

SEYFE GÖLÜ (KIRŞEHİR) HAVZASININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF LAKE SEYFE (KIRŞEHİR) BASIN

CANSU YURTERİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ TÜRKER KURTTAŞ

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2023

ÖZET

SEYFE GÖLÜ (KIRŞEHİR) HAVZASININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

Cansu YURTERİ

Doktora, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Türker KURTTAŞ

Nisan 2023, 428 sayfa

Yüzey drenaj alanı 1481 km² olan Seyfe Kapalı Havzası'nın güneyinde yer alan Seyfe Gölü, Kırşehir ili Mucur ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Havza oluşumu itibariyle K-G yönlerden sıkışma rejimi etkisi altında kalmış olması nedeniyle KD-GB ve KB-GD gidişli gelişen normal ve doğrultu atımlı faylarla karakterize edilmektedir. Bu tez çalışmasında, su noktalarının ve hidrojeolojik birimlerin göl alanı ile olan ilişkisi, göl alanındaki süregelen küçülmenin nedenlerinin araştırılması ve havza için temsil edici kavramsal hidrojeolojik modelin kurgulanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda havza ölçeğinde 2019-2021 yılları arasında jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji, hidrojeokimya, izotop hidrojeolojisi ve uzaktan algılama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında temelde Paleozoyik yaşlı metamorfik birimlerden oluşan Kırşehir Masifi, metamorfik temeli tektonik olarak üzerleyen Üst Kretase yaşlı magmatik birimler, bu birimleri uyumsuzlukla üzerleyen Neojen yaşlı sedimanter birimler ile tüm birimleri uyumsuzlukla üzerleyen alüvyon birimler yer almaktadır. Havzada yüzeyleyen litolojik birimlerin suyu geçirme ve iletim özelliklerine göre hidrojeolojik değerlendirmeler gerçekleştirilmiş ve çalışma alanının 1/100.000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Havzanın kuzey, güney ve batısında parçalı yüzlekler veren Paleozoyik yaşlı Bozçaldağ Formasyonu'nun kristalize kireçtaşı ve mermer seviyeleri tektonizma etkisiyle ikincil geçirimsizlik kazanmış ve ana akifer birim olarak tanımlanmıştır. Paleozoyik yaşlı metamorfik serilere ait gnays, şist, amfibol ve kuvarsit gibi litolojiler, Neojen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'nun çamurtaşı ve killi seviyeleri ile havzanın kuzeydoğusunda sınırlı bir alanda yüzlek veren Mesozoyik yaşlı magmatik birimler

hidrojeolojik açıdan geçirimsiz özelliktedir. Neojen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'nun kireçtaşı, kumtaşı ve konglomera seviyeleri ile Seyfe Gölü çevresinde pekişmemiş killi, çakıllı ve kumlu seviyelerden oluşan alüvyon birimin yayılımının ve kalınlığının görece fazla olduğu çakıllı, kumlu seviyeler ise yarı geçirimli birimler olarak tanımlanmıştır. Havza için ortalama yağış miktarı 381.45 mm/yıl, ortalama gerçek buharlaşma-terleme miktarı ise Thornthwaite-Mather yöntemi ile 326.32 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Havzada hidrojeolojik yapının anlaşılması amacıyla akifer birimleri temsil ettiği düşünülen 30 kaynak, 26 kuyu ve drenaj kanalından 2019-2021 yılları arasında yağışlı ve kurak dönemleri temsil edecek şekilde yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Havzada 2021 Mayıs ve 2021 Ekim aylarında kuyulardan gerçekleştirilen yeraltı suyu seviye ölçümlerine göre, yeraltı suyuna olan derinlik 2 m ile 60 m arasında değişmektedir. Bölgede genel yeraltı suyu akım yönünün havzanın merkezinde yer alan Seyfe Gölü'ne doğru olduğu belirlenmiştir. Havzada mermer akiferini temsil eden yüzey ve yeraltısuları Piper diyagramına göre Ca-HCO_3 'lu sular fasiyesi sunmaktadır. Göl alanı ile bağlantılı drenaj kanalını temsil eden su noktası ise Na-Cl fasiyesi sunmaktadır. Havzada örneklenen su noktaları Gibbs diyagramına göre "Kayaç Baskın" bölgede yer almaktadır. Suların kimyasını kontrol eden ana süreçler, kaya-su etkileşimi nedeniyle kayacı oluşturan minerallerin su ile kimyasal ayrışması ile silikatların çözünmesi olarak belirlenmiştir. Göl alanındaki iklimsel ve antropojenik etkiler nedeniyle gerçekleşen değişimlerin belirlenmesi amacıyla uydu görüntüleri kullanılmış ve tarihsel süreçte göl yüzey alanındaki değişim miktarı ile sıcaklık değişimleri belirlenmiştir. Buna göre spektral su indisi yöntemlerinden MNDWI su indisi ile 1985-2020 yılları arasında minimum ve maksimum göl alanı sırasıyla 1.86 km^2 ve 66.87 km^2 olarak hesaplanmış, göl yüzey alanında ise % 93.78 oranında bir azalmanın gerçekleştiği hesaplanmıştır. Batimetri araştırmaları ile; maksimum derinlik gölün kuzeyinde 1.95 m olarak hesaplanmıştır. Göl yüzey sıcaklık çalışmaları ile 1990 ve 2020 yılına ait mevsimsel göl yüzey sıcaklık istatistikleri oluşturulmuştur. 1990-2020 yılları arasında göl suyu ortalama sıcaklığında yaklaşık olarak 3.5 °C artış hesaplanmıştır. Havzada insan kaynaklı faaliyetlerin su kütleleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla CORINE veri tabanı kullanılmıştır. Buna göre 1. Düzey arazi sınıfları arasında en belirgin değişimlerin su yapıları ve sulak alanlar sınıflarında gerçekleştiği görülürken, tarımsal alanlar sınıfı altındaki kuru tarım arazilerinin önemli oranda sulu tarım arazilerine dönüştürüldüğü belirlenmiştir.

Havza genelinde geniş tarım alanlarının yer alması ve yıllar içerisindeki iklimsel değişimler ve yüzey sularının azalması nedeniyle yeraltıları tarımsal sulamada bölge halkı tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Buna göre örneklenen su noktaları “Wilcox” ve “ABD Tuzluluk” diyagramlarında değerlendirilmiş ve su noktalarının çoğunluğunun sırasıyla “Çok İyi-İyi”, “İyi Kullanılabilir” ve “C2-S1” ile “C3-S1” sınıflarına düştüğü ve sulama suyu kullanımına uygun sular grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Gerçekleştirilen doygunluk analizi çalışmalarına göre havzadaki su noktalarının bazı örnekler dışında genel olarak dolomit, aragonit ve kalsit minerallerine doygun; silvit, halit, anhidrit ve jips minerallerine ise doygun olmadıkları belirlenmiştir. Bu durum çalışma alanında yüzeyleyen litolojik birimlerde dikkate alındığında, suların dolaşım süreleri boyunca Paleozoyik metamorfik temele ait mermer birimler ile temas etmesine işaret etmektedir. Duraylı izotop içeriklerine göre incelenen su noktalarının önemli bir bölümü Küresel Meteorik Su Doğrusu ($\delta^2\text{H}=8*\delta^{18}\text{O}+10$) üzerine düşen meteorik kökenli sulardır. Havzanın batı ve güneybatısındaki dağlık kesimleri temsil eden su noktaları $\delta^2\text{H}=8*\delta^{18}\text{O}+15$ olarak belirlenmiş olan Yerel Meteorik Su Doğrusu üzerinde yer almaktadır. Havzanın yüksek dağ sıralarını temsil eden güneybatı, güneydoğu ve kuzeybatı kesimleri akifer birimlerin potansiyel beslenme alanlarını oluşturmaktadır. Havzadaki örnekleme noktalarının Trityum değerleri ise 0.4 ile 4.52 TU arasında değişmektedir. Yüksek trityum değerleri güncel yağışlardan gelen bir beslenimin varlığına işaret ederken, düşük trityum içerikleri ise su noktasını temsil eden akifer birimin görece daha uzun süreli geçiş zamanına sahip, dolaşım yolu görece daha uzun yeraltıları ile beslendiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Seyfe Gölü Havzası, hidrojeoloji, hidrojeokimya, çevresel izotop, kavramsal hidrojeolojik model, Kırşehir

ABSTRACT

HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF LAKE SEYFE (KIRSEHIR) BASIN

Cansu YURTERİ

**Doctor of Philosophy, Department of Geological (Hydrogeological)
Engineering**

Supervisor: Assistant Professor Dr. Türker KURTTAŞ

April 2023, 428 pages

Seyfe Lake is located in the south of Seyfe Closed Basin with a surface drainage area of 1481 km²; it is located within the borders of Mucur district of Kırşehir province. It is characterized by normal and strike slip faults that develop in the direction of NE-SW and NW-SE due to the fact that the basin was under the influence of a N-S compression regime. In this thesis study, it was aimed to investigate the relationship of water samples and hydrogeological units within the lake area, the reasons for the ongoing shrinkage in the lake area and to construct a representative conceptual hydrogeological model for the basin. In this regard, detailed geology, hydrology, hydrogeology, hydrogeochemistry, isotope hydrogeology and remote sensing studies were carried out on the basin scale between 2019-2021. The study area is comprised of a basement of Kırşehir Massif consisting of Paleozoic aged metamorphic units, Upper Cretaceous aged magmatic units tectonically covering the metamorphic base, Neogene aged sedimentary units that cover these units and alluvial units that cover all units with unconformity. Hydrogeological evaluations were carried out according to the permeability and conductivity properties of the lithological units that exposed the basin and scaled to 1/100.000 of the hydrogeological map of the study area. The crystallized limestone and marble levels of the Paleozoic aged Bozcaldag Formation, consisting of fragmented surfaces in the north, south and west of the basin, have gained secondary permeability with the effect of tectonism and have been identified as the

main aquifer unit. Lithologic characters such as gneiss, schist, amphibole and quartzite belonging to the Paleozoic aged metamorphic series, mudstone and clayey levels of the Neogene aged Kızılırmak Formation, and the Mesozoic aged magmatic units exposed in a limited area in the northeast of the basin are hydrogeologically impermeable. Limestone, sandstone and conglomerate levels of Neogene aged Kızılırmak Formation and gravel and sandy levels with relatively high spread and thickness of alluvial unit consisting of unconsolidated clayey, gravel and sandy levels around Seyfe Lake are defined as semi-permeable units. The average amount of precipitation for the basin was calculated to be 381.45 mm/year, and the amount realized by evaporation-transpiration was calculated to be 326.32 mm/year with the Thornthwaite-Mather method. In order to interpret the hydrogeological structure in the basin, 30 springs, 26 wells and drainage channels, which act as aquifer units, were measured and sampled on-site between 2019-2021 to represent rainy and dry periods. According to the groundwater level measurements made in the wells in May 2021 and October 2021 in the basin, the depth to the groundwater varies between 2 m and 60 m. It has been determined that the general ground water flow direction in the region is towards Seyfe Lake, which is at the center of the basin. Surface and underground water represent the marble aquifers in the basin offering Ca-HCO_3 water facies according to the Piper diagram. The water samples representing the drainage channel connected to the lake area offers Na-Cl facies. The water samples collected in the basin are located in the "Rock Dominance" region according to the Gibbs diagram. The main processes controlling the chemistry of the waters were determined through the dissolution of silicates by chemical decomposition of the minerals forming the rock with water due to rock-water interaction. Satellite images were used to determine the changes in the lake area due to climatic and anthropogenic effects, the amount of temperature change and overall changes in the lake surface area were determined in the historical process. Accordingly, with the MNDWI water index, which is one of the spectral water index methods, the minimum and maximum lake area between 1985-2020 was calculated to be 1.86 km² and 66.87 km², respectively, and it was calculated that there was a 93.78% decrease in the lake surface area. The maximum depth was calculated as 1.95 m in the north of the lake with bathymetry researches. Seasonal lake surface temperature statistics for 1990 and 2020 were created with lake surface temperature studies. Changes in lake water average temperature were calculated to be 3.5 °C from 1990 to 2020. Corine database was used to determine the effects of human-induced activities on water bodies in the basin. Consequently,

the most significant changes among the 1st level land classes were observed in the water structures and wetlands classes, while it was determined that dry lands under the agricultural lands class were converted into significantly irrigated agricultural lands.

Due to the large agricultural areas throughout the basin, the climatic changes over the years and the decrease in surface waters, groundwater is used extensively by the people of the region for agricultural irrigation. The water samples were evaluated in “Wilcox” and “US Salinity” diagrams and it was determined that the majority of the water samples fell into the classes of “Excellent to - Good”, “Good to Permissible” and “C2-S1” and “C3-S1” respectively and were in the group of waters suitable for irrigation water use. According to the saturation analysis studies conducted, it was determined that the water samples in the basin were generally saturated with dolomite, aragonite and calcite minerals except for some samples, and not saturated with silvite, halide, anhydrite and gypsum minerals. This situation shows that when lithological units surfacing in the study area are taken into account, the waters come into contact with the marble units of the Paleozoic metamorphic massif during their circulation periods.

A significant part of the water samples examined according to their stable isotope contents are the waters of meteoric origin falling on the Global Meteoric Water Line ($\delta^2\text{H}=8*\delta\text{O}^{18}+10$). The water samples representing the mountainous areas in the west and southwest of the basin are located on the Local Meteoric Water Line, which is determined as $\delta^2\text{H}=8*\delta\text{O}^{18}+15$. Southwest, southeast and northwest parts of the basin, which represents high mountain ranges, constitutes the potential feeding areas of aquifer units. The Tritium values of the sampling points in the basin vary between 0.4 and 4.52 TU. While high tritium values indicate the presence of recharge from current precipitation, low tritium contents indicate that the aquifer unit representing the water sample is fed with relatively longer groundwater source with a relatively longer residence time and a relatively longer circulation path.

Keywords: Seyfe Lake Basin, hydrogeology, hydrogeochemistry, environmental isotope, conceptual hydrogeological model, Kirsehir

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmam süresince, arazi ve laboratuvar çalışmalarının değerlendirilmesine bilgi ve tecrübeleri ile ışık tutan, bilimsel araştırma etiğine uygun yöntemlerin benimsenmesini ilke edinen, iyi niyetini, bilgisini, özverili tutumunu ve sabrını esirgemeyen çok değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Türker KURTTAŞ'a (HÜ) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince araştırma yöntemlerinin ilerletilmesi, geliştirilmesi, tez metinlerinin şekillendirilmesi ve son haline getirilmesi aşamalarında değerli görüş ve önerilerinden yararlandığım Tez Jüri Üyeleri Sayın Prof. Dr. Mehmet ÇELİK (AÜ), Sayın Prof. Dr. Hüseyin KARAKUŞ (DPÜ), Sayın Doç. Dr. Harun AYDIN (HÜ) ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Şükran AÇIKEL'e (HÜ),

Tez süresi boyunca iyi niyeti ve yapıcı tavrını eksik etmeyen, tez metinlerinin ve proje raporlarının geliştirilmesi ve düzenlenmesinde yön gösteren, kıymetli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Levent TEZCAN'a (HÜ),

Tez çalışmasının kimyasal analiz ve saha çalışmaları aşamalarına maddi destek sağlayan Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (BAP), Tez çalışması kapsamında kimyasal analizlerin gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Anabilim Dalı Kimyasal Analiz Laboratuvarı sorumlusu Sayın Doç. Dr. Metin CAN'a (HÜ) ve Sayın Dr. Yasemin ÖZTÜRK'e (HÜ), duraylı izotop analizleri için Su Kimyası ve Çevresel Tritiyum Laboratuvarı sorumlusu Sayın Dr. Öğr. Üyesi Türker KURTTAŞ'a (HÜ), arazi çalışmalarının gerçekleştirilmesi aşamasında laboratuvar ölçüm cihazlarından yararlanmamı sağlayan Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM) Duraylı İzotop Laboratuvarı sorumlusu Sayın Prof. Dr. Mehmet EKMEKÇİ' ye, tritiyum analizleri için Devlet Su İşleri Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı (TAKK) İzotop Laboratuvarı Şube Müdürü Sayın Alime Temel DİLAVER'e (DSİ) ve tüm laboratuvar personeline teşekkürü bir borç bilirim.

Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak sunulan bu çalışmanın bir bölümü Hacettepe Üniversitesi FHD-2021-18960 numaralı "Kırşehir Seyfe Gölü Sulak Alan Havzasının Kavramsal Modeline Temel Oluşturacak Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve Çevresel İzotop Çalışmaları" isimli proje kapsamında desteklenmiştir. Çalışma alanındaki araştırma çalışmaları sırasında kullanılan meteorolojik verilerin temini için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne, hidrojeolojik ve hidrolojik verilerin temini için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yeraltıları Dairesi Başkanlığına, DSİ XII. (Kayseri) Bölge Müdürlüğü Yeraltıları Şube Müdürlüğü çalışanlarına, jeolojik veri ve raporların temini için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne (MTA),

Arazi çalışmalarının başlangıç aşamalarındaki katkılarından dolayı Hidrojeoloji Mühendisi Deniz ÖZBEK'e, Arş. Gör. Levent BAYRAM'a, ve yardımlarını esirgemeyen bölge halkına,

Lisansüstü eğitimim süresince her türlü altyapı ve olanaklarından yararlandığım Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne ve Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne, asistanlık sürem boyunca birlikte görev yaptığım araştırma görevlisi arkadaşlarıma, Lisans eğitimimden bu zamana kadar üzerimde emeği olan, iyi niyetlerini, desteklerini ve yardımlarını esirgememiş kıymetli hocalarıma,

Tez çalışması süresince iyi niyet, kolaylık, anlayış ve desteklerini esirgemeyen İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'ndaki yöneticilerime, amirlerime ve çalışma grup başkanlığındaki mesai arkadaşlarıma,

Son olarak hayatım boyunca gösterdikleri maddi ve manevi her türlü ilgi, destek, sabır ve anlayışları için çok değerli aileme en içten sevgi, saygı, minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Cansu YURTERİ

Nisan 2023, Ankara

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xxiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri	2
1.2.1. Mevcut Verilerin Değerlendirilmesi	2
1.2.2. Havza Ölçeğinde Yerel ve Bölgesel Jeolojik Yapının Tanımlanması	3
1.2.3. Çalışma Alanının Hidrojeolojisi ve Hidrostratigrafik Yapısının Tanımlanması	3
1.2.4. Hidrojeokimyasal Karakterizasyon	3
1.2.5. Göl Alanı ve Sulak Alan Sisteminin Morfometrisi	4
1.2.6. Havza Su Bütçesinin Oluşturulması	4
1.2.7. Yerüstü-Yeraltı suyu Etkileşiminin Belirlenmesi ve Örnekleme	5
1.2.8. Hidrojeolojik Kavramsal Model	5
1.3. İnceleme Alanının Tanıtımı	6
1.3.1. Doruk Ağı, Hidrografya, Yükselti, Eğim	7
1.3.2. İklim ve Bitki Örtüsü	10
1.3.3. Ulaşım Olanakları	12
1.3.4. Nüfus ve Sosyo-Ekonomik Durum	12
1.4. Önceki Çalışmalar	13
2. GENEL STRATİGRAFİ	22
2.1. Paleozoyik	25
2.1.1. Kalkanlıdağ Formasyonu (Pzk)	25
2.1.2. Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi (Pzkk)	26
2.1.3. Kervansaraydağ Formasyonu (Pzke)	26

2.1.4. Bozçaldağ Formasyonu (Pzb).....	27
2.1.5. Haciselimli Formasyonu (Pzh)	28
2.1.6. Çomakdağ Kuvarsitleri (Pzç).....	29
2.2. Mesozoyik	29
2.2.1. Üst Kretase	29
2.3. Senozoyik.....	30
2.3.1. Eosen.....	30
2.3.2. Üst Miyosen-Pliyosen	33
2.4. Kuvaterner.....	35
2.4.1. Traverten (Qt)	35
2.4.2. Alüvyon (Qa).....	36
2.5. Çizgisel Yapılar	36
2.5.1. Seyfe Fay Zonu.....	37
2.5.2. Akpınar Fayı.....	37
2.5.3. Boztepe Fayı.....	37
2.5.4. Gümüşkümbet Fayı.....	37
2.6. Jeolojik Evrim	40
3. HİDROLOJİ	41
3.1. Yüzey Drenaj Alanı.....	41
3.2. Su Noktaları.....	42
3.2.1. Akarsular	43
3.2.2. Kaynaklar	44
3.2.3. Bataklıklar	51
3.2.4. Drenaj Kanalları	51
3.2.5. Göl	54
3.2.6. Sondaj Kuyuları.....	55
3.3. Meteorolojik Gözlem Ağı	57
3.4. Yağış	58
3.4.1. Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi	62
3.4.2. Eklenik Sapma Grafikleri.....	67
3.5. Sıcaklık.....	67
3.6. Buharlaşma-Terleme	72
3.6.1. Potansiyel Buharlaşma-Terleme (ETp)	73
3.6.2. Turc Yöntemiyle Gerçek Buharlaşma-Terleme (ETg)	75
3.6.3. Coutagne Yöntemiyle Gerçek Buharlaşma-Terleme (ETg).....	76

3.6.4. Thornthwaite-Mather Havza Su Bütçesi (1955)	78
3.7. Hidrolojik Bütçe Bileşenleri ve Havza Su Bütçesi Hesaplamaları	80
3.7.1. Yağış	81
3.7.2. Gerçek Buharlaşma-Terleme (ETg)	82
3.7.3. Kaynaklarla Boşalım	82
3.7.4. Kuyularla Çekim	84
3.7.5. Bataklık-Sazlık Alandan Gerçekleşen Buharlaşma-Terleme	85
3.7.6. Yüzeysel Akışa Geçen Miktar	86
3.7.7. Yeraltına Sızma	89
3.7.8. Göl Yüzeyine Yağıştan Olan Beslenim	89
3.7.9. Serbest Su Yüzeyinden Buharlaşma Miktarı	89
3.8. Havza Ölçeğinde Su Bütçesi Hesaplamaları (1970-2020)	94
3.9. Bütçe Hesaplamalarına Yönelik Genel Değerlendirmeler	95
4. HİDROJEOLOJİ	96
4.1. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri	96
4.1.1. Geçirimsiz Birimler	96
4.1.2. Geçirimli Birimler	97
4.1.3. Yarıgeçirimli (Yerel Yeraltı Suyu İçeren) Birimler	98
4.2. Yeraltı Suyu Seviye Gözlemleri	102
4.2.1. Yeraltı Suyu Seviye Gözlemleri - Mayıs 2021	105
4.2.2. Yeraltı Suyu Seviye Gözlemleri-Ekim 2021	108
5. SEYFE GÖLÜ YÜZEY ALANININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ	112
5.1. Seyfe Gölü	112
5.2. Kullanılan Uzaktan Algılama Verileri ve Özellikleri	113
5.3. Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) Yöntemi	114
5.3.1. Seyfe Gölü Yüzey Alanının Zamansal Değişimi	116
5.3.2. Seyfe Gölü Su Seviye Değişimi	120
5.3.3. Seyfe Gölü Su Seviyesi ve Kot-Hacim-Alan İlişkisi	122
5.3.4. Seyfe Gölü Batimetrisi	123
5.4. Göl Yüzey Alanı Sıcaklık Değişimi	125
5.4.1. Su Kütleleri için Termal Uzaktan Algılama Çalışmaları	125
5.4.2. Kullanılan Uzaktan Algılama Verileri ve Özellikleri	127
5.4.3. Yöntem	128
5.4.4. Seyfe Göl Havzası için NDVI Analizi	129

5.4.5. Seyfe Gölü Yüzey Sıcaklık Dağılımının Zamansal Değişimi (1990-2020).....	129
6. HİDROJEOKİMYA.....	135
6.1. Hidrojeokimyasal Örnekleme ve Analiz-Değerlendirme Çalışmaları	135
6.2. Örnekleme Noktaları	139
6.3. Su Noktalarının Fizikokimyasal Özellikleri	141
6.3.1. Sıcaklık (T°C).....	142
6.3.2. pH	144
6.3.3. Özgül Elektriksel İletkenlik (ÖEİ).....	147
6.3.4. Toplam Çözünmüş Madde (TÇM).....	150
6.3.5. Debi	152
6.3.6. Suların Sertliği.....	153
6.4. Su Noktalarının Kimyasal Analiz Sonuçları	154
6.5. Majör İyonlar.....	155
6.5.1. Sodyum (Na ⁺)	155
6.5.2. Potasyum (K ⁺).....	156
6.5.3. Kalsiyum (Ca ⁺²).....	156
6.5.4. Magnezyum (Mg ⁺²)	157
6.5.5. Klorür (Cl ⁻).....	157
6.5.6. Sülfat (SO ₄ ⁻²)	158
6.5.7. Alkalinite (CO ₃ +HCO ₃)	158
6.6. Mineral Doygunluk Hesaplamaları.....	159
6.7. Majör Anyon ve Katyonların İstatistiksel Değerlendirmeleri.....	161
6.7.1. Korelasyon Analizi	162
6.7.2. Kümeleme Analizi	164
6.8. Su Kaynaklarının Kökeni ve Sınıflandırılması.....	166
6.8.1. Yarı-Logaritmik Diyagram	166
6.8.2. Piper Diyagramı	169
6.8.3. Gibbs Diyagramı	172
6.8.4. Dairesel Diyagramlar.....	174
6.8.5. Majör İyon Oranları	176
6.9. İzotop Hidrojeolojisi	178
6.9.1. Duraylı İzotoplar ($\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$).....	178
6.9.2. Duraylı İzotop Örnekleme ve Analiz	179
6.9.3. Duraylı İzotop Sonuçlarının Değerlendirilmesi	180

9.4. Oksijen 18 - Döteryum İlişkisi.....	186
6.9.5. Oksijen 18 - Yükselti - Beslenme Alanı İlişkisi.....	190
6.9.6. Tritiyum Analizleri ve Bulguları.....	197
6.10. Sulama Suyu Sınıflaması	201
6.10.1. Wilcox Diyagramı	201
6.10.2. ABD Tuzluluk Diyagramı	204
7. KAVRAMSAL MODEL.....	208
7.1. Kavramsal Modele Temel Oluşturacak Değerlendirmeler	208
8. ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİNİN GÖL HİDROLOJİSİNE ETKİSİ.....	217
8.1. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımında CORINE Sistemi	217
8.2. Kullanılan Veriler	219
8.3. CORINE Arazi Sınıfları	220
8.4. Seyfe Göl Havzasında Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsünün Zamansal Değişimi (1990-2018)	222
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	232
10. KAYNAKLAR.....	239
EKLER	250
EK 1 - Şekiller.....	250
EK 2 - Çizelgeler	253
EK 3 - Yöntem	255
EK 4 - Tezden Türetilmiş Yayınlar	381
EK 5 - Tezden Türetilmiş Bildiriler	384
EK 6 - Tez Çalışması Orjinallik Raporu	387
ÖZGEÇMİŞ	388

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Seyfe Havzası yükselti grupları alansal dağılım ilişkisi	9
Çizelge 3.1. İnceleme alanındaki kaynakların Eylül 2021 arazi gözlemleri ile ölçülmüş debileri	45
Çizelge 3.2. Mevsimlik gözlem kuyularına ait bilgiler	57
Çizelge 3.3. Havza alanı ve yakın çevresinde kurulmuş MGİ'lere ait bilgiler	59
Çizelge 3.4. İnceleme alanı ve çevresindeki MGİ'da 1970-2020 yılları arasında ölçülen aylık ortalama yağış değerleri	66
Çizelge 3.5. Çalışma alanı ve yakın çevresinde sıcaklık ölçümü yapan meteoroloji gözlem istasyonları ile ilgili bilgiler	69
Çizelge 3.6. İnceleme alanı ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının 1970-2020 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri	71
Çizelge 3.7. Turc yöntemine göre hesaplanan ETg değerleri	76
Çizelge 3.8. Coutagne Yöntemine göre hesaplanan ETg değerleri	77
Çizelge 3.9. Farklı yöntemlerle hesaplanan yıllık ortalama gerçek buharlaşma-terleme miktarı	78
Çizelge 3.10. Kırşehir MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi	79
Çizelge 3.11. Toprak Koruma Servisi-Eğri Numarası Yöntemi'ne göre hesaplanmış parametreler	87
Çizelge 3.12. Kırşehir MGİ için Penman Yöntemi ile serbest su yüzeyinden hesaplanan aylık buharlaşma-terleme değerleri	92
Çizelge 3.13. Kırşehir MGİ için Penman yöntemi ile hesaplanan serbest su yüzeyinden gerçekleşen aylık toplam buharlaşma değerleri	93
Çizelge 3.14. Seyfe Havzası su bütçesi bileşenleri	94
Çizelge 4.1. Yağışlı dönem (Mayıs 2021) yeraltı suyu seviye gözlemlerine ait bilgiler	108
Çizelge 4.2. Kurak dönem (Ekim 2021) yeraltı suyu seviye gözlemlerine ait bilgiler	111
Çizelge 5.1. Kullanılan Landsat uydu görüntüleri ve özellikleri	114
Çizelge 5.2. MNDWI yönteminde kullanılan Landsat multispektral uydu görüntülerinin özellikleri	116
Çizelge 5.3. Göl yüzey alanının alansal değişim miktarları	117

Çizelge 5.4.	Kırşehir MGI meteorolojik verileri ile göl yüzey alanının karşılaştırılması	120
Çizelge 5.5.	MNDWI yöntemi ile belirlenmiş göl yüzey alanlarının göl su kotu ve toplam hacim değerleri	121
Çizelge 5.6.	Seyfe Gölü alan-hacim-derinlik ve göl seviye kotu değişimi	123
Çizelge 5.7.	Çalışmada uzaktan algılama verisi olarak kullanılan bantlar ve özellikleri.....	128
Çizelge 5.8.	İnceleme alanında termal uzaktan algılama çalışmaları için kullanılan uydu görüntüleri ve özellikleri	128
Çizelge 5.9.	Seyfe Gölü Su Yüzey Sıcaklığı (SYS) değerleri	134
Çizelge 6.1.	Örneklenen su noktalarına ait dönemsel veriler.....	137
Çizelge 6.2.	Su noktalarının örnekleme-analiz-teknik özellikleri	139
Çizelge 6.3.	Çalışma alanında örneklenen su noktalarının dönemsel sıcaklık istatistikleri	143
Çizelge 6.4.	Suların pH değerlerine göre sınıflaması	145
Çizelge 6.5.	Çalışma alanında örneklenen su noktalarının dönemsel pH istatistikleri	145
Çizelge 6.6.	Çalışma alanında örneklenen su noktalarının dönemsel ÖEİ 25 istatistikleri	148
Çizelge 6.7.	Suların Toplam Çözünmüş Katı Madde İçeriğine Göre (TÇM) Sınıflaması (Freeze ve Cheery, 1979).....	151
Çizelge 6.8.	Çalışma alanında örneklenen su noktalarının dönemsel TÇM istatistikleri	151
Çizelge 6.9.	Örneklenen su noktalarının dönemsel debi istatistikleri.....	152
Çizelge 6.10.	Su noktalarının Fransız Sertliğine göre sınıflaması	153
Çizelge 6.11.	Çalışma alanında örneklenen su noktalarının majör iyon içeriklerinin dönemsel istatistikleri.....	154
Çizelge 6.12.	Korelasyon Aralığı ve İlişki Düzeyi (Davis, 2002)	163
Çizelge 6.13.	Eylül 2021 dönemi için Pearson Korelasyon analizi	164
Çizelge 6.14.	Duraylı İzotop Analizi gerçekleştirilen örneklerin türü, sayısı ve dönemi.....	179
Çizelge 6.15.	GNIP istasyonlarının 1966-2021 yılları arasında ölçülmüş duraylı izotop içerikleri ile yıllık ortalama hava sıcaklığı verileri	191

Çizelge 6.16. Havza ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarının kot-ortalama hava sıcaklığı ilişkisi	192
Çizelge 6.17. Kıtasal bölgelerde yeraltısularındaki trityum miktarı ve beslenme periyodu (Clark ve Fritz, 1997)	197
Çizelge 6.18. Çalışma alanındaki su noktalarının trityum (3H-TU) içerikleri	199
Çizelge 8.1. Corine Arazi Örtüsü/Kullanımında Kullanılan Veri Setlerinin Özellikleri (CLC 1990-2018)	220
Çizelge 8.2. Corine sistemine göre tüm düzeyler için Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Sınıflandırması (Corine Land Cover, 2022 ; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022)	221
Çizelge 8.3. 1.Düzye sınıflarının 1990-2018 yılları arasında kapladıkları alanlar ve yüzde oranları	223
Çizelge 8.4. CORINE sistemine göre 1.Düzye temel arazi sınıflarının 1990-2018 yılları arasında kapladıkları alanlarda meydana gelen alansal değişim ve yüzde miktarları	224
Çizelge 8.5. Havzadaki 3. düzey arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarının kapladıkları alansal yüzde oranları	226
Çizelge 8.6. Havzadaki arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarının 1.ve 3. Düzeyler için kapladıkları alansal oranlar	227

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	İnceleme alanının yerbulduru haritaları	7
Şekil 1.2.	İnceleme alanı yükselti haritası	8
Şekil 1.3.	Havzadaki yükseltiye bağlı alansal dağılımın değişim grafiği	9
Şekil 1.4.	Çalışma alanı eğim dağılım haritası	10
Şekil 1.5.	1930-2020 yılları arası Kırşehir MGI'ye ait aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama yağış değişim grafiği (1930-2020)	11
Şekil 2.1.	İnceleme alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti KK: Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi, ÇK: Çomakdağ Kuvarsit Üyesi, Kv: Karahıdır Volkanik Üyesi (MTA, 1991; MTA, 1992-Ölçeksizdir)	23
Şekil 2.2.	Seyfe Gölü Havzası ve yakın çevresinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası (MTA (1991) ve MTA (1992)'den değiştirilerek)	24
Şekil 2.3.	Seyfe Gölü ve yakın çevresindeki çizgisellikler (Koçyiğit, 2003; ve Temiz 2004'den yararlanılarak hazırlanmıştır.)	38
Şekil 2.4.	Çalışma alanına ait enine jeolojik kesitler (I-I', II-II', III-III', IV-IV')	39
Şekil 3.1.	Seyfe Gölü hidroloji (yüzey drenaj alanı ve yükselti dağılım) haritası	42
Şekil 3.2.	Seyfe Kaynağının a) 2011 yılı Ekim ayına ait Google Earth uydu görüntüsü ve b) arazi gözlemlerinden görüntüsü (Kuzeyden Bakış)	46
Şekil 3.3.	Seyfe havzasında yer alan drenaj kanalları	53
Şekil 3.4.	Malya Devlet Üretim Çiftliği bölgesinden Seyfe Gölü'ne giden ana drenaj kanalı-Aralık 2018 (Güneyden bakış)	54
Şekil 3.5.	Havzada açılmış kuyuların dağılımı	55
Şekil 3.6.	İnceleme alanı ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarının konumları	60
Şekil 3.7.	İnceleme alanı ve yakın çevresindeki MGI'lerin gözlem periyodu	61
Şekil 3.8.	Çalışma alanı ve yakın çevresindeki istasyonlar için Thiessen Poligon yöntemi ile alansal yağış dağılımı	64
Şekil 3.9.	Çalışma alanı ve yakın çevresi için eş yağış eğrileri	65
Şekil 3.10.	Kırşehir MGI yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği	67

Şekil 3.11. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki sıcaklık ölçümü yapan istasyonların gözlem aralığı	70
Şekil 3.12. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki istasyonlarda ölçülen aylık ortalama sıcaklık ve yağış miktarı	72
Şekil 3.13. Thornthwaite yöntemi ile Kırşehir MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği....	74
Şekil 3.14. Seyfe Havzasındaki yeraltı suyu bütçe bileşenlerinin şematik gösterimi (Mavi oklar: Beslenim, Kırmızı oklar: Boşalım).....	81
Şekil 3.15. Seyfe Kaynağının 1968 yılından 2001 yılı Ekim Ayına kadar debi değişimleri.....	83
Şekil 3.16. Horla Kaynağının 1968 yılından 2003 Temmuz Ayına kadar debi değişimleri.....	84
Şekil 3.17. Bataklık-sazlık alandan gerçekleşen buharlaşma-terleme bölgesi....	86
Şekil 3.18. Havzada kanallarla yüzeysel akışa geçen su miktarının alansal dağılımı	88
Şekil 3.19. Seyfe kapalı havzası bütçe bileşenleri	95
Şekil 4.1. İnceleme alanı ve yakın çevresi genelleştirilmiş hidrostratigrafik kesiti (Ölçeksizdir)	99
Şekil 4.2. Seyfe Gölü (Mucur-Kırşehir) havzası hidrojeoloji haritası (MTA (1991; 1992)'den değiştirilerek).....	100
Şekil 4.3. Çalışma alanına ait hidrojeolojik kesitler (I-I', II-II', III-III', IV-IV')	101
Şekil 4.4. Boztepe bölgesi DSİ YAS seviye gözlemleri ve Kırşehir MGİ aylık toplam yağış değerleri.....	103
Şekil 4.5. Eskidoğan bölgesi DSİ YAS seviye gözlemleri ve Kırşehir MGİ aylık toplam yağış değerleri.....	104
Şekil 4.6. Yenidoğanlı bölgesi DSİ YAS seviye gözlemleri ve Kırşehir MGİ aylık toplam yağış değerleri.....	104
Şekil 4.7. Yağışlı dönem (Mayıs 2021) YAS seviye dağılımı	106
Şekil 4.8. Yağışlı dönem (Mayıs) YAS seviye haritası	107
Şekil 4.9. Kurak dönem (Ekim 2021) yas seviye dağılımı	109
Şekil 4.10. Kurak dönem (Ekim 2021) YAS seviye haritası	110
Şekil 5.1. 1985-2020 yılları arasında Google Earth uydu görüntüleri ile göl yüzey alanındaki değişim	113

Şekil 5.2.	Xu (2006) tarafından geliştirilen MNDWI su indisinin uygulanmasına yönelik akış şeması.....	115
Şekil 5.3.	Göl yüzey alanının 1985-2020 yılları arasında alansal değişimi (Yurteri ve Kurttaş, 2021).....	118
Şekil 5.4.	Seyfe Gölü seviye gözlemleri (Yurteri ve Kurttaş, 2021).....	121
Şekil 5.5.	MNDWI yöntem ile belirlenen göl yüzey alanlarının karşılık geldiği kot hacim-alan değerlerinin ilişkisi (Yurteri ve Kurttaş, 2021)	123
Şekil 5.6.	Göl taban topoğrafyası ve göl batimetri haritası oluşturma basamakları (Yurteri ve Kurttaş, 2021).....	124
Şekil 5.7.	Seyfe Gölü batimetri (derinlik) haritası (Yurteri ve Kurttaş, 2021) ...	125
Şekil 5.8.	Çalışma alanı ve yakın çevresindeki NDVI değerleri (Düşük NDVI değerleri zayıf bitki örtüsünü, yüksek NDVI değerleri yoğun bitki örtüsünü göstermektedir.)	129
Şekil 5.9.	Seyfe Göl alanı yüzey sıcaklık dağılımı (1990-2020 Mayıs)	131
Şekil 5.10.	Seyfe Göl alanı yüzey sıcaklık dağılımı (1990-2020 Eylül)	132
Şekil 5.11.	1990-2020 yılları için (Mayıs ve Eylül) Seyfe Gölü yüzey sıcaklığı, göl yüzey alanı ve aylık ortalama hava sıcaklığı verileri arasındaki ilişki	133
Şekil 6.1.	İnceleme alanındaki kimyasal analizler için örneklenen su noktalarının lokasyon haritası	140
Şekil 6.2.	Örneklenen yüzey ve yeraltısularının havza genelinde sıcaklık dağılımı (Eylül-Ekim 2021).....	142
Şekil 6.3.	Havzada örneklenen yüzeysularının dönemsel sıcaklık (T) değerleri.....	144
Şekil 6.4.	Örneklenen yüzey ve yeraltısularının havza genelinde pH dağılımı (Eylül-Ekim 2021).....	146
Şekil 6.5.	Havzada örneklenen yüzeysularının dönemsel pH değerleri	147
Şekil 6.6.	Örneklenen yüzey ve yeraltısularının havza genelinde ÖEİ dağılımı (Eylül-Ekim 2021).....	149
Şekil 6.7.	Havzada örneklenen yüzeysularının dönemsel ÖEİ değerleri.....	150
Şekil 6.8.	Havzada örneklenen yüzeysularının yerinde ölçülen dönemsel debi değerleri.....	152
Şekil 6.9.	2021 Eylül Dönemi mineral doygunluk değerleri	161
Şekil 6.10.	2021 Ekim Dönemi mineral doygunluk değerleri.....	161

Şekil 6.11. İnceleme alanındaki su noktalarının major iyon içeriklerine ait dendrogram (Eylül 2021)	166
Şekil 6.12. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Eylül-2021)	168
Şekil 6.13. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Ekim-2021)	169
Şekil 6.14. Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Eylül 2021)	171
Şekil 6.15. Çalışma alanında örneklenen su noktalarına ait Piper diyagramı (Ekim-2021).....	172
Şekil 6.16. Çalışma alanındaki su kaynaklarının Gibbs Diyagramı üzerindeki konumları (Eylül-2021).....	173
Şekil 6.17. Havzada örneklenen yeraltısularının dairesel diyagramları (Mayıs-2021).....	175
Şekil 6.18. Havzada örneklenen kaynak noktalarının dairesel diyagramları (Eylül-2021).....	176
Şekil 6.19. Duraylı izotop örneklemesi yapılan su noktalarının havzadaki konumları (Eylül 2019 - Ekim 2021).....	180
Şekil 6.20. Eylül 2021 döneminde örneklenen su kaynaklarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri).....	184
Şekil 6.21. Eylül 2021 döneminde örneklenen su kaynaklarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)	184
Şekil 6.22. Ekim 2021 döneminde örneklenen yeraltısularının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri).....	185
Şekil 6.23. Ekim 2021 döneminde örneklenen yeraltısularının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri).....	185
Şekil 6.24. Havzada örneklenen su noktalarının $\delta^{18}O$ - δ^2H ilişkisi grafiği (2019 Eylül).....	187
Şekil 6.25. Havzada 2019 yılı Eylül döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri	189
Şekil 6.26. GNIP istasyonlarında ölçülen yağışlarından türetilen Oksijen 18 - Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığı (°C) ilişkisi	191
Şekil 6.27. GNIP istasyonlarında ölçülen yağışlarından türetilen Döteryum - Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığı (°C) ilişkisi	192

Şekil 6.28. Havza çevresindeki meteoroloji istasyonlarının yükselti-yıllık ortalama hava sıcaklığı (°C) ilişkisi	193
Şekil 6.29. Havzada örneklenen su noktalarının potansiyel beslenme alanları..	195
Şekil 6.30. Havzada örneklenen su noktalarının beslenme alanı yükseltileri	196
Şekil 6.31. Havzada trityum örnekleme yapılan su noktaları	198
Şekil 6.32. Havzadaki su noktalarının Trityum-Özgöl Elektriksel İletkenlik ilişkisi	199
Şekil 6.33. Havzadaki su noktalarının Trityum-Oksijen 18 ilişkisi (Ok yönüne doğru gidildikçe akiferdeki dolaşım süresi artmakta, Oksijen-18 değerleri negatifleşmekte ve beslenme alanı yükseltisi artmaktadır.)	200
Şekil 6.34. Havzadaki su noktalarının Trityum-Döteryum ilişkisi (Ok yönüne doğru gidildikçe akiferdeki dolaşım süresi artmakta, Döteryum değerleri negatifleşmekte ve beslenme alanı yükseltisi artmaktadır.)	200
Şekil 6.35. Örneklenen su noktalarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Eylül-2021).....	203
Şekil 6.36. Örneklenen su noktalarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Ekim-2021)	204
Şekil 6.37. Seyfe Havzasında örneklenen su noktalarının ABD Tuzluluk Laboratuvarındaki konumları (Eylül 2021)	206
Şekil 6.38. Seyfe Havzasında örneklenen su kaynaklarının ABD Tuzluluk Laboratuvarındaki konumları (Ekim 2021)	207
Şekil 7.1.a. Havzanın farklı kesimleri için oluşturulmuş iki boyutlu dolaşım modelleri	211
Şekil 7.1.b. Havzanın farklı kesimleri için oluşturulmuş iki boyutlu dolaşım modelleri	213
Şekil 7.1.c. Havzanın farklı kesimleri için oluşturulmuş iki boyutlu dolaşım modelleri	214
Şekil 7.1.d. Havzanın farklı kesimleri için oluşturulmuş iki boyutlu dolaşım modelleri	215
Şekil 7.2. Havza için oluşturulmuş jeolojik kavramsal blok diyagram modeli ..	215
Şekil 7.3. Havza için oluşturulmuş hidrojeolojik kavramsal blok diyagram modeli	215
Şekil 7.4. Seyfe Havzası hidrolojik bütçe bileşenleri ile akifer sistemleri için kavramsal şematik model.....	216

Şekil 8.1.	Seyfe Göl Havzası'nda CORINE verileriyle 1990 yılı arazi örtüsü/arazi sınıfı dağılımı	225
Şekil 8.2.	Seyfe Göl Havzası'nda CORINE verileriyle 2018 yılı arazi örtüsü/arazi sınıfı dağılımı	228
Şekil 8.3.	Havza genelinde 1.Düzey Arazi sınıflarının yıllara göre dağılımları	229
Şekil 8.4.	Seyfe Göl Havzası için arazi örtüsü/arazi kullanımının CORINE verileriyle zamansal değişimi (1990-2018).....	231



FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Foto 2.1.	İnceleme alanının kuzeybatısında Hamurbeşler Köyü yakınında yüzlek veren Paleozoyik metamorfik temel ile arkasında devam eden volkanik birimlerin sınırı (Kuzeydoğudan bakış).....	26
Foto 2.2.	İnceleme alanının batısında Boztepe yakınlarında yüzlek veren Kervansaraydağ Formasyonu'nu (Pzke) temsil eden metamorfik şist seviyeleri (Doğudan bakış)	27
Foto 2.3.	İnceleme alanının güneybatısında Gümüşkümbet Köyü yakınlarında yüzlek veren Bozçaldağ Formasyonu'nu (Pzb) temsil eden kristalen mermer seviyeleri (Güneydoğudan bakış)	28
Foto 2.4.	İnceleme alanında Kızılırmak Formasyonu'nu temsil eden kırmızı-kahverengi karasal çamurtaşı seviyeleri (Güneydoğudan bakış).....	34
Foto 4.1.	Havzada açılmış şahıs kuyularından ve DSİ Mevsimlik Gözlem Kuyularından yerinde örnekleme ve ölçüm çalışmaları.....	102
Foto 6.1.	Seyfe Gölü havzasındaki çeşitli su noktalarından gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları.....	141

