

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PINARBAŞI KARST KAYNAĞININ (SEYDİŞEHİR, KONYA) HİDROGRAF-  
KEMOGRAF ANALİZLERİYLE İNCELENMESİ**

**Süleyman Selim ÇALLI**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2017**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

Süleyman Selim ÇALLI tarafından hazırlanan “Pınarbaşı Karst Kaynağının (Seydişehir, Konya) Hidrograf-Kemograf Analizleriyle İncelenmesi” adlı tez çalışması 21/06/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Mehmet ÇELİK



**Jüri Üyeleri:**

**Başkan:** Prof. Dr. Mehmet EKMEKÇİ  
Hacettepe Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



**Üye** :Prof. Dr. Mehmet ÇELİK  
Ankara Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



**Üye** :Yrd. Doç. Dr. Zehra Semra KARAKAŞ  
Ankara Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

**Yukarıdaki Sonucu Onaylarım.**

**Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN**

**Enstitü Müdürü**

## ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

21/06/2017



Süleyman Selim ÇALLI

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### PINARBAŞI KARST KAYNAĞININ (SEYDİŞEHİR, KONYA) HİDROGRAF-KEMOGRAF ANALİZLERİYLE İNCELENMESİ

Süleyman Selim ÇALLI

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ÇELİK

Tez kapsamında Pınarbaşı karst kaynağının beslenme ve boşalım ilişkisinin kurulabilmesi için kaynak hidrografları ve kemografları incelenmiştir. Hidrograflar yağış-kaynak boşalım ilişkisi ve çekilme eğrisi analizleri olarak detaylandırılmıştır. Kaynak boşalımının yağışlara verdiği tepkinin akiferdeki doluluk oranı ile ilişkili olduğu, çekilme eğrisi analizleri ile kaynağın laminar ve türbülanslı boşalım yaptığı belirlenmiştir. Pınarbaşı karst kaynağının en yüksek boşalımı Mart 2017'de 8.700 l/s ile gerçekleşmiş olup, söz konusu dönemde kaynağın iki farklı türbülanslı ( $\beta_1$  ve  $\beta_2$ ) ve iki farklı laminar ( $\alpha_1$  ve  $\alpha_2$ ) akım rejiminde boşalım yaptığı tespit edilmiştir. Fırtına akış dönemindeki boşalım analizleri baz alınarak akiferin toplam rezervi  $5,48.10^6$  m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Kemograf analizleri yağış-kaynak boşalımı-özgül elektriksel iletkenlik analizleri, su kimyası analizleri, izleme deneyi ile detaylandırılmıştır. Kaynağın beslenme bölgesinde yer alan kayaçlarda ve kaynak tarafından taşınmış kum boyu sedimanlarda petrografi ve XRD analizleri yapılmıştır. Kaynak boşalım noktasında biriken kumların Seydişehir, Polat, Çataloluk ve Çobanağacı formasyonları ile Dipsiz Göl ofiyolitlerine ait olduğu belirlenmiştir. Askı maddelerde yapılan SEM-EDS analizleri ile kalsit taneciklerinin yüzeylerinde karstlaşmaya bağlı çözünme izleri ve iplikli kil mineralleri tespit edilmiştir. Kaynak sularında toplam askı katı miktarı (TSS) fırtına dönemleri ile doğrudan ilişkili olup, akifer rezervinin dolu ya da boş olmasına bağlı olarak kaynakta görülme zamanı değişmektedir. Kaynağın su tipi Ca-HCO<sub>3</sub> olarak belirlenmiştir. Yeraltı suyu akiferde su-kayaç etkileşimi bakımından yeterli zamanı bulamadığından kalsit ve dolomit minerallerince doygunluğa ulaşamamış olup, akiferde çözünme devam etmektedir. İzleme deneyi sonucunda Muharrem düdeni ile Pınarbaşı, Fası Boğazı ve İçerikışla kaynakları arasında hidrolik bağlantı olduğu belirlenmiştir. Karst akifer sisteminde, Muharrem Düdeni ile Pınarbaşı Kaynağı arasında ortalama yeraltı suyu akım hızı 1.820 m/gün olup, bölgede yeraltı suyu akımı genellikle GB'dan K, KD ve D yönlerine doğrudur. Kaynak boşalım debisi Seydişehir Meteoroloji İstasyonu yağış verileri ile doğrudan ilişkilidir.

**Haziran 2017, 135 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Pınarbaşı karst kaynağı, hidrograf, kemograf, toplam askı katı, hidrokimya, izleme deneyi, Seydişehir, Konya

## ABSTRACT

Master of Science Thesis

### INVESTIGATION OF PINARBAŞI KARST SPRING (SEYDİŞEHİR, KONYA) WITH HYDROGRAPH-CHEMOGRAPH ANALYSES

Süleyman Selim ÇALLI

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geological Engineering Department

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ÇELİK

In this study, it is aimed to identify the recharge-discharge relationships of the Pınarbaşı karst spring with the help of hydrograph and chemograph analyses. The karst spring are analysed via spring-discharge hydrograph and spring hydrograph recession analysis. The Pınarbaşı karst spring discharge parameters are instantly measured during the study. Peak discharge in the hydrograph is observed on March 2017 with 8,700 l/s. The spring discharge has two subsystem of turbulent flow ( $\beta_1$  and  $\beta_2$ ) and two subsystem of laminar flow ( $\alpha_1$  and  $\alpha_2$ ). With the hydrograph recession analysis, two different (turbulent and laminar) spring discharge characteristics are obtained. The aquifer reservoir volume is also calculated as  $5.48 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  from the hydrograph recession curve on March 2017. The spring chemograph analyses are detailed with precipitation-discharge-electrical conductivity measurements, water chemistry analyses, Total Suspended Solid (TSS) analyses and tracer test. Additionally, all the lithological units and spring sediments are investigated with petrographic analysis. In accordance with petrographic analysis, the spring sediments sources from the Seydişehir, Polat, Çataloluk, Çobanağacı formations and Dipsiz Göl ophiolites in the recharge area. Furthermore, the dissolution marks on suspended solids and fibrous clay minerals are delineated by SEM-EDS analyses. It is reached that there is a strong relationship between spring discharge and the amount of TSS, and in the same way, the delivery time of the suspended sediments is highly dependent on the water level. The spring water is Ca-HCO<sub>3</sub> facies and it is under saturated to calcite and dolomite minerals because of the short travel time in order to water-rock interaction. As a result of this, the karstification process is still persisting. A tracer test from Muharrem swallow hole in catchment is carried out in April 2017 when spring hydrograph is recessing and the spring was discharging as laminar flow. As a result of the test, the hydraulic relationship between the Pınarbaşı, Fası and İçerikışla springs is obtained. The mean groundwater velocity in karst aquifer is obtained  $1,820 \text{ md}^{-1}$ . The mean groundwater flow is from SW through N-E-NE directions. The spring discharge values are in accordance with the precipitation measured by Seydişehir Meteorological Measurement Station. The discharge increase is changing depending on the water level in the aquifer.

**June 2017, 135 pages.**

**Key Words:** Pınarbaşı karst spring, hydrograph, chemograph, total suspended solid, hydrochemistry, tracer test, Seydişehir, Konya

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda bana her türlü desteği veren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet ÇELİK'e (Ankara Üniversitesi) teşekkürlerimi sunarım. Teze katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Mehmet Ekmekçi'ye (Hacettepe Üniversitesi) ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Zehra Semra KARAKAŞ'a (Ankara Üniversitesi) teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında jeoloji haritalarını sayısallaştırmada yardımlarından dolayı Dr. Berihu Abadi Berhe'ye (Wollo Üniversitesi), ince kesitlerin yorumlanmasında yardımları bulunan Arş. Gör. Ece Kırat'a, mikro fosilleri değerlendirmede yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Muhittin Görmüş'e (Ankara Üniversitesi), Arş. Gör. Dr. Ali Deveciler'e ve Sayın Prof. Dr. Ercüment Sirel'e ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmam kapsamında bize kapılarını açan ve içtenlikle çalışmanın her adımında bizi manen destekleyen Susuz köyü halkına, göstermiş oldukları yakın ilgi ve samimiyetlerinden ve yüksek misafirperverliklerinden dolayı Susuz köyü muhtarı sayın Ali Osman Yıldırım'a ve eşine, bakkal Mithat Girgin'e gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının her aşamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen çok değerli eşim Kübra Özdemir ÇALLI'ya çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü 16B0443007 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Süleyman Selim ÇALLI  
Ankara, Haziran 2017

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 Çalışma Alanının Konumu.....	2
2. ÖNCEL ÇALIŞMALAR .....	4
3. METODOLOJİ .....	10
3.1 Arazi Çalışmaları .....	10
3.1.1 Jeoloji çalışmaları.....	10
3.1.2 Anlık ölçümler .....	11
3.1.3 Yerinde ölçümler .....	13
3.1.4 Örneklem çalışmaları.....	14
3.1.5 İzleme deneyi .....	17
3.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	19
4. JEOLOJİ.....	23
4.1 Formasyonlar .....	23
4.1.1 Seydişehir formasyonu.....	23
4.1.2 Polat formasyonu .....	25
4.1.3 Dipsiz göl ofiyolit melanjı .....	27
4.1.4 Çataloluk formasyonu .....	28
4.1.5 Çobanağacı formasyonu .....	30
4.1.6 Kuvaterner birimleri .....	31
4.2 Yapısal Jeoloji .....	32
5. HİDROLOJİ.....	36

5.1 Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi.....	36
5.2 Su Noktaları.....	38
5.2.1 Kaynaklar .....	39
5.2.2 Diğer karstik yapılar.....	43
6. HİDROJEOLJİ.....	49
6.1 Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri.....	49
6.1.1 Geçirimli birimler .....	49
6.1.2 Yarı geçirimli birimler.....	52
6.1.3 Geçirimsiz birimler .....	53
7. HİDROGRAF ANALİZLERİ .....	55
7.1 Yağış-Kaynak Boşalım İlişkisi .....	55
7.1.1 Ocak 2016 dönemi yağış-kaynak boşalım ilişkisi.....	56
7.1.2 Şubat 2016 dönemi yağış-kaynak boşalım ilişkisi.....	57
7.1.3 Mart-Nisan 2016 dönemi yağış-kaynak boşalım ilişkisi.....	58
7.1.4 Mayıs 2016 dönemi yağış-kaynak boşalım ilişkisi.....	59
7.1.5 Haziran-Temmuz 2016 dönemi yağış-kaynak boşalım ilişkisi.....	60
7.1.6 Ocak 2017 dönemi yağış-kaynak boşalım ilişkisi.....	61
7.1.7 Şubat-Mart 2017 dönemi yağış-kaynak boşalım ilişkisi.....	62
7.2 Kaynak Çekilme Eğrisi Analizleri.....	63
7.2.1 Şubat-Mart 2016 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri.....	65
7.2.2 Mart-Nisan 2016 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri.....	66
7.2.3 Haziran-Temmuz 2016 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri.....	67
7.2.4 Ocak 2017 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri.....	68
7.2.5 Mart 2017 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri .....	69
8. KEMOGRAF ANALİZLERİ .....	71
8.1 Kaynak Boşalım-Sıcaklık-Özgül Elektriksel İletkenlik İlişkisi .....	71
8.1.1 2016 dönemi .....	71
8.1.2 2017 dönemi .....	72
8.2 Toplam Askı Katı (TSS) Analizleri .....	74
8.3 İzleme Deneyi.....	77
8.4 Su Kimyası Analizleri .....	80
9. MİNERALOGİ ÇALIŞMALARI.....	87



9.1 Tane Boyu Dağılım Analizleri.....	87
9.2 Petrografik Değerlendirme .....	91
10. KARST AKİFERİNİN BESLENME-BOŞALIM İLİŞKİSİ.....	104
11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	109
KAYNAKLAR .....	113
EKLER.....	117
Ek 1 Tez sahası jeoloji haritası .....	117
Ek 2 Tez dönemine ait Günlük Toplam Yağış verileri .....	118
Ek 3 Dip-Pnr kodlu Polat formasyonu kireçtaşına ait Tüm kayaç XRD difraktogramı .....	126
Ek 4 AGC1 kodlu Ağaçtepe ofiyolitlerine ait Tüm kayaç XRD difraktogramı ....	127
Ek 5 Çobanağacı Formasyonu kumtaşı-çamurtaşı biriminin SY4 örnek no'lu Tüm Kayaç XRD difraktogramı .....	128
Ek 6 Muharrem düdeni SY5 örnek no'lu kum örneğine ait Tüm Kayaç XRD difraktogramı .....	129
Ek 7 Seydişehir Formasyonu'na ait GÖL1 örnek no'lu Tüm Kayaç XRD difraktogramı .....	130
Ek 8 Pınarbaşı kaynak noktasından alınan kumların PNR1 örnek no'lu Tüm Kayaç XRD difraktogramı.....	131
Ek 9 Yağini ve Böğet kaynaklarından alınan kumların YAG2 örnek no'lu Tüm Kayaç XRD difraktogramı .....	132
ÖZGEÇMİŞ.....	134

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C0	İlk konsantrasyon
Cmax	Maksimum konsantrasyon
q	Debi
q0	İlksel debi
SI	Doygunluk indisi
SIdol	Dolomit doygunluk indisi
SIkal	Kalsit doygunluk indisi
T	Sıcaklık
t0	İlk izleyici geliş süresi
tmax	Maksimum konsantrasyona ulaşma süresi
tort	Ortalama geliş süresi
Vort	Ortalama yeraltı suyu akım hızı
x	Akım yolu uzunluğu
$\alpha$	Laminar boşalım katsayısı
$\beta$	Türbülanslı boşalım katsayısı

### **Kısaltmalar**

dla	Deteksiyon limiti altında
d <sub>sy</sub>	Deniz seviyesinden yükseklik
EC	Elektriksel iletkenlik
EDS	Enerji dağılım spektrometresi
IAP	İyon aktivite çarpımı
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
ÖEİ	Özgül Elektriksel İletkenlik
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopisi
TOC	Toplam Organik Karbon
TSS	Toplam Askı Katı
UKAM	Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi
V-SMOW	Viyana-Standart Ortalama Deniz Suyu
XRD	X Işınları Difraksiyonu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Karstik ortamlarda farklı beslenme şekilleri (Ford ve Williams 1989'dan değiştirilerek alınmıştır).....	1
Şekil 1.2	Tez sahası yer bulduru haritaları.....	3
Şekil 3.1	Çalışma metodolojisi	10
Şekil 3.2	CTD Diver cihazı veri aktarımı .....	11
Şekil 3.3	Akım gözlem istasyonu görünümü (kurak ve yağışlı dönem).....	12
Şekil 3.4	Kaynak başında fizikokimyasal parametrelerin ölçümü.....	13
Şekil 3.5	Böğet (a) ve Yağini (b) kaynak noktalarında su örnekleme.....	15
Şekil 3.6	TSS örnekleme döneminde anlık ölçüm cihazının görüntüsü.....	16
Şekil 3.7	İzleme deneyi a. Enjeksiyon anı, b. Aqua Fluor Fluorometre, c. Na-Floresan izleyici .....	18
Şekil 3.8	TSS analizi süreci, analiz için alınan su numuneleri (a), filtreleme işlemi (b) ve etüvde kurutulduktan sonra filtrenin tartılması (c).....	20
Şekil 3.9	FEI Quanta 400 MK2 SEM, EDAX GenesisXM4i EDS Analiz cihazı (MTA Laboratuvarı).....	21
Şekil 3.10	Islak elek yöntemi ile tane boyu dağılım analizinin yapılması.....	21
Şekil 4.1	Seydişehir Formasyonu .....	24
Şekil 4.2	Seydişehir Formasyonu ile Polat Formasyonu arasındaki tektonik dokanak .....	24
Şekil 4.3	Tez sahası genelleştirilmiş stratigrafik kesiti .....	25
Şekil 4.4	Polat Formasyonu kireçtaşı seviyeleri .....	26
Şekil 4.5	Polat Formasyonu kireçtaşlarının çatlaklı görünümü .....	27
Şekil 4.6	Ofiyolit melanj içerisinde serpantinler .....	27
Şekil 4.7	Ofiyolit melanj içerisindeki radyolaritler .....	28
Şekil 4.8	Susuzyayla dolayında Çataloluk Formasyonu kireçtaşları ve karstlaşma izleri .....	29
Şekil 4.9	Ofiyolitler ile Çataloluk kireçtaşları dokanağı .....	29
Şekil 4.10	Çobanağacı formasyonu kırıntılı birimleri .....	30
Şekil 4.11	Çataloluk formasyonu kireçtaşları ile Çobanağacı formasyonu kireçtaşları dokanağı .....	31
Şekil 4.12	Kuvaterner örtü birimleri .....	31
Şekil 4.13	Güncel tortulların vadi içerisinde görüntüsü .....	32
Şekil 4.14	Güvercin Deliği ve Pınarbaşı Kaynağı şematik kesiti .....	32
Şekil 4.15	Polat formasyonu dolomitlerinin Seydişehir formasyonu şistlerine bindirmesi .....	33
Şekil 4.16	Pınarbaşı Fayına ait fay breşi ve fay üzerinde Böğet kaynağı .....	33
Şekil 4.17	Susuz Fayı nedeniyle kireçtaşı tabakalarında oluşan farklı eğim açıları ....	34
Şekil 4.18	Tınaztepe Mağarası girişinde yer alan normal fay.....	34
Şekil 4.19	Çataloluk formasyonu kireçtaşlarında fay aynası .....	35
Şekil 4.20	Üst Kretase'de ofiyolitik bindirme ve Çataloluk formasyonu oluşumunun ölçeksiz şematik kesiti .....	35
Şekil 5.1	Tez sahası çevresinde yer alan meteoroloji istasyonları .....	36
Şekil 5.2	Seydişehir (1960-2015) yıllık ortalama yağış ve eklenik sapma grafiği üzerinde kurak ve yağışlı dönemler .....	37

Şekil 5.3	Tez sahası 2016 yılı aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri .	37
Şekil 5.4	Tez sahası morfoloji haritası.....	39
Şekil 5.5	Pınarbaşı kaynağı yağışlı (a) ve kurak (b) dönem görüntüleri.....	40
Şekil 5.6	Yağini ve Böğet kaynakları boşalım noktaları.....	41
Şekil 5.7	Yağini (a) ve Pınarbaşı (b) kaynağı boşalım noktasında biriken sedimanlar.....	42
Şekil 5.8	Fası Boğazı Kaynağı boşalım noktası.....	43
Şekil 5.9	Dipsiz uvalası içerisindeki dolinlerin ve düdenlerin şematik kesiti.....	44
Şekil 5.10	Susuz köyü GB'sındaki vadi içerisinde yer alan bir düden .....	45
Şekil 5.11	Susuzyayla Muharrem düdeni yağışlı (a) ve kurak (b) dönem, Susuzyayla 2 düdeni kurak (c) ve yağışlı (d) dönemdeki görüntüsü.....	46
Şekil 5.12	Suğla polyesi kenarındaki kayaçlarda eski göl seviyesi .....	46
Şekil 5.13	Tınaztepe mağarası önündeki fay (a) ve Tınaztepe dolini (b) .....	47
Şekil 5.14	Güvercin Deliği Obruğu .....	48
Şekil 6.1	Polat Formasyonu kireçtaşlarına ait süreksizlik durumunu gösteren Gül diyagramı.....	49
Şekil 6.2	Polat Formasyonu kireçtaşlarında çatlak-kırıklarda Terra Rossa toprak oluşumları .....	50
Şekil 6.3	Çataloluk Formasyonu kireçtaşlarında süreksizlik durumunu gösteren... Gül diyagramı .....	51
Şekil 6.4	Tez sahası hidrojeolojik enine kesiti.....	52
Şekil 6.5	Seydişehir formasyonu içerisinde kiltası seviyeleri .....	53
Şekil 7.1	Pınarbaşı Kaynağı Aralık 2015 - Nisan 2017 arası yağış-boşalım ilişkisi... 56	56
Şekil 7.2	Pınarbaşı kaynağı Ocak 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi .....	57
Şekil 7.3	Pınarbaşı kaynağı Şubat 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi.....	58
Şekil 7.4	Pınarbaşı kaynağı Mart-Nisan 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi .....	59
Şekil 7.5	Pınarbaşı kaynağı Mayıs 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi.....	60
Şekil 7.6	Pınarbaşı kaynağı Haziran-Temmuz 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi... 60	60
Şekil 7.7	Pınarbaşı kaynağı Ocak 2017 dönemi yağış-boşalım ilişkisi .....	61
Şekil 7.8	Pınarbaşı kaynağı Şubat-Mart 2017 dönemi yağış-boşalım ilişkisi.....	62
Şekil 7.9	Çekilme eğrisinin şekline göre kaynak türleri .....	64
Şekil 7.10	Şubat-Mart 2016 döneminde gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları .....	66
Şekil 7.11	Mart-Nisan 2016 döneminde gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları .....	67
Şekil 7.12	Haziran-Temmuz 2016 döneminde gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları.....	68
Şekil 7.13	Ocak 2017 dönemine ait gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları .....	69
Şekil 7.14	Mart 2017 dönemine ait gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları.....	70
Şekil 8.1	Su seviyesi ve ÖEİ değişimleri (Mart-Nisan 2016).....	72
Şekil 8.2	Q, T ve ÖEİ değerlerinin P ile ilişkisi (Ocak-Nisan 2017).....	73
Şekil 8.3	Pınarbaşı Kaynağı 2017 dönemi yılın ilk yağışları sonrasında yağış-su seviyesi-TSS ilişkisi.....	75
Şekil 8.4	Filtrelenen sulardan elde edilen askı maddelerin görüntüsü.....	77
Şekil 8.5	Pınarbaşı Kaynağı izleyici ilerleme eğrisi .....	78

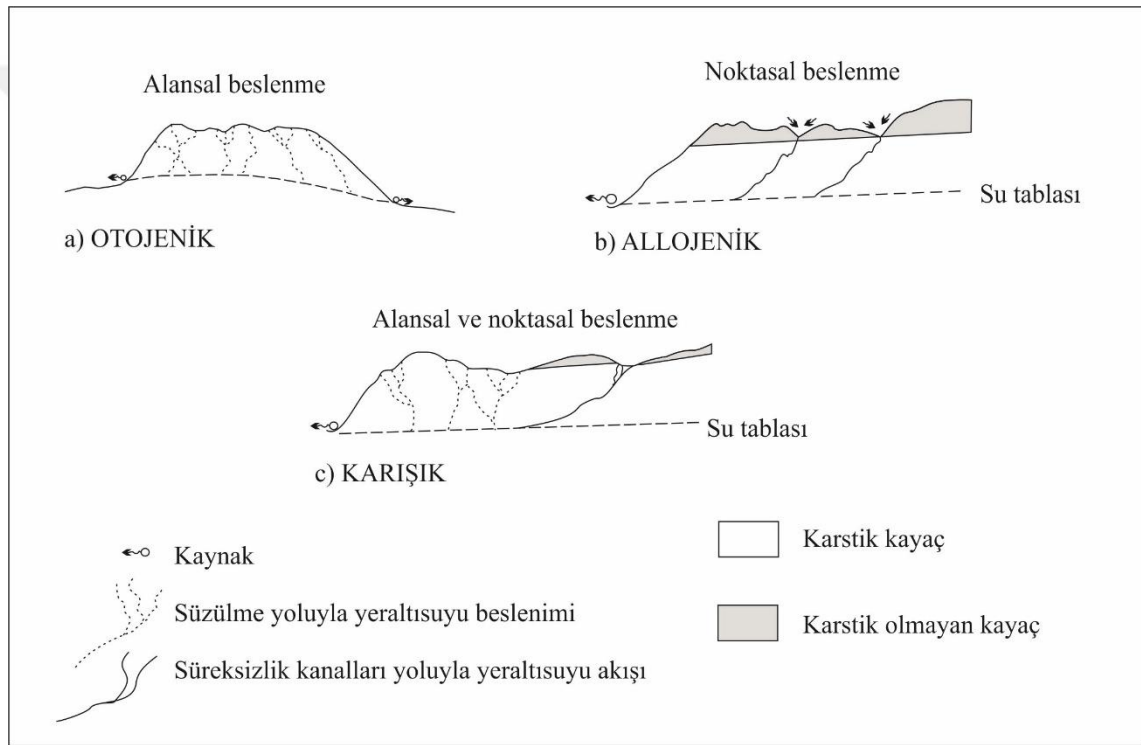
Şekil 8.6	Susuzyayla Muharrem düdeni-Pınarbaşı kaynağı arası hidrojeolojik enine kesit.....	80
Şekil 8.7	Schoeller (1954) diyagramı (Şubat, Mart 2017).....	82
Şekil 8.8	Piper (1944) diyagramı (Şubat, Mart 2017).....	83
Şekil 8.9	Kaynak suları kalsit ve dolomit doygunluk indisi değerleri (Şubat, Mart 2017) .....	85
Şekil 9.1	Yağini ve Böğet kaynaklarının boşalttığı sedimanların örnekleme (Ocak 2016).....	88
Şekil 9.2	Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasından alınan sedimanların tane boyu dağılım grafiği .....	89
Şekil 9.3	Yağini ve Böğet kaynakları boşalım noktasından alınan sedimanların mesafeye bağlı tane boyu dağılım grafiği .....	90
Şekil 9.4	Aralık 2015 döneminde Pınarbaşı, Yağini ve Böğet kaynaklarından alınan sedimanların tane boyu dağılım grafiği.....	90
Şekil 9.5	Pınarbaşı kaynağı önünden alınan farklı litolojilere ait çakılların makroskobik görüntüsü .....	92
Şekil 9.6	Sy3 kodlu Çobanağacı formasyonu kireçtaşlarında (a) ve Pnr kodlu Pınarbaşı kaynağı kumlarında (b) görülen bazı Eosen dönemi fosilleri .....	93
Şekil 9.7	Pnr2 kodlu Pınarbaşı kaynağından alınan kalkşist (a), serpantin (b) ve kuvarslı kumtaşı (c) tanelerinden oluşan kum boyutu malzemenin çift nikel görüntüsü.....	94
Şekil 9.8	Çataloluk Formasyonu'ndan alınan SY-2 kodlu ana kayaç (a) ve Pınarbaşı Kaynağından alınan PNR-2 kodlu sediman (b) örneğine ait SEM fotoğrafı ve işaretlenen noktaya ait EDS analiz sonucu.....	98
Şekil 9.9	Çobanağacı formasyonu kireçtaşından alınmış SY-3 kodlu ana kayaç örneğinin SEM görüntüsü ve iki farklı noktasal EDS analiz sonucu .....	99
Şekil 9.10	Çobanağacı formasyonu kumtaşı-çamurtaşı ana kayacından alınan SY-4 kodlu numunelerin SEM fotoğraflarında kil minerali (a), pirit (b) görüntüsü ve noktasal EDS analizi.....	101
Şekil 9.11	Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasından alınan kalsit kumunda çözünme izleri.....	102
Şekil 9.12	PNR-1 kodlu Pınarbaşı (a) ve YAG-3 kodlu Yağini (b) kaynak boşalım noktasından alınan sedimanlarda SEM fotoğrafları ve kalsit mineralleri üzerinde çözünme izleri .....	103
Şekil 10.1	Pınarbaşı Kaynağı beslenme ve boşalımının şematik gösterimi (Ford ve Williams (1989)'dan değiştirilerek alınmıştır) .....	104
Şekil 10.2	Çalışma alanı blok diyagramı üzerinde olası yeraltısu akım yönleri.....	105
Şekil 10.3	Tez sahası hidrojeolojik enine kesiti (1 geçici kaynak, 2 Dipsiz düdenleri, 3 Güvercin deliği mağarası, 4 Pınarbaşı kaynağı) .....	106
Şekil 10.4	Boşalım hidrografi üzerinden akifer kavramsallaştırma yöntemi (Smart ve Hobbs 1986) .....	107
Şekil 10.5	Tez sahası hidrojeolojik enine kesiti.....	108

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Çalışma sahasındaki kayaç ve sediman numunelerine ait bilgiler.....	16
Çizelge 5.1	Tez sahasında yer alan kaynak noktalarına ait koordinatlar ve boşalım kotları .....	40
Çizelge 5.2	Tez sahasındaki düden, obruk ve mağaralara ait koordinat ve topografik kotlar .....	44
Çizelge 7.1	Kaynak boşalım sınıflaması (Worthington 1991'den değiştirilerek alınmıştır).....	64
Çizelge 7.2	Pınarbaşı Kaynağı boşalım katsayıları ve boşalım denklemleri .....	65
Çizelge 8.1	İzleme deneyi verileri.....	79
Çizelge 8.2	Şubat 2017 dönemi su kimyası değerleri (mg/l).....	81
Çizelge 8.3	Mart 2017 dönemi su kimyası değerleri (mg/l) .....	81
Çizelge 8.4	Kaynak sularında Doygunluk indisi değişimleri (Şubat-Mart 2017).....	84
Çizelge 9.1	Kaynak boşalım noktalarından alınan sedimanların tane boyu dağılım parametreleri.....	88
Çizelge 9.2	Kayaç ve sediman örneklerinin mineral içerikleri .....	91
Çizelge 9.3	Ana kayaç ve kum örneklerinde XRD tüm kaya analizi ile belirlenen mineraller .....	95
Çizelge 9.4	PNR-2 kodlu sediman örneğine ait EDS değerleri .....	98
Çizelge 9.5	SY-3 kodlu kireçtaşı örneğinde EDS 1 noktasına ait EDS sonuçları .....	99
Çizelge 9.6	SY-3 kodlu kireçtaşı örneğinde EDS 2 alanına ait EDS sonuçları .....	100
Çizelge 9.7	SY-4 kodlu örnekte EDS 1 noktasına ait EDS sonuçları .....	100
Çizelge 9.8	PNR-1 kodlu sediman numunesine ait EDS değerleri.....	102

## 1. GİRİŞ

Bir litolojik birimin akifer olarak tanımlanabilmesi için suyu depolayabilmesi, iletebilmesi ve verime sahip olması gerekmektedir (Ford ve Williams 1989). Çözünebilen kayaçlar içerisindeki su, tanecikler arasında (birincil gözeneklilik), çatlak-kırıklarda (ikincil gözeneklilik) ve çatlak-kırıklarda hareket eden suyun neden olduğu çözünme sonucunda oluşan kanallarda (üçüncül gözeneklilik) depolanmakta ve taşınmaktadır (Ford ve Williams 1989).



Şekil 1.1 Karstik ortamlarda farklı beslenme şekilleri (Ford ve Williams 1989'dan değiştirilerek alınmıştır)

### 1.1 Amaç ve Kapsam

Bu tez çalışmasının amacı, Konya iline bağlı Seydişehir ilçesi Susuz köyünde yer alan Pınarbaşı karst kaynağının beslenme-boşalım ilişkisini hidrograf ve kemograf analizleriyle değerlendirmektir.

Pınarbaşı karst kaynağı yılın 7 ayı boyunca boşalım yapan ve 5 ayı kuruyan mevsimsel bir karstik kaynaktır. Pınarbaşı kaynağının beslenme-boşalım ilişkisinin belirlenmesi, kaynak akiferinin miktar ve kalite açısından değerlendirilip tanımlanmasını gerektirmektedir. Bu amaçla kaynak hidrodinamiği ile akifer hidrokimyasının incelenmesi, kaynak akiferinin depolama hacmi ve boşalım katsayılarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasından 300 m akış aşağıda konumlandırılmış olan akım gözlem istasyonu içerisine CTD ve Baro Diver cihazları yerleştirilmiş, kaynak boşalımı (Q), özgül elektriksel iletkenlik (ÖEİ) ve su sıcaklığı (T) verileri 30 dk aralıklarla kaydedilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden tez sahasını yağış alanı içerisine alan Seydişehir, Seydişehir/Alacabel ve Ahırlı meteoroloji istasyonlarına ait 2016 ve 2017 yılları Günlük Toplam Yağış verileri alınmış, kaynak hidrograf analizlerinde kullanılmıştır. Kaynak boşalımı özelinde akifer hidrodinamiğinin belirlenebilmesi amacıyla Pınarbaşı kaynağında boşalım katsayıları hesaplanmış, çekilme dönemleri süresince akiferin boşalım miktarı ve akiferin kaynak boşalım kotu üzerinde kalan etkin rezervuar hacmi hesaplanmıştır. Kaynak boşalımı ile hidrokimyasal veriler arasında ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla kemograf analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda havzaya düşen yağış (P), Q, ÖEİ, T ve Toplam Askı Katı (TSS) değerleri incelenmiştir.

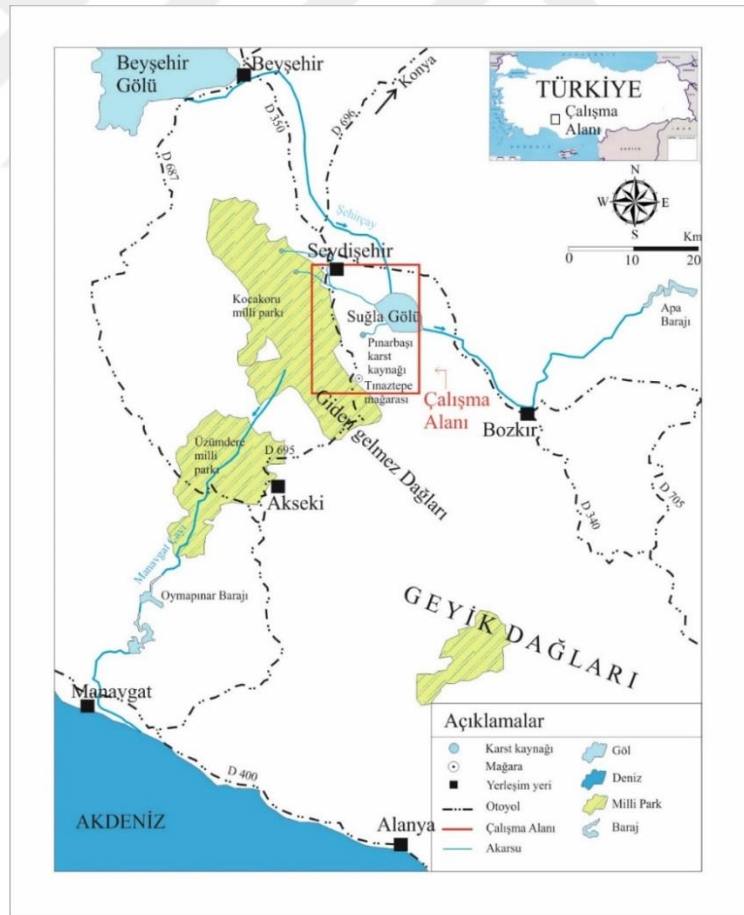
Akifer içerisinde ortalama yeraltısuyu akım hızının ve yeraltısuyu akım yönünün belirlenmesi amacıyla Nisan 2017'de izleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Havza içerisinde yer alan formasyonlardan ana kayaç ve kaynak boşalım noktasından sediman örnekleme yapılmış, kaynak tarafından boşaltılan sedimanlar incelenerek kaynak boşalım noktaları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda ana kayaç ve kaynak sedimanlarının petrografik kesitleri çıkarılarak birbirleri ile ilişkilendirilmiştir. Mineralojik bileşimlerinin daha detaylı belirlenebilmesi amacıyla ana kayaç ve sediman örneklerinde XRD tüm kayaç analizleri ile SEM-EDS analizleri gerçekleştirilmiştir.

## **1.2 Çalışma Alanının Konumu**

Pınarbaşı kaynağı Konya iline bağlı Seydişehir ilçesi Susuz köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Susuz köyü içerisinde Pınarbaşı kaynağına 300 m uzaklıkta Yağini ve 320



m uzaklıkta Böğet kaynakları bulunmaktadır. Yağini ve Böğet kaynakları yıl içerisinde yüksek hidrolik gradyan gözlenen yaklaşık 30 gün boyunca boşalım yapan geçici kaynaklardır. Pınarbaşı kaynağı ise yaklaşık 190 gün boyunca boşalım yapan 170 gün kuruyan mevsimsel bir kaynaktır. Çalışma alanı, Orta Toros kuşağının İç Anadolu'ya bakan kısmında, Konya iline bağlı Seydişehir ilçesinin güneyinde, Antalya iline bağlı Akseki ilçesi ve Gidengelmaz dağlarının kuzey doğusunda, Susuz köyü ve çevresini kapsamaktadır (Şekil 1.2). Bölge Giden gelmez dağlarına ve Koca Kuru milli parkına yaklaşık 20 km mesafede bulunmaktadır. Coğrafik olarak değerlendirildiğinde, Suğla Polyesi'nden Toros Kuşağı'na geçiş bölgesinde yer aldığından, aniden yükselen sarp bir topografyaya sahiptir. Bölgede, karstik kireçtaşları ile örtü birimlerinin dokanağında Pınarbaşı, Yağini, Böğet, Fası Boğazı, İçerikışla ve ismi konulmamış bir dizi geçici kaynak ve çok sayıda düden bulunmaktadır. Tez sahasının GB ucunda en büyük karstik yapılardan birisi olan Tınaztepe mağarası ve Tınaztepe dolini yer almaktadır.



Şekil 1.2 Tez sahası yer bulduru haritaları

## 2. ÖNCEL ÇALIŞMALAR

Tez kapsamında yararlanılan, tez alanında ve konuyla ilgili benzer çalışmalar tarih sırasına göre aşağıda kısaca özetlenmiştir:

**Blumenthal**, 1947 yılında yaptığı çalışmada Seydişehir civarındaki Triyas yaşlı birime Seydişehir şistleri adını vermiştir. Bu şistler Jura yaşlı karstik kireçtaşlarının tabanında yer almaktadır.

**Bayram (1992)**, Seydişehir ve Kaşaklı sıcak su kaynaklarının hidrojeoloji incelemesi başlıklı çalışmasında Seydişehir bölgesinin jeoloji haritasını yaparak stratigrafisini ortaya koymayı ve Seydişehir sıcak su kaynağının hidrojeolojik özelliklerini belirlemiştir.

**Hir ve Özbek (1994)**, Türkiye'deki Batı Toros kuşağında genel bir karst çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bölgede yer alan belli başlı göller, kaynaklar ve mağaralar hakkında hidrojeolojik bir derleme ortaya koymuşlardır. Beyşehir ve Suğla gölleri arasındaki hidrojeolojik ilişkiye değinmişlerdir.

**Erkan (1995)**, Seydişehir - Akseki yöresi boksitlerinin mineralojik - kimyasal özelliklerinin incelemesi başlıklı çalışmasında bölgede yer alan boksit yatakları üzerinde çalışma yapılmıştır. Boksitlerin oluşumunun Seydişehir Formasyonu ve diğer yaşlı kayalardan taşınan malzemenin karstik boşluklarda zenginleşmesiyle oluşabileceği sonucuna varılmıştır.

**Çetin (1997)**, Çaltepe (Seydişehir-Konya) dolomitlerinin oluşumu ve petrografisi başlıklı çalışmasında dolomitlerin sınıflaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dolomitlerin karstlaşma özelliği olup olmadığından söz edilmemiştir.

**Özgül (1997)**, Orta Torosların kuzey kesiminde yaptığı stratigrafik çalışmada Seydişehir dolayındaki tektono-stratigrafik birliği Geyikdağı Birliği adı altında açıklamıştır. Birlik karbonatlı ve kırıntılı kayaçlarla bunları uyumsuzlukla örten filiş ve karbonat istifinden oluşmaktadır.

**Görür ve Tüysüz (2001)**, Kretase'den Miyosen'e Türkiye'nin Paleo coğrafik evrimini inceleyerek hidrokarbon potansiyelini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada özellikle Kretase döneminde gerçekleşen ofiyolitik bindirmeye dair değerlendirmede bulunulmuştur.

**Gürer ve Aldanmaz (2002)**, Üst Kretase-Tersiyer geçişinde Torid-Anatolid platformundaki sedimanter basenlerin oluşumunu incelemiştir. Toros kuşağında bindiren Neo-Tetis ofiyolitik napları ile eş zamanlı oluşan sedimanter karbonatlı birimlerin aydınlatılmasına çalışılmıştır.

**Karadağ vd. (2006)**, Çatmakaya bölgesindeki boksitlerin oluşumu üzerinde jeokimyasal çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda boksitlerin ofiyolitlerle ilgisinin olmadığını ve oluşumun Jura yaşlı kireçtaşlarının bozunma ürünü olan terra-rossa topraklarla ilişkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

**Çelik ve Delaloye (2006)**, Üst Kretase döneminde Neotetis okyanusunun kapanması süresi boyunca gerçekleşen dalma-bayma ve bindirme olaylarını incelemiştir. Okyanus tabanındaki ofiyolitik birimlerin kuzeyde Kırşehir bloğunun altına dalarken güneyde Toros bloğunun üzerine bindirdiği sonucuna varmışlardır.

**Çelik vd. (2015)**, Pınarbaşı kaynağının boşalım analizlerini gerçekleştirerek kaynakta üç farklı boşalım katsayısı elde etmişlerdir. Fırtına dönemlerinde türbülanslı boşalım yapan kaynak kurak dönemde laminar boşalım yapmaktadır. Pınarbaşı kaynağının bir estavelle olduğu fikrini ortaya koymuşlardır.

**Bozdağ (2016)**, Seydişehir ilçesi kuzeyinde yer alan Kavak jeotermal kaynaklarının kökeni, hidrojeokimyasal karakteristiği ve izotopik kompozisyonunu ortaya koymuştur. Kuvars jeotermometresi kullanılarak hesaplanan rezervuar sıcaklığı 68 ile 105 °C arasında değişmektedir. Kaynak boşalım noktalarında kalsit, dolomit ve aragonitçe doygunluğa ulaşan termal sular traverten çökelimi yapmaktadır. Oksijen-18 ve Döteryum analizleri sonucuna göre yerel meteorik su doğrusu döteryum fazlası +16 olarak bulunmuştur.

**Parlak (2016)**, Toros kuşağı ofiyolitlerinin genel bir özetini sunmuştur. Alt Kretaseden Üst Kretase'ye İzmir-Ankara-Erzincan okyanusu tabanındaki ofiyolitlerin Toros kuşağı ile tektonik ilişkisine ışık tutulmuştur. Tez sahasında görülen ofiyolitlerin ve Üst Kretase yaşlı karbonatlı birimlere değinilmiştir.

**Çelik (2017)**, Seydişehir Susuz kaynaklarından Pınarbaşı Kaynağı'nın anlık boşalım analizlerini incelemiştir. Duraylı izotoplardan oksijen-18 ve döteryum analizleri ile Pınarbaşı Kaynağı'nın beslenme yüksekliği (1490 m) belirlenmiş, kaynak sularında farklı dönemlerde gerçekleştirilen su kimyası analizleri ile kimyasal olarak mevsimsel değişimler ortaya konulmuştur. Kaynak suları ve kar örneklemeleri ile yerel meteorik su doğrusu oluşturulmuştur.

Tez amacına ve kapsamında yönelik, Dünya'nın farklı bölgelerinde karstik kaynak sularında taşınan askı sedimanların incelendiği bir dizi çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar özellikle metodoloji geliştirilmesi konusunda teze büyük katkı sağlamış ve kronolojik olarak aşağıda kısaca açıklanmıştır:

**Mahler vd. (1998)**, Austin, Texas'ta yer alan Barton karst kaynaklarının taşıdığı askı sedimanların kirletici taşıma potansiyelini belirlemişlerdir. Çalışma alanında kaynak, obruk, dere, mağara ve düden gibi farklı su noktalarından aldıkları sedimanların tane boyu dağılımı, organik karbon içeriği ve özgül yüzey analizleri gerçekleştirilmiştir. Yüksek organik karbon içeriği ve yüksek özgül yüzeye sahip sedimanların kirletici

taşıma potansiyelinin daha yüksek olduğunu, bu sedimanların yaygın olduğu kaynak sularının da kirlenmeye meyilli olduğu sonucuna varmışlardır.

**Mahler vd. (2000)**, Güney Fransa'da yer alan Terrieu çayında askı sedimanlar yoluyla mikrobiyolojik kirlilik taşınımını araştırmışlardır. Çalışmada karstik bölge üzerinde yer alan ilkel bir arıtma tesisinin varlığı ve taşkın dönemlerinde arıtma tesisinden kaynaklanan biyolojik kirleticilerin askı sedimanların üzerinde tutularak Terrieu çayına karıştığı sonucuna ulaşmışlardır.

**Drysdale vd. (2001)**, İtalya'nın Tuscany bölgesinde yer alan ve Massa şehrine içme suyu sağlayan iki karstik kaynak olan Cartaro Grande ve Cartaro Piccole kaynaklarında gözlenen yüksek bulanıklığın nedenleri araştırılmıştır. Beslenme bölgesinde yer alan formasyonlardan ana kayaç ve kaynak sularından askı madde örnekleri alınarak mineralojik ve petrografik analizleri yapılmış, askı maddelerin kaynak beslenme bölgesinde yer alan mermer ocaklarıyla ilişkili olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

**Desmarais ve Rojstaczer (2002)**, Tennessee, Bear Creek Vadi'sinde, Oak Sırtı'nın civarında bulunan karstik kaynakların ani boşalmalarının fiziksel ve kimyasal tepkisinden, karst akiferi içindeki yeraltı su akışının geometrisi hakkında yorumlar türetilmiştir. Bu çalışmada ölçülen parametreler; debi, elektriksel iletkenlik, majör iyon kimyası ve  $\delta^{13}\text{C}$  izotopudur.

**Massei vd. (2001)** çalışmasında karstik akiferden alüvyon akifere askı sedimanların taşınımını incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçları kireçtaşı akiferinin içindeki çözünme ve mekanik erozyondan kaynaklanan malzeme taşınımının kaynağa doğru olduğu ve kaynak sularının taşıdığı askı maddelerden dolayı daha fazla mikrobiyolojik kirlilik ve sağlık riskleri içerdiği olmuştur.

**Vesper ve White (2003)**, Amerika Birleşik Devletleri Kentucky ile Tennessee eyaletleri sınırında yer alan Beaver ve Millstone karst kaynaklarında, Fort Campbell askeri bölgesinden kaynaklanan ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Fırtına akış dönemlerinde kaynaktan gözlenen bulanıklık artışıyla beraber kaynak sularında yer alan ağır metal konsantrasyonlarında da artış gözlemlendiğini tespit etmişlerdir.

