



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ**

**AKSARAY İLİ İÇME SUYU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL
KİRLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa ÜYÜMEZ

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr M. Murat KAVURMACI**

AKSARAY, 2016

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

AKSARAY İLİ İÇME SUYU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL
KİRLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa ÜYÜMEZ

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr M. Murat KAVURMACI

AKSARAY, 2016

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132302405 numaralı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi, "Mustafa ÜYÜMEZ", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AKSARAY İLİ İÇME SUYU KAYNAKLARININ HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ " başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI**
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mustafa AFŞİN**
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Alper GÜRBÜZ**
Niğde Üniversitesi

Teslim Tarihi: Temmuz 2016

Savunma Tarihi: 10 Haziran 2016

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Mustafa ÜYÜMEZ

İmza

ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun hızla artması ve artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması zorunluluğu suya olan talepleri hızla arttırmaktadır. Suya olan talep artışı, sınırlı olan temiz su kaynaklarının sürekli izleme ve kontrol altında tutulmasını gerektirmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki içme, kullanma ve sulamaya elverişli su kaynaklarının yetersizliği, mevcut su kaynaklarının aşırı ve bilinçsiz kullanımı bu bölgelerde mevcut tuz içeriği yüksek daha az nitelikli kaynakların kullanımını zorunlu hale getirmektedir. İnsanoğlu içme ve kullanma sularına daha temkinli yaklaşmakla birlikte, sulamada kullandığı kaynaklara aynı özeni göstermemektedir.

Türkiye'nin önemli tarım şehirlerinden birisi olan ve nüfusu son yıllarda hızla artmaktadır. Aksaray'da içme suyu kaynaklarının su kalitesi yönünden önemli sorunlar yaşamaktadır. Su kaynaklarının güncel su kalite durumlarının belirlenebilmesi, su kaynaklarını olumsuz yönde etkileyen noktasal ve alansal kirleticilerin ortaya çıkarılması ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanabilmesi amacı ile bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Ana Bilim Dalı'na Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan "Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Hidrokimyasal Özellikleri Ve Ağır Metal Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi" konulu çalışma Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2015/027 kodlu proje ile desteklenmiştir. Hazırlanan çalışma; inceleme alanında yer alan mevcut su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlanması, geliştirilmesi ve daha verimli kullanımının ortaya çıkarılması, bölgede yürütülen tarımsal faaliyetlerin kalitesinin ve miktarının artırılması, su kaynaklarına etki eden hidrolik sistemin korunması gibi konularda katkı sağlayacağı öngörülmüştür.

TEŞEKKÜR

Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde tez hazırlamamda başta, değerli önerilerini ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. M. Murat KAVURMACI' ya teşekkür ederim. Ayrıca meslektaşım Jeoloji Mühendisi Hatice YÜKSELTÜRK ve iş arkadaşım Yüksek Kimyager H. Cemile DARILMAZ' a desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Son olarak bana öğrenim imkanı sağlayan, çalışmalarım da maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen ve beni bugünlere getiren aileme sonsuz şükran ve saygılarımı sunarım.

Mustafa ÜYÜMEZ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
DOĞRULUK BEYANI.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması ve Coğrafi Özellikleri	1
1.3 Önceki Çalışmalar.....	2
1.3.1 Jeolojik çalışmalar.....	2
1.3.2 Hidrojeolojik çalışmalar.....	5
2. MATERYAL ve METOT.....	10
2.1 Arazi Çalışmaları	10
2.2 Laboratuvar Çalışmaları	10
2.3 Büro Çalışmaları	11
3. BÖLGESEL JEOLJİ.....	12
3.1 Stratigrafi.....	13
3.1.1 Orta anadolu kristalen karmaşığı (OAKK).....	13
3.1.2 Kartal formasyonu.....	15
3.1.3 Mezgit formasyonu.....	16
3.1.4 Uzunkaya formasyonu.....	18
3.1.5 Göstük ignimbiriti.....	19
3.1.6 Selime tüfü	19
3.1.7 Kızılkaya ignimbiriti.....	21
3.1.8 Hasandağı volkanitleri.....	23
3.1.9 Traverten.....	23

3.1.10 Alüvyon.....	24
3.2 Yapısal Jeoloji.....	25
4. HİDROJEOLJİ.....	27
4.1 İnceleme Alanı ve Çevresinin İklim Özellikleri	28
4.2 Aksaray İli Su Potansiyeli.....	31
4.2.1 Akarsular.....	31
4.2.2 Göletler.....	33
4.2.3 Yeraltı suyu kaynakları.....	35
4.2.4 Kuyular.....	38
4.3 Aksaray İli İçme Suyu Potansiyelinin Dağılımı	38
5. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ.....	42
5.1 Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi.....	43
5.2 Suların İyon Dağılımları.....	47
5.3 Suların Sulamada Kullanım Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	55
5.4 Doygunluk İndisleri.....	59
5.5 Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	61
6. AKSARAY İÇME SULARINDA ARSENİK KİRLİLİĞİ VE GİDERİMİ	66
6.1 Arsenik Tanımı ve Ekolojik Etkileri.....	66
6.2 Aksaray İçme Sularında Arseniğin Kökeni.....	71
6.3 Arsenik Giderim Yöntemleri.....	73
6.4 Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarında Arsenik Giderimi.....	75
6.4.1 İçme ve kullanma suyu arıtma süreci.....	75
6.4.2 İçme suyu kaynaklarında arsenik giderimi.....	78
7.TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	86
KAYNAKLAR.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	97

ÖZET

AKSARAY İLİ İÇME SUYU KAYNAKLARININ HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında, Aksaray ili içme suyu kaynakları hidrojeokimyasal özellikleri ve ağır metal kirliliği açısından değerlendirilmiştir. Aksaray ilinin su ihtiyacı 3 ana kaynaktan karşılanır. En önemli kaynak Karasu ve Melendiz nehirleri tarafından beslenen Mamasun barajı (% 60) diğer kaynaklar ise Bağlıköy yeraltı suları (% 28) ve Helvadere tatlı su kaynaklarıdır (%12).

Bölgede akiferleri temsil eden birimler genel olarak temelde Paleozoyik yaşlı bol kırık ve çatlaklı mermerler, Tersiyer yaşlı genelde kumtaşı ve çakıltası ardalanmasından oluşan karasal kırıntılılar ve Kuvaterner yaşlı gevşek kum ve çakıl seviyeleri içeren alüvyondur. İnceleme alanının yıllık ortalama toplam yağış miktarı 342 mm'dir. 1970 - 1974, 1988 - 1993, 1998 - 2008 yılları arasında kalan dönemlerde bölgede yağışlar genel olarak azalmış diğer dönemlerde ise artmıştır. Örneklemeler 1 yıllık süre içerisinde mevsimsel değişimlere göre gerçekleştirilmiştir. Suların fiziksel ve kimyasal parametre değerleri; sıcaklık için 14.7 °C - 18.9 °C, pH için 6.7 - 8.1, elektriksel iletkenlik için 159 - 625 µS/cm, toplam çözünmüş katı madde değerleri için 135 - 602 mg/L arasında değişmiştir. Sular, CaHCO₃, MgHCO₃ ve NaHCO₃ fasiyes özelliğine sahiptir. Sulara egemen iyon bolluk dizilimleri $Ca^{+2} > Mg^{+2} > (Na^{+} + K^{+}) / HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ şeklindedir. Suların genel olarak mafik - ultramafik kayalarla veya bu kayaların günlenme süreçleri sonucu oluşmuş sedimanter birimlerle teması sonucu çözebileceği elementlerce (Al, As, Ba, Fe, Mn, Li, Sr) zenginleştikleri belirlenmiştir. Sulara, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2012) ve Avrupa Birliği (EU, 1998) standartlarının üzerinde As değerleri gözlenirken suların tamamında Al, Ba, Fe, Mn, Li ve Sr değerleri sınır değerlerin altında kalmıştır. Arsenik değerleri 10 örnekte 10 ve 50 mg/L arasında, 2 örnekte ise 50 mg/L nin üzerinde ölçülmüştür. Sular içme suyu olarak kullanıldığında potansiyel risk taşımaktadır. Sular hidrolojik dolaşimleri esnasında arseniğin kükürtlü bileşikleriyle olan uzun süreli teması sonucu As'ce zenginleşmiş olabilir.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu, Hidrojeokimya, Su kalitesi, Ağır metal kirliliği, Aksaray

ABSTRACT

ASSESSMENTS OF HEAVY METAL POLLUTION AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF DRINKING WATER SOURCES IN AKSARAY CITY

In this study, heavy metal pollution and hydrochemical properties of drinking water sources from Aksaray city were investigated. The water demand for Aksaray city center is fulfilled by three sources. The most important source is Mamasun Dam (60%) which is fed by Karasu and Melendiz Streams; the second is groundwater coming from wells of Bağlıköy (28%) and the third is freshwater resources in Helvadere Town (12%).

Units which characterized aquifers in the study area include the Paleozoic marbles with high crack and fracture contents, Tertiary terrestrial clastics which generally consist of alternations of sandstone and conglomerate and Quaternary alluvium with levels of unconsolidated sand and gravel. The average annual total precipitation of the study area is 342 mm. Precipitation generally reduced in the 1970 - 1974, 1988 - 1993, 1998 - 2008 in the region and increased at the other periods. The samplings were implemented according to seasonal variation for 1 year. The physical and chemical parameters of the waters changes between 14.7 °C - 18.9 °C for temperature, 6.7 - 8.1 for pH, 159 - 625 $\mu\text{S}/\text{cm}$ for electrical conductivity and 135 - 602 mg/L for total dissolved solid. The waters show hydrochemical facies in CaHCO_3 , MgHCO_3 and NaHCO_3 . The dominant ion abundances shaped in the form of $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) / \text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$. The groundwater is contaminated with Al, As, Ba, Fe, Mn, Li, Sr elements which result from the contact with mafic - ultramafic rocks or sedimentary rocks which were formed due to sedimentary processes of ultramafic rocks. The results of chemical analyses showed that the As content in all of the waters exceed the World Health Organization (WHO, 2012) and European Community (EC, 1998) standards whereas the Al, Ba, Fe, Mn, Li ve Sr values in all the water samples are below the limit values. The arsenic values were found to be ranging between 10 and 50 mg/L in 10 points and were found to be >50 mg/L in 2 stations. Waters carries a potential risk when used as drinking purposes. The waters can be contaminated with arsenic content, as a result of the water being in prolonged contact with volcanic sulfur compounds during the hydrological circulation.

Key Words: Drinking water, Hydrogeochemistry, Water quality, Heavy metal pollution, Aksaray

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1:	İnceleme alanının yer buldurur haritası.....	2
Şekil 1.2:	İnceleme alanının yükseklik haritası.....	3
Şekil 3.1:	Basitleştirilmiş Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeoloji haritası.....	13
Şekil 3.2:	İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası.....	14
Şekil 3.3:	Orta Anadolu Granitoyitlerinden bir görünüm.....	15
Şekil 3.4:	İnceleme alanı ve çevresinin stratigrafik dikme kesiti.....	17
Şekil 3.5:	Mezgit formasyonu içinde gözlenen tabakalı jips seviyeleri.....	18
Şekil 3.6:	İgnimbiritlerde gözlenen piroksen, plajiyoklas ve zonlu plajiyoklasların fotomikrograf görüntüleri, c-d) İgnimbiritlerde gözlenen biyotitlerin ve bağlayıcı matriksi oluşturan shardların fotomikrograf görüntüleri.....	20
Şekil 3.7:	Selime Tüfünün makroskopik ve içerisindeki pümislerin görünümü.....	20
Şekil 3.8:	Tüflerde gözlenen biyotitlerin, plajiyoklasların ve bağlayıcı matriksi oluşturan shardların fotomikrograf görüntüleri.....	21
Şekil 3.9:	Kızılkaya ve Selime tüfleri arasındaki dokanak ilişkisi.....	21
Şekil 3.10:	İgnimbiritlerde gözlenen günlenmeye bağlı renk değişimi.....	22
Şekil 3.11:	Makroskopik olarak ignimbiritlerin görüntüsü.....	23
Şekil 3.12:	Yaprakhisar ve çevresinde çökelen travertenlerin görüntüsü.....	24
Şekil 3.13:	İnceleme alanı ve çevresinin fay haritası.....	26
Şekil 4.1:	Çalışma alanı ve çevresinde yer alan MGI'nın dağılım haritası.....	29
Şekil 4.2:	Meteorolojik gözlem istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri.....	30
Şekil 4.3:	Aksaray ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği.....	30
Şekil 4.4:	Aksaray ili ve çevresinin ortalama yıllık yağış haritası.....	31
Şekil 4.5:	Melendiz akarsuyunun aylık akım değerleri (DSİ, 2012-2013).....	32
Şekil 4.6:	Karasu çayı aylık akım değerleri (DSİ, 2012-2013).....	33
Şekil 4.7:	Melendiz ve Karasu çaylarının konumu.....	33
Şekil 4.8:	Aksaray ilindeki bazı göletlerin ABD Tuzluluk Laboratuvarına göre sulama suyu kalite sınıfları.....	35
Şekil 4.9:	Aksaray ilinin içme suyu kaynakları ile depolarının konumu.....	39
Şekil 4.10:	Mamasun barajı aylık çıkış değerleri (DSİ, 2012-2013).....	40
Şekil 5.1:	İnceleme alanındaki sulara EC - TDS arasındaki doğrusal ilişki.....	47
Şekil 5.2:	İnceleme alanındaki suların iyon dağılımı (Mayıs ve Ekim 2015).....	50

Şekil 5.3:	İnceleme alanındaki suların yarı logaritmik Schoeller diyagramları (A: Mayıs 2015; B: Ekim 2015).....	51
Şekil 5.4:	İncelenen suların Piper diyagramları (A: Mayıs 2015; B: Ekim2015)...	53
Şekil 5.5:	İncelenen suların Durov diyagramları (A: Mayıs 2015; B: Ekim2015).	54
Şekil 5.6:	2015 Dönemi su numunelerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox Diyagramı.....	57
Şekil 5.7:	Suların doygunluk indislerinin değerdendirmeesi.....	59
Şekil 5.8:	İncelenen sulardaki bazı ağır metallerin değışim grafiğı.....	63
Şekil 6.1:	Arsenicosis hastalığından örnek.....	69
Şekil 6.2:	Kronik arsenik zehirlenmesinin belirtisi.....	70
Şekil 6.3:	Arsenik zehirlenmesi sonucu vücutta oluşan sert şişlikler.....	71
Şekil 6.4:	Kılıçaslan içme ve kullanma suyu arıtma tesisi girişı.....	75
Şekil 6.5:	Kılıçaslan içme ve kullanma suyu arıtma tesisi mekanik temizlemeli ince ızgara.....	76
Şekil 6.6:	Kılıçaslan arıtma tesisi kaskat havalandırma yapısı.....	76
Şekil 6.7:	Kılıçaslan arıtma tesisi durultucu havuzları.....	77
Şekil 6.8:	Kılıçaslan arıtma tesisi hızlı kum filtreleri.....	78
Şekil 6.9:	Arsenik arıtma tesisi klor binası.....	79
Şekil 6.10:	Mamasun (arıtma) giriş ve çıkış noktaları arsenik ölçümleri.....	81
Şekil 6.11:	Bağılköy giriş ve çıkış noktaları arsenik ölçümleri.....	83
Şekil 6.12:	Helvadere giriş ve çıkış noktaları arsenik ölçümleri.....	83
Şekil 6.13:	İçme suyu kaynaklarında As değerdlerinin aylık değışim grafiğı.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1: İnceleme alanına ait sıcaklık ve yağış verileri.....	29
Çizelge 4.2: Aksaray ilinde bulunan bazı önemli göletlerin sayısal özellikleri.....	34
Çizelge 4.3: Aksaray ilinde bulunan bazı önemli göletlerin Nisan 2008 tarihine ait kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.4: Mamasun Barajı'nın fiziksel özellikleri.....	39
Çizelge 5.1: Örneklem noktaları, kısaltmaları ve konumları	42
Çizelge 5.2: Örneklem dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları.....	43
Çizelge 5.3: Örneklem noktalarına ait bazı su kalite parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri	44
Çizelge 5.4: İnceleme alanındaki suların yağışlı döneme ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	45
Çizelge 5.5: İnceleme alanındaki suların kurak döneme ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	46
Çizelge 5.6: Yağışlı (Mayıs 2015) ve Kurak (Eylül 2015) dönem iyon dağılımı ve su türleri.....	49
Çizelge 5.7: SAR değerlerine göre sulama suyunun sınıflandırılması.....	55
Çizelge 5.8: ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox Diyagramı için veriler.....	56
Çizelge 5.9: ABD Tuzluluk Laboratuvarı su numunelerinin sınıflandırılması.....	58
Çizelge 5.10: Suların mineral doygunluk değerleri.....	60
Çizelge 5.11: İncelenen sulardaki ağır minerallerin analiz sonuçları.....	62
Çizelge 5.12: Ağır metallerin diğer su kalite analizleriyle karşılaştırması.....	63
Çizelge 5.13: Su kimyası analiz sonuçlarına ait faktörler grupları.....	64
Çizelge 5.14: Su kimyası analiz sonuçlarına ait faktörlerin kümülatif varyansları...	64
Çizelge 6.1: Aksaray içme suyu kaynaklarında Altaş vd. (2011) tarafından ölçülen As değerleri.....	71
Çizelge 6.2: Aksaray içme suyu kaynaklarında Aksaray belediyesi tarafından ölçülen As değerleri.....	72
Çizelge 6.3: Aksaray içme suyu kaynaklarına ait aylık Arsenik ölçüm sonuçları...	82
Çizelge 6.4: Arıtma öncesi ve sonrası As değerlerinin min. ve max. değerleri.....	85

SİMGELER DİZİNİ

$^{\circ}\text{C}$	Santigrad derece
%	Yüzde
% Na	Sodyum yüzdesi
Δ	Mutlak sıcaklıktaki doymuş su buharı ile günlük hava sıcaklığı arasındaki ilişkiyi belirleyen katsayı
ΔS	Depolamadaki rezerv değişimi
ΣET_p	Toplam potansiyel buharlaşma - terleme
ΣP_{ort}	Ortalama yıllık toplam yağış
ΣP_{max}	Yıllık en fazla toplam yağış
ΣP_{min}	Yıllık en az toplam yağış

KISALTMALAR DİZİNİ

AGİ	Akım gözlem istasyonu
AIH	Hidrojeologlar Birliği
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
E	Günlük potansiyel buharlaşma
EC	Elektriksel iletkenlik
Eh	Yükseltgenme indirgenme potansiyeli
ESR	Değişebilir sodyum oranı
ETp	Potansiyel buharlaşma - terleme
IDW	Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği
i	Aylık sıcaklık indisi
K	Geçirgenlik
k	Enlem düzeltme katsayısı
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
OAKK	Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı
ÖÇKB	Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı
P	Yağış
pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonu
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı
SCT	Portatif kondüktivite metre
SI	Doygunluk indisi
T	Sıcaklık
t	Zaman
TDS	Toplam çözünmüş katı madde
TGFZ	Tuz Gölü Fay Zonu
Q	Debi
WHO	Dünya sağlık örgütü

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Son yıllarda gözlemlenen yağışlardaki azalmalar, küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri, artan nüfus ve plansız yeraltı suyu kullanımı gibi etkenler su kaynaklarının doğal yapısının zarar görmesine neden olmuştur. Bu bağlamda Aksaray ve çevresinde yer alan su kaynakları sürekli denetim ve kontrol altında tutulmalıdır.

Bu çalışma kapsamında, Aksaray ili içme suyu kaynaklarının yağışlı ve kurak dönemlere ait hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve özellikle ağır metal içeriğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, su kaynaklarını etkileyen olumsuz faktörleri belirleyerek gelecekte su ve tarım alanlarında daha verimli çalışmaların gerçekleştirilebilmesini ve kaynakların sürdürülebilirliğini sağlayacaktır.

1.2 Çalışma Alanının Tanıtılması ve Coğrafi Özellikleri

Aksaray, İç Anadolu bölgesinin orta kesiminde 33-34⁰ doğu meridyeni ile 38-39⁰ kuzey paralelleri arasında yer alır (Şekil 1.1). Doğuda Nevşehir, güneydoğuda Niğde, batıda Konya, kuzeyde Ankara ve kuzeydoğuda Kırşehir illeri ile çevrilidir.

Aksaray'ın denizden yüksekliği 965 m, yüzölçümü de 7798 km²'dir. Morfolojik olarak doğu ve kuzeydoğuda yüksek rakımlı tepelerle çevrili olan Aksaray, batı ve güneye doğru düz bir görünüm sunar. Aksaray ilini güneyden Hasandağı, kuzeydoğudan Tavşan ve Ekecik Dağları, kuzeyden Tuz Gölü, batıdan Bozdağ ve Balıkdağ ile Karacadağ silsilesi sınırlar (Şekil 1.2) (Erol, 1969). Bölgenin en yüksek rakımı 3268 m, en düşük rakımı ise 905 m'dir. Doğru ve kuzeydoğu kısımları Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ)'nin etkisiyle 500-1000 m yükseltili yer yer dar vadilerle çevrili engebeli bir morfolojiye sahiptir. Batıda Obruk platosunun uzantısı Aksaray ovası bulunur.



Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Yüksek kotlu tepelerden mevsimsel yağışlarla beslenen ova bölgenin önemli bir tarım alanıdır. Jeomorfoloji, arazi kullanımı ve yeraltı suyunun varlığı bölgedeki bitki dağılımını etkileyen en önemli faktörlerdir. Bitki örtüsü genel olarak bozkır şeklinde gelişmekte olup, en önemli bitkiler insanlar tarafından yetiştirilen söğüt, kavak ve meyve ağaçlarıdır. Bu alanın 5713 km²'si tarım arazisi, çayır, otlak ve meradır.

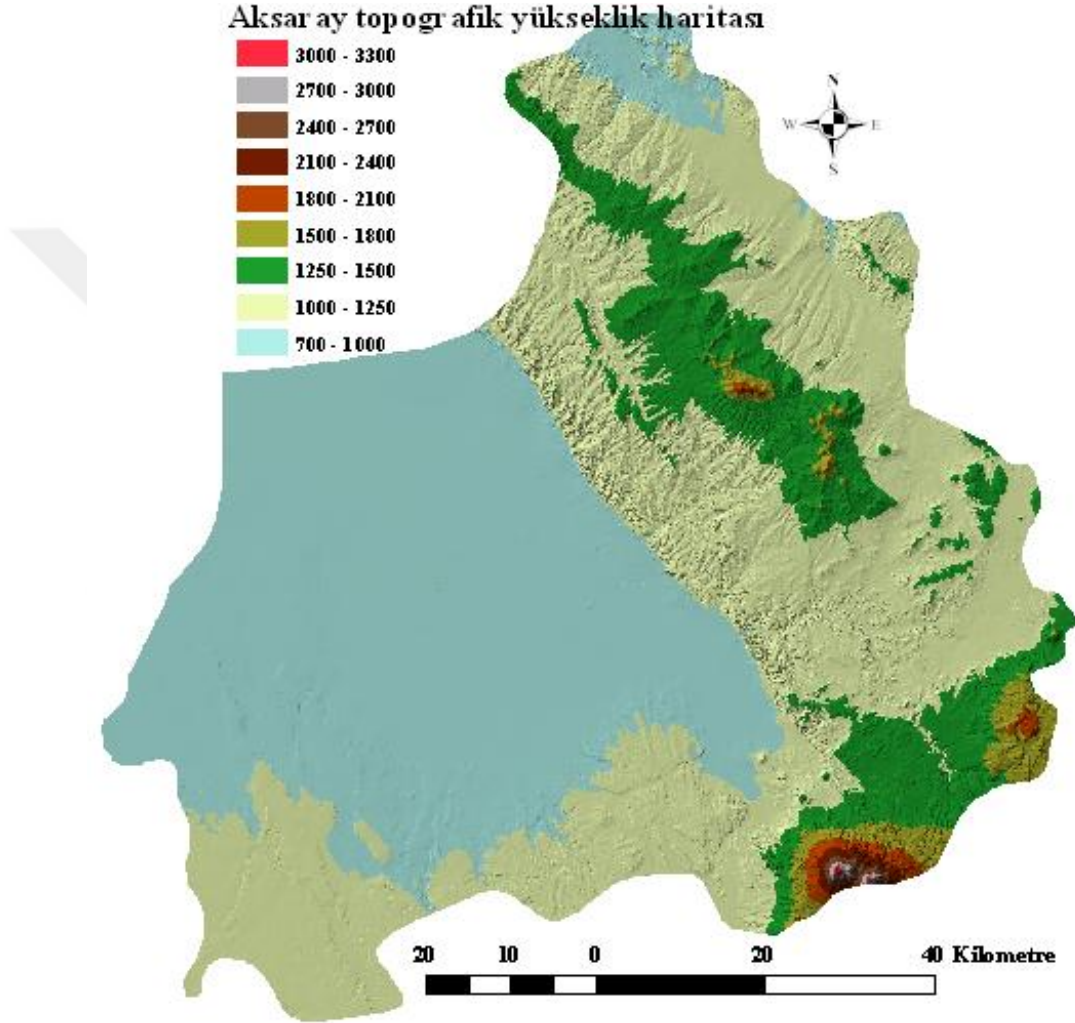
1.3 Önceki Çalışmalar

1.3.1 Jeolojik çalışmalar

Lahn (1940), Aksaray ve çevresinde yaptığı çalışmalarda Koçhisar-Aksaray Nevşehir arasında bir fayın varlığından söz etmiş, yöredeki kayaları Hasandağı volkanik masifi, Pliyosen tatlı su çökelleri, jipsli oluşuklar, plütonik kayalar ve mermerler olarak gruplandırmıştır.

Okay (1954), Kayseri-Niğde-Tuz Gölü arasında kalan bölgenin jeolojisini incelemiştir. Çalışmasında bölgede yer alan Neojene ait kayaçları sert tuf, gevşek tuf ve beyaz kireçtaşı olarak ayırt etmiştir.

Buchardt (1954), Bölgede ilk kapsamlı jeolojik haritalamayı yapmış olup Kırşehir ve Kızılırmak Nehri arasındaki alanın 1/100000 ölçekli jeolojik haritasını yaparak, ilksel magmadan oluşan gabroların, dolomitlerin ve granitlerin yaşının Kretase - Tersiyer sınırında olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 1.2: İnceleme alanının yükseklik haritası.

Ketin (1963), Orta Anadolu Masifi'nin 1/500000 ölçekli haritasını yapmıştır.

Beekman (1966), Aksaray-Hasandağı arasındaki volkanik kayaçları inceleyerek bu kayaçların dağılımını tuf, tüfit, ignimbirit ve lav üniteleri şeklinde haritalamıştır.

Kadioğlu (1991), çalışmasında Ağaçören ve çevresinde bulunan magmatik kayaçların jeolojisi, petrografisi ve jeokimyası ile ilgili çalışmalarda bulunmuş ve

Ağacören granitoidini, yaslıdan gence doğru, granit, porfiri granodiyorit ve alkali-feldispat granit olmak üzere üç alt birime ayırmıştır.

Erler ve Bayhan (1995), Orta Anadolu Granitoidleri üzerinde yaptıkları çalışmada Orta Anadolu Granitoidlerini 1) Batı kenarda, kuzeyde Sulakyurt'tan güneyde Aksaray'a kadar uzanan, kuzeyde KD-GB yöneliminden güneyde KB-GD yönelimine dönen, büyük yüzeyleme alanları olan geniş bir kuşak 2) Doğu kenarda, kuzeyde Sivas' tan güneyde Ulukışla'ya kadar uzanan KD-GB yönelimli metamorfik kayalar içerisinde küçük yüzeylemeler halinde dar bir kuşak 3) Kuzey kenarda Yerköy, Yozgat, Sorgun, Sarıkaya, Osmanpaşa ve Şefaati arasında batolitik boyutlarda yüzeylemeler olarak ayırmışlardır. Ayrıca araştırmacılar Orta Anadolu Granitoidleri ile ilgili esas sorunun, oluşum yaşı ve oluşum ortamı olduğunu ifade etmişlerdir.

Göncüoğlu vd. (1997), İnceleme alanı ve çevresinde gözlenen Orta Anadolu Ofiyolitleri'nin genel jeolojik özelliklerini inceleyerek bunların farklı özellikte iki kaya grubundan oluştuğunu belirtmişlerdir. Buna göre ilk grubun Orta Anadolu metamorfikleriyle benzer deformasyon ve metamorfizma özellikleri sunan meta-ofiyolitlerden, ikinci grubun ise kısmen iç düzenini korumuş kümülatlar, izotropik gabrolar, plajiyogranitler, levha dayk karmaşığına ait diyabazlar, bazaltik yastık lavlar ve epiofiyolitik örtüden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Gevrek (1997), çalışmasında İhlara ve Derinkuyu yöresinde çökelmiş volkanik klastiklerin sedimantolojisini araştırmış ve volkanik klastiklerin (otoklastik ve piroklastik) petro-fiziksel özelliklerini ve yerleşme mekanizmalarını esas alarak volkanik çıkış merkezlerini araştırmış ve volkano stratigrafi "çıkış merkezi" ile volkanizma dönemine ait önemli bilgiler vermiştir.

Yeşilyurt (1999), çalışmasında Hasandağı batısı (Aksaray) Kuvaterner volkanitlerinin mineralojisi ve petrografisini incelemiş ve Hasandağ volkanitlerinin alt lav birimi ojit-andezit ve bazaltik andezit; üst lav birimi ise başlıca andezit ve bazaltik andezitten oluştuğunu belirtmiştir.

Işık (2000), Ekecik yeniköy-Mamasun (Aksaray), Yeşilhisar (Kayseri) arasının jeolojisi ve gabroyik-granitoidik kayaların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiş ve bölgenin jeolojik gelişimi hakkında bulgular sunmuştur.

Güllü (2003), çalışmasında Aksaray İli doğusunda yüzeyleyen magmatik kayaların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiştir. Çalışmasında inceleme alanı içerisinde beş farklı litolojik birim ayırtlamış ve bu birimlerin

çarpışma sırası, üst manto-alt kıta kabuğu sınırından türeyen mafik magmanın ürünleri olduğunu belirtmiştir.

Yıldızhan (2007), Aksaray ili Holosen yaşlı çökellerin jeolojik ve jeoteknik açıdan özelliklerini belirlemiş ve yapılaşma için uygun bölgelerin belirlenmesinde tavsiyelerde bulunmuştur.

Akkuş (2009), çalışmasında Keçikalesi volkanitlerini magmatik petroloji yönünden değerlendirmiş ve Hasandağı volkanitleriyle karşılaştırmıştır. Keçikalesi volkanik birimlerinin genelde bazaltik andezit ve andezit türünde kayalardan oluşmuş; orta potasyumlu ve kalkalkalin karakterde olduğunu ifade etmiştir.

Özcan (2009), Aksaray-Doğantarla ve Konya-Kulu bölgelerinde Üst Miyosen yaşlı jeolojik serilerin sedimantolojik ve mineralojik incelenmesini gerçekleştirmiş ve çalışmasında Aksaray-Doğantarla bölgesi paleotoprak ve kalışlerin asidik volkanik kayalardan beslenmiş olduğunu ifade etmiştir.

Yılmaz vd. (2012), Çalışmalarında Selime tüfleri ve Kızılkaya ignimbiritlerinin aşınma potansiyellerini değerlendirmiş ve aşınma oranlarının yılda 2 mm'nin altında olduğunu belirtmişlerdir.

1.3.2 Hidrojeolojik çalışmalar

İnceleme alanı ve çevresinde son yıllarda gerçekleştirilen ve Aksaray il sınırları içerisinde yer alan su kaynaklarına ait bazı önemli araştırmalar aşağıda özetlenmiştir;

Göçmez (1994), Aksaray ve çevresindeki sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeolojik incelemesini gerçekleştirmiştir. Alanda yer alan soğuk su kaynaklarının süreksizlikler boyunca oluştuğunu, sıcaklıklarının 16-19 °C arasında değiştiğini, Ziga sıcak ve mineralli su kaynaklarının GB-KB doğrultusundaki Ziga fayı boyunca çeşitli noktalardan çıktığını, sıcaklıklarının 47-51 °C arasında değişmekte olduğunu belirtmiştir.

Doğdu (1995), çalışmasında Melendiz akarsu havzasının hidrojeolojik özelliklerini incelemiş ve hidroloji çalışmaları kapsamında bölgeye ait ortalama alansal yağış, potansiyel ve gerçek buharlaşma-terleme, ortalama akım ve hidrolojik bütçe değerlerini hesaplamıştır.

Afşin ve Baş (1996), Hasandağı'nın kuzeyinde yer alan Koçpınar kaynaklarını hidrokimyasal ve izotopik açıdan incelemiş ve kökensel yorumunu yapmışlardır. Söz konusu kaynakların yüksek karbondioksit ihtiva ettiklerini belirtmişler ayrıca bu kaynakların ekonomik değerine de vurgu yapmışlardır.

Afşin (2000), çalışmasında Aksaray ilinin en önemli su kaynaklarından birisi olan Helvadere tatlı su kaynaklarını hidrojeokimyasal ve izotopik veriler yardımıyla değerlendirmiş ve Helvadere kaynaklarının içilebilirliğini ve kökensel durumunu tespit etmiştir.

Afşin ve Elhatip (2000), çalışmalarında traverten çökeltten Tuzlu su sıcak ve mineralli su kaynaklarını hidrojeolojik ve izotopik açıdan incelemiş, söz konusu su kaynağının debisinin düşük, CO₂ ve toplam çözünmüş madde miktarlarının yüksek olduğunu ve güncel traverten çökelimlerinin devam ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca hazne kaya sıcaklığının 115 °C dolayında olduklarını, sertliği ve tuzluluk tehlikesi çok yüksek olan bu suların sulama suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığını da ifade etmişlerdir.

