

## Karasu Nehri Su Kalitesinin Farklı Su Kalite İndeksleri Açısından Değerlendirilmesi

Alper ALVER<sup>\*1</sup>, Emine BAŞTÜRK<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, Türkiye

(Alınış / Received: 18.02.2018, Kabul / Accepted: 11.07.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 30.08.2019)

### Anahtar Kelimeler

Karasu nehri,  
Su kalite indeksi,  
İzleme,  
Ulusal Sanitasyon Vakfı,  
Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi,  
Oregon

**Özet:** Yağışların azaldığı, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin giderek arttığı İç Anadolu bölgesinde, su kaynaklarının üzerindeki baskıda her geçen gün artmaktadır. Biyolojik ihtiyaçlar, entegre çevre yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri için su kaynaklarının kalitesi ve miktarı önemlidir. Su kalitesini etkileyen birçok parametrenin aynı anda yorumlanarak su kalitesinin belirlenmesi hem karmaşık hem maliyetli hem de uzun zaman almaktadır. Bu sebeple su kalitesinin daha anlaşılabilir bir şekilde yorumlanmasını sağlayan su kalite indeksi modelleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Aksaray İlinin önemli içme su kaynaklarından biri olan Karasu Nehri'nin su kalitesi Aralık 2015 ve Kasım 2016 tarihleri arasında bir yıl süreyle izlenilmiş olup nehrin genel su kalitesi 3 farklı su kalite indeksi modeli ile değerlendirilmiştir. İçme suyu elde edilen veya elde edilmesi planlanan yüzeysel suların kalitesine dair yönetmeliğe göre NH<sub>4</sub>-N, BOİ<sub>5</sub>, Co, fekal koliform, Ba, Cu, Zn ve çözülmüş oksijen parametrelerinin sınır değerlerini aştığı ve suyun kalitesini etkileyen ana parametreler olduğu saptanmıştır. Ayrıca su kaynağının yüzey su kalite sınıfının NO<sub>2</sub>, B, Cd ve Zn parametrelerine bağlı olarak "IV" olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan model sonuçlarına göre ise Karasu Nehri'nin su kalitesi, Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksine (USV SKİ) göre "orta", Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksine (KÇBK SKİ) göre "kötü" ve Oregon Su Kalite İndeksine (O SKİ) göre de "kötü" seviyede olarak tespit edilmiştir.

## Evaluation of Karasu River Water Quality in Terms of Different Water Quality Indexes

### Keywords

Karasu river,  
Water quality index,  
Monitoring,  
National Sanitation Foundation,  
Canadian Council of Ministers of the  
Environment,  
Oregon

**Abstract:** In the Central Anatolia region where precipitation decreases and agricultural and industrial activities are increasing, the pressure on water resources is increasing day by day. The quality and quantity of water resources are important for biological needs, integrated environmental management and sustainable development goals. It is both complicated and costly to determine the water quality by interpreting many parameters affecting water quality at the same time. For this reason, water quality index models are used to provide a better understanding of the water quality. In this study, the water quality of Karasu River, which is one of the important drinking water resources of Aksaray Province, was monitored between December 2015 and November 2016 for one year and the overall water quality of the river was evaluated with 3 different water quality index models. It was determined that NH<sub>4</sub>-N, BOD<sub>5</sub>, Co, fecal coliform, Ba, Cu, Zn and dissolved oxygen parameters exceed the limit values of the regulation of drinking water obtained or planned surface water quality and the main parameters affecting the quality of water. In addition, the surface water quality class of water source was determined to be "IV" depending on NO<sub>2</sub>, B, Cd and Zn parameters. According to the model results, the water quality of the Karasu River was "moderate" according to the National Sanitation Foundation Water Quality Index, "bad" according to the Canadian Council of Ministers of the Environment, and "bad" according to the Oregon Water Quality Index.

## 1. Giriş

Su, canlıların yaşamında en önemli doğal kaynaktır. Ekonomik ihtiyaçlar, biyolojik ihtiyaçlar ve her türlü büyüme faaliyetlerini sürdürmek için tatlı suyu tedarik etmek en önemli sorundur. Çağımızda nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme ve yoğun tarımsal faaliyetlerden dolayı tatlı su kaynakları her geçen gün kirlenme riski ile karşı karşıya kalmakta ve azalmaktadır. Toplumsal ihtiyaçları karşılamak için yüzeysel su kaynaklarının yetersiz olması yer altı su kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır. Ülkemizdeki birçok il ve ilçe, içme suyu ihtiyaçlarını yeraltı ve yüzey sularından karşılamaktadır. Sucul ekosistemin devamlılığı, endüstriyel, tarımsal ve evsel kullanımların sürekliliği için su kaynaklarında düzenli olarak su kalitesinin izlenilmesi gereklidir. Su kalitesinin değerlendirilmesi, genel olarak risk içeren birçok su kalite parametresi olduğu için karmaşık bir uygulama olabilmektedir [1]. Su kaynaklarından alınan büyük hacimli örneklerde su kalitesini değerlendirmek için birçok parametrenin analiz edilmesi de kolay bir uygulama değildir [2]. Su kalitesini değerlendirmek için kullanılan geleneksel yöntemler, deneysel olarak belirlenen parametre değerlerinin mevcut yönetmelik ve/veya kılavuzlarla karşılaştırılmasına dayanmaktadır [3]. Su kalitesi indeksleri, veri hacmini büyük ölçüde en aza indiren ve su kalitesi durumunun ifadesini basitleştiren yaklaşımlardır. Su kalitesi indeksinin hesaplanması, fiziko-kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin sayısına bağlıdır. Lokal bölgelerin genel su kalitesini verimli bir şekilde değerlendirmek için farklı su kalitesi indeksleri geliştirilmektedir. Birçok Ulusal ve Uluslararası kuruluş su kalitesi değerlendirme ve kirlilik kontrolünde çeşitli su kalite parametrelerini dikkate alarak farklı kullanımlar için kendilerine özgü su kalitesi kriterleri tanımlamaktadırlar. Dünya çapında geliştirilen farklı su kalitesi göstergelerine örnek olarak ABD Ulusal Sağlık Hizmetleri Kurumu Su Kalite İndeksi (USV SKİ), Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksi (KÇBK SKİ), Kolombiya Su Kalite İndeksi (K SKİ) ve Oregon Su Kalite İndeksi (O SKİ) verilebilir [4-7]. Bu indeksler, standartlara göre farklı parametreleri karşılaştırarak su kalitesini tek bir değerde ifade etmektedirler. Dünya çapında genel olarak kabul edilmiş bir su kalite indeksi olmamasına rağmen, bazı ülkeler su kalitesi indekslerinin geliştirilmesinde birleşerek su kalitesi verilerini topluca kullanmış ve kullanmaktadır. Bu yöntem su kalitesi indekslerinin farklı bölgelerde uygulanabilirliklerini arttırmaktadır.

