



Determination of Usability of Wastewater for Irrigation Purposes in Agriculture in Kırklareli Region[#]

Hacer Gülocak^{1,a,*}, Sultan Kıymaz²

¹Atatürk Soil Water and Agricultural Meteorology Research Institute, Kırklareli, Türkiye

²Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Kırşehir, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>[#]This study was presented at the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Kütahya, TARGID 2022)</p> <p>Research Article</p> <p>Received : 14.11.2022 Accepted : 24.11.2022</p> <p>Keywords: Wastewater Domestic waste Industrial waste Water quality Water pollution</p>	<p>Türkiye's water resources are getting increasingly polluted and the need for per capita water is increasing rapidly from year to year with population growth. With the increasing population, the increase in the need for food, the increase in water consumption, and the reuse of wastewater in various fields, especially as irrigation water, by treating it with appropriate methods, come to the fore today. The sewage waters of the city of Kırklareli are treated in the existing domestic and industrial treatment plants and discharged into the Kırklareli stream. This study was carried out in order to determine the irrigation water quality and pollution status of the waters released from the waters of the creek and treatment plants and to reveal their suitability for agricultural use. Waste water samples taken from stations determined on Kırklareli Stream were taken seasonally. Physical and inorganic-chemical parameters were investigated. The results from the study was determined according to the Classes of Inland Surface Water Resources (KYSKK) in the Water Pollution Control Regulation. Accordingly; In terms of physical and inorganic-chemical parameters of Kırklareli stream water samples, it is seasonally classified as IV. class has been determined. It has been determined to be in the C3S1 class according to the US Salinity Laboratory Classification system based on electrical conductivity (EC) and sodium adsorption rate (SAR) values. According to the results obtained, it has been determined that it should be used with caution due to its excessive salt content. Analysis of variance, one-way analysis of variance (ANOVA) and correlation analysis were performed in a repeated measurement experiment on the measurement values of water samples. Significant differences and relationships between parameters were determined statistically.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(sp1): 2772-2782, 2022

Kırklareli Yöresindeki Atıksuların Tarımda Sulama Amaçlı Kullanılabilirliğinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 14.11.2022 Kabul : 24.11.2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Atıksu Evsel atık Endüstriyel atık Su kalitesi Su kirliliği</p>	<p>Türkiye'nin su kaynakları her geçen gün giderek kirlenmekte ve kişi başına düşen su miktarı ihtiyacı nüfus artışı ile yıldan yıla hızla artmaktadır. Artan nüfusla beraber gıdaya duyulan ihtiyacın artması buna bağlı olarak su tüketiminin artması, atık suların uygun yöntemlerle arıtılarak çeşitli alanlarda özellikle sulama suyu olarak yeniden kullanımının sağlanması günümüzde ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda, Kırklareli il merkezinin kanalizasyon suları mevcut evsel ve endüstriyel arıtma tesislerinde arıtılarak Kırklareli deresine deşarj edilmektedir. Bu çalışma derenin suları ve arıtma tesislerinden salınan suların, sulama suyu kalitesi ve kirlilik durumunun belirlenerek tarımsal amaçlı kullanıma uygunluğunu ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Kırklareli Deresi üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan atık su örnekleri mevsimsel olarak alınmıştır. Örnekler üzerinde fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçları değerlendirmek için, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde yer alan Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıfları (KYSKK) kullanılmıştır. Buna göre; Kırklareli deresi su örneklerinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri açısından mevsimsel olarak kalite sınıfının IV. sınıf olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, elektriksel iletkenlik (EC) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerlerini temel alan ABD tuzluluk laboratuvarı sınıflandırma sistemine göre C3S1 sınıfına girdiği, fazla tuzlu olmasından dolayı dikkatle kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Su örnekleri ölçüm değerleri üzerinde yapılan tekrarlanan ölçümlü deneme düzeninde varyans analizi, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve korelasyon analizi yapılmıştır. İstatiksel açıdan parametreler arasındaki belirgin farklar ve ilişkiler belirlenmiştir.</p>

^a hcdemirci@hotmail.com

^{ib} <http://orcid.org/0000-0001-8508-9902>

^b skiyamaz@ahievran.edu.tr

^{ib} <https://orcid.org/0000-0002-9228-7525>



Giriş

Yaşamın temel öğelerinden biri olan su, içme-kullanma, enerji üretimi, tarım ve sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Nüfusun hızla artması, tarımsal uygulamalar, sanayileşme, tarımsal kirlilik ve iklim değişikliği gibi etkiler sonucu su kaynaklarına olan baskılar giderek artmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de giderek artan su sıkıntısı ile birlikte alternatif su arayışları sonucu yeniden kullanım ve özellikle sulamada arıtılmış atıksuların yeniden kullanılması gittikçe önem kazanmaktadır (Fesliyen, 2017). Dünyadaki toplam su tüketiminin %70’inin tarımsal amaçlı kullanılması nedeniyle, arıtılmış atık suların tarımsal sulamada kullanılması, su kaynaklarının miktarı ve kalitesinin korunmasında önemli bir yere sahiptir (Saraoğlu, 2014).

Yeniden kullanıma uygun kalitede iyileştirilmiş alternatif bir su kaynağı olan atık sular tarımsal sulama, kentsel, evsel ve endüstriyel kullanımların yanı sıra yeraltı suyunun beslenmesi, su akışını destekleme ve hayvanların su ihtiyacını karşılamak amacıyla da kullanılabilir. Küresel ısınmanın olumsuz etkisi ile kullanılabilir su kaynakları tükenmektedir. Aynı zamanda suyun özellikle insan faaliyetleri ile aşırı kullanılması, kaliteli suya ulaşımı giderek zorlaştırmaktadır. Kullanılabilir suyun yeniden tüketimi ile ilgili dünyada birçok çalışma yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalardan öne çıkanlardan bir tanesi, tarımsal sulamada atık suların dezenfekte edilerek veya dezenfekte edilmeyerek kullanılması yönündedir (Özbay ve Kavaklı, 2008). Kullanıldıktan sonra atık su haline geçen suların arıtılması ve yüzey sularına deşarj edilmesi ile ilgili olarak yapılması gerekenler Türkiye’de “Atıksu Arıtım Tesisleri Teknik Usuller Tebliği” ile belirtilmiştir (Resmi Gazete Sayısı: 27527, 2010).

Dünyanın en önemli sorunlarından birinin su kirliliği olduğu bilinmektedir. Türkiye’nin de Trakya Bölgesinde su kirliliği oranı hızlı kentleşmeye, nüfus artışına ve sanayileşmeye bağlı olarak giderek artış göstermektedir. Bölgedeki kontrolsüz tüketilen su nedeniyle yer üstü ve yer altı su kaynaklarının azaldığı düşünülmektedir. En önemli su kirliliğinin olduğu Ergene Nehri, denetimsiz bir şekilde sanayileşmenin ilerlediği Trakya Bölgesi için bir örnektir. Türkiye’de kişi başına su kullanım miktarının en aza düştüğü bölgelerden biri Trakya Bölgesidir. Buna rağmen bölgenin evsel, endüstriyel su kullanım ihtiyaçları belirlenerek planlama, modernleştirme, takip ve değerlendirme çalışmaları yapılmamaktadır. Bu durum ülkemiz için önemli olan tarımsal sulama için kullanılan su kaynaklarını tehdit etmektedir (İstanbuluoğlu ve ark., 2006). Ergene Nehrinde su kalitesinin iyileştirilmesi, Meriç-Ergene Havzasının korunması amacıyla 2006 yılından itibaren geliştirilen “Meriç-Ergene Havzası Koruma Eylem Planları” kapsamında ana hedeflerden bazıları; Ergene nehri ve kollarında uzun vadede Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan Kıta İçi Su Kaynakları Sınıflarına göre 2. sınıf kalite kriterlerine uygun suya ulaşmak, belediyelerin atık su arıtma tesislerini kurması, ortak endüstriyel arıtmaya geçilmesi, tarımsal kaynaklı kirliliğin kontrol edilmesi ve atık su arıtma tesislerinden çıkan suların tarımsal amaçlı kullanılabilmesidir. Meriç-Ergene Havzası Koruma Eylem

Planı kapsamında havza içerisinde yer alan ve 20.000 nüfusun üzerindeki 12 adet belediyeden biri olan Kırklareli ili merkez evsel atık su arıtma tesisi DSİ tarafından tamamlanarak 2017 yılında Kırklareli Belediyesine devredilmiştir. Atıksuların geri kazanımına ilişkin ulusal düzeydeki yasal düzenlemeler uzun süreden beri mevcut olmasına karşın, ülkemizde arıtılmış atıksuların tarımda yeniden kullanım uygulamaları kısıtlı sayıdadır (Saraoğlu, 2014). Büyük miktarda atık su deşarjı ve atık suyun geri kazanımındaki eksiklikler, atık suyun yeniden kullanımı için büyük bir potansiyele sahip olduğunu ancak konunun daha ciddi ele alınması gerektiğini göstermektedir (Demir ve ark., 2017). Geri kazanılmış suyun tarımsal amaçlı kullanıma uygun olup olmadığı birçok faktöre bağlı olup uygunluğu iyi belirlenmelidir.

