

Arıtılmış Atık Suyun Sulamada Kullanımında Su Kalitesinin Önemi: Van İli Örneği

Oğuzhan Nebi YÜCEBAŞ¹  Caner YERLİ¹ 

¹ Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, VAN-TÜRKİYE

Öz

Alternatif-marjinal su kaynağı olan arıtılmış atık suların sulamada kullanımı ile temiz su kaynakları üzerindeki baskı azaltılabilmektedir. Ayrıca atık su içeriğine bağlı olarak toprak-bitki verimini arttırabilmekte ve gübre ihtiyacını azaltabilmektedir. Bu da daha ekonomik ve etkili bir üretim stratejisi sağlamanın yanında atık suyun deşarj problemleri de çözümlenebilmektedir. Ancak sulamada kullanılacak arıtılmış atık suyun kalite ve özelliklerinin mutlaka bilinmesi ve yönetilmesi gerekmektedir. Literatürde arıtma tesisi çıkış suyunun sulama amaçlı kullanımına yönelik su kalitesinin irdelendiği çalışmaların sınırlı olduğu düşünülerek, bu çalışma, Van ilinde bulunan ileri biyolojik arıtma tesisinin arıtılmış atık suyunun sulamada kullanılabilirliğini, ilde aktif bitki üretimi gerçekleştirilerek sulamaya ihtiyaç duyulan Mayıs ile Eylül ayları aralığında 2024 yılı için günlük verilerin baz alınmasıyla daha gerçekçi bir şekilde Türkiye'deki ulusal mevzuatlar ve diğer ulusal-uluslararası kriterler altında değerlendirmiş ve olası sorunlara yönelik önlemlere yer vermiştir. Araştırma sonucunda, arıtılmış atık suyun pH, elektriksel iletkenlik, toplam azot-fosfor, biyolojik-kimyasal oksijen ihtiyaçları ve askıda maddesinin ulusal-uluslararası mevzuatları aşmadığı dikkate alınarak sulama için güvenilir bir su kaynağı olduğu belirlenmiş ve toprak-bitki-sulama sistemleri için bir sakınca bulunmadığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Böylece Van-Merkez ileri biyolojik arıtma tesisinin arıtılmış atık suyunun sulamada kullanımı önerilebilir olmuş, bu sayede Van Gölü'ne deşarjin azaltılmasıyla çevresel sürdürülebilirliğe sağlanan katkının önemi de dikkate değer olarak bulunmuştur.

Article Info

Received:12.08.2025

Accepted:29.09.2025

Anahtar Kelimeler

Arıtılmış atık su
Küraklık
Su kalitesi
Sulama
Van

Importance of Water Quality in the Use of Treated Wastewater in Irrigation: The Example of Van Province

Abstract

Using treated wastewater, an alternative-marginal water source, for irrigation can reduce pressure on freshwater resources. Furthermore, depending on the wastewater's composition, it can increase soil and plant productivity and reduce fertilizer requirements. This not only provides a more economical and effective production strategy but also addresses wastewater discharge problems. However, the quality and properties of the treated wastewater to be used in irrigation must be known and managed. Considering that the studies examining the water quality of the treatment plant effluent for irrigation purposes are limited in the literature, this study evaluated the usability of the treated wastewater of the advanced biological treatment plant in Van province for irrigation more realistically, based on daily data for the period between May and September, when active plant production is carried out in the province and irrigation is needed, under the national legislation in Türkiye and other national-international criteria, and included precautions for possible problems. As a result of the research, it was determined that the treated wastewater is a reliable water source for irrigation, considering that its pH, electrical conductivity, total nitrogen-phosphorus, biological-chemical oxygen demands and suspended matter do not exceed national and international legislation, and it was concluded that there is no harm for soil-plants-irrigation systems. Thus, the use of treated wastewater from the Van-Central Advanced Biological Treatment Plant in irrigation has become advisable, and the contribution to environmental sustainability by reducing the discharge into Lake Van has also been found to be significant.

Keywords

Drought
Irrigation
Treated wastewater
Van
Water quality

 Corresponding Author
caneryerli@yyu.edu.tr

Giriş

Canlılığın vazgeçilmez unsuru olan su, tüm sektörler için önemli bir kaynaktır. Ülkelerin kalkınması ve refahında suyun önemi oldukça fazladır (Hashem ve Qi, 2021). Ancak çeşitli sebeplerle su kaynaklarının azalması ve kirlenmesi su talebi arzını aşmakta ve su kıtlığını ortaya çıkarmaktadır (Xiao vd., 2017). Burak ve Margat (2016) dünyanın su talebini karşılayabilmek için 2050 yılında mevcut su kaynaklarının bölgelere göre %42'ye kadar artırılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde UN-Water/FAO (2007) da su kıtlığına dikkat çekerek yakın gelecekte dünya nüfusunun üçte ikisinin temiz suya erişmekte problemler yaşayacağını bildirmiştir. Bu durumda su kaynaklarının artırılması gerekmektedir. Ancak bu durum mümkün değildir. Çünkü su ne kadar yenilenebilir bir kaynak olarak düşünülse de aslında sınırlı ve kıt bir kaynaktır. Ayrıca bu sınırlı ve kıt kaynağın hidrolojik döngü içerisinde artırılması da mümkün değildir.

Suyun tüm sektörler için elzem bir kaynak olduğu kesindir. Ancak tarım sektöründe suyun daha fazla tüketimi su kıtlığında gıda üretimi ve kalitesini önemli şekilde etkilemektedir (Jaramillo ve Restrepo, 2017). Tarım sektörü kentsel ve endüstriyel faaliyetlere nazaran su kullanımının %69'una karşılık gelen bir oranla suyu en fazla tüketen sektör konumundadır (FAO, 2020). Bu nedenle başta kurak ve yarı kurak bölgeler olmak üzere dünyanın tamamında su kaynaklarının kıtlığı tarım sektöründe gıda talebinin karşılanamaması üzerine büyük endişelere neden olmaktadır (Calzadilla vd., 2011). Yakın gelecekte nüfusun çoğunluğunun, azalan su kaynaklarına karşın artan gıda talebinde ciddi beslenme problemleri yaşayacağı ön görülmektedir (De Fraiture ve Wichelns, 2010). Bu nedenle tarımsal üretimde sulama için harcanan temiz su kaynaklarının azaltılması gerekmektedir. Temiz su kaynaklarının yerine sulama amaçlı alternatif sulama suyu kaynaklarının kullanıma konulması bir gereklilik değil zorunluluk olarak kabul edilmelidir (Yerli vd., 2025).

