



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6(2): 55-64 (2015)
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 6(2): 55-64 (2015)

Araştırma Makalesi / Research Paper

Işıklı Gölü'nü (Çivril/Denizli) Besleyen Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri

Fatma AKSEVER^{1*}, Seher BÜYÜKŞAHİN¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Isparta

Geliş Tarihi (Received): 14.12.2015, Kabul Tarihi (Accepted): 30.12.2015

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author)*: fatmaaksever@sdu.edu.tr

☎ +90 268 2111322 📠 +90 246 2370859

ÖZ

Işıklı Gölü, Denizli ili Çivril ovası üzerinde yer alan ve Büyük Menderes nehri besleyen bir tatlı su gölüdür. Bu çalışmada, Işıklı Gölü ve civarındaki su kaynaklarının hidrojeokimyasal özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Bu amaçla çalışma alanını temsil edecek göl, akarsu ve kaynak sularından örnekler alınmış ve su kalite değerlendirmeleri yapılmıştır. Yüzey ve kaynak suyu örneklerinde genel olarak Ca^{+} , Mg^{+} ve Cl^{-} , HCO_3^{-} iyonlarının baskın olduğu tespit edilmiştir. Kaynak suları Schoeller içilebilirlik diyagramına göre iyi kaliteli sular sınıfındadır. Bölgedeki sular sulama suyu olarak kullanımı incelendiğinde genel olarak " $C_1S_1-C_2S_1$ " sınıfında "*bitkilerin çoğu için uygun sulama suyu*" olarak değerlendirilmiştir. Ancak Işıklı Gölü'nü besleyen en önemli yüzey suyu olan Kufi çayından alınan bazı örnekler " C_3S_1 " sınıfındadır. Ayrıca, azot türevi (NO_3 , NO_2 , NH_4) ve ağır metal analiz sonuçlarına göre bazı örneklerdeki As artışı dışında negatif etki oluşturmamaktadır. As artışı Işıklı kaynağı ve Kufi çayının bazı kollarından alınan örneklerde tespit edilmiştir. Bu artışın volkanik kayalarla ilişkili olarak jeojenik kökenli olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Işıklı gölü, yüzey suyu, su kaynakları, hidrojeokimya, Çivril

Hydrochemical Characteristics of Nourishing Water Resources of Işıklı Lake (Çivril/Denizli)

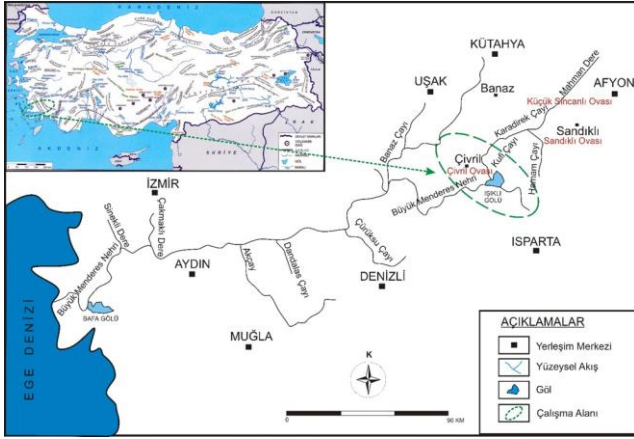
ABSTRACT

Işıklı Lake is a freshwater lake which is located on Çivril plain in the Denizli province and recharge to Büyük Menderes River. In this study, hydrogeochemical properties of Işıklı Lake and surrounding water sources were investigated as detail. For this purpose, water samples were taken from lake, stream and water sources which are represented investigated area and water qualities were evaluated. Generally, Ca^{+} , Mg^{+} and Cl^{-} , HCO_3^{-} ions are dominant within surface and water sources. Water sources are classified as "*good quality water*" according to Schoeller diagram. According to usage as irrigation water, surface and water sources are in the $C_1S_1-C_2S_1$ classifies and most of the plants for irrigation are suitable. But, some of the Kufi stream samples which is recharged Işıklı Lake are C_3S_1 classify. According to, nitrogen derivatives (NO_3 , NO_2 , NH_4) and trace elements analysis results, there aren't negative impact except for As increases in the some water samples. As increases are determined in water samples of Işıklı source and Kufi stream. This increases are related to igneous rocks as geogenic origin.

Keywords: Işıklı lake, surface water, water sources, hydrogeochemistry, Çivril

GİRİŞ

Günümüzde kentsel nüfus artışı ve buna bağlı olarak endüstriyel kuruluşların artması, mevcut yüzey ve yeraltı su kaynakları için tehdit unsuru olmaktadır. Çünkü kırsal alanlarda bulunan akarsu, göl vb. gibi yapılar, çevresindeki yerleşim birimlerinde ve sanayi tesislerinde oluşan atıklar için alıcı bir ortam olarak görülmektedir. Endüstriyel ve evsel atık suların hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan su yapılarına kontrolsüzce deşarj edilmesi yüzey sularında kirliliğin artmasına sebep olmaktadır. Bu tarz kirlilik etkenlerinin incelenebilmesi için bu bölgelerde hidrojeokimyasal çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Çalışma konusu olan Işıklı Gölü civarındaki su kaynaklarının kalitesi ve kirliliğinin araştırılmasına yönelik bölgede herhangi bir planlama mevcut değildir. Çalışma alanı, Çivril havzasında yer alması, Işıklı Gölü'ne besleyen çok sayıda su kaynağını bünyesinde barındırması ve Büyük Menderes Nehri'nin başlangıcı olması sebebi ile detaylı olarak araştırılması gereken bir bölgedir (Şekil 1). Bu nedenle bölgedeki su kalitesinin değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Işıklı Gölü ve civarındaki su kaynaklarının (akarsu, kaynak) hidrojeokimyasal özellikleri araştırılarak su kalitesi ve kirlilik unsurlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

