

**T.C.  
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GERMEÇTEPE BARAJ GÖLÜNÜN (KASTAMONU-DADAY)  
BAZI FİZİKO-KİMYASAL SU KALİTE PARAMETRELERİNİN  
İNCELENMESİ VE BULANIK MANTIKLA  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Enas A. Hamad ATEA**

**Danışman  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi**

**Yrd. Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ  
Yrd. Doç. Dr. Soner BİLEN  
Prof. Dr. Telat YANIK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KASTAMONU – 2017**

## TEZ ONAYI

**Enas A. Hamad** ATEA tarafından hazırlanan ""**Germeçtepe Baraj Gölünün (Kastamonu-Daday) Bazı Fizikokimyasal Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi Ve Bulanık Mantıkla Değerlendirilmesi** " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Su Ürünleri Yetiştiriciliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

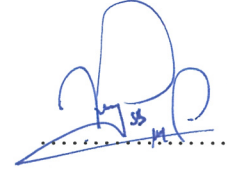
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Soner BİLEN  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Telat YANIK  
Atatürk Üniversitesi



03/03/2017

Enstitü Müdür V.

Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ



## TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

Enas A. Hamad ATEA



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### GERMEÇTEPE BARAJ GÖLÜNÜN (KASTAMONU-DADAY) BAZI FİZİKO-KİMYASAL SU KALİTE PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ VE BULANIK MANTIKLA DEĞERLENDİRİLMESİ

Enas A. Hamad ATEA  
Kastamonu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ

**Özet:** Bu çalışmada Kastamonu ili Daday ilçesi sınırları içerisinde bulunan Germeçtepe baraj gölünün su kalitesinin değerlendirilmesi amacı ile göl üzerinde belirlenen üç istasyondan bir yıl boyunca alınan su numuneleri sıcaklık, pH, turbidite, kondüktivite, çözülmüş oksijen, nitrat, nitrit, fosfat, amonyum, KOİ ve BOİ olmak üzere 11 fiziko-kimyasal parametre bakımından incelenmiştir. Su numunelerinden sıcaklık, pH, kondüktivite ve çözülmüş oksijen parametreleri örnekleme esnasında multimetre cihazı ile diğer parametreler ise spektrofotometrik metotla laboratuvarında analiz edilmiştir. Göl suyunda tespit edilen fiziko-kimyasal parametrelerden sıcaklığın 1,07-24,5°C arasında, pH'nın 7,32-9,98, turbiditenin 0,74-8,17 NTU, çözülmüş oksijenin 7,23-11,35 mg l<sup>-1</sup>, kondüktivitenin 332-459 µS cm<sup>-1</sup>, nitritin 0,0-0,008 mg l<sup>-1</sup>, nitratın 0,0-0,87 mg l<sup>-1</sup>, fosfatın 0,04-3,53 mg l<sup>-1</sup>, amonyumun 0,0-0,53 mg l<sup>-1</sup>, KOİ'nin 8,41-23,13 mg l<sup>-1</sup> ve BOİ'nin 0,0-2,0 mg l<sup>-1</sup> arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak Germeçtepe baraj gölü su kalitesi yüzey suları yönetmeliğine göre sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, kondüktivite, nitrat, amonyum, KOİ ve BOİ parametreleri bakımından I. kalite, nitrit bakımından II. Kalite ve fosfat bakımından ise IV. Kalite su sınıfında olduğu tespit edilmiş ve göl suyunun önemli bir kirlilik baskısında olmadığı belirlenmiştir. Germeçtepe baraj gölünden bir yıl boyunca elde edilen ve on fiziko-kimyasal parametrenin kural tabanına dahil edildiği bulanık mantık yaklaşımı sonuçlarına göre ise karar destek sisteminde % 90 başarı sağlandığı ve bulanık mantık yaklaşımın su kalite sınıflandırmasında önemli ölçüde etkili olduğu kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Su kalitesi, Germeçtepe baraj gölü, bulanık mantık.

**2017, 59 Sayfa**

**Bilim Kodu: 1205**

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### INVESTIGATION OF SOME PHYSICO-CHEMICAL WATER QUALITY PARAMETERS OF GERMEÇTEPE DAM LAKE (KASTAMONU-DADAY) AND ASSESSMENT OF USING FUZZY LOGIC

Enas A. Hamad ATEA  
Kastamonu University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Aquaculture

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ

**Abstract:** The aim of this study is to evaluate the water quality of Germeçtepe dam lake located in the Daday district of Kastamonu province and to determine the temperature, pH, turbidity, conductivity, dissolved oxygen, nitrate, nitrite, phosphate, ammonia, COD and BOD in terms of 11 physico-chemical parameters. The temperature, pH, conductivity and dissolved oxygen parameters of the water samples were analyzed in the study field using multimeter and other parameters were determined using spectrophotometric method in the laboratory. The physico-chemical parameters determined in the lake water were between 1,07-24,5 ° C, pH 7,32-9,98, turbidity 0,74-8,17 NTU, dissolved oxygen 7,23-11,35 mg<sup>-1</sup>, conductivity 332-459 µS cm<sup>-1</sup>, nitrite 0,0-0,008 mg<sup>-1</sup>, nitrate 0,0-0,87 mg<sup>-1</sup>, phosphate 0,04-3,53 mg<sup>-1</sup>, ammonium 0,0-0,53 mg<sup>-1</sup>, COD 8,41-23,13 mg<sup>-1</sup> and BOD was showed variation between 0,0 and 2,0 mg<sup>-1</sup>. In the results of the analysis, Germeçtepe dam reservoir water quality according to surface water regulations was determined as the first quality in terms of temperature, pH, dissolved oxygen, conduction, nitrate, ammonium, COD and BOD parameters and II. quality in terms of nitrite, in terms of phosphate, IV quality. It is determined that the lake water is not in an important pollution pressure. According to the fuzzy logic approach results obtained from the Germeçtepe dam lake for one year and including ten physico-chemical parameters into the rule base, 90% success was achieved in the decision support system and it was concluded that the fuzzy logic approach has influence on the water quality classification.

**Key Words:** Water quality, Germeçtepe dam lake, fuzzy logic.

**2017, 59 Pages**

**Science Code: 1205**

## TEŞEKKÜR

En baŐta yüksek lisans eğitimim boyunca bana yaptığı katkılar, olumlu yönlendirmeleri ve sabrı için danıŐmanım Yrd. Doç. Dr. Adem Yavuz SÖNMEZ'e ve lisans üstü eğitim yapmak üzere bana bu Őansı veren Omar Al-Moukhtar niversitesine teŐekkürlerimi sunmak istiyorum.

Ayrıca tez çalıŐmam boyunca hem saha rneklemelelerinde hem de laboratuvar analizlerinde yardımlarını eksik etmeyen ArŐ. Gör. Ali Eslem KADAK'a ve Fatih ZIRH'a özellikle teşekkür etmek isterim. Yine bulanık mantık analizlerinde kendisinden istifade ettiğim ArŐ. Gör. Aycan Mutlu YAĞANOĞLU'na teŐekkürü bir borç bilirim.

Nihai olarak maddi ve manevi desteklerini sürekli hissettiğim annem, babam, eŐim ve arkadaŐım Somia'ya teşekkür ederim.

Enas A. Hamad ATEA  
Kastamonu, Mart, 2017

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....	x
GRAFİKLER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
TABLOLAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	5
3. MATERYAL VE METOT.....	10
3.1. Materyal.....	10
3.2. Metot.....	11
3.2.1. Su Örneklerinin Alınması ve Fiziko-kimyasal Parametrelerin Analizi .....	11
3.2.2. Su Kalite Sınıflarının Belirlenmesi ve Bulanık Mantık Metodunun Uygulanışı.....	14
3.2.3. Verilerin İstatistiki Değerlendirilmesi.....	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	18
4.1. Sıcaklık .....	18
4.2. pH .....	20
4.3. Turbidite .....	23
4.4. Çözünmüş Oksijen .....	26
4.5. Kondüktivite.....	28
4.6. Nitrit .....	31
4.7. Nitrat.....	33
4.8. Fosfat .....	35
4.9. Amonyum .....	38

4.10. KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) .....	40
4.11. BOİ (biyolojik oksijen ihtiyacı) .....	43
4.12. Bulanık Mantık (fuzzy logic) Uygulamasına İlişkin Bulgular .....	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	49
KAYNAKLAR .....	55
ÖZGEÇMİŞ .....	59





## KISALTMALAR

AKM	Askıda Katı Madde
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
Ç.O	Çözünmüş Oksijen
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
EC	European Community
ERD	Ekolojik Risk Değerlendirmesini
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Environmental Protection Agency
E.İ	Elektriksel İletkenlik
YSA	Yapay Sinir Ağları
DSİ.	Devlet Su İşleri
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
NTU	Nephelometric Turbidity Units

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Fotoğraf 1. Germeçtepe Baraj Gölünden Bir Görüntü .....	11
Fotoğraf 2. Anlık ölçümlerin yapıldığı Multimetre cihazı.....	12
Fotoğraf 3. Bulanıklık Ölçümünde Turbidimetre cihazı.....	12
Fotoğraf 4. Kimyasal parametrelerin ölçüldüğü Spektrofotometre cihazı.....	13
Fotoğraf 5. Kimyasal Oksijen İhtiyacının Ölçümünde kullanılan Termoreaktör.....	13



## GRAFİKLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Grafik 4.1. Sıcaklığın istasyonlara göre aylık değişimi (°C) .....	18
Grafik 4.2. pH'nın istasyonlara göre aylık değişimi.....	21
Grafik 4.3. Turbidite'nin istasyonlara göre aylık değişimi (NTU) .....	24
Grafik 4.4. Çözünmüş Oksijen düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l <sup>-1</sup> ) .....	26
Grafik 4.5. Kondüktivite düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (µS cm <sup>-1</sup> ) .....	29
Grafik 4.6. Nitrit (NO <sub>2</sub> --N) düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l <sup>-1</sup> ) .....	31
Grafik 4.7. Nitrat (NO <sub>3</sub> -N) düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l <sup>-1</sup> ) .....	33
Grafik 4.8. Fosfat (PO <sub>4</sub> ) düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l <sup>-1</sup> ) .....	36
Grafik 4.9. Amonyum düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l <sup>-1</sup> ) ....	39
Grafik 4.10. KOİ düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l <sup>-1</sup> ).....	41
Grafik 4.11. BOİ düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l <sup>-1</sup> ) .....	43

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1. Su Örneklerinin Alındığı İstasyonlar .....	10
Şekil 2. Bulanık Mantığın Çalışma Şeması .....	16
Şekil 3. Mamdani tipi Bulanık Modelle.....	16
Şekil 4. Oluşturulan Bulanık Mantık sistem yapısının genel görünümü .....	45
Şekil 5. Her bir su kalite parametresi için oluşturulan üçgensel üyelik fonksiyonları.....	47
Şekil 6. Kural gösterim penceresi.....	47



## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 3.1. Yüzey Suları Yönetmeliğine Göre Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Kalite Sınıfları .....	14
Tablo 3.2. Uluslararası standartlara göre bazı su kalite parametreleri üst limitleri.....	15
Tablo 4.1. Sıcaklık verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	19
Tablo 4.2. İstasyonlardaki Sıcaklık düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	19
Tablo 4.3. Sıcaklığın mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	19
Tablo 4.4. pH verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	21
Tablo 4.5. İstasyonlardaki pH düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri .....	21
Tablo 4.6. pH'nın mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri .....	22
Tablo 4.7. Turbidite verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	24
Tablo 4.8. İstasyonlardaki Turbidite düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	24
Tablo 4.9. Turbidite'nin mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	25
Tablo 4.10. Çözünmüş Oksijen verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	27
Tablo 4.11. İstasyonlardaki çözünmüş oksijen düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	27
Tablo 4.12. Çözünmüş Oksijen mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	27
Tablo 4.13. Kondüktivite verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	29
Tablo 4.14. İstasyonlardaki Kondüktivite düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	29
Tablo 4.15. Kondüktivite'nin mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	29
Tablo 4.16. Nitrit verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	31
Tablo 4.17. İstasyonlardaki Nitrit düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	32
Tablo 4.18. Nitrit'in mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	32
Tablo 4.19. Nitrat verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	34
Tablo 4.20. İstasyonlardaki Nitrat düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	34
Tablo 4.21. Nitrat'ın mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	34
Tablo 4.22. Fosfat verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	36

Tablo 4.23. İstasyonlardaki Fosfat düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	36
Tablo 4.24. Fosfat'ın mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	36
Tablo 4.25. Amonyum verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	39
Tablo 4.26. İstasyonlardaki Amonyum düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	39
Tablo 4.27. Amonyum'un mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	39
Tablo 4.28. KOİ verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	41
Tablo 4.29. İstasyonlardaki KOİ düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri .....	41
Tablo 4.30. KOİ'nin mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	42
Tablo 4.31. BOİ verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	43
Tablo 4.32. İstasyonlardaki BOİ düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri .....	44
Tablo 4.33. BOİ'nin mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri.....	44

## 1. GİRİŞ

Canlıların etkileşim içerisinde buldukları çevre unsurunun birçok bileşeni olmasına karşın hiç şüphesiz bunların en başında su gelmektedir. Su ikame edilemez olmasından dolayı diğer çevreyi oluşturan unsurlardan ayrılırken, yaşamsal döngünün devamı kadar sürdürülebilir kalkınmanın da en temel ayaklarından birisini oluşturmaktadır.

Yeryüzünün önemli bir bölümü sularla kaplı olmasına karşın kullanılabilir su miktarı oldukça azdır. Ancak su döngüsü sayesinde mevcut kullanılabilir su, tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmelerine imkân vermektedir. Ekonomik büyüme ile ekosistemin korunması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması insan ile doğayı karşı karşıya getirmiştir. Bunun sonucu olarak doğal sebeplerin yanı sıra insan faaliyetlerinin yol açtığı zararlar, sınırlı olan su kaynakları üzerinde baskı oluşmasına ve küresel su sorunlarının yaşanmasına sebep olmuştur (Şahin, 2016).

Kullanım alanlarına göre kalite parametrelerinin düzeyleri farklılık gösterirken kirliliğe kaynaklık eden farklı unsurlar söz konusudur. Kaynaklarına göre kirletici unsurlar fiziksel, kimyasal veya biyolojik karakter gösterebilmektedir. Bu bağlamda su kalitesinin ve kirlilik düzeyinin belirlenmesinde özellikle yüzey sularında sıcaklık, pH, oksijen düzeyi, elektrik iletkenliği, bulanıklık, nitrat, nitrit, fosfat, biyolojik oksijen ihtiyacı ve kimyasal oksijen ihtiyacı gibi birçok parametre temel kriter alınabilmektedir. Bu kriterlerin her biri su kaynağının barındırdığı biyolojik çeşitliliğin yaşamsal döngüsü açısından önem arz etmesinin yanı sıra içme ve sulama suyu olarak kullanımları dolayısıyla insan sağlığını da direkt ilgilendirmektedir.

Su kaynakları ile ilgili oluşan bu olumsuz tablo birçok çevre bilimciyi, sivil toplum kuruluşlarını, uluslararası örgütleri hatta hükümetleri bu kaynakların korunması ve geliştirilmesi adına kafa yormaya sevk etmiştir. Bu doğrultuda küresel aktör konumundaki uluslararası kuruluşlar ortak karar alma, su kullanımına ilişkin ortak tavır sergileyebilmek, uluslararası standartlar oluşturmak, su kullanımına ilişkin hem azaltıcı hem de kullanılan suyun ekolojik döngüye minimum zayıyla iadesine

yönelik çalışmalar yapılması ile su kaynaklarının yönetimine ilişkin farklı yaklaşım ve metodolojiler oluşturma yoluna gitmişlerdir.

Kirlenmiş suların kalite değerlendirmesi; yalnızca sulardaki kirlilik unsurlarının etkilerinin belirlenmesinde değil sınırlı su kaynaklarının sürdürülebilirliği için önemli teorik bilgilerde sağlamaktadır. Su kalitesinin değerlendirilmesinde birçok kirlilik indeks metotları kullanılmaktadır. Bu metotlar; farklı derecelerdeki su kirliliğinin miktarını ve farklılığını gösteren kesin limitleri tanımlamaktadır. Fakat her bir su kirleticisinin kararsızlığından dolayı kalite değerlendirmelerinde, risk ile ilişkili bir belirsizlik mevcuttur. Belirsizlik sınıflandırma diyagramlarında kesin sınırların yer alması, bu diyagramların kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu belirsizlik yüzünden bazı çevre araştırmacıları bulanık mantık tabanlı ileri değerlendirme metotları üzerinde çalışmaya yönelmek zorunda kalmıştır.

Fakat bulanık mantıkla kirlilik parametrelerinin değerlendirilmesi konusu oldukça sınırlıdır. Bulanık mantığın genel kavramları ve terminolojisi 1965 yılında Kaliforniya Üniversitesinde Azerbaycan asıllı Lütü Askerzade (Zadeh) tarafından ortaya atılmıştır. "Fuzzy Sets" isimli makalesinde bulanık kümeleri ve üyelik fonksiyonları tanıtmıştır. Zadeh bu çalışmasında klasik küme teorisinin tanımlayamadığı kümelerden hareket ederek bu tanımlara ulaşmanın yollarını aramıştır (Şen, 2001; Elmas, 2003).

Bulanık mantık her şeyden önce düşünce, kavram, terim (kelime), önerme (cümle) ve çıkarımlara dayanır. Fakat şu özellikleri ile diğer mantık türlerinden ayrılır. Bulanık mantıkta belirsizlikler işin içine katılabilir. Mesela klasik mantıkta güzel denilince bunun karşıtı çirkindir. Oysa bulanık mantıkta güzel, daha güzel, oldukça güzel gibi kavramlar işin içine girer. Veya klasik mantıkta Siyah-beyaz ikilemesinin yerine bulanık mantık bunun arasındaki gri ve tonlarını da kabul eder. Yani bulanık mantıkta "çoklu" ifade tarzı vardır.

Bulanık mantığın ilk uygulaması Mamdani tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin bulanık denetiminin gerçekleştirilmesi ile olmuştur. 1980 Yılında bir Hollanda Şirketi çimento fırınlarının denetiminde bulanık mantık denetimi



uygulamıştır. Üç yıl sonra Fuji elektrik şirketi su arıtma alanları için kimyasal püskürtme aleti üzerine çalışmalar yapmıştır.

Son zamanlarda bulanık küme teorisi üzerindeki gelişmeler mühendislik bilgisine, psikolojiye, tıp ve deprem tahmini gibi çeşitli mühendislik uygulamalarına kadar girmiştir. Bulanık kümeler mevcut yapıların hasar tespiti için bulanık güvenlik ölçümlerinin tanımı, depremin şiddetinin değerlendirilmesi, yük kombinasyonlarının bulanık modeli, Winkler yapısı üzerindeki kirişlerin bulanık davranışı, farklı materyallerin devirli yüklemesi, otomatik sürekli eleman jenerasyonu ve binalardaki dinamik hareketlerin aktif kontrolü çalışmaları için uygulanmıştır (Rajasekaran vd., 1995).

Yapay zeka metotlarından biri olan bulanık mantığın su mühendisliği alanında kullanımı çok fazla olmamakla birlikte giderek yaygınlaşmaktadır (Chang ve Chen 2001; Xiong vd ., 2001).