Alternatif sulama suyu kaynakları arasında yer alan arıtılmış atık sular marjinal sulama suyu kaynakları olarak değerlendirilmektedir (Çakmakçı ve Sahin, 2019). Çünkü içerdikleri zengin besin ve organik madde katkılarıyla toprak ve bitki verimini artırmakta, içerikleri sayesinde sentetik gübre kullanımını sınırlandırmak suretiyle çevresel etkinin yanında ekonomik bir üretim stratejisinin geliştirilmesine de katkı sunmaktadır (Fuentes Rivas vd., 2017; Singh, 2021; Yerli vd., 2025). Mevsimsel periyotlara bağımlı kalmadan tüm üretim sezonunda tedariki mümkün bir su kaynağı olan arıtılmış atık suların özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimi arttırması açısından önemi büyüktür (Angelakis ve Snyder, 2015; Xiao vd., 2017; Hashem ve Qi, 2021). Arıtılmış atık suların sulamada kullanımı temiz su kaynakları üzerindeki baskıyı hafifletmekle beraber deşarj problemlerinin çözülmesi olanağını da sağlamaktadır (Moussavi ve Dvorak, 2025). Tüm bunlar çevresel sürdürülebilirlik için oldukça önemli olan "Yeşil Mutabakat (Green Deal)"ın gelişimi ve sürdürülebilirliği için de önemli bir değer kapsamındadır.

Arıtılmış atık suyun sulamada kullanımında olumlu taraflarının yanı sıra su kalitesine ilişkin bazı risk unsurları da bulunduğundan dolayı su kalitesinin değerlendirilmesi ve atık suyun sulamada kullanımında su yönetimine dikkat edilmesi gerekmektedir (Lavrnić vd., 2017). Arıtılmış atık suyu sulamada kullanmadan önce su kalitesinin yeterliliği kesinlikle denetlenmelidir. Dünyada arıtılmış atık suyun sulamada kullanımı ve yeterlilik denetlemeleri ile ilgili ciddi gelişmeler kat edilmişken, Türkiye'de bu konuda henüz çok fazla yol alınmamıştır (Çakmakçı ve Sahin, 2019; Yerli ve Sahin, 2022). Literatür veri tabanında bir arıtma tesisi çıkış suyunun sulama amaçlı kullanımına yönelik su kalitesinin irdelendiği çalışmaların da sınırlı olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, bu çalışma, yarı kurak Van ilinde bulunan Van-Merkez ileri biyolojik arıtma tesisinin çıkış suyunun sulamada kullanılabilirliğini, Van ilinin vejetasyon periyodunda, temel sulama suyu kalite parametrelerinin günlük verilerini baz alarak Türkiye'deki ulusal mevzuatlar ve diğer ulusal-uluslararası kriterler ışığında değerlendirmiştir. Ayrıca bu değerlendirmeler neticesinde olası sorunlara yönelik alınabilecek pratik önlem ve eylemlere de çalışma içerisinde yer verilmiştir.

Materyal ve Metot

Van ili 38°29'39" Kuzey enlemi ve 43°22'48" Doğu boylamında yer almaktadır. Rakımı yaklaşık 1725 m'dir. İlin yüz ölçümü 23334 km² olup, Türkiye'nin toplam yüz ölçümünün yaklaşık %3'ünü oluşturmaktadır (Anonim, 2020). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2025 yılında 1 120 572 nüfusa sahip Van ilinin (TÜİK, 2025) büyük çoğunluğu tarım ve ticaretle uğraşmaktadır. (Anonim, 2022). Endüstriyel faaliyetler neredeyse

yok denilecek seviyededir (Kanberoğlu, 2016). Bu nedenle ilin ana geçim kaynağı bitkisel ve hayvansal üretim faaliyetlerinden oluşmaktadır.

Van ilinde karasal iklim hakimdir. Kışlar soğuk, yazlar kurak ve az yağışlıdır. Yıl boyunca donlu gün sayısı fazladır. Ancak ilin merkezinde bulunan Van Gölü'nün oluşturduğu mikro klima etki neticesinde iklim koşulları ılımanlaşmaktadır (Yerli ve Sahin, 2021). 1976-2024 yıllarını kapsayan uzun yıllar meteorolojik verilere göre (Tablo 1), Van ilinin vejetasyon periyodunda (Mayıs-Eylül) en yüksek sıcaklık ve buharlaşma değerleri Temmuz ayında gerçekleşmekte olup, aynı ayların ortalamasında güneşlenme süresi, rüzgar hızı ve bağıl nem değerleri sırasıyla 10.9 h, 2.3 m/s ve %46.9 şeklindedir. Yağış değerleri bu aylar için sırasıyla 45.6 mm, 18.1 mm, 6.5 mm, 6.1 mm ve 15.5 mm şeklinde sıralanmaktadır (MGM, 2025). Vejetasyon periyodunda gerçekleşen toplam 91.8 mm'lik yağış miktarı aktif bitki üretim periyodunda sulamanın gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Farklı bir ifadeyle yağışın yetersizliği makul verim seviyesi için sulama ihtiyacını ortaya çıkaran baş faktördür. Ayrıca uzun yılları kapsayan ortalama yıllık yağış miktarına göre (391 mm) Van ili kuraklık sınırına (360 mm) yakın yarı kurak iklime sahip bir bölge karakteristiği sergilemektedir (MGM, 2025).