Genel olarak, su kalitesi indeksleri dört ana gruba ayrılmaktadır [8]. İlk olarak, genel indeksler: bu indeksler su tüketimlerini dikkate almaz ve USV SKİ gibi genel su kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. İkincisi, spesifik tüketim indeksleridir: suyun sınıflandırılması, Oregon ve Kolombiya indeksleri gibi içme, endüstriyel ve ekosistem koruma vb. tüketim türünün ve uygulamasının öncülerindedir [9]. Üçüncüsü,

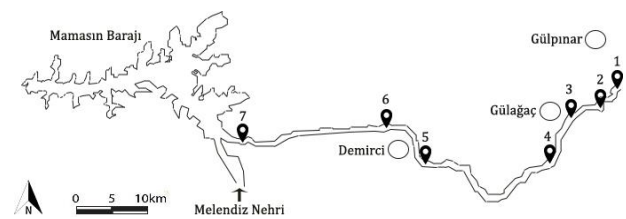
tasarım veya planlama indeksleri: su kalitesi yönetimi projelerinin planlanmasından karar verme aşamasına kadar birçok adımında yardımcı bir araç olarak kullanılmaktadır. Dördüncüsü, istatistiksel indeksler: Bu indeksler kişisel görüşü en aza indirerek ve istatistiksel yöntemlerin bulgularına dayanmaktadır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel yaklaşımlar kullanılmaktadır. İstatistiksel yaklaşımın önemli adımı su kalitesi gözlemlerine uygun varsayımların türetilmesidir. İlk üç indeks aynı zamanda uzman görüşü (EO) yaklaşımı olarak ta adlandırılmaktadır. Aynı su kalite parametreleri için belirlenen farklı etkinlik katsayılarından dolayı EO öznel bir yaklaşım olarak ifade edilmektedir [10]. Uzmanlar tarafından belirlenen farklı katsayılar nedeniyle nesnellik ve karşılaştırılabilirlik oranları azdır. Bu nedenle birçok alternatif indeks geliştirilmiştir. İndekslerin geliştirilmesinde istatistiksel yaklaşımlar kullanarak öznel varsayımlar azaltılmaya çalışılmaktadır. Ayrıca istatistiksel yaklaşımlar, su kalitesinin değerlendirmesinde önemli olarak belirlenen su kalite parametrelerinin ağırlıklı etkilerinin ortaya konulmasında da faydalıdır [11].

Bu çalışmada Aksaray İline içme suyu temin edilen Mamasın Baraj gölünü besleyen iki nehirden biri olan Karasu Nehrinin genel su kalitesi USV, KÇBK ve O SKİ'lerine göre değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra su kalite parametreleri İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği ve TS 266 içme suyu standartları ve WHO kılavuzlarında yer alan sınır değerlere göre yorumlanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonrasında su kalitesini düşüren parametrelerin sinerjik etkisi nedeniyle ortaya çıkan su kalite sınıfı belirlenebilmiş ve çok sayıdaki parametre içerisinde olumsuz yönde en fazla etki eden parametreler istatistiki olarak tespit edilebilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma Alanı

34° 20' – 34° 38' batı boylamları ve 38° 36' – 38° 43' kuzey enlemleri arasında yer alan Karasu Nehri, Aksaray İli Gülpınar İlçesinden doğarak Mamasın Barajına dökülmekte ve yaklaşık 16,5 km<sup>2</sup>'lik bir yüzey alanına sahiptir. Aksaray İlinin en büyük içme suyu kaynaklarından biri olan Karasu Nehri, yıllık ortalama 600–4200 L s<sup>-1</sup> debiye sahiptir. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının harita üzerinde gösterimi.

12 ay süren arazi çalışmaları süresince Karasu Nehri üzerinde yer alan Gülpınar, Gülağaç ve Demirci ilçelerinin giriş ve çıkışlarından ve Karasu Nehrinin Mamasın Barajına döküldüğü nokta dahil toplam 7 noktadan su örnekleri toplanmıştır. Su örnekleri ağız kapalı steril cam numune kaplarına alınarak soğuk zincir uygulaması ile laboratuvara aktarılmıştır. Laboratuvarda analizlerine 24 saat geçmeden başlanılmıştır.

## 2.2. Analitik Yöntemler

Sıcaklık, pH, iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde ve çözünmüş oksijen parametreleri portatif multiparametre ölçer kullanılarak, bulanıklık parametresi ise bulanıklık ölçer kullanılarak sahada analiz edilmiştir.

KOİ parametresi kapalı reflux yöntemine göre BOİ<sub>5</sub> parametresi ise oksitop yöntemi ile analiz edilmiştir. Toplam azot, Shimadzu TOC-V/TNM-1 cihazı ile SM 5310 B metoduna uygun olarak ve amonyak azotu tayini ise SM 4500-NH<sub>3</sub> C 'ye uygun olarak spektrofotometrik olarak gerçekleştirilmiştir. Toplam Fosfor tayini de spektrofotometrik olarak SM 4500-P D metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

Anyonlar (F, Cl, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> ve SO<sub>4</sub>), Dionex IC 1000 cihazı ile SM 4110 B metoduna göre analiz edilmiştir. Katyonlar (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se ve Zn) ise Perkin Elmer Optima 2100 DV cihazı ile EPA 200.7 metoduna göre analiz edilmiştir.

Fekal koliform (*Escherichia coli*) tayinleri TS EN ISO 9308-1 metoduna göre gerçekleştirilmiştir [12, 13]. Tüm laboratuvar analizleri, Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarlarında su ve atıksu değerlendirilmesinde kullanılan standart metotlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [14].

## 2.3. Su Kalite İndeksleri

SKİ başlangıçta Amerika Birleşik Devletleri'nde Horton tarafından çözünmüş oksijen, pH, koliformlar, iletkenlik, alkalinite ve klorür gibi en yaygın kullanılan 10 su kalite parametresi seçilerek geliştirilmiştir [10]. Daha sonra bu yöntem Avrupa, Afrika ve Asya'daki birçok ülkede uygulanmaya başlamış ve kabul görmüştür. Parametrelerin ağırlıklı etkisi suyun kullanım amacına göre belirlenen parametrenin önemini yansıtmakta ve bu değerler SKİ'de önemli bir etkiye sahiptirler. 1970 yılında Brown grubu Horton'un indeksine benzer yeni bir SKİ de geliştirmiştir [15]. Brown indeksi ise parametrelerin tekil ağırlıklı etkilerine dayanmaktadır. Son zamanlarda ise SKİ konsepti için çeşitli bilim adamları ve uzmanlar tarafından birçok değişiklik yapılmıştır [16, 17]. Genel bir SKİ yaklaşımı, aşağıdaki üç adımda açıklanan en yaygın faktörlere dayanmaktadır [18]:

