

SU ÜRÜNLERİ

Alanında Uluslararası Çalışmalar

Mart 2025

EDİTÖRLER

PROF. DR. ÖNDER AKSU
DOÇ. DR. MÜRŞİDE DARTAY

 D SERÜVEN
YAYINEVİ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Mart 2025

ISBN • 978-625-5552-82-2

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.serüvenyayınevi.com

e-mail: serüvenyayınevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 42488

SU ÜRÜNLERİ

ALANINDA ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

EDİTORLER

PROF. DR. ÖNDER AKSU
DOÇ. DR. MÜRŞİDE DARTAY

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

YAPAY YÜZER SULAK ALANLAR

Ataman Altuğ ATICI—1

Bölüm 2

TUNCELI SARIMSAĞI (*Allium tuncelianum* KOLLMAN) MASERE YAĞLARININ YOĞUN STOKLANMIŞ *Astacus* *leptodactylus* ESCHSCHOLTZ, 1823'DA ANTİOKSİDAN PARAMETRELERE ETKİSİ

Yeliz Çakır SAHİLLİ, Fatih EFENDİOĞLU, Önder AKSU—27

Bölüm 3

İÇSULARDA SU ÜRÜNLERİ İSTİHSAL HAKKI KİRALAMALARI VE BALIKÇILIK YÖNETİMİ

Halime ERSOY, Nuri ÇELİK, Ahmet Şeref KORKMAZ—45



YAPAY YÜZER SULAK ALANLAR

Ataman Altuğ ATICI¹

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü, Van, TÜRKİYE. ORCID ID: 0000-0001-8700-8969, atamanaltug@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Sulak alanlar, yaşamının sürdürülebilirliği, ekolojik ve ekonomik özellikleri ve sahip olduğu tür çeşitliliği açısından büyük bir zenginlik sunmaktadır (Atıcı, 2024). Canlılara yaban hayatı ortamı ve temel ihtiyaçların sağlanmasından atmosferik süreçlerin ve jeokimyasal döngülerin düzenlenmesine kadar yerel, bölgesel ve küresel ölçekte birçok işlevi yerine getirmektedirler (RAMSAR, 2024). Sulak alanlar canlıların hayatta kalması için hayati öneme sahiptir. Toplam 12.1 milyon km²lik bir alanı kaplamakta ve küresel boyutta ekosistem hizmetleri değerinin % 40.6'sını oluşturmaktadır (Costanza ve ark., 2014; RAMSAR, 2024).

Ekosistemin Değerlendirme Raporu (2005)'nun yayınlanmasıyla birlikte ortaya çıkan sulak alan ekosistem hizmetleri için yapılan sınıflandırma göre (Çizelge 1); sulak alan hizmetleri tedarik edici (1), düzenleyici (2), kültürel (3) ve destekleyici (4) başlıklar halinde sıralanmaktadır (Mitsch ve ark., 2015).

Çizelge 1. Ekosistem Değerlendirme Raporuna (2005) göre sulak alanların ekosistem hizmetleri (Mitsch ve ark., 2015).

| Tedarik edici hizmetleri | Düzenleyici hizmetler |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">BalıkçılıkYakıt ve bahçecilik için turba üretimiDiğer hayvanların üretimiKereste üretimiDoğrudan gıda üretimiSu teminiTuz teminiTarım ve hayvancılık | <ul style="list-style-type: none">Su kalitesinin iyileştirilmesiNehir taşkınlarının azaltılmasıKıyı şeridinin tsunamilerden, kasırgalardan ve diğer kıyısal etkilerden korunmasıKarbon tutumuBiyolojik üretimBiyolojik çeşitlilikİklim koşullarını düzenleme ve iklim değişikliğinin kontrolüNadir ve nesli tükenmekte olan türler için yaşam alanıAzot döngüsüFosfor döngüsü |
| Kültürel hizmetler | Destekleyici hizmetler |
| <ul style="list-style-type: none">PeyzajDinlenme alanlarıDoğa eğitimiKültürel değerlerin sürdürülmesiEkoturizm, kuş gözlemciliğiSportif balıkçılık | <ul style="list-style-type: none">Sulu/nemli toprak gelişimi gibi sulak alan fonksiyonları, birincil üretim, kimyasal bileşenler ve su depolama |

2. YÜZEN ADALAR VEYA YÜZER SULAK ALANLAR NEDİR?

Yüzen adalar veya yüzer sulak alanlar doğal bir olay olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 1). Bu adalar bağlı olduğu kara parçasından koparak bağımsız bir şekilde sahip olduğu bitki türleri ile gelişimini sürdürebilmektedir (Van Duzer, 2004). Dünyanın birçok yerinde doğal yüzen adalar bulunmaktadır (Van Duzer, 2004).



Şekil 1. *Yüzen Adalar Tabiat Anıtı (Solhan, Bingöl) (Fotoğraf Ataman Altuğ ATICI)*

Doğal yüzen adaların sağladığı katkıların farkına varılması ile yapay şekilde oluşturulan çeşitli yüzen ada uygulamalarına odaklanılmış, yapay yüzen ada veya yapay yüzer sulak alan terimlerini ortaya çıkmıştır (Yeh ve ark., 2015).

2.1. Yapay Yüzer Sulak Alanlar Nedir?

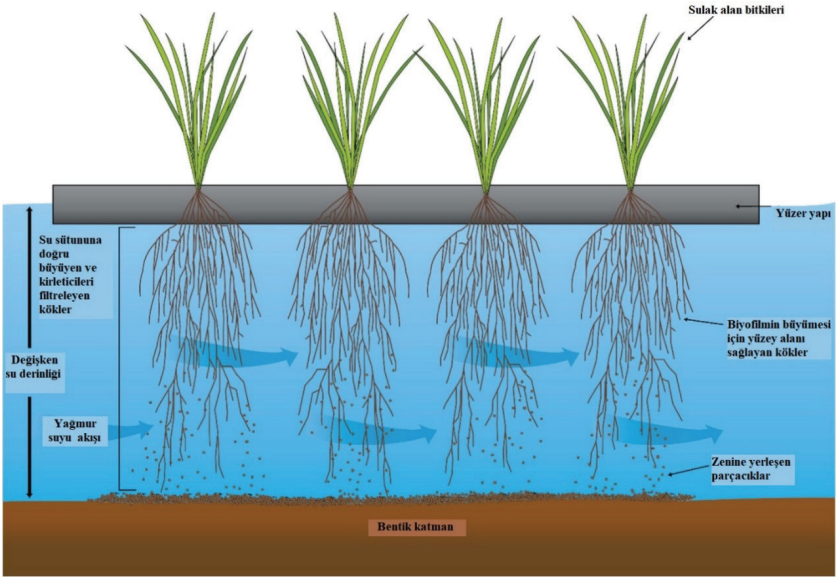
Yapay yüzer sulak alanlar en iyi yönetim uygulamalarından biri olarak ortaya çıkmıştır. Bu sulak alanlar için, “yüzer arıtma özelliğindeki sulak alan”, “inşa edilmiş yüzer sulak alan”, “yapay yüzer sulak alan”, “yapay yüzer ada”, “ekolojik yüzer yatak” ve “yüzer hidroponik sistem” de dahil olmak üzere çeşitli terminolojiler oluşturulmuştur (Davamani ve ark., 2021; Karstens ve ark., 2021; Oliveira ve ark., 2021).

Bu terminolojiler dışında “ekili yüzer sistem yatakları”, “yapay veya bitki örtüsüyle kaplı yüzer adalar” veya “ekolojik yüzer yataklar” olarak da adlandırılan yapay yüzer sulak alan kullanımları da bulunmakla bera-

ber, bu terminolojiler arasında en yaygın olarak kullanılanı “yapay yüzer sulak alanlar” olarak tercih edilmiştir (Pavlineri ve ark., 2017).

Bitkilerle ekili yüzer bir yapıdan oluşan yapay yüzer sulak alanlarda bitki kökleri doğrudan su sütununda büyümektedir (Şekil 2). Bitki kökleri ve kök kılları biyofilmin (faydalı canlılar) gelişmesi ve büyümesi için geniş bir yüzey alanı sağlamaktadır (Stewart ve ark., 2008; Winston ve ark., 2013). Kök ağı ve biyofilm, askıdaki katı maddeleri fiziksel olarak filtreleyip yakalamakta (Headley ve Tanner, 2007) ve kirleticilerin adsorpsiyon, emilim ve bitki dokusuna dahil edilmesi için kullanılabilir hale getirmektedir (Headley ve Tanner, 2011; Lynch ve ark., 2015). Sonuç olarak bitki örtüsü hidroponik olarak büyümekte ve besinleri doğrudan su sütunundan almaktadır (Prajapati ve ark., 2017). Yapay yüzer sulak alanlar, doğal yüzer adaların sağladığı önemli işlevleri taklit edecek şekilde tasarlanmıştır (Tanner ve ark., 2012; Walker ve ark., 2017).

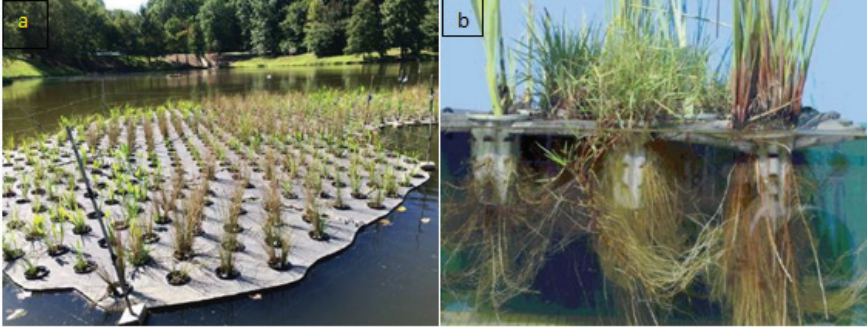
Şekil 2’de gösterildiği gibi, yapay yüzer sulak alanların yapısı esas olarak bitkilerden ve yüzer bir platformdan oluşmaktadır. Özellikle, doğal ve yapay yüzer sulak alan arasındaki temel ayrım, bitkilerin yapay olarak kaldırma kuvveti yüksek malzemeler üzerinde büyümesidir. Biyofilm ile bağlanan kökler böylece su yüzeyinin altında büyüebilir ve bitkilerin taçları su yüzeyinin üzerinde desteklenir. Rizosfer bitki kök sistemi ile yakın etkileşime giren ve mikrobiyel aktivitenin fazla olduğu kök çevresindeki ortamdır. Yapay yüzer sulak alanlarda kök sisteminin ana ortamı toprak yerine sudur ve rizosferde bakteriler de gözlenir (Saleem ve ark., 2018).



Şekil 2. Kökleri kirlenmeleri filtreleyen ve biyofilm büyümesi için yüzey alanı sağlayan sulak alan bitkileriyle dikilmiş bir yapıdan oluşan yapay yüzey sulak alanın şeması (Schwammerger ve ark., 2019)

Yapay yüzey sulak alan bitkileri, büyümek için besin maddelerini doğrudan su sütunundan almaktadır (Headley ve Tanner, 2006; Vymazal, 2007). Bu nedenle sistemdeki bitki biyokütlesinin aldığı besinin toplamı, su kütlesinden uzaklaştırılan besin miktarını temsil etmektedir (Gürewell ve Koerselman, 2002).

Sistemin performansı geniş ve yoğun bir kök sisteminin kurulmasına bağlıdır (Şekil 3). Kökler ve rizomlar üzerinde biyofilm oluşur ve fiziksel ve biyokimyasal süreçler meydana gelirken sistem doğal bir filtre görevi görür (Oliveira ve ark., 2021; Wang ve ark., 2021).



Şekil 3. Mason Göleti'ne yerleştirilen yapay yüzer sulak alan, (a) yüzer sulak alan platformu, (b) yüzer platformun altındaki kök gelişimi (McAndrew ve ark., 2016).

Yüzer platformlar çeşitli sentetik (örneğin polietilen veya polistiren köpük, polivinil klorür boru ve plastik ağ) ve doğal (örneğin bambu, hindistan cevizi lifi) malzemeler kullanılarak oluşturulabilir (Shahid ve ark., 2018; Afzal ve ark., 2019; Colares ve ark., 2020).

2.2. Yapay Yüzer Sulak Alanların Geçmişi

Yüzer sulak alanların yapay bir şekilde kullanılmasına bakıldığında, *Azolla* türü eğrelti otunun Çinli ve Vietnamlı çiftçiler tarafından sulak alanlardan ve pirinç tarlalarından çözünmüş besinleri çıkarmak için kullanıldığı, ardından kurutulup toprak gübresi olarak uygulandığı 11. yüzyıla kadar uzanmaktadır (Whitton ve Potts, 2007). *Eichhornia crassipes* bitkisinin 20. yüzyılın başlarında hem Avustralya'da hem de İngiltere'de kullanılması önerilmiş (Dymond, 2006) ve daha sonra 1975 yılında bu bitki türü NASA tarafından ABD'deki bir kanalizasyon lagününün arıtılmasında kullanılmıştır (Wolverton ve Mcdonald, 1978).

Canna generalis bitkisi ile inşa edilmiş yüzer sulak alanlar ilk olarak 1990'larda Japonya'da geliştirilerek balık havuzlarından ve arıtma havuzlarından fazla besinleri çekmek için denenmiştir (Wu ve ark., 2000). Daha sonra Çin'de su kalitesinin iyileştirilmesi için yine *C. generalis* kullanılması önerilmiştir (Xuwen ve Jiachang, 2001). Günümüzde ise yapay yüzer sulak alanların su arıtımı başta olmak üzere çeşitli amaçlar için kullanımı muazzam bir popülerliğe kavuşmuştur (Colares ve ark., 2020).

2.3. Yapay Yüzer Sulak Alanların Kullanım Alanları

Kimya, petrol, tekstil ve madencilik endüstrileri gibi farklı endüstriyel üretim süreçlerinden büyük miktarlarda çeşitli atık sular üretilmekte-

dir (Zhang ve ark., 2015). Endüstriyel atık su, uygun şekilde arıtılmadığı takdirde alıcı su kütlelerini bozacak çok çeşitli organik, inorganik ve biyolojik kirletici maddeler içermektedir (Bi ve ark., 2019). Endüstriyel atık su arıtımına yönelik geleneksel teknolojiler arasında yerçekimiyle ayırma, eleme, gaz yüzdürme, topaklaştırma, aktif çamur, sıralı biyoreaktör, membran biyoreaktör, anaerobik bölmeli reaktör, membran filtrasyonu ve ileri oksidasyon gibi süreçler yer almaktadır (Shrestha ve ark., 2021; Toczyłowska-Mamińska, 2017; Yu ve ark., 2017). Ancak bu arıtma teknolojileri yüksek maliyet, yüksek bakım gereksinimi ve ikincil kirleticiler gibi çeşitli olumsuzluklara sahiptir (Ijaz ve ark., 2016; Jain ve ark., 2020).

Sonuç olarak, endüstriyel atık suların ıslahı için etkili ve çevre dostu yöntemlerin geliştirilmesine acil ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaca yanıt olarak, doğal sulak alanlar kirli suyun arıtımı için umut verici yöntemler olarak ortaya çıkmış ve bunun ışığında çeşitli yapay sulak alanlar, farklı atık suların arıtılması için tasarlanmış ve kullanılmıştır (Ijaz ve ark., 2016; Li ve ark., 2021; Rahi ve ark., 2020). Yapay sulak alanlar temel olarak yüzey altı akışlı sulak alanlar, serbest su yüzeyi akışlı sulak alanlar ve yüzer sulak alanlar olarak sınıflandırılmaktadır (Stefanakis, 2018). Bunlar arasında yüzer sulak alanlar topraksız ekim teknolojisi kullanılarak esnek ve uygun maliyetli bir şekilde kolaylıkla kurulabilen türlerin başında gelmektedir (Shahid ve ark., 2018).

Çeşitli üretim süreçlerinden ortaya çıkan endüstriyel atık sular genellikle yüksek miktarda kirletici içeren konsantrasyonlar ve çevresel tehlikelerle ilişkilendirilmekte ve bu durum etkili arıtma gerektirmektedir. Yapay yüzer sulak alanlar, çok sayıda başarılı saha uygulamasıyla endüstriyel atık su arıtımı alanında oldukça etkili ve çevreci bir çözüm üreten yöntem olarak kendisini göstermiştir (Mao ve ark., 2024).

Yapay yüzer sulak alanların çoğu hem lotik hem de lentik sistemler olmak üzere açık su kütlesine kurulabilmektedir (Chang ve ark., 2012). Yağmur suyu tutma göletlerine veya kentsel göllere uyarlanabilmektedir (Borne ve ark., 2013; Winston ve ark., 2013; Hartshorn ve ark., 2016; Walker ve ark., 2017).

