



Damsa Barajı (Nevşehir) Yüzey Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Mekansal Analizi

Spatial Analysis of Surface Water Quality of Damsa Dam (Nevşehir) by Geographic Information Systems

Erkan Kalıpcı*, Hüseyin Cüce, Süleyman Toprak

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, Nevşehir, Türkiye

Öz

Yapılan bu çalışmada; Nevşehir ilinin içme ve sulama suyu ihtiyacını karşılayan Damsa Baraj Gölü su kalitesi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 2015 yılında 28 adet ölçüm istasyonu için 4 mevsim; İlkbahar (Mayıs-2015), Yaz (Temmuz-2015), Sonbahar (Ekim-2015) ve Kış (Aralık-2015) aylarında olmak üzere toplamda 112 adet numune alınarak örnekleme yapılmıştır. Numune alınan ölçüm istasyonlarının koordinatları Magellan Explorist 710 GPS cihazı ile belirlenmiştir. Her ölçüm noktasından TS S667-3 numune taşıma ve muhafaza standardına göre anlık numune alınmış ve aynı gün içinde laboratuvara getirilmiştir. Yüzeyden örneklenen tüm su numunelerinde; pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen (ÇO), amonyum ($\text{NH}_4\text{-N}$) fiziko-kimyasal kalite parametreleri yanında demir (Fe), bakır (Cu) ve çinko (Zn) ağır metal türlerinin konsantrasyonları tespit edilerek Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile baraj suyu kalitesi konumsal olarak değerlendirilmiştir. Her bir parametre için oluşturulan mekânsal dağılım haritaları incelendiğinde, Damsa Barajının sıcaklık ve pH yönünden su kalitesinin I. sınıf su (çok iyi), çözülmüş oksijen konsantrasyonu bakımından II. sınıf su (iyi), amonyum (NH_4^+) yönünden II. sınıf su (iyi) olduğu belirlenmiştir. Demir (Fe^{+2}) ve bakır (Cu^{+2}) konsantrasyonunun yüksek olduğu, Çinko (Zn^{+2}) yönünden ise nispeten düşük konsantrasyonlar ihtiva ettiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda; çözülmüş oksijen, pH, sıcaklık ve amonyum parametreleri bakımından Damsa Baraj suyunun, tarımda sulama suyu olarak kullanıma elverişli olduğu fakat, ölçülen ağır metaller ve toksik madde yönünden ise kullanımına uygun olmadığı tespit edilmiştir. Suların verimli bir şekilde kullanılması ve ekolojik dengenin devamlılığı için, belirli dönemlerde tekrarlanmak suretiyle su kaliteleri sürekli olarak izlenmeli ve kirlenme durumunda gerekli müdahalelerin yapılması sağlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Damsa barajı, Mekansal analiz, Nevşehir, Su kalitesi

Abstract

In this study; the water quality of Damsa Dam Lake was searched which meets the drinking and irrigation water need of Nevşehir city. Within the scope of this study, a sampling was carried out with 112 samples taken from 28 measurement stations in 4 seasons such as Spring (May-2015), Summer (July-2015), Fall (October-2015) and Winter (December-2015). The coordinates of measurement stations where the samples were taken were determined by Magellan Explorist 710 GPS instrument. Spot samples were taken from each station according to the standards of TS S667-3 sample transport and conservation and were taken to the laboratory on the same day. In all water samples taken from the surface, quality parameters such as pH, temperature, dissolved oxygen (DO), ammonium (NH_4^+), as well as concentrations of heavy metals such as iron (Fe), copper (Cu) and zinc (Zn) were determined. Moreover, water quality of dam water was evaluated as positional by means of Geographical Information System (GIS). When thematic maps formed for each parameter were investigated, it was determined that water quality of Damsa Dam was Ist class (excellent) in terms of temperature and pH, was IInd class in terms of dissolved oxygen concentration (good), was IInd class in terms of ammonium (NH_4^+) (good). It was also indicated that concentrations of iron (Fe^{+2}) and copper Cu^{+2} were high and included relatively low concentration of zinc (Zn^{+2}). As a result of the study; it was concluded that Damsa Dam water was efficient for irrigation in agriculture in terms of dissolved oxygen, pH, temperature and ammonium parameters, however, it was not efficient for usage when heavy metals and toxic materials were taken into consideration. In order to use water efficiently and for the sustainability of ecological balance, water qualities should be tracked periodically in certain periods and should be provided with sufficient interferences in the case of pollutions.

Keywords: Damsa dam, Spatial analysis, Nevşehir, Water quality

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: ekalipci@nevsehir.edu.tr

1. Giriş

Ekolojik dengenin devamlılığının sağlanması için suyun varlığı kadar kalitesi de büyük önem taşımaktadır (Karadavut ve ark. 2011). Evsel, endüstriyel, tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmakta ve yine akarsular yoluyla göllere ve denizlere ulaşmaktadır. Su kalitesi; suda yaşayan türlerin bileşimini, verimliliğini, bolluk durumlarını ve sucul türlerin fizyolojik durumlarını etkilemektedir. Baraj gölleri sürekli alıcı ortam özelliği gösterdiği için çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenirler. Bu kirlenme sadece içinde yaşayan canlıları olumsuz etkilemekle kalmaz, bu olumsuz etki besin zinciri yolu ile insana kadar ulaşır (Yılmaz 2004) .

