

**Mineralli Suların Sağlık ve Ekonomik Açından Önemi: Ciritdüzü (Şavşat-Artvin)****Mineralli Su Kaynağı Örneği**

*Health and Economic Importance of Mineral Waters: A Case Study of Ciritdüzü (Şavşat-Artvin) Mineral Water Spring*

**Fatma Gültekin<sup>1\*</sup>** , **Esra Hatipoğlu Temizel<sup>1</sup>** , **Nergis Erdoğan<sup>2</sup>** 

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, Dahili Tıp Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

**Öz:** Ülkemizin maden suyu bakımından önemli kaynaklara sahip olduğu, fakat tüketim oranlarının oldukça düşük olduğu MASUDER (Madensuyu Üreticileri Derneği) tarafından belirtilmiştir. Bu durum maden suyunun etkilerinin yeterince bilinmemesiyle ilişkilendirilebilir. Günümüze kadar yapılan çalışmalar maden sularının kalp ve damar sağlığı, kemik yapısı, sindirim sistemi ve metabolizma üzerine olumlu etkileri olduğunu göstermiştir. Sağlık üzerine etkileri hakkındaki bilincin artması tüketimi olumlu yönde etkileyecektir. Tüketimin artması ile mineralli su kaynaklarının ekonomik değeri de artmış olacaktır. Bu çalışmada Artvin ilinin Şavşat ilçesinde yer alan Ciritdüzü mineralli su (CDMS) ve bazı soğuk su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve izotopik özellikleri incelenmiş, sağlık açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Na-Ca-HCO<sub>3</sub>, Ca-Mg-Na-HCO<sub>3</sub> ve Ca-HCO<sub>3</sub> su tiplerinde olan kaynakların sıcaklıkları yaklaşık 8-13 °C, pH değerleri 6,42-7,97 ve EC değerleri 181-3.195 µS/cm arasında değişmektedir. Suların izotop içerikleri (O-18, döteryum ve trityum) CDMS'nin derin, diğer kaynakların sığ dolaşımli olduğunu göstermiştir. Sularda ölçülen δ<sup>34</sup>S değerleri CDMS'de sülfatın kaynağının denizel evaporitler, karasal evaporitler ve atmosferik sülfatın karışımı olduğunu; δ<sup>13</sup>C değerleri karbonun kökenin metamorfik CO<sub>2</sub>'ye karşılık geldiğini işaret etmektedir. Sulardaki iz element içerikleri genel olarak Doğal Mineralli Sular Hakkındaki Yönetmelikte verilen sınır değerlere uygunken CDMS'de antimon ve arsenik konsantrasyonları sınır değerlerde, bor konsantrasyonu ise sınır değerinin üzerindedir. Sular Tıbbi ve Klimatolojik bakımdan değerlendirildiğinde CDMS içme kürlerinde etkili dozların üzerinde bikarbonat içeriğine sahiptir. Sodyum, kalsiyum ve magnezyum iyon içeriği bakımından değerlendirildiğinde CDMS sindirim sistemi ile ilgili hastalıklarda, kalp damar hastalıklarının önlenmesinde, böbrek ve idrar yolu hastalıklarında kullanılabilecek bir kaynaktır. Bu hastalık gruplarında koruyucu ve tedavi edici özellikte olan CDMS kaynağının yer aldığı bölge klimaterapi olanağı sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Artvin-Şavşat, balneoterapi, hidrojeokimya, klimaterapi mineralli su.

**Abstract:** The Mineral Water Producers Association (MASUDER) stated that our country has important resources in terms of mineral water, but consumption rates are quite low. This can be attributed to the fact that the effects of mineral water are not sufficiently known. So far, studies have shown that mineral waters have positive effects on cardiovascular health, bone structure, digestive system, and metabolism. Increased awareness of health effects will positively affect consumption. With the increase in consumption, the economic value of mineral water resources will also increase. In this study, the hydrogeochemical and isotopic properties of Ciritdüzü mineral water (CDMS) and some cold-water springs in Şavşat town in Artvin were examined and evaluated in terms of health. The springs have Na-Ca-HCO<sub>3</sub>, Ca-Mg-Na-HCO<sub>3</sub> and Ca-HCO<sub>3</sub> water types with temperatures ranging between 8-13 °C, pH values between 6.42-7.97 and EC values between 181-3195 µS/cm. The isotope contents of the waters (O-18, deuterium and tritium) show that CDMS has deep circulation, and the other springs have shallow circulation. The δ<sup>34</sup>S values of the waters indicate that the source of sulfate in CDMS is a mixture of marine evaporites, terrestrial evaporites and atmospheric sulfate; δ<sup>13</sup>C values indicate that the origin of carbon corresponds to metamorphic CO<sub>2</sub>. The trace element contents in the waters are generally consistent with the limit values given in the Regulation on Natural Mineral Waters. Antimony and arsenic concentrations are within the limit values and boron concentration is above the limit value for CDMS. When the waters are evaluated medically and climatologically, CDMS has bicarbonate content above the effective dose for drinking cures. When evaluated in terms of sodium, calcium and magnesium ion contents, CDMS can be used for diseases related to the digestive system, prevention of cardiovascular diseases, kidney and urinary tract diseases. The location of the CDMS spring, which has preventive and therapeutic properties for these disease groups, also offers the opportunity for climatotherapy.

**Keywords:** Artvin-Şavşat, balneotherapy, climatotherapy, hydrogeochemistry, mineral water.

## GİRİŞ

Doğal mineralli suların içerdikleri bazı maddeler nedeniyle, kaynak sularına göre, sağlık üzerine ek olumlu etkileri olduğu çeşitli araştırmalarda belirtilmiştir (Barut ve Erdoğan, 2011). Dolayısıyla günlük içme suyu gereksiniminin karşılanmasında son yıllarda şişelenmiş ya da paketlenmiş

mineralli su ya da kaynak suyu tüketilmesi giderek artmaktadır. Oldukça fazla sayıda (yaklaşık 225) doğal mineralli su kaynakları bulunan ülkemizde ilgili birimler mevcut potansiyelin ancak %10'unun değerlendirildiğini belirtmektedir (MASUDER, 2024). Avrupa'da yıllık tüketim kişi başı 150 litre iken Türkiye'de

yaklaşık olarak 5 litredir (Şentürk, 2009). Doğal bir kaynak olan doğal mineralli su kaynaklarının öneminin anlaşılması ve mevcut kaynakların ülke ekonomisine kazandırılması yönünde çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

Dünyanın en önemli jeotermal kuşaklarından olan Alp-Himalaya hattında bulunana ülkemiz mineralli sular açısından en zengin ülkeler arasındadır. Türkiye’de mineralli suların dağılımı tektonik hatlarla ve buna bağlı aktif açılma yapıları ile ilişkilidir. Mineralli suların kullanımı sıcaklıklarına ve kimyasal özelliklerine göre değişiklik gösterir. Sıcak olanlar daha çok kaplıçalarda banyo şeklinde kullanılırken soğuk olanlar şişelenerek içmece olarak kullanılmaktadır. Şişelenmiş mineralli sular saflıkla eş anlamlı tutulmuştur. 16. yy ortalarında Avrupa’da Belçika, Fransa, İtalya ve Almanya gibi ülkelerde doğal mineralli suların şişelenmesi ve ticarileşmesi faaliyetleri başlamış, ilk şişelenmiş mineralli su üretimine ise 1899’da İtalya’da başlanmıştır. (Kınık vd., 2020; NMWE, 2024). Bu yıllarda ülkemizde Kızılay mineralli sularının kaynağı da olan Gazlıgöl mineralli suyu şişelenmeye başlanmıştır. 20. yy’a kadar şişelenmiş sular eczanelerde ilaç tedavisi amacıyla satılmıştır. II. Dünya Savaşı’nın sonunda şişelenmiş sular, marketler yoluyla daha yaygın bir şekilde dağıtmaya, kafe ve restoranlarda içecek olarak servis edilmeye

başlanmıştır. Yine savaş sonrası mineralli su satışları çeşitli reklamlarla arttırılmış ve yüksek gelirler elde edilmeye başlanmıştır (Kınık vd., 2020).

Kalkınmış ülkelerin son derece modern tesislerle koruma altına aldıkları ve tıp otoritelerinin de teşvikiyle pek çok insanın şifa bulmak için rağbet ettikleri şifalı sulara karşı, ülkemizin bazı yörelerinde şifalı su potansiyeli olmasına rağmen bu suların değerlendirilmemesi üzücüdür. Oysaki bu kaynakların alt yapı hizmetleri tamamlandığı ve gerekli organizasyonlar yapıldığı takdirde turizmin gelişmesinde ve bulunduğu yörenin kalkınmasında oldukça katkısı olabileceği gibi birçok hastalıkların tedavisinde kullanılmasıyla da pek çok insana şifa kaynağı olacaktır.

Mineralli suların hidrokimyasal özellikleri ve kullanım alanlarıyla ilişkili çalışmalar (Baba vd., 2008; Barut ve Erdoğan, 2011; Barut vd., 2013; Akpınar, 2017) daha çok ülkemizin batı bölgesindeki kaynaklar üzerine yoğunlaşmıştır. Türkiye Termal ve Mineralli Sular Envanteri’ne göre Doğu Karadeniz Bölgesinde çok sayıda mineralli su kaynağı bulunmaktadır (Kara, 1997; Hatipoğlu Temizel vd., 2019; Gültekin vd., 2023). Bölgede Kisarna ve İnşidibi kaynakları gibi ticarileşmiş kaynaklar bulunmakla birlikte yeterince araştırılmamış ve değerlendirilmeyen kaynaklar mevcuttur. Bu kaynakların bir

kısmı yöre halkı tarafından kullanılmaktadır. Ancak Trabzon il sınırları içerisinde yer alan kaynaklarda yapılan çalışmalarda (Gültekin vd., 2005) bazı ağır metal düzeylerinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla bu kaynakların her yönden incelenerek halkın kullanımına sunulması ülke ekonomisine de katkı sağlayacaktır.

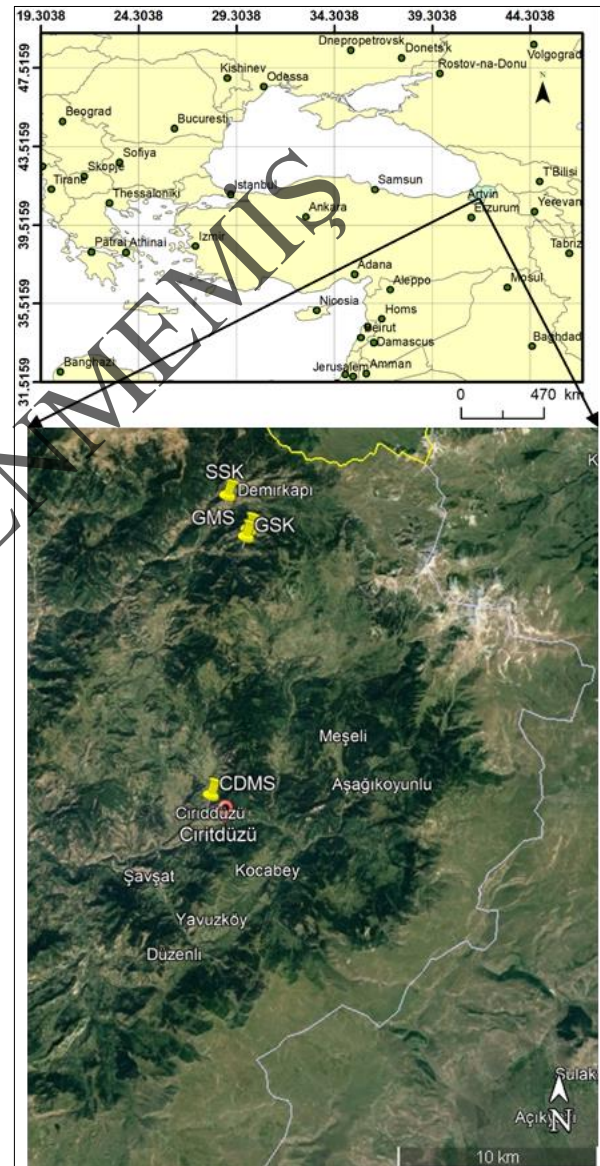
Artvin İli, Şavşat İlçesi Cirirdüzü Köyü'nde yer alan mineralli su kaynağı ilkel kaptaj yapısı ile yöre halkı tarafından kullanılmaktadır. Bu çalışmada kaynağın kullanıma sunulabilmesi için hidrojeokimyasal özellikleri ve sağlık açısından önemi araştırılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Çalışma Alanı

İnceleme alanı Artvin ili Şavşat ilçesi Cirirdüzü Köyü (Şekil 1)'nde yer almaktadır. Çalışma alanında her mevsim yağışlı, yazlar serin, kışları kıyılarda ılık, üst kesimlerde soğuk ve kar yağışlı olan Karadeniz İklimi görülmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan son on yıllık ortalamalarına göre Şavşat İlçesinde ortalama yıllık yağış 579,6 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise 9,9 °C'dir. Alanda en sıcak ay 20,8 °C ortalama ile Ağustos, en soğuk ay -1,8 °C ortalama ile Ocak ayıdır. En yüksek yağış değeri 88,6 mm olarak

Haziran ayında, en düşük yağış değeri ise 24,9 mm ile Mart ayındadır. Yıllık potansiyel buharlaşma değeri 644,4 mm, Yıllık gerçek buharlaşma-terleme değeri ise 484,3 mm'dir. Yağışın yaklaşık %83'ü buharlaşma-terleme yolu ile tekrar atmosfere geri dönmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.  
Figure 1. Location map of the study area.