Kurmaç (2003), Mamasun barajını besleyen Melendiz nehrinin su kalitesi incelemiş ve su kalitesi üzerine antropojenik kirlenme potansiyelini ortaya koymuş, evsel atıkların Melendiz su kaynağını kirlettiğini belirlemiş ve su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik tavsiyelerde bulunmuştur.

Güllü (2003), Mamasun (Aksaray) barajı ve civarındaki akarsuların kirletic parametrelerinin baraj gölü su kalitesi üzerindeki etkilerini incelenmiş ve baraj gölünün içilebilirliği ve su kalitesinin iyileştirilmesine yönelik tavsiyelerde bulunmuştur.

Özaydın (2004), yaptığı çalışmada Aksaray katı atık sahasındaki yeraltı suyu kirlenmesini jeoelektrik ve hidrokimyasal yöntemlerle belirlemiş, elde ettiği sonuçlara göre katı atık sahası çevresindeki alüvyonun yıllık yağışların etkisi ile beslendiğini, katı atık sahasından sızan suların geçirimli ve yarı geçirimli birimlerden ilk önce düşey daha sonra da yarı geçirimli birimler boyunca yatay olarak akifer birimlere ulaştığını belirlemiştir.

Çil (2004), Melendiz akarsuyunun Ilısu Kasabası'ndan Kızılkaya Kasabası'na (Mamasun Barajı girişi) kadar olan kesiminde suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini, su kalitesini ve çevresel etkiler sonucu su kalitesindeki değişimlerini incelemiş akarsuyun birçok noktasal ve yaygın kaynak tarafından organik ve ağır metal (demir ve mangan) kirliliğine maruz bırakıldığını tespit etmiştir.

Burçak (2006), Aksaray jeotermal sahaları (Acıgöl-Ziga-Şahinkalesi) jeotermal ısı kaynaklarını jeoloji, su kimyası, izotop hidrolojisi, hidrotermal alterasyon ve

manyetotellürik çalışmalarla araştırarak jeotermal sistemlerin kavramsal modellemesini yapmıştır.

Duru (2006), çalışmasında Ziga, Acıgöl (Narlıgöl) ve Tuzlu su sıcak su kaynaklarını hidrojeokimyasal ve izotopik veriler yardımıyla incelemiş ve suların meteorik kökenli olduklarını belirtmiştir. Ayrıca sulardaki yüksek CO₂' in bir bölümünün denizel karbonat kökenli olabileceğini de ifade etmiştir.

Aslan (2006), çalışmasında Aksaray ili (merkez) içme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerini incelemiş ve TSE266 içme suyu standardı ile İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te belirtilen standartlara uygunluğunu araştırmış ve su kaynaklarının içme suyu standartlarına uygun olduğunu belirtmiştir.

Afşin vd. (2007), çalışmada, Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli sular ve travertenler jeoloji, hidrojeoloji, hidrojeokimyasal, izotopik, tıbbî ve biyoiklimsel özellikleri açısından araştırılmış; balneoterapi ve klimaterapi amaçlı olarak kullanılabilirliği ve suların jeotermal enerji ve çevresel etkileri belirlenmiştir.

Hınıs (2007), yaptığı çalışma kapsamında Aksaray İli içme suyu kaynaklarını (Bağlıköy ve Helvadere yeraltı suyu, Helvadere göleti, Mamasun Barajı ve bu barajı besleyen Melendiz ve Karasu akarsularını) organik madde miktarı bakımından analiz edip, kirletici parametreler açısından su kalitesini incelemiş ve ham içme suyunda, bazıları belirlenen maksimum limitlere yakın olan pestisit miktarları bulmuştur.

Karadavut (2007), doktora tezi olarak hazırladığı çalışmasında Melendiz havzasının yüzey ve yeraltı suyu kalitesini değerlendirmiş su kalitesini etkileyen en önemli faktörlerin antropojenik etkiler olduğunu vurgulamış ve su kalitesini iyileştirebilmek için önerilerde bulunmuştur.

Işık vd. (2008), Aksaray il sınırları içerisinde yer alan 62 farklı su kaynağı üzerinde yaptıkları su kimyası çalışmalarında su kaynaklarını ağır metaller ve özellikle arsenik kirliliği açısından değerlendirmişler, arsenik ve ağır metaller açısından risk ihtiva eden su kaynaklarının mekânsal dağılımını belirlemişlerdir.

Kavurmacı vd. (2008), tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada Aksaray ilinin yeraltı su kaynakları hidrojeokimyasal açıdan incelenmiş özellikle yeraltı sularının sulama ve içme amaçlı olarak kullanılabilme potansiyelleri su kalitesi açısından ayrı ayrı değerlendirilmiş ve yüksek su kalitesine sahip bölgeler haritalanmış kaynakların sulama suyu kalitesi açısından genel olarak orta derecede tuzluluk ve düşük sodyumluk (C₂S₁) kalite özelliği gösterdiği ifade edilmiştir.

Kavurmacı ve Demircioğlu (2009), çalışmalarında Aksaray ili yüzeysel su kaynaklarının limnolojik özelliklerini araştırmışlardır. Bu kapsamda 12 gölet ve 2 baraj suyunun su kimyası özellikleri belirlenmiş ayrıca su kaynaklarının sulama suyu açısından herhangi bir risk içermediğini belirtmişlerdir.

Karadavut (2009), Aksaray ili yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarını sulama suyu kalitesi açıdan incelemiş ve mevcut su kaynaklarının tarımsal potansiyeli etkileme ölçüsünü değerlendirmiştir.

Kavurmacı vd. (2009), tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada Aksaray ili su kaynaklarının su kimyası parametreleri jeostatiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiş ve kalite özelliklerinin zamansal değişimleri belirlenmiştir.

Kavurmacı (2010), yaptığı çalışmada Aksaray ili yeraltı sularının korozif etkinlik dağılımını coğrafi bilgi sistemi kullanarak belirlemiş özellikle yeraltı sularında bulunan karbondioksit ve sülfat içeriğine bağlı olarak gelişen ve üst yapıların donatılarına zarar veren etkenlerin mekânsal dağılımlarını ve potansiyel riskli bölgeleri tespit etmiştir.

Kavurmacı (2011), Tuz Gölü Havzası'nın güneydoğu kesimindeki yeraltı sularında karbondioksit yayılımının ve çevresel etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla gerçekleştirdiği çalışmasında yeraltı sularında gözlenen karbondioksitin mekânsal dağılımını haritalamış ve yüksek karbondioksit içeren potansiyel bölgelerin Aksaray'ın batısında yer aldığını ifade etmiştir.

Eroğlu (2012), çalışmasında Aksaray il merkezindeki yeraltı sularının su kalitesini ve kirlenme potansiyellerini incelemiş ve bu su kaynaklarının sulama ve içme suyu olarak güvenli olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Demirel (2012), çalışmasında Ziga jeotermal sularının sürdürülebilirlik ve termal turizm açısından potansiyelini su kimyası verileriyle değerlendirmiş ve koruma alanları, yeni sondaj ve jeotermal atık suyun uzaklaştırılması için reenjeksiyon kuyu noktaları için potansiyel yerler önermiştir.

Zengin (2014), Çalışmasında Ilısu, İhlara, Narlıgöl, Tuzlu su ve Ziga sıcak su kaynaklarını hidrojeokimyasal açıdan incelemiş. İyon içeriklerine göre Ilısu sondaj Na-Ca-Mg-HCO₃, İhlara sondaj Ca-Mg-Na-HCO₃, Narlıgöl termal suları Ca-Na-HCO₃, Tuzlusu kaynakları Na-Cl-HCO₃ ve Ziga sondaj sıcak suyu ise Na-Ca-Cl-HCO₃ tipi sular grubuna girdiğini belirlemiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda Aksaray'daki jeotermal enerji kaynaklarının sıcaklıklarının bölgesel konut ısıtmasında kullanıma uygun olduğunu ifade etmiştir.

Kavurmacı ve Üyümez (2015), Aksaray ili içme suyu kaynaklarını hidrojeokimyasal açıdan değerlendirmişler ve ağır metal kirliliği ve giderimi konularında çalışmalarda bulunmuşlardır. Özellikle içme suyu kaynaklarının arsenik açısından risk içerdiğini ve ekosistemi tehdit ettiğini ifade etmişlerdir.



2. MATERYAL ve METOT

Bu araştırma kapsamında yapılan çalışmalar önceki yıllarda yapılan ilgili arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, çalışma alanının tanımlanması, mevcut jeolojik haritaların yenilenmesi, örnekleme noktalarının belirlenmesi ve kimyasal analizler için örnekleme dönemlerini kapsar. Örnekleme çalışmaları için 12 adet örnekleme noktası belirlenmiş ve bu noktalardan yağışlı ve kurak dönemleri temsilen Mayıs 2015 ve Ekim 2015 tarihlerinde örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Her bir örnekleme noktasında su kaynaklarının sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde içeriği (TDS) gibi fizikokimyasal parametreleri yerinde ölçülmüş ölçümlerde W.T.W-LT 330 marka portatif kondüktivite metre (SCT), Orion marka pH metre kullanılmıştır. Ana iyonlar ve ağır metal analizleri için ayrı ayrı 1.5 lt'lik çift kapaklı polietilen şişelerle su örnekleri alınmış, etiketlenmiş ve aynı gün içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır. Ağır metaller için alınan su örneklerinin içerisinde elementler arasındaki etkileşimleri önlemek için HNO₃ eklenmiştir.

2.2 Laboratuvar Çalışmaları

Örnekleme noktalarından alınan su örnekleri analiz yapım tarihine kadar laboratuvarda buzdolabında 4 °C de muhafaza edilmiştir.

Su kimyası analizleri Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Suların sülfat, fosfat, florür, klorür, bromür gibi anyon değerleri Dionex Ics-1000 chromatography tipi cihaz ile APHA-AWWA-WEF (2005) standartlarına uygun olarak ölçülmüştür. Suların kimyasal katyon ve ağır metal analizleri ise Perkinelmer Optima 2100 DV ICP-OES- USA (eş zamanlı indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi) ile APHA-AWWA-WEF (2005) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.3 Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında, ilk önce arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler kendi aralarında sınıflandırılmış ve istatistiksel açıdan dağılımları incelenmiştir. Sınıflandırılan veriler veri güvenliği açısından kendi içlerinde ve önceki çalışmalardan da faydalanılarak değerlendirilmiş ve veri güvenliği doğrulanmıştır.

Jeolojik veriler göz önünde bulundurularak inceleme alanı ve çevresinin jeolojik haritası ve stratigrafik dikme kesiti yenilenmiş ve ArcGIS yazılımı kullanılarak çizilmiştir. Bölgenin topografik haritası da aynı yazılım kullanılarak oluşturulmuştur. Araziden alınan kayaç örnekleri üzerinde yaptırılan ince kesitlerde büro çalışması kapsamında incelenmiş ve jeolojik formasyonların tanımlanmasında kullanılmıştır.

Su kimyası analizlerinden elde edilen veriler, Aquachem, ArcGIS /ArcMap, Excell gibi yazılım programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Ana katyon (Na, K, Ca, Mg) ve anyon (CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4) analiz sonuçları kullanılarak, Schoeller, Piper, A.B.D. tuzluluk, Wilcox diyagramları ve diğer grafikler çizilmiş ve sonuçları yorumlanmıştır. Suların kökeninin araştırılmasında, Schoeller ve Piper; sulama suyu sınıflamasında ise, A.B.D. tuzluluk ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır.

Bu kapsamda yapılan çalışmalar, inceleme alanı ve çevresi hakkında ilgili makaleler, yayınlar, tezler, raporlar ve özel şirketler tarafından gerçekleştirilmiş jeolojik ve hidrojeolojik bütün verilerin toplanması ve incelenmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3. BÖLGESEL JEOLojİ

Bölgesel olarak çalışma alanının temelinde Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak tanımlanan kaya birimler yer alır. Bu kompleks düzenli bir istif sunan Orta Anadolu Metamorfikleri ve bununla birlikte deformasyon ve metamorfizma geçirmiş Metamorfik Ofiyolitli karışık ve ensimatik yay magmatiklerinden oluşan Orta Anadolu Ofiyolitleri ile bu birimleri sıcak dokanakla kesen Orta Anadolu Granitoyitleri'nden meydana gelen kristalen kayalarla temsil edilir (Göncüoğlu vd., 1996).

Metamorfikler felsik ve mafik ortogneys, şist, mermer, kuvarsit gibi kayalardan oluşmuş olup, genel olarak magmatik katkılı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist - almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Kırşehir masifinin doğu uzantısı olan bu birimler bölgedeki yüksek topoğrafyaları oluşturur. Metamorfikler Paleozoyik yaşlı Atabey (1989) olup, granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoyitleri tarafından sıcak dokanaklarla kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Kıtasal kabuk kökenli çarpışma tipi granitoyitler ve çarpışma sonraki alkalin magmatikleri içeren Orta Anadolu Granitoyitleri'nin sokulum yaşı Üst Kretase'dir (Göncüoğlu vd., 1991). Alterasyonlar sonucu kırılğan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir (Kavurmacı, 2013).

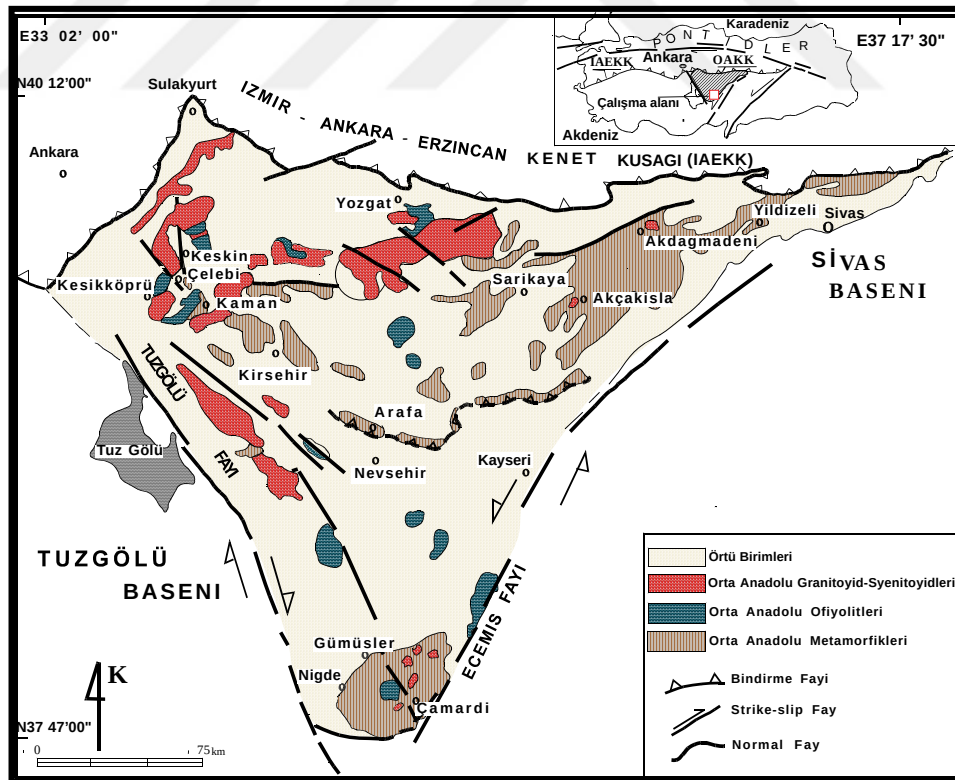
İnceleme alanını kapsayan Tuz Gölü Havzası Geç Kretase - Oligosen zaman aralığında gelişmiştir. Sübsidans Geç Kretase - Orta Eosen süresince meydana gelmiş ve bunu Geç - Orta Eosen'den başlayan ve Oligosen sonlarına kadar devam eden regresyon takip etmiştir (Arıkan, 1975). Havza Geç Kretase'den başlayıp Orta Eosen sonuna kadar denizel ve Geç Eosen - Kuvaterner zaman aralığında karasal nitelikli sedimanter birimlerle doldurulmuştur (Arıkan, 1975).

3.1 Stratigrafi

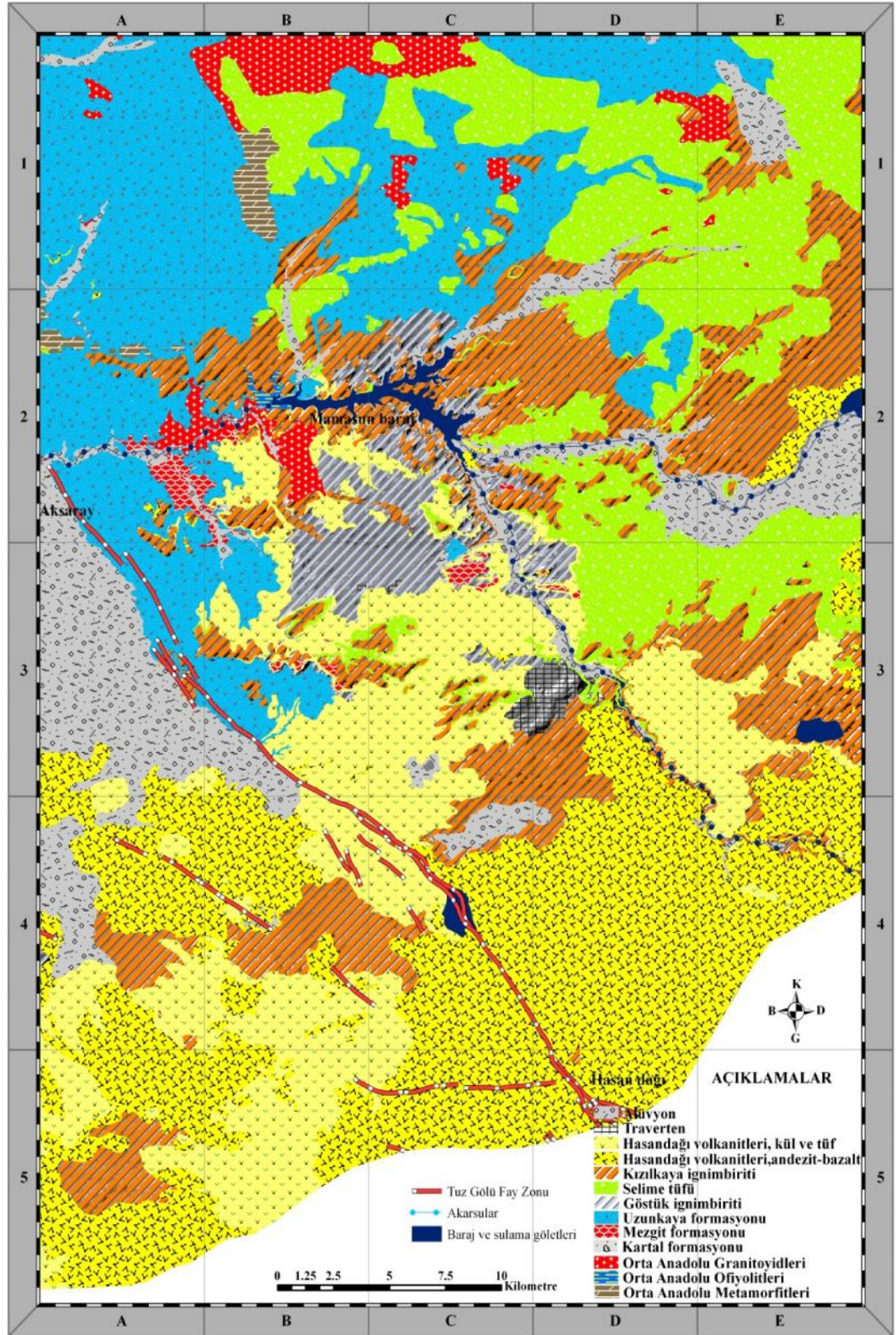
İnceleme alanı ve çevresinde yer alan temele ait birimleri Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimler oluşturur. Temel birimlerinin üzerine gelen örtü çökellerini ise Üst Kampaniyen'den Orta Eosen'e kadar filiş ağırlıklı denizel birimler ve Üst Eosen'den günümüze kadar da karasal, gölsel ve volkanik çökeller oluşturur (Ünlütürk, 2000). İnceleme alanı alttan üste doğru Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK), Kartal formasyonu, Mezgıt formasyonu, Uzunkaya formasyonu, Göstük ignimbiriti, Selime tüfleri, Kızılkaya ignimbiritleri, Hasandağı külleri, Traverten ve alüvyon formasyonlarından oluşur.

3.1.1 Orta anadolu kristalen karmaşığı (OAKK)

Orta Anadolu'da, Ankara - Sivas - Ulukışla arasında kalan ve kabaca üçgen biçimli bir alanda yüzeyleyen Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) genel olarak metamorfik kaya topluluğu ve bunları sıcak dokanakla kesen farklı intrüzif kayalardan oluşan bir topluluktur (Göncüoğlu vd., 1991) (Şekil 3.1), (Şekil 3.2).



Şekil 3.1: Basitleştirilmiş Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın jeoloji haritası (Göncüoğlu vd., 1991).



Şekil 3.2: İnceleme alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (ÖÇKB, 2010'dan değiştirilerek çizilmiştir).

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde oldukça düzenli bir istif sunan ve Orta Anadolu Metamorfitleri olarak adlandırılan birim alttan üste doğru meta kırıntılıların hakim olduğu seyrek metakarbonat ile felsik ve mafik ortogneyslar içeren Gümüşler metamorfitleri, metakarbonat - metakırıntılı ardalanmasından oluşan Kaleboynu metamorfitleri ve kalınca bir metakarbonat istifi ile temsil edilen Aşıgediği metamorfitlerinden meydana gelir (Göncüoğlu vd., 1996).

İnceleme alanının çevresinde gözlemlenen Kaleboynu metamorfik kütleleri gnays, şist, mermer, kuvarsit gibi kayalardan oluşmuş olup, genel olarak magmatik katkılı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist - almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Birim Paleozoyik yaşlı Atabey (1989) olup, granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoyitleri tarafından kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Alterasyonlar sonucu breşimsi ve kırılğan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir (Şekil 3.3) (Kavurmacı, 2013).

Temel birimlerinin üzerine Üst Kampaniyen'den günümüze kadar farklı dönemlerde çökelmiş denizel, karasal ve gölsel örtü çökelleri gelir. Bu çökellerden ilki Kartal formasyonudur.



Şekil 3.3: Orta Anadolu Granitoyitlerinden bir görünüm.

3.1.2 Kartal formasyonu

Tuz Gölü Havzası' nın doğu kısmında geniş mostralara veren ve temelin üzerine ilk gelen birim olan Kartal Formasyonu ilk kez Turkish Gulf Oil (1961) tarafından adlandırılmıştır (Göncüoğlu vd., 1996). Birim bordo - kırmızı renkli, kalın tabakalı,

kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltası, kumtaşı, miltaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Egemen litoloji çamur matriks içerisindeki çakıltılardır. Çakıldan bloğa kadar değişik boyutlarda gözlemlenen çakılların kökeni andezit, monzonit, gabro, serpantin, kırmızı çört, granit ve az miktarda metamorfik kayaç parçalarıdır (Göncüoğlu vd., 1996). Çakıl boyları 0.5 - 20 cm arasında değişmekte, ancak çoğunluğunu 2 - 7 cm arasında boyutları olan çakıllardan oluşmaktadır (Akıl, 2008). Çakıl tanelerinin yuvarlaklığı oldukça iyidir.

Alt seviyelerde kötü boylanmalı çakıltıları ile karakteristik birim üste doğru çapraz tabakalı miltaşı ara seviyeleri içeren gevşek tutturulmuş kötü boylanmalı kumtaşı - çamurtaşı ardalanımına geçer (Şekil 3.4). Bordo renkli çamurtaşı seviyeleri az dayanımlı kırıklı ve dağınık olup, içerisinde yer yer çakıltası ve kumtaşı mercekleri gözlemlenir. Hakim litoloji çamurtaşıdır. Birim içerisinde gevşek tutturulmuş, kötü boylanmalı kumtaşlarında küçük ölçekli teknesi çapraz tabakalanmalar, tane yönelimleri sık görülür.

Kartal formasyonu geniş bir kıyı düzlüğünde çökelmiş olan akarsu çökellerinin zaman zaman deniz etkisi altında kalmasıyla oluşmuştur (Öney, 1999). Kartal formasyonu üzerine uyumsuz olarak Mezgit formasyonu gelir (Şekil 3.5).

3.1.3 Mezgit formasyonu

Karasal çakıltası, kumtaşı ve yer yer jipsli seviyelerle temsil edilen birim, çalışma alanında en yaygın gözlenen litostratigrafi birimini oluşturmaktadır. Birimin karasal çakıltılarla temsil edilen alt seviyeleri en iyi Dorukini Köyü güneyinde mostra verirken, jipsli seviyeleri ise en iyi Aksaray-Ihlara yolu üzerinde Kireçlik Mevkii'nde gözlenmektedir (Güllü, 2003). Formasyon tabanda koyu gri-koyu kahve renklidir. Çakıl-blok boyutundaki malzemelerden oluşan çakıltılarla granit, gabro ve diyabaz çakılları içermektedir. Tabanda gözlenen bu konglomeralar orta-iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, derecelenmesiz ve iyi çimentolanmıştır (Yıldız vd., 2002).

Dış görünümü kırmızı-kirli sarı- kahverengi olan Mezgit formasyonunun orta seviyelerini oluşturan çakıltılar ise çoğunlukla magmatik çakıllarının yanı sıra Eosen yaşlı kireçtaşlarına ait çakıllarda içermektedir. Orta seviyeleri oluşturan bu konglomeralar, orta-iri taneli, gevşek tutturulmuş olup kötü boylanmalıdır (Güllü, 2003).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	KUVATERNER	Holosen	Hasandağı volkanitleri	Qa		Tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil
				Qt		Karbonatlı, sülfatlı sarımsı kahve renkli traverten
		Onlb			Gri-beyaz renkli kül ve lapilliden oluşan Hasandağı külleri, beyaz renkli vitrik kül matrisi içerisinde kaba kum boyundan 5–6 cm'ye kadar ulaşan obsidyen, pomza ve az miktarda da lav parçaları içerir.	
		Pİkİ			Atmosferik yüzeyleri pembemsi-kırmızımsı renkli bol soğuma çatlaklı silis içeriği fazla, boyutları 30 cm'ye varan pümsi parçaları içeren ignimbrit	
	TERSİYER	PLİYOSEN	Selime tufu	Tst		Beyazımsı-gri, beyaz, sarımsı-pembe ve pembe renkli çoğunlukla silt ve kil boyu küllerden, iyi yuvarlaklaşmış kayalar içerisinde heterojen dağılım gösteren pümsi parçaları ve volkanik kayalar taneleri başta olmak üzere çeşitli kırıntılardan oluşmuş tuf
				Tgi		Beyaz, gri, mor ve pembe renkli , andezitik bileşimde olup ince ile kaba aglomeratik yapıya sahip ignimbrit
			Uzun kaya	Tu		Kötü boylanmalı, orta tabakalı, iri taneli konglomera
						İnce - orta taneli, sıkı tutturulmuş, yeşil renkli kumtaşları Kahve renkli, kalın tabakalı, çakıltası - kumtaşları aralanması
		OLİGO-MİYOSEN	Mezgit	Tm		Beyaz - krem renkli, bol çatlaklı kireçtaşı
						Beyaz renkli anhidrit,
						saydam cam dokulu jipsli seviyeler
						Gevşek tutturulmuş, sarı renkli kumtaşları
PALEOZOYİK / MESOZOYİK	KRETASE	Kartal	Kk		Bordo - kırmızı renkli, kalın tabakalı, kötü boylanmalı, çakıltası - kumtaşları	
					Granit - granodiyorit - monzonit intrüzyonları	
					Gnays - şist - mermer ve kuvarsitler	

Şekil 3.4: İnceleme alanı ve çevresinin stratigrafik dikme kesiti (Güllü, 2003'den değiştirilerek çizilmiştir).

Birimin içerisinde kaba taneli, gevşek çimentolu olarak gözlenen kumtaşı seviyeleri de yine aynı kökenli kayalardan türeyen malzemelerden oluşmuştur. Mezgit formasyonu içerisinde gözlenen evaporitli seviyeler ise beyaz-yeşilimsi beyaz anhidrit ile ince-orta tabakalı jipslerden meydana gelmektedir (Güllü, 2003).



Şekil 3.5: Mezgit formasyonu içinde gözlenen tabakalı jips seviyeleri (Güllü, 2003).

Tabandan tavana doğru litoloji özellikleri dikkate alındığında yüksek enerjili akarsu ortamından, göl ortamına geçişi temsil ettiği düşünülen birimin içerisinde yaş verisi sağlayacak herhangi bir fosil bulgusuna rastlanılmamıştır (Yıldız vd., 2002). Ancak içerisinde Eosen kiretaşı çakıllarını bulundurması ve Alt Pliyosen yaşlı Uzunkaya formasyonu tarafından açılı uyumsuz olarak örtülü olması, birimin yaşının Oligo-Miyosen olabileceğini göstermektedir (Yıldız vd., 2002).

3.1.4 Uzunkaya formasyonu

Birim, bölgede Hamamboğazı derenin her iki yamacında ve Dorukini Köyü civarında, Mezgit formasyonunun üzerinde açılı uyumsuz olarak gözlenmektedir (Güllü, 2003).

Sarımsı yeşilimsi ve açık kahverengi alacalı renklerde gözlenen birim tabanda orta-iri taneli konglomeralarla başlayıp üst seviyelerde volkanik malzemeli tüf, tüfit, çapraz tabakalı kumtaşları ve akarsu fasiyesinde gelişmiş kum, kil ve silt bantlı çökeller ile devam eder. Konglomera seviyeleri blok boyutunda malzemenin yoğun olduğu çok kalın, oldukça kötü boylanmalı ve kütle akması tarzında gelişmiş bir içyapı sunar. Gevşek tutturulmuş taneler oldukça dağılgandır. Üst seviyelerde

gözlenen iri kumtaşı, ince taneli silt ve kil ar dalanması Melendiz nehrinin yüksek ve düşük enerji dönemlerini temsil eder (Güllü, 2003).

Birimin Mezgit formasyonu ile olan dokanağı yer yer tektoniktir. Bu tektonik hat, eski bir fay sarplığını yansıtmaktadır. Birim, bu fay sarplığı önünde alüvyal yelpaze tarzında gelişmiş ve oldukça kalın çökeller halinde depolanmıştır (Güllü, 2003). Selime (Aksaray) dolaylarında benzer litoloji ve stratigrafik düzeylerde Alt Pliyosen yaşlı omurgalı fosiller tanımlandığından, birimin Alt Pliyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Yıldız vd., 2002).

3.1.5 Göstük ignimbiriti

Bu formasyon en iyi Göstük yöresinde görüldüğünden Göstük İgnimbiriti olarak ilk kez Beekman (1966) tarafından isimlendirilmiştir. Dış görünüşü beyaz, gri, mor ve pembe renkli olan andezitik bileşimde olup ince ile kaba aglomeratik yapıya sahip ignimbirit ile temsil edilir. İgnimbirit, pümis elemanlarının zenginliğinden dolayı küçük peri bacaları oluşturmaları bakımından karakteristiktir ve bu özelliğı ile diğer birimlerden ayırt edilmesi de çok kolaydır.

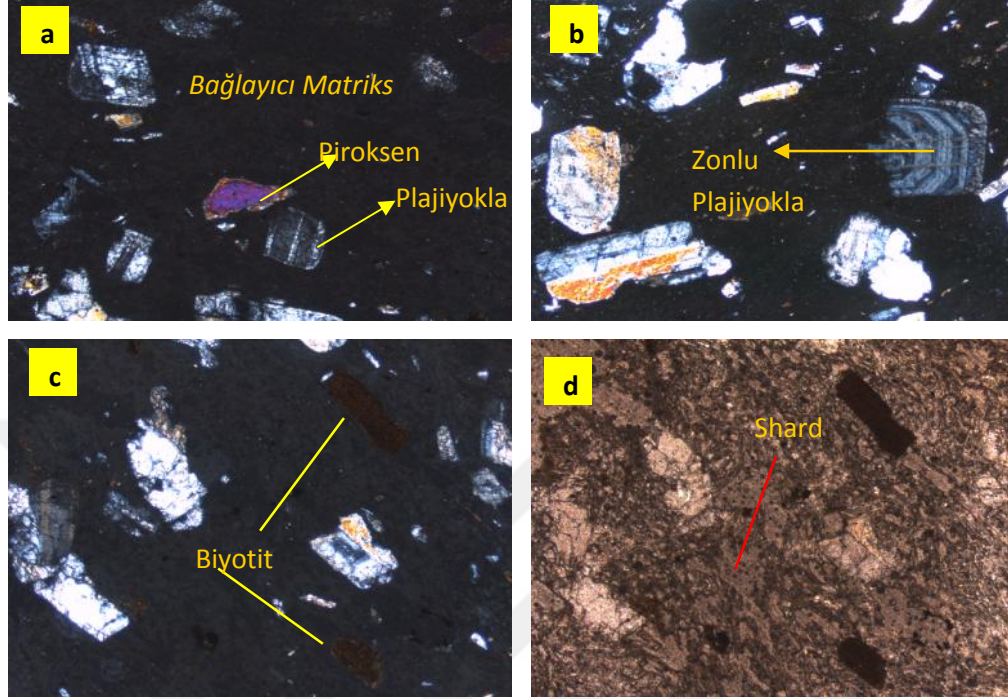
Göstük İgnimbiriti tabanında beyaz renkli ve ince taneli vitrik tüfle başlar. Üste doğru ignimbirit özelliğı kazanarak devam eder. Altındaki tuf seviyesi yaklaşık 1.5 ile 3 m arasında değişen kalınlığa sahiptir. Litolojik özellikleri dolayısıyla yörede oldukça önem kazanmış olan bu birim kolay oyulması nedeniyle depo olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kolay kesilip işlenmesi ve yeraltı sularının etkisiyle çeşitli renkte desenler kazanması sebebiyle de binalarda yapı ve kaplama (süsleme) taşı olarak da kullanılmaktadır.

