

## Yapay sulak alanlarda atık su rehabilitasyonunda kullanılan *Salvinia natans* ve *Lemna minor* bitki türlerinin su kalitesine olan etkileri

The water quality effects of *Salvinia natans* and *Lemna minor* plant which used for rehabilitation of wastewater on the artificial wetlands

Aslı GÜNEŞ<sup>1</sup>, Rajeev KUMAR<sup>2</sup>, Taylan PEK<sup>3</sup>, Mithat YÜKSEL<sup>2</sup>, Nalan KABAY<sup>2</sup>

### ÖZET

Çalışmanın amacı; fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemlerine doğal bir alternatif olan yapay sulak alan sistemleriyle atık suların arıtılmasında kullanılan bazı bitki türlerinin su arıtma potansiyellerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, ağırlıklı olarak sistemlerde kullanılan saz türleri ve su sümbülü gibi bilinen türlere alternatif oluşturan *Salvinia natans* ve *Lemna minor* sucul bitki türlerinin performansları araştırılmıştır. altı hafta boyunca İTOB (İzmir Ticaret Organize Sanayi Bölgesi) organize sanayi bölgesinden elde edilen atık sularla muamele edilen bitkilerin, süre sonunda atık sudaki kirlilik oranlarında yarattığı değişimler Hach Lange analiz enstrümanları kullanılarak spektrofotometrik analiz ve ölçümlerle izlenmiştir. Sonuç olarak bitkilerin özellikle toplam azot ve fosforun atık sulardan uzaklaştırılmasında etkili olduğu, *Lemna minor* bitkisinin su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen miktarını *Salvinia natans*' a göre daha fazla yükselttiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** yapay sulak alan, fitoremediasyon, atık su, *Salvinia natans*, *Lemna minor*

### ABSTRACT

Purpose of the study is the determination of the water treatment potentials of some plant species used in waste water treatment with artificial wetland systems, which is a natural alternative to physical and chemical treatment methods. For this purpose, the performances of *Salvinia natans* and *Lemna minor* aquatic plants which are alternatives to known species such as reeds and water hyacinth which are mainly used in systems have been investigated. Changes in wastewater pollution rates of plants treated with wastewater from the İTOB (İzmir Trade Organized Industrial Zone) Organized Industrial Zone for six weeks were monitored by spectrophotometric analysis and measurements using Hach Lange analysis instruments. As a result, plants were found to be effective in removing total nitrogen and phosphorus from wastewaters, and the results showed that *Lemna minor* plant increased the amount of dissolved oxygen in water more than *Salvinia natans*.

**Key Words:** artificial wetlands, phytoremediation, wastewater, *Salvinia natans*, *Lemna minor*

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi Bayındır MYO Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, İZMİR

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi Müh. Fak., Kimya Mühendisliği Bölümü, İZMİR

<sup>3</sup>İTOB-OSB, Tekeli-Menderes, İZMİR

### İletişim / Corresponding Author : Aslı GÜNEŞ

Ege Üniversitesi Bayındır MYO Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı; Tire yolu, Bayındır, İzmir - TÜRKİYE

Tel : +90 0232 581 63 17

E-posta / E-mail : asli.gunes@ege.edu.tr

DOI ID : 10.5505/TurkHijyen.2017.65376

Güneş A, Kumar R, Pek T, Yüksel M, Kabay N. Yapay sulak alanlarda atık su rehabilitasyonunda kullanılan *Salvinia natans* ve *Lemna minor* bitki türlerinin su kalitesine olan etkileri. Turk Hij Den Biyol Derg, 2017; 74(EK-1): 79-86

## GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu, vahşi tüketim alışkanlıklarına paralel yükselen sanayi ve üretime ek olarak yaşanan iklim değişiklikleri ve küresel ısınma verileri göz önüne alındığında, sahip olduğumuz her damla suyun ne kadar değerli olduğu ortaya çıkmaktadır. Tüketime kaynaklara olan baskısının yenilenme potansiyelinin önüne geçmesi, çeşitli amaçlarla kullanılan suların artırılarak yeniden kullanıma sokulmasını gündeme getirmektedir. Bu amaçla günümüzde çeşitli arıtma tesisleri kurularak evsel ve endüstriyel kaynaklı atık suların temizlenerek yeniden kullanıma sunulmasına çalışılmaktadır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntem ve sistemleri kullanılarak gerçekleşen bu süreçlerde yaşanan birçok avantajın yanında yüksek maliyetli yatırımlar olması, süreç boyunca çok fazla enerjiye, bakım ve onarım hizmetlerine ihtiyaç duyulması sistemlerin önemli dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bahsi geçen sistemlerin dışında tamamen doğayı taklit prensibine sahip, estetik-ekolojik-ekonomik, enerji talebi olmayan, düşük yapım ve bakım maliyetli, sürdürülebilir yapay sulak alan sistemleri artık birçok ülkede su arıtımında kullanılmaktadır. Bu sistemler uzun ömürlü doğal sistemler olmasına rağmen çeşitli dezavantajlara da sahiptir. Arıtmanın yavaş gerçekleşmesi, mevsimlere olan duyarlılık, yoğun kirlilik konsantrasyonlarında işlevsizlik, yanlış bitki seçimi veya yanlış uygulamalar sonucunda yaşanan düşük verimlilik gibi sıkıntılarla da karşılaşılması mümkündür. Ancak özellikle sanayinin yoğun olmadığı kırsal bölgelerde sağladığı avantajlar dezavantajlarının yanında oldukça düşük kalmakta, bilhassa tarım yapılan bölgelerde düşük kirlilik düzeyine sahip atık suların doğaya zarar vermeden yeniden kullanıma sokulması amacıyla kullanılmasında büyük avantajlar taşımaktadır.

Yapay sulak alanlar kirliliğin suyun arıtılmasında

akümülatör bitkiler kullanılarak fitoremediasyonun gerçekleştirildiği alanlardır. Fitoremediasyon terimi kelime anlamı olarak; bitki anlamındaki “fito” ile ıslah anlamındaki “remediasyon” kelimelerinden türetilmiş olup, 1991 yılında terminolojiye girmiştir. Bu terim İngilizce’de phytoremediation, botanical remediation ve green remediation olarak da geçmektedir (1-3).

Fitoremediasyon; kirleticilerin, akümülyasyon yeteneğine sahip bitkilerin çeşitli organları tarafından tutularak bulunduğu ortamlardan uzaklaştırılması sürecidir. Diğer bir tanımla, sucül ve karasal ortamlarda ağır metallerde dahil olarak istenmeyen elementlerin bitki bünyesinde biriktirilmesi işlemidir. Bu işlem gerçekleştirilirken çevredeki kirletici etmenlerin içerikleri ve bu elementleri bünyelerine hapsedmeyi başarabilecek bitki türleri çok iyi bilinmelidir.

Yapay sulak alanlar makrofit olarak adlandırılan, bir kısmı veya tamamı su içinde bulunan veya suda serbest yüzen, çıplak gözle görülebilecek büyüklüğe sahip yüksek yapılı su bitkilerinin tiplerine ve suyun akış yönü tipine göre temel olarak iki şekilde sınıflandırılırlar. Kullanılan makrofit tiplerine göre; yüzer tip makrofit kullanılan sistemler, su içine daldırılmış makrofit kullanılan sistemler, yere bağlı köklü makrofit kullanılan sistemler ve serbest akışlı sistemlerdir. Su akış yönü tiplerine göre ise; yatay akışlı sistemler, dikey akışlı sistemler ve bu iki tipin birlikte kullanıldığı hibrit sistemlerdir.

Çalışmada, özellikle akuatik-sucül ortamlarda, yapay sulak alanlar aracılığıyla fitoremediasyonun gerçekleştirilerek suyun temizlenmesinde kullanılması mümkün olan iki ayrı su bitkisinin; *Salvinia natans*-Yüzen eğrelti, *Lemna minor*-Su mercimeği atık suları temizleme kapasiteleri, 2016 yılı mayıs-haziran ayları iklim koşullarında İzmir İTOB organize sanayi

bölgesinde gerçekleştirilen deneme ve analizlerle incelenerek ortaya konulmuştur. Denemeye konu olan türlerden *Lemna minor* günümüzde arıtma tesislerinin birçoğunda rastlanan özellikle bahar aylarında ortaya çıkan yüzen su bitkisi türlerindedir. Diğer bitki olan *Salvinia natans* su temizleme performansı ve hasat sonrası kullanım olanakları ile dikkat çeken bir su bitkisidir.