**Dussart-Baptista (2003)**, Fransa'nın Le Havre şehri yakınlarında Seine nehri ve Bebec çayları arasında karstik akiferde taşınan askı sedimanları fırtına dönemleri sonrasında inceleyerek, askı sedimanlara tutunan bakteriyolojik kirleticileri incelemişlerdir. Bu çalışmada taneciklere tutunan (planktonik) ve tutunmayan (sessile) bakteriler kullanılarak izleme deneyi gerçekleştirilmiş, fizikokimyasal parametreler olan EC, bulanıklılık, TSS ölçümleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, küçük taneciklerin iri taneciklerden daha çok bakteri taşıdığı tespit edilmiştir.

**Aydın ve Ekmekçi (2005)**, Sızır Kaynaklarının yer aldığı Yukarı Kızılırmak havzasında, litolojiye bağlı meydana gelen kirlilikten kaynaklanan su kalitesi problemini belirleyerek kaynakların hidrojeolojik davranışını belirlemenin önemini ortaya koymuşlardır. Çalışmada akiferin aktif depolama kapasitesi  $117.10^6 \text{ m}^3$  olarak hesaplanmış, çekilme dönemi boyunca  $60.10^6 \text{ m}^3$  lük rezervin akiferde kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Herman vd. (2006)**, Amerika Birleşik Devletleri'nin Pennsylvania eyaletinde yer alan Arch, Nolte ve Bushkill karst kaynaklarında taşınan askı sedimanların morfolojisini ve mineralojisini çalışarak askı maddelerin kökenini ve taşınım süreçlerini ortaya çıkarmışlardır.

**Fournier vd. (2008)**, Kuzeydoğu Fransa'da Batı Paris bölgesinde hidrodinamik etkilerin karst akiferindeki askıda sediman dinamiklerini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Düden ve kaynak noktalarından alınan sedimanların tane boyu dağılım analizleri kıyaslanarak karst hidrodinamiği aydınlatılmaya çalışılmıştır.

**Reed vd. (2009)**, Amerika Birleşik Devletleri'nin Kentucky eyaletinde kentsel ve kırsal alanlara yakın karst kaynaklarında ani boşalım esnasındaki sediman tahliyesi hakkında çalışılmıştır. Çalışma kapsamında arazideki ölçümler (debi ve su yüksekliği), sediman örnekleme ve analizleri (tane boyu, mineraloji, petroloji, toplam organik karbon ve toplam inorganik karbon) yapılmıştır. Sediman niteliği, boyları ve havzalarda ani boşalışlara tepkisinin saha kullanımına bağılı değişimi, havza boyutu, kanal yapısı hakkında önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

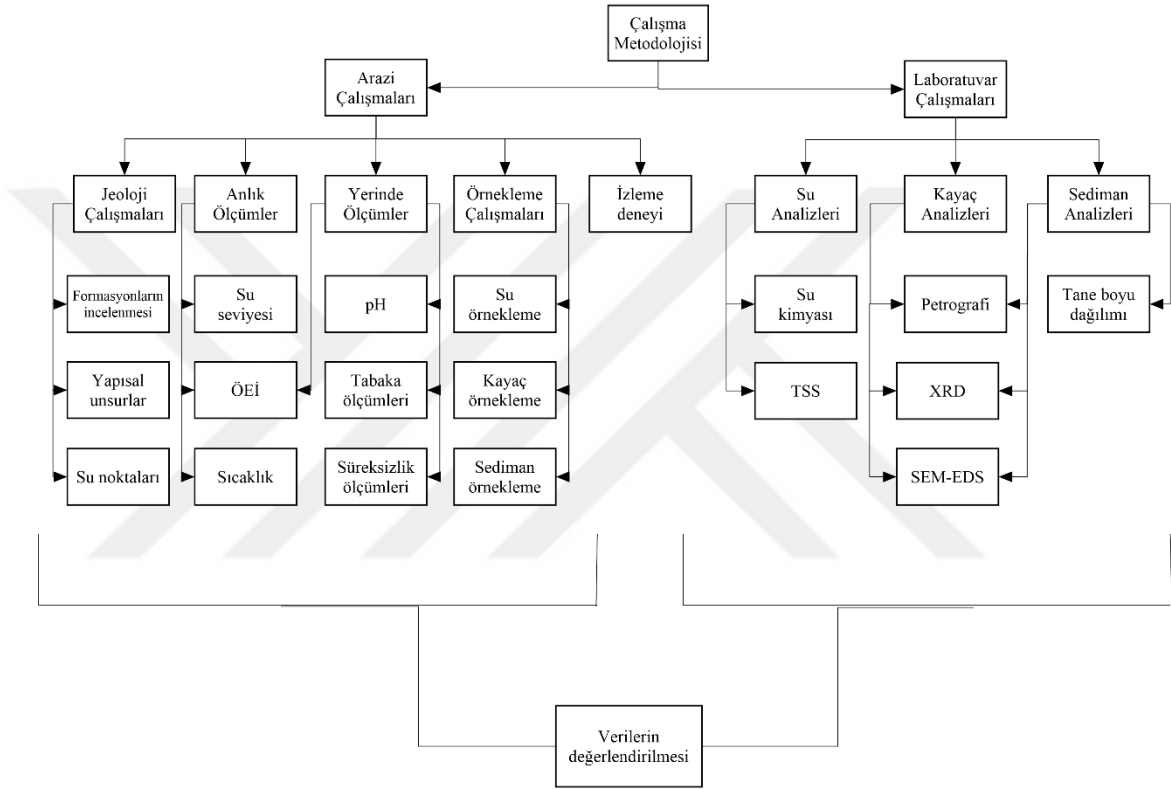
**Malik ve Vojtkova (2012)**, karstik akiferlerde karstlaşma derecelendirmesini kaynak boşalışları üzerinden değerlendirmişlerdir. Slovakya ile Macaristan ülkeleri sınırında yer alan 9 adet karstik kaynağın boşalım değerleri uzun yıllar boyunca anlık olarak ölçülmüş, çekilme eğrileri ve boşalım katsayıları hesaplanarak karstlaşma dereceleri belirlenmiştir.

Bu çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda tez çalışması boyunca izlenecek metodoloji ortaya çıkarılmıştır. Pınarbaşı Kaynağı'nda taşınan askı sedimanların köken kayaçlarının belirlenmesi, ana kayaç ile askı sediman arasında karşılaştırmalı mineralojik değerlendirmelerde bulunulması gerekliliği ortaya konulmuştur. Ana kayaç, askı sediman ve su örneklerinde yapılması gereken analizler belirlenmiştir.

Öncel çalışmalardan da görüldüğü gibi tez sahasında kaynak sularındaki askı maddelerle ilgili bir hidrojeolojik çalışma yer almamaktadır. Çelik (2017) tarafından yapılan proje kapsamında konunun önemi belirtilmiştir. Konuyla ilgili uluslararası çalışmalar yapılmaktadır, ancak ülkemizde bu tür çalışmalar sınırlıdır.

### 3. METODOLOJİ

Tez kapsamında yapılan çalışmaların genel metodolojisi şekil 3.1’de verilmiştir. Tez çalışması; arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve verilerin değerlendirilmesi olarak üç ana başlık altında toplanmıştır.



Şekil 3.1 Çalışma metodolojisi

#### 3.1 Arazi Çalışmaları

##### 3.1.1 Jeoloji çalışmaları

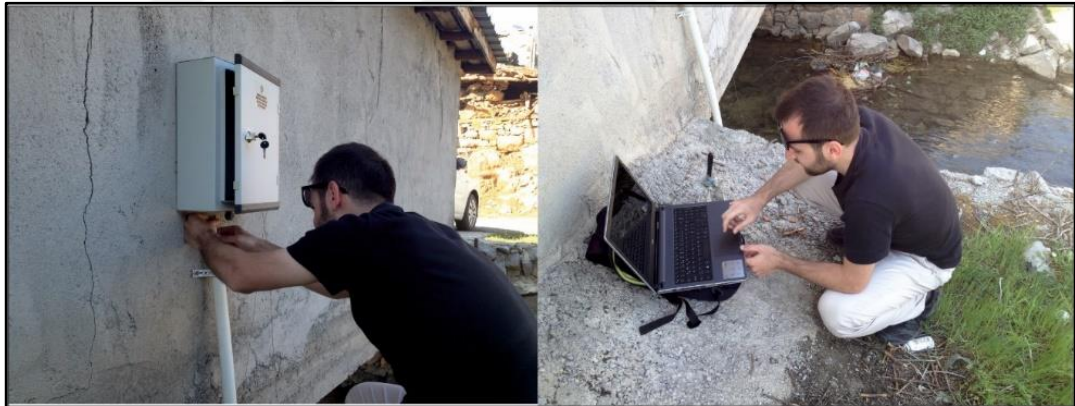
Arazi çalışmaları kapsamında MTA Genel Müdürlüğünden Konya ili Seydişehir ilçesine ait 1/25.000 ölçekli N27B3 paftasının jeoloji haritası alınmıştır. Bölgede yer alan formasyonları tanıyıp ayırt edebilecek temel literatür bilgileri edinildikten sonra arazi çalışmalarına başlanmıştır. Harita üzerinde değinilen formasyonlar arazide



tanımlanmış ve tez çalışması kapsamında değerlendirilmiştir. Birimlerin arasındaki sınır ve dokanak ilişkileri belirlenmeye çalışılmış, akifer olma potansiyeli olan birimler belirlenmiş, jeolojik birimler hidrojeolojik açıdan değerlendirilmiştir. Tez sahasında çok sayıda karstik morfoloji gözlenmiştir. Bunlardan önemli görülenler hidrojeoloji haritası üzerine işlenmiştir.

### 3.1.2 Anlık ölçümler

Arazi çalışmaları kapsamında Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasının 300 m akış aşağısına Çelik (2017) tarafında Aralık (2014) tarihinde bir adet akım gözlem istasyonu kurulmuştur. İstasyonun kurulma amacı Susuz çayındaki Q, T ve ÖEİ değerlerinin anlık değişimini izlemektir. İstasyona Ocak (2016)'da, Ankara Üniversitesi Hidrojeoloji Laboratuvarında mevcut olan CTD ve Baro Diver cihazları yerleştirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 CTD Diver cihazı veri aktarımı



Şekil 3.3 Akım gözlem istasyonu görünümü (kurak ve yağışlı dönem)

Cihazlar 30 dk. aralıklarla ölçüm yaparak kaydetmek üzere programlanmıştır. Cihazların eş zamanlı yaptıkları ölçüm değerleri Diver Office 4.1 yazılımı kullanılarak düzenlenmiş, kanaldaki Q, ÖEİ ve T değerleri de tez çalışması süresince gerçekleştirilen her arazi çalışmasında USB bağlantı kablosu üzerinden Diver Office 4.1 yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çelik (2017) tarafından farklı su seviyelerinde ACDP Doppler yöntemi ile debi ölçümleri yapılmış ve kanaldaki su seviyesini debi değerlerine dönüştürecek anahtar eğri elde edilmiştir. Tez boyunca kanalda ölçülen su seviyesi değerleri  $y = -0,2269x^2 + 26,527x + 848,65$  ( $R^2=0,9991$ ) eşitliği ile ifade edilen anahtar eğri kullanılarak debi değerlerine dönüştürülmüştür.

Pınarbaşı kaynağı boşalım analizlerinin incelenmesi ve kaynak akiferinin depolama hacminin hesaplanabilmesi amacıyla gerçek rejimde boşalım dönemlerinde boşalım katsayıları hesaplanmıştır. Laminar akış dönemlerinde  $\alpha$  katsayıları Maillet (1905) yöntemi ile hesaplanmıştır. Logaritmik ekseninde boşalım değerleri zamana göre işlenmiş, grafiğin kırıldığı noktaya göre akım karakteri birbirinden ayrılmıştır.

$$\alpha = \frac{\log Q - \log Q_0}{t \cdot \log e} \quad (3.1)$$

Eşitlik (3.1) kullanılarak hesaplanan  $\alpha$  boşalım katsayıları gün<sup>-1</sup> boyutunda belirlenmiştir. Hesaplanan her bir boşalım katsayısı ile söz konusu dönemde boşalan su hacmi: eşitlik (3.2) ile hesaplanmıştır:

$$V = \frac{Q_0}{\alpha} \quad (3.2)$$

Türbülanslı akış dönemlerinde ise  $Q = Q_0(1 - \beta t)$  formülü ile  $\beta$  boşalım katsayıları belirlenmiştir. Boşalım katsayılarının sayısal değerleri Malik ve Vojtkova (2012)'ye göre değerlendirilmiş ve laminar ile türbülanslı akım belirlenmiştir.

### 3.1.3 Yerde ölçümler

Tez sahası içerisinde yer alan su noktalarında, farklı dönemlerde yerinde fizikokimyasal parametrelerin (pH, ÖEİ, T) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yerde ölçümler pH için  $\pm 0,1$ , ÖEİ için  $\pm 1 \mu\text{S/cm}$  ve T için  $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$  hassasiyette ölçüm yapabilen Hach H40D marka çoklu analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kaynak çıkış noktalarında temiz polietilen şişeler kaynak suyu ile çalkalandıktan sonra kaynak suyu ile doldurulmuş, parametreler kaynak başında ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 3.4).

Tez sahasında yer alan karstik kireçtaşlarında yeraltısuyunun akım yönlerinin belirlenebilmesi amacıyla tabaka doğrultu ve eğimleri, süreksizlik eğim ve eğim yönleri Brunton 5008 pusula kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen süreksizlik eğim ve eğim yönleri Rocscience Dips 6.0 yazılımı kullanılarak Gül diyagramı çizilmiştir.



Şekil 3.4 Kaynak başında fizikokimyasal parametrelerin ölçümü

### 3.1.4 Örnekleme çalışmaları

Tez çalışması kapsamında Şubat ve Mart 2017’de Pınarbaşı, Yağini, Böğet, Sk4, Fası boğazı ve Alagöz kaynakları ile Tınaztepe dolininden toplam 11 adet su örneği alınmıştır. Tez sahasının karbonatlı birimlerle kaplı olmasından dolayı suların Ca-HCO<sub>3</sub> tipinde olması beklenmekle birlikte, suların kalsit ve dolomit minerallerince doygunluğa ulaşip ulaşmadıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Derin dolaşımli akiferlerde su-kayaç etkileşimi süresinin uzun olmasından dolayı doygunluğun pozitif olması beklenirken sığ dolaşımli akiferlerde negatif olması beklenmektedir. Dolayısıyla doygunluk indisi analizleri ile akifer rezervuarının boyutları hakkında değerlendirmelerde bulunulması amaçlanmıştır. Su kimyası analizleri için yapılan örneklemelelerde 500 ml hacimli polietilen şişeler kullanılmıştır. Şişeler kullanılmadan önce saf su ile durulanmış daha sonra kaynak başında kaynak suyu ile çalkalanmıştır. Örneklemenin sağlıklı yapılabilmesi için şişeler 1,5 m uzunluğunda bir çubuğun ucuna monte edilmiş, kaynak boşalım noktasının içerisinde örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.5). Şişeler, içerisinde hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmaya çalışılmıştır. Laboratuvar prosedürü gereği kation numuneleri içerisinde HNO<sub>3</sub> eklenmemiştir. Su örnekleri +4°C’de muhafaza edilmiş ve 24 saat içerisinde analiz laboratuvarına teslim edilmiştir.



Şekil 3.5 a. Böğet, b. Yağini kaynak noktalarında su örnekleme

Kaynak boşalımı ile kaynak sularında taşınan askı sediman miktarı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi amacıyla kaynağın 2017 yılındaki ilk boşalımı örneklenmiş, örnekleme 7-31 Ocak 2017 tarihleri arasında Pınarbaşı kaynağının 500 m akış aşağıda gerçekleştirilmiştir. Örnekleme dönemi boyunca tez sahası kar örtüsü altında bulunduğu için kaynak boşalım noktasına ulaşamamış, örnekleme en uygun nokta olarak Susuz köyü içerisindeki akım gözlem istasyonu yakınından gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6). Örnekleme için 20 litre hacimli, geniş ağızlı polietilen bidonlar kullanılmıştır. Su örnekleri günde bir kere her gün saat 9.30'da 24 gün boyunca alınmıştır.



Şekil 3.6 TSS örnekleme döneminde anlık ölçüm cihazının görüntüsü

Kaynak sularında taşınan askı maddeler ve kaynak boşalım noktasındaki kum-çakıl boyutundaki sedimanların akifer hidrodinamiğine ışık tutabileceği düşüncesi ile tez sahasındaki formasyonların tamamından kayaç numunesi alınmıştır. Alınan 9 adet kayaç numunesi ile Pınarbaşı ve Yağini kaynakları boşalım noktalarından alınan 3 adet sediman örneklerinin petrografi kesit analizleri gerçekleştirilmiştir. Kaynak boşalım noktasındaki kum-çakıl boyutundaki sedimanların köşelerinin yuvarlaklaşmış olması, ilk bakışta sedimanların uzun mesafeler boyunca taşındıkları fikrini ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda kayaç numuneleri ile sediman numunelerine ait petrografik kesitler karşılaştırılarak değerlendirilmiş, sedimanların köken kayaçları belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 3.1 Çalışma sahasındaki kayaç ve sediman numunelerine ait bilgiler

Örnek no	Örnek türü	Örnekleme yeri	Formasyon	Litoloji
Jr1	Kayaç	Susuz	Polat fm.	Kireçtaşı
Sy1	Kayaç	Susuzyayla	Çataloluk fm.	Kireçtaşı
Sy2	Kayaç	Susuzyayla	Çobanağacı fm.	Kireçtaşı
Sy3	Kayaç	Susuzyayla	Çobanağacı fm.	Kireçtaşı
Sy4	Kayaç	Susuzyayla	Çobanağacı fm.	Kumtaşı-çamurtaşı
Sy5	Sediman	Susuzyayla	Çobanağacı fm.	Düden içi kum
Dip1	Kayaç	Dipsiz	Çataloluk fm.	Kireçtaşı
Dip-Pnr	Kayaç	Dipsiz	Polat fm.	Kireçtaşı
Pnr1	Sediman	Pınarbaşı	Karışık	Karışık
Yag2	Sediman	Yağini	Karışık	Karışık
Agc1	Kayaç	Ağaçtepe	Dipsiz Göl Ofiyolit	Serpantinit- radyolarit
Tnz	Kayaç	Tınaztepe	Polat fm.	Kireçtaşı

### 3.1.5 İzleme deneyi

Karstik akiferlerde yeraltı suyunun hareketi gözenekli ortamlarda olduğundan daha farklı gerçekleşmektedir. Bu nedenle karstik akiferlerde piyezometrik seviye haritaları oluşturmak pek mümkün olmamaktadır (Bakalowicz 2005). Karstik araştırmalarda bir adet izleyici deneyinin yapılması, binlerce kuyunun vereceği bilgiden daha fazlasının elde edilmesini sağlamaktadır (Quinlan ve Ewers 1985). İzleyici deneyi yaparken ise en önemli aşama deneyin amacına uygun bir örnekleme yönteminin seçilmesidir.

Çelik vd. (2017) tarafından yapılan proje kapsamında beslenme bölgesi olarak belirlenen Susuzyayla düdenler bölgesinden enjeksiyon yapılmasına karar verilmiştir. Bu düdenlerden Muharrem'in düştüğü delik olarak ifade edilen düdenin 22.03.2017 tarihinde kar erimesi sonucu oluşan yüzey sularını yuttuğu tespit edilerek izleme deneyinin Muharrem düdeninden yapılmasına karar verilmiştir. İzleme deneyi, Pınarbaşı kaynağı boşalımının laminar akışla gerçekteştiği, boşalım katsayısının Maillot (1905) yöntemi ile  $\alpha=0,02 \text{ gün}^{-1}$  hesaplandığı 27.04.2017 tarihinde gerçekteştirilmiştir. İzleme deneyinde ulaşılmak istenen, Susuzyayla bölgesindeki düdenler ile Pınarbaşı kaynağı ve diğer kaynaklar arasındaki beslenme-boşalım ilişkisinin olup olmadığının tespit edilmesi, enjeksiyon düdeni ile Pınarbaşı kaynağı arasında zahiri yeraltı suyu akım hızının hesaplanmasıdır. İzleme deneyinde kullanılacak izleyicinin doğaya zarar veren bir madde olmaması, düşük deteksiyon limitlerine sahip olması, ekonomik olarak ulaşılabilir olması ve su içerisinde düşük arka plan konsantrasyonuna sahip olması gerekmektedir (Shook vd. 2004). Bu nedenle izleme deneyinde Merck KGaA K47511292 611 kodlu Na-Floresan izleyici kullanılmıştır. Benischke vd. (2007) tarafından türetilmiş olan eşitlik (3.3) kullanılarak enjekte edilecek boya miktarı belirlenmiştir.

$$M = 1,9 \cdot 10^{-5} (L \cdot Q \cdot C)^{0,95} \quad (3.3)$$

Eşitlikte L (enjeksiyon düdeni ile ölçüm yapılacak kaynak noktası arasındaki mesafe) 5000 m, Q (kaynak boşalım debisi)  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , C (kaynakta ölçülmesi planlanan izleyici

konsantrasyonu) 8 ppb olarak belirlenmiş ve M (enjekte edilecek izleyici miktarı) 0,78 kg olarak hesaplanmıştır.

Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasında anlık örnekleme tekniği ile 30 dk aralıklarla izleyici miktarı, 0,001 ppb ölçüm hassasiyetine sahip Turner Design HH2B-0507 Aqua Fluor Fluorometre-Turbidimetre cihazı ile kaynak başında fotometrik yöntemle ölçülmüştür (Şekil 3.7). Pınarbaşı kaynağı ile enjeksiyon düdeni arasındaki zahiri yeraltısuyu akım hızının tespit edilebilmesi için 29.4.2017 ile 1.5.2017 tarihleri arasında Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasında sürekli örnekleme tekniği kullanılırken, Alagöz, İçerikışla ve Fası Boğazı kaynaklarında izleyici örnekleme düzensiz olarak ayrık örnekleme tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Alagöz, İçerikışla ve Fası boğazı kaynakları ile enjeksiyon düdeni arasında yeraltısuyu akım hızı hesaplanmamış, yalnızca beslenme-boşalım ilişkisi kurulabilmesi adına hidrojeolojik bağlantı olup olmadığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. İzleme deneyinin verilerinin değerlendirilmesi 6. Bölümde yapılmıştır.



Şekil 3.7 İzleme deneyi

a. Enjeksiyon anı, b. Aqua Fluor Fluorometre, c. Na-Floresan izleyici



### 3.2 Laboratuvar Çalışmaları

Tez sahasından toplanan su örneklerinin analizleri Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası ve Çevresel İzotop Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. pH ve EC değerleri YSI MPS 556 marka çoklu prob sistemi ile, alkalinite Otomatik Asit Titrasyon cihazı ile, kation ve diğer anyonlar ise DIONEX LC25, ICS-1000 marka İyon Kromatografi Sistemi ile belirlenmiştir. Analizlerde hata oranı majör iyonlarda %1-3 arasında değişmektedir. Analiz sonucunda elde edilen majör anyon ve kation miktarları Aquachem 4.0 yazılımı kullanılarak Schoeller ve Piper grafiksel yöntemleri ile değerlendirilerek su tipleri belirlenmiştir. Aynı örneklerin Phreeqc yazılımı kullanılarak aşağıdaki formüle göre kalsit ve dolomit doygunluk indisi değerleri belirlenmiştir.

$$SI = \frac{\log IAP}{\log K} \quad (3.4)$$

Tez sahasında yüzlek veren formasyonlardan alınan 9 adet kayaç ve 3 adet sediman numunelerinin petrografik kesitleri Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit ve Parlatma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Petrografik kesitler Leica optik mikroskop ile incelenmiş, kayaçları ve sedimanları oluşturan mineraller belirlenmiş, içerdikleri mikro fosiller tespit edilmiştir. Analizler sonucunda kaynak boşalım noktasından alınan sediman örnekleri ile tez sahasındaki formasyonların ilişkisi araştırılmıştır. Petrografik kesitlerle tanımlanamayan minerallerin belirlenebilmesi amacıyla ana kayaç ve sediman numunelerinin Tüm Kayaç XRD analizleri MTA Genel Müdürlüğü Mineraloji Petrografi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Ana kayaç ve sediman numuneleri toz hale gelene kadar öğütülmüş, analiz Bruker D8 Advance, Panalytical X'Pert Powder ve Philips PW 1830 marka cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Standart kalitatif XRD analizinde Ni filtreli Cu X-ışın tüpü kullanılmış, numuneler 2-70 derece arasında analiz edilmiştir.

Kaynak sularında taşınan toplam askı katı (TSS) miktarının belirlenebilmesi ve kaynak boşalımı ile ilişkilendirilebilmesi amacıyla fırtına dönemi boyunca alınan su örnekleri 0,45 µm gözenek açıklığına sahip filtre kağıdı kullanılarak filtrelenmiş ve TSS

miktarları belirlenmiştir. Deney başlangıcında temiz ve kuru filtrelerin ağırlıkları Denver Instruments APX-200 hassas terazi ile 0,1 mg hassasiyette tartılarak belirlenmiştir ( $M_1$ ). Su örnekleri filtrelendikten sonra filtreler etüv içerisinde 72 saat boyunca  $102^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulmuştur. Etüvden çıkan kurutulmuş filtreler desikatör içerisinde 2 saat bekletilerek oda sıcaklığına getirilmiş, daha sonra tekrar hassas terazi ile tartılmıştır ( $M_2$ ). Son filtre ağırlığı ile ilk filtre ağırlığı arasındaki ağırlık farkının su hacmine ( $V_T$ ) oranı TSS miktarına eşittir (Şekil 3.8). Aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanan TSS değerleri, su seviyesi ile aynı grafik üzerine atılarak su akış rejimi ile ilişkilendirilmiştir.

$$TSS = \frac{M_2 - M_1}{V_T} \quad (3.5)$$



Şekil 3. 8.a. TSS analizi süreci, analiz için alınan su numuneleri, b. filtreleme işlemi, c. etüvde kurutulduktan sonra filtrenin tartılması

TSS analizleri sonucunda 21.03.2017, 26.03.2017 ve 31.03.2017 tarihlerinde kaynak sularının filtrelenmesi ile elde edilmiş silt ve kil boyu askı sedimanların yüzeylerinde çözünme izi olup olmadığını belirlemek için MTA Genel Müdürlüğü Mineraloji

Petrografi Laboratuvarlarında FEI Quanta 400 MK2 cihazı ile SEM analizleri gerçekleştirilmiş, önemli görülen noktalarda EDAX GenesisXM4i cihazı ile EDS analizleri yapılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 FEI Quanta 400 MK2 SEM, EDAX GenesisXM4i EDS Analiz cihazı (MTA Laboratuvarı)

Kaynak boşalım noktalarından alınan sedimanların kaynak boşalım enerjisi ile ilişkilendirilmesi amacıyla tane boyu dağılım deneyleri ıslak elek analiz yöntemiyle Ankara Üniversitesi Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarında yapılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Islak elek yöntemi ile tane boyu dağılım analizinin yapılması

Elek analizinde 4, 10, 20, 40, 60, 200 no'lu elekler kullanılmış ve analiz sonuçlarına göre tane boyu dağılım grafikleri çizilmiştir. Pınarbaşı kaynağının Ocak ve Nisan 2016'da boşalttığı sedimanların tane boyları arasındaki değişim incelenmiştir. Yağini kaynağı boşalım noktasından 15, 20 ve 25 m uzaklıkta birikmiş olan sedimanların tane boyları incelenerek, tanelerin kaynaktan uzaklaştıkça boylanmalarındaki değişim incelenmiştir.



## 4. JEOLJİ

### 4.1 Formasyonlar

Tez sahası içerisinde farklı yaşlarda çok sayıda litolojik birim yer almaktadır. Sahayı büyük oranda kireçtaşları kaplamaktadır. Susuzyayla mevkiinde karasal kırıntılı çökeller, Ağaç Tepede sınırlı miktarda ofiyolit ve serpantinitle ve tabanda, Gölyüzü mevkiinde yüzlek veren şistleri görmek mümkündür (EK 1). Bölgedeki karbonatlı birimlerin çoğu Özgül (1997) tarafından Bolkardağı birliği içerisinde adlandırılmıştır. Birlik, Üst Kretase (Senomaniyen-Türoniyen) rudistli kireçtaşları ve Maastrichtiyen pelajik kireçtaşları ile temsil edilmiştir (Özgül 1976). Bölgede yer alan formasyonlar yaşlıdan gence doğru şu şekilde sıralanabilir:

#### 4.1.1 Seydişehir formasyonu

Seydişehir Formasyonu tez sahasının kuzey kısmında, Gölyüzü köyü yakınlarında alüvyon dokanağında yüzlek vermekte olan Triyas yaşlı metamorfik birimlerden oluşmaktadır (EK 1). Tez sahasının kuzeyinde KB-GD doğrultusunda, Seydişehir'e doğru yayılımı artarak devam etmektedir. Tez sahası içerisinde şist ve kalkşistlerden oluşan formasyon Blumenthal (1947) tarafından Seydişehir şistleri olarak tanımlanmıştır. Formasyonun yüzlek verdiği alanlarda ayrışmalı olduğu görülmektedir (Şekil 4.1). Birim genellikle boz, gri, açık pembe ve yeşilimsi renklindedir. Tabaka kalınlıkları birkaç milimetreden birkaç santimetreye kadar değişiklik göstermektedir.



Şekil 4.1 Seydişehir Formasyonu (kiltası-kireçtaşı oluşumları (Gölyüzü güneyi)

Seydişehir Formasyonu ile Polat Formasyonu dokanağı Manavgat yolu kenarında yol yarmasında ters faylı olarak gözlenmiştir (Şekil 4.2). Bu alandaki şistler genellikle killeşmiş olarak, genellikle yeşilimsi gri renklerde gözlenmiştir. Seydişehir-Manavgat otoyolu alüvyon dokanağında boşalım yapan İçerikışla kaynağının bu şistlerin bariyer oluşturması ile boşalım yaptığı tahmin edilmektedir.



Şekil 4.2 Seydişehir Formasyonu ile Polat Formasyonu arasındaki tektonik dokanak

Üst Paleozoyik ve Mesozoyik döneminde epirojenik hareketlerin gerçekleşmesinden dolayı, bu dönemlere ait birimler arasında uyumsuzluklar görülmesi muhtemeldir (Özgül 1976). Alttan Orta-Geç Kambriyen yaşlı Çaltepe Formasyonu ile geçişli olan

Seydişehir Formasyonu'nun üzerinde Jura yaşlı Polat Formasyonu uyumsuz olarak, tektonik dokanakla yer almaktadır (Şekil 4.3).

SİSTEM	SERİ/KAT	FORMASYON	SEMBOL	AÇIKLAMALAR
KUVATERNER				Alüvyon, çakıllı killi seviyeler içerir. Serbest akifer. Alttan karstik kireçtaşı ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir
TERSİYER	Eosen	Çobanağacı		Kumtaşı-kiltaşı seviyeleri geçirimsiz. Kaynak ve kuyu bulunmamaktadır.
	Paleosen			Kireçtaşları ince tabakalı, az karstlaşmış. Kumlu birimle dokanağında düdenler bulunmaktadır.
KRETASE	Üst Kretase	Maastrichtiyen	Çataloluk	Çok karstik kireçtaşı karren yapıları çok yaygın Susuz çöküntü alanları ve düdenler yaygın
		Kampaniyen	Dipsiz Göl	Ofiyolitik birim. Çoğunlukla geçirimsiz Çataloluk formasyonu altında geçirimsiz taban olarak bulunur.
	Alt Kretase			← <b>Bindirme</b>
JURA	Malm	Polat		Çok sayıda çatlak-kırık takımı içeren, çatlaklarda Terra Rossa toprak oluşumu yaygın, Çok Karstlaşmış kireçtaşı akiferi, mağaralar, düdenler ve küçük karstik oluşumlar içerir
	Dogger			Dolomitik kireçtaşı, çatlak-kırıklı ve faylı çatlak-kırıklarda Terra-rossa toprak oluşumu yaygın Tabandaki şistlerle dokanak halinde mağara ve kaynak oluşumları mevcut
	Liyas			← <b>Bindirme</b>
TRİYAS		Seydişehir		Şist, kalkışt, kireçtaşı. killeşme ve alterasyon görülür. Geçirimsiz birim. Akiferin geçirimsiz tabanı olarak değerlendirilmektedir

Şekil 4.3 Tez sahası genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özgül 1976'dan değiştirilerek alınmıştır)

#### 4.1.2 Polat formasyonu

Polat formasyonu tez sahası içerisinde Suğla Gölü güneyi ve batısında KB-GD doğrultusunda uzanmaktadır. Formasyon Susuz köyü dolayında, Gölyüzü güneybatısından başlayarak güneyde Çatmakaya, batıda Seydişehir-Manavgat otoyoluna kadar uzanan geniş bir alanda yüzlek vermektedir (EK 1). Formasyon dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Dolomitik kireçtaşları Polat formasyonu'nun tabanında yer almaktadır. Polat formasyonu tabanındaki dolomitik kireçtaşları tez sahası içerisinde Gölyüzü yakınlarında ve az miktarda Fası Boğazı

çevresinde yüzeylenmektedir. Susuzyayla ve Tınaztepe dolaylarında çoğunlukla 15-20 derece ile GB eğimli iken, KD yönüne gidildikçe 10-20 derece ile KD eğimli tabakaların olduğu tespit edilmiştir.

Formasyon birimleri tabanda koyu gri renkte, üzerinde gri, bej ve beyazımsı renklere gözlenmiştir. Birimler tabakalı olup, kalınlıkları birkaç metreye ulaşmaktadır. Tabaka kalınlıkları değişken olup, ince ve kalın tabakaların ardalanması şeklindedir. Birimde karstlaşma nedeniyle alüminyumlu kırmızı toprak (terra-rossa) oluşumu çok yaygındır. Tabakalar özellikle Susuzyayla ile Dipsiz arasında yataya yakın konumlu, az eğimli, faylı ve çatlaklıdır (Şekil 4.4). Pınarbaşı kaynağı boşalım zonunda, özellikle Yağini kaynak bölgesinde kalın kalsit dolguları gözlenmiştir. Formasyonda düdenler, uvalalar, mağaralar, düzensiz karst şekilleri, karren yapıları gözlenmiştir.



Şekil 4.4 Polat Formasyonu kireçtaşı seviyeleri (Dipsiz mevki, fotoğrafta kuzeye bakılmaktadır)

Formasyonun bindirme ile Seydişehir Formasyonu üzerinde yer alması, bindirmenin uç bölgesini oluşturan Susuz ve dolayında diğer yüzeylendiği yerlere göre çatlakların açıklığı daha fazladır (Şekil 4.5). Ayrıca Gölyüzü bölgesinde Triyas kireçtaşları üzerine bindirme yaptığı zonda ayrılmış olan bir zon göze çarpmaktadır. Polat Formasyonunun sığ şelf ortamında çöklediği ifade edilmektedir (Özgül 1997). Formasyon Özgül (1976) tarafından Kaplanlı grubu adı altında Polat kireçtaşı adıyla tanımlanmıştır (Alan vd. 2012).





Şekil 4.5 Polat Formasyonu kireçtaşlarının çatlaklı görünümü (Susuz-Gölyüzü arası)

#### 4.1.3 Dipsiz göl ofiyolit melanjı

Tez sahasında Ağaç tepe mevkiinde görülen ve sınırlı miktarda Susuzyayla civarında da gözlenen ofiyolitik birimler (Şekil 4.6), tez sahası dışında ve güneydoğusunda yer alan Dipsiz Göl civarında yaygın olup, Özgül (1976) tarafından Dipsiz Göl Ofiyolit Melanjı olarak adlandırılmıştır. Ofiyolitli melanjı serpantinit, radyolarit (Şekil 4.7), peridotit, bazik volkanit, az oranda karbonat kaya blokları ve kırıntılılar oluşturmaktadır (Özgül 1976). Ağaçtepe bölgesinde ofiyolitlerin yayılımı az olmasına rağmen, birim bölgenin tektonik gelişiminde önemli bir role sahiptir (Parlak 2016).



Şekil 4.6 Ofiyolit melanj içerisinde serpantinitler (Ağaç tepe mevki)

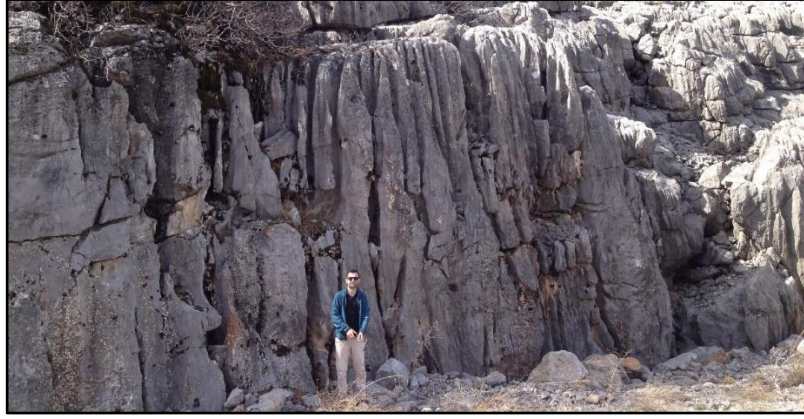
Dipsiz Göl ofiyolit melanjı bindirme yaptığı süre boyunca sığ denizel bir ortamda üzerine Senoniyen (Kampaniyen-Maastrichtyen) yaşlı Çataloluk kireçtaşları çökmeye devam etmiştir (Gürer ve Aldanmaz 2002).



Şekil 4.7 Ofiyolit melanj içerisindeki radyolaritler (Ağaç tepe mevki)

#### 4.1.4 Çataloluk formasyonu

Çataloluk Formasyonu Susuz köyünün batısında, Susuzayla dolayında yüzlek vermektedir. Formasyon ismini çok sayıda karstlaşma izini gözler önüne serdiği için, karren yapılarından almıştır. Oluk derinlikleri 30 santimetreyi aşan karren yapıları, özellikle Seydişehir-Manavgat otoyolu kenarında rahatlıkla görülebilmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Susuzayla dolayında Çataloluk Formasyonu kireçtaşları ve karstlaşma izleri

Formasyonun yayılımı Polat Formasyonu'na paralel, Madenli bölgesine doğru uzanmaktadır. Kireçtaşlarından oluşan formasyon ilk kez Özgül (1997) tarafından Çataloluk kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Kireçtaşları Alan vd. (2012) tarafından Çataloluk Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Başlıca kireçtaşlarından oluşan birimin tabanında çakıltaşlarının olduğu ifade edilmektedir (Alan vd. 2012). Tez sahasında çakıltaşlarına rastlanmamıştır. Ağaçtepe bölgesinde yapılan incelemelerde Çataloluk kireçtaşlarının ofiyolitlerin üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Ofiyolitler ile Çataloluk kireçtaşları dokanağı (Ağaçtepe mevki)

Çataloluk kireçtaşları Polat kireçtaşları ile morfolojik olarak kıyaslandığında aralarındaki en belirgin fark, Polat kireçtaşlarına nazaran daha az ve daha düzenli süreksizlik takımına sahip olmasıdır. Bunun en belirgin nedeni ise Polat kireçtaşlarının bölgeye bindirme ile gelmesi olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan Çataloluk kireçtaşları otokton bir formasyon olduğundan az sayıda süreksizlik takımı

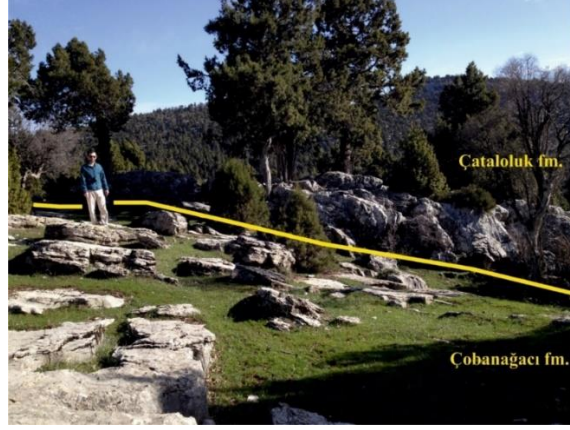
içermektedir. Çataloluk kireçtaşları üzerinde susuz çöküntü alanları çok yaygındır. Susuzyayla civarında Paleosen yaşlı, Formasyonun üst katlarında pembemsi renkte, sert, ince tabakalı ve karstik kireçtaşları görülmektedir. Çataloluk Formasyonu Üst Paleosen - Eosen yaşlı Çobanağacı Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

#### 4.1.5 Çobanağacı formasyonu

Formasyon Susuzyayla civarında ve Ağaç tepe mevkiinde sınırlı bir alanda yüzlek vermektedir. Formasyon kireçtaşı ve kırıntılılardan oluşmaktadır (Şekil 4.10). Kırıntılı birimleri kumtaşı, ince çakıltası seviyeleri oluşturmaktadır. Birimler kahverengi, sarı ve boz renklerde, ince-orta tabakalıdır. Özellikle Susuzyayla mevkiinde yer alan birimlerin dayanımı oldukça düşüktür ve el ile kolayca parçalanabilmektedir. Kırıntılı birimlerle kireçtaşlarının geçişli olduğu belirtilmektedir (Özgül 1997). Çobanağacı formasyonu kireçtaşlarını Çataloluk ve Polat formasyonu kireçtaşlarından ayıran en belirgin morfolojik özelliği ince tabakalı bir yapıya sahip olmasıdır. Susuzyayla mevkiinde Çobanağacı formasyonu tabakalı kireçtaşları ile Çataloluk formasyonu kireçtaşları sınırı belirgindir (Şekil 4.11).



Şekil 4.10 Çobanağacı formasyonu kırıntılı birimleri (Susuz Yayla mevki)



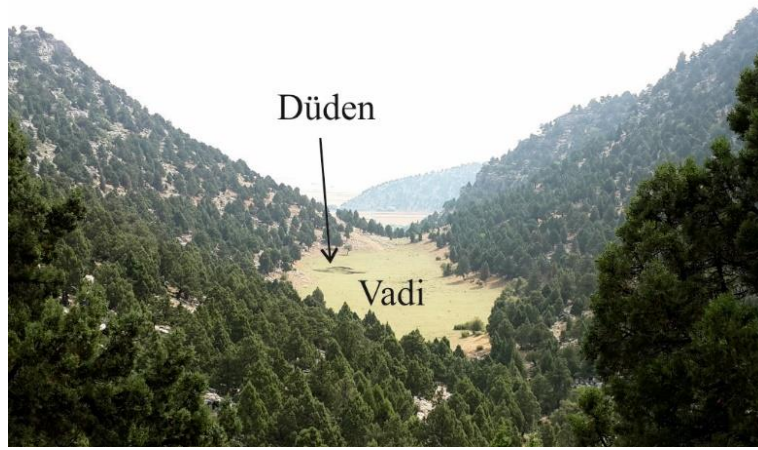
Şekil 4.11 Çataloluk formasyonu kireçtaşları ile Çobanağacı formasyonu kireçtaşları dokanağı (Susuzyayla mevki)

#### 4.1.6 Kuvaterner birimleri

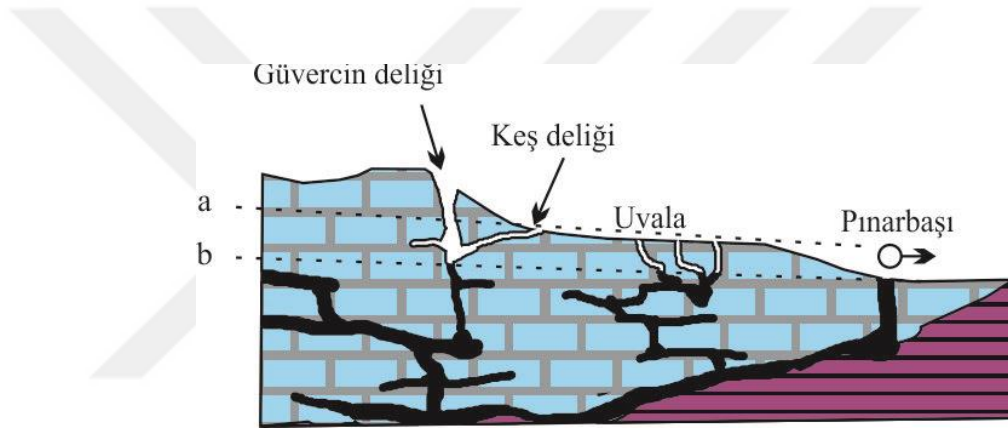
Susuz köyü doğusu ve Seydişehir güneyi Suğla Gölü genç sedimanları ile kaplıdır (Şekil 4.12). Çakıl, kum ve kilden oluşan birimler incelemeye konu olan Susuz kaynaklarının doğu sınırını oluşturmaktadır. Susuz köyü ile Susuzyayla mevki arasında yer alan karstik çöküntü alanlarında da güncel örtü birimleri görülmektedir (Şekil 4.13). Bölgede yer alan Keş Deliğinin ani yağışlarla gelen fırtına dönemlerinde yüksek enerji ile boşalım yaptığı iddia edilmektedir (Şekil 4.14). İfadeye göre 90'lı yıllarda boşalım yapmış olan Keş Deliği, uvala'nın içerisini suyla doldurmuş, uvala'dan taşan sular Susuz köyünde sele neden olarak köyde maddi hasar oluşmasına neden olmuştur (Girgin 2017).



