ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adana İli İçme Suyu Kalite İndeksinin Belirlenmesi

Ebubekir GÜLOĞLU

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs, 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VI
ÇİZELGELER DİZİNİ VII
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR IX
1. GİRİŞ 1
1.1. Su Kalitesi 3
1.2. Su Kalite Parametreleri 4
1.2.1. Sıcaklık 5
1.2.2. Eletriksel İletkenlik 5
1.2.3. pH 5
1.2.4. Bulanıklık 5
1.2.5. Çözünmüş Oksijen 5
1.2.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde 5
1.2.7. Sodyum 6
1.2.8. Kalsiyum 6
1.2.9. Magnezyum 6
1.2.10. Nitrat 6
1.2.11. Klor 6
1.2.12. Demir 6
1.3. Su Kalite İndekslerinin Gelişimi 7
1.4. Su Kalite İndekslerinin Genel Özellikleri 7
1.4.1. Kanada Su Kalite İndeksi 8
1.4.2. British Columbia İndeksi (BCWQI) 10
1.4.3. Oregon Su Kalite İndeksi 10
1.4.4. Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF – WQI) 11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 13
2.1. Türkiye'de Örnek Uygulamalar 13
2.2. Dünyada Örnek Uygulamalar 15
3. MATERYAL VE METOD 19
3.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri 19
3.2. Çalışma Alanının İklimi ve Su Kaynakları 19
3.3. Fizikokimyasal Analizler 23

3.4. Verilerin Değerlendirilmesi 23
3.5. Su Kalite İndeksi 24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 27
4.1. Su Kalite İndeks Analizi 43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 45
KAYNAKLAR 49
ÖZGEÇMİŞ 57

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adana İli İçme Suyu Kalite İndeksinin Belirlenmesi

Ebubekir GÜLOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Su kalite indeksleri son yıllarda su kalitesini değerlendirmek için kullanılan önemli bir yöntemdir. Temel mantığı pek çok parametre içeren su kalitesinin basit bir sayı halinde ifade edilmesi temeline dayanır. Tüm Dünyada su kalitesinin değerlendirilmesinde son derece önemli bir kriterdir. Benzer bir çalışmada Adana ili içme suyu temin edilen kaynaklara yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Adana ili su kalitesi (Seyhan, Yüreğir, Sarıçam, Çukurova) içme suyu kalite indeksi iki metod ve on beş su kalite parametresi pH, elektriksel iletkenlik (EC), bulanıklık, tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde (TDS), çözünmüş oksijen, klorür (Cl), nitrat (NO3), sülfat (SO4), fosfat (PO4), demir (Fe), alüminyum (Al), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuca göre Kanada su kalite indeksi 84,6, British Columbia su kalite indeksi 81,6 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma, Adana ilinde içme suyu kalite sınıfının iyi olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Su Kalite Parametresi, Kanada Su Kalite İndeksi, British Columbia İndeksi, Su Analizi.

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

Determination of The Drinking Water Quality Index of Adana Province

Ebubekir GÜLOĞLU

Advisor: Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK

Department of Environmental Engineering

ABSTRACT

The water quality index (WQI) model is a popular method for evaluating surface water quality in recent years. Its basic approach is based on expressing a simple number of water quality, which includes many parameters. It is an extremely important criterion in the evaluation of water quality all over the world. A similar study was carried out for the sources of drinking water in Adana province. Drinking water quality index in Adana province (Seyhan, Yüreğir, Sarıçam, Çukurova) were determined by using two methods and fifteen water quality parameters pH, electrical conductivity (EC), turbidity, salinity, total dissolved solids (TDS), dissolved oxygen, chloride (Cl), nitrate (NO3), sulfate (SO4), phosphate (PO4), iron (Fe), aluminum (Al), sodium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg). According to result it is calculated that Canadian water quality index 84,6, British Columbia water quality index 81,6. This study has been showed that in Adana province, drinking water quality class grade is good.

Keywords: Water Qality Paramater, Canada Water Quality Index, British Columbia Index, Water Analysis.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Su, yaşamın devam edebilmesi için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Canlı yaşamı için önemli bir besin maddesi olmasının yanı sıra, içerisinde bulundurduğu mineral ve bileşiklerle metabolizmadaki her türlü biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde de etkin bir rol oynamaktadır. Özellikle insan vücudunda su, pH dengesinin korunmasından başlayarak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmasına; besinlerin, artık maddelerin ilgili yerlere taşınmasına kadar pek çok görev almaktadır İnsan vücudunun yaklaşık %60-70'i sudan oluşur. Bu oran sucul ekosistemlerde yaşayan canlılarda %95'e kadar ulaşabilmektedir. Bundan dolayı sağlığın ve hayatın devamı için yeterince su içilmelidir. Bir insan yılda ağırlığının yaklaşık beş katı kadar su içer. Bu sebeplerden ötürü içilen su miktarının yanında suyun kalitesi de oldukça önem arz etmektedir. Fiziksel olarak içilebilir nitelikte olan su berrak olmalı, renk ve koku içermemeli, suyun kendine özgü bir tadı olmalıdır. Suyun yapısına kimyasal açıdan bakıldığında suyun pH'sı nötr veya hafif düzeyde alkali olmalıdır, organik madde içeriği en düşük seviyede olmalıdır. Su içindeki mineral dağılımı dengeli olan, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri bakımından belirli su kalite parametrelerine uyan, fenolik madde ve pestisit kalıntıları içermeyen, insan sağlığına zarar veren mikroorganizmaları, patojen ve bakterileri bulundurmayan sular sağlıklı su olarak nitelendirilir.

Dünyadaki toplam suyun %98'ini okyanuslar, tortul kayaçlar ve buzullar oluşturur. Tatlı su kaynakları yaklaşık %2 civarında bulunmakta olup bu çok az miktarda olan tatlı su kaynağının %90 kutuplarda ve yeraltında hapsedilmiştir. Bu durum canlıların rahatlıkla ulaşabileceği tatlı su miktarının dünyadaki su kaynaklarının sadece %0,3'ü ile sınırlı olduğunu göstermektedir. Yeryüzündeki su kaynaklarının yalnızca %0,3'ünün kullanılabilir ve içilebilir nitelikte olduğu düşünüldüğünde su kullanımına ve bilhassa su kalitesine verilmesi gereken değerin daha da arttırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Türkiye'de son yüzyılda su kaynaklarının kalitelerinin bozulmasının en önemli nedenleri arasında; hızlı nüfus artışı, küresel ısınma, doğal kaynakların tahribi, plansız sanayileşme, gelişigüzel çarpık kentleşme ve bu duruma bağlı olarak arıtılmamış evsel ve endüstriyel atık suların su kaynaklarına ulaşması, mevcut atık su arıtma tesislerinin kapasite ve proses bakımından yeterli olmaması, atık su deşarjının etkin yapılamaması, tarımsal ve hayvansal faaliyetler yer almaktadır. Kaynaklar kirlendikten sonra temizlenmesi çok zor olduğundan öncesinde kirlilik kaynaklarının belirlenip ve önlem alınması gerekmektedir. Aksi halde su kaynakları kirlendikten sonra alınacak önlemler daha zor ve pahalı olmaktadır.

Türkiye'de kaliteli ve yeterli miktarda su kaynağı bulmak ve halkın kullanımına sunmak en önemli sorunlardan birisidir. İçme suyu kalitesinin arttırılması ve içme suyu kaynaklarının korunması amacıyla yüksek standartların getirilmesi ve bu standartların yeni kirleticilerin ortaya çıkması ile beraber sürekli geliştirilmesi gerekmektedir.

Su kalitesi kavramı, suyun tüm özelliklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak ortaya konulması için geliştirilmiştir. Su kalitesinin bilinmesi su kirliliğinin kontrolünde büyük önem arz etmektedir. Su kaynaklarının objektif olarak değerlendirilmesine olanak sağlar. Su kalitesi su kaynaklarının yönetimi ve planlanmasında, potansiyel risklerinin belirlenmesinde de önemli rol oynar. İnsan sağlığı ve çevre sağlığının korunması açısından büyük önem taşır. Herhangi bir su kütlesi kalitesinin değerlendirilmesi üç temel aşamadan oluşur:

1. Hedeflerin belirlenmesi,
2. Parametre seçimi,
3. Sonuçların değerlendirilmesi.

Hedeflerin belirlenmesi, değerlendirme yaklaşımını ve bu süreci açıklayan kılavuzlar ile olmaktadır. Hedefler belirlendikten sonra, su kütlesi fiziksel, kimyasal ve biyolojik koşulları açıklayan yüzlerce bileşen ve parametreyi içerdiği için kütlenin tamamını temsilen tutarlı bir parametre takımı seçilmelidir. Değerlendirme aşamasında ise her bir parametre suyun farklı özelliklerini gösterdiği için oldukça karmaşık olabilmektedir.

Belirli bir durumda ve zamanda bazı su kalitesi parametrelerine bağlı olarak oluşturulan ve bir su alanına ait genel su kalitesi durumunu tek bir değer ile açıklayan değere su kalitesi indeksi adı verilir. Su kalitesi indeksleri, su kaynaklarının kalitesinin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve takibi için kullanılan araçlardır. Bu indeksler, suyun kimyasal, biyolojik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve suyun insan sağlığı, bitki ve hayvan yaşamı için uygunluğunun belirlenmesi için tasarlanmıştır. Su kalite indekslerinin en önemli amacı, çok fazla sayıdaki su kalite verilerinin su kalitesini gösteren tek bir sayıya dönüşmesini sağlayarak su kalitesinin değerlendirilmesi basamaklarını sadeleştirmek ve netleştirmektir. Bu şekilde, bir su kütlesinin kalitesinin sürekli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi yapılabilecektir. Bu durum suyun içindeki kirleticilerin tespit edilmesini sağlayarak su kaynaklarından insanlara ulaşan suyun insan sağlığına zarar verip vermediği belirlenir. Bu sayede suyun kalitesi hakkında bilgi sahibi olunur ve suyun ne kadar sağlıklı ve güvenli olduğu tespit edilir.

Su kalitesi indeksleri, genellikle bir dizi ölçüm ve analiz yöntemi kullanarak su kalitesi hakkında bilgi toplar. Bu yöntemler arasında fiziksel ölçümler (sıcaklık, pH, renk, koku), kimyasal ölçümler (nitrattan, fosfatlara, ağır metallerden ve diğer kimyasallardan), mikrobiyolojik ölçümler (koliform bakteriler, enterokoklar) ve biyolojik ölçümler (balık, su bitkileri, plankton) yer alır.

Su kalite indeksi hesaplamaları sonucu elde edilen değer, çok fazla sayısal veri içeren değişken listelerine göre bilgilerin daha kolay ve hızlı açığa çıkmasını sağlamaktadır. Su kalite indeksi, seri ve basit bir metotla elde edilmiş tek bir değere ve ona karşılık gelen ölçeğe bakılarak su kalitesinin açıklanmasını sağlar. Su kalitesi indeksleri, su kaynaklarının yönetiminde ve korunmasında önemli bir rol oynar. Bu indeksler, su kaynaklarındaki sorunların tespit edilmesine, su kalitesi yönetim planlarının hazırlanmasına ve su kalitesi hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olur.

Ayrıca, su kaynaklarındaki çevresel tehditlerin tanımlanmasına, kirliliğin önlenmesine ve su kaynaklarına yönelik müdahalelerin planlanmasına da yardımcı olabilirler.

Bu çalışma kapsamında Adana ilinde şehir merkezini yansıtması amacı ile Çatalan baraj gölünden gelen suyla beslenen 4 merkez ilçenin (Seyhan, Sarıçam, Çukurova, Yüreğir) içme suyu şebekelerinden numune toplanmış ve bu kapsamda Adana ilinde su kalitesi incelenmiş olup ayrıca elde edilen veriler farklı su kalite indeksleri (WQI) kullanılarak değerlendirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Öncelikle çalışmamda desteklerini hiç esirgemeyen, kıymetli zamanını bana ayıran saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK'e teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca emeklerini ödeyemeyeceğim sevgili aileme ve tez aşamasında bana sabır gösteren beni destekleyen eşim Seval ve biricik kızım Öykü Lina'ma teşekkür ediyorum.

Bu süreçte beni destekleyen tüm iş arkadaşlarıma özellikle tezimin yazım aşamasında desteklerini esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım Kimyager Muhammet ŞAHİN, Endüstri Mühendisi Çağatay ÇETİN, Sağlık Memuru Mahmut Ali ÜNSAL ve Ziraat Yüksek Mühendisi Mustafa SAYAN'a teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Kanada su kalite indeksi kalite sınıflandırılması 9
Çizelge 1.2. Oregon su kalite indeksi kalite sınıflandırması 11
Çizelge 1.3.National Sanitation Foundation su kalite indeksi kalite sınıflandırılması 11
Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinatları 21
Çizelge 3.2. Analiz metodları ile ilgili TSE standartları 23
Çizelge 3.3. Kanada su kalite indeksi kalite derecelendirmesi 25
Çizelge 4.1. Seyhan ilçesi içme sularında tespit edilen veriler 27
Çizelge 4.2. Yüreğir ilçesi içme sularında tespit edilen veriler 29
Çizelge 4.3. Sarıçam ilçesi içme sularında tespit edilen veriler 31
Çizelge 4.4. Çukurova ilçesi içme sularında tespit edilen veriler 32
Çizelge 4.5. Adana su kalite indeks hesaplamaları 44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Adana İli istasyon noktaları (Google Earth, 2022) 20
Şekil 4.1. İlçelere göre ortalama pH konsantrasyonları 33
Şekil 4.2. İlçelere göre ortalama iletkenlik değerleri 33
Şekil 4.3. İlçelere göre ortalama bulanıklık değerleri 34
Şekil 4.4. İlçelere göre tuzluluk ortalama değerleri 34
Şekil 4.5. İlçelere göre toplam çözünmüş katı madde ortalaması 34
Şekil 4.6. İlçelere göre çözünmüş oksijen ortalaması 35
Şekil 4.7. İlçelere göre ortalama klorür değerleri 35
Şekil 4.8. İlçelere göre ortalama nitrat değerleri 36
Şekil 4.9. İlçelere göre ortalama sülfat değerleri 36
Şekil 4.10. İlçelere göre ortalama fosfat değerleri 36
Şekil 4.11. İlçelere göre ortalama demir değerleri 37
Şekil 4.12. İlçelere göre ortalama alüminyum değerleri 37
Şekil 4.13. İlçelere göre ortalama sodyum değerleri 37
Şekil 4.14. İlçelere göre ortalama kalsiyum değerleri 38
Şekil 4.15. İlçelere göre ortalama magnezyum değerleri 38
Şekil 4.16. İstasyon noktalarına göre pH grafiği 38
Şekil 4.17. İstasyon noktalarına göre iletkenlik grafiği 39
Şekil 4.18. İstasyon noktalarına göre bulanıklık grafiği 39
Şekil 4.19. İstasyon noktalarına göre toplam çözünmüş katı madde grafiği 39
Şekil 4.20. İstasyon noktalarına göre çözünmüş oksijen grafiği 40
Şekil 4.21. İstasyon noktalarına göre klorür grafiği 40
Şekil 4.22. İstasyon noktalarına göre nitrat grafiği 40
Şekil 4.23. İstasyon noktalarına göre sülfat grafiği 41
Şekil 4.24. İstasyon noktalarına göre fosfat grafiği 41
Şekil 4.25. İstasyon noktalarına göre demir grafiği 41
Şekil 4.26. İstasyon noktalarına göre alüminyum grafiği 42
Şekil 4.27. İstasyon noktalarına göre sodyum grafiği 42
Şekil 4.28. İstasyon noktalarına göre kalsiyum grafiği 42
Şekil 4.29. İstasyon noktalarına göre magnezyum grafiği 43

SİMGELER VE KISALTMALAR

µg/L : Mikrogram/litre

µs : Mikrosiemens

AB : Avrupa Birliği

Al : Alüminyum

BCWQI: (British Columbia Water Quality Index) Britanya Kolumbiyası Su Kalite İndeksi

Ca : Kalsiyum

Cl : Klorür

cm : Santimetre

CWQI : (Canadian Water Quality Index) Kanada Su Kalitesi İndeks Modeli

Ç : Çukurova

ÇO (%) : Çözünmüş oksijen derişimi (yüzdesi)

ÇŞB : Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

DSİ : Devlet Su İşleri

DSÖ : Dünya Sağlık Örgütü

EC : Elektrik iletkenliği

EPA : Çevre Koruma Ajansı

F : Faktör

Fe : Demir

km : Kilometre

km^2 : Kilometre kare

km^3 : Kilometre küp

L : Litre

m : Metre

m^2 : Metrekare

m^3 : Metreküp

Mg : Magnezyum

mg : Miligram

mg/L : Miligram/litre

Na : Sodyum

NO_3 : Nitrat

NTU : Nephelometric turbidity unit

O_2 : Oksijen

ºC : Santigrat derece

PO_4 : Fosfat

S : Seyhan

SKKY : Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

SO_4 : Sülfat

SR : Sarıçam

TDS : Toplam çözünmüş madde

TOB : Tarım ve Orman Bakanlığı

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

WHO : World Health Organisation

WQI : Water Quality Index

WQI : Su kalite indeksi

Y : Yüreğir

YSKY : Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Su, yeryüzünde değişik şekillerde ve fazla miktarda bulunan ve tüm canlıların varlığını sürdürebilmesi için zorunlu olan en önemli tabii kaynaklardan biridir (Dede ve Sezer, 2017). Saf bir suyun yapısı incelendiğinde ekzotermik bir tepkime ile iki hidrojen ve bir oksijen atomlarının birleşmesiyle oluştuğu tespit edilmiştir. Su molekülünde hidrojen atomlarının elektronları kararlı dağılım göstermez bu sebeple hidrojenler simetrik olarak yerleşmez. Hidrojen atomları 104,5°'lik bir açı ile birleştiği için suyun polar özellik göstermesine neden olur. Su molekülleri arasındaki çekim özelliği suyun polar özelliğinden meydana gelmektedir (Göksel, 2015).

Su katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç farklı halde bulunur. +4°C deniz seviyesine ulaşınca özgül ağırlığı 1g olmaktadır. 100°C'ye gelince kaynama ve 0°C'ye düşünce donma meydana gelmektedir. Su canlı varlıkların tüm metabolik olayları ile de doğrudan ilgilidir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Su organizmaların yapısında var olan organik ve inorganik maddeler için ideal bir çözücüdür ve bununla birlikte metabolik kalıntıların ve toksik maddelerin vücuttan atılmasında taşıyıcı olarak görev yapmaktadır. Vücudumuzda yer alan beyin omurilik sıvısı, gözyaşı, ter, süt, mide ve bağırsak salgıları için suya gereksinim vardır. Yetişkin bir canlının yapısı incelendiğinde metabolizmanın yaklaşık %60-70 gibi bir oranda su yapısına sahip olduğu görülmektedir ancak organ ve dokuların yapısındaki su oranları incelendiğinde birbirinden nispeten farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Bayşu Sözbilir ve Bayşu, 2008). Gıda maddelerinin ve kalıntılarının çözelti biçimine dönüştürülmesi, bunların vücutta kullanılıp atılması suya bağlıdır. Oksijenin dokulara, karbondioksitin de dokulardan akciğerlere taşınması kanın olağan akım hızı ile ilişkili olup, bu da suyun var olmasına bağlıdır. Kanın ortalama %80'i gelişen bir embriyonun %90'ı sudur. Su yaşamak için hiç şüphesiz zorunlu bir bileşiktir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Dünyadaki su kaynakları incelendiğinde, %69'u tuzlu su ve %2'si tatlı su olmak üzere toplamda %71'inin sularla kaplanmış olduğu görülmektedir. Bu çok az miktarda olan %2'lik tatlı su kaynağının ise %90'ını kutuplarda ve yeraltında hapsedilmiştir. Bu durum ise canlıların rahatlıkla ulaşabileceği tatlı su miktarının dünyadaki su kaynaklarının sadece %0,3'ü ile sınırlı olduğunu işaret etmektedir (Tokatlı, 2014).

19. yüzyılın ilk çeyreğinde 1 milyar olan dünya nüfusu, 1950 yılında 2,5 milyar, 2021 yılının sonunda ise yaklaşık 7,5 milyara ulaşmıştır. Nüfusun bu denli artması, ekonomik faaliyetlerin büyümesi ve kentsel yayılma, su ihtiyacının önemli derecede artmasına neden olmaktadır. Yüzey suyunun ve yeraltı suyunun aşırı biçimde kullanımı, mevcut su kalitelerinin azaltılması ve genel kaliteden ödün vermeden ötürü sayısız kaynağı tehlikeye atmaktadır. Dünya nüfusunun bu hızlı artışı, sanayi ve teknolojinin aşırı gelişip büyümesi ve çevresel bilincin yeteri kadar oluşmaması gibi sorunlar dünyadaki su kaynaklarının gitgide kirlenmesine ve bu kaynaklarda önemli ölçüde azalmaya sebep olmaktadır. Su kaynaklarının bu kirleticilerden korunması için öncelikle mevcut su kalitesinin karakterize edilmesi ve kaynağın faydalı kullanımına karar

verilmesi gerekmektedir. Günümüzde aşırı nüfus artışı, ölçüsüz ve bilinçsiz tüketim, hızlı ve çarpık kentleşme, endüstrileşme ve kuraklık gibi nedenlerden ötürü su kütlesinin önemli ölçüde azalması ve su kalitesinin bozulması sorunları ile karşı karşıyayız. Yeryüzündeki su kaynaklarının yalnızca %0,3'ünün kullanılabilir ve içilebilir nitelikte olduğu düşünüldüğünde, su kullanımına ve bilhassa su kalitesine verilmesi gereken değerin daha da arttırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Dede ve Sezer, 2017).

Su kirliliği, aşırı yapılaşmadan kaynaklanan evsel atıklar, yoğun endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan sanayi atıkları, tarımda kullanılan kimyevi gübreler özellikle azotlu gübreler ve zirai mücadele ilaçları, erozyonla su kaynaklarına taşınan toprak ve bilinmeyen maddeler gibi zararlı istenilmeyen maddelerin, suyun kalitesini ölçülebilecek değerde bozacak miktar ve yoğunlukta suya karışması durumudur. Kirlenme sonucunda sularda fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulmalar meydana gelmektedir. Bunlar doğrudan veya dolaylı bir şekilde tüm varlıkları olumsuz etkilemektedir. Nüfusun çok fazla artmasına rağmen su kaynaklarının değişmez ve durağan olması, bu kaynakların kirletilmemesini ve çok iyi kullanılmasını gerekli kılmaktadır (Yılmaz ve ark., 2010).