MATERYAL VE METOT

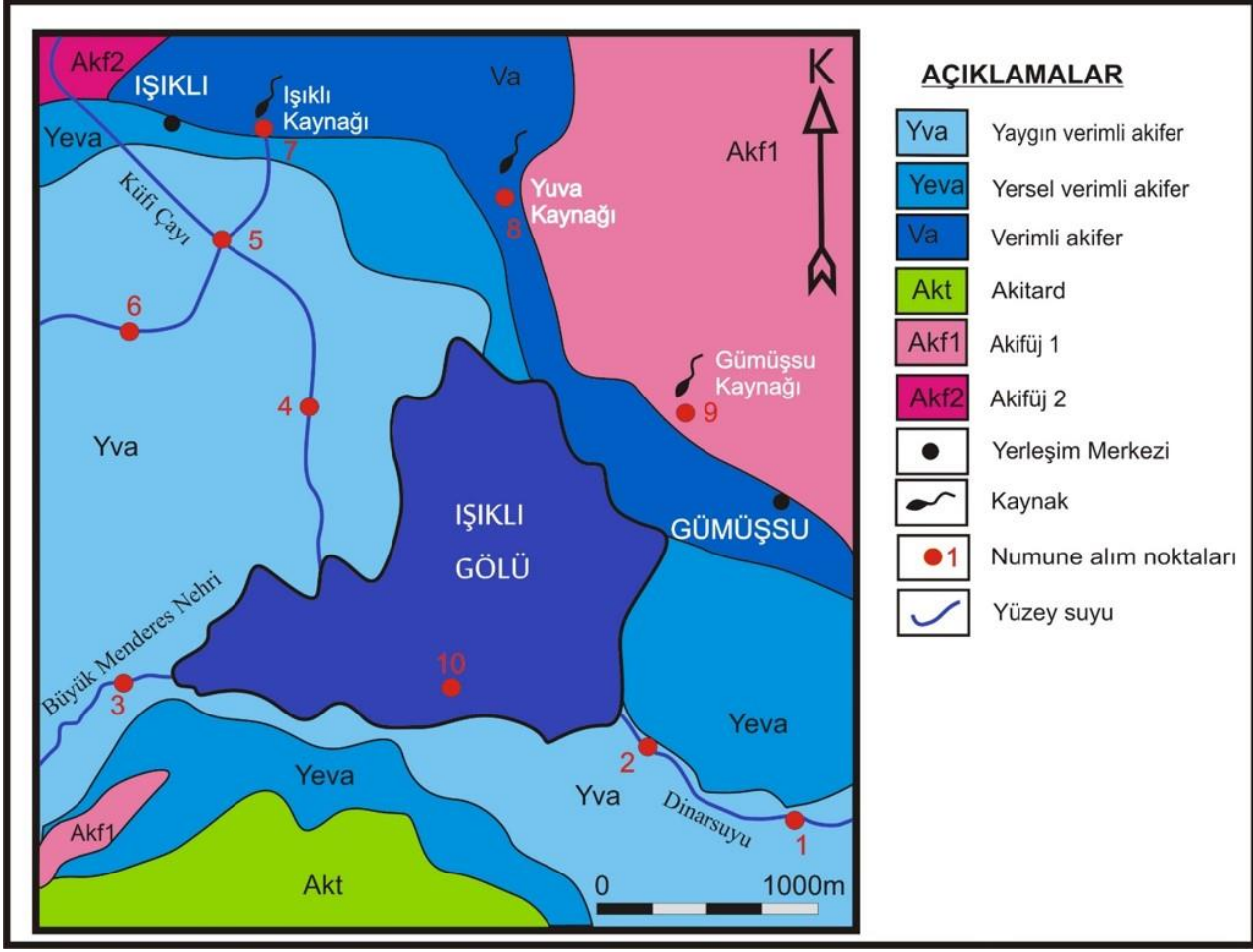
Işıklı Gölü ve civarındaki çalışma alanına ait 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası ve tektono-stratigrafik sütun kesiti hazırlanmıştır. Çalışma alanında bulunan litolojik birimler akifer olabilme özelliklerine göre sınıflandırılmış, ayırtlanmış ve bölgeye ait 1/25 000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. İnceleme alanında toplam 10 lokasyondan su (dere, kaynak, göl) örnekleri alınmıştır. Örneklerin koordinatlarını belirlemek

için Magellan Triton 500 marka GPS kullanılmış ve örnek lokasyon haritası hazırlanmıştır. Su örneklerine ait pH, sıcaklık (T), redoks potansiyeli (Eh), elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş madde (TDS) parametreleri YSI (US) 556-01 MPS marka taşınabilir cihaz ile yerinde ölçülmüştür. Kimyasal ve azot bileşen analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yapılmıştır. Kimyasal analizlerde APHA-AWWA-WEF (2005) standardı metotları kullanılmıştır. SO₄, NO₃, NO₂ konsantrasyonları iyon kromatografisinde (IC - Dionex ICS-3000) belirlenmiştir. NH₄ konsantrasyonu reaktif kitlerle (14752), Spectroquant Merck Nova 60 ile belirlenmiştir. HCO₃ ve CO₃²⁻ ise Aquamerck Test Alkalinite Merck 11109 reaktif kiti ile belirlenmiştir. Ağır metaller ve diğer anyonlar Kanada Acme Analitik Laboratuvarında, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (ICP-MS) cihazı ile belirlenmiştir. Elde edilen kimyasal veriler Piper (1994), Durov (1948), Pie, Schoeller (1955), Wilcox (1955) ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları ile yorumlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Jeoloji

Çalışma alanında allokton ve otokton konumlu jeolojik birimler yüzeylemektedir. Otokton birimler; Kestel formasyonu (Paleozoyik), Oligosen konglomeraları, Hamamçay formasyonu (Pliyosen), Yamaç molozu (Kuvaterner) ve Alüvyon (Kuvaterner)'dur. Allokton birim ise Homa melanjı (Senozoyik)'dir (Şekil 2). Çalışma alanının tabanını Kestel formasyonu oluşturmaktadır. Formasyon metamorfik ve tektonik süreçler geçirmiş birbirleri ile geçişli litolojilerden oluşmuştur. Birimin içeriğini kuvarsitik kumtaşı, fillit, kuvars-klorit-serisit şist, kuvars-feldispat-klorit şist, feldispat-kuvars serisit şist ve kuvars serisit şistler oluşturmaktadır. Likya naplarına ait Homa melanjı kendisinden yaşlı olan tüm birimleri bindirmeli olarak üzerlemektedir. Birim kumtaşı, kumtaşı, silttaşı, killi kireçtaşı ve çeşitli kireçtaşı blokları bulunmaktadır. Oligosen konglomeraları Homa melanjı üzerine uyumsuz olarak yerleşmektedir. Kilttaşı, kumtaşı, silttaşı ve çakiltaşından oluşan Hamamçay formasyonu konglomeraları uyumsuz olarak üzerlemektedir. Tutturulmamış kil, kum ve çakıl malzemenin oluşan güncel çökellerden alüvyal yelpaze ve alüvyon tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Öngür 1973, Öztürk 1981, Çakmakoğlu 1986, Öztaş 1989, Afşin 1991, Şekil 1).



