

Araştırma / Research**MELENDİZ NEHRİ SU KALİTESİNİN FARKLI KULLANIM AMAÇLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Emine BAŞTÜRK¹ (ORCID: 0000-0002-1628-5026)*
Alper ALVER¹ (ORCID: 0000-0003-2734-8544)

¹Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, Türkiye

Geliş / Received: 22.02.2019
Kabul / Accepted: 28.06.2019

ÖZ

Bu çalışmada Aksaray İli Melendiz Nehri'nin su kalitesi, Aralık 2015 ile Kasım 2016 tarihleri arasında 9 örnekleme noktasında izlenilmiş ve analiz sonuçları su kalite indeksleri (SKİ) vasıtasıyla modellenerek farklı kullanım amaçlarına göre değerlendirilmiştir. Yönetmeliklerimize göre alkalinite, sertlik, renk, klorür, nitrat, fosfat, iletkenlik parametrelerinin içme suyu kalitesi açısından iyi kalitede olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine biyolojik oksijen ihtiyacı, pH, toplam çözünmüş madde, çözünmüş oksijen ve bulanıklık değerlerinin zaman zaman sınır değerleri aştığı görülmüştür. Ayrıca su kaynağında tüm mevsimlerde mikrobiyal kirlenme olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu parametreler açısından su kaynağının konvansiyonel proseslerle arıtımı sonrasında kullanma/içme suyu temini amacıyla kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler Ulusal Sanitasyon Vakfı ve Dinius Su Kalite İndekslerine göre değerlendirildiğinde ise su kaynağının durumunun “orta (63,834)” ve “kötü (55,223)” seviyede olduğu tespit edilmiştir. SKİ'lere göre su kaynağının mevcut haliyle sulama ve endüstriyel amaçlı olarak, arıtılması sonrasında ise içme suyu olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Melendiz nehri, su kullanım amacı, su kalite indeksi, Ulusal Sanitasyon Vakfı, Dinius.

EVALUATION OF MELENDİZ RIVER WATER QUALITY ACCORDING TO DIFFERENT USE PURPOSES**ABSTRACT**

In this study, the water quality of the Melendiz River in Aksaray Province was monitored at 9 sampling points between December 2015 and November 2016. The analysis results were modeled by using water quality indexes (WOIs) and evaluated according to different usage purposes. In terms of drinking water quality, although alkalinity, hardness, color, chloride, nitrate, phosphate, conductivity parameters were good quality, biological oxygen demand, pH, total dissolved matter, dissolved oxygen and turbidity parameters had sometimes exceeded the national regulation limit values. In addition, microbial contamination was detected in all seasons. The evaluation of the water source, it was concluded that it can be used for supply/drinking water after treatment with conventional processes. According to the National Sanitation Foundation and Dinius WOIs, the water source was “medium (63.834)” and “bad (55.223)” level and so it could be used only irrigation and industrial purposes and also used as drinking water after treatment.

Keywords: Melendiz river, water usage purpose, water quality index, National Sanitation Foundation, Dinius.

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 382 288 3601; e-mail / e-posta: eminebasturk@hotmail.com

1. GİRİŞ

Özellikle yağışın az olduğu yarı kurak ve kurak olan su rezervlerinin azaldığı bölgelerde mekansal planlama ve sürdürülebilir kalkınma açısından bir ülkenin su kaynaklarını ve bunların farklı kullanımlar için özelliklerini bilmek ön şarttır [1]. Nehir, göl, rezervuar, nehir ağzları ve kuyu suları gibi yüzeysel su kaynakları; sucül ekosistemin devamlılığı, su temini ve rekreasyonel aktiviteler için oldukça önemlidir [2]. Su kaynaklarının miktar ve kalitesi antropojenik aktiviteler ve aşırı kullanımdan dolayı günden güne azalmaktadır.

Bu sorun en fazla içme suyu kaynakları en fazla evsel ve endüstriyel atık su desarjları ve tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden sızan suların içme suyu kaynaklarına ulaşması sonucunda ortaya çıkmakta ve halk sağlığını tehdit eder konuma gelmektedir [3].

Halk sağlığı problemlerinin önlenmesi, içme suyu kalitesinin geliştirilmesi, sürdürülebilir kalkınma ve su kaynaklarının kalitesinin korunması için su kalitesinin değerlendirilmesi gereklidir [4]. Su kalitesinin değerlendirilmesi için su kalite indeksi modelleri sıklıkla kullanılmaktadır. Su kalite indeksinin hesabı fiziko-kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin sayısına dayanmaktadır [5]. Su kalitesinin değerlendirilmesinde yapılan fiziko-kimyasal ve biyolojik analizler, yüzeysel sularda oluşması muhtemel değişikliklerin anlaşılması açısından fayda sağlamaktadır [6]. Su kalitesi genel olarak su kalitesi parametrelerinin değerleri bölgesel ya da küresel standartlarda belirtilen limitler ile karşılaştırılarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemler basit olmasına rağmen su kalitesinin durumu hakkında doğru bilgi sağlamamaktadır. Geleneksel yöntemler, maliyet ve zaman kısıtlamaları nedeniyle çoklu parametrelerinin değerlendirilmesinde uygulanabilir değildir [7]. Bu yüzden son yıllarda fiziko-kimyasal ve biyolojik parametrelerin tamamının su kalitesine üzerine kompozit etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için önemli araçlardan biri olan su kalite indeksi modelleri daha sıklıkla kullanılmaktadır [8]. Su kalite indeksi (SKİ) modelleri, çok sayıda su kalitesi parametresini tek bir endeks değerine göre özetlemek için kullanılan uygun yöntemlerden biridir. SKİ'leri veri hacmini büyük ölçüde en aza indiren, su kalitesi durumunun ifadesini basitleştiren ve yüzeysel su kaynakları için su kalitesi durumuna ilişkin tek bir değer sağlayan bir yaklaşımdır [5, 9]. SKİ'leri su kaynaklarında zamansal ve mekansal olarak değişen su kalitesi durumunu değerlendirmek için kullanılan basit ve güçlü bir araçtır.

