midyeler genellikle ördekler, balıkçıllar ve balıklar ile diğer omurgasızlar tarafından yenir (Tucker ve Theiling, 1999). Tatlı su midyeleri ayrıca çeşitli ticari balıklar için önemli bir av olarak hizmet eder. Bataklık midyelerinin sayısındaki artışın *Rutilus rutilus* balıkları gibi Dreissenides yiyen balık türleri için gıda mevcudiyetini artırarak balıklar üzerinde olumlu etkileri olabilir (Prejs ve ark., 1990; Bij de Vaate, 2009).

Canlı midyeler ve kalıntı kabuklar, dinamik nehir ortamlarında çeşitli diğer makro omurgasızlar (örneğin, caddis sinekleri, mayıs sinekleri) ve algler için nispeten kararlı bir substrat sağlar (Tucker ve Theiling, 1999).

1.2.2. Kültürel ve ekonomik önem

Tatlı su midyeleri bir zamanlar Yerli Amerikalılar, özellikle Orta Batı'nın höyük inşa eden kabileleri için önemli bir doğal kaynaktı. Öncelikle bir besin kaynağı olarak kullanılmak üzere toplanmış gibi görünseler de, kabukları da değerliydi ve çanak çömlek tavlama ve alet, mutfak eşyaları ve mücevher yapımında kullanılıyordu. Bununla birlikte, tatlı su midyelerinin ticari değerinin yeni doğan Amerikan düğme endüstrisi tarafından 1800'lerin sonlarına kadar fark edilmesi mümkün değildi. 1912'ye gelindiğinde, ABD'nin dört bir yanındaki kasabalarda yaklaşık 200 düğme fabrikası faaliyet gösteriyordu; Hasat edilen midyelerin inci gibi kabukları düğme yapımında, yumuşak dokuları ise hayvan yemi olarak kullanılıyordu. Düğme endüstrisi, 1950'lerde plastiğin ortaya çıkmasıyla geriledi (Machtinger, 2007).

Ancak 1950'lerde Japonlar, kültür incileri için bir kaynak malzeme olarak tatlı su midyeleri için yeni bir pazar bulmuşlardı. Bu amaçla toplanan midyeler ayıklanarak buharda veya pişirilerek yumuşak kısımları ayıklanır. Kabuklar daha sonra kesilir ve kültür incileri için çekirdek görevi görecektir istiridyelere yerleştirilmek üzere boncuklar halinde tamamlanır. Kültür incisi endüstrisini beslemek için her yıl binlerce ton midye kabuğu

işlenmekte ve Japonya'ya ihraç edilmektedir. Tatlı su midyeleri için ilave ticari ve tıbbi kullanımlar da değerlendirilmektedir. Örneğin, son zamanlarda yapılan araştırmalar, bazı midyelerin belirli kanser türlerine karşı dirençli olabileceğini ve midyelerden kanser tedavisi sağlayan ilaçların çıkarılmasının gelecekte mümkün olabileceğini düşündürmektedir (Machtinger, 2007).

1.3. Dalış yaparak su altı popülasyonlarının incelenmesi

Hayvan yoğunluğunun tahmin edilmesi, ekolojik ve izleme çalışmalarının temel bir parçasıdır. Özellikle deniz sistemlerinde ve mercan resiflerinde, resif balıklarının yoğunluğu tarihsel olarak hem tahribatlı hem de tahribatsız örnekleme teknikleri kullanılarak tahmin edilmiştir (Randall, 1963; Brock, 1982; Bellwood ve ark., 2006). Balık topluluklarını ve yaşam alanlarını incelemek için en yaygın gözlem yöntemi su altı görsel popülasyon tespittir. İlk başta, tropikal mercan kayalığı balık çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Brock, 1954). Ekolojik izleme programları tipik olarak, koruma endişesi taşıyan veya sistem durumunu yansıtan türlerin bolluğundaki değişiklikleri tespit etmeyi amaçlar. Mercan kayalığı balık toplulukları, resif sağlığı için işlevsel olarak önemlidir ve bunlar en yaygın olarak dalgıçlar tarafından su altı görsel araştırmaları kullanılarak izlenir (Emslie ve ark., 2018).

Son zamanlarda, balık araştırmaları için video kameraların kullanımı artmıştır. Video kullanımı tek başına veya stereo çift olarak, yemli, yemsiz veya bir dalgıç tarafından çekim yapılarak gerçekleştirilmektedir. Video kullanımının, uzak bireyleri türlere göre tanımlama sorunları ve yalnızca kısmen görüşte olan bireylerin uzunluklarını tahmin etme zorluğu gibi kendi zorlukları ve önyargıları vardır (Wilson ve ark., 2018).

Drift dalışı olarak da adlandırılan şnorkelli yüzme çalışmaları, alabalık gibi balıklar (Locke, 1997; Vollset ve ark., 2014) dahil olmak üzere nehir kıyısı balık popülasyonlarını ölçmek için giderek daha popüler bir yöntem haline gelmiştir (Thurow ve ark., 2012; Weaver ve ark., 2014).

Çeşitli su altı görüntüleme yöntemleri geliştirilmiştir, ancak resif balıklarına odaklananlar, farklı uzak sualtı video yöntemleri tarafından kullanılan sabit bir kameraya kıyasla bu tür karmaşık yaşam alanlarında daha iyi arama yapabilmeleri nedeniyle, esas olarak SCUBA dalgıçlarının kullanımına dayanmaktadır (Colton ve Swearer, 2010).

SCUBA dalışının ana dezavantajı, güvenli dalış hususları nedeniyle derinlik kısıtlamasıdır. Dalgıcın kanında kalıntı nitrojen birikmesi, kısa maksimum dalış sürelerini belirler. Ayrıca, dalış derinliği arttıkça izin verilen dalış süresi azalır ve dalışlar arasında yeterli bir dalışsız iyileşme süresi gerektirir. Bu nedenle, çalışmaların çoğu 3-25 m derinliklerle sınırlandırılmış, nadiren 30 m'yi aşmaktadır (Fasola ve ark., 1997; Gül ve ark., 2011, Quimpo ve ark., 2018).

1.4. Oksidatif stres ve antioksidanlar

Küçük ve oldukça reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumu canlı hücrelerde normal bir olgudur. Reaktif Oksijen Türleri, süperoksit (O_2^-), hidroksil (OH), perhidroksi (HO_2^-) ve alkoksi (RO) gibi serbest radikalleri ve hidrojen peroksit (H_2O_2) ve tekli oksijen (O_2) gibi radikal olmayanları kapsar. Oluşumları ve reaktiviteleri iyi belirlenmiş ve sıkı bir şekilde düzenlendiği bulunmuştur. Hücrelerin antioksidan kapasitesini aşan ROS seviyesi oksidatif strese yol açar, bu da hücrenin arızalanmasına ve nihayetinde hücrenin ölümüne neden olabilir. Tekli oksijen, süperoksit, hidroksil ve hidrojen peroksit, hücrenin çoğu biyomolekülü ile kolayca reaksiyona girme eğilimindedir ve bunların bozulmasına ve yok olmasına neden olarak hücrel strese katkıda bulunur (Yadav ve Sharma, 2016).

Uygun koşullar altında, ROS sürekli olarak bazal seviyelerde üretilir. Ancak farklı antioksidan mekanizmalar tarafından temizlendiklerinden zarar veremezler (Foyer ve Noctor, 2005). ROS'un neden olduğu biyolojik hasarın boyutu, peroksitleri azaltmak için elektron donörü olarak tripeptit glutasyonu (GSH) kullanan katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve glutasyon peroksidaz (GPx) gibi spesifik antioksidan enzimler tarafından iyileştirilir (Hebbel, 1986; Sies, 1993). Oksidatif stresin veya hasarın miktarı bu enzimlerin yanında malondialdehit (MDA) düzeylerinin üretimi değerlendirilerek de ölçülebilir (Kangari ve ark., 2018).

SOD'nin katalitik işlevi McCord ve Fridovich (1969) tarafından keşfedilmiştir. Enzim, hemen hemen tüm O_2 soluyan organizmalarda bulunur ve ana işlevi, O_2^- 'nin H_2O_2 ve O_2 'ye dismutatif reaksiyonunu katalize etmektir. SOD'ler, farklı metal iyon içeriğine göre üç farklı protein sınıfına ayrılır: Cu,Zn-SOD, Mn-SOD ve Fe-SOD. İlk iki izozim, enzimlerin farklı hücre altı bölmelerinde yer aldığı tipik metazoan hücrelerdir (Somani ve ark., 1997).

CAT antioksidan sistemin ana bileşenidir ve H_2O_2 'nin H_2O ve O_2 'ye dismutasyonunu katalize eder. Bu enzim aynı zamanda, birçok organik maddenin, özellikle etanolün hidrojen donörü olarak hareket edebildiği peroksidaz olarak da işlev görebilir. Hava yoluyla solunum yapan hemen hemen tüm organizmalarda görülür ve peroksizomlarda lokalizedir (Somani ve ark., 1997).

Malondialdehit (MDA), lipid peroksidasyonunun kararlı bir son ürünüdür ve bu nedenle kümülatif lipid peroksidasyonunun dolaylı bir ölçüsü olarak kullanılabilir (Ho ve ark., 2013).

1.5. Daha önce yapılan çalışmalar

Batı Palearktik'ten gelen tatlı su midyeleri (*Bivalvia*, *Unionidae*) Avrupa'daki dağılım alanlarında geniş çapta incelenmiştir, ancak Doğu Akdeniz bölgesindeki bu taksonlara çok az ilgi gösterilmiştir ve bunların çeşitliliği ve filocoğrafyası hala tam olarak anlaşılamamıştır (Lopes-Lima ve ark, 2021). Son yıllarda, Avrupa'nın tatlı su midyeleri de giderek artan bir ilgi görmektedir. Daha fazla nehir ve göl araştırılmakta ve moleküler teknikler türleri ve alttürleri belirlemeye yardımcı olmaktadır. Artan uluslararası işbirliği, bölgesel düzeyde yaygın ve hızlı midye sayısındaki azalmaları ortaya koymaktadır (Sousa ve ark., 2008; Geist, 2010; Prie ve ark., 2014). Artan bu bilince rağmen koruma, *Unio crassus* Philipsson 1788 ve inci midyesi *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1758) ve *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) gibi bir avuç türe odaklanmıştır. Bu türlerin bazı popülasyonları, canlı hafıza içinde kaybolmuş veya küçük, yerel popülasyonlara indirgenmiştir. Diğer Avrupa *Unionida* midyelerine çok daha az ilgi gösterilmiştir ve bu muhtemelen onların yaygın, bol bulundukları düşüncesini yansıtmaktadır. Temel verilerin yokluğu, popülasyon değişiminin miktarını belirlemeyi zorlaştırmakta ve bazı türlerin yeni popülasyonlarının son keşifleri, popülasyon artışı izlenimi bile verebilmektedir (Aldridge, 2004).

Öte yandan geçen yüzyılın ilk yarısında fizyolojik fonksiyonlarla ilgili çalışmalar ihmal edilirken, 1950'lerden bu yana artan sayıda çalışma yayınlanmaktadır. Bununla birlikte, tatlı su çift kabuklularını kullanan fizyolojik çalışmaların çoğu, bu türleri belirli bir hedef olarak almamış, daha çok biyolojik süreçlerin çalışmasına yöneliktir. Özet olarak, tatlı su çift kabuklularında immünolojik sistem, nöroendokrin sistem, iyonik düzenleme ve detoksifikasyon mekanizmaları gibi birçok fizyolojik fonksiyon oldukça bilinmemektedir.

Çoğu tür ve unionid için maksimum yaş, büyüme ve olgunluk yaşı gibi basit şeyler bile bilinmemekle birlikte, glochidia'nın balık bağışıklık sisteminden nasıl kurtulduğunu ve larvaların belirli konakçılarda nasıl kist yapabildiklerini neredeyse görmezden geliyoruz. Bu temel hususlar gelecekteki çalışmalarda ele alınmalıdır (Lopes-Lima ve ark., 2014).

