

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA HAVZASINDA YER ALAN DÜDEN, KUYU VE SU
KAYNAKLARININ HİDROJEOLJİ VE HİDROJEOKİMYASAL
İNCELEMESİ**

Ataol KAPLAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA HAVZASINDA YER ALAN DÜDEN, KUYU VE SU
KAYNAKLARININ HİDROJEOLJİ VE HİDROJEOKİMYASAL
İNCELEMESİ**

Ataol KAPLAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKİM 2021

ANTALYA

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

**ANTALYA HAVZASINDA YER ALAN DÜDEN, KUYU VE SU
KAYNAKLARININ HİDROJEOLJİ VE HİDROJEOKİMYASAL
İNCELEMESİ**

**Ataol KAPLAN
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından FYL-2020-5350 nolu proje ile
desteklenmiştir.**

EKİM 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA HAVZASINDA YER ALAN DÜDEN, KUYU VE SU
KAYNAKLARININ HİDROJEOLJİ VE HİDROJEOKİMYASAL
İNCELEMESİ

Ataol KAPLAN
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 13/10/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Yasemin LEVENTELİ (Danışman)

Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Doç. Dr. Yusuf URAS

ÖZET

ANTALYA HAVZASINDA YER ALAN DÜDEN, KUYU VE SU KAYNAKLARININ HİDROJEOLJİ VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELEMESİ

Ataol KAPLAN

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yasemin LEVENTELİ

Ekim 2021; 79 sayfa

Antalya önemli turizm ve tarım kentlerimizin başında gelmektedir ve hızlı bir büyümeye sahiptir. Nüfusla birlikte temiz su kaynaklarına olan gereksinimin artması sonucunda hem mevcut suların korunması hem de çok daha akıllı su politikalarının izlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle 632 km²'lik alana sahip traverten ve çevresindeki düden, kuyu ve su kaynaklarının hidrojeoloji ve hidrojeokimyasal incelemesi amaçlanmıştır. Bunun için söz konusu lokasyonlardan 25 adet su örneği alınmış; bu suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra ağır metal içerikleri de araştırılmıştır. Yapılan bu çalışma ile bölgedeki suların genel olarak standartlara uygun olduğu ancak yersel olarak kirleticilere maruz kaldığı görülmüştür. Traverten başta olmak üzere, bölgedeki litolojik birimlerin geçirimsizliği ve iletimsizliği göz önüne alındığında, kaynaklara yakın noktalardaki kirliliğin sonuçları ağır olabilir. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının korunmasının yanı sıra akılcı kullanımı üzerinde de çalışılması gerekmektedir. Çünkü “önlem, iyileştirmeden daha mühendisçe bir yaklaşımdır”.

ANAHTAR KELİMELEER: Antalya, düden, hidrojeoloji, hidrojeokimya, su kaynakları.

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Yasemin LEVENTELİ

Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Doç. Dr. Yusuf URAS

ABSTRACT

HYDROGEOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATION OF SINKHOLE, WELL AND WATER RESOURCES IN ANTALYA BASIN

Ataol KAPLAN

Master Thesis, Department of Geological Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr Yasemin LEVENTELİ

October 2021; 79 pages

Antalya is one of the important tourism and agricultural cities and has a rapid growth. As the need for clean water resources increases with the population, it is necessary to protect existing waters and to apply much more smarter water policies. For this reason, the hydrogeological and hydrogeochemical investigation of the travertine with an area of 632 km² and its surrounding sinkhole, well and water resources was aimed. 25 water samples were taken from the mentioned locations, for this reason; in addition to the physical and chemical properties of these waters, heavy metal contents were also investigated. It has been observed in this study that the waters in the region are generally in accordance with the standards, but they are also locally exposed to pollutants. Because of the permeability and conductivity of the lithological units in the region, especially the travertine, the consequences of pollution at points close to the sources can be severe. For this reason, it is necessary to work on the rational use of existing water resources as well as protection. Because “prevention is a more engineering approach than improvement”.

KEYWORDS: Antalya, sinkhole, hydrogeology, hydrogeochemistry, water resources.

COMMITTEE: Assist. Prof. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Assoc. Prof. Dr. Yusuf URAS

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Antalya travertenlerinde bulunan yüzey sularını yeraltına ileten düdenler ve düdenlerin maruz kaldığı kirlilik incelenmiş olup, örnek lokasyonlarının koordinatları belirlenip yeraltısuyunun kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda suyun kalitesi, içme ve kullanım özellikleri araştırılmıştır. Sonuçlar tarafsız olarak değerlendirilip tartışılmış ve amacına uygun olarak Antalya'yı besleyen bu suların kirliliği belirlenmek istenmiştir.

Jeoloji yüksek lisans eğitimi sayesinde tanıştığım hocam Dr. Öğr. Üyesi Yasemin LEVENTELİ' ye gerek arazi gerek laboratuvar ve büro çalışmalarında sabırla verdiği destek ve yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında emeklerini ve desteklerini esirgemeyen değerli bölüm başkanımız Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN ve Arş. Gör. Özge ÖZER ATAĞÖĞLU' ya teşekkürlerimi sunarım.

Bir telefon kadar uzaktaymış gibi yardımcı olan ve desteğini hep hissettiren kişiliği ile bilgisine daima güvendiğim ve mesleğe olan bakışımı değiştirip farklı açıdan bakmamı sağlayan değerli Araştırma Görevlisi Anıl KÜÇÜKSÜMBÜL'e (Dokuz Eylül Üniversitesi) çok teşekkür ederim.

Tezimin başlamasına vesile olan ve çalışmamın temeli olan ASAT tarafından 2011 yılında tamamlanmış olan 2 ciltlik çok değerli bir eser olan "Antalya Traverten Platosu Üzerinde Bulunan Düdenler" kitabında emeği geçen Jeoloji Yüksek Mühendisi olan İhsan TAŞKIN ve Ali KELEŞ'e şükranlarımı sunarım.

Çalışmamın başından sonuna kadar desteğini hiçbir şekilde esirgemeyen öncelikle yüksek mühendisi Mehmet Yiğit YALÇIN, doktora öğrencisi Junaid KAREEM ve yüksek lisans öğrencisi olan Sercan SARIKAYA' ya çok teşekkür ederim. Tecrübe ve bilgisini paylaşma dışında tez aşamalarında destek olan değerli dostum jeoloji sevdalısı olan jeoloji mühendisi Adem KIRAN'a çok teşekkür ederim. Tez kapsamında su numuneleri almak için gereken özveriye sağlayan yerel halka da teşekkürü borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca yanımda olan ve beni bu noktaya kadar hem maddi hem manevi olarak elimden tutan eğitimin ve insanı insan yapan değerleri taşımanın önemini her zaman savunan değerli aile bireylerim olan başta annem Aytül KAPLAN olmak üzere ve babam Ali KAPLAN'a ayrıca her konuda yanımda olduğunu bildiğim kardeşim Anıl KAPLAN'a şükranlarımı sunarım. Ayrıca her zaman yanında olmasından mutluluk duyduğum ve ömrümü paylaştığım değerli eşim Elif KAPLAN'a sabır ve anlayışından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Alanı	1
1.3. Çalışmanın Önemi.....	4
1.4. İklim	4
1.5. Jeoloji	5
1.5.1. Otokton Birim	7
1.5.2. Allokton Birim	8
1.5.3. Neotokton Örtü Kayaları.....	8
2. KAYNAK TARAMASI.....	10
3. MATERYAL VE METOT.....	13
3.1. Materyal	13
3.2. Metot	13
3.2.1. Önceki Çalışmalar	13
3.2.2. Arazi Çalışmaları.....	13
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	18
3.2.4. Büro Çalışmaları	19
4. BULGULAR	21
4.1. Hidroloji	21
4.1.1. Sıcaklık.....	21
4.1.2. Nemlilik.....	24
4.1.3. Yağış.....	27
4.1.4. Evapotranspirasyon	32

4.2.	Hidrojeoloji	35
4.2.1.	Kaynaklar	36
4.2.1.2.	Traverten Boşalan Kaynaklar.....	38
4.2.2.	Yüzey Suları	39
4.2.3.	Yeraltısuyu	39
4.3.	Hidrojeokimya.....	40
4.3.1.	Suların Fiziksel Parametreleri	40
4.3.2.	Suların Kimyasal Özellikleri.....	48
4.3.3.	İnorganik Kirlenme Parametreleri.....	55
4.3.4.	Suların İçme ve Sulama Suyu olarak Kullanım Özellikleri	61
5.	TARTIŞMA.....	72
6.	SONUÇLAR	75
7.	KAYNAKLAR.....	76
	ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya Havzasında Yer Alan Düden, Kuyu ve Su Kaynaklarının Hidrojeoloji ve Hidrojeokimyasal İncelemesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

13/10/2021

Ataol KAPLAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%Na	: Sodyum Yüzdesi
Al	: Alüminyum elementi
Ca ⁺	: Kalsiyum iyonu
Cl ⁻	: Klorür iyonu
CO ₃ ²⁻	: Karbonat iyonu
Cr	: Krom elementi
Cu	: Bakır elementi
EC	: Elektriksel iletkenlik
Fe	: Demir elementi
F ^o	: Fransız sertlik derecesi
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat iyonu
K ⁺	: Potasyum iyonu
km	: Kilometre
km ²	: Kilometre kare
lt/sn	: Litre/saniye
m	: Metre
mek/l	: Miliekivalen/litre
mg/l	: Miligram/litre
Mg ²⁺	: Magnezyum iyonu
mm	: Milimetre
Na ⁺	: Sodyum iyonu
NO ₃ ⁻	: Nitrat iyonu
°C	: Santigrat derece
pH	: H ⁺ iyonu aktivitesinin logaritması

Q	: Debi
SAR	: Sodyum Absorpsiyon oranı
SO ₄ ²⁻	: Sülfat iyonu
TDS	: Toplam çözünmüş madde
Zn	: Çinko elementi
µg/l	: Mikrogram/litre
µS/cm	: Mikrosiemens/santimetre

Kısaltmalar

ASAT	: Antalya Su ve Atık su İdaresi
DSİ	: Devlet Su İşleri
MTA	: Maden Tetkik Arama
TSE	: Türkiye Standartları Enstitüsü
WWAP	: Dünya Su Değerlendirme Programı
WWF	: Dünya Doğayı Koruma Vakfı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası	2
Şekil 1.2 Çalışma alanının 2 boyutlu sayısal yükseklik modeli.....	3
Şekil 1.3 Çalışma alanının 3 boyutlu sayısal yükseklik modeli.....	3
Şekil 1.4 Çalışma alanına ait jeoloji haritası ve numune noktaları (Şenel, 1997)	6
Şekil 1.5 Çalışma alanına genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Brunn et al., 1971)	7
Şekil 3.1 Su numunesi alınan noktaların numaraları	14
Şekil 3.2 Aşağıoba mahallesinde yer alan K1 kuyusu	15
Şekil 3.3 Aşağıoba mahallesinde yer alan D9 numaralı düden	15
Şekil 3.4 Bıyıklı mahallesinde yer alan D3 numaralı düden	16
Şekil 3.5 Kuşkavağı mahallesinde yeralan D10 numaralı aktif düden	16
Şekil 3.6 Bıyıklı Mahallesinde yer alan D3 numaralı aktif düden.....	17
Şekil 3.7 K2 numaralı Kırkgöz kaynakları ve aktif düden	17
Şekil 3.8 Varsak mahallesinde yer alan pasif düden.....	18
Şekil 3.9 Yeşilbayır mahallesinde yer alan pasif düden	18
Şekil 4.1 Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklık haritası.....	22
Şekil 4.2 Bölge istasyonu 2002-2019 aylık ortalama sıcaklıklar.....	22
Şekil 4.3 Havalimanı istasyonu 1930-2019 aylık ortalama sıcaklıklar.....	23
Şekil 4.4 Dağ istasyonu 1972-1987 aylık ortalama sıcaklıklar	23
Şekil 4.5 Korkuteli bük. Or. Ar. istasyonu 1967-2006 ortalama sıcaklıklar	24
Şekil 4.6 Korkuteli istasyonu 1968-2019 aylık ortalama sıcaklıklar	24
Şekil 4.7 Bölge istasyonu aylık nispi nem oranları (%)	25
Şekil 4.8 Havalimanı istasyonu aylık nispi nem oranları (%)	25
Şekil 4.9 Dağ istasyonu aylık nispi nem oranları (%)	26
Şekil 4.10 Korkuteli Bük. Orman Arazi istasyonu aylık nispi nem oranları (%).....	26
Şekil 4.11 Korkuteli istasyonu aylık nispi nem oranları (%).....	27
Şekil 4.12 Çalışma alanının yıllık ortalama yağış miktarı	28
Şekil 4.13 Bölge istasyonu 2006-2019 yılları arasında aylık ortalama yağış miktarı.....	28
Şekil 4.14 Havalimanı istasyonu 1930-2019 aylık ortalama yağış miktarı	29
Şekil 4.15 Dağ istasyonu 1972-1985 aylık ortalama yağış miktarı	29
Şekil 4.16 Korkuteli bük. Or. Ar. istasyonu 1967-2005 aylık ortalama yağış miktarı ...	30
Şekil 4.17 Korkuteli istasyonu 1968-2012 aylık ortalama yağış miktarı.....	30

Şekil 4.18 Bölge istasyonu ortalama yağıştan eklenik sapma	31
Şekil 4.20 Dağ istasyonu ortalama yağıştan eklenik sapma	31
Şekil 4.21 Korkuteli bük. Or. Ar. istasyonu ortalama yağıştan eklenik sapma	32
Şekil 4.22 Korkuteli istasyonu ortalama yağıştan eklenik sapma.....	32
Şekil 4.23 Çalışma alanının yıllık ortalama buharlaşma miktarı	33
Şekil 4.24 Bölge istasyonu Evapotranspirasyon (Etp) ve Yağış miktarı (P) grafiği	33
Şekil 4.25 Havalimanı istasyonu Etp ve P grafiği	34
Şekil 4.26 Dağ istasyonu Etp ve P grafiği	34
Şekil 4.27 Korkuteli Bük. Orman Arazi istasyonu Etp ve P grafiği	35
Şekil 4.28 Korkuteli istasyonu Etp ve P grafiği.....	35
Şekil 4.29 Çalışma alanına ait drenaj ağı haritası	37
Şekil 4.30 Çalışma alanına ait Elektriksel iletkenlik (EC) yoğunluk haritası.....	43
Şekil 4.31 Çalışma alanına ait suların pH derecesi yoğunluk haritası	44
Şekil 4.32 Çalışma alanına ait suların Fransız sertlik yoğunluğu haritası	46
Şekil 4.33 Çalışma alanına ait TDS yoğunluk haritası	48
Şekil 4.34 Çalışma alanındaki Bikarbonat (HCO_3^-) yoğunluk haritası.....	49
Şekil 4.35 Çalışma alanındaki Klorür (Cl^-) yoğunluk haritası	50
Şekil 4.36 Çalışma alanındaki Sülfat (SO_4^{2-}) yoğunluk haritası.....	51
Şekil 4.37 Çalışma alanındaki Kalsiyum (Ca^{+2}) yoğunluk haritası	52
Şekil 4.38 Çalışma alanındaki Magnezyum (Mg^{+2}) yoğunluk haritası.....	53
Şekil 4.39 Çalışma alanındaki Potasyum (K) yoğunluk haritası	54
Şekil 4.40 Çalışma alanındaki Sodyum (Na^+) yoğunluk haritası	55
Şekil 4.41 Çalışma alanındaki Çinko (Zn) yoğunluk haritası.....	56
Şekil 4.42 Çalışma alanındaki Alüminyum (Al) yoğunluk haritası.....	57
Şekil 4.43 Çalışma alanındaki Bor (B) yoğunluk haritası	58
Şekil 4.44 Çalışma alanındaki Kalay (Sn) yoğunluk haritası	59
Şekil 4.45 Çalışma alanındaki Kükürt (S) yoğunluk haritası	60
Şekil 4.46 Çalışma alanındaki Silisyum (Si) yoğunluk haritası	61
Şekil 4.47 Numunelerin SAR yoğunluk haritası	64
Şekil 4.48 Numunelerin Piper diyagramı	67
Şekil 4.49 Numunelerin Schoeller diyagramı	68
Şekil 4.50 Numunelerin Durov diyagramı.....	69

Şekil 4.51 Numunelerin ABD tuzluluk diyagramı	70
Şekil 4.52 Numunelerin Wilcox diyagramı	71



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Örnekleme noktalarına ait konumlar ve açıklamaları.....	14
Çizelge 4.1	Antalya Traverten Platosu su kaynakları ve debiler	36
Çizelge 4.2	Yüzey ve yeraltısularının tipi, koordinatları, pH ve EC değerleri.....	41
Çizelge 4.3	Çalışma alanındaki su numunelerinin mek/l cinsinden analiz sonuçları	42
Çizelge 4.4	Numunelerin Fransız sertliğine göre hesaplamaları	45
Çizelge 4.5	Numunelerin Toplam katı madde miktarına sertliğine hesaplamaları.....	47
Çizelge 4.6	Numunelerin % Na oranlarına göre sınıflaması	62
Çizelge 4.7	Numunelerin % Na değerlerine göre hesaplamaları	62
Çizelge 4.8	SAR değerlerine göre sınıflandırma tablosu;	63
Çizelge 4.9	Numunelerin Sodyum absorpsiyon oranına göre hesaplamaları	63
Çizelge 4.10	RSC değerine göre sulama suyu sınıflandırması	65
Çizelge 4.11	Numunelerin RSC değerlerine göre hesaplamaları	65
Çizelge 4.12	Su örnekleme noktalarının su fasiyes sınıflandırması	66

1. GİRİŞ

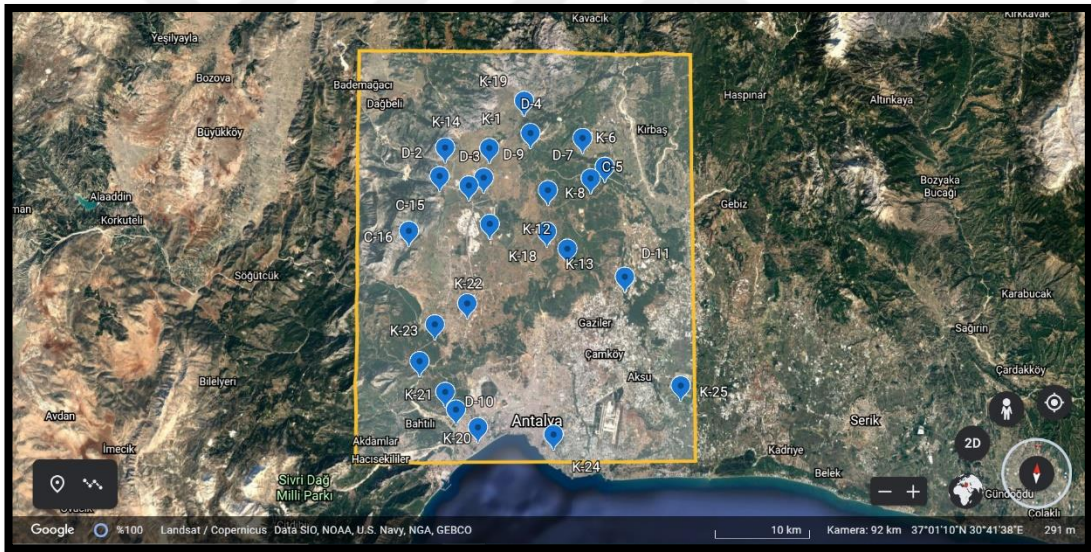
1.1. Çalışmanın Amacı

Dünya’da ve ülkemizde yeraltısularının önemi her geçen gün artmakla beraber Antalya kentinin en değerli içme suyu kaynaklarının yer aldığı bölgedeki suların kirlenmeye karşı korunması ve izlenmesi bu bağlamda oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Antalya şehir merkezi ve yakın çevresinin hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek ve mevcut su kaynaklarının korunmasına yardımcı olmak çalışmanın temel amacını oluşturmuştur. Bölgede suyu olan düdenler, kaynaklar ve kuyulara ulaşılarak, su numunesi alınmıştır. Ayrıca ASAT tarafından 2011 yılında hazırlanan olan “Antalya Traverten Platosu Üzerinde Bulunan Düdenler” adlı raporu da bu çalışmaya önemli bir altlık oluşturmuştur.

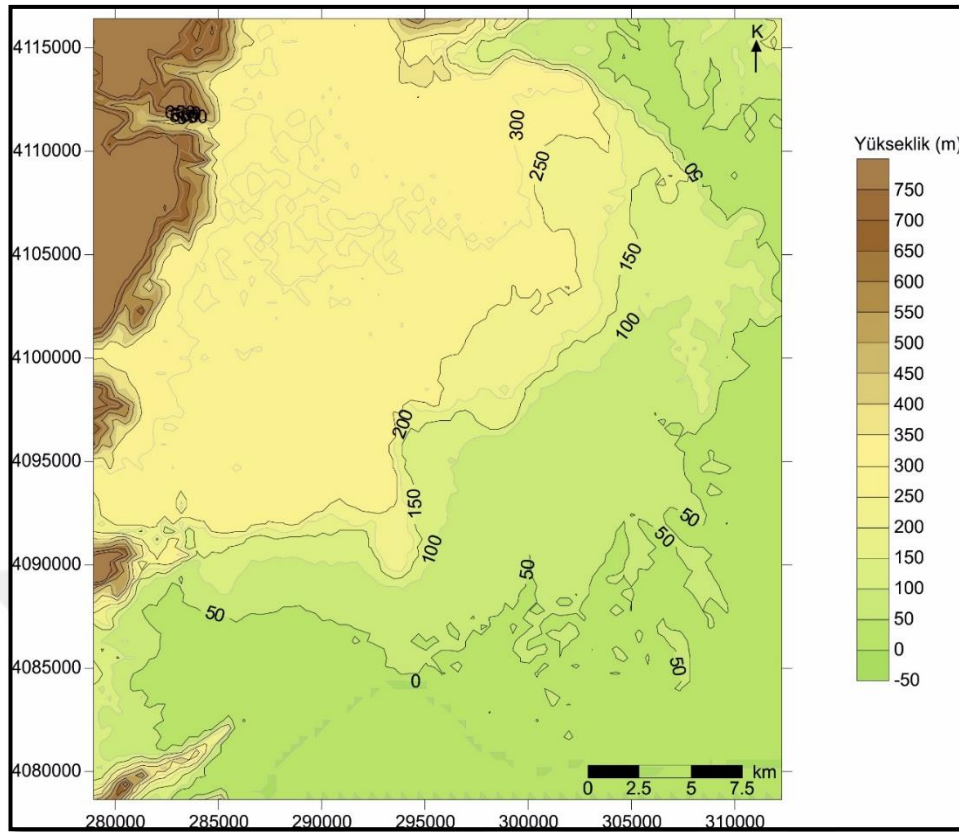
1.2. Çalışma Alanı

Antalya tarihi güzelliklerinin yanı sıra doğası ve kültürel zenginliği ile Türkiye'nin en gelişmiş turizm şehirlerinin başında gelmektedir. Batısında Tekeli platosu doğusunda ise Taşeli platosu bulunan şehrin kıyılarının uzunluğu 630 km’yi bulmaktadır ve 20.723 km² yüzölçümüne sahiptir.

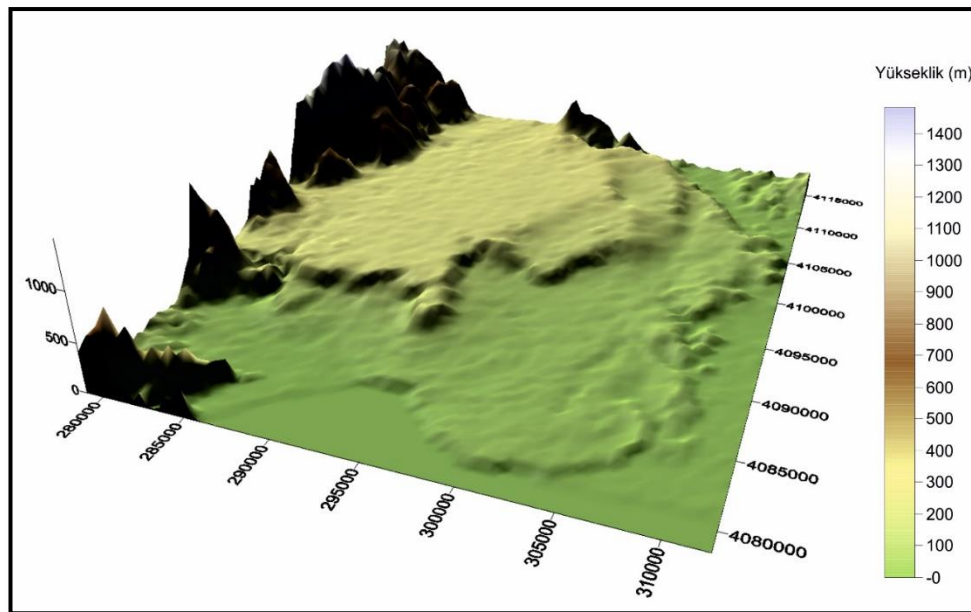
Çalışma alanı olarak belirlenen bölge Antalya ilinin güney kısmında yüz ölçümü 632 km² ve deniz seviyesine göre ortalama yüksekliği 220 m’dir. Antalya travertenlerinde yer alan çalışma alanı üst platoda bulunmaktadır. Bu platonun güneybatısında Aşağıkaraman, doğusunda Yeşilkaraman, batısında Çıglık, kuzeyinde Kevşirler olmak üzere; Kızıllı, Varsak, Çankaya, Duacı, Odabaşı, Çıplaklı, Aşağıoba, Bıyıklı, Kömürcüler, Yağca, Yeniköy, Yeşilbayır, Nebiler, Düzlerçamı mahalleleri traverten platosunda yer almaktadır (Şekil 1.1). Çalışma sahasına asfalt ve stabilize yollar ile ulaşım sağlanabilmektedir. Ayrıca 1/100000 ölçekli haritada N25 ile O25 numaralı paftalar arasında ve 36° 50.884'- 37° 7.214' Kuzey enlemleri ile 30° 32.797'- 30° 51.972' Doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Çalışma alanının 2 ve 3 boyutlu sayısal yükseklik modelleri Şekil 1.2 ve Şekil 1.3’ de sunulmuştur.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası



Şekil 1.2. Çalışma alanının 2 boyutlu sayısal yükseklik modeli



Şekil 1.3. Çalışma alanının 3 boyutlu sayısal yükseklik modeli

1.3. Çalışmanın Önemi

Dünya’da bulunan suyun yalnızca %2,5’i tatlı sudur ve bu tatlı suyun sadece %1’ine erişilebilir, geri kalanı buzullarda yer almaktadır (Shiklomanov, 1993). Dünya nüfusunun neredeyse beşte biri (yaklaşık 1,2 milyar insan) su sıkıntısı çeken yerlerde yaşamaktadır. Bu oranın 2025 yılında üçte iki seviyesine çıkması beklenmektedir. Öte yandan, 1,6 milyar insan uygun altyapı ve bunun için gerekli maddi kaynak yetersizliği yüzünden su sıkıntısı çekmektedir. Türkiye, sanılanın tersine, su zengini bir ülke değildir. Hâlen, kişi başına düşen 1519 m³’lük su miktarı ile “su sıkıntısı çeken” bir ülke kabul edilmektedir (WWF, 2014). Tatlı suların %22,4 oranında yeraltında bulunan sulardır.

2010 itibarıyla, dünyadaki toplam yeraltı suyu çekilmesinin yılda ortalama 1000 km³ olduğu tahmin edilmektedir; bunların yaklaşık %67’si sulama, %22’si evsel kullanım için ve %11’i endüstriyel amaçlar için kullanılmaktadır (WWAP, 2012). Bu oran en az son 50 yılda üç katına çıktı ve yılda %1-2 artmaya devam ediyor. Tahminler, yeraltı sularının çekilmesinin toplam küresel su çekilmesinin %26’sını oluşturduğunu ve ortalama küresel yeraltı suyu şarjının %8’ine eşit olduğunu göstermektedir (WWAP, 2009).

Taşkın ve Keleş (2011) tarafından yapılan ve düdenlerin araştırılmasını konu olan çalışmanın verilerine göre, bölgede 6 adet mutlak koruma sahası bulunmaktadır. Bir kısmı mutlak koruma sahası içerisinde bulunan 271 adet düden tespit edilmiştir. Bu düdenlerin bazıları aktif olarak çalışmakla beraber, bazıları pasif haldedir. Kente içme suyu sağlayan su kaynaklarının kirlilikten korunması için belirlenen alanlar ve gerekli önlemler, 28.12.2009 tarih ve 27446 sayılı resmi gazetede yayınlanarak ilan edilmiştir. Su kaynaklarının kirlilikten korunması, kentin gelişimi için düdenlerin mutlak koruma alanlarının belirlenmesi Resmi Gazete’deki ilan gereği zorunlu hale gelmiştir. Mevcut düdenlerin her birinin yeri, özelliği, korunma derecesi hakkında ASAT çalışma yapmıştır. Düden sahalarının büyük bölümü Antalya Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde yer alır. ASAT’ın çalışma kapsamında düdenlerin mutlak koruma sahaları ve kirleticilerden korunma yöntemleri belirlenmiştir.

Bu çalışmanın önemi; yeraltı sularının iletilmesinde önemli rolü olan düdenlerdeki yeraltı sularının, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal açıdan incelenmesi, anomali değerlerinin ve su kalitesinin belirlenmesi, anomaliye sebep olan kirleticilerin ortaya konması ve olası önlem/iyileştirme yöntemlerinin geliştirilmesidir.

Yapılan literatür çalışmalarında bölgede gerek yeraltı suları gerek düdenler ile ilgili çalışmalara rastlanılmıştır. Ancak düden ile yeraltı suları arasındaki ilişkiyi ortaya koyan; düdenlerin yeraltı sularının beslenmesi, boşalması ve kirlenmesine etkisini içeren bir çalışmanın olmadığı görülmüştür. Bu yönüyle çalışma özgün bir nitelik taşımaktadır.

1.4. İklim

Çalışma alanı, Akdeniz ikliminin egemen olduğu Antalya’da, kışlar ılıman ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçer. Kent ve çevresindeki yeraltı sularının ana kaynağı yağıştır buna bağlı olarak düdenlere su getirebilecek beslenme sahasındaki

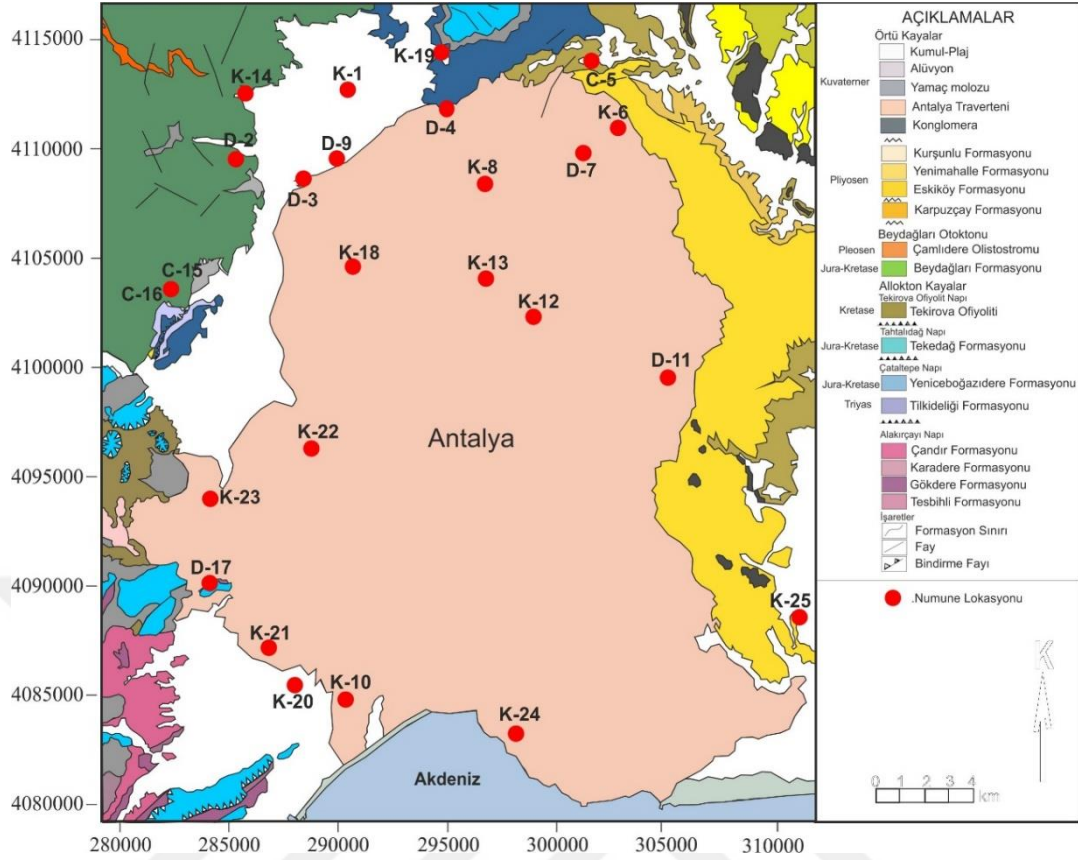
iklim şartları da oldukça önemli bir etkidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen verilere dayanarak 1930-2018 yılları arasında aylık toplam yağış miktarı ortalaması 1058.3 mm. olmakla beraber, ortalama yağışlı gün sayısı ise 74 gündür. Düdenlere havza dışından su getiren üç önemli kaynağa sahiptir bunlar; Korkuteli derivasyon kanalı, Kırkgöz kaynakları ve Kocaçay dereleridir.

