



AKSU (ISPARTA) OVASI YÜZEY VE YERALTI SULARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE SU KALİTESİ

WATER QUALITY AND HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SURFACE WATER AND GROUNDWATERS IN AKSU (ISPARTA) PLAIN

Şehnaz ŞENER^{1*}, Derya GÜNEŞ²

¹Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

senhnazsener@sdu.edu.tr

²Geomed Geoteknik Müşavirlik, Etüd, Denetim ve Ticaret A.Ş, Ankara, Türkiye.

deryagunesgeomed@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 04.03.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 20.05.2014

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2014.85547

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada, Aksu (Isparta) ovasının jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamında bölgedeki yeraltı suyu dinamiği yanı sıra mevcut durumdaki su kalitesinin ve kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı, Türkiye'nin güneybatısında yer almakta olup bölgede Beydağları otoktonu ve Antalya naplarına ait litolojik birimler gözlenmektedir. Havzanın en önemli yüzey suyu Aksu çayı, yeraltı suyu rezervuarları ise alüvyon ve karstik akiferlerdir. Ova içerisindeki su kaynakları içme ve sulama suyu olarak kullanıldığı için suların hidrojeokimyasal özellikleri ve kalitesi önem taşımaktadır. Bu amaçla, Mayıs-2013 döneminde su kaynakları üzerinde insitu ölçümler ve kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bölgedeki su kaynaklarının Mg-HCO₃, Ca-HCO₃, ve Mg-Ca-HCO₃ sular fasiyesinde olduğu belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı suyu örneklerinin tamamı sülfür parametresinden ötürü IV. su kalite sınıfında yer almaktadır. Bu durum bölgedeki kaya-su etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Kullanım özellikleri bakımından yapılan değerlendirmeler ise su kaynaklarının genel olarak içme ve sulama suyu kullanımına uygun olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Aksu ovası, Hidrojeokimya, Su kalitesi

Abstract

In this study, geological, hydrological, hydrogeological, hydrogeochemical characteristics of the Aksu (Isparta) plain were investigated. In addition, determination of the water quality and availability in current status besides groundwater dynamics were aimed in the scope of work. The study area is located in the southwest Turkey, and lithological units belonging to Beydağları autochthonous and Antalya nappes are observed. The most important surface water and groundwater reservoirs are Aksu river and alluvial-karst aquifers, respectively. Hydrogeochemical characteristics and quality of the water are important because water is used as drinking water and irrigation water in the plain. For this purpose, in situ measurements and chemical analyzes were carried out in the period of May-2013 on water resources. According to the obtained results, water resources is Mg-HCO₃, Ca-HCO₃, and Mg-Ca-HCO₃ facies. According to the Water Pollution Control Regulation, all surface and groundwaters are determined in 4th water quality class in terms of sulfur owing to water-rock interaction. The assessment of the usage properties of the waters indicate that water sources is suitable for drinking and irrigation water usage in generally.

Keywords: Aksu plain, Hydrogeochemistry, Water quality

1 Giriş

Su canlı yaşamının en temel gereksinimlerinden biri olup, ülkelerin sosyal ve ekonomik faaliyetlerin gelişmesi büyük ölçüde temiz ve yeterli su kaynaklarına sahip olmasına bağlıdır. Ancak, günümüzde su kaynakları insan faaliyetleri ve doğal süreçler etkisiyle sürekli bir tehdit altındadır. Kentleşme, nüfus artışı, evsel ve endüstriyel atıklar, tarımsal faaliyetler, artan yaşam standartları vb. baskılar mevcut su kaynaklarını kullanılamaz duruma getirmektedir. Bunların üzerine iklim ve doğal koşulların değişimi eklendiğinde su kaynaklarını korumak daha da zorlaşmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin etkilerini hissetmeye başladığımız ülkemizde hızla artan nüfusa paralel olarak su ihtiyacı giderek artmakta olup bugün kişi başına su tüketimi halen 1400 m³/yıl ile dünya ortalamasının (7600 m³/yıl) çok gerisinde kalmaktadır [1]. Ülkemizde su tüketim miktarının düşük olması hem su kaynaklarımızın sanıldığı gibi sınırsız olmaması hem de ülkemizin ekonomik gücünün bu su kaynaklarından optimum düzeyde yararlanmak için yeterli olmaması ile ilişkilidir. Ayrıca, mevcut su kaynaklarının birçoğu kirlenmiş ya da kirlilik tehdidi

altındadır. Özellikle kullanıma en kolay kazandırılması mümkün olan yüzey sularında yapılan izleme çalışmaları su kalitelerinin her geçen gün daha da bozulduğunu ve birçoğunun kullanılamaz duruma geldiğini ortaya koymaktadır [2]-[5]. Bu nedenle yeraltı suları içme ve sulama suyu ihtiyacını karşılamada daha yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak, iklim değişimlerinin olumsuz etkileri ve su kirliliği sınırlı bir kaynak olan kullanılabilir yeraltı sularını da tehdit etmektedir.

Yüzey ve yeraltı sularının temel kaynağı yağış olup, yeraltı suları yüzey sularına göre daha fazla mineral içermektedir. Genel olarak yeraltı sularının kimyasal bileşimi etkileşimde bulunduğu litolojilerin kimyasal bileşimine ve temas süresine bağlı olarak değişmektedir. Yeraltı sularında bulunan kimyasal elementler kullanım özelliklerini belirlemektedir. Farklı kalitedeki sular içme, kullanma, sulama, sanayi vb. farklı amaçlarda kullanılmaktadır [6].

Çalışma alanını oluşturan Aksu (Isparta) ovası Isparta il merkezine 60 km. uzaklıkta olup bölgede yoğun olarak tarım ve hayvancılık faaliyetleri yürütülmektedir. Söz konusu faaliyetlerin yüzey ve yeraltı suları kalitesi üzerindeki olası etkileri belirlemek ve mevcut su kaynaklarının

hidrojeokimyasal özelliklerini ortaya koymak sunulan çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Çalışma Alanı