Şekil 4.12 Kuvaterner örtü birimleri (Susuz köyü batısından Suğla Gölü'ne bakılmaktadır)



Şekil 4.13 Güncel tortulların vadi içerisinde görüntüsü (Susuz köyü GB'sı)



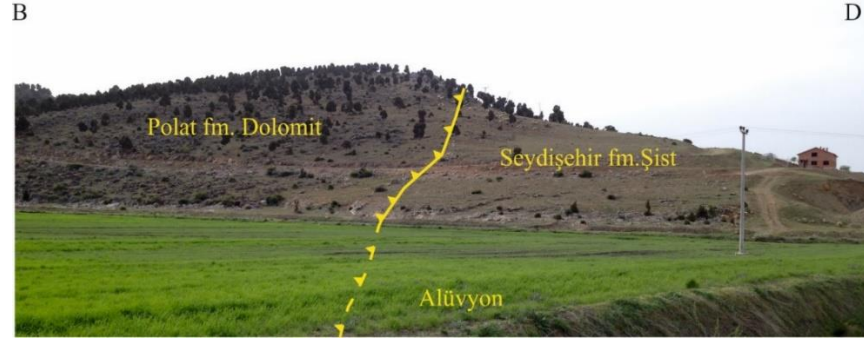
Şekil 4.14 Güvercin Deliği ve Pınarbaşı Kaynağı şematik kesiti

a-Yüksek hidrolik gradyanda Keş Deliği boşalımı, b- Düşük hidrolik gradyanda Pınarbaşı Kaynağı boşalımı)

## 4.2 Yapısal Jeoloji

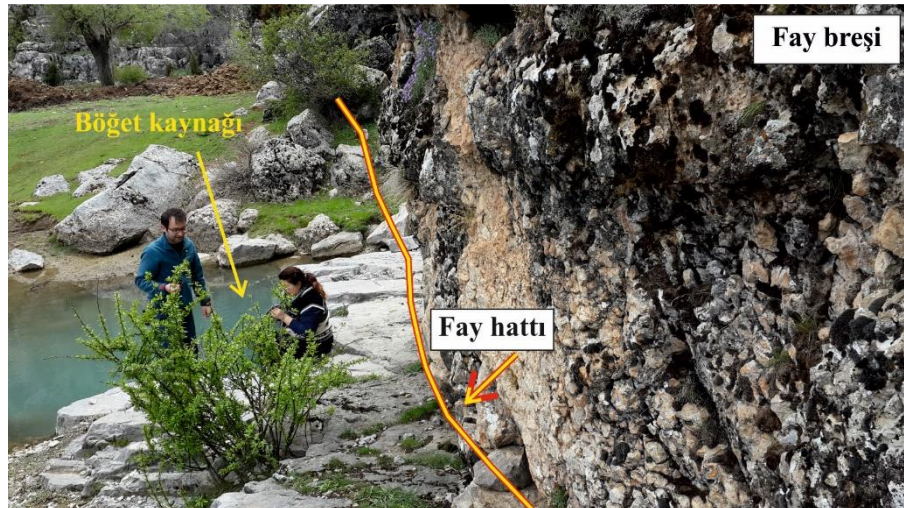
Tez çalışması kapsamında değerlendirmeye alınan en yaşlı birim tabanda yer alan Triyas yaşlı Seydişehir Formasyonudur. Seydişehir Formasyonu tez sahasında Gölyüzü mevkiinde sınırlı bir alanda yüzlek vermesine rağmen kuzeye doğru gidildikçe tez sahası dışında daha geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Allokon bir birim olan Polat Formasyonu alt seviyelerinde yer alan dolomitik kireçtaşlarının Seydişehir şistleri üzerine bindirme yaptığı Gölyüzü yakınlarında görülmektedir (Şekil 4.15). İçerikışla bölgesinde ise tektonik sıkışma etkisiyle Seydişehir şistlerinin bir ters fay ile yükseldiği

ve stratigrafik istifte kendisinin üstünde yer alması gereken Polat Formasyonu dolomitik kireçtaşları ile ters faylı ve bindirmeli olduğu görülmektedir.

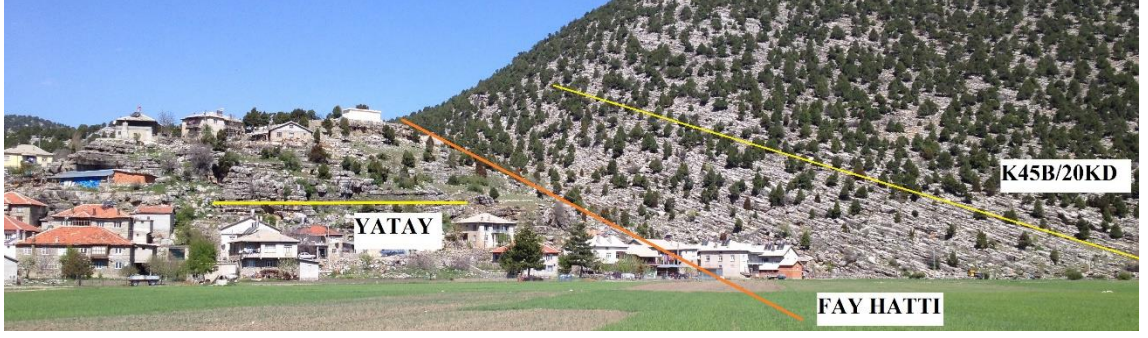


Şekil 4.15 Polat formasyonu dolomitlerinin Seydişehir formasyonu şistlerine bindirmesi (Gölyüzü güneyi, fotoğrafta KB'ya bakılmaktadır)

Polat formasyonu kireçtaşlarında birçok normal fay mevcuttur. Pınarbaşı fayı da bu faylardan biridir. Pınarbaşı, Yağini ve Böğet kaynakları bu normal fay üzerinde boşalım yapmaktadır (Şekil 4.16). Bu fayların dışında Susuz köyü içerisinde geçen bir normal fay daha belirlenmiştir. Fay etkisi ile Polat formasyonu kireçtaşlarının tabaka eğimleri arasında büyük farklılıklar olduğu ilk bakışta göze çarpmaktadır. Fayın güneyindeki birimler yatay tabakalı iken, kuzeyinde kalan tabakaların ise 20° ile KD yönüne eğimli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.16 Pınarbaşı Fayına ait fay breşi ve fay üzerinde Böğet kaynağı



Şekil 4.17 Susuz Fayı nedeniyle kireçtaşı tabakalarında oluşan farklı eğim açıları (Susuz köyü)

Tınaztepe Mağarası Polat formasyonu içinde oluşmuştur. Tınaztepe'nin doğu ve batı sınırını iki büyük normal fay oluşturmaktadır. Bu faylardan batı sınırında olan Tınaztepe Mağarası girişindedir (Şekil 4.18). Tınaztepe Mağarası girişinde görülen normal fayın uzantısı Seydişehir-Manavgat otoyolu boyunca Susuzyayla mevkiine kadar uzanmaktadır. Susuzyayla dolaylarında bu faya ait fay aynası görülebilmektedir (Şekil 4.19).



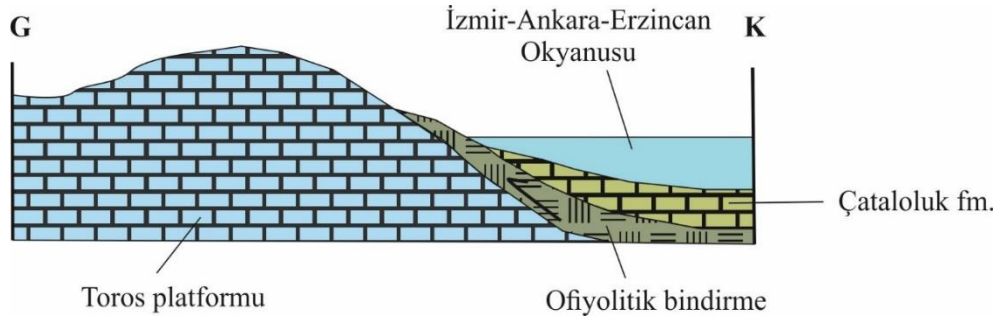
Şekil 4.18 Tınaztepe Mağarası girişinde yer alan normal fay





Şekil 4.19 Çataloluk formasyonu kireçtaşlarında fay aynası (Susuzayla mevki, fotoğrafta B'ya bakılmaktadır)

Aptian-Albian döneminden itibaren İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun kapanmaya başlaması ile okyanus tabanında yer alan ofiyolitik seri, kuzeyden güneye doğru Toros karbonatlı birimlerine doğru bindirmeye başlamıştır (Görür ve Tüysüz 2001, Çelik ve Delaloye 2006, Parlak 2016, Şekil 4.20). Tez sahasında Ağaçtepe bölgesinde yer alan ofiyolit peridotitlerinin yerleşmesi ise Üst Kretase (Senoniyen) döneminde tamamlandığı ve aynı dönemde (Kampaniyen-Maastrichtiyen) Çataloluk formasyonu kireçtaşlarının sığ denizel ortamda çökelediği tahmin edilmiştir.



Şekil 4.20 Üst Kretase'de ofiyolitik bindirme ve Çataloluk formasyonu oluşumunun ölçeksiz şematik kesiti (Çelik ve Delaloye 2006'dan değiştirilerek alınmıştır)

## 5. HİDROLOJİ

Tez sahasına ait genel hidrolojik bilgiler, bölgenin yağış verileri, tez sahasında yer alan su noktalarına dair bilgiler bu bölümde verilmiştir. Tez sahası dolayında dört adet meteoroloji istasyonu bulunmaktadır (Anonim 2017). Bunlar Seydişehir, Seydişehir-Alacabel, Ahırlı ve Akseki-Cevizli Tekebeli meteoroloji istasyonları olup, sadece Seydişehir istasyonunda uzun yıllar boyunca ölçüm alınmıştır (Şekil 5.1). Diğer üç istasyon yakın zamanda faaliyete geçmiştir. Pınarbaşı Kaynağı boşalım analizlerinin bölgeye düşen yağışlarla ilişkisinin en sağlıklı şekilde kurulabilmesi için bölgeye düşen yağışlar Seydişehir, Seydişehir Alacabel ve Ahırlı istasyonları tarafından ölçülen verilerin aritmetik ortalaması alınarak kullanılmıştır (EK 2).

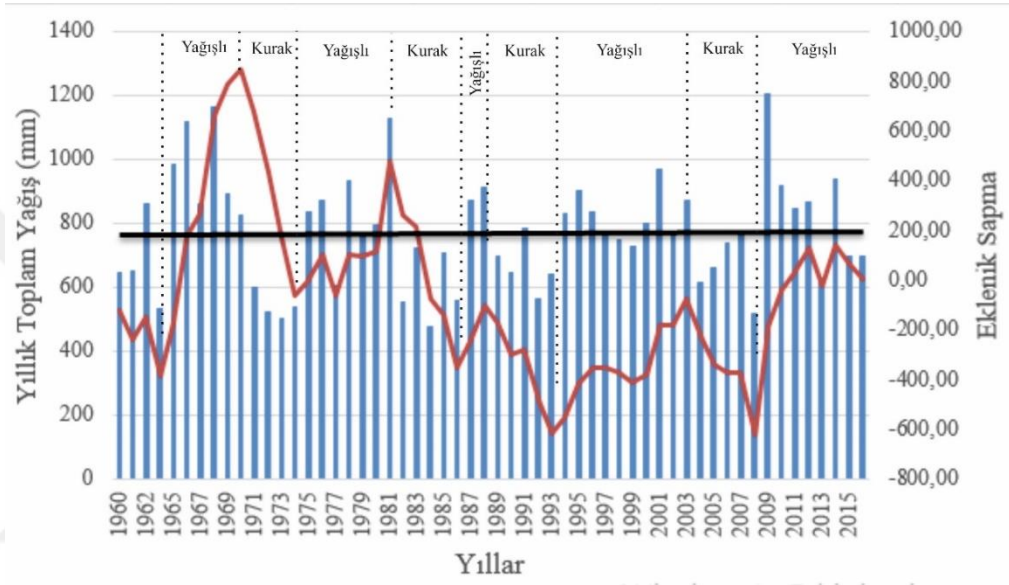


Şekil 5.1 Tez sahası çevresinde yer alan meteoroloji istasyonları (Google Earth)

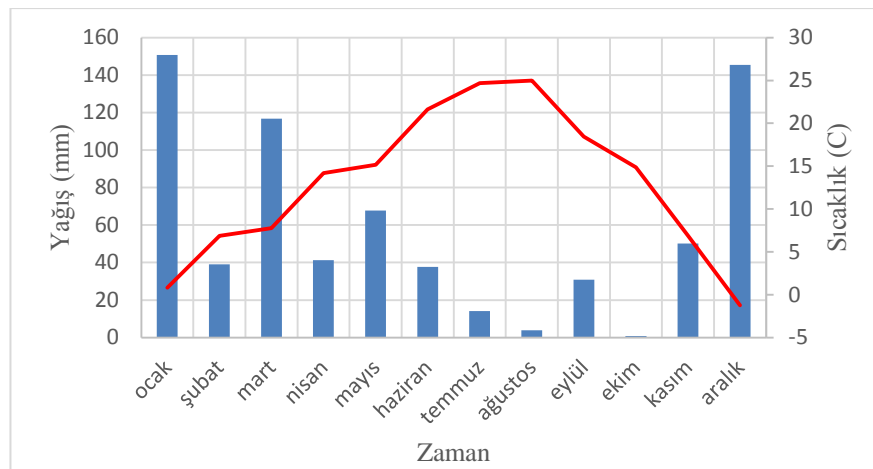
### 5.1 Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi

Tez sahası Konya iline bağlı olmasına rağmen, Torosların başlangıç noktasında bulunmasından dolayı Akdeniz ikliminin etkisi altında kalan bir bölgedir. Bu nedenle İç Anadolu karasal iklimi ile birlikte Akdeniz'den gelen lodos rüzgârlarının etkisinde ılıman bir iklim de yaşanmaktadır. Seydişehir meteoroloji istasyonu tarafından 1960-2016 yılları arasında bölgeye düşen yıllık ortalama yağış verileri kullanılarak eklenik

sapma hesabı gerçekleştirilmiştir. Bölgede metrekaresine düşen yıllık ortalama yağış miktarı uzun yıllar ortalaması 780 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 5.2). 1960-2015 yılları arasında çizilen eklenik sapma eğrisine göre kurak ve yağışlı dönemler belirlenmiştir. 2008 yılından bu yana yağışlı dönem yaşanmasına rağmen 2014 ve 2015 yıllarında gözlenen düşük yağış değerleri yeni bir kurak dönemin başlangıcının habercisi olarak nitelendirilmektedir.



Şekil 5.2 Seydişehir (1960-2015) yıllık ortalama yağış ve eklenik sapma grafiği üzerinde kurak ve yağışlı dönemler

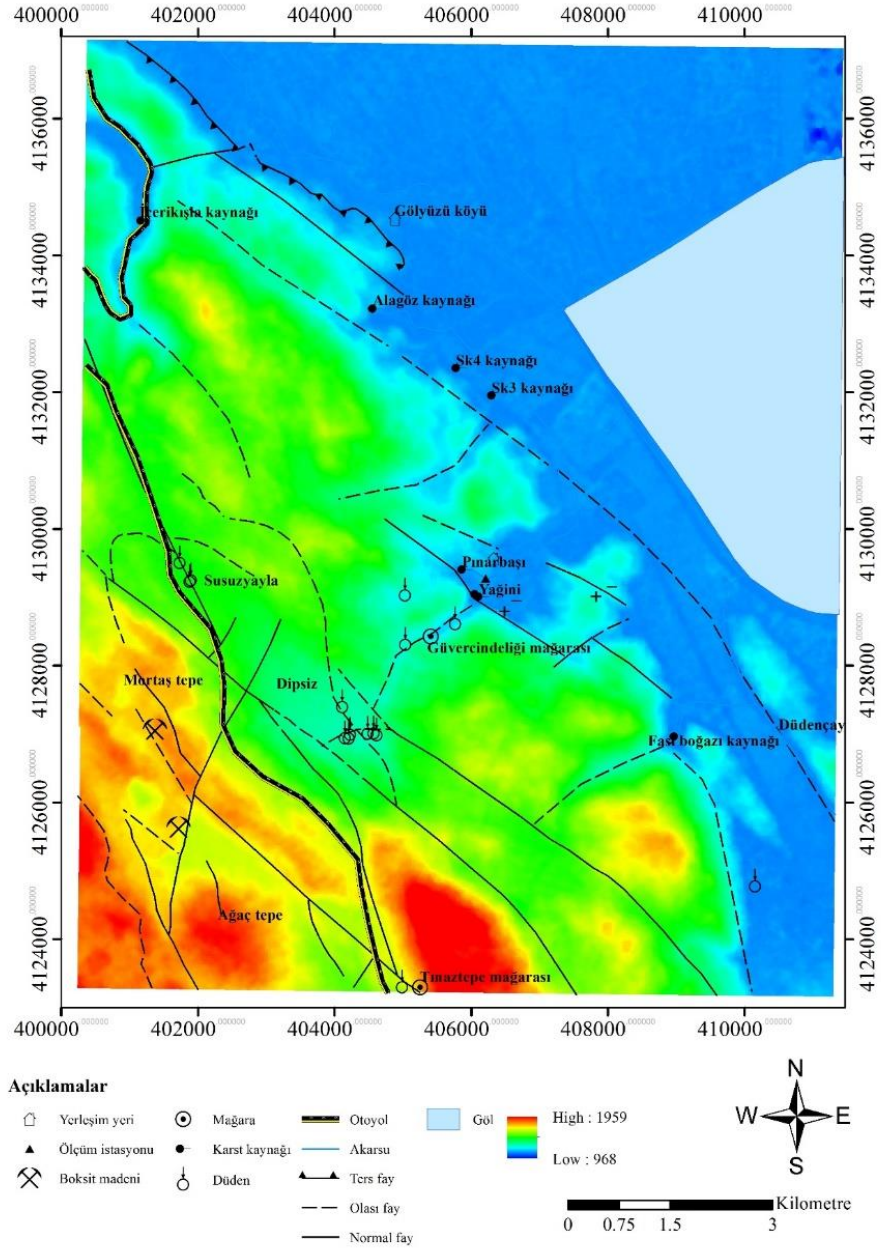


Şekil 5.3 Seydişehir Meteoroloji İstasyonu 2016 yılı aylık toplam yağış-aylık ortalama sıcaklık grafiği

2016 yılı boyunca çalışma alanına düşen aylık toplam yağış miktarı ve aylık sıcaklık ortalaması Şekil 5.3'te verilmiştir. Yıl boyunca en yüksek ortalama sıcaklık 23 °C ile Ağustos ayı içerisinde, en düşük ortalama sıcaklık ise -15 °C ile Şubat ayı içerisinde gözlenmiştir. Yıl içerisinde en yüksek yağış Aralık ayı içerisinde 84 mm olarak gözlenmiştir.

## 5.2 Su Noktaları

Tez sahasında, özellikle boşalım bölgesinde olmak üzere su noktalarını görmek mümkündür. Bunlardan en belirgin olanları Pınarbaşı, Yağini, Böğet, Sk3, Sk4, Fası Boğazı, Alagöz ve İçerikışla kaynakları, Çatmakaya düdeni, Tınaztepe dolini, Güvercin deliği mağarası, Dipsiz uvalası, Dipsiz ve Susuzyayla düdenleri ve Tınaztepe Mağarası olmakla birlikte, mikro ölçekte pek çok karren yapılarını da görmek mümkündür. Bunlardan Pınarbaşı, Yağini ve Böğet kaynakları Susuz köyü içerisinde Pınarbaşı fayı boyunca boşalım yapmakta, Dipsiz düdenleri akış yukarıda Dipsiz uvalası içerisindeki en çukur noktalarda ve fay düzlemleri üzerinde yer almakta ve daha yüksek kotta ise Susuzyayla düdenleri bulunmaktadır. Çalışma sahasında yer alan tüm kaynak ve düdenlerin küresel koordinatları Garmin Gpsmap 64s cihazı kullanılarak tespit edilmiş ve morfoloji haritasında işaretlenmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Tez sahası morfoloji haritası

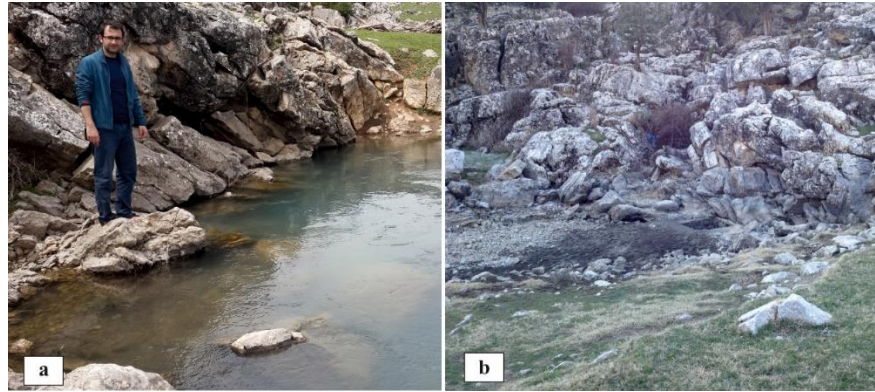
### 5.2.1 Kaynaklar

Tez sahasındaki Pınarbaşı ve Yağini kaynakları Susuz köyü içerisinde, aynı fay üzerinde 300 metre uzaklıkta iki noktadan boşalım yapmaktadırlar. Yağini kaynağı ile 20 metre mesafede ve daha düşük kotta Böğüt kaynağı bulunmaktadır. Kaynakların

küresel koordinatları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Kaynaklar kurak dönemde kurumakta ve yağışlı dönemde boşalım yapmaktadır (Şekil 5.5).

Çizelge 5.1 Tez sahasında yer alan kaynak noktalarına ait koordinatlar ve boşalım kotları

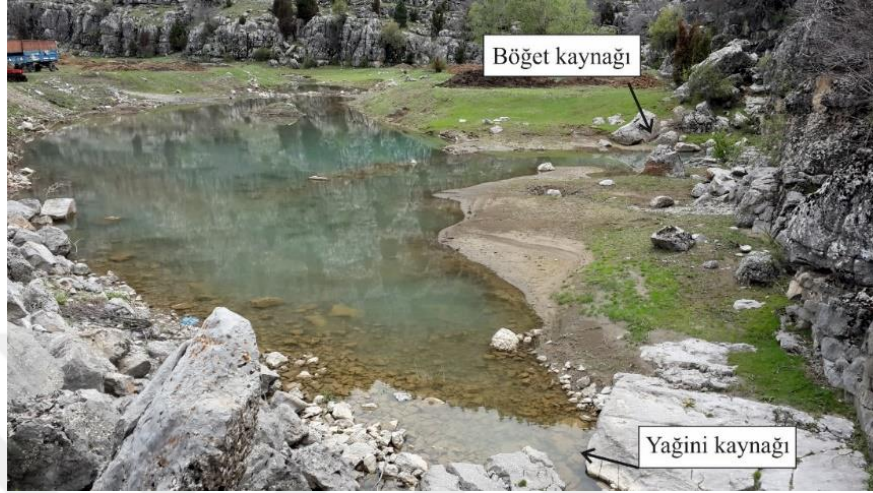
Kaynak adı	Koordinatlar		
	X	Y	Z (dsy)
Pınarbaşı	407023	4129865	1099
Yağini	406048	4129131	1109
Böğet	406045	4129120	1107
Sk4	405618	4132626	1054
Fası Boğazı	408873	4126966	1096
Alagöz	404642	4133256	1094
İçerikişla	401165	4134399	1093



Şekil 5.5 Pınarbaşı kaynağı yağışlı (a) ve kurak (b) dönem görüntüleri

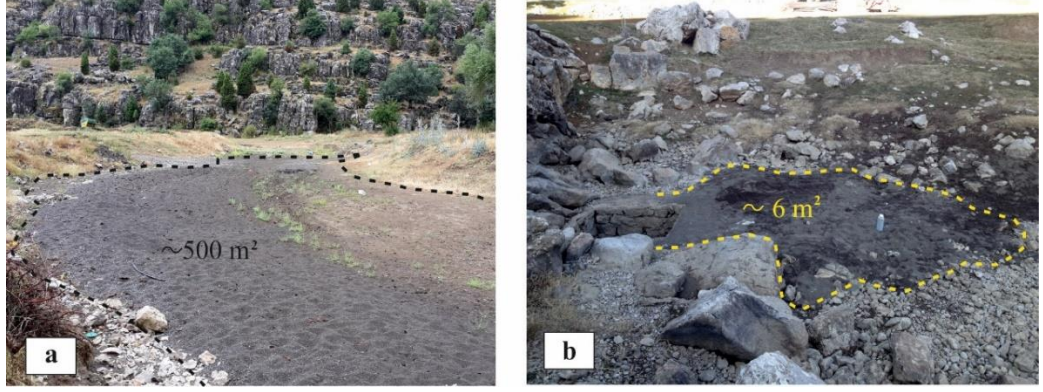
Her iki kaynağın da boşalım yaptığı dönemde taşıdığı askı sedimanlardan ve özellikle siltlerden dolayı bulanık olduğu Çelik (2017) tarafından belirlenmiştir. Yağini kaynağı boşalım noktasında fay zonu ve ikincil kalsit mineral dolguları görülmüş, Yağini

kaynağının bir fay kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Kaynak boşalım noktasında fay açıklığı içerisinde çökelmiş olan ikincil kalsitler dikkat çekicidir. Ayrıca Yağini kaynağı önündeki kireçtaşlarında fay breşleri yer almaktadır (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Yağini ve Böğet kaynakları boşalım noktaları

Yağini ve Böğet kaynaklarının akiferdeki hidrolik gradyanın yüksek olduğu dönemlerde boşalım yaptıkları ve Pınarbaşı kaynağından yüksek kottan boşalım yapmaları nedeniyle Pınarbaşı kaynağına göre daha çok sediman taşıdıkları tahmin edilmektedir (Şekil 5.7). Sedimanlar kaynağın beslenme alanı ve suyollarının tahmin edilmesinde, tez kapsamında değerlendirilmiştir. Yöre halkı kaynaklar kurduktan sonra Yağini kaynağı önünde biriken kumları inşaat işlerinde kullanmakta olduklarını bildirmişlerdir. Pınarbaşı ve Yağini kaynakları kurduğu dönemlerde kaynak boşalım noktasında biriken sediman miktarları değerlendirildiğinde aradaki fark açıkça görülebilmektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7a. Yağini b.Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasında biriken sedimanlar

Seydişehir Formasyonu üzerine tektonik dokanakla gelen Polat formasyonunun bindirme arkasında kalan kısmında gerilme rahatlamasından kaynaklandığı düşünülen genişleme çatlakları bulunmaktadır. Pınarbaşı ve Yağini kaynakları ile aynı fay üzerinde yer alan Sk4 ve Alagöz kaynakları, Susuz köyü ile Gölyüzü köyleri arasında yer almaktadır. Seydişehir-Manavgat karayolu üzerinde yer alan İçerikışla kaynağı, otoyol kenarında görülen bir ters faydan boşalım yapmaktadır. Fası Boğazı bölgesinde Polat formasyonu'nun en alt seviyelerini oluşturan dolomitik kireçtaşları yüzlek vermektedir. Dolomitik kireçtaşlarının yüzlek veriyor olması, tabanda yer alan Seydişehir şistlerinin de yüzeye yakın bir konumda olduğunu göstermektedir. Fası Boğazı Kaynağı da bu dokanağın sınırından boşalım yapan bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Alüvyon dokanağından yaklaşık 25 m daha yüksek kottan boşalım yapan Fası Boğazı Kaynağı yılın yalnızca kar erimesi etkisiyle yüksek hidrolik yük oluşan bölümü olan Mart-Mayıs ayları arasında boşalım yapmaktadır (Şekil 5.8).





Şekil 5.8 Fası Boğazı Kaynağı boşalım noktası

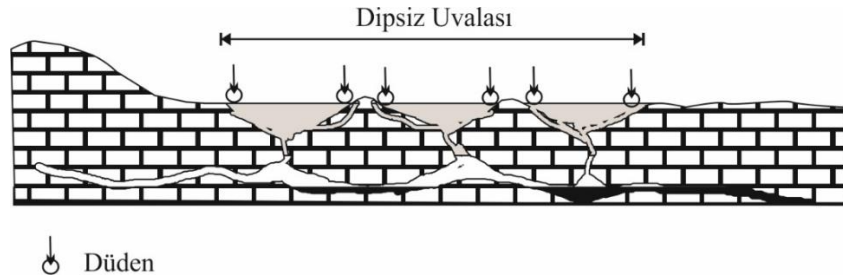
### 5.2.2 Diğer karstik yapılar

Tez sahasında düden, dolin, uvala, mağara ve karren yapıları yer almaktadır. Bunlardan bilinenlerin küresel koordinatları ve kotları Çizelge 5.2’te verilerek kısaca aşağıda açıklanmıştır:

Dipsiz uvalası tez sahasının güneyinde Tınaztepe’den başlayıp kuzeyde Seydişehir’e doğru uzanan faylar tarafından sınırlanmış bir alanda yer almaktadır. Dipsiz uvalası içerisinde boyutları otuz cm ile birkaç metre arasında değişen birçok düden tespit edilmiştir (Şekil 5.9). Bunların içerisinde en büyük olanları uvalanın en derin noktasında yer almakta ve düdenlerin ağız kısmının açıklığı bir metreden fazladır. Dipsiz düdenlerinin kırık hatları boyunca sıralanmış olması dikkat çekicidir (Şekil 5.4). Susuz köyü ile Susuz yaylası arasında birkaç adet vadi yer almaktadır (Şekil 5.10). Vadi içerisindeki güncel örtü birimlerinin, Keşdeliği’nin boşalım yaptığı dönemde sular tarafından taşınıp biriktirilen sedimanlar ile uvala çevresinden taşınan sedimanlardan oluşmaktadır.

Çizelge 5.2 Tez sahasındaki düden, obruk ve mağaralara ait koordinat ve topografik kotlar

Adı	Koordinatlar		
	X (D)	Y (K)	Z (dsy)
Tınaztepe mağarası	402006	4128756	1493
Güvercin deliği obruğu	405439	4128483	1182
Keş deliği obruğu	405497	4128526	1157
Muharrem düdeni	401888	4129311	1413
Dipsiz düdenleri	404469	4127084	1250



Şekil 5.9 Dipsiz uvalası içerisindeki dolinlerin ve düdenlerin şematik kesiti



Şekil 5.10 Susuz köyü GB'sındaki vadi içerisinde yer alan bir düden (fotoğrafta KD'ya bakılmaktadır)

Tez sahasında yer alan düdenler çoğunlukla Susuzyayla mevki ve Dipsiz uvalası çevresinde yaygın olarak bulunmaktadır. Susuzyayla mevkiinde de iki adet büyük düden rastlanmıştır. Günümüzden yüz yıl kadar önce bölgede yaşayan Muharrem isimli bir çocuğun düdenine düşüp ölmesinden sonra yöre halkı tarafından düden "Muharrem'in düştüğü delik" adı verilmiştir. Tez çalışması kapsamında da bu düden Muharrem düdeni olarak adlandırılmıştır. Mart 2016'da gerçekleştirilmiş olan arazi çalışmasında Muharrem düdeninin henüz su yutmuş olduğu ve düden çevresinin ıslak olduğu görülürken, Mart 2017'de eriyen kar suları düdenin içerisine doğru akarken görüntülenmiştir (Şekil 5.11). Diğer yandan Susuzyayla 2 düdeni Mart 2016'da kuru iken Mart 2017'de eriyen kar sularını yutarken görüntülenmiştir.



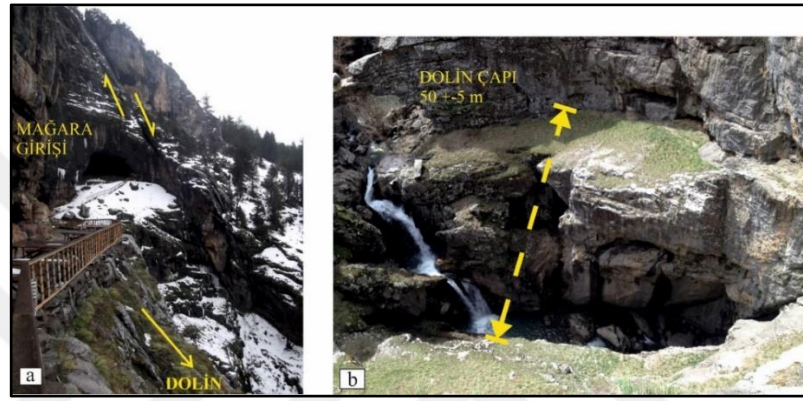
Şekil 5.11 Susuzyayla Muharrem düdeni a. yağışlı b. kurak dönem, c. Susuzyayla 2 düdeni kurak, d.yağışlı dönemdeki görüntüsü

Suğla Gölü taşkın kontrolü amacıyla sınırlanmadan önceki su seviyesi, Suğla polyesi kenarındaki kireçtaşları üzerinde görülebilmektedir (Şekil 5.12). Özellikle taşkın dönemlerinde su seviyesi Susuz köyü içerisine kadar ulaşmıştır. Çelik vd. (2015)'in de belirttiği gibi Pınarbaşı Kaynağı o dönemlerde estavelle olarak çalışmış olması mümkündür.



Şekil 5.12 Suğla polyesi kenarındaki kayalarda eski göl seviyesi

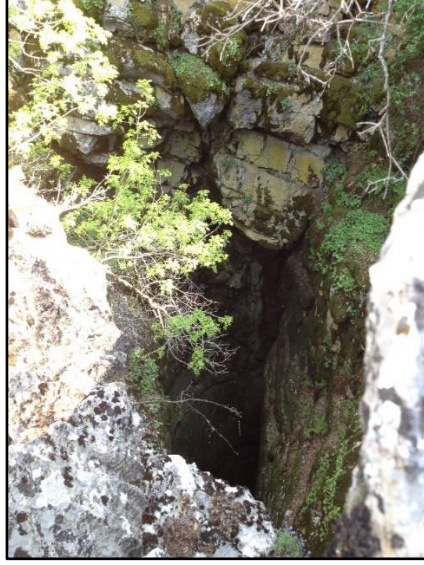
Tınaztepe Mağarası girişinde yer alan Tınaztepe Dolini yaklaşık elli metre çapa sahiptir. Bölgede özellikle Ağaçtepe bölgesine düşen yağmur suları ve eriyen kar suları yüzeysel akışa geçerek Tınaztepe Dolinine doğru akmaktadır. Tınaztepe Dolini tarafından yutulan sular Tınaztepe Mağarası ile başlayan karstik yeraltı suyu akım yollarına giriş yapmakta ve bu suların Pınarbaşı Kaynağı'na kadar ulaştığı düşünülmektedir. Dolinin morfolojisini tektonik yapı (faylar) ve karstlaşmanın oluşturduğu tahmin edilmektedir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13.a. Tınaztepe mağarası önündeki fay, b. Tınaztepe Dolini

Tınaztepe Mağarası Seydişehir-Manavgat otoyolunun 28. Km'sinde bulunan, turizme açılmış olan, büyük bir karstik oluşumdur. Tınaztepe mağarası Bakalowicz (1968) tarafından haritalanmıştır. Mağara içerisinde genişliği 10 metreyi bulan yeraltısu akım yolları, çapı 50 metreyi geçen karstik odalar ve platformun son noktasında çapı 50 metreyi, derinliği 70 metreyi aşan bir çöküntü gölü bulunmaktadır.

Güvercin Deliği Obruğu Susuz köyünün 2 km güneyinde yer almaktadır. Dikey bir boşluk olan Güvercin Deliği Obruğunun ağız genişliği yaklaşık olarak 15 m, tahmin edilen derinliği ise 80 m civarındadır (Şekil 5.14). Mağaranın hemen yakınlarında ve yaklaşık olarak 25-30 m daha düşük kotta bulunan Keş Deliği Obruğu ile bağlantılı olduğu ve aynı mağara sisteminde birleştiği bilinmektedir (Girgin 2017). Yöre halkı 80'li yıllarda Keş deliğinden içeri girilebildiğini ve bot yardımıyla aşağıdaki mağara içerisinde yaklaşık olarak 700 m kadar gidilebildiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 5.14 Güvercin Deliği Obruğu

Keş Deliği girişinde irili ufaklı bloklardan, çakıllara ve kumlara kadar çeşitli boyutlarda sedimanlar bulunmaktadır. Bu blok ve çakıllar obruk girişini kapattığı için mağara içerisine girilememiştir. Mağara ağzındaki blok ve çakılların genellikle köşeli olduğu görülerek, mağara ağzının yakın mesafelerden taşınıp mağara ağzında biriken veya düşen bloklarla kapandığı tahmin edilmektedir.

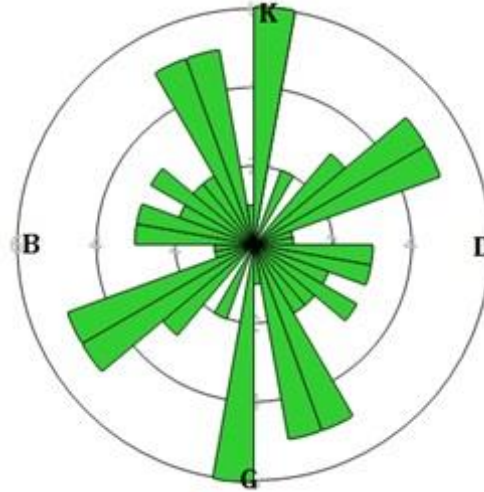
## 6. HİDROJEOLOJİ

### 6.1 Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Tez sahasındaki birimler, tabaka ve süreksizliklerin durumu, karstik oluşumlar, su kaynakları, kuyular, litolojik içeriği, süreksizliklerin dolgulu olup olmaması ve tektonik yapısı dikkate alınarak hidrojeolojik özellikleri bakımından üç grup altında tanımlanmıştır.

#### 6.1.1 Geçirimli birimler

Polat Formasyonu tabanda dolomitik kireçtaşları ile başlayıp farklı kalınlıktaki kireçtaşı seviyeleri ile devam etmektedir. Polat Formasyonu ileri derecede karstlaşmış bir morfoloji sunmaktadır. Formasyon K-G, KKB-GGD ve KD-GB olmak üzere 3 ana çatlak sistemi ve bir adet tali çatlak sistemi içermektedir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Polat Formasyonu kireçtaşlarına ait süreksizlik durumunu gösteren Gül diyagramı

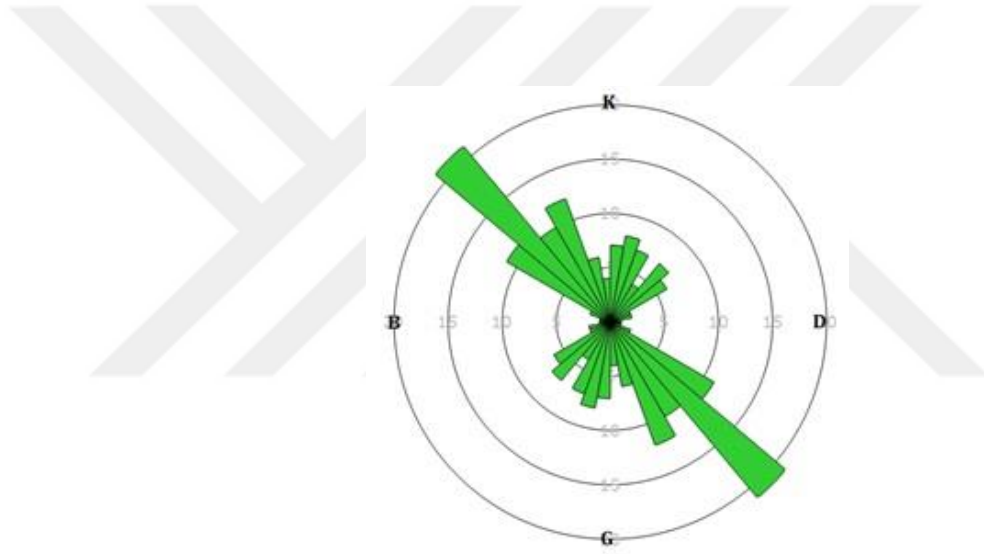
Formasyonun çatlak-kırıklarda ve tabaka düzlemleri arasında Terra Rossa toprak oluşumu görülmektedir (Şekil 6.2). Tez sahası içerisinde yer alan kaynak ve mağaraların tamamı Polat formasyonu kireçtaşları içerisinde bulunmaktadır. Polat formasyonu bölgede karst akiferini oluşturmaktadır. Polat formasyonu tabanında yer alan Seydişehir formasyonu, Polat formasyonu kireçtaşlarının geçirimsiz tabanı durumundadır. Polat formasyonundan boşalım yapan kaynakların, Seydişehir şistleri ile dokanağında ve dokanağa yakın bölgelerde olduğu gözlenmiştir. Özellikle Fası Boğazı Kaynağı boşalım noktasına yakın mesafede Polat formasyonunun alt seviyelerinde yer alan dolomitik kireçtaşlarının yüzeylenmesi, tabanda yer alan şistlerin de çok derinde olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte Fası Boğazı Kaynağı'nın Polat formasyonu tabanına yakın bölgesinden boşalım yapıyor olması, Polat formasyonunda karstlaşmanın tabana kadar ulaştığını göstermektedir. Karstlaşma genellikle yeraltı suyunun hareket edebildiği çalاک, kırık ve fay zonlarında gelişmektedir. Bu nedenle yeraltı suyu akımı hidrolik gradyana bağlı olarak bu zonları takip edecektir.



Şekil 6.2 Polat Formasyonu kireçtaşlarında çatlak-kırıklarda Terra Rossa toprak oluşumları (Susuz köyü GB'sı)



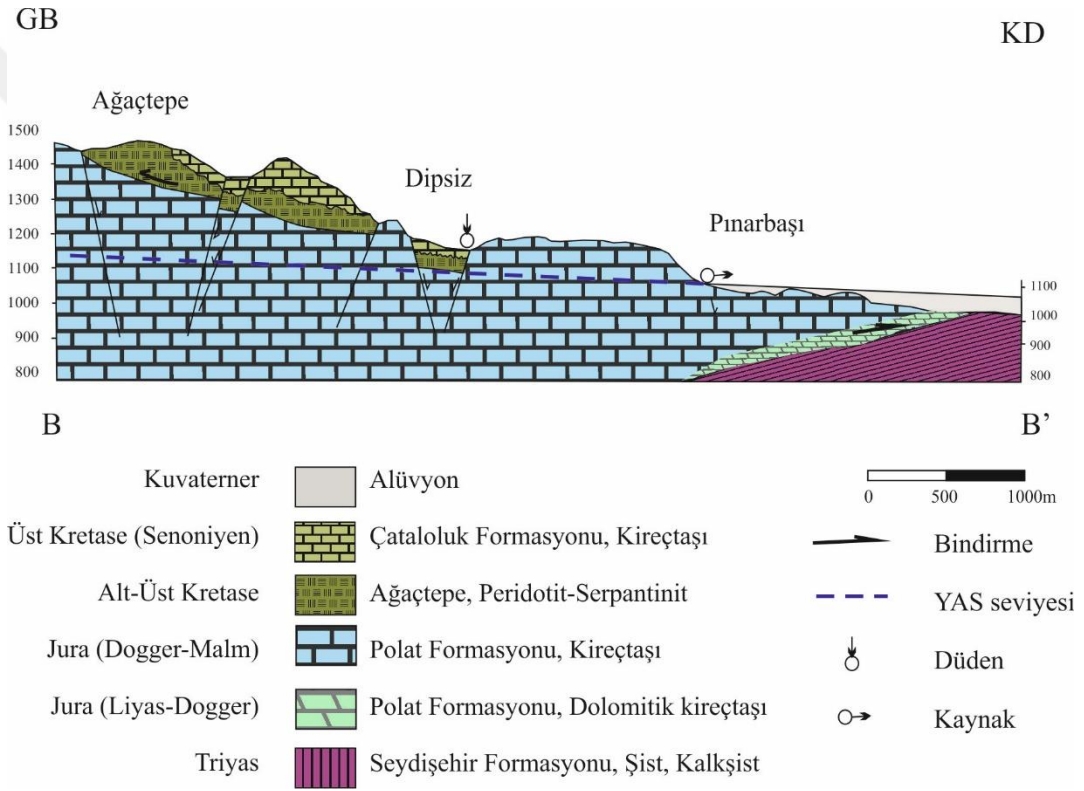
Susuz köyü yakınında Polat formasyonunda açılan bir kuyu 65'nci metrede karstik boşluğa girmiş, 90 metreye indirilen dalgıç pompa ile kuyunun verimi 3 l/s olarak not edilmiştir (Anonim 2013). Çataloluk formasyonu, Polat formasyonuna göre daha az yayılıma sahip ve formasyon kalınlığı da Polat formasyonundan daha azdır. Susuzyayla'da, beslenme bölgesinde yüzeylenen bu birimin süzülme suları bölgesini temsil ettiği düşünülmektedir. Süzülme genellikle formasyondaki fay ve diğer süreksizlik yapılarını izlemektedir. Kısmen de geçirimli zonlardan süzülme olmaktadır. Bu kapsamda Çataloluk formasyonunun çoğunlukla vadoz kuşağı oluşturduğu düşünülmektedir. Formasyonda yapılan süreksizlik ölçümü sonuçlarına göre KB-GD doğrultulu bir adet ana süreksizlik sistemi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3 Çataloluk Formasyonu kireçtaşlarında süreksizlik durumunu gösteren Gül diyagramı

Çataloluk kireçtaşları yoğun karstik morfoloji sunmakta olup, yağmur ve kar sularının alansal olarak akiferi beslemesine olanak sağlamaktadır. Çataloluk kireçtaşları üzerinde yer alan, Çobanağacı formasyonu kireçtaşları çatlaklı-kırıklı bir yapıdadır. Özellikle Susuzyayla mevkiinde görülen Paleosen kireçtaşlarında karstik oluşumları görmek mümkündür. Yağışlı ve kar erimesi dönemlerinde Paleosen yaşlı Çobanağacı kireçtaşları ile Üst Kretase yaşlı Çataloluk kireçtaşları arasındaki fay boyunca, Muharrem ve Susuzyayla düdenlerinin aktif olarak su yuttukları tespit edilmiştir. Çobanağacı kireçtaşlarının da vadoz kuşakta yer aldığı tahmin edilmektedir. Formasyon

çoğunlukla düdenlerle beslenmekte ve süzülme suları karstik kanalları takip ederek derindeki Polat formasyonuna ulaşmaktadır (Şekil 6.4). Çataloluk formasyonu ve Çobanağacı formasyonunun yüzeyletiği Susuzyayla'da yöre halkının kuyularda yeraltı uyuına ulaşamadığı bildirilmiştir. Yöre halkı tarafından iddia edildiğine göre Susuzyayla yakınlarında açılan bir kuyuda karstik boşluk kesilerek suya ulaşılmış fakat sondörün sondajı ilerletmesi sonucunda yeni bir karstik boşluk kesildiği için yeraltısuyu derine kaçmıştır (Yıldırım 2017). Tez sahasındaki litolojilerin hidrojeolojik özellikleri jeoloji haritasında verilmiştir.



Şekil 6.4 Tez sahası hidrojeolojik enine kesiti

### 6.1.2 Yarı geçirimli birimler

Polat Formasyonu üzerine tektonik dokanakla gelen Dipsiz Göl ofiyolitlerinin kireçtaşı blokları içerisinde yeraltısuyu bulunma ihtimali olsa da, blokların yanal devamlılığı sınırlı olduğu için bu formasyonu akifer olarak değerlendirmek mümkün

görülmemektedir. Özellikle yağışlı ve kar erimesi görülen Nisan-Mayıs aylarında Ağaçtepe mevkiinde yüzeysel akışın fazla olması beklenmektedir. Susuzyayla bölgesinde yüzlek veren Çobanağacı formasyonuna ait Eosen yaşlı kumtaşı ve çamurtaşı birimlerinden, kumtaşları geçirimli olsa da formasyon olarak akifer olma özelliği göstermezler. Yöre halkı tarafından sulama amaçlı kullanılmak üzere Eosen kırıntılı birimleri üzerinde küçük göletler oluşturulmuştur. Eosen kırıntılı birimlerinin yarı geçirimli olarak değerlendirilmesi mümkündür.

