

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BÖCELİ VE KAZANPINAR KAYNAKLARININ (DENİZLİ)
HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDEKİ MEVSİMSEL
DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUSUF TABANCALI

DENİZLİ, NİSAN - 2020

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BÖCELİ VE KAZANPINAR KAYNAKLARININ (DENİZLİ)
HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDEKİ MEVSİMSEL
DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUSUF TABANCALI

DENİZLİ, NİSAN - 2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

YUSUF TABANCALI tarafından hazırlanan “**Böceli ve Kazanpınar Kaynaklarının (Denizli) Hidrokimyasal Özelliklerindeki Mevsimsel Değişimlerin İncelenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 10.01.2020 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. Ali GÖKGÖZ

Pamukkale Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL

Pamukkale Üniversitesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 2018FEBE045 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

YUSUF TABANCALI

ÖZET

**BÖCELİ VE KAZANPINAR KAYNAKLARININ (DENİZLİ)
HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNDEKİ MEVSİMSEL
DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
YUSUF TABANCALI
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. ALİ GÖKGÖZ)
DENİZLİ, NİSAN - 2020**

Kazanpınar ve Böceli karstik kaynakları KB-GD uzanımlı Çürüksu grabeninde, Denizli il merkezinin yaklaşık 10 km KD'sunda bulunur. Çalışma alanı ve çevresinin temelini Permiyen yaşlı Honaz şeyli, Menderes Masifi'nin Alt Tersiyer-Mezozoyik yaşlı Yılanlı ve Zeybekölen formasyonları, Likya naplarına ait Triyas-Kretase Sandak birimi ve Kretase yaşlı Honaz ofiyolitinin dahil olduğu bir nap silsilesi oluşturur. İnceleme alanında Üst Triyas-Eosen yaşlı Göbecik Tepe birimi nispi otokton konumundadır. Neojen ve Kuvaterner çökelleri altlayan birimleri uyumsuzlukla örter. Çürüksu grabeninde mevcut yüksek debili kaynak ve sondaj suları genellikle yüksek sülfat derişimleri nedeniyle içilemez özelliktedir. Havzada çok az sayıdaki içilebilir kaynaklardan ikisi Böceli ve Kazanpınar kaynaklarıdır. Bu kaynaklar 21 mahallede toplam 24000'den fazla nüfusun içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Böceli ve Kazanpınar kaynakları travertenlerden boşalmaktadır. Travertenler yanal olarak başlıca Yılanlı formasyonunun çok çatlaklı ve karstik kireçtaşlarından beslenirler ve genellikle bu formasyondan gelen yeraltı sularını boşaltırlar. Bu çalışmada Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının içilebilme özelliklerinde mevsimsel bir değişim olup olmadığının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Ekim-2018 ve Haziran-2019 tarihleri arasında iki aylık periyotlarla suların major iyon analizleri yapılmıştır. Sıcaklıkları 16.4-18.2°C ve elektriksel iletkenlikleri 790-910 µS/cm arasında değişen Böceli ve Kazanpınar suları hidrokimyasal olarak Ca-Mg-HCO₃-SO₄ tipindedir. İzotop içerikleri (δ¹⁸O, δD ve trityum) suların meteorik kökenli olduğunu ve nispeten güncel yağışlardan beslendiğini göstermektedir. Çözünmüş inorganik karbonun δ¹³C değerleri sulardaki karbonun kökeni olarak tatlı su karbonatları ve Mezozoyik yaşlı denizel kireçtaşlarını işaret etmektedir. Çalışma süresince suların iyon kompozisyonlarında mevsimsel olarak önemli bir değişme olmadığı belirlenmiştir. Kaynakların debileri ve majör iyon kompozisyonları dikkate alındığında susuz mahallelerin gelecekteki içme suyu ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri öngörülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Hidrojeoloji, hidrokimya, karst kaynağı, izotop, Denizli

ABSTRACT

INVESTIGATION OF SEASONAL CHANGES IN HYDROCHEMICAL PROPERTIES OF BÖCELİ AND KAZANPINAR SPRINGS (DENİZLİ)

MSC THESIS

YUSUF TABANCALI

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ALİ GÖKGÖZ)

DENİZLİ, APRİL 2020

Kazanpınar and Böceli karst springs are located in the Çürüksu graben with NW-SE extension, approximately 10 km NE of Denizli city center. The base of the study area and its surroundings is the Permian aged Honaz shale, the Menderes Massif's Lower Tertiary-Mesozoic Yılanlı and Zeybekölen formations, the Triassic-Cretaceous Sandak unit belonging to the Lycian nappes and the Cretaceous aged Honaz ophiolite. Upper Triassic-Eocene aged Göbecik Tepe unit is a relative autochthonous in the study area. It covers unconformably the units underlying Neogene and Quaternary sediments. The high-flowrate spring and drilling waters present in the Çürüksu graben are generally non-potable due to their high sulphate concentrations. Two of the few drinkable spring waters in the basin are Böceli and Kazanpınar. These springs meet the drinking and utility water needs of more than 24000 people in 21 neighborhoods. Böceli and Kazanpınar springs are discharged from travertines. Travertines feed laterally from the very cracked and karstic limestones of the Yılanlı formation, and generally discharge the groundwater from this formation. In this study, it was aimed to investigate whether there is a seasonal change in the drinking properties of Böceli and Kazanpınar springs. For this purpose, major ion analyzes of water were carried out in two-month periods between October-2018 and June-2019. Böceli and Kazanpınar waters, whose temperatures vary between 16.4-18.2°C and electrical conductivity between 790-910 $\mu\text{S} / \text{cm}$, are hydrochemically Ca-Mg-HCO₃-SO₄ type. Isotope contents ($\delta^{18}\text{O}$, δD and tritium) show that the waters are of meteoric origin and are fed from relatively actual precipitation. The $\delta^{13}\text{C}$ values of dissolved inorganic carbon indicate fresh water carbonates and Mesozoic aged marine limestones as the origin of carbon in waters. During the study, it was determined that there was no significant seasonal change in the ion composition of the waters. Considering the flow rates and major ion compositions of the springs, it is predicted that the waterless neighborhoods will meet their future drinking water needs.

KEYWORDS: Hydrogeology, hydrochemistry, karst spring, isotope, Denizli

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Alanının Yeri ve Genel Özellikleri	1
1.2 Amaç ve Kapsam.....	3
1.3 Literatür Özeti	3
1.4 Yöntem	6
2. JEOLJİ.....	8
2.1 Stratigrafi.....	8
2.1.1 Paleozoyik.....	8
2.1.1.1 Honaz Şeyli	8
2.1.2 Mesozoyik – Eosen	8
2.1.2.1 Menderes Masifi.....	8
2.1.2.2 Likya Napları	9
2.1.2.2.1 Sandak Birimi	9
2.1.3 Senozoyik.....	11
2.1.4 Kuvaterner	12
2.1.4.1 Alüvyon.....	12
2.1.4.2 Alüvyon Yelpazesi	12
2.1.4.3 Yamaç Molozu	12
2.1.4.4 Traverten	12
2.2 Yapısal Jeoloji	12
2.2.1 Naplar.....	13
2.2.2 Eğim Atımlı Normal Faylar	13
3. HİDROJEOLJİ	15
3.1 İklim Özellikleri	15
3.1.1 Yağış ve Sıcaklık	15
3.1.2 Buharlaşma - Terleme.....	17
3.2 Hidrojeoloji Birimleri.....	20
3.2.1 Geçirimli Birimler.....	20
3.2.1.1 Yılanlı Formasyonu.....	20
3.2.1.2 Sandak Birimi	20
3.2.1.3 Traverten	21
3.2.1.4 Alüvyon ve Alüvyon Yelpazesi	21
3.2.2 Yarı Geçirimli Birimler	21
3.2.2.1 Zeybekölen Formasyonu.....	21
3.2.2.2 Eosen – Oligosen Kırıntılı Çökeller.....	22
3.2.3 Geçirimsiz Birimler	22
3.2.3.1 Honaz Şeyli ve Honaz Ofiyoliti	22
3.3 Su Noktaları.....	23

3.3.1	Akarsular.....	23
3.3.2	Böceli ve Kazanpınar Kaynakları	23
3.3.3	Sondaj	28
3.4	Böceli ve Kazanpınar Kaynaklarının Hidrodinamik Özellikleri	28
4.	HİDROKİMYA	32
4.1	Suların Sıcaklık, Elektriksel İletkenlik ve pH Değerleri	32
4.2	İnceleme Alanı Sularının Kimyasal Özellikleri	33
4.2.1	İnceleme Alanı Sularının Sınıflaması	37
4.2.1.1	Çözünmüş Toplam Katı Madde Miktarına Göre Sınıflama....	37
4.2.1.2	Schoeller Sınıflaması	37
4.2.1.3	Yarı Logaritmik Diyagram.....	37
4.2.1.4	Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması	37
4.2.1.5	Piper Sınıflaması	38
4.3	İnceleme Alanı Sularının İzotop Kompozisyonları	41
4.3.1	Oksijen-18 ve Döteryum İzotopları	41
4.3.2	Tritiyum	44
4.3.3	Karbon-13	45
4.4	Suların Mineral Doygunlukları.....	46
5.	SULARIN KULLANILABİLME ÖZELLİKLERİ	48
5.1	Suların İçilebilme Özellikleri	48
5.2	Suların Sulamada Kullanılabilme Özellikleri.....	48
5.2.1	Wilcox Diyagramı.....	50
5.2.2	Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	50
5.2.3	ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	51
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	54
7.	KAYNAKLAR.....	56
8.	ÖZGEÇMİŞ	62

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.	1
Şekil 1.2: Çalışma alanının Çürüksu Havzası'ndaki konumu.....	2
Şekil 2.1: Çalışma alanının Çürüksu Havzası'ndaki konumu	10
Şekil 3.1: Denizli İlinin aylık sıcaklık (1960-2010) ve yağış (1950-2010) ortalamalarının karşılaştırılması.	16
Şekil 3.2: Denizli il merkezi için yıllık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerlerinin yıllara göre dağılımı.	17
Şekil 3.3: Denizli il merkezi için yıllık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerlerinin yıllara göre dağılımı.	17
Şekil 3.4: Denizli il merkezinin yağış-Etp grafiği.	18
Şekil 3.5: (a) Pınarkent Mahallesi yerleşim alanında bulunan Böceli kaynağı kaptajı ve mülga Köy Hizmetleri Denizli İl Müdürlüğü tarafından açılan sondaj (doğuya bakış), (b) Böceli kaynağı civarının genel görünümü ve içme suyu ihtiyacı fazlası suyunun verildiği çevirme kanalı.....	24
Şekil 3.6: (a) Kazanpınar kaynağı kaptajı. Kaynak civarı dikenli telle çevrelenmiştir (siyah kesik çizgi), (b) yakın plan görünüm.....	24
Şekil 3.7: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarından içme suyu temin eden yerleşim alanları ve su iletim hatları.	26
Şekil 3.8: Pamukkale grubu (Böceli kaynağı)	27
Şekil 3.9: Yavuz eren grubu (Kazanpınar kaynağı).....	27
Şekil 3.10: Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının debileri ve aylık toplam yağış değerlerinin karşılaştırılması	31
Şekil 4.1: Yarı logaritmik diyagram	38
Şekil 4.2: Piper diyagramı	40
Şekil 4.3: (a) Kazanpınar (b) Böceli kaynağı sularının majör iyon derişimlerinin mevsimsel değişimi	41
Şekil 4.4: Suların $^{18}\text{O} - ^2\text{H(D)}$ diyagramı.....	44
Şekil 4.5: Çeşitli ortamların $\delta^{13}\text{C}$ değerleri	46
Şekil 5.1: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının Wilcox diyagramındaki dağılımı.	51
Şekil 5.2: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramındaki dağılımı.....	53

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Denizli il merkezinin 1950-2010 yıllarındaki deneyimli su bilançosu	19
Tablo 3.2: Susuz köyler grubu nüfusları (2018)	25
Tablo 3.3: Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının debi değerleri.....	29
Tablo 3.4: Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının boşalım katsayısı değerleri ...	31
Tablo 4.1: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının koordinatları, sıcaklık, Eİ ve pH değerleri.....	33
Tablo 4.2: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının kimyasal (iyon) analiz sonuçları (mg/l).....	34
Tablo 4.3: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının kimyasal (iyon) analiz sonuçları (mek/l).	35
Tablo 4.4: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının kimyasal (iyon) analiz sonuçları (%mek/l) ve su sınıfları	36
Tablo 4.5: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının su sınıfları.....	39
Tablo 4.6: Suların izotop kompozisyonları	43
Tablo 4.7: Kaynak sularının bazı minerallere göre doygunluk durumları.	47
Tablo 5.1: İçme suyu standartlarına göre inceleme alanı sularının içilebilirlik özellikleri.....	49
Tablo 5.2: İnceleme alanı sularının sulama suyu sınıfları.....	52

SEMBOL LİSTESİ

km	:	Kilometre
km²	:	Kilometre kare
m	:	Metre
ml	:	Mililitre
m³/s	:	Metreküp/saniye
l/s	:	Litre/saniye
°C	:	Santigrat Derece
mm	:	Milimetre
µm	:	Mikrometre
µS/cm	:	Mikrosiemens/santimetre
µmho/cm	:	Mikromho/santimetre
µg/l	:	Mikrogram/litre
mg/l	:	Miligram/litre
mek/l	:	Miliekivalan/litre
mol/l	:	mol/litre
D	:	Döteryum
%	:	Yüzde
‰	:	Binde
TU	:	Tritiyum birimi
SMOW	:	Standard Mean Ocean Water

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda bilgi ve tecrübesiyle beni koordine eden, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Ali GÖKGÖZ' e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim süresinde dersime giren, değerli bilgilerini sunan tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Arazi, laboratuvar ve diğer çalışmalarım esnasında, tezimi bu aşamaya getirmeme yardımcı olan arkadaşım Özgün DEMİREL' e teşekkür ederim.

Ayrıca, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve bu tezi hazırlamamda emeği geçen herkese teşekkür ederim.

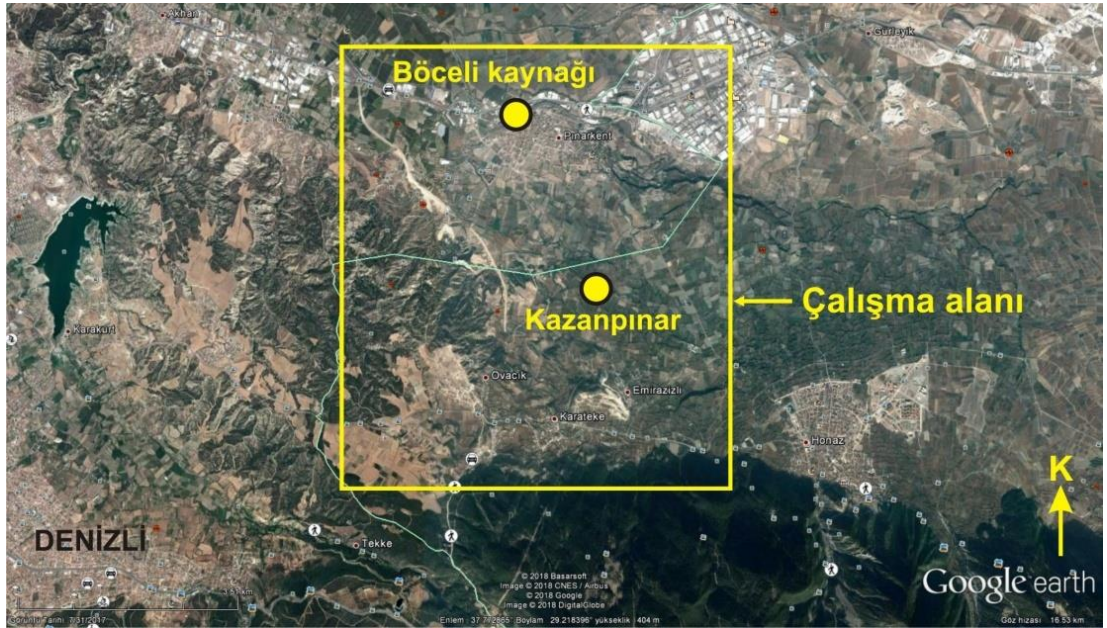
1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Alanının Yeri ve Genel Özellikleri

Böceli ve Kazanpınar soğuk su kaynaklarını içine alan çalışma alanı Denizli İl merkezinin yaklaşık 10 km doğusunda bulunur. (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2)

Çalışma alanı ve çevresi, graben tektoniğine bağlı olarak gelişen bir topografya göstermektedir. Çalışma alanında bulunan Honaz Dağı 2528 metre ile Ege Bölgesi sınırları içerisinde yer alan en yüksek dağdır. Çürüksu havzası yaklaşık doğu-batı doğrultulu bir çöküntü ovasıdır. Ovanın batı ve doğu bölümleri arasındaki yükseklik farkı 320 metredir.

Yöredeki en önemli akarsu her mevsim sulu olan Çürüksu Çayı'dır. Çürüksu Çayı, Büyük Menderes Nehri'nin yan kollarından biridir. Doğu kesimde Honaz ve Aksu Çayı olarak iki kola ayrılır. Bunlar Çömleksaz'dan Kocabaş'a kadar uzanan traverten teraslarını katederler ve kanyon şeklinde vadi yamaçlarını meydana getirirler.

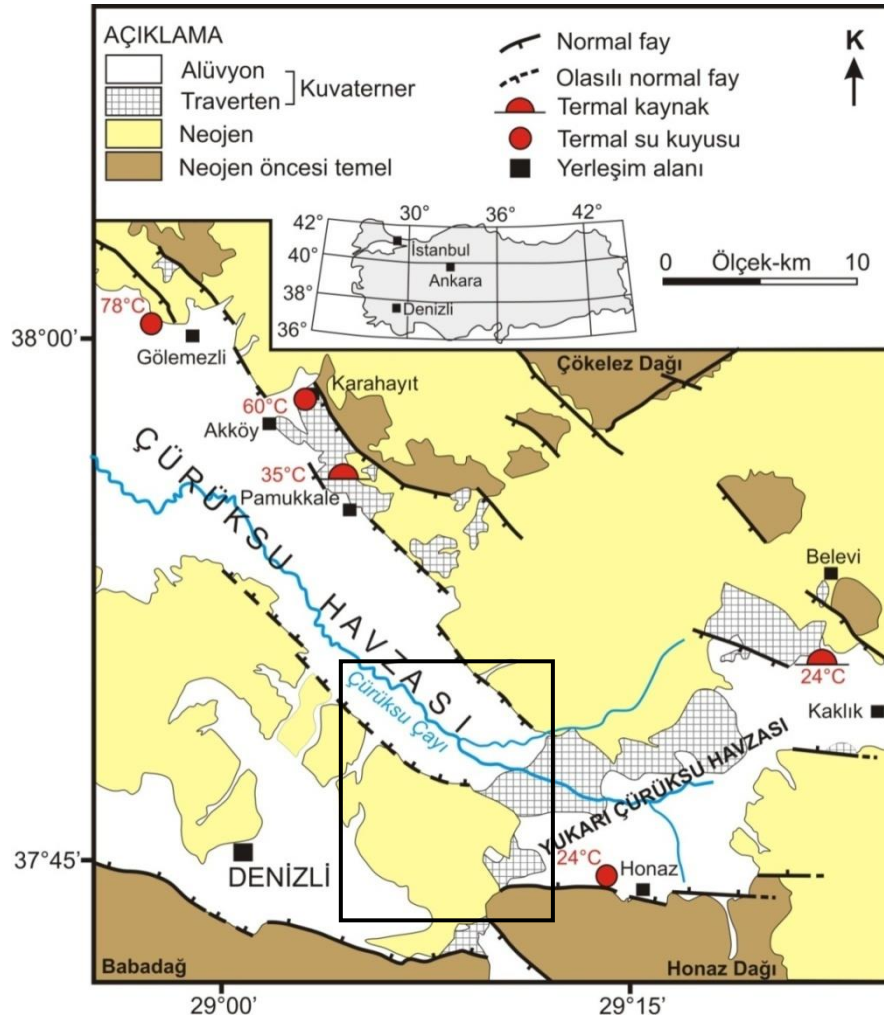


Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası.