İçme sularında bulunan maddelerin insan sağlığına tesiri, bunların cins ve miktarları ile tespit edilir. Genel olarak ülkeler kendi içme su kriterlerini belirlediği gibi, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü gibi uluslararası kuruluşlar da özel olarak tehlikeli kimyasal ve biyolojik maddeler için eşik değerler vermiştir (WHO, 2011b). Ayrıca, Su Çerçeve Direktifi (The Water Framework Directive WFD: European Union) bağlamında AB üye ülkeleri için su kütlelerinin kalitesinin izlenmesi kaçınılmaz hale getirilmiş ve izlenecek parametrelere bu direktifte yer verilmiştir (Lirika, 2013). Fakat, bu parametreleri tek tek ele alıp değerlendirmek ve yorumlamak gerek düzenleyici kuruluşlar gerekse bu konuda çalışan uzmanlar için bir hayli zor ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu sebeple, son dönemde, pek çok çalışma su kalitesi kavramının daha sade, kapsamlı, anlaşılabilir ve karşılaştırılabilir bir biçimde ifade edilebilmesi üzerine yoğunlaşmıştır (Akkoyunlu ve ark., 2012). Su kalite indeksi (WQI), suların genel kalitesinin durum tespitinde kullanılır ve basitçe hesaplanabilen tek bir sayıyı ifade eder. Su kalite indeksi, hızlı ve kolay bir metotla elde edilmiş tek bir değere ve ona karşılık gelen ölçeğe bakarak su kalitesinin ifade edilmesini sağlar. WQI çok sayıda karmaşık su kalitesi parametresini birleştirerek su kalitesini anlaşılabilir bir biçimde "çok iyi", "iyi", "zayıf", vb. şekilde ifade eder. Su kalite indeksi kullanılarak tespit edilen veriler, su kalitesi hakkında hızlı ve etkin kararlar almak için hem karar vericiler hem de hissedarlar tarafından kolaylıkla kullanılabilir (Lumb et al., 2011).

Kanada su kalite indeks modeli (CWQI), Kanada Çevre Bakanlığı aracılığı ile geliştirilmiş ve epeyce yaygın bir şekilde kullanılan bir modeldir. Bu modelde, parametrelerin örneklendirme sıklığı, başarısız parametre çokluğu ve standartlarda bahsedilen hedef değerlerden sapmalara göre değerlendirme yapılır. Model, parametreler konumdan konuma farklılık göstereceğinden ve çevresel koşullara bağlı bulunduğundan herhangi bir su kalitesi parametresi veya zaman kavramı

tanımlamaz. Bu indeksin belirlenmesinde, minimum dört parametre ve bu parametrelerin en az dört ölçümü yeterli olmaktadır. İndeks, 0 ve 100 arasında değişen ölçekte üç faktörden oluşmaktadır. Bu üç faktörün kombinasyonu ile su kalitesini düşükten yüksek kaliteye doğru tanımlayan ve 0 ile 100 arasında olan tek bir sayı elde edilir (CCME, 2017).

Bu çalışma kapsamında, Adana İline su sağlayan şebekelerden su numuneleri alınmıştır. Alınan su numunelerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), bulanıklık, toplam çözünmüş katı madde (TDS), çözünmüş oksijen, klorür (Cl), nitrat (NO_3), sülfat (SO_4), fosfat (PO_4), demir (Fe), alüminyum (Al), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) olmak üzere toplam 15 su kalite parametresinin analizleri yapılmış olup elde edilen verilere göre Kanada Su Kalitesi İndeks Modeli (CWQI) ve British Columbia su kalite indeksi metodu ile hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

1.1. Su Kalitesi

Su, canlı organizmaların yapısında yer alması metabolik olaylar için temel yaşam maddesi niteliğinde olması ve hidrofil organizmalar için canlılık ortamı oluşturması sebebiyle daima canlı yaşamının merkezinde yer almıştır. Okyanuslar, tortul kayaçlar ve buzullar dünyadaki toplam suyun % 98'ini oluşturmakla beraber tatlı su kaynakları dünyada %2'nin altında bulunmaktadır (Gürel, 2011)

Su kaynakları pek çok canlı türünü içinde bulunduran, belli başlı topluluklar ve yaşamsal habitatlar içeren ekosistemlerdir. Bu karmaşık yapının ortaya çıkışında su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde, metaller, mikrobiyolojik ölçekteki tüm canlılar, tüm flora ve fauna gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik nitelikleri ön planda yer almaktadır. Bu faktörlerin tamamı diğer faktörlerle etkileşim içerisinde olmakla beraber su kaynaklarını oluşturan ve sürekli olarak besleyen karasal yağış, havzasının da jeolojik, jeofiziksel ve antropojenik özellikleri su havzasının su kalitesinin belli yapıda oluşmasında aktif bir rol oynamaktadır. Bu fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin tamamının beraber oluşturdukları yapı genel olarak ekosistem olarak tanımlanırken sucul ortamın genel karakterini niteleyen fiziko-kimyasal su ortamı ve biyolojik yaşamı temsil edebilecek tüm değişkenler de su kalitesi kavramını ortaya çıkarmaktadır. Ekosistem olarak tanımlanan bu yapının erozyon, sel, ötrofikasyon ve deprem gibi doğal süreçler ve antropojenik etkilerle bozularak su kalitesi sorunları oluşabilmektedir (Serdar, 2015).

Suyun kalitesinin bilinmesi su kirliliğinin kontrolünde büyük önem arz etmektedir. Su kalitesi, belli başlı kullanımlar ile ilgili su kaynağı veya su kütlesinin durumunu göstermekte olup ve nitel veya nicel olarak tarif edilebilmektedir. Suyun en dinamik şekilde kullanımını etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin tamamı su kalitesini oluşturmaktadır. Bu nedenle suyun kalitesine etki eden bu parametrelerin tamamının tespit edilmesi gerekmektedir (Topkaya, 1995).

Su kalite sınıflarının tespit edilmesi su kalitesi kriterleri ile belirlenmektedir. Kalite kriterleri tamamıyla kullanıma has olarak ve bilimsel verilerden hareketle bulunmaktadır (Gürel,

2011). Standartlar, faydalı bir kullanım için parametrelerin olması gereken değerleri olarak açıklanabilir. Bir su kalitesi standardı, su kaynağının kullanım maksadını tanımlar, kaynağın kalitesinin kötüye gitmemesi için hedef kriterler belirler, kullanım amaçlarını gözetir ve halihazırdaki kalitenin bozulmaması için gerekenlerin yapılmasını sağlamaktadır. Standartların avantajları araştırıldığında, su kalitesinin bozulması durumunda bunun sebebi ve kaynağının bulunmasını sağladığı, su kalitesinin kontrolünde uygulaması kolay bir teknik oluşturduğu, gelişigüzel bir su ortamına deşarj yapan kişi ve kuruluşların kendilerini kontrol edebilmesini sağladığı tespit edilmektedir (Chapman, 1992).

Suların kalitelerine göre sınıflara ayrılmasının nedeni, kullanım amacının belirlenmesidir. Kıta içi yüzeysel sular için yapılan sınıflama aşağıdaki şekilde olmaktadır (YSKY, 2021).

Sınıf I: Yüksek Kaliteli Su (I. sınıf su kalitesinde olması ‘‘Çok İyi’’ su durumunu ifade etmektedir. İçme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık üretimi, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar).

Sınıf II: Az Kirlenmiş Su (II. sınıf su kalitesinde olması ‘‘İyi Su’’ durumunu ifade etmektedir. İçme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık dışında balık üretimi, Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak).

Sınıf III: Kirlenmiş Su (III. sınıf su kalitesinde olması ‘Orta’ su durumunu ifade etmektedir. Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu).

1.2. Su Kalite Parametreleri

Su kaynaklarının tarımsal veya endüstriyel nedenlerle kirlenmesi sebebiyle doğal su kaynaklarının korunması ve ıslahı için su kalitesinin izleme ve değerlendirilmesi çalışmaları oldukça önemlidir. Su kalite parametreleri ölçümlerinin bu sebeplerle düzenli olarak yapılması gerekmektedir (MEB, 2011).

Su kalitesi parametrelerinin yararları;

- Halk sağlığının korunması
- İçme suyu niteliğinin konulan standartlara uygunluğunun sağlanması
- Su kalite değişkenlerinin yere ve zaman göre değişimlerinin izlenmesi
- Doğal ve insan müdahalesi sonucunda su kalitesinin nasıl etkilediğinin belirlenmesi
- Su kalitesinin korunması ve kontrolü için alınan önlemlerin etkinliğinin belirlenmesi
- ÇED amacıyla gerekli olan bilgilerin temini
- Belli bir bölgede, genel kapsamda su kalitesi özelliklerinin değerlendirilmesi veya durum envanterinin çıkarılması
- Akarsularda kütle taşınımının incelenmesi
- Su kalitesinin modellenmesidir (MEB, 2011).

1.2.1. Sıcaklık

Sıcaklık içme sularında önemli bir kalite parametresidir. Su sıcaklığı, atmosfer basıncı ile birlikte sudaki oksijen miktarını, metabolik aktiviteleri, embriyonik gelişmeleri, büyüme oranlarını ve daha birçok olayı etkilemesi nedeni ile sudaki canlılar için önemli bir faktördür . İçme sularında en uygun değer aralığı 7 ile 14°C arasıdır. Su sıcaklığının artması ile kimyasal reaksiyon hızı artmakta, O_2, CO_2, N_2, CH_4 gibi gazların sudaki çözünürlüğü azalmaktadır. Sıcaklığın yükselmesi, suların gazları çözünmüş halde tutma kapasitesini düşürmektedir (Eroğlu, 2012). Su sıcaklığının yükselmesi aynı zamanda, toksik maddelerin ve hastalık yapıcı faktörlerin etki payı değerinin yükselmesine neden olur. Sıcaklık sucul organizmaların solunum hızını arttırarak, oksijen tüketiminin artmasına ve organik maddelerin bozunmasına neden olur. Sonuç olarak, canlı yaşamı olumsuz etkilenir ve su ekosisteminin dengesi bozulur. Su kalitesi incelenirken, sıcaklık ihmal edilmeyecek kadar önemli bir faktördür (Yılmaz, 1999).

1.2.2. Eletriksel İletkenlik

Su içerisinde çözünmüş halde bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır. Elektriksel iletkenlik çözünmüş tuz konsantrasyonuyla doğru orantı göstermektedir. Birimi µs/cm dir.

1.2.3. pH

Hidrojen iyonlarının su içerisindeki aktifleşme durumuyla açıklanır. Saf suyun 25°C de pH değeri 7'dir. 7 den küçük değerler asitliği, 7 den büyük değerler bazlığı ifade eder.

1.2.4. Bulanıklık

Su kalitesi açısından istenmeyen bir özelliktir. Suyun içerisinde çözünmeden kalan tanecikler bulanıklığa sebep olur. Sınırı aşması görünüm açısından da istenmez. Ölçü birimi olarak NTU (Nephelometric Turbidity Unit) kullanılır.

1.2.5. Çözünmüş Oksijen

Her canlı gibi su içerisinde yaşayan canlılarında oksijen ihtiyacı vardır. Bu oksijen değeri belirli bir değerin altına düştüğünde anaerobik çürüme olayları başlar. Bu olay sonucunda kötü kokulu gaz çıkışına rastlanır. Çözünmüş oksijen değeri sıcaklığa, pH'a ve çözünmüş tuz konsantrasyonuna bağlıdır. Birimi mg/L dir.

1.2.6. Toplam Çözünmüş Katı Madde

Doğal sular içinde belli oranda bulunmaktadır. Genellikle, su içindeki toplam çözünmüş katı madde (TDS) derişimi 50-5000 mg /L arasında değişmektedir. İçme sularında fazlası acı tada

sebebiyet vermektedir. Sulama sularında büyük önem taşıyan parametrenin fazlası bitkilerin su alma mekanizmasını bozmaktadır.

1.2.7. Sodyum

İnsanlar için gereklidir. İçme sularında 200 mg/L den fazlası istenmemektedir. Sudan yalnızca katyon değiştiriciler kullanılarak uzaklaştırılmaktadır. Fazlası böbrek, karaciğer gibi organlara zarar vermektedir.

1.2.8. Kalsiyum

Doğal sularda 1-200 mg /L arasında değişmekte olup suyun yapısındaki sertliği belirginleştiren en önemli bileşendir. Topraktaki alçı ve kalkerlerin yağmur suları ile çözünmesi yoluyla suya karışmaktadır. Su içerisindeki fazla sertlik; soğuk kireç-soda, sıcak kireç-soda ve katyon reçine değiştirici reçineler yöntemleriyle giderilmektedir.

1.2.9. Magnezyum

Ca ve Na iyonlarından sonra tatlı sularda en çok karşılaşılacak bileşendir. Fazlası ishal gibi geçici bağırsak sorunlarına neden olmaktadır.

1.2.10. Nitrat

Azot genel itibariyle topraktan nitrat veya amonyum formunda alınan önemli bir bitki besinidir. İnsanlar ve hayvanlar tarafından aminoasitlerin temel kaynağı olarak kullanılan bitki proteinlerini meydana getirmek için kullanılmaktadır (Gray, 2008). Farklı yollarla su kaynaklarına dahil olan azot bileşikleri çeşitli mikroorganizmalar tarafından amonyağa, nitrite veya nitrata dönüştürülmektedir. Akarsuların azot kaynaklı kirlenmesinde önemli olan nitrifikasyon prosesi esnasında ve sonrasında oksijen dengesinin bozulmasıdır (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Nitrat su için önemli bir parametredir. İçme ve kullanma sularında 50 mg/L den fazla olması istenilmez.

1.2.11. Klor

Serbest klorda dezenfektan etkisi vardır. Az miktarda olan değerler sağlık açısından sorun teşkil etmez. Su kalitesinde gösterge bir parametredir.

1.2.12. Demir

Demir bileşikleri toprakta ve yer kabuğunun birçok minerallerinde bulunmaktadır. İçme ve kullanma suyunda sınırın üstünde olması suyun tadını bozabilmektedir. 1 mg/L üstünde olması suyun içerisinde yaşayan canlılar için zararlıdır. İçme kullanma sularında belirtilen sınır değer 200 µg/L dir.

1.3. Su Kalite İndekslerinin Gelişimi

Su kalite indeksleri su kütlelerinin özellikle ekolojik durumunun doğru bir şekilde değerlendirilmesi, güvenilirliği, hızlı ve basit hesaplanması, farklı ülkeler arasında karşılaştırılabilirliği, sonuçların iletilmesinde anlaşılabilirliği sağlayan iyi bir yöntem sunmaktadır (Trikoilidou, 2017). Su kalite indeksi son yıllarda kullanılmış olmasına rağmen ilk olarak 150 yıldan daha uzun bir süre önce Almanya'da 1848 yılında, sudaki belirli organizmaların varlığının veya yokluğunun uygunluğun göstergesi olarak kullanılmıştır. Su kalitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan WQI ilk kez 1965 yılında Horton tarafından geliştirilmiştir. Horton'un geliştirdiği indekse dahil edilecek parametrelerin doğru seçimi yaşanan zorluklardan biridir ve bu indeksin hesaplanmasında 10 parametre dikkate alınmaktadır (Horton 1965). Bu indeksin geliştirilmiş bir türü olan Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF-WQI) 1970 yılında Ulusal Sanitasyon Vakfı (NSF) desteğiyle Brown ve arkadaşları tarafından önerilmiştir (Brown, 1970). İndekse dahil edilecek parametrelerin seçimi sorunu Rand Corporation'ın Delphi tekniğine dayalı anketlerle çözülmüştür (Linstone ve Murray 1975). Birçok su kalite indeksinin geliştirilmesinde NSF'den ilham alınmıştır ve Amerika Birleşik Devletleri'nde, nehirler için en yaygın olarak kullanılan indeksler NSF tabanlıdır (Lumb, 2011 ve Uddin, 2021). 1973 yılında Brown ve arkadaşları tarafından NSF indeksinin diğer bir versiyonu olan çarpımsal formu önerilmiştir (Brown, 1973). NSF tabanlı olan bir diğer indeks Oregon Su Kalite İndeksi 1970'lerde Oregon Çevre Kalitesi Departmanı (DEQ) tarafından geliştirilmiş ve bu indeks çeşitli araştırmacılar tarafından güncellenmiştir (EC 1975; Dunnette 1979; Cude, 2001; WHO 2004).

Steinhart ve arkadaşları 1982 yılında Kuzey Amerika'nın Büyük Gölleri için fiziksel, kimyasal ve toksik kategorilerde 9 parametrenin dikkate alındığı Çevresel Kalite İndeksi geliştirilmiştir. NSF'ten farklı olarak Kanada'da, Kanada Çevre Bakanları Konseyi (CCME) 1990'lı yılların ortalarında "Su Kalitesi Kılavuz İlkeleri Görev Grubu" tarafından geliştirilen bir su kalite indeksi ortaya koymuştur, bu şekilde British Columbia Su Kalitesi Endeksi (BCWQI) ortaya çıkmıştır. Önerilen indeks doğrusal değildir. Kanada indeks kavramı, örnekleme ve ölçüm sıklığına, istenen hedeflerin dışındaki değerlerin sıklığına ve her değişkenin önerilen değerinden sapmasına bağlı olarak hesaplanmaktadır (Rocchini ve Swain 1995). Bu şekilde günümüze kadar 35'ten fazla indeks bölgeye özgü, su kullanım amaçlarına göre yüzey suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla tanımlanmıştır ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Stoner 1978; Kannel 2007; Abbasi ve Abbasi 2012; Dadolahi-Sohrab; 2012).

1.4. Su Kalite İndekslerinin Genel Özellikleri

Belirli bir durumda ve zamanda bazı su kalitesi parametrelerine bağlı olarak oluşturulan ve bir su alanına ait genel su kalitesi durumunu tek bir değer ile açıklayan değere su kalitesi indeksi adı verilir. Su kalitesi indeksinin amacı, farklı birimleri olan farklı parametreleri içeren karmaşık su kalitesi verilerini daha anlaşılabilir halde sunarak, su kalitesi konusunda uzman olmayan kişi ve

kurumların su kalitesi durumu hakkında bilgi edinebilmesi ve bu verileri rahat, hızlı ve anlaşılır bir biçimde kullanabilmesini sağlamaktır (Kaçan, 2020).

Su kalite indeksi hesaplamasının tüm yaklaşımlarında, dört ortak adım kullanılır (Gupta, 2019):

1. Parametre seçimi,

2. Alt indekslerin oluşturulması: Farklı birimlerin ve su kalitesi değişkenlerinin boyutlarının ortak bir ölçeğe dönüştürülmesi,

3. Ağırlıkların belirlenmesi: Su kalitesi değişkenlerinin toplam su kalitesine olan önemlerine göre ağırlıklandırılması,

4. Genel su kalitesi indeksinin oluşturulması: Alt indekslerin toplamı kullanılarak bir indeks puanının hesaplanmasıdır.

Dünyada en çok kullanılan su kalite indeksleri Kanada Su Kalitesi İndeksi, British Columbia İndeksi, Oregon Su Kalitesi İndeksi, National Sanitation Foundation Su Kalite İndeksleridir (Durmuş, 2021).

1.4.1. Kanada Su Kalite İndeksi

Kanada Su Kalitesi İndeksi, Kanada Çevre Bakanlığı tarafından tüm Kanada'da, eyaletler arasında kullanılması amacıyla geliştirilmiştir. Literatürde Kanada Çevre Bakanları Meclisi (Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME) indeksi olarak da yer almaktadır (Neary, 2001). Bu indekste su kalitesini değerlendirmek üzere değişkenlerin örneklendirilme sayısına, başarısız örneklendirme sayısına ve hedef değerlere ulaşamayan değişkenlerin sayısına ihtiyaç duyulmaktadır (Şahin, 2018). Kanada su kalitesi indeksi hesaplanmasında, en az dört parametre ve bu parametrelerin en az dört kez örneklenmiş olması gerekmektedir. (Kaçan, 2020) Bu yöntem, suda yaşayan canlıların korunması için yüzey suyunun spesifik kurallara uygun olarak değerlendirilmesi için geliştirilmiştir.

İndeks üç faktörün birleşimine dayanmaktadır (Saffran, 2001):

1. Kapsam: Hedeflerine ulaşılmayan değişkenlerin sayısı (F_1)

2. Frekans: Hedeflerin gerçekleştirilme sıklığı (F_2)

3. Genlik: Hedeflerin karşılanmadığı miktar (F_3)

İndeksin hesaplama formülü eşitlik 1.1-1.6'da verilmiştir.

Faktör 1 (F1) su kalitesi mevzuatlarında verilen hedef değeri aşan parametrelerin toplam parametrelere göre yüzdesini ifade eder.

$$F_1 = \frac{\text{Başarısız parametrelerin sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} * 100 \qquad (1.1)$$

Faktör 2 (F_2) frekans olarak adlandırılır. Test edilen veya gözlemlenen değerin kaç defa kabul edilebilir sınırlar veya sınırlar dışında olduğunu gösterir.

$$F_2 = \frac{\text{Başarısız deneylerin sayısı}}{\text{Toplam deney sayısı}} * 100 \quad (1.2)$$

Faktör 3 (F_3) sapma genişliği veya hedeflerin karşılanmadığı miktardır. Yönetmeliklerde verilen sınır değeri aşan başarısız test değerlerinin sayısını ifade eder.

$$\text{sapma}_i = \left(\frac{\text{Başarısız deney değeri}_i}{\text{Hedef değer}_i}\right) - 1 \quad (1.3)$$

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^{n} sapma_i}{Toplam\ deney\ sayısı} \quad (1.4)$$

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse+0.01}\right) \quad (1.5)$$

$$\text{CWQI} = 100 - \left[\frac{\sqrt{F_1^2+F_2^2+F_3^2}}{1.732}\right] \quad (1.6)$$

Kanada su kalite indeksi kalite sınıflandırılması Çizelge 1.1'de gösterilmiştir. Bu indeksin avantajı; tek bir sayı olarak çeşitli değişkenlerin ölçümlerini temsil eder. Farklı yasal gereksinimlere ve farklı su kullanımlarına uygundur. Bu su kalite indeks modeli uygulanarak çok sayıda nehir su kalitesi belirlenmiştir.

Çizelge 1.1. Kanada su kalite indeksi kalite sınıflandırılması (CCME, 2017)

Su kalite Skoru	Su Kalite Sınıfı
0-44	Çok kötü
45-59	Kötü
60-79	Orta
80-94	İyi
95-100	Çok iyi

1.4.2. British Columbia İndeksi (BCWQI)

British Columbia su kalitesi indeksi, 1995 yılında Britanya Kolumbiyası (British Columbia) Çevre, Araziler ve Parklar Bakanlığı tarafından su kalitesini değerlendirmek için geliştirilmiştir. Bu indeks, Kanada'daki diğer bölge indeksleri ve ulusal su kalitesi indeksi için temel olarak kabul edildiğinden, BCWQI'nin dikkatlice değerlendirilmesi gerekmektedir (Zandbergen ve Hall, 1998). BCWQI Kanada su kalite indeksi ile benzerlik göstermektedir.