İnceleme alanından alınan ignimbiritlerden hazırlanan ince kesitler Nikon marka binoküler polarizan mikroskop altında incelenmiştir. İgnimbiritleri %28 fenokristal ve %73 hamur fazı oluşturmaktadır. Genel olarak ötakstitik doku özelliğı gösteren ignimbiritler hakim olarak plajiyoklaz+biyotit+ piroksen+obsidiyen±opak mineral ana bileşenlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.6).

3.1.6 Selime tufü

Selime Tufü, beyazımsı-gri, beyaz, sarımsı-pembe ve pembe renkli çoğunlukla silt ve kil boyu küllerden, iyi yuvarlaklaşmış kayaç içerisinde heterojen dağılım gösteren pümis parçalarından, kuvars parçacıklarından ve genellikle volkanik kayaç taneleri başta olmak üzere çeşitli kırıntılardan oluşmuştur (Şekil 3.7). Birimin kalınlığı 0.5

m ile 60 m arasında değişir. Nevşehir ili çevresinde geniş yayılımlar gösteren Selime Tüfö, farklı araştırmacılar tarafından Cemilköy İğnimbiriti olarak da isimlendirilmiştir (Pasquare vd., 1988).



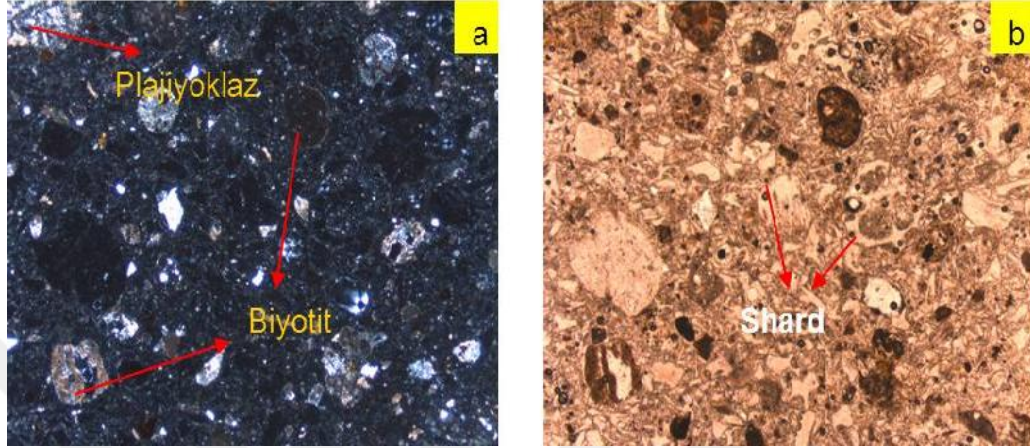
şekil 3.6: a-b) İğnimbiritlerde gözlenen piroksen, plajiyoklas ve zonlu plajiyoklasların fotomikrograf görüntöleri, c-d) İğnimbiritlerde gözlenen biyotitlerin ve bağlayıcı matriksi oluşturan shardların fotomikrograf görüntöleri.



şekil 3.7: Selime Tüfünün makroskopik ve içerisindeki pümislerin görünümü.

Hasandağı'nın kuzeyinde kuzeye doğru inceliş Aksaray'ın doğusundaki kristalin temele kadar gelerek orada gözden kaybolan tüfit, tüf ve Selime Tüfö içerisinde çok sık görölen pümis mercekleri heterojen bir dağılım gösterirler (şekil 3.8). Selime Tüfö muhtemelen, volkanizma sonucu ortaya çıkan piroklastik malzemelerin göşel bir havzada çökelmesi sonucu oluşmuşlardır. Petrografik incelemeler sonucunda

vitrik t f olarak adlandırılan birim esas olarak plajiyoklaz + biyotit + litik bileşen + pumis + shard $\pm$ opak mineral bileşenlerinden oluşmaktadır. Hakim olarak vitrofirik dokunun gözlendiği tüflerde kaynakla manın olmadığı (non-welded)  nemli bir ayrıntı olarak gözümüze çarpmaktadır.



Şekil 3.8: a-b) Tüflerde gözlenen biyotitlerin, plajiyoklasların ve bağlayıcı matriksi oluşturan shardların fotomikrograf g r nt leri.

Pliyosende ortaya çıkan türbülanslı rejime sahip sellenmeler ve meteorik kökenli yağış sularının zaman zaman çökelme ortamını etkilemesi sonucu, ince-orta taneli, gevşek tutturulmuş kırıntılı taneler, Selime t f  içerisinde kötü boylanmalı, köşeli, heterojen bir dağılım gösterirler. Pumis parçacıkları ortalama 2 cm – 3 cm arasında değişen  aplardadır ve gaz boşluklu görünüm verirler.

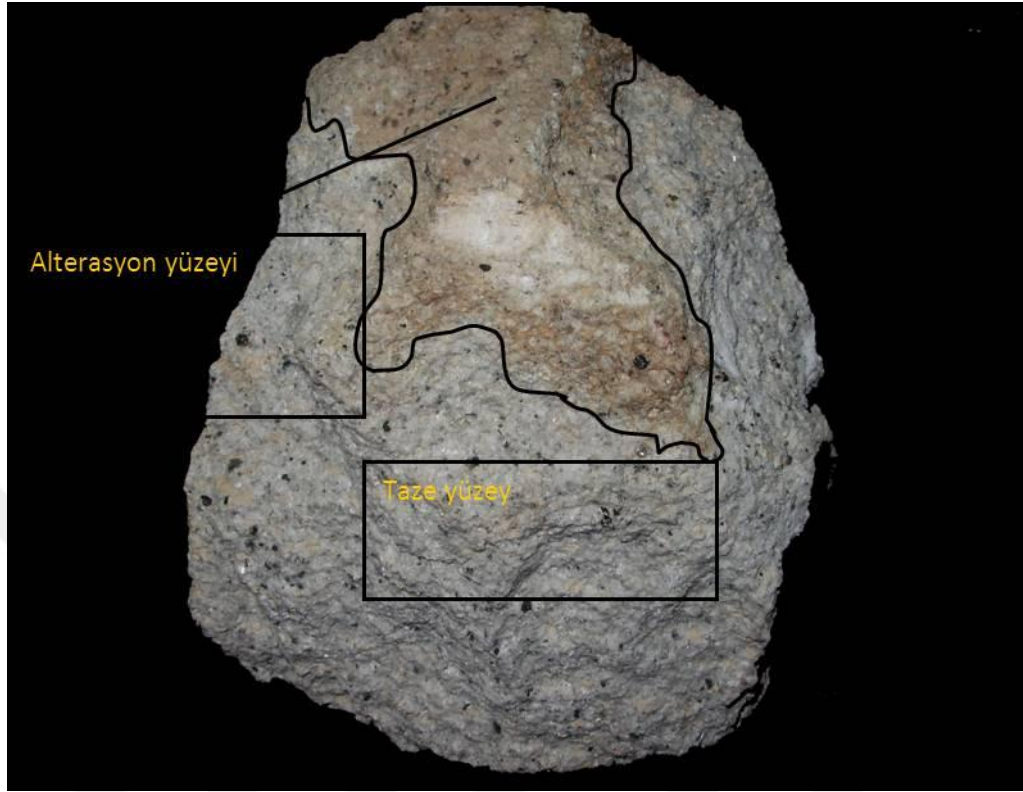
3.1.7 Kızılıkaya ignimbiriti

 lk defa Beekman (1966) tarafından adlandırılan birim, bölgede en iyi G c nkaya Köyü civarında gözlenmektedir ( ekil 3.9).



Şekil 3.9: Kızılıkaya ve Selime tüfleri arasındaki dokanak ilişkisi.

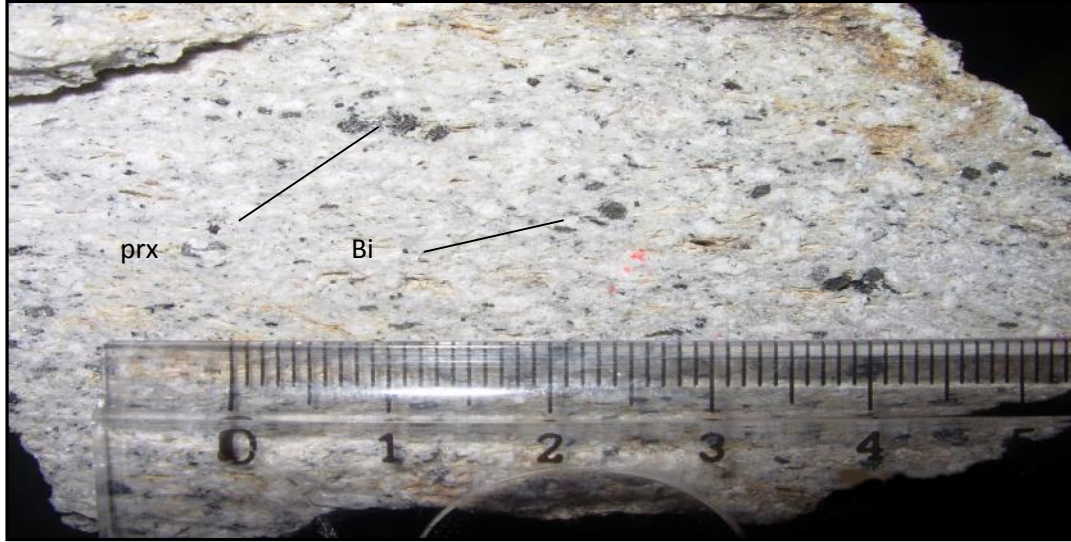
Atmosferik yüzeylerinde pembemsi-kırmızımsı renkte gözlenen ignimbiritlerin taze yüzeyleri ise pembemsi-beyazımsı gri renklerde (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: İgnimbiritlerde gözlenen günlenmeye bağlı renk değişimi.

Topoğrafyada mesa morfolojisi oluşturmaya katkı sağlayan ignimbiritlerin alt seviyelerinde, boyutları 30 cm' ye varan pumice parçaları gözlenmektedir (Şekil 3.11). Orta seviyeleri, pembemsi gri renkte, andezit ve bazalt çakıllarıyla kaynaklı birimin üst seviyelerinde zayıf kaynaklanmış volkanik çakıllar gözlenmektedir. Bölgede sütunsu bir yapıda gözlenen ignimbiritlerin kırık - çatlak düzlemleri boyunca alınan ölçümlerde hakim kırık-çatlak düzlemlerinin K5D-82GD, K88D-88GD ve K61B-89°GB yöneliminde oldukları gözlenmiştir. Birim içerisinde genel olarak her yönde kırık ve çatlakların varlığı, bu kırık ve çatlakların soğumaya bağlı olarak geliştiğinin göstergesidir (Yıldız vd., 2002).

İgnimbiritler içerisinde gözlenen biyotit minerallerinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayininde birimin 4.9-5.5±0.2 my aralığında oluştuğu bulunmuştur (Batum, 1978).



Şekil 3.11: Makroskobik olarak ignimbiritlerin görüntüsü.

3.1.8 Hasandağı volkanitleri

İlk kez Beekman (1966) tarafından isimlendirilmiştir. Birim üstten alta doğru andezit, andezit-bazalt birleşimindeki lavlar ve bunların farklı boyuttaki piroklastiklerinden oluşur. Piroklastikler sarımsı yeşilimsi tuf ve aglomeralardan meydana gelmiştir.

Çökelmeden önceki eski topografya çukurlarını dolduran birim formasyonu oluşturan kayaç türleri birbiriyle düşey ve yanal geçişlidir. Topografya yüzeyine bağlı olarak genellikle yatay, yer yer eğimli bir görünüm sunar. Hasandağı külleri gölsel ve volkanizma ürünü olan birimlerin ardalanmasından oluşmuştur. Gri-beyaz renkli kül ve lapilliden oluşan Hasandağı külleri, beyaz renkli vitrik kül matriksi içerisinde kaba kum boyundan 5–6 cm' ye kadar ulaşan obsidiyen, pomza ve az miktarda da lav parçaları içerir. Hasandağı külleri, Belısırma ve İhlara civarında Kızılkaya ignimbiritlerinin üzerinde yer almaktadır.

3.1.9 Traverten

Bünyesinde erimiş karbondioksit bulunan yeraltı sularının akifer içerisindeki hareketleri esnasında temasta bulundukları kayaçlardan çözdükleri kalsiyum karbonatı akışkanın yer yüzeyine ulaşması çok ince katmanlar halinde çökeltmeye başlaması sonucu oluşmuşlardır.

Bölgedeki genç volkanizmaya bağlı olarak ısınan CO₂' ce zengin sıcak sular kayalarda iyi gelişmiş kırık sistemleri boyunca yüzeye çıkmakta ve traverten çökeltmektedir (Şekil 3.12). İnceleme alanında eski ve yeni su çıkış noktalarını işaret eden travertenler genelde beyazımsı, açık kahve, sarı renkli ve boşluklu yapıya sahiptir. Alterasyon sonucu ortaya çıkan demir zenginleşmesine bağlı olarak kırmızı renk tonları içerdikleri de gözlemlenmiştir.



Şekil 3.12: Yaprakhisar ve çevresinde çökelen travertenlerin görüntüsü.

Travertenlerin morfolojisi göz önüne alındığında oluşumun tabaka traverten tipinde geliştiği görülmektedir. Orta - iri kristalli kalsit ve aragonit minerallerinden oluşan travertenler üzerinde gözlemlenen boşluklu yapılar yer yer rekristalize kalsitlerce doldurulmuştur. İnceleme alanı ve çevresinde travertenler KB - GD yönünde uzanan fay hattına bağlı olarak birden fazla noktada açığa çıkan Ziga ve Yaprakhisar sıcak suları tarafından çökeltirilmiştir.

3.1.10 Alüvyon

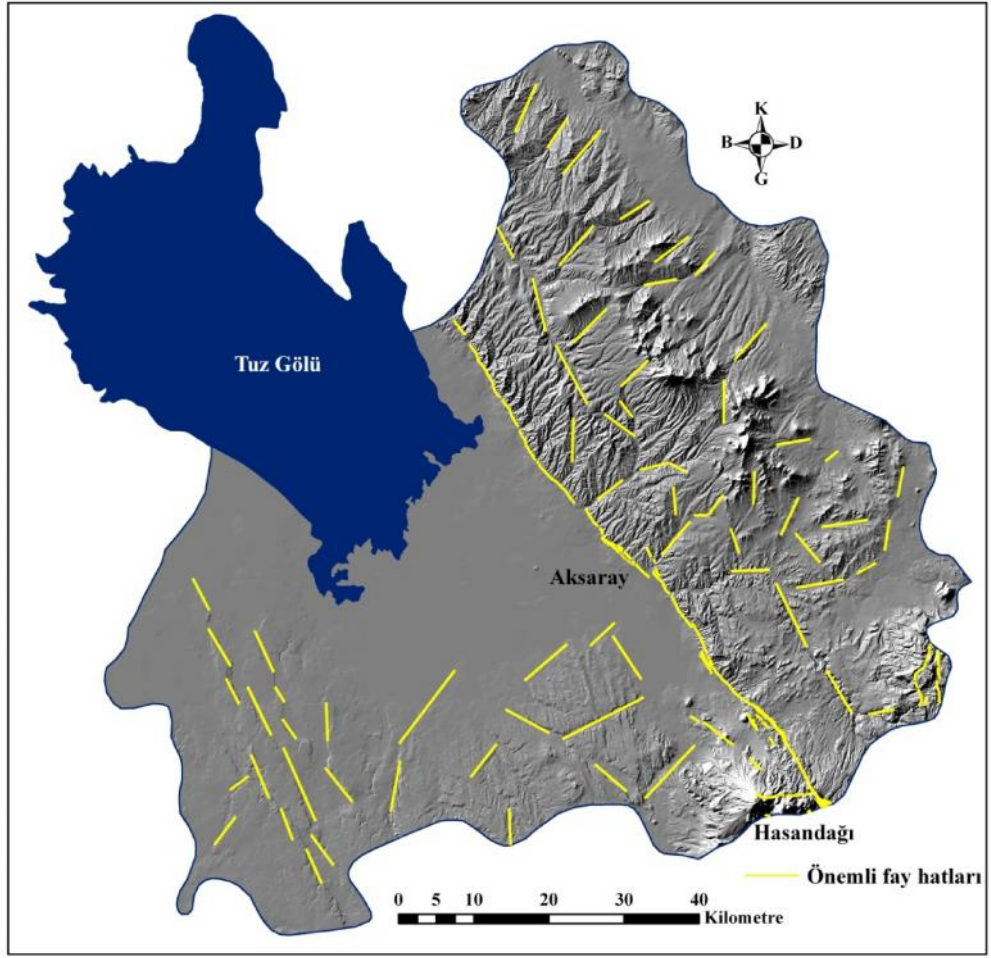
Dönemsel olarak değişik enerji düzeylerine sahip akarsuların yüksek kotlardan diğer birimlerin aşınması sonucu getirdiği gevşek, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil boyu malzemeden oluşmuş alüvyon kötü boylanmalı, kahverengi, yeşilimsi, gri renklidir. Melendiz akarsuyu ve yan kolları boyunca çökelen birim, Aksaray'ın batı kesimleri ile KB - GD uzanımlı fay sistemleri arasında geniş yayılım gösterir. Alüvyon içerisinde kil içeriği bölgesel olarak farklılıklar içerir. Stratigrafik ilişkilerine göre alüvyonun yaşı Holosen olup, oluşumu halen devam etmektedir.

3.2 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının tektonik yapısında, Tuz Gölü Havzası ve temeli oluşturan Kırşehir Masifi etkili olmuştur. Bölgenin en önemli tektonik unsuru TGFZ 'dur. TGFZ' nun yaşı ve karakteri hakkında farklı araştırmacılar tarafından değişik görüşler ileri sürülmüştür. Görür ve Derman, (1978), Uygun vd., (1982), Görür vd., (1984), Çemen vd., (1999) fay zonunun yaşının Üst Kretase olduğunu belirtmişken; Arıkan (1975) fayın yaşını Eosen; Dellaloğlu ve Aksu, (1984) ise Miyosen olarak kabul etmiştir. Şengör vd., (1985) ile Şaroğlu vd., (1987) bu fayın yüksek açılı ters fay olduğunu ileri sürmüşler, Derman vd., (2000) ise bu fayın önce normal bir fay olarak başladığını Eosen'de sol yönlü doğrultulu atım kazandığını daha sonra da tekrar normal bir fay karakteri kazandığını belirtmişlerdir. Toprak ve Göncüoğlu, (1993), Dirik ve Göncüoğlu, (1996), Çemen vd., (1999) ise fay zonunun neotektonik dönemde yüksek açılı normal fay bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu ifade etmişlerdir. Kürçer vd., (2012) ise çalışmasında TGFZ' nun K25-60B doğrultulu, 65-85 GB' ya eğimli, çok küçük oranda sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip (yan yatım açısı; 75-85), yüzeyde yüksek açılı normal faylardan oluşan bir fay zonu olduğunu savunmuştur.

İnceleme alanında TGFZ' na paralel gelişen KB - GD gidişli birbirlerine paralel doğrultu atımlı fay sistemleri ve ana fayı farklı açılarla kesen D - B gidişli düşey bileşenli fay sistemleri gelişmiştir (Şekil 3.13). Düşey bileşenli faylar inceleme alanının graben özelliği kazanmasını sağlamıştır. KB-GD ve KB-GD yönlü fay ve çatlak hatlarının kesişmesi ile bölgedeki merkezi volkanizmalar meydana gelmiş, bunun sonucunda da cüruf konileri oluşmuştur. Genç birimlerin örtü şeklinde bölgeyi kaplamaları bahsi geçen tektonik yapılarında örtülmesine neden olmuştur.

İnceleme alanında yer alan diğer önemli bir tektonik unsur TGFZ' yı dik konumda kesen Sultanhanı fayıdır (Yıldız vd., 2002). Fayın doğrultusu DKD-BGB dir. Bölge için önemli diğer bir yapısal unsurdaki KB-GD doğrultulu İhlara Vadisi boyunca uzanan İhlara fayıdır (Yıldız vd., 2002). Halen aktif olarak fay hattı boyunca karbondioksit gazı ve sıcak su çıkışları gözlenir.



Şekil 3.13: İnceleme alanı ve çevresinin fay haritası.

İnceleme alanında yer alan Orta Anadolu Metamorfikleri' ne ait mermerler, Orta Anadolu Granitoidleri, bazalt ve andezitler gibi jeolojik birimler tektonizma etkisi sonucu gelişen kırık ve çatlaklı yapılardan dolayı geçirimli hidrojeolojik özellik kazanmışlardır. Bu kırık sistemleri bölgede gelişen soğuk ve sıcak-mineralli su kaynakları için de hidrolik dolaşım yollarını oluşturmalarından dolayı çok önemlidir.

4.HİDROJEOLOJİ

İnceleme alanının doğu ve güneydoğusunda yer alan yüksek kotlu tepeler bölgenin beslenme alanını inceleme alanında geniş bir alanı kaplayan Aksaray ovası ise boşalım eksenini oluşturur. Bu nedenle yeterli geçirgenlik kazanmış birimlerde muhtemel yeraltı suyu hareketi Aksaray ovasına doğru olmaktadır. Bölgede gözlenen drenaj ağları, geçirimsiz birimler üzerinde genelde iyi gelişmiş ince dentritik, geçirimli ve orta geçirimli birimler üzerinde ise vadi yoğunluğu düşük kaba dentritik drenaj ağları şeklinde görülür. Yüksek kesimlerdeki küçük debili soğuk su kaynaklarının çoğu fay hatlarına bağlı olarak gelişen kırık sistemlerinden veya bağlantısız akiferlerden oluşmaktadır. İnceleme alanındaki litolojik birimler su taşıma ve geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak geçirimli (GG), yarı geçirimli (GY) ve geçirimsiz (GZ) birimler olmak üzere üç farklı hidrojeolojik grupta tanımlanmıştır.

Geçirimli birimler (GG)

İnceleme alanında akifer oluşturan en önemli birimlerden birisi bölgesel olarak çalışma alanının temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı Orta Anadolu Metamorfitlerine ait mermerlerdir. Birim içerisinde düşey yönde gelişen çatlaklı, kırıklı ve karstik boşluklu kısımlar hidrojeolojik açıdan geçirimlidir. Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu Granitoyitleri geçirimsiz olmakla beraber, alterasyonlar sonucu kırılğan bir yapı kazanmıştır. Birim kırıklı ve çatlaklı üst kuşaklarda geçirimlidir ve bölgede zayıf yerel akiferleri oluşturur.

Magmatik birimlerinin üzerine ilk çökelen birim olan Kartal formasyonunun kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltası ve kumtaşı seviyeleri, Uzunkaya formasyonunun alt seviyelerinde gözlemlenen kumtaşları ve çakıltası mercekleri Mezgit formasyonunun tabanda koyu kırmızı, bordo renkli orta, iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, iyi tutturulmuş çakıllı seviyeleri ile kaba taneli, gevşek çimentolu gri, yeşilimsi renkli kumtaşı seviyeleri ile Kuvaterner yaşlı alüvyonun tutturulmamış çakıl ve kum seviyeleri pratik olarak geçirimlidir.

Geçirimli birimler inceleme alanındaki su kaynakları için önemli bir akifer özelliğindedir.

Orta Anadolu Metamorfikleri' ne ait mermerler bölgede gelişen sıcak ve mineralli su kaynakları için hazne kaya özelliğindedir. İnceleme alanında yer alan birimlerin geçirimli seviyelerinin kalınlıklarının az olması, geçirimsiz seviyelerle aralanmalı yapı sunmaları, kum ve çakıl tanelerinin genelde kil ve karbonat bağlayıcı ile tutturulmuş olması, kayaçlarda gelişen ikincil süreksizliklerin düzensiz olması gibi etkenlerden dolayı Tersiyer yaşlı birimler genelde orta verimli akifer olarak sınıflandırılmıştır.

Yarı geçirimli birimler (GY)

İnceleme alanında çökelen Tersiyer yaşlı karasal, gölssel ve bataklık ortamlarında oluşmuş birimlerin siltli seviyeleri ile eski ve yeni alüvyonun siltli seviyeleri, Mezgit formasyonuna ait ince kristalli beyaz - gri renkli jips seviyeleri, Göstük ve Kızılkaya ignimbiritleri ancak faylanmaya, çatlaklı ve kırıklı yapıya bağlı şekilde ikincil geçirimliliğin arttığı bölümlerde çatlakların derinliği ile orantılı olarak düşey yönde yarı geçirimlidir.

Geçirimsiz birimler (GZ)

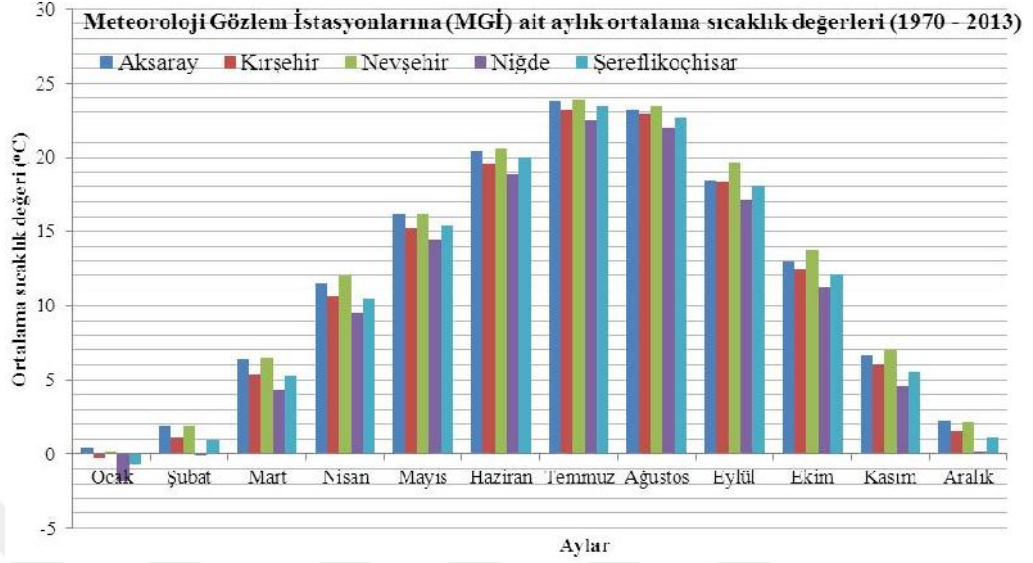
İnceleme alanının temelinde yer alan birimlerden Orta Anadolu Metamorfiklerine ait şistler etkili kırık zonları dışında pratikte geçirimsizdir ve hidrojeolojik anlamda yerel bariyerlerdir. Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı birimlerin kil, kumlu marn, marnlı kireçtaşlarından oluşan seviyeleri, eski ve yeni alüvyonun killi seviyeleri inceleme alanındaki geçirimsiz zonları oluşturur. Kayaçlarda gelişen alterasyonlar ve sedimentasyon sonucu oluşumları devam eden killer, tektonik etkenlerden dolayı gelişmiş ikincil süreksizlik boşluklarında çökelmiş ve kayaçların su depolama, iletkenlik vb. özelliklerini düşürmüştür.

4.1 İnceleme Alanı ve Çevresinin İklim Özellikleri

Bu bölümde, inceleme alanı ve yakın çevresine ait hidrolik sistemi etkileyebilecek meteorolojik verilerden yararlanılarak bölgenin hidrolojik özellikleri ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

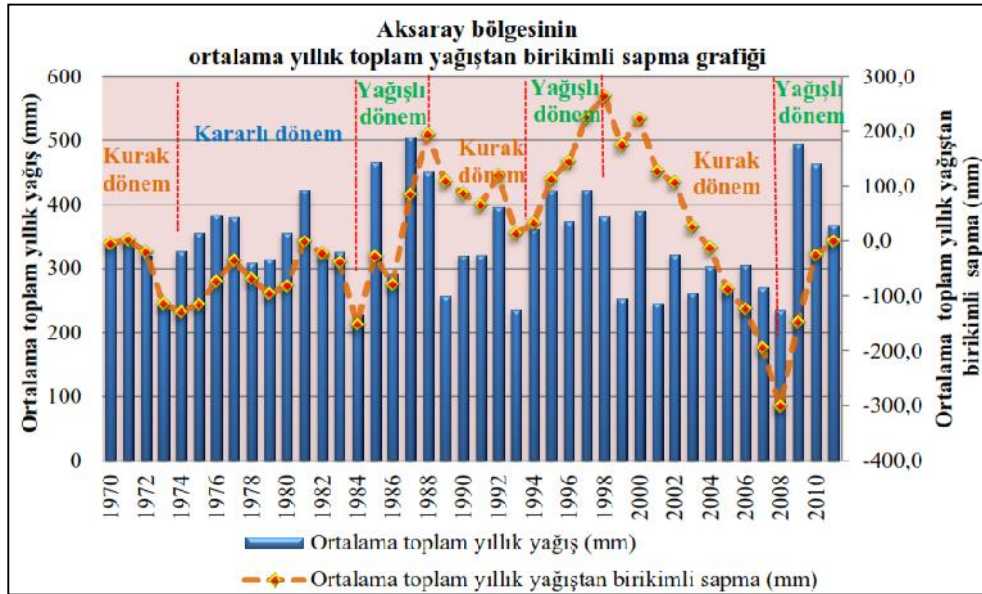
Çalışma kapsamında Aksaray ili ve çevresinde yer alan Devlet Meteoroloji Gözlem İstasyonları' na (MGİ) ait 43 (1970 - 2013) yıllık yağış, sıcaklık, açık yüzey

ayında 23.8 °C, en düşük ölçülen sıcaklık değeri ise Ocak ayında 0.4 °C olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4.2: Meteorolojik gözlem istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri.

Aksaray ve çevresine ait ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği incelendiğinde 1970 - 1974, 1988 - 1993, 1998 - 2008 yılları arasında kalan dönemlerde bölgeye düşen yağışların azaldığı ve kurak döneme geçildiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.3). 1974 - 1988, 1993 - 1998, 2008 - 2011 yılları arasında ise bölgeye düşen yağış miktarının artarak bölgenin yağışlı dönemin etkisi altında kaldığı söylenebilir.



Şekil 4.3: Aksaray ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği.

çevresinin içme ve sulama suyu ihtiyacını karşılayan Mamasın barajına ulaşır (Sıvacı, 1995).

Havzanın önemli derelerinden oluşan küçük ölçekli birçok hidrolik yan akım kollarına sahiptir. Tüm kolların birleşmesinden sonra 511 km²'yi drene eden Melendiz çayının ortalama akım değeri 76.6×10^6 m³/yıl'dır (Şekil 4.5). Melendiz çayı 60 km uzunluğunda ve akım yönü GD'dan KB'ya doğrudur. Çayın ortalama eğim miktarı 7.5×10^{-3} dür. Membadan 6 – 8 km'ye kadar olan yüksek yatak eğim değeri derenin Melendiz dağı eteklerinden aktığı yüksek topoğrafyaya karşılık gelmektedir (Doğdu, 1995). Melendiz akarsuyu uzun dönemler boyunca taşıdığı çeşitli boyuttaki farklı kökenli sedimanter malzemeleri Aksaray'ın batısında çökelterek ovadaki heterojen özellikteki alüvyonun oluşumuna büyük oranda katkıda bulunmuştur.



Şekil 4.5: Melendiz akarsuyunun aylık akım değerleri (DSİ, 2012-2013).

Karasu çayı Aksaray'ın Gülağaç ilçesinden doğar ve batıya doğru Demirci kasabasını geçerek Mamasın barajına katılır. Karasu çayının ortalama akım değeri 63.23×10^6 m³/yıl'dır (Şekil 4.6). Melendiz çayı 25 km uzunluğunda ve akım yönü doğudan batıya doğrudur (Şekil 4.7).

İnceleme alanı ve çevresinde Melendiz ve Karasu'yun dışında gelişen önemli bir akarsu ağı bulunmamaktadır. Mevsimsel yağışlara bağlı olarak yüksek kotlarda bulunan kar sularının erimesi sonucu oluşan kısa akım süreli düşük debili episodik akarsular gelişebilmektedir. Yöre halkı tarafından bağ ve bahçe sulamada kullanılan bu geçici akarsular süzülme yoluyla çoğu zaman yeraltı sularını besler.



Şekil 4.6: Karasu çayı aylık akım değerleri (DSİ, 2012-2013).



Şekil 4.7: Melendiz ve Karasu çaylarının konumu.

4.2.2 Göletler

Aksaray il sınırları içerisinde yer alan Çiftevi, Cumalı, Sarıyahşi, Helvadere, Güzelyurt, Sarıgödel, Camili ve Balcı göletleri sulama ve rekreasyon amacı ile kullanılmakta olan önemli su kaynaklarıdır. Bu göletlere ait sayısal özellikler Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2: Aksaray ilinde bulunan bazı önemli göletlerin sayısal özellikleri.

