

Seyhan Nehrinin Su Kalitesi ve İz Element Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Veli KESKİN¹ ORCID 0000-0003-2769-5044

Sedat TÜRKMEN^{*2} ORCID 0000-0002-9867-5545

¹DSİ 17. Bölge Müdürlüğü, Yeraltı Suları Şubesi, Van

²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 09.10.2023

Kabul tarihi: 25.12.2023

Atıf şekli/How to cite: KESKİN, V., TÜRKMEN, S., (2023). Seyhan Nehrinin Su Kalitesi ve İz Element Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(4), 1093-1106.

Öz

Bu çalışmada, kaynağını Adana ilinin kuzey kesiminde bulunan Orta Toroslar'dan alan (Aladağ/Adana) ve Tuz gölü lagünü yakınlarında Akdeniz'e dökülen Seyhan Nehri'nin kaynağı ile boşalım noktası arasında belirlenen 28 farklı noktadan nehir yatağı boyunca su kimyasında meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla yerinde fiziksel parametre ölçümleri yapılarak su örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerin laboratuvarında ICP-MS, spektrofotometre, iyon kromatografisi ve titrasyon yöntemleri kullanılarak majör anyon/kasyon değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, grafiksel yöntemler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Akarsu örneklerinde yapılan iz element analizlerine göre; iz element konsantrasyonlarının nehrin aktığı havza boyunca değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Nehrin kaynak kısmında konsantrasyon değişimleri, bu bölümlerde şehirleşme ve tarım arazilerinin nispeten daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak Pb, As, Cd gibi iz element yoğunluğu kaynak kısmından boşalım noktası olan Akdeniz doğru artış göstermektedir. Bu artışın sebebinin tarımda kullanılan verim artırıcı çeşitli kimyasallar, evsel ve endüstriyel atıklar ile tarım ve ulaşımda yakıt olarak kullanılan petrol türevleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Seyhan Havzası, İz element, Antropojenik kirlenme, Hidrojeokimya

Evaluation of Water Quality and Trace Element Concentrations of the Seyhan River

Abstract

In this study, at 28 different points along the Seyhan river, which takes its source from the Central Taurus (Aladağ / Adana) in the northern part of Adana province and discharges into the Mediterranean Sea near the Tuz Gölü Lagoon, water samples were collected after in-situ physical parameter measurements to reveal changes in water chemistry. Major anion/cation values of the samples were determined in the laboratory by

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Sedat TÜRKMEN, sturkmen@cu.edu.tr

using ICP-MS, spectrophotometer, ion chromatography and titration methods. The results obtained were evaluated using graphical methods and Geographic Information Systems. Trace element concentration analyses made in the river samples showed concentrations vary throughout the basin through which the river flows. Analysed concentration changes in the source part of the river were relatively lower compared to urbanized and agricultural lands. In general, the density of trace elements such as Pb, As, and Cd increases from the source part towards the discharge point, the Mediterranean Sea. This increase is attributed to the various chemicals used in agriculture, anthropogenic wastes, domestic and industrial wastes and petroleum derivatives used as fuel in agriculture and transportation.

Keywords: Seyhan Basin, Trace element, Anthropogenic pollution, Hydrogeochemistry

1. GİRİŞ

Artan ülke nüfusu, çeşitlenen endüstriyel üretim tesisleri ve hızlı kentleşmeye bağlı olarak nehirler, göller, akarsular şehirlerin içinde kalmaktadır. Bu durum tatlı su kaynaklarını birçok yönden etkilemektedir. Özellikle temiz ve insan sağlığı için risk içermeyen içme-kullanma suyunu olumsuz etkilemektedir. Ayrıca sulama suyu kaynaklarının tarımsal üretim amaçlı kullanılan kimyasallarla, kontrolsüz atık suyu deşarjından etkilenmesi de besin zinciri yolu ile insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu etkileşimler zamanla su kaynaklarının kalitesini etkileyerek doğal döngülerde aksaklıklara neden olmaktadır. Antropojenik (endüstriyel, tarımsal vb.) etkilerden dolayı iz element ve çeşitli zararlı kimyasallar doğada su-toprak ara yüzü ve su-atmosfer ara yüzlerinde yığılarak birikmekte ve çeşitli taşıyıcılarla taşınarak tatlı su kaynaklarını olumsuz etkilemektedir. Su kaynaklarındaki iz element kirliliğinin temel kaynağını antropojenik faaliyetler ve hidrojeokimyasal süreçler oluşturmaktadır.

Yüksek yoğunluğa sahip ve daha çok zararlı olan elementler olarak da tanımlanan iz element genel olarak arsenik, bakır, demir, kurşun, cıva, çinko, kadmiyum ve kromdan oluşmaktadır. İz elementler biyoakümülyasyon özelliğinin yanı sıra çevresel dayanıklılığa sahiptirler.

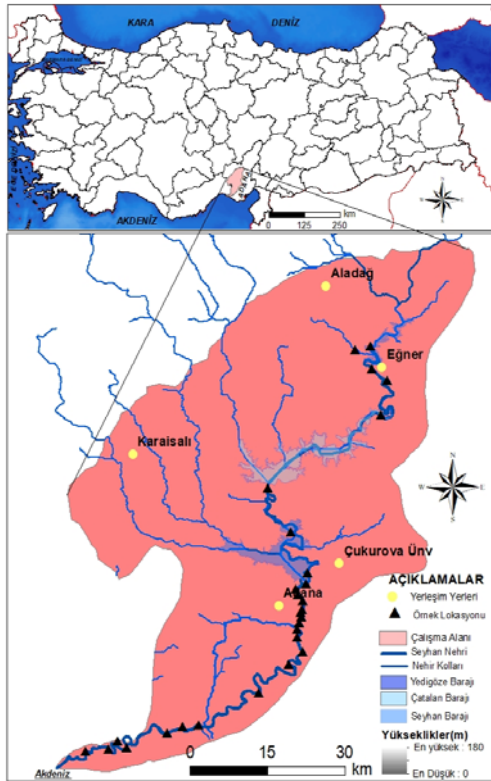
İz elementler, hidrojeolojik, jeokimyasal, atmosferik etkileşim sonucu yüzey ve yeraltı suyuna karışarak su ekosisteminin kalitesini düşürmekle birlikte insan sağlığını da tehdit etmektedir [1]. İz elementler, kayalarda bolluk derecesi % 0.1'den az olan elementlerdir. Çok uzun zaman dilimlerinde bile bu iz elementler

bozunmazlar ve sürekli birikerek yüksek konsantrasyonlara erişebilirler. Göstermiş oldukları bu özelliklerinden dolayı oldukça zararlı etkileşimler gerçekleştirmektedirler. Bu iz elementler ekolojik döngüye; hava yoluyla, içilebilir su yoluyla, tarımsal faaliyetlerle, insan yapımı çok sayıda kimyasal ve ürün yoluyla veya doğal etkileşim yolu ile girerler. Evsel, tarımsal, endüstriyel vb. atıkların güvenli bir şekilde dönüştürülmemesi, depolanmaması durumunda, tatlı su kaynakları hızla kirlenmekte, tatlı su rezervleri geri dönüşü mümkün olmayan zararlar görmektedir [2,3]. Jeolojik kaynaklı çeşitli doğal etkenler de yeraltı ve yüzey sularının kimyasını etkileyerek zaman zaman kirlilik yaratabilmektedir [4,5].

Tatlı su kaynaklarının kalitesinin yanı sıra kaynak rezervleri de oldukça önemlidir. Küresel ölçekte artan sıcaklığa bağlı meydana gelen iklim değişikliğinin etkisi, aşırı yeraltı suyu çekimi, yeraltı suyu akım sistemlerinin düzensiz yapılaşma nedeniyle tahrip edilmesi, maden kazılarına bağlı akifer özelliği taşıyan hazne kayaçların etkilenmesi gibi nedenler tatlı su miktarlarında azalmasına neden olmaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminin önemini ortaya koymaktadır. Bu amaçla, tatlı su kalitesi, miktarı ve korunmasına yönelik çalışmalar giderek artmaktadır [6,7].