Su kalitesinin değerlendirilmesinde farklı su kalite indeksi metotları kullanılabilir. Kullanılan bir çok SKİ modeli, temel olarak USV SKİ'ni baz almaktadır [10]. USV SKİ, tüm dünyada genel su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan indekslerden biridir [11]. USV SKİ, yüzey su kaynaklarının su kalitesine göre sınıflandırılması için kapsamlı ve genel olarak uygulanabilir bir indeks olarak kabul edilir ve su kalitesinin değerlendirilmesinde dokuz önemli su kalite parametresinin analiz edilmesi ile hesaplanan bir yöntemdir [12]. Farklı su kaynaklarının su kalite sınıflarının belirlenmesinde, USV SKİ modeli ve/veya bu modelin modifiye edilmiş hali kullanılmaktadır [13-15]. Bu model klasik modellerden biri olmasına rağmen, modeli oluşturan bileşenlerin (girdi verilerinin) belirlenmesinde ciddi şekilde düşünülmesi gereklidir. Girdi verilerinin farklı seçilmesi çıkış değerini değiştirmekte ve bunun sonucunda suyun kalite sınıfı da değişebilmektedir. Örneğin fekal koliform çalışmalarında ya en muhtemel sayı ya da koloni oluşturan birim sayısı kullanılmaktadır [16, 17]. Aynı su karakterine ait örneklerde fekal koliform yöntemleri farklı uygulandığında sonuçlarda farklılık göstermektedir [18]. Bazı çalışmalarda, toplam katı madde yerine çözülmüş katı madde veya askıda katı madde parametresi [19, 20], bazı çalışmalarda toplam fosfor yerine fosfat parametresi bu modelde kullanılmıştır [21, 22]. USV SKİ modeli, normalde modelde olmayan parametreler ya da farklı ölçüm metotları ile ölçülen parametreler kullanılarak modifiye edilebilmektedir. Ayrıca bu çalışmada su temini için su kaynaklarını kategorize etmeyi sağlayan Dinius Su Kalite İndeksi de kullanılmıştır [4]. Bu çalışmanın amacı Aksaray İline içme suyu temini sağlayan ve tarımsal sulama amaçlı olarak kullanılan Melendiz Nehri'nin su kalitesinin USV SKİ ve D SKİ modelleri yardımıyla değerlendirilmesidir.

2. MATERYAL VE METOT

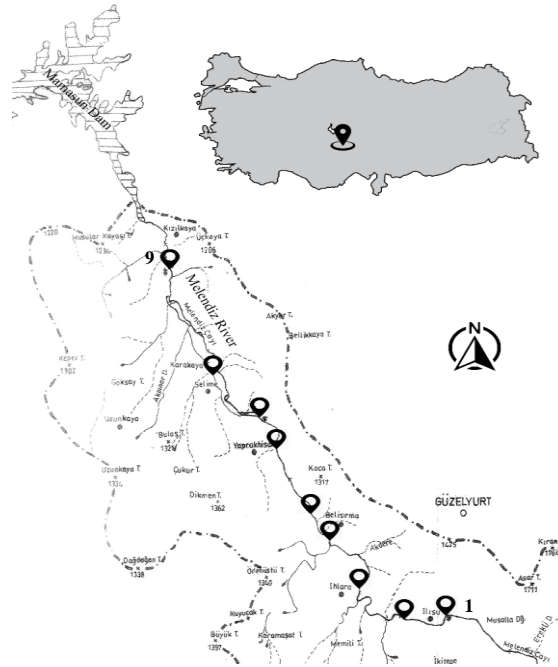
2.1. Arazi Çalışmaları ve Analiz Yöntemleri

Melendiz Nehri, Melendiz Dağı andezitlerinden boşalan küçük debili çok sayıda kaynağın birleşmesiyle oluşmaktadır. İhlara Kasabası içerisinde iki tarafı kavak ve söğüt ağaçları ile kaplı dik yamaçlar arasından vadiye giren nehir, güneydoğu-kuzeybatı yönünde kıvrılarak Selime'ye doğru akmaktadır. Nehir debisi mevsimsel olarak büyük değişim göstermektedir. Karanlıkdere, Göğüsdere ve Yağlıdere gibi küçük debili dereler Çiftlik ilçesinin batısında birleşerek ve ortalama debi değeri $76,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak Melendiz Nehri'ne boşalmaktadır.