1.5. Jeoloji

Antalya Traverten Platosu, doğudan Aksu Çayı, kuzeydoğusundan Anamas-Akseki otoktonu, güneyden Akdeniz, batıdan ve kuzeybatıdan Beydağları ile sınırlanmıştır. Bölge Afrika kıtasal kabuğunun Anadolu yarımadasının altına dalması nedeniyle, Anadolu'nun yükselmesine neden olan dalma-batma zonunda yer almaktadır. Tektonik etkilerle Anadolu bloğunun batıya doğru hareket etmesi ve sıkışmasından dolayı oluşan yükselme, Aksu Havzası'nın yarı graben şeklini alması ve Antalya'nın batı kısmında alçalma gerçekleşirken doğusunda ise yükselme meydana gelmiştir. Oluşan bu yarı graben alanda Antalya Traverten (Tufa) çökelmiştir (Glover and Robertson, 1998). Bölgede otokton (yerli) ve allokton (yerinden başka yere taşınmış) birimlerin birlikte bulunduğu 2 grup kayaç vardır. Otokton olan birim Beydağları formasyonu, allokton birim Antalya Napları ve neotokton birim ise Neotokton Örtü Kayalardır. Bölgedeki en genç birimleri oluşturan alüvyonlar, yamaç molozu, alüvyon yelpazeleri, plaj oluşukları, kumullar, akarsu dolguları ve delta çökellerinden meydana gelmişlerdir (Şenel, 1997). Allokton birimi oluşturan birim ise Antalya Naplarıdır (Akay, 1985). Sarı (2019) tarafından yapılmış olan çalışmada; Batıda allokton birimlerden Likya Napları ve doğuda Antalya Napları ile tektonik hatlarla sınırlandırılmış olan Bey Dağları Otoktonu, bugün Kaş'dan Isparta'ya değin GB-KD yönlü uzanım sunan göreceli olarak otokton konumlu bir ünedir (Poisson, 1977; Özgül, 1976; 1984; Poisson vd., 1984; Okay ve Tüysüz, 1999; Göncüoğlu, 2011).

ATP, üst plato (Döşemealtı), alt plato (Düden) ve denizin altında olmak üzere 3 ana platodan oluşmaktadır (Denizman 1989). Doğuda Pliyosen yaşlı Kurşunlu formasyonu üzerinde karasal konglomeralar yer almaktadır. Batıda ise Mesozoyik yaşlı denizel karbonatlara doğru incelmektedir.

Çalışma alanı ve çevresine ait jeoloji haritası numune lokasyonları Şekil 1.4' de, genelleştirilmiş stratigrafik kesit ise Şekil 1.5' de sunulmuştur.



Şekil 1.4. Çalışma alanına ait jeoloji haritası ve numune noktaları (Şenel, 1997)

Yaş		Birim	Litoloji	Açıklamalar
Senozoyik	Kuvaterner	Holosen	Alüvyon	Deniz kumulları Dere yatağı kumlu, killi ve çakıllı alüvyon Kireçtaşlarından türemiş yamaç molozu Kökleri farklı çakıllar
		Pleyistosen	Antalya Traverteni	Kahve renginde, ince-orta katmanlı Masif veya kalın tabakalı Sık erime boşlukları olan süngerimsi doku Göl-bataklık-akarsu ortamı
	Pliyosen	Geç Pliyosen	Kurşunlu Formasyonu	Masif, orta-kalın katmanlı konglomeraların arasında kumtaşı, kilitaşı bantları Akarsu-göl ortamı
		Erken Pliyosen	Yenimahalle Formasyonu	Kilitaşı, silttaşı ve kumtaşı İnce-orta katmanlı, laminalı gri, yeşil-gri, kirlili sarı, bej, krem renklerde Sığ-deniz ortamı
	Miyosen		Antalya Napları	İnce tabakalı kireçtaşı, gri renkli ince-orta tabakalı şeyl, killi kireçtaşı, kumtaşı ve çört
			Beydağları Otoktonu	Beydağları Karbonat Platformu Gri kum ve beyaz renkli, bol çatlaklı orta kalın tabakalı Neritik ve Pelajik kireçtaşları
Mesozoyik	Kretase			

Şekil 1.5. Çalışma alanına genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Brunn et al., 1971)

1.5.1. Otokton birim

1.5.1.1. Beydağları formasyonu

Jura-Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşan Beydağları formasyonu Günay ve diğ. (1982) tarafından adlandırılmıştır. ATP'nin batı kesiminde çok geniş bir alan kaplayan Beydağları Formasyonunun Geç Kretase yaşlı kayaları orta-kalın tabakalı, aşınma yüzeyi gri, koyu gri, kırılma yüzeyi bej, krem, kirlili beyaz, açık kahve renkli kireçtaşlarıdır (Şenel, 1997). Birimin tabanında Lithiotis ve Paleodasycladus yer yer gözlenmekte olup, malm yaşlı düzeylerinde oolitli ve pelletli oluşuklar yer almaktadır. Tabanında dolomitleşme yaygın olup formasyonun üst düzeylerinde rudist yamaç resifleri yaygındır. Birim yer yer dolomitik kireçtaşı ara düzeyleri bulunmaktadır. Formasyonun değişik kesimlerinde makro fosil izleri de bulunmaktadır. Çalışma alanında Kırkgöz kaynak rezervuarı bu kayalardan meydana gelmektedir. Batı toroslardaki karbonatların çoğunluğunu kapsayan Beydağı Kireçtaşları alt Kretase'den itibaren üst Kretase'ye kadar süren değişken fasiyes özelliklerine sahip neritik-hemipelajik karbonatları kapsamaktadır (Yalçınkaya, 1986).

1.5.2. Allohton birim

1.5.2.1. Antalya napları

Bölgede ilk ve eski çalışmalardan biri olan Kalafatçıoğlu (1973) tarafından yapılmış araştırmada farklı yaş ve isimler ile tanımlanmış Triyas yaşlı birimlerin seri olduğunu belirlenmiş ve bunları plaketli kireçtaşı, kumtaşı ve radyolaritli çört birimleri olarak 3 gruba ayrılmıştır. Lefevre (1967) ise bu seriyi Antalya napları olarak tanımlamıştır. Bu naplarda farklı ortamlarda oluşmuş birimler Eosen sonu ve Miyosen’ de gelişmiş bindirmeler ile hareket edip bir araya gelmiştir; Bunlar, Çataltepe, Alakır, Tahtalıdağ napı olarak adlandırılmıştır. Bu napların üzerinde ise ofiyolitik kayalardan meydana gelmiş geçirimsiz Tekirova Napı yer almaktadır. Antalya napının üzerinde Neotokton olan genç otokton birimler bulunmaktadır. Bu birimler Pliyosen yaşlı Yenimahalle Formasyonu, Kurşunlu Formasyonu, Kuvaterner yaşlı Antalya traverten, Belkıs konglomerası, Yamaç molozu, alüvyon ve kumullar yer almaktadır.

1.5.3. Neotokton örtü kayaları

1.5.3.1. Yenimahalle formasyonu

Kiltaşı, silttaşı ve kumtaşı birimlerinden meydana gelen formasyon traverten platosunun doğusunda yer alıp, ince-orta katmanlı, laminalı gri, yeşil-gri, kirli sarı, bej, krem renklerde bulunmaktadır. Paleontolojik bulgulara dayalı olarak yaşı Pliyosen olarak belirlenen formasyonun kalınlığı 150 m.’dir. Yenimahalle formasyonu geçirimsiz kaya özelliğindedir. ATP’nin doğusunda Aksu vadisine paralel bulunmaktadır.

1.5.3.2. Kurşunlu formasyonu

Masif yapıda ve orta-kalın katmanlı bu formasyona ait konglomeraların arasında kumtaşı, kiltaşı bantları yer alır ve formasyon Çankaya mahallesi çevresinde yer alır. Yeni mahalle formasyonu üzerine uyumsuz olarak yer alır ayrıca MTA tarafından yapılan çalışmalarda kalınlığının 100 m’yi bulduğu belirlenmiştir. ATP’nin doğusunda yer alan bu formasyon Yeşilkaraman mahallesinin batısında traverten birimi ile ardalanmalı bir yapı sunar ve üste doğru azalarak tamamen travertene geçiş yapar.

1.5.3.3. Antalya traverten

Kahve renkli, ince- orta katmana sahip, masif veya kalın tabakalı, sık erime boşluklu ve süngerimsi dokuya sahip olan Antalya Traverten, Ofiyolitik melanj karakterli Antalya Naplarının, Yenimahalle Formasyonunun ve Kurşunlu Formasyonunun üzerine uyumsuz olarak gelir. Traverten oluşum yerine göre farklı gruplara ayrılmıştır; Bunlar kalın katmanlı masif travertenler, traverten havuzunda çökelmiş ince kırıntılı akma taşı şeklinde oluşmuş travertenler, traverten havuzunun kenarlarında küçük şelalelerin oluşturduğu sarkit dikit şeklinde olan yapılarda gözlenen travertenler ve gölsel traverten çökelleri ile kalsit çamurudur.

1.5.3.4. Belkıs konglomerası

Kökenleri birbirinden farklı olan çakılların bir araya gelmesiyle oluşan iyi yuvarlaklaşmış, tane destekli, çapraz tabakalanmalara sahip konglomera yükseltileridir ve altta bulunan kayaların üzerine uyumsuz olarak gelmekte, kalınlığı 30 m olabilmektedir. Çalışma alanının doğusunda yer alan Aksu vadisinin sağ ve sol sahillerinde kırıntılı genç birimler üzerinde yer almaktadır.

1.5.3.5. Yamaç molozu

Kuvaterner yaşlı olan bu birim çalışma alanının Kuzeybatısında otokton ve allokton kaya birimlerinin içinde yer almaktadır. Genellikle kireçtaşlarından türemiş malzemeden oluşmuş olan yamaç molozu, kireçtaşlarının yüksek falezler oluşturduğu yerlerde, kireçtaşlarının eteklerinde ve otokton kireçtaşları içerisinde oluşan çöküntü yerlerinde gözlenir.

1.5.3.6. Alüvyon

Çalışma alanında yer alan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşum yerine göre iki değişik özellik sunarlar. Dere yataklarında yer alan alüvyonlar genellikle kumlu, killi çakıllardan oluşurlar. Traverten platosu ile otokton kayalar arasında bindirme hattına paralel olarak uzanan ovalarda yer alan alüvyonlar ise genel olarak kırmızı killerden oluşmuşlardır. Dere yataklarında oluşan alüvyon kalınlıkları 5-10 m arasında değişiklik sunarlar.

1.5.3.7. Kumul

Deniz kıyısına paralel yer alan birim 1-3 km eninde bir şerit halinde uzanmaktadır. Kumul birimi bütünüyle rüzgar ile taşınmış deniz kumlarından oluşur. Kuzeye doğru altta yer alan kumlu siltli alüvyonlarla yer yer yanıl geçiş sunmaktadır. Genellikle alüvyonun üzerine gelir.

2. KAYNAK TARAMASI

Akay vd. (1985), Antalya Neojen Havzasını; Bey Dağları Miyosen havzası, Antalya Miyosen havzası ve Antalya Geç Miyosen–Pliyosen havzaları olarak birbirinden bağımsız gelişen üç bölümde incelemişlerdir. Akitanıyen–Geç Pliyosen aralığında çökelmiş olan kayaçların sedimantolojik ve stratigrafik özellikleri belirlenmiş ve paleocoğrafik evrimi ortaya konulmuştur.

DSİ (1985), yaptığı çalışmada “Antalya–Kırkgöz Kaynakları ve Traverten Platosu Karst Hidrojeolojik Özellikleri” ATP 2 basamaktan oluştuğu ve denizden itibaren “Alt Plato” ve “Üst Plato” olarak tanımlanmıştır. Bölgede Jeolojik, hidrojeolojik, hidrolojik, jeofizik ve su kimyası çalışmaları yapılmış traverten ve Mesozoyik yaşlı kireçtaşı akifer olarak tanımlanmıştır.

Denizman (1989), “Kırkgöz Kaynakları ve Antalya Traverten Platosunun Hidrojeolojik Etüdü” başlığı taşıyan çalışmada Antalya traverten platosu yeraltı suyu boşalımı ile Kırkgöz Kaynakları boşalımının çoğunluğunu karşılayan beslenimin sadece beslenim bölgesiyle değil, komşu havzalardan da kaynaklandığını belirtmiştir.

Atilla (1996), yağışlı ve kurak dönemde, Antalya Traverten Platosu’nda bulunan kuyularda ve kaynaklarda çevresel izleyicilerin içerik değişimi, hidrojeokimyasal özellikleriyle birlikte incelenmiştir.

Başal (2000), tarafından yapılmış olan çalışmaya göre Antalya Traverten Platosu üzerinde bulunan vadoz bölgesinde bulunan toprak kısmının kirlilik açısından etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda toprak bölgesinin iyon değişimi, filtreleme ve geciktirme etkileri gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda yeraltı suyu kirliliği beklentilerin aksine sınırların altında olduğu ve vadoz bölgede yer alan toprak bölgenin kirliliğe karşı etkisi ayrıca kirletici arındırma kapasiteleri belirlenmiştir.

Atilla ve Arıkan (2001), Antalya Traverten Platosunda bulunan yeraltı sularına ait kimyasal ve çevresel izotop verileri "kümeleme" ve "faktör analizi" istatistiksel yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve yeraltı sularının benzerlikleri ve farklılıkları belirlenerek gruplandırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre alt traverten platosundan boşalan Düdenbaşı kaynağının, bölgede daha önce yapılmış hidrojeolojik etüt çalışmasında, belirlenenin aksine, üst platodan boşalan Kırkgöz kaynakları ile aynı grupta olduğu saptanmıştır.

Dipova ve Yıldırım (2005), tarafından Antalya Tufa (Traverten) platolarının oluşumu ve Jeomorfolojik özellikleri başlıklı çalışmalarında inceledikleri Antalya Tufa Platosu deniz seviyesinden kuzeye doğru yükseklikleri artan platolardır. Plato, 4 ana plato olarak sınıflanmış ayrıca bu 4 ana plato içerisinde 10 alt plato ayırtlanmıştır. Platonun oluşumu incelenmiş ve çeşitli modellerle oluşma koşulları araştırılmıştır. Buna göre birinci platonun (Kırkgöz, Döşemealtı, Masadağı, Kızıllı, Aşağıkaraman alt platoları) oluşumu tünek kaynak hattı modelinde, ileri safhasında da gölsel modelde çökelmiş ve şekillenmiştir. İkinci platoda (Varsak-Kepez, Meltem-Koyunlar, Düden alt platoları) deniz erozyonu ile oluşmuş abrazyon platformlarının deniz seviyesinin alçalması ardından yüzeye çıkmasıyla oluşmuştur. Nihai topoğrafyanın oluşumunda ise aşınma, paludal ve menderesli nehir modeli etkili olmuştur. Üçüncü birimde (Arapsuyu

alt platosu) ise yamaçta gelişmiş kurna yapıları, geniş göl kenarlarında gelişen stromatolit kafaları ve aralarında gelişen ooilitik tufalar belirlenmiştir. Tam olarak plato tanımına girmeyen bu birimde karst kenar ovası oluşumu da aktif olarak gözlemlenmektedir. Dördüncü plato (denizaltı alt platosu) eski bir abrazyon platformu olup deniz seviyesinin tekrar yükselmesi sonucu su altında kalmıştır.

İsmailov ve diğ. (2005)' e göre Antalya ilinde bazı yapıların temellerinde oturmalar tespit edilmiş ve bunun araştırılması ele alınmıştır. Bu çalışmada yapılan değerlendirmelere göre travertenlerde oluşan ayrışmaların sebebinin kanalizasyon atıklarının olduğu düşünülmüş ve bunu araştırmak için blok traverten numuneler farklı yerlerden alınmış. Bu karot numunelerin jeoteknik özellikleri belirlenmiş ve evsel sıvı atık içerisinde (pH değerleri farklı) 90 gün beklemeye alınmıştır. Travertenlerin dayanıklılık değişim oranları belirlenmiş ve istatistiksel olarak yorumlanıp ortalama değerleri ortaya konmuştur. Antalya travertenlerinde fiziksel ve mekanik olarak farklı özelliklere sahip farklı (Bitki Dokulu, Gözenekli, Masif) traverten bulunmaktadır. Bu çalışmaya göre ise numunelerden en çok ayrışan Gözenekli ve Bitki Dokulu travertenler olduğu belirlenmiştir.

Koşun ve diğ. (2005), tarafından Antalya ili içerisinde bulunan Traverten platosunda yapılan çalışmada Tufa litofasiyes özelliklerine göre çökelmiş on farklı litofasiyes belirlenmiştir. Traverten platosunu basamak şeklinde oluşturan üç ana teras ise Düden platosu (Alt plato) ve Döşemealtı platosu (Üst plato) ve deniz altında bulunan platolar coğrafi bilgi sistemi çalışmaları yapılarak belirlenmiştir. Yapılan petrografik çalışmalar sonucunda, Antalya'da bulunan tufaların çökelim sürecinde mikrobiyal aktivitenin son derece etkili olduğu gözlenmiştir. Sıcak su ile oluşumundan dolayı Antalya traverten platosu yerine soğuk su ortamında ve bitki, hayvan kalıntılarından oluşması nedeniyle Antalya tufa platosunun daha uygun olacağını belirtmişlerdir.

Yıldırım ve Topkaya (2006) tarafından Antalya yer altı suları kirliliği potansiyelini belirlemek amacıyla tamamlanmış çalışmada Antalya Traverten Platosu ve şehir merkezini de içine alan bölgede DRASTİC yöntem uygulanmış. Kentin hızlı şekilde büyümesi ve nüfusun artması ayrıca içme ve sulama sularının yer altı sularından temin edilmesinden dolayı çalışma önem arz etmektedir. Çalışma alanında yer alan benzin istasyonları, Organize sanayi alanı ve yerleşim yerlerinden dolayı kirliliğe açık bir bölgedir. Sonuçlara bakıldığında Topçular-Havalimanı bölgesindeki yer altı sularının “çok yüksek”, tüm deniz kıyısı boyunca “yüksek-çok yüksek” kirlilik potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bölgede yer altı suyuna doğrudan erişim imkanı bulunduğundan dolayı düdenlerin olduğu bölgelere ekstra hassasiyet ve dikkat gösterilmesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışma alanı bölgesinde birçok benzin istasyonu ve sanayi bölgesi bulunduğundan metalik ve ağır metal içerikli maddelere dikkat edilmesi gerektiği paylaşılmıştır.

Özyurt (2008), Kırkgöz Karstik kaynaklarında 1963-2000 yılları arasındaki gözlemlerine dayandırarak çevresel izleyicilerin (trityum, tritiyojenik hidrojen, kloroflorokarbon) taşınma modellemesini kullanarak yapmış olduğu çalışmada akifer kaynaklarının kalma süresi 120 yıl olarak belirlemiştir. Bu çalışmaya göre herhangi bir kontaminasyon olması durumunda kirlenmeyi erken fark etmek zor olacak ve müdahale edilse bile kontaminasyon etkisinin yüzyıllarca sürebileceği sonucuna varılmıştır.

Antalya Su ve Atık Su İdaresi Genel Müdürlüğü (2011), yaptığı çalışmada; Antalya traverten platosu üzerinde bulunan düdenler kayıt altına alınmış, düdenleri kirleten kaynaklar tespit edilerek, içme suyu kaynaklarının mutlak koruma sahalarını ve kirleticilerden koruma yöntemleri belirlenmiştir.

Nazik ve Poyraz (2015), tektonik açıdan yoğun bir bölge olan Türkiye %40 oranda çözünmeye uygun karstik kayalar bulunmakta olduğunu belirtmişlerdir. Türkiye'nin özel konumu ve Kuvaterner deniz düzeyi değişimlerinden dolayı akarsularca yarıma (genleşme) ve neotektonik hareketler; karstlaşmayı belirleyen kökensel ve şekillendirici etkilerin kısa mesafelerde büyük değişiklikler göstermesine neden olmuş ve buna bağlı olarak; morfometrik ve morfojenetik özellikleri belirgin sınırlarla birbirinden farklı olan 6 karst bölgesine ayrılmıştır.

Antalya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2018), tarafından yapılmış olan çalışmada Antalya ili 2017 yılı çevre durum raporuna göre kentte var olan kirlilik sorunları ele alınmış; hava, su, atık, arazi kullanımı, toprak kirliliği, doğa koruma ve biyolojik çeşitlilik gibi temel konularda kapsamlı bir rapor sunulmuştur. Raporda su kaynaklarının kirlilik durumu açısından değerlendirildiğinde endüstriyel kirletici olarak Antalya ilinde OSB bölgesinde su kaynaklarını yüksek oranda kirletecek bir tesis bulunmadığı ve atıklarının atık su arıtma tesislerinde arıtıldığı fakat küçük işletmeler, fabrikalar, atölyeler tarafından kirletilmeye maruz kaldığına değinilmiştir. Ayrıca maden ocaklarının, su kaynakları için risk içerdiği belirtilmiştir. Evsel atıklar açısından ise kanalizasyon olan yerlerde herhangi bir sorun olmadığı, kanalizasyon olmayan yerlerde ise sızdırmaz fosseptiklerde toplandığı belirtilmiştir.

Leventeli ve diğ. (2019) tarafından yapılmış olan çalışmada Antalya ilinin hızlı şekilde büyümesi ve nüfusunun artmasıyla meydana gelen çevre sorunlarından biri olan sularda kirlilik araştırılmıştır ve değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada biri kent merkezinin kuzeyinden başlayıp batısından diğeri doğusundan olmak üzere denize boşalan Düden ve Göksu çaylarından su numuneleri alınmış ve ağır metal kirlilik indeksi (HPI) kullanılarak analiz edilmiştir. Düden çayından 24 numune, Göksu çayından 18 numune olmak üzere toplamda 42 adet su örnekleme yapılmıştır. Yapılan HPI analiz sonuçlarına göre Düden çay değerleri Sr> Fe> Al> Mn> As> Ni> Cu> Pb> Cr> Se ve Göksu çay değerleri Sr> Fe> Al> Ni> As> Cu> Mn> Pb> Cr> Se olarak sıralanmıştır. Düden ve Göksu çaylarında Sr ve Al değerleri standart değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Su örneklerinin kalitesi incelendiğinde ise “iyi” ve “kötü” oldukları ve 4 numune ise “çok zayıf” olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre antropojenik faktörler ve kentleşmenin neden olabileceği düşünülmektedir ve bu bölgede yeraltı suları kirlenmiş olabildiği belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Antalya travertenlerinde yer alan düdenler Antalya'yı çevreleyen dağlardaki kar sularını ve yağmur sularını yeraltına ileten, kent içme suyu ve sulama için gereken suyun iletimini sağlayan en önemli doğal yapıların başında gelmektedir. Traverten üst kotlarından gelen bu yeraltısuları belli bir eğim sayesinde güneye doğru hareketle Akdeniz'e kadar yol almaktadır. Fakat plato üzerinde yer alan yerleşim alanları, tarım arazileri ve organize sanayinin varlığı ve kuraklık gibi etkenler nedeniyle, yeraltısularının korunması gerekmektedir. Bu nedenle çalışma alanı olarak Antalya düdenlerinin bulunduğu bu bölge tercih edilmiştir. Bununla birlikte, belirlenen düdenlerden su numunesi alınamaması nedeniyle, kuyu ve su kaynaklarından da su numuneleri alınmıştır.

3.2. Metot

Bu tez çalışması önceki çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olarak tamamlanmıştır.

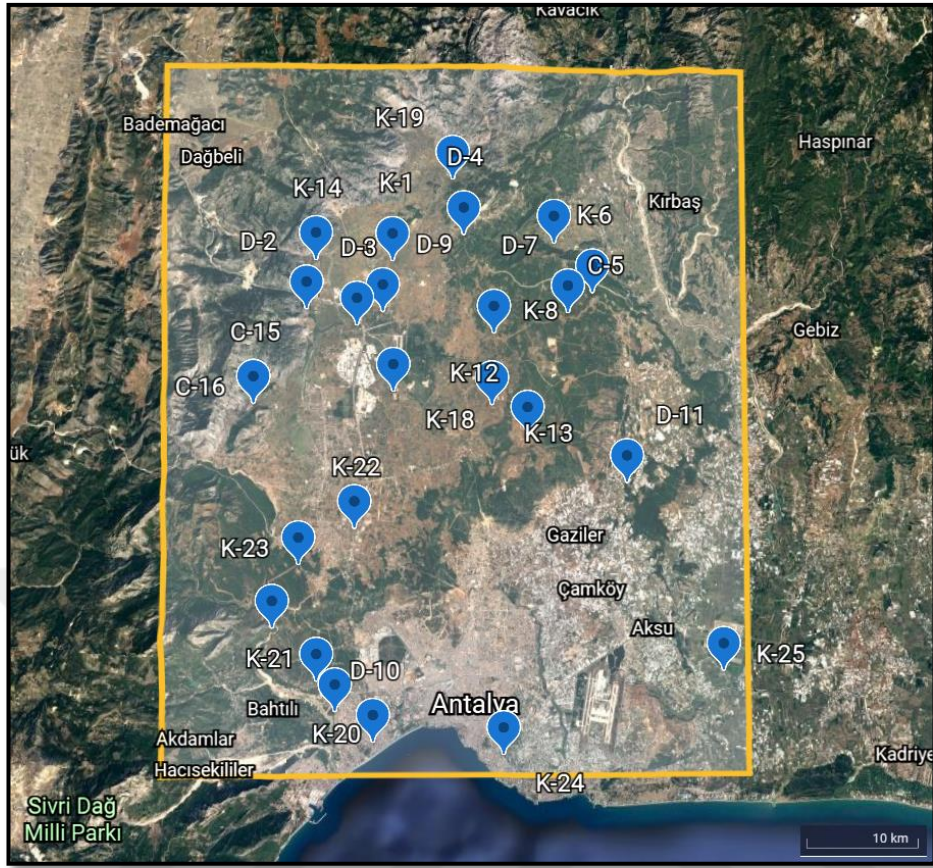
3.2.1. Önceki çalışmalar

Bu aşamada bölge ve konu ile ilgili mevcut çalışmalar derlenmiştir. Hidrojeolojik çalışmaları temel alan literatür taraması yapılmış; ilgili kurum ve kuruluşların bölgede yapmış olduğu çalışmaların raporları incelenmiştir. Bölge ve konu ile ilgili olanlar çalışmada kaynak gösterilerek kullanılmıştır.

3.2.2. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları öncesinde numune kapları laboratuvarda yıkanmış; 1000 ml'lik polipropilen numune kapları %65 derişimli nitrik asitin 1000'de 5 oranında saf suyla seyreltilmiş çözeltisinde bir gün, saf su içerisinde de bir gün bırakılarak dezenfekte edilmiştir.

271 adet Düden içerisinde yapılan arazi çalışmasında aktif olan düdenlerin büyük bir çoğunluğunda suya erişilememiştir. Bu nedenle aktif olan düdenlerden, mevcut sondaj kuyularından ve doğal su kaynaklarından su örnekleri alınmıştır. Söz konusu su numune lokasyonları Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1'de verilmiştir. K harfi ile belirlenmiş olanlar şahıs veya işletme kuyusundan alınan örnekleri, D harfi düdenden alınan örnekleri ve C harfi ise doğal kaynaklardan alınan örnekleri belirtmektedir. Şekil 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9'da bu lokasyonlar ve su numunesi alma çalışmaları görülebilmektedir.



Şekil 3.1. Su numunesi alınan noktaların numaraları

Çizelge 3.1. Örnekleme noktalarına ait konumlar ve açıklamaları

No	Tipi	X	Y	No	Tipi	X	Y
K1	Kuyu	30.6389108	37.1405068	K14	Kuyu	30.5844794	37.1385229
D2	Düden	30.5803511	37.1098116	C15	Kaynak	30.5477811	37.0544330
D3	Düden	30.6166002	37.1023897	C16	Kaynak	30.5478049	37.0544889
D4	Düden	30.6882088	37.1578749	D17	Düden	30.5714848	36.9303324
C5	Kaynak	30.7688051	37.1552118	K18	Kuyu	30.6451910	37.0659400
K6	Kuyu	30.7836559	37.1272914	K19	Kuyu	30.6781180	37.1894830
D7	Düden	30.7650511	37.1163086	K20	Kuyu	30.5714848	36.9303324
K8	Kuyu	30.7135158	37.1021586	K21	Kuyu	30.6044521	36.9026793
D9	Düden	30.6342823	37.1108597	K22	Kuyu	30.6240852	36.9878842
D10	Düden	30.646121	36.871595	K23	Kuyu	30.5868558	36.9655108

D1 1	Düden	30.812804 4	37.0217407	K24	Kuyu	30.7362277	36.8689820
K1 2	Kuyu	30.741038 9	37.0460947	K25	Kuyu	30.885427	36.921097
K1 3	Kuyu	30.715049 7	37.0614599				



Şekil 3.2. Aşağıoba mahallesinde yer alan K1 kuyusu



Şekil 3.3. Aşağıoba mahallesinde yer alan D9 numaralı düden



Şekil 3.4. Bıyıklı mahallesinde yer alan D3 numaralı düden



Şekil 3.5. Kuşkavağı mahallesinde yeralan D10 numaralı aktif düden



Şekil 3.6. Bıyıklı Mahallesiinde yer alan D3 numaralı aktif düden



Şekil 3.7. K2 numaralı Kırkgöz kaynakları ve aktif düden



Şekil 3.8. Varsak mahallesinde yer alan pasif düden



Şekil 3.9. Yeşilbayır mahallesinde yer alan pasif düden

3.2.3. Laboratuvar çalışmaları

Çalışma alanından alınan su numuneleri iki ayrı laboratuvarda çalışılmıştır. Majör anyon-kasyon analizleri Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (BATEM)'nün; ağır metal analizleri ise Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.2.3.1. X-Işını floresans spektrometresi (XRF)

Çalışma için kullanılmış olan X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF) enerjisi yüksek X ışınları veya Gama ışınlarına yoğun şekilde maruz bırakılarak uyarılan maddenin ikincil olarak X ışınlarını yaymasına dayanır. Yani, foton ile maddenin etkileşmesiyle meydana gelen X ışınlarının saçılmasının değerlendirilmesidir. Saçılan bu X ışınlarının sahip olduğu dalga boyları farklı aralıklarda olacağından ayırt edilebilmektedir. Analizi yapılan örnekten yayılan X ışınlarının enerjisini hesaplanmasıyla elementler belirlenir ve gelen ışınlarda sayılarak elementlerin miktarları belirlenmektedir. Hızlı ve hassas olması, fazla örnek gerektirmemesi,

kullanımın zor olmaması ve malzemeye herhangi bir olumsuz etkisinin olmaması nedeniyle bilimsel araştırmalarda kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle katı, sıvı veya toz gibi farklı maddelerin içerisinde yer alan ağır metaller ve miktarları belirlenmektedir. Sonuçlar ise yüzdelik (%) olarak ve milyonda bir oranında (ppm) analiz raporunda sunulmaktadır.