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

AL	Radyans İlave Ölçeklendirme Faktörü
b	Enlem Düzeltme Faktörü
Ca ⁺²	Kalsiyum İyonu Derişimi (ppm)
CO ₃ ⁻²	Karbonat İyonu Derişimi (ppm)
Cl ⁻	Klorür İyonu Derişimi (ppm)
CV	Değişkenlik Katsayısı
Df	Döteryum Fazlası
ε	Yer Yüzey Yayınlılığı
ETg	Gerçek Buharlaşıma Terleme (mm/yıl)
ETp	Potansiyel Buharlaşıma Terleme (mm/yıl)
EN	Eğri Numarası
Fr°	Fransız Sertliği (Fr°)
l/s	Litre/saniye
ha	Hektar
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³ /yıl	Metreküp/yıl
mek/l	Miliekivelan/litre
mg/l	Miligram/litre
pH	Hidrojen İyonu Aktivitesi Negatif Logaritması
ppm	Milyonda bir
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat İyonu Derişimi (ppm)
I	Yıllık Sıcaklık İndisi
i	Hidrolik Gradyan
İAP	İyonik Aktivite Çarpımı
K	Denge Sabiti
K ₁	Uydu Birinci Dönüşüm Sabiti
K ₂	Uydu İkinci Dönüşüm Sabiti
L	Katsayı

L_{min}	Q_{calmin} 'e göre Ölçeklendirilen Minimum Radyans Değeri
L_{max}	Q_{calmax} 'a göre Ölçeklendirilen Maksimum Radyans Değeri
$L\lambda$	Spektral Radyans
K^+	Potasyum İyonu Derişimi (ppm)
Na^+	Sodyum İyonu Derişimi (ppm)
Mg^{+2}	Magnezyum İyonu Derişimi (ppm)
ML	Radyans Çarpımsal Ölçeklendirme Faktörü
%Na	Sodyum Yüzdesi
P	Yağış (mm/yıl)
Pzb	Bozçaldağ Formasyonu
Pzc	Çomakdağı Kuvarsiti
Pzke	Kervansaray Dağ Formasyonu
Pzk	Kalkanlıdağ Formasyonu
Pv	Bitki Örtüsü Oranı
SI	Doygunluk İndisi
Tb	Sensör parlaklık sıcaklık değerini ($^{\circ}C$)
s	Boltzmann Sabiti
λ	Dalga Boyu
c	Işık Hızı
h	Planck Sabiti
SO_4^{-2}	Sülfat İyonu Derişimi (ppm)
T	Sıcaklık ($^{\circ}C$)
Tk	Kızılırmak Formasyonu
Tkk	Kozaklı Formasyonu
Tb	Baraklı Formasyonu
Q	Debi (m^3/s)
Qa	Alüvyon
Qcal	Uydu Görüntüsünün Kalibre Edilmiş Piksel Değeri
Q_{calmin}	Kalibre Edilmiş Minimum Parlaklık Değeri
Q_{calmax}	Kalibre Edilmiş Maksimum Parlaklık Değeri
TU	Tritiyum Derişim Birimi
2H	Döteryum
3H	Tritiyum
^{18}O	Oksijen-18

$\mu\text{S/cm}$	Mikrosimens / santimetre
δ	İzotop değişiminin SMOW'dan sapma miktarı (delta)
ΔS	Depolamadaki Değişim
i	Sıcaklık indeksi
E_a	Serbest su yüzeyinden günlük potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm.su/gün)
H	Net radyasyon (mm su/gün)
RA	Aylık ortalama radyasyon (mm/su/gün)
r	Buharlaşma yüzeyine bağlı yansıma (Albedo) katsayısı
n	Ortalama güneşleme süresi (saat/gün)
N	Maksimum güneşli günler (saat/gün)
B	Boltzman katsayısı
RH	Bağıl nem (%)
γ	Psikrometrik sabit (kPa/°C)
E_a	Gerçek buhar basıncı (mmHg)
e_d	Doygun buhar basıncı (mmHg)
U_2	Yeryüzeyinden 2 m yükseklikteki Rüzgar hızı (m/sn)
R^2	Determinasyon Katsayısı
μm	Dalga Boyu
p	Olasılık değeri
r	Korelasyon Katsayısı
Std.s	Standart Sapma
SI	Doygunluk İndeksi
%	Yüzde
‰	Binde
K	Hidrolik iletkenlik katsayısı (m/gün)
T	Transmisivite (İletimlilik) ($\text{m}^2/\text{gün}$)

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
AA	Avrupa evre Ajansı
AÖ	Arazi Örtüsü
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
AK	Arazi Kullanım
BAP	Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
B	Batı
CLC	Corine Land Cover
CORINE	Coordination of Information on the Environment
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
O	özünmüş Oksijen
ÇŞİDB	evre, Şehircilik ve İklim Değışikliği Bakanlığı
D	Doğu
DN	Digital Number
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
Eİ	Elektriksel İletkenlik
EIONET	The European Environment Information and Observation Network
KMGİ	Kırşehir Meteoroloji Gözlem İstasyonu
LANDSAT	Land Satellite
LGR	Los Gatos Research Liquid Water Isotope Analyser
GPS	Global Positioning System
G	Güney
GD	Güneydoğu
GB	Güneybatı
GNIP	Global Network of Isotopes in Precipitation
HÜ	Hacettepe Üniversitesi
IAEA	International Atomic Energy Agency
IC	Ion Chromatography
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu

MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MNDWI	Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi
MSS	Multispectral Scanner
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Su Bitki İndeksi
NDWI	Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi
MIR	Middle Infrared Band
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NIR	Near Infrared Band
OLI	Operational Land Imager
Ort	Ortalama
ÖEİ	Özgül Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
SAR	Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SMOW	Standart Mean of Ocean Water (Standart Ortalama Okyanus Suyu)
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
SYS	Su Yüzey Sıcaklığı
TAKK	Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TM	Thematic Mapper
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÇM	Toplam Çözünmüş Madde Miktarı
SWIR	Short Wave Infrared
UA	Uzaktan Algılama
USGS	United States Geological Survey
UKAM	Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi
YAS	Yeraltı Suyu Seviyesi
YYS	Yer Yüzey Sıcaklığı
WMO	World Meteorological Organization
WWF	World Fund For Nature

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Seyfe Gölü ve Sulak Alanı Orta Anadolu Bölgesinde Kırşehir ili Mucur ilçesinde yer alan 1481 km² yüzey drenaj alanına sahip Seyfe Havzası'nın güney bölümünde yer almaktadır. Seyfe Gölü ülkemizin önemli sulak alanlarından biri olup, iki ana kuş göç rotası üzerinde yer almakta ve göl alanında göçmen kuşlar için kuluçka olanağı sağlayan adalar bulunmaktadır.

Seyfe Kapalı Havzası'nda yer alan göl alanı ve çevresi "Ramsar Alanı" "I. Derece Doğal Sit Alanı" ve "Tabiatı Koruma Alanı" statülerine sahip olup korunan alan olarak tescil ve ilan edilmiştir (Ramsar, 1992; Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013; WWF, 2008).

Seyfe Gölü sulak alanı ve çevresi, tüm bu koruma statülerine sahipken; 1960'lı yıllardan günümüze kadar yapılan çeşitli müdahaleler nedeniyle (sulama kanalları ve drenaj kanallarının açılması, tarımsal sulama amaçlı ruhsatlı veya ruhsatsız açılmış kuyular ile yeraltı suyu kullanımı ve içme-kullanma suyu temini vb.) sistemin hidrolojik ve ekolojik yapısını olumsuz yönde etkileyebilecek faaliyetler ve doğal süreçler (iklimsel değişimler) göl su seviyesinde zaman içerisinde düşümlere yol açmıştır. Bu süreçler Seyfe Gölü ve Sulak Alanını kirlilik, su sıkıntısı, kuraklık ve yok olma tehlikesi ile karşı karşıya bırakmıştır.

Geçmişten günümüze Seyfe Gölü Havzası'ndaki yüzey ve yeraltısu kaynaklarındaki azalmanın ve göl yüzey alanında süregelen küçülmenin devam ettiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, geçmişte Seyfe Gölü Sulak Alanı ve içinde bulunduğu havzasının hidrodinamik yapısı ile ilgili değerlendirmeler, havza genelinde hidrojeolojik yapıyı temsil edici bir kavramsal model üzerine kurgulanmadığından eksiklikler (akifer birimlerin geometrisi, jeolojik birimlerin sınır koşulları, hidrodinamik süreçler vb.) içermektedir (DSİ, 1979 ve DSİ, 2004). Bu durum, sulak alan havzasındaki su kaynaklarının bütüncül olarak korunmasının ve geliştirilmesinin sağlanabilmesi için,

sistemin mevcut hidrodinamik yapısının doğru şekilde tanımlanmasının gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışmasında Seyfe Göl alanındaki süregelen küçülmenin nedenlerinin araştırılması ve Seyfe Gölü sulak alan havzasındaki su kaynaklarının göl alanı ile ilişkisinin incelenmesine yönelik ayrıntılı hidrolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik araştırmaların yapılması ve hidrojeolojik karakterizasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, havza ölçeğinde beslenme-depolama-dolaşım-boşalım ilişkilerinin açıklanması, yüzeysuyu-yeraltı suyu etkileşimi ile su kaynaklarının kökenlerinin belirlenmesi; antropojenik etkilerin su kaynakları üzerindeki etkisi gibi süreçlerin aydınlatılması ve bölgenin hidrojeolojik sistemini yansıtan “temsil edici kavramsal hidrojeolojik modelin” kurgulanması hedeflenmiştir.

1.2. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri

Bu çalışma Seyfe Gölü Sulak Alan havzasının hidrodinamik yapısının açıklanması, buna bağlı olarak havza ölçeğinde su kaynaklarının etkin korunması ve sürdürülebilirliğini temel alarak gerçekleştirilecek olan jeolojik, hidrojeolojik incelemeleri, elde edilen verilerin değerlendirmelerini, kavramsallaştırma çalışmalarını ve önerileri kapsamaktadır. Tez çalışmasında izlenen plan ve yöntemler aşağıdaki şekildedir.

1.2.1. Mevcut Verilerin Değerlendirilmesi

Seyfe Gölü (Kırşehir-Mucur) Sulak Alanına ait önceki yıllarda yapılmış jeolojik, jeomorfolojik, jeofizik, hidrojeolojik ve uzaktan algılama çalışmaları ile alanla ilgili mevcut veriler derlenerek amaca yönelik olarak değerlendirilmiştir.

1.2.2. Havza Ölçeğinde Yerel ve Bölgesel Jeolojik Yapının Tanımlanması

Havza ölçeğinde yerel ve bölgesel jeolojik yapı tanımlanmıştır. Bu kapsamda çalışma alanında önceden yapılmış çeşitli çalışmalardan edilen “1/25.000” ve “1/100.000” ölçekli haritalar (jeolojik, topografik, batimetrik) saha çalışmalarıyla da gözden geçirilerek elektronik ortama aktarılmıştır. 1/25.000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak Seyfe Gölü havzasının hidrolojik sınırları dikkate alınarak yüzey drenaj alanı belirlenmiştir. Topografik ve jeolojik haritalar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamına aktararak havza için 1/25.000 ölçekte jeoloji, sayısal yükseklik modeli (30x30m), eğim, vb. tematik haritalar hazırlanmıştır. Ayrıca, çalışma alanı ve yakın çevresinde gerçekleştirilmiş jeolojik ve jeofizik çalışmalar ile kuyu logları değerlendirilerek jeolojik-stratigrafik kesitler oluşturulmuştur. Bu çalışmalar sonucunda havzanın üç boyutlu kavramsal jeolojik ve hidrojeolojik modelleri oluşturulmuştur.

1.2.3. Çalışma Alanının Hidrojeolojisi ve Hidrostratigrafik Yapısının Tanımlanması

Bu başlık altında bölgesel ve yerel ölçekte hazırlanan jeoloji haritaları temel alınarak, Seyfe Gölü (Kırşehir-Mucur) Sulak Alanı ve çevresinde önceki yıllarda gerçekleştirilmiş hidrojeolojik çalışmalar (hidroloji, hidrojeokimya, izotop, sondaj kuyularına ait kuyu logları, yeraltı suyu seviye verileri), arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirilerek birimlerin hidrojeolojik özellikleri tanımlanmıştır. Jeolojik birimlerin litolojik, yapısal, hidrojeolojik özellikleri (gözeneklilik, geçirimlilik, yayılım, kalınlık ve akifer olma durumu, göl ile olan ilişkisi) dikkate alınarak çalışma alanına ait hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur. Bu harita temel alınarak alanın hidrostratigrafik istifi ve hidrojeolojik kesitleri oluşturulmuştur.

1.2.4. Hidrojeokimyasal Karakterizasyon

Çalışma alanında örnekleme noktalarının (sondaj kuyuları, sığ kuyular, drenaj kanalları, kaynaklar, çeşmeler, dereler, göl) hidrojeokimyasal ve izotop özelliklerini belirlemeye yönelik dönemsel olarak, majör anyon ve katyon (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , CO_3^{-2} , HCO_3^-) ile çevresel izotop (Tritiyum (^3H), Döteryum ($\delta^2\text{H}$) ve

Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Örneklerin fizikokimyasal parametreleri (özgül elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde miktarı, sıcaklık, pH vb.) yerinde ölçülmüştür. Örneklenen su noktalarının kimyasal analiz sonuçları çeşitli diyagramlar (Piper, Yarı-Logaritmik, Dairesel, Gibbs, Wilcox, ABD Tuzluluk Diyagramları vb.) ve programlar (ArcMap, Phreeqc, Rockworks (Demo Versiyon), IBM SPSS Statistics vb) yardımıyla değerlendirilmiştir. Majör iyon ve çevresel izotop analiz sonuçlarının konumsal dağılımlarını veren tematik haritalar oluşturulmuştur. Buna göre çalışma alanındaki suların kökeni, alansal dağılımları, yeraltı ve yerüstü su kaynakları ilişkisi, beslenme alanı, depolama-dolaşım ve boşalım dinamikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2.5. Göl Alanı ve Sulak Alan Sisteminin Morfometrisi

Seyfe Gölü Sulak Alanında güncel ve geçmiş dönemlere ait uydu görüntüleri incelenmiş, göl seviye ve sınırı ile sıcaklık değişiminin geçmişten günümüze değişimi ve günümüzdeki göl seviye kayıtları belirlenmiştir. Buna göre gölün kot-hacim-alan ilişkisini belirlemeye yönelik göl batimetri haritaları oluşturulmuştur. Bu şekilde göl depolamasındaki değişimin zaman içindeki davranışı ortaya konularak bu değişime en çok etki eden bütçe bileşeni (kuyularla çekim) belirlenmiştir. Ayrıca havza genelinde arazi örtüsü ve arazi kullanım değişikliği haritaları oluşturularak göl havzası üzerinde etkin olan doğal ve antropojenik faktörler belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2.6. Havza Su Bütçesinin Oluşturulması

Havza su bütçesi çalışmaları kapsamında inceleme alanı içerisinde ve çevresinde bulunan, Meteoroloji Gözlem İstasyonlarında (MGİ) ölçülmüş hidrometeorolojik veriler (yağış, buharlaşma, sıcaklık, solar radyasyon, bağıl nem, güneşlenme süresi, hakim rüzgar yönü, rüzgar hızı vb.) değerlendirilerek su bütçesi bileşenleri hesaplanmıştır. Havza genelinde doğal süreçlerde meydana gelen değişimler ile yapay müdahalelerin bütçe bileşenlerine etkisi ve hangi bileşenin sisteminin mevcut sorunlarında daha büyük öneme sahip olacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2.7. Yerüstü-Yeraltı suyu Etkileşiminin Belirlenmesi ve Örneklem

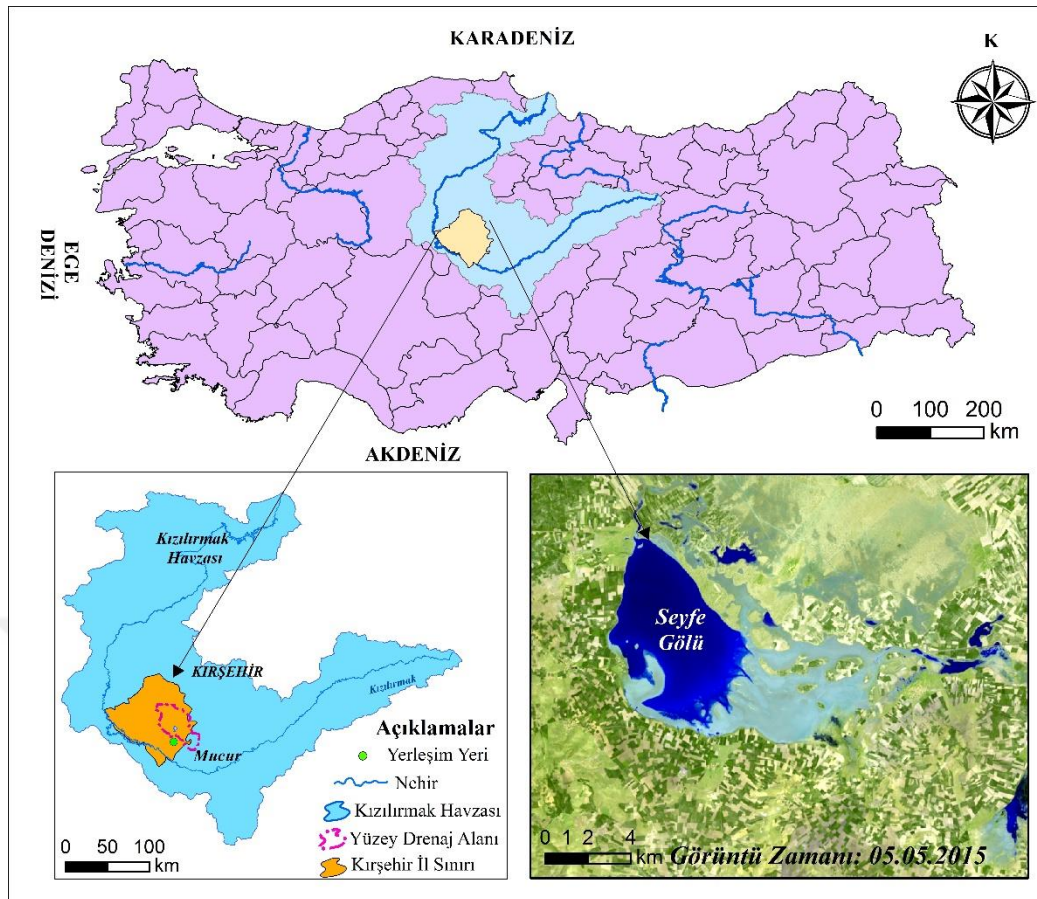
Açılmış sondaj kuyularına ait verilerden havzanın yeraltı jeolojisi ve akifer ortamları değerlendirilmiş, yeraltı suyu seviyesinin zaman içindeki konumu ve değişimi incelenmiştir. Buna göre çalışma alanındaki sondaj kuyularından dönemsel olarak seviye gözlemleri yapılmış ve alandaki güncel hidrolik yük dağılımları belirlenmiştir. Buna göre tarihsel veriler de dikkate alınarak çalışma alanına ait güncel yeraltı suyu seviye haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanında örneklem noktalarının (sondaj kuyuları, kaynaklar, çeşmeler, dereler, göl, yağış suları), fizikokimyasal özellikleri ile fiziksel ve kimyasal hidrojeolojik süreçleri belirlemeye yönelik olarak, majör iyon ve izotop (Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$), döteryum ($\delta^2\text{H}$) ve trityum (^3H)) analizleri için yerinde ölçüm ve örneklem çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Örneklenen su noktalarının kimyasal analiz sonuçları bilgisayar programları (Arc Map, Phreeqc, Rockworks (Demo Versiyon), vb.) yardımı ile değerlendirilmiştir. Majör iyon, duraylı izotop vb. analiz sonuçlarının dağılımlarını veren tematik haritalar CBS ortamında oluşturulmuştur. Kökensel analizler yapılarak suların kökeni, beslenme alanı, depolama-dolaşım ve boşalım dinamikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2.8. Hidrojeolojik Kavramsal Model

Havzada gerçekleştirilen yerinde gözlemler, ölçümler, analizler (hidrolojik, hidrojeokimyasal, izotopik) ve değerlendirmeler sonucunda alandaki hidrojeolojik yapı tanımlanmış, sulak alan sisteminde yer alan akiferlerin beslenme, depolama, dolaşım ve boşalım ilişkilerini yansıtacak temsil edici kavramsal hidrojeolojik model oluşturulmuştur.

1.3. İnceleme Alanının Tanıtımı

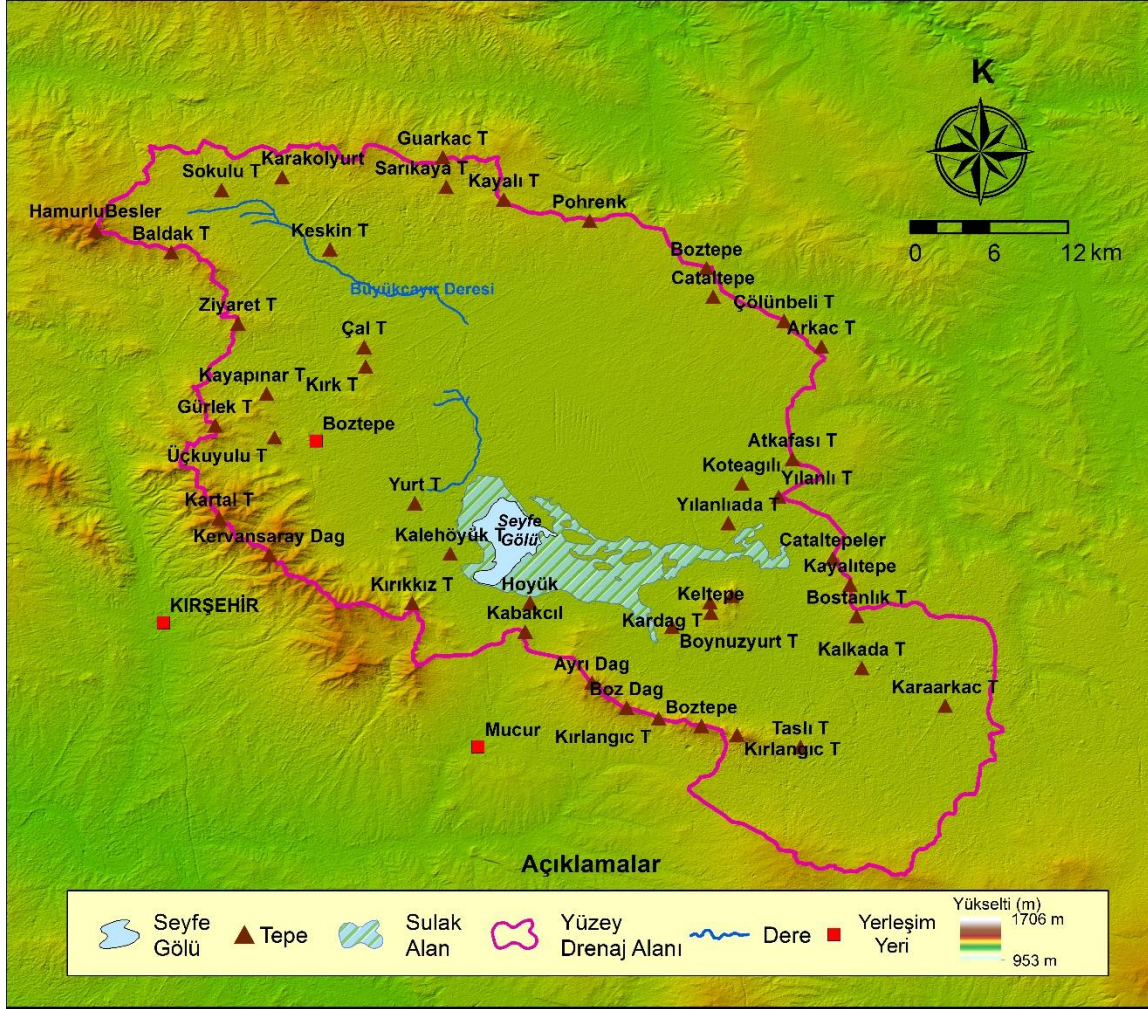
Seyfe Gölü ve sulak alan havzası, Orta Anadolu'da Kızılırmak Havzası'nda yer almaktadır. Seyfe Havzası denizden ortalama 1170 m yükseklikte kapalı bir havzadır. Kırşehir ilinin doğusunda yer alan Seyfe Gölü 34° 21' - 34° 28' Doğu boylamları ile 39° 10' - 39° 12' Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Seyfe Gölü Mucur ilçesinin 15 km kuzeyinde, Kırşehir iline ise 35 km mesafede yer almaktadır ve göl ismini batısında yer alan Seyfe yerleşim yerinden almaktadır. İnceleme alanı "1/100.000" ölçekli "Kırşehir G18", "Yozgat G19", "Aksaray H18" ve "Kayseri H19" jeoloji paftaları içerisinde yer almaktadır. Seyfe Gölü havzasının uzanımı kuzeybatı güneydoğu yönündedir. Göçmen kuşların ana göç rotaları üzerinde yer alan "Seyfe Gölü ve çevresi" 1989 yılında "1. Derece Doğal Sit Alanı", 1990 yılında ise "Tabiatı Koruma Alanı" olarak tescil ve ilan edilmiştir (Ramsar, 1992; Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2007; WWF, 2008; Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013). Göl alanı ve çevresi 13.07.1994 tarihinde "Ramsar (Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) Sözleşmesi'ne" dahil edilmiştir (Ramsar, 1992). Seyfe Gölü 107 km² (10.700 ha) alanı kaplamakta olup ülkemizin uluslararası öneme sahip, endemik hayvan ve bitki türlerini içeren "A Sınıfı Sulak Alanlar" listesi içerisinde yer almaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2007). Kırşehir iline bağlı Boztepe ve Mucur ilçeleri inceleme alanı içerisindeki önemli yerleşim yerleridir. Havza sınırları içerisinde Boztepe'ye bağlı 21 köy, Mucur ilçesine bağlı 12 köy olmak üzere toplamda 33 köy yer almaktadır (Çevre Bakanlığı, 1992). Havza sınırları içerisinde kalan önemli yerleşim yerleri Boztepe ve Mucur ilçelerine bağlı Gümüşkümbet, Hüseyinli, Taburoğlu, Seyrekköy, Göllü Bucağı, Seyfe, Yenidoğanlı, Hatunoğlu, Karacaören, Eskidoğanlı, Dalakçı, Başköy, Karaarkaç, Boztepe, Budak, Kızıldağ, Pöhrenk, Küçükburunağıl, Büyükburunağıl, Kıran, Yazıkınık, Geycek, Üçkuyu, Güzyurdu, Uzunpınar, Karaarkaç, Harmanaltı, Hatunoğlu, Büyük kışla, Külhüyük, Kızıldağ, Yazıkınık, Çiğdeli ve Üçkuyu köyleri'dir (Şekil 1.1).



1.3.1. Doruk Ağı, Hidrografya, Yükselti, Eğim

İnceleme alanının batısı, güneybatısı ve kuzeybatısı yüksek dağ sıraları ve tepelerle, çevriliyken; alanın doğu tarafı, batı kesimine göre yükseltileri fazla olmayan tepelerle çevrilidir. Seyfe Göl alanı ve çevresi Seyfe Kapalı Havzasında yer alıp, havzanın uzanımı kuzeybatıdan güneydoğuya doğrudur. Yükseltilerin 1100-1706 m arasında değiştiği havzada önemli yükseltiler; Hamurlubeşler Tepe (1706 m), Kartal Tepe (1700 m) ve Kervansaray Dağ (1679 m) oluşturmaktadır. Alanı çevreleyen diğer önemli yükseltiler ise güneydoğudan, güneybatıya doğru; Atkafası Tepe (1150 m), Yılanlı Tepe (1154 m), Karaarkaç Tepe (1161 m), Boztepe (1182 m), Bostanlık Tepe (1205 m), Taşlı Tepe (1217m), Kabakçıl Tepe (1250 m), Kırıkkız Tepe (1412 m), Kırılgaç Tepe (1492 m); kuzeydoğudan, kuzeybatıya doğru çevreleyen yükseltiler ise Çataltepe (1174 m), Arkaç Tepe (1187 m), Kayalı Tepe (1290 m), Sarıkaya Tepe (1300 m), Kayapınar Tepe (1256 m), Ziyaret Tepe (1322 m), Üçkuyulu Tepe (1350 m), Baldak Tepe (1460 m) ve Gürlek Tepe (1520 m)'dir.

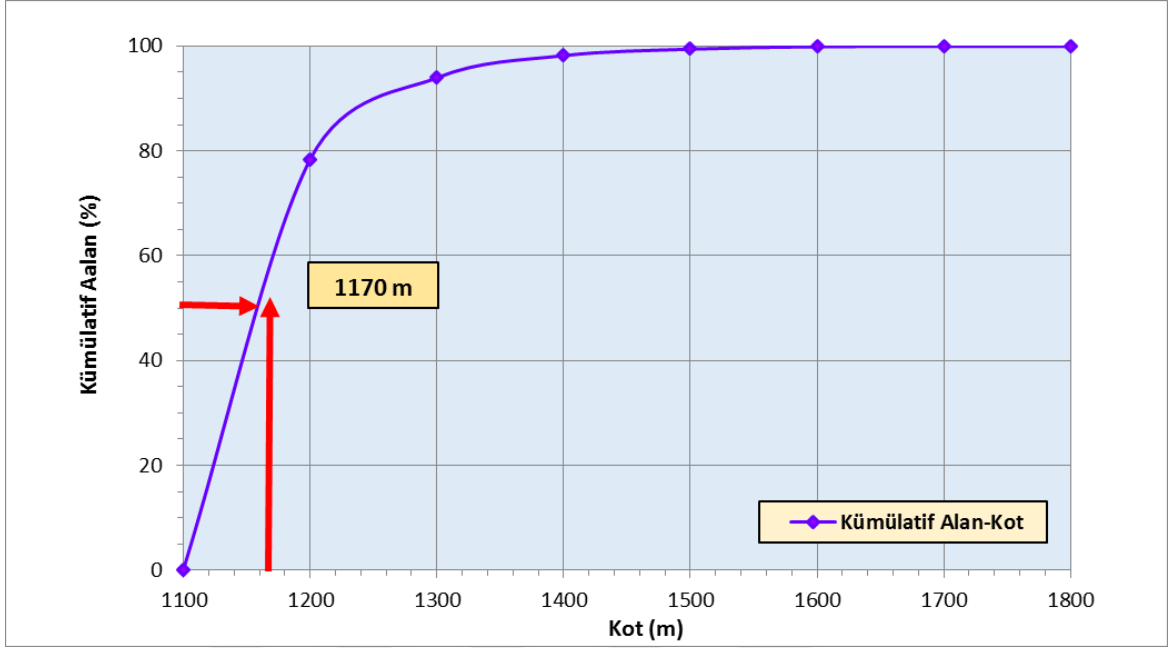
Alanın en düşük kotu Seyfe Gölü (1110 m) olup, havzanın kuzeybatı sınırındaki en yüksek kot olan Hamurlubeşler Tepe (1706 m) ile arasında 606 m kot farkı bulunmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. İnceleme alanı yükselti haritası

Çalışma alanında yükseltiye bağlı alansal dağılımın belirlenmesi amacıyla yükselti değerleri her 100 m'yi temsil edecek şekilde sınıflandırılmış ve alansal hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Havzanın en yüksek yerleri, batı-güneybatı ve kuzeybatı sınırlarıdır. Yükselti-alan ilişkisi incelendiğinde, havzanın orta kesimleri ve çevresi 1105 m ile 1200 m arasında değişen yükseltilere sahip olup, alansal dağılımda 1161.77 km²'lik bir yüzey alanına sahiptir (Çizelge 1.1). Yüzde olarak bu miktar havzadaki alansal dağılımın %78.42'sini oluşturmaktadır (Şekil 1.3). Havzadaki

yükselti arttıkça, yüksek kotlara karşılık gelen yüzey alanlarının azaldığı görülmektedir.



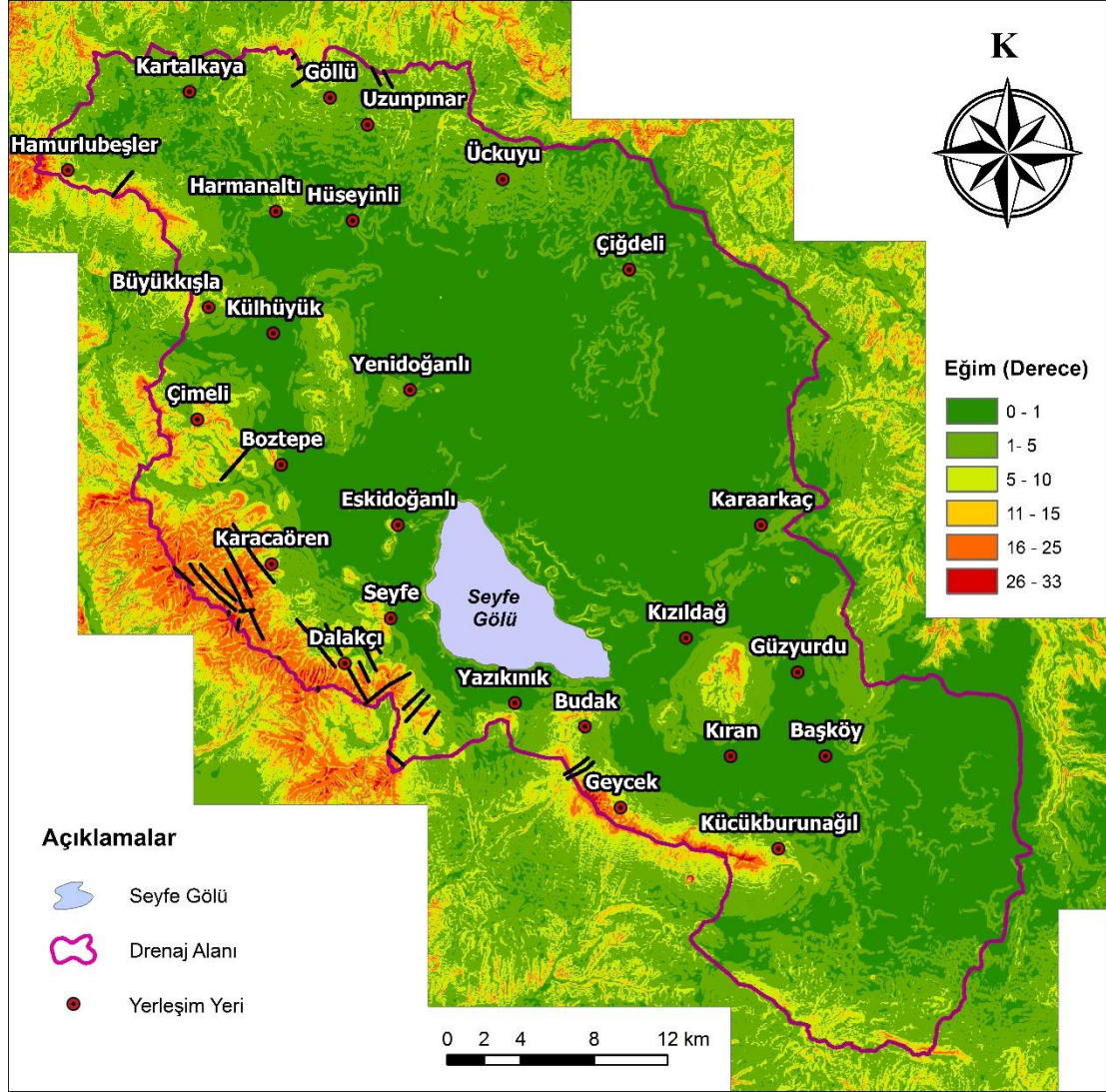
Şekil 1.3. Havzadaki yükseltiye bağlı alansal dağılımın değişim grafiği

Çizelge 1.1. Seyfe Havzası yükselti grupları alansal dağılım ilişkisi

Yükselti Grupları (m)	Alan (km ²)	Alansal Yüzde (%)	Kümülatif Toplam Alan (km ²)	%Kümülatif Alansal Yüzde (%)	Alanların Karşılık Geldiği Bölgeler
1100-1200	1161.77	78.42	1161.77	78.42	Havzanın Ortası ve Çevresi
1200-1300	231.18	15.60	1392.95	94.03	Havzanın Kuzey, Güney Sınırları
1300-1400	62.54	4.22	1455.49	98.25	Havzanın Batı, Kuzeybatı Kesimleri
1400-1500	18.14	1.22	1473.63	99.47	Havzanın Batısı
1500-1600	6.78	0.46	1480.41	99.93	Havzanın Güneybatısı
1600-1700	1.06	0.07	1481.47	100.00	Havzanın Kuzeybatı, Güneybatı Sınırları
1700-1706	0.01	0.0006	1481.48	100.00	Havzanın Kuzeybatısı

Seyfe Kapalı Havzası için Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak alan için eğim dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 1.4). Seyfe Gölü Sulak Alanı ve yakın çevresinde eğim değerleri oldukça düşük olup 0° - 5° arasında değişmektedir. Göl alanına yaklaştıkça bu değerler 1.5°'nin altına düşmektedir. Özellikle göl alanı ve çevresindeki topoğrafyanın düşük eğimli olması, yağışlı dönemlerde göl alanının yayılmasına ve bataklık alanlar oluşturmaya neden olmaktadır. Havzanın güney

batı ve kuzey batı sınırlarında eğim miktarları en yüksek değerleri almaktadır. Bu eğim değerleri 25°- 33° arasında değişmektedir. Çizgisellik ve süreksizlik yapılarının (fay, olası fay, kırık-çatlak, vb.) havzanın geneline göre daha yoğun geliştiği bölgelerde eğim değerleri de artmaktadır (Şekil 1.4).



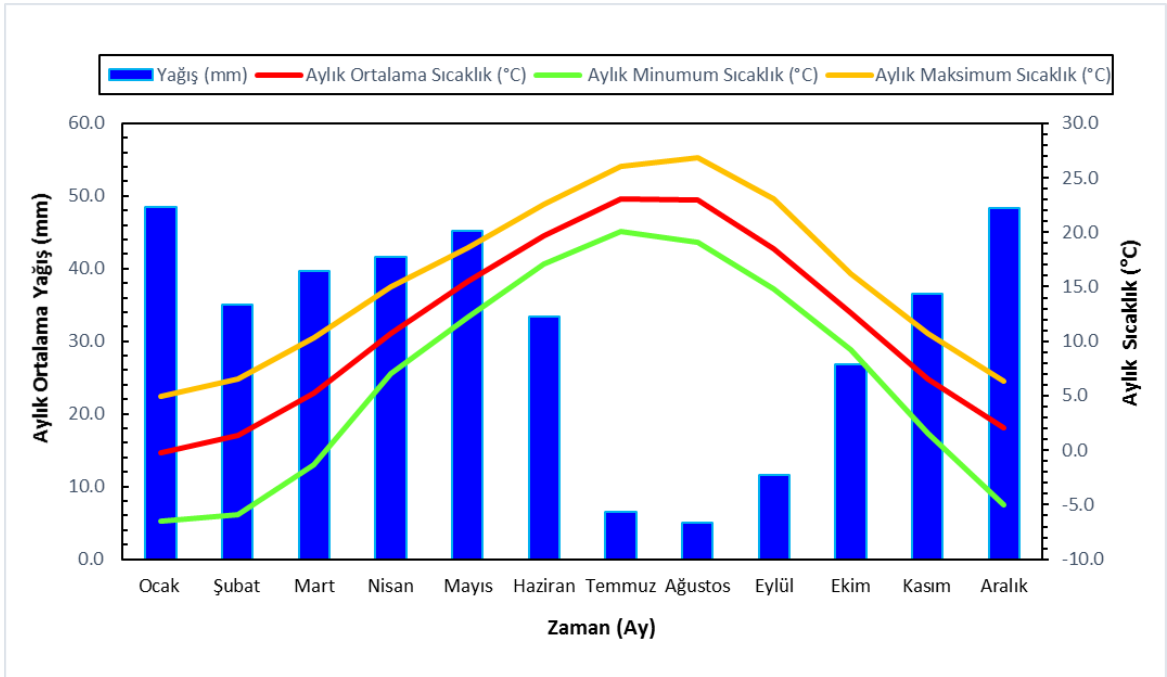
Şekil 1.4. Çalışma alanı eğim dağılım haritası

1.3.2. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanında yaz mevsimlerinin sıcak ve kurak, kış mevsimlerinin ise soğuk geçtiği karasal iklim şartları hakimdir. Ayrıca göl havzasının yer aldığı Kırşehir ve yakın çevresi Aydeniz tarafından tanımlanmış iklim sınıflamasına göre 1.01-1.5 kuraklık indisi değeri ile “kurak iklim” sınıfında yer almaktadır (MGM, 2022). İnceleme alanına en yakın mesafede yer alan Kırşehir Meteoroloji Gözlem

İstasyonu'nda (MGİ) ölçülmüş 90 yıllık (1930 - 2020) yağış veri seti incelendiğinde ortalama yıllık yağış miktarı 377.1 mm olarak hesaplanmıştır.

Kırşehir MGİ' de 1930 - 2020 yılları arasında yıllık toplam maksimum yağış miktarı 1987 yılında 541.9 mm ve yıllık toplam minimum yağış miktarı ise 1932 yılında 202.3 mm olarak ölçülmüştür. Kırşehir MGİ' de ölçülen sıcaklık verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 11.52 °C olarak hesaplanmıştır. 1930-2020 yılları arasında aylık sıcaklık verileri incelendiğinde, en düşük sıcaklık - 6.5 °C (1989 yılı - Ocak ayı) ve en yüksek sıcaklık ise 26.8 °C (2010 yılı - Ağustos ayı) olarak ölçülmüştür (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. 1930-2020 yılları arası Kırşehir MGİ'ye ait aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama yağış değişim grafiği (1930-2020)

Kırşehir MGİ verilerine göre 1996-2020 yılları arasındaki hakim rüzgar yönü kuzeydir. Gölü çevreleyen alanlar bitki örtüsünden yoksundur. Seyfe Köyü yakınlarında ise kavaklık ve söğütlük alanlar ile meyve bahçeleri yer almaktadır. Çevre Bakanlığı (1992)'de, göl suyunun yüksek tuzluluk göstermesi nedeniyle göl içerisinde yaşayan su bitkilerine rastlanmadığı, ancak göl çevresindeki bataklık alanlarda yer yer sazlıkların görüldüğü belirtilmektedir.

1.3.3. Ulaşım Olanakları

Ankara-Bala D(260) ve Kaman-Kırşehir D(765) karayolları ile inceleme alanına ulaşım sağlanabilmektedir. İnceleme alanında tarla yolları ve stabilize köy yolları yer almaktadır. Ayrıca yerleşim yerlerine giden ikincil yollar da mevcuttur. Kırşehir merkezden D(260) Kırşehir-Kayseri karayolu ile Mucur ilçesine bağlanılmaktadır. Ankara-Kırşehir arası yaklaşık olarak 200 km, Kırşehir-Mucur arası 35 km'dir. Mucur ilçesi ile Seyfe Gölü arasındaki mesafe 14 km olup, gölün güney ve güneybatısından stabilize ve toprak yollarla Mucur ilçesine bağlanan ara yollar mevcuttur. Seyfe Gölü'nün güneyinden D(765) Kırşehir-Nevşehir karayolu geçmektedir. Yine inceleme alanının kuzeyinden D(785) Kırşehir-Yozgat karayolu ile inceleme alanına ulaşım mümkündür.

1.3.4. Nüfus ve Sosyo-Ekonomik Durum

İnceleme alanı sınırlarına en yakın mesafede yer alan Kırşehir ilinde 2021 yılı nüfus sayımına göre “242.944 kişinin” yaşadığı belirtilmiştir (TÜİK, 2021). Yüzölçümü 6600 km² olan Kırşehir ilinin kentsel nüfus yoğunluğu incelendiğinde “km²’ye 37 kişi” düştüğü belirlenmiştir (TÜİK, 2021). Kırşehir ili sanayi sektörü açısından en az gelişmiş iller arasında yer almaktadır. İlin ekonomisi tarım sektörüne dayanmaktadır. Nüfusun %93 ü tarım, hayvancılık, ormancılık, avcılık ve balıkçılık sektörlerini kapsayan işler ile uğraşmaktadır. Sanayi sektöründe çalışanlar ise nüfusun %7’lik kesimindedir. Geçmişten günümüze gerçekleşen göçler sebebiyle nüfus artışı azalmıştır. Bölgede, DSİ (1990), Kırşehir Valiliği (2019) ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2021) verilerine göre ana ürün türü hububattır. Bunun dışında çalışma alanında yetiştirilen tarımsal ürünler arpa, şekerpancarı, buğday, nohut, ayçiçeği, mercimek, yulaf ve fasulyedir.

1.4. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanında, günümüze kadar farklı disiplinlerde araştırmalar yapılmış olup, çalışma alanı ve çevresinin yerel ve bölgesel jeolojisi, hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri ile jeomorfolojik yapısının belirlenmesine yönelik araştırmalar çalışma yılına göre sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

Erguvanlı (1957) tarafından Seyfe havzasında hidrojeolojik ve jeolojik araştırmalar yürütülmüştür. Çalışmada kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı Seyfe Ovası'nın kapalı bir havza olduğu, havza beslenme alanının 1538 km² olduğu ve yüzeysel akışın ovanın ortasında yer alan Seyfe Gölü'ne yönlendiği belirtilmiştir.

Önhon (1969) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe kaynağının rezerv hacminin geliştirilmesine ilişkin önerilerde bulunulmuştur. 1969 yılı Mart ayı ile 1970 yılı Nisan ayları arasında gerçekleştirilen ölçümler sonucu; Seyfe kaynağının toplam rezervuar hacmi 26x10⁶ m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Kaynaktan yıllık 18x10⁶ m³/yıl boşalmanın gerçekleştiği, rezervde kalan su miktarının ise 8x10⁶ m³/yıl olduğu hesaplanmıştır.