British Columbia Su Kalitesi İndeksi hesaplamalarında elde edilen değer 0 ile 100 arasındadır ve örneklemlerin tekrarlanması ve istasyon sayısının artışı British Columbia indeksinin doğruluğunu arttıran önemli bir etkendir. İndeksin sınır değerlerinden sapana kadar su kalite eğilimi göstermemesi ise bu yöntemin en önemli dezavantajıdır (Kaçan, 2020).

Son İndeks değerini hesaplamak için eşitlik 1.7 kullanılmaktadır:

$$BCWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + (F_3/3)^2}}{1.453} \right) \tag{1.7}$$

1.4.3. Oregon Su Kalite İndeksi

Oregon Su Kalite İndeksi, 1970'lerde Oregon Çevre Departmanı tarafından Oregon bölgesinde bulunan akarsuların genel su kalitesini değerlendirmek ve bu yöntemin diğer coğrafi bölgelerde uygulanmasını sağlamak için geliştirildi. Oregon su kalite indeksi yönteminde ele alınan parametreler sıcaklık, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, pH, amonyak ve nitrat azotu, toplam fosfor, toplam katı madde ve fekal koliformdur (Cude, 2001). Oregon su kalite indeksi, Delphi metodunu parametre seçimi için kullanan Ulusal sanitasyon vakfı su kalite indeksinden sonra tasarlanmış olup su kalitesi izleme çalışmalarında su kalitesi durumunu ve kirlilik eğilimlerini ifade etmektedir. İndeks, parametrelerin ağırlıklı etkilerinin belirlenmesinde yasal limitleri dikkate almayarak ve harmonik ortalamalarını kullanmaktadır (Alver ve Baştürk, 2019). Bu indeksin matematiksel ifadesi eşitlik 1.8'de verilmiştir.

$$\text{O SKİ} = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{sl_i^2}}} \tag{1.8}$$

Bu denklemde, n = alt indis sayısı ve SI_i = Her parametrenin alt indeks değerini ifade etmektedir. Hesaplamalar sonucu oluşan O SKİ'nin derecelendirme ölçeği Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Oregon su kalite indeksi kalite sınıflandırması (Kaçan, 2020)

OQWI Değerleri	Su Kalite Sınıfı
0-59	Çok kötü
60-79	Kötü
80-84	Orta
85-89	İyi
90-100	Çok iyi

1.4.4. Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSF – WQI)

Amerika Birleşik Devletleri'ne bağlı Michigan eyaletindeki Ann Arbor şehrinde kurulan Amerikan Ulusal Sağlık Kuruluşu (National Sanitation Foundation) tarafından 1970 senesinde farklı su kütleleri üzerinde uygulanabilecek standart bir su kalite indeksi geliştirilmiştir (Brown, 1970). Bu çalışmalar Ulusal Sanitasyon Vakfı tarafından desteklendiğinden dolayı bu yöntem USV SKİ olarak isimlendirilmiş ve kritik derece kirlenmiş çeşitli su kütlelerinin SKİ'lerini hesaplamak için kullanılmıştır. Çeşitli su kaynaklarının kalitesini karşılaştırmak için önerilen bu yöntem sıcaklık, pH, bulanıklık, fekal koliform, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ($BOİ_5$), toplam fosfat, nitrat ve toplam çözünmüş katı madde olmak üzere 9 adet su kalite parametresine dayanmaktadır (Alver ve Baştürk, 2019).

USV SKİ metoduna göre su kütlelerine ait su kalitesi 9 farklı parametrenin aldığı alt indeks değerinin parametreye ait ağırlık katsayısı ile çarpımlarının toplamı olarak ortaya çıkmaktadır. USV SKİ için matematiksel ifade eşitlik 1.9 da verilmiştir.

$$\text{USV SKİ} = \sum_{\text{İ}=1}^{n} Q_i W_i \tag{1.9}$$

Bu eşitlikte, Q_i: Parametreye ait alt-indeks değeri W_i: Parametreye ait ağırlık çarpanı n: Su kalitesi parametre sayısıdır. USV SKİ'nin derecelendirme ölçeği Çizelge 1.3'te verilmiştir.

Çizelge 1.3.National Sanitation Foundation su kalite indeksi kalite sınıflandırılması (Noori, 2019)

NSF-WQI Değerleri	Su Kalite Sınıfı
0-25	Çok kötü
26-50	Kötü
51-70	Orta
71-90	İyi
91-100	Çok iyi

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Türkiye'de Örnek Uygulamalar

Türkiye'de günümüze kadar farklı araştırmacılar tarafından su kalitesi üzerine birçok çalışma yapılmış, yapılan bu çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir;

Alver, Baştürk (2019) yaptığı çalışmada Karasu Nehri su kalitesinin farklı su kalite indeksleri açısından değerlendirilmesine bakılmış model sonuçlarına göre, Karasu nehrinin USV SKİ modeline göre "orta" derece, O SKİ modeline göre "kötü" seviyede olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. KÇBK SKİ modeline göre bazı parametrelerde (Al, Cd, Pb, Zn, çözünmüş oksijen) "marjinal", ölçülen diğer parametrelerde ise (As ve fekal koliform) "kötü" seviyede olduğu belirtilmiştir.

Varol, Şekerci (2018) yaptığı çalışmada Korkuteli İlçe merkezi (Antalya) su kaynaklarının su kalite indeks (WQI) yöntemi ile değerlendirilmesine bakılmış WQI sonuçlarına göre çalışma alanındaki suların tümü zayıf su tipinde olduğu tespit edilmiştir.

Küçükönder, Kalkan ve Cırık (2021) yaptığı çalışmada Kılavuzlu baraj gölü (Kahramanmaraş) su kalitesini kanada su kalite indeksine göre değerlendirilmesine bakılmış 2018 yılı ölçüm dönemi için baraj gölünde yapılan ölçümlerde kanada su kalite indeksi kötü sınıfta yer almaktadır.

Dede ve Sezer (2016) yaptığı çalışmada Aksu Çayı su kalitesinin belirlenmesinde Kanada su kalitesi indeks (CWQI) modeline bakılmış olup model sonuçlarına göre kalite indeks değerleri zayıf su sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Ateş, Çelik, Bekaroğlu ve Ergin (2018) yaptığı çalışmada Kayseri'de içme suyu kalitesinin mekansal ve zamansal değişimi incelenmiş olup Su Kalite İndeksine (WQI) göre Kayseri'nin içme suyunun çok iyi su sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Öterler, Taş ve Kırgız (2012) yaptığı çalışmada Edirne ilinde bulunan Sazlıdere deresi üzerinde yaptıkları çalışmada su kalite parametrelerine bakılmış ve sonuç olarak derenin 3. ve 4. kalite seviyelerine daha yakın olduğunu tespit etmişlerdir.

Titiz (2020) Edirne'de yaptığı çalışmada toplam 45 istasyondan içme suyu ve yeraltı suyu örnekleri alınarak kış ve yaz mevsimlerinde çeşitli parametreler (sıcaklık, çözünmüş oksijen, yüzde oksijen doygunluğu, pH, iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, askıda katı madde, tuzluluk, bulanıklık, nitrat azotu, nitrit azotu, fosfat ve fosfor pentaoksi) ölçülerek İpsala ilçesi içme suyu kalitesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen WQI sonuçlarına göre A sınıfı mükemmel su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Bor ve Elci (2022) tarafından Aydın'da bulunan Çine Nehri'nin su kalitesindeki değişiklikleri değerlendirmek için beş farklı su kalitesi indeks yöntemi (Ağırlıklı Aritmetik Su Kalitesi İndeksi, CCME-WQI, NSF-SKİ, OWQI ve ATI) karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır.

2006-2019 dönemi için nehrin su kalitesinin değerlendirilmesinde en uygun indeks yöntemlerinin ATI ve CCME-WQI olduğu sonucuna varılmıştır.

Durmuş (2021) tarafından Ankara Çayı'nın su kalitesi NSF-WQI indeksi kullanılarak değerlendirilmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Bu çalışma alanında NSF indeksi ilk kez uygulanmış olup 2019-2020 yıllarında mevsimsel olarak seçilen 10 örnekleme istasyonundan su örnekleri alınmıştır. İndeks değerinin hesaplanmasında sıcaklık (yüzey ve dip sıcaklık farkı), pH, bulanıklık, FK (En Muhtemel Sayı Yöntemi), ÇO, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), toplam fosfat ve toplam nitrat parametrelerinin içinde bulunduğu toplam 20 parametrenin ölçüm ve analiz sonuçları kullanılmıştır. Sonuç olarak yapılan bu çalışmada, Ankara Çayı su kalite indeksi belirlenmiş, birçok istasyonda su kalitesinin "kirli" kategorisinde olduğu saptandığından, Ankara Çayı NSF-WQI kalite indeksine göre su kalitesi "kirli" olduğu tespit edilmiştir.

Dede ve ark., (2013) tarafından Ankara'nın önemli içme suyu kaynaklarından biri olan Kirmir havzasında bir yıllık izleme döneminde 10 örnekleme istasyonundan elde edilen su kalitesi verileri CCME, O-WQI, ATI, OIP, USV SKİ olmak üzere beş farklı su kalite indeks yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Su kalitesi analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde TS 266, Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (29.06.2012, RG: 28338) ve içme suyu kalitesi için Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) ve WHO standartlarındaki sınır değerler kullanılmıştır (TSE 2005; EPA 2009; WHO 2009, 2011a, 2011b). ÇO, BOİ, $PO4^{-3}$, renk, bulanıklık, T. coli, E. coli, Enterokok, Fe, Mn, As, Al, B ve Ba parametrelerinin havzadaki su kalitesini etkileyen başlıca kirleticiler olduğu görülmüştür. Son olarak çalışmada kullanılan indeksler karşılaştırılarak CCME indeksinin herhangi bir parametre kısıtlamasının olmaması, uygulanması kolay ve doğru sonuçlar vermesi sebebiyle en uygun indekslerden biri olduğu, ikinci olarak da O-WQI'nın CCME indeksine göre daha karmaşık olmasına rağmen rasyonel sonuçlar vermesi sebebiyle en uygun indeks olduğu sonucuna varılmıştır.

İspir (2018) tarafından yapılan çalışmada, Kastamonu iline bağlı Karaçomak Deresi'nin mevsimsel olarak su kalitesi parametreleri değerlendirilmiştir. Deredeki fiziksel ve kimyasal kirliliğin tehdit edici bir seviyede olmadığını *"Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği"*ne göre belirlemiştir. Çalışma sonucunda, su örneklerinin alındığı istasyonlarda varyans farklılıklarının çok az olduğunu gözlemlemiş ve derenin yüksek kalitede suya sahip olduğunu bildirmiştir.

Varol (2015) tarafından Diyarbakır ilinde bulunan Dicle Baraj Gölü'nün su kalitesinin belirlenmesi amacı ile bir çalışma yapılmıştır. 2008'in şubat ayında başlayan çalışmanın her ay düzenli örneklerin alınmasıyla 1 yıl boyunca devam ettiği ifade edilmiştir. Üç ayrı noktadan alınan örneklerde sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, seki diski derinliği, bulanıklık, askıda katı madde, toplam alkalinite, toplam sertlik, bikarbonat, klorür, kimyasal oksijen ihtiyacı ve sülfat gibi parametrelerin ölçümlerinin yapıldığı bildirilmiştir. Ölçülen kalite parametrelerinin sonuçlarına göre, Dicle Baraj Gölü'nün "I. Sınıf", yani yüksek kaliteli sular sınıfına girdiğini çalışma sonucunda belirlemiştir.

Şener ve ark., (2017) tarafından Aksu Nehri'nde yapılan çalışmada, Karacaören-1 Baraj Gölü'ne ulaşan akarsuda WQI kullanılarak su kalitesi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen değerler, Dünya Sağlık Örgütü ve TS 266 İçme Suyu Standardı'yla da karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar yağışlı ve kurak mevsim olarak iki grupta verilmiş olup Karacaören-1 Baraj Gölü'nün genel olarak iyi kalite su sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Taner (2007) tarafından İstanbul'da Küçükçekmece Havzası'nda yapılan çalışmada, havza genelinde bulunan 14 istasyonda beş yıl boyunca çözünmüş oksijen, toplam azot/toplam fosfor oranı, nitrat, ortofosfat, klorofil-a, kimyasal oksijen ihtiyacı, bulanıklık, iletkenlik ve pH parametrelerinin ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak bir su kalitesi indeksi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Havzada bulunan su kütlelerinde gözlemlenen alg patlaması dönemlerinde indeks puanlarının önemli derece düştüğü ve su kalitesinin "kritik" ve "çok kötü" sınıflar düzeyine gerilediği bildirilmiştir.

2.2. Dünyada Örnek Uygulamalar

Sutadian ve ark., (2018) tarafından Endonezya'da Batı Java Eyaleti'nde yapılan çalışmayla Batı Java Su Kalitesi İndeksi (The West Java Water Quality Index– WJWQI) geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 2001-2011 yıllarında derlenen veriler kullanılmıştır. Araştırmacılar bu indeksi geliştirmek için dört aşamalı bir yol izlemişlerdir. Bu aşamalar parametre seçimi, alt-indislerin elde edilerek bir aralığa indirgenmesi, parametrelere ağırlıklarının dağıtılması ve final skorunu elde etmek için alt-indislerin bir araya getirilmesi şeklindedir. Yapılan değerlendirme sonucunda sırasıyla fekal koliform (0,179), kimyasal oksijen ihtiyacı (0,100) ve çözünmüş oksijen (0,100) en yüksek ağırlığa sahip parametreler olarak seçilmiştir. En düşük ağırlığa sahip parametreler ise sıcaklık (0,034) ve çinko (0,038) olarak belirlenmiştir.

Said, Stevens ve Sehlike (2004) tarafından Idaho'da bulunan Big Lost Nehri su ayrım hattı üzerinde yapılan çalışmada temel parametreler olarak ifade edilen çözünmüş oksijen yüzdesi, iletkenlik, bulanıklık, toplam fosfor ve fekal koliform parametreleri kullanılarak yeni bir su kalitesi indeksi geliştirilmeye çalışılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda pH, sıcaklık ve azot bileşikleri gibi parametrelerin de su kalitesi üzerinde etkili olduğunu ancak bu parametrelerin etkilerinin diğer temel parametrelere göre daha tahmin edilebilir ve belli olduğunu vurgulamışlardır.

Bhutiani ve ark., (2013) tarafından Hindistan'ın ünlü Ganj Nehri üzerinde yapılan çalışmada on bir yıllık izleme çalışması sonucunda oluşturulan 16 adet fiziko-kimyasal parametre setine ait veriler kullanılarak Ved Prakash'ın Ganj Nehri İndeksi, Ağırlıklı Aritmetik İndeks (Weighted Aritmethic Index - WAI) ve NSF-WQI hesaplanmıştır. Bu sayede nehir suyunun içme, sulama ve diğer insani kullanım amaçlarına uygunluğu araştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen su kalitesi puanlarında çok az değişiklikler olduğu, kalite puanlarının birbirlerine yakın olduğu ortaya konulmuştur.

Sahoo ve Patra (2018) tarafından Hindistan'da bulunan Brahmani Nehri Havzası'nda yapılan çalışmada, 2002 ile 2016 yılları arasında dokuz farklı istasyondan üç farklı mevsimde muson öncesi, muson ve muson sonrası alınan çeşitli parametrelerin ölçüm sonuçlarına bağlı olarak Fonksiyonel Su Kalitesi İndeksi (Functional Water Quality Index – FWQI) belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda, üç mevsimde de özellikle toplam krom parametresinin azaltılmasıyla su kalitesinin arttırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışılan parametrelerden sodyum, potasyum, kurşun ve nikelin su kalitesi üzerinde pozitif yönde etkili olduğu; klorür, kadmiyum, bor, sülfat, fosfat, flüorit, bakır, çinko, nitrat, nitrit ve amonyağın ise negatif yönde etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Glikas et al., (2020) tarafından yapılan çalışmada Yunanistan'ın Nestos Nehir Havzasının fizikokimyasal ve genel durumunu değerlendirmek için Yunanistan Çevre ve Enerji Bakanlığı tarafından önerilen SÇD metodolojisi ve CCME karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Bu amaçla ana nehir ve kolları boyunca 11 istasyonda ve rezervuardaki 5 istasyonda aylık olarak izlenmiştir. SÇD metodolojisine göre nehir suyu "iyi" kalite sınıfındayken, CCME indeksine göre nehir kalitesinin "orta" ile "iyi" kalite sınıfında değiştiği görülmüştür. Bu nedenle, aynı su kütlesi için CCME indeksinin SÇD metodolojisine göre daha katı olduğu, özellikle toksik kirleticilerin dahil edilmesine izin verme kabiliyeti nedeniyle SÇD uygulamasında bir araç olarak kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Dominguez Franco et al., (2021) tarafından yapılan çalışmada Peru'da bulunan Cunas nehir havzasındaki su kalitesi, çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve CCME-WQI kullanılarak belirlenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar ile Cunas Nehri'nin kentsel kesimindeki kirlilik düzeyini kontrol etmeye yönelik önlemlerin benimsenmesine büyük fayda sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Farzadkia et al., (2015) tarafından yapılan çalışmada Yamchi Barajı Havzası su kalitesinin içme ve sulama tüketimleri için uygunluğu CWQI kullanılarak değerlendirilmiştir. 9 aylık örnekleme döneminde 9 istasyonda 12 fizikokimyasal parametre (sıcaklık, Eİ, bulanıklık, toplam çözünmüş madde, toplam askıda katı madde, NO3, NO2, PO4, ÇO, KOİ, BOİ ve pH) ve 2 biyolojik parametre (TK ve FK) indeks hesabına dahil edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre içme amaçlı kullanım için tüm istasyonlarda su kalitesinin kötü kalite sınıfında (indeks değeri: 40) yer alırken, sulama için 62-100 arasında indeks değerleri ile orta ve mükemmel kalitede yer almıştır.

Mahagamage ve Manage (2014) tarafından yapılan çalışmada Sri Lanka'daki en büyük nehirlerden biri olan ve Sri Lanka'daki endüstriyel atıkların en büyük alıcısı olan Kelani Nehir suyunun rekreasyon, içme, sulama ve hayvancılık gibi çeşitli su kullanımlarında uygunluğunu değerlendirmek için CCME-WQI uygulanmıştır. Çalışmada Kelani Nehir Havzası ile birlikte 27 yüzey suyu izleme noktasında bir yıllık süre için izleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre, indeks değerleri sırasıyla içme ve rekreasyon amaçları için kötü, sulama ve hayvancılık için sırasıyla iyi ve mükemmel olarak kaydedilmiştir.

Umwali et al., (2021) tarafından yapılan çalışmada Ruanda'nın doğal su kaynaklarından biri olan Muhazi Gölü'nde seçilen 12 istasyonda hem kuru hem de yağışlı dönem için NSF indeksi kullanılarak antropojenik kaynaklı su kalitesi değerlendirilmiştir. Hiçbir istasyonda su kalitesi mükemmel veya iyi su durumunda olmadığı için kullanımdan önce suyun uygun şekilde arıtılması gerektiği belirtilmiştir.

Nyamsi Tchatcho et al., (2017) tarafından Orta Afrika'daki Kamerun Merkez-Güney Orman Bölgesi'nin nehirleri üzerinde yürütülen çalışmada içme, su ürünleri yetiştiriciliği ve Organik Kirlilik İndeksi kullanılarak su kalitesini belirlenmiştir. 9 örnekleme istasyonunda, 14 su kalite parametresi izlenmiş olup elde edilen sonuçlara göre içme, su ürünleri yetiştiriciliği ve Organik kirlilik İndeksi sonuçları genel olarak uyumludur ve su kalite sınıfı iyi ve orta olarak bulunmuştur

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

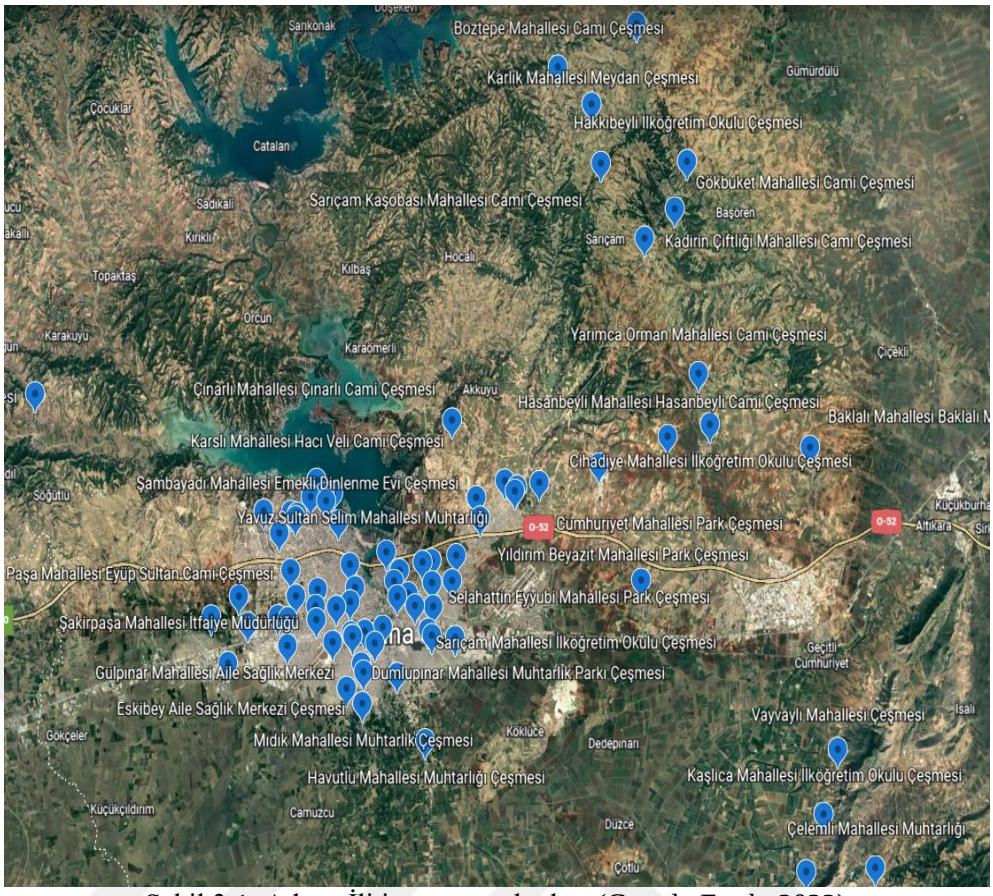
Adana ili 14.030 km² yüzölçümüne sahip Türkiye'nin güneyinde ve Akdeniz Bölgesi'nin Çukurova bölümünde kurulmuş olup batıda Mersin, kuzeyde Kayseri, kuzeybatıda Niğde, doğuda Osmaniye, Kahramanmaraş, güneydoğuda Hatay ve güneyde Akdeniz ile çevrilidir. Matematiksel konum olarak 35º–38º kuzey enlemleri ve 34º-36º doğu boylamları arasında olup ilin güneyinde kalan bölümüne Çukurova, kuzeyinde kalan bölümüne Anavarza tümüne ise Adana Ovası adı verilir (Adana Büyükşehir Belediyesi stratejik plan, 2020-2024). TÜİK, yıl bazlı il nüfus verilerine göre 2021 yılı nüfusu 2.263.373 kişi olup nüfus projeksiyonuna göre 2023 yılı nüfusunun 2.294.903 kişi olması beklenmektedir. Adana ilinin merkez ilçeleri 5 tane olup toplamda 15 adet ilçesi vardır. Bunlar; Seyhan, Çukurova, Yüreğir, Sarıçam, Karaisalı, Aladağ, Ceyhan, Feke, İmamoğlu, Karataş, Kozan, Pozantı, Saimbeyli, Tufanbeyli ve Yumurtalık'tır. (TÜİK, 2021).