Şekil 3. İnceleme alanı hidrojeoloji haritası

Işıkli Gölü: Göl, Akdağ (2446 m) ve Bozdağlar (1329 m) arasında kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı Dinar-Çivril graben çöküntüsünün bir kısmını doldurmaktadır. Işıkli Gölü bu çöküntüsünün kuzey ucunda ve Büyük Menderes Nehri yatağının üzerinde yer alan bir tatlı su gölüdür. Gölün maksimum su kotu 821 m, minimum su kotu ise 817 m'dir. Normal su kotunda göl hacmi 237.8 hm³, kapladığı alan 64 km² ve maksimum su alanı ise 65.85 km²'dir. Işıkli Gölü çok sayıda su kaynağının yanı sıra Büyük Menderes Nehri'nin en önemli iki kolu olan Kufi çayı ve Dinarsuyu ile beslenmektedir. Beslenim kuzeybatıda Işıkli kaynağı ve Kufi çayı, kuzeyde Yuva kaynağı, doğuda ise Gümüşsu kaynağı ve Dinarsuyu ile sağlanmaktadır. Göl etrafındaki geniş ovalarda sulama suyuna olan ihtiyacın zamanla artması nedeniyle Işıkli Gölü'nün bir baraj gölü gibi kullanılma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu amaçla göl çıkışına yapılan baraj ile birlikte kuzeyden ovaya giren ve mevsimlik akışa sahip olan Kufi Çayı bir kanalla göle doğru çevrilmiştir. Böylece barajdan aşağıdaki ovalara belirli mevsimlerde artan ihtiyaç oranından daha fazla suyun kontrollü olarak

bırakılabilmesi sağlanmıştır (Eren ve Tenekecioğlu 2006, Güler, 1993; Orhun ve Gerçek, 1993).

Dinar suyu, Işıkli Gölü'nün güneydoğusunda yer alan Dinar havzası, Akçay ve Gököl kaynaklarından beslenmektedir. Dinar suyu Işıkli gölü'ne besleyen en önemli yüzeysel akışlardan biridir. Tüm kaynaklardan elde edilen su birleşerek Büyük Menderes nehrinin başlangıcını oluşturmaktadır. Dinar suyu en fazla suyunu mayıs ayında Işıkli Gölü'ne aktarmaktadır. Işıkli Gölü çanağına aktarılan su miktarının yarısına yakını (%45.7) Dinar suyu tarafından temin edilmektedir (Ceylan, 1998).

Kufi çayı, Işıkli Gölü'nün kuzeybatısında yer almaktadır. Büyük Menderes Nehri'nin önemli kollarından olan Kufi çayı, başlangıç noktalarını Küçük Sincanlı havzasını çevreleyen yüksek kesimlerden almaktadır. Sandıklı ovasından geçerek Çivril havzasında bulunan Işıkli gölüne boşalan Kufi çayının uzunluğu 98.1 km olup, yağış alanı 2015 km²'dir. Kufi Çayı, Sandıklı-Çivril havzası arasında yer yer boğaz karakterinde olan bir vadiden geçmektedir. Tektonik hareketlerin denetiminde açılmış olan bu vadinin

dar ve derin olan kısımları Kufi çayı boğazı olarak adlandırılmaktadır. Bu çay, Küçük Sincanlı ve Sandıklı havzalarının sularını, Baklan-Çivril havzasına taşımakta ve Büyük Menderes Nehri vasıtasıyla dış drenaja bağlantısını sağlamaktadır. Kufi çayı ışıklı gölünün %18'lik su miktarını sağlamaktadır ve bunun çoğunluğu mart ayında gerçekleşmektedir (Ceylan vd. 2001).

Büyük Menderes Nehri, güneydoğuda Dinar suyu ile doğarak, Işıklı Gölü'ne karışmakta ve regülatör ile çıkış yaparak gölden güneybatıya doğru boşalıp akışına devam etmektedir. Regülatörden ayrılan kanallar ile Çivril ve Baklan ovalarının sulaması sağlanmaktadır. Nehir, Ege Denizi'ne doğru çok sayıda kollara ayrılır ve derin bir yatak içinden akarak yoluna devam eder. Aydın'ın Söke ilçesine bağlı Balat köyü Dipburnu'ndan Ege Denizi'ne dökülmektedir. Büyük Menderes nehrinin ortalama debisi $38.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ve yağış alanı 11.852 km^2 'dir. Toplam uzunluğu yaklaşık olarak 530 km olup, ortalama yıllık yağış hacmi $3.020 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'dür. Nehrin yıllık boşalımı ise $110 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir (Koç 2010, DİÇDR 2011).

Işıklı kaynağı, Işıklı Gölü'nün kuzey-batısında yer almaktadır. Kaynak suları Işıklı Gölü'nü Kufi çayı vasıtasıyla beslemektedir ve yüksek verimliliğe sahiptir. Işıklı Gölü adını ve sularını bu kaynaktan almaktadır. Kaynak en yüksek akım miktarı ile göle giren su miktarının % 22.9'unu sağlamaktadır. Kaynak suları bir tahliye kanalıyla 1963 yılında Kufi çayına bağlanmıştır.

Yuva kaynağı, Işıklı Gölü'nün kuzeyinde yer almaktadır ve göle giren su miktarının % 6.8'ini karşılamaktadır. Yuva kaynağı yüksek kesimlerden boşalırken ilgili kurumlar tarafından kaptaj yapılarak yerleşim merkezlerine içme suyu olarak verilmektedir (Ceylan 1998).

Gümüşsu kaynağı (Kocapınar, Pınarbaşı), Işıklı Gölü'nün doğusunda yer almaktadır. Kaynak ortalama 85 l/s debisi ile şelale şeklinde boşalmakta ve şelalenin yüksekliği ise 1020 m 'dir. Debi miktarı mevsimsel olarak $70-93 \text{ l/s}$ arasında değişmektedir. Kaynak suları, Gümüşsu (Homa) kasabanın içme suyu ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında ve Akçay'ın oluşturduğu birikinti yelpazesi üzerindeki tarım alanlarının sulanmasında kullanılmaktadır. Bunun yanında bir ara şişelenerek piyasaya sürülmüştür. Gümüşsu kaynağı, homa melanji ile kalkerler arasında gelişmiş ters faydan boşalmaktadır. Kuzeyde yüzeylenen kalkerler akifer durumundadır. Daha önce kaynaktan çıkan sular, oluşturmuş olduğu vadide akış gösteriyor iken sonra bu doğal akışa müdahale edilmiş ve çevresel etkilerden korumak amacı ile doğu yamaçta 150

metre uzunluğunda, üzeri kapalı kanal içine alınmıştır (Polat vd. 2012).