Türkiye'nin en büyük havzalarından biri olan Seyhan Havzası, Doğu Akdeniz Havzası içerisinde yer almakta ve yaklaşık 20.600 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Seyhan Havzası 37° 51' 59" kuzey enlemi, 36° 03' 32" doğu boylamı koordinatlarında yer almaktadır. Drenaj alanı 22,035 km² olan kuzey-güney uzanımlı Seyhan Havzası'nda, deniz seviyesinden başlayan topoğrafik yükseklikler, Orta

Toros Dağları'nda 3275 m'ye kadar (Demirkazık Tepe) ulaşmaktadır (Şekil 1). Havzanın kuzey /kuzeybatısında Kayseri, batısında Niğde, güneybatısında Mersin, kuzeydoğusunda Kahramanmaraş illeri bulunurken doğusunda ise Ceyhan ilçesi bulunmaktadır. Uzunluğu 560 km olan Seyhan Nehri, kaynağını Orta Torosların eteklerinden alarak Adana il merkezinden geçerek Tuz gölü Lagünü olarak adlandırılan bölgede Akdeniz'e dökülmektedir [8]. Seyhan Nehrinin ana kolları Göksu ve Zamantı ırmaklarıdır. Kozan ilçesinin kuzeyinde Göksu Irmağı ve Zamantı Irmağı birleştikten sonra bu akarsu Seyhan Nehri adını alır. Seyhan Nehri güney yönünde akışını devam ederken sağ sahilinden Aladağ ilçesi doğusunda Doğan Çay, güneyde Karaisalı ilçesi civarında ise Eğlence, Körkün ve Çakıt dereleri birleşir. Seyhan barajından itibaren Adana kenti içerisinden geçerek Tuzla (Karataş) civarında Akdeniz'e boşalır.



Şekil 1. Çalışma alanının (Seyhan Havzası) yer bulduru haritası

İnceleme Alanı ve Çevresinin Jeolojisi

Seyhan havzası, batıda Ecemiş, doğuda Ceyhan havzası ise sınırlanmaktadır. Havza, Orta Toros Kuşağı içerisinde bulunmaktadır [9]. Bu sınırlar içerisinde bulunan Seyhan Nehri'nin üzerinden aktığı stratigrafik yapı ve litoloji birçok özelliğinden dolayı oldukça farklılık göstermektedir. Bu yapılar, farklı tektonostratigrafik birlikleri kapsamaktadır (Şekil 2).

Bu birlikler incelendiğinde Olistostromal özellik taşıyan Bolkar Dağı birliği, Devoniyen-Alt Tersiyer aralığında çökelmiş karbonat ve kırıntılı kayalardan oluşmaktadır [9,10]. Triyas-Senoniyen döneminde çökelmiş Bozkır birliği, şelf tipi kayalardan, kıta yamacı ve okyanus tipi kayalara kadar değişebilen farklı fasiyesleri temsil eden istiflerle asidik tüf, bazik ve ultrabazik kayaları ve serpantinlerden oluşmaktadır. Devoniyen-Kretase yaşlı Aladağ birliği şelf tipi karbonat ve kırıntılı birimlerden oluşmaktadır. Kambriyen-Erken Tersiyer yaşlı Geyik Dağı birliği, karbonat ve kırıntılı birimleri içermektedir [9].

Seyhan Nehri ve kollarının büyük bir bölümünün içerisinden aktığı Örtü birimleri ise Tersiyer-Kuvaterner yaşlı olup sığ deniz çökeller ile pelajik (derin deniz) çökellerden oluşmaktadır [10].

Örtü Birimleri

Adana Havzası içerisinde geniş yayılım gösteren Tersiyer örtü birimleri, batıda Ecemiş fay zone, kuzeyde Aladağ, güneyde Adana ve batıda Kozan ilçesine kadar gözlenmektedir (Şekil 2).

Senozoyik

Çukurova'nın oluşumunda etkili olan Seyhan Nehri, taşımış olduğu akarsu çökellerini Adana Havzası'nda bulunan Tersiyer'e ait Gildirli formasyonu, Karsantı formasyonu, Kaplankaya formasyonu, Karaisalı formasyonu, Cingöz formasyonu, Güvenç formasyonu, Kuzgun formasyonu, Handere formasyonu ve Kuvaterner yaşlı taraça, kaliçi, eski-yeni alüvyon çökellerinden almaktadır. Bu formasyonlar:

Gildirli formasyonu; Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak gelen Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Gildirli formasyonu, yaklaşık 400 m kalınlıkta kızılımsı renkli çapraz katmanlı çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşu [10]. Bu birimin üzerine Kaplankaya formasyonu ve Karaisalı formasyonu gelir.

Karsanti formasyonu; Kalınlığı 880-1500 m arasında değişen Oligosen yaşlı olduğu düşünülen birim, açık gri renkli, ince-orta ve kalın katmanlı marn, çamurtaşı ile daha az olarak da çakıllı kumtaşından oluşmaktadır [10,11].

Kaplankaya formasyonu; bazı bölgelerde Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler üzerine aşıl uyumsuzlukla gelen, Erken Miyosen yaşlı olan ve kalınlığı 35-60 m arasında değişen bu birim, genel olarak boz renkli çakıllı kumtaşı, kumtaşı, kumlu-killi kireçtaşı-marndan oluşmaktadır. Formasyon tabanda Gildirli formasyonu, tavanda ise Karaisalı formasyonu ile geçişlidir. Üstte Karaisalı formasyonu, Güvenç formasyonu ile yanal ve düşey geçişler sunmaktadır [10,11].

Karaisalı formasyonu; kalınlığı 0-600 m arasında değişen orta Miyosen yaşlı bu birim gri, açık gri, bej renkli, kalın-çok kalın tabakalı resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır [10,11]. Formasyon Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmektedir. Bu birim üzerine ise yanal ve düşey geçişli olarak Güvenç formasyonu ve Cingöz formasyonu gelmektedir [10,11].

Cingöz formasyonu; Erken-Orta Miyosen yaşlı olan birimin tabanında gri renkli çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ve kumtaşı bulunmaktadır [10,11]. Üst kesimlerde ise daha çok kumtaşı-şeyl ardalanması yer almaktadır. Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 3500 m'dir. Birim Gildirli formasyonu, Kaplankaya formasyonu, Karaisalı formasyonu ve Güvenç formasyonu ile geçişlidir [11].

Güvenç formasyonu; kalınlığı 20-3230 m arasında değişen Orta Miyosen yaşlı bu birim çoğunlukla koyu gri, yeşilimsi gri renkli şeylden oluşmaktadır [11]. Birim içerisinde ince kumtaşı-silttaşı-killi kireçtaşı ve yer yer karbonlu şeyl düzeyleri

bulunur [11]. Birimin Formasyon tabanda Karaisalı formasyonu ve Kaplankaya formasyonu ile tavanda ise Kuzgun formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir [11].

