

EKECİK BESLENİM ALANI (EBA)'NDAKİ İÇME SUYU KAYNAKLARININ HİDROJEOKİMYASAL VE İZOTOPIK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRMESİ, ORTAKÖY, AKSARAY, ORTA ANADOLU

Mustafa AFŞİN

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray
mustafaafsin@aksaray.edu.tr

Mustafa YILDIZ

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray
jeo.myildiz@gmail.com

Zeynel CEYLAN

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray

İsmail Said KÜRE

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray

(Makalenin geliş tarihi: 05.08.2019, Makalenin kabul tarihi: 16.10.2019)

ÖZ

Ekecik beslenme alanı (EBA) Aksaray'ın KB'sında 30 km uzaklıktadır. Bu çalışmanın amacı, EBA'da seçilmiş 8 su kaynağını su kimyası, izotop, su-kaya etkileşimi ve içilebilirlik özellikleri açısından incelemektir. EBA'da, Üst Kretase yaşlı gabro, diyorit, granodiyorit, granit ve alkali feldspat granit türü magmatik kayalar yüzeylenmiştir. EBA'daki kayalar kırıklı, çatlaklı ve yer yer bozuşmuş oldukları için sınırlı heterojen ve anizotrop niteliğinde serbest akiferdir. Bu nedenle, tektonik kontrollü olan ZC-6 dışında diğer sular genelde dokanak türü kaynaklardır. Kaynak başlarında yapılan ölçümlerde suların pH, sıcaklık, özgül elektriksel iletkenlik (ÖEİ), debi değerleri sırasıyla 6.52-7.99, 11.8-16°C, 95.2-269.8 µS/cm ve 0.1-0.42 L/s arasında değişmiştir. EBA'daki suların su kimyası fasiyesleri yağışlı ve kurak dönemlerde genelde Ca-HCO₃ (I) olup, sadece yağışlı dönemde ZC-1a ve 6a'da Ca-Na-HCO₃ (II)'tür. (I) sıg ve hızlı, (II) ise sıg dolaşım sırasındaki kısmen karışıma işaret eder. δ¹⁸O ve δ²H izotop değerlerine göre tüm sular meteorik kökenlidir. Sular, buharlaşma nedeniyle Küresel Meteorik Su Doğrusu (Küresel MSD)'ndan sapma gösteren en düşük kotlardan beslenmiş (ZC-6a ve 6b) kaynak hariç Adana ile Ankara Meteorik Su Doğruları (MSD)'nin arasında yer almıştır. ³H değerlerine göre suların hidrolojik yaşları (yıl) 8.97 ile 20 olarak hesaplanmıştır. Suların EC, pH ve hidrolik yaş değerlerinde yağışlı ve kurak dönemlerde dolaşım süreleri ile bağlantılı olarak artma ve azalma belirlenmiştir. Doygunluk indislerine göre, sular genelde akış yolu boyunca kaya-su etkileşimini yansıtır biçimde Ca-montmorillonit, illit, kaolinit, K-mika ve kuvarsa; bazı sular ise kalsit, aragonit ve dolomite doymuş; tüm sular jips, anhidrit ve halite ise doymuş değildir. Bu sular doymuş olduğu mineralleri çökeltebilme; doymuş olmadığı mineralleri ise çözebilme özelliğine sahiptir. Toplam alfa ve beta ile sertlik, iyon ve iz element değerleri içme suyu standartları açısından sular genelde içmeye uygundur.

Anahtar kelimeler: İçmesuyu kaynağı, Kaya-su etkileşimi, İzotop, EBA, Ortaköy, Aksaray

ABSTRACT

Ekecik recharge area (ERA) is at a distance of 30 km from the NW of Aksaray. This study aims to investigate 8 springs selected in ERA in terms of water chemistry, isotope, water-rock interaction and drinking properties. Magmatic rocks such as Upper Cretaceous aged gabbro, diorite, granodiorite, granite and alkali feldspar granite were exposed in ERA. Due to their fractured, cracked and altered structures, the rocks in the ERA have the characteristics of limited heterogeneous and anisotropic unconfined aquifer. For this reason, all springs are generally contact type, except the tectically controlled

ZC-6. The measurements in situ demonstrated that pH, temperature, specific electrical conductivity (SEC) and discharges of the springwaters were varied between 6.52-7.99, 11.8-16 °C, 95.2-269.8 µS/cm and 0.1-0.42 L/sec, respectively. The hydrochemical facies of springwaters are generally Ca-HCO₃ (I) in rainy and dry periods, and Ca-Na-HCO₃ (II) are ZC-1a and 6a in only rainy period in the ERA. Whereas (I) indicates shallow and rapid, (II) shows partial mixing during shallow circulation. All the waters are of meteoric origin according to $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ isotopic values. All the waters are located between Adana and Ankara Meteoric Water Lines (MWL), except ZC-6a and 6b springs recharged from the lowest elevations, which are deviated from Global Meteoric Water Line (GMWL) due to the evaporation. Hydrological ages (year) of the waters were calculated as 8.97 and 20 according to ^3H values. Changes in the values of SEC, pH and hydraulic age of the waters were detected in rainy and dry periods due to the groundwater circulation times. According to the saturation indices, the waters are generally saturated with Ca-montmorillonite, illite, kaolinite, K-mica and quartz minerals, which reflects the rock-water interaction along the flow path, and some waters are saturated with calcite, dolomite and aragonite minerals; waters are unsaturated with gypsum, anhydrite and halite minerals. While these waters can precipitate minerals with which they are saturated, they can dissolve minerals with which they are not saturated. While these waters can precipitate minerals with which they are saturated, they can dissolve minerals with which they are not saturated. According to the standards of drinking water, these waters are usually drinkable in terms of their total alpha and beta with hardness, ion and trace element values

Keywords: Drinking water spring, Rock-water interaction, Isotope, ERA, Ortakoy, Aksaray

1 GİRİŞ

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) yaklaşık Ankara-Sivas-Ulukışla arasında yer alan bir üçgen oluşturmaktadır. Bu çalışmaya esas olan Ekecik Beslenim alanı (EBA), Tuz Gölü'nün doğusunda Aksaray ili Ortaköy ilçesi Ekecik dağı ve yakın çevresini kapsamaktadır (Şekil 1).