İnceleme alanı ve civarı Ege, Akdeniz ve İç Anadolu iklim kuşaklarından etkilenmektedir. Yazları sıcak, yarı nemli-kurak, kışları ise ılık-yağışlı geçmektedir. Yağışlar genellikle yağmur şeklinde olup nadir olarak da kar yağışı görülür. Honaz Dağı çoğunlukla kış ve ilkbahar aylarında karla örtülüdür.

İnceleme alanının engebeli ve yüksek kesimlerinde ise ormanlık alanlar yer almaktadır (genellikle çam). Yöre halkı ise genel olarak kiraz, üzüm, ayva, vişne, arpa, buğday ve sebze yetiştiriciliği ile ilgilenmektedir.

Çalışma alanındaki başlıca yerleşim alanları Honaz İlçesi ve Pınarkent Mahallesi'dir. Denizli Organize Sanayi Bölgesi de çalışma alanı içindedir.



Şekil 1.2: Çalışma alanının Çürüksu Havzası'ndaki konumu (Sun, 1990 ve Özkul ve diğ., 2002' den değiştirilerek).

1.2 Amaç ve Kapsam

Çalışmanın amacı, 21 yerleşim alanının içme suyu ihtiyacını karşılayan Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının boşalım hidrodinamiğini incelemek, kaynak sularının kimyasal kompozisyonlarındaki mevsimsel değişimleri belirlemek ve bu kaynaklardan sürdürülebilir yararlanma için öneriler getirmektir.

Tez kapsamında ana hatlarıyla aşağıda sıralanan çalışmalar gerçekleştirilmiştir:

- Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının akiferlerinin belirlenmesi,
- Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının hidrodinamik özelliklerinin (yağış-debi ilişkisi, kaynak boşalım katsayıları ve depolama gücü) belirlenmesi,
- Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının 2 aylık periyotlarla 9 ay boyunca kimyasal bileşimlerdeki (iz element ve izotoplar dahil) değişimlerin incelenmesi,
- Bu kaynaklardan sürdürülebilir yararlanma olanaklarının değerlendirilmesi.

1.3 Literatür Özeti

Çalışma alanı ve yakın civarında değişik araştırmacılar tarafından genellikle bölgenin tektoniği, jeolojisi, volkanizması, paleontolojisi, hidrojeolojisi ve hammadde olanakları üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bunlardan bazılarını aşağıda değinilmiştir.

Jeolojik Çalışmalar:

Erişen (1971), Denizli çevresinde Paleosen'in sadece Alt Pliyosen yaşlı çökellerden oluştuğunu ve Üst Pliyosen izlenimi veren tortulların Alt Pliyosen yaşlı olduğunu ifade etmiştir.

Taner (1974a,b, 1975), Denizli ve civarında Paleozoik yaşlı metamorfitlelerin üzerine uyumsuz olarak gelen çökellerin Meosiyen yaşında olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı, Pliyosen'de, küçük kapalı bir havza şeklinde gelişen Denizli havzası göl

ortamının az derin ve sakin olduğunu, tatlı su içerdiğini, ancak daha sonraları biraz tuzlandığını ileri sürmüştür. Sonraki çalışmalarda bu birimlerin yaşı revize edilerek Alt Miyosen-Pliyokuvaterner aralığına çekilmiştir (Taner 2001).

Ercan ve diğ. (1983), çalışma alanı yakın civarında bulunan Üst Pliyosen yaşlı volkanik kayaların, şoşonitik bazalt, latit ve trakit türünde olduklarını ve volkanizmanın çekme rejimi sonucu oluşan kıtasal riftleşme ürünü olarak oluştuklarını söylemişlerdir.

Okay (1989), inceleme alanında alttan üste doğru Göbecik tepe birimi, Honaz şeyli, Menderes Masifi ve Sandak biriminin yer aldığını, bunlardan Göbecik Tepe biriminin göreceli otoktonu oluşturduğunu, Menderes Masifi' nin allokton konumda olduğunu Göbecik tepe birimi ve Honaz şeyli üzerine itildiğini, Honaz Dağının doğuya devrik bir antiklinal yapısı oluşturduğunu ifade etmiş ve bölgede üç deformasyon fazı ayırtlamıştır.

Bozkuş vd (2001), D-B uzanımlı ve kuzeye 40-60° eğimli aktif Honaz fayının Denizli Neojen-Kuvaterner havzasını güneyden sınırlayan faylardan biri olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Honaz fayı boyunca gözlenen fay düzlemi özellikleri, fay dikliği, alüvyon ve alüvyon yelpazesi çökelleri, alüvyon konileri, traverten çökelleri ve su kaynaklarını Honaz fayının diri bir fay olduğunun göstergesi olarak kabul etmişlerdir. Ayrıca, episantrları Honaz ilçe merkezi yakınlarında olan ve büyüklükleri 5,7'ye erişen depremlerin de Honaz fayının aktivitesini desteklediğini belirtmişlerdir.

Koçyiğit (2005), Honaz ve Küçükmalıdağ fay zonlarının hala aktif ve 6 veya üzerinde büyüklükte bir deprem potansiyeline sahip olduğuna işaret etmiştir.

Pekuz (2008), Oligosen döneminin GD-Ege bölgesinde büyük çaplı ofiyolit nap yerleşimlerinin devam ettiği ve bindirme tektoniğine bağlı bölgesel yükselmelerin egemen olarak geliştiği bir zaman aralığını simgelediğini, genel olarak Denizli ve çevresini de içine alan GD-Ege Bölgesinde yükselen dağ kuşaklarının (Honaz Dağı) çoğunlukla kuzeyinde ve doğu bölümlerinde Oligosen döneminde ortaya çıkan havzalarda molas tipinde oldukça kalın ve kaba kırıntılı tortulların depolandığını belirtmiştir.

Özkaymak (2015), Honaz Dağı'nı kuzeyden sınırlayan Honaz Fayı'nın 2 km genişlik ve 15 km uzunlukta, kuzeye yay şekilli eğim atımlı listrik normal fay olduğunu ve Erken Kuvaterner'den beri devam eden K-G doğrultulu genişleme rejimi ile oluştuğunu ifade etmiştir.

Jeotermal Enerji Olanakları:

Çakır (1999), Gediz ve Büyük Menderes grabenlerindeki aktif normal fayların yekpare bir düzlem olmayıp, doğrultuları boyunca 13 km uzunluklara varan çeşitli geometrik segmentlere ayrıldıklarını, içerisinden travertenlerin oluşmasına yol açan karbonatça zengin termal suların çıktığı açılma çatlaklarının bu fay segmentlerinin uç kısımlarında ve onların aralarındaki gerilmeli sıçrama zonlarında bulduklarını ve grabenlerin kuzey sınırlarını teşkil eden ana fayların muhtemelen karbonatça zengin yeraltı sularının yeryüzüne çıkmasında derin kanal görevi gördüklerini ifade etmiştir.

Kastelli (1971), Babadağ, Tavas ve Honaz çevresinde 400 km²'lik bir alanda yaptığı jeolojik çalışmalar neticesinde Honaz sahasının jeotermal açıdan değerlendirilebilecek bir saha olmadığını belirtmiştir. Ancak, Çürüksu grabeninde (Denizli Havzası) düşük sıcaklıklı suların varlığı (Kaklık mağarası civarındaki kaynak ve sondajlar gibi) bilinmektedir. Honaz-Kaklık civarındaki travertenleri oluşturan sular da jeotermal su katkısının da olduğu belirlenmiştir (Özkul ve diğ. 2013). Dolayısı ile çalışma alanı ve civarında Özler (2000) tarafından da belirtildiği gibi düşük sıcaklıklı bir jeotermal sistemin varlığı söz konusudur.

Hidrojeolojik Çalışmalar:

Önhon ve diğ. (1988), inceleme alanında yüzeyleyen çakıllı travertenlerde çatlakların yanı sıra çözünme boşluklarının gözlenmesinin travertenlere verimli bir akifer özelliği kazandırdığını ve ayrıca alüvyon konilerinin alt düzeylerinde yer yer gözlenen killi seviyelerin alüvyon akiferin yarı basınçlı olmasını sağladığını ifade etmiştir.

Özdamar (1991), Kızılyer ve Honaz civarındaki sondaj kuyularının debilerinin (artezyen ve pompa) 1 ile 80 l/s arasında değiştiğini belirtmiştir.

Gökgöz (1994), Honaz yöresi yeraltı sularının Yukarı Çürüksu Ovası'nın diğer kesimlerinden farklı bir kimyasal yapıya sahip olduğunu, ovadaki yeraltı sularında gözlenen aşırı sülfat miktarının Triyas ve Neojen birimleri içindeki jipsli düzeylerin yeraltı sularınca yıkanmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Gökgöz ve diğ. (2015), yöredeki en yüksek debiye sahip kaynaklardan biri olan Pınarbaşı kaynağının kaynak boşalım katsayısının 10-3 gün-1 mertebesinde ve kaynaktan boşalan suyun hidrokimyasal tipinin Ca-Mg-HCO₃-SO₄ olduğunu ifade etmişlerdir.

Özler (1999, 2000), Çürüksu sistemi içindeki suların meteorik kökenli olduğunu, hidrotermal sistemin güneyde Honaz, kuzeyde ise Çökelez dağlarından beslendiğini; Çürüksu ve Gökpınar havzalarındaki kaynakların büyük bir depolama kapasitesine sahip olduğunu ve bu nedenle debilerinin mevsimsel değişimlerden etkilenmediğini belirtmiştir.

1.4 Yöntem

Suların kimyasal özelliklerini ve kimyasal kompozisyonlarındaki mevsimsel değişimlerini araştırmak için Böceli ve Kazanpınar kaynaklarından Ekim-2018 ile Haziran-2019 arasında 9 ay boyunca iki aylık periyotlarla yerinde ölçüm, analiz ve örnekleme, laboratuvarında ise iyon ve izotop analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Suların sıcaklıkları, elektriksel iletkenlikleri (E.İ.) ve pH değerleri HACH-LANGE HQ40D model multimetre ile ölçülmüş olup her parametre için ölçümlerden önce standart çözeltiler ile cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Suların HCO₃ miktarları da H₂SO₄ titrasyonu ile belirlenmiştir.

İyon (Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Li⁺, NH₄⁺, Cl⁻, SO₄⁻², F⁻, Br⁻, NO₂⁻ ve NO₃⁻) analizleri için örnekler 250 mililitrelik çift tıpalı HDPE şişelere filtre edilerek (0.45 µm) alınmış ve laboratuvara ulaştırılıncaya kadar soğuk ortamda korunmuştur (<+4 °C).

Örnekler δ¹⁸O ve δ²H analizi için 50 mililitre, trityum analizi için ise 500 mililitrelik çift tıpalı HDPE şişelere, şişelerde hava kabarcığı kalmayacak şekilde alınmıştır. Sular çözülmüş inorganik karbondaki (DIC) δ¹³C analizi için 100

mililitrelik çift tıpalı HDPE şişelere filtre edilerek alınmış, analizin yapıldığı Uweilab'ın isteği doğrultusunda koruyucu kimyasal eklenmemiş ve örnekler soğuk ortamda (<+4 °C) korunmuştur.

Su örneklerinin iyon ve ^3H (trityum) analizleri Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası ve Çevresel Trityum Laboratuvarı'nda, $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop analizleri DSİ Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, İzotop Laboratuvarı Şube Müdürlüğü'nde, $\delta^{13}\text{C}$ (DIC) analizleri ise Waterloo Üniversitesi Environmental Isotope Laboratory'da gerçekleştirilmiştir. Analiz hataları majör iyon analizlerinde $\pm 5\%$, trityum analizlerinde ± 1 sigma, $\delta^{18}\text{O}$ analizlerinde $\pm 0,2\%$, $\delta^2\text{H}$ analizlerinde $\pm 1\%$ ve $\delta^{13}\text{C}$ analizlerinde $\pm 0,2\%$ aralığında olmuştur.

2. JEOLojİ

2.1 Stratigrafi

Çürüksu Havzası (Çürüksu Grabeni)'nin genel jeolojisi ve çalışma alanının Yukarı Çürüksu Havzası'ndaki konumu Şekil 1.2'de sunulmuştur. Çalışma alanının temel kayaçları Honaz şeyli, Menderes Masifi metamorfikleri, Likya napları, Göbecik Tepe birimi ve Oligosen karasal kırıntılı tortullardan meydana gelir. Bu kayaçlar Neojen yaşlı birimler tarafından uyumsuz olarak üstlenir (Şekil 2.1).

2.1.1 Paleozoyik

2.1.1.1 Honaz Şeyli

Honaz dağının çekirdeğini oluşturan Honaz şeyli bol kırıklı ve kıvrımlı, hafif metamorfizma geçirmiş, koyu mavimsi-yeşil şeyl ve silttaşından meydana gelir (Okay 1989). Honaz şeylinde yer yer kırmızı silttaşı, feldispat çakıllı kumtaşı ve kuvars bileşenli çakıltaş tabakaları yeşil renkli şeylerle ardalanmalı olarak bulunur. Birim, yer yer koyu renkli andezitik daykları da içerir. Okay (1989), yapısal bir dokanakla Menderes masifinin Yılanlı ve Zeybekölen Tepe formasyonlarının altında yer alan Honaz şeylinde herhangi bir yaş bulgusu olmadığını belirtmiştir. Ancak yaşı Permiyen olarak kabul eden çalışmalar da vardır (Konak ve Şenel 2002).

2.1.2 Mesozoyik – Eosen

2.1.2.1 Menderes Masifi

Menderes Masifi metamorfikleri, çalışma alanında başlıca Yılanlı formasyonunun gri mermerlerinden oluşur (Meşhur ve Akpınar 1984; Konak ve diğ. 1987). Formasyon Honaz Dağı eteklerinde geniş yayılım göstermekte olup gri-açık gri

renkli, kalın katmanlı-masif, yer yer laminalı, ince taneli, yer yer gastropod kavkuları içeren rekristalize kireçtaşlarından yapılıdır (Okay 1989). Formasyonun görünür kalınlığı 1500 metre olup yaşı Üst Kretase'ye kadar uzanmaktadır (Okay 1989).

Yılanlı Formasyonunun üzerinde yer alan Zeybekölen Tepe Formasyonu, genellikle ince-orta katmanlı, rekristalize, gri renkli pelajik kireçtaşı, pembe renkli kireçtaşı, şeyl ve karbonatlı şeylden oluşur (Okay 1989). Görünür kalınlığı 1000 metreni üzerinde olan birimin yaşı, olabilirlik bakımından Paleosen-Alt Eosen'dir (Okay 1989). Bu kayaçlar Likya naplarının Sandak biriminin Gereme formasyonu tarafından nap dokanağı ile üzerlenir.

2.1.2.2 Likya Napları

Likya napları, inceleme alanında Sandak Birimine ait Gereme formasyonu ve Çataca Tepe kireçtaşı birimleri ile Honaz Ofiyoliti'nden oluşur.

2.1.2.2.1 Sandak Birimi

Sandak Sandak birimi inceleme alanında Gereme formasyonu ve Çatalca Tepe kireçtaşı birimleri ile temsil edilir. Gereme formasyonu masif, kalın katmanlı, çoğunlukla gri-koyu gri, siyah renkli dolomitik kireçtaşı, dolomit ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Yüzeydeki ayrışmaya bağlı olarak oluşan gözenekli cüruf görünümü çalışma alanı dolomitleri açısından çok tipiktir (Okay 1989). Honaz İlçesi, Kızılyer Mahallesi'nin güney kesiminde siyah dolomitik kireçtaşları ve dolomitler kalın jips düzeyleri ile ardışıklıdır (Gündoğan ve diğ. 2008). Bu jips yatakları günümüzde işletilmektedir.

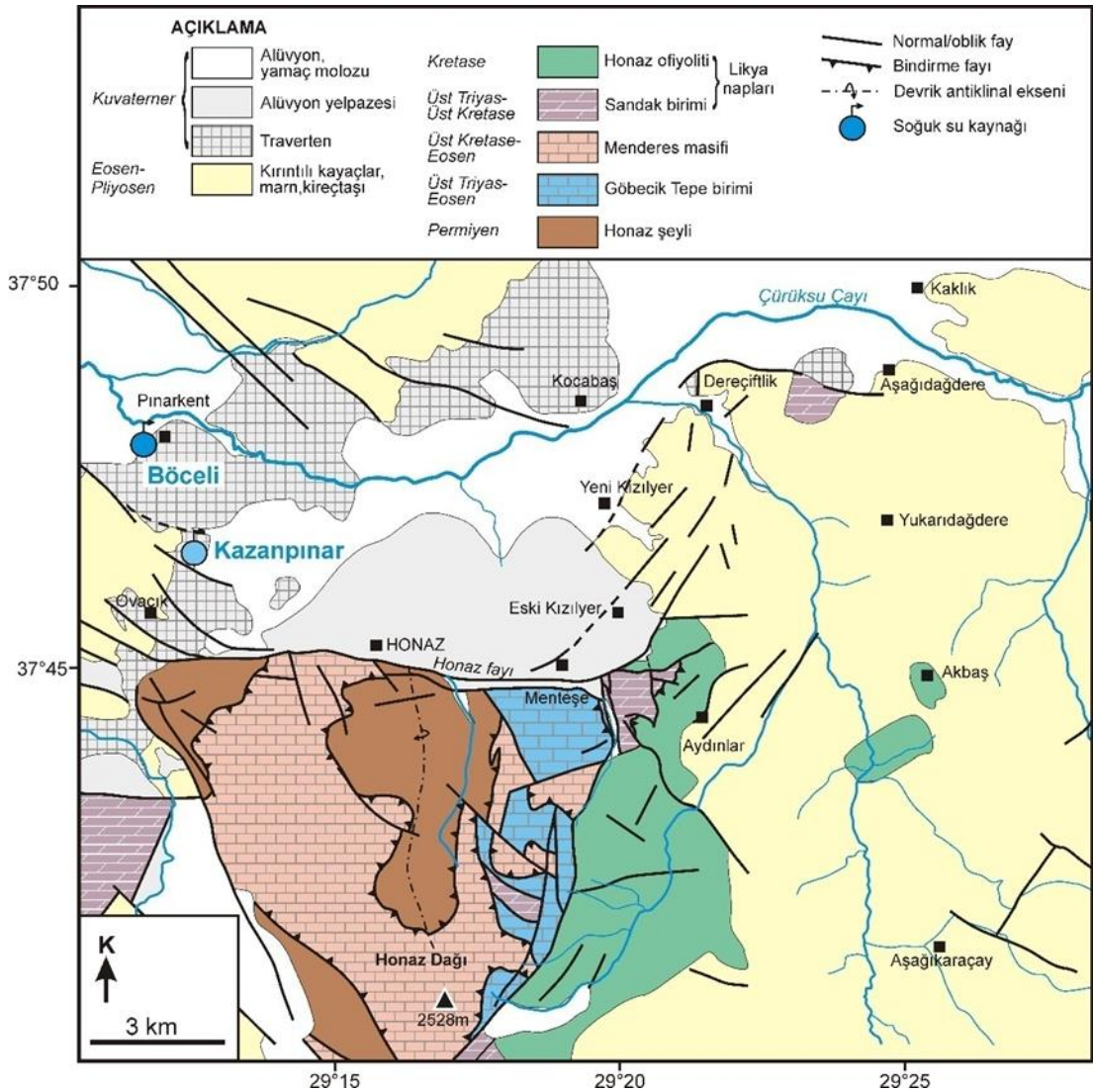
Çatalca tepe kireçtaşı birimi gri, koyu gri, masif-kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşur (Okay 1989). Gereme formasyonu üzerinde yer alan birimin kalınlığı 750 metreden fazladır ve tektonik bir dokanakla Honaz ofiyoliti tarafından üzerlenir. Sandak birimi Üst Triyas - Kretase yaşlıdır (Bernoulli ve diğ. 1974; Erakman ve diğ. 1986).