Göletler	Y	YOSH	TDH	TGH	AH	PD	GSA
ID / Birim	km ²	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl	m ³ /sn	ha
Helvadere Göleti	29.9	13.1	1.45	1.43	1.41	38	300
Güzelyurt Göleti	16.3	0.8	0.9	-	0.7	-	170
Balcı Göleti	19.3	1.8	-	0.4	1.75	16	200
Çiftevi Göleti	21.1	1.5	-	1.4	1.3	35.3	244
Sarıyahşi Göleti	18.8	0.8	0.59	0.57	0.54	39.4	227
Ortaköy Cumalı Göleti	-	0.22	1.29	1.21	1.12	-	-
Sarıhgödelers Göleti	-	0.15	1.24	1.07	1.07	-	-
Camili Göleti	-	1.25	1.25	1.14	-	-	185.7

Y; yağış alanı, YOSH; yıllık ortalama su hacmi, TDH; toplam depolama hacmi, TGH; toplam gövde hacmi, AH; aktif hacim, PD; dolu savak proje debisi, GSA; gölet sulama alanı

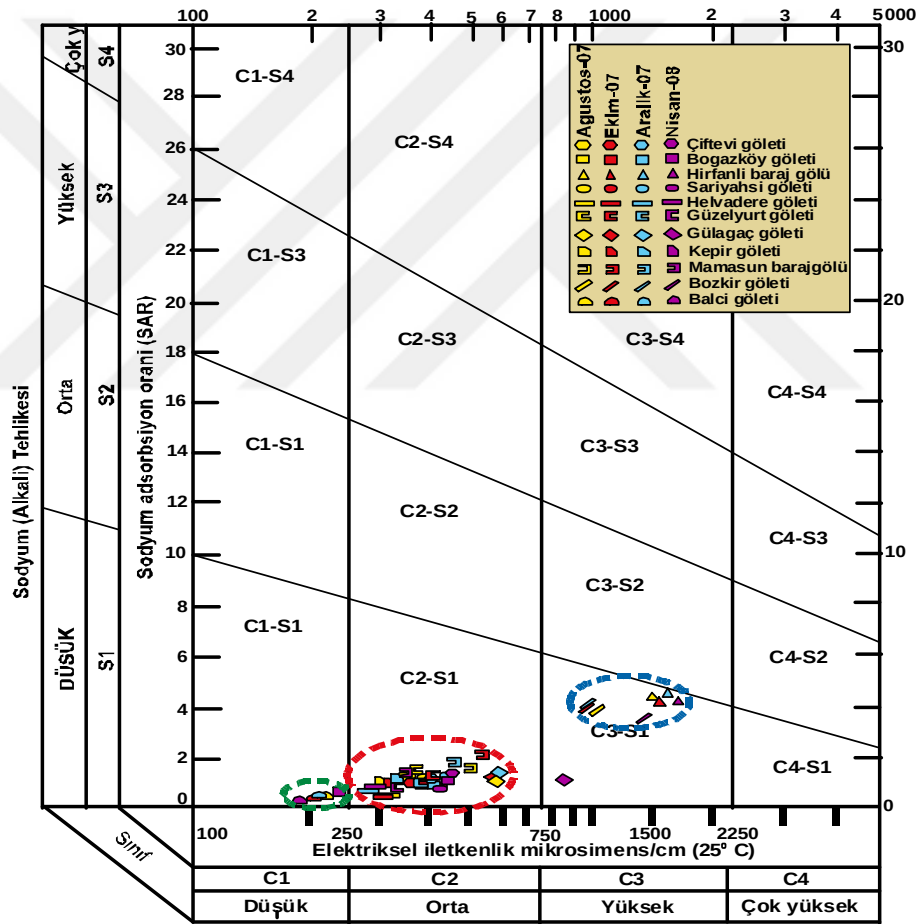
Göletlerin tamamı Aksaray ili' nin doğusunda yer alır ve KB - GD yönlü Tuz Gölü Fay Zonu'na paralel olarak konumlanmıştır. Kavurmacı vd., (2008) tarafından gerçekleştirilen Nisan 2008 tarihli çalışmada, göletlerin bazı fiziksel ve kimyasal parametreleri sırasıyla, ortalama sıcaklık (T); 9.2 °C - 12.8 °C, pH ; 7.1 – 8.7, elektriksel iletkenlik (EC); 97.4 – 1101 µS/cm, toplam mineralizasyon (TÇKM); 91 - 729 mg/l arasında değişim göstermiştir (Kavurmacı vd., 2008) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3: Aksaray ilinde bulunan bazı önemli göletlerin Nisan 2008 tarihine ait kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları (Kavurmacı vd., 2008).

PARAMETRE	Sıcaklık	pH	İletkenlik	TÇKM	Klorür	T. Alkalinite	Sülfat	Nitrat-N	Amonyum-N	Ca	K	Mg	Na	
No	NUMUNE YERİ	(^o C)	(µS/cm)					(mg/L)						
1	Çiftevi Göleti	11.5	8.3	357	321	26.2	238.6	24.6	1.45	0.02	67.58	1.69	22.52	25.71
2	Cumalı Göleti	10.9	8.4	339	307	26.6	237.9	31.91	0.52	0.01	55.50	3.51	23.26	32.66
3	Sarıyahşi Göleti	11.5	8.7	347	309	22	236.7	98.92	1.02	0.001	59.37	1.91	19.85	34.64
4	Helvadere Göleti	9.5	7.1	181.2	168	26.7	121.2	19.01	0.01	0.1	20.52	3.68	11.79	23.09
5	Güzelyurt Göleti	9.2	8.4	211	207	22.6	153.5	22.68	1.99	0.03	37.06	13.03	9.28	20.76
6	Camili Göleti	12.8	7.8	668	419	36.7	365.2	34.43	2.04	0.02	63.74	10.71	30.90	55.76
7	Sarıgödelers Göleti	11.5	8.1	1101	729	149.4	382.1	148.62	1.44	0.01	124.40	10.33	30.66	123.50
8	Balcı Göleti	10.4	8.3	97.4	91	12.2	72.3	8.72	1.94	0.05	19.99	1.18	3.57	7.42

Göletleri temsil eden suların iyon bolluk dizilimleri, Çiftevi, Sarıgödel, Sarıyahşi, Camili göletlerinde $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^{+} + \text{K}^{+} - \text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$; Helvadere, Güzelyurt ve Balcı göletlerinde $\text{Ca}^{+2} > \text{Na}^{+} + \text{K}^{+} > \text{Mg}^{+2} - \text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$ şeklindedir (Kavurmacı vd., 2008). İyon diziliminde Ca^{+2} 'dan sonra Na^{+} 'un, HCO_3^{-} 'dan sonra ise Cl^{-} 'nin öne çıkması bunun karışım suyu olduğunu gösterir. Helvadere, Güzelyurt, ve Balcı göletleri muhtemelen farklı kaynaklardan beslenen yüzey sularıdır (Kavurmacı vd., 2008).

Göletlere ait yüzey suları genel olarak karbonat sertliği %50'den fazla Ca-HCO_3 tipli sular sınıfına girmektedir. Bu sular genel olarak orta derecede tuzlu ve düşük sodyumlu sulama suyu kalitesine (C_2S_1) sahiptir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Aksaray ilindeki bazı göletlerin ABD Tuzluluk Laboratuvarına göre sulama suyu kalite sınıfları.

4.2.3 Yeraltı suyu kaynakları

Yüzey sularının potansiyelinin azalması, biriktirme ve iletme giderlerinin artması nedeniyle, içme, kullanma, endüstri ve sulamada kullanılan yeraltı suyu miktarları

bütün dünyada günden güne artmaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda yeraltı suyunun hidrolojik dolaşım içindeki rolü ve dağılımı büyük önem kazanmıştır (Elhatip, 2002). Aksaray ili için potansiyel yeraltı suyu kaynakları soğuk su kaynakları ve sıcak ve mineralli su kaynakları olarak incelenebilir.

Soğuk su kaynakları

Aksaray ili' nde bulunan önemli soğuk su kaynaklarının büyük kısmı Ihlara Fay Zonu' na bağlı olarak bölgenin en önemli yükseltisi olan Hasandağı eteklerinde açığa çıkar. Debileri genellikle 1 - 5 lt/s arasında değişen akışkanlar şeklindedir. Bu kaynaklar çoğu zaman yöre halkının su ihtiyaçlarının giderimi için kullanılmaktadır. Bazı kaynaklar kaptaja alınarak içme ve sulama suyu amaçlı yararlanılmakta, diğerleri ise sulama göletlerini beslemektedir. Dutpınar, Ayazma, Kırkgözler ve Helvadere bölgenin en önemli soğuk su kaynaklarıdır. Kaynaklar genelde kar erimesinin başladığı ve dönemsel yağışların arttığı Mayıs ayının başlarında en yüksek debilidir. Hidrolik yükün azaldığı Eylül ayının ortalarında ise yılın en düşük debisine sahiptir.

Dutpınar soğuk su kaynağı, Ilısu Kasabası'nda bulunan Dutpınar soğuk su kaynağının sıcaklığı 18 °C, debisi ise yaklaşık 3 lt/sn'dir. Dutpınar Kaynağı, Melendiz Çayı'nın hemen kenarında ortaya çıkmakta olup, yaz aylarında sulamada kullanılmakta, kışın ise Melendiz Çayı'na boşalmaktadır (Elhatip, 2002). Ayazma soğuk su kaynağı Aksaray-Güzelyurt ilçesinde yer alır. Ayazma Kaynağı'nın debisi 2 lt/sn, sıcaklığı ise 15 °C' dir. Ayazma Kaynağı'nın kaptajı yapılarak ilçeye getirilmiş olup içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır.

Kırkgözler kaynağı Ihlara vadisi kenarında yer almaktadır. Bu kaynağın sıcaklığı 11 °C ve elektriksel iletkenlik (EC) değeri ise 100 µS/cm'dir (Elhatip, 2002). Ihlara vadisi boyunca en düşük mineralizasyona sahip olan bu kaynak, genelde yöre halkı tarafından içme ve sulama suyu ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Kaynak farklı debiye sahip birçok noktadan çıkmakta olup, toplam debisi yaklaşık 350 lt/sn'dir (Elhatip, 2002).

Bölgedeki küçük debili kaynaklar ise geçirimli birimler ile geçirimsiz birimlerin dokanağında ayrıca Tuz Gölü Fay Zonuna bağlı olarak eklem veya kırık düzlemlerinden açığa çıkan, debileri 0.1 - 2 lt/s arasında değişen akışkanlar şeklindedir. Bölgenin doğusunda granitler içerisinde açığa çıkan yüksek kotlarda

küçük debili birçok kaynak bulunmaktadır. Yöre halkı tarafından içme suyu ihtiyaçlarının giderilmesi için kullanılan kaynakların mevsimsel olarak debileri % 10 - % 15 arasında değişim gösterir. Bu kaynaklar düşük debili olmasına rağmen beslenim alanı yakınlarından boşalmaları nedeni ile sığ dolaşım sistemine sahip yeraltı sularını temsil ettiklerinden dolayı önemlidir.

Sıcak ve mineralli su kaynakları

Ziga sıcak ve mineralli su kaynakları

Aksaray ili sınırları içerisinde en önemli sıcak ve mineralli su kaynakları konumunda olan Ziga su kaynakları, Aksaray'a yaklaşık olarak 35 km ve Yaprakhisar köyüne 1.5 - 2 km uzaklıktadır. Ziga sıcak ve mineralli su kaynaklarının sıcaklık değerleri yaklaşık 45 - 52 °C arasında değişir. Geçmiş dönemlerde fay hatlarına bağlı olarak düşük debi değerlerine sahip 8 - 10 civarında sıcak su çıkış noktaları gözlenmiştir. Bu kaynaklar zamanla kurumuştur (Elhatip, 2002).

Narlıgöl sıcak su kaynağı

Acıgöl sıcak ve mineralli su kaynağı Aksaray'ın 45 km kuzeydoğusunda bulunan Acıgöl krateri içerisinde bulunmaktadır. Bu bölgede kırık sistemlerinden yeryüzeyine çıkan kaynakların sıcaklıkları 26 - 45 °C arasında değişir (Elhatip, 2002). Acıgöl kenarında MTA tarafından 2012 yılı içerisinde açılan sondajlarda 65 °C sıcaklığında 110 lt/sn'lik debiye sahip su çıkarılmıştır.

Yaprakhisar sıcak ve mineralli su kaynağı

Bölgede eski Ziga olarak bilinen Yaprakhisar sıcak ve mineralli su kaynağı, Yaprakhisar köyünde yer almaktadır. Bu kaynağın sıcaklığı 36 °C, debisi yaklaşık 1 lt/sn ve toplam çözünmüş katı maddesi 3450 mg/L' dir (Elhatip, 2002).

Belısırma sıcak su kaynağı

Sıcaklığı 24 °C olan Belısırma Kaynağı, Belısırma köyünün güneyinde, Melendiz Çayı' nın kenarında çıkmaktadır. Kaynağın debisi 0.2 lt/sn' dir. Sıcak su kaynağının çıkış derinliği 312.5 m'dir (Elhatip, 2002).

Ihlara sıcak ve mineralli su kaynağı

Ihlara sıcak ve mineralli su kaynağı, Aksaray'ın güneydoğusunda yaklaşık 40 km uzaklıkta yer alır. Bu kaynak, Ihlara köyü Melendiz çayı kenarından çıkmaktadır.

Ihlara köyünde 2 ayrı çıkış noktası olan bu kaynaklar, 36 °C olup, kaynak çıkış alanları üzerine iki ayrı hamam inşa edilmiştir. Ihlara erkek hamamı kaynağı 36 °C sıcaklığında olup debisi yaklaşık 1.5 lt/sn'dir. İkinci hamamın sıcaklığı ise 28 °C ve debisi yaklaşık 1 lt/sn' dir (Elhatip, 2002).

İlusu sıcak su kaynağı

İlusu kaynağı, Ilusu köyünün içinde Melendiz çayı kenarından çıkmaktadır. 1995 yılında yapılan 115 metre derinliğindeki sondajda 25 L/sn debiye ulaşılmış olup suyun sıcaklığı 36.5-37 °C olarak ölçülmüştür (Elhatip ile yapılan sözlü görüşme, 2016).

4.2.4 Kuyular

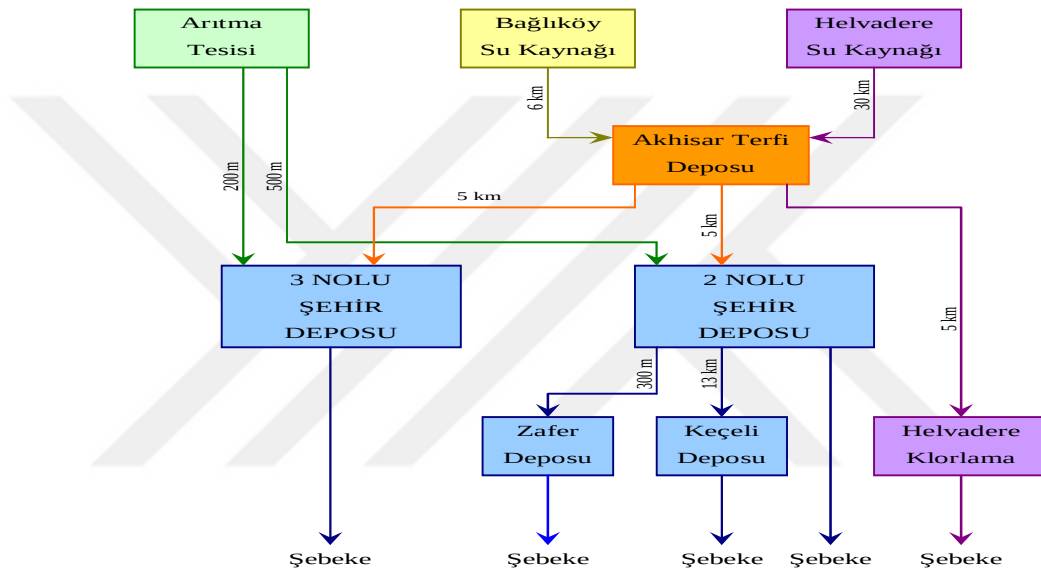
İnceleme alanı ve çevresinde 3500 den fazla kuyu bulunmaktadır. Kuyular genel olarak Aksaray'ın batısında tarımsal faaliyetlerin yüksek olduğu Eski, Eşmekaya ve Sultanhanı yerleşim alanları çevresinde yoğunlaşmıştır. DSİ tarafından muhtelif zamanlarda ruhsat verilmiş sondaj kuyuları olmasına rağmen bu kuyuların çoğu ruhsatsız olarak kullanılmaktadır. Tamamı yöre halkı tarafından açılmış olan bu kuyular daha çok içme, sulama ve kullanma ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla kullanılmaktadır. Kuyuların derinlikleri 30 m. ile 150 m. arasında değişir.

Yeraltı suyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu alanlarda hayvanların su ihtiyaçlarının giderilmesi amacı ile bölgede keson kuyular da mevcuttur. Bu kuyulardaki su seviyesi derinliği çoğunlukla 1 m ile 35 m arasında değişmektedir. Bölgedeki keson kuyuların derinlikleri genellikle 10 m'ye kadar inebilmektedir.

4.3 Aksaray İli İçme Suyu Potansiyelinin Dağılımı

İçme suyu olarak Aksaray ili üç ayrı kaynaktan yararlanmaktadır. Bunlar, yüzeysel su kaynağı olan Mamasun Barajı, diğer ikisi de yeraltı su kaynağı olan Bağlıköy yeraltı su kaynağı ve Helvadere' dir. Mamasun Barajı' ndan yaklaşık olarak 0,123 m³/s, Bağlıköy yeraltı su kaynağından 0,336 m³/s ve Helvadere yeraltı su kaynağından da yaklaşık olarak 0,051 m³/s su temin edilmektedir. Mamasun Barajı en büyük içme suyu kaynağı olup, buradan alınan su belli bir fiziksel ve kimyasal arıtmadan sonra diğer iki yeraltı su kaynağı ise özellikle arsenik arıtımına tabi tutulduktan sonra şehre verilmektedir.

Kaynaklardan alınan sular şehre 4 ayrı depodan verilmektedir. Bunların ikisi 5000 m³ kapasiteli olup, 2 No'lu ve 3 No'lu depo olarak isimlendirilir. Burada depolanan sular şehre kendi cazibesiyle iletilir. Şehrin yüksekte kalan kısımlarına ise diğer iki depo hizmet etmektedir. Bunlar 500 m³ kapasiteli Zafer Deposu ile 1000 m³ kapasiteli Keçeli Deposu'dur. Zafer ve Keçeli depolarına su, 2 No'lu depo tarafından pompalar vasıtasıyla verilmekte ve buradan da su şehre kendi cazibesiyle iletilmektedir (Şekil 4.9). Bu depolardan farklı olarak şehrin muhtelif yerlerinde bulunan çeşmelere su doğrudan olarak Helvadere tatlı su isale hattından verilmektedir.



Şekil 4.9: Aksaray ilinin içme suyu kaynakları ile depolarının konumu.

Mamasun Barajı

Mamasun Barajı, Melendiz ve Karasu çayları tarafından beslenmekte olup Aksaray ili'nin 17 km doğusunda bulunmaktadır. Mamasun Barajı 1961 yılında tamamlanmış olup, 38 m'lik toprak dolgusu yüksekliğine sahiptir. Mamasun Barajı'nın karakteristik özellikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4: Mamasun Barajı'nın fiziksel özellikleri (Aslan, 2006).

Minimum Su Kotu	186.62 m
Statik Su Kotu	1107.19 m
Aktif Hacim	155.80x10 ⁶ m ³
Toplam Hacim	165.80x10 ⁶ m ³
Maksimum Hacim	203.15x10 ⁶ m ³
Yıllık Ortalama Akım	153.97x10 ⁶ m ³
Tam Sulama	138.56x10 ⁶ m ³
Kısıtlı Sulama	137.66x10 ⁶ m ³

Baraj, Aksaray ili' nin içme ve sulama suyu ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Halen Aksaray ovasının sulanmasında önemli hizmet veren baraj Aksaray ili' nin içme su ihtiyacının %30' unu karşılamaktadır. Aksaray ovası için sulamaya verilen su, yıl içerisinde Nisan-Ağustos ayları arasında verilmekte olup içme suyu olarak barajdan karşılanan su ise yıl boyunca alınmaktadır. Mamasun Barajı aylık çıkış değerleri incelendiğinde barajdan faydalanılan su miktarı normal zamanda 2 m³/s iken sulama mevsimi boyunca 5 - 10 m³/s arasında değişir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Mamasun barajı aylık çıkış değerleri (DSİ, 2012-2013).

Helvadere Su Kaynağı

Helvadere su kaynağı, Aksaray ili' nin güneybatısında ve Aksaray ili' ne 29 km uzaklıktaki Helvadere kasabasında yer alır. Aksaray il merkezinin ilk içme ve kullanma su kaynağı olan Helvadere yeraltı su kaynağı, 1953 yılında şehrin büyük bir kesimine hizmet vermeye başlamış ve günümüzde şehrin içme ve kullanma suyunun %10' unu karşılamaktadır.

Hizmet vermeye başladığı ilk yıllarda pompalar vasıtasıyla alınan su, 1970 yıllarında kendi cazibesiyle gelebilecek şekilde, uygun kotlara göre yeniden 35 km' lik bir isale hattı ile verilmeye başlanmıştır. Günümüzde bu isale hattı kullanılmakta olup, son 10 yıl içerisinde isale hattının tümü yenilenmiştir.

Kaynağında 80 lt/sn olarak alınan su, Helvadere kasabası ile Aksaray ili arasında bulunan Yuva kasabası ile Gine, Karataş, Karaveren ve Akhisar köyleri mevcut isale hattından toplam 30 lt/sn'sini kullanmakta ve geri kalan 50 lt/sn Aksaray iline ulaşmaktadır.

Helvadere su kaynağından alınan su, Aksaray şehir depolarına iletimini sağlayan 35 km' lik isale hattının otuzuncu kilometresinde yer alan, Akhisar köyündeki Akhisar terfi deposuna verilmektedir. Akhisar terfi deposundan itibaren 5 km isale hattı ile Aksaray ili' nin girişine gelen su buradan dağılarak şehrin muhtelif yerlerinde bulunan (105 adet) tatlı su çeşmelerine iletilmektedir. Helvadere su kaynağından gelen suyun bir kısmı tatlı su çeşmelerine, kalan kısmı ise Akhisar terfi deposunda Bağlıköy isale hattına karışarak şehir depolarına verilmektedir. Helvadere suyu, Koçpınar köyünde bulunan arsenik arıtma tesisinde arıtılmaktadır.

Bağlıköy Su Kaynağı

Bağlıköy yeraltı su kaynağı, Aksaray ili içme ve kullanma suyunun ortalama olarak %60'nı karşılar. Aksaray'ın güneyinde ve Aksaray'a 15 km uzaklıkta bulunan Bağlıköy' ün hemen girişinde yer almaktadır. 1986 yılında hizmete geçen Bağlıköy yeraltı su kaynağından yaklaşık olarak en fazla 21.600 m³/gün su alınabilmektedir.

Bağlıköy su kaynağından su, şehir depolarına 12 km' lik isale hattı ile iletilmektedir. Bağlıköy su kaynağı şehir depolarına göre daha düşük kotta bulunduğundan mevcut su, pompalar vasıtasıyla Akhisar köyündeki Akhisar terfi deposuna verilmektedir. 12 km' lik isale hattının ilk 7 km' si pompalar vasıtasıyla diğer 5 km'si de kendi cazibesiyle şehir depolarına iletilmektedir. Bağlıköy su kaynağından çıkan su, Bağlıköy'de bulunan arsenik arıtma tesisinde arıtıma tabii tutularak şehir depolarına verilmektedir.

Bağlıköy su kaynağından Akhisar terfi deposuna su, 100 lt/sn kapasiteli % 75-80 verimle çalışan pompalar vasıtasıyla iletilir. Bağlıköy su kaynağında 4 adet pompa bulunup bunların ikisi asıl diğer ikisi de yedek olarak kullanılmaktadır. Sarfiyata göre yaz aylarında gerek duyulduğunda 3 pompa birden çalışmaktadır.

5. SU KİMYASI DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir bölgedeki sulardan verimli olarak faydalanabilmek ve yerel hidrolik sistemi açıklayabilmek için suların kimyasal özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Sular hidrolik sistemdeki dolaşım sürecince temas ettikleri kayaların özelliklerini taşırlar.

Çalışma kapsamında, inceleme alanında yer alan ve özellikle Aksaray il merkezinin içme suyu ihtiyacını karşılayan su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi ve bu kaynakların diğer su kaynakları ile ilişkilerinin yorumlanabilmesi amacı ile Mamasun barajından, barajı besleyen Melendiz ve Karasu akarsularından, Yalnızceviz, Bağlıköy ve Helvadere soğuk su kaynaklarından, Melendiz çayı yakınındaki bazı önemli yeraltı sularından kurak ve yağışlı dönemler dikkate alınarak örneklemeler gerçekleştirilmiş ve alınan örneklerin fiziksel-kimyasal su kalite analizleri yapılmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1: Örneklem noktaları, kısaltmaları ve konumları.

Örnek Adı	Türü	Kısaltma	Koordinatlar		Yükseklik (metre)
			X	Y	
Yalnızceviz-1	kuyu	YLC-1	38°27'53.84"K	34°10'24.46"D	1210
Yalnızceviz-2	kaynak	YLC-2	38°29'4.60"K	34°10'2.56"D	1255
Melendiz çayı	akarsu	MN	38°23'49.21"K	34°12'5.03"D	1098
Karasu çayı	akarsu	KN	38°24'42.84"K	34°11'31.32"D	1098
Kızılkaya	akarsu	KİSK	38°21'15.92"K	34°13'54.19"D	1117
Selime	kuyu	SİSK	38°18'32.84"K	34°15'19.33"D	1144
Ihlara	kaynak	İİSK	38°14'15.38"K	34°18'12.88"D	1270
Bağlıköy-1	kaynak	BK-1	38°16'17.08"K	34° 3'41.96"D	960
Bağlıköy-2	kaynak	BK-2	38°16'16.42"K	34° 3'41.43"D	960
Mamasun Baraj	baraj	MBG	38°24'5.45"K	34° 7'56.72"D	1108
Helvadere	kaynak	HLV	38°14'01.74"K	34° 20'47.71"D	1325
Belısırma	akarsu	BİSK	38°16'31.91"K	34° 17'17.79"D	1215

5.1 Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi

Bu bölümde, örnekleme noktalarından alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve arazide yerinde yapılan fiziko-kimyasal ölçümler hidrojeokimyasal açıdan değerlendirilmiştir. Örnekleme noktalarından Mayıs 2015 (yağışlı dönem) ve Ekim 2015 (kurak dönem) dönemlerinde mevsimsel değişimler göz önüne alınarak örnekleme ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır (Çizelge 5.2). Örnekleme çalışmaları kapsamında pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerleri örnekleme dönemlerinde yerinde ölçülmüştür.

Çizelge 5.2: Örnekleme dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları.

Çalışma türü	Örnekleme, ölçüm ve analiz dönemleri	
Fiziksel parametrelerin ölçümleri	Mayıs 2015	Ekim 2015
Anyon - katyon analizi	Mayıs 2015	Ekim 2015
Ağır metal analizi	-	Ekim 2015

Söz konusu sular için Mayıs ve Ekim örnekleme dönemlerine ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin değerleri sırasıyla; pH (6.6 - 8.08) (6.5 - 7.7), elektriksel iletkenlik (EC) (175 - 808) (159 - 625) $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam çözünmüş katı madde (TDS) (135 - 602) (138 - 550) mg/L arasında değişmiştir (Çizelge 5.3, Çizelge 5.4, Çizelge 5.5). Ancak örnekleme dönemleri boyunca homojen bir dağılım veya sistematik bir artış belirlenememiştir. Bunun nedeni suların diğer sularla karışımları veya sulama amaçlı kullanımları olabilir.

Sudaki karbonat ve bikarbonat iyonları suyun bazik özelliğini artırırken serbest mineral asitleri ve karbonik asit ise suyun asit özelliğini artırmaktadır (Hem, 1985). Sudaki serbest karbondioksit, fiziksel olarak suda çözünmekte ve hidrasyon sonucunda karbonik aside dönüşmektedir. Bunun sonucunda su, çözücü - aşındırıcı bir özellik kazanır. Aşındırıcı ve kabuk bağlayıcı özellik pH değerine bağlıdır (Türker, 2006). İnceleme alanındaki sular pH ve sıcaklık değerlerine göre “hafif çözücü hafif kabuklaştırıcı bazik” özelliğe sahip “soğuk su” özelliğine sahiptir. Sular pH özelliği açısından kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre I. kalite su sınıfına sahiptir.

Çizelge 5.3: Örnekleme noktalarına ait bazı su kalite parametrelerinin minimum ve maksimum değerleri.

	Mayıs			Ekim		
	Ortalama	Max	Min.	Ortalama	Max	Min.
TDS	351.5	602.0	135.0	361.6	550.0	138.0
Ph	7.6	8.1	6.7	7.3	7.7	6.6
EC	466.5	808.0	175.1	417.8	625.0	159.0
HCO₃⁻	253.8	460.0	134.0	247.0	388.5	110.5
SO₄²⁻	17.4	30.0	5.2	19.9	55.7	5.4
Cl⁻	22.1	47.5	2.8	24.4	71.9	3.0
Ca²⁺	39.3	71.2	8.0	32.4	50.6	15.2
Na⁺	21.6	60.6	8.7	16.3	32.7	4.7
Mg²⁺	24.0	74.9	7.3	9.7	20.8	3.2
K⁺	7.2	19.8	0.4	3.7	10.6	0.3
SAR	0.7	1.5	0.2	1.1	2.1	0.3
ESR	0.3	0.7	0.1	0.4	1.0	0.1
% Na	28.4	43.7	13.4	25.0	46.6	9.7

Sular elektriksel iletkenlik değerleri açısından “elektriksel iletkenliği düşük iyi - çok iyi sular”, sertlik değerleri açısından ise “Yumuşak sular” olarak sınıflandırılabilir.

İnceleme alanında örneklenen suların EC değerleri 159 - 808 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmektedir. Bu aralığın farklı olmasının nedeni suların su - kayaç temas sürelerinin farklı olması veya suların izlediği yol boyunca çözünürlükleri ve iyon içerikleri farklı kayalarla temas etmesidir. Fiziksel parametreleri ölçülen suların çoğunda yağış miktarının artması ile EC değerleri artmıştır. En düşük EC değerleri su kayaç etkileşimi en kısa olan ve mevsimsel yağışlardan daha çok beslenen İhlara soğuk su kaynaklarında en yüksek EC değerleri ise Karasu akarsuyunda görülmektedir. Su örneklerinin yağışlı dönemde daha yüksek EC değerleri içermesi farklı sularla karışımın bir nedeni veya yağışlardan gecikmeli beslenimin bir sonucu olabilir. Karasu’da gözlenen yüksek EC değerleri bu su kaynağının noktasal ve alansal kirleticilerden etkilenmiş olabileceğini göstermektedir. Çünkü bölgede yer alan yerleşim alanlarının atık suları yoğun olarak yüzey sularına verilmektedir.

Çizelge 5.4: İnceleme alanındaki suların yağışlı döneme ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	Rakım m	TDS mg/L	pH	EC µS/cm	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺ mg/L	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SAR	ESR	% Na
YLC-1	1210	325	7,66	448	233	18,54	5,38	71,18	12,92	12,12	0,46	0,24	0,1	13,36
YLC-2	1255	333	7,73	420	206	14,24	8,79	8,02	10,77	51,04	0,358	0,2	0,09	15,34
MN	1098	265	8,03	356	170	18,98	33,43	31,26	30,03	15,07	6,408	1,25	0,6	36,28
KN	1098	602	8	808	460	29,95	41,36	12,83	60,64	74,86	15,05	0,61	0,21	37,11
KİSK	1117	299	7,95	383	219	13,95	4,95	50,76	16,57	15,34	3,385	0,35	0,16	19,18
SİSK	1144	295	7,18	379	196	13,02	12,75	40,71	28,35	10,38	9,639	0,6	0,33	31,82
İİSK	1270	135	7,69	175,1	134	5,21	2,78	28,06	8,715	7,29	0,985	0,29	0,2	19,35
BK-1	960	482	6,69	645	366	23,84	36,97	60,62	43,28	30,42	5,394	0,74	0,28	30,97
BK-2	960	538	6,74	718	405	24,43	47,46	63,56	53,5	34,06	7,482	0,73	0,28	33,37
MBG	1108	351	8,08	461	220	24,76	42,34	33,65	46,43	16,57	9,5	1,45	0,74	43,74
HLV	1325	335	7,37	445	240	14,5	21,77	29,7	51,96	10,62	19,83	1,14	0,66	39,07
BİSK	1215	258	7,64	360	197	7,14	7,02	41,78	16,19	10,45	7,847	0,34	0,18	21,22

*Kısaltmalar çizelge 5.1'deki gibidir.