Yapay sulak alan sistemlerinde bitkiler buldukları yere göre performans sergilerler, genellikle kıyılarda sazların yerleştirilmesiyle yapılan arıtma, su içinde ve yüzeyinde kullanılan su bitkisi türleri ile desteklenir. Ülkemizde ve daha birçok ülkede yüzen bitki ihtiyacı genellikle kuvvetli bir akümülatör bitki olan su sümbülü bitkisi (*Eichornia crassipes*) kullanılarak çözümlenir.

Su sümbülü, arıtma ve yaşam gücü son derece yüksek, çok etkin bir bitki olmakla beraber, tropik-sıcak- ekosistem dışında kullanılmaya uygun olmayan bir bitkidir. Düşük sıcaklıklarda üşüme nedeniyle yaşamsal faaliyetleri iyice azalmakta, 0° C’de donarak tüm bitki ölmektedir. Dolayısıyla geç sonbahar ve kış döneminde yararlanmak mümkün olmamakta, ölen bitkilerin yerine yenileri sisteme konmadıkça yazın da arıtma gerçekleşmemektedir. Halbuki aynı yöntemde *Lemna minor*, hemen hemen aynı etkinlikle arıtma yapabilmektedir (4-6).

Çalışmada, yapay sulak alanlarda hali hazırda kullanılan yüzen bitkilere farklı alternatifler geliştirilmesi amacıyla *S. natans* ve *L. minor* bitkileri seçilmiştir. Elde edilen verilerin ışığında öncelikle yapay sulak alan sistemlerinde kullanılacak bitkilerin doğru seçilmesi sağlanarak, atık suların bitkilerle arıtılması sürecinde performans arttırılarak daha temiz ve kullanılabilir suyun elde edilmesine destek olunması planlanmaktadır. Yapay sulak alanların performanslarının artması ve daha başarılı sonuçların elde edilmesi özellikle ülkemiz gibi enerji ihtiyacı yüksek ülkelerde gereksiz enerji sarfiyatını engelleyen

bir sistemin günlük hayata katılımını sağlayacaktır. Ayrıca sistemin doğru tasarımı ile ekolojik, ekonomik ve hatta estetik açılardan sürdürülebilirliği sağlanarak diğer canlılar için yaşamsal öneme sahip habitatlar oluşturulabilecektir.

### GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmada, Tübitak ÇAYDAG-114Y500 projesinin bir parçası olarak İzmir ili Torbalı ilçesinde bulunan İTOB organize sanayi bölgesinde hazırlanan çalışma ortamında kap denemelerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dört adet 3,5 litre hacme sahip deneme kabı kullanılmıştır. Kaplar, organize sanayi bölgesi dengeleme havuzundan elde edilen evsel/endüstriyel kirliliğe sahip atık su ile doldurulmuştur. Deneme yapılan suda yapılan analizlerde ağır metal ve arsenik içeriğine rastlanmamıştır. Çalışma sürecince her hafta rutin olarak bitkilerin bulunduğu kaplardan su örnekleri alınarak spektrofotometrik yöntemler yardımıyla analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde; su sıcaklığı, pH, EC (elektriksel iletkenlik), tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde miktarı TDS, toplam askıda katı madde TSS, Çözünmüş oksijen ÇO/DO, Fosfat (PO<sub>4</sub>), Toplam azot (TA) analizleri HACH Lange analiz enstrümanları kullanılarak spektrofotometrik metotlar yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek süreç boyunca yaşanan pozitif ve negatif değişimler inelenerek başlangıç parametreleriyle karşılaştırılarak yüzdesel değişimler olarak ifade edilmiştir.