Su kalitesinin gözlemlenmesi, tek başına önemli bir değer taşımaz. Belirli bir değere sahip kirlilik parametresi ancak doğal olarak plan seviyeleri ve yönetmelikler hakkında bilgi bulunduğunda anlam kazanır (Icaga, 2007). Geleneksel su kalite yönetmelikleri keskin kümeler ile belirlenen kalite sınıflarını içerir ve farklı sınıflar arasındaki sınırlar içsel olarak bir muğlâklığa sahiptirler (Silvert, 2000). Üst ve alt limitler içeren metotların iki belirsizliği bulunmaktadır. Öncelikle, geleneksel su kalite değerlendirme yöntemleri süresiz bir form kullanırlar. Bu sınıflandırma tekniği, bu yaklaşım kullanıldığında bir parametrenin sınırlara yakın ya da uzak olması derişim değerlendirmesinde eşit önem taşıyacağından, veri ile ilgili olarak kaba ve kesinliği olmayan bir yaklaşıma neden olabilir. İkinci olarak, her kalite parametresi dört sınıftan birine ait olabilir. Yani tüm parametreler tek bir sınıf içerisinde bulunamazlar. Tek bir örnekleme bölgesinden oluşturulmuş çeşitli kalite sınıflarının varlığı söz konusu örnekleme bölgesinin kalite tanımlamasında belirsizliğe yol açabilir (Icaga, 2007).

Bulanık mantık, karmaşık bildirimleri doğal dilden matematiksel bir şekilciliğe çevirmeye olanak sağlayan bir dil olarak gözlenebilir (McNeil ve Thro, 1994). Bulanık mantık, yüksek değişkenlikte, dilbilimsel, belirsiz ve kararsız veri ya da

bilgilerle ilgilenebilir ve böylelikle çevresel uygulamalarda veri toplanmasından veri kullanımına doğru mantıklı, güvenilir ve şeffaf bilgi akışına olanak sağlama becerisine sahiptir (Adriaenssens vd., 2004).

Bulanık mantık, gözlemler arası uyumsuzluk ve kesin değer yargılarına ihtiyaç duyulması gibi sık karşılaşılan pek çok problemi çözerek çevresel dizinlerin geliştirilmesi alanında uygulanabilir. Genellikle su kalitesini tanımlayan bir sayısal ölçek kullanan ve parametre değerlerini çeşitli kalite özelliklerine toplayan bir alternatif yöntem sağlayan bulanık sentetik değerlendirme, çevresel kalite değerlendirmelerinde 1990'lerden beri kullanılmakta ve üzerinde çalışılmaktadır (Ludwig ve Tulbure 1996; Liou vd., 2003; Liou ve Lo 2005).

Bu çalışmada Kastamonu ili Daday ilçesi sınırları içerisinde bulunan Germeçtepe Baraj gölünde belirlenen üç istasyondan bir yıl boyunca elde edilen sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, elektrik iletkenliği, bulanıklık, nitrat, nitrit, fosfat, biyolojik oksijen ihtiyacı ile kimyasal oksijen ihtiyacı verilerinin yüzey suları yönetmeliğine göre belirlenen su kalite sınıflarına göre nitelendirilmiş ve aynı zamanda bu kalite sınıflaması bulanık mantık yaklaşımına göre değerlendirilmiştir. Şimdiye kadar önerilen doğrusal olmayan kara-kutu havza modellerine iyi bir alternatif olarak kurulacak olan bu yeni modeller doğrusal olmayan gri kutu havza modelleri olarak nitelendirilebilir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Dünya nüfusu her geçen gün artmakta ve bu artış hızına göre artan tüketim alışkanlıkları doğal kaynakların daha fazla kullanımını tetiklemektedir. Türkiye’de bu bağlamda hızla büyümekte ve endüstrileşmektedir. Türkiye şu an itibari ile Avrupa’nın en kalabalık ülkelerinden birisidir. Büyüme, endüstrileşme ve nüfus artışı giderek daha büyük boyutlara ulaşan çevre kirlenmesi sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Su kirliliği günümüzde karşılaşılan çevre sorunlarından en önemlilerinden birisini oluşturmaktadır (Uslu ve Türkman, 1987).

Dolayısıyla su kirliliğinin izlenmesi ve değerlendirilmesi önem kazanırken mevcut su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımı açısından karar mekanizmalarına önemli bilgiler sağlamaktadır. Yüzeysel suların önemli bir kısmını göl, gölet ve barajlar oluşturmaktadır. Bu kaynaklar sınırlı olan kullanılabilir sularımızın önemli bir kısmını oluşturmasının yanı sıra su ürünleri yetiştiriciliği, sulama suyu olarak kullanımı gibi önemli vazifeler üstlenmiştir. Bu suların kirlilik düzeylerinin belirlenmesi veya kalite parametrelerinin izlenmesi üzerine yapılan çalışmalar oldukça fazladır.

Tepe (2009), Hatay’ın Reyhanlı ilçesinde bulunan Yenişehir Gölünde su kalitesinde yönelik yaptığı çalışmada çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam alkalinite, toplam sertlik, amonyak azotu, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat, sülfat, klor, potasyum, sodyum, silis ve askıda katı madde (AKM) parametreleri yönünden inceleme yapmış ve önemli bir kirlilik unsuru olmadığını belirterek gölün oligotrof- mezotrof göllerin özelliğine sahip olduğu ve bazı su ürünlerinin yetiştiriciliği için uygun şartları sağladığını bildirmiştir.

Ordu ili Gaga gölünde yapılan bir başka çalışmada bazı fiziko-kimyasal parametreler Şubat 2005-Ocak 2006’da mevsimsel olarak incelenmiş ve su kalitesi yönünden değerlendirilmiştir. Çalışma sonucuna göre göl suyunun kıta içi su kaynakları kalite kriterlerine göre (SKKY) ve içme ve kullanma suları standartlarıyla (EC, WHO, EPA, TS 266) karşılaştırıldığında genel olarak I. kalite olduğu rapor edilmiştir (Taş, 2011)

Orta Toros Dağlarındaki Eğrigöl'ün Su Kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada sıcaklık, pH, iletkenlik, seki disk derinliği, çözünmüş oksijen, kalsiyum, magnezyum, SBV, geçici sertlik, nitrit azotu, nitrat azotu, amonyum azotu, fosfat fosforu ve silis ile klorofil-a parametreleri incelenmiştir. Temmuz 2000 yılından Eylül 2001 yılı arasında 7 istasyonda yürütülen çalışma sonucunda gölün su kalitesinin Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen su kalite sınıflarına göre I. Kalite olduğu belirtilmiştir (Başaran ve Egemen 2006).

Mutlu vd., (2013), Sivas'ın Hafik ilçesinde bulunan Karagöl'ün su kalite parametrelerini belirlemek amacı ile yürüttükleri bir yıllık çalışmada çözünmüş oksijen (Ç.O), tuzluluk, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik (E.İ), askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), toplam alkalinite, toplam sertlik, toplam amonyak azotu, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat, sülfid, serbest klor, sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir, kurşun, bakır ve kadmiyum parametrelerini incelemiş ve Karagöl'ün su kalitesini III. Sınıf olarak belirlemişlerdir.

Hazar Gölünde su kalitesinin tespitine yapılan bir çalışmada dokuz istasyondan farklı derinliklerden alınan su örnekleri fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler yönünden analiz edilmiş ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğindeki (SKKY) kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri belirlenmiş ve ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri ile de karşılaştırılmıştır. Hazar Gölü SKKY'deki sınıflandırmaya göre I ve III. sınıf su kalitesinde olduğu bildirilmiştir (Ünlü vd., 2008).

Su kalitesinin belirlenmesi ve izlenmesine yönelik çalışma sayısı oldukça fazla olmasına karşın bu çalışmaların genelinde su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre belirlenmiş su kalite sınıfları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Yani Aristo mantığındaki iki çıktılı duruma göre değerlendirilmiştir. Buna karşın su kalitesinin değerlendirilmesinde farklı matematiksel modellerde sınırlı kullanılmışsa da bu metotların birçoğunda; farklı derecelerdeki su kirliliğinin miktarını ve farklılığını gösteren kesin limitleri tanımladığından her bir su kirleticisinin kararsızlığı kalite değerlendirmelerinde, risk ile ilişkili bir belirsizliklerin giderilmesini sağlayamamıştır (Sönmez, 2011). Bu durum son yıllarda kalite değerlendirmelerde araştırmacıları bulanık tabanlı metotların kullanımına yöneltmiştir.

Bulanık sentetik değerlendirme de dahil olmak üzere bazı yöntemler genellikle su kalite durumunu değerlendirmek için kullanılmaktadır Bunlar; madde eleman modeli (Wang vd., 2004), lojistik eğrisi modeli , Gri analizi yöntemi (Zhang vd., 2004), nitelik tanıma modeli ve yapay sinir ağları (YSA).

Örneğin bir akarsuyun herhangi bir kontrol kesitindeki debisi ile katı madde miktarı arasında üstel bir ilişkinin olduğu varsayılan katı madde anahtar eğrileri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Vansickle ve Beschta, 1983; Thomas, 1985; Demiröz, 1989; Mizumura, 1989, Crawford, 1991; Salas ve Shin, 1999; Hasnain ve Thayyen, 1999; Asselman, 2000; Picouet vd., 2001; Krishnaswamy vd., 2001).

Yenilmez ve Aksoy (2007),yaptıkları bir çalışmada Ulubat gölü su kalitesini WAPS7.2 modeli ile sınıflandırırken, Salihoğlu ve Karaer (2005) tarafından yapılan başka bir çalışmada Ulubat gölünün Askıdaki katı maddeler, Kimyasal Maddeler, Besi Maddeleri ve Avlanma kriterleri esas alınarak bulanık mantık teorisine dayalı bir yaklaşımla Ekolojik risk değerlendirmesini (ERD) ortaya koymaya çalışmıştır. Bir diğer çalışmada Kişi vd. (2003) nehirlerdeki askıda katı madde miktarını bulanık mantık ile modellemiştir.

Yaptıkları bir çalışmada su kalitesini teşhis etmek için çok bilinmeyenli bir trofik durum işaretleme yöntemi geliştirmişler ve bu yöntemi bulanık sentetik değerlendirme ile değerlendirmişlerdir. Haiyan (2002) çevresel kalitenin değerlendirilmesi çalışılmasında çeşitli yöntemlerin test edildiğini belirterek bu yöntemleri beş genel kategoriye ayırmıştır: (1) uzman değerlendirmesi; (2) işaret değerlendirmesi; (3) ekonomik analitik yöntem; (4) işlemsel değerlendirme ve (5) kapsamlı bulanık değerlendirmesidir. Çalışmada Çin'in Hunan eyaletindeki Zhuzhou kentinde 1997 verileri ile Çin Ulusal Kalite Standartları temel alınarak hava, su ve toprağın kalitesinin değerlendirilmesi için kapsamlı bulanık değerlendirme yöntemi uygulanmıştır. Adriaenssens vd. (2004) Ekosistem yönetiminde karar desteği için kullanılan bulanık mantık uygulamalarını değerlendirip eleştirmişlerdir. Sürdürülebilirlik, çevresel değerlendirmeler ve öngörü modelleri gibi alanlarda bulanık mantık uygulamalarının çok umut vaat ettiğini belirtmişlerdir.

Ekosistem sürdürülebilirliğini değerlendirmek için bir bulanık mantık yaklaşımı öne sürmüş ve bulanık mantık yaklaşımının bir ekosistemin güçlü sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesinde geleneksel keskin kümeler yaklaşımından daha uygun olduğunu belirtmiştir. Kapsamlı bulanık değerlendirme kullanarak Taihu Gölü su bölümü çizgisi üzerinde birleşik ağır metal ve organik-klorür böcek ilacı kirliliğinin durumunu incelemiş ve çevresel toprak kalitesini değerlendirmişlerdir. Değerlendirmeyi: (1) değerlendirme parametrelerinin belirlenmesi; (2) üyelik fonksiyonlarının oluşturulması; (3) üyelik fonksiyon matrisinin hesaplanması; (4) ağırlık matrisinin hesaplanması; (5) bulanık algoritmanın kararlaştırılması ve (6) verinin istatistiksel analizi şeklinde 6 adıma dayandırmışlardır. Bunun sonucunda kapsamlı bulanık değerlendirme ile toprağın çevresel kalitesinin incelenmesi ve değerlendirilmesi için bilimsel bir temel sağladığını belirtmişlerdir.

Altunkaynak vd. (2005) ise Haliç'teki tarihsel aylık eriyik oksijen kayıtlarındaki doğrusal eğilimi fark edip ayıklayıp, eriyik oksijen değişimlerini Tagaki-Sugeo bulanık mantık yaklaşımı ile modellemişlerdir.

Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin değerlendirildiği bir çalışmada 5 istasyondan elde edilen ağır metal verileri Su kirliliği Kontrol Yönetmeliğine ve Bulanık Mantığa göre sınıflandırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bulanık mantık modeline göre daha hassas ve doğru bir sınıflandırma yaklaşımının ortaya çıktığı, bir parametreye bağlı kalmaktansa hem parametrenin kendisinin etkisi hem de diğer ele alınan parametrelerin birbirlerinin üzerindeki etkisinin katılımı ile elde edilen sonuçların daha reel bir anlam kazanacağı, bulanık mantık sistemlerinin etkin su yönetimi ve ekolojik risk değerlendirmesi açısından uygun bir araç olduğu bildirilmiştir (Sönmez, 2013).

Karasu Irmağında yapılan bir başka çalışmada beş istasyondan elde edilen oksijen, nitrat, nitrit, fosfat, klor, sülfür ve toplam organik karbon miktarı tek faktörlü index, çok faktörlü index ve bulanık mantık modeline göre sınıflandırılmış tek faktörlü indekse göre ortaya çıkan su kalitesi bütün parametrelerde bulanık mantık değerlendirmesinde farklı sonuçlar vermiştir. Nihai olarak bulanık mantık

yaklaşımının su kalite sınıflandırmasında daha etkin bir metot olduğu belirtilmiştir (Hisar vd., 2016).

Şengörür vd. (2004), yaptıkları çalışmada bazı fiziko-kimyasal parametreleri Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği'ne ve Bulanık Mantık yaklaşımına göre; su kalite sınıfını belirlemiş, izlenen yöntemler ile sonuçları arasındaki ilişkiyi irdelemiştir. Melen Nehir ve kollarında 11 istasyonda yürüttüğü çalışmada Çözünmüş Oksijen, Klor , Sülfat, Nitrat Azotu, Nitrit Azotu, Kimyasal Oksijen ihtiyacı, Biyokimyasal Oksijen ihtiyacı, Fenol, Bakır, Kurşun, Çinko, Demir, Toplam Krom, Fekal Koliform ve Toplam Koliform parametrelerini incelemiş ve Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliğine göre %90 olasılıkla kalite sınıfları belirlemiştir. Bulanık mantıkta oluşturulan kural kümesi ile su kalite sınıfları tanımlanmıştır. Ölçümü yapılan fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin S.K.K.Y'ne göre su kalite sınıfları ile Bulanık Mantıkta bulunan su kalite sınıflarının karşılaştırılması neticesinde tüm noktalarda uyum olduğu, sadece bir noktada uyumun olmadığı görülmüştür.

Son yıllarda bulanık küme teorisi üzerindeki gelişmeler mühendislik bilgisine, psikolojiye, tıp ve deprem tahmini gibi çeşitli mühendislik uygulamalarına kadar girmiştir. Bulanık kümeler mevcut yapıların hasar tespiti için bulanık güvenlik ölçümlerinin tanımı, depremin şiddetinin değerlendirilmesi, yük kombinasyonlarının bulanık modeli, Winkler yapısı üzerindeki kirişlerin bulanık davranışı, farklı materyallerin devirli yüklemesi, otomatik sürekli eleman jenerasyonu ve binalardaki dinamik hareketlerin aktif kontrolü çalışmaları için uygulanmıştır (Rajasekaran vd., 1995).

Buna karşın mühendisliğin birçok dalında kullanılan bulanık mantık teoreminin su ve su kirliliği konusundaki kullanımı henüz yeni olmakla birlikte oldukça sınırlı düzeyde uygulaması mevcuttur.

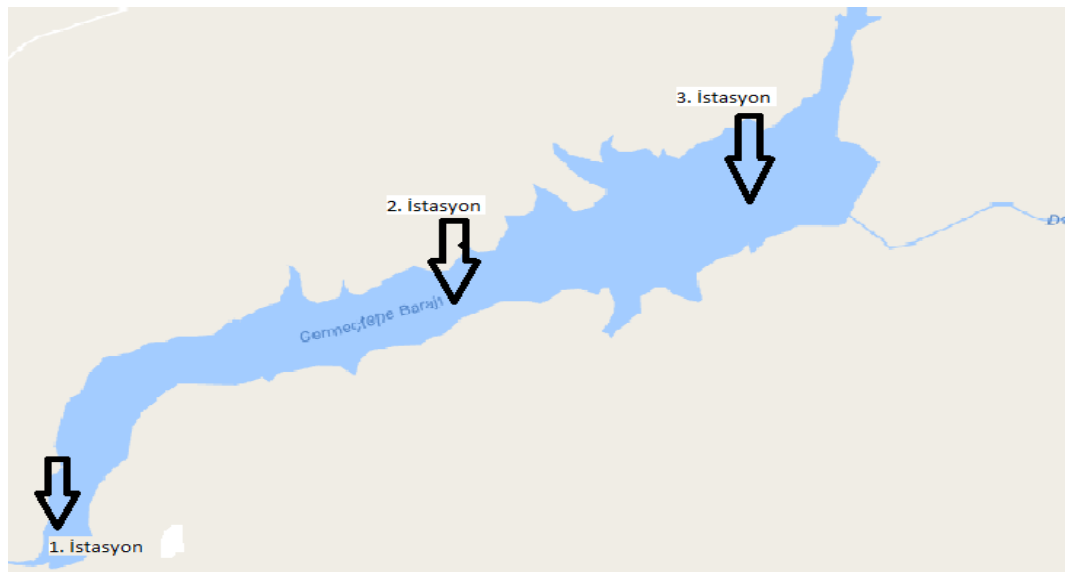
### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### Araştırma Alanı

Araştırma alanını Kastamonu ili Daday ilçesi sınırları içerisinde bulunan Germeçtepe Baraj Gölü oluşturmaktadır. 41°26' 45" Kuzey, 33°37' 40" Doğu, koordinatlarında bulunan baraj gölü sulama barajı olarak inşa edilmiş olup 1984 yılında işletmeye alınmıştır. Şadibey deresi ile beslenen baraj gölünün yüksekliği 42 metredir (DSİ, 2016). Hali hazırda baraj gölü üzerinde ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliği yapan birisi 75 ton/yıl, diğer ise 29 ton/yıl kapasiteli iki su ürünleri işletmesi bulunmaktadır. Mevcut halinde bünyesinde birkaç balık türünü doğal olarak barındıran baraj gölünün suyu özellikle yaz aylarında sulamanın yoğun olduğu dönemlerde en derin noktasında 7-8 m'ye kadar düşebilmektedir.

Araştırma istasyonu olarak baraj gölü üzerinde üç istasyon belirlenmiş ve örneklemeler bu noktadan yapılmıştır. İstasyonların belirlenmesinde baraj gölünün fiziki yapısı, beslendiği bölge, su ürünleri işletmelerinin konuşlandığı yerler dikkate alınmıştır.