3.2. Çalışma Alanının İklimi ve Su Kaynakları

Adana İli'nin Toros Dağları dışında kalan bölümlerinde Akdeniz ikliminin egemen olduğu görülmektedir. Yazlar kurak ve sıcak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Bölgede ortalama yağış miktarı yıllık 668,7 mm olup bu yağışlar yamaç yağışları şeklinde oluşmaktadır. Yağışların %51'i kışın, %26'sı ilkbaharda, %18'i sonbaharda ve %5'i de yazın düşmektedir (MGM, 2021).

Adana şehrinin içme ve kullanma suyu Çatalan Baraj Gölünden sağlanmaktadır. 1998 yılında yapımına başlanan Adana Çatalan İçme Suyu Temin Projesi 2003 yılında tamamlanmış ve şehre arıtılmış içme kullanma suyu verilmeye başlanmıştır. Bugün itibari ile şehir nüfusunun %98'ine Çatalan içme kullanma suyu verilmektedir. %2'lik nüfusun içme kullanma suyu yeraltından sağlanmaktadır (Adana Büyükşehir Belediyesi stratejik planı, 2020-2024).

Adana ilinde Çatalan Barajı'ndan gelen suyla beslenen 4 merkez ilçeden biri olan Seyhan ilçesinden 34 numune, Çukurova ilçesinden 12 numune, Yüreğir ilçesinden 29 numune ve Sarıçam ilçesinden 18 numune olmak üzere toplamda 93 adet numune toplanmıştır. Tüm istasyonlara ait izleme noktaları Şekil 3.1. de ve bu izleme noktalarına ait bilgiler Çizelge 3.1. de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Adana İli istasyon noktaları (Google Earth, 2022)

Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarının koordinatları

No	Örnekleme Noktası	Enlem	Boylam
1	Kayadelen Camii	36,997304	35,302138
2	Küçük Dikili ASM	37,001217	35,216841
3	Sarı Hamzalı Camii	36,979631	35,225033
4	Yeşiloba Camii	36,996766	35,241051
5	Şakirpaşa mah. İtf. Müd.	36,993082	35,288011
6	Onur mah. Durak Camii	36,995811	35,268494
7	Seyhan ilçe jandarma komutanlığı	36,983365	35,297221
8	Hürriyet Mah. eski durak halk çeşmesi	36,978649	35,325844
9	Emek mah. Gülek camii	37,015234	35,314279
10	Dumlupınar mah. Muhtarlık parkı çeşmesi	36,983337	35,311253
11	Yeşil yuva mah. Emniyet parkı çeşmesi	36,958024	35,310341
12	Gülpınar mah. Aile sağlık merkezi çeşmesi	36,983511	35,310988
13	Eskibey mah. Aile sağlık merkezi çeşmesi	36,967059	35,316223
14	Mıdık mah. Muhtarlık çeşmesi	36,953245	35,313289
15	Dağlıoğlu Ato Diş Tedavi Ve Protez Merkezi Ç.	36,970726	35,315217
16	Ulucami Mahallesi Çeşmesi	36,985556	35,332212
17	Akkapı Mahallesi Muhtarlık Çeşmesi	36,960992	35,303666
18	Kocavezir Mahallesi Halvezir Cami Çeşmesi	36,984955	35,319812
19	Gürsel Paşa Mahallesi Eyüp Sultan Cami Çeşme	37,016408	35,273645
20	Döşeme Mahallesi Muhtarlığı Çeşmesi	36,998814	35,311962
21	İsmetpaşa Aile Sağlığı Merkezi Çeşmesi	37,006342	35,290716
22	Barış Mahallesi Aile Sağlığı Merkezi Çeşmesi	37,004835	35,275525
23	Yeşilevler Mahallesi Yeşilevler Cami Çeşmesi	36,999095	35,288159
24	Fevzipaşa Mahallesi Otogar Çeşmesi	36,997035	35,261936
25	Ova Mahallesi Bediüzzaman Cami Çeşmesi	36,983944	35,266481
26	Cumhuriyet Mahallesi Park Çeşmesi	37,038882	35,447936
27	Kazım Karabekir Mahallesi Park Çeşmesi	37,009225	35,347381
28	Sinan Paşa Mahallesi Belediye Çeşmesi	36,998005	35,344105
29	Yavuzlar Mahallesi İl Jandarma Alay Kmt.	37,004888	35,342438
30	Şehit Erkut Akbay Mahallesi Aile Sağlık Merkz.	37,001285	35,382348
31	Ulubatlı Hasan Cami Çeşmesi	37,012097	35,386865
32	Selahattin Eyyubi Mahallesi Park Çeşmesi	37,011602	35,369719
33	Vayvaylı Mahallesi Çeşmesi	36,901768	35,631388
34	Kaşlıca Mahallesi İlköğretim Okulu Çeşmesi	36,873695	35,617515
35	Gökvelioğlu Mahallesi Muhtarlığı	36,84593	35,601969
36	Çelemli Mahallesi Muhtarlığı	36,847449	35,648511
37	Çatalpınar Mahallesi Muhtarlığı	36,826003	35,572877
38	Belören Mahallesi Muhtarlığı	36,812243	35,558843
39	Karacaoğlan Mahallesi Park Çeşmesi	37,011384	35,363577
40	Kışla Mahallesi Cami Çeşmesi	37,018304	35,339736
41	Kiremithane Mahallesi Merkez Cami Çeşmesi	37,004697	35,316149
42	Atakent Mahallesi 15 Temmuz Şehitler Parkı Çeş	36,991177	35,367765
43	Dadaloğlu Mahallesi Muhammediye Cami Çeşm.	37,001783	35,368581
44	Akıncılar Mahallesi Muhtarlığı Çeşmesi	36,998555	35,351811
45	Yüreğir Belediyesi Levent Mahallesi Çocuk Prk.	36,976062	35,3855115
46	19 Mayıs semt Parkı Çeşmesi	36,981191	35,362753
47	19 Mayıs Mahallesi Muhtarlığı Çeşmesi	36,978552	35,364911
48	Haydaroğlu Mahallesi Çocuk Parkı Çeşmesi	36,963764	35,338763
49	Havutlu Mahallesi Muhtarlığı Çeşmesi	36,932756	35,353287
50	Huzurevleri Mahallesi Ali Öz Cami Çeşmesi	37,041992	35,277889
51	Huzurevleri Mahallesi 7 Nolu Çocuk Parkı Çeşm	37,039417	35,280614

Çizelge 3.1. devamı

52	Kurttepe Mahallesi Hatice Kurttepeli Cami Çeşm	37,033689	35,268589
53	Belediye Evleri Mah. Hacı Kalendar Pütür Cami	37,044369	35,299517
54	Şehit Yunus Uğur Ortaokulu Çeşmesi	37,008483	35,236926
55	Şambayadı Mahallesi Emekli Dinlenme Evi Çşm	37,040815	35,282019
56	Salbaş Merkez Cami Çeşmesi	37,110872	35,112451
57	Toros Mahallesi Ramazanoğlu Cami Çeşmesi	37,047554	35,292317
58	Karslı Mahallesi Hacı Veli Cami Çeşmesi	37,054453	35,297417
59	Güzelyalı Mahallesi Şehzade Kademoğlu Cami Ç	37,047764	35,301861
60	Mahfesığmaz Mah. Baba Albay Tahsin Ulu Cami	37,044699	35,302479
61	Güzelyalı Mah. 2 Nolu Çocuk Ve Dinlenme Park	37,047458	35,307732
62	Mahfesığmaz Cami Çeşmesi	37,034725	35,309417
63	Hakkıbeyli İlköğretim Okulu Çeşmesi	37,169648	35,569784
64	Yağızlar Mahallesi Cami Çeşmesi	37,233978	35,545042
65	Boztepe Mahallesi Cami Çeşmesi	37,220117	35,488622
66	Karlık Mahallesi Meydan Çeşmesi	37,201125	35,509025
67	Sarıçam Kaşobası Mahallesi Cami Çeşmesi	37,174276	35,511345
68	Sarıçam Mahallesi İlköğretim Okulu Çeşmesi	36,992704	35,355162
69	Kadirin Çiftliği Mahallesi Cami Çeşmesi	37,139298	35,535609
70	Yıldırım Beyazıt Mahallesi Park Çeşmesi	37,027194	35,405571
71	Orhan Gazi Mahallesi Park Çeşmesi	37,036477	35,430835
72	Buruk İlköğretim Okulu Çeşmesi	37,038081	35,432629
73	Yürekli Mahallesi Kürkçüler Halk Çeşmesi	36,988944	35,510161
74	Yavuz Sultan Selim Mahallesi Muhtarlığı	37,041811	35,424741
75	Gültepe Mahallesi Gültepe Cami Çeşmesi	37,036229	35,404338
76	Çınarlı Mahallesi Çınarlı Cami Çeşmesi	37,071897	35,393136
77	Buruk Konaklama Tesisleri Çeşmesi	37,042454	35,489362
78	Gökbuket Mahallesi Cami Çeşmesi	37,149677	35,558247
79	Yarımca Orman Mahallesi Cami Çeşmesi	37,076274	35,562907
80	Cihadiye Mahallesi İlköğretim Okulu Çeşmesi	37,052705	35,560706
81	Baklalı Mahallesi Baklalı Merkez Cami Çeşmesi	37,035895	35,633438
82	Hasanbeyli Mahallesi Hasanbeyli Cami Çeşmesi	37,051518	35,537669

Şehir şebeke suyundan alınan 93 adet numune plastik numune kaplarına alınarak, soğuk zincirde laboratuvara getirilmiştir. Her bir numune 1500 mL olarak toplanmıştır. Numuneler, analizler sonuçlanıncaya kadar +4 ºC‘ de muhafaza edilmiştir (Sağlık Bakanlığı su numune kabul kriterleri, 2018). Su numuneleri toplanırken plastik numune kaplarında etiketlemeler şu doğrultuda yapılmıştır:

a. Numunenin alındığı tarih, saat, adres,

b. Numunenin cinsi,

c. Numunenin kim tarafından alındığı.

Şebeke sularından kimyasal su numunesi, musluk tam olarak açılıp şebeke suyunu temsil eden suyun geldiğinden emin oluncaya kadar su akıtıldıktan sonra numune şişesi 3 kez çalkalanıp

ağızda boşluk kalmayacak şekilde doldurulup alınmıştır (Karabük Halk Sağlığı Laboratuvarı Su Numune Alma Rehberi, 2015).

3.3. Fizikokimyasal Analizler

Laboratuvara soğuk zincirde getirilen numunelerin oda sıcaklığına gelmesi ile beraber pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde (TDS), tuzluluk ve çözünmüş oksijen analizleri Hach HQ440d elektrot tutuculu çift kanallı laboratuvar tipi dijital multimetreyle, bulanıklılık analizi TL 2300 Hach Lange marka türbidimetre cihazıyla, klorür (Cl), nitrat (NO_3), sülfat (SO_4), fosfat (PO_4), analizleri Dıonex Ics-5000$^+$ Dp marka iyon kromotoğrafi cihazıyla ve demir (Fe), alüminyum (Al), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) analizleri ise ICP MS 7700 Agilent cihazı ile yapılmıştır. Analizler Çizelge 3.2.'de verilen metodlarla Türk Standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş veriler kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Analiz metodları ile ilgili TSE standartları

Analizler	**Kullanılan Standart**
pH tayini	TS EN ISO 10523 (10.04.2013)
Elektriksel İletkenlik	TS 9748 EN 27888 (05.06.2012)
Toplam Çözünmüş Katı Madde	TS 7092
Tuzluluk	TS 8108
Çözünmüş Oksijen Tayini	TS EN ISO 5814
Bulanıklılık Tayini	TS EN ISO 7027
Klorür	TS EN ISO 10304-1
Nitrat	TS EN ISO 10304-1
Sülfat	TS EN ISO 10304-1
Fosfat	TS EN ISO 10304-1
Demir	TS EN ISO 17294-2
Alüminyum	TS EN ISO 17294-2
Sodyum	TS EN ISO 17294-2
Kalsiyum	TS EN ISO 17294-2
Magnezyum	TS EN ISO 17294-2

3.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Numunelerde tespit edilecek veriler; İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2005), Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2004), Türk Standartları Enstitüsü TS266 (TS 266, 2005), Dünya Sağlık Örgütü WHO (WHO, 2011a), ve Avrupa Birliği Komisyonu (EC, 2007) tarafından bildirilen içme suları için limit değerler ile karşılaştırılmıştır (Titiz, 2020).

3.5. Su Kalite İndeksi

Su kalitesinin değerlendirilmesi, genel olarak risk içeren birçok su kalite parametresi olduğu için karmaşık bir uygulama olabilmektedir. Su kaynaklarından alınan büyük hacimli örneklerde su kalitesini değerlendirmek için birçok parametrenin analiz edilmesi de kolay bir uygulama değildir. Su kalitesini değerlendirmek için kullanılan geleneksel yöntemler, deneysel olarak belirlenen parametre değerlerinin mevcut yönetmelik veya kılavuzlarla karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Su kalitesi indeksleri, veri hacmini büyük ölçüde en aza indiren ve su kalitesi durumunun ifadesini basitleştiren yaklaşımlardır. Su kalitesi indeksinin hesaplanması, fiziko-kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin sayısına bağlıdır (Alver ve Baştürk, 2019).

Kavramsal olarak su kalite indeksi (WQI) üç faktör içermektedir. Bunlar;

Faktör 1 **(F1)** su kalitesi mevzuatlarında verilen hedef değeri aşan parametrelerin toplam parametrelere göre yüzdesini ifade eder.

Faktör 2 **(F2)** frekans olarak adlandırılır. Test edilen veya gözlemlenen değerin kaç defa kabul edilebilir sınırlar veya sınırlar dışında olduğunu gösterir.

Faktör 3 **(F3)** sapma genişliği veya hedeflerin karşılanmadığı miktardır. Yönetmeliklerde verilen sınır değeri aşan başarısız test değerlerinin sayısını ifade eder. İndeksin hesaplama formülü aşağıdaki gibidir.

$$F_1 = \frac{\text{Başarısız parametrelerin sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} * 100 \tag{3.1.}$$

$$F_2 = \frac{\text{Başarısız deneylerin sayısı}}{\text{Toplam deney sayısı}} * 100 \tag{3.2.}$$

$$\text{sapma}_i = \left(\frac{\text{Başarısız deney değeri}_i}{\text{Hedef değer}_i}\right) - 1 \tag{3.3}$$

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^{n} sapma_i}{Toplam\ deney\ sayısı} \tag{3.4}$$

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse+0.01}\right) \tag{3.5.}$$

$$CWQI = 100 - \left[\frac{\sqrt{F_1^2+F_2^2+F_3^2}}{1.732}\right] \quad (3.6.)$$

Çizelge 3.3. Kanada su kalite indeksi kalite derecelendirmesi (CCME, 2017)

Değer	Su Kalitesi Değerlendirmesi	Kullanım Olanakları
95-100	Çok iyi	İçme, sulama, endüstriyel
80-94	İyi	İçme, sulama, endüstriyel
60-79	Orta	Sulama, endüstriyel
45-59	Kötü	Sulama, endüstriyel
0-44	Çok kötü	Sulama

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Adana İli içme sularında, tüm istasyonlarda tespit edilen su kalite parametre verileri çizelge 4.1-4.4'de verilmiştir Ayrıca tespit edilen su kalite parametrelerinin İlçelere göre ortalama değerleri şekil 4.1-4.15'da sütun grafiğinde, istasyonlara göre su kalite parametreleri de şekil 4.16-4.29'da çizgi grafiğinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Seyhan ilçesi içme sularında tespit edilen veriler

ŞEBEKE ADI	pH	İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Tuzluluk (%)	Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L)	Çözünmüş Oksijen Yüzdesi (%)	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)
S1	7,52	440	0,124	0,022	225	106,8	23,2	10,24
S2	7,57	440	0,112	0,023	226	106,2	23,2	10,54
S3	7,6	439	0,188	0,023	228	105,9	23,3	10,36
S4	7,61	443	0,206	0,023	227	106,2	23,2	10,36
S5	7,7	439	0,156	0,023	230	105,4	23,1	10,17
S6	7,63	440	0,146	0,023	229	105,5	23,2	10,36
S7	7,65	440	0,186	0,022	223	106	23,2	10,47
S8	7,4	435	0,604	0,022	222	105,6	23,2	10,38
S9	7,52	437	0,306	0,022	219	105,2	23,2	10,31
S10	7,57	438	0,123	0,023	225	105,3	23	10,36
S11	7,6	438	0,175	0,022	226	105,2	23,1	10,22
S12	7,61	438	0,153	0,023	223	105,5	23,1	10,26
S13	7,6	437	0,163	0,023	224	105,3	23,1	10,48
S14	7,63	438	0,241	0,021	215,7	105,7	23	10,53
S15	7,61	439	0,212	0,022	227	104,9	22,8	10,45
S16	7,64	412	0,071	0,022	225	104,9	22,9	8,88
S17	7,63	411	0,093	0,022	222	105,5	23	8,81
S18	7,6	415	0,074	0,023	224	104,5	23	8,77
S19	7,63	410	0,115	0,022	221	105,2	22,9	8,75
S20	7,67	418	0,112	0,023	226	104,3	22,6	8,72
S21	7,65	410	0,069	0,023	221	103,6	22,9	8,77
S22	7,67	414	0,104	0,022	223	104,2	22,9	8,72
S23	7,67	411	0,096	0,022	222	105,1	22,9	8,79
S24	7,63	413	0,115	0,022	221	104,8	22,9	8,79
S25	7,84	417	0,121	0,022	221	103,9	22,9	8,98
S26	7,89	417	0,109	0,023	221	104,3	22,9	8,81
S27	7,83	418	0,077	0,022	222	103,8	23	8,75
S28	7,85	415	0,086	0,023	222	103,5	23	8,77
S29	7,82	419	0,063	0,021	223	104,2	23	8,81
S30	7,85	418	0,077	0,022	222	103,8	23	8,8
S31	7,8	418	0,083	0,022	221	104,3	22,7	8,87
S32	7,77	418	0,073	0,022	222	105,2	22,7	8,97
S33	7,8	417	0,084	0,022	222	104,4	23	9
S34	7,83	418	0,096	0,022	222	104,1	23	8,93

S:Seyhan

Çizelge 4.1. (devamı)

ŞEBEKE ADI	Cl (mg/L)	NO3 (mg/L)	SO4 (mg/L)	PO4 (mg/L)	Fe (µg/L)	Al (µg/L)	Na (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
S1	25,86	3,175	35,51	4,961	27,20	2,096	15,93	47,14	19,79
S2	25,51	3,147	35,15	4,85	13,02	4,718	15,83	46,92	19,89
S3	25,43	3,006	34,98	4,878	37,26	1,667	15,96	46,81	19,91
S4	24,15	2,847	33,37	5,104	22,94	1,378	16,83	50,68	21,05
S5	24,50	2,871	33,82	4,901	21,44	5,209	15,65	46,73	19,72
S6	24,47	2,95	33,71	5,033	23,41	1,155	16,20	48,45	20,31
S7	24,53	2,891	33,63	7,091	192,2	7,9	15,95	46,94	20,20
S8	24,42	3,141	34,09	4,804	7,247	1,211	15,16	47,16	19,36
S9	24,06	2,986	33,62	4,821	14,13	1,538	15,56	45,63	19,94
S10	24,15	3,024	33,69	4,796	8,56	1,144	15,29	46,96	19,32
S11	24,60	3,2	34,17	4,804	21,52	2,006	15,14	47,26	19,35
S12	24,85	3,163	34,46	4,842	7,941	1,139	15,29	47,87	19,67
S13	24,48	3,18	34,55	4,95	17,11	1,076	16,08	49,85	20,6
S14	24,41	3,154	34,29	4,994	20,31	3,314	15,65	43,56	19,921
S15	24,40	3,098	34,74	4,937	8,673	1,203	15,46	47,68	19,61
S16	22,7	3,404	30,29	4,898	7,699	4,15	12,90	47,61	17,884
S17	22,01	3,206	29,26	4,93	6,785	1,208	12,92	47,71	17,862
S18	22,86	3,435	30,751	4,836	7,762	2,288	12,98	48,23	18,025
S19	23,13	3,343	30,52	5,065	6,802	2,693	13,02	48,23	18,074
S20	23,58	3,3	31,19	5,27	11,07	3,421	13,11	46,55	18,508
S21	22,31	3,5	29,80	4,856	6,901	1,287	12,90	48,10	17,814
S22	22,34	3,229	30,11	4,849	7,911	1,656	12,86	47,84	17,753
S23	22,57	3,315	30,117	5,134	9,061	1,939	12,98	48,11	17,901
S24	22,12	3,237	29,572	4,828	8,679	1,576	12,78	47,68	17,814
S25	21,76	3,186	29,48	4,797	13,01	2,193	12,63	48,06	17,53
S26	22,05	3,213	29,742	4,816	20,39	2,737	13,02	49,75	18,218
S27	22,19	3,23	29,855	4,813	6,013	1,454	12,74	48,12	17,765
S28	22,11	3,167	29,783	4,812	6,449	1,571	13,38	50,57	18,704
S29	22,10	3,195	29,977	4,8	8,157	0,93	13,96	53,64	19,56
S30	22,06	3,229	29,837	4,801	8,715	1,278	12,77	49,12	17,822
S31	22,06	3,247	29,805	4,883	8,551	1,026	12,86	49,43	17,827
S32	21,67	3,176	29,367	4,8	8,803	0,79	13,14	50,90	18,453
S33	22,09	3,201	29,889	4,865	8,803	1,444	13,18	50,64	18,456
S34	21,96	3,215	29,554	4,799	6,163	1,342	13,16	50,76	18,278