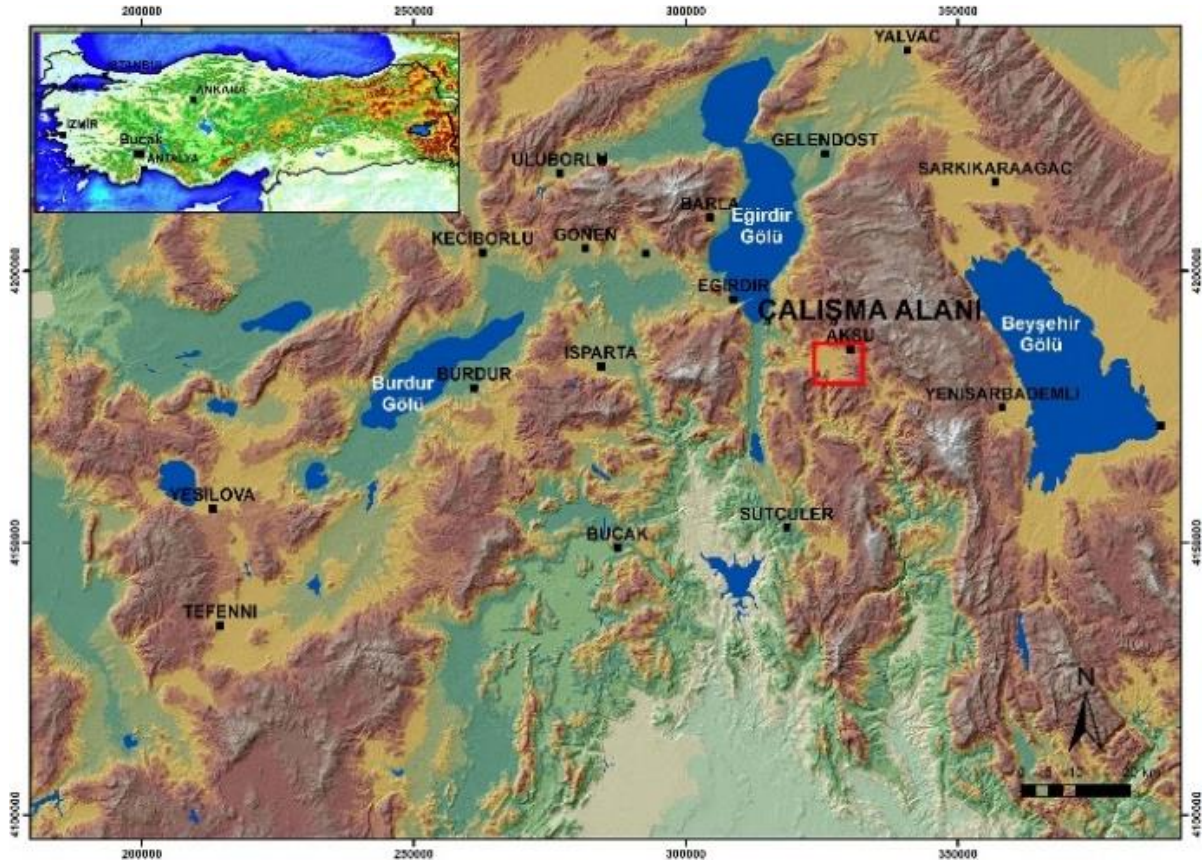
Aksu ovasının içinde bulunduğu havza Türkiye'nin güney batısında Köprüçay Havzası'nın bir alt havzası olup, Eğirdir Gölü'nün güneydoğusunda yer almaktadır. Yaklaşık 140 km²'lik bir alanı kapsayan çalışma alanı coğrafi konumu itibarıyla 41° 85' ve 41° 98' kuzey enlemleri ile 32° 80' ve 33° 70' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1) Bölgede en önemli yerleşim merkezleri; Aksu ilçesi ve ilçeye bağlı köylerdir. Aksu İlçesinin 2009 yılına göre nüfusu 5520'dir. Bölgede tarım, hayvancılık, balıkçılık ve arıcılık başlıca geçim kaynağı olup, elma üretimi önemli bir yer tutmaktadır [7]-[9].

2.2 Yöntem

Yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerini ve kalitelerini etkileyen en önemli unsurlardan biri kayaç-su etkileşimidir. Bu nedenle hidrojeokimyasal incelemelerde öncelikle bölgenin jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin ortaya koyulması gerekmektedir. Çalışma alanının jeolojisini incelemek amacıyla öncelikle beslenme havzası sınırı belirlenmiş ve havza sınırı içinde kalan alanın 1/100.00 ölçekli jeoloji haritası daha önceki çalışmalardan ve arazi çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak bölgedeki geçirimli, yarı geçirimli ve geçirimsiz birimler ayırtlanmıştır. Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerini, kalitesini ve kullanım koşullarını belirleyebilmek için Mayıs (2013) döneminde su

örnekleri alınmıştır. Su örnekleri alınırken sızdırmaz kapaklı polietilen şişeler kullanılmıştır. Örneklerin sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC) ve hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH) değerleri Elmetron CX-401 ve YSI Professional Plus marka çok parametrelili portatif su kalitesi ölçüm cihazları kullanılarak yerinde ölçülmüştür. Örneklerin kimyasal analizleri ise ACME laboratuvarlarında (Kanada), ve SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltı suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında yapılmıştır. ACME laboratuvarlarında su örnekleri Grup 2C kapsamında, analiz edilmiştir. Söz konusu laboratuvarıda katyon ve iz element içeriklerinin belirlenmesinde ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) analiz tekniği kullanılmaktadır. SDÜ Jeotermal Enerji, Yeraltı suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ analizleri Merck-Spectroquant Nova 60 cihazı kullanılarak spektrofotometrik yöntem ile CO₃²⁻ ve HCO₃²⁻ analizleri ise Merck-Aquamerck test kitleri kullanılarak titrimetrik yöntem ile yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları iyon özellikleri, kullanım amaçları (içme ve sulama) ve kalite özellikleri olmak üzere üç grupta incelenmiştir. Yüzey ve yeraltı sularının iyon özelliklerinin tanımlanmasında, genel kimyasal özellikler değerlendirilmiş ve Schoeller ile Piper diyagramları kullanılarak yorumlamaları yapılmıştır. Suların kullanım amaçlarının değerlendirilmesinde ise Schoeller İçilebilirlik, ABD tuzluluk ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır. Ayrıca, suların hem kullanım özelliklerinin hem de kalite özelliklerinin değerlendirilmesi için Türk Standartları Enstitüsü [10], Dünya Sağlık Örgütü [11], ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde [12] belirlenen Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterlerine ait standart değerlerden yararlanılmıştır