EBA ve çevresindeki magmatik kayaların jeolojisi ve petrolojisine yönelik çok sayıda araştırma olmasına (Kadioğlu ve Güleç, 2001; Kalkan ve Yıldız 2017a-b; Yıldız ve Kalkan, 2017; Kalkan, 2018) rağmen, EBA'nın hidrojeolojisi ve su-kaya etkileşimi ile ilgili ayrıntılı biçimde inceleyen çalışma azdır (Afşin vd., 2018). Bu bağlamda, EBA'nın jeolojik özelliklerinin aydınlatılmasında daha çok Küre (2017)'den; hidrojeolojisinin anlaşılmasında ise, EBA'nın güneyinde bulunan Sağırcaraca göletinin yapımı sırasında DSİ Genel Müdürlüğü'nün gerçekleştirmiş olduğu çalışma (Altunay, 2014) ile Tuzlusu jeotermal alanının jeotermal açıdan incelenmesine (Afşin vd., 2007) ve Tuzlusu yakınındaki eski deponi alanının yeraltısuyuna etkilerinin (Özaydın, 2004) ve Gücünkaya yakınındaki altere granitlerin akifer olabilme özelliklerinin belirlenmesine (Afşin vd., 2010) yönelik çalışmalar ile bu incelemede arazide gerçekleştirilmiş gözlemler dikkate alınmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Aksaray'ın içme suyu ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılama

potansiyeline sahip EBA'da bulunan seçilmiş kaynak sularını hidrojeokimyasal ve izotopik açıdan kaya-su etkileşimi ile birlikte ele almak, kullanılabilirlik ve içilebilirlik özelliklerini ortaya koymaktır.

Yukarıda belirtilen amacı gerçekleştirebilmek için, EBA'da yağışlı (Mayıs 2018) ve kurak (Ekim 2018) dönemlerde incelenen 8 kaynağın başında suların pH, sıcaklık, özgül elektriksel iletkenlik, debi değerleri ölçülmüş; sulardan her iki dönemde su kimyası ve izotop örnekleri alınmıştır. Bu örneklerin su kimyası analizleri Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası Laboratuvarı'nda (Ankara); iz element analizleri Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda (Aksaray); izotop analizleri ise DSİ Genel Müdürlüğü'nün Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarı'nda (Ankara) yapılmıştır. Suların kurak ve yağışlı dönemlerde elde edilmiş tüm analiz sonuçları PhreeqCi ve Aquachem (Parkhurst ve Appelo, 1999) gibi programlar ile kullanım ve içilebilirlik açılarından Kıtaçi su kaynakları, Su Kirliliği Kalite Kriterleri (SKKY, 2009), TSE 266 (2014); WHO (2011) gibi farklı standartlar dikkate alınarak kısaca değerlendirilmiştir.



Şekil 1 - İnceleme alanının yerbulduru haritası

2 EBA VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ VE HİDROJEOLJİSİ

OAKK'da Paleozoyik yaşlı metamorfitleleri tektonik olarak üzerleyen Üst Kretase yerleşim yaşlı ofiyolitler ve her iki birimi kesen Üst Kretase yaşlı granitoidler yer alır (Küre, 2017) (Şekil 2). EBA ve çevresindeki magmatitler gabrodan alkali feldispat granite kadar değişen farklı kaya türlerini içerir.

Gabrolar ve granitoidler subalkalin karakterli, toleyitik ve kalkalkalin gidişlidir. Granitoid ve gabroların ana ve iz element kimyası bu kayaların kabuk ve manto bileşimli kayaktan eşzamanlı oluşmuş hibrit kayalar olduğuna işaret eder. Mafik magma, dalan litosfer dilimi üzerindeki metasomatik üst manto kaynağından türemiş, felsik magmaların üretildiği kabuğa enjekte edilmiştir. Mafik ve felsik magmalardan tamamlanmamış homojen - heterojen karışım ve fraksiyonel kristallenme süreçleri ile granitoid ve gabro plütonları oluşmuştur. EBA'daki magmatik kayalar yaşlıdan gence doğru şu kronolojik sırayı izler. En yaşlı birimi oluşturan Gökkaya granodiyoriti dereceli olarak Haznedar granodiyoritine geçişli, Sinandı biyotit graniti Haznedar granodiyoritine sokulmuş, Gelinseki graniti ise Sinandı biyotit granitini keserek yerleşmiştir. Sırayalar alkali feldispat graniti EBA'daki en genç birimdir. Aplit ve pegmatit daykları Sırayalar alkali feldispat granitinin en son fazını oluşturmuştur. Tüm birimler, hidrotermal kuvars damarları tarafından kesilmiştir.

EBA'daki kayalar hidrojeolojik açıdan genelde akifüj özelliğindedir. Ancak, bunlar günlenmenin etkisiyle düşey ve yanıl yönde kırıklı, çatlaklı ve yer yer bozuşmuşlardır. Hatta yer yer kalınlığı 30 m'yi aşan bozuşmuş kuşağın özgül geçirgenlikleri 10-2 Darcy'yi geçtiği için (Afşin ve

Kayabalı 2004) göreceli geçirimli olarak değerlendirilebilir (Şekil 3). Bu alandaki kaynakların debileri düşük olup, çalışma sırasında 0.1-0.42 L/s arasında ölçülmüştür. Bu nedenle, bu birimler sınırlı heterojen ve anizotrop serbest akifer niteliğindedir (Afşin ve Elhatip, 2000; Özaydın, 2004; Afşin vd., 2010; Altunay, 2014). EBA'da incelenen kaynaklar tektonik kontrollü olan ZC-5 ve ZC-6 dışında magmatik kayaların dokanaklarında açığa çıkmaktadırlar (Şekil 2).