- ✓ Parametre seçimi: Suyun kullanım amacına göre uzmanların, ajansların veya devlet kurumlarının kararı ile kılavuzlarda ya da yönetmeliklerde belirtilen parametreler baz alınır. Parametrelerin oksijen seviyesi, ötrofikasyon, sağlık yönleri, fiziksel özellikleri ve su kalitesi üzerinde etkisinin önemine göre çözülmüş maddeler arasından seçilmesi önerilmektedir [19].
- ✓ Alt İndeks olarak kabul edilen her bir parametre için kalite fonksiyonunun (eğrisinin) belirlenmesi: Farklı konsantrasyon birimlerine sahip parametrelerin aynı şekilde değerlendirilebileceği bir ölçek olan birimsiz değerlere dönüştürülmesidir.
- ✓ Matematiksel ifade ile alt indekslerin birleştirilmesi: Genellikle aritmetik veya geometrik ortalamalar alınarak yapılmaktadır.

### 2.3.1. Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi (USV SKİ)

Parametrelerin seçilmesinde, ortak bir ölçek geliştirilmesinde ve ağırlık etkilerinin belirlenmesinde çalışmalar büyük bir titizlikle yürütülerek USV SKİ yöntemi geliştirilmiştir. Çalışmalar Ulusal Sanitasyon Vakfı tarafından desteklendiğinden dolayı bu yöntem USV SKİ olarak isimlendirilmiş ve kritik derece kirleşmiş çeşitli su kütlelerinin SKİ'lerini hesaplamak için kullanılmıştır. Farklı su kaynaklarının kalitesini karşılaştırmak için önerilen bu yöntem sıcaklık, pH, bulanıklık, fekal koliform, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), toplam fosfat, nitrat ve toplam çözünmüş katı madde olmak üzere 9 adet su kalite parametresine dayanmaktadır [15, 20]. Su kalite parametrelerinin verileri sayısal bir Q<sub>i</sub> değerinin elde edildiği ağırlıklı etki eğrisi grafiğine aktarılmaktadır. USV SKİ için matematiksel ifade Denklem 1'de verilmiştir.

$$USV SKİ = \sum_{i=1}^n Q_i W_i \quad (1)$$

Burada; Q<sub>i</sub>= su kalitesi parametresi için alt indeks; W<sub>i</sub>= su kalitesi parametresiyle ilişkili ağırlık ve n = su kalitesi parametrelerinin sayısıdır. Q<sub>i</sub> değerleri, incelenen dokuz parametrenin konsantrasyonlarına karşılık gelen değerler olup, bu değerlerin okunacağı abaklar "Field Manual for Water Quality Monitoring" adlı kitapta yer almaktadır [21]. Denklem 1 de bahsedilen su kalitesi parametresiyle ilişkili ağırlıklı etki (W<sub>i</sub>) değerleri Tablo 1'de verilmiştir [22].

### 2.3.2. Kanada konseyi çevre bakanlığı su kalite indeksi (KÇBK SKİ)

Kanada yönetimi tarafından hem yönetmelik ve kanunlarda kullanılan hem de halkın bilgilendirilmesi için geliştirilen KÇBK SKİ su kalitesi sınıfını ölçtlendirmek için formüle edilmiş tutarlı bir

**Tablo 1.** Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksinde kullanılan parametrelere ait ağırlıklı etki değerleri.

Parametre	Ağırlık değeri (Wi)
Çözünmüş oksijen	0,17
Fekal Koliform	0,15
pH	0,12
BOI <sub>5</sub>	0,1
NO <sub>3</sub>	0,1
PO <sub>4</sub>	0,1
Sıcaklık	0,1
Bulanıklık	0,08
Toplam çözünmüş madde	0,08
$\sum W_i$	1,00

yöntemdir. Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi altında kurulan bir komite, çeşitli ülkelerdeki pek çok su kurumu tarafından ufak tefek değişikliklerle uygulanabilecek KÇBK SKİ'yi geliştirmiştir [6, 23, 24]. Bu yöntem, suda yaşayan canlıların korunmasına yönelik yüzey suyunun spesifik kurallara uygun olarak değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Parametreler bir numune alma noktasından diğerine değişebilmekte ve örnekleme protokolü en az dört kez örneklenmiş en az dört parametre gerektirmektedir [25, 26]. KÇBK SKİ yönteminde indeks değerleri Denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır [27].

$$K\check{C}BK\ SK\check{I} = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \quad (2)$$

Kapsam (F1)= Başarısız değişkenlerin sayısıdır ve Denklem 3 ile ifade edilir.

$$F_1 = 100 * \frac{\text{Başarısız parametre sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} \quad (3)$$

Frekans (F2)= Hedeflere ulaşılma sayısıdır ve Denklem 4 ile ifade edilir.

$$F_2 = 100 * \frac{\text{Başarısız analiz sayısı}}{\text{Toplam analiz sayısı}} \quad (4)$$

Genlik (F3)= Başarısız analiz değeridir ve üç adımda çözümlenir (Denklem 5-7).

$$(a) \text{ sapma}_i = \frac{\text{Başarısız analiz değeri}_i}{\text{Hedef analiz değeri}_i} - 1 \quad (5)$$

$$(b) nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{sapma}_i}{\text{Toplam analiz sayısı}} \quad (6)$$

$$(c) F_3 = \frac{nse}{0,01 * nse + 0,01} \quad (7)$$

Elde edilen SKİ değeri Tablo 2'ye göre değerlendirilmiştir. Hesaplamada kullanılan hedef analiz değeri (Çalışma alanının bulunduğu ülkenin yönetmelik sınır değerleri) Tablo 3'te verilmiştir.

### 2.3.3. Oregon su kalite indeksi (O SKİ)

Oregon su kalite indeksi yöntemi, Oregon bölgesinde bulunan akarsuların genel su kalitesini değerlendirmek ve bu yöntemin diğer coğrafi bölgelerde uygulanmasını sağlamak için bir puanlama sistemi oluşturmakta ve sekiz su kalitesi parametresini tek bir sayıda birleştirmektedir. Bu yöntemde ele alınan parametreler sıcaklık, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, pH, amonyak ve nitrat azotu, toplam fosfor, toplam katı madde ve fekal koliformdur [19, 28]. O SKİ, Delphi metodunu parametre seçimi için kullanan USV SKİ'den sonra tasarlanmıştır. Yasal olarak zorunlu olan su kalitesi izleme çalışmalarında su kalitesi durumunu ve kirlilik eğilimlerini ifade etmektedir. İndeks, parametrelerin ağırlıklı etkilerinin belirlenmesinde yasal limitleri dikkate almaz ve harmonik ortalamalarını kullanmaktadır. Bu SKİ yönteminin matematiksel ifadesi Denklem 8'de verilmiştir.

$$O\ SK\check{I} = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{SI_i^2}}} \quad (8)$$

Bu denklemde, n = alt indis sayısı ve SI = parametrenin alt indeksidir. Ayrıca, bu O SKİ'nin derecelendirme ölçeği de Tablo 1'de verilmiştir [29]. Parametrelerin alt indeks değerleri, her parametrenin konsantrasyonlarına karşılık gelen değerler olup, bu değerlerin okunacağı abaklar ilgili kaynakta belirtilmiştir [29].