Şekil 1. Su Örneklerinin Alındığı İstasyonlar





Fotoğraf 1. Germeçtepe Baraj Gölünden Bir Görüntü

## 3.2. Metot

### 3.2.1. Su Örneklerinin Alınması ve Fiziko-kimyasal Parametrelerin Analizi

Göl su içeriğinin fiziko-kimyasal özelliklerini araştırmak için, su numunelerinin toplanması 2016 yılın Ocak ayından Aralık ayına kadar 12 aylık sürede devam etmiştir. Su numuneleri, polietilen, koyu renkli şişelerin içinde toplanmıştır. İlk olarak, önceden yıkanan şişeler saf su ile durulanmıştır. Kapalı şişe, 1 m derinliğinde göle daldırılmıştır ve daha sonra içerisinde açılmıştır ve yüzeyde dışarı çıkarmak için tekrar kapatılmıştır.

Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen, pH, elektrik iletkenlik parametreleri su numunesi alınmaya eş zamanlı Hach Lange marka, HQ40d model dijital multimetre cihazı ile kaydedilmiştir. Bulanıklık parametresi de yine su numunesi alımı esnasında anlık olarak WTW marka Turb<sup>®</sup> 430 model bulanıklık ölçer ile kayıt altına alınmıştır. Nitrat, nitrit, fosfat, amonyum, BOİ ve KOİ parametreleri spektrofotometrik metotla belirlenmiş olup aynı gün laboratuvara getirilen örnekler Hach Lange UV VIS Spektrofotometre ve Hach Lange It200 termoreaktör cihazları kullanılarak analiz edilmiştir.



Fotoğraf 2. Anlık ölçümlerin yapıldığı Multimetre cihazı



Fotoğraf 3. Bulanıklık Ölçümünde Turbidimetre cihazı



Fotoğraf 4. Kimyasal parametrelerin ölçüldüğü Spektrofotometre cihazı



Fotoğraf 5. Kimyasal Oksijen İhtiyacının Ölçümünde kullanılan Termoreaktör

### 3.2.2. Su Kalite Sınıflarının Belirlenmesi ve Bulanık Mantık Metodunun Uygulanışı

Su Kalite sınıflarının oluşturulmasında ve ölçülen su parametresinin yorumlanmasında 2012 yılında revize edilerek resmi gazete yayınlanan Yüzeysel Suları Yönetmeliğinde belirtilen ‘‘ Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri’’ esas alınmıştır. Ayrıca çalışmada ölçümü yapılan parametrelerle ilgili uluslararası standartlarda ulaşılabilen parametrelerde dikkate alınmıştır.

Tablo 3.1. *Yüzeysel Suları Yönetmeliğine Göre Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Kalite Sınıfları (YSY, 2012)*

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Çözülmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L)	> 8	6-8	3-6	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	25-50	50-70	> 70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) (mg/L)	< 4	4-8	8-20	> 20
Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	< 0,2 <sup>b</sup>	0,2-1 <sup>b</sup>	1-2 <sup>b</sup>	> 2
Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	> 0,05
Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,03	0,03-0,16	0,16-0,65	> 0,65

Tablo 3.2. Uluslararası standartlara göre bazı su kalite parametreleri üst limitleri

	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2008	ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) 2009	Avrupa Birliği (EC) 1998
Bulanıklık (NTU)	5	1	1
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	50	10	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	0,50	0,50	0,50
İletkenlik 20' (Us/cm)	2500	-	2500
Sıcaklık (°C)	-	-	-
PH	6,5 - 8,0	6,5 - 8,5	6,5 - 9,5
Amonyum	1,5	-	0,5

Bulanık mantık genellikle bulanıklaştırma, bulanık sonuç ve durulaştırma aşamalarını kapsar. Bulanıklaştırma modülü, gözlemlenmiş gerçek bilgileri, problem özellikleri doğrultusunda belirlenmiş üyelik fonksiyonlarını kullanarak bulanık şekle dönüştürür. Bulanık sonuç çıkarma düzeneği, bulanık kural tabanında depolanan kontrol kurallarını değerlendirir. Bulanık sonuç çıkarmanın sonucunda, üyelik fonksiyonların kontrol hareketini elde etmek için sonradan durulaştırılacak olan bir ya da birkaç bulanık çıktı kümesi elde edilir. Durulaştırma bulanık çıktıların sayılara dönüştürülmesi işlemidir. Bulanık sistemlerin çıktılarının uygulamalarda doğrudan kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu durumda bulanık çıktıların durulaştırılması gerekir. Durulaştırma işlemi bulanıklaştırma işleminin tam tersi olarak düşünülmektedir (Wang, 1997).

Bulanık mantık modelinin oluşturulmasında su kalitesini dört sınıfa ayıran Çizelge 3.1'de verilen klasik sınıflandırma metodu göz önünde bulundurulmuştur.

Oluşturulan modelde izlenen basamaklar aşağıda verilmiştir (Ross, 2004; Sivanandam, 2007; Akkaptan, 2012; Sönmez, 2013)

1- Ölçülen değerlerden yola çıkılarak klasik sınıflandırma ile fiziko-kimyasal parametrelerin kalite sınıflarının belirlenmesi ve dört grup içerisinde toplanması.

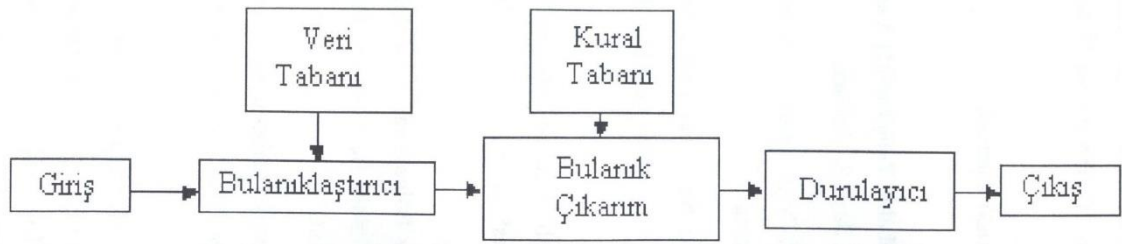
2- Klasik kalite sınıflandırılmasının karşılığı olarak bulanık model üyelik isimlerinin atanması.

3- Giriş ve çıktı değerlerine ait üyelik fonksiyonlarının üçgensel veya ikizkenar yamuk yapıda oluşturulması ve limit değerlerinin belirlenmesi.

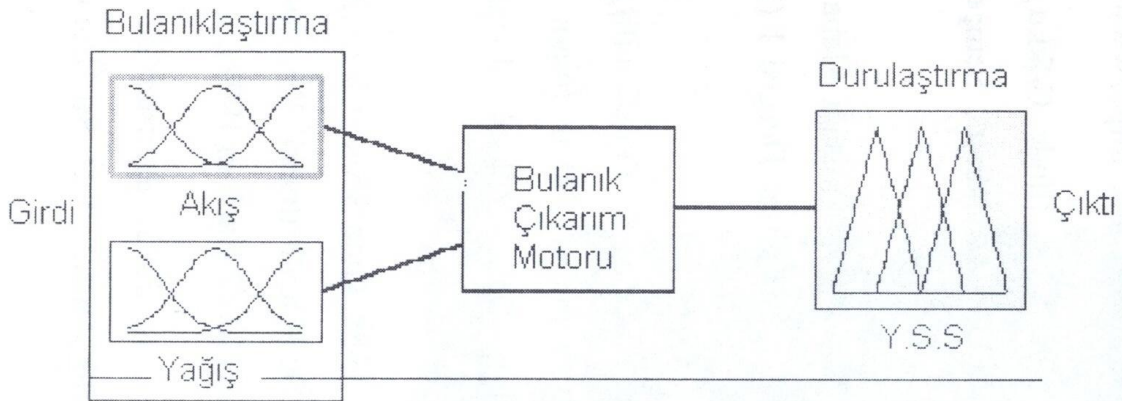
4- Giriş değerlerinin kalite sınıfları kullanılarak kural tabanının oluşturulması.

5- Mamdani yaklaşımı ile bulanık mantık algoritmasının kullanılması ve ardından grupların bulanık sonuç çıktılarının, parametrelere ait üyelik fonksiyon dereceleri ile belirlenmesi.

Dört farklı bulanık sonuç çıktılarının 0 ile 1 arasında değişen kalite indeksinin belirlenmesi için durulaştırılması.



Şekil 2. Bulanık Mantığın Çalışma Şeması



Şekil 3. Mamdani tipi Bulanık Model.

Bulanık Mantık işleminin değerlendirilmesinde MATLAB R2014b Programı kullanılmıştır.

### **3.2.3. Verilerin İstatistiki Değerlendirilmesi**

Verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde Varyans analizi uygulanmış ve farklılığın ortaya koyulabilmesi için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. İstatistiki analizler SPSS paket programda yapılmıştır.

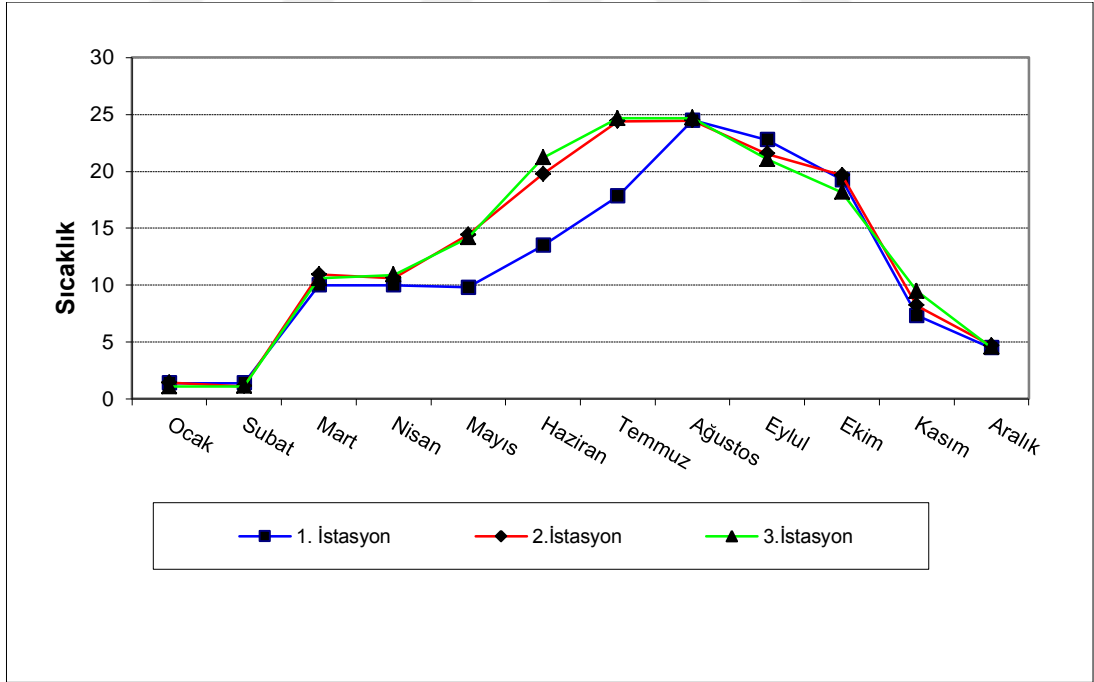


## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Sıcaklık

Su sıcaklığı, su ekosistemlerin en önemli fiziksel özelliklerinden biridir. Suyun sıcaklığı kara parçalarında olduğu gibi çok büyük ölçülerde güneşe bağlıdır. Dolayısıyla mevsimlere, günün çeşitli saatlerine, havanın sıcaklığına, yağış durumuna, coğrafik konuma ve suyun derinliğine göre değişmektedir. Suyun sıcaklığı su biyolojisine direk ve indirek olarak etki etmektedir. Öte yandan su sıcaklığı diğer bir kısım su kalite parametrelerine de dolaylı yoldan etki etmesinden dolayı su kalitesi parametreleri bakımından belirleyici bir unsurdur (Sönmez, 2008).

Baraj gölünde üç istasyondan ölçülen 12 aylık sıcaklık değişimleri Grafik 4.1'de verilmiştir.



Grafik 4.1. Sıcaklığın istasyonlara göre aylık değişimi (°C)

Çalışmadan elde edilen sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklık Ocak ayında 3. İstasyonda 1,07°C ile ölçülürken, en yüksek sıcaklık 24,5°C ile Ağustos ayında 1. İstasyonda ölçülmüştür.



Tablo 4.1. Sıcaklık verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	617,56	32,734**
İstasyonlar	2	9,932	0,526
Mevsimler x İstasyonlar	6	5,095	0,270
Hata	24	18,866	

\*\*p<0.01

Tablo 4.2. İstasyonlardaki Sıcaklık düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{x}$ ±SD
1. İstasyon	12	11,67 ±2,28
2. İstasyon	12	13,23 ±2,49
3. İstasyon	12	13,28 ±2,50

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.3. Sıcaklığın mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri

Mevsimler	n	$\bar{x}$ ±SD
Kış	9	2,35±0,55
İlkbahar	9	10,50±0,79
Yaz	9	21,67±1,32
Sonbahar	9	16,38±2,06

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Verilerin istatistiki analizlerinde sıcaklık değişimlerinin istasyonlar arasında farklılık göstermediği fakat mevsimsel anlamda doğal olarak farklılık ortaya çıkmıştır. Ayrıca mevsimler x istasyonlar interaksyonunun istatistiki bakımdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Ünlü vd., (2008) Hazar gölünde yaptıkları çalışmada Sıcaklığın aylara ve derinliklere göre büyük değişimler gösterdiğini vurgularken istasyonlarda su sıcaklığının 5-26,5 °C arasında değiştiğini rapor etmiştir. Hatay'ın Reyhanlı ilçesindeki Yenişehir göletinde yapılan bir başka çalışmada Su sıcaklığının mevsimsel olarak değişim gösterdiği, en düşük sıcaklığının Ocak ayında 14,6°C, en yüksek sıcaklığın ise Ağustos ayında 29,7°C olduğu bildirilmiştir (Tepe, 2009). Ordu ilinde bulunan Gaga

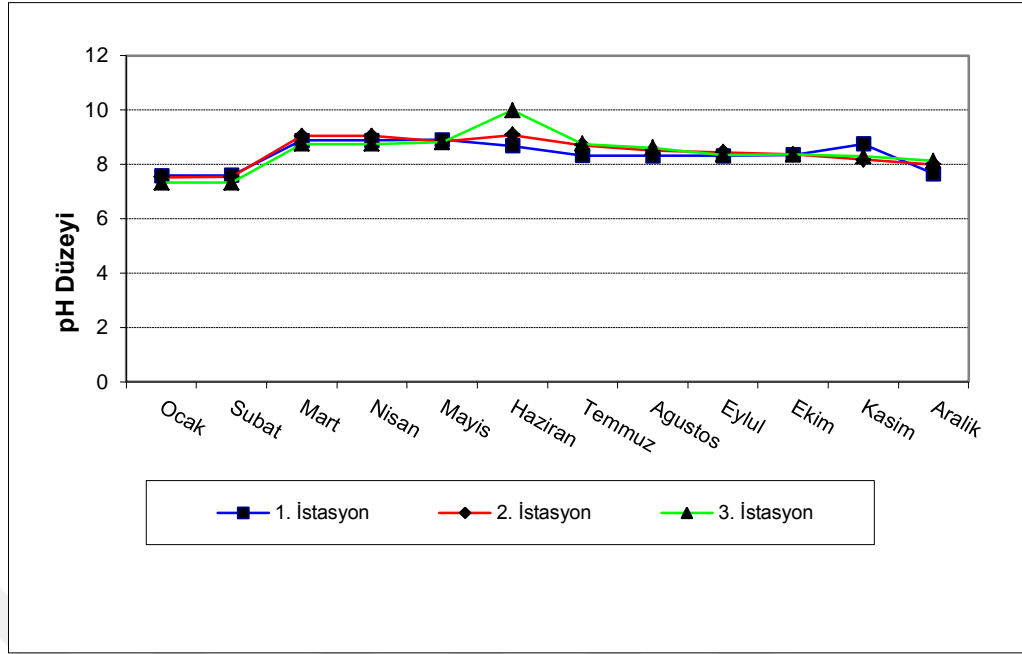
gölünde 2005-2006 yılları arasında yürütülen su kalitesi belirlenmesi çalışmasında sıcaklığın 9,40-22,8°C arasında değiştiği ve su kalite sınıfları bakımından I. Kalite olduğu bildirilmiştir (Taş, 2011). Ordu ilinde başka bir gölet olan Gökgöl'de ise yapılan çalışmada ortalama su sıcaklığının yüzeyde 23,2 °C, 5 m derinlikte de 20,75 °C olduğu ve su kalitesinin I. Sınıf olduğu belirlenmiştir ( Taş ve Çetin, 2011). Eğrigöl'ün su kalite parametrelerinin belirlenmesine yönelik yapılan bir başka çalışmada ise su sıcaklığının 8,3-21,1 °C arasında değiştiği rapor edilmiştir.

Germeçtepe baraj gölünde yaptığımız çalışmada sıcaklığa ilişkin veriler literatürle uyum gösterirken genel periyotta oldukça değişkenlik gösterdiği bunun sebebi olarak ise göl suyunun belirli mevsimlerde sürekli azalıp artması, derinliğin fazla olmayışı, yağış miktarı ve bölgenin iklim koşulları olduğu tahmin edilmektedir. Genel sıcaklık ortalaması 12,72°C olarak tespit edilmiş olup baraj gölünün su kalitesi Yüzey Suları Yönetmeliğine göre I. Kalite olarak değerlendirilmiştir.

#### **4.2. pH**

pH suyun asitliği ve alkaliliği ile ilgilidir. Genellikle hidrojen iyonları konsantrasyonunu ifade eder. 0–14 arasında değişmektedir. Ortası yani 7 olan sular nötr, sağ tarafına düşenler bazik, sol tarafına düşenler ise asidik olarak kabul edilmektedir. pH'ın su canlıları üzerine çok büyük etkileri vardır. Genellikle 6-8,5 pH aralığı birçok su canlısı için ideal yaşama ortamını teşkil etmektedir. Özellikle göllerde pH derecesi amonyum- amonyum dioksit oranını etkilemektedir. Bu nedenle pH su kalitesi açısından oldukça önemli bir parametredir (Sönmez, 2008).

Germeçtepe baraj gölünden 12 ay boyunca üç istasyondan elde edilen pH değerleri Grafik 4.2'de verilmiştir.



Grafik 4.2. pH'nın istasyonlara göre aylık değişimi

Çalışmada pH düzeyi 7,32 ile 9,98 arasında değişiklik gösterirken ilkbahar ve yaz aylarında bazı istasyonlarda artış olduğu gözlenmişse de genel anlamda değerler benzer seyretmiştir.

Tablo 4.4. pH verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	2,311	16,206**
İstasyonlar	2	0,060	0,419
Mevsimler x İstasyonlar	6	0,103	0,722
Hata	24	0,143	

\*\*p<0.01

Tablo 4.5. İstasyonlardaki pH düzeyinin tanımlayıcı istatistikî değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{x} \pm SD$
1. İstasyon	12	8,27 $\pm$ 0,48
2. İstasyon	12	8,35 $\pm$ 0,52
3. İstasyon	12	8,41 $\pm$ 0,69

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.6. pH'nın mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri

Mevsimler	n	$\bar{X} \pm SD$
Kış	9	7,62±0,27 <sup>c</sup>
İlkbahar	9	8,61±0,40 <sup>ab</sup>
Yaz	9	8,77±0,51 <sup>a</sup>
Sonbahar	9	8,37±0,16 <sup>b</sup>

Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir.