3 SU KİMYASI

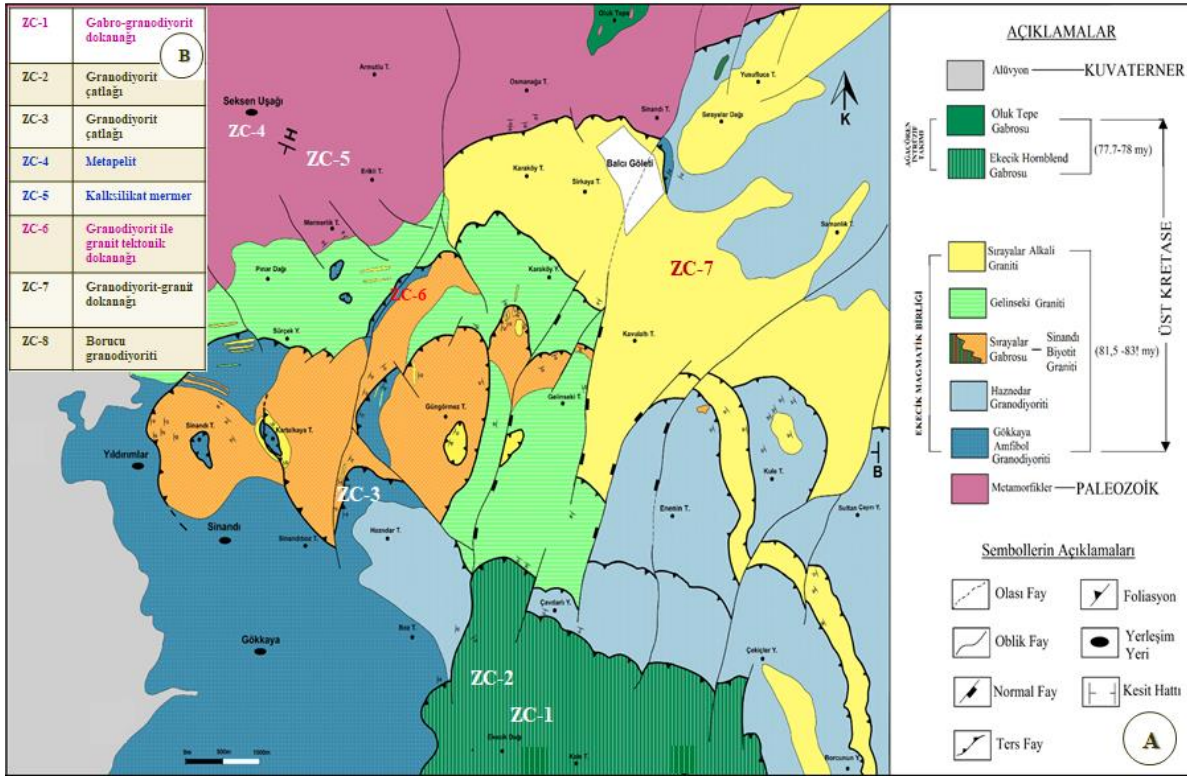
EBA'da yağışlı ve kurak dönemlerde incelemeye esas alınan 8 kaynağın başında yapılan ölçümlerde suların pH, sıcaklık ve özgül elektriksel iletkenlik (ÖEI) değerleri sırasıyla 6.52-7.99, 11.8-16°C, 95.2-269.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmiştir. Suların ÖEI ve pH değerlerinde yağışlı ve kurak dönemlerde dolaşım süreleri ile bağlantılı olarak kısmen artma ve azalma saptanmıştır (Çizelge 1).

Sularda baskın iyonlardan Ca^{+2} , EBA'da geniş bir yer kaplayan granit ve granodioritlerdeki anortit, ojit ve hornblend gibi silikatli minerallerden; Na^{+} ise albitlerden, HCO_3^{-} beslenme alanında süzülme suyu kuşağındaki CO_2 'nin bünyeye alınmasından; ZC-5'teki Ca^{+2} ve HCO_3^{-} ise mermerlerin yıkanması sonucu sulara karışmış olabilir.

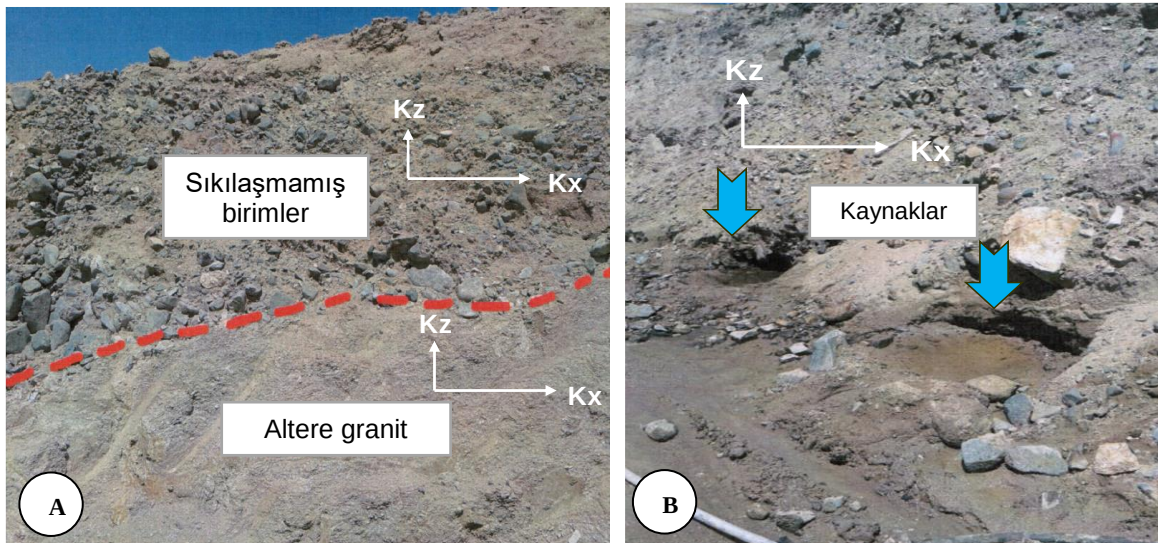
Kasyon iyon dizilimleri ZC-5a, 5b, 7a ve 7b'de $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+}$, diğer sularda $\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^{+} > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^{+}$; anyon iyon dizilimleri ZC-1b'de $\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$, diğer sularda ise $\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2}$ şeklinde kısmen değişmiştir (Çizelge 2). Suların iyon dizilimleri yeraltı suyu akış yolu boyunca zenginliğe işaret eder biçimde, genelde daha uzun dolaşım süreli olan ZC-5'e doğru