3.2.3.2.İndüktif eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES)

ICP-AES cihazı ağır metallerin tespit edilmesi için kullanılan tekniktir. Plazma kullanılarak uyarılan atom ve iyon üretirler ve bu elementlerin dalga boyları farklı olduğundan dolayı elektromanyetik radyasyon yaydıklarında emisyon şiddetleri de farklı olacaktır. Emisyon şiddeti ise numune içerisindeki elementlerin konsantrasyonunu belirtir. BATEM tarafından gerçekleştirilen analizde kullanılan Varian 720 ES marka cihaz ile 25 numunenin Mg, K, Ca, Na katyonları mek/l cinsinden miktarları belirlenmiştir.

3.2.3.3.Titrasyon

BATEM laboratuvarında yapılmış olan analizlerde numunede çözünmüş belirli bir maddenin nicel tayini için titrasyon tekniği uygulanmış ve indikatör oranına göre Cl⁻, HCO₃, CO₃ anyon oranları mek/l olarak belirlenmiştir.

3.2.4.Büro çalışmaları

Bu aşamada, mevcut veriler ve bulgular derlenerek tez yazımına geçilmiştir.

3.2.4.1. Sonuçların değerlendirilmesi

Google Earth ile belirlenen konumlar, Mapinfo Professional programı ile sayısallaştırılıp sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler Surfer 12 programı ile modellenmiş ve tematik haritaları Corel Draw X7 ile çizilmiştir. Sıcaklık haritası, yıllık ortalama sıcaklık haritası, yıllık ortalama yağış haritası, buharlaşma haritası, çalışma alanı drenaj ağı haritası ve hidrojeoloji haritası türetilmiştir.

Su kalitesinin değerlendirme kısmında ise laboratuvar sonuçlarının belirlenmesi ile Durov, Piper, Schoeller diyagramları ile diğer programlara ek olarak AquaChem 2014 programı kullanılmıştır.

3.2.4.2. Thornthwaite yöntemi

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden önceden belirlenen istasyonlardan alınan verilerle su bütçesi hesaplamaları için C.W. Thornthwaite tarafından 1948 yılında geliştirilmiş olan Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır (3.1, 3.2 ve 3.3). Hesaplamalar sonucu elde edilen veriler ilk olarak Microsoft Excel ile istatistiksel olarak grafikleri tamamlanmış olup ardından Surfer 12, Mapinfo Professional uygulamaları ile haritalandırılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan formüller ise (Şarlak ve Bağcı, 2020);

$$I_i = (T_i/5)^{1.514}, \quad J = \sum_{i=1}^{12} I_i \quad (3.1)$$

$$a = 0,49239 + (1,792 \cdot 10^{-2})J - (7,71 \cdot 10^{-5})J^2 + (6,75 \cdot 10^{-7})J^3 \quad (3.2)$$

$$U = 16 G (10T_i/J)^a \quad (3.3)$$

Burada;

U: Aylık evapotranspirasyon (mm),

T_i : Aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$),

I_i : İlgili yıla ait i. ayın sıcaklık indisi,

J: O yıla ait sıcaklık indisi

G: Aylık güneşlenme faktörü ve enlem derecesine bağlıdır. Çalışma alanı 36° enleminde bulunmaktadır.

3.2.4.3. Theissen poligon yöntemi

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün istasyonlarından elde edilen veriler sadece çalışma alanının genelini değil sadece noktasal olarak bulunduğu yeri temsil etmektedir. Çalışma alanındaki alansal yağış ve evapotranspirasyon hesaplamaları için bu istasyon yani noktaların etki alanlarının oluşturulup hesaplanması gerekmektedir (3.4 ve 3.5). Her bir istasyonun kendisine en yakın istasyona çizilen üçgenlerin dikme kesişme yerlerinin birleştirmesine dayanarak oluşturulan poligonun içerisinde yer alan bir istasyon ile aynı yağış ve evapotranspirasyon özelliklerine sahip olduğu varsayılarak, istasyonun içerisinde kaldığı alan büyüklüğü ile çarpılır ve hesaplama tamamlanmıştır (Şarlak ve Bağcı, 2020).

$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^N A_i P_i \quad (3.4)$$

$$\bar{E} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^N A_i E_i \quad (3.5)$$

A: Alan (m^2)

E: Evapotranspirasyon (mm)

P: Yağış (mm)

4. BULGULAR

4.1. Hidroloji

Çalışma alanına ait hidrolojik veriler Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait 5 farklı gözlem istasyonundan elde edilmiştir. Bu gözlem istasyonları Bölge-17302, Havalimanı-17300, Dağ-7885, Korkuteli Bük. Orman arazisi-8355, Korkuteli-17926'dır.

4.1.1. Sıcaklık

Antalya kentinde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı şekilde tipik Akdeniz iklimi etkilidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 1930-2020 yılları arasındaki verilerine göre sıcaklık ortalaması 18,8°C, ortalama en yüksek sıcaklık 24,2°C ve ortalama en düşük sıcaklık değeri 13,8°C'dir. Bölgede bulunan istasyonlardaki verilere göre yıllık ortalama sıcaklık haritası Şekil 4.1'de sunulmuştur.

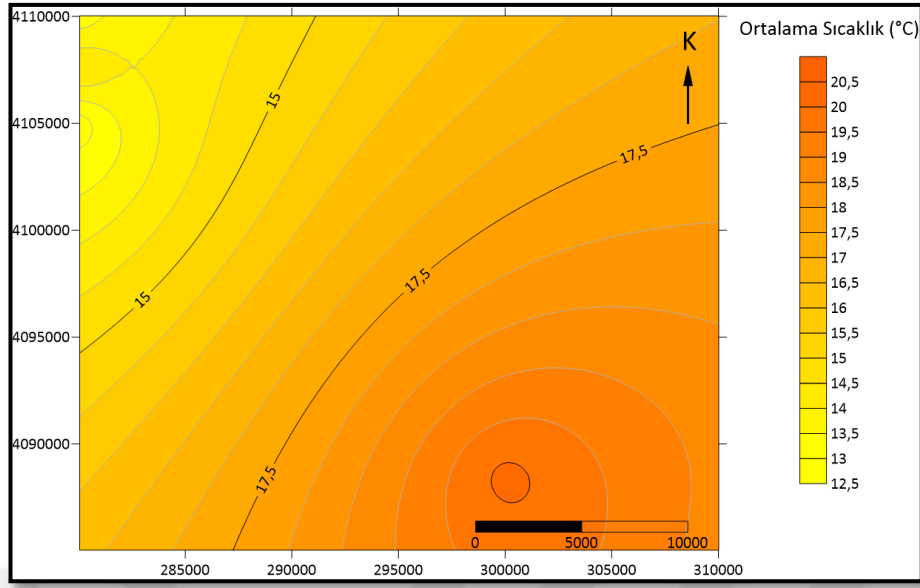
Bölge istasyonunun 2002-2019 yılları arasındaki sıcaklık verilerine göre en yüksek sıcaklık ortalaması 29,5°C ile Ağustos ayı, en düşük sıcaklık ortalaması ise 11,4°C ile Ocak ayıdır (Şekil 4.2).

Havalimanı istasyonu sıcaklık verilerine göre en yüksek sıcaklık ortalaması 28,46°C ile Temmuz ayı, en düşük sıcaklık ortalaması ise 10,02 °C ile Ocak ayıdır (Şekil 4.3).

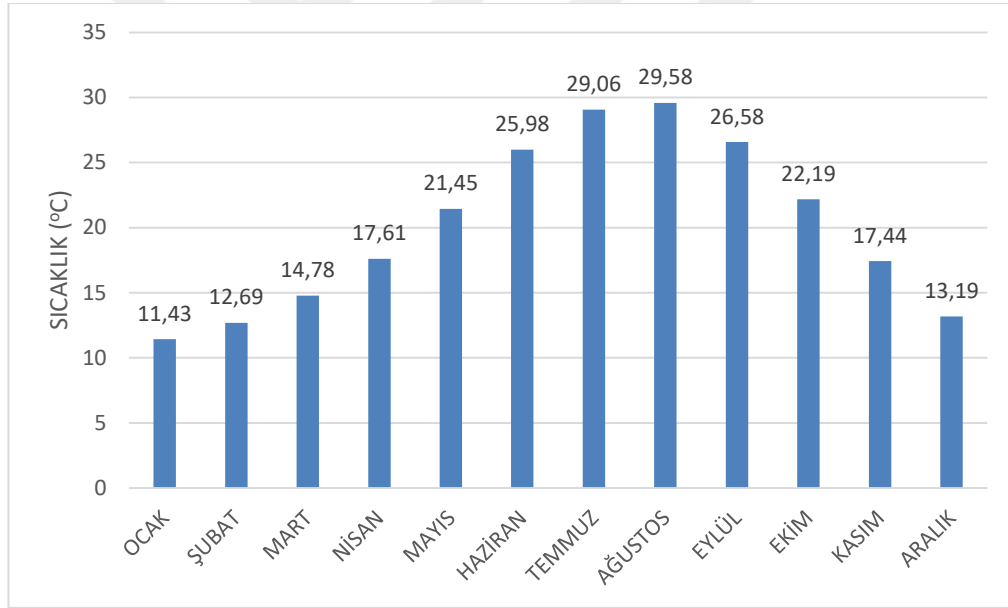
Dağ istasyonu 1972-1987 yılları arasındaki sıcaklık verilerine göre en yüksek sıcaklık ortalaması 24,21°C ile Temmuz ayı, en düşük sıcaklık ortalaması ise 3,02 °C ile Ocak ayıdır (Şekil 4.4).

Korkuteli bük. Or. Ar. istasyonu 1967-2006 yılları arasındaki sıcaklık verilerine göre en yüksek sıcaklık ortalaması 25,72 °C ile Temmuz ayı, en düşük sıcaklık ortalaması ise 5,17 °C ile Ocak ayıdır (Şekil 4.5).

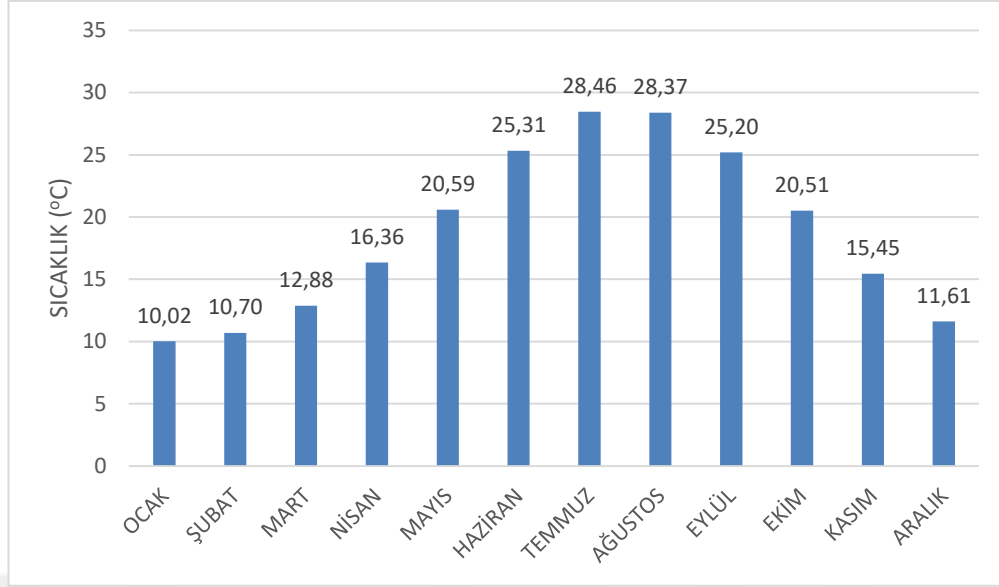
Korkuteli istasyonu için 1967-2006 yılları arasındaki sıcaklık verilerine göre en yüksek sıcaklık ortalaması 25,72 °C ile Temmuz ayı, en düşük sıcaklık ortalaması ise 5,17°C ile Ocak ayıdır (Şekil 4.6).



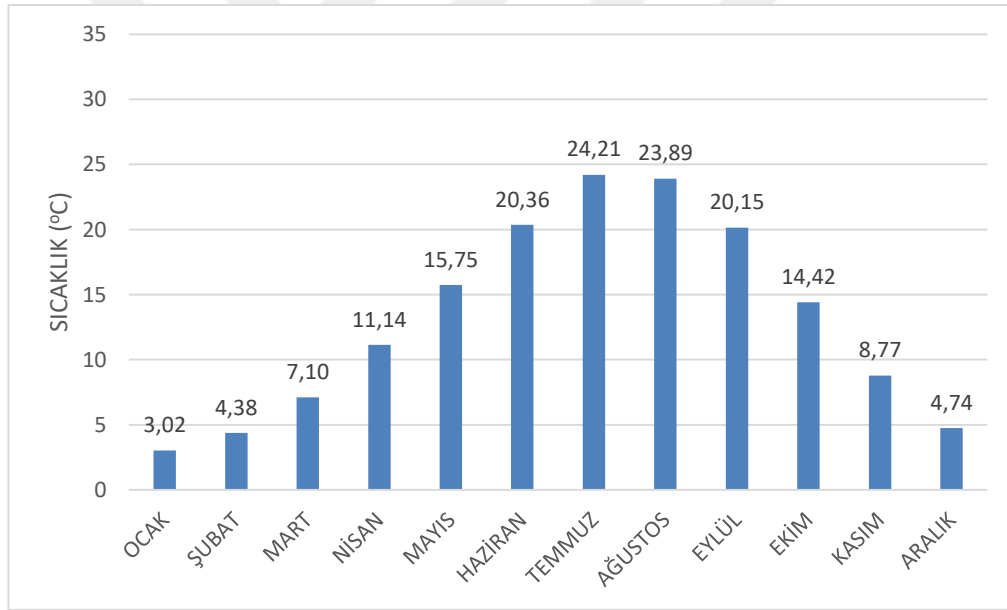
Şekil 4.1. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklık haritası



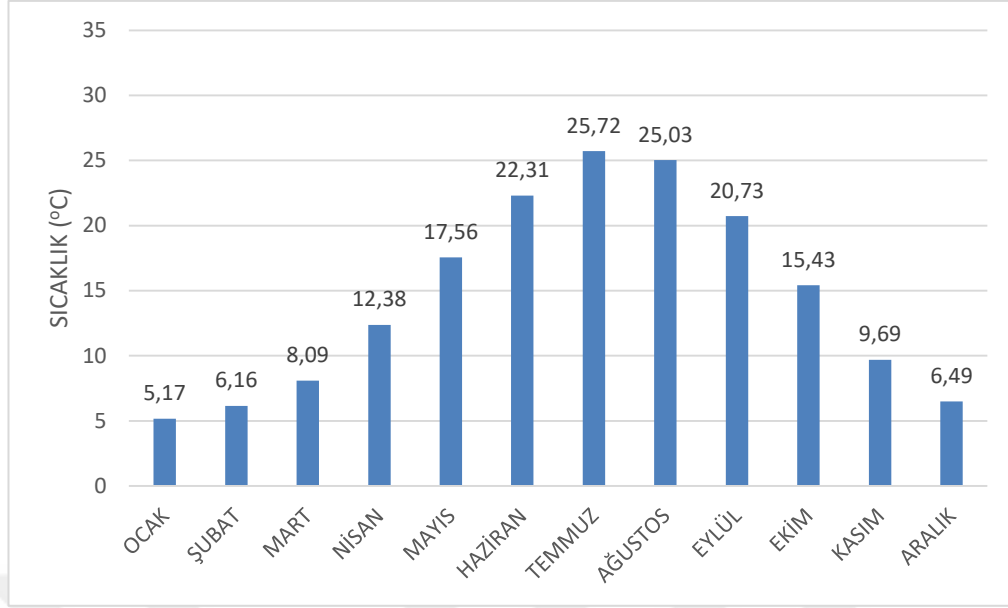
Şekil 4.2. Bölge istasyonu 2002-2019 aylık ortalama sıcaklıklar



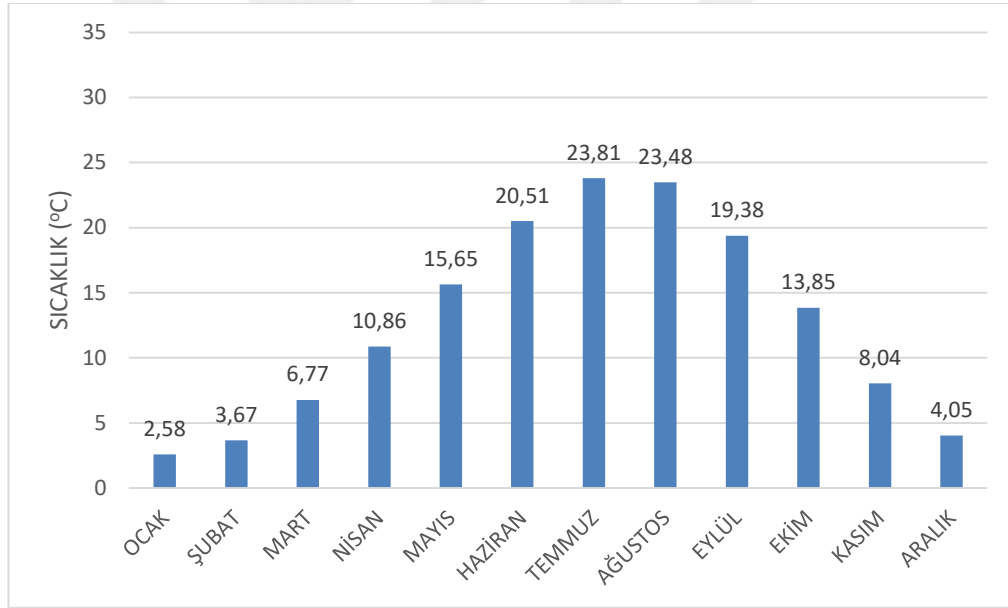
Şekil 4.3. Havalimanı istasyonu 1930-2019 aylık ortalama sıcaklıklar



Şekil 4.4. Dağ istasyonu 1972-1987 aylık ortalama sıcaklıklar



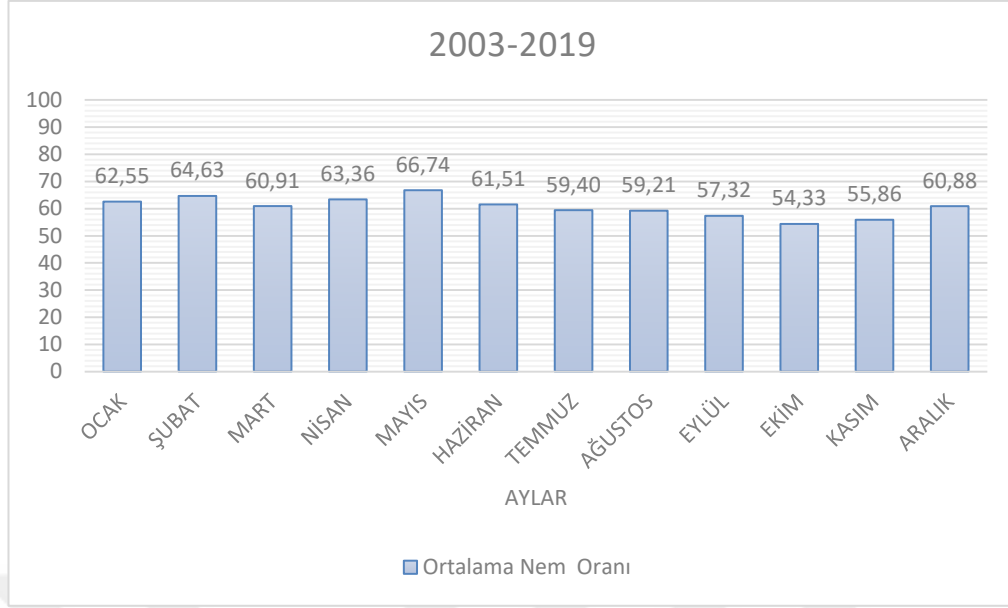
Şekil 4.5. Korkuteli bük. Or. Ar. istasyonu 1967-2006 ortalama sıcaklıklar



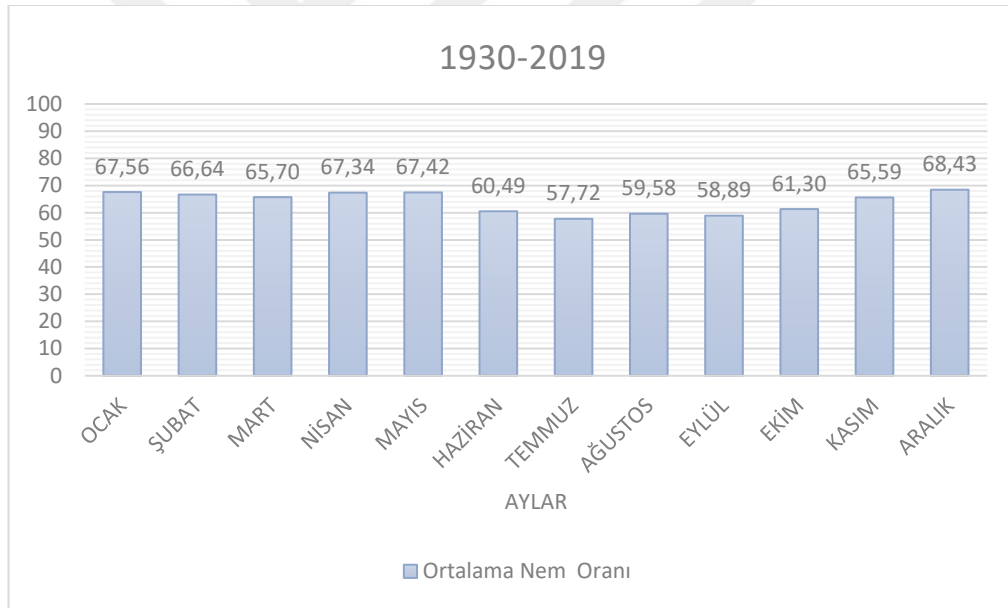
Şekil 4.6. Korkuteli istasyonu 1968-2019 aylık ortalama sıcaklıklar

4.1.2. Nemlilik

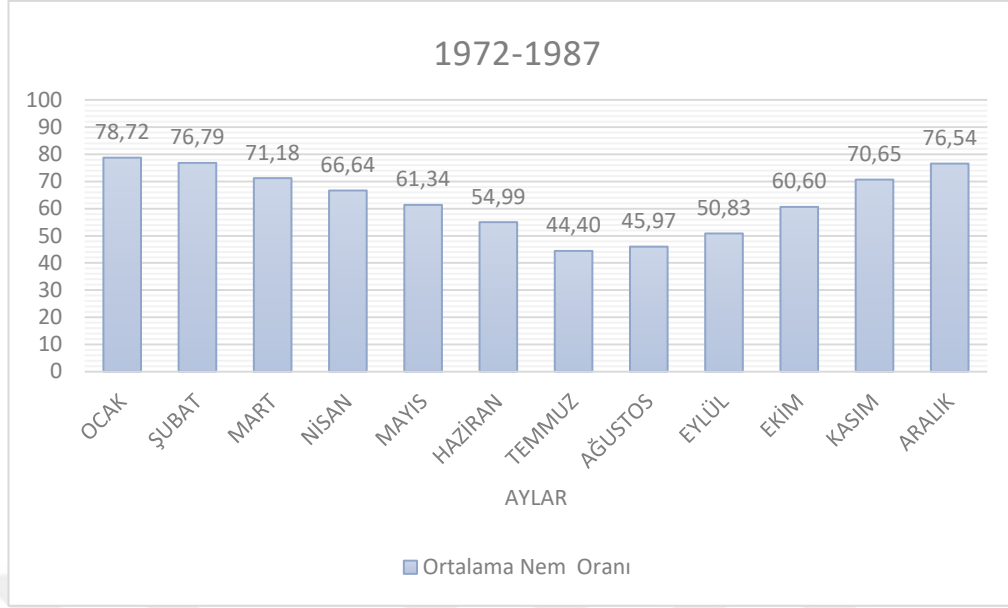
Havada bulunan su buharı miktarının aynı sıcaklıkta o havayı doymuş hale getirecek su buharı miktar oranına nispi nem denmektedir. Bu oran çalışma alanı içerisinde bulunan istasyonlara göre Bölge istasyonunda yıllık ortalama nispi nem oranı %60,56 (Şekil 4.7), Havalimanı istasyonu için %63,89 (Şekil 4.8), Dağ istasyonu için %63,22 (Şekil 4.9), Korkuteli Bük. Orman Arazi istasyonu için %66,43 (Şekil 4.10) ve Korkuteli istasyonu için %58,68 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.11). Bu istasyonlara ait yıllara göre aylık ortalama nispi nem oranların grafikleri hesaplanmıştır.



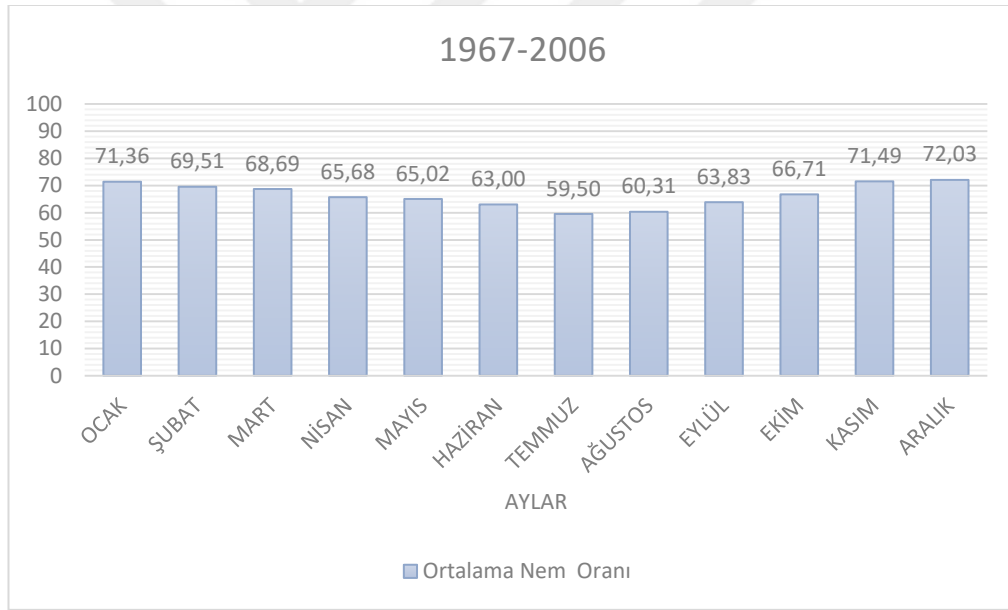
Şekil 4.7. Bölge istasyonu aylık nispi nem oranları (%)



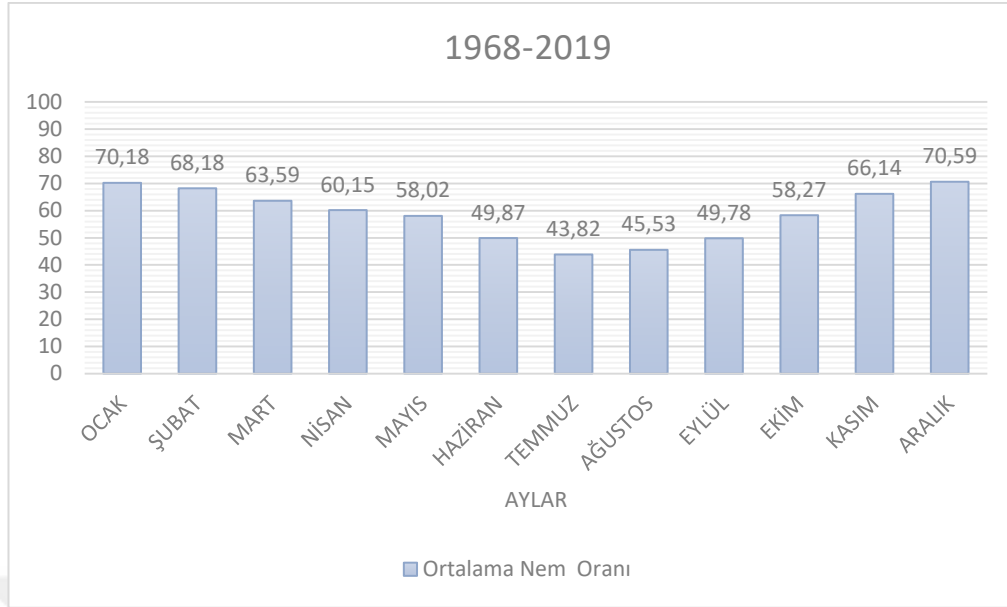
Şekil 4.8. Havalimanı istasyonu aylık nispi nem oranları (%)



Şekil 4.9. Dağ istasyonu aylık nispi nem oranları (%)



Şekil 4.10. Korkuteli Bük. Orman Arazi istasyonu aylık nispi nem oranları (%)



Şekil 4.11. Korkuteli istasyonu aylık nispi nem oranları (%)

4.1.3. Yağış

Çalışma alanına düşen ortalama yağış miktarını belirlemek için çalışma alanı içerisinde ve çevresinde bulunan farklı istasyondaki verilere göre oluşturulmuş çizelge 5.1’de 1930-2019 arasındaki yıllar arasında yıllık ortalama yağış miktarları toplamı ve ortalamaları hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında oluşturulmuş grafikler her bölge için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 1930-2020 yılları arasında ölçüm yaptığı verilere göre yıllık ortalama yağış miktarı Antalya kenti için 1061,7 mm.’dir (Şekil 4.12).

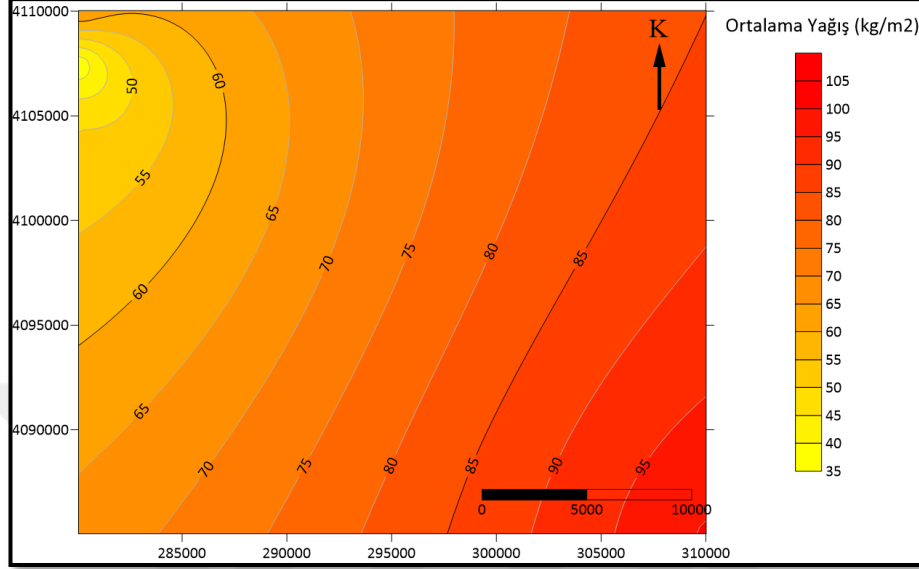
Bölge istasyonu 2006-2019 arası yıllık ortalama yağış miktarı 86,42 mm ve toplam yağış miktarı ise 1209,90 mm olarak belirlenmiş. Aylara göre aylık ortalama toplam yağış grafiklerine göre ise en fazla yağış 203,72 mm ile Ocak ayında, en düşük yağış miktarı ise 0,41 mm ile Temmuz ayındadır (Şekil 4.13).