DSİ (1975) tarafından Seyfe Ovasında jeofizik yöntemler ile araştırmalar yapılmış olup, en önemli fayların Seyfe-Eskidoğanlı yerleşimlerinden geçen K-G uzanımlı fay ile Boztepe-Çimeli yönünde yer alan doğu-batı uzanımlı kırık hattı olduğu belirtilmiştir. Boztepe-Çimeli hattındaki kırığın devamının havzanın doğu kesiminde yer alan Yazıkınık, Kızıldağyenyapan ve Büyükburunağıl yerleşim yerlerine kadar devam ettiği belirlenmiştir.

DSİ (1979) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Ovasında hidrolojik, hidrojeolojik ve jeolojik araştırmalar yürütülmüştür. Seyfe Ovasındaki yeraltı suyunun miktar ve kalitesi ile akifer birimlerin beslenme ve boşalım ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ovadaki yıllık yeraltı suyu beslenme miktarı 11x10⁶ m³/yıl, ova için belirlenen emniyetli verim miktarının ise 8x10⁶ m³/yıl olduğu hesaplanmıştır.

DSİ (1990) tarafından yapılan çalışmada, Mucur-Seyfe Kapalı Havzasında sonradan yapılan müdahaleler ile bozulmaya başlayan ve acil önlem alınmadığı durumda bozulması beklenen flora, fauna ve ekolojik dengenin korunması ve iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Çevre Bakanlığı (1992) tarafından çalışmada, Seyfe Gölü Havzasında koruma-kullanma dengesi korunarak sosyo-ekonomik gelişmenin sağlanması için mekânsal düzenlemeleri içeren 1/25.000 ölçekli Çevre Düzeni Planının hazırlanması ve uygulama araçlarının geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Yiğitbaşıoğlu (1993) tarafından yapılan çalışmada, göl alanı ve çevresinin jeomorfolojik özelliklerini belirlemeye yönelik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Seyfe Gölü'nün tuzlu, geniş bir yayılıma sahip ve derin bir göl olmadığı belirlenmiştir. Gölün yer aldığı bölgede yarı kurak iklim koşullarının hakim olduğu belirtilmiştir.

Yiğitbaşıoğlu (1995) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü'nün ekosisteminin kendine yeterli ve iyi işleyen bir besin zinciri yapısına sahip olduğu, bu zincirin dünyanın çoğu yerinde olduğu gibi, Seyfe Gölü çevresinde de tehdit altında olduğu ve insanlar tarafından yapılan bilinçsiz eylemlerin göl için tehdit unsuru oluşturduğu belirtilmiştir.

Omar (1997) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü'nün doğal su kalitesi ve değişimine yönelik dönemsel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Araştırma çıktıları ile göl alanı için eştuzluluk ve eşderinlik haritaları oluşturulmuştur.

Ünsal (1999) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Ovasındaki su noktalarının hidrojeokimyasal ve izotopik özellikleri araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar ile su noktalarının beslenme ve boşalım mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanında örneklenen yeraltı sularının Bozçaldağ Formasyonu'ndaki mermer ve

kireçtaşı birimlerinden beslendiği ve trityum verilerine göre yeraltısularının geçiş sürelerinin 1 ile 3 yıl arasında değiştiği belirtilmiştir.

Sayhan (2000) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe havzası ile ilgili jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalar yürütülmüştür. Yarı-kurak iklim koşullarının hakim olduğu havzada gelişen morfolojik yapıların bölgesel iklim süreçleri ile uyumlu olduğu ve Seyfe kapalı havzasında dışarıya akışın olmadığı belirtilmiştir.

Sayhan (2001) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü'nde son 24.000 yılda belirgin seviye değişimlerinin gerçekleştiği belirtilmiştir. Buna göre kurak dönemlerde göldeki su seviyesinin düştüğü, yağışlı dönemlerde ise göldeki su seviyesinin yükseldiği belirlenmiştir. Yine elde edilen bulgulara göre, 1125 m'nin altında olan göl ara ve ana seviyelerinin 11.000 yıldan daha genç olan Holosen döneminde oluştuğu belirtilmiştir.

Sayhan (2003) tarafından yapılan çalışmada, havzadaki sıcaklık anomalilerinin varlığı kanıtlanmış, bu sıcaklık anomalilerinin ne kadar sıklıkta tekrarlandığı belirlenerek alanın iklim özellikleri tespit edilmiştir.

Temiz (2004) tarafından yapılan çalışmada, Kırşehir ili yakınlarında yer alan, neotektonik dönemi temsil eden birimler ve yapısal unsurlar incelenmiştir. Araştırma alanında KB-GD uzanımlı Seyfe Fay Zonu'nun neotektonik özellikleri araştırılmış ve bu alandaki yapısal unsurlara bağlı olarak tektonik bir model önerilmiştir. Bu kapsamda; aktif fayların konumları ve özellikleri, bölgenin depremselliği incelenmiştir.

Tüfenkçi (2005) tarafından yapılan çalışmada, Kırşehir-Seyfe kaynağı ve yakın çevresinde jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında örneklenen yeraltı sularının kalitesi belirlenmiştir. Buna göre mermer ile kireçtaşı litolojilerinden oluşan Paleozoyik yaşlı Bozçaldağ Formasyonu'nun yeraltı suyu

taşıdığı ve örneklenen su noktalarının Ca-HCO_3 fasiyesinde yer alan sular olduğu belirtilmiştir.

Yılmaz ve Reis (2008) tarafından yapılan çalışmada, ekolojik, tarihi ve turistik açıdan önemli göllerden biri olan Seyfe Göl yüzey alanındaki değişimler incelenmiştir. 1975 yılından 2002 yılına kadar olan dönemdeki uydu görüntüleri incelenmiş ve 26 yıllık periyotta (1975, 1987, 2001 yıllarına ait) göldeki su değişimi Landsat uydu görüntüleri kullanılarak araştırılmıştır. Uydu görüntülerinden kontrolsüz sınıflandırma ve görsel yorumlama yöntemleri ile bu değişim incelenmiştir. Göl yüzey alanındaki zamansal değişim, 1975-2001 yılları arasında ölçülmüş meteorolojik verilerle de karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre göl yüzey alanı 1975 yılı Ağustos ayında 20.2 km^2 (2021.3 hektar), 1987 yılı Haziran ayında 65.6 km^2 (6562.6 hektar) ve 2001 yılı Mayıs ayında 21.82 km^2 (2182.7 hektar) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca göl su hacminde yıllar içerisinde giderek artan bir azalmanın gerçekleştiği belirlenmiştir.

Çelik ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Göl Havzasındaki yeraltı su kaynaklarının kalitesi ile litojenik kirliliğin etkileri incelenmiştir. Yeraltısularının fasiyesleri, birbirleriyle ilişkileri, su kalitesini kimyasal analizlerle desteklemek ve alandaki dolaşım sistemini belirlemeye yönelik jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar yapılmıştır. Gerçekleştirilen değerlendirmelere göre; çalışma alanındaki drenaj kanallarından ve sığ kuyulardan örneklenen su noktalarında buharlaşma etkisinin görüldüğü, yeraltısularını temsil eden örneklemelerin ise meteorik kökenli yağışlardan beslenen su noktaları olduğu belirtilmiştir.

Çeşmeci ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü'nü yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakan tüm dinamikler bir arada değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda Seyfe Gölü'nün kurtarılması için etkili ve kalıcı çözüm üretecek eylem planlarının gerçekleştirilmesine yönelik öneriler hedeflenmiştir.

MTA (2009) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Göl alanı etrafındaki çökellerde ve yüzey drenaj alanı içerisinde yer alan jeolojik birimlerde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Eski ve yeni temel birimlerden mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizler için örnekler alınarak kayaçların bileşimleri yorumlanmıştır. Göl suyunun kimyasal içeriğindeki klorür ve sodyum iyonlarının derişimlerinin yüksek düzeylerde olduğu belirtilmiştir. Göl suyunun potasyum, sodyum ve klor iyonlarınca zenginleşmesinde Horla ve Seyfe kaynakları dışında yeraltı sularının da etkisi olduğu belirtilmiştir. Bu yeraltı sularının Seyfe gölü havzasının güney, doğu ve kuzeydoğusunda gömülü kaya tuzu yatakları ile tuz domlarından çözüntüler almış olabileceği belirtilmiştir. Seyfe gölü suyunun yüksek K^+ ve SO_4^{2-} konsantrasyonuna ulaşmasında özellikle Çiğdeli ve Karaarkaç yönünden bir beslenmenin etkili olduğu belirtilmektedir.

Çeşmeci (2010) tarafından yapılan çalışmada, karasal iklim şartlarına sahip olan ve Orta Anadolu'da yer alan çalışma alanında yağış veri setleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. 1930 yılından günümüze kadar yapılan istatistiksel değerlendirmelerde son 10 yıllık dönemde göl alanı ve yakın çevresine düşen yağış miktarının önemli miktarda azaldığı, sıcaklık değerlerinde ise belirgin artışların gerçekleştiği belirlenmiştir. Çalışma alanının 2002 yılı itibariyle şiddetli kuraklık etkisi altına girdiği belirlenmiştir.

Kıymaz (2010) tarafından yapılan çalışmada, Kırşehir ili Mucur ilçesi sınırlarında yer alan Seyfe Gölü ve sulak alanı ile yakın çevresindeki su kaynaklarının sürdürülebilirliğine engel olan sorunların saptanması ve bu sorunların sisteme etkileri incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada göl alanını besleyen su kaynaklarının korunması ile içme suyu ve tarımsal sulama temininin ekolojik denge bozulmadan karşılanabilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

MTA (2010) tarafından yapılan araştırmada, Kırşehir-Mucur ilçesi çevresi, Hacıbektaş ilçesi güney-güneybatısı ile Avanos ilçesi ve doğusundaki alanlarda jeoloji, jeofizik, gravite-manyetik çalışmalar, izotop, su kimyası ve hidrotermal alterasyon çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmaların ilk sonuçlarına göre Mucur-

Kıran sahasında 97 noktada jeofizik, rezistivite, Düşey Elektrik Sondaj (DES) ölçümü ve hidrojeokimyasal örneklemeler yapılmıştır. Çalışmaların sonuçlarına göre Mucur-Kıran sahasında iki adet jeotermal araştırma sondaj kuyuları (MK-1 ve MK-2) açılmıştır. 266 m derinliğindeki MK-1 kuyusundan 37°C sıcaklığında 7 l/s debide, 194 m derinliğindeki MK-2 kuyusundan 32.3 °C sıcaklığa sahip 15 l/s debide sıcak su elde edilmiştir.

Bölükbaşı (2011) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü'nden örneklenen sedimentler ile göl suyunun ağır metal konsantrasyonları açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda göl alanında gerçekleştirilen araştırmalar sonucunda göl sedimentlerinin ve göl suyunun ağır metal içerikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yaz ve kış dönemlerinde sediment örneklerinde gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre çinko ve kurşun konsantrasyonunun oldukça yüksek olduğu, kobalt ve kadmiyum konsantrasyonunun ise diğer ağır metaller arasında en düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu durum göl alanının ağır metal kirliliğine yönelik bir tehdit ile karşı karşıya olduğunu ve ağır metal konsantrasyonunun göl su kalitesini etkileyeceği sonucunu ortaya koymaktadır.

Kıymaz ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü'nde meteorolojik kuraklığın incelenmesi kapsamında "Standartlaştırılmış Yağış İndeksi" (SPI) yöntemi kullanılmıştır. Seyfe Gölü'nde yaşanan kurak dönemleri belirlemek amacıyla KMGİ'nun yağış verileri kullanılarak 1975-1991 ve 1992-2008 yıllarını kapsayacak şekilde iki dönem halinde kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Kuraklık analiz sonuçlarına göre, her iki dönem için hesaplanan kuraklık indisi değerlerinin birbirlerinden farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Hesaplanan kuraklık indisi değerleri incelendiğinde Kırşehir ili için kuraklık stresinin gelecek yıllarda artacağı, buna göre gerçekleşebilecek kuraklık tehlikesine yönelik önlemlerin alınması önerilmiştir.

Dönmez ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, biyoçeşitlilik ve ekosistemin korunması, sosyo kültürel değerler ile ekonomik kalkınma arasındaki ilişkinin dengeli ve sürdürülebilir bir şekilde çözülmesi anlayışı temel alınarak, Seyfe

Gölü'nün biyosfer rezervi olarak planlanmasına yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Çiftçi (2013) tarafından yapılan çalışmada; Seyfe Gölü havzasında jeomorfolojik, jeolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen incelemelere göre havzanın farklı bölgelerinde yüzeyleyen kristalize kireçtaşları ile mermer birimlerin akifer özelliği taşıdığı belirtilmiştir.

Kıymaz (2013) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü'nün belirli noktalarından toplanan örnekler analiz edilmiş ve elde edilen su kalitesi verileri istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. İstatistiksel analizlere göre 10 parametrenin göldeki su kalitesini etkilediği belirlenmiştir.

Önalgil (2013) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü çamur düzlüklerinden ve Kızılırmak Formasyonu'nun alt fasiyeslerden biri olan Pöhrenk Evaporit üyesinden kayaç örneklemeleri gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında farklı türde toplanan anhidrit, jips, çamurtaşı ve kilitaşı kayaç örnekleri üzerinde esas oksit ve iz element çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında inceleme alanında yüzeyleyen evaporitik kayalar (jips) ile Seyfe Gölü havzasında yüzeyleyen komşu kayaçlar arasındaki ilişki belirlenmiştir. Ayrıca havzadaki evaporit oluşumlarının kökenleri ve oluşum şekilleri jeostatistiksel yöntemler kullanılarak açıklanmaya çalışılmıştır.

Kıymaz ve Karadavut (2014a) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü'nden toplanan örneklerin yerinde gözlem ve analiz sonuçlarından elde edilen su kalitesi verileri istatistik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Göl alanı ve çevresindeki 11 farklı su noktasından örneklemeler gerçekleştirilmiş ve her bir su noktası için çeşitli parametreler kullanılarak istatistiksel analizler uygulanmıştır. Her örneklem noktasının kirlilik seviyelerinin farklı olduğu ve fiziko-kimyasal özelliklerinin değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Göl su kalitesindeki değişimleri değerlendirmek

için kullanılan en önemli parametrelerin majör anyon, majör katyon ve ağır metal konsantrasyonları olduğu saptanmıştır.

Kıymaz ve Karadavut (2014b) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye’de Seyfe Gölü Sulak alanı hakkında yerel halkın görüşleri, bilgi ve farkındalık düzeyleri anket aracılığıyla incelenmiştir. Anket sonuçlarına göre; yerel halkın çoğunun sulak alanın önemi, (%84.7), sulak alanların amaçları (%73.1) ve ekosistem konuları hakkında yeterli bilgiye sahip oldukları saptanmıştır. Yerel halkın gölü yüzey alanının azalması, gölü su seviyesi değişimleri, doğal habitatın tahribatı, su kuşları populasyonunun ve türlerinin azalması, ürün verimindeki değişimler ile ekolojik dengenin bozulması gibi gerçekleşen değişimlerin farkında olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte katılımcıların Seyfe Gölü yönetim planı ile ilgili bilgi düzeylerinin oldukça düşük bir seviyede olduğu belirlenmiş, planlamacılar ve yetkili kişiler tarafından Seyfe Gölü yönetim planlamasının hedef ve eylemleri hakkında bölge halkının bilgilendirilmesine yönelik çalışmalar yapılması vurgulanmıştır.

Kıymaz ve Karadavut (2014c) tarafından çalışmada, Seyfe Gölü Havzasında açılmış sondaj kuyularından örneklemler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yeraltısularının fizikokimyasal parametrelerindeki değişimler belirlenmiş ve su noktalarının sulamaya uygunlukları değerlendirilmiştir. Su rneklerinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kriterlerine göre değerlendirilmiş ve yeraltısularının iyon içeriklerinin yönetmelikte belirlenmiş limit derişim değerlerinden daha yüksek derişime sahip olması nedeniyle tarımsal sulamada sulama suyu olarak kullanılamadığı belirlenmiştir.

Kıymaz ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, Kırşehir İli Seyfe Gölü havzasında Boztepe, Yenidoğanlı ve Eskidoğanlı yerleşim birimlerinde açılmış sondaj kuyularından örneklemler yapılarak yeraltı su kalitesi parametrelerinin 2001-2009 yıllarına ait farklı aylardaki değişimleri istatistiksel olarak incelenmiştir.

Başıbüyük ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, 2017 ve 2018 yıllarının yağışlı ve kurak dönemlerinde örneklenen yeraltı suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre çalışma alanındaki kirliliğin tarımsal uygulamalarda kullanılan pestisitlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Su noktalarındaki nitrat, sülfat, arsenik ve flor derişimlerdeki artışın tarımsal uygulamalar nedeniyle gerçekleştiğı belirtilmiştir.

Abacı-Bayar ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, Seyfe Gölü sulak alanı ve çevresinden toprak örneklemeleri gerçekleştirilmiştir. Göl alanının kapalı havza içerisinde yer alması, düşen yağış miktarının yıllar içerisinde azalması, buharlaşmanın etkin olması ve toprak örneklemelerinde sodyum derişiminin yüksek oranda olması araştırma alanının alkalilik ve tuzluluk tehlikeleri açısından izlenmesi gerekliliğini getirdiğı belirtilmiştir.

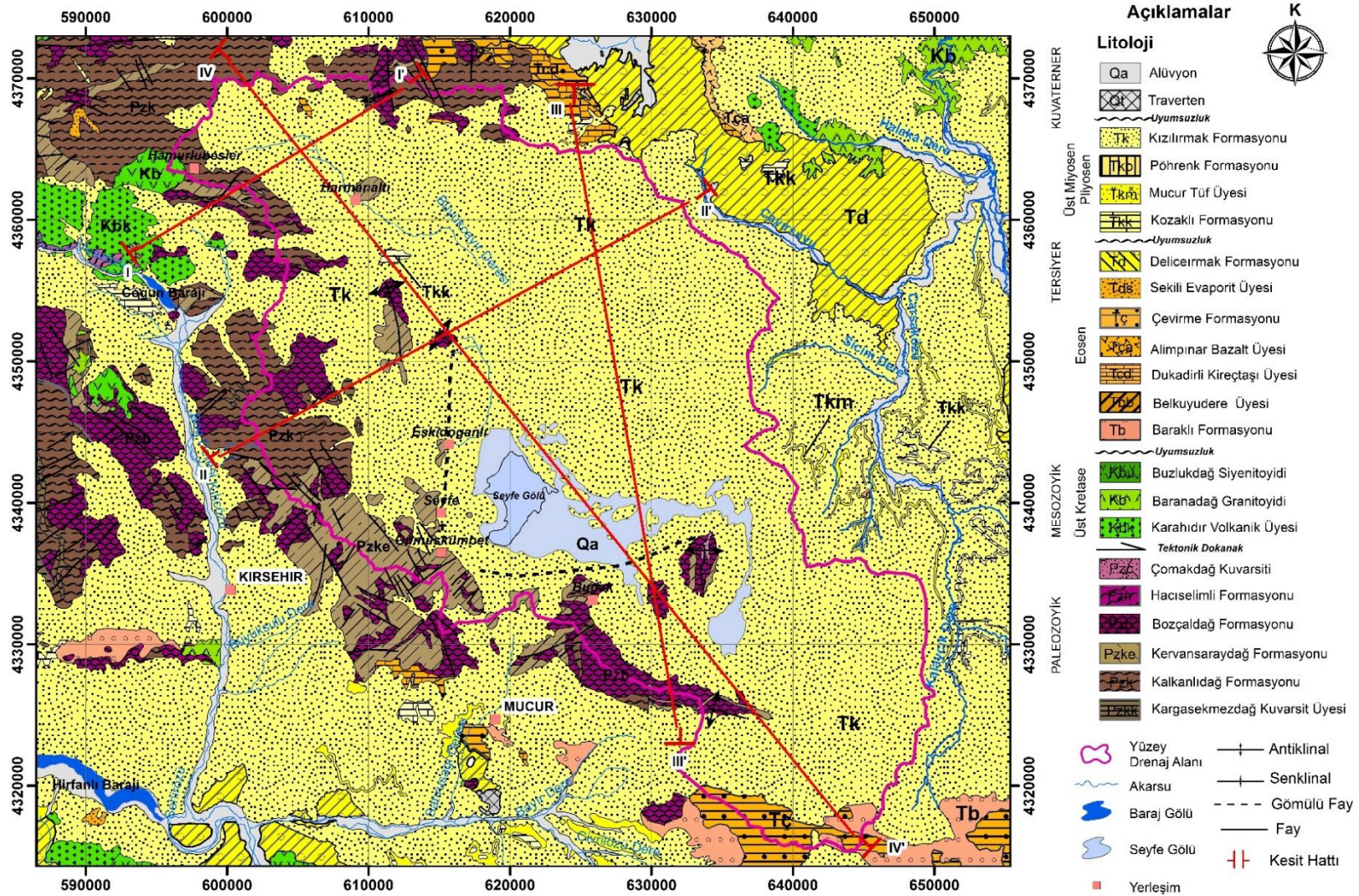
2. GENEL STRATİGRAFİ

İnceleme alanı ve yakın çevresi; 1/100.000 ölçekli “Kırşehir G-18”, “Yozgat G-19”, “Aksaray H-18” ve “Kayseri H-19” jeoloji paftalarını kapsamaktadır. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki jeoloji araştırmaları başlıca, “Arni (1936), Ayan (1963), Ataman (1972), Baykal (1943), Buchardt (1954), Erguvanlı (1954), Ketin (1955, 1966), Ronner (1958), Erkan (1975; 1981), Oktay (1981), Seymen (1982), Bayhan (1982) ve Atabey ve ark. (1987)” tarafından yapılmıştır. “Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü” (DSİ) ile “Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü” (MTA) tarafından hazırlanan jeoloji haritaları derlenmiş, bu kapsamda çalışma alanını temsil eden jeolojik kesitler, genel stratigrafik kolon kesit ve jeolojik haritaları oluşturulmuştur (Şekil 2.1, Şekil 2.2, Şekil 2.3, Şekil 2.4). Hazırlanan jeoloji haritasında önceki çalışmalarında kullanılan formasyon isimlendirmeleri, temel alınarak benzer litoloji türleri ve birimlerin yaşları dikkate alınmış ve kullanılmıştır.

İnceleme alanında yüzeyleyen en yaşlı kaya birimleri Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardan oluşmuş olan ve temeli oluşturan Kırşehir Masifi’dir. Kırşehir Masifi litostratigrafik özellikleri değerlendirilerek “Kervansaraydağ”, “Bozçaldağ”, “Hacıselimli” ve “Kalkanlıdağ” Formasyonları’na ayrılmıştır (MTA, 1991). Kırşehir Masifinin metamorfizmaya uğramış kayaları, Üst Kretase yaşlı intrüzif birimler (Buzlukdağ siyenitoyidi, Baranadağ granitoyidi) tarafından kesilmektedir. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla Tersiyer yaşlı çökeller gelir. Tersiyer yaşlı çökeller Baraklı ve Çevirme Formasyonlarından oluşmaktadır. Alt-Orta Eosen yaşlı Baraklı Formasyonu çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltası litolojilerinden oluşmakta ve Çevirme Formasyonu ile uyumlu ve geçişli bir ilişki göstermektedir. Çevirme Formasyonu Eosen yaşlı olup, bu birim masif kireçtaşı aratabakalı çamurtaşı, silttaşı ve kumtaşı tabakalarından oluşmaktadır. İnceleme alanında geniş bir alanda yüzeyleyen Neojen yaşlı Kızılırmak Formasyonu, kahve kırmızı renkli karasal çamurtaşlarından oluşmakta ve Çevirme Formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. En üstte ise tüm birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen kil, kum ve çakıllardan oluşan genellikle Seyfe Göl alanı çevresi ile havzanın orta kesimlerinde yer alan Kuvaterner yaşlı alüvyon birimler yer almaktadır. (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2).

ÜST SİSTEM	SENOZOYİK										KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM	TERSİYER											
SERİ	EOSEN											
KAT												
GRUP												
FORMASYON												
ÜYE												
SİMGE												
KALINLIK (m)												
0-10												Alüvyon, traverten
5-250												Uyumsuzluk
												Çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı, tuf, jips, anhidrit, kireçtaşı
												Uyumsuzluk
												Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı
												Çamurtaşı, jips-anhidrit, tuz
												Geçişli
												Çamurtaşı, kumtaşı, kireçtaşı
												Bazalt, aglomera, kireçtaşı, marn
												Çamurtaşı, linyit
												Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı
												Uyumsuzluk
												Granit, granodiyorit
												Siyenit, nefelin siyenit
												Riyolit, riyodasit
												Metagabro, amfibolit, mermer
												Mermer, şist, amfibolit, kuvarsit
												Gneys, şist, amfibolit, kuvarsit
												???

Şekil 2.1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti
 KK: Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi, ÇK: Çomakdağ Kuvarsit Üyesi, Kv: Karahıdır Volkanik Üyesi (MTA, 1991; MTA, 1992- Ölçeksizdir)



Şekil 2.2. Seyfe Gölü Havzası ve yakın çevresinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası (MTA (1991) ve MTA (1992)'den değiştirilerek)

2.1. Paleozoyik

İnceleme alanında temeli Kırşehir Masifi'nin Paleozoyik yaşı formasyonları oluşturmaktadır. Bu birimler Kalkanlıdağ Formasyonu, Bozçaldağ Formasyonu, Kervansaraydağ Formasyonu, Haciselimli Formasyonu ve Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi ile temsil edilmektedir.

2.1.1. Kalkanlıdağ Formasyonu (Pzk)

Hamurlubeşler, Tosunburnu, Taşlıtepe, Çimeli ve Göllü yerleşim yerlerinin kuzeyinde yüzeyleyen formasyon; az miktarda şistler, çoğunlukla gnayslardan, amfibolit ve kuvarsit litolojilerinden oluşmaktadır. Çeşitli metamorfik kayalardan oluşan birim Kalkanlıdağ Formasyonu olarak isimlendirilmiştir (Seymen, 1982).

Havzanın temelini oluşturan Kırşehir Masifi'nin alt seviyelerine karşılık gelen birim, magmatik kökenli kayalar ile birbirleriyle farklı oranlarda ardışıklı pelitik kayaların metamorfizmasıyla oluşmuştur. İnceleme alanının kuzeybatısı ile batısında yer alan Hamurlubeşler, Tosunlar yerleşim yerleri ile Boztepe'nin doğusunda gnayslar, diğer yerleşim yerlerinde ise şistler yoğundur (Foto 2.1). Formasyon başlıca kuvarsit, granülit, gözlü gnays, muskovit gnays, granitik gnays, sillimanitli gnays, biyotit gnays, amfibol şist, amfibolit, kalksilikatik şist, muskovit şist, piroksen şist, kalk şist, talk şist, biyotit şist, klorit-talk şist ve kuvars-biyotitten oluşmaktadır. Birim kimyasal bileşim, yapı ve dokusal özelliklerine göre renklenme göstermektedir. İnceleme alanında Kalkanlıdağ Formasyonu'nun tabanı görülmemektedir. Formasyon üst kesimlere doğru Bozçaldağ ve Kervansaraydağ Formasyonları ile yanal ve düşey yönlerde geçişli bir ilişki sunmaktadır. Birim; Gümüşler Formasyonu (Göncüoğlu, 1977), Köklüdere Formasyonu (Dökmeci, 1980) ile eşdeğerdir.



Foto 2.1. İnceleme alanının kuzeybatısında Hamurbeşler Köyü yakınında yüzlek veren Paleozoyik metamorfik temel ile arkasında devam eden volkanik birimlerin sınırı (Kuzeydoğudan bakış)

2.1.2. Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi (Pzkk)

Kalkanlıdağ Formasyonu içerisinde ara seviyeler halinde yüzeyleyen birim kuvarsitlerden oluşmakta ve “Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi” olarak isimlendirilmiştir (MTA, 1991). Birimin kalınlığı 5 m ile 30 m arasında değişirken; kuvarsitler kahve, gri renklerinde, orta-kalın tabakalı ve yer yer demirlidir. Birim Kabaktepe Metakuvarsit Üyesi (Seymen, 1982) ile eşdeğerdir.

2.1.3. Kervansaraydağ Formasyonu (Pzke)

Kervansaraydağ Formasyonu inceleme alanının batısında Bahçecik, Kervansaraydağ, Harmanaltı ve Külhüyük yerleşim yerleri yakınında yüzeylemektedir. Kalınlığı yaklaşık 150-200 m olan formasyon mermer bantları ile ambifol şist, kuvarsit şist, az miktarda gnays, kuvarsit, klorit şist, muskovit şist, biyotit

şist, kalk şist, piroksen şist ve talk şist içermektedir (Foto 2.2). Tabakalanma ile kıvrımlanmanın iyi geliştiği formasyon üst kesimlere doğru Bozçaldağ Formasyonu ile düşey ve yanal yönde geçişli bir ilişki sunmaktadır. Kervansaraydağ Formasyonu; Kaleboynu Formasyonu ve (Göncüoğlu, 1977), Tamadağ Formasyonu (Seymen, 1982) ile eşdeğerdir.



Foto 2.2. İnceleme alanının batısında Boztepe yakınlarında yüzlek veren Kervansaraydağ Formasyonu'nu (Pzke) temsil eden metamorfik şist seviyeleri (Doğudan bakış)

2.1.4. Bozçaldağ Formasyonu (Pzb)

Havzanın kuzeyinde, güneybatısında ve batısında Göllü, Kervansaraydağ, Çimeli, Taşlıtepe ve Uzunpınar yerleşim yerlerinde yüzeylenen mermer birimler Bozçaldağ Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Seymen, 1982). Çalışma alanındaki mermer yüzlekleri iri kristalli, şeker dokulu, kırık ve çatlaklı, beyaz, açık gri renklerde, yer yer silisleşmiş ve orta-kalın tabakalardan oluşmaktadır (Foto 2.3). Kil içerikli ve karbonat kökenli olan mermerler ince amfibol, ambifolit şist ve çört ara seviyeleri içermektedir. Birimin kalınlığı 250-300 m arasında değişmektedir (MTA, 2010). Birim Aşıgediği Formasyonu (Göncüoğlu, 1977) olarak da isimlendirilmektedir.



Foto 2.3. İnceleme alanının güneybatısında Gümüşkümbet Köyü yakınlarında yüzlek veren Bozçaldağ Formasyonu'nu (Pzb) temsil eden kristalen mermer seviyeleri (Güneydoğudan bakış)

2.1.5. Haciselimli Formasyonu (Pzh)

İnceleme alanının güneybatısında Karahıdır yerleşim yerinde yüzeyleyen koyu, açık yeşil renklerinde, amfibolit, gabro ve metadiyabazdan oluşan bazik kayalar “Haciselimli Metagabrosu” olarak adlandırılmıştır. Kırşehir Masifi'nin oluşum aşamasında dayk ve sil şeklinde bölgeye yerleşmiş olan birim metamorfizmaya uğramıştır. Birimin bazı kesimleri ise masif metagabrodan oluşmaktadır. Birimin sil ve dayklardan oluşan kesimleri amfibol şistleri ve amfiboliti oluşturmaktadır. Haciselimli Metagabrosu; Karakaya Ultramafiti (Seymen, 1982), Sineksizyayla Metagabrosu (Göncüoğlu, 1977), bazik plütonik kayaçlar (Ketin, 1955; Ayan, 1963) ve Ortaköy Granitoidinin gabrolarıyla (Atabey ve ark., 1987) eşdeğerdir.

2.1.6. Çomakdağ Kuvarsitleri (Pzç)

Kırşehir metamorfitleeri içerisinde ayırtlanabilen kuvarsitler, Çomakdağ Kuvarsitleri olarak tanımlanmıştır. Çomakdağ Kuvarsitleri inceleme alanının güneyinde Kızıldağ bölgesinde yüzeylenmektedir. Birim, çok az demirli veya demirsiz gri renkli, orta kalın tabakalı masif kuvarsitlerden oluşmaktadır. Alt dokanağı mermerlerle uyumlu olan kuvarsitlerin, üst dokanağı inceleme alanında izlenememektedir. Genel olarak ise Kırşehir metamorfitleerinin farklı düzeylerinde devamlı ve devamlı olmayan ara bantlar şeklinde yer alırlar. Birimin kalınlığı 5-20 m arasında değişmektedir (MTA,1991).

2.2. Mesozoyik

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Mesozoyik yaşlı birimler Baranadağ Granitoyidi, Karahıdır Volkanik üyesi ve Buzlukdağ Siyenitoyidi ile temsil edilmektedir. Bu birimler yüzey drenaj alanı içerisinde havzanın batısında Çoğun Barajına yakın kesimde çok sınırlı alanda yüzlek vermektedirler.

2.2.1. Üst Kretase

2.2.1.1. Baranadağ Granitoyidi (Kb)

İnceleme alanının batısında, Çoğun Barajı'nın güneyinde sınırlı bir alanda yüzeylenen kayaç grubu Baranadağ Granitoyidi olarak adlandırılmıştır. Granitoyid; Granodiyorit, Granodiyoritporfir, Riyodasit ve Riyolitden oluşmaktadır. Baranadağ Granitoyidi; literatürdeki çalışmalarda Baranadağ Plütonu (Seymen, 1982) Cefalıkdağ Granodiyoriti (Göncüoğlu, 1977), Ortaköy Granitoyidi (Atabey ve ark., 1987) ve Baranadağ Masifi (Ayan, 1963) olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.1.2. Karahıdır Volkanit Üyesi (Kbk)

İnceleme alanının kuzeybatısında Çoğun Barajı yakınlarındaki Karahıdır ve çevresinde yüzeylenen, Baranadağ Granitoyidinin kenar kesimlerinde gelişen mor, sarı, açık yeşil renkli genellikle riyodasit ve riyolit, az miktarda latit ve dasit yüzey

kayaçlarından oluşmaktadır ve birim “Karahıdır Volkanit Üyesi” olarak adlanmıştır. “Karahıdır Volkanit Üyesi”, Kötüdağ Volkaniti (Seymen, 1982) ile eşdeğerdır.

2.2.1.3. Buzlukdağ Siyenitoyidi (Kbu)

İnceleme alanının kuzeybatı sınırında Tatarilyasyayla ile Hamurlubeşler arasında sınırlı bir alanda yüzeylenen siyenit-mikrosiyenit, trakit, kuvars mikrosiyenit, kuvars trakit, alkali siyenitten oluşan açık gri, pembemsi renkli silise doygun olmayan alkalen-kalkalkalen bileşimli intrüzif kayaçlar Buzlukdağ Siyenitoyidi olarak adlandırılmıştır. Buzlukdağ Siyenitoyidi; literatürde Buzlukdağ Plütonu olarak da adlandırılmaktadır (Seymen, 1982).

2.3. Senozoyik

2.3.1. Eosen

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Eosen yaşlı birimler; Belkuyudere Üyesi, evirme Formasyonu, Alimpınar Bazalt üyesi, Dulkadirli Kireçtaşı Üyesi, Deliceırmak Formasyonu ve Sekili Evaporit Üyesi ile temsil edilmektedir. Yüzey drenaj alanı içerisinde yer alan Eosen yaşlı Baraklı Formasyonu ile evirme Formasyonu havzanın güney kesiminde sınırlı alanlarda yüzeylemektedir.

2.3.1.1. Belkuyudere Üyesi (Tbb)

İnceleme alanındaki Göllü yerleşim yerinin kuzeydoğusunda dar bir alanda yüzeylenen ve kalınlığı yaklaşık 50 m olan birim Baraklı Formasyonu’nun üst seviyelerine karşılık gelmektedir. Bu kapsamda formasyonun üst seviyelerinde siyah ve kahve renkli çamurtaşları ve linyitli seviyeler ile ince kumtaşı ara katkıları içeren kesimler Belkuyudere Üyesi olarak adlandırılmıştır. Baraklı Formasyonunun kıyı ve lagün kesimlerine karşılık gelen birimin yaşı Alt-Orta Eosen olarak belirlenmiştir (MTA, 1991).

2.3.1.2. Çevirme Formasyonu (Tç)

Formasyon inceleme alanının kuzey ve güney kesimlerinde yüzeylenmektedir. Çevirme Formasyonu transgresif bir seri olup birimin alt düzeyleri paralel tabakalı, masif kireçtaşı ara seviyeleri içeren, sıkı tutturulmuş silttaşı ve kumtaşı litolojilerinden oluşmaktadır. Birimin üst düzeyleri ise bej, beyaz ve krem renklerinde, orta kalın tabakalı, konkoidal (midye kabuğu) kırılmalı çamurtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Tabanda yer yer kalınlığı 2 m'yi geçmeyen bloklu taban çakıltası seviyeleri görülmektedir. Birimin üst dokanağı Deliceirmak Formasyonu ile uyumlu bir ilişki gösterirken, birimin alt dokanağı Baraklı Formasyonu ile düşey ve yanal yönlerde geçişlidir. 250 m kalınlığında olan formasyonun derin kesimlerinde çamurtaşı çökelimi yoğunken sıg ve kıyı kesimlerinde ise kumtaşı ve kireçtaşı çökelimi yoğundur. Birimin yaşı Baraklı Formasyonu ve Dulkadirli Kireçtaşı Üyesi ile olan ilişkisine göre Alt-Orta-Üst Eosen'dir (MTA, 1991).

2.3.1.3. Alimpınar Bazalt Üyesi (Tça)

Birim inceleme alanının kuzeydoğu kesiminde sınırlı bir alanda yüzeylenmektedir. Çevirme Formasyonunun üst düzeylerinde çamurtaşı ve kireçtaşı düzeyleri ile yer yer orta-kalın tabakalı, yer yer masif ara düzeyli olarak gözlenir. Koyu yeşil ve siyahımsı renklerde aglomera, olivin ve bazaltlardan oluşan volkaniklerin geniş yayılım sunan kesimleri Alimpınar Bazalt Üyesi olarak adlandırılmıştır. Bölgeyi Üst Senoniyen'den beri etkileyen alkali-kalkalkali magmatizmanın ürünü olan volkanitler, Çevirme Formasyonunun oluşumu sırasında bölgeye yerleşmiştir. Dulkadirli Kireçtaşı Üyesi ile birlikte Eosen havzasının kenar kesimlerinde yer alırlar. Birimin yaşı Çevirme Formasyonu ve Dulkadirli Kireçtaşı Üyesi ile olan ilişkisi değerlendirildiğinde Orta-Üst Eosen olarak belirlenmiştir (MTA, 1991).

2.3.1.4. Dulkadirli Kireçtaşı Üyesi (Tçd)

Birim inceleme alanının kuzeyinde Çevirme Formasyonu'nun kıyı ve üst seviyelerinde görülmektedir. Bej, krem, beyaz renklerinde yer yer masif, orta ve kalın katmanlardan oluşan, mercanlı, bol nummulitli, gastropod içeren birimin vake-tane-istif-bağlamtaşı- karbonat çamur (Resif-Biyosparit-Biyomikrit) özellikli kireçtaşı seviyeleri "Dulkadirli Kireçtaşı Üyesi" olarak adlandırılmıştır. Kalınlığı 5 m ile 150 m

arasında değişen birim transgresif özellikli ve doğrudan temel üzerinde gözlenmektedir. İçerdiği fosillere göre Orta-st Eosen yaşlı olan birim kıyı resif ortamında oluşmuştur (MTA, 1991).

2.3.1.5. Deliceirmek Formasyonu (Td)

Kalınlığı 1100 m ile 2000 m arasında değişen formasyon inceleme alanının kuzeydoğusu ile Kırşehir ilinin güneyinde yüzeylenmektedir. Birim evaporitli, paralel-çapraz katmanlı, kırmızı, kahve, gri renklerinde, regresif özellikli, taneli, gevşek tutturulmuş çamurtaşı, çakıltaşı ve kumtaşlarından oluşmaktadır (MTA, 1991). Birimin st ve orta düzeyleri çamurtaşlarıyla ardışıklı, alt düzeyleri erozyonal çapraz katmanlı kumtaşı ve çakıltaşlarından, alt düzeyleri ise ardalanmalı anhidrit, jips ve kaya tuzlu çamurtaşları ile orta ve iyi tutturulmuş kalın, orta ve ince paralel tabakalı kumtaşlarından oluşmaktadır. Birim inceleme alanı içerisindeki Neojen yaşlı Kızılırmak Formasyonu tarafından ise uyumsuzlukla örtülmektedir. Yaş verilebilecek veri elde edilemediğinden formasyon ile düşey yönde geçişli olan diğer formasyonların yaşlarına göre; birimin yaşı st Eosen - Miyosen olarak belirlenmiştir (MTA, 1991).

2.3.1.6. Baraklı Formasyonu (Tb)

İnceleme alanının güneyi ve güneydoğusunda İliceek ve Avuç yerleşim yerleri yakınlarında dar ve sınırlı bir alanda yüzeyleyen, orta ve kalın tabakalı, gri, kırmızı kahve ve bordo renkli, bloklu, yer yer ise magmatik ve metamorfik taneli, çapraz tabakalı, çamurtaşından, kumtaşı ile gevşek veya tutturulmuş çakıltaşlarından oluşan karasal linyit içeren çökeller Baraklı Formasyonu olarak adlandırılmıştır (MTA, 1991).

Yükselen bloklar önünde depolanan çökeller veya yüksek eğimli falezlerden oluşan birim alüvyal yelpaze özelliği göstermektedir. Linyitli karasal çökeller lagüner ve bataklık ortam koşullarını yansıtmaktadır.

Tersiyer öncesi temel üzerinde uyumsuzlukla yer alan birim 100 m ile 700 m arasında değişen bir kalınlık göstermektedir. Birim üst kesimlere doğru transgresif Çevirme Formasyonu ile düşey ve yanal yönlerde geçişli bir ilişki göstermektedir.

Birimin, Çevirme Formasyonu ile düşey ve yanal yönde geçişli olduğu kesimlerinden yapılan örneklemelere göre Alt - Orta Eosen yaşlı olduğu belirlenmiştir (MTA, 1991).

2.3.1.7. Sekili Evaporit Üyesi (Tds)

Havzanın kuzeybatı ve güney kesimlerinde Deliceırmak Formasyonu'nun kumtaşı, evaporit ve çamurtaşı aralanmasından oluşan yeşil, açık beyaz, kahve, kırmızı, gri, alacalı renklerinde orta, kalın paralel tabakalı bölümü Sekili Evaporit Üyesi olarak adlandırılmıştır. Evaporit ve çamurtaşı düzeyleri yer yer masiftir. Çadırılıhacıyusuf Formasyonu ile uyumlu olan birim, Kızılırmak Formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla üzerlenmektedir. Kalınlığı 5-150 m'dir. "Sekili Evaporit Üyesi" evaporit birimlerden oluşan bir ortamda çökelmiş olup Üst Eosen sonunda bölgeyi etkileyen regresyon başlangıcında gelişmiştir. Birim fosil içermemektedir. Üst Eosen-Oligosen yaşlı olan birim Deliceırmak Formasyonu'nun alt seviyelerini oluşturmaktadır (MTA, 1991).

2.3.2. Üst Miyosen-Pliyosen

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Kızılırmak Formasyonu, Pöhrenk Evaporit Üyesi, Mucur Tüf Üyesi ve Kozaklı Kireçtaşı Üyesi ile temsil edilmektedir. Havza sınırları içerisinde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'nun geniş bir alanda yüzeyletiği gözlenmektedir.

2.3.2.1. Kızılırmak Formasyonu (Tk)

Birim inceleme alanının geniş bir kesiminde yüzeylemektedir. Tüm Orta Anadolu Bölgesi'nde olduğu gibi kırmızı, kahve renklerinde katmansız, çakıllı, kumlu, marnlı ve tutturulmamış karasal çamurtaşlarından oluşan birim Kızılırmak Formasyonu olarak adlanmıştır. İnceleme alanında Budak, Yazıkınık, Kızıldağyeniyapan,

Güzyurdu, Kıran, Başköy, Büyükburunağıl, Obruk köyleri arasında kalan oldukça geniş bir alanda yüzlek vermektedir (Foto 2.4).

Killi kireçtaşı, çakıltası, jips, kumtaşı bant ve mercekleri, anhidrit ile tuf litolojilerinden oluşan birim Üst Miyosen öncesi temel üzerinde uyumsuzlukla yüzeylenmektedir. Formasyonun üst seviyelerinde çok ince tabakalı göl kalkerleri gelişmiştir. Formasyon genel olarak yatay konumlu olup, paleo-topoğrafyaya bağlı olarak 5-10 dereceye kadar eğim kazanmıştır (MTA, 2010). Birimin kalınlığı 5 m ile 250 m arasında değişmektedir. Sığ göl-playa (kaliş), yamaç molozu ve akarsu ortamlarında oluşan formasyonun yaşı Üst Miyosen-Pliyosen'dir.



Foto 2.4. İnceleme alanında Kızılırmak Formasyonu'nu temsil eden kırmızı-kahverengi karasal çamurtaşı seviyeleri (Güneydoğudan bakış)

2.3.2.2. Pöhrenk Evaporit Üyesi (Tkp)

Havzanın kuzeydoğusunda Pöhrenk yerleşim yerinde Kızılırmak Formasyonu içerisinde ince ve orta katmanlı, bant ve mercekler halinde yüzeylenen, gri, beyaz

renklerde, anhidrit ile killi jips seviyeleri içeren birim “Pöhrenk Evaporit Üyesi” olarak adlandırılmıştır (MTA, 1991). Formasyonun sığ göl ve playa kesimlerinde kurak dönemlerde oluşmuş olan birimin kalınlığı 1-2 m arasında değişmektedir (MTA, 1991).

2.3.2.3. Mucur Tüf Üyesi (Tkm)

Mucur ve Mahmutlu yerleşim yerleri yakınlarında Kızılırmak Formasyonu içerisinde, bant ve mercekler şeklinde yüzeyleyen volkanik cam parçaları içeren, beyaz, pembe renkli, yer yer bentonitleşmiş, yumuşak masif volkanikler Mucur Tüf Üyesi olarak adlandırılmıştır. Kayseri Nevşehir bölgesi Kuvaterner volkanizmasının taşınan küllerinin depolanmasıyla oluşan birimin kalınlığı 1 m ile 10 m arasında değişmektedir (MTA, 1991). Birim havza yüzey drenaj alanı içerisinde yüzeylememektedir.