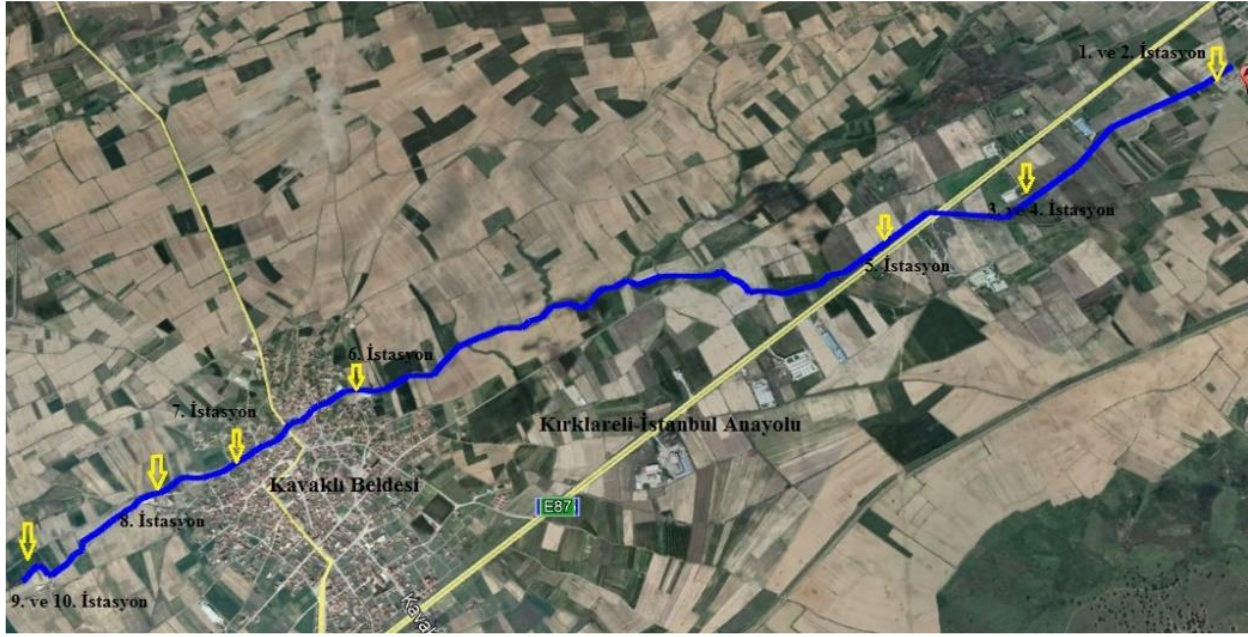
Bu çalışmanın temel amacı, Kırklareli Deresi ve arıtma tesislerinden salınan suların, sulama suyu kalitesi ve kirlilik durumunu belirlemek, ayrıca tarımsal sulama için kullanım durumunu ortaya koymaktır. Söz konusu çalışmada, Kırklareli dere güzergâhında yer alan evsel-endüstriyel atık su arıtma tesislerinden çıkan ve dereye deşarj edilen suların kalitesi “Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” kriterlerine göre sınıflaması yapılarak, suların tarımsal amaçlı kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Materyal ve yöntem

Araştırma Alanının Yeri, Su Örneklerinin Alınması Ve Analiz Yöntemleri

Araştırma, Kırklareli deresinde Kırklareli Merkez Atık Su Arıtma Tesisinden başlayarak Kırklareli/Kavaklı Kısmi Kanalizasyon ve Atıksu Arıtma Tesisine kadar yaklaşık 7 km’lik bir alanda tarımsal sulamaya uygunluğu araştırılmak üzere 10 farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir. Bu istasyonlar Çizelge 1’de gösterilmiştir. İstasyonları seçiminde derenin beşeri kullanımları, üzerinde kurulu olan su arıtma tesisleri, tekstil fabrikası, mandıra, ıslah çalışmaları, yol kenarına olan yakınlığı, tarım arazilerindeki ürünler ve tarımda kullanılabilecek gübreler dikkate alınmıştır. Belirlenen istasyonlardan su örneklemeleri 2018 yılı içinde mevsimsel olarak birer kez yapılmıştır. Kış mevsimi için Şubat ayındaki örneklemelerin değerleri, ilkbahar mevsimi için Mart-Nisan-Mayıs aylarındaki örneklemelerin ortalama değerleri, yaz mevsimi için Haziran-Temmuz aylarındaki örneklemelerin ortalama değerleri, sonbahar mevsimi için Ekim ayındaki örneklemelerin değerleri kullanılmıştır. Belirlenen istasyonların harita üzerinde gösterimi Şekil 1’de verilmiştir.

pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen (DO), Toplam Çözülmüş Madde (TDS) değerleri arazi koşullarında çok kanallı Eijkelkamp Portable Multiparameter Sensor AP800 ile ölçülmüştür. Su örneklerinin analizleri Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır. Su analiz parametreleri ve analiz yöntemleri Çizelge 2’de verilmiştir (Gülocak, 2019).



Şekil 1. Kırklareli deresi üzerinde belirlenen istasyonların harita üzerindeki gösterimi (Gülocak, 2019).
Figure 1. The representation of the stations determined on the Kırklareli creek on the map (Gülocak, 2019).

Çizelge 1. Örnekleme yapılan istasyonlar.

Table 1. The stations from which the samples were taken.

No	Örnek Alınan Yerin Adı
3	Dere kenarında bir tekstil fabrikası öncesi
4	Dere kenarında bir tekstil fabrikası sonrası
5	Dere üzerinden geçen Kırklareli-İstanbul anayolu yanı
6	Kırklareli/ Kavaklı Beldesi yerleşim alanı öncesi
7	Kırklareli/Kavaklı Beldesi yerleşim alanı sonrası
8	Kavaklı Beldesi birkaç mandıra tesisi sonrası
9	Kırklareli/Kavaklı Kısmi Kanalizasyon ve Atıksu Arıtma Tesisi öncesi
10	Kırklareli/Kavaklı Kısmi Kanalizasyon ve Atıksu Arıtma Tesisi sonrası

Çizelge 2. Su analiz parametreleri ve analiz yöntemleri (Gülocak, 2019).

Table 2. Water analysis parameters and analysis methods (Gülocak, 2019).

Parametreler	Analiz Yöntemleri
pH Sıcaklık°C Elektriksel İletkenlik (EC) Çözünmüş Oksijen (DO) Toplam Çözünmüş Madde (TDS)	Eijkelkamp Portable Multiparameter Sensor AP800
Karbonat (CO ₃) Bikarbonat (HCO ₃) Askıda Katı Madde (AKM)	Tüzüner'in 1990 yılında hazırladığı Toprak ve Su Analiz Laboratuvar El Kitabı
Kalsiyum (Ca) Magnezyum (Mg) Potasyum (K) Sodyum (Na) Fosfor (P)	ICP-OES (endüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi)
Klorür İyonu (Cl ⁻) Sülfat İyonu (SO ₄ ²⁻) Amonyum Azotu (NH ₄ ⁺ N) Nitrat İyonu (NO ₃ ⁻) Nitrit İyonu (NO ₂ ⁻)	Standart metot- 4500- Cl ⁻ - F Standart metot- 4500- SO ₄ ²⁻ -B Standart metot-4500- NH ₄ ⁺ -C Standart metot-4500- NO ₃ ⁻ -C, Standart metot-4500-NO ₂ ⁻ -C

Su örneklerinden elde edilen sonuçlar, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde yer alan Kıta İçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına göre değerlendirilmiştir. Su örnekleri analiz sonuçlarının sulama suyu kalitesi açısından değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerler ve parametreler ise Çizelge 3'de verilmiştir (Resmi Gazete,

13.02.2008, sayı: 26786). Örnekleme ve değerlendirme 2018 yılı içinde mevsimsel olarak birer kez yapılmıştır. Ayrıca sulama suları tuzluluk ve sodyumluluk zararları göz önüne alınarak da bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme ABD tuzluluk laboratuvarı sınıflandırma sistemine göre yapılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kıta_ıçı su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Resmi Gazete, 13.02.2008, sayı: 26786) ve ABD tuzluluk laboratuvarı sınıflandırma sistemi.