Bilgisayar destekli veri analizi ve görselleştirme araçları; su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve yönetimi çalışmalarında önemli rol oynamaktadır. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bu amaçla son yıllarda dünya çapında oldukça yaygın olarak kullanılmakta olup Ülkemizde su kalitesi ve kirliliği izleme çalışmalarında CBS yardımıyla analiz edilmiş mekansal dağılım haritaları ortaya koyulmaya başlanmıştır (Girgin ve ark. 2004, Savcı ve ark. 2015). Bu analiz yöntemleri sayesinde kullanımı kolay veri kaynakları oluşturulup, su kalitesini etkileyen faktörler tanımlanarak, su kaynaklarının yönetimi için uygun stratejiler geliştirilebilmektedir (Simeonov vd. 2003, Mendiguchia vd. 2004, Lambrakis vd. 2004, Singh vd. 2005). Su kaynaklarının beslediği ekosistemlerin (nehirler, göller, sulak alanlar) korunması ve kontrol altına alınması için düzenli olarak belli periyotlarda su kalite kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Su kalitelerinin belirlenerek, kirlilik unsurları tespit edilip, minimum düzeye indirilmesi için gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır (Karadavut vd. 2011). Temiz suya olan ihtiyacın artmasıyla birlikte tatlı suların fiziko-kimyasal özelliklerinin bilinmesi suların planlı bir şekilde kullanılabilmesi açısından da önem taşımaktadır (Bulut vd. 2012). Bu nedenle yapılan bu çalışmada; Nevşehir ilinin içme ve sulama ihtiyacını karşılayan Damsa Barajı yüzey suyu kalitesine yönelik olarak toplam 28 adet ölçüm istasyonundan alınan örneklerde analizler yapılmış, elde edilen bulgular CBS ile mekânsal olarak haritalandırılarak, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (10.08.2016) kriterlerine göre suyun kullanıma uygunluğu değerlendirilmiştir.

2. Gereç ve Yöntem

Çalışma alanı olarak belirlenen Damsa Barajının koordinatları, 38° 32' Kuzey enlemi ve 34° 55' Doğu boylamı olup İç Anadolu Bölgesi'nin Nevşehir ilinde karasal iklimle

sahip ve ortalama su yüksekliği 32.50 metredir. Damsa Barajı, Nevşehir ilinde Ürgüp ilçesinde Damsa Çayı üzerinde, sulama amacı ile 1965-1971 yılları arasında inşa edilmiştir. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 862000 m³, normal su kotunda göl hacmi 7.12 hm³, normal su kotunda göl alanı 0.82 km²'dir. Baraj 1390 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermekle birlikte yılda 1 hm³ içme-kullanma suyu sağlamaktadır. Aynı zamanda Baraj, görünümü ve ağaçlandırılmış çevresiyle piknik alanı olarak da kullanılmaktadır. İl merkezine uzaklığı 30 km, ilçe merkezine (Ürgüp) ise 9 km uzaklığındadır (Anonim 2016). Nevşehir Damsa Barajı çevresinde küresel iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklıkların artış trendinde olduğu ve yağışların bölgede giderek azaldığı, bu durumun da Damsa barajının su miktarındaki azalmasını tetiklediği ortaya koyulmuştur (Bağdatlı ve ark. 2015).

Damsa Barajı; barajdaki suyun sulama amacıyla kullanılması, barajda su ürünleri yetiştiriciliği yapılması, Mustafapaşa kasabasının düzensiz çöp deponi sahasının baraja yakınlığı, baraj etrafında tarım alanlarının bulunması, bu barajda daha önce yapılmış kapsamlı benzer bir çalışmanın bulunmaması nedeniyle araştırma sahası olarak seçilmiştir.

Araştırma süresince yapılan izlemeler, Yüzeysel sular ve Yeraltı sularının İzlenmesine dair Yönetmelik kapsamında yapılmıştır. Numune alınan ölçüm istasyonlarının koordinatları Magellan Explorist 710 GPS cihazı ile belirlenmiştir. Bu çalışmada alınan su numunelerinin analizi standart yöntemlere (AWWA, 1995; USEPA) uygun olarak laboratuvar ortamında yapılmıştır. Barajın tamamını yansıtabilecek şekilde belirlenen 28 adet ölçüm istasyonundan alınan numunelerde çözülmüş oksijen, sıcaklık, pH, Amonyum, Demir, Bakır, Çinko parametrelerine bakılmıştır. Google Earth Pro'dan yüksek çözünürlüklü, metrik koordinat sistemine bağlı WGS84 - Zone 36 koordinat düzleminden alınan JPEG formatındaki uydu görüntüsü ArcMAP ortamına aktarılmıştır. Görüntü üzerinde Damsa Barajı'nın sınırları ve anlık numune noktaları sayısallaştırılarak vektör veri haline getirilmiştir. Numune alınan ölçüm istasyonlarının yerini gösterir harita Şekil 1'de verilmiştir.

Anlık numunelerin su kalitesi parametreleri çizelge haline getirilerek öznitelik verisi olarak ArcMAP'te Damsa Barajı üzerinde yapılan sayısallaştırılmış vektör veri üzerine eklenmiştir. Sayısallaştırılan vektör veri ve üzerine eklenen öznitelik çizelgesi kullanılarak ArcGIS spatial analyst modülü kullanılarak mekânsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-2'deki Yerüstü Su Kütlelerinin sınıflandırma şemasına göre



Şekil 1. Numune alınan ölçüm istasyonları.

değerlendirilmiş olup aynı yönetmeliğin Ek-5 Tablo 4 ve Tablo 5'te yer alan belirli kirleticiler ve öncelikli maddelere ilişkin su kalitesi izleme sonuçlarının değerlendirilmesinde, su kütlesi kategorisine göre karşılaştırılarak çevresel kalite standardı değerleri sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir.

3. Bulgular

Coğrafi bilgi sistemleri ile izleme ve değerlendirme çalışmalarında kullanılan raster verinin çözünürlüğünün yüksek olması veri üzerinde yapılacak çalışmalarda hata payını minimuma indirmektedir. Yüksek çözünürlüklü verilerde yapılan sayısallaştırma işlemlerinde; çalışma alanının sınırları net olarak görülebilir. Bu nedenle çalışmada kullanılan uydu görüntüsü Google Earth Pro'dan yüksek çözünürlüklü, metrik koordinat sistemi olan WGS84 - Zone 36 koordinat düzleminde alınmıştır.