USV, KÇBK ve O SKİ yöntemlerinde su kalitesi değerlerine karşılık gelen su kalitesi derecelendirilmeleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Farklı su kalite indeksi yöntemlerine göre su kalitesi değerleri.

SKİ Değeri	Su Kalite Derecelendirmesi
<b>Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi</b>	
91-100	Mükemmel
71-90	İyi
51-70	Orta
26-50	Kötü
0-25	Çok kötü
<b>Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi Su Kalite İndeksi</b>	
95-100	Mükemmel
80-94	İyi
60-79	Uygun
45-59	Marjinal
0-44	Kötü
<b>Oregon Su Kalite İndeksi</b>	
90-100	Mükemmel
85-89	İyi
80-84	Uygun
60-79	Kötü
0-59	Çok kötü

### 3. Bulgular

#### 3.1. Yüzeysel Su Karakterizasyonu

Aksaray İlinin önemli içme suyu kaynaklarından biri olan Karasu Nehrinde yapılan izleme çalışmasında, yedi farklı numune alma noktasından Aralık 2015-Kasım 2016 tarihleri arasında alınan örneklerde 35 parametrenin analizi yapılmıştır. Analiz edilen parametrelerin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3'te verilen parametreler arasında fiziksel parametreler (pH, iletkenlik, bulanıklık), kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, çözülmüş oksijen), besi maddeleri (NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>), diğer anyonik ve katyonik maddeler (F, Cl, SO<sub>4</sub>, Ba, Ca, K, Mg, Na) ve ağır metaller (Al, As, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn) yer almaktadır. Belirlenen bu parametreler su kalitesinin izlenmesinde önemli olan ve tüketici üzerinde doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkisi olan parametrelerdir.

Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY) baz alınarak su kalitesi incelenecek olursa toplam azot, toplam fosfor, NH<sub>4</sub>-N, KOİ, BOİ<sub>5</sub>, Mn ve Se parametrelerinin yönetmelik sınır değerlerini bazı zamanlarda aştığı görülmektedir. Mevsim değişimlerin NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, B, Cd, Co, Zn ve fekal koliform konsantrasyonlarını olumsuz etkilemesi neticesinde su kaynağının kalite sınıfı III ve IV'e kadar düşebilmektedir. Ayrıca bu parametreler TS 266 'da belirtilen sınır değerleri de aşmaktadır. Yani su kalitesinin bozulması ile birlikte içilebilirliği azalmakta ve arıtım ihtiyacı artmaktadır. Su kalitesinin düşmesinin bir sebebi de evsel ve endüstriyel atıksu kanallarından nehre sızma ve deşarjların olması ve nehir etrafından yapılan çeşitli tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Karasu Nehrinde organik madde değerlerinin yüksek olması suyun kaynak bölgesinin sulak alan özelliğine sahip olmasıyla açıklanabilir. Sulak alanlar tipik olarak organik zenginliği yüksek ortamlar olduğundan, Karasu Çayındaki yüksek organik madde derişimin doğal kökenli olduğu söylenebilir. Bu tür doğal organik madde içeren kaynaklardan içme suyu temini tat, koku ve kanserojen dezenfeksiyon yan ürünleri oluşturma potansiyelinin yüksek olması sebebiyle insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır.

Alg patlaması (ötrofikasyon)'na sebep olan temel parametrelerden birisi olan azot, çeşitli formlarında (amonyum, nitrit, nitrat, toplam azot) izlenmiştir. Bu formlar ötrofikasyonun yanında, toksisite (amonyum), insan sağlığı (nitrit-nitrat) ve su kalitesi

(arıtmada oluşan kloraminler) açılarından önem taşımaktadır.

Karasu Nehrinde kurak ve yağışlı dönemlerin her ikisinde amonyum ve nitrite rastlanmıştır. Sularda bu tür maddelerin varlığı; ortama uzun zamanlarda azotlu organik madde girişinin olduğunu gösterir.

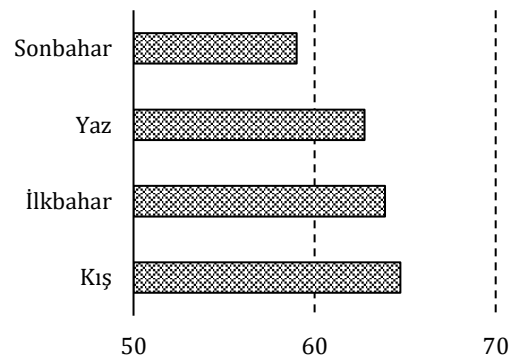
#### 3.2. Su Kalite İndeks Modelleri

Birçok parametrenin takibinin yapıldığı izlenebilirlik çalışmalarında su kaynağı üzerinde etkili olan parametreleri belirlemek amacıyla farklı istatistikî metotlara başvurulmaktadır. İstatistikî hesaplarla parametrelerinin öneminin belirlenmesi ve su kaynağının bu parametreler üzerinden derecelendirilmesi çoğu zaman su kalite indeksi modelleri ile yapılmaktadır. Literatürde bu konuda yapılan farklı çalışmalar mevcuttur. Debels vd., (2005), su kalite indeksinde BOİ parametresi yerine zaman ve maliyet açısından KOİ parametresini kullanmışlardır. Modifiye edilen SKİ değeri ile orijinal SKİ değeri arasında çok fark olmadığını kanıtlamışlardır (R<sup>2</sup>= 0,97) [3]. Karami vd. (2009), su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan kimyasal indikatörler ile SKİ arasında olan ilişkiyi araştırmışlardır. Bu çalışma sırasında, SKİ ve Ç.O., KOİ, BOİ<sub>5</sub>, fosfat arasında kübik etki, SKİ ve pH, sıcaklık, toplam katı madde arasında üstel bir ilişki gözlemlenmiştir [30].

Bu çalışmada ise Karasu Nehrinin 12 ay boyunca izlenmesi sonrasında elde edilen veri setine USV, KÇBK ve O SKİ modelleri uygulanarak sonuçlar istatistikî olarak yorumlanmıştır.