Nalepa ve ark. (1993), Clair Gölü'ndeki zebra midyesi *D. polymorpha*'nın ağırlık ve biyokimyasal içeriğindeki mevsimsel ve yıllık değişimi,

Kilgour ve ark. (1994), tuzluluğun zebra midyelerinin (*D. polymorpha*) durumu ve hayatta kalması üzerindeki etkileri,

Conides ve ark. (1995), Zebra Midyesi, *D. polymorpha*: Batı Yunanistan'daki bir rezervuarda popülasyon dinamikleri ve kontrol stratejileri üzerine notlar,

Marsden ve ark. (1995), Kuzey Amerika ve Avrupa'daki zebra midye popülasyonları arasındaki genetik benzerlikleri,

Mackie ve Schloesser (1996), Avrupa ve Kuzey Amerika'daki zebra midyelerinin karşılaştırmalı biyolojisi,

Young ve ark. (1996), Zebra midye popülasyonlarının ekolojik etkisini tahmin etmek için boyut-frekans ilişkilerinin önemi,

Parker ve ark. (1998), Ohio Nehri'ndeki yerel tatlı su midyeleri (*Bivalvia:Unionidae*) ile zebra midyeleri (*D. polymorpha*) arasındaki beslenme etkileşimleri,

Chase ve Bailey (1999), Kuzey Amerika Aşağı büyük göllerindeki zebra midyesinin (*D. polymorpha*) ekolojisi: I. popülasyon dinamikleri ve büyümesi,

Wilson (2003), Zebra midyelerinin fitoplankton ve siliatlar üzerindeki etkileri: bir tarla mezokozm deneyi,

Cope ve ark. (2006), ABD, Mississippi Nehri'nin yukarısının ilk istilası sırasında zebra midye *D. polymorpha*'nın (Pallas, 1771) popülasyon dinamikleri,

Ercan ve ark. (2013), Sapanca Gölü'nde istilacı özellik gösteren bir yerel tür: *D. polymorpha*(Pallas, 1771),

Kutluyer ve ark. (2013), kerevitlerin beslenmesinde (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) alternatif besin olarak zebra midyesinin (*D. polymorpha*Pallas, 1771) kullanılması.

McLaughlan ve Aldridge (2013), rezervuarlardaki su kalitesini iyileştirmek için istila edilmiş menzillerinde zebra midyelerinin (*D. polymorpha*) yetiştirilmesi,

Ercan ve Tarkan (2014), tuzluluğun çevresel olarak bozulmuş bir nehirde tatlı Su midyesi *Unio crassus*'un büyümesi ve hayatta kalması üzerindeki etkisi,

Smircich ve ark. (2017), Zebra midyesi (*D. polymorpha*), Hudson Nehri ağzındaki erken evre çizgili levreğin (*Morone saxatilis*) beslenme ekolojisini etkileri,

Akkuş ve ark. (2019), Sarımeimet Barajı'nda (Van) ilk zebra midye kaydı ve zebra midye popülasyonunun bölge balıkçılığına olası etkileri,

Cilbiz ve ark. (2019), Eğirdir Gölü'ndeki kerevit (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) üzerinde zebra midyesi (*D. polymorpha* Pallas, 1771) kolonizasyonunun mevsimsel değişimi,

Depew ve ark. (2021), Zebra midyesinin (*D. polymorpha*) Winnipeg Gölü'ndeki 2017–2019 arasındaki doğal yüzeyler üzerindeki dağılımı, yoğunluğu ve biyokütlesi gibi biyolojik ve ekolojik özelliklerini incelemişlerdir.

Binelli ve ark. (2011), Triklosan maruziyetine yanıt olarak zebra midyesinde (*D. polymorpha*) antioksidan aktivite,

Parolini ve ark. (2012), 2,2',4,4',5,6'-Hexa BDE'ye (BDE-154) maruz bırakılan *D. polymorpha* örneklerinde antioksidan aktivitenin değişimi,

Parolini ve ark. (2016), Amfetamin maruziyeti, çift kabuklu *Dreissena polymorpha*'da oksidatif ve genetik hasara neden olan dengesiz antioksidan aktivite

Frankiewicz ve ark. (2017), zebra midyesinde (*D. polymorpha*) oksidatif stresin indüklenmesinde çevresel faktörlerin rolü,

Serdar ve ark. (2021), Beta-cyfluthrin pestisitinin zebra midyesi (*D. polymorpha*) üzerindeki etkisi,

Serdar (2021), Cyfluthrin pestisitinin zebra midyesi (*D. polymorpha*) üzerindeki etkisinin bazı antioksidan enzim aktiviteleri ile belirlenmesi gibi antioksidan çalışmalar yapmışlardır.

Katsanevakis ve Thessalou-Legaki (2009), Girit, Souda Körfezi'ndeki korunan yelpaze midye *Pinna nobilis*'in mekansal dağılımı, bolluğu ve habitat kullanımı,

Dickens ve ark. (2011), sualtı görsel sayımlarında göreceli dalgıç etkilerini ölçme,

Bernard ve ark. (2013), bağımsız çift gözlemcilerle ölçülen balık topluluklarının su altı görsel sayımında gözlemci yanlılığı ve saptama olasılığı,

Giglio ve ark. (2018), tüplü dalış ve hareketsiz balık gözlemciliği: fotoğrafçı yaklaşımının denizati davranışına etkileri,

Acarlı ve ark. (2020), Cunda Adası, Ayvalık'tan (Ege Denizi, Türkiye) kritik derecede nesli tükenmekte olan yelpaze midyenin (*P. nobilis*, Linnaeus 1758) toplu ölüm raporu,

Soldo ve Glavičić (2020), Daha derin dikey kayalık resiflerin sualtı görsel sayımı,

Acarlı ve ark. (2021), Çanakkale Boğazı, Türkiye'de nesli kritik derecede tehlikede olan yelpaze midye *P. nobilis* (Linnaeus 1758) popülasyonunun mevcut durumu gibi çalışmalar ise su altı dalış tekniği ile su altı canlılarının biyolojik ve ekolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.6. Keban Baraj Gölü midyeleri

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde Keban baraj Gölü'nde Zebra midye (*Dreissena polymorpha*) ve Unionidae ailesinden midyelerin var oldukları belirlenmiştir.

1.6.1. Zebra midye (*Dreissena polymorpha*)

Zebra midyesi *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) yaklaşık 2 cm büyüklüğe sahip bir tatlısu midyesidir. Bu tür Alman bilim adamı Peter Simon Pallas tarafından Ural, Dinyeper ve Volga nehirlerinde bulunmuş ve isimlendirilmiştir. Zebra midyesinin ismini kabuğundaki farklı çizgili renklerinden aldığı tahmin edilmektedir (DSİ, 2005). Bu canlı dünya üzerinde en önemli istilacı tatlısu canlılarından biri olarak tanımlanmaktadır (Bobat ve ark., 2004). Doğal dağılım alanı ülkemizin de içerisinde bulunduğu Karadeniz ve Hazar Denizi Havzası olarak tespit edilse de kazara diğer kıtalara bulaştığına inanılmaktadır (Altınayar ve ark., 2001; Son, 2007). Zebra midyesinin Doğu Avrupa, Kuzey Amerika ve Batı Asya'da dağılım gösteren iki tatlısu kabuklu türünden birisi olduğu bildirilmektedir (Kinzelbach, 1992; Drake ve Bossenbroek, 2004). Zebra midyesinin üzerindeki çizgiler ayırt edici özelliğidir ve büyüklüğü çeşitlilik göstermesine rağmen (40 mm ve üzeri olabilirler) yaklaşık 25 mm büyüklüğündedir (Claudi ve Mackie, 1994; Benson ve Raikow, 2009). Zebra midyesi ayrıca ülkemiz sularında da göl ve baraj göllerinde bulunmaktadır (Geldiay ve Bilgin, 1973; Demirsoy, 1998).

Özellikle son 150 yılda Avrupa'da ve 1988'de Kuzey Amerika'ya girmesiyle bu canlı üzerine çalışmalar yoğunlaştırılmıştır (Sprung ve Borcharding, 1991). Bu canlının ekolojik özelliklerinden çok, ekonomik kayıplara yol açması insanların bu türle mücadele

konusuna önem vermesine sebebiyet vermiştir (Gaygusuz ve ark., 2007). Genel olarak göllerde üreme faaliyetini gerçekleştiren bu canlılar iskele, deniz araçları, taş ve kayaların yanı sıra birçok canlının üzerine tutunma yolu ile dağılım alanlarını genişletmektedirler. Bu midye türü karşımıza özellikle sulama kanalları ve hidroelektrik santrallerinde (HES) yol açtıkları tıkanmalar ve su debilerinin düşmesi gibi mekanik engellemelere yol açtıkları için çıkmaktadır. Bu türün tatlısu ekosistemlerinde suların temizlenmesinde önemli bir rolü olmasına rağmen su içindeki araç ve yapıların üzerini kaplaması ve kullanılamayacak duruma getirmesi nedeniyle ciddi ekonomik kayıplara neden olduğu da bilinmektedir (ERDC, 2001; Ensr, 2005; May ve ark., 2006).

Ülkemizde de ilk olarak 1964 yılından önce Kovada-I sonra Kovada-II Hidroelektrik santrallerinde benzer bir probleme sebep olduğu bildirilmiştir (DSİ, 1969). Bu gibi sorunların ana sebebinin, bu canlının biyolojik özelliklerinden kaynaklandığı, çok kısa sürede çok yüksek miktarlarda üreme gerçekleştirmesinin neden olduğu bilinmektedir. Yaklaşık 4 ila 5 yıl ömürleri olan bu canlıların dişileri ortama tutunduktan itibaren 6-7 hafta içerisinde üreme gerçekleştirebilmekte ve yılda 1 milyonun üzerinde yumurta bırakabilmektedir. Uygun ortam koşullarında 30.000-100.000 adet/m² yoğunluklara ulaşabildikleri de rapor edilmiştir (ERDC, 2001; Claudi ve Mackie, 1994).

Zebra midyesi beslenme özellikleri, sesil büyüme özelliği ve yüksek üreme özelliğinden dolayı su ortamında bulunan yapılara ekonomik olarak zarar vermekte ve tatlısu ortamında değişikliklere neden olabilmektedir (Stanczykowska, 1977; Mackie ve ark., 1989). Zebra midyesi suyu filtre etme özelliğinden dolayı ortamda bulunan fitoplanktonun azalmasına neden olmaktadır. Suyun berraklaşmasıyla güneş ışığı daha derine nüfuz etmekte ve yüksek yapılı su bitkilerinde büyüme olmaktadır. Zebra midyesi çok hassas olan besin zincirinin dengesinin bozulmasına neden olabilir ve balıklar da bunlardan olumsuz etkilenebilir. Bunlara ek olarak, midyelerin sert yüzeylere yapışma ihtiyacı problemlere yol açmaktadır. Boruların tıkanmasına, iskelelerin kaplanmasına, çelik ve betonda korozyona, kumsallarda çürüyen midyeler kötü kokuya neden olmaktadır (URL-1). Canlı ve cansız birçok materyale tutunabilen bu canlı, fouling organizma olarak da bilinir. Canlılar üzerine tutunmaları ekolojik denge içerisinde tutundukları canlı türleri üzerine bir baskıda oluşturmaktadır (Gaygusuz ve ark., 2007). Özellikle bu durumdan etkilenen diğer bir canlı grubu da tatlısu midyeleridir. Zebra midyesi, tatlısu midyelerinin üzerine tutunarak onların kapaklarının açılmasını engellemekte ve ölümlerine neden olmaktadır, bu olay enfestasyon olarak da isimlendirilmektedir (Schloesser ve ark., 1996;

Baker ve Hornbach, 2000; Vrtílek ve Reichard, 2012) (Şekil 1.7). Aynı zamanda besin rekabetine yol açan bu durum midyelerin kondisyon kaybetmelerine, oksijen rekabeti nedeniyle yeterli oksijen alamamalarına yol açmaktadır (Ercan ve ark., 2013).