Table 3. Quality criteria according to the classes of inland water resources (Official Gazette, 13.02.2008, issue: 26786) and USA salinity laboratory classification system.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0,2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0,002	0,01	0,05	> 0,05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0,02	0,16	0,65	> 0,65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
ABD tuzluluk laboratuvarı sınıflandırma sistemine göre				
Sulama Suyu Sınıfı	C1S1	C1S2, S2C2, C2S1	C1S3, C2S3, C3S3, C3S2, C3S1	C1S4, C2S4, C3S4, C4S4, C4S3, C4S2, C4S1
EC, µS cm	0-250	250-750	750-2000	2000-3000
SAR	<10	10-18	18-26	>26

İstatistiksel Analizler

Araştırma kapsamında, incelenen parametrelerin ölçülen değerleri bakımından ay ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılığın bulunup bulunmadığı tekrarlanan ölçümlü deneme düzeninde varyans analizi tekniği kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde küresellik varsayımının sağlanıp sağlanmadığı Mauchly testi ile analiz edilmiştir. Küresellik varsayımının sağlanmadığı durumlarda Greenhouse and Geisser and Huynh and Feldt düzeltmelerinden yararlanılmıştır. Bahsi geçen yöntemde, istatistiksel açıdan önemli bulunan farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığının belirlenmesinde Bonferroni çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında örneklerin temin edildiği istasyonlarda ölçümlenen parametrelerin ortalamaları arasındaki farklılık tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Analizler için normallik varsayımı Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk testleri ile; varyansların homojenliği ise Levene testi ile incelenmiştir. Normallik varsayımının sağlanmadığı durumlarda veriler Logaritmik transformasyona tabi tutulmuştur. Tek yönlü varyans analizi kapsamında istatistiksel açıdan önemli bulunan farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığının belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. Parametreler arasındaki korelasyon Pearson korelasyon katsayısı ile değerlendirilmiştir. Analizlerde tip 1 hata seviyesi 0,05 olarak belirlenmiştir. Analizler SPSS 23.0 istatistiksel paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Gülocağ, 2019).

Bulgular ve Tartışma

Su Örneklerinin Kıta_ıçı Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Açısından Sınıflandırılması

Çalışma kapsamında farklı dönemlerde alınan Kırklareli Deresi su örneklerinin mevsimsel olarak bazı fiziksel ve inorganik-kimyasal analiz sonuçları Kıta İçı Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırma sistemine göre kalite kriterleri Çizelge 4'te, istasyonlar bazındaki sınıflandırmalar ise Çizelge 5a, b'de verilmiştir.

Kırklareli Deresinin mevsimsel olarak fiziksel ve inorganik kimyasal özellikleri KYSKK'ya göre kalite kriterleri incelendiğinde; pH ve sülfat iyonu parametreleri açısından I. sınıf kalitede, EC ve nitrat parametreleri açısından III. sınıf kalitede, florür iyonu açısından II. sınıf kalitede olduğu gözlenirken, çözünmüş oksijen, nitrit, amonyum azotu, fosfor açısından IV. Sınıf kalitede olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Kırklareli Deresinin istasyonlar bazında fiziksel ve inorganik kimyasal özelliklerinin KYSKK'ya göre kalite kriterleri incelendiğinde; nitrat parametresi özellikle 9. ve 10. istasyonlarda ciddi artış göstermiştir (Çizelge 5a, b). Diğer istasyonlarda nitrat değeri kalite kriterlerine bakıldığında 1. sınıf kalite sınıfının yani 5 mg/L'nin altında kalmıştır. 9. ve 10. İstasyonlarda bu değer 10 katına çıkarak önemli bir artış göstermiştir. Bu artışın sebebinin Kavaklı tarım arazilerinde çiftçilerin sulama yöntemi olarak salma sulamayı tercih etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4. Su örneklerinin mevsimsel olarak fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için KYSKK'ya ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılması (Gülocak, 2019).

Table 4. Classification of water samples according to CPCB and USA Salinity Laboratory Classification system for seasonal physical and inorganic-chemical parameters. (Gülocak, 2019).

Parametreler	Mevsim				KYSKK
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	
pH	7,50	7,28	7,34	7,57	I
EC (µS/cm)	758,70	974,17	802,75	1023,50	III
Çözünmüş oksijen (mg/L)	4,49	3,38	2,24	1,83	IV
Kalsiyum(Ca) (mg/L)	104,51	108,43	85,24	105,26	
Magnezyum (Mg) (mg/L)	16,21	16,43	14,20	16,51	
Sodyum (Na) (mg/L)	55,72	65,83	70,33	73,27	
Potasyum (K) (mg/L)	18,88	26,70	23,75	25,73	
Karbonat (CO ₃ ²⁻)(me/L)	0	0	0	0	
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)(me/L)	4,22	4,79	4,36	5,88	
Klor (Cl ⁻) (me/L)	2,10	2,78	2,07	3,67	
Nitrit (NO ₂ -N) (mg/L)	0,44	0,51	0,00	0,10	IV
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/L)	12,54	11,23	5,58	5,52	III
Amonyum (NH ₄ -N) (mg/L)	18,65	20,15	14,53	13,74	IV
Sülfat (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	102,39	114,07	86,20	77,78	I
Fosfor (P) (µg/L)	328,74	1720,73	2328,05	2517,82	IV
Fosfat (PO ₄ ³⁻) (mg/L)	0,40	2,21	2,17	1,79	
Bromür (Br ⁻)(mg/L)	0,11	0,19	0,22	1,77	
Florür (F ⁻)(mg/L)	0,26	0,92	0,31	1,01	II
AKM (mg/L)	0,06	0,04	0,07	0,05	
TDS (mg/L)	536,80	615,80	519,35	604,20	
Sertlik(mg CaCO ₃ /L)	18,32	18,93	15,18	19,07	
RSC(me/L)	-2,33	-1,98	-1,05	-0,94	
SAR	1,35	1,62	1,86	1,81	

Çizelge 5a. Su örneklerinin istasyonlar bazında fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için KYSKK'ya ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılması (Gülocak, 2019).

Table 5a. Classification of water samples according to KYSKK and USA Salinity Laboratory Classification system for physical and inorganic-chemical parameters on the basis of stations. (Gülocak, 2019).

Parametreler	İstasyonlar					KYSKK
	1	2	3	4	5	
pH	7,57	6,95	7,18	7,28	7,27	I
EC (µS/cm)	1101,57	817,33	822,14	813,71	746,71	III
Çözünmüş oksijen (mg/L)	3,16	3,67	3,33	2,81	2,27	IV
Kalsiyum(Ca) (mg/L)	80,27	82,27	81,83	84,93	79,72	
Magnezyum (Mg) (mg/L)	16,68	13,95	13,06	13,60	12,91	
Sodyum (Na) (mg/L)	93,35	79,32	69,23	65,06	60,64	I
Potasyum (K) (mg/L)	37,92	19,11	21,19	20,21	18,97	
Karbonat (CO ₃ ²⁻)(me/L)	0	0	0	0	0	
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)(me/L)	5,28	4,18	4,18	4,25	4,23	
Klor (Cl ⁻) (me/L)	2,96	2,40	2,53	2,41	2,14	
Nitrit (NO ₂ -N) (mg/L)	0	0,17	0,35	0,49	0,33	IV
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/L)	0,03	2,62	0,95	1,30	1,17	IV
Amonyum (NH ₄ -N) (mg/L)	56,16	9,49	11,85	10,99	12,01	IV
Sülfat (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	97,99	122,20	87,93	95,98	94,07	I
Fosfor (P) (µg/L)	5432,84	962,11	1917,52	1599,09	1663,07	IV
Fosfat (PO ₄ ³⁻) (mg/L)	5,87	0,78	2,01	1,63	1,67	
Bromür (Br ⁻)(mg/L)	0,15	0,55	0,07	0,05	0,05	
Florür (F ⁻)(mg/L)	0,40	0,24	0,50	2,54	0,36	IV
AKM (mg/L)	0,11	0,08	0,05	0,03	0,03	
TDS (mg/L)	762,85	545,50	504,71	475,14	475,42	
Sertlik(mg CaCO ₃ /L)	15,86	14,70	14,44	15,00	14,11	
RSC (me/L)	-0,38	-1,00	-0,97	-1,10	-0,84	
SAR	2,44	2,14	1,89	1,74	1,67	
	I. Sınıf		II. Sınıf		III. Sınıf	

Çizelge 5b. Su örneklerinin istasyonlar bazında fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için KYSKK'ya ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılması (Gülocak, 2019).