### Örnekleme ve Analiz İşlemleri

Su-kayaç etkileşimlerini incelemek amacıyla çalışma alanında yüzeyleyen kayalardan ve su kaynaklarından örnekleme yapılmıştır (Şekil 2). Kayaç kimyasını belirlemek amacıyla Mayıs-2016 tarihinde kayaç örnekleri alınmış, kaynak sularının majör anyon-katyon, ağır metal ve izotop içeriklerini belirlemek amacıyla Mayıs 2016-Temmuz 2017 tarihleri arasında üç kez yerinde ölçüm ve örnekleme yapılmıştır. Örnekleme işlemlerinde polietilen şişeler kullanılmıştır. Ağır metal analizleri için alınan örneklere ultra saf nitrik asit eklenerek örneğin pH'nın 2'nin altına düşmesi sağlanmıştır. Örnekleme işleminde majör anyon-katyonlar, iz elementler ve trityum izotopu için 500 ml,  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  ve  $^{13}\text{C}$  izotop analizleri için 50 ml,  $^{34}\text{S}$  izotop analizi için 750 ml'lik polietilen şişeler kullanılmıştır. Örnek alınan su noktalarında yerinde suların T (sıcaklık), EC (özgül elektriksel iletkenlik), pH, tuzluluk, TDS (Toplam Çözünmüş Madde Miktarı), DO (Çözünmüş Oksijen) ölçümleri YSI-556 model çok parametrelili ölçüm aleti ile yapılmıştır. Arazide ölçülen pH, sıcaklık ve kimyasal analiz sonuçları kullanılarak AquaChem 2014.1 içerisinde yer alan PHREEQC yazılımı ile suların doygunluk indisleri hesaplanmıştır.

Örneklenen suların majör iyon analizleri, Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü su

kimyası laboratuvarında iyon kromatografi tekniği, iz element analizleri ise İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) yöntemi ile yaptırılmıştır.  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  ve  $^{13}\text{C}$  izotop analizleri ISO Analitik Laboratuvarında (İngiltere) İzotop Oranı Kütle Spektrometresi (IRMS) tekniği, sıcak sulardaki sülfattaki  $^{18}\text{O}$  ve  $^{34}\text{S}$  analizleri İzotop Oranı Kütle Spektrometresi tekniği ile Isotope Tracer Technologies Inc (Kanada) Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır. Trityum analizleri sıvı sintilasyon sayma tekniği ile Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü Kütle Analiz Laboratuvarında yaptırılmıştır. Kayaçların iz element analizleri ACME Laboratuvarı'nda (Kanada) İndüktif Eşlenik Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ile yapılmıştır. Kararlı izotop analizlerinde standart sapmalar  $^{18}\text{O}$  için ‰ 0,11, döteryum için ‰ 0,90 dir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Jeoloji

Çalışma alanında en altta gri, beyaz renkleriyle belirgin kireçtaşı, kumtaşı, tuf ve kiltası ar dalanmasından oluşan Ardanuç Formasyonu (Erendil vd.,1989) yer almaktadır (Şekil 3).

Genellikle ince tabakalı olmasına rağmen yer yer orta tabakalı olarak gözlenen Ardanuç Formasyonu (Erendil vd., 1989) üzerine Eosen yaşlı volkanik kayalar uyumsuz olarak gelmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanında örneklenen suların arazideki görünimleri.

Figure 2. Field views of the springs sampled in the study area.

Birim üzerine uyumsuz olarak volkanojen kumtaşları ile başlayarak piroklastiklerle devam eden Kabaköy Formasyonu (Güven, 1993) gelir. Birim tabanda kalınca bir çamurtaşı katmanı içeren volkanitlerden oluşur. Volkanitlerin mikroskopik tayinleri ojit bazalt olduklarını göstermiştir. fenokristal olarak plajiyoklas, ojit ve opak minerallerinin bulunduğu kayaçta ikincil olarak kalsit ve klorit bulunmaktadır. Birimin üst seviyelerini yaklaşık 200 m kalınlığında andezit türü kayaçlar oluşturur (Subaşı, 2019).

Bu birimin üzerinde çamurtaşı-silttaşı-kumtaşı ardalanmasından oluşan

türbiditik özellikle Şavşat Formasyonu (Erendil vd., 1989) bulunur. Tabanda yuvarlak küçük çakıllardan oluşan birim üstlere doğru sarımsı renkte kumtaşı, silttaşı ve marnlardan oluşur (Şekil 3). Şavşat Formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla silttaşı, marn, gölsel çörtlü kireçtaşı ve jips merceklerinden oluşan Pınarlı Formasyonu (Karaköse vd., 1994; Konak vd., 1998) gelmektedir. Pınarlı formasyonunu gri renkli, orta tabakalı olan kumtaşı ve silttaşları oluşturur. Bu kaya türleri arasında marn, gölsel çörtlü kireçtaşı ara katkıları ve jips mercekleri gözlenir. Bu jipsli seviyelerin bulunduğu yerlerde değişik boyutlarda heyelanlar meydana gelmiştir.

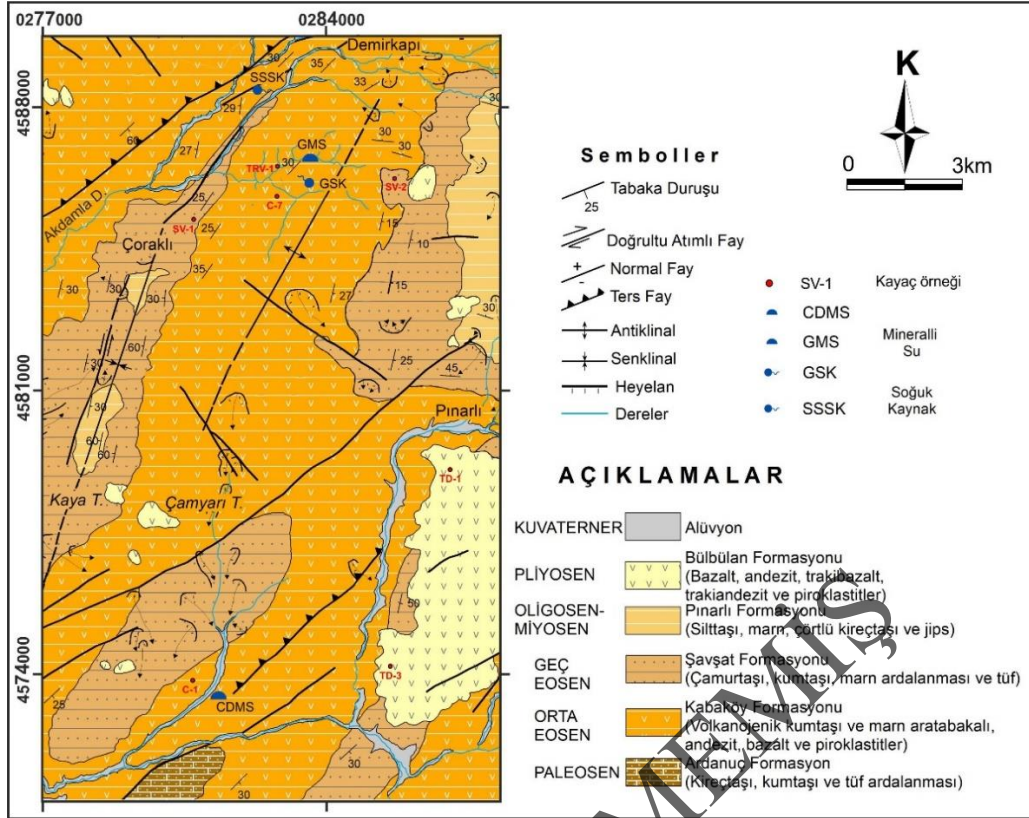
Alanın en genç birimleri trakibazalt, hornblend andezit ve piroklastik kayaçlardan oluşan Bülbülân Formasyonu (Erendil vd., 1989) oluşturur. Birimin volkanitlerinin mikroskopik incelemelerinde trakibazalt, trakiandezit, hornblend andezit ve altere türlerinin olduğu tespit edilmiştir. Trakibazaltlar içerisinde ana mineraller plajiyoklas mikrolitleri, daha az miktarda da ojit mikrokristalleri, ikincil olarak ise kalsit bulunmaktadır. Trakiandezitlerde esas mineraller plajiyoklas, sanidin, hornblend ve opak, ikincil mineraller ise klorittir. Hornblend andezitler hem mikrolit hem de fenokristal olarak plajiyoklas ve hornblend mineralleri içerirler. Bülbülân Formasyonu kendisinden daha yaşlı birimler üzerinde

açısız uyumsuzlukla yer alırlar (Subaşı, 2019).

### Hidrojeoloji

Genellikle kırıntılı tortul kayalar ve volkanik kayaların yüzeleendiği çalışma alanında kayaların birincil poroziteleri genel olarak düşüktür. Ardanuç Formasyonunun kumtaşı ve tüflü seviyeleri geçirimli iken kireçtaşı ve kiltası düzeyleri geçirimsiz özelliktedir. Alanda geniş yüzlekler veren Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu yer yer kırıntılı yer yer de volkanik kayalardan meydana gelir. Volkanojenik kumtaşları ve piroklastik seviyeler ve andezit- bazalt türü kayaların kırıklı yapıya sahip olan kesimleri geçirimlidir. Çamurtaşı-silttaşı-kumtaşı ardalanmasından meydana gelen Şavşat Formasyonu ve Pınarlı Formasyonunun kumtaşı ve silttaşı düzeyleri geçirimlidir. Birimlerin arasındaki marn ve jipsli seviyeler geçirimsiz düzeyleri oluşturur. Bülbülan Formasyonuna ait genç piroklastik birimler geçirimli iken, volkanik birimler çatlaklı oldukları alanlarda geçirimli özelliktedir (Subaşı, 2019).

Ciritdüzü Köyü ve çevresinde değişik debilerde boşalımı olan çok sayıda su kaynağı bulunmaktadır. Yüksek kotlardaki kar erimelerine bağlı olarak bir kısmı yazın veya sonbaharda kuruyan bu kaynakların bir kısmı ise her mevsim akışa sahiptir (Subaşı, 2019). Debileri yaklaşık 1 L/dak civarında ve sürekli akışa sahip olan kaynaklardan bazıları çeşitli şekillerde kaptaj edilmiş ve uzun yıllardan beri yöre halkı tarafından kullanılmaktadır. Pınarlı Formasyonu içerisinde boşalan ve yer yer küçük gölcükler oluşturan bu kaynaklar birim içerisinde çok sayıda heyelan türü kütle hareketlerine de sebebiyet vermiştir. Alandaki soğuk kaynakların bir kısmı normal soğuk sulara göre daha fazla iyon içeriğine sahiptir. Az sayıda da iyon içeriği yüksek olan mineralli su kaynakları bulunmaktadır. Bu çalışmada ilkel bir kaptaj yapısına sahip olan ve yöre halkı tarafından uzun yıllardır kullanılan Ciritdüzü Mineralli suyu, iyon içeriği diğer kaynaklara göre yüksek su kaynağı ve bir çeşmeden her mevsim akışı olan soğuk kaynak hidrokimyasal ve kullanılma özellikleri açısından araştırılmıştır.