2.3.2.4. Kozaklı Kireçtaşı Üyesi (Tkk)

Birim inceleme alanının kuzeyinde Harmanaltı ile Külhüyük arasında çok sınırlı bir alanda yüzeylemektedir. Kızılırmak Formasyonu içerisinde yatay konumlu mercekler ve bantlar halinde yer alan boşluklu, kırıntılı, killi kireçtaşı düzeyleri masif, beyaz veya gri renklerinde olup Kozaklı Kireçtaşı Üyesi olarak adlandırılmıştır. Birimin kalınlığı 1 m ile 5 m arasında değişirken, Kızılırmak Formasyonunun sığ göl ve playa (kalış) ortamında oluşmuştur.

2.4. Kuvaterner

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Kuvaterner birimleri traverten ve alüvyon çökelleri ile temsil edilmektedir.

2.4.1. Traverten (Qt)

Bölgeyi etkileyen genç tektonik hareketler nedeniyle gelişen traverten birimler havzanın güneyinde Mahmutlu ve Acıöz yerleşim yerlerinde yüzeylemektedir. Sıcak ve soğuk sular tarafından çökeltilmiş birim masif ve yatay konumludur. Kalınlıkları

10 m'ye ulaşan birim bej, krem, beyaz, açık kahve ve açık yeşil renklerde yüzeylenmektedir. Yüzey drenaj alanı içerisinde traverten oluşumları gözlenmemektedir.

2.4.2. Alüvyon (Qa)

İnceleme alanının en genç oluşumlarını alüvyon birimler oluşturmaktadır. Birim ova alanları ile vadi ve akarsu yataklarındaki çakıl, kil ve kum depolanmalarıdır. Kızılırmak vadisinin her iki tarafında asılı kalan taraçalar ile eğimli yamaç önlerinde gelişen yamaç molozları bölgenin diğer genç çökelleridir. İnceleme alanında alüvyon çökeller Seyfe Gölü kenarları ile dere yataklarında görülmektedir.

2.5. Çizgisel Yapılar

İnceleme alanındaki faylar, kırık-çatlak sistemleri, antiklinal-senklinal eksenleri, yeraltı suyunun hareket yönünün belirlenmesinde önemli işaretçilerdir (Milanovic, 1981; Kurttaş, 1997; Koyuncu, 2003). Ayrıca çizgisel yapıların belirlenmesinde akarsu yataklarındaki ani yön değiştirmeler, ötelenmeler ve kırık hatlarına bağlı olarak oluşan kaynak çıkışları kullanılabilir (Kurttaş, 1997, Koyuncu, 2003).

İnceleme alanındaki çizgisel yapıların belirlenmesi amacıyla çizgisellik haritası oluşturulmuştur. Bu kapsamda 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan oluşturulan SYM (Sayısal Yükseklik Modeli - DEM) ve uydu görüntüleri kullanılmıştır. SYM görüntüsünden farklı (ara ve ana) yönler ve aydınlatma açıları kullanılarak kabartı haritası oluşturulmuştur (Şekil 2.3). Bu haritaya göre rölyefin kontrastının fazla olduğu yerler eğimin fazla olduğu yerleri göstermektedir. Belirlenen çizgiselliklerin çoğunluğu kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu yönelimli olup, havzadaki mevcut faylar ile uyumlu bir ilişki göstermektedir, ancak buna yönelik bir çizgisellik analizi bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmemiştir. Yine çizgisellik haritasında Paleozoyik birimlerde Karacaören-Gümüşkumbet sırtı kesiminde KD-GB yönelimli, devamlılıkları izlenebilen çizgisel yapılar görülmektedir. Seyfe-Eskidoğanlı istikametinde uzanan kuzey-güney yönlü gömülü fay ile bu hattın doğuya doğru devamı olan (Yazıkınık-Kızıldağ-Yeniyapan) çizgisel yapılar haritadan

görülmektedir (DSİ, 1979 ve DSİ, 2004) (Şekil 2.3). Bu faylanmalar sonucunda Seyfe Gölü tarafındaki bloklar çökmüştür. Bölgedeki en önemli kıvrım yapısı Kırktepe'den geçen antiklinaldir (DSİ, 1979). İnceleme alanındaki faylar incelendiğinde, havza içerisinde birbirine paralel gidişli Seyfe Fay Zonunun segment fayları (sağ ve sol yanal doğrultu atımlı, eğim atımlı normal) olan Boztepe Fayı, Gümüşkümbet Fayı ve Hasanlar Fayı yer almaktadır (Koçyiğit, 2003; Temiz 2004).

2.5.1. Seyfe Fay Zonu

Seyfe Gölü Sulak Alan Sistemi çöküntü bir alan içerisinde kalmaktadır ve bu alanı Seyfe Fay Zonu kontrol etmektedir. Çalışma alanı içerisinde yer alan Seyfe Fay Zonu, Hasanlar yerleşim yerinden başlayan Akpınar ilçesine kadar uzanan 120 km uzunluğunda, birkaç km genişliğinde, KB-GD yönlü sağ yönlü doğrultu atımlı karaktere sahip birbirlerine paralel gidişli birçok faydan oluşmaktadır (Koçyiğit, 2003; Temiz, 2004).

2.5.2. Akpınar Fayı

Akpınar Fayı, Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatı kesiminde, Akpınar ilçesi ile Taşkovan yerleşim yeri arasında yer almaktadır. Akpınar Fayı; Akpınar ilçesinin yaklaşık 2 km kuzeybatısından başlayarak 14 km uzunluğunda devam eden KB-GD gidişli sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır (Temiz, 2004).

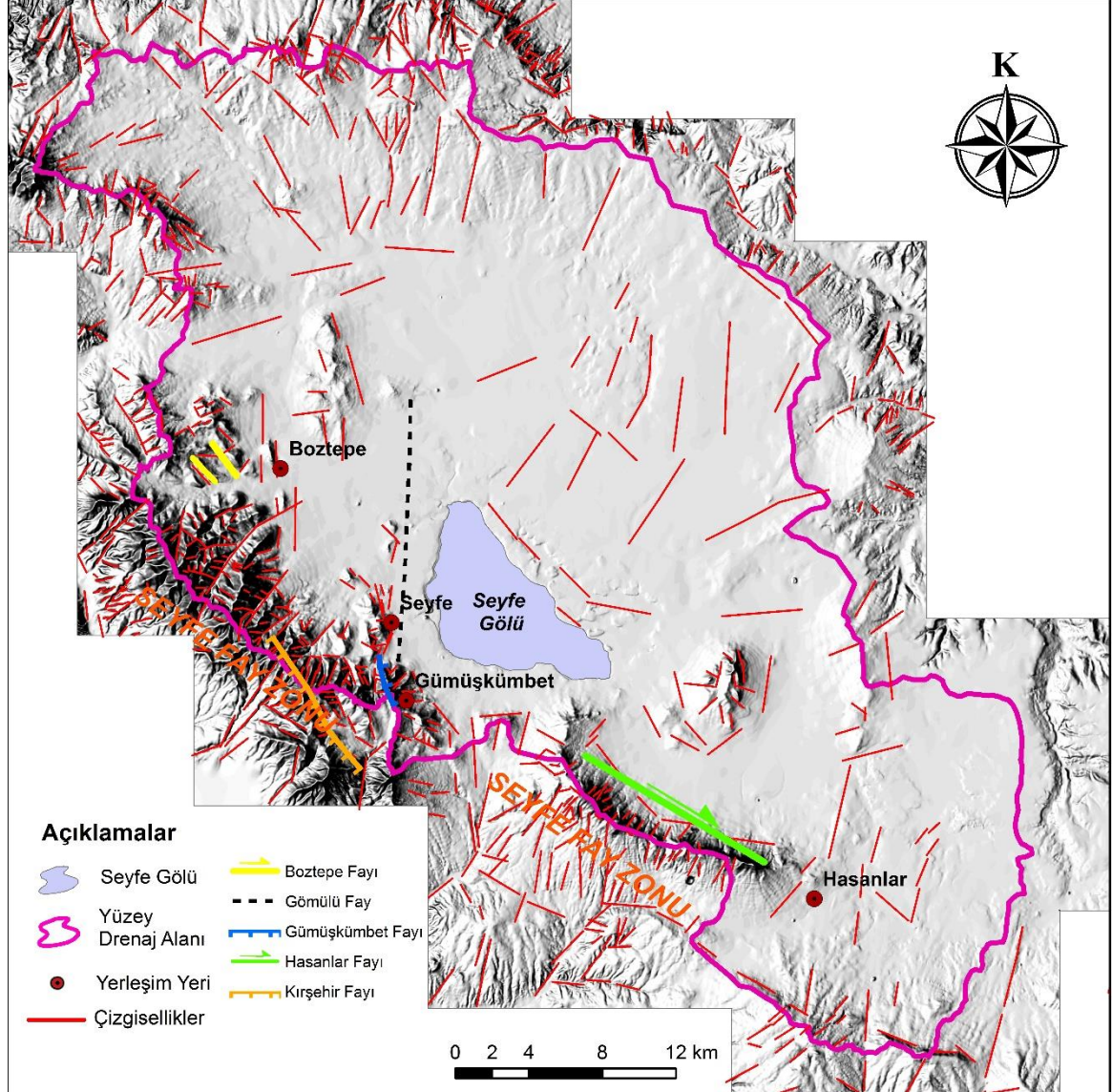
2.5.3. Boztepe Fayı

Boztepe Fayı Seyfe Gölü çöküntü alanını sınırlayan sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır (Temiz, 2004). KB-GD uzanımlı olan Boztepe Fayı, Çoğun yerleşim yerinin doğusundan başlar ve Boztepe yerleşim yerinin batısına kadar devam etmektedir.

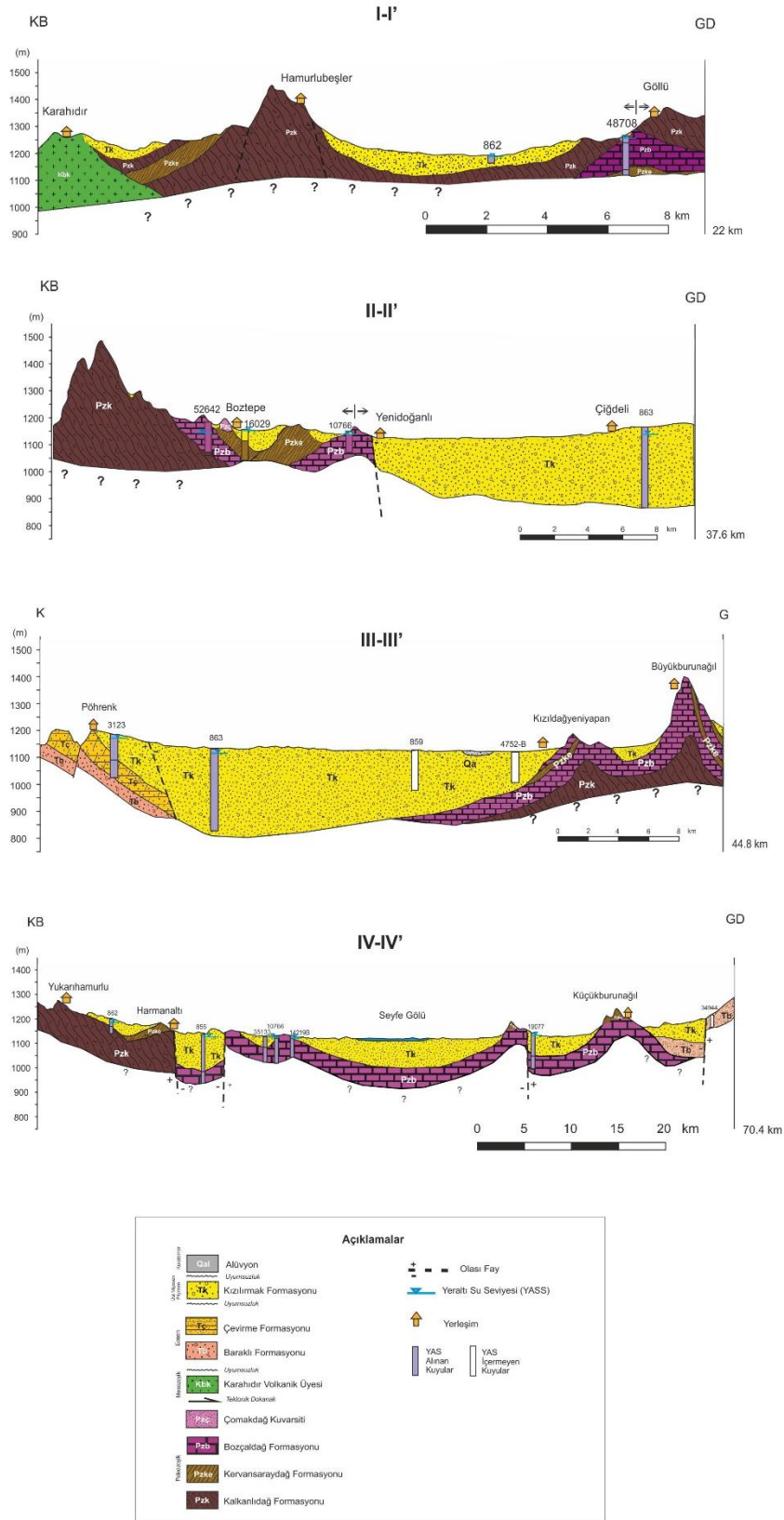
2.5.4. Gümüşkümbet Fayı

Çalışma alanının batısında Boztepe yerleşim yerinin güneybatısında Gümüşkümbet Fayı yer alır. Gümüşkümbet Fayı, KB-GD gidişli, eğim atımlı normal fay karakterindedir (Temiz, 2004). 18 km uzunluğunda olan Gümüşkümbet Fayı, Seyfe

Gölü çöküntü alanının batısını sınırlayan ve K45-60B ve K-G arasında değişen doğrultulara sahip normal fay karakterli bir fay olarak tanımlanmıştır (Temiz, 2004). Fayın düşen bloğunda Kızılırmak Formasyonu'na ait birimler gözlenirken, yükselen batı bloğunda temeli oluşturan metamorfik birimler bulunmaktadır.



Şekil 2.3. Seyfe Gölü ve yakın çevresindeki çizgisellikler (Koçyiğit, 2003; ve Temiz 2004'den yararlanılarak hazırlanmıştır.)



Şekil 2.4. Çalışma alanına ait enine jeolojik kesitler (I-I', II-II', III-III', IV-IV')

2.6. Jeolojik Evrim

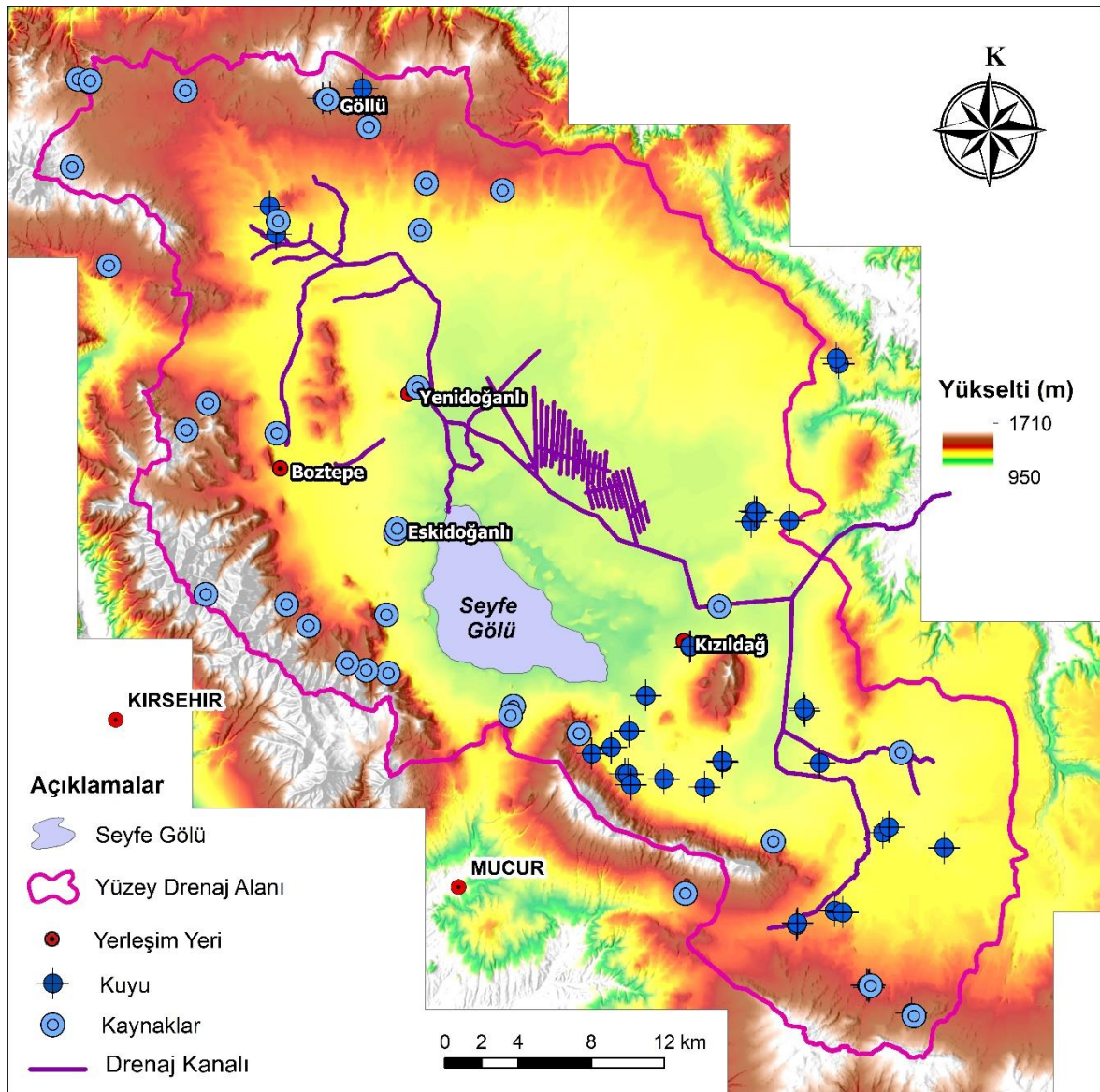
Seyfe Kapalı Havzası farklı doğrultularda meydana gelen faylanmalar ile oluşmuş bir çöküntü ovasıdır. Paleozoyik dönemine ait birimler; Kaledoniyen orojenezinin etkisi ile metamorfizmaya uğramış ve kıvrımlanmışlardır. Bu orojenik hareketler sonucunda meydana gelen intrüzyonlar ile kuvarslı diyorit ve granitten oluşan magmatik kayalar oluşmuştur. Mevcut ana kıvrım eksenini kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda oluşturmuştur (DSİ, 1979). Bölgede genellikle senklinal eksenlerinin geçtiği alanlar Neojen göl çökelleriyle doldurulmuş olup, antiklinal eksenleri ise tepelerden geçmektedir (DSİ, 1979). Bölge kıvrımlanmaları takip eden zamanda Eosen'e kadar karasal bir özellik göstermekte olup; deniz etkisi altında kalmamıştır. Temel üzerine uyumsuzlukla gelen Eosen döneminde sular altında kalan bölgede derin deniz ortamında oluşmuş kireçtaşları bulunmaktadır. Eosen sonlarına doğru bölge Alpin Orojenezinin etkisi ile oldukça hareketli bir özellik kazanmıştır. Bu dönemden sonra daha durgun olan bir dönemde Oligosen serileri oluşmuştur. Oligosen serilerinin içinde jips gibi evaporitik sedimanların yer almasının Oligosen döneminde denizin oldukça sığ ve sıcak olduğuna ilişkin bir işaret olduğu belirtilmiştir (DSİ, 1979). Oligosen'den itibaren bölge dahada sığlaşmaya başlamış; bölge göl halini almıştır. Oligosen'deki tektonik hareketler sonucu faylar meydana gelmiştir. Göl halini almış sahada yatay ve yataya yakın tabakalanma gösteren göl çökelleri oluşmuştur. Kuvaterner'de epirojenik hareketler devam etmiş; ovanın kenar kesimlerinde yamaç molozları; Seyfe Gölü kenarları ile dere yataklarında alüvyonlar oluşmuştur (DSİ, 1979).

3. HİDROLOJİ

Seyfe Kapalı havzasının hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, havza içerisinde ve yakın çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarının uzun yıllara ait meteorolojik verilerinden de yararlanılmış hidrolojik değerlendirmeler gerçekleştirilmiş ve su bütçesi bileşenleri hesaplanmıştır. Meteorolojik veriler “Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı” (ÇŞİDB), “Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden” (MGM) ve “Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’nden (DSİ)” temin edilmiştir. İnceleme alanı içerisinde aktif ölçüm alan herhangi bir Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) bulunmamakla birlikte mevsimsel akarsulara ait DSİ (1979) tarafından belirtilen geçmiş yıllara ait akım değerleri değerlendirilmiştir.

3.1. Yüzey Drenaj Alanı

Seyfe Gölü Havzası’nın hidrolojik sınırları dikkate alınarak, 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardan yararlanılarak ve Sayısal Arazi Modeli kullanılarak yüzey drenaj alanı sınırı belirlenmiştir. Çalışma alanının yüzey drenaj alanı 1481 km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1.Seyfe Gölü hidroloji (yüzey drenaj alanı ve yükselti dağılım) haritası

Yüzey drenaj alanı içerisinde yükseltiler 1105.08 m ile 1706.06 m arasında değişmektedir (Şekil 3.1). Havzanın ortalama kotu ise 1170.64 m'dir.

3.2. Su Noktaları

İnceleme alanındaki su noktaları kaynak, akarsu, bataklık alan, drenaj kanalları, sondaj kuyuları ve göl alanı olarak incelenmiştir.

3.2.1. Akarsular

Seyfe Gölü Havzasında sürekli akış halinde olan bir akarsu bulunmamaktadır. Seyfe Havzası içerisinde düzenli seviye, debi ve akım hızı ölçümü yapan Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) yer almamaktadır. İnceleme alanında mevsimsel akarsu karakterinde Kepir Dere, Velioğluözü, Akpınar ve Karaovaözü dereleri bulunmaktadır. Bu derelerde geçmişte mevsimsel olarak yağışlarla ve ilkbahardaki kar erimeleri ile akış gerçekleşmiştir (DSİ,1979). Derelerin 1979 yılının Mart ve Nisan aylarında gözlemlenen ortalama debi değerleri aşağıda verilmiştir. Seyfe Gölü havzasında yağışlı ve kurak mevsimlerde yapılan arazi çalışmalarında da sürekli akış gösteren bir derenin mevcut olmadığı gözlemlenmiştir. Sadece Aralık 2019'da gerçekleştirilen arazi çalışmasında Kepir Dere'de akış gözlenmiştir.

Kepir Dere: İnceleme alanının batısında olup birçok yan kolu vardır. Bütün kollar Harmanaltı köyüne ulaşmadan birleşirler. Derenin ortalama debisi 22 l/s olarak ölçülmüştür (DSİ,1979). 2019 yılı Aralık ayında yapılan arazi çalışmasında dere suyu sıcaklığı 2.01 °C, ÖEİ 825 µS/cm, pH 8.39 olarak ölçülmüştür. Dere yaz aylarında akış göstermezken, kış mevsiminde düşük debili akış göstermektedir. 2019 Aralık ayında ölçülen derenin debisi 0.33 l/s 'dir. 2019 sonrasında yapılan arazi çalışmalarında derenin akış göstermediği gözlemlenmiştir.

Velioğluözü Dere: İnceleme alanı doğusunda, Hasanlar köyü doğusundan çıkarak Başköy doğusundan göle karışmaktadır. Derenin geçmiş yıllarda ortalama debisi 76 l/s'dir (DSİ, 1979). Havzada yapılan arazi çalışmaları kapsamında derenin günümüzde akış göstermediği anlaşılmıştır.

Akpınar Dere: Budak köyü doğusundadır. Geçmiş yıllarda derenin ortalama debisi 72 l/s'dir (DSİ, 1979). Havzada gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında günümüzde Akpınar Deresi akış göstermediği görülmüştür.

Karaovaözü Dere: İnceleme alanının güneydoğusunda bulunan Yenyapan köyünün güneyinden çıkmaktadır. Geçmiş yıllarda ortalama debisi 90 l/s'dir (DSİ, 1979). Günümüzde dere akış göstermemektedir.

3.2.2. Kaynaklar

Seyfe Gölü havzasındaki kaynak boşalımları olarak belirlenen su noktaları 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritadan belirlenmiş ve arazi çalışmalarıyla da desteklenerek günümüzde bu su noktalarının akış gösterip göstermedikleri tespit edilmiştir. Seyfe Kapalı Havzası yüzey drenaj alanı içerisinde yer alan kaynak boşalımları hidrojeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.1). İnceleme alanındaki kaynaklar çoğunlukla dokanak veya süreksizliklere (fay, kırık-çatlak) bağlı olarak yüzeilenmektedir. Kaynakların çoğunluğunu havzanın kuzeybatı ve batı kesimlerinde metamorfik birimlerin kırık-çatlaklarından gerçekleşen boşalımlar oluşturmaktadır. Kaynakların bir kısmı geçirimsiz metamorfik-magmatik ile metamorfik-sedimanter birimlerin sınırlarında yer aldıklarından ve sınırlı beslenme alanına sahip olduklarından dolayı genellikle düşük debilidirler (Çizelge 3.1). Geçmişte havza içerisinde akış gösteren ve günümüzde akış göstermeyen Seyfe, Horla, Yenidoğanlı, Alapınar, Yazıkınık ve Harabeler kaynakları mevcuttur. DSİ (1979)'da, bu kaynakların geçmiş yıllarda göl alanına boşalarak gölün beslenimine katkıda bulundukları belirtilmektedir (Çizelge 3.1). Havzadaki diğer kaynakların bir kısmı yıl boyu akış gösterirken, bir kısmı ise sadece yağışlı dönemlerde (mevsimsel) akış göstermektedir.

Arazi çalışmalarında havzanın doğusunda akifer birimlerin yayılımları, kalınlıkları havzanın batısına göre daha sınırlı bir alanda kalmaktadır. Dolayısıyla havzanın doğusundaki kaynak çıkışlarının batısına göre daha az olduğu görülmektedir. Havza ölçeğinde yüzey drenaj alanı içerisinde kalan toplamda 31 kaynak boşalım noktasından yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Buna göre her dönem için örneklenen su kaynaklarının özellikleri verilmiş olup, diğer kaynak boşalım noktalarının tüm fiziksel ve hidrojeokimyasal özellikleri çizelgeler halinde tez metninin Hidrojeokimya bölümünde sunulmuştur.

Çizelge 3.1. İnceleme alanındaki kaynakların Eylül 2021 arazi gözlemleri ile ölçülmüş debileri

Kaynak Adı	Çıktığı Formasyon /Birim	X (Boylam)	Y (Enlem)	Kot (m)	Debi (l/s)	Günümüzdeki Akış Durumu
Seyfe**	Paleozoyik/Mermer	615242	4339126	1135	203*	Kuru
Horla**	Paleozoyik/Mermer	615615	4344289	1118	60*	Kuru
Yenidoğanlı**	Paleozoyik/Mermer	616598	4351888	1126	22*	Kuru
Alapınar**	Paleozoyik/Mermer	608746	4348534	1165	3*	Kuru
Yazıkınık**	Üst Miyosen-Pliyosen	621898	4334681	1126	1*	Kuru
Harabeler**	Üst Miyosen-Pliyosen	602107	4367890	1229	0.5*	Kuru
Boztepe (P1)	Paleozoyik/Mermer	605156	4340698	1370	0.16	Sürekli
Çimeli Çepni (P2)	Paleozoyik Mermer-Gnays Dokanağı	604100	4349667	1252	0.03	Sürekli
Kayapınarı (P3)	Paleozoyik	605284	4351136	1220	0.16	Sürekli
Hamurlu Beşler (P5)	Paleozoyik/Gnays	597851	4364038	1328	0.25	Sürekli
Külhüyük (E1)	Paleozoyik/Mermer	609035	4349498	1155	0.09	Sürekli
Harmanaltı (E2)	Paleozoyik/Şist	609110	4361089	1144	0.35	Sürekli
YukarıHamurlu (E5)	Paleozoyik/Gnays	598819	4368745	1265	3	Sürekli
Yazıkınık (E9)	Paleozoyik/Şist	621977	4334584	1121	0.36	Sürekli
Göllü (M1)	Paleozoyik/Mermer	611807	4367723	1285	0.4	Sürekli
Yazıkınık (M3)	Paleozoyik/Şist	621810	4334070	1127	0.17	Mevsimsel
Budak (E10)	Paleozoyik/Şist	625560	4333087	1200	0.03	Sürekli
Büyükburunağıl (S1)	Üst Miyosen-Pliyosen	636184	4327195	1142	0.31	Mevsimsel
İlice (E11)	Üst Miyosen-Pliyosen	641503	4319309	1187	0.29	Sürekli
Avuç (E12)	Eosen	643866	4317658	1228	0.65	Sürekli
Gümüşkümbet (E16)	Paleozoyik/Şist	615133	4336386	1188	0.1	Sürekli
Dalakçı (E18)	Paleozoyik/Şist-Neojen Dokanağı	612891	4336936	1238	0.08	Sürekli
Karacaören (E19)	Paleozoyik Şist-Neojen Dokanağı	610775	4338976	1216	0.06	Sürekli
Karacaören-2 (E21)	Paleozoyik Gnays	609065	4342152	1200	0.21	Sürekli
Üçkuyu (E24)	Üst Miyosen-Pliyosen	621376	4362765	1176	0.31	Sürekli
Eskidoğanlı (E26)	Paleozoyik Şist	615533	4344033	1123	0.2	Sürekli

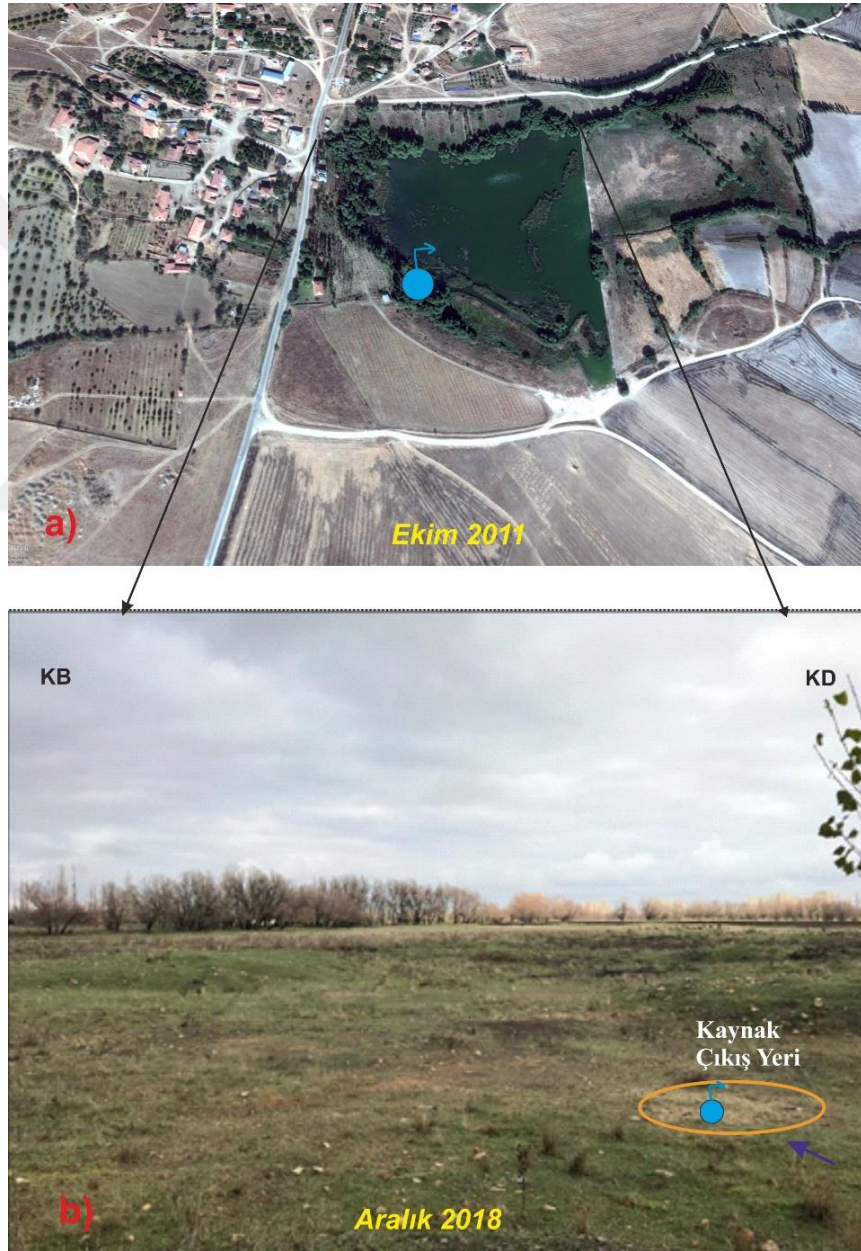
* DSI tarafından yapılan ölçümler (DSİ, 1979)

** Günümüzde akış göstermemektedir.

Seyfe Kaynağı

Seyfe Kaynağı, Seyfe yerleşim yeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Tez çalışması kapsamında farklı dönemlerde (Aralık 2018 - Ekim 2021) gerçekleştirilen arazi çalışmalarında Seyfe Kaynağı'nın akış göstermediği gözlenmiştir (Şekil 3.2).

Kaynağın 1968 yılı Ağustos ayından 1974 yılı Aralık ayına kadar düzenli debi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 1974-1998 yılları arasında kaynak için akım ölçümleri literatürde mevcut değildir. DSİ tarafından 24 yıllık bir aradan sonra 1998 yılının Ocak ayından başlamak üzere 2001 yılı Ağustos ayına kadar kaynak akımı ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen kaynak debilerinin yıllara göre değişimi derlenerek hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplanan verilere göre Seyfe kaynağının ölçülen tüm dönemler için ortalama debisi 203 l/s civarındadır.



Şekil 3.2. Seyfe Kaynağının a) 2011 yılı Ekim ayına ait Google Earth uydu görüntüsü ve b) arazi gözlemlerinden görüntüsü (Kuzeyden Bakış)

Horla Kaynağı

Horla Kaynağı, Eskidoğanlı yerleşim yeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında Horla Kaynağı'nın akış göstermediği gözlenmiştir. Ayrıca bölgede yaşayan yerel halk 2011 yılından itibaren kaynağın debisinin gittikçe azaldığını ve 2016 yılından itibaren akış göstermediğini belirtmişlerdir. Horla Kaynağı'nın 1968 yılı Ağustos ayından 2001 yılı Haziran ayına kadar ölçülen mevcut kaynak debileri ve yıllara göre değişimi incelenmiştir. O yıllarda Horla kaynağı yakınında yer alan sulama kuyularının kaynağın debisini etkileyebileceği, bu nedenle sulama mevsimi dışındaki aylarda gerçekleştirilen ölçümlerin daha doğru olabileceği belirtilmiştir. Horla kaynağının bu dönemler için ortalama debisi 60 l/s'dir.

Boztepe Kaynağı

İnceleme alanının batısında Boztepe yerleşim yerinde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kervansaraydağ Formasyonu'na ait şist birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1370 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.13-0.18 l/s arasında değişmektedir.

Çimeli Çepni Kaynağı

İnceleme alanının batısında Çimeli köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Bozçaldağ Formasyonu'na ait mermer birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1240 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.02 - 0.04 l/s arasında değişmektedir.

Çimeli Kayapınar Kaynağı

İnceleme alanının batısında Çimeli köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Bozçaldağ Formasyonu'na ait mermer birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1220 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.13-0.25 l/s arasında değişmektedir.

Hamurlu Beşler Kaynağı

İnceleme alanının kuzeybatısında Hamurlubeşler köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kalkanlıdağ Formasyonu'na ait gnays birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1328 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.17-0.5 l/s arasında değişmektedir.

Külhüyük Kaynağı

İnceleme alanının kuzeybatısında Boztepe-Külhüyük arasında yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Bozçaldağ Formasyonuna ait mermer birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1155 m'dir. Kurak dönemlerde kaynak debisi 0.1 l/s olarak ölçülmüştür.

Harmanaltı Kaynağı

İnceleme alanının kuzeybatısında Harmanaltı köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kervansaray Formasyonu'na ait şist birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1144 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.2-0.6 l/s arasında değişmektedir.

Yukarı Hamurlu Kaynağı

İnceleme alanının kuzeybatısında Hamurlu köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kalkanlıdağ Formasyonu'na ait gnays birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1265 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 2.5 - 3 l/s arasında değişmektedir.

Yazıkınık Kaynağı

İnceleme alanının güneyinde Yazıkınık köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kervansaraydağ Formasyonu'na ait şist birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1121 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.2 - 0.6 l/s arasında değişmektedir.

Göllü Kaynağı

İnceleme alanının kuzey tarafında yer alan Göllü köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Bozçaldağ Formasyonu'na ait mermer birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1285 m'dir Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.2 - 0.7 l/s arasında değişmektedir.

Yazıkınık-2 Kaynağı

İnceleme alanının güneyinde Yazıkınık köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kervansaraydağ Formasyonu'na ait şist birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1127 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.11 - 0.23 l/s arasında değişmektedir.

Budak Kaynağı

İnceleme alanının güneyinde Budak köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Bozçaldağ Formasyonu'na ait mermer birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1200 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.02 - 0.03 l/s olarak ölçülmüştür.

Büyükburunağıl Kaynağı

İnceleme alanının güneyinde Büyükburunağıl köyünde yer alan kaynak, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'na ait birimlerden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1142 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.015 - 0.6 l/s arasında değişmektedir.

İlceek Kaynağı

İnceleme alanının güneyinde İlceek köyünde yer alan kaynak, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'na ait birimlerden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1187 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde Kaynak debisi 0.43 - 0.07 l/s arasında değişmektedir.

Avuç Kaynağı

İnceleme alanının güneyinde Avuç köyünde yer alan kaynak, Eosen yaşlı Baraklı Formasyonuna ait kumtaşı, çamurtaşından ve çakıltaşı ardalanmasından oluşan birimlerden boşalmaktadır. Kaynak ıkış kotu 1228 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.31 - 1.00 l/s arasında değişmektedir.

Gümüşkümbet Kaynağı

İnceleme alanının güneyinde Gümüşkümbet köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kervansaraydağ Formasyonu'na ait şist birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak ıkış kotu 1188 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.03 - 0.17 l/s arasında değişmektedir.

Dalak Kaynağı

İnceleme alanının güneybatısında Dalak köyünde yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kervansaraydağ Formasyonu'na ait şist birimleri ile st Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu dokanağından boşalmaktadır. Kaynak ıkış kotu 1238 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.1 - 0.18 l/s arasında değişmektedir.

Karacaören Kaynağı

İnceleme alanının batısında Dalak-Karacaören yerleşim yerleri arasında yer alan kaynak, Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kervansaraydağ Formasyonu'na ait şist birimleri ile st Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'nun dokanağından boşalmaktadır. Kaynak ıkış kotu 1216 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.06 - 0.2 l/s arasında değişmektedir.

Karacaören-2 Kaynağı

İnceleme alanının batısında Karacaören köyünde yer alan kaynak Paleozoyik yaşlı metamorfik temele ait Kalkanlıdağ Formasyonu'na ait gnays birimlerinden

boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1200 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.1 - 0.3 l/s arasında değişmektedir.

Üçkuyu Kaynağı

İnceleme alanının kuzeydoğu kesiminde Üçkuyu köyünde yer alan kaynak Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'ndan boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1176 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.24 - 0.42 l/s arasında değişmektedir.

Eskidoğanlı Kaynağı

İnceleme alanının güneyinde Eskidoğanlı köyünde yer alan kaynak Paleozoyik yaşlı Kervansaraydağ Formasyonundaki şist birimlerinden boşalmaktadır. Kaynak çıkış kotu 1120 m'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerde kaynak debisi 0.09 - 3.00 l/s arasında değişmektedir.

3.2.3. Bataklıklar

İnceleme alanında devamlı bataklık alanı mevcut değildir. Yapılan arazi gözlemleri ile yağışlı dönemlerde göl çevresinde göllenmeler ve kaynak sularının göle boşaldığı kesimler geçici bataklık alanları oluşturmaktadır. Bu alan yaklaşık 64 km² lik bir alanı kaplamaktadır (DSİ,1979). Bu alan çalışma alanı için oluşturulmuş arazi dağılım haritaları ile uydu görüntülerinden kontrol edilmiş olup, literatürdeki veriyi doğrulamaktadır. Özellikle geçmiş dönemlerde geçici göl alanının doğu ve güneydoğu kesimleri, göle uğrayan kuşlar için konaklama alanları olması nedeniyle oldukça önemli yaşam alanları olarak belirtilmiştir (DSİ, 2004).

3.2.4. Drenaj Kanalları

Seyfe Gölü Havzası içerisinde çeşitli bölgelerde açılan drenaj (boşaltım) kanalları mevcuttur. Bu kanalların amacı havzaya düşen yağışlara bağlı olarak taşkın gerçekleşmesi durumunda göldeki yüksek su seviyesinin kanallarla kontrol edilmesini ve fazla suyun havza dışına gönderilmesini sağlamaktır. İnceleme alanı

içerisindeki kanalların konumu uydu görüntüleri aracılığıyla ve arazi gözlemleri ile belirlenmiştir.

Havza içerisindeki mevcut kanallar sırasıyla Malya Drenaj Kanalı (CD), Malya İşletme sahasında DSİ tarafından yaptırılmış beton kanallar ve göl alanının güneydoğusundaki Kıran ve Başköy yerleşim yerleri yakınındaki kanallardır (Şekil 3.3). Havza içerisindeki doğal drenaj sistemi, havza genelinde açılan kanallardan etkilenmiştir. Yine havzanın kuzey tarafında Harmanaltı yakınlarında tarihsel süreçte açılmış olan tüm kanallar (taşkın kanalları, drenaj kanalları) Yenidoğanlı yerleşim yerinde birleşmektedirler.

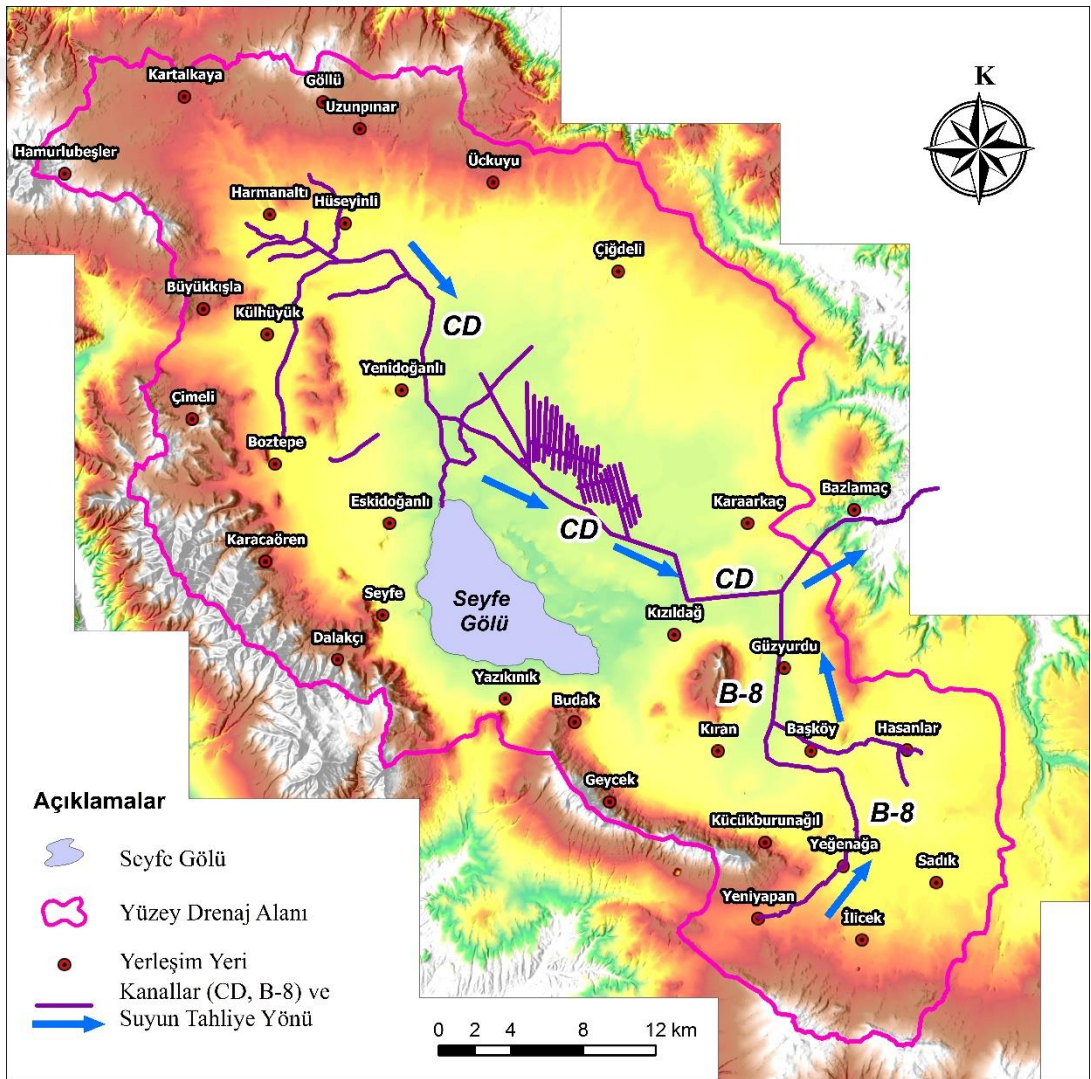
Havzada yer alan drenaj kanalları 1990 yılında DSİ tarafından “Mucur-Seyfe Havzası Ekoloji Koruma Projesi” kapsamında inşa edilmiş olan CD kanalı ile 1987 yılında DSİ tarafından 23.226 ha alanın düzenlenmesini kapsayan “Mucur-Seyfe Planlama Projesi” kapsamında belirlenen B-8 kanalıdır. Literatürde göl alanının kuzeyindeki CD kanalı olarak bilinen boşaltım kanalının başlangıç yeri Yenidoğanlı Malya Devlet Üretme Çiftliğine yakın olan kısımdır (Şekil 3.4). Kanalin doğruya doğru devam eden kesimi takip edildiğinde Bazlamaç yerleşim yerinde bittiği ve kanalın güneye ve doğruya doğru radyal kapaklarla kontrol edilen iki kola ayrıldığı görülmektedir.