Table 5b. Classification of water samples according to KYSKK and USA Salinity Laboratory Classification system for physical and inorganic-chemical parameters on the basis of stations. (Gülocak, 2019).

Parametreler	İstasyonlar					KYSKK
	6	7	8	9	10	
pH	7,45	7,39	7,39	7,40	7,74	I
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	697,37	770,16	828,85	1224,66	1327,50	III
Çözünmüş oksijen (mg/L)	2,27	2,45	3,36	3,02	3,64	IV
Kalsiyum(Ca) (mg/L)	84,94	90,27	93,33	173,51	175,00	
Magnezyum (Mg) (mg/L)	13,20	13,53	13,95	23,70	25,11	
Sodyum (Na) (mg/L)	50,16	56,32	64,46	62,93	70,32	I
Potasyum (K) (mg/L)	14,36	16,35	26,14	35,67	39,14	
Karbonat (CO_3^{2-})(me/L)	0	0	0	0	0	
Bikarbonat (HCO_3^-)(me/L)	4,14	4,49	4,24	6,47	6,28	
Klor (Cl^-) (me/L)	1,75	2,05	2,41	3,86	4,09	
Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) (mg/L)	0,17	0,17	0,18	0,25	0,82	IV
Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) (mg/L)	2,44	1,74	1,98	33,98	48,13	IV
Amonyum ($\text{NH}_4\text{-N}$) (mg/L)	10,34	10,71	12,14	16,63	21,71	IV
Sülfat (SO_4^{2-}) (mg/l)	76,90	77,42	79,99	120,91	150,49	I
Fosfor (P) ($\mu\text{g}/\text{L}$)	935,32	1260,45	1966,56	1334,81	831,50	IV
Fosfat (PO_4^{3-}) (mg/L)	1,13	1,24	1,19	1,92	1,36	
Bromür (Br^-)(mg/L)	2,00	0,21	0,35	0,31	0,34	
Florür (F^-)(mg/L)	0,81	0,23	0,95	0,25	0,39	IV
AKM (mg/L)	0,04	0,04	0,04	0,07	0,02	
TDS (mg/L)	461,00	487,66	485,42	811,83	792,50	
Sertlik(mg CaCO_3/L)	14,90	15,73	16,25	29,67	30,23	
RSC (me/L)	-1,14	-1,12	-1,56	-4,12	-4,51	
SAR	1,31	1,44	1,61	1,17	1,31	
		IV. Sınıf				

Kontrolsüz şekilde yapılan salma sulama yönteminden dolayı arazilerde kullanılan azotlu gübrelerin dereye taşınması sebebi ile nitrat değerinin artmış olabileceği düşünülmektedir.

Aşırı nitrat sularda, toprakta ve bitkilerde fazla miktarlarda birikebilmektedir. Nitratın, nitroz bileşiklere dönüşerek kanserojen etki yapabildiği belirlenmiştir. Sindirim sisteminde de kanser riskini artırdığı ve idrar yollarında rahatsızlıklara yol açtığı belirlenmiştir (Pontius, 1993; Wasik ve ark., 2001). Bu nedenle Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği dikkate alınarak profesyonel düzeyde acil önlem alınması gerekmektedir.

Azot yıkanmasını azaltarak sudaki nitrat, nitrit ve amonyum azotu parametrelerini düşürmek için uygulanan gübre ve sulama zamanlamalarını, aralıklarını ve dozlarını bitki gelişim dönemlerine ve toprağın hidrolik özelliklerine göre planlayarak hareket edilmesi gerekmektedir (Ünlü ve ark., 1999).

9. ve 10. İstasyonlarda nitratın yanı sıra EC parametresinde de bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış diğer istasyonlarda II. sınıf kalitede yer alan EC parametresinin III. sınıf kaliteye yükselmesine sebep olmuştur (Çizelge 5a, b). Sulama suyundaki EC'nin artışı toprak tuzluluğunu etkileyebilmektedir. Topraktaki tuz miktarı bitki gelişimini doğrudan ya da dolaylı etkilemektedir. Tuz konsantrasyonunun artması osmotik basıncı arttıracığı için bitkinin topraktan su alımını zorlaştırmaktadır. Artan tuzluluk miktarının bitki gelişimini olumsuz etkileyen yönlerinden biri de özel iyon etkisidir. Özel iyon etkisi temel bitki besin elementlerini bitkilerin düzgün bir şekilde

almasını olumsuz yönde etkilemektedir. Topraktaki tuzluluk oranını düşürmek için yıkama yapılmalıdır. Yıkama için sulama suyuna istenilen tuz konsantrasyonuna göre su hacmi eklenerek sulama yapılan zamanların ortasında ya da sonunda sulama yapılmalıdır. Tuzluluğu önleyebilmenin en önemli şartı topraktaki su hareketinin aşağıdan yukarıya olmasını önlemektir (Ekmekçi ve ark., 2005).

Fosfor tüm istasyonlarda IV. sınıf kalitededir (Çizelge 5a, b). Fosfor, hücre bölünmesi, çiçek ve meyve oluşumunda önemli rol oynar. Fosforun fazla olması ötrofikasyona sebep olabilmektedir. Gübrelerden kaynaklı olarak yağış sularıyla akarsuya önemli miktarda fosfor taşınmaktadır. Fosforun sucul bitkilerin yaşamını en fazla etkileyen bir besin elementi olduğu bilinmektedir. Fosfor kirliliği ile yüzey sularında alg gelişimi oldukça hızlanır ve suda yaşayan diğer bitki ve hayvanlarda büyümeyi önleyecek bir seviyeye ulaşabilmektedir. Bu durum sudaki çözünmüş oksijen miktarını da azaltmaktadır (Walker, 2004; Roland ve ark., 1993). Atıksu arıtma tesislerindeki biyolojik ve kimyasal fosfor giderimlerinin artırılması ve gübre uygulamalarının, sulama zamanlarının doğru yönetilmesi ile çalışılan akarsuyun fosfor miktarının azaltılabileceği düşünülmektedir. Sulama sularının sınıflandırılmasında ABD Tuzluluk Laboratuvar Sınıflandırma Sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Sisteme göre EC ve SAR değerleri dikkate alınmıştır. Sular EC değerlerine göre dört sınıfa ayrılmıştır. Bunlar 0-250 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ (C1), 250-750 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ (C2), 750-2250 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ (C3) ve 2250 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ 'den fazla (C4) olan sulardır. SAR değerlerine göre ise sulama suları; 1. sınıf

(S1) az sodyumlu sular, 2. sınıf (S2) orta sodyumlu sular, 3. sınıf (S3) yüksek sodyumlu sular, 4. sınıf (S4) çok yüksek sodyumlu sular olmak üzere yine dört gruba ayrılmaktadır (Sağlam ve Adiloğlu, 1997). İncelenen su örneklerinin EC değerleri 750-2250 mS/cm arasında değişmektedir. Alınan su örnekleri ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırma Sistemi'ne göre hem mevsimsel olarak hem de istasyonlar bazında C3S1 sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Bu sınıflandırmayı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ndeki değerlerle karşılaştırdığımızda; C3S1 sınıfına giren örneklerin III. sınıf su (kullanılabilir) kalitesinde olduğu görülmektedir. C3 sınıfındaki sular yüksek tuz konsantrasyonu içermektedir. Sürekli kullanılmaları halinde tuzluluk problemi yaratabilirler. Bunu önlemek için sürekli yıkama uygulanması gerekmektedir. Yetiştirilecek bitkilerin tuza dayanıklı olması da önemlidir.

Sonuç olarak çalışmamızda elde ettiğimiz veriler KYSKK'ya göre yüksektir. Genel değerlendirmeye göre Kırklareli Deresi KYSKK'ya göre IV. sınıf kalitede yer alırken, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırma sistemine göre C3S1 sınıfında yer almaktadır.

Su Örneklerinin Tekrarlanan Ölçümlü Deneme Düzeninde Varyans Analizi

Su örneklerinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için tekrarlanan ölçümlü deneme düzeninde varyans analizi sonuçları Çizelge 6'te verilmiştir. Çalışma kapsamında su örneklerinin ay ortalamaları arasında ve istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılığın bulunup bulunmadığı araştırılmıştır.