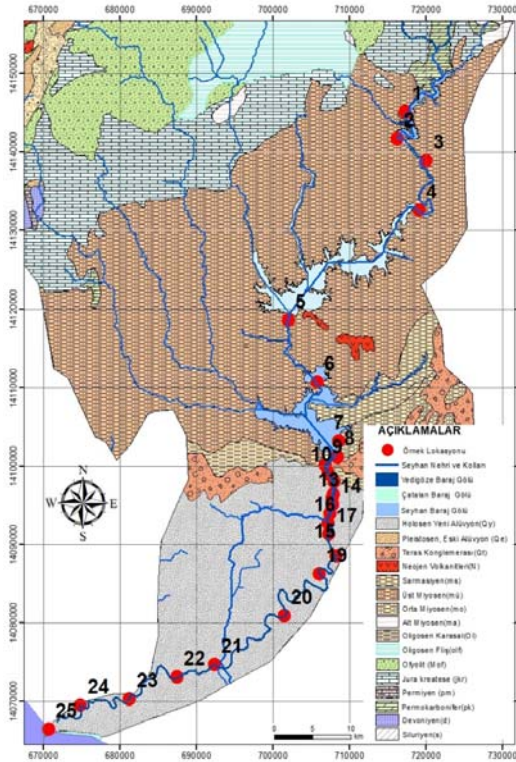
Kuzgun formasyonu; formasyonun tabanında sığ denizel-karasal nitelikli asfasiyelerden oluşan Kuzgun üyesi bulunup üzerinde ise Salbaş tüfit üyesi ile Memişli üyesi yer almaktadır [13,14]. Kuzgun üyesi çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanımından oluşmaktadır [13,14]. Tortoniyen yaşlı Salbaş tüfit üyesi tabanda açık gri renkli volkanoklastik kumtaşı-çakıltaşı ile başlamaktadır. Ana tüfit kütlesi açık gri-kirli beyaz renkli, kil ve mil içeren yer yer biyotit ve kıt mafik mineralli tüfit veya volkanoklastik miltaşından oluşmaktadır [10,11]. Memişli üyesi akarsu, göl sığ deniz çökellerinden oluşmaktadır. Kalınlığı yaklaşık 850m olan birim, alacalı renkli, çapraz katmanlı çakıllı kumtaşı ve kaba kumtaşı ile alacalı renkli silttaşı-çamurtaşından oluşmaktadır.

Handere formasyonu; Kalınlığı 120-700 m arasında değişen Messiniyen-Pliyosen yaşlı birim genel olarak boz renkli çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı, marn'dan oluşmaktadır. Birim altta Kuzgun formasyonu üzerinde geçişlidir. Üstte Adana havzasının yaygın taraça oluşumları ve genç alüvyon örtüleri ile örtülmektedir [10].

Taraça; Adana Havzası'nda genel olarak iki tür taraça malzemesi bulunmaktadır. İlki Handere formasyonunun topografik yüksekliklerinde yüzeyleyen eski ve yeni alüvyonla örtülü olan taraçadır. İkincisi ise taraça oluşumu ise Çakıt çayı, Körkün ve Eğlence suyu ile Seyhan Nehri yatağına yaklaşık olarak paralel uzanan farklı genişlik ve uzunlukta olanıdır. Tabanda çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ile başlayıp gri renkli, çapraz katmanlanmalı çakıllı kaba kumtaşı ile devam eden birimin üst kesiminde bloklu çakıltaşı yer almaktadır [10,11].

Kaliçi; taraça malzemesi içerisinde yeraltı sularının yüzeye doğru yükselirken buharlaşarak içindeki karbonatın çökmesi ile kaliçi meydana gelmektedir. Tepe üzerlerinde ve yamaçlara uygun olarak oluşan kaliçilerin kalınlığı 3-5 m arasında değişmektedir.

Alüvyon; Adana Havzası'nda, Adana Ovası'nı oluşturan eski ve yeni alüvyonlar olmak üzere iki türdür. Eski alüvyonları delta oluşumları olarak kabul edilmektedir. Genellikle Seyhan ve Ceyhan nehrinin denize döküldüğü yerlerde çökelmişlerdir. Günümüzde üzerlerine tarım yapılan organik toprak örtüsünün bulunduğu bu birim Çukurova'yı meydana getirmiştir. Genç alüvyonlar ise akarsu dere boylarınca gelişmiş olup genelde kötü boylanmış, tutturulmamış çakıl, kum ve mil malzemesinden oluşmaktadır. Genel olarak genç alüvyonlar ofiyolit, farklı kireçtaşı türleri, radyolarit, çört, kuvarsit vb.'den aşınarak oluşmuşlardır [13,14].



Şekil 2. Çalışma alanına ait jeoloji haritası ([12]'den değiştirilmiştir) ve örnekleme noktaları

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma kapsamında, Seyhan Nehri'nin kaynağından başlayarak Tuz gölü lagünü

bölgesinden Akdeniz'e boşaldığı ağız kısmına kadar 2023 yılı Mart ayı içerisinde Seyhan Nehri'nin yatağı boyunca, bölgenin litolojisi, nehrin debisi, yan kol bağlantı noktaları, yerleşim yerlerinin yoğunluğu, tarım arazileri ve tesislerinin yoğunluğuna göre belirlenen 28 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır. Suların fiziksel özellikleri Hanna HI 8334 marka pH metre, sıcaklık ölçer ve Antech PC Tester 35 Eutech marka EC/TDS ölçer yardımıyla yerinde belirlenmiştir (Şekil 3). Su örneklerinin hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla laboratuvar analizleri için, 250 mL'lik yüksek yoğunluklu polietilen özellikli (HDPE) plastik şişeler kullanılarak her noktadan 2 adet su örneği alınmıştır. Örnek kapları, alınan suyun özelliklerini tam olarak yansıtması için aynı akarsu ile üç kez yıkanmış ve akarsu içerisinde olabildiğince en derine aldırılarak hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen verilerin güvenilirliğini ve doğruluğunu tespit etmek amacıyla iyon denge hesaplamaları yapılarak (anyon-kasyon yük dengesi) analiz hata yüzdesi hesaplanmıştır [13]. Analiz sonuçları, Dünya Sağlık Örgütü [1] ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde [14] belirtilen içme-kullanma suyu standartlarına göre değerlendirilmiştir.

Piper diyagramı [15] kullanılarak nehir suyunun hidrojeokimyasal fasiyesi belirlenmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı [16] ve Wilcox diyagramları [17] kullanılarak suların tarımsal sulama amaçlı kullanılabilirlikleri açısından değerlendirilmiştir.

İz element konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla kullanılacak örneklerin kaplarına pH<2 olacak şekilde % 65'lik HNO₃ ilave edilmiştir. Soğuk zincir ile laboratuvara taşınan örneklerin majör anyon/kasyon analizleri iyon kromatografisi ve spektrofotometre ile, iz element analizleri ICP-MS cihazı ile, bikarbonat/karbonat analizleri ise titrasyon yöntemleriyle Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarı ve Çukurova Üniversitesi, Merkezi Araştırma laboratuvarlarında (ÇÜMERLAB) yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Seyhan Nehri boyunca yapılan örnekleme çalışması ile alınan 28 su örneğinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak sonuçları Çizelge 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Yapılan analizlere ait iyon denge yüzdeleri %5'in altında çıkmıştır. Denge değişim aralığı -0.26 ile -0,3 arasında değişmektedir. Su örneklerinin pH değerleri 7.74 ile 9.54 arasında değişmektedir (Çizelge 1). Şahinci'nin [18] pH sınıflamasına standartlarına göre bütün su örnekleri bazik karakterdedir. Seyhan Nehri'nin aktığı havza boyunca özellikle kaynak kesimlerinde yüzeylenen farklı dönemlerde oluşmuş kireçtaşlarının varlığı (Şekil 2) nehir suyunun yüksek pH değerlerine sahip olmasını sağlamıştır. Seyhan Nehri'nin ve kollarının kaynağından itibaren akış yolu boyunca 1 nolu örnek lokasyonundan 6 nolu istasyona kadar Miyosen yaşlı karbonatlı kayaçların üzerinde akmakta, ana nehre bağlanan kolların aktığı litolojilere göre farklılık göstermemekte, pH değerlerinde önemli değişim olmamaktadır. Yerleşim yeri ve yakın çevresi içerisinde tarımsal, antropojenik, endüstriyel vb. etkilere bağlı olarak artan pH değeri deniz suyu ve lagün etkisi ile maksimum pH değerine ulaşarak denize dökülmektedir (Çizelge 1).