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Verilerin istatistiki analizlerinde pH değişimlerinin istasyonlar arasında farklılık göstermediği fakat mevsimsel olarak farklılığın istatistiki olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.01$ ) tespit edilmiştir. Ayrıca mevsimler x istasyonlar interaksiyonunun istatistiki bakımdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Obalı (1978), Mogan Gölü'nde yaptığı bir çalışmada, göl suyunun pH değerini 8,5-9,2, Altuner'in (1982), Tortum Gölü'nde yaptığı araştırmaya göre pH 8-8,5, Anonim (1983), Bafra Balık Gölü'nde yapılan bir yıllık limnolojik çalışmada ise göl suyunun pH değerinin 8,1-8,6 arasında olduğu rapor edilmiştir.

Taş ve Çetin (2011), Gökgöl'de yaptığı çalışmada ortalama pH düzeyini yüzey sularında 6,31, 5m derinlikte ise 5,99 olarak tespit etmiştir. Şengörür ve Demirel (2002), Sakarya Akgöl'de yaptığı çalışmada pH değerlerinin mevsime ve derinliğe bağlı olarak değişim gösterdiğini belirtirken, yüzeyde en yüksek pH değeri 9,87 ile Temmuz ayında, en düşük 7,94 ile Aralık ayında ölçüldüğünü bildirmiştir.

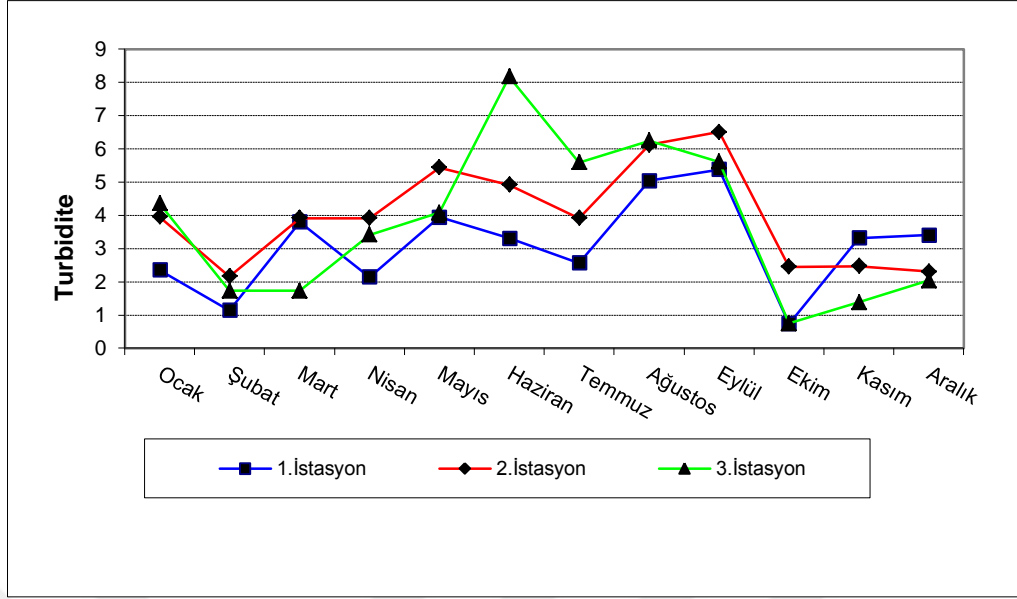
İleri, Karaer, Katip ve Onur (2014), Ulubat gölünde yaptıkları çalışmada pH değerlerinin mevsimsel ortalamalarının birbirine yakın olmakla birlikte en yüksek değerin yaz mevsiminde, Temmuz ayında 8,64 olarak ölçüldüğünü bildirmiştir. Temmuz ayındaki bu yüksek pH değerinin nedeni olarak ta yaz aylarında artan fotosentez sırasında planktonların çözünmüş inorganik karbonu asimile etmeleri sırasında asidik özelliğın azalması ve alkalitenin artmasının olabileceğini rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda elde edilen pH değerleri genel anlamda literatürle uyum göstermektedir. pH düzeyinde yaz aylarında artış meydana geldiği görülmektedir. pH

çok büyük ölçülerde sudaki karbondioksit miktarına bağlı ve onla ters orantılıdır. Karbondioksit yükseldikçe düşmekte, düştükçe yükselmektedir. Dolayısıyla yaz mevsimlerinde karbondioksit sıcak sularda daha az çözüleceği için pH yüksek olmakta, aksine kış aylarında ise düşük olmaktadır (Sönmez, 2008). Öte yandan ölçülen pH değeri ortalaması 8,34 olarak belirlenmiş ve Yüzey Suları Yönetmeliğine göre I. Kalite olarak değerlendirilirken Dünya sağlık Örgütü (2008), ABD Çevre Koruma Ajansı (2009) ve Avrupa Birliği (1998)' de belirtilen limitlere göre kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca genel ortalama ve mevsimsel izlenimler bakımından göl suyunun bazik karakterde olduğu tespit edilirken Karadeniz bölgesindeki göllerin genel itibarla bazik karakterde oldukları bildirilmektedir (Verip ve ark., 2002; Taş, 2006; Özbek ve Sarı, 2007; Taş ve ark., 2010).

### **4.3. Turbidite**

Turbidite suyun bulanıklık düzeyini ifade etmektedir. Bulanıklık su kalitesi açısından oldukça önemli bir parametredir. Çünkü bulanıklık sudaki yaşamsal döngüye direk etki eden ışık geçirgenliğini etkilemekte ve fotosentez olayına mani olarak fitoplankton gelişimini olumsuz etkilemektedir. Yine sudaki görüşü kısıtlamakta ve buna bağlı olarak balık ve diğer su canlılarının besin bulmalarını güçleştirmektedir. Genellikle her litresinde 25mg'dan daha az kil bulunan sulara berrak, 25-100mg arasında bulunanlara orta bulanık, daha fazla bulunanlara ise bulanık sular adı verilmektedir (Alas, 1998; Sönmez, 2008) Bulanıklık, süspansiyon veya solüsyon halinde bulunan maddelerden dolayı dağılan ışığın ölçümüdür ve NTU (Nephelometric Turbidity Units) ile ölçülür. Germeçtepe baraj gölünden 12 ay boyunca üç istasyondan elde edilen pH değerleri Garfik 4.3'de verilmiştir.



Grifik 4.3. Turbidite'nin istasyonlara göre aylık değişimi (NTU)

Çalışmada elde edilen bulanıklık verileri 0,74- 8,17 arasında değişim gösterirken genel ortalama 3,46 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.7. Turbidite verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	10,446	4,135*
İstasyonlar	2	3,169	1,255
Mevsimler x İstasyonlar	6	2,267	0,898
Hata	24	2,526	

\*p<0.05

Tablo 4.8. İstasyonlardaki Turbidite düzeyinin tanımlayıcı istatistik değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{x}$ $\pm$ SD
1. İstasyon	12	3,01 $\pm$ 1,41
2. İstasyon	12	3,99 $\pm$ 1,49
3. İstasyon	12	3,76 $\pm$ 1,31

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.9. Turbidite'nin mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri

Mevsimler	n	$\bar{x}$ $\pm$ SD
Kış	9	2,60 $\pm$ 0,96 <sup>b</sup>
İlkbahar	9	3,60 $\pm$ 1,09 <sup>ba</sup>
Yaz	9	5,09 $\pm$ 1,70 <sup>a</sup>
Sonbahar	9	3,07 $\pm$ 1,19 <sup>b</sup>

Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir.  
 $\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Verilerin istatistiki analizlerinde bulanıklık değişimlerinin istasyonlar arasında farklılık göstermediği fakat mevsimsel olarak farklılığın istatistiki olarak anlamlı olduğu ( $p < 0.05$ ) tespit edilmiştir. Ayrıca mevsimler x istasyonlar interaksiyonunun istatistiki bakımdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

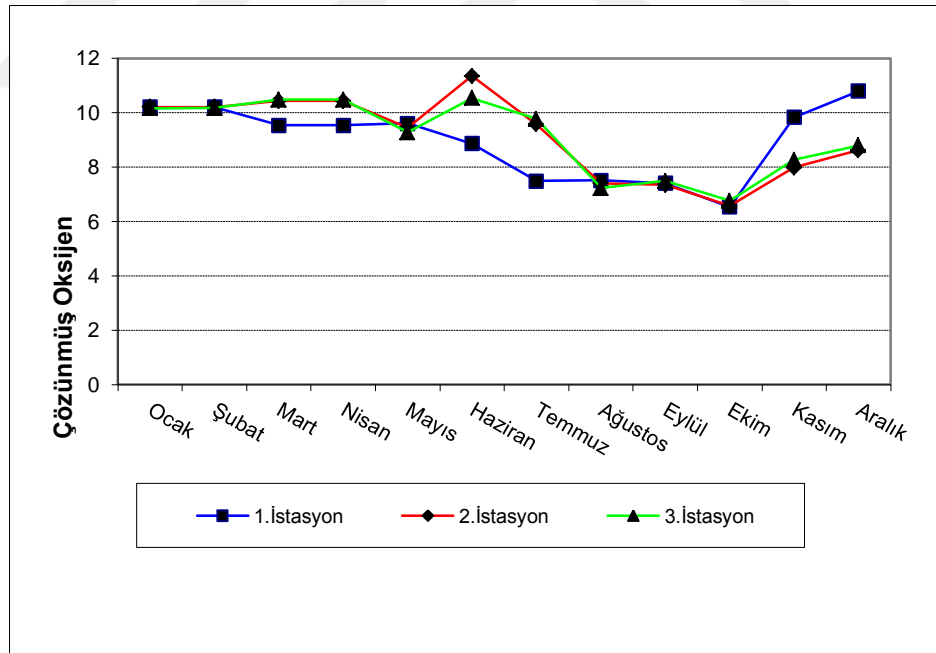
Alp, Koçer, Şen ve Özbay (2010), Güneydoğu Anadolu bölgesindeki baraj göllerinde yaptıkları araştırmada Bulanıklık değerini Atatürk Barajında, Birecik Barajında, Karkamış Barajında, Hacı Hıdır Barajında 5-20NTU arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca bulanıklık ve TSS düzeyi ile özellikle sodyum, potasyum ve sülfat, düzeyi arasından yüksek bir ilişki olduğunu ve yağışların artış gösterdiğİ mevsimlerde artış seyrinde olduğunu bildirmiştir. Bayram ve Kenanoğlu (2016) Borçka barajında yaptıkları çalışmada bulanıklık düzeyini 46NTU olarak bildirmiştir.

Bulanıklık verileri çalışmamızda genel anlamda literatür bilgileri ile uyumlu olmakla birlikte daha düşük seyretmiştir. Özellikle İlkbahar ile başlayıp yazın devam eden nispeten yüksek bulanıklık düzeyleri ilkbaharda yapışlarla birlikte suya taşınımın artışı, kar sularının eriyerek baraja karışması ve yaz aylarında ise su miktarındaki azalmaya bağlı olabileceği kanaati ortaya çıkmıştır. Bulanıklık ile ilgili Yüzey Suları Yönetmeliğinde belirtilen bir kategori bulunmasa da Dünya Sağlık Örgütü (2008) sınıflandırmasına göre tahammül limitleri içerisinde, ABD Çevre Koruma Ajansı (2009) ve Avrupa Birliği (1998) sınıflandırmasına göre yüksek bulunmuştur.

#### 4.4. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen, su kalitesi değerlendirmesindeki önemli parametrelerden biridir ve suda yaygın olan biyolojik ve fiziksel proseslerini yansıtmaktadır. Çözünmüş oksijen, su yaşamı ve fiziksel çevre özellikleri için önemli bir unsurdur, Çözünmüş oksijen, bütün canlı organizmalar için büyük önem arz etmektedir ve bütün su kütlesinin ekolojisini ortaya çıkarabilecek kadar önemli ölçüde tek parametre olarak değerlendirilmektedir. Ötrofik su kütlelerinin, geniş bir çözünmüş oksijen yelpazesi varken oligotrof su kütlelerinin dar bir çözünmüş oksijen aralığı vardır (Rucinski vd ., 2010). Nihai olarak çözünmüş oksijen düzeyinin belirlenmesi bütün su kaynaklarının kalite değerlendirmelerinde önemli bir unsurdur.

Germeçtepe baraj gölünden elde edilen çözünmüş oksijen verilerimiz 7,23-11,35 mg l<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Ortalama oksijen düzeyi 9,07 mg l<sup>-1</sup> olarak belirlenmiş ve Grafik 4.4'te verilmiştir.



Grafik 4.4. Çözünmüş Oksijen düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l<sup>-1</sup>)



Tablo 4.10. *Çözünmüş Oksijen verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları*

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	11,313	2555,026**
İstasyonlar	2	3,169	9,753
Mevsimler x İstasyonlar	6	2,267	0,044
Hata	24	2,526	

\*\*p<0.01

Tablo 4.11. *İstasyonlardaki çözünmüş oksijen düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri*

İstasyonlar	n	$\bar{x}$ ±SD
1. İstasyon	12	8,99 ±0,41
2. İstasyon	12	9,11 ±0,43
3. İstasyon	12	9,12 ±0,39

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.12. *Çözünmüş Oksijen mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri*

Mevsimler	n	$\bar{x}$ ±SD
Kış	9	9,92±0,24 <sup>a</sup>
İlkbahar	9	9,93±0,16 <sup>a</sup>
Yaz	9	8,86±0,51 <sup>a</sup>
Sonbahar	9	7,57±0,34 <sup>b</sup>

Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir.

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Çözünmüş Oksijen verilerinin istatistiki analizlerinde istasyonlar arasında farklılık tespit edilmediği fakat mevsimseller arasında istatistiki olarak anlamlı fark olduğu (p<0.01) belirlenmiştir. Ayrıca mevsimler x istasyonlar interaksiyonunun istatistiki bakımdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Şengörür ve Demirel (2002), Akgöl'de yaptığı çalışmada çözünmüş oksijen düzeyini yüzeyde en yüksek 10 mg/l olarak Aralık ayında, en düşük 0,93 mg/l olarak Temmuz ayında, dipte en yüksek olarak 8 mg/l olarak Aralık ayında, en düşük olarak 0.17 mg/l olarak Temmuz ayında rapor etmiştir. Ulubat Gölü'nde yapılan bir diğer çalışmada 3,43-12,09mg/l arasında değiştiği (İleri vd. 2014), Reyhanlı Gölünde yapılan çalışmada 6,32-12,19 arasında olduğu (Tepe, 2009), Eğrigöl'de yapılan

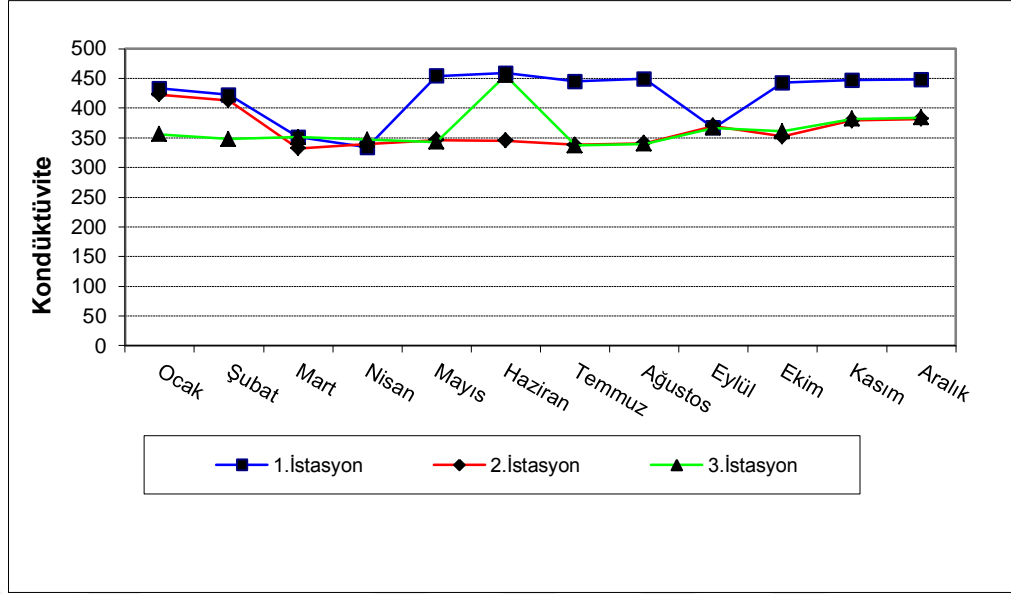
çalışmada yüzey suyunda 5,6-7,9 mg/l arasında değiştiği (Başaran ve Egemen 2006), Gaga Gölü'ndeki çözünmüş oksijen değerinin ortalama 9,92 mg/l olduğu (Taş, 2011), Uzungöl'de 3,72 – 13,13 mg/l (Verap ve ark., 2002), Batı Karadeniz Bölgesi göllerinde 5,1 – 10,3 mg/l (Özbek ve Sarı, 2007), Ulugöl'de 8,4 – 11,3 mg/l ölçüldüğü (Taş ve ark., 2010) bildirilmiştir.

Çalışma verilerimiz literatür bilgileri ile uyum göstermekle birlikte yapılan çalışmalar paralel olarak ilkbahar ve kış aylarında yüksek seyretmiş yaz aylarında ise düşüş gözlenmiştir. Çözünmüş oksijenin suyun sıcaklığı ile direkt ilişkili olması yaz aylarındaki düşüşün ve rahatlıkla açıklanabilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca göl suları 9,07mg l<sup>-1</sup> genel ortalama ile Yüzey Suları Yönetmeliğinde belirtilen sınıflandırmaya göre I. Kalite'de sınıflandırılmıştır.

#### **4.5. Kondüktivite**

Sularda bulunan iyon konsantrasyonunun anlaşılabilmesi adına geliştirilmiş olan bir parametre olup, sulardaki çözünmüş katı maddelerden ileri gelmektedir. Doğal sularda rastlanabilecek başlıca çözünmüş katı maddeler genellikle nitratlar, fosfatlar, karbonatlar, sülfatlar ve klorürlerdir. Ancak bunların yanı sıra sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir ve mangan gibi bazı metallerinde etki ettiği bilinmektedir. Aslında sulardaki elektiriksel iletkenliği oluşturan başlıca etkenler çözünmüş tuzlardır. Bu nedenle suyun kondüktivite değeri tahmini bir tuzluluk değeri verebilmektedir. Genel anlamda su ürünleri yetiştiriciliği yapılacak sularda iletkenliğin 12,5-1800 µS cm<sup>-1</sup> arasında olması tavsiye edildiği bildirilmektedir (Göksu, 2003).

Germeştepe barajından 12 ay boyunca ölçümü yapılan elektiriksel iletkenlik değerleri 332-459 µS cm<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bazı aylarda istasyonlar arasında değişimler görülmüş ve Grafik 4.5'te verilmiştir.



Grafik 4.5. Kondüktivite düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )

Tablo 4.13. Kondüktivite verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	3426,89	3,372*
İstasyonlar	2	13074,19	12,865**
Mevsimler x İstasyonlar	6	1380,75	1,359
Hata	24	1016,25	

\*\*p<0.01, \* p<0.05

Tablo 4.14. İstasyonlardaki Kondüktivite düzeyinin tanımlayıcı istatistikî değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{X} \pm \text{SD}$
1. İstasyon	12	421,00 $\pm$ 12,71 <sup>a</sup>
2. İstasyon	12	363,42 $\pm$ 8,64 <sup>b</sup>
3. İstasyon	12	364,25 $\pm$ 9,35 <sup>b</sup>

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma, Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir.