Hidrojeokimya

Hidrojeokimyasal çalışmalar kapsamında çalışma alanından toplam 10 lokasyondan su örneği alınmıştır (Şekil 3). Bu örneklerin 3 adedi Kufi çayına, 2 adedi Dinarsuyuna, 1 adedi Büyük Menderes nehrine, 3 adedi kaynaklara (Işıklı, Yuva, Gümüşsu) ve 1 adedi ışıklı gölüne aittir. Çalışma alanında bulunan suların kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla öncelikle pH, elektriksel iletkenlik (EC), redoks potansiyeli (Eh), toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) parametreleri örnek alım işlemleri sırasında arazide ölçülmüştür. Çalışma alanındaki suların sıcaklıkları $9.2-10.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, elektriksel iletkenlikleri $400-850 \mu\text{S}/\text{cm}$, pH $8.34-8.50$, redoks potansiyeli $-64.8/-97.4 \text{ mV}$ ve toplam çözünmüş katı madde miktarı $200-430 \text{ mg/l}$ arasında değişmektedir (Tablo 1).

Suların kimyasal özellikleri

Majör iyonları oluşturan katyonlar (Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^+) ve anyonlar (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}) doğal suların toplam iyonik içeriğinin % 90'ından fazlasını oluşturmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Yeraltısularının dolaşım esnasında kayalarla temas halinde olması iyon içeriğini değiştirmektedir. Piper diyagramına göre inceleme alanındaki sular genel olarak alkali-toprak elementlerinin toplamı, alkali elementlerin toplamından büyük ($\text{Ca}^++\text{Mg}^+>\text{Na}^++\text{K}^+$) suları ve zayıf asit kökleri olan karbonat ve bikarbonat toplamı, güçlü asit kökleri olan klor ve sülfat toplamından büyük ($\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^->\text{Cl}^-+\text{SO}_4^{2-}$) suları temsil etmektedir (Tablo 2). Piper (1994) diyagramına göre Dinarsuyu $\text{Ca-HCO}_3\text{-Cl}$, Büyük Menderes Nehri Ca-Mg-Cl-HCO_3 , Küfi çayı Ca-Cl , $\text{Mg-Ca-HCO}_3\text{-Cl}$ ve $\text{Na-Mg-Ca-HCO}_3\text{-Cl}$, Işıklı kaynağı $\text{Ca-HCO}_3\text{-Cl}$, Yuva kaynağı K-HCO_3 , Gümüşsu kaynağı Ca-Mg-Cl ve Işıklı Gölü Ca-HCO_3 'lü sular sınıfında olduğu görülmektedir (Şekil 4). Yuva kaynağındaki potasyum artışı kaynak sularının etkileşimde olduğu magmatik ve metamorfik kayalardaki mika, lösit ve feldispat mineralleri ile kaya-su etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Kaynak sularında Cl artışı magmatik kaya minerallerinden feldispatoyid grubu mineraller, klorapatit ve mikalarla etkileşim ile ilişkilendirilebilir. Yüzey sularındaki Cl artışı ise tamamen antropojenik kökenli özellikle tarımsal amaçlı gübre kullanımı ile ilişkilidir.

Suların Fransız sertlikleri 7.05 ile 23.95 arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki suların iyon içerikleri Durov (1948) diyagramına göre de değerlendirilmiş ve genel olarak sular HCO_3^- ve Ca^++Mg^+ iyonlarının baskın olduğu gözlenmiştir (Şekil 5). Sulardaki majör elementlerin dağılımını görmek amacıyla her bir örneğin Pie diyagramı hazırlanmıştır. Diyagramlara göre sular Ca^++Mg^+ katyon olarak Cl^- , HCO_3^- iyonları bas-

Işıklı Gölü'nü (Çivril/Denizli) Besleyen Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri

kın konumdadır (Şekil 6). Ayrıca, sular kimyasal açıdan Schoeller (1965) diyagramına göre de değerlendirilmiştir. Sular diyagramda genel olarak paralel dağılıma sahip olup birbirine benzer pikler göstermekte-

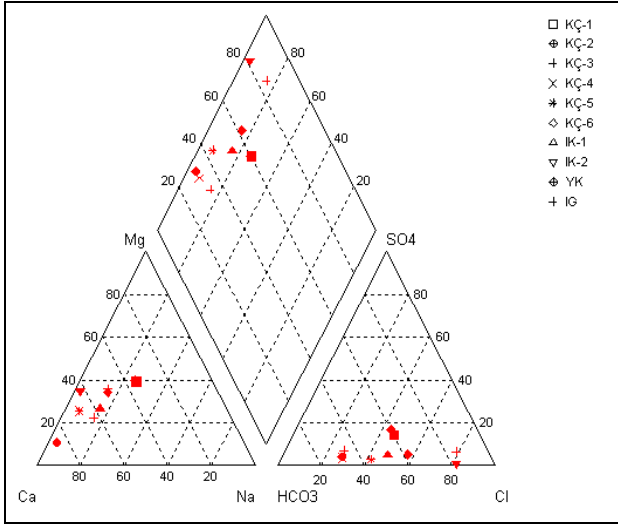
dir. Özellikle sularda Mg^{+} , Ca^{+} , Cl^{-} ve HCO_3^{-} iyonlarının baskın (>7 mek/l) olduğu görülmektedir (Şekil 7).

Tablo 1. Su örneklerinin yerinde ölçüm sonuçları

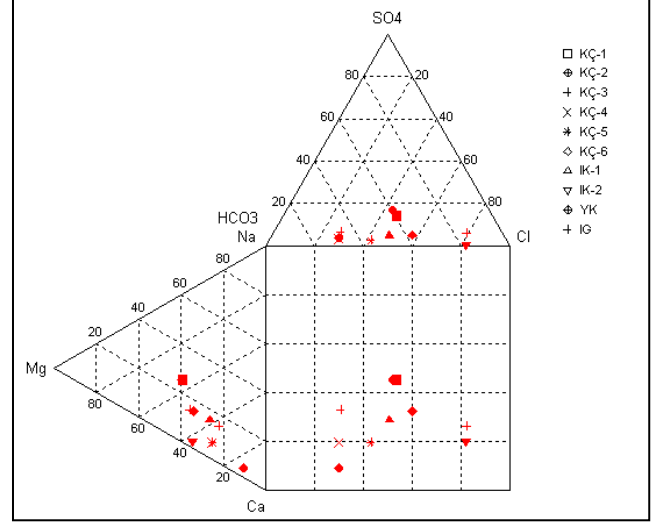
Örnek No	Yer	Koordinat X(D)	Y(K)	Z (m)	T (°C)	EC (µS/cm)	pH	Eh (mV)	TDS (mg/l)
1	Dinar suyu	357619234231042	837	9.2	410	7.73	-42.5	200	
2	Dinar suyu	357592244232089	929	10.2	410	7.30	-53.2	200	
3	B. Menderes N.	357469264233493	813	10.7	400	8.49	-86.4	200	
4	Kufi Çayı	357510064238165	812	10.2	850	8.09	-64.8	430	
5	Kufi Çayı	357511054241935	824	10.3	850	8.49	-95.9	430	
6	Kufi Çayı	357487494243020	837	9.2	640	8.50	-97.4	320	
7	Işıklı Kaynağı	357501074170417	1200	15.9	230	7.20	-16.0	200	
8	Yuva Kaynağı	357542214170896	1227	9.6	240	7.82	-48.9	130	
9	Gümüşsu Kaynağı	357612384170610	1231	10,3	230	8.43	-89.4	120	
10	Işıklı Gölü	357535084233209	833	10.3	400	8.34	-86.3	200	