Nehir suyu örnekleri ile yapılan ölçümlerle Eh değerleri -20 ile -112 mV arasında değişmekte olduğu görülmektedir. En düşük Eh değeri şehir merkezinde bulunan 14 nolu noktada tespit edilirken, en yüksek Eh değeri ise dipsiz lagün olarak adlandırılan nehrin ağız kısmında bulunan 28 nolu noktada tespit edilmiştir. Eh değerleri nehrin kaynaktan ağız kısmına doğru gittikçe bir düzen göstermemekte, yerleşim yerleri, tarım arazileri gibi dışarıya bağlı olarak farklılık göstermektedir (Çizelge 1). Nehir boyunca toplam çözülmüş madde miktarı (TDS) genel olarak artış göstermekte, fakat baraj rezervuar alanlarında çökelmeye bağlı olarak azaldığı görülmektedir (Çizelge 1). Nehir sularının elektriksel iletkenlik değerleri 413 ile 3490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. En düşük EC değerine 12 nolu ölçüm noktada iken en yüksek EC değeri ise 26 nolu ölçüm noktasındadır (Çizelge 1). Genel olarak elektriksel iletkenlik değerleri nehrin kaynak

kısımından boşalım kısmına gidildikçe artış göstermektedir. Endüstriyel üretim, evsel atıklar ve tarımsal üretime bağlı faaliyetler sonucu oluşan atıkların nehre karışması sonucu, akarsudaki iyon yükü değişme uğramakta bu nedenle elektriksel iletkenlik değerlerinde değişim meydana gelmekte ve çoğunlukla artış gözlenmektedir.

Nehir suyu örneklerinin kalsiyum (Ca^{+2}) değerleri 36.96 ile 100.17 mg/L arasında değişkenlik göstermektedir. Genel olarak yüksek olan kalsiyum değerleri nehrin kaynak kısmında, nehir üzerinde inşa edilen baraj çıkışlarında ve ağız kısmında yüksek konsantrasyonlara ulaşırken şehir merkezi ve tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı ova içerisinde nispeten daha düşük konsantrasyonlara sahiptir (Çizelge 2). Kalsiyumun akarsulardaki konsantrasyonları genel olarak akarsuyun üzerinden aktığı kayaçların mineralojik/ kimyasal bileşimine ve bölgenin aktif fay sistemine bağlı olarak gelişen jeotermal sularla etkileşime girerek değişmektedir. Seyhan nehrinin havzasının içerisinde özellikle nehrin kaynak kısmı olan kuzey/kuzeybatı kısmında çökelmiş olan Miyosen, Jura-Kretase ve Permien, Permkarbonifer yaşlı karbonat kökenli kayaçları gözlenmektedir [15] (Şekil 2). Nehir suyunun karbonat kökenli bu litolojik birimler ile etkileşime girmesi nehir suyunun Ca^{+2} açısından zenginleşmesine neden olmuştur. Adana Havzası ve nehrin kaynak kesimin kuzeybatısında magnezyum (Mg^{+2}) içeriği yüksek olan ofiyolitik kayaçlar yayılım göstermektedir [15]. Bu litolojilerle etkileşimde olan nehir kollarına rağmen magnezyum (Mg^{+2}) konsantrasyonları şehir merkezi ve tarım arazilerinde daha yüksektir (Şekil 6b). Havza genelinde 47,38 ile 82,25mg/L arasında değişen magnezyum (Mg^{+2}) değerlerinin şehir merkezinde yüksek konsantrasyonlara ulaşmasının en önemli nedeni evsel ve endüstriyel atıkların nehir suyuna kontrolsüz dışarıya iken ova içi düzlüklerde ise tarımsal amaçlı kullanılan kimyasallardır.

Nehir suyu örneklerinin Sodyum (Na^{+}) klor (Cl^{-}) değerleri genel olarak nehir ağız kısmına yakın, nehrin menderesler çizdiği ve zamanla nehrinden

ayrılarak oluşturduğu kulak yapılarında en yüksek konsantrasyona ulaşmaktadır. Klor (Cl⁻) iyonlarının değerleri nehrin kaynak kısmına yakın bölgelerde litolojik etkileşimden dolayı artış gösterirken şehirleşmenin yoğun olduğu alanlarda ise temizlik ürünlerinde bulunan kimyasallara bağlı artış göstermektedir (Şekil 6c ve Şekil 7a). Sodyum ve klor iyonlarının değerlerinin, Seyhan Nehri'nin denize ulaştığı veya yakın bölgelerinde artış

göstermesi deniz suyu girişiminin yanı sıra, sodyumca zengin magmatik kayalar, evaporitler, tarımda kullanılan gübreler, evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanmaktadır [13]. Ayrıca Akdeniz'den gaz fazı içerisinde katı partikül şeklinde bulunan tuzun rüzgârlarla taşınması ve zamanla yoğunlaşarak nehir ortamına karışması sodyum (Na⁺) klor (Cl⁻) konsantrasyonunu artırmaktadır.

Çizelge 1. Akarsu örneklerinde yerinde ölçülen fiziksel parametre değerleri

| Örnek No | pH (°F) | Eh (mV) | TDS (mg/L) | Elektriksel iletkenlik (µS/cm) |
|------------------------------|---------------------------|---------|------------|--------------------------------|
| 1 | 8,35 | -0,53 | 334.75 | 515 |
| 2 | 8,8 | -0,72 | 334.75 | 515 |
| 3 | 8,2 | -0,52 | 332.8 | 512 |
| 4 | 8,75 | -0,72 | 332.15 | 511 |
| 5 | 8,25 | -0,58 | 282.1 | 434 |
| 6 | 8,41 | -0,62 | 291.2 | 448 |
| 7 | 8,63 | -0,71 | 276.9 | 426 |
| 8 | 8,7 | -0,72 | 585.13 | 900.2 |
| 9 | 8,6 | -0,69 | 278.2 | 428 |
| 10 | 8,65 | -0,69 | 270.4 | 416 |
| 11 | 8,75 | -0,7 | 276.9 | 426 |
| 12 | 8,9 | -0,74 | 268.45 | 413 |
| 13 | 8,06 | -0,83 | 335.4 | 516 |
| 14 | 8,55 | -0,2 | 274.3 | 422 |
| 15 | 8,85 | -0,69 | 275.6 | 424 |
| 16 | 8,33 | -0,79 | 269.1 | 414 |
| 17 | 8,16 | -0,56 | 295.1 | 454 |
| 18 | 7,81 | -0,45 | 465.4 | 716 |
| 19 | 7,83 | -0,29 | 399.75 | 615 |
| 20 | 7,86 | -0,34 | 372.45 | 573 |
| 21 | 8,05 | -0,32 | 333.45 | 513 |
| 22 | 7,94 | -0,45 | 339.3 | 522 |
| 23 | 7,74 | -0,37 | 264.55 | 407 |
| 24 | 7,83 | -0,34 | 737.75 | 1135 |
| 25 | 9,4 | -0,35 | 2242.5 | 3450 |
| 26 | 8 | -0,85 | 2268.5 | 3490 |
| 27 | 8,6 | -112 | 1055.6 | 1624 |
| 28 | 9,54 | -107 | 1139.45 | 1753 |
| WHO (2011) Sınır değerler | 6.5-8.5 | * | * | * |
| SKKY (2011) Sınır değer | 6.5-8.5** 6.5-9.0***** | * | * | 250-750*** 750-2000**** |

* Sınır değer belirtilmemiştir. ** 1. Sınıf (Çok İyi) sular; *** 2. Sınıf (İyi) sular; **** 3. Sınıf (Kullanılabilir) sular; ***** 4. Sınıf (İhtiyatlı kullanılmalı) sular.