2015 yılında 28 adet ölçüm istasyonu için 4 mevsim İlkbahar (Mayıs-2015), Yaz (Temmuz-2015), Sonbahar (Ekim-2015) ve Kış (Aralık-2015) aylarında olmak üzere toplamda 112 adet numune alınarak örnekleme yapılmıştır. Numunelerin her birinin WTW marka çoklu parametre ölçüm cihazıyla pH, çözülmüş oksijen ve sıcaklık değerlerine istasyon noktasında yerinde bakılmıştır. Her ölçüm istasyonu noktasından diğer öngörülen analizlerde kullanmak için anlık numuneler alınmış olup TS S667-3 numune taşıma

ve muhafaza standardına göre numuneler, aynı gün içinde laboratuvara getirilmiştir. Damsa Barajında 2015 yılında farklı mevsimlerde alınan toplam yirmi sekiz (28) farklı noktanın analiz sonuçlarına göre her parametreye yönelik konuma bağlı mevsimsel olarak ortalama değerlerin esas alındığı verilerle hazırlanmış mekânsal dağılım haritaları aşağıda verilmiştir.

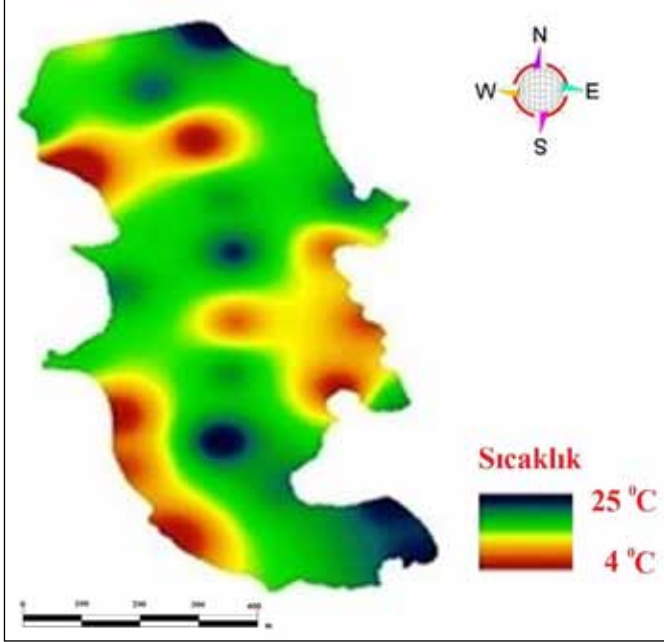
Sıcaklık:

Çalışma süresince elde edilen sıcaklık verilerine göre Damsa Barajındaki en düşük su sıcaklığı 4°C (kışın, 8 nolu numune istasyonunda) ve en yüksek su sıcaklığı 25°C (yazın, 3 nolu numune istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir. Yüzeysel Sularda izlenmesi gereken kalite elementleri arasında yer alan sıcaklık parametresi yerüstü su kalitesi yönetmeliği kapsamından çıkarılmıştır. Lakin bu çalışma sürecinde tüm örnekleme sıcaklık değeri ölçülerek, göldeki çözülmüş oksijen seviyesindeki mevsimsel değişimi ve baraj gölünün trofik durumunun stabilitesini değerlendirmek için takip edilmiştir. Damsa Barajı'ndaki mevsimsel ortalama su sıcaklığı 22.5°C olduğundan (Şekil 2) barajın sıcaklık yönünden su kalitesi I.Sınıf Su (çok iyi) olarak belirlenmiştir.

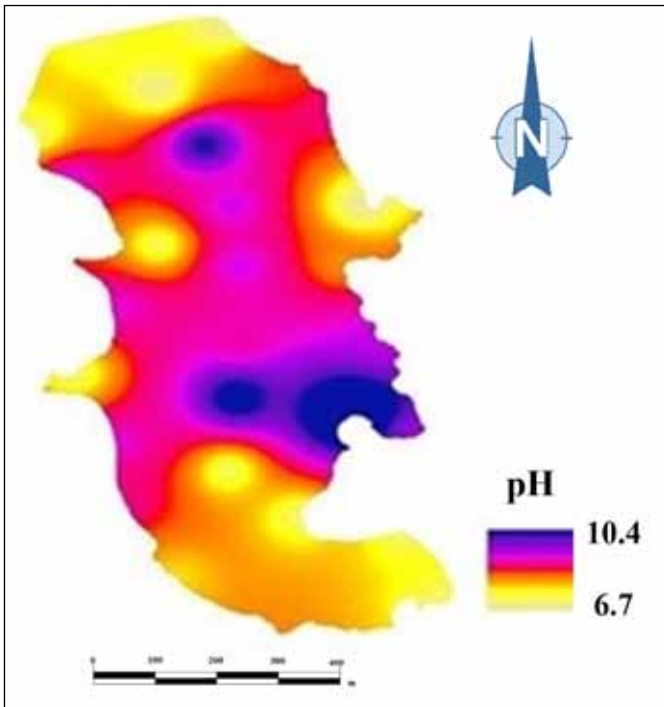
pH;

Dört mevsim elde edilen pH değerlerinin ortalamasına göre Damsa Barajı'ndaki en düşük pH değerinin 6.7 (11 nolu

numune istasyonunda) ve en yüksek pH değerinin 10.4 (19 nolu numune istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 2'de verilen "Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerinde yerüstü su kütlelerinin tüm sınıflarında yüzey suyu pH



Şekil 2. Sıcaklık (°C) değerleri mekânsal dağılım haritası.