Tekrarlanan ölçümlü deneme düzeninde varyans analizi sonuçları pH ölçüm değerleri bakımından mevsim ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılığın bulunduğunu göstermektedir ($P<0,05$). Araştırma bulguları, en düşük pH değerinin İlkbahar mevsiminde 7,28, en yüksek değer ise Sonbahar mevsiminde 7,57 olarak ölçüldüğünü göstermektedir (Çizelge 6). Çalışmamızda, evsel ve endüstriyel atıkların fazlaca etkilendiği pH değerinin, yağışın az olduğu mevsimlerde azaldığı, yağışın fazlalaşmaya başladığı mevsimlerde ise yükseldiği görülmüştür. Bu durum yağışa bağlı olarak toprak yıkanmasının artması veya azalması ile ilişkilendirilmiştir.

Çözünmüş Oksijen değerleri bakımından mevsim ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($P<0,05$). Araştırma bulguları, en düşük çözünmüş oksijen değerinin Sonbahar mevsiminde 1,827 mg/L, en yüksek değer ise Kış mevsiminde 4,493 mg/L olarak ölçüldüğünü göstermektedir. Sonbaharda örnekleme çalışması 2018 Ekim ayında sıcaklık değeri ortalama 21°C ve yağış yok iken tuzluluk oranı artış göstermiş olup, 2018 Şubat ayında sıcaklık ortalama 7-8°C ve yağış oranı 20 mm'nin üzerinde iken tuzluluk oranı inme yönünde eğilim göstermiştir. Sıcaklık ve tuzluluk artışı oldukça çözünmüş oksijen değeri azalacağı için aradaki bu farklılık normal olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızdaki örnek aldığımız derenin akış hızının da çok az olduğu bilgisi ile tıpkı durgun sular gibi geç ısınıp geç soğuması, çözünmüş oksijen değerinin en düşük Sonbahar mevsiminde görülmesine sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 6. Su örneklerinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için tekrarlanan ölçümlü deneme düzeninde varyans analizi sonuçları (Gülocak, 2019).

Table 6. The results of the variance analysis for the physical and inorganic-chemical parameters of water samples in a trial scheme with repeated measurements on a seasonal basis (Gülocak, 2019).

Parametreler	Mevsim			
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
pH	7,499±0,0751ab	7,28±0,0793b	7,336±0,0784ab	7,572±0,0714a
EC (µS/cm)	758,7±96,448	974,167±72,931	802,75±36,134	1023,5±99,121
Çözünmüş oksijen (mg/L)	4,493±0,3857a	3,377±0,2657ab	2,242±0,3196bc	1,827±0,4260c
Kalsiyum(Ca) (mg/L)	104,511±13,972	108,427±12,286	85,2367±5,8570	105,262±16,705
Magnezyum (Mg) (mg/L)	16,209±1,7599	16,425±1,6023	14,199±0,6384	16,511±1,8468
Sodyum (Na) (mg/L)	55,721±6,0693	65,826±4,6678	70,329±7,0099	73,265±2,8111
Potasyum (K) (mg/L)	18,877±3,6295	26,695±4,4472	23,746±3,2952	25,733±3,3639
Karbonat (CO ₃ ²⁻)(me/L)	0	0	0	0
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)(me/L)	4,217±0,3637	4,786±0,2438	4,362±0,2191	5,875±0,7218
Klor (Cl ⁻) (me/L)	2,098±0,3421b	2,778±0,2504ab	2,072±0,1545b	3,667±0,4054a
Nitrit (NO ₂ -N) (mg/L)	0,4417±0,1744ab	0,51±0,0699a	0±0c	0,1±0,1bc
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/L)	12,5427±6,1273	11,232±6,1962	5,5763±3,5775	5,5185±5,2537
Amonyum (NH ₄ -N) (mg/L)	18,646±3,8949	20,151±7,7163	14,529±3,5973	13,738±3,8653
Sülfat (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	102,388±11,089ab	114,069±8,2827a	86,2045±9,2337ab	77,776±7,1956b
Fosfor (P) (µg/L)	328,741±277,55b	1720,725±394,87ab	2328,0514±519,82a	2517,817±701,76a
Fosfat (PO ₄ ³⁻) (mg/L)	0,397±0,2386	2,209±0,5186	2,169±0,5522	1,794±0,6828
Bromür (Br ⁻)(mg/L)	0,107±0,0441	0,187±0,0390	0,216±0,0757	1,774±1,2817
Florür (F ⁻)(mg/L)	0,26±0,0145	0,918±0,4080	0,314±0,0605	1,01±0,3954
AKM (mg/L)	0,0632±0,0144	0,044±0,0102	0,0676±0,0185	0,0452±0,0067
TDS (mg/L)	536,8±61,806	615,799±50,332	519,35±31,473	604,2±70,091
Sertlik (mg CaCO ₃ /L)	18,319±2,3458	18,932±2,0542	15,182±0,9543	19,073±2,6732
RSC(me/L)	-2,326±0,5537	-1,975±0,5617	-1,054±0,2835	-0,936±0,2730
SAR	1,347±0,1147	1,617±0,1385	1,862±0,2101	1,806±0,1082

*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0,05$).

Çizelge 7. Su örneklerinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için tek yönlü varyans analizi sonuçları (Gülocağ, 2019).
Table 7. The results of one-way analysis of variance on the basis of station for physical and inorganic-chemical parameters in water samples (Gülocağ, 2019).