Tablo 2. Su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

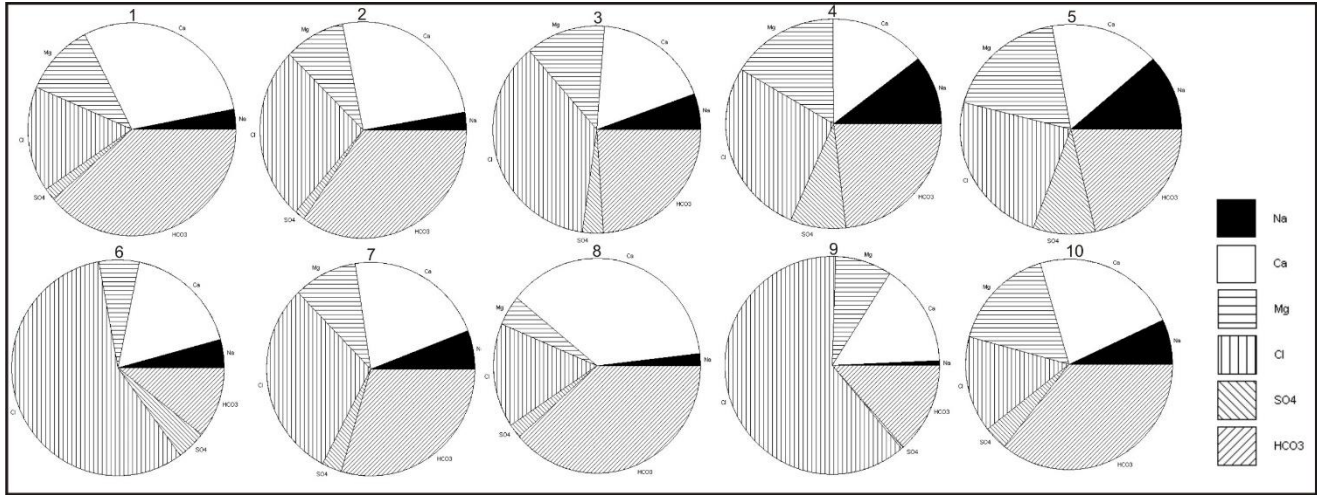
Örnek No	Yer	Mg ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	HCO ₃ ⁼ (mg/l)	CO ₃ ⁼ (mg/l)	Sertlik (Fr ⁺)	SAR	%Na
1	Dinar suyu	17.08	8.77	75.16	2.96	72	11.45	299.00	0.00	12.85	0.33	12.58
2	Dinar suyu	16.62	8.60	74.01	2.92	133	11.12	305.10	0.00	12.6	0.33	12.5
3	B. Menderes N.	22.61	19.24	54.95	5.36	195	23.36	219.67	24.00	9.4	0.55	23.56
4	Kufi Çayı	60.60	75.04	89.07	6.77	296	122.54	433.24	18.00	23.55	2.13	40.04
5	Kufi Çayı	62.00	74.82	90.48	8.21	234	122.27	366.12	48.00	23.95	2.11	39.44
6	Kufi Çayı	10.53	13.72	49.51	5.57	286	29.83	91.53	42.00	8.3	0.64	24.68
7	Işıklı Kaynağı	30.55	34.11	109.76	4.87	272	37.11	457.65	0.00	19.7	1.05	26.719
8	Yuva Kaynağı	4.19	3.07	56.39	0.37	42	7.60	176.96	0.00	7.85	0.14	1.16
9	Gümüşsu Kaynağı	12.25	1.68	36.48	0.41	260	1.96	97.63	30.00	7.05	0.08	4.69
10	Işıklı Gölü	22.82	18.06	52.00	5.46	60	20.24	250.18	6.00	11.1	0.74	24.92