Şekil 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

3 Jeoloji ve Hidrojeoloji

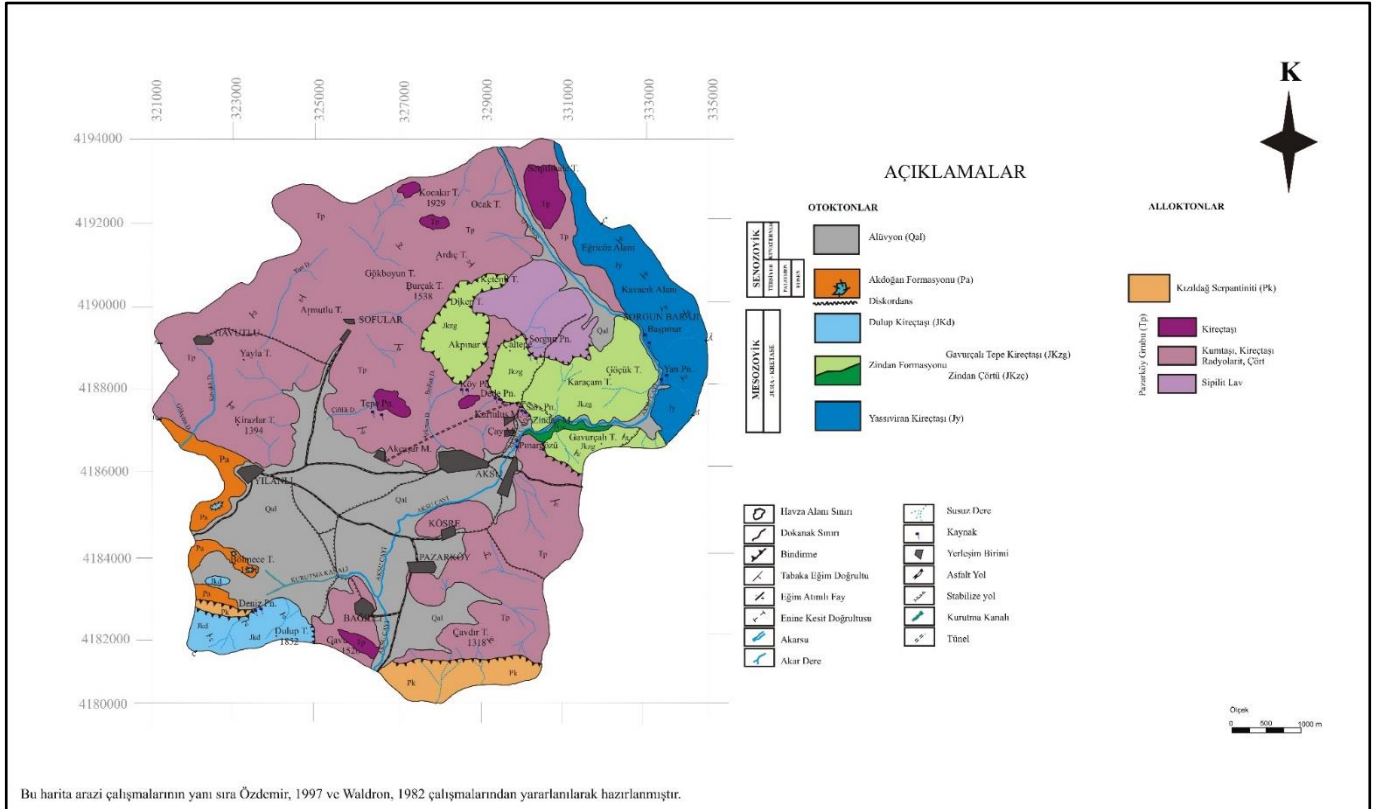
Çalışma alanında ayrırtlanan jeolojik birimler, otokton ve allokton konumlu olmak üzere iki grup altında toplanmıştır. Anamas Formasyonuna ait Yassıviran kireçtaşı, Zindan Formasyonunun Çört ve Gavurçalı Tepe Kireçtaşı üyeleri, Dulup Kireçtaşı, Akdoğan Formasyonu ve alüvyon otokton birimleri, Pazarköy Grubu ve Kızıldağ Serpantini ise allokton birimleri oluşturmaktadır (Şekil 2). Bölgede en yaşlı birim olan Yassıviran kireçtaşları, kalın katmanlı, yer yer masif görünümlü, açık ve koyu grimsi, sık eklemlili olup, başlıca kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşından oluşmaktadır. Jura yaşlı bu kireçtaşlarının üzerine Zindan Formasyonunun çört ve Gavurçalı Tepe kireçtaşı üyeleri (Jura-Kretase) uyumlu olarak yerleşmektedir. Çörtler koyu gri, siyah renkli ve ince tabakalı olup üste doğru krem renkli çörtlü kalsilitit ara tabakaları kapsamaktadır. Zindan formasyonu çört birimini üzerleyen Gavurçalı Tepe kireçtaşı üyesi ise pelajik fosiller içeren pembe renkli mikritik kireçtaşları ile radyolaryalı çört ara tabakaları kapsayan masif, iri taneli kalkarenit ve kireçtaşı breşlerinden oluşmaktadır. Zindan Formasyonunun üzerinde yine uyumlu olarak yerleşmiş olan Dulup kireçtaşı gözlenmektedir. Birim beyazımsı bej, hatta krem, kalsit damarlı, çatlaklı yer yer pelletik dokuda, alt yüzeylerinde dolomitik, oolitik, üst seviyelere doğru resifal ve alglidir. Akdoğan Formasyonu Eosen yaşlı, ofiyolitik kaya birimlerinden oluşmaktadır. Birimin alt dokanağı kendi yaşından önceki tüm birimleri açısız bir diskordansla örtmekte, üst dokanağı çalışma alanında Kuvaterner ile sınırlandırılmıştır. Mesazoyik yaşlı olan Pazarköy Grubu ve Kızıldağ Serpantini bölgeye allokton olarak

yerleşmiştir. Pazarköy grubu kumtaşı, radyolarit, çört, kırmızı renkli çamurtaşları ve beyaz renkli rekristalize kireçtaşları ile yastık lavlardan oluşmaktadır [13]. Kızıldağ serpantinleri ise magmatik bantlaşmaya sahip olup, yeşil, koyu yeşil, siyahımsı renkli, parlak yüzeyli ve bol çatlaklıdır. Çatlaklar beyaz renkli manyezit ve silisle doldurulmuştur.

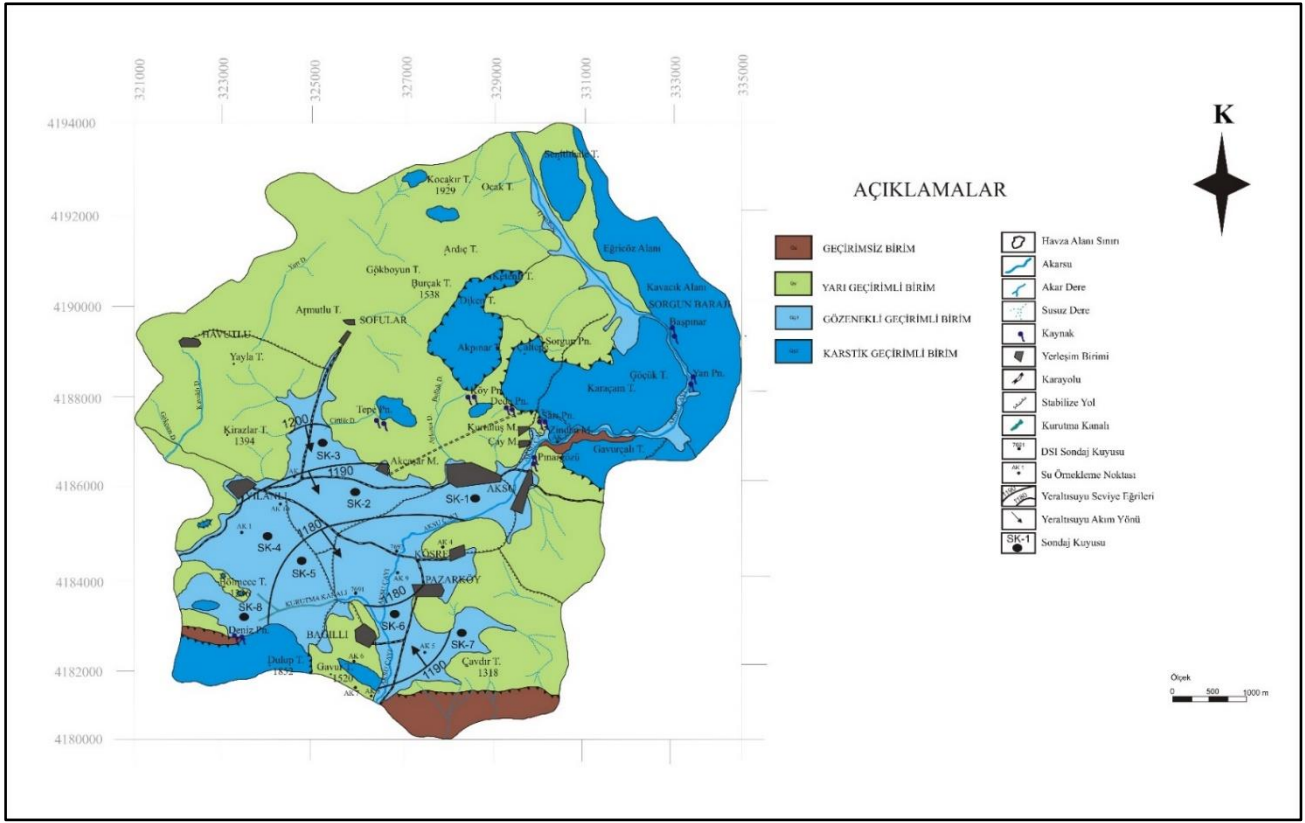
Bütün birimleri uyumsuz olarak örten Kuvaterner yaşlı alüvyon çalışma alanının merkezinde çevredeki birimlerin aşınmasının ürünü olarak birikmiştir. Alüvyonlar yatay ve yataya yakın tutturulmamış kum, marn silt, serpantinden oluşmaktadır [14].