**Şekil 3.** Cirirdüzü (Şavşat-Artvin) alanının jeoloji haritası (Erendil vd, 1989 ve Konak vd, 1998'den sadeleştirilmiştir).

**Figure 3.** Geological map of Cirirdüzü (Şavşat-Artvin) (simplified from Erendil et al, 1989 and Konak et al, 1998).

### Hidrojeokimya

Cirirdüzü mineralli suyu (CDMS), iyon içeriği yüksek su (GMS) ve soğuk kaynak sularından (ŞSSK, GSK) örnekler alınmış ve yerinde pH, sıcaklık (T), çözünmüş oksijen (DO), özgül elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) değerleri arazide yerinde ölçülmüştür. Alınan örnek noktalarının tanımlamaları, koordinatları ve kot değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Aynı su noktalarında yerinde yapılan ölçümler ve majör iyon analizleri Çizelge 2'de verilmiştir. Yük-denge hata oranı (% e) ile kontrol edilen kimyasal analiz sonuçlarının hata oranının -5 ile 5 arasında ve kabul

edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Yerinde yapılan ölçümlere göre Cirirdüzü mineralli suyunun ortalama sıcaklığı 11,33 °C, EC değeri, 3.195 µS/cm, pH değeri 6,42 ve DO değeri 2,9 mg/L olarak ölçülmüştür. Bataklık bir alanda boşalan GMS'nin sıcaklığı 13 °C, EC değeri 522 µS/cm, pH'ı 7,58 ve DO değeri 1,50 mg/L'dir. Normal kaynak sularından (ŞSSK)'ın sıcaklığı 9,38 °C, EC değeri 181 µS/cm, pH değerleri 7,97 ve DO değeri 9,81 mg/L; GSK'nın sıcaklığı 8,04 °C, EC değeri 274 µS/cm, pH değerleri 7,87 ve DO değeri 10 mg/L dir (Gültekin vd., 2019).



**Çizelge 1.** İncelenen su örneklerinin koordinat bilgileri ve su tipleri (Gültekin vd., 2019).

**Table 1.** Coordinate information and water types for analyzed water samples (Gültekin et al., 2019).

Örnek Adı	Koordinat	Kot	Türü	Tarih	Su Tipi
CDMS	0281351 - 4573470	1145	Mineralli su	Mayıs 16	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -Cl
				Mart17	Na-Ca-HCO <sub>3</sub>
				Tem17	Na-Ca-HCO <sub>3</sub>
GMS	0283639 - 4586548	1600	Mineralli su	Tem17	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
				Mayıs16	Ca-HCO <sub>3</sub>
SSSK	0282628 - 4588250	1550	Soğuk su kaynağı	Ekim16	Ca-HCO <sub>3</sub>
				Mart17	Ca-HCO <sub>3</sub>
				Tem17	Ca-HCO <sub>3</sub>
GSK	0283484 - 4586187	1712	Soğuk su kaynağı	Tem17	Ca- Mg-HCO <sub>3</sub>

Hakim anyon ve katyonları Na ve HCO<sub>3</sub> iyonlarının oluşturduğu Ciritdüzü mineralli suyunda SiO<sub>2</sub> 88,21 mg/L, B değeri yaklaşık 62 mg/L, Li, Br, F değerleri ise 1 mg/L'nin altındadır. Diğer kaynaklarda hakim anyon-katyon çiftini Ca ve HCO<sub>3</sub> iyonları oluşturmaktadır.

Kaynakların Piper diyagramındaki konumları incelendiğinde CDMS'nin Na+K-HCO<sub>3</sub>; GMS'nin karışık, diğer kaynak sularının ise Ca-HCO<sub>3</sub> tipinde olduğu görülmektedir (Şekil 4).

Schoeller diyagramı incelendiğinde CDMS dışındaki kaynakların iyon konsantrasyonlarını birleştiren doğruların birbirine paralel olduğu, CDMS'nin ise Na ve Cl iyonları açısından farklılık gösterdiği görülmektedir (Şekil 5).

### Suların Doymuluk Durumları

Suların doymuluk durumlarının değişimi, hidrokimyasal evrimin safhalarını belirlemede yardımcı olur ve hangi kimyasal reaksiyonların su kimyası üzerinde etkili olduğunu göstermesi

(Drever, 1997; Langmuir, 1997) açısından önemlidir. Mineralli suların kabuklaşma ve korozyon özelliklerinin önceden bilinmesi, suların üretilmesi ve işletilmesi aşamasında oluşabilecek çökellerin önlenmesi ve ekonomik açıdan son derece önemlidir. Ayrıca yeraltı sularında oluşan kimyasal tepkimeler, hidrokimyasal ortam hakkında yorum yapabilmeye olanağı da sunmaktadır.

İnceleme alanlarında yüzeylenen kayaçlarda mikroskobik olarak birincil ve ikincil mineraller belirlenmiş ve bu minerallere göre alanlarda örnekleme yapılan suların doymuluk indisleri (SI) incelenmiştir. Sahada yüzeylenen volkanik kayaçlarda birincil mineralleri plajiyoklas, ojit, hornblend ve kuvars gibi silikatlı mineraller, ikincil mineralleri ise kalsit, kuvars ve klorit türü mineraller oluşturur. Seçilen minerallerden SI değerleri anlamsız olanları (-40 gibi) dikkate alınmamıştır.

SI değerleri incelendiğinde Ciritdüzü mineralli suyu ve kaynak suyu genel olarak kil grubu minerallere ve hematit götit gibi demirli minerallere aşırı doymuluk

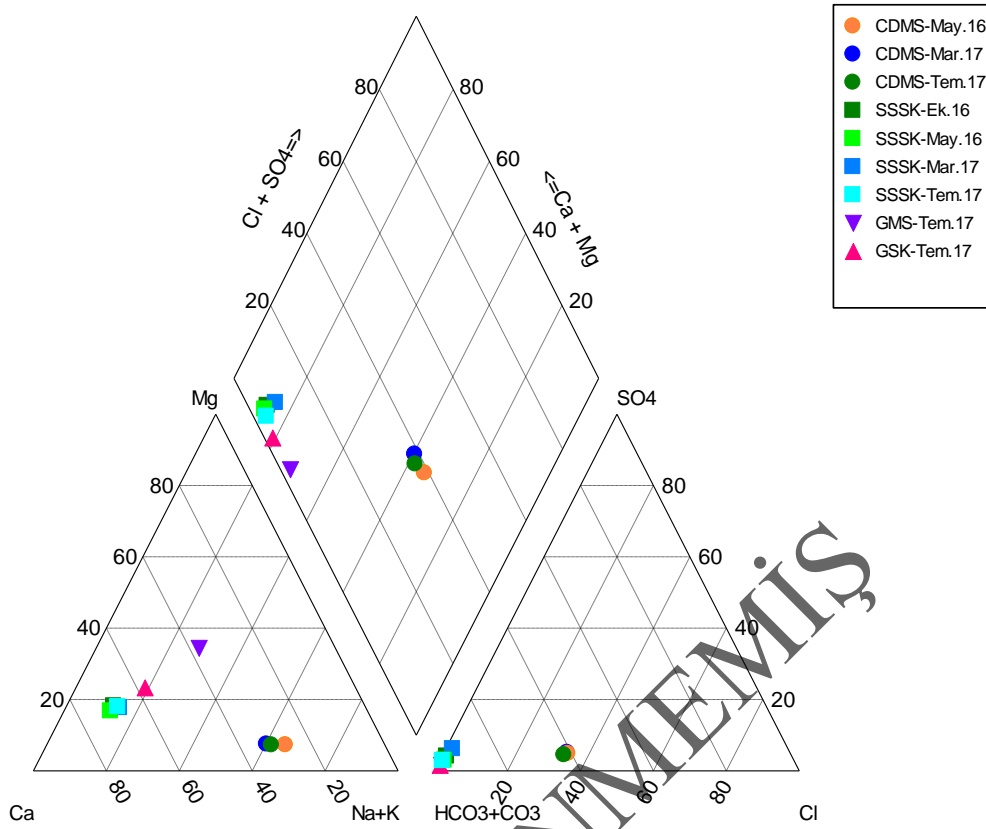
göstermektedir (Gültekin vd., 2019). Mineralli suyun ayrıca albit, K- feldispat ve illite doymun olduğu, kalsit, aragonit ve dolomit türü minerallerle denge durumunda, jips, anhidrit ve sölestin gibi sülfatlı minerallere ise doymun olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

### Su-Kayaç Etkileşimi

CDMS'nin majör iyon ve iz element içerikleri soğuk kaynak sularıyla karşılaştırıldığında bu değerlerin birbirlerinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Bu durum yer altı ve yüzey sularının etkileşimde buldukları kayaların kimyası, sıcaklık, pH, Eh vb. faktörlerden ve iklim koşullarından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla suların majör iyon kimyasını etkileyen hidrokimyasal süreçleri belirlemek için Hounslow (1995)'e göre bir değerlendirme yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Majör iyonlardan CDMS'de Na ve HCO<sub>3</sub> konsantrasyonlarını etkileyen süreçlerin soğuk sulara göre farklı olduğu belirlenmiştir. Bu durum analizlerle de görülmektedir.

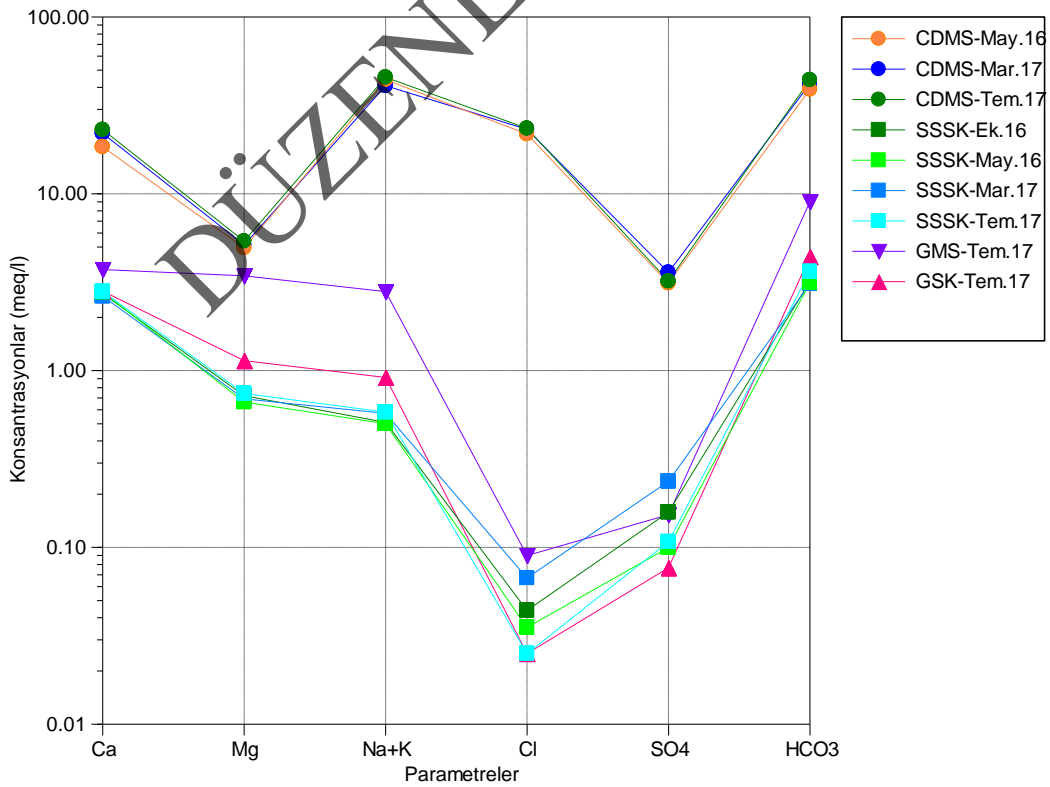
**Çizelge 2.** İncelenen sulara ait fiziksel ve kimyasal özellikler (birimler mg/L'dir.) (Gültekin vd., 2019).  
**Table 2.** Physical and chemical properties of the studied waters (Units are mg/L) (Gültekin et al., 2019).