Şekil 1.7. *Dreissena polymorpha* tarafından enfestasyona uğramış bir *Anodonta anatina* (Ercan ve ark., 2013)

Zebra midye (*Dreissena polymorpha*) istilacı bir midye türüdür. Bir çok araştırmacı bu midyelerin neden olduğu zararlardan kurtulmak için, bu canlıları yok etme yolları üzerinde araştırma yapmaktadırlar. Bunun yanında bazı araştırmacılarında bu canlılardan çeşitli yollar ile faydalanmanın imkanlarını araştırdıkları da gözlemlenmiştir. Bu canlılardan doğru şekilde faydalanmak veya zararlarından korunmak için ekoloji ve biyolojilerinin daha iyi bilinmesi gerekmektedir. Yapılan pek çok araştırma avcılık veya toplama yöntemleri ile olmuştur. Bu canlıların yaşadıkları ortamı SCUBA dalış tekniği ile görüp incelemek literatüre büyük faydalar sağlayacaktır. Bu nedenler ile sualtı dalış tekniği kullanarak Keban Baraj Gölü Pertek Avlak Sahası'nda Zebra midyelerin ekolojik ve biyolojik özelliklerinin araştırılması amaç edinilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1.Çalışma bölgesi

Midyelerin doğal ortamda incelendiği ve örneklemlerin yapıldığı yer Pertek (38°49'44" K, 39°16'32" D) Avlak Sahasıdır (Şekil 2.1, Resim 2.1).



Şekil 2.1.Çalışma bölgesi (URL-2, 2017; URL-3, 2021)



Resim 2.1. Çalışma bölgesinin geniş açılı resmi

2.2. Sualtı dalış, gözlem ve örnekleme çalışmaları

2.2.1. Dalış malzemeleri

Dalış çalışmalarında 2 şer adet 15 lt dalış tüpü, ıslak tam boy elbise, dalış patiği, açık dalış paleti, denge yeleği (BC), 4 kg kurşun ağırlık, dalış regülatörü, profesyonel dalış maskesi ve fotoğraf veya video çekimlerinde kullanılan omnio marka, 4k özellikli aksiyon kamerası kullanıldı (Resim 2.2).



Resim 2.2. Tekneye yüklenmiş dalış malzemeleri

Dalış bölgesine ulaşımında balıkçılardan yardım alınarak, tekneleri ile ulaşım sağlanmıştır (Resim 2.3). Dalış tüpleri Elazığ Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü'nde bulunan kompresör ile dolduruldu.



Resim 2.3. Dalış bölgelerine ulaşımında kullanılan balıkçı tekneleri

2.2.2. Sualtı dalış çalışmaları

Midyelerin gözlemlenmesi amacıyla Pertek Avlak Sahası'nda bulunan feribot iskelesi, tarihi kalenin bulunduğu ada ve adanın karşı tarafındaki koylarda sualtı dalış ve gözlem çalışmaları yürütüldü. Dalışlar en az 2 kişi, badi sistemiyle yapıldı (Resim 2.4). Kıyıdan derinlere doğru inilirken video ve fotoğraf çekimleri yapıldı. En son görüşe imkam veren maksimum 30 m derinliğe kadar dalma işlemi gerçekleştirildi. Çalışma esnasından her türlü dalış güvenli sağlandı ve deko kurallarına uyuldu. Her 5 m derinlikte bir midye örnekleri alındı (Resim 2.5) ve içi su dolu poşetlere konarak Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi laboratuvarlarına getirildi.



Resim 2.4. Badi sistemi ile 2 kişilik dalış çalışması

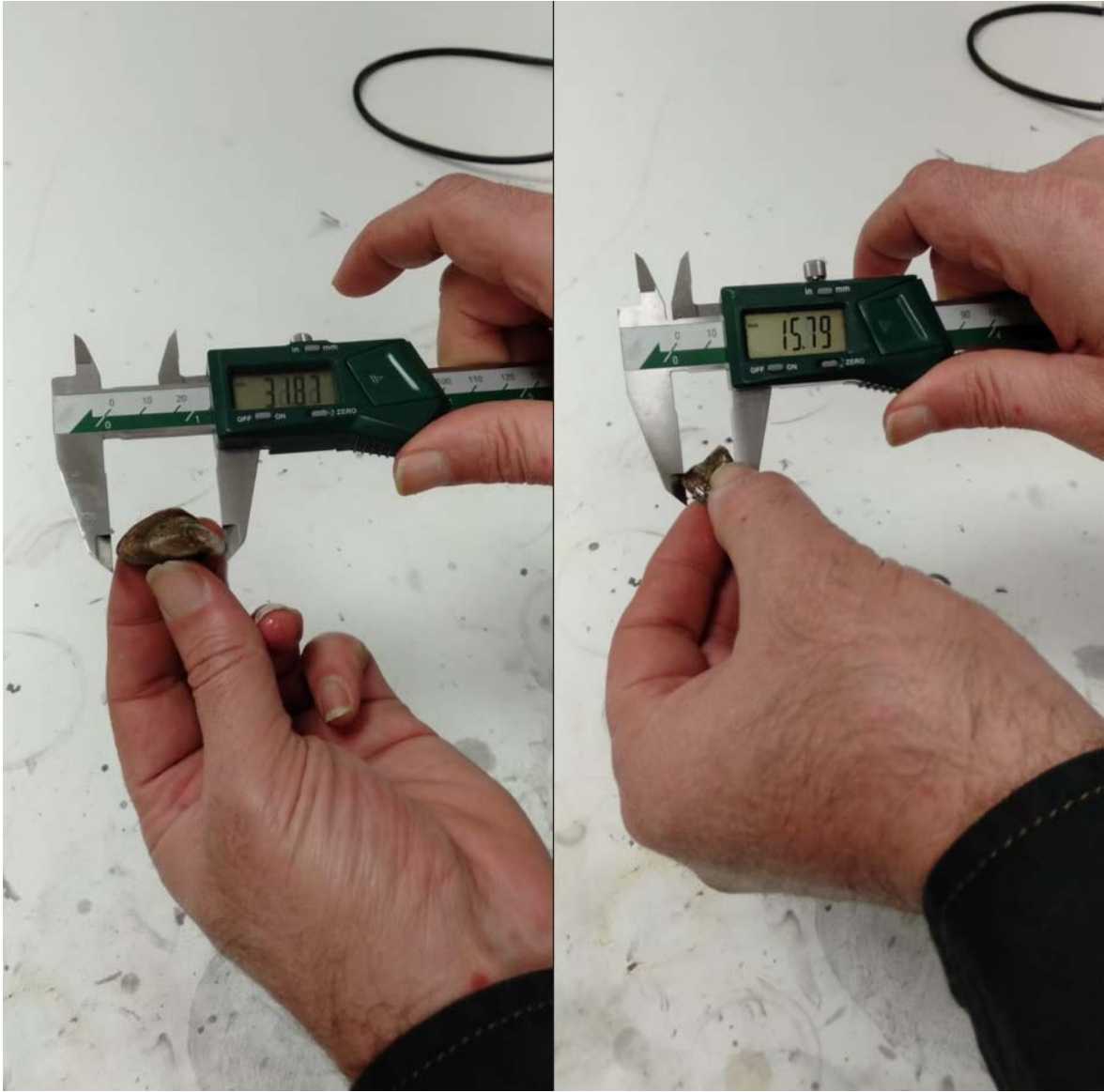


Resim 2.5. Midyelerin dalgıç tarafından el ile toplanması

2.3. Örneklerin boy ve ağırlık ölçümleri

Dalış çalışmaları esnasında poşetlere konulup laboratuara getirilen midyeler 24 saat boyunca -20 °C’de derin dondurucuda tutuldu. Derin dondurucudan çıkarılan midyelerin kumpasla enleri ve boyları (Resim 2.6), hassas terazi vasıtasıyla da ağırlıkları tespit edildi (resim 2.7).

Midyelerin boy ve ağırlıkları arasındaki ilişki $W=axL^b$ eşitliği kullanılarak logaritmik olarak hesaplanmıştır (Avşar, 2005).



Resim 2.6. Midyelerin en ve boylarının dijital kumpas ile ölçülmesi



Resim 2.7. Midyelerin ağırlıklarını tartıldığı hassas terazi

2.4. Antioksidan analizleri

2.4.1. Diseksiyon ile örnek alma

Diseksiyon ve dokuların analize hazırlanması işlemleri Munzur Üniversitesi Biyomühendislik Laboratuvarlarında yapıldı. Midyelerden küçük bir doku parçası bistüri ile kesilerek hassas terazide tartıldı. Daha sonra 1/5 w/v oranında 7,4 PH değerine sahip fosfatla tamponlanmış tuz solusyonu eklendi.

2.4.2. Süpernatantların hazırlanması

Çözeltinin pH ayarlanabilmesi için sulandırılmış glikoz eklenerek ayarlama yapıldı (Resim 2.8). Ardından homojenizasyon aşaması başladı ve doku parçaları eppendorf tüplere

bırakıldı. Homojenizasyon cihazının dönerken çıkardığı ısıyla enzimlerin bozulmaması için tüpler buz kalıpları içerisinde cihaza yerleştirildi. Homojenizasyon işleminin yapılmasında CAT Unidrive marka homojenizatör aleti kullanıldı (Resim 2.9).



Resim 2.8. Çözeltiye glikoz eklenerek pH ayarlama işlemi

Homojenizasyon işlemi bittikten sonra tüpler soğutmalı Nuve 800 R (Resim 2.14) santrifüje konularak, 17000 rpm devir, 15 dakika süre ile santrifüj yapılarak süpernatantlar oluşturuldu (Resim 2.10).



Resim 2.9. Homojenizasyon işlemi



Resim 2.10. Santrifüj cihazı

2.4.3. Biyokimyasal analizler

Hazırlanan süpernatantlar mikropate reader cihazında okunmadan önce antioksidan kitler ile işleme tabi tutuldu. SOD, CAT veMDA analizleri için BT-Lab marka kitler kullanıldı. Süpernatantlardan otomatik mikropipetler ile alınan numuneler antioksidan kit kutusundan çıkan ve üzerinde 96 adet kuyucuk bulunan plakaya gruplar dikkate alınarak bırakıldı (Resim 2.11). Kitlerdeki prosedürler uygulandıktan sonra hazırlanan plakalar bilgisayara bağlı mikropataka okuyucuda okundu.



Resim 2.11.Numunelerin mikropipetler ile kitlere bırakılması

2.5. İstatistiksel analizler

Bu tez çalışmasında elde edilen bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 20.0 paket programı kullanılarak, T testi uygulanmıştır. Sonuçlar “ave b” harfleri ile ifade edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Sualtı gözlemler

Sualtı dalış gözlem çalışmalarında en küçük boydaki midyelerin kıyıda 5-10 cm derinliklerde rastgeldiği her türlü tutunabilecekleri nesnelerin üzerinde kümeler halinde oldukları görülmüştür (Resim 3.1).



