

## Kaynağından Akdeniz'e Deliçay'ın (Mersin) Debisi ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi

### *Assessment of Discharge and Water Quality of Deliçay (Mersin) from Its Source to Mediterranean Sea*

Ümit YILDIRIM<sup>\*1, a</sup>, Cüneyt GÜLER<sup>2, b</sup>, Mehmet Ali KURT<sup>3, c</sup>, Onur GÜVEN<sup>2, d</sup>

<sup>1</sup> Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Baberti Külliyesi, 69000, Bayburt.

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy Kampüsü, 33343, Mersin.

<sup>3</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy Kampüsü, 33343, Mersin.

• Geliş tarihi / Received: 04.05.2020 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 14.08.2020 • Kabul tarihi / Accepted: 25.09.2020

#### Öz

Bu çalışmada, Orta Toroslardaki Güzelyayla (Mersin) yerleşimi yakınlarında doğan ve Akdeniz'e dökülen Deliçay'ın, kaynağı ile boşalım noktası arasında belirlenen 11 farklı lokasyonda, akarsu debisi belirlenmiş ve akış yolu boyunca su kimyasında meydana gelen değişimleri ortaya koymak amacıyla yerinde fiziksel parametre ölçümleri yapılarak su örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerinin majör anyon/kasyon ve iz element içerikleri laboratuvarında spektrofotometre, iyon kromatografisi, titrasyon ve ICP-MS yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, çeşitli grafik yöntemler kullanılarak değerlendirilmiş ve tarımsal sulama amaçlı kullanıma uygunlukları değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda; Deliçay'dan alınan tüm su örneklerinin tarımsal sulama amaçlı kullanıma uygun olduğu tespit edilmiştir. Akarsu örneklerinde kirlilik göstergesi olabilecek parametrelerin ise havza çıkış noktasına doğru artış gösterdiği ve bu artışın sebebinin tarımda kullanılan çeşitli kimyasallar (gübreler ve tarımsal ilaçlar) ile evsel/endüstriyel atıkların akarsuya kontrolsüz deşarjı olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Akarsu Havzası, Debi, Deliçay, Hidrokimya, Su Kalitesi

#### Abstract

In this study, at 11 different points along the Deliçay, which originates near Güzelyayla (Mersin) settlement in the Central Taurus Mountains and discharging into the Mediterranean Sea, streamflow was determined and water samples were collected after in-situ physical parameter measurements to reveal the changes in water chemistry. Major anion/cation and trace element contents of the water samples taken were analyzed in the laboratory using spectrophotometer, ion chromatography, titration, and ICP-MS methods. The results obtained were evaluated using various graphical methods and their suitability for agricultural irrigation purposes were evaluated. As a result, it has been determined that all water samples taken from Deliçay are suitable for agricultural irrigation. It was concluded that the parameters that may indicate pollution in the samples increase towards the basin outlet and the reason for this increase was interpreted as the uncontrolled discharge of various chemicals (fertilizers and agrochemicals) and domestic/industrial wastes into the river.

**Keywords:** River Basin, Discharge, Deliçay, Hydrochemistry, Water Quality

\*a Ümit YILDIRIM; umit.yildirim.1907@gmail.com/umityildirim@bayburt.edu.tr, Tel: (0 544) 729 6632, orcid.org/ 0000-0002-7631-7245

<sup>b</sup> orcid.org/0000-0001-8821-6532

<sup>c</sup> orcid.org/0000-0001-7255-2056

<sup>d</sup> orcid.org/0000-0001-5608-7633

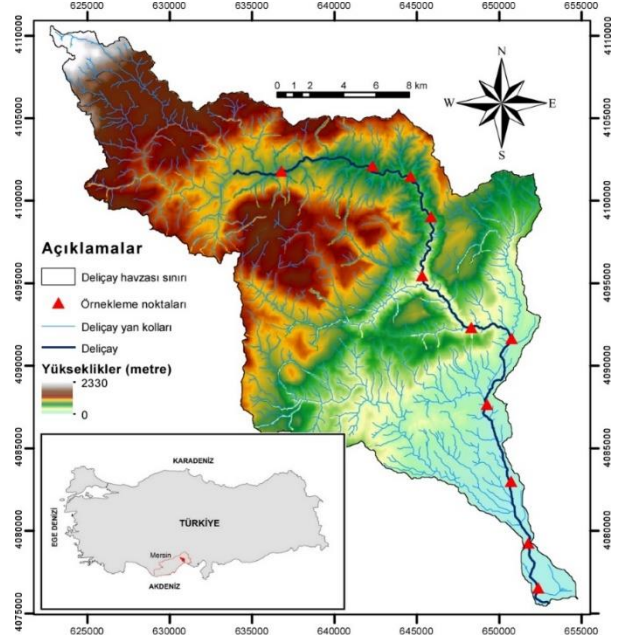
## 1. Giriş

İnsan nüfusu sürekli olarak artmakta ve buna paralel olarak çeşitli ihtiyaçlar da artış göstermektedir. Bu ihtiyaçların en başında da kuşkusuz temiz ve sağlıklı içme-kullanma ve sulama suyu temini gelmektedir. Yeryüzündeki içme suyu kaynaklarının büyük bir bölümünü nehirler ve göller gibi yüzey suları oluşturmaktadır. Sürekli olarak artan ihtiyaçların ve üretimin sonucunda, bu kaynaklar üzerindeki baskılar da artmaktadır. Bu baskıların en başında, insan faaliyetleri sonucu oluşan çeşitli tarımsal, evsel ve endüstriyel atıklar gelmektedir (Sillanpää vd., 2004). Bu atıkların güvenli bir şekilde yönetilememesi durumunda, nehirler, göller ve yeraltı suları gibi içme-kullanma suyu kaynakları kirlenebilmekte, mevcut kullanılabilir su potansiyeli zarar görmektedir (Toroğlu vd., 2006; Hernes vd., 2008; Chatterjee, 2010; Yıldırım, 2018). Jeolojik kaynaklı çeşitli doğal etkenler de yeraltı ve yüzey sularının kimyasını etkileyerek zaman zaman kirlilik yaratabilmektedir (Al Fraij vd., 1999; Zvinowanda vd., 2008).

Su kaynaklarının kalitesinin yanında, miktarı da büyük önem arz etmektedir. Günümüzde, küresel iklim değişikliğinin belirgin etkileri nedeniyle su kaynaklarının miktarlarındaki azalma önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu durum, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetiminin önemini giderek artırmaktadır. Bu anlamda, akarsu kalitesi ve miktarına yönelik çalışmaların literatürdeki sayıları giderek artmaya başlamıştır (Anderson vd., 2003; Toroğlu vd., 2006; Şen ve Gölbaşı, 2008; Bulut vd., 2010; Kroon vd., 2012; Martinez vd., 2015; Chen vd., 2018; Prabakaran vd., 2020). Deliçay havzasının farklı kesimlerinde yapılmış çeşitli yüzey ve yeraltı suyu çalışmaları bulunmakla birlikte (Hatipoğlu ve Bayarı, 2005; Güler vd., 2007; Güler, 2009; Güler vd., 2010; Kurt, 2010; Güler vd., 2012; Güler vd., 2013; Yıldırım, 2018), Deliçay'ın kaynağından denize (Doğu Akdeniz) döküldüğü yere kadar sistematik örneklemelemlerle yapılmış bütüncül bir çalışma bulunmamaktadır.

Deliçay havzası, küresel ısınmanın en fazla etkilediği bölgelerden biri olan Akdeniz kuşağında yer almakta olup Türkiye'nin 25 büyük akarsu havzasından biri olan Doğu Akdeniz Havzası içerisinde yaklaşık 440 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplamaktadır. Havza, 36°48.697'–37°7.942' Kuzey enlemleri ile 34°22.817'–34°44.233' Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kuzey-güney uzanımlı havzada, deniz seviyesinden başlayan topografik yükseklikler, Toros Dağları'nda 2330

m'ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 1). Havzanın kuzeyinde bulunan Kızıldağ, Arslanköy, Ayvagediği ve Gözne yerleşim alanlarında bulunan birçok kaynak ve derenin birleşmesiyle oluşan Deliçay'ın uzunluğu yaklaşık 55 km'dir. Akarsu, Mersin ilinin doğusunda, Kazanlı ve Karaduvar arasından Akdeniz'e dökülmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının (Deliçay havzası, Mersin) yer bulduru haritası.

Deliçay havzası, doğudan Ecemiş, batıdan ise Kırkkavak fayları tarafından sınırlandırılmış Orta Toros Kuşağı (Özgül, 1984) içerisinde yer almaktadır. Havza, kuzey kesimlerde KD-GB uzanımlı irili ufaklı çok sayıda fay tarafından dilimlere ayrılmıştır (Şekil 2a). Havzada, yaşlıdan gence doğru Mesozoyik, Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı jeolojik birimler yüzeylenmektedir (Şekil 2a). Bu çalışma kapsamında, havza alanı içerisinde bulunan Mesozoyik birimleri, "Karbonat Kayaçlar (M<sub>Kar</sub>)" ve "Ofiyolitik Kayaçlar (M<sub>Ofi</sub>)" olarak, Tersiyer birimleri ise "Kırıntılı Kayaçlar (T<sub>Kır</sub>)" ve "Karbonat Kayaçlar (T<sub>Kar</sub>)" olarak sınıflandırılmıştır.