### BULGULAR

Yapılan çalışmalar ve analizler sonucu elde edilen sonuçlara göre;

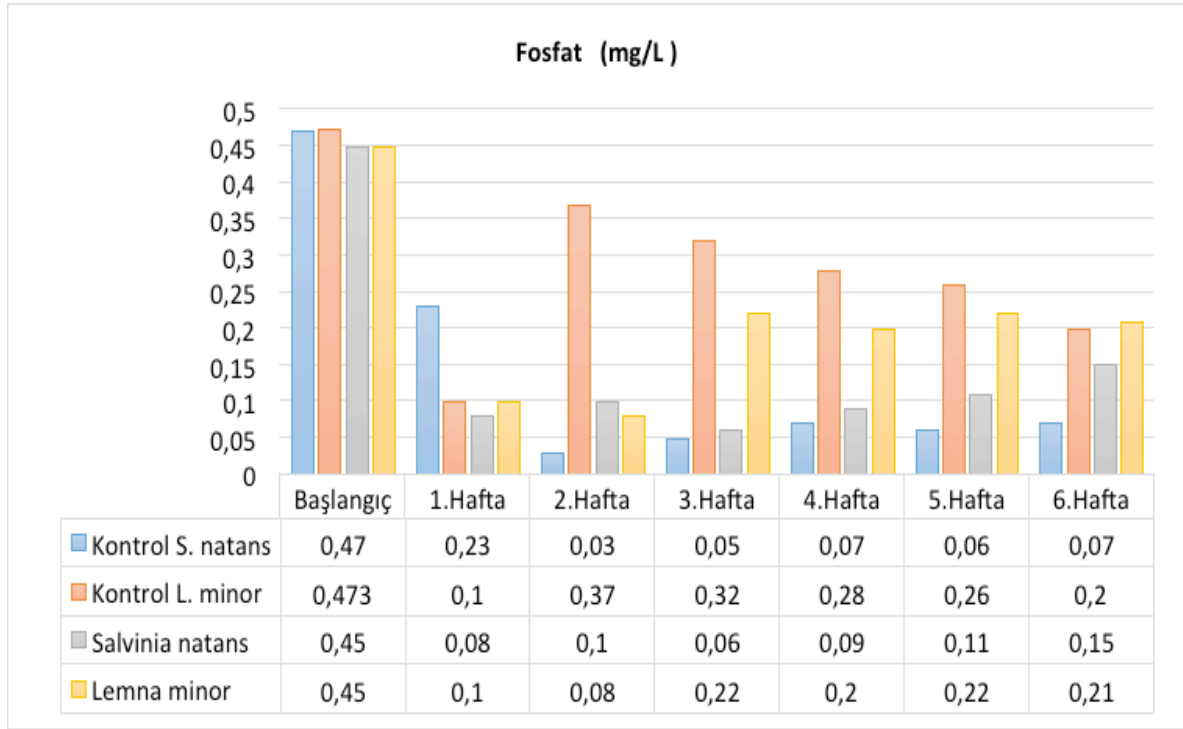
1. Su sıcaklığı tüm kaplarda süreç boyunca 25-28 °C arasında kalarak çok fazla değişim göstermediği, mevsimsel etkilere bağlı

olarak son haftalarda artış gösterdiği tespit edilmiştir.