Çalışma alanı içerisindeki jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre geçirimsiz, yarı geçirimli ve geçirimli kaya birimleri olmak üzere 3 grupta toplanmıştır. Buna göre, çalışma alanında dar alanlarda yüzeyleyen Zindan Çört üyesi ve serpantinleşmiş ultrabazik magma ürünü kayalardan oluşan Kızıldağ Serpantini geçirimsiz kaya birimleri oluşturmaktadır. Bölgede geniş alanlarda yayılım sunan Pazarköy grubu ve Akdoğan Formasyonu içerdiği kireçtaşı blokları ve kırıklı çatlaklı yapısı nedeniyle yarı geçirimli kaya birimi olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanının en önemli akiferini oluşturan alüvyon ovada geniş alanlarda yüzeylenmekte ve egemen olarak kil, silt, kum ve çakıl boyutundaki malzemeden oluşmaktadır. Yaklaşık 100 m. kalınlığa sahip olan alüvyon, litolojik özelliklerine göre gözenekli geçirimli birim olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında gözlenen Yassıviran kireçtaşı, Dulup kireçtaşı, Gavurçalı Tepe Kireçtaşı ve Pazarköy grubuna ait kireçtaşları kırıklı, çatlaklı ve karstik özelliğe sahip olduklarından dolayı karstik geçirimli birim olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2: Çalışma alanının jeoloji haritası.



Şekil 3: Çalışma alanının hidrojeoloji haritası.

Çalışma kapsamında yeraltı suyu dinamiğine açıklık getirmek amacıyla Mayıs (2013) döneminde mevcut sondaj kuyularında ve keson kuyularda statik seviye ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılan kuyuların hepsi alüvyon ortamda olup bölgede yeraltı suyu seviyesi 2 m ile 4.5 m. arasında değişmektedir. Yapılan seviye ölçümlerine göre hazırlanan seviye eğrileri incelendiğinde bölgede yeraltı suyu akımının Aksu Çayı'na doğru olduğu görülmektedir (Şekil 3).

4 Hidrojeokimya

Yeraltı ve yeryüzünde bulunan suların kendilerine özgü kimyasal özellikleri vardır. Bu özellikler, suyun bulunduğu derinliği, etkileşim halinde oldukları jeolojik birimlerin litolojik özelliklerine ve geçtikleri ortamlara göre değişiklik gösterirler. Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal özelliklerini ve su kalitesini belirleyebilmek için 8 adet yeraltı sularından ve 2 adet Aksu Çayı'ndan olmak üzere toplam 10 adet su örneği alınmıştır. Su örneklerinin alındığı lokasyonlar Şekil 3'te verilen hidrojeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir. Çalışma alanında bulunan yüzey ve yeraltı sularının iyon özelliklerinin belirlenmesinde öncelikle sertlik, hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), özgül elektriksel iletkenlik (EC), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve sodyum iyon yüzdesi (%Na) gibi genel kimyasal özellikleri incelenmiştir. Bunun yanı sıra, suların düşey yarı logaritmik Schoeller diyagramı ve Piper diyagramı kullanılarak sınıflandırılmasında su örneklerinin major anyon ve katyon (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-}) analiz sonuçları kullanılmıştır (Tablo 1).

4.1 Sertlik

Sertlik, suların en önemli iyon özelliklerinden biri olup başta

kalsiyum, magnezyum, bikarbonat iyonları olmak üzere, Ca-Mg sülfat, Ca-Mg nitrat ve +2 veya daha yüksek değerliğe sahip metal katyonlarından (Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) ileri gelmektedir. Ülkemizde suların sertlik derecelerini belirtmek için Fransız Sertlik Derecesi (Fr°) kullanılmaktadır. Bir Fransız sertlik derecesi, 100 ml suda bulunan 1 mg $CaCO_3$ miktarı ile tanımlanır [15]. Suların sertlik sınıflaması Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 1'de verilen analiz sonuçlarına göre çalışma alanındaki su kaynaklarında ölçülen sertlik değerleri 10.50-31.14 Fr° arasında değişmektedir. Sular sertlik sınıflamasına göre değerlendirildiğinde, AK3, AK4 ve AK6 no.lu lokasyonlardan alınan su örnekleri yumuşak sular sınıfında, AK1, AK2, AK5, AK7, AK8, AK9 ve AK10 no.lu lokasyonlardan alınan su örnekleri ise oldukça sert sular sınıfında yer almaktadır.

4.2 Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

Suların pH'ı sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi göstermektedir. Su içerisindeki H^+ ve OH^- iyon konsantrasyonlarının azalıp artmasına bağlı olarak suyun asidik veya bazik özelliği değişmektedir. Yeraltı suları pH < 7 olan asidik özellik sunarken yüzey suları pH > 8 olan bazik özelliktedir. Çalışma alanındaki sular pH değerlerine göre sınıflandırıldığında, suların tamamının bazik karakterli sular olduğu belirlenmiştir.

4.3 Özgül Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik, cisimlerin elektriği geçirme özelliğidir. Her cismin elektriği geçirme özelliği farklıdır. Örneğin saf su elektriği çok az geçirdiğinden iyi bir yalıtıcıdır. Özgül elektriksel iletkenlik ise, +25 °C'deki 1 cm³ suyun iletkenliğidir. Suyun özgül iletkenliği iyon cinsine, derişime ve sıcaklığa bağlıdır [15].

Tablo 1: Yüzeysel ve yeraltı sularının kimyasal analiz sonuçları.

Numune No	Su cinsi	Koordinatlar	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻
			mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l	mek/l
AK1	Kaynak	4184865K/ 322979D	5.75	0.48	0.15	0.02	0.05	0.09	0	5.8
AK2	Kuyu	4185614K / 324613D	4.55	0.31	0.25	0.02	0.12	0.05	0	4.9
AK3	Yüzeysel suyu	4186821K / 331486D	2.34	0.38	0.03	0.01	0.02	0.03	0.4	2.1
AK4	Kuyu	4183686K / 328023D	2.29	0.31	0.03	0.01	0.02	0.03	0	2.5
AK5	Kuyu	4181350K / 327903D	0.15	4.59	0.05	0.001	0.05	0.02	0	4
AK6	Kaynak	4181720K / 326423D	1.62	0.48	0.06	0.01	0.05	0.06	0	2
AK7	Kaynak	4178404K / 326027D	0.13	5.23	0.05	0.01	0.05	0.03	0.6	4
AK8	Kuyu	4180158K / 326655D	0.16	5.61	0.05	0.001	0.02	0.02	0.6	4.5
AK9	Yüzeysel suyu	4183787K / 327154D	4.65	0.87	0.15	0.04	0.07	0.14	0	5.2
AK10	Kuyu	4185303K / 324174D	4.52	0.31	0.25	0.02	0.14	0.05	0	4.7
TS266 (2005) µg/l			75000	50000	-	-	200000	200000		
WHO (2006) µg/l			-	-	-	-	250000	250000		
SKKY µg/l	I sınıf		-	-	125000	-	25000	200000		-
	II sınıf		-	-	125000	-	200000	200000		-
	III sınıf		-	-	250000	-	400000	400000		-
	IV sınıf		-	-	>250000	-	>400000	>400000		-

Tablo 1: Yüzeysel ve yeraltı sularının kimyasal analiz sonuçları (devamı).