##### 3.2.1. Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksi

USV'nin önermiş olduğu indekste dokuz su kalite parametresi kullanılarak su kaynağı "çok kötü" ile "mükemmel" arasında 5 sınıfa ayrılabilir. Karasu Nehrinin aylık periyotlarda numune alma noktası bazında USV SKİ değerlerinin değişimi Tablo 4'te özetlenmiştir. USV SKİ değerlerinin mevsimsel ortalamaları da Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. USV SKİ'nin mevsime göre değişimi.

**Tablo 3.** Su kalite parametrelerinin istatistikî verileri ve sınır değerleri. (

Parametre	En Yüksek	En Düşük	Ortalama	Standart Sapma (n=84)	Sınır Değerler	Yüzeysel Su Kalite Sınıfı <sup>d</sup>	Kullanılan SKİ
Toplam Azot	4,147	0,285	2,001	0,814	<3,500 <sup>d</sup>	-	Oregon
Toplam Fosfor	0,177	0,002	0,077	0,040	<0,03 <sup>d</sup>	II	Oregon
NH <sub>4</sub> -N	1,527	0,034	0,217	0,288	0,05 <sup>a</sup> - 0,20 <sup>d</sup>	II	KÇBK
KOİ	45,38	<10,00	9,417	8,094	15,00 <sup>e</sup> - 25,00 <sup>d</sup>	I	KÇBK
BOİ <sub>5</sub>	27,23	<3,000	5,650	4,856	<3,0 <sup>a</sup> - 4,0 <sup>d</sup>	II	USV, Oregon
F	0,919	0,029	0,379	0,197	1,00 <sup>d</sup> - 1,50 <sup>e</sup>	I	KÇBK
Cl	75,85	28,24	36,73	9,004	200,0 <sup>a</sup>	-	KÇBK
NO <sub>2</sub>	1,705	0,071	0,356	0,276	0,500 <sup>e</sup>	IV	KÇBK
NO <sub>3</sub>	33,50	2,389	10,72	5,258	50,00 <sup>e</sup>	III	USV, KÇBK
PO <sub>4</sub>	0,092	< 0,005	0,041	0,026	0,400 <sup>e</sup>	-	USV, KÇBK
SO <sub>4</sub>	52,36	9,140	21,31	9,874	250,0 <sup>e</sup>	-	KÇBK
Al	0,106	0,004	0,044	0,022	0,200 <sup>e</sup> - ≤0,300 <sup>d</sup>	I	KÇBK
As	0,039	0,011	0,018	0,005	0,010 <sup>e</sup> - ≤0,020 <sup>d</sup>	I	KÇBK
B	9,781	0,202	1,628	2,500	0,001 <sup>e</sup> - >1,000 <sup>d</sup>	IV	KÇBK
Ba	0,619	< 0,005	0,084	0,110	0,100 <sup>a</sup> - ≤1,000 <sup>d</sup>	I	KÇBK
Ca	202,3	12,83	66,64	24,82	1000 <sup>c</sup>	-	KÇBK
Cd	0,091	< 0,005	0,011	0,028	0,005 <sup>e</sup> - >0,007 <sup>d</sup>	IV	KÇBK
Co	0,411	< 0,005	0,063	0,109	0,010 <sup>a</sup> - 0,010 <sup>d</sup>	III	KÇBK
Cu	0,036	< 0,005	0,005	0,007	≤0,020 <sup>d</sup> - 0,020 <sup>a</sup>	I	KÇBK
Fe	0,422	< 0,005	0,139	0,148	0,200 <sup>e</sup> - ≤0,300 <sup>d</sup>	I	KÇBK
K	33,30	4,482	13,00	5,031	3700 <sup>b</sup>	-	KÇBK
Mg	92,31	6,790	35,83	14,41	200,0 <sup>c</sup>	-	KÇBK
Mn	0,478	< 0,005	0,042	0,077	0,050 <sup>e</sup> - 0,100 <sup>d</sup>	I	KÇBK
Na	147,7	23,44	59,04	19,85	200,0 <sup>e</sup>	-	KÇBK
Ni	0,092	< 0,005	0,018	0,020	≤0,020 <sup>d</sup> - 0,020 <sup>e</sup>	I	KÇBK
Pb	0,052	< 0,005	0,020	0,017	≤0,010 <sup>d</sup> - 0,010 <sup>e</sup>	I	KÇBK
Se	0,017	< 0,005	0,007	0,004	≤0,010 <sup>d</sup>	I	KÇBK
Zn	1,326	0,017	0,492	0,296	≤0,100 <sup>d</sup> - 0,500 <sup>a</sup>	IV	KÇBK
pH*	8,650	6,290	7,593	0,660	6.5-8.5 <sup>d</sup>	I	USV, Oregon, KÇBK
İletkenlik*	936,0	449,0	589,2	94,19	<400 <sup>d</sup>	II	KÇBK
TÇKM	627,1	300,8	394,8	63,11	-	-	USV, Oregon
Ç. Oksijen	14,73	3,090	8,526	2,447	> 8,000 <sup>a,d</sup>	I	USV, Oregon KÇBK
Bulanıklık*	54,68	0,130	7,757	9,492	5,000 <sup>e</sup>	-	USV, KÇBK
Sıcaklık*	27,40	7,700	16,43	4,869	20,00 <sup>e</sup>	I	USV, Oregon, KÇBK
F Koliform*	551,0	8,000	287,5	90,10	50,00 <sup>a</sup>	III	USV, Oregon, KÇBK

\* pH, Bulanıklık, Sıcaklık ve F. Koliform dışındaki parametreler mg/L olarak verilmiştir. İletkenlik: µS/cm, Bulanıklık: NTU, Sıcaklık: °C, F. Koliform: kob/100 mL Parametrelerin değerlendirildiği yönetmelikler; a) İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik, b) WHO 2009, c) WHO 2011, d) Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği ve e) TS 266.

**Tablo 4.** Numune alma noktası bazında USV SKİ değerlerinin aylık değişimi.

#	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağu.	Eylül	Ekim	Kasım
1	58,956	55,116	58,827	57,902	60,437	60,528	60,620	54,428	66,705	60,300	49,445	54,201
	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Kötü	Orta
2	58,999	61,945	65,157	63,624	66,510	68,335	70,160	65,030	66,733	57,404	61,695	60,347
	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
3	61,965	66,776	72,248	66,664	66,080	68,120	70,161	62,742	61,743	53,039	63,558	62,762
	Orta	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
4	67,755	69,481	67,067	65,984	62,783	63,474	64,164	62,946	63,855	57,480	68,860	68,307
	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
5	68,337	71,555	68,208	64,753	64,267	64,806	65,345	63,503	59,999	66,120	67,384	67,860
	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
6	63,013	66,829	63,597	63,583	62,235	63,397	64,558	56,050	59,791	50,009	58,643	60,828
	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta
7	65,688	66,941	61,084	65,843	63,656	61,861	60,065	59,765	59,697	59,353	59,432	62,560
	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta

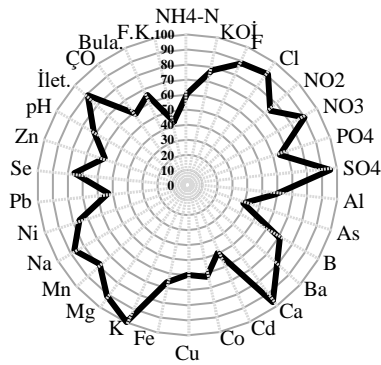
Ulusal Sanitasyon Vakfı su kalite indeks modeline göre Karasu Nehri mevsimsel olarak değerlendirildiğinde "orta" derece su sınıfında olduğu gözlemlenmiştir. USV SKİ modelinde incelenen 9 parametreden; BOİ<sub>5</sub>, nitrat, toplam çözünmüş madde, çözünmüş oksijen, bulanıklık parametrelerinin modelin üzerinde etkisinin az olduğu, fosfat, pH,

sıcaklık ve fekal koliform parametrelerinin ise model üzerinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 5 incelendiğinde, nehrin 4, 6 ve 7 numaralı numune alma noktalarındaki (Gülağaç ve demirci çıkış noktaları) USV SKİ değerleri benzer olup alınan aylık numunelerin hepsinde "orta" derecede olduğu gözükmektedir. 1 numaralı numune alma noktasında

(Gülpınar giriş) USV SKİ değerlerinin büyük çoğunluğunun “orta” derecede, sadece Ekim ayında “kötü” olduğu fakat skalaya bakıldığında “orta” seviyeye çok yakın olduğu gözlenmiştir. Ayrıca diğer noktalarda zaman zaman bazı aylarda “iyi” seviyede olduğu gözükmemektedir. Fakat bu durumlar istisnai olmakla beraber, genel olarak karasu nehrinin USV SKİ puanının “kötü” seviyededir. Bu durum, zaman zaman parametreler değişiklik gösterse de parametrelerin azalması/artmasının nehrin su kalitesinin değerinin değişmesini etkilememesi ile açıklanabilmektedir. USV SKİ değerlerinin “kötü” seviyede olması, numune alım noktalarının Aksaray’ın çeşitli ilçe ve köylerine yakın olması ve bu yerleşkelerde sürdürülen tarımsal faaliyetler ve nehir sularına karışan fosseptik çukurlarından sızan suların kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 3.2.2. Kanada çevre bakanlığı konseyi su kalite indeksi

TS 266’da yer alan su kalite parametreleri KÇBK SKİ’ye göre değerlendirildiğinde ise Al, Cd, Pb, Zn ve çözülmüş oksijen parametrelerinin marjinal seviyede olduğu, As ve fekal koliform parametrelerinin ise kötü seviyede olduğu Şekil 3’teki grafikte görülmektedir. Marjinal ve kötü seviyede olan kirleticiler arasında Al haricindeki parametrelerin yönetmelik sınır değerlerini aştığı dolayısıyla KÇBK SKİ modelinin genel anlamda tutarlı sonuçlar verdiği görülmektedir. KÇBK SKİ modelinde marjinal seviyenin üzerinde çıkan fakat Tablo 3’te sınır değerleri aşan diğer parametrelerin model üzerinde etkisinin az olduğu düşünülmektedir. Suda yaşayan canlıların korunmasına yönelik olarak marjinal ve kötü seviyedeki bu parametrelerin iyileştirilmesi gerekmektedir.

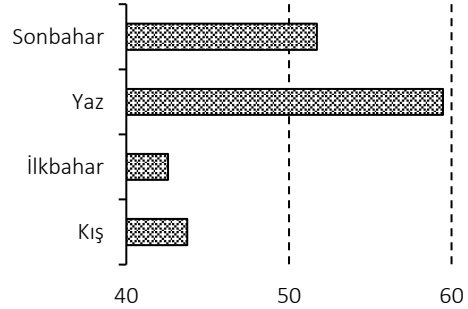


Şekil 3. Su kalite parametrelerinin KÇBK SKİ değerleri

### 3.2.3. Oregon su kalite indeksi

Oregon su kalite indeksinde belirtilen 8 su kalite parametresi puanlama sistemine tabii tutulduğunda ortalama olarak kış aylarında  $43,740 \pm 18,271$ , ilkbahar aylarında  $42,568 \pm 16,523$ , yaz aylarında  $59,483 \pm 18,566$  ve sonbahar aylarında  $51,711 \pm 18,844$  değerleri elde edilmiştir (Şekil 4). En yüksek

değerlerin yaz aylarında, en düşük değerlerin ise ilkbahar aylarında ortaya çıktığı görülmektedir. Su kaynağının genel kalite durumunun, izleme çalışması boyunca çok kötü seviyeden kötü seviyeye iyileştiği gözlemlenmiştir. Buna rağmen su kaynağının genel anlamda kötü seviyede ( $49,875 \pm 19,466$ ) olduğu söylenebilir. O SKİ modeli incelendiğinde ise bazı parametrelerin artması ve/veya azalmasının su kalite indeksi değerini etkilemediği, bazı parametrelerin ise direkt olarak etkili olduğu gözlemlenmiştir. Numune alma noktası bazında aylık periyotlarda hesaplanan O SKİ değerleri Tablo 5’te özetlenmiştir.



Şekil 4. Oregon SKİ'nin mevsime göre değişimi.

Tablo 5 incelendiğinde numune alınan tüm noktalarda ve tüm aylarda O SKİ değerlerinin “kötü” ve “çok kötü” seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Oregon su kalitesi, genel olarak yüzmeye, balıkçılık gibi rekreasyonel amaçlı su kalitesi hakkında bilgiler veren bir indekstir ve BOİ5, toplam azot, pH, TÇKM, çözülmüş oksijen, toplam fosfor, sıcaklık ve fekal koliform parametrelerinin karelerinin harmonik ortalamaları ele alınarak hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda genel olarak etkili olan parametre Alınan tüm örneklerde “kötü” ve “çok kötü” olmasının temel sebebi fekal koliform miktarının yüksek olmasıdır. Bu durum ise Karasu Nehrinin mevcut haliyle O SKİ’ye göre rekreasyonel amaçlı kullanamayacağını göstergesidir. fekal kirliliğin fosseptik çukurlarından sızan suların nehir sularına karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## 4. Tartışma ve Sonuç

Su kalitesinin yönetimi son zamanlarda yapılan en önemli çevresel aktivitelerden biridir. Su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan indikatörler, su kalite parametrelerinin ve ülkede belirtilen yönetmelik sınır değerlerinin entegrasyonu ele alınarak belirlenmektedir. Rutin olarak yapılan su kalite izleme programları, birçok değişkenin korelasyonu ve istatistiksel olarak yorumlanmasını gerektiren kompleks yapıda programlardır. Farklı su kalite indeks modelleri, çok fazla veri setine ihtiyaç duymakla beraber, su kaynaklarının yönetiminde etkili ve kolay olarak kullanılabilen yararlı yöntemlerden biridir.