Resim 3.1. Kıyıda 10 cm derinlikte A 1-2 mm boyunda B yaklaşık 5-10 mm boyunda midye kümeleri

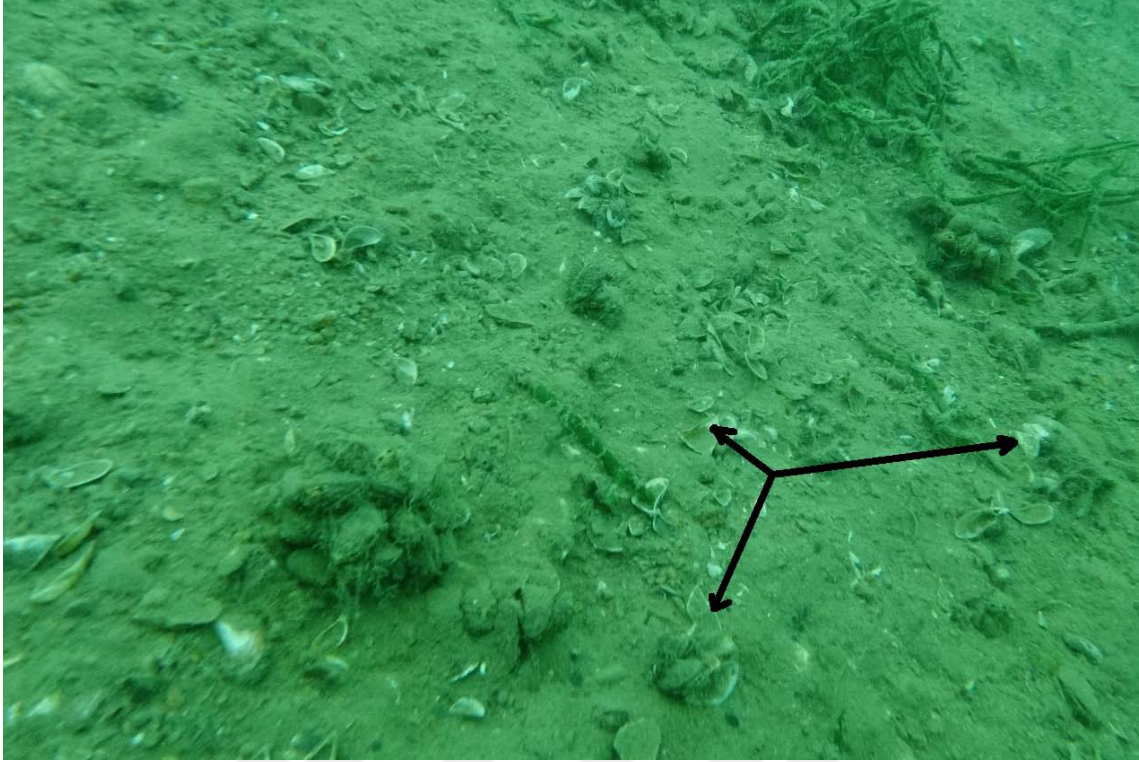
Kıyıdan derinliklere doğru gidildikçe de midyelerin boylarının büyüdüğü tespit edilmiştir. Midyelerin uygun tutunma yeri olan yerlerde direk güneş ışınlarına doğru durmadıkları, kayalık yerlerin yan kısımlarına yapışarak indirekt olarak faydalandıkları görülmüştür (Resim 3.2). Büyük midyelerin genelde ortalama 30 mm büyüklükte oldukları belirlenmişse de (Resim 3.3), 40 mm den daha büyük ve çok sayıda midye kabuklarına da rastlanılmıştır. Ancak bunlardan hiç birine canlı olarak rastlanılmamış, kümeler halinde ölü ve boş kabukları bulunmuştur (Resim 3.4). Hatta suyun tamamen çekildiği daha önce suyla kaplanmış ancak çalışma esnasında kara olan kesimlerde de bolca ölü ve büyük midye kabukları bulunmuştur (Resim 3.5).



Resim 3.2. Yaklaşık 3 m derinlikte kayaya tutunmuş yaklaşık 10 mm boyunda midyeler



Resim 3.3. 8-10 m derinliklerde yaklaşık 30 mm büyüklükte midyeler



Resim 3.4. 40 mm'den büyük ölmüş midyelerin kabukları



Resim 3.5. Su içinde ve su dışında ölmüş midyelerin kabukları

Midyelerin su zeminine göre yayılım gösterdikleri belirlenmiştir. Çıplak taban çamurundansa rahatça tutunabilecekleri kayalık bölgeleri tercih ettikleri görülmüştür. Çıplak kumlu tabanlarda ise bulabildikleri teneke kutu, şişe, plastik artıklar (Resim 3.6), halat (Resim 3.7), balık ağıları (Resim 3.8) ve hatta tekne tabanlarına kadar tutunup kümeler halinde yaşadıkları tespit edilmiştir.



Resim 3.6. Plastik bir halkayı substrat olarak kullanan midyeler

Gözlem yapılan ve midyelerin yaşamlarına uygun zemin yapılarının tamamen midyeler ile kaplı oldukları olduğu, en fazla canlı midye kümelerinin 0-8 m arasındaki derinliklerde olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan suyun daha berrak olduğu ve gün ışığının daha derinlere ulaşabildiği bölgelerde ise 15 m derinliklerde de canlı midye kümelerine bolca rastlanılmıştır. Çoğunlukla canlı midyelerin bulunduğu derinlik sınır yaklaşık 18 m civarlarında kalmıştır. 18 m’den daha derin yerlerde ölü midye kabukları görülmekle beraber yavaş yavaş seyredildiği tespit edilmiştir.

40 mm’den büyük midye kabuklarının su altında hatlar şeklinde olduğu ve toplu halde öldükleri düşünülmektedir. Bu toplu ölümlerin nedeni Keban Baraj Gölü’nün mevsimsel olarak su seviyesinin aniden yükselip tekrar alçalması sonucu olabilir.



Resim 3.7. Halatlara tutunmuş genç midyeler



Resim 3.8. Balık kafesi ağılarına tutunmuş genç midyeler

Büyük ve boş midye kabuklarının da daha küçük midyeler için substrat oluşturduğu ve genç midyelerin bu kabuklar üzerinde kümeler halinde yaşadıkları belirlenmiştir (Resim 3.9).



Resim 3.9. Boş midye kabukları (A) ve bunların üzerinde yeni genç midyeler (B)

Midyelerin sifonlarının sürekli olarak açık bir şekilde suyu süzme işlemini yaptıkları görülmüştür. Ancak dalgıç 1 m civarı yakınlarına geldiği anda hissederek sifonlarını içeri çekip kabuklarını kapatmaktadırlar (Resim 3.10).

Çalışma bölgesinin büyük bölümünde aşırı sediment olduğu ve bu sedimentin midyelerin üstünü kapladığı, midyelerin bu durumda sifonların normalden daha fazla uzatarak suyu süzme işlemini gerçekleştirdikleri görülmüştür.

Midyelerin canlıları da substrat olarak kullandıkları kerevitlerin ve hareketli midyeler olan Unionidlerin de üzerlerinde kümeler halinde bulundukları tespit edilmiştir.



Resim 3.10. Sifonları açık şekilde bekleyen midyeler



Resim 3.11. Aşırı sediment altında kalarak sifonlarını iyice uzatmak zorunda kalan midyeler

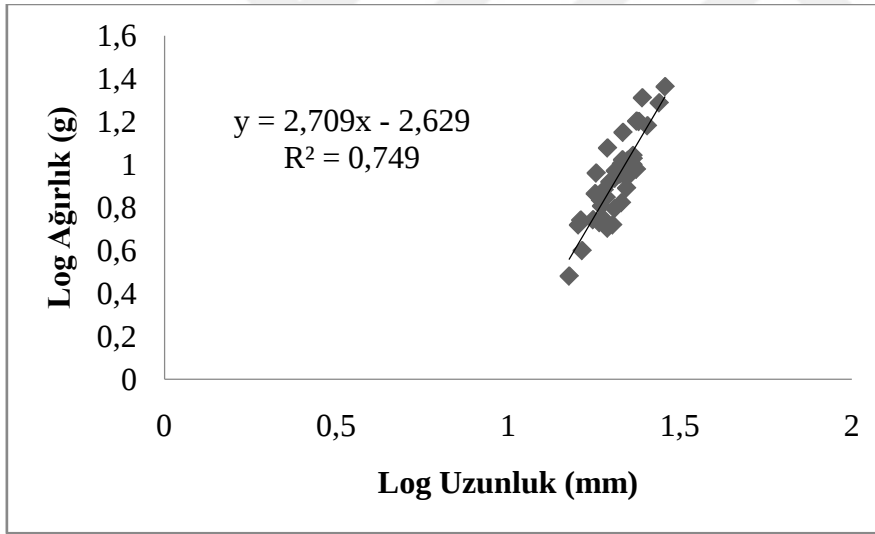
3.2. Midyelerin uzunluk-ağırlık parametreleri

3.2.1. Ortalama uzunluk ve ağırlıklar

Midyelerin ortalama uzunluklarının $21,025 \pm 3,02$ mm, ortalama genişliklerinin $10,33 \pm 1,49$ mm, kabuklu ağırlıklarının ortalama $9,45 \pm 4,29$ g ve ortalama et ağırlıklarının $1,99 \pm 1,55$ mg olduğu tespit edilmiştir.

3.2.2. Uzunluk ağırlık ilişkisi

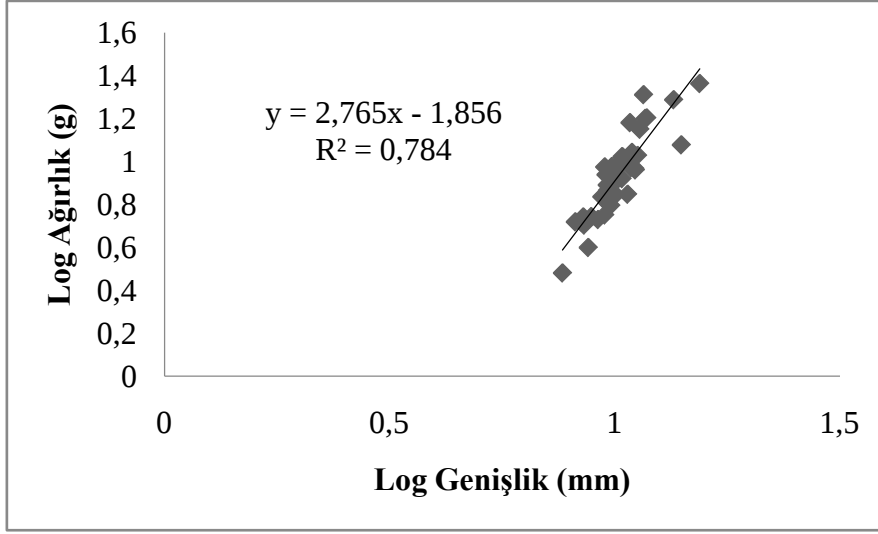
Midyelerin uzunluk ile ağırlıkları arasında $R^2 = 0,749$ doğrusal ve güçlü bir ilişki bulunmuştur. “b” değerlerine baktığımızda negatif allometrik büyüme gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Midyelerin uzunlukları ile ağırlıkları arasındaki ilişki

3.2.3. Genişlik ağırlık ilişkisi

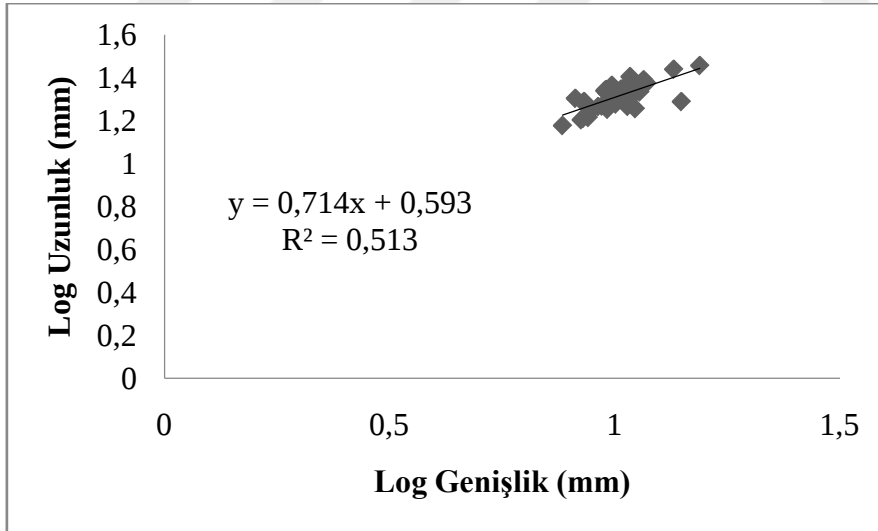
Midyelerin genişlikleri ile ağırlıkları arasında $R^2 = 0,7845$ doğrusal ve güçlü bir ilişki bulunmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Midyelerin genişlikleri ile ağırlıkları arasındaki ilişki

3.2.4. Genişlik uzunluk ilişkisi

Midyelerin genişlikleri ile uzunlukları arasında $R^2 = 0,5139$ zayıf bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Midyelerin genişlikleri ile uzunlukları arasındaki ilişki

3.3. Antioksidan analiz sonuçları

Bu çalışmada kıyıya yakın bölgelerde daha berrak ve sedimantasyon az olduğu yerlerden alınan midyeler ile, sedimentin daha çok olduğu ve hatta midyelerin üzerinin sedimentle kaplandığı alanlardan alınanların antioksidan seviyelerindeki farkın araştırılması amaçlanmıştır.

Yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında sedimentin az olduğu bölgeden alınan midyelerde SOD, CAT ve MDA seviyelerinin sedimentle kaplanan midyelerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SOD ve CAT'ın daha yüksek olması sedimentin az olduğu bölgelerdeki midyelerde oksidatif stresin düşük olduğu anlamına gelmekteyse de MDA'nın yüksek olması bu sedimentte bu duruma etki eden nedenlere de bakılmasını gerektirmektedir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Midyelerin antioksidan analiz sonuçları

	Sedimentsiz Bölge	Sedimentli Bölge	İstatistiksel Analiz
SOD	1,062±0,041	0,98±0,048	p<0,05
CAT	1,38±0,06	0,95±0,089	p<0,05
MDA	2,17±0,12	1,89±0,22	p<0,05

4. TARTIŞMA

Biyolojik verilerin uzun vadeli kayıtları, ekosistem değişikliklerini belgelemek, doğal değişiklikleri insanlardan kaynaklananlardan ayırt etmek ve test edilebilir hipotezler oluşturmak ve analiz etmek için son derece değerlidir. (Wolfe ve ark., 1987). Balık bolluğu ve çeşitliliği, birçok kıyıya yakın deniz izleme projesi tarafından alınan temel ölçümlerdir. Balık sayımı için en yaygın yaklaşımlar, her biri kendi sınırlamalarına sahip olan, kuşak geçişlerini ve gezici dalgıçlar tarafından zamanlı sayımları içerir (Rassweiler ve ark., 2020).

SCUBA dalışının ana dezavantajı, güvenli dalış hususları nedeniyle derinlik kısıtlamasıdır. Dalgıcın kanında kalıntı nitrojen birikmesi, kısa maksimum dalış sürelerini belirler. Ayrıca, dalış derinliği arttıkça izin verilen dalış süresi azalır ve dalışlar arasında yeterli bir dalışsız iyileşme süresi gerektirir. Bu nedenle, çalışmaların çoğu 3-25 m derinliklerle sınırlandırılmış, nadiren 30 m'yi aşmaktadır (Fasola ve ark., 1997; Quimpo ve ark., 2018). Bu çalışmada 30 m derinlik aşılmamıştır. Midyelerin canlı bulunduğu maksimum derinlik yaklaşık 18 m'leri geçmediği için 20 m derinliklerin bile üzerinde fazla dekompresyon hastalığı oluşturacak kadar fazla süre kalınmamıştır.

Zebra midyelerinin yayılma olasılığı yüksektir. Juvenil ve yetişkin midyeler, uygun konakçı olarak hizmet eden su kuşları ve suda yaşayan organizmalar (yani kaplumbağalar ve kerevitler) tarafından taşınır. Yumurtalar ve yüzen larvalar (veligerler) su akışıyla veya yem kovalarında, canlı kuyularda, motor soğutma suyunda, tüplü dalış ekipmanında ve istila edilmiş bir su kütesinden herhangi bir su transferi ile taşınabilir (Marsden, 1992). Larvalar 3-4 hafta boyunca sürüklenabilir ve 300 km'ye kadar seyahat edebilir ve ardından kazıklar, kayalar, borular, iskeleler, tekneler, su bitkileri ve diğer yumuşakçaların kabukları dahil olmak üzere herhangi bir sert alt tabakaya yerleşip yapışabilir (Connolly ve ark., 2007; Gaygusuz ve ark., 2007; Cilbiz ve ark., 2019). Bu çalışmada da bölgenin midyelerin tutunmasına ve yaşamasına uygun her kısmında zebra midyelerin yayılmış olduğu tespit edilmiştir. Zaten midye glochidia aşamasında balıklar ile taşınmaktadır. Diğer taraftan bu çalışmada da midyelerin kerevit ve hareketli midyeleri substrat olarak kullandığı ve onlarla beraber taşındığı görülmüştür. Hatta teknelerin tabanına ve ağırlara da tutundukları ve bunlar ile de taşındıkları belirlenmiştir.

Midyelerin kabukları diğer birçok canlı için bir substrat işlevi görür (Vaughn ve Hakenkamp, 2001; Spooner ve ark., 2013). Bu çalışmada ölü midyelerin kabuklarının göl

tabanını kapladığı ve midyeler dahil diğer canlılar için de substrat oluşturdıkları görülmüştür.

Zebra midyesi, tatlısu midyelerinin üzerinetutunarak onların kapaklarının açılmasını engellemekte ve ölümlerineneden olmaktadır, bu olay enfestasyon olarak da isimlendirilmektedir(Schloesser ve ark., 1996; Baker ve Hornbach, 2000; Vrtilek ve Reichard,2012; Gaygusuz ve ark., 2007). Bu çalışmada da zebra midyelerin Unionid midyeleri substrat olarak kullanmaları sonucu enfestasyona neden oldukları, bu midyelerin kabukları açılmadığı için öldükleri görülmüştür.

Smylie (1994) sakin günlerde *D. polymorpha*'nın derinlik dağılımını incelemiş (yüksekliği 10 cm'den az olan dalgalar) ve Hamilton Limanı'nda (Ontario Gölü) 6 ila 20 m arasında değişen alanlarda 2 ila 6 m arasında bol miktarda pikler bulmuştur. Erie Gölü'nde 35 m'den daha derin bir alanda bulmuş olmasına rağmen genelde 18 m'den derinde olmadığını, ancak tercih ettiği sıcaklıklarınher zaman 16,7 ila 17,8°C arasında olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Hamilton limanında elde edilenler ile uyumludur. Erie Gölünde 35 m'den daha derinde bulduğunu ancak bunun ekstrem bir değer olduğunu ve genelde 18 m'yi geçmediğini, dağılım için asıl olanın derinlik değil sıcaklık olduğunu da kendisi bildirmiştir.

Tek bir midyenin bir günde süzdüğü su miktarı 40 litreyi aşabilir (Tankersley ve Dimock, 1993) ve bir midye popülasyonunun birleşik süzülmesi, yaz boyunca bir nehirde gözlemlenen seston tutulmasının yaklaşık %50'sinden sorumlu olabilir (Strayer ve ark., 1999). Doğal filtre besleyicileri olarak tatlı su midyeleri, su sütunundaki asılı partikülleri ve kirleticileri süzer ve su kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olur. Bazı midyeler günde 10 galon suyu filtreleyebilir(Tucker ve Theiling, 1999). Bu çalışmada midyelerin sifonlarının sürekli açık bir şekilde suyu süzdükleri görülmüştür. Yaklaşık 1 m içerisinde hareket hissettiklerinde sifonlarını içeri çekerek kabuklarını kapatmaktadırlar.

Zebra midyesi *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) yaklaşık 20mmbüyüklüğe sahip bir tatlısu midyesidir (DSİ, 2005).Kabuk uzunluğundaki büyüme, gıda arzı, sıcaklık ve belirli bir bölgedeki bireylerin yaş yapısı ile ilişkilidir. Birinci yıl bireylerin kabuk büyümesi 0,5 mm ila 11,2 mm arasında değişir. Somatik doku büyümesi ile gonad dokusu büyümesi arasında bir korelasyon yoktur, bu da kaynakların farklı tahsis edildiğini düşündürür (Chase ve Bailey, 1999).Gaygusuz ve ark. (2007), zebraların maksimum boylarının 30 mm, ortalama boylarının 11-14 mm olduğunu bildirmiştir.Chase ve Bailey, (1999) 1992-1994 yılları arasında 3 farklı bölgede ve farklı derinliklerden aldığı örneklerde

21 mm'den 35,6 mm'ye kadar maksimum uzunluk değerleri gözlemlemiştir. Ayrıca bireylerin farklı bölgelerde farklı büyüme hızlarının olmasının nedeninin; sıcaklık farklılıkları, düşük gıda miktarı veya yüksek populasyon nedeniyle yeterince besin alınamaması olabileceğini bildirmiştir. Bazı populasyonlardaki midyeler hızlı büyür ve kabuk boyutu 40 mm'den fazla olabilir, bazı populasyonlar ise yavaş büyür ve bu durumda kabuk uzunluğu maksimum 35 mm civarlarında kalır (Mackie ve ark., 1989; Mackie, 1991). *D. polymorpha*'nın büyüme oranı, yiyeceğin kalitesine ve miktarına, sıcaklığa ve vücut büyüklüğüne bağlı kalır (Mackie ve ark., 1989). Yukarıdaki çalışmalara bakıldığında maksimum ve ortalama büyüklüklerde bazı araştırmalar ile uyumlu ve bazıları ile de uyumsuz sonuçların bu çalışmada elde edildiği görülmektedir. Bu durum bu çalışmadaki populasyonun hızlı büyüyen grubunda olduğu sonucunu çıkarmaktadır. Gene yukarıdaki çalışmalara göre bu bölgede ekolojik şartların yeterli olduğunu ve besin maddelerinin de yeterli olduğu anlamına gelmektedir.

Zebra midyelerinin maksimum yumuşak doku ağırlığı genellikle midyelerin gametlerle dolu olduğu ilkbaharda ortaya çıkar. Sıcaklıklar arttıkça ve yumurtlama başladıktan sonra, yaz ayları boyunca kilo kaybı olur, ancak bu dönemde enerji dengesizliklerinden kaynaklanan kilo kaybı da olabilir (Nalepa ve ark., 1995). Depew ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada 15 mm standart midyenin ağırlığının ilkbaharda besin kısıtlamasını belirtmek için önerilen 8 mg eşiğinin hem üstünde hem de altında, yazın bu eşiğin altında ve sonbaharda her zaman bu eşiğin üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Avrupa, Amerika ve Asya'dan 44 çift kabuklu populasyonun kapsamlı bir çalışmasından elde edilen bulgular, kabuk uzunluğunun canlı ağırlık, yaş ağırlık, kuru kabuk ağırlığı, kuru ağırlık ve 0,82-0,96 arasında değişen R^2 değerleri ile külsüz kuru ağırlık için iyi bir tahmin olduğunu bulunmuştur (Coughlan ve ark. 2021). Depew ve ark. (2021), zebra midyelerin yumuşak dokularını çıkarıp kurutarak, kuru et ağırlığı ile uzunluk arasındaki ilişkinin R^2 değerlerini 0,92 ile 0,96 arasında bulmuştur. Bu çalışmada etlerin yaş ağırlığı alınmış, kuru ağırlığı alınmamıştır. Yukarıdaki çalışmalarda ilişki çok güçlü bulunurken, bu çalışmada güçlü bir ilişki bulunmuştur.

Akkuş ve ark. (2019), Van Sarımeşmet Baraj Gölü'nde zebra midyeleri incelemiştir. Örneklem istasyonlarına göre sırasıyla ortalama boy değerleri 33.41 ± 5.6 mm, 26.50 ± 7.02 mm, 26.80 ± 3.2 mm ve 19.95 ± 1.25 mm olarak tespit edilmiştir. İstasyonlara göre ortalama ağırlık değerleri ise, sırasıyla 5.76 ± 1.28 g, 3.71 ± 1.88 g, 3.57 ± 1.21 g ve 2.15 ± 1.12 g olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki en büyük boy ve ağırlık

değeri 43.74 mm ve 9.85 g ile birinciistasyonda ölçülmüştür. Yapılan regresyon analizi sonucumidyelerin boy ve ağırlıkları arasında üssel bir ilişkiolduğu belirlenmiş ve elde edilen b değerleriincelendiğinde midyelerin negatif allometrik ($b < 3$)büyüme gösterdikleri tespit edilmiştir.Nalepa ve ark. (1993), zebra midyelerin b değerlerini iki ayrı istasyonda 2.1514 ve 2.5056 olarak bulmuşlardır. Yukarıdaki çalışmada 40 mm üzeri zebra midyeler canlı olarak bulunabilmiştir ancak bu çalışmada bu büyüklükteki midyelerin boş kabukları bulunabildi. Bunun nedeni bu midyelerin göldeki en yaşlı midyeler olmaları ve belli bir substrata bağlı kalmalarıydı. Ancak Keban Baraj Gölü son yılların en büyük kuraklığını yaşadığı için göl seviyesi kıyıdan bazı yerlerde yüzlerce metre çekilmiştir. Bu durumda bu midyeler ya su dışarısında kaldıkları yada yaşama ortamındaki şartların aniden değişmesi nedeniyle topluca ölmüş olabilirler. Bu çalışmada elde edilen “b” değerleri ile yukarıdaki çalışmalarda elde edilenler birbirine paraleldir. Bu çalışmada da yukarıdaki çalışmalarda olduğu gibi midyelerde negatif allometrik büyümenin olduğu tespit edilmiştir.