Tablo 4.15. Kondüktivite'nin mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistikî değerleri

Mevsimler	n	$\bar{X} \pm \text{SD}$
Kış	9	401,00 $\pm$ 11,65 <sup>a</sup>
İlkbahar	9	355,33 $\pm$ 12,53 <sup>b</sup>
Yaz	9	389,89 $\pm$ 19,69 <sup>a</sup>
Sonbahar	9	385,33 $\pm$ 11,66 <sup>ba</sup>

Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir.

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Kondüktivite verilerinin istatistiki analizlerinde hem istasyonlar arasında ( $p<0.01$ ), hem de mevsimler arasında istatistiki olarak anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir. Mevsimler x istasyonlar interaksiyonunun istatistiki bakımdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

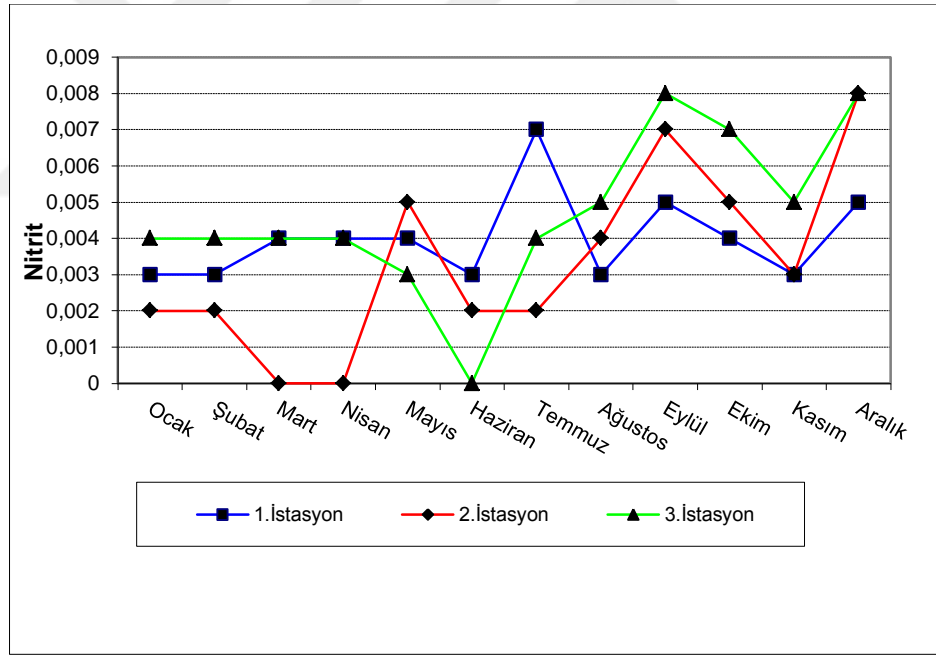
Mutlu, Yanık ve Demir (2013), Karagöl'de yaptıkları çalışmada elektriksel iletkenliğin kış ortalamasını  $123,67 \mu\text{S cm}^{-1}$ , ilkbahar ortalamasını  $179 \mu\text{S cm}^{-1}$ , yaz ortalamasını  $275,33 \mu\text{S cm}^{-1}$  ve sonbahar ortalamasını  $253,67 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak bildirmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada Atatürk Barajı, Birecik barajı, Karkamış barajı ve Hacı Hıdır barajında tespit edilen minimum ve maksimum elektiriksel iletkenlik değerlerinin sırasıyla  $295-4345 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,  $314-447 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,  $310-479 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,  $254-400 \mu\text{S cm}^{-1}$  arasında tespit edildiği rapor edilmiştir (Alp vd. 2010). Hazar Gölü'nde ölçülen elektriksel iletkenlik (EC) değerleri genel ortalama olarak  $2260 \mu\text{mhos/cm}^2$  lik bir değere sahip olup sulama suyu açısından değerlendirildiğinden IV. sınıf su kalite grubuna girdiği ve dolayısıyla sulamaya elverişsiz olduğu bildirilmiştir (Ünlü vd. 2007). Eğrigöl'de iletkenlik  $210-291 \mu\text{S}_{25^\circ\text{C}}$  arasında değişim gösterdiği ve göl içinde iletkenliğin homojen bir dağılıma sahip olduğu bildirilmiştir (Başaran ve Egemen, 2006).

Çalışma sonuçlarımız literatür bilgileri ile örtüşmekle birlikte veriler istasyonlar arasında ve mevsimsel olarak farklılık göstermiştir. Mevsimsel olarak farklılığın bazı iklim parametreleri ve yağışlarla ilişkili olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Buna karşı özellikle farklılığı oluşturan 1. İstasyonun baraj gölüne küçük su kaynaklarının karıştığı bölgeye yakınlığı ile izah edilebilecektir. Çünkü elektriksel İletkenlik sudaki toplam çözünmüş madde miktarının bir göstergesi olup, jeolojik yapıya ve yağış miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. (Temponeras ve ark., 2000). Çalışmadan elde edilen verilere göre Germeçtepe baraj gölünde genel elektiriksel iletkenlik ortalaması  $382,88 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenmiş ve Yüzey Suları Yönetmeliğine göre I. Kalite su sınıfına sahip olduğu belirlenmiştir.

#### 4.6. Nitrit

Sularda bulunan başlıca azotlu bileşikler, azalan oksidasyon kademesine göre nitrat azotu (NO<sub>3</sub>--N), nitrit azotu (NO<sub>2</sub>--N), amonyak azotu (NH<sub>3</sub>-N) ve organik azottur (Org-N). Bu azotlu bileşikler ölçülerek, suyun kalitesi hakkında karar verilebilmektedir. Nitrit, azot döngüsünün ara ürünüdür, ortamda birikmez, hemen nitrate dönüşür. Nitrit de nitrat gibi plankton gelişimine katkıda bulunurlar (Taş, 2011). Nisbet ve Verneaux (1970) sudaki nitrit miktarının 1 mg/L'yi geçmesi halinde kirlenmenin başlamış olduğunu ileri sürmektedir.

Çalışma sonuçlarımıza göre Germeçtepe barajında Nitrit düzeyi en düşük 0, en yüksek ise 0,008mg l<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. İstasyonlardan elde edilen aylık Nitrit değişimleri Grafik 4.6'da verilmiştir.



Grafik 4.6. Nitrit (NO<sub>2</sub>--N) düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l<sup>-1</sup>)

Tablo 4.16. Nitrit verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	6,593	1,683
İstasyonlar	2	4,194	1,071
Mevsimler x İstasyonlar	6	2,565	0,655
Hata	24	3,917	

Tablo 4.17. İstasyonlardaki Nitrit düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{X} \pm SD$
1. İstasyon	12	0,0040 $\pm$ 0,0003
2. İstasyon	12	0,0036 $\pm$ 0,0006
3. İstasyon	12	0,0048 $\pm$ 0,0006

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.18. Nitrit'in mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri

Mevsimler	n	$\bar{X} \pm SD$
Kış	9	0,0043 $\pm$ 0,0007
İlkbahar	9	0,0036 $\pm$ 0,0005
Yaz	9	0,0033 $\pm$ 0,0006
Sonbahar	9	0,0052 $\pm$ 0,0006

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Nitrit verilerinin istatistiki analizlerinde hem istasyonlar arasında hem de mevsimler arasında istatistiki olarak anlamlı fark olmadığı ( $p > 0.05$ ) tespit edilmiştir. Benzer durum Mevsimler x istasyonlar interaksiyonunda da ortaya çıkmış ve istatistiki bakımdan önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

Taş (2011), Gaga gölünde yaptığı çalışmada araştırma alanında nitrit miktarını ortalama 0,03 mg l<sup>-1</sup> olarak rapor etmiştir. Benzer sonuçlar Ulugöl'de de kaydedilmiş ve 0.014 mg l<sup>-1</sup> NO<sub>2</sub>--N kayıtlara geçmiştir. (Taş ve ark., 2010). Karagöl'de mevsimsel nitrit seviyeleri ortalaması; kış 0,001 mg/L, ilkbahar 0,002 mg/L, yaz 0,005 mg/L ve sonbahar 0,004 mg/L olarak rapor edilmiştir (Mutlu vd. 2013). Diğer bazı çalışmalarda Yenişehir gölünde ortalama 0,032 mg/L (Tepe, 2009), Eğrigöl'de 0-4,9 mg/L arasında (Kaymakçı ve Egemen, 2006), Damsa baraj gölünde ise en düşük 0,02 mg/L, en yüksek ise 0,08 mg/L olarak rapor edilmiştir (Mert vd . 2010).

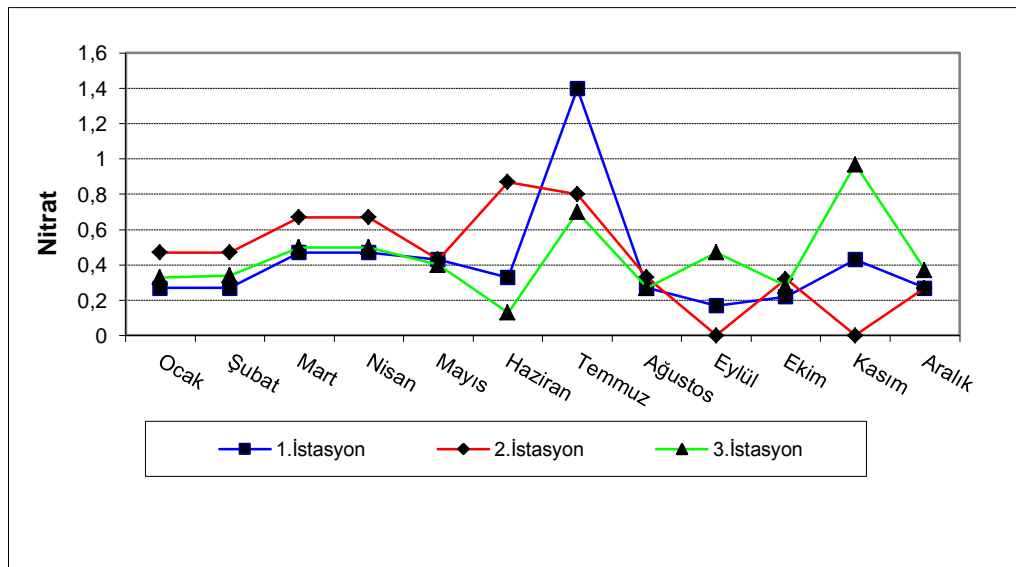
Germeçtepe barajında yürütmüş olduğumuz çalışmadan elde edilen nitrat verileri referans kaynaklarda yapılan çalışmaların ekseriyetiyle uyuşmaktadır. Hatta veriler bütün istasyonlarda bütün aylarda diğer göllerde ölçülen değerlerin oldukça altında tespit edilmiştir. Bazı ay ve istasyonlarda zaman zaman artış ve azalışlar görülmüşse de genel anlamda nitrit verileri stabil düzeyde seyretmiştir. Çalışma sonucunda

0,0041mg l<sup>-1</sup> genel ortalama elde edilmiştir ki bu ortalama nitrit düzeyi Yüzey Suları yönetmeliğinde belirten sınıflandırmada göl kalitemizin nitrit açısından II. Olduğu sonucunu doğurmaktadır. Öte yandan Çizelge 3.2’de refere edilen Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği ve ABD Çevre Koruma Ajansının bildirdiği nitrit limitlerinin oldukça altındadır.

#### 4.7. Nitrat

Azot ve azot içeren maddeler su kalitesinin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Su kaynakları bünyesinde inorganik ve organik kökene sahip azot bileşikleri mevcuttur. Sudaki toplam nitrat ve nitrit iyonu oksitlenmiş azotu gösterir Nitrat bileşiği azotun en büyük yükseltgenme basamağına sahiptir. Su kaynakları içerisinde normal olarak eser miktarda bulunabilmektedir. Nitrat miktarının sularda belirli bir seviyenin üzerine çıkması su kaynağının amonyum ve organik azot barındıran kaynaklarla kirlendiğini veya nitrat içeriğine sahip bir karışım olduğunu göstermektedir. Nitrat ve nitrit miktarı her ne kadar belirli bir dozaja kadar su kaynaklarında istense de bu sınırların üzerinde su canlıları açısından tehlikeli olabilmektedirler (Uslu ve Türkman, 1987; Egemen ve Sunlu, 1997).

Germçtepe barajından üç istasyondan on iki ay boyunca elde edilen nitrat miktarları Grafik 4.7’de verilmiştir.



Grafik 4.7. Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l<sup>-1</sup>)

Tablo 4.19. Nitrat verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	6,469	1,852
İstasyonlar	2	0,123	0,041
Mevsimler x İstasyonlar	6	0,003	1,389
Hata	24	0,092	

Tablo 4.20. İstasyonlardaki Nitrat düzeyinin tanımlayıcı istatistikî değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{x}$ $\pm$ SD
1. İstasyon	12	0,41 $\pm$ 0,093
2. İstasyon	12	0,43 $\pm$ 0,078
3. İstasyon	12	0,44 $\pm$ 0,063

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.21. Nitrat'ın mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistikî değerleri

Mevsimler	n	$\bar{x}$ $\pm$ SD
Kış	9	0,34 $\pm$ 0,027
İlkbahar	9	0,47 $\pm$ 0,028
Yaz	9	0,56 $\pm$ 0,136
Sonbahar	9	0,32 $\pm$ 0,098

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Nitrat verilerinin istatistikî analizlerinde hem istasyonlar arasında hem de mevsimler arasında anlamlı fark olmadığı ( $p>0.05$ ) tespit edilmiştir. Benzer durum Mevsimler x istasyonlar interaksiyonunda da ortaya çıkmış ve istatistikî bakımdan önemli bir farklılık izlenmemiştir.

Şengörür ve Demirel, (2002), Akgöl'de yaptıkları çalışmada nitrat değerini 4.99mg/l olarak rapor ederken belirlenen miktarın standart değerlerini aştığını belirtmişlerdir. Aynı zamanda nitrat düzeyinin değişiminde zaman ve derinliğin etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ulubat gölünün su kalitesi üzerine yapılan bir çalışmada nitrat miktarı yaz aylarında 0,685mg/l, İlkbahar aylarında 0,00mg/l, kış aylarında 0,116mg/l ve sonbaharda 0,00mg/l olarak ölçüldüğü rapor edilmiştir (İleri vd . 2014). Özdemir, Yılmaz ve Yorulmaz, (2007), Dalaman çayı üzerinde kurulan hidroelektirik santrali barajında yaptıkları çalışmada nitrat değerlerinin 0,12-2,80mg



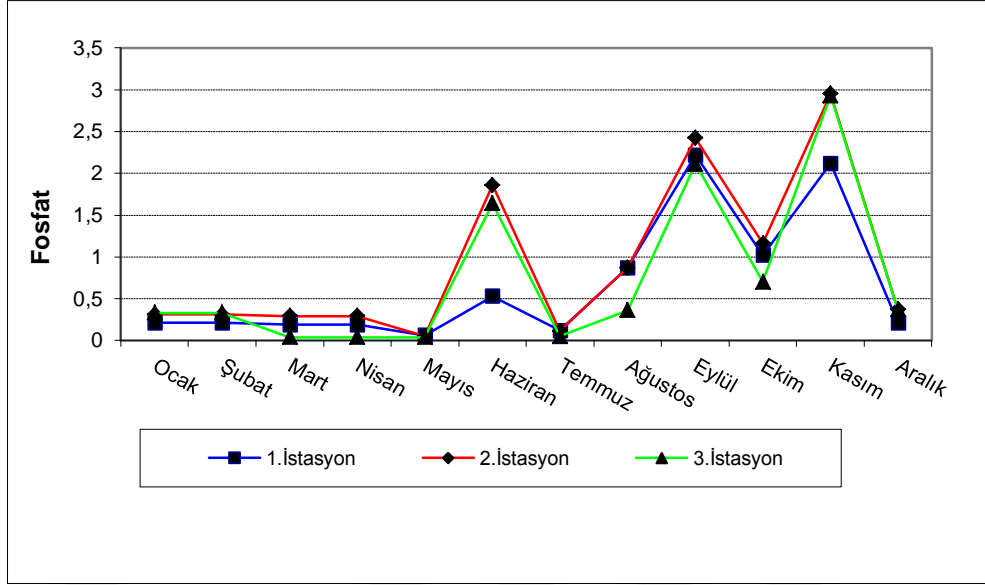
L-1 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişleridir. Gaga Gölü'nde ortalama nitrat miktarı 0,93 mg/L NO<sub>3</sub>--N olarak bildirilirken göl suyunun nitrat bakımından I. Kalite olduğu belirtilmiştir (Taş, 2011), Bir başka çalışmada ise Damsa barajındaki nitrat miktarı nitrat 1,4-6,4 mg/L arasında değişim göstermiştir .

Germeçtepe barajından elde edilen nitrat düzeylerimiz en düşük 0,00mg l<sup>-1</sup>, en yüksek ise 0,87mg l<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Genel ortalama 0,42mg l<sup>-1</sup> olarak kayıtlara geçmiştir ki bu literatürde belirtilen diğer çalışmalarla uyum göstermektedir. Nitekim Nitrat, oksijence zengin sularda çok yaygın olup, algal büyüme yi sınırlayabilen veya arttırabilen önemli bir mineraldir. Yüzey sularında nitrat miktarı genellikle düşüktür (Taş, 2011). Baraj gölünün sığ bir göl olması ve ölçümlerin yüzeyden yapılması elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Verilerin nitrit verileri ile uyum göstermesi de örneklemelerin ve göl suyunun stabilitesi hakkında fikir vermektedir. Ayrıca elde edilen nitrat bulguları standartlar ile karşılaştırıldığında Yüzey suları yönetmeliğine göre belirtilen limitlerden oldukça düşük olduğu ve I. Kalitede olduğu belirlenmiştir. Öte yandan Çizelge 3.2'de listelenen Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği ve ABD Çevre Koruma Ajansının bildirdiğı nitrat limitlerinin oldukça altındadır.

#### **4.8. Fosfat**

Fosfat su kaynaklarında kondanse fosfatlar, ortofosfatlar veya organik bağlı fosfatlar olmak üzere farklı formlarda bulunabilirler. Fosfat su içerisindeki üretim ve verimliliği direk etkileyen bir parametredir. Bu bileşiklerin sulara karşımlı çeşitli yollarla olabilmektedir. Bir ortofosfat bileşiği olan tarımsal gübreler yağmur suları ile su kaynaklarına taşınabilmektedirler. Yine benzer şekilde temizlik alanlarında kullanılan sularda taşınım la su kaynaklarına karışarak fosfat miktarını etkileyebilmektedirler (Munsuz ve Ünver, 1995). Bu nedenle fosfat su kalitesi tayininde sucul yaşam açısından önemli kriter bir parametredir.

Germeçtepe barajından bir yıllık süreçte üç istasyondan elde edilen fosfat değişimleri Grafik 4.8'de verilmiştir.



Grafik 4.8. Fosfat (PO<sub>4</sub>) düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l<sup>-1</sup>)

Tablo 4.22. Fosfat verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	6,292	10,385**
İstasyonlar	2	0,098	0,161
Mevsimler x İstasyonlar	6	0,190	0,314
Hata	24	0,606	

\*\*p<0.01

Tablo 4.23. İstasyonlardaki Fosfat düzeyinin tanımlayıcı istatistikî değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{x} \pm SD$
1. İstasyon	12	0,91 ±0,32
2. İstasyon	12	0,91 ±0,28
3. İstasyon	12	0,75 ±0,27

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.24. Fosfat'ın mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistikî değerleri

Mevsimler	n	$\bar{x} \pm SD$
Kış	9	0,29±0,02 <sup>bc</sup>
İlkbahar	9	0,13±0,03 <sup>c</sup>
Yaz	9	1,05±0,38 <sup>b</sup>
Sonbahar	9	1,96±0,27 <sup>a</sup>

Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir.