### 6.1.3 Geçirimsiz birimler

Çalışma sahasında yer alan formasyonlar içerisinde hidrojeolojik olarak geçirimsiz kabul edilen formasyon Seydişehir formasyonudur. Temelde şist ve kalk-şistlerden oluşan formasyonda özellikle Seydişehir-Manavgat otoyolu kenarındaki yol yarmasında kilitaşı seviyelerini de görmek mümkündür (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Seydişehir formasyonu içerisinde kilitaşı seviyeleri (Seydişehir-Manavgat otoyolu kenarı)

Seydişehir şistlerinden herhangi bir su boşalımı, kuyu ve diğer su noktaları bulunmamaktadır. Şistlerin, karbonatlı kayaçların geçirimsiz tabanını oluşturduğu düşünülmektedir. Ayrıca Gölyüzü mevkiinde yüzeylenen şistlerde köylüler tarafından açılan kuyulardan da bir verim alınmadığı bilinmektedir. İçerikışla kaynağının

oluştugu bölgede küçük bir ters fay ile yüzeylenen ve genellikle koyu renkli kilaşlarından oluşan Seydişehir şistleri, Polat formasyonu içerisinde hareket eden yeraltı suyuna bariyer oluşturarak kaynağı boşalım yapmaya zorlamıştır. Bölgedeki diğer su kaynakları da Seydişehir şistlerine yakın konumdadır. Bu nedenle Seydişehir formasyonu, Polat formasyonu karstik akiferinin geçirimsiz tabanını oluşturmaktadır.

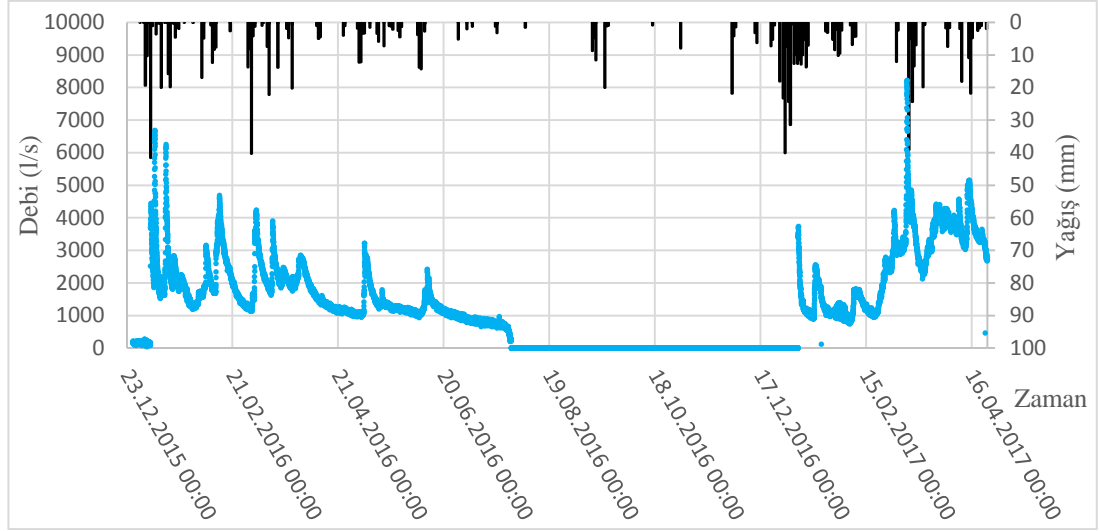


## 7. HİDROGRAF ANALİZLERİ

Karst kaynaklarının hidrograf ve kemograflarında gözlenen değişimlerin analizi ile karst akiferlerinin beslenme rejimi ve hidrodinamik özelliklerine dair bilgiler elde etmek mümkündür (Aydın 2005). Jakucs (1959) beslenme türünün kaynak boşalımına etkisini öne sürerek, yıl içerisinde maksimum boşalımın minimum boşalım oranının yüksek olmasını noktasal beslenme ile düşük olmasını ise alansal beslenme ile ilişkilendirmiştir. Maksimum ve minimum boşalım oranının  $\infty$ 'a gitmesi “dolu savak” veya “dip savak – dolu savak” kaynakları ifade etmektedir (Worthington 1991). Bu tür kaynaklar bazı dönemlerde tamamen kurumaktadırlar (Aydın 2005). Ekmekçi de 2003'te yaptığı çalışmada benzer değerlendirmelerde bulunmuştur.

### 7.1 Yağış-Kaynak Boşalım İlişkisi

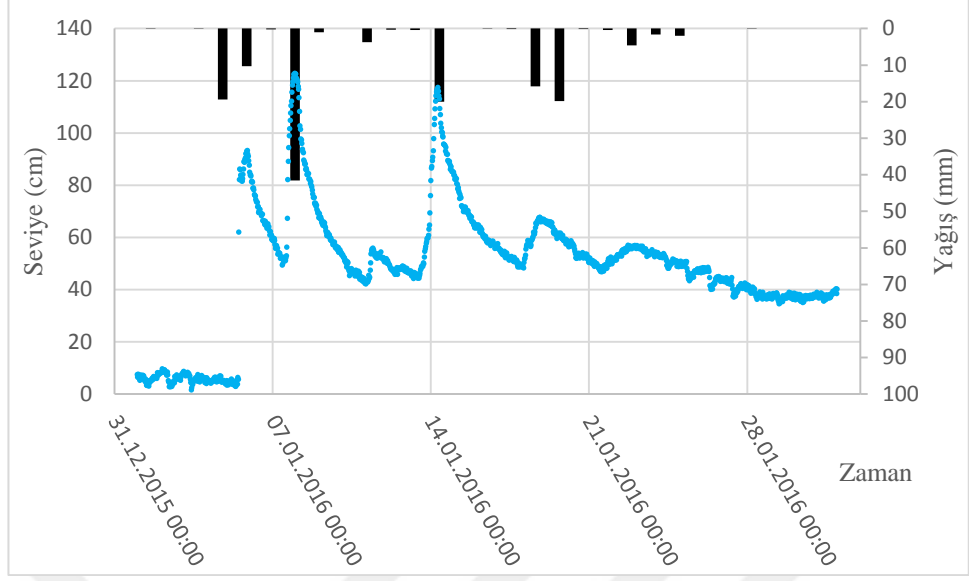
Pınarbaşı kaynağının yılın yağışlı döneminde boşalım yaptığı ve yılın kurak dönemi boyunca kurduğu Çelik (2017) tarafından kaynakta 2014-2015 dönemlerinde yapılan çalışma ile tespit edilmiştir. Tez kapsamında 2016 ve 2017 yıllarında alana düşen yağışlar Susuz çayı üzerindeki akım gözlem istasyonu tarafından ölçülmüş su seviyesi değerleri ile birlikte grafiğe aktarılmıştır (Şekil 7.1). Bu grafiğe göre, kaynak debisi pikleri ile yağış pikleri arasında zamansal olarak benzerlik olduğu görülmektedir. Bu ilişki boşalım hidrografının ayrıntılı ele alınması ile incelenecektir. Kaynağın maksimum boşalım miktarı ile minimum boşalım miktarı oranlandığında sonuç sonsuza gitmekte, bunun sonucunda da kaynağın Worthington kaynak sınıflamasına göre dip savak-dolu savak boşalımı yapan mevsimsel kaynak sınıfına dahil olduğu belirlenmiştir. Rezervin boş olduğu Ekim 2016 dönemindeki yağışlar kaynakta boşalım yol açmamıştır. Kaynağın kurduğu dönem olan Temmuz 2016'da boşalım hidrografi mevsimsel dolusavak akımı ile benzeşmektedir. Kaynak 2016 yılı içerisinde 190 gün boyunca boşalım yapmış 170 gün ise kurumuştur. Söz konusu dönemde kaynak boşalımı sıfıra düştüğü için  $Q_{\max}/Q_{\min}$  oranı  $\infty$ 'a gitmektedir.



Şekil 7.1 Pınarbaşı Kaynağı Aralık 2015 - Nisan 2017 arası yağış-boşalım ilişkisi

### 7.1.1 Ocak 2016 dönemi yağış-kaynak boşalımı ilişkisi

Pınarbaşı kaynağı Ağustos (2015)'te kuruduktan sonra Ocak (2016)'ya kadar boşalım yapmamıştır. Aralık (2015)'te havzaya düşen yağışlar karstik rezervuarı doldurduktan sonra 05.01.2016'da kaynak boşalmaya başlamıştır (Şekil 7.2). Kaynakta boşalım olabilmesi için rezervuarda belli bir oranda yeraltısuyu bulunması gerekmektedir. Bu oran boşalım hidrograflarının incelenmesi ile ortaya konacaktır. Akiferin doluluk oranının yükseldiği Ocak (2016) döneminde havzaya düşen yağışlar ile kaynak boşalımı arasındaki ilişki çok hızlı gerçekleşmektedir. Bu hızlı tepkinin nedeninin dolu akiferde gerçekleşen piston etkisi olduğu düşünülmektedir. Akiferin içerisine giren yağışlar ani olarak akiferdeki gradyanı yükseltmekte, dolayısıyla ani olarak da kaynak boşalım miktarını artırmaktadır. 08.01.2016 tarihinde havzaya düşen 42 mm yağış ile kaynaktaki su seviyesi gecikme gerçekleşmeden 49 cm'den 122 cm'ye ulaşmıştır. 11.01.2016 tarihinde gerçekleşen 4 mm yağış ile kaynaktaki su seviyesi 43 cm'den 52 cm'ye yükselmiştir. 14.01.2017'de gerçekleşen 20 mm yağış ile kaynaktaki su seviyesi gecikme olmaksızın 44 cm'den 114 cm'ye yükselmiştir. 18 Ocak 2016'da gerçekleşen 20 mm yağış ile kaynaktaki su seviyesi 48 cm'den 65 cm'ye yükselmiştir.

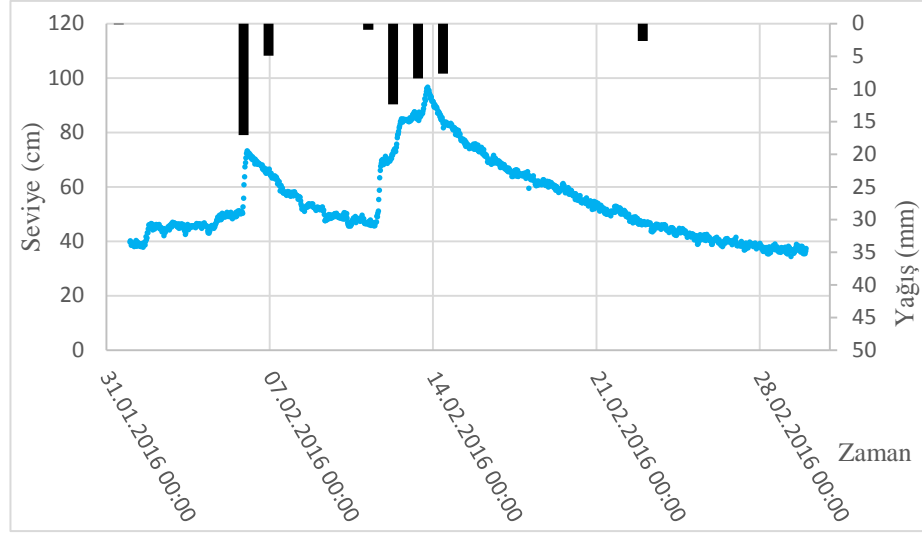


Şekil 7.2 Pınarbaşı kaynağı Ocak 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi

Ocak 2016 döneminde kaynak boşalımı 6 kez pik yapmış ve 6 adet çekilme eğrisi oluşturmuştur.

### 7.1.2 Şubat 2016 dönemi yağış-kaynak boşalımı ilişkisi

Şubat (2016) dönemi boyunca kaynaktaki iki adet pik ve iki çekilme eğrisi oluşmuştur. 05.02.2016 tarihinde gerçekleşen 17 mm yağışla birlikte kaynaktaki su seviyesi 50 cm'den 71 cm'e yükselmiştir (Şekil 7.3). 12.02.2016 ile 14.02.2016 tarihleri arasında gerçekleşen 12, 8 ve 7 mm'lik yağışlarla birlikte kaynaktaki su seviyesi tedrici olarak 46 cm'den 94 cm'e kadar yükselmiştir. 13.02.2016'dan sonra kaynak gerçek rejimde boşalım dönemine girmiştir. Söz konusu dönemde gerçekleşen yağışlar ile kaynak boşalimleri arasında ani bir ilişki olduğu görülmektedir. Kaynağın yağışlara ani tepki göstermesinin rezervuarın doluluk oranının yüksek olması ve rezervuar geometrisi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

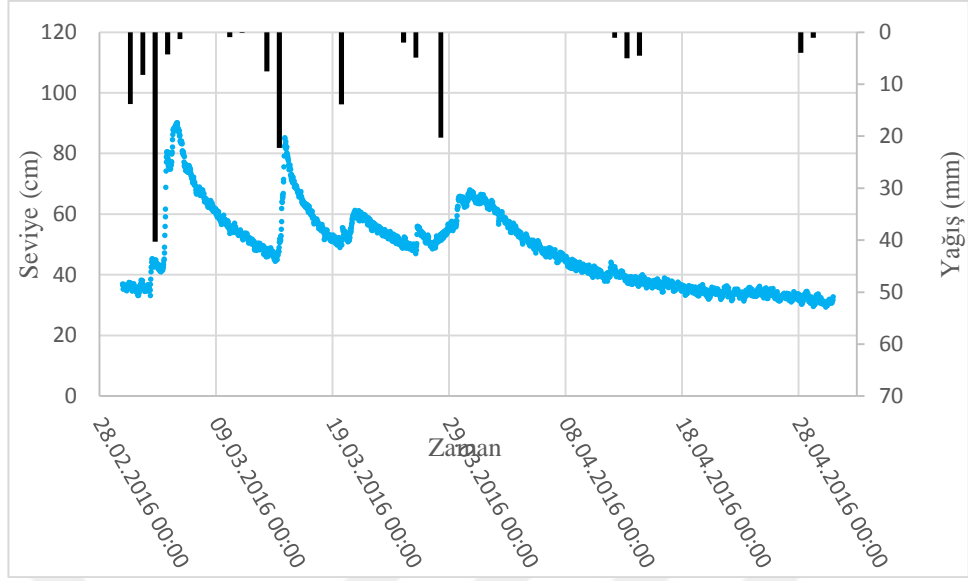


Şekil 7.3 Pınarbaşı kaynağı Şubat 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi

### 7.1.3 Mart-Nisan 2016 dönemi yağış-kaynak boşalımı ilişkisi

Mart-Nisan 2016 döneminin birlikte incelenmesinin nedeni, kaynağın bu iki ay boyunca aynı rejimde boşalım yapmasıdır. Söz konusu dönemde kaynak dört büyük pik yapmış ve dört adet çekilme eğrisi oluşturmuştur (Şekil 7.4). İlk büyük pik 01.03.2016'da başlayan yağıştan sonra 5.3.2016'da 4 günlük gecikmeden sonra gerçekleşmiştir. 5.3.2016'da kaynaktaki su seviyesi 41 cm'den 88 cm'e yükselmiştir. 15.03.2016'da gerçekleşen 22 mm'lik yağış ile kaynaktaki su seviyesi 45 cm'den 84 cm'e yükselmiştir. 20.03.2016 tarihinde gerçekleşen 14 mm'lik yağışla birlikte aynı gün içerisinde kaynaktaki su seviyesi 49 cm'den 59 cm'e yükselmiştir. Mart (2016)'nın son haftasında çalışma sahasında hava sıcaklığında ani bir artış gözlenmiş, sıcaklıklar 19-20 °C'lere ulaşmıştır. Sıcaklık artışı ile birlikte gerçekleşen kar erimesi etkisi ve 28.03.2016 tarihinde gerçekleşen yağış birleşerek kaynaktaki su seviyesini tedrici olarak artırmış, 30.03.2016 tarihinde kaynaktaki su seviyesi 64 cm'ye ulaşmıştır. Bu dönemde ilk kez kaynak boşalımında gecikme ve kar erimesi etkisi gözlenmiştir. Yağıştan sonra kaynak boşalımındaki artışın gecikmesinin nedeni akiferdeki doluluk oranının düşmesi ve boşalım kotu düzeyinde akifer geometrisinin daha geniş hacimlere sahip olabileceği fikri ile ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte kar erimesi etkisi sonucunda beslenme alansal olarak gerçekleşmekte olup, beslenme süresi uzadığı için kaynaktaki su seviyesi artışı da tedrici olarak gözlenmiştir (Şekil 7.4).

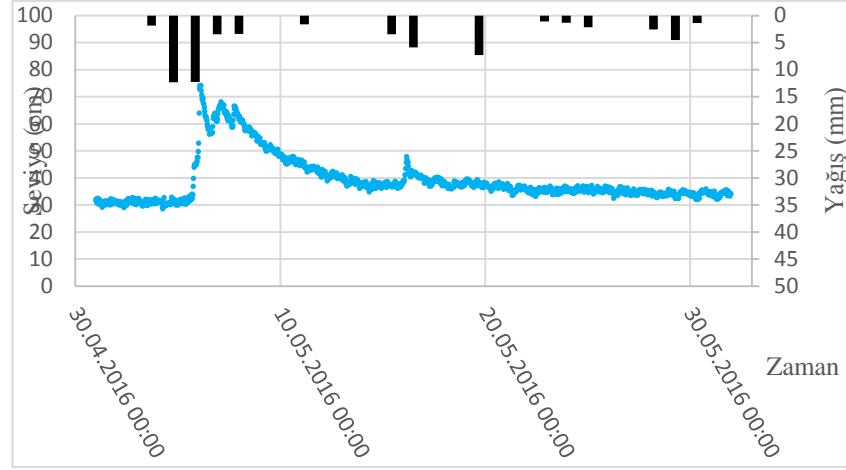




Şekil 7.4 Pınarbaşı kaynağı Mart-Nisan 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi

#### 7.1.4 Mayıs 2016 dönemi yağış-kaynak boşalımı ilişkisi

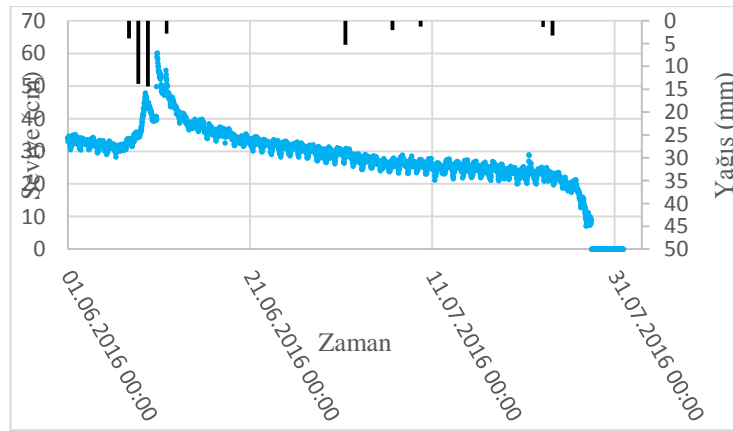
Mayıs 2016 döneminde kaynak boşalımı 4 kez pik yapmış ve 4 adet çekilme eğrisi oluşturmuştur (Şekil 7.5). 05.05.2016 ve 06.05.2016 tarihlerinde sırasıyla 13 ve 12 mm olarak düşen yağışların etkisiyle kaynaktaki su seviyesi bir günlük gecikmeden sonra 06.05.2016 tarihinde 32 cm'den 74 cm'ye yükselmiştir. Bu piki takiben, 07.05.2016 tarihinde gerçekleşen 3 ve 4 mm'lik yağışlarla birlikte 07.05.2016 tarihinde iki kez pik yapmıştır. Daha sonra yeniden çekilme dönemine giren kaynak boşalımı 15.05.2016 ve 16.05.2016 tarihinde gerçekleşen 5 ve 6 mm'lik yağışlarla 16.05.2016 tarihinde bir kez daha pik yapmıştır. Söz konusu yağışların etkisiyle kaynaktaki su seviyesi 37 cm'den 45 cm'ye yükselmiştir. 16.05.2016'dan sonra Mayıs ayı sonuna kadar düzenli olarak 5 mm'den küçük yağışlar gerçekleşmiştir. Bu yağışların etkisiyle kaynaktaki su seviyesi Mayıs (2016) sonuna kadar 35 cm dolaylarında sabit kalmıştır. Söz konusu dönemde beslenme ve boşalım miktarları arasında bir eşitlik olması söz konusu olabileceği için kaynak çekilme eğrisinin yatay bir konumda olduğu düşünülmektedir (Şekil 7.5).



Şekil 7.5 Pınarbaşı kaynağı Mayıs 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi

### 7.1.5 Haziran-Temmuz 2016 dönemi yağış-kaynak boşalımı ilişkisi

2016 yılının son yağışlı dönemi olan Haziran-Temmuz dönemi boyunca kaynak iki adet pik ve iki adet çekilme eğrisi oluşturmuş, 28.07.2016 tarihinde ise tamamen kurumuştur (Şekil 7.6). 07.06.2016 tarihinde gerçekleşen 5 mm'lik yağışın etkisi kaynak boşalımında 09.06.2016 tarihinde gözlenmiş ve su seviyesi 30 cm'den 46 cm'ye yükselmiştir. 08.06.2016 ve 09.06.2016 tarihinde sırasıyla 13 ve 14 mm'lik yağışlar gerçekleşmiş ve kaynak boşalımında yağışların etkisi 2 gün gecikmeli olarak 10.06.2016 ve 11.06.2016 tarihlerinde sırasıyla 60 ve 54 cm olarak gözlenmiştir (Şekil 7.6).

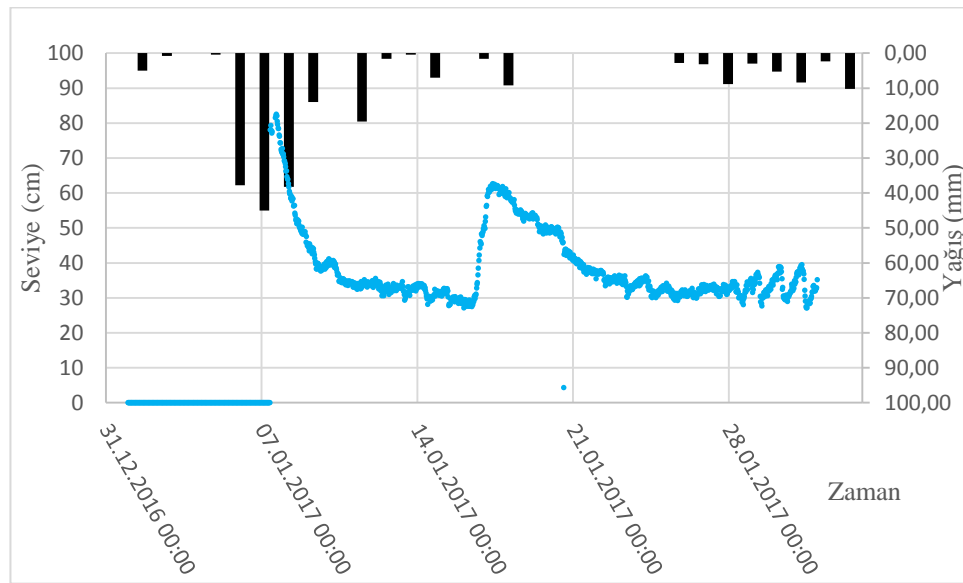


Şekil 7.6 Pınarbaşı kaynağı Haziran-Temmuz 2016 dönemi yağış-boşalım ilişkisi

Söz konusu dönem 2016 yılı yağışlı döneminin son günlerini oluşturduğu için akifer rezervuarındaki su seviyesi azalma eğilimindedir. Bu nedenle Haziran ve Temmuz (2016) dönemi boyunca gerçekleşen yağışlar kaynak boşalımı 2 günlük gecikmeden sonra artırmıştır. 11.06.2016 tarihinden sonra gerçekleşen küçük yağışlar kaynak boşalımını artıracak düzeyde etki yaratamamış ve çekilme eğrisi 28.07.2016 tarihine kadar azalarak devam etmiş, kaynak 29.07.2016 tarihinde tamamen kurumuştur. Bu tarihten 07.01.2017 tarihine kadar 161 gün boyunca kaynak boşalımı gerçekleşmemiştir.

### 7.1.6 Ocak 2017 dönemi yağış-kaynak boşalımı ilişkisi

Ocak (2017) dönemi Pınarbaşı kaynağının yeniden boşalım yapmaya başladığı dönemi oluşturmaktadır. 06.01.2017 ve 07.01.2017 tarihinde sırasıyla gerçekleşen 38 ve 45 mm'lik yağışlar (toplam 83 mm) akifer rezervuarını doldurmuş ve kaynağın boşalım yapmasını sağlamıştır (Şekil 7.7). Ocak (2017) döneminde kaynak boşalımı iki kez pik yapmış ve iki adet çekilme eğrisi oluşturmuştur. İlk pik 07.01.2017 tarihinde 0 cm'den 81 cm'ye yükselmiş, ikinci pikte ise kaynaktaki su seviyesi 17.01.2017'de 27 cm'den 61 cm'ye yükselmiştir. Ocak ayı sonunda gerçekleşen yağışların etkisi altında kaynak boşalımı grafiğinde küçük artış ve çekilmeler gerçekleşmiştir.

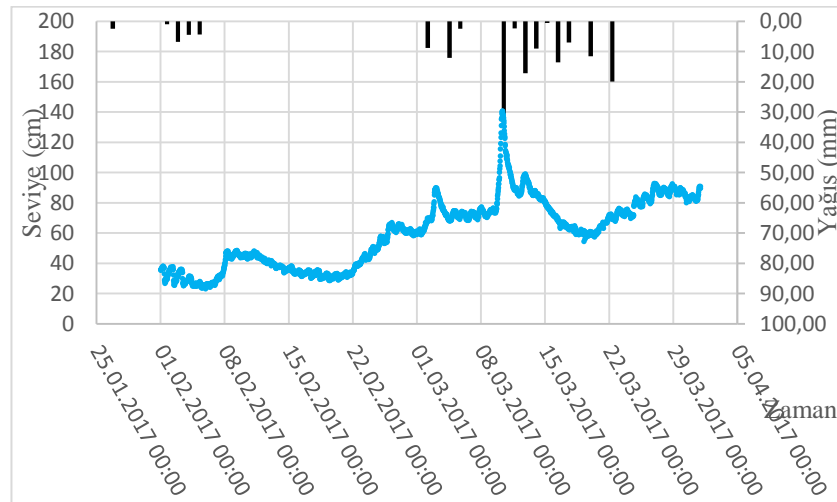


Şekil 7.7 Pınarbaşı kaynağı Ocak 2017 dönemi yağış-boşalım ilişkisi

### 7.1.7 Şubat-Mart 2017 dönemi yağış-kaynak boşalımı ilişkisi

Şubat ve Mart (2017) döneminde kaynak boşalım debisi 6 kez pik yapmış ve 6 adet çekilme eğrisi oluşturmuştur. Boşalım piklerinden dört adedi ani yükselen piklerden oluşurken iki adedi tedrici olarak artan piklerdir.

İlk boşalım piki 08.02.2017 tarihinde gerçekleşen 8 mm'lik yağışın etkisi ile 08.02.2017 tarihinde gerçekleşmiştir. Kaynaktaki su seviyesi 25 cm'den 43 cm'ye yükselmiştir. Piki takip eden iki gün boyunca gerçekleşen 5 ve 4 mm'lik yağışların etkisi ile 09.02.2017 ve 10.02.2017 tarihlerinde kaynaktaki su seviyesi sabit kalmış daha sonra yağışın kesilmesi ile birlikte çekilme dönemine girmiştir. Çekilme dönemi 19.02.2017 tarihine kadar devam etmiştir. 18.02.2017 tarihinden itibaren çalışma alanında kar erimesi etkisi gözlenmiş ve yağış olmamasına rağmen kaynaktaki su seviyesi tedrici olarak 30 cm'den 64 cm'ye kadar yükselmiştir. Daha sonra, 03.03.2017 tarihinde alana 8 mm'lik bir yağış düşmüş ve kaynaktaki su seviyesi aynı gün içinde 59 cm'den 86 cm'ye yükselmiştir. Kaynak çekilme dönemine geçtikten sonra fazla boşalım yapmadan 10.03.2017 tarihinde oluşan 87 mm'lik yağışın etkisiyle aynı gün içerisinde inceleme dönemi içerisinde gerçekleşen en yüksek boşalım miktarı olan 141 cm'ye (8500 l/s) ulaşmıştır (Şekil 7.8).



Şekil 7.8 Pınarbaşı kaynağı Şubat-Mart 2017 dönemi yağış-boşalım ilişkisi

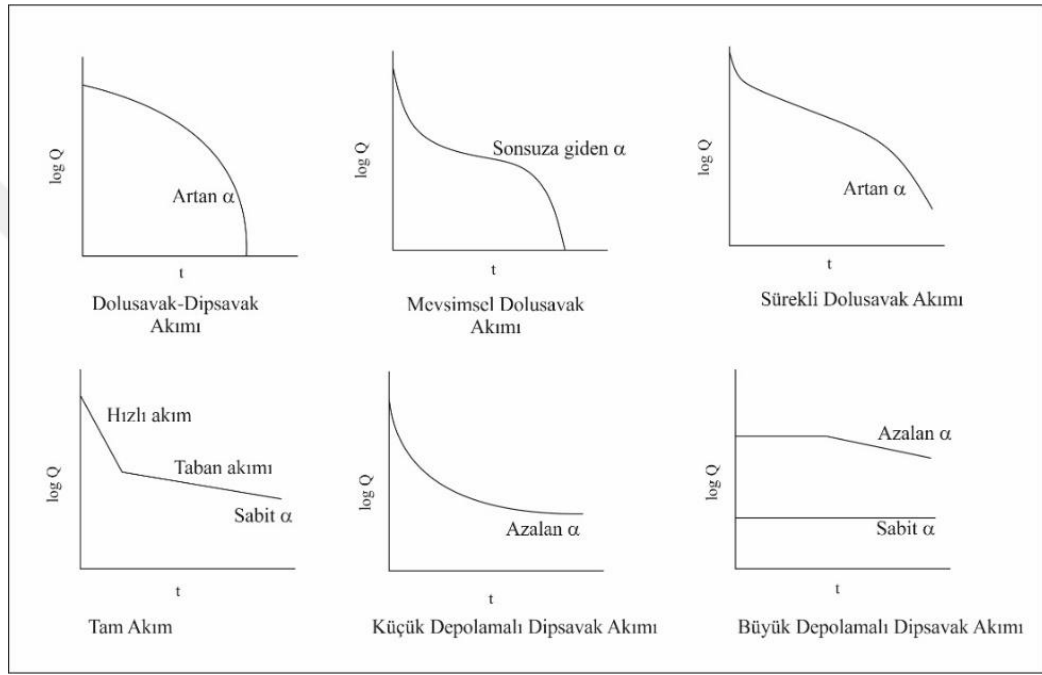
10.02.2017 tarihindeki maksimum pikten sonra kaynak çekilme-gerçek rejimde boşalım dönemine girmiştir. 12.03.2017 tarihinde gerçekleşen 17 mm'lik yağışın etkisi ile aynı gün içerisinde kaynakta yeniden bir pik boşalım daha olmuştur. Aynı gün içinde kaynaktaki su seviyesi 85 cm'den 97 cm'ye yükselmiştir. 20.03.2017 tarihinde 57 cm'ye kadar çekilmiş olan su seviyesi 29.03.2017 tarihine kadar tedrici olarak artış göstermiş ve 29.03.2017 tarihinde 88 cm'ye ulaşmıştır. Söz konusu dönem aralığında hava sıcaklığının 19-20 °C'ye kadar yükseldiği ve kar erimesi etkisi gerçekleştiği bilinmektedir. Kar erimesi etkisi ile karst akiferi alansal olarak beslenmiş ve yavaş beslenme gerçekleştiği için su seviyesi tedrici olarak artış göstermiştir (Şekil 7.9).

## 7.2 Kaynak Çekilme Eğrisi Analizleri

Çekilme eğrisi hidrografi analizleri, akifer sistemlerinin akım karakteristiklerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Bonacci 1993, Brodie ve Hostetler 2009, Kresic ve Bonacci 2010, Malik 2012). Malik ve Vojtkova (2012)'ye göre kaynak boşalımları laminar ve türbülanslı olarak ayrılırken, laminar ve/veya türbülanslı akışlar da kendi içinde alt akım tiplerine de ayrılabilir. Kaynak boşalımının yataya yakın olduğu laminar akışla ifade edilen boşalım denklemi eksponansiyel iken türbülanslı boşalım karakterini temsil eden akım denklemi doğrusaldır (Malik ve Vojtkova 2012). Laminar akışla ifade edilen boşalım katsayısı  $\alpha$  ile türbülanslı akışı temsil eden boşalım katsayısı ise  $\beta$  ile ifade edilmektedir. Pınarbaşı kaynağına ait boşalım katsayıları ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) Maillet (1905) ve Mail ve Vojtkova (2012) yöntemlerine göre belirlenmiştir. Kaynağın gerçek rejimde boşalım yaptığı Şubat 2016, Nisan 2016, Haziran 2016, Ocak 2017 ve Mart 2017 dönemlerinde,  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri hesaplanmıştır. Kaynak çekilme eğrisinin şekline göre kaynak davranışı hakkında yorum yapmak mümkündür (Şekil 7.9). Worthington (1991) tarafından oluşturulan kaynak sınıflaması Çizelge 7.1'de görülmektedir.

Çizelge 7.1 Kaynak boşalım sınıflaması (Worthington 1991'den değiştirilerek alınmıştır)

Kaynak türü	$Q_{max} / Q_{min}$	Boşalım
Tam akım	Yüksek	Sürekli
Dip savak	Düşük	Sürekli
Dolu savak	$\infty$	Mevsimsel
Dip savak- dolu savak	$\infty$	Mevsimsel



Şekil 7.9 Çekilme eğrisinin şekline göre kaynak türleri (Worthington 1991, Ekmekçi 2003)

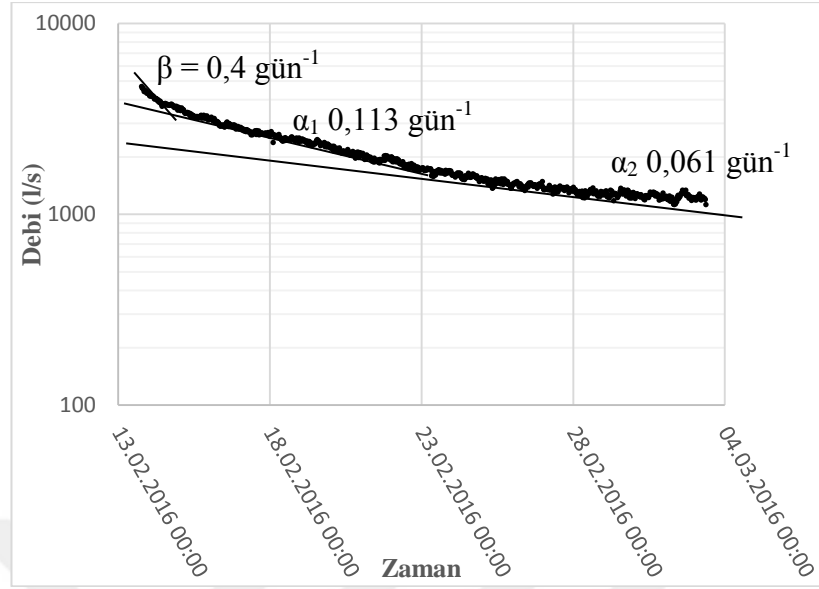
İnceleme dönemi boyunca boşalım katsayıları kullanılarak her bir gerçek rejimde boşalım döneminde kaynaktan boşalan su hacmi belirlenmiştir. Her bir dönem için boşalım katsayıları, boşalım denklemleri ve çekilme dönemi boyunca kaynaktan boşalan su hacmi çizelge 7.2'de verilmiştir.

Çizelge 7.2 Pınarbaşı Kaynağı boşalım katsayıları ve boşalım denklemleri

Dönem	$\beta_1$	$\beta_2$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	V (m <sup>3</sup> )	Boşalım denklemi
Şubat- Mart 2016	0,4	-	0,113	0,061	3,4.10 <sup>6</sup>	$Q = Q_{01}e^{-0,061t} + Q_{02}e^{-0,113t} + Q_{03}(1 - 0,4t)$
Mart- Nisan 2016	-	-	0,069	0,016	4,5. 10 <sup>6</sup>	$Q = Q_{01}e^{-0,016t} + Q_{02}e^{-0,069t}$
Haziran- Temmuz 2016	0,22	-	0,045	0,02	2,9. 10 <sup>6</sup>	$Q = Q_{01}e^{-0,02t} + Q_{02}e^{-0,045t} + Q_{03}(1 - 0,22t)$
Ocak 2017	0,918	0,59	-	0,035	1,2. 10 <sup>6</sup>	$Q = Q_{01}e^{-0,035t} + Q_{02}(1 - 0,59t) + Q_{03}(1 - 0,918t)$
Mart 2017	0,918	0,56	0,17	0,071	2,95. 10 <sup>6</sup>	$Q = Q_{01}e^{-0,071t} + Q_{02}e^{-0,17t} + Q_{03}(1 - 0,56t) + Q_{04}(1 - 0,918t)$

### 7.2.1 Şubat-Mart 2016 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri

Tez çalışmasının başladığı Şubat-Mart 2016 döneminde oluşan bir adet pik ve sonrasında gözlenen gerçek rejimde boşalım incelendiğinde, söz konusu dönemde kaynakta gözlenen maksimum debinin 5000 l/s'ye ulaştığı görülmektedir (Şekil 7.10). Söz konusu dönem aralığında kaynak, bir adet türbülanslı ve iki farklı laminar boşalım özelliği göstermektedir. Boşalım katsayıları  $\beta$  0,4,  $\alpha_1$  0,113,  $\alpha_2$  ise 0,061 gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu döneme ait boşalım denklemi  $Q = Q_{01}e^{-0,061t} + Q_{02}e^{-0,113t} + Q_{03}(1 - 0,4t)$  olarak belirlenmiştir. Boşalım süresince (18 gün) kaynaktan 3,4.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> su boşaldığı belirlenmiştir. Bu dönemde rezervde kalan su hacmi 1,43.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu dönemde boşalım grafiği tam akım grafiği ile benzeşmektedir.

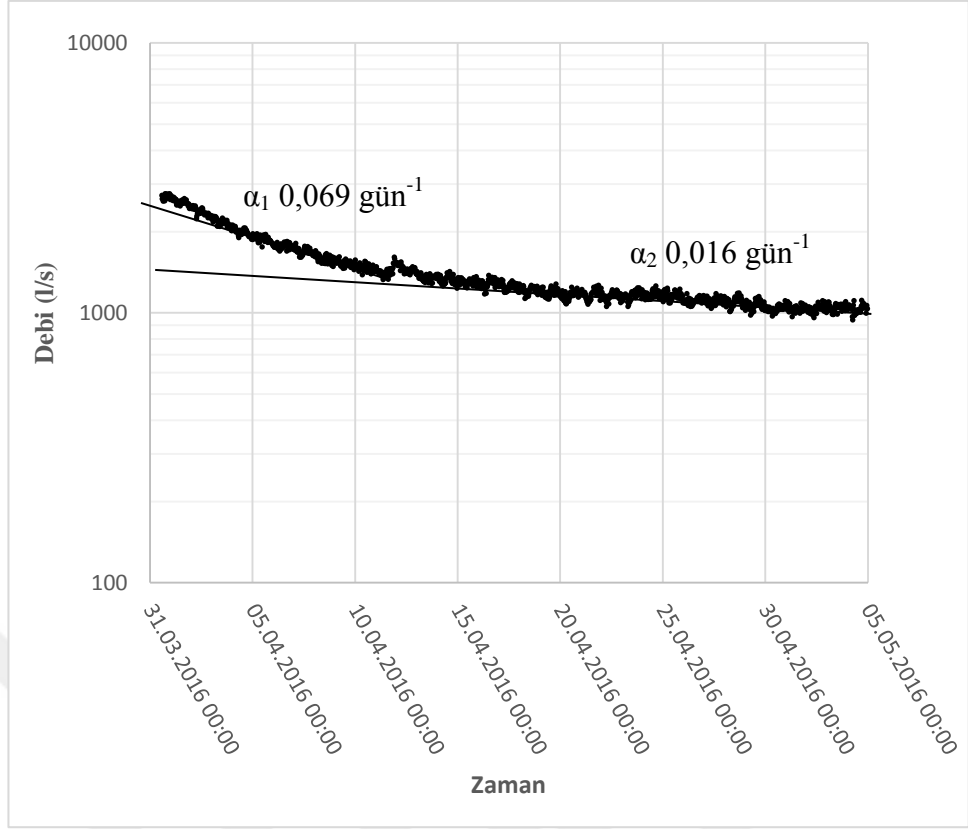


Şekil 7.10 Şubat-Mart 2016 döneminde gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları

### 7.2.2 Mart-Nisan 2016 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri

Mart-Nisan 2016 döneminde gerçekleşen bir pik debi ve ardından gelen gerçek rejimde boşalım değerleri incelendiğinde, söz konusu dönemde maksimum debinin 3000 l/s'ye ulaştığı görülmektedir (Şekil 7.11). Söz konusu dönem (33 gün) aralığında kaynak iki farklı laminar boşalım karakteri göstermiştir. Çekilme eğrisinden  $\alpha_1$  0,069 gün<sup>-1</sup>,  $\alpha_2$  ise 0,016 gün<sup>-1</sup> hesaplanmıştır. Söz konusu dönemde boşalım denklemi  $Q = Q_{01}e^{-0,016t} + Q_{02}e^{-0,069t}$  olarak belirlenmiştir. Dönem boyunca kaynaktan  $4,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> boşalım gerçekleşmiştir. Bu dönemde rezervde kalan su hacmi  $5,4 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu dönemde boşalım grafiği tam akım boşalım grafiği ile benzeşmektedir.

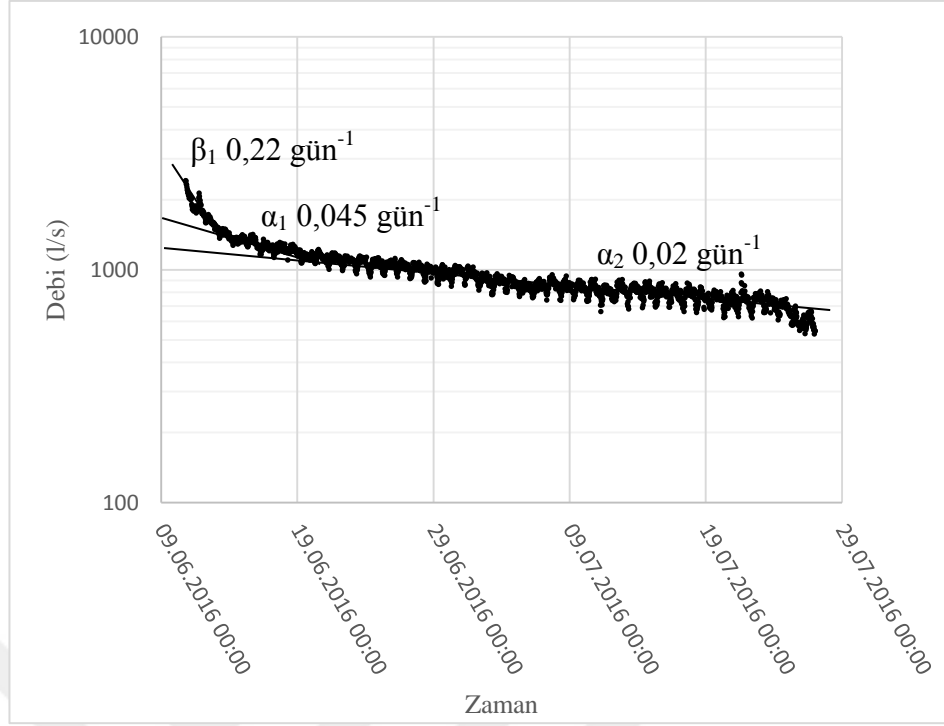




Şekil 7.11 Mart-Nisan 2016 döneminde gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları

### 7.2.3 Haziran-Temmuz 2016 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri

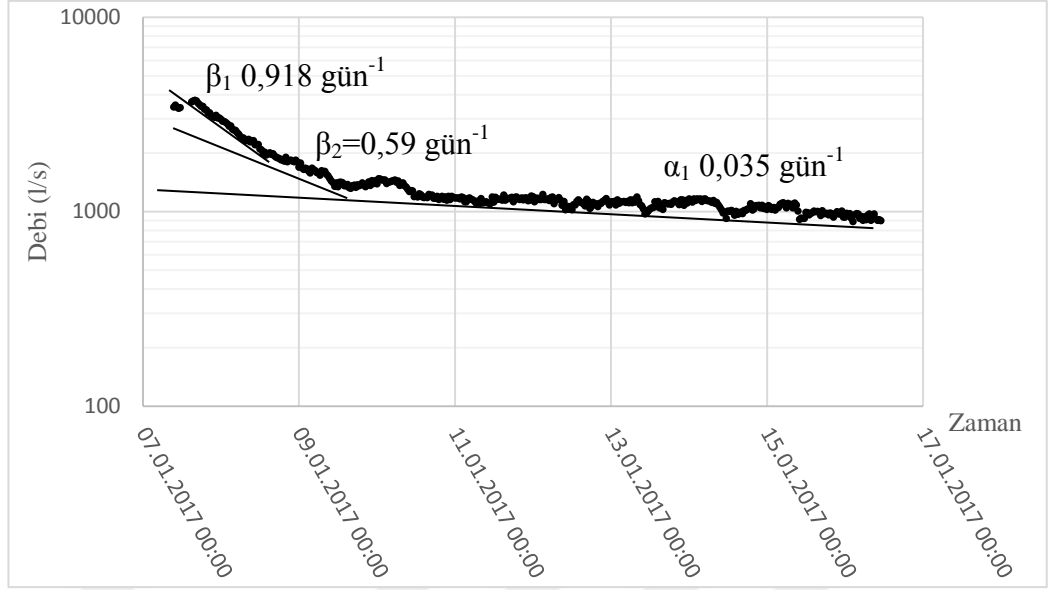
Haziran-Temmuz 2016 döneminde gerçekleşen bir pik debi ve ardından gelen gerçek rejimde boşalım değerleri incelendiğinde, söz konusu dönemde maksimum debinin 2600 l/s'ye ulaştığı görülmektedir (Şekil 7.12). Söz konusu dönem aralığında (48 gün) bir adet türbülanslı ve bir adet laminar boşalım gözlenmiştir. Çekilme eğrisinden boşalım katsayıları  $\beta_1$  0,22 gün<sup>-1</sup>,  $\alpha_1$  ise 0,045 gün<sup>-1</sup> ve  $\alpha_2$  ise 0,02 gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu dönemde kaynak boşalım denklemi  $Q = Q_{01}e^{-0,02t} + Q_{02}e^{-0,045t} + Q_{03}(1 - 0,22t)$  olarak belirlenmiştir. Dönem boyunca kaynaktan  $2,9 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> boşalım gerçekleşmiş, rezervde kalan su hacmi  $2,16 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu dönemde boşalım grafiği mevsimsel dolusavak-dipsavak akımı ile benzeşmektedir.