EBA'daki kaynaklarda Ca-HCO_3 (I) ve Ca-Na-HCO_3 (II) şeklinde iki su kimyası fasiyesi (IAH, 1979) tespit edilmiştir (Çizelge 3, Şekil 4). Bu

şuayinca zengin magmatik kayalarla (ve ZC-3 için mermerlerde) sığ ve hızlı dolaşıma, (II) fasiyesi ise sığ dolaşım sırasındaki kısmen karışıma işaret eder.



Şekil 2 - İnceleme alanının jeoloji haritası (A) (Küre, 2017), kaynak noktaları (ZC-1) ve kaynak çıkış türleri (B)



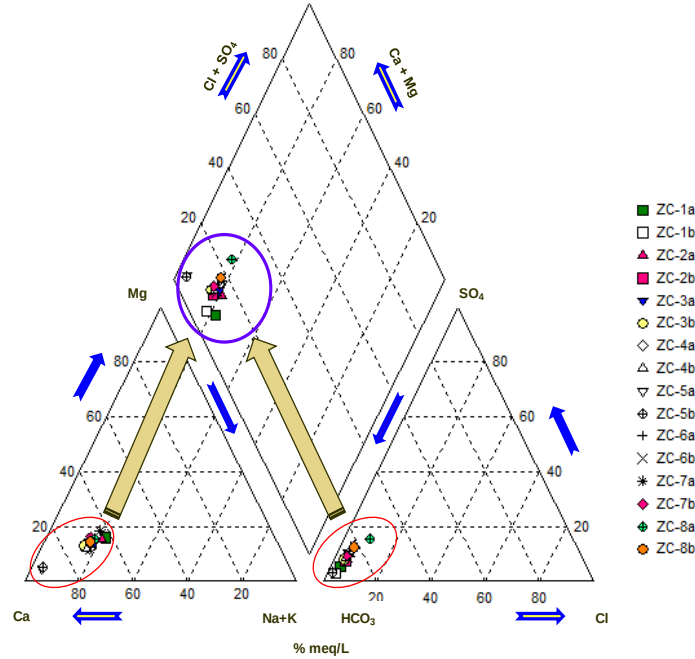
Şekil 3 - EBA yakınında Sağırkaraca'daki altere granit, alüvyon (A) ve düşük debili kaynakların (B) (Altunay, 2014) düşey ve yanal yönde homojenlik/heterojenlik ve izotropi/anizotropi özelliklerinin Freeze ve Cherry (1979)'ye göre değerlendirilmesi

Çizelge 1 - İncelenen suların fiziksel, kimyasal ve kirlilik parametreleri ile bazı iyon oranları

Örnek no'su ve yükseltisi (m)	pH	ÖEİ (µS/cm)	Sıcaklık (°C)	Bulanıklık (NTU)	ÇO (mg/L)	Debi (L/s)	Sertlik (FS)	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₂	NO ₃	NH ₄	Yük denge hatası (%)	Ca/Mg	Ca/SO ₄	Na/Cl						
								meq/L								mg/L								meq/L/meq/L			
ZC-1a (1578)	6.52	95.2	11.8	0.18	5.79	83.2	5.36	0.852	0.219	0.289	0.009	0.047	0.07	1.14	0.00	2.23	0.00	3.02	3.88	5.38	4.02						
ZC-1b	7.48	95.4	11.5	0.04		83.85	6.98	1.164	0.232	0.29	0.010	0.053	0.05	1.5	0.00	2.44	0.07	3.05	4.99	24.95	3.56						
ZC-2a (1564)	7.17	100.3	13.8	0.11	8.32	83.2	5.85	0.946	0.223	0.288	0.019	0.069	0.14	1.23	0.00	4.26	0.00	-1.12	4.22	6.53	4.17						
ZC-2b	7.59	106	12.7	0.01		90.35	7.53	1.264	0.242	0.29	0.022	0.076	0.13	1.5	0.00	3.53	0.05	2.62	5.20	9.96	3.81						
ZC-3a (1540)	6.96	115.1	12.8	0.12	8.14	98.5	6.63	1.091	0.234	0.2685	0.030	0.062	0.16	1.32	0.00	4.97	0.00	-0.16	4.65	6.63	4.30						
ZC-3b	7.79	112.5	12.4	0.02		96.85	8.33	1.41	0.254	0.28	0.034	0.07	0.14	1.6	0.00	4.21	0.18	3.31	5.52	9.78	3.98						
ZC-4a (1352)	7.99	162	16	1.85	6.48	127	8.76	1.5	0.251	0.374	0.010	0.093	0.22	1.6	0.00	5.63	0.00	3.02	5.95	6.80	4.02						
ZC-4b	7.36	167.8	15.4	0.18		133.25	9.85	1.69	0.278	0.39	0.010	0.095	0.18	1.9	0.00	3.52	0.00	3.59	6.06	9.23	4.06						
ZC-5a (1405)	7.36	249.5	13.5	0.1	7.45	207.4	18.85	3.59	0.178	0.147	0.009	0.077	0.14	3.58	0.00	6.06	0.129	0.27	20.09	25.05	1.92						
ZC-5b	7.56	269.8	13.7	0.09		223.6	20.76	3.93	0.216	0.15	0.014	0.078	0.13	3.9	0.00	5.59	0.92	2.44	18.19	30.94	1.97						
ZC-6a (1410)	7.14	124.2	13.4	0.11	6.9	103.9	11.29	1.24	0.2281	0.348	0.013	0.076	0.18	1.42	0.00	6.46	0.00	21.39	4.29	10.06	6.11						
ZC-6b	7.48	137.5	14.2			113.1	8.58	1.46	0.2477	0.37	0.015	0.099	0.16	1.6	0.00	5.2	0.10	7.45	5.92	9.20	3.68						
ZC-7a (1301)	7.24	144	15.5	0.5	4.45	82	8.07	1.25	0.3618	0.328	0.035	0.087	0.23	1.51	0.00	4.10	0.00	5.01	3.46	5.56	3.75						
ZC-7b	7.6	151.3	15.6	23		120.25	9.54	1.54	0.3681	0.34	0.030	0.092	0.19	1.8	0.00	3.72	0.22	4.05	4.17	8.03	3.70						
ZC-8a (1418)	7.42	190.5	13.5	0.18	7.42	160	11.29	1.83	0.4263	0.462	0.031	0.184	0.29	1.42	0.00	45.82	0.100	2.31	4.29	6.31	2.51						
ZC-8b	7.76	199.5	14.3	0.07		163.85	11.90	1.96	0.4156	0.45	0.032	0.107	0.26	1.7	0.00	37.35	0.050	4.27	4.72	7.63	4.25						