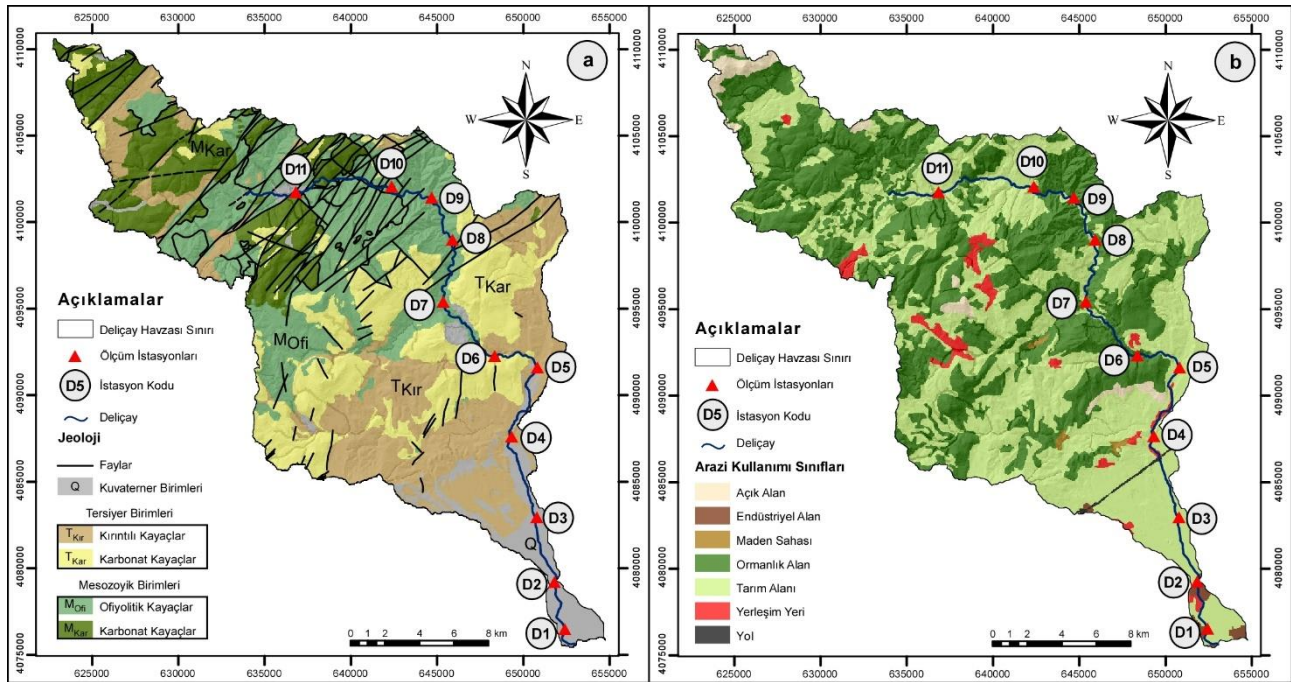
Mesozoyik birimleri, altta kırıntılı kayaç ara katkılı karbonat kayaçlarla başlar ve tektonik dokanak ile Geç Kretase yaşlı Mersin Ofiyoliti tarafından üzerlenir. Mersin Ofiyoliti ise Mersin Ofiyolitik Melanjı tarafından üzerlenmektedir (Demirtaşlı, 1967; Poisson, 1977; Juteau, 1980; Şenol vd., 1998; Alan vd., 2007). Tersiyer birimleri ise bir uyumsuzluk ile Mesozoyik birimleri üzerine yerleşmişlerdir (Demirtaşlı, 1967; Alan vd., 2007). Bu birimlerden Kırıntılı Kayaçlar (T<sub>Kır</sub>) olarak sınıflandırılan birim,

konglomera, kumtaşı, kiltası, marn litolojileri ile başlayıp kumtaşı, çakıltası, kumlu kireçtaşı ve marn litolojileri ile devam etmekte ve ardından kiltası, siltaşı, kumtaşı ve konglomeralar tarafından üzerlenmektedir (Gedik vd., 1979; Yetiş ve Demirkol, 1984; Yetiş ve Demirkol, 1986; Şenol vd., 1998; Alan vd., 2007). Karbonat kayalar ise resifal nitelikli kireçtaşlarından oluşmakta olup kırıntılı kayalar ile yatay ve düşey geçişli dokanak sergilemektedir (Şenol vd., 1998; Alan vd., 2007; Alan vd., 2011; Yetiş ve Demirkol, 1986). Çalışma alanında bulunan bütün birimler, genel olarak dere yataklarında ve akarsuyun denize döküldüğü bölgelerde, alüvyonlar, alüvyonel taraçalar, yamaç molozları, delta çökelleri ve kaliş birimleri tarafından üzerlenmektedir. Adı geçen bu güncel birimler, mevcut çalışma kapsamında “Kuvaterner Birimleri” olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanındaki en yaygın arazi kullanım sınıfları, tarım ve orman alanlarıdır (Şekil 2b). Bu arazi kullanım sınıfları sırasıyla havzanın %49 ve %46’sını kapsamaktadır. Geriye kalan %5’lik

kısım ise endüstriyel alanlar, açık alanlar, maden sahaları ve yerleşim yerlerinden oluşmaktadır (Şekil 2b). Orman alanları havzanın dağlık kuzey kesimlerinde oldukça yoğundur (Şekil 2b). Havzanın güneyinde, Deliçay’ın Akdeniz’e döküldüğü ovalık kesimlerde, tarım alanları, yerleşim yerleri ve endüstriyel alanlar yoğun olarak görülür. Mersin il çevre durum raporunda da (MÇDR, 2018) belirtildiği üzere; Deliçay havzasında yürütülen tarım-hayvancılık faaliyetleri ve fosseptik kaynaklı atıklar akarsu kalitesi üzerinde olumsuz etkilere sahiptir.

Deliçay’ın akış yolu boyunca yürütülen narenciye üretimi ve sebze-meyve yetiştiriciliği gibi tarımsal faaliyetler için gereken sulama suyunun büyük bir kısmı bu akarsudan sağlanmaktadır. Bu anlamda, akarsuyun miktar açısından değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, bölgede yetiştirilen tarımsal ürünler, hem ulusal, hem de uluslararası pazarlarda tüketime sunulduğundan, Deliçay’ın su kalitesi açısından değerlendirilmesi de oldukça önemlidir.



Şekil 2. Çalışma alanına ait (a) jeoloji haritası (Şenol vd., 1998 ve Alan vd., 2007’den değiştirilerek) ve (b) arazi kullanımı haritası.

Bu çalışmada, Deliçay’ın ana kolu üzerinde, kaynağından başlayarak Akdeniz’e boşaldığı noktaya kadar 11 farklı lokasyonda (Şekil 1) yerinde debi ölçümleri ve fiziksel parametre analizleri ile bu noktalardan alınan örneklerin laboratuvarında kimyasal parametre analizleri yapılarak, akarsuyun hem miktar, hem de kalite açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

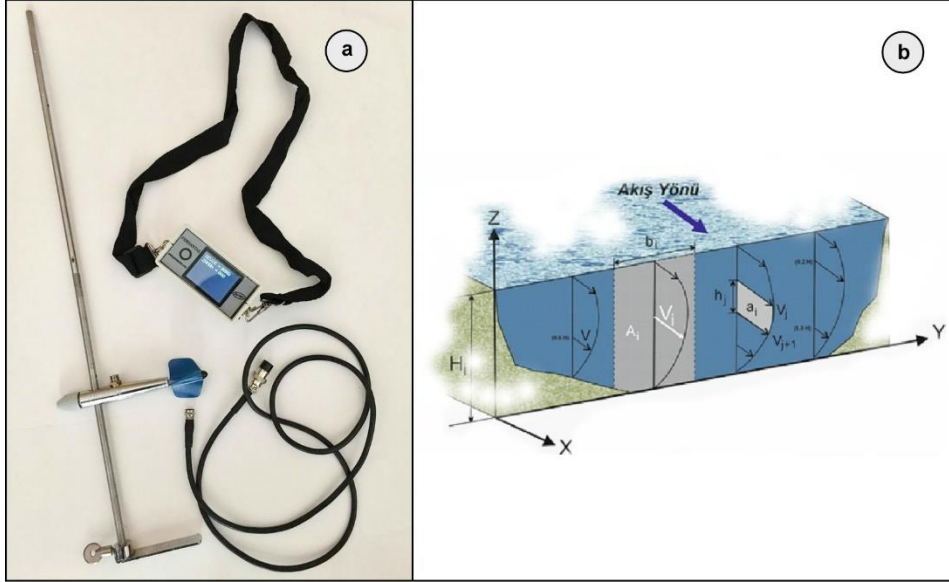
Bu çalışma kapsamında, Ocak 2018’de Deliçay’ın akış yolu boyunca belirlenen 11 farklı noktada PMPCM25 marka çüce muline yardımıyla akarsu akış hızları belirlenmiştir. Bu yöntemde akarsu, en kesiti boyunca belirli aralıklarla dilimlere ayrılarak, muline cihazı (Şekil 3a) yardımıyla her

bir dilim için (akarsuyun akış yönüne dik olacak şekilde) ortalama akarsu akış hızı ( $V_i$ ) belirlenmektedir (Şekil 3b). Belirlenen hızlar, temsil ettiği dilimin alanı ( $A_i$ ) ile çarpılarak, her bir dilimin debisi ( $q_i$ ) hesaplanmaktadır (Eşitlik 1) (Ardıçlıoğlu vd., 2011). Son olarak, tüm dilimler için elde edilen debi değerleri toplanarak

akarsuyun toplam debisi ( $Q$ ) belirlenmektedir (Eşitlik 2) (Ardıçlıoğlu vd., 2011).

$$q_i = V_i \times A_i \quad (1)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (2)$$



**Şekil 3.** Akarsu hızının ölçümünde kullanılan (a) muline cihazı ve (b) akarsu kesitinde ortalama hız hesabı (Ardıçlıoğlu vd., 2011'den değiştirilerek).