MELENDİZ NEHRİ SU KALİTESİNİN FARKLI KULLANIM AMAÇLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Melendiz Nehri; Ihlara Kasabası, Belisırma, Ziga, Yaprakhisar ve Selime köylerini geçerek Aksaray ve çevre yerleşimlerin gereksinimlerini karşılayan Mamasın Barajı'na ulaşmaktadır. Melendiz Nehrinin debisi 690-5100 L s⁻¹ arasında değişmektedir. Toplam uzunluğu 60 km olan Melendiz, dik yamaçlı Ihlara Vadisi girişinde 1–2 m genişlikte iken yaklaşık 500 m ilerledikten sonra 8–10 m genişliğe ulaşmaktadır. Yağışlı mevsimlerde sel suları nedeniyle su seviyesi yükselmekte ve bulanıklaşmaktadır. Melendiz Nehrine Ihlara Kasabası ve Belisırma Köyü'nün evsel atık sularının karıştığı da arazi çalışmalarında tespit edilmiştir.

Örnekleme noktaları, insani tüketim ve içme suyu temini amacıyla kullanılan Melendiz Nehri üzerinde tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden kirlenmeye karşı hassas olan bölgeler baz alınarak belirlenmiştir. Su kalitesi izleme çalışmalarında, Melendiz nehrinin etrafında yer alan yerleşkelerin giriş ve çıkışlarından (Ilısu, Ihlara, Belisırma, Yaprakhisar, Selime ve Kızılkaya) TS ISO 5667-6 metoduna uygun olarak Aralık 2015-Kasım 2016 tarihleri arasında aylık olarak su numuneleri alınmıştır (Şekil 1 ve Tablo 1). Su kalitesi verileri, Melendiz Nehri boyunca yer alan yerleşkelerin giriş ve çıkışlarından (Ilısu, Ihlara, Belisırma, Yaprakhisar, Selime ve Kızılkaya) su kalitesinin zamanla değişip değişmediğini belirlemek için Aralık 2015 - Kasım 2016 zaman aralığında aylık olarak toplanmıştır (Şekil 1, Tablo 1). Tüm numuneler dezenfekte edilmiş temiz şişelere alınmış ve sonrasında fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik analizler için ± 4 °C'de soğuk zincir uygulaması yapılarak bekletilmeden laboratuvara aktarılmıştır.



Şekil 1. Örnekleme noktalarının harita üzerinde gösterimi

Tablo 1. Örnekleme noktalarının koordinatları.

No	Örnekleme Noktası	Enlem	Boylam
1	Ilısu Giriş	38,2315500	34,3550333
2	Ilısu Çıkış	38,2313500	34,3326167
3	Ihlara Giriş	38,2324167	34,3326167
4	Ihlara Çıkış-Belisırma Giriş	38,2641000	34,2907167
5	Belisırma Çıkış- Yaprakhisar Giriş	38,2807667	34,2883167
6	Yaprakhisar Çıkış-Selime Giriş	38,2981667	34,2668833
7	Selime Çıkış	38,3008000	34,2568833
8	Kızılkaya Giriş	38,3276333	34,2403333
9	Kızılkaya Çıkış	38,3418167	34,2311500

E. BAŞTÜRK, A. ALVER

Analiz edilen su kalite parametreleri Tablo 4'te özetlenmiştir. Sıcaklık, pH, iletkenlik, tuzluluk ve çözülmüş oksijen (ÇO) parametreleri portatif multiparametre ölçer kullanılarak, bulanıklık parametresi ise bulanıklık ölçer kullanılarak sahada analiz edilmiştir. Toplam alkalinite, sertlik parametreleri titrimetrik olarak belirlenmiştir. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) parametresi oksitop yöntemi ile analiz edilmiştir. Anyonlar SM 4110 B metoduna göre Dionex IC 1000 cihazı ile analiz edilmiştir. Katyonlar ise EPA 200.7 metoduna göre Perkin Elmer Optima 2100 DV cihazı ile analiz edilmiştir. Renk parametresi SM 2120 C metoduna göre spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir. Toplam koliform ve fekal koliform (Escherichia coli) tayinleri TS EN ISO 9308-1 metoduna göre gerçekleştirilmiştir [23, 24]. Tüm laboratuvar analizleri, Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarlarında su ve atıksu değerlendirilmesinde kullanılan standart metotlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [25].

2.2. Su Kalite İndeksleri

Birçok izlenebilirlik çalışmasında su kaynağının kullanım amacını ve kalite durumunu değerlendirmek amacıyla fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalite parametre sonuçlarının kullanıldığı farklı su kalite indeksleri uygulanmaktadır [4]. Su kalite indeksi, farklı su kalite parametrelerinin sinerjik etkilerinin suyun genel kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek olarak da tanımlanabilir. İlk olarak Horton tarafından geliştirilen SKİ, su kirliliğini tek bir değerle tanımlamak ve değerlendirmek için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [26]. Hortonun geliştirmiş olduğu SKİ yöntemi, zamanla değişik bilim insanları tarafından, su kaynaklarına ve kullanım amaçlarına göre değiştirilerek farklı SKİ yöntemleri belirlenmiştir [27, 28]. Bu çalışmada, içme suyu kaynağının su kalitesini ve içme suyu temini için uygunluğunun değerlendirilebilmesi için Brown ve ark. tarafından 1970 yılında geliştirilen Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi İndeksi ve Dinius tarafından 1987 yılında geliştirilen Dinius Su Kalite İndeksi hesaplanmıştır (Tablo 2) [27, 29]. Bu indeksler izleme çalışmamızda takip edilen su kalite parametrelerinin birçoğunu değerlendirebildiği için seçilmiştir.