Çizelge 2 - İncelenen sularda bulunan iyonların (meq/L) dizilimleri ve su kimyası fasiyesi

Örnek No.	İyon dizilimi	Su kimyası fasiyesi
ZC-1a, ZC-6a	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$	Ca-Na-HCO ₃
ZC-1b	$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$	
ZC-2a, 2b	$\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^+$	
ZC-3a, 3b; ZC-4a, 4b; ZC-6b, ZC-8a, 8b	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$	Ca-HCO ₃
ZC-5a, 5b; ZC-7a, 7b	$\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$	



Şekil 4 - İncelenen suların Piper (1944) diyagramı

Ca/Mg ve Ca/SO₄ oranları 18.19-30.94 arasında olup, ZC-5a ve 5b'de diğer sulara (3.42-10.06) göre yüksektir (Çizelge 1). Sadece ZC-1b'de SO₄²⁻ değeri en düşük (0.04 meq/L) olduğu için Ca/SO₄ oranı fazladır (24.95). ZC-5a ve 5b'de Ca/Mg oranının dikkat çekici biçimde yüksek olması bu suların akiferi olan mermerlerdeki kalsiti çözmesiyle ilişkili olmalıdır. Na/Cl oranları, ZC-5a ve 5b'de 1.92 ile 1.97 diğer sulara ise, 2.51 ile 6.11 arasında değişmiştir. Bu oranlar, ZC-5a ve 5b'nin formasyon suyu (Afşin vd., 2007), diğer suların ise karışım özellikli olabileceğine işaret eder.

Doygunluk indislerine (SI) göre, sular genelde akış yolu boyunca kaya-su etkileşimini yansıtır. Bu açıdan, incelenen suların çoğunluğu Ca-montmorillonit, illit, kaolinit, K-mika ve kuvarsa; bazı sular (ZC-5a, 5b, 7b, 8b) ise kalsit, dolomit ve aragonitten bir veya ikisine doygunudur. Tüm sular jips, anhidrit ve halite ise doygun değildir. Bu sular doygun olduğu mineralleri çökeltebilir;

doygun olmadığı mineralleri ise çözebilir. Bu bağlamda, Ca-montmorillonit, illit, kaolinit, K-mika ve kuvarsa doygun sularda plajiyoklas ve silikatların çözünürlüğü/ayrışması, karbonat minerallerine doygun olan sularda ise kalsit ve dolomit çözünürlüğü/ayrışması (Tahmasebzadeh Bastam ve Gültekin, 2017) gerçekleşmiş olabilir.

4 SULARIN İZOTOPİK ÖZELLİKLERİ

EBA'daki suların kararlı izotop $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ değerlerine göre Küresel (Craig, 1961), Ankara ve Adana Meteorik Su Doğruları (Dilaver vd., 2018) çizilmiştir (Çizelge 3, Şekil 5). $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop değerlerine göre tüm sular meteorik kökenlidir. Sular, ZC-6a ve 6b dışında, Ankara (AMSD) ile Adana Meteorik Su Doğru (KMSD)'lerinin arasında yer almış olup, aynı havzadan beslenime işaret eder. ZC-6a ve 6b

ise en düşük kotlardan beslenmiştir. Yerel meteorik su doğrusu (YMSD) $\delta^2\text{H}=5.29$ $\delta^{18}\text{O}-15.39$ olarak hesaplanmıştır. Bununla ilişkili biçimde, suların döteryum fazlası (Df) değerleri (Clark ve Fritz, 1997) ZC-6a ve 6b hariç 13.73 ile 16.28 arasındadır. Bu durum ve YMSD'nin eğiminin 5.29 olması, EBA'da kısmen kurak iklim şartlarında yağışa kaynak oluşturan suda bir

buharlaşımaya işaret edebilir. ZC-6a ve 6b'de KMSD'den sapmaya rağmen ise Df değerlerinin 1.69 ile 3 arasında olması, en düşük kotlardan beslenen ve tektonik dokanaktan çıkan bu suların akış sisteminin daha uzun örnekleme süreli ayrıntılı çalışmalarla araştırılması gerektiğinin göstergesidir.