Örnekleme noktalarında, akarsuyun fiziksel parametre değerleri (pH, Eh, sıcaklık, çözülmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik) WTW Multi 340i/SET multiparametre ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Kimyasal parametre analizleri içinse, 250 mL'lik yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) plastik şişelere her noktadan 2'şer adet su örneği alınmıştır. Örnek kapları, öncelikle akarsu örneği ile en az üç kez çalkalanmış ve akarsuyun en az 20 cm derinliğine daldırılarak hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmuştur. İz element analizleri için, örnek kaplarından birine pH<2 olacak şekilde %65'lik HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Soğuk zincirle laboratuvara nakledilen örneklerin majör anyon/kasyon analizleri iyon kromatografisi ve spektrofotometre, iz element analizleri ICP-MS cihazı ve bikarbonat/karbonat analizleri ise titrasyon yöntemleriyle Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarı ve Mersin Üniversitesi, İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarlarında (MEİTAM) yapılmıştır.

Analizler sonucunda elde edilen verilerin güvenilirliğini ve doğruluğunu test etmek amacıyla anyon-kasyon yük dengesi hatası

hesaplanmıştır. Analiz sonuçları, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde (SKKY, 2011) belirtilen içme-kullanma suyu standartlarına göre değerlendirilmiştir. Ayrıca, Piper diyagramı (Piper, 1944) kullanılarak suların hidrokimyasal fasiyesi belirlenmiş, Wilcox (Wilcox, 1948) ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı (USSLS, 1954) diyagramları kullanılarak tarımsal sulama amaçlı kullanılabilirlikleri incelenmiştir.

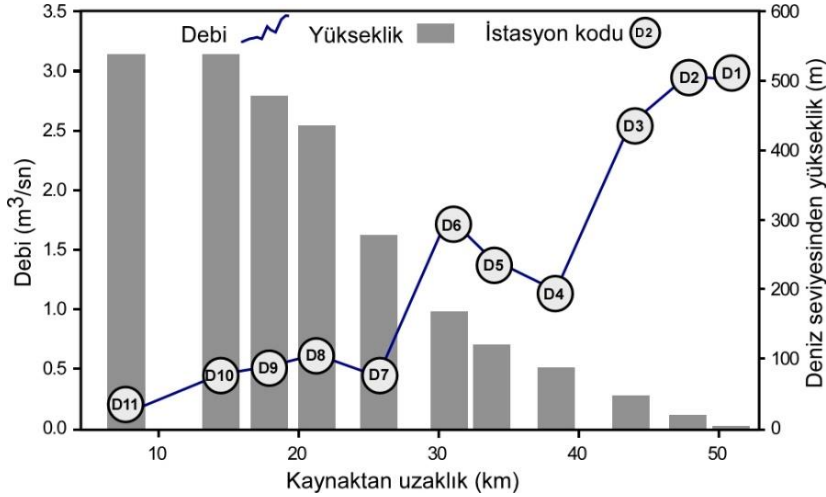
### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Debi Ölçümleri

Akarsu akış yolu boyunca belirlenen 11 farklı noktada ölçülen debi değerleri 0.128 m<sup>3</sup>/s ile 2.962 m<sup>3</sup>/s arasında değişmektedir (Şekil 4). En düşük debi değeri, Toros Dağları'nın eteklerinde, suyun yüzeysel akışa geçerek akarsu yatağında toplanmaya başladığı ilk noktaya yaklaşık 8 km mesafede olan D11 istasyonunda (Şekil 2) ölçülmüştür. Buna karşın, en yüksek debi değeri ise Akdeniz'e 1.6 km akış mesafesindeki D1 istasyonunda (Şekil 2) ölçülmüştür. Genel olarak, havza çıkış noktasına doğru gidildikçe, akarsu yan kollarının katılımından kaynaklı debi değerlerinde artışlar meydana gelmektedir (Şekil 4). Ancak,

Şekil 4'te de görüleceği üzere, bazı ölçüm istasyonlarında (D7, D5, D4 ve D1) akarsu debi değerlerinde ani azalmalar meydana gelmektedir. Şekil 2b'de görüldüğü gibi D1, D4, D5 ve D7 istasyonlarının çevresinde tarım alanları göreceli olarak daha yaygın olup bu noktalarda akarsudan sulama amaçlı çekim yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, bu istasyonlarda ölçülen akarsu debi değerlerinin, bir önceki istasyonda ölçülen

değerden daha düşük olmasını açıklamaktadır. Havzada ölçüm yapılan istasyonların deniz seviyesinden yükseklikleri ile debi arasında negatif bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Şekil 4). Topoğrafik yükseltilerin ani olarak azalmasıyla, arazinin eğimi artmakta ve dolayısıyla yüzeyde akışa geçen su miktarı da buna bağlı olarak artmaktadır.



Şekil 4. Örneklem istasyonlarında belirlenen yükseklik ve akarsu debi değerleri.

### 3.2. Su Kimyası

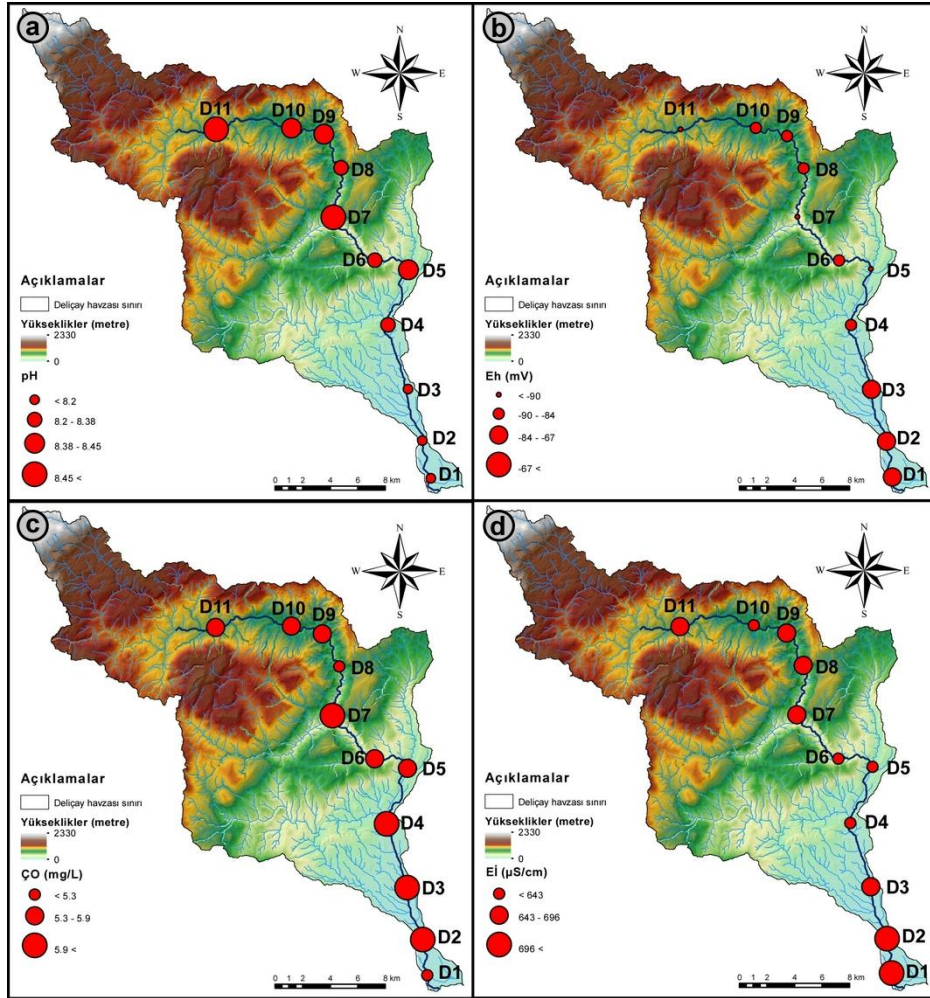
Çalışma kapsamında alınan 11 su örneğine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir. Akarsu örneklerinin tamamının anyon-kasyon yük dengeleri %5'in altında olup bu değerler -0.25 ile -2.78 arasında değişmektedir. Su örneklerinin pH değerleri 8.06 ile 8.52 arasında değişmekte olup bütün örnekler Şahinci (1991)'nin pH sınıflamasına göre bazik karakterdedir. Deliçay havzasının kuzeyinde, havzanın yaklaşık olarak %30'luk bir kesimini kaplayan ofiyolitik kayaların (Şekil 2a) yüksek pH değerleri üzerindeki etkisi büyüktür. Bazik karakterde olan ofiyolitik kayaların yüzlek verdiği havzalarda, yeraltı suyu ve akarsu pH değerleri de genellikle bazik karaktere sahiptir (Güler vd., 2017). Deliçay'ın kaynağından itibaren akış yolu boyunca (D6 nolu istasyondan D1 nolu istasyona doğru) karbonatlı kayalara geçiş başlamakta, bununla birlikte akarsu pH değerleri giderek azalmaktadır (Şekil 5a). Akarsu örneklerinin Eh değerleri ise -67 ile -94 mV arasında değişmekte olup kaynaktan Akdeniz'e doğru gidildikçe artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 5b). Akarsuyun en düşük çözünmüş oksijen miktarı, havza çıkış