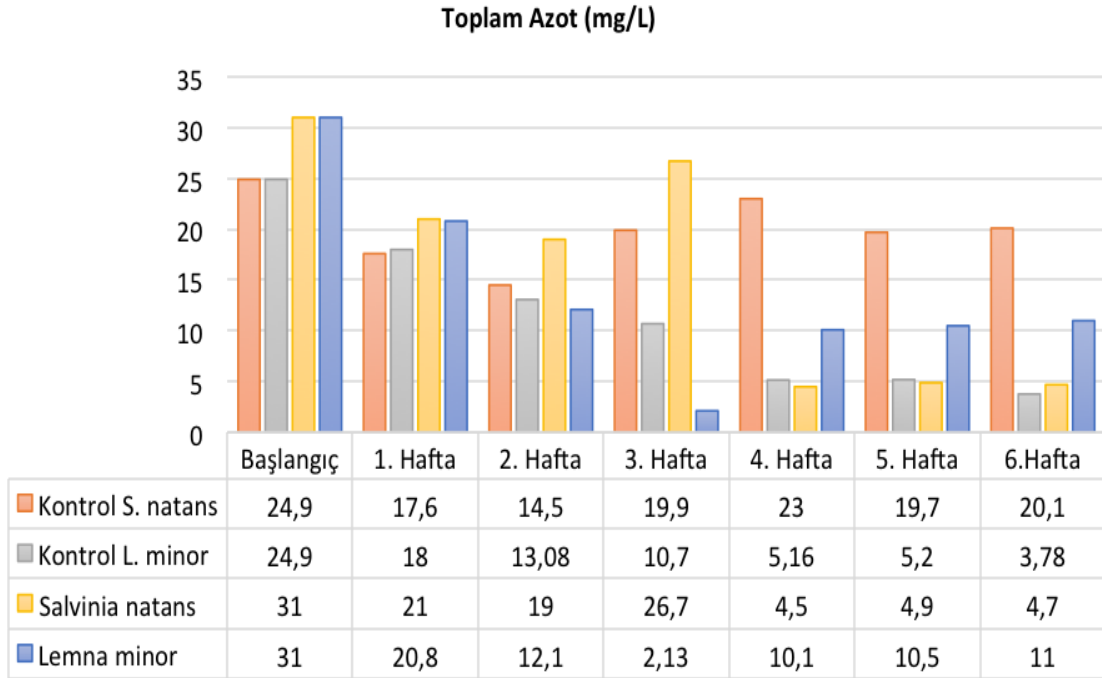
2. Seçilen her iki türünü de atık suyun pH düzeyine çok fazla etki etmediği, sudaki pH seviyesinin genelde 7-8,9 değerleri arasında kaldığı, sıcaklığa bağlı olarak son haftalarda nispeten yükseliş eğilimi gösterdiği gözlenmiştir.
3. EC değerlerinin kontrol gruplarında başlangıçta; 0,79 ms/cm değere sahip olduğu son hafta da ise bu değer *S. natans* için 1,70 ms/cm'ye, *L. minor* için 1,28 ms/cm değerine ulaşarak hızla arttığı, atık su bulunan deneme kaplarında ise başlangıç değerinin 3,02 ms/cm olduğu 4. Haftada düşüş göstererek 2,85 ms/cm değerine ulaştığı ancak son haftalarda yükselen ısı değerleri ve çözümler nedeniyle yeniden başlangıç seviyesine ulaştığı izlenmiştir.
4. Tuzluluk değerlerinde EC değerlerinde olduğu gibi kontrol gruplarında %0,39 olan başlangıç değerinin son haftalarda yükselerek *S. natans* bitkisinin bulunduğu kaptaki %0,89 değerine, *L. minor* bitkisinin bulunduğu kaptaki %0,63 değerine ulaştığı izlenmiştir. Aynı dönemde atık suyla muamele edilen kaplarda başlangıç değeri %1,56 iken *S. natans* bitkisinin bulunduğu kaptaki %1,79 değerine, *L. minor* bitkisinin bulunduğu kaptaki %1,53 değerlerine ulaştığı görülmüştür. Bu değişimler ışığında *L. minor* bitkisinin tuzluğu akümüle etme yeteneğinin diğer türe göre daha yüksek olduğu bilgisine ulaşılabileceği görülmüştür.
5. Toplam çözülmüş katı madde ve askıda katı madde oranlarının (TDS,TSS) hem kontrol gruplarında hem de deneme kaplarında her iki bitki türü içinde geçerli olan yüksek sıcaklık ve deneme sonuna doğru koşullar nedeniyle çürüyen bitki organları nedeniyle yükseldiği gözlenmiştir.
6. Çözülmüş oksijen değerlerinin ilk dört

haftada yükseliş eğiliminde olduğu ancak yükselen sıcaklıkla beraber son iki haftada düşüş gösterdiği gözlenmiştir. Atık su denemelerinde başlangıç değeri olan 7,59 mg/L, *L. minor* bitkisinde 2. hafta da denemedeki en yüksek değer olan 11,23mg/L değerine, diğer bitki türü olan *S. natans* ise 4. haftada 12,3 mg/L değerine ulaşmıştır. Ancak *S. natans*' da yaşanan bu pik ortalama değerler göz önüne alındığında yeterli derecede etkili olmayarak *L. minor* 'ün ortalama değerlerinin altında kalmıştır. Diğer yandan süreç boyunca karşılaşılan en yüksek çözülmüş oksijen değeri 5. haftada kontrol grubunda *L. minor* bitkisinin bulunduğu kaptaki ölçülen 13,4 mg/L değeridir.