Numune No	Su cinsi	Koordinatlar	Sıcaklık °C	Sertlik	EC mch/cm	pH	TDS	%Na	SAR	Su Sınıfı
AK1	Kaynak	4184865K / 322979D	15.9	31.14	510	7.39		2.35	0.12	Ca-HCO ₃
AK2	Kuyu	4185614K / 324613D	19.9	24.27	430	7.44	0.21	4.88	0.23	Ca-HCO ₃
AK3	Yüzeysel suyu	4186821K / 331486D	14.8	13.57	240	8.43	0.12	1.09	0.04	Ca-Mg-HCO ₃
AK4	Kuyu	4183686K / 328023D	19	13.02	220	7.93	0.11	1.14	0.04	Ca-Mg-HCO ₃
AK5	Kuyu	4181350K / 327903D	19.8	23.68	350	7.74	0.18	1.04	0.05	Mg-HCO ₃
AK6	Kaynak	4181720K / 326423D	18.7	10.50	180	8.21	0.09	2.77	0.08	Ca-Mg-HCO ₃
AK7	Kaynak	4178404K / 326027D	14	26.82	380	8.5	0.19	0.92	0.04	Mg-HCO ₃
AK8	Kuyu	4180158K / 326655D	20	28.84	430	8.3	0.21	0.86	0.04	Mg-HCO ₃
AK9	Yüzeysel suyu	4183787K / 327154D	20.2	27.57	450	7.69	0.22	2.63	0.13	Ca-HCO ₃
AK10	Kuyu	4185303K / 324174D	19.5	24.14	430	7.52	0.21	4.90	0.23	Ca-HCO ₃
TS266 (2005) µg/l					-	-	-	7-8.5	-	
WHO (2006) µg/l					-	-	-	7-8.5	-	
SKKY µg/l	I sınıf			25	-	-	6.5-8.5	-	-	-
	II sınıf			25	-	-	6.5-8.5	-	-	-
	III sınıf			30	-	-	6-9	-	-	-
	IV sınıf			>30	-	-	6-9 dışında	-	-	-

Çalışma alanında genel olarak özgül elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, 180-510 mch/cm arasında değişmektedir. Çalışma alanının batı kesiminde yer alan Yılanlıdaki kaynaklarda yeraltı

suyunun elektriksel iletkenliği 430-510 mch/cm arasındadır. Doğu kesimlerde bulunan Zindan Mağarası ve Aksu çayından alınan numunelerin elektriksel iletkenliği 240-430 mch/cm'dir.

Çalışma alanının güney kesimlerindeki Köstre, Pazarköy, Baklan ve Bağlılı kaynaklarında ise elektriksel iletkenlik 180-450 mch/cm arasında değişmektedir.

Tablo 2: Suların sertliklerine göre sınıflandırılması [15].

Fransız Sertliği	Su Sınıfı
0.0-7.2	Çok yumuşak
7.2-14.5	Yumuşak
14.5-21.5	Az sert
21.5-32.5	Oldukça sert
32.5-54.0	Sert
>54.0	Çok sert

4.4 Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Sodyum miktarı sulama suyu kalitesinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Sodyum toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltır ve sulamadan sonra toprak üzerinde kaymak şeklinde sert bir kabuk oluşmasına neden olur.

Böylece bitki kökleri hava alamaz ve bitkiler için zehirli bir ortam oluşturur [15]. SAR oranı aşağıda verilmiş formül ile hesaplanır (1). Bağlıta iyonların mek/l değerleri kullanılır.

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{(rCa^{++} + rMg^{++})/2}} \quad (1)$$

Çalışma alanındaki su kaynaklarına ait SAR değerleri 0.04-0.23 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre çalışma alanı genelinde sulama suları "çok iyi özellikte sulama suyu" sınıfında yer almaktadır.

4.5 Sodyum İyon Yüzdesi (%Na)

Yeraltı suyunun sulama suyu olarak kullanımını tespit etmek için kullanılan diğer bir özellik de sodyum yüzdesidir. %Na artışı topraktaki kalsiyum ve magnezyumla baz değişikliğine neden olacağından istenmemektedir. Bu değer iyonların mek/l değerleri kullanılarak aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır (2).

$$\%Na = \frac{rNa^+}{rNa^+ + rCa^{++} + rMg^{++} + rK^+} \times 100 \quad (2)$$

Çalışma alanında su örneklerinin sodyum yüzdesi 0.86-4.90 arasında değişmektedir.

4.6 Suların Kimyasal Sınıflaması

4.6.1 Schoeller'e Göre Suların Sınıflandırılması

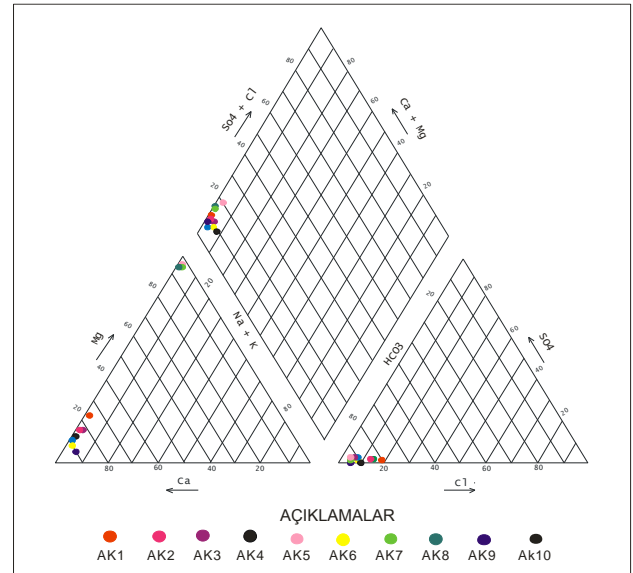
Schoeller, suları klorür, sülfat ve karbonat + bikarbonat derişim miktarlarına göre sınıflamıştır (Tablo 3). Aksu ovasının en önemli yüzey suyu olan Aksu Çayı'ndan alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre çay suları klorürü içeriğine göre "olağan klorürlü sular" sınıfında, sülfat içeriğine göre "olağan sülfatlı sular" sınıfında, karbonat+bikarbonat miktarına göre yine "olağan karbonatlı sular" sınıfındadır. Ovadaki yeraltı suları Schoeller'e göre sınıflandırıldığında, tüm yeraltı suyu örneklerinin "olağan klorürlü sular", "olağan sülfatlı sular" ve "olağan karbonatlı sular" sınıfında olduğu belirlenmiştir [16].

4.6.2 Piper'e Göre Suların Sınıflandırılması

Piper diyagramı suların genel anyon-katyon içeriğini dikkate alarak su fasiyeslerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı suları temsil eden su örneklerine ait analiz sonuçları Piper Diyagramı üzerinde gösterilerek su örneklerinin hidrojeokimyasal fasiyesleri belirlenmiştir (Şekil 4).

Tablo 3: Schoeller klorür, sülfat, karbonat-bikarbonat sınıflaması [16].

Klorür Sınıflaması	Su Sınıfı	Klorür Miktarı (mek/l)
	Hiperklorür Sular	>700
	Klorotalastik Sular	420-700
	Klorürce Zengin Sular	140-420
	Orta Klorürlü Sular	40-140
	Oligoklorürlü Sular	15-40
Olağan Klorürlü Sular	<15	
Sülfat Sınıflaması	Su Sınıfı	Sülfat Miktarı (mek/l)
	Hiposülfatlı Sular	>58
	Sülfatlı Sular	24-58
	Oligosülfatlı Sular	6-24
	Olağan Sülfatlı Sular	<6
Karbonat-Bikarbonat Sınıflaması	Su Sınıfı	Karbonat+Bikarbonat (mek/l)
	Hiperkarbonatlı Sular	>7
	Olağan Karbonatlı Sular	2-7
	Hipokarbonatlı Sular	<2



Şekil 4: Piper diyagramı.