Yapılan literatür taramalarında çoğunlukla Çin, ABD ve İtalya'da yapay yüzer sulak alanlar;

- Göl ve nehirlerdeki kirlenmiş sular (Hu ve ark., 2010, Yang ve ark., 2008; Sun ve ark., 2009;),
- Yağmur suyu akışı (Lynch ve ark., 2015; Nichols ve ark., 2016),

- Evsel, kanalizasyon (Mietto ve ark., 2013; Barco ve Borin, 2017) ve endüstriyel atık sular (Ijaz ve ark., 2016),
- Mikroplastiklerle kirlenmiş atık sular gibi farklı suların arıtılması (Ziajahromi ve ark., 2019),
- Alg çoğalmasının azaltılması (Li ve ark., 2007; Song ve ark., 2009; Wu ve ark., 2011) için kullanılmaktadır.

Son dönemde Pakistan'daki petrolle kirlenmiş atık suların (Rehman ve ark., 2018; Afzal ve ark., 2019), tekstil atık suların (Tara ve ark., 2019) ve fenollerle kirlenmiş atık suların (Saleem ve ark., 2019) ağırlıklı yapay yüzer sulak alanlar ile etkisinin azaltıldığı bildirilmiştir. Yapay yüzer sulak alan tasarımlarına göre ekosistem hizmetleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. *Yapay yüzer sulak alan tasarımı ve ekosistem hizmetleri (Reid ve ark., 2005)*

| Yüzer Sulak Tasarımları | Ekosistem Hizmetleri |
|---|---|
| Arıtma amaçlı yüzer sulak alan | Tedarik edici (su, biyokimyasal ürünler) Düzenleyici (su kalitesi, yerel iklim) |
| Habitat oluşturma amaçlı yüzer sulak alan | Düzenleyici (iklim düzenlemesi, biyolojik düzenleme) Habitat oluşturucu veya destekleyici Eğitim ve öğretim için uygulama ve bilim fırsatları |
| Üretici yüzer sulak alan | Tedarik edici (yiyecek, süs türleri ve kaynakları) Kültürel katkı (estetik, eğlence, kültür, sanat ve tasarım) |

Yüzer sulak alanların en önemli işlevlerinden olan su kalitesinin düzeltilmesi, besinleri ve diğer kirletici maddeleri sudan uç ana mekanizma yoluyla uzaklaştırarak sağlanmaktadır (Headley ve Tanner, 2007; Colares ve ark., 2020). Bunlar;

- Besin maddelerinin (N ve P) bitkiler tarafından sudan doğrudan alınması,
- Bitki köklerinde büyüyen biyofilmin (faydalı canlıların bulunduğu bölge) parçalanması ve sudaki nitrojenin azalması,
- Bitki kökleri tarafından tortuların, büyük parçacıkların ve bunlarla ilişkili kirleticilerin tutulması ve çökmesinin hızlandırılması (as-kıdaki parçacıkların çökmesi, sudaki toplam fosfor ve ortofosfat seviyelerinin azaltılmasına yönelik ana mekanizmalardan biridir).

Yapay yüzer sulak alanların diğer kullanımları arasında, suda yaşayan su kuşlarının yaşam alanlarını iyileştirmek veya yaşam alanı sağlamak için kullanılması (Şekil 4) örnek verilebilir (Burgess ve Hiron, 1992; Kerr-Upal ve ark., 2000).



Şekil 4. *Yüzer sulak üzerinde konaklayan ördekler (Fotoğraf Sarah White, Clemson Üniversitesi) (Escamilla ve ark., 2024).*

Özellikle kuşlara yönelik habitat oluşturmak için inşa edilmiş olan sulak alar kuş gözlem alanları olarak turizme de katkı sağlayabilmektedir (Kadlec ve Wallace, 2009).

2.4. Yapay Yüzer Sulak İle Ortamdan Uzaklaştırılan Kirletici Yükler

2.4.1. Organik madde

Endüstriyel atık sudaki organik kirleticiler çoğunlukla tabakhane, palmiye yağı, süt ürünleri, içecek, ilaç, tekstil ve gıda işleme endüstrilerinden kaynaklanmaktadır (Mutamim ve ark., 2012). Organik kirleticiler mikroorganizmalar ve bitkiler tarafından biyokütleyi arttırmak için karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılabilir, ancak fenolik bileşikler, benzen, toluen, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve diğer hidrokarbon türleri gibi bazı organik kirleticiler toksik ve kanserojendir. (Jain ve ark., 2020).

Yapay yüzer sulak alanlarda organik kirleticilerin köklere tutunan mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak parçalanması kök bölgesinin yakınında aktif olarak gerçekleşmektedir. Biyofilm ve bitki kökleri

çözünmüş organik maddeleri doğrudan asimile edebilirken, büyük organik bileşikler mikroorganizmalar tarafından daha küçük bileşiklere dönüştürülerek bitkiler tarafından alınabilmektedir. (Mao ve ark., 2024).

2.4.2. Toplam katılar

Toplam katılar, toplam askıdaki katı maddeleri (AKM) ve toplam çözünmüş katıları (TDS) içermektedir. AKM, sudaki askıda kalan partikül maddenin toplam miktarını belirtir (Atıcı, 2023) ve genellikle atık suyun bulanıklığını artırabilen, makrofitler ve mikroorganizmalar için ışık kullanılabilirliğini azaltabilen fosfatlar, nitratlar, karbonatlar ve bir dizi bikarbonattan oluşabilmektedir (Bi ve ark., 2019; Wei ve ark., 2020). Ayrıca ağır metaller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve organik maddeler gibi birçok zararlı madde AKM'yi arttırarak sucul organizmalar üzerinde ekotoksik etkileri olabilmektedir. (Rossi ve ark., 2006). TDS, sudaki çözünmüş inorganik ve organik katıların toplam miktarını temsil eder ve suyun yüksek iletkenliği ve tuzluluğu ile ilgilidir. Tekstil atık suları genellikle diğer endüstriyel atık sulara göre daha yüksek konsantrasyonlarda (1.000-10.000 mg/L) TDS içerir (Wei ve ark. 2020). AKM, esas olarak fiziksel sedimentasyon ve filtreleme işlemleri yoluyla ortamdan uzaklaştırılır (Borne ve ark. 2013), TDS giderimi aynı zamanda bitkiler tarafından alımla da ilişkilidir. Bitki örtüsü ve ilgili kökler, AKM ve TDS'nin uzaklaştırılmasını hızlandırabilir (Shahid ve ark., 2019). Bitki kökleri, atık sudaki AKM ve parçacıkların uzaklaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Benvenuti ve ark. 2018).

2.4.3. Besinler

Sudaki azot ve fosfor besin maddeleri olarak adlandırılır ve her ikisi de bitkilerin büyümesi için gerekli elementlerdir (Carey ve Migliaccio, 2009). Bununla birlikte, sucul ekosistemdeki yüksek düzeydeki besinler ötrofikasyona yol açabilir ve sonuçta ekosistemin bozulmasına neden olabilir. Yapay yüzer sulak alanlar, endüstriyel atık suların besin maddesinin uzaklaştırılması için düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir yaklaşımdır. Yapay yüzer sulak alanlarda fosfor gideriminin ana mekanizmaları, kompleks oluşturma, soğurma, filtrasyon, çökeltme ve fiksasyon dahil olmak üzere fiziksel süreçlerdir (Lynch ve ark., 2015; Schwammberger ve ark., 2019; Stewart ve ark., 2008). Yapay sulak alanlarla karşılaştırıldığında, toprak bazlı bariyerlerin ve diğer filtreleme malzemelerinin bulunmaması nedeniyle yüzer sulak alanlarda fosfor emilimi sınırlıdır. Yüzer sulak alanlarda askıda kalan substratın eklenmesi fosforun uzaklaştırılmasını iyileştirebilmektedir (Huang ve ark., 2020). Bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından asimilasyon, özellikle organik fosfor olmak üzere fosfor konsantrasyonlarını da azaltabilmektedir (Spangler ve ark.,

2019). Bakteriler organik fosforu, bitkiler ve diğer mikroorganizmalar tarafından kolaylıkla alınabilecek çözülmüş formlara ayrıştırmaktadır (Bi ve ark. 2019).

Azot gideriminin ana prosesi biyolojik nitrifikasyon-denitrifikasyondur. Biyofilm üzerindeki nitrifikasyon bakterileri, amonyağı bitkiler tarafından asimile edilebilen formlar olan nitrat (NO_3^-) ve nitrite (NO_2^-) dönüştürmektedir (Borin ve Salvato, 2012). Böylelikle azot ve fosfor besin maddeleri geçirdikleri bu süreçlerden sonra sulak alan bitkilerinin kökleri ile su ortamından alınmaktadır.

2.4.4. Ağır metaller

Madencilik, elektrokaplama, çelik ve demir dışı metalurji ve bazı kimyasal üretimlerden kaynaklanan endüstriyel atık sular genellikle yüksek konsantrasyonlarda ağır metal içermektedir ve biyolojik olarak bazı metal türleri önemli ölçüde toksiktir (Shrestha ve ark., 2021). Endüstriyel atık sularda bulunan ağır metaller çözülmüş ve partikül halinde olmak üzere iki formda bulunmaktadır. Bitkiler çözülmüş kısmı alabilmektedir (Bi ve ark. 2019). Alım süreci bitki türü, sıcaklık, pH, ağır metal konsantrasyonu ve ağır metal türleri gibi bir dizi faktörden etkilenmektedir (Dhir ve ark., 2009).

Yüzer sulak alanlarda ağır metallerin taşınmasını ve yok olmasını etkileyen fizikokimyasal süreçler arasında adsorpsiyon, kompleksleşme, şelasyon, iyon değişimi, indirgeme-oksidasyon, bitki ve bakterilerin alımı, biyofilme hapsedilme ve metal sülfür oluşumu yer almaktadır (Ali ve ark., 2020; Rezanian ve ark., 2016).

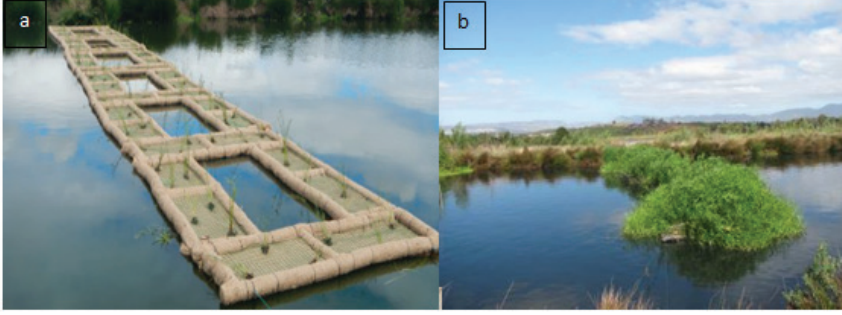
Bitki kökleri, ağır metallerin uzaklaştırılmasında önemli bir rol oynar, çünkü kökler ve bağlı biyofilmler, partikül halindeki ağır metalleri hapsedebilmektedir. (Borne ve ark., 2014). Ayrıca, bitki kökleri sudaki humik içeriği arttırmak için eksüdatları, salgıları, lizatları ve ölü dokuları serbest bırakabilmektedir (Canellas ve ark., 2020), bu da çözülmüş metallerin (Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn gibi) topaklanmasını ve kompleksleşmesini teşvik etmektedir (Hankins ve ark., 2006; Kulikowska ve ark., 2015).

2.5. Yapay Yüzer Sulakların Verimliliğini Etkileyen Faktörler

Yapay yüzer sulak alanların arıtma performansı iklim ve meteorolojik koşullara (Van de Moortel ve ark., 2010; Pappalardo ve ark., 2017), atık su türüne, bitki türünün doğru seçimine, kurulumuna ve bakım gibi unsurlara bağlıdır (De Stefani ve ark., 2011; Bi ve ark., 2019; Chance ve ark., 2019).

2.5.1. Bitki SeçimiYapay sulak alanların etkili bir şekilde çalışabilmesi için bitki seçimi oldukça önemlidir (Şekil 5). Yüzer sulak alan uygulanmasında bitki seçimine ait bazı temel ilkeler vardır:

- Hidroponik ortamlarda iyi bir büyüme oranına sahip,
- Geniş bir kök sistemine sahip,
- Kirleticilere karşı yüksek toleranslı,
- Kirleticileri alma konusunda büyük bir kapasiteye sahip olan yerli çok yıllık türler olmalıdır (Calheiros ve ark., 2020).



Şekil 5. Paul Cluver Barajı'nda kurulan yapay yüzer sulak alan; (a) ilk kurulduğu zamanlardaki durumu, (b) bitkilerin hasata eriştiği dönemde durumu (Frenzel, 2018).

Najas minör, *Brachiaria mutica*, *Salvinia natans*, *Phragmites australis* (Şekil 6), *Typha orientalis*, *Oenanthe javanica*, *Iris pseudacorus*, *Typha domingensis* ve *Pistia stratiotes* gibi çeşitli bitki türleri yüzer sulak alanlarda kullanılmıştır (Ijaz ve ark., 2015; Zhou ve ark., 2016; Ansari ve ark., 2017; Huang ve ark., 2017; Wang ve ark., 2018; Di Luca ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2019; Samal ve ark., 2021). Yüksek ekolojik işleve sahip on bir farklı bitki türü Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3. Yapılan çalışmalara göre katkıları belirlenen on bir farklı bitki türü (Frenzel, 2018).

| Bitki türleri | Yorumlar ve gözlemler |
|-----------------------------|--|
| <i>Prionium serratum</i> | Ekosistem mühendisi olarak sınıflandırılmakta ve yavaş büyümekte |
| <i>Berula erecta</i> | Potansiyel olarak invaziv, tıbbi özellikleri bulunmakta |
| <i>Cyperus prolifer</i> | Bir kez kurulduğunda etkili çalışmakta |
| <i>Phragmites australis</i> | Çok yaygın, besin alımı açısından mükemmel, ancak istilacı tür |
| <i>Typha capensis</i> | Besin ve ağır metal gideriminde verimli |
| <i>Cyperus textilis</i> | Atık sudan ağır metalleri, nitrojeni ve fosforu uzaklaştırmada etkili ve dayanıklı |
| <i>Juncus kraussii</i> | İyi besin giderici |
| <i>Cyperus papyrus</i> | İyi çalışır, uzar ve yüzer sulak alanı devirebilir özellikte |
| <i>Juncus lomatophyllus</i> | İyi yayılır özellikte |
| <i>Isolepis prolifera</i> | Büyümesi, kurulması ve yayılması çok kolay; çok kirli suya karşı toleranslı |
| <i>Gunnera perpersa</i> | Mavi-yeşil alglerle ilginç bir ilişki kurmakta, şifalı özellikte |

Farklı bitki türlerinin günlük besin alım oranlarının özetlenmiş hali Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Makrofitlere göre besin alım oranları (Likitswat ve ark., 2023)

| Bitki Türleri | Toplam azot alınımı, mg/m ² /gün | Toplam fosfor alınımı, mg/m ² /gün |
|--------------------------------|---|---|
| <i>Chrysopogon zizanioides</i> | 1.74 | 0.16 |
| <i>Typha angustifolia</i> | 16.2 | 1.57 |
| <i>Polygonum barbatum</i> | 2.82 | 0.4 |
| <i>Typha orientalis</i> | 180 | 20 |
| Su sümbülü | 1.310 | 270 |
| Su sümbülü | 1.278-3.276 | 243-371 |
| Su sümbülü | 10-200 | 1-40 |
| Su sümbülü | 260-340 | 33-64 |
| Lotus | 10-31 | 38 |

Bir sistemdeki bitki türlerinin sayısının artırılması, köklerdeki mikroorganizma çeşitliliğini artırarak arıtma verimliliğini olumlu etkileyebilir (Colares ve ark., 2020). Tüm dünyada yapay yüzer sulak alanlarda çeşitli bitki familyalara ait farklı türler kullanılmış olmasına rağmen, evsel, kentsel ve endüstriyel atıksularını, yağmur sularını ve kirli nehir ve göl sularını arıtmak için *Carex* sp., *Phragmites australis* (Şekil 6), *Typha*

sp., *Canna* sp., ve *Juncus effusus* gibi makrofitler daha çok tercih edilmiştir (Chen ve ark., 2016).



Şekil 6. Sulak alan bitkilerinden *Phragmites australis* (Fotoğraf Ataman Altuğ ATICI)

2.5.2. Havalandırma

Havalandırma, yüzer sulak alanların kirletici giderme verimliliğini etkileyen önemli bir faktördür. Havalandırmanın getirdiği yüksek çözülmüş oksijen seviyesi hem mikrobiyal bozunma sürecini geliştirebilir hem de bitkilerin büyümesine faydalı olabilir (Pan ve ark., 2015). Yapılan bir çalışmada, güve otunun anaerobik koşullar altında büyümediği, ancak sağlıklı köklerin aerobik koşullar altında büyüdüğü bildirilmiştir (Darajeh ve ark., 2016). Yüzer sulak alanların atık su arıtma verimliliği, geliştirilmiş havalandırmayla maksimum düzeye çıkarılabilmektedir (Henny ve ark., 2020). Havalandırma, köklerde biyofilm oluşumunu teşvik eden aerobik mikro bölgeler oluşturmaktadır; bu durum, nitrifikasyon ve biyolojik bozunma gibi aerobik işlemlerle amonyum ve nitratın uzaklaştırılmasını desteklemektedir. Toplam fosfor giderimi, yapay sulak alanlarda havalandırma kullanılarak % 4-50 oranında iyileştirilebilmektedir. (Ilyas ve Masih, 2018).