7. Deneme de elde edilen en önemli verilerden biri atık su içinde bulunan fosfat düzeyinde yaşanan değişimlerdir. Bitkilerin artan sıcaklık nedeniyle çözülmeye başladığı son iki hafta öncesine kadar atık sudaki fosfat neredeyse tamamen bitkiler tarafından ortamdaki fosfatın kaldırılmıştır. Kirlilik etmeni olan fosfatın bitkiler yardımıyla atık sudan uzaklaştırılması, arıtma sürecinde su kalitesinin yükselmesi açısından oldukça önemli bir faktördür. Ancak Şekil 1'de de görüldüğü üzere bitkilerin çözülmeye başlamasıyla birlikte düzeylerde yeniden bir yükseliş izlenmiştir.
8. Yine atık sulardaki en büyük kirlenici etmenlerden biri olan toplam azot miktarında yaşanan değişimlerde, bitkilerin arıtma ve akümülyasyon yetenekleri ortaya çıkmaktadır. Kontrol gruplarında 24,9 mg/L başlangıç değeriyle başlayan toplam azot miktarı 6. haftanın sonunda *S. natans* bitkisinde 20,1 mg/L, *L. minor* bitkisinde 3,78 mg/L değerlerine düşmüştür. Deneme kaplarında ise 31 mg/L başlangıç değerine sahip olan toplam azot değeri 6. haftanın sonunda *S. natans* bitkisinde düzenli bir



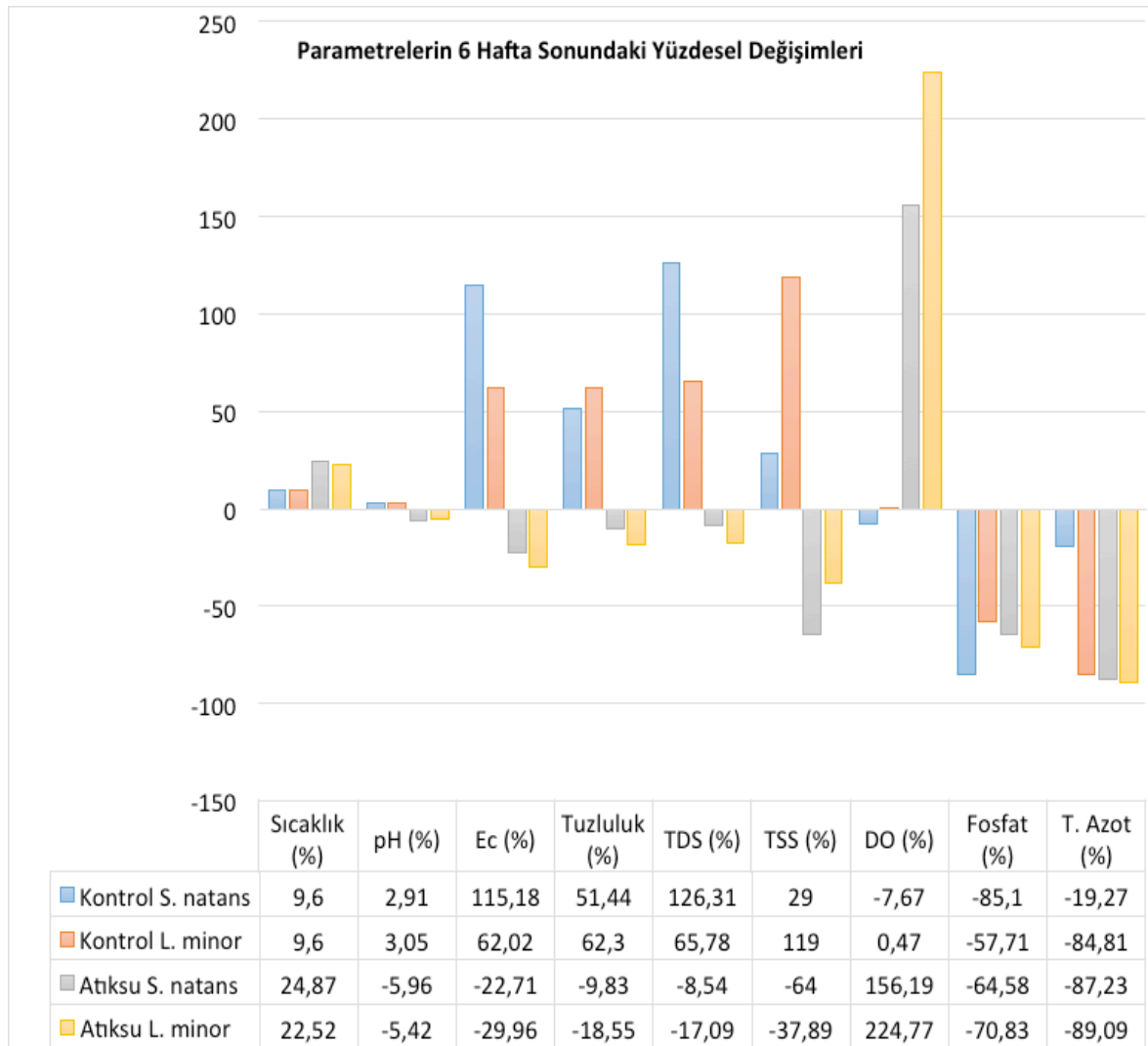
Şekil 1. Deneme süresince kaplardaki fosfat (PO<sub>4</sub>) düzeylerindeki analiz değerleri



