

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK MAMASIN BARAJI YÜZEY SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Erkan KALIPCI (ORCID: 0000-0002-1908-5468)*
Hüseyin CÜCE (ORCID: 0000-0002-3590-681X)
Süleyman TOPRAK (ORCID: 0000-0003-4332-4139)

Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye

Geliş / Received: 01.08.2016

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 01.01.2017

Kabul / Accepted: 03.01.2017

ÖZ

Bu çalışmanın amacı; Aksaray İlinin içme-kullanma ve sulama suyu ihtiyacını karşılayan Mamasın Baraj Gölü su kalitesinin mevcut durumunu tespit etmek ve konumsal olarak olası kirlenmenin boyutlarını ortaya çıkarmaktır. Araştırma kapsamında 2015 yılında 16 adet ölçüm istasyonu için; ıslak dönem (Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında) ve kuru dönem (Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında) olmak üzere numuneler alınarak örnekleme yapılmıştır. Yüzeiden örneklenen tüm su numunelerinde; çözünmüş oksijen, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, nitrat (NO_3^-) ve sülfat (SO_4^{2-}) kalite parametreleri için yerinde ve laboratuvar koşullarında analizler yapılmıştır. Tespit edilen tüm sonuçlar için coğrafi bilgi sistemi ile baraj suyu kalitesi konumsal olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında analiz edilen genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler bazında baraj gölü yüzey suyunun mevcut önlemlere rağmen 1. sınıf su kalitesini koruyamadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mamasın Barajı, su kalitesi, coğrafi bilgi sistemi, Aksaray

EVALUATION OF SURFACE WATER QUALITY OF MAMASIN RESERVOIR BY USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS)

ABSTRACT

The main purpose of this study are to determine the current situation of water quality in Mamasın Dam Lake which meets the drinking-using and irrigation water need of Aksaray city, and to present the dimensions of spatial pollution. Within the scope of this research, the sampling was carried out by taking samples in wet period (February, March, April and May) and dry period (June, July, August and September) from 16 monitoring stations in 2015. In all water samples taken from the surface, the analysis was carried out for quality parameters of dissolved oxygen, temperature, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, nitrate (NO_3^-) and sulphate (SO_4^{2-}) in situ and at laboratory conditions. The reservoir water quality was spatially evaluated by using geographical information system for all determined results. Within the scope of the research, it was determined that dam lake surface water unprotected its 1st class water quality despite of precautions for all analysed chemical and physicochemical parameters.

Keywords: Mamasın reservoir, water quality, geographical information systems, Aksaray

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 384 228 1000; e-mail / e-posta: ekalipci@hotmail.com

1. GİRİŞ

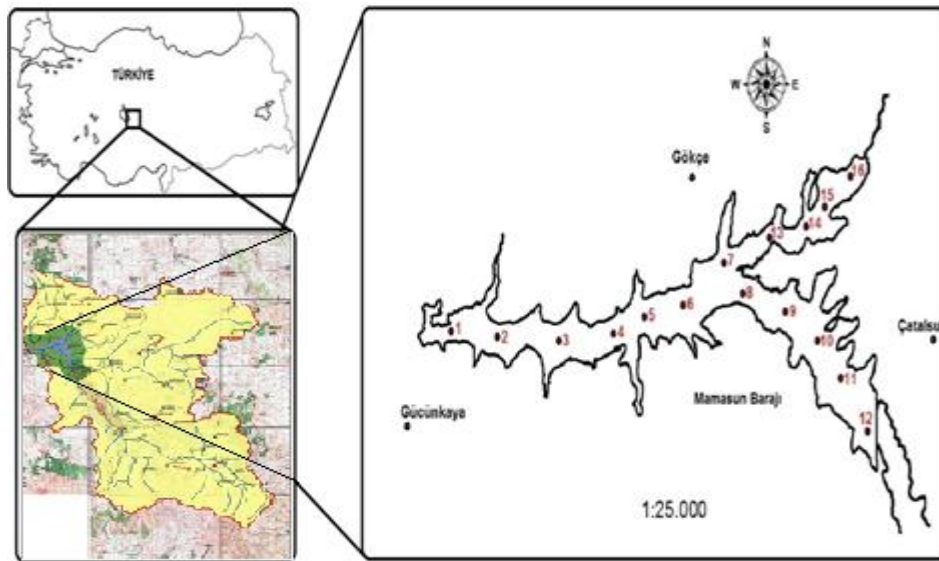
Dünyada ve ülkemizde bir taraftan nüfus artarken, diğer taraftan su kaynakları hızla kirlenmekte ve tükenmektedir. Su kaynaklarına olan ihtiyaç gün geçtikçe artarken, sınırlı olan bu kaynaklar üzerindeki kirlilik baskıları da giderek artmaktadır. Su kaynaklarına doğrudan veya dolaylı bulaşan kirlilik etmenleri büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Temiz su kaynaklarına ulaşmak giderek zorlaşmaktadır. Bu duruma sebep olarak evsel ve endüstriyel atıkları, bilinçsizce kullanılan gübre ve zirai ilaçlar, turizm faaliyetleri ve bunlara ilave olarak küresel ısınmanın meydana getirdiği iklim değişikliklerini ve kuraklığı göstermek mümkündür [1]. Baraj gölleri genellikle enerji üretimi, sulama, içme suyu ve taşkından korunma gibi amaçlarla kurulmaktadır. 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 [2]. Su kaynaklarının beslediği ekosistemlerin (nehirler, göller, sulak alanlar) korunması ve kirliliğin kontrol altına alınması için düzenli olarak yerüstü su kalitenin izlenmesi gerekmektedir. Su kalitesi belirlenerek, kirlilik unsurları tespit edilip, minimum düzeye indirilmesi için gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır [3]. Su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve yönetimi çalışmalarında bilgisayar destekli veri analizi ve görselleştirme araçları, istatistik yöntemler ve özellikle coğrafi bilgi sistemi (CBS) öncelikli teknoloji durumuna yükselmiş ve son yıllarda CBS tabanlı su kalitesi yönetim sistemleri yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır [4-9]. Yapılan bu çalışmada; Aksaray ilinin içme ve sulama ihtiyacını karşılamakta olan Mamasın Barajı yüzey suyu kalitesine yönelik olarak toplam 16 adet ölçüm istasyonundan mevsimsel olarak alınan örneklerde analizler yapılmış, CBS ile konumsal analizi ve tematik haritalandırılması yapılmıştır. Elde edilen bulgular, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (10.08.2016) kriterlerine göre suyun kullanıma uygunluğu değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanının Tanımı

Çalışma alanı olarak belirlenen Mamasın Barajı 1957-1962 yılları arasında DSİ tarafından sulama ve içmesuyu amacıyla yapılmış olup Aksaray İli sınırlarında yer almaktadır. İç Anadolu'da bulunan Aksaray; 30°-35° doğu meridyeni ile 38°-39° kuzey paraleli arasında bulunmaktadır. Kuzeyinde Kırşehir, Ankara, doğusunda Nevşehir, güneydoğusunda Niğde, güneybatısında Konya, kuzeybatısında Tuz Gölü bulunmaktadır. Aksaray'ın güneydoğusunda 3268 m yüksekliğinde Hasan Dağı bulunmaktadır [10].