Havalimanı istasyonu 1930-2019 arası yıllık ortalama yağış miktarı 100,57 mm ve toplam yağış miktarı ise 9051,74 mm’dir. Havalimanı istasyonunda en fazla yağış 261,29 mm ile Aralık ayında, en düşük yağış miktarı ise 6,23 mm ile Temmuz ayındadır (Şekil 4.14).

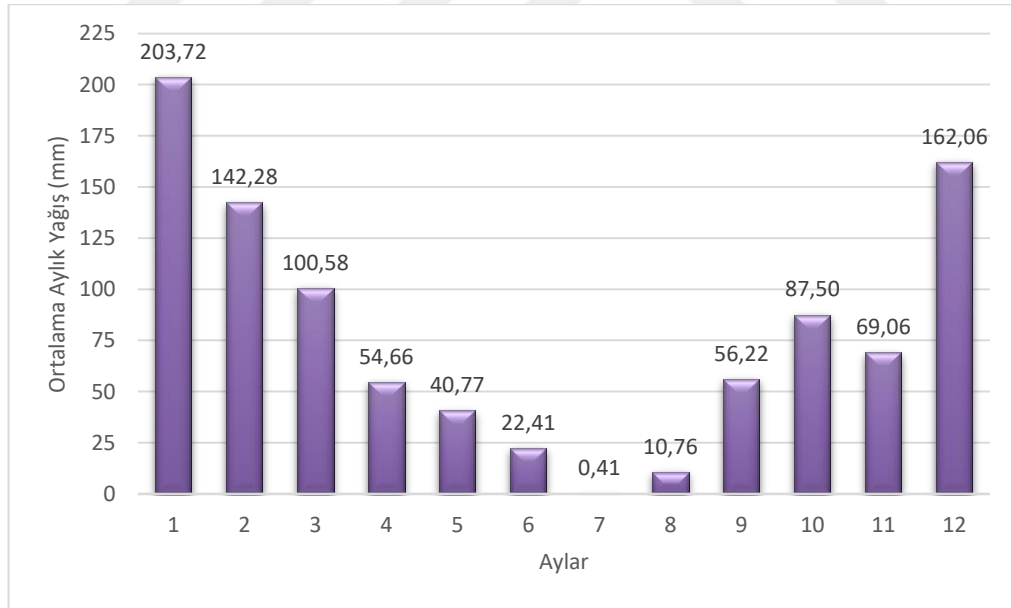
Dağ istasyonu için 1972-1985 arası yıllık ortalama yağış miktarı 66,33 mm ve toplam yağış miktarı ise 928,63 mm’dir. Dağ istasyonunda en fazla yağış 122,76 mm ile Aralık ayında, en düşük yağış miktarı ise 14,12 mm ile Eylül ayındadır (Şekil 4.15).

Korkuteli Bük. Orm. Ar. istasyonu için 1967-1999 arası yıllık ortalama yağış miktarı 49,16 mm ve toplam yağış miktarı ise 1622,31 mm’dir. Korkuteli Bük. Or. Ar. istasyonunda en fazla yağış 96,05 mm ile Aralık ayında, en düşük yağış miktarı ise 6,73 mm ile Temmuz ayındadır (Şekil 4.16).

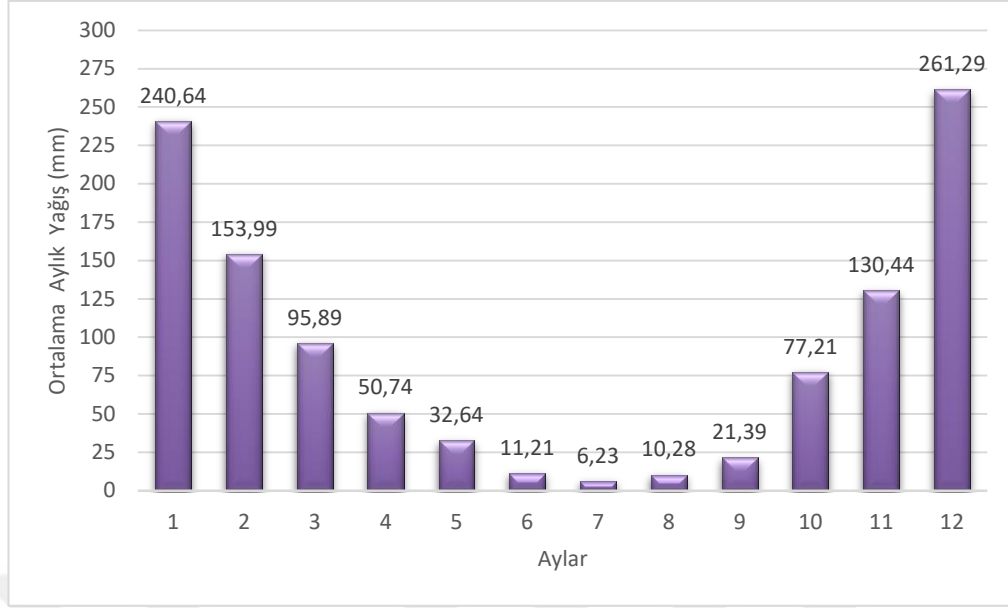
Korkuteli istasyonu için 1968-2012 arası yıllık ortalama yağış miktarı 29,50 mm ve toplam yağış miktarı ise 1327,32 mm olarak hesaplanmıştır. Korkuteli istasyonunda en fazla yağış 58,90 mm ile Aralık ayında, en düşük yağış miktarı ise 8,50 mm ile Ağustos ayındadır (Şekil 4.17).



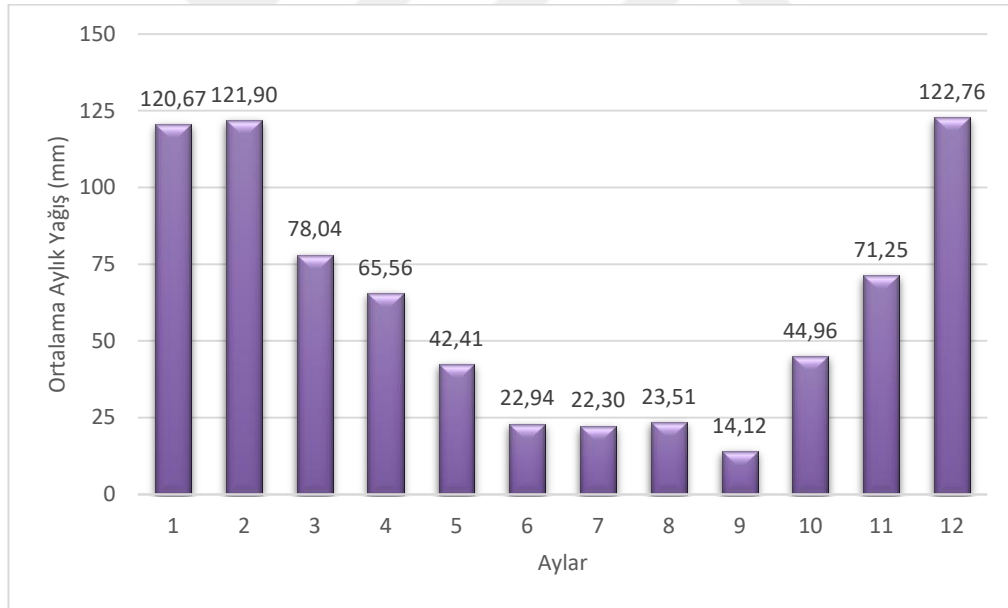
Şekil 4.12. Çalışma alanının yıllık ortalama yağış miktarı



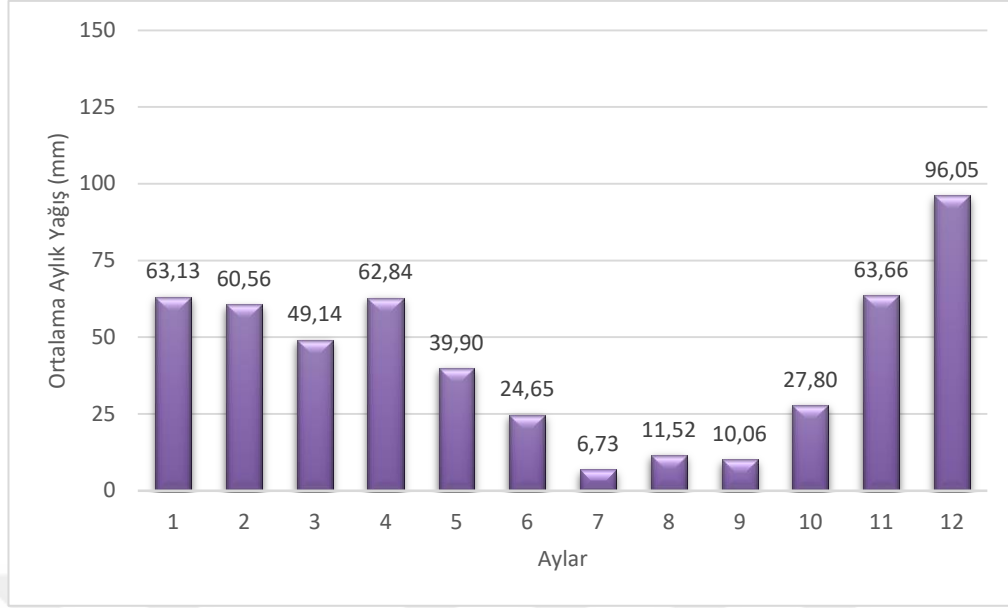
Şekil 4.13. Bölge istasyonu 2006-2019 yılları arasında aylık ortalama yağış miktarı



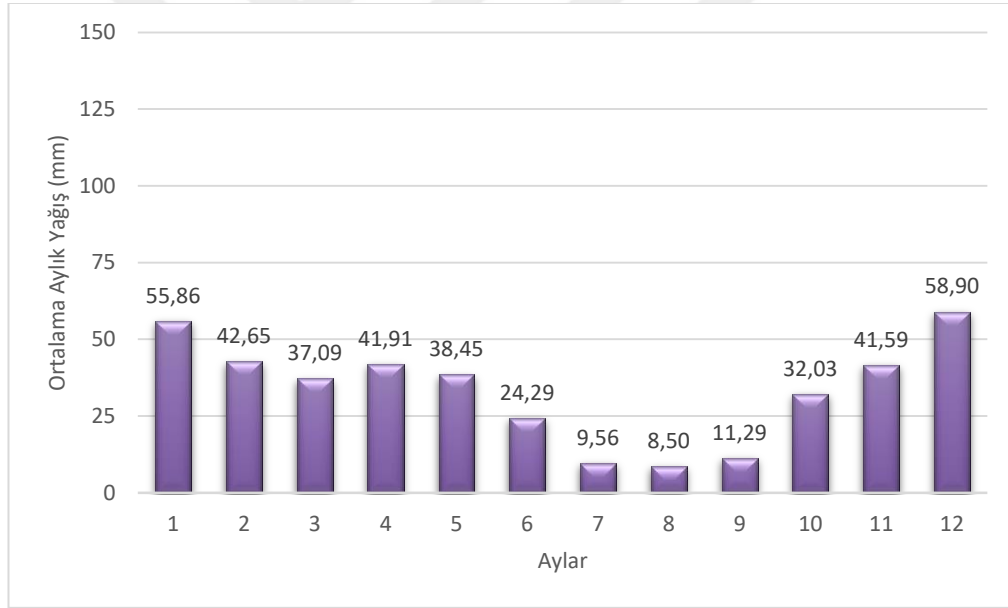
Şekil 4.14. Havalimanı istasyonu 1930-2019 aylık ortalama yağış miktarı



Şekil 4.15. Dağ istasyonu 1972-1985 aylık ortalama yağış miktarı



Şekil 4.16. Korkuteli buk. Or. Ar. istasyonu 1967-2005 aylık ortalama yağış miktarı



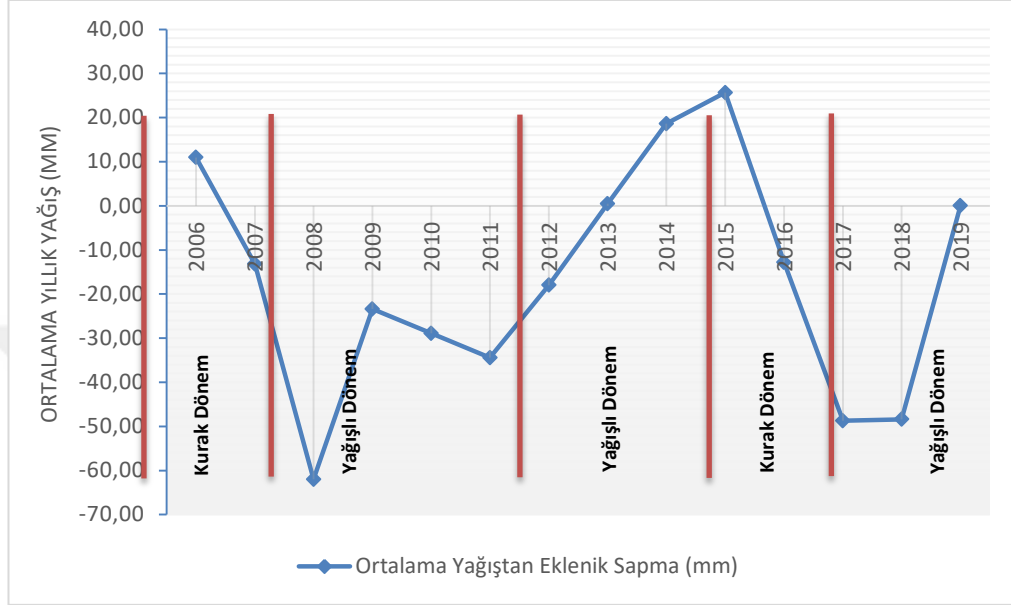
Şekil 4.17. Korkuteli istasyonu 1968-2012 aylık ortalama yağış miktarı

Bölge istasyonu eklenik sapma grafiğinde 2006-2008 ve 2015-2017 yılları arası kurak dönemi, 2008-2012, 2012-2015 ve 2017-2019 yılları arası yağışlı dönemdir (Şekil 4.19).

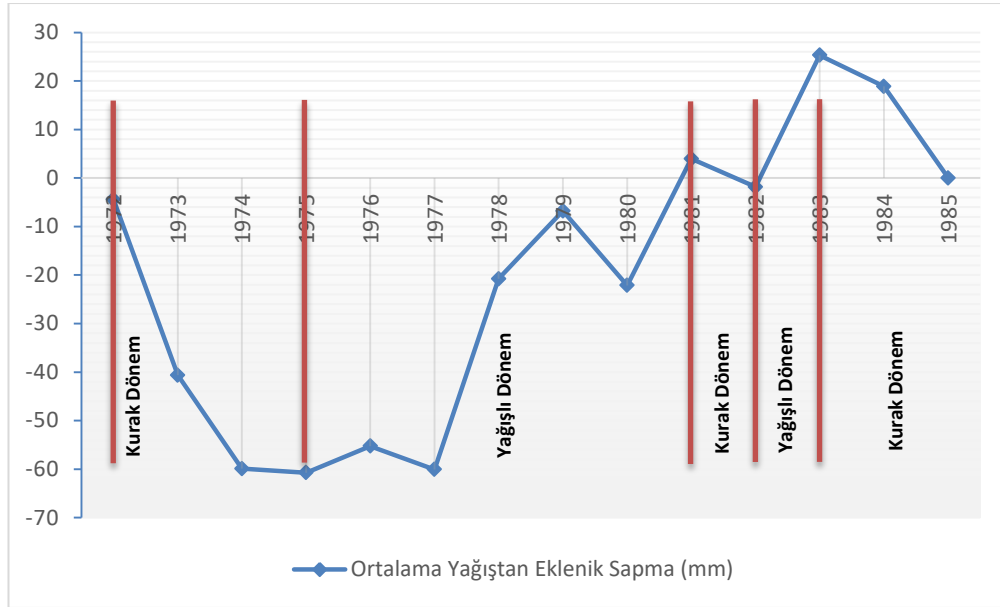
Dağ istasyonu eklenik sapma grafiğinde 1972-1975, 1991-1992 ve 1983-1985 yılları arası kurak dönemi, 1975-1981, 1992-1993 yılları arası yağışlı dönemdir (Şekil 4.20).

Korkuteli bük. Or. Ar. istasyonu eklenik sapma grafiğinde 1970-1974, 1979-1999 yılları arası kurak dönem, 1967-1970, 1999-2012 yılları arası yağışlı dönemdir (Şekil 4.21).

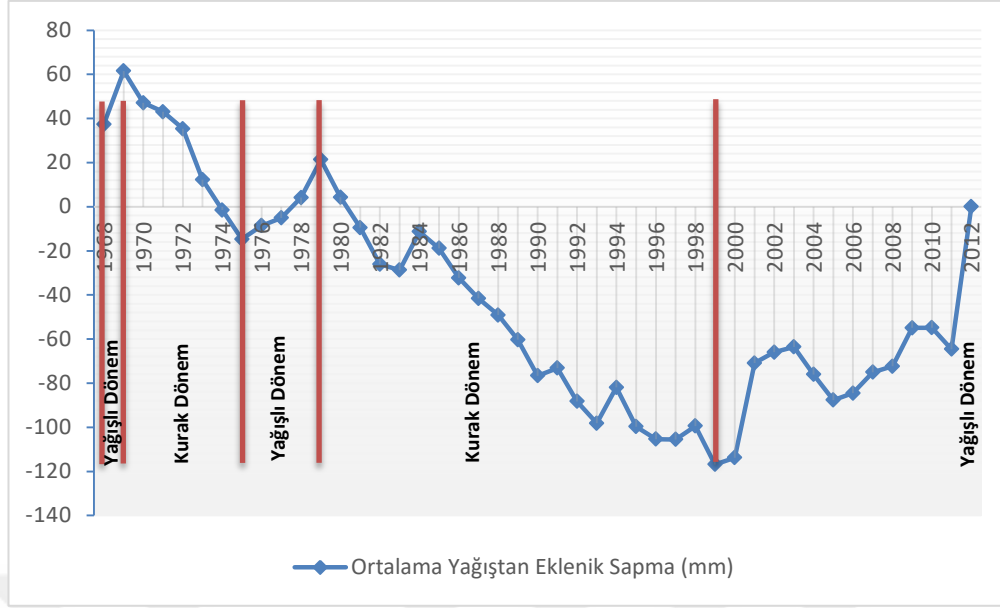
Korkuteli istasyonu eklenik sapma grafiğinde 1969-1975, 1979-1999 yılları arası kurak dönem, 1967-1970, 1999-2012 yılları arası yağışlı dönemdir (Şekil 4.22).



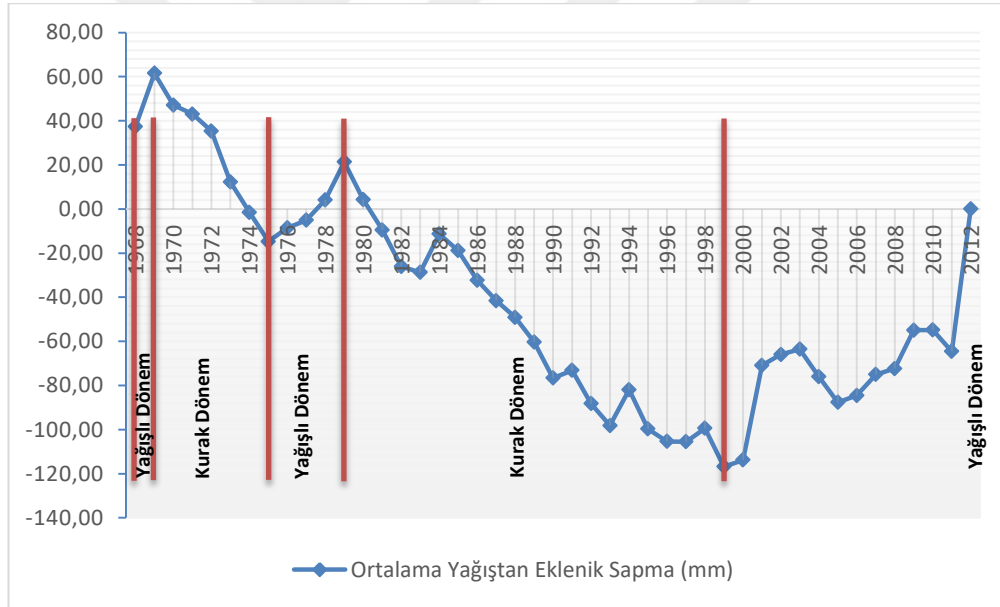
Şekil 4.18. Bölge istasyonu ortalama yağıştan eklenik sapma



Şekil 4.19. Dağ istasyonu ortalama yağıştan eklenik sapma



Şekil 4.20. Korkuteli buk. Or. Ar. istasyonu ortalama yağıştan eklenik sapma

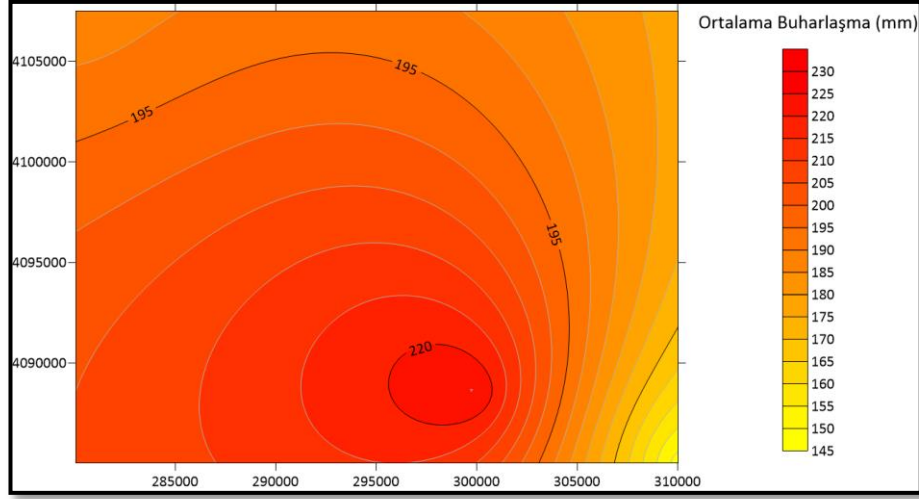


Şekil 4.21. Korkuteli istasyonu ortalama yağıştan eklenik sapma

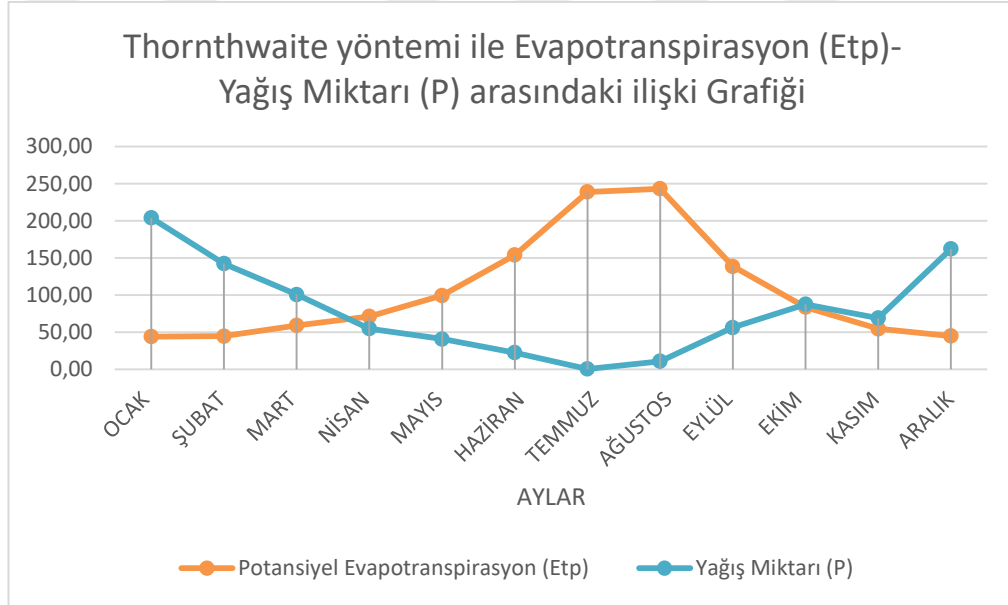
4.1.4. Evapotranspirasyon

Meteoroloji istasyonlarının verilerine dayanarak, yıllık ortalama gerçek evapotranspirasyon değerleri, IDW yöntemiyle çalışma havzasına uygulanmış ve sonuçlar Şekil 4.23'te sunulmuştur.

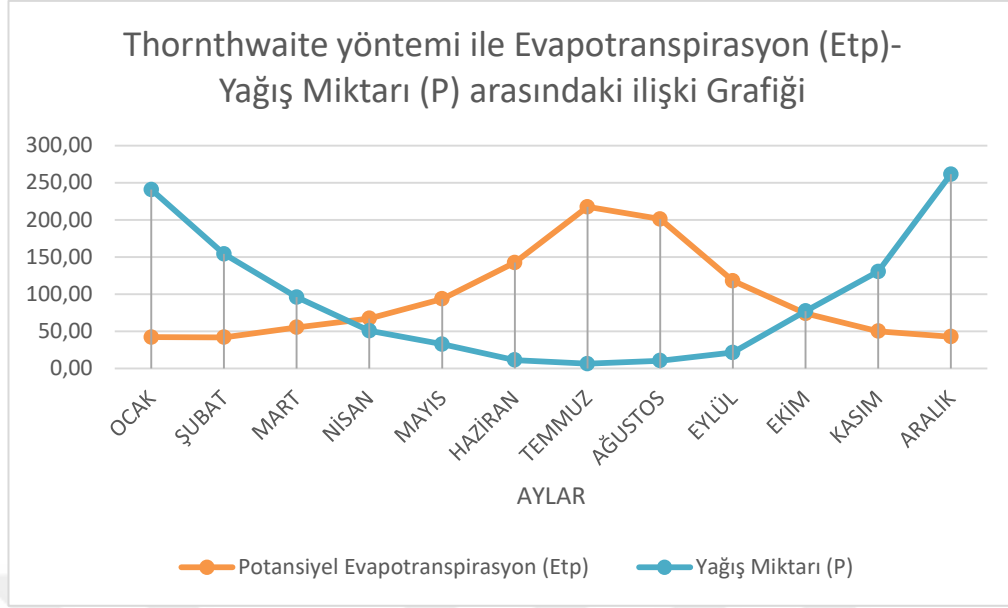
Evapotranspirasyon (Etp) ve Yağış miktarı (P) grafikleri; Bölge istasyonu için Şekil 4.24' de, Havalimanı istasyonu için Şekil 4.25' de, Dağ istasyonu için Şekil 4.26'de, Korkuteli buk. Orman arazi istasyonu için Şekil 4.27'de ve Korkuteli istasyonu için Şekil 4.28'de görülebilmektedir.



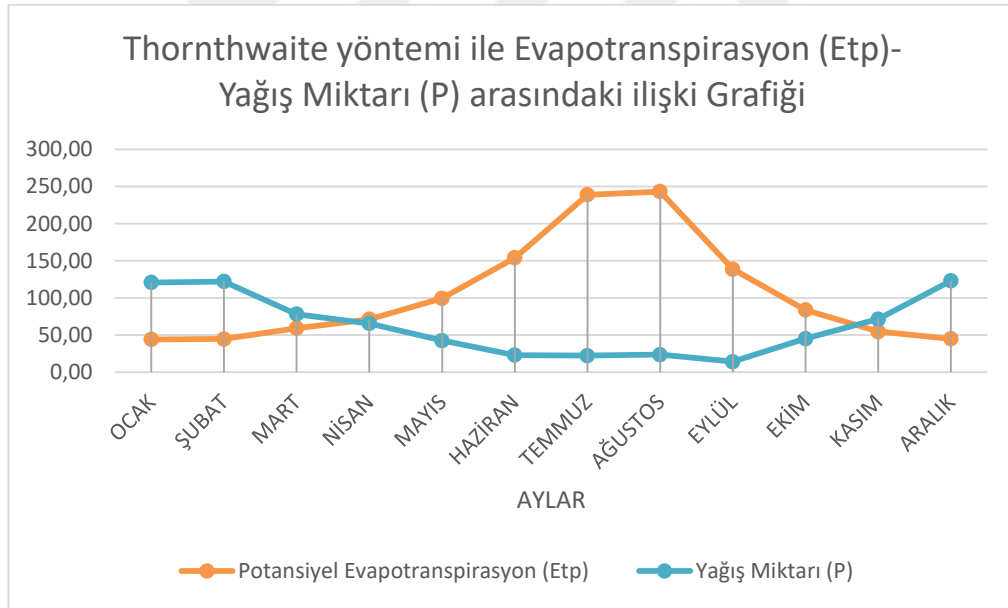
Şekil 4.22. Çalışma alanının yıllık ortalama buharlaşma miktarı



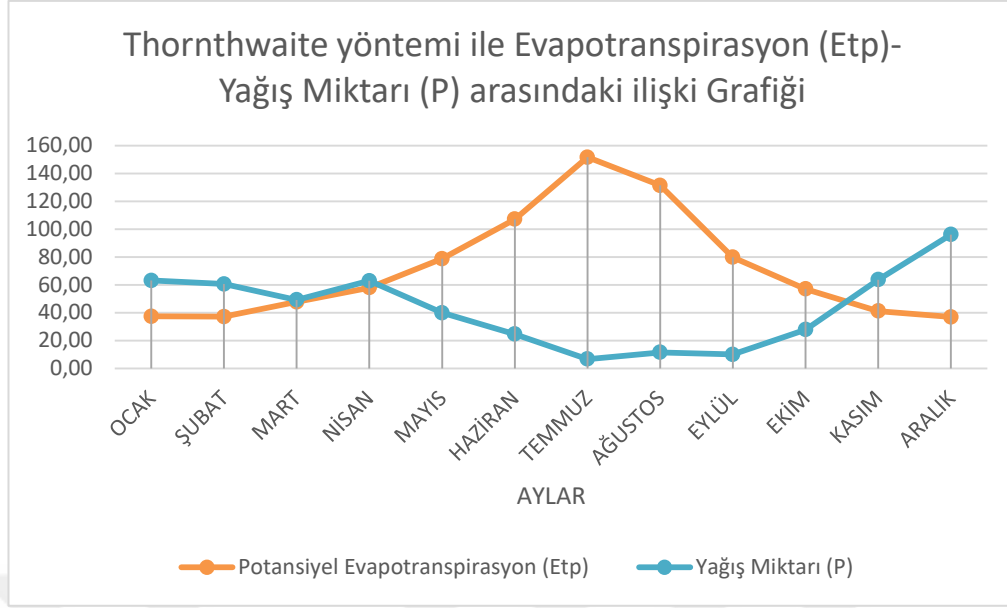
Şekil 4.23. Bölge istasyonu Etp ve P grafiği



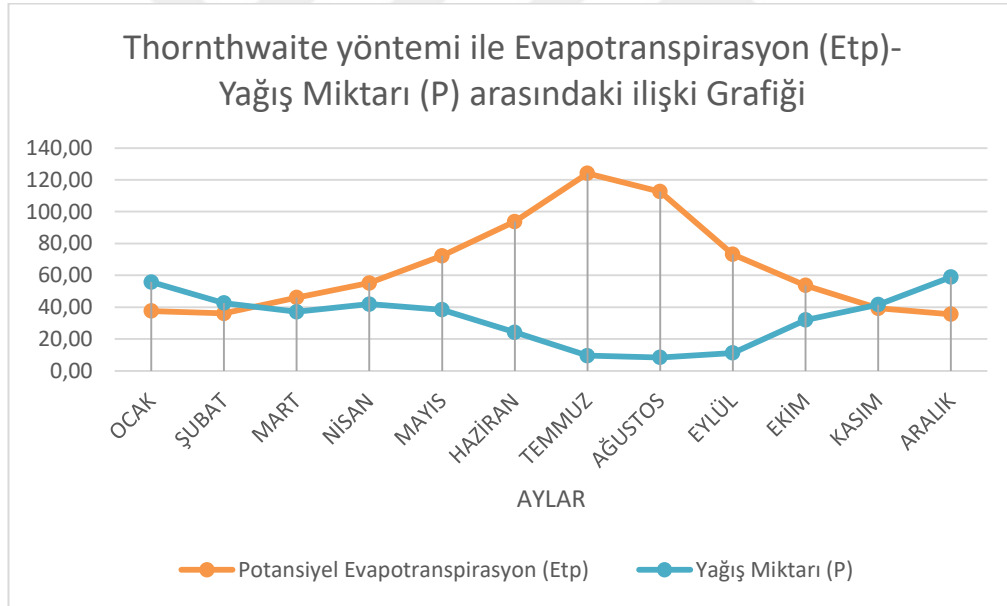
Şekil 4.24. Havalimanı istasyonu Etp ve P grafiği



Şekil 4.25. Dağ istasyonu Etp ve P grafiği



Şekil 4.26. Korkuteli Bük. Orman Arazi istasyonu Etp ve P grafiği



Şekil 4.27. Korkuteli istasyonu Etp ve P grafiği

4.2. Hidrojeoloji

Antalya havzası, kuzeyde Toroslar, batıda Beydağları, doğuda Aksu Vadisi ve güneyde Akdeniz ile sınırlanan traverten içermektedir. Çalışma alanındaki akarsular düzensiz dere ve çaylardır. Yazın sıcak ve kurak olması sebebiyle yüzey suları azalır, sonbaharda yağın yağmurlar ile su seviyesi artar ve baharda dağlardaki karların erimesi su seviyesini en üst seviyeye çıkartır. Çalışma alanı içerisinde yer alan Kırkgözler'den gelen suyun kanallar boyunca şehir merkezine, oradan Düden şelalelerinin devamı ile falezlerden Akdeniz'e dökülen Düden buna örnektir.