Tablo 2. SKİ değerlerine göre su kaynağının durumu ve sınıflandırılması [2, 29].

Aralık	Durum	Sınıflandırma
Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi İndeksi (USV SKİ)		
0-25	Çok kötü	Aritmadan herhangi bir amaçla
26-50	Kötü	Aritmadan herhangi bir amaçla
51-70	Orta	Sulama ve kısmi vücut teması
71-90	İyi	İçme, sulama ve endüstriyel
91-100	Mükemmel	İçme, sulama ve endüstriyel
Dinius Su Kalite İndeksi (D SKİ)		
0-39	Çok kötü	Kullanmadan önce uygun arıtım gerekli
40-59	Kötü	Sulama
60-80	Orta	Sulama ve endüstriyel
81-90	İyi	İçme, sulama ve endüstriyel
91-100	Mükemmel	İçme, sulama ve endüstriyel

2.2.1. Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi İndeksi (USV SKİ)

1970 yılında Brown ve arkadaşları tarafından Ulusal Sanitasyon Vakfı'nda geliştirilen USV SKİ, ÇO, fekal koliform, BOİ₅, nitrat (NO₃⁻), fosfat (PO₄⁻³), pH, bulanıklık, toplam çözülmüş madde (TKM) ve sıcaklık olmak üzere 9 adet su kalite parametresini kullanarak dünyadaki farklı su kaynaklarının su kalitesini değerlendirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır [30]. USV SKİ hesaplaması, Denklem 1'deki aritmetik formülle dayanmaktadır:

$$NSF\ WQI = \sum_{i=1}^n W_i I_i \quad (1)$$

MELENDİZ NEHRİ SU KALİTESİNİN FARKLI KULLANIM AMAÇLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Denklemden; I_i : su kalite parametresinin alt indeksi, W_i : su kalite parametresinin ağırlıklı etkisidir ve n : parametre sayısıdır. Bu çalışmada izlenen 9 adet su kalite parametresinin ağırlıklı etkileri Tablo 3'te verilmiştir. Hesaplanan su kalitesi indeksi seviyelerine göre Melendiz Nehri'nin içme suyu temini amacıyla kullanım durumu değerlendirilmiştir.

2.2.2. Dinius Su Kalitesi İndeksi (D SKİ)

Dinius Su Kalite İndeksi, içme suyu temini, rekreasyon, balık yetiştiriciliği, kabuklu deniz ürünleri yetiştiriciliği, tarımsal ve endüstriyel amaçlı olarak suyun 6 farklı kullanım türüne göre değerlendirilebilmesi için geliştirilmiştir. D SKİ'nin hesaplanması sonucunda elde edilen değer Delphi metodu baz alınarak yorumlanmaktadır. Bu indeksin hesaplanması için ÇO, BOİ₅, toplam koliform, fekal koliform, pH, alkalinite, toplam sertlik, klorür (Cl⁻), iletkenlik, sıcaklık, renk ve NO₃⁻ parametrelerinin sonuçları kullanılmaktadır. Tablo 3'te verilen her parametreye ait ağırlıklı etki değeri, Delphi panel üyeleri tarafından yapılan önem sıralamasına göre belirlenmektedir [29]. Bireysel alt indeks fonksiyonları çarpımsal toplama fonksiyonunun yardımı ile Denklem 2'de verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$D WQI = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \tag{2}$$

Denklemden; I_i su kalite parametresinin alt indeksi ve değeri 0 (en düşük) ile 100 (mükemmel su kalitesi) arasında değişmektedir (Tablo 2). Bu değer D SKİ alt indis fonksiyonlarını kullanarak hesaplanmıştır. W_i ise su kalite parametresinin ağırlıklı etkisidir ve 0 (çok az önem) ile 1 (çok önemli) arasında değişmektedir. Parametrelerin toplam ağırlıkları etkileri 1'e eşittir. n ise parametre sayısıdır.

Bu çalışmada, D SKİ puanının hesaplanması için gerekli olan 11 adet su kalite parametresi de kullanılmıştır. Hesaplanan D SKİ puanına göre Melendiz Nehri su kalitesi, Tablo 2'de belirtilen aralıklara göre sınıflandırılmıştır.

Tablo 3. USV ve D SKİ'nde kullanılan parametrelerin ağırlıklı etki değerleri [29, 31].

Parametre	Ağırlıklı etki değeri (W_i)	
	USV SKİ	D SKİ
Alkalinite	-	0,063
Toplam Sertlik	-	0,065
Renk	-	0,063
BOİ ₅	0,100	0,097
Cl ⁻	-	0,074
NO ₃ ⁻	0,100	0,090
PO ₄ ⁻³	0,100	-
pH	0,120	0,077
İletkenlik	-	0,079
TÇM	0,080	-
ÇO	0,170	0,109
Bulanıklık	0,080	-
Sıcaklık	0,100	0,077
Fekal Koliform	0,150	0,116
Toplam Koliform		0,090
$\sum W_i$	1,000	1,000