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Fosfat verilerinin istatistiki analizlerinde istasyonlar arasında farklılık tespit edilmediği fakat mevsimseler arasında istatistiki olarak anlamlı fark olduğu ( $p < 0.01$ ) belirlenmiştir. Ayrıca mevsimler x istasyonlar interaksiyonunun istatistiki bakımdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Mutlu, Yanık ve Demir, (2013), Karagöl'de yaptıkları çalışmada fosfat değerlerini kışın 0,14mg/l, İlkbaharda 0,36mg/l, yazın 0,12mg/l ve sonbaharda 0,24mg/l olduğunu bildirmiş ve kış ile yaz mevsimlerinde düşük, geçiş mevsimlerinde ise yükselmenin olduğunu rapor etmiştir. Ulubat gölündeki çalışmada fosfat verileri 0,009-0,426mg/l arasında değişiklik göstermiştir (İleri vd. 2014). Ulugöl'de ortalama fosfor miktarı 0,010 mg/L kaydedilmiştir (Taş ve ark., 2010). Gaga gölünde ise fosfor miktarı 0,02 mg/L olarak rapor edilmiştir (Taş, 2011).

Germeçtepe baraj gölünde fosfat miktarı mevsimler arasında farklılık göstermekle birlikte istasyonlar arasında farklılık izlenmemiştir. Daha yüksek fosfor düzeyleri, Kış ve İlkbahar mevsimlerine, özellikle Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarına kıyasla, İlkbaharın sonunda ve yaz ve Sonbahar mevsimlerinde gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, daha düşük düzeyler Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında gözlemlenmiştir. Sonuçlar ayrıca, daha yüksek fosfor düzeyinin I. İstasyonda (Gölün Başında) gözlemlendiğini ve bunu gölün orta kısmının takip ettiğini ve ayrıca daha düşük fosfor düzeyinin gölün bitiş kısmında gözlemlendiğini netleştirmiştir. Sonuçlarımız, fosfat konsantrasyonunun ilkbaharda ve sonbaharda artış gösterdiğini bildiren Dirican, 2015 ve Mutlu vd. 2013'ün sonuçları ile uyumludur.

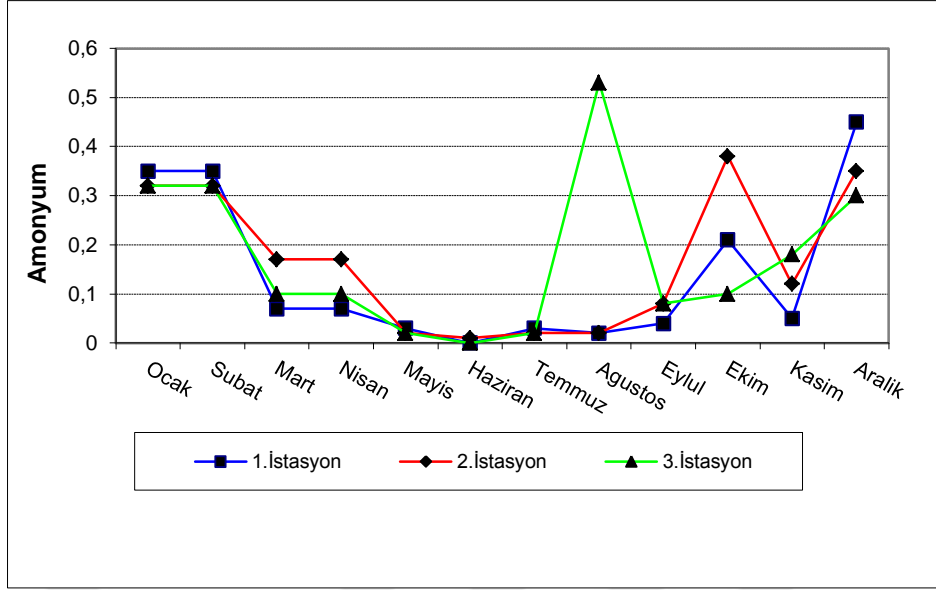
Gölde fosfat miktarı 0,04-3,53mg l<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Genel fosfat ortalaması 0,86 mg l<sup>-1</sup> olarak karşımıza çıkmaktadır. Veriler genel literatürle uyum göstermektedir. Fosfor su ortamında meydana gelen ötrofikasyonun da en temel elementidir (Harper, 1992). Çoğu göllerde ortalama toplam fosfor içeriğinin 0,010 ile 0,030 arasında değiştiği bildirilmiştir (Tanyolaç, 2004). Nisbet ve Verneaux (1970) fosfat içeriğinin 0,15 – 0,30 mg/L olan sulara produktivitenin yüksek olduğunu ancak bu değer 0,30 mg/L'yi aşması halinde suyun kirlenmiş sayılacağını belirtmektedir. Thomann ve Mueller (1987)'e göre toplam fosfor 10 µg/L'den küçük

ise göl oligotrofik, 10 - 20 µg/L ise mezotrofik, 20 µg/L'den büyük ise ötrofiktir. Bu sonuca göre Germeçtepe baraj gölü mezotrofik özellik göstermektedir. Fosfat miktarının yaz aylarında fazla oluşu su miktarının bu mevsimde oldukça düşmesi ile yetiştiricilik faaliyetleri ve suya deşarj olan organik madde miktarının bu mevsimlerde fazla oluşu ile izah edilebilmektedir. Ayrıca göl suyunun fosfat değerlerine göre Yüzey Suları yönetmeliğinde belirtilen limitlerin üzerinde olup IV. Sınıf su kalitesinde değerlendirilmiştir.

#### **4.9. Amonyum**

Amonyum iyonu suda yaşayan organizmalar için önemli ölçüde toksik değildir. Ancak yüksek pH ve sıcaklığa bağlı olarak amonyum amonyağa dönüşerek su ortamı içindeki balık yaşamı ve diğer canlılar için toksik hale gelebilmektedir (Ünlü ve ark., 2008). Temiz ve bol oksijenli sularda amonyum bileşikleri çok düşük düzeylerde bulunmaktadır. Sucul canlıların atık maddesi olup tekrar organizmalar tarafından absorblanır (Cirik ve Cirik, 1999). Amonyum iyonları birçok alg ve yüksek bitkiler tarafından doğrudan alınabilir. Amonyum, alg büyümesini hızlandırmasının yanında suda oksijen tüketimini artırması ile sucul ortamı etkilemektedir (Haralambous ve ark., 1992). Uzun süredir bilindiği gibi, amonyum bileşikleri belli şartlar altında balıklar için zehir etkisi gösterir. pH nötr noktasına ne kadar yaklaşırsa amonyak oranı o derece azalır, amonyum oranı da o derece artar. pH alkali yönde ne kadar artarsa amonyağın zehir etkisi de o derece fazlalaşır (Taş, 2011). Bu nedenle amonyum sularda önemli bir kirlilik göstergesi olabilmektedir.

Germeçtepe baraj gölünde on iki ay boyunca elde edilen amonyum değerleri Grafik 4.9'da verilmiştir.



Grafik 4.9. Amonyum düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l<sup>-1</sup>)

Tablo 4.25. Amonyum verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	0,130	9,735**
İstasyonlar	2	0,003	0,255
Mevsimler x İstasyonlar	6	0,013	0,977
Hata	24	0,013	

\*\*p<0.01

Tablo 4.26. İstasyonlardaki Amonyum düzeyinin tanımlayıcı istatistikî değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{x}$ ±SD
1. İstasyon	12	0,15 ±0,04
2. İstasyon	12	0,17 ±0,04
3. İstasyon	12	0,18 ±0,05

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.27. Amonyum'un mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistikî değerleri

Mevsimler	n	$\bar{x}$ ±SD
Kış	9	0,34±0,01 <sup>a</sup>
İlkbahar	9	0,11±0,03 <sup>b</sup>
Yaz	9	0,07±0,05 <sup>b</sup>
Sonbahar	9	0,14±0,03 <sup>b</sup>

Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemlidir.

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Amonyum verilerinin istatistiki analizlerinde istasyonlar arasında farklılık tespit edilmediği fakat mevsimseller arasında istatistiki olarak anlamlı fark olduğu ( $p<0.01$ ) belirlenmiştir. Ayrıca mevsimler x istasyonlar interaksiyonunun istatistiki bakımdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Ünlü, Çoban ve Tunç (2008), Hazar gölünün su kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada amonyum düzeyini en yüksek değer olarak 0,13mg/L, en düşük değer olarak ise 0,09 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunan bazı barajlarda yapılan bir başka çalışmada Atatürk Barajında 0,14-0,32 mg/L arasında, Birecik barajında 0,20-0,30 mg/L arasında, Karkamış barajında 0,06-0,31 mg/L arasında ve Hacı Hıdır barajında 0,16-0,51 mg/L arasında olduğu bildirilmiştir (Alp vd. 2010). Mutlu, Yanık ve Demir (2013), Karagölde yaptıkları su kalitesi çalışmasında amonyum değerini mevsimlere göre 0,01-0,51 mg/L arasında değiştiğini bildirmiştir. Damsa Barajında yapılan bir başka çalışmada göl suyunun amonyum iyonu konsantrasyonu en düşük değerini kış aylarında 1 mg/L, en yüksek değerini ise Mart ayında 1,8 mg/L olduğu saptandığı rapor edilmiştir (Mert vd . 2010).

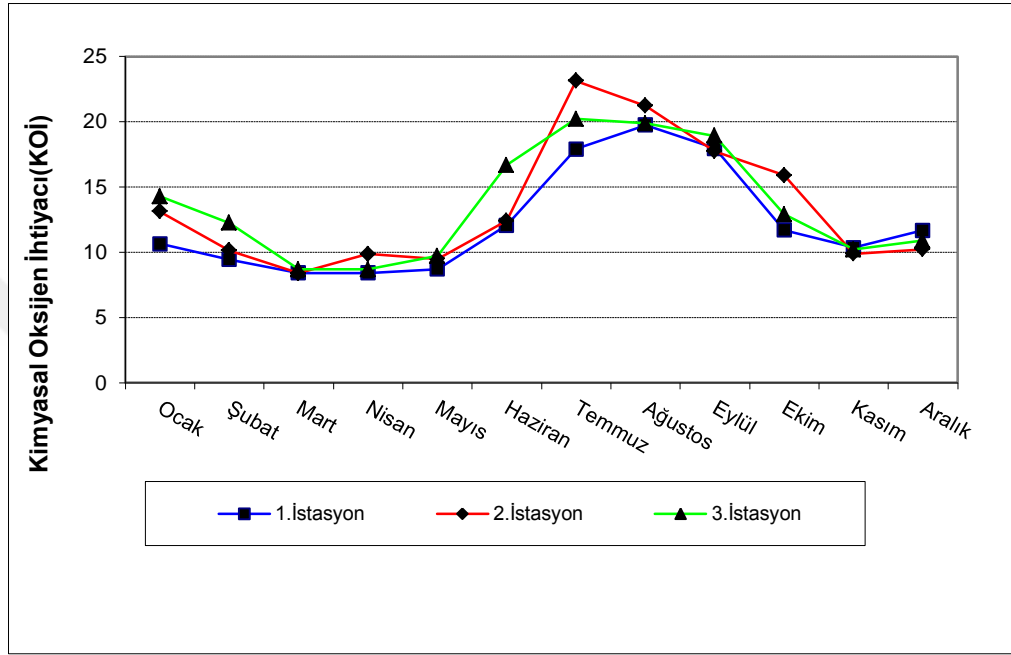
Çalışmamızda Germeçtepe barajından elde edilen amonyum verilerine bakıldığında 0,0-0,53mg l<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiş ve referans çalışmalarla uyum göstermiştir. Ortalama amonyum düzeyi 0,17mg l<sup>-1</sup> olarak tespit edilen gölde amonyum düzeyi kış ve sonbaharda yaz ve ilkbahara nazaran daha yüksek seyretmiştir ki bu sonuç Tepe, (2009) tarafından Yenişehir gölünde yapılan çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Nihai sonuç itibari ile germeçtepe barajındaki amonyum düzeyi ülkemizde uygulanan Yüzey suları yönetmeliğine göre I. Kalite su sınıfında iken Dünya Sağlık Örgütü (2008) ve Avrupa Birliği (1998) limitlerinin üzerinde seyretmiştir.

#### **4.10. KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)**

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) sudaki yükseltgenbilir maddelerin kimyasal yolla oksitlenmeleri için gerekli oksijen miktarıdır. Evsel ve endüstriyel atıksuların (özellikle endüstriyel) kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli

parametrelerden biri kimyasal oksijen ihtiyacıdır. Bu nedenle KOİ su kirliliği saptama çalışmalarında en çok kullanılan kollektif bir parametredir.

Germeçtepe baraj gölünde on iki ay boyunca elde edilen Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerleri Grafik 4.10'da verilmiştir.



Grafik 4.10. KOİ düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l<sup>-1</sup>)

Tablo 4.28. KOİ verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Mevsimler	3	128,530	13,576**
İstasyonlar	2	7,003	0,740
Mevsimler x İstasyonlar	6	1,058	0,112
Hata	24	9,467	

\*\*p<0.01

Tablo 4.29. İstasyonlardaki KOİ düzeyinin tanımlayıcı istatistikî değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{X} \pm SD$
1. İstasyon	12	12,33 $\pm$ 1,13
2. İstasyon	12	13,62 $\pm$ 1,38
3. İstasyon	12	13,68 $\pm$ 1,22

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.30. KOİ'nin mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri

Mevsimler	n	$\bar{X} \pm SD$
Kış	9	11,39±0,52 <sup>bc</sup>
İlkbahar	9	9,36±0,21 <sup>c</sup>
Yaz	9	18,13±1,27 <sup>a</sup>
Sonbahar	9	13,94±1,22 <sup>b</sup>

Farklı Harfi Taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir.

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

KOİ verilerinin istatistiki analizlerinde istasyonlar arasında farklılık tespit edilmediği fakat mevsimseller arasında istatistiki olarak anlamlı fark olduğu ( $p < 0.01$ ) belirlenmiştir. Ayrıca mevsimler x istasyonlar interaksyonunun istatistiki bakımdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Tepe, Ateş, Mutlu ve Töre (2006), Karagöl'de yaptıkları çalışmada KOİ değerini en düşük 19mg/L, en yüksek ise 50mg/L olarak bildirmişleridir. Ulubat gölünün su kalitesinin tespitine yönelik bir başka çalışmada KOİ düzeyi yazın 49,33mg/L, ilkbaharda 56mg/L, kışın 37,33mg/L ve sonbaharda 53,13mg/L olarak tespit edilmiştir (İleri vd. 2014). Yine Ulubat gölünde yapılan bir başka çalışmada yıllık KOİ ortalaması 35,74mg/L olarak bildirilmiştir (Elmacı vd.2010). Diğer bir takım çalışmalarda KOİ miktarı Görentaş göletinde 16,32 ve 20,23mg/L olarak (Tepe vd. 2004), Hafik Karagöl'de 7,80-42,19mg/L arasında (Mutlu vd. 2013), Reyhanlı göletinde 18-41mg/L arasında (Tepe, 2009) olduğu rapor edilmiştir.

Germeçtepe barajından elde ettiğimiz KOİ değerleri 8,41-23,13mg l<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Ortalama KOİ değeri 13,21mg l<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. İstasyonlar arasında değişim önemsiz düzeyde iken mevsimler arasında farklılık ortaya çıkmıştır. Yaz ayları ile birlikte bir artış seyrine giren kimyasal oksijen ihtiyacı diğer aylarda stabil bir grafik izlemiştir. KOİ değeri sularda organik kirlenmeyi gösteren önemli bir parametredir. İlkbahar ve yaz aylarında mikrobiyal aktivitenin artması sebebiyle organik maddelerin bozunma hızları artmakta dolayısıyla KOİ değeri de artmaktadır (İleri vd. 2014). Yaz aylarında KOİ

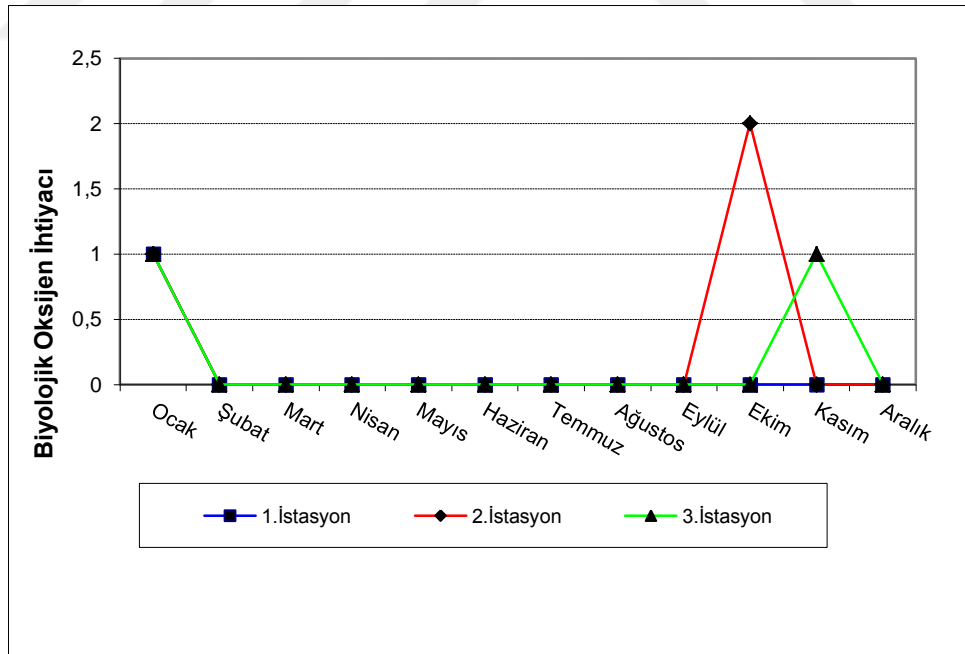


düzeylerinin eylül ayına kadar yüksek seyretmesi bu durumun bir getirisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu aylar barajda su seviyesinin en düşük olduğu dönemlere tekabül etmektedir. Bu da sudaki mikrobiyal aktivitenin artmasında önemli bir etken olarak kabul edilebilmektedir. KOİ değerlerimiz ulusal standartlarla karşılaştırıldığında I. Kalite su sınıfına dahil olmaktadır (YSY, 2012)

#### 4.11. BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı)

Biyolojik oksijen ihtiyacı organik maddelerin aerobik şartlarda bozunarak kararlı hale gelmeleri esnasında, bu ortamdaki bakteriler için gerekli olan oksijen miktarı anlamına gelmektedir. Bu nedenle Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) parametresi, alıcı sular üzerindeki organik kirlilik etkisinin genel bir ölçümü olarak kabul edilen önemli bir parametredir.

Geremçtepe barajından on iki ay boyunca üç istasyondan ölçülen biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) sonuçları Grafik 4.11’de verilmiştir.