2.5.3. Mevsim ve Sıcaklık

Mevsim ve sıcaklık, yüzer sulak alanın kullanıldığı arıtma ortamlarında önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Van de Moortel ve ark., 2010). İlkbahar ve yaz aylarında, yüzer sulak alanlar, mikrobiyal çoğalma ve bitki büyümesindeki yüksek oranlardan dolayı kirleticileri uzaklaştırma konusunda daha başarılı olmuştur. Buna karşılık, bitki ve bakteri gelişiminin azalması nedeniyle kışın kirleticilerin daha düşük seviyede

giderildiği gözlemlenmiştir (Shehzadi ve ark., 2014). Bazı çalışmalarda sıcaklık ile nitrojen giderimi arasında pozitif bir ilişki görülmüştür, çünkü nitrifikasyon ve denitrifikasyonda yer alan bakteriler büyük ölçüde çevre sıcaklığına bağlıdır. Örneğin, bir yüzer sulak alanda en yüksek toplam fosfor (% 46.8-56.8) ve amonyak azotu (% 51) gideriminin 5-15 °C sıcaklık aralığında gerçekleştiği rapor edilmiştir (Van de Moortel ve ark., 2010).

2.5.4. Bitkilerin Hasat Edilmesi ve İmhası

Bitki hasadı kirleticilerin uzaklaştırılmasını hızlandırabilmekte ve yüzer sulak alanlardaki iç besin döngüsünü sınırlayabilmektedir (Wang ve ark., 2014). Bitkiler tarafından yakalanan besin maddeleri ve kirleticiler sürgünlerde, köklerde ve yapraklarda birikmektedir (Zare ve ark., 2018). Bitki büyümesinin erken aşamasında, yüzer sulak alanlar kirleticileri yüksek bir verimlilikle giderebilmektedir. Wang ve ark. (2014), göre, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında yapılan yabani ot ve yumuşak saplı saz hasadı en yüksek seviyede besin giderimi sağlayabilmektedir. Bitkilerin çürümesi nedeniyle besin maddelerinin biyokütleden atık suya geri salınmasını önlemek için bitkilerin büyüme mevsimi bitmeden hasat edilmesi önerilmektedir (Hoffmann ve ark., 2012; Borne, 2014). Besin maddeleri bitkilerin farklı dokuları arasında aktarılabilirdiğinden, bitkilerin hasat edilebilir kısımlarında yüksek besin birikimi görüldüğünde hasat yapılmalıdır (Borne, 2014). Bununla birlikte erken hasat, bitkilerin büyümesine zarar verebilir ve bitkilerin kirleticileri absorbe etme ve depolama kapasitesini azaltabilir. Üstelik erken hasat, bakterilerin bitki desteğini kaybetmesine ve karbon kaynağı kıtlığıyla karşı karşıya kalmasına neden olabilmektedir (Colares ve ark., 2020).

3. SONUÇ

Yüzer bir platform üzerinde büyüyen su bitkilerinin kullanıldığı yapay yüzer sulak alanlar, göller göletler ve yavaş akan sularda besin yönetimi için oldukça çevreci bir yaklaşımdır. Yapay yüzer sulak alanlar son yıllarda ağırlıklı olarak ötrofik su kütlelerinin, kanalizasyon ve evsel atık sularının ve yağmur suyu akışlarının iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Yapay yüzer sulak alanlar basit yapılı ve düşük maliyetli olması ve işlevleri için ihtiyaç duydukları alanın daha küçük olması gibi avantajlarına sahiptir. Günümüzde yapay yüzer sulak alanlar özellikle endüstriyel atık su arıtımında giderek daha fazla kullanılmaya başlanmış olup, bunlar arasında en çok tercih edilen uygulama alanı tekstil ve yağlı atık su arıtımında kendisini göstermektedir. Yapay yüzer sulak alanlar, atık sulardaki organik maddeleri, toplam katı maddeleri, besin maddelerini ve ağır metalleri etkili bir şekilde azaltabilmektedir. Atık su arıtımı, biyoremediasyon ve yağmur suyu arıtımında oldukça etkili bir işlevselliğe

sahip olan yapay yüzer sulak alanlar, su kalitesini iyileştirmesinin yanı sıra biyolojik çeşitliliğin artırılması ile kültürel ve eğitim konuları da dahil farklı hizmetler yönünden fırsatlar sunmaktadır.

Ancak, yapay yüzer sulak alanların çalışmasını sınırlayan bazı durumlar söz konusudur; yüksek konsantrasyonda kirletici içeren endüstriyel atık sular, bitkilerin hayatta kalmasını tehdit edebildikleri için temiz su arıtımı için uygun değildir. Dış görünüşü, bakım sorunları, hasat stratejileri, yenilebilir amaçlarla kullanıldığında tüketici güvenliği ve toplumsal algı açısından da zorluklar bulunmaktadır. Yapay yüzer sulak alanların kurulumunda tasarım şekilleri, uygun yüzer yapıları, bitki çeşitliliği ve seçimi, yerel ve çevre dostu olabilecek ek teknolojiler dikkate alınmalıdır. Ayrıca, yapay yüzer sulak alanlar tarafından özellikle suyun yeniden kullanımı düşünüldüğünde bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKÇA

- Afzal, M., Arslan, M., Müller, J. A., Shabir, G., Islam, E., Tahseen, R., ... & Khan, Q. M. (2019). Floating treatment wetlands as a suitable option for large-scale wastewater treatment. *Nature Sustainability*, 2(9), 863-871.
- Afzal, M., Rehman, K., Shabir, G., Tahseen, R., Ijaz, A., Hashmat, A. J., & Brix, H. (2019). Large-scale remediation of oil-contaminated water using floating treatment wetlands. *NPJ Clean Water*, 2(1), 3.
- Ali, S., Abbas, Z., Rizwan, M., Zaheer, I. E., Yavaş, İ., Ünay, A., ... & Kalderis, D. (2020). Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A review. *Sustainability*, 12(5), 1927.
- Ansari, A. A., Gill, S. S., Gill, R., Lanza, G. R., & Newman, L. (Eds.). (2014). *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 1* (Vol. 1). Springer.
- Atıcı, A. A., (2023). Askıdaki Katı Maddeler ile Bulanıklığın Sucul Canlılar Üzerine Etkileri. *Su Ürünleri Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler* (pp.29-52), Ankara: Serüven Yayınevi.
- Atıcı, A. A., (2024). Sulak Alanların İşlevleri ve Kullanım Değerleri. *Su Ürünleri Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler* (pp.19-32), Ankara: Serüven Yayınevi.
- Barco, A., & Borin, M. (2017). Treatment performance and macrophytes growth in a restored hybrid constructed wetland for municipal wastewater treatment. *Ecological Engineering*, 107, 160-171.
- Benvenuti, T., Hamerski, F., Giacobbo, A., Bernardes, A. M., Zoppas-Ferreira, J., & Rodrigues, M. A. (2018). Constructed floating wetland for the treatment of domestic sewage: a real-scale study. *Journal of environmental chemical engineering*, 6(5), 5706-5711.
- Bi, R., Zhou, C., Jia, Y., Wang, S., Li, P., Reichwaldt, E. S., & Liu, W. (2019). Giving waterbodies the treatment they need: a critical review of the application of constructed floating wetlands. *Journal of environmental management*, 238, 484-498.
- Borin, M., & Salvato, M. (2012). Effects of five macrophytes on nitrogen remediation and mass balance in wetland mesocosms. *Ecological Engineering*, 46, 34-42.
- Borne, K. E., Fassman, E. A., & Tanner, C. C. (2013). Floating treatment wetland retrofit to improve stormwater pond performance for suspended solids, copper and zinc. *Ecological Engineering*, 54, 173-182.
- Borne, K. E., Fassman-Beck, E. A., & Tanner, C. C. (2014). Floating treatment wetland influences on the fate of metals in road runoff retention ponds. *Water research*, 48, 430-442.
- Burgess, N. D., & Hirons, G. J. (1992). Creation and management of artificial nesting sites for wetland birds. *Journal of Environmental Management*, 34(4), 285-295.

- Calheiros, C. S., Carecho, J., Tomasino, M. P., Almeida, C. M. R., & Mucha, A. P. (2020). Floating wetland islands implementation and biodiversity assessment in a Port Marina. *Water*, 12(11), 3273.
- Canellas, L. P., Canellas, N. O., da S. Irineu, L. E. S., Olivares, F. L., & Piccolo, A. (2020). Plant chemical priming by humic acids. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 7, 1-17.
- Carey, R. O., & Migliaccio, K. W. (2009). Contribution of wastewater treatment plant effluents to nutrient dynamics in aquatic systems: a review. *Environmental management*, 44, 205-217.
- Chance, L. M. G., Van Brunt, S. C., Majsztrik, J. C., & White, S. A. (2019). Short-and long-term dynamics of nutrient removal in floating treatment wetlands. *Water Research*, 159, 153-163.
- Chang, N. B., Islam, K., Marimon, Z., & Wanielista, M. P. (2012). Assessing biological and chemical signatures related to nutrient removal by floating islands in stormwater mesocosms. *Chemosphere*, 88(6), 736-743.
- Chen, Z., Cuervo, D. P., Müller, J. A., Wiessner, A., Köser, H., Vymazal, J., ... & Kusch, P. (2016). Hydroponic root mats for wastewater treatment-a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 15911-15928.
- Colares, G. S., Dell'Osbel, N., Wiesel, P. G., Oliveira, G. A., Lemos, P. H. Z., da Silva, F. P., ... & Machado, Ê. L. (2020). Floating treatment wetlands: A review and bibliometric analysis. *Science of the Total Environment*, 714, 136776.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environ. Change* 26, 152-158.
- Darajeh, N., Idris, A., Masoumi, H. R. F., Nourani, A., Truong, P., & Sairi, N. A. (2016). Modeling BOD and COD removal from Palm Oil Mill Secondary Effluent in floating wetland by *Chrysopogon zizanioides* (L.) using response surface methodology. *Journal of Environmental Management*, 181, 343-352.
- Davamani, V., Parameshwari, C. I., Arulmani, S., John, J. E., & Poornima, R. (2021). Hydroponic phytoremediation of paperboard mill wastewater by using vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105528.
- De Stefani, G., Tocchetto, D., Salvato, M., & Borin, M. (2011). Performance of a floating treatment wetland for in-stream water amelioration in NE Italy. *Hydrobiologia*, 674, 157-167.
- Dhir, B., Sharmila, P., & Saradhi, P. P. (2009). Potential of aquatic macrophytes for removing contaminants from the environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39(9), 754-781.
- Di Luca, G. A., Mufarrije, M. M., Hadad, H. R., & Maine, M. A. (2019). Nitrogen and phosphorus removal and *Typha domingensis* tolerance in a floating treatment wetland. *Science of the Total Environment*, 650, 233-240.

- Duzer, V., 2004. *Floating Islands: A Global Bibliography*. Cantor Press, California, USA.
- Dymond, G. C. (2006). *The Water Hyacinth: A Cinderella of the Plant World, It usage in sewage effluents, as a trapper of salts, and a water purifier*.
- Escamilla, C., Scaroni, A. E., & White, S. (2024). *An Introduction to Floating Wetlands*.
- Frenzel, P. (2018). *Investigating the potential of floating wetlands in small farm dams in the Western Cape, South Africa* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- Güsewell, S., & Koerselman, W. (2002). Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 5(1), 37-61.
- Hankins, N. P., Lu, N., & Hilal, N. (2006). Enhanced removal of heavy metal ions bound to humic acid by polyelectrolyte flocculation. *Separation and Purification Technology*, 51(1), 48-56.
- Hartshorn, N., Marimon, Z., Xuan, Z., Cormier, J., Chang, N. B., & Wanielista, M. (2016). Complex interactions among nutrients, chlorophyll-a, and microcystins in three stormwater wet detention basins with floating treatment wetlands. *Chemosphere*, 144, 408-419.
- Headley, T. R., & Tanner, C. C. (2012). Constructed wetlands with floating emergent macrophytes: an innovative stormwater treatment technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(21), 2261-2310.
- Headley, T., & Tanner, C. (2007). *Floating Vegetated Islands for Stormwater Treatment. Removal of Copper, Zinc and Fine Particulates*. National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA), Auckland, New Zealand.
- Headley, T., & Tanner, C. (2006). *Application of Floating Wetlands for Enhanced Stormwater Treatment: A Review*. National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA), Auckland, New Zealand.
- Henny, C., Jasalesmana, T., Kurniawan, R., Melati, I., Suryono, T., Susanti, E., ... & Sudiono, B. T. (2020). The effectiveness of integrated floating treatment wetlands (FTWs) and lake fountain aeration systems (LFAS) in improving the landscape ecology and water quality of a eutrophic lake in Indonesia. In *IOP conference series: Earth and Environmental Science*, 535, 1, 012018.
- Hoffmann, C. C., Heiberg, L., Audet, J., Schønfeldt, B., Fuglsang, A., Kronvang, B., ... & Jensen, H. S. (2012). Low phosphorus release but high nitrogen removal in two restored riparian wetlands inundated with agricultural drainage water. *Ecological Engineering*, 46, 75-87.
- Hu, G. J., Zhou, M., Hou, H. B., Zhu, X., & Zhang, W. H. (2010). An ecological floating-bed made from dredged lake sludge for purification of eutrophic water. *Ecological Engineering*, 36(10), 1448-1458.
- Huang, X., Zhao, F., Yu, G., Song, C., Geng, Z., & Zhuang, P. (2017). Removal of Cu, Zn, Pb, and Cr from Yangtze Estuary using the *Phragmites australis*

- artificial floating wetlands. *BioMed Research International*, 2017(1), 6201048.
- Huang, X., Zhao, F., Yu, G., Song, C., Geng, Z., & Zhuang, P. (2017). Removal of Cu, Zn, Pb, and Cr from Yangtze Estuary using the *Phragmites australis* artificial floating wetlands. *BioMed Research International*, 2017(1), 6201048.
- Huang, Z., Kong, F., Li, Y., Xu, G., Yuan, R., & Wang, S. (2020). Advanced treatment of effluent from municipal wastewater treatment plant by strengthened ecological floating bed. *Bioresource Technology*, 309, 123358.
- Hwang, L., & LePage, B. A. (2011). Floating islands-an alternative to urban wetlands. *Wetlands: Integrating Multidisciplinary Concepts*, 237-250.
- Ijaz, A., Iqbal, Z., & Afzal, M. (2016). Remediation of sewage and industrial effluent using bacterially assisted floating treatment wetlands vegetated with *Typha domingensis*. *Water Science and Technology*, 74(9), 2192-2201.
- Ijaz, A., Shabir, G., Khan, Q. M., & Afzal, M. (2015). Enhanced remediation of sewage effluent by endophyte-assisted floating treatment wetlands. *Ecological Engineering*, 84, 58-66.
- Ilyas, H., & Masih, I. (2018). The effects of different aeration strategies on the performance of constructed wetlands for phosphorus removal. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(6), 5318-5335.
- Jain, M., Majumder, A., Ghosal, P. S., & Gupta, A. K. (2020). A review on treatment of petroleum refinery and petrochemical plant wastewater: a special emphasis on constructed wetlands. *Journal of Environmental Management*, 272, 111057.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands* 2nd Edition CRC Press.
- Karstens, S., Langer, M., Nyunoya, H., Čaraitė, I., Stybel, N., Razinkovas-Baziukas, A., & Bochert, R. (2021). Constructed floating wetlands made of natural materials as habitats in eutrophicated coastal lagoons in the Southern Baltic Sea. *Journal of Coastal Conservation*, 25(4), 44.
- Kerr-Upal, M., Seasons, M., & Mulamoottil, G. (2000). Retrofitting a stormwater management facility with a wetland component. *Journal of Environmental Science & Health Part A*, 35(8), 1289-1307.
- Kulikowska, D., Gusiatin, Z. M., Bułkowska, K., & Klik, B. (2015). Feasibility of using humic substances from compost to remove heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) from contaminated soil aged for different periods of time. *Journal of hazardous materials*, 300, 882-891.
- Li, J., Zheng, B., Chen, X., Li, Z., Xia, Q., Wang, H., ... & Yang, H. (2021). The use of constructed wetland for mitigating nitrogen and phosphorus from agricultural runoff: a review. *Water*, 13(4), 476.
- Li, M., Wu, Y. J., Yu, Z. L., Sheng, G. P., & Yu, H. Q. (2007). Nitrogen removal from eutrophic water by floating-bed-grown water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.) with ion implantation. *Water Research*, 41(14), 3152-3158.