Yenidoğanlı bölgesinden başlayan kanalın tavan kotu 1122 m iken, Bazlamaç yerleşim yerinde sonlanan kanalın taban kotu 1115 m’dir. Havzadaki boşaltım kanalı sınırı hem arazi çalışmaları hemde uydu görüntüleri ile incelendiğinde Karaarkaç ve Bazlamaç arasında bitmesi ve bu alanın Seyfe Havzası yüzey drenaj alanı sınırının dışında kalması nedeniyle kanala ulaşan suyun havza dışına yönelmiş durumda olduğu görülmektedir.

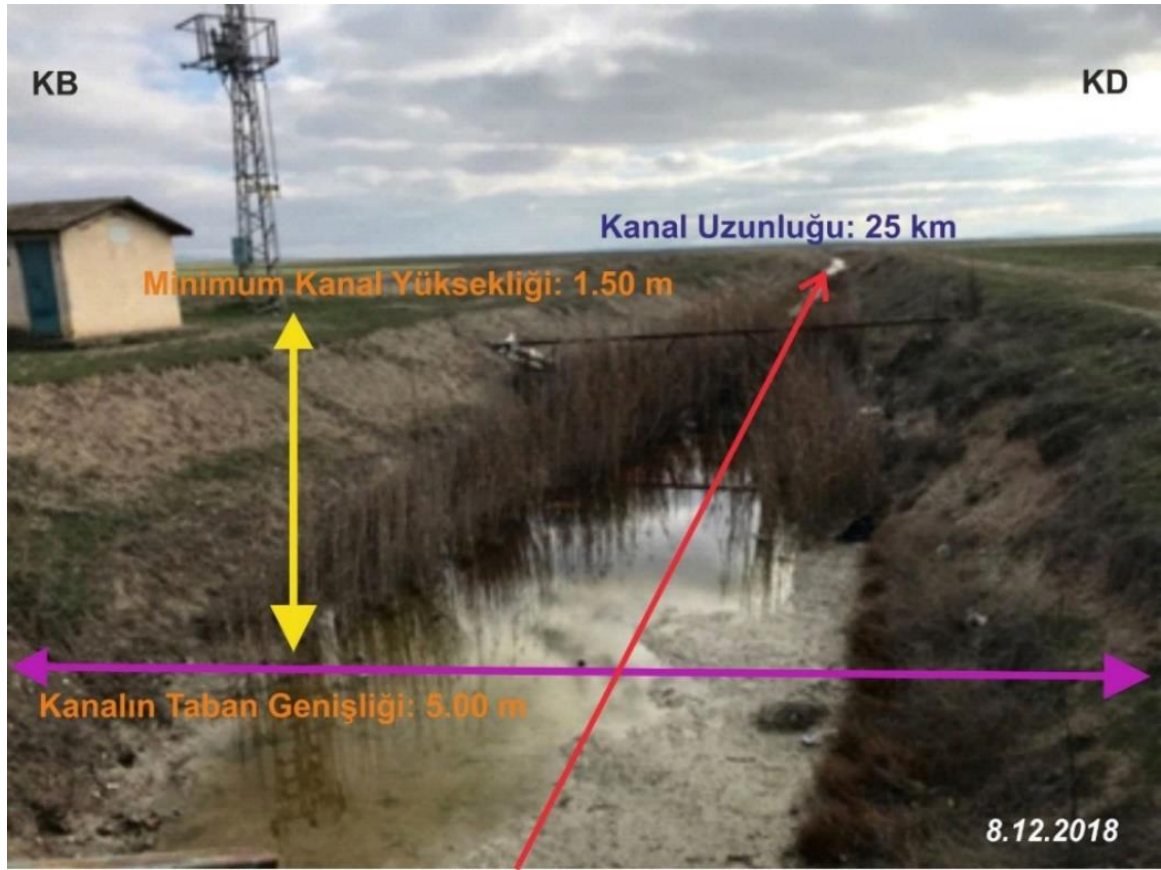
Yine Seyfe Gölü’nün GD’sunda geçici göllenme alanları oluşmaktadır. Göl alanının kuzeyindeki duruma benzer şekilde bu bölge de kanallar ile drene edilmektedir. Literatürde belirtilen Başköy ve Kıran yerleşim yerlerindeki kanallar uydu

görüntülerinden net bir şekilde izlenemediği için kanalların konumu ve nasıl devam ettiği arazi çalışmaları kapsamında kontrol edilmiştir.

Yeniyapan ve Yeğenağa yerleşimlerinin bulunduğu bölge ile Sadık ve İlceek yerleşimlerinin olduğu bölgede suların kanallar ve drenaj ağı ile Kıran ve Güzyurdu bölgesine yönlendiği belirlenmiştir. Yine Başköy yerleşim yerinden kanallarla gelen sularında Güzyurdu'na ulaşacağı anlaşılmaktadır. Bu alan B-8 kanalının olduğu alana denk gelmektedir.



Şekil 3.3. Seyfe havzasında yer alan drenaj kanalları



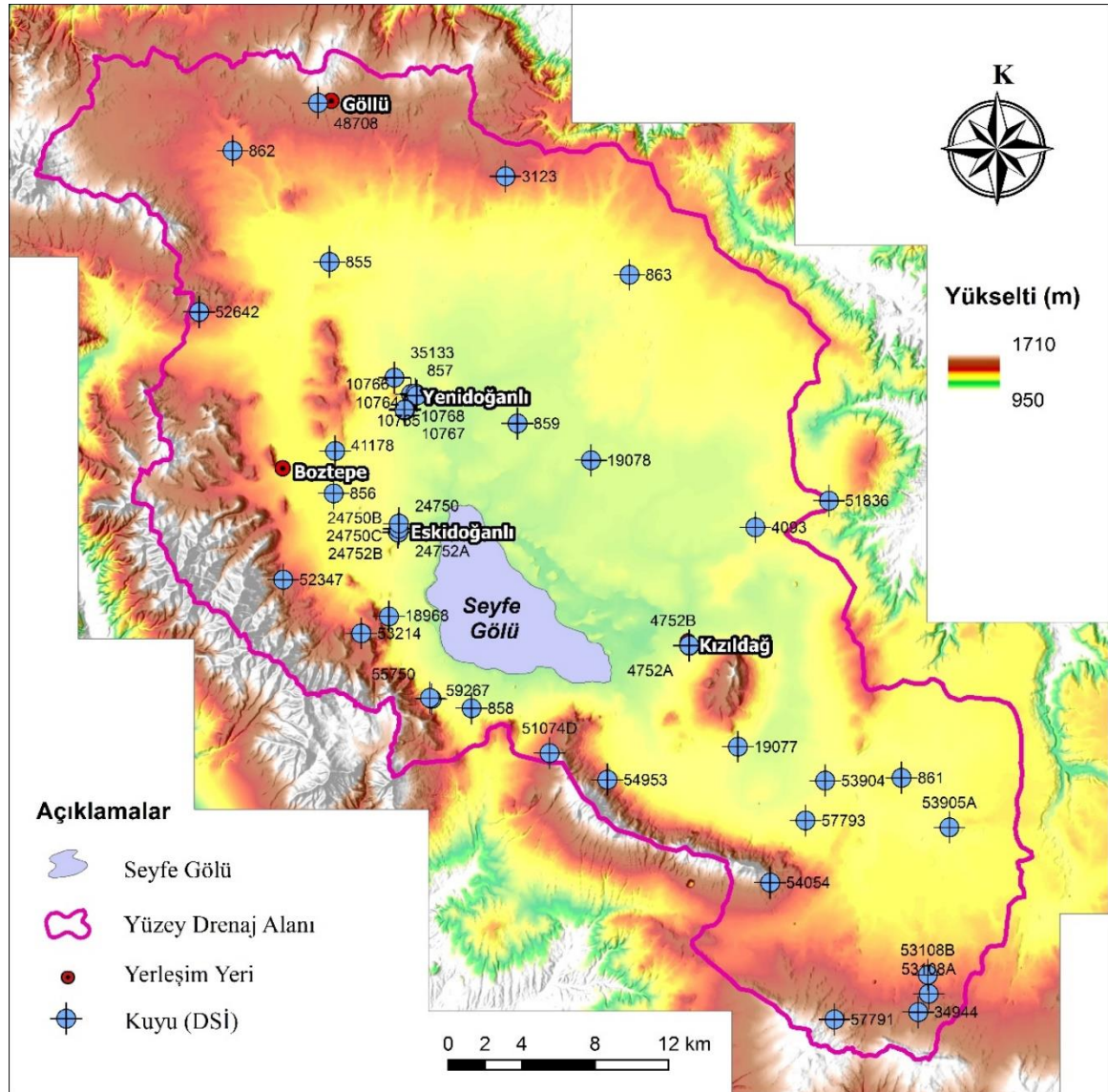
Şekil 3.4. Malya Devlet Üretim Çiftliği bölgesinden Seyfe Gölü'ne giden ana drenaj kanalı-Aralık 2018 (Güneyden bakış)

3.2.5. Göl

Çalışma alanında yer alan Seyfe Gölü kapalı bir havzanın merkezinde yer almaktadır. Göl alanı ve derinliği yağışlara bağlı olarak mevsimlere ve yıllara bağlı değişimler göstermektedir. Göl alanı mevsimlere bağlı olarak 15.6 km² ile 70 km² arasında değişmektedir. Doğal durumda minimum göl alanı 15.6 km²'dir. Göl alanının oluşumu Oligosen sonrasındadır (DSİ, 2004; DSİ, 1979). Göl alanının doğu kesiminde yer alan adalar ve çevresinde yükselti 1110-1122 m arasında değişmektedir. Gölün K-G yönlerindeki maksimum genişliği 5.86 km, D-B yönlerindeki maksimum uzunluğu ise yaklaşık 11.90 km'dir. Ortalama göl alanı yaklaşık olarak 34 km² olup, ortalama göl su kotu 1114 m'dir. Yaz dönemlerinde göl alanına fazla yağış düşmemesi, derelerin kurumması, gölü besleyen kaynakların sulama amaçlı kullanılması ve aşırı buharlaşma nedeniyle göl seviyesinde değişiklikler gözlenmiştir. Göl alanının özellikleri ve gölün zaman içerisindeki kot-hacim-alan ve derinlik değişimine yönelik ayrıntılı incelemeler ve değerlendirmeler tez metninin Seyfe Gölü Batimetrisi bölümünde verilmiştir.

3.2.6. Sondaj Kuyuları

Seyfe Gölü kapalı havzasında 1959-2002 yılları arasında farklı lokasyonlarda işletme, araştırma ve sulama amaçlı su ihtiyacını karşılamak üzere DSİ tarafından 48 adet sondaj kuyusu açılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Havzada açılmış kuyuların dağılımı

Bu kuyuların dışında benzer amaçlar doğrultusunda yeraltı suyu kullanmak üzere ruhsatlı (şahıs) 190 sondaj kuyusu, İller Bankası'nın 4 kuyusu ile toplamda 242 kuyu mevcuttur. DSİ Gözlem Kuyuları kapsamında havzada Mevsimlik Gözlem Kuyuları (17 adet) ve Aylık Gözlem Kuyuları (4 adet) mevcuttur. Açılan kuyuların Seyfe havzasındaki konumları ve dağılımları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.5). DSİ

kuyu logları temel alınarak derlenen kuyu bilgileri ve ölçüm yapılan şahıs kuyularına ilişkin bilgiler Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Havzada açılmış sondaj kuyularının yeraltı suyu alınan seviyeleri Bozçaldağ Formasyonu’nun mermer ve kristalize kireçtaşı birimleri ile Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu’nun kum, çakıl ve kireçtaşı birimleridir. Havzadaki kuyuların derinliği 12-313 m arasında değişirken, debileri ise 0.4 - 94.4 l/s arasında, YAS’a olan derinlik değerleri ise 0.34 - 60 m arasında değişmektedir.

Havza alanında akifer özelliği taşıyan mermer ve kristalize kireçtaşı birimlerinin seviyeleri ve kalınlıkları havzanın her yerinde aynı değildir. Paleozoyik yaşlı Bozçaldağ Formasyonu’nun tektonik aktiviteler nedeniyle yoğun kırık çatlak içeren mermer ve kireçtaşı seviyeleri yeraltı suyu taşıması ve iletmesi nedeniyle havzada ana akifer birim olarak tanımlanmıştır. Mermer ve kristalize kireçtaşı birimleri havzanın batı, güney ile kuzey bölümlerinde yaklaşık 61 km²’lik bir alanda yüzeylemektedir.

Havzanın Malya-Yenidoğanlı bölgesinde açılan DSİ 14219B, 10766 ve 10768 numaralı kuyularının debileri havzada kireçtaşı ve mermer kesen diğer kuyulara göre daha yüksek debilere sahip olup, ortalama kuyu debisi 80.0 - 94.4 l/s arasında değişmektedir. Yine bazı sondaj kuyularında akifer özelliği gösteren mermer birimler içerisinde şist bantları kesilmiş ve bu sondaj kuyularında verimlerin daha düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

Havzada geniş bir alanda (1142 km²) yüzeilenmekte olan Neojen yaşlı Kızılırmak formasyonu (çamurtaşı, tuf, jips, killi kireçtaşı, anhidrit, çakıltası, kumtaşı vb.) ayırtlanmamış ve geçirimsizliği değişkenlik göstermektedir. Geçmişte yapılan araştırma sonuçları değerlendirildiğinde; Kızılırmak Formasyonunda açılan sondaj kuyularından elde edilen verimlerin değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak Kızılırmak Formasyonu’nun marnlı ve killi seviyelerinin kesildiği sondaj kuyularından ise düşük verimler (0.2-2.5 l/s) alındığı görülmektedir (DSİ, 2004).

Buna karşılık Neojen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'nun çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşı seviyelerini kesen sondaj kuyularından ise orta-yüksek verim alınabildiği gözlenmiştir.

Çizelge 3.2. Mevsimlik gözlem kuyularına ait bilgiler

Kuyu No	Kuyu Başı Kotu (m)	Kuyu Tipi	Kuyu Derinliği (m)	Yerleşim Yeri	Temsil Ettiği Akifer	Debi (l/s)	YAS (m)	Açıldığı Yıl
10764/B	1122	İşletme	55	Malya	Mermer (Pzb)	*80.00	1121	1971
10765/B	1125	İşletme	80	Malya	Mermer (Pzb)	*60.00	1123	1971
10766/B	1130	İşletme	80	Malya	Mermer (Pzb)	100.00	1129	1971
10767/A	1126	İşletme	68	Malya	Mermer (Pzb)	81.00	1125	1968
10768/A	1126	İşletme	74	Malya	Mermer (Pzb)	*86.13	1125	1968
10769	1129	İşletme	80	Malya	Mermer (Pzb)	60.00	1126	1968
14219/B	1127	İşletme	46	Malya	Mermer (Pzb)	80.00	1126	1970
16029	1177	İşletme	110	Boztepe	Mermer (Pzb)	44.61	1174	1974
19191	1185	İşletme	89	Boztepe	Mermer (Pzb)	60.26	1167	1974
19192	1197	İşletme	114	Boztepe	Mermer (Pzb)	44.61	1194	1974
24749	1126	İşletme	80	Eskidoğanlı	Mermer (Pzb)	60.63	1120	1977
24750/C	1136	İşletme	80	Eskidoğanlı	Mermer (Pzb)	50.35	1130	1978
24751	1129	İşletme	77	Eskidoğanlı	Mermer (Pzb)	68.02	1123	1978
24752	1130	İşletme	80	Eskidoğanlı	Mermer (Pzb)	47.14	1124	1977
55297	1134	İşletme	80	Eskidoğanlı	Mermer (Pzb)	11.67	1125	2000
55298	1129	İşletme	78	Eskidoğanlı	Mermer (Pzb)	48.97	1119	2000
55299	1126	İşletme	78	Eskidoğanlı	Mermer (Pzb)	72.25	1109	2000

* Kuyu günümüzde aktif olmayıp kapatılmıştır.

3.3. Meteorolojik Gözlem Ağı

İnceleme alanı ve çevresinde 28 adet meteoroloji istasyonu mevcut olup, bazı istasyonların yeni kurulmuş olduğu veya bir kısmının ise geçmişte kısa bir süre açık kalıp kapandığı belirlenmiştir. Bu tip istasyonlar gözlem sürelerinin çok kısa olması (3-6 yıl) veya kapanması nedeniyle değerlendirmeye alınmamıştır.

Havza için alansal yağış dağılımı, yağış verileri değerlendirilen istasyonlar için ortak bir periyot süresi temel alınarak belirlenmiştir. Bu kapsamda 28 istasyon arasından uzun veri setine sahip olan 13 istasyon için değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bağlamda hidrolojik bütçe hesaplamalarında kullanılan diğer bileşenler de (sıcaklık, buharlaşma) gözönünde bulundurularak 1970-2020 yılları arası ortak çalışma periyodu olarak belirlenmiştir. Buna göre; DMI ve DSI'ye ait istasyonlardan elde

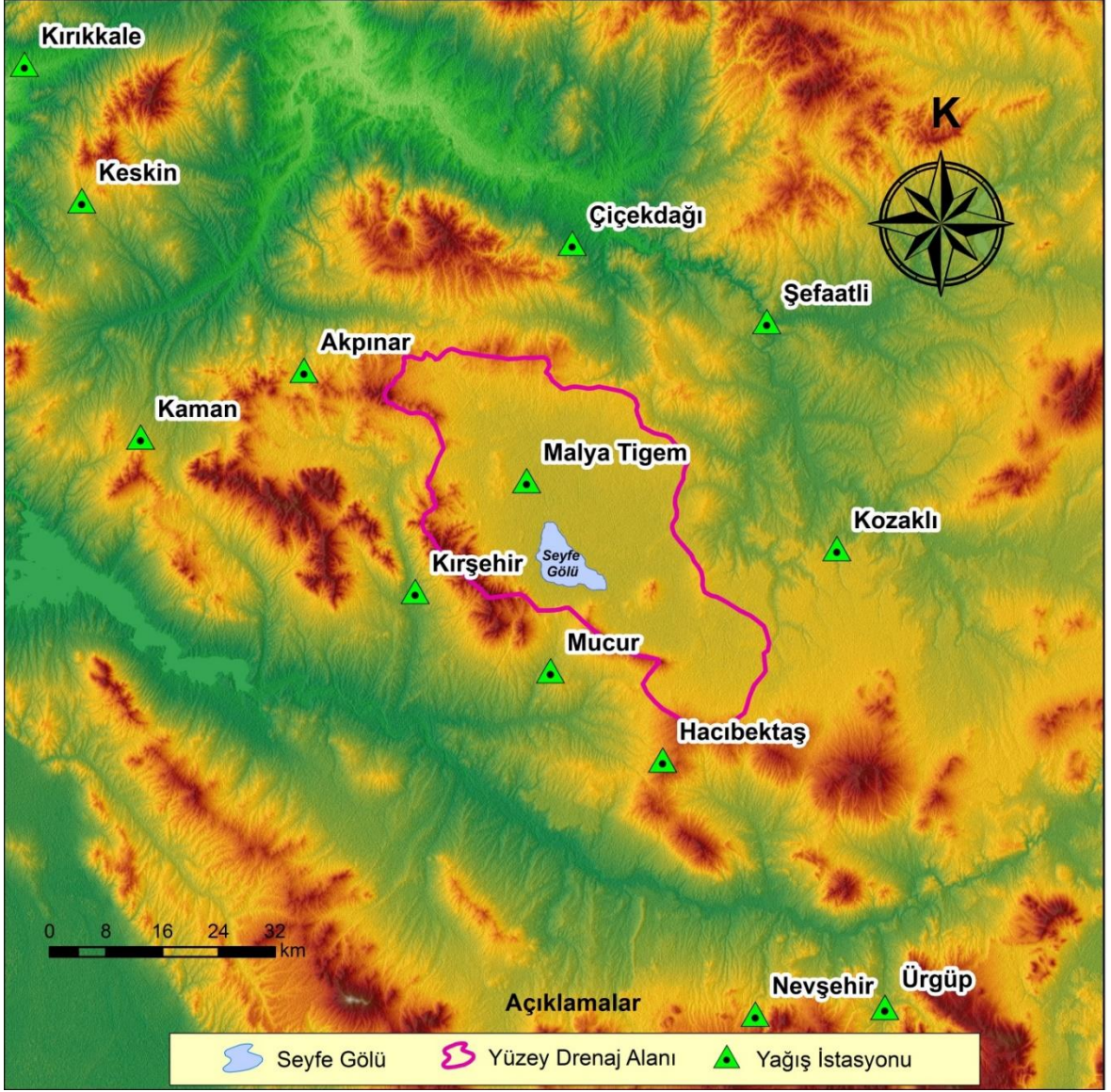
edilen 1970-2020 yılları arasındaki yağış verileri kullanılmıştır. Yine çeşitli yıllarda yağış verilerinde ölçüm eksikliği olan istasyonların zaman serileri dikkate alınarak eksik yıllar için yağış verileri tamamlanmıştır.

3.4. Yağış

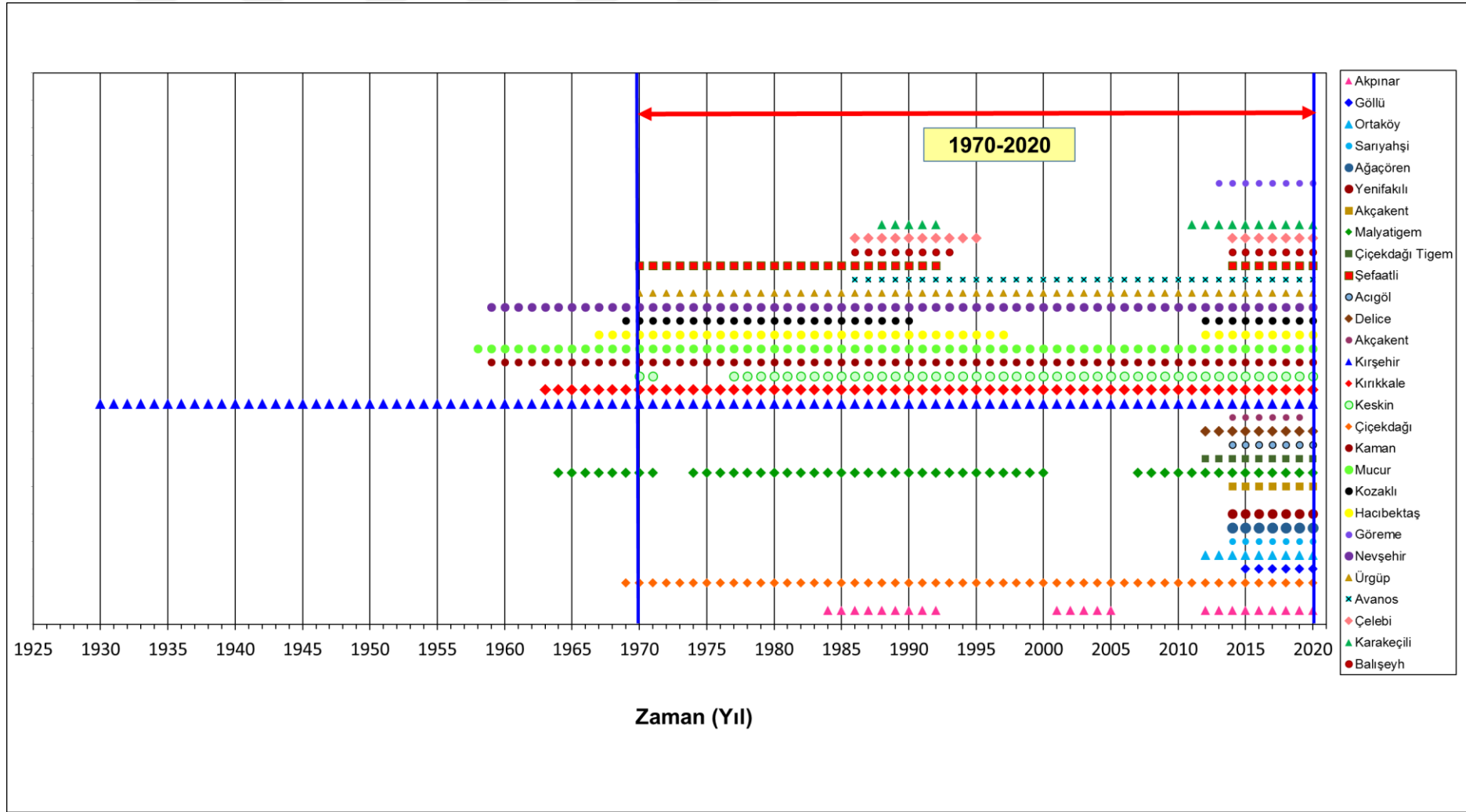
Seyfe Havzası'na düşen alansal yağış miktarının belirlenmesi amacıyla havza yüzey drenaj alanı sınırları içerisinde ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji gözlem istasyonlarının (MGI) verileri incelenmiştir. Buna göre havza alanı ve çevresinde yer alan ortak gözlem periyoduna sahip 13 adet istasyonuna ait yağış verileri değerlendirilmiştir. Değerlendirilen meteoroloji gözlem istasyonlarının konumları, istasyonlar ile ilgili genel bilgiler Şekil 3.6 ve Çizelge 3.3'te verilmektedir. Havza içerisinde ve yakın çevresinde yer alan istasyonların yağış gözlem periyotları ise Şekil 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Havza alanı ve yakın çevresinde kurulmuş MGI'lere ait bilgiler

İstasyon İsmi	Kurum	İstasyon Numarası	X (Boylam)	Y (Enlem)	Yükselti (m)	Gözlem Süresi
Akçakent	DMİ	18462	34.09	39.61	1450	2014-2020
Akpınar	DMİ	18119	33.98	39.45	1156	1984-2020
Malya Tigem	DMİ, DSİ	17745	34.34	39.30	1127	1964-2020
Çiçekdağı	DMİ	17732	34.42	39.61	900	1969-2020
Çiçekdağı Tigem	DMİ	18120	34.41	39.66	806	2012-2020
Kaman	DMİ	17756	33.71	39.37	1075	1959-2020
Göllü	DMİ	18666	34.30	39.47	1391	2015-2020
Kırşehir	DMİ	17160	34.16	39.16	1007	1930-2020
Mucur	DMİ, DSİ	17758	34.38	39.06	1074	1958-2020
Acıgöl	DMİ	18463	34.51	38.55	1250	2014-2020
Avanos	DMİ	17833	34.85	38.72	951	1986-2020
Hacıbektaş	DMİ	18122	34.56	38.94	1275	1967-2020
Kozaklı	DMİ	18123	34.85	39.21	1103	1969-2020
Gülşehir	DMİ	18464	34.62	38.75	905	2014-2020
Nevşehir	DMİ	17193	34.70	38.62	1260	1959-2020
Ürgüp	DMİ	17835	34.91	38.62	1068	1970-2020
Göreme	DMİ	18902	34.84	38.65	1075	2013-2020
Şefaatli	DMİ	18478	34.74	39.50	906	1960-1992 2014-2020
Yenifakılı	DMİ	18479	35.00	39.21	1055	2014-2020
Balışeyh	DMİ	18264	33.71	39.92	886	1986-1993 2013-2020
Çelebi	DMİ	18254	33.52	39.46	1299	1986-1995 2013-2020
Delice	DMİ	18081	34.03	39.94	674	2012-2020
Karakeçili	DMİ	17735	33.38	39.59	814	1988-1992 2001-2020
Keskin	DMİ	17730	33.61	39.67	1140	1970-2020
Kırıkkale	DMİ	17135	33.52	39.84	751	1963-2020
Ağaçören	DMİ	18480	33.92	38.86	1305	2014-2020
Ortaköy	DMİ	18118	34.09	38.77	1130	2012-2020
Sarıyahşi	DMİ	18483	33.85	38.99	925	2014-2020



Şekil 3.6. İnceleme alanı ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarının konumları



Şekil 3.7. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki MGİ'lerin gözlem periyodu

3.4.1. Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi

İnceleme alanı ve yakın çevresinde uzun yıllar düzenli yağış ölçüm verilerine sahip Kırşehir, Mucur, Malya Tigem, Nevşehir, Kaman, Çiçekdağı, Kırıkkale ve Keskin yerleşim merkezlerinde gözlem istasyonları bulunmaktadır. Bu kapsamda 1970-2020 yılları arasında düzenli yağış veri setine sahip olan istasyonlar ile eksik verisi olan ve gözlem süresi görece daha kısa istasyonlar için korelasyon yöntemi kullanılmış, korelasyonlar gerçekleştirilmiş ve istasyonların yağış gözlem süreleri uzatılmıştır.

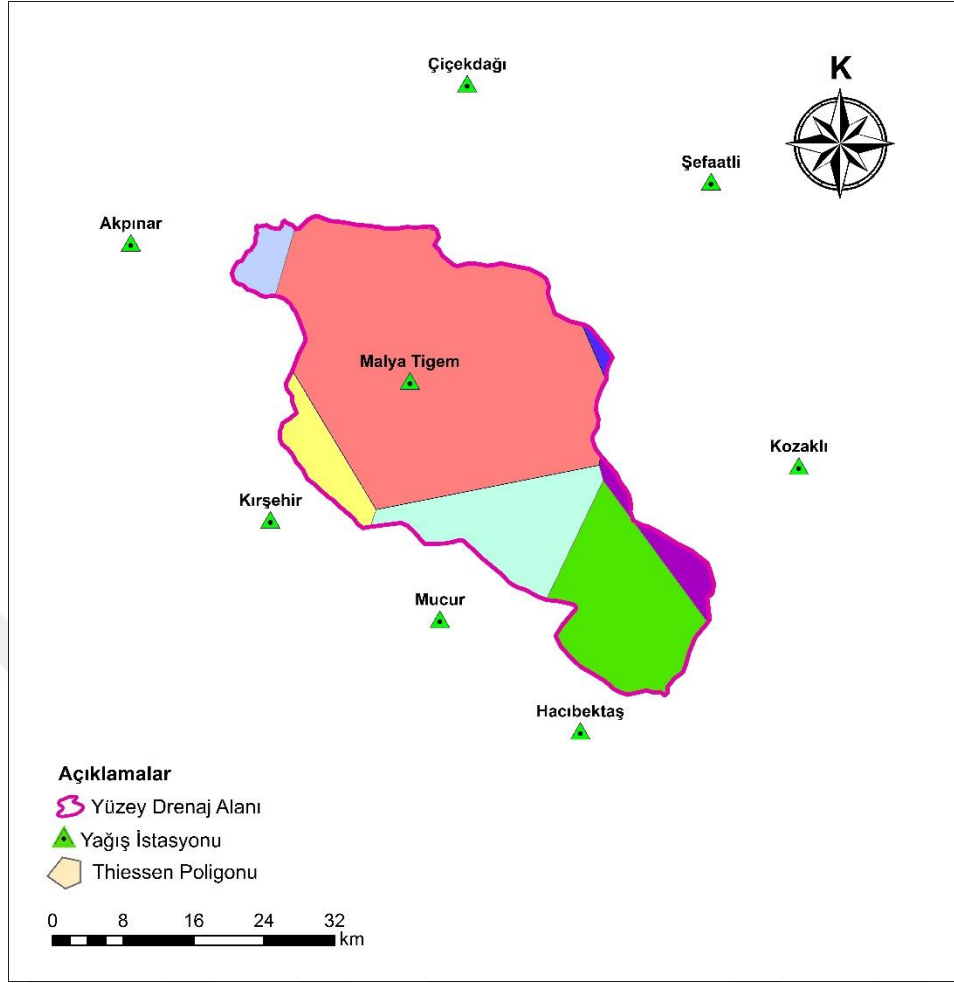
İstatistiksel çözümlerlerde yaygın bir şekilde kullanılan korelasyon yöntemi birbirleriyle ilişkili olabilecek iki yağış istasyonunun ortak gözlem periyodundaki yağış verilerinin iki boyutlu bir düzlemde saçılma (serpilme) diyagramı üzerinde gösterilmesi olarak tanımlanmaktadır (Boyer vd., 1983). Saçılma noktalarının dağılımına göre en küçük kareler yöntemi ile bu noktalardan geçen en yakın doğrunun çizilmesi yağış verileri arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu ilişki yardımıyla eksik yağış ölçümü olmayan istasyona ait veriler kullanılarak eksik ölçümü olan istasyonun yağış verileri tamamlanmaktadır. Ortak gözlem periyodunu temsil eden istasyonların yağış verileri arasında korelasyonlar yapılmış ve eksik veriler tamamlanmıştır (Boyer vd., 1983).

Bu bağlamda yağış istasyonlarında çeşitli nedenlerle yağış veri setinde eksik yağış verisi olan yıllar, diğer meteoroloji istasyonlarının yağış verileri ile yüksek korelasyon ilişkisi gösteren, ortak bir periyodu temsil eden, korelasyon katsayısı yüksek olan ve eksik yağış verisi olmayan istasyonlar dikkate alınarak tamamlanmıştır. Üretilen veri seti periyodunun, istasyonun ölçüm yaptığı süreden daha fazla olmamasına da dikkat edilmiştir. Çalışma alanı ve yakın çevresinde eksik yağış verisi tamamlanan istasyonlar için oluşturulan korelasyon tablosu Ek 2.3'de verilmiştir. Bu sürece başlanmadan önce ise gözlem süresi (1970-2020) içerisinde veri setinde eksiklik olmayan ve veri tamamlamada kullanılacak olan Kırşehir, Mucur, Kaman, Çiçekdağı, Kırıkkale, Nevşehir istasyonları için Çift Eklenik Eğri Analizi (WMO,1974) yapılmış ve verilerin homojenliği sağlanmıştır.

Çift Eklenik Eğri Analizi, istasyonlardaki veri ölçümlerinin kaydedildiği süreç boyunca konumsal değişim, taşınma veya ölçüm yönteminde bir değişiklik yapıp yapılmadığını kontrol etmek ve yapılmışsa eski ölçüm kayıtlarını sonraki güncel ölçümlerle homojen hale getirmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir (WMO, 1974). Özellikle yağış istasyonlarının çeşitli nedenlerle konumsal değişimleri, ölçüm yapılan istasyonun çevresindeki yerleşim ve yapılaşmanın artması ile arazi kullanımındaki değişimler (bitki örtüsünün artması veya azalması) sebebiyle veri setinin homojenliğinde değişimler (sapmalar vb.) gerçekleşmektedir. Çift Eklenik Eğri analizlerinde, veri setinin homojen ve eksik olmaması ve uzun yılları içeren bir zaman serisini içermesi, meteorolojik verilerdeki tutarsızlığı ve analizlerdeki hata payını azaltacaktır.

Çalışma alanında uzun dönemli veri setine sahip istasyonların çift eklenik eğri analizine göre, istasyon verilerinin dağılım grafiklerinde herhangi bir kırıklık gözlenmemiş olup, verilerin homojen olduğu ve veri setinin korelasyon için güvenilir olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple verilerde herhangi bir düzeltme yapılmamıştır.

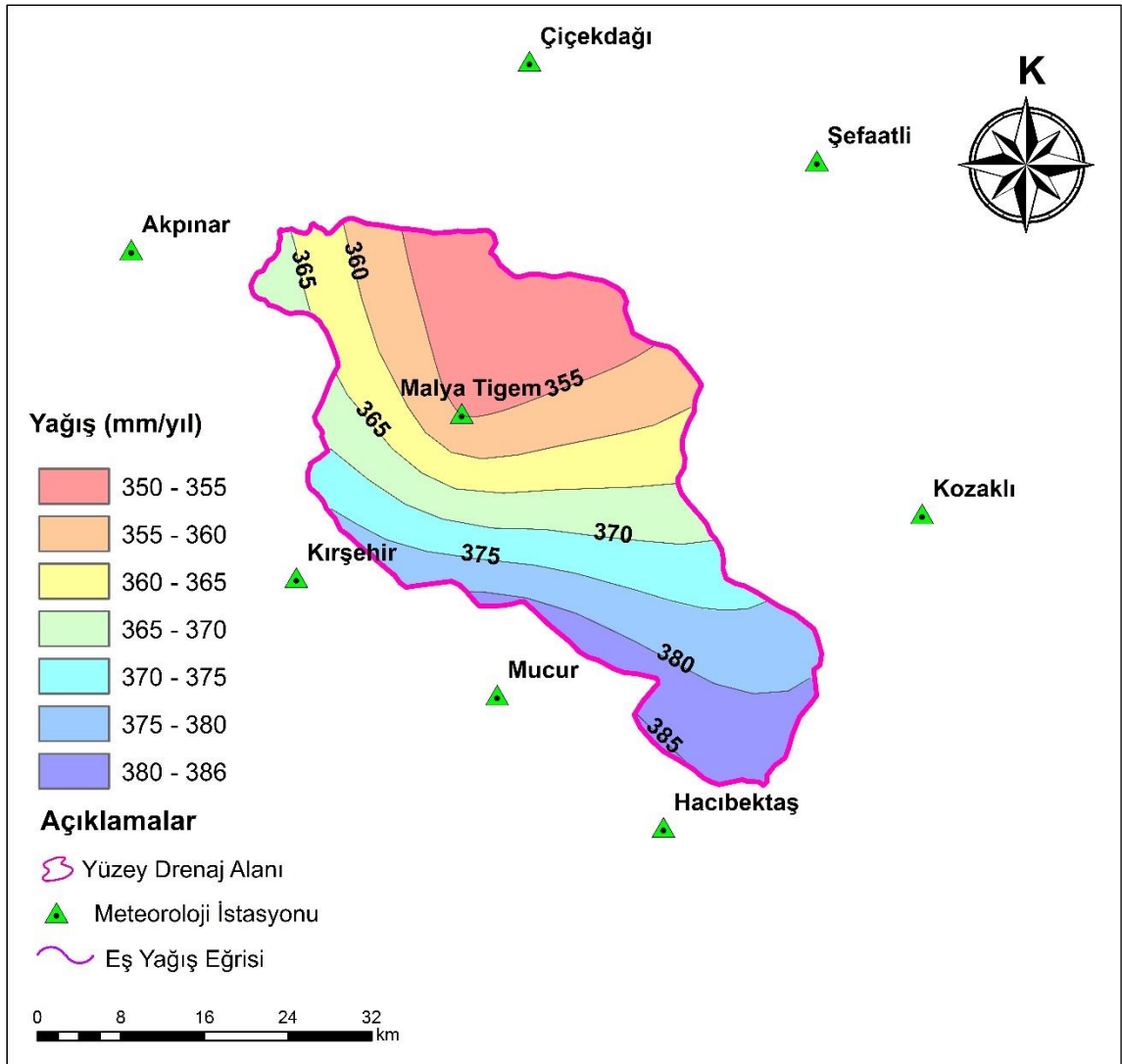
Yağış verilerine göre 1970-2020 yılları arasında çalışma alanı ve çevresinde yer alan yağış istasyonlarının ortalama yıllık yağış değerleri 346.24 mm ile 457.56 mm arasında değişmektedir (Çizelge 3.4). İnceleme alanında alansal yağış dağılımı, istasyonlar için aynı gözlem süresi temel alınarak CBS ortamında Eş Yağış Eğrileri Yöntemi ve Thiessen Poligon Yöntemi ile hesaplanmıştır (Şekil 3.8 ve Şekil 3.9). Havza için Eş Yağış Eğrileri Yöntemi ile alansal yağış 367.99 mm/yıl, Thiessen Poligon yöntemi ile 368.33 mm/yıl, Aritmetik Ortalama yöntemi ile 354.64 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan yağış dağılım haritalarında, çalışma alanının Batı ve Güneybatı kesimlerinin havzanın diğer kısımlarına göre daha fazla yağış aldığı görülmektedir.



Şekil 3.8. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki istasyonlar için Thiessen Poligon yöntemi ile alansal yağış dağılımı

Teze konu olan Seyfe Kapalı Havzası İç Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. Literatürde İç Anadolu bölgesinin orta kesimlerinde düzlük alanların oldukça geniş bir bölgeyi kaplaması sonucu ovalarda kaydedilen yağışlarda bir homojenlik gözlemlendiği ve bu bölgeye düşen yağış miktarının 300 mm ile 400 mm arasında değişmekte olduğu belirtilmektedir (Ecmel, 1990). İç Anadolu bölgesinin dağlık kısımlarında orografik yağışların gerçekleştiği ve bu tür yağışların bölgenin dağlarla çevrilmiş olan kenar ve dağlık iç kesimlerde daha fazla görüldüğü bilinmektedir (Ecmel, 1990).

Seyfe Havzası kapalı bir havza özelliği göstermekte olup havzanın batı-güneybatı kesimi Kervansaraydağ sırası ile çevrilidir. Havzanın bu bölümünün orografik yağış etkisinde olabileceği muhtemeldir. Alansal yağış dağılımına bakıldığında bu etki görülmekte ve yükseklik arttıkça yağışın bu kesimlerde arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca havzada Nisan ve Mayıs aylarında ısınan havanın yükselerek soğuması sonucu oluşan yerel, kısa süreli Konvektif (Yükselim) yağışlar ile cephe yağışlarının gerçekleştiği belirtilmektedir (Ecmel, 1990).



Şekil 3.9. Çalışma alanı ve yakın çevresi için eş yağış eğrileri

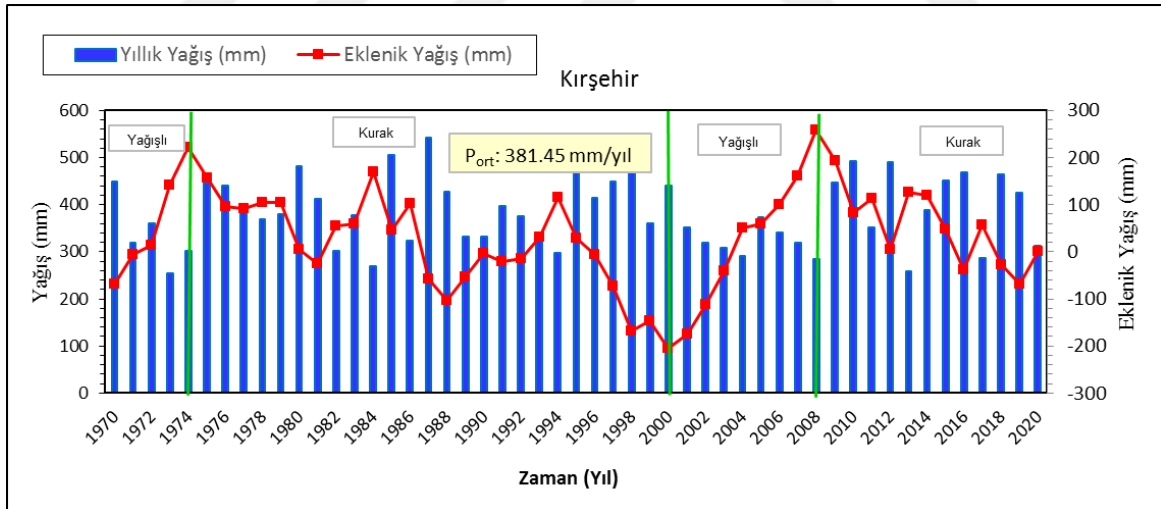
Çizelge 3.4. İnceleme alanı ve çevresindeki MGI'da 1970-2020 yılları arasında ölçülen aylık ortalama yağış değerleri

İstasyon Adı	X	Y	Yükselti (m)	Yağış (mm)												Yıllık Ortalama Yağış (mm)
				Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
ÇİÇEKDAĞI	34.42	39.61	900	34.52	28.24	33.69	40.26	49.18	30.93	10.39	8.61	12.98	24.67	34.42	38.34	346.24
KAMAN	33.71	39.37	1075	55.14	42.74	49.65	54.16	50.22	33.22	9.70	9.43	13.95	32.45	49.30	57.58	457.56
KESKİN	33.61	39.67	1140	43.28	32.75	41.00	50.23	46.34	31.40	11.89	7.09	15.47	32.93	36.41	46.80	395.59
KIRIKKALE	33.52	39.84	751	39.96	28.59	34.05	42.94	50.07	38.36	10.88	10.55	13.31	29.39	29.26	42.03	369.40
KIRŞEHİR	34.16	39.16	1007	43.42	32.16	35.89	44.41	45.08	36.98	8.55	7.04	13.59	30.74	38.01	45.58	381.45
MUCUR	34.38	39.06	1074	43.95	35.77	37.02	45.18	50.35	36.99	9.33	6.60	12.66	31.48	37.98	45.88	393.21
AKPINAR	33.98	39.45	1156	39.31	33.70	34.54	43.03	54.51	34.46	11.12	7.17	11.45	25.67	38.29	47.40	380.65
MALYA TİGEM	34.34	39.30	1127	36.27	32.78	32.64	41.35	46.52	33.07	10.11	7.63	14.06	28.24	35.13	36.83	354.64
HACİBEKTAŞ	34.56	38.94	1275	40.85	35.46	39.59	47.76	53.66	35.50	6.28	6.44	11.16	31.79	35.94	45.16	389.58
KOZAKLI	34.85	39.21	1103	36.78	27.83	32.85	46.90	49.56	41.27	25.66	8.39	12.12	26.87	33.80	42.11	384.14
NEVŞEHİR	34.70	38.62	1260	39.55	37.31	47.94	48.64	59.30	35.13	9.31	5.57	11.71	31.34	34.54	47.54	407.88
ÜRGÜP	34.91	38.62	1068	34.11	30.54	35.61	49.20	52.93	33.99	8.98	4.03	11.38	28.97	30.33	37.66	357.72
ŞEFAATLİ	34.74	39.50	906	36.15	30.49	35.20	42.20	47.59	32.91	8.03	6.53	10.76	23.78	40.20	43.75	357.59

3.4.2. Eklenik Sapma Grafikleri

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yer alan ve kesintisiz yağış ölçümü yapan istasyonlarda yıllık yağış trendinin nasıl değiştiğini belirlemek amacıyla eksik verisi olmayan 6 (Kırşehir, Kaman, Mucur, Çiçekdağı, Kırıkkale, Nevşehir) istasyona ait eklenik sapma grafikleri oluşturulmuştur. (Şekil 3.10 ve EK 1.1 - EK 1.5).