noktasına yakın bir bölgede bulunan D1 istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 5c). Akarsu örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri de 601 ile 872  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmektedir (Tablo 1). En düşük çözünmüş oksijen miktarının belirlendiği istasyonda (D1) ölçülen elektriksel iletkenlik değeri de en yüksek değeri almaktadır (Şekil 5d). Bu bölge, yerleşim yerlerinin, endüstriyel ve tarımsal alanların yoğun olduğu bir bölgedir (Şekil 2b). Endüstriyel, evsel ve tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atık veya atıksuların akarsuya karışması sonucu, akarsudaki çözünmüş oksijen miktarı azalmakta ve artan iyon yükü nedeniyle elektriksel iletkenlik değerlerinde artış gözlenmektedir. Hatipoğlu ve Bayarı (2005), Deliçay'ın kaynağına yakın bölgelerindeki su kaynaklarının, havza çıkış noktasına yakın bölgelerdeki su kaynaklarına göre; daha düşük elektriksel iletkenlik değerlerine, daha yüksek pH ve çözünmüş oksijen değerlerine sahip olduğunu vurgulamışlardır. Kurt (2010) ve Güler vd., (2012) ise bölgede yapmış oldukları çalışmalarda, Deliçay'ın Akdeniz'e döküldüğü noktaya yakın bölgelerde oldukça düşük çözünmüş oksijen miktarına sahip olduğunu, bu durumun da bölgedeki sanayi faaliyetlerinin yoğunluğundan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

**Tablo 1.** Akarsu örneklerinde yerinde ölçülen fiziksel parametre değerleri.

Örnek Kodu	pH	Eh (mV)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	Elektriksel İletkenlik (µS/cm)
D1	8.06	-67	5.21	872
D2	8.07	-67	6.22	772
D3	8.20	-75	6.39	676
D4	8.37	-85	6.18	629
D5	8.45	-90	5.91	611
D6	8.38	-85	5.87	601
D7	8.52	-94	6.35	668
D8	8.35	-84	5.30	696
D9	8.41	-87	5.73	688
D10	8.42	-88	5.58	643
D11	8.51	-93	5.68	690
WHO (2011) Sınır Değerler	6.5-8.5	*	*	*
SKKY (2011) Sınır Değerler	6.5-8.5** 6.5-9.0****	*	*	250-750*** 750-2000****

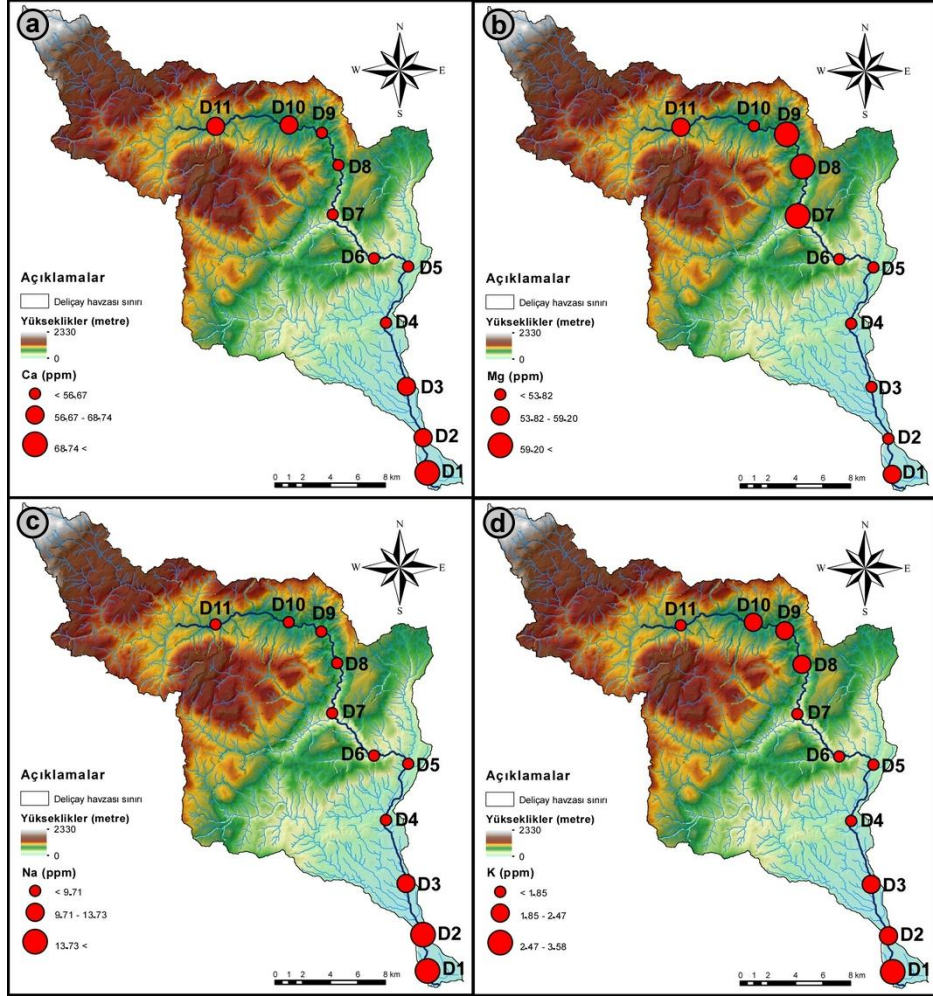
\* Sınır değer belirtilmemiştir. \*\* 1. Sınıf (Çok İyi) sular; \*\*\* 2. Sınıf (İyi) sular; \*\*\*\* 3. Sınıf (Kullanılabilir) sular; \*\*\*\*\* 4. Sınıf (İhtiyatlı kullanılmalı) sular.



**Şekil 5.** Akış yolu boyunca akarsu fiziksel parametrelerinin değişimi: (a) pH, (b) Eh, (c) Çözünmüş oksijen (ÇO) ve (d) Elektriksel iletkenlik (Eİ).

Akarsu örneklerinin kalsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ ) değerleri genel olarak yüksek olup 45.96 ile 77.48 ppm arasında değişmektedir (Tablo 2). Akarsuyun kaynağına yakın kesimleri ile havza çıkış noktasına yakın kesimlerinde  $\text{Ca}^{+2}$  derişimlerinin havza ortasına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 6a). Kalsiyumun ( $\text{Ca}^{+2}$ ) akarsulardaki derişimi genel olarak akarsuyun etkileşimde olduğu kayaçların mineralojik ve kimyasal bileşimine bağlı olarak değişmektedir (Yıldırım, 2018). Deliçay havzasının yaklaşık %35'lik bir bölümünü kaplayan karbonat

kayaçları (Şenol vd., 1998; Alan vd., 2007), özellikle havzanın kuzey kesimleri ile çıkış noktalarında daha yoğun olarak gözlenmektedir (Şekil 2a). Bu litolojik etkiden dolayı, akarsuyun bazı kesimlerinde  $\text{Ca}^{+2}$  açısından zenginleşme görülmektedir. Havzanın orta kesimlerinde ise daha yoğun olarak magnezyum ( $\text{Mg}^{+2}$ ) içeriği yüksek olan ofiyolitik kayaçlar yayılım göstermektedir (Şenol vd., 1998; Alan vd., 2007). Akarsuyun bu kesimlerinde ise magnezyum ( $\text{Mg}^{+2}$ ) derişimleri daha yüksektir (Şekil 6b).



Şekil 6. Akış yolu boyunca akarsu majör katyon derişimlerinin değişimi: (a) kalsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ ), (b) magnezyum ( $\text{Mg}^{+2}$ ), (c) sodyum ( $\text{Na}^{+}$ ) ve (d) potasyum ( $\text{K}^{+}$ ).