HCO₃⁻: Bikarbonat, SO₄²⁻: Sülfat, Cl⁻: Klorür, Ca²⁺: Kalsiyum, Na⁺: Sodyum, Mg²⁺: Magnezyum, K⁺: Potasyum,
SAR: Sodyum absorpsiyon oranı, ESR: Değişebilir sodyum oranı, % Na: Sodyum yüzdesi
Rakım: ; Topoğrafik yükselti, TDS: Toplam çözünmüş katı madde, EC: Elektriksel iletkenlik

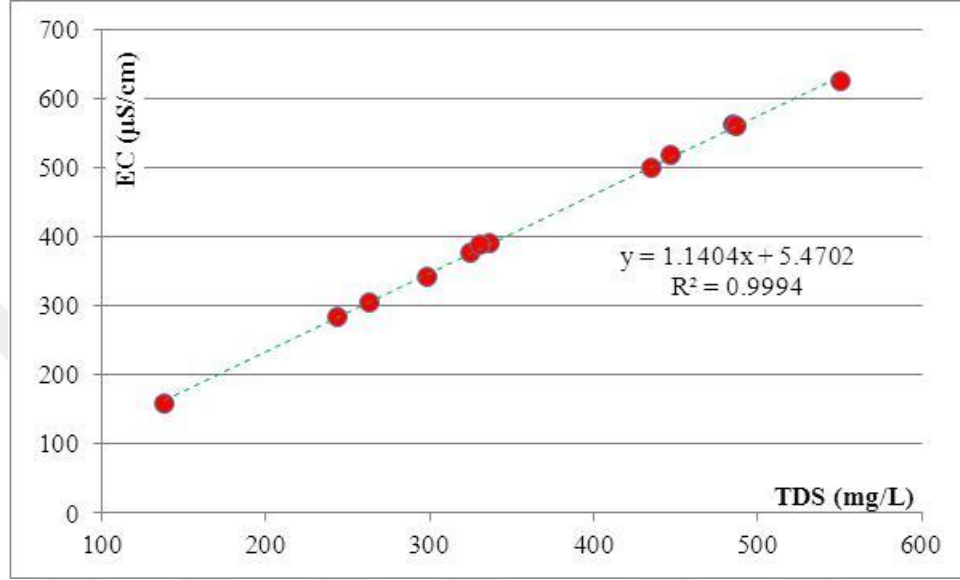
Çizelge 5.5: İnceleme alanındaki suların kurak döneme ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Örnek No	Rakım m	TDS (mg/L)	pH	EC (µS/cm)	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺ mg/L	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SAR	ESR	% Na
YLC-1	1210	325	7,29	376	240,7	18,60	4,97	43,76	6,51	6,43	0,30	0,37	0,12	11,42
YLC-2	1255	336	7,18	390	191,5	17,70	5,65	42,61	5,43	7,82	0,35	0,31	0,1	9,66
MN	1098	447	7,57	519	198,1	23,98	71,94	32,88	29,98	6,50	8,07	1,1	0,47	38,72
KN	1098	550	7,62	625	381,8	55,74	26,30	50,60	20,48	20,82	1,82	1,43	0,39	21,85
KİSK	1117	298	7,67	343	225,2	14,08	5,13	32,95	8,75	9,10	1,75	0,52	0,19	16,65
SİSK	1144	263	7,09	306	215,2	10,24	8,74	24,04	12,55	5,35	4,80	1,03	0,43	26,86
İİSK	1270	138	7,35	159	110,5	5,35	2,97	15,24	4,74	3,21	0,77	0,38	0,19	19,8
BK-1	960	485	6,59	562	388,5	23,65	38,26	40,41	22,07	16,85	2,83	1,13	0,34	26,86
BK-2	960	487	6,55	561	380,5	23,68	38,68	41,11	22,04	16,92	2,83	1,35	0,39	26,59
MBG	1108	435	7,74	501	203,9	21,69	60,79	19,16	32,65	11,61	6,65	1,64	0,66	46,6
HLV	1325	331	7,4	388	238,5	14,86	18,54	19,66	22,75	6,32	10,60	2,08	0,96	38,35
BİSK	1215	244	7,22	284	190	9,61	10,35	26,20	7,38	5,86	3,96	1,8	0,22	17

*Kısaltmalar çizelge 5.1'deki gibidir.

HCO₃⁻: Bikarbonat, **SO₄²⁻**: Sülfat, **Cl⁻**: Klorür, **Ca²⁺**: Kalsiyum, **Na⁺**: Sodyum, **Mg²⁺**: Magnezyum, **K⁺**: Potasyum, **SAR**: Sodyum absorpsiyon oranı, **ESR**: Değişebilir sodyum oranı, **% Na**: Sodyum yüzdesi
Rakım: ; Topoğrafik yükselti, **TDS**: Toplam çözünmüş katı madde, **EC**: Elektriksel iletkenlik

Suyun EC değeri sudaki çözünmüş toplam madde (TDS) miktarı ile doğru orantılıdır (Şekil 5.1). İnceleme alanında örneklenen suların TDS değerleri 135 - 602 mg/L arasında değişmektedir. TDS suların yeraltı dolaşım sistemine, kayaç - su etkileşimine ve bölgedeki yağış koşullarına bağlıdır. Söz konusu sular, TDS özelliği açısından kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre I. sınıf su kalitesi özelliğine sahiptir.



Şekil 5.1: İnceleme alanındaki sularda EC - TDS arasındaki doğrusal ilişki.

5.2 Suların İyon Dağılımları

Yeraltı suları hidrolik çevrim süresince temas ettikleri kayaçlardan negatif ve pozitif yüklü iyonları çözer. Toplam çözünmüş iyon miktarı ve bu iyonların su içerisindeki oranları suyun hidrojeolojik özelliklerini belirler. Sular sınıflandırılırken çözünmüş iyon miktarları dikkate alınır. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH) Sınıflaması (1979)'a göre oranı %20 meq/L'den fazla olan iyonlar en büyük orana sahip olandan en küçük orana sahip olana doğru sıralanarak sınıflamaya katılır.

İnceleme alanındaki suların iyon bolluk (meq/l) dizilimleri Yalnızceviz-1, Karasu, Kızılkaya, Selime ve İhlara da $Ca^{+2} > (Na^{+} + K^{+}) > Mg^{+2}$, $HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$; Belısırma, Bağlıköy-1, Bağlıköy-2 de $Ca^{+2} > (Na^{+} + K^{+}) > Mg^{+2}$, $HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$; Melendiz, Helvadere ve Mamasun Barajı'nda $(Na^{+} + K^{+}) > Ca^{+2} > Mg^{+2}$, $HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$ şeklinde gelişmiştir. Söz konusu suların iyon dizilimleri Yalnızceviz-2 ve Karasu haricinde yağış ve kurak dönemler boyunca aynı kalmıştır. Yalnızceviz-2 de kurak dönemde iyon dağılımı $Ca^{+2} > Mg^{+2} > (Na^{+} + K^{+})$ iken yağışlı dönemde değişiklik

göstererek $Mg^{+2} > (Na^{+} + K^{+}) > Ca^{+2}$ şeklinde gözlenmiştir. Karasu da ise kurak dönemde $Ca^{+2} > (Na^{+} + K^{+}) > Mg^{+2}$ / $HCO_3^{-} > SO_4^{-2} > Cl^{-}$ olan iyon dizilimi yağışlı dönemde $(Na^{+} + K^{+}) > Mg^{+2} > Ca^{+2}$ / $HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$ dönmüştür (Çizelge 5.6.).

Hidrokimyasal açıdan incelenen su kaynakları iki farklı su fasiyesi özelliği gösterirler. Helvadere ve Mamasun barajı su kaynakları Na-HCO₃ fasiyes özelliğine sahipken diğer su kaynakları Ca-HCO₃ su fasiyesi özelliğine sahiptir. Örnekleme dönemleri boyunca su fasiyes tipleri genel olarak aynı kalmıştır. Yağışlı dönemde Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} ve HCO_3^{-} iyonları daha fazla çözünmüş ve baskın konuma geçmişlerdir. Yalnızceviz-2 kaynağında kurak dönemde CaHCO₃ şeklinde gözlemlenen su tipi yağışlı dönemde Mg-HCO₃ su tipine, Karasu akarsuyunda kurak dönemde Ca-HCO₃ şeklinde gözlemlenen su tipi yağışlı dönemde Na-HCO₃ su tipine dönüşmüştür.

Su fasiyesin de gözlemlenen değişimlerin nedenleri mevsimsel gelişen yağışlar, yeraltı sularının dolaşım süresinin uzaması veya suların zengin sodyum içeren kayalarla teması sonucu iyon değişimidir. Hidrolik sistemdeki farklı akiferlerin sularının birbirleriyle olan etkileşimi de zamansal iyon değişimini açıklayan diğer bir faktör olabileceği gibi özellikle akarsuların dış etkenlerden özellikle evsel atık sulardan kaynaklı kirlenme potansiyelleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

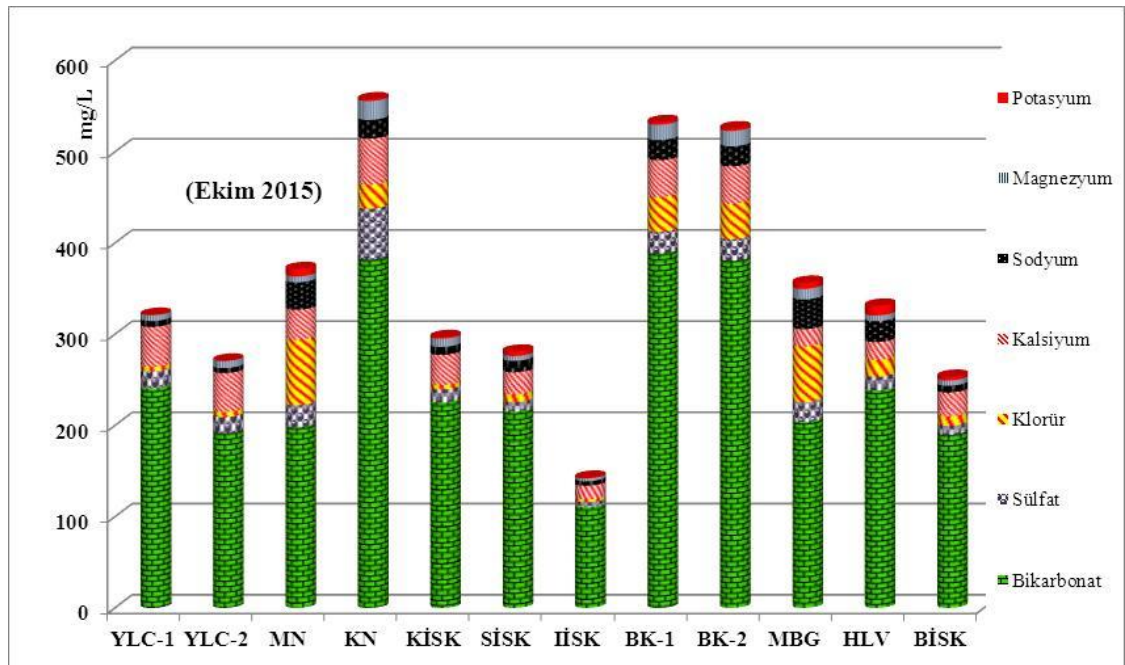
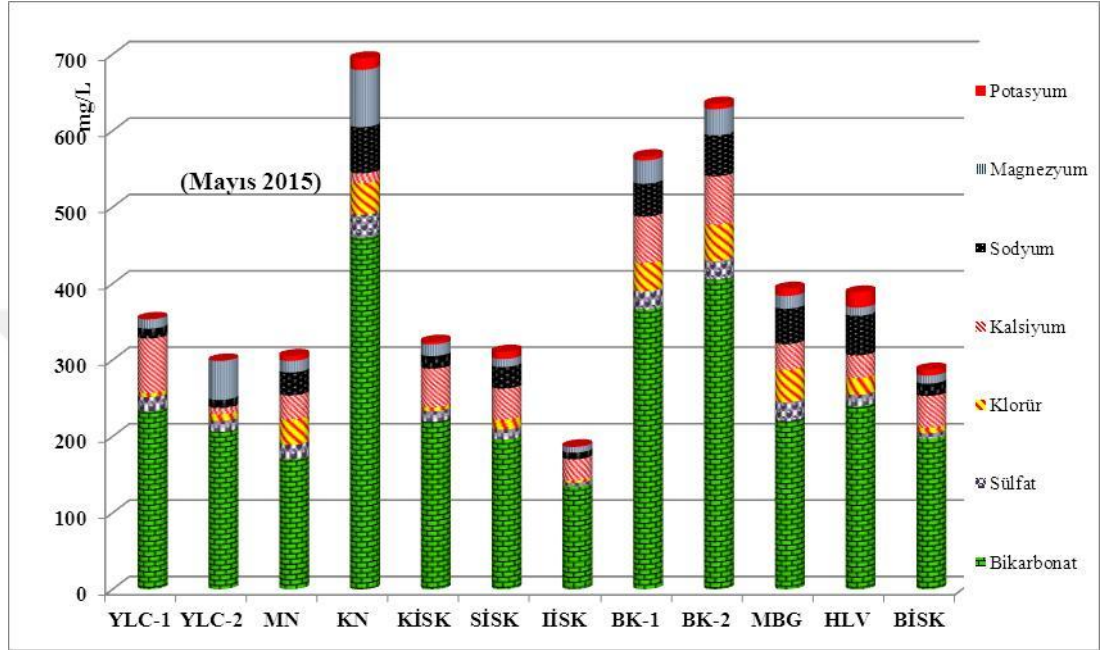
İnceleme alanındaki su kaynaklarının Na^{+} iyonu değerleri 0,204 – 2,63 meq/L arasında değişim göstermiştir. Su kaynaklarında gözlenen Na^{+} iyonu inceleme alanında yer alan evaporitik kayaların çözünürlüğünün artması veya yeraltı sularının hidrolik akım yolu çevresinde bulunan granit, tüf, kil ve kumtaşlarıyla temas sırasında Na^{+} ile Ca^{+2} arasında gerçekleşen iyon değişimi olabilir (Afşin vd., 2007). Na^{+} bölgede yaygın olarak bulunan Hasandağı volkanizması ürünlerindeki plajiyoklazların bozulması sonucu da zenginleşmiş olabilir.

İnceleme alanındaki HCO_3^{-} iyonu derişimleri 2,119 – 6,361 meq/L aralığındadır. HCO_3^{-} iyonu değerleri su kuyularından alınan örneklerde daha yüksek değerdedir. Yeraltı sularının dolaşım sistemi içerisindeki hareketine bağlı olarak HCO_3^{-} iyonlarının kökeni olarak beyazımsı - bej renkli masif görünümlü Bozçaldağ metamorfiteğine ait mermerlerle olan su - kayaç etkileşimi gösterilebilir.

Çizelge 5.6: Yağışlı (Mayıs 2015) ve Kurak (Ekim 2015) dönem iyon dağılımı ve su türleri.

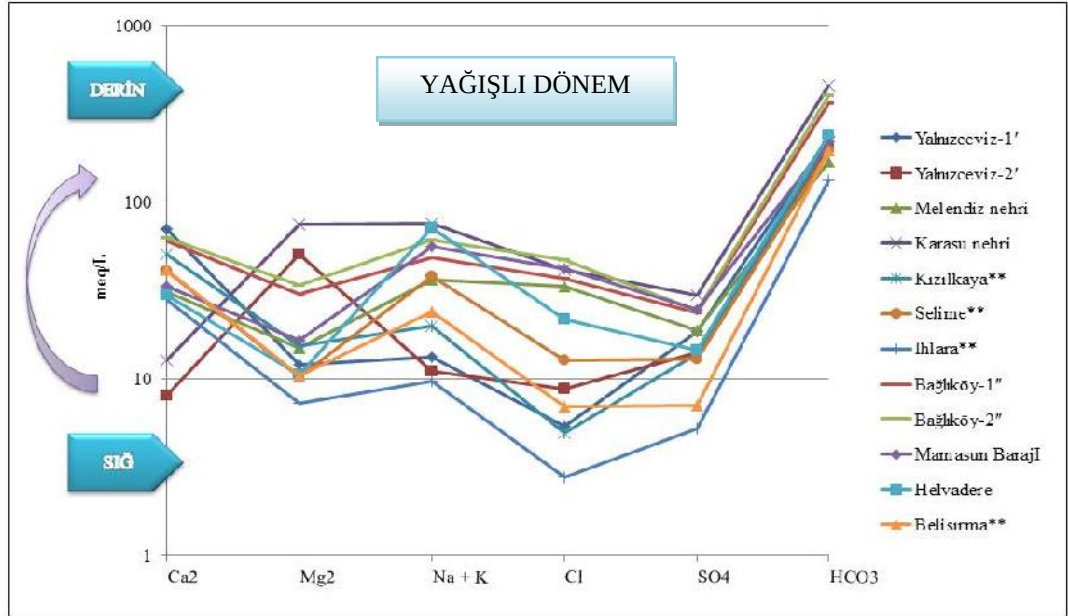
ÖRNEK NO	MAYIS 2015			EKİM 2015		
	İYON DİZİLİMİ (meq/L)		SU TÜRÜ	İYON DİZİLİMİ (meq/L)		SU TÜRÜ
YLC-1	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃
YLC-2	$\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+})$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃
MN	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Na-HCO ₃	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Na-HCO ₃
KN	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃
KİSK	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca- HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca- HCO ₃
SİSK	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃
İİSK	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^{-}$	Ca-HCO ₃
BK-1	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Ca-HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Ca-HCO ₃
BK-2	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Ca-HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Ca-HCO ₃
MBG	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Na-HCO ₃	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Na-HCO ₃
HLV	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Na-HCO ₃	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Na-HCO ₃
BİSK	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Ca-HCO ₃	$\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) > \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-} > \text{Cl}^{-} > \text{SO}_4^{-2}$	Ca-HCO ₃

İnceleme kapsamındaki suların içerdikleri Ca^{+2} iyon derişimi 0,4 – 3,15 meq/L arasında değişir (şekil 5.2). Su kaynaklarında gözlenen Ca^{+2} iyon derişimi bu suların Bozçaldağ metamorfitlerine ve Mezgit formasyonuna ait jips ve anhidritlerle olan temasından ileri gelmektedir. Ca^{+2} iyonu değerlerinin düşük olmasının nedeni, bu sularda gelişen ortak iyon etkisine bağlanabilir.

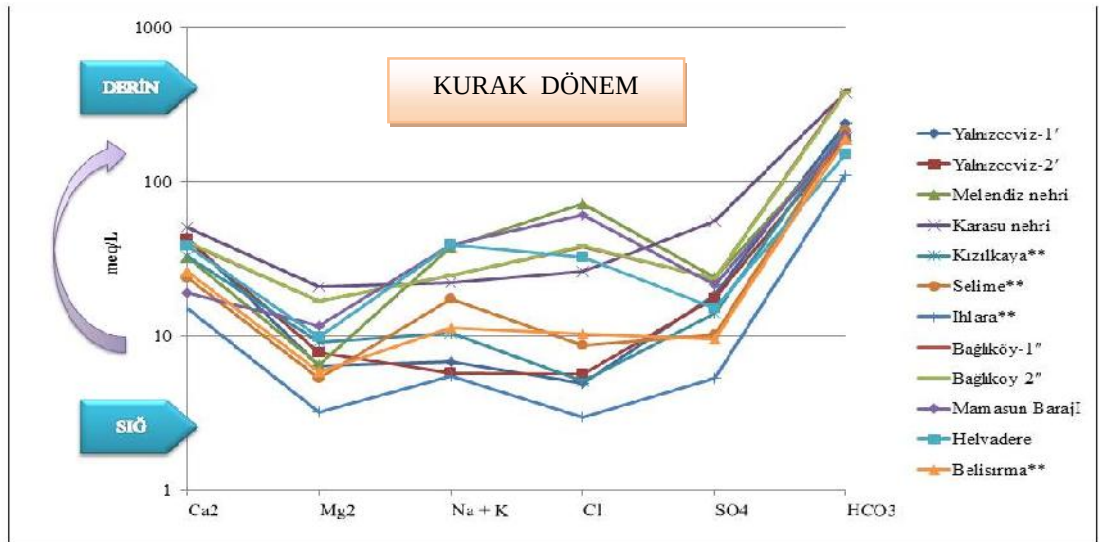


şekil 5.2: İnceleme alanındaki suların iyon dağılımı (Mayıs ve Ekim 2015).

İncelenen suların Mg^{+2} iyonu derişimleri 0,263 – 6,156 meq/L aralığında değişim gösterir. Yalnızceviz-2 de Mg^{+2} iyonu hakim katyon durumundadır. Yeraltı sularında bulunan Mg^{+2} iyonu, inceleme alanı ve çevresinde bulunan tuz çökellerinden, evaporitik birimlerden, metamorfik kayalara ait dolomit ve serpantinli seviyelerinden veya temelde bulunan magmatik kaya minerallerinden (olivin, biyotit vb.) çözünmüş olabilir.



(A)



(B)

Şekil 5.3: İnceleme alanındaki suların yarı logaritmik Schoeller diyagramları (A: Mayıs 2015; B: Ekim 2015).

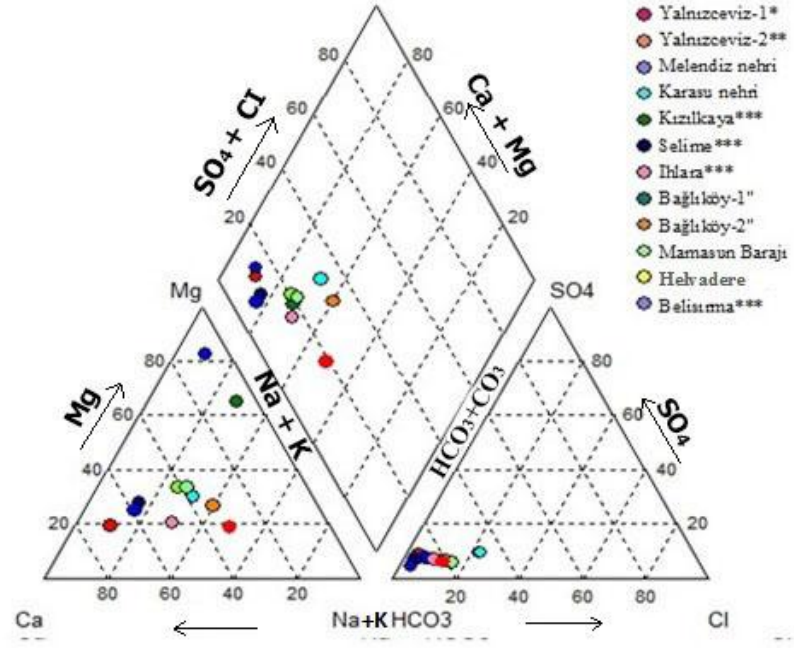
İnceleme kapsamındaki suların litolojik ilişkileri ve dolaşım sistemi boyunca meydana gelen hidrojeokimyasal değişimleri birden çok analizin aynı grafik üzerinde gösterilmesini sağlayan üçgen diyagram (Piper), yarı logaritmik (Schoeller) diyagram gibi grafikler aracılığı ile incelenmiştir.

İncelenen sulara ait yarı logaritmik Schoeller diyagramında Selime-Belisırma, Yalnızceviz 1-Yalnızceviz 2, Melendiz-Mamasun barajı numaralı suların benzer iyon dizilimlerine sahip olmaları, bu suların aynı havzadan beslenen aynı veya benzer kökenli yeraltı suları olabileceğini gösterir (Şekil 5.3) İnceleme kapsamındaki akarsuların grafiğin üst kısmında yer alması bu suların diğer sulara oranla daha uzun dolaşım sistemine dolayısıyla daha uzun süreli su kayaç etkileşimine sahip olduklarına işaret eder. İhlara su kaynağının diyagramın alt kısmında yer alması bu suların yeraltı sularına oranla daha genç, beslenme alanına daha yakın ve daha sık dolaşıma sahip olduğunu ifade eder.

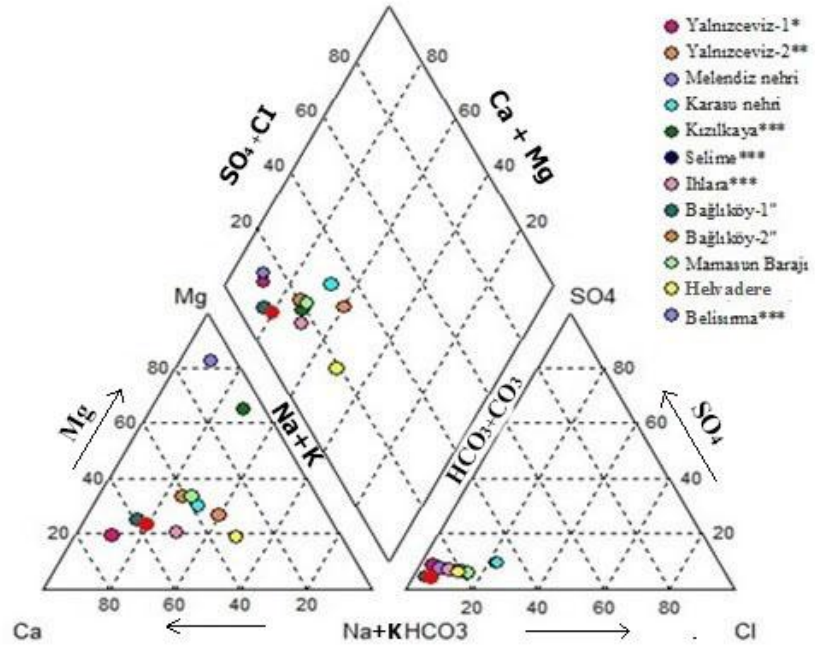
Piper diyagramı, iki üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgenden oluşan şekilden meydana gelmiştir. Üçgenlerden birisi anyonları diğeri ise katyonları gösterir. Piper diyagramının en önemli avantajı; Piper diyagramı ile akiferlere farklı fasiyeste suların karışımı belirlenebilmektedir.

Su kaynaklarının tamamı piper diyagramı üzerinde 5. bölgede toplanmışlardır (Şekil 5.4). Bu sular karbonat alkalinitesi karbonat olmayan alkaliniteden fazla karbonat sertliği yüksek Ca-HCO_3 tipli sulardır. Bu suların Ca-HCO_3 fasiyesi göstermeleri suların karbonat kökenli bir akiferden beslendiklerini göstermektedir. Piper diyagramı üzerinde suların aynı bölgede kümeleşmeleri suların aynı kökenli bir akiferden beslendiklerine işaret edebilir.

İnceleme alanındaki suların her iki döneme ait su kimyası analizlerine göre, suların katyon ve anyonlarının % meq/L değerleri kullanılarak Aquachem programında çizilen Durov diyagramlarında iki dönemde de sular aynı bölgede yer almış olup, elde edilen sonuçların Piper diyagramlarıyla da uyumludur (Şekil 5.5).

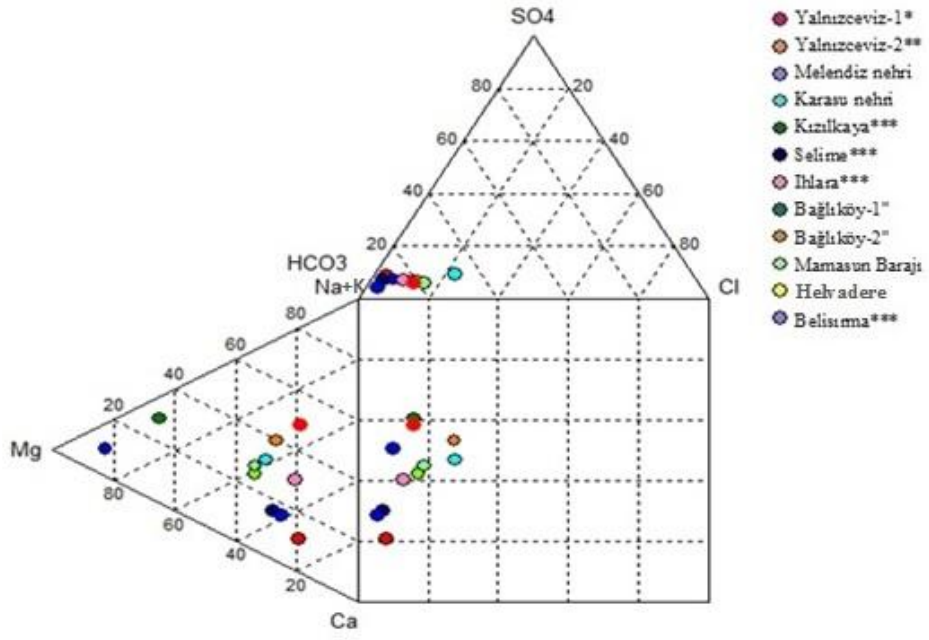


(A)

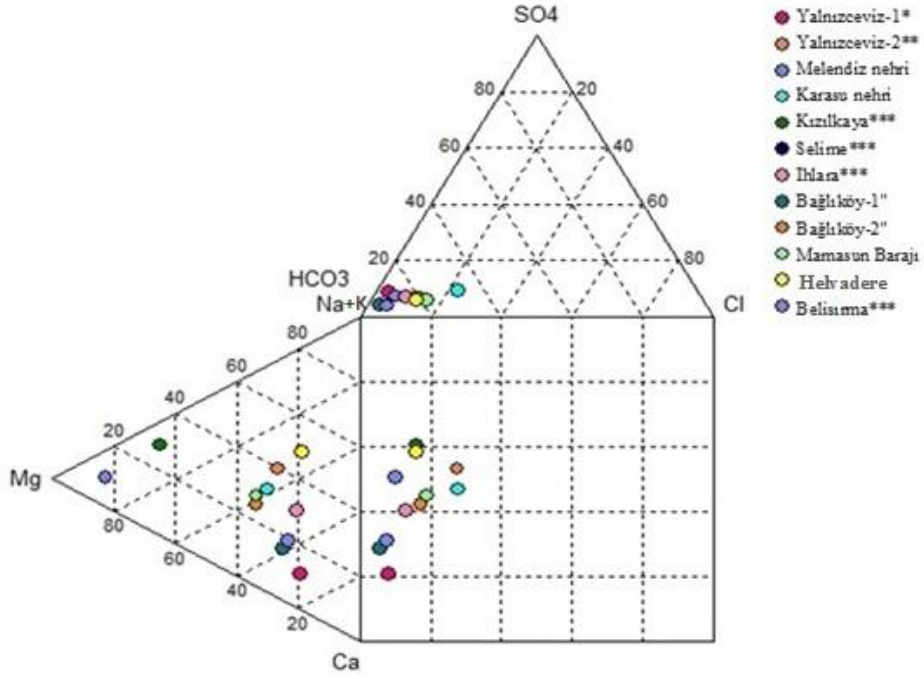


(B)

Şekil 5.4: İncelenen suların Piper diyagramları (A: Mayıs 2015; B: Ekim2015).



(A)



(B)

Şekil 5.5: İncelenen suların Durov diyagramları (A: Mayıs 2015; B: Ekim2015).

5.3 Suların Sulamada Kullanım Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Örnekleme çalışmaları yapılan su kaynaklarının büyük çoğunluğu bölgede tarımsal amaçlı sulama suyu ihtiyacının karşılanması için kullanılmaktadır. Tarım inceleme alanı ve çevresinde yaşayan insanlar için en önemli ekonomik parametredir. Söz konusu suların sulama amaçlı kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır (Şekil 5.6)

Sodyum yüzdesi (%Na); sulama sularında sodyum miktarı olarak önemli bir yer tutmaktadır. Sodyum toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltarak sulamadan sonra zeminin üst seviyelerinde soğrulmakta, toprak yüzeyinde kaymak şeklinde sert bir kabuğun oluşmasına neden olmakta ve bitki köklerinin havalanmasını engellemektedir (Şahinci, 1991).

Sudaki sodyum yüzdesi ise aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$\%r Na = [(rNa + rK)*100] / [rCa + rMg + rNa + rK] \quad (5.1)$$

Sulama sularının sınıflandırılmasında en çok ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı kullanılır. Bu diyagram için, Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) kullanılır. Bu değer, direkt olarak sodyumun toprak tarafından adsorbe edilmesi ile ilgilidir.

SAR; Sodyum iyonunun değişim reaksiyonlarındaki aktifliğinin ifadesi olup, sodiklik tehlikesi yüzünden sulama sularının sınıflandırılmasında en fazla kullanılan bir ölçüdür. (Şahinci, 1991) (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7: SAR değerlerine göre sulama suyunun sınıflandırılması (Şahinci, 1991).

SAR < 10	Çok iyi özellikte sulama suları
10 < SAR < 18	İyi özellikte sulama suları
18 < SAR < 26	Orta özellikte sulama suları
26 < SAR	Kötü özellikte sulama suları

Su kaynaklarının tamamının SAR değerleri < 10 olarak hesaplanmıştır bu sonuçlara göre su kaynaklarının tamamı çok iyi özellikte sulama sular olup hiç bir işlem gerektirmeden sulama işleminde kullanılabilirler (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8: ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox Diyagramı için veriler.