Şekil 7.12 Haziran-Temmuz 2016 döneminde gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları

#### 7.2.4 Ocak 2017 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri

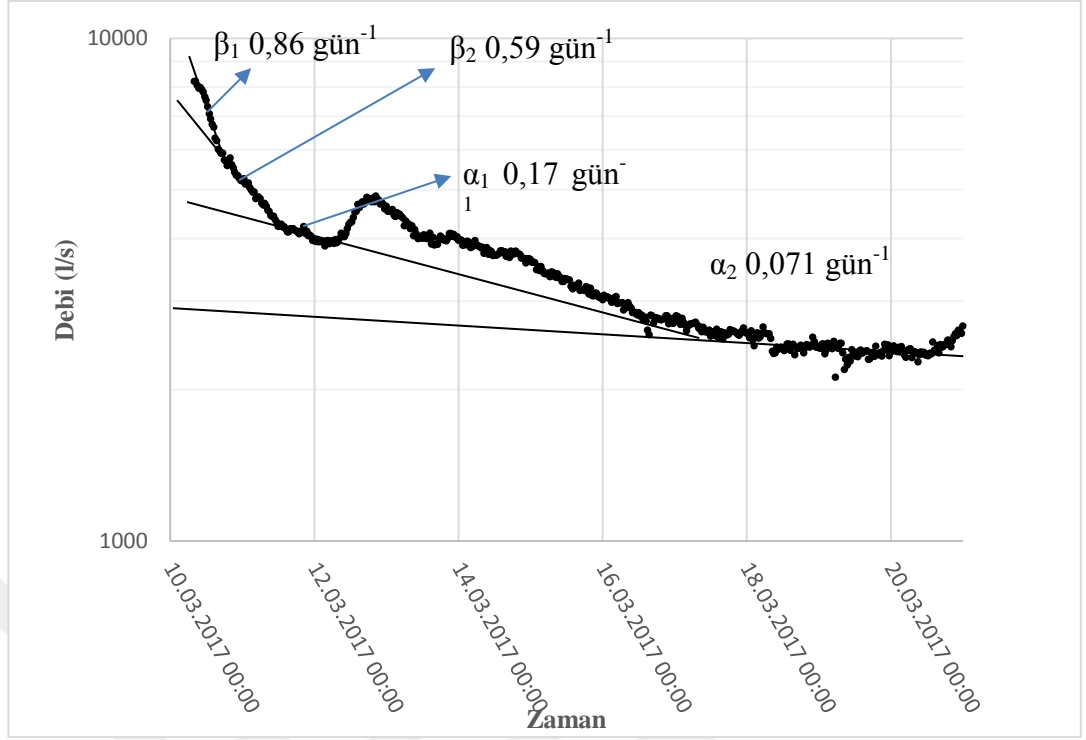
2017 yılının ilk yağışlarının etkisiyle yılın ilk boşalımı Ocak 2017 başlarında gerçekleşmiştir. Söz konusu dönemde maksimum debinin 4000 l/s'ye ulaştığı gözlenmiştir (Şekil 7.13). Kaynakta iki adet türbülanslı bir adet laminar boşalım gerçekleşmiştir. Çekilme eğrisinden boşalım katsayıları  $\beta_1$  0,918 gün<sup>-1</sup>,  $\beta_2$  0,59 gün<sup>-1</sup>,  $\alpha_1$  ise 0,035 gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu dönemde boşalım denklemi  $Q = Q_{01}e^{-0,035t} + Q_{02}(1 - 0,59t) + Q_{03}(1 - 0,918t)$  olarak belirlenmiştir. Dönem boyunca kaynaktan  $1,2 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> boşalım gerçekleşmiş, rezervde kalan su hacmi  $2,22 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu dönemde kaynak boşalımı tam akım boşalım grafiği ile benzeşmektedir.



Şekil 7.13 Ocak 2017 dönemine ait gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları

### 7.2.5 Mart 2017 dönemi kaynak çekilme eğrisi analizleri

2017 yılında Pınarbaşı kaynağında gözlenen en yüksek debi 8500 l/s ile Mart ayı içerisinde gerçekleşmiştir. 10 Mart-21 Mart arasında gerçekleşen gerçek rejimde boşalım eğrisi analiz edildiğinde, kaynağın söz konusu dönemde iki adet türbülanslı iki adet laminar boşalım gerçekleştirmiştir (Şekil 7.14). Çekilme eğrisinden  $\beta_1$  0,86 gün<sup>-1</sup>,  $\beta_2$  0,59 gün<sup>-1</sup>  $\alpha_1$  0,17 gün<sup>-1</sup>,  $\alpha_2$  ise 0,071 gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Söz konusu dönemde boşalım denklemi  $Q = Q_{01}e^{-0,071t} + Q_{02}e^{-0,17t} + Q_{03}(1 - 0,59t) + Q_{04}(1 - 0,86t)$  olarak belirlenmiştir. Dönem boyunca kaynaktan  $2,95 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> boşalım gerçekleşmiş, rezervde kalan su hacmi  $2,67 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.14 Mart 2017 dönemine ait gerçek rejimde boşalım eğrisi ve boşalım katsayıları

Tez çalışması boyunca gözlenen en yüksek boşalım değeri olan Mart 2017 döneminde ulaşılan debi değerleri kullanılarak Pınarbaşı kaynağı tarafından boşaltılan rezervuarın boşalım kotu üzerinde kalan depolama hacmi eşitlik (7.1) kullanılarak  $5,48.10^6 \text{ m}^3$  olarak hesaplanmıştır

$$V = \sum_{\alpha=1}^n \frac{(q-q_0)}{\alpha_i} \quad (7.1)$$

Kaynak çekilme eğrilerinden boşalım katsayısı analizleri sonucunda kaynağın boşalım grafiklerinin mevsimsel kaynak grafiklerine benzeştiği tespit edilmiştir. Kaynak her çekilme döneminde kuruma eğiliminde olup, beslenmelerden dolayı su seviyesi yükselmektedir. Kaynak boşalımı 5000 l/s dolaylarına geldiğinde türbülanslı akım karakteri gösterdiği, çekilme dönemlerinde laminar boşalığa doğru geçiş yaptığı belirlenmiştir. Maksimum boşalımın görüldüğü Mart (2017) döneminde iki farklı türbülanslı ve iki farklı laminar boşalım karakteri tespit edilmiştir (Şekil 7.14).

## **8. KEMOGRAF ANALİZLERİ**

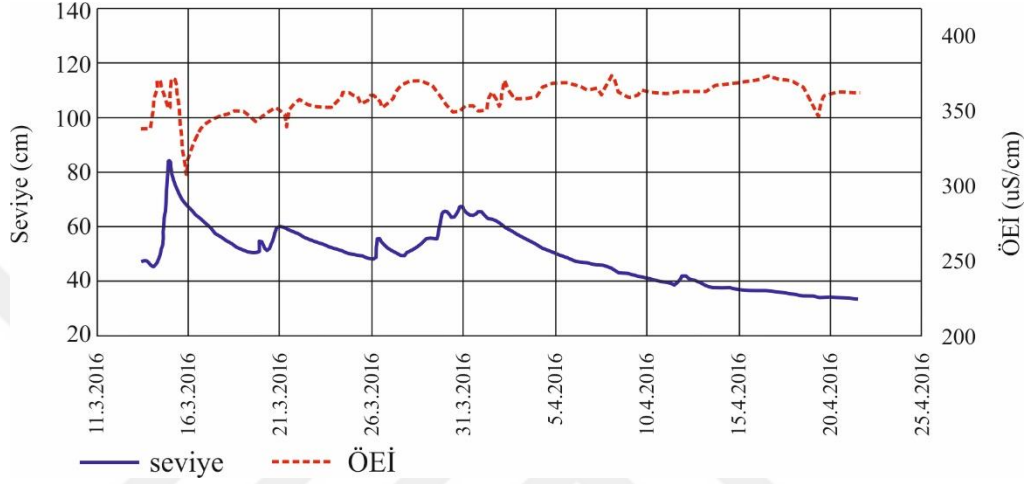
Kaynaklarda kanal akışı ani ve çoğunlukla türbülanslı akım karakterinde olurken, difüzyif akış yavaş ve suyun kayaç içerisinde daha uzun süre kaldığı bir akım karakterine sahiptir (Appelo ve Postma 1994). Schuster ve White (1972), kanal akışın baskın olduğu ortamlarda mevsimsel değişimlerin (debi, sıcaklık, kimyasal konsantrasyon) difüzyif ortamlara göre daha fazla farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Appelo ve Postma 1994). Buna ek olarak bu değişiklikler, çalışma alanının ve rezervuarın boyutlarıyla yakından ilişkilidir. Küçük rezervuarlarda yağış olaylarına karşı debideki değişim daha ani gerçekleşebilmektedir. Pınarbaşı kaynağı boşalım verilerinin su sıcaklığı ve özgül elektriksel iletkenlik verileri ile birlikte değerlendirmesi yapılmış olup, akifer hidrodinamiğine ışık tutulması amaçlanmıştır. Bununla birlikte kaynak tarafından boşaltılan otojenik veya allojenik kökenli askı sedimanların miktarı ve boşalım ile ilişkisi de incelenmiştir.

### **8.1 Kaynak Boşalım-Sıcaklık-Özgül Elektriksel İletkenlik İlişkisi**

#### **8.1.1 2016 dönemi**

Pınarbaşı kaynağındaki su seviyesinin 40 cm'nin altına düştüğü dönemlerde havzaya düşen yağışlar boşalım hidrografında gecikmeli pik yaparken su seviyesinin 50 cm'den yüksek olduğu dönemlerde düşen yağışlar ile ani pik yaptığı hidrograf analizleri ile belirlenmiştir. Bununla birlikte kaynak suyunun ÖEİ değişimi de akifer geometrisi ve beslenme tipi ile ilişkilendirilebilir. Karst akiferinin üst kotlarda gittikçe daralan bir geometriye sahip olduğu tahmin edilmektedir. Su seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde gelen noktasal beslenmeler akifer geometrisinden dolayı akiferdeki gradyanı daha çok artırdığı için yeraltısuyu akım hızı da artmakta, suyun kaynağa ulaşma zamanı da buna bağlı olarak azalmaktadır. Pınarbaşı Kaynağı'nda Mart-Nisan (2016) döneminde ilk yağışlardan itibaren h ve ÖEİ değerlerinin değişimi şekil 8.1'de görülmektedir. Boşalım ve ÖEİ hidrografı zamana bağlı değerlendirildiğinde 15.03.2016 tarihinde kaynaktaki su seviyesi 45 cm'den 84 cm'ye yükselmiş, akifer

sistemine giren yağış suyunun kaynaktaki etkisi 16.03.2016 tarihinde 1 günlük gecikmeden sonra gözlenmiştir. 21.03.2016 tarihinde havzaya düşen yağışın etkisi ile 22.03.2016 tarihinde (1 gün gecikmeli) ÖEİ değeri negatif pik yapmıştır. 26.03.2016 tarihinde düşen yağış ile birlikte kaynaktaki su seviyesi ani bir artış göstermiş, yaklaşık bir gün sonra kaynaktaki ÖEİ değerinde düşüş gerçekleşmiştir.

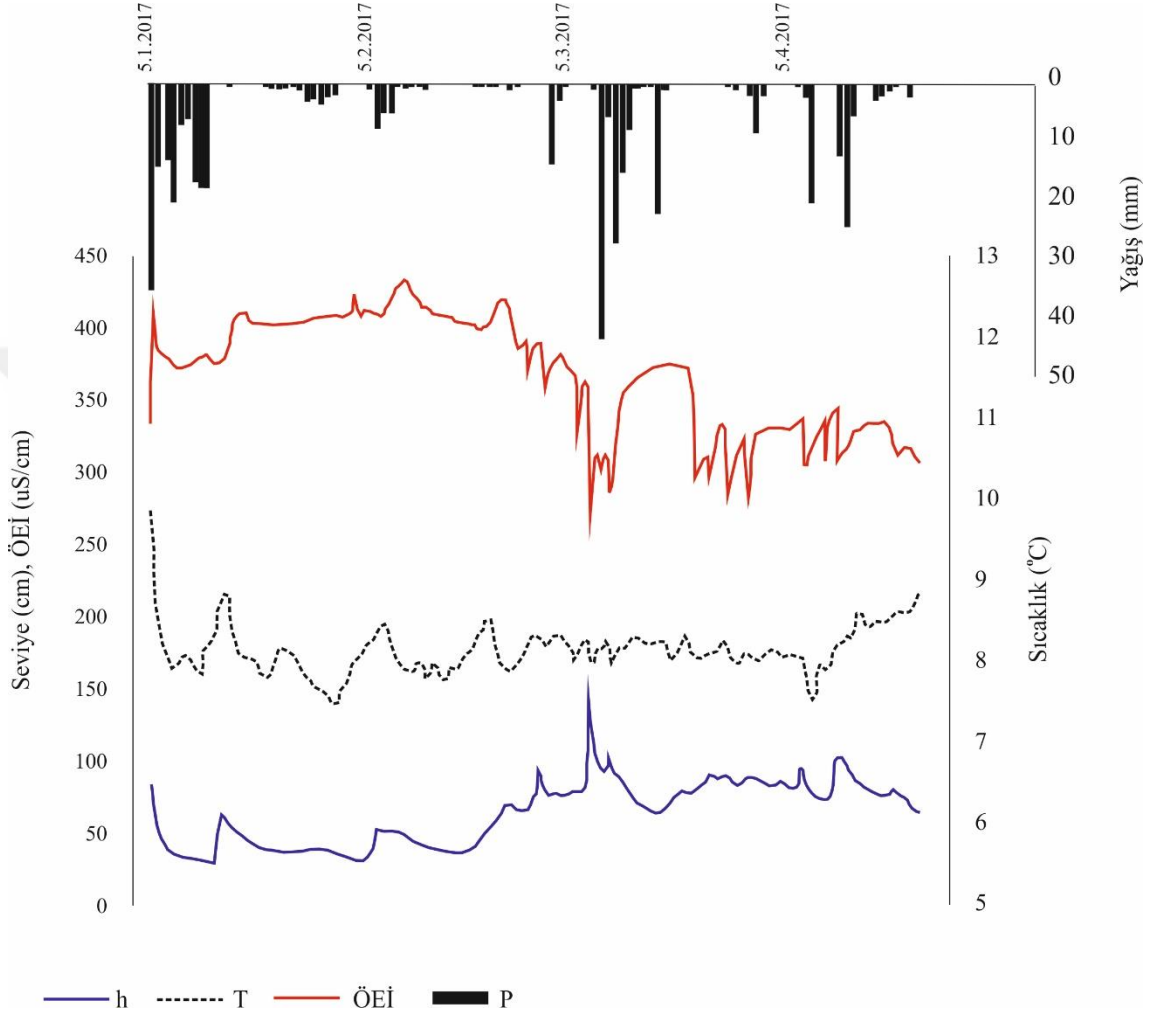


Şekil 8.1 Su seviyesi ve ÖEİ değişimleri (Mart-Nisan 2016)

### 8.1.2 2017 dönemi

2017 yılının ilk yağışları Ocak ayı başında gerçekleşmiş ve Pınarbaşı kaynağı 7.1.2017'de boşalım yapmaya başlamıştır. Aniden düşen ÖEİ ve T değerleri kaynağın beslenme bölgesindeki yağış (kar ve yağmur) sularının karstik sisteme girişinin kaynaktaki hidrokimyasal etkisini göstermektedir. Özellikle, 10.3.2017 tarihinde kanaldaki su seviyesi 141 cm ile inceleme döneminin en yüksek değerine ulaşmış, ÖEİ ve T değerleri ise ani bir düşüş yaşamıştır. Akiferin doluluk oranının yüksek olduğu dönemlerde gerçekleşen yağışlar, piston etkisi ile kaynak boşalmasını ani olarak yükseltmesine rağmen, akifer sistemine giren suyun kaynağa ulaşması için geçen süre ÖEİ grafikleri ile belirlenebilmektedir. Yağış (yağmur+kar) suyunun iyon içeriğinin düşük olmasından dolayı ÖEİ değeri de düşük olmaktadır. Dolayısıyla kaynak suyunda ÖEİ değerinin düştüğü anda yağış suyunun kaynak noktasına ulaştığı anlaşılmaktadır. Şekil 8.2'de yağışlarla birlikte kaynak boşalmasının aniden yükseldiği fakat ÖEİ

değerlerinin aniden düşmediği görülmektedir. Boşalımın pozitif piki ile ÖEİ'nin negatif piki arasında geçen süre yeraltısuyunun beslenme noktasından kaynak noktasına ulaşması için geçen süreyi ifade etmektedir.



Şekil 8.2 Q, T ve ÖEİ değerlerinin P ile ilişkisi (Ocak-Nisan 2017)

2017 yılının ilk 3 aylık döneminde kar erimesi etkisi başlamadan önce 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olan özgül iletkenlik değeri, kaynakta yağmur ve kar sularının etkisi görüldüğü anda 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'ye kadar düşmüştür. Yağışın etkisinin geçmesi ile birlikte kaynak suyunda gözlenen ÖEİ değeri yavaş yavaş ilksel değeri olan 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'ye doğru artış göstermiştir. Kar örtüsü tarafından örtülen çıplak karstik akiferlerde kar erimesi gerçekleştiğinde çoğunlukla alansal olarak beslenme görülmektedir.

Tez sahasında kar erimesi etkisi görüldüğü anda Pınarbaşı Kaynağı'na yakın mesafelerde bulunan vadi (Keş Deliği önü) düdenleri yoluyla rezervuara giren kar sularının da kaynaktaki ÖEİ değerinin aniden düşmesine neden olduğu düşünülmektedir. Akifer sistemine sadece Susuz Yayla düdenleri ile değil, aynı zamanda kaynak boşalım noktasına yakın olan düden ve süreksizlikler yoluyla da beslenme olduğu anlaşılmaktadır.

## **8.2 Toplam Askı Katı (TSS) Analizleri**

Karstik kayalardan boşalan kaynaklarda akım karakteristiği çoğunlukla karstik kanallar ve çatlak-kırıklar tarafından kontrol edilmektedir. Bu nedenle karstik kaynak sularında çoğunlukla türbülanslı akım görülmekte ve bunun sonucunda yüksek miktarlarda sediman taşınımı gerçekleşmektedir (Ford ve Williams 1989). Bu sedimanlar karstik akifer dışından (allokton) olabileceği gibi, karstik birimin kendi içerisinde (otokton) de olabilmektedir. Sedimanlar çoğunlukla silt ve kil boyutunda olduklarından yeraltısuyu içerisinde uzun bir süre askıda taşınabilmektedirler. Aynı zamanda özellikle kil boyutu askı sedimanlar çok uzak mesafelerden kirletici taşıma potansiyeline de sahiptirler (McCarthy ve Zachara 1989, Atteia vd. 1998). Askı sedimanlar karst akiferlerinin ve içme sularının kirlenmesinde önemli rol oynamaktadırlar (Mahler vd. 1998, 2000, Dussart-Baptista vd. 2003, Fournier vd. 2008). Bunun nedenleri arasında; ilk olarak, karstik akiferlerin genellikle yüzey suları ile yeraltı suları arasında doğrudan ve ani olarak bağlantılı olması ve karstik akiferlerde taşınan sedimanların başka kirleticileri taşıma potansiyeline sahip olması gelmektedir (Mahler ve Lynch 1998, Mahler vd. 1998, 2000, Fournier vd. 2008). Karstik kaynak sularında taşınan askı sedimanların kökeninin ve mineralojik bileşiminin belirlenmesi, karstik akiferin beslenme boşalım ilişkisinin belirlenebilmesi ve potansiyel kirlilik noktalarının tespit edilmesi konusunda kritik bir öneme sahiptir.

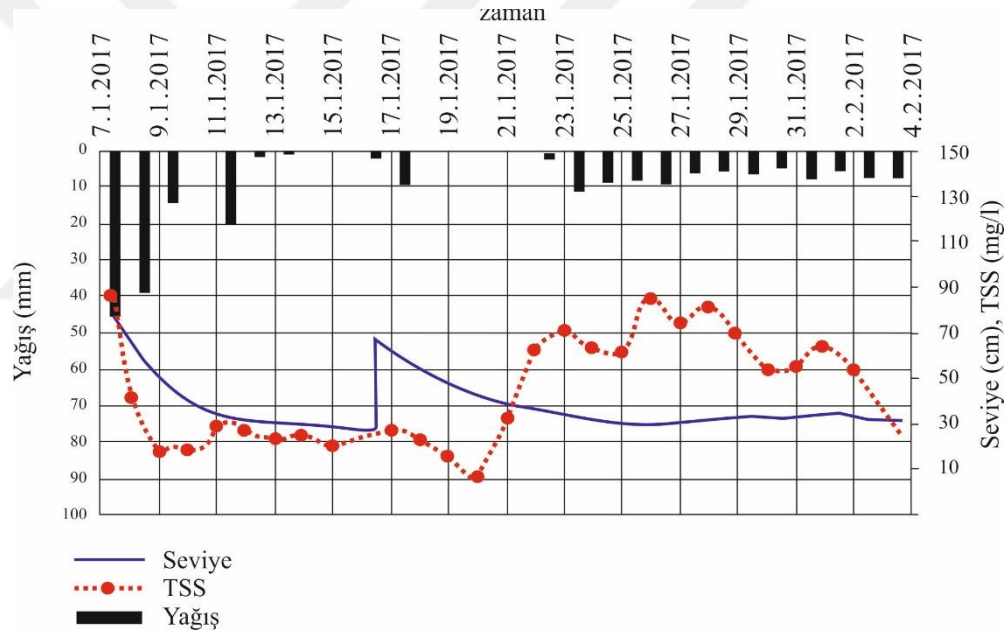
Pınarbaşı kaynağında 07.01.2017 – 03.02.2017 tarihleri arasında kaynağın çekilme eğrisi döneminde su örnekleme yapılmış ve Toplam Askı Katı (TSS) analizi gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık bir ay süren bu dönemde kaynak suları günlük olarak 20 litre hacimli plastik bidonlara alınmıştır. Kaynak suları 0,45 µm filtreden süzülükten



sonra elde edilen askı maddelerin miktarı gravimetrik yöntemle belirlenmiş ve kaynak boşalımı ile grafiksel olarak ilişkilendirilmiştir (Şekil 8.3).

Örnekleme döneminde tez sahası kar örtüsü altında olduğundan kaynak boşalım noktasına ulaşamamış, su örnekleri kaynak boşalım noktasının 500 m akış aşağısında Susuz köyü içerisinden alınmıştır.

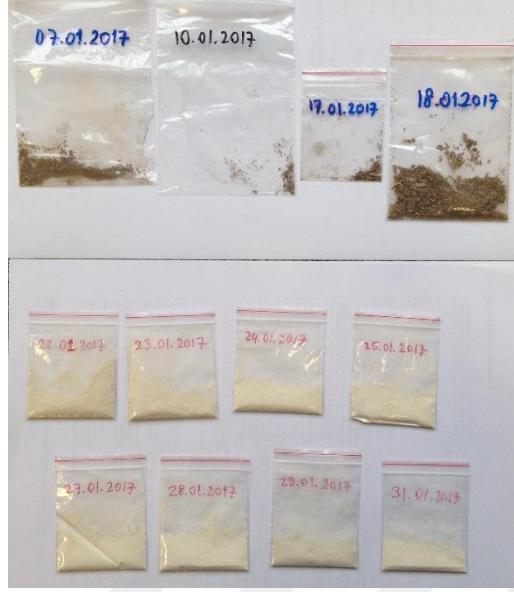
TSS değerleri yağış ve boşalım değerleri ile aynı grafiğe aktarıldığında, kaynağın su yılının ilk boşalımında TSS miktarının yüksek olduğu, çekilme eğrisinin devamında ise miktarın hızla azaldığı ve sabit hale geldiği görülmektedir (Şekil 8.3).



Şekil 8.3 Pınarbaşı Kaynağı 2017 dönemi yılın ilk yağışları sonrasında yağış-su seviyesi-TSS ilişkisi

Yoğun yağışla aniden yükselen su seviyesi ile kaynak menba kısmında kalan ve kaynağa yakın konumda bulunan Güvercin Deliği Mağarasının tabanında çökelmiş halde bulunan sedimanların yeniden askı hale geçerek kaynak sularında bulanıklığa neden olabileceği düşünülmektedir. Kaynak boşalım noktasında su seviyesinin yükselmesi ile eş zamanlı olarak bulanıklığın artması, askı sedimanların yakın bir bölgeden kaynağa ulaştığına dair ipuçları vermektedir. Buradan da Güvercin Deliği

Mağarası ile Pınarbaşı Kaynağı arasında hidrojeolojik olarak bağlantı olduğu anlaşılmaktadır. Allohton sedimanların uzak mesafelerden kaynağa ulaşması için daha uzun süre geçmesi gerekmektedir. Bu dönemde kaynaktan boşalan sedimanlar çoğunlukla kum boyu malzemeler ve akifer içerisinde birikmiş olan organik maddelerden oluşmaktadır (Şekil 8.4). Su örneklemesinin kaynak ağzından yapılamaması, iri tanelerin Susuz köyü içerisine kadar taşınmaması dolayısıyla TSS miktarında ani bir düşüş görülmesine neden olmuş olabilmektedir. Grafiğin devamında ise daha ince taneli askı sedimanlar suda askıda taşınmaya başlanmakta ve grafikte TSS miktarında artış gözlenmesine neden olmaktadır. Kar erimesi etkisi ile 16.01.2017 tarihinden itibaren rezervuara giren suların akiferi kırık çatlaklar yoluyla beslediği düşünülmektedir. Çoğunlukla alansal beslenme olarak gerçekleşen beslenmenin sonucunda kaynak sularında 18.01.2017 tarihinden itibaren TSS miktarı 20 mg/l seviyesinden 80 mg/l seviyesine yükselmiştir. Bu artış üç gün boyunca sürekli artarak devam etmiş, daha sonra kar erimesi durana kadar kaynak sularında TSS değerleri 70-80 mg/l civarında görülmeye devam etmiştir. Şekil 8.3'te, 18.01.2017'den sonra TSS değerlerinde görülen dalgalanmanın nedeni, laboratuvarında askı maddelerin tartılması esnasında filtrenin üzerindeki askı maddelerin hassas teraziye geçene kadar kısmen kaybı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. 07.01.2017 ile 18.01.2017 tarihleri arasında kaynak tarafından boşaltılan askı maddeler çoğunlukla yabancı organik maddeler iken, 21.01.2017 tarihinden itibaren alınan su örneklerinden elde edilen askı maddelerin genellikle grimsi beyaz renklere karbonat minerallerinden oluştuğu görülmektedir (Şekil 8.4). Askı maddelerde yapılan XRD tüm kayaç analizleri sonucunda beyaz renkli askı maddelerin kalsit minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir.



Şekil 8.4 Filtrelenen sulardan elde edilen askı maddelerin görüntüsü

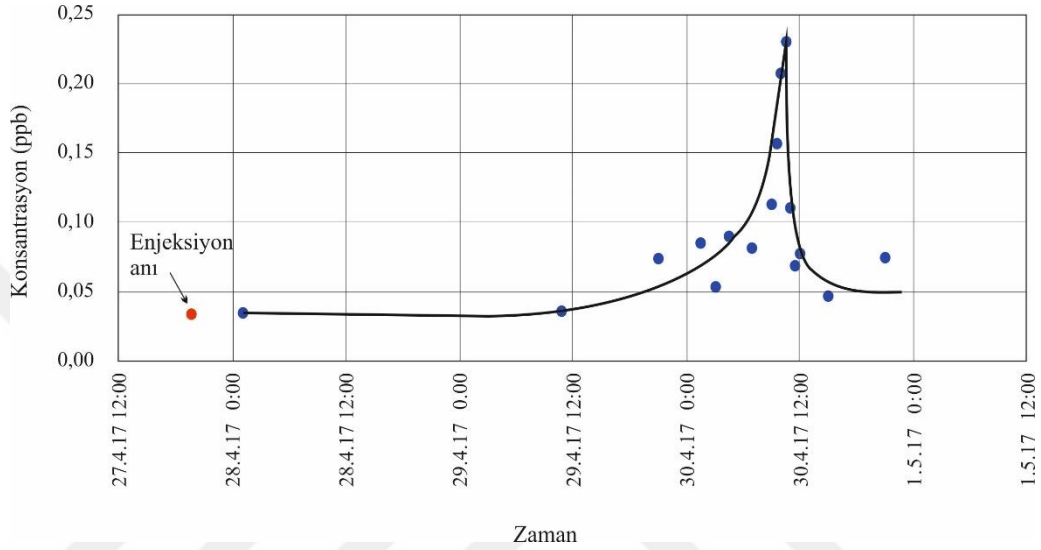
### 8.3 İzleme Deneyi

Tez kapsamında gerçekleştirilen izleme deneyinin amacı, Susuzyayla bölgesindeki düdenler ile Pınarbaşı, Fası boğazı, Alagöz ve İçerikışla kaynakları arasında bağlantı olup olmadığının belirlenmesi ve bölgedeki ortalama yeraltı suyu akım hızının hesaplanmasıdır. Tez döneminde, Çelik vd. (2017) tarafından Ankara Üniversitesi BAP projesi kapsamında Susuzyayla bölgesindeki Muharrem düdeninden hidrolik gradyanın düşük olduğu ve kaynakta laminar boşalımın görüldüğü 27.4.2017 tarihinde izleme deneyi gerçekleştirilmiştir. İzleme deneyinde kullanılan izleyici boya kütlesi, Benischke vd. (2007)'ten alınan eşitlik yardımıyla 4 kg olarak belirlenmiştir. İzleyicinin düden bırakılmasının ardından ilgili kaynaklardan floresan ölçümlerine başlanmıştır.

Pınarbaşı Kaynağında ilk izleyici görüldükten sonra diğer kaynaklardan da belirli aralıklarla 100 ml hacimli amber renkli polietilen şişeler kullanılarak örnekleme yapılmış, alınan örneklerdeki boya miktarları kaynak başında ölçülmüştür.

Susuz çayında yer alan CTD diver verilerine göre enjeksiyon deneyine başlandığı anda kanaldaki su seviyesi 58 cm, deney bittiği anda ise seviye 52 cm'ye düştüğü tespit edilmiştir. Çelik (2017) tarafından Pınarbaşı Kaynağı için oluşturulan anahtar eğri

kullanılarak bu seviye değerlerine karşılık gelen debi değerleri sırasıyla 2285 l/s ise 1895 l/s olarak belirlenmiştir. Maillet (1905) formülü kullanılarak deney süresince kaynaktaki boşalım katsayısı  $0,062 \text{ gün}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Bu çekilme eğrisi ile temsil edilen deney süresince 27.4.2017 saat 19.00 ile 30.4.2017 saat 17.30 arasında kaynaktan boşalan su hacmi  $0,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.5 Pınarbaşı Kaynağı izleyici ilerleme eğrisi

Şekil 8.5'te Pınarbaşı Kaynağında izleyici konsantrasyonun zamana göre değişimi görülmektedir. Pınarbaşı Kaynağında floresan boya 62. saatte ilk kez gözlenmiş, 68. saatte ise konsantrasyon maksimum değerine ulaşmıştır.

İzleyicinin kaynağa ortalama geliş süresi yukarıdaki eşitliğe göre 65 saat olarak hesaplanmıştır. Eşitlikte  $t_{\max}$  deneyin başladığı saatten itibaren kaynaktaki maksimum konsantrasyonun görüldüğü saate kadar geçen süreyi,  $t_0$  ise ilk izleyicinin görüldüğü süreyi göstermektedir.

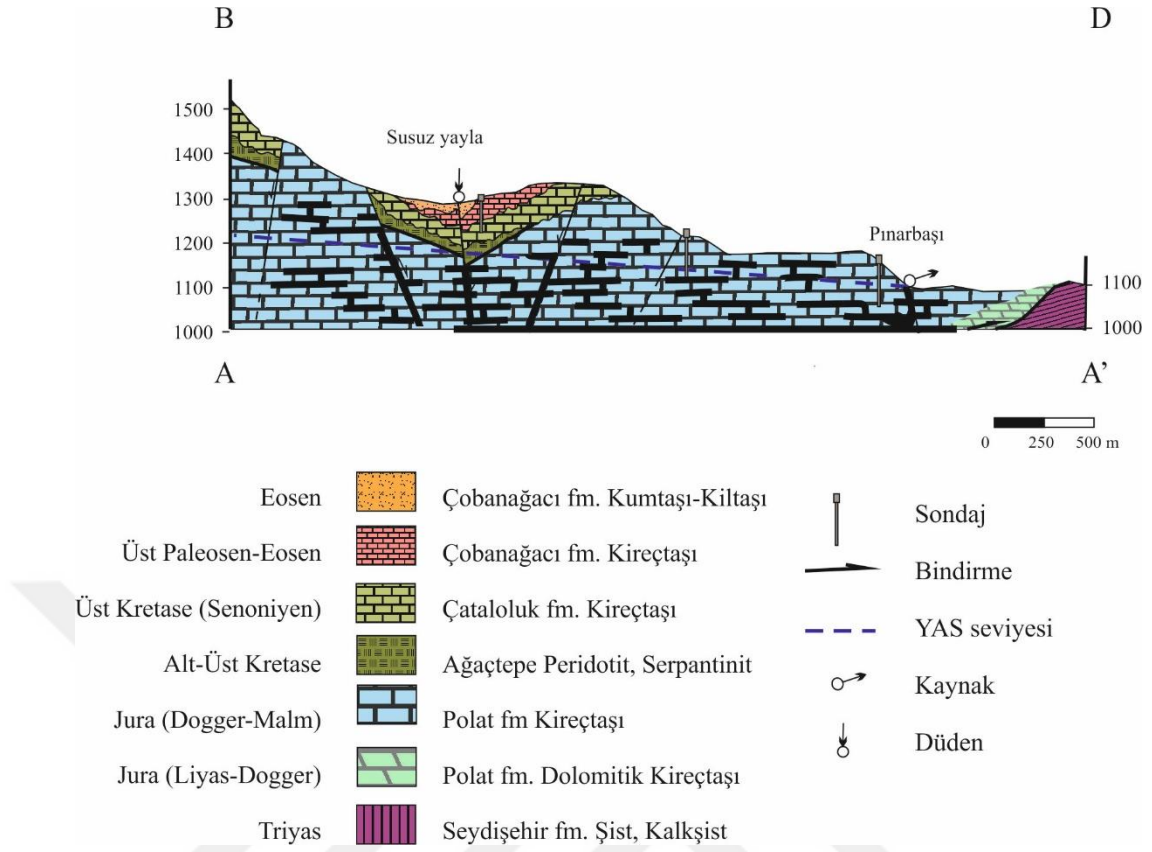
Enjeksiyon noktası ile kaynak noktası arasındaki mesafe ( $x$ ) ve izleyici ortalama geliş süresi ( $t_0$ ) bilindiği için,  $V_{\text{ort}}$  yukarıdaki eşitlik kullanılarak 1820 m/gün olarak hesaplanmıştır (

Çizelge 8.1). İzleyici boya Pınarbaşı Kaynağına diğer kaynaklardan daha önce ulaşmıştır. Muharrem Düdeni ile Pınarbaşı Kaynağı arasındaki mesafenin, düden ile diğer kaynaklar arasındaki mesafeden daha kısa olması ile süreksizlik ve karstik yapıların yoğunluğu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. İzleyici kemografındaki pikin dar olması ve konsantrasyonun ani düşümü, kaynak rezervuarının büyük olmadığına işaret etmektedir.

Çizelge 8.1 İzleme deneyi verileri

Enjeksiyon Zamanı	Enjeksiyon miktarı	$C_0$ (ppm)	$C_{max}$ (ppb)	$t_0$	$t_{max}$	x	$V_{ort}$
27.4.2017, 19.00	4 kg	$5 \cdot 10^4$	0,217	62 saat	68 saat	5000 m	1820 m/gün

Tez sahası içerisinde beslenme bölgesi olan Susuzyayla bölgesi ile boşalım noktası olan Pınarbaşı kaynağı arasında çizilmiş olan hidrojeolojik enine kesit şekil 8.6'da görülmektedir. Enjeksiyon düdeni olan Muharrem düdeni ile Pınarbaşı kaynağı arası yaklaşık olarak 5000 m mesafede olmasına rağmen yeraltısuyu akım yolunun uzunluğunun daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Kaynak boşalım hidrograflarının ve kaynak suyu kemograflarının verdiği ipuçlarına göre akifer içerisinde karstlaşma ileri boyutlara ulaşmıştır. Kaynak akiferi noktasal beslenmekte, yeraltında yüksek hızda taşınmakta ve düşük oranda depolanmaktadır.



Şekil 8.6 Susuz yayla Muharrem düdeni-Pınarbaşı kaynağı arası hidrojeolojik enine kesit

#### 8.4 Su Kimyası Analizleri

Tez sahasının büyük bir kısmı karbonatlı kayaçlarla kaplıdır (EK 1). Su örneklemeleri, Tınaztepe dolini, Pınarbaşı, Yağini, Böğet, Sk4, Alagöz ve Fası Boğazı kaynaklarında yapılmış, suların Şubat ve Mart 2017 analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Schoeller (1954) ve Piper (1944) grafiksel yöntemleri ile değerlendirilen suların, Tınaztepe dolininde Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> su tipinde olduğu, diğer kaynak sularının ise Ca-HCO<sub>3</sub> su tipinde oldukları belirlenmiştir (Çizelge 8.2-8.3). Tınaztepe Dolini'ne boşalan sularda dolomitik etki veya ofiyolitlerden kaynaklı Mg<sup>+2</sup> katkısı olduğu görülmektedir. Diğer su noktalarının tamamı kireçtaşından kaynaklı su tipini temsil etmektedir (Çizelge 8.7-8.8). Ocak ve Şubat 2017 döneminde bölgede çok fazla kar yağışı görülmesi ve hava sıcaklığının bu aylarda çok düşük olması nedeniyle, söz konusu dönemde tez sahasında kalın bir kar örtüsü bulunmaktadır. Mart 2017 ile birlikte yükselen hava sıcaklığının etkisiyle kar erimesi gerçekleşmiştir. Mart 2017 hidrokimyasal verilerinde Şubat

2017'ye göre bir seyrelme görülmektedir. Hidrokimyasal analiz sonuçları PhreeqC programı kullanılarak modellenmiştir.

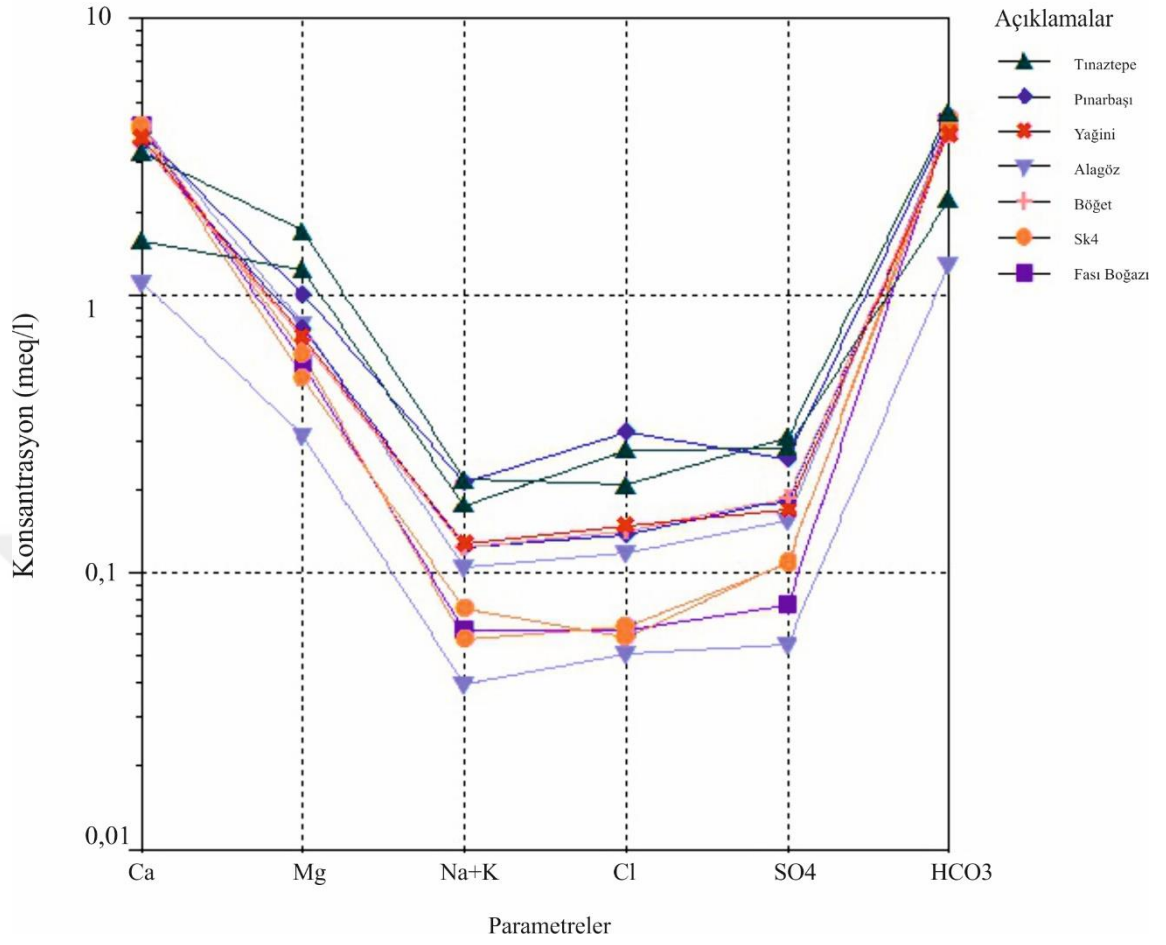
Çizelge 8.2 Şubat 2017 dönemi su kimyası değerleri (mg/l)

Numune Adı	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	EC	Su Tipi
Alagöz	22,43	3,78	0,91	0,43	1,80	2,65	79,3	7,64	366	Ca-HCO <sub>3</sub>
Pınarbaşı	76,63	12,30	4,84	0,47	11,42	12,41	262,3	7,95	388	Ca-HCO <sub>3</sub>
Tınaztepe	31,56	15,08	4,01	0,45	9,86	13,43	134,2	8,08	338	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
Sk4	81,35	7,40	1,33	0,40	2,25	5,11	262,3	8,17	420	Ca-HCO <sub>3</sub>

Çizelge 8.3 Mart 2017 dönemi su kimyası değerleri (mg/l)

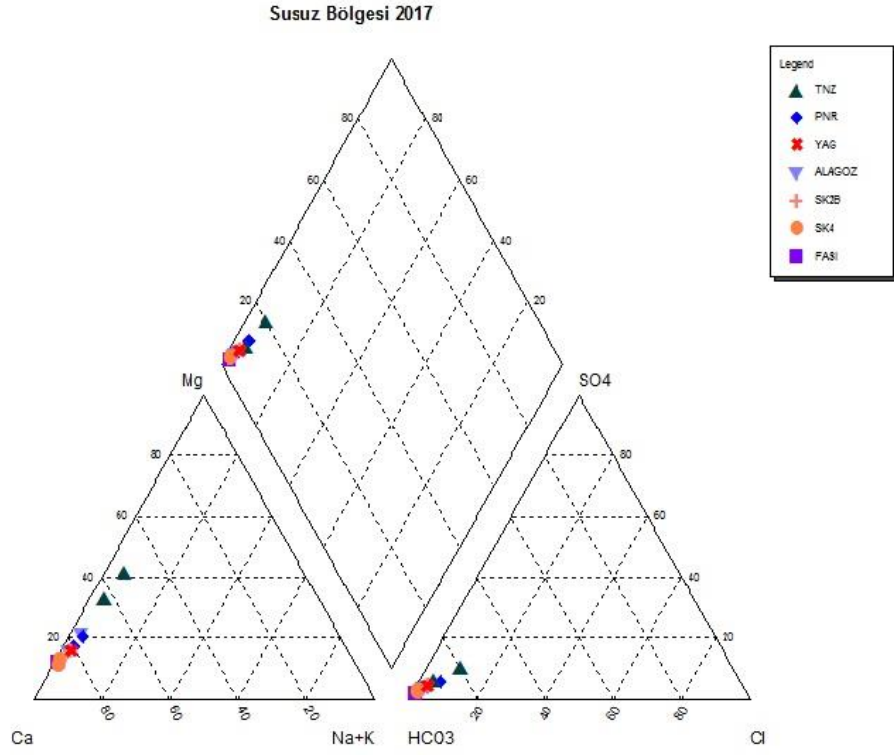
Numune Adı	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	EC	Su Tipi
Alagöz	81,63	9,47	2,39	1,14	4,16	7,37	256,2	7,61	384	Ca-HCO <sub>3</sub>
Pınarbaşı	70,06	9,16	2,83	0,59	4,79	8,72	231,8	7,88	353	Ca-HCO <sub>3</sub>
Yağini	73,12	8,54	2,89	0,49	5,19	8,05	231,8	7,81	347	Ca-HCO <sub>3</sub>
Fası Boğazı	81,36	6,86	1,42	0,31	2,18	3,65	256,2	7,72	370	Ca-HCO <sub>3</sub>
Tınaztepe	65,51	20,72	4,98	0,98	7,35	14,72	274,5	7,81	412	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
Böğet	70,87	8,26	2,83	0,56	4,98	8,90	231,8	7,62	373	Ca-HCO <sub>3</sub>
Sk4	78,68	6,06	1,69	0,36	2,07	5,23	244	7,64	359	Ca-HCO <sub>3</sub>

### Sular Schoeller Diyagramı



Şekil 8.7 Schoeller (1954) diyagramı (Şubat, Mart 2017)





Suların kalsit ve dolomit minerallerine doygunluk indisleri PhreeqC yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 8.4).