Düden Çayının toplam uzunluğu 14 km. olup debisi 15,192 m³/sn.' dir.

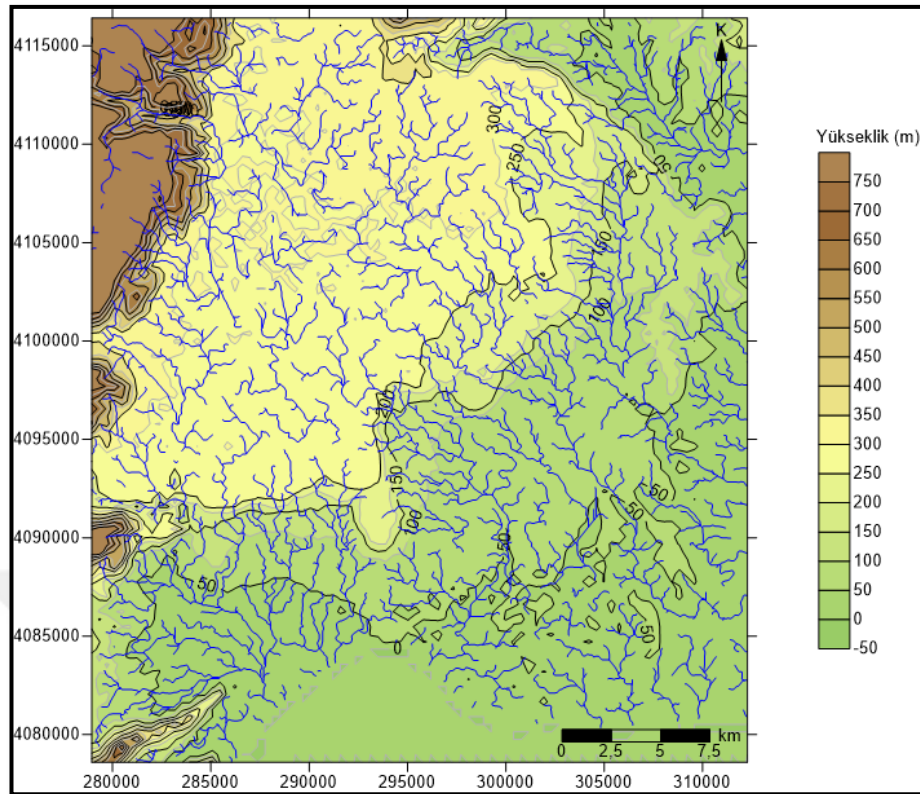
4.2.1. Kaynaklar

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yer alan kaynaklar kaynağın boşaldığı kayalarla göre Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından ve travertenden boşalan kaynaklar olmak üzere iki grupta incelenir. Kaynaklar ile ilgili veriler ve bilgiler ASAT Antalya Traverten Platosu üzerinde bulunan Düdenler (2011) adlı çalışmadan derlenerek hazırlanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1. Antalya Traverten Platosu su kaynakları ve debiler

Traverten Kaynak	Debi (l/sn)	Mesozoyik Kaynak	Debi (l/sn)
Arapsuyu	0.924	Gürkavak	0.290
Duraliler	1.940	Hurma	0.490
Düdenbaşı	10	Kırkgöz	15.5
İncikpınarı	0.205	Soğucaksu	0.376
İngilizgölü	0.2		
Kalabatlı	0.124		
Kapuz	2.275		
Kemerağzı	1.461		
Mağara	0.350		
Traverten Sahil	5		

Çalışma alanı ve çevresine ait sayısallaştırılmış drenaj ağı haritası Şekil 4.29'da sunulmuştur.



Şekil 4.28. Çalışma alanına ait drenaj ağı haritası

4.2.1.1. Mezosoyik yaşlı kireçtaşlarından boşalan kaynaklar

Antalya çevresinde Gürkavak Kaynakları, Hurma Kaynakları, Kırkgöz Kaynakları, Soğucaksu Kaynakları, Mezosoyik yaşlı kireçtaşlarından boşalmaktadır.

Gürkavak kaynakları konum itibari ile Termessos Antik kentinin güneydoğu kısmında yer alıp Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları ile Ofiyolitik melanj kayaların geçirimsiz kantağından yaklaşık olarak 255 m. kotundan çıkmaktadır. 1984-2000 yıllarında düzenli ölçülen kaynağın ortalama boşalımı 290 l/s' dir. Kaynak suyunun bir kısmı cazibe ile Antalya kentine içme suyu amaçlı verilmektedir. Kaynaktan gelen suyun bir kısmı ise Boğaçay'a gelmektedir.

Hurma kaynakları, Boğaçay alüvyonları ve Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları sınırından boşalmaktadır. Kaynağın boşaldığı kireçtaşı alüvyondan beslenmektedir.

Kaynağın boşalım kotu ise 30 m' dir. 1977' den süregelen ölçümler ile ortalama debisinin 490 l/s olduğu belirlenmiştir. Kaynağın suyu Boğaçay' a akmaktadır.

Kırkgöz kaynakları ise Beydağlarının güneydoğusunda yer alıp, 300 m kotundan boşalmaktadır. Kaynağın boşaldığı yerler ise Pınarbaşı, Karagöz, İncirliğöz, Boynuzlugöz ve Kocain' dir. Kaynağın suyu Vakıf kanalına, Kepez HES kanalı ve Bıyıklı düdenine akmaktadır. Vakıf kanalına akan su Döşemealtı ve Çığlık bölgesinde sulama için kullanılır ve kalan su Kepez HES kanalına aktarılır. Kaynak için 1973-1986 yılları arasında Yeşilbayır istasyonunda yapılmış olan ölçümlere göre ortalama debisi 13,498 l/s' dir. Aynı dönemde maksimum debi Mart 1985' de 25.960 l/s' dir, minimum

debi ise Eylül 1977' de 5.803 l/s' dir. 1987-2006 yılları arasındaki ölçümlerde kaynağın ortalama debisi 11.827 l/s, maksimum debi Mart 1988' de 31.480 l/s ve minimum debi Eylül 2000' de 3.570 l/s' dir. Kömürcülerde bulunan pompa istasyonu ile Kömürcüler, Çıplaklı, Başköy, Odabaşı, Kızıllı mahallelerine sulama için su verilmektedir ve geri kalan su Kepez HES kanalına alınarak 300 m yükseklikten 120 m kotuna düşürülerek elektrik enerjisi üretilmektedir. Oradan geçen su Düden şelalesine gelir ve Düden çayı vasıtası ile Karpuzkaldıran' dan denize dökülmektedir.

Soğucaksu Kaynakları, Kırkgöz kaynakları gölün kuzeydoğusunda bulunan Mezosoik yaşlı kireçtaşlarından boşalmaktadır, boşalım kotu ise 290 m.'dir. 1971-1999 yılları arasında yapılan aylık akım rasatlarına göre ortalama debisi 376 l/s' dir. Kaynak suyu, sulama döneminde pompayla Aşağıoba mahallesine sulama amacıyla verilmektedir. Sulama dışında ise Bıyıklı düdenine akmaktadır.

4.2.1.2. Traverten boşalan kaynaklar

Travertenden boşalan kaynaklar, travertenin güneyinde yer alan alüvyon sınırından boşalmaktadır. Bu kaynaklar ise Arapsuyu I ve II Kaynakları, Duraliler Kaynakları, Düdenbaşı Kaynakları, İncikpınarı Kaynakları, İngilizgölü Kaynakları, Kalabatlı Kaynakları, Kapuz Kaynakları, Kemerağzı Kaynakları, Mağara Kaynakları, Traverten denizaltı Kaynaklarıdır.

Traverten platosundan, Alüvyon ile olan dokanağından Arapsuyu I yaklaşık 12 m. kotundan, Arapsuyu II kaynağı 10 m. kotundan çıkmaktadır. 1977 yılından itibaren gerçekleştirilen ölçümlere göre Arapsuyu I debisi 0.52 l/s, Arapsuyu II debisi ise 0.40 l/s' dir. Kaynağın suları Konyaaltı plajından denize boşalmaktadır.

Duraliler Kaynakları, traverten platosunun güneybatısından, Traverten ile Boğaçay alüvyon sınırından 20 m. kotundan boşalmaktadır. 1974-1993 yılları arasında yapılan ölçümlere göre ortalama debisi 1.940 l/s' dir. Maksimum debisi Nisan 1983 tarihinde 3.986 l/s, minimum debi ise Eylül 1992 tarihinde 0.242 l/s' dir. Duraliler bölgesinde toplam 39 adet kuyu yapılmış olup daha sonra yenileri açılan kuyuların ASAT tarafından işletilmesi ile kent suyunun %80' ini karşılamaktadır.

Düdenbaşı Kaynakları, Düden şelalesinin tabanından çıkmaktadır ve ölçülen ortalama debisi 10 l/s' dir. Kaynak suyu Kepez HES kanalından gelen su ile birleşmekte ve Düden çayını oluşturmakta ve Karpuzkaldıran' dan denize dökülmektedir.

İncikpınarı Kaynakları, traverten doğusunda 50 m kotunda Traverten ve Pliyosen yaşlı kil sınırından çıkmaktadır. 1977-1981 yılları arasında yapılmış ölçümlerde ortalama debisi kaynak boşalımı 0.205 l/s' dir.

İngilizgölü Kaynakları, traverten alüvyon dokanağından yaklaşık 15 m. kotundan çıkmaktadır. 1977-1995 yılları arasında yapılan ölçümler sonucu ortalama boşalım debisi 0.215 l/s olarak belirlenmiştir. Kaynak suyu daha sonra denize dökülmektedir.

Kalabatlı Kaynakları, traverten doğusunda, traverten ile Pliyosen yaşlı Kil sınırından yaklaşık 90 m kotundan çıkmaktadır. Kaynakta yapılmış ölçümlere göre ortalama boşalım debisi 0.214 l/s' dir. Kaynak suyu Kurşunlu şelalesine gelmektedir.

Kapuz Kaynakları, Traverten güneybatı kenarında ofiyolitik kaya sınırında 105 m. kotundan boşalmaktadır. 2002 yılından itibaren düzenli olarak ölçülen ortalama boşalım debisi 2.275 l/s' dir. Kaynak suyu bazı dönemlerde sulama suyu olarak geri kalan dönemlerde Boğaçay' a akmaktadır.

Kemerağzı Kaynakları, Traverten güneydoğusunda alüvyon kontağından ve 5 m kotundan boşalmaktadır. Kaynak suyu 1977 yılından itibaren düzenli olarak ölçülmektedir ve ortalama debisi 1.461 l/s' dir. Kaynak suyu Lara plajından denize dökülmektedir.

Mağara Kaynakları, Traverten alüvyon kontağında Konyaaltı plajı doğusundan çıkmakta olup, kaynak kotu 2 m seviyesindedir. Kaynağın debisi ölçülmemektedir ve kullanılmamaktadır.

Traverten Sahil Kaynakları, Mağara kaynağı ile Karpuzkaldıran arasında kalan bölgede 59 adet kaynak tespit edilmiştir. Bu kaynakların ortalama boşalımı 5 l/s olduğu düşünülmektedir (Coşkun, 1982).

4.2.2. Yüzey suları

Yüzeysel sular suyu traverten içine boşaltan sular olarak ele alınmıştır.

4.2.2.1. Kocaçay deresi

Çalışma alanında yer alan Kırkgöz kaynakları kuzeydoğusundaki mahallelerinde bulunan arazilerin yağışlı dönemlerdeki suyu toplayıp Aşağıoba düdenlerine boşaltmaktadır. Derenin drenaj alanı 140 km² olup yağışlı dönemlerde akan Kocaçay suyu Aşağıoba düdenlerine ve Traverten içerisine verilmektedir. Traverten içerisinde yeraltı suyu hareketi Düdenbaşı kaynağını beslemektedir. Yağışlı dönemlerde Aşağıoba düdenlerinden yeraltına giren suyun Varsak çöküntüsünden geçtiği ve Düdenbaşı kaynağından çıktığı bilinmektedir.

4.2.2.2. Korkuteli derivasyonu

Korkuteli derivasyonu, Korkuteli çayı itibarı ile başlayıp yağışlı dönemlerde Korkuteli havzasının yüzey suyunu toplar ve Bıyıklı Düdenine boşaltır. DSİ tarafından 1978 yılında yapılmış olup drenaj alanı ise 1275 km²'dir. 1963-1978 yılları arasında yapılan ölçümlere göre ortalama debi 0,43 l/s' dir. Derivasyon suyunu Bıyıklı Düdeninden traverten içerisine vermektedir. Bıyıklı Düdenlerinden giren su boya deneylerinde tespit edildiği şekilde Varsak çöküntüsüne oradan da Düdenbaşı kaynağına ulaşmaktadır.

4.2.3. Yeraltısuyu

Traverten sahasında yapılmış olan çalışmada yeraltı suyu eş seviye haritası çıkarılmıştır. Bu çalışmada yeraltı suyu akışı kuzeyden güneye doğru boşalacak

şekildedir. Organize sanayi bölgesi ve düdenlerin bulunduğu kuzeyde yeraltı suyu yüzey eğimi fazladır ve Duacı bölgesinde vorteks (girdap) şeklinde bir yapı meydana gelmektedir ayrıca güneye gittikçe bu eğim azalmaktadır. Üst platodan travertene giren sular alt platodaki kaynaklardan boşalmaktadır. Böylelikle üst platodaki düdenlerden girebilecek herhangi bir kirletici bütün yeraltı suyunu etkileyecektir.

4.3. Hidrojeokimya

Çalışma alanında bulunan yeraltısularının kimyasal özellik ve kalitesinin belirlenmesi, kökeninin araştırılması, yağış ve yüzey sularıyla olan ilişkilerinin irdelenmesi en önemlisi yeraltısularının kirlilik sorunu ve çözümü gibi konuların incelenmesinde hidrojeokimya çok önemli bir yer tutmaktadır.

Antalya Traverten bölgesinde düden, doğal kaynak ve sondaj kuyuları olmak üzere toplamda 25 su numunesi alınmış ve koordinatları belirlenmiştir. Antalya Traverten bölgesinden elde edilen su numuneleri içerisinde K1, K6, K8, K12, K13, K14, K18, K19, K20, K21, K22, K23, K24, K25 örnekleri sondaj kuyularından yeraltısuyu temini amacıyla alınmış, D2, D3, D4, C5, D7, D9, D10, D11, C15, C16, D17 doğal kaynak ve düdenlerden temin edilmiştir.

Tüm analizlerin sonuçları çalışma alanına ait jeoloji haritasında işaretlenmiştir ve hidrojeokimyasal açıdan yorumlanmıştır. Bu aşamada kullanılan programlar ise Aquachem 2014, Mapinfo Professional, Surfer 12 versiyonlarıdır.

4.3.1. Suların fiziksel parametreleri

Çalışma alanından temin edilen su numuneleri fiziksel ve kimyasal özellikleri, kalitesi, kirlilik parametreleri ve kullanım alanlarını belirleme açısından değerlendirilmiş ve su tipleri belirlenmiştir. Yeraltı sularının kimyasal olarak içeriği bu suların geçtiği akiferin kimyasal ve mineralojik özelliklerine, akifer içinden suyun akış hızına, akifer koşullarına ve içerisinde kaldığı süreye bağlıdır (Andreo ve Carrasco, 1999). Bu kimyasal özelliklere göre sular farklı amaçlara göre kullanılabilir. Su örneklerinin fiziksel parametrelerine ait sonuçlar çizelgede sunulmuştur (Çizelge 4.2 ve 4.3).

Çizelge 4.2. Yüzey ve yeraltısularının tipi, koordinatları, pH ve EC değerleri

No	Tipi	X	Y	pH	EC	No	Tipi	X	Y	pH	EC
K1	Kuyu	30.6389108	37.1405068	7,2	815	K14	Kuyu	30.5844794	37.1385229	6,9	880
D2	Düden	30.5803511	37.1098116	6,8	920	C15	Kaynak	30.5477811	37.0544330	7,2	893
D3	Düden	30.6166002	37.1023897	7,2	989	C16	Kaynak	30.5478049	37.0544889	7,6	713
D4	Düden	30.6882088	37.1578749	8,2	640	D17	Düden	30.5714848	36.9303324	7,9	638
C5	Kaynak	30.7688051	37.1552118	7,3	683	K18	Kuyu	30.6451910	37.0659400	7,3	863
K6	Kuyu	30.7836559	37.1272914	7,6	462	K19	Kuyu	30.6781180	37.1894830	7,7	526
D7	Düden	30.7650511	37.1163086	8,0	151	K20	Kuyu	30.5714848	36.9303324	7,2	988
K8	Kuyu	30.7135158	37.1021586	7,7	183	K21	Kuyu	30.6044521	36.9026793	7,3	742
D9	Düden	30.6342823	37.1108597	8,4	500	K22	Kuyu	30.6240852	36.9878842	7,6	907
D10	Düden	30.646121	36.871595	7,0	842	K23	Kuyu	30.5868558	36.9655108	7,2	835
D11	Düden	30.8128044	37.0217407	7,2	652	K24	Kuyu	30.7362277	36.8689820	7,3	918
K12	Kuyu	30.7410389	37.0460947	7,5	566	K25	Kuyu	30.885427	36.921097	7,6	866
K13	Kuyu	30.7150497	37.0614599	7,1	668						

Suların majör katyon (Na, K, Ca, Mg) ve majör anyon (Cl^- , HCO_3^- , CO_3 , SO_4^{2-}) ve B elementlerinin sonuçları çizelge haline sunulmuştur (Çizelge 4.3).

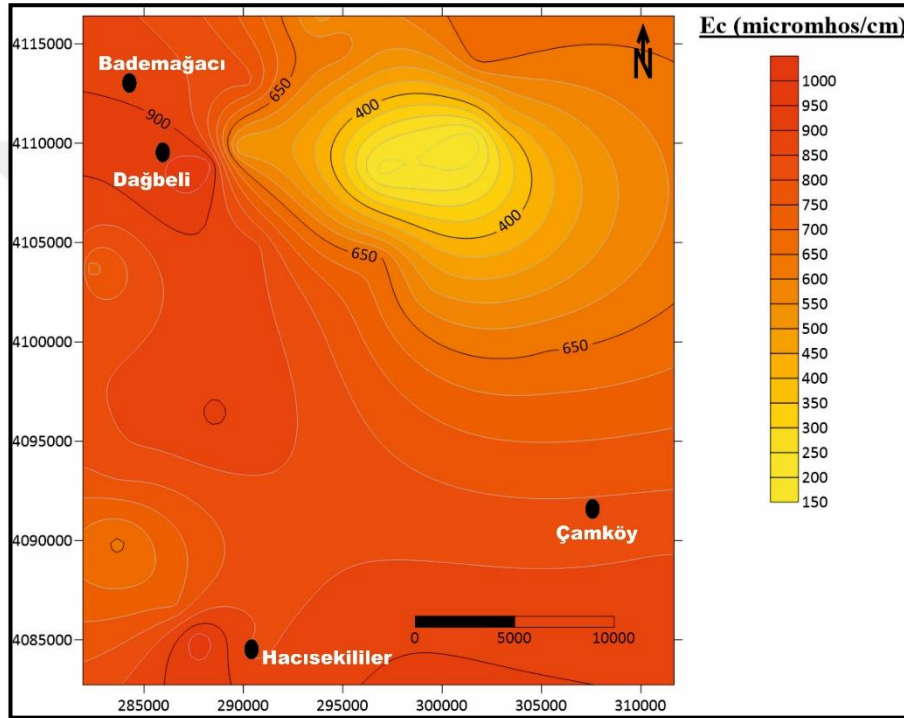
Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki su numunelerinin mek/l cinsinden analiz sonuçları

No	Tipi	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	B
K1	Şahıs Kuyusu	0,58	0,01	5,20	2,04	2,78	5,43	-	-	0,04
D2	Doğal Düden	0,57	0,08	7,03	1,93	1,85	7,64	-	0,11	0,11
D3	Doğal Düden	0,68	0,08	7,27	2,00	2,15	5,97	-	1,91	0,17
D4	Doğal Kaynak	0,63	0,11	4,72	1,20	2,61	3,50	-	0,55	0,04
C5	Doğal Kaynak	0,35	0,04	5,49	0,89	1,99	5,28	-	-	0,03
K6	Şahıs Kuyusu	0,31	0,04	4,65	0,23	2,32	3,59	-	-	0,03
D7	Doğal Düden	0,13	0,05	1,44	0,12	2,21	1,47	-	-	0,03
K8	Şahıs Kuyusu	0,17	0,09	1,50	0,09	2,07	1,30	-	-	0,02
D9	Doğal Düden	0,72	0,04	2,72	1,60	2,08	3,04	-	-	0,04
D10	Doğal Kaynak	1,14	0,08	5,79	1,32	2,33	5,42	-	0,58	0,11
D11	Doğal Kaynak	0,30	0,05	5,77	0,23	1,64	3,45	-	1,25	0,03
K12	Şahıs Kuyusu	0,41	0,03	4,51	0,15	1,94	2,21	-	0,94	0,02
K13	Şahıs Kuyusu	0,26	0,02	6,20	0,19	1,54	4,66	-	0,47	0,01
K14	Şahıs Kuyusu	0,55	0,002	7,64	0,40	2,15	4,41	-	2,05	0,02
C15	Doğal Kaynak	0,66	0,02	7,82	0,65	1,81	5,10	-	2,25	0,06
C16	Doğal Kaynak	0,66	0,04	5,73	0,46	2,23	4,66	-	-	0,06
D17	Doğal Kaynak	0,63	0,07	3,67	2,16	1,82	4,73	-	-	0,12
K18	Şahıs Kuyusu	0,33	0,02	6,51	0,24	0,62	5,24	-	1,24	0,02
K19	Şahıs Kuyusu	0,20	0,01	3,63	0,41	0,38	2,65	-	1,23	0,01
K20	Şahıs Kuyusu	0,73	0,10	5,03	2,55	0,75	5,87	-	1,79	0,13
K21	Şahıs Kuyusu	0,75	0,07	4,88	2,37	0,92	5,30	-	-	0,11
K22	Şahıs Kuyusu	0,96	0,17	5,89	2,23	0,90	6,27	-	2,08	0,15
K23	Şahıs Kuyusu	0,72	0,08	6,27	1,70	0,97	5,27	-	2,54	0,12
K24	Şahıs Kuyusu	1,26	0,13	5,74	1,86	1,11	4,24	-	3,65	0,13
K25	Şahıs Kuyusu	2,70	0,18	2,30	1,89	1,85	4,24	-	0,98	0,17

4.3.1.1. Elektriksel iletkenlik (EC)

İçme ve sulama suyu sınıflandırmasında kullanılan önemli parametrelerden biridir. 25 °C sıcaklığa sahip 1 cm³ suyun iletkenliği özgül elektriksel iletkenlik olarak tanımlanmaktadır. Bu iletkenlik sıcaklığa, derişime ve iyon cinsine bağı olarak değişebilmektedir. Saf suların iletkenlik değeri 0,5-5 µmho/cm arasında iken, içme sularının 30-2000 µmho/cm arasında değişir. Numune sonuçlarına göre elektriksel iletkenlik değeri 151-988 µmho/cm olarak değişiklik göstermektedir.

Çalışma alanında elde edilen numunelerin özgül elektriksel iletkenlik değeri tablo haline getirilmiş ve tematik haritası yapılmıştır (Şekil 4.30).



Şekil 4.29. Çalışma alanına ait Elektriksel iletkenlik (EC) yoğunluk haritası

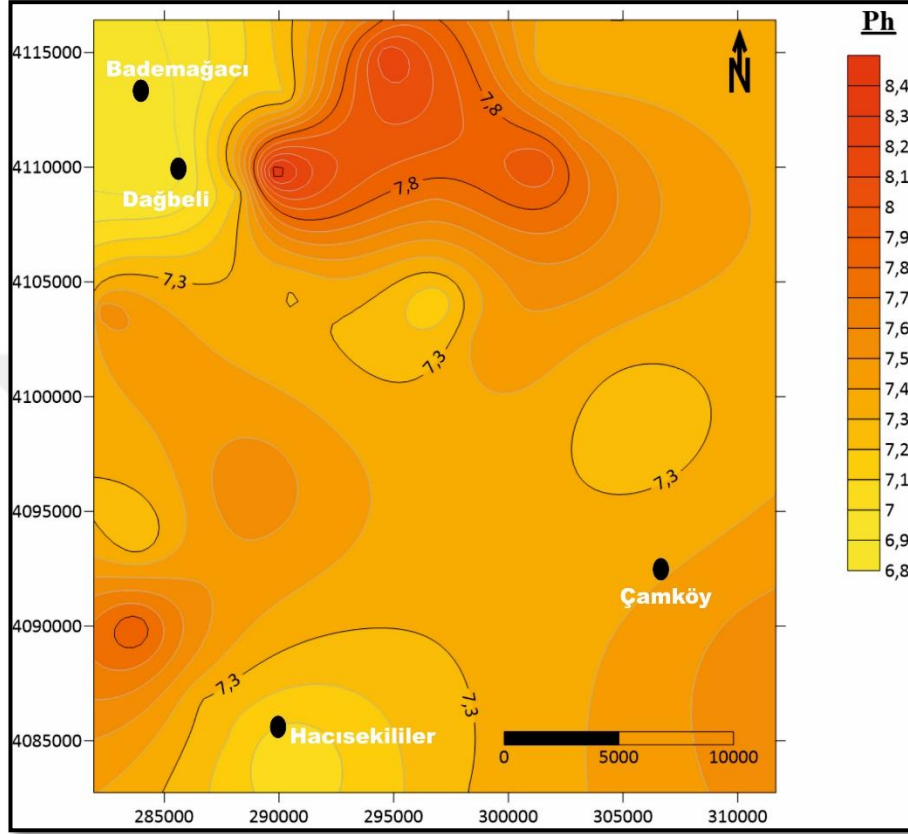
4.3.1.2. Hidrojen iyon konsantrasyonu (pH)

Hidrojen iyon konsantrasyonu (pH) bir çözeltinin asit ve veya bazik derecesini belirleyen bir ölçü birimidir. pH değeri hidrojen iyon H⁺ ile hidroksit OH⁻ derişiminin oranına bağlıdır ve H⁺ > OH⁻ ise pH asidik değeri, H⁺ < OH⁻ ise pH bazik değeri gösterir. Eğer H⁺ = OH⁻ ise Ph = 0 yani nötrdür. Su içerisinde eriyik halde bulunan karbondioksit oranı yüksek oranda ise asidik, bikarbonat ve karbonatlar veya alkali tuz oranı fazla ise bazik değeri gösterir.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından 2005 yılında kabul edilmiş TS-266 numaralı standardına göre insani tüketim amaçlı içme suyunda olması gereken pH değeri 6,5-9,5 olması gerekmektedir. Avrupa Birliği (EC), 1998 yılında belirlemiş olduğu standartlara bu değer aynı şekilde 6,5-9,5 arasındadır. Dünya Sağlık Örgütü

(WHO) 1999 yılında belirlemiş olduğu standartlara göre de değer değişmeyerek 6,5-9,5 arasındadır.

Fiziksel su analiz sonuçlarına göre su örnekleri içerisinde bulunan pH değerleri 6,8-8,4 arasında değişmektedir (Şekil 4.31).



Şekil 4.30. Çalışma alanına ait suların pH derecesi yoğunluk haritası

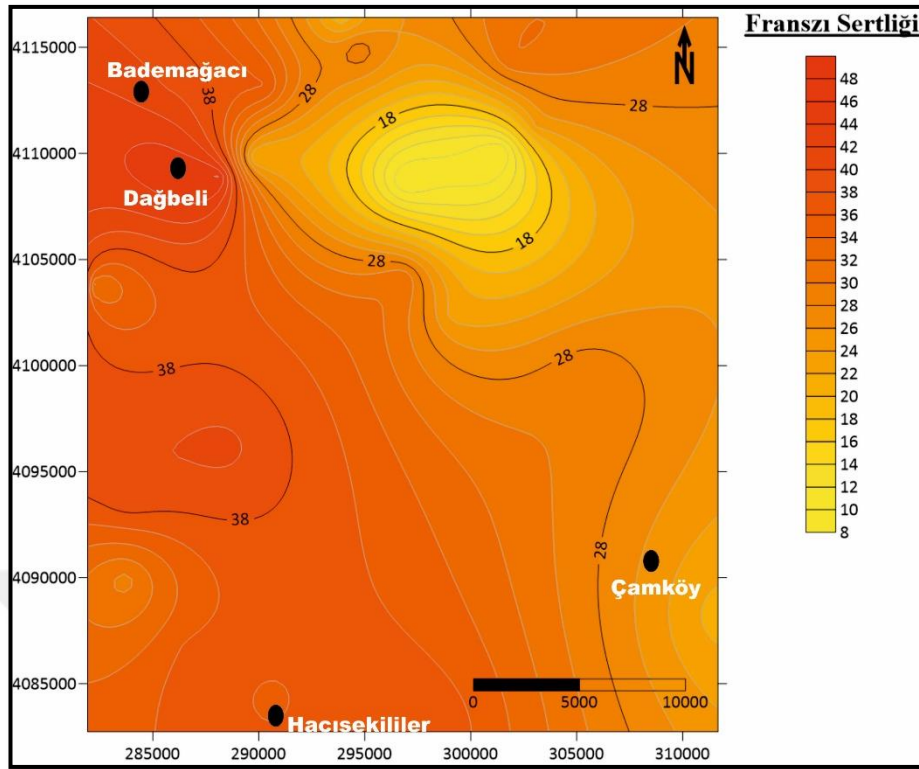
4.3.1.3. Sertlik

Su içerisinde çözülmüş olarak bulunan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarından gelen derişim suyun sertliğini belirlemektedir. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonat ile oluşan tuzlar $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ve $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ “geçici sertlik” olarak bilinen sertliği meydana getirirler. Kalsiyum ve magnezyum’ un fosfat, klorür, nitrat, silikat, sülfat ile oluşan tuzlar “kalıcı sertlik” olarak tanımlanmaktadır. Fransız Sertliği (r) litrede 10 mg kalsiyum karbonat içeren suyun sertliği olarak tanımlanmaktadır. Sertlik derecesi 0-14,5 arasında olanlar “yumuşak”, 14,5-32,5 arasında olanlar “orta sert”, 32,5-54 arasında olanlar “sert”, 54’ den yüksek olanlar ise “çok sert” sular olarak sınıflandırılmaktadır. Çalışma alanına ait veriler Çizelge 4.5’ de sunulmuştur. Benzer şekilde, bu verilerden türetilen yoğunluk haritası da Şekil 4.32’de verilmiştir.) Sertlik hesaplaması için kullanılan denklem ise (mek/l) cinsinden;

$$\text{Fransız Sertliği} = 5 \times (r \text{ Ca}^{+2} + r \text{ Mg}^{+2}) \quad (4.6)$$

Çizelge 4.4. Numunelerin Fransız sertliğine göre hesaplamaları

No	Tipi	r	No	Tipi	r
K1	Şahıs Kuyusu	36,2	K1 4	Şahıs Kuyusu	40, 2
D2	Doğal Düden	44,8	C1 5	Doğal Kaynak	42, 4
D3	Doğal Düden	46,4	C1 6	Doğal Kaynak	30, 1
D4	Doğal Kaynak	29,6	D1 7	Doğal Kaynak	29, 2
C5	Doğal Kaynak	31,9	K1 8	Şahıs Kuyusu	33, 8
K6	Şahıs Kuyusu	24,4	K1 9	Şahıs Kuyusu	20, 2
D7	Doğal Düden	7,8	K2 0	Şahıs Kuyusu	37, 9
K8	Şahıs Kuyusu	7,95	K2 1	Şahıs Kuyusu	36, 3
D9	Doğal Düden	21,65	K2 2	Şahıs Kuyusu	40, 6
D10	Doğal Kaynak	35,6	K2 3	Şahıs Kuyusu	39, 9
D11	Doğal Kaynak	30	K2 4	Şahıs Kuyusu	38
K12	Şahıs Kuyusu	23,3	K2 5	Şahıs Kuyusu	21
K13	Şahıs Kuyusu	31,95			



Şekil 4.31. Çalışma alanına ait suların Fransız sertlik yoğunluğu haritası

4.3.1.4. Toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS)

TDS (Toplam Çözünmüş Madde) içeriği buharlaşma sonrası kalıntı olarak bulunur veya iyon konsantrasyonları toplanarak elde edilir. Suların toplam çözünmüş madde miktarına göre sınıflandırması 0-1000 mg/l arası için “tatlı su”, 1000-10.000 mg/l arası “hafif tuzlu su”, 10.000-100.000 mg/l arası için ise “tuzlu su”, 100.000 mg/l ve üstü ise “salamura su” şeklinde sınıflandıran bu yöntemle göre majör iyonlar baz alınarak hesaplanmaları yapılmıştır. Suda bulunan minerallerin ve iyonların zenginliğini belirten parametredir. Su içerisinde TDS oranı ne kadar yüksek ise o kadar yabancı madde varlığı söz konusudur; bu yüzden çok düşük veya çok yüksek olması istenmez. Düşük miktarda olması suyun korozyon etkisini arttırmakla beraber, yüksek miktarda olması ise suyun geçtiği yerde birikim oluşmasına neden olmaktadır.