Çizelge 4.2. Yüreğir ilçesi içme sularında tespit edilen veriler

ŞEBEKE ADI	pH	İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Tuzluluk (%)	Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L)	Çözünmüş Oksijen Yüzdesi (%)	Sıcaklık (°C)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)
Y1	7,66	442	0,362	0,023	226	105	22,6	9,76
Y2	7,73	440	0,183	0,022	227	104	22,5	10,18
Y3	7,71	440	0,278	0,021	221	105,1	22,6	9,96
Y4	7,7	440	0,387	0,023	222	105,3	22,8	9,89
Y5	7,68	440	0,263	0,022	220	104,9	22,8	10,16
Y6	7,69	440	0,22	0,023	222	104,2	22,7	10,28
Y7	7,67	441	0,177	0,022	223	103,6	22,5	9,92
Y8	7,15	799	0,232	0,042	419	105	22,8	10,05
Y9	7,24	679	0,096	0,035	353	105,6	22,6	10,19
Y10	7,31	478	0,168	0,025	247	104,7	22,5	10,14
Y11	7,3	511	0,081	0,026	262	104,6	22,4	10,04
Y12	7,3	526	0,203	0,027	273	103,3	22,2	9,86
Y13	7,17	930	0,229	0,05	498	103,8	22,4	9,55
Y14	7,55	419	0,09	0,023	230	104,6	22,6	8,61
Y15	7,59	420	0,092	0,022	227	104,2	22,5	8,61
Y16	7,58	420	0,072	0,023	228	104	22,4	8,67
Y17	7,56	420	0,215	0,022	228	101,9	22,2	8,61
Y18	7,59	420	0,094	0,023	227	103,7	22,5	8,67
Y19	7,59	420	0,092	0,022	226	103,9	22,6	8,66
Y20	7,49	411	0,068	0,022	222	103,7	22,8	8,98
Y21	7,56	415	0,1	0,021	222	104,2	23	8,99
Y22	7,58	416	0,123	0,022	221	104,2	23,1	8,94
Y23	7,59	416	0,078	0,022	221	104,4	23	8,96
Y24	7,56	418	0,098	0,021	220	104,2	23,1	8,93
Y25	7,54	407	0,075	0,021	220	103,9	23,1	9,05
Y26	7,68	410	0,09	0,022	220	104	23,2	9,04
Y27	7,67	409	0,069	0,021	221	104	23,1	9,06
Y28	7,78	413	0,101	0,023	220	103,6	23	9
Y29	7,68	410	0,139	0,022	221	103,7	23	9

Y:Yüreğir

Çizelge 4.2. (devamı)

ŞEBEKE ADI	Cl (mg/L)	NO3 (mg/L)	SO4 (mg/L)	PO4 (mg/L)	Fe (µg/L)	Al (µg/L)	Na (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
Y1	27,737	3,117	38,057	5,049	17,63	1,142	15,507	48,488	19,523
Y2	25,864	3,18	35,005	4,879	31,79	1,291	15,529	48,1	19,359
Y3	25,417	3,128	35,145	5,159	12,61	1,068	15,505	44,649	19,651
Y4	24,801	3,009	34,228	4,842	10,20	1,136	15,618	45,359	19,53
Y5	24,825	3,052	34,29	4,905	8,347	1,053	15,218	42,466	19,141
Y6	24,839	3,152	34,222	5,603	9,486	0,627	15,827	46,247	20,05
Y7	24,786	2,932	34,305	4,837	9,639	1,2	15,612	43,971	19,564
Y8	38,041	95,305	52,391	5,834	1,583	1,293	25,964	93,829	29,874
Y9	33,633	47,035	22,524	4,927	1,092	0,665	22,273	111,56	10,968
Y10	15,92	11,447	10,992	6,124	1,173	1,792	11,359	97,006	5,004
Y11	13,639	13,447	19,685	4,847	1,069	1,939	10,049	90,884	7,574
Y12	15,279	15,823	19,566	6,276	0,811	0,778	11,684	92,028	8,314
Y13	65,105	7,524	87	4,837	3,762	0,542	55,185	87,647	42,415
Y14	22,237	3,052	29,702	4,863	5,939	0,793	12,803	48,163	17,732
Y15	22,343	3,07	29,859	4,845	7,019	0,9	12,975	48,92	17,731
Y16	22,436	3,084	30,051	4,833	6,956	1,024	12,858	48,556	17,537
Y17	22,49	3,074	30,128	4,805	71,81	1,66	13,177	49,904	18,124
Y18	22,354	3,101	29,998	4,811	6,735	1,035	13,056	49,456	17,93
Y19	22,49	3,099	30,231	4,871	7,065	1,004	13,058	49,923	18,018
Y20	22,543	3,191	30,357	4,83	8,654	1,287	12,966	50,534	18,061
Y21	22,799	3,187	30,593	4,81	8,381	0,876	12,877	49,544	17,928
Y22	22,749	3,259	30,356	4,868	18,21	3,783	13,251	51,975	18,676
Y23	22,906	3,358	30,712	5,157	9,042	5,633	13,493	52,797	18,856
Y24	23,136	3,512	30,432	5,674	13,57	1,292	12,668	49,413	17,644
Y25	23,339	3,25	30,341	4,914	13,68	1,615	12,858	50,611	18,216
Y26	22,839	3,217	29,715	5,057	12,21	0,917	12,647	49,428	17,967
Y27	23,088	3,298	30,054	5,081	10,76	0,966	12,742	49,913	18,007
Y28	22,857	3,19	29,862	5,034	27,93	1,058	12,607	49,232	17,77
Y29	22,805	3,211	29,734	4,907	37,04	1,106	12,726	49,882	17,988

Çizelge 4.3. Sarıçam ilçesi içme sularında tespit edilen veriler

ŞEBEKE ADI	pH	İletkenlik (µS/cm)	Bulanıklık(NTU)	Tuzluluk (%)	Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L)	Çözünmüş Oksijen Yüzdesi (%)	Sıcaklık (ºC)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)
SR1	7,31	852	0,071	0,046	465	103,8	22,8	8,66
SR2	7,76	603	0,189	0,032	325	104,1	22,7	8,46
SR3	7,53	655	0,155	0,035	351	101,5	22,7	6,58
SR4	7,15	690	0,098	0,037	370	110,5	22,7	8,48
SR5	7,15	644	0,059	0,032	326	103,6	22,8	8,5
SR6	7,6	418	0,193	0,022	223	103,7	22,8	9,02
SR7	7,63	417	0,101	0,022	224	103,8	22,9	8,89
SR8	7,6	414	0,133	0,022	224	104,6	22,9	9,03
SR9	7,6	416	0,087	0,023	224	103	22,8	8,89
SR10	7,57	417	0,138	0,022	225	103,7	22,7	8,87
SR11	7,58	416	0,096	0,023	224	104,1	22,7	8,94
SR12	7,57	415	0,101	0,022	223	103,7	23	8,93
SR13	7,5	706	0,117	0,038	386	104,1	22,7	8,81
SR14	7,34	756	1,09	0,038	378	104	23	8,66
SR15	7,5	606	0,249	0,03	295	104,4	23	8,73
SR16	7	988	0,067	0,05	499	103,3	23	8,46
SR17	7,22	870	0,092	0,044	438	103,7	22,7	8,65
SR18	7,15	914	0,481	0,046	453	103,9	22,6	8,65

SR:Sarıçam

Çizelge 4.3. (devamı)

ŞEBEKE ADI	Cl (mg/L)	NO3 (mg/L)	SO4 (mg/L)	PO4 (mg/L)	Fe (µg/L)	Al (µg/L)	Na (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
SR1	41,57	104,2	22,16	4,864	1,107	0,881	21,259	112,31	30,59
SR2	25,37	2,805	46,7	4,899	21,06	3,095	22,426	39,62	44,11
SR3	34,89	5,526	83,43	4,829	3,702	2,943	53,862	44,412	29,16
SR4	24,14	60,67	8,521	4,918	2,823	0,336	12,404	82,313	33,45
SR5	17,88	71,09	7,773	4,856	3,598	1,4	10,126	69,805	28,07
SR6	22,80	3,328	30,43	4,86	7,113	1,166	12,827	50,57	17,98
SR7	22,33	3,256	29,64	4,852	10,28	0,784	12,724	51,072	17,79
SR8	22,23	3,198	29,73	5,018	7,424	0,944	12,437	49,215	17,4
SR9	22,05	3,227	29,39	4,922	10,25	1,004	12,529	50,577	17,721
SR10	22,10	3,166	29,44	4,862	8,897	0,687	12,407	49,791	17,61
SR11	22,31	3,193	30,24	4,839	7,492	1,079	12,307	49,042	17,332
SR12	22,38	3,221	29,89	4,913	7,461	0,894	12,148	48,644	17,143
SR13	57,18	47,41	25,74	4,922	6,17	1,903	28,238	73,603	28,38

Çizelge 4.3 (devamı)

SR14	31,6	19,12	11,67	4,988	367,9	10,31	25,41	75,512	37,049
SR15	26,44	25,05	15,07	5,111	23,20	15,52	23,892	52,959	25,923
SR16	86,75	81,26	25,85	4,913	0,879	0,841	38,71	103,16	33,945
SR17	68,10	63,26	16,30	4,907	3,132	1,826	39,858	81,21	36,439
SR18	69,49	88,93	22,44	5,214	16,14	19,68	32,34	100,88	28,098

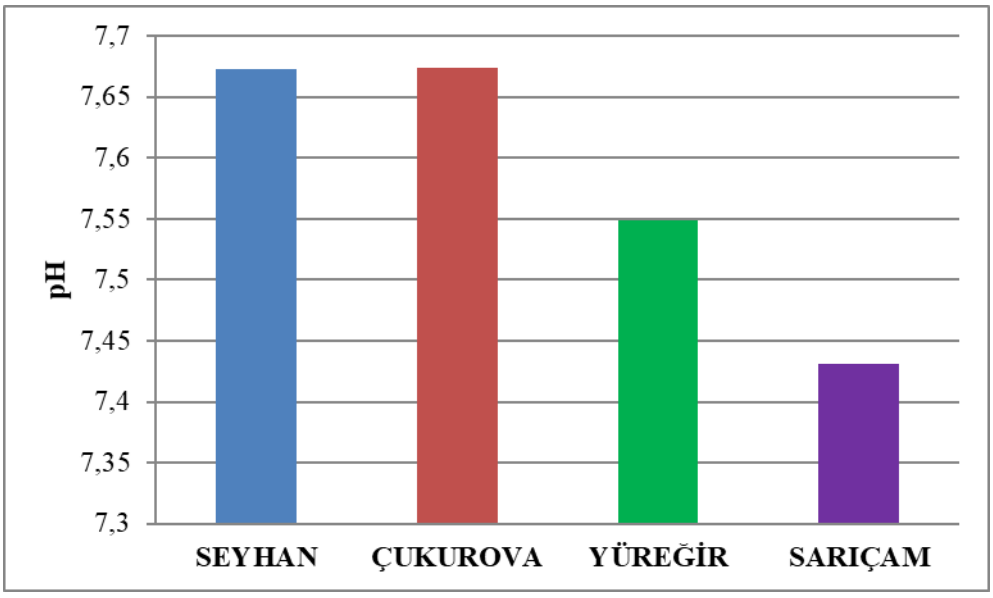
Çizelge 4.4. Çukurova ilçesi içme sularında tespit edilen veriler

ŞEBEKE ADI	**pH**	**İletkenlik (µS/cm)**	**Bulanıklık(NTU)**	**Tuzluluk (%)**	**Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L)**	**Çözünmüş Oksijen Yüzdesi (%)**	**Sıcaklık (°C)**	**Çözünmüş Oksijen (mg/L)**
Ç1	7,58	428	0,32	0,021	219	104,8	22,6	10,53
Ç2	7,72	431	0,192	0,022	214,9	104	22,4	10,52
Ç3	7,73	431	0,164	0,022	217	104,9	2,8	10,32
Ç4	7,74	430	0,264	0,023	215,5	105,6	3,1	10,44
Ç5	7,7	431	0,273	0,021	216	105,2	3,1	10,56
Ç6	7,82	435	0,197	0,022	220	105,7	2,6	10,42
Ç7	7,55	448	0,109	0,022	221	104,8	2,8	9,12
Ç8	7,68	446	0,071	0,022	222	104,7	2,9	8,94
Ç9	7,56	447	0,069	0,021	221	103,9	3,2	9,03
Ç10	7,66	446	0,075	0,023	221	105	3,2	9,09
Ç11	7,6	447	0,077	0,022	222	104,5	3,2	9,06
Ç12	7,75	446	0,07	0,022	221	104,5	3,1	8,96

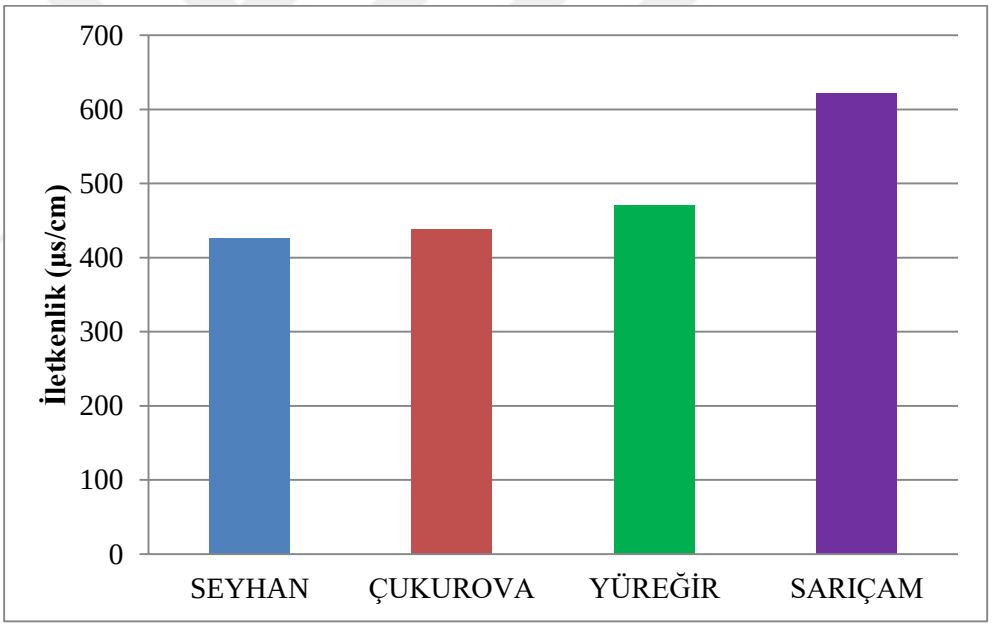
Ç:Çukurova

Çizelge 4.4. (devamı)

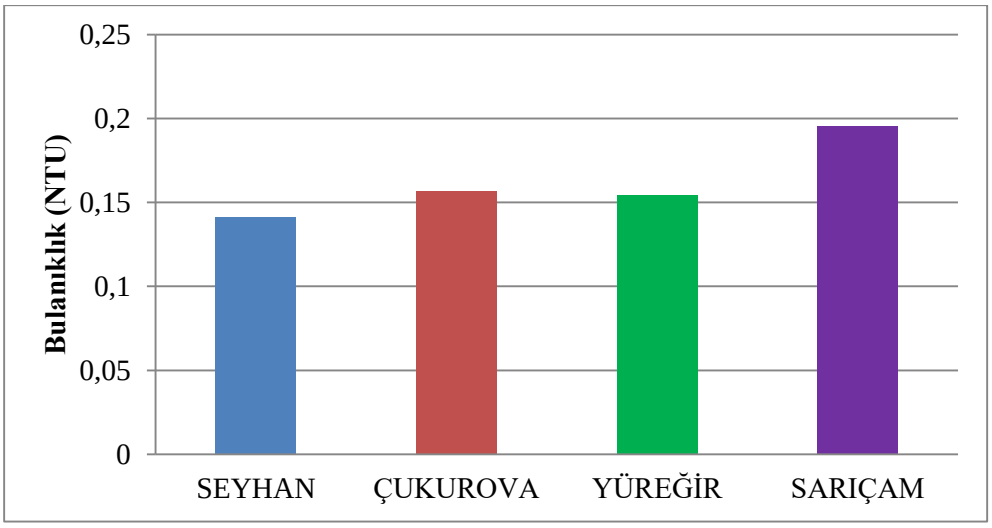
ŞEBEKE ADI		**Cl (mg/L)**	**NO3 (mg/L)**	**SO4 (mg/L)**	**PO4 (mg/L)**	**Fe (µg/L)**	**Al (µg/L)**	**Na (mg/L)**	**Ca (mg/L)**	**Mg (mg/L)**
Ç1		23,633	3,408	32,109	5,271	7,452	1,157	14,508	4,774	9,14
Ç2		23,284	3,196	31,637	4,972	7,107	0,953	13,661	47,85	18,21
Ç3		23,549	3,37	31,813	4,852	11,771	1,106	13,739	48,81	18,22
Ç4		23,356	3,178	32,206	4,856	13,017	1,476	13,579	48,06	18,17
Ç5		23,334	3,153	31,829	4,831	7,921	1,11	13,688	48,18	18,22
Ç6		23,904	3,189	32,804	4,941	8,631	1,019	14,121	48,31	18,39
Ç7		22,739	3,019	30,011	4,8	10,191	0,934	13,037	48,12	18,21
Ç8		22,958	3,081	30,375	4,943	7,774	0,791	13,334	49,06	18,59
Ç9		22,508	3,113	30,474	4,951	8,255	0,793	13,301	49,37	18,27
Ç10		22,896	3,06	30,318	4,831	8,131	1,13	12,922	47,37	18,07
Ç11		22,811	3,136	30,364	4,915	8,205	0,927	13,322	49,21	18,51
Ç12		25,726	3,069	35,34	4,851	8,071	1,096	13,819	50,94	19,10



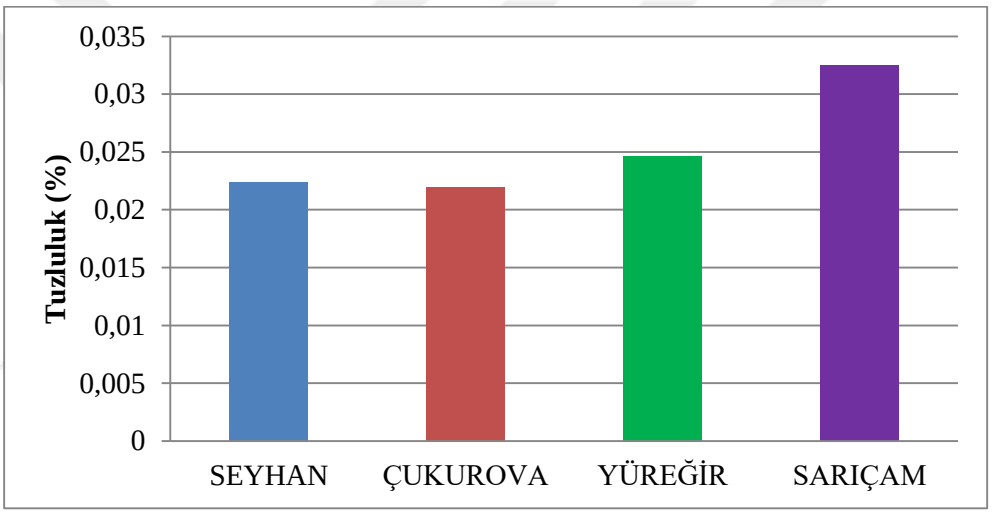
Şekil 4.1. İlçelere göre ortalama pH konsantrasyonları



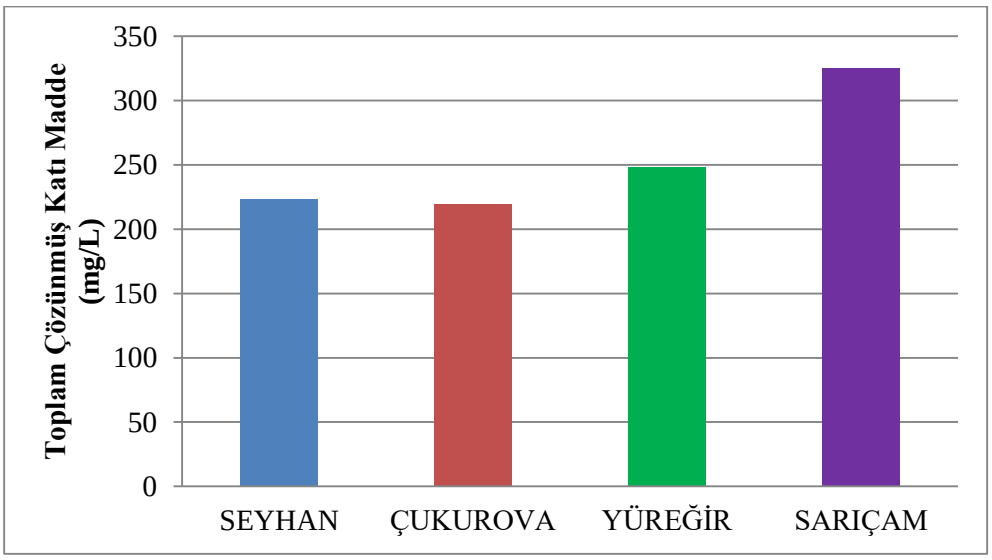
Şekil 4.2. İlçelere göre ortalama iletkenlik değerleri