Şekil 2. Deneme süresince kaplardaki toplam azot düzeylerindeki analiz değerleri

düşüş göstererek 4,7 mg/L değerine, *L. minor* bitkisinde ise 3. hafta da en düşük düzey olan 2,13 mg/L değerine kadar düşmüş ancak sonrasında 11 mg/L değerine yeniden yükselmiştir. Bu değişimle toplam azot gideriminde *L. minor* diğer türe oranla daha etkili olduğu, ancak sıcaklık karşısındaki hassasiyeti nedeniyle daha çabuk çözünerek su kalitesine olan olumlu etkisini kaybettiği fikrini oluşturmuştur.

Bahsi geçen verilerin yanı sıra, deneme konusu olan bitkilerin aşırı sıcaklıklara karşı çok dayanıklı olmadıkları, benzer koşullarda gelişim gösteren su bitkilerine kıyasla biyokütle gelişimlerinin çok yüksek olmadığı, aksine sıcak yaz aylarında istilacı karakterlerini kaybettiği ve ortamdan hızla yok oldukları gözlenmiştir. Bu çıkarıma deneme başında 25 g başlangıç biyokütlesine sahip olan *S. natans* bitkisinin deneme sonunda kontrol grubunda 11 g, atık su kabında 20 g olarak ölçülmesine, *L. minor* bitkisinde ise başlangıç biyokütlesi olan 50 g'ın



Şekil 3. Deneme sonucunda parametrelerde yaşanan orantısal değişimler (%)

deneme sonunda kontrol grubunda 18 g, atık su kabında ise 25 g olarak ölçülmesiyle varılmıştır. Her iki bitkinin kontrol grupları, hem yetersiz besin maddesi yüzünden (azot, fosfat) hem de yükselen sıcaklıklar nedeniyle biyokütlelerinin yarısından fazlasını kaybetmişlerdir. Atık su bulunan deneme kaplarında bu değişimlerin daha düşük olmasının sebebi olarak atık suda bulunan besin tuzları (azot, fosfat) olarak açıklanabileceğini düşünmekteyiz.

Deneme süresi olan altı hafta sonucunda elde edilen veriler, başlangıç değerleriyle kıyaslanarak değişim yüzdeleri bulunmuştur (Şekil 3). Şekilde görüldüğü üzere en etkili değişimler fosfat ve azot varlığının atık sudan kaldırılma oranlarında ve bitkilerin sudaki çözünmüş oksijen miktarlarına olan etkilerinde görülmüştür.

#### TARTIŞMA

Sonuç olarak, ekolojik ve ekonomik bir arıtma sistemi olan, yapay sulak alan sistemlerinin sağlıklı çalışması ve her mevsim işlevlerini sürdürebilmesi doğru bitki seçimine ve hatasız tasarlanmasına bağlıdır (7). Çalışmada kullanılan *L. minor* ve *S. natans* bitkilerinin özellikle, suda bulunan kirletici etmenlerden toplam azot ve fosfatın ortamdaki uzaklaştırılmasında çok başarılı oldukları, ancak sıcak iklim koşullarında benzer sistemlerde kullanılan diğer bitki türlerine oranla daha çok zarar gördükleri ve zamanla ortamdaki yok oldukları gözlenmiştir. Yapay sulak alan sistemlerinin mevsimlere bağlı olarak performans gösterdikleri düşünüldüğünde araştırma konusu olan bitkilerin özellikle bahar aylarında kullanılması tavsiye edilmektedir. Benzer