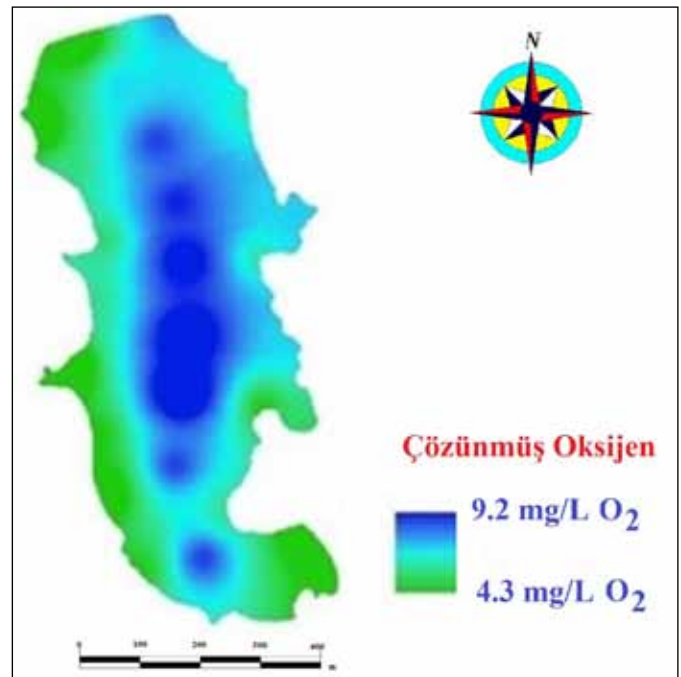


Şekil 3. pH değerleri mekânsal dağılım haritası.

değerinin 6 – 9 arasında bir değere sahip olması gerektiği belirtilmiştir. Damsa Barajı'ndaki mevsimsel ortalama pH değeri 7.7 olduğundan (Şekil 3) pH yönünden su kalitesi I.Sınıf su (çok iyi) olarak belirlenmiştir. Fakat 7, 19 ve 20 numaralı numune noktalarında pH değerlerinin sırasıyla 8.8, 10.4 ve 9.1 olduğu tespit edilmiştir.

Çözünmüş oksijen:

Mevsimsel olarak yirmi sekiz (28) ölçüm istasyonundan elde edilen ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonlarına göre baraj gölündeki en düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yaz döneminde 4.3 mg O₂/L (15 nolu numune istasyonunda) ve en yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonunun ilkbaharda 9.2 mg O₂/L (20 nolu numune istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Damsa Barajı sulama amaçlı kullanıldığı gibi, barajda su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetleri de yürütülmektedir. Canlı faaliyetlerinin devamı açısından su içerisindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 4 – 5 mg O₂/L olması gerekmektedir. 4 sezon boyunca yürütülen analizlerde 4 mg O₂/L'nin altında çözünmüş oksijen konsantrasyonuna rastlanmamıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 2'ye göre çözünmüş oksijen konsantrasyonu 8 mg/L'den büyük olan suların kalitesi I. Sınıf, 6 – 8 mg/L aralığında olan suların kalitesi ise II. Sınıf olarak belirtilmiştir. Baraj yüzey suyunda mevsimsel ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 6.44 mg O₂/L ile barajdaki sucul canlıların yaşamını sür-



Şekil 4. Çözünmüş Oksijen değerleri mekânsal dağılım haritası.

dürebilmesi için yeterli olduğu ve bu değerin Kıta İçi Su Kütleleri Sınıflarına göre kalite kriterleri yönünden II. Sınıf sulara girmekte olduğu görülmüştür.

Amonyum Azotu ($\text{NH}_4^+ \text{-N}$):

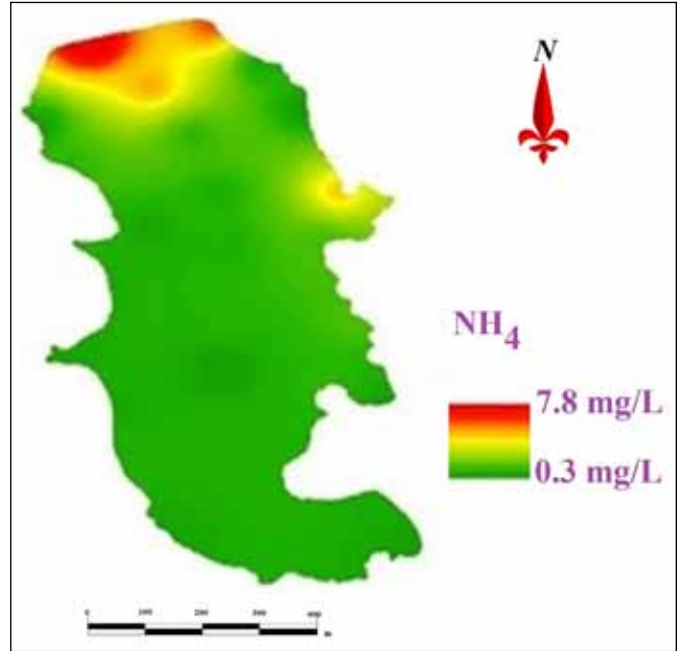
Yirmi sekiz (28) farklı ölçüm istasyonundan mevsimsel olarak elde edilen ortalama amonyum iyonu konsantrasyonlarına göre Damsa Barajı'ndaki en düşük amonyum konsantrasyonunun 0.3 mg/L (20 nolu numune istasyonunda) ve en yüksek amonyum konsantrasyonunun 7.8 mg/L (2 nolu numune istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 2'deki kriterlere göre amonyum azotu konsantrasyonu 0.2 mg/L $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ altındaki sular I.Sınıf su olarak belirtilirken >2 mg/L olan suların IV. Sınıf zayıf su statüsünde olacağı görülmektedir. Buna göre, Göl yüzey suyunda ölçülen yıllık ortalama amonyum azotu konsantrasyonu 1.6 mg/L olduğundan, amonyum yönünden barajın su kalitesi III. Sınıf su (orta) olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Baraj gölündeki 2 ve 3 nolu numune noktalarındaki mevsimsel ortalama amonyum konsantrasyonlarındaki artışın (sırasıyla 7.80 mg/L ve 5.40 mg/L) olması, gölün kuzeyinden iç kesimlere doğru bir kirletici girişi olduğunu gösterir niteliktedir. Fakat, amonyum değeri 5-10 mg/L arasında olan sulama suları II.Sınıf su (iyi) olarak sınıflandırıldığından, bu noktadaki amonyum değerlerinin gölün sulama suyu açısından genel su kalitesini zayıflatmadığı yönünde değerlendirme yapılabilir.