2.1.2.2.2 Honaz Ofiyoliti

Honaz dağının doğu kesiminde geniş alanda gözlenen Honaz ofiyoliti yöredeki nap silsilesinin en üstteki tektonik birimini oluşturmaktadır. Genellikle koyu yeşil renkli, bloklu, cilâlı, kısmen serpantinleşmiş, yer yer silisleşmiş harzburjitlerden ve çok az oranda küçük kromit ve gabro kütlelerinden oluşan (Okay 1989) Honaz Ofiyoliti'nin yaşı Kretase'dir (Gündoğan ve diğ. 2008).

2.1.2.2.3 Göbecik Tepe Birimi

İnceleme alanında nispi otokton konumunda olan Üst Triyas-Eosen yaşlı Göbecik Tepe Birimi Okay (1989) tarafından dört formasyona ayrılmıştır:



Şekil 2.1: Çalışma alanının Çürüksu Havzası'ndaki konumu (Sun, 1990 ve Özkul ve diğ., 2002'den değiştirilerek).

1. *Bozkaya Tepe Kireçtaşı*: Bejrenkli, orta - kalın katmanlı, yer yer çört mercekli, bol mikrofosillimikritik kireçtaşından yapılıdır. Honaz İlçesi'nin güney kesiminde gözlenir. Menderes masifi ile alt dokanağı yapısaldır.
2. *Kırkpınar Kireçtaşı*: Kiremit kırmızısı renkli, ince - orta katmanlı, bol mikrofosillimikritlerden meydana gelir. Honaz dağı zirvesinin doğu kesiminde gözlenen formasyon Bozkaya Tepe kireçtaşları üzerinde bulunur.
3. *Kozaklı Tepe Formasyonu*: Bu formasyon orta - kalın katmanlı, siyah, renkli mikritik radyolaryalı kireçtaşı; sarımsı, ince katmanlı, karbonatlı şeyl; kumlu kireçtaşı; kırmızı-yeşil şeyl; yer yer bol nummulit fosilli kırıntılı kireçtaşı; bordo renkli, ince katmanlı kireçtaşlarından oluşur. Honaz Dağı'nın zirvesinin kuzey kesiminde gözlenen formasyon Kırkpınar kireçtaşları üzerinde uyumlu olarak bulunur.
4. *Alçıboğazi Formasyonu*: Kuvars, çört, volkanit, serpantinit ve karbonat bileşenli yeşil kumtaşı, kaba kumtaşı, konglomera ve şeylden meydana gelir. Honaz ilçe merkezinin güneydoğusunda gözlenen formasyon Kozaklı Tepe Formasyonu üzerinde yer alır.

2.1.3 Senozoyik

Çalışma alanında Eosen yaşlı birimler taban kesimlerde çakıltaşı, biyoklastik kireçtaşı ile başlar ve üste doğru kumtaşı-şeyl araldanması şeklinde devam eder ve başlıca türdibit istifinden yapılıdır (Poisson, 1977; Göktaş, 1990; Sun, 1990).

Oligosen yaşlı istif ise alüvyon yelpazesi ortamında çökelmiş kızıl - kahverengi ve yeşil renklerde kaba çakıltaşı - kumtaşı - çamurtaşı düzensiz araldanması şeklinde karasal kırıntılardan meydana gelir (Hakyemez, 1989; Göktaş, 1990).

Çalışma alanındaki Neojen yaşlı birimler çakıltaşı - kumtaşı - çamurtaşı düzensiz araldanması ve silttaşı, kilttaşı, killi kireçtaşı ve gölsel kireçtaşlarından yapılıdır. Kireçtaşlarının yanal devamlılığı sınırlıdır. Neojen birimleri yer yer jips oluşumları (Sazak formasyonu) ve linyit düzeyleri içerir. Miyosen - Pliyosen yaşlıdır (Şimşek, 1984; Taner, 2001).

2.1.4 Kuvaterner

2.1.4.1 Alüvyon

İnceleme alanında bilhassa Çürüksu Çayı yatağı boyunca geniş yayılım gösterir. Orta - kötü boylanmalı çakıl, kum, silt ve kil boyutlu malzemedir yapıdır. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yörede açılmış sondaj bilgilerine göre 150 m'ye ulaşan kalınlığa sahiptir.

2.1.4.2 Alüvyon Yelpazesi

Honaz fayı boyunca bilhassa Gökdere, Çayboğazı ve Kaleboğazı vadilerinin bu fayı kestiği kesimlerde gözlenir. Alüvyon yelpazesi çökelleri kötü-çok kötü boylanmalı blok, çakıl, silt, çamur ve kumlardan oluşmakta olup oldukça büyük boyutlu sıralı yelpazeler çoğunlukla birleşmişlerdir.

2.1.4.3 Yamaç Molozu

Bilhassa yüksek açılı fayların ve Honaz fayının önünde gözlenmektedir. Kötü boylanmalı olup bloktan kile kadar değişik boyutta malzeme içerirler.

2.1.4.4 Traverten

Çalışma bölgesinde yaygın olarak gözlenir. Değişik morfolojiler sunan (fissür sırtı, yamaç, fay önü gibi) travertenlerin kalınlıkları oldukça fazladır. Yer yer traverten kalınlığı 90 m'ye erişmektedir. Bilhassa fay önlerindeki çatlaklardan ve fay zonlarından çıkan genellikle yüksek verimli, karstik ve kalsiyum bikarbonatça doygun kaynak sularından çökelerek oluşmuştur.

2.2 Yapısal Jeoloji

Ege Bölgesi ve çevresi Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer aldığı için en fazla sismik aktivitenin olduğu bölgelerdendir. Doğu-batı, kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu graben - horst yapıları içerir (Şengör ve diğ. 1985; Taymaz ve diğ. 1991; Jackson 1994; Bozkurt 2001; Sözbilir 2002; Koçyiğit 2005; Kaymakçı, 2006; Koçyiğit ve Deveci 2007). Bu yapılardan biri de 62 km uzunlukta ve 7-28 km genişlikteki Denizli graben - horst sistemidir. (Koçyiğit 2005).

2.2.1 Naplar

Çalışma alanındaki allokon birimler nap istifi şeklinde üst üste yerleşmiş olup bu nap istifinin en altında Honaz Şeyli yer almaktadır. Honaz Şeylinin üzerinde Menderes Masifinde yer alan Zeybekölen Tepe Formasyonu, onun üzerinde de Sandak Birimi Çatalca Tepe Kireçtaşları nap dokanağı yer alır. Sandak biriminin üstünde nap istifinin en üst birimi olan Honaz ofiyoliti bulunur.

Paleontolojik bir verisi olmadığı için Honaz Ofiyolitinin ne zaman Sandak birimi üzerine yerleştiği bilinmemektedir. Ancak Toros'lar da yer alan ofiyolitlerin karbonat platformları üzerine Geç Kretase'de yerleştiği bilinmektedir. Sandak birimi Menderes Masifi üzerine Orta Eosen'de yerleşmiştir. Metamorfizmanın nispeten düşük olduğu Marçal Dağı'ndaki Menderes Masifi istifinin Alt Eosen'e kadar çıkmasına dayanılarak Sandak biriminin yaşı olarak verilmektedir (Konak ve diğ. 1987).

Menderes Masifinin Honaz Şeyli üzerine itilmesi bindirmeler ve devrik izoklinal kıvrımlardan önce olup Eosen – Oligosen yaşta olan bindirmeler ve devrik izoklinal kıvrımlar Menderes masifi ile Honaz şeyli arasındaki tektonik dokanağı kesmektedir (Okay 1989).

2.2.2 Eğim Atımlı Normal Faylar

Bölgenin tektonik yapısıyla ilişkili olarak birçok fay jeolojik ve jeomorfolojik belirtilerle tanımlanabilir. Fayların çoğunluğu eğim atımlı normal faylardır ve inceleme alanı kuzeyinden güneyine doğru basamaklı bir yapı kazanmışlardır.

Eğimleri çoğunlukla 50° ile 80° arasındadır. Fay hatlarının uç kısımlarında ve onların gerilmeli sıçrama zonlarında açılma çatlakları bulunmaktadır. Grabenlerin kuzey sınırındaki faylar olasılıkla karbonatça zengin yeraltı sularının yüzeye çıkmasında derin kanal görevi görmektedir (Çakır 1999). Bu fayların belirgin özellikleri aşağıda verilmiştir (Koçyiğit 1984):

- ❖ Fay düzlemi ve yakınında soğuk ve sıcak su kaynaklarının çizgisel olarak dizilmesi,
- ❖ Yaşlı ve genç birimlerin yanyana gelmesi,
- ❖ Fay dikliği eteklerinde fay düzlemini kateden konsekant dere yataklarında oldukça kalın birikinti konilerinin oluşması,
- ❖ Asılı olarak kalan eski alüvyonlar.

İnceleme alanının en önemli yapısal öğelerinden biri olan Honaz Fayı 15 km uzunluğunda olup güncel grabeni güneyden sınırlayan normal bir faydır (Okay 1989; Bozkuş ve diğ. 2001; Koçyiğit 2005; Aydan ve diğ. 2005; Kaymakçı 2006; Gündoğan ve diğ. 2008; Özkul ve diğ. 2013;). Fay zonunun genişliği 500 m ile 2000 m arasında değişmekte olup fayın doğrultusu doğu kesimde KD-GB, batı kesimde ise KB-GD'dur (Özkaymak 2015). Honaz Fayı'nın halen aktif olduğunu gösteren belirtiler yüksek sismik aktivite, geniş yayılıma sahip alüvyon yelpazeleri, fay önündeki sıcak su travertenleri, soğuk yeraltı sularında gözlenen jeotermal su katkısıdır.

3. HİDROJEOLOJİ

Bu bölümde, inceleme alanının iklim özellikleri incelenmiş, gerçek buharlaşma-terleme, su noksanı ve su fazlası değerleri hesaplanmış, kayaçların hidrojeolojik özellikleri belirtilmiş ve örneklenen su noktaları konusunda bilgi verilmiştir.

3.1 İklim Özellikleri

İklim özellikleri ile ilgili gerçekçi bir değerlendirme yapılabilmesi için uzun döneme ait kesintisiz yağış ve sıcaklık verilerinin kullanılması gerekir. O nedenle, bu bölümdeki değerlendirmelerde çalışma alanına 10 km uzaklıkta bulunan Denizli il merkezinin yağış için 1950-2010 ve sıcaklık için 1960–2010 yılları arasını kapsayan verileri kullanılmıştır. Veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır.

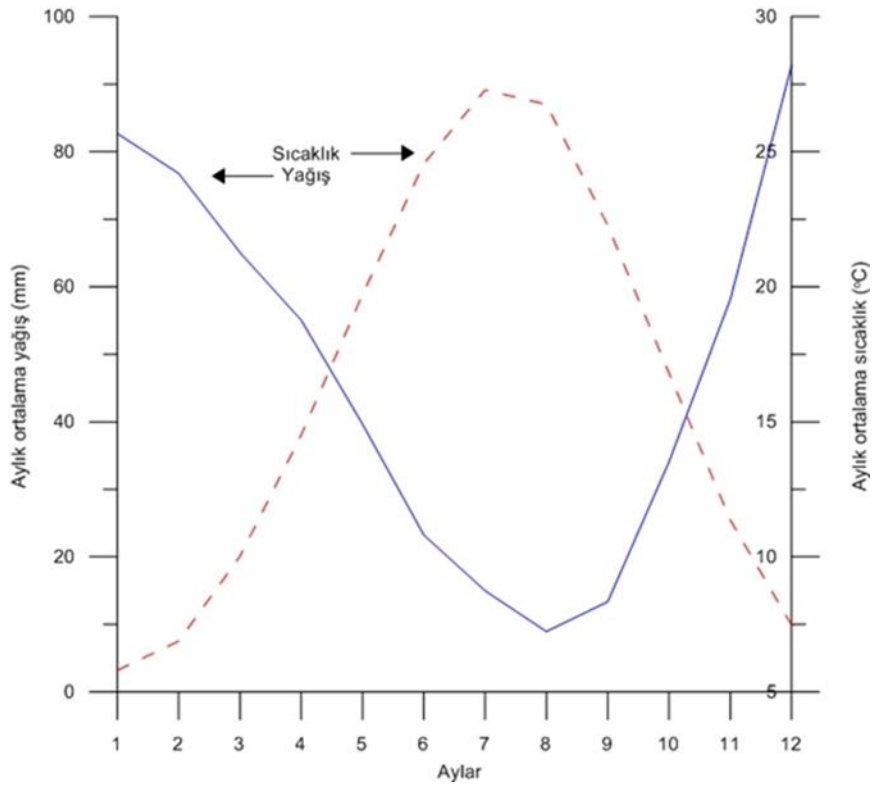
3.1.1 Yağış ve Sıcaklık

Çalışma alanı, esme sayısındaki azalma sırasına göre G, KB, B, K ve GB yönlerinden rüzgâr almaktadır. Doğudan ise hemen hemen hiç rüzgâr etkisi yoktur. Yörede, özellikle kış aylarında esen şiddetli rüzgâr ve fırtınaların yağmur bulutlarının hareketi üzerine büyük etkisi vardır.

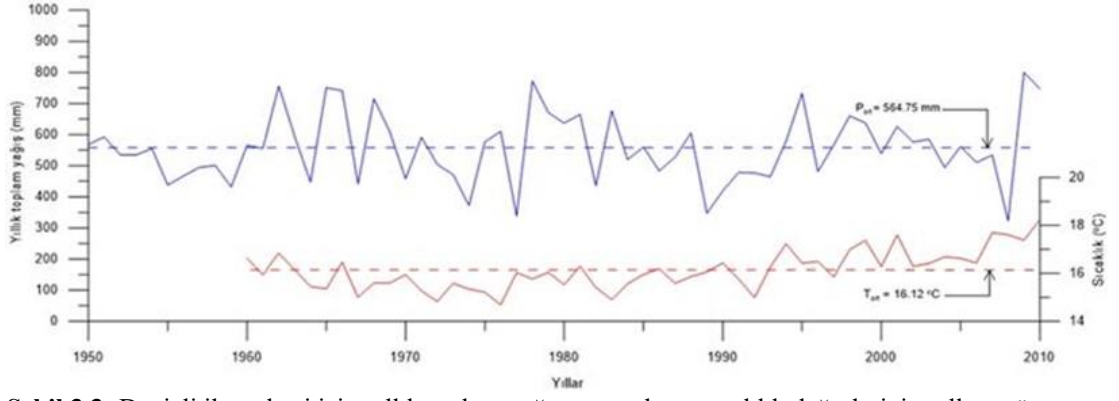
Coğrafi konumu nedeniyle çalışma alanının iklimi, yazları sıcak ve kurak kışları ise ılık ve yağışlı Akdeniz iklimi ile yazları sıcak ve kurak, kışları yağışlı ve soğuk olan karasal İç Anadolu iklimi arasında bir geçiş oluşturmaktadır. Denizli'de en fazla yağış 77 mm ile 06.02.1936, en yüksek sıcaklık 41.3°C ile 20.07.1973 ve en düşük sıcaklık –11.6°C ile 09.02.1965 tarihinde kaydedilmiştir. Denizli'de 1950-2010 yılları arasını kapsayan dönemde yapılan sıcaklık ve yağış ölçümlerine göre yıllık ortalama yağış 564,76 mm'dir; en düşük yağış Ağustos (8,95 mm), en fazla yağış Aralık (92,78 mm) ayında gerçekleşmiştir. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 16,12°C olup (1960-2010) en sıcak ay Temmuz (24,45°C), en soğuk ay Ocak (5,17°C) ayıdır.

Denizli il merkezi için aylık sıcaklık ve toplam yağış ortalamaları Şekil 3.1’de, yıllık toplam yağış ve sıcaklık ortalamalarının yıllara göre dağılımı Şekil 3.2’de verilmiştir. Buradan 1990’lı yılların başından itibaren yağış değerlerinin çoğunlukla ortalama ve ortalamanın altında seyrettiği, ancak sıcaklık değerlerinin ortalamanın üzerinde olarak sürekli artış gösterdiği söylenebilir.

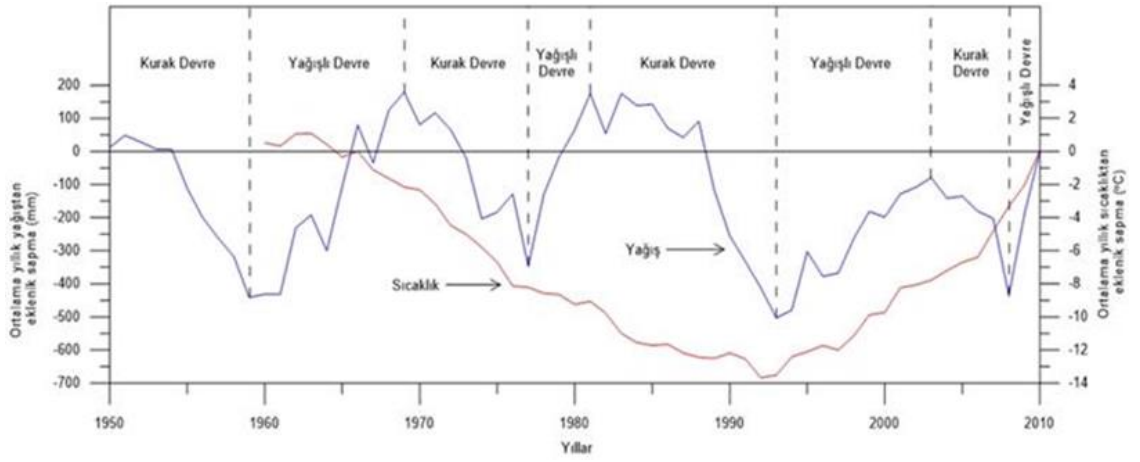
1950-2010 dönemi için ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağıştan eklenik sapma grafiği şekil 3.3’de verilmiştir. Bu şekilden, yörede ortalama sıcaklığın 1990’lı yılların başından itibaren sürekli arttığı, kurak ve yağışlı devrelerin 4-12 yıl arasındaki periyotlarla birbirini izlediği anlaşılmaktadır.



Şekil 3.1: Denizli İlinin aylık sıcaklık (1960-2010) ve yağış (1950-2010) ortalamalarının karşılaştırılması.



Şekil 3.3: Denizli il merkezi için yıllık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerlerinin yıllara göre dağılımı.



Şekil 3.2: Denizli il merkezi için yıllık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerlerinin yıllara göre dağılımı.