Van ilinin temel sulama kaynakları Zernek, Koçköprü, Sarımehmet, Morgedik barajları ile Emek, Morçişek, Sıhke, Genişgöl, Gölegen ve Bostaniçi göletleridir (Anonim, 2018). Ayrıca ilde Kesis, Hasantimur, Erçek, Süphan, Hıdırmenteş ve Kaz gölleri de bulunmaktadır. Bendimahi, Hoşap, Karasu, Zilan, Kotur, Çatak, Beyaz ve Kapan dereleri gibi önemli yüzey su kaynaklarına (Anonim, 2020) sahip Van ilinde resmi kayıtlara göre yaklaşık 300 adet yeraltı su kuyusu bulunmaktadır (Anonim, 2019). İlde kişi başına düşen su miktarı Türkiye genelinden yüksek olmasına karşın dünya ortalamasının oldukça altındadır. Ayrıca kişi başına düşen su miktarında yıllara göre çarpıcı bir azalış gösteren Van ilinde (Yerli ve Sahin, 2021) su miktarı Türkiye ortalamasından yüksek olmasına rağmen, havza su geçişleri, akış aşağısı su hakları, sulama amaçlı su depolama ve iletim yapılarıyla ilgili kısıtlamalar etkin su kullanımını kısıtlayan temel faktörler arasında sıralanmaktadır (Yerli ve Sahin, 2021). Resmi kayıtlara göre, Van ilinde bulunan 3744 km²'lik tarım arazilerinin 1164 km²'lik bölümünde sulama yapılmaktadır (Anonim, 2019). Gerçekleştirilen sulamaların çok büyük bir çoğunluğu geleneksel sulama yöntemlerine dayalı olarak yürütülmektedir.

Tablo 1. Van ili vejetasyon periyodunda uzun yıllar (1976-2024) iklim verileri (MGM, 2025).

Parametreler	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Ortalama sıcaklık (°C)	13.2	18.3	22.5	22.3	18.1
Güneşlenme süresi (saat)	9.5	11.6	11.9	11.4	10.2
Yağış (mm)	45.6	18.1	6.5	6.1	15.5
Rüzgâr hızı (m/s)	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4
Bağıl nem (%)	55.5	49.3	45.2	41.5	42.9
Buharlaşma (mm)	134.9	188.3	237.0	229.8	192.1

Van ilinin tarım toprakları değerlendirildiğinde, yaklaşık %60'ı kumlu killi tınlı, %40'ı ise kumlu tın ve kumlu kil tekstürlü orta bünyeye sahip topraklardan oluşmaktadır (Tüfenkci vd., 2009). İlin tarım alanlarının yaklaşık %24'ü yüzeysel, geri kalanı ise daha derin topraklardan oluşmaktadır (Karaca vd., 2019). Toprakların %11.5'i azotça fakir, %36.5'i orta, %46.0'sı iyi ve %6'sı zengin durumdayken, fosfor ve alınabilir çinko açısından gübrelemeye yüksek ihtiyaç olduğu kesin olarak belirtilmektedir (Çimrin ve Boysan, 2006).

Van ilinin bitkisel üretim desenini, başta buğday, arpa, korunga, şeker pancarı ve patates gibi tarla bitkileri ve elma, ceviz, armut, kayısı, domates, karpuz, kavun, lahana, fasulye ve hıyar gibi sebze ve meyve üretimi oluşturmaktadır. En yüksek ekim alanının yem bitkilerine dayalı olduğu, bunu takiben hububat, bağ-meyve ve açıkta sebze üretiminin gerçekleştirildiği Van ilinde üretim daha çok içe dönük olup tarımsal ekonomiyi temsil eden üretim deseninin oranı oldukça düşüktür (DAKA, 2024).

Van ili merkezinde yer alan ileri biyolojik arıtma tesisi 38°32'23" Kuzey enlemi ve 43°19'21"E Doğu boylamında konumlanmaktadır (Şekil 1). Yaklaşık 193 000 m³/gün proje debisine sahip olan tesisin arıttığı su debisi 180 000 m³/gün civarındadır (VASKİ, 2025). Bu da tesisin arıttığı atık su yüzdesinin neredeyse %85 seviyelerinde olduğunu göstermektedir. Atık su tesiste ızgaralar ve kum-yağ tutucu havuzlarla fiziksel olarak bir ön arıtmaya tabi tutulduktan sonra ileri biyolojik bir arıtma için havuzlara ve son çökeltim ünitesine geçiş

yapmakta, sonra sıvı klorlama dezenfeksiyon ünitesi akabinde Van Gölü'ne deşarj edilmektedir. Van Gölü'ne yoğunlukla evsek kaynaklı kirlilik unsurlarını içeren arıtılmış atık suyu deşarj eden tesisin hizmet sağladığı nüfusun sayısı 707000'dir (Anonim, 2022). İleri biyolojik arıtma tesisinde dış faktörlere de bağlı olarak A²O, simültane, denitrifikasyon ve üçlü bardenpho prosesleri kullanılabilir. (Anonim, 2022).



Şekil 1. Van merkez ileri biyolojik atık su arıtma tesisi (Google Earth).

Bu çalışmada kullanılan 2024 yılı günlük verileri, Van Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu verilerden sulama suyu kalitesine yönelik bir değerlendirme için Van ilinde sulamanın gerçekleştirildiği vejetasyon periyodunu temsil eden aylar (Mayıs-Eylül) dikkate alınmıştır. Çoklu günlük verilerin daha anlamlı bir şekilde ifadesini sağlayabilmek amacıyla bu aylar için ortalamalar ve ortalamalara bağlı standart sapmalar kullanılmıştır. Su kalitesi verilerinin değerlendirilmesi, "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" kıta içi su kaynakları sınıflandırması (Anonim, 2008) (Tablo 2) ve "Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" (Anonim, 2010)'ne (Tablo 3) ilaveten diğer ulusal ve uluslararası kriter ve mevzuat içeriklerini de dikkate alarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. Kıta içi su kaynakları sınıflandırması (Anonim, 2008).