Nehir suyunun 10,62 ile 23 mg/L arasında değişkenlik gösterdiği potasyum değerleri, tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı nehir suyunun kaynak kısmına göre daha yavaş aktığı alanlarda daha yüksektir. Bu alanlarda yüksek konsantrasyonlarda potasyum gözlenmesi tarımsal üretimde kullanılan gübrelerin, yağmur suları ile yıkılarak nehre karışması, ilaçlamada kullanılan suların nehirden alınırken süzülerek nehre sızması veya bilinçsizce yapılan deşarjlardan kaynaklanabilmektedir [13].

Seyhan Nehri'nin bikarbonat değerleri, 257,10 ile 514 mg/L arasında değişirken, karbonat değerleri ise 0 ile 230 mg/L arasında değişmektedir. Havzanın kuzey ve kuzeydoğu kısmında yaygın olarak gözlenen karbonatlı kayalar içerisinde akış gösteren nehir suyu örneklerinde bikarbonat derişimleri yüksek iken, havzanın kuzeybatısı ve orta kesimlerinde yayılım gösteren ofiyolitik kayalar ile etkileşime geçen nehir sularında ise bikarbonat derişimleri düşüktür. Genel olarak karbonat derişimleri havza boyunca çok düşük değerlerde olmasına rağmen Seyhan Nehri'nin boşalım kesiminde, 26, 27 ve 28 nolu su örneklerinde yüksek derişimlere ulaşmaktadır (Çizelge 2). Seyhan Nehri havzası boyunca sülfat ve nitrat derişimleri artış göstermekte özellikle tarım arazileri ve yerleşim yerleri içerisinde bulunan veya yakın çevresinde yapılan örneklemelelerde yüksek konsantrasyonlarda sülfat ve nitrat belirlenmiştir (Çizelge 2). Analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü'nün [1] içme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde; nitratin bir çok örnekte sınır değeri aştığı görülmektedir. Nitrit ise 3,10, 12,14, 15, 16, 17 ve 22 nolu örneklerde sınır değeri aşmıştır (sınır değeri 0-0.2 mg/L, WHO (162011)). Tespit edilen en yüksek nitrit konsantrasyonu 14 nolu su örneğinde 14,89 mg/L'dir. Bu parametreler dışında kalan iyon değerleri ise Dünya Sağlık Örgütü [1] tarafından belirlenen içme suyu standart değerlerinin altında olduğu görülmüştür. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde [18] belirtilen sulama suyu sınıflandırmalarına göre; tüm örneklerin pH, klor ve sülfat bakımından I. Sınıf sular (Çok iyi) olduğu görülmektedir. Elektriksel

iletkenlik bakımından ise tüm örneklerin II. Sınıf (İyi) sular oldukları görülmektedir. Nitrat bakımından ise tüm örneklerin III. Sınıf (Kullanılabilir) suları temsil ettiği görülmüştür. Diğer parametreler açısından bütün örnekler SKKY'ya [17] göre kullanılabilir niteliktedir.

3.1. Nehir Suyu İz Element Konsantrasyonları ve Köken İlişkisi

Seyhan nehri boyunca alınan 28 su örneği ile yapılan As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn analiz sonuçları Çizelge 3'de, dağılım haritası Şekil 3'de gösterilmiştir. Genel olarak doğal su kaynaklarında iz element içeriklerini etkileyen en önemli fiziksel parametre pH olup asidik sulara iz element içerikleri daha yüksek olmaktadır. Seyhan Nehri'nin pH değerleri 7.81 ile 9.54 arasında değişmektedir. Bu pH değerlerine göre nehrin suyu bazik karakterlidir. Seyhan Nehri'nin iz element derişimleri genel olarak düşüktür. Nehrin kaynak kısmından boşalım kısmına doğru gidildikçe iz element derişimleri litolojik farklılıklar, yerleşim yerlerindeki atıklar, tarımsal üretim atıkları, endüstriyel atıklar vb. sebeplerden dolayı artış göstermektedir (Çizelge 3). Fe, Mn ve Ni elementlerinin analiz sonuçları incelendiğinde Seyhan Nehri'nin yerleşim yeri içinde kalan bölümleri ve denize boşaldığı bölümlerde bu iz elementlerin artış gösterdiği görülmektedir. Yüksek Fe, Mn, Ni ve Cd içeriklerinin bölgedeki yoğun trafik ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek Zn değerlerinin ise tarımda kullanılan verim artırıcı kimyasal gübreler ile endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurşun elementinin değerleri incelendiğinde, kurşun derişimlerinin yerleşim yerleri ve ulaşım hatlarına yakın bölgelere yoğunlaştığı görülmektedir. Kurşun değerlerindeki bu artışın motorlu araç yakıtlarından ileri geldiği düşünülmektedir. Seyhan Nehri havzasında yapılan bu çalışmada genel olarak, havza boyunca; As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn iz element derişimlerindeki artışlar bu bölgedeki tarımsal üretim, endüstriyel aktiviteler motorlu taşıtlar ve yerleşim yerlerinin yoğunluğuna bağlı meydana gelen antropojenik atıklarla açıklanabilir.

Çizelge 2. Akarsu örneklerine ait majör katyon ve majör anyon analiz sonuçları (tüm değerler mg/L)

| Örnek No | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Na ⁺ | K ⁺ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻² | CO ₃ ⁻² | SO ₄ ⁻² | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ | F ⁻ |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|
| 1 | 58.77 | 20.53 | 26.66 | 3.25 | 32.35 | 285.32 | 0 | 4.00 | 50.67 | 0.00 | 2.68 |
| 2 | 60.65 | 20.76 | 24.75 | 2.42 | 17.97 | 332.35 | 0 | 5.00 | 83.77 | 0.00 | 2.73 |
| 3 | 57.14 | 18.12 | 26.27 | 4.13 | 10.78 | 363.71 | 48 | 7.00 | 76.53 | 0.29 | 5.39 |
| 4 | 54.11 | 17.39 | 24.80 | 3.07 | 25.16 | 294.73 | 36 | 7.00 | 104.57 | 0.00 | 2.81 |
| 5 | 40.37 | 18.24 | 15.55 | 2.26 | 26.96 | 269.64 | 12 | 4.00 | 52.40 | 0.14 | 1.21 |
| 6 | 46.10 | 18.42 | 19.36 | 3.51 | 17.97 | 275.92 | 0 | 3.00 | 56.82 | 0.00 | 1.94 |
| 7 | 39.74 | 18.74 | 14.86 | 2.13 | 14.38 | 257.10 | 0 | 7.00 | 35.66 | 0.16 | 2.11 |
| 8 | 100.17 | 41.05 | 31.53 | 3.39 | 14.38 | 514.21 | 72 | 85.00 | 14.50 | 0.00 | 0.99 |
| 9 | 41.37 | 20.69 | 19.61 | 3.71 | 14.38 | 257.10 | 0 | 2.00 | 96.43 | 0.00 | 9.34 |
| 10 | 50.78 | 24.93 | 20.13 | 2.90 | 14.38 | 275.92 | 12 | 45.00 | 34.34 | 0.24 | 2.49 |
| 11 | 43.05 | 20.94 | 17.93 | 2.73 | 21.57 | 244.56 | 24 | 28.00 | 55.76 | 0.43 | 1.38 |
| 12 | 45.54 | 23.18 | 20.06 | 2.76 | 26.96 | 257.10 | 24 | 86.00 | 33.31 | 0.29 | 1.35 |
| 13 | 43.16 | 21.20 | 28.71 | 5.06 | 17.97 | 275.92 | 24 | 17.00 | 144.00 | 0.00 | 4.72 |
| 14 | 43.91 | 22.83 | 25.33 | 4.76 | 21.57 | 263.37 | 24 | 5.00 | 11.94 | 14.89 | 3.59 |
| 15 | 40.29 | 20.25 | 21.19 | 3.56 | 30.55 | 244.56 | 0 | 14.00 | 124.54 | 2.98 | 2.08 |
| 16 | 44.69 | 21.93 | 20.85 | 2.97 | 14.38 | 263.37 | 0 | 60.00 | 44.71 | 0.81 | 3.59 |
| 17 | 36.96 | 18.63 | 21.51 | 3.44 | 37.74 | 269.64 | 0 | 107.00 | 11.55 | 3.88 | 1.02 |
| 18 | 43.37 | 22.28 | 59.15 | 21.50 | 23.37 | 432.69 | 0 | 89.00 | 11.27 | 0.00 | 0.81 |
| 19 | 49.10 | 22.92 | 47.97 | 14.82 | 12.58 | 344.89 | 0 | 79.00 | 10.98 | 0.00 | 0.80 |
| 20 | 42.36 | 21.05 | 40.66 | 10.62 | 25.16 | 313.54 | 0 | 3,5 | 10.70 | 0.00 | 11.00 |
| 21 | 41.36 | 21.42 | 32.83 | 6.71 | 28.76 | 332.35 | 0 | 35.00 | 10.41 | 0.00 | 10.27 |
| 22 | 43.19 | 27.30 | 41.97 | 9.45 | 71.89 | 257.10 | 0 | 81.00 | 66.86 | 0.73 | 1.87 |
| 23 | 43.94 | 22.26 | 19.72 | 2.66 | 21.57 | 250.83 | 0 | 78.00 | 38.12 | 0.00 | 2.32 |
| 24 | 48.85 | 30.36 | 91.11 | 23.00 | 50.32 | 445.23 | 60 | 210.00 | 10.97 | 0.00 | 1.03 |
| 25 | 45.57 | 82.25 | 198.00 | 17.11 | 57.51 | 438.96 | 120 | 200.00 | 16.17 | 0.00 | 17.05 |
| 26 | 46.38 | 82.05 | 187.50 | 17.40 | 7.19 | 457.77 | 120 | 250.00 | 31.63 | 0.00 | 12.51 |
| 27 | 42.44 | 46.55 | 218.80 | 15.16 | 28.76 | 351.16 | 236 | 317,94 | 66.35 | 0.00 | 6.11 |
| 28 | 65.88 | 47.38 | 212.20 | 9.68 | 2.40 | 420.14 | 230 | 397,89 | 148.36 | 0.00 | 3.30 |
| WHO (162011) | * | * | * | 0-200 | | 0-250 | * | 0-500 | 0-50 | 0-0,2 | 0-1,5 |
| SKK17Y (201118) | * | * | * | * | * | 0-142** | * | 0-192** | 5-10*** 10-30**** | * | 0-1 |