**Tablo 5.** Numune alma noktası bazında O SKİ değerlerinin aylık değişimi.

#	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağu.	Eylül	Ekim	Kasım
1	26,248 Ç. Kötü	25,906 Ç. Kötü	49,939 Ç. Kötü	25,594 Ç. Kötü	54,648 Ç. Kötü	57,841 Ç. Kötü	61,033 Kötü	25,798 Ç. Kötü	72,683 Kötü	62,930 Kötü	25,627 Ç. Kötü	25,937 Ç. Kötü
2	43,058 Ç. Kötü	26,288 Ç. Kötü	51,199 Ç. Kötü	26,758 Ç. Kötü	62,532 Kötü	71,546 Kötü	80,560 Uygun	70,637 Kötü	67,184 Kötü	61,326 Kötü	58,865 Ç. Kötü	50,962 Ç. Kötü
3	25,673 Ç. Kötü	26,203 Ç. Kötü	72,907 Kötü	26,487 Ç. Kötü	62,604 Kötü	71,309 Kötü	80,014 Uygun	26,612 Ç. Kötü	26,381 Ç. Kötü	52,988 Ç. Kötü	69,450 Kötü	47,561 Ç. Kötü
4	62,972 Kötü	54,719 Ç. Kötü	73,048 Kötü	26,725 Ç. Kötü	26,696 Ç. Kötü	51,068 Ç. Kötü	75,440 Kötü	66,757 Kötü	42,361 Ç. Kötü	62,120 Kötü	77,695 Kötü	70,334 Kötü
5	65,109 Kötü	27,123 Ç. Kötü	65,927 Kötü	26,594 Ç. Kötü	58,020 Ç. Kötü	68,514 Ç. Kötü	79,009 Kötü	72,117 Kötü	56,102 Ç. Kötü	71,372 Kötü	73,583 Kötü	69,346 Kötü
6	19,621 Ç. Kötü	64,878 Kötü	43,801 Ç. Kötü	25,718 Ç. Kötü	54,420 Ç. Kötü	61,358 Ç. Kötü	68,297 Kötü	24,913 Ç. Kötü	64,178 Kötü	48,484 Ç. Kötü	26,610 Ç. Kötü	23,115 Ç. Kötü
7	19,589 Ç. Kötü	47,887 Ç. Kötü	26,443 Ç. Kötü	53,254 Ç. Kötü	65,898 Kötü	70,442 Kötü	74,985 Kötü	56,205 Ç. Kötü	57,868 Ç. Kötü	44,492 Ç. Kötü	52,802 Ç. Kötü	36,196 Ç. Kötü

Bu çalışmada, Aksaray ili içme su kaynaklarından biri olan Karasu Nehri üzerinde belirlenen 7 noktadan (şehir yaşamının ve sanayinin etkileyebileceği alanlara yakın olan bölgelerde) farklı mevsimleri kapsayacak şekilde her ay alınan örnekler ulusal yönetmeliklerimize ve 3 farklı su kalite indeks modeline göre (USV SKİ, KÇBK SKİ ve O SKİ) irdelenmiştir.

İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik sınır değerlerini ortalama konsantrasyonları aşan parametrelerin NH<sub>4</sub>-N, BOI<sub>5</sub>, Co ve fekal koliform olduğu tespit edilmiştir. Su kaynağında bu kirletici parametrelerin yüksek konsantrasyonlarda bulunmasının temel sebebinin kaçak evsel ve endüstriyel deşarjlar olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple nehir üzerinde bulunan kaçak deşarj noktalarının tespit edilerek önlenmesi önem arz etmektedir. Bu kirletici unsurların nehir sularından giderimi su kaynağının içme suyu temini amacıyla kullanılabilirliğini sağlayacaktır.

Bunun yanı sıra YSKYY baz alınarak su kalitesi incelendiğinde mevsimsel değişimlerin NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, B, Cd, Co, Zn ve fekal koliform konsantrasyonlarını olumsuz etkilemesi neticesinde su kaynağının kalite sınıfı III ve IV'e kadar düştüğü tespit edilmiştir.

Karasu Nehrinde kurak ve yağışlı dönemlerin her ikisinde nitrit, nitrat ve organik kirliliğe rastlanmıştır Karasu Nehrinde organik madde değerlerinin yüksek olması suyun kaynak bölgesinin sulak alan özelliğine sahip olmasıyla açıklanabilir.

Elhatip ve Koçyiğit, Karasu Nehrinin döküldüğü Mamasın Barajında 2014-2015 yılları arasında yapmış oldukları çalışmada azot türleri ve organik kirliliğin oluşumunun ziraat kaynaklı olduğu yorumunu yapmışlardır [31].

Tüm parametrelerin ortak değerlendirilmesi üzerine sonuç veren USV SKİ ve O SKİ modelleri sayesinde su kaynağının mevsimsel olarak değerlendirilebilmesini sağlamıştır. Ayrıca KÇBK SKİ modeli kirletici bazında

sonuç veren, su kalitesine hangi parametrenin hangi düzeyde etki ettiğinin tespit edildiği ve parametreye göre alınması gereken önlemleri sunan bir modeldir. Alınan model sonuçlarına göre, Karasu nehrinin USV SKİ modeline göre "orta" derece, O SKİ modeline göre "kötü" seviyede olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. KÇBK SKİ modeline göre bazı parametrelerde (Al, Cd, Pb, Zn, çözünmüş oksijen) "marjinal", ölçülen diğer parametrelerde ise (As ve fekal koliform) "kötü" seviyede olduğu belirtilmiştir. Ichwana vd., (2016), Krueng Tamiang nehrinin su kalite modellemesi için USV SKİ modelini kullanmışlardır ve yaptıkları çalışmada "orta" ve "kötü" seviyede bulmuşlardır [22]. Abdel-Satar vd., (2017) Nil nehrinin modellenmesinde KÇBK SKİ modelini kullanarak, su kalitesinin kötü seviyede olduğunu belirtmişlerdir [32]. Effendi vd., (2015), Ciambulawung nehrinin USV SKİ modeline göre kalitesini değerlendirdiklerinde, su kalite sınıfının "iyi" seviyede olduğunu belirtmişlerdir [33]. Al-Janabi vd., (2012), KÇBK SKİ modelini Tigris nehrinin modellenmesinde kullanmışlardır ve su kalitesinin "kötü" durumda olduğunu ve insani tüketim için uygun olmadığını belirtmişlerdir [34].