Grafik 4.11. BOİ düzeyinin istasyonlara göre aylık değişimi (mg l<sup>-1</sup>)

Tablo 4.31. BOİ verilerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
----------------------	----	----	---

Mevsimler	3	0,333	1,500
İstasyonlar	2	0,083	0,375
Mevsimler x İstasyonlar	6	0,083	0,375
Hata	24	0,222	

Tablo 4.32. İstasyonlardaki BOİ düzeyinin tanımlayıcı istatistiki değerleri

İstasyonlar	n	$\bar{x}$ ±SD
1. İstasyon	12	0,083 ±0,083
2. İstasyon	12	0,250 ±0,180
3. İstasyon	12	0,166 ±0,112

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

Tablo 4.33. BOİ'nin mevsimsel değişiminin tanımlayıcı istatistiki değerleri

Mevsimler	n	$\bar{x}$ ±SD
Kış	9	0,33±0,16
İlkbahar	9	0,000
Yaz	9	0,000
Sonbahar	9	0,33±0,23

$\bar{x}$  = Ortalama; SD= Standart Sapma

BOİ verilerinin istatistiki analizlerinde hem istasyonlar arasında hem de mevsimler arasında anlamlı fark olmadığı ( $p>0.05$ ) tespit edilmiştir. Benzer durum Mevsimler x istasyonlar interaksiyonunda da ortaya çıkmış ve istatistiki bakımdan önemli bir farklılık izlenmemiştir.

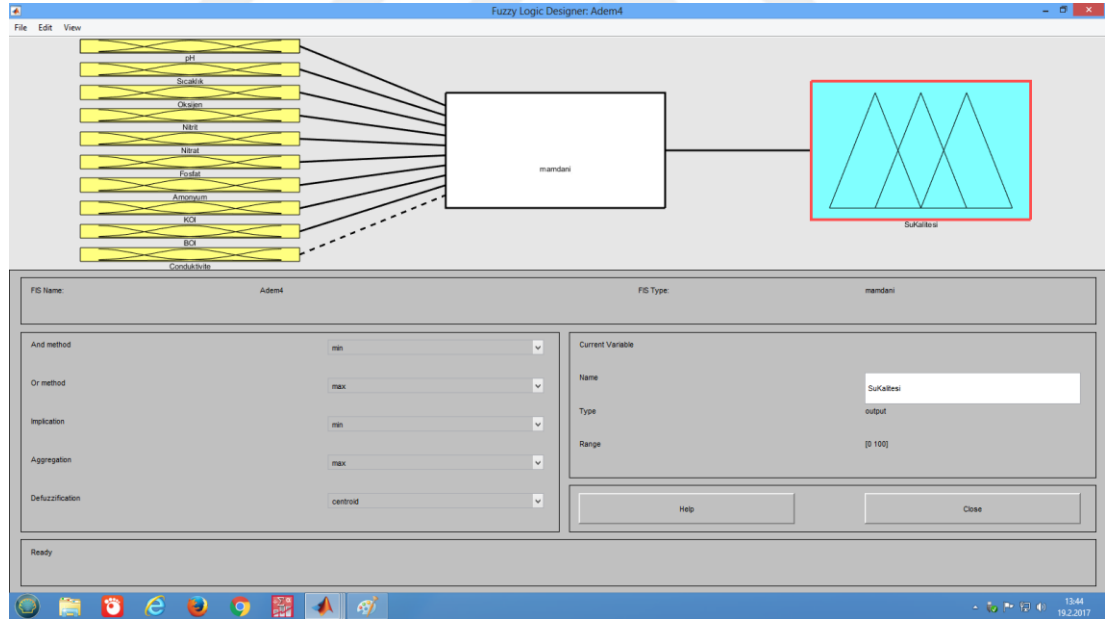
Elmacı, Topaç, Teksoy, Özengin ve Başkaya (2010), Ulubat gölünde yaptıkları çalışmada BOİ düzeyini ortalama 21,26mg/L olarak belirtmiş ve bu düzeyi yüksek olarak nitelendirmişlerdir. Hazar gölünün su kalitesinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan bir başka çalışmada BOİ miktarı 8,9mg/L olarak bildirilmiştir (Ünlü vd., 2008). Atatürk Barajında, Birecik Barajında, Karkamış Barajında ve Hacı Hıdır Barajında su kalitesin yönelik yapılan ölçümlerde BOİ miktarları aralıkları sırası ile 1-2,4mg/L, 0,6-1,8mg/L, 1,1-2,7mg/L ve 2,3-6,8mg/L arasında değiştikleri rapor edilmiştir (Alp vd., 2010).

Çalışma sonucunda elde ettiğimiz BOİ ölçüm sonuçlarına göre Germeçtepe Barajında biyolojik oksijen ihtiyacı düzeyi 0-2mg l<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Genel ortalaması 0,17 mg l<sup>-1</sup> olarak belirlenen BOİ miktarı bakımından göl sularında

hiçbir kirlilik emarseni rastlanmamıştır. Elde ettiğimiz değerler litere edilen referans verilerin oldukça altındadır. Bu durum göle kirlilik oluşturabilecek düzeyde herhangi bir organik kirlilik yükünün karışmadığını göstermektedir. Öte yandan çalışmanın yapıldığı yılda yağışın bol olduğu gerçeği de elde edilen düşük BOİ düzeyini desteklemektedir. Elde edilen ortalama BOİ düzeyi ülkemiz standartları bakımından incelendiğinde Germeçtepe barajı BOİ bakımından I. Kalite sular sınıfındadır.

#### 4.12. Bulanık Mantık (fuzzy logic) Uygulamasına İlişkin Bulgular

Yüzey Suları Yönetmeliğine göre su kalite standartlarında yer alan suyun bazı fiziko-kimyasal özellikleri ölçülen veriler, bulanık mantık terimleri ve karar destek sistemi yapısına göre oluşturulan kural tabanı bağlantıları ile yeniden biçimlendirilmiştir. Şekil 3’de Matlab programı kullanılarak tasarlanan bulanık sistemin genel görünümü yer almaktadır.

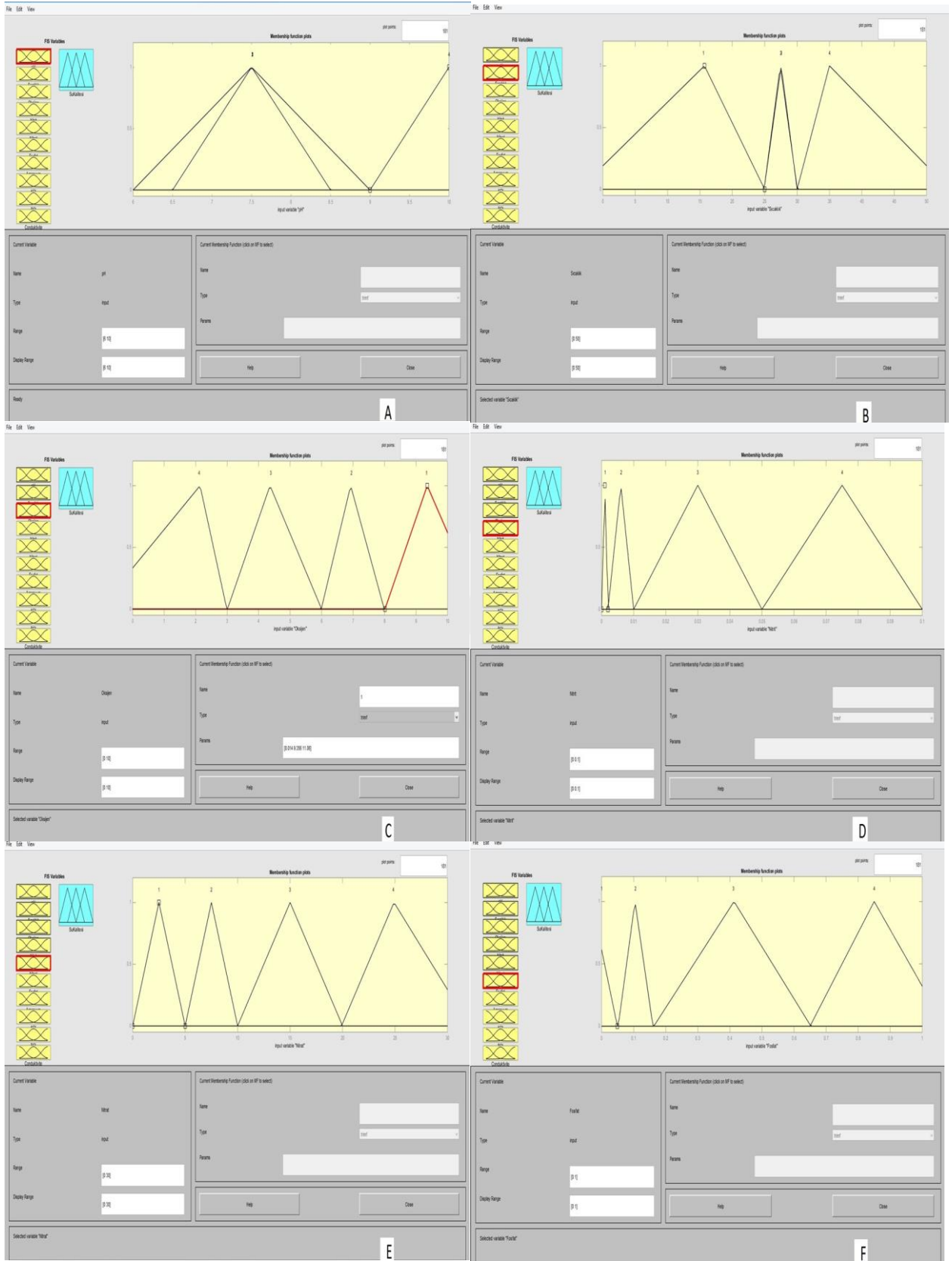


Şekil 4. Oluşturulan Bulanık Mantık sistem yapısının genel görünümü

Girdi ve çıktıların bulanık kümelerini oluşturmak için Yüzey Suları Yönetmeliğinde belirtilen su kalite parametrelerine ait derecelendirme ölçeği kullanılarak her bir parametreye ait (1. Kalite, 2. Kalite, 3. Kalite ve 4. Kalite) üçgensel üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır. Bulanık tabana aktarılan parametreler Yüzey suları

yönetmeliğinde kalite değerlendirmesi yapılan parametrelerden seçilmiş bu nedenle bulanıklık hariç diğer ölçümü yapılan on parametre sisteme aktarılmıştır.

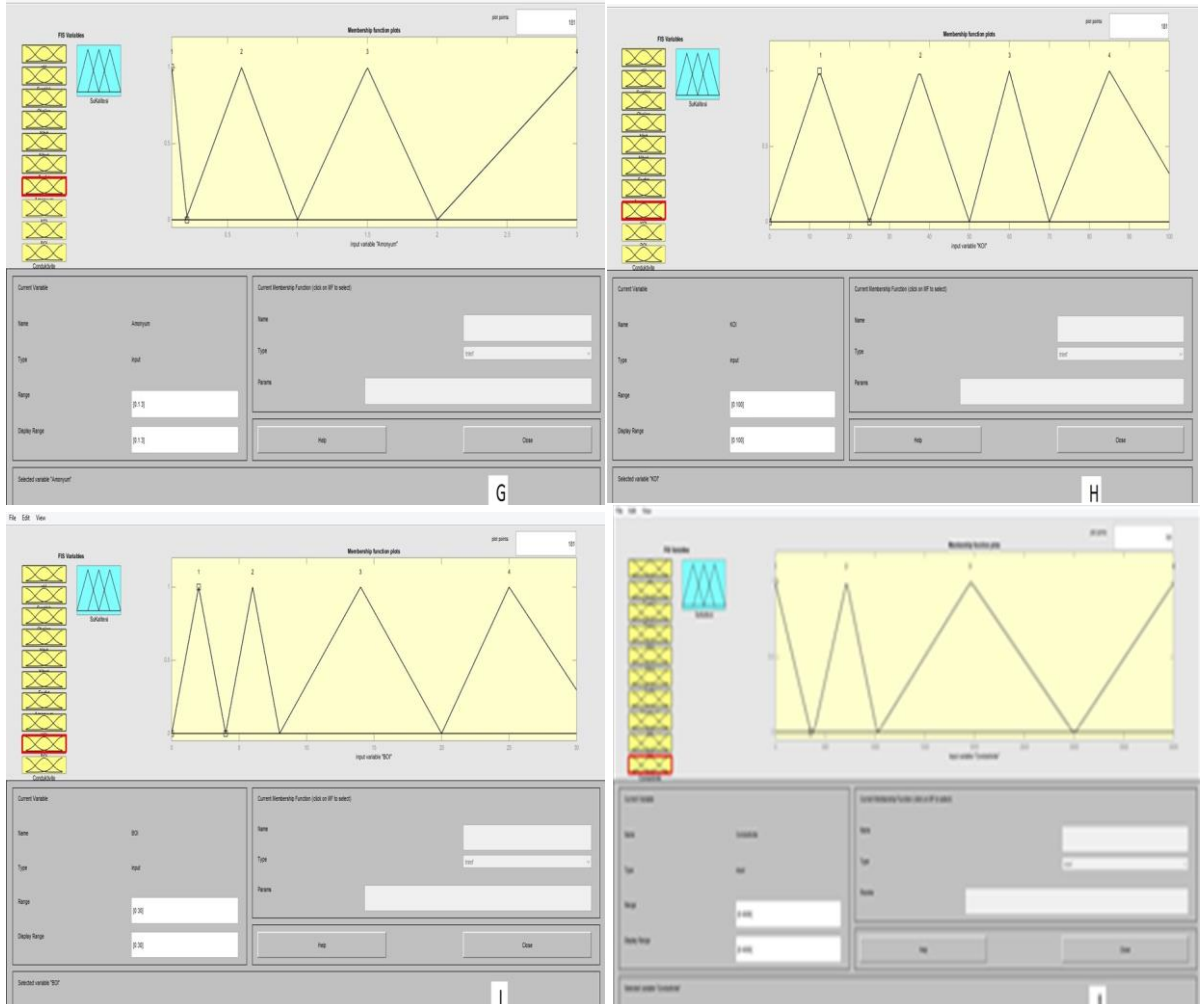


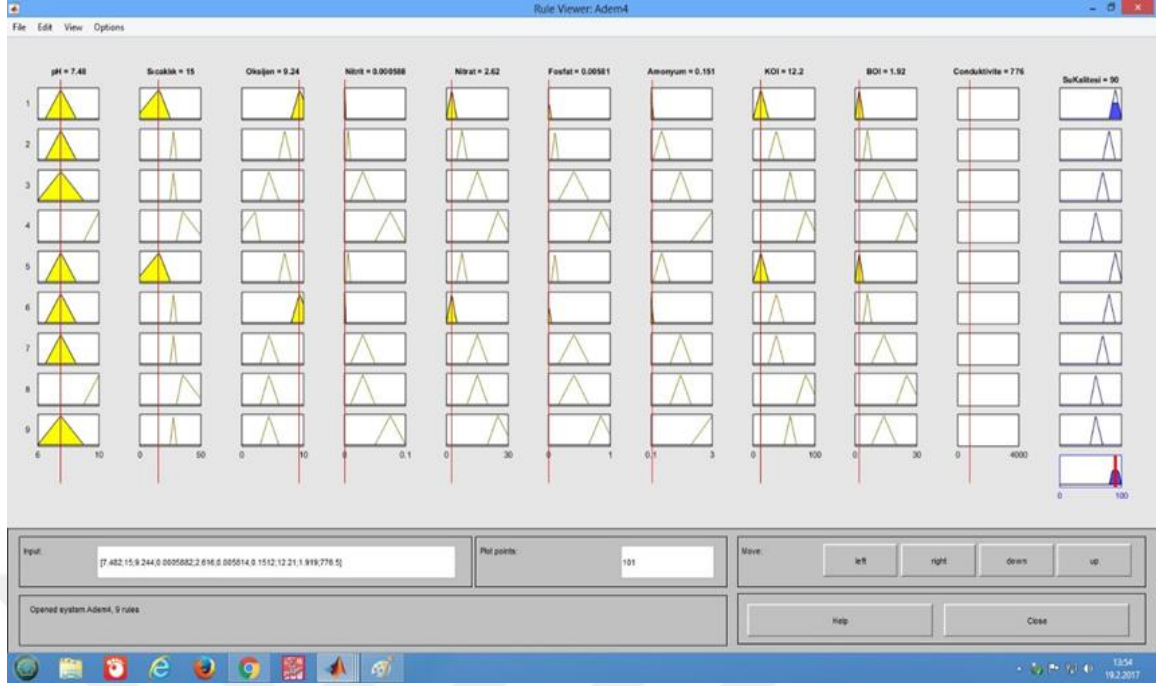


A: pH, B: Sıcaklık, C: Oksijen, D: Nitrit, E: Nitrat, F: Fosfat, G: Amonyum, H: KOİ, I: BOİ, J: Kondüktivite

Şekil 5. Her bir su kalite parametresi için oluşturulan üçgensel üyelik fonksiyonları

Şekil 5'in devamı





Şekil 6. Kural gösterim penceresi

Gerçekleştirilen karşılaştırma sonucunda farklı aylarda ve farklı istasyonlardan elde edilen 36 adet su örneğinin kalite sınıflarını belirlemek amacıyla oluşturulan karar destek sisteminin %90 oranında başarı gösterdiği tespit edilmiştir. Veri setindeki örneklerde su kalitesini etkileyen en önemli değişkenlerin sıcaklık, oksijen, nitrat, KOİ ve BOİ olduğu gözlenmiştir. Sistem ve uzman kararlarındaki %10'luk uyumsuzluğun pH ve nitrit'den kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şengörür, Kılıç ve Eski (2004), Büyük Melen Nehrinde yaptıkları çalışmada su kalitesini bulanık mantık yaklaşımı ile değerlendirmiş ve sonuca göre nehrin su kalitesinin Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliğinde bildirilen kalite sınıfı ile Bulanık mantık yaklaşımına göre hesaplanan kalite sınıflarının genel manada aynı olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak; su kalite sınıflarının belirlenmesinde performanslı bir bulanık mantık modellemesinin tasarlandığını belirtmiştir.

Karasu Irmağının ağır metal kirliliğinin değerlendirildiği bir başka çalışmada su kalitesinin ağır metal parametrelerinin değerlendirilmesinde bulanık matematiksel modelin klasik sınıflandırmaya göre daha hassas sonuç verdiği bildirilmiştir (Sönmez, 2011). Yapılan bir diğer çalışmada bulanık çıkarım sistemlerinin

nehirlerdeki su kalite değerlendirmesinde kullanılmış ve İspanyanın Ebro Nehrinden yola çıkararak bu yöntemin uygun ve alternatif su yönetimi planlarının geliştirilmesinde kullanılacak etkin bir araç olduğu ortaya koyulmuştur (Duque, vd., 2006). Eber gölü fiziksel ve kimyasal bazı su kalite parametrelerinin bulanık mantık ile değerlendirildiği ve su kalite sınıflandırılmasına çalışılan bir çalışmada bulanık çıkarım sistemlerinin su kirlilik değerlendirmeleri ve sınıflandırmada oldukça elverişli olabileceği sonucu vurgulanmıştır (Icaga, 2007).

Lermontov vd., (2009) Brezilya'nın Sao Poulou eyaletinde Ribeira de Iguape Nehrinde 2004-2006 yılları arasında toplanmış olan hidrografi araştırma verileri üzerinde yaptıkları çalışmada bulanık mantığa dayalı yeni bir su kalite indeksi ortaya koymuşlardır (FWQI). Yaptıkları değerlendirmede bulanık mantığa dayalı su kalite indeks modelinin geleneksel diğer modellere göre daha makul ve daha iyi bir korelasyon gösterdiğini, bu yeni indeksin evre karar yönetiminde alternatif bir araç olarak rahatlıkla kullanılabileceğini rapor etmişlerdir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Su kalitesinin değerlendirilmesi çevre yönetimi ve karar vermede önemli bir rol oynar. Su kaynaklarının korunması ve akılcı kullanımı için bilimsel bir temel oluşturmaktadır.