Demir (Fe^{+2}):

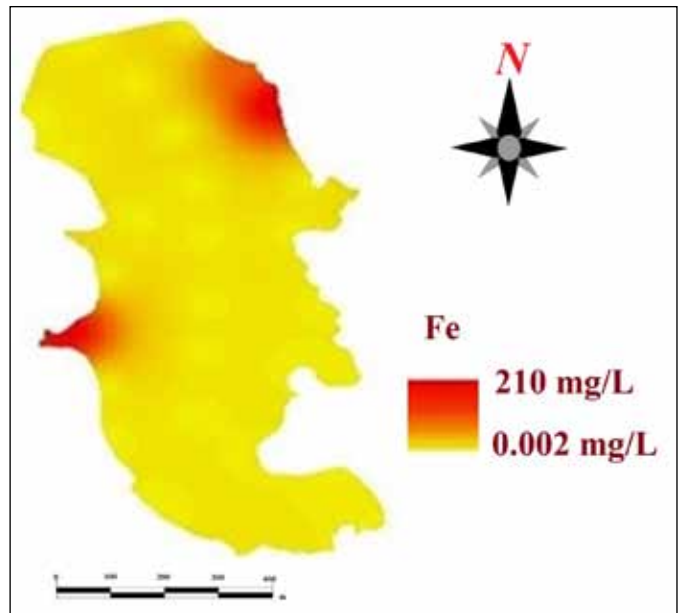
Analizi yapılan ağır metal türlerinden, demir (Fe^{+2}) konsantrasyonlarına bakıldığında Damsa Barajı'ndaki en düşük demir konsantrasyonunun 0.002 mg/L (ilkbaharda 1 nolu numune istasyonunda) ve en yüksek demir konsantrasyonunun 210 mg/L (yazın 6 nolu numune istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 4'deki yerüstü su kaynakları için verilen kriterlere göre demir konsantrasyonu yıllık ortalama 36 $\mu\text{g/L}$ Fe^{+2} ve maksimum 101 $\mu\text{g/L}$ Fe^{+2} altındaki değerlerinin çevresel kalite standartlarını sağlayabileceği belirtilmiştir. Damsa Baraj gölündeki mevsimsel ortalama demir konsantrasyonunun 18.3 mg/L olduğu bu nedenle belirtilen çevresel kalite standartları değerlerinin oldukça üstünde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6). Damsa Barajı'ndaki demir konsantrasyonunun gölün kuzeydoğu ve ortabatı bölümünde yüksek olmasına sebep olan 5, 6 ve 10 nolu numune noktalarındaki sırasıyla 80 mg/L, 210 mg/L ve 200 mg/L demir konsantrasyonları etki etmektedir.

Bakır (Cu^{+2}):

4 mevsim analizlenen diğer bir ağır metal türü olan bakır için en düşük konsantrasyonun 0.003 mg/L (sonbaharda 18 nolu numune istasyonunda) ve en yüksek bakır konsantrasyonunun 2.45 mg/L (yazın 9 nolu numune istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği



Şekil 5. Amonyum Azotu konsantrasyonları (mg/l $\text{NH}_4^+ \text{-N}$) mekansal dağılım haritası.



Şekil 6. Demir konsantrasyonları (mg/l Fe^{+2}) mekansal dağılım haritası.

Ek-5 Tablo 4'deki yerüstü su kaynakları için verilen kriterlere göre demir konsantrasyonu yıllık ortalama $1.6 \mu\text{g/L}$ Cu^{+2} ve maksimum $3.1 \mu\text{g/L}$ Cu^{+2} altındaki değerlerinin çevresel kalite standartlarını sağlayabileceği belirtilmiştir. Damsa Baraj gölündeki mevsimsel ortalama bakır konsantrasyonu 0.6 mg/L olduğu göz önüne alındığında yönetmelikte belirtilen yıllık ortalama çevresel kalite standart değerlerinin oldukça üzerinde tespit edilmiştir. Bakır (Cu^{+2}) yönünden baraj suyunun özellikle gölün ortabatı bölümünden kaynaklı yüksek konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür (Şekil 7).