- Likitswat, F., Dejnirattisai, S., Sahavacharin, A., Irvine, K. N., & Chua, L. H. (2023). Designing Ecological Floating Wetlands to Optimize Ecosystem Services for Urban Resilience in Tropical Climates: A Review. *Future Cities and Environment*, 9(1), 1-12.
- Lynch, J., Fox, L. J., Owen Jr, J. S., & Sample, D. J. (2015). Evaluation of commercial floating treatment wetland technologies for nutrient remediation of stormwater. *Ecological Engineering*, 75, 61-69.
- Mao, J., Hu, G., Deng, W., Zhao, M., & Li, J. (2024). Industrial wastewater treatment using floating wetlands: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(4), 5043-5070.
- McAndrew, B., Ahn, C., & Spooner, J. (2016). Nitrogen and sediment capture of a floating treatment wetland on an urban stormwater retention pond-the case of the rain project. *Sustainability*, 8(10), 972.
- Mietto, A., Borin, M., Salvato, M., Ronco, P., & Tadiello, N. (2013). Tech-IA floating system introduced in urban wastewater treatment plants in the Veneto region-Italy. *Water Science and Technology*, 68(5), 1144-1150.
- Mitsch, W. J., Bernal, B., & Hernandez, M. E. (2015). Ecosystem services of wetlands. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(1), 1-4.
- Mutamim, N. S. A., Noor, Z. Z., Hassan, M. A. A., & Olsson, G. (2012). Application of membrane bioreactor technology in treating high strength industrial wastewater: a performance review. *Desalination*, 305, 1-11.
- Nichols, P., Lucke, T., Drapper, D., & Walker, C. (2016). Performance evaluation of a floating treatment wetland in an urban catchment. *Water*, 8(6), 244.
- Oliveira, G. A., Colares, G. S., Lutterbeck, C. A., Dell’Osbel, N., Machado, Ê. L., & Rodrigues, L. R. (2021). Floating treatment wetlands in domestic wastewater treatment as a decentralized sanitation alternative. *Science of the Total Environment*, 773, 145609.
- Pan, J., Fei, H., Song, S., Yuan, F., & Yu, L. (2015). Effects of intermittent aeration on pollutants removal in subsurface wastewater infiltration system. *Bioresource Technology*, 191, 327-331.
- Pappalardo, S. E., Ibrahim, H. M. S., Cerinato, S., & Borin, M. (2017). Assessing the water-purification service in an integrated agricultural wetland within the Venetian Lagoon drainage system. *Marine and Freshwater Research*, 68(12), 2205-2215.
- Pavlineri, N., Skoulikidis, N. T., & Tsihrintzis, V. A. (2017). Constructed floating wetlands: a review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis. *Chemical Engineering Journal*, 308, 1120-1132.
- Prajapati, M., van Bruggen, J. J., Dalu, T., & Malla, R. (2017). Assessing the effectiveness of pollutant removal by macrophytes in a floating wetland for wastewater treatment. *Applied Water Science*, 7(8), 4801-4809.
- Rahi, M. A., Faisal, A. A., Naji, L. A., Almuktar, S. A., Abed, S. N., & Scholz, M. (2020). Biochemical performance modelling of non-vegetated and vegetated vertical subsurface-flow constructed wetlands treating

municipal wastewater in hot and dry climate. *Journal of Water Process Engineering*, 33, 101003.

- RAMSAR. (2024). The Ramsar Convention on Wetlands. Erişim linki: <https://www.ramsar.org/> (Erişim tarihi: 10 Mart 2025).
- Rehman, K., Imran, A., Amin, I., & Afzal, M. (2018). Inoculation with bacteria in floating treatment wetlands positively modulates the phytoremediation of oil field wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 349, 242-251.
- Reid, W. V., Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. R., Chopra, K., ... & Zurek, M. B. (2005). *Ecosystems and human well-being-Synthesis: A report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press.
- Rezania, S., Taib, S. M., Din, M. F. M., Dahalan, F. A., & Kamyab, H. (2016). Comprehensive review on phytotechnology: heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 318, 587-599.
- Rossi, L., Fankhauser, R., & Chevre, N. (2006). Water quality criteria for total suspended solids (TSS) in urban wet-weather discharges. *Water Science and Technology*, 54(6-7), 355-362.
- Saleem, H., Arslan, M., Rehman, K., Tahseen, R., & Afzal, M. (2019). *Phragmites australis* a helophytic grass can establish successful partnership with phenol-degrading bacteria in a floating treatment wetland. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 1179-1186.
- Saleem, H., Rehman, K., Arslan, M., & Afzal, M. (2018). Enhanced degradation of phenol in floating treatment wetlands by plant-bacterial synergism. *International Journal of Phytoremediation*, 20(7), 692-698.
- Samal, K., Kar, S., Trivedi, S., & Upadhyay, S. (2021). Assessing the impact of vegetation coverage ratio in a floating water treatment bed of *Pistia stratiotes*. *SN Applied Sciences*, 3(1), 120.
- Schwammberger, P. F., Lucke, T., Walker, C., & Trueman, S. J. (2019). Nutrient uptake by constructed floating wetland plants during the construction phase of an urban residential development. *Science of the Total Environment*, 677, 390-403.
- Shahid, M. J., Arslan, M., Ali, S., Siddique, M., & Afzal, M. (2018). Floating wetlands: a sustainable tool for wastewater treatment. *Clean-Soil, Air, Water*, 46(10), 1800120.
- Shahid, M. J., Arslan, M., Siddique, M., Ali, S., Tahseen, R., & Afzal, M. (2019). Potentialities of floating wetlands for the treatment of polluted water of river Ravi, Pakistan. *Ecological Engineering*, 133, 167-176.
- Shehzadi, M., Afzal, M., Khan, M. U., Islam, E., Mobin, A., Anwar, S., & Khan, Q. M. (2014). Enhanced degradation of textile effluent in constructed wetland system using *Typha domingensis* and textile effluent-degrading endophytic bacteria. *Water Research*, 58, 152-159.
- Shrestha, R., Ban, S., Devkota, S., Sharma, S., Joshi, R., Tiwari, A. P., ... & Joshi, M. K. (2021). Technological trends in heavy metals removal from industrial

- wastewater: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105688.
- Song, H. L., Li, X. N., Lu, X. W., & Inamori, Y. (2009). Investigation of microcystin removal from eutrophic surface water by aquatic vegetable bed. *Ecological Engineering*, 35(11), 1589-1598.
- Spangler, J. T., Sample, D. J., Fox, L. J., Albano, J. P., & White, S. A. (2019). Assessing nitrogen and phosphorus removal potential of five plant species in floating treatment wetlands receiving simulated nursery runoff. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 5751-5768.
- Stefanakis, A. I. (2018). Introduction to constructed wetland technology. *Constructed Wetlands for Industrial Wastewater Treatment*, 1-21.
- Stewart, F. M., Muholland, T., Cunningham, A. B., Kania, B. G., & Osterlund, M. T. (2008). Floating islands as an alternative to constructed wetlands for treatment of excess nutrients from agricultural and municipal wastes—results of laboratory-scale tests.
- Sun, L., Liu, Y., & Jin, H. (2009). Nitrogen removal from polluted river by enhanced floating bed grown canna. *Ecological Engineering*, 35(1), 135-140.
- Tanner, C. C., Sukias, J. P., Headley, T. R., Yates, C. R., & Stott, R. (2012). Constructed wetlands and denitrifying bioreactors for on-site and decentralised wastewater treatment: comparison of five alternative configurations. *Ecological Engineering*, 42, 112-123.
- Tara, N., Arslan, M., Hussain, Z., Iqbal, M., Khan, Q. M., & Afzal, M. (2019). On-site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye-degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 217, 541-548.
- Toczyłowska-Mamińska, R. (2017). Limits and perspectives of pulp and paper industry wastewater treatment-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 764-772.
- Van de Moortel, A. M., Meers, E., De Pauw, N., & Tack, F. M. (2010). Effects of vegetation, season and temperature on the removal of pollutants in experimental floating treatment wetlands. *Water, Air, & Soil Pollution*, 212, 281-297.
- Van de Moortel, A. M., Meers, E., De Pauw, N., & Tack, F. M. (2010). Effects of vegetation, season and temperature on the removal of pollutants in experimental floating treatment wetlands. *Water, Air, & Soil Pollution*, 212, 281-297.
- Van Duzer, C. (2004). Floating islands: A global bibliography, with an edition and translation of G.C. Munz's *Exercitatio academica de insulis natantibus* (1711). 0-9755424-0-0. Cantor Press: Los Altos Hills. 404, 24 figures pp.
- Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 380(1-3), 48-65.
- Walker, C., Tondera, K., & Lucke, T. (2017). Stormwater treatment evaluation of a constructed floating wetland after two years operation in an urban catchment. *Sustainability*, 9(10), 1687.

- Wang, C. Y., Sample, D. J., & Bell, C. (2014). Vegetation effects on floating treatment wetland nutrient removal and harvesting strategies in urban stormwater ponds. *Science of the Total Environment*, 499, 384-393.
- Wang, J., Wang, W., Xiong, J., Li, L., Zhao, B., Sohail, I., & He, Z. (2021). A constructed wetland system with aquatic macrophytes for cleaning contaminated runoff/storm water from urban area in Florida. *Journal of Environmental Management*, 280, 111794.
- Wei, F., Shahid, M. J., Alnusairi, G. S., Afzal, M., Khan, A., El-Esawi, M. A., ... & Ali, S. (2020). Implementation of floating treatment wetlands for textile wastewater management: A review. *Sustainability*, 12(14), 5801.
- Whitton, B. A., & M. Potts (eds), (2002). *The Ecology of Cyanobacteria. Their diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers, New York, 669 pp.
- Whitton, B. A., & Potts, M. (Eds.). (2007). *The ecology of cyanobacteria: their diversity in time and space*. Springer Science & Business Media.
- Winston, R. J., Hunt, W. F., Kennedy, S. G., Merriman, L. S., Chandler, J., & Brown, D. (2013). Evaluation of floating treatment wetlands as retrofits to existing stormwater retention ponds. *Ecological Engineering*, 54, 254-265.
- Wolverton, B. C., & McDonald, R. C. (1978). Nutritional composition of water hyacinths grown on domestic sewage. *Economic Botany*, 32(4), 363-370.
- Wu, H., Zhang, J., Li, P., Zhang, J., Xie, H., & Zhang, B. (2011). Nutrient removal in constructed microcosm wetlands for treating polluted river water in northern China. *Ecological Engineering*, 37(4), 560-568.
- Wu, W., Song, X., Jin, Q., Ying, H., & Zou, G. (2000). Study on soilless culture of canna on fish pond. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 6, 206-210.
- Xuwen, B., & Jiachang, C. (2001). The control of eutrophic water in ponds by floating-bed soilless culture of plants. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 21(3), 29-33.
- Yang, Z., Zheng, S., Chen, J., & Sun, M. (2008). Purification of nitrate-rich agricultural runoff by a hydroponic system. *Bioresource technology*, 99(17), 8049-8053.
- Yeh, N., Yeh, P., & Chang, Y. H. (2015). Artificial floating islands for environmental improvement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 616-622.
- Yeh, N., Yeh, P., & Chang, Y. H. (2015). Artificial floating islands for environmental improvement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 616-622.
- Yu, L., Han, M., & He, F. (2017). A review of treating oily wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S1913-S1922.
- Zare, A. A., Khoshgoftarmanesh, A. H., Malakouti, M. J., Bahrami, H. A., & Chaney, R. L. (2018). Root uptake and shoot accumulation of cadmium by lettuce at various Cd: Zn ratios in nutrient solution. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 441-446.
- Zhang, D. Q., Jinadasa, K. B. S. N., Gersberg, R. M., Liu, Y., Tan, S. K., & Ng, W. J. (2015). Application of constructed wetlands for wastewater treatment

- in tropical and subtropical regions (2000–2013). *Journal of Environmental Sciences*, 30, 30-46.
- Zhang, D. Q., Jinadasa, K. B. S. N., Gersberg, R. M., Liu, Y., Tan, S. K., & Ng, W. J. (2015). Application of constructed wetlands for wastewater treatment in tropical and subtropical regions (2000–2013). *Journal of Environmental Sciences*, 30, 30-46.
- Zhou XiaoHong, Z. X., Wang GuoXiang, W. G., & Yang Fei, Y. F. (2012). Nitrogen removal from eutrophic river waters by using *Rumex acetosa* cultivated in ecological floating beds.
- Zhou, X., Li, Z., Zhao, R., Gao, R., Yun, Y., Saino, M., & Wang, X. (2016). Experimental comparisons of three submerged plants for reclaimed water purification through nutrient removal. *Desalination and Water Treatment*, 57(26), 12037-12046.
- Ziajahromi, S., Drapper, D., Hornbuckle, A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. (2020). Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland: Detection of tyre particles in sediment. *Science of the Total Environment*, 713, 136356.



**TUNCELI SARIMSAĞI (*Allium tuncelianum*
KOLLMAN) MASERE YAĞLARININ
YOĞUN STOKLANMIŞ *Astacus leptodactylus*
ESCHSCHOLTZ, 1823'DA ANTİOKSİDAN
PARAMETRELERE ETKİSİ¹**

Yeliz Çakır SAHİLLİ², Fatih EFENDİOĞLU³, Önder AKSU⁴

1 Yüksek lisans öğrencisi Fatih EFENDİOĞLU'nun YÖK Başkanlığı 719972 numaralı tezinden özetlenmiştir ve Bu çalışma Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: YLMUB020-02

2 Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Cihazlar ve Teknikler Bölümü, Tunceli, Türkiye yelizcakir@munzur.edu.tr, Orcid: 0000-0003-1905-5506

3 Munzur Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri ABD, Yüksek Lisans Öğrencisi, Tunceli, Türkiye efendioglufatih04@gmail.com

4 Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye onderaksu@munzur.edu.tr, Orcid: 0000-0003-3735-6732

1. GİRİŞ

Kerevitlerin, özellikle anaçların büyüme, üretim ve üremeleri için kaliteli yemlerle beslenmeleri gerekmektedir. Bu kaliteli beslenme için *A. leptodactylus* popülasyonlarının çiftleşme döneminde biyokimyasal ve fizyolojik sistemlerin nasıl değiştiğinin bilinmesi gerekmektedir (Barim, 2009).

Diyet besin kaynağı, karasal ve suda yaşayan organizmaların sağlığını ve performansını etkiler. Diğer raporlar, diyetteki lipid ve protein düzeylerinin serbest radikal üretimini ve oksidatif hasar göstergelerini artırdığını göstermektedir. Çoklu doymamış yağ asitleri gibi spesifik yağ asitlerinin tüketilmesi, O_2^- üretiminde (Mercier ve diğerleri, 2006) ve serbest radikal aracılı lipid peroksidasyonunda (Tocher ve diğerleri, 2002) önemli bir rol oynar. Metabolik amino asit gereksinimlerinden fazla diyet proteininin tüketilmesi, mitokondride ROS üretimini artırarak oksidatif strese ve lipid peroksidasyonuna neden olur (Harper, 1994; Benzie, 1996; Zenteno-Savín, 2008).

ROS, DNA, karbonhidratlar veya proteinler gibi biyolojik makromoleküllere zarar verebilir, böylece bir organizmayı tehlikeye atabilir (Halliwell ve Gutteridge, 1989). Mitokondride ROS oluşumundan kaynaklanan zararlı etkiler, çeşitli antioksidan sistemler tarafından büyük ölçüde engellenmektedir. Süperoksit, süperoksit dismutaz SOD adı verilen bir metalloenzim ailesi tarafından enzimatik olarak H_2O_2 'ye dönüştürülür (Fridovich, 1995; Turrens, 2003). Canlı hücreler, O_2^- ve H_2O_2 gibi reaktif oksijen türlerine karşı SOD haricinde de çok aktif enzim savunma mekanizmalarına sahiptir. Buna katalaz ve glutatyon peroksidaz dâhildir. Enzim aktivitesinin seviyesi türe ve kas tipine göre değişir (Decker ve Xu, 1998).

Bitkilerden elde edilen doğal biyoaktif bileşikler, insan sağlığını iyileştirmek için spesifik biyolojik aktiviteler gerçekleştirir ve farklı fizyolojik fonksiyonları değiştirir (Niaz ve ark., 2020). Yetişkinlerde yaygın bulaşıcı olmayan hastalıkların oluşumunu en aza indirmek için bu bileşiklerin kullanımı yaygınlaştı. Bitki bazlı gıdalar proteinler, yağlar, karbonhidratlar, vitaminler ve mineraller gibi besinlerin yanı sıra birçok fitokimyasal bileşik içerir. Bitki fitokimyasalları, reaktif oksijen türlerine karşı güçlü antioksidanlardır ve çeşitli sağlık yararları vardır (Narzary ve ark, 2016). Bitki besinlerinde çok sayıda fitokimyasal tanımlanabilir ve tek bir bitkide binden fazla farklı fitokimyasal bulunabilir (Chipurura ve ark., 2013). Farklı ticari, yerli ve az kullanılan bitkilerdeki fitokimyasalların seviyesi farklıdır. Farklı ülkelerden bildirilen, özellikle yeterince kullanılmayan

bitkilerin, bunların, farklı türde sağlığı geliştirici biyoaktif bileşiklerin potansiyel kaynakları olduğuna inanılmaktadır (Keyata ve ark., 2021).