Mamasın Barajının gövde dolgu tipi kaya dolgu olup gövde hacmi 0,401 hm³'tür. Barajın normal su kotundaki hacmi 82,15 hm³, alanı 9,95 km² ve su yüksekliği 44,9 m'dir. Barajın sulama alanı 24854 ha'dır. Yıllık 9,5 milyon hm³ içme suyu temin edilmektedir. 23640 hektarlık tarım arazisinin sulanmasına katkı sağlamaktadır. Çalışma alanını gösterir harita Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK MAMASIN BARAJI YÜZEY SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre Aksaray ilindeki yıllık yağışın 2001 ile 2008 yılları arasında ortalamının altına düştüğü görülmüştür [11]. 2013 yılında ortalamının altına düşen yıllık yağış miktarının 2015 yılında ortalama 380 mm olduğu belirlenmiştir.

Mamasın Baraj Gölü havzasındaki arazi kullanımının büyük bölümünü tarım (%63) ve mera alanı (%27) oluşturmaktadır. Akarsular yönünden fakir olan Aksaray'ın en önemli akarsuyu Hasan Dağı'ndan doğan ve Ihlara vadisinden geçen Melendiz çayıdır. Diğer önemli akarsuları ise Karasu ve Eşmekaya çaylarıdır. Aksaray'a içme suyu ihtiyacının büyük bir bölümünü (%55) sağlayan Mamasın Barajı, Melendiz ve Karasu çayları tarafından beslenmektedir [12].

2.2. Numune Alma Programı ve Numunelerin Toplanması

Çalışma kapsamında Aksaray Mamasın Barajı üzerinde 16 farklı ölçüm istasyonu belirlenmiş olup ıslak dönem (kış mevsim sonu ve ilkbahar) ve kuru dönem (yaz mevsimi ve sonbahar başında) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm istasyonlarının yerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Baraj yüzeyi örnekleme bölgesi 4 alt bölgeye ayrılmış ve her bölgede 4 örnek alma istasyonu olmak üzere yer seçimleri yapılmıştır. Örnekleme yapılan 4 bölge: baraj göl alanını kuşatan alt havza sınırlarını esas almak kaydıyla gölün batı ağzından başlayan birinci bölge, gölün orta noktasını kapsayan ikinci Bölge, gölün güney-doğu aşağı alt havzasında yer alan üçüncü Bölge ve gölün kuzey-doğu ağzından başlayan yukarı alt havza sınırlarındaki dördüncü Bölge olarak tanımlanmıştır. Ölçüm istasyonlarının koordinatları Magellan Explorist 710 Map 9PS alıcısı ile belirlenmiştir. Yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair Yönetmelik'te belirtilen kıstaslar uyarınca mevsimsel bazda örneklemeyi dikkate alarak; çalışma imkanları ölçüsünde yıl içerisinde 8 ay süresince örnek alma koşullarına riayet edilerek alan çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ölçüm istasyonlarından 2015 yılı içerisinde ıslak dönem (Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında) ve kuru dönem (Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında) olmak üzere numuneler alınmıştır. Numuneler, motorlu tekne yardımıyla yüzeyden en az 1 m derinlikten kompozit örnekleme yardımıyla uygun bir şekilde alınmış ve cam şişelerde, ışık almayacak biçimde, 4°C sıcaklıkta muhafaza edilerek laboratuvar ortamına taşınmıştır. TÇKM, çözülmüş oksijen, pH, iletkenlik ve sıcaklık değerleri HACH marka HQ40d model multiparametre ölçüm cihazı ile yerinde belirlenmiştir. Sülfat ve nitrat sonuçları Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında HACH LANGE DR 3900 spektrofotometre ile belirlenmiştir. Yerinde ve laboratuvarında elde edilen su kalite analiz sonuçları 10.08.2016'da Resmi Gazetede yayımlanan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek5- Tablo 2 "Kıtaçığı Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal parametreler açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" ve Tablo 9 "Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri"ne göre değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Numune alınan ölçüm istasyonları

2.3. CBS ile Tematik Haritaların Oluşturulması

Çalışmada CBS yazılımlarından olan ARCGIS programı kullanılmıştır. Google Earth Pro'dan yüksek çözünürlüklü, metrik koordinat sistemine bağlı WGS84 - Zone 36 koordinat düzleminde alınan JPEG formatındaki uydu görüntüsü ArcMAP ortamına aktarılmıştır. JPEG formatındaki uydu görüntüsünden faydalanılarak Mamasın Baraj alanı ve baraj üzerinde belirlenen ölçüm istasyonları koordinatları sayısallaştırılarak vektör veri haline getirilmiştir. Vektör veri olarak sayısallaştırılan ölçüm istasyonları üzerine su numunelerinde yapılan analiz sonuçları öznetelik tablosu olarak aktarılmıştır. Her ölçüm istasyonunda tespit edilen su kalitesine yönelik sonuçlara bağlı olarak, ArcCatalog üzerinde bulunan Spatial Analyst Tools sekmesindeki IDW (Inverse Distance Weighted) interpolasyon metodu kullanılarak tematik haritalar ve grafikler oluşturulmuştur. IDW; her bir hücrenin civarındaki örnek veri noktalarının ortalama değerleri vasıtasıyla, hücre değerlerini tahmin eden, bir interpolasyon metodudur. Hücreye en yakın olan örnek noktalara büyük ağırlık verilir. Girdi noktası ve hücre arasındaki mesafe artarken, örneğin önemi azalmaktadır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mamasın Barajı üzerinde oluşturulan 16 farklı ölçüm istasyonundan 4 bölgede olmak üzere bir yıl boyunca iki dönem (8 aylık periyotta) alınan su numunelerinde yerinde multiparametre cihazı ile belirlenen değerler ile laboratuvarında yapılan analiz sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de detaylı olarak verilmiştir.