Örnek Adı	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	TDS	DO	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Li	Br	SiO <sub>2</sub>	B	% (e)
May16	12,00	6,20	2741	2369	2,98	369,40	60,07	1003,50	22,28	2379,0	0,00	150,0	772,8	<0,01	0,75	0,63	0,27	1,59	117,0	22,93	-2,89
Mart17	10,60	6,57	2859	2562	3,00	440,35	62,38	920,51	30,67	2562,0	0,00	172,4	821,1	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	71,94	23,87	0,5
Tem17	11,40	6,50	3985	2589	2,00	461,85	65,62	1030,24	31,57	2691,1	0,00	153,9	834,6	0,28	0,86	0,37	0,36	0,44	75,70	142,1	-2,35
<b>ort.</b>	<b>11,33</b>	<b>6,42</b>	<b>3195</b>	<b>2507</b>	<b>2,66</b>	<b>423,8</b>	<b>62,69</b>	<b>984,75</b>	<b>28,17</b>	<b>2544</b>	<b>0,00</b>	<b>158,7</b>	<b>808,2</b>	<b>0,28</b>	<b>0,54</b>	<b>0,33</b>	<b>0,32</b>	<b>0,68</b>	<b>88,21</b>	<b>62,98</b>	
May16	9,22	7,59	155	144	9,94	55,75	8,07	11,46	0,08	191,3	0,00	4,79	1,25	<0,01	0,98	0,06	<0,01	<0,01	8,91	<0,5	-4,53
Ekim16	9,00	8,14	171	156	10,50	54,72	8,77	11,63	0,14	195,0	12,0	7,59	1,56	0,00	1,07	0,06	0,00	0,00	12,30	0,69	-2,28
Mart17	8,00	8,14	174	165	8,80	52,81	8,41	13,11	0,12	189,1	12,0	11,34	2,38	0,00	1,11	0,09	0,00	0,00	11,15	<1	-1,43
Tem17	11,30	8,00	226	146	10,00	56,09	9,02	13,29	0,15	221,2	0,00	5,16	0,89	0,00	0,94	0,05	0,00	0,01	11,35	<1	-4,78
<b>ort.</b>	<b>9,38</b>	<b>7,97</b>	<b>181</b>	<b>153</b>	<b>9,81</b>	<b>54,84</b>	<b>8,57</b>	<b>12,37</b>	<b>0,12</b>	<b>199,1</b>	<b>6,00</b>	<b>7,22</b>	<b>1,52</b>	<b>0,00</b>	<b>1,03</b>	<b>0,07</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>10,93</b>	<b>0,69</b>	
GMS	Tem17	13,00	7,58	522	341	1,50	74,71	41,75	62,68	550,1	0,00	7,35	3,19	0,02	0,19	0,98	0,02	0,02	26,40	<1	-3,88
GSK	Tem17	8,04	7,87	274	178	10,00	56,38	13,84	20,99	269,1	0,00	3,68	0,89	0,02	0,88	0,04	0,00	0,02	40,80	<1	-3,96



Şekil 4. Kaynak sularının Piper diyagramındaki konumları (Gültekin vd., 2019).

Figure 4. Location of spring waters on the Piper diagram (Gültekin et al., 2019).



Şekil 5. Kaynak sularının Schoeller diyagramındaki konumları (Gültekin vd., 2019).

Figure 5. Location of spring waters on the Schoeller diagram (Gültekin et al., 2019).

**Çizelge 3.** Çalışılan suların doygunluk durumları (Gültekin vd., 2019)

**Table 3.** Saturation status of the studied waters (Gültekin et al., 2019)

Mineraller	Formül	CDMS	SSSK
Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	1,48	-3,01
Anhidrit	$\text{CaSO}_4$	-1,47	-3,15
Aragonit	$\text{CaCO}_3$	0,00	-0,20
Barit	$\text{BaSO}_4$	0,82	-
Ca-Montmorillonit	$\text{Ca}_0.165\text{Al}_2.33\text{Si}_3.67\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	7,10	1,91
Kalsit	$\text{CaCO}_3$	0,16	-0,04
Sölestin	$\text{SrSO}_4$	-3,49	-4,17
Dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	-0,32	-0,82
Florit	$\text{CaF}_2$	-0,94	-3,27
Jips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-1,21	-2,90
Götüt	$\text{FeOOH}$	3,38	7,54
Halit	$\text{NaCl}$	-4,77	-9,37
Hematit	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	8,70	17,01
İllit	$\text{K}_0.6\text{Mg}_0.25\text{Al}_2.3\text{Si}_3.5\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	5,54	0,12
K-Feldispat	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	2,33	-2,62
K-Mika	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	12,20	5,95
Kaolinit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	7,41	3,93
Amorf Silis	$\text{SiO}_2$	1,15	0,07
Rodokrozit	$\text{MnCO}_3$	-2,51	-
Siderit	$\text{FeCO}_3$	-1,37	0,88
Talk	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	-7,00	-5,26
Viterit	$\text{BaCO}_3$	-3,23	-

## İz Elementler

Çalışma alanındaki yüzeylenen kayalar ile bu kayalardan yüzeye ulaşan sularının kimyasal benzerliklerini karşılaştırmak amacı ile suların ve kayalardan iz element analizleri yapılmıştır. Çeşitli türlerdeki kayaların ve su örneklerinin iz element değerleri Çizelge 5'te verilmiş olup, değişimleri ise Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde kayalarda yüksek olan Al, Zn, Fe, Mn, Ni, Sr, Zr, Ba Pb gibi iz elementler sulara da yüksek konsantrasyonlarda, Be, Cr, Co, Tl, Th Hf, Cs, Ag, Y, Se gibi iz elementler ise hem kayalarda hem de sulara düşük konsantrasyonlardadır.

**Çizelge 4.** Katyon ve anyon değişimlerine bağlı su-kaya etkileşimi (Hounslow, 1995).

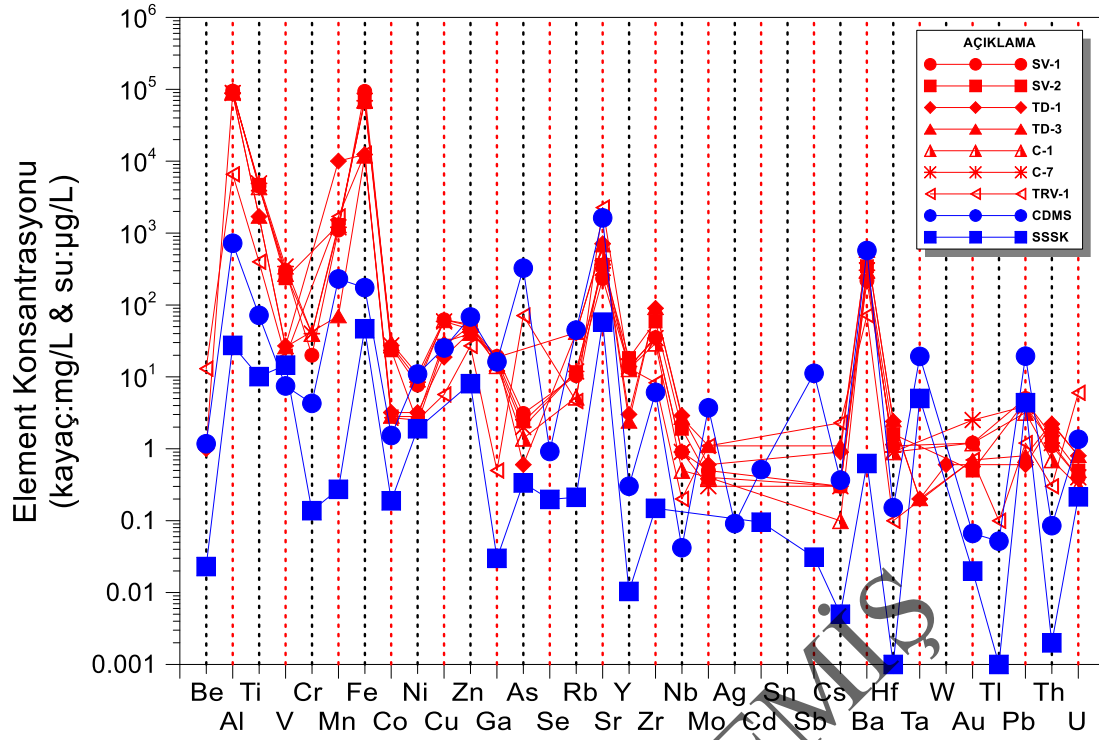
**Table 4.** Water-rock interaction due to cation and anion exchange (Hounslow, 1995).

Parametreler	CDMS	GMS	SSSK	GSK
$\text{HCO}_3^-/\text{SiO}_2$	74,881	43,897	41,064	13,894
	Karbonat ayrışması	Karbonat ayrışması	Karbonat ayrışması	Karbonat ayrışması
$\text{SiO}_2/(\text{Na}+\text{K}-\text{Cl})$	0,026	0,076	0,156	0,348
	Katyon değişimi	Katyon değişimi	Katyon değişimi	Katyon değişimi
$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-)/(\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^- + \text{Ca}^{+2})$	0,494	0,421	0,169	0,245
	Olası Plajiyoklas ayrışması	Olası Plajiyoklas ayrışması	Plajiyoklas ayrışması olası değil	Olası Plajiyoklas ayrışması
$\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Cl}^-)$	0,656	0,968	0,958	0,973
	Halit-albit dışındaki farklı sodyum kaynağı, iyon değişimi	Halit-albit dışındaki farklı sodyum kaynağı, iyon değişimi	Halit-albit dışındaki farklı sodyum kaynağı, iyon değişimi	Halit-albit dışındaki farklı sodyum kaynağı, iyon değişimi
$\text{Mg}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ ve $\text{HCO}_3^-/\text{Si}$	0,190 ve 74,88	0,480 ve 74,88	0,210 ve 41,06	0,288 ve 28,29
	Kireçtaşı-dolomit ayrışması	Kireçtaşı-dolomit ayrışması	Kireçtaşı-dolomit ayrışması	Kireçtaşı-dolomit ayrışması
$\text{Ca}^{+2}/(\text{Ca}^{+2} + \text{SO}_4^{-2})$ ve pH	0,878 ve 6,50	0,961 ve 7,58	0,963 ve 8,00	0,973 ve 7,87
	Jipsten farklı kalsiyum kaynağı-karbonat veya silikatlar	Jipsten farklı kalsiyum kaynağı-karbonat veya silikatlar	Jipsten farklı kalsiyum kaynağı-karbonat veya silikatlar	Jipsten farklı kalsiyum kaynağı-karbonat veya silikatlar
$\text{Cl}^-/\Sigma\text{anion}$	0,285	0,010	0,007	0,005
	Kayaç ayrışması	Kayaç ayrışması	Kayaç ayrışması	Kayaç ayrışması
$\text{HCO}_3^-/\Sigma\text{anion}$	0,535	0,966	0,950	0,962
	Deniz suyu veya tuzlu su	Silikat veya karbonat ayrışması	Silikat veya karbonat ayrışması	Silikat veya karbonat ayrışması

**Çizelge 5.** Kayaç ve su örneklerinin iz element konsantrasyonları (konsantrasyonlar kayaçlarda mg/L; sular  $\mu\text{g/L}$ )'dir).

**Table 5.** Trace element concentrations in rock and water samples (concentrations are mg/L in rocks and  $\mu\text{g/L}$  in water).