Sarımsak (*Allium sativum* Linnaeus), birçok pişmiş yemeğin zorunlu bir parçası olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüzyıllardır insanoglunda en önemli beslenme ve tıbbi rollerden birini oynayan antik bitkilerden biridir (Ourouadi ve ark., 2017). Antibiyotiklerin ve diğer eczane ürünlerinin olmadığı zamanlarda, geniş etki spektrumu nedeniyle bir sarımsak ampulünün kendisi bütün bir eczacılık endüstrisini temsil ediyordu. Bu bitkiyle ilgili birçok farklı varsayımdan söz edilmektedir; bazıları o kadar anlamsızdı ki zamanla ortadan kaybolmuş, bazıları ise günümüze kadar gelebilmiştir. Sarımsağa Rus penisilinİ, doğal antibiyotik, bitkisel viagra, bitki tılsımı, rustik theriac, yılan otu vb. gibi farklı isimler verildi (Petrovska ve Cekovska, 2010).

Birçok çalışma, sarımsağın bileşimlerini ve terapötik değerini değerlendirdi. Sarımsağın başlıca fizyolojik rolü, antimikrobiyal, antikanser, antioksidan, antidiyabetik, kolesterol düşürücü, antiinflamatuvar ve kardiyovasküler hastalıkları önlemedeki potansiyel rolüdür. Veriler, sarımsağın ana farmakolojik etkilerinin, bitkiler kesildiğinde veya ezildiğinde kokusuz öncülerden enzimatik olarak oluşturulan tiyosülfinatlar gibi organosülfür bileşiklerine ve ilgili bileşiklere atfedildiğini göstermiştir. Kararsızlıkları nedeniyle, sarımsak kalitesine erişmek için organosülfür bileşiklerinin profilinin analiz edilmesi gerekir (Ourouadi ve ark., 2017).

Sarımsağın enzim sistemleri üzerindeki etkileri, sitokrom P-450 redüktazın glutasyon S-transferaz inhibisyonunun yükselmesini ve laktat dehidrojenaz aktivitesinin yükselmesini içerir (Chung, 2006). Son araştırmalar, sarımsağın lipid peroksidasyonuna karşı koruma sağladığını göstermiştir (Altınterim ve Aksu, 2019; Altınterim ve Aksu, 2020), bu da ateroskleroz gelişimini azaltabileceğini düşündürmektedir. Bütillenmiş hidrokstoluen (BHT) ve probukol gibi sarımsak ve diğer lipofilik antioksidanların da düşük yoğunluklu lipoproteinlerin lipid bileşenlerinin oksidasyonunu önlediği gösterilmiştir (Chung, 2006).

Bitkiler balıklara genellikle farklı yöntemler ile direk olarak verilir veya suyun özelliklerini değiştirerek balığa etki ettirmek üzere su ortamına bırakılır (Altınterim ve ark., 2012; Gulec ve ark., 2013; Altınterim ve ark., 2018). Yapılan bir çalışmada masere sarımsak yağının, su buharı distilasyonuna ve taze sarımsağa göre içerdiği maddeler açısından en zengin ürün olduğunu tespit etmiştir. Özellikle tiyosülfinatlar, vinilditiinler, sülfidler ve ajoene geçişleri en yüksek seviyede elde edilmiştir. Özellikle allisin (dialiltiyosülfat) sarımsağın en dikkat çekici maddesidir. Allisin, antimikrobiyal özelliği, bağıışıklık hücrelerinin fagositoz fonksiyonu ko-

laylaştırdığı ve bakterisit aktivitelerini arttırdığı, ek olarak, doğal öldürücü hücreleri uyardığı, lizozim ve antikor cevaplarını artırdığı bildirilmektedir (Lee ve Gao, 2012; Talpur ve Ikhwanuddin, 2012).

Allium tuncelianum, Tunceli ili Munzur Dağları eteklerinde yer alan Ovacık ve Pülümür ilçelerinde, yaygın olarak yetişen endemik bir bitki türüdür (Özhatay, 2002). Tunceli Sarımsağı olarak bilinen bu endemik sarımsak türünün kimyasal yapısının, kültür sarımsağına (*A. sativum*) benzer olması nedeniyle yöre halkı tarafından dağlardan toplanıp tamamlayıcı tıp alanlarında kullanılmaktadır. Yapılan literatür taramalarında Elazığ ve Tunceli bölgesinde endemik bir bitki olarak yetişen Tunceli Dağ Sarımsağı (*A. tuncelianum*) yapısında bulunan fitokimyasal bileşiklerin antibakteriyel ve antikanser etkilerinin önemli oranda olduğu bildirilmiştir (Kasım, 2015). *A. tuncelianum*, monocotyledonea (tek çenekliler) sınıfının, Liliflore takımında ve Liliaceae familyasının *Allium* cinsi içerisinde yer almaktadır. *A. tuncelianum* endemik bir bitki türü olup ilk kez *Allium macrochaetum*'un bir alt türü olarak tanımlanmıştır. Ancak daha sonra yapılan çalışmalarda; bunun farklı bir tür olduğu anlaşılmış ve tür düzeyine yükseltilerek *A. tuncelianum* adı verilmiştir. *A. tuncelianum*; tek dişlidir, kabuk sayısı kültür sarımsağından azdır (1-2 adet) ve başları 18-20 °C'de uzun süre saklanabilir. Bu özellikleri sayesinde, taze tüketim ve endüstride kullanım şansına sahip bulunmaktadır (Hirschegger ve ark., 2010; Kasım, 2015).

Sarımsak yağı uzun yıllardır pek çok araştırmada canlılar üzerinde kullanılmıştır. Bununla birlikte kerevitler üzerinde kullanımına pek rastlanılmamıştır. Ayrıca çalışmalarda genellikle soğuk sıkım yağlar kullanılmakta ve masere yağlar kullanılmamaktadır. Bu çalışma ile yoğun stoklanmış kerevitler üzerinde Tunceli sarımsağının antioksidan etkilerini araştırmayı amaç edinmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan canlı materyal

Çalışmada kullanılacak kerevitler (*Astacus leptodactylus*) Keban Baraj Gölü Çemişgezek (38°52'25" K, 38°55'10" D) ve Pertek (38°49'44" K, 39°16'32" D) Avlak Sahalarından pinter ağları vasıtasıyla avcılık yoluyla elde edilmiştir.

Canlı olarak avlanan kerevitler Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne getirilerek tanklarda stoklanmış ve bir hafta boyunca ortama adapte olmaları beklenmiştir. Tanklara kerevitler bırakılmadan 3 gün önce tanklar suyla doldurulmuş ve su dinlendirilmiştir. Kerevitler tanklara bırakılmadan önce barınak olarak kullan-

maları için 10 cm uzunluğunda ve 3 cm çapında PVC borular kerevitlere barınak olması amacıyla tanklara konulmuştur.

Deneme ortamının ve yemlerin hazırlanması

Denemede laboratuvarında bulunan ebatlarındaki yuvarlak tanklar kullanıldı. Tanklarda havalandırma için hava motorlarına bağlı hava hortumları çekilerek tankların havalandırılması ve kerevitlere gereken oksijen sağlandı.

Deneme gruplarında Gümüşdoğa marka 3 mm. ticari alabalık pelet yemi kullanıldı. Çalışmada kullanılan sarımsak ve Tunceli sarımsağı Elazığ da yöresel bir satıcıdan temin edildi. Masere yağın elde edilmesi için sarımsaklar 15 gün boyunca ayçiçeği yağında (1/10 oranında) bekletildi. Elde edilen masere yağlar alabalıklarının yemlerine %2 oranında ilave edildi. Yemler eşit oranda hazırlanarak 2 kg'lık plastik kutulara kapakları kapalı olacak şekilde bırakıldı.

Çalışma başlamadan önce boyları ölçüldü ve ağırlıkları tartıldı. Çalışmada ortalama canlı ağırlığı yaklaşık 20 g olan erkek kerevitler (n: 180) kullanıldı ve çalışma üç tekrarlı olarak gerçekleştirildi. Kerevitlerin strese girmeleri ve tanklardan dışarıya çıkmalarına engel olmak amacıyla, tankların üzerleri yeşil fileler ile kapatıldı.

Tüm çalışma boyunca kerevitler sabah ve akşam olmak üzere günde iki defa hazırlanan yemlerle 30 gün boyunca beslendi. Yemleme günlük olarak balıkların canlı ağırlıklarının ortalama % 2'si oranında uygulandı.

Deneme grupları;

1. Sade pelet yem verilecek normal stok yoğunluğundaki kontrol grubu

2. D1: Pelet yeme % 1 oranında masere sarımsak yağı eklenmiş yemlerin verileceği yoğun stok grubu

3.D2: Pelet yeme % 2 oranında masere sarımsak yağı eklenmiş yemlerin verileceği yoğun stok grubu

30 günlük beslemenin sonunda çalışma sonlandırılmıştır.

Diseksiyon ve dokuların alınması

Diseksiyon ve dokuların analize hazırlanması işlemleri Munzur Üniversitesi Biyomühendislik Laboratuvarlarında yapıldı. Kerevit dokularındaki enzim faaliyetlerinin belirlenmesine yönelik -85 °C'lik derin dondurucuda bir gün tutulan kerevitler çıkarılarak 5 saat içinde buzlarının

çözünmesi amacıyla bekletildi. Kerevitler karapaks ile abdomenin birleştiği yerden ortadan ikiye kesilerek gövde ve abdomen ayrılmış oldu. Daha sonra kerevit karapaksının alt tarafları kesilerek hepatopankreaslar çıkarıldı ve buradan alınan hepatopankreaslar hassas terazide tartıldı. Aynı şekilde abdomenin kabuğu kesilerek içinden kas dokuları çıkarıldı. Daha sonra 1/5 w/v oranında 7,4 PH değerine sahip fosfatla tamponlanmış tuz solusyonu eklendi.

Antioksidan işlemleri

Hepatopankreas çıkarıldıktan sonra 1/5 w/v oranında 7,4 pH değerine sahip fosfatla tamponlanmış tuz çözeltisi ile yıkama işlemi yapılarak üzerindeki dokuların giderilmesi gerçekleştirildi. Bu işlemden sonra homojenizasyon safhasına geçildi ve karaciğer parçaları eppendorf tüplere konuldu. Homojenizasyon aletinin devir ısıyla enzimlerin bozulmaması için buz kalıpları kullanıldı. Homojenizasyon işleminde CAT Unidri ve homojenizatör aleti kullanıldı. Homojenizasyon işleminin ardından tüpler soğutmalı Nuve 800 R santrifüje konularak, 17000 rpm devir, 15 dakika süre ile santrifüj yapılarak süpernatantlar oluşturuldu.

Hazırlanan süpernatantlar mikropate reader cihazında okunmadan önce antioksidan kitler ile işleme tabi tutuldu. SOD, MDA, CAT ve GS-H-PX analizleri için BT-Lab marka kitler kullanıldı. Süpernatantlardan otomatik mikropipetler ile alınan numuneler (Resim 2.15) antioksidan kit kutusundan çıkan ve üzerinde 96 adet kuyucuk bulunan plakaya gruplar dikkate alınarak bırakıldı. Kitlerdeki prosedürler uygulandıktan sonra hazırlanan plakalar bilgisayara bağlı mikropalaka okuyucuda okundu.

İstatistiksel analizler

Bu tez çalışmasında elde edilen bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 20.0 paket programı kullanılarak, ANOVA çoklu değişkenli Duncan's testi uygulanmıştır. Sonuçlar "a, b, c" harfleri ile ifade edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Biyokimyasal yanıt

Süperoksit dismutaz (SOD) analizleri kasta ve hepatopankreasda ayrı ayrı yapıldı. Kas analiz sonuçlarında iki deneme grubu da birbirine çok yakın D1 23,176±0,112 U/ml ve D2 23,384±0,370 U/ml rakamsal değerlerde bulundu. Kontrol grubunun değeri ise 21,056±0,209 U/ml rakamsal olarak daha düşük seviyelerde bulundu (Tablo 3.1). İki deneme grubu arasında istatistiksel bir farklılık bulunmazken ($P>0,05$), deneme grupları ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark vardı ($P<0,05$, Şekil 3.1).

Hepatopankreas analiz sonuçlarında da kasta elde edilen değerlerde olduğu gibi, deneme grupları arasında rakamsal olarak birbirine yakın (D1 30,804±0,110 ve D2 30,502±0,757U/ml), kontrol grubu daha düşük değerde (26,422±0,600 U/ml) tespit edildi. Gene kas grubunda olduğu gibi deneme grupları arasında istatistiki fark yoktu ($P>0,05$) fakat deneme grupları ile aralarındaki fark anlamlıydı ($P<0,05$, Şekil 3.1).

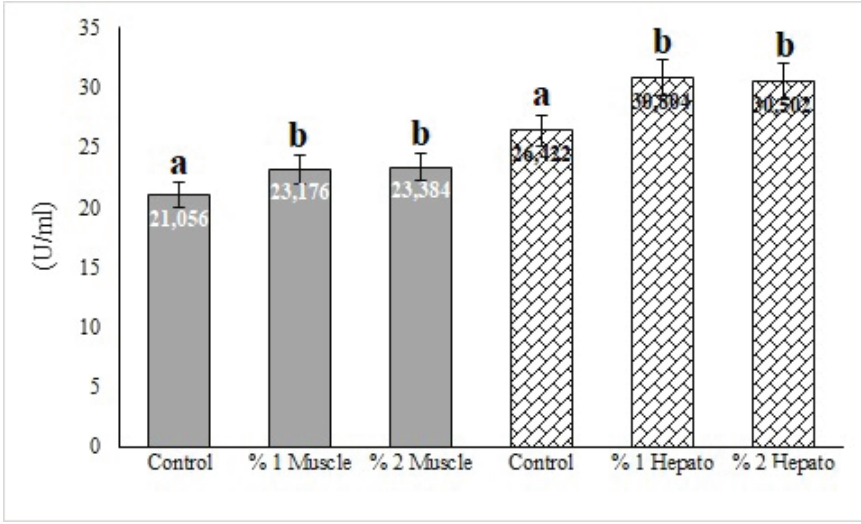
Hem kas ve hem de hepatopankreas analiz sonuçları farklı oranlarda eklenen Tunceli sarımsağının kerevitlerin SOD mekanizmalarında olumlu sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Tablo 3.1. Süperoksit dismutaz analiz sonuçları

| | Kontrol | D1 | D2 |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| SOD-KAS | 21,056±0,209 ^a | 23,176±0,112 ^b | 23,384±0,370 ^b |
| SOD-HEPATO | 26,422±0,600 ^a | 30,804±0,110 ^b | 30,502±0,757 ^b |

DMBA ile indüklenmiş rat dokularında SOD enzim aktivitesinin düşmesi anlamlı azalma olarak kabul edilmiştir. DMBA ile indüklenmiş ratlara verilen antioksidatif maddelerin SOD enzim düzeylerini artırmaları da anlamlı bir artış olarak ifade edilmiştir (Kutlu ve ark., 2018; Singh ve Shukla, 1998). Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre; tıpkı katalaz aktivitesinde olduğu gibi, *A. tuncelianum*'un düşük dozunun verildiği grupta, kontrol grubu ve sadece DMBA verilen hasta gruba göre istatistiksel olarak anlamlı artış ($P<0,01$) olduğu gözlemlendi. Ayrıca TDS yüksek dozu verilen grup; E vitamini verilen grupla kıyaslandığında ise, istatistiksel olarak anlamlı artışın ($P<0,05$) var olduğu görüldü. Bu sonuca göre; *A. tuncelianum*'un düşük dozu iyi bir antioksidan özellik gösterirken, yüksek dozu ise prooksidan aktivite gösterdiği görülmektedir. *A. tuncelianum*'un düşük dozunun verildiği grup, E vitamini verilen grupla kıyaslandığında; *A. tuncelianum*'un düşük dozunun, standart bir antioksidan olan E vitamininden daha yüksek SOD aktivitesi gösterdiği anlaşılmaktadır (Kasım ve Kutlu, 2019).

Bu çalışma ile yukarıdaki çalışma uyumlu değildir. Yukarıdaki çalışmada Tunceli sarımsağı katkı oranı arttıkça etkisi ters yönde azalmıştır. Bu çalışmada ise tam tersine katkı arttıkça SOD değeri de yükselmiştir. Bu durum farklı canlılar ve farklı stres faktörlerinin bulunmasından, hatta farklı organlar üzerinde inceleme yapılmış olmasından kaynaklanabilir. Diğer taraftan bu çalışmada kullanılan doz kerevitler için prooksidan seviyesinde olmayabilir.