Sodyum ( $\text{Na}^{+}$ ) ve klor ( $\text{Cl}^{-}$ ) iyonlarının değerleri, havza çıkış noktasına yakın bölgelerde aniden artarak yüksek derişimlere çıkmaktadır (Şekil 6c ve Şekil 7a). Denize yakın bölgelerdeki yüzey ve yeraltı sularında sodyumun ( $\text{Na}^{+}$ ) en büyük kaynağı deniz suyu girişimi olmakla birlikte, sodyumca zengin kayaçlar (magmatik kayaçlar, evaporitler, vb.), tarımda kullanılan gübreler, evsel ve endüstriyel atıklar da sulardaki sodyumun kaynağı olabilmektedir (Hem, 1985). Akdeniz'den

rüzgârlarla aerosol şeklinde taşınan deniz tuzunun ( $\text{NaCl}$ ) havza içinde birikmesi ve havza çıkış kesimlerinde yoğun olarak görülen antropojenik aktiviteler bu bölgelerdeki yüksek sodyum ( $\text{Na}^{+}$ ) ve klor ( $\text{Cl}^{-}$ ) içerikleri açısından önemlidir. Tarımsal aktivitelerin yoğun olduğu bölgelerdeki D1, D2 ve D3 noktalarında (Şekil 2b) potasyum ( $\text{K}^{+}$ ) derişimleri diğer noktalarla karşılaştırıldığında daha yüksektir (Şekil 6d). Tarımda kullanılan gübreler, yağmur suları ile

yıkılarak ya da süzülerek akarsulara taşınabilmekte ve potasyum ( $K^+$ ) derişimin artmasına neden olmaktadır (Hem, 1985). Deliçay'ın bikarbonat ( $HCO_3^-$ ) değerleri, 372.80 ile 282.23 mg/L arasında değişirken, karbonat değerleri ise 0 ile 43.03 mg/L arasında değişmektedir (Tablo 2). Havzada karbonatlı kayaların yoğun olduğu kuzey ve güney kesimlerde bikarbonat derişimleri yüksek iken, ofiyolitik kayaların yoğun olduğu orta kesimlerde ise karbonat derişimleri daha yüksektir (Şekil 7b). Havza çıkış noktasına yakın kesimlerde, sülfat ( $SO_4^{2-}$ ), nitrat ( $NO_3^-$ ) ve nitrit ( $NO_2^-$ ) derişimleri de kayda değer miktarlarda artış göstermektedir (Şekil 7c-e). Bölgede yapılan

çalışmalarda da akarsuyun havza çıkış noktasına yakın kesimlerinde, hem yeraltı suyunda hem de Deliçay'da nitrat değerlerinin oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Hatipoğlu ve Bayarı, 2005; Kurt, 2010; Güler vd. 2013; Yıldırım, 2018). Yüksek sülfat ve nitrat derişimlerinin tarımda kullanılan gübreler ile evsel ve endüstriyel atıkların akarsuya karışması sonucu, nitritin ise evsel atıklar ile organik atıkların akarsuya karışması sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Şekil 2b'de verilen arazi kullanım haritasından da görüleceği üzere, özellikle kirliliğin görüldüğü bölgelerde evsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler oldukça yoğundur.

**Tablo 2.** Akarsu örneklerine ait majör katyon ve majör anyon analiz sonuçları (tüm değerler ppm cinsindedir).

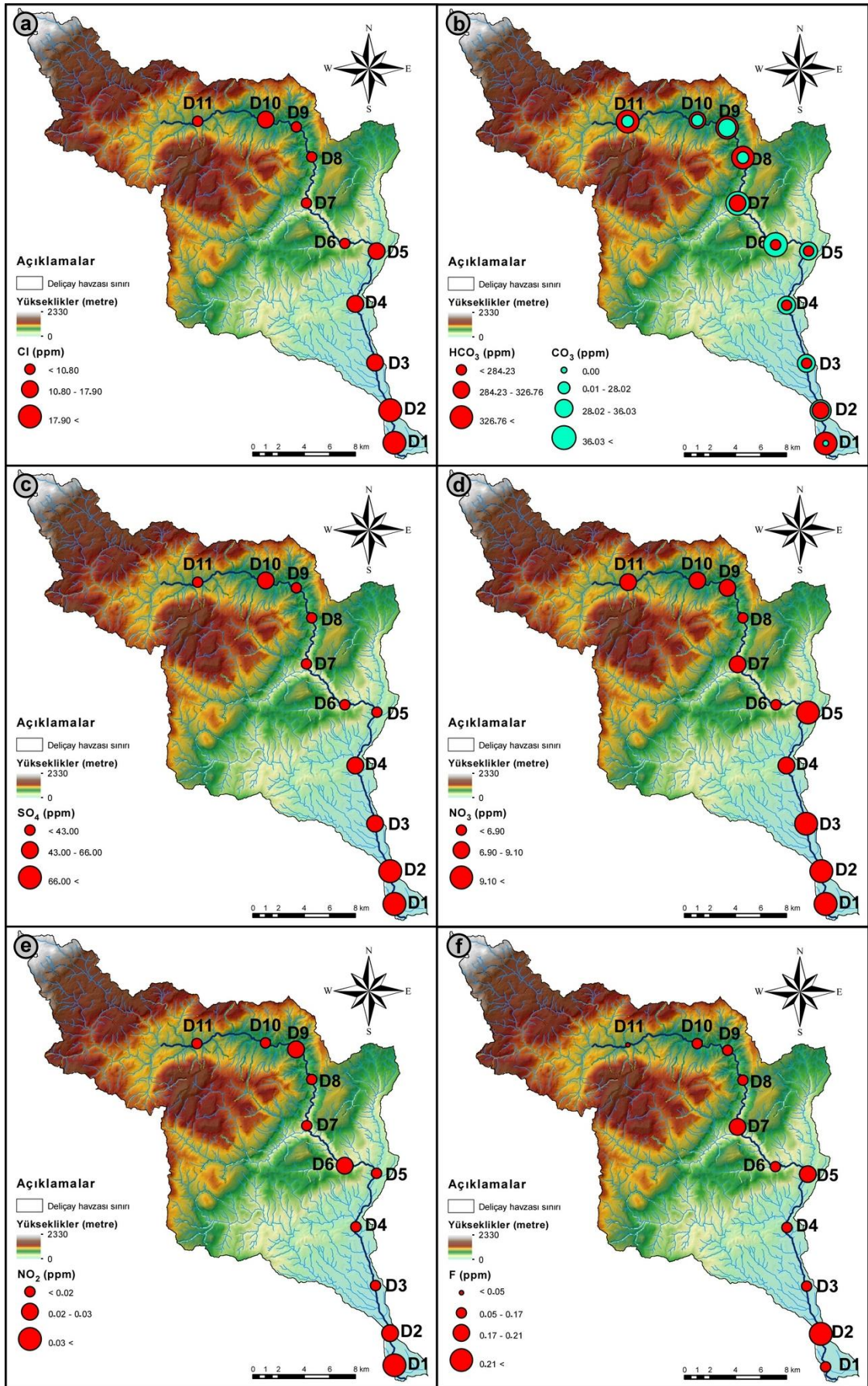
Örnek Kodu	$Ca^{+2}$	$Mg^{+2}$	$Na^+$	$K^+$	$Cl^-$	$HCO_3^-$	$CO_3^{-2}$	$SO_4^{-2}$	$NO_3^-$	$NO_2^-$	$F^-$
D1	77.48	57.17	39.21	3.58	46.5	353.78	0	95	10.2	0.320	0.14
D2	68.74	52.71	30.49	2.47	32.6	299.74	36.03	78	11.3	0.033	0.30
D3	60.61	53.82	13.73	2.12	17.9	282.73	33.03	66	10.6	0.020	0.15
D4	56.67	50.73	9.71	1.85	11.9	282.23	32.02	51	9.10	0.014	0.16
D5	56.17	49.31	9.09	1.74	13.1	284.23	32.03	38	10.4	0.018	0.21
D6	53.34	50.06	7.97	1.60	7.4	284.23	38.03	28	6.90	0.031	0.13
D7	47.73	67.11	7.69	1.79	10.2	326.76	43.03	38	7.90	0.018	0.21
D8	45.96	71.43	7.71	1.94	8.8	372.80	27.02	35	6.40	0.008	0.12
D9	50.95	68.64	8.38	1.99	9.9	354.28	32.03	43	8.50	0.023	0.11
D10	65.83	47.97	9.65	2.29	12.2	307.25	23.02	49	9.00	0.015	0.17
D11	67.20	59.20	7.92	1.27	10.8	348.28	28.02	34	8.60	0.012	0.05
WHO (2011) Sınır Değerler	*	*	0 - 200	*	0-250	*	*	0-500	0-50	0-0.2	0-1.5
SKKY (2011) Sınır Değerler	*	*	*	*	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.

Akarsu örneklerinin Al, Fe, Ni, Pb, Zn, As ve Cu analiz sonuçları Tablo 3'te verilmektedir. Doğal sularda iz element içerikleri genel olarak pH'a bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Asidik sularda iz element içerikleri genel olarak daha yüksektir. Deliçay'ın pH değerleri 8.06 ile 8.52 arasında değişmekte olup genel olarak bazik karakterdedir. Deliçay'ın iz element derişimleri genel olarak düşük olmasına karşın, havza çıkış noktasına yakın bölgelerde derişimlerde bir miktar artış olduğu gözlenmiştir. Güler vd., (2012), Deliçay'ın Akdeniz'e döküldüğü bölgelerdeki yeraltı sularında yapmış oldukları çalışmada, yüksek Fe ve Ni içeriklerinin bölgedeki yoğun trafik ve endüstriyel faaliyetlerden

kaynaklandığını, yüksek Zn değerlerinin ise tarımda kullanılan Zn (mikro besin) katkılı kimyasal gübreler ile endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada da genel olarak, havza çıkış bölgesinde, iz element derişimlerindeki artışlar (özellikle Al, Fe, Ni ve As), Şekil 2b'de görüldüğü gibi bu bölgedeki tarımsal-endüstriyel aktiviteler ve yerleşim yerlerinin yoğunluğuyla açıklanabilir. Özellikle, Deliçay havzasının çıkışına yakın düzlük alanlarda yoğunlaşan petrokimya, çimento, cam, soda-krom ve gübre sanayileri ve ağır araç trafiği yüzey suyu kimyasını etkileyebilecek niteliktedir.