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının tamamı, alkali toprak elementlerin toplamı (Ca+Mg), alkali elementlerin toplamından (Na+K) büyük, zayıf asit köklerin toplamının (HCO₃+CO₃) güçlü asit köklerinin toplamından (SO₄+Cl) büyük ve "karbonat sertliği %50'den fazla olan suları temsil etmektedir. Piper diyagramına göre su örneklerinin genel olarak Ca-HCO₃, Mg-HCO₃ ve Ca-Mg-HCO₃'lü ve sular fasiyesinde olduğu görülmektedir.

Su örneklerinden AK5, AK7 ve AK8 no.lu örnekler Mg-HCO₃ su fasiyesinde olup diğer örneklerden farklı bir özellik sunmaktadır. Özellikle yeraltı sularında Mg iyonunun kaynağı dolomit, evaporit, magmatik kaya mineralleri (olivin, biyotit, hornblend, ojit) ve metamorfik kayalarda bulunan serpantin, talk, diopsit, tremolit gibi minerallerdir [14]. Örnek lokasyonları incelendiğinde bu örneklerin birbirine yakın ve genel olarak Pazarköy Grubu içerisinde yer alan Kızıldağ Serpantinlerinin yüzeylendiği bölgeleri temsil ettiği görülmektedir. Bu nedenle diğer örneklerden farklı olarak sularla ölçülen yüksek Mg içeriği, bölgede yüzeyleyen

serpantinlere bağlı olarak gelişen kaya-su etkileşiminin bir sonucu olduğu görülmektedir.

5 Su Kalite Değerlendirmesi

Ülkemizde kurumsal ve akademik çalışmalarda, tüm yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (SKKY, 12) belirlenen Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine ait standart değerlere göre yapılmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının kalite özelliklerinin belirlenmesinde Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine ait standart değerlerden yararlanılmıştır. Söz konusu su kalite değerlendirmesinin yapılabilmesi için su örneklerinin fiziksel parametrelerinin yanı sıra kimyasal ve inorganik kirlenme parametreleri dikkate alınmaktadır. Çalışma alanındaki su örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Örneklerin ağır metal ve azot türevlerine ait analiz sonuçları ise Tablo 4'te sunulmuştur.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı suları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bölgedeki en önemli yüzey suyu olan Aksu çayından alınan su örnekleri ile kuyu ve kaynaklardan alınan yeraltı suyu örneklerine ait analiz sonuçları yönetmelikte belirtilen standart değerler ile karşılaştırılmıştır. Buna göre örneklerin tamamının sülfür parametresinden ötürü IV. su kalite sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

6 Suların Kullanım Özellikleri

Çalışma alanında bulunan yeraltı suları bölge halkı tarafında içme suyu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, havza içerisindeki tarımsal faaliyetlerde sulama suyu olarak yine yeraltı sularından ve Aksu çayından yararlanılmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının kullanım özelliklerinin değerlendirilmesi sırasında, suların içme ve sulama suyu olarak kullanılabilirliği üzerinde durulmuştur.

6.1 Suların İçme Suyu Olarak Kullanılabilirliği

Genel olarak içme suyu olarak kullanılacak suların renksiz, kokusuz, berrak ve sağlığa zarar verebilecek mikrobiyolojik ve kimyasal kirlenmelerden arındırılmış olması, aynı zamanda sağlık için gerekli mineralleri uygun ve yeterli miktarda içermesi gerekmektedir. İçme sularındaki kirlenmeler, kısa ve uzun dönem periyodlarında önemli sağlık sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle, içme suyu kriterleri için ulusal ve uluslararası birçok standart hazırlanmıştır.

Sunulan çalışmada, suların içme suyu olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek için 2005-Nisan ayında "Türk Standartlar Enstitüsü (TSE-266; 10)" tarafından yayınlanmış olan içme suyu standardı ile uluslararası içme suyu standardı olan Dünya Sağlık Örgütü [11] tarafından belirlenmiş limit değerler dikkate alınmıştır (Tablo 4). Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularına ait 2013 yılı analiz sonuçları içme suları standartları açısından değerlendirildiğinde, genel olarak tüm su kaynaklarının içilebilir özelliklerde olduğu belirlenmiştir.

6.1.1 Suların Schoeller'e Göre İçilebilirlik Özellikleri

H. Schoeller tarafından suların içilebilirlik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan Schoeller içilebilirlik diyagramlarında, beş ayrı parametreye (EC, sertlik, Na, Cl ve SO₄) göre sular içilemeyen, zorunlu olmadıkça içilemeyen ve

içilebilir sular olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır. İçilebilir sularla kalite özelliklerine göre, kötü kaliteli, orta kaliteli, iyi kaliteli ve çok iyi kaliteli sular olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularına ait Schoeller içilebilirlik diyagramları Şekil 5'te verilmiştir. Su örneklerine ait EC, sertlik, Na, Cl ve SO₄ değeri kullanılarak yapılan sınıflamaya göre, AK1, AK7, AK8 ve AK9 no.lu örnekler "iyi kaliteli sular", diğerlerinin ise "çok iyi kaliteli sular" sınıfında olduğu belirlenmiştir.

6.2 Suların Sulama Suyu Olarak Kullanılabilirliği

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının sulamada kullanılabilirliğini belirlemek için sular Sodyum Adsorpsiyon Oranlarına (SAR) ve Özgül Elektriksel İletkenlik (EC) değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Ayrıca, ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı ve Wilcox diyagramı kullanılarak suların sulamada kullanılabilirliği tartışılmıştır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramında suların SAR ve EC değerleri, Wilcox diyagramında ise %Na ve EC değerleri kullanılmaktadır.

6.2.1 Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Sular Sodyum Adsorpsiyon Oranlarına göre sulama suyu olarak kullanılabilirliği açısından dört sınıfa ayrılmıştır (Tablo 5). Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularının analiz sonuçları kullanılarak hesaplanan SAR değerleri genel olarak 0.08 ile 0.23 arasında değişmekte olup çok iyi özellikte sulama suları sınıfında yer almaktadır.

6.2.2 Özgül Elektriksel İletkenlik (EC)

Sulama sularının kalitesinin belirlenmesinde, suların içerisindeki çözünebilen tuzların toplam konsantrasyonları dikkate alınarak sular özgül elektriksel iletkenliği açısından sınıflandırılmıştır. Suların toplam tuz içeriğine göre sınıflaması Tablo 6'da verilmiştir.

Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı sularında yerinde ölçümler ile belirlenen EC değerleri 180-510 mch/cm arasında değişmektedir. Buna göre AK3, AK4, ve AK6 no.lu örneklerin "Düşük Tuzlu Sular" diğer örneklerin tamamının ise "Orta Tuzlu Sular" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

6.2.3 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre yapılan sınıflamada su örneklerine ait SAR ve özgül elektriksel iletkenlik değerleri kullanılmıştır. Çalışma alanından alınan AK3, AK4 ve AK6 no.lu su örneklerinin C1S1 sınıfında, diğer örneklerin ise C2S1 sınıfında olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).

Bu sınıflamaya göre Aksu ovasındaki su kaynakları orta derecede tuza ihtiyacı olan bitkiler için kullanılabilen orta tuzlulukta su ve sodyuma karşı çok duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun olan az sodyumlu su özelliğinde olup bu sınıflamaya göre genel anlamda tüm sulama faaliyetlerinde kullanılacak özellikte sulardır.

6.2.4 Wilcox Diyagramı

Wilcox diyagramında suların EC ve sodyum yüzdesi değerleri kullanılarak sulama sınıfları çok iyi, iyi kullanılabilir, şüpheli kullanılabilir, şüpheli kullanılamaz ve sulamaya uygun değil olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. Wilcox diyagramına göre çalışma alanındaki tüm sular çok iyi kullanılabilir su sınıfındadır (Şekil 7).