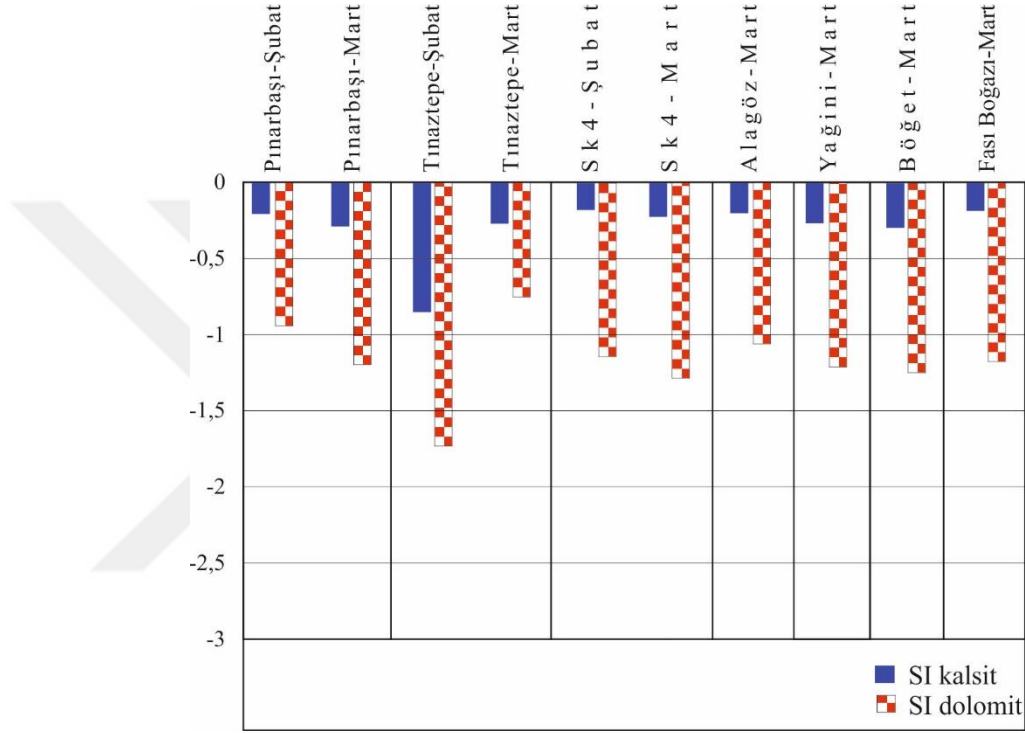
Çizelge 8.4 Kaynak sularında Doymunluk indisi değışimleri (Şubat-Mart 2017)

Numune adı	Numune alma tarihi	pH	EC	SI <sub>kal</sub>	SI <sub>dol</sub>
Alagöz	02.2017	7,64	366	-1,17	-2,84
	03.2017	7,61	384	-0,2	-1,05
Pınarbaşı	02.2017	7,95	388	-0,22	-0,95
	03.2017	7,88	353	-0,3	-1,2
Tınaztepe	02.2017	8,08	338	-0,85	-1,74
	03.2017	7,81	412	-0,27	-0,76
Sk4	02.2017	8,17	420	-0,18	-1,13
	03.2017	7,64	359	-0,22	-1,28
Fası	03.2017	7,72	370	-0,19	-1,18
Böğet	03.2017	7,62	373	-0,29	-1,24
Yağini	03.2017	7,81	347	-0,28	-1,21

Beslenme-boşalım süresinin kısa olması nedeniyle su-kayaç etkileşimi için yeterli süre geçmediğinden, sular minerallere doymun değildir. Şubat dönemindeki sular Mart dönemindeki sulara göre doymun olmaya daha yakındır. Buna, Mart (2017) ayında gerçekleşen kar erimesi etkisinin neden olduğu düşünölmektedir. Düşük iyon içeriğine sahip olan kar suyu alansal olarak akiferi beslediğinden hem daha kısa sürede kaynağa ulaşmakta, hem de akım yolu daha kısa olduğu için daha agresif olarak boşalmaktadır. Tez sahasındaki sular kalsit ve dolomitçe doymunluğa ulaşmamıştır. Suların yeraltı suyu akışı sırasında teması çoğunlukla kireçtaşları ile olduğu için kalsit minerali doymunluğa daha yakındır.

Pınarbaşı ve Sk4 kaynak sularında Mart (2017) örnekleri, Şubat (2017) örneklerine göre kalsit ve dolomitçe daha agresif durumdadırlar (Şekil 8.9). Bunun nedeni olarak Mart 2017’de gerçekleşen kar erimesi etkisi ile kaynak sularının iyon kimyası açısından seyrelmesi düşünölmektedir. Aksine Tınaztepe Dolini’nden alınan sular Mart (2017)

ayında gerçekleşen kar erimesi etkisi ile daha doygun hale gelmişlerdir. Bu doygunlaşma eğiliminin Ağaçtepe bölgesinden yüzeysel akışla gelirken daha fazla magnezyum çözerek doline ulaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Şubat (2017) ayında Tınaztepe dolinine giren sular çoğunlukla yağış suları olduğu için daha seyreltik bir iyon içeriğine sahip olduğu düşünülmektedir.



Şekil 8.9 Kaynak suları kalsit ve dolomit doygunluk indisi değerleri (Şubat-Mart 2017)

Karstik kaynak suları çekilme eğrilerinin difüzyon akıma karşılık geldiği dönemlerde, yeraltısu akım hızının düşük olması ve çoğunlukla matris gözenekliğinden gelen suları boşaltması nedeniyle kalsitçe ve/veya dolomitçe doygun olmaya daha yatkındırlar. Halbuki kanal yapılarının yaygın olduğu ve karstlaşmanın ileri boyutlara ulaştığı sistemlerde yüksek hızla taşınan yeraltı suyu, su-kayaç etkileşimi için yeterli zamanı bulamadığından kalsit ve dolomitçe daha agresif olması beklenir. Derin karstlaşma bölgelerinin üst kısımlarında yer alan sular kalsit ve dolomitçe daha agresif olurken derinlerde bulunan yeraltısu örneklerinin -karışım korozyonuna uğramamış ise- kalsit ve dolomitçe doygunluğa daha yakın olması beklenir. Bununla beraber

karstik boşluklar içerisinde ölü rezervuar olarak nitelendirilebilecek yapılarda veya sifon prensibi ile çalışan sistemlerde birikmiş yaşlı suların sistem büyüklüğüne bakılmaksızın kalsit ve/veya dolomitçe doygun olması beklenebilir. Fırtına dönemlerinde noktasal ve hızlı bir şekilde beslenen karstik akiferlerden boşalan kaynak suları daha agresif olması beklenirken, kar erimesi sonucu alansal olarak beslenen karstik akiferlerden boşalan kaynak sularının daha yüksek doygunluğa sahip olması beklenmektedir.



## 9. MİNERALOJİ ÇALIŞMALARI

Karstik kaynaklar tarafından taşınan sedimanlar, karst akiferinin beslenme ve boşalım ilişkisinin aydınlatılmasında hidrograf ve kemograf grafikleriyle elde edilen bilgilere önemli katkılar sağlamaktadır. Kaynak tarafından boşaltılan askı sedimanların tane boyu ile boşalım enerjisi arasında ilişki kurabilmek de mümkündür. Gelişmiş karst sistemlerinde geniş akım kanalları sayesinde yeraltısuyu yüksek hızda hareket etmekte, dolayısıyla hem büyük miktarda hem de daha iri tane çapına sahip taneleri taşıyabilmektedir. Bununla birlikte kaynak tarafından boşaltılan askı sedimanların mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi ve beslenme bölgesindeki litolojik birimlerle karşılaştırılması, akiferin beslenme bölgelerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

Bu kapsamda tez sahasında Pınarbaşı, Yağini ve Böğet kaynaklarının boşalttığı askı sedimanlar örneklenmiş, tane boyu dağılım analizleri yapılmıştır. Sedimanlarda ve beslenme bölgesinde yer alan litolojik birimlerde petrografik kesitler yapılarak karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş, kaynak beslenme-boşalım ilişkilerine katkı sağlayacak bulgular elde edilmiştir.

### 9.1 Tane Boyu Dağılım Analizleri

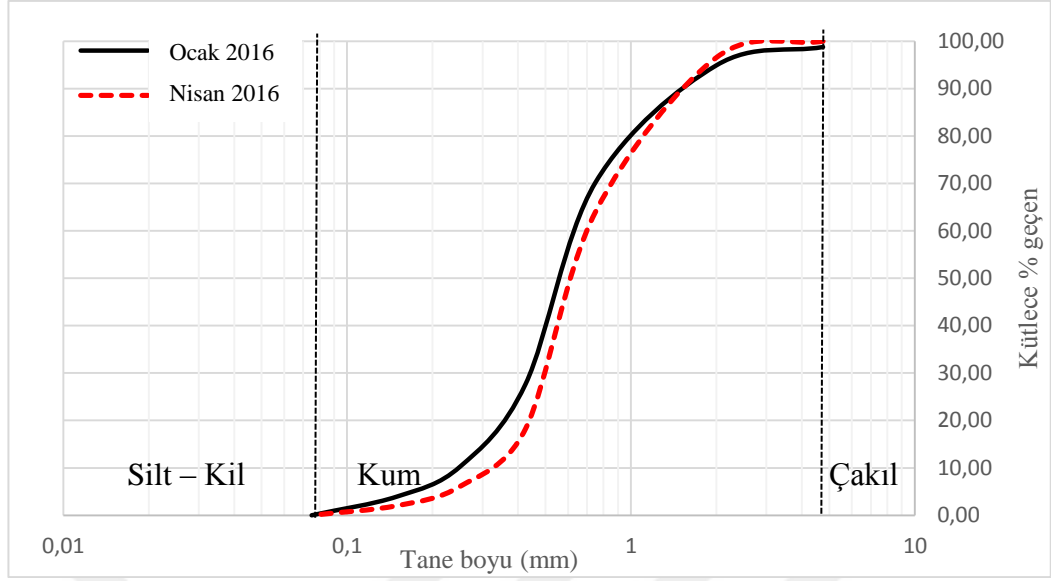
Çalışma alanı içerisinde yer alan kaynaklardan Pınarbaşı, Yağini ve Böğet kaynakları boşalım bölgesinde depolanan sedimanlardan örnekleme yapılmıştır. Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasında birikmiş olan sedimanlar kurak dönemin sonunda (Aralık 2015) ve yağışlı dönemin sonunda (Nisan 2016) ayrı ayrı örneklenmiştir (Şekil 9.1). Elde edilen sedimanlar üzerinde elek analizi yapılmış, tane boyu dağılım eğrileri çizilmiştir (Şekil 9.2). Analiz sonuçlarına göre, her iki dönemde de alınan sediman örneklerinin kötü derecelenmiş, iyi boylanmış orta-ince kum olduğu görülmüştür (Çizelge 9.1).

Çizelge 9.1 Kaynak boşalım noktalarından alınan sedimanların tane boyu dağılım parametreleri

Numune Adı	Numune Tarihi	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Cu	Derecelenme	Boylanma	Tür
Pınarbaşı	Ocak 2016	0,25	0,65	2,60	Kötü	İyi	İnce Kum
	Nisan 2016	0,32	0,70	2,18	Kötü	İyi	İnce Kum
Yağini	Ocak 2016	0,50	1,75	3,50	Kötü	İyi	Orta Kum
Yağini-15	Mart 2016	0,60	4,75	7,91	Orta-İyi	Kötü	Çakıllı İri Kum
Yağini-20	Mart 2016	0,44	1,30	2,95	Kötü	İyi	Orta Kum
Yağini-25	Mart 2016	0,46	1,05	2,28	Kötü	İyi	Orta Kum



Şekil 9.1 Yağini ve Böğet kaynaklarının boşalttığı sedimanların örnekleme (Ocak 2016)

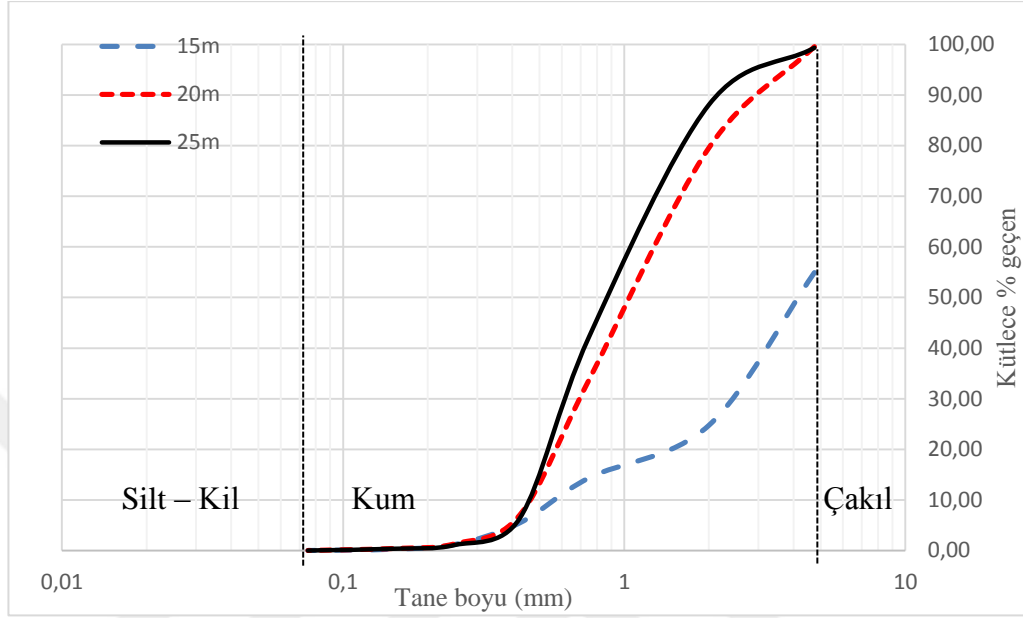


Şekil 9.2 Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasından alınan sedimanların tane boyu dağılım grafiği

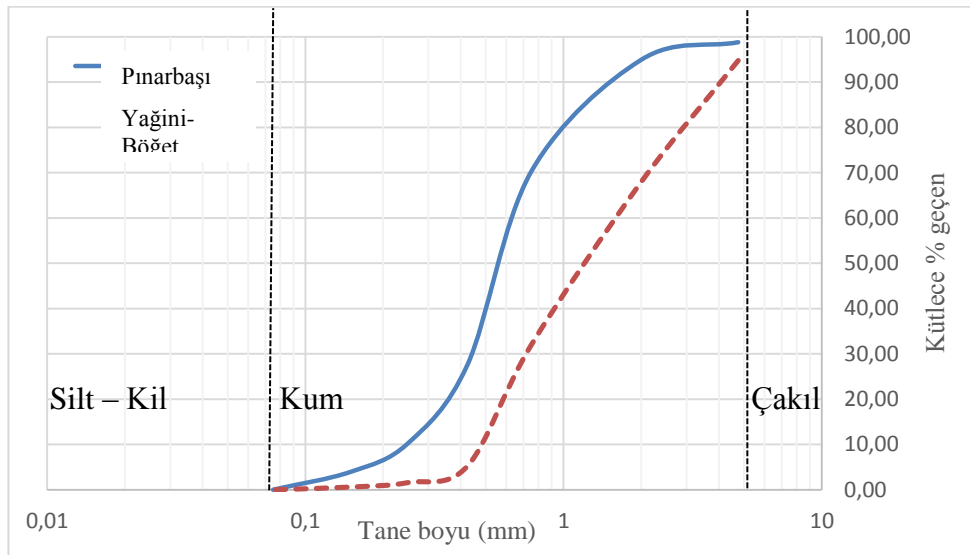
Yağini ve Böğüt kaynaklarının boşalım yaptığı noktadan itibaren biriken sedimanların tane boylarının mesafeye bağlı olarak değişimini incelemek amacıyla Mart 2016'da kaynak boşalım noktasından 15, 20 ve 25 m uzaklıkta sediman örnekleme yapılmıştır. Alınan sedimanlarda elek analizi yapılarak tane boyu dağılım eğrileri elde edilmiştir (Şekil 9.3). Analiz sonuçları, kaynak boşalım noktasından uzaklaştıkça sediman tane boyunun küçüldüğünü ortaya koymaktadır. Kaynak boşalım noktasına en yakın bölgede biriken sedimanlar orta-iyi derecelenmiş ve kötü boylanmış iri kum- çakıl boyutunda iken, 25 m uzaklığa gidildiğinde çoğunlukla kötü derecelenmiş, iyi boylanmış ince kum boyutunda sedimanların olduğu görülmektedir. Sedimanların depolandığı dere yatağı ortamı stabil olmadığından numunelerde savrulma, karışma ihtimali bulunmaktadır.

Ocak 2016'da Pınarbaşı ve Yağini kaynakları boşalım noktalarından alınan sediman numuneleri tane boyu dağılım eğrileri incelendiğinde, Pınarbaşı Kaynağı önündeki sedimanların daha kötü derecelendiği ve iyi boylandığı, Yağini kaynağındaki sedimanlara göre daha ince tanelerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 9.4). Yağini ve Böğüt kaynakları Pınarbaşı kaynağına göre yaklaşık 10 m daha yüksek kottan boşalım yaptığı için yüksek enerjiyle boşalım yapma ihtimalleri bulunmaktadır. Bu nedenle boşalım bölgesindeki taneler Pınarbaşı Kaynağı'ndaki tanelere göre daha iridir.

Pınarbaşı kaynağının aktif boşalım yaptığı dönemlerde Yağini ve Böğet kaynakları genellikle kurudur. Ani beslenmelerde anlık olarak boşaldıkları tahmin edilmektedir.



Şekil 9.3 Yağini ve Böğet kaynakları boşalım noktasından alınan sedimanların mesafeye bağlı tane boyu dağılım grafiği



Şekil 9.4 Aralık 2015 döneminde Pınarbaşı, Yağini ve Böğet kaynaklarından alınan sedimanların tane boyu dağılımı grafiği



## 9.2 Petrografik Değerlendirme

Pınarbaşı Kaynağı tarafından taşınan kum ve silt-kil boyu askı maddelerin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi, kaynak beslenme ve boşalım ilişkisinin aydınlatılması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bununla birlikte kaynaktan boşalan askı sedimanların köken kayacının belirlenmesi, kaynak sularında taşınan askı maddelere bağlı kirlilik riskinin de belirlenebilmesi açısından ayrıca önem arz etmektedir. Bu kapsamda tez sahası içerisinde farklı noktalardan alınan kayaç ve çakıl kum boyu numunelerin petrografik incelemelerinin yapılması amacıyla Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit ve Parlatma Laboratuvarında petrografik kesitleri yaptırılmış, kesitler mineralojik açıdan değerlendirilmiştir (

Çizelge 9.2).

Çizelge 9.2 Kayaç ve sediman örneklerinin mineral içerikleri

Örnek no	Formasyon	Gözlenen mineral	Yaş	Tür	Litoloji
Jr1	Polat Formasyonu	Kalsit	Jura	Ana kayaç	Kireçtaşı
Gö11	Seydişehir Formasyonu	Kalsit, kuvars	Triyas	Ana kayaç	Kalkşist
Gö12	Seydişehir Formasyonu	Kalsit, kuvars	Triyas	Ana kayaç	Kalkşist
Agc1	Dipsiz Göl Ofiyolit	Serpantin, Kalsit	Kretase	Ana kayaç	Ofiyolit
Sy2	Çataloluk Formasyonu	Kalsit	Senoniyen	Ana kayaç	Kireçtaşı
Sy3	Çobanağacı Formasyonu	Kalsit	Eosen	Ana kayaç	Kireçtaşı
Pnr1	Pınarbaşı Kaynağı	Kalsit	Güncel	Kum	
Pnr2	Pınarbaşı Kaynağı	Kalsit, Serpantin, Kuvars	Güncel	Kum	
Pnr3	Pınarbaşı Kaynağı	Kalsit	Güncel	Kum	
Pnr4	Pınarbaşı Kaynağı	Kuvars, Kalsit	Güncel	Kum	
Pnr5	Pınarbaşı Kaynağı	Plajiyoklaz, Kuvars	Güncel	Kum	

Öncelikle, Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasından çakıl boyutunda malzemeler toplanmıştır. Çakılların yuvarlaklaşmış olması ve farklı formasyonlara ait kayaç parçacıklarının kaynak noktasında gözlenmiş olması, tanelerin uzak mesafeler kat ederek kaynağa ulaştığı hipotezini doğrular niteliktedir (Şekil 9.5).

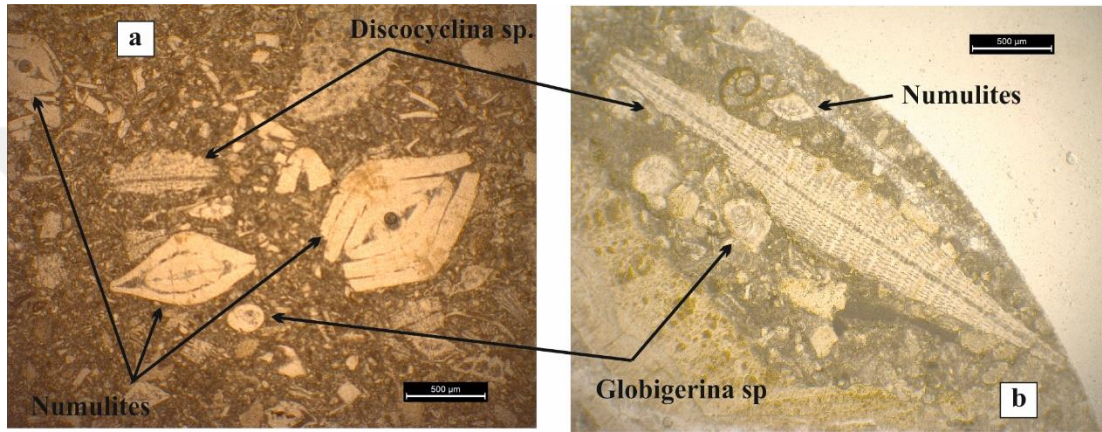


Şekil 9.5 Pınarbaşı kaynağı önünden alınan farklı litolojilere ait çakılların makroskobik görüntüsü

Bununla birlikte ilk bakışta makroskobik olarak çakılların bazılarının ofiyolitik birimlerden, bazılarının karbonatlı birimlerden olduğu, bazılarının ise kırıntılı birimlere ait olduğu anlaşılmaktadır. Kaynak boşalım noktasından alınan çakıl ve kum boyutundaki kayaç parçacıklarının değerlendirilebilmesi için, tez sahası içerisinde yer alan formasyonların tamamından temsil edici nitelikte kayaç numuneleri alınmış ve ana kayaçlarda petrografik kesitler çıkarılmıştır. Kayaçların dokuları, matriks bileşimleri, paleontolojik özellikleri, ikincil kırık-çatlaklar ve ikincil mineral oluşumları tespit edilmiştir.

Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasından alınan sedimanların petrografik kesitleri incelendiğinde farklı formasyonlara ait parçacıklar içerdikleri görülmüştür. Susuz Yayla mevkiinde yer alan Çobanağacı Formasyonu Üst Paleosen ve Alt Eosen yaşlı

kireçtaşları ve kırıntılı birimlerden oluşmaktadır. Çobanağacı Formasyonu kireçtaşları mikroskop altında incelendiğinde biyomikritik kireçtaşları oldukları belirlenmiştir. Eosen yaşlı kireçtaşları bol miktarda planktonik foraminifer (*Globigerina*, *Acarinina* sp) içermektedir. Ayrıca *Numulites* ve *Discocyclina* sp fosillerine de yoğun olarak rastlanmıştır. Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasından alınan kumlarda yapılan ince kesitler ile Çobanağacı Formasyonu kireçtaşı ana kayacından alınan ince kesitler karşılaştırıldığında aynı fosilleri içerdikleri görülmüştür (Şekil 9.6).

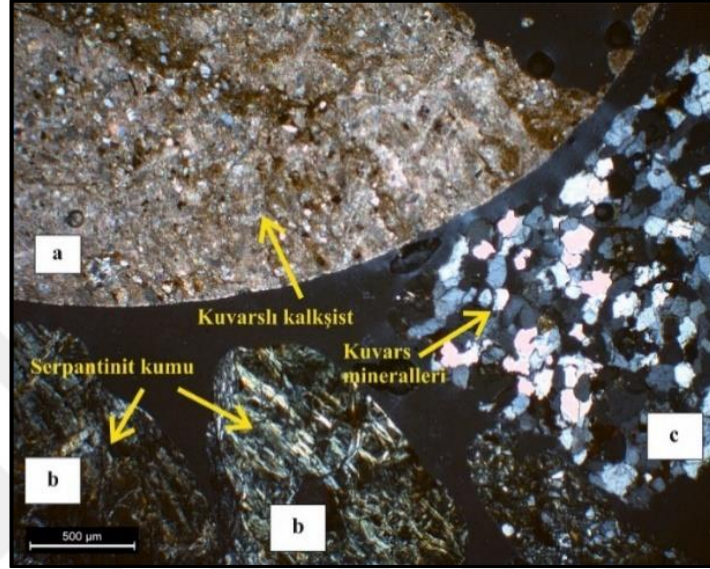


Şekil 9.6 Sy3 kodlu Çobanağacı formasyonu kireçtaşlarında (a) ve Pnr kodlu Pınarbaşı kaynağı kumlarında (b) görülen bazı Eosen dönemi fosilleri

Sığ şelf ortamında yaşayan bu fosiller Çobanağacı formasyonunun Eosen döneminde sığ denizel bir ortamda çökeldiğini göstermektedir. İnce kesitlerde Eosen yaşlı bazı fosillerin çatlaklı ve kırıklı olarak izlenmesi neotektonik etkinin varlığını işaret etmektedir. Kaynak sedimanları içerisinde kalkşist, kuvars ve serpantin mineralleri içeren kayaç parçacıkları yer aldığı görülmektedir (Şekil 9.7). Bu kayaç parçacıklarının Çobanağacı ve Seydişehir formasyonu ile Dipsiz Göl ofiyolitlerine ait olduğu tahmin edilmektedir.

Pınarbaşı, Yağini ve Böğet kaynakları tarafından boşaltılan askı sedimanların mineralojik bileşimlerinin ve ana kayaç ile ilişkilerinin belirlenebilmesi amacıyla kaynak sedimanları ve litolojik birimlerden alınan örneklerde Tüm Kayaç XRD analizleri yapılmıştır. Tez sahasının büyük çoğunluğunu oluşturan Polat Formasyonu kireçtaşlarının Tüm Kayaç XRD difraktogramları, kireçtaşlarında baskın mineralin

kalsit olduğunu göstermiştir (EK 3). Fakat, özellikle Aaçtepe mevkiinde yüzeylenen ofiyolitik birim ile Susuzyayla dolaylarında yaygın olarak bulunan obanağacı Formasyonu kırıntılı birimlerinin Tüm Kayaç XRD difraktogramlarında kuvars, plajiyoklaz, serpantin ve kil minerallerinin olduğu tespit edilmiştir (izelge 9.3).



şekil 9.7 Pnr2 kodlu Pınarbaşı kaynağından alınan kalkşist (a), serpantinit (b) ve kuarşlı kumtaşı (c) tanelerinden oluşan kum boyutu malzemenin çift nikol görüntüsü

Çizelge 9.3 Ana kayaç ve kum örneklerinde XRD tüm kaya analizi ile belirlenen mineraller

Örnek no	Örnekleme yeri	Formasyon	Litoloji	Örnek türü	Analiz türü	Mineraller
GÖL1	Gölyüzü	Seydişehir fm.	Kalkışist	Ana kayaç	XRD tüm kayaç	Kuars, Kalsit, Kil mineralleri
DİP-PNR	Susuz	Polat fm.	Kireçtaşı	Ana kayaç	XRD tüm kayaç	Kalsit,
AGC1	Ağaçtepe	Dipsiz Göl Ofiyolit	Ofiyolit	Ana kayaç	XRD tüm kayaç	Serpantin, Kalsit
SY2	Susuzyayla	Çataloluk fm.	Kireçtaşı	Ana kayaç	XRD tüm kayaç	Kalsit
SY4	Susuzyayla	Çobanağacı fm.	Kiltaşı	Ana kayaç	XRD tüm kayaç	Kuars, Plajiyoklaz, Kalsit, Kil mineralleri
PNR1	Pınarbaşı kaynağı	-		Sediman	XRD tüm kayaç	Kalsit, Kuvars, Serpantin, Plajiyoklaz, Kil mineralleri,
YAG2	Yağini kaynağı	-		Sediman	XRD tüm kayaç	Kalsit, Kuvars, Serpantin, Plajiyoklaz, Kil mineralleri
YAG3	Böğet kaynağı	-		Sediman	XRD tüm kayaç	Kalsit, Kuvars, Serpantin, Plajiyoklaz, Kil mineralleri
PNR2	Pınarbaşı kaynağı	-		Askı madde (silt-kil)	XRD tüm kayaç	Kalsit
SY5	Muharrem düdeni	-		Sediman	XRD tüm kayaç	Kuars, Kaolinit, Plajiyoklaz, Hematit

Ağaçtepe bölgesinde yer alan Dipsiz Göl ofiyolitlerinden alınmış kayaç numunesinin tüm kayaç XRD analiz sonucuna göre kayacın genelini kalsit ve serpantin minerallerinin oluşturduğu görülmüştür (EK 4). Ofiyolitik birimde çok fazla ikincil kalsit oluşumu görüldüğünden tüm kayaç XRD analiz sonuçlarında da kalsit piklerine rastlanmıştır.

Susuzyayla bölgesinde yer alan Eosen yaşlı Çobanağacı formasyonundan alınan ana kayaç (kireçtaşı ve kiltaşı-çamurtaşı) numunelerinin Tüm Kayaç XRD difraktogramları incelendiğinde, kayacın kalsit, kuvars, kil mineralleri ve plajiyoklaz içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle kil mineralleri içermesi açısından öneme sahip olan Çobanağacı formasyonu kırıntılı birimlerinin plajiyoklazlarının alterasyonu sonucu killeşme

meydana geldiği düşünülmektedir. Klorit, illit, kaolinit ve simektit grubu kil içerdiği belirlenen Çobanağacı formasyonu kırıntılı birimleri, Pınarbaşı Kaynağında oluşabilecek bir kirliliğin odak noktasını oluşturma potansiyeline sahiptir. Kil minerallerinin tam olarak belirlenebilmesi için Detay Kil XRD difraktogram çekimi yapılması önerilmektedir.

Susuzyayla mevkiinde bulunan Paleosen yaşlı kireçtaşları kırıklı-çatlaklı bir morfoloji sunmaktadır. Birimlerin süreksizlik düzlemleri içermesi ve karstlaşması nedeniyle bölgede büyük düdenler bulunmaktadır. Muharrem düdeni içerisinden alınan kum örneğinin tüm kayaç XRD difraktogramları değerlendirildiğinde, kuvars, kaolinit, feldispat ve hematit mineralleri içerdiği tespit edilmiştir (EK 5). Muharrem düdeninin Pınarbaşı Kaynağı beslenme bölgesinde yer aldığı Bölüm 5'te değinilen izleme deneyi ile doğrulanmıştır. Muharrem düdeni çevresinde bulunan Çobanağacı formasyonuna ait kırıntılı birimler çok miktarda kuvars ve plajiyoklaz mineralleri içermekte, bu minerallerin alterasyonu sonucunda da kil mineralleri oluşabilmektedir (EK 6). Bu kapsamda değerlendirildiğinde, Susuzyayla bölgesinde yer alan Çobanağacı formasyonu kırıntılı birimleri ile Pınarbaşı Kaynağı arasında kil mineralleri vasıtasıyla bakteriyolojik ve ağır metal kirliliği taşınımı gerçekleşmesi mümkün olabilecektir.

Gölyüzü bölgesinde yüzlek veren Seydişehir şistlerinde ana kayaçtan (kalkışist-kil) alınan numunenin Tüm Kayaç XRD difraktogramı değerlendirildiğinde, formasyonun kuvars, kalsit ve kil minerallerinden oluştuğu tespit edilmiştir (EK 7). Kil minerallerinin tam olarak belirlenebilmesi amacıyla Detay Kil XRD çekimi yapmak gerekmele birlikte, çoğunlukla feldspatların alterasyon ürünü olarak killeşmenin gerçekleştiği düşünülmektedir.

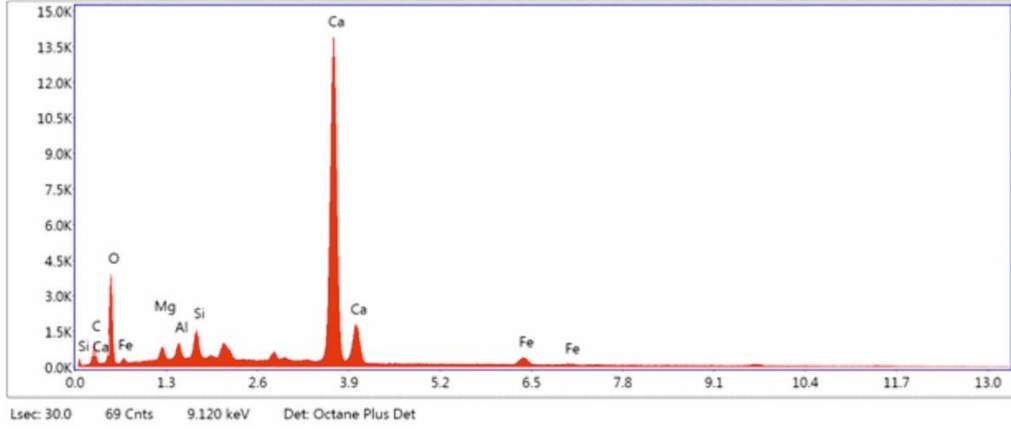
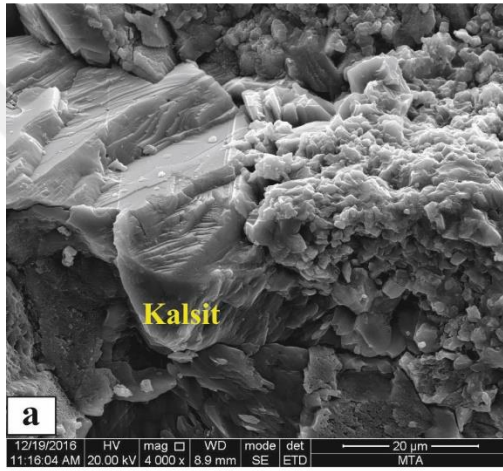
Tez sahasındaki formasyonlardan alınan kayaçlara ait mineralojik bileşimler belirlendikten sonra Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasında yer alan sedimanların tüm kayaç XRD difraktogramı değerlendirilmiştir. Pınarbaşı kumları incelendiğinde Çobanağacı ve Seydişehir formasyonundan gelebileceği düşünülen kuvars, Polat ve Çataloluk formasyonundan kalsit, Ağaçtepe bölgesinde yer alan ofiyolitlerden serpantin, yine Çobanağacı ve Seydişehir formasyonundan plajiyoklaz ve

plajiyoklazların alterasyonu sonucu oluştuğu düşünülen kil mineralleri bulunduğu belirlenmiştir (EK 8). Aynı minerallerin Yağini ve Böğüt kaynaklarının boşalım noktalarından alınan kum örneklerinde de bulunduğu görülmüştür (EK 9). Özellikle Gölyüzü bölgesinde yüzlek veren Seydişehir şistlerinin, karstik akiferin tabanında geçirimsiz birim olarak bulunduğu düşünüldüğünde, Pınarbaşı ve diğer kaynaklardan alınan kum boyutundaki kayaç parçacıklarının içerisinde şistlere ait kum tanelerinin bulunması, karstlaşmanın kaynak boşalmasına yakın bölgede tabana kadar ulaştığı fikrini güçlendirmektedir. Kaynağın beslenme alanına doğru karbonat istifinin kalınlığı artmaktadır. Bu bölgelerde kaynağı besleyen karst sisteminin altında bir alt sistem de olabilecektir. Pınarbaşı Kaynağı bu nedenle Estevelle olarak değerlendirilmiştir (Çelik vd. 2017).

Pınarbaşı Kaynağında taşınan kum ve silt-kil boyutundaki askı sedimanların dokusal özelliklerinin belirlenmesi, karbonat içeren askı maddelerin yüzeylerinde çözünme izleri ve kil minerali varlığının belirlenebilmesi için kumlarda ve askı maddelerde SEM analizleri gerçekleştirilmiştir. SEM analizleri ile kum boyutundaki askı sedimanların yüzeyleri yüksek çözünürlükle fotoğraflanmıştır. Özellikle askı sedimanlar içerisindeki kalsit minerallerinin yüzeylerindeki çözünme izlerinin belirlenebilmesi amacıyla, ana kayaktan da numune alınmış, sediman ve ana kayadaki kalsit minerallerinin kristal yapıları karşılaştırılmıştır. Çataloluk formasyonu kireçtaşlarından alınan ana kayaç ve Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasından alınan kum numunelerinin SEM ve EDS analizleri karşılaştırıldığında ana kayaç örneğinde kalsit minerallerinin öz şekilli olduğu belirlenmiştir. Ana kayada görülen kalsit minerallerinde çözünme izine rastlanmazken, kaynak boşalım noktasından alınan kum boyu kayaç parçacıklarında yer alan kalsit minerallerinde çözünme izleri ile birlikte ipliksi kil minerallerinin varlığı da dikkat çekicidir (Şekil 9.8). Pınarbaşı Kaynağından alınan PNR-2 kodlu kum örneğinde yapılan EDS sonuçlarına göre EDS noktasındaki mineralin kütlece % 42 Ca, % 45 O ve % 4,59 C atomlarından oluştuğu tespit edilmiştir (Çizelge 9.4).

Çizelge 9.4 PNR-2 kodlu sediman örneğine ait EDS değerleri

Element	Kütlece %	Atomik %	Net Int.	Hata %
C	4.59	8.41	177.49	9.54
O	45.01	61.94	1457.35	10.14
Mg	3.89	3.52	730.61	7.45
Al	0.46	0.38	107.92	11.65
Si	2.65	2.08	759.09	5.29
Ca	42.34	23.26	8405.66	1.40
Fe	1.06	0.42	96.78	12.61



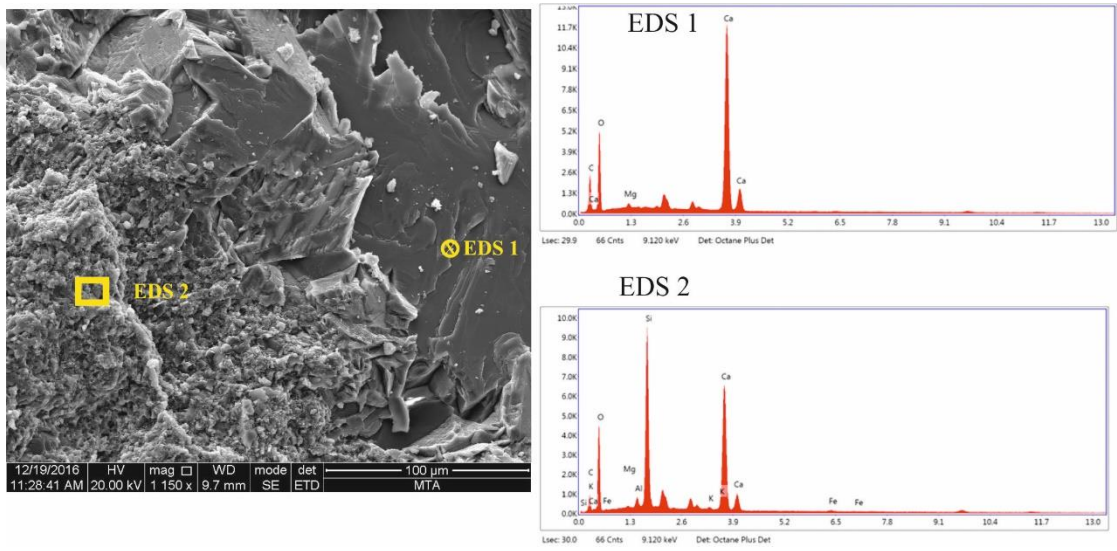
Şekil 9.8.a Çataloluk Formasyonu'ndan alınan SY-2 kodlu ana kayaç, b. Pınarbaşı Kaynağından alınan PNR-2 kodlu sediman ve (b) örneğine ait SEM fotoğrafı ve işaretlenen noktaya ait EDS analiz sonucu

Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasından alınan sedimanlardaki kalsitlerin üzerinde yapılan noktasal ve alansal EDS analizleri, kalsit üzerinde alüminyum silikat



minerallerinin taşındığını da göstermektedir. Şekil 9.9'da Çobanağacı Formasyonu ana kayaktan alınmış (kireçtaşı) örneğin SEM görüntüsü ve noktasal EDS analiz sonuçları görülmektedir. Ana kayacda EDS 1 noktasında kalsit mineraline rastlanmıştır. Kalsit mineralinin öz şekilli olduğu görülmektedir. Kalsit minerali üzerinde EDS 2 bölgesinde alansal EDS analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu alüminyum silikat mineraleri olduğunu göstermektedir. Her iki noktada gerçekleştirilen EDS sonuçları Çizelge 9.5 ve

Çizelge 9.6'da görülmektedir.



Şekil 9.9 Çobanağacı formasyonu kireçtaşından alınmış SY-3 kodlu ana kayac örneğinin SEM görüntüsü ve iki farklı noktasal EDS analiz sonucu

Çizelge 9.5 SY-3 kodlu kireçtaşı örneğinde EDS 1 noktasına ait EDS sonuçları

Element	Kütlece %	Atomik %	Net Int.	Hata %
C	11.53	18.83	326.51	7.72
O	50.83	62.35	1007.82	10.13
Mg	1.21	0.98	130.87	10.00
Ca	36.43	17.84	4238.21	1.56

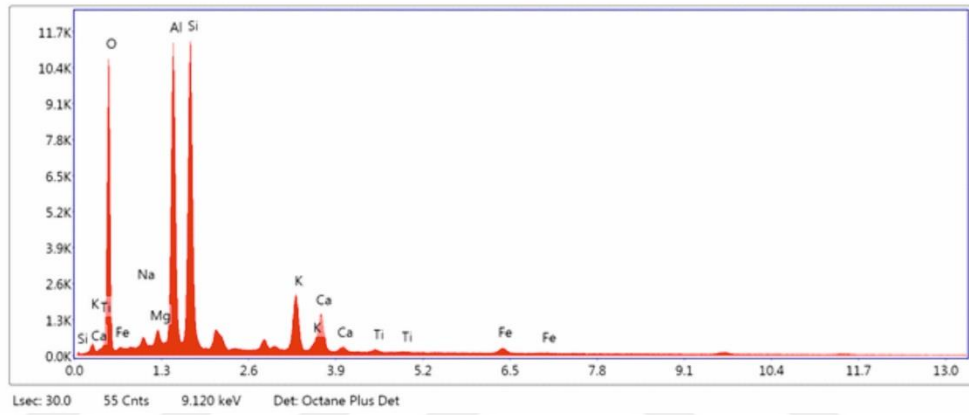
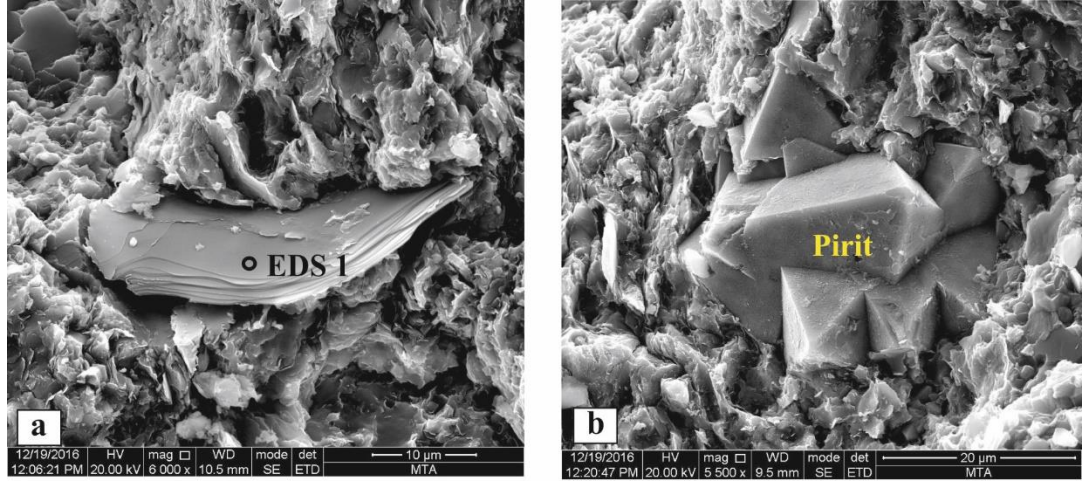
Çizelge 9.6 SY-3 kodlu kireçtaşı örneğinde EDS 2 alanına ait EDS sonuçları

Element	Kütlece %	Atomik %	Net Int.	Hata %
C	9.70	16.26	114.61	15.11
O	45.70	57.51	861.89	10.04
Mg	0.19	0.16	18.81	25.23
Al	1.03	0.77	128.11	8.42
Si	16.70	11.97	2442.95	3.91
K	0.42	0.22	48.82	16.50
Ca	25.73	12.93	2361.84	1.90
Fe	0.52	0.19	22.81	27.26

Yağini kaynağı boşalım noktasından alınan sedimanların arasında kuvars içeriği yüksek kumların bulunduğu, petrografi ve XRD analizleri ile belirlenmiştir. Fakat bu kumların Susuzyayla bölgesinde yüzlek veren Çobanağacı formasyonu kırıntılı birimlerine ait kumlar mı yoksa Seydişehir şistlerinden mi geldiği konusu tam olarak aydınlatılamamıştır. SEM-EDS analizleri ile bu kumların çoğunlukla alüminyum silikat minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Pınarbaşı Kaynağı beslenme bölgesini oluşturan Susuzyayla dolaylarından Çataloluk formasyonu kireçtaşları, Çobanağacı formasyonu kireçtaşları ve Çobanağacı formasyonu kırıntılılarından kayaç numuneleri alınmıştır. Çobanağacı formasyonuna ait kırıntılı birimlerde kil mineralleri ve pirit mineralleri de gözlenmiştir (Şekil 9.10). EDS 1 noktasında yapılan EDS analizi sonuçları Çizelge 9.7’de görülmektedir. Buna göre; analiz yapılan kayacın alüminyum silikat minerallerince zengin olduğu belirlenmiştir.