	Kayaç Örnekleri							Su Örnekleri	
	SV-1	SV-2	TD-1	TD-3	C-1	C-7	TRV-1	CDMS	ŞSSK
Be	<1	<1	1	<1	<1	<1	13	1,174	0,023
<b>Al</b>	9,46E+04	9,04E+04	8,75E+04	8,76E+04	9,36E+04	8,90E+04	6,60E+03	<b>723</b>	27,31
Ti	4,50E+03	4,70E+03	1,70E+03	1,70E+03	4,40E+03	4,90E+03	4,00E+02	71,74	10,06
V	301	235	27	26	274	342	19	7,441	14,54
Cr	2,00E+01				4,00E+01	4,00E+01		4,267	0,138
<b>Mn</b>	1,10E+03	1,30E+03	1,00E+02	7,00E+01	1,30E+03	1,20E+03	1,70E+03	<b>229,36</b>	0,273
<b>Fe</b>	9,35E+04	6,63E+04	1,24E+04	1,17E+04	7,07E+04	6,91E+04	1,27E+04	<b>173,7</b>	46,673
Co	26	23,4	3,2	2,8	29,6	27,4	2,7	1,5255	0,1883
<b>Ni</b>	7,7	2,3	3,2	2,8	10,8	9,2	2,5	<b>10,970</b>	1,894
Cu	62	27,2	18,8	30,6	62,4	58,9	5,7	25,27	bdl
<b>Zn</b>	51	51	42	40	54	46	27	<b>68,31</b>	8,039
Ga	19,3	17,1	18,9	18,7	14,3	15,2	0,5	16,201	0,03
<b>As</b>	3,1	2,4	0,6	<0,5	1,4	2	71,1	<b>324,85</b>	0,3345
Se	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,918	0,198
<b>Rb</b>	10,4	11,6	40,9	41,2	5,2	11,9	4,6	<b>44,775</b>	0,210
<b>Sr</b>	233,8	360,5	712,8	679,7	464,1	329	2266	<b>1620</b>	57,51
Y	13,6	18,2	3	2,4	12,9	13,9	13,2	0,301	0,0103
Zr	35,1	59,2	89,9	91,1	29,4	34,5	8,3	6,1115	0,148
Nb	0,9	1,9	2,9	2,7	0,5	0,9	0,2	0,042	bdl
<b>Mo</b>	0,5	0,4	0,6	1,1	0,4	0,3	1,1	<b>3,696</b>	bdl
Ag	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,091	bdl
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,512	0,0955
Sn	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	bdl	bdl
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	11,229	0,031
Cs	0,3	0,3	0,9	1,1	0,1	0,3	2,3	0,3655	0,005
<b>Ba</b>	216	346	591	572	301	305	72	<b>573,85</b>	0,6255
Hf	1,1	1,6	2,4	2,5	0,9	0,9	0,1	0,1515	0,001
Ta	<1	<1	0,2	0,2	<1	<1	<1	19,256	5,017
W	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	bdl	bdl
Au	1,2	0,5	<0,5	0,7	1,2	2,5	0,7	0,0665	0,02
Tl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,052	0,001
<b>Pb</b>	5	4,6	0,6	0,8	3,2	3,9	1,2	<b>19,42</b>	4,387
Th	1,1	1,5	2,2	2,3	0,7	1,2	0,3	0,085	0,002
U	0,4	0,5	0,8	0,8	0,3	0,4	6	1,358	0,215



Şekil 6. İz elementlerin sulara ve kayalardaki dağılımı.

Figure 6. Distribution of trace elements in water and rocks.

### Çevresel İzotop Hidrolojisi

Sulardaki doğal izotoplar sıcaklığa, fiziko-kimyasal süreçlere, su-kayaç etkileşimine duyarlı olmaları nedeni ile son yıllarda hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada su kaynakları ve alandan alınan kar örneğinin izotop analizleri değerlendirilmiştir. Oksijen-18 ( $^{18}\text{O}$ ) ve döteryum ( $^2\text{H}$ ) suların olası beslenme yükseltmelerinin belirlenmesinde, trityum ( $^3\text{H}$ ) ise bağlı yaş ve geçiş sürelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Sulardaki karbonun kökenini belirlemek için Karbon-13 ( $^{13}\text{C}$ ), sülfatın kökenini belirlemek içinde sülfatta  $^{18}\text{O}$  ve kükürt-34 ( $^{34}\text{S}$ ) izotopları kullanılmıştır (Çizelge 6).

Suların  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^2\text{H}$  değerleri Dünya meteorik su doğrusu (DMD) ve Doğu Karadeniz Meteorik Su Doğrusu (DKMD) arasında kalmaktadır (Şekil 7). CDMS, kaynak suları ve kar örneğine ait analiz sonuçları grafikte farklı alanlarda yer almaktadır. CDMS'nin diğer sulara göre daha pozitif  $\delta^{18}\text{O}$  değerine sahip olması kayalarla etkileşimin daha uzun olduğunun ve daha yüksek kotlardan beslendiğinin göstergesidir (Şekil 7).

Mineralli suda sülfattaki  $\delta^{34}\text{S}$  ve  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri kaynak suyundan daha pozitifdir. CDMS'nin  $\delta^{34}\text{S}$  ve  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri denizel evaporitler, karasal evaporitler ve atmosferik sülfatın karışımını yansıtırken soğuk sulardaki sülfat ise karasal

evaporitlerden kaynaklanmaktadır (Clark ve Fritz, 1997). Bu değerler muhtemelen alanda yüzeylenen Pınarlı formasyonuna ait jipsli seviyelerden kaynaklanmaktadır.

Sulardaki  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  değerleri CDMS’de pozitif iken diğer kaynak suyunda negatif değerlerdedir. Bu durum karbonun kökeninin sularda farklı kaynaklardan olabileceğini göstermektedir. CDMS’deki karbonun kökeni metamorfik  $\text{CO}_2$ ’den, kaynak sularında ise inorganik karbon tatlı su karbonatlarından kaynaklanmaktadır (Clark ve Fritz, 1997).

### Tritiyum Verilerinin Değerlendirilmesi

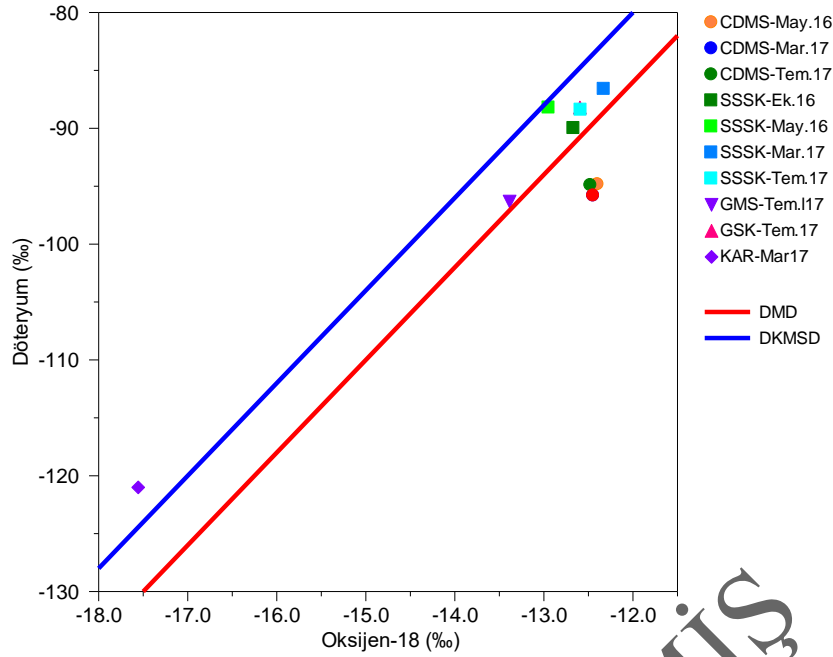
Yeraltısuyu sistemlerinde su molekülü içinde bulunması nedeniyle bir izleyici olarak tritiyum, yeraltında kalış sürelerinin

göreceli tahmini için kullanılmıştır. Suların tritiyum değerleri 1,95 TU ile 5,70 TU arasında değişir. Küçük değerler CDMS’de yüksek değerler kaynak sularında gözlenmektedir. Elektriksel İletkenlik (EI) ve  $\text{Cl}^-$  değerlerinin yeraltı suyunun rezervuarda kalış süresi ile doğru orantılı olarak artmasından dolayı örneklerin  $^3\text{H} - \text{EC}$ ,  $^3\text{H} - \text{Cl}^-$  ve  $^3\text{H} - \text{sıcaklık}$  ilişkileri incelenmiştir. Bu grafiklere göre CDMS’nin soğuk kaynaklara göre derin dolaşım olduğu belirlenmiştir. Mineralli su ve soğuk kaynak sularının tritiyum ve EI değerleri negatif yönde anlamlı bir ilişki oluşturmuştur (Şekil 8).

**Çizelge 6.** İncelenen su örneklerinin izotop analiz sonuçları (Gültekin vd., 2019).

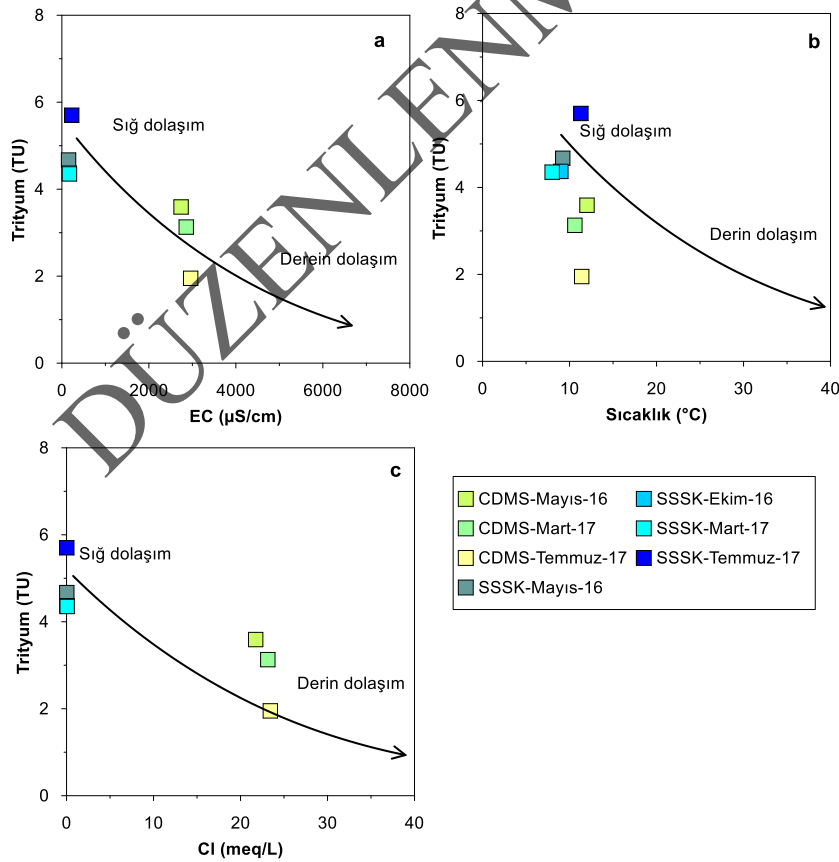
**Table 6.** Isotope analysis results for the analyzed water samples (Gültekin et al., 2019).

Örnek No	Tarih	$\delta\text{D}$ v-SMOW	$\delta^{18}\text{O}$ v-SMOW	T (TU)	$\delta^{13}\text{C}$ v-PDB	$\delta^{34}\text{S}$ ( $\text{SO}_4$ ) VCDT	$\delta^{18}\text{O}$ ( $\text{SO}_4$ ) v-SMOW
CDMS	Mayıs16	-94,81	-12,4	3,59	7,65	7,7	6,7
	Mart17	-95,78	-12,45	3,13			
	Tem17	-94,88	-12,48	1,95	9,55	6,4	6,0
GMS	Tem17	-96,29	-13,39				
ŞSSK	Mayıs16	-88,19	-12,95	4,67	-15,4	3,4	0,0
	Ekim16	-89,96	-12,67	4,37			
	Mart17	-86,58	-12,33	4,35	-12,36	4,3	1,7
	Tem17	-88,38	-12,59	5,70			
GSK	Tem17	-88,17	-12,60				
SAVSTKAR	Mart17	-120,97	-17,56	5,77			



**Şekil 7.** İncelenen suların  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  grafiği. Küresel ( $\delta^2H=8\delta^{18}O+10$ ; Craig, 1961) ve Doğu Karadeniz Meteorik Su Doğrusu ( $\delta^2H=8\delta^{18}O+16$ ; Ekmekçi ve Gültekin, 2015), (Gültekin vd., 2019).

**Figure 7.**  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  graph for the studied waters. Global ( $\delta^2H=8\delta^{18}O+10$ ; Craig, 1961) and Eastern Black Sea Meteoric Water Line ( $\delta^2H=8\delta^{18}O+16$ ; Ekmekçi and Gültekin, 2015), (Gültekin et al., 2019).



**Şekil 8.** İncelenen sularda  $^3H$ -EC (a),  $^3H$ -Sıcaklık (b) ve  $^3H$ -Cl (c) ilişkileri (Gültekin vd., 2019).

**Figure 8.**  $^3H$ -EC (a),  $^3H$ -Temperature (b) and  $^3H$ -Cl (c) relationships in the studied waters (Gültekin et al., 2019).