Sekiz aylık süreç boyunca arazi ve mevsime bağlı atmosferik koşullara bağlı olarak hem yerinde hem de laboratuvarında elde edilen verilere bağlı oluşturulan baraj gölü yüzey suyu kalitesindeki dönemsel değişimi gösterir tematik haritalar ölçülen her parametre için aşağıda detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Tablo 1. Mamasın Barajı Islak Dönem Analiz Sonuçları (Şubat-Mart-Nisan-Mayıs Ayları Ortalama değerler)

Ölçüm İstasyonu	Mamasın Barajı Islak Dönem						
	Ç.O. (mg/L O ₂)	T (°C)	pH	EC (µmhos/cm)	TÇKM (mg/L)	Nitrat (mg/L NO ₃)	Sülfat (mg/L SO ₄)
1	9,6	14,2	7,15	540	432	2,32	39,22
2	9,8	14,3	7,25	535	492	2,98	41,28
3	11,2	14,0	7,38	490	411	2,16	31,32
4	10,9	14,2	7,36	509	392	2,04	30,86
5	10,8	14,1	8,15	580	460	1,68	43,98
6	10,5	14,1	8,05	567	470	2,87	47,34
7	11,8	13,4	7,88	517	390	2,66	30,91
8	10,1	13,9	8,02	575	456	2,45	43,82
9	10,0	13,4	8,05	566	450	2,34	39,42
10	12,0	13,8	7,98	532	395	1,62	30,84
11	10,9	14,2	8,07	493	451	2,45	38,3
12	10,4	13,9	7,95	514	449	1,49	36,49
13	12,4	14,2	7,08	565	368	1,64	30,94
14	11,1	14,1	7,93	504	375	2,24	33,63
15	11,4	12,2	7,77	502	399	2,67	36,48
16	12,4	14,1	7,84	508	342	1,51	32,16

3.1. Çözünmüş Oksijen (mg/L O₂)

Dört alt bölgeye ayrılarak örneklenen toplam 16 farklı numune üzerinde yapılan analizlere göre Mamasın Barajı'ndaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun ıslak dönemde en düşük 9,6 mg/L O₂ (1. bölgede 1 nolu ölçüm istasyonunda), en yüksek 12,4 mg/L O₂ (4. bölgede 13 ve 16 nolu ölçüm istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir. Kuru dönemde ise en düşük 4,3 mg/L O₂ (15 nolu ölçüm istasyonunda), en yüksek 8,8 mg/L O₂ (16 nolu ölçüm istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).

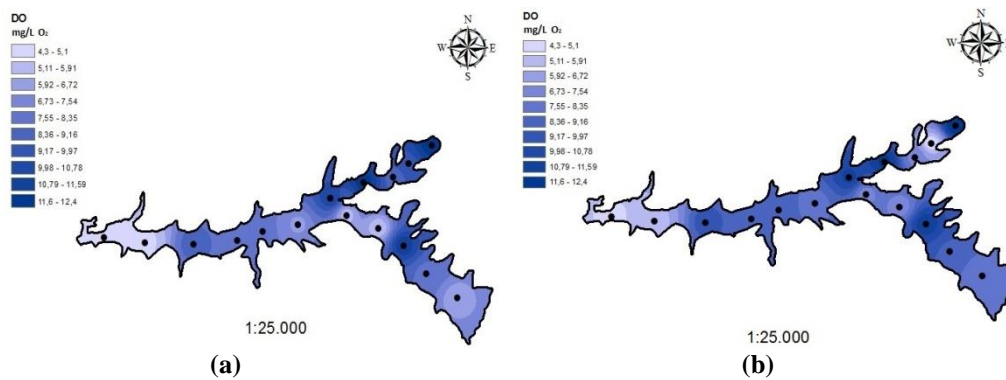
Herhangi bir zamanda suda saptanan çözünmüş oksijen miktarı, o andaki suyun sıcaklığına, su yüzeyinde atmosferik gazın kısmi basıncına, suda çözünmüş tuz yoğunluğuna ve biyolojik olaylara bağlıdır. Oksijenin suda çözünürlüğü sıcaklık azaldıkça artmaktadır [14]. Mamasın Barajı'nda belirlenen ortalama çözünmüş oksijen

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK MAMASIN BARAJI YÜZEY SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

konsantrasyonu ıslak dönemde 10,96 mg/L O₂, kuru dönemde ise 6,61 mg/L O₂'dir. 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. Mamasın Barajı'nda ıslak dönemdeki ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu 8'den büyük olduğu için, barajın çözünmüş oksijen yönünden I. Sınıf Su Kalitesine sahip olduğu, kuru dönemde ise 6-8 aralığında olduğu için II. Sınıf Su Kalitesine gerilediği belirlenmiştir. Ayrıca, Ek-6 Yerüstü Su Kütlelerinin Trofik Seviyeleri-Tablo 9'da belirtilen >7 mg/L O₂ oligotrofik sular; 4 mg/L'ye kadar mezotrofik sular kritik değerlerine göre oksijen açısından ötrofik risk taşımadığı söylenebilir. Lakin gölde oluşabilecek ötrofik alanların belirlenmesinde özellikle klorofil-a parametresi önem taşıdığından bu konuda daha detaylı araştırma yapmak zorunludur. Sulama amaçlı kullanılan sularda, çözünmüş oksijen konsantrasyonuna göre kalite sınıflandırması yapılmadığından, barajda tespit edilen ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu sulama suyu kalite sınıflandırması yönünden irdelenmemiştir.

Tablo 2. Mamasın Barajı Kuru Dönem Analiz Sonuçları (Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül Ortalama Değerler)

Ölçüm İstasyonu	Mamasın Barajı Kuru Dönem						
	Ç.O. (mg/L O ₂)	T (°C)	pH	EC (µmhos/cm)	TÇKM (mg/L)	Nitrat (mg/L NO ₃)	Sülfat (mg/L SO ₄)
1	4,6	23,4	8,51	545	392	1,12	30,22
2	4,8	22,3	8,56	540	393	0,98	30,28
3	7,2	21,2	8,88	470	352	0,77	31,32
4	6,9	21,9	8,86	509	362	0,84	30,26
5	6,8	21,1	8,95	480	360	0,88	31,98
6	6,5	22,1	8,77	517	370	1,00	31,34
7	7,8	20,4	8,88	517	370	1,00	30,64
8	6,1	23,2	8,62	475	356	1,10	30,88
9	6,0	23,4	8,75	466	350	1,30	29,46
10	8,0	20,3	8,98	532	388	0,72	30,84
11	6,9	21,2	9,07	493	357	1,14	30,36
12	6,4	22,3	8,95	514	369	0,99	30,44
13	8,4	20,2	9,08	465	345	0,81	31,04
14	6,2	22,2	8,84	504	374	1,04	31,26
15	4,3	23,9	8,77	532	392	1,32	31,98
16	8,8	20	8,84	448	336	0,79	31,18