Havzaya en yakın istasyon olan Kırşehir MGİ'de 1970-2020 yılları arasında 50 yıllık ölçüm bulunmaktadır (Şekil 3.10). Bu istasyonda ölçülen uzun yıllar ortalama yağış miktarı 381.45 mm olarak hesaplanmıştır. 1970-2020 yılları arasında en yüksek yıllık ortalama yağış miktarı 1987 yılında 541.90 mm/yıl, en düşük yıllık ortalama yağış miktarı ise 1973 yılında 254.2 mm/yıl olarak ölçülmüştür. Kırşehir MGİ için oluşturulmuş eklenik sapma grafiğine göre 1970-1974 yılları arası yağışlı, 1974-2000 yılları arası kurak, 2000-2008 yılları arası yağışlı, 2008-2020 yılları arası kurak dönem olarak belirlenmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Kırşehir MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği

3.5. Sıcaklık

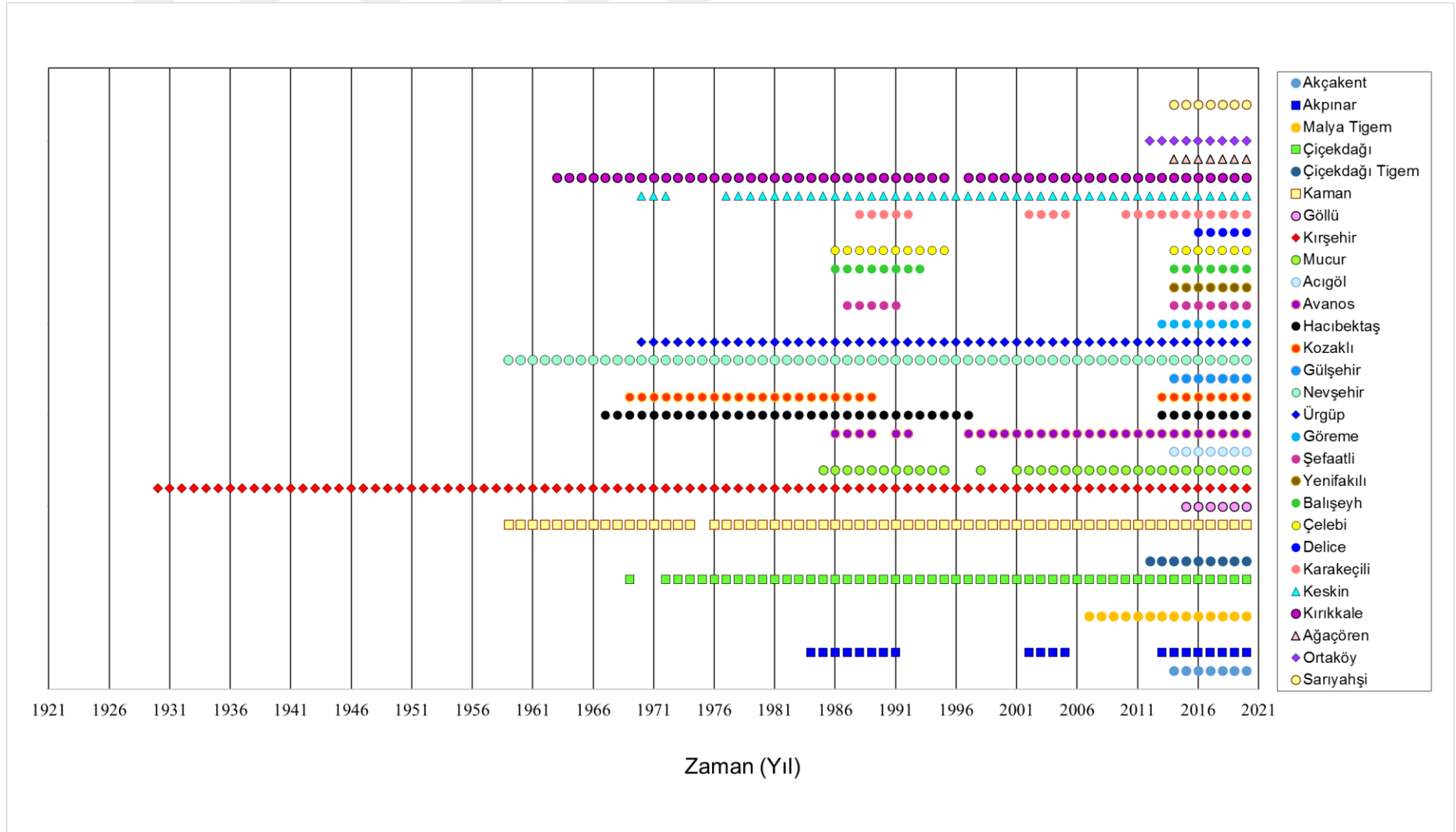
Çalışma alanı ve yakın çevresinde ölçülmüş sıcaklık verilerinin değerlendirilmesi amacı ile Seyfe Gölü kapalı havzası ve çevresindeki düzenli yağış ölçümü yapan MGİ istasyonlarının 1970-2020 yılları için gözlenen sıcaklık değerleri kullanılmıştır.

Havza içerisinde ve yakın çevresinde yer alan istasyonların sıcaklık gözlem periyotları da verilmiştir (Şekil 3.11 ve Çizelge 3.5). Günlük değerler analiz edilerek 1970-2020 yılları arasında kalan her yıl için ortalama sıcaklık değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.12 ve Çizelge 3.6). Yine yağış verilerinin değerlendirilmesinde olduğu gibi, 1970-2020 yılları arasında düzenli sıcaklık ölçüm verisine sahip olan istasyonlar ile eksik verisi olan ve gözlem süresi görece daha kısa istasyonlar için aylık bazda korelasyonlar gerçekleştirilmiş ve istasyonların sıcaklık gözlem süreleri uzatılmıştır. Çalışma alanı ve yakın çevresinde eksik sıcaklık verisi tamamlanan istasyonlar için oluşturulan korelasyon tablosu Ek 2.2’de verilmiştir.

Sıcaklık ölçüm verilerine göre 1970-2020 gözlem periyodu için hesaplanan uzun yıllar ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 3.6’da sunulmuştur. Drenaj alanı içerisinde minimum sıcaklık 9.55°C, maksimum sıcaklık 12.50 °C, ortalama sıcaklık değeri ise 10.93°C olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışma alanı ve yakın çevresinde sıcaklık ölçümü yapan meteoroloji gözlem istasyonları ile ilgili bilgiler

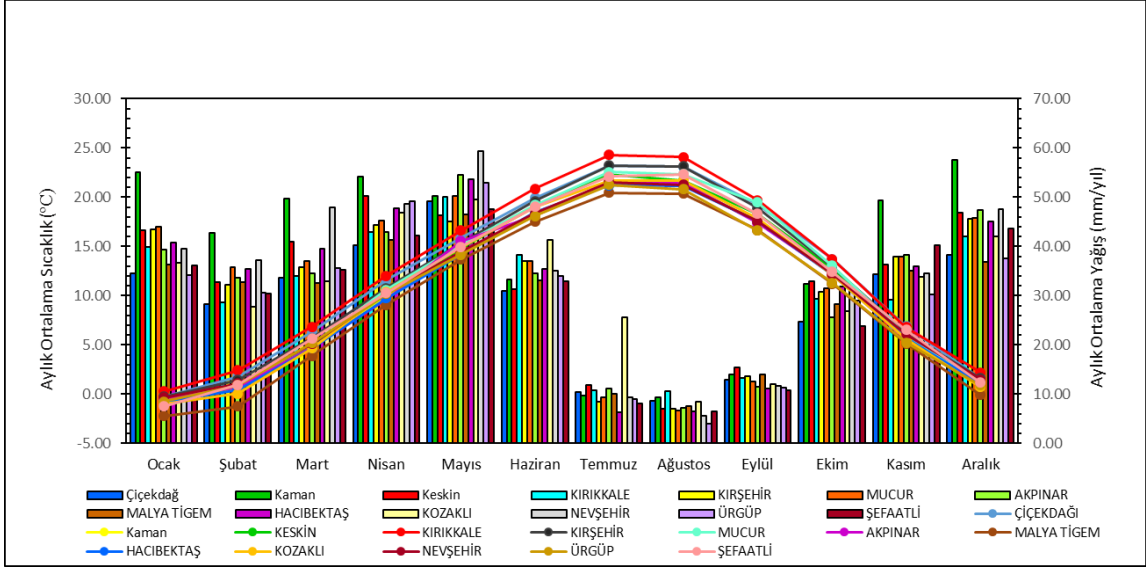
İstasyon İsmi	İstasyon Numarası	X (Boylam)	Y (Enlem)	Yükselti (m)	Gözlem Süresi
Akçakent	18462	34.09	39.61	1450	2014-2020
Akpınar	18119	33.98	39.45	1156	1984-2006 2012-2020
Malya Tigem	17745	34.34	39.30	1127	2007-2020
Çiçekdağı	17732	34.42	39.61	900	1969-2020
Çiçekdağı Tigem	18120	34.41	39.66	806	2012-2020
Kaman	17756	33.71	39.37	1075	1959-2020
Göllü	18666	34.30	39.47	1391	2015-2020
Kırşehir	17160	34.16	39.16	1007	1930-2020
Mucur	17758	34.38	39.06	1074	1985-2020
Acıgöl	18463	34.51	38.55	1250	2014-2020
Avanos	17833	34.85	38.72	951	1986-2020
Hacıbektaş	18122	34.56	38.94	1275	1967-2020
Kozaklı	18123	34.85	39.21	1103	1969-2020
Gülşehir	18464	34.62	38.75	905	2014-2020
Nevşehir	17193	34.70	38.62	1260	1959-2020
Ürgüp	17835	34.91	38.62	1068	1970-2020
Göreme	18902	34.84	38.65	1075	2013-2020
Şefaatli	18478	34.74	39.50	906	1987-1993 2014-2020
Yenifakılı	18479	35.00	39.21	1055	2014-2020
Balışeyh	18264	33.71	39.92	886	1986-2004 2013-2020
Çelebi	18254	33.52	39.46	1299	1986-1996 2012-2020
Delice	18081	34.03	39.94	674	2016-2020
Karakeçili	17735	33.38	39.59	814	1988-2020
Keskin	17730	33.61	39.67	1140	1970-2020
Kırıkkale	17135	33.52	39.84	751	1963-2020
Ağaçören	18480	33.92	38.86	1305	2014-2020
Ortaköy	18118	34.09	38.77	1130	2012-2020
Sarıyahşi	18483	33.85	38.99	925	2014-2020



Şekil 3.11. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki sıcaklık ölçümü yapan istasyonların gözlem aralığı

Çizelge 3.6. İnceleme alanı ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının 1970-2020 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri

İstasyon Adı	X	Y	Yükseklik (m)	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)
				Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
ÇİÇEKDAĞI	34.42	39.61	900	-0.26	1.82	6.33	11.57	15.89	19.91	23.19	23.09	19.31	13.74	6.87	1.63	11.93
KAMAN	33.71	39.37	1075	-1.02	0.70	4.83	9.87	14.27	18.11	21.46	21.24	17.56	12.19	5.85	1.00	10.50
KESKİN	33.61	39.67	1140	-1.02	0.84	5.02	10.18	14.80	19.10	22.28	21.73	18.29	12.80	6.13	0.96	10.93
KIRIKKALE	33.52	39.84	751	0.31	2.44	6.85	12.03	16.63	20.87	24.31	24.07	19.71	13.74	6.82	2.19	12.50
KIRŞEHİR	34.16	39.16	1007	-0.25	1.44	5.67	10.79	15.33	19.64	23.23	23.15	18.90	12.94	6.27	1.62	11.56
MUCUR	34.38	39.06	1074	-0.55	0.89	5.07	10.62	15.22	19.20	22.58	22.33	19.46	13.05	6.01	1.25	11.26
AKPINAR	33.98	39.45	1156	-0.47	0.72	4.71	9.67	15.54	18.09	21.59	21.49	17.38	12.26	5.57	1.15	10.64
MALYATİGEM	34.34	39.30	1127	-2.22	-1.23	3.88	9.08	13.67	17.54	20.48	20.37	16.66	11.22	5.14	-0.05	9.55
HACIBEKTAŞ	34.56	38.94	1275	-0.83	0.48	4.68	9.74	14.21	18.45	21.25	21.16	17.61	12.15	5.70	1.07	10.47
KOZAKLI	34.85	39.21	1103	-0.96	0.06	4.68	10.37	14.87	18.98	21.71	21.71	17.84	12.14	5.62	0.74	10.65
NEVŞEHİR	34.70	38.62	1260	-0.34	1.09	5.12	10.22	14.49	18.39	21.54	21.27	17.56	12.22	6.09	1.48	10.76
ÜRGÜP	34.91	38.62	1068	-0.74	0.92	5.18	10.19	14.19	18.11	21.27	20.83	16.62	11.33	5.26	0.93	10.34
ŞEFAATLİ	34.74	39.50	906	-1.23	0.95	5.63	10.27	14.99	19.05	22.12	22.36	18.33	12.44	6.54	1.16	11.05



Şekil 3.12. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki istasyonlarda ölçülen aylık ortalama sıcaklık ve yağış miktarı

3.6. Buharlaşma-Terleme

Buharlaşma hidrolojik çevrimin önemli bir bileşeni olup, suyun gaz (buhar) formuna dönüşerek atmosfere dönüş süreci olarak tanımlanmaktadır. Karalar üzerine düşen yağışın yaklaşık %60'ının açık su yüzeylerinden buharlaşma veya bitki örtüsü ile kaplı yüzeylerden terleme ile atmosfere geri döndüğü belirtilmektedir. Buharlaşma-terleme terimi yeraltı suyu bütçe hesaplamalarında genel olarak boşalımın en önemli bütçe bileşeni olup, bu bileşen solar radyasyon, sıcaklık, rüzgar hızı, nem, toprak türü ve bitki örtüsü türü gibi iklim ve yüzey parametreleri ile doğrudan ilişkilidir. Potansiyel buharlaşma-terleme (ET_p) tüm atmosferik koşulları, bitki örtüsü ve toprak özellikleri dikkate alınarak hesaplanan yeterli su olması durumunda olabilecek buharlaşmayı; gerçek buharlaşma-terleme (ET_g) ise yağış ve zeminde bulunan su miktarından gerçekleşebilecek buharlaşma miktarını ifade etmektedir (Thorntwaite, 1944).

Buharlaşma-terleme parametresinin doğrudan ölçümü mümkün olmaması nedeniyle farklı ampirik formüller üretilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanları Thornthwaite (1948), Turc (1954) ve Coutagne (1954) eşitlikleridir. Turc ve Coutagne ampirik eşitliklerinde bileşenlerin yıllık değerleri üzerinden (yağış,

sıcaklık) bir hesaplama yapılırken, Thornthwaite eşitliğinde ise bileşenler aylık değerler (yağış ve sıcaklık) üzerinden değerlendirilerek buharlaşma-terleme miktarı hesaplanmaktadır.

3.6.1. Potansiyel Buharlaşma-Terleme (ETp)

Çalışma alanında ortalama yıllık potansiyel buharlaşma-terleme (ETp) değerleri uzun yıllar (1970-2020) ortalama aylık hava sıcaklık değerleri kullanılarak Thornthwaite (1948) yöntemi ile hesaplanmıştır. Thornthwaite yöntemine göre önerilen potansiyel gerçek buharlaşma-terleme formülü aşağıdaki şekildedir (Denklem 3.1) (Thornthwaite, 1948).

$$ETp = 16x \left(\frac{10T}{I} \right)^a \times b \quad (Denklem 3.1)$$

Bu eşitliğe göre,

ETp: Günlük potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm)

T: Ortalama Aylık Hava Sıcaklığı (°C)

I: Yıllık Sıcaklık İndeksi (Her bir ay için hesaplanmış sıcaklık indekslerinin, i, toplamı)

$$a = (6.75 \times 10^{-7} \times I^3) - (7.7 \times 10^{-5} \times I^2) + (1.8 \times 10^{-2} \times I) + 0.49239$$

$$I = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

$$I = \sum_{n=1}^{n=12} i_n \text{ 'dir.}$$

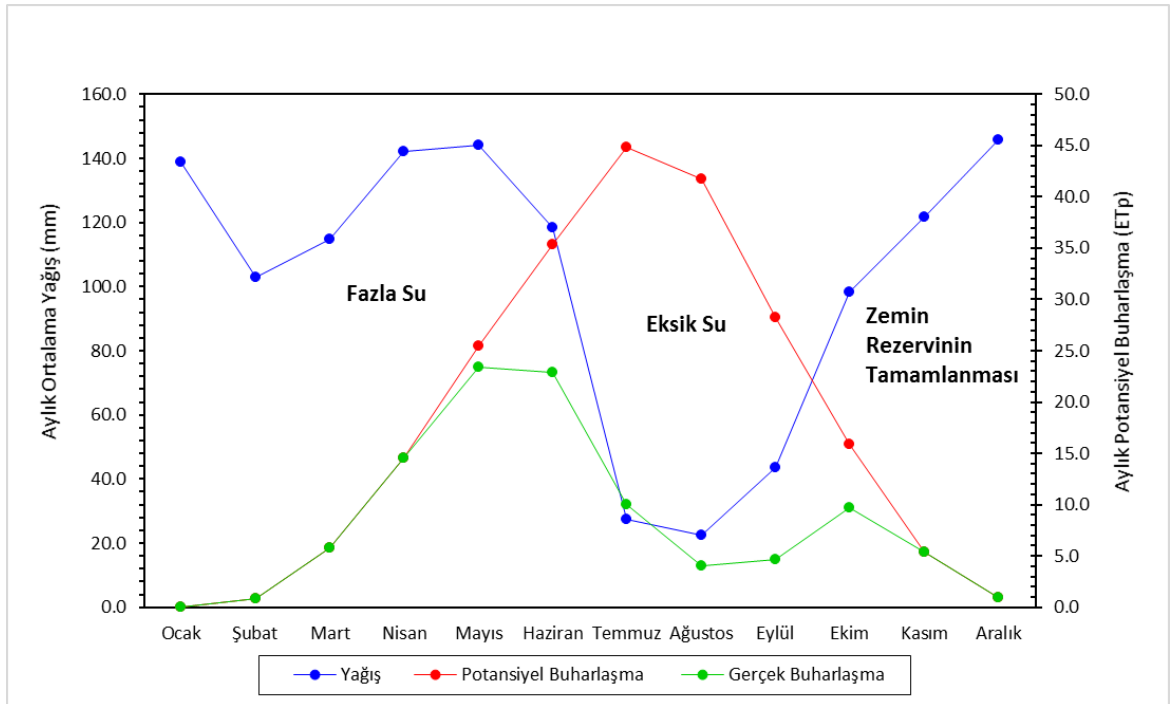
b: Enlem düzeltme faktörü

Buharlaşma-terleme hesaplamalarında kullanılan parametrelerin enleme göre düzeltilmesi yapılmıştır. Buna göre tüm hesaplamalar yılın bütün aylarının 30 gün ve yılın bütün günlerinin gün uzunluğu 12 saat olarak kabul edilerek yapılmıştır. Hesaplanan ETp miktarlarının %1.6 ile %9 arasında değişen oranlarda birbirlerine yakın değerlerde oldukları belirlenmiştir. Meteoroloji istasyonlarında hesaplanan maksimum ve minimum potansiyel buharlaşma-terleme değerleri sırasıyla 739.42

mm/yıl ve 631.06 mm/yıl, ortalama potansiyel buharlaşma-terleme değeri ise 676.57 mm/yıl'dır.

Thorntwaite methoduna göre Kırşehir MGİ ve diğer istasyonlar için hesaplanmış olan potansiyel buharlaşma değerleri (ETp) ve yağış miktarlarının aylık olarak değişimi grafikler halinde verilmiştir (Şekil 3.13 ve Ek 1.6 - Ek 1.17). Kırşehir MGİ verilerine göre potansiyel buharlaşma-terleme miktarı 700.59 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

Kırşehir MGİ'nin yağış miktarı, Ocak ayından Mayıs ayı ortaları ile Eylül ayı ortalarından Aralık ayı arasında potansiyel buharlaşma miktarından (ETp) fazladır. Dolayısıyla bu dönemlerde ETg, ETp'ye eşittir ve gerçekleşen buharlaşmadan sonra geriye kalan miktar fazla su olarak hesaplanmıştır. Haziran ayına gelindiğinde ETp miktarı yağış miktarından azdır. Bütçe hesaplamaları yapılırken 100 mm olarak kabul edilen zemin rezervinden Haziran ayı itibariyle kullanılmaya başlanmış olup Kasım ayı itibariyle zemin rezervi tamamlanmaya başlamıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Thornthwaite yöntemi ile Kırşehir MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği

3.6.2. Turc Yöntemiyle Gerçek Buharlaşıma-Terleme (ETg)

İnceleme alanında gerçek buharlaşma-terleme (ETg) miktarının hesaplanması amacıyla Turc yöntemi uygulanmıştır. Literatürde gerçekleştirilen araştırmalar incelendiğinde Turc yöntemi Avrupa'nın sulak alanları için geliştirilmiş ve bağıl nem değerinin %50'den fazla olduğu bölgelerde yaygın bir şekilde kullanılan bir yöntemdir (Santos ve ark., 2019). Turc yöntemine göre önerilen yıllık gerçek buharlaşma-terleme formülü aşağıdaki şekildedir (Denklem 3.2) (Turc, 1954).

$$ET_g = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (\text{Denklem 3.2})$$

Burada,

ETg = Gerçek Buharlaşıma-terleme Miktarı (mm/yıl)

$L = 300 + 25t + 0.05t^3$

P = Yıllık Toplam Yağış Miktarı (mm/yıl)

t = Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)

Turc Yöntemini temsil eden denklem ile her istasyon için 1970-2020 dönemi için ortalama yıllık yağış ve ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak ETg miktarı hesaplanmıştır. Tüm istasyonlar için ortalama ETg değeri 340.31 mm/yıl, minimum Etg değeri 314.55 mm/yıl, maksimum Etg değeri ise 380.81 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan buharlaşma-terleme (ETg) miktarı toplam yağışın % 83.23 ile %92.97'si arasında değişmektedir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Turc yöntemine göre hesaplanan ETg değerleri

MGi İstasyon	Yükselti (m)	Yıllık Toplam Yağış (mm/yıl)	Yıllık Ort. Sıcaklık (°C)	ETg (mm/yıl)	ETg/P (%)
ÇİÇEKDAĞI	900	346.24	11.93	321.89	92.97
KAMAN	1075	457.56	10.50	380.81	83.23
KESKİN	1140	395.59	10.93	349.10	88.25
KIRIKKALE	751	369.40	12.50	341.41	92.42
KIRŞEHİR	1007	381.45	11.56	344.25	90.25
MUCUR	1074	393.21	11.26	349.92	88.99
AKPINAR	1156	380.65	10.64	337.86	88.76
MALYA TİGEM	1127	354.64	9.55	314.55	88.70
HACİBEKTAŞ	1275	389.58	10.47	342.23	87.85
KOZAKLI	1103	384.14	10.65	340.07	88.53
NEVŞEHİR	1260	407.88	10.76	355.36	87.12
ÜRGÜP	1068	357.72	10.34	321.29	89.81
ŞEFAATLİ	906	357.59	11.05	325.27	90.96
Ortalama				340.31 mm/yıl	

3.6.3. Coutagne Yöntemiyle Gerçek Buharlaşma-Terleme (ETg)

İnceleme alanında buharlaşma-terleme miktarının hesaplanması için bir başka ampirik eşitlik olan Coutagne yöntemi de denenmiştir (Coutagne, 1954). Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Coutagne ampirik eşitliği, göl ve akarsu havzalarında, karstik alanlarda, iklim değişikliğinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda ve geniş ölçekli havzalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Voudouris ve ark., 2013).

Çok dağlık bölgelerde ise Coutagne yönteminin kullanılmasının uygun olmadığı belirtilmektedir (Voudouris ve ark., 2013). Ayrıca hidrolik bütçe hesaplamalarında eksik verilerin (akım gözlemleri, düzenli buharlaşma verileri vb.) olması durumunda bu eşitliklerin sıklıkla kullanılan, pratik ampirik denklemler olduğu belirtilmektedir (Voudouris ve ark., 2013). Bu denklemler ile yıllık yağıştan gerçekleşen kayıplar, akış yüksekliği gibi parametreler hesaplanabilmektedir. Coutagne yöntemine göre önerilen yıllık gerçek buharlaşma-terleme formülü aşağıdaki şekildedir (Denklem 3.3 ve Denklem 3.4) (Coutagne, 1954).

$$U = P - (\lambda * P^2) \quad (\text{Denklem 3.3})$$

$$\lambda = \left(\frac{0.0001}{0.8+0.14T} \right) \quad (\text{Denklem 3.4})$$

U: Yıllık Buharlaşma-terleme Miktarı (mm/yıl)

T: Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)

P: Yıllık Toplam Yağış Miktarı (mm/yıl)

1970-2020 dönemine ait tüm istasyonlar için ortalama ETg değeri 332.80 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.8). Buna göre minimum Etg değeri 295.20 mm/yıl, maksimum Etg değeri ise 406.65 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Coutagne yöntemiyle hesaplanan (ETg) buharlaşma-terleme miktarı, toplam yağışın %81.6'sı ile %94'ü arasında değişmektedir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Coutagne Yöntemine göre hesaplanan ETg değerleri

İstasyon	Yükselti (m)	Yıllık Toplam Yağış (mm/yıl)	Yıllık Ort Sıcaklık (°C)	ETg (mm/yıl)	ETg/P (%)
ÇİÇEKDAĞI	900	346.24	11.93	313.45	90.5
KAMAN	1075	457.56	10.50	406.65	88.9
KESKİN	1140	395.59	10.93	339.82	85.9
KIRIKKALE	751	369.40	12.50	347.28	94.0
KIRŞEHİR	1007	381.45	11.56	339.52	89.0
MUCUR	1074	393.21	11.26	344.67	87.7
AKPINAR	1156	380.65	10.64	322.28	84.7
MALYA TİGEM	1127	354.64	9.55	295.20	83.2
HACİBEKTAŞ	1275	389.58	10.47	317.83	81.6
KOZAKLI	1103	384.14	10.65	331.04	86.2
NEVŞEHİR	1260	407.88	10.76	339.05	83.1
ÜRGÜP	1068	357.72	10.34	306.97	85.8
ŞEFAATLİ	906	357.59	11.05	322.62	90.2
Ortalama				332.80 mm/yıl	

3.6.4. Thornthwaite-Mather Havza Su Bütçesi (1955)

Su bütçesi bileşenlerinin aylık bazda bir yaklaşımla hesaplanmasını temel olan Thornthwaite-Mather (1955) yöntemiyle çalışma alanındaki su bütçe bileşenleri belirlenmiştir.

Bu yaklaşımın temelinde, aylık bazda toprak rezervinde, buharlaşma-terleme, yağış ve depolamadaki değişim arasında bir denge oluşturulmaktadır. Buna göre depolamanın tam kapasitede olduğu durumda fazla su, yüzeysel akışa geçmekte ve yeraltına süzülmemektedir.

1970-2020 yılları arasında havza ve yakın çevresindeki MGİ'lerin yağış ve potansiyel buharlaşma verileri kullanılarak Thornthwaite-Mather (1955) su bütçesi oluşturulmuş ve çizelgeler halinde sunulmuştur (Çizelge 3.10 ve EK 2.5 - Ek 2.16).

Thornthwaite-Mather (1955) yöntemi ile tüm MGİ'ler için hesaplanan su bütçe bileşenlerinin alansal ortalama değerleri, Kırşehir MGİ için hesaplanan değerler ile oldukça yakındır. Dolayısıyla gerçekleştirilen bütçe hesaplamalarında Kırşehir MGİ için hesaplanan su bütçe bileşenlerinin değerleri kullanılmıştır.

Buna göre havzada Thornthwaite-Mather yöntemiyle gerçek buharlaşma-terleme değeri Kırşehir MGİ için 326.84 mm/yıl, Turc yöntemiyle 340.31 mm/yıl ve Coutagne yöntemiyle 332.80 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Farklı yöntemlerle hesaplanan yıllık ortalama gerçek buharlaşma-terleme miktarı

Gerçek Buharlaşma-Terleme Miktarı (mm/yıl)	Uygulanan Yöntem		
	Turc	Coutagne	Thornthwaite-Mather
	340.31	332.80	326.84

Çizelge 3.10. Kırşehir MGI için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Kırşehir													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	43.42	32.16	35.89	44.41	45.08	36.98	8.55	7.04	13.59	30.74	38.01	45.58	381.45
Potansiyel Buharlaşma (ETp)	0.00	2.53	18.59	46.40	81.33	113.28	143.31	133.64	90.38	50.91	17.32	2.89	700.58
Enlem Düzeltme Katsayısı 39°	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82	
P-ETp	43.42	29.63	17.3	-1.99	-36.25	-76.3	-134.76	-126.6	-76.79	-20.17	20.69	42.69	-319.13
Rezervdeki su	100	100	100	98.0	68.2	31.8	8.30	2.30	1.10	0.90	21.60	64.3	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	2.53	18.59	46.4	74.9	73.4	32.1	13.0	14.8	30.9	17.32	2.89	326.84
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.02	6.44	39.89	111.22	120.66	75.54	19.97	0.00	0.00	373.74
Fazla su	7.7	29.63	17.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.61
Akış	3.86	16.74	17.02	8.51	4.26	2.13	1.06	0.53	0.27	0.13	0.07	0.03	54.61

3.7. Hidrolojik Bütçe Bileşenleri ve Havza Su Bütçesi Hesaplamaları

Seyfe kapalı havzasındaki hidrolojik bütçe bileşenleri için kütlenin korunumu eşitliği esas alınmıştır. Buna göre kapalı bir sisteme giren ve çıkan kütleler arasındaki fark, depolamadaki değişime eşittir ilkesi temel alınarak havza ölçeğinde bütçe bileşenleri hesaplanmıştır (Denklem 3.5).

$$\text{Beslenim-Boşalım} = \pm \text{Depolamadaki Değişim } (\Delta S) \quad (\text{Denklem 3.5})$$

Bu denklemde beslenim bileşeni havza drenaj alanı içerisine gerçekleşen beslenim miktarını, boşalım bileşeni drenaj alanından gerçekleşen boşalım miktarını, ΔS ise depolamadaki değişim miktarını ifade etmektedir.

Çalışma alanı için uzun yıllar içerisinde depolamada herhangi bir değişiklik gerçekleşmediği varsayımı ile havza için beslenim ve boşalım bütçe bileşenleri hesaplanmıştır (Denklem 3.6). Bu kapsamda havza için oluşturulan su bütçesi eşitliği ve bileşenleri şu şekildedir:

$$\Delta S = \text{Girenler} - \text{Çıkanlar} = 0 \quad (\text{Denklem 3.6})$$

(Beslenim Bileşenleri: Yağış + Yeraltına Sızma + Yüzeysel Akış) - (Boşalım Bileşenleri: Buharlaşma - Terleme + Bataklık - Sazlık Alandan Buharlaşma-Terleme + Kuyularla Çekim + Evsel-Kullanım + Drenaj Kanallarıyla Havza Dışına Akış + Serbest Su Yüzeyinden Buharlaşma) (Şekil 3.14).

Buna göre beslenim bileşenlerini havzaya düşen yağış miktarı, yüzeysel akış ve yeraltına sızma oluşturmaktadır. Havzada günümüzde devamlı akış gösteren bir akarsu ve kaynak mevcut değildir. Dolayısıyla bütçe hesaplamalarına bu bileşenler dahil edilmemiştir. Buna göre boşalım bileşenlerini buharlaşma-terleme, kuyularla çekilen su miktarı, sazlık-bataklık alandan buharlaşma-terleme, serbest su

3.7.1. Yağış

81

3.7.2. Gerçek Buharlaşma-Terleme (ET_g)

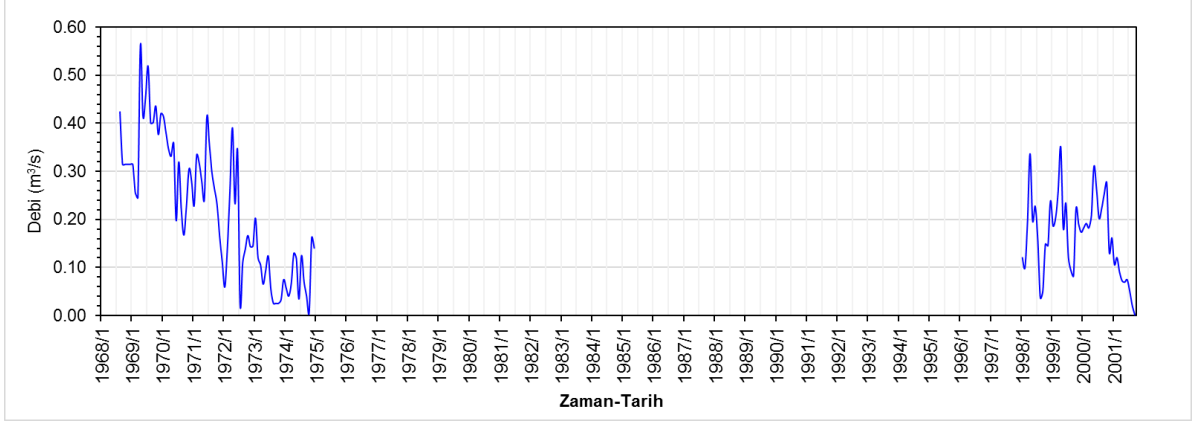
Buharlaşma-terleme, hidrolojik çevrimin önemli bileşenlerinden biridir. Bununla birlikte geniş ölçekli havzalarda buharlaşma-terleme miktarının kesin olarak belirlenmesi fiziki koşullar açısından oldukça zor ve maliyetli olmaktadır. Bu bağlamda geçmişten günümüze çeşitli araştırmacılar tarafından uygulanabilir, ölçülmüş parametreleri temel alan ve çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılan ampirik eşitlikler geliştirilmiştir. Kullanılan eşitliklerde farklı hidro-meteorolojik parametreler kullanılarak buharlaşma-terleme hesaplamaları yapılmaktadır. Buna göre çalışma alanında buharlaşma miktarının belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan yöntemler (Turc (1954), Coutagne (1954), Thorntwaite (1948), Thorntwaite-Mather (1955)) tercih edilmiştir. Turc (1954), Coutagne (1954) ve Thorntwaite (1948) eşitlikleri, sadece yıllık yağış miktarını ve yıllık ortalama sıcaklığı dikkate aldıkları için buharlaşma-terleme miktarının hesaplanmasında kolaylıklar sağlamaktadırlar. Bununla birlikte bu yöntemler bitki örtüsünü dikkate almadan geliştirilmiş ampirik eşitliklerdir. Thorntwaite-Mather (1955,1957) yöntemi ise bitki örtüsünü ve toprağın nem kapasitesini dikkate alarak geliştirilmiş bir su bütçesi yöntemidir. Kullanılan yöntemlerde tüm istasyonlar için Turc (340.31 mm/yıl), Coutagne (332.80 mm/yıl) ve Thorntwaite-Mather (326.84 mm/yıl) yöntemleriyle hesaplanan buharlaşma-terleme değerlerinin birbirlerine yakın olmasından dolayı, hesaplamalarda Thorntwaite Mather su bütçesinde hesaplanan gerçek buharlaşma-terleme değeri tercih edilmiştir. Bu değerler yağışın Turc yönteminde %90.25, Coutagne yönteminde %89 ve Thorntwaite-Mather yönteminde ise %85.68 'lik kısmına karşılık gelmektedir. Thorntwaite Mather yöntemi ile Kırşehir MGİ için hesaplanan yıllık toplam yağışın 326.84 mm'lik kısmı buharlaşarak atmosfere dönmektedir. Buna göre havza için hesaplanmış gerçek buharlaşma miktarı $484.05 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

3.7.3. Kaynaklarla Boşalım

Seyfe Kaynağı

Seyfe Kaynağı Seyfe yerleşim yeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Kaynağın 1968 yılı Ağustos ayından 1974 yılı Aralık ayına kadar düzenli debi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 1974 - 1998 yılları arasında kaynak için akım ölçümleri

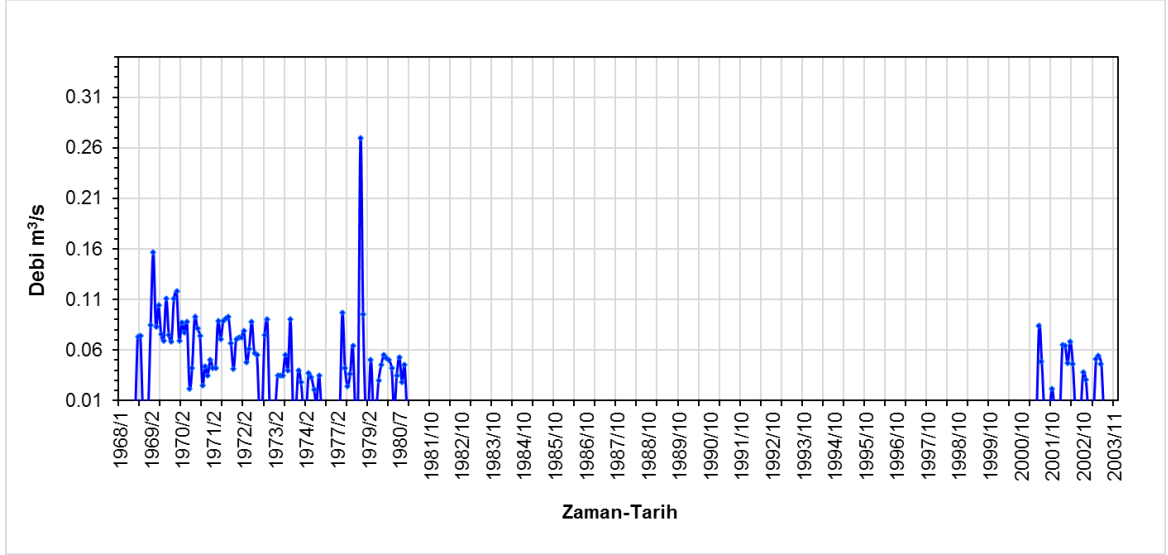
literatürde mevcut değildir. Geçmişte DSI'nin havza için yaptığı hidrojeolojik etüt çalışması kapsamında 24 yıllık bir kesinti ile 1998 yılının Ocak ayından 2001 yılı Ağustos ayına kadar ölçülen mevcut kaynak debileri ve yıllara göre değişimi derlenerek verilmiştir (Şekil 3.15 ve Ek 2.3). Seyfe Kaynağının debisi aylık ölçülen debiler hesaplanarak 203 l/s olarak hesaplanmıştır. Bu miktar yıllık **$6.40 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$** boşalım olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.15. Seyfe Kaynağının 1968 yılından 2001 yılı Ekim Ayına kadar debi değişimleri

Horla Kaynağı

Horla Kaynağı Eskidoğanlı yerleşim yeri sınırları içerisinde yer almaktadır. Horla Kaynağı'nın 1968 yılı Ağustos ayından 2001 yılı Haziran ayına kadar ölçülen mevcut kaynak debileri ve yıllara göre değişimi incelenmiştir (Şekil 3.16 ve Ek 2.4). Horla kaynağının bu dönemler için ortalama debisi $0.060 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Horla Kaynağının debisi 60 l/s olup yıllık boşalımı **$1.89 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$** 'dir. Günümüzde Horla Kaynağı akış göstermemektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Horla Kaynağının 1968 yılından 2003 Temmuz Ayına kadar debi değişimleri

Toplamda yıllık 8.3×10^6 m³/yıl su kaynaklarla göle boşalmaktadır. Ayrıca Seyfe Kaynağı yakınında açılan kuyular ile 3.02×10^6 m³/yıl pompajla çekim yapılmakta ve bu miktar sulama kooperatiflerince tahsis edildiği için kalan miktar **5.28×10^6 m³/yıl** olarak hesaplanmıştır.

Günümüzde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında Seyfe ve Horla kaynaklarının akış göstermediği gözlenmiştir. Havzada kaynaklarla olan boşalım miktarı (Seyfe ve Horla Kaynağı için) hesaplanmış fakat günümüzde aktif boşalan kaynak olmadığı için bütçe hesaplamalarında kullanılmamıştır.

3.7.4. Kuyularla Çekim

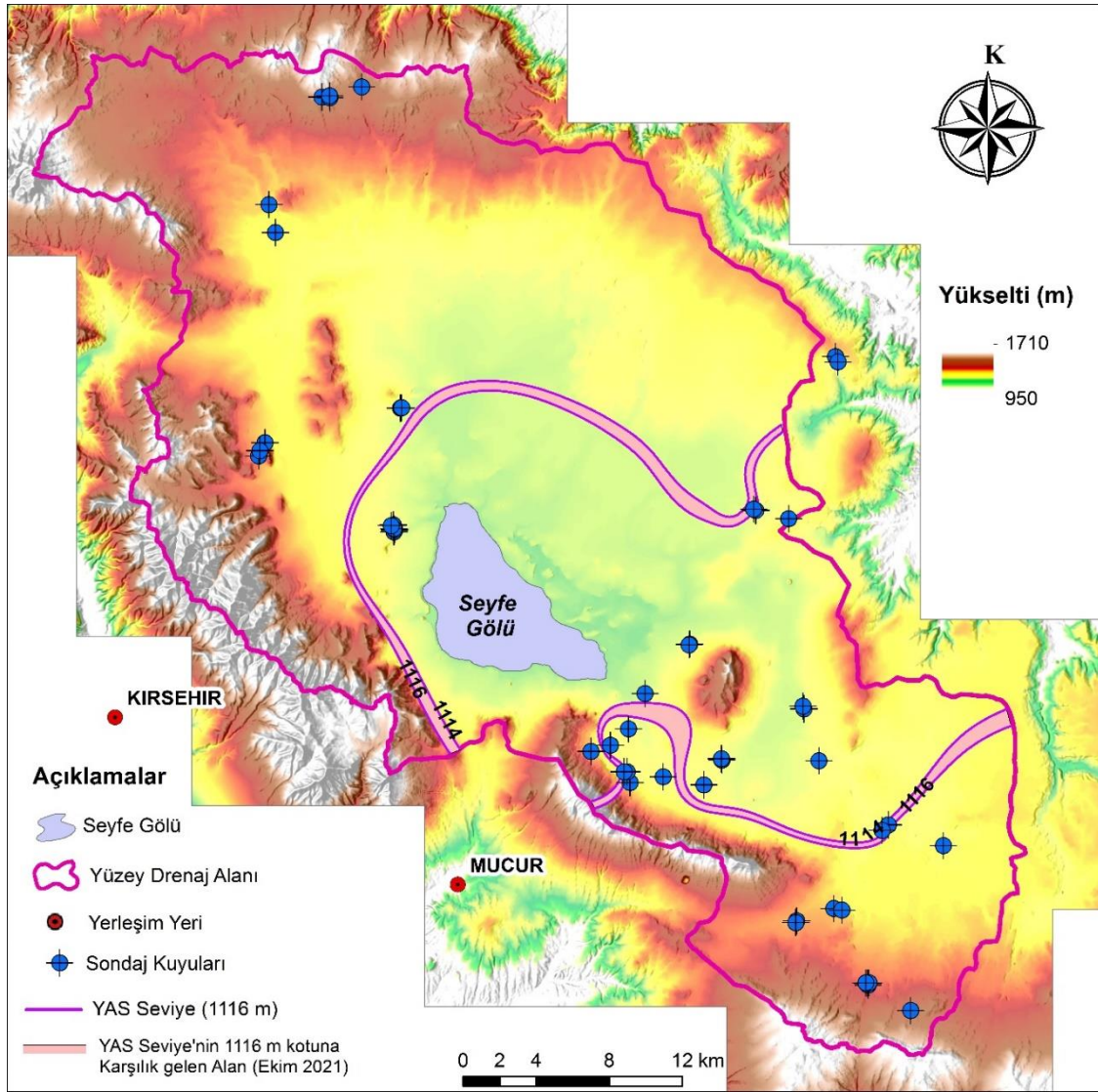
Seyfe Gölü kapalı havzasında su ihtiyacını karşılamak üzere işletme, araştırma ve sulama amacıyla 48 adet sondaj kuyusu DSİ tarafından açılmıştır. Bu kuyuların haricinde çalışma alanında belgeli sondaj kuyuları, Master Plan Gözlem Kuyuları, DSİ Mevsimlik Gözlem Kuyuları ve DSİ Aylık Gözlem Kuyuları mevcuttur.

Kuyularla yapılan tahsis miktarlarının güncel verisine (üretim debileri ve süreleri) ulaşılamadığından, güncel çekim miktarının hesaplanmasında DSI'nin kuyulardan sorumlu kişileri ile sözlü iletişim kurulmuş ve verilen bilgiler kullanılmıştır. Havzada 50 adet DSI kuyusu, 330 adet ruhsatlı şahıs kuyusu mevcut olduğu bilgisi verilmiştir. Buna göre kuyularla çekilen yeraltı suyu miktarının hesaplaması toplamda 380 kuyu için yapılmıştır. Ruhsatlı kuyuların (50 kuyu için) günde 12 saat ve ortalama 25 l/s debi ile, şahıs kuyularının (330 kuyu için) ise günde 12 saat ve ortalama 15 l/s debi ile sulama mevsimi içerisinde yılda 5 ay (150 gün) çalıştırıldığı varsayılarak toplam çekilen su miktarı hesaplanmıştır. Bu kapsamda ruhsatlı kuyularla **8.1x10⁶ m³/yıl**, şahıs kuyularıyla ise **32.08x10⁶ m³/yıl** çekim yapılmaktadır. Toplamda kuyularla yapılan çekim miktarı ise **40.18x10⁶ m³/yıl** olarak hesaplanmıştır.

İçme kullanım için ise Seyfe Havzası için TÜİK (2020) verilerinden havzadaki Boztepe ve Mucur ilçelerine bağlı yerleşim yerleri için toplam nüfus miktarı 24.284 olarak belirlenmiş olup kişi başı su tüketimi 190 l/gün'dür (TÜİK, 2020). Buna göre evsel kullanım **1.68x10⁶ m³/yıl** olarak hesaplanmıştır. Toplamda kuyularla çekim ve evsel kullanım miktarı **41.86x10⁶ m³/yıl** olarak hesaplanmıştır.