Parametreler	İstasyonlar				
	1	2	3	4	5
pH	7,57±0,08ab	6,95±0,05c	7,18±0,07bc	7,2814±0,07bc	7,27±0,06bc
EC (µS/cm)	1101,57±128,27abc	817,33±23,47bcd	822,14±44,39bcd	813,71±39,57cd	746,71±44,62cd
Çözünmüş oksijen (mg/L)	3,16±0,37	3,67±0,36	3,33±0,10	2,8143±0,48	2,27±0,39
Kalsiyum(Ca) (mg/L)	80,27±6,84b	82,27±8,03b	81,83±6,09b	84,93±6,35b	79,72±6,61b
Magnezyum (Mg) (mg/L)	16,68±1,62b	13,95±1,18b	13,06±0,79b	13,60±1,001b	12,91±0,93b
Sodyum (Na) (mg/L)	93,3486±16,98	79,32±6,37	69,23±6,33	65,06±5,10	60,64±5,65
Potasyum (K) (mg/L)	37,92±16,47	19,11±1,96	21,1857±2,91	20,21±2,65	18,97±2,29
Karbonat (CO ₃ ²⁻)(me/L)	0	0	0	0	0
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)(me/L)	5,28±0,27abc	4,18±0,29bc	4,18±0,24c	4,2467±0,40bc	4,23±0,25bc
Klor (Cl ⁻) (me/L)	2,96±0,65abc	2,40±0,16abc	2,53±0,21abc	2,4134±0,21abc	2,14±0,20bc
Nitrit (NO ₂ -N) (mg/L)	0,004±0,004	0,17±0,16	0,35±0,28	0,4923±0,28	0,33±0,28
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/L)	0,03±0,016b	2,62±1,60b	0,95±0,60b	1,2961±0,62b	1,17±0,73b
Amonyum (NH ₄ -N) (mg/L)	56,16±24,041a	9,49±3,01b	11,85±1,80b	10,9943±1,99b	12,01±2,25b
Sülfat (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	97,99±14,26b	122,20±11,55ab	87,93±5,41b	95,9762±5,39b	94,07±9,40b
Fosfor (P) (µg/L)	5432,84±644,41a	962,11±494,61b	1917,52±420,22b	1599,0871±344,79b	1663,07±364,91b
Fosfat (PO ₄ ³⁻) (mg/L)	5,87±1,06a	0,78±0,30b	2,008±0,35b	1,63±0,38b	1,67±0,41b
Bromür (Br ⁻)(mg/L)	0,151±0,033	0,546±0,238	0,07±0,012	0,051±0,015	0,052±0,019
Florür (F ⁻)(mg/L)	0,404±0,059	0,238±0,018	0,5±0,194	2,541±1,720	0,358±0,142
AKM (mg/L)	0,106±0,029a	0,08±0,02ab	0,05±0,01ab	0,03±0,006ab	0,03±0,008ab
TDS (mg/L)	762,85±120,31a	545,5±33,69ab	504,71±33,01b	475,14±41,52b	475,42±28,05b
Sertlik (mg CaCO ₃ /L)	15,86±1,02b	14,70±1,37b	14,44±1,01b	15±1,10b	14,11±1,12b
RSC(me/L)	-0,38±0,13a	-1,0±0,29a	-0,97±0,31a	-1,10±0,41a	-0,84±0,26a
SAR	2,44±0,46a	2,14±0,15ab	1,89±0,16ab	1,74±0,13ab	1,67±0,14ab
Parametreler	İstasyonlar				
	6	7	8	9	10
pH	7,45±0,10ab	7,39±0,13ab	7,39±0,12ab	7,40±0,07ab	7,74±0,03a
EC (µS/cm)	697,37±62,49d	770,16±73,71cd	828,85±98,95bcd	1224,66±160,29ab	1327,5±103,61a
Çözünmüş oksijen (mg/L)	2,27±0,66766	2,4467±0,87	3,36±0,86	3,02±0,82	3,6383±0,9358
Kalsiyum(Ca) (mg/L)	84,94±7,03b	90,27±9,19b	93,3259±9,32b	173,51±21,49a	175±17,07a
Magnezyum (Mg) (mg/L)	13,20±0,99b	13,53±1,16b	13,95±1,20b	23,70±2,34a	25,1143±1,48a
Sodyum (Na) (mg/L)	50,16±7,27	56,32±9,03	64,46±10,80	62,93±7,75	70,32±3,71296
Potasyum (K) (mg/L)	14,36±2,09678	16,35±2,58	26,1408±11,33	35,67±4,54	39,14±2,05
Karbonat (CO ₃ ²⁻)(me/L)	0	0	0	0	0
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)(me/L)	4,14±0,30c	4,49±0,26048abc	4,2374±0,42bc	6,47±0,80a	6,28±0,82ab
Klor (Cl ⁻) (me/L)	1,75±0,25c	2,048±0,31454bc	2,4146±0,39abc	3,8643±0,61707ab	4,0893±0,51a
Nitrit (NO ₂ -N) (mg/L)	0,17±0,12	0,1667±0,16	0,1754±0,14	0,2465±0,16979	0,82±0,39
Nitrat (NO ₃ -N) (mg/L)	2,438±0,79b	1,741±0,88225b	1,9804±0,92b	33,98±12,86a	48,13±7,05a
Amonyum (NH ₄ -N) (mg/L)	10,34±2,43b	10,71±3,17b	12,1357±3,18b	16,63±7,3424ab	21,71±9,23ab
Sülfat (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	76,90±7,28b	77,42±11,74b	79,9942±10,30b	120,91±16,78ab	150,49±12,11a
Fosfor (P) (µg/L)	935,32±258,82b	1260,45±260,64b	1966,56±949,50b	1334,81±438,08b	831,5±229,8b
Fosfat (PO ₄ ³⁻) (mg/L)	1,1303±0,31359b	1,24±0,38b	1,1863±0,33363b	1,92±0,47b	1,3584±0,157b
Bromür (Br ⁻)(mg/L)	2,001±1,868	0,205±0,077	0,352±0,216	0,306±0,029	0,343±0,017
Florür (F ⁻)(mg/L)	0,811±0,384	0,231±0,015	0,945±0,679	0,25±0,008	0,385±0,134
AKM (mg/L)	0,04±0,005ab	0,038±0,006ab	0,0366±0,006ab	0,07±0,03ab	0,0153±0,004b
TDS (mg/L)	461±24,05203b	487,66±29,23b	485,42±48,5b	811,83±52,92a	792,5±74,50a
Sertlik (mg CaCO ₃ /L)	14,90±1,19b	15,73±1,54b	16,25±1,57b	29,67±3,52a	30,23±2,69a
RSC(me/L)	-1,14±0,24a	-1,12±0,31a	-1,56±0,66ab	-4,12±1,23bc	-4,51±0,98c
SAR	1,31±0,15b	1,44±0,19ab	1,61±0,21ab	1,17±0,09b	1,31±0,06b

*Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Cl değerleri bakımından mevsim ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık tespit edilmiştir (P<0,05). Cl parametresi ile ilgili gerçekleştirilen analiz bulgularında yaz ve kış mevsimlerinde ortalamalar arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Araştırma bulguları, en düşük Cl değerinin Yaz mevsiminde 2,072 me/L, en yüksek değer ise Sonbahar mevsiminde 3,667 me/L olarak ölçüldüğünü göstermektedir. Sulama mevsiminin sona ermesi ile Cl değerinde artış gözlemlenmiştir. Aynı şekilde, Arslan ve arkadaşlarının (2011)'de yaptığı bir çalışmada, Cl değerlerinin sulama mevsimi süresince 4,60 me/L ile 10,00 me/L aralığında olduğu, sulama mevsimi sonrasında ise 5,60 me/L ile 28,00 me/L aralığında olduğu belirlenmiştir. Bizim çalışmamızdaki gibi sulama mevsimi sona erdiğinde Cl değerlerinde artış gözlemlenmişlerdir. Bunun nedeni olarak sulama ile tarım arazilerinde

kullanılan Cl içeren gübrelerin yıkanması sonucu akarsuya intikal etmesi şeklinde yorumlanmaktadır.

Nitrit değerleri bakımından mevsim ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık tespit edilmiştir (P<0,05). Araştırma bulguları, en düşük nitrit değerinin Yaz mevsiminde 0 mg/L, en yüksek değer ise İlkbahar mevsiminde 0,51 mg/L olarak ölçüldüğünü göstermektedir. Mevsimsel olarak kış aylarındaki nitrit değeri artışı ilkbahar mevsiminde de devam ettiği görülmüştür. Gedik ve arkadaşları (2010) yaptığı çalışmada, nitrit, nitrat ölçümleri paralel şekilde yaz ayları boyunca diğer aylara göre düşük çıkmıştır. Ortalama nitrit ve nitrat azotu miktarları 0,0012±0,0001 mg/l, 1,36±0,08 mg/L olarak hesaplanmıştır. Yaptığımız çalışmada nitrit değerleri literatür verileri ile paralellik göstermektedir. Tok (1998), nitrifikasyonun optimum sıcaklığının 30-35°C arasında olduğunu buna rağmen bu sıcaklıklarda topraktaki

nitrat derişiminin yine de yüksek olmadığını söylemiştir. Bu durumu, bu koşullarda oluşan nitratin bitki ve mikroorganizmalar tarafından absorbe edilmesi ve yıkanma süreçlerinin etkileri ile derişimin düştüğü şeklinde açıklamıştır.

Sülfat değerleri bakımından mevsim ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($P<0,05$). Sülfat parametresinde ortalamalar arası farklılık İlkbahar mevsiminden kaynaklanmaktadır. Araştırma bulguları, en düşük sülfat değerinin Sonbahar mevsiminde 77,776 mg/L, en yüksek değer ise İlkbahar mevsiminde 114,069 mg/L olarak ölçüldüğünü göstermektedir. Tepe (2009)'da yaptığı bir çalışmada, ortalama sülfat değerini 137 mg/L bulmuştur. Su kalitesi parametrelerinden Sülfat değeri (SO_4^{-2}) doğal sularda 5-100 mg/L arasında değişim gösterir. Doğal su kaynaklarında biyolojik verimin artması için ortamda sülfatın bulunması gerekir. Çalışmada kaydedilen değer yüksek oluşu göl çevresinin ziraata ve yerleşime açık olması sonucuna bağlanmıştır. Bizim çalışmamızda da sülfat değerinin yükselmesi akarsuyun etrafındaki yerleşim yerleri, tarım faaliyetleri ile açıklanabilmektedir.

Fosfor değerleri bakımından mevsim ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($P<0,05$). Fosfor parametresine ilişkin bulgular incelendiğinde Yaz ve Sonbahar mevsimlerine ilişkin ortalamaların aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Araştırma bulguları, en düşük fosfor değerinin Kış mevsiminde 328,741 $\mu\text{g/L}$, en yüksek değer ise Sonbahar mevsiminde 2517,817 $\mu\text{g/L}$ olarak ölçüldüğünü göstermektedir. Çiçek ve Ertan (2012), Antalya Köprüçay Nehrinde yaptığı çalışmada yıl içinde fosforun maksimum değerini 3,71 mg/L, minimum değerini 0,002 mg/L olarak bulmuştur. Artan fosfor, yüzey su kaynaklarında ötrofikasyona neden olmaktadır. Fosfor kirliliğini oluşturan evsel atıklar deterjanlar, kanalizasyon ve gıda ürünleri sayılabilir. Fosfor kirliliğinin çoğunluğunu tarımda kullanılan gübrelerden, volkanik patlamalar sonucu oluşan külteler, göktaşları ve toprak yapısından da kaynaklandığı bildirilmektedir (Tanyolaç, 2000; Egemen 2006).