3.1.2 Buharlaşma - Terleme

İnceleme alanının su bütçesi, Thornthwaite (1948) yöntemiyle hesaplanmıştır. Thornthwaite'in aylık potansiyel buharlaşma-terlemeyi (E_{tp}) veren formülü:

$$E_{tp} = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a \quad I = \sum i \quad i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

şeklindedir. Formülde

I : Sıcaklık indisi,

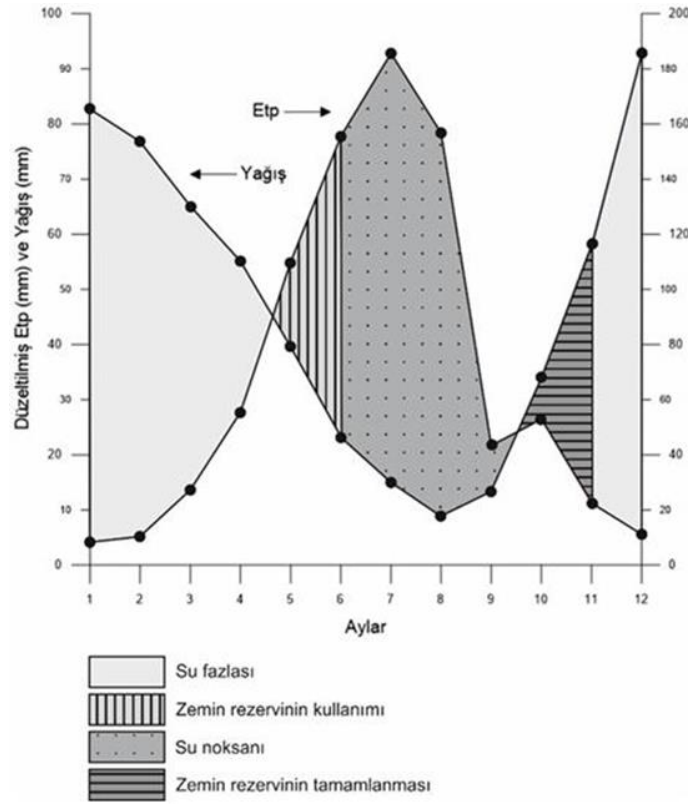
t : Aylık sıcaklık ortalaması (°C)

E_{tp} : Aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm)

$$a : 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,492$$

Bu yöntemle, 1950-2010 yılları için yıllık Etp 838,45 mm, yıllık Etr ise 368,82 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.1). Nisan ayı sonuna kadar yağış Etp' den fazladır. Bu nedenle Etp, Etr' ye eşit olur. Yağış fazlası 182,15 mm'dir. Yağışın bir kısmı akışa geçer, bir kısmı da yeraltına süzülür. Nisan ayı sonundan mayıs ayı ortalarına kadar zemin rezervi olan ve teorik olarak 100 mm kabul edilen su kullanılır. Mayıs ayı ortasından Ekim ayı ortalarına dek su noksanı, başka bir deyişle tarım su açığı vardır. Etp' nin yağıştan fazla olduğu kurak dönemde Etp 733,63 mm ve yağış 134,24 mm'dir. Buna göre su noksanı: $733,63 - (134,24 + 100) = 499,39$ mm olur.

Kasım ayı ortasından sonra yağış Etp' den fazladır. Aralık ayı ortalarında fazla yağış zemin rezervini tamamlar. Bu hesaplamalara göre yıllık ortalama yağışın %65,6'sına karşılık gelen 370,65 mm, buharlaşma-terleme ile atmosfere geri dönmektedir. Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Aralık aylarında görülen yağış fazlası toplam yağışın %34,4'üdür. Bu durumda Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında tarımsal sulamaya ihtiyaç vardır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Denizli il merkezinin yağış-Etp grafiği.

Tablo 3.1: Denizli il merkezinin 1950-2010 yıllarındaki deneştirmeli su bilançosu (THORNTHWAITE, 1948'e göre).

Meterolojik Elemanlar	AYLAR												YILLIK
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Aylık Ort. Sıcaklık(°C)	5,17	6,09	8,88	13	17,66	22,03	24,45	23,85	19,96	15,04	10,12	6,64	172,89
Aylık Endeks(i)	1,05	1,35	2,38	4,24	6,76	9,44	11,06	10,65	8,13	5,3	2,91	1,54	64,81
Etp(mm)	9,69	12,23	26,51	50,35	89,23	125,61	148,51	133,89	41,87	54,9	26,42	13,77	732,98
Düzeltilme Katsayısı	0,8225	0,84	1,03	1,1	1,2275	1,2375	1,25	1,17	1,0375	0,9625	0,8425	0,83	
Düzeltilmiş Etp (mm)	8,26	10,27	27,31	55,38	109,53	155,44	185,64	156,65	43,44	52,84	22,26	11,43	838,45
Yağış (P,mm)	82,69	76,78	65,07	55,04	39,64	23,23	14,98	8,95	13,36	34,09	58,15	92,78	564,76
Zemin Rezerv Değişimi(mm)	0	0	0	-0,34	-69,89	29,77	0	0	0	0	35,89	81,35	
Zemin Rezervi(mm)	100	100	100	99,66	29,47	0	0	0	0	0	35,89	100	
Etr(mm)	8,26	10,27	27,31	55,38	109,53	53	14,98	8,95	13,36	34,09	22,26	11,43	368,82
Tarım Su Açığı(mm)	0	0	0	0	0	102,44	170,66	147,7	30,08	18,75	0	0	469,63
Su Fazlası(mm)	74,43	66,51	37,77	0	0	0	0	0	0	0	0	17,24	195,95

3.2 Hidrojeoloji Birimleri

3.2.1 Geçirimli Birimler

İnceleme alanındaki geçirimli birimler Menderes masifine ait Yılanlı formasyonu ve Sandak birimi ile alüvyon, alüvyon yelpazesi ve travertendir.

3.2.1.1 Yılanlı Formasyonu

Kristalize kireçtaşlarından oluşan Yılanlı formasyonu, bol çatlaklı ve kırıklı bir yapıya ve ayrıca çatlak ve katman yüzeyleri boyunca ilerlemiş çözünme boşluklarına sahiptir. Bu nedenle ikincil gözenekliği ve geçirgenliği yüksektir ve inceleme alanındaki en önemli çatlak-karst akiferini oluşturmaktadır. Ayrıca formasyon; kalın ve beslenme alanının geniş olması sebebiyle verimli bir akifer özelliği göstermektedir. Denizli ilindeki en yüksek debiye sahip karstik kaynaklardan biri olan Pınarbaşı kaynağı bu formasyondan boşalmaktadır. Honaz fayı yoluyla yüzeyleyen kaynağın debisi genellikle 1 m³/s'den fazladır. Tavas-Serinhisar arasında da yayılım gösteren formasyona ait karstik kireçtaşları, her ne kadar havzanın yüzeysel drenaj alanının dışında da kalsa beslenme alanına girer ve 800 mm'den çok daha fazla yağış düşen Honaz Dağı'ndan beslenen bu kireçtaşlarının içinde yer alan büyük çözünme boşlukları, mağaralar, obruklar gibi karstik yapılar yeraltı suyunun beslenmesinde ve dolaşımında önemli rol oynar (Özler 1996).

3.2.1.2 Sandak Birimi

Sandak birimine ait Gereme formasyonunun dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşları ile Çatalca Tepe kireçtaşları bol çatlaklı, kırıklı ve karstik bir yapıya sahiptir. Gereme formasyonundaki jipslerin çözünmesi de bu formasyon içindeki boşluk hacmini artırmıştır. Bu özelliklerinden dolayı iyi bir akifer oluştururlar.

3.2.1.3 Traverten

Travertenler içerdikleri eklem, çatlak ve faylar boyunca gelişmiş çözünme boşluklarına sahiptir. Bu nedenle çatlak-karst akiferi özelliğindedir. DSİ sondaj verilerine göre inceleme alanının güney kesimindeki alüvyonların alt kısmında çakıltaşı arakatmanlı birçok traverten tabakasının yer aldığı ve traverten düzeylerinin toplam 90 m. kalınlığa eriştiği anlaşılmaktadır. Bu kesimde yüzeyleyen çakıllı travertenlerde çatlakların yanında çözünme boşluklarının da görülmesi, birimin verimli bir akifer özelliğinde olduğunu göstermektedir (Önhon ve diğ. 1988). İnceleme alanının KD' sundaki Kaklık mağarası civarındaki travertenler üzerinde yapılan bir çalışmada travertenlerin birincil porozitelerinin %2,8 ile %33,6 arasında, permeabilitelerinin de 0,1 ile 14600 mD arasında değiştiği belirlenmiştir (Soete ve diğ. 2015).

3.2.1.4 Alüvyon ve Alüvyon Yelpazesi

İnceleme alanında, üzerine düşerek süzülen yağış suları dışında Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından boşalan sularla da beslenen en önemli akiferdir. Yaklaşık 150 m. kalınlığında olan birimde açılan kuyularla, alüvyonun özellikle kumlu ve çakıllı düzeylerinden bol miktarda su alınabilir. Çayboğazı ve Gökdere alüvyon yelpazeleri taşıdığı suyu, Aksu çayının güneyindeki alüvyon ve travertenlere iletirler. Alüvyon konilerini oluşturan malzeme alt düzeylerde yer yer killi seviyeler olduğundan akifere yarı basınçlı bir özellik kazandırmaktadır. Alüvyon yelpazeleri iyi bir akifer özelliğinde olup özellikle iri çakılların egemen olduğu memba tarafından açılan kuyularla bol miktarda su alınmaktadır (Önhon ve diğ., 1988).

3.2.2 Yarı Geçirimli Birimler

3.2.2.1 Zeybekölen Formasyonu

Çörtlü kireçtaşı, karbonatlı şeyl ve şeylden oluşmaktadır. Metaflaş fasiyesindeki çökeller, altındaki Yılanlı formasyonu ile uyumlu ve geçişlidir.

Bünyesindeki suları alttaki Yılanlı formasyonuna iletir. Üst kesimleri ise su taşımamakla beraber geçirimsiz bir örtü olarak yağışı doğrudan akışa geçirdiği için Honaz Dağı yamacında büyük sellenmelere neden olmaktadır (Özler, 2000).

3.2.2.2 Eosen – Oligosen Kırıntılı Çökeller

Eosen çökellerde tabanda çakıltaşı ve resifal kireçtaşları ile başlayan düzeyler az karstik ve geçirimli, üst seviyelerdeki ardanmalı kırıntılı birimler yarı geçirimli özelliğe sahiptir (Özler 2000).

Oligosen yaşlı ve bloklu çakıltaşı - çakıllı çamurtaşı - çakıllı kumtaşı ardanmasından oluşan alüvyon yelpazesinin çamurtaşı ve kıltaşı matriksleri ortamı yarı geçirimli kılmaktadır.

Çalışma alanındaki Neojen yaşlı birimlerde geçirimli ve geçirimsiz birimlerin ardanması, silttaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı birimlerinin egemen olması ve gölsel kireçtaşlarının da yanal devamlılığı sınırlı olması nedeniyle yarı geçirimli kabul edilebilir.

3.2.3 Geçirimsiz Birimler

3.2.3.1 Honaz Şeyli ve Honaz Ofiyoliti

Honaz dağındaki devrik bir antiklinalin çekirdeğini oluşturan şeyller geçirimsizdir. Üzerinde tektonik konumda yer alan Yılanlı formasyonunun tabanını geçirimsiz olarak sınırladığından Honaz dağındaki yeraltı sularını havzaya yönlendirmektedir (Özler 2000). İleri derecede ayrıışmış ve serpantinleşmiş peridotitlerin egemen olduğu Honaz ofiyoliti de geçirimsizdir.

3.3 Su Noktaları

3.3.1 Akarsular

Ovaya ismini veren Çürüksu Çayı, Büyük Menderes'in bir kolu olarak Sarayköy dolaylarında ayrılarak, Böceli'den sonra Honaz çayı adını almaktadır. Gökpınar ve İğdeli dereleri, Honaz Çayı'na Böceli'ye kadar Akhan bölgesinde katılmaktadır. Honaz Çayı Böceli'den sonra Aksu Çayı ismini alır. Bu çaya Aydınlar Mahallesi Kocadere, Kocabaş Mahallesi dolaylarında ise Gölarası ve Puseyiğitağız dereleri katılır. Son olarak çay, Kaklık dolaylarından sonra Emir Çayı adını almaktadır. Emir Çayı'na ise başlıca Çatkılı ve Erikli dereleri katılır.

3.3.2 Böceli ve Kazanpınar Kaynakları

Çürüksu grabeninde çok sayıda yüksek debili karstik kaynak bulunur. Ekseriyetle Honaz fayı boyunca ve ovada gömülü faylar boyunca sıralanmış olan kaynaklar karstik kireçtaşlarından boşalmaktadır. Böceli ve Kazanpınar kaynakları bu kaynaklardan ikisidir. Böceli kaynağı Honaz ilçe merkezinin yaklaşık 8 km kuzeybatısındaki Pınarkent Mahallesi' nin yerleşim alanı içinde bulunur (Şekil 3.5). Traverten akiferden boşalan kaynağın kotu 310 metredir. Kazanpınar kaynağı da Honaz ilçe merkezinin ~5 km kuzeybatısında yer alır (Şekil 3.6). Kotu 401 metre olan kaynak traverten-alüvyon dokanağında, travertenlerden boşalır. Her iki kaynağın da kaptajı yapılmıştır.

Çürüksu Havzası'nda çok sayıda kaynak ve sondaj olmasına karşın bu kaynak ve sondaj sularının çoğu kimyasal özellikleri nedeniyle içmeye uygun değildir. İçilebilir suyu olan az sayıdaki kaynak ve sondaj ancak yerel içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Ancak, Çürüksu Havzası'nda yer alan çok sayıdaki köy ve mahallenin içme suyu sorunu ileri boyuttadır. Bu yerleşim alanları civarında içilebilir suyu olan yüksek debili kaynaklar bulunmadığı gibi ovadaki yeraltı suyu da kimyasal özellikleri nedeniyle içmeye uygun değildir.

Havzada içme suyu sorunu olan yerleşim alanları “susuz köyler grubu” olarak anılır. Susuz köyler grubuna dahil olan köyler ve mahalleler su aldıkları kaynak ve su iletim hatlarına göre “Pamukkale grubu” ve “Yavuz Eren grubu” olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Bu iki gruba su Böceli ve Kazanpınar kaynaklarından verilmektedir. Böceli kaynağının suyu 1973 yılından beri Pamukkale grubuna, Kazanpınar kaynağının suyu ise 1994 yılından itibaren Yavuz Eren grubuna iletilmektedir. Bu gruplara dahil olan mahallelerin nüfusları Tablo 3.2’de ve su iletim hatları Şekil 3.7-3.9’da verilmiştir. İsale hattı Pamukkale grubunda 40 km, Yavuz Eren grubunda 20 km olup PE 100 boru kullanılmıştır. Kaynak sularının içme suyu ihtiyacı dışındaki miktarı kurak dönemde tarımsal sulamaya, yağışlı dönemde Çürüksu Çayı’na verilmektedir.



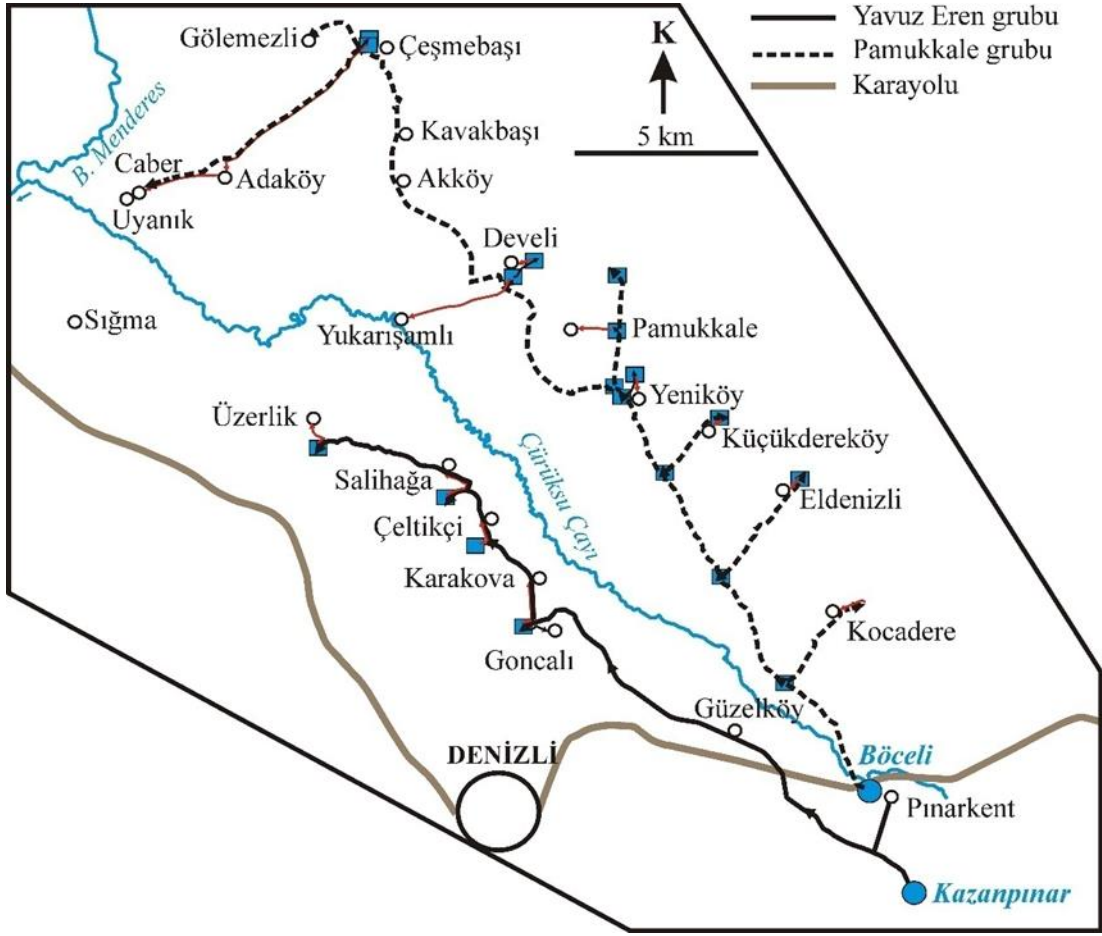
Şekil 3.5: (a) Pınarkent Mahallesi yerleşim alanında bulunan Böceli kaynağı kaptajı ve mülga Köy Hizmetleri Denizli İl Müdürlüğü tarafından açılan sondaj (doğuya bakış), (b) Böceli kaynağı civarının genel görünümü ve içme suyu ihtiyacı fazlası suyunun verildiği çevirme kanalı.



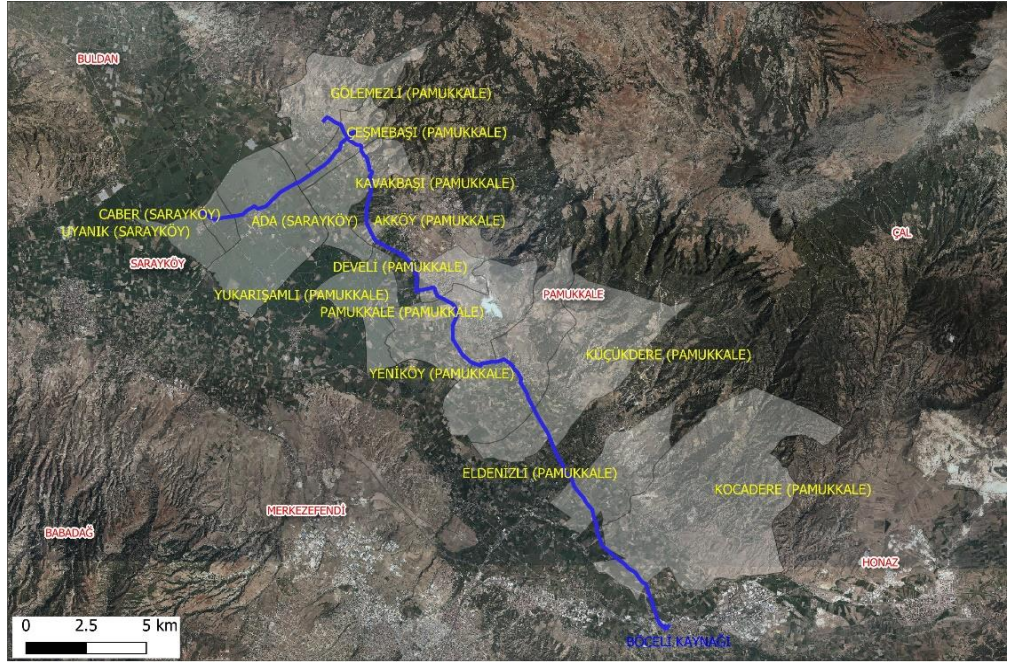
Şekil 3.6: (a) Kazanpınar kaynağı kaptajı. Kaynak civarı dikenli telle çevrelenmiştir (siyah kesik çizgi), (b) yakın plan görünüm.