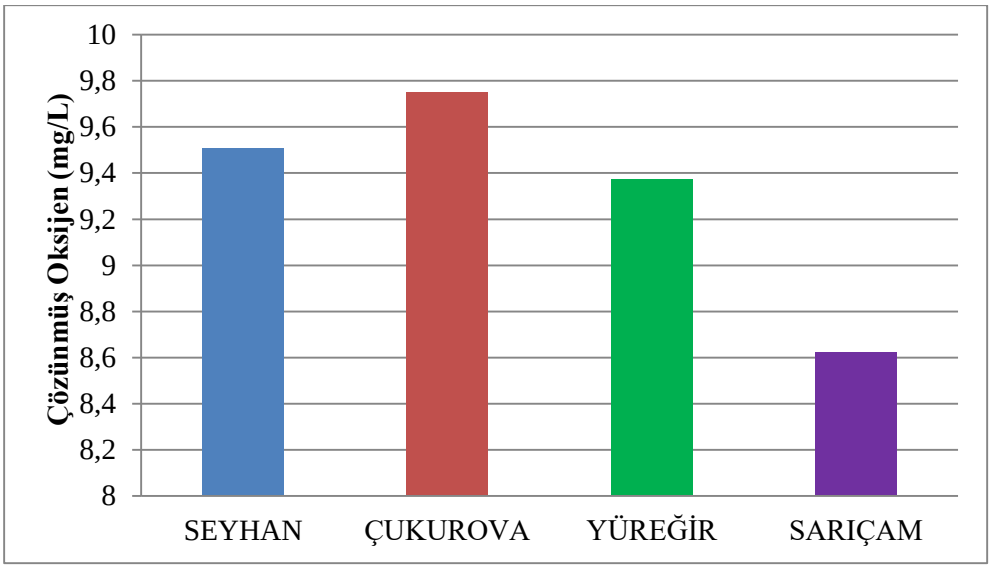
Şekil 4.3. İlçelere göre ortalama bulanıklık değerleri



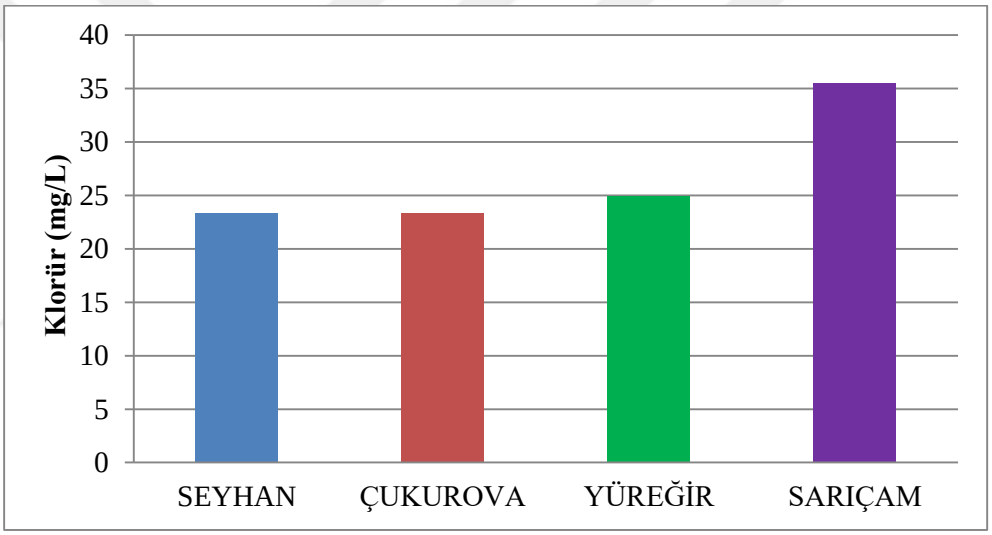
Şekil 4.4. İlçelere göre tuzluluk ortalama değerleri



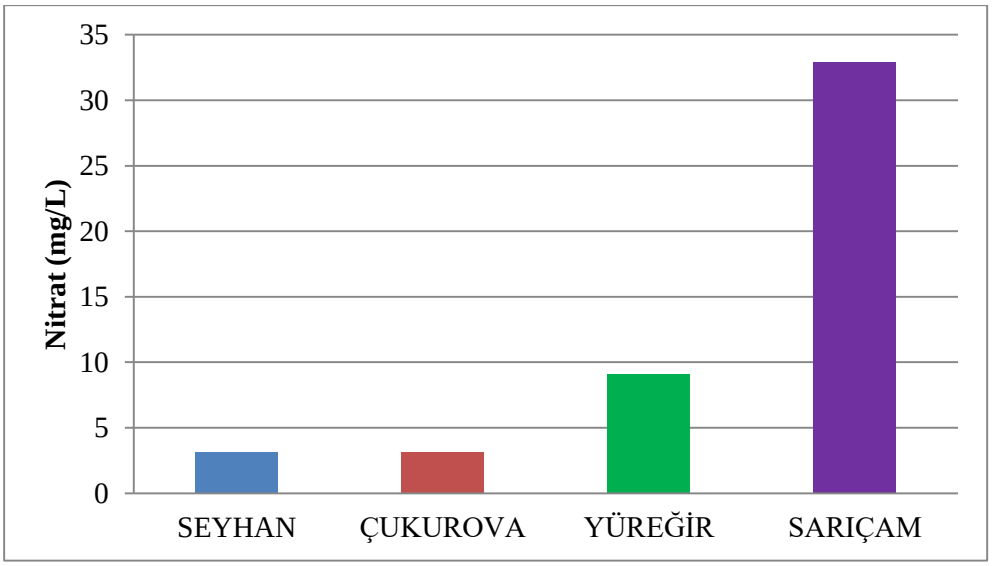
Şekil 4.5. İlçelere göre toplam çözünmüş katı madde ortalaması



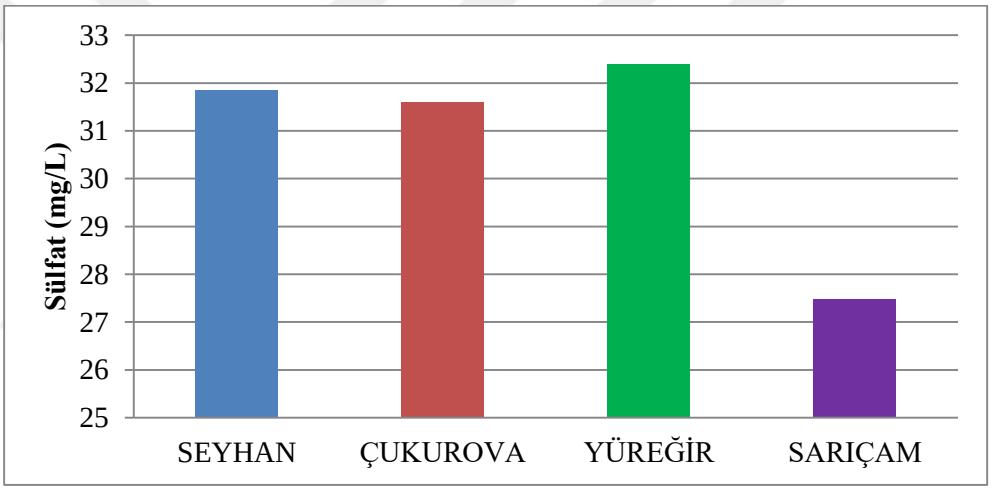
Şekil 4.6. İlçelere göre çözünmüş oksijen ortalaması



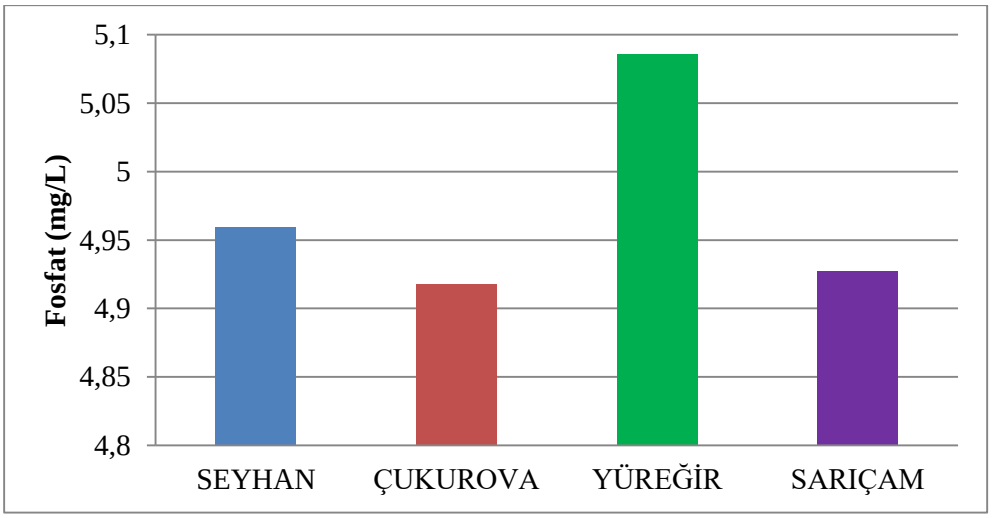
Şekil 4.7. İlçelere göre ortalama klorür değerleri



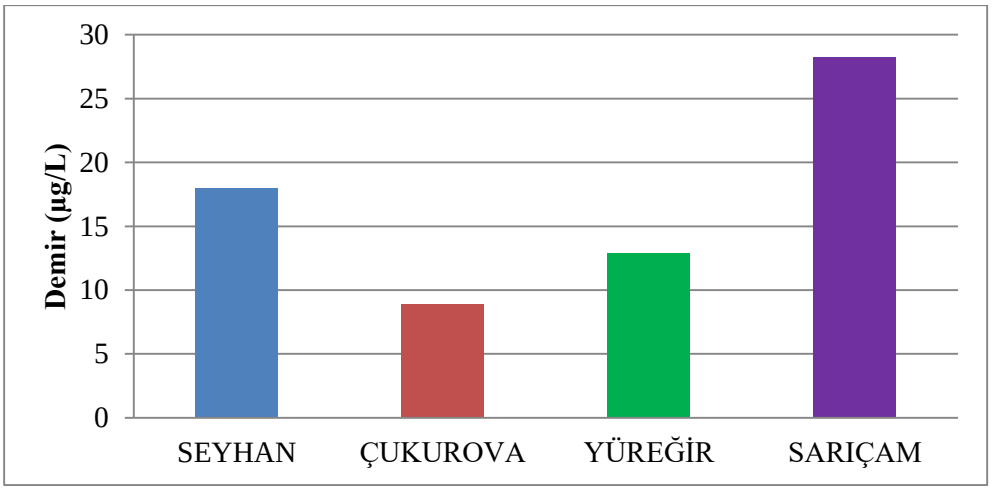
Şekil 4.8. İlçelere göre ortalama nitrat değerleri



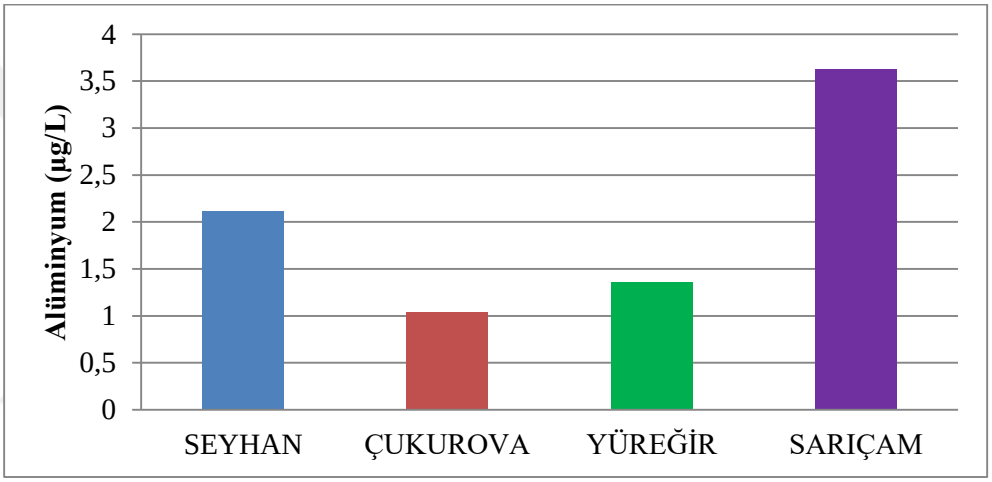
Şekil 4.9. İlçelere göre ortalama sülfat değerleri



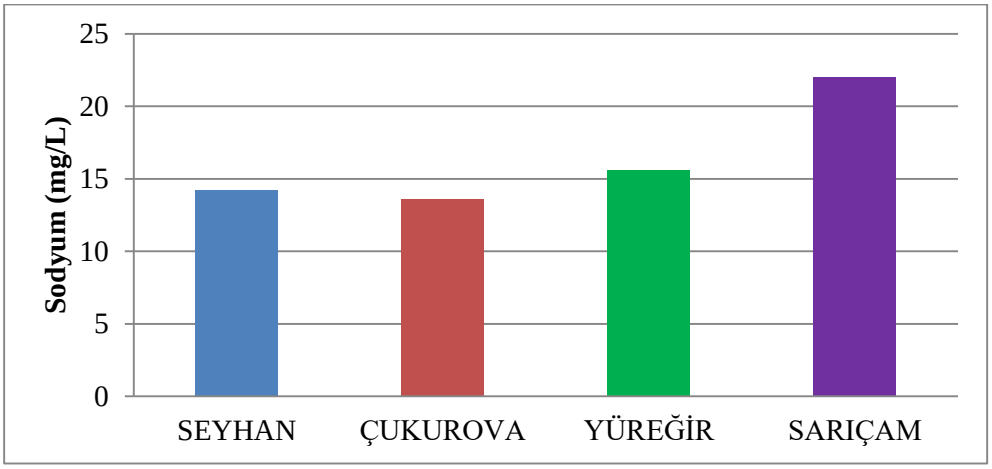
Şekil 4.10. İlçelere göre ortalama fosfat değerleri



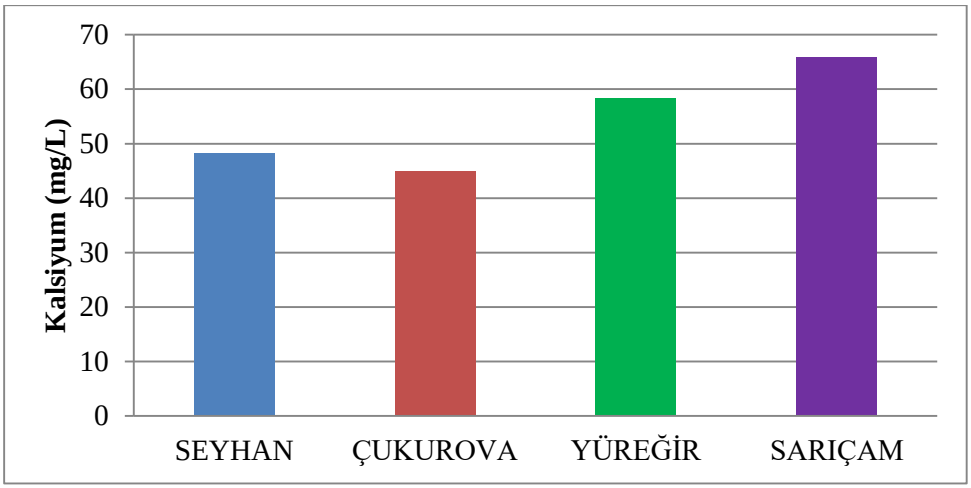
Şekil 4.11. İlçelere göre ortalama demir değerleri



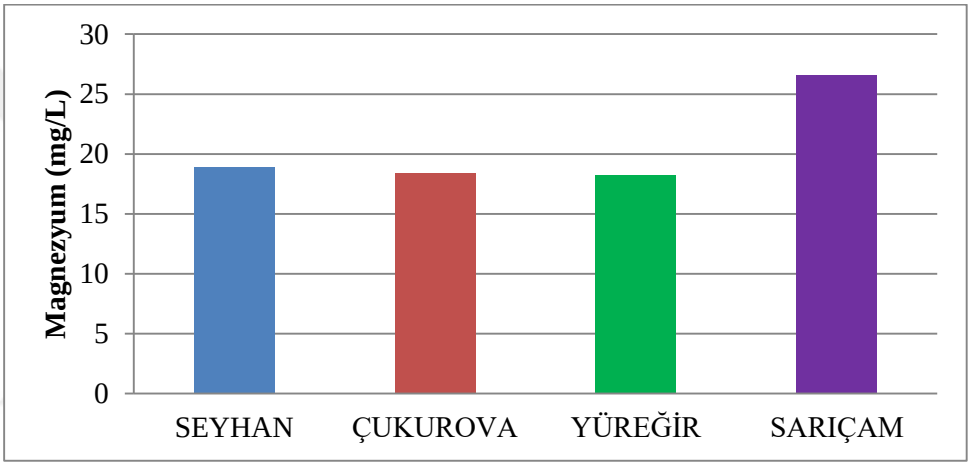
Şekil 4.12. İlçelere göre ortalama alüminyum değerleri



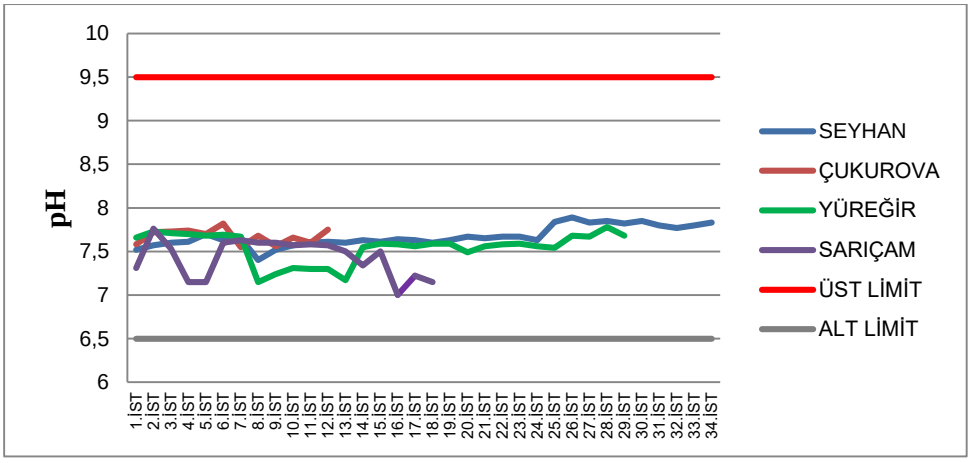
Şekil 4.13. İlçelere göre ortalama sodyum değerleri



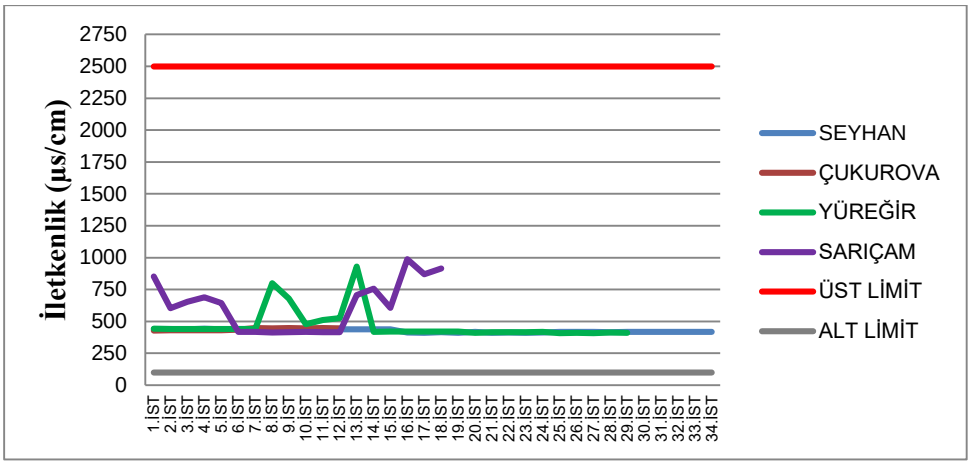
Şekil 4.14. İlçelere göre ortalama kalsiyum değerleri



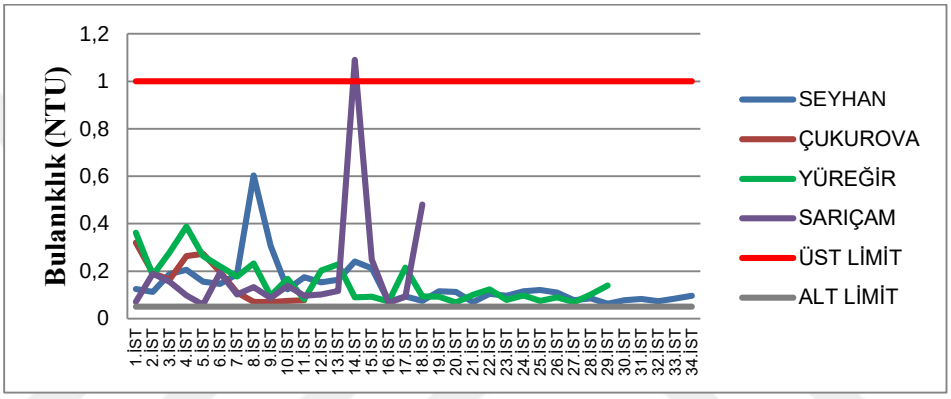
Şekil 4.15. İlçelere göre ortalama magnezyum değerleri



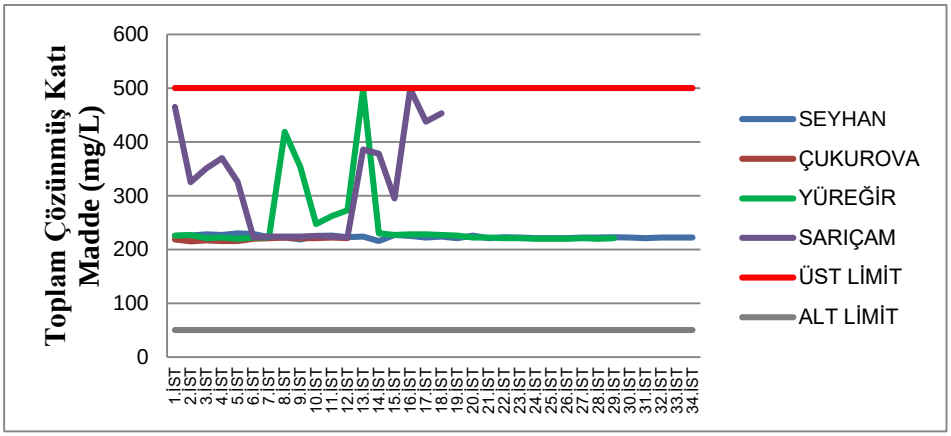
Şekil 4.16. İstasyon noktalarına göre pH grafiği