**Şekil 7.** Akış yolu boyunca akarsu majör anyon derişimlerinin değışimi: (a) klor (Cl<sup>-</sup>), (b) bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ve karbonat (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>), (c) sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), (d) nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), (e) nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) ve (f) flor (F<sup>-</sup>).

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

Örnek Kodu		Al	Fe	Ni	Pb	Zn	As	Cu
D1		217.30	408.00	12.99	1.34	3.37	3.42	1.97
D2		201.60	343.90	11.72	0.88	1.59	2.22	1.54
D3		183.90	303.60	10.26	0.90	3.40	1.60	3.00
D4		155.40	332.40	9.59	0.80	22.77	1.43	1.29
D5		101.50	226.50	7.80	0.82	1.08	1.25	1.05
D6		95.33	191.40	7.02	0.77	1.98	1.19	1.16
D7		85.46	174.30	5.79	0.67	0.53	1.21	1.07
D8		61.88	126.80	5.32	0.85	5.68	1.10	3.75
D9		46.59	117.90	5.34	0.81	5.97	1.13	1.42
D10		51.95	107.00	5.44	0.66	2.08	1.17	1.43
D11		32.62	84.56	8.82	1.58	8.30	1.29	5.92
WHO (2011)	Sınır Değerler	100	300	70	10	*	10	2000
SKKY (2011)	Sınır Değerler	5000	5000	200	5000	2000	100	200

\* Sınır değeri belirtilmemiştir.

Analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO, 2011) içme suyu standartlarına göre değerlendirildiğinde; nitratın D1 noktasında; alüminyumun; D1, D2, D3, D4 ve D5 noktalarında; bakırın D3 noktasında ve demirin D1, D2, D3 ve D4 noktalarında sınır değerleri aştığı görülmektedir. D1 noktasında nitrit dışında tüm örnekleme noktalarındaki majör iyon içeriklerinin, WHO (2011) tarafından belirlenen içme suyu standart değerlerinin oldukça altında olduğu görülmüştür. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde (SKKY, 2011) belirtilen sulama suyu sınıflandırmalarına göre; tüm örneklerin pH, klor ve sülfat bakımından I. Sınıf (Çok iyi) olduğu görülmektedir. Elektriksel iletkenlik bakımından ise D1 ve D2 nolu örnekler III. Sınıf (Kullanılabilir) ve diğer örneklerin II. Sınıf (İyi) oldukları görülmektedir. Nitrat bakımından ise D1, D2 ve D3 örneklerinin III. Sınıf (Kullanılabilir), diğer örneklerin ise II. Sınıf (İyi) suları temsil ettiği görülmüştür. Diğer parametreler açısından bütün örnekler SKKY (2011)'ne göre kullanılabilir niteliktedir.

### 3.3. Suların Hidrokimyasal Sınıflandırılması

Deliçay'ın akış yolu boyunca alınan su örnekleri Piper (1944) diyagramına yerleştirildiğinde; örneklerin tamamının, katyon üçgeninde, C bölgesinde magnezyum (Mg) köşesine daha yakın kesimlerde "Magnezyum tipi suları", katyon üçgeninde, E bölgesinde "Bikarbonat+Karbonat tipi suları", eş kenar dörtgen üzerinde ise 1. bölgedeki "Kalsiyum-Magnezyum-Bikarbonat tipi suları" temsil ettiği görülür (Şekil 8). Yalnızca D1

ve D2 istasyonlarından alınan örnekler, bütün üçgenlerde orta kesimlerde "Karışık tipte sular" kesimine biraz daha yakın bölgelere düşmektedir. Bunun sebebi, akarsuyun bu kesimlerinde, tarımda kullanılan kimyasal gübreler ve deniz suyundan gelen tuzlu su etkisinden kaynaklanan nispeten yüksek sodyum, klor ve sülfat içerikleridir.

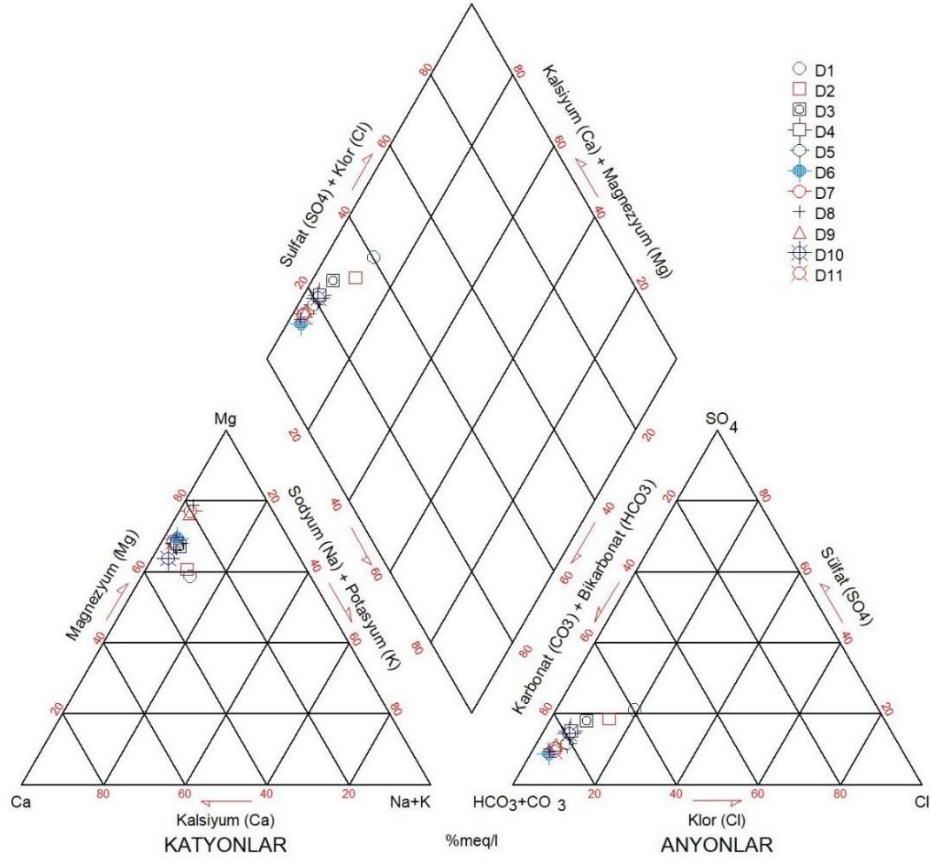
Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramındaki (USSLS, 1954) konumları Şekil 9'da verilmiştir. Bu diyagrama göre, örneklerin tamamı C2-S1 sınıfında olup tuzluluk açısından orta derecede tuzlu sulardır ve orta derecede tuza ihtiyacı olan bitkilerde sulama suyu olarak kullanılabilir niteliktedir. Sodyum açısından da örneklerin tamamı sodyumun az olduğu sular olup sodyuma karşı hassas bitkiler haricinde, diğer tarımsal faaliyetlerde kullanılabilir nitelikte sulardır (Şekil 9a). Wilcox diyagramına (Wilcox, 1948) göre ise, su örneklerinin tamamı tarımda kullanılabilir niteliktedir (Şekil 9b).