Tablo 3.2: Susuz köyler grubu nüfusları (2018) (<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> 11/2019)

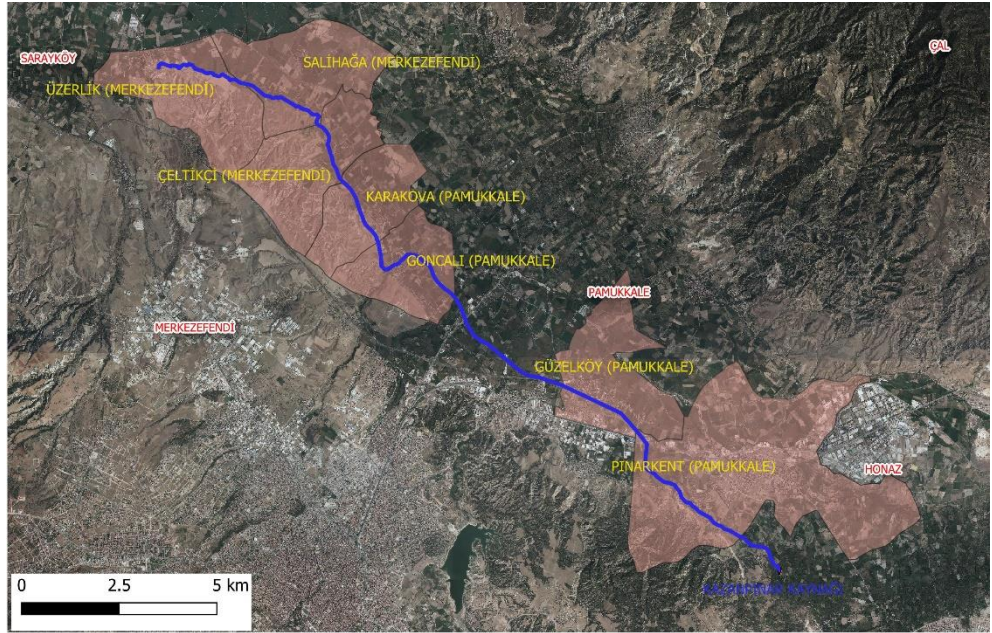
Kazanpınar kaynağı		Böceli kaynağı	
Yavuz Eren Grubu		Pamukkale Grubu	
Mahalle	Nüfus	Mahalle	Nüfus
Pınarkent	6815	Kocadere	1084
Güzelköy	3081	Eldenizli	559
Goncalı	1003	Küçükdere	631
Karakova	967	Yeniköy	1218
Çeltikçi	201	Pamukkale	2021
Salihağa	183	(Örenyeri)	?
Üzerlik	265	Develi	992
		Yukarışamlı	582
		Akköy	2553
		Kavakbaşı	310
		Çeşmebaşı	219
		Gölemezli	513
		Ada	427
		Caber	198
		Uyanık	518
Toplam	12515	Toplam	>11825
Toplam Nüfus: >24340			



Şekil 3.7: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarından içme suyu temin eden yerleşim alanları ve su iletim hatları.



Şekil 3.8: Pamukkale grubu (Böceli kaynağı)



Şekil 3.9: Yavuz eren grubu (Kazanpınar kaynağı)

3.3.3 Sondaj

Böceli kaynağı debisinde olabilecek bir azalmadan Pamukkale grubunun olumsuz etkilenmemesi için 2002 yılında Böceli kaynağının yanında Köy Hizmetleri Denizli İl Müdürlüğü tarafından bir sondaj açılmıştır. Derinliği 60 m olan sondajda (Şekil 3.5) 0-1 metre arasında toprak örtü, 1-58 metre arasında beyaz, krem renkli gözenekli traverten ve 58-60 metre arasında gri kil kesilmiştir. Açıldığı tarihte statik seviye 0 m, dinamik seviye 40 m ve debi 110 l/s olarak ölçülmüştür.

3.4 Böceli ve Kazanpınar Kaynaklarının Hidrodinamik Özellikleri

Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının uzun dönem periyodik debi değerleri elde edilememiştir. Bu kaynakların 1974-1979 yılları arasında aylık periyotla ölçülen debileri değerlendirildiğinde (Tablo 3.3) maksimum ve minimum debi değerleri Kazanpınar kaynağında 774 l/s ve 387 l/s, Böceli kaynağında ise 535 l/s ve 182 l/s olmuştur. Ölçüm dönemi itibarıyla her iki kaynak için yıllık olarak en yüksek debinin en düşük debiye oranı Kazanpınar kaynağında 1.13-1.87, Böceli kaynağında ise 1.33-1.77 arasında olup debisi fazla değişmeyen kaynaklardır.

1985 yılının Nisan-Ekim döneminde yapılan aylık ölçümlerde ve 1988 yılının Eylül ayında yapılan ölçümlerde Kazanpınar kaynağının debisinin 1974-1979 dönemine göre önemli ölçüde azaldığı, Böceli kaynağının debisinin ise Temmuz ve Ağustos ayları dışında fazla değişmediği gözlenmiştir (Tablo 3.3). Çalışma alanında 1985-1993 yılları arasındaki dönem kurak geçmiştir (Gökgöz ve diğ. 2015; Aksever 2019). Bu dönemde yeraltı su seviyesindeki düşüm Böceli'den 91 m daha yüksek kotta bulunan Kazanpınar kaynağını daha fazla etkilemiş ve debisinde azalmaya yol açmıştır. Kazanpınar'ın güney kesiminde 500 metrenin üzerindeki kotalarda açılan çok sayıda sondajdan yeraltı suyu çekimi de özellikle yaz aylarında kaynak debisini azaltan bir etkendir.

Tablo 3.3: Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının debi değerleri (l/s), (1974-1985 arası değerler (Güner 1986), 1988 yılı değerleri (Önhon 1988)' dan alınmıştır).

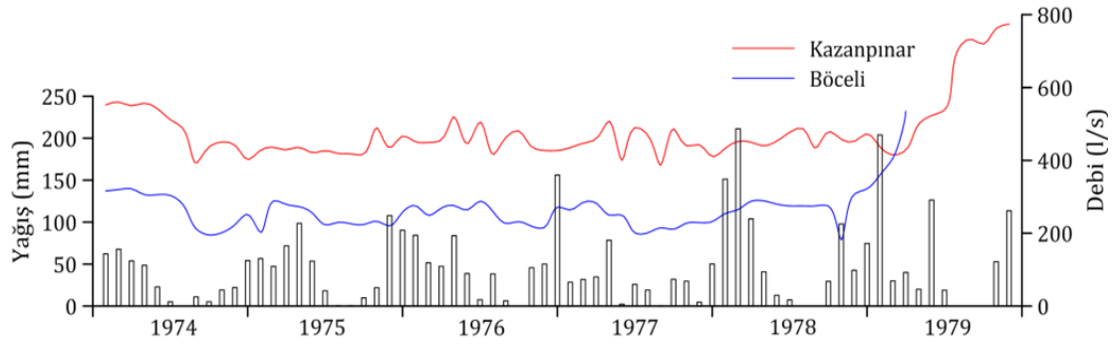
K a y n a k	Yıllar	Aylar													Q _{max} / Q _{min}
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort	
K a z a n p ı n a r	1974	552	560	550	557	542	512	487	392	437	-	442	402	494	1,43
	1975	428	436	429	436	421	427	419	418	417	490	434	467	435	1,18
	1976	451	449	456	520	445	506	416	463	481	437	427	427	457	1,25
	1977	435	447	459	508	400	490	470	387	487	440	443	410	451	1,31
	1978	433	452	450	440	453	477	488	433	479	458	452	473	457	1,13
	1979	437	415	428	500	523	538	701	733	719	762	774	-	594	1,87
	1985	-	-	-	301	281	292	280	269	264	278	-	-	281	-
	1988	-	-	-	-	-	-	-	-	287	-	-	-	-	-
	2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	157	-	-	-	-
B ö c e l i	1974	316	320	322	306	306	304	278	212	195	-	223	252	276	1,65
	1975	202	289	279	273	256	223	230	226	224	233	220	258	243	1,43
	1976	276	249	269	276	264	288	260	227	232	219	216	272	254	1,33
	1977	264	285	283	250	250	201	201	215	211	228	229	232	237	1,42
	1978	254	265	288	289	280	275	275	275	275	182	307	322	274	1,77
	1979	360	406	535	-	511	-	-	-	-	372	378	-	427	-
	1985	-	-	-	343	292	377	161	161	238	258	-	-	261	-
	1988	-	-	-	-	-	-	-	-	160	-	-	-	-	-
	2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	225	-	-	-

Böceli ve Kazanpınar kaynaklarından periyodik debi ölçümlerinin yapılması mümkün olmamıştır. Çünkü kaynaklardan debi ölçümü yapılabilmesi için iletim hatlarının boşaltılması gerekmektedir. Bu da 21 mahalle ve Pamukkale Örenyeri' nin bir süre susuz kalmasına neden olacaktır. Ancak Denizli Su ve Kanalizasyon İdaresi (DESKİ) tarafından bir program yapılarak muline ile bir kez debi ölçümü

yapılabilmiştir. Debi değerleri Kazanpınar'da 07 Kasım 2019'da yapılan ölçümde 157 l/s, Böceli'de ise 10 Ekim 2019'da yapılan ölçümde 225 l/s olarak elde edilmiştir (Tablo 3.3). Ölçümlerin alındığı an itibariyle Kazanpınar'ın 75 l/s, Böceli'nin 130 l/s'lik miktarı içme suyu şebekesine alınmaktadır. Pamukkale ve Yavuz Eren gruplarında yerleşik nüfus hemen hemen eşit olmasına karşın Pamukkale grubuna Yavuz Eren grubunun yaklaşık iki katı debide su verilmektedir. Bunun nedeni Pamukkale Örenyeri'ni ziyaret eden çok sayıda turiste (yılda yaklaşık 2.000.000) hizmet veren işletmelerin su ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Böceli ve Kazanpınar kaynaklarından her iki gruba verilen su miktarı mevsime ve ihtiyaca göre değişebilmektedir. Günümüz itibariyle Böceli ve Kazanpınar kaynakları susuz köyler grubunun su ihtiyacını fazlasıyla karşılar miktardadır. Kurak mevsimde de Böceli kaynağının debisi Pamukkale grubu yerleşim alanlarının içme suyu ihtiyacı için yeterlidir. Bu nedenle Böceli kaynağı yanındaki sondajın çalıştırılmasına bugüne değin gerek duyulmamıştır.

Kaynakların aylık periyodik ölçümlerinin yapıldığı 1974-1979 dönemindeki debileri aynı dönemdeki yağış değerleri ile karşılaştırılmış, debilerin kurak dönemde (yaz ve sonbahar aylarında) azaldığı ve eş zamanlı yağışlardan fazla etkilenmedikleri görülmüştür (Şekil 3.10).

Kazanpınar kaynağının 4 km kadar güneydoğusunda yöredeki en önemli karstik kaynak olan Pınarbaşı kaynağı bulunur (Şekil 1.2). Pınarbaşı kaynağı 485 m kotunda Mesozoyik yaşlı karbonat akifer formasyonundan Honaz fayı yoluyla yüzeyler ve ortalama 1200 l/s'lik debisi ile yöredeki en önemli karstik boşalımdır. Pınarbaşı kaynağının uzun dönem aylık debi değerlerinin değerlendirilmesi ile kaynağın debi değişiminin yıllık yağışlardan daha çok uzun dönem yağış ortalamasından yıllık eklenik sapmaların kurak ve yağışlı dönemlerdeki değerleri ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır (Gökgöz ve diğ. 2015). Bu saptamanın Böceli ve Kazanpınar kaynakları için de geçerli olduğu söylenebilir.



Şekil 3.10: Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının debileri ve aylık toplam yağış değerlerinin karşılaştırılması (yağış verisi Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır).

Önceki çalışmalar Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının 1974-1979 dönemi ile 1985 ve 1992 yılları için boşalım katsayılarının $2,97.10^{-4}$ ile 5.10^{-3} gün⁻¹ arasında değiştiğini göstermektedir (Tablo 3.4). Boşalım katsayıları Kazanpınar için 10^{-4} gün⁻¹ ve Böceli için 10^{-4} gün⁻¹ mertebesinde ve yıllara göre küçük değişimler göstermektedir. Bu durum olasılıkla, yıllara göre yeraltı su seviyesi, akım yolları, depolanma zonları ve akiferin beslenme rejimindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Boşalım katsayısı değerlerinden, Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının boşaldığı karstik akiferler için etkin gözenekliliğin ve akiferdeki su hacminin büyük ve hidrolik iletkenlik katsayısının düşük - orta olduğu söylenebilir. Ayrıca, boşalım katsayısı değerleri, kaynak boşalmalarının kireçtaşı ve travertenlerin karstik kanallarından çok katman, kırık ve çatlaklardan olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.4: Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının boşalım katsayısı değerleri (1974-1985 arası değerler (Güner 1986), 1992 yılı değerleri (Özler 1999)'dan alınmıştır).

Yıllar	Kazanpınar	Böceli
1974	$1.61.10^{-3}$	$3.75.10^{-3}$
1975	$2.97.10^{-4}$	$1.21.10^{-3}$
1976	$7.48.10^{-4}$	$1.28.10^{-3}$
1977	$7.98.10^{-4}$	$1.63.10^{-3}$
1978	$5.00.10^{-4}$	$2.57.10^{-3}$
1979	-	$1.73.10^{-3}$
1985	$8.70.10^{-4}$	$1.97.10^{-3}$
1992	$4.00.10^{-3}$	$5.00.10^{-3}$

4. HİDROKİMYA

İnceleme alanında, Böceli ve Kazanpınar kaynaklarından beş dönemde (Ekim-2018, Aralık-2018, Şubat-2019, Nisan-2019 ve Haziran-2019) yerinde ölçüm (sıcaklık, elektriksel iletkenlik-Eİ ve pH) ve alkalinite (HCO_3) analizi yapılmış, ayrıca kimyasal ve izotop analizleri için numune alınmıştır. Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının koordinatları ve bazı ölçüm sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

4.1 Suların Sıcaklık, Elektriksel İletkenlik ve pH Değerleri

Kazanpınar kaynağının sıcaklığı dönemsel olarak $16,7^\circ\text{C}$ (Şubat-2019) ile $17,5^\circ\text{C}$ (Nisan-2019) arasında değişmiştir (Tablo 4.1). Böceli kaynağında ise dönemsel olarak $16,4^\circ\text{C}$ (Şubat-2019) ile $18,2^\circ\text{C}$ (Nisan-2019) arasında değişen sıcaklıklar ölçülmüştür (Tablo 4.1).

Suların elektriği geçirme özelliği olan elektriksel iletkenliğin birimi $\mu\text{mho/cm}$ (veya $\mu\text{S/cm}$)’dir. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla artar ve değişik sular arasında karşılaştırma yapmak için değerler genellikle 25°C ’ye indirgenerek verilir. Sularda çözülmüş toplam katı madde miktarı ile elektriksel iletkenlik arasında doğrusal bir ilişki (pozitif korelasyon) vardır. Kazanpınar kaynağının Eİ değeri dönemsel olarak $790 \mu\text{S/cm}$ (Haziran-2019) ile $845 \mu\text{S/cm}$ (Nisan-2019) arasında, Böceli kaynağının Eİ değeri dönemsel olarak $862 \mu\text{S/cm}$ (Haziran-2019) ile $910 \mu\text{S/cm}$ (Aralık-2018) arasında değişmiştir (Tablo 4.1).

Sudaki hidrojen iyonunun derişimi olan pH sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. pH değerleri Kazanpınar kaynağında $7,05$ (Şubat-2019) ile $7,15$ (Nisan-2019), Böceli kaynağında $7,09$ (Aralık-2018) ile $7,19$ (Haziran-2019) arasında ölçülmüştür (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının koordinatları, sıcaklık, Eİ ve pH değerleri.

Kaynak	Koordinat	Dönem	T (°C)	Eİ (µS/cm)	pH
Böceli	694321 D 4186270 K	Ekim-2018	16,6	895	7,13
		Aralık-2018	16,9	910	7,09
		Şubat-2019	16,4	880	7,11
		Nisan-2019	18,2	877	7,14
		Haziran-2019	18,0	862	7,19
Kazanpınar	695525 D 4183521 K	Ekim-2018	16,8	827	7,14
		Aralık-2018	16,9	808	7,07
		Şubat-2019	16,7	821	7,05
		Nisan-2019	17,5	845	7,15
		Haziran-2019	17,4	790	7,10

4.2 İnceleme Alanı Sularının Kimyasal Özellikleri

Olağan yeraltı sularının kökeni yağış sularıdır. Yağış sularının bir kısmı yer altına süzülerek akifere ulaşır. Ancak bu süzülme sırasında ve akiferde, geçtiği kayaları kısmen çözündürerek yeni bir kimyasal bileşim kazanır. Yeraltı sularının kimyasal bileşimi, suyun dokanakta olduğu kayaların kimyasal bileşimine, dokanak yüzeyi ve süresine, yeraltı suyunun akım hızına, sıcaklığa, ortamın basıncına, iyon etkinliği ve ortak iyon etkinliğine bağlı olarak değişir. Yeraltı sularının kimyasal analizleri bu sularının kullanım alanlarını ve kullanılabilme özelliklerini belirlemede büyük önem taşır.

Kazanpınar ve Böceli kaynak sularının dönemsel kimyasal analiz sonuçları mg/l, mek/l ve %mek/l olarak sırasıyla Tablo 4.2, 4.3 ve 4.4' de verilmiştir.

Tablo 4.2.: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının kimyasal (iyon) analiz sonuçları (mg/l), (Böceli sondaj suyu analizi Köy Hizmetleri Denizli İl Müdürlüğü'nde yapılmıştır).

Kaynak adı	Tarih	T(°C)	EC (µS/cm)	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	F	NO ₃	NH ₄
Kazanpınar	Ekim-2018	16,8	827	7,14	102,13	42,10	10,50	1,79	8,16	163,2	361,0	0,13	7,24	0,33
	Aralık-2018	16,9	808	7,07	102,42	42,12	8,86	1,49	7,77	162,8	359,0	0,14	6,76	0,00
	Şubat-2019	16,7	821	7,05	98,91	46,77	9,97	1,75	7,71	165,0	348,0	0,27	18,53	0,22
	Nisan-2019	17,5	845	7,15	122,84	47,02	10,52	2,05	9,15	163,3	390,0	0,34	18,82	0,16
	Haziran-2019	17,4	790	7,10	125,88	48,92	10,32	1,76	8,22	167,9	394,0	0,32	19,36	0,16
Böceli sondaj	Şubat-2003	-	912	7.12	104	50	8.51	1.56	7	197	390	-	-	-
Böceli	Ekim-2018	16,6	895	7,13	102,70	46,76	12,92	2,13	8,96	179,2	378,0	0,15	10,31	0,09
	Aralık-2018	16,9	910	7,09	103,87	43,95	13,11	1,92	9,05	179,1	380,0	0,16	10,18	0,00
	Şubat-2019	16,4	880	7,11	104,69	51,95	12,48	1,85	8,89	196,7	372,0	0,28	24,33	0,18
	Nisan-2019	18,2	877	7,14	129,81	53,74	12,15	1,95	9,26	200,5	405,0	0,31	24,53	0,13
	Haziran-2019	18,0	862	7,19	127,29	54,47	12,15	2,00	9,35	201,4	401,0	0,32	24,97	0,14

Tablo 4.3: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının kimyasal (iyon) analiz sonuçları (mek/l).