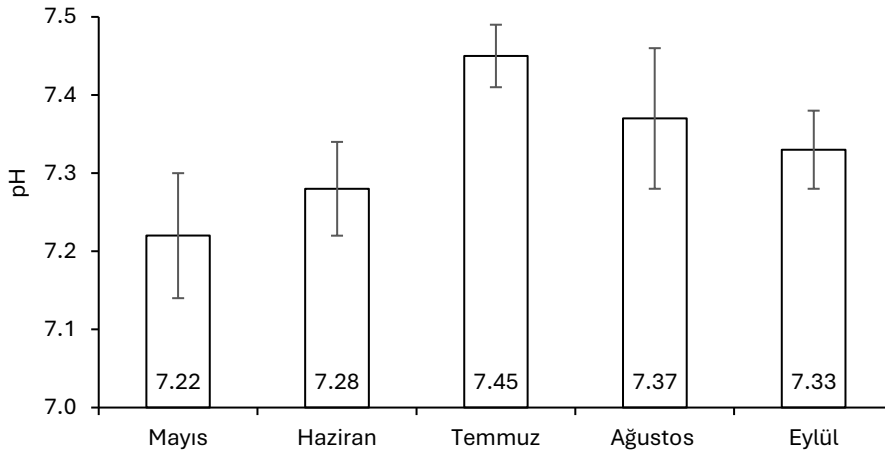
Su kalite parametreleri	Su kalite sınıfları			
	I	II	III	IV
<i>Fiziksel-inorganik-kimyasal</i>				
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6-9 dışında
Toplam fosfor (mg PO ₄ ⁻³ -P/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65
<i>Organik parametreler</i>				
Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/l)	25	50	70	>70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (mg/l)	4	8	20	>20
Toplam azot (mg/l)	0.5	1.5	5	>5

Tablo 3. Sulama suyu kalitesi değerlendirme ölçütleri (Anonim, 2010).

Parametreler	Kullanımında zarar derecesi		
	Yok (I. sınıf su)	Az-orta (II. sınıf su)	Tehlikeli (III. sınıf su)
<i>Tuzluluk</i>			
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	< 700	700-3000	>3000
Toplam çözünmüş madde (mg/l)	< 500	500-2000	>2000
<i>Damla sulama sisteminde tıkanmayı etkileyen faktörler</i>			
pH	<7	7-8	>8

Bulgular ve Tartışma

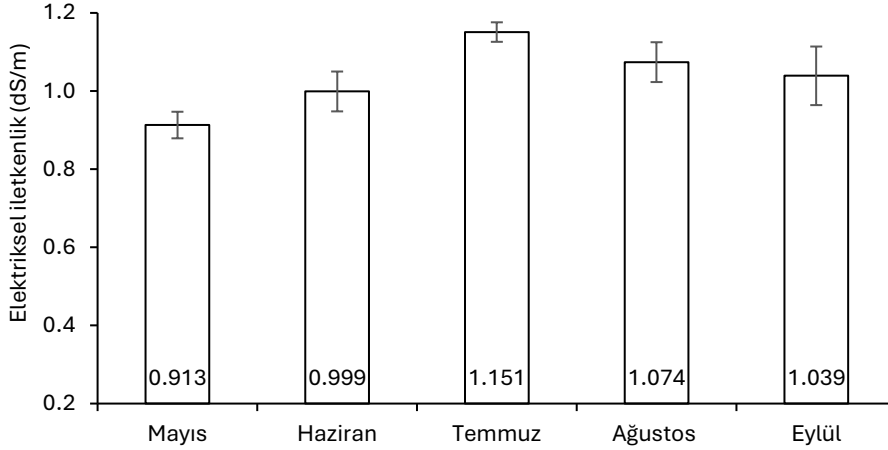
Arıtılmış atık suyun aylara bağlı pH değerleri Şekil 2’de sunulmuştur. Buna göre arıtılmış atık suyun Van ilinin vejetasyon periyodunu (Mayıs-Eylül) temsil eden aylar için pH değerleri 7.22 ile 7.45 aralığında değişim göstermiştir. Toprak kalitesi açısından sulama suyunun pH’sının 6.5 ile 8.4 arasında olması gerektiği dikkate alındığında (Ayers ve Westcot, 1994), bu çalışmada arıtılmış atık suyun pH değerinin toprak kalitesi açısından bir olumsuzluk oluşturmayacağını ifade etmek mümkündür. “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” kısıtlı su kaynakları sınıflandırması değerlendirildiğinde (Anonim, 2008), arıtılmış atık suyun pH değeri I. sınıf su kategorisinde sınıflanmıştır. pH bitki beslenmesinde en önemli faktörlerden biri olup düşük ve yüksek pH değerleri bitki beslenme açısından olumsuzluklara neden olmaktadır (Yerli ve Sahin, 2022). Böylece bu çalışmada arıtılmış atık suyun sulamada kullanımında bitki beslenmesi açısından bir problem oluşturmayacağı düşünülmektedir. Sulama sularının pH’sının >8 olduğu koşullarda, Ca ve Mg içeriğinin toplamının >3’ü aşması basınçlı sulama sistemlerinde tıkanıklık problemlerine neden olabilmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010). Ancak bu çalışmadaki arıtılmış atık suyun pH’sının <8 olmasının sulama sistemlerinde herhangi bir tıkanıklık riskini azaltabileceği sonucuna bir çıkarım yapılabilir. Ayrıca “Atık Su Arıtma Tesislerine İlişkin Teknik Usuller Tebliği”ne göre, damla sulama sisteminde tıkanmayı etkileyen faktörler değerlendirildiğinde (Anonim, 2010), bu çalışmada arıtılmış atık suyun 7’ye yakın pH değerleri tıkanma açısından II. sınıf su kategorisinde sınıflanarak az-orta derece riskli grupta yer almıştır.



Şekil 2. Arıtılmış atık suyun aylara bağlı pH değerleri.

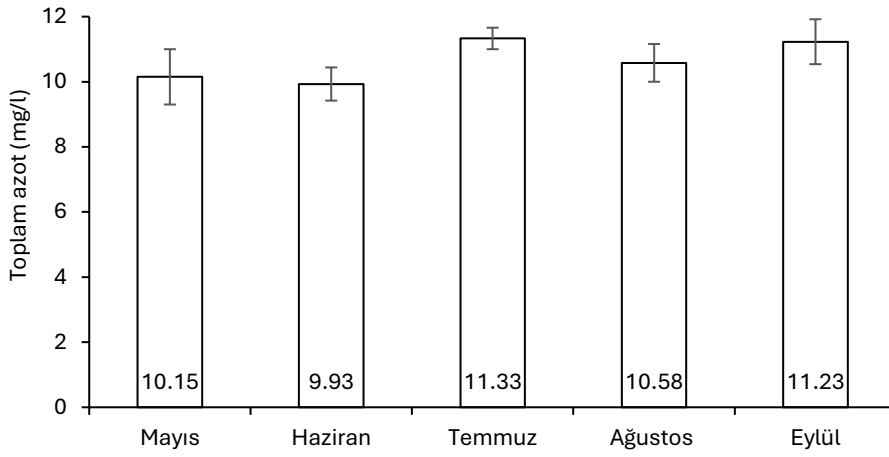
Arıtılmış atık suyun aylara bağlı elektriksel iletkenlik değerleri Şekil 3’de sunulmuştur. Buna göre arıtılmış atık suyun Van ilinin vejetasyon periyodunu (Mayıs-Eylül) temsil eden aylar için elektriksel iletkenlik değerleri 0.913 dS/m ile 1.151 dS/m aralığında değişim göstermiştir. Sulama sularından elektriksel iletkenliğin artışı toprakta tuzluluğun artışıyla sonuçlanarak ozmotik basıncın artması neticesinde fizyolojik kuraklık ile bitkinin strese girmesine neden olmaktadır. Elektriksel iletkenliğin <0.7 dS/m olması, bitkinin toprak suyundan ve toprak besin elementlerinden yararlanmasını artırarak gelişimi açısından bir risk teşvik etmemektedir. Ancak elektriksel iletkenliğin 0.7-3.0 dS/m aralığında olması riskin artmasına ve >3.0 dS/m olması durumunda ise riskin boyutunun kaçınılmaz bir hale gelmesine neden olmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2010). ABD Tuzluluk Laboratuvar Sistemine göre bu çalışmadaki arıtılmış atık su C3 sınıfında sulama amaçlı yüksek tuzlu su kategorisinde yer almıştır (0.75-2.25 dS/m). “Atık Su Arıtma Tesislerine İlişkin Teknik Usuller Tebliği” değerlendirildiğinde ise (Anonim, 2010) sulamada kullanımında az ile orta derecede zarar verebilecek II. sınıf kategoride sınıflanmıştır. Ancak Ayers ve Westcot (1994)’a göre arıtılmış atık su elektriksel iletkenlik açısından sorun olmayan düşük sorun kategorisinde yer alan sulama suları sınıfında konumlanmıştır. Sonuç olarak bu çalışmadaki arıtılmış atık suyun elektriksel iletkenlik değeri orta seviyede zararlı bulunmuştur. Ancak tuzluluğa orta ve yüksek dayanıklı bitkilerde kullanımının mümkün olduğu ve yaklaşık %40’ı orta bünyede bulunan Van ili toprakları için (Tüfenkci vd., 2009) kullanım imkanının arttığını da (Kanber ve Ünlü, 2010) ifade etmek doğru olacaktır. Benzer bir olguyla bölge topraklarının tın bünyesine dayalı olarak da (Tüfenkci vd., 2009; Karaca vd., 2019) aynı çıkarımın yapılması mümkündür. Ayrıca Van

ilinde yetiştirilen yoğun bitki deseninin (buğday, arpa, korunga, şeker pancarı, patates, elma, ceviz, armut, kayısı, domates, karpuz, kavun, lahana, fasulye ve hıyar) (DAKA, 2024) çoğunlukla tuzluluğa orta ve yüksek dayanıklılık gösteren bitkilerden oluşması da değerlendirildiğinde (Kanber ve Ünlü, 2010), arıtılmış atık suyun sulamada kullanımının risk teşkil etmeyeceği düşünülmektedir. Ancak uzun dönemli atık su ile sulamalarda, atık suyun kil bünyeli topraklarda ve tuzluluğa duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanımında bazı olumsuzlukların gün yüzüne çıkması durumunun da mümkün olabileceği değerlendirilmelidir. Bu durumda geleneksel sulama yöntemleri yerine başta tuzluluk riskini azaltan damla sulamanın tercih edilmesi, toprak neminin tarla kapasitesine yakın tutularak ozmotik basıncın iyileştirilmesi ve toprak tuzluluğunu takiben gerek duyulan durumlarda yıkamaların yapılması önerilebilir. Ancak Van ilinde gerçekleşen yaklaşık 391 mm yağıştan dolayı (MGM, 2025) kök bölgesinden olası tuzların yağışlarla yıkanması mümkündür.

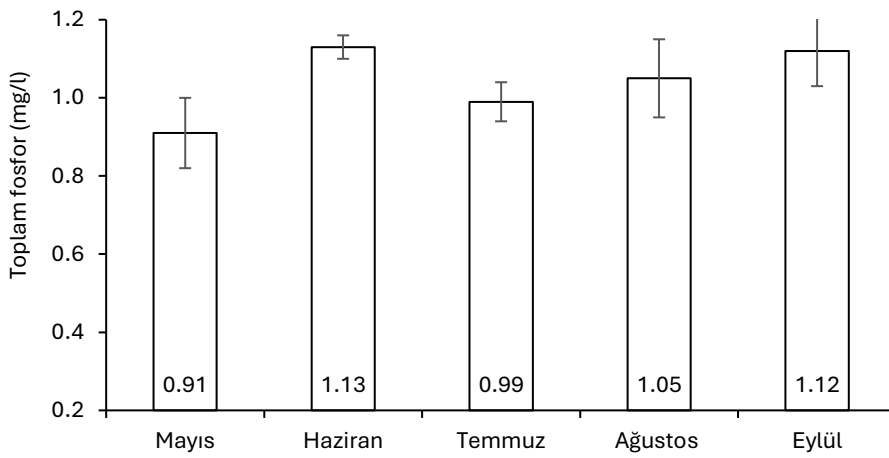


Şekil 3. Arıtılmış atık suyun aylara bağlı elektriksel iletkenlik değerleri.

Arıtılmış atık suyun aylara bağlı toplam azot ve toplam fosfor değerleri Şekil 4 ve 5’de sunulmuştur. Buna göre arıtılmış atık suyun Van ilinin vejetasyon periyodunu (Mayıs-Eylül) temsil eden aylar için toplam azot ve toplam fosfor değerleri sırasıyla 9.93 mg/l ile 11.33 mg/l ve 0.91 mg/l ile 1.13 mg/l aralıklarında değişim göstermiştir. Azot ve fosforun bitki beslenmesinde mutlak gerekli bir besin elementi olması değerlendirildiğinde, arıtılmış atık suların toplam azot ve toplam fosfor içerikleri bitki gelişimi ve toprak kalitesini düzenleyebilir (Çakmakçı ve Sahin, 2019). Ayrıca bu durum gübre ihtiyacını da azaltarak daha ekonomik bir üretim sürecine destek sunabilir. Ancak atık suyun herhangi bir su kaynağına deşarjında yüksek azot ve fosforun yoğunlaşması ötrofikasyona neden olabilir. Alg patlaması diye de nitelendirilen ötrofikasyon, azot ve fosfor gibi besin elementlerinin aşırı artışı neticesinde alglerin kontrolsüz çoğalması ve bu süreçte oksijen seviyesinin azalmasıyla su kalitesinin olumsuz etkilenmesi ve canlı popülasyonunun ve çeşitliliğinin azalması olarak tanımlanabilir (Nazari-Sharabian vd., 2018). Sonuçta, bu çalışmada değerlendirilen arıtılmış atık suyun toplam azot ve toplam fosfor içeriği ne kadar tarımsal toprakların iyileştirilmesi ile bitki gelişim ve kalitesinin artırılması için olumlu olsa da “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” kıta içi su kaynakları sınıflandırmasına göre (Anonim, 2008) en düşük kategori olan IV. sınıf su kalitesinde sınıflanmıştır. Ayrıca borun bazı bitkiler üzerindeki toksik etkisi değerlendirildiğinde, azotun bor toksisitesini azaltıcı etkisi dikkate alınarak (Ding vd., 2019) hem dışsal kaynaklardan hem de arıtılmış atık sudan kaynaklanan bor girişi için arıtılmış atık suyun azot içeriği bir bariyer görevi görebilir (Yerli ve Sahin, 2022). Benzer şekilde atık suyun sodyum içeriğinin toksisite etkisinin (Çakmakçı ve Sahin, 2019) azaltılmasına karşın uygulanan azotun bitki büyüme ve gelişimini teşvik edici etkisi değerlendirilerek (Singh vd., 2016) arıtılmış atık suyun sodyum etkisine karşı yine atık suyun azot içeriğinin iyileştirici bir katkı sunabileceği de düşünülmektedir.

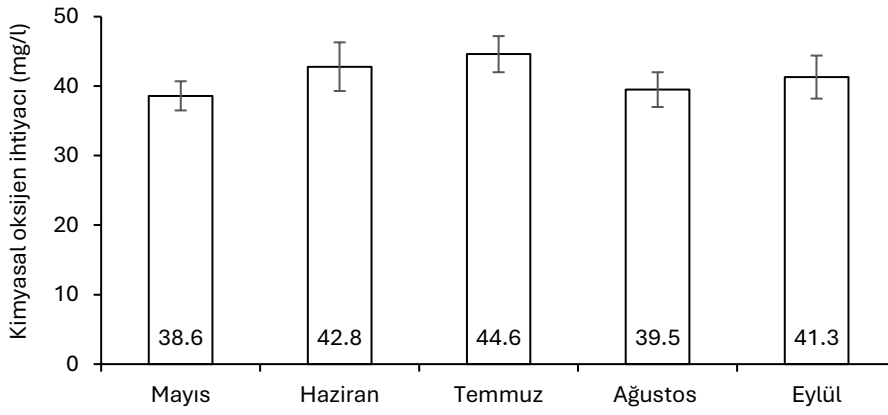


Şekil 4. Arıtılmış atık suyun aylara bağlı toplam azot değerleri.

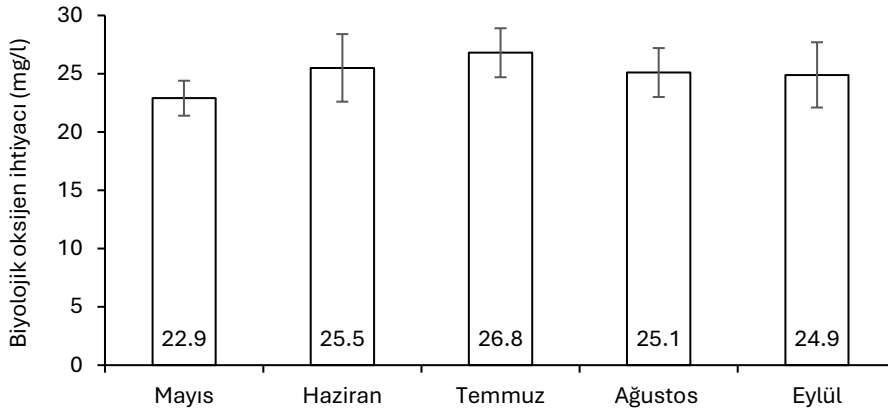


Şekil 5. Arıtılmış atık suyun aylara bağlı toplam fosfor değerleri.

Arıtılmış atık suyun aylara bağlı kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri Şekil 6 ve 7'de sunulmuştur. Buna göre arıtılmış atık suyun Van ilinin vejetasyon periyodunu (Mayıs-Eylül) temsil eden aylar için kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen değerleri sırasıyla 38.6 mg/l ile 44.6 mg/l ve 22.9 mg/l ile 26.8 mg/l aralıklarında değişim göstermiştir. Atık suların kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı toprakta organik madde artışını destekler (Yerli ve Sahin, 2022). Organik maddenin toprakta artması daha fazla toprak neminin muhafazasını sağlayarak buharlaşmanın azalması neticesinde daha etkin bir sulama yönetimi ve sulama programı imkanını ortaya çıkarır (Liu vd., 2011). Ancak toplam azot ve toplam fosfor da olduğu gibi sucul ekosistemlerde ötrofikasyondaki artış kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacını artırarak su kirliliğini olumsuz etkileyerek oksijenin tüketilmesine neden olurken, çözülmüş oksijen miktarının azalmasıyla canlı popülasyonunu tehdit altına koyar. Tarımsal sulamalarda kullanılan arıtılmış atık suların oksijen ihtiyacı parametreleri çözülmüş organik maddenin toprağa girişi olarak kabul edildiğinden bitki veriminin gelişimi yanı sıra toprak yapısının iyileşmesi gibi olumlu bir etkiyle de sonuçlanmaktadır (Kaboosi, 2017). Sonuçta arıtılmış atık suyun kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı bitki gelişimi ve kalitesi için olumlu olsa da "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" kıta içi su kaynakları sınıflandırmasına göre (Anonim, 2008) sırasıyla I. ile II. kalite kriteri aralığında ve IV. su kategorisinde sınıflanmıştır. Ayrıca arıtılmış atık suların yüksek sodyum içeriklerinin olumsuz etkileri ele alındığında (Çakmakçı ve Sahin, 2019), atık suyun oksijen ihtiyaçlarının toprağa sağlamış olduğu organik madde katkısıyla (Yerli ve Sahin, 2022) sodyumun olumsuz etkileri azaltılabilir (Kanber ve Ünlü, 2010).

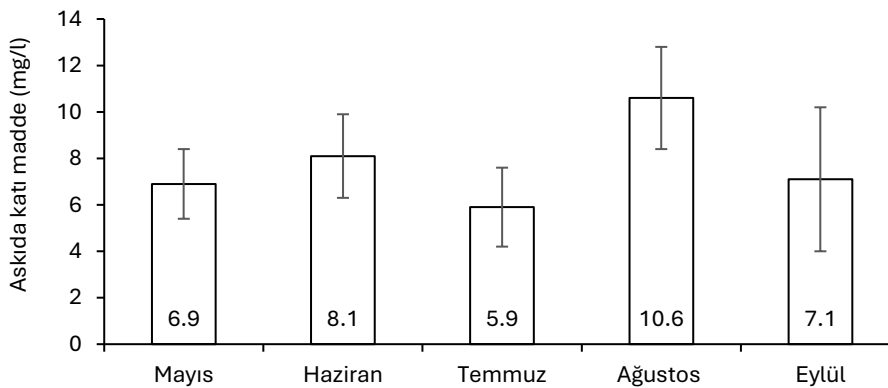


Şekil 6. Arıtılmış atık suyun aylara bağlı kimyasal oksijen değerleri.



Şekil 7. Arıtılmış atık suyun aylara bağlı biyolojik oksijen değerleri.

Arıtılmış atık suyun aylara bağlı askıda katı madde değerleri Şekil 8’de sunulmuştur. Buna göre arıtılmış atık suyun Van ilinin vejetasyon periyodunu (Mayıs-Eylül) temsil eden aylar için askıda katı madde değerleri 5.9 mg/l ile 10.6 mg/l aralığında değişim göstermiştir. “Atık Su Arıtma Tesislerine İlişkin Teknik Usuller Tebliği”ne göre damla sulama sisteminde kullanılacak askıda katı madde miktarının üst sınırının 50 mg/l’dir (Anonim, 2010). Böylece bu çalışmada ele alınan arıtılmış atık suyun sulamada kullanılması durumunda tıkanma riski oluşturma ihtimali oldukça zayıf bulunmuştur. Ancak olası tıkanma risklerine karşı seyreltik asit uygulamalarının da etkili olabileceği önerilebilir bulgular arasındadır (Sahin vd., 2005). Fakat bu durumda, pH’nın azalışıyla besin elementleri arasındaki antagonistik veya sinerjistik etkilerin değerlendirilmesi mutlak suretle gereklidir. Bu nedenle olası tıkanma risklerine karşı filtrasyon ve biyolojik iyileştirmelerin kullanılmasının daha sürdürülebilir ve etkili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 8. Arıtılmış atık suyun aylara bağlı askıda katı madde değerleri.

Sonuç

Van-Merkez ileri biyolojik arıtma tesisinin arıtılmış atık suyunun ilin vejetasyon periyodunda sulamada kullanılabilirliğini, günlük verilerin baz alınmasıyla daha gerçekçi olarak ulusal ve uluslararası mevzuat ve kriterler altında inceleyen çalışmanın sonuçları, arıtılmış atık suyun sulamada kullanılmasında bir sakınca olmadığını ortaya çıkarmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde arıtılmış atık suyun kalite indeksleri Türkiye'deki ulusal mevzuatlara ve diğer ulusal-uluslararası kriterlere uyum göstermiştir. Bu uyum içerisinde arıtılmış atık su için ulusal mevzuatların uluslararası mevzuatlardan çok daha dar indeksler içinde olduğu belirlenmiş ve bunun için mevzuatların güncellenmesi gerektiği tavsiye edilebilir bulgular arasında konumlanmıştır. Sonuçta atık suyun sulama için toprak, bitki ve sulama sistemlerinde güvenilir bir su kaynağı olarak önerilebilir olduğu belirlenmiş, gerekli takip ve ölçümlerin gerçekleştirilerek yarı kurak Van ilinde temiz su kaynaklarının korunmasına yönelik kullanılması gerektiği ve bu sayede de Van Gölü'ne deşarjının azaltılmasıyla hem çevresel hem de tarımsal sürdürülebilirlik için tavsiye edilebilir olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Ancak bu çalışmada incelenmeyen arıtılmış atık suyun ağır metal ve patojen içeriklerine yönelik de çalışmaların sürdürülmesi, özellikle sulamada kullanımında bu parametrelerin yakından takip edilmesi çalışmanın ayrıca çıkarımları arasında olmuştur.

Teşekkürler veya Bilgilendirme

Bu çalışmaya veri desteği sağlayan ve çalışmanın yürütülmesine katkı ve teşvik sunan Van Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'ne (VASKİ) teşekkürlerimizi bir borç biliriz.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar bu makalenin hazırlanmasına eşit şekilde katkıda bulunmuşlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynaklar

- Angelakis, A. N., & Snyder, S. A. (2015). Wastewater treatment and reuse: Past, present, and future. *Water*, 7(9), 4887-4895. <https://doi.org/10.3390/w7094887>
- Anonim, 2008. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Erişim Adresi <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080213-13.htm>
- Anonim, 2010. Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. Erişim Adresi <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm>
- Anonim, 2018. 2018 yılında Van ili için Çevre Durum Raporu. T. C. Van Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. Erişim Adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/van_2018_cevre_durum_raporu_sonnn-20191122145050.pdf
- Anonim, 2019. 2019 yılında Van ili için Çevre Durum Raporu. T. C. Van Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. Erişim Adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/van_2019_cevre_durum_raporu-20200901150601.pdf
- Anonim, 2020. 2020 yılında Van ili için Çevre Durum Raporu. T. C. Van Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. Erişim Adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/van_2020_cdr-20220118151334.pdf
- Anonim, 2022. 2022 yılında Van ili için Çevre Durum Raporu. T. C. Van Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. Erişim Adresi <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/van-ilcdr-2022-20231027133953.pdf>
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1994). Water Quality for Agriculture-FAO Irrigation and Drainage Paper No: 29, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Roma.
- Burak, S., & Margat, J. (2016). Water management in the Mediterranean region: concepts and policies. *Water Resources Management*, 30, 5779-5797. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1389-4>

- Calzadilla, A., Rehdanz, K., & Tol, R. S. (2011). Water scarcity and the impact of improved irrigation management: a computable general equilibrium analysis. *Agricultural Economics*, 42(3), 305-323. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2010.00516.x>
- Çakmakçı, T., & Sahin, U. (2019). Arıtılmış atık su kalitesinin sulama suyu açısından ilgili mevzuatlar çerçevesinde değerlendirilmesi: Van ili örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 249-256.
- Çimrin, K. M., & Boysan, S. (2006). Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2), 105-111.
- DAKA, 2024. Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı, Van ili tarım sektörü yatırım kılavuzu. Erişim Adresi <https://www.daka.org.tr/panel/files/files/yayinlar/Van%20ili%20Tarim%20Sektoru%20Yatirim%20Kilavuzu.pdf>
- De Fraiture, C., & Wichelns, D. (2010). Satisfying future water demands for agriculture. *Agricultural Water Management*, 97(4), 502-511. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.08.008>
- Ding, T., Lin, K., Yang, B., Yang, M., & Li, J. (2019). Toxic effects and metabolic fate of carbamazepine in diatom *Navicula* sp. as influenced by humic acid and nitrogen species. *Journal of Hazardous Materials*, 378, 120763. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120763>
- FAO, 2020. The State of Food and Agriculture. Erişim adresi http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf
- Fuentes Rivas, R. M., Santacruz de León, G., Ramos Leal, J. A., Morán Ramírez, J., & Martín Romero, F. (2017). Characterization of dissolved organic matter in an agricultural wastewater-irrigated soil, in semi arid Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 575-590.
- Hashem, M. S., & Qi, X. (2021). Treated wastewater irrigation-A review. *Water*, 13(11), 1527. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.04.03>
- Jaramillo, M. F., & Restrepo, I. (2017). Wastewater reuse in agriculture: A review about its limitations and benefits. *Sustainability*, 9(10), 1734. <https://doi.org/10.3390/su9101734>
- Kaboosi, K. (2017). The assessment of treated wastewater quality and the effects of mid-term irrigation on soil physical and chemical properties (case study: Bandargaz-treated wastewater). *Applied Water Science*, 7(5), 2385-2396. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0420-5>
- Kanber, R., & Ünlü, M. (2010). Tarımda su ve toprak tuzluluğu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana.
- Kanberoğlu, Z. (2016). Van sanayi mevcut durumunun genel bir değerlendirmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1, 24-37.
- Karaca, S., Sarğın, B., & Türkmen, F. (2019). Bazı arazi ve toprak niteliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle incelenmesi: Van ili arazi ve toprak özellikleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 199-205. <https://doi.org/10.19159/tutad.542543>
- Lavrnić, S., Zapater-Pereyra, M., & Mancini, M. L. (2017). Water scarcity and wastewater reuse standards in Southern Europe: focus on agriculture. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3425-2>
- Liu, X. D., Qiao, Y. N., & Zhou, G. Y. (2011). Controlling action of soil organic matter on soil moisture retention and its availability. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 35(12), 1209. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1258.2011.01209>
- MGM, 2025. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. Erişim Adresi <http://www.mgm.gov.tr>
- Moussavi, S., & Dvorak, B. (2025). Treated wastewater reuse for non-direct food consumption crops in nebraska: barriers and benefits of municipal irrigation lagoons. *The Journal of Extension*, 63(1), 10. <https://open.clemson.edu/joe/vol63/iss1/10>
- Nazari-Sharabian, M., Ahmad, S., & Karakouzian, M. (2018). Climate change and eutrophication: a short review. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 8(6), 3668. https://digitalscholarship.unlv.edu/fac_articles/562
- Sahin, U., Anapali, O., Donmez, M. F., & Sahin, F. (2005). Biological treatment of clogged emitters in a drip irrigation system. *Journal of Environmental Management*, 76(4), 338-341. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.02.003>
- Singh, A. (2021). A review of wastewater irrigation: Environmental implications. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105454. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105454>
- Singh, M., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2016). Nitrogen modifies NaCl toxicity in eggplant seedlings: Assessment of chlorophyll a fluorescence, antioxidative response and proline metabolism. *Biocatalysis Agricultural Biotechnology*, 7, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.05.007>
- Tüfenkci, Ş., Sönmez, F., & Şensoy, G. R. (2009). Van ili bağlarının beslenme durumlarının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(4), 13-22.
- TÜİK, 2025. Türkiye İstatistik Kurumu. Nüfus Verileri. Erişim Adresi <http://www.turkstat.gov.tr/Start.do>
- UN-Water/FAO, 2007. World Water Day 2007. Coping with water scarcity: Challenge of the twenty-first century. UN-Water.
- VASKİ, 2025. Van Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Van Merkez İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi. Erişim Adresi

<https://www.vaski.gov.tr/upload/ckfinder/files/VAN%20%C4%B0LER%C4%B0%20B%C4%B0YOLOJ%C4%B0K%20ARITMA%20TES%C4%B0S%C4%B0-%20WEB.pdf>

- Xiao, Y., Shao, J., Cui, Y., Zhang, G., & Zhang, Q. (2017). Groundwater circulation and hydrogeochemical evolution in Nomhon of Qaidam Basin, northwest China. *Journal of Earth System Science*, 126, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12040-017-0800-8>
- Yerli, C., & Sahin, U. (2021). An assessment of the urban water footprint and blue water scarcity: A case study for Van (Turkey). *Brazilian Journal of Biology*, 82, e249745. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.249745>
- Yerli, C., & Sahin, U. (2022). Quality proficiency to crop, soil and irrigation system of recycled wastewater from the Van/Edremit wastewater treatment plant. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 32(3), 497-506. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1139773>
- Yerli, C., Sahin, U., Oztas, T., & Ors, S. (2025). Fertility and heavy metal pollution in silage maize soil irrigated with different levels of recycled wastewater under conventional and no-tillage practices. *Irrigation Science*, 43(2), 221-238. <https://doi.org/10.1007/s00271-024-00927-5>