Çizelge 3 - EBA'da incelenen suların izotop analiz sonuçları ve döteryum fazlası değerleri

Örnek No.	$\delta^{18}\text{O}$ V-SMOW (‰)	$\delta^2\text{H}$ V-SMOW (‰)	^3H (TU)	Döteryum fazlası (Df= $\delta^2\text{H} - (8 \cdot \delta^{18}\text{O})$)
ZC-1a	-11.15	-73.87	4.78	15.33
ZC-1b	-11.31	-74.32	4.57	16.16
ZC-2a	-11.56	-76.3	4.65	16.18
ZC-3a	-11.24	-74.15	5.34	15.77
ZC-3b	-11.33	-74.36	3.67	16.28
ZC-4a	-11.29	-75.84	5.23	14.48
ZC-5a	-11.30	-76.02	5.21	14.38
ZC-5b	-11.21	-75.23	3.6	14.45
ZC-6a	-6.31	-48.79	6.05	1.69
ZC-6b	-6.79	-51.32	5.89	3
ZC-7a	-11.18	-75.71	4.68	13.73
ZC-7b	-11.46	-76.47	3.26	15.21

$\delta^{18}\text{O}$ -V-SMOW değerlerine (‰) göre beslenme kotu en yüksek ZC-2a (-11.56), en düşük ise ZC-6a (6.31)'dir. ZC-1b, 3b, 5a ve 7b'de izotopik ayrışma nedeniyle $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ZC-3b, 5b, 6b ve 7b'de kurak dönemde daha negatiftir. Kararsız izotoplardan ^3H değerlerine göre ise en genç ve yeraltısuyu akış sistemi içinde en kısa (8.97 yıl) dolaşım su ZC-6a (6.05 TU), en yaşlı ve en uzun (20 yıl) dolaşım su ise ZC-7b (3.26 TU)'dur (Şekil 6). Bu sulardan ZC-1b, 6b ve 7b'nin beslenme kotlarının yüksek ama ^3H değerlerinin düşük olması, bunların kurak dönemde daha yüksek kotlara düşen sonbahar yağışlarından beslenmiş olabileceğinin emaresidir.

5 SULARIN İÇİLEBİLİRLİĞİ

EBA'daki sular Kıta içi su kaynakları, bazı standartlara (SKKY, 2009; TSE 266, 2014; WHO, 2011) göre kısaca değerlendirmeleri (Çizelge 1 ve Afşin vd., 2018) şöyledir: pH (6.5-8.5), ÖEİ (ZC-5b>268 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve NO_2 değerleri bakımından tüm sular genelde I. sınıf; NO_3 'e göre ZC-4a, 5a ve 5b >5 olup, I., ZC-8a ve 8b >20 olup IV.; NH_4 'e göre, ZC-5b >2 olduğu için II., diğer sular ise I. Sınıf; ZC-7b dışında bulanıklık tehlikesi olmayan, çözünmüş oksijen (ÇÖ)'e göre I. ve II.; kaliteli toplam

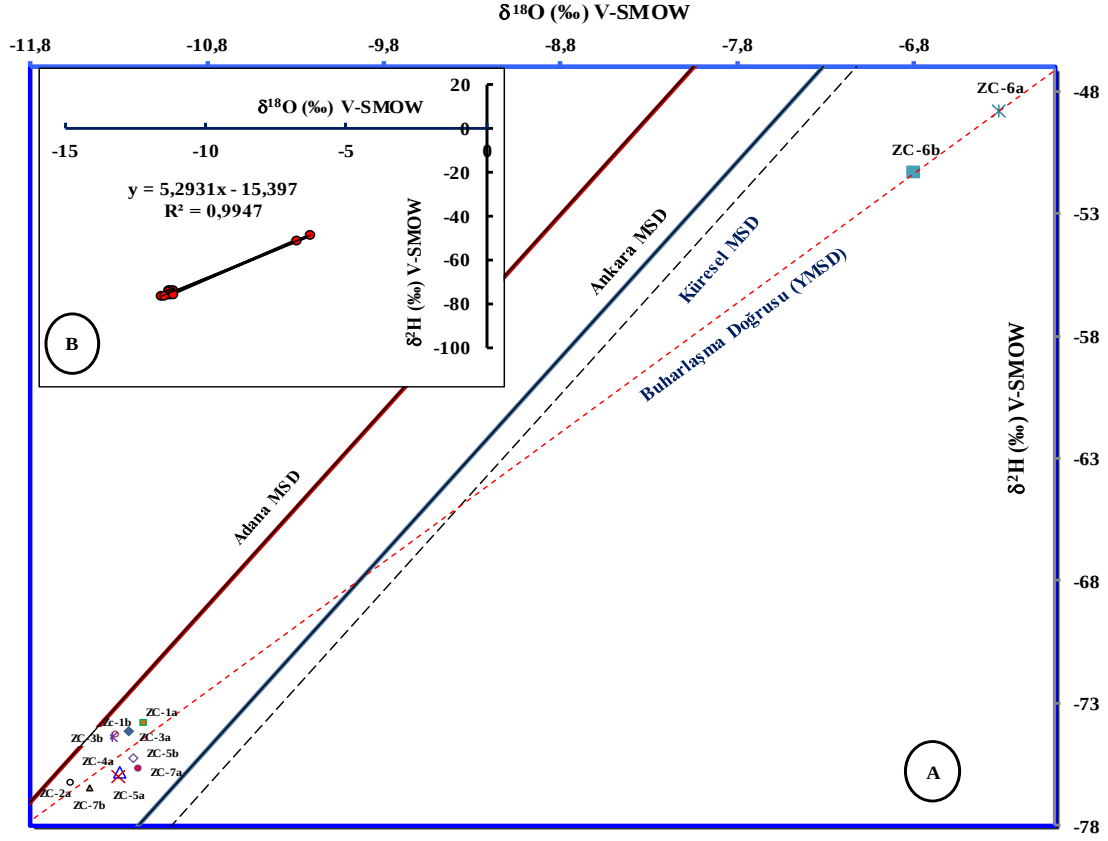
sertliklerine göre orta sert olan ZC-5a ve 5b dışında yumuşak sular sınıfına girmektedir. Analiz sonuçları (Afşin vd., 2018) burada verilmeyen iz element değerleri bazı dönemlerde değişmekle beraber, suların sınıfları çoğunlukla II. ve III. sınıfa dahildir. Tüm sular toplam alfa ve beta değerleri açısından içmeye genelde uygundur.