Frankiewicz ve ark. (2017), zebra midyelerinin antioksidan sisteminin aktivitesi ile çevresel parametrelerin mevsimsel dalgalanmaları arasında bir ilişki olduğunu bulmuşlardır: Oksidatif stres belirtilerinin genellikle ilkbaharda en yüksek ve yazın en düşük seviyede olduğunu belirlemişlerdir.

Bir metalloenzim grubu olan SOD, aerobik organizmalarda süperoksit radikallerinin toksik etkilerine karşı birincil savunmadır ve süperoksit radikallerinin antioksidan sistemde önemli bir rol oynayan H_2O_2 ve O_2 'ye dönüşümünü katalize eder (Kappus, 1985; Kohen ve Nyska, 2002).Araştırmalar çeşitli kirleticilere maruz kalan bazı su canlılarında SOD aktivitesinin arttığını bildirmiştir (Ergüven ve ark., 2020; Serdar ve ark., 2018; Tatar ve ark., 2018; Yildirim ve ark., 2019).

Serdar (2021), yaptığı çalışmada, CFT maruziyeti sonrası *D. polymorpha*'da SOD aktivitesinde artış saptamıştır. Magni ve ark. (2014), zebra midyelere morfin vererek yaptıkları çalışmada antioksidan enzimlerin SODaktivitesinde önemli değişikliklere belirlemişlerdir. Binelli ve ark. (2011), Triclosana maruz bıraktıkları zebra midyelerde artan dozla SOD aktivitesinin bastırıldığını bildirmişlerdir. Parolini ve ark. (2012), 2,2',4,4',5,6'-Hexa BDE'ya maruz bıraktıkları zebra midyelerde SOD aktivitesinde azalma belirlemişlerdir.

CAT, oksijen kullanan hemen hemen tüm canlı organizmalarda bulunan çok yaygın bir enzimdir. Hidrojen peroksitin ayrışmasını katalize ederek su ve oksijen oluşumunda rol oynar (Chelikani ve ark., 2004). Kirilenmiş ortamlardaki CAT aktivitesi, kirletici

miktarına bağlı olarak artabilir veya azalabilir (Sobjak ve ark., 2017). Serdar (2021), yaptığı çalışmada, CFT maruziyeti sonrası *D. polymorpha*'da CAT aktivitesinde azalma saptamıştır. Frankiewicz ve ark. (2017), CAT aktivitesini 30.79–36.72 U mg⁻¹ protein olarak bulmuşlardır. Magni ve ark. (2014), zebra midyelere morfin vererek yaptıkları çalışmada antioksidan enzimlerin CAT aktivitesinde önemli değişikliklere neden olduğunu belirlemişlerdir. Binelli ve ark. (2011), Triclosana maruz bıraktıkları zebra midyelerde artan dozla CAT aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Parolini ve ark. (2012), 2,2,4,4',5,6'-Hexa BDE'ya maruz bıraktıkları zebra midyelerde CAT aktivitesinde azalma belirlemişlerdir.

Antioksidan enzim aktiviteleri, glutatyon redoks durumları ve LPO ürün seviyeleri (TBARS ve MDA) toksikolojik değerlendirmelerde en sık kullanılan biyobelirteçlerdir (Oruç ve ark. 2004). Birçok kirleticinin suda yaşayan organizmalarda MDA seviyesinde artışa neden olduğuna dair bilimsel çalışmalar mevcuttur (Tatar ve ark. 2018; Serdar 2019; Tatar ve ark. 2019; Yüksel ve ark. 2020). Serdar ve ark. 2019, sülfametazin kimyasalına maruz kalan *D. polymorpha* midyelerinde konsantrasyona bağlı olarak MDA'nın arttığını bildirmiştir. Serdar ve ark. (2021), Beta-Cyfluthrine maruz kalan Zebra midyelerde MDA düzeyinin kontrole göre ve artan konsantrasyonla önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. MDA seviyesindeki bu artış, organizma β -CF oksidatif hasarına karşı savunma yaptığı için oksidatif stresin bir sonucu olarak kabul edilmiştir. Magni ve ark. (2014), zebra midyelere morfin vererek yaptıkları çalışmada lipid peroksidasyon seviyelerinde artışa neden olduğunu belirlemişlerdir. Sulejow Rezervuarı'ndaki midyelerdeki LPO seviyeleri, ilkbahar ve yaz sonunda (yaklaşık 0.33 nmol MDA/mg protein), yaz ve sonbahardakinden (0.15 nmol MDA/mg protein) önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Białe Gölü midyelerinde LPO seviyeleri, ilkbahardaki seviyelere (0.227 nmol MDA/mg protein) kıyasla yaz, yaz sonu ve sonbaharda (0.106–0.125 nmol MDA/mg protein) nispeten düşük bulunmuştur.

Bu çalışmada elde edilen SOD, CAT ve MDA değerleri diğer araştırmacıların yaptıkları ile zıt bir durum göstermiştir. Doğal veya yapay kirleticiler de kimyasal maddelerde olduğu gibi organizma üzerinde oksidatif strese neden olmaktadır. Bu çalışmada da aşırı sedimente maruz kalan zebra midyelerde hareket ve besin alımında sıkıntı olması nedeniyle oksidatif stres olmuştur. Bu oksidatif stresin emarelerini de SOD ile CAT seviyelerindeki düşüş sonucunda görmekteyiz. MDA seviyesindeki artış normalde olmaması gereken bu durumdur. Ancak bunun için sedimentin diğer özelliklerine de bakmak gerekir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma su altı dalarak gözlem anlamında Türkiye’göl ortamlarında midyeler üzerinde yapılan ilk çalışmalardan birisidir. Suyu dalmadan dreç ve benzeri aletler ile sadece midyeleri toplayarak yapılan çalışmalara oranla çok daha fazla ve farklı verinin toplanmasına imkân vermiştir.

Zebra midyelerinin istilacı türler olduğu doğrudur, ancak zebra midyelerinin günümüz bilgisiyle büyük göl ve nehir ortamlarından tamamen uzaklaştırılması da mümkün görülmemektedir. Bu nedenle onları yok etmek için mücadele etmek yerine, haklarındaki her türlü bilgimizi artırarak onlardan elde edebileceğimiz maksimum faydayı almak amacımız olmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Acarlı, D., Acarlı, S., Öktener, Ö.,** 2020. Mass mortality report of critically endangered fan mussel (*Pinna nobilis*, Linnaeus 1758) from Cunda Island, Ayvalık (Aegean Sea, Turkey). *Acta Nat. Sci.*, 1(1): 109-117. DOI: 10.29329/actanatsci.2020.313.12
- Acarlı, S., Acarlı, D., Kale, S.,** 2021. Current status of critically endangered fan mussel *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) population in Çanakkale Strait, Turkey. *Mar. Sci. Tech. Bull.*, 10(1): 62-70.
- Akkuş, M., Sarı, M., Arabacı, M.,** 2019. Sarıme Mehmet Barajı'nda (VAN) ilk zebra midye kaydı ve zebra midye popülasyonunun bölge balıkçılığına olası etkileri. *Commagene Journal of Biology*, 3(2): 97-102. DOI: 10.31594/commagene.641992
- Aldridge, D.C.,** 2004. Conservation of freshwater unionid mussels in Britain. *Journal of Conchology, Special Publication*, 3: 81–90.
- Aldridge, D.C., Fayle, T.M., Jackson, N.,** 2007. Freshwater mussel abundance predicts biodiversity in UK lowland rivers. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17: 554–564.
- Altınayar, G., Ertem B., Aydoğan F.,** 2001, Hidroelektrik Santraller ve Su Arıtma Tesislerinde Sorun Yaratıcı Zebra Midye (*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)'nin Yaşamı ve Savaşımı. *DSİ Teknik Bülteni*, 98: 33-39.
- Baker, F.C.,** 1930. The use of animal life by the mound-building Indians of Illinois. *Transactions of the Illinois State Academy of Science*, 22: 41–59.
- Baker, S.M., Hornbach, D.J.,** 2000. Physiological status and biochemical composition of a natural population of unionid mussels (*Amblema plicata*) infested by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). *Am Midl Nat*, 143: 443–452.
- Barnhart, M.C., Haag, W.R., Roston, W.N.,** 2008. Adaptations to host infection and larval parasitism in Unionoida. *Journal of the North American Benthological Society*, 27: 370-394.
- Bauer, G.,** 1992. Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. *Journal of Animal Ecology*, 61: 425-436.
- Bellwood, D.R., Hoey, A.S., Ackerman, J.L., Depczynski, M.,** 2006. Coral bleaching, reef fish community phase shifts and the resilience of coral reefs. *Global Change Biology*, 12(9):1587–1594. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01204.x.
- Benson, A.J., Raikow, D.,** 2009. "*Dreissena polymorpha*." vol. 2009: USGS Nonindigenous Aquatic Species Database.
- Bernard, A.T.F., Götz, A., Kerwath, S.E., Wilke, C.G.,** 2013. Observer bias and detection probability in underwater visual census of fish assemblages measured

with independent double-observers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 443: 75-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2013.02.039>

- Bij de Vaate, A.**, 2009. De verspreiding van de quaggamossel, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897), in de Nederlandse rijkswateren in 2008. Rapportnummer 2009/01. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, 57s.
- Binelli, A., Parolini, M., Pedriali, A., Provini, A.**, 2011. Antioxidant activity in the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in response to triclosan exposure. *Water Air Soil Pollut*, 217: 421–430. DOI 10.1007/s11270-010-0597-4
- Bobat, A., Hengirmen, M.O., Zapletal, W.**, 2004. Zebra Mussel and Fouling Problems in the Euphrates Basin. *Turk. J. Zool.*, 28: 161-177.
- Brock, R.E.**, 1982. A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bulletin of Marine Science*, 32: 269–276.
- Chase, M.E., Bailey, R.C.**, 1999. The Ecology of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Lower Great Lakes of North America: I. Population Dynamics and Growth. *J. Great Lakes Res.*, 25(1):107–121.
- Chelikani, P., Fita, I., Loewen, P.C.**, 2004. Diversity of structures and properties among catalases. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 61(2):192-208.
- Cilbiz, M., Bektaş, Z.H., Çapkın, K., Hatipoğlu, B.Ç., Kaya, M.A.**, 2019. Seasonal variation of zebra mussel (*Dreissena polymorpha* Pallas, 1771) colonization on Turkish Narrow-Clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Lake Eğirdir, Turkey. *Aquat Sci Eng*, 34(2): 67-63.
- Claudi, R., Mackie, G.L.**, 1994. Practical manual for zebra mussel monitoring and control. Lewis Publishers, Boca Raton, 227s.
- Colton, M.A., Swearer, S.E.**, 2010. A comparison of two survey methods: differences between underwater visual census and baited remote underwater video. *Marine Ecology Progress Series*, 400: 19-36. <https://doi.org/10.3354/meps08377>
- Conides, A., Koussouris, T., Gritzalis, K., Bertahas, I.**, 1995. Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*: Population Dynamics and Notes on Control Strategies in a Reservoir in Western Greece. *Lake and Reservoir Management*, 11(4): 329-336, DOI: 10.1080/07438149509354214
- Connolly, N., O'Neill, C., Knuth, B., Brown, T.**, 2007. Economic impacts of zebra mussels on drinking water treatment and electric power generation facilities. *Environmental Management*, 40: 105-112.
- Coughlan, N.E., Cunningham, E.M., Cuthbert, R.N., Joyce, P.W., Anastácio, P.**, 2021. Biometric conversion factors as a unifying platform for comparative