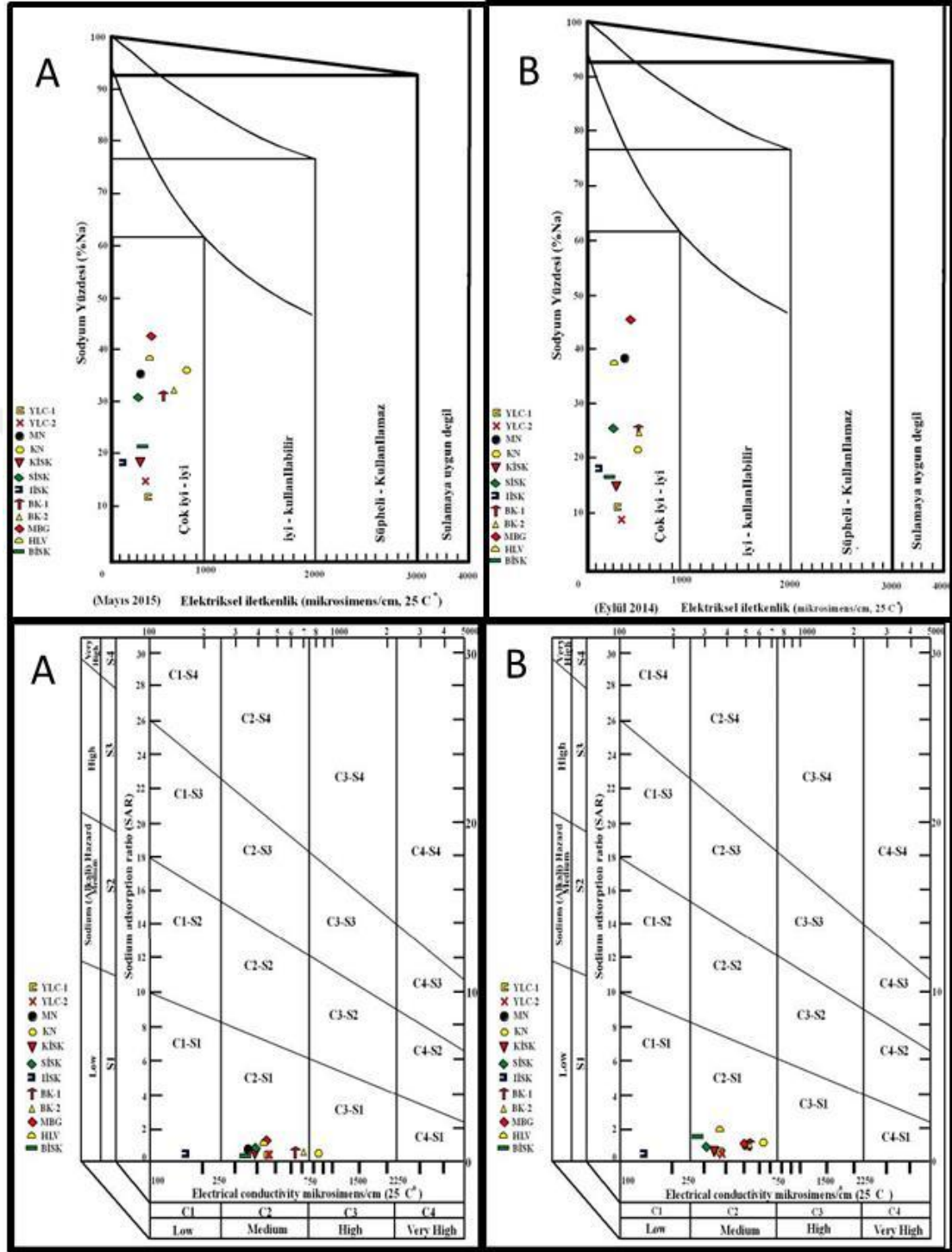
Örnek No	Yağışlı Dönem				Kurak Dönem			
	EC ($\mu\text{S/cm}$)	SAR	ESR	% Na	EC ($\mu\text{S/cm}$)	SAR	ESR	% Na
YLC-1	448	0.24	0.1	13.36	376	0.37	0.12	11.42
YLC-2	420	0.2	0.09	15.34	390	0.31	0.1	9.66
MN	356	1.25	0.6	36.28	519	1.1	0.47	38.72
KN	808	0.61	0.21	37.11	625	1.43	0.39	21.85
KISK	383	0.35	0.16	19.18	343	0.52	0.19	16.65
SISK	379	0.6	0.33	31.82	306	1.03	0.43	26.86
İISK	175,1	0.29	0.2	19.35	159	0.38	0.19	19.8
BK-1	645	0.74	0.28	30.97	562	1.13	0.34	26.86
BK-2	718	0.73	0.28	33.37	561	1.35	0.39	26.59
MBG	461	1.45	0.74	43.74	501	1.64	0.66	46.6
HLV	445	1.14	0.66	39.07	388	2.08	0.96	38.35
BISK	360	0.34	0.18	21.22	284	1.8	0.22	17

SAR: Sodyum absorpsiyon oranı, **ESR:** Değişebilir sodyum oranı, **% Na:** Sodyum yüzdesi
EC: Elektriksel iletkenlik

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı'nda yatay eksen suların EC (elektriksel iletkenlik) değerini düşey eksen ise SAR (Sodyum Adsorpsiyon Oranı) değerini vermektedir. Diyagram 16 bölmeden oluşmaktadır ve bölmeleri ifade eden terimlerle suların sınıflandırılması yapılmıştır.

Suların sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılmasını sağlayan diğer bir diyagram Wilcox diyagramıdır. Wilcox diyagramı suyun 25 °C'deki elektriksel iletkenliğine ve sodyum yüzdesi değerine göre düzenlenmiştir. Diyagramda sular çok iyi - iyi, iyi - kullanılabilir, şüpheli - kullanılabilir, şüpheli - kullanılamaz, sulamaya uygun değil şeklinde sınıflandırılabilir.

Yağışlı ve kurak dönemlerde alınan numunelerden yapılan analiz sonuçlarına göre çizilen Wilcox Diyagramı'nda örnekleme noktalarının tamamı çok iyi- iyi sınıfında yer almakta olup sulama işleminde hiç bir işlem yapılmadan kullanılabilir (Şekil 5.7). İnceleme kapsamında bulunan suların Wilcox diyagramı kullanılarak sulama suyu değerlendirmesi Çizelge 5.9.'de verilmiştir.



Şekil 5.6: 2015 Dönemi su numunelerine ait ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox Diyagramı (A: Mayıs 2015; B: Ekim 2015).

Çizelge 5.9: ABD Tuzluluk Laboratuvarı su numunelerinin sınıflandırılması (A: Mayıs 2015; B: Ekim 2015).

Numune No	Numune Adı	Sınıfı	Açıklama
1	Yalnızceviz-1	C2S1	Orta tuzlulukta su. Orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun.
2	Yalnızceviz-2	C2S1	
3	Melendiz Nehri	C2S1	
4	Karasu Nehri	C3S1	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun.
5	Kızılkaya	C2S1	Orta tuzlulukta su. Orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun.
6	Selime	C2S1	
7	Ihlara	C1S1	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun.
8	Bağlıköy-1	C2S1	Orta tuzlulukta su. Orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun.
9	Bağlıköy-2	C2S1	
10	Mamasun Barajı	C2S1	
11	Helvadere	C2S1	
12	Belisırma	C2S1	

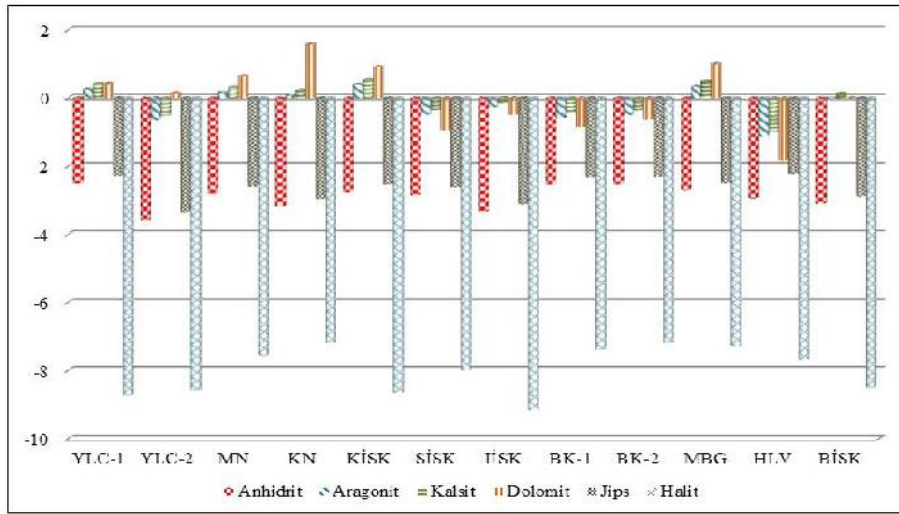
(A)

Numune No	Numune Adı	Sınıfı	Açıklama
1	Yalnızceviz-1	C2S1	Orta tuzlulukta su. Orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun
2	Yalnızceviz-2	C2S1	
3	Melendiz Nehri	C2S1	
4	Karasu Nehri	C2S1	
5	Kızılkaya	C2S1	
6	Selime	C2S1	
7	Ihlara	C1S1	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun
8	Bağlıköy-1	C2S1	Orta tuzlulukta su. Orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir. Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun
9	Bağlıköy-2	C2S1	
10	Mamasun Barajı	C2S1	
11	Helvadere	C2S1	
12	Belisırma	C2S1	

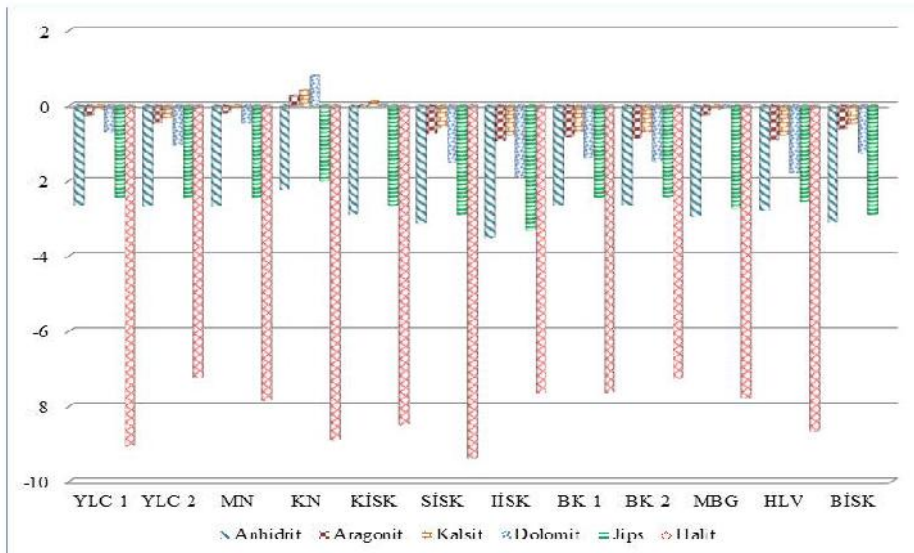
(B)

5.4 Doygunluk İndislerinin Hesaplanması

Yeraltı suyu dolaşımı sırasında, akifer sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler, hidrojeokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme imkânı sağlamaktadır. Bu amaçla yeraltı suyunda çeşitli minerallerin doygunluk durumlarının araştırılması gerekmektedir. Ayrıca suların anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips, halit gibi çökelme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doygunluk durumları grafiksel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.7).



(A)



(B)

Şekil 5.7: Suların doygunluk indislerinin değerlendirmesi (A: Mayıs 2015; B: Ekim 2015).

Çizelge 5.10: Suların mineral doygunluk değerleri.

Örnek No	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
	Yağışlı Dönem						Kurak Dönem					
YLC-1	-2,51	0,27	0,42	0,42	-2,29	-8,73	-2,66	-0,26	-0,12	-0,72	-2,44	0
YLC-2	-3,58	-0,65	-0,51	0,14	-3,36	-8,59	-2,68	-0,47	-0,33	-1,05	-2,46	-9,07
MN	-2,81	0,16	0,31	0,65	-2,59	-7,56	-2,68	-0,2	-0,06	-0,47	-2,46	-7,23
KN	-3,19	0,08	0,23	1,58	-2,97	-7,19	-2,23	0,26	0,41	0,78	-2,01	-7,85
KİSK	-2,76	0,4	0,54	0,92	-2,54	-8,65	-2,89	-0,03	0,11	0,02	-2,67	-8,91
SİSK	-2,85	-0,49	-0,35	-0,94	-2,63	-8	-3,13	-0,75	-0,6	-1,51	-2,91	-8,51
İİSK	-3,34	-0,27	-0,13	-0,49	-3,12	-9,16	-3,53	-0,93	-0,78	-1,9	-3,31	-9,39
BK-1	-2,54	-0,6	-0,46	-0,86	-2,32	-7,38	-2,66	-0,83	-0,69	-1,4	-2,44	-7,65
BK-2	-2,53	-0,5	-0,36	-0,63	-2,31	-7,18	-2,65	-0,87	-0,73	-1,49	-2,43	-7,64
MBG	-2,7	0,33	0,48	1	-2,48	-7,28	-2,95	-0,25	-0,11	-0,08	-2,73	-7,27
HLV	-2,96	-1,13	-0,99	-1,84	-2,24	-7,68	-2,79	-0,92	-0,78	-1,8	-2,57	-7,78
BİSK	-3,1	-0,02	0,13	0	-2,88	-8,5	-3,11	-0,63	-0,49	-1,27	-2,89	-8,67

Yalnızceviz-1 kaynağı yağışlı dönemde aragonit, kalsit ve dolomit açısından doygun olup çökelme özelliğine sahiptir (Çizelge 5.10). Yalnızceviz-2 kaynağı yağışlı dönemde ise yalnızca dolomitçe doygunudur. Karasu Nehri kurak ve yağışlı dönemlerin ikisinde de aragonit, kalsit, dolomit açısından doygunudur. Kızılkaya her iki dönemde de dolomit ve kalsitçe doygunudur. Selime, Ihlara, Bağlıköy-1, Helvadere kaynakları her iki dönemde de anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips ve halitçe doygun olmayıp çözücü özelliği sahiptir.

Beslenme alanına gelen yağışlar yeraltına süzülürken beraberinde süzülme sırasında yıkadıkları kayalardan çözdükleri mineralleri de akiferlere taşırlar. Bu da suyun mineral içeriğinin artmasına neden olur. Bu artış veya azalış dönemlere göre kaynakların doymuş ya da doymamış olmalarına sebep olmaktadır.

5.5 Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Ağır metal, metalik özellikler gösteren elementlerden oluşan, açık ve tam bir tanımlaması yapılmamış olan grupta bulunan elementlere verilen addır. Bazıları yoğunluk, bazıları atomik sayı ya da atomik ağırlık, bazıları da kimyasal özellikler ya da toksitite üzerine dayanan birçok tanımlama önerilmiştir (Duffus, 2002).

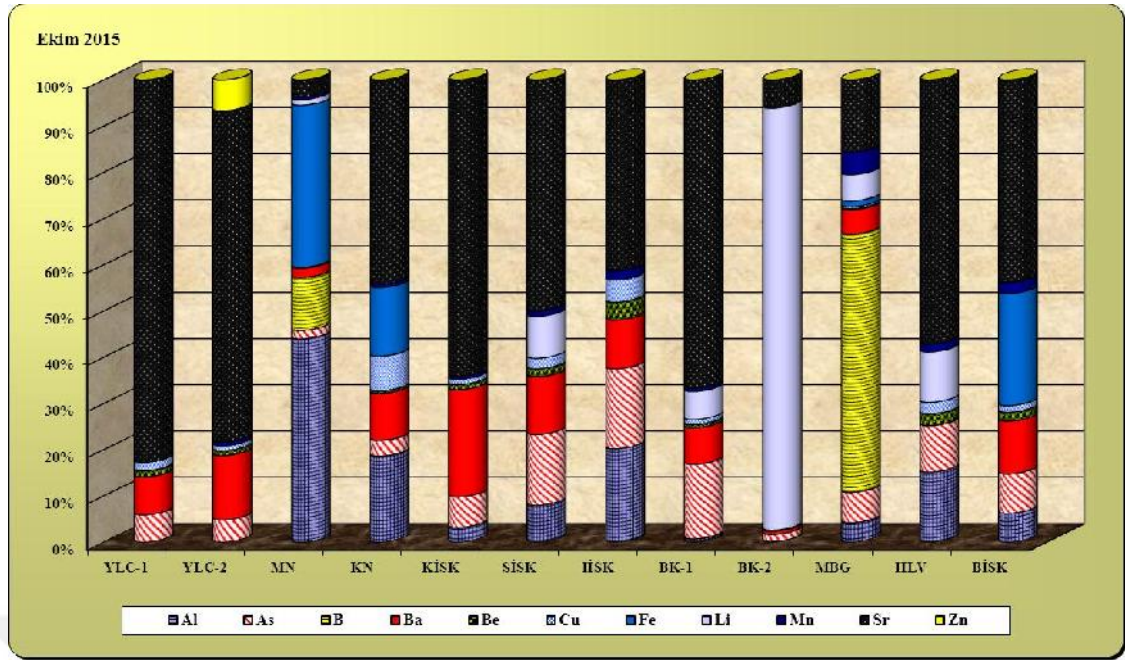
İnceleme kapsamındaki suların potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanabilmesi için, sularda ana iyonların dışında eser miktarlarda bulunan bazı inorganik elementler (Al, As, B, Ba, Be, Cu, Mn, Fe, Li, Sr, Zn) TS 266, 2005 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartı'nda yer alan suların sınıflandırılmasında ki sınır değerlerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.11, Şekil 5.8).

Ekim 2015 örnekleme dönemine ait analiz sonuçlarına göre sularda Al, B, Ba, Be, Cu, Mn, Fe, Li, Sr, Zn suların tamamı için sınır değerlerin altındadır. Karasu Al ve Fe açısından 1mg/L nin üzerinde değer taşıırken, Bağlıköy 2 sadece Li açısından 2 mg/L'nin üzerinde ölçülmüştür.

Aksaray ili içme suyu kaynaklarında yapılan arsenik (As) ölçümlerine göre kaynaklarda yapılan ölçümlerde ham su arsenik sınır değerlerinin üzerinde olup, çıkış sularında ise 10 ppb' nin altında ölçülmüştür. Suların tamamında As konsantrasyonları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2012) ve Avrupa Birliği (EU, 1998) standartlarının da üzerindedir. Bu nedenle su kaynakları arsenik açısından potansiyel sağlık riski içermektedir.

Çizelge 5.11: İncelenen sulardaki ağır minerallerin analiz sonuçları.

Örnekleme No	Al(mg/l)	As(mg/l)	B(mg/l)	Ba(mg/l)	Be(mg/l)	Cu(mg/l)	Fe(mg/l)	Li(mg/l)	Mn(mg/l)	Sr(mg/l)	Zn(mg/l)
YLC-1	0	0,013	0	0,018	0,003	0,004	0	0	0	0,182	0
YLC-2	0	0,018	0	0,052	0,004	0,004	0	0	0,003	0,268	0,025
MN	2,473	0,103	0,64	0,114	0,004	0,006	1,973	0,07	0,033	0,194	0,011
KN	0,198	0,036	0	0,108	0,006	0,08	0,158	0	0,008	0,47	0
KİSK	0,011	0,023	0	0,08	0,004	0,004	0	0	0,002	0,222	0
SİSK	0,014	0,027	0	0,022	0,003	0,004	0	0,016	0,002	0,088	0
İİSK	0,021	0,018	0	0,011	0,004	0,005	0	0	0,002	0,043	0
BK-1	0,002	0,045	0	0,022	0,002	0,003	0	0,017	0,002	0,186	0
BK-2	0,004	0,048	0	0,021	0,003	0,004	0	2,83	0,002	0,186	0
MBG	0,051	0,08	0,678	0,064	0,003	0,005	0,015	0,069	0,059	0,19	0
HLV	0,018	0,012	0	0	0,003	0,003	0	0,013	0,002	0,068	0
BİSK	0,013	0,018	0	0,024	0,004	0,003	0,051	0	0,005	0,092	0



Şekil 5.8: İncelenen sulardaki bazı ağır metallerin değişim grafiği.

İçme suyu ve diğer su kaynaklarında sınır değerlerin üzerinde gözlemlenen As ve diğer ağır metal içeriklerinin su kalite analiz parametreleri ile Pearson karşılaştırma analiz sonuçları incelendiğinde As içeriğinin su kalite parametreleriyle önemli bir ilişki içerisinde olmadığı görülmektedir (Çizelge 5.12). Bu sonuç analiz su kaynaklarında gözlenen yüksek As içeriğinin doğal yollarla su kaynaklarına geçtiğini göstermektedir. İnceleme kapsamındaki su kaynaklarında gözlenen arsenik noktasal veya alansal bir kirlenici unsura bağlı olarak gelişmemiştir.

Çizelge 5.12: Ağır metallerin diğer su kalite analizleriyle karşılaştırması.

Karşılaştırma	pH	EC	TÇKM	Cl	Alkalinite	SO ⁴	Al	As	Ba	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Sr
pH	1.000	-0.300	-0.204	-0.222	-0.379	-0.062	0.311	0.107	-0.234	-0.371	0.286	-0.178	-0.324	0.321	-0.310	-0.014
EC	-0.300	1.000	0.968	0.909	0.843	0.703	-0.097	0.298	0.690	0.771	-0.061	0.631	0.841	-0.571	0.942	0.691
TÇKM	-0.204	0.968	1.000	0.886	0.721	0.759	-0.096	0.104	0.653	0.699	-0.092	0.460	0.845	-0.073	0.892	0.735
Cl	-0.222	0.909	0.886	1.000	0.661	0.587	-0.095	0.360	0.738	0.598	-0.065	0.631	0.692	-0.509	0.833	0.588
Alkalinite	-0.379	0.843	0.721	0.661	1.000	0.462	-0.081	0.245	0.659	0.660	-0.051	0.694	0.786	-0.613	0.868	0.421
SO ⁴	-0.062	0.703	0.759	0.587	0.462	1.000	-0.089	-0.043	0.394	0.587	-0.075	0.204	0.665	-0.122	0.629	0.993
Al	0.311	-0.097	-0.096	-0.095	-0.081	-0.089	1.000	-0.002	-0.079	-0.140	0.972	0.158	-0.161	0.022	-0.084	-0.095
As	0.107	0.298	0.104	0.360	0.245	-0.043	-0.002	1.000	0.363	0.173	-0.025	0.494	0.074	-0.269	0.258	-0.008
Ba	-0.234	0.690	0.653	0.738	0.659	0.394	-0.079	0.363	1.000	0.488	-0.077	0.774	0.584	-0.581	0.654	0.363
Ca	-0.371	0.771	0.699	0.598	0.660	0.587	-0.140	0.173	0.488	1.000	-0.086	0.460	0.759	-0.566	0.600	0.564
Fe	0.286	-0.061	-0.092	-0.065	-0.051	-0.075	0.972	-0.025	-0.077	-0.086	1.000	0.160	-0.139	-0.046	-0.058	-0.081
K	-0.178	0.631	0.460	0.631	0.694	0.204	0.158	0.494	0.774	0.460	0.160	1.000	0.506	-0.693	0.578	0.198
Mg	-0.324	0.841	0.845	0.692	0.786	0.665	-0.161	0.074	0.584	0.759	-0.139	0.506	1.000	-0.378	0.746	0.626
Mn	0.321	-0.571	-0.073	-0.509	-0.613	-0.122	0.022	-0.269	-0.581	-0.566	-0.046	-0.693	-0.378	1.000	-0.550	-0.106
Na	-0.310	0.942	0.892	0.833	0.868	0.629	-0.084	0.258	0.654	0.600	-0.058	0.578	0.746	-0.550	1.000	0.609
Sr	-0.014	0.691	0.735	0.588	0.421	0.993	-0.095	-0.008	0.363	0.564	-0.081	0.198	0.626	-0.106	0.609	1.000

İçme suyu kaynaklarının ağır metal sonuçları fiziksel ve kimyasal analiz değerleri kullanılarak faktör analiz yardımıyla değerlendirildiğinde su analiz sonuçlarının 4 farklı anlamlı grupta ilişkilendirilebileceği anlaşılmıştır (Çizelge 5.13). Değerlendirme de 0.50 ve üzerindeki ağırlıklar oldukça iyi olarak kabul edilmiştir. 1. Grup EC, Na, Alkalinite, Cl, Mg, Ca, K, SO₄, TÇKM ve Ba içerikleriyle temsil edilir. Bu grup genel olarak ana iyonları ve bu iyonların neden olduğu EC ve TÇKM gibi fiziko-kimyasal parametreleri temsil etmekte olup toplam varyansın % 25.93' lük kısmını oluşturur (Çizelge 5.14).

Çizelge 5.13: Su kimyası analiz sonuçlarına ait faktör grupları.

Faktör	1	2	3	4
EC	0.972	-0.021	0.092	-0.022
Na	0.906	0.006	0.025	-0.035
Alkalinite	0.887	0.042	-0.197	0.058
Cl	0.877	0.094	0.136	-0.069
Mg	0.874	-0.241	0.039	0.079
Ca	0.804	-0.172	-0.061	0.112
Ba	0.783	0.267	-0.128	0.007
TÇKM	0.734	-0.268	0.367	-0.122
K	0.709	0.369	-0.162	0.037
SO₄	0.688	-0.341	0.536	-0.090
Mn	-0.615	0.364	0.403	-0.172
As	0.288	0.570	-0.030	-0.035
Al	-0.118	0.468	0.357	0.466
pH	-0.367	0.207	0.625	0.184
Fe	0.001	0.721	0.514	0.230
Sr	-0.126	-0.094	0.043	0.617

2. Grup ise sadece As ve Fe içeriklerinden oluşmuştur ve varyansın % 25.03'lük kısmını temsil eder. As ve Fe içeriklerinin bir arada gruplanması içme sularındaki arseniğin kayaçların yapısında bulunan demir içeriği ile ilişkili olabileceğini gösterir. Arseniğin diğer bir önemli kaynağı ise arsenik içeren demir oksitlerdir (Jain vd., 1999; Sadiq vd., 2002). Arseniğin değerliğini ve türünü suyun pH değeri, redoks potansiyeli, sülfür, demir ve kalsiyum gibi iyonların varlığı ve mikrobiyal aktivite etkilemektedir (Kang vd., 2000).

Çizelge 5.14: Su kimyası analiz sonuçlarına ait faktörlerin kümülatif varyansları.

Faktör	Toplam	% Varyans	Kümülatif toplam
1	6.743	25.934	25.934
2	6.508	25.031	50.966
3	2.133	8.202	59.168
4	1.921	7.387	66.555

En sık karşılaşılan arsenikli cevher mineralleri de arsenopirit (FeAsS , demir arsenik sülfür) ve arsenliritdir (Fe(AsS)_2)'dir. İnceleme alanı ve çevresinde bulunan indirgeyici (oksijensiz) ortamlardaki sedimanter tabakalarda bulunan piritin oksitlenip demir oksite dönüşmesi sonucu içme suyu kaynakları kolayca sulu demir oksitlerin üzerinde tutulabilen arsenik içeriği açısından zenginleşmiş olabilir.

3. Grup ise pH, SO_4 ve Fe içeriklerinden oluşmuştur ve varyansın % 8.2' lük kısmını temsil eder. Piritin oksitlenip demir oksite dönüşürken SO_4 açığa çıkarması 2. Grup için yapılan açıklamayı destekleyici niteliktedir.

4. Grupta ise sadece stronsiyum elementi mutlak değer olarak en büyük ağırlığa sahiptir. Hareketli bir element olan Sr içme suyu kaynaklarında Hasandağı volkanizması ürünleriyle su kayaç teması sonucu zenginleşmiş olabilir.

6. AKSARAY İÇME SULARINDA ARSENİK KİRLİLİĞİ VE GİDERİMİ

6.1 Arsenik Tanımı ve Ekolojik Etkileri

Arsenik tüm canlılara toksik etki yapan, bileşikleri insanlarda deri, akciğer ve mesane kanserine neden olabilen bir maddedir. Yer kabuğunun ortalama arsenik içeriği 2 mg/kg'dır. Yaklaşık 200 farklı kayaç yapıcı mineral, arsenik içerir. Arsenik genellikle bir çok mineral içerisinde demir, bakır, kurşun, gümüş ve altının arsenitleri ya da sülfürleri olarak bulunur (Işık vd., 2008). Çoğu ise, cevher mineralleri ya da onların alterasyon (bozuşma) ürünlerinde birikir. En sık karşılaşılan arsenikli cevher mineralleri de arsenopirit (FeAsS), demir arsenik sülfür ve arsenipirit ($\text{Fe}(\text{AsS})_2$) dir. Yerkabuğunda arsenik yaygın olarak ultrabazik kayaçlarda (0.3–16), bazaltlarda (0.06–113), andezitlerde (0.5–5.8), granitlerde (0.2–13.8), şistlerde (0.3–490), fosforitte (0.4–188), kumtaşlarında (0.6–120), kireçtaşlarında (0.1–20) ve kömürde (0.5–80) (mg As/kg) oranlarında bulunur (Işık vd., 2008).

Arsenik; yerkabuğundan kayaçların çözünmesi ve volkanik patlamalar gibi doğal olaylar ile madencilik faaliyetleri, pestisit kullanımı, termal güç tesislerinde arsenik içeriği yüksek kömür yakılması gibi antropojenik faaliyetler yoluyla çevre ortamında yayılabilir ve birikebilir. Arsenik döngüsü, doğal suyun kayaçlar, sedimentler ve toprak ile etkileşimi ve atmosferik çökelmelerle gerçekleşir. Jeolojik formasyonların aşınması ve suda çözünmesi ile belli bölgelerdeki doğal suların arsenik derişimleri oldukça yüksek olabilir. Aerobik koşullar sebebiyle yüzeysel sularda arseniğin varlığı ve hareketi oldukça sınırlıdır. İndirgen koşulların hakim olduğu yeraltı sularında ise arsenik yüksek miktarlarda bulunabilir (Sarkar, 2002a). Dünyanın değişik bölgelerinde yeraltı sularındaki yüksek arsenik değerlerinin nedeni olarak yeraltı sularının temas ettiği kayaçların litolojik özellikleri gösterilmiştir (Sarkar, 2002a). Arsenikli sular genellikle alüviyal oluşumlarda, volkanik kayaçlarda, jeotermal bölgelerde, madencilik atıkları ve depolama alanlarında bulunmaktadır (Choong vd., 2007). Jeotermal sular ve bunların çevrelerindeki yüzey ve yeraltı su kaynakları da yüksek oranda arsenik içerebilir.

Kükürtle yakın ilişkili olan arsenik, kükürtlü cevher yataklarında da bolca bulunur. İndirgeyici (oksijensiz) ortamlardaki tortul tabakalardaki piritle birlikte de arsenik bol miktarda bulunabilir. Böylesi tabakalar oksijenle karşılaştığında pirit oksitlenip demir oksite dönüşürken sülfatı, arseniği ve başka iz elementleri de açığa çıkararak ortamı asitleştirebilir. Kükürt oranı yüksek olan kömürlü sahalarda ortamda az miktarda pirit varsa yüksek arsenikli su kaynaklarının oluşmasına neden olabilir (Choong vd., 2007).

Sularda çözünmüş formdaki arsenik, ortamın redoks potansiyeline göre genellikle +3 veya +5 değerliklidir. Bunlar arsenit-As (III) ve arsenat-As (V) olarak bilinir (Parsons ve Jefferson, 2006). Anaerobik koşullarda As (III), aerobik koşullarda ise As (V) formu baskın durumdadır. Arsenik su ortamına doğal ve antropojenik kaynaklı olarak girebilir ve birikebilir. Sularda doğal kaynaklı arsenik, suyun kayaçlar, mineraller ve maden cevherlerinden geçmesi sırasında aşındırma ve çözme özelliği sonucu oluşur. Sularda organik formda bulunabilen arseniğin inorganik formları daha baskın ve daha toksiktir. Suyun pH değeri de arsenik formlarını etkiler. Doğal suların pH aralığında arsenit yüksüz formu H_3AsO_3 , arsenat ise $H_2AsO_4^-$ veya $HAsO_4^{2-}$ şeklinde bulunur (Parsons ve Jefferson, 2006). Negatif yüklerinden dolayı sulardan arsenat; adsorpsiyon, iyon değişimi ve koagülasyon gibi arıtım işlemleri ile daha kolay giderilebilmektedir (Parsons ve Jefferson, 2006).

Yeraltı suyunda arseniğin oluşumunun bilinen iki mekanizmasından biri arsenopritlerin ($FeAsS$) oksidasyonu, diğeri ise arseniğin bağlı olduğu demir hidroksit bileşiklerinin indirgenmesidir (Sarkar, 2002a). Arsenat, kolayca sulu demir oksitlerin üzerinde tutunabilir. Benzer bir bağlanma, alüminyum ve manganez oksitlerinin, kalsit kristalciklerinin ve kil minerallerinin yüzeyinde gerçekleşir. Suyun hidrolik dolaşım süreci boyunca arsenatca zengin jeolojik birimlerle teması sonucu su kaynakları arsenikçe zenginleşir. Ayrıca, arseniğin belli ortamlarda birikmesine neden olan uygulamalar da vardır. Arsenik bileşimlerinin pestisit (tarımsal böcek ilaçları), herbisit (ot öldürücü ilaçlar), ürün kurutucu ve hayvanların, özellikle de kümes hayvanlarının besinlerine katılarak kullanımı arsenik kirlenmelerine neden olabilir (Sarkar, 2002a; Işık vd., 2008).

Yeraltı sularında yüksek arsenik içeriğinin önemli bir etkeni de akiferin hidrojeolojik karakteristiği ile ilgilidir. Yeraltı suyu akışının daha güçlü olduğu akiferlerde suda

serbestleyen arsenik suyla birlikte uzaklaştırılır. Bu yüzden arsenikli yeraltı suyu sorunu daha çok yeni çökelmiş alüvyon ovalarında, yeraltı suyu akışının çok yavaş olduğu hidrojeolojik ortamlarda ortaya çıkar (Parsons ve Jefferson, 2006).

İçme suyunda arsenik açısından problemlili bölgelerin çoğunda, içme suyu yeraltı suyundan karşılanmaktadır, bu durum arseniğin insanlara geçiş yolunun çoğu zaman doğal kaynaklı ve içme sularıyla olduğunu göstermektedir. Uygun pH ve daha düşük E_h değerlerine (indirgen) sahip derin yeraltı sularında arseniğin arsenit olarak çözünürlüğü daha olasıdır. Ayrıca yeraltı sularında çökebilir formu olan demir tuzları çözünür formda olduğu için çözünmüş arsenik de bulunmaktadır (Sarkar, 2002b).

İnsanların arseniğe maruziyeti, arsenik içeren gıdalar, içme suyu ve hava sebebiyledir. Bunlardan en etkini içme suyu ile olmaktadır. Uzun süreli arsenik alımı sonucu insanlarda mide-bağırsak, karaciğer, böbrek, kalp rahatsızlıkları ile nörolojik, dermal, hematopoietik, üreme ve kanserojenik (deri ve akciğer) hastalıkları meydana gelmektedir (ATSDR, 2002). İçme suyu ile 50 $\mu\text{g/L}$ ' den fazla arseniğe maruz kalan insanlarda kansere yakalanma riskinin 1:100 olduğu belirtilmiştir (Morales vd., 2000).

Epidemiyolojik bulgular, 50 $\mu\text{g/L}$ 'den fazla arsenik içeren içme sularının insan sağlığı için güvenli olmadığını göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Türk Standartları TS 266 (2005) arseniğe içme sularında en fazla 10 $\mu\text{g/L}$ 'ye kadar müsaade etmektedir. Çoğu yüzeysel sular arsenatların çökmesi için uygun pH ve E_h aralığına (yükseltgen) sahiptir. Bu sulara arsenatlar çözünmüş ve askıda katyonlarla (genellikle demir) çözünmez formları şeklinde bulunur. Bu nedenle yüzeysel sulara arsenik genellikle partiküler ve sedimentlerde bulunmaktadır. Uygun pH ve daha düşük E_h değerlerine (indirgen) sahip derin yeraltı sularında arseniğin arsenit olarak çözünürlüğü daha olasıdır. Ayrıca yeraltı sularında çökebilir formu olan demir tuzları çözünür formda olduğu için çözünmüş arsenik de bulunmaktadır (Sarkar, 2002b).