### 3.4. Fiziko-kimyasal Parametreler ile Debi İlişkisi

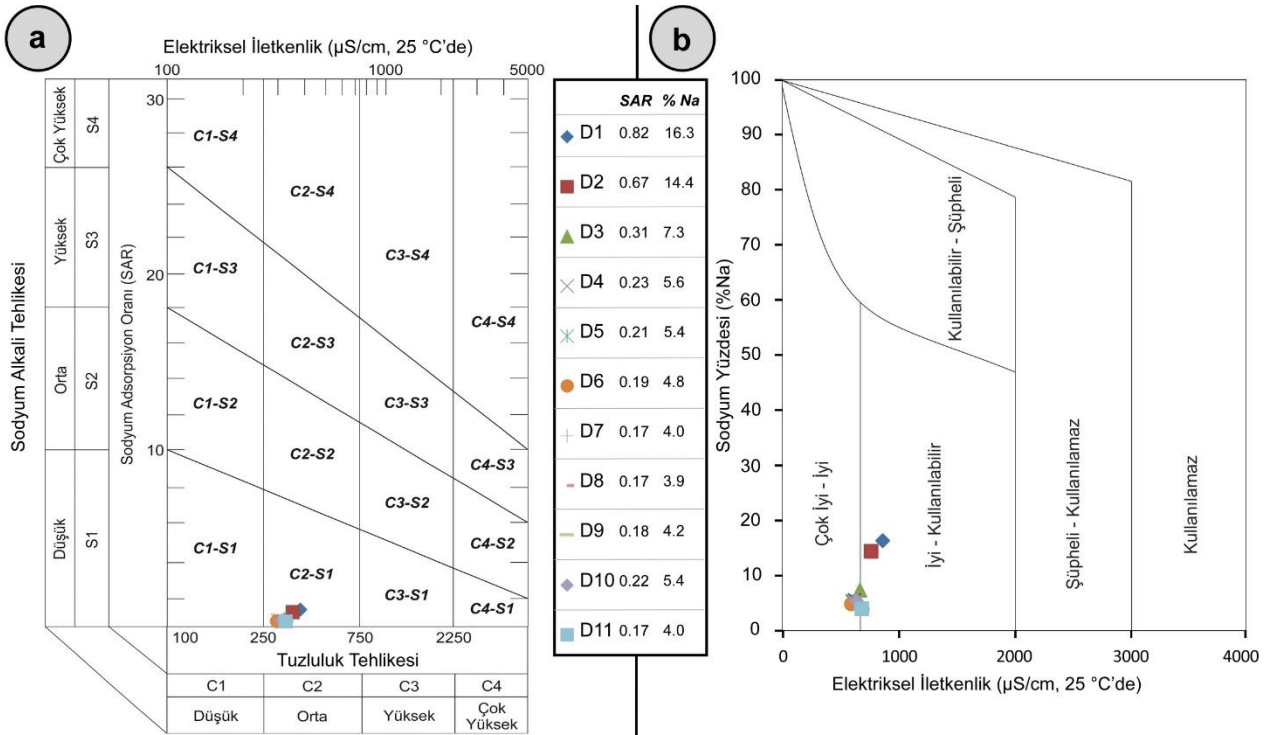
Bu çalışma kapsamında, örnekleme noktalarında ölçülen debi değerleri ile aynı noktalardan alınan akarsu örneklerinin fiziko-kimyasal parametre değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 10). Buna göre; debi ile pH, Eh, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> arasında kayda değer bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 10). Debi ile pH, Eh, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla 0.82; 0.82; 0.63; 0.60 ve 0.62'dir. Debi ile pH arasında ters bir korelasyon mevcut iken, Eh, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>

değerlerinin debi ile korelasyonu pozitifdir. Deliçay havzasında, akarsuyun yavaş aktığı kesimlerde, debisinin de düşük olduğu görülmüştür. Akarsu hızının düşük olması, su-

kayaç etkileşiminin daha fazla olmasına neden olmaktadır. Bu durumda akarsular, temas halinde oldukları kayalardan daha fazla iyonu su-kayaç tepkimeleri sonucu bünyesine alabilmektedir.



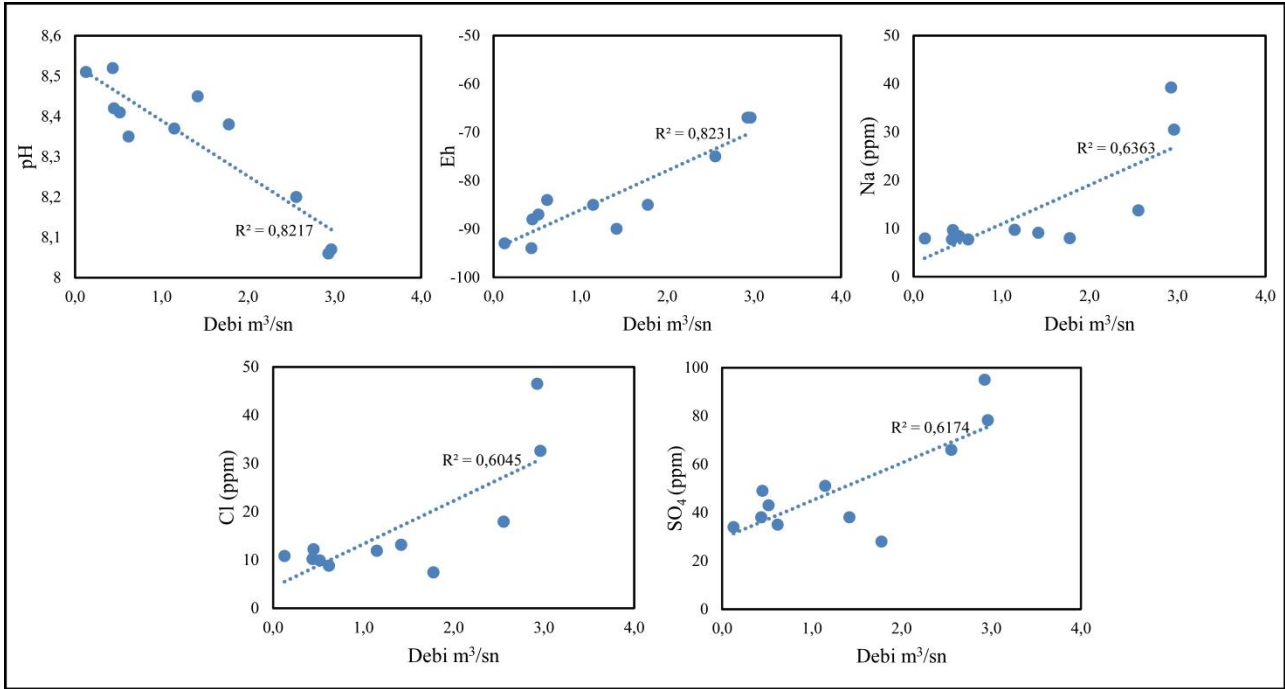
Şekil 8. Akarsu örneklerinin Piper diyagramındaki dağılımı.



Şekil 9. Akarsu örneklerinin (a) ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve (b) Wilcox diyagramlarındaki dağılımları.

Deliçay havzasında, suların bazik karakterde olmasının nedeni, havzanın orta kesimlerinde yüzlelenen ofiyolitik kayalardır. Akarsuyun düşük debiyle akması sonucunda, bu kayalar suyun kimyasını daha fazla etkileyerek pH değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Akarsu ile yeraltı suyu ilişkisi, akarsuyun hidrolojik ve kimyasal içeriklerini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Kazezyılmaz-Alhan ve Medina, 2008).

Debinin yüksek olduğu bölümlerde, bu ilişki daha kuvvetlidir (Boyras ve Kazezyılmaz-Alkan, 2011). Deliçay'ın havza çıkışına yakın kesimlerinde, yeraltı suyu akım yönünün Deliçay'a doğru olduğu bilinmektedir (Güler vd., 2012). Ayrıca bu bölgelerde, yapılan çalışmalarda yeraltı suyunun sodyum, klor ve sülfat içeriklerinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir (Kurt, 2010; Güler vd., 2012). Bu bölgelerde, yeraltı suyu akarsuyu besleyerek, büyük olasılıkla akarsu kimyasının (akifer-akarsu etkileşimi yoluyla) değişmesine neden olmaktadır.



Şekil 10. Akarsu örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerinin debi ile ilişkisi.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında; Mersin ili şehir merkezinin doğusunda bulunan Deliçay'ın kaynağından, Akdeniz'e boşaldığı noktaya kadar 11 farklı istasyonda debi ölçümü yapılarak, bu noktalarda suların fiziksel parametreleri ölçülmüş ve majör anyon-kasyon ve iz element analizleri için örnekler alınmıştır.

Deliçay debi bakımından değerlendirildiğinde; havza çıkış noktasına doğru gidildikçe, yan kolların katkısı nedeniyle debinin genel olarak arttığı, ancak akarsuyun tarımsal sulama amacıyla yoğun olarak kullanıldığı bölümlerinde debinin önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir.

pH sınıflamasına göre; bazik özellikte olan akarsuyun, bu özelliğini havzada mevcut jeolojik birimlerden (özellikle ofiyolitik kayalar) kazandığı ve hidrokimyasal fasiyes tipinin de

havza jeolojisinin etkisiyle Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> olduğu belirlenmiştir. Majör element olarak kalsiyum elementinin en önemli kaynağı havzada geniş alanlar kaplayan karbonat kayalardır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından tavsiye edilen içme suyu standartları açısından değerlendirildiğinde, akarsuyun havza çıkış noktasına yakın bölgelerde, Al, Fe ve NO<sub>2</sub><sup>-</sup> parametrelerine ait sınır değerlerin aşıldığı belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre, havza çıkışına yakın noktalarda, elektriksel iletkenlik ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> açısından suların III. Sınıf, akarsuyun kaynağına yakın kesimlerinde ise suların I. Sınıf karakterde olduğu belirlenmiştir. Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramlarına göre alınan tüm akarsu örnekleri, tarımsal sulamada kullanılabilir özelliktedir.

Çalışmada, akarsuyun debisi ile pH, Eh, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> parametreleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Akarsuyun kaynağına yakın kesimlerinde Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Fe, Al ve Zn parametrelerinin derişimleri düşük değerler sergilerken, havza çıkış noktasına yakın bölgelerde aynı parametrelerin derişimleri yüksek değerler göstermektedir. Sonuç olarak, havza çıkışında yoğun olarak görülen evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan girdilerin akarsu kimyasını önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir.