6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

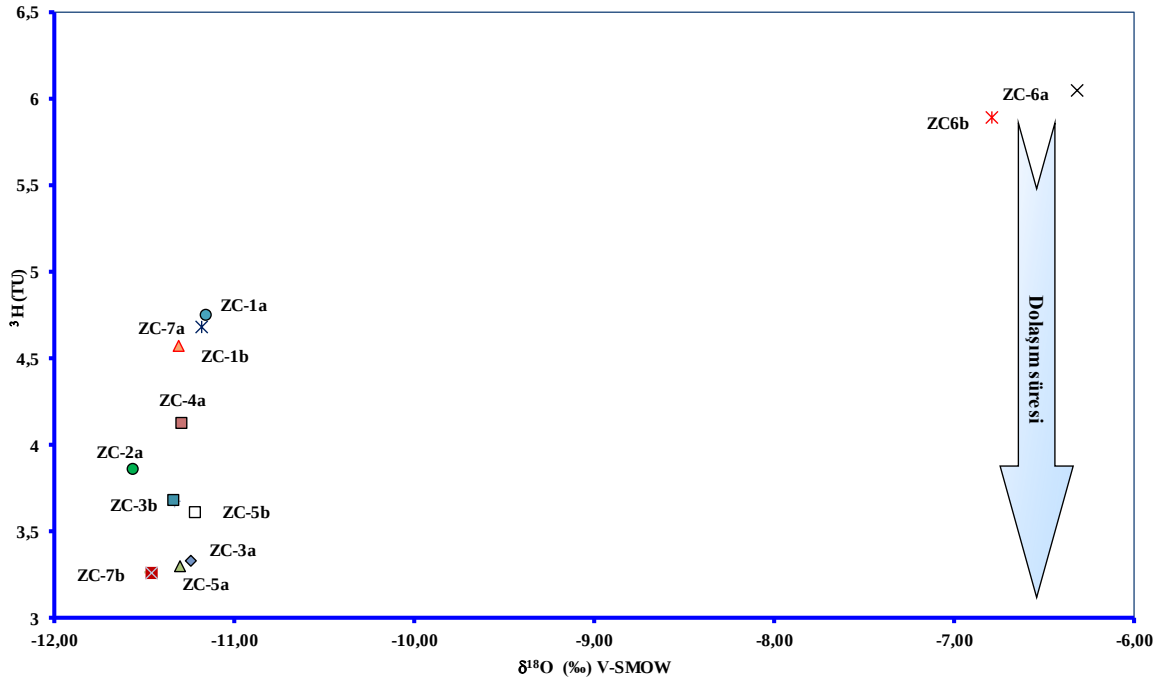
Bu çalışmada, Aksaray'ın içme suyu ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılama potansiyeline sahip EBA'da bulunan 8 kaynak suyu hidrojeokimyasal ve izotopik olarak kaya-su etkileşimi ile birlikte ele alınmış; suların kullanılabilirlik ve içilebilme özellikleri tespit edilmiştir.

EBA'da, yüzeylenmiş magmatik kayalar Üst Kretase yaşlı gabro, diyorit, granodiyorit, granit ve alkali feldspat granittir. Bu kayalar kırıklı, çatlaklı ve yer yer 30 m'yi bulan bozuşmuş kuşakları içerdikleri için, sınırlı heterojen ve anizotrop serbest akifer özelliklidir.

Genelde granit - granodiyorit dokanaklarında çıkan kaynak başlarında yapılan ölçümlerde suların pH, sıcaklık, ÖEİ, debi değerleri sırasıyla 6.52-7.99, 11.8-16 $^{\circ}\text{C}$, 95.2-269.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 0.1-0.42 L/s arasında değişmiştir.



Şekil 5 - İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ genel (A) ve (B) yerel meteorik su doğrusu grafikleri



Şekil 6 - İncelenen suların ^3H ve $\delta^2\text{H}$ grafiği

EBA'daki sularda iki su kimyası fasiyesi belirlenmiş olup, (I) (Ca-HCO₃) yeraltı akış sisteminde sığ ve hızlı dolaşımın; (II) Ca-Na-

HCO₃ ise sığ dolaşım sırasında sulara kısmen karışımın ve kaya-su etkileşiminin göstergesidir.

İncelenen sular, kararlı izotoplar ($\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$) açısından meteorik kökenlidir. Aynı havzadan beslenmiş olan bu sular, ZC-6 dışında Adana ile Ankara Meteorik Su Doğruları (MSD)'nin arasında yer almıştır. Suların ^3H değerlerine göre hidrolojik yaşları 8.97 yıl (ZC-6) ile 20 yıl (ZC-7b) olarak hesaplanmıştır.

Yeraltı akış sisteminde akış yolu boyunca kaya-su etkileşimini yansıtan doygunluk indisleri, bakımından granit, granodiyorit gibi kayalarla dokanak halinde olan sular Ca-montmorillonit, illit, kaolinit, K-mika ve kuvarsa; mermer gibi karbonatlı kayalarla ilişkili sular ise kalsit, aragonit ve dolomite doygun; tüm suların jips, anhidrit ve halite doygun değildir. Bu sular doygun olduğu mineralleri çökeltebilme; doygun olmadığı mineralleri ise çözebilme özelliğine sahiptir. Ca-montmorillonit, illit, kaolinit, K-mika ve kuvarsa doygun sularla plajiyoklas ve silikatların, karbonat minerallerine doygun olan sularla ise kalsit ve dolomit çözünürlükleri gerçekleşebilir.

EBA'da incelenen sular, içme suyu standartları açısından toplam alfa ve beta ile sertlik, iyon ve iz element değerleri bakımından genelde içmeye uygundur.

Yukarıda elde edilen verilere göre, her ne kadar düşük debili kaynakları olsa da önemli içme suyu potansiyeli taşıdığı anlaşılan EBA'daki kaynak alanlarının ve suların daha ayrıntılı hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalarının yapılmasının yanı sıra sular üzer aylık dönemler halinde de örneklenmeli; suların analiz sonuçları içilebilirlik ve sağlık açısından tıbbî ekoloji ve hidroklimatoloji konusunda uzman tıp doktorları tarafından değerlendirilmelidir.