## Suların Tıbbi ve Klimatolojik Değerlendirmesi

Su, yaşamı sürdürmenin en temel ögesi olması yanında evrensel ve bilinen ilk ilaçtır. Bu nedenle yeraltı sıcak ve soğuk mineralli sularının sağlık amaçlı kullanımı insanlık tarihi kadar eskidir. Günümüzde de ülkemizde ve Dünyanın birçok bölgesinde bu durum artarak devam etmektedir. Belli bir yöreye özgü yeraltı sıcak suları, gazlar ve çamurların (peloid) diğer tedavi araçları ile kombine biçimde sağlığı korumak, geliştirmek ve hastalıkların tedavisi için belli bir süre ve plan dahilinde kullanımına kaplıca tedavisi adı verilir. Kaplıca tedavisinin en önemli yanını Balneolojik/balneoterapötik kaynaklar olarak adlandırılan, yörenin hidrosfer, atmosfer ve litosfer kaynaklı iyileştirici unsurları oluşturur (Erdoğan, 2002; Tenti vd., 2015; Fioravanti vd., 2017; Rapoliene vd., 2020). Bu kaynakların sağlık amaçlı olarak banyo, içme, solunma gibi belli bir yöntemle, belirlenmiş doz ve sürede planlı ve kontrollü kullanımına balneoterapi denmektedir (Karagülle, 2002). Suyun fiziksel bileşimi ve mekanik ve termal etkilerinin yanı sıra mineral çözünenlerin emilimi ve potansiyel antiinflamatuvar etkileri, maden sularının etki mekanizmasında rol oynayabilir (Karagülle vd., 2017; Dandinoğlu vd., 2017). Doğal maden suları ile sindirim sisteminin uyarılmasının sağlandığı ve özellikle

bikarbonatlı ve klorürlü maden sularının mide fonksiyonu üzerinde olumlu etkileri olduğu kanıtlanmıştır (Quattrini vd., 2017). Klorürlü maden suları esas olarak hidropinik tedavide, mide boşalmasını ve mide-duodenal peristaltizmi uyarmak için kullanılır (Bortolotti vd., 1999). Bağırsak fonksiyonu, kabızlık semptomlarının ve genel bağırsak hareketlerinin iyileştirilmesi sülfat ve magnezyum maden suları tarafından desteklenmektedir (Dupont vd., 2014; Bothe vd., 2015). Demir eksikliği anemisinde ve hamilelerde anemi tedavisinde demirli sular şiddetle tavsiye edilmektedir (Halksworth vd., 2003). İskelet sağlığı düzenli kalsiyum alımını gerektirir ve kalsiyumlu maden suları önemli bir besinsel kalsiyum kaynağı oluşturur (Bacciottini vd., 2004).

Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı tarafından il sağlık müdürlüklerinden alınan bilgilere dayanan yaklaşık on yıllık aralarla yapılan anketlerde her yıl ülkemiz nüfusunun %11'inin kaplıcalardan yararlandığı anlaşılmaktadır. Sağlık turizminin önemli bir parçası olan kaplıcalarımız yurt dışı hasta ve ziyaretçi sayısı yönünden de oldukça geri durumdadır. Organizasyon, bağlantı ve tanıtım sorunları, hizmetin kalite ve standardizasyonundaki aksaklıklar, üniversite sektör iş birliğinin zayıflığı gibi faktörler bu duruma yol açan nedenlerin bir kısmıdır. Tıbbın teknolojiye ve ilaç

sektörüne dayalı yanının ön plana çıkması nedeniyle bilimsel çevrelerde kaplıca tedavisi ve etkileri hakkında yaygınlaşan inkâr tutumu, kaplıca tıbbi alanında bilimsel araştırmalardaki kalite sorunları ve buradan kaynaklanan kanıt yetersizliği, sigorta ve sağlık hizmeti finanse eden kurumların desteğinin azalması kaplıca alanındaki yetersizliğin diğer nedenleri arasındadır (Erdoğan, 2012).

Karadeniz bölgesi gerek kıyı gerekse iç kesimlerinde önemli sıcak ve soğuk yeraltı mineralli su kaynaklarına sahip olmasına rağmen bölgeler arası sıralamada tesis ve yatak kapasitesi yönünden altıncı sırada yer almaktadır (Türkiye Maden Suları, 1975; Erdoğan, 2012). Bu orantısız durumun ortaya çıkışı önemli ölçüde bölge kaynaklarının yeterince incelenmemesi ve kullanıma sunulamamasıyla ilişkilidir. Eşsiz doğal ve tarihi güzelliklere sahip bölgenin sıcak ve soğuk sularının tedavi amacıyla değerlendirilmesi hem yurt içi hem de yabancı turizm ve hem de halk sağlığı açısından önemlidir.

Cirirdüzü Mineralli Su Kaynağı ve çevresindeki bazı soğuk kaynakların İstanbul Üniversitesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı tarafından sağlık amaçlı kullanımlarına esas olacak tıbbi değerlendirmeleri ve suların bulunduğu yörelerin biyometeorolojik değerlendirmeleri yapılmıştır. Araştırmaya konu olan kaynakların tıbbi

değerlendirmelere esas olan sınıflaması, Avrupa Birliği mevzuatı (Directive, 80/777/EEC), Avrupa Parlamentosu Doğal Mineralli Suların Kullanım ve pazarlanması hakkındaki Direktif (2009/54/EC), T.C. Sağlık Bakanlığı Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik (2004) ve Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH, 1979) sınıflaması esas alınarak yapılmıştır. Avrupa Birliği Mevzuatına göre (Direktif, 80/777/EEC) doğal bir kaynaktan elde edilen düşük mineral içeren sular kaynak olarak adlandırılır. Doğal mineralli sular ise bir yeraltı akiferinden bir veya daha fazla doğal boşalım (kaynak, mağara) veya kuyu açma yoluyla çıkan mikrobiyolojik olarak sağlıklı sular olarak tanımlanır.

Avrupa Birliği Mineralli Sular Direktifine göre (Direktif, 2009/54/EC) 11 °C sıcaklığa sahip CDMS, yüksek mineralli, sodyumlu, kalsiyumlu,  $\text{NaHCO}_3^-$  ve klorürlü, içme kürlerinde etkili minimum konsantrasyonları açısından bikarbonatlı soğuk bir kaynaktır. CDMS’de ölçülen iz elementlerden antimon ve arsenik konsantrasyonları Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik (2004/25657)’de verilen sınır değerinin üzerinde ve sınır değere yakındır. CDMS’nin bor konsantrasyonları mevsimsel değişiklik göstermekle birlikte ortalama yaklaşık 62 mg/L olup, özellikle kurak dönemde en yüksek değerde belirlenmiştir. Bor konsantrasyonu ile ilgili olarak Doğal

Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik (2004/25657)'de bir sınır değeri önerilmemiş olup, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Borat) konsantrasyonlarının tespit edilmesi ve borat konsantrasyonunun da 30 mg/L'nin üzerinde olmaması önerilmektedir. Yüksek bor içerikli sularla ilgili çalışmalarda (Chruszcz-Lipska vd., 2021) tıbbi amaçlı kullanılması önerilen sulara Bor konsantrasyonunun sınır değeri 5 mg/L olarak önerilmiştir. Ülkemizde tıbbi amaçlı kullanımlarda bor konsantrasyonu için bir sınır değeri önerilmemiştir. CDMS'nin uzun süreli kullanımı söz konusu olduğunda bor konsantrasyonunu azaltıcı işlemlerin yapılması gereklidir. CDMS kaynağı içme kürlerinde etkili dozların üzerinde bikarbonat içeriğine sahiptir. Bu nedenle hem sindirim sisteminin asidite artışıyla seyreden peptik ülser, reflü gibi hastalıklarında (De Giglio vd., 2015; Quattrini vd., 2017), hem sodyum bikarbonatlı olmaları dolayısıyla kalp damar hastalıklarının önlenmesinde (Quattrini vd., 2017) hem de böbrek ve idrar yolu hastalıklarında özellikle taş oluşumunun önlenmesinde (Gürdal vd., 2002; Pinheiro vd., 2013) kullanılabilir kaynaklardır. Ayrıca bikarbonat içerikleri yanı sıra klorlu sudur ve bu sular mide duodenum hareketlerinin artırılması, sindirimin hızlanmasını sağlayabilirler (Bortolotti vd., 1999; Petracchia vd., 2006). CDMS, içme kürlerinde etkili miktar olan

500-1.000 mg/L kalsiyum içermemekte birlikte beslenme desteği olarak gerekli doz olan 150 mg/L üzerinde (423 mg/L) kalsiyum içermektedir ve doğrudan içilmeye uygundur. CDMS beslenme desteği olarak kullanım sınırı olan 50 mg/L üzerinde magnezyum içermektedir. Bikarbonat anyonunun da kardiyovasküler riskleri azalttığına dair kanıtlar bulunması nedeniyle (Quattrini vd., 2017) CDMS doğrudan kardiyak hastalıkları önlemede kullanılabilir özelliktedir. Diğer kaynak sularından GMS normal kaynak sularına göre nispeten yüksek EC değerine ve iyon içeriğine sahip, majör iyonları bakımından karışık su tipindedir. ŞSSK ve GSK ise düşük mineralli, düşük sodyumlu sulardır. Bu sular içme kürlerinde kullanılan minimum konsantrasyonlarına göre herhangi bir gruba ait değillerdir.

### **Biyoklimsel Değerlendirme**

Kaplıcaların bulunduğu bölgelerin doğal ve iklim koşullarının karakteristiğinin ayrılmaz bir parçası, farklı iklim endekslerinin olumsuz ve olumlu etki faktörlerini ve bunların insan vücudu üzerindeki kombinasyonlarını tanımlamaya olanak tanıyan biyoklimsel özelliktir (Tretiakova vd., 2018). İklim koşullarının tıbbi ve biyolojik özelliği, kaplıca bölgesinde rekreasyon amaçlı konaklayan turistlerin çevresel konfor derecesinin belirlenmesine olanak sağlar (Tretiakova vd., 2018).

Kaplıca Yönetmeliği Madde 6. Kaplıca tedavileri sırasında tıbbi değerlendirmeye göre kullanılan doğal tedavi yöntemlerini belirtmektedir. Bu yöntemler: a) Balneoterapi: Banyo kürleri, içme kürleri, inhalasyon kürleri, peloidoterapi ve diğer balneoterapi yöntemleri, b) Klimaterapi (İklim Tedavisi): Açık hava banyoları, arazi kürleri, helioterapi ve diğer klimaterapi yöntemleri, c) Balneoklimaterapi: Balneoterapi ve klimaterapi yöntemlerinin bir arada kullanıldığı yöntem olarak sıralanmaktadır (Gürdal, 2002; Blazejczyk, 2008). Bir kaplıca küründe hastalar öncelikle kür bölgesinin havasına maruz kalırlar. Bu nedenle iklimsel koşulların tedavide önemli bir yeri vardır ve tedavinin bileşenidir.

İklim, sağlık turizminin gelişmesinde en önemli doğal coğrafi unsurlardan biridir. Klimaterapi bir yörenin iklimsel özelliklerinin sağlığa yarar sağlamak amacıyla sistematik kullanılması veya bir hastanın özel bir iklime maruz kalmasıyla var olan yakınmalarının azaltılabilmesi veya bir hastalığın tedavi edilebilmesi olarak tanımlanabilir (Gürdal, 2003; Blazejczyk 2008; Gutenbrunner vd., 2010). Tedavi amacıyla kullanılan iklim veya iyileştirici iklim, geçici ve lokal, değişik atmosferik faktörlerin hekim tarafından kontrol edilen özel dozunun bir sonucudur. Tüm klimatoterapi türlerinin temel ilkesi doğal çevre faktörlerine adaptasyon ve

gerginlik yaratan iklimik koşullardan kaçınma ve dinlenme gibi iki noktaya dayanır (Stankovic vd., 2022). Klimaterapi yüksek rakımlı iklimler, deniz kıyısındaki iklimler ve zaman zaman iklimsel çevredeki değişiklikler gibi belirli iklimlerde gerçekleştirilir. Terapi için iklimsel faktörler radyasyon (ultraviyole, ışık, kızılötesi), termal uyarılar (sıcaklık, rüzgar, nem vb.) ve hava bileşimidir (Gutenbrunner vd., 2010).