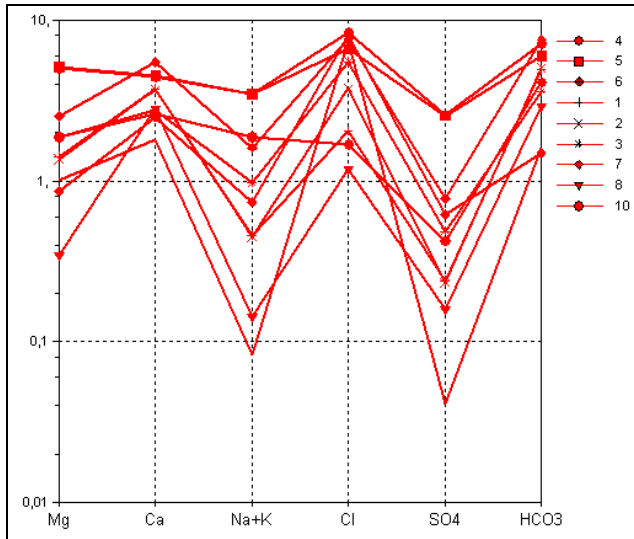
Şekil 4. Piper diyagramı



Şekil 5. Durov diyagramı



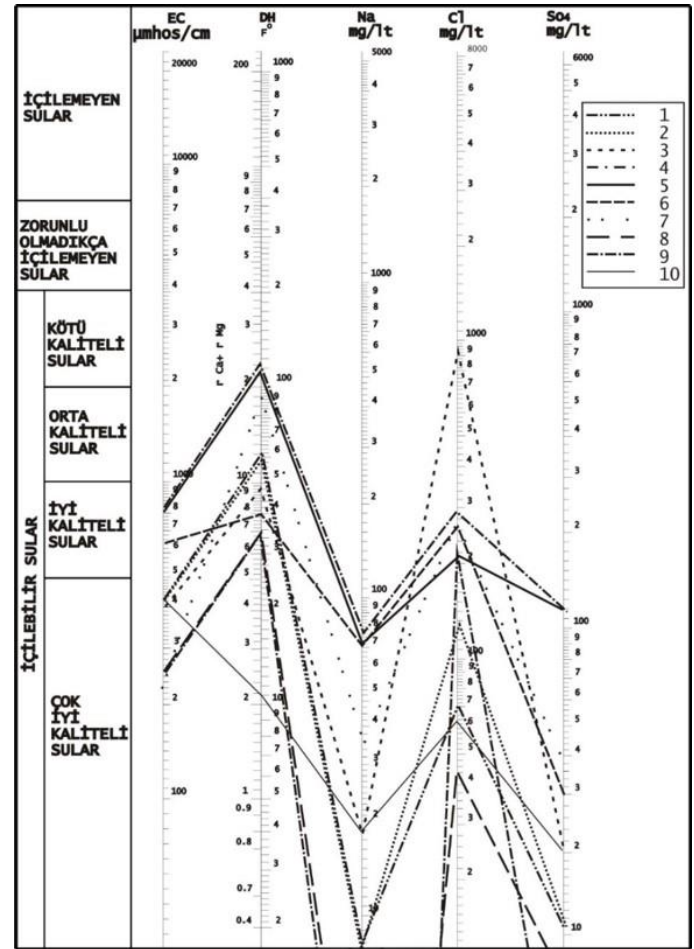
Şekil 6. Pie diyagramları



Şekil 7. Schoeller diyagramı

Suların içilebilirliği

Schoeller'in içilebilirlik diyagramına göre inceleme alanındaki sular "Çok iyi, iyi ve kötü kalite sular" sınıfında yer almaktadır. Işıklı, Yuva, Gümüşsu kaynakları, Büyük Menderes Nehri ve Dinarsuyu örnekleri "çok iyi kaliteli sular" olarak belirlenmiştir. Kufi çayına ait 6 nolu örnek "iyi kaliteli sular" sınıfındadır. Kufi çayına ait diğer örnekler ise (4 ve 5) yüksek elektriksel iletkenlik ve sertliğe sahip olmasından dolayı "kötü kaliteli sular" olarak gözlenmektedir (Şekil 8). Çalışma alanında Kufi çayının yüzey suyu olması nedeniyle içme suyu açısından kalitesinin düşük olması tehdit oluşturmamaktadır.



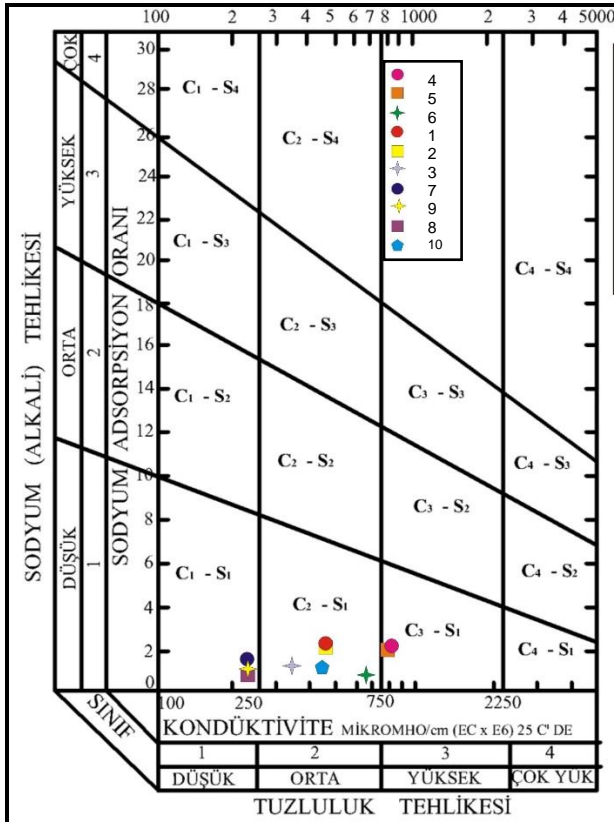
Şekil 8. Schoeller içilebilirlik diyagramı

Suların sulama da kullanılabilirliği

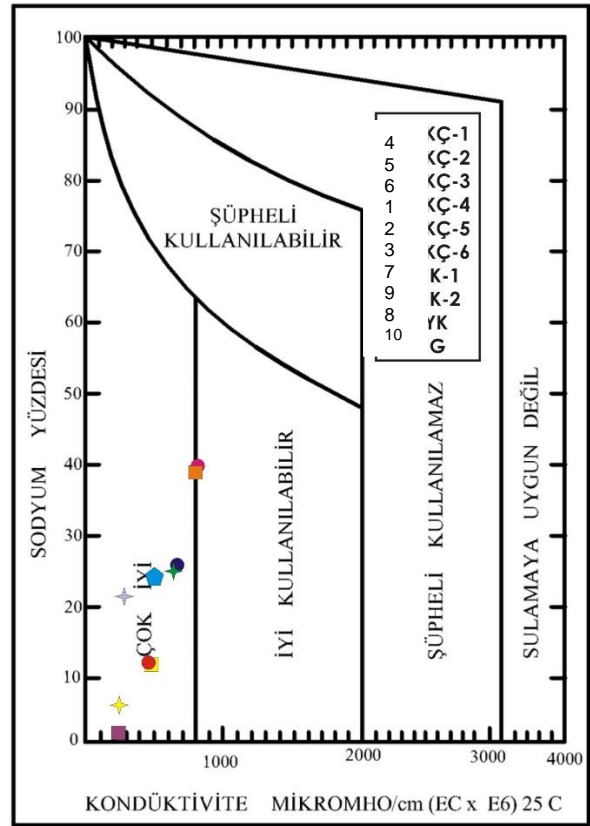
İnceleme alanındaki sular ABD tuzluluk diyagramına göre "C₁S₁-C₂S₁-C₃S₁" sınıfında yer aldığı görülmektedir (Şekil

9). Işıklı, Yuva ve Gümüşsu kaynakları bitkilerin çoğu için uygun sulama suyu olan "C₁S₁" sınıfında yer almaktadır. Dinar suyu, Büyük Menderes nehri ve Kufi çayıdan alınan 1,2,3,6 ve 10 nolu örnekler ise "C₂S₁" sınıfındaki suları "orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılan orta tuzlulukta su ve sodyuma karşı çok duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun olan az sodyumlu suları" temsil etmektedir. Kufi çayına ait 4 ve 5 nolu örnekler ise, "C₃S₁" sınıfında yer alan sular "drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz ve bazı bitkiler için kullanılabilen fazla tuzlu su ve ender halde sulama suyu olarak kullanılabilen fazla sodyumlu su" olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle bu sular sulama için uygun değildir (Şekil 9).