3.7.5. Bataklık-Sazlık Alandan Gerçekleşen Buharlaştırma-Terleme

Göl alanı çevresindeki bataklık-sazlık alanlarda meydana gelen buharlaştırma-terleme miktarı, etkin buharlaştırma derinliği 2.0 m kabul edilerek belirlenmiştir. Bu kapsamda 2021 yılı Mayıs-Ekim dönemlerinde ölçülen yeraltı suyu seviye haritalarında ortalama göl su seviyesi 1114 m kabul edilmiş ve yeraltı suyu derinliğinin 2.0 m'nin altında olduğu alanlar yeraltı suyu seviye haritaları yardımı ile tespit edilmiş ve yeraltı su seviyesinin 1116 m kotunda olduğu alanlar hesaplanmıştır. Yeraltı suyu seviyesinin 1116 m karşılık geldiği alan (52.60 km²) ortalama göl alanından (34 km²) çıkartılmış ve elde edilen alan (18.60 km²) Thornthwaite-Mather yöntemi ile yeraltı suyundan buharlaşabilen maksimum su miktarı olarak tanımlanan eksik su (Kırşehir MGI için eksik su miktarı: 373.74 mm/yıl) miktarı ile çarpılmıştır. Sazlık bataklık alanlardan meydana gelen buharlaştırma-terleme miktarı **6.73x10⁶ m³/yıl** olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Bataklık-sazlık alandan gerçekleşen buharlaşma-terleme bölgesi

3.7.6. Yüzeysel Akışa Geçen Miktar

Bir havzanın yüzey drenaj alanı içerisine düşen alansal yağışa bağlı olarak yüzeysel akışa geçen su miktarı hesaplanabilmektedir. Havza içerisinde yüzeysel akış miktarı Turc eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Turc eşitliği ile yağışın buharlaşma-terleme ve süzülme ile kaybolan ve akışa geçmeyen miktarı hesaplanmaktadır. Dolayısıyla yüzeysel akışa geçen miktarın hesaplanması literatürde aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir (Denklem 3.7) (Turc,1954).

$$YA = P - (\text{Yıllık Akışa Geçmeyen Miktar})$$

(Denklem 3.7)

P : Yıllık Toplam Yağış Miktarı (mm/yıl)

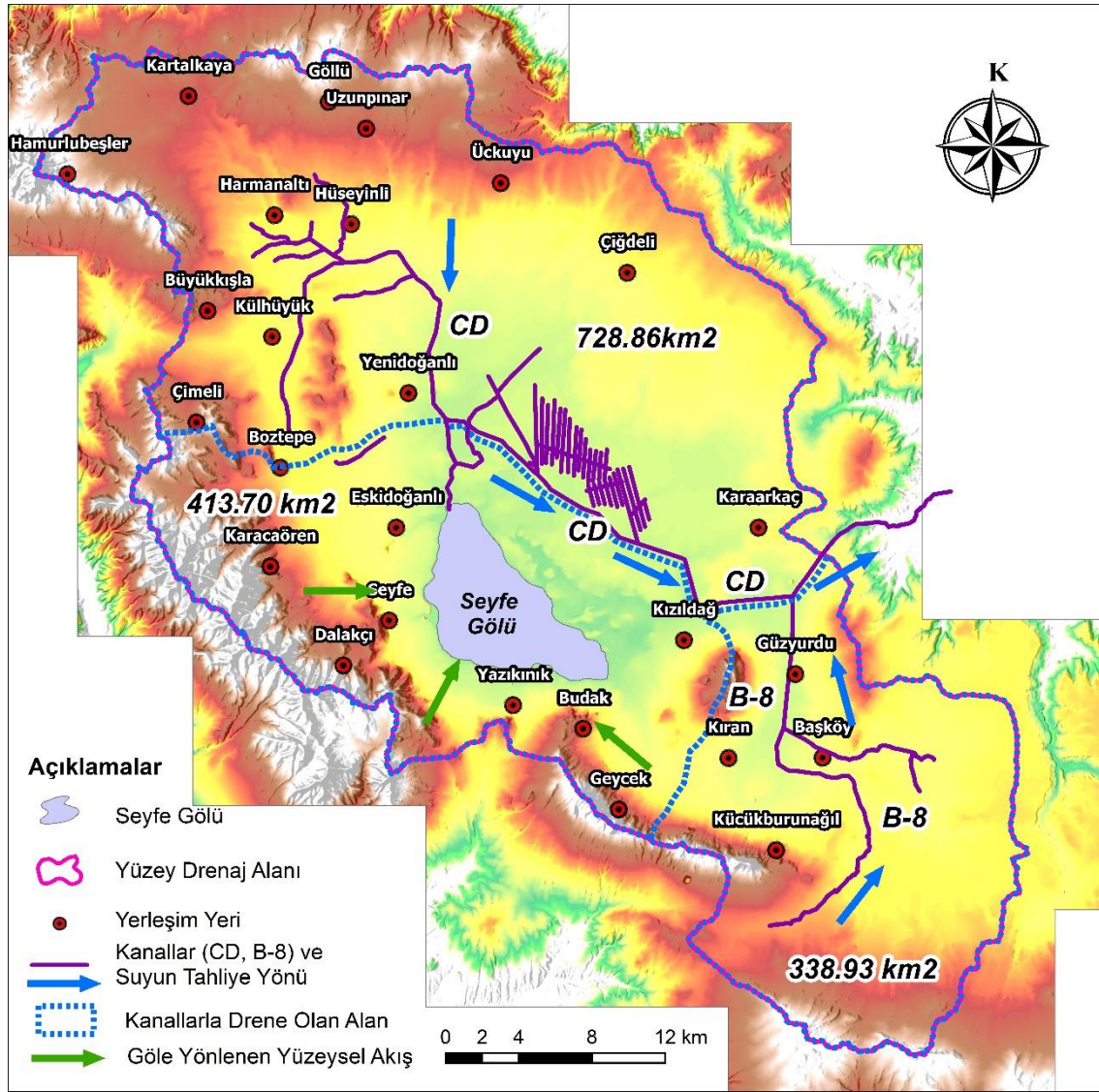
YA: Yıllık Yüzeysel Akışa Geçen miktar (mm/yıl)

Bu denkleme göre Kırşehir MGİ için hesaplanan yağış miktarından Turc yöntemiyle belirlenen buharlaşma-terleme miktarı çıkarıldığında yüzeysel akışa geçen miktar hesaplanabilmektedir. Buna göre havzada Kırşehir MGİ için hesaplanan yüzeysel akış ve bütçe denkliğinden hesaplanan sızma ve diğer bütçe bileşenleri Çizelge 3.11'de sunulmuştur. (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11. Kırşehir MGİ için hesaplanmış yüzeysel akışa geçen miktar ve bütçe bileşenleri

P: Yağış (mm/yıl)	381.45
Turc Yöntemiyle Akışa Geçmeyen Miktar (mm/yıl)	344.25
YA: Yüzeysel Akışa Geçen Miktar (mm/yıl)	37.20
Gerçek Buharlaşma-Terleme Miktarı (mm/yıl)	326.84
Sızma (mm/yıl)	17.41
Fazla Su (mm/yıl)	54.61
Yüzeysel Akışa Geçen Miktar ($10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$)	55.09

Çalışma alanı içerisindeki B-8 kanalının havzanın güneydoğusundaki Kıran ve Başköy çevresinden gelen yüzeysel akışlara mansap oluşturmak amacıyla yapıldığı belirtilmektedir (DSİ, 1990). Bu alan konumsal olarak (havzanın GD'su) aynı bölgeler olmakla birlikte havzanın güneydoğu kesiminde dere kollarının birleştiği yaklaşık 338.93 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Yine havzanın kuzeyinden başlayan doğusuna doğru devam eden CD kanalı 728.86 km² lik (Havzanın K, KD'su ve D'su) bir alanı drene etmektedir. Dolayısıyla bu alanlara gelecek su miktarı B-8 ve CD kanalları boyunca havza dışına yönlendirken, havzanın batı kesiminde 413.70 km²'lik bölümüne gelecek su miktarı yüzeysel akışla göl alanına yönlendirilmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Havzada kanallarla yüzeysel akışa geçen su miktarının alansal dağılımı

Ayrıca önceki çalışmalarda havzanın kuzeyinde yüzeysel akışa neden olabilecek herhangi bir dere yatağının olmadığı, yüzeysel akışların genellikle havzanın güney ve güneydoğu yönünde bulunan Ayır Dağ, Bozdağ ve Kervansaray dağ sıralarından ve yamaçlarından oluşan yan dere kollarının göle ulaşması ile gerçekleştiği de belirtilmektedir (DSİ, 1990).

Buna göre havzada yüzeysel akışa geçen toplam su miktarı (37.20 mm/yıl) alan ile (1481 km²) çarpılarak **55.09x10⁶ m³/yıl** olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.11). Havzada B-8 kanalı ile yüzeysel akışa geçen miktar **12.61x10⁶ m³/yıl**'dır. CD kanalı

ile havzanın doğusundan ($13.34 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) ve kuzeyinden ($13.77 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$) yüzeysel akışa geçen miktar ise $27.11 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'dır. Toplamda $39.72 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ su kanallarla havza dışına akış göstermektedir. Havza içerisinde yüzeysel akışa geçen $15.37 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'lık miktar ise göl alanına yönlendirilmektedir.

3.7.7. Yeraltına Sızma

Havza için Thorntwaite yöntemiyle Kırşehir MGI için hesaplanan ortalama fazla su miktarı 54.61 mm/yıl'dır. Bu miktar alansal olarak $80.88 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'a karşılık gelmektedir. Bu miktardan havza için hesaplanan yüzeysel akışa geçen su miktarı çıkarıldığında yer altına sızan su miktarı $25.78 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

3.7.8. Göl Yüzeyine Yağıştan Olan Beslenim

Havza için Thorntwaite Mather ile Kırşehir MGI için hesaplanan yağış miktarı 381.45 mm/yıl ve uzun yıllar ortalama göl yüzey alanı 34 km²'dir. Uzun yıllar ortalama göl yüzey alanı hesaplanırken, tez çalışmasının 5. Bölümündeki göl batimetresine (göl su kotu, alan ve hacim) yönelik değerlendirmelerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu bağlamda DSİ tarafından göle ait ölçülmüş yıllık göl su seviye değerleri değerlendirilmiş, yıllık ortalama su kotuna (1114.18 m) karşılık gelen göl yüzey alanı (34 km²) belirlenmiştir. Buna göre, 1970-2020 yılı periyodunda göl yüzeyine alansal yağıştan gelen beslenim miktarı $12.97 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

3.7.9. Serbest Su Yüzeyinden Buharlaşma Miktarı

Buharlaşma tavaşı kullanılarak yapılan ölçümlerin gerek zorluğu ve yüksek maliyetli olması, gerekse veri setlerindeki eksik veriler (kış aylarında ölçüm yapılamaması), doğada buharlaşmanın yıl boyu devam etmesi gibi süreçler farklı buharlaşma tahmin yöntemlerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Araştırmacılar tarafından (Penman, 1948, Monteith, 1965, Priestley-Taylor, 1972 vb.) meteoroloji istasyonlarında ölçülen hidrometeorolojik verilerin kullanılması ile farklı buharlaşma-terleme yöntemleri geliştirilmiştir. Buharlaşma tahmin yöntemlerinden bir tanesi de

1948 yılında Penman tarafından türetilmiştir. Bu yöntemde Penman (1948) güneşlenme süresi, rüzgar hızı, sıcaklık ve nem gibi hidrometeorolojik parametreleri kullanarak açık su yüzeyinden buharlaşma hesaplamaları geliştirmiştir. Penman (1948) tarafından geliştirilen bu denklem, enerji dengesi ve kütle transferi denklemlerinden türetilmiş olup, kuvvetli bir teorik altyapıya sahiptir (Penman, 1948). Ayrıca denklem buharlaşma-terleme miktarını etkileyen tüm parametreleri içermekte olup, açık su yüzeylerinden günlük buharlaşma miktarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Penman, 1948). Yine Penman yöntemi kullanılarak bitki örtüsü ile kaplı alanlarda da potansiyel buharlaşma-terleme hesaplamaları yapılabilmektedir (Monteith, 1965). Bununla birlikte farklı yüzeyler içinde Albedo (buharlaşma yüzeyine bağlı yansıtma katsayısı) değerleri değiştirilerek Penman yöntemi ile hesaplamalar yapılabilmektedir (Penman, 1948). Penman (1948) denklemine göre aşağıdaki denklemler kullanılarak parametreler hesaplanmış (Denklem 3.8 - Denklem 3.13) ve Kırşehir MGİ için 1970-2020 yıllarındaki serbest su yüzeyinden buharlaşma değerleri belirlenmiştir.

$$E_{tp} = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} H + E_a}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} \quad \text{Denklem (3.8)}$$

$$H = R_c - R_b \quad \text{Denklem (3.9)}$$

$$R_c = (1 - r) \times R_a \times (0.18 + 0.55 \frac{n}{N}) \quad \text{Denklem (3.10)}$$

$$R_b = B \times (0.56 - 0.09 \sqrt{ed}) \times (0.10 + 0.90 \frac{n}{N}) \quad \text{Denklem (3.11)}$$

$$ed = e_a \times RH \quad \text{Denklem (3.12)}$$

$$E_a = 0.27 \times U^2 \times (e_a - ed) \quad \text{Denklem (3.13)}$$

Bu denklemlerde;

E_a: Serbest su yüzeyinden günlük potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm/gün),

H: Net radyasyon,

B: Boltzman katsayısı,

RA: Atmosferin dış yüzeyine ulaşan aylık ortalama radyasyon,

RH: Bağıl nem (%),

γ : Psikrometrik sabit (kPa/°C),

N: Maksimum güneşli günler (saat/gün),

n: Ortalama güneşleme süresi (saat/gün),

ea: Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı (mmHg),

ed: Doymuş buhar basıncı (mmHg),

t: Ortalama sıcaklık (°C),

r: Buharlaşma yüzeyine bağlı yansıtma (Albedo) katsayısı,

U₂: Yeryüzeyinden 2 m yükseklikteki rüzgar hızı (m/sn)'ni göstermektedir.

Denklemlerdeki parametrelerin bir kısmı meteorolojik veriler ile, bir kısmı tablolar ve çizelgeler yardımıyla, bir kısmı da denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Serbest su yüzeyi için albedo değeri aylara göre (Kasım-Ocak: 0.12, Şubat-Mart, Eylül-Ekim: 0.10, Nisan-Ağustos: 0.08) değişken olmakla birlikte bu çalışmada 0.08 ile 0.12 arasında değişmektedir (Penman, 1948). Rüzgar hızı verileri değerlendirildiğinde, ülkemizdeki meteoroloji gözlem istasyonlarında gözlenen rüzgar hızları yeryüzeyinden 10 m yükseklikte ölçülen verilerdir. Fakat Penman yönteminde buharlaşma hesaplamalarında rüzgar hızının yeryüzeyinden 2.0 m yukarıdaki ölçülen hız verisini gerektirmesi nedeniyle rüzgar hızı, tablolar yardımıyla yüzeyden 2.0 m yükseklikteki rüzgar hız verisine dönüştürülmüştür. İnceleme alanında yer alan Kırşehir MGİ için 1970-2020 yılları arasında serbest su yüzeyinden aylık toplam buharlaşma miktarları Penman yöntemi ile 1024.55 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.12 ve Çizelge 3.13).

Penman yöntemi ile hesaplanan aylık buharlaşma miktarı göle en yakın olan Kırşehir MGİ tarafından ölçülen tava buharlaşması ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Penman yöntemi ile hesaplanan buharlaşma değerlerinin MGİ ölçümleri ile yakın olması ($r=0.94$) serbest su yüzeyinden buharlaşma hesaplamalarında bu yöntemin kullanılabilir olacağını göstermektedir. Çalışma alanında Kırşehir MGİ için Penman yöntemi ile hesaplanan buharlaşma miktarı (1024.55 mm/yıl) ve uzun yıllar ortalama göl alanı (34 km²) çarpılarak serbest su yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma miktarı **34.8x10⁶ m³/yıl** olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.12. Kırşehir MGİ için Penman Yöntemi ile serbest su yüzeyinden hesaplanan aylık buharlaşma-terleme değerleri

	Kırşehir MGİ (1970-2020) Penman Yöntemi											
Parametreler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık (°C)	-0.25	1.44	5.67	10.79	15.33	19.64	23.23	23.15	18.90	12.94	6.27	1.62
(1-r)*Ra	7.48	9.45	11.43	13.43	14.81	15.55	15.09	14.26	12.06	10.08	7.74	7.04
Ra	8.50	10.50	12.70	14.60	16.10	16.90	16.40	15.50	13.40	11.20	8.80	8.00
n(saat/gün)	3.05	4.13	5.23	6.34	8.25	10.18	11.26	10.67	9.05	6.69	4.92	3.04
N(saat/gün)	9.80	10.80	11.80	13.20	14.00	14.40	14.20	13.40	12.40	11.30	10.30	9.80
Rc	2.62	3.69	4.84	5.97	7.47	8.85	9.30	8.81	7.01	5.10	3.43	2.47
B	11.00	11.20	12.20	13.66	14.40	14.80	15.40	15.30	14.70	13.40	12.40	11.30
RH	0.79	0.74	0.67	0.63	0.61	0.55	0.48	0.48	0.52	0.62	0.72	0.79
ea	4.52	5.07	6.86	9.71	12.95	17.00	21.19	21.19	16.36	11.15	7.11	5.11
ed	3.55	3.74	4.58	6.13	7.86	9.28	10.18	10.16	8.45	6.97	5.10	4.04
Rb	1.63	1.87	2.20	2.39	2.72	3.07	3.37	3.39	3.24	2.70	2.30	1.63
H	0.99	1.82	2.65	3.58	4.75	5.78	5.93	5.42	3.77	2.40	1.13	0.84
U10	2.04	2.41	2.58	2.51	2.43	2.89	3.70	3.62	2.82	2.32	2.08	2.00
U2	0.90	1.20	1.50	1.30	1.20	1.80	2.30	2.20	1.75	1.10	0.95	0.85
Ea	0.24	0.43	0.92	1.26	1.65	3.75	6.84	6.55	3.74	1.24	0.52	0.24
λ/γ	0.70	0.85	1.00	1.20	1.75	1.90	2.34	2.20	1.90	1.30	1.10	0.90
$\lambda/\gamma+1$	1.70	1.85	2.00	2.20	2.75	2.90	3.34	3.20	2.90	2.30	2.10	1.90
E (mm.su/gün)	0.55	1.07	1.78	2.52	3.62	5.08	6.20	5.78	3.76	1.89	0.84	0.52
Ep(mm.su/ay)	17.0	29.9	55.3	78.2	108.6	157.5	186.1	179.0	112.8	58.7	25.1	16.3
Toplam (mm/yıl)	1024.55											

	Meteorolojik Verilerden Elde Edilmiş Parametreler
	Tablolar ve Çizelgeler Yardımıyla Elde Edilmiş Parametreler
	Denklemler Yardımıyla Gerçekleştirilen Hesaplamalar

Çizelge 3.13. Kırşehir MGİ için Penman yöntemi ile hesaplanan serbest su yüzeyinden gerçekleşen aylık toplam buharlaşma değerleri

Kırşehir MGİ (1970-2020) Aylık Buharlaşma Miktarı													
Serbest Su Yüzeyinden Buharlaşma	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Penman Yöntemi (mm/ay)	16.99	29.90	55.31	78.19	108.61	157.52	186.09	179.05	112.79	58.73	25.11	16.25	1024.5
Tava Buharlaşması (mm/ay)	*	*	*	92.8	158.9	218.5	299.1	288.0	192.3	104.6	18.9	*	1373.1
Penman /Tava Buharlaşması Oranı	*	*	*	0.84	0.68	0.72	0.62	0.62	0.59	0.56	1.33	*	

*Ölçüm bulunmamaktadır.

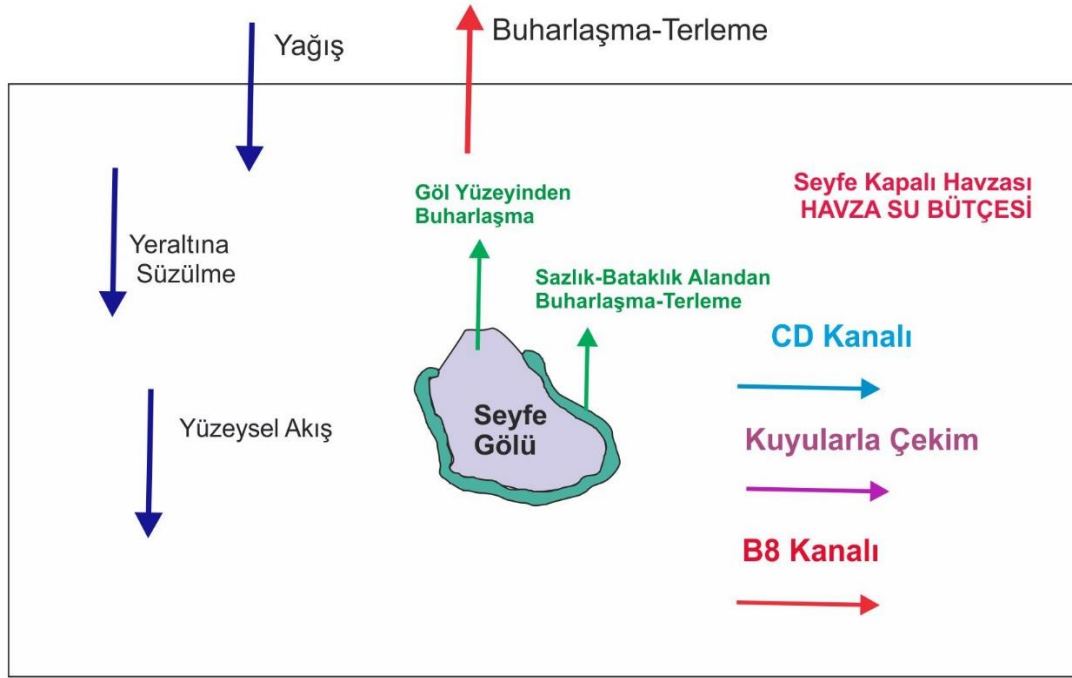
3.8. Havza Ölçeğinde Su Bütçesi Hesaplamaları (1970-2020)

Havza için hidrolojik veriler kullanılarak hesaplanan su bütçesi elemanlarının beslenim ve boşalım bileşenleri ayrı ayrı hesaplanmış ve Çizelge 3.14'te verilmiştir.

Çizelge 3.14. Seyfe Havzası su bütçesi bileşenleri

Beslenim	$\times 10^6$ (m ³ /yıl)	Boşalım	$\times 10^6$ (m ³ /yıl)
Yağıştan Beslenim	565	Buharlaşıma-Terleme	484.05
Yeraltına Sızma	25.78	Şahıs kuyuları	32.08
		DSİ Kuyuları	8.1
Yüzeysel Akışa Geçen Su Miktarı	15.37	Evsel Kullanım	1.68
		Sazlık Bataklık Alandan Buharlaşıma-Terleme	6.73
		Göl Yüzeyinden Buharlaşıma Miktarı	34.8
		B8+CD Drenaj Kanalları ile Havza Dışına Akış	39.72
Beslenim Toplam:	606.15	Boşalım Toplam:	607.16

Su bütçesi bileşenleri değerlendirildiğinde havzada hesaplanan toplam beslenim miktarı 613.20×10^6 m³/yıl, toplam boşalım miktarı ise 613.96×10^6 m³/yıl'dır (Çizelge 3.14). Hazırlanan su bütçesinde, beslenim ile boşalım arasında <%10'dan küçük (1.01×10^6 m³/yıl) hata payı bulunmaktadır. Bu durum gerek göl havzasında düzenli veri ölçümü sağlayan akım gözlem istasyonunun bulunmaması gerekse gölü boşaltan ve gölü besleyen bileşenlerin tarihsel süreçte hassas, yeterli ve doğru ölçümlerinin gerçekleşmemesi şeklinde açıklanabilir. Havza kapalı bir havza olup boşalım bileşenleri içerisinde en fazla payı kuyularla çekim sürecinin oluşturduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.19.Seyfe kapalı havzası bütçe bileşenleri

Havzada gerçekleşen tüm doğal ve insan etkili süreçler havza genelinde kaynakların debilerinin azalmasına, kuyularda yeraltı suyu seviye düşümlerinin artmasına, gölü besleyen kaynakların kurumasına ve göl alanında seviye düşümlerine neden olmaktadır. Bu konu ile ilgili ayrıntılı değerlendirmeler tez metninin 5. (Seyfe Gölü Zamansal Değişimi) ve 8. (Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişiminin Göl Hidrolojisine Etkisi) bölümlerinde verilmiştir.

3.9. Bütçe Hesaplamalarına Yönelik Genel Değerlendirmeler

Havza ölçeğinde yapılan genel havza bütçesi hesaplamalarına göre Seyfe Göl alanı günümüzde yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Havzada genel yeraltı suyu akım yönü Seyfe Gölü'ne doğrudur. Mermer akiferinden meydana gelen yeraltı suyu boşalımları gölün besleniminde önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte yeraltısuyu taşıyan Neojen örtüdeki litolojik birimlere bağlı olarak (kil, çamurtaşı vb.) göle gelen boşalımların, düşük düzeylerde kaldığı belirlenmiştir. Bu durum örtü birimden gelen beslenimin göl tabanındaki geçirimsiz kil örtüsüne yanal ve düşey yönde sınırlı miktarda sızmalar ile gerçekleştiğini düşündürmektedir. Aksi durumda yeraltından

göle sürekli beslenim olması ihtimalinde göl alanının bu kadar hızlı küçülerek kurumasının beklenmeyeceği düşünülmektedir. Yine göl havzasında geçmişte göl su seviyesindeki yükselmelerin kontrol edilmesi ve fazla suyun tahliyesi amacıyla drenaj kanalları açılmıştır. Günümüzde kuraklık ve yok olma durumu ile karşı karşıya olan göl alanına doğrudan ulaşacak olan beslenimin göle ulaşmadan kanallara yönelmesi ve kanalın akış yönüne bağlı olarak beslenimin bir miktarının havza dışına yönlendiği gözlenmektedir.

4. HİDROJEOLOJİ

İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafi istifinde yer alan litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak havzanın hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Hidrojeoloji haritası hazırlanırken önceki yıllarda yapılan çalışmalardan, jeoloji haritalarından ve arazi gözlemlerinden yararlanılmıştır. Tezin bu bölümü akifer ortamların ayırtlanması, akifer birimlerin kalınlık ve yayılımı, hidrostratigrafik istif ve hidrojeolojik kesitlerin oluşturulması ile litolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerine yönelik değerlendirmeler içermektedir.

4.1. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

İnceleme alanında yüzeyleyen litolojik birimler, yeraltı suyu bulundurma ve iletim özelliklerine göre geçirimli, yarıgeçirimli ve geçirimsiz birimler olarak ayırtlanmış ve haritalanmıştır (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Tez alanında açılan kuyulara ait loglar, arazi gözlemleri ve literatür incelemeleri birlikte değerlendirilerek birimlerin hidrojeolojik özellikleri belirlenmiştir.

4.1.1. Geçirimsiz Birimler

Çalışma alanında geçirimsiz birimler alanın kuzeybatısında dar bir kesimde yüzeyleyen Üst Kretase yaşlı bazalt ve diyabaz gibi volkanik kayaların altere olmamış, çatlak ve kırık içermeyen zonları ile bölgenin temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfik seriye ait kuvarsit, amfibol, şist ve gnays gibi litolojilerdir. Bu birimler yeraltı suyu bulundurmaması ve iletmemesi nedeniyle hidrojeolojik yönden

geçirimsiz olarak değerlendirilmiştir. Havza içerisinde magmatik birimlerde açılan sondaj kuyusu mevcut değildir. Ayrıca Neojen yaşlı çökellerin marn, kil, çamurtaşı araldanmasından oluşan seviyeleri yeraltı suyu taşımaması ve iletmemesi nedeniyle geçirimsiz ortam olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).

4.1.2. Geçirimli Birimler

İnceleme alanının temelini oluşturan Kırşehir Masifi içerisinde yer alan Paleozoyik yaşlı mermerler ve kristalize kireçtaşları akifer özelliği göstermektedir. Toplamda 61 km² bir alanda yüzlek veren mermer ve kristalize kireçtaşı birimlerinin alt-üst seviyelerinde yer yer gnays, şist, amfibolit, kuvarsit birimleri gözlenmektedir. Mermer birimler inceleme alanının batı, güney ve güneybatı kesimlerinde görece geniş alanda yüzlekler verirken, kuzey ve kuzeydoğu kesimlerinde ise birbirlerinden kopmuş olarak gnays, şist ve amfibolitler arasında dar alanlarda sınırlı yüzlekler vermektedir. Çalışma alanındaki tektonik aktivitelerin etkisi ile kristalen kireçtaşı ve mermer seviyeler çatlaklı ve kırıklı bir yapı kazanmıştır. Gerek saha gözlemleri, gerekse literatürdeki çalışmalar incelendiğinde; çalışma alanında içme, kullanma ve tarımsal sulama amaçlı bu litolojik birim içerisinde açılmış ve verimi yüksek sondaj kuyuları mevcuttur. Mermer ve kireçtaşı akiferini kesen sondaj kuyularından oldukça yüksek verimler (11.67 - 94.4 l/s) alındığı belirlenmiştir (DSİ, 2004). Bazı kuyularda ise mermerler ile birlikte şist bantlarının yer alması kuyu verimlerinin düşmesine neden olmuştur (Şekil 4.3). Ayrıca çalışma alanı içerisindeki kaynak boşalımları bu birimden gerçekleşmektedir. Havzada mermer ve kristalize kireçtaşı akiferinin kalınlığı oldukça değişkendir. Açılan sondaj kuyu logları incelendiğinde; mermer akiferinin kalınlığının Karacaören'de 40 m, Eskidoğanlı'da 78-80 m arasında, Yenidoğanlı-Malya'da 26-68 m arasında, Boztepe'de 40-43 m arasında, Kızıldağyeniyapan'da 150 m ve Göllü'de 100 m civarında olduğu belirlenmiştir (EK 1.18 - EK 1.25). Paleozoyik yaşlı kristalize kireçtaşlarında ve mermer birimlerde açılan sondaj kuyularının iletimlilik (T) değerleri 32 - 4699 m²/gün, verimleri 11.67 - 94.4 l/s, özgül kapasiteleri ise 1.4 - 45.8 l/s/m aralığında hesaplanmıştır (DSİ, 2004). Bu bağlamda Paleozoyik yaşlı kristalize kireçtaşı ve mermer seviyelerin kırıklı ve çatlak içeren kesimleri ile faylanmış kesimleri yeraltı suyunu bulundurması ve iletmesi sebebiyle hidrojeolojik açıdan akifer özelliği sergilemektedir. Havzada bir diğer akifer özelliğine sahip birim ise geniş bir alanda yüzeylenen (1179 km²)

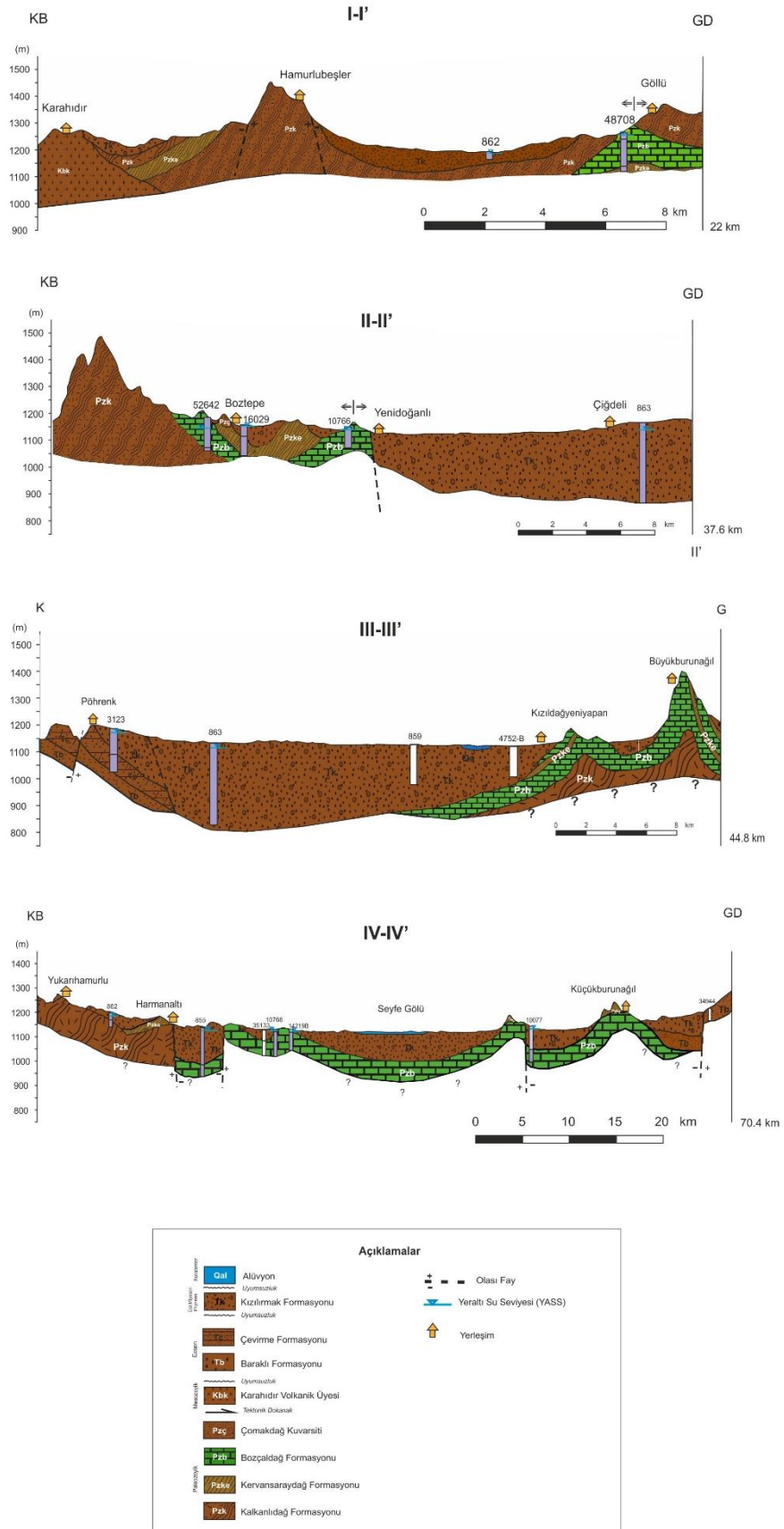
Kızılırmak Formasyonu'dur. Çalışma alanında formasyonun geçirirliliğinin oldukça değişken olduğu görülmektedir. Genellikle Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı örtü birimde açılan sondaj kuyularının görece yüksek verime sahip olanlarının Kızılırmak Formasyonu'nun çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşı seviyelerini kestiği belirlenmiştir. Açılan kuyularda formasyonun kireçtaşı kesilen seviyelerinden diğer litolojilere göre daha yüksek verim alınabildiği görülmüştür (DSİ, 2004). Buna göre havzadaki Neojen yaşlı formasyonların kireçtaşı seviyeleri yerel akifer oluşturabilme özelliğine sahiptir. Bir diğer akifer ortam ise Seyfe Gölü ve yakın çevresinde yüzeyleyen gevşek tutturulmuş kil, çakıl ve kumdan oluşan alüvyon birimlerdir. Birimin geçirirliliği yüksek (kum çakıl oranı yüksek) ve kalınlığının nispeten fazla olduğu kesimlerine açılan kuyulardan yerel halk su ihtiyacını karşılamaktadır. Dolayısıyla jeolojik birimin bu çakıllı kumlu seviyelerinin de akifer özelliğinde olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).

4.1.3. Yarıgeçirirli (Yerel Yeraltı Suyu İçeren) Birimler

İnceleme alanında geniş bir alanda yüzlek veren Neojen yaşlı birimlerin çakıltası-kumtaşı seviyeleri, üzerinde az geçirirli ve geçirimsiz marn, çamurtaşı ve kiltası gibi litolojiler ile ardalanmalı olarak yer almaktadır. Önceki çalışmalar kapsamında Neojen yaşlı birimlerde açılan sondaj kuyu logları incelendiğinde, bazı kuyulardan yüksek verimler alınabilirken, bazı kuyulardan oldukça düşük verimler (0.2 ile 2.5 l/s) alındığı belirlenmiştir. Bazı kuyulardan ise hiç verim alınamadığı belirlenmiştir (DSİ, 2004). Buna göre; Neojen yaşlı karasal çökellerin kumtaşı-çakıltası seviyelerinde açılan sondaj kuyularından yeraltı suyu alınabildiği belirlenmiştir. Verimin düşük olduğu sondaj kuyularında ise Kızılırmak Formasyonu'nun çakıltası-kumtaşı seviyelerinin marnlı ve killi seviyeler ile geçişli halde bulunması yeraltı suyunun iletiminde geciktirme oluşturması ve beslenimin zayıf olmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla birimin kalınlığının fazla olduğu kesimleri yarı geçirirli (akitard) olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	GRUP	FORMASYON	ÜYE	SİMGE	KALINLIK (m)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMALAR	HİDROJEOLojİK ÖZELLİKLER	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	TERSIYER	KUVATERSEN	PLIOSEN	OLİGOSEN	Kızılırmak	Pöhrenk İncir Karaklı	Tk Tkp Tkm Tkk	0-10 5-250		Alüvyon, traverten	Geçirimli	Birimin kalınlığının fazla olduğu çakıllı, kumlu kesimleri geçirimlidir.
										Çamurtaşı, çakıltası, kumtaşı, tuf, jips, anhidrit, kireçtaşı	Yarı Geçirimli	Havzada çok geniş yayılma sahiptir. Birimin gevşek tutturulmuş, çakıllı, kumlu ve kireçtaşı içeren seviyeleri geçirimlidir. Tkk seviyeleri yerel akifer özelliği gösterir.
										Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı	Yarı Geçirimli	Formasyonlar havzanın doğu ve güney kesiminde çok sınırlı bir alanda yüzlek vermektedir.
										Çamurtaşı, jips-anhidrit, tuz		
										Geçişli	Yarı Geçirimli (yer yer kireçtaşı seviyeleri geçirimli)	Silt taşı, çamurtaşı seviyeleri geçirimsizdir. Kireçtaşı seviyeleri yerel akifer oluşturabilir. Formasyonlar havzanın güneyinde çok sınırlı bir alanda yüzlek vermektedir. Akifer özelliği göstermez.
										Çamurtaşı, kumtaşı, kireçtaşı		
										Bazalt, aglomera, kireçtaşı, marn		
										Çamurtaşı, linyit	Yarı Geçirimli	
										Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı		
										Uyumsuzluk	Geçirimsiz	Kırık, çatlakları çok azdır. Su taşımaz ve suyu iletmez. Akifer özelliği göstermez.
PALEZOYİK	MESOZOYİK	ÜST KRETASE	? Santoniyen Kampaniyen	KIRŞEHİR MASİFİ	BS BG Kv	Kbu Kb Kbk	Pzç Pzh Pzb Pzke Pzk Pzkk	100-700 1000-2000		Granit, granodiyorit	Geçirimsiz	Kırık, çatlakları çok azdır. Su taşımaz ve suyu iletmez. Akifer özelliği göstermez.
										Siyanit, nefelin siyanit		
										Riyolit, riyodasit	Geçirimsiz	Kırık, çatlakları çok azdır. Çok az su içermektedir ve suyu iletmez. Akifer özelliği göstermez.
										Metagabro, amfibolit, mermer	Mermer birimleri geçirimli	Bol kırıklı, çatlaklıdır. Akifer özelliği gösterir. İkincil gözenekliliği yüksektir. Kuyularla su elde edilmektedir.
										Mermer, şist, amfibolit, kuvarsit		
										Gnays, şist, amfibolit, kuvarsit	Geçirimsiz	Kırık, çatlaklar çok azdır. Akifer özelliği göstermez.
										???		

Şekil 4.1. İnceleme alanı ve yakın çevresi genelleştirilmiş hidrostratigrafik kesiti (Ölçeksizdir)



Şekil 4.3. Çalışma alanına ait hidrojeolojik kesitler (I-I', II-II', III-III', IV-IV')

4.2. Yeraltı Suyu Seviye Gözlemleri

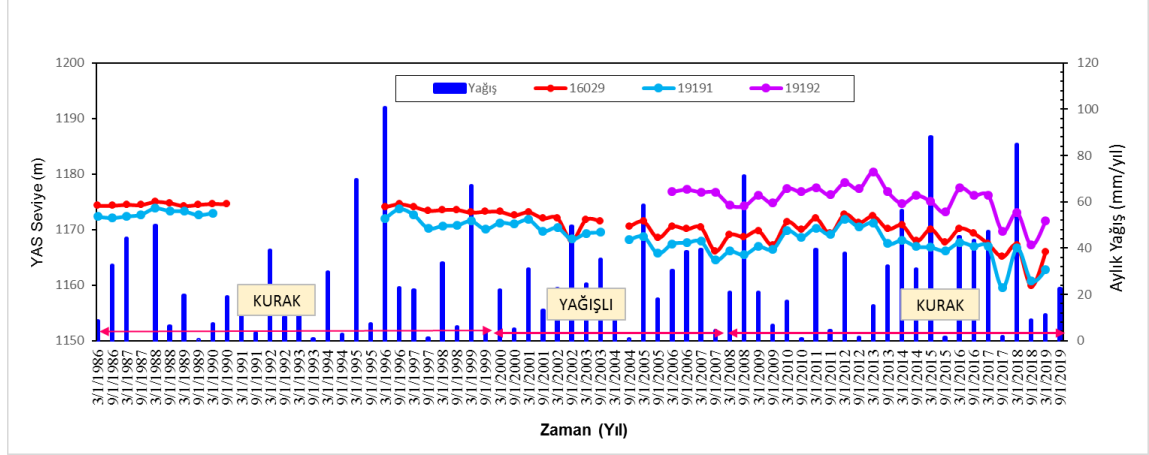
Seyfe Gölü Sulak Alan Havzasının Kavramsal Modelinin oluşturulması için, akifer birimlerindeki yeraltı suyu potansiyelinin belirlenmesi, yeraltı suyunun hareketi, akım yönü ve yeraltı suyu seviyesinin mevsimsel değişimi ve yüzeysuları ile ilişkilerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda havzadaki şahıs ve mevsimlik gözlem kuyularından dönemsel seviye ölçümleri ve örneklemeler gerçekleştirilmiştir (Foto 4.1).



Foto 4.1. Havzada açılmış şahıs kuyularından ve DSİ Mevsimlik Gözlem Kuyularından yerinde örnekleme ve ölçüm çalışmaları

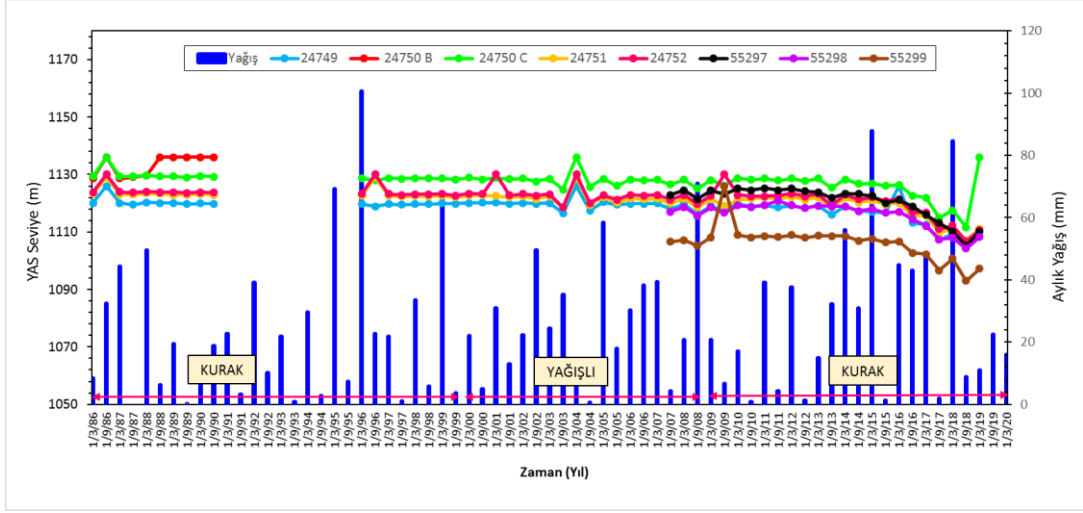
Boztepe bölgesinde açılmış mevsimlik gözlem kuyularında yağışlı dönemlerde uzun yıllar YAS'a olan derinlik seviyelerinin minimum ve maksimum değerleri 2.0 m ile

25.4 m arasında değişirken, kurak dönemlerde ise bu değer 2.2 m ile 29.8 m arasında değişmektedir. Bununla birlikte bu bölgede uzun yıllar ortalama yeraltı suyu seviye değişimi kurak dönemde 6.5 m ile 22.3 m arasında değişirken, yağışlı dönemde 5.4 ile 21.1 m arasında değişmektedir. Boztepe bölgesinde uzun yıllar ortalama YAS seviyesi ise 1172 m ile 1177 m arasında değişmektedir (Şekil 4.4).