- assessment of invasive freshwaterbivalves. *Journal of Applied Ecology*, 58:1945–1956.
- Cope, W.G., Bartsch, M.R., Hightower, J.E.,** 2006. Population dynamics of zebra mussels *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) during the initial invasion of the upper Mississippi River, USA. *Journal of Molluscan Studies*, 72(2): 179–188.
- Demirsoy, A.,** 1998. Yaşamın Temel Kuralları (Böcekler dışında omurgasızlar). Cilt 2. Kısım I. Metaksan A.S., Ankara, 1210s.
- Depew, D.C., Krutzelmann, E., Watchorn, K.E., Caskenette, A., Enders, E.C.,** 2021. The distribution, density, and biomass of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on natural substrates in Lake Winnipeg 2017–2019. *Journal of Great Lakes Research*, 47: 556–566.
- Devlet Su İşleri (DSİ),** Kovada II. Hidroelektrik Santralında Midye Sorunu ve Su Mecralarının Midye Üremesinden ve Korozyondan Korunmasıyla İlgili Olarak Yapılan Elektroşimik Tecrübelerin Neticeleri. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1969.
- Devlet Su İşleri (DSİ),** Hidroelektrik santrallerde sorun yaratan zebra midye araştırmaları. DSİ Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2005.
- Dickens, L., Goatley, C., Tanner, J.K., Bellwood, D.R.,** 2011. Quantifying relative diver effects in underwater visual censuses. PLoS ONE 6(4): e18965. DOI: 10.1371/journal.pone.0018965
- Drake, J.M., Bossenbroek, J.M.,** 2004. The potential distribution of zebra mussels in the United States. *BioScience*, 10: 931–941.
- Emslie, M.J., Cheal, A.J., MacNeil, M.A., Miller, I.R., Sweatman, H.P.A.,** 2018. Reef fish communities are spooked by scuba surveys and may take hours to recover. *PeerJ*, 6: e4886; DOI 10.7717/peerj.4886
- Ensr,** 2005. Rapid response plan for the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Massachusetts, report prepared for the Massachusetts Department of Conservation and Recreation. 251 Causeway Street, Suite 700 Boston, 13s.
- Ercan, E., Gaygusuz, Ö., Tarkan, A.S.,** 2013. Sapanca gölü’nde istilacı özellik gösteren bir yerel tür: *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 28: 141-151.
- Ercan, E., Tarkan, A.S.,** 2013. Effect of Salinity on the Growth and Survival of the Freshwater Mussel, *Unio crassus*, in an Environmentally Disturbed River. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(5): 1399-1406.

- Ergüven, O.G., Tatar, Ş., Serdar, O., Yildirim, N.C., 2020.** Evaluation of the efficiency of chlorpyrifos-ethyl remediation by *Methylobacterium* radiotolerans and *Microbacterium arthrosphaerae* using response of some biochemical biomarkers. *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 2871-2879. DOI: 10.1007/s11356-020-10672-9
- Fasola, M., Canova, L., Foschi, F., Novelli, O., Bressan, M., 1997.** Resource use by a Mediterranean rocky slope fish assemblage. *Marine Ecology*, 18: 51-66. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1997.tb00426.x>
- Foyer, C.H., Noctor, G., 2005.** Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. *Plant Cell*, 17: 1866–1875. doi: 10.1105/tpc.105.033589
- Frankiewicz, A.W., Bernasinska, J., Frankiewicz, P., Gwoździński, K., Jurczak, T., 2017.** The role of environmental factors in the induction of oxidative stress in zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Aquatic Ecology*, 51: 289–306. DOI 10.1007/s10452-017-9617-4
- Fuller, S.H., 1974.** Clams and mussels (Mollusca: Bivalvia). In *Pollution ecology of freshwater invertebrates*, pp. 215–273, eds. Hart, C.W., & Fuller, S.L.H., Academic Press, New York.
- Gaygusuz, Ö, Gaygusuz, G.Ç, Tarkan, A.S., Acıpinar, H., Türer, Z., 2007.** Preference of zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the diet and effect on growth of gobiids: a comparative study between two different ecosystems. *Ekoloji*, 17: 1–6.
- Geist, J., 2010.** Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia*, 644: 69–88.
- Geldiay, R., Bilgin, F.H., 1973.** Batı Anadolu’da bazı tatlısularda yaşayan *Dreissena polymorpha* (Pallas) “Bivalv” üzerine bir araştırma, E.Ü. Fen Fak. İlmi Raporlar Serisi No:158, 10s.
- Giglio, V.J., Ternes, M.L.F., Kassuga, A.D., Ferreira, C.E.L., 2018.** Scuba diving and sedentary fish watching: effects of photographer approach on seahorse behaviour. *Journal of Ecotourism*, DOI: 10.1080/14724049.2018.1490302
- Goudreau, S., Neves, R.J., Sheehan, R.J., 1993.** Effects of wastewater treatment plant effluents on freshwater mollusks in the upper Clinch River, Virginia. *Hydrobiologia*, 252: 211–230.
- Gutierrez, J.L., Jones, C.G., Strayer, D.L., Iribarne, O.O., 2003.** Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. *Oikos*, 101: 79–90.

- Gül, B., Lök, A., Özgül, A., Ulaş, A., Düzbastılar, F.O., Metin, C.,** 2011. Comparison of fish community structure on artificial reefs deployed at different depths on Turkish Aegean Sea Coast. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59: 27-32.
- Haag, W.R.,** 2012. North American Freshwater Mussels: Natural History, Ecology, and Conservation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Havlik, M.E., Marking, L.L.,** 1987. Effects of contaminants on naiad mollusks (Unionidae): A review. U.S. *Fish and Wildlife Service Resource Publication*, 164: 1–20.
- Heard, W.H.,** 1970. Hermaphroditism in *Margaritifera falcata* (Gould) (Pelecypoda: Margaritiferidae). *The Nautilus*, 83: 113-114.
- Heard, W.H.,** 1975. Sexuality and other aspects of reproduction in Anodonta (Pelecypoda: Unionidae). *Malacologia*, 15(1): 81-103.
- Hebbel, R.P.,** 1986. Erythrocyte antioxidants and membrane vulnerability. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 107: 401-404.
- Helfrich, L.A., Neves, R.J., Weigmann, D.L., Speenburgh, R.M., Beaty, B.B., Biggins, D., Vinson, H.,** 1997. Help save America's pearly mussels. Virginia Cooperative Extension Publication 420–014. Blacksburg, Virginia. 16s.
- Ho, E., Karimi, G.K., Liu, C.C., Bhindi, R., Figtree, G.A.,** 2013. Biological markers of oxidative stress: applications to cardiovascular research and practice. *Redox Biol*, 1 :483–91.
- Jones, R.L., Wagner, M.D., Slack, W.T., Peyton, S., Hartfield, P.,** 2019. Guide to the Identification and Distribution of Freshwater Mussels (Bivalvia: Unionidae) In Mississippi. Mississippi Department of Wildlife, Fisheries, and Parks, Mississippi, 339s.
- Kangari, P., Zarnoosheh, F.T, Golchin, A., Ebadollahzadeh, S., Salmaninejad, A., Mahboob, S.A., Nourazarian, A.,** 2018. Enzymatic antioxidant and lipid peroxidation evaluation in the newly diagnosed breast cancer patients in Iran. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 19: 3511–3515.
- Kappus, H.,** 1985. Lipid peroxidation: mechanisms, analysis, enzymology and biological relevance. Oxidative Stress, Academic Press, London, 273s.
- Katsanevakis, S., Thessalou-Legaki, M.,** 2009. Spatial distribution, abundance and habitat use of the protected fan mussel *Pinna nobilis* in Souda Bay, Crete. *Aquatic Biology*, 8: 45–54. doi: 10.3354/ab00204
- Kilgour, B.W., Mackie, G.L.,** 1993. Colonisation of different construction materials by the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). In: Zebra mussels: Biology, Impacts and Control, eds, Nalepa, T.F. & Schlosser, D.W., Lewis publishers, Ann Arbor, Michigan, 8321s.

- Kilgour, B., Mackie G.L., Baker, M.A., Keppel, R., 1994.** Effects of Salinity on the Condition and Survival of Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*). *Estuaries and Coasts*, 17(2): 385-393.
- Kinzelbach, R., 1992.** The main features of the phylogeny and dispersal of the Zebra Mussel *Dreissena polymorpha*. In: *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha. Limnologie aktuell*, 4: 5-17.
- Kohen, R., Nyska, A., 2002.** Invited review: Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic Pathology*, 30(6): 620-650.
- Kutluyer, F., Aksu, Ö., Aksu, Ö., 2013.** Kerevitlerin beslenmesinde (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) alternatif besin olarak Zebra midyesinin (*Dreissena polymorpha* Pallas, 1771) Kullanılması. *Tunceli Üniversitesi Bilim ve Gençlik Dergisi*, 1(2): 63-70.
- Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Loo, L.O., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A.S., Svensson, J., Svensson, S., Syversen, U., 2005.** Improving marine water quality by mussel farming: a profitable solution for Swedish society. *Ambio*, 34(2): 131-138.
- Locke, A., 1997.** Precision of diving and canoe-based visual estimates of Atlantic salmon (*Salmo salar*) abundance. *Fisheries Research*, 29(3): 283-287.
- Lopes-Lima, M., Teixeira, A., Froufe, E., Lopes, A., Varandas, S., Sousa, R., 2014.** Biology and conservation of freshwater bivalves: past, present and future perspectives. *Hydrobiologia*, 735: 1-13.
- Lopes-Lima, Gürlek, M.E., Kebapçı, Ü., Şereflişan, H., Yanık, T., Mirzajani, A., Neubert, E., Prie, V., Teixeira, A., Santos, A.G., Barros-Garcia, D., Nolotov, I.N., Kondakov, A.V., Vikhrev, I.V., Tomilova, A.A., Özcan, T., Altun, A., Gonçalves, D.V., Bogan, A.E., Froufe, E., 2021.** Diversity, biogeography, evolutionary relationships, and conservation of Eastern Mediterranean freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 163: 107261.
- Lydeard, C., Cowie, R.H., Ponder, W.F., Bogan, A.E., Bouchet, P., Clark, S.A., Cummings, K.S., Frest, T J., Gargominy, O., Herbert, D.G., Hershler, R., Perez, K.E., Roth, B., Seddon, M., Strong, E.E., Thompson, F.G., 2004.** The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience*, 54: 321-330.
- Machtinger, E.T., 2007.** Native Freshwater Mussels. Natural resources conservation services. *Fish and Wildlife Habitat Management Leaflet*, 46: 1-16.
- Mackie, G.L., Gibbons, W.N., Muncaster, B.W., Gray, I.M., 1989.** The zebra mussel, *Dreissena polymorpha*: A synthesis of European experiences and a preview for

North America. Report prepared for Water Resources Branch, Great Lakes Section. Available from Queen's Printer for Ontario, ISBN0-7729-5647-2.

- Mackie, G.L.**, 1991. Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorph*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia*, 219(1):251-268. DOI: 10.1007/BF00024759
- Mackie, G.L., Schloesser, D.V.**, 1996. Comparative biology of zebra mussels in Europe and North America: An Overview. *Amer. Zool.*, 36: 244-258.
- Mackie, G.L., Claudi, R.**, 2010. Monitoring and Control of Macrofouling Mollusks in Fresh Water Systems. CRC Press, Boca Raton, 550s.
- Magni, S., Parolini, M., Binelli, A.**, 2014. Sublethal effects induced by morphine to the freshwater biological model *Dreissena polymorpha*. *Environmental Toxicology*, 31(1): 58-67. <https://doi.org/10.1002/tox.22021>
- Marsden, J.E., Spidle, A., May, B.**, 1995. Genetic similarity among zebra mussel populations within North America and Europe. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 836-847.
- May, G.E., Gelembiuk, G.W., Panov, V.E., Orlova, M.I., Lee, C.E.**, 2006. Molecular ecology of zebra mussel invasions. *Mol Eco*, 15: 1021–1031.
- McCord, J.M., Fridovich, I.**, 1969. Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocuprein (hemocuprein). *J Biol Chem*, 244(22):6049-55.
- McLaughlan, C., Aldridge, D.C.**, 2013. Cultivation of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) within their invaded range to improve water quality in reservoirs. *Water Research*, 47: 4357-4369.
- Nalepa, T.F., Cavaletto, J.F., Ford, M., Gordon, W.M., Wimmner, M.**, 1993. Seasonal and annual variation in weight and biochemical content of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in Lake St. Clair. *J. Great Lakes Res.*, 19(3): 541-552.
- Nalepa, T.F., Wojcik, J.A., Fanslow, D.L., Lang, G.A.**, 1995. Initial colonization of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Saginaw Bay, Lake Huron: Population recruitment, density, and size structure. *J. Great Lakes Res.*, 21: 417–434. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(95\)71056-5](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(95)71056-5).
- Nedea, E.J., Smith, A.K., Stone, J., Jepsen, S.**, 2009. Freshwater Mussels of the Pacific Northwest. The Xerces Society in Portland, Oregon, 60s.
- Negus, C.L.**, 1966. A quantitative study of growth and production of unionid mussels in the River Thames at Reading. *Journal of Animal Ecology*, 35: 513–532.
- Neves, R.J.**, 1993. A state-of-the-unionids address. In *Conservation and management of freshwater mussels*, pp. 1–10, eds. Cummings, K.S., Buchanan, A.C. & Koch, L.M., Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois.