Kaynak adı	Tarih	Ca	Mg	Na	K	Na+K	Toplam	Cl	SO ₄	HCO ₃	Toplam
Kazanpınar	Ekim-2018	5,107	3,508	0,456	0,046	0,502	9,117	0,230	3,401	5,918	9,549
	Aralık-2018	5,121	3,510	0,385	0,038	0,423	9,054	0,219	3,392	5,885	9,496
	Şubat-2019	4,946	3,898	0,433	0,045	0,478	9,322	0,217	3,438	5,705	9,360
	Nisan-2019	6,142	3,918	0,457	0,053	0,510	10,570	0,258	3,402	6,393	10,053
	Haziran-2019	6,294	4,077	0,449	0,045	0,494	10,865	0,232	3,498	6,459	10,189
Böceli	Ekim-2018	5,135	3,897	0,562	0,055	0,617	9,649	0,252	3,733	6,197	10,182
	Aralık-2018	5,194	3,663	0,570	0,049	0,619	9,476	0,255	3,731	6,230	10,216
	Şubat-2019	5,235	4,329	0,543	0,047	0,590	10,154	0,250	4,097	6,098	10,445
	Nisan-2019	6,491	4,478	0,528	0,050	0,578	11,547	0,261	4,178	6,639	11,078
	Haziran-2019	6,365	4,539	0,528	0,051	0,579	11,483	0,263	4,195	6,574	11,032

Tablo 4.4: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının kimyasal (iyon) analiz sonuçları (%mek/l) ve su sınıfları

Kaynak adı	Tarih	Ca	Mg	Na+K	Toplam	Cl	SO ₄	HCO ₃	Toplam
Kazanpınar	Ekim-2018	56,02	38,48	5,50	100	2,41	35,62	61,97	100
	Aralık-2018	56,56	38,77	4,67	100	2,31	35,72	61,97	100
	Şubat-2019	53,06	41,81	5,13	100	2,32	36,73	60,95	100
	Nisan-2019	58,11	37,07	4,82	100	2,57	33,84	63,59	100
	Haziran-2019	57,93	37,52	4,55	100	2,28	34,33	63,39	100
Böceli	Ekim-2018	53,22	40,39	6,39	100	2,47	36,66	60,87	100
	Aralık-2018	54,81	38,65	6,54	100	2,50	36,52	60,98	100
	Şubat-2019	51,56	42,63	5,81	100	2,39	39,23	58,38	100
	Nisan-2019	56,21	38,78	5,01	100	2,36	37,71	59,93	100
	Haziran-2019	55,43	39,53	5,04	100	2,38	38,03	59,59	100

4.2.1 İnceleme Alanı Sularının Sınıflaması

4.2.1.1 Çözünmüş Toplam Katı Madde Miktarına Göre Sınıflama

Bu sınıflamada toplam iyon miktarları 1000 mg/l'den düşük sular "tatlı sular" sınıfına girer. Buna göre, toplam iyon miktarları 691-837 mg/l arasında olan Böceli ve Kazanpınar suları "tatlı sular" sınıfındadır (Tablo 4.5).

4.2.1.2 Schoeller Sınıflaması

Schoeller, suları klorür, sülfat ve bikarbonat miktarlarına göre sınıflamıştır. Bu sınıflamaya göre Kazanpınar ve Böceli kaynakları her örnekleme dönemi için olağan klorürlü ($rCl < 15$ mek/l), olağan sülfatlı ($SO_4 < 6$ mek/l) ve "olağan karbonatlı" (2 mek/l $< HCO_3 + CO_3 < 7$ mek/l) sular sınıfına girmektedir (Tablo 4.5).

4.2.1.3 Yarı Logaritmik Diyagram

Yarı logaritmik diyagramda aynı akiferden gelen veya yeraltında benzer jeokimyasal süreçten geçmiş sular birbiriyle çakışan veya birbirine yakın ve az-çok paralel doğrular oluştururlar. Böceli ve Kazanpınar kaynakları yarı logaritmik diyagramda birbiri üzerine binen doğrularla temsil edilmektedir (Şekil 4.1). Bu da her iki kaynağın aynı akiferden geldiğini göstermektedir.

4.2.1.4 Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) Sınıflaması

Suları adlandırmak, birbiri ile karşılaştırmak, kaya su etkileşimlerini araştırmak ve kökeni ile ilgili yorum yapabilmek amacıyla suların türünün belirlenmesine yönelik çeşitli yöntemler önerilmiş olup bu çalışmada Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) sınıflaması kullanılmıştır. Buna göre suda çözünmüş başlıca anyon ve katyonlar ayrı ayrı olmak üzere mek/l olarak hesaplanmış % 20' den

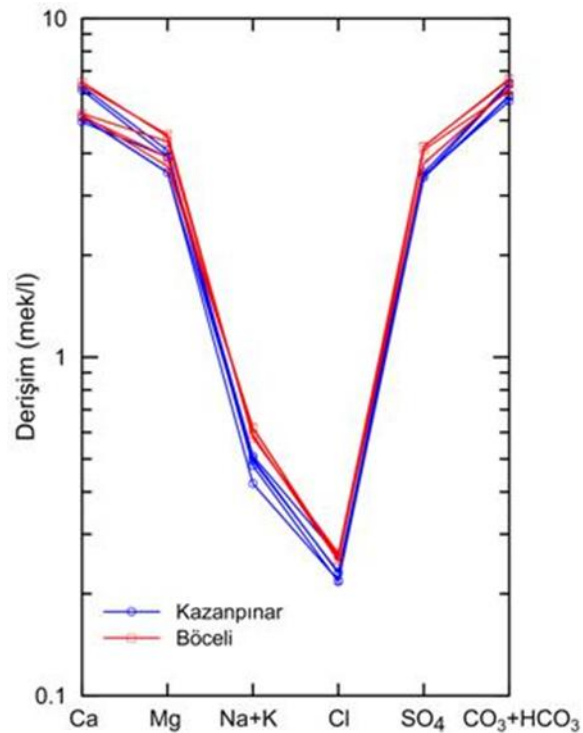
fazla çözülmüş bulunan iyonlar, önce katyonlar sonra anyonlar yazılarak su türünü belirlemektedir (IAH 1979).

İnceleme alanı sularının IAH sınıflaması Tablo 4.5’de verilmiştir. Buna göre Kazanpınar ve Böceli kaynakları her örnekleme döneminde hidrokimyasal olarak Ca-Mg-HCO₃-SO₄ tipindedirler.

4.2.1.5 Piper Sınıflaması

Piper, üçgen diyagramlarla suları sınıflandırmıştır. Bu sınıflanmaya göre her bir üçgende, anyon ve katyonların kimyasal özelliklerini saptamak mümkündür. İnceleme alanındaki suların içerdiği iyonlar % mek/l cinsinden Piper diyagramına yerleştirilmiştir (Şekil 4.2). Bu diyagramda 1, 3 ve 5 numaralı alanlara düşen Kazanpınar ve Böceli kaynaklarında

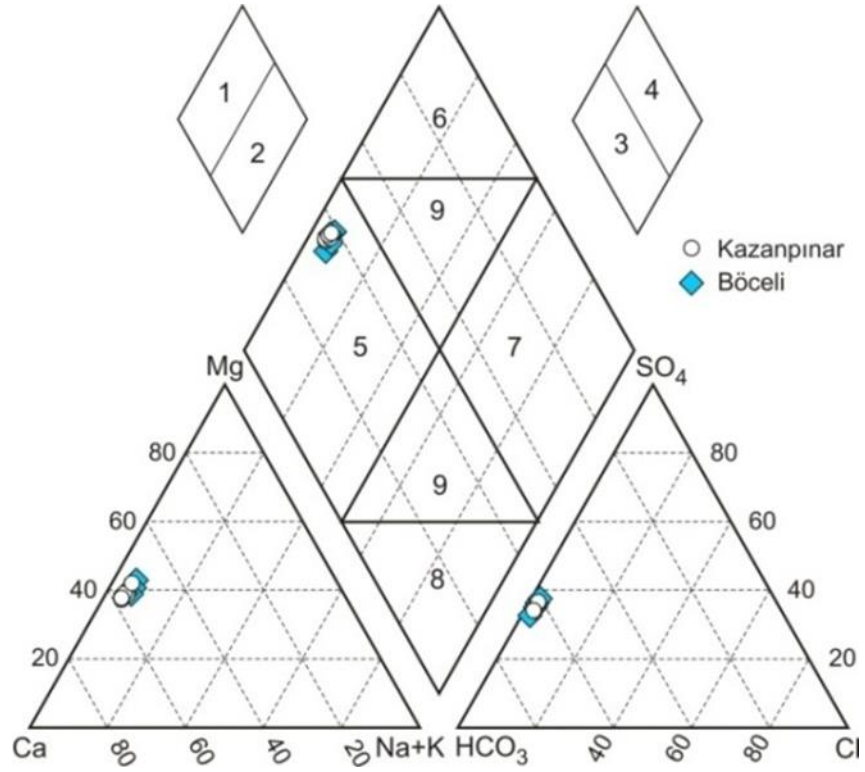
- alkali toprak elementler (Ca+Mg), alkali elementlerden (Na+K) fazladır,
- zayıf asit kökleri (HCO₃+CO₃), güçlü asit köklerinden (Cl+SO₄) fazladır ve
- bu sular karbonat sertliği %50’den fazla olan sulardır (CaCO₃ ve MgCO₃’lü sular).



Şekil 4.1: Yarı logaritmik diyagram

Tablo 4.5: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının su sınıfları

No	Adı	TDS' ye göre	Schoeller Sınıflaması	IAH sınıflaması
Kazanpınar	Ekim-2018	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	Aralık-2018	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	Şubat-2019	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	Nisan-2019	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	Haziran-2019	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Böceli	Ekim-2018	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	Aralık-2018	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	Şubat-2019	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	Nisan-2019	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	Haziran-2019	Tatlı sular	Olağan klorürlü, olağan sülfatlı, olağan karbonatlı	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄



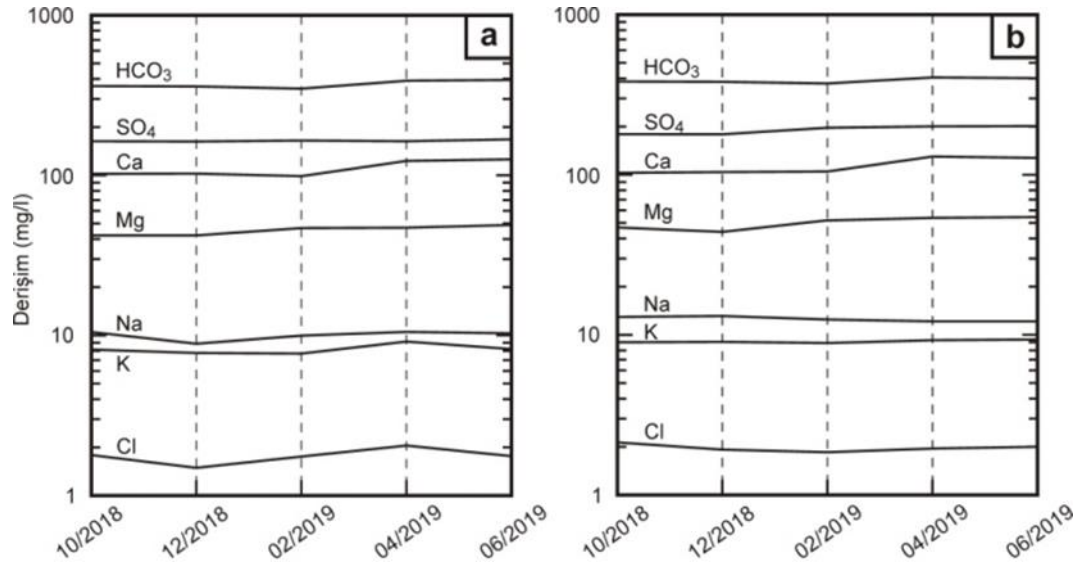
Şekil 4.2: Piper diyagramı

Honaz Dağı ve civarı Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının beslenme alanıdır. Buradaki kaya birimleri olan Honaz şeyli, Menderes masifine ait karbonatlar, Sandak biriminin jips içeren dolomit ve dolomitik kireçtaşları ve Honaz ofiyoliti sularındaki majör iyonların kaynağıdır. Her iki kaynaktaki çözünmüş sülfatın $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ değeri yaklaşık $\text{‰}+12$ 'dir ve bu değer sudaki SO₄'ün başlıca kökeninin Sandak birimi içindeki jipslerin yıkanması olduğunu göstermiştir (Akman 2019).

Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının iyon kompozisyonlarında dikkate değer bir mevsimsel değişim izlenmemiştir (Şekil 4.3). Her iki kaynak için Ca ve HCO₃ değerlerinde Nisan ve Haziran-2018 döneminde bir miktar artış olmuştur. Suların iyon kompozisyonundaki mevsimsel değişimler akiferdeki su hacmi, su sıcaklığı, kısmi CO₂ gazı basıncı, çözünme-çökme işleyleri, su-kayaç dokanak yüzeyi ve süresi, akış sisteminin sondajlarla yeraltı suyu çekimi etkisiyle değişmesi gibi birçok faktöre bağlı olarak ortaya çıkabilir. KH Denizli İl Müdürlüğü tarafından Şubat-2003'te Böceli kaynağı yanındaki sondaj suyundan yapılan kimyasal analiz sonuçları bu çalışmada yapılan analizlerle uyumludur (Tablo 4.2). Buradan Böceli ve olasılıkla Kazanpınar kaynağının en azından son 17 yıl içinde kimyasal bileşiminde önemli bir değişim

olmadığı ve akifer formasyonlarda beslenmeden boşalmaya benzer hidrojeokimyasal sürecin yaşandığı söylenebilir.

İlk iki örnekleme dönemine göre son üç dönemde kaynak sularının florür ve nitrat miktarı 2,5-3 kat artmıştır. Bu artış olasılıkla tarımsal faaliyetin yoğun olduğu bu yörede kullanılan azotlu gübre ve flor içeren fosforlu gübrenin yağış suları ile yıkanarak yeraltına süzülmesi ve yeraltı suyuna karışması nedeniyledir.



Şekil 4.3: (a) Kazanpınar (b) Böceli kaynağı sularının majör iyon derişimlerinin mevsimsel değişimi

4.3 İnceleme Alanı Sularının İzotop Kompozisyonları

4.3.1 Oksijen-18 ve Döteryum İzotopları

İzotopik çevrimde yeraltı suyunun en büyük kaynağı okyanuslar olup kararlı izotop konsantrasyonu sabittir. Diğer bütün suların izotop değerleri, δ değeri sıfır kabul edilen SMOW (Standard Mean Ocean Water)'a göre ölçülmektedir (Fritz ve Fontes, 1980). Meteorik suyun hidrojen ve oksijen izotopları arasında buharlaşma ve yoğunlaşma gibi atmosferik süreçler ile kontrol edilen doğrusal bir ilişki vardır.

$$\delta D = A * \delta^{18}O + B \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1’de A (eğim) ve B (döteryum fazlası) değeri, hidrolojik çevrim boyunca buharlaşma, yağış, nem, coğrafi konum ve iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle her bölgenin kendisini karakterize eden bir meteorik su doğrusu vardır. ^{18}O ve $\text{D}(^2\text{H})$ izotoplarının bu özellikleri, yeraltı sularının kökeninin belirlenmesinde doğal izleyici olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Küresel Meteorik Su Doğrusu (KMSD) olarak bilinen doğrunun denklemi;

$$\delta\text{D}=8*\delta^{18}\text{O}+10 \text{‰ (SMOW)} \quad (4.2)$$

dir (Craig, 1961). Bu doğru buharlaşma etkisinde olmayan sular için geçerlidir. Çeşitli etkiler nedeni ile A ve B değerleri genel denklemi ifade eden 8 ve 10 değerlerinden sapmalar gösterirler. Döteryum fazlalığı genel olarak okyanus ve deniz kenarındaki atmosferik neme yani klimatolojik faktörlere bağlıdır (Çifter ve Sayın, 2002).

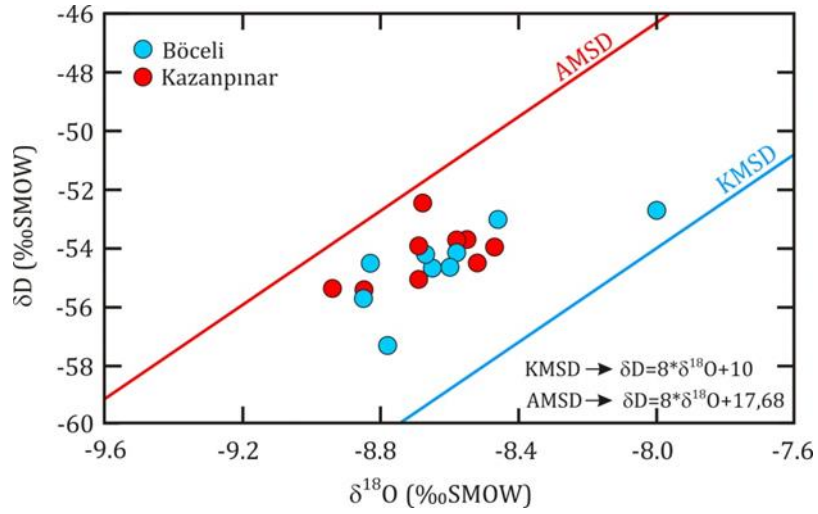
Bu çalışmada inceleme alanı sularının duraylı izotop değerlerini yorumlamak için KMSD ve Akdeniz meteorik su doğrusu (AMSD) kullanılmıştır. Dilaver ve diğ. (2018) tarafından verilen Akdeniz meteorik su doğrusunun denklemi şöyledir:

$$\delta\text{D}=8*\delta^{18}\text{O}+17,68 \text{‰ (SMOW)} \quad (4.3)$$

Örnekleme döneminde Kazanpınar kaynağının mevsimsel $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ‰-8.52 ile ‰-8.85, δD değerleri de ‰-53.69 ile ‰-55.41 (VSMOW) arasında değişmiştir (Tablo 4.6). Bu değerler Böceli kaynağı için daha pozitif olarak sırasıyla ‰-8.00 ile ‰-8.65 ve ‰-52.70 ile ‰-54.66 (VSMOW) arasındadır. Eylül 1986, Nisan-Ağustos 1987 yıllarında (Önhon vd. 1988) ve 1993’de (Özler 2000) tarafından yapılan analiz sonuçları bu değerlerle uyumludur (Tablo 4.6). Aralık 1986-Temmuz 1987 arasında Honaz yağışlarından yapılan analizlerde $\delta^{18}\text{O}$ için ‰-7.68 ile ‰-6.80, $\delta^2\text{H}$ için ise ‰-54.65 ile ‰-21.85 (VSMOW) arasında değerler elde edilmiş ve bu sınırlı sayıdaki sonuçların değerlendirme için yeterince sağlıklı olmadığına değinilmiştir (Önhon vd. 1988). $\delta^{18}\text{O} - \delta^2\text{H}$ diyagramında Kazanpınar ve Böceli kaynakları KMSD ile AMSD arasında bulunmaktadır (Şekil 4.4). Bu diyagramdan suların meteorik kökenli olduğu ve Akdeniz kökenli nemin oluşturduğu yağışlardan beslendiği söylenebilir.