SKİ modelleri, genel değerlendirme ya da kirletici bazda değerlendirmeye göre belirlenmesi gibi farklı amaçlarla kullanılabilir, çok fazla istatistikî yorum ve izleme programlarına gerek duyulmadan kullanılacak modellerdir.

### Teşekkür

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

### Kaynakça

- [1] Katyal, D., 2011. Water quality indices used for surface water vulnerability assessment, International Journal of Environmental Sciences, 2, 1.



- [2] Almeida, C., Quintar, S., González, P., Mallea, M., 2008. Assessment of irrigation water quality. A proposal of a quality profile, *Environmental Monitoring and Assessment*, 142, 1-3, 149-152.
- [3] Debels, P., Figueroa, R., Urrutia, R., Barra, R., Niell, X., 2005. Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index, *Environmental Monitoring and Assessment*, 110, 1-3, 301-322.
- [4] Abbasi, S. A., 2002. Water quality indices, state of the art report. Scientific Contribution No. INCOH/SAR, 25.
- [5] Kannel, P. R., Lee, S., Lee, Y.-S., Kanel, S. R., Khan, S. P., 2007. Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment, *Environmental Monitoring and Assessment*, 132, 1-3, 93-110.
- [6] Lumb, A., Halliwell, D., Sharma, T., 2006. Application of CCME Water Quality Index to monitor water quality: A case study of the Mackenzie River basin, Canada, *Environmental Monitoring and Assessment*, 113, 1-3, 411-429.
- [7] Sharifi, M., 1990. Assessment of surface water quality by an index system in Anzali basin, *Proceedings of the Hydrological Basis for Water Resources Management*, Beijing, 163-171.
- [8] Jena, V., Dixit, S., Gupta, S., 2013. Assessment of water quality index of industrial area surface water samples, *International Journal of ChemTech Research*, 5, 1, 278-283.
- [9] Poonam, T., Tanushree, B., Sukalyan, C., 2013. Water quality indices—important tools for water quality assessment: a review, *International Journal of Advances in Chemistry*, 1, 1, 15-28.
- [10] Horton, R. K., 1965. An index number system for rating water quality, *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37, 3, 300-306.
- [11] Terrado, M., Barceló, D., Tauler, R., Borrell, E., de Campos, S., 2010. Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 29, 1, 40-52.
- [12] Pitkänen, T., Paakkari, P., Miettinen, I.T., Heinonen-Tanski, H., Paulin, L., Hänninen, M.L., 2007. Comparison of media for enumeration of coliform bacteria and *Escherichia coli* in non-disinfected water. *Journal of Microbiological Methods*, 68(3), pp.522-529.
- [13] Fricker, C.R., Bullock, S., Murrin, K., Niemela, S.I., 2008. 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 and health*, 6(3), pp.389-397.
- [14] American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation and Water Environment Federation, 1915. Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 2). American Public Health Association..
- [15] Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., Tozer, R. G., 1970. *A Water Quality Index- Do We Dare*,
- [16] Bhargava, D.S., Saxena, B.S., Dewakar, A., 1998. A study of geopollutants in the Godavary river basin in India, *Asian Environment*.
- [17] Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., Dobhal, R., 2013. Water quality assessment in terms of water quality index, *American Journal of Water Resources*, 1, 3, 34-38.
- [18] Fernández, N., Ramírez, A., Solano, F., 2004. Physico-Chemical Water Quality Indices-A Comparative Review-, *Bistua Revista De La Facultad De Ciencias Basicas*, 2, 1.
- [19] Dunnette, D. A., 1979. A geographically variable water quality index used in Oregon. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, pp.53-61.
- [20] Kumar, D., Alappat, B. J., 2009. NSF-water quality index: does it represent the experts' opinion? *Practice Periodical of Hazardous, toxic, and radioactive waste Management*, 13, 1, 75-79.
- [21] Mitchell, M. K., Stapp, W. B., Beebe, A., 1986. *Field manual for water quality monitoring: an environmental education program for schools*, Thomson-Shore.
- [22] Ichwana, I., Syahrul, S., Nelly, W., 2016. Water quality index by using national sanitation foundation-Water quality index (NSF-WQI) method at krueng tamiang aceh, *International Conference on Technology, Innovation, Universitas Syiah Kuala, Indonesia*,
- [23] Canadian Council of Ministers of the Environment, 2002. *Canadian environmental quality guidelines (Vol. 2)*. Canadian Council of Ministers of the Environment.
- [24] Khan, A. A., Paterson, R., Khan, H., 2003. Modification and application of the CCME WQI for the communication of drinking water quality data in newfoundland and labrador, 38th, *Central Symposium on Water Quality Research*, Canadian Association on Water Quality, 10-11.
- [25] Khan, A. A., Tobin, A., Paterson, R., Khan, H., Warren, R., 2005. Application of CCME procedures for deriving site-specific water quality guidelines for the CCME Water Quality Index, *Water Quality Research Journal*, 40, 4, 448-456.

- [26] Kankal, N., Indurkar, M., Gudadhe, S., Wate, S., 2012. Water quality index of surface water bodies of Gujarat, India, *Asian J. Exp. Sci*, 26, 1, 39-48.
- [27] Dede, Ö. T., Sezer, M., 2017. Aksu çayı su kalitesinin belirlenmesinde Kanada su kalitesi indeks (CWQI) modelinin uygulanması, *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 32, 3.
- [28] Dinius, S., 1987. Design of an Index of Water Quality<sup>1</sup>, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 23, 5, 833-843.
- [29] Cude, C. G., 2001. Oregon Water Quality Index a Tool for Evaluating Water Quality Management Effectiveness<sup>1</sup>, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 37, 1, 125-137.
- [30] Karami, B., Dhumal, K., Golabi, M., Jaafarzadeh, N., 2009. Optimization the relationship between Water quality index and physical and chemical parameters of water in Bamdezh Wetland, Iran, *Journal of Applied Sciences*, 9, 21, 3900-3905.
- [31] Elhatip, H., Koçyiğit, H., 2016. Environmental Effects of Water Quality of Melendiz Stream and Mamasin Dam Site in Aksaray City in the Central Anatolia of Turkey, *Journal of Agricultural Science Technology A*, 6, 372-385.
- [32] Abdel-Satar, A.M., Ali, M.H. and Goher, M.E., 2017. Indices of water quality and metal pollution of Nile River, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(1), pp.21-29.
- [33] Effendi, H., Wardiatno, Y., 2015. Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. *Procedia Environmental Sciences*, 24, pp.228-237.
- [34] Al-Janabi, Z.Z., Al-Kubaisi, A.R., Al-Obaidy, A.H.M.J., 2012. Assessment of water quality of Tigris River by using water quality index (CCME WQI). *Al-Nahrain Journal of Science*, 15(1), pp.119-126.