Çoğu zehirli iz metaller pH değeri arttığında çözüldükten ayrılmaya, suların nötr pH değerlerinde de oksit, hidroksit, karbonat ve fosfat mineralleri oluşturarak birlikte çökmeye ya da kil mineralleri ya da sulu metal oksitlerin ya da organik maddelerin üzerinde soğurulmaya eğilimlidir (Sarkar, 2002b). Bunun tersine arsenik gibi oksianyonların çoğu pH artarken tutulmaya daha az yatkın ve bazı özel koşullarda da nötre yakın pH'lı sulara bile çok yüksek derişimlerle suda kalabilir. Bu yüzden

krom, arsenik, uranyum ve selenyum gibi (kansere yol açan) oksianyon yapıcı elementler sularda en çok karşılaşılan iz kirleticilerdir (Sarkar, 2002b). Arsenik bunların en değişik koşullarda suya geçip, suda kalabileni olduğu için de en tehlikelisi olup ötekilerin tersine indirgeyici koşullarda bile hareketlidir.

Arseniğin toksisitesi ile ilgili yapılan çalışmalarda solunum ve sindirim yolu ile alınan inorganik arseniğin insanlar üzerinde kanserojenik etki gösterdiği bulunmuştur (Ng vd., 1998). Arseniğe uzun süreli maruz kalma sonucu *arsenik zehirlenmesi* (*Arsenicosis*) hastalığı meydana gelmektedir (Şekil 6.1). Bu hastalığa daha çok arsenik içeriği yüksek içme suyu ve kömür kullanılan bölgelerde rastlanılmaktadır. Bununla birlikte mesleki olarak arseniğe maruz kalınması durumunda da çalışanlarda bu hastalık görülebilmektedir (Ng vd., 1998).



Şekil 6.1: Arsenicosis hastalığından örnek (URL-1).

Arsenik toksisitesi; akut ve kronik olmak üzere iki kısma ayrılır (Done ve Peart, 1971). Akut arsenik zehirlenmesi oldukça yüksek arsenik içeren gıda ve suların ağız yolu ile alınması sonucu oluşur ve acil müdahale gerektirir. Akut zehirlenme belirtileri, ağız ve boğazın kuruması ve tahriş olması, hazımsızlık, karın bölgesinde ağrı, ani kusma, aşırı ishal ve hematüridir. Kas krampları, yüzde ödem oluşumu, kalp rahatsızlıkları ve su kaybı sonucu ani bir şok yaşanabilir (Done ve Peart, 1971). Kronik arsenik toksisitesinin genelde dört aşamada gerçekleştiği kabul edilir. Klinik öncesi aşama'da hastalarda bir şikayet ve belirtiyeye rastlanmaz ancak idrar ve doku

örneklerinde normal değerin üzerinde arsenik değerleri ölçülür. Klinik aşaması'nda deri üzerinde bir takım belirtilere rastlanır. Genellikle avuç içlerinde derinin koyulaşması (melanosis) en yaygın belirtidir. Göğüs, sırt, kol ve bacaklar ile diş etlerinde siyah lekeler oluşabilir (Done ve Peart, 1971) (Şekil 6.2).



Şekil 6.2: Kronik arsenik zehirlenmesinin belirtisi (melanosis) (URL-2).

Ödem (el ve ayakların şişmesi) oldukça sık gözlenen bir durumdur. Daha ciddi bir belirti avuç içi ve ayak tabanlarda sert şişliklerin oluşmasıdır (keratosis) (Done ve Peart, 1971) (Şekil 6.3). WHO bu aşamanın aşırı arseniğe 5–10 yıl maruz kalınması halinde oluşabileceğini ön görmektedir. Bir diğer aşama olan Komplikasyon aşaması'nda kliniksel belirtiler daha sıklıkla görülür ve iç organlar da bu durumdan etkilenir. Karaciğer, böbrek ve dalak büyümeleri gözlenir. Bazı araştırmalar, konjunktiva iltihabı (pembe göz), bronşit ve şeker hastalıkları ile bu aşamadaki arseniğin ilgili olduğunu göstermiştir (Choong vd., 2008). Son aşama olan tümör oluşum aşaması'nda ise tümörler deri ve diğer organları etkiler. Etkilenen kişilerin kangren veya deri, akciğer ve mesane kanserine yakalanma riskleri oldukça yüksektir (Choong vd., 2008; Işık vd., 2008).

Sulardan arseniği gidermek için uygulanan teknolojilerin çoğu var olan klasik arıtım yöntemlerinin arsenik giderimi için modifiye edilmesinden ibarettir. Bu yöntemlerden bir kısmı teknik olarak uygulanabilir olmasına rağmen maliyetleri yüksek olduğu için genellikle kullanılmamaktadır.



Şekil 6.3: Arsenik zehirlenmesi sonucu vücutta oluşan sert şişlikler (keratosis) (URL-3).

6.2 Aksaray İçme Sularındaki Arseniğin Kökeni

Aksaray ili su ihtiyacını karşılayan şehir şebekesinden ve içme suyu olarak kullanılan su kaynaklarından alınan örneklerde As miktarı 13.6 – 58.7 µg As/L arasında tespit edilmiştir. Bu değerler; Amerika, Avrupa ve ülkemizde içme suyu için uygulanan arsenik standardı olan 10 µg/L'den yüksektir. Altas vd., (2011) Aksaray ili su kaynakları üzerinde yaptıkları çalışmada Helvadere kaynaklarının ortalama 13.2 µg As/L, içme suyu arıtma tesisi girişinden aldıkları su numunesinin ise ortalama 51.7 µg As/L değeri içerdiğini tespit etmişleridir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1: Aksaray içme suyu kaynaklarında Altaş vd. (2011) tarafından ölçülen As değerleri.

(Altas vd. 2011)	2007				2008			
Ay	Ağustos	Ekim	Aralık	Şubat	Nisan	Haziran	Ortalama	
Helvadere Kaynakları	15	12	14	15	11	12.2	13.2	(µg/L)
İçmesuyu Ar. Tes. Grş.	41	48	42	35	31	113	51.7	(µg/L)

Altas vd., (2011) Aksaray ili'ndeki diğer su kaynakları üzerinde gerçekleştirdikleri ölçümlerde ise; Hamidiye (15.7 ± 2.3), Yenikent (16 ± 2.1), Akin (17.7 ± 1.2), İncesu (27.5 ± 1.7), Armutlu (13.8 ± 1.3), Tatlıca (11.1 ± 6.4), Bozkır (37.1 ± 7.9), Eski Ahırlı (15.7 ± 3.2), Sağlık (41.5 ± 3.8), Helvadere Kaynak (10.3 ± 2), Helvadere Köyler (13.3 ± 1.8), Selime (11.4 ± 1.6), Bağlıkaya (10.3 ± 0.9), Ortaköy ($42.0 \pm$

25.8), Balcı kaynağı (13.8 ± 3.8), Tiyatro Salonu-Helvadere çeşme (13.6 ± 2.5) ve Laboratuvar çeşme-şebeke (13.6 ± 5) istasyonlarında $10 - 50 \mu\text{g As/L}$ arasında arsenik içeriği bulmuşlardır.

2011 ve 2012 yıllarında Aksaray belediyesi tarafından yapılan ölçümlerde ise arıtma girişinden alınan su örneklerinde ve Bağlıköy su kaynaklarında $21.9 - 67.7 \mu\text{g As/L}$ değerleri ölçülmüştür (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2: Aksaray içme suyu kaynaklarında Aksaray belediyesi tarafından ölçülen As değerleri.

Parametre	Numune	Tarih	Değer	Numune	Değer
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	17.01.2011	42.93	Arıtma çıkış	6.32
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	10.01.2011	21.93	Bağlıköy Çıkış	6.80
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	15.02.2011	40.75	Arıtma çıkış	6.36
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	14.03.2011	38.74	Arıtma çıkış	4.99
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	14.03.2011	46.10	Bağlıköy Çıkış	5.18
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	21.06.2011	67.71	Bağlıköy Çıkış	3.26
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	12.09.2011	38.60	Bağlıköy Çıkış	4.90
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	27.10.2011	56.76	Arıtma çıkış	7.81
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	12.11.2011	49.45	Bağlıköy Çıkış	2.79
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	22.11.2011	54.06	Arıtma çıkış	6.45
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	22.11.2011	52.08	Bağlıköy Çıkış	8.11
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	26.12.2011	49.38	Arıtma çıkış	2.71
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	26.12.2011	49.00	Bağlıköy Çıkış	2.55
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	23.01.2012	47.30	Arıtma çıkış	5.71
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	23.01.2012	48.09	Bağlıköy Çıkış	1.43
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	27.02.2012	39.60	Arıtma çıkış	6.76
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	27.02.2012	46.13	Bağlıköy Çıkış	1.73
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Arıtma giriş	27.03.2012	45.20	Arıtma çıkış	4.30
Arsenik ($\mu\text{g/L}$)	Bağlıköy Giriş	27.03.2012	51.40	Bağlıköy Çıkış	3.20

Helvadere'den gelen kaynakta sınır değerlerde, Mamasun barajından temin edilen suda ise önemli oranda arsenik bulunmaktadır. Analizler, Melendiz akarsuyunun daha fazla arseniği Mamasun barajına taşıdığını göstermektedir. Ülkemizde As değeri 2005 yılından itibaren $10 \mu\text{g/L}$ 'ye TS 266 (2005) düşürüldüğü için Aksaray su kaynakları arsenik açısından riskli sınıfa girmektedir.

Altaş vd. (2011) bölgede geniş bir yayılım gösteren Göstük ignimbiriti, Selime tüfü ve Kızılkaya ignimbiritleri üzerinde gerçekleştirdikleri kayaç analizlerinde sırasıyla 4.2, 11.6, ve 7.9 ppm arsenik değerleri tespit etmişlerdir.

Bölgedeki su kaynaklarında ölçülen arseniğin kaynağının Hasandağı volkanizmasının ürünleri olan piroklastik kayaçlar ve andezitik/bazaltik akıntılar ile volkanik kökenli sedimanter kayaçlar olduğu düşünülmektedir. Hasandağı volkanizmasına bağlı olarak gelişen Ziga, Ilısu ve Narlıgöl jeotermal kaynaklarının bölgedeki varlığı da içme suyu kaynaklarındaki yüksek arsenik içeriğinin nedeni olarak gösterilebilir.

6.3 Arsenik Giderim Yöntemleri

Yüzey ve yeraltı sularından arsenik giderim yöntemi, su kalitesine, arıtma tesisinin amacına, tesisin maliyetine ve tesisin arıtma birimlerine bağlı olarak seçilir (Jekel ve Amy, 2006).

Koagülasyon (Pıhtılaştırma) / Flokülasyon (Yumaklaştırma)

Yaygın olarak kullanılan su arıtım işlemlerinden bir tanesidir. Bu yöntem sulardan arsenik gideriminde de oldukça etkindir. Demir içerikli koagülantların arsenatların % 95'ini giderdiği ancak arsenit gideriminde yeterince verimli olmadığı saptanmıştır (Parsons, 2006). Koagülant türünün, oksidasyonun ve pH değerinin arsenik giderimi üzerindeki etkisinin araştırıldığı birçok çalışma yapılmış ve demir içerikli koagülantların daha etkin olduğu, oksidasyonun koagülasyon öncesi verimi arttırdığı ve pH değerinin de önemli bir parametre olduğu ortaya konulmuştur (Sarkar, 2002). Koagülasyon/flokülasyon ile etkin bir arsenik giderimi için, arsenitlerin (As^{3+}) koagülasyondan önce klorür, permanganat veya ozon gibi yükselticilerle arsenata (As^{5+}) dönüştürülmesi, uygun bir koagulant ile çöktürülmesinden sonra filtrasyona tabi tutulması gereklidir. Koagülasyon sonrası mikrofiltrasyon, kolloidal veya daha küçük boyutta içerisinde arsenik kalan taneciklerin etkin şekilde giderilmesi için de uygulanabilecek alternatifler içerisinde (Işık vd., 2008).

Demir ve Manganez Oksidasyonu

Yeraltı sularının demir ve mangan içeriği genellikle yüksektir. Bu sulardan demir ve manganizi gidermek için uygulanan oksidasyon işlemi ile oluşan hidroksit çökeleklerinde arsenik tutularak sudan giderilebilmektedir. Demir oksidasyonu ve

çöktürülmesi ile arseniğin giderimi mangana kıyasla daha verimlidir (Choong vd., 2008; Spelman, 2003).

Kireçle Yumuşatma

Suların sertliğini gidermek için kullanılan kireçle yumuşatma işlemlerinde Ca ve Mg'un giderilmesi için ilave edilen kireç başta olmak üzere diğer soda ve kostik soda ile beraber oluşan çökelekler içerisinde bir miktar arsenik de giderilmektedir. Ancak sertlik giderilmesi amaçlanmayan bir su için kireç ilavesi ile arsenik giderimi tavsiye edilmemektedir (Spelman, 2003; Choong vd., 2008).

Aktif Alümina ile Adsorbsiyon

Aktif alümina (Al_2O_3), As(V)'i çok iyi adsorbe etme özelliğine sahiptir. Adsorpsiyondan sonra arseniğe doymuş alümina rejenere edilebilmektedir. Çalışmalar As(V)'in 7'den daha düşük pH değerlerinde, As(III)'ün ise 9'dan küçük pH değerlerinde daha iyi giderildiğini göstermiştir. Pilot çalışmalar bu yöntemle arsenik giderimini pH, arseniğin sudaki değeri, sudaki diğer iyonlar, alıkonma süresi gibi faktörlerin etkilediğini göstermiştir (Spelman, 2003; Sarkar, 2002).

İyon Değiştirme

Fiziksel ve kimyasal olarak sudaki iyonların reçine üzerindeki iyonlarla yer değiştirerek giderimin yapıldığı işlemlerdir. Bu yöntemde suyun pH değeri, kimyasal bileşimi, rekabet eden iyon türleri, alkalinite, kullanılan reçinenin tipi, arsenik miktarı gibi faktörler dikkate alınmalıdır (Spelman, 2003).

Membran Prosesler

Basınç yardımı ile sudaki kirleticilerin bir seçici membran yardımıyla giderilmesi esasına dayanan bu işlemler mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmozdur (Spelman, 2003). Özellikle ters osmoz prosesinin sudan arsenik gideriminde etkin olduğu bildirilmiştir (Sarkar, 2002).

Bu işlemlerin yanında; $Fe(OH)_3$ ilgisi nedeniyle demir oksit kaplı kum ile temas ettirilmesiyle Sarkar (2002a); Spelman, (2003), yine benzer şekilde su kaynağının bulunduğu yerde kullanılabilecek demir oksit içeren materyallerle teşkil edilmiş pasif reaktif bariyer kullanımıyla Sarkar (2002a), demir okside eden ve sülfat indirgeyen mikroorganizmaların kullanıldığı biyolojik arıtım alternatifleriyle Choong vd.,

(2008), güneş ışığı veya UV ışınlarının katalizörlüğünde oksidasyonla Spelman, (2003); Choong vd., (2008) arsenik giderim yöntemlerinin yanında genelde çok gelişmemiş ülkelerde uygulanan demir ve arseniği yüksek kuyu sularının yeryüzüne çıkarılarak birkaç gün bekletilmesi veya havalandırılması ile demir oksit çökeleklerinin oluşumunun sağlanmasıyla arseniğin giderildiği nispeten basit yöntemler de vardır (Sarkar, 2002a).

6.4 Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarında Arsenik Giderimi

6.4.1 İçme ve kullanma suyu arıtma süreci

Aksaray il merkezinin su ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan Mamasun barajından, Bağlıköy'den ve Helvadere su kaynaklarından temin edilen su şebekeye verilmeden önce, kademeli havalandırma, koagülasyon/flokülasyon, filtrasyon ve dezenfeksiyon ünitelerinden oluşan klasik bir arıtma işleminden geçirilmektedir. Kılıçaslan içme ve kullanma suyu arıtma tesisine ham su, Mamasın Barajı'ndan 55 m kot farkıyla 12 km uzunluğunda Ø 700 mm'lik boruyla gelmektedir. 42000 m³/gün debiye göre inşa edilmiş olan tesis ek ünitelerin yapılması durumunda 60000 m³/gün kapasiteye ulaşmaktadır. Giriş yapısında ham suyun debisini ölçmek için manyetik debimetre ile ölçüm yapılır. Ham suyun enerjisini orifisli flanşlarla kırılmaktadır. Giriş yapısından sonra, ham su kaskat havalandırma yapısı giriş bölümüne gelmektedir. Giriş bölümünde suyun bakiye enerjisi söndürülmektedir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4: Kılıçaslan içme ve kullanma suyu arıtma tesisisi girişi.

Barajdan gelen ham su içinde arıtma tesisi mekanik aksamı bozabilecek, ünitelerin işletimini engelleyebilecek yosun, ot vb. büyük parçaları tutmak için rotomat tipi mekanik temizlemeli ince ızgara bulunmaktadır (Şekil 6.5).



Şekil 6.5: Kılıçaslan içme ve kullanma suyu arıtma tesisi mekanik temizlemeli ince ızgara.

Ham su, giriş bölümü ve ızgaradan sonra kaskat havalandırma bölümüne alınır. Kaskat havalandırma yapısı 4 adet savaktan oluşur (Şekil 6.6). Kaskat havalandırma yapısında suya oksijen vermenin yanısıra suda bulunabilecek CO_2 , amonyum (NH_4), H_2S 'in giderimi için Fe ve Mn oksidasyonu ve tat koku giderimi de yapılmaktadır. Kaskatlarda havalandırılan su, toplama bölümünde toplanır. Burada suya ön klorlama ve gerekirse potasyum permanganat eklenir.



Şekil 6.6: Kılıçaslan arıtma tesisi kaskat havalandırma yapısı.

Suyun içinde bulunan partiküllerin durultucularda etkili bir şekilde çöktürülebilmesi için, durultucu havuzlarının başında, hidrolik karıştırma havuzlarında suya koagülant madde olarak alüminyum sülfat, yardımcı koagülant madde olarak polielektrolit

eklenerek suyun pH'ı düşürülür ve alüminyum sülfatın daha iyi tepkime vermesi için suya sülfürik asit dozlanır. Toplu iğne başı büyüklüğünde flok parçalarının oluşması için gerekli olan enerji ise suya, batık perdelerden ve savaklardan geçerken oluşan basınç kayıplarıyla verilmektedir. Her durultucu havuz için bir adet karıştırma havuzu bulunur. Durultucu havuz tipi olarak yukarı akışlı tip durultucu bulunmaktadır. Bu ünite de amaç, hidrolik karıştırma ünitesinde meydana gelen floklardan çamur katmanı oluşturarak çamur hunileri vasıtasıyla bu çamuru yani oluşan flokları sudan uzaklaştırmaktır.

Durultucuların derinliği 3 katmandan oluşmaktadır. Birinci katman giriş bölgesidir. Burada oluşan türbülans nedeniyle bir miktar flokülasyon meydana gelir. İkinci katman flokülasyon ve çamur yatağı oluşması içindir. Burada hem giriş bölgesindeki türbülans hem de yukarı akış sırasında partiküllerin farklı hızları nedeniyle flokülasyon oluşmaktadır. Çamur yatağının oluşacağı seviye su debisindeki ve özelliklerindeki oynamalara göre değişiklik gösterir. Bu nedenle çamur alma sistemi değişik seviyelere ayarlanabilen çamur konileri vasıtasıyla yapılır. Çökeltme tankının içindeki üçüncü katman ise çamur yatağının üstünde kalan durultulmuş su katmanıdır. Birinci katman yaklaşık 0.50 m yüksekliğindedir. İkinci katman ise 3.0 m, üçüncü katman yaklaşık 1.5 m yükseltiye sahiptir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7: Kılıçaslan arıtma tesisi durultucu havuzları.

Çökeltme havuzlarından çıkan su hızlı kum filtrelerine aktarılır. Hızlı kum filtrelerinde fiziko-kimyasal mekanizmaların etkisiyle kum tanecikleri arasında durultucu havuzlardan kaçan partiküller tutulur. Filtre, 0.20 m yüksekliğinde 5–7 mm tane çapında çakıl tabakası, üstte 0.90 m yüksekliğinde 0.8–1.2 mm tane çapında kum tabakasından oluşur (Şekil 6.8). Filtre tabanında, filtrelenmiş suyu toplamak ve filtre geri yıkama suyunu ve havayı filtre alanına üniform bir şekilde dağıtmak

amacıyla prefabrik beton plaklar ve bunların üzerine monte edilen PVC nozüller kullanılır. Filtre hızı 5–15 m³/m²/saat arasında değişim gösterir.



Şekil 6.8: Kılıçaslan arıtma tesisi hızlı kum filtreleri.

Filtreden çıkan arıtılmış suyun iki filtre geri yıkama ihtiyacını karşılayacak kadar olan kısmı arıtılmış su deposunda depolanır. İki filtre için gerekli olan su miktarı 500 m³, havuz hacmi ise 506 m³'tür.

Buradan Ø 900 mm'lik boruyla arıtılmış su şehrin mevcut 5000 m³'lük depolarına iletilir. Bu boru üzerinde arıtılmış suyun bulanıklığı ve çıkan debi miktarı ölçülür. Şehir deposuna gelmeden önce boruya klor dozlaması yapılarak suyun arıtımı tamamlanır. Arıtma tesislerinden çıkan suyun klorlanması, içme suyu şebekesinin uç noktalarında bakiye klorürün en az 0.3 mg/lt olacak şekilde yapılmaktadır.

6.4.2 İçme suyu kaynaklarında arsenik giderimi

Aksaray ili içme suyunun arsenik giderimi için koagülasyon/filtrasyon çökeltme yöntemi kullanılmaktadır. Yöntem genellikle ön klorlama, pH ayarlaması, bir kimyasal çökeltici yada koagülant eklemesi gerektirir. Arseniğin sudan uzaklaştırılmasında demir (III) klorür (FeCl₃), ferrik sülfat, ferrik hidroksit, amonyum sülfat, alum, kireç yumuşatma, mangan sülfat, bakır sülfat ve sülfat gibi birçok koagülant kullanılır. Bunlardan Alum ((Al₂(SO₄)₃.18H₂O), demir (III) klorür (FeCl₃) ve ferrik sülfat arseniğin sudan uzaklaştırılmasında en etkili koagülant maddelerdir. İçme sularında arsenik giderimi için ilk aşama ön klorlama sistemidir (Şekil 6.9). Klorür sudaki mevcut kirlilikleri oksitleyerek dezenfeksiyon sağlamakla beraber buradaki asıl görevi olan Arsenik(III) formlarını As(V) formuna dönüştürür.

As(V) sistemi eklenen koagülant madde (FeCl_3) ile çökebilir forma dönüştürülür ve filtrelerin üzerinde tutulur. Bu sebeple ön klorlama yapılmadığı takdirde sistemin arsenik giderim performansı içeriğindeki As(III) miktarına göre düşüş gösterecektir. Optimum dozaj olarak 1-2 ppm ön klorlama yeterli olmaktadır.



Şekil 6.9: Arsenik arıtma tesisi klor binası.

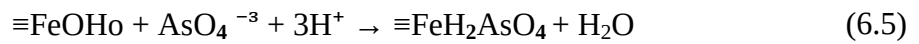
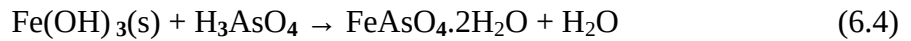
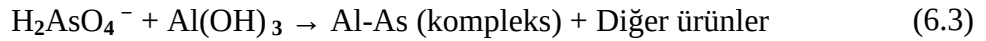
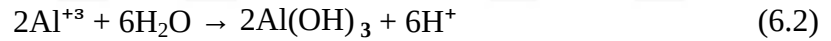
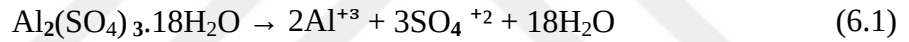
Aksaray içme suyu kaynakları için arsenik giderimi basınçlı filtreler, FeCl_3 dozajı ve ve alum tuzları yardımıyla yapılmaktadır. Her iki durumda da arsenat bileşikleri arsenitlere göre daha efektif uzaklaştırılabilir. Koagülasyon/filtrasyon, askıda katı ve kolloidal haldeki katı sudan uzaklaştırmak için birçok su arıtma sistemlerinde yer alan geleneksel bir yöntemdir. Koagülasyon-flokülasyon sürecinde alum ve demir (III) klorür (FeCl_3) depolama tankından, dozaj pompaları (yedekli) ile direk hatta dozlanarak gerçekleştirilmektedir. Demir içerikli tuz, su içerisindeki kolloidal partiküllerin bir araya gelme kabiliyetini artırır. Eklenen koagülantlar ile alüminyum ya da ferrik hidroksit mikro-flokları hızlıca oluşur. Flokülasyon sırasında tüm mikro partiküller ve negatif yüklü iyonlar floklara elektrostatik kuvvetlerle tutunur. Arsenik ayrıca koagülant flok yüzeylerine tutunur ve sedimantasyon ve filtrasyon süreçleri ile oluşan tüm floklar uzaklaştırılır. Arsenit bileşikler yüksüz olduğu için önemli bir uzaklaştırmaya maruz kalmazlar. Arsenitin arsenata ön oksidasyonu etkin bir arsenik giderimi için gereklidir.

Sistem sık sık geri yıkamaya (su kayıpları) ve devamlı kimyasal dozaj kalibrasyonunu, geri yıkama çamur yönetimini gerektirir. 10-25 ppb As konsantrasyonları için 5 ppm Fe, 25-50 ppb arası arsenik konsantrasyonları için 8

ppm Fe, 50-100 ppb arası As konsantrasyonu için 10 ppm Fe dozlanması gerekli olup optimum dozaj günlük laboratuvar analizleri sonucu tayin edilmiştir.

As koagülasyonla, demir ve alüminyum tuzları kullanılarak çözünmeyen forma dönüştürülebilir. Demir (III) klorür tuzların arseniğin sudan uzaklaştırılmasında alumina göre ağırlıkça daha başarılı ve daha geniş bir pH aralığında etkilidir. Alum koagülasyonunda arseniğin sudan uzaklaştırılması pH 7.2-7.5 aralığında daha etkilidir. Demir koagülasyonunda ise etkin bir As giderimi 6-8.5 gibi daha geniş bir pH aralığında genelde etkilidir (EPA, 2002). Bu durum, demir tuzları tamamen partiküler demir hidroksit formuna dönüşüyorken alüminyumun bir kısmının çözülebilir olarak kalmasından ve bu durumda filtrasyon aşamasına geçmesinden ileri gelmektedir (Zhenzhong vd., 2007). Demir klorürün As(III)'i alüminyumdan daha etkili biçimde gidermesinin nedeni ise, demir klorürün arseniti arsenata oksitlemesi ve oluşan arsenatı koagülasyonla gidermesidir (Edwards, 1994).

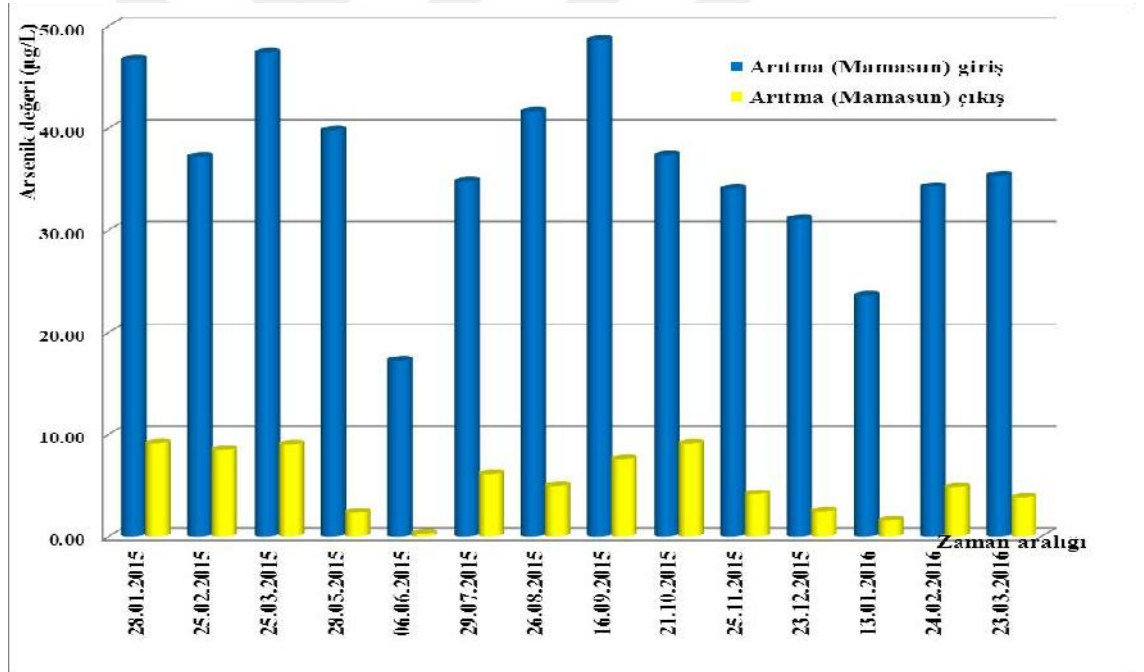
Alüminyum ve demir için koagülasyonda meydana gelen reaksiyonlar sırasıyla aşağıda verilmiştir;



Son ürün olarak oluşan Al-As ve Fe-As kompleksleri sedimentasyon/filtrasyonla giderilebilir. $\equiv\text{FeOH}$, sulu demir oksidi ifade etmektedir (Ahmed, 2001). Sonuç olarak, Demir (III) klorür %81-100, alum ise % 85-92 arasında giderim sağlar (Kohnhorst, 2000). Arseniğin daha az çözünürlüğü olan arsenat bileşiklerine oksidasyonu çökeltme sürecinin etkinliğini arttırabilir ve ayrı bir ön arıtma aşaması olarak ya da çökeltme sürecinin bir parçası olarak yapılabilir. Alum ile koagülasyon yapıldığında yaklaşık olarak 0.26 kg alum/kg çamur oluşmaktadır. Demir ile koagülasyon işleminde ise 0.54 kg demir klorür/kg çamur oluştuğu Ahmed (2001) tarafından belirtilmiştir.

Bu çalışma kapsamında Aksaray ilinin içme su ihtiyacını karşılayan Mamasın barajı, Helvadere ve Bağlıköy su kaynaklarına ait depolama tesislerinin giriş ve çıkış ünitelerinden ve şehir içerisindeki halkın yaygın olarak kullandığı önemli su noktalarından As konsantrasyonunun belirlenmesine yönelik 2015 ve 2016 yıllarında aylık örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Çizelge 6.3).

Arıtma tesisi girişinde (Mamasun) Ocak 2015 tarihinde ölçülen As değeri 46.6 µg/L iken arıtma işlemi sonrasında arıtma çıkış noktasında ölçülen As değeri 9.1 µg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 6.10). Aynı örnekleme döneminde Helvadere tesis girişinde ölçülen As değeri 11.06 µg/L iken arıtma işlemi sonrasında Helvadere arıtma çıkış noktasında ölçülen As değeri 2.3 µg/L olarak analiz edilmiştir (Şekil 6.11). Bağlıköy arıtma tesisi girişinde Ocak 2015 tarihinde ölçülen As değeri 24.3 µg/L iken arıtma işlemi sonrasında arıtma çıkış noktasında ölçülen As değeri 2.5 µg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 6.12).



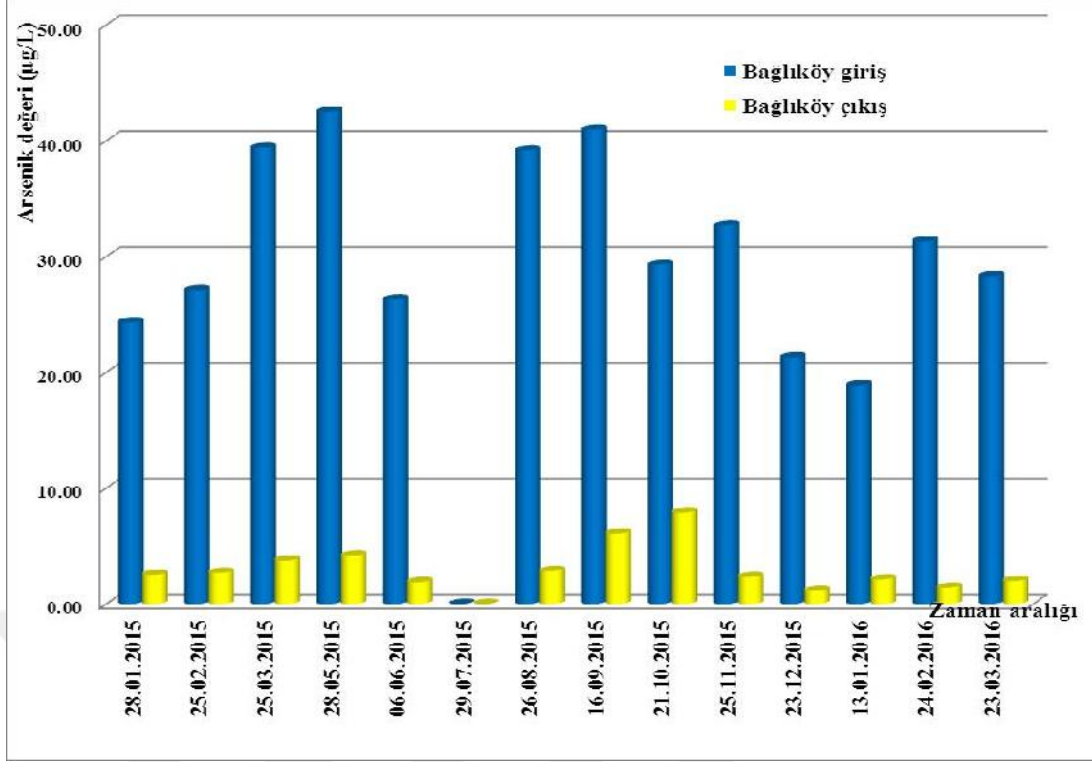
Şekil 6.10: Mamasun (arıtma) giriş ve çıkış noktaları arsenik ölçümleri.