EC, Ca, Na, K, Bikarbonat, Nitrat, Amonyum, Fosfat, Bromür, Florür, AKM, TDS, Sertlik, RSC, SAR ölçüm değerleri bakımından mevsim ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmamaktadır ($P>0,05$).

Su Örneklerinin Tek Yönlü Varyans Analizi

Su örneklerinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için tek yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Su örneklerinin tek yönlü varyans analizine göre pH, EC, Ca, Mg, Bikarbonat, Klor, Nitrat, Amonyum, Sülfat, Fosfor, Fosfat, AKM, TDS, Sertlik, RSC, SAR parametrelerinde ölçüm yapılan 10 istasyonun en az ikisinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Tespit edilen bu farklılıkların temel sebebinin Kavaklı bölgesindeki arazilerde tarımsal sulamada çiftçilerin sulama yöntemi olarak salma sulamayı (kontrolsüz sulama) tercih etmelerinden dolayı olabileceği düşünülmektedir.

pH ve EC parametrelerinde farklılığa neden olan istasyonun 10 numaralı istasyon olduğu görülebilmektedir.

En düşük pH değeri 2. İstasyonda 6,95, en yüksek değeri 10. İstasyonda 7,74 olarak ölçülmüştür (Çizelge 6). Sıcak yaz aylarında nispeten artan pH değerleri 10. İstasyonda kendini diğer istasyonlara nazaran daha fazla göstermiştir. İstasyon etrafında oldukça fazla bulunan su bitkileri tarafından fotosentezle CO_2 'in tüketilmesi ile pH'nın artmasına neden olduğu tahmin edilmektedir. En düşük EC değeri 6. istasyonda 697,37 $\mu\text{S/cm}$, en yüksek değeri 10. İstasyonda 1327,5 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik sularda çözünmüş halde bulunan anyon ve katyonların göstergesidir. 10. İstasyonda klorür (Cl^-), sülfat (SO_4^{+}) iyonlarının ve nitrat, nitrit miktarlarının artmış olması su içinde iletkenliği de arttırdığı düşünülmektedir.

Ca ve Mg parametrelerine ilişkin tek yönlü varyans analizi bulguları incelendiğinde 9 ve 10 numaralı istasyonların farklılığa neden olan istasyonlar olduğu görülebilmektedir. Burada diğer istasyonlar aynı grup içerisinde yer almıştır. En düşük Ca değeri 5. İstasyonda 79,72 mg/L, en yüksek değeri 10. İstasyonda 175 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük Mg değeri 5. İstasyonda 12,91 mg/L, en yüksek değeri 10. İstasyonda 25,1143 mg/L olarak ölçülmüştür (Çizelge 7). Ca ve Mg değerlerindeki bu değişimin bulunduğu bölgenin toprak yapısının farklılaşması ile olabileceği düşünülmektedir.

Bikarbonat parametresinde 9 ve 10 numaralı istasyonların farklılığa neden olan istasyonlar olduğu görülebilmektedir. En düşük bikarbonat değeri 6. İstasyonda 4,14 me/L, en yüksek değeri 9. İstasyonda 6,47 me/L olarak ölçülmüştür. Bikarbonat değerlerinin aynı günde farklı örnekleme noktalarında farklı değerler göstermesi akarsuyun beslendiği kaynaklarla ilgili olduğu düşünülmektedir.

Cl parametresi bulgularına göre 1, 2, 3, 4 ve 8 numaralı istasyonlara ilişkin mevsim ortalamaları aynı grupta yer almaktadır. En düşük klor değeri 6. İstasyonda 1,75 me/L, en yüksek değeri 10.istasyonda 4,0893 me/L olarak ölçülmüştür. Sulama sularında klor en problemli anyon olarak kabul edilmektedir. 5 me/L'nin altındaki klor konsantrasyonları duyarlı bitkilerin sulanmasında sakınca görülmemektedir (Maas,1990). Çalışmamızdaki en yüksek klor değeri 5 me/L'nin altında kaldığı için istasyonlar arasındaki farklılık önem taşımamaktadır.

Nitrat, TDS ve sertlik parametrelerinde tek yönlü varyans analizi sonucunda 9 ve 10 numaralı istasyonlar aynı grupta yer almışlardır. Burada diğer istasyonlar aynı grup içerisinde yer almıştır. En düşük nitrat değeri 1. İstasyonda 0,03 mg/L, en yüksek değeri 10. İstasyonda 48,13 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük TDS değeri 6. İstasyonda 461 mg/L, en yüksek değeri 9. İstasyonda 811,83 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük sertlik değeri 3. İstasyonda 14,44 mg CaCO_3/L , en yüksek değeri 10. İstasyonda 30,23 mg CaCO_3/L olarak ölçülmüştür.

Sülfat parametresinde istasyon ortalamaları arasındaki farklılık 10 numaralı istasyondan; fosfor, fosfat ve AKM parametrelerinde 1 numaralı istasyondan, istatistiksel açıdan önemli bir farklılık meydana getirmiştir. En düşük sülfat değeri 6. İstasyonda 76,90 mg/L, en yüksek değeri 10. İstasyonda 150,49 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük fosfor değeri 10. İstasyonda 831,5 mg/L, en yüksek değeri 1. İstasyonda 5432,84 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük fosfat değeri 2. İstasyonda 0,78 mg/L, en yüksek değeri 1. İstasyonda 5,87 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük AKM değeri 10. İstasyonda 0,0153 mg/L, en yüksek değeri 1. İstasyonda 0,106 mg/L olarak ölçülmüştür.

RSC parametresinde 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 numaralı istasyonlar aynı grupta yer almışlardır. En düşük RSC değeri 10. İstasyonda -4,51 me/L, en yüksek değeri 1.istasyonda -0,38 me/L olarak ölçülmüştür.

SAR parametresinde ise mevsim ortalamaları arasındaki istatistiksel farklılık 1, 9 ve 10 numaralı istasyondan kaynaklanmıştır. En düşük SAR değeri 9. İstasyonda 1,17, en yüksek değeri 1. İstasyonda 2,44 olarak ölçülmüştür.

Su Örneklerinin Korelasyon Analizi

Su örneklerinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için korelasyon analizi sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde EC parametresinin Mg, Cl ile; Ca parametresinin Mg ve sertlik ile, Mg parametresinin sertlik parametresi ile; Na parametresinin SAR ile istatistiksel açıdan anlamlı pozitif

yönlü ve oldukça güçlü bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra Ca parametresinin RSC ile; Sertlik parametresinin RSC ile istatistiksel açıdan anlamlı negatif yönlü ve güçlü bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Ayrıca EC parametresinin K, TDS ve sertlik parametreleri ile; Ca parametresinin nitrat ile, Mg parametresinin Cl, Nitrat, TDS ve RSC ile; Na parametresinin K ile; Cl parametresinin TDS ile; Nitrat parametresinin sertlik ile; Fosfor parametresinin fosfat ile istatistiksel açıdan anlamlı pozitif yönlü ve güçlü bir ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Nitrat parametresinin sertlik ile istatistiksel açıdan anlamlı negatif yönlü ve güçlü bir ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Aralarında pozitif yönlü güçlü ilişki bulunan değişkenler için: bir değişkende meydana gelen artışlar ile bahsi geçen parametrelerin ölçüm değerlerinin de artış eğiliminde olduğu yorumu yapılabilmektedir.

Çizelge 8. Su örneklerinin fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreleri için korelasyon analizi sonuçları (Gülocak, 2019).
Table 8. The results of correlation analysis for physical and inorganic-chemical parameters in water samples (Gülocak,2019).