- Parker, B.C., Patterson, M.A., Neves, R.J., 1998.** Feeding interactions between native freshwater mussels (Bivalvia:Unionidae) and zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in the Ohio River. *American Malacological Bulletin*, 14(2): 173-179.
- Parolini, M., Pedriali, A., Binelli, A., 2012.** Variation of antioxidant activity in *Dreissena polymorpha* specimens exposed to 2,2,4,4',5,6' -Hexa BDE (BDE-154). *Water Air Soil Pollut*, 223: 3067–3076.
- Parolini, M., Magni, S., Castiglioni, S., Binelli, A., 2016.** Amphetamine exposure imbalanced antioxidant activity in the bivalve *Dreissena polymorpha* causing oxidative and genetic damage. *Chemosphere*, 144: 207-213
- Prejs, A., Lewandowski, K., Stańczykowska-Piotrowska, A., 1990.** Size-selective predation by roach (*Rutilus rutilus*) on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*): field studies. *Oecologia*, 83 (3): 378-384.
- Prie, V., Molina, Q., Gamboa, B., 2014.** French naiad (Bivalvia: Margaritiferidae, Unionidae) species distribution models: prediction maps as tools for conservation. *Hydrobiologia*, 735: 81–94.
- Quimpo, T.J.R., Cabaitan, P.C., Olavides, R.D.D., Dumalagan, Jr. E.E., Munar, J., Siringan, F.P., 2018.** Spatial variability in reef fish assemblages in shallow and upper mesophotic coral ecosystems in the Philippines. *Journal of Fish Biology*, 94 (1): 17-28. <https://doi.org/10.1111/jfb.13848>
- Randall, J.E., 1963.** An analysis of the fish populations of artificial and natural reefs in the Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*.3: 31–46.
- Rassweiler, A., Dubel, A.K., Hernan, G., Kushner, D.J., Caselle, J.E., Sprague, J.L., Kui, L., Lamy, T., Lester, S.E., Miller, R.J., 2020.** Roving divers surveying fish in fixed areas capture similar patterns in biogeography but different estimates of density when compared with belt transects. *Front. Mar. Sci.*, 7:272.doi: 10.3389/fmars.2020.00272
- Schloesser, D.W., Nalepa, T.F., Mackie, G.L., 1996.** Zebra mussel infestation of unionid bivalves (Unionidae) in North America. *Integr Comp Biol*, 36: 300–310.
- Serdar, O., Yildirim, N. C., Tatar, S., Yildirim, N., Ogedey, A., 2018.** Antioxidant biomarkers in *Gammarus pulex* to evaluate the efficiency of electrocoagulation process in landfill leachate treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(13): 12538-12544.
- Serdar, O., 2019.** The effect of dimethoate pesticide on some biochemical biomarkers in *Gammarus pulex*. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21):21905–21914.
- Serdar, O., 2021.** Determination of the effect of cyfluthrin pesticide on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) by some antioxidant enzyme activities. *Journal of*

Anatolian Environmental and Animal Sciences, 6(1): 77-83. DOI: <https://doi.org/10.35229/jaes.804479>

- Serdar, O., Aydın, R., Söylemez, H.**, 2021. Effect of beta-cyfluthrin pesticide on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Int. J. Pure Appl. Sci.*, 7(3):462-471. DOI: 10.29132/ijpas.803520
- Sies, H.**, 1993. Strategies of antioxidant defenses. *European Journal of Biochemistry*, 215: 213-219.
- Smircich, M.G., Strayer, D.L., Schultz, E.T.**, 2017. Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) affects the feeding ecology of early stage striped bass (*Morone saxatilis*) in the Hudson River estuary. *Environ Biol Fish*, 100: 395–406. DOI 10.1007/s10641-016-0555-0
- Smit, H., Bij de Vaate, A., Reeders, H.H., van Nes, E.H., Noordhuis, R.**, 1993. Colonisation, ecology and positive aspects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in the Netherlands. In: Zebra mussels: Biology, Impacts and Control, eds, Nalepa, T.F. & Schlosser, D.W., Lewis publishers, Ann Arbor, Michigan, 8321s.
- Sobjak, T.M., Romão, S., do Nascimento, C.Z., dos Santos, A.F.P., Vogel, L., Guimarães, A.T.B.**, 2017. Assessment of the oxidative and neurotoxic effects of glyphosate pesticide on the larvae of *Rhamdia quelen* fish. *Chemosphere*, 182: 267-275.
- Soldo, A., Glavičić, I.**, 2020. Underwater visual census of deeper vertical rocky reefs. *Turk. J. Fish. & Aquat. Sci.*, 20(11): 785-794. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_11_02
- Somani, S.M., Husain, K., Schlorff, E.C.**, 1997. Response of antioxidant system to physical and chemical stress. In: Oxidants, Antioxidants, and Free Radicals, eds, Baskin, S.I., Salem, H., Taylor Francis, Washington, DC, 450s.
- Son, M.O.**, 2007. Native range of the zebra mussel and quagga mussel and new data on their invasions within the Ponto-Caspian region. *Aquat Invas*, 2: 174–184.
- Sousa, R., Dias, S., Guilhermino, L., Antunes, C.**, 2008. Minho River tidal freshwater wetlands: threats to faunal biodiversity. *Aquatic Biology*, 3: 237–250.
- Spooner, D.E., Frost, P.C., Hillebrand, H., Arts, M.T., Puckrin, O., Xenopoulos, M.A.**, 2013. Nutrient loading associated with agriculture land use dampens the importance of consumer-mediated niche construction. *Ecology Letters*, 16: 1115–1125.
- Sprung, M., Borchertding, J.**, 1991. Physiological and Morphometric Changes in *Dreissena polymorpha* (Mollusca: Bivalvia) During Starvation Period. *Malacologia*, 33(1-2): 179-191.

- Stanczykowska, A.**, 1977. Ecology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia) in lakes. *Polish Archives of Hydrobiology*, 24: 461-530.
- Strayer, D.L., Caraco, N.F., Cole, J.J., Findlay, S., Pace, M.L.**, 1999. Transformation of freshwater ecosystems by bivalves. *BioScience*, 49: 19–27.
- Strayer, D.L., Downing, J.A., Haag, W.R., King, T.L., Layzer, J.B., Newton, T.J., Nichols, S.J.**, 2004. Changing perspectives on pearly mussels, North America's most imperiled animals. *BioScience*, 54: 429–439.
- Stybel, N., Fenske, C., Schernewski, G.**, 2009. Mussel cultivation to improve water quality in the Szczecin Lagoon. *Journal of Coastal Research*, 56: 1459-1463.
- Tankersley, R., Dimock, R.V.**, 1993. The effect of larval brooding on the respiratory physiology of the freshwater unionid mussel *Pyganodon cataracta*. *American Midland Naturalist*, 130: 146–163.
- Tatar, S., Cikcikoglu Yildirim, N., Serdar, O., Yildirim, N., Ogedey, A.**, 2018. The using of *Gammarus pulex* as a biomonitor in ecological risk assessment of secondary effluent from municipal wastewater treatment plant in Tunceli, Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24(3): 819-829.
- Tatar, Ş., Serdar, O., Yildirim, N.C.**, 2019. Kongokırmızısına maruz bırakılan tatlı su Amfipodu *Gammarus pulex*'in Antioksidan ve detoksifikasyon sistemindeki değişiklikler. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(2), 76-81
- Thurrow, R.F., Dolloff, C.A., Marsden, J.E.**, 2012. Visual observation of fishes and aquatic habitat [Chapter 17]. In: Fisheries techniques, eds, Zale, A.V., Parrish, D.L. & Sutton, T.M., 3rd edition, MD: American Fisheries Society, Bethesda, 1009s.
- Tucker, J., Theiling, C.**, 1999. U.S. Geological Survey, Upper Midwest Environmental Sciences Center, La Crosse, Wisconsin. 236 pp.
- URL-1,** 2011. <http://www.hydroblaster.com/files/ZEBRA-MUSSEL%5B1%5D.pdf>. Aquatic Invasive Species Zebra Mussel. 10 Temmuz 2011.
- URL-2,** 2017. <http://cografyaharita.com/haritalarim/2eturkiye-akarsular-haritasi.png>, 15 Eylül 2021.
- URL-3,** 2021. Türkiye Akarsular Haritası. <https://www.google.com.tr/maps/place/Keban+Baraj%C4%B1+ve+Hidroelektrik+Santrali/@38.8611252,38.9294658,10z/data=!4m5!3m4!1s0x40771f3437a51ff9:0x74c693e8ea5a974a!8m2!3d38.806449!4d38.7561418>, 15 Eylül 2021.
- U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC),** Zebra Mussel Information System. Waterways Experiment Station. 30909 Halls Ferry Road. Vicksburg, MS 39 180, USA, 2001.

- Vaughn, C.C., Hakenkamp, C.C., 2001.** The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, 46: 1431–1446.
- Vollset, K.W., Skoglund, H., Barlaup, B.T., Pulg, U., Gabrielsen, S.E., Wiers, T., Bjornar, S., Lehmann, G.B., 2014.** Can the river location within a fjord explain the density of Atlantic salmon and sea trout? *Marine Biology Research*, 10(3): 268–278.
- Vrútek, M., Reichard, M., 2012.** An indirect effect of biological invasions: the effect of zebra mussel fouling on parasitisation of unionid mussels by bitterling fish. *Hydrobiologia*, 696: 205–214.
- Weaver, D.M., Kwak, T.J., Pollock, K.H., 2014.** Sampling characteristics and calibration of snorkel counts to estimate stream fish populations. *North American Journal of Fisheries Management*, 34(6): 1159–1166.
- Williams, J.D., Warren, M.L. Jr., Cummings, K.S., Harris, J.L., Neves, R.J., 1993.** Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada. *Fisheries*, 18: 6–22.
- Wilson, A.E., 2003.** Effects of zebra mussels on phytoplankton and ciliates: a field mesocosm experiment. *Journal of Plankton Research* 25(8): 905-915.
- Wilson, S.K., Graham, N.A.J., Holmes, T.H., MacNeil, M.A., Ryan, N.M., 2018.** Visual versus video methods for estimating reef fish biomass. *Ecological Indicators* 85:146–152 DOI 10.1016/j.ecolind.2017.10.038.
- Wolfe, D.A., Champ, M.A., Flemer, D.A., Mearns, A.J., 1987.** Longterm biological data sets: their role in research, monitoring, and management of estuarine and coastal marine systems. *Estuaries*, 10: 181–193. doi: 10.2307/1351847
- Yadav, N., Sharma, S., 2016.** Reactive Oxygen Species, Oxidative stress and ROS scavenging system in plants. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(5): 595-604.
- Yildirim, N.C., Tanyol, M., Serdar, O., Yildirim, N., 2019.** *Gammarus pulex* as a Model Organism to Assess the Residual Toxicity of Slaughterhouse Wastewater Treated by Electrocoagulation Process. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 103(3): 447-452.
- Young, B.L., Padilla, D.K., Schneider, D., Hewett, S.W., 1996.** The importance of size-frequency relationships for predicting ecological impact of zebra mussel populations. *Hydrobiologia*, 332(3):151-158.
- Yüksel, F., Aydin, R., Serdar, O., Pala, A., 2020.** Examining the biochemical effect of malathion pesticide on *Gammarus pulex* (L., 1798). *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(10): 9490-9497