## Teşekkür

Bu makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı, editör ve hakemlere teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

- Al Fraij, K.M., El Aleem, M.K. ve Al Ajmy, H., 1999. Comparative Study of Potable and Mineral Waters Available in the State of Kuwait. Desalination, 123, 253–264. doi:10.1016/S0011-9164(99)00081-8.
- Alan, İ., Şahin, S., Keskin, H., Bakırhan, B., Balcı, V., Böke, N., Saçlı, L., Pehlivan, Ş., Kop, A., Hanilçi, N. ve Çelik, Ö.F., 2011. Orta Torosların Jeodinamik Evrimi Bozyazı-Aydıncık-Gülner-Silifke (Mersin) Yöresi Rapor: Rapor No. 11462, M.T.A., Ankara.
- Alan, İ., Şahin, S., Keskin, İ., Bakırhan, B., Balcı, V., Böke, N., Saçlı, L., Pehlivan, Ş., Kop, A., Hanilçi, N. ve Çelik, Ö.F., 2007. Orta Torosların Jeodinamik Evrimi Ereğli (Konya)-Ulukışla (Niğde)-Karsantı (Adana)-Namrun (İçel) Yöresi Rapor: Rapo No. 11006, M.T.A., Ankara.
- Anderson, S.P., Longacre, S.A. ve 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.
- Ardıçlıoğlu, M., Gemici, E. ve Özdin, S., 2011. Doğal Akarsularda Debinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4(2), 73–77.
- Boyras, U. ve Kazezyılmaz-Alhan, C.M., 2011. Hidrolojik Modellemede Yüzey Suyu-Yeraltı Suyu Etkileşimlerinin Önemi, 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Eylül 2011, İstanbul, Türkiye, s. 649-659.
- Bulut, V.N., Bayram, A., Gundogdu, A., Soylak, M. ve Tufekci, M., 2010. Assessment of Water Quality Parameters in the Stream Galyan,

Trabzon, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 165, 1–13.

- Chatterjee, S.K., Bhattacharjee, I. ve Chandra, G., 2010. Water Quality Assessment Near an Industrial Site of Damodar River, India. Environmental Monitoring and Assessment, 161, 177–189. doi:10.1007/s10661-008-0736-1.
- Chen, X., Huang, Y., Pu, X., An, R., Huang, W., Li, J., Wang, W. ve Li, R., 2018. Spatial and Seasonal Distribution and Transportation of Different Forms of Phosphorus in the Middle Reaches of the Yarlung Zangbo River. Water, 10(12), 1858. doi:10.3390/w10121858.
- Demirtaşlı, E., 1967. Pınarbaşı-Sarız-Mağara İlçeleri Arasındaki Sahanın Litostratigrafi Birimleri ve Petrol İmkanları Rapor: M.T.A. Rap No: 3489, (Yayımlanmamış), Ankara.
- Gedik, A., Birgili, Ş., Yılmaz, H. ve Yoldaş, R., 1979. Mut-Ermenek-Silifke Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22, 8–26.
- Güler, C., 2009. Site Characterization and Monitoring of Natural Attenuation Indicator Parameters in a Fuel Contaminated Coastal Aquifer: Karaduvar (Mersin, SE Turkey). Environmental Earth Sciences, 59, 631–643. doi:10.1007/s12665-009-0060-2.
- Güler, C., Alpaslan, M., Kurt, M. ve Temel, A., 2010. Deciphering Factors Controlling Trace Element Distribution in the Soils of Karaduvar Industrial-Agricultural Area (Mersin, SE Turkey). Environmental Earth Sciences, 60, 203–218. doi:10.1007/s12665-009-0180-8.
- Güler, C., Alpaslan, M., Temel, A., Gizir, M. ve Sangün, M.K., 2007. Karaduvar (Mersin) Kıyı Akiferinde Yeraltı Suyu Kimyasını Etkileyen Kirletici Kaynakların Araştırılması ve Jeokimyasal Modellemesi. 104Y268 Nolu TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Mersin, 277 s.
- Güler, C., Kaplan, V. ve Akbulut, C., 2013. Spatial Distribution Patterns and Temporal Trends of Heavy-Metal Concentrations in a Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Site: Karaduvar Coastal Aquifer (Mersin, SE Turkey). Environmental Earth Sciences, 70, 943–962. doi:10.1007/s12665-012-2186-x.
- Güler, C., Kurt, M.A., Alpaslan, M. ve Akbulut, C., 2012. Assessment of the Impact of Anthropogenic Activities on the Groundwater Hydrology and Chemistry in Tarsus Coastal Plain (Mersin, SE Turkey) Using Fuzzy Clustering, Multivariate Statistics and GIS Techniques. Journal of Hydrology, 414–415, 435–451. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.11.021.

- Güler, C., Thyne, G.D., Tağa, H. ve Yıldırım, Ü., 2017. Processes Governing Alkaline Groundwater Chemistry within a Fractured Rock (Ophiolitic Mélange) Aquifer Underlying a Seasonally Inhabited Headwater Area in the Aladağlar Range (Adana, Turkey). *Geofluids*, Article ID: 3153924, 1–21. doi:10.1155/2017/3153924.
- Hatipoğlu, Z. ve Bayarı, S., 2005. Mersin-Tarsus Kıyı ve Yamaç Akiferlerinin Hidrojeokimyası. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 48(2), 59–72.
- 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.
- Hernes, P.J., Spencer, R.G.M., Dyda, R.Y., Pellerin, B.A., Bachand, P.A.M. ve 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. doi:10.1016/j.gca.2008.07.031.
- Juteau, T., 1980. Ophiolites of Turkey. *Ofiyoliti*, 2, 199–233.
- Kazeyılmaz-Alhan, C.M. ve Medina, M.A. Jr., 2008. The Effect of Surface/Groundwater Interactions on Wetland Sites with Different Characteristics. *Desalination*, 226, 298-305.
- Kroon, F.J., Kuhnert, P.M., Henderson, B.L., Wilkinson, S.N., Henderson, A.K., Abbott, B., Brodie, J.E. ve 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.
- Kurt, M.A. 2010. Deliçay ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Kalan Alandaki Toprak Profillerinin Mineralojisi, Toprak ve Su Kirliliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Mersin, 430s.
- Martinez, J.L., Raiber, M. ve Cox, M.E., 2015. Assessment of Groundwater–Surface Water Interaction Using Long-Term Hydrochemical Data and Isotope Hydrology: Headwaters of the Condamine River, Southeast Queensland, Australia. *Science of the Total Environment*, 536, 499–516.
- MÇDR, 2018. Mersin İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. Mersin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Mersin, 143s.
- Özgül, N. 1984: Stratigraphy and Tectonic Evolution of the Central Taurides, in: Tekeli O., Göncüoğlu M.C. (Eds.): *Geology of Taurus Belt. Proceedings of International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*. Miner. Res. Explor. Inst. Turkey Special Publications, 77–90.
- Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses. *Transactions of American Geophysical Union*, 25, 914–923.
- Poisson, A., 1977. *Recherches Geologiques Dans Les Taurides Accidentales (Turquie)*, These de Docteur Es Sciences, Universite de Paris-Sud, Paris, 795 p.
- Prabakaran, K., Eswaramoorthi, S., Nagarajan, R., Anandkumar, A. ve Franco, F.M., 2020. Geochemical Behaviour and Risk Assessment of Trace Elements in a Tropical River, Northwest Borneo. *Chemosphere*, 252, 126430. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126430.
- Sillanpää, M., Hulkkonen, R.M. ve Manderscheid, A., 2004. Drinking Water Quality in the Alpine Pastures of the Eastern Tibetan Plateau. *Rangifer*, 15, 47–52.
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), 2011. Türk Standartları, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (4 Eylül 1988, sayı: 19919), Resmi Gazete, Ankara.
- Şahinci, A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası: İzmir, Reform Matbaası, 548s.
- Şen, B. ve Gölbaşı, S., 2008. Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 25(4), 353–358.
- Şenol, M., Şahin, Ş. ve Duman, T.Y., 1998. Adana-Mersin Dolayının Jeoloji Etüd Raporu, M.T.A. (yayımlanmamış), Ankara.
- Toroğlu, E., Toroğlu, S. ve Alaeddinoğlu, F., 2006. Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) Akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(1), 93–103.
- United States Salinity Laboratory Staff (USSLS), 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*, United States Department of Agriculture Handbook No. 60, US Government Printing Office: Washington, DC.
- Wilcox, L.V., 1948. *The Quality of Water for Irrigation Use*. U.S. Department of Agriculture Technology Bulletin, 962, 40.
- World Health Organization (WHO), 2011. *Guidelines for Drinking Water Quality*, 4<sup>th</sup> ed.: WHO Publications, Geneva, 631p.
- Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1984. Adana Baseni Kuzey-Kuzeybatı Kesiminin Temel Stratigrafisine İlişkin Bazı Gözlemler. *Türkiye Jeoloji Kurumu* 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri

Özetleri Kitabı, 20-24 Şubat 1984, Ankara, s. 59-61.

Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1986. Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeolojisi Etüdü: M.T.A. Rap. No: 8037, Ankara.

Yıldırım, Ü., 2018. Göksu Nehri ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Yer Alan Akarsuların Morfometrik, Hidrolojik ve Hidrokimyasal Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Mersin, 210 s.

Zvinowanda, C.M., Okonkwo, J.O. ve Gurira, R.C., 2008. Improved Derivatisation Methods for the Determination of Free Cyanide and Cyanate in Mine Effluent. *Journal of Hazardous Materials*, 158, 196-201. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.01.059.