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Melendiz Nehri'nin bulunduğu bölge volkanik dağ eteğinde olduğundan dolayı genel olarak karstik kayaç yapısına sahiptir. Bu bölgede toprak geçirimsizliğinin düşük olması nedeniyle su kaynağı etrafında gerçekleştirilen tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucunda birçok kirlenici yüzeysel akışla kaynağa ulaşmaktadır. Yüzeysel akışla ve diğer yollarla kaynağın ne kadar kirlendiğinin tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilen saha çalışmaları sonucunda elde edilen 1 yıllık veri, İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde izlenen birçok parametrenin A1 K ve A2 Z kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir [32]. A2 kategorisinde yer alan alkalinite, sertlik, renk, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³, iletkenlik, fekal ve toplam koliform parametrelerinin bazı zamanlarda içme suyu için izin verilen maksimum sınır değerleri aştığı Tablo 4'de görülmektedir. Bu parametreler arasında suyun uzun süreli kullanımını kısıtlayan ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olan mikrobiyolojik parametreler en dikkat çekicileridir. Melendiz Nehri'nin içme suyu temini amacıyla kullanılabilmesi için organik kirliliği ve suyun sertliğini azaltmak ayrıca bakteriyolojik kirlenme riskini de önlemek gereklidir. Bu kaynaktan alınacak suların konvansiyonel içme suyu arıtma prosesleri ile arıtımı sonrasında içme suyu olarak kullanılması mümkündür.

Tablo 4. Ölçülen su kalite parametrelerinin istatistiki sonuçları ve yönetmeliklerine göre kıyaslanması [33, 34].

Parametre	En yüksek	En düşük	Ortalama	Standart sapma	Sınır Değer**	WHO***
Alkalinite	466,0	138,4	261,2	83,59	-	-
Toplam Sertlik	575,3	170,9	322,5	103,2	-	-
Renk*	51,72	0,345	11,40	9,464	-	-
BOİ ₅	138,4	< 3	25,38	25,87	< 3	-
Cl ⁻	158,0	4,570	38,68	43,12	200	250
NO ₃ ⁻	20,81	1,201	10,91	3,797	25	50
PO ₄ ⁻³	0,554	0,010	0,034	0,077	-	-
pH	9,020	6,800	8,239	0,378	6,5-8,5	7,0-8,5
İletkenlik*	899,0	160,0	431,7	200,8	1000	600
TÇM	1405	250,0	674,6	313,7	500	-
ÇO	12,95	7,340	9,763	1,227	> 8	-
Bulanıklık*	68,92	1,520	8,496	9,118	5	-
Sıcaklık*	27,90	5,600	14,85	5,299	22	-
Fekal Koliform*	497,0	11,00	64,69	97,41	20	0
Toplam Koliform*	1384	32,00	280,5	257,1	50	0

* Renk: Pt Co, iletkenlik: $\mu\text{S cm}^{-1}$, bulanıklık: NTU, sıcaklık: °C, f. koliform: kob 100 mL⁻¹ ve t. koliform: kob 100 mL⁻¹ olarak ifade edilmiştir. Geriye kalan parametrelerin birimi mg L⁻¹'dir.

** İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik'e göre sınır değerler.

*** Dünya sağlık örgütünün tavsiye ettiği sınır değerler.

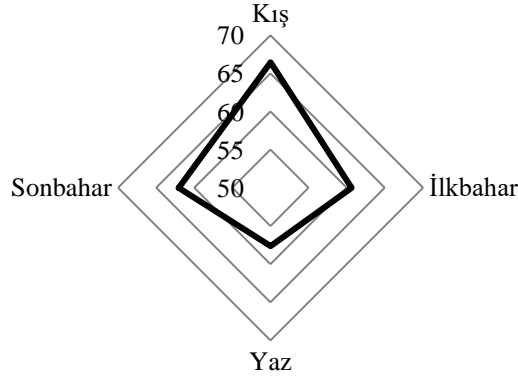
Bulanıklık değerleri temel olarak erozyona karşı dirençsiz olan toprağın yağışların ve rüzgarın etkisiyle karst sisteminden nehir yatağına doğru taşınmasıyla orantılıdır. Toprak erozyonundaki artış ağaçlandırma çalışmalarındaki eksiklik, dik yamaçlardaki kötü tarım uygulamaları ve aşırı otlama ile bağlantılıdır. Bu nedenle, ağaçlandırılma çalışmaları, erozyon önleyici toprak işleme uygulamaları ve eğimli araziler boyunca erozyon önleyici bir bitki örtüsünün oluşturulması gibi sürdürülebilir yönetim uygulamaları, toprak erozyonunu en aza indirmek ve toprağın fiziko-kimyasal, biyolojik ve ekolojik işlevlerini korumak için gereklidir. Bu uygulamalar aynı zamanda yüzey ve yeraltı sularının kalitesinin de korunmasını sağlamaktadır.

Araştırma sonucunda tüm su örneklerinde yüksek sayıda fekal koliform bakterisi bulunması sebebiyle mikrobiyal kirlilik gözlemlenmiştir. Kırsal ve kentsel uygulama amacıyla mikrobiyal olarak kirlenmiş bazı su kaynakları, yeterli mali ve profesyonel kaynağa sahip olmayan belediye veya kooperatifler tarafından tercih edilmektedir. Kısmen hayvan gübresi kaynaklı mikrobiyal patojenler yüzeysel akışlar boyunca taşınarak nehir suyunu mikrobiyal olarak kirlenmektedirler. Ayrıca nehir yatağına yakın olan yerleşkelerin birçoğunda kanalizasyon ağı bulunmaması sebebiyle insan dışkılarının da nehir sularına karışma riski bulunmaktadır.