7 TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmayı, FEB 2018-034 no'lu proje ile destekleyen Aksaray Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimi (BAP)'ne; DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi'nden İzotop Laboratuvarı Şube Müdürü Alime TEMEL DİLAVER'e; su kimyası analizlerinde HÜ. Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Prof.Dr. C. Serdar BAYAR'I'ya ve iz element analizlerinde ASÜ Çevre Mühendisliği Bölümü'nden Prof.Dr. Mustafa IŞIK ile Uzman Tolga BAHADIR'a ve bildiri metnini değerlendiren hakemlere çok teşekkür ederler.

8 KAYNAKLAR

Afşin, M., Yıldız, M., Ceylan, Z., Küre, İ.S., 2018. Ekecik beslenme alanı (EBA)'ndaki içme suyu kaynaklarının su-kaya etkileşiminin ön değerlendirmesi, Ortaköy, Aksaray

- Uluslararası katılımlı Kapadokya Yerbilimleri Sempozyumu, 24-26 Ekim 2018, Niğde, (Sözlü sunum)
- Afşin, M., İpek, K., Şimşek, N., 2010. Gücünkaya (Aksaray) çevresindeki altere granitlerin akifer olabilme özellikleri. 1. Ulusal Su Kaynakları Yönetimi Sempozyumu, Karaman Üni. 20-22 Ekim 2010, Karaman (poster)
- Afşin, M., Erdoğan, N., Gürdal, H., Güre, A., Onak, A., Oruç, Ö., Kavurmacı, M. ve Durukan, G., 2007. Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların ve travertenlerin hidrojeokimyasal ve izotopik incelenmesi ve suların tıbbî ve biyoiklimsel değerlendirilmesi, Aksaray. TÜBİTAK-ÇAYDAG 104Y197 No'lu Proje
- Afşin, M. ve Kayabalı, K., 2004. Uygulamalı Hidrojeoloji (Tercüme), Gazi Kitabevi, 682 s. (Kitabın orijinal adı: Applied Hydrogeology, C.W. Fetter, 2001; Prentice-Hall Publ., 593p)
- Afşin, M. ve Elhatip, H., 2000. Traverten çökeltten Tuzlusu (Aksaray) sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve izotopik açıdan incelenmesi. H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 22, 63-77, Ankara
- Altunay, M., 2014. Altere granitlerin akifer olabilme özellikleri. Mühendislik Uygulamaları-I, ASÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Aksaray 39 s
- Clark, I. ve Fritz, P. 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis publishers. Pp: 328
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. Science, 133, 1702-1703
- Dilaver, A.T., Aydın, B., Özyurt, N.N. ve Bayarı, C.S., 2018. Türkiye yağışlarının izotop içerikleri (2012-2016), DSİ-TAKK ve MGM-AD, Ankara, 44 s
- Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979. Groundwater. Prentice hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 604 pp
- Güllü B., Yıldız, M., 2012. Mamasun Aksaray gabroyidlerinin petrojenetik karakteristiği. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28- 42
- IAH (International Association of Hydrogeologists), 1979. Map of mineral and thermal water of Europe, Scale 1:500.000: United Kingdom
- Kadioğlu, Y.K. ve Güleç, N., 2001. Nature and distribution of felsic plutons in central Anaolian crystalline complex, Time space relations. Fourth Int Turkish Geology Symposium, Çukurova University, Adana, abstracts, 206

- Kalkan, M., 2018. Ortaköy-Çiftevi (Aksaray) yöresi metamorfik birimlerin ve intrüziyonların jeolojisi ve jeokimyasal incelemesi. ASÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 338 s (yayımlanmamış)
- Kalkan, M., Yıldız M., 2017a. S-tipi Çatalçeşme granodiyoritinin petrografisi ve jeokimyasal özellikleri, Orta Anadolu, Ortaköy/Aksaray. Uluslararası katılımlı Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 40. Yıl Jeoloji Sempozyumu,, 148-149. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:3737407)
- Kalkan, M., Yıldız M., 2017b. S-tipi Namıkışla andaluzit granitinin jeolojisi ve jeokimyasal özellikleri, Orta Anadolu, Ortaköy/Aksaray,. 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 440-441. (Özet Bildiri/Poster)
- Küre, İ.S., 2017. Granitoid magmasının kristalizasyon ve diferansiasyon süreçleri, Ortaköy (Aksaray) örneği, Orta Anadolu. ASÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 113 s., (yayımlanmamış)
- Özaydın, C.M., 2004. Aksaray katı atık sahasının hidrokimyasal ve jeoelektrik yöntemlerle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 101 s
- Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J., 1999. Phreeqc (version 2), A computer program for speciation, batch-reaction, one dimensional transport and inverse geochemical calculations. U. S. Geological Survey Water Resources Investigations
- Piper, A.M., 1944. A Graphic procedure in the geochemical Interpretation of water-analyses. Eos, Transactions American Geophysical Union, 25, 914-928
- Schoeller, H., 1962. Les eaux souterraines. Mason and Cie. Paris, 642p
- SKKY, 2009. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, numune alma ve analiz metodları, Çevre ve Orman Bakanlığı, Başbakanlık Basımevi, Resmi Gazete, 27372
- Tahmasebzadeh Bastam E., Gültekin, F., 2017. Değirmendere (Trabzon) havzası kaynak sularında su-kayaç etkileşimi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 41: 59-77
- TSE 266, 2014. İnsani amaçlı tüketim suları standartları, Ankara
- WHO (World Health Organization: Dünya Sağlık Örgütü), 2011. Guidelines for Drinking-Water Quality. Fourth Edition
- Yıldız, M., Kalkan, M., 2017. Geological position and geochemical characteristics of -type Meryem pınarı granite, Ortaköy/Aksaray, Central Anatolia, Turkey, 2. International Conference On Civil and Environmental Engineering (ICOCEE2017), 2605 (Özet Bildiri/Sözlü)