Çizelge 6.3: Aksaray içme suyu kaynaklarına ait Aylık Arsenik ölçüm sonuçları.

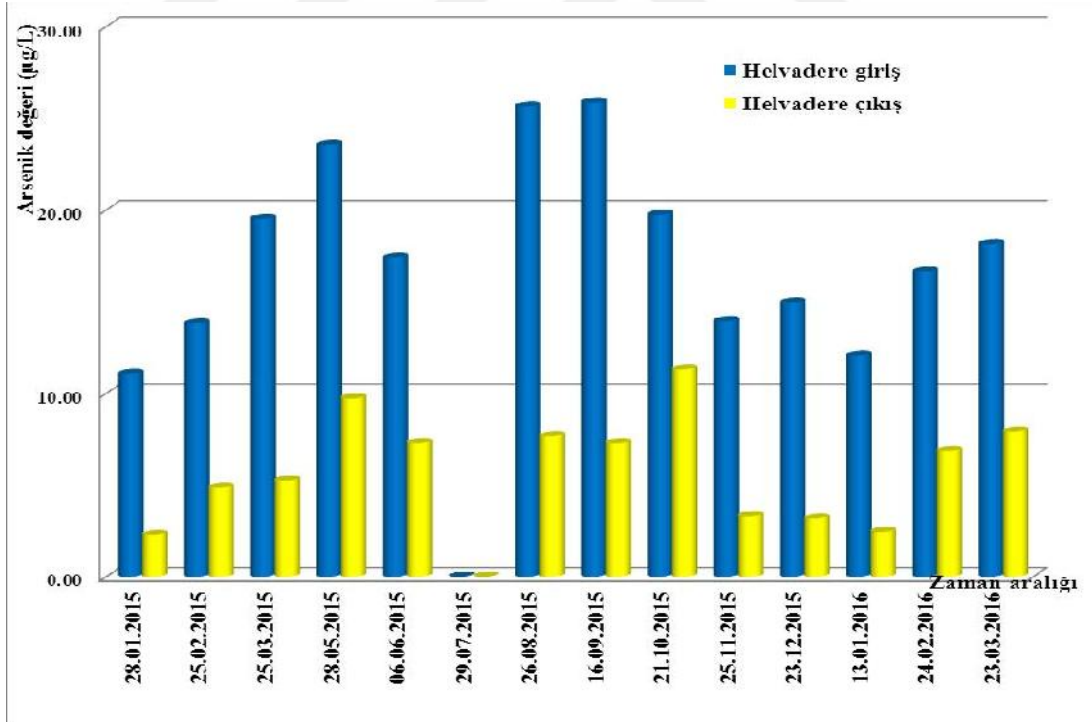
Numune yerleri/Tarih	28.01.2015	25.02.2015	25.03.2015	28.05.2015	06.06.2015	29.07.2015	26.08.2015	16.09.2015	21.10.2015	25.11.2015	23.12.2015	13.01.2016	24.02.2016	23.03.2016
Arıtma Giriş	46.69	37.19	47.38	39.76	17.23	34.76	41.61	48.60	37.31	34.03	31.07	23.58	34.23	35.34
Arıtma Çıkış	9.11	8.46	9.01	2.33	0.29	6.11	4.97	7.58	9.08	4.14	2.47	1.56	4.81	3.77
Bağlıköy Giriş	24.33	27.09	39.40	42.51	26.29	z	39.18	40.96	29.29	32.70	21.29	18.90	31.34	28.31
Bağlıköy Çıkış	2.52	2.70	3.76	4.16	1.90	z	2.84	6.10	7.91	2.33	1.14	2.13	1.43	2.00
Keson Kuyu	56.96	79.82	92.46	102.30	z	z	88.58	97.96	81.46	66.80	75.98	63.18	z	95.76
Helvadere Giriş	11.06	13.82	19.53	23.55	17.40	z	25.66	25.87	19.75	13.95	14.94	12.07	16.64	18.15
Helvadere Çıkış	2.30	4.87	5.25	9.75	7.30	z	7.66	7.29	11.30	3.32	3.19	2.47	6.85	7.92
2 Nolu Depo İçinden	8.29	7.36	8.46	4.56	0.98	6.37	8.80	z	8.70	4.02	1.67	1.91	4.15	3.72
2 Nolu Depo Baş Nokta (Maya Hastanesi)	z	z	z	5.49	z	6.06	z	z	z	2.46	z	1.80	3.76	4.26
2 Nolu Depo Orta Nokta (İl Sağlık Müdürlüğü)	z	z	z	4.70	z	6.74	6.92	8.26	z	3.89	z	z	4.08	4.00
2 Nolu Depo Son Nokta (Yeni Mah. Mezbahane)	6.04	7.20	8.52	3.88	z	6.46	8.39	z	8.13	3.67	1.48	1.73	5.06	4.02
3 Nolu Depo İçinden	5.96	6.93	8.04	0.00	2.54	6.77	7.14	8.70	8.46	2.50	2.35	1.82	6.90	2.86
3 Nolu Depo Baş Nokta (1 Nolu A.S.M)	5.68	z	z	4.51	z	6.01	8.32	z	z	z	z	1.64	4.90	3.98
3 Nolu Depo Orta Nokta (Selçuklu Mahallesi)	z	6.88	z	6.57	z	z	z	7.71	z	z	z	1.81	3.60	3.87
3 Nolu Depo Son Nokta (Y.S.Selim Mah.)	5.41	z	6.68	4.79	z	5.76	5.88	z	7.32	4.46	1.79	z	3.44	3.48
Akhisar Depo	3.89	3.48	5.25	8.63	2.24	6.04	4.97	8.18	8.88	4.00	3.68	3.05	3.04	4.11
Ervah Helvadere	5.66	7.49	9.83	12.00	7.04	9.42	8.68	8.87	8.60	4.46	4.68	3.89	6.97	7.98

Tabloda verilen değerler ppb (µg/L) cinsindendir.

z: ölçüm yapılamamıştır.



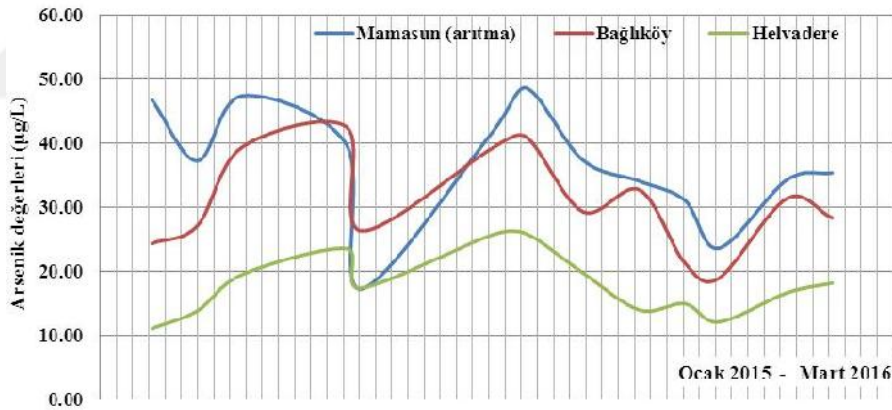
Şekil 6.11: Bağlıköy giriş ve çıkış noktaları arsenik ölçümleri.



Şekil 6.12: Helvadere giriş ve çıkış noktaları arsenik ölçümleri.

Mamasun su kaynağında ölçülen en düşük As değeri Haziran 2015 tarihinde 17.2 µg/L olarak ölçülmüşken en yüksek değer Eylül 2015 tarihinde 48.6 µg/L olarak belirlenmiştir. Helvadere su kaynağında As değerleri Ocak 2015 tarihinde 11.0 µg/L, en yüksek ise Eylül 2015 tarihinde 25.8 µg/L olarak ölçülmüştür. Bağlıköy su kaynağında ölçülen en düşük ve en yüksek As değerleri ise sırasıyla Ocak 2016 tarihinde 18.9 µg/L, Mayıs 2015 tarihinde 42.5 µg/L olarak ölçülmüştür.

İçme suyu kaynaklarının tamamı mevsimsel olarak benzer artma ve azalma ilişkisi göstermektedir (Şekil 6.13). Mamasun, Helvadere ve Bağlıköy su kaynakları üzerinde gerçekleştirilen aylık As ölçümleri mevsimsel olarak incelendiğinde As değerlerinin genel olarak Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında artma, Ocak ayında ise azalma eğilimi gösterdikleri belirlenmiştir. Mamasun Barajı'nın genel olarak As içerikleri diğer içme suyu kaynaklarından daha yüksek olup sadece Haziran 2015 örnekleme döneminde içerdiği su kaynaklarına oranla daha düşüktür. Bunun nedeni Mamasun Barajının farklı yüzeysel su kaynaklarından beslenmesi veya mevsimsel iklim değişimleri olabilir.



Şekil 6.13: İçme suyu kaynaklarında As değerlerinin aylık değişim grafiği.

Arıtma öncesi içme suyu kaynaklarında ölçülen As değerlerinin en az, en çok ve ortalama değerleri Mamasun, Bağlıköy ve Helvadere kaynakları için sırasıyla (17.23, 48.6, 36.34), (18.9, 42.51, 30.89) ve (11.06, 25.87, 17.88) µg/L olarak ölçülmüştür. Arıtma sonrası içme suyu kaynaklarında As değerleri en az, en çok ve ortalama değerleri ise Mamasun, Bağlıköy ve Helvadere kaynakları için sırasıyla (0.29, 9.11, 5.26), (1.14, 7.91, 3.15) ve (2.3, 11.3, 6.11) µg/L olarak ölçülmüştür (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4: Arıtma öncesi ve sonrası As değerlerinin min. ve max. değerleri.

Arıtma öncesi	En az	En çok	Ortalama As değerleri
Mamasun su kaynağı	17.23	48.60	36.34
Bağlıköy su kaynağı	18.90	42.51	30.89
Helvadere su kaynağı	11.06	25.87	17.88
Arıtma sonrası			
Mamasun su kaynağı	0.29	9.11	5.26
Bağlıköy su kaynağı	1.14	7.91	3.15
Helvadere su kaynağı	2.30	11.30	6.11

FeCl₃ dozajı ve alum tuzları yardımıyla gerçekleştirilen As giderimi işlemleri sonrası Mamasun, Bağlıköy ve Helvadere içme suyu kaynaklarının çıkış noktalarında, şebekeye verilen suyun depolama ve çıkış güzergahlarında ölçülen As değerlerinin tamamının 10 µg/L'nin altında değer aldığı belirlenmiştir. Bu verilere göre Aksaray içme suyu kaynakları arıtma ve arsenik giderimi sonrası yöre halkı tarafından güvenli olarak içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilir.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Geç Kretase - Oligosen zaman aralığında gelişen inceleme alanının temelini Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak tanımlanan kaya birimleri oluşturur. Kompleks Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimlerden oluşur. Havza'nın temeli üzerindeki sedimantasyon Üst Maestrihtiyen'de başlar. Orta Eosen'e kadar filiş ağırlıklı denizel birimlerle devam eden sedimantasyon Üst Eosen - Oligosen zaman aralığında kalın evaporit çökelleri ile karakteristiktir. Oligosen'den günümüze kadar karasal ve gölsel çökellerin oluşumları devam etmiştir.

Bölgede su tutan birimler genel olarak temelde Paleozoyik yaşlı bol kırık ve çatlaklı mermerler, Tersiyer yaşlı genelde kumtaşı ve çakıltası ardalanmasından oluşan denizel ve karasal kırıntılılar ile bol kırıklı - karstik boşluklu kireçtaşı seviyeleri ve Kuvaterner yaşlı gevşek kum ve çakıl seviyeleri içeren alüvyondur.

İnceleme alanının yıllık ortalama toplam yağış miktarı 342 mm'dir. 1970 - 1974, 1988 - 1993, 1998 - 2008 yılları arasında kalan dönemlerde bölgede yağışlar genel olarak azalmış ve kurak döneme geçilmiş diğer yıllarda ise yağışlı dönemin etkisi artmıştır.

İnceleme alanında yeraltı sularının fiziksel ve kimyasal parametre değerleri sırasıyla, pH (6.6 - 8.08) (6.5 - 7.7), elektriksel iletkenlik (EC) (175 - 808) (159 - 625) $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam çözünmüş katı madde (TDS) (135 - 602) (138 - 550) mg/L arasında değişmiştir.

Su kaynakları Na-HCO_3 , Ca-HCO_3 ve Mg-HCO_3 tipli fasiyes özelliğine sahip olup ve kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre I. sınıf su kalitesi özelliği gösterirler. Su kaynaklarının tamamı çok iyi- iyi sulama suyu olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanındaki suların iyon bolluk (meq/l) dizilimleri Yalnızceviz-1, Karasu, Kızılkaya, Selime ve İhlara da $\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+) > \text{Mg}^{+2}$, $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^-$; Belisırma, Bağlıköy-1, Bağlıköy-2 de $\text{Ca}^{+2} > (\text{Na}^+ + \text{K}^+) > \text{Mg}^{+2}$, $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2}$; Melendiz, Helvadere ve Mamasun Barajı'nda $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$, $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2}$ şeklindedir.

Suların tamamında As konsantrasyonları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2012) ve Avrupa Birliği (EU, 1998) standartlarının üzerindedir. Bölgede As Hasandağı

volkanizması ürünlerine bağılı olarak su kayaç temas süresi sonucunda su kaynaklarına geçmiş olduğu düşünölmektedir.

Aksaray ili içme suyu kaynaklarının As giderimi, basınçlı filtreler ve FeCl₃ dozajı yardımıyla yapılmaktadır. Arıtma tesisi girişinde sınır değerlerin (10 µg/L) üzerinde ölçölen As değerleri arıtma işleminin sonrasında arıtma çıkış noktalarında sınır değerinin altında ölçölmüştür.

Bölgede elde edilen veriler ve su kaynaklarının nitelik ve nicelikleri dikkate alınarak, kaynakların korunması ve kullanımına ilişkin Su Kaynakları Yönetim Planı oluşturulmalı yönetim planının esas ve usulleri belirlenmelidir.

Mamasun barajı suyu kullanılarak Aksaray ovasında gerçekleştirilecek sulama sistemleri kapalı sistemle gerçekleştirilmelidir. Bölgede yer alan ruhsatsız sulama kuyuları belirlenmeli, kuyular ve yüzey suları kontrol altında tutulmalı ve sürekli izlenmelidir.

Bölgede sürekli ve doğru hidrojeolojik verilerin temin edilebilmesi için gözlem kuyuları açılmalı, mevsimsel değişimler baz alınarak aylık ve senelik düzenli periyotlarda hidrojeolojik ölçömler gerçekleştirilerek yeraltı suyu seviyesinin değişimi ve yüzey suyu kalitesi izlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Afşin, M. ve Baş, H., 1996. Hydrochemical evaluation of the Koçpınar springs (Aksaray). Geological Bulletin of Turkey, 39, 75-86.
- Afşin, M. ve Ünsal, N., 1997. İç Anadolu'daki önemi, bir içme suyu kaynağının su, kimyası ve izotopik özellikleri: Helvadere - Aksaray. 20.Yılı Jeoloji Sempozyumu, Konya.
- Afşin, M., 2000. Determination of the origin of the Helvadere drinking springs by means of hydrochemical and isotopic techniques, Aksaray, Central Anatolia, Turkey. *Environmental Geology*, 39(10), 1190-1196.
- Afşin, M. ve Elhatip, H., 2000. Traverten çökelten Tuzlusu (Aksaray) sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve izotopik açıdan incelenmesi. H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 22, 63-77, Ankara.
- Afşin, M., Erdoğan, N., Gürdal, H., Gürel, A., Kavurmacı, M., Onak, A. ve Oruç, Ö., 2007. Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların ve travertenlerin hidrojeokimyasal ve izotopik incelenmesi ve suların tıbbî ve biyoiklimsel değerlendirilmesi. TÜBİTAK- ÇAYDAG 104Y197, 119 s. (Yayımlanmamış).
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2002. Arsenic toxicity: case studies in environmental medicine, U.S. Department of Health and Human Services.
- Ahmed, M.F., 2001. "An Overview of Arsenic Removal Technologies in Bangladesh and India", BUET-UNU International Workshop on Technologies for Arsenic Removal from Drinking Water, 251-269.
- Akıl, B., 2008. İnönü - Eskişehir Fay Sistemi'nin Günyüzü (Eskişehir) - Yeniceoba (Konya - Türkiye) arasındaki bölümünün yapısal evrimi, Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Akkuş, M., 2009. Keçikalesi (Aksaray) volkaniklerinin petrolojisi ve jeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 140 s.
- Aslan, Y., 2006. Aksaray ili içme sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitüsü, Niğde, 114 s.

- Arıkan, Y., 1975. The geology and petroleum prospects of the Tuz Gölü Basin. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 85, 17 - 44.
- Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoglu, H. ve Canpolat, M., 1988. Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir) - Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No. 8523, (yayımlanmamış).
- Batum, J., 1978. Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi. Yerbilimleri Derg., C.4, S.1-2, 59-69.
- Beekman, P. H., 1966. Hasandağı-Melendizdağı Bölgesindeki Pliosen ve Kuvaterner Volkanizma Faaliyetleri. MTA Dergi, Ankara, 66, s; 88 - 104.
- Buchardt, W.S., 1954, Geology of Central Anatolia: MTA Rap., 2675 (yayımlanmamış), Ankara
- Burçak, M., 2006. Aksaray Jeotermal Sahaları (Acıgöl-Ziga-Şahinkalesi) Jeotermal Isı Kaynaklarının Araştırılması ve Jeotermal Sistemlerin Kavramsal Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 85 s.
- Choong, T.S.Y., Chuaha, T.G., Robiaha, Y., Gregory Koaya, F.L., ve Aznib, I., 2007. Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview. Desalination 217, 139–166.
- Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. ve Dirik, K., 1999. Structural evolution of the Tuz Gölü Basin in Central Anatolia, Turkey. The J. Geol., 107/6: 693-706.
- Çil, O.Ş., 2004. Aksaray Melendiz Çayı Ilısu-Kızılkaya sularının fiziko-kimyasal özellikleri ve çevresel etkilerin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Niğde Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 81 s.
- Dellaloglu, A.A. ve Aksu, R., 1984. Kulu-Şereflikoçhisar-Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Rapor No. 2020.
- Demirel, H.B., 2012. Ziga (Aksaray) jeotermal sularının sürdürülebilirlik ve kaynak alanındaki travertenlerin termal turizm açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 88 s.

- Derman, A.S., Rojay, B., Güney, H. ve Yıldız, M., 2000. Koçhisar-Aksaray fay zonu'nun evrimi hakkında yeni veriler. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla basenlerinin uygulamalı çalışması. Bildiri Özleri, 1, Aksaray.
- Dirik, K. ve Göncüoğlu, M.C., 1996. Neotectonic characteristics of central Anatolia. International Geology Review, 38(9), 807-817.
- Doğan, L., 1981. Hidrojeolojide su kimyası, DSİ, yayın no, 906, özel no, 93.
- Doğdu, M.Ş., 1995. Melendiz Havzası (Aksaray) hidrojeoloji incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 112 s.
- Done, A.K. ve Peart, A.J., 1971. Acute toxicities of arsenical herbicides, Clin. Toxicol, 4, 343-355.
- Duffus, J. H., 2002. Heavy metals a meaningless term?, (IUPAC Technical Report), Pure and Applied Chemistry, Vol. 74, pp. 793-807
- Duru, G., 2006 Ziga-Yaprakhisar (Aksaray) sıcak ve mineralli kaynak alanlarındaki traverten çökelişinde etkili olan faktörlerin su kimyası ve izotopik yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 134 s.
- Edwards, M., 1994. Chemistry of arsenic removal during coagulation and Fe-Mn oxidation, Journal of AWWA , 86 , 64-78.
- Elhatip, H., 2002. Aksaray İlindeki Su Kaynakları ve Çevre Sorunları, Aksaray Valiliği Çevre Koruma Vakfı, Aksaray Ofset Tesisleri Basım Evi, Aksaray.
- EPA, Environmental Protection Agency, 2002a. Arsenic Treatment Technologies for Soil, Waste and Water. EPA 542-R-02-004.
- Erlar, A. ve Bayhan, H., 1995. Orta Anadolu Granitoidlerin cgenel değerlendirilmesi ve sorunları. Yerbilimleri, 17, 49-67.
- Eroğlu, M., 2012. Aksaray ili merkez ilçesinin yüzey ve yeraltı su potansiyelinin ve su kalite parametrelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 58 s.
- Erol, O., 1961. Tuz Gölü doğusu ve Peçeneközü Havzasının hidrojeolojisi, DSİ Arşiv No:1613/9-HJ.
- Erol, O., 1969. Tuzgölü Havzasının jeolojisi ve jeomorfolojisi. Tübitak Raporu (Yayınlanmamış).

- EU, 1998. İnsani Tüketim Amaçlı Suyun Kalitesi Hakkında 3 Kasım 1998 tarih ve 98/83/EC Sayılı konsey direktifi
- Gevrek, A.İ., 1997. Aksaray doğusu İhlara Derinkuyu yöresindeki volkanik lastiklerin sedimantolojisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 178 s.
- Göçmez, G., 1994. Aksaray sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 281s.
- Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu Masifi batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor No: 2909.
- Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L. ve Çemen, İ. 1996. Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları. TPAO Rapor No: 3753 (Yayınlanmamış).
- Göncüoğlu, M.C., Yalınız, K., Parlak, O. ve Floyd, P. A., 1997. Orta Anadolu Ofiyolitlerinin Genel Jeolojik özellikleri (Ç. Ü. Jeo. Müh. Egtm. 20. Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri, Adana, 1997) 59-60 s .
- Görür, N. ve Derman, A.S., 1978. Tuz Gölü-Haymana Havzasının stratigrafik ve tektonik analizi, TPAO Rapor No. 1514.
- Görür, N., Oktay, F., Seymen, I. ve Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of Tuzgölü basin complex, central Turkey, In Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., eds. The geological evolution of the eastern Mediterranean Spec. Publ. Geol. Soc., 17, 81-96.
- Güllü, B., 2003. Mamasun Yöresi (Aksaray) Magmatik Kayalarının Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, 164s.
- Güllü, Ö., 2003. Mamasun (Aksaray) barajı ve civarındaki akarsuların kirletici parametrelerinin baraj gölü su kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, 45s.
- Hem, J. D., 1985. Study and interperation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supply Paper 2254., U. S. Gov. Print Office, 263p.

- Hınıs, M., 2007, Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Arıtma Öncesi Organik Madde Miktarı Bakımından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 86 s.
- Işık, F., 2000. Ekecekyeniköy-Mamasun (Aksaray), Yeşilhisar (Kayseri) arasının jeolojisi ve gabroyik-granitoyidik kayaçların mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 161 s.
- Işık, M., Altaş, L. ve Kavurmacı, M., 2008. Aksaray Su Kaynaklarının Arsenik Açısından Değerlendirilmesi, Su - Enerji- Sağlık Sempozyumu, 20 - 23 Ekim 2008, Aksaray.
- Jain, A., Raven, K.P. ve Loeppert, R.H., 1999. Arsenite and arsenate adsorption on ferrihydrite: surface charge reduction and net oh-release stoichiometry. Env. Sci. & Tech. 33 (8), 1179-1184.
- Jekel, M. ve Amy, G., 2006. Arsenic removal during drinking water treatment, Interface science in drinking water treatment, G. Newcombe and D. Dixon, 193-207.
- Kadioğlu, Y.K., 1991. Geology, petrography and geochemistry of Ağaören (Aksaray) magmatic rocks. Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.U., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 141 s.,
- Karadavut, İ.S., 2007. Melendiz havzası yüzey ve yeraltı suyu kirliliğinin araştırılması, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 132 s.
- Karadavut, S., 2009. Aksaray bölgesi yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının potansiyeli kalitesi ve etkin sulama açısından değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Namıkkemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 88 s.
- Kang, M., Kawasaki, M., Tamada, S., Kamei, T. ve Magara, Y., 2000. Effect of pH on the removal of arsenic and antimony using reverse osmosis membranes. Desalination. 131, 293-298.
- Kavurmacı, M.M., 2013. Şereflikoçhisar havzası yeraltı sularının hidrojeolojik ve hidrokimyasal açıdan incelenmesi ve bölgedeki tuzlusu girişiminin çevresel etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 232 s.
- Kavurmacı, M., Elhatip, H., Karadavut, S., Kurmaç, Y., Altaş, L. ve Işık, M., 2008. Aksaray İli Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su

Kalitesinin Değerlendirilmesi,.Su - Enerji- Sağlık Sempozyumu, 20 - 23 Ekim 2008, Aksaray.

Kavurmacı, M. ve Demircioğlu, R., 2009. "Aksaray İli Göletleri Üzerine Limnolojik Bir Araştırma Ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi", 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı,13 - 17 Nisan 2009, Ankara.

Kavurmacı, M., Güllü, Ö., Kurmaç, Y., Altaş, L., Işık M. ve Özcan S., 2009. Aksaray İli Yeraltı Suyu Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Değerlendirilmesi, IX.Ekoloji ve Çevre Kongresi, 7 - 10 Ekim 2009, Nevşehir.

Kavurmacı, M., 2010. Aksaray İli Yeraltı Sularının Korozif Etkinlik Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Belirlenmesi, 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 5 - 9 Nisan 2010, Ankara.

Kavurmacı, M., 2011. Tuz Gölü Havzasının Güneydoğu Kesimindeki Yeraltı Sularında Karbondioksit Yayılımının ve Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi, 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 25 - 29 Nisan 2011, Ankara.

Kavurmacı, M. ve Uyumez, M., 2015. Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Hidrokimyasal Özellikleri ve Ağır Metal Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi, 2. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu, 12-15 Kasım 2015, Konya.

Ketin, İ., 1963. 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Kayseri Paftası İzahnamesi. M.T.A. Yayını, 83 s

Kurmaç, Y., 2003. Aksaray-Uluırmak'ta su kalitesi tespiti ve iyileştirilmesine yönelik araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 97 s.

Kürçer, A., Gökten, Y.E. ve Yeleser, L., 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 4 Nisan 2012, Ankara.

Lahn, E., 1940. Niğde Vilayetinin Aksaray Kazasında Yapılan Maden Araştırmalarına Dair Rapor, MTA Rap. No: 1207, Ankara.

Morales, K.H., Ryan, L., Kuo, T.L., Wu, M.M. ve Chen, C.J., 2000. Risk of internal cancers from arsenic in drinking water, Environmental Health Perspectives, 108, 655–661.

- Ng, J.C., Johnson, D., Imray, P., Chiswell, B., Moore, M., 1998. Speciation of arsenic metabolites in the urine of occupational workers and experimental rats using an optimised hydride cold-trapping method. *Analyst*, 123, 929–933.
- Okay, A.C., 1954. Kayseri-Niğde Tuz Gölü arasında jeolojik etüt MTA Rap., No: 2252, Ankara
- Öney, A., 1999. Tuz Gölü doğusu ve Peçeneközü Havzasının hidrojeolojik etüt raporu, DSİ V. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Özaydın, C.M., 2004. Aksaray katı atık sahasındaki yeraltı suyu kirlenmesinin jeoelektrik ve hidrokimyasal yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 115 s.
- Özcan, S., 2009. Aksaray-Doğantarla ve Konya-Kulu bölgelerinde üst miyosen yaşlı jeolojik serilerin sedimantolojik ve mineralojik incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 119 s.
- Parsons, S.A. ve Jefferson, B., 2006. Introduction to potable water treatment processes, blackwell publishing Ltd. UK.
- Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A. 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 146(1), 217-230.
- Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses. *Trans Am Gephys Union* 25: 914-923.
- Sadiq, M., Locke, A., Spiers, G. ve Pearson, D.A.B., 2002. Geochemical behavior of arsenic in Kelly Lake, Ontario. *Water Air and Soil Poll.* 141, 299- 312.
- Sarkar, B., (Editor), 2002-a. Heavy metals in the environment, Bhattacharya, P., Jacks, G., Frisbie, S.H., Smith, E., Naidu, R., Sarkar, B., “Arsenic in the environment: A Global Perspective” Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Sarkar, B., (Editor), 2002-b. Heavy metals in the environment, Hindmarsh, J. T., Abernathy, C O., Peters, G. R., McCurdy, R. F. “Environmental aspects of arsenic toxicity” Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Schoeller, 1962. *Les eaux souterraines*, 642 p, Masson et cie, Paris.

- SIVACI, E. R., 1995. Melendiz ayının Epipelik, Epifitik ve Epilitik Diyatomelerinin Mevsimsel Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Sivas.
- Spelman, F.R., 2003. Handbook of water and wastewater treatment plant operations. CRC publication.USA.
- SKKY, 2005. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004, sayı; 25687.
- şahinci, A., 1991. Doğal suların jeokimyası. Reform Matbaası, zmir, 548 s.
- şaroğlu, F., Emre, . ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. MTA rapor no: 8174, 394 s.
- şengr, A., Görür, N. ve Saroğlu, F., 1985. Strike-Slip faultinf and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as case study, in Bittle, K.T. and Christe-Blick, N. (eds.), strike slip formation and sedimentation. Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists, Special Publication, 37, 227-265.
- Toprak, V. ve Göncüoğlu, M. C., 1993. Tectonic control on the development of Neogene-Quaternary Central Anatolian volcanic province, Turkey. Geological Journal., 28, 357-369.
- Türker, H.., 2006. Sarıkaya (Yozgat) sıcak ve mineralli sularının hidrojeokimyasal incelemesi, Yüksek lisans tezi, Hacettepe ni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- US Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture, Handbook No. 60, pp: 160.
- Uygun, A., 1981. Tuzgölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanakları. TJK  Anadolu sempozyumu, 66-71.
- nltrk, H., 2000. Tuz Gölü Haymana Havzası'nın yeniden değerlendirilmesi, TPAO rapor no; 4082, Ankara.
- Yeşilyurt, F.., 1999. Hasandağ batısı (Aksaray) kuvaterner volkanitlerinin mineralojisi ve petrografisi / Mineralogy and petrography of quaternary volcanics of the western portion of Hasandağ (Aksaray), Yüksek Lisans Tezi, Ankara ni., Fen Bil. Ens., Ankara, 149 s.
- Yıldız, M., Yeken, T. ve Onak, A., 2002. "Aksaray civarının jeolojisi ve Aksaray belediyesi Bahçeli kent toplu konut alanı zemin özelliklerinin jeofizik ve

jeoteknik değerlendirmesi” (Yayınlanmamış rapor), Aksaray Belediyesi raporu, 41s.

Yıldızhan, F., 2007. Aksaray ili holosen yaşlı çökellerin jeolojik-jeoteknik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 98 s.

Yilmaz, H. M., Yakar, M., Mutluoglu, O., Kavurmaci, M. M. ve Yurt, K. (2012). Monitoring of soil erosion in Cappadocia region (Selime-Aksaray-Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 66(1), 75-81.

Zengin, E., 2014. Aksaray ilindeki jeotermal enerji kaynaklarının potansiyeli ve ısıtma sisteminde kullanımına yönelik araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 70 s.

Zhenzhong, L., Huiping, D. ve Jian, Z., 2007. “Arsenic in Drinking Water and Its Removal”, *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 5-3, 23-30.

WHO, 2012. Arsenic, fact sheet No 372 [Internet]. Geneva: World Health Organization.

Wilcox, L.V., 1948. The quality of water for irrigation. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin No. 962, pp: 1-40.

Wilcox, L.V., 1955. Classification and use of irrigation waters. US. Department of Agriculture Circular No. 969.

URL-1 <<http://www.bilgiustam.com/arsenik-nedir-zararlari-nelerdir/>>, 13.02.2016.

URL-2 <<http://www.nigeriamedj.com/article.asp?issn=0300-1652;year=2013;volume=54;issue=4;spage=278;epage=281;aulast=Babburi>> ,13.02.2016.

URL-3 <<https://sites.google.com/site/medicalenglish1040/dermatology>>, 15.02.2016.

ÖZGEÇMİŞ

AD : Mustafa
SOYAD : ÜYÜMEZ
Doğum Tarihi : 10.03.1987
Doğum Yeri : Aksaray
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : Bekar

Tel : 0 (544) 253 28 01
Adres : Atatürk Bulv. Amaç Apt. Kat:3 No:5 68100 AKSARAY
E-Posta : mst_364@hotmail.com

Eğitim Durumu :

2013- 2016 **Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi hidrojeoloji üzerine yüksek lisans (tezli)**

2009 - 2013 **Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği**
Üniversite

2005 – 2007 **Selçuk Üniversitesi Ereğli MYO. İnşaat Bölümü (Konya)**
Yüksekokul

2001 – 2004 **Aksaray Lisesi (Aksaray)**
Lise

1998 – 2001 **Kanber Demir İlköğretim Okulu (Aksaray)**
Ortaöğretim

1994 – 1998 **Zafer İlkokulu (Aksaray)**
İlköğretim

Deneyimler :

2008- 2009 **Kaymak Mimarlık**

2009 - 2014 **Aksaray Belediyesi**
İçme Suyu Arıtma Tesisi

2014 - ... **Aksaray Belediyesi**
Etüt Proje Müdürlüğü