Tablo 4.6: Suların izotop kompozisyonları (1986-1987 verileri Önhon ve diğ. (1988), 1993 verileri Özler (1999), Kasım-2017 ve Mayıs-2018 verileri Semerci (2019)'dan alınmıştır, diğer veriler bu çalışmaya aittir).

Örnekleme tarihi	Kazanpınar				Böceli				Yağmur suyu	Kızılpınar
	$\delta^{18}\text{O}$	δD	T	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	δD	T	$\delta^{13}\text{C}$	T	
	(‰SMOW)		(TU)	(‰PDB)	(‰SMOW)		(TU)	(‰PDB)	(TU)	
Eylül 1986 ^a	-8.85	-55.70	11	-	-8.94	-55.36	10	-	-	-
Nisan 1987 ^a	-8.83	-54.50	5	-	-8.68	-52.45	7	-	-	-
Ağustos 1987 ^a	-8.67	-54.20	-	-	-8.47	-53.95	-	-	-	-
1993	-8.78	-57.31	2	-	-8.69	-53.92	7	-	-	-
Kasım 2017	-	-	-	-	-	-	-	-	5.64	-
Mayıs 2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.11
Ekim 2018 ^c	-8.58	-53.71	1,06±0,37	-3.13	-8.46	-53.01	1,06±0,40	-4.11	-	-
Aralık 2018 ^c	-8.55	-53.69	1,54±0,37	-4.28	-8.60	-54.64	2,91±0,44	-5.15	-	-
Şubat 2019 ^c	-8.52	-54.49	1,75±0,40	-3.89	-8.00	-52.70	1,91±0,41	-5.07	-	-
Nisan 2019 ^c	-8.69	-55.05	2,14±0,40	-5.64	-8.58	-54.14	1,18±0,39	-7.56	-	-
Haziran 2019 ^c	-8.85	-55.41	0,91±0,38	-5.91	-8.65	-54.66	1,41±0,39	-7.43	-	-



Şekil 4.4: Suların $^{18}\text{O} - ^2\text{H(D)}$ diyagramı.

4.3.2 Tritiyum

Hidrojenin radyoaktif izotopu olan trityumun yarılanma ömrü 12.32 ± 0.02 yıldır (Lucas ve Unterweger 2000). Suyun radyoizotopu olan ^3H (trityum) değerlerinin bilinmesi suların kökeni, su-kaya etkileşimi, karışım, buharlaşma ve suyun yeraltındaki sirkülasyon zamanı hakkında aydınlatıcı bilgi verir. Bu nedenle her iki kaynaktan da örnekleme dönemlerinde numune alınarak trityum analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 4.6’da verilmiştir.

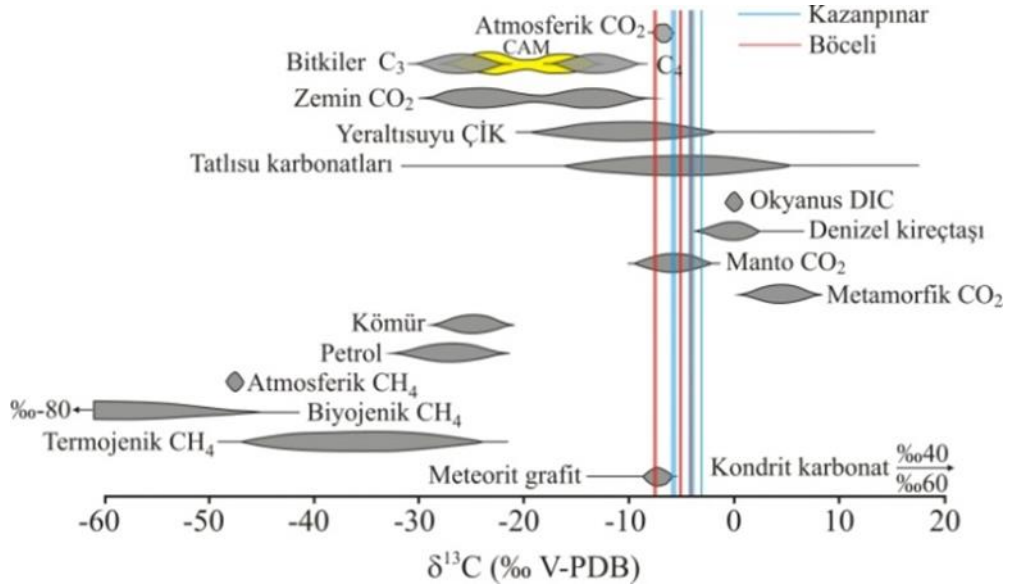
İnceleme alanı yağışlarından uzun dönem periyodik trityum analizine ilişkin bir veri yoktur. Ancak, inceleme alanına kuş uçuşu yaklaşık 165 km mesafede olan Antalya’da 2012-2016 yılları arasında yapılan aylık analizlerde Antalya yağışı için trityum değerlerinin 1.50 ile 7.75 TU arasında değiştiği ve ortalama değerlerin 3.44 - 4.31 TU arasında olduğu belirlenmiştir (Dilaver vd. 2018). Gerek Antalya gerek Türkiye’deki diğer istasyonlar için geçerli olarak yağıştaki trityum değerleri yıl içinde düzenli bir salınım göstermekte, kış aylarından yaz başına kadar artmakta, maksimum değerlerle de Mayıs-Haziran aylarında karşılaşılmaktadır.

Honaz'da Aralık 1986-Temmuz 1987 yılları arasında yapılan aylık ölçümlerde yağışın trityum değerlerinin 6 TU (Ocak-1987) ile 30 TU (Haziran-1987) arasında değiştiği belirlenmiştir (Önhon 1988). Aynı dönemde Kazanpınar ve Böceli kaynak sularının trityum değerleri sırasıyla 10 TU ve 11 TU (Eylül-1986) ile 5 ve 7 TU (Nisan-1987) (Önhon 1988), 1993 yılında da 2 ve 7 TU (Özler 1999) olmuştur. Honaz yağışının Kasım-2017'deki trityum değeri 5.64 TU ve Honaz Dağı kuzey eteğinde 1408 m kotta bulunan düşük iyon derişimine sahip Kızılpınar kaynağının (Şekil 1.2) Mayıs-2018'deki trityum değeri 5.11 TU olarak elde edilmiştir (Semerci 2019). İnceleme alanında yıllık veri olmadığı için trityum girdisi için ancak yaklaşım sağlanabilir. Çalışma döneminde Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının trityumu sırasıyla 0.91 - 2.14 TU ve 1.06 - 2.91 TU arasında değişmiştir (Tablo 4.6). Bu değerler Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının boşaldığı akiferin nispeten güncel yağışların etkisinde olduğunu ve kısmen derin dolaşım su ile karıştığını göstermektedir.

4.3.3 Karbon-13

Sularda ÇİK'in başlıca kaynakları toprak zonundaki organik maddelerin bozunumu ile ortaya çıkan CO₂, karbonat kayaların çözünmesi ve nadiren de atmosferik CO₂ ve magmadır. Bu kaynaklar farklı karbon izotop bileşimlerine sahiptir. Örneğin denizel kireçtaşlarında $\delta^{13}C_{VPDB}$ değeri‰-3 ile ‰+3 arasında iken atmosferik CO₂ için daha negatiftir (‰-6 ile -7 arasında) (Clark ve Fritz, 1997). Şekil 4.5'de çeşitli jeolojik ortamların $\delta^{13}C$ değerlerine ilişkin aralıklar verilmiştir. Bu grafikte Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının yeraltı suyu ÇİK ve tatlı su karbonatları alanına düştüğü, aynı zamanda Kazanpınar kaynağının iki örnekleme dönemi için denizel kireçtaşı alanına da düştüğü görülmektedir. Önceki bölümlerde değinildiği gibi Kazanpınar ve Böceli kaynakları travertenlerden boşalmaktadır. Traverten akiferi, doğrudan yağış ve dolaylı olarak çatlaklı karbonat akifer formasyonundan beslenmektedir. Bu formasyondan çıkan Pınarbaşı kaynağının $\delta^{13}C$ değeri ‰-1.26 olup denizel kireçtaşı kökenini gösterir (Akman, 2019). Pınarbaşı kaynağının Eİ değeri Böceli ve Kazanpınar kaynaklarından daha düşük (620 $\mu S/cm$) olup trityum değeri daha yüksektir (Akman, 2019). Buradan Kazanpınar ve Böceli kaynaklarının $\delta^{13}C$ değerlerinin denizel kireçtaşından gelen sular ile tatlı su karbonatlarında (travertenler)

dolaşan ve yeraltındaki sirkülasyon süresi nispeten daha fazla olan suların karışımını yansıttığı söylenebilir.



Şekil 4.5: Çeşitli ortamların $\delta^{13}\text{C}$ değerleri (Clark ve Fritz, 1997'den modifiye edilmiştir).

4.4 Suların Mineral Doymulukları

Kazanpınar ve Böceli kaynak sularının örnekleme sıcaklığında kalsit, aragonit, dolomit ve jips minerallerine göre doymulukları PhreeqC programı (Parkhurst ve Appelo 1999) ile hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.7'de verilmiştir. Bu tablodaki negatif değerler suyun o minerali çözme, pozitif değerler ise o minerali çöktürme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Kazanpınar ve Böceli suları ilk üç örnekleme döneminde kalsitçe doymuluğa yakın ve dolomitçe doymuluk altı değerler vermişken son iki dönemde suların her iki minerale göre doymun oldukları görülmektedir (Tablo 4.7). Buradan her iki kaynak için suların iletim borularında kalsit ve dolomit çökeltebilecekleri anlaşılmaktadır. Kaynak suları jips ve aragonite göre genellikle doymun değildirler ve bu mineralleri çözme eğilimi gösterirler.

Tablo 4.7: Kaynak sularının bazı minerallere göre doygunluk durumları.

Adı	Tarih	Kalsit	Aragonit	Dolomit	Jips
Kazanpınar	Ekim 2018	0.04	-0.11	-0.08	-1.33
	Aralık 2018	-0.03	-0.18	-0.22	-1.33
	Şubat 2019	-0.09	-0.24	-0.27	-1.35
	Nisan 2019	0.16	0.01	0.14	-1.28
	Haziran 2019	0.12	-0.03	0.07	-1.27
Böceli	Ekim 2018	0.04	-0.11	-0.04	-1.30
	Aralık 2018	0.01	-0.14	-0.12	-1.30
	Şubat 2019	0.00	-0.15	-0.07	-1.27
	Nisan 2019	0.18	0.03	0.23	-1.20
	Haziran 2019	0.21	0.07	0.31	-1.20

5. SULARIN KULLANILABİLME ÖZELLİKLERİ

5.1 Suların İçilebilme Özellikleri

İnsan hayatı için önemli olan su, ancak içme suyu standartlarına uygunsa içilebilir. Çeşitli kurum ve örgütler (Türk Standartları Enstitüsü TSE 266 (2005); 17 Şubat 2005 tarihli ve 25730 sayılı resmî gazetede yayımlanan Sağlık Bakanlığı'nın "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik İTASHY (2005); US Environmental Protection Agency (EPA) ve World Health Organization (WHO) gibi birbiriyle genelde benzer olan içme suyu standartlarını belirlemişlerdir.

Bu bölümde Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının içilebilirliği İTASHY (2005) ve TSE 266 (2005) standartlarına göre incelenmiştir. Bu iki standart genel olarak aynı kabul edilebilir. Bu standartlarda verilen limit değerler ve inceleme alanı sularının analiz edilen değerler kapsamında içilebilme özellikleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Buna göre Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının suları TSE266 ve İTASHY' de verilen standartlara uygun olup içilebilir özelliğindedir. İçilebilirlik değerlendirmesi sadece analizi yapılan iyonlar, Eİ ve pH değerlerine göre yapılmıştır.

5.2 Suların Sulamada Kullanılabilme Özellikleri

Günümüzde sulama suyu sıkıntısı çeken birçok ülke, yüzey ve yeraltı sularından en verimli şekilde yararlanmaya çalışmaktadır. Ancak, tarımda yüksek verim almak için su faktörü tek başına yeterli değildir. Bunun yanında toprağın akaçlanması ve sulama suyunun kimyasal özellikleri de önem taşımaktadır.

Tablo 5.1: İçme suyu standartlarına göre inceleme alanı sularının içilebilirlik özellikleri (PAH: Polisiklik aromatik hidrokarbonlar; TOC: Toplam Organik Karbon; ADY: Anormal değişim yok; TKE: Tüketicilerce kabul edilebilir; -: Analizi yapılmayan parametre).

Kimyasal Parametreler	İTASHY (2005)	TSE 266 (2005)	İçmeye uygunluk
Akrilamid	0.1 µg/l		-
Antimon	5.0 µg/l	5.0 µg/l	-
Benzen	1.0 µg/L	1.0 µg/l	-
Benzo (a) piren	0,010 µg/l		-
Bor	1 mg/l	1 mg/l	-
Bromat	10 µg/l	10 µg/l	-
Kadmiyum	5,0 µg/l	5,0 µg/l	-
Krom	50 µg/l	50 µg/l	-
Bakır	2 mg/l	2 mg/l	-
Siyanür	50 µg/l	50 µg/l	-
1,2-dikloretan	3,0 µg/l		-
Epikloridin	0,10 µg/l		-
Florür	1,5 mg/l	1,5 mg/l	Uygun
Kurşun	10 µg/l	10 µg/l	-
Cıva	1,0 µg/l	1,0 µg/l	-
Nikel	20 µg/l	20 µg/l	Uygun
Nitrat	50 mg/l	50 mg/l	Uygun
Nitrit	0,50 mg/l	0,50 mg/l	Uygun
Pestisitler	0,10 µg/l	0,10 µg/l	-
Toplam pestisitler	0,50 µg/l	0,50 µg/l	-
PAH	0,10 µg/l	0,10 µg/l	-
Selenyum	10 µg/l	10 µg/l	-
Tetrakloretan ve trikloretan	10 µg/l		-
Trihalometanlar-toplam	100 µg/l		-
Vinil Klorür	0,50 µg/l		-
Gösterge Parametreleri			
Alüminyum	200 µg/l	200 µg/l	-
Amonyum	0,50 mg/l	0,50 mg/l	Uygun
Klorür	250 mg/l	250 mg/l	Uygun
C. perfringens	0 sayı/100 ml	0 sayı/100 ml	-
Renk	TKE	20 mg/l (Pt-Co)	Uygun
İletkenlik (20 °C'de)	2500 µS/cm	2500 µS/cm	Uygun
PH	≥6,5 ve 9,5≥	≥6,5 ve 9,5≥	Uygun
Demir	200 µg/l	200 µg/l	-
Mangan	50 µg/l	50 µg/l	-
Koku	TKE	TKE	-
Oksitlenebilirlik	5,0 mg/L O ₂		-
Sülfat	250 mg/l	250 mg/l	Uygun
Sodyum	200 mg/l	200 mg/l	Uygun
Tat	TKE	TKE	-
Koliform bakteri	0 Sayı/100 ml	0 Sayı/100 ml	-
TOC	ADY	ADY	-
Bulanıklık	TKE	5 NTU	-
Radyoaktivite			
Trityum	100 Bq/l	100 Bq/l	-
Toplam gösterge dozu	0,10 mSv/yıl	0,10 mSv/yıl	-
Alfa yayınlayıcılar	0.1 Bq/l	0.1 Bq/l	-
Beta yayınlayıcılar	1 Bq/l	1 Bq/l	-

Sulamada kullanılan sularda iyon derişiminin yüksekliği verimi düşüren bir faktördür. Tuzlu sulardaki sodyum, zemindeki kalsiyum ile yer değiştirerek toprağın geçirgenliğini ve havalandırmasını azaltır; böylece bitkilerin gelişmesi yavaşlar. Sularda bor ve klorür gibi iyonların varlığı da bitki gelişmesi üzerine olumsuz etki yapar.

Bu bölümde, sulama sularını sınıflamak için önerilen değişik diyagram ve sınır değerler kullanılarak Böceli ve Kazanpınar sularının sulama suyu olarak kullanılabilirlikleri ve sınıfları belirlenmiştir.

5.2.1 Wilcox Diyagramı

Wilcox diyagramında sular sodyum yüzdeleri ve EC değerlerine göre sınıflanır. % Na değer eşitlik (5.1)'den hesaplanır (değerler mek/l'dir):

$$\%Na = \frac{Na+K}{Ca+Mg+Na+K} \times 100 \quad (5.1)$$

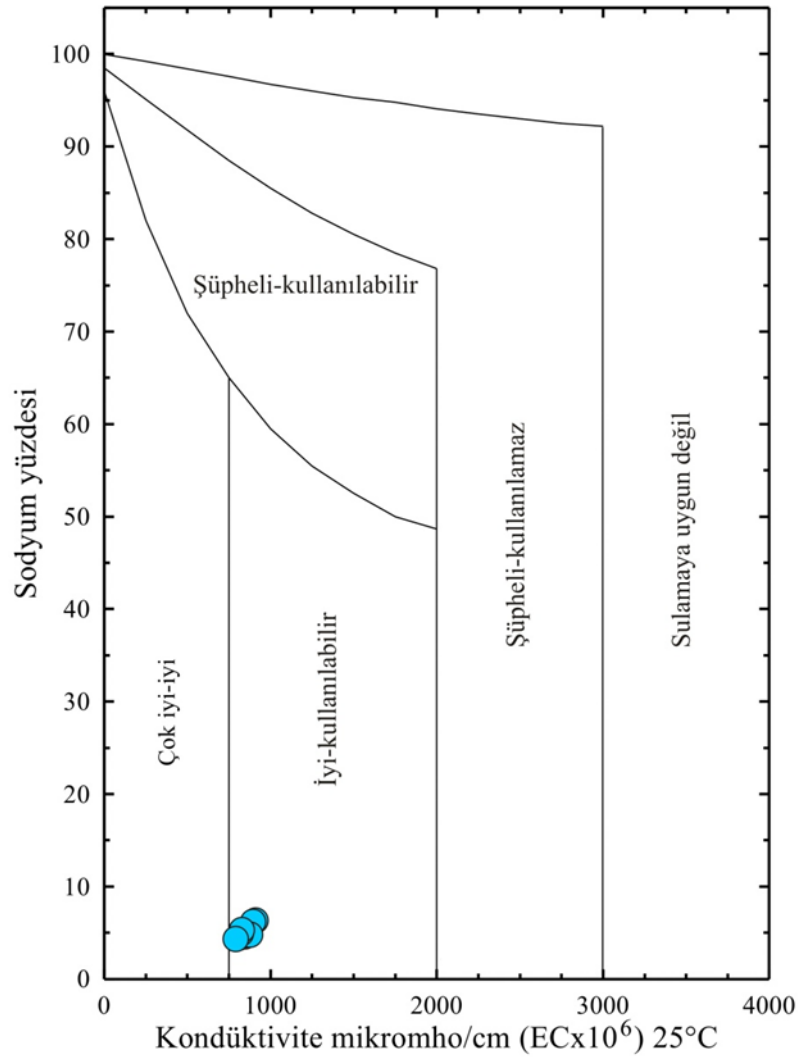
Böceli ve Kazanpınar sularının %Na değerleri 4,17 ile 6,06 arasındadır ve bu değerlere göre kaynakları “iyi-kullanılabilir” özellikte sulama suları sınıfına girerler (Şekil 5.1, Tablo 5.2).