MELENDİZ NEHRİ SU KALİTESİNİN FARKLI KULLANIM AMAÇLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

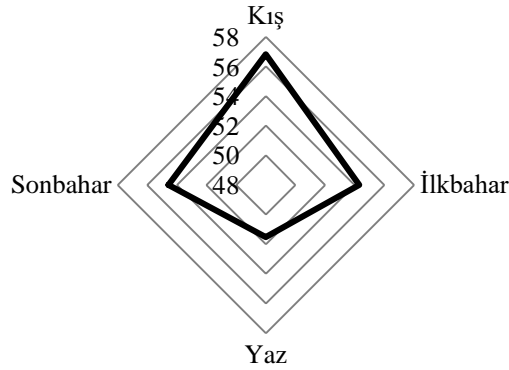
İletkenlik değerleri, sudaki iyonların konsantrasyonuna ve nutrient yüküne bağlı olarak değişmektedir. Tüm mevsimler boyunca iletkenlik değerleri İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelikte izin verilen $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ seviyesinden düşük olarak kaydedilmiştir. İletkenlik değerlerinin düşük olması mineralizasyonun ve toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonunun düşük seviyede olduğunu göstermektedir.

Melendiz Nehri su kalite kategorisinin belirlenebilmesi için fiziko-kimyasal ve mikrobiyal parametreler kullanılarak USV ve D SKİ puanları hesaplanmıştır. Mevsimsel bazda su kalite indeks puanlarının değişimi Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Mevsime bağlı olarak USV SKİ değerleri.

USV SKİ değerlerinin ortalaması; kış aylarında $67,594 \pm 3,075$, ilkbahar aylarında $61,671 \pm 2,319$, yaz aylarında $58,467 \pm 3,680$ ve sonbahar aylarında $63,098 \pm 5,593$ olarak bulunmuştur. Yıllık ortalaması ise $63,834 \pm 5,348$ olup su kaynağının durumu “orta” seviyede yani sulama suyu olarak kullanılabilir ve kısmi vücut temasında sakınca yoktur olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Melendiz Nehrinin içme suyu kaynağı olarak kullanılabilmesi için BOI_5 , NO_3^- , TÇM ve fekal koliform parametrelerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kaynak üzerinde endüstriyel ve tarımsal faaliyet gösteren alanların özellikle yaz aylarında daha sıklıkla denetlenmesi ve su kaynağındaki kirlenmenin daha da kısıtlanması gerekmektedir.



Şekil 3. Mevsime bağlı olarak D SKİ değerleri.

D SKİ değerlerinin ortalaması; kış aylarında $57,261 \pm 2,418$, ilkbahar aylarında $54,315 \pm 1,106$, yaz aylarında $51,525 \pm 4,939$ ve sonbahar aylarında $54,562 \pm 5,227$ olarak bulunmuştur. Yıllık ortalaması ise $55,223 \pm 4,655$ olarak bulunmuştur ve genel olarak durumunun kötü yani sadece sulama amaçlı kullanılabilirliği gözükmektedir (Tablo 2). Bu değere göre su kaynağının kullanım alanları incelendiğinde;

- kamusal su temini amacıyla kullanımı için artıma tabii tutulması gereklidir,
- rekreasyon amacıyla kullanımı suda bakteri bulunabileceği için kısıtlıdır,
- balık yetiştiriciliği amacıyla hassas türler için uygun değildir,
- kabuklu deniz ürünleri yetiştiriciliği amacıyla hassas türler için uygun değildir,
- tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden elde edilen bir çok ürün için kullanılabilir,

E. BAŞTÜRK, A. ALVER

olduğu sonucuna varılmıştır. BO_5 , NO_3^- , CO , alkalinite ve toplam sertlik parametrelerinin iyileştirilmesiyle su kalitesi artırılabilir sonucuna varılmıştır.