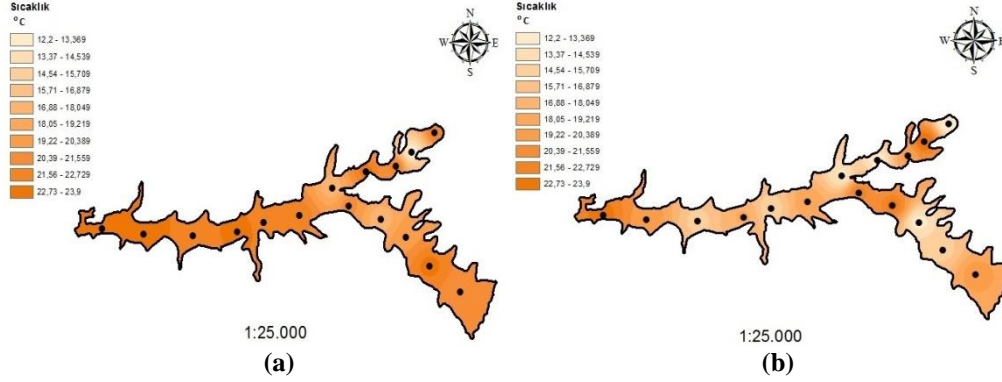


Şekil 3. Islak dönem (a) ve kuru dönem (b) çözünmüş oksijen tematik haritası

Islak dönemde Mamasın Barajı'nın kuzeydoğusunda çözünmüş oksijen konsantrasyonu yüksekken, barajın orta kısımlarında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azaldığı ve batı kısmında bulunan baraj kapağına yaklaştıkça çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en düşük seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Kuru dönemde ise güneydoğu, kuzeydoğu ve orta kesimlerinde çözünmüş oksijen konsantrasyonu yüksekken, barajın ortasından batı kısmına yöneldikçe çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azaldığı gözlemlenmiştir.

3.2. Sıcaklık

Ölçüm istasyonlarında yapılan analizlere göre ıslak dönemde Mamasın Barajı'ndaki sıcaklığın en düşük 12,2°C (4. bölgedeki 15 nolu istasyonda), en yüksek 14,3°C (1. bölgedeki 2 nolu istasyonda) olduğu, kuru dönemde ise sıcaklığın en düşük 20°C (16 nolu istasyonda), en yüksek 23,9°C (15 nolu istasyonda) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4).



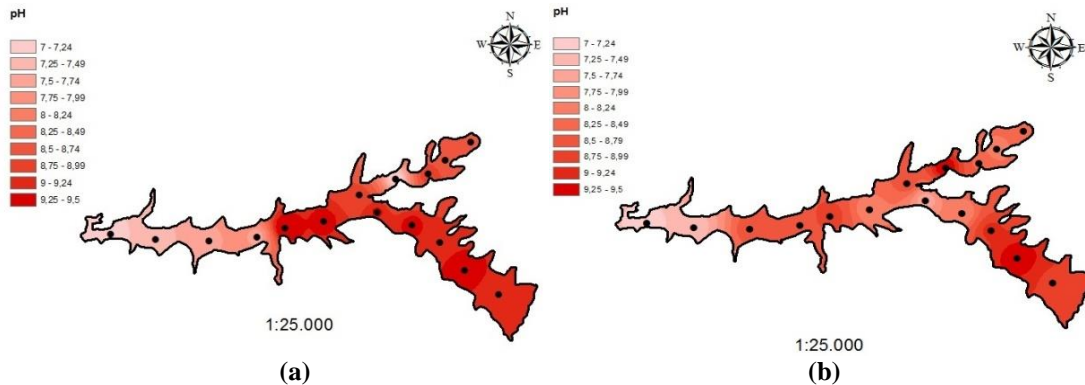
Şekil 4. Islak dönem (a) ve kuru dönem (b) sıcaklık tematik haritası

Mamasın Barajı'ndan ıslak dönemde belirlenen ortalama sıcaklık değeri 13,88°C, kuru dönemde ise 21,81°C'dir. Yüzeysel Sularda izlenmesi gereken kalite elementleri arasında yer alan sıcaklık parametresi yerüstü su kalitesi yönetmeliği kapsamında çıkarılmıştır. Lakin bu çalışma sürecinde tüm örneklemelerde sıcaklık değeri ölçülerek, göldeki çözülmüş oksijen seviyesindeki mevsimsel değişimi ve baraj gölünün trofik durumunun stabilitesini değerlendirmek için takip edilmiştir. Mamasın Barajı'nda ıslak ve kuru dönemdeki ortalama sıcaklık değeri 25°C'den küçük olduğu için, barajın sıcaklık yönünden mevsimsel rutin değişim sergilediği söylenebilir.

Islak dönemde Mamasın Barajı'nın kuzeydoğusunda sıcaklık değeri düşükken, barajın orta kısımlarında sıcaklık değerinin arttığı ve batı kısmında bulunan baraj kapağına yaklaştıkça sıcaklık değerinin en yüksek seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Kuru dönemde ise Mamasın Barajı'nın güneydoğu, kuzeydoğu ve orta kısımlarında sıcaklık değeri düşükken, barajın orta kısımlarından baraj kapağının bulunduğu batı kısmına yaklaştıkça sıcaklık değerinin arttığı ve özellikle kapak çevresindeki bölümde sıcaklık değerinin en yüksek seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir.

3.3. pH

Islak dönemde Mamasın Barajı'ndaki pH'm en düşük 7,08 (13 nolu ölçüm istasyonunda), en yüksek 8,15 (5 nolu istasyonda) olduğu, kuru dönemde ise pH'm en düşük 8,51 (1 nolu istasyonda), en yüksek 9,08 (13 nolu istasyonda) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5). Mamasın Barajı'nda belirlenen ortalama pH değeri ıslak dönemde 7,74 kuru dönemde ise ortalama pH değeri 8,83'tür.



Şekil 5. Islak dönem (a) ve kuru dönem (b) pH tematik haritası

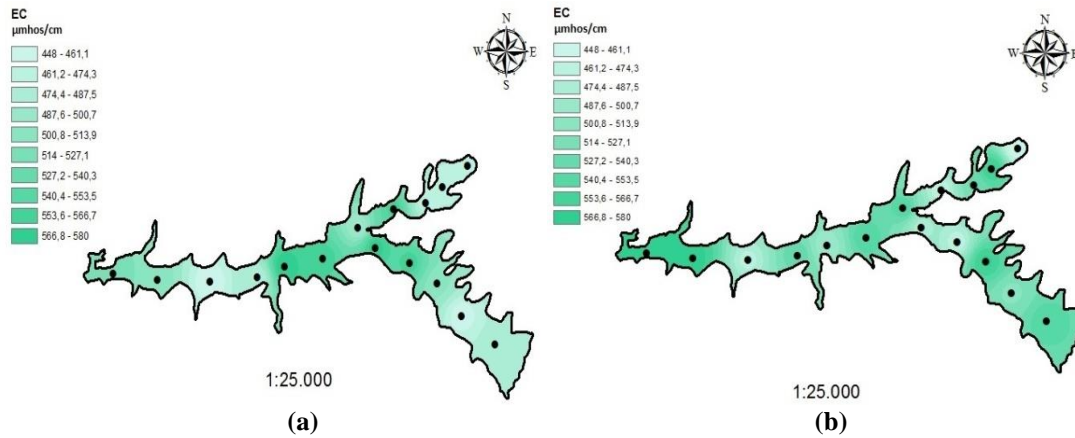
COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK MAMASIN BARAJI YÜZEY SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir gölün pH'ı ölçülerek o gölün serbest karbondioksit miktarı, alkalik veya asidik olduğu saptanabilir. Suyun asitlik özelliğinin bir göstergesi olan pH, sudaki canlı yaşamını etkileyen önemli faktörlerdendir. Suyun yüksek pH değerleri göstermesi durumunda amonyak ve azot bileşiklerinin zararlı etkileri artar [14]. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 2'de verilen "Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"nde yerüstü su kütlelerinin tüm sınıflarında yüzey suyu pH değerinin 6-9 arasında bir değere sahip olması gerektiği belirtilmiştir. Mamasın Barajı'nda ıslak ve kuru dönemde ölçülen ortalama pH değeri 6,5-8,5 arasındadır. Lakin kuru dönemde 3 ve 4. Bölgeden alınan yüzey suyu pH değerinin sulama suyu açısından uygun olmadığı (yüksek alkali yapıda) söylenebilir.