Tablo 4: Yüzey ve yeraltı sularının ağır metal ve azot türevlerine ait analiz sonuçları.

Numune No	Su cinsi	Koordinat	Al µg/l	Mn µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Pb µg/l	Hg µg/l	Cd µg/l	Se µg/l
AK1	Kaynak	4184865K / 22979D	11	0.91	1.00	10.00	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
AK2	Kuyu	4185614K / 3246641D	13	3.71	0.30	1.00	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
AK3	Yüzey suyu	4186821K / 331486D	32	4.65	1.00	0.80	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
AK4	Kuyu	4183686K / 328023D	9	0.35	23.00	14.80	3.3	<0.1	<0.05	<0.5
AK5	Kuyu	4181350K / 327903D	1	0.19	0.90	1.00	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
AK6	Kaynak	4181720K / 326423D	6	0.50	2.40	4.70	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
AK7	Kaynak	4178404K / 326027D	<1	0.06	0.20	<0.5	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
AK8	Kuyu	4180158K / 326655D	5	0.31	0.50	0.50	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
AK9	Yüzey suyu	4183787K / 327154D	43	8.64	1.60	1.10	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
AK10	Kuyu	4185303K / 324174D	12	2.51	1.00	0.80	<0.1	<0.1	<0.05	<0.5
SKKY µg/l	TS266 (2005) µg/l		200	50	200	50	2000	-	10	1
	WHO (2006) µg/l		200	400	200	400	2000	-	10	6
	I sınıf		300	300	100	20	200	10	0.1	3
	II sınıf		300	300	500	50	500	20	0.5	5
	III sınıf		1000	1000	3000	200	2000	50	2	10
IV sınıf		>1000	>1000	>3000	>200	>2000	>50	>2	>10	

Tablo 4: Yüzey ve yeraltı sularının ağır metal ve azot türevlerine ait analiz sonuçları (devamı).

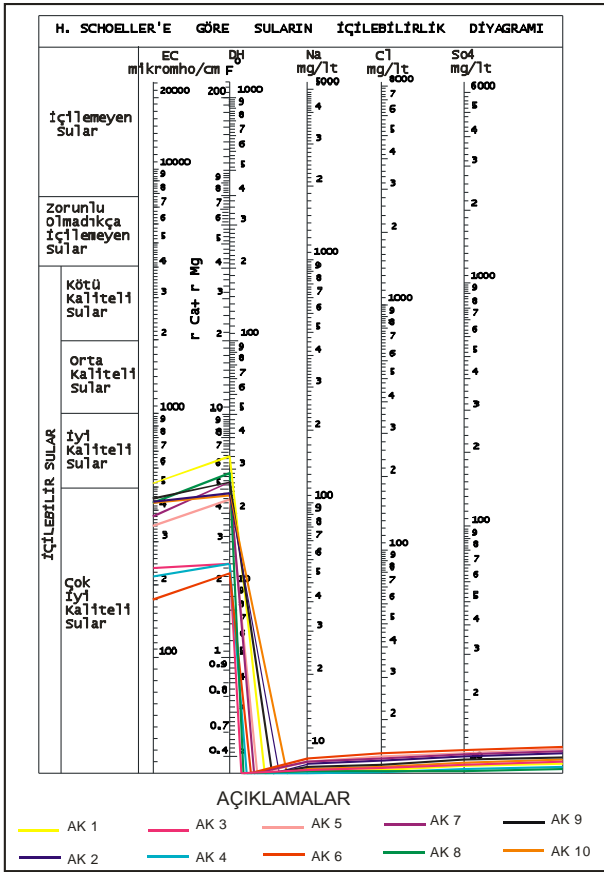
Numune No	Su cinsi	Koordinat	S µg/l	As µg/l	Fe µg/l	Cr µg/l	Ni µg/l	NO ₂ µg/l	NO ₃ µg/l	NH ₄ µg/l
AK1	Kaynak	4184865K / 22979D	2000	5.20	<10	<0.5	<0.2	<10	580	<60
AK2	Kuyu	4185614K / 3246641D	1000	5.40	<10	1.00	<0.2	<10	3190	<60
AK3	Yüzey suyu	4186821K / 331486D	1000	4.30	<10	0.50	<0.2	<10	2390	<60
AK4	Kuyu	4183686K / 328023D	1000	5.10	<10	0.80	<0.2	<10	1540	<60
AK5	Kuyu	4181350K / 327903D	1000	6.00	<10	3.20	12.3	<10	3200	<60
AK6	Kaynak	4181720K / 326423D	2000	6.40	<10	1.10	<0.2	<10	9200	<60
AK7	Kaynak	4178404K / 326027D	1000	6.50	<10	3.70	0.5	<10	3800	<60
AK8	Kuyu	4180158K / 326655D	<1000	7.00	22.00	1.60	30.9	<10	<10	<60
AK9	Yüzey suyu	4183787K / 327154D	3000	8.60	18.00	0.80	<0.2	<10	1140	<60
AK10	Kuyu	4185303K / 324174D	2000	8.50	<10	1.10	<0.2	<10	3920	<60
SKKY µg/l	TS266 (2005) µg/l		200	50	-	10	200	50	20	500
	WHO (2006) µg/l		200	400	-	10	-	50	70	200
	I sınıf		300	2	20	300	20	20	2	5000
	II sınıf		300	2	50	1000	50	50	10	10000
	III sınıf		1000	10	100	5000	200	200	50	20000
IV sınıf		>1000	>10	>100	>5000	>200	>200	>50	>20000	

Tablo 5: SAR'a göre sulama suyu sınıflaması.

Sulama Suyu Sınıfı	SAR %
Çok iyi özellikte sulama suları	< 10
İyi özellikte sulama suları	10-18
Orta özellikte sulama suları	18-26
Fena özellikte sulama suları	>26

Tablo 6: Suların toplam tuz içeriğine göre sınıflaması [17].

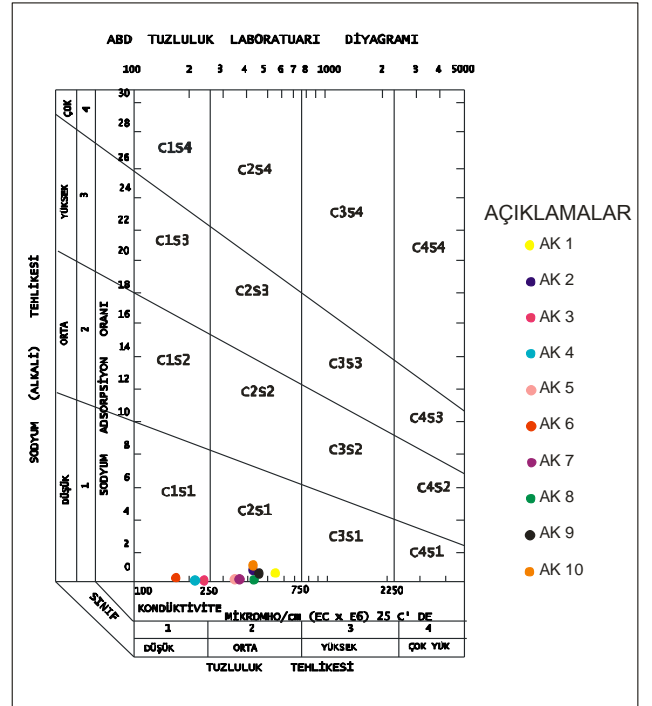
Sınıf	EC	Açıklama
Düşük Tuzlu Sular	<250	Sulamada kullanılmaya en uygun sular
Orta Tuzlu Sular	250-750	Yıkama ile sulamada kullanılabilir
Yüksek Tuzlu Sular	750-2250	Tuza dayanıklı bitki yetiştirmede kullanılabilir
Çok yüksek Tuzlu Sular	>2250	Sulamada kullanılmaz