5.2.2 Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Sulama sularındaki yüksek sodyum derişimi toprağın geçirgenliğini azaltır. Sodyum, toprağın üst seviyelerinde soğurulur. Bu da toprak yüzeyinde sert bir kabuğun (kaymak) oluşmasına neden olur. Sodyumlu sularla sulanan her tür bitki, ya az gelişir ya da yetişmez. SAR aşığıdaki eşitlikle hesaplanabilir (değerler mek/l'dir):

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (5.2)$$

İnceleme alanı sularının SAR değerleri 0,188 ile 0,272 arasındadır. Bu değerlere göre sadece SAR değerleri dikkate Böceli ve Kazanpınar kaynakları “çok iyi” özellikte (SAR<10) sulama suları sınıfına girerler (Tablo 5.2).



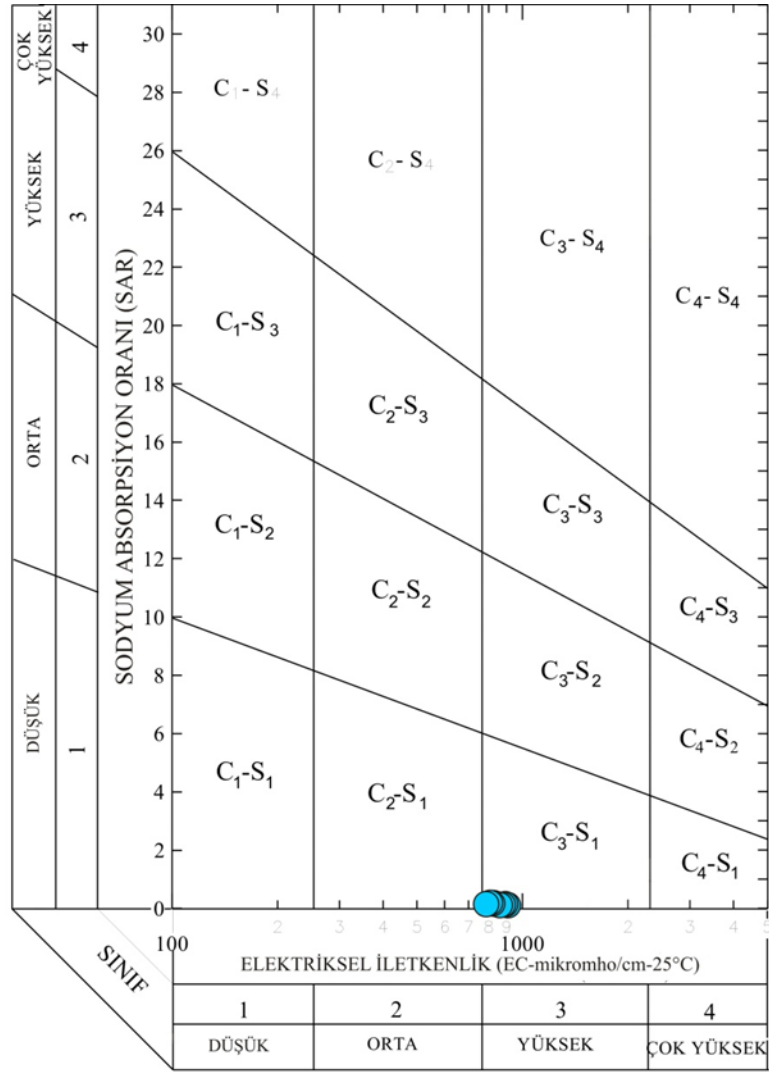
Şekil 5.1: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının Wilcox diyagramındaki dağılımı.

5.2.3 ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında sular EC ve SAR değerlerine göre 16 sınıfa ayrılmıştır. Bu diyagramda Böceli ve Kazanpınar kaynakları her dönemde C₃-S₁ sınıfında yer alırlar (Şekil 5.2, Tablo 5.2). Bu sınıftaki sular tuzlu ve az sodyumlu sulardır. Sodyumun düşük olması nedeniyle hemen tüm topraklarda sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilir olmasına karşın tuzlu olmalarından dolayı akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamazlar.

Tablo 5.2: İnceleme alanı sularının sulama suyu sınıfları.

Adı	Tarih	Eİ(μS/cm)	Wilcox		ABD Tuzluluk Laboratuvarı	
			%Na	Sınıfı	SAR	Sınıfı
Kazanpınar	Ekim-2018	827	5,51	İyi-kullanılabilir	0,22	C ₃ -S ₁
	Aralık-2018	808	4,68	İyi-kullanılabilir	0,19	C ₃ -S ₁
	Şubat-2019	821	5,13	İyi-kullanılabilir	0,21	C ₃ -S ₁
	Nisan-2019	845	4,82	İyi-kullanılabilir	0,20	C ₃ -S ₁
	Haziran-2019	790	4,55	İyi-kullanılabilir	0,20	C ₃ -S ₁
Böceli	Ekim-2018	895	6,39	İyi-kullanılabilir	0,26	C ₃ -S ₁
	Aralık-2018	910	6,54	İyi-kullanılabilir	0,27	C ₃ -S ₁
	Şubat-2019	880	5,81	İyi-kullanılabilir	0,25	C ₃ -S ₁
	Nisan-2019	877	5,01	İyi-kullanılabilir	0,23	C ₃ -S ₁
	Haziran-2019	862	5,05	İyi-kullanılabilir	0,23	C ₃ -S ₁



Şekil 5.2: Böceli ve Kazanpınar kaynaklarının ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramındaki dağılımı.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Menderes masifine ait Yılanlı formasyonunun rekristalize kireçtaşları ve Sandak biriminin Gereme formasyonu ile Çatalcatepe kireçtaşları bol çatlaklı, kırıklı ve karstik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle ikincil gözeneklik ve geçirgenlikleri yüksek olan bu birimler inceleme alanındaki verimli çatlak-karst akiferlerini oluştururlar. Benzer hidrojeolojik özellikler taşıyan travertenler de verimli bir akiferdir. Alüvyon ve alüvyon yelpazesi birimlerinin permeabiliteleri yüksektir ve bu birimlerde açılan kuyuların verimi yüksektir.

Böceli ve Kazanpınar kaynakları travertenlerden boşalmaktadır. Ancak inceleme alanındaki travertenler yanal olarak başlıca Yılanlı formasyonundan beslenirler ve genellikle bu formasyondan gelen yeraltı sularını boşaltırlar. Boşalım katsayıları kaynakların sularının karstik kanallardan çok kırık ve çatlaklardan geldiğini göstermektedir.

Sıcaklıkları 16.4-18.2°C ve elektriksel iletkenlikleri 790-910 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişen Böceli ve Kazanpınar suları hidrokimyasal olarak Ca-Mg-HCO₃-SO₄ tipindedir.

İzotop içerikleri suların meteorik kökenli olup nispeten güncel yağışlardan beslendiğini, sulardaki karbonun kökeninin tatlı su karbonatları ve denizel kireçtaşları olduğunu göstermiştir.

Her iki kaynağın suyu, majör iyon içerikleri açısından içme suyu standartlarına göre içilebilir özelliktedir. Çalışma döneminde suların iyon kompozisyonlarında mevsimsel olarak önemli bir değişme olmamıştır.

Böceli ve Kazanpınar kaynakları “Pamukkale grubu” ve “Yavuz Eren grubu” olmak üzere iki gruba ayrılan ve içme suyu sorunu yaşayan 21 köy ve mahallenin içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Bu kaynakların debileri Kazanpınar için 157 l/s (07.11.2019), Böceli için 225 l/s (10.10.2019) olarak ölçülmüştür. Ölçüm anı itibarıyla Kazanpınar’ın 75 l/s, Böceli’nin 130 l/s’lik miktarı içme suyu şebekesine alınmaktadır. Şebekeye verilen su miktarı mevsime ve ihtiyaca göre değişmekle birlikte kaynak debileri mevcut ihtiyacı fazlasıyla karşılayacak düzeydedir.

Böceli ve Kazanpınar kaynakları mevcut debilerinin gelecekte de korunması ve doğal/yapay kirleticilerle kirlenmemesi halinde uzun yıllar susuz köyler grubunun içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayabilecektir.

Her iki kaynağın şebekeye verilen miktar dışındaki suyu sulamada kullanılmaktadır. Sulama suyu sınıfları Wilcox diyagramına göre “iyi-kullanılabilir”, ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre C_3S_1 'dir.

Böceli kaynağının yerleşim alanı içinde olması kaynağı olası bir kirlenmeye açık hale getirmektedir. Bu nedenle öncelikle kaynağın mutlak koruma alanı içindeki yapılaşmanın ortadan kaldırılması gerekmektedir. Böceli ve Kazanpınar sularının Türk içme suyu standardında belirtilen tüm analizleri Denizli Su ve Kanalizasyon İdaresi (DESKİ) tarafından periyodik olarak yapılmalı ve izlenmelidir.

7. KAYNAKLAR

Akman, M.A., “Yukarı Çürüksu Havzası’ndaki (Denizli) Düşük Sıcaklıklı Termal Suların Hidrojeokimyasal İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2019).

Aksever, F., “Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Kuraklık Analizi ve Kaklık (Honaz-Denizli) Ovasındaki Yeraltısuyu Değişimi”, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7 (1), 152 – 160, (2019).

Aydan, Ö., Kumsar, H. and Tano, H., “Multiparameter changes in the earth’s crust and their relation to earthquakes in Denizli region of Turkey”, *World Geothermal Congress*, Antalya, Türkiye, pp: 1–10, (2005).

Bernoulli, D., Graciansky, P.C. and Monod, O., “The extension of the Lycian Nappes (SW Turkey) into the South eastern Aegean Islands”, *Eclogae Geol. Helv.*, 67, 39-90, (1974).

Bozkurt, E., “Neotectonics of Turkey – A synthesis”, *Geodinamica Acta*, 14, 3–30, (2001).

Bozkuş, C., Kumsar, H., Özkul, M. ve Hançer, M., “Seismicity of active Honaz fault under an extentional regime”, *International Earth Science Colloquium of the Aegean Region (IESCA)*, İzmir, Turkey, 7–12, (2001).

Clark, I.D. and Fritz, P., *Environmental Isotopes in Hydrogeology*, New York, USA: Lewis Publishers, (1997).

Craig, H., “Isotopic variations in meteoric waters”, *Science*, 133, 1702-B, (1961).

Çakır, Z., “Along-strike discontinuity of active normal faults and its influence on Quaternary travertine deposition; examples from western Turkey”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 8 (1), 67-80, (1999).

Çifter, C. ve Sayın, M., “İzotopların Hidrojeolojide Kullanılması”, *Hidrojeolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Semp.*, Adana, 1-15, (2002).

Dilaver, A.T., Aydın, B., Özyurt, N.N. ve Bayarı, C.S., “Türkiye Yağışlarının İzotop İçerikleri (2012-2016)”, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü-Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü-Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, (2018).

Erakman, B., Meşhur, M., Gül, M.A., Alkan, H., Öztaş, Y. ve Akpınar, M., “Fethiye-Köyceğiz-Tefenni-Elmalı- Kalkan arasında kalan alanın jeolojisi”, (eds: Güven, A., Dinçer, A., Derman, A.S.), *Türkiye Altıncı Petrol Kong.*, Ankara, 23-32, (1986).

Ercan, T., Günay, E. ve Baş, H., “Denizli volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından bölgesel yorumu”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26, 153-160, (1983).

Erişen, B., “Denizli – Dereköy Sahasının Jeolojik Etüdü ve Jeotermal Enerji İmkanları”, M.T.A. Rapor No:4665, Ankara, (1971).

Fritz, P., Fontes, J.C., *Introduction Handbook of Enviromental Isotope Geochemistry*, Vol. 1, New York: Elsevier, 1-19, (1980).

Gökgöz, A., Demirel, Ö. ve Asal, İ., “Pınarbaşı Karst Kaynağı ve Çevresinin (Honaz-Denizli) Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal İncelemesi”, *Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu MÜHJEO'2015*, Trabzon, 428–435, (2015).

Gökgöz, A., “Pamukkale Karahayıt-Gölemezli Hidrotermal Karstının Hidrojeolojisi”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, (1994).

Göktaş, F., “Denizli M22-b1, M22-b2 ve M22-b3 paftalarının Jeolojisi”, M.T.A. Raporu, No: 9114, İzmir, (1990).

Güner, N. ve Altuğ, A., “Denizli-Honaz ve Civarı Karst Hidrojeolojik Etüt Raporu”, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, (1986).

Gündoğan, İ., Helvacı, C. ve Sözbilir, H., “Gypsiferous carbonates at Honaz Dağı (Denizli): First documentation of Triassic gypsum in western Turkey and its tectonic significance”, *Journal of Asian Earth Sciences*, 32, 49–65. (2008).

Hakyemez, Y.H., “Geology and stratigraphy of the Cenozoic sedimentary rocks in the Kale-Kurbalık area, Denizli-southwestern Turkey”, *Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Bulletin*, 109, 1-14, (1989).

IAH, “Map of mineral and thermal water of Europe, Scale 1:500.000”, International Association of Hydrogeologists, United Kingdom, (1979).

İTASHY, “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”, 17.02.2005, 25730 sayılı resmi gazete, Ankara, (2005).

Jackson, J.A., “Active tectonics of the Aegean region” *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 22, 239–271, (1994).

Kastelli, M., “Denizli Vilayeti güneyinin jeolojik incelemesi ve jeotermal alan olanaqları”, M.T.A. Rapor No.5199, Ankara, (1971).

Kaymakçı, N., “Kinematic development and paleostress analysis of the Denizli Basin (Western Turkey): Implications of spatial variation of relative paleostress magnitudes and orientations”, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 207–222, (2006).

Koçyiğit, A., “Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim”, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27, 1-16, (1984).

Koçyiğit, A., “Denizli Graben-Horst System and the eastern limit of the West Anatolian continental extension: Basinfill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey”, *Geodinamica Acta*, 18, 167–208, (2005).

Koçyiğit, A. ve Deveci, Ş., “A N–S-trending active extensional structure, the Şuhut (Afyon) Graben: Commencement age of the extensional neotectonic period in the Isparta Angle, SW Turkey”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 391–416, (2007).

Konak, N. ve Şenel, M., “Geological map of Turkey. Denizli sheet 1:500 000. Ankara, Türkiye”, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (2002).

Konak, N., Akdeniz, N. ve Öztürk, E.M., “Geology of the south of Menderes Massif”, Guide Book for the Field Excursion along Western Anatolia, Turkey, 42-53, (1987).

Lucas, L.L. and Unterweger, M.P., “Comprehensive review and critical evaluation of the half-life of tritium”. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 105 (4), 541–549, (2000).

Meşhur, M. ve Akpınar, M., “Yatağan-Milas-Bodrum ve Karacasu-Kale-Acıpayam-Tavas civarlarının jeolojisi ve petrol olanaqları”, TPAO Arama Grubu Rap., 1963, (1984).

Okay A.İ., “Denizli'nin güneyinde Menderes Masifi ve Likya naplarının jeolojisi”, *MTA Dergisi*, 109, 45-58, (1989).

Önhon, E., Ertan, I., Güler, S., Nazik, M. and Kaplan, A., “Research on the origin of the karst waters in Yukarı Çürüksu plain using isotope techniques”, DSİ Raporu, Ankara, (1988).

Özdamar, A.R., “Denizli-Honaz-Kızılyer sulama kooperatifi ilave saha hidrojeolojik etüd raporu”, DSİ Raporu, DSİ 21. Bölge Md., Aydın, (1991).

Özkaymak, Ç., “Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications”, *Geodinamica Acta*, 27 (2-3), 109-128, (2015).

Özkul, M., Varol, B. and Alçiçek, M.C., “Depositional environments and petrography of the Denizli travertines”, *MTA Dergisi*, 125, 13–29, (2002).

Özkul, M., Kele, S., Ak, A., Shen, C.C., Jones, B., Baykara, M.O., Föziz, I., Németh, T., Chang, Y.W. and Alçiçek, M.C., “Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli Extensional Basin based on their depositional and geochemical data”, *Sedimentary Geology*, 294, 179-204, (2013).

Özler, H.M., “Hydrogeology and geochemistry in the Çürüksu (Denizli) hydrothermal field, western Turkey”, *Environmental Geology*, 39 (10), 1169-1180, (2000).

Özler, H.M., “Büyük Menderes Havzası Yukarı Çürüksu kesiminin hidrojeoloji incelemesi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniv., (1996).

Özler, H.M., “Water Balance and Water Quality in the Çürüksu Basin in Western Turkey”. *Hydrogeology Journal*, 7(4), 405-418, (1999).

Parkhurst DL, Appelo CAJ. “User's guide to PHREEQC (Version 2)—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations”, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report, 99–4259, (1999).

Pekuz, Ü., “Denizli (Honaz) Doğusunda Yeralan Oligosen Yaşlı Molas Tipi Kıvrımlı Tortulların Tektono-Sedimanter Özellikleri”, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, 22 (1-2), 185-194, (2007).

Poisson, A., “Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie)”, Doktora Tezi, Paris-Sud Üniversitesi (Centre D'Orsay), (1977).

Semerci Aygün, B., “Pınarbaşı Karst Kaynağının (Honaz-Denizli) Boşalım Hidrodinamiği ve Hidrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2019).

Soete, J., Kleipool, L.M., Claes, H., Claes, S., Hamaekers, H., Kele, S., Özkul, M., Foubert, A., Reijmer, J.J.G. and Swennen, R., “Acoustic properties in travertines and their relation to porosity and pore types”, *Marine and Petroleum Geology*, 59, 320-335, (2015).

Sözbilir, H., “Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey”, *Geodinamica Acta*, 15, 277–288, (2002).

Sun, S., “Denizli-Uşak arasının jeolojisi ve linyit olanakları”, MTA Raporu, Rapor No: 9985, Ankara, 92 s., (1990).

Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F., “Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study”, (eds: K.T. Biddle, N., Christie-Blick), *Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation*, Society of Economic Paleontologists Mineralogists Special Publications, 37, 227–264, (1985).

Şimşek, Ş., “Denizli-Sarayköy-Buldan Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları”, *İ.Ü. Yer Bil. Fak. Yayın Organı*, 3, 145-162, (1984).

Taner, G., “Denizli Bölgesi Neojenin Paleontolojik ve Stratigrafik Etüdü”, *MTA Dergisi*, 82, 89-127, (1974^a).

Taner, G., “Denizli Bölgesi Neojenin Paleontolojik ve Stratigrafik Etüdü”, *MTA Dergisi*, 83, 145-178, (1974^b).

Taner, G., “Denizli Bölgesi Neojenin Paleontolojik ve Stratigrafik Etüdü”, *MTA Dergisi*, 85, 45-67, (1975).

Taner, G., “Denizli Bölgesi Neojen’ine ait katların stratigrafik konumlarında yeni düzenleme”, *54. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, 54-79, (2001).

Taymaz, T., Jackson, J. A. and McKenzie, D., “Active tectonics of the North and central Aegean Sea”, *Geophysical Journal International*, 106, 433–490. (1991).

Thornthwaite, C., “An approach toward a rational classification of climate”, *Geog. Rev.*, 38, 55-94, (1948).

TSE 266, “Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular”, Türk Standartları Enstüsü, Ankara, 10 s., (2005).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yusuf TABANCALI

Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli, 01.01.1990

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : yusufatabancali@gmail.com

Telefon (GSM) : +90 506 994 62 64

İletişim Adresi : Kayıhan Mahallesi, 3004 Sokak No:24 Kat:2
Pamukkale/DENİZLİ