Sularının sulamada kullanılabilme özelliğini belirlemede kullanılan diğer bir diyagram ise Wilcox (1955) diyagramıdır. İnceleme alanındaki su örneklerinin analiz sonuçları Wilcox diyagramına göre değerlendirildiğinde 4 ve 5 nolu sular yani Kufi çayının suları "iyi kullanılabilir" sular sınıfında diğer tüm su örnekleri ise "çok iyi kullanılabilir" sular sınıfında yer almaktadır ve sulama için uygundur (Şekil 10).



Şekil 9. ABD Tuzluluk laboratuvarı diyagramı



Şekil 10. Wilcox diyagramı

Su kirliliği

Azot Türevleri

Çalışma alanında da halkın geçim kaynağı zirai faaliyetler olduğundan karşılaşılabilecek en büyük kirleticiler tarımsal faaliyetler ile kullanılan doğal ve yapay gübrelerdir. Bu nedenle çalışma alanında yeraltısularında çok rastlanan kirlenici maddeler olan azot bileşikleri (nitrat-NO₃, nitrit-NO₂, amonyum- NH₄) analiz edilmiştir (Tablo 3). Çalışma alanındaki azot bileşiklerinin tamamının Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) standartlarında sınır değerleri aşmadığı ve buna bağlı olarak da inceleme alanında azot türevlerine bağlı herhangi bir kirlilik belirtisinin olmadığı gözlenmiştir.

Ağır metaller (iz elementler)

Çalışma alanındaki kirlenici unsurları tespit etmek için ağır metal analizleri de yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları Tablo 4'de sunulmuştur. Çalışma alanındaki ağır metal analiz sonuçları genel olarak Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) standartlarına göre değerlendirilmiş ve çoğu örneğin sınır değerleri aşmadığı gözlenmiştir. Ancak Kufi çayı örnekleri (5 ve 6) ve Işıklı kaynağı (7) örneklerindeki arsenik (As) konsantrasyonunun WHO (2011) standardı sınır değeri olan 10 ppb'yi aştığı gözlenmiştir.

Bu örnekler aynı güzergah üzerindeki lokasyonlardan alınmıştır (Şekil 3). Güzergaha bakılacak olursa arsenik kirliliğinin Işıklı kaynağında (30.05 ppb) başladığı oradan kaynağın beslediği Kufi çayına (21.1-12.0 ppb) devam ettiği gözlenmektedir. Arsenik kirliliğinin örnek lokasyonlarının kuzeydoğusunda yer alan Ho-

ma melanji içerisindeki volkanitlerden kaynaklandığı ve jeojenik kökenli olduğu düşünülmektedir. Kufi çayı devamında ve göle boşaldığında arsenik konsantrasyonunun seyrelmesi bu kirliliğin jeojenik kökenli olma ihtimalini artırmaktadır.

Tablo 3. Su kaynaklarına ait azot bileşikleri sonuçları

Örnek No	Yer	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NH4 (mg/l)
1	Dinar suyu	<0.01	2.90	<0.06
2	Dinar suyu	<0.01	2.45	<0.06
3	B. Menderes N.	<0.01	3.33	<0.07
4	Kufi Çayı	0.01	7.82	<0.06
5	Kufi Çayı	0.01	2.10	<0.07
6	Kufi Çayı	0.01	9.31	<0.08
7	Işıklı Kaynağı	<0.01	7.89	<0.06
8	Yuva Kaynağı	<0.01	8.17	<0.06
9	Gümüşsu Kaynağı	<0.01	7.71	<0.06
10	Işıklı Gölü	0.01	1.43	<0.07
WHO (2011) sınır değeri		3	50	-

Ağır metaller (iz elementler)

Çalışma alanındaki kirlenici unsurları tespit etmek için ağır metal analizleri de yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları Tablo 4'de sunulmuştur. Çalışma alanındaki ağır metal analiz sonuçları genel olarak Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) standartlarına göre değerlendirilmiş ve çoğu örneğin sınır değerleri aşmadığı gözlenmiştir. Ancak Kufi çayı örnekleri (5 ve 6) ve Işıklı kaynağı (7) örneklerindeki arsenik (As) konsantrasyonunun WHO (2011) standardı sınır değeri olan 10 ppb'yi aştığı gözlenmiştir. Bu örnekler aynı güzergah

üzerindeki lokasyonlardan alınmıştır (Şekil 3). Güzergaha bakılacak olursa arsenik kirliliğinin Işıklı kaynağında (30.05 ppb) başladığı oradan kaynağın beslediği Kufi çayına (21.1-12.0 ppb) devam ettiği gözlenmektedir. Arsenik kirliliğinin örnek lokasyonlarının kuzeydoğusunda yer alan Homa melanji içerisindeki volkanitlerden kaynaklandığı ve jeojenik kökenli olduğu düşünülmektedir. Kufi çayı devamında ve göle boşaldığında arsenik konsantrasyonunun seyrelmesi bu kirliliğin jeojenik kökenli olma ihtimalini artırmaktadır.

Tablo 4. Su kaynaklarına ait ağır metal (iz element) analiz sonuçları

Örnek No	Yer	Mn (ppb)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Pb (ppb)	Hg (ppb)	Cd (ppb)	Se (ppb)	As (ppb)	Fe (ppb)	Cr (ppb)
1	Dinar suyu	6.92	0.7	0.6	0.1	0.1	2.9	0.5	4.5	10	3.9
2	Dinar suyu	13.78	0.5	0.7	0.1	0.1	1.3	0.5	4.0	39	1.3
3	B. Menderes N.	22.61	1.9	2.4	0.2	0.1	0.15	0.5	9.9	86	0.9
4	Kufi Çayı	18.67	2.7	1.6	0.1	0.1	0.05	0.7	8.8	19	1.5
5	Kufi Çayı	13.40	3.2	2.4	0.1	0.1	0.05	0.6	12.0	10	3.1
6	Kufi Çayı	70.35	3.4	4.0	1.5	0.1	0.05	0.5	21.1	214	1.4
7	Işıklı Kaynağı	0.79	1.7	4.7	0.1	0.1	0.18	0.5	30.5	10	2.3
8	Yuva Kaynağı	0.12	4.5	13.3	0.1	0.1	0.05	0.5	1.1	10	3.2
9	Gümüşsu Kaynağı	1.57	0.5	0.5	0.1	0.1	0.05	0.5	3.5	10	0.9
10	Işıklı Gölü	4.91	0.7	0.5	0.1	0.1	0.05	0.5	8.5	10	3.6
WHO (2011) sınır değeri		400	2000	3000	10	6	3	40	10	300	50