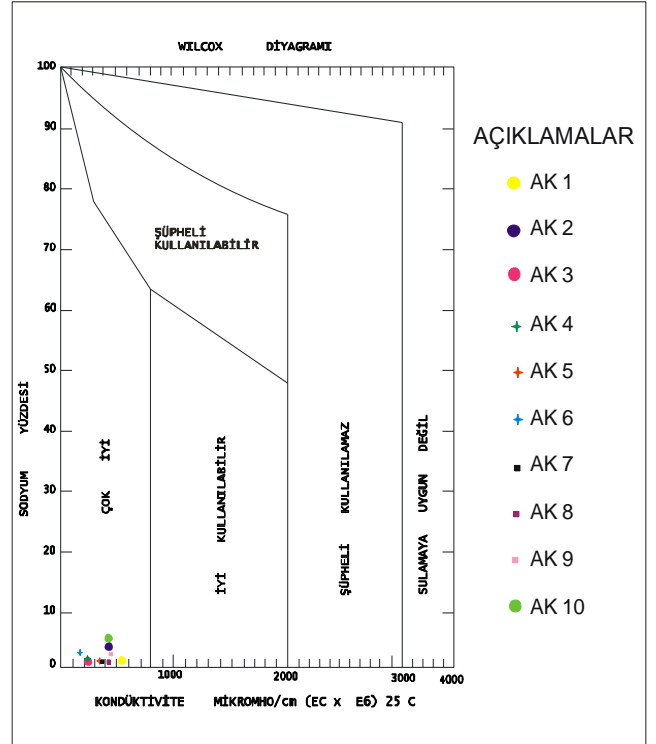
Şekil 5: Schoeller içilebilirlik diyagramı (Mayıs-2013).

7 Sonuçlar

Çalışma alanı Türkiye'nin güney batısında Köprüçay Havzası'nın bir alt havzası olup, yaklaşık 145 km²lik bir alanı kapsamaktadır. Bölgede yer alan kaya birimleri otokton ve allokton konumlu olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Anamok Formasyonuna ait Yassıviran kireçtaşı, Zindan Formasyonunun Çört ve Gavurçalı Tepe Kireçtaşı üyeleri, Dulup Kireçtaşı, Akdoğan Formasyonu ve alüvyon otokton birimleri, Pazarköy Grubu ve Kızıldağ Serpantini ise allokton birimleri oluşturmaktadır. Çalışma alanında en önemli yüzey suyu olan Aksu Çayı havzayı kuzeyden güneye katederek güneye doğru akışını sürdürür.



Şekil 6: ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı (Mayıs-2013).



Şekil 7: Wilcox diyagramı (Mayıs-2013).

Bölgede yeraltı sularını bünyesinde bulunduran en önemli akifer alüvyon olup yaklaşık 100 m. kalınlığa sahiptir. Bir diğer akifer özelliği sunan birim ise sahip olduklarından kırıklı, çatlaklı ve karstik özellikler nedeniyle kireçtaşlarıdır.

Çalışma alanındaki su kaynaklarının sertlik değerleri 10.50-31.14 Fr^o arasında, pH değeri 7.39-8 arasında, özgül elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 180-510 mch/cm arasında, SAR değerleri 0.04-0.23 arasında, sodyum yüzdesi ise 0.86-4.90

arasında değişmektedir. Çalışma alanında yüzey ve yeraltı sularının genel kimyasal özelliklerini belirleyebilmek için analiz sonuçları Piper diyagramı ile değerlendirmiş ve genel olarak suların Ca-HCO₃, Mg-HCO₃ ve Ca-Mg-HCO₃'lü sular fasiyesinde olduğu belirlenmiştir. Su örneklerinin alındığı lokasyonlar ile belirlenen su fasiyes tipleri incelendiğinde farklı su fasiyeslerinin bölgede yüzeyleyen litolojik birimler ile ilişkili olduğu görülmektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı suyu örneklerinin tamamı sülfür parametresinden ötürü IV. su kalite sınıfında yer almaktadır. Bu durumda su tipleri gibi bölgedeki kaya-su etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Çalışma alanındaki su kaynaklarının içme ve sulama suyu olarak kullanılabilirliği ilgili diyagram ve ulusal/uluslararası standart değerlere göre değerlendirilmiş ve suların içme-sulama suyu kullanıma uygun oldukları belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, bölgedeki su kaynakları antropojenik kirleticilerden etkilenmemiş olup sadece kaya-su etkileşiminin sonuçları izlenmektedir.

8 Teşekkür

Bu çalışma SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yapılan yüksek lisans tez çalışmasının bir ürünüdür. Yazarlar, çalışmayı finansal olarak destekleyen SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na (Proje No: 3238-YL1-12) teşekkür ederler.

9 Kaynaklar

- [1] Tomar A. "Toprak ve Su Kirliliği ve Su Havzalarının Korunması". *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 23 Ocak 2009.
- [2] Erk'akan F, Özeren C. "İzmit Gölünün Su Kalitesi ve Balıkçılık Bakımından Yönetimi". TÜBİTAK Tarım Araştırma Projesi, Ankara, Türkiye, TOGTAG-TARP-2217, 2001.
- [3] Aksoy A, Bulut E, Yenilmez F. "Uluabat Gölü Ötrofikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi". TÜBİTAK Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırmaları Grubu Projesi, Ankara, Türkiye, 2006.
- [4] Nas B, Berktaş A, Sevimli F, Yağcı K, Yılmaz S. "Beyşehir Gölü Koruma Eylem Planı". Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dairesi, Ankara, Türkiye, 2008.
- [5] Şener Ş, Şener E, Davraz A. "Stream Water Quality in the Eğirdir Lake Catchment Area, Isparta, Turkey". *International Earth Sciences Colloquium in the Aegean Regions (IESCA)*, İzmir, Turkey, 1-5 October, 2012.
- [6] Sargın AH. "Yeraltı suları". DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 2010.
- [7] Anonim. "Aksu (Isparta İli Aksu İlçesi Gezi ve Tanıtım)". Tuğra Ofset, Isparta, Türkiye, 1996.
- [8] Anonim. "Aksu Merkez ve Köylere İlişkin Bilgiler". Aksu Tarım İlçe Müdürlüğü, Isparta, Türkiye, 2007.
- [9] TÜİK. "Türkiye İstatistik Kurumu". www.tuik.gov.tr (12.05.2010).
- [10] Türk Standartları Enstitüsü. "Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, TS-266, 2005.
- [11] World Health Organization. *Guidelines for drinking-water quality - Volume 1: Recommendations*. 3rd ed." Geneva, Switzerland, World Health Organization, 2008.
- [12] Çevre ve Orman Bakanlığı. "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik". Resmi Gazete, Ankara, Türkiye, RG-13/2/2008-26786, 2008.
- [13] Özdemir F. Yılanlı (Aksu-Isparta) Havzası Mühendislik Jeolojisi İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 1997.
- [14] Waldron JWF. "Antalya Karmaşığı Kuzeydoğu Uzanımının Isparta Bölgesindeki Stratigrafisi ve Sedimanter Evrimi". *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 97-98, 1-20, 1981-1982.
- [15] Şahinci A. *Doğal Suların Jeokimyası*, 1. Baskı. İzmir, Türkiye, Reform Matbaası, 1991.
- [16] Schoeller H. *Gechemie des Eaux Souterranes*. Paris, France, Rev. Inst. Franc. Petrole, 1955.
- [17] Ayers RS, Westcot DW. *Water Quality for Agriculture*. Irrigation and Drainage Paper, 29 Rev. 1, Rome Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1989