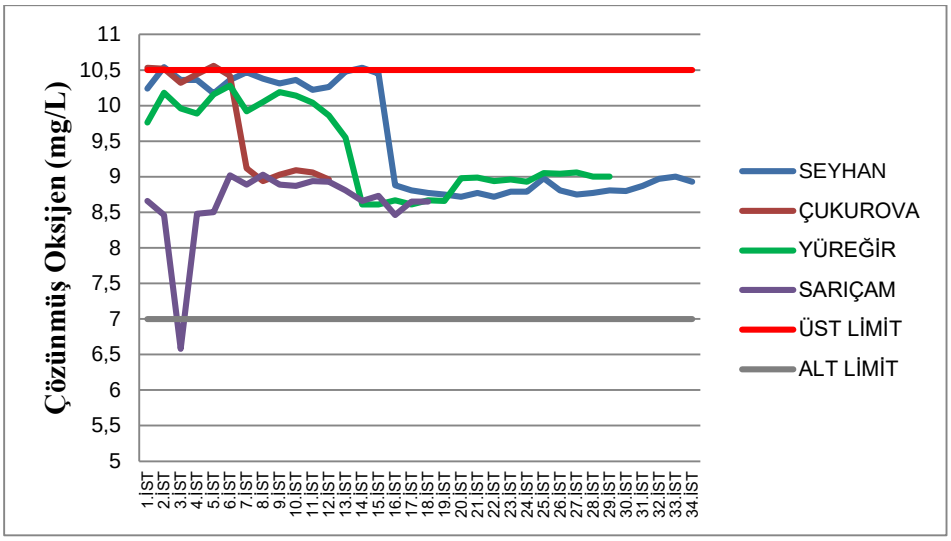
Şekil 4.17. İstasyon noktalarına göre iletkenlik grafiği



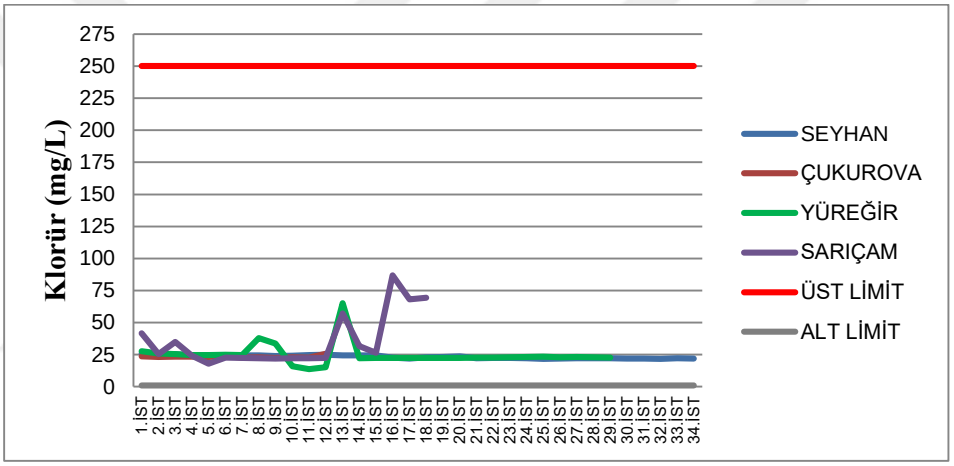
Şekil 4.18. İstasyon noktalarına göre bulanıklık grafiği



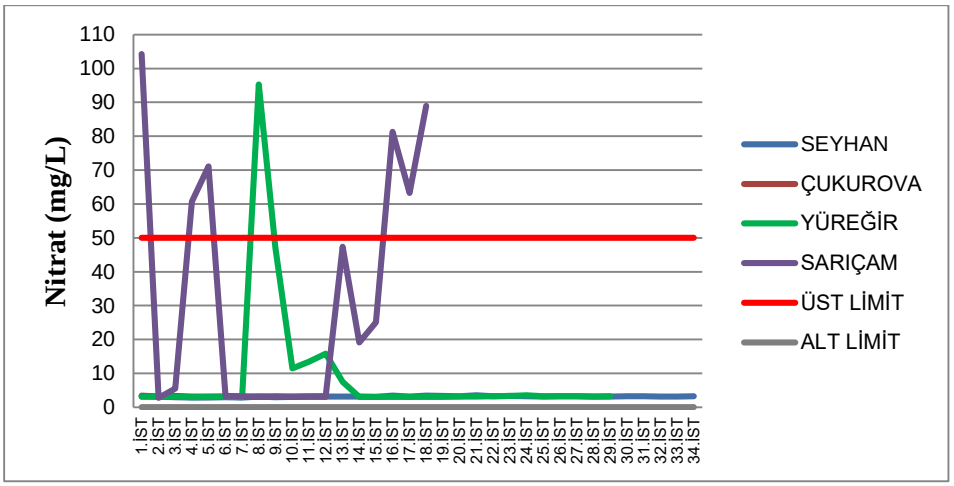
Şekil 4.19. İstasyon noktalarına göre toplam çözünmüş katı madde grafiği



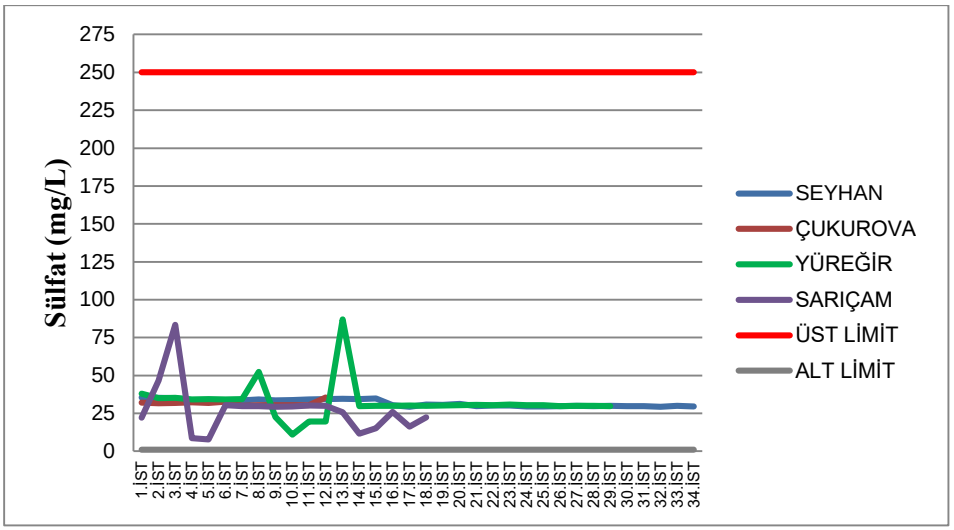
Şekil 4.20. İstasyon noktalarına göre çözünmüş oksijen grafiği



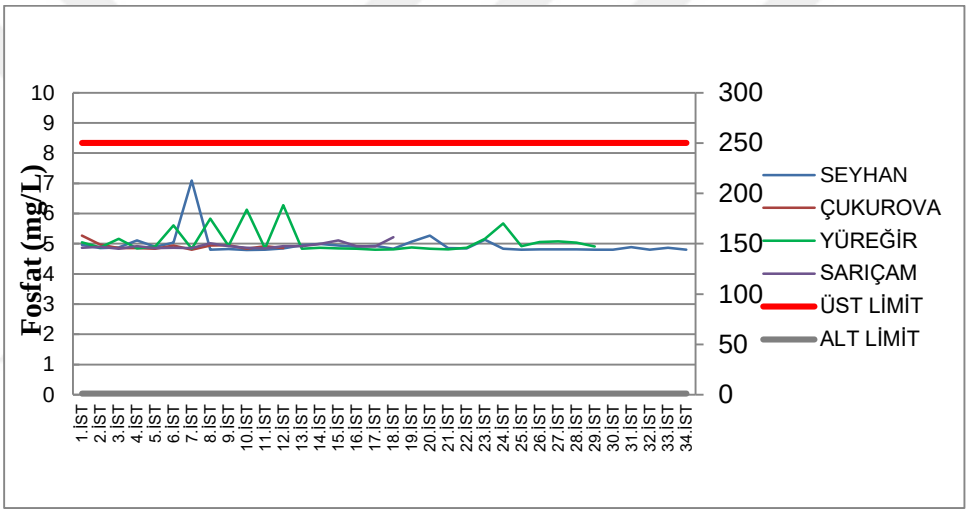
Şekil 4.21. İstasyon noktalarına göre klorür grafiği



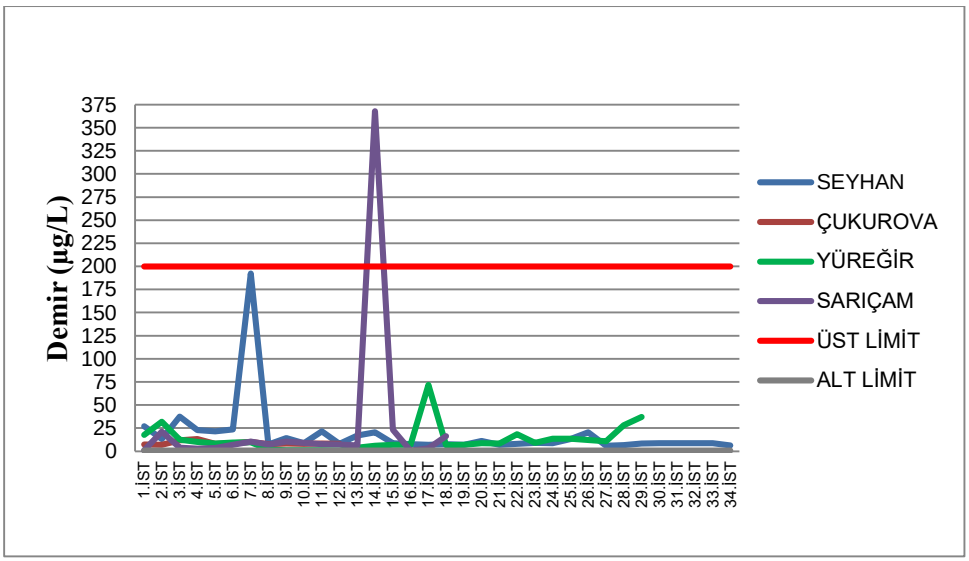
Şekil 4.22. İstasyon noktalarına göre nitrat grafiği



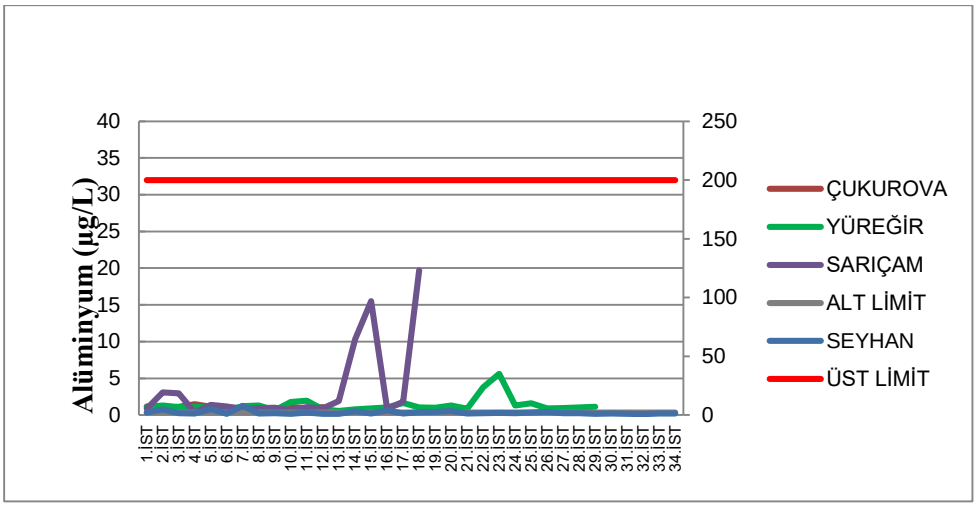
Şekil 4.23. İstasyon noktalarına göre sülfat grafiği



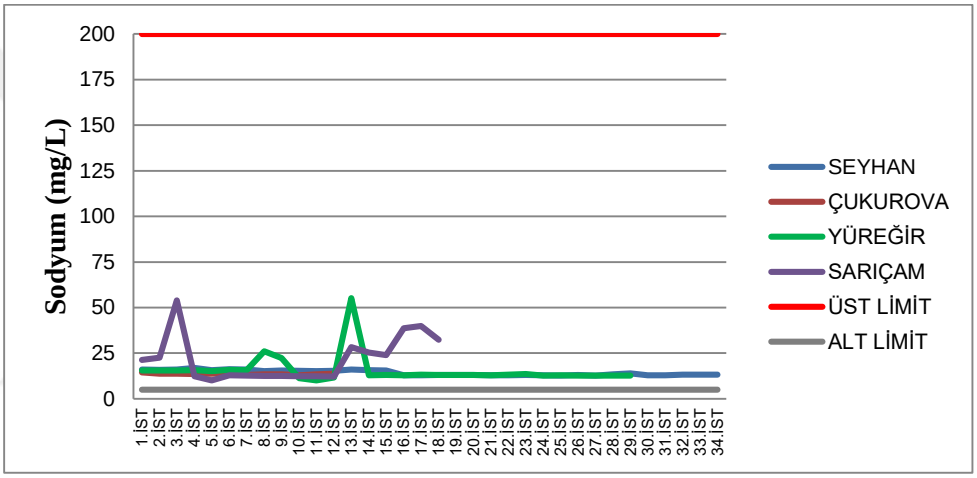
Şekil 4.24. İstasyon noktalarına göre fosfat grafiği



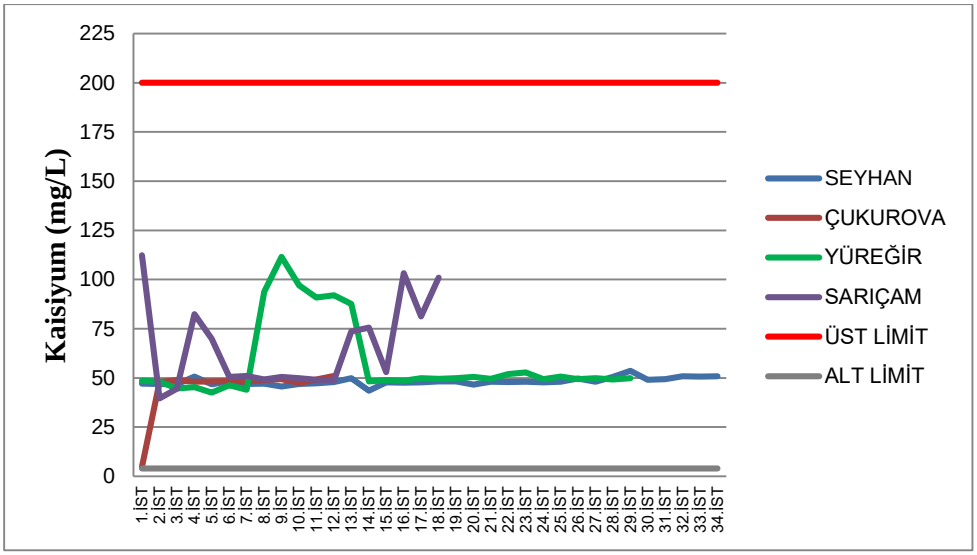
Şekil 4.25. İstasyon noktalarına göre demir grafiği



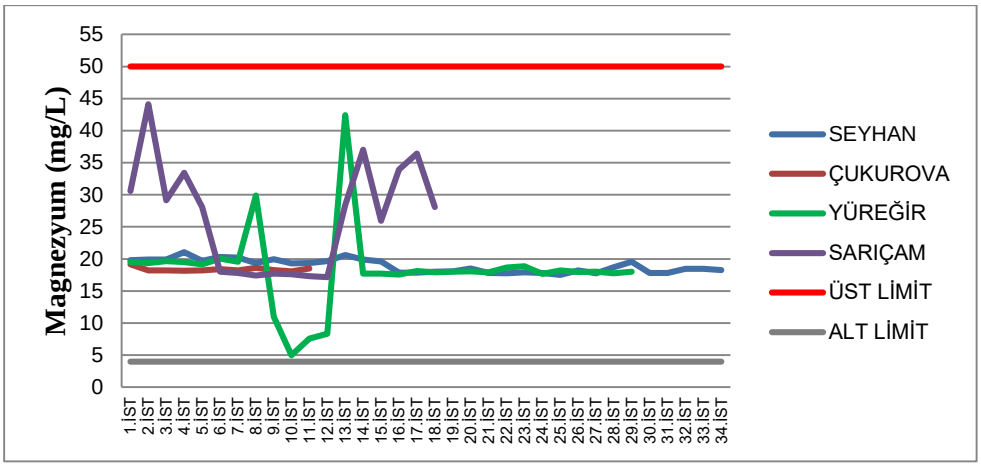
Şekil 4.26. İstasyon noktalarına göre alüminyum grafiği



Şekil 4.27. İstasyon noktalarına göre sodyum grafiği



Şekil 4.28. İstasyon noktalarına göre kalsiyum grafiği



Şekil 4.29. İstasyon noktalarına göre magnezyum grafiği

4.1. Su Kalite İndeks Analizi

Çalışma kapsamında Adana İli'nde şehir merkezini yansıtması amacıyla dört merkez ilçeden alınan su örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), bulanıklık, tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde (TDS), çözünmüş oksijen, klorür (Cl), nitrat (NO_3), sülfat (SO_4), fosfat (PO_4), demir (Fe), alüminyum (Al), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) olmak üzere toplam 15 su kalite parametresi analizleri yapılmıştır. Kanada su kalite indeksi (CQWI) ve British Columbia su kalite indeksi (BCQWI) metodu ile su kalite indeksi Çizelge 4.5'de hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

$$F_1 = \frac{\text{Başarısız parametrelerin sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} * 100 \tag{4.1}$$

$$F_2 = \frac{\text{Başarısız deneylerin sayısı}}{\text{Toplam deney sayısı}} * 100 \tag{4.2}$$

$$\text{sapma}_i = \left(\frac{\text{Başarısız deney değeri}_i}{\text{Hedef değer}_i}\right) - 1 \tag{4.3}$$

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^{n} sapma_i}{Toplam\ deney\ sayısı} \tag{4.4}$$

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse+0.01}\right) \tag{4.5}$$

$$\text{CWQI} = 100 - \left[\frac{\sqrt{F_1^2+F_2^2+F_3^2}}{1.732}\right] \tag{4.6}$$

$$BCWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + (F_3/3)^2}}{1.453}\right) \tag{4.7}$$

Çizelge 4.5. Adana su kalite indeks hesaplamaları

F1	26,667
F2	0,717
Sapma (SR14)	0,09
Sapma (SR3)	0,216
Sapma (Y8)	0,906
Sapma (SR1)	1,086
Sapma (SR4)	0,213
Sapma (SR5)	0,422
Sapma (SR16)	0,625
Sapma (SR17)	0,265
Sapma (SR18)	0,779
Sapma (SR14)	0,840
TOPLAM (Sapma)	5,442
nse	0,004
F3	0,388
CCME CWQI	84,596
BCWQI	81,640

Su kalite indeksi verileri incelendiğinde genel olarak Adana İli içme suyunun **Kanada su kalite indeksi (CWQI)** hesaplamalarına göre **84.6**, **British Columbia su kalite indeksi (BCWQI)** hesaplamalarına göre **81.6** ile **İYİ** kalite sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Adana İlinde şehir merkezindeki dört ilçeden alınan su örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik (EC), bulanıklık, tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde (TDS), çözünmüş oksijen, klorür (Cl), nitrat (NO_3), sülfat (SO_4), fosfat (PO_4), demir (Fe), alüminyum (Al), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) olmak üzere toplam 15 su kalite parametresi değerleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Türk Standartları Enstitüsü TS266, Dünya Sağlık Örgütü WHO, ve Avrupa Birliği Komisyonu tarafından bildirilen içme suları için limit değerlere göre değerlendirilmiştir.

Su kalite çalışmalarında araştırılan ve önemli bir yere sahip olan parametrelerden biri pH değeridir. pH sularda kimyasal ve biyolojik açıdan çok önem taşımaktadır. pH değerinin yüksek veya düşük olması suyun içilebilir olmasını etkilemekte ve bazı bileşiklerin toksisitesine etki etmektedir. İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, TS 266 ve Avrupa Birliği standartlarına göre, içme sularında pH değerinin 6,5–9,5 arasında olması istenmektedir. Yapılan çalışma sonucu elde edilen verilere göre, 7,59 ortalama ile genel olarak Adana İli içme sularının hafif düzeyde bazik olduğu tespit edilmiştir.

Su kalite çalışmalarında önemli olan parametrelerden bir diğeri de iletkenlik değeridir. İletkenlik sudaki iyonların konsantrasyonuna ve nutrient yüküne bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmamız sonucu elde edilen verilere göre, Adana ili içme sularının, ortalama 479,4 µS/cm değeri ile elektriksel iletkenlik parametresi açısından içme suyu standartlarını aşmadığı tespit edilmiştir.

Bulanıklık, su berraklığının veya şeffaflığın bir ölçüsü olup, suyun ne kadar bulutlu veya çamurlu olduğunu göstermektedir. İçme suyu kalite çalışmalarında, fiziksel parametreler arasında önemli bir yere sahip olan bir parametre olup hem suyun estetik değeri açısından, hem de içerisinde bulundurabileceği organik ve inorganik kirleticilere işaret etmesi açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Su kalite çalışmalarında bulanıklık birimi olarak NTU (Nephelometric Turbidity Unit) kullanılmaktadır. İçme suyu standartlarına göre en fazla 1 NTU olması gereken bulanıklık parametresi yapılan çalışmada sadece Sarıçam ilçesi 14. istasyondan alınan su örneğinde 1,09 NTU olarak tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi şebeke hattı boyunca demir iyonlarının borulardan çözünerek suya geçmesi olarak düşünülmektedir. Çünkü aynı istasyonda demir parametresi de standart değerlerin üstünde tespit edilmiştir.

Tuzluluk ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri de içme kullanma sularında incelenmesi gereken önemli su kalite parametreleri arasındadır. Genel olarak iletkenlikle ilişkilendirilerek suyun iyon yükünün, tuzluluğunun veya kirliliğinin değerlendirilmesi şeklinde kullanılır. Yapılan çalışmada tuzluluk ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri arasında Adana il geneli alınan istasyonlarda önemli bir fark olmadığı tespit edilmiş olup veriler standart değerler arasında belirlenmiştir.

Çözünmüş oksijen (ÇO), suda çözünen ve mikroskobik gaz halindeki oksijen kabarcıklarının suya karışmasıyla oluşan oksijen miktarıdır ve su kalitesi çalışmalarında kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Çözünmüş oksijen suyun kirlilik derecesini ifade etmektedir. Yapılan çalışmada sadece Sarıçam ilçesi 3. İstasyon noktasından alınan örnekte çözünmüş oksijen değeri standart değerin altında tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi mikrobiyolojik bir kirliliğin varlığının kanıtı olup Adana il geneli diğer alınan istasyon noktalarında standart değer arasında olduğu tespit edilmiştir.