Islak dönemde Mamasın Barajı'nın güneydoğusunda pH değeri yüksekken, barajın orta kısımlarına kadar ortalama aynı pH değerine sahip olduğu, fakat batı kısmında bulunan baraj kapağına yaklaştıkça pH değerinin en düşük seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Kuru dönemde ise; Mamasın Barajı'nın güneydoğusunda pH değeri yüksekken, barajın orta kısımlarına yaklaştıkça pH değerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Barajın batı kısmında pH değerinin en düşük seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir.

3.4. Elektriksel İletkenlik (EC)

Islak dönemde Mamasın Barajı'ndaki elektriksel iletkenlik değerinin en düşük 490 $\mu\text{mhos/cm}$ (3 nolu istasyonda), en yüksek 580 $\mu\text{mhos/cm}$ (5 nolu istasyonda) olduğu, kuru dönemde ise en düşük 465 $\mu\text{mhos/cm}$ (13 nolu istasyonda), en yüksek 540 $\mu\text{mhos/cm}$ (2 nolu istasyonda) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6).



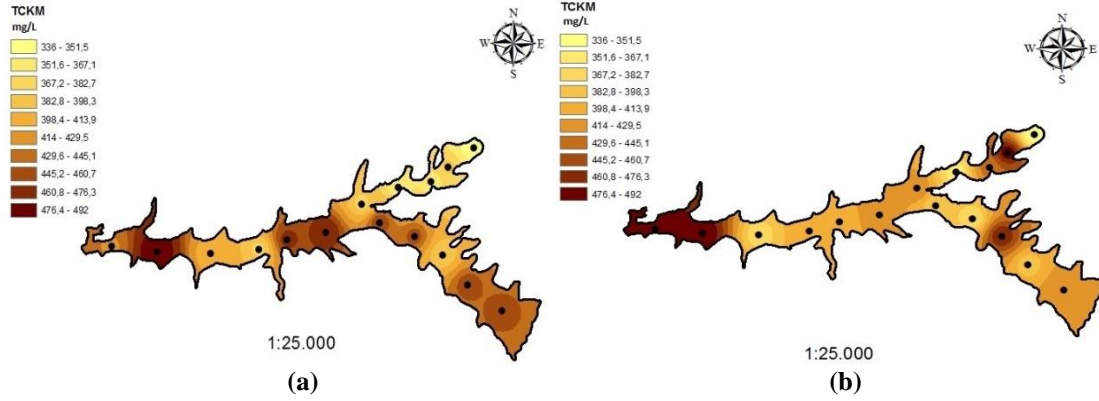
Şekil 6. Islak dönem (a) ve kuru dönem (b) ec tematik haritası

İletkenlik jeolojik yapıya ve yağış miktarına bağlı olarak değişim gösterir, buna karşın sudaki besin tuzlarından etkilenmez [15]. Yağış miktarının fazla olduğu bölgelerde toprağın sürekli şekilde yıkanmasından dolayı yüzey sularının genellikle az tuzlu olduğu bildirilmiştir [16]. Mamasın Barajı'nda ıslak dönemde belirlenen ortalama elektriksel iletkenlik değeri 531,06 $\mu\text{mhos/cm}$, kuru dönemde ise ortalama elektriksel iletkenlik değeri 499,81 $\mu\text{mhos/cm}$ 'dir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 2'de belirtilen elektriksel iletkenlik değeri 400-1000 $\mu\text{mhos/cm}$ aralığında olan suların kalitesi II. Sınıf olarak belirtilmiştir. Mamasın Barajı'nda ıslak ve kuru dönemdeki ortalama elektriksel iletkenlik değeri 400-1000 $\mu\text{mhos/cm}$ aralığında olduğu için, barajın elektriksel iletkenlik yönünden II. Sınıf Su Kalitesi'ne sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Mamasın Barajı'ndaki ortalama elektriksel iletkenlik değeri 250-750 $\mu\text{mhos/cm}$ aralığında olduğu için sulama suyu yönünden de hem ıslak dönem için hem de kuru dönem için II. Sınıf Su Kalitesi'ne sahiptir.

Islak dönemde Mamasın Barajı'nın güneydoğusunda ve kuzeydoğusunda elektriksel iletkenlik değeri düşükken, barajın orta kısımlarına yaklaştıkça elektriksel iletkenliğin en yüksek değere ulaştığı, fakat batı kısmında bulunan baraj kapağına yaklaştıkça elektriksel iletkenlik değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Elektriksel iletkenlik; baraj kapağının bulunduğu batı bölgesinde ıslak dönem için tespit edilen ortalama değere ulaşmaktadır. Kuru dönem için Mamasın Barajı'nın kuzeydoğusunda elektriksel iletkenlik değeri düşükken, barajın orta kısımlarına yaklaştıkça elektriksel iletkenliğin barajda tespit edilen ortalama değere ulaştığı, fakat batı kısmında bulunan baraj kapağına yaklaştıkça elektriksel iletkenlik değerinin en yüksek seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir.

3.5. Toplam Çözünmüş Katı Madde (TÇKM)

Islak dönemde Mamasın Barajı'ndaki toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonunun en düşük 342 mg/L (16 nolu istasyonda), en yüksek 492 mg/L (2 nolu istasyonda) olduğu, kuru dönemde ise en düşük 336 mg/L (16 nolu istasyonda), en yüksek 393 mg/L (2 nolu istasyonda) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7).