Çalışma alanından temin edilen su örneklerinin verileri Çizelge 4.5’ de ve Şekil 4.33’ de sunulmuştur.

TDS hesaplanmasında kullanılan denklemler ise;

$$\text{TDS} = \text{EC} \times 0.5 \text{ (Saf su için)} \quad (4.8)$$

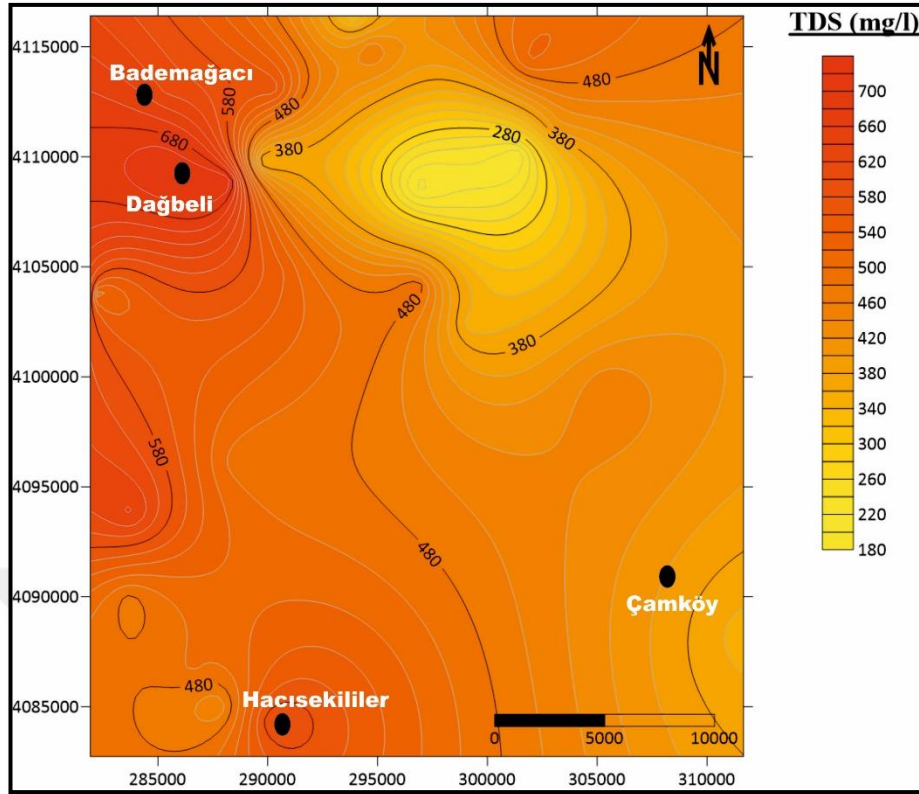
$$\text{TDS} = \text{EC} \times 0.68 \text{ (EC < 1000)} \quad (4.9)$$

$$\text{TDS} = \text{EC} \times 0.75 \text{ (1000 < EC < 4000)} \quad (4.10)$$

$$\text{TDS} = \text{EC} \times 0.82 \text{ (4000 < EC < 10000)} \quad (4.11)$$

Çizelge 4.5. Numunelerin Toplam katı madde miktarına sertliğine hesaplamaları

No	Tipi	TDS (mg/l)	No	Tipi	TDS (mg/l)
K1	Şahıs Kuyusu	554,2	K14	Şahıs Kuyusu	598,4
D2	Doğal Düden	625,6	C15	Doğal Kaynak	607,2
D3	Doğal Düden	672,5	C16	Doğal Kaynak	484,8
D4	Doğal Kaynak	435,2	D17	Doğal Kaynak	433,8
C5	Doğal Kaynak	464,4	K18	Şahıs Kuyusu	586,8
K6	Şahıs Kuyusu	314,2	K19	Şahıs Kuyusu	357,7
D7	Doğal Düden	102,7	K20	Şahıs Kuyusu	671,8
K8	Şahıs Kuyusu	124,4	K21	Şahıs Kuyusu	504,6
D9	Doğal Düden	340	K22	Şahıs Kuyusu	616,8
D10	Doğal Kaynak	572,6	K23	Şahıs Kuyusu	567,8
D11	Doğal Kaynak	443,4	K24	Şahıs Kuyusu	624,2
K12	Şahıs Kuyusu	384,9	K25	Şahıs Kuyusu	588,9
K13	Şahıs Kuyusu	454,2			



Şekil 4.32. Çalışma alanına ait TDS yoğunluk haritası

4.3.2. Suların kimyasal özellikleri

Bölgede yapılan araştırma sonucu suların içilebilirlik ve sulama açısından kullanımının değerlendirilmesi için majör anyon ve katyon analizleri dışında ağır metal analizleri de yapılmıştır.

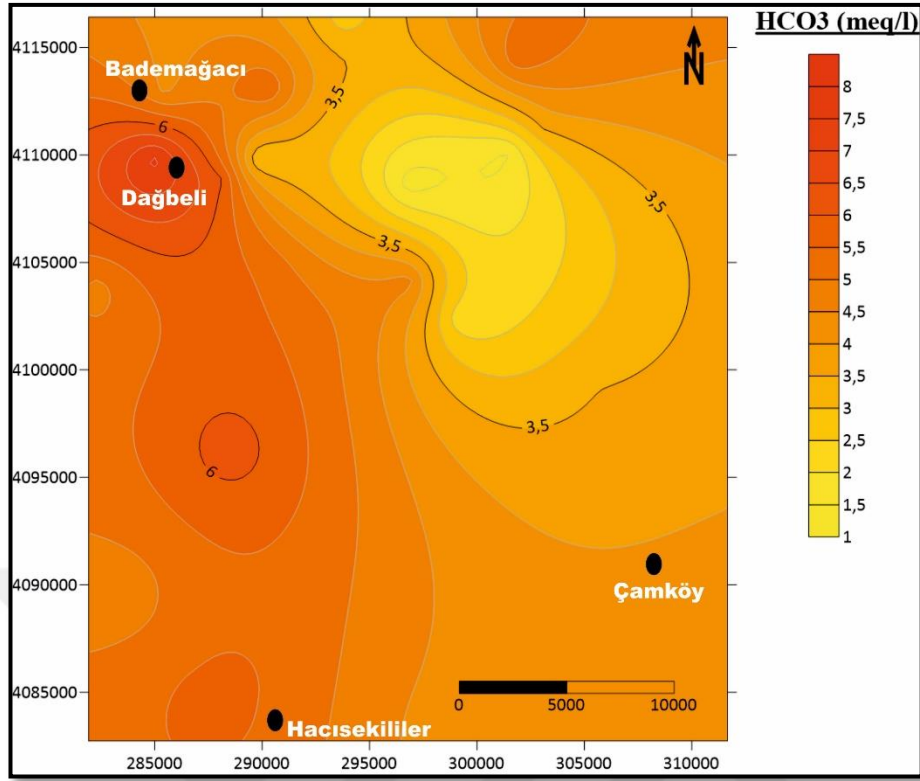
4.3.2.1. Majör anyonlar

Su numunelerinde yer alan iyonlar majör anyon ve katyon olarak iki farklı grupta incelenmiştir. Başlıca anyonlar Bikarbonat ve Karbonat (HCO_3^- ve CO_3^{2-}), Klorür (Cl^-), Sülfat (SO_4^{2-}) olarak ele alınmıştır.

Bikarbonat ve karbonat (HCO_3^- ve CO_3^{2-})

Yeraltısularında bulunan bikarbonat ve hidrokarbonat iyonlarının çok büyük bir kısmı toprak ve atmosferde bulunan CO_3^{2-} içerisinden ve karbonat kayaların erimesiyle meydana gelmektedir. Bikarbonatlar ise sulama suları için faydalı olmakla beraber fazlası toprak içinde kireç oluşumuna neden olmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

Çalışma alanındaki analizler sonucunda elde edilen bikarbonat (HCO_3^-) yoğunluk haritası Şekil 4.34’ de sunulmuştur.

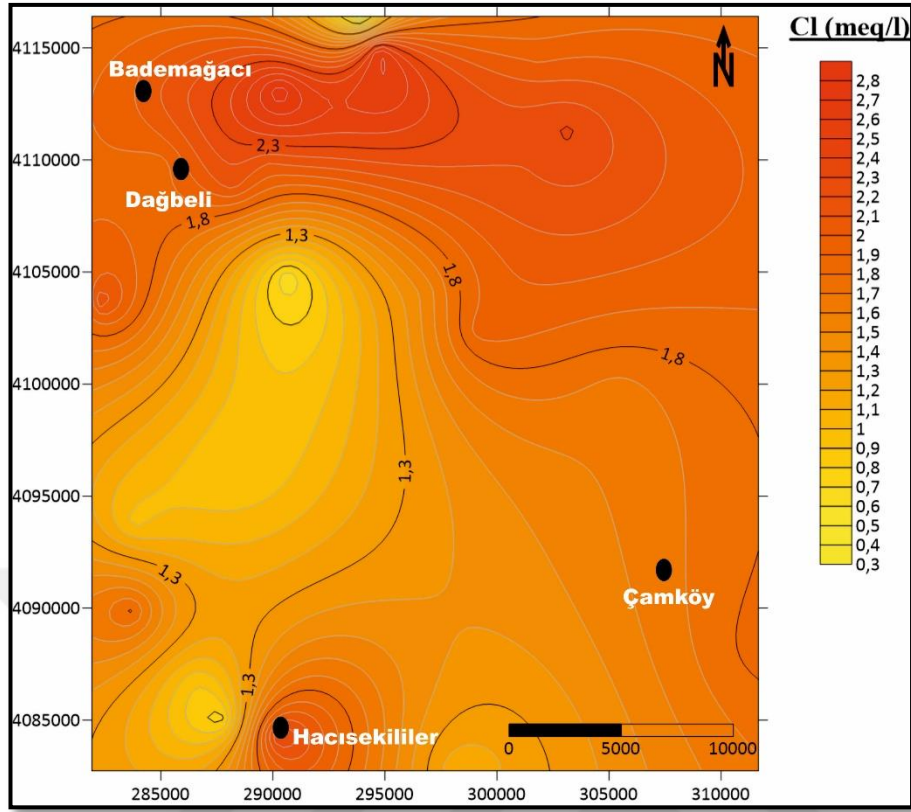


Şekil 4.33. Çalışma alanındaki Bikarbonat (HCO_3^-) yoğunluk haritası

Klorür (Cl^-)

Sularda bulunan klorür (Cl^-) oranının yeraltısularındaki fazlalığı endüstriyel, tarımsal veya evsel kirlilikten kaynaklanabildiğini göstermektedir. Eksi yüklü bir iyon olması sebebi ile kolloidler tarafından tutulması mümkün olmamaktadır. Doğal sulara kayalardan taşınan Cl^- önemli değildir ancak yeraltısularına deniz suyu girişi olup olmadığını kontrol etmek için Cl^- miktarına bakılmaktadır (Şahinci, 1991).

Çalışma alanında bulunan su örnekleri içerisinde klorür iyonu miktarı 0,38-2,78 meq/l arasında değişmektedir. Sonuçlara göre klorür miktarı sınır değeri olan 250 mg/l altında yer almaktadır (Şekil 4.35).

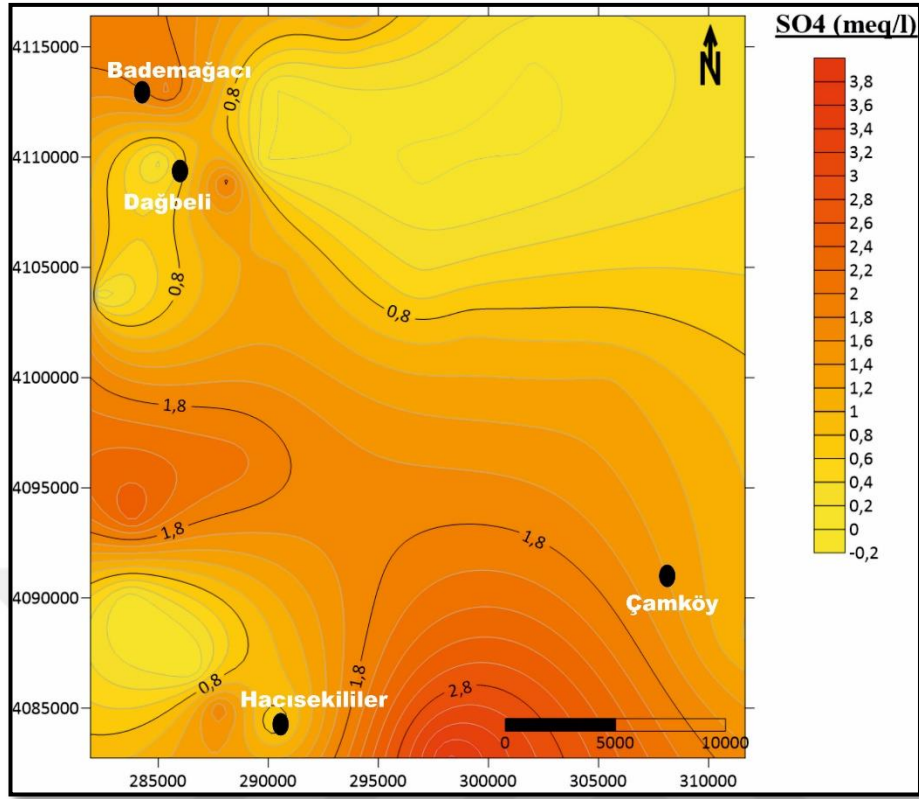


Şekil 4.34. Çalışma alanındaki Klorür (Cl) yoğunluk haritası

Sülfat (SO_4^{-2})

Sülfat iyonlarının (SO_4^{-2}) yeraltısularında yer almasının nedeni volkan, pirit minerali ile oksitlenmesi, atmosferde yer alan H_2S ile oksitleşmesi, deniz suyunun buharlaşması ile olabileceği gibi kimyasal, yapay gübre, endüstriyel atık ve evsel kirleticiler olabilmektedir.

Çalışma alanı içerisinde yer alan su örnekleri sonuçlarına göre sülfat değerleri 0,11-3,65 meq/l arasında değişmektedir (Şekil 4.36). Bu değerlere göre Dünya Sağlık Örgütü'nün 2006 yılında ve Türk içme suyu standartlarının 2005 yılında belirlemiş olduğu sınır değer olan 250 mg/l altında yer almaktadır.



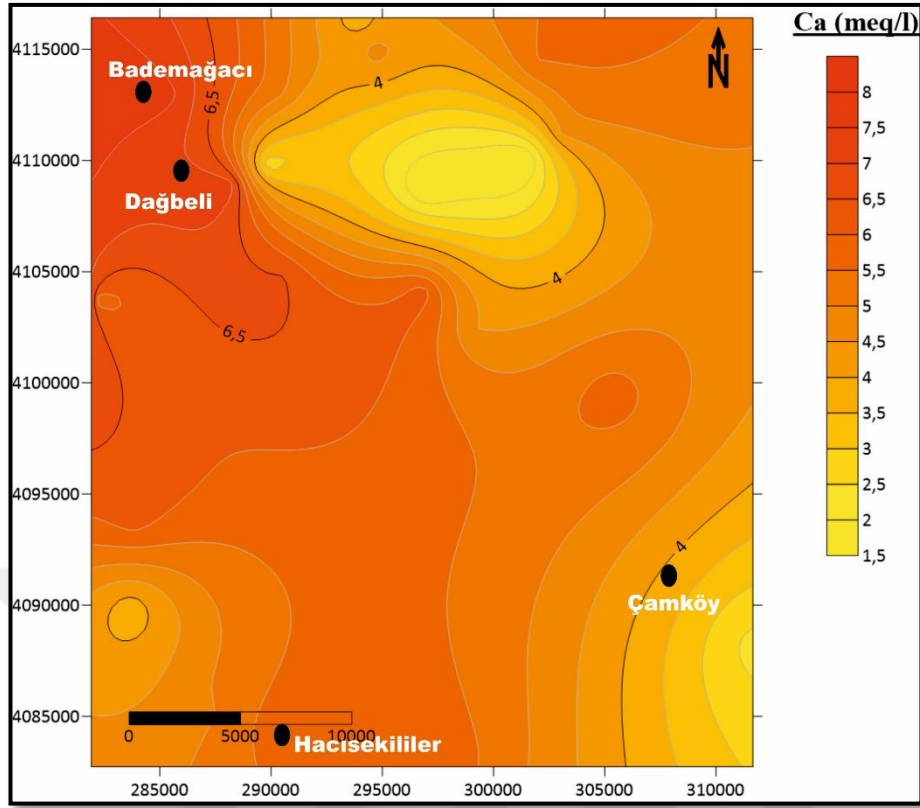
Şekil 4.35. Çalışma alanındaki Sülfat (SO_4^{2-}) yoğunluk haritası

4.3.2.2. Major katyonlar

Kalsiyum (Ca^{+2})

Kalsiyum, yer kabuğunda O, Si, Al ve Fe elementlerinden sonra 5. sırada, tatlısularda 3. sırada yer almaktadır (Şahinci, 1991). Kalsiyum yeraltısularına anhidrit, aragonit, dolomit, florit gibi silikat olmayan mineraller ile karışabilmektedir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Sularda sertlik veren en önemli iyon arasında yer almaktadır.

Çalışma alanındaki sular içerisinde kalsiyum oranları 1,44-7,82 aralığında olduğu belirlenmiştir ve sonuçlara göre Türk İçme Suyu standartlarına göre 75-200 mg/l beklenirken, değerlerin sınıra ulaşmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.37).

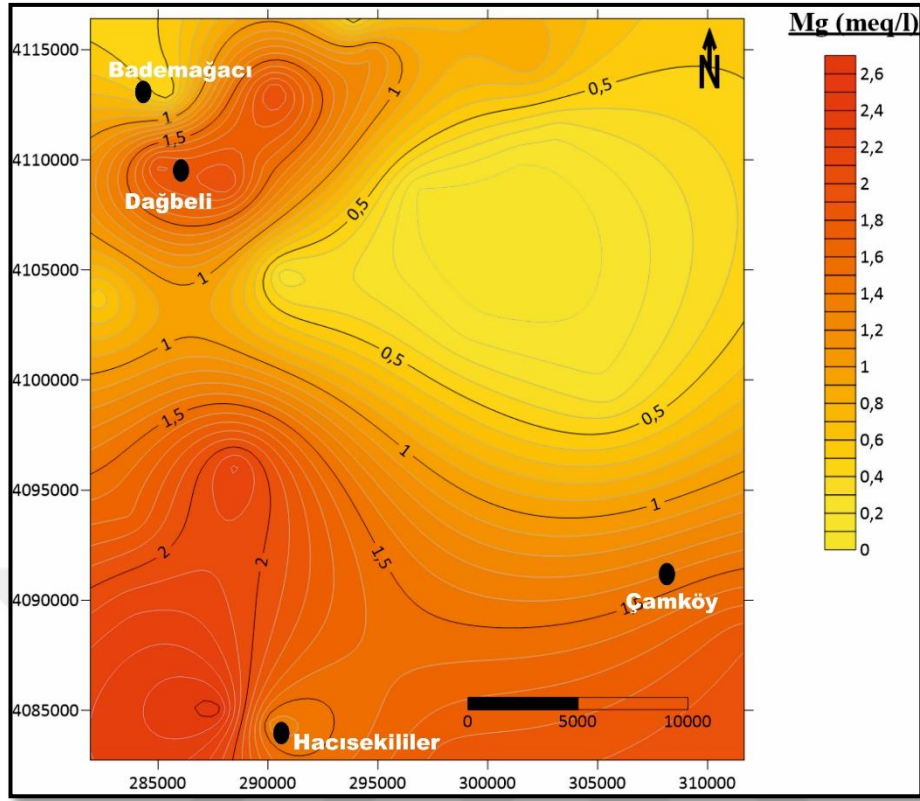


Şekil 4.36. Çalışma alanındaki Kalsiyum (Ca^{+2}) yoğunluk haritası

Magnezyum (Mg^{+2})

Magnezyum yer kabuğunda yer alan elementler sırasında ve tatlı sular içerisinde yer alan sıralamada en fazla bulunan elementler içerisinde 8. sıradadır. Doğal sular içerisinde dolomit, evaporit, magmatik ve metamorfik kayalarda yer alan mineraller içindedir ve su sertliğine etkisi oldukça fazladır (Şahinci, 1991).

Çalışma alanındaki su analizlerine göre Mg^{+2} miktarı 0,09-2,55 mek/l arasında değişmekte olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.38).

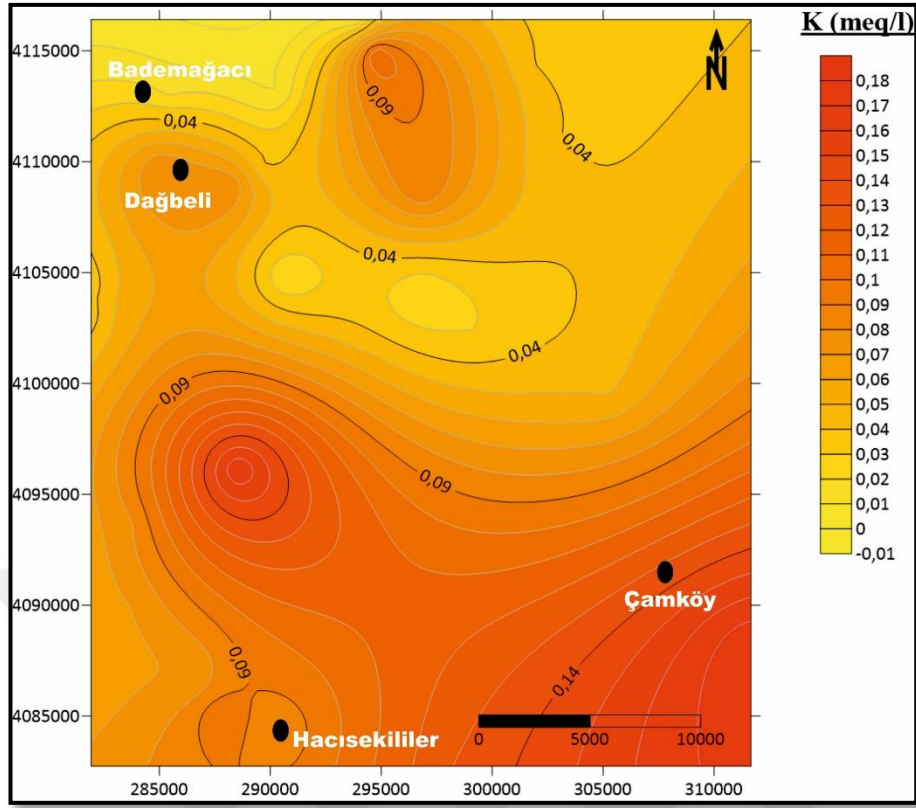


Şekil 4.37. Çalışma alanındaki Magnezyum (Mg^{+2}) yoğunluk haritası

Potasyum (K^{+})

Potasyum, yer kabuğunda yüksek oranda ve ağırlıklı olarak tortul kayalarda bulunan elementlerden biridir ve kökeni feldispat, feldispatoyid, mika ve kil kaynaklıdır. Doğal sular içerisindeki miktarı 20 mg/l civarındadır ve genelde sodyum ile yer alan nemli ve kurak ortamlarda asidik yıkanma ile üst seviyelere hareket etmektedir (Şahinci, 1991).

Su numuneleri sonuçlarına göre çalışma alanında yer alan K^{+} iyon miktarları 0,01-0,18 aralığında değişmektedir (Şekil 4.39).

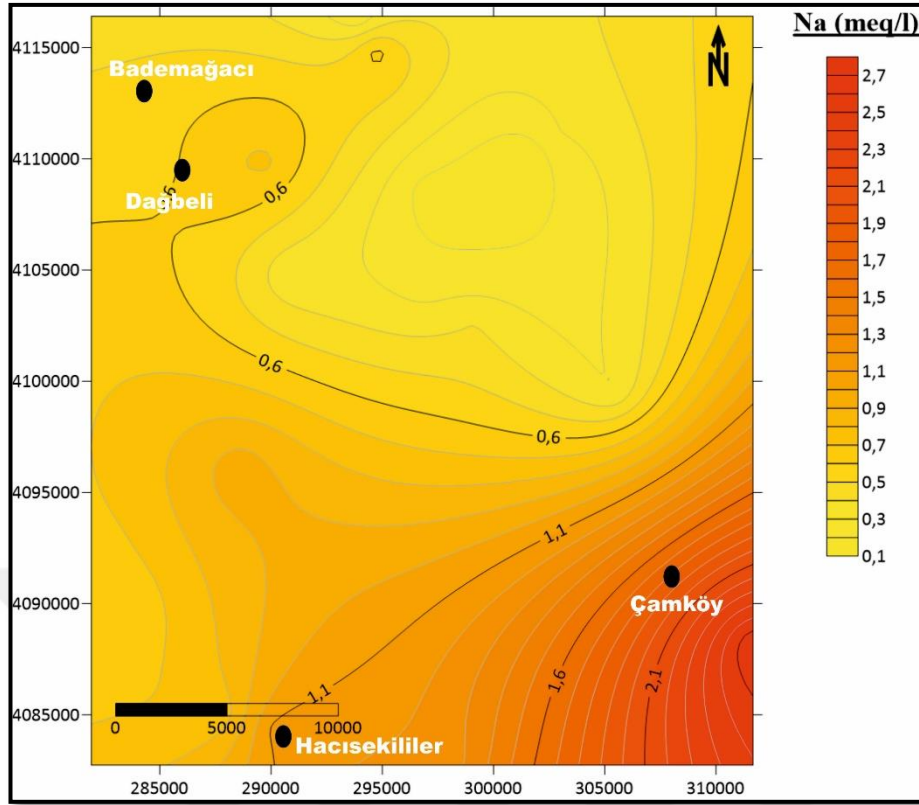


Şekil 4.38. Çalışma alanındaki Potasyum (K) yoğunluk haritası

Sodyum (Na^+)

Yerkabuğunda en yüksek miktarda bulunan elementlerden birisi sodyum elementidir. Yeraltıları içerisinde doğal olarak evaporitler, kil mineralleri, magmatik kayalardan kaynaklı olmakla beraber tarımsal, evsel, endüstriyel kirletici kaynaklı olabilmektedir. Deniz suyu girişi olan yerlerde de yüksek oranlarda bulunabilmektedir. Yüksek oranda sodyum tarımsal kökenli topraklarda tuzluluk açısından bitkiler için zararlı olabilmektedir.

Su örneklerinin analiz sonuçlarına göre sodyum oranları 0,13-2,70 mek/l arasında değişmektedir (Şekil 4.40).

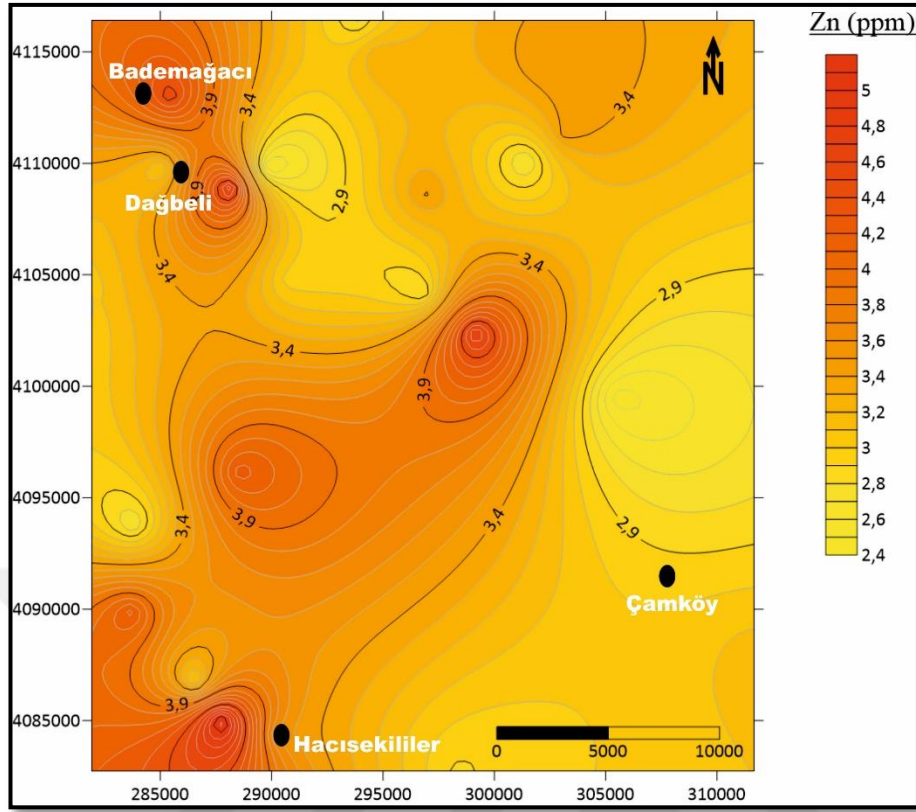


Şekil 4.39. Çalışma alanındaki Sodyum (Na^+) yoğunluk haritası

4.3.3. İnorganik kirlenme parametreleri

4.3.3.1. Çinko (Zn)

Çinko özellikle magmatik kökenli kayalarda 70 mg/l civarında bulunur. Bazik ve ultrabazik kayalarda bu oran daha yüksek seviyelerdedir. Özellikle bazalt ve gabro kayalarında magnetitlerde, granitik kayalarda ise biyotitlerde bulunur. Çinko, kimyasal bozunum özelliği ve çözünürlüğünün düşük olmasından dolayı doğal sularda çok az bulunur (Şahinci 1991). Türk İçme Suyu standartları (TSE-266, 2005) tarafından maksimum limit 5 mg/l olarak belirlenmiştir. Yerüstü ve yeraltısularındaki çinko oranı normalde 0,01-0,05 mg/l arasındadır (Gray, 2005). Çalışma sonuçlarına göre çinko oranı 2,45-5,11 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 4.41).