sistemlerde en büyük sorunlardan biri olan istilacı karakterli su bitkilerin hızlı büyümesi sonucu gerçekleşen ötrifikasyon tehdidinin sıcak iklim koşullarında bu bitkiler için geçerli olmadığı ve sistemin sürdürülebilirliğini tehdit etmediği sonucuna varılmıştır. Böylelikle mekanik hasat veya kimyasal/ biyolojik mücadele yöntemlerine gerek duyulmadığı görülmektedir. Keza hızla biyokütlesini arttıran diğer su bitkileri için benzer durumlarda mücadeleye ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer yandan, yapılan bu mücadeleler sonucunda, atık olarak karşımıza çıkan hasat sonrası biyokütlenin enerji kaynağı olarak değerlendirilebilme olasılıkları irdelenmiş, yağ oranları düşük olsa da içerik ve dağılım olarak biyodizel amaçlı kullanıma uygun oldukları (8) tespit edilmiştir. Projenin diğer etaplarında, benzer şekilde atık suların arıtılmasında kullanılan bitkilerin biyogaz üretiminde kullanılma olanakları da incelenmiştir.

Bu bilgilerin ışığında, yapay sulak alanlarda atık suların daha yüksek performanslarla arıtılması ve sistemde gelişen bitki türlerinin ve atıklarının enerji kaynağı olarak kullanılabilme olasılıklarının bulunması, en değerli doğal kaynak olan suyu geri dönüştürürken diğer kaynaklara ve çevresine zarar vermeyen, daha az enerji tüketen hatta destekleyen alternatif yöntemlerin hayata geçirilebilme şansını artıracaktır. Toplumun ve doğanın birlikte gelişerek uzun vadelere kazanmaya devam ettiği sürdürülebilir kalkınma, ancak bu tip sürdürülebilir ve doğa dostu sistemlerin doğru tasarım, seçim ve kullanımlarla performanslarının artırılarak, yaygınlaştırılmasıyla mümkündür.

#### TEŞEKKÜR

ÇAYDAG-114Y500 proje numarasıyla çalışmamıza destek veren TÜBİTAK'a ve proje süresince bize sunduğu çalışma imkanlarından dolayı İTOB yönetimine ve arıtma tesisi çalışanlarına teşekkürü bir borç biliriz.

**KAYNAKLAR**

1. Kalkan H, Orman Ş, Kaplan M. Kirlenmiş arazilerin ıslah edilmesinde fitoremediasyon tekniği. Selçuk Tarım ve Gıda Bil Derg, 2011; 25 (4); 103-8.
2. Anonymous. Introduction to Phytoremediation. EPA/600/R-99/107, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development. USA: Environmental Protection Agency - Ohio, 2000.
3. Meagher RB. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. Curr Opin Plant Biol, 2000; 3: 153-62.
4. Güney A, Gülgün B, Türkyılmaz B, Aktaş E. Doğal ve yapay ıslak alanlar, ekolojik ve su arıtım yönünden ülkemiz koşullarında kullanımları. Su Tüketimi Arıtma, Yeniden Kullanım Sempozyumu, 3-4-5 Eylül, Bursa. 2008: 115-21.
5. Öztürk M, Uysal T, Güvensen A. Lemna minor'un atık suların arıtımındaki rolü. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 6-8 Temmuz, Edirne. 1994.
6. Van Der Valk AG. Succession in Wetlands: a Gleasonian approach. Ecology, 1981; 62 (3): 688-96.
7. Güneş A, Kumar R, Pek T, Yüksel M, Kabay N. Bitkisel yöntemlerle evsel ve endüstriyel atık suların geri kazanımı; İTOB organize sanayi bölgesi, bitki/performans deneyimleri. 6. Peyzaj Mimarlığı Kongresi "Söylem ve Eylem", 8- 11 Aralık, Antalya. 2016.
8. Güneş A, Çakar H, Akat Ö, Güney MA, Özkul B, Kuru E, et al. Determination of the bioenergy production capacity from biochemical profiles of some aquatic phytoremediation plants; energy while cleaning. J Environ Prot Ecol, 2014; 15(3): 1042-50.