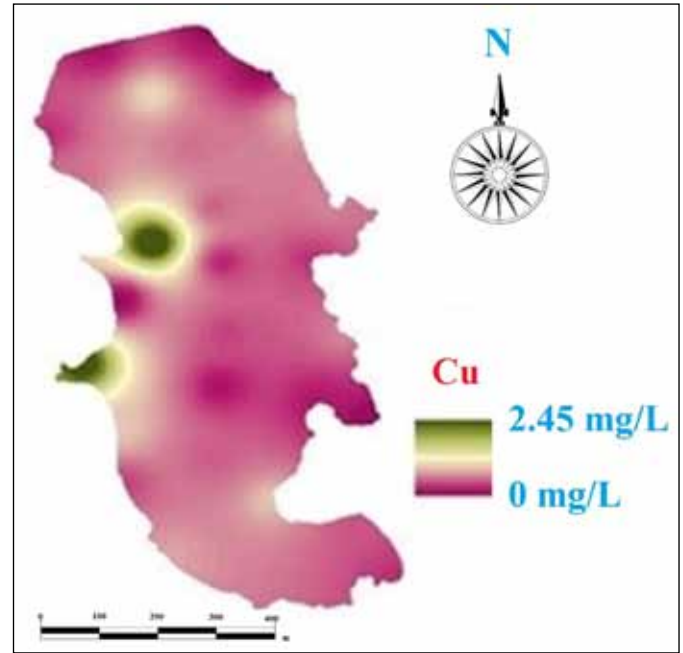
Çinko (Zn^{+2}):

Çinko konsantrasyonları açısından ağır metal kirliliği değerlendirmesine göre baraj suyundaki ortalama en düşük çinko konsantrasyonunun 0.02 mg/L (sonbaharda 15 nolu numune istasyonunda) ve en yüksek bakır konsantrasyonunun 1.5 mg/L (yazın 18 nolu numune istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 4'deki yerüstü su kaynakları için verilen kriterlere göre demir konsantrasyonu yıllık ortalama $5.9 \mu\text{g/L}$ Zn^{+2} ve maksimum $231 \mu\text{g/L}$ Zn^{+2} altındaki değerlerinin çevresel kalite standartlarını sağlayabileceği belirtilmiştir. Baraj yüzey suyundaki mevsimsel ortalama çinko konsantrasyonu 0.4 mg/L olduğu, fakat gölün kuzey ve ortadoğu kısımlarındaki çinko yönünden ağır metal kirlenmesi söz konusu olup, baraj suyunun çinko yönünden aşırı konsantrasyon ihtiva etmediği söylenebilir (Şekil 8).

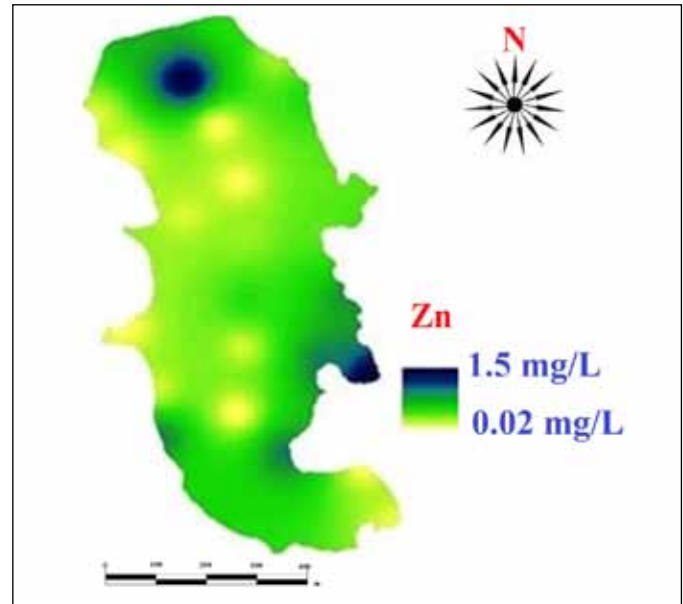
4. Sonuçlar ve Öneriler

Damsa Baraj Gölünde 4 mevsim boyunca toplamda 28 adet ölçüm istasyonundan alınan numuneler sonucunda; suyun sıcaklığının $4-25 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değiştiği ve sıcaklığın göl yüzey suyunun kuzeyi ve güneydoğu kıyı kesimlerinde en yüksek su sıcaklığına yaz döneminde ulaştığı belirlenmiştir. Sıcaklık bakımından herhangi bir termal kirlenme söz konusu olmayıp, iklime bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Suyun pH'nın yüksek olması amonyak ve azot bileşiklerinin zararlı etkilerini arttırmakta olup ağır metallerin birikmesi açısından önemli bir parametredir. Damsa Barajındaki ortalama pH değeri 7.7 olduğundan (Şekil 3) göl bazik karakterde olup I. sınıf su kalitesi grubuna girmektedir ve sulama amaçlı kullanmada pH değerinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Baraj suyunun pH'nın yüksek olması balıkçılık açısından sınırlandırıcı bir parametre olup pH'ın 8'e yakın olduğu baraj gölü sularında alabalık yetiştiriciliğinin yapılması da uygundur. Yapmış olduğumuz bu çalışmadan elde edilen sıcaklık ve pH ile ilgili bulgular, Mert vd.'nin (2010) yapmış olduğu çalışmada elde edilen bulgular ile uyumluluk göstermektedir.

Çözünmüş oksijen değerleri $4.3-9.2 \text{ mg/l}$ aralığında ölçülmüştür. Baraj gölleri için ötrofikasyon sınır değerlerine (Yerüstü su kalitesi Yönetmeliği Ek-6 Tablo 9) göre çözünmüş oksijen değeri 4 mg/L 'nin altındaki suların mezotrofik yapısını koruyamadığı belirtilmiş, >7 üzerindeki suların oligotrofik Ç.O. değerine sahip olabileceği gösterilmiştir. Damsa Barajı'ndaki mevsimsel ortalama çözünmüş oksijen



Şekil 7. Bakır konsantrasyonları (mg/l Cu^{+2}) mekânsal dağılım haritası.



Şekil 8. Çinko konsantrasyonları (mg/l Zn^{+2}) mekânsal dağılım haritası.

konsantrasyonunun 6.44 mg O₂/L ile II. Sınıf su kalitesi için verilen çözünmüş oksijen konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Sulama amaçlı kullanılan sular, çözünmüş oksijen konsantrasyonuna göre kalite sınıflandırması yapılmadığından, barajda tespit edilen ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu sulama suyu kalite sınıflandırması yönünden irdelenmemiştir.

Baraj suyundaki azot içeriğinin değerlendirilmesine yönelik olarak test edilen amonyum konsantrasyonlarının nispeten yüksek olduğu görülmüştür. Baraja olası evsel/tarımsal kaynaklı nitrat azotu konsantrasyonlarının bu durumun en önemli sebebi olabileceği dolayısıyla bu noktalarda organik maddenin oksidasyonundan kaynaklı çözünmüş oksijen eksikliği de başkaca bir sorun ortaya çıkarabilmektedir. Şöyle ki, baraj göletlerinde yüksek miktarda nitrat bulunması ciddi bir halk sağlığı sorununu da beraberinde getirmektedir. Baraj gölü etrafındaki tarıma dayalı arazi kullanımı düşünüldüğünde nitratlı gübre kullanımının fazlaca olduğu düşünülmektedir. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan amonyum konsantrasyonu 0-5 mg/L arasında olan sular I.Sınıf su olarak belirtilmektedir. Damsa Barajı'ndaki ortalama amonyum değeri 1.6 mg/L olduğundan, amonyum yönünden barajın su kalitesi I.Sınıf su (çok iyi) olarak belirlenmiştir. Sulama sularında amonyum tuzlarının olması topraklarda ayrışmayı (dispersiyon) arttırıcı, geçirgenliği düşürücü fakat sürekli olmayan bir etki yapar.

Demir (Fe²⁺) açısından değerlendirildiğinde ise, baraj gölündeki en düşük demir konsantrasyonunun 0.002 mg/L ve en yüksek demir konsantrasyonunun 210 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Damsa Barajı'ndaki ortalama demir miktarının 18.3 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Damsa Barajı'ndaki demir konsantrasyonunun yüksek olmasına sebep olan 5, 6 ve 10 nolu numune noktalarındaki (sırasıyla 80, 210 ve 200 mg/L) demir konsantrasyonları etki etmektedir. Sulama sularında fazla miktarda demir bileşenlerinin bulunması halinde, tarım topraklarının çamurlanması, damla sulamada damlatıcı tıkanmalarına yol açabilmektedir. Toprak daneleri arasındaki boşlukların tıkanıp hava ve su alışverişinin engellenmesi söz konusu olacağından bu gibi sular sulamada elverişli değildir. Fazla demir ihtiva eden sular, havalandırma metotları ile içindeki demir oksitlendirilmek suretiyle uzaklaştırılarak sulamada kullanılmaları mümkündür.

Bakır (Cu²⁺) açısından değerlendirildiğinde ise, baraj gölündeki en düşük bakır konsantrasyonun 0.003 mg/L ve en yüksek bakır konsantrasyonunun 2.45 mg/L olduğu tespit edilmiştir. 'Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum

Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonları'na göre her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda bakırın maksimum konsantrasyonunun 0.2 mg/L olması gerekmektedir. Damsa Barajı'ndaki ortalama bakır konsantrasyonu 0.6 mg/L olduğundan baraj bakır yönünden yüksek konsantrasyona sahiptir. Bakır konsantrasyonunun riskli seviyede olması canlı yaşamı için tehdit oluşturmaktadır. Çinko açısından değerlendirildiğinde ise, barajdaki en düşük çinko konsantrasyonun 0.02 mg/L ve en yüksek bakır konsantrasyonunun 1.5 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Çinkonun yüksek seviyede olması biyolojik aktiviteyi tehdit edebilmektedir. Ortalama çinko konsantrasyonu 0.4 mg/L olduğundan barajın çinko yönünden yüksek konsantrasyon ihtiva etmediği söylenebilir. Araştırma alanını oluşturan Baraj Gölü tarımsal sulama amacıyla kullanılmakla birlikte göl alanında tatlı su balıkçılığının devam etmesi bakımından da biyolojik su kalitesini korumaya çalışmaktadır.

Sonuç olarak; pH, sıcaklık ve amonyum parametreleri bakımından Damsa Barajı sulama suyu olarak kullanıma elverişlidir. Yaz aylarında baraj seviyesindeki azalmaya bağlı olarak kirletici parametrelerin değerlerinde nispeten artış gözlenmiştir. Bununla birlikte, ağır metal ve toksik madde yönünden ise Baraj suları, sulama suyu kullanımına uygun değildir. Lakin, yerüstü su kaynaklarının sınıflandırılmasında tek başına fizikokimyasal parametre analizlerinden yola çıkılarak değerlendirme yapılması doğru olmayacaktır. Sudaki biyolojik kalite unsurları en önemli unsur olarak görülüp ekolojik bir değerlendirme yapmaya ihtiyaç vardır. Yapılan bu çalışma baraj gölündeki mevcut durumu küçük de olsa yansıtmakla beraber daha sonra yapılacak kapsamlı çalışmalarda ölçülen parametre sayısının arttırılması ve ekolojik değerlendirme ile birlikte gölün trofik durumundaki değişimin mevsimsel izlenmesi önem taşımaktadır. Keza, kirlenmeye açık bir göl havzasına sahip olması dezavantajını yaşayan baraj gölünün çevresel kalite standartlarından uzaklaştığını söylemek mümkündür. Dolayısıyla baraj gölünde çok sayıda örnekleme noktası ve izleme takvimiyle (aylık olarak) derinlik boyunca, özellikle kıyı kesimlerdeki azot ve fosfat konsantrasyonlarının tespitine yönelik ilave çalışmalar ile birlikte su ve dip sedimanda ağır metal türleri ve bazı toksikolojik incelemelerin yapılması gereklidir. Kapsamlı yapılacak incelemelerden sonra göl suyunun kalitesi, içilebilir/kullanılabilir su kaynağı olarak değerlendirilebilirliği hakkında detaylı bilgi verilebilecektir.

Bu çalışmadan hareketle baraj gölünün sürdürülebilir kullanımına yönelik olarak göl havzasının olası noktasal ve yayılı kirlenme tehditlerine önlem olarak bazı acil tedbirlerin alınması önemlidir.

- Baraj göl alanı ve çevresinin kirletici kaynaklarının tespiti ve kontrol altına alınması;

Baraj çevresinin mesire alanı olarak kullanılması, ayrıca su ürünleri yetiştiriciliği yapılmasından dolayı barajda motorlu deniz taşıtı kullanılması kaynaklı çeşitli çevresel kirlilikler oluşturmaktadır. Baraj Gölü ve çevresinin su yönetimi, su kütlesi ve onu çevreleyen bölge arasındaki karışık etkileşimlerin analiz edilmesini gerektirir (Cüce ve ark. 2011). Ötrofikasyon tehdidi ön planda tutularak baraj gölü havzasına entegre edilmiş eylem planlarının uygulamasının bir an önce hayata geçirilmesi önem taşımaktadır.

- Gölün su seviyesi; doğanın dengesini bozmayacak şekilde korunmalıdır. Bu nedenle noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar tespit edilmeli, göle katı atıkların boşaltılması, evsel ve endüstriyel atıksuların deşarjını kısıtlayacak şekilde koruma statüsüne uygun önlemlerin il bazında kurum ve kuruluşlarca (DSİ, Belediye) alınması gerekmektedir.
- Sulama suyunun daha etkin kullanılabilmesi için; bölge çiftçisi sulama konusunda eğitilmeli, sulama amacı ve sulama yönetimi belirlenmeli, basınçlı sulama sistemlerinin kullanımı teşvik edilmeli, sulama sistemleri uzman kişiler tarafından projelendirilmeli ve uygun bitki patesinin belirlenmesi gerekmektedir.
- Pestisit ve gübre kullanımı gibi tarımsal faaliyetlerin su kaynaklarına olası etkilerini azaltmak ve daha bilinçli olarak zirai uygulamaların yapılması için çiftçiler bilinçlendirilmelidir. Suların verimli bir şekilde kullanılması ve ekolojik dengenin devamlılığı için, belirli dönemlerde tekrarlanmak suretiyle su kaliteleri sürekli olarak izlenmeli ve kirlenme durumunda gerekli müdahalelerin yapılması sağlanmalıdır.

5. Kaynaklar

Bağdatlı, MC., Savci, S., Ucak, AB., Gökdoğan, O. 2015. Evaluation of Agricultural Drought with GIS in Some Irrigation Areas: The Sample of Nevşehir Province in Turkey, International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICOCEE), p.1978-1986, 20-23 May, Cappadocia-Turkey.

Bulut, C., Atay, R., Uysal, K., Köse, E. 2012. Çivril gölü yüzeY suyu kalitesinin değerlendirilmesi. *Anad. Üni. Bilimve Tek. Der.-C, Yaş. Bilim. ve Biyotek.*, 2:1-8.

Cüce H., Bakan G., Akıncı H. 2011. Balık gölü (Kızılırmak Deltası, Samsun) su kalitesinin konumsal analizi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011, 31 Ekim - 04 Kasım, Antalya.

Girgin, S., Akyürek, S., Usul, N. 2004. Türkiye için coğrafi bilgi sistemi tabanlı su kalitesi veri analiz sistemi geliştirilmesi. 3. Coğrafi Bilgi sistemleri Bilişim Günleri, 6-9 Ekim, İstanbul.

Karadavut, İ.S., Saydam, AC., Kalıpcı, E., Karadavut, S., Özdemir, C. 2011. A research for water pollution of Melendiz stream in terms of sustainability of ecological balance. *Carpt. J. Earth Environ. Sci.*, 6(1):65-80.

Karadavut, S., Delibas, L., Kalıpcı, E., Özdemir, C., Karadavut, IS. 2012. Evaluation of irrigation water quality of Aksaray region by using geographic information system, *Carpt. J. Earth Environ. Sci.*, 7(2):171-182.

Lambrakis, N., Antonakos, A., Panagopoulos, G. 2004. Theuse of multi component statistical analysis in hydrological environmental research. *Wat.Res.*, 38: 1862-1872.

Mendiguchia, C., Moreno, C., Galindo-Riano, D.M., Garcia-Vargas, M. 2004. Using chemometric tool stoassessan thropogenic effects in river water a case study Guadalquivir River (Spain). *Anal. Chim. Acta*, 515: 143-149.

Mert, R., Bulut, S., Yıldırım, G., Yılmaz, M., Gül, A. 2010. Damsa Baraj Gölü (Ürgüp) Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerinin Araştırılması. *Gazi Uni. J. Gazi Edu. Fac.*, 30(2):285-302.

Savci, S., Bağdatlı, MC. 2015. İçme Sularındaki Bazı Ağır Metallerin (Ni, Mn, Cu) CBS Yardımıyla Mekansal Analizleri: Türkiye'nin Anadolu Bölgesinden Örnek Bir Çalışma. *Uluslar. Hakemli Müh. ve Fen Bil. Der.*, 4:65-78.

Singh, K.P., Malik, A., Sinha, S. 2005. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti River (India) using multi variate statistical techniques a casestudy. *Anal. Chim. Acta*, 538:355-374.

Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Vousta, D., Anthemidis, A., Sofonioum, M., Kouimtzis, T. 2003. Assessment of the surface water quality in northern Greece. *Wat. Res.*, 37: 4119-4124.

Yılmaz, F. 2004. Mumcular barajı (Muğla-Bodrum)'nın fiziko-kimyasal özellikleri. *Eko. Der.*, 13(50):10-17.