Su örneklerinde BO_5 konsantrasyonlarının yüksek, CO , NO_3^- ve PO_4^{3-} konsantrasyonlarının düşük ve fekal koliform bakterilerinin varlığı nedeniyle su kalite indekslerinin derecelendirmeleri büyük ölçüde etkilenmiştir. Sonuçlar, su kalite indeksi araştırmamıza dahil olan ilçelerde ve Aksaray İlinde yaşayan halka evsel kullanım ve içme suyu amacıyla verilen suyun kalitesini iyileştirebilmek için konvansiyonel arıtma proseslerinin yeterli olabileceğini göstermiştir. Suyun arıtılmadan içme suyu amacıyla kullanılmak istenilmesi durumunda suyun tüketiminden önce kaynatılması ve filtrelenmesi gerektiğine dair kullanıcıların riskleri bilmesine ve kamu duyarlılığına ihtiyaç vardır. Ayrıca, kirliliğe meyilli Melendiz su kaynağını korumak amacıyla yerel belediyelerin hizmet verdikleri yerel halkla birlikte uzun vadeli ortak bir yönetim yaklaşımına ihtiyaçları vardır. Benzer bir şekilde her türlü kullanım amacıyla kirliliğin önlenmesi için uzun vadeli bir havza koruma planının kullanılması önerilebilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma Aksaray ili içme su kaynaklarından biri olan Melendiz Nehri su kalitesini, kirlenmeye karşı hassasiyetini ve kullanım amaçlarını değerlendirmek için yapılmıştır. USV ve D SKİ'lerinin hesaplanması için gerekli olan fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalite parametrelerinin 1 yıl boyunca aylık olarak takibi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda BO_5 , pH, TÇM; çözülmüş oksijen, bulanıklık, fekal ve toplam koliform parametrelerinin bazı aylarda İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik sınır değerlerini aştığı gözlemlenmiştir. Özellikle su kaynağında mikrobiyal kirlenme olduğu için su kaynağına sürekli olarak oral yutulmuş ve deri ile temas edilmemesine dikkat edilmelidir. Su kaynağının mevcut durumu su kalite indekslerine göre değerlendirildiğinde USV SKİ modeline göre $63,834 \pm 5,348$ puanda yani "orta" seviyede olduğu ve sulama amacıyla kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. USV SKİ'ne göre kısmi vücut temasında bulunulmasında herhangi bir sakınca olmadığı belirlenmiştir. Buna ilaveten Dinius modeline göre su kalite indeksi puanının $55,223 \pm 4,655$ olduğu yani su kaynağının durumunun "kötü" seviyede olduğu ve sulama amacıyla kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar göz önüne alındığında Melendiz Nehri'nin kullanım ya da içme suyu temini amacıyla kullanımından önce arıtıma tabii tutulması gerekmektedir. Sadece mevcut su kalite parametrelerinin derişimlerine bakılarak karar verilmemesi gerektiği bunun yanısıra kapsamlı SKİ modellerinin su kaynağı kalitesini değerlendirmek için daha etkin olabileceği kanaatine varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışma boyunca laboratuvar imkanlarından yararlandığımız Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne ve su örneklerinin toplanmasına verdiği desteklerden ötürü Aksaray Belediyesi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] MISHRA, A.K.SINGH, V.P., "A review of drought concepts", Journal of hydrology, Cilt 391, No 1-2, 202-216, 2010.
- [2] NOORI, R., BERNDTSSON, R., HOSSEINZADEH, M., ADAMOWSKI, J.F.ABYANEH, M.R., "A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index", Environmental pollution, Cilt 244, 575-587, 2019.
- [3] WILTSE, J.DELLARCO, V.L., "US Environmental Protection Agency guidelines for carcinogen risk assessment: past and future", Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology, Cilt 365, No 1-3, 3-15, 1996.
- [4] BARAKAT, A., MEDDAH, R., AFDALI, M.TOUHAMI, F., "Physicochemical and microbial assessment of spring water quality for drinking supply in Piedmont of Béni-Mellal Atlas (Morocco)", Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Cilt 104, 39-46, 2018.
- [5] POONAM, T., TANUSHREE, B.SUKALYAN, C., "Water quality indices—important tools for water quality assessment: a review", International Journal of Advances in chemistry, Cilt 1, No 1, 15-28, 2013.