Şekil 3.1. Süperoksit dismutaz kas analiz sonuçları grafiği

3.1.2. Katalaz (CAT) aktivitesi

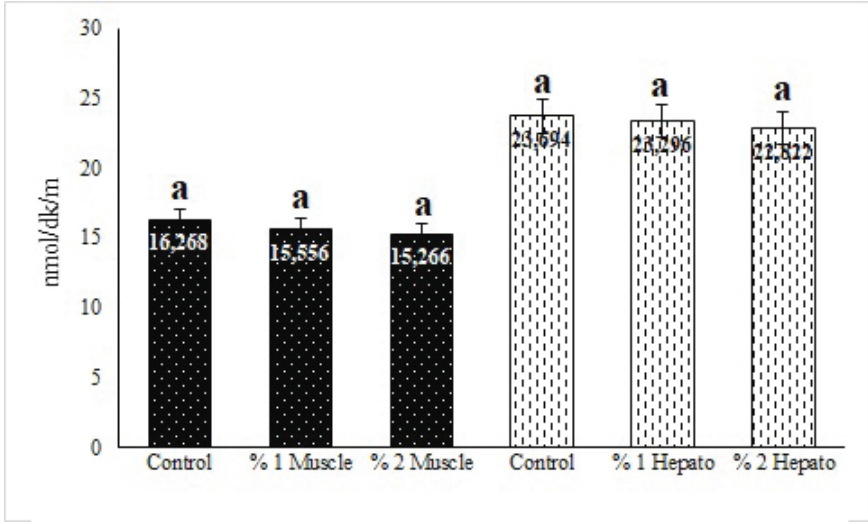
Katalaz (CAT) analizleri de kasda ve hepatopankreasda ayrı ayrı yapıldı. Kas analiz sonuçlarında deneme grupları sonuçlarının birbirine rakamsal olarak çok yakın olduğu (D1; $15,556 \pm 0,349$ ve D2; $15,266 \pm 0,178$ nmol/dk/m), kontrol grubu değerinin ($16,268 \pm 0,722$ nmol/dk/m) ise daha yüksek olduğu gözlemlendi (Tablo 3.2). Bununla birlikte gruplar arasındaki istatistiksel olarak bir fark bulunmadı ($P > 0,05$, Şekil 3.2).

Hepatopankreas analiz sonuçlarında da hem kontrol ve hemde deneme grupları rakamsal olarak birbirine çok yakın (K; $23,694 \pm 0,455$ nmol/dk/m, D1; $23,296 \pm 0,383$ nmol/dk/m ve D2; $22,822 \pm 0,419$ nmol/dk/m) olarak bulundu ve aralarında istatistiksel olarak da bir fark tespit edilmedi ($P > 0,05$, Şekil 3.2).

Hem kas ve hem de analiz sonuçları yeme eklenen Tunceli sarımsağı masere yağlarının katalaz aktivitesi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını göstermiştir.

Tablo 3.2. Katalaz (CAT) analiz sonuçları

| | Kontrol | D1 | D2 |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| CAT-KAS | $16,268 \pm 0,722^a$ | $15,556 \pm 0,349^a$ | $15,266 \pm 0,178^a$ |
| CAT-HEPATO | $23,694 \pm 0,455^a$ | $23,296 \pm 0,383^a$ | $22,822 \pm 0,419^a$ |



Şekil 3.2. Katalaz (CAT) kas analiz sonuçları grafiği

Akpınar (2021) ışık stresine maruz kalan kerevitlere çörekotu katkılı yemler vererek yaptığı çalışmada, en kötü sonuç tamamen aydınlatılan ve çörek otu katısı verilmeyen yemle beslenen tam aydınlık grupta gerçekleşmiştir. CAT hepatopankreas değerlerinde 2 numaralı deneme grubunda en yüksek değerler elde edilir iken, CAT kas değerlerinde ise diğer sonuçlarda olduğu gibi 7 numaralı grup değerleri en yüksek çıktı.

Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Hem Akpınar 2021'de hem de bu çalışmada kontrol gruplarında rakamsal olarak en kötü değerler katkısız yem gruplarında çıkmış olmakla beraber, deneme grupları sonuçları da istatistiksel olarak farklı bir sonuç vermemiştir.

DMBA ile indüklenmiş rat dokularında katalaz enzim aktivitesinin düşmesi anlamlı azalma olarak kabul edilmiştir. DMBA ile indüklenmiş ratlara verilen antioksidatif maddelerin ise, azalan katalaz enzim aktivitesini yükseltmeleri anlamlı artma olarak rapor edilmiştir (Solmaz, 2011; Takım, 2015). Kasım ve Kutlu (2019) DMBA ile birlikte *A. tuncelianum*'un düşük dozunun verildiği grupta; sadece DMBA verilen hasta gruba göre, istatistiksel olarak anlamlı bir artma ($P < 0.01$) belirlenmiştir. DMBA ile birlikte *A. tuncelianum*'un düşük dozunun verildiği grup, DMBA ile birlikte *A. tuncelianum*'un yüksek dozu verilen grupla kıyaslandığında, istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0.01$) bir artış bulunmuştur. Yine DMBA ile birlikte *A. tuncelianum*'un düşük dozunun verildiği grup; DMBA ile birlikte E vitamini verilen grupla kıyaslandığında da istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0.001$) bir artış söz konusudur. E vitamini grubunda ise; kontrol grubuna göre

azalma anlamlı ($P<0.05$) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; *A. tuncelianum*'un düşük dozu antioksidan, yüksek dozu ise prooksidan aktivite göstermiştir denilebilir. *A. tuncelianum*'un düşük dozunun verildiği grup, E vitamini verilen grupla kıyaslandığında ise; *A. tuncelianum*'un, standart bir antioksidan olan E vitamininden daha yüksek aktivite gösterdiği görülmektedir.

Bu çalışmada tam tersi bir durum söz konusudur. İstatistiksel olarak farklı olmasa da, rakamsal olarak *A. tuncelianum* katkılı yemler ile beslenen kerevitlerin CAT değerleri yükselmek yerine düşmüştür. Bu farklılık farklı canlıların üzerinde farklı etkiye sahip olmasından veya farklı organlarda farklı etkiye sahip olmasından kaynaklanmış olabilir.

Glutasyon peroksidaz (GSH-PX) aktivitesi

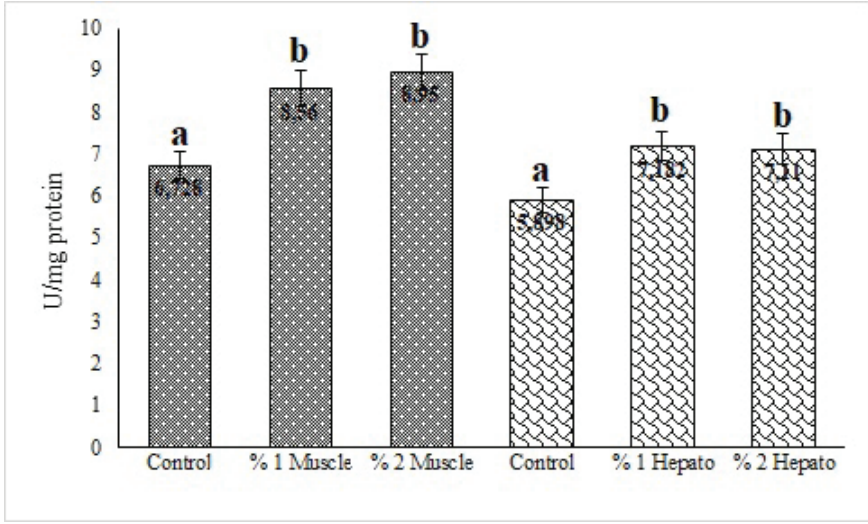
Glutasyon peroksidaz (GSH-PX) sonuçları SOD sonuçlarına benzer bir durum sergilemiştir. Kas analiz sonuçlarına bakıldığında, deneme gruplarının rakamsal olarak kontrol grubundan (K; $6,728\pm 0,403$ U/mg) daha yüksek ve birbirine çok yakın olduğu (D1; $8,560\pm 0,167$ U/mg ve D2; $8,950\pm 0,086$ U/mg) tespit edildi (Tablo 3.3). Deneme grupları arasında istatistiksel olarak bir farka rastlanılmazken ($P>0,05$), kontrol grubu ile aralarındaki farkın anlamlı olduğu görüldü ($P<0,05$; Şekil 3.3).

Kas analizine benzer sonuçlar hepatopankreas sonuçlarında görüldü. Deneme grupları rakamsal olarak birbirine çok yakın (D1; $7,182\pm 0,094$ U/mg ve D2; $7,110\pm 0,220$ U/mg) ve kontrol grubu değerinden (K; $5,898\pm 0,331$ U/mg) yüksek oldukları tespit edildi. Dene grupları arasında istatistiksel bir fark yoktu ($P>0,05$) ve deneme grupları kontrol grubundan istatistiksel olarak farklıydı ($P<0,05$; Şekil 3.3).

GSH-PX analiz sonuçları yeme eklenen Tunceli sarımsağının değerleri yükselterek faydalı olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.3. Glutasyon peroksidaz (GSH-PX) analiz sonuçları

| | Kontrol | D1 | D2 |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| GSH-PX-KAS | $6,728\pm 0,403^a$ | $8,560\pm 0,167^b$ | $8,950\pm 0,086^b$ |
| GSH-PX-HEPATO | $5,898\pm 0,331^a$ | $7,182\pm 0,094^b$ | $7,110\pm 0,220^b$ |



Şekil 3.3. Glutatyon peroksidaz (GSH-PX) kas ve hepatopankreas analiz sonuçları grafiği

Barım (2009) E vitamini katkılı yemler ile kerevitlerde besleme çalışması yapmıştır. E vitamini takviyeli yemlerle beslenen kerevitlerin GSH-Px aktivitesi hepatopankreas ve kasta vitamin E ile anlamlı olarak yükselmiştir.

Bu çalışmada E vitamini yerine maşere Tunceli sarımsağı kullanılmakla birlikte, Barım (2009)'da olduğu gibi GSH-PX değerleri deneme gruplarında anlamlı bir şekilde yükselmiştir.

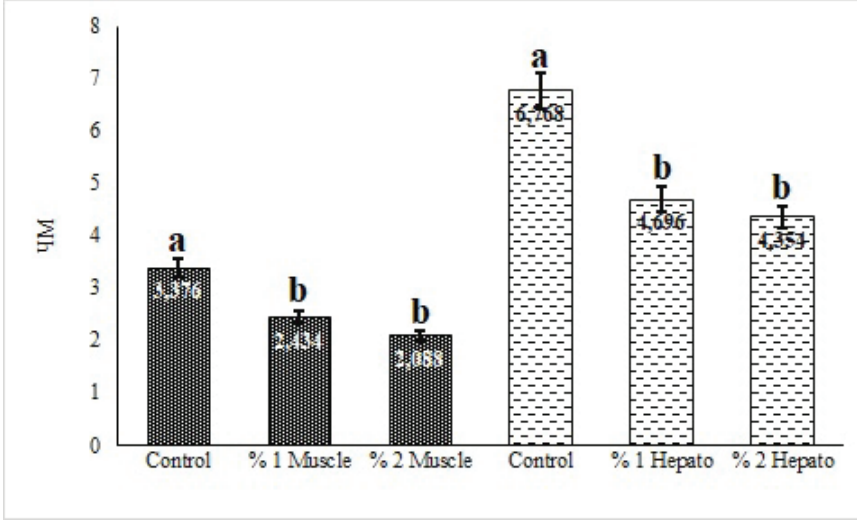
Malondialdehit (MDA) aktivitesi

MDA kas analizlerine bakıldığında en düşük değer D2 grubunda ($2,088 \pm 0,089 \mu\text{M}$) olduğu, onu D1 grubunun takip ettiği ($2,434 \pm 0,110 \mu\text{M}$) ve en yüksek değer kontrol grubunda ($3,376 \pm 0,213 \mu\text{M}$) olduğu görüldü (Tablo 3.4). Deneme grupları arasında istatistiksel olarak farkın olmadığı, kontrol grubundan ise istatistiksel olarak farklı oldukları tespit edildi (Şekil 3.4).

Hepatopankreas sonuçlarında da kas grubuna benzer durum görüldü. En düşük MDA değeri D2 grubunda ($4,354 \pm 0,143 \mu\text{M}$), ikinci olarak D1 grubunda ($4,696 \pm 0,192 \mu\text{M}$) ve en yüksek değer kontrol grubunda ($6,768 \pm 0,112 \mu\text{M}$) olduğu gözlemlendi (Şekil 3.4). Deneme grupları arasında istatistiksel olarak bir fark olmazken, deneme grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel bir farkın olduğu saptandı.

Tablo 3.4. Malondialdehit (MDA) analiz sonuçları

| | Kontrol | D1 | D2 |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| MDA-KAS | 3,376±0,213 ^a | 2,434±0,110 ^b | 2,088±0,089 ^b |
| MDA-HEPATO | 6,768±0,112 ^a | 4,696±0,192 ^b | 4,354±0,143 ^b |

**Şekil 3.4.** Malondialdehit (MDA) kas analiz sonuçları grafiği

Akpınar (2021) ışık stresine maruz kalan kerevitlere çörekotu katkılı yemler vererek yaptığı çalışmada, en kötü sonuç tamamen aydınlatılan ve çörek otu katısı verilmeyen yemle beslenen tam aydınlık grupta gerçekleşmiştir. Lipid peroksidasyon seviyelerini düşürme açısından katkılı yemlerin ise olumlu sonuçlar verdiği ve özellikle %2'lik karışımlarda en etkili sonuçların alındığı görüldü.

Bu çalışmada da sonuçlar benzer olup, %2 oranında maşere sarımsak yağı eklenen grupta en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Barım (2009) E vitamini katkılı yemler ile kerevitlerde besleme çalışması yapmıştır. E vitamini takviyeli yemlerle beslenen kerevitlerin hepatopankreas, yumurtalık ve kaslarında MDA aktivitesinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

Bu çalışmada da benzer şekilde katkılı yemler ile beslenen kerevitlerin hem kas hem de hepatopankreas dokularında MDA seviyesi önemli ölçüde azalmıştır.

Kasım ve Kutlu (2019) 7,12-dimethyl benzanthracene (DMBA) ile indüklenen ratlara Tunceli Dağ Sarımsağı (*A. tuncelianum*) ve vitamin E uygulamasının, rat bağırsak dokusundaki lipit peroksidasyon ve antioksidan enzim aktivitelere etkisinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Sonuç olarak *A. tuncelianum*'un ratların bağırsak dokusunda, antioksidan enzim aktivitelerini ve lipit peroksidasyonunu olumlu bir şekilde değiştirdiği belirlendi. Böylece oksidatif hasara karşı, enzim aktivitelerini düzenleyerek ve lipit hasarını önleyerek katkı sağlayabileceği kanaatine varıldı.

Bu çalışmada kan ve doku yapısı tamamen farklı olan bir canlı ile çalışma yapılmıştır. Bu farka rağmen, Tunceli sarımsağının farklı canlılar üzerinde olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tunceli sarımsağı masere yağının oksidatif stresin giderilmesinde kerevitler üzerinde önemli rolünün olduğu ortaya çıkmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre önerilerimiz; Bitkilerin hayvan yem katkı maddesi olarak kullanılması önemlidir ve daha denenmiş pek çok bitki bu konularda denenmelidir. Masere yağların elde edilmesi soğuk sıkım yağlara göre çok daha kolay ve hem de daha ekonomiktir. Tüketiciler masere yağ konusunda bilgilendirilmeli ve önerilmelidir. Tunceli sarımsağı kerevitler üzerinde ilk defa çalışılmıştır. Başka çalışmalarda farklı canlı türleri üzerinde de çalışılmaların yapılması faydalı olabilir.