SONUÇLAR

Işıklı Gölü ve gölü besleyen su kaynakları üzerinde yapılan çalışmada yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının etkileşimde olduğu jeojenik ve antropojenik etkenlere bağlı olarak farklı hidrojeokimyasal yapıya sahip oldukları tespit edilmiştir. Yüzey ve kaynak suyu örneklerinde genel olarak Ca^{+} , Mg^{+} ve Cl^{-} , HCO_3^{-} iyonlarının baskın olduğu tespit edilmiştir. ABD Tuzluluk laboratuvarı ve Wilcox diyagramlarına göre bölgedeki suların (4 ve 5 nolu örnekler hariç) sulama suyu açısından uygun olduğu ve herhangi bir tarımsal faaliyetten etkilenmediği gözlenmektedir. Ayrıca tarımsal faaliyetlerde kullanılan zirai ilaç ve gübrenin etkisinin olmadığı da azot türevi analizleri ile ortaya konulmuştur. Ancak, iz element açısından içme suyu kaynağı olan Işıklı kaynağı ve Kufi çayı tehlike arz etmektedir. Söz konusu örneklerde çalışma alanındaki volkanitlere bağlı olarak arsenik konsantrasyonunda (>10ppb) artış gözlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasını destekleyen TÜBİTAK 2209/A Üniversite Öğrencileri Yurtiçi Araştırma Projeleri Destek Programı'na teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Afşin, M. (1991). Afyon Sandıklı Kuruçay ovası ve Hüdayi Kaplıcasının Hidrojeoloji İncelemesi. *Ankara Üniversitesi Doktora tezi*, Ankara, Türkiye s:330.
- Ceylan, M.A. (1998). Baklan-Çivril Havzası ve Yakın Çevresinin Hidrojeomorfolojik Etüdü, *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bil. Enstitüsü, Doktora tezi*, yayımlanmamış, İstanbul.
- Ceylan, M.A. Eskikurt, A., (2001). Kufi Çayı Boğazının Doğal ve Tarihi Coğrafyası (Çivril/Denizli). *Marmara Coğrafya Dergisi* 3(1):123-152, İstanbul.
- Çakmakçıoğlu, A. (1986). Çivril-Banaz-Sandıklı-Dinar Arasındaki Bölgenin Jeolojisi (K23-c1,c2,c3,c4d3; K24-d3,d4; L23-a2,a3,b1,b2,b3,b4; L24-a1,a2,a3,a4). *MTA Raporu*, Ankara, Türkiye 8062.
- DİÇDR (2011). Denizli ili 2011 yılı Çevre durum raporu, Özsoy İ, Tuncay I, Çoban U, Özdemir G, vd., Denizli Valiliği İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Denizli.
- Durov, S.A. (1948). Natural waters and graphical representation of their composition. *Dokl. Akad. Nauk. USSR* 59:87-90.
- Eren, R., Tenekecioğlu, E. (2006). Işıklı Gölünde yapılan limnolojik çalışmalar balık popülasyonlarının tespiti, avlanabilir stok miktarı ve balıklandırma çalışmaları. *Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 8 s., Antalya.

- Güler, E. (1993). Denizli-Baklan Ovası sulama inşaatı kanal tesisleri hakkında Teknik rapor, *Boğaziçi Üniv.*, Ankara.
- Gürbüz, A., Boyraz, S., Ismael, M.T. (2011), PlioQuaternary development of the Baklan-Dinar graben: implications for cross-graben formation in SW Turkey, *International Geology Review*, 54:1, 3350.
- İsmael, M.T. (2009). Işıklı Gölü (Çivril/Denizli) Tortularının Sedimentolojik İncelenmesi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, 80s Ankara.
- Koç, C. (2010). A study on the pollution and water quality modeling of the River Büyük Menderes, Turkey. *Clean-Soil, Air, Water* 38(12):1169-1176.
- Konak, N. (2002). Türkiye'nin 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası, İzmir bölgesi, MTA,
- Konak, N., Şenel, M. (2002). Türkiye'nin 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası, Denizli
- Orhun, Ö., Gerçek, A. (1993). Çivril-Baklan Ovası BL1 ve Sütlaç ana kanal güzergahı zemin özellikleri raporu. *Aydın DSİ XXI. Bölge Müdürlüğü Aydın*.
- Öngür, T. (1973). Sandıklı (Afyon) Jeotermal Araştırma Bölgesine İlişkin Jeolojik Durum ve Jeotermal Enerji Olanakları. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara, Türkiye 5520.
- Öztaş, Y. (1989). Homa-Akdağ yöresi, Sandıklı-Şuhut kuzeylerinin jeolojisi ve petrol olanakları, *TPAO Arşivi*, 2584, Ankara.
- Öztürk, A. (1981). Homa-Akdağ (Denizli) Yöresinin Stratigrafisi, *TJK Bülteni*, 24(1):75-84 Ankara.
- Öztürk, A. (1981). Homa-Dinar yöresi ofiyolitli melanjlari ve Genç Otokton Birimler, *S.Ü, Fen Fakültesi Dergisi*, 1:47-66.
- Piper, A.M. (1994). A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Am Geophys Union Trans* 25:914-928.
- Polat, S., Karğı, S., Güney, Y. (2012). Gümüşsu (Homa) Şelalesi (Çivril-Denizli). *Selcuk University Social Sciences Institute Journal* 27.
- Schoeller, H. (1965). Qualitative evaluation of groundwater resources. *Methods and techniques of groundwater investigations and development. UNESCO* 54-83.
- Şenel, M. (2002). Geological Map of Turkey in 1/500.000 Scale: Konya Sheet. *Publication of Mineral Research and Exploration Directorate of Turkey (MTA)*, Ankara.
- Turan, N., (2002). Geological Map of Turkey in 1/500.000 Scale: Ankara Sheet. *Publication of Mineral Research and Exploration Directorate of Turkey (MTA)*, Ankara.
- URL-1 (2015). <http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=DENIZLI>
- WHO (2011). Geneva. Guidelines for drinking-water quality. *World Health Organization*.
- Wilcox, L.V. (1955). Classification and use of irrigation water *US Department of Agri Circ* 696 Washington DC.