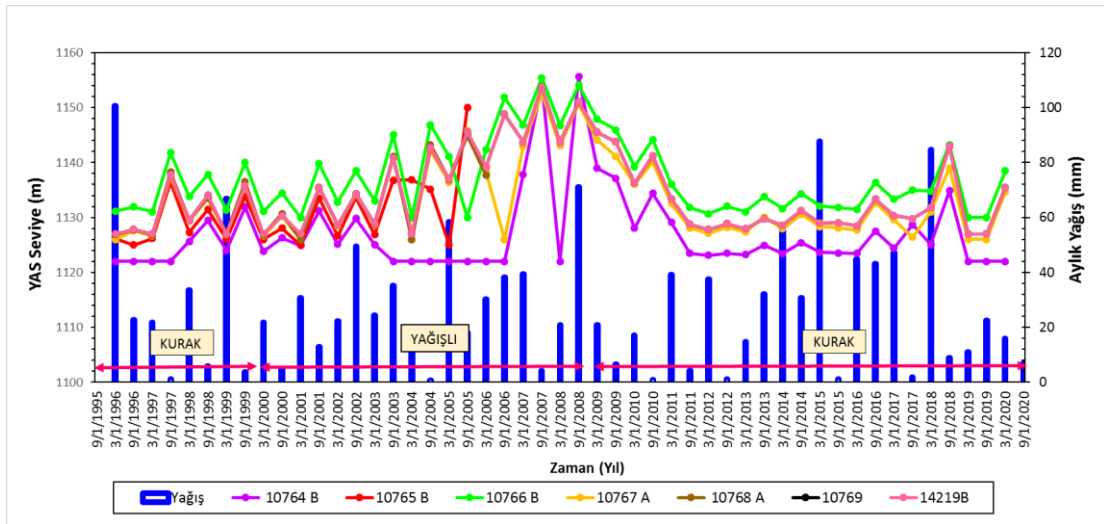
Şekil 4.4. Boztepe bölgesi DSİ YAS seviye gözlemleri ve Kırşehir MGI aylık toplam yağış değerleri

Eskidoğanlı bölgesinde açılmış mevsimlik gözlem yapılan kuyularda yağışlı dönemlerde uzun yıllar YAS'a olan derinliğin minimum ve maksimum değerleri 5.45 m ile 28.8 m arasında değişmektedir. Kurak dönemlerde ise bu değer 5.84 m ile 32.94 m arasındadır. Bununla birlikte bu bölgede uzun yıllar ortalama yeraltı suyu seviye değişimi kurak dönemde 6.92 m ile 17.09 m arasında, yağışlı dönemde ise 6.99 ile 19.85 m arasında değişmektedir. Eskidoğanlı bölgesinde uzun yıllar ortalama YAS seviyesi ise 1108 m ile 1133 m arasında değişmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Eskidoğan bölgesi DSİ YAS seviye gözlemleri ve Kırşehir MGI aylık toplam yağış değerleri

Yenidoğanlı bölgesinde açılmış mevsimlik gözlem kuyularında yağışlı dönemlerde uzun yıllar YAS'a olan derinliğin minimum ve maksimum değerleri 0.01 m ile 19.54 m arasında değişirken, kurak dönemlerde bu değer 0.38 m ile 33.59 m arasında değişmektedir. Bununla birlikte bu bölgede uzun yıllar ortalama yeraltı suyu seviye değişimi kurak dönemde 9.89 m ile 11.46 m arasında değişirken, yağışlı dönemde 3.84 ile 7.68 m arasında değişmektedir. Yenidoğanlı bölgesinde uzun yıllar ortalama YAS seviyesi ise 1127 m ile 1134 m arasında değişmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Yenidoğanlı bölgesi DSİ YAS seviye gözlemleri ve Kırşehir MGI aylık toplam yağış değerleri

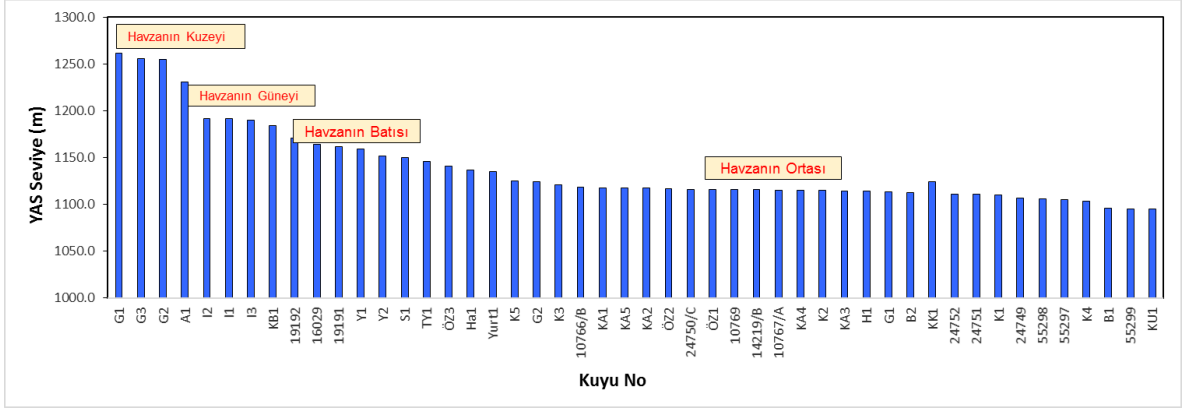
Özellikle havza genelinde 2008 yılından itibaren gerek iklimsel faktörler (yağışların azalması, buharlaşmanın artması, kurak döneme girilmesi) gerekse yaz aylarında tarımsal sulama amaçlı yoğun yeraltı suyu kullanımının artması nedeniyle yeraltı suyu seviyesindeki düşümlerin giderek arttığı gözlenmiştir. Bununla birlikte beklendiği üzere yağışlı dönemde düşen yağış miktarının artması, ardışık yağışların gerçekleşmesi ve sulama amaçlı yeraltı suyu kullanımının azaldığı aylarda yeraltı suyu seviyesinde yükselmelerin gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

4.2.1. Yeraltı Suyu Seviye Gözlemleri - Mayıs 2021

2021 yılı Mayıs ayında gerçekleştirilen arazi çalışması kapsamında havzadaki yerleşim yerlerinde açılmış şahıs kuyularından yeraltı suyu seviye ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Çizelge 4.1).

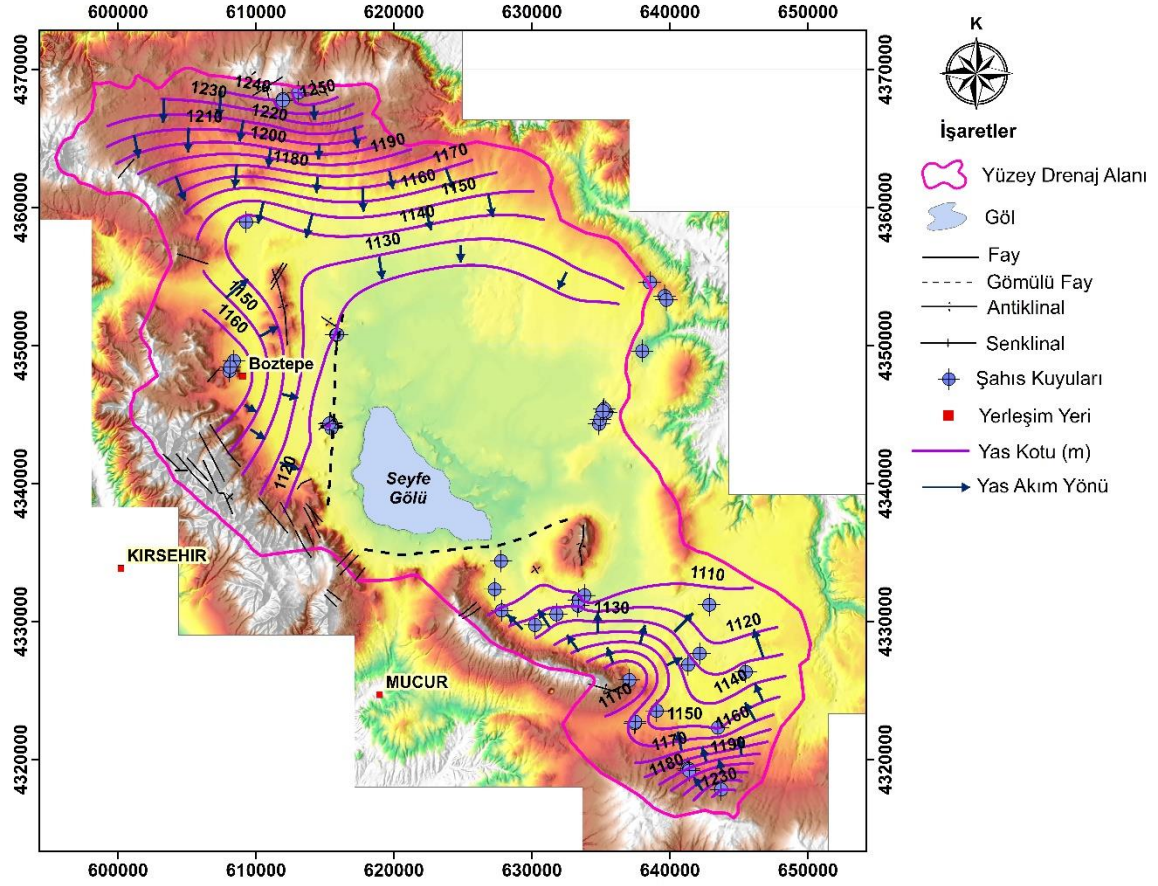
İzlenen yöntem kapsamında kuyu başı kotları Magellan Explorist EI tipi GPS (Geological Positioning System) aleti ile ölçülmüştür. Kuyu başı kotundan itibaren yeraltı suyu seviyesinin ne kadar derinde (YAS'a olan derinlik) olduğu yeraltı suyu seviye ölçer yardımıyla ölçülmüş sonrasında, ölçülen kuyu başı kotlarından suya derinlik değerleri çıkarılmıştır. Buna göre her bir örnekleme noktası için yeraltı suyu seviye kotu belirlenmiştir. Ayrıca havza alanındaki akifer birimlerindeki yeraltı suyu seviyesinde gerçekleşen değişimleri hesaplamak için "DSİ Kayseri Bölge Müdürlüğü Yeraltı Suları Şube Müdürlüğü'nün" mevsimlik gözlem kuyularındaki uzun dönemli ölçümlerinden de yararlanılmıştır.

Havzadaki ölçüm yapılan kuyularda 2021 yılı Mayıs ayı için YAS'a olan derinlik 0.97 m - 45 m arasında değişmektedir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.7. Yağışlı dönem (Mayıs 2021) YAS seviye dağılımı

Havzada 2021 yılı Mayıs ayı için en düşük ve en yüksek yeraltı suyu seviyesi sırası ile 1095.03 m ile havzanın orta kesiminde (Kuşaklı, Eskidoğanlı, Budak) ve 1262 m ile havzanın kuzey kesiminde (Göllü) ölçülmüştür. (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 ve Çizelge 4.1).



Şekil 4.8. Yağışlı dönem (Mayıs) YAS seviye haritası

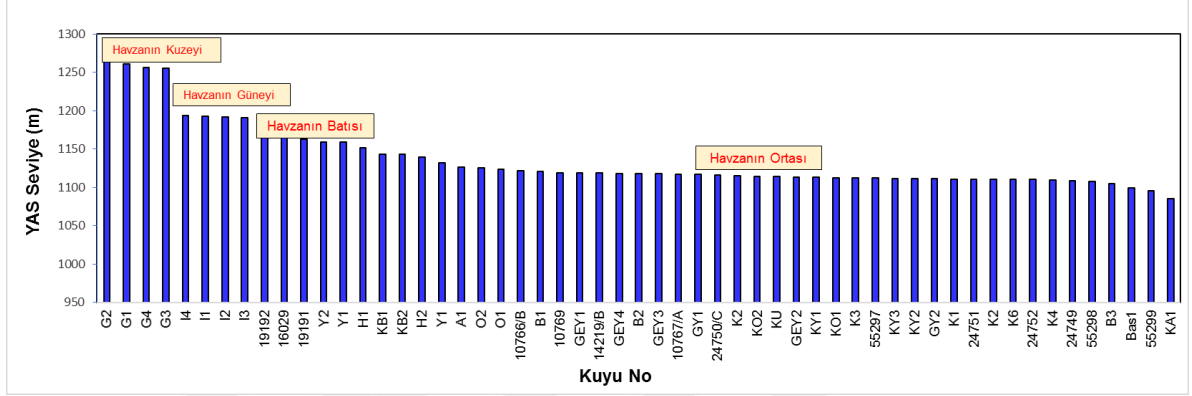
Çizelge 4.1. Yağışlı dönem (Mayıs 2021) yeraltı suyu seviye gözlemlerine ait bilgiler

Örnekleme Noktası	Lokasyon	Açıklamalar	X	Y	Z (m)	Mayıs 2021
						YAS Kotu (m)
G1	Göllü	Şahıs Kuyusu	613088	4368326	1274	1262.0
G3	Göllü	Şahıs Kuyusu	611966	4367738	1283	1256.2
G2	Göllü	Şahıs Kuyusu	611961	4367837	1287	1255.1
A1	Avuç	Şahıs Kuyusu	643724	4317812	1235	1231.1
I2	İlcek-2	Şahıs Kuyusu	641285	4319329	1197	1192.0
I1	İlcek-1	Şahıs Kuyusu	641388	4319299	1196	1191.7
I3	İlcek-3	Şahıs Kuyusu	641408	4319186	1195	1190.2
KB1	Küçükburunağıl	Şahıs Kuyusu	637067	4325744	1199	1184.0
19192	Boztepe	DSİ Gözlem Kuyusu	608078	4348149	1197	1170.5
16029	Boztepe	DSİ Gözlem Kuyusu	608420	4348872	1177	1164.6
19191	Boztepe	DSİ Gözlem Kuyusu	608145	4348425	1185	1161.7
Y1	Yeğenağa-1	Şahıs Kuyusu	637462	4322619	1167	1159.5
Y2	Yeğenağa-2	Şahıs Kuyusu	637499	4322720	1158	1152.0
S1	Sadık	Şahıs Kuyusu	643488	4322293	1154	1150.0
TY1	Tataryeğenağa	Şahıs Kuyusu	639046	4323519	1159	1146.2
ÖZ3	Özce	Şahıs Kuyusu	638557	4354571	1186	1141.0
HA1	Harmanaltı	Hendek Kazılmış	609302	4358938	1142	1137.0
Yurt1	Yurtyeri	Şahıs Kuyusu	645498	4326336	1145	1134.7
K5	Kıran-5	Şahıs Kuyusu	631788	4330506	1131	1125.0
G2	Geycek-2	Şahıs Kuyusu	630238	4329731	1139	1124.0
K3	Kıran-3	Şahıs Kuyusu	633351	4331134	1124	1121.0
10766/B	Malya	DSİ Gözlem Kuyusu	615856	4350776	1130	1118.5
KA1	Karaarkaç-1	Şahıs Kuyusu	634876	4344305	1121	1118.0
KA5	Karaarkaç-5	Şahıs Kuyusu	635384	4345158	1120	1118.0
KA2	Karaarkaç-2	Şahıs Kuyusu	634965	4344655	1120	1117.3
ÖZ2	Özce	Şahıs Kuyusu	639625	4353569	1161	1117.1
24750/C	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615510	4344056	1136	1116.3
ÖZ1	Özce	Şahıs Kuyusu	639758	4353290	1157	1116.0
10769	Malya	DSİ Gözlem Kuyusu	615829	4350759	1129	1115.8
14219/B	Malya	DSİ Gözlem Kuyusu	615848	4350759	1127	1115.6
10767/A	Malya	DSİ Gözlem Kuyusu	615901	4350789	1126	1115.4
KA4	Karaarkaç-4	Şahıs Kuyusu	635245	4345388	1121	1115.4
K2	Kıran-2	Şahıs Kuyusu	633383	4331566	1125	1115.0
KA3	Karaarkaç-3	Şahıs Kuyusu	635142	4345234	1119	1114.4
H1	Hasanlar	Şahıs Kuyusu	642862	4331197	1132	1114.0
G1	Geycek -1	Şahıs Kuyusu	627822	4330782	1141	1113.1
B2	Budak	Şahıs Kuyusu	627776	4334369	1122	1113.0
KK1	Küçük Karaova	Şahıs Kuyusu	642164	4327665	1142	1111.5
24752	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615438	4344374	1130	1111.0
24751	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615447	4344342	1129	1110.7
K1	Kıran-1	Şahıs Kuyusu	633403	4331509	1125	1110.0
24749	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615511	4344120	1126	1106.7
55298	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615474	4344168	1129	1106.3
55297	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615476	4343994	1134	1105.2
K4	Kıran-4	Şahıs Kuyusu	633813	4331879	1124	1103.6
B1	Budak	Şahıs Kuyusu	627312	4332321	1136	1096.0
55299	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615331	4344331	1126	1095.4
KU1	Kuşaklı	Şahıs Kuyusu	638000	4349585	1096	1095.0

4.2.2. Yeraltı Suyu Seviye Gözlemleri-Ekim 2021

Havzadaki ölçüm yapılan kuyularda 2021 yılı Ekim ayı için yeraltı suyuna olan derinlik seviyeleri 2 m ile 60 m arasında değişmektedir.

Ölçüm yapılan kuyularda yeraltı suyu seviyesinin 1085 m ile 1268.6 m arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.2). Havzada 2021 yılı - Ekim ayı için en düşük yeraltı suyu seviyesi 1085 m (Yazıkınık); en yüksek yeraltı suyu seviyesi ise 1268.6 m olarak havzanın kuzeyi (Göllü) olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.2, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10).

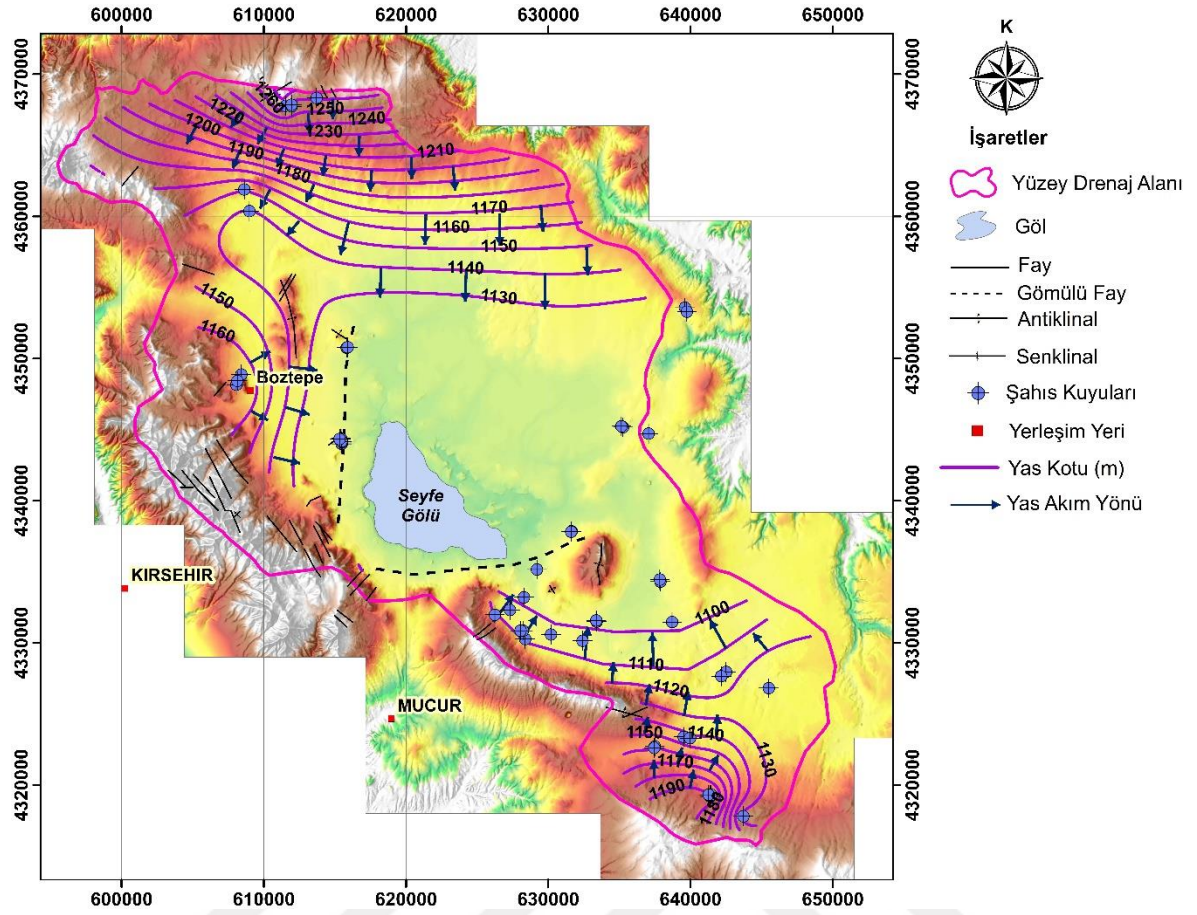


Şekil 4.9. Kurak dönem (Ekim 2021) yas seviye dağılımı

Çalışma alanında Ekim 2021 döneminde yeraltı suyu akım yönü havzanın batısında doğuya doğru, güney doğusunda kuzeydoğuya doğru, havzanın kuzeyinde güneye doğru olup, genel yeraltı suyu akımının Seyfe Göl'üne doğru olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).

Havzanın kuzeyinde Göllü ve yakın kesimlerde hidrolik gradyan 0.010-0.012 arasında değişirken, havzanın batısında 0.012-0.014; havzanın güneyinde 0.010 ve göl alanına yaklaştıkça 0.006-0.002 değerleri arasında değişmektedir.

Potansiyel yeraltı suyu beslenme alanları ise havzanın kuzeyinde Göllü, batısında Çimeli, güneybatı ve güneydoğu bölümünde Geyicek dağ sıralarında parçalı yüzlekler veren Bozçaldağ Formasyonuna ait mermer ve kristalize kireçtaşı seviyeleridir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Kurak dönem (Ekim 2021) YAS seviye haritası

Çizelge 4.2. Kurak dönem (Ekim 2021) yeraltı suyu seviye gözlemlerine ait bilgiler

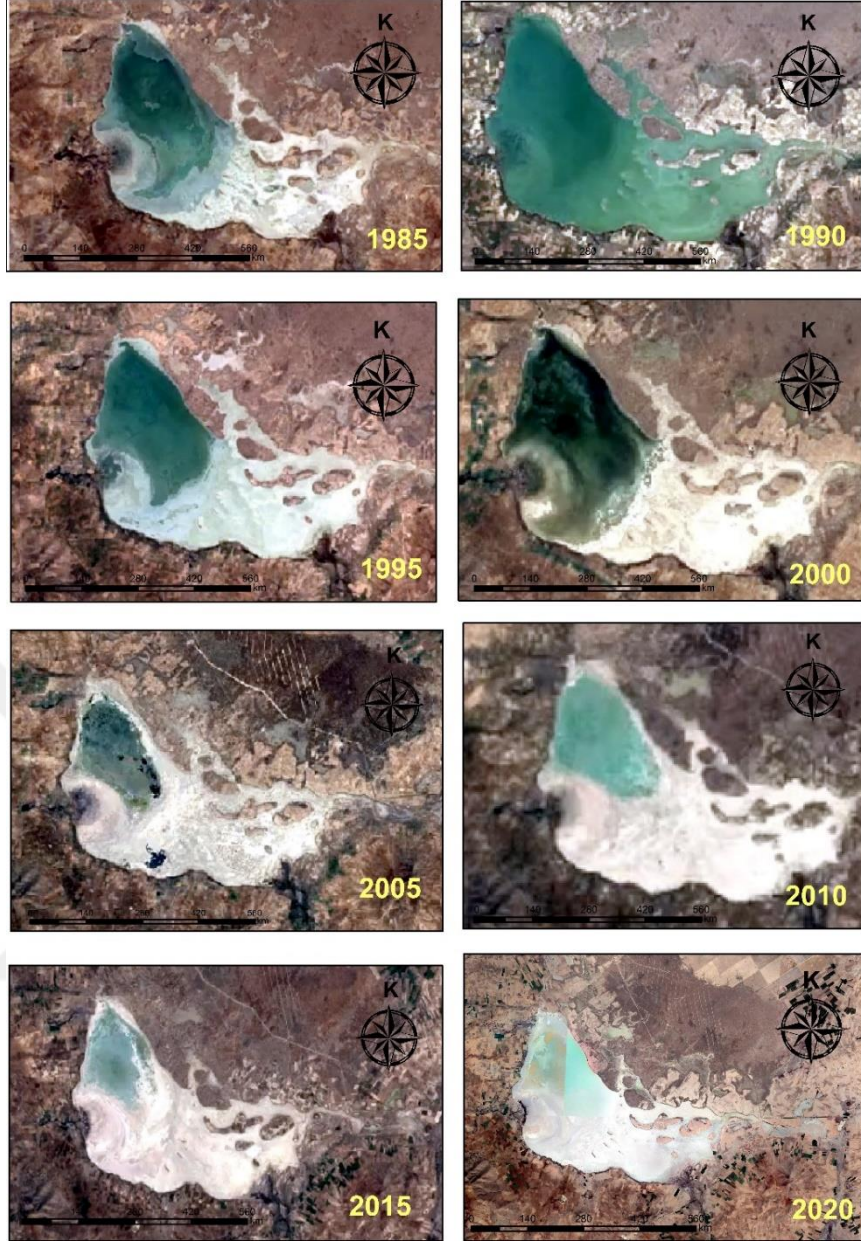
Örnekleme Noktası	Lokasyon	Açıklamalar	X	Y	Z (m)	Ekim 2021
						YAS Kotu (m)
G2	Göllü-2	Şahıs Kuyusu	611541	4367769	1295	1268.6
G1	Göllü-1	Şahıs Kuyusu	613713	4368318	1274	1261.2
G4	Göllü-4	Şahıs Kuyusu	611965	4367734	1283	1256.6
G3	Göllü-3	Şahıs Kuyusu	611960	4367839	1287	1255.5
I4	İlice-4	Şahıs Kuyusu	641399	4319203	1196	1194.0
I1	İlice-1	Şahıs Kuyusu	641386	4319304	1196	1192.7
I2	İlice-2	Şahıs Kuyusu	641453	4319327	1195	1192.3
I3	İlice-3	Şahıs Kuyusu	641283	4319328	1197	1190.8
19192	Boztepe	DSİ Gözlem Kuyusu	608078	4348149	1197	1166.4
YEGEN2	Yeğenağa-2	Şahıs Kuyusu	637498	4322721	1167	1159.0
YEGEN1	Yeğenağa-1	Şahıs Kuyusu	637456	4322612	1168	1159.0
16029	Boztepe	DSİ Gözlem Kuyusu	608420	4348872	1177	1158.1
19191	Boztepe	DSİ Gözlem Kuyusu	608145	4348425	1185	1157.4
H1	Harmanaltı-1	Şahıs Kuyusu	608638	4361882	1163	1151.7
KB1	Küçükburunağıl-1	Şahıs Kuyusu	639528	4323394	1156	1143.4
KB2	Küçükburunağıl-2	Şahıs Kuyusu	639971	4323309	1157	1142.8
H2	Harmanaltı-2	Şahıs Kuyusu	608994	4360365	1147	1139.9
YURT	Yurtyeri-1	Şahıs Kuyusu	645516	4326827	1141	1132.0
A1	Avuç-1	Şahıs Kuyusu	643723	4317815	1132	1126.5
O1	Özce-1	Şahıs Kuyusu	639756	4353290	1157	1123.8
O2	Özce-2	Şahıs Kuyusu	639620	4353576	1161	1123.6
BUDAK1	Budak-1	Şahıs Kuyusu	627314	4332319	1136	1121.0
GEY1	Geyicek-1	Şahıs Kuyusu	630198	4330595	1133	1118.6
GEY4	Geyicek-4	Şahıs Kuyusu	628385	4330279	1142	1118.2
B2	Budak-2	Şahıs Kuyusu	628297	4333212	1127	1118.0
GEY3	Geyicek-3	Şahıs Kuyusu	628223	4330865	1135	1118.0
GÜZY1	Güzyurdu-1	Şahıs Kuyusu	637893	4334312	1122	1117.1
KA2	Karaarkaç-2	Şahıs Kuyusu	634965	4344655	1120	1117.0
10769	Malya	DSİ Gözlem Kuyusu	615829	4350759	1129	1115.8
KU2	Kuşaklı-2	Şahıs Kuyusu	635266	4345164	1120	1114.8
KO2	Karaova-2	Şahıs Kuyusu	642506	4327962	1141	1114.6
KU1	Kuşaklı-1	Şahıs Kuyusu	635146	4345233	1119	1114.3
GEY2	Geyicek-2	Şahıs Kuyusu	628060	4330861	1133	1113.7
KY1	Kızıldağ Yeniyanpan-1	Şahıs Kuyusu	629203	4335156	1122	1112.9
K3	Kıran-3	Şahıs Kuyusu	633376	4331569	1128	1112.8
KO1	Karaova-1	Şahıs Kuyusu	642166	4327665	1142	1112.8
24750C	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615510	4344056	1136	1112.3
KY3	Kızıldağ Yeniyanpan-3	Şahıs Kuyusu	631644	4337852	1122	1111.7
KY2	Kızıldağ Yeniyanpan-2	Şahıs Kuyusu	631616	4337814	1122	1111.1
GÜZY2	Güzyurdu-2	Şahıs Kuyusu	637848	4334464	1122	1111.0
K1	Kıran-1	Şahıs Kuyusu	633406	4331499	1125	1110.8
K2	Kıran-2	Şahıs Kuyusu	633403	4331508	1125	1110.5
K6	Kıran-6	Şahıs Kuyusu	632419	4330147	1127	1110.3
10766B	Malya	DSİ Gözlem Kuyusu	615856	4350776	1130	1110.0
K4	Kıran-4	Şahıs Kuyusu	633384	4331583	1125	1109.6
24751	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615447	4344342	1129	1106.8
14219B	Malya	DSİ Gözlem Kuyusu	615848	4350759	1127	1106.5
55298	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615474	4344168	1129	1106.3
24752	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615438	4344374	1130	1105.5
55297	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615476	4343994	1134	1105.2
B3	Budak-3	Şahıs Kuyusu	626251	4331982	1165	1105.0
10767A	Malya	DSİ Gözlem Kuyusu	615901	4350789	1126	1103.5
24749	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615511	4344120	1126	1102.9
BASK1	Başköy-1	Şahıs Kuyusu	638715	4331473	1130	1099.3
55299	Eskidoğanlı	DSİ Gözlem Kuyusu	615331	4344331	1126	1095.4
KA1	Karaarkaç-1	Şahıs Kuyusu	637061	4344717	1135	1085.0

5. SEYFE GÖLÜ YÜZEY ALANININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ

5.1. Seyfe Gölü

Seyfe Gölü kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı Seyfe Gölü Havzası'nın en düşük kota sahip yeridir. Göl yüzey alanının kuzey-güney yönündeki maksimum uzunluğu 11.5 km, Doğu-Batı yönündeki maksimum genişliği ise 6 km'dir. Göl ve çevresi sıg düzlük alanlarla çevrili olup yükselter 1110-1122 m arasında değişmektedir. Tarihsel süreçte Tersiyer döneminde denizin çekilmesi, alanın kara haline gelmesi, Anadolu'da kapalı havzalarda buharlaşma nedeniyle tuzlu ve jipsli tortulların oluşmasına neden olmuştur.

Aynı dönemde gerçekleşen tektonik etkiler nedeniyle çökmeler gerçekleşmiş ve çukur alanlar göllerle kaplanmıştır. Tez çalışmasına konu olan Seyfe Göl alanının oluşumunun Oligosen sonrası olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir (DSİ, 2004). Yapılan değerlendirmeler kapsamında geçmişten günümüze göl alanındaki doğal ve antropojenik etkiler nedeniyle göl su seviyesinde düşümler, yüzey alanında küçölme ve hacim de azalma olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. 1985-2020 yılları arasında Google Earth uydu görüntüleri ile göl yüzey alanındaki değişim

5.2. Kullanılan Uzaktan Algılama Verileri ve Özellikleri

Tez çalışması kapsamında 1985-2020 yılları arasında beşer yıllık periyotlar halinde göl yüzey alanında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Uzaktan algılama verisi olarak Amerika Jeolojik Araştırma Kurumunun (USGS) Earth Explorer portalından ücretsiz olarak temin edilen geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltmesi yapılmış “Landsat Level-2” uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Landsat uydu görüntüleri 1972 yılından beri aktif veri sağlayan kaynaklardır. Bu çalışma kapsamında “Landsat 8 OLI” ve “Landsat 5 TM” uydularının 176/33 yörünge-satır numaralı, 30 m mekansal çözünürlüğe sahip çok bantlı uydu görüntüleri seçilmiştir. Uydu görüntüleri seçilirken çalışma alanının yıllık yağış rejimi ve iklimsel özelliklerine (kurak-yağışlı dönemler) dikkat edilmiştir. Bu kapsamda göl alanının 1985-2020 yılları arasında kurak dönem sonunu temsil eden ve bulutluluk oranı %10’dan küçük olan görüntüler seçilmiştir. 1985 yılından itibaren beş yıllık periyotlar şeklinde seçilen görüntülerde 1995 yılının Eylül ayına ait uygun görüntüsü bulunamadığından, 1995 yılının Nisan ayına ait uydu görüntüleri kullanılmıştır (Çizelge 5.1). Seçilen görüntülere ArcMap 10.4.1 yazılımı ile “Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI)” su indisi uygulanmış ve farklı yıllar ve mevsimsel periyotlar (kurak-yağışlı) için göl yüzey alanı belirlenmiş ve alansal değişim miktarları hesaplanmıştır (Yurteri ve Kurttaş, 2021).

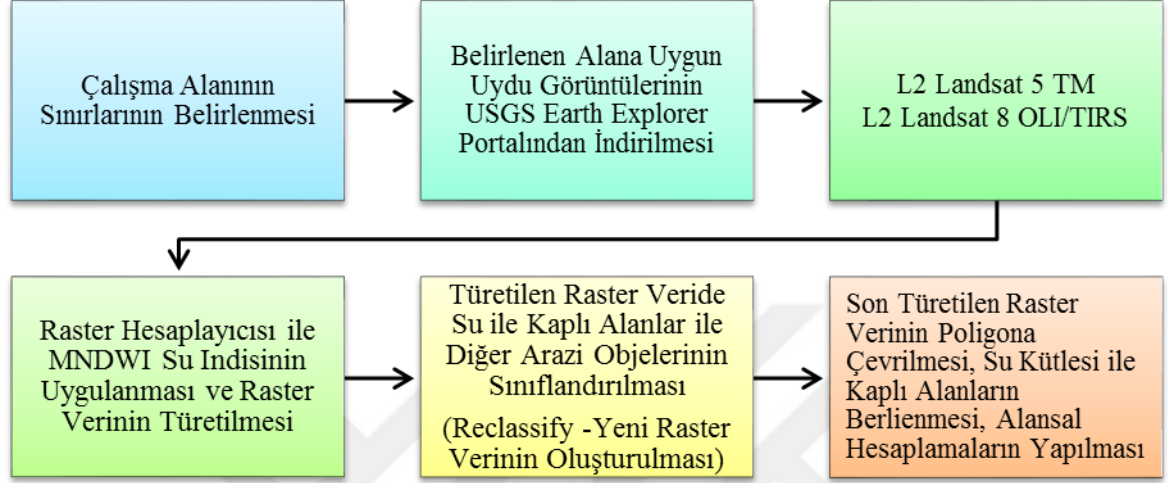
Çizelge 5.1. Kullanılan Landsat uydu görüntüleri ve özellikleri

Algılama Tarihi	Yörünge /Satır	Uydu/Sensör	Mekansal Çözünürlük (m)	Zamansal Çözünürlük (gün)	Radyometrik Çözünürlük (bit)	Bant Sayısı
23.09.1985	176/033	Landsat5 TM	30x30 m	16 gün	8 bit	7
21.09.1990	176/033	Landsat5 TM	30x30 m	16 gün	8 bit	7
05.10.1995	176/033	Landsat5 TM	30x30 m	16 gün	8 bit	7
16.09.2000	176/033	Landsat5 TM	30x30 m	16 gün	8 bit	7
14.09.2005	176/033	Landsat 8 OLI	30x30 m	16 gün	16 bit	9
28.09.2010	176/033	Landsat 8 OLI	30x30 m	16 gün	16 bit	9
26.09.2015	176/033	Landsat 8 OLI	30x30 m	16 gün	16 bit	9
23.09.2020	176/033	Landsat 8 OLI	30x30 m	16 gün	16 bit	9

5.3. Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) Yöntemi

Günümüzde gelişen uydu teknolojisiyle Türkiye’nin ve Dünya’nın çeşitli yerlerindeki su kütlelerinin yüzey alanı sınırları, multispektral uydu görüntülerindeki bantların oranlanması prensibine dayanan spektral su indisi eşitlikleriyle belirlenebilmektedir (Gao, 1996). Özellikle su ve kara kütlelerinin ayrılmasında göl ve sulak alanlarda yaygın bir şekilde kullanılan spektral su indisleri “Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI)” ve “Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI)’dir” (Gao, 1996; Xu, 2006). Bu indisler seçilen bantların dalga boylarının farkı ile toplamalarının oranlanmasını temel almaktadırlar (Şekil 5.2). Bu kapsamda çalışma alanında

176/033 yörünge/satır numaralı Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS multispektral uydu görüntüleri kullanılarak göl yüzey alanındaki değişim Xu (2006) tarafından önerilen Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) yöntemiyle incelenmiştir.



Şekil 5.2. Xu (2006) tarafından geliştirilen MNDWI su indisinin uygulanmasına yönelik akış şeması

MNDWI indisi, McFeeters (1996) tarafından önerilen NDWI su indisinin modifiye edilmiş halidir. NDWI yönteminde suyun NIR (Yakın Kızılötesi) bölgede ışığı soğurması ve yeşil bölgede ışığı yansıtması sonucunda su ile kaplı alanlar ayırt edilmektedir. Bununla birlikte yapılan incelemelerde MIR (Orta Kızılötesi) bölgesinin ışığı daha iyi soğurması ve su dışındaki toprak ve bitki örtüsü gibi arazi objelerinin yansıtımını minimize etmesi nedeniyle NDWI su indisinin modifiye edilmesine gerek duyulmuştur (Gao, 1996; Haibo ve ark., 2011; Deus and Gloaguen, 2013, Zhai ve ark., 2015). Bu kapsamda su kütleleri belirlenirken Orta Kızılötesi veya Kısa Dalga Kızılötesi bölge (MIR/SWIR-1) ile Yeşil bölgedeki bantların farkları ile toplamalarının oranı kullanılmıştır (Çizelge 5.2).

Göl ve sulak alan gibi ortamlarda bu bantların kullanılması ile gerçekleştirilen analizlerde, toprak ve zemin etkilerinin minimize edildiği ve su kütlelerinin

çıkartılmasında NDWI indisinin modifiye edilmiş halinin daha etkin sonuçlar vereceği belirtilmektedir (Xu, 2006). MNDWI su indisi olarak kabul edilen bu yöntemde, su ile kaplı arazi objeleri sınıflandırılırken, eşik değeri sıfır olarak kabul edilmiş ve sıfırdan büyük değerler su ile kaplı alanlar olarak belirlenmiştir. Bitki, yerleşim ve toprak gibi arazi objelerine ait pikseller ise sıfırdan küçük değerler almaktadır.

MNDWI eşitliği kullanılarak su ile kaplı alanları hesaplamak için Landsat 5 TM'nin 2. ve 5. bandları, Landsat 8 uydusu OLI sensörünün ise 3. ve 6. bandları kullanılmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. MNDWI yönteminde kullanılan Landsat multispektral uydu görüntülerinin özellikleri

Landsat 8 OLI/TIRS (2012-2018)		Landsat 5 TM (1984-2011)	
Bantlar	Dalga Boyu (µm)	Bantlar	Dalga Boyu (µm)
Bant 3 Yeşil	0.53-0.59	Bant 2-Yeşil	0.52 - 0.60
Bant 6 SWIR-1	1.57-1.65	Bant 5-Kısa dalga Kızılötesi	1.55 - 1.75

Xu (2006) tarafından önerilen bu indisin eşitliği literatürde aşağıdaki şekilde belirtilmektedir (Denklem 5.1 ve Denklem 5.2).

$$\text{Landsat 5 TM MNDWI} = (\text{Yeşil-MIR})/(\text{Yeşil}+\text{MIR}) \quad (\text{Denklem 5.1})$$

$$\text{Landsat 8 OLI MNDWI} = (\text{Yeşil-SWIR1})/(\text{Yeşil}+\text{SWIR1}) \quad (\text{Denklem 5.2})$$

Tez çalışması kapsamında göl yüzey alanının su ile kaplı olduğu kesimlerinin belirlenmesi ve hesaplanmasına yönelik gerçekleştirilen tüm hesaplama ve analizler ArcMap ortamında gerçekleştirilmiştir.

5.3.1. Seyfe Gölü Yüzey Alanının Zamansal Değişimi

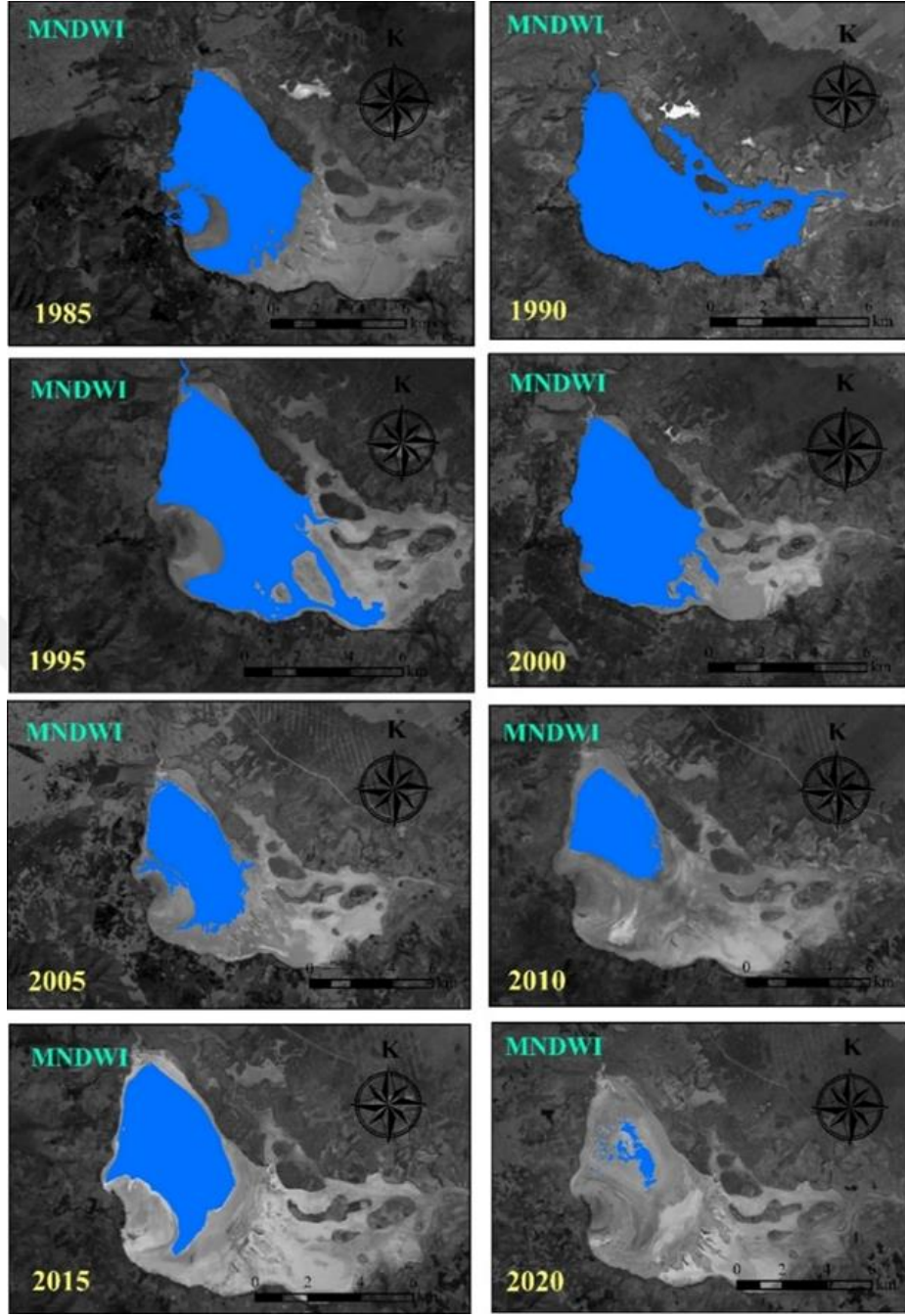
Seyfe Gölü yüzey alanının mevsimsel değişimi belirlenmiştir. Bu kapsamda 1985-2020 yılları arasında her beş yılın Eylül (kurak dönem) aylarını temsil eden Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Göl yüzey alanı, göl ve sulak alanlarda su kütlelerinin

belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılan MNDWI su indisi yöntemi ile analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, 1985-1990 yılları arasındaki periyotta göl alanının genişlediği, 1990 yılında ise gölün en geniş yüzey alanına ulaştığı belirlenmiş ve bu alan 66.87 km² olarak hesaplanmıştır. 1995-2015 yılları arasındaki periyotta göl alanının gittikçe küçüldüğü, 2015 yılına gelindiğinde ise göl yüzey alanının bir miktar arttığı (6.35 km²) belirlenmiştir (Şekil 5.3). 2015-2020 periyodunda ise gölün geçmişte olduğu gibi tekrar küçülme dönemine girerek kuruma tehlikesi ile karşı karşıya kaldığı belirlenmiştir (Yurteri ve Kurttaş, 2021). Seçilen zaman serisi için MNDWI yöntemi ile hesaplanan göl yüzey alanının % 93.78 oranında küçüldüğü hesaplanmıştır (Çizelge 5.3).

Seyfe Gölü yüzey alanı genel olarak küçülme eğiliminde olsa da seçilen zaman serisi içerisindeki bazı yıllarda göl yüzey alanında artışların gözlemlendiği belirlenmiştir (Şekil 5.3).

Çizelge 5.3. Göl yüzey alanının alansal değişim miktarları

Tarih	Göl Alanı (km ²)	Değişim Periyodu	Dönemsel Değişim Miktarı (km ²)	İlksel Alana Göre Değişim Yüzde Miktarı (%)
23.09.1985	29.89			
21.09.1990	66.87	1985-1990	36.97	123.69
05.10.1995	33.25	1990-1995	-33.61	11.24
16.09.2000	36.72	1995-2000	3.47	22.85
14.09.2005	20.98	2000-2005	-15.74	-29.81
28.09.2010	11.82	2005-2010	-9.16	-60.46
26.09.2015	18.17	2010-2015	6.35	-39.21
23.09.2020	1.86	2015-2020	-16.31	-93.78



Şekil 5.3. Göl yüzey alanının 1985-2020 yılları arasında alansal değişimi (Yurteri ve Kurttaş, 2021)

Seyfe Gölü sıg bir göl olup düşen yağış ve gerçekleşen buharlaşma miktarlarına bağılı olarak göl su seviyesindeki ve yüzey alanındaki değişimlerin dönemsel etkileri oldukça hızlı gