



Evaluation of treated wastewater quality in terms of irrigation water within the framework of related legislation: the case of Van province

Arıtılmış atık su kalitesinin sulama suyu açısından ilgili mevzuatlar çerçevesinde değerlendirilmesi: Van ili örneği

Talip ÇAKMAKCI¹, Üstün ŞAHİN²

¹Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Van, Turkey.

²Ataturk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Erzurum, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:09.10.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Treated wastewater, Treatment facility outlet water, Irrigation water quality, Irrigation, Van Province.

Corresponding author: Talip ÇAKMAKCI

✉: talipcakmakci@yyu.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: The purpose of this study is to evaluate whether the effluent quality of outlet water at Van Province Urban Treatment Facility outlet water is suitable for use in irrigation within the framework of relevant legislation.

Methods and Results: In the study, the analysis was carried out at treated waste water samples the months representing the irrigation season (June, July, August and September). In the analysis; pH, EC, cations (Ca, Mg, Na, and K), anions (CO₃, HCO₃, SO₄, and Cl), chemical and biological oxygen needs, suspended solids, total N and P, fecal coliform, micro element and heavy metal contents (B, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, and Ni) were determined. In addition, % Na, sodium adsorption rate, permanent sodium carbonate and Langelier saturation index values were calculated. It has been determined that the results did not exceed the limit values in the regulation and can be used safely in short term irrigation.

Conclusions: According to the obtained results of the evaluation, the limit values did not exceed based on the "Turkey Wastewater Treatment Facility Technical Procedures Communique" and It has been observed that the use of treated wastewater in irrigation will not pose a risk.

Significance and Impact of the Study: In recent years, it is important to use treated wastewater, which is an alternative water source, for irrigation in order to preserve and reduce the pressure on existing clean water resources. In addition, thanks to the nutrients it contains in the treated wastewater, it will reduce the amount of chemical input in agricultural production.

Atif / Citation: Çakmakcı T, Şahin U (2019) Evaluation of treated wastewater quality in terms of irrigation water within the framework of related legislation: the case of Van province. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :249-256

GİRİŞ

Sulamada kullanılan sular, çözülmüş tuzların türüne ve miktarına bağlı olarak kalite bakımından büyük ölçüde değişmektedir (Islam ve Shamsad, 2009). Özellikle kurak ve yarı kurak koşullarda düşük kaliteli sulama suyu daha fazla endişe vericidir. Mevcut su kaynaklarının tükenmesi ve yetersizliği sebebiyle alternatif su kaynağı arayışları hız kazanmaktadır. Alternatif su kaynağının başında da birçok ülkede kullanılmakta olan arıtılmış atık sular gelmektedir.

Atık suların kesin bileşimi açık bir şekilde farklı kaynaklar

ve zamanlar arasında değişmekle birlikte, ana bileşeni sudur. Atık suların yaklaşık olarak % 99'unun su ve % 1'inin askıda, koloidal ve çözülmüş katı maddelerden oluştuğu bilinmektedir (UN, 2014). Dolayısıyla arıtılmış atık sular, suyun ve diğer önemli bileşenlerin geri kazanılması, atık suyun bertarafı ve güvenli bir şekilde yeniden kullanılması dahil, çok sayıda fırsat sunmaktadır. Atık su, büyük ölçüde tüm yıl boyunca mevcut olan bir su kaynağı olarak kabul edilmektedir (Hussain ve ark., 2002; Qadir ve Scott 2010; Becerra-Castro ve ark., 2015). Suyun mevcudiyeti ve besleyici özellikleri, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde son derece değerli olmaktadır. Birçok

kurak ve yarı kurak bölgede, artırılmış atık suyun tarımda yeniden kullanılmasının tarımsal üretimin sürdürülmesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu bilinmektedir (Lazarova ve Bahri 2004; Gourbesville 2008). En önemlisi de daha yüksek verim, çoklu ekim döngüsü ve daha geniş bir ürün yetiştirme yelpazesine izin vermektedir (Qadir ve Scott 2010).

Orta Doğu, Kuzey ve Güney Afrika, Kuzey Akdeniz ülkeleri, ABD, Avustralya ve Çin'in bir bölümünde atık suyun tarımda yeniden kullanılması geleneksel bir uygulama olup su kaynakları yönetiminin önemli bir parçası haline gelmiştir. Toplam su arzının % 10 ila 40' ını ve sulama suyu arzının da yaklaşık % 30 ila 70' ini temsil etmektedir (Raschid-Sally ve Jayakody 2009).

Sulamada, atık suyun yeniden kullanma potansiyeli yüksek olsa da dikkatli bir şekilde yönetilmediğinde tehlike yaratmaktadır. Çünkü artırılmış atık suyun içinde besleyici maddeler dışında ağır metaller, tuzlar ve zararlı kimyasallar bulunmaktadır. Çevre bu bileşenlerin her biriyle ilişkili olduğundan atık su kullanımına dikkat edilmelidir (Kontas ve ark., 2004). Bununla birlikte, atık suyun yeniden kullanımı halk sağlığının korunmasına, uygun atık su arıtma teknolojisine, arıtma güvenilirliğine, su yönetimine ve halkın kabulüne ve katılımına dikkat edilmesini gerektirmektedir (Kang ve ark., 2007). Ayrıca, atık suyun sulamada kullanımı, toprak ve yeraltı suları için olası bazı çevresel riskleri beraberinde getirmektedir. Artırılmış atık suların arazide kullanılması için öncelikle suyun kalitesinin yeterli seviyede olması gerekmektedir. Ülkemizde, Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'ne göre artırılmış atık suyun sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için suyun içindeki çözünmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenliğini, sodyum iyonu konsantrasyonu ve sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranını, Bor, ağır metal ve toksik olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonunu, bazı şartlarda Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının toplam konsantrasyonunu, toplam katı madde, organik madde yükü ve yağ-gres gibi yüzen maddelerin ve patojen organizmaların miktarının incelenmesi gerekmektedir (Anonim 2010). Bu çalışmada da Van ili Kentsel Arıtma Tesisi çıkış suyunun kalitesi ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikler ve bazı uluslararası kriterler eşliğinde irdelenmiş, suyun kalitesine bağlı olarak da sulama suyu olarak kullanılıp-kullanılmayacağı değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma İşletme Müdürlüğüne ait deneme alanında yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü Van İli, uzun

yıllar ortalama yağış miktarı 388,5 mm (Anonim, 2016) olup yarı kurak iklime sahiptir. Denemede kullanılan artırılmış atık su, çalışma alanına yaklaşık 5 km mesafede bulunan Van İskele Atıksu Arıtma Tesisi'nden temin edilmiştir. Tesise giren işlenmemiş atık su öncelikle fiziki arıtmadan geçerek ön çökeltim havuzuna, oradan da havalandırma havuzuna aktarılmaktadır. Havalandırılarak bakteri havuzundan geçen atık su son çökeltim ünitesine aktarılmakta ve buradan da deşarj edilmektedir.



Şekil 1. Arıtma Tesisi çıkış suyu

Sulama suyu örnekleri her iki yılda da sulama sezonunda Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının ortalarında olmak üzere 4 kez alınmış ve laboratuvara getirilip analizler yapıncaya kadar +4°C buzdolabında bekletilmiştir. Alınan artırılmış atık su örneklerinde; pH, EC, Katyonlar (Ca, Mg, Na, K), Anyonlar (CO_3 , HCO_3 , SO_4 , Cl), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI_5), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), askıda katı madde (AKM), toplam N (TN), toplam P (TP), Fekal koliform, mikro element ve ağır metal içerikleri (B, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni) belirlenmiştir. Ayrıca %Na, Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) ve Langelier Saturasyon İndeksi (LSI) değerleri de hesaplanmıştır. Denemede, pH, pH metre (Ayyıldız, 1983); Elektriksel iletkenlik (EC), Kondüktivimetre ile doğrudan (Ayyıldız, 1983); CO_3 ve HCO_3 , Fenolftaleyn ve bromkrosel yeşili indikatörleri kullanılarak sülfirik asitle yapılan titrasyon ile (Tüzüner, 1990); SO_4 , Hazır kit kullanılarak Hach Lange Dr 5000 UV/VIS marka spektrofotometrede okumalar yapılarak (HACH, 2005); Cl, Potasyum kromat indikatörü kullanılarak gümüş nitrat ($AgNO_3$) ile titre edilerek (Tüzüner, 1990) belirlenmiştir. KOİ: LCK 400 Hach hazır kitleri kullanılarak hazırlanan örneklerin öncelikle Permo reaktör cihazında ısıtılarak tepkimeye girmesi sağlanmış sonrasında Hach Lange Dr 5000 UV/VIS marka spektrofotometrede okumalar gerçekleştirilmiştir

(HACH, 2005). BOİ₅: Su örnekleri 5 gün boyunca Hach marka BOI cihazına konulan su örnekleri soğurmalı inkibatörde 20 ± 1 °C' de bekletilmiş sonrasında cihazdan okumalar yapılmıştır (HACH, 2010). Askıda katı madde (AKM): Su örneği, düzenekli bir filtreden geçirilmiş, filtre edilemeyen materyal 105°C'de kurutularak kalıntı miktarı hassas terazide tartılarak belirlenmiştir (APHA, 1995). Fekal koliform: Membran filtrasyon yöntemi ile belirlenmiştir (Eckner, 1998). Toplam N (TN): Kjeldahl yöntemine göre analiz edilerek hesaplama ile belirlenmiştir (Anonim, 2015). Toplam P (TP): Fosfor ve fosfat (P, PO₄³⁻ ve P₂O₅) analizleri HACH DR 5000 model spektrofotometrede HACH 8048 nolu PhosVer 3 (Ascorbic Acid)-(0.02- 2.50 mg/l PO₄³⁻) metodu ile PhosVer 3 phosphate Powder Pillowisimli fosfor reaktifi kullanılarak yapılmıştır (HACH, 2010). Bor: Karmin metoduna göre belirlenmiştir (Hatcher ve Wilcox, 1950). Katyonlar, mikro elementler ve ağır metaller (Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni): Su örnekleri Anonim (1996; 2007)'de belirtilen yöntemlere göre analize hazırlandıktan sonra İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP- OES) cihazında okumalar yapılarak belirlenmiştir. Yüzde sodyum (% Na): Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (USSL, 1954).

$$\%Na = \frac{Na}{Na+Mg+Ca+K} \times 100 \quad \text{Eş. (1)}$$

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR): Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (USSL, 1954).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad \text{Eş. (2)}$$

Kalıcı Sodyum karbonat (RSC): Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (USSL, 1954).

$$RSC = (CO_3+HCO_3) - (Ca+Mg) \quad \text{Eş. (3)}$$

SAR, RSC ve % Na eşitliklerinde iyon konsantrasyonları me/l' dir.

Langelier Saturasyon İndeksi (LSI): Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Ayers ve Westcot 1994).

$$LSI = pH_a - pH \quad \text{Eş. (4)}$$

pH_a ; gerçek pH değeri, pH_c; suyun kireç ile dengeye ulaştığındaki tepkimesidir. pH_c değeri Kanber ve ark., (1992)'na göre belirlenmiştir.

Sulamada kullanılacak olan suların kalitesinin değerlendirilmesi Çizelge 1'e, sulama sularında izin verilebilir ağır metal miktarları Çizelge 2'e ve damla sulama yönteminde tıkanmayı etkileyen su kalite ölçütleri de Çizelge 3'e göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Sulama suyu kalitesini değerlendirme ölçütleri (Anonim, 2010)

| Parametre | Birim | Kullanımında zarar derecesi | | |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | Yok (I. sınıf su) | Az – orta (II. sınıf su) | Tehlikeli (III. sınıf su) |
| Tuzluluk | | | | |
| İletkenlik | µS cm ⁻¹ | < 700 | 700-3000 | >3000 |
| Toplam çözünmüş madde | Mg l ⁻¹ | < 500 | 500-2000 | >2000 |
| Geçirgenlik | | | | |
| SAR _{Adj.*} | 0-3 | EC ≥ 0.7 | 0.7-0.2 | < 0.2 |
| | 3-6 | ≥ 1.2 | 1.2-0.3 | < 0.3 |
| | 6-12 | ≥ 1.9 | 1.9-0.5 | < 0.5 |
| | 12-20 | ≥ 2.9 | 2.9-1.3 | < 1.3 |
| | 20-40 | ≥ 5.0 | 5.0-2.9 | < 2.9 |
| İyon toksisitesi | | | | |
| Sodyum (Na) | | | | |
| Yüzey sulama (SAR) | | < 3 | 3-9 | > 9 |
| Damla sulama | mg l ⁻¹ | < 70 | > 70 | |
| Klor (Cl) | | | | |
| Yüzey sulama | mg l ⁻¹ | < 140 | 140 –350 | > 350 |
| Damla sulama | mg l ⁻¹ | < 100 | > 100 | |
| Bor (B) | mg l ⁻¹ | < 0.7 | 0.7-3.0 | > 3.0 |

Çizelge 2. Sulama sularında izin verilebilir ağır metal miktarları (Anonim, 2010)

| Elementler | Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar (kg ha ⁻¹) | İzin verilen maksimum konsantrasyonlar (mg l ⁻¹) | |
|----------------|--|--|---|
| | | Her türlü zeminde sürekli sulama yapıldığında sınır değerler | pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında sınır değerler |
| Alüminyum (Al) | 4600 | 5.0 | 20.0 |
| Arsenik (As) | 90 | 0.1 | 2.0 |
| Berilyum(Be) | 90 | 0.1 | 0.5 |
| Bor (B) | 680 | - | 2.0 |
| Kadmiyum (Cd) | 9 | 0.01 | 0.05 |
| Krom (Cr) | 90 | 0.1 | 1.0 |
| Kobalt (Co) | 45 | 0.05 | 5.0 |
| Bakır (Cu) | 190 | 0.2 | 5.0 |
| Florür (F) | 920 | 1.0 | 15.0 |
| Demir (Fe) | 4600 | 5.0 | 20.0 |
| Kurşun (Pb) | 4600 | 5.0 | 10.0 |
| Lityum (Li) | - | 2.5 | 2.5 |
| Manganez (Mn) | 920 | 0.2 | 10.0 |
| Molibden (Mo) | 9 | 0.01 | 0.05 |
| Nikel (Ni) | 920 | 0.2 | 2.0 |
| Selenyum (Se) | 16 | 0.02 | 0.02 |
| Vanadyum (V) | - | 0.1 | 1.0 |
| Çinko (Zn) | 1840 | 2.0 | 10.0 |

Çizelge 3. Damla sulama yönteminde tıkanmayı etkileyen su kalite ölçütleri (Anonim, 2010)

| Parametre | Birim | Kullanımında zarar derecesi | | |
|------------------|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------|
| | | Yok | Az – orta | Tehlikeli |
| AKM | mg l ⁻¹ | < 50 | 50-100 | > 100 |
| pH | | < 7 | 7-8 | > 8 |
| TDS | mg l ⁻¹ | < 500 | 500-2000 | > 2000 |
| Mangan | mg l ⁻¹ | < 0.1 | 0.1-1.5 | > 1.5 |
| Demir | mg l ⁻¹ | < 0.1 | 0.1-1.5 | > 1.5 |
| H ₂ S | mg l ⁻¹ | < 0.5 | 0.5-2.0 | > 2.0 |
| Bakteri sayısı | sayı l ⁻¹ | < 10000 | 10000-50000 | > 50000 |

AKM: Askıda katı madde, TDS: Toplam çözünmüş katı madde

BULGULAR ve TARTIŞMA

Denemede kullanılan arıtılmış atık suya ait pH, elektriksel iletkenlik (EC), anyon ve katyonlar, mikro element ve ağır metal içerikleri, toplam azot (TN), toplam fosfor (TP),

askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅), Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC), Yüzde Sodyum (% Na), Langelier Saturasyon İndeksi (LSI) ve fekal koliform değerlerine ilişkin analiz sonuçları ve hesaplamalar Şekil 2 ve Çizelge 4'de verilmiştir.

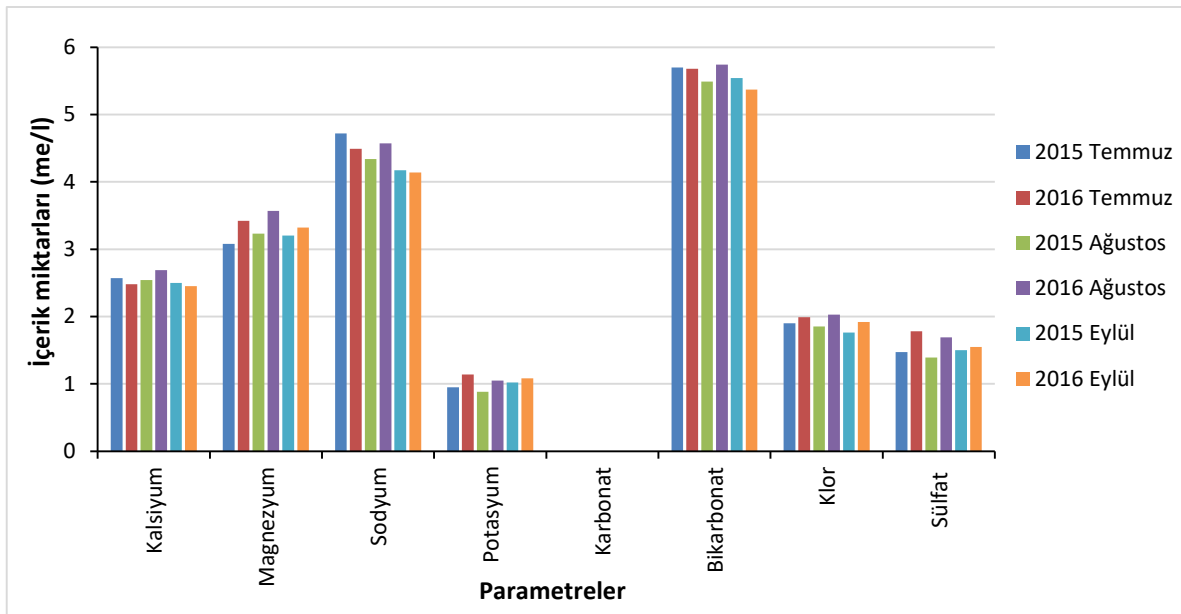
Çizelge 4. Arıtılmış atık suyun bazı analiz sonuçları

| Aylar | Temmuz | | Ağustos | | Eylül | |
|--------------------------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|
| | 2015 | 2016 | 2015 | 2016 | 2015 | 2016 |
| Parametreler | | | | | | |
| pH | 7.52 | 7.90 | 7.85 | 7.15 | 7.41 | 7.66 |
| EC (dS m ⁻¹) | 1.052 | 0.972 | 1.021 | 1.028 | 0.967 | 0.918 |
| B (mg l ⁻¹) | 0.390 | 0.350 | 0.410 | 0.270 | 0.330 | 0.440 |
| Mn (mg l ⁻¹) | 0.056 | 0.057 | 0.048 | 0.074 | 0.050 | 0.064 |
| Cu (mg l ⁻¹) | 0.012 | 0.013 | 0.011 | 0.016 | 0.010 | 0.011 |

Çizelge 4. (devamı)

| | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fe (mg l ⁻¹) | 0.372 | 0.484 | 0.454 | 0.473 | 0.351 | 0.451 |
| Zn (mg l ⁻¹) | 0.013 | 0.007 | 0.012 | 0.009 | 0.010 | 0.011 |
| Cr (mg l ⁻¹) | 0.002 | 0.004 | 0.002 | 0.002 | - | 0.002 |
| Cd (mg l ⁻¹) | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.001 |
| Ni (mg l ⁻¹) | 0.027 | 0.025 | 0.031 | 0.027 | 0.019 | 0.027 |
| Pb (mg l ⁻¹) | 0.004 | 0.005 | 0.007 | 0.005 | 0.008 | 0.006 |
| TN (mg l ⁻¹) | 8.25 | 9.32 | 9.77 | 10.52 | 10.09 | 8.70 |
| TP (mg l ⁻¹) | 0.680 | 1.240 | 1.010 | 1.160 | 0.800 | 0.930 |
| AKM (mg l ⁻¹) | 26 | 25 | 28 | 34 | 24 | 27 |
| KOİ (mg l ⁻¹) | 36.10 | 40.50 | 35.70 | 37.70 | 33.40 | 36.50 |
| BOİ ₅ (mg l ⁻¹) | 21.70 | 25.80 | 20.90 | 22.60 | 20.10 | 21.80 |
| SAR | 2.810 | 2.610 | 2.560 | 2.580 | 2.470 | 2.440 |
| RSC (me l ⁻¹) | 0.050 | - | - | - | - | - |
| % Na | 41.70 | 38.90 | 39.50 | 38.50 | 38.30 | 37.70 |
| LSI | +0.300 | +0.600 | +0.540 | -0.030 | +0.120 | +0.390 |
| Fekal koliform (EMS 100 ml ⁻¹) | 145 | 120 | 176 | 185 | 162 | 137 |

‘-’:Tespit edilemedi, Haziran ayında atık su ile sulama yapılmadığı için sonuçlar değerlendirilmemiştir.



Şekil 2. Arıtılmış atık suyun anyon ve katyon içerikleri

Çizelge 4 incelendiğinde arıtılmış atık suyun pH değerleri 7.15-7.90 arasında değiştiği görülmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki Kıta içi su kaynakları sınıflandırmasına (Anonim, 2008) göre kullanılan suların pH değerleri 6.60-8.50 arasında yer aldığından 1. sınıf sular grubunda bulunmaktadır. Arıtılmış atık suyun EC değerleri ise 0.918-1.052 dS m⁻¹ arasında olup "Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" (Anonim, 2010)'ne göre 2. sınıf su kategorisinde yer almaktadır. Sularda bulunan katyonlardan özellikle Ca + Mg konsantrasyonu ile pH değerlerinin yüksek olması (>8.0), damla sulamada damlatıcıların tıkanma riskini artırmaktadır (Ayers ve Westcot, 1994). Çalışmada

arıtılmış atık suyun pH'sının 8'in altında belirlenmesi ve Çizelge 3'deki tuzluluk sınır değerlerinin de aşılmaması Ayers ve Westcot (1994)'a göre damla sulama sistemlerinde tıkanma riskini azaltmaktadır. Denemenin birinci yılının Ağustos ayındaki arıtılmış atık su örneğinin LSI değeri 0.54, ikinci yılının Temmuz ayı LSI değeri de 0.60 olarak tespit edilmesine rağmen kireç birikimi açısından düşük riskli olarak değerlendirilmiştir. Buna ek olarak, LSI değerlerinin daha düşük ve sifıra yakın belirlenmiş olması herhangi bir aşındırma ve birikme olmayacağını göstermektedir (Rafferty, 1999; Metcalf ve Eddy, 2003). Yine arıtılmış atık suların özellikle damla sulama sistemleriyle uygulanmasında önemli bir faktör

de suyun içindeki askıda katı madde (AKM) miktarıdır. Kullanılan suların AKM miktarları 24-34 mg l⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim, 2010)'ne göre damla sulama sistemlerinde kullanılabilir sınır değer 50 mg l⁻¹ dir (Çizelge 3). Dolayısıyla, bu durum fiziksel bir tıkanma olmayacağı olarak yorumlanabilir.

Sulardaki Na'nın diğer katyonlara göre oranının belirlenmesi Na'nın toprak yapısını bozucu etkisini değerlendirmede önemli olmaktadır. Bu göstergelerden % Na ve SAR değerlerinin yüksek olduğu görülmüş ancak sulamada kullanılabilir sınırlar (Çizelge 1) içerisinde kaldığı görülmektedir (Anonim, 2010; Kanber ve Ünlü, 2010). Toprakların fiziksel özelliklerindeki bozulmayı değerlendirmede diğer bir parametrede Kalıcı Soyduum Karbonat (RSC) miktarıdır (Kanber ve Ünlü, 2010). Arıtılmış atık su örneklerinin RSC değeri en yüksek 0.05 me l⁻¹ belirlenmiş olup, Eaton (1950)'in belirtmiş olduğu sınır değerlerin (izin verilebilir RSC miktarının <2.5 me l⁻¹) çok altında kalmıştır.

Toksik etkisi bir iyon olan sodyum (Na) içeriği arıtılmış atık sularda 4.14-4.72 me l⁻¹ arasında değişmiştir (Şekil 2). Bu değerler Anonim (2010)'e göre değerlendirildiğinde 2. sınıf sular grubuna girmekte fakat kullanımında zarar derecesi olarak az-orta sınıfta yer almaktadır. Toksik etkisi olan bir diğer iyon da klor (Cl)'dur. Arıtılmış atık suların Cl içerikleri 1.76-2.03 me l⁻¹ arasında değişmiş, Anonim (2010)'e göre 1. sınıf su sınıfına girmiştir. Ayrıca Scofield 1936 yöntemi 4 me l⁻¹ altında klor içeriği olan suları çok iyi, Doneen 1954 yöntemi 5 me l⁻¹ altında klor içeriği olan suları çok iyi-iyi, Christiansen 1977 yöntemi de 3 me l⁻¹ altında klor içeriği olan suları 1. sınıf sular olarak değerlendirilmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010). Çalışma suyu Scofield 1936, Doneen 1954 ve Christiansen 1977 yöntemine göre de 1. Sınıf sular sınıfına girmektedir. Bor da toksik etkisi olan özel bir iyondur. Suların Bor içerikleri 0.040-0.440 mg l⁻¹ arasında değişmiştir. Toksik etki açısından her iki yıl verileri de Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim, 2010)'ne göre kullanılmasında sakınca olmayan sular sınıfında yer almıştır. Yine aynı şekilde Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 1985) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2004) sulama suyu Bor içeriğinin 0.75 mg l⁻¹'den düşük seviyelerdeki suların uzun süreli sulamada kullanımının sorun yaratmayacağını bildirmişlerdir.

Arıtılmış atık suyun Potasyum (K) içeriği 0.88- 1.14 me l⁻¹ arasında olup kullanımda herhangi bir sıkıntı bulunmayan sular niteliğindedir. Sülfat (SO₄) içerikleri 0.55-1.78 me l⁻¹ arasında değişmektedir. Kanber ve Ünlü (2010), Scofield 1936 yöntemine göre sulama suyu SO₄ içeriği <4 me l⁻¹ ise sulama suyu sınıfının çok iyi

olduğunu ve kullanılması durumunda sorun oluşturmayacağını belirtmişlerdir. Ancak, kullanılan arıtılmış atık suyun HCO₃ konsantrasyonları FAO sistemine göre bitkilerde sorun oluşabileceğine işaret etmektedir.

Arıtılmış atık suların Mangan (Mn) içerikleri 0.048- 0.074 mg l⁻¹; Demir (Fe) içerikleri 0.351-0.484 mg l⁻¹; Bakır (Cu) içerikleri 0.010-0.016 mg l⁻¹; Çinko (Zn) içerikleri 0.007-0.013 mg l⁻¹; Krom (Cr) içerikleri 0.002-0.004 mg l⁻¹; Kadmiyum (Cd) içerikleri 0.001- 0.002 mg l⁻¹; Nikel (Ni) içerikleri 0.019- 0.031 mg l⁻¹ ve Kurşun (Pb) içerikleri 0.004-0.008 mg l⁻¹ aralığında değişmektedir (Çizelge 4). Belirlenen değerler Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim, 2010) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2004) sınır değerlerinin altında (Çizelge 2) kaldığından sulamada kullanılmasında sakınca bulunmamaktadır.

Atık suların besleyici özelliklerinin başında azot ve fosfor gelmektedir. Arıtılmış atık suların toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) içerikleri sırasıyla 8.25-10.52 mg l⁻¹ ve 0.68-1.24 mg l⁻¹ aralığında belirlenmiş olup, Anonim (2008) sınıflandırmasına göre IV. sınıf sulardır.

Arıtılmış atık sularda Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Biyolojik Oksijen ihtiyacı (BOİ₅) içerikleri sırasıyla 33.40-40.50 mg l⁻¹ ve 20.10-25.80 mg l⁻¹ aralığında belirlenmiştir. Anonim (2008)'de verilen sınır değerler dikkate alındığında KOİ değerleri bakımından II. sular sınıfında, BOİ değerleri açısından ise IV. sular sınıfında yer almaktadır.

Arıtılmış atık suların sulamada kullanılmasında dikkate alınması gereken en önemli parametrelerinden biri de suyun mikrobiyolojik özelliğidir. Ticari olarak işlenen gıda ürünleri ve meralarda kullanılan suları için mikrobiyolojik sınır değeri 200 EMS/100 ml' dir. Arıtılmış atık suyun fekal koliform miktarı 120-185 EMS/100 ml arasında belirlenmiştir. Kıta içi su kaynakları sınıflandırılması (Anonim, 2008)' na göre arıtılmış atık su 2. sınıf olup kullanımında sıkıntı bulunmamaktadır. Yine Dünya Sağlık Örgütü'nün arıtılmış atık su için sınır değer olarak belirlediği 1000 EMS/100 ml' yi de aşmadığı tespit edilmiştir (WHO, 1989; EPA, 2004).

Çizelge 4'teki veriler genel olarak değerlendirildiğinde birinci ve ikinci yıl analiz sonuçları ile aynı yıl içerisinde dönemlere göre analiz sonuçları arasında önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir. Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (Anonim, 2010), Kıta içi su kaynakları sınıflandırması (Anonim, 2008) ile uluslararası bazı ölçütlere göre değerlendirilmiş ve arıtılmış atık suların özellikle kısa vadeli kullanımlarında herhangi bir sıkıntı bulunmadığı belirlenmiştir. Ayrıca arıtılmış atık suların kısıtlı su kaynağı olan kurak ve yarı kurak alanlarda alternatif güvenilir bir su kaynağı olduğu

kanısına varılmıştır. Buna ek olarak arıtılmış atık su ile uzun vadede sulama yapılması düşünüldüğünde de arıtılmış atık suyun düzenli bir şekilde içerik analizlerinin yapılarak kontrol edilmesi önerilmektedir.

ÖZET

Amaç: Van ili Kentsel Arıtma Tesisi çıkış suyu kalitesinin sulamada kullanım için uygun olup olmadığını ilgili mevzuatlar çerçevesinde değerlendirmektir.

Yöntemler ve Bulgular: Çalışmada, sulama sezonunu temsil eden Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında arıtılmış atık su örnekleri alınarak analiz yapılmıştır. Analizde; pH, EC, katyonlar (Ca, Mg, Na, K), anyonlar (CO₃, HCO₃, SO₄, Cl), kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyaçları, askıda katı maddeler, toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP), fekal koliform, mikro element ve ağır metal içerikleri (B, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni) belirlenmiştir. Ayrıca % Na, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), kalıcı sodyum karbonat (RSC) ve Langelier saturasyon indeksi (LSI) değerleri hesaplanmıştır. Sonuçların yönetmelikteki sınır değerleri aşmadığı ve kısa vadeli sulamalarda güvenle kullanılabileceği belirlenmiştir.

Genel yorum: Çalışma sonunda arıtma tesisi çıkış suyunun (arıtılmış atık su) ilgili mevzuatta belirtilen sınır değerlerini aşmadığı görülmüştür. Arıtılmış atık suların sulama için kısa vadeli kullanımlarda güvenle kullanılabileceği uzun vadeli kullanımlarda ise su kalitesinin kontrol edilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Son yıllarda azalmakta olan mevcut temiz su kaynaklarının korunması ve üzerindeki baskının azaltılması için alternatif bir su kaynağı olan arıtılmış atık suların sulamada kullanılması önem arz etmektedir. Ayrıca arıtılmış atık sular, içerisinde ihtiva ettiği besin elementleri sayesinde tarımsal üretimde kimyasal girdi miktarını da azaltmış olacaktır.

Anahtar kelimeler: Arıtılmış atık su, arıtma tesisi çıkış suyu, sulama suyu kalitesi, sulama, Van

TEŞEKKÜR

Bu çalışma birinci yazarın hazırlamış olduğu Doktora tezinin bir bölümünü içermektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Anonim (1996) Acid digestion of sediments, sludges, and soils. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf> (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2015)
- Anonim (2007) Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3051a.pdf> (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2015).
- Anonim (2008) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080213-13.htm> (Erişim tarihi: 15 Temmuz 2018).
- Anonim (2010) Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği.
- Anonim (2015) AOAC, "Official methods of analysis", method 979.09
- Anonim (2016) Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=VAN> (Erişim tarihi: 19 Ocak 2018).
- APHA (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SM_WW_1000-3000.pdf (Erişim tarihi: 5 Temmuz 2015).
- Ayers RS, Westcot DW (1994) Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper-29 Rev.1., Rome, Italy.
- Ayyıldız M (1983) Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 879/244.
- Becerra-Castro C, Lopes AR, Vaz-Moreira I, Silva EF, Manaia CM, Nunes OC (2015) Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. Environment International, 75, 117-135.
- Eaton FM (1950) Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Science, 69, 123-133.
- Eckner KF (1998) Comparison of membran filtration and multiple-tube fermentation by the coliert and enterolent methods for detection of waterborne coliform bacteria and bathing water quality monitoring in Southern Sweden. Applied and Environmental Microbiology, 64(8), 3079-3083.
- EPA (2004) Guidelines For Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