MELENDİZ NEHRİ SU KALİTESİNİN FARKLI KULLANIM AMAÇLARINA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

- [6] VAROL, S.DAVRAZ, A., “Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey)”, *Environmental Earth Sciences*, Cilt 73, No 4, 1725-1744, 2015.
- [7] AKOTEYON, I., OMOTAYO, A., SOLADOYE, O.OLAOYE, H., “Determination of water quality index and suitability of urban river for municipal water supply in Lagos-Nigeria”, *European Journal of Scientific Research*, Cilt 54, No 2, 263-271, 2011.
- [8] JHARIYA, D., KUMAR, T., DEWANGAN, R., PAL, D.DEWANGAN, P.K., “Assessment of groundwater quality index for drinking purpose in the Durg district, Chhattisgarh using Geographical Information System (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) techniques”, *Journal of the Geological Society of India*, Cilt 89, No 4, 453-459, 2017.
- [9] RNJBAR JAFARABADI, A., MASOODI, M., SHARIFINIYA, M.RIYAHİ BAKHTIYARI, A., “Integrated river quality management by CCME WQI as an effective tool to characterize surface water source pollution (Case study: Karun River, Iran)”, *Pollution*, Cilt 2, No 3, 313-330, 2016.
- [10] SAID, A., STEVENS, D.K.SEHLKE, G., “An innovative index for evaluating water quality in streams”, *Environmental management*, Cilt 34, No 3, 406-414, 2004.
- [11] EFFENDI, H., “River water quality preliminary rapid assessment using pollution index”, *Procedia Environmental Sciences*, Cilt 33, 562-567, 2016.
- [12] LUMB, A., HALLIWELL, D.SHARMA, T., “Application of CCME Water Quality Index to monitor water quality: A case study of the Mackenzie River basin, Canada”, *Environmental Monitoring and Assessment*, Cilt 113, No 1-3, 411-429, 2006.
- [13] PHAM, L., “Comparison between Water Quality Index (WQI) and biological indices, based on planktonic diatom for water quality assessment in the Dong Nai River, Vietnam”, *Pollution*, Cilt 3, No 2, 311-323, 2017.
- [14] SIKDER, M., TANAKA, S., SAITO, T., HOSOKAWA, T., GUMIRI, S., ARDIANOR, A., UDDIN, M., TAREQ, S., SHAMMI, M.KAMAL, A., “Vulnerability assessment of surface water quality with an innovative integrated multi-parameter water quality index (IMWQI)”, *Pollution*, Cilt 1, No 3, 333-346, 2015.
- [15] BENOUARA, N., LARABA, A.HACHEMI RACHEDI, L., “Assessment of groundwater quality in the Seraidi region (north-east of Algeria) using NSF-WQI”, *Water Science and Technology: Water Supply*, Cilt 16, No 4, 1132-1137, 2016.
- [16] FALLAH, M.ZAMANI-AHMADMAHMOODI, R., “Assessment of water quality in Iran’s Anzali Wetland, using qualitative indices from 1985, 2007, and 2014”, *Wetlands Ecology and Management*, Cilt 25, No 5, 597-605, 2017.
- [17] CHAUDHARY, M., MISHRA, S.KUMAR, A., “Estimation of water pollution and probability of health risk due to imbalanced nutrients in River Ganga, India”, *International journal of river basin management*, Cilt 15, No 1, 53-60, 2017.
- [18] NOBLE, R.T., MOORE, D.F., LEECASTER, M.K., MCGEE, C.D.WEISBERG, S.B., “Comparison of total coliform, fecal coliform, and enterococcus bacterial indicator response for ocean recreational water quality testing”, *Water research*, Cilt 37, No 7, 1637-1643, 2003.
- [19] GUPTA, I., SALUNKHE, A., ROHRA, N.KUMAR, R., “Chemometrics data analysis of marine water quality in Maharashtra, west coast of India”, 2013.
- [20] TIRI, A., LAHBARI, N.BOUDOUKHA, A., “Hydrochemical characterization of surface water in the Timgad watershed, East Algeria”, *Desalination and Water Treatment*, Cilt 57, No 2, 562-571, 2016.
- [21] TRIKOILIDOU, E., SAMIOTIS, G., TSIKRITZIS, L., KEVREKIDIS, T.AMANATIDOU, E., “Evaluation of water quality indices adequacy in characterizing the physico-chemical water quality of lakes”, *Environmental Processes*, Cilt 4, No 1, 35-46, 2017.
- [22] EWAID, S.H., “Water quality evaluation of Al-Gharraf river by two water quality indices”, *Applied Water Science*, Cilt 7, No 7, 3759-3765, 2017.
- [23] PITKÄNEN, T., PAAKKARI, P., MIETTINEN, I.T., HEINONEN-TANSKI, H., PAULIN, L.HÄNNINEN, M.L., “Comparison of media for enumeration of coliform bacteria and *Escherichia coli* in non-disinfected water”, *Journal of Microbiological Methods*, Cilt 68, No 3, 522-529, 2007.
- [24] FRICKER, C., BULLOCK, S., MURRIN, K., NIEMELA, S., “Use of the ISO 9308-1 procedure for the detection of *E. coli* in water utilizing two incubation temperatures and two confirmation procedures and comparison with defined substrate technology”, *Journal of Water Health*, Cilt 6, No 3, 389-397, 2008.
- [25] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, A., *Standard methods for the examination of water and wastewater*, Cilt 21, American public health association Washington, DC, 1995.
- [26] HORTON, R.K., “An index number system for rating water quality”, *Journal of Water Pollution Control Federation*, Cilt 37, No 3, 300-306, 1965.

E. BAŞTÜRK, A. ALVER

- [27] BROWN, R.M., MCCLELLAND, N.I., DEININGER, R.A.TOZER, R.G., “A Water Quality Index- Do We Dare”, 1970.
- [28] DWIVEDI, S., TIWARI, I.BHARGAVA, D., “Water quality of the river Ganga at Varanasi”, Journal-Institution Of Engineers India Part En Environmental Engineering Division, 1-4, 1997.
- [29] DINIUS, S., “Design Of An Index Of Water Quality”, Journal of the American Water Resources Association, Cilt 23, No 5, 833-843, 1987.
- [30] BROWN, R.M., MCCLELLAND, N.I., DEININGER, R.A.O’CONNOR, M.F., “A water quality index— crashing the psychological barrier”, Indicators of environmental quality, Springer, 173-182, 1972.
- [31] ICHWANA, I., SYAHRUL, S.NELLY, W.“Water quality index by using national sanitation foundation- Water quality index (NSF-WQI) method at krueng tamiang aceh”, in *International Conference on Technology, Innovation, Universitas Syiah Kuala, Indonesia*. 2016.
- [32] İÇME SUYU ELDE EDİLEN VEYA ELDE EDİLMESİ PLANLANAN YÜZEYSEL SULARIN KALİTESİNE DAİR YÖNETMELİK. 2012, erişim tarihi: 15.04.2019; Resmî Gazete Sayısı: 28338. Available from: <https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.16303&MevzuatIliski=0>.
- [33] ALVER, A., BAŞTÜRK, E., KILIÇ, A., “Disinfection By-Products Formation Potential Along the Melendiz River, Turkey; Associated Water Quality Parameters and Non-Linear Prediction Model”, *International Journal of Environmental Research*, Cilt 12, No 6, 909-919, 2018.
- [34] ORGANIZATION, W.H., “Guidelines for Drinking Water Quality: Incorporating 1st and 2nd Addenda, 1, Recommendations”, 2008.