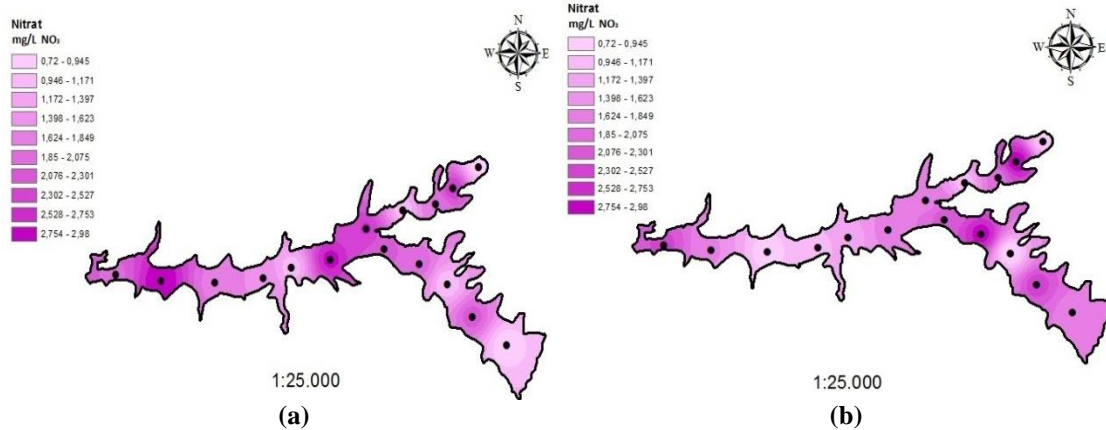
Şekil 7. Islak dönem (a) ve kuru dönem (b) TÇKM tematik haritası

Mamasın Barajı'nda belirlenen ortalama toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu ıslak dönemde 420,75 mg/L, kuru dönemde ise 366,63 mg/L'dir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu su kalitesi sınıflandırmasında dikkate alınmamıştır. Ancak, Güler ve arkadaşlarının [13] yapmış olduğu çalışmada toplam çözünmüş katı madde miktarı 0-1000 mg/L arasında olan sular tatlı su olarak sınıflandırılmıştır. Mamasın Barajı'nda ıslak ve kuru dönemdeki ortalama toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu 0-1000 mg/L arasında olduğundan, baraj suyunun tatlı su sınıfında olduğu gibi aynı zamanda tuzluluk değerlerinin (bu çalışmada iyon konsantrasyonunun etkinliğini göstermek üzere Elektriksel iletkenlik değerleri takip edilmiştir.) aşırı halde olmadığı açıktır.

Islak ve kuru dönemde; Mamasın Barajı'nın kuzeydoğusunda toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu en düşük seviyede, batı yönünde bulunan baraj kapağına yaklaştıkça toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonunun yükseldiği belirlenmiştir.

3.6. Nitrat (NO₃⁻)

Islak dönemde Mamasın Barajı'ndaki nitrat konsantrasyonunun en düşük 1,49 mg/L (12 nolu ölçüm istasyonunda), en yüksek 2,98 mg/L (2 nolu ölçüm istasyonunda) olduğu, kuru dönemde ise en düşük 0,72 mg/L (10 nolu ölçüm istasyonunda), en yüksek 1,32 mg/L (15 nolu ölçüm istasyonunda) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Islak dönem (a) ve kuru dönem (b) nitrat (NO₃⁻) tematik haritası

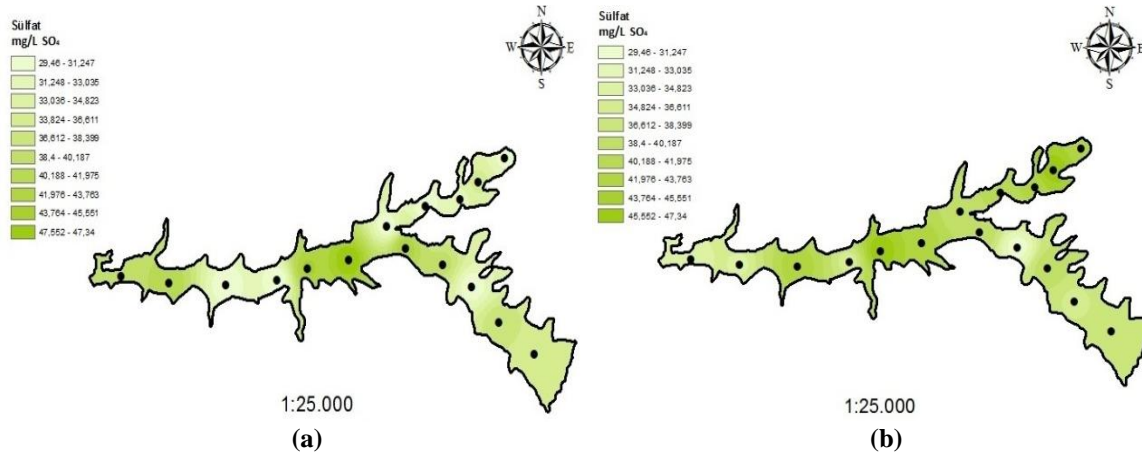
COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK MAMASIN BARAJI YÜZEY SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mamasın Barajı'nda ıslak dönemde belirlenen ortalama nitrat konsantrasyonu 2,20 mg/L, kuru dönemde ise 0,99 mg/L'dir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 2'de yenilenen I. Sınıf su kalitesine sahip su kütleleri için nitrat konsantrasyonu 3 mg/L'den küçük olması gerektiği belirtilmiştir. Buna göre Mamasın Barajı Gölü'nde ıslak ve kuru dönemdeki ortalama nitrat konsantrasyonu 3 mg/L'den küçük olduğu için, barajın nitrat konsantrasyonu yönünden I. Sınıf Su Kalitesi'ne sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, Ek-6 Yerüstü Su Kütlelerinin Trofik Seviyeleri-Tablo 9'da belirtilen >1 mg/L TN ötrofik sular; >1,5 mg/L hiperötrofik sular kritik değerlerine göre nitrat-azotu açısından baraj gölünün ötrofik risk taşıdığı söylenebilir. Lakin gölde oluşabilecek ötrofik alanların belirlenmesinde TP, klorofil-a parametresi önem taşıdığından bu konuda net değerlendirme yapılması doğru olmayacaktır.

Islak dönemde; Mamasın Barajı'nın güneydoğu ve kuzeydoğusunda nitrat konsantrasyonu düşükken, barajın orta kısımlarında arttığı gözlemlenmiştir. Barajın ortasından batı kısmına yöneldikçe azalan nitrat konsantrasyonunun, barajın batısında bulunan baraj kapağına yaklaştıkça tekrar yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Kuru dönemde ise; Mamasın Barajı'nın orta kısımlarında nitrat konsantrasyonu düşükken, barajın kuzeydoğu ve güneydoğu bölgelerinde artışların olduğu gözlemlenmiştir. Barajın ortasından batı kısmında bulunan baraj kapağına yöneldikçe nitrat konsantrasyonunun arttığı tespit edilmiştir.