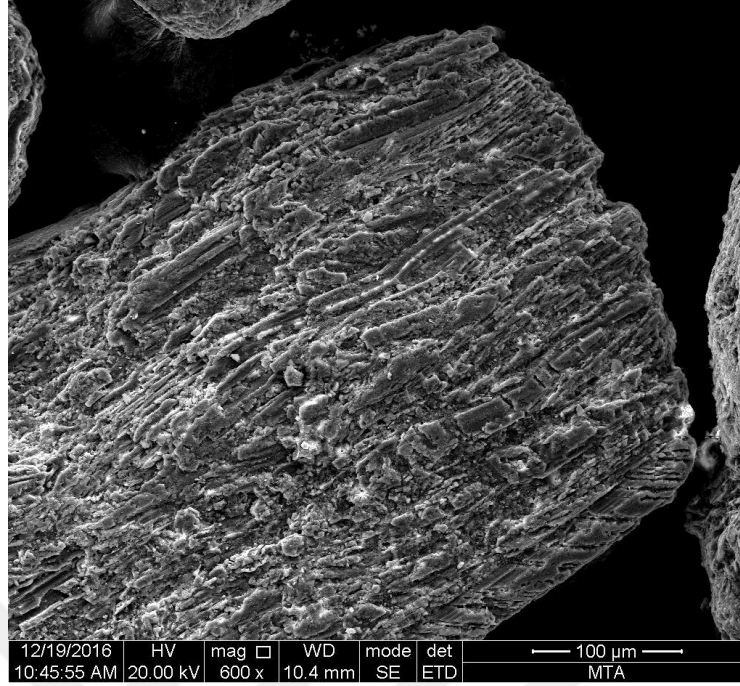
Çizelge 9.7 SY-4 kodlu örnekte EDS 1 noktasına ait EDS sonuçları

Element	Kütlece %	Atomik %	Net Int.	Hata %
O	48.86	63.58	2012.33	8.53
Na	1.84	1.67	136.67	10.22
Mg	1.39	1.19	185.02	8.47
Al	17.26	13.32	2794.77	4.69
Si	19.68	14.59	2997.85	4.98
K	5.59	2.98	710.42	3.31
Ca	4.53	2.35	488.56	3.59
Fe	0.51	0.19	28.79	21.72



Şekil 9.10 Çobanağacı formasyonu kumtaşı-çamurtaşı ana kayacından alınan SY-4 kodlu numunelerin SEM fotoğraflarında a. kil minerali, b. pirit minerali görüntüsü ve noktasal EDS analizi

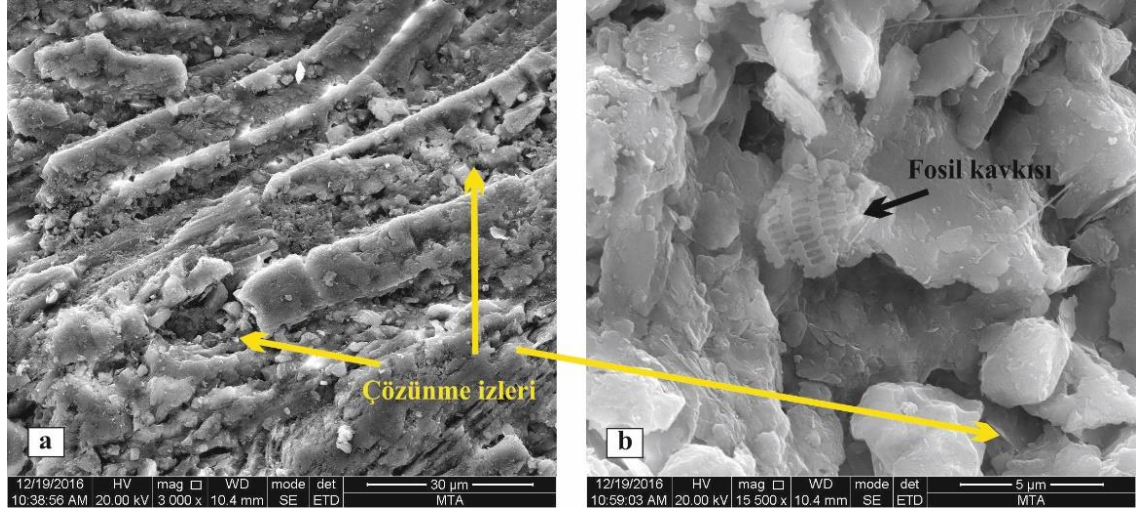
Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasından alınan PNR-1 kodlu kum numunesinin SEM fotoğrafı şekil 9.11’de verilmiştir. Kum tanesi üzerinde yapılan EDS sonuçlarına göre taneciğin % 27’si Ca, % 52’si O ve % 4’ü C’den oluşmaktadır (Çizelge 9.8). Analiz sonuçlarına göre taneciğin kalsit minerali olduğu anlaşılmaktadır. PNR-1 ve Yağini Kaynağı boşalım noktasından alınan YAG-3 kodlu sediman örneklerine yakından bakıldığında, kalsit mineralleri üzerinde çözünme izleri ile Yağini Kaynağı sediman örneğinde bir fosile ait kavkı parçası görülmektedir (Şekil 9.12). Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasından alınan sediman numunesinde kalsit minerallerinde belli bir yönlenmenin oluşu, kum tanesinin Seydişehir formasyonuna ait kalkıştlerden gelmiş bir kum tanesi olabileceği fikrini güçlendirmektedir. Bununla birlikte Yağini Kaynağı boşalım noktasından alınan kum tanesinde görülen fosil kavkısı, kum tanesinin Çobanağacı formasyonu kireçtaşlarına ait olabileceğini göstermektedir.



Şekil 9.11 Pınarbaşı kaynağı boşalım noktasından alınan kalsit kumunda çözünme izleri

Çizelge 9.8 PNR-1 kodlu sediman numunesine ait EDS değerleri

Element	Kütlece %	Atomik %	Net Int.	Hata %
C	4.33	7.45	82.92	19.13
O	52.67	68.10	1393.00	9.60
Mg	3.96	3.37	434.71	7.90
Al	2.01	1.54	271.73	7.42
Si	4.82	3.55	786.30	5.14
K	0.28	0.15	41.67	19.09
Ca	27.46	14.17	3169.54	1.67
Mn	2.54	0.96	154.11	6.62
Fe	1.93	0.72	104.83	8.41

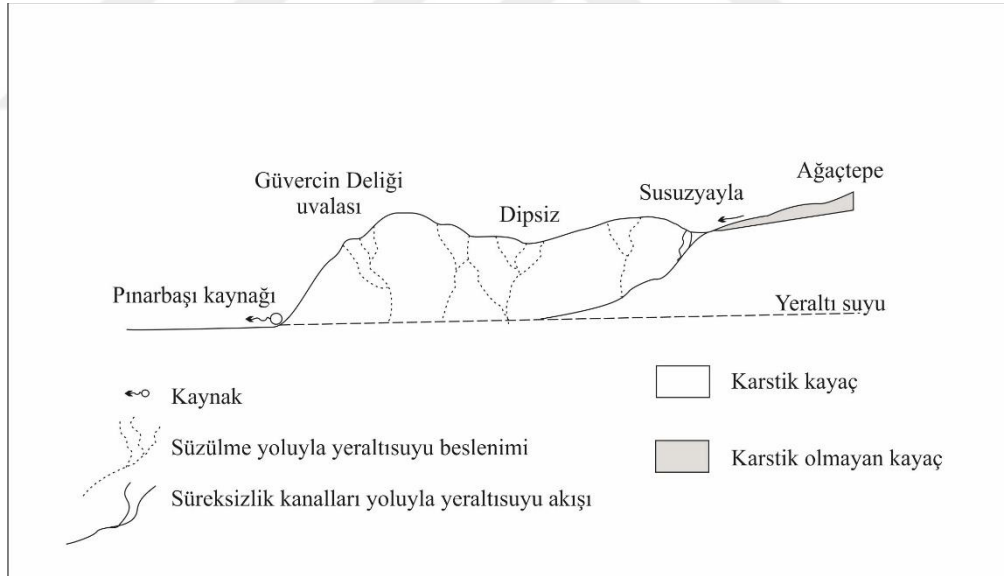


Şekil 9.12 PNR-1 kodlu Pınarbaşı (a) ve YAG-3 kodlu Yağini (b) kaynak boşalım noktasından alınan sedimanlarda SEM fotoğrafları ve kalsit mineralleri üzerinde çözünme izleri

## 10. KARST AKİFERİNİN BESLENME-BOŞALIM İLİŞKİSİ

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen hidrojeoloji, hidrograf, kemograf, hidrojeokimya ve mineraloji incelemelerinin sonucunda Pınarbaşı Kaynağının beslenme ve boşalım ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

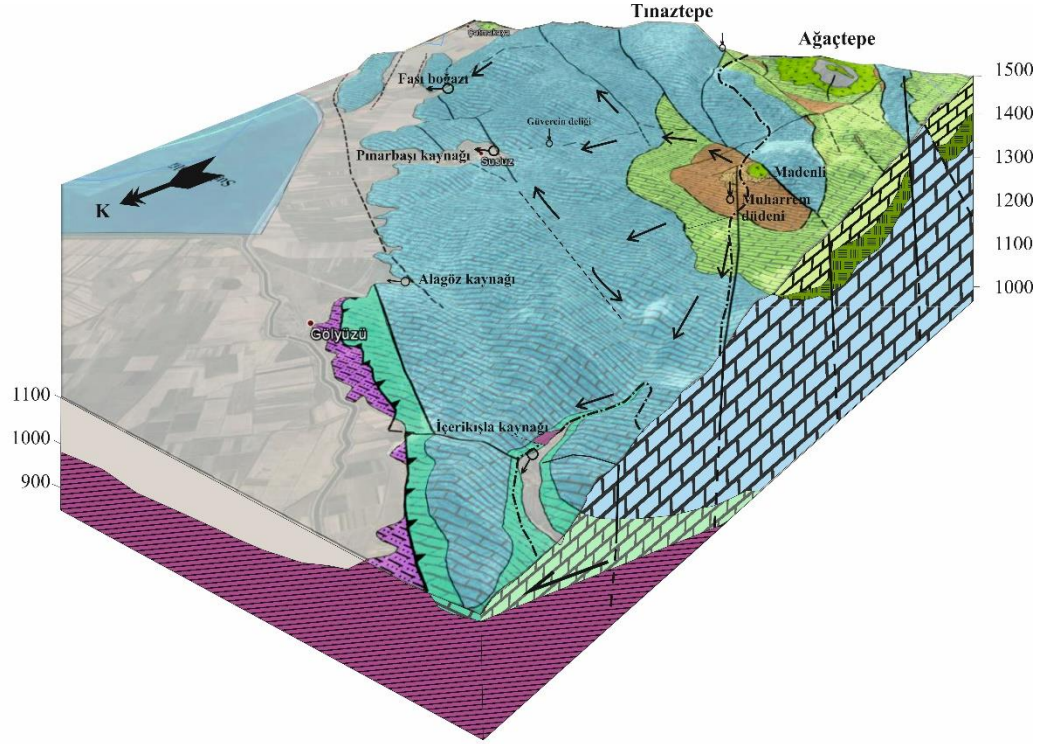
Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasında Dipsiz Göl ofiyolitlerine, Çobanağacı Formasyonu fosilli kireçtaşlarına ve kırıntılı birimlerine ait çakıl ve kum boyu kayaç parçaları görüldüğü için kaynağın allojenik beslenmeye uğradığı düşünülmektedir. Kaynak noktasında Polat Formasyonu kireçtaşlarına ait çakıl ve kumlar ile silt-kil boyu askı maddelerin de görülmesinden dolayı kaynağın aynı zamanda otojenik olarak da beslendiği anlaşılmaktadır. Bu değerlendirmelerin ışığında, Ford ve Williams (1989)'a göre Pınarbaşı Kaynağı akiferinin hem otojenik hem de allojenik olarak beslenen bir akifer sistemi olduğu belirlenmiştir (Şekil 10.1).



Şekil 10.1 Pınarbaşı Kaynağı beslenme ve boşalımının şematik gösterimi (Ford ve Williams (1989)'dan değiştirilerek alınmıştır)

Tez sahasında yer alan düdenler genellikle fay kuşaklarında bulunmaktadır (EK 1). Düdenler özellikle Susuzyayla dolayında ve Güvercin Deliği Mağarası önündeki Güvercin Deliği vadisi içinde yer almaktadır. Bu düdenlerin karst sisteminin beslenmesi

ile doğrudan ilişkili olduğu düşünülmektedir. Muharrem Düdeninde yapılan boya enjeksiyonu ile Susuzyayla bölgesi ile Pınarbaşı Kaynağı arasında beslenme-boşalım ilişkisi olduğu ve bu iki nokta arasında yeraltısuyu akım hızının 1820 m/gün olduğu belirlenmiştir (Şekil 10.2).



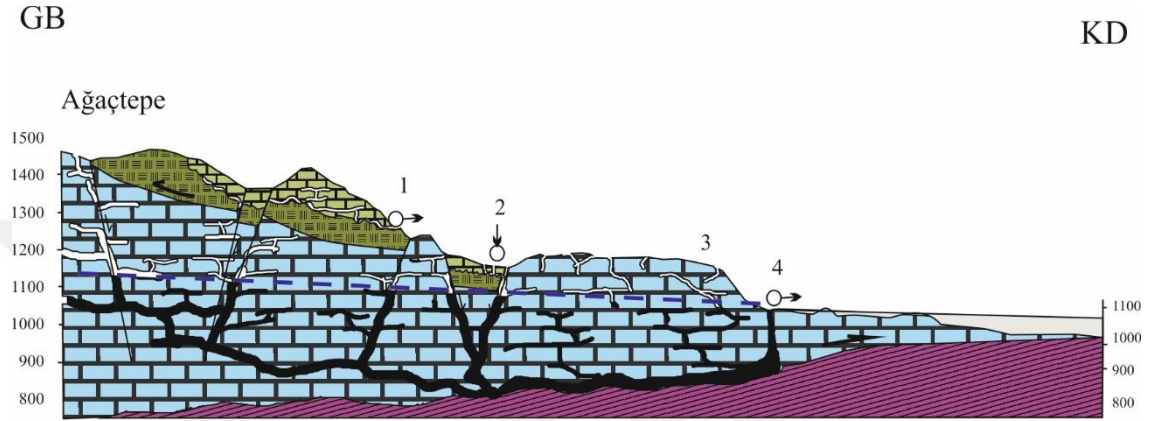
#### AÇIKLAMA

KUVATERNER	ALÜVYON		Düden		Normal fay
EOSEN	KUMTAŞI-ÇAMURTAŞI		Kaynak		Ters fay
ÜST PALEOSEN-EOSEN	KİREÇTAŞI		Yeraltı suyu akım yolu		Bindirme fayı
ÜST KRETASE (SENONİYEN)	KİREÇTAŞI		Otoyol		Olası fay
ALTI-ÜST KRETASE	OFİYOLİT, SERPANTİNİT				
JURA (DOGGER-MALM)	KİREÇTAŞI				
JURA (LİYAS-DOGGER)	DOLOMİTİK KİREÇTAŞI				
TRİYAS	ŞİST, KALKŞİST, KİL				

Şekil 10.2 Çalışma alanı blok diyagramı üzerinde olası yeraltısuyu akım yönleri

Tez sahasındaki süreksizlik düzlemleri, karstik yapılar, geçirimli zonlar sistemin beslenmesini sağlamaktadır. Özellikle düdenlerin varlığı, kaynaktaki noktasal beslenmenin olduğuna işaret etmektedir. Alandaki Dipsiz Göl ofiyoliti, Çataloluk

kireçtaşı ve Çobanağacı Formasyonunun, genellikle akiferin vadoz kuşağını oluşturduğu tahmin edilmektedir (Şekil 10.3). Bu birimlerin altında yer alan Polat Formasyonu karst akifer sistemini oluşturmaktadır. Akiferdeki su seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde Ofiyolit, Çataloluk ve Çobanağacı Formasyonu kireçtaşlarının da akifer sisteminin bir parçası olduğu tahmin edilmektedir.

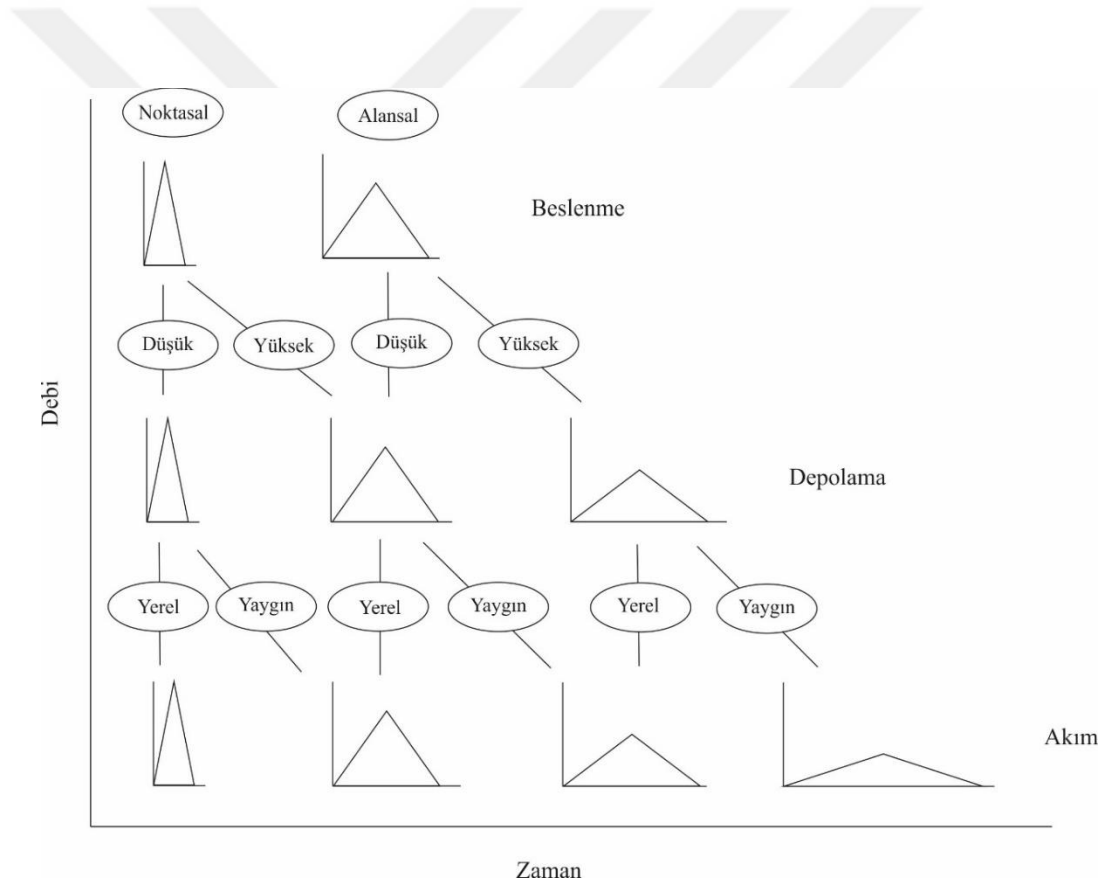


Şekil 10.3 Tez sahası hidrojeolojik enine kesiti (1 geçici kaynak, 2 Dipsiz düdenleri, 3 Güvercin deliği mağarası, 4 Pınarbaşı kaynağı)

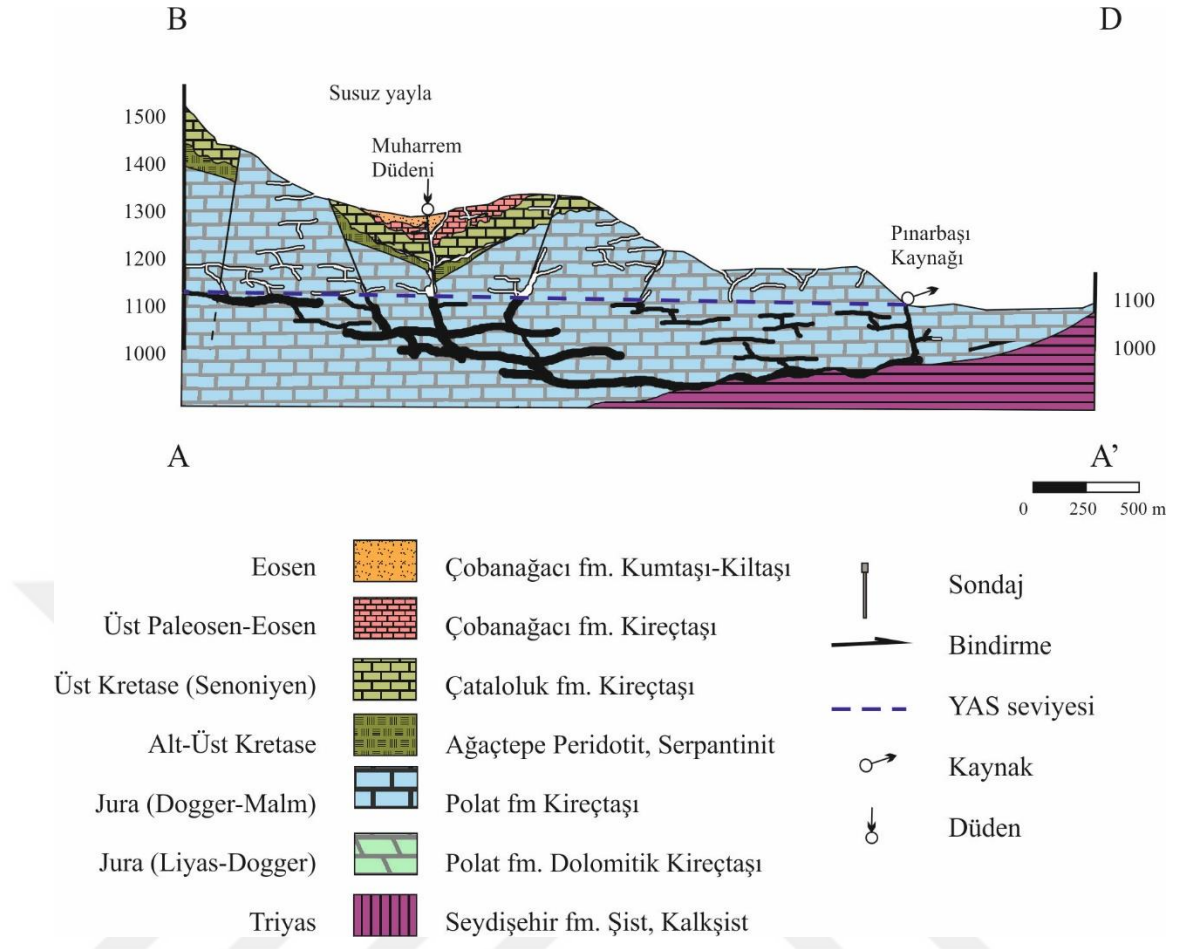
Çalışma sahasında yeraltısu seviyesi ölçümleri ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır. Akifer farklı yerlerden, genellikle noktasal olarak beslenmektedir. Pınarbaşı Kaynağı boşalım hidrografının küçük ve çok sayıda pik içermesi, akifer sisteminin noktasal olarak beslenen ve dolup-boşalan bir karstik akifer sistemi olduğuna işaret etmektedir. Akifere süzülen suların karstik kanal, çatlak-kırıklar tarafından taşındığı ve matriks gözeneklerinde depolamanın düşük olduğu hidrograf ve kemograf analizleri ile desteklenmektedir. Boşalım piklerinin dik ve kısa olması hızlı noktasal beslenmeye ve kanal boşalmalarına işaret etmektedir (Şekil 10.4). Akifer sistemi, çoğunlukla incelemeye konu olan Pınarbaşı Kaynağı tarafından boşaltılmaktadır. İzleme deneyinde de görüldüğü gibi karst akifer sistemi Pınarbaşı Kaynağı dışında Fası Boğazı ve İçerikışla kaynakları tarafından da boşaltılmaktadır. Diğer kaynaklardan Yağini, Böğet, Sk4 ve Alagöz kaynaklarının da aynı sistemi boşalttığı tahmin edilmektedir. Bu kaynaklarda herhangi bir debi ölçümü yer almamaktadır.



Pınarbaşı Kaynağı akifer sisteminin doluluk oranının yüksek olduğu yağışlı dönemde havzaya düşen yağışlara hızlı tepki verdiği, kurak dönemlerde ise yağışlara gecikmeli tepki verdiği belirlenmiştir. Özellikle Aralık-Mart ayları arasında yağışlarla aynı gün içerisinde kaynak boşalımını pik yaparken, Nisan-Temmuz ayları arasında yağışlar ile boşalım pikleri arasındaki gecikme süresi 2 güne ulaşmaktadır. Kurak dönemde havzaya düşen yağışlar ilk olarak akiferi doldurmakta daha sonra kaynak boşalımını sağlamaktadır. Yağışlı dönemde ise piston etkisi ile kaynaktaki su seviyesi artışı ani olarak gerçekleşmektedir. Kaynak boşalım hidrograflarından, kaynağın genellikle noktasal beslenme, düşük depolama ve yerel akıma sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 10.4).



Şekil 10.4 Boşalım hidrografı üzerinden akifer kavramsallaştırma yöntemi (Smart ve Hobbs 1986)



Şekil 10.5 Tez sahası hidrojeolojik enine kesiti

Kaynak sularında taşınan sedimanlar içerisinde Seydişehir Formasyonu şistlerine ait kum tanelerinin bulunması, karstlaşmanın, kaynağın boşalım bölgesine yakın alanlarda tabandaki şistlere kadar ulaştığı fikrini güçlendirmektedir (Şekil 10.5).

Yüksek hidrolik yük dönemlerinde Pınarbaşı Kaynağına yakın bölgede yer alan mağara tabanında bulunan sedimanlar akiferin piston davranışı ile yeniden askı durumuna geçmekte ve Pınarbaşı Kaynağında bulanıklığa neden olmaktadır. Hidrolik yükün düştüğü dönemlerde ise daha çok mikro kırık-çatlaklardan ve bir miktar matriks gözenekliliğinden boşalan suların, daha çok su-kayaç etkileşimine uğradığı için daha fazla askıda karbonat minerali taşıdığı tespit edilmiştir.

## 11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarla aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Tez sahasında en geniş yayılıma sahip olan Polat Formasyonu kireçtaşları, karstik akiferi oluşturmaktadır. Polat Formasyonu üzerinde yer alan Dipsiz Göl ofiyolitleri, Çataloluk Formasyonu ve Çobanağacı Formasyonu kireçtaşları yağışlı dönemlerde yeraltı suyu seviyesi yükseldiğinde akifer sisteminin bir parçasını oluşturabileceği tahmin edilmektedir. Yağışsız dönemde ise su seviyesinin Polat Formasyonu kireçtaşları içinde kaldığı tahmin edilmektedir. Seydişehir şistleri akifer sistemin geçirimsiz tabanını oluşturmakta olup, kaynak boşalımları genellikle kireçtaşı-şist dokanağına bağlı olarak oluşmuştur.

Pınarbaşı Kaynağı boşalım hidrografları incelendiğinde, kaynağın türbülanslı ve laminar olarak boşalım yaptığı belirlenmiştir. Çalışma süresi içerisinde gerçekleşen en yüksek boşalım 8700 l/s ile Mart 2017'de olup, bu dönemde çekilme eğrilerinden iki farklı türbülanslı ve iki farklı laminar boşalım katsayısı elde edilmiştir. Boşalım katsayıları  $\beta_1$  0,918,  $\beta_2$  0,56,  $\alpha_1$  0,17 ve  $\alpha_2$  0,071 gün<sup>-1</sup> olup, karst akiferinin depolama hacmi Maillet (1905) yöntemine göre  $5,48.10^6$  m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Kaynak boşalımı genellikle süreksizlik düzlemlerini oluşturan kırık-çatlak ve fay zonları ile karstik kanallardan, kısmen de ince çatlak ve gözeneklerden gerçekleşmektedir.

Kaynak sularında yapılan hidrokimyasal analizler sonucunda su tipi Ca-HCO<sub>3</sub> olarak belirlenmiştir. Kaynak sularının Şubat ve Mart 2017'de yapılan hidrokimyasal analizlerinde doygunluk indisi hesabı yapılarak agresif sulardan oluştuğu belirlenmiştir. Pınarbaşı Kaynağında Şubat 2017 döneminde kalsit ve dolomit doygunluk indisi değerleri sırasıyla -0,22 ve -0,95, Mart 2017 döneminde ise -0,3 ve -1,2 olarak belirlenmiştir. Mart 2017'de Pınarbaşı, Yağini ve Böğet kaynaklarında kalsit doygunluk indisi değerleri sırasıyla -0,3, -0,28 ve -0,29 olarak belirlenmiştir. Beslenme-boşalım süresinin kısa olması nedeniyle akiferde su-kayaç etkileşimi için yeterli sürenin

oluşmadığı, dolayısıyla kalsit ve dolomit doygunluk indisi değerlerinin sıfırın altında kaldığı görülmüştür.

Yağış-boşalım-ÖEİ grafiklerinden, yağışın ÖEİ grafiğini 2 günlük gecikme sonunda etkilediği, ÖEİ değerlerinin düşüşüyle tespit edilmiştir. Kar erimesi etkisi görülen dönemlerde ise kaynak ÖEİ değerlerinde gecikme gözlenmeden ani düşüş gerçekleşmesi, akiferin farklı noktalardan beslendiğine işaret etmektedir. Akiferin beslenme bölgesi içerisinde çok sayıda düden, uvala, dolin ve diğer karstik boşluklar yer almaktadır. Özellikle kaynak boşalım noktasında yakın konumda yer alan Güvercin Deliği uvalası içerisindeki düdenler de beslenme noktalarındandır.

Kaynak suyunda yapılan TSS analizleri ile kaynakta bulanıklık artışı, rezervin boş olduğu dönemde gecikmeli gözlenirken, rezervin kısmen dolu olduğu durumlarda anlık olarak gerçekleşmiştir. Özellikle rezervuarda su seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde düşen yağışlar piston etkisi ile akifer içerisindeki hidrolik gradyanı artırmakta, akifer tabanında çökelmiş durumda bulunan katı tanecikleri süspansiyon haline getirmektedir. Kaynak, yüksek debiyle boşalım yaptığı durumlarda daha çok kum-çakıl boyutu alloktan sedimanları boşaltırken, debinin düştüğü dönemlerde daha çok otokton karbonatlı sedimanları boşaltmaktadır. Boşalım enerjisinin düştüğü dönemlerde çatlaklardan ve matriks gözenekliğinden gelen sular boşaldığından, su-kayaç etkileşimi süresi uzadığı için kaynak sularında daha fazla karbonat minerali gözlenmiştir.

Askı maddelerin SEM-EDS analizleri sonucunda karbonat minerallerinde çözünme izleri tespit edilmiştir. Ayrıca tane boyu küçüldükçe karbonat minerallerine tutunmuş iplikli kil minerallerinin miktarında da artış olduğu tespit edilmiştir. Kil minerallerinin varlığı, askı maddelerin adsorpsiyon yoluyla kirletici taşıyabileceğini göstermektedir. Konu ile ilgili bölgede herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Susuzyayla'da yer alan Muharrem Düdeni'nden ani enjeksiyon yöntemi ile gerçekleştirilen izleme deneyi sonucunda düdenin Pınarbaşı, Fası Boğazı ve İçerikışla kaynakları ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Muharrem Düdeni ile Pınarbaşı Kaynağı

arasında zahiri yeraltısu akım hızı 1820 m/gün olarak belirlenmiştir. Deney sırasında Pınarbaşı Kaynağında gözlenen maksimum izleyici konsantrasyonu 0,231 ppb, Fası Boğazı Kaynağında 0,191 ppb ve İçerikışla Kaynağında ise 0,097 ppb olarak ölçülmüştür. Bölgede genel yeraltısu akım GB'dan D, K ve KD yönlerine doğrudur.

Pınarbaşı Kaynağında 2016 yılı içinde yapılan anlık ölçümlere göre Kaynağın mevsimsel boşalım yaptığı tespit edilmiştir. Kaynak, 2016 yılı içerisinde yağışlara bağlı olarak 161 gün kuru, 205 gün ise boşalım yapmıştır. Pınarbaşı Kaynağı boşalım kotu 1099 m iken, kaynağa 300 m uzaklıktaki Yağini Kaynağının boşalım kotu 1109 m ve Böğet Kaynağının boşalım kotu ise 1107 m'dir. Boşalım kotu Pınarbaşı Kaynağında daha düşük olduğu için Yağini ve Böğet Kaynakları kuru oldukları halde Pınarbaşı Kaynağında boşalım devam etmektedir.

Pınarbaşı Kaynağı boşalım noktasından alınan kum-çakıl boyutundaki sedimanlarda ve alanda yer alan kayalarda petrografik incelemeler yapılmıştır. Yapılan petrografik incelemelerin karşılaştırmalı değerlendirmesi ile, Pınarbaşı Kaynağında Seydişehir formasyonundan gelen şist ve kalkşist, Polat ve Çataloluk formasyonlarından kireçtaşı, Çobanağacı formasyonundan fosilli kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, Dipsiz Göl ofiyolitlerinden sepantinitle ait kayaç parçacıklarına rastlanmıştır. Buna göre söz konusu litolojilerin kaynağın beslenme alanında olduğu anlaşılmaktadır. Tez sahasında sadece Susuzyayla'da yüzlek veren Çobanağacı Formasyonu biyomikritik kireçtaşlarında bulunan Eosen yaşlı fosiller, Pınarbaşı ve Yağini Kaynakları tarafından boşaltılan sedimanlarda da tespit edilmiştir.

Elde edilen verilere göre tezin önerileri aşağıdadır:

Karst akifer sistemi Pınarbaşı Kaynağı dışında Yağini, Böğet, Alagöz, Fası boğazı ve İçerikışla kaynakları tarafından da boşaltılmaktadır. Akiferin su bütçesinin hesaplanabilmesi için söz konusu kaynakların boşalım debilerinin ölçülmesi gerekmektedir. Karstik akiferin depolama hacminin belirlenmesi Susuz, Gölyüzü ve

Çatmakaya köylerinin içme suyu ihtiyacını karşılayabilmesi açısından da önem taşımaktadır.

Yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkemizde karstik rezervuarların sürdürülebilir kullanımı konusunda gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Çalışma kapsamında incelenen Pınarbaşı Kaynağı, günümüzde tarımsal sulama amacıyla kullanılan bir kaynaktır. Gelecekte kuraklık etkisi ile içme ve kullanma suyuna ihtiyaç duyulabilecektir. Bölgede çok sayıda karstik kaynak bulunmakta olup bunlar da içme ve kullanma suyu açısından değerlendirilmelidir. Bu kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından kaynakların koruma alanları belirlenmeli, suların miktar ve kalite açısından değerlendirilmesi yapılmalıdır. Pınarbaşı Kaynağında yağışlı dönemde oluşan boşalmalar kontrol altına alınarak yağışsız dönemde de kaynağın aktif olması sağlanmalıdır. Bu kapsamda projeler geliştirilmelidir. Kaynağın beslenme bölgesi dolaylarında Madenli ve Mortaş boksit yataklarının, Seydişehir-Manavgat otoyolu yer almaktadır. Bu bölgelerden kaynaklanabilecek kirliliklerin de çalışılması gerekmektedir.

Pınarbaşı Kaynağı ve diğer karst kaynaklarının beslenme alanlarının tam olarak ortaya konabilmesi için ilave hidrojeolojik çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bölgede yer alan düden ve dolinlerden izleme deneylerinin yapılması da bu hidrojeolojik çalışmaların bir bölümünü oluşturacaktır.

## KAYNAKLAR

- Anonymous. 1983. United Nations Development Programme “Strengthening DSI Groundwater Investigative Capability”, Phase II. DP/UN/TUR-77-015/1 Technical Report Karst Waters of Southern Turkey, s.96
- Anonim. 1993. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1/100.000 ölçekli N28 Konya paftası jeoloji haritası.
- Anonim. 2013. Devlet Su İşleri Seydişehir ilçesi Gölyüzü-Susuz-Fasılı Boğazı ve Çatmakaya bölgesi sondaj kuyu logları.
- Anonim. 2017. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Seydişehir, Seydişehir Alacabel, Ahırlı ve Akseki/Cevizli Tekebeli meteoroloji istasyonu günlük toplam yağış ve uzun yıllar aylık toplam yağış verileri. 95579059-107-E.21746 nolu resmi yazı ile alınmıştır.
- Appelo, C.A.J. and Postma, D. 1994. Geochemistry, Groundwater and Pollution, Balkema, Rotterdam.
- Atteia, O., Perret, D., Adatte, T., Kozel, R. and Rossi, P. 1998. Characterization of natural colloids from a river and spring in a karstic basin. Environmental Geology 34(3): 257-269.
- Aydın, H. 2005. Harmanköy – Beyyayla (Bilecik) karst sisteminin morfoloji – hidrojeoloji açısından incelenmesi. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği A.B.D., Ankara, 224 s.
- Aydın, H. ve Ekmekçi, M. 2005. Sızır (Gemerek-Sivas) kaynakları akiferinin hidrojeolojik ve hidrokimyasal özellikleri. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi 26(2): 15-32.
- Bakalowicz, M. 1968. Premieres donnees sur l-hydrogeologie et la speleologie du Taurus (Turquie), a paraitre dans Spelunca Memories, Congress Nationale Speleologie.
- Bakalowicz, M. 2005, Karst groundwater. A challenge for new resources. Hydrogeology Journal 13(1): 148-160.
- Bayram, A.F. 1992. Seydişehir ve Kaşaklı Sıcaksu Kaynaklarının Hidrojeoloji İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 70, Konya.
- Benischke, R., Goldscheider, N. and Smart, C. 2007. Tracer techniques, In: Methods in Karst Hydrogeology. Goldscheider, N ve Drew, D., Taylor & Francis Group, London, UK.
- Blumenthal, M.M. 1947. Bozkır Güneyinde Toros Sıradağlarının Serisi Ve Yapısı. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B, IX, 2 95-125.
- Blumenthal, M.M. 1947. Seydişehir-Beyşehir Hinterlandındaki Toros Dağlarının Jeolojisi. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayını, Seri D, No 2, 242.

- Bonacci, O. 1993. Karst spring hydrographs as indicators of karst aquifers. *J des Sci. Hydrol* 38(1):51-62.
- Bozdağ, A. 2016. Hydrogeochemical and isotopic characteristics of Kavak (Seydişehir-Konya) geothermal field, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 121, 72-83.
- Brodie, R.S. and Hostetler, S. 2009. A review of techniques for analyzing baseflow from stream hydrographs. *Intl assn Hydrogeol.*
- Çelik, Ö.F. and Delaloye, M. 2006. Characteristics of ophiolite related metamorphic rocks in the Beyşehir ophiolite melange (Central Taurides, Turkey). Deduced from Whole rock and mineral chemistry. *Journal of Asian Earth Sciences*, 26:461-476.
- Çelik, M., Deneri, A.H. and Çallı, S.S. 2015. "Analysis of Pınarbaşı Estavelle Discharge, Central Taurus Belt, Seydişehir, Turkey. AQUA2015, 42nd. IAH Congress, 14-19 September, Abstract book, Rome.
- Çelik, M. 2017. Karstik kaynakların ani boşalım ölçümleri ile kaynak sularının değerlendirilmesi, Susuz kaynakları, Seydişehir, Türkiye. Tübitak 1002 projesi, 114Y709, s.65 (yayımlanmamış).
- Çelik, M., Çallı, S.S., Arslan, Ş., Karakaş, Z.S. ve Çelik, M. 2017. Pınarbaşı kaynağı beslenme ve boşalım ilişkilerinin hidrojeokimyasal ve mineralojik incelemesi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü 16B0443007 no'lu Bağımsız Projesi (proje devam etmektedir).
- Çetin, A. 1997. Çaltepe (Seydişehir-Konya) Dolomitlerinin Oluşumu ve Petroğrafisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 46, Konya.
- Desmarais K., and Rojstaczer, S. 2002, Inferring source waters from measurements of carbonate spring response to storms. *Journal of Hydrology*, 260: 118-134.
- Drysdale, R., Pierotti, L., Piccini, L. and Baldacci, F. 2001, Suspended sediments in karst spring waters near Massa (Tuscany), Italy. *Environmental Geology* 40: 1037-1050.
- Dussart-Baptista, L., Massei, N., Dupont, J.P. and Jouenne, T. 2003. Transfer of bacteria-contaminated particles in a karstic aquifer: evolution of contaminated materials from a sinkhole to a spring. *Journal of Hydrology*, 284(1-4): 285-295.
- Ekmekçi, M. 2003. Review of Turkish karst with emphasis on tectonic paleogeographic controls, *Acta Carsologica*, 32(2): 205-218.
- Erkan, A.N. 1995. "Seydişehir-Akseki Yöresi Boksitlerinin Mineralojik-Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 88, Konya.
- Ford, D.C. and Williams, P.W. 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. Academic Division of Unwin Hyman Ltd., London, 601s.



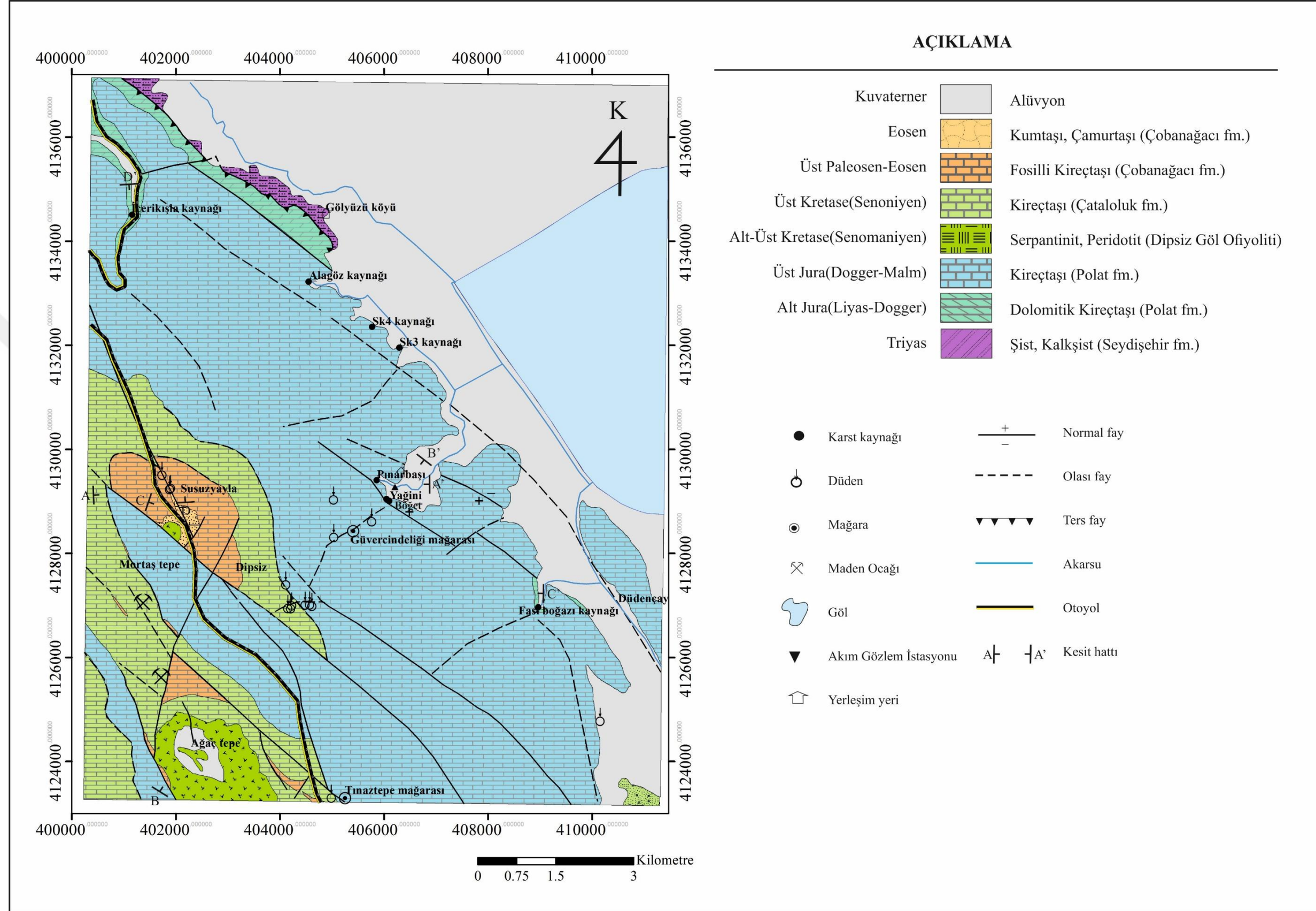
- Fournier, M., Massei, N., Mahler, B.J., Bakalowicz, M. and Dupont, J.P. 2008. Application of multivariate analysis to suspended matter particle size distribution in a karst aquifer, *Hydrological Processes*, 22: 2337-2345.
- Girgin, M. 2017. "Sözlü Görüşme". Susuz köyü, Seydişehir, Konya.
- Görür, N. and Tüysüz, O. 2001. Cretaceous to Miocene paleogeographic evolution of Turkey: Implications for hydrocarbon potential. *Journal of Petroleum Geology* 24(2):119-146.
- Gürer, Ö.F. and Aldanmaz, E. 2002. Origin of the Upper Cretaceous – Tertiary sedimentary basins within the Tauride-Anatolide platform in Turkey. *Geol. Mag.* 139(2): 191-197.
- Herman E.K., Toran, L. and White, W.B. 2006, Mineralogy of suspended sediments in three karst springs. *Hydrogeology Journal* 15: 255-266.
- Hir, J. and Özbek, O. 1994. Review Of Karst Research In Western Taurus (Turkey). *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis*, 19: 7-21.
- Jakucs, L. 1959. Neue Methoden der Höhlenforschung in Ungarn und ihre Ergebnisse-Auffinden von Höhlen aus Indizen, *Hydrologie*, 10(4): 88-98.
- Karadağ, M.M., Arık, F. ve Öztürk, A. 2006. Çatmakaya (Seydişehir, Türkiye) boksit yatağının kökenine jeostatistiksel ve jeokimyasal bir yaklaşım. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi* 27(2): 63-85.
- Kresic, N. and Bonacci, O. 2010. Spring discharge hydrograph. In *Groundwater Hydrology of Springs: Engineering, Theory, Management and Sustainability*. Elsevier ch 4, s 129-163.
- Mahler B.J. and Lynch F.L. 1998, Muddy waters: temporal variation in sediment discharging from a karst spring. *Journal of Hydrology* 214: 165-178.
- Mahler B.J., Lynch, L. and Bennett, P.C. 1998. Mobile sediments in an urbanizing karst aquifer: implications for contaminant transport. *Environmental Geology* 39: 25-38.
- Mahler, B.J., Personne, J.-C., Lods, G.F. and Drogue, C., 2000. Transport of free and particulate-associated bacteria in karst. *Journal of Hydrology* 238: 179-193.
- Maillet, E. T. 1905. *Essais d'hydraulique souterraine & fluviale*. A. Hermann.
- Malik, P. and Vojtkova, S. 2012. Use of recession-curve analysis for estimation of karstification degree and its application in assessing overflow/underflow conditions in closely spaced karstic springs. *Environ Earth Sci* 65:2245-2257.
- Massei N., Lacroix, M., Wang, H.Q. and Dupont, J.P. 2001, Transport of suspended solids from a karstic to an alluvial aquifer: the role of the karst/alluvium interface. *Journal of Hydrology* 260: 88-101.
- McCarthy, J.F. and Zachara, J.M., 1989. Subsurface transport of contaminants. *Environmental Science and Technology* 23: 496-502.