Ciritdüzü mevki 1145 m ile yüksek dağ iklimi özelliklerine yakındır. Bu iklimin temel özellikleri, çeşitli turizm türlerinin gelişmesi için büyük önem taşıyan, ılık ve kurak yazlar, ılıman ve karlı kışlardır. Bu bölgelerde hissedilen sıcaklıklar bunaltıcılık sınırına ulaşmamakta ve genellikle serin, soğuk sınırlarındadır. Bir bölgenin klimaterapi olanağı sunabilmesi için ilgili çalışmalar yıllık güneşlenme süresinin 1.500- 2.200 saat olduğunu belirtmiştir (Stankovic vd., 2022). Alanda yıllık güneşlenme süresi ortalama 2.124 saat olup, yüksek dağ iklimi özellikleri ve uyarıcı yanları nedeni ile klimaterapi olanağı bulunmaktadır. Bölgede hava temiz, nem ve bunaltıcılık düşük, global ve UV radyasyon şiddeti yüksek, günlük ve mevsimlik sıcaklık oynamaları ve rüzgar şiddeti fazladır. Bu özellikleri ile CDMS kaynağının yer aldığı bölge klimaterapi olanağı da sunmaktadır.

## SONUÇLAR

Artvin İli, Şavşat İlçesi Ciritdüzü Köyü'nde yer alan mineralli su kaynağının hidrojeokimyasal özellikleri sağlık açısından da değerlendirilebileceğini göstermektedir. Kaynağın çevredeki soğuk su kaynaklarına göre daha fazla iyon içermesi ve izotopik özellikleri kaynağın yüksek kotlardan beslenen ve derin dolaşımli olduğunun göstergesidir. Bu durum kaynağın yüzeysel etkilerle kirlenebilme hassasiyetini azaltmaktadır. Ancak kaynağın antimon, arsenik ve bor içerikleri bakımından yenilenecek analizlerle en az bir yıl takip edilerek kullanıma karar verilmesi uzun süreli kullanmak isteyen tüketiciler açısından önemlidir. Bu bilgiler doğrultusunda CDMS kaynağının kaptajının hijyen koşullarına uygun şekilde yenilenmesi ve halkın hizmetine sunulması yöreye turistik açıdan katkı sağlayacaktır.

Ciritdüzü kaynağı içme şeklinde balneoterapi olanağı sağlarken, diğer yandan romatizmal hastalıklar, sindirim sistemi hastalıkları, kardiyovasküler hastalıklar, idrar yolu hastalıkları vb. hastalık gruplarında koruyucu, tedavi edici klimaterapi olanağı da sunmaktadır. Bölgenin klimaterapi amaçlı kullanımını da hem bilimsel çalışmalarla hem de bilinen yararlarının tanıtımı ile özendirilmeli yerli ve yabancı daha fazla insanın yararlanması sağlanmalıdır. Bölgede ve ülkemizde

benzer kaynakların araştırılması ve kullanıma sokulması bölge ekonomisi açısından önemlidir.

Sonuç olarak, doğal mineralli sular, günlük yaşamda vücudun su ihtiyacını karşılamak için geçerli bir seçim olabilir. Belgelenmiş özellikleri nedeniyle (mineral bileşimi ve sağlık yararları açısından) farklı fizyolojik ve patolojik durumlarda tüketilebilir. Ancak üzerinde hidrokimyasal ve sağlık açısından araştırma yapılmamış doğal mineralli suların bilinçsizce kullanımını önlemek için çalışmalar yapılmalıdır.

## EXTENDED SUMMARY

*In various studies, it was reported that natural mineral waters have additional positive effects on health compared to spring waters due to some substances they contain. Therefore, the consumption of bottled or packaged mineral water or spring water to meet daily drinking water requirements has been increasing in recent years. Although there are many natural mineral water resources in our country, the relevant authorities state that only 10% of the existing potential is utilized. It is important to understand the importance of natural mineral water resources and to carry out studies to include the existing resources in the national economy. In this study, the hydrochemical properties and health importance of Ciritdüzü (Şavşat-*

Artvin) mineral water spring (CDMS), which is used by local people, were investigated. For this purpose, hydrogeochemical, isotopic, and health properties of the mineral water spring and cold-water springs in the area were analyzed. The springs have Na-Ca-HCO<sub>3</sub>, Ca-Mg-Na-HCO<sub>3</sub>, and Ca-HCO<sub>3</sub> water types with temperatures ranging between 8 and 13 °C, pH values between 6.42 and 7.97, and EC values between 181 and 3,195 µS/cm (Gültekin et al., 2019).

In Ciritdüzü mineral water, where the dominant anions and cations are Na and HCO<sub>3</sub> ions, SiO<sub>2</sub> is 88.21 mg/L, B is approximately 63 mg/L, and Li, Br and F are below 1 mg/L. In other springs, Ca and HCO<sub>3</sub> ions form the dominant anion-cation pair. Among the stable isotopes, oxygen-18 (<sup>18</sup>O) and deuterium (<sup>2</sup>H) were used to determine the possible feeding elevations of the waters, while tritium (<sup>3</sup>H) was used to determine the relative age and transition times. Carbon-13 (<sup>13</sup>C) isotopes were used to determine the origin of carbon in the spring waters and sulfate-<sup>18</sup>O and sulfur-34 (<sup>34</sup>S) isotopes were used to determine the origin of sulfate in the spring waters. The spring waters with δ<sup>18</sup>O and δD values between -13.39 and -12.40‰, and -96.29‰ and -88.17‰ (V-SMOW), respectively, are located between the global meteoric water line and the Eastern Black Sea meteoric water line. The tritium values for the spring

waters were between 1.95- and 5.70 TU. Low tritium, and higher Cl and EC values of the CDMS indicate deep circulation. In spring waters, the δ<sup>34</sup>S values measured in dissolved sulfate varied between 3.4‰ and 7.7‰ (V-CDT). The δ<sup>18</sup>O values of sulfate were between 0‰ and 6.7‰ (V-SMOW). Considering these values, the source of sulfate reflects a mixture of marine evaporites, terrestrial evaporites, and atmospheric sulfate in CDMS, while it corresponds to terrestrial evaporites for cold-water springs. The δ<sup>13</sup>C values in the waters ranged from -15.4‰ to +7.65‰ (V-PDB). Based on these values, the origin of carbon in the CDMS reflects metamorphic CO<sub>2</sub>, while pointing to freshwater carbonates for the cold-water springs (Gültekin et al., 2019).

Trace elements such as Al (723 µg/L), Mn (229.3 µg/L), Fe (173.7 µg/L), As (324.85 µg/L), Sr (1620 µg/L) and Ba (573.85 µg/L), which have high concentrations in the spring waters, are also high in the rocks. Mineral saturation calculations showed that the investigated spring waters were saturated with Fe-bearing minerals (goethite, hematite) and Al-bearing minerals (illite, K-feldspar, K-mica, Ca montmorillonite, and kaolinite) (Gültekin et al., 2019).

Spas, which are an important part of health tourism, are lacking in terms of the number of patients and foreign visitors.

*Factors such as organization, connections, and promotion problems, defects in the quality and standardization of service, and weak university-sector cooperation are some of the reasons related to this situation. The widespread denial in scientific circles about spa treatment and its effects due to the prominence of medicine based on technology and the pharmaceutical sector, quality problems in scientific research in the field of spa medicine and the resulting lack of evidence, and declines in support from insurance and health service financing institutions are among the other reasons for the inadequacy in the field of spas (Erdoğan, 2012). Although the Black Sea region has important geothermal and cold mineral groundwater resources in both coastal and inland areas, it ranks sixth in terms of facilities and bed capacity. It is important to utilize the hot and cold waters in the region, which has unique natural and historical beauty, for therapeutic purposes in terms of both domestic and foreign tourism and public health. Medical evaluations of Ciritdüzü mineral water spring and some cold-water springs in the area were carried out by the Department of Medical Ecology and Hydroclimatology of İstanbul University for health purposes and biometeorological evaluations of regions where the springs are located. The classification of springs based on medical evaluations was based on European Union*

*Legislation (Directive 80/777/ EEC), European Parliament Directive 2009/54/EC about the use and marketing of Natural Mineral Waters, Turkish Ministry of Health Regulation about Natural Mineral Waters (2004) and International Association of Hydrogeologists (IAH, 1979) classification. According to the European Union Mineral Waters Directive (Directive 2009/54/EC), CDMS with a temperature of 11 °C is a highly mineralized, sodium, calcium, NaHCO<sub>3</sub>- and chloride bicarbonate cold spring in terms of minimum concentrations effective in drinking cures. Among the trace elements measured in CDMS, antimony and arsenic concentrations are above and close to the limit values given in the Regulation on Natural Mineral Waters (2004/25657). Although the boron concentration in CDMS displays seasonal variations, the average is approximately 62 mg/L and the highest value was determined during the dry period. The Regulation on Natural Mineral Waters (2004/25657) does not recommend a limit value for boron concentration, but it is recommended that B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (borate) concentrations should be determined and borate concentration should not exceed 30 mg/L. In studies on waters with high boron content (Chruszcz-Lipska et al., 2021), the limit value for boron concentration in waters recommended for medical use was 5 mg/L. In our country, no limit value was recommended for boron concentration in*

waters used for medical purposes. In case of long-term use of CDMS, it is necessary to carry out procedures to reduce the boron concentration. CDMS spring has bicarbonate content above the effective dose for drinking cures. For this reason, the spring can be used for both in diseases of the digestive system such as peptic ulcer and reflux with increased acidity (De Giglio et al., 2015; Quattrini et al., 2017), for the prevention of cardiovascular diseases due to sodium bicarbonate (Quattrini et al., 2017) and for kidney and urinary tract diseases, especially the prevention of stone formation (Gürdal et al., 2002; Pinheiro et al., 2013). In addition to bicarbonate content, the spring has chlorinated water and can increase gastric duodenal movements and accelerate digestion (Bortolotti et al., 1999; Petraccia et al., 2006). Although CDMS does not contain 500-1000 mg/L calcium, which is the effective amount for drinking cures, it contains calcium above 150 mg/L (423 mg/L), which is the dose required as nutritional support, and is suitable for direct drinking. CDMS contains magnesium above 50 mg/L, the limit for use as a dietary supplement. Since there is evidence that the bicarbonate anion also reduces cardiovascular risks (Quattrini et al., 2017), CDMS can be used directly to prevent cardiac diseases. Among the other spring waters, GMS has mixed water type

in terms of major ions with relatively high EC value and ion content compared to normal spring waters. ŞSSK and GSK are low mineralized, low sodium waters.

In conclusion, the hydrogeochemical properties of the Ciritdüzü mineral water spring suggest that it can be evaluated in terms of health. The fact that the spring contains more ions than the surrounding cold-water springs and its isotopic properties indicate that the spring is fed from high elevations, and has deep circulation. This situation reduces the sensitivity of the spring to contamination by surface effects. However, it is important to decide on its use after monitoring the spring for at least one year with renewed analyses in terms of antimony, arsenic and boron contents, to ensure there are no risks for consumers who want to use the spring for a long time. In line with this information, the renewal of the cap on the CDMS spring in accordance with hygiene and offering it as a service for the public will contribute to the region in terms of tourism. Ciritdüzü is close to the high mountain climate at 1145 m. The main characteristics of this climate are warm and dry summers and mild and snowy winters, which have great importance for the development of various types of tourism. The temperatures in these regions are not excessively hot and are generally in the cool, cold range. For a region to be able to



offer climatotherapy, relevant studies indicated that the annual sunshine duration should be between 1500 and 2200 hours (Stankovic et al., 2022). The annual sunshine duration in the area is 2124 hours on average, and climatotherapy is possible due to high mountain climate characteristics and stimulating aspects. The air in the region is clean, humidity and mugginess are low, global and UV radiation intensity is high, and daily and seasonal temperature fluctuations and wind intensity are high. With these characteristics, the location of the CDMS

spring can also offer climatotherapy opportunities.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma 115Y142 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## ORCID

Fatma Gültekin  <https://orcid.org/0000-0002-6409-7054>

Esra Hatipoğlu Temizel  <https://orcid.org/0000-0001-7680-1152>

Nergis Erdoğan  <https://orcid.org/0000-0001-9674-8547>

## KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akpınar, D. (2017). Osmanlı'dan Günümüze Afyonkarahisar Maden Suları. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 4(12), 1047-1060. <https://doi.org/10.26450/jshsr.185>
- Baba, A., Ereeş, F. S., Hiçsönmez, Ü., Cam, S. & Özdilek, H. G. (2008) An assessment of the quality of various bottled mineral water marketed in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 139(1-3), 277-285. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9833-9>
- Bacciottini, L., Tanini, A., Falchetti, A., Masi, L., Franceschelli, F., Pampaloni, B., Giorgi, G. & Brandi, M. L. (2004). Calcium bioavailability from a calcium-rich mineral water, with some observations on method. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 38(9), 761-6. <https://doi.org/10.1097/01.mcg.0000139031.46192.7e>
- Barut, İ. F. ve Erdoğan, N. (2011). Marmara Bölgesi Termal Mineralli Kaynak Suları: Hidrokimyasal Özellikleri ve Zamana Bağlı Değişimi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 24(1), 19-64.
- Barut, İ.F., Erdoğan, N., Berköz Erol, B. ve Demircioğlu Güneri, F. (2013). Geçmişten Günümüze Denizli Termal Mineralli Sularının Hidrokimyasal Özellikleri İle Kullanımının Değerlendirilmesi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 26(1),1-24.
- Blazejczyk, K. (2008) Bioclimatic Principles of Health Tourism. *Conference Reports R-01-2009*, Volume 20, pp. 28-43.; Yamanashi Institute of Environmental Sciences. Yamanashi, Japan, 2008.
- Bortolotti, M., Turba, E., Mari, C., Lopilato, C., Porrizzo, G., Scalabrino, A. & Miglioli, M. (1999). Changes caused by mineral water on gastrointestinal motility in patients with chronic idiopathic dyspepsia. *Minerva Medica*, 90(5-6), 187-94.
- Bothe, G., Coh, A. & Auinger, A. (2015). Efficacy and safety of a natural mineral water rich in magnesium and sulphate for bowel function: a doubleblind, randomized, placebo-controlled study. *European Journal of Nutrition*, 56(2), 491-499.
- Chruszcz-Lipska, K., Winid, B., Madalska, G.A., Macuda, J. & Lukanko, L. (2021). High content of boron in curative water: from the spa to industrial recovery of borates? (Poland as a case study). *Minerals*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.3390/min11010008>
- Clark, I. & Fritz, P. (1997). *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis publishers, New York, 328.
- Craig, H. (1961). Isotopic Variations in Meteoric Water. *Science*, 133, 1702-1703.