* Sınır değer belirtilmemiştir. ** 1. Sınıf (Çok İyi) sular; *** 2. Sınıf (İyi) sular; **** 3. Sınıf (Kullanılabilir) sular.

Özellikle, Seyhan Nehri'nin taşıdığı olduğu alüvyonlarla beslediği havza ağzındaki verimli düzlüklerde yapılan tarımsal üretim ve buna bağlı kurulan, tarımsal tesisler, gübre fabrikaları ve ana ulaşım arterlerinden kaynaklanan araç trafiği bölge sularının kimyasını ve kalitesini etkilemektedir.

İz element analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü'nün [1] içme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde; kurşunun 6, 10, 13, 15, 17, 18, 20 ve 21 nolu örneklerde, arseniğin 25, 26 nolu örneklerde, kadmiyumun 20 ve 21 nolu örneklerde sınır değerleri aştığı görülmektedir. Analiz yapılan

diğer iz elementlerin değerleri ise Dünya Sağlık Örgütü [1] tarafından belirlenen içme suyu standart değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde [14] belirtilen sulama suyu sınıflandırmalarına göre; kurşunun 10 nolu örnekte, arseniğin 25 ve 26 nolu örneklerde sınır değerleri aştığı görülmektedir. Analiz yapılan diğer iz elementlerin değerleri ise belirtilen sulama suyu sınıflandırmalarına [18] göre uygun özelliktedir.

3.2. Suların Hidrokimyasal Sınıflandırılması

Seyhan Nehri'nin akış güzergahı boyunca 28 noktadan alınan su örnekleri Piper diyagramına [15] yerleştirildiğinde; örneklerin tamamı katyon

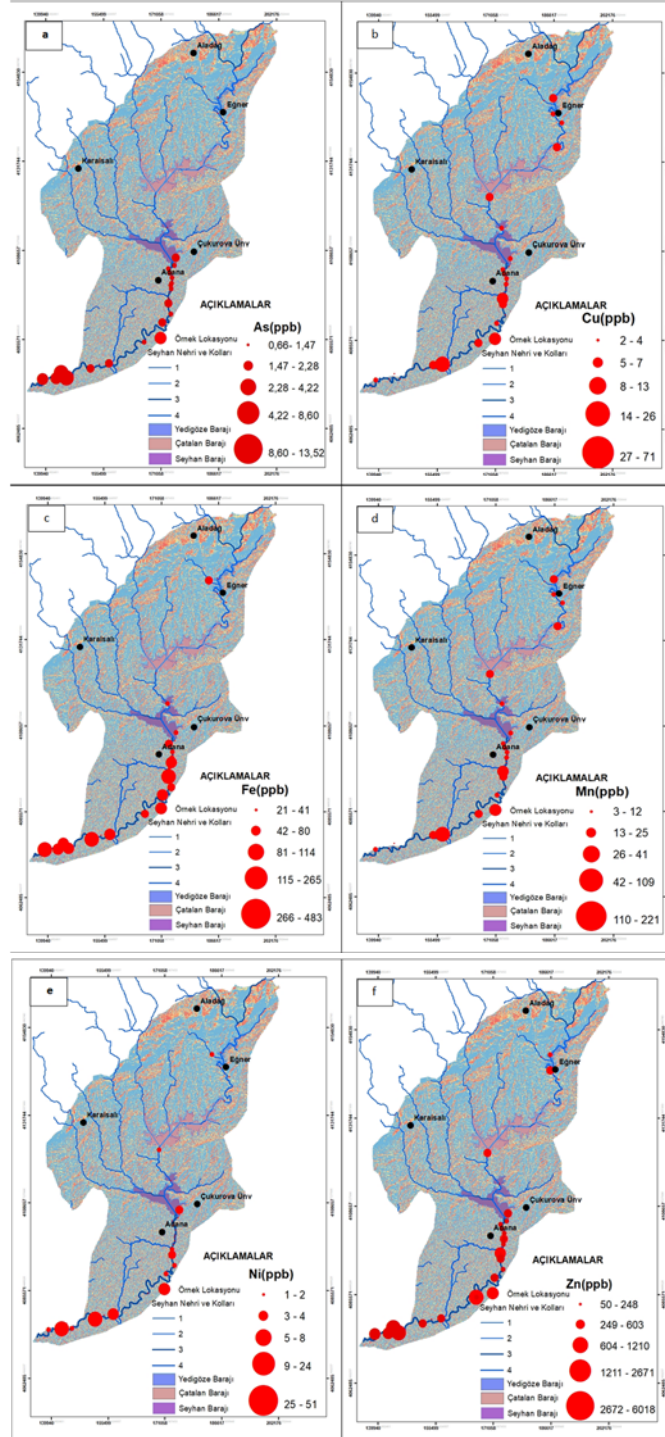
üçgeninin A bölgesindeki kalsiyum köşesine yakın kesimlerde yer almakta ve "Kalsiyum tipi suları" temsil ettiği görülmektedir. Anyon üçgeninde ise E bölgesinde yer aldığı ve "Bikarbonat+Karbonat tipi suları" temsil ettiği görülmektedir. Eşkenar dörtgen üzerinde ise 1. bölgedeki Alkali toprak elementler (Ca+Mg) > Alkali elementler (Na+K), "Kalsiyum-Magnezyum-Bikarbonat tipi suları" temsil ettiği görülmektedir (Şekil 4).