Parametreler	pH	EC (µS/cm)	DO (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Bikarbonat (me/L)	Cl (me/L)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)
pH	,	,247*	0,119	,310*	,387**	-0,046	0,134	,280*	0,238	0,198	,354**
EC (µS/cm)	,	,	-0,037	,732**	,862**	,648**	,775**	,614**	,906**	0,154	,611**
DO (mg/L)	,	,	,	0,166	0,157	-0,14	-0,068	-0,136	-0,117	,387**	,260*
Ca (mg/L)	,	,	,	,	,911**	0,166	,386**	,663**	,651**	,409**	,836**
Mg (mg/L)	,	,	,	,	,	,448**	,647**	,681**	,767**	,321**	,760**
Na (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,761**	,272*	,612**	-0,123	0,013
K (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,274*	,709**	0,021	,287*
Bikarbonat (me/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,640**	0,11	,375**
Cl (me/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	0,085	,516**
Nitrit (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,393**
Nitrat (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Amonyum (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Sülfat (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Fosfor (µg /L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Fosfat (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
AKM (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
TDS (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Sertlik(mg CaCO3/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
RSC(me/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
SAR	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Florür (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Bromür (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,

Parametreler	Amonyum (mg/L)	Sülfat (mg/L)	Fosfor (µg/L)	Fosfat (mg/L)	AKM (mg/L)	TDS (mg/L)	Sertlik (mg CaCO3/L)	RSC (me/L)	SAR	Florür (mg/L)	Bromür (mg/L)
pH	0,166	0,024	-0,004	0,03	-0,2	,262*	,351**	-,271*	-0,204	-0,237	0,143
EC (µS/cm)	,377**	,536**	,297*	,355**	-0,145	,794**	,775**	-,605**	,342**	0,027	0,001
DO (mg/L)	-0,037	,349**	-0,2	-0,11	-0,061	0,069	0,166	-,322**	-0,199	-0,074	-0,089
Ca (mg/L)	-0,154	,677**	-0,149	-0,149	-0,194	,535**	,992**	-,863**	-,246*	-0,035	-0,01
Mg (mg/L)	0,19	,652**	0,038	0,088	-0,117	,740**	,939**	-,778**	0,055	-0,031	-0,024
Na (mg/L)	,518**	0,222	,520**	,496**	0,149	,515**	0,219	-0,101	,907**	0,04	0,016
K (mg/L)	,650**	,250*	,406**	,412**	-0,131	,723**	,435**	-,391**	,571**	0,051	-0,029
Bikarbonat (me/L)	0,065	,348**	0,136	0,169	0,117	,577**	,690**	-0,214	-0,017	-0,08	0
Cl (me/L)	,374**	,394**	0,161	,241*	-0,155	,733**	,681**	-,461**	,355**	0,098	0,084
Nitrit (mg/L)	-0,132	,417**	-,280*	-0,141	-,314**	0,129	,395**	-,454**	-,289*	-0,066	-0,073
Nitrat (mg/L)	-0,067	,599**	-,267*	-0,129	-0,226	,463**	,831**	-,852**	-,305*	-0,096	-0,029
Amonyum (mg/L)	,	-0,056	,337**	,623**	0,061	,579**	-0,084	0,159	,564**	-0,025	-0,021
Sülfat (mg/L)	,	,	-0,168	-0,115	-0,128	,392**	,668**	-,652**	-0,045	-0,017	-0,085
Fosfor (µg /L)	,	,	,	,794**	,367**	0,214	-0,074	0,197	,538**	0,091	-0,036
Fosfat (mg/L)	,	,	,	,	,361**	,377**	-0,075	0,222	,552**	-0,021	-0,064
AKM (mg/L)	,	,	,	,	,	-0,102	-0,173	,319**	0,231	-0,075	-0,05
TDS (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,585**	-,376**	,286*	-0,056	-0,071
Sertlik(mg CaCO3/L)	,	,	,	,	,	,	,	-,855**	-0,198	-0,035	-0,015
RSC(me/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,254*	-0,01	0,019
SAR	,	,	,	,	,	,	,	,	,	0,042	0,024
Florür (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	-0,049
Bromür (mg/L)	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,

*P<0,05 , **P<0,0

Sonuç

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler gerek istasyonlar arasında gerek mevsimsel değişimler arasında bazı parametrelerin belirgin farklarını ortaya koymamıza oldukça yardımcı olmuştur.

Günümüzde ülkelerin de kalkınmasında temel bir ihtiyaç olan su kaynaklarımızın etkin bir şekilde kullanımı ve korunması oldukça büyük önem taşımaktadır. Dünya'daki ve ülkemizdeki su kaynaklarımızın hem azlığı hem de su kalitesinin bozulması nedeniyle artan su baskısı, geri kazanılmış suların yeni bir su kaynağı olarak değerlendirilmesine fırsat sunmaktadır. Bu nedenle atık suların arıtılıp çeşitli alanlarda (tarımsal, yeşil alan v.b) kullanılabilirliğinin araştırılması gelecekte yapılacak benzer çalışmalara yol göstereceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Çalışmam için gerekli olan cihazları, kimyasalları kullanarak laboratuvar analizlerimi yapmama izin veren ve görev yaptığım kurum olan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Arslan N, Tokatlı C, Çiçek A, Köse E. 2011. Determination of Some Metal Concentrations in Water and Sediment Samples in Yedigöller Region (Kütahya). *Review of Hydrobiology*, 4(1).
- Tebliğ AATTU, 2010. Resmi Gazete (Sayı: 27527). Şu adresten erişilebilir: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm> [Erişim Tarihi: 12.12. 2019].
- Çiçek NL, Ertan ÖO, 2012. Köprüçay Nehri (Antalya)'nın Fiziko-Kimyasal Özelliklerine Göre Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 21(84), 54-65.
- Demir Ö, Yıldız M, Sercan Ü, Arzum CŞ, 2017. Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2), 1-14.
- Egemen Ö, 2006. Su Kalitesi. Ege Üniversitesi, Yayınları, İzmir.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T, 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 118-125.
- Fesliyen K, 2017. Evsel Atıksuların Sulama Amaçlı Yeniden Kullanılması. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Bursa.277s.

- Gazete R, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Başbakanlık Basımevi, 25687.
- Gedik K, Verep B, Terzi E, Fevzioglu S, 2010. Determination of Water Quality of Fırtına Stream (Rize) in Terms of Physico-Chemical Structure. *Ekoloji*, 19 (76), 25-35s.
- Gülocak H. 2019. Kırklareli Yöresindeki Atıksuların Tarımda Sulama Amaçlı Kullanılabilirliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tez Çalışması, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye.
- İstanbuluoğlu A, Konukçu F, Kocaman İ, 2006. Trakya Bölgesi Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Sulu Tarım Uygulamaları: Mevcut Verilerin Sorunların Çözümü İçin Analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 139-152s.
- Maas EV, 1990. Crop Salt Tolerance. *Agricultural Salinity Assessment and Management ASCE*. New York, 262-304s.
- Özbay İ, Kavaklı M, 2008. Türkiye'de ve diğer Ülkelerde Arıtılmış Atıksuların Geri Kazanım Uygulamalarının İncelenmesi. *Çevre Sorunları Sempozyumu*, 14-17 Mayıs, Kocaeli.
- Pontius FW, 1993. Nitrate and Cancer: Is There A Link?. *Journal-American Water Works Association*, 85(4), 12-14s.
- Roland DA, Gordon and SK Rao, 1993. Phosphorus Solubilization And Its Affects On The Environment With Examples Of Common Misformulation Problems Associated With Calcium And Phosphorus. *Muti-State Poul. Feeding and Nutr. Conf.*, Indianapolis, Indiana. May 25-27, USA.
- Sağlam MT, Adiloğlu A, 1997. Su Kalitesi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Yayın No: 230, Ders kitabı No: 27, Tekirdağ.
- Saraoğlu E, 2014. Arıtılmış Atıksuların Tarımsal Sulamada Yeniden Kullanımı-Ülkemizden ve Dünyadan Başarılı Örnekler ve Türkiye İçin Uygulama Önerileri. TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Uzmanlık Tezi, 115.
- Tanyolaç J, 2000. Limnoloji, Hatiboğlu Yayıncılık, Ankara.
- Tepe Y, 2009. Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 18(70).
- Tok H, 1998. Toprak Biyolojisi, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tekirdağ, yy. no:185, 156s.
- Ünlü K, Özenirler G, Yurteri C, 1999. "Nitrogen Fertilizer Leaching from Cropped and Irrigated Sandy Soil in Central Turkey", *European Journal of Soil Science*, 50: 609-620.
- Wasik E, Bahdziewicz J, Blassczyk M, 2001. Removal of Nitrates From Groundwater By Hybrid Process of Biological Denitrification and Microfiltration Membrane, *Process Biochem*, 37,57-64s.
- Walker F, 2004. Best Management Practices for Phosphorus in The Environment. <https://utextension.tennessee.edu/publications/Documents/PB1645.pdf> [Erişim Tarihi 10 Mayıs 2012]