- Dandinoglu, T., Dandin, O., Ergin, T., Tihan, D., Akpak, Y.K., Aydın, O.U. & Teomete, U. (2017) Can balneotherapy improve the bowel motility in chronically constipated middle-aged and elderly patients? *International Journal of Biometeorology*, 61(6), 1139-1148. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1295-8>
- De Giglio, O., Quaranta, A., Lovero, G., Caggiano, G. & Montagna, M.T. (2015). Mineral water or tap waters An endless debate. *Ann Ig*. 27(1), 58-65. <https://doi.org/10.7416/ai.2015.2023>
- Direktif 80/777/EEC of 15 July 1980 on the approximation of the laws of the Member States relating to the exploitation and marketing of natural mineral waters. *Official Journal of the European Communities*, No L 229/9.
- Direktif 2009/54/EC of the European Parliament and of the council 2009. On the exploitation and marketing of natural mineral waters. *Official Journal of the European Union* L 164/45-58
- Drever, J. I. (1997). *The geochemistry of natural waters*, third edition. New Jersey, Prentice-Hall, Inc.
- Dupont, C., Campagne, A. & Constant, F. (2014). Efficacy and safety of a magnesium sulfate-rich natural mineral water for patients with functional constipation. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 12(8), 1280-7.
- Ekmekçi, M. ve Gültekin, F. (2015). Doğu Karadeniz Bölümü Suları Çevresel Duraylı İzotop İçeriğinin Değerlendirilmesi. R. Ulaşay, M. Ekmekçi, H. Ersoy, A. Fırat Ersoy (Ed.ler), *Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu (MÜHJEO 2015)*, (s. 459-466). KTÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü/Mühendislik Jeolojisi Derneği, Trabzon.
- Erdoğan, N. (2002). Termomineral Banyoların Etki Mekanizması. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı. M.Z. Karagülle (Ed.), *İ.Ü. İst. Tıp Fak. Temel ve Klinik Bilimler Ders Kitapları*, Nobel Tıp Kitapevleri.
- Erdoğan, N. (2012). Türkiye’de kaplıca tedavisinin son yirmi yılı. *IX. Ulusal Kaplıca Tıbbı ve Balneoloji Kongresi Özet Kitabı* 12-14 Nisan Kozaklı Nevşehir.
- Erendil, M., Turhan, N., Aksoy, A., Özdemir, H. ve Sirel, E. (1989). *Artvin Dolayının Jeolojik Etüdü*. MTA Derleme Raporu.
- Fioravanti, A., Karagülle, M., Bender, T. & Karagülle, M.Z. (2017). Balneotherapy in osteoarthritis: Facts, fiction and gaps in knowledge. *European Journal of Integrative Medicine*, 1(9), 148-150. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2017.01.001>
- Gutenbrunner, C., Bender, T., Cantista, P. & Karagülle, Z. (2010). A Proposal for a World-Wide Definition of Health Resort Medicine, Balneology, Medical Hydrology and Climatology. *International Journal of Biometeorology*, 54, 495-507.
- Gültekin, F., Fırat Ersoy, A. ve Ersoy, H. (2005). Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(1), 21-34.
- Gültekin, F., Hatipoğlu Temizel, E., Babacan, A. E., Kırmacı, M. Z., Fırat Ersoy, A. & Subaşı, B.M. (2019) Conceptual model of the Şavşat (Artvin/NE Turkey) Geothermal Field developed with hydrogeochemical, isotopic, and geophysical studies. *Geothermal Energy* 7, Article 12. <https://doi.org/10.1186/s40517-019-0128-5>
- Gültekin, F., Hatipoğlu Temizel, E. ve Erdoğan, N. (2023). Çirildüzü Kaynağının (Şavşat-Artvin) Hidrojeokimyası ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi. *Uluslararası Katımlı 75. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, (s. 318). 10-14 Nisan 2023, Ankara, Türkiye,
- Gürdal, H. (2002). Klimaterapi ve Romatizmal Hastalıklar. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı. M.Z. Karagülle (Ed.), *İ.Ü. İst. Tıp Fak. Temel ve Klinik Bilimler Ders Kitapları* (s.: 215-220). Nobel Tıp Kitapevleri.
- Gürdal, H., Karagülle, O. ve Karagülle, M.Z. (2002). İçme kürleri. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı. M.Z. Karagülle (Ed.), *İ.Ü. İst. Tıp Fak. Temel ve Klinik Bilimler Ders Kitapları* (s.: 153-160). Nobel Tıp Kitapevleri.
- Gürdal, H. (2003). Klimatherapie und Rheumatische Erkrankungen. M. Z. Karagülle, C. Gutenbrunner & O. Karagülle (Eds.) *Balneologie Medizinische Klimatologie bei Rheumatischen erkrankungen* (pp.: 59-66). O. I.S.M.H. Verlag, Nördlingen Mai.
- Güven, İ. H. (1993). *Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/250000 ölçekli jeolojik ve Metalojenik Haritası*. MTA, Ankara.
- Halksworth, G., Moseley, L., Carter, K. & Worwood, M. (2003). Iron absorption from Spatone (a natural mineral water) for prevention of iron deficiency in pregnancy. *Clinical and Laboratory Haematology*, 25(4), 227-31
- Hatipoğlu Temizel, E., Gültekin, F. & Fırat Ersoy, A. (2019). Rare earth elements and yttrium geochemistry of the geothermal fields in the

- Eastern Black Sea Region (Ordu, Rize, Artvin), NE Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 160, 135-153. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.502835>
- Hounsflow, A., W. & Back, D. B. (1985). *Evaluation of Chemical Data from Water Supplies in Southwestern Oklahoma*. Final Report to the Oklahoma Water Resources Board, 125-130.
- IAH (International Association of Hydrogeologists) (1979). *Map of Mineral and Thermal Water of Europe, Scale: 1:500.000*. IAH, United Kingdom.
- Kara, İ. (1997). *Türkiye Termal ve Mineralli Sular Envanteri (Artvin)*, (rapor no: 10261). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Raporu, Ankara, (yayımlanmamış).
- Karagülle, M. Z. (2002). *Klimaterapi. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı*. İ.Ü. İst. Tıp Fak. Temel ve Klinik Bilimler Ders Kitapları, Nobel Tıp Kitapevleri, 205-210.
- Karagülle, D., Frye, C., Sayre, R., Breyer, S., Aniello, P., Vaughan, R. & Wright, D. (2017). Modeling global hammond landform regions from 250-m elevation data. *Transactions in GIS*, 21(5), 1040-1060.
- Karaköse, C., Asutay, H.J., Yergök, A.F., Akbaş B., Dalkılıç, H., Meng, H., Kara, H., Papak, İ. ve Keskin, İ. (1994). *Ardahan-Posof Dolayının Jeolojisi*, (Rapor No: 9962). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Kınık, K., Akçiçek, A., Yıldırım, R.M., Arıcı, M., Vahapoğlu, B., Kamiloğlu, S., Çapanoğlu, E., Ertugay, M.F., Karasu, S., Tekin, H.Z., Avcı, E., Karakaş C.Y., Karadağ, A., Bekçi, S.B., Çoban, D., Kasapoğlu, B., Seçmele, Ö. ve Sevimli, Y. (2020). *Mucize İçecek Maden Suyu*. M. Arıcı, S. Karasu, A. Karadağ (Ed.ler), Kızılay Kültür Sanat Yayınları, ss:216 İstanbul.
- Konak, O., Yılmaz, B.S., Gülibrahimoğlu, İ., Yazıcı, E N, Yaprak, S., Saraloğlu, A., Köse Z, Çuvalcı, F. ve Tosun, C.Y. (1998). Artvin İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları (Rapor no: 10165). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Raporu, Ankara.
- Langmuir, D. (1997). *Aqueous environmental geochemistry*. Prentice Hall, Inc., 601 p.
- MASUDER (2024). Türkiye Maden Suyu Üreticileri Derneği. <http://www.masuder.org.tr/Do%C4%9FalMadenSuyu/MadenSuyuPotansiyeli/tabid/1105/Default.aspx> Erişim Tarihi:21.02.2024.
- NMWE (2024). Natural mineral waters Europe. <https://naturalmineralwaterseurope.org/water/hist> ory-of-natural-mineral-water/. Erişim tarihi: 21.02.2024
- Petraccia, L., Liberati, G., Masciullo, S.G., Grassi, M., Fraioli, A., Naumann, J. & Sadaghiani, C. (2006). Water, mineral waters and health. *Clinical Nutrition*, 25(3), 377-462.
- Pinheiro, V.B., Baxmann, A.C., Tiselius, H.G. & Heilberg, I.P. (2013). The effect of sodium bicarbonate upon urinary citrate excretion in calcium stone formers. *Urology*. 82(1), 33-40.
- Quattrini, S., Pampaloni, B. & Brandi, M.L. (2017). Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism* 13(3), 173-180, <https://doi.org/10.11138/ccmbm/2016.13.3.173>
- Rapolienė, L., Razbadauskas, A., Mockevičienė, D., Varžaitytė, L. & Skarbalienė, A. (2020). Balneotherapy for musculoskeletal pain: does the mineral content matter?. *International Journal of Biometeorology*, 64, 965-979.
- Stankovic, A.M., Radonjic, Petkovic, M. & Divnic, D. (2022). Climatic Elements as Development Factors of Health Tourism in South Serbia. *Sustainability*, 14(23) 15757. <https://doi.org/10.3390/su142315757>
- Subaşı, B.M. (2019). *Ilica (Şavşat-Artvin) Jeotermal Sularının Hidrojeokimyasal ve İzotopik İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şentürk, N. (2009). Türkiye Mineralli Su Potansiyeli ve Sorunlarımız. *Türkiye'nin Jeotermal Potansiyeli ve Arama Yöntemleri Sempozyumu*, İstanbul.
- T.C. Sağlık Bakanlığı. [saglik.gov.tr/TR,10469/dogal-mineralli-sular-hakinda-yonetmelik](http://saglik.gov.tr/TR,10469/dogal-mineralli-sular-hakinda-yonetmelik), html. Son Erişim Tarihi: 20.02.2024.
- Tenti, S., Cheleschi, S., Galeazzi, M. & Fioravanti, A. (2015). Spa therapy: can be a valid option for treating knee osteoarthritis?. *International Journal of Biometeorology*, 59, 1133-1143. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0913-6>
- Tretiakova, T.N., Shmeleva, T. & Brankov, J. (2018). Thermal springs and health tourism-the analysis of the meteorological parameters. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"* 68(1), 133-148. <https://doi.org/10.2298/IJGI1801133T>
- Türkiye Maden Suları (1975). *Karadeniz Bölgesi Cilt 3*. Sermet Matbaası, İstanbul.