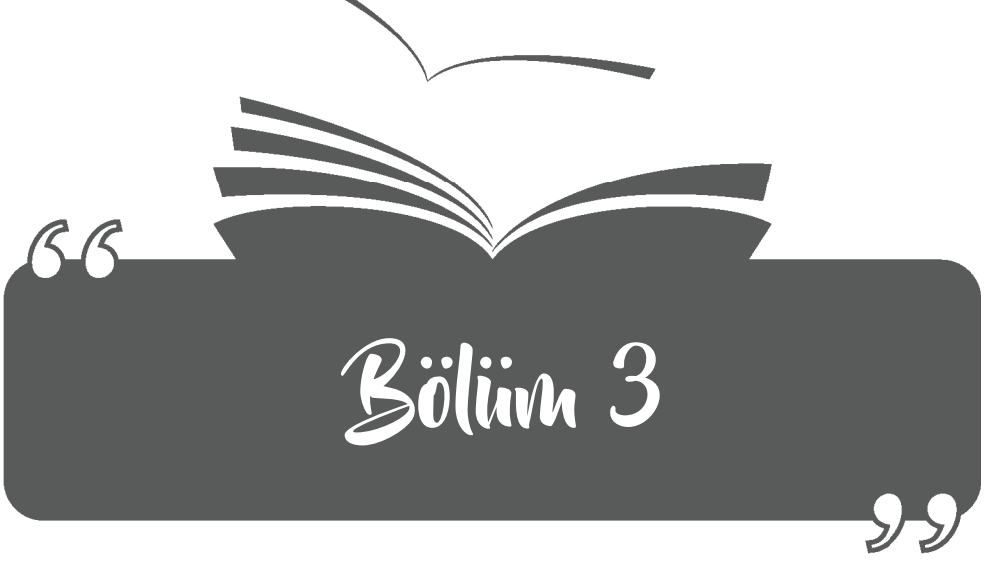
5. KAYNAKLAR

- Akpınar, M.** 2021. Işık stresine maruz kalan kerevitlerde (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) çörek otu katkılı yemlerin antioksidan parametrelere etkisi. *Doktora Tezi*, Munzur Üniversitesi, Tunceli, 62s.
- Altınterim, B., Güleç, A.K., Aksu, O.** 2012. Determination of safety dose of Eucalyptus camaldulensis hydrosol on mirror carp (*Cyprinus carpio*). *Fresenius Environmental Bulletin*, 21 (5a), 1219-1222.
- Altınterim, B., Kutluyer, F., Aksu, O.** 2018. Effects of different plant oils having different oxygen radical absorbance capacity (ORAC) on hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at high stocking density. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(1): 63-69.
- Altınterim, B., Aksu, O.** 2019. Masere sarımsak (*Allium sativum* Limne) ve Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum* Kollman) yağlarının yoğun stoklanmış gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss* W.) bazı kan parametrelerine ve NBT (Nitroblue Tetrazolium) seviyelerine etkileri. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 21(2): 716-723
- Altınterim, B., Aksu, O.** 2020. Effects of Garlic (*Allium sativum*, Limne) Oil Macerate, Tunceli Garlic (*Allium tuncelianum*, Kollman) Oil Macerate and Onion (*Allium cepa*, Limne) Oil Macerate on Antioxidant Enzyme Activities (CAT, GR GPx and MDA) of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(1): 61-65.
- Barım, Ö.** 2009. the effects of dietary vitamin e on the oxidative stress and antioxidant enzyme activities in their tissues and ovarian egg numbers of freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(6):1190-1197
- Benzie, I.F.** 1996. Lipid peroxidation: a review of causes, consequences, measurement and dietary influences. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 47: 233-261.
- Chipurura, B., Muchuweti, M., Kasiyamhuru, A.** 2013. Wild leafy vegetables consumed in Buhera district of Zimbabwe and their phenolic compounds content. *Ecology of Food and Nutrition*, 52(2): 178-189.
- Chung, L.Y.** 2006. The antioxidant properties of garlic compounds: Allyl Cysteine, Alliin, Allicin, and Allyl Disulfide. *Journal of Medicinal Food*, 9(2): 205-213.
- Decker, E.A., Xu, Z.** 1998. Minimizing rancidity in muscle foods. *Food Technology*, 52: 54-59.
- Fridovich, I.** 1995. Superoxide radical and superoxide dismutases. *Annual Review of Biochemistry*, 64: 97-112.
- Forrester, S.J., Kikuchi, D.S., Hernandes, M.S., Xu, Q., Griendling, K.K.** 2018. Reactive oxygen species in metabolic and inflammatory signalling. *Circulation Research*, 122(6): 877-902.

- Gulec, A., K., Altinterim, B., Aksu, O.** 2013. Determination of lethal concentration (LC50) values. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(1): 31-44.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C.** 1989. Free radicals in biology and medicine. 2nd Edition, Clarendon Press, Oxford, 85p.
- Harlioğlu, M.M., Köprücü, K.** 2000, An investigation on the vitamin A2, C, E and β -carotene contents of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2): 277-281.
- Harlioğlu, M.M., Holdich, D.M.** 2001, Meat yields in the introduced crayfish, *Pacifastacus leniusculus* and *Astacus leptodactylus*, from British waters. *Aquaculture Research*, 32: 411-417.
- Harlioğlu, M.M., Barım, Ö.** 2004. The effect of dietary vitamin E on the pleopodal egg and stage-1 juvenile numbers of freshwater crayfish *A. leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Aquaculture*, 236: 267-276.
- Harper, A.E.** 1994. Sine concluding comments on emerging aspects of amino acid metabolism. *The Journal of Nutrition*, 124: 1529S-1532.
- Hirschegger, P., Jakše, J., Trontelj, P., Bohanec, B.** 2010. Origins of *Allium ampeloprasum* horticultural groups and a molecular phylogeny of the section *Allium* (Allium: Alliaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(2): 488-497.
- Hochachka, P.W., Somero, G.N.** 1984. Biochemical Adaptation. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 161p.
- Hogger, J.B.** 1988. Ecology, population biology and behaviour. In *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*, pp. 114-144, eds. Holdich, D.M. & Lowery, R.S., Croom-helm, Cambridge.
- Holdich D.M.** 1993. A review of astaciculture - freshwater crayfish farming. *Aquatic Living Resources*, 6(3): 307-317
- Kasım, T.** 2015. Measurement of in vitro antioxidant activity of Tunceli rural garlic (*Allium tuncelianum*), determination of its effect on the antioxidant enzyme activity and anticancer characteristics on rats. *Doktora Tezi*, İnönü Üniversitesi, Malatya, 113s.
- Kasım, T., Kutlu, T.** 2019. Dimetil benzantrazen uygulanan ratlarda tunceli dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum*) ve vitamin E'nin bağırsak dokusundaki lipid peroksidasyonu ve antioksidan enzim aktivitelerine etkisi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 8(2): 191-197
- Kasım, T.** 2020. Tunceli dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum*) farklı ekstraksiyonlarında LC-MS/MS ile fenolik bileşik miktarlarının karşılaştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg.*, 24(1): 44-52
- Keyata, E.O., Tola, Y.B., Bultosa, G., Forsido, S.F.** 2021. Phytochemical contents, antioxidant activity and functional properties of *Raphanus sativus* L, *Eruca sativa* L. and *Hibiscus sabdariffa* L. growing in Ethiopia. *Heliyon*, 7(1): e05939.

- Kutlu, T., Takım, K., Karaaslan, M.G., Yılmaz, M.A.** 2018. Effect of tunceli mountain garlic (*Allium tuncelianum*) on rat heart tissue antioxidant enzyme levels and characterization of phenolic components. *KSU J. Agric Nat*, 21(4): 632–43.
- Lee, J.Y., Gao, Y.** 2012. Review of the application of garlic, *Allium sativum*, in aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(4): 447-458.
- Mazlum, Y., Güner, Ö., Şirin, S.** 2011. Effects of feeding interval on growth, survival and body composition of narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 Juveniles. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 283-289.
- Mercier, L., Palacios, E, Racotta, I.S.** 2006. Efectos de los ácidos grasos altamente insaturados sobre la susceptibilidad al estrés y el sistema de defensa del camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*). XLIX Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas; Querétaro, Qro. Septiembre 4-8.
- Momot, W.T.** 1995. Redefining the Role of Crayfish in Aquatic Ecosystems. *Reviews in Fisheries Science*, 3(1): 33-63.
- Narzary, H., Islary, A., Basumatary, S.** 2016. Phytochemicals and antioxidant properties of eleven wild edible plants from Assam, India. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 9(3): 191-201
- Niaz, K., Shah, M.A., Khan, F., Saleem, U., Vargas, C., Panichayupakaranant, P.** 2020. Bioavailability and safety of phytonutrients. Phytonutrients in Food, Woodhead Publishing.
- Ourouadi, S., Moumene, H., Zaki, N., Boulli, A., Ouatmane, A., Hasib, A.** 2017. Garlic (*Allium sativum*): a source of multiple nutraceutical and functional components (review). *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 7(1): 009-021.
- Özhatay, N.** 2002. Diversity of bulbous monocots in Turkey with special reference. Chromosome numbers. *Pure and Applied Chemistry*, 74(4): 547-555.
- Petrovska, B.B., Cekovska, S.** 2010. Extracts from the history and medical properties of garlic. *Pharmacognosy Reviews*, 4(7): 106–110.
- Singh, A., Shukla, Y.** 1998. Antitumour activity of diallyl sulfide on polycyclic aromatic hydrocarbon-induced mouse skin carcinogenesis. *Cancer Lett*, 131(2): 209-14.
- Solmaz, F.Ö.K.** 2011. 7.12-DMBA ile indüklenen rat karaciğer dokusunda çeşitli sarımsak ekstraktlarının koruyucu etkilerinin incelenmesi. *Doktora Tezi*, İnönü Üniversitesi, Malatya, 72s.
- Symons, M.C.R., Gutteridge, J.M.C.** 1998. Superoxide, peroxides, and iron in biological systems *In free radicals and iron: chemistry, biology, and medicine*, pp 113-137, eds. Symons, M.C.R. and Gutteridge, J.M.C., University Press, Oxford.
- Talpur, A.D., Ikhwanuddin, M.** 2012. Dietary effects of garlic (*Allium sativum*) on haemato-immunological parameters, survival, growth, and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection in Asian sea Bass. *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*, 364: 6-12.

- Tocher, D.R., Mourente, G., Van Der Eecken, A., Evjemo, J.O., Diaz, E., Bell, J.G., Geurden, I., Lavens, P., Olsen, Y.** 2002. Effects of dietary vitamin E on antioxidant defence mechanisms of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.), halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) and sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Nutrition*, 8(3): 195-207.
- Turrens, J.F.** 2003. Mitochondrial formation of reactive oxygen species. *The Journal of Physiology*, 15: (552): 335-344.
- Zenteno-Savín, T., Cortes-Jacinto, E., Vázquez-Medina, J.P., Villarreal-Colmenares, H.** 2008. Oxidative damage in tissues of juvenile crayfish (*Cherax quadricarinatus* von Martens, 1868) fed with different levels of proteins and lipid. *Hidrobiológica*, 18(2): 147-154.



İÇSULARDA SU ÜRÜNLERİ İSTİHSAL HAKKI KİRALAMALARI VE BALIKÇILIK YÖNETİMİ

Halime ERSOY¹, Nuri ÇELİK², Ahmet Şeref KORKMAZ³

¹ Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, halime.ersoy@tarimorman.gov.tr

² Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, nuri.celik@tarimorman.gov.tr

³ Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, korkmaz@agri.edu.tr

1. GİRİŞ

Su ürünleri, tarihin ilk dönemlerinden beri insanların beslenmesinde yer alan, sahip olduğu protein, vitamin ve minerallerle besin değerleri bakımından üstün özellikleri bulunan, her yaştaki insanın sağlıklı ve dengeli beslenmesi için önemli bir gıdadır. Su ürünleri sektörü, gıda güvencesinin temininde ve halkın dengeli beslenmesinde, istihdam oluşturmada, ülke ekonomisine makro ve mikro düzeyde önemli katkı sağlamaktadır. Dünyadaki gelişime benzer şekilde, ülkemizde de su ürünleri avcılık miktarları yıldan yıla dalgalanma göstermekte ve avcılık yoluyla üretim artık belli bir seviyenin üzerine çıkmamakta, buna karşın yetiştiricilik üretimi her geçen yıl artmaktadır (Onuncu Kalkınma Planı 2014).

İçsularda, ülkemiz su kaynaklarının verimli şekilde kullanılması ve su ürünleri faaliyetlerinin sürdürülebilirliğinin temini için su ürünleri istihsal hakkı kiralamaları Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Su ürünleri üretim alanlarının kiralanmasında ülke genelinde eşit uygulamaların yapılmasını sağlamak amacıyla düzenlenen kanun, yönetmelik, genelge ve tebliğ gibi mevzuat düzenlemeleri kapsamında su ürünleri istihsal hakkı kiralamaları yürütülmektedir. Su ürünlerinin koruma kullanma dengesi gözetilerek geliştirilmesi ve yönetilmesi kapsamında; istihsal hakkı kiralanması yolu ile su kaynaklarında balıkçılık veriminin artırılması, su kaynaklarının verimli şekilde kullanılması, kırsal bölgelerde yaşayan vatandaşlarımızın ekonomik olarak desteklenmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışma içsularda istihsal hakkı kiralanmış alanlar hakkında yapılmış olan ilk çalışma olarak değerlendirilmektedir.

2. SU ÜRÜNLERİNİN GENEL DURUMU

2023 yılına ait verilere göre, toplam su ürünleri üretimi 1.010.346 ton olarak kaydedilmiştir. Bu üretimin 454.059 tonu avcılık yoluyla, 556.287 tonu ise yetiştiricilik yoluyla gerçekleştirilmiştir. İç sulardaki su ürünleri avcılığına bakıldığında 40.000 ton üretim civarında gerçekleşmiş olup, büyük bir değişim göstermemiştir. İçsu avcılığı 2023 yılında 33.532 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de su ürünleri üretimine ilişkin veriler Çizelge 2.1’de verilmektedir (TÜİK 2023).

Çizelge 2.1 Türkiye su ürünleri üretimi

| Yıllar | Avcılık (ton) | | | Yetiştiricilik (ton) | | | Genel Toplam (ton) |
|--------|---------------|--------|---------|----------------------|---------|---------|--------------------|
| | Deniz | İçsu | Toplam | Deniz | İçsu | Toplam | |
| 2014 | 266.078 | 36.134 | 302.212 | 126.894 | 108.239 | 235.133 | 537.345 |
| 2015 | 397.731 | 34.176 | 431.907 | 138.879 | 101.455 | 240.334 | 672.241 |
| 2016 | 301.464 | 33.856 | 335.320 | 151.794 | 101.601 | 253.395 | 588.715 |
| 2017 | 322.173 | 32.145 | 354.318 | 172.492 | 104.010 | 276.502 | 630.820 |
| 2018 | 283.955 | 30.139 | 314.094 | 209.370 | 105.167 | 314.537 | 628.631 |
| 2019 | 431.572 | 31.596 | 463.168 | 256.930 | 116.426 | 373.356 | 836.524 |
| 2020 | 331.281 | 33.119 | 364.400 | 293.175 | 128.236 | 421.411 | 785.811 |
| 2021 | 295.018 | 33.140 | 328.158 | 335.644 | 136.042 | 471.686 | 799.844 |
| 2022 | 301.747 | 33.256 | 335.003 | 368.742 | 146.063 | 514.805 | 849.808 |
| 2023 | 420.527 | 33.532 | 454.059 | 399.529 | 156.758 | 556.287 | 1.010.346 |

2023 yılı verilerine göre içsularda faaliyet gösteren balıkçı gemileri denizdeki balıkçı gemilerine göre daha küçük olup ortalama olarak 5-8 m arasında yoğun olarak bulunmaktadır (Çizelge 2.2) (TÜİK 2023).

Çizelge 2.2 Balıkçı Gemilerinin Boy Dağılımı (2023)

| Faaliyet Alanı | Boy Grubu (m) | | | | | | | TOPLAM |
|----------------|---------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|------------|---------------|
| | 0-4,9 | 5-7,9 | 8-9,9 | 10-11,9 | 12-19,9 | 20-29,9 | 30+ | |
| Deniz | 679 | 8.495 | 3.488 | 947 | 856 | 460 | 294 | 15.219 |
| İçsu | 416 | 2.408 | 356 | 21 | 59 | 0 | 0 | 3.260 |
| TOPLAM | 1.095 | 1.903 | 3.844 | 968 | 915 | 460 | 294 | 18.479 |

İçsu avcılığına tür bazında bakıldığında üretim miktarı bakımından en önemli türler inci kefali, gümüşü havuz balığı olup, onu gümüş balığı, sazan ve kerevit izlemektedir. İç su avcılığında önemli olan türler Çizelge 2.4'de verilmektedir (BSGM 2025a).

Çizelge 2.4 İçsu ürünleri avcılığı üretim miktarı

| Türler | Üretim Miktarı (ton/yıl) |
|---------------------|--------------------------|
| İnci Kefali | 9.993 |
| Gümüşü Havuz Balığı | 8.322 |
| Gümüş Balığı | 7.046 |
| Sazan | 3.362 |
| Kerevit | 736 |

İçsu ürünleri avcılığında önemli olan ve ticari olarak değerli olan bazı balık türlerinin asgari avlanma boyları Çizelge 2.5'de verilmektedir (mevzuat.gov.tr).