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına [16] göre (Şekil 10), 19, 20, 25, 26 ve 28 nolu örnekler C3-S1 sınıfında (yüksek derecede tuzlu sular), diğer örneklerin tamamı ise C2-S1, orta derecede tuzlu sular sınıfındadır (Şekil 5).

Çizelge 3. Akarsu örneklerine ait iz element analiz sonuçları (tüm değerler ppb cinsindedir)

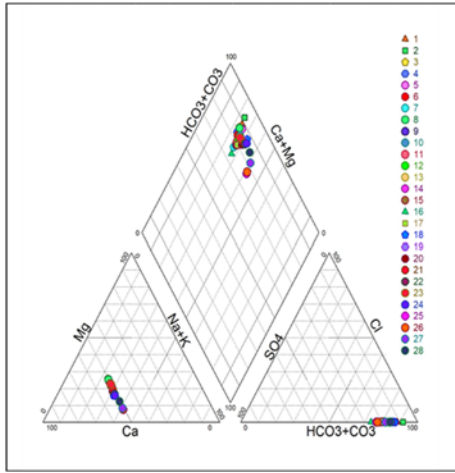
| Örnek No | As | Cd | Cu | Fe | Mn | Ni | Pb | Zn |
|-------------------------|-------|------|------|------|------|-----|-------|------|
| 1 | 0.76 | 0.36 | 10 | 29 | 5 | 2 | 6.48 | 413 |
| 2 | 0.66 | 0.38 | 3 | 98 | 15 | 3 | 3.06 | 50 |
| 3 | 1.26 | 0.34 | 7 | 28 | 3 | 2 | 5.81 | 1059 |
| 4 | 1.19 | 0.37 | 7 | 36 | 4 | 2 | 4.38 | 109 |
| 5 | 1.14 | 0.32 | 9 | 21 | 4 | 2 | 5.62 | 102 |
| 6 | 1.20 | 1.38 | 9 | 24 | 3 | 3 | 21.87 | 747 |
| 7 | 1.47 | 0.89 | 6 | 49 | 5 | 2 | 8.30 | 212 |
| 8 | 2.65 | 0.43 | 5 | 57 | 22 | 8 | 6.52 | 603 |
| 9 | 1.57 | 0.35 | 4 | 41 | 4 | 1 | 5.42 | 107 |
| 10 | 1.61 | 1.82 | 6 | 114 | 5 | 2 | 89.18 | 411 |
| 11 | 1.73 | 0.60 | 6 | 34 | 4 | 2 | 7.08 | 246 |
| 12 | 1.97 | 0.75 | 5 | 80 | 9 | 2 | 6.92 | 451 |
| 13 | 1.94 | 1.30 | 5 | 59 | 12 | 1 | 15.61 | 1210 |
| 14 | 1.99 | 1.07 | 4 | 59 | 7 | 2 | 8.31 | 62 |
| 15 | 2.28 | 1.55 | 4 | 153 | 25 | 2 | 10.01 | 248 |
| 16 | 1.08 | 0.40 | 3 | 70 | 18 | 1 | 7.33 | 75 |
| 17 | 1.28 | 1.98 | 26 | 71 | 20 | 3 | 24.38 | 2671 |
| 18 | 4.22 | 2.49 | 13 | 483 | 37 | 6 | 25.61 | 149 |
| 19 | 2.00 | 0.41 | 3 | 97 | 35 | 3 | 3.06 | 197 |
| 20 | 2.71 | 4.60 | 5 | 164 | 41 | 3 | 36.70 | 175 |
| 21 | 2.14 | 4.98 | 10 | 99 | 23 | 2 | 44.80 | 6018 |
| 22 | 3.52 | 0.93 | 71 | 171 | 76 | 24 | 6.70 | 98 |
| 23 | 1.33 | 0.53 | 8 | 26 | 4 | 2 | 3.26 | 66 |
| 24 | 3.39 | 0.90 | 2 | 357 | 106 | 50 | 5.25 | 757 |
| 25 | 13.45 | 0.47 | 4 | 169 | 99 | 4 | 3.02 | 53 |
| 26 | 13.52 | 0.87 | 4 | 206 | 109 | 1 | 4.65 | 73 |
| 27 | 7.47 | 0.86 | 4 | 265 | 77 | 51 | 19.08 | 744 |
| 28 | 8.60 | 1.16 | 5 | 407 | 221 | 4 | 8.07 | 98 |
| WHO (2011) | 10.00 | 3 | 200 | 300 | 500 | 70 | 10 | * |
| SKKY(2011) standartları | 10.00 | 10 | 2000 | 5000 | 3000 | 200 | 50 | 2000 |

* Sınır değer belirtilmemiştir.

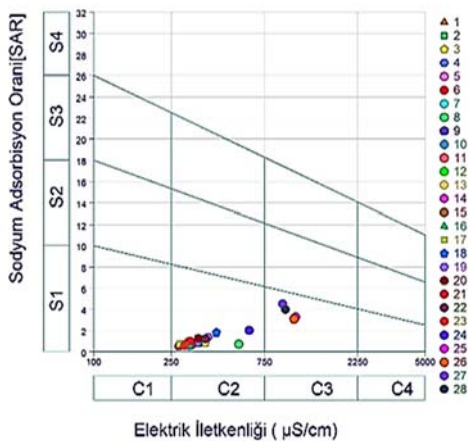


Şekil 3. Akış yolu boyunca akmaz iz element derişimlerinin değişimi

Yüksek derecede tuzlu sular sınıfında çıkan suların tuzluluk nedenleri örneklemenin yapıldığı bölgenin Akdeniz'e yakın olması, deniz suyu girişi ve hava yolu ile sodyum iyonlarının taşınması olduğu düşünülmektedir (Çizelge 2). Diyagram verilerine göre nehrin orta ve üst kısımlarındaki sular, orta derecede tuza ihtiyacı olan bitkilerde sulama suyu olarak kullanılabilir özelliktedir. Nehir suyu yüzdesel sodyum değerleri açısından incelendiğinde; 25, 26, 27 ve 28 nolu örnekler "iyi", geri kalan örneklerin tamamı ise "çok iyi" sular niteliğindedir [17].

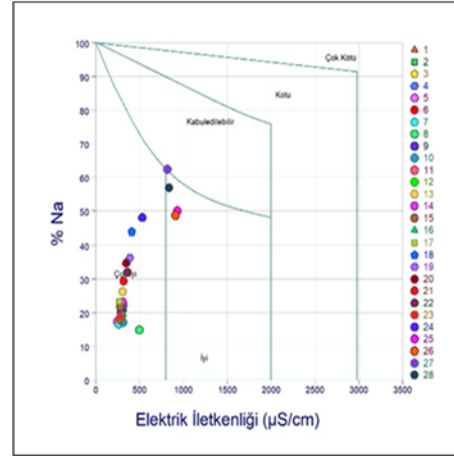


Şekil 4. Akarsu örneklerinin Piper diyagramındaki dağılımı



Şekil 5. Akarsu örneklerinin ABD Tuzluluk diyagramındaki konumları

Nehir suyu örneklerin tamamına yakınında sodyumun düşük olması suların sodyuma karşı hassas bitkiler haricinde, diğer tarımsal faaliyetlerde kullanılabilir özellikte olmasını sağlamıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Akarsu örneklerinin Wilcox diyagramındaki konumları

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında; kaynağını Adana ilinin kuzeyinden alıp Tuz gölü lagünü bölgesinden Akdeniz'e boşalan Seyhan Nehri'nin 28 farklı noktasında suların fiziksel özellikleri yerinde ölçülerek, majör anyon-kasyon ve iz element analizleri yapılmıştır. Ölçüm ve analiz sonuçları çeşitli diyagramlara yerleştirilmiş ve dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Yapılan pH sınıflamasına göre; nehir suyunun bazik karakterde olduğu, bu özelliğini havzada mevcut jeolojik birimlerden (kireçtaşı/dolomitik kireçtaşı ve ofiyolitik kayalar) kazandığı şeklinde yorumlanmıştır. Nehir sularının hidrokimyasal fasiyes tipinin de nehrin aktığı havzanın jeolojisinin etkisiyle Ca-HCO₃ olduğu belirlenmiştir. Majör element olarak kalsiyum elementinin en önemli kaynağı akarsu havzasının kaynak kesiminde konumlanmış, geniş alanlar kaplayan karbonat kayaları olduğu belirlenmiştir.

Analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde;

nitratın birçok örnekte sınır değerleri aştığı görülmektedir. Nitrit ise 3,10,12 14, 15, 16, 17 ve 22 nolu örneklerde sınır değerleri aşmıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde belirtilen sulama suyu sınıflandırmalarına göre; tüm örneklerin pH, klor ve sülfat bakımından I. Sınıf sular (Çok iyi) olduğu belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik bakımından ise tüm örnekler II. Sınıf (İyi) oldukları görülmektedir. Nitrat bakımından ise tüm örneklerin III. Sınıf (Kullanılabilir) suları temsil ettiği görülmüştür.

Piper diyagramına göre örneklerin tamamında hakim kationun kalsiyum "Kalsiyum tipi sular" olduğu, hakim anyonun ise bikarbonat (HCO_3) "Bikarbonat+Karbonat tipi suları" olduğu, genel olarak ise nehir suyunun "Kalsiyum - Bikarbonat tipi suları" temsil ettiği belirlenmiştir.

Nehir Suyu örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre 19, 20, 25, 26 ve 28 nolu örneklerin C3-S1 sınıfında olduğu ve yüksek derecede tuzlu sular sınıfında iken diğer örneklerin tamamı C2-S1 sınıfında olduğu ve tuzluluk açısından orta derecede tuzlu sular sınıfında olduğu belirlenmiştir. Wilcox diyagramlarına göre 25, 26, 27 ve 28 nolu örnekler "iyi" kullanılabilir nitelikte, geri kalan örneklerin tamamı ise "çok iyi" kullanılabilir nitelikte olduğu ve suların sodyuma karşı hassas bitkiler haricinde, diğer tarımsal faaliyetlerde kullanılabilir özellikte olduğu belirlenmiştir.

Fe, Mn, Ni ve Cd elementlerinin derişimleri nehrin yerleşim yerleri içinde geçen bölümlerinde ve boşalım bölgesinde yüksek olup bu yüksek derişimlerin yoğun trafik ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek Zn değerlerinin ise tarımda kullanılan verim artırıcı kimyasal gübreler ile endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Pb derişimi incelendiğinde kurşun değerlerinin yerleşim yerleri ve ulaşım hatlarına yakın bölgelere yoğunlaştığı görülmektedir. Kurşun değerlerindeki bu artışın motorlu araç yakıtlarından ileri geldiği düşünülmektedir.

İz element analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suyu standartlarına göre

değerlendirildiğinde; kurşunun Dünya Sağlık Örgütü'nün sınır değeri olan 0.01 mg/L 6, 10, 13, 15, 17, 18, 20, 21 ve 27 nolu örneklerde, arseniğin 0.01 mg/L olan sınır değeri 25 ve 26 nolu örneklerde, kadmiyumun 0.003 mg/L olan sınır değeri 20 ve 21 nolu örneklerde aşıldığı görülmektedir. Analiz yapılan diğer iz elementlerin değerleri ise Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen içme suyu standart değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde belirtilen sulama suyu sınıflandırmalarına göre; kurşunun 0.05 mg/L sınır değeri 10 nolu örnekte, arseniğin 0.01 mg/L olan sınır değeri 25 ve 26 nolu örneklerde aştığı görülmektedir.

Seyhan Nehri havzasında yapılan bu çalışmada genel olarak, havza boyunca; As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn iz elementleri derişimlerindeki artışlar bu bölgedeki tarımsal üretim, endüstriyel aktiviteler motorlu taşıtlar ve yerleşim yerlerinin yoğunluğuna bağlı meydana gelen antropojenik atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle, Seyhan Nehri'nin taşımış olduğu alüvyonlarla beslediği havza ağzındaki verimli düzlüklerde yapılan tarımsal üretim ve buna bağlı kurulan tarımsal tesisler ve ana ulaşım arterlerinden kaynaklanan araç trafiği bölge sularının kimyasını ve kalitesini etkilemekte iz element konsantrasyonlarının yükselmesine neden olmaktadır.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmada katkılarından dolayı Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Mehmet Ali KURT'a ve Çukurova Üniversitesi Merkezi Laboratuvar Öğretim Görevlisi Uğur ÇALYAN'a ayrı ayrı teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

1. World Health Organization (WHO), 2011. Guidelines for Drinking Water Quality, 4th ed.: WHO Publications, Geneva, 631.

2. Toroğlu, E., Toroğlu, S., Alaeddinoğlu, F., 2006. Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) Akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(1), 93-103.
3. Hernes, P.J., Spencer, R.G.M., Dyda, R.Y., Pellerin, B.A., Bachand, P.A.M., Bergamaschi, B.A., 2008. The Role of Hydrologic Regimes on Dissolved Organic Carbon Composition in an Agricultural Watershed. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(21), 5266–5277.
4. Yıldırım, Ü., Güler, C., Kurt, M.A., Güven, O., 2020. Kaynağından Akdeniz'e Deliçay'ın (Mersin) Debisi ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *GÜFBED/GUSTIJ*, 10(4) 1121-1135.
5. Anderson, S.P., Longacre, S.A., Kraal, E.R., 2003. Patterns of Water Chemistry and Discharge in the Glacier-fed Kennicott River, Alaska: Evidence for Subglacial Water Storage Cycles. *Chemical Geology*, 202, 297-312.
6. Bulut, V.N., Bayram, A., Gundogdu, A., Soylak, M., Tufekci, M., 2010. Assessment of Water Quality Parameters in the Stream Galyan, Trabzon, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 165, 1-13.
7. Kroon, F.J., Kuhnert, P.M., Henderson, B.L., Wilkinson, S.N., Henderson, A.K., Abbott, B., Brodie, J.E., Turner, R.D.R., 2012. River Loads of Suspended Solids, Nitrogen, Phosphorus and Herbicides Delivered to the Great Barrier Reef Lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, 65, 167-181.
8. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2020. Seyhan Havzası Taşkın Yönetim Planı Ankara. www.taskinyonetimi.tarimorman.gov.tr
9. Özgül, N., Kozlu, H., 2002. Kozan-Feke (Doğu Toroslar) Yöresinin Stratigrafisi ve Yapısal Konumu İle İlgili Bulgular. *TPJD Bülteni*, 14(1), 1-36.
10. Schmidt, G.C., 1961. Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region Petroleum District. *Petroleum Administration Bull*, 6, 47-63.
11. Yetiş, C., Demirkol, C., 1986. Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeolojisi Etüdü. M.T.A. Rap., 8037, Ankara.
12. Şenol, M., Şahin, Ş., Duman, T.Y., 1998. Adana- Mersin Dolayının Jeoloji Etüd Raporu. M.T.A., Ankara.
13. Hem, J.D., 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Alexandria, Virginia.
14. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), 2011. Türk Standartları, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (4 Eylül 1988, Sayı: 19919), Resmi Gazete, Ankara.
15. Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses. *Transactions of American Geophysical Union*, 25, 914-923.
16. United States Salinity Laboratory Staff (USSLS), 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, United States Department of Agriculture Handbook, 60, US Government Printing Office, Washington, DC.
17. Wilcox, L.V., 1948. The Quality of Water for Irrigation Use. U.S. Department of Agriculture Technology Bulletin, 962, 40.
18. Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası. *Reform Matbaası, İzmir*, 548.