Bu çalışmada Germeçtepe baraj gölünden bir yıl boyunca belirlenen üç istasyondan alınan su numuneleri bazı fiziko-kimyasal parametreler bakımından incelenmiştir. Baraj gölünün su kalitesi 2012 yılında resmi gazetede yayınlanan Yüzey Suları Yönetmeliğine göre sıcaklık, pH, oksijen, kondüktivite, nitrat, amonyum, KOİ ve BOİ parametreleri bakımından I. Sınıf, Nitrit bakımından II. Sınıf ve fosfat bakımından IV. Sınıf su kalitesi gurubuna dahil olmaktadır. Baraj gölünün genel su kalitesi değerlendirildiğinde istasyonlar arasında ekseriyetle fark olmayışı gölün küçük bir göl olduğundan istasyonlar arasında fazla mesafe olmayışına ve gölü besleyen çok kuvvetli bir kaynağının olmayışına bağlanmıştır. Mevsimsel farklılıkların genel anlamda ortaya çıkışı göl hacminin az oluşundan mütevellit mevsimsel parametre değişimlerinden daha hassas etkilenmesine bağlanmıştır. Fakat bütün bunlara rağmen gölün genel su kalitesine bakıldığında çok yoğun bir kirlilik baskısı altında olmadığı hatta aksine önemli düzeyde bakir kalabildiği görülmüştür. Bu bakirliğin en büyük sebeplerinden birisi gölün neredeyse kapalıya yakın bir yapıda olduğundan besleyen zayıf su kaynağı çok fazla kirlilik unsuru taşımamaktadır. Öte yandan baraj gölünün fazla yakınında yerleşim yeri bulunmadığı gibi tarım arazisi de bulunmamaktadır. Ayrıca yol durumundan dolayı diğer kirlilik unsurlarına da kapalı sayılmaktadır. Göl suyu bu hali ile içinde barındırdığı biyolojik yaşam bakımından elverişli bir ortam olarak değerlendirilmiştir.

Bu bağlamda su kalitesinin değerlendirilmesi yukarıda da değinildiği hem karar mekanizmalarına doğru su yönetimi politikaları oluşturulması hem de sucul alanların biyolojik çeşitliliğinin korunabilmesi adına oldukça önemlidir.

Su kalite değerlendirilmesinde birçok kirlilik indeks metodu kullanılmaktadır. Bu metotlar; farklı derecedeki su kirliliğinin miktarını ve farklılığını gösteren kesin limitleri tanımlamaktadır. Fakat her bir su kirleticisinin kararsızlığından dolayı kalite

değerlendirmelerinde bir belirsizlik mevcuttur. Belirsizlik sınıflandırma diyagramlarında kesin sınırların yer alması, bu diyagramların kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu belirsizlik yüzünden bazı çevre araştırmacıları bulanık tabanlı ileri değerlendirme metotları üzerinde çalışmaya yönelmek zorunda kalmıştır. Çünkü Bulanık mantık sistemleri diğer matematiksel modellerde yer almayan bireysel bilgi birikimini ve tecrübe gibi bilgilerin kullanımını, değişkenler ile ilgilenmeyi, kantitatif ve kalitatif bilgilerin birleştirilmesini, suni kesinlikten kaçınmayı ve çevre şartlarına daha benzer sonuçlar üretmeyi sağlamaktadır (Sönmez, 2011).

Buradan hareketle Germeçtepe baraj gölünden bir yıl boyunca elde edilen ve on fiziko-kimyasal parametrenin kural tabanına dahil edildiği bulanık mantık yaklaşımı sonuçlarına göre karar destek sisteminde %90 başarı sağlandığı ve bulanık mantık yaklaşımın su kalite sınıflandırmasında etkili olduğu kanaatine varılmıştır. Buradan hareketle bulanık mantığa dayalı matematiksel modellemelerin kalite sınıflandırmasında daha olumlu sonuçlar verdiği sonucunu ortaya koymaktadır. Çünkü tek faktörlü kirlilik indeksinde her bir parametre ayrı ayrı ele alınmakta ve suyun kalitesini belirlemede en kötü kritere sahip parametreye göre sınıflandırma yapılmaktadır. Halbu ki bulanık mantık matematiksel metotta bütün parametreler ve her bir parametrenin bütün parametreler içerisindeki ağırlıkları göz önünde bulundurulduğundan su kalite sınıflandırılmasında rahatlıkla kullanılabileceği düşünülmektedir.

Sucul alanlarda su kalitesinin doğru izlenmesi ve belirlenmesi doğru envanter ve planlama çalışmalarının yapılmasına ön ayak olacağı gibi sucul hayatın devamlılığının sağlanması açısından da önemlidir. Bu nedenle bu tip değerlendirme ve izleme çalışmalarının rutin olarak yapılması, izleme envanterinin sağlıklı kayıt altına alınması gereklidir. Bunun için de matematik tabanlı bu tip metotlarla su kaynaklarının yönetimi yoluna gidilmeli ve bu metodoloji geliştirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Adriaenssens, V., De Baets, B., Goethals, P.L.M. and De Pauw, N. (2004). Fuzzy rule-based models for decision support in ecosystem Management. *Science of the Total Environment*, 319 (1), 1-12.
- Akkaptan A: Hayvancılıkta bulanık mantık tabanlı karar destek sistemi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniv. Fen Bil. Enst., 2012.
- Alaş, A. (1998). Kayaboğazı Baraj Gölü'nde Yaşayan *Leuciscus cephalus* (L., 1758) ve *Tinca tinca* (L., 1758)'nin Biyo-Ekolojileri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Gazi Üniv. Fen Bil. Ens., Ankara. 152 s.
- Alp, M. T. Mehmet A.T. Sen, B. and Ozbay. O. (2010): Water Quality of Surface Waters in Lower Euphrates Basin (Southeastern Anatolia, Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (18), 2412 – 2421.
- Altunkaynak, A., Özger, M., & Çakmakci, M. (2005). Water consumption prediction of Istanbul city by using fuzzy logic approach. *Water Resources Management*, 19(5), 641-654.
- Asselman, N. E. M., (2000). Fitting and interpretation of sediment rating curves, *Journal of Hydrology*, 234, pp. 228-248.
- Başaran-Kaymakçı, A. and Egemen, Ö. (2006). Orta Toros Dağlarındaki Eğrigöl'ün su kalitesi parametrelerinin araştırılması. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12 (2), 137-143.
- Bayram, A. and Kenanoğlu, M. (2016). Variation of total suspended solids versus turbidity and Secchi disk depth in the Borçka Dam Reservoir, Çoruh River Basin, Turkey. *Lake and Reservoir Management*, 32 (3), 209-224.
- Chang, F. J. and Chen, Y. C. (2001). A counterpropagation fuzzy-neural network modeling approach to real time streamflow prediction. *Journal of Hydrology*, 245 (1), 153-164.
- Cirik, S., Cirik, Ş. 1999. Limnoloji. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 21, Ege Üniversitesi Basımevi, 166 s, İzmir.
- Crawford, C. G., (1991). Estimation of suspended sediment rating curves and mean suspended sediment loads, *Journal of Hydrology*, 129, pp. 331-348.
- Demiröz, E., (1989). Sediment sampling activities in Turkey, Fourth International Symposium on River Sedimentation, Beijing, China, Nov.1-5.
- DSİ. (2016).Devlet Su İşleri Resmi İnternet sitesi. <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=92>.

- Duque, W.O., Huguet, N.F., Domindo, J.L. and Schuhmacher, M. (2006). Assessing water quality in rivers with fuzzy inference systems: A case study. *Environmental International*, 32 (6), 733-742.
- EC, 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Official Journal of the European Communities*, 5(98), 330-342.
- Egemen Ö (1999). *Çevre ve Su Kirliliği*. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:42 Bornova/İzmir. s:50-65.
- Egemen, Ö., Alparlan, M., & Sunlu, U. (1997). Çanakkale’de (Karacaören ve Kepez) Toplanan Midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck) Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması, *Ege Üniversitesi Su Ür. Der*, 14, 1-2.
- Elmacı, A., Topaç, F.O., Teksoy, A., Özengin, N. ve Başkaya, H.S. (2010). Uluabat Gölü Fizikokimyasal Özelliklerinin Yönetmelikler Çerçevesinde Değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering and Architecture*, 15(1), 149-157.
- Elmas, Ç. (2003). Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık). *Seçkin Yayıncılık*, 35- 40.
- EPA, (2009). Ground water and drinking water, Environmental Protection Agency, U.S.Harper, D. 1992. *Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration*. Chapman and Hall, London, UK.
- Goksu, M. Z. L., Yuceer, A., Basibuyuk, M. F. C. F., & Forster, C. F. (2003). Heavy metal adsorption characteristics of a submerged aquatic plant (*Myriophyllum spicatum*). *Process Biochemistry*, 39(2), 179-183
- Haiyan, W. (2002). Assessment and prediction of overall environmental quality of Zhuzhou City, Hunan Province, China. *Journal of Environmental Management*, 66(3), 329-340.
- Haralambous, A., Maliou, E., Malamis, M. 1992. The use of zeolite for amonium uptake. *Water Science and Technology*, 25(1): 139-145
- Harper, D. 1992. *Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration*. Chapman and Hall, London, UK.
- Hasnain, S. I., Thayyen, R. J., (1999). Discharge and suspended sediment concentration of meltwaters, draining from the Dokriani Glacier, Garhwal Himalaya, India *Journal of Hydrology*, 218, pp. 191-198.
- Hisar, O., Sönmez, A. Y., Kaya, H., and Hisar, Ş. A. (2016). Various inference systems for classification of water quality status: A case study. *Marine Science and Technology Bulletin*, 7-11.

- Icaga, Y. (2007). Fuzzy evaluation of water quality classification. *Ecological Indicators*, 7(3), 710-718.
- İleri, S., Karaer, F., Katip, A., Onur, S. and Aksoy, E. (2014b) Assessment of some pollution parameters with geographic information system (GIS) in sediment samples of Lake Uluabat, Turkey. *JBES-Journal of Biological and Environmental Sciences* (Kabul Edilmiştir).
- Kaymakçı Başaran, A., Egemen, Ö. 2006. Orta Toros Dağlarındaki Eğrigöl'ün Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi* 12 (2): 137-143.
- Kisi, E. H., Piltz, R. O., Forrester, J. S., & Howard, C. J. (2003). The giant piezoelectric effect: electric field induced monoclinic phase or piezoelectric distortion of the rhombohedral parent?. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 15(21), 3631.
- Krishnaswamy, J., Halpin, P. N., Richter, D. D., (2001). Dynamics of sediment discharge in relation to land use and hydro-climatology in a humid tropical watershed in Costa Rica, *Journal of Hydrology*, 253, pp. 91-109.
- Lermontov, A., Ykoyama, L., Lermontov, M., Augusta, M. and Machado, S. (2009). River quality analysis using fuzzy water quality index: Riberia do Iguape river watershed, Brazil. *Ecological Indicators*, 9 (6), 1188-1197.
- Liou, S.M., Lo, S.L. and Hu, C.Y. (2003). Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan Source. *Water Research*, 37 (6), 1406–1416.
- Liou, Y.T. and Lo, S.L. (2005). A fuzzy index model for trophic status evaluation of reservoir waters. *Water Research*, 39, 1415–1423.
- Ludwig, B. and Tulbure, I.(1996). Contributions to an aggregated environmental pollution index. *In Proceedings of the Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*, 3, 2144–2149.
- McNeil, F.M. and Thro, E.(1994). *Fuzzy Logic A Practical Approach*. AP Professional, Boston, 294.
- Mizumura, K., (1989). Hydrologic approach to prediction of sediment yield, *Journal of Hydraulic Engineering*, 115, 4, ASCE, April.
- Munsuz, N., & Ünver, İ. (1995). Su kalitesi. *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yay*, (1389).
- Mutlu, E., Yanık, T., and Demir, T. (2013). Karagöl (Hafik-Sivas)'ün Su Kalitesinin İncelenmesi. *Alın Teri Ziraat Bilimler Dergisi*, 24, 35-45.

- Nisbet, M. and Verneaux, J. (1970). Composants chimiques des eaux courantes: discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de Limnologie*, 6 (2), 161-190.
- Obalı, D. (1978). Mogan Gölü Fitoplanktonunun Nitesel Nicesel Olarak İncelenmesi. *Ankara Üni.. Fen Fak.. Sistematik Botanik Kürsüsü.(Doktora Tezi). Ankara.*
- Özbek, M., & Sarı, H. M. (2007). Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Bazı Göllerin Hirudinea (Annelida) Faunası. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24(1-2), 83-88.
- Özdemir, N., Yılmaz, F. and Yorulmaz, B. (2007). Dalaman Çayı üzerindeki Bereket Hidro-Elektrik Santrali Baraj Gölü Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerinin ve Balık Faunasının Araştırılması. *Ekoloji*, 16 (62), 30-36.
- Picoet, C., Hingray, B., Olivry, J. C., (2001). Emprical and conceptual modelling of the suspended sediment dynamics in large tropical African River: The Upper Niger River Basin, *Journal of Hydrology*, 250, pp. 19-39.
- Rajasekaran, S., Febin M. F. and Ramasamy J. V. (1995). Artificial fuzzy neural networks. In Civil Engineering. *Computers and Structures*, 61(2), 291-302.
- Ross TJ: Fuzzy Logic with Engineering Applications. John Wiley&Sons Ltd, Chichester, 628 p, 2004.
- Rucinski, D. K., Beletsky, D., DePinto, J. V., Schwab, D. J., & Scavia, D. (2010). A simple 1-dimensional, climate based dissolved oxygen model for the central basin of Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 36(3), 465-476.
- Salas, J. D., Shin, H. S., (1999). Uncertainty analysis of reservoir sedimentation, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 125, 4, April.
- Salihoglu, G., Karaer F.(2005). Ecological Risk Assessment and Problem Formulation for Lake Uluabat, a Ramsar State in Turkey, *Environmental Management*, 33, 6, 899-910.
- SKKY, 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. *Resmi Gazete*, 13 Şubat 2008, sayı: 26786, Ankara
- Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G. and Aras, M.S. (2008). Sular Bilgisi. *Nobel Yayın Dağıtım A.Ş. Ankara.*

- Sönmez, A.Y. (2011). Determination of heavy metal pollution in Karasu River and its evaluation by fuzzy Logic. Atatürk University Graduate School of Agriculture Faculty Department of Fishery Sciences. PhD Thesis. Erzurum, Turkey.
- Sönmez, A. Y., Hisar, O., and Yanık, T. (2013). A Comparative Analysis of Water Quality Assessment Methods for Heavy Metal Pollution in Karasu Stream, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(2 A), 579-583.
- Sonmez, A. Y., Hasiloglu, S., Hisar, O., Mehan, H. N. A. and Kaya, H. (2013). Karasu Nehri (Türkiye) Ağır Metal Kirliliği İçin Su Kalite Sınıflandırılmasının Bulanık Mantık ile Değerlendirilmesi. *Ekoloji*, 22(87), 43-50.
- Silvert, W. (2000). Fuzzy indices of environmental conditions. *Ecological Modelling*, 130 (1), 111–119.
- Sivanandam, S. N., Sumathi, S., & Deepa, S. N. (2007). *Introduction to fuzzy logic using MATLAB* (Vol. 1). Berlin: Springer
- Şahin, B. (2016). Küresel Bir Sorun: Su Kıtlığı ve Sanal Su Ticareti. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Şen, Z.(2001) “Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık İle Modelleme Prensipleri”, Su Vakfı, İstanbul.
- Şengörür, B., ve Demirel, A. (2002). Akgöl'de (Gölkent-Sakarya) Ötrofikasyon ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 1-8.
- Şengörür, B. Kılıç, H. ESKİ, H. (2004). Su Kalitesinin Belirlenmesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 139-142.
- Tanyolaç, J. (2004). *Limnoloji (Tatlısu Bilimi)*. Hatiboğlu Yayıncılık, 239 s, Ankara.
- Taş B. 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Ekoloji*, 61: 6-15
- TAŞ, B., & ÇETİN, M. (2011). Gökgöl (Ordu-Türkiye)'ün Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 75-84. .
- Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. ve Topkara, S. (2010). Ulugöl (Ordu)'ün bazı fizikokimyasal özellikleri. *Journal of FisheriesSciences.com*, 4(3), 254-263.
- Taş B. (2011). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi / The Black Sea Journal of Sciences*, 1, 43-61.

- Temponeras M, Kristiansen J, Moustaka Gouni M. 2000. Seasonal Variation in Phytoplankton Composition and Physical Chemical Features of the Shallow Lake Doirani, Macedonia, Greece *Hydrobiologia*, 424:109-122
- Tepe, Y. (2009). Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 18,70, 38-46.
- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., Töre, Y. (2006). Karagöl'ün (Erzin-Hatay) bazı fizikokimyasal özellikleri. *Ege Üniversitesi Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 23 (1/1), 155-161.
- Tepe, Y., Mutlu, E., Ateş, A., Başusta, N. (2004). Samandağ Karamanlı Göleti (Hatay) su kalitesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2(3), 408-414.
- Thomann, R. V. and Mueller, J. A. 1987. Principle of surface water quality modelling and control. Harper and Row Publishers, 644 p, New York.
- Thomas, R. B., (1985). Estimating total suspended sediment yield with probability sampling, *Water Resources Research*, 21, 9, 1381-1388, September.
- TS 266, 2005. İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, sular-içme ve kullanma suları, Türk Standartları, Ankara
- Uslu, O., Türkman, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi.
- Ünlü, A., Çoban, F. and Tunç, M. S. (2008). Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 119-127.
- Vansickle, J., & Beschta, R. L. (1983). Supply-based models of suspended sediment transport in streams. *Water Resources Research*, 19(3), 768-778.
- Verep, B., Çelikkale, M. S. and Düzgüneş, E. (2002). Uzungöl'ün bazı limnolojik ve hidrografik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19 (1-2), 233-240.
- Wang L: A Course in Fuzzy Systems and Control. Prentice Hall, New Jersey, 424 p, 1997.
- Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. (2004). Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *IEEE transactions on image processing*, 13(4), 600-612.
- WHO, (2008). Guidelines for drinking-water quality, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Xiong, L., Shamseldin, A. Y., O'Connor, K. M. (2001). A non-linear combination of the forecasts of rainfall-runoff models by the first-order Takagi-Sugeno fuzzy system. *Journal of Hydrology*, 245 (1), 196-217.



Yenilmez, F. ve Aksoy, A. (2007) Uluabat Gölü Su Kalitesinin Wasp7.2 Modeli Kullanılarak Değerlendirilmesi, 7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 24-27 Ekim, İzmir, 56-62.

Yüzey Suları Yönetmeliği. (2012). [www.rega.gov.tr](http://www.rega.gov.tr).

Zhang, X. (2004). Concessionaire selection: Methods and criteria. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(2), 235-244.



## ÖZGEÇMİŞ



Ad soyad : Enas .A. Hamad ATEA  
Doğum yeri ve zamanı : 28.2.1983 Massa.Libya  
Medeni hal : Evli  
Yabancı Dil : İngilizce  
E-posta : Enassatia.ea@gmail.com

### Eğitim ve Öğretim

Lise : Omer Bin Elaas  
Lisans : Omer Al Muktar