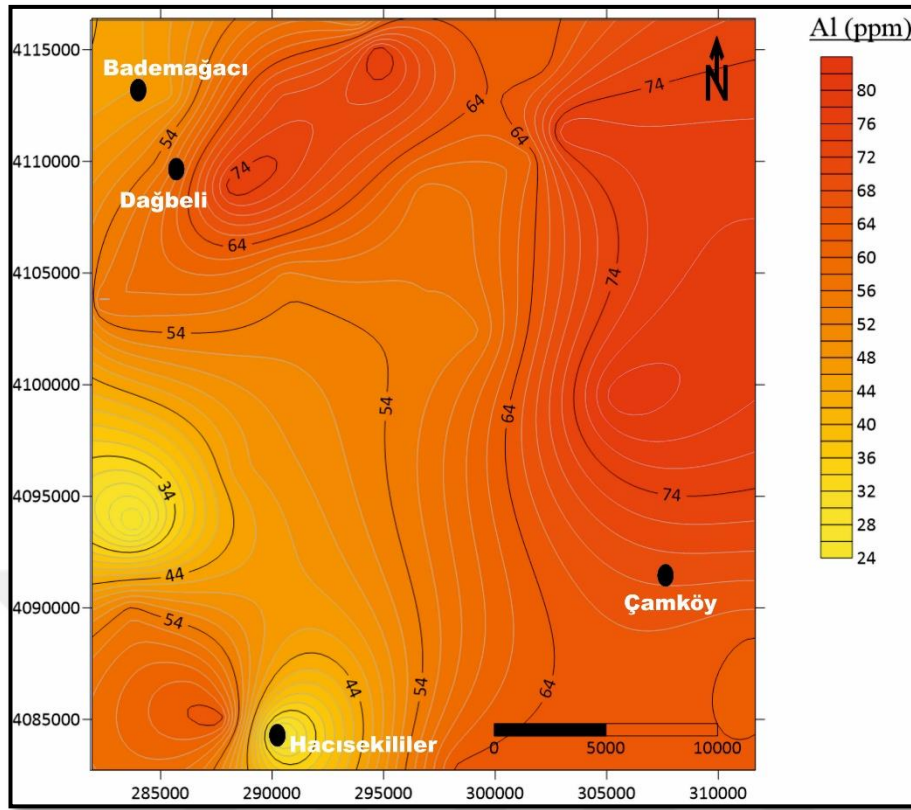


Şekil 4.40. Çalışma alanındaki Çinko (Zn) yoğunluk haritası

4.3.3.2. Alüminyum (Al)

Yerkabuğunda bulunma yüzdesi 8,6 ile yüksek seviyede olan alüminyum, düşük çözünürlük ve doğal süzülmeden dolayı yeraltısularında ancak 0,005-0,03 mg/l oranında yer almaktadır. pH oranı 5-9 olan sularda alüminyum oranı genelde 1 mg/l' den daha az seviyede yani düşük oranda olmasına karşın asidik sularda ise bu oran 100 mg/l kadar bulunabilmektedir. Türk İçme Suyu Standartları (TSE-266, 2005) gereği üst limit 0,2 mg/l iken Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) limitine göre ise 0,9 mg/l olarak kabul edilmiştir.

Çalışma kapsamında yer alan su numunelerinin alüminyum değerleri 23,4-81,5 mg/l arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre değerler üst limitler üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.42).

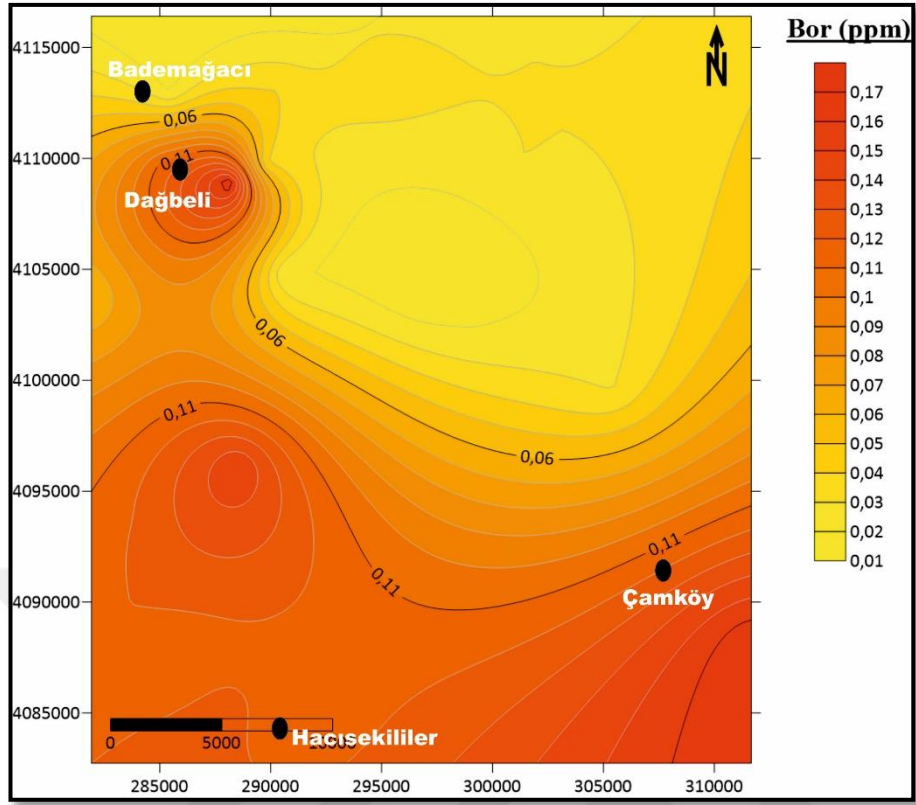


Şekil 4.41. Çalışma alanındaki Alüminyum (Al) yoğunluk haritası

4.3.3.3. Bor (B)

Bor, yer kabuğunda borat ve borosilikat içeren kayalar aracılığı ile topraktan süzülerek yeraltı sularına karışabilmektedirler. Özellikle kernit, üleksit, boraks ve kolemanit gibi metamorfik ve magmatik kökenli kayalardan kaynaklanmaktadır. Bor teknoloji, cam, sabun, deterjan, ilaç, yapay gübre ve pestisit gibi ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Türkiye dünya bor rezervlerinin %63 oranında bir paya sahiptir. Yeraltı sularının dışında, borat oranının yüksek olduğu yerler atıksu deşarjı kaynaklı, ev temizlik ürünlerinden meydana gelmektedir (Oğuz, 2015). Bor sulama sularının kirlenmelerinden en önemlisidir ve yüksek oranlarda ihtiva etmesi bitkiler için yok edici etkisi olabilmektedir.

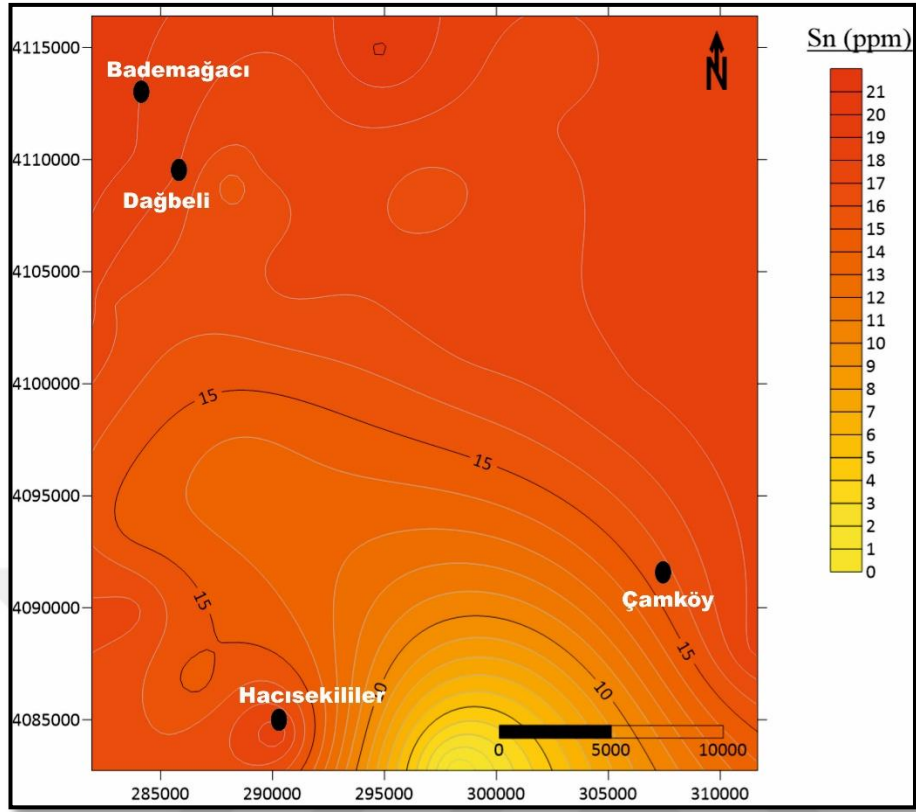
Türk İçme Suyu Standartları (TSE-266, 2005) gereği üst limit 1 mg/l iken Dünya sağlık örgütü (WHO, 2011) tarafından bu limit 2 mg/l olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde yer alan su örneklerindeki bor oranları 0,01-0,17 mg/l aralığında değişmektedir ve sonuçlara bakıldığında tüm değerler limit altında kalmakta yani risk teşkil etmemektedir (Şekil 4.43).



Şekil 4.42. Çalışma alanındaki Bor (B) yoğunluk haritası

4.3.3.4. Kalay (Sn)

Kalay insanoğlunun çok uzun zamandan beri kullandığı bir elementtir. Kalay kaplamacılık, otomotiv endüstrisi, elektronik sanayi, kimya ve kozmetik sanayisinde kullanılmaktadır. Su örneklerinin analiz sonuçlarının değerleri 14,4-20,2 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 4.44).

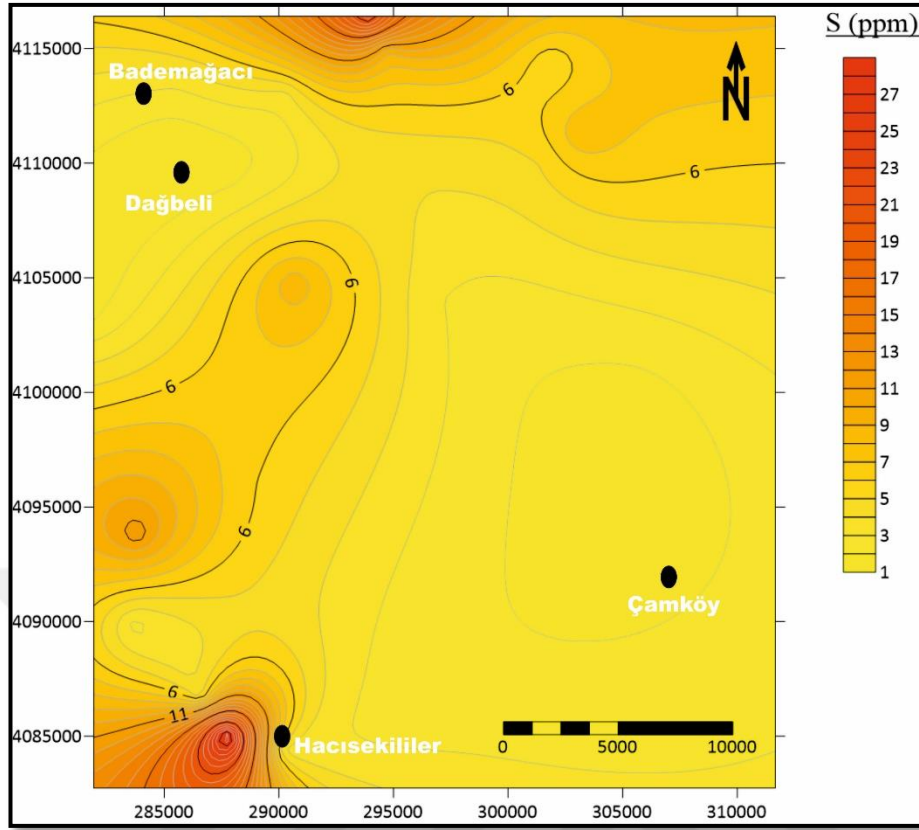


Şekil 4.43. Çalışma alanındaki Kalay (Sn) yoğunluk haritası

4.3.3.5. Kükürt (S)

Kükürt ile suyun teması sonucu sülfür içerikli mineraller oksitlenme sebebi ile sülfat iyonları haline geçerek suya karışmaktadırlar. Sülfat iyonları jips ve anhidritin çözünmesinden, volkanik aktivitelerden, pirit oksitlenmesinden ve deniz sularında gerçekleşen buharlaşma nedeni ile doğal sebeplerle sulara karışabilmektedir. Bunlar dışında tarımda kullanılan yapay gübre, evsel atık ve endüstriyel kökenli kirleticilerden dolayı toprak ve suya karışabilmektedir (Şahinci, 1991).

Su örneklerinin analiz sonuçlarına göre kükürt değerleri 1,11-28,7 mg/l arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 4.45).

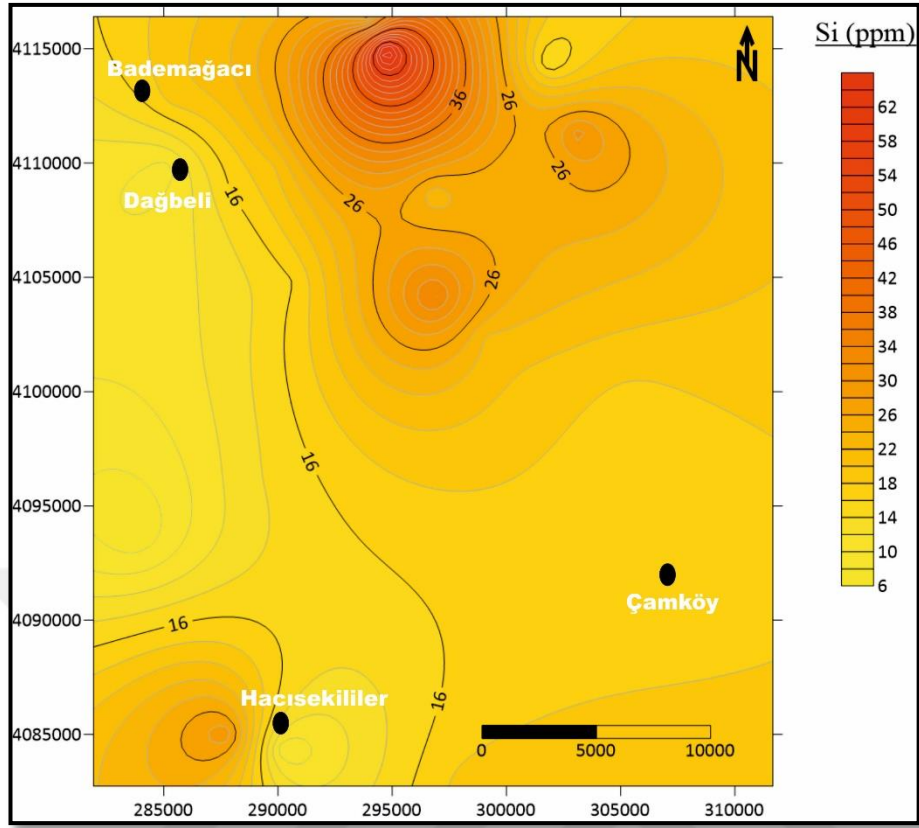


Şekil 4.44. Çalışma alanındaki Kükürt (S) yoğunluk haritası

4.3.3.6. Silisyum (Si)

Silisyum, yer kabuğunda oksijen elementinden sonra en fazla oranda bulunan elementtir. Silisyum, silikat mineralleri olan kum ve kuvars ayrıca volkanik kökenli kayalarda silikat olarak bulunmaktadır. Jeotermal sularda akiferin hazne sıcaklığının belirlenmesi açısından en önemli majör element olan silisyum, doğal yollarla silikat içerikli kayaların aşınması sonucu suya karışan silisyumun içme suyu içerisinde herhangi bir limiti bulunmamaktadır. Doğal sular içerisinde minimum 10 mg/l oranında, volkanik sular içerisinde ise bu rakam 100 mg/l bulunabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Çalışma alanından alınmış su örneklerinin analiz sonuçlarına göre silisyum değerleri 6,15-65,1 mg/l arasındadır (Şekil 4.46).



Şekil 4.45. Çalışma alanındaki Silisyum (Si) yoğunluk haritası

4.3.4. Suların içme ve sulama suyu olarak kullanım özellikleri

4.3.4.1. Sodyum yüzdesi (%Na)

Evapotranspirasyon sürecinde bitkinin kök kısmında tuzların konsantre olması nedeni ile katyon değişimi oldukça güçleştirir. Bütün topraklar ince kil ve kolloidler üzerinde bu katyonları tutabilme kapasitesine sahiptir. Toprağın tutabildiği katyon değiştirme kapasitesinin yüzde olarak belirlenen bu absorbe edilmiş oran sodyum yüzdesi olarak adlandırılmaktadır. Scofield (1933) ve Eaton (1942) sodyum oranının %70 ve daha fazla olan suların sulamada kullanımının uygun olmadığını belirtmişlerdir (Çizelge 4.6). Sodyum iyon yüzdesi aşağıdaki bağıntı aracılığıyla hesaplanmaktadır;

$$\%Na = \frac{(rNa+rK)}{(rNa+rK+rCa+rMg)} \times 100 \quad r = \text{mek/l} \quad (4.12)$$

Su örneklerinin analizinden elde edilen sonuçlara göre örneklerin çoğunluğu %Na oranına göre “mükemmel su” sınıfında, K25 örneği ise “iyi su” sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.6. Numunelerin % Na değerlerine göre hesaplamaları

No	Tipi	Na (%)	No	Tipi	Na (%)
K1	Şahıs Kuyusu	7,54	K14	Şahıs Kuyusu	6,62
D2	Doğal Düden	6,76	C15	Doğal Kaynak	7,43
D3	Doğal Düden	7,58	C16	Doğal Kaynak	10,16
D4	Doğal Kaynak	11,11	D17	Doğal Kaynak	10,72
C5	Doğal Kaynak	5,76	K18	Şahıs Kuyusu	4,93
K6	Şahıs Kuyusu	6,69	K19	Şahıs Kuyusu	4,94
D7	Doğal Düden	10,34	K20	Şahıs Kuyusu	9,87
K8	Şahıs Kuyusu	14,05	K21	Şahıs Kuyusu	10,16
D9	Doğal Düden	14,96	K22	Şahıs Kuyusu	12,22
D10	Doğal Kaynak	14,65	K23	Şahıs Kuyusu	9,12
D11	Doğal Kaynak	4,72	K24	Şahıs Kuyusu	15,46
K12	Şahıs Kuyusu	8,63	K25	Şahıs Kuyusu	40,73
K13	Şahıs Kuyusu	4,20			

Çizelge 4.7. Numunelerin % Na oranlarına göre sınıflaması

Su Sınıfı	%Na
Mükemmel	< 20
İyi	20-40
İzin verilebilir	40-60
Şüpheli	60-80
Uygun değil	>80

4.3.4.2. Sodyum absorpsiyon oranı (SAR)

Sodyum Absorpsiyon Oranı (SAR), suyun içerisindeki sodyum oranı üzerinden hesaplanan ve yeraltısularının tarımsal olarak uygun olup olmadığının belirlenmesini sağlayan bir parametredir. Sodyum miktarının fazla olması toprak üzerinde bir katman

yaratır ve bitkilerin sağlıklı olarak köklerinin hava almasına engel teşkil edebilmektedir. Aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır;

$$SAR = r \text{ NA} / [(r \text{ CA} + r \text{ Mg}) / 2]^{1/2} \quad (4.13)$$

Çizelge 4.8’de su örneklerinin analiz sonuçları görülebilmektedir.

Çizelge 4.8. Numunelerin Sodyum Absorbsiyon Oranına göre hesaplamaları

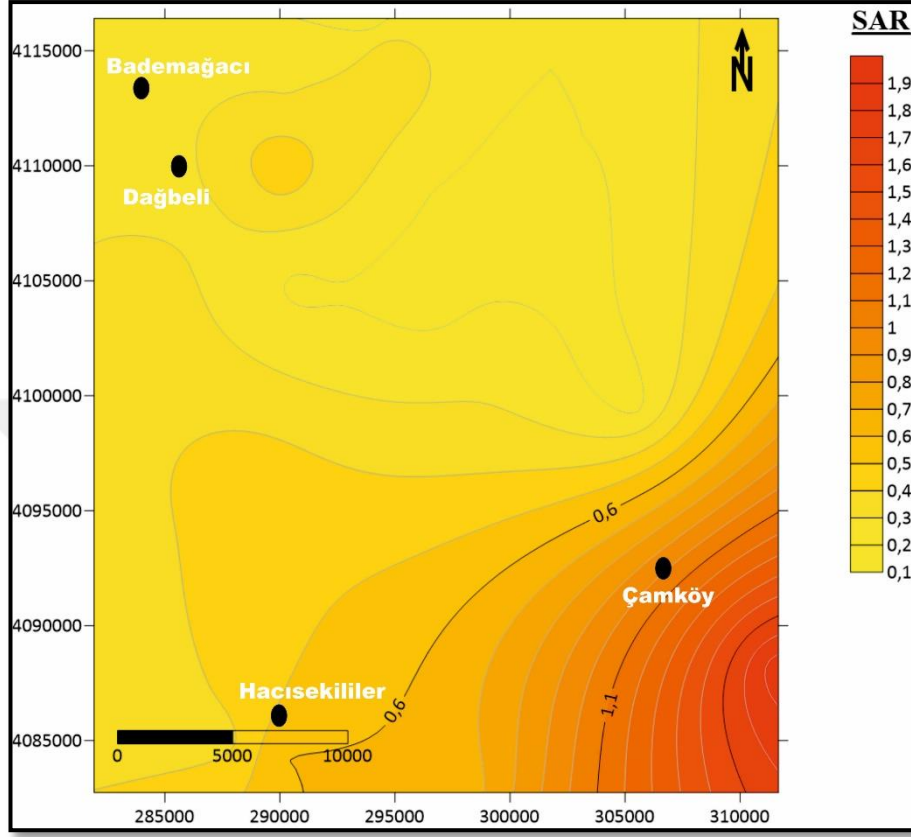
No	Tipi	SAR (%)	N	Tipi	SAR (%)
K1	Şahıs Kuyusu	0,30	K	Şahıs Kuyusu	0,27
D2	Doğal Düden	0,27	C	Doğal Kaynak	0,32
D3	Doğal Düden	0,32	C	Doğal Kaynak	0,38
D4	Doğal Kaynak	0,37	D	Doğal Kaynak	0,37
C5	Doğal Kaynak	0,20	K	Şahıs Kuyusu	0,18
K6	Şahıs Kuyusu	0,20	K	Şahıs Kuyusu	0,14
D7	Doğal Düden	0,15	K	Şahıs Kuyusu	0,37
K8	Şahıs Kuyusu	0,19	K	Şahıs Kuyusu	0,39
D9	Doğal Düden	0,49	K	Şahıs Kuyusu	0,48
D10	Doğal Kaynak	0,60	K	Şahıs Kuyusu	0,36
D11	Doğal Kaynak	0,17	K	Şahıs Kuyusu	0,65
K12	Şahıs Kuyusu	0,27	K	Şahıs Kuyusu	1,87
K13	Şahıs Kuyusu	0,15			

Çalışma alanında yer alan suların SAR değerlerine bakıldığında ise “çok iyi kalitede sulama suyu” olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9) ve yoğunluk haritası modellenmesi yapılmıştır (Şekil 4.47)

Çizelge 4.9. SAR değerlerine göre sınıflandırma tablosu;

Suyun Kalitesi	SAR (%)
Çok iyi kalite sulama suyu	< 10
İyi kalite sulama suyu	10-18
Orta kalite sulama suyu	18-26

Düşük kalite sulama suyu	>26
--------------------------	-----



Şekil 4.46. Numunelerin SAR yoğunluk haritası

4.3.4.3. Artıksal sodyum karbonat (RSC)

Artıksal Sodyum Karbonat (RSC), toprak içerisindeki sodyum oranının önceden belirlenmesini sağlamaktadır. RSC miktarının su içerisinde yüksek olması istenmemektedir, çünkü fazla miktarda olması toprakta sodyum miktarını arttırmaktadır. Yeraltısularında bikarbonat ve karbonat oranının magnezyum ve kalsiyum oranından yüksek değerde olması suyun sulama suyu kalitesini etkilemektedir. Sodyumun toprakta yüksek değerde olması toprakta kabuklaşıp hava almasını engellemektedir (Çuhadar ve Tamgaç, 1994).

Artıksal Sodyum Karbonat değerinin hesaplamasında kullanılan denklem (Eaton, 1950) ise;

$$RSC = (rCO_3 + rHCO_3) - (rCa + rMg) \quad (4.14)$$

Su örneklerinin hesaplanan RSC değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Su örneklerinin RSC değerleri

No	Tipi	RSC (mek/l)	N	Tipi	RSC (mek/l)
K1	Şahıs Kuyusu	-1,81	K	Şahıs Kuyusu	-3,63
D2	Doğal Düden	-1,32	C	Doğal Kaynak	-3,37
D3	Doğal Düden	-3,30	C	Doğal Kaynak	-1,53
D4	Doğal Kaynak	-2,42	D	Doğal Kaynak	-1,10
C5	Doğal Kaynak	-1,10	K	Şahıs Kuyusu	-1,51
K6	Şahıs Kuyusu	-1,29	K	Şahıs Kuyusu	-1,39
D7	Doğal Düden	-0,09	K	Şahıs Kuyusu	-1,71
K8	Şahıs Kuyusu	-0,29	K	Şahıs Kuyusu	-1,95
D9	Doğal Düden	-1,28	K	Şahıs Kuyusu	-1,85
D10	Doğal Kaynak	-1,69	K	Şahıs Kuyusu	-2,70
D11	Doğal Kaynak	-2,55	K	Şahıs Kuyusu	-3,36
K12	Şahıs Kuyusu	-2,45	K	Şahıs Kuyusu	0,05
K13	Şahıs Kuyusu	-1,73			

Çalışma alanı içerisindeki numunelerin sonuçları ele alındığında K25 kuyusu pozitif diğer tüm numune sonuçları negatif değerdedir. Negatif değer sodyum zararının olma olasılığının olmadığını, pozitif değer ise potansiyel sodyum zararının olduğunu göstermektedir (Richards, 1954) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.7. RSC değerine göre sulama suyu sınıflandırması

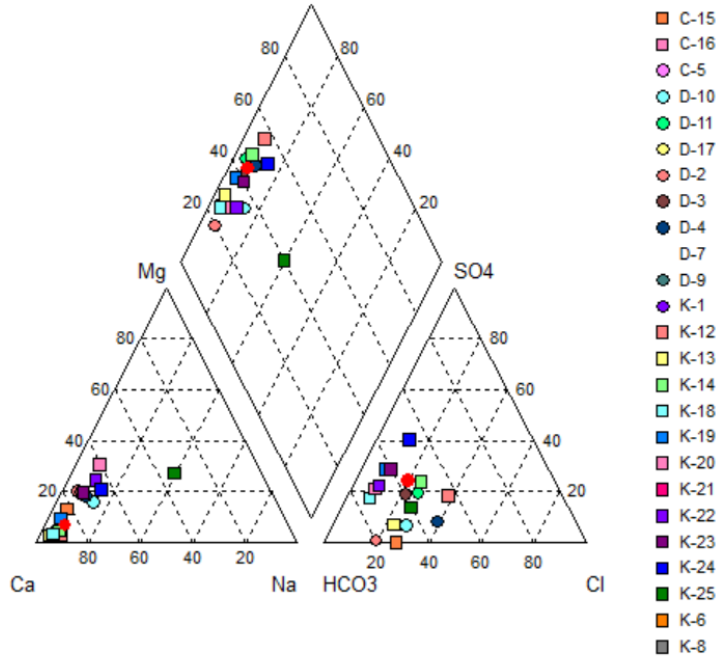
Su Sınıflaması	RSC (mek/l)
İyi	<1,25
Orta	1,25-2,50
Uygun değil	>2,50

4.3.4.4. Piper diyagramı değerdendirmesi

Piper diyagramı, suların hidrokimyasal açıdan fasiyesinin belirlenmesinde ve sınıflamasında kullanılmaktadır. Su içerisinde yer alan majör anyon ve katyonlar yüzde hesabı yapılarak üçgen şeklinde bir diyagram üzerine yerleştirilerek sınıflaması yapılmaktadır (Piper, 1944). Çalışma alanı içerisinde yer alan majör ve katyonlar, Piper diyagramı üzerine yerleştirilmiş ve fasiyesleri belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Diyagramda kullanılan parametreler ise Ca, Na, K, Mg, HCO₃+CO₃, Cl, SO₄ olup mek/l cinsinden hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.48’de görülebilmektedir.