3.7. Sülfat (SO₄⁻)

Yüzeysel sularda izlenmesi gereken kalite elementleri arasında sülfat parametresi yerine yer üstü su kütlelerinin su kalitesi sınıflandırılmasında sülfür değeri ön plana çıkarılmıştır. Lakin bu çalışma yürütülürken yıl boyunca her mevsim periyodunda örneklenen sularda sülfat değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Ölçüm istasyonlarında yapılan analizlere göre; ıslak dönemde Mamasın Barajı'ndaki sülfat konsantrasyonunun en düşük 30,84 mg/L (10 nolu istasyonda), en yüksek 47,34 mg/L (6 nolu ölçüm istasyonunda) olduğu, kuru dönemde ise en düşük 29,46 mg/L (9 nolu ölçüm istasyonunda), en yüksek 31,98 mg/L (5 ve 15 nolu ölçüm istasyonlarında) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Islak dönem (a) ve kuru dönem (b) sülfat (SO₄⁻) tematik haritası

Çok sülfat içeren, jipsli ortamlar ve kirlenmiş sularda, özellikle alkali sülfatlar ve magnezyum sülfatlar bağırsakları etkiler, 1000 mg/L'nin üzerine çıktığında bağırsak bozulması nedeniyle vücut su kaybeder ve sinir sisteminde bozukluklar başlar [17]. İçme suyunda bulunabilecek fazla sodyum ve magnezyum sülfat laksatif etki gösterir [18]. Mamasın Barajı'nda ıslak dönemde belirlenen ortalama sülfat konsantrasyonu 36,69 mg/L, kuru dönemde ise 30,84 mg/L'dir. Islak ve kuru dönem içinde Mamasın Barajı'ndaki ortalama sülfat konsantrasyonu 0-192 mg/L aralığında olduğu için sulama suyu yönünden I. Sınıf Su Kalitesine sahiptir.

Islak dönemde; Mamasın Barajı'nın güneydoğu ve kuzeydoğusunda sülfat konsantrasyonu düşükken, barajın orta kısımlarında arttığı gözlemlenmiştir. Barajın ortasından batı kısmına yöneldikçe azalan sülfat konsantrasyonunun barajın batısında bulunan baraj kapağına yaklaştıkça tekrar yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir.

Kuru dönemde ise; Mamasın Barajı'nın kuzeydoğusunda sülfat konsantrasyonu en yüksek seviyedeysen, güneydoğusunda düşük olduğu gözlemlenmiştir. Barajın orta kısımlarında yüksek seviyelerde olan sülfat konsantrasyonunun, barajın ortasından batı kısmında bulunan baraj kapağının olduğu bölgeye yöneldikçe azalma gösterdiği tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Günümüzde hızla artan nüfusun, tarımsal ürün ve enerji gibi ihtiyaçlarını karşılamak için barajların yapılması kaçınılmaz olmuştur. Baraj yapımındaki temel hedef, akarsular gibi doğanın en dinamik ve üretken sistemlerini dizginleyerek, onlardan sulama suyu, içme suyu ve enerji gibi gerekçelerle en yüksek yararı elde etmektir. Bu çalışmada Aksaray ili sınırları içerisinde bulunan Mamasın Barajı'nın içme-kullanma ve sulama suyu yönünden kalite sınıflandırılması; On altı (16) farklı ölçüm istasyonundan, ıslak ve kuru dönem olmak üzere iki periyotta alınan ve tespiti yapılan yedi (7) farklı parametre analiz sonucuna göre incelenmiştir. Yapılan incelemede aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Çalışma alanında yapılan incelemede ortalama çözülmüş oksijen konsantrasyonun; ıslak dönem için 10,96 mg/L O₂, kuru dönem için ise 6,61 mg/L O₂ olduğu tespit edilmiştir. Çözülmüş oksijen değerlerinde mevsimsel değişiklikler belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Konumsal haritalardan da izlendiği üzere; baraj gölünün kuzey doğu üst bölümlerinde nispeten yüzey suyu çözülmüş oksijen içeriğinin her iki dönem zarfında da diğer bölümlere göre yüksek değerlerde seyretmekte olduğu söylenebilir. Her iki dönem içinde tespit edilen ortalama çözülmüş oksijen konsantrasyonlarına göre baraj I. sınıf su kalitesine sahiptir. Öte yandan sucul canlılar için gerekli olan çözülmüş oksijen konsantrasyonu ihtiyacının da her iki dönem içinde yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Yıl içerisindeki çözülmüş oksijen miktarlarının değişimine göre, baraj gölü balık yetiştiriciliği için uygun bir ortama sahiptir.

Çalışma alanında yapılan incelemede ortalama sıcaklık değerinin; ıslak dönem için 13,88°C, kuru dönem için ise 21,81°C olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık bakımından herhangi bir termal kirlenme söz konusu olmayıp, sadece mevsimsel olarak değişmektedir. Konumsal haritalar üzerinde de incelendiğinde baraj gölünün batısında yer alan 1. bölgede sıcaklık değerlerinin her iki dönemde nispeten diğer bölgelere yüksek, kuzeydoğu üst kesimlerinde yer alan 4. bölge verilerinin ise nispeten daha düşük değerlerde olduğu gözlenmektedir. Buradan yola çıkarak bu bölgenin üst havzadan gelen yağmur, drenaj ve bağlantılı akarsuların etkisi altında daha soğuk sulara sahip olduğu söylenebilir ve yine çözülmüş oksijen doygunluğunun yüksek olmasından dolayı nispeten daha derin bir bölge olduğu anlaşılabilmektedir. Her iki dönem içinde tespit edilen ortalama sıcaklık değerlerine göre baraj gölü suyu sıcaklık değişimi açısından I. Sınıf Su kalitesine sahiptir.

Mamasın Barajı'nda yapılan incelemede yüzey suyu ortalama pH değerinin; ıslak dönem için 7,74 kuru dönem için ise 8,83 olduğu tespit edilmiştir. Islak dönem için tespit edilen ortalama pH değerine göre baraj suyu I. Sınıf su kalitesine sahipken, kuru dönemde tespit edilen ortalama pH değerine göre baraj suyu III. Sınıf su kalitesine sahiptir. Her iki dönem içinde Mamasın Baraj gölünün bazik özellikte olduğu tespit edilmiştir.

Mamasın Barajı'nda yapılan incelemede ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin ve ortalama toplam çözülmüş katı madde ve ortalama sülfat konsantrasyonları; sırasıyla, ıslak dönem için 531,06 µmhos/cm, 420,75 mg/L TÇKM, 36,69 mg/L SO₄ iken kuru dönem için ise 499,81 µmhos/cm, 366,63 mg/L TÇKM ve 30,84 mg/L SO₄ olduğu tespit edilmiştir. Her iki dönem içinde elektriksel iletkenlik ve TÇKM yönünden baraj I. Sınıf Su Kalitesi 'ne sahiptir. Islak ve kuru dönemde tespit edilen ortalama değerlerindeki yakınlığın, barajın bulunduğu alandaki jeolojik yapının yağışlarla veya yüzeysel akıntılarla baraj gölüne tuzluluk yönünden etki etmemesinden kaynaklanmaktadır.