Çizelge 2.5 İçsu Ürünlerinin Avlanabilir Asgari Boyutları

| Türler | Latince Adı | Boy (cm) |
|-----------------|------------------------------|----------|
| Fırat turnası | <i>Luciobarbus esocinus</i> | 50 |
| İnci kefali | <i>Alburnus tarichi</i> | 18 |
| Kadife | <i>Tinca tinca</i> | 26 |
| Karabalık | <i>Capoeta trutta</i> | 22 |
| | <i>Clarias gariepinus</i> | 35 |
| Kerevit | <i>Astacus leptodactylus</i> | 10 |
| Sazan | <i>Cyprinus carpio</i> | 40 |
| Siraz | <i>Capoeta tinca</i> | 20 |
| Sudak | <i>Sander lucioperca</i> | 26 |
| Şabut | <i>Barbus grypus</i> | 45 |
| Tatlısu kefali | <i>Leuciscus cephalus</i> | 20 |
| Tatlısu levreği | <i>Perca fluviatilis</i> | 18 |
| Turna | <i>Esox lucius</i> | 40 |
| Yayın | <i>Silurus glanis</i> | 90 |
| Yılan balığı | <i>Anguilla anguilla</i> | 50 |

3.YASAL DÜZENLEMELER

1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu'nun 4. maddesine dayandırılarak su ve su ürünleri üretim alanlarının kiralanmasında ülke genelinde eşit uygulamaların yapılmasını sağlamakla amacıyla düzenlenen Su Ürünleri Üretiminde Kiralama Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu yönetmelik ve buna dayandırılarak çıkarılan Kiralama Yönetmeliğine İlişkin Uygulama Esasları Yönergesi kapsamında kiralama işlemleri yapılmaktadır. Su ürünleri üretim yerlerinde yapılacak olan alanlarda ticari, amatör, ıslah ve rekreasyonel amaçlı istihsal hakkı için Bakanlıktan kiralama yapılması zorunludur. (mevzuat.gov.tr)

Su ürünleri üretim yerlerinin avcılık yoluyla istihsal hakkının kiraya verilmesinde avcılık yoluyla istihsal hakkı kiralaması, projeye dayalı ıslah amaçlı avcılık hakkı kiralaması, projeye dayalı rekreasyonel amaçlı avcılık hakkı kiralaması olmak üzere 3 şekilde kiralama yapılmaktadır. Su ürünleri üretim yerlerinin ticari amaçlı istihsal hakkı en fazla beş yıla, projeye dayalı amatör, rekreasyonel ve ıslah amaçlı istihsal hakkı ise en fazla on yıla kadar kiraya verilebilir (BSGM 2022a).

Baraj gölü, göl ve göletlerin tamamen veya kısmen projeli olarak rekreasyonel amaçlı avcılık hakkı, il müdürlüğünce öncelikle kiralanacak alanın bulunduğu bölgedeki yerel yönetim ve iştiraklerine, bunlardan talep gelmemesi durumunda sırasıyla; kuruluşlara, bu amaçla kurulmuş

dernek ve federasyonlara ya da gerçek veya tüzel kişilere kiraya verilebilir (BSGM 2025a)

Yönetmelik çerçevesinde su ve su ürünleri üretim alanlarının kiralanması sürecinde; ülke genelinde uygulama birliğinin sağlanması amacıyla, yıllık avlanabilir stok miktarı belirlendikten sonra kira bedelleri Su Ürünleri Bilgi Sistemi (SUBİS) aracılığıyla hesaplanır.

Avcılık hakkının kiraya verilmesi sırasında ihale işlemi yapılır. Su ürünleri istihsal hakkı; öncelikle o yerde kurulan, üyeleri beş yıldan az olmamak üzere üretim bölgesinde ikamet eden, münhasıran su ürünleri üretim ve pazarlaması ile iştigal eden kooperatif, kooperatif birliği ve köy birliklerine komisyon marifetiyle pazarlık usulüyle kiraya verilir. Ticari amaçlı avcılık yoluyla istihsal hakkı kiralanan su ürünleri üretim yerlerinin, kiracısı tarafından başvuruda bulunulması halinde Genel Müdürlüğün uygun görüşü ile aynı yer için projeli olarak rekreasyonel amaçlı istihsal hakkı da ayrıca kiralanabilir. Bu durumda kira sözleşmesi, bu alan için komisyon tarafından belirlenecek yeni kira bedeli üzerinden, mevcut sözleşmesinde devam eden kira süresi ile sınırlı olmak üzere yenilenir (mevzuat.gov.tr).

Su ürünleri avcılığına ilişkin düzenlemeler 6/1 Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılık Tebliğine göre zaman, yer, av metodu, boy gibi yasaklar uygulanmaktadır. Tebliğin 37 inci maddesindeki gibi bölgelere göre zaman yasağı uygulanmaktadır. Bu tebliğ ile zaman yasağı getirilmemiş olan türler için (gümüş balığı hariç) Cyprinadae familyasına getirilen av yasağı uygulanır. İstilacı türlerin avcılığına; yapılan araştırma sonuçları ve istihsal alanının özellikleri dikkate alınarak, zaman ve istihsal vasıtası açısından getirilen yasak ve kısıtlamalar dikkate alınmaksızın Bakanlıkça istisnai olarak izin verilebilir İç su avcılığında önemli bir üretim miktarı olan inci kefalinin bulunduğu yerlerde avcılığı yapılmasına rağmen istihsal hakkı kiralanan alanların içinde bulunmamaktadır (mevzuat.gov.tr).

4.KİRALANAN ALANLAR

Kiralanan baraj gölü ve göllerde en fazla istihsal hakkı kiralamasının yapıldığı iller sırasıyla Bursa, Isparta, Ankara, Edirne ve Elâzığ olarak gerçekleşmiştir. Bursa'da İznik Gölü, Isparta'da Eğirdir Gölü, Ankara'da Hirfanlı Baraj Gölü, Edirne'de Yeni Karpuzlu Gölü, Elazığ'da Keban ve Karakaya Baraj Gölü en önemli avlak sahaları olarak öne çıktığı Çizelge 4.1'de verilmektedir (BSGM 2025b).

Çizelge 4.1 En fazla avlak sahasının kiralandığı iller

| İli | Stok Miktarı (kg/yıl) | Yıllık Kira Bedeli (TL) |
|---------|-----------------------|-------------------------|
| Bursa | 2.333.000 | 522.000 |
| Isparta | 1.932.000 | 2.353.000 |
| Ankara | 1.850.000 | 210.097 |
| Edirne | 9.360.000 | 133.000 |
| Elazığ | 384.500 | 462.930 |

Türkiye’de su ürünleri istihsal hakkı kiralanen alanlar içinde baraj gölü/göllerine bakıldığında avlanabilir stok miktarı açısından en önemli alanlar; Beyşehir Gölü 1.164.000 kg/yıl, Porsuk Baraj Gölü 1.081.000 kg/yıl, Hirfanlı Baraj Gölü 6. Bölge 871.000 kg/yıl olarak gerçekleşmiştir. (Hirfanlı, İznik Gölü, Eğirdir Gölü gibi büyük avlak sahaları kiralama faaliyetlerinin daha etkin yürütülebilmesi adına bölgelere ayrıldığı Çizelge 4.2’den anlaşılmaktadır (BSGM 2025b).

Çizelge 4.2 Kiralanan en büyük avlak sahaları

| İli | Kaynağın Adı | Stok Miktarı (kg/yıl) | Yıllık Kira Bedeli (TL) |
|----------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Konya | Beyşehir Gölü | 1.164.000 | 43.000 |
| Kütahya | Porsuk Baraj Gölü | 1.081.493 | 205.100 |
| Kırşehir | Hirfanlı Baraj Gölü 6. Bölge | 871.000 | 75.506 |
| Ankara | Hirfanlı Baraj Gölü 2. Bölge | 643.000 | 94.000 |
| Kırşehir | Hirfanlı Baraj Gölü 5. Bölge | 621.000 | 71.723 |
| Bursa | İznik Gölü 1. Bölge | 604.875 | 83.379 |
| Ankara | Hirfanlı Baraj Gölü 3. Bölge | 595.000 | 31.717 |
| Bursa | İznik Gölü 4. Bölge | 580.000 | 73.000 |

Lagünlerin durumuna bakıldığında en yoğun olarak Ege bölgesi ve Akdeniz bölgesi, bunu Karadeniz ve Marmara bölgesi izlemektedir. Lagünlerde kullanılan avcılık metodları fanyalı ağ, pareketa, pinter, uzatma ağı ve kuzuluk olarak sayılabilir. Lagünlerde yalnızca fiber ve ahşaptan teknelere izin verilmektedir (Motor kullanılmasına izin verilmemektedir (GFCM 2015).

Lagünlerde ticari olarak avcılığı yapılan su ürünleri türleri sazan, çipura, levrek, kefal, sargoz, lahoz v.b. olarak Çizelge 3.4’de verilmektedir (BSGM 2025b).

Çizelge 4.3 Lagünlerdeki türler

| Türkçe Adı | İngilizce Adı | Latince Adı |
|------------|---------------------|------------------------------|
| Saz | | <i>Carex</i> |
| Turna | Pike | <i>Esox lucius</i> |
| Sazan | Common carp | <i>Cyprinus carpio</i> |
| Lahoz | Waker | <i>Epinepheius geneus</i> |
| Sudak | Pike perch | <i>Sander lucioperca</i> |
| Karides | Prawn | <i>Penaeus sp.</i> |
| Dil | Common sole | <i>Solea solea</i> |
| Sargoz | Balck sea bream | <i>Diplodus sorgus</i> |
| Levrek | Sea bass | <i>Dicentrarchus labrax</i> |
| Çipura | Sea bream | <i>Sparus aurata</i> |
| Kefal | Grey mullet | <i>Mugil sp</i> |
| Kerevit | White claw crayfish | <i>Astacus leptodactylus</i> |

Türkiye’de su ürünleri istihsal hakkı kiralanın alanlar içinde bulunan lagünlerde en yüksek su ürünleri üretim miktarı olan lagün Muğla-Köyceğiz lagünü, ikinci olarak da Samsun Balık Gölleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Adana ilinde bulunan lagünlerden Tuzla ve Ağyatan lagünü ıslah amaçlı olarak projeli olarak kiraya verilmiştir. Lagünlerde üretimi yapılan en önemli türler kefal, çipura, levrek ve yılan balığı olduğu tespit edilmiştir. En önemli lagünlerden bazıları aşağıdaki Çizelge 4.4’de verilmektedir (BSGM 2025b).

Çizelge 4.4 Kiralanan lagünlerden bazılarına ait stok miktarı ve kira bedeli

| İli | Lagün Adı | Stok Miktarı (kg/yıl) | Kira Bedeli (TL) |
|--------|-------------------------------|-----------------------|------------------|
| Muğla | Köyceğiz Lagünü | 505.000 | 2.400.000 |
| Samsun | Balık Gölleri Lagün Kompleksi | 173.000 | 120.000 |
| Adana | Ağyatan Lagünü | 127.800 | 879.000 |
| Adana | Tuzla Lagünü | 116.800 | 748.398 |
| Adana | Çamlık Lagünü | 90.640 | 650.000 |

Su ürünleri istihsal hakkı kiralamalarında yapılan ihale işlemlerinde su ürünleri kooperatifleri öncelikli olduğundan içsularda çoğunlukla su ürünleri kooperatifleri ile kiralama yapılmaktadır. Gerçek kişi ve tüzel kişi ile kiralanılan alanlar da mevcuttur.

5.SONUÇ

İçsu balıkçılığı önemli bir gıda ve geçim kaynağıdır. Ancak, sosyo-e-konomik önemi genellikle göz ardı edilmekte; ulusal ve uluslararası kalkınma planlarında hak ettiği yeri bulamamaktadır (Suuronen et al. 2014). İçsularda çevre dostu üretim, teknolojik yeniliklerin uygulanması, halkın bilinçlendirilmesi gibi çalışmalar iç su ürünleri avcılığının sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır (Günay vd. 2018).

Ayrıca içsulardaki balıkçıların mesleki eğitimden geçirilmesi, kullanılan av ekipmanlarının kurallara uygun ölçülerde olması, balıkçıların av yasaklarına uymalarının sağlanması gerekmektedir (Yiğit v.d 2010). Bunlara ilave olarak İçsu balıkçılığının tanıtım ve reklam aracılığıyla tüketiminin özendirilmesi, balık fiyat istikrarının sağlanması, balıkçılıkta sosyal güvenliğin yaygınlaştırılması önemli görülmektedir (Çapkın 2013). İçsu ürünleri sektöründe balıkçıların refah düzeylerinin ve koşullarının iyileştirilmesi, su ürünleri kooperatifleri ve üretici birliklerinin güçlendirilmesi, pazarlama olanaklarının ve rekabet gücünün artırılması sektörün gelişimi için yapılacak çalışmalar arasında olduğu belirtilmektedir (Kalkınma Planı 2014). İçsu su ürünlerinde üretim aşamasından itibaren piyasa ile kuvvetli iletişim ve etkileşimde olunması, arz zincirindeki aktörlerin fiyat eğilimleri, tüketici istek ve ihtiyaçları konusunda farkındalık sahibi olması önemlidir. (Yıldırım vd. 2021).

1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu'nun 4 üncü maddesine dayandırılarak su ve su ürünleri üretim alanlarının kiralanmasında ülke genelinde eşit uygulamaların yapılmasını sağlamak amacıyla düzenlenen Su Ürünleri Üretiminde Kiralama Yönetmeliği yayımlanmıştır (mevzuat.gov.tr). Bu yönetmelik ve buna dayandırılarak çıkarılan Kiralama Yönetmeliğine İlişkin Uygulama Esasları Yönergesi kapsamında kiralama işlemleri yapılmaktadır. Su ürünleri üretim yerlerinin avcılık yoluyla istihsal hakkının kiraya verilmesinde avcılık yoluyla istihsal hakkı kiralaması, projeye dayalı ıslah amaçlı avcılık hakkı kiralaması, projeye dayalı rekreasyonel amaçlı avcılık hakkı kiralaması olmak üzere 3 şekilde kiralama yapılmaktadır (BSGM 2025a). Kiralanılan baraj gölü ve göllerde en fazla istihsal hakkı kiralamasının yapıldığı iller sırasıyla Bursa, Isparta, Ankara, Edirne ve Elâzığ olarak gerçekleşmiştir. Bursa'da İznik Gölü, Isparta'da Eğirdir Gölü, Ankara'da Hirfanlı Baraj Gölü, Edirne'de Yeni Karpuzlu

Gözü, Elazığ'da Keban ve Karakaya Baraj Gözü en önemli avlak sahaları olarak öne çıkmaktadır (BSGM 2025b).

Sonuç olarak Su ürünlerinin koruma kullanma dengesi gözetilerek geliştirilmesi ve yönetilmesi kapsamında; istihsal hakkı kiralanması yolu ile su kaynaklarında balıkçılık veriminin artırılması, su kaynaklarının verimli şekilde kullanılması, kırsal bölgelerde yaşayan vatandaşlarımızın ekonomik olarak desteklenmesi, kaynağa özgü hazırlanan şartname/ sözleşmelerle yürütülen avcılık faaliyetlerinin etkin kontrolünün sağlanması, yeni iş alanları sağlanması, yerel imkânlarla sağlıklı protein kaynağı olan balık arzının artırılması, kırsal bölgelerde yaşayan vatandaşlarımızın kaliteli ve ucuz gıda ihtiyaçlarının karşılanmaktadır. Buna ilave olarak bu kaynaklar özellikle kooperatiflere kiralanarak hem devletin gelir elde etmesi, hem de kaynakların sahiplendirilmesiyle yasadışı kayıt dışı illegal av baskısının önüne geçilmekte, özellikle lagünlerin ıslah edilmesiyle üretim kaynaklarının geliştirilmesi sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- BSGM 2025a. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü İdari Kayıtları, 2025
- BSGM 2025b. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü İdari Kayıtları, 2025
- Cumhurbaşkanlığı, mevzuat.gov.tr, 2025
- GFCM, 2015. General Fisheries Commission for Mediterranean 2015, Mediterranean Coastal lagoons-Sustainable Management And Interaction Among Aquaculture, capture Fisheries and Environment, 25 p.
- Çapkın K. İç ve Batı Anadolu Bölgelerinde Su Ürünleri Avcılığı Yapan İşletmelerin Sosyo-Ekonomik Analizi, Su Ürünleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, 14. S., Isparta.
- Günay D. Emiroğlu D. Tolon T. 2018. Orta Doğu ve Türkiye’de İçsu Ürünleri Avcılığı ve Yetiştiriciliğinin Bugünkü Durumu ve Geleceğe Dair Tahminler, 7 s. Isparta.
- Onuncu-Kalkınma Planı Su ürünleri Özel-ihhtisas-Komisyonu-Raporu 2014, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Yayın No: KB: 2871-ÖİK: 721,76 s.
- Suuronen P. Bartlet D.2014. Challenges in managing inland fisheries - Using the ecosystem approach, 1-12 p.,Helsinki.
- TÜİK 2023, Türkiye Su Ürünleri İstatistikleri, 2023, Ankara.
- Yiğit H. Soylu M. Uzmanoğlu S.(2010) Sakarya İli Göllerinin Balıkçı Profili,7-8 s. İstanbul
- Yıldırım Ç. Türkten H.Ceyhan V.2021 Türkiye su ürünleri endüstrisinin rekabet gücünün değerlendirilmesi, 1-8,Samsun