Çizelge 4.8. Su örneklerinin fasiyes sınıflaması

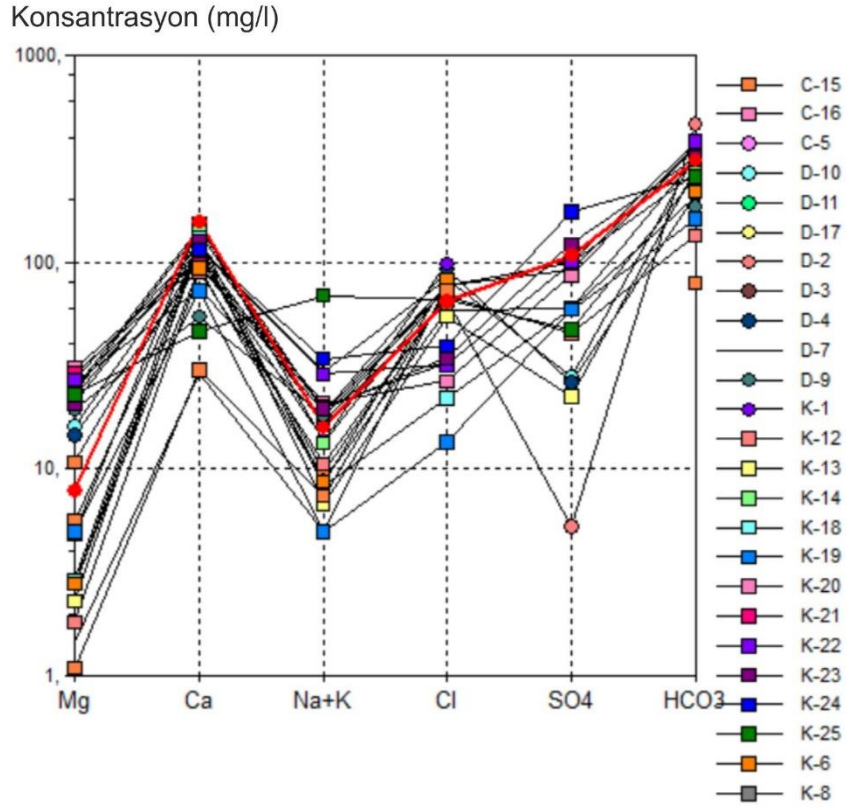
No	Tipi	Fasiyes Tipi	No	Tipi	Fasiyes Tipi
K1	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl	K14	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4
D2	Doğal Düden	Ca- Mg-HCO3-Cl	C15	Doğal Kaynak	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4
D3	Doğal Düden	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4	C16	Doğal Kaynak	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl
D4	Doğal Kaynak	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4	D17	Doğal Kaynak	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl
C5	Doğal Kaynak	Ca-Na- Mg-HCO3-Cl	K18	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-HCO3-Cl- SO4
K6	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl	K19	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4
D7	Doğal Düden	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl	K20	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4
K8	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-K-Mg-HCO3-Cl	K21	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl
D9	Doğal Düden	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl	K22	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4
D10	Doğal Kaynak	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4	K23	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4
D11	Doğal Kaynak	Ca- Na-HCO3-Cl-SO4	K24	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4
K12	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-HCO3-Cl-SO4	K25	Şahıs Kuyusu	Ca- Na-Mg-HCO3-Cl-SO4
K13	Şahıs Kuyusu	Ca-HCO3-Cl-SO4			



Şekil 4.47. Numunelerin Piper diyagramı

4.3.4.5. Schoeller diyagramı değerlendirmesi

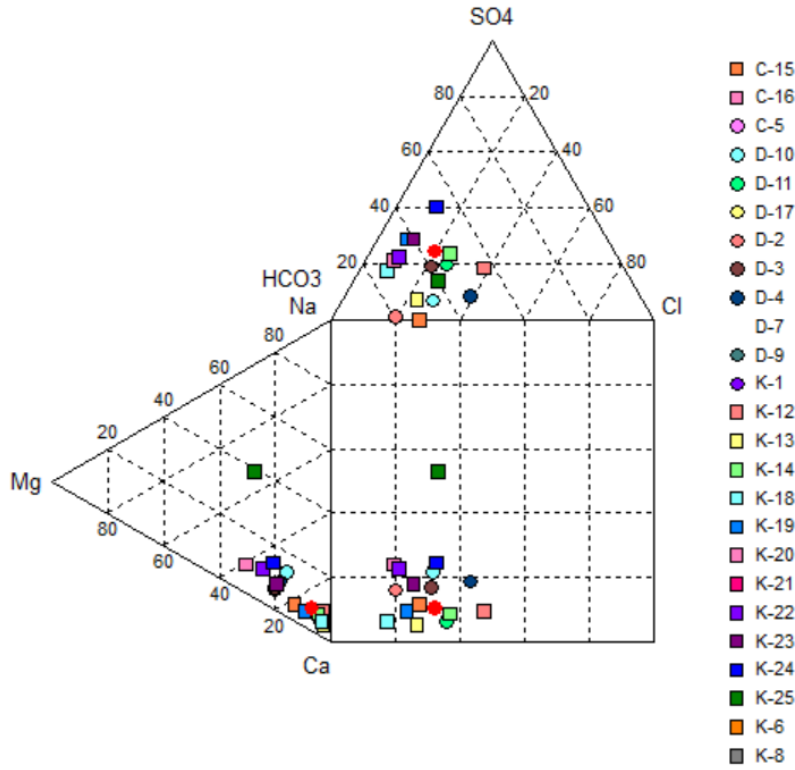
Schoeller yarı logaritmik diyagramı (Schoeller, 1935) yeraltısularının kimyasal verilerinin hesaplanıp suyun köken analizi yapılmasını sağlayan bir diyagramdır. Diyagramda kullanılan parametreler Na, Cl, SO_4 , EC ve sertliktir. İçilebilir olan sular 4 farklı gruba, içilebilir olmayanlar ise 2 farklı gruba ayrılmıştır. Diyagramda kullanılması gereken değerler mek/l cinsinden hesaplanmalıdır. Kökenleri benzer olan sular yani aynı akifer ya da beslendiği nokta aynı olan sular benzer dağılımı göstermektedir ancak karışım olan sular ise karışan sularla arasındaki değerde çıkması beklenmektedir (Şekil 4.49).



Şekil 4.48. Numunelerin Schoeller diyagramı

4.3.4.6. Durov diyagramı değerlendirilmesi

Durov diyagramı diğer diyagramlara benzer şekilde mek/l cinsinden dönüştürülmesi yapılan anyon ve katyonların üçgen diyagramda, oranına göre yerleştirildikten sonra kare diyagram üzerinde bu değerler kesiştirilir, ardından 9 farklı alan içerisinde değerler yorumlanmaktadır (Durov, 1948) (Şekil 4.50).

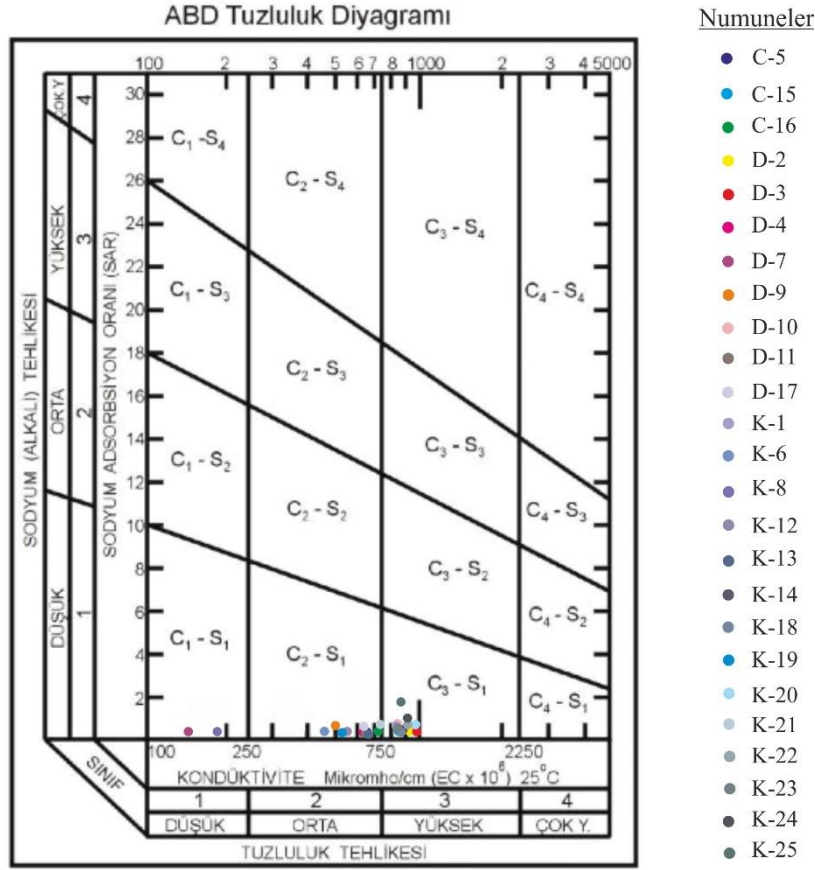


Şekil 4.49. Numunelerin Durov diyagramı

4.3.4.7. ABD tuzluluk diyagramı değerlendirmesi

ABD Tuzluluk diyagramı suların tarımda kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 4.51).

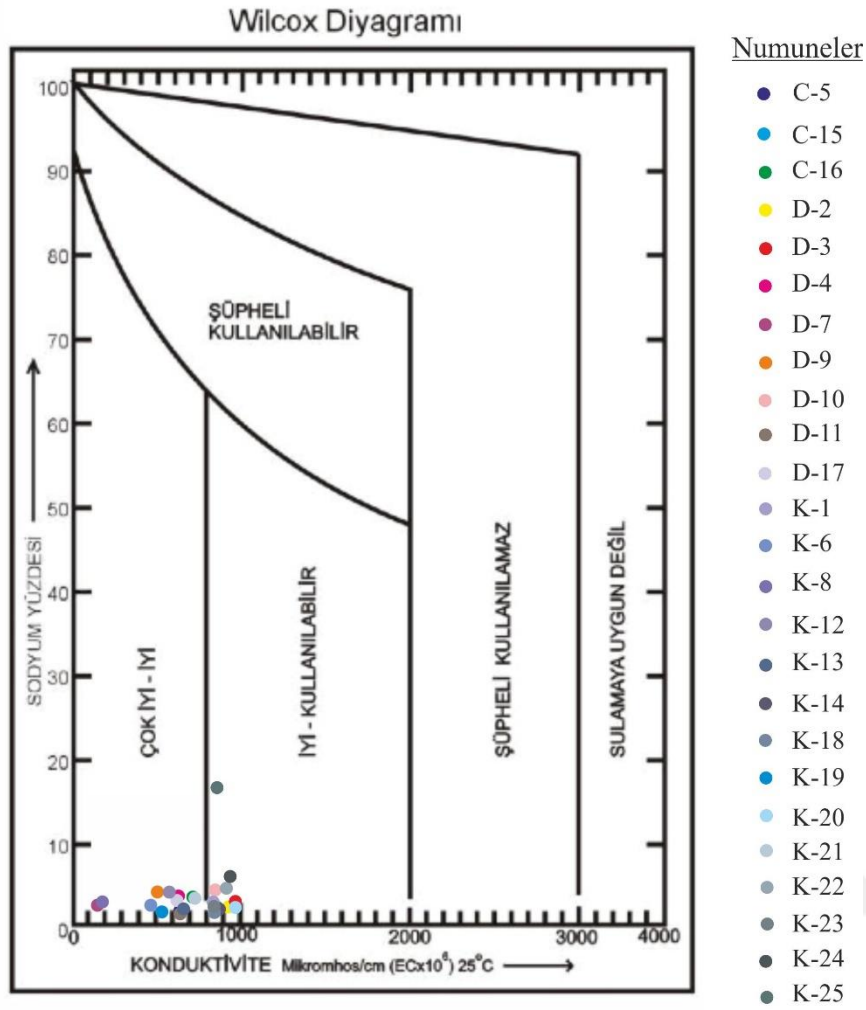
C1-S1 alanı düşük kondüktivite ve düşük sodyum tehlikesini yani sulama için en uygun su olduğunu göstermektedir. C2-S1 alanı orta kondüktivite ve düşük sodyum tehlikesini belirten suyu gösterir. Sulama için kullanılabilir. C3-S1 alanı yüksek kondüktivite ve düşük sodyum tehlikesini yani sulama için şüpheli olan suyu göstermektedir. C4-S1 alanı çok yüksek kondüktivite ve düşük sodyum tehlikesi olan suları yani sulamaya uygun olmayan suyu göstermektedir. C3-S2 alanı yüksek kondüktivite ve orta sodyum tehlikesi içeren suyu göstermektedir ayrıca sulama suyu olarak sınır değerdir. C4-S2 alanı çok yüksek kondüktivite ve orta sodyum tehlikesi içeren suyu göstermektedir. C4-S3 alanı çok yüksek kondüktivite ve yüksek sodyum tehlikesi içeren suyu göstermektedir. C4-S4 alanı çok yüksek kondüktivite ve çok yüksek sodyum tehlikesini belirten sulardır ve kesinlikle sulamada kullanılmaması gereken sulardır.



Şekil 4.50. Numunelerin ABD tuzluluk diyagramı

4.3.4.8. Wilcox diyagramı değerlendirmesi

Wilcox diyagramı (Wilcox, 1955) en çok kullanılan su sınıflamalarından bir tanesidir. Bu yöntemde kullanılan parametreler elektriksel iletkenlik (EC) ve sodyum yüzdesi % Na değerlerinin kesişimlerinin dikdörtgen bir diyagram üzerindeki karşılığının belirlenmesiyle su sınıflandırılması yapılır. Diyagram üzerinde çok iyi, iyi kullanılabilir, şüpheli kullanılamaz, sulamaya uygun değil ve şüpheli kullanılabilir olmak üzere 5 farklı sınıflama mevcuttur (Şekil 4.52).



Şekil 4.51. Numunelerin Wilcox diyagramı

5. TARTIŞMA

Antalya Traverten platosunda (ATP) ve yakın çevresinde gerçekleştirilen bu araştırmada bölgenin drenaj alanı içerisinde kalan ve erişilebilir pozisyonunda olan yeraltısularının hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan arazi çalışmaları ve laboratuvar analizleri ile elde edilen bulgular burada değerlendirilmiştir.

- ✓ Çalışma bölgesi ve çevresinde jeolojik açıdan otokton, allokton ve neotokton örtü birimler yer almakta olup; Beydağları formasyonu otokton birim içerisinde, Antalya Napları allokton birim içerisinde ve Yenimahalle, Kurşunlu, Antalya Traverten, Belkıs konglomerası, yamaç molozu, alüvyon ve kumul formasyonları ise Neotokton örtü birimler içerisinde yer almaktadır.
- ✓ Antalya Traverten Platosu (ATP), üst plato (Döşemealtı), alt plato (Düden) ve denizin altında olmak üzere 3 ana platodan oluşmaktadır. İnceleme alanı içerisinde yer alan Bölge, Havalimanı, Dağ, Korkuteli ve Korkuteli Bük. Orman Arazisi meteoroloji gözlem istasyonlarından farklı yıllarda kaydedilmiş veriler kullanılarak bölgede 1930-2018 yılları arası toplam yağış miktarı ortalaması 1058,3 mm iken yıllık ortalama yağış miktarı 2827,9 mm ve sıcaklık 19 C⁰ olarak belirlenmiştir.
- ✓ Antalya ve çevresinde Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından boşalan kaynaklar Gürkavak Kaynakları, Hurma Kaynakları, Kırkgöz Kaynakları, Soğucaksu Kaynaklarıdır. İnceleme bölgesinde yer alan travertenden boşalan kaynaklar ise Arapsuyu I ve II Kaynakları, Duraliler Kaynakları, Düdenbaşı Kaynakları, İncikpınarı Kaynakları, İngilizgölü Kaynakları, Kalabatlı Kaynakları, Kapuz Kaynakları, Kemerağzı Kaynakları, Mağara Kaynakları, Traverten denizaltı Kaynaklarıdır. Yüzeyden yeraltına boşalan yüzey suları içerisinde ise Korkuteli derivasyonu, Kırkgöz kaynakları ve Kocaçay deresi yer almaktadır.
- ✓ Su örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 151-988 µmho/cm arasında değişmekte ve çalışma alanında kuzeyden güneye doğru iletkenlik değerleri artış göstermektedir. En düşük değer 151 µmho/cm ile D7 noktası, en yüksek değer 988 µmho/cm ise K20 noktası olarak belirlenmiştir.
- ✓ İnceleme alanı içerisinde hidrojen iyon konsantrasyon (pH) değeri güneyden kuzeye doğru artış gözlenmektedir. En düşük pH değeri 6,8 ile D2 noktası, en yüksek pH değeri ise 8,4 ile D9 noktasıdır.
- ✓ Su örneklerinin sertlik derecesi doğudan kuzeybatıya ve güneyden kuzeye doğru artmaktadır. Fransız sertliği açısından havzaya bakıldığında “yumuşak”, “orta sert” ve “sert” su sınıflamalarında yer almaktadır. En düşük değer 7,8 mek/l ile D7 noktası, en yüksek değer ise 46,4 mek/l ile D3 noktasıdır.
- ✓ Toplam çözünmüş madde (TDS) verileri ışığında bakıldığında güneydoğudan kuzeybatıya doğru TDS miktarında artış gözlenmektedir. Bu sınıflamaya göre tüm sular “tatlı su” sınıfında yer almaktadır. En düşük miktar 102,7 mg/l ile D7 noktası, en yüksek miktar ise 672,5 mg/l ile D3 noktasıdır.

- ✓ HCO_3 değerleri 1,30-7,64 mek/l arasında değişmektedir. En düşük değer 1,30 mek/l ile K8 noktası, en yüksek değer ise 7,64 mek/l ile D2 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler güneydoğudan kuzeybatıya doğru artış göstermektedir.
- ✓ Klorür (Cl^-) miktarı 0,38-2,78 mek/l arasında değişmektedir. Sınır değer içerisinde yer almaktadır. En düşük değer 0,38 mek/l ile K19 noktası, en yüksek değer ise 2,78 mek/l ile K1 noktasıdır. Sonuçlar Türk standartları içme suyu standartları değeri olan 250 mg/l altındadır. Çalışma alanına bakıldığında değerler güneyden kuzeye doğru artış göstermektedir.
- ✓ Sülfat (SO_4^{-2}) değerleri 0,11-3,65 mek/l arasında değişmektedir. En düşük değer 0,11 mek/l ile D2 noktası, en yüksek değer ise 3,65 mek/l ile K24 noktasıdır. Değerler sınır değerler arasındadır. Çalışma alanına bakıldığında değerler kuzeyden güneye doğru artış göstermektedir.
- ✓ Kalsiyum (Ca^{+2}) değerleri 1,44-7,82 aralığındadır ve en düşük değer 1,44 mek/l ile D7 noktası olup en yüksek değer 7,82 mek/l ile C15 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler güneydoğudan kuzeybatıya doğru artış göstermektedir.
- ✓ Magnezyum (Mg^{+2}) miktarı 0,09-2,55 mek/l arasında değişmekte olduğu gözlemlenmiştir. En düşük değer 0,09 mek/l ile K8 noktası, en yüksek değer ise 2,55 mek/l ile K20 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler doğudan batıya doğru artış göstermektedir.
- ✓ Potasyum (K^+) değerleri 0,01-0,18 mek/l arasındadır ve en düşük değer 0,01 mek/l ile K1 noktası olup en yüksek değer 0,18 mek/l ile K25 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler kuzeybatıdan güneydoğuya doğru artış göstermektedir.
- ✓ Sodyum (Na^+) değerleri 0,13-2,70 mek/l arasındadır ve en düşük değer 0,13 mek/l ile D7 noktası, en yüksek değer ise 2,70 mek/l ile K25 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler kuzeybatıdan güneydoğuya doğru artış göstermektedir.
- ✓ Çinko (Zn) değerleri 2,45-5,11 mg/l aralığında değişmektedir. En düşük değer 2,45 mek/l ile D11 noktası, en yüksek değer ise 5,11 mek/l ile K20 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler batı ve orta kısımlarda yüksek iken doğu kısımlarda azalmaktadır.
- ✓ Alüminyum (Al) sonuçları ise 23,4-81,5 mg/l arasında değişmektedir. En düşük değer 23,4 mek/l ile K23 noktası, en yüksek değer ise 81,5 mek/l ile D11 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler batıdan doğuya doğru artış göstermektedir.
- ✓ Bor (B) oranları 0,01-0,17 mg/l aralığında değişmektedir. En düşük değer 0,01 mek/l ile K13 noktası ve en yüksek değer 0,17 mek/l ile D3 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler kuzeyden güneye doğru artış göstermektedir.

- ✓ Kalay (Sn) sonuçları ise 14,4-20,2 mg/l arasında değişmekte olup en düşük değer 14,4 mg/l ile K23 noktası ve en yüksek değer D4 noktasıdır. İnceleme alanındaki değerler güneyden kuzeye doğru artış göstermektedir.
- ✓ Kükürt (S) değerleri 1,11-28,7 mg/l arasında değişiklik göstermektedir. En düşük değer 1,11 mg/l ile C15 noktası ve en yüksek değer 28,7 mg/l ile K20 noktasıdır. İnceleme alanındaki değerler batıdan doğuya doğru artış göstermektedir.
- ✓ Silisyum (Si) oranlarına bakıldığında değerler 6,15-65,1 mg/ l arasında olup, en düşük değer 6,15 mg/l ile K23 noktası ve en yüksek değer 65,1 mg/l ile D4 noktasıdır. Çalışma alanına bakıldığında değerler güneyden kuzeye doğru artış göstermektedir.
- ✓ Demir (Fe) değerleri sadece D4 noktasında 5,55 mg/l, K19 noktasında 5,45 mg/l, K20 noktasında 5,92 mg/l ve K23 noktasında 4,72 mg/l olarak yer almaktadır.
- ✓ Sodyum yüzdesi (%Na) açısından değerlendirildiğinde örneklerin çoğunluğu %20' den daha az orana sahiptir ve buna göre “mükemmel su” sınıfındadır ve sadece K25 örneği %40,25 oran ile “iyi su” sınıfında yer almaktadır.
- ✓ Analiz sonuçlarına göre, Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR) tüm suların %10 değerinin altındadır ve “çok iyi kalite sulama suyu” olduğu belirlenmiştir.
- ✓ Artıksal sodyum karbonat (RSC) değerleri açısından numuneler içerisinde K25 kuyusu pozitif, diğer tüm numune sonuçları negatif değerdedir. Negatif değer sodyum tehlikesinin olmadığını, pozitif değer ise potansiyel sodyum etkisini göstermektedir.
- ✓ Piper diyagramı ile sınıflandırılan su numunelerine bakıldığında genellikle sularda toprak alkali (Ca+Mg) değerleri alkali (Na+K) değerlerine göre daha fazla olup zayıf asit (CO_3+HCO_3) değerleri güçlü asit kök (SO_4+Cl) değerlerine göre daha fazladır.
- ✓ Schoeller Diyagramında ise havzadaki suların karstik kayalarla etkileşimde olduğu görülmektedir.
- ✓ ABD tuzluluk laboratuvar diyagramına göre ağırlıklı olarak C2-S1 “orta kondüktivite ve düşük sodyum” ve C3-S1 “yüksek kondüktivite ve düşük sodyum” sınıfındadır.
- ✓ Wilcox diyagramına göre suların büyük çoğunluğu “çok iyi-iyi” sınıfında, geri kalan kısmı ise “iyi-kullanılabilir” sınıfında yer almaktadır.

6. SONUÇLAR

Antalya kenti gerek jeomorfolojik gerek jeolojik yapıları ve doğal güzelliği ile dünyanın gözde şehirlerindendir. Bu nedenle hızlı göç almakta ve şehir hızlı büyümektedir. Turizmin yanısıra tarım da önemli geçim kaynağı arasındadır. Bu durumda kentleşme ve tarım yeraltısularına olan gereksinimi arttırmakta ve mevcut suların korunmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada kent merkezi ve yakın çevresinin hidrojeoloji ve hidrojeokimyasal açıdan incelenmesi hedeflenmiştir.

Suların fiziksel özelliklerinin başında gelen elektriksel iletkenlik tatlı sularda 10 ile 1000 $\mu\text{ohm/cm}$ arasında olduğundan, bölgedeki yeraltısuları normal sınırlar içerisinde yer almaktadır. İçme suyunun pH'nın 6,5-9,5 değerlerinde olması istenir; çalışma alanında lokal olarak değerler değişse de bölgenin yeraltısuları bu koşulu da sağlamaktadır. Sertlik derecesi de jeolojik kökene ve geçisine bağlı olarak değişmektedir. Toplam çözünmüş madde miktarının en yüksek olduğu (TDS) D3 bile “tatlı su” sınıfındadır.

Karbonat ve bikarbonat iyonlarının kaynağının bölgede yaygın olan traverten ve kireçtaşları olduğu düşünülmektedir. Klorür açısından da büyük anomaliler görülmemiştir. Sülfat (SO_4^{2-}) değerlerinin kuzeyden güneye doğru artış göstermesi tarımda kullanılan gübreler, endüstriyel ve evsel atıklar, organik maddelerin bozunması nedeni ile olabileceğini düşündürmektedir. Güneydoğudan kuzeybatıya doğru artış gösteren kalsiyum (Ca^{+2}) sodyum iyonunun yerini alabildiğinden sulama sularında topraktaki tuz oranını düşürmekte, toprağın yapısını ve geçirgenliğini olumlu yönde etkilemektedir. Fazla konsantrasyonlarda bulunan Mg^{+2} suya acı tadı verir ancak çalışma alanında bu değerlere ulaşmamıştır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından (WHO 2006) çinko için 5 mg/l maksimum izin verilebilir konsantrasyon olarak belirlenmiştir. Çalışılan bölgede çinko değerlerinin K20 noktasında bu değeri aştığı görülmüştür. Doğal sularda çinko kirlenmesinin temel nedenleri arasında maden suları, demir çelik sanayi ve diğer endüstriyel atıklar, kömür ve kül tozları gibi atıklar başlıca sayılabilir. Sulardaki demir içeriği ise standartların kabul ettiği 0,2 mg/l't'nin üzerindedir; numune alınan kuyulardaki sondaj borularının demir içerikli olmasının da etkili olabileceği düşünülmektedir. Bor değerleri ise sınırların çok altındadır.

Çalışma alanındaki suların Schoeller Diyagramına göre içilebilir sular sınıfındadırlar. ABD tuzluluk laboratuvar diyagramına göre yer yer sulama için uygun yer yer de şüpheli olduğu görülmektedir. Bu durumda bölgede antropojenik kirlilik olduğu düşünülmektedir. Sodyum yüzdesine göre genellikle “mükemmel su” sınıfındadır. Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR) “çok iyi kalite sulama suyu” olduğu belirlenmiştir.

Mevcut hali ile yeraltısularında kirlilik açısından ciddi bir anomali yakalanamamıştır. Yine de böyle bir tehlike öngörülebilmektedir. Çünkü yerleşim alanlarının yanısıra, tarım ve sanayi alanlarının varlığı ve büyümesi yeraltısularını tehdit etmektedir. Çalışma alanı içerisinde yer alan travertenlerin iletkenlikleri ve permeabilitesi çok yüksek olduğundan herhangi bir kirliliğin yeraltı suyunda iletimi de çok hızlı olur. Bunun dışında hidrolik eğimle birlikte suyun hareketine de bağlı olarak değişmektedir. “Önlem, iyileştirmeden daha mühendisçe bir yaklaşımdır”, bu nedenle su kullanımında bilimsel ve akılcı bir politika izlenmelidir.

7. KAYNAKLAR

- Akay, E., Uysal, Ş., Poisson, A., Cravatte, J., ve Müller, C., 1985. *Antalya Neojen Havzasının Stratigrafisi*. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28 (2), 105-121.
- Andreo. B. and Carrasco. F. 1999. *Application of geochemistry and radioactivity in the hydrogeological investigation of carbonate aquifers (Sierras Blanca and Mijas. southern Spain*. Applied Geochemistry. vol. 14. p. 283-299.
- Antalya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2018. *Çed ve Çevre İzinlerinden Sorumlu Şube Müdürlüğü Antalya İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu*, 17-18 s.
- Atila, A.Ö., 1996. *Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Verileri Kullanılarak Hidrojeokimyasal Verilerin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Atila, Ö., 2001. *İzotop Teknikleri Kullanılarak Antalya Traverten Platosu Yeraltı suyu Kaynaklarının Sınıflandırılması*, 255-268 s., Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, Adana.
- Başal, A., 2000. *Antalya Traverten Platosu Toprak Zonunun Akifere Örtü Olarak Doğal Arındırma Özellikleri*. Yerbilimleri, 22, 95-107.
- Brunn, J.H., Dumont, J.H., Graciansky, P. Ch. de, Gutnic, M., Juteau, Th., Marcoux, J., Monod, O., ve Poisson, A., 1971. *Outline of the geology of the western Taurids Geology and History of Turkey de: Petroleum exploration Society of Libya, Tripoli*, 225-255.
- Çuhadar, G., Tamgaç, S., 1994. *Hidrojeolojik Etütlerde Su Kimyası Verilerini Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Yayınları, Ankara, s.1-22.
- Denizman, C., 1989. *Kırkgöz kaynakları ve Antalya traverten platosunun hidrojeolojik etüdü*, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 145s. Ankara (yayımlanmamış).
- Dipova, N., Yıldırım, M., 2005. *Antalya Tufa Platolarının Oluşumu ve Jeomorfolojik Özellikleri*. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 29 (2), 53-69.
- DSİ, 1985. *Antalya-Kırkgöz kaynakları ve traverten platosu karst hidrojeolojik etüd raporu*, DSİ Teknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Durov, S.A., 1948. *Natural waters and graphic representation of their composition*. Dokl Akad Nauk SSSR 59(3), 87-90.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987. *Yeraltı suları jeolojisi*, İTÜ Kütüphanesi, sayı 967, 340 s.
- Glover, C.P. and Robertson, A.H.F., 1998. *Role of regional extension and uplift in the Plio- Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey*, Journal of Geological Society, London. 155, 365-387.
- Göncüoğlu, M.C., 2011. *Geology of the Kütahya-Bolkardağ Belt*. M.T.A. Bulletin, 142, 223-277.
- Gray, N.F., 2005. *Water Technology- An Introduction for Environmental Scientists and Engineers*. (2nd Edition). Elsevier Science & Technology Books, 194.

- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. *Su Kalitesi*. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, T.C. Sağlık Bakanlığı, 92 s.
- Kalafatçioğlu, A., 1973. *Antalya Körfezi Batı Kısmının Jeolojisi*. M.T.A Dergisi, 81:82-131.
- Koşun, E., Sarıgül, A. ve Varol, B., 2005. *Antalya Tufalarının Litofasiyes Özellikleri*. MTA Dergisi, 130, 57-70.
- Lefevre, R., 1967. *Nouvel element de la geologie du Taurus Lyccien Les nappes d'Antalya (Turquie)*, C.R.A.S. 263:1365- 1368.
- Leventeli, Y., Yalcın, F. and Kılıc, M., 2019. *An Investigation About Heavy Metal Pollution Of Duden And Goksu Streams (Antalya, Turkey)*, Applied Ecology And Environmental Research 17(2):2423-2436.
- Nazik, L. ve Poyraz, M., 2015. *Türkiye Karst Morfolojisinde Neotektoniğin Rolü*, 203-213 s., IV. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Samsun.
- Oğuz, C. T., 2015. *İçme suyu arıtımında yaygın olarak karşılaşılan su kalite problemleri ve arıtımı için çözüm önerileri*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Okay, I.A. ve Tüysüz, O., 1999. *Tethyan sutures of northern Turkey*. Geological Society, London, Special Publications 156, 475-515.
- Özgül, N., 1976. *Some basic geological properties of Taurides*. T.J.K Bülteni (Bulletin of Geological Society of Turkey) 19, 65-78.
- Poisson, A., 1977. *Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie)*. Thèse Doct. d'Etat, Université de Paris-Sud, Orsay, 795 pp.
- Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soil*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 60 p.
- Sarı, B., 2019. *Bey Dağları Karbonat Platformu'nun doğu bölümünde orta-üst Senomaniyen platform kireçtaşlarında Geç Kretase yaşlı ardışık pelajik neptüniyen dayk dolguları*. Yerbilimleri (Bulletin for Earth Sciences), 40 (1), 35-71.
- Schoeller, H., 1935. *Utilite de la Notion des échanges de bases pour le comparision des eaux souterraines*. Societe Geologie Comptes Rendus Sommaire et Bulletin, serie, 5, 651-657.
- Shiklomanov, I.A., 1993. *World Freshwater Resources*. In: Gleick, P.H., Ed., *Water in Crisis: A Guide to World's Freshwater Resources*, Oxford University Press, New York, pp. 13-24.
- Şahinci, A., 1991. *Doğal Suların Jeokimyası*, 3. Bölüm, 46,-57 s., Dokuz Eylül Üni. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl., İzmir
- Şarlak, N., ve Bağcı, S.Ç., 2020. *Ampirik Potansiyel Evapotranspirasyon Tahmin Yöntemlerinin Değerlendirilmesi: Uygulama Konya Kapalı Havzası*, Teknik Dergi. 9755-9772, Yazı 565.
- Şenel, M., 1997. *1:100.000 Türkiye Jeoloji Haritası, Antalya L11 Paftası*. M.T.A Yayınları, Ankara.

- Taşkın, İ. ve Keleş, A., 2011. *Antalya Traverten Platosu Üzerinde Bulunan Düdenler*. Antalya Büyükşehir Belediye Başkanlığı Antalya Su ve Atık su İdaresi Genel Müdürlüğü, Antalya, 76 s.
- Theis, C. V. (1935). *The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage*. Eos, Transactions American Geophysical Union, 16(2), 519-524.
- Thornthwaite, C. W. (1948). *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical review, 38(1), 55-94.
- Wilcox, L., 1955. *Classification and use of irrigation waters*. Washington, D.C., United States Department of agriculture. 1-21.
- Yalçinkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö.P. ve Taner., 1986. *Batı Torosların Jeolojisi* M.T.A Rap.No.7779 Ankara
- Yıldırım, M. ve Topkaya, B., 2006. *Pollution Potential Of Groundwater Resources In Antalya City. Presented at 13th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in Mediterranean Region*, Thessaloniki, Greece, 08-12 Oct. 2005.
- WWAP, 2009. *The Third edition of the United Nations World Water Development Report (WWDR3)*.
- WWAP, 2012. *World Water Assessment Programme, The 4 th Edition Of The UN World Water Development Report (WWDR4)*.
- WWF, 2014. *Living Planet Report*.

ÖZGEÇMİŞ

Ataol KAPLAN
ataolkaplan@gmail.com

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2018-2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2012-2017	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Teknik Uzman 2020-Devam Ediyor	Webhelp Teknik Danışmanı
Jeoloji Mühendisi 2018-2019	GTM Mühendislik Limited Şirketi Saha Mühendisi
Jeoloji Mühendisi 2017-2018	RKSoft Yazılım Anonim Şirketi Ekip Sorumlusu