- Özgül, N. 1976. Torosların bazı temel jeoloji özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19: 5-78.
- Özgül, N. 1997. “Bozkır-Hadim-Taşkent (Orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolayında yer alan tektono-stratigrafik birliklerin stratigrafisi”, MTA Dergisi, 119, 113-174
- Parlak, O. 2016. The Tauride ophiolites of Anatolia (Turkey): A review. *Journal of Earth Science* 27(6): 901-934.
- Piper, A.M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 25(6), 914-928.
- Quinlan J.F. and Ewers, R.O. 1985. Ground water flow in limestone terranes: strategy rationale and procedure for reliable, efficient monitoring of ground water quality in karst areas. 5th national symposium and exposition on aquifer restoration and ground water monitoring. National Water Well Association, Columbus, Ohio, 197-234.
- Reed, T. M., McFarland, J. T., Fryar, A. E., Fogle A. W. and Taraba, J. L. 2009. Sediment discharges during storm flow from proximal, urban and rural karst springs, central Kentucky, USA. *Journal of Hydrology* 383: 280-290.
- Schoeller, H. 1954. “Geochemistry of groundwater. An international guide for research and practice”, UNESCO, 15, 1-18
- Schuster, E.T. and White, W.B. 1972. Source areas and climatic effects in carbonate groundwaters determined by saturation indices and carbon dioxide pressures. *Water Resour. Res.* 8: 1067-1073.
- Shook, G.M., Ansley, S.L. and Wylie, A. 2004. Tracers and Tracer Testing: Design, Implementation and Interpretation Methods. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory Applied Geosciences Department, Idaho Falls, US.
- Sirel, E. 2017. Sözlü Görüşme. Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı Yerleşkesi
- Smart, P.L. and Hobbs, S.L. 1986. Characterisation of carbonate aquifers – A conceptual base. *Cave and Karst Science*, 13(2), s.67.
- Vesper D. and White W. 2003. Metal transport to karst springs during storm flow: an example from Fort Campbell, Kentucky/Tennessee, USA. *Journal of Hydrology* 276: 20-36.
- White, W.B. 1988. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. Oxford University Press, New York.
- Worthington, S.R.H. 1991. Karst hydrogeology of the Canadian rocky mountains. Ph.D. Thesis, Mc Master University, Hammilton, Ontario, 227p.
- Yıldırım, A.O. 2017. “Sözlü Görüşme”. Susuz köyü muhtarı, Seydişehir, Konya.

## EKLER

- EK 1 Tez Sahası Jeoloji Haritası
- EK 2 Tez dönemine ait Günlük Toplam Yağış verileri
- EK 3 Dip-Pnr kodlu Polat formasyonu kireçtaşına ait Tüm Kayaç XRD difraktogramı
- EK 4 AGC1 kodlu Ağaçtepe ofiyolitlerine ait Tüm kayaç XRD difraktogramı
- EK 5 Çobanağacı formasyonu kumtaşı çamurtaşı biriminin SY4 örnek nolu Tüm kayaç XRD difraktogramı
- EK 6 Muharrem düdeni SY5 örnek nolu kum örneğine ait Tüm Kayaç XRD difraktogramı
- EK 7 Seydişehir formasyonuna ait GÖL1 örnek nolu Tüm kayaç XRD difraktogramı
- EK 8 Pınarbaşı kaynak noktasından alınan kumların PNR1 örnek nolu Tüm kayaç XRD difraktogramı
- EK 9 Yağini ve Böğet kaynaklarından alınan kumların YAG2 örnek nolu Tüm kayaç XRD difraktogramı

EK 1 Tez Sahası Jeoloji Haritası



EK 2 Tez dönemine ait Günlük Toplam Yağış verileri

Yıl: 2016 İstasyon Adı/No: SEYDİŞEHİR/17898

Günlük Toplam Yağış (mm=kg÷m<sup>2</sup>) OMGİ

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	9,4	4,6
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	13,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	5	0	1,6	0	0	1,8	0	0	0	0,4
5	16,2	0	33,2	0	14,6	0	5,4	0,4	0	0	0	0
6	0,8	29,6	0	0	4,2	0	0	0	0	0	0	0
7	0,2	4,4	0	0	1,8	3,6	0	0	0	0	0	0
8	54	0	0	0	1	13,8	0	0	0	0	0	0
9	2,6	0	0	0	0	17,6	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0,4	0	0	1,8	4,8	0,2	0	0	0	0	0	0
12	0	0,4	0	7,4	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0,4	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0
14	24	3,8	6	0	0	0	0	0,4	4,4	0	0	2,8
15	0	0	15,2	0	5,4	0	0	0	2	0	0	0
16	0	0	0,4	0	5,6	0	0	0	9,6	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0
18	17,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0
19	21,4	0	0	0	21,6	0	0	0	0	0	0	0
20	0,2	0	22,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	2,6	0	9,2	0	0	0
22	6,8	0,4	0	0	1,8	0	6,2	0	1,8	0	0	11,2
23	3,8	0	0	0	1	0	0	0	3,2	0	0	12,6
24	3,2	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	2,4
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	5,2	11	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0,2	4	2,8	0	0	0	0	0	0	21,6
28	0	0	16	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0,6
29	0	0	0	0	0	1,8	0	0	0	0	0	39,2
30	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	40,8	38,2
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,8

Yıl: 2017 İstasyon Adı/No: SEYDİŞEHİR/17898

Günlük Toplam Yağış (mm=kg÷m<sup>2</sup>) OMGİ

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	4,6	0							
2	5	0	0	0,4	5							
3	0,8	0	8,8	0	4,4							
4	0	0	0	0	0,4							
5	0,4	0	0	0	0							
6	37,8	0	0	0	0							
7	45	0	0	0	17							
8	38,2	0	0	2,2	0							
9	14	0	0	8	0,6							
10	0	0	33,2	0	0							
11	19,6	0	2,4	0	0							
12	1,6	0	17,2	0	0							
13	0,4	1	9	9	0							
14	0	0	0,6	20,6	0							
15	0	0	0	3,2								
16	1,6	0	0	0								
17	9,2	0	0	0								
18	0	0	11,6	0								
19	0	0	0	0								
20	0	0	0	0								
21	0	0	0	0								
22	0	0	0	0								
23	0	0	0	5,6								
24	0	0	0	0								
25	0,6	0	0	0								
26	8,8	0	0	0								
27	3	0	0	0								
28	0	0	0	0								
29	0		0	0								
30	0		0	0								
31	0		2,2									

Yıl: 2016 İstasyon Adı/No: SEYDİŞEHİR/ALACABEL/18212

Günlük Toplam Yağış (mm=kg÷m²) OMGİ

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	15,2	7,2
2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,5
3	0	0	15,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0,2	0	8,1	0	5,6	0	0	0	1,1	0	0	0,3
5	54	0	58,4	0	26,8	0	0	0	1,7	0	0	0
6	39,1	25,8	5,3	0	31,4	0	0	0	0	0	0,2	0,2
7	0,7	5,3	0	3,2	11,8	4,1	0	4	0	0	0	0
8	67,1	0,2	0	0	12,5	21,4	4,7	0	0	0	0	0
9	0,6	0	0	0,2	0,2	10,5	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	13,4	0	0,1	2,6	0,8	10,6	0	0	0	0	0	0
12	1,4	25,3	0	12,3	0	1,3	0	0	0	0	0	0
13	1,3	11,3	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0,2	13
14	49,4	11,4	11,8	0	0,2	0	0	0	29,7	0	0	4,3
15	0	0	38,3	0	5,2	2	0	0	11,5	0	0,1	0
16	0	0	0,6	0	14,9	0	0	0	7,4	0	0	0
17	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	1,1
18	35,6	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	0
19	39,2	0	0,3	0	5,1	0	0	0	0	0,2	0	0
20	0	0	21,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0,1	0,3	0	0	0	0	0,7	0	51,8	0	0	0
22	10,1	4,9	0	0	1,7	0	5,5	0	1,5	0	0	3,3
23	0,9	0	0	0	1,9	0	0	0	0,6	0	0	0
24	1,1	0	0	0	6,6	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0,6	7,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
26	0	0,2	13,7	5	0	0	0	0	0	0	0	0,1
27	0	0	0,2	0,3	6,8	0	0	0	0	0	0	28,2
28	0	0	36,4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
29	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	35,7
30	0	0	0	0	0	10,2	0	0	0	0	33,6	81,3
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Yıl: 2017 İstasyon Adı/No: SEYDİŞEHİR/ALACABEL/18212

Günlük Toplam Yağış (mm=kg÷m<sup>2</sup>) OMGİ

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		0	0	7,5	0							
2	1,2	0	0	0,1	10,2							
3	1,3	0	14,7	0	0							
4		0	0	0	1,1							
5		0,3	0	0	0,2							
6	4,6	2,2	0	0	10,2							
7		0	0	0,3	6,9							
8		0	0	2,7	0							
9		0	0,1	28,8	1							
10		0	43,2	0	0							
11		0	3,2	0	0							
12		0	17,3	0	0							
13		0,3	10,1	11,7	0							
14		0	10,1	19,3	0							
15		0	0	1,6								
16		0	0	0								
17		0	0	0								
18		0	24,8	7,4								
19		0	0	0,1								
20		0	0	0								
21		0	0	0,4								
22		0	0	0								
23	0,2	0	0	1,4								
24	0,2	0	0	0								
25	0,6	0	0	0								
26	19,1	0	0	0								
27	6,7	0	0	0								
28	7,8	0	0	0								
29	1,8		0,2	0								
30	0		0	0								
31	0		2,1									



Yıl: 2016 İstasyon Adı/No: AHIRLI/18486

Günlük Toplam Yağış (mm=kg÷m<sup>2</sup>) OMGİ

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0,4	0	0,3	0,2	0	0	7,5	5,3
2	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0	0	3,6
3	0	0	7,6	0	0	0	0,1	0	0,4	0	0	0,1
4	0	0	0	0	0,3	0	0,3	0,6	0	0	0	0,5
5	4,2	0	13,5	0	7,9	0	2,9	1	0,2	0	0	0,2
6	0	9,2	0,1	0	13,4	0	0,2	0,7	0,2	0	0	0,3
7	0	9,1	0	0	0,1	7,8	0,5	2,2	0,4	0	0	0
8	40,6	0	0	0	0	20,2	0,5	0,2	0	0,2	0,3	0
9	0,9	0	0	0	0	29,4	0,1	0	0	0,7	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0
11	0,3	0	0	0	0,9	0,4	0,1	0,3	0,1	0	0,1	0
12	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,1	0,3	0
14	3,7	0	1,9	0	0,1	0	0	0	0,9	0	0	18,1
15	0	0	4,1	0	3,1	0	0	0	5,9	0	0	0,4
16	0	0	0	0	3	0	0,3	0,7	29,4	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	1,4
18	9	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0,6	0	0,1
19	16,9	0	0	0	2,5	0	1,2	0	0	0,8	0	0
20	0,5	0	9,7	0	0,1	0	0,3	0	0	0	0	0
21	1,4	0	0,7	0	0	0	2	0,5	19,2	0	0	0
22	0,1	4,9	0	0	0,8	0	1,3	0,7	1,5	0	0	14,5
23	1,3	0	0	0	2,4	0	0	0,6	0,1	0	0	8,6
24	3,6	0	0	0	0,8	0,3	0	0,5	0	0,1	0	1,2
25	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,6	0	0,5	0	1,7
26	0	0	0,1	0	0	0	0,3	0,3	0	0,1	0	0
27	0	0	0	0	0,6	0	0,1	0,5	0	0	0	22,5
28	0	0	26	0	17,6	1,1	0	0,9	0	0	0	1,4
29	0	0	0	0	3	0,5	0,2	0,5	0	0	0	18,5
30	0	0	0	0	0	10,3	0,2	0	0	0	12,8	41
31	0	0	0	0	0	0	0,9	0,6	0	0,3	0	20,2

Yıl: 2017 İstasyon Adı/No: AHIRLI/18486

Günlük Toplam Yağış (mm=kg÷m<sup>2</sup>) OMGİ

Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,2	0	0	8,1	0							
2	9,2	0	0	4,6	4							
3	1,2	0	10,9	0	0							
4	0	0	0,4	0	0							
5	0	0	0	0	0,6							
6	2,3	0	0	0	0							
7	1,4	0	0	0	1,3							
8	25,7	0	0	0	0							
9	24,2	0	0	19,7	0							
10	0	0	25,8	0	0							
11	43,4	0	0	0	0							
12	0	0	22,8	0	0							
13	0	1,9	14,1	11,7	0							
14	0	0	0,8	15,2	0							
15	0	0	0	9,3								
16	0,4	0	0	0								
17	0	0	0	0								
18	0	0	16,1	0,1								
19	0	0	0	0								
20	0	0	0	0								
21	1,2	0	0	0								
22	0	0	0	0								
23	0	0	0	0,4								
24	0	0	0	0								
25	0	0	0	0								
26	2,1	0	0	0								
27	5,4	0	0	0								
28	0,9	0	0	0								
29	0		0	0								
30	0		0	0								
31	0		0									

Yıl: 2016 İstasyon Adı/No: AKSEKİ/CEVİZLİ TEKEBELİ MEVKİ/18610

Günlük Toplam Yağış (mm=kg÷m<sup>2</sup>) OMGİ

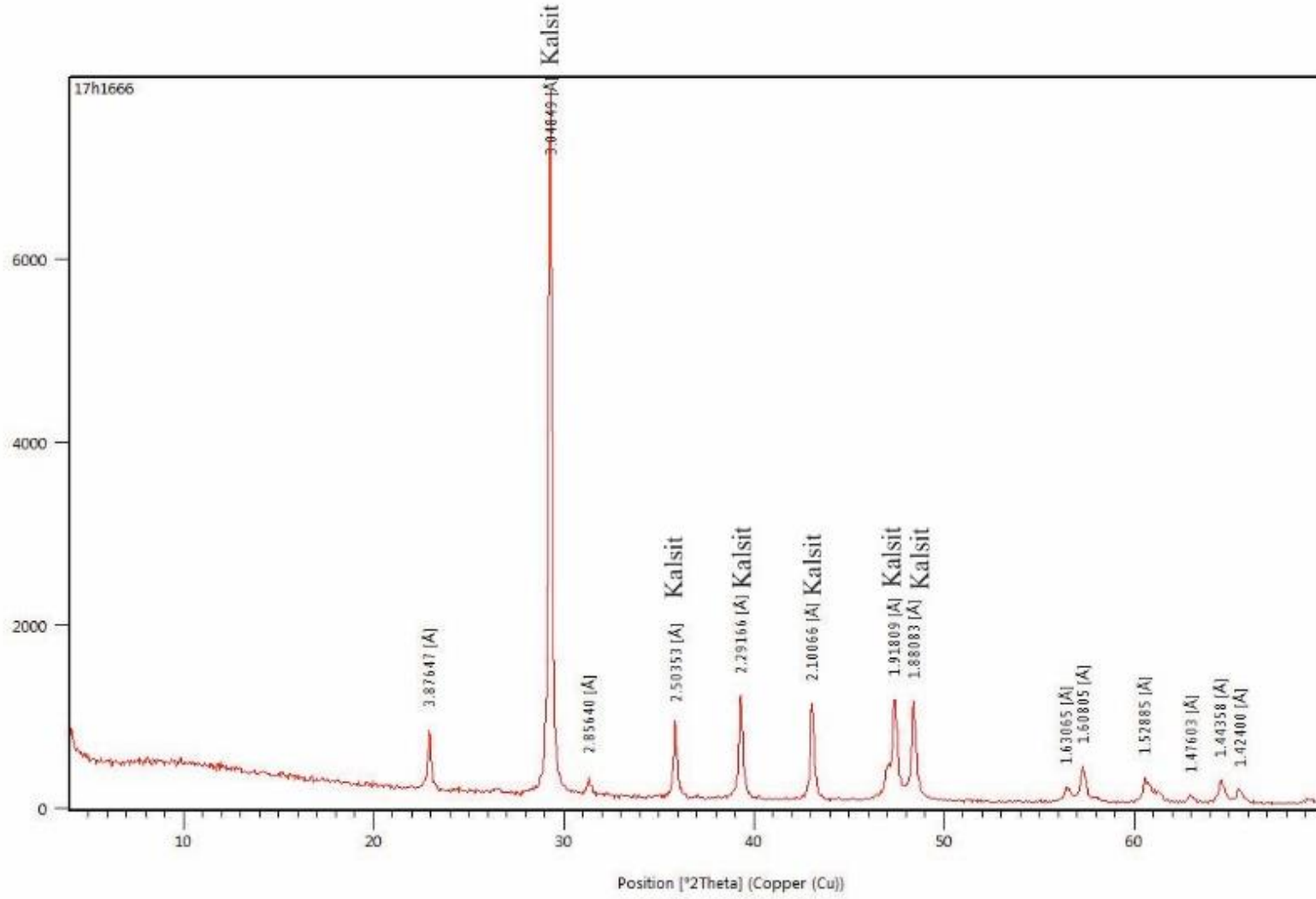
Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0,1	0	0								
2	0	0	0									
3	0	0	18,7									
4	0	0	19,7									
5	3,2	0	56,2									
6	1,3	3,6	11,6									
7	0,1	0,8	5,3									
8	4,5	0,2	0									
9	0,1	0,1	0									
10	0	0	1,4									
11	0,7	3,7	3,8									
12	0	23,8	0,5									
13	0,2	21,8	0									
14	3	15,4	10,4									
15	0	0,1	31,4									
16	0,1	0,8	1,1									
17	0	0	0									
18	1,6	0	0									
19	1,9	0	0									
20	0	0	2,3									
21	0	0	0,1									
22	1,4	0,5	0									
23	0,5	0	0									
24	0	0	0									
25	0	0	0,5									
26	0	0	0,5									
27	0,1	0	0									
28	0	0	2,7									
29	0	0	0,2									
30	0		0									
31	0		0									

Yıl: 2017 İstasyon Adı/No: AKSEKİ/CEVİZLİ TEKEBELİ MEVKİ/18610

Günlük Toplam Yağış (mm=kg÷m<sup>2</sup>) OMGİ

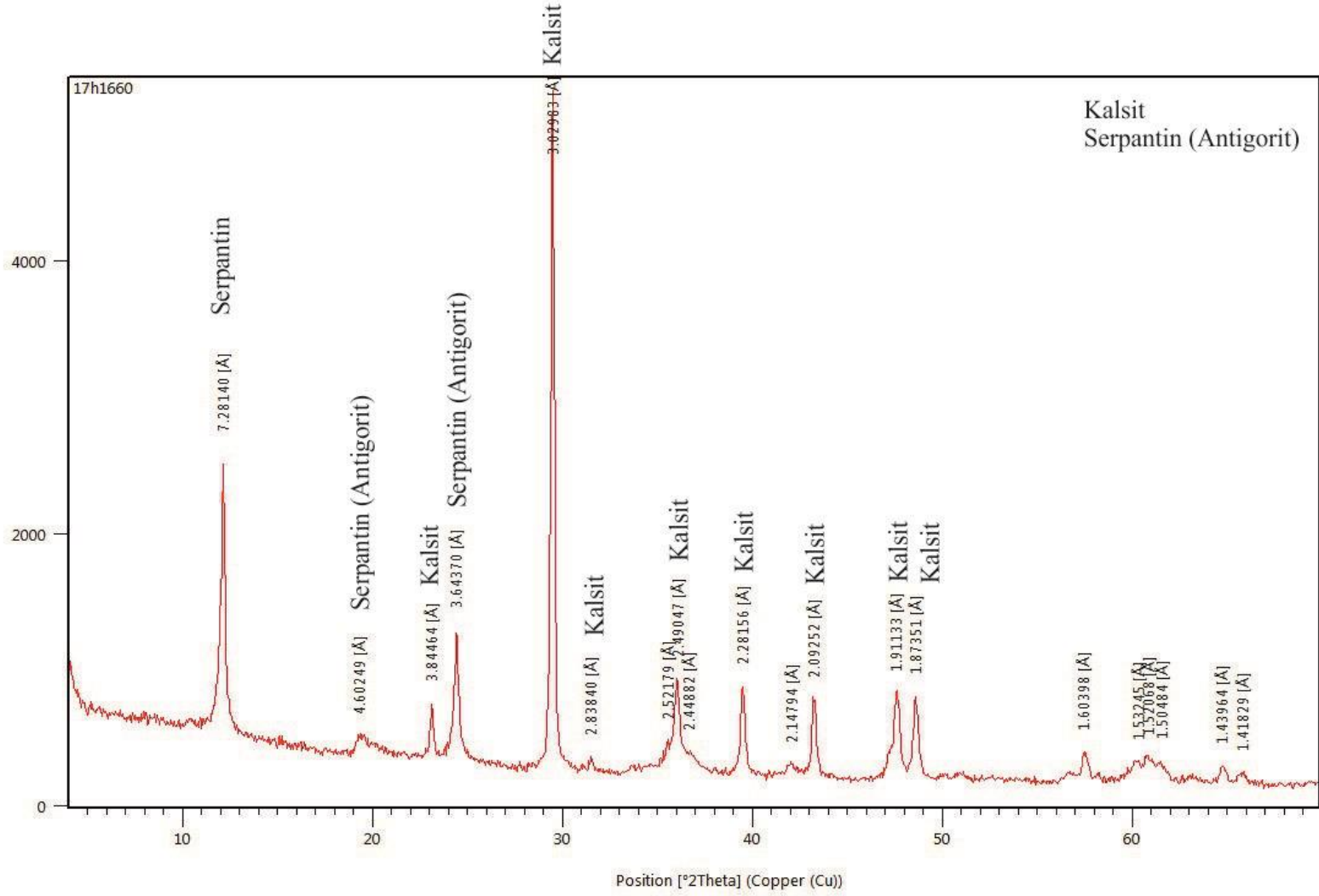
Gün/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	92,9	0	0	9,6	0							
2	113,4	0	0	1,6	0,5							
3	0	0	14	0	1,9							
4	50,4	0	9,4	0	0							
5	39,9	3,4	1,2	0	0							
6	43,8	25,2	0	0	1,2							
7	44,8	17,9	0	0	8,6							
8	25,8	17,3	0	3,1	0							
9	16,1	1	3	16,4	1,3							
10	21,4	2	54,4	0	0							
11	11,6	1,2	15,1	0	0							
12	28,2	0,3	40,3	0	0							
13		0	20,9	11,3	0							
14		0	16,5	32,2	0							
15		0	2,3	5,2								
16		0	1	0								
17		0	0,3	0								
18		0	27	2,8								
19		0	3,3	6,9								
20		0,1	0	4,5								
21		0,6	0	0,4								
22		1,3	0	0								
23		1	0	0,5								
24		0	0	0								
25		3,1	0	0								
26		1,7	0	0								
27		0	0	0								
28		0	0,9	0								
29			2,6	0								
30			0	0								
31			3									

### EK 3 Dip-Pnr kodlu Polat formasyonu kireçtaşına ait Tüm kayaç XRD difraktogramı



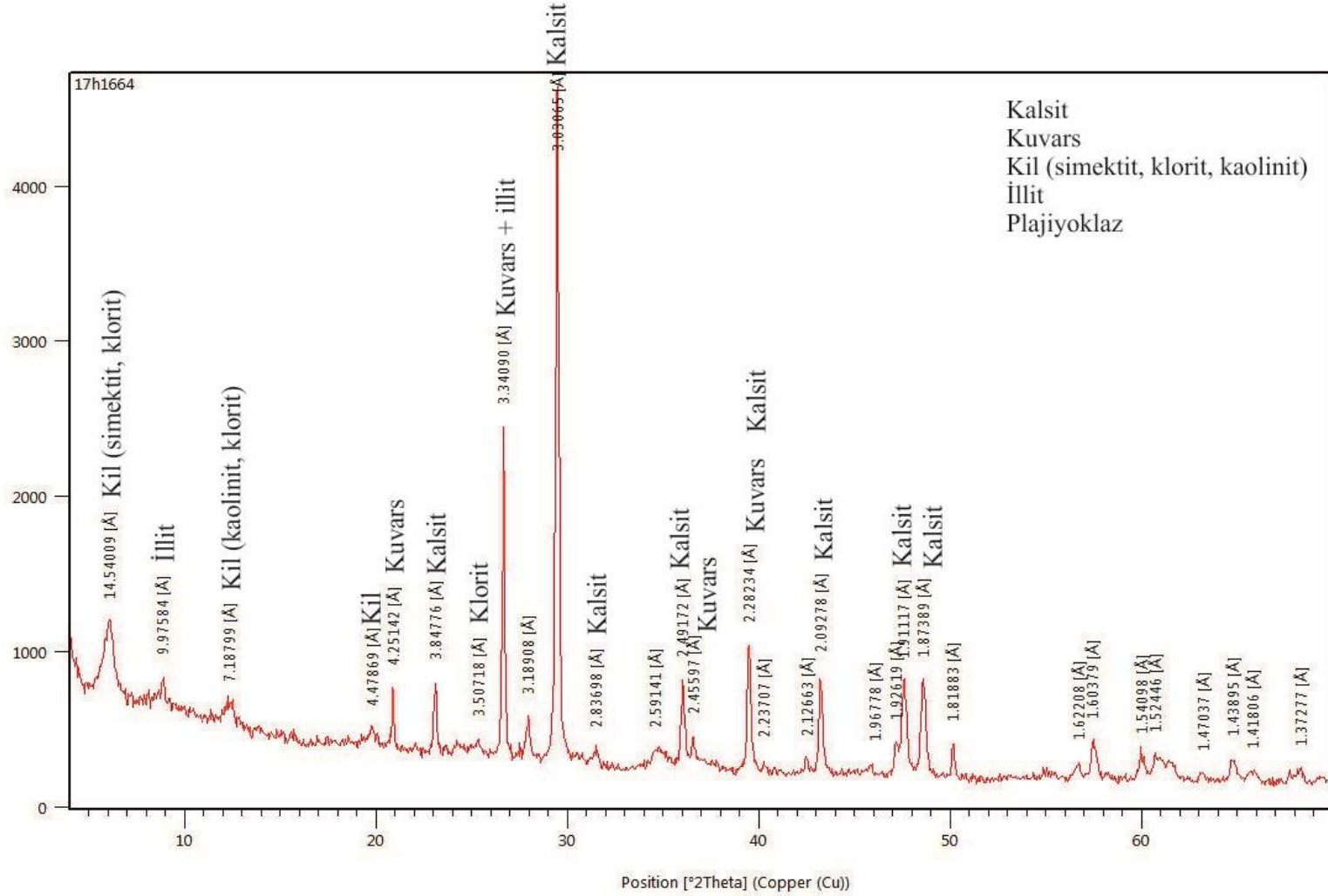
# EK 4 AGC1 kodlu Ağaçtepe ofiyolitlerine ait Tüm kayaç XRD difraktogramı

128



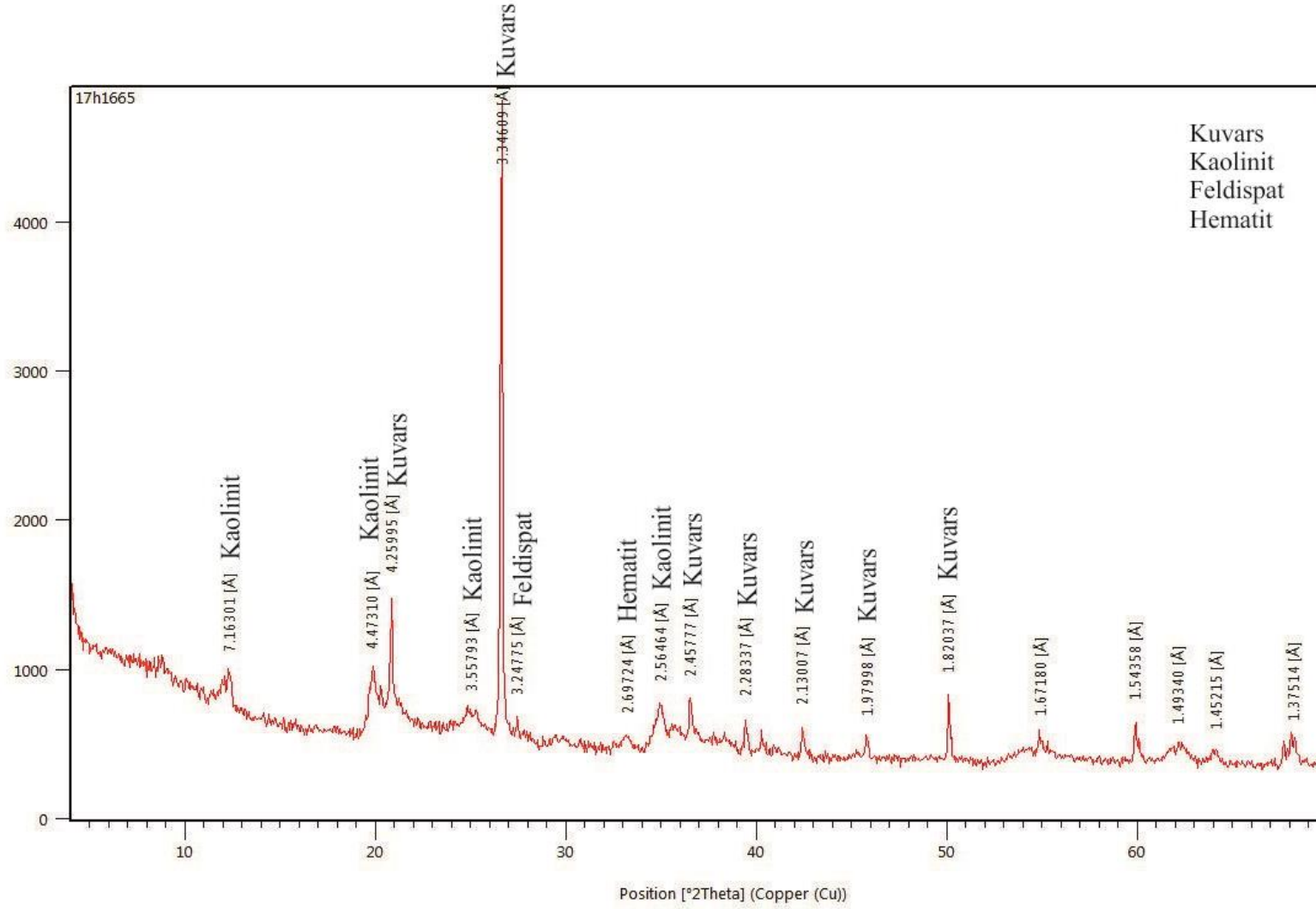
# EK 5 Çobanağacı Formasyonu kumtaşı-çamurtaşı biriminin SY4 örnek no'lu Tüm Kayaç XRD difraktogramı

129



EK 6 Muharrem düdeni SY5 örnek no'lu kum örneğine ait Tüm Kayaç XRD difraktogramı

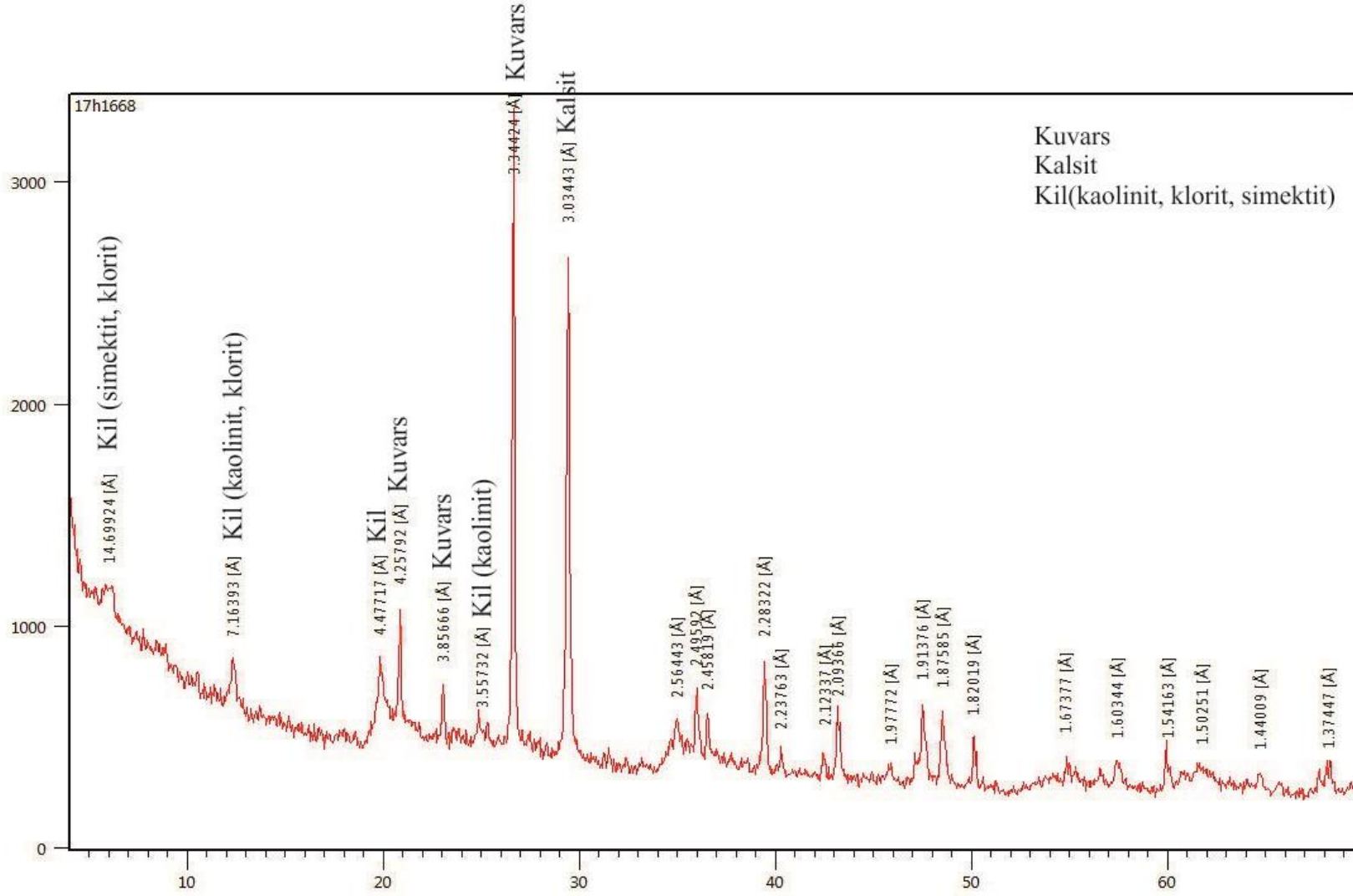
130





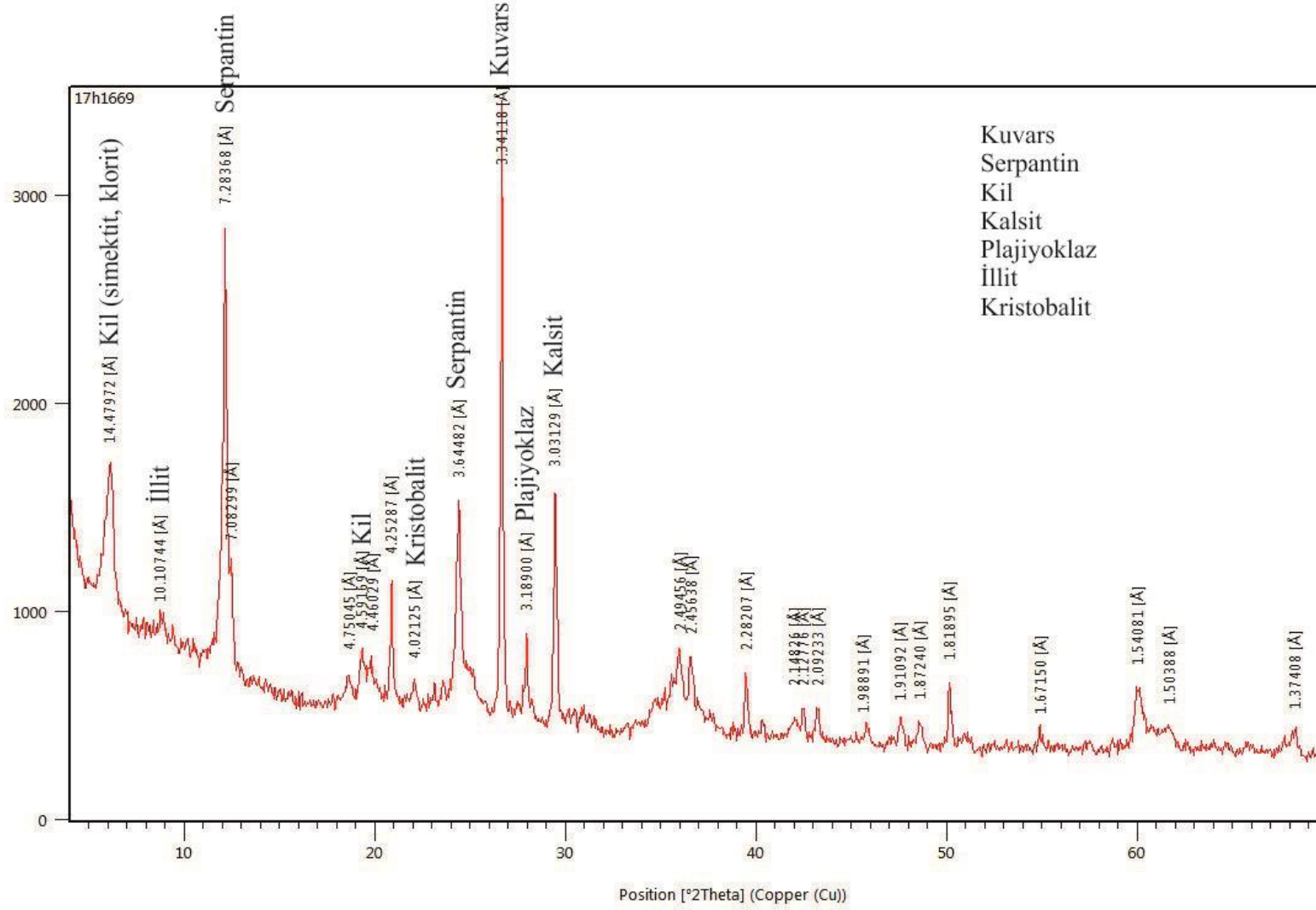
# EK 7 Seydişehir Formasyonu'na ait GÖL1 örnek no'lu Tüm Kayaç XRD difraktogramı

131



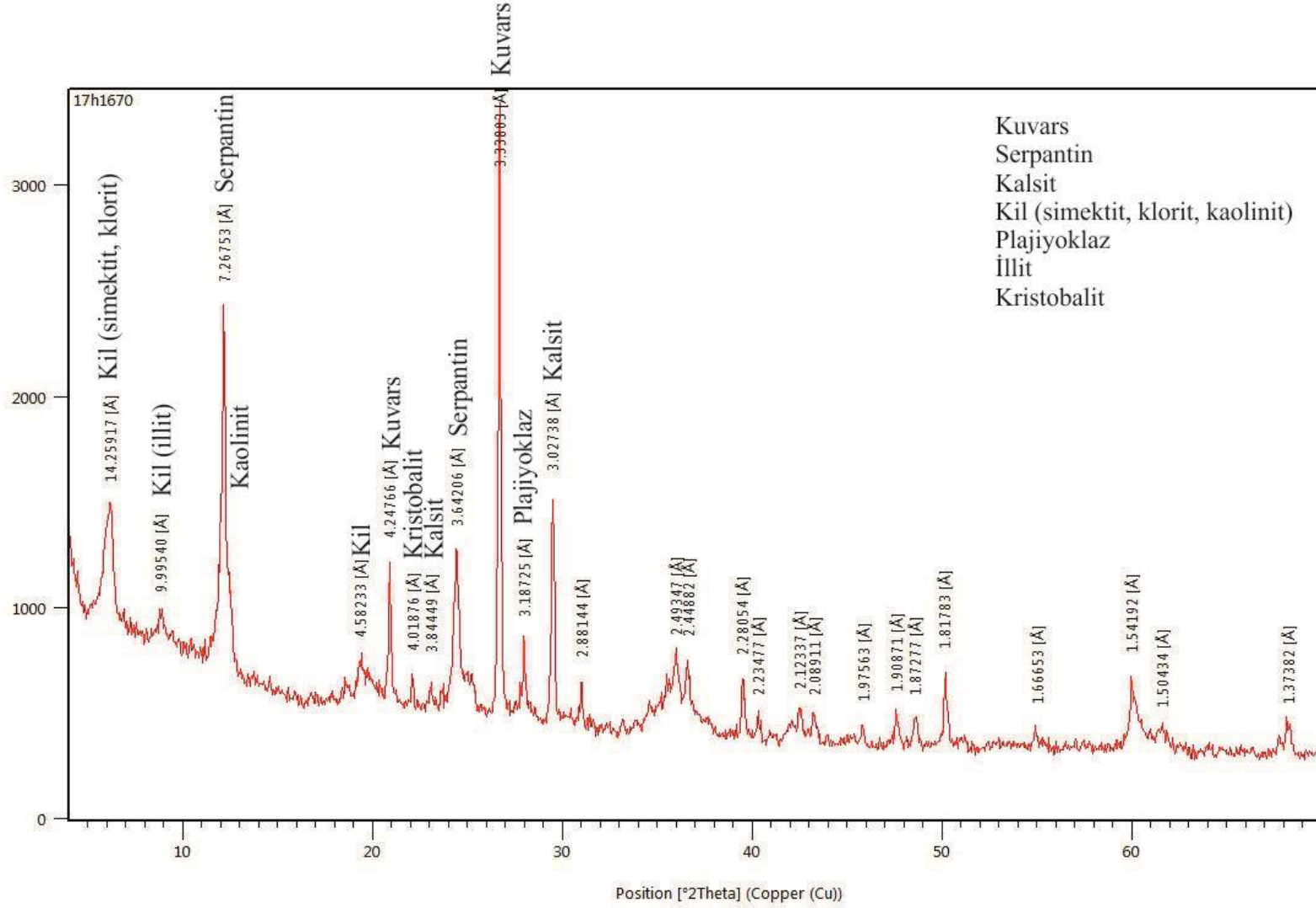
EK 8 Pınarbaşı kaynak noktasından alınan kuşların PNR1 örnek no'lu Tüm Kayaç XRD difraktogramı

132



EK 9 Yağini ve Böğet kaynaklarından alınan kuamların YAG2 örnek no'lu Tüm Kayaç XRD difraktogramı

133



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Süleyman Selim ÇALLI  
Doğum Yeri : Aydın  
Doğum Tarihi : 22/06/1989  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Denizli TEV Anadolu Lisesi (2007)  
Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji  
(Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü (2013)  
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği  
Anabilim Dalı (2017)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Hacettepe Üniversitesi-Buruslu öğrenci 2010-2012  
Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) – Stajyer öğrenci 2010  
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji  
Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları ve Jeokimya Anabilim 2013-2014  
Dalı Araştırma Görevlisi  
Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji 2014-devam ediyor  
Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi

### Proje ve Ödüller

**Çallı S.S.**, Bayarı S. ve Onacak T., 2012. “Otomatik permeametre sisteminin geliştirilmesi” Hacettepe Üniversitesi 9’ncu Proje Yarışması, Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü Birincilik Ödülü.

Çelik M., **Çallı S.S.**, Karakas Z.S., Arslan S. and Çelik M., 2016. Pınarbaşı Karst Kaynağı Beslenme ve Boşalım İlişkilerinin Hidrojeokimyasal Ve Mineralojik İncelemesi. Ankara Üniversitesi,BAP Projesi, 2016.

### **Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler:**

Arslan, Ş., Yücel, Ç., **Çallı, S.S.**, Çelik, M. 2017, Assessment of Heavy Metal Pollution in the Groundwater of the Northern Develi Closed Basin, Kayseri, Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology (Baskıda).

### **Uluslararası Bildirileri**

Çelik M., **Çallı S.**, Deneri A., 2015, Analysis of Pınarbaşı Estavelle discharge; Central Taurus Belt, Seydişehir, Turkey, 42nd IAH Congress - Aqua 2015, Rome, Italy, Poster Presentation

**Çallı S.S.**, Özdemir K., 2015, A new approach to the aquifer systems in the river basin management: Strategic aquifer concept, 42nd IAH Congress - Aqua 2015, Rome, Italy, Poster Presentation

**Çallı S.S.** and Çelik M., 2016, Heavy Metal Contamination Risk in Pınarbaşı Karst Spring, 43rd IAH Congress, Montpellier, France, Poster Presentation

**Çallı S.S.** and Çelik M., 2016, Suspended Sediments in Pınarbaşı Karst Spring, Central Taurus Belt, Turkey, 43rd IAH Congress, Montpellier, France, Poster Presentation

### **Ulusal Bildiriler**

**Çallı S.S.**, 2015, Measuring the hydraulic conductivity via micron resolution liquid level measurement system. *Elektro-mekanik sıvı seviye ölçüm sistemi ile hidrolik iletkenlik katsayısının hesaplanması*. 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Poster Sunumu

Çelik M., Deneri A.H., **Çallı S.S.**, 2015, Pınarbaşı karst kaynağının boşalım analizlerinin incelenmesi; Central Taurus Belt, Seydişehir, Turkey. 4. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu. (Analysis of Pınarbaşı Estavelle Discharge, 4th National Isotope Techniques in Hydrology Symposium)