Klorür iyonu insan sağlığına zararlı olmayıp klorür tuzlarının çözünürlüğü fazla olduğundan sularda en çok bulunan iyonlardan birisidir. Klorür değerlerinin yüksek oluşu, tuzluluk ve buna bağlı olarak da elektriksel iletkenliğin yüksek olduğunu gösterir. Klorür iyonlarının miktarı sağlıklı bir içme suyu için gösterge bir parametredir. Bu sebeplerden ötürü su kalite çalışmalarında önemli parametrelerden birisidir. Klorür konsantrasyonu 250 mg/L'yi aşarsa suya tuzlu bir tad verir. Bu çalışmamız sonucu elde edilen verilere göre klorür konsantrasyonu ortalama 26,2 mg/L ile standart değerler arasında tespit edilmiştir.

İçme suyunda nitrat seviyesi su kalitesinin ve kirliliğinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli parametrelerden birisidir. Nitrat tarımsal gübrenin önemli bir bileşenidir özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu, kırsal alanlarda, nitrat değerlerinin içme sularında oldukça yüksek konsantrasyonlara çıktığı gözlenmektedir. Suda gözlemlenen yüksek nitrat seviyesi atık sudan kaynaklı bir kontaminasyonun göstergesi olabilir. Yüksek nitratlı sular insan sağlığı açısından bağırsaklarda toksik nitritlere indirgenebilir ve özellikle bebekler, yüksek seviyede nitrat içeren sular ile ciddi şekilde zehirlenebilir. Bu bakımdan su kalitesinde kritik öneme sahip parametrelerden biridir. Yapılan çalışma sonucu elde edilen verilere göre, Yüreğir ilçesinde bir istasyonda, Sarıçam ilçesinde de beş istasyon noktasından alınan su örneklerinde nitrat seviyesi standartların üzerinde belirlenmiş diğer 87 noktadan alınan örnekte nitrat seviyesi standart değerler içerisinde tespit edilmiştir.

Su kalite çalışmasında diğer bir önemli parametre ise sülfattır. Ulusal ve uluslararası standartlarda sülfatın sınır değeri 250 mg/L olarak belirlemiştir. Sülfat birçok mineralde doğal olarak bulunur içme sularında da doğal yollarla karışan en önemli iyonlardan biridir. Endüstriyel atıklar ve atmosferdeki birikim yoluyla sularda gözlenir. Yüksek sülfatlı sular, küçük çocuklarda ve yetişkinlerde geçici ishale neden olur. Metabolizma zamanla sülfata alıştığından, bu etki daha çok misafir ve turistlerde görülür. Yapılan bu çalışmada sülfat seviyesi alınan tüm istasyonlarda standart değerlerin içerisinde tespit edilmiştir.

Bir diğer önemli su kalite parametresi fosfattır. Fosfat, tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübrelerde ve evsel atıkların karıştığı sularda yoğun olarak bulunur. Uluslararası standartlarda fosfatın sınır değeri 250 mg/L olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucu elde edilen verilere göre, fosfat değerlerinin, Adana İli içme sularında standartlarda belirtilen değerler içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Su kalite çalışmalarında gözlenmesi gereken bir diğer parametre demirdir. İçme sularında demirin aşırı bulunması suya metalik bir tat verir. Yüksek miktarda demir içeren bir su hava ile temas ettiği zaman suya geçen oksijen, Fe^{+2} iyonlarını Fe^{+3} e yükseltger. Sonuç olarak suda kırmızı $Fe(OH)_3$ parçacıkları (kolloidler) meydana gelir ve buda suda renklilik oluşturur. Bu durum sağlık ve estetik açıdan suda istenmeyen bir durumdur. Ayrıca tekstil sanayii, sabun, diş macunu imalatı ve kağıt sanayiinde kullanılan sularda demirin varlığı ürünler üzerinde leke oluşturacağından demir içme kullanma sularında kontrol edilmesi gereken parametredir. Yapılan çalışma sonucu elde edilen verilere göre sadece sarıçam ilçesi 14. istasyon noktasından alınan su örneğinde demir seviyesi standart değerlerin üzerinde bulunmuş olup diğer tüm noktalarda standart değerlerin içerisinde tespit edilmiştir.

Alüminyum içme suları kalite parametrelerinden biri olarak izlenmesi gereken parametrelerdendir. Amfoterik bir element olan Alüminyum aşırı asidik ve alkali pH koşullarında çözünür, ancak nötr ve nötre yakın pH değerlerinde çözünmez. Alüminyuma maruziyetin fazla olması merkezi sinir sisteminde ve iskelet-kas sisteminde toksisite gösterebilir. Özellikle Alzheimer, Parkinson demans ve amyotropik lateral skleroz (ALS) gibi sinir sistemi hastalıklarına neden olabilir. Bu çalışmamız sonucu elde edilen verilere göre Adana ilinde tüm istasyon noktalarından alınan su örneklerinde alüminyum seviyesi standart değerler içerisinde tespit edilmiştir.

Sodyum iyonu içme su kaynaklarında bulunan en önemli elementlerden biridir. Sodyumun fazlası kan basıncının yükselmesine neden olur. Ayrıca kalp damarlarında tıkanıklığa ve böbrek hastalıklarının oluşmasına da neden olur. Bu sebeplerden dolayı su kalite çalışmalarında üzerinde çalışılması gereken parametrelerden biridir. Yapılan bu çalışmada elde edilen verilere göre sodyum değeri ulusal ve uluslararası standartlar içerisinde tespit edilmiştir.

Kalsiyum, suyun yapısında var olan ve suya sertlik veren en önemli iyonlardan biridir. Aynı zamanda insan vücudunda en çok bulunan ve en çok ihtiyaç duyulan katyondur. Kemik yapısındaki en önemli tuz olan kalsiyum fosfatı oluşturmakta, diş minesinde bulunmakta, kanın pıhtılaşmasını sağlamakta, kasların fonksiyonu yönünden de önemli rol oynamakta, vb. birçok faydası vardır. Eksikliğinde ise kemik ve iskelet sistemi hastalıkları, çocuklarda raşitizm gibi problemlere neden olmakla birlikte, içme suyundaki derişimi gereğinden fazla olması halinde böbrek taşına sebep olmaktadır. Sağlık açısından bu kadar önemli olan bu katyonun su kalite çalışmalarında incelenmesi kaçınılmaz bir parametredir. Yapılan analizler sonucu elde edilen verilere göre Adana İli içme sularında kalsiyum seviyesi standartlar içerisinde tespit edilmiştir.

Suda çözünen ve suyu sert yapan bir diğer katyon magnezyum iyonudur. Magnezyum, canlı hücresinde potasyum ile birlikte en yaygın bulunan elementtir. İnsan biyolojisinde magnezyum, sağlık için gerekli minerallerden birisidir. İnsan organizmasında başlıca kemiklerde, kaslarda ve sinirsel dokularda bulunur. Aynı zamanda protein ve nükleik asit sentezinde rol oynamaktadır. Magnezyumun bu etkileri dikkate alındığında su kalitesi çalışmalarında önemli bir

parametredir. Yapılan analizler sonucu elde edilen verilere göre Adana İlindeki alınan tüm su örneklerinde magnezyum standart seviyelerde bulunduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Abbasi, T., and Abbasi, S. A. (2012). Chapter 16 - Water-Quality Indices: Looking Back, Looking Ahead. Water Quality Indices , 353-356.

Akkoyunlu, A., ve Akiner, M. (2012). Pollution Evaluation in Streams Using Water Quality Indices: A Case Study from Turkey's Sapanca Lake Basin. Ecological Indicators 18:501-511 .

Alver, A., ve Baştürk, E. (2019). Karasu Nehri Su Kalitesinin Farklı Su Kalitesi İndeksleri Açısından Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi , 23(2):488-497.

Bayşu Sözbilir, N., ve Bayşu, N. (2014). Biyokimya. Güneş Tıp Kitapevleri, Ankara.

Bhutiani, R., Khanna, D., BhaskarKulkarni, D., and Ruhela, M. (2013). Assessment of Ganga river ecosystem at Haridwar, Uttarakhand, India with reference to water quality indices. Applied Water Science, 6:107–113.

Bor, A., ve Elci, S. (2022). Impacts of construction of dam on the flow regimes and water quality: a case study from Turkey. International Journal of Environmental Science and Technology, 19:4069-4086. DOI: 10.1007/s13762-021-03886-y .

Brown, R., McClelland, N., Deininger, R., and Landwehr, J. (1973). Validating The WQI. The Paper Presented at National Meeting of American Society of Civil Engineers on Water Resources Engineering, Washington .

Brown, R., McClelland, N., Deininger, R., and O'Connor, M. (1971). A Water Quality İndex-Crashing the Psychological Barrier. Presented at 138th Meeting Of The American Association For The Advancement Of Science, Philadelphia, Pennsylvania .

Browwn, R., Mc Clelland, N., Deininger, R., and Tozer, R. (197O). A Water Quality İndex Do We Dare? Water Sewage Works , 117(10): 339-343.

CCME. (2017). Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment, Canada .

CCME. (2001b). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0. Technical report. Canadian environmental quality guidelines.

CCME. (2001a). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0. User’s Manual. Canadian Council of Ministers of the Environment.

Chapman, D. (1992). Water Quality Assessment. Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge, London.

Cude, C. (2001). Oregon water quality index: A tool for evaluating water quality management effectiveness . Journal of the American Water Resources Association (JAWRA), 37(1):125-137.

Cude, C. (2001). Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management effectiveness. Journal of the American Water Resources Association, 37(1): 125-137. DOI:10.1111/j.1752-1688.2001.tb05480.x .

Dadolahi-Sohrab, A., Arjomand, F., and Fadaei-Nasab, M. (2012). Water quality index as a simple indicator of watersheds pollution in southwestern part of Iran . Water and Environment Journal, 26(4): 445–454. doi:10.1111/j.1747-6593.2011.00303.x .

Dede, Ö., ve Sezer, M. (2017). Aksu Deresi Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kanada Su Kalite İndeks (CWQI) Modelinin Uygulanması. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University , 32(3):909-917.

Dede, Ö., Telci, İ., and Aral, M. (2013). The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey. Water Qual Expo Health, 5:41-56. DOI: 10.1007/s12403-013 0085-3 .

Dominguez Frango, H., Custodio, M., Penaloza, R., and De la Cruz, H. (2021). Application of Multivariate Statistical Methods and Water Quality Index for the Evaluation of Surface Water Quality in the Cunas River Basin, Peru. Asian Journal of Water Environment and Pollution, 18(4):19-27. DOI: 10.3233/AJW210039 .

Dunnette, D. (1979). A geographically variable water quality index used in oregon. Journal of the Water Pollution Control Federation, 51(1):53-61.

Durmuş, M. (2021). Ankara Çayı Su Kalitesinin NSF-WQI Indeksi Kullanılarak Belirlenmesi ve Çözüm Önerilerinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.

E.C. (1975). Council Directive of 16 June 1975 concerning the quality of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States. 75/440/EEC. Official Journal of the European Communities.

EC. (2007). European Communities (drinking water) (no. 2), Regulatıons 2007. S.I. No. 278. S.I. No. 278.

EPA. (2009). Environmental Protection Agency (EPA), National primary drinking water regulations, EPA-816-F-09-0004. Environmental Protection Agency, USA.

Eroğlu, M. (2012). Aksaray İli Merkez İlçesinin Yüzey ve Yeraltı Su Potansiyelinin ve Su Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.

Farzadkia, M., Djahed, B., Shahsavani, E., and Poureshg, Y. (2015). Spatio-temporal evaluation of Yamchi Dam basin water quality using Canadian water quality index. Environmental Monitoring and Assessment, 187(168): 2-15. DOI: 10.1007/s10661-015-4379-8 .

Gikas, G., Sylaios, G., Tsihrintzis, V., Konstantinou, I., Albanis, T., and Boskidis, I. (2020). Comparative evaluation of river chemical status based on WFD methodology and CCME

water quality index. Science of the Total Environment, 745(140849). DOİ: 10.1016/j.scitotenv.2020.140849 .

Google Earth, (2022). https://earth.google.com/web/search/adana,+kayadelen+cami/@37.02265473,35.3805329,51.1138587a,81689.27686369d,30.00010276y,0.00004793h,0t,0r/data=CigiJgokCdjtccuwiEJAEZadfyezdUJAGY0HnuckxEFAIYpKqfxfk0FA. adresinden alınmıştır. [Son Erişim Tarihi:10.06.2022].

Göksel, E. (2015). Afyon İli İçme Sularında Bazı Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin ICP-MS İle Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Gray, N. (2008). Drinking Water Quality Problems and Solitouns, İçme Suyu Kalitesi Problemler ve Çözümleri. Çeviri Editörü Mustafa Işık. Cambrdige University Press, Nobel Yayın.

Gupta, R., Singh, A., and Anupam Singhal, A. (2019). Application of ANN for water quality index. International Journal of Machine Learning and Computing, 9(5):688-693.

Güler, Ç., ve Çobanoğlu, Z. (1997). Su Kalitesi. T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:38, 1.Baskı , 92s.

Gürel, E. (2011). Porsuk Çayı Su Kalitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Horton, R. (1965). An İndex Number System For Rating Water Quality. Water Pollut. Control Fed , 37:300-306.

İspir, S. (2018). Karaçomak Deresinin Fiziko-Kimyasal Parametrelerinin Mevsimsel Olarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Anabilim Dalı, Kastamonu.

Kaçan, M. (2020). Fethiye Körfezinde Su Kalitesi İndeksleri İle Değerlendirmenin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kannel, P., Lee, S., Lee, Y., Kannel, S., and Khan, S. (2007). Application of Water Quality Indices and Dissolved Oxygen as Indicators for River Water Classification and Urban Impact Assessment. Environmental Monitoring and Assessment, 132 (1-3): 93–110. DOİ:10.1007/s10661-006-9505-1 .

Karabük Halk Sağlığı Laboratuvarı Su Numunesi Alma Rehberi. (2015). Karabük Halk Sağlığı Müdürlüğü. Karabük.

Linstone, H., and Turoff, M. (1975). The Delphi Method Outline. Massachutes, Addison-Wesley Publishing Company.

Lirika, K., Alma, I., Magdalana, C., and Dashnor, K. (2013). Ohrid Gölündeki Su Kalitesinin Değerlendirmesinde Diatome ve Makrofit Endekslerinin Kullanılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi 28(2):393-400.

Lumb, A., Sharma, T., and Bibeault, J. (2011a). A review of genesis and evolution of water quality index (WQI) and some future directions. Water Qual Expo Health, 3(1):11-24.

Lumb, A., Sharma, T., Bibeault, J., and Klawunn, P. (2011b). A comparative study of USA and Canadian water quality index models. Water Qual Expo Health, 3(3-4): 203-216.

M.G.M. (2021). Meteoroloji Genel Müdürlüğü İllere Ait Mevsim Normalleri https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ADANA [Son Erişim Tarihi:06.12.2022].

Mahagamage, M., and Manage, P. (2014). Water Quality Index (CCME-WQI) Based Assessment Study of Water Quality in Kelani River Basin, Sri Lanka. The 1st Environment and Natural Resources International Conference. 6-7 November, The Sukosol hotel, Bangkok, Thailand.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). Suların Analiz Parametreleri 850CK0011. Çevre Sağlığı, Ankara.

Neary, B., Cash, K., Hebert, S., Khan, H., and Saffran, K. (2001). CCME Water Quality Index 1.0 Technical Report. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.

Noori, R., Berndtsson, R., Hosseinzadeh, M., Adamowski, J., and Abyaneh, M. (2019). A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index. Environmental Pollution, 244:575-587.

Nyamsi Tchatcho, N., Zebaze Togouet, S., Foto Menbohan, S., Onana Fils, M., Tchakonte, S., Yemele Tsago, C., et al. (2017). Characterization of a Physicochemical Water Quality Reference Status for the Centre-South Forest Region of Cameroon . International Journal of Science and Research (IJSR), 6(11): 397-405. DOI: 10.21275/ART20177749 .

Rocchini, R., and Swain, L. (1995). The British Columbia Water Quality Index. Water Quality Branch, EP Department, BC, Ministry of Environment, Land and Park, Victoria.

Saffran, K., Cash, K., & Hallard, K. (2001). CCME Water Qualıty Index 1.0 User's Manual, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Environmental Quality Guidelines Canadian Council of Ministers of the Environment.

Sağlık Bakanlığı Su Numunesi Kabul Kriterleri. (2018). T.C. Sağlık Bakanlığı. Ankara.

Sahoo, M., and Patra, K. (2018). Development of a Functional Water Quality Index: a case study in Brahmani River Basin, India. International Journal of Environmental Science and Technology, 16:6565-6578 .

Said, A., Stevens, D., and Sehlike, G. (2004). An Innovative Index for Evaluating Water Quality in Streams. Environmental Management, 34(3):406–414.

Serdar, S. (2015). Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fizikokimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize .

Steinhart, C., Schierow, L., and Sonzogni, W. (1982). An environmental quality index for the Great Lakes. Water Resour Bull, 18(6) :1025-1031.

Stoner, J. (1978). Water-Quality Indices for Specific Water Uses. Geologıcal Survey Cırcular 770 .

Sutadian, A., Nitin, M., Yılmaz, A., and Pareraa, B. (2018). Development of a water quality index for river basin West Java Province, Indonesia. Ecological Indicators, 85:966–982 .

Şahin, M. (2018). Porsuk Çayı'nın Su Kalite İndekslerine Göre Değerlendirilmesi ve Baraj Gölü Trofik Seviyesinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Şener, Ş., Şener, E., and Davraz, A. (2017). Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). Science of the Total Environment, 584–585:31–144.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. 6. Türkiye Çevre Durum Raporu, Ankara 359s.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2004). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. 12 Aralık 2004 Tarihli ve 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2006). Yüzme Suyu Kalitesinin Yönetimine Dair Yönetmelik. 9 Ocak 2006 Tarihli ve 26048 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2019). Yüzme Suyu Kalitesinin Yönetimine Dair Yönetmelik. 25 Eylül 2019 Tarihli ve 30899 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2014). Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik. 11 Şubat 2014 Tarihli ve 28910 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. 17 Şubat 2005 Tarihli ve 25730 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Taner, M. (2007). Development of water quality index as a sustainability indicator in Küçükçekmece watershed. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Titiz, A. (2020). Su Kalitesi İndeksi ve Bazı Çoklu İstatistiki Teknikler Kullanılarak İpsala İlçesi İçme Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Tiwari, N. K., Das Gupta, S., Swain, H., Jha, D., Samanta, S., Manna, R., et al. (2022). Water quality assessment in the ecologically stressed lower and estuarine stretches of river Ganga using multivariate statistical tool. Environmental Monitoring and Assessment , 194(7). DOI: 10.1007/s10661-022- 10007-w.

Tokatlı, C. (2014). Drinking Water Quality Of a Rice Land in Turkey by a Statistical and GIS Perspective: İpsala District. Polish Journal of Environmental Studies , 23(6):2247-2258.

Topkaya, B., ve Şen, B. (1995). Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler ve Su Ürünleri Açısından Önemi. Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu .

Trikoilidou, E., Samiotis, G., Tsikritzis, L., Kevrekidis, T., and Amanatidou, E. (2017). Evaluation of Water Quality Indices Adequacy in Characterizing the PhysicoChemical Water Quality of Lakes. Environ Process , 4:35-46. DOI: 10.1007/s40710-017-0218-y.

TS 266. (2005). Sular - İnsanî tüketim amaçlı sular. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 13.060.20.

Uddin, M., Nash, S., and Olbert, A. (2021). A Review of Water Quality İndex Models and Their 51s efor Assessing Surface Water Quality. Ecological Indicators. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107218.

Umwali, E., Kurban, A., Isabwe, A., Mind'je, R., Azadi, H., Guo, Z., et al. (2021). Spatio-seasonal variation of water quality influenced by land use and land cover in Lake Muhazi. Scientific Reports, 11(17376). DOI: 10.1038/s41598-021-96633-9 .

Uzundumlu, A., Fakıoğlu, Ö., ve Temel, T. (2016). Erzurum İlinde En Uygun İçme Suyu Tercihinin Belirlenmesi. Alınteri Ziraii Bilimler Dergisi , 30(1):1-7.

Varol, M. (2015). Dicle Baraj Gölü Su Kalitesinin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne Göre Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2(1): 85–91.

WHO. (2017). Guidelines for drinking- water quality. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255336/9789241565486-eng.pdf [Son Erişim Tarihi: 30.11.2022].

WHO. (2011b). Guidelines for drinking-water quality. 4th edn. World Health Organization, Geneva. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/97892. Son Erişim Tarihi:05.12.2022.

WHO. (2011a). Hardness in drinking-water, background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. WHO/HSE/WSH/10.01/10/Rev/1. World Health Organization, Geneva.

WHO. (2009). Potassium in drinking-water, background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. WHO/HSE/WSH/09.01/7. World Health Organization, Geneva.

WHO. (2004). Water, sanitation and hygiene links to health—facts and figures. World Health Organization, Geneva.

Yılmaz, E., Yılmaz, A., ve Arslan, D. (2010). Su Havzalarında Yönetim Planlamasının Önemi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1):75-78.

Yılmaz, G. (1999). Büyük Melen Nehrinin Kirlilik Durumunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adapazarı.

Yılmaz, M., Kara, İ., Poyraz, B., ve Mayda, A. (2014). Konuralp Beldesinde İçme Sularının Elementer Analizi ve İçerdiği Ağır Metaller: Şebeke Suyu, Doğal Kaynak Suyu ve Zemzem Suyunun Karşılaştırılması. Konuralp Tıp Dergisi , 6(3):54-58.

YSYK. (2015). Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği. 15 Nisan 2015 Tarihli ve 29327 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

YSYK. (2012). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği. 30 Kasım 2012 Tarihli ve 28483 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

YSYK. (2016). Yerüstü Su kalitesi Yönetmeliği. 10 Ağustos 2016 Tarihli ve 29797 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

YSYK. (2021). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği. 16 Haziran 2021 Tarihli ve 31513 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Zandbergen, P., and Hall, K. (1998). Analysis of the British Columbia water quality index for watershed managers: A case study of two small watersheds. Water Quality Research Journal, 33 (4): 519–550.

Zotou, I., Tsihrintzis, V., and Glikas, G. (2020). Water Quality Evaluation of a Lacustrine Water Body in the Mediterranean Based on Different Water Quality İndex (WQI) Methodologies. Journal of Environmental Science and Health, Part A , 1532-4117. DOI: 10.1080/10934529.2019.1710956.

ÖZGEÇMİŞ

Ebubekir GÜLOĞLU, İlk, orta ve lise öğrenimini bu şehirde tamamladı. Lisans öğrenimine 2005 yılında Harran Üniversitesi Kimya Bölümünde başladı. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde ikinci lisans öğrenimine kayıt yaptırdı ve 2018 yılında mezun oldu. 2021 yılında Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.