Mamasın Barajı'nda yapılan incelemede ortalama nitrat konsantrasyonları; ıslak dönem için 2,20 mg/L NO₃⁻, kuru dönem için ise 0,99 mg/L NO₃⁻ olduğu tespit edilmiştir. Her iki dönem için de tespit edilen ortalama nitrat konsantrasyonlarına göre baraj gölünün I. Sınıf Su Kalitesine sahip bir görüntü vermektedir. Lakin bu çalışma kapsamında örnekleme periyodunun nispeten az olduğu göz önüne alındığında gölün kalitesine dair net bir tanımlama yapmak doğru olmayacaktır. Ayrıca, ölçümler yapılırken hemen hemen her bölgede gözlenen azda olsa ötrofikasyona dönük durumlar sebebiyle baraj gölünde kirlenme olduğu söylenebilir. Dönemsel olarak göl suyundaki pH yönünden gerçekleşen değişim önemli seviyede görünmemekle birlikte; bu çalışmanın içeriğinde trofik değerlendirme yapılmadığından, gölün ötrofikasyona dirençliliğinin ne durumda olduğu ortaya konulmamıştır. Islak dönemde gölün batı noktasında (giriş) ve orta bölümlerindeki nitrat konsantrasyonundaki artışın bu bölgelerdeki tarımsal alanlarda kullanılan gübrelerin yağış sularıyla baraj suyuna karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Barajdaki su, hem içme-kullanma suyu olarak hem de sulama suyu olarak kullanılabilir durumda görünmekle birlikte; Orman ve Su İşleri Bakanlığının idaresinde 2014 yılından itibaren sürdürülen 'Mamasın Baraj Gölleri Havza Koruma Planı ve Özel Hüküm Belirleme Projesi' kapsamında baraj gölünün su kalitesi ve miktarının havza bazında korunması ve iyileştirilmesi amacıyla bilimsel veriler alınmaya başlanmıştır. Bu çalışmadan alınan sonuçlarla birlikte durum değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Dolayısıyla gölde derinlik değişimine bağlı olarak, özellikle kıyı kesimlerdeki klorofil ve fosfat konsantrasyonlarının tespitine yönelik ilave çalışmalar ile birlikte su ve 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.

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK MAMASIN BARAJI YÜZEY SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu noktadan hareketle baraj gölünün sürdürülebilir kullanımına yönelik olarak göl alanı ve çevresi (göl havzası) için kirlenme tehditlerine yönelik (özellikle tarımsal) bütüncül bir koruma çalışmasının (eylem planı) oluşturulması önemlidir.

Barajdaki su kalitesinin olumsuz yönde değişmesini engellemek için aşağıdaki öneriler getirilebilir;

- Barajın çevresindeki noktasal ve noktasal olmayan kirletici kaynaklar kontrol altına alınmalı,
- Tarımsal faaliyetlerde kullanılan ve yağışlarla beraber yüzeysel akış suları ile kirliliğe sebep olan gübreler ve zirai ilaçlar denetlenmeli,
- Barajdan sulama amacı ile çekilen su miktarı tespit ve takip edilmeli,
- Barajı besleyen derelere (Melendiz ve Karasu çayları) herhangi bir evsel ya da endüstriyel atıksu karışımı olup olmadığı kontrol edilmeli,
- Barajda yapılması planlanan su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetleri denetlenmeli ve gerekli önlemler doğal ortam yönetimi sağlanarak alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] KÜÇÜK, S., “Büyük Menderes Nehri Su Kalite Ölçümlerinin Su Ürünleri Açısından İncelenmesi”, ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1-2), 7-13, 2007.
- [2] YILMAZ, F., “Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri”, Ekoloji Der., 13(50), 10-17, 2004.
- [3] KARADAVUT, İ.S., SAYDAM, A.C., KALIPCI, E., KARADAVUT, S., ÖZDEMİR, C., “A Research for Water Pollution of Melendiz Stream in Terms of Sustainability of Ecological Balance”, Carpt. J. of Earth and Environ. Sci., 6(1),65-80, 2011.
- [4] COWEN, D. J., JENSEN, J. R., BRESNAHAN, P. J., EHLER, G. B., GRAVES, D., HUANG, X., WIESNER, C., MACKAY, H. E., “The Design and Implementation of an Integrated Geographic Information System for Environmental Applications”, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 61(11), 1393-1404, 1995.
- [5] GREENE, R. G., CRUISE, J. F., “Urban Watershed Modeling Using Geographic Information System”, Journal of Water Resources Planning and Management, 121(4), 318-325, 1995.
- [6] BENNETT, D. A., “A Framework for the Integration of Geographical Information Systems and Modelbase Management”, International Journal of Geographical Information Science, 11(4), 337-357, 1997.
- [7] GOODCHILD, M.F., PARKS, B.O., STEYAERT, L.T., “Environmental Modeling with GIS”, Oxford University Press, New York, 1993.
- [8] POIANI, K. A., BEDFORD, B. L., “GIS-based Nonpoint Source Pollution Modeling: Considerations for Wetlands”, Journal of Soil and Water Conservation, 50(6), 613-619, 1995.
- [9] USEPA, Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources, US Environmental Protection Agency, EPA Number:823B01001, Washington , DC., 2001.
- [10] DSİ, Aksaray, “Ulurmak Projesi Planlama Revizyon Raporu”, DSİ Genel Müd., DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müd. Matbaası, Ankara, 1979.
- [11] <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m=AKSARAY#sfB>, (erişim tarihi 03.01.2017).
- [12] DSİ, Aksaray, “2001 Yılı Program Bütçe Toplantısı Takdim Raporu”, 2.51-2.55, DSİ 4. Bölge Müdürlüğü, Konya, 2001.
- [13] GÜLER. Ç., ÇOBANOĞLU Z., “Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi” No:12, Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, TC. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, ISBN 975-7572-60-8, Ankara, 1994.
- [14] CİRİK S., CİRİK Ş., “Limnoloji”, III. Baskı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 21, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 1999.
- [15] TEMPONERAS M, KRISTIANSEN J, MOUSTAKA-GOUNI M., “Seasonal Variation in Phytoplankton Composition and Physical-Chemical Features of the Shallow Lake Doirani”, Macedonia, Greece. Hydrobiologia 424, 109-122 s., 2000.
- [16] AKYURT İ., “Balık Yetiştiriciliğinde Su Kalitesi Yönetimi”, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 1993.
- [17] GÜNAY Y., “Arazide Uygulanacak Kimyasal Analiz Metodları Kılavuzu”, İller Bankası Yayını, No: 11, Ankara, 1974.
- [18] GİRİTLİOĞLU T., “İçme Suyu Kimyasal Analiz Metotları”, İller Bankası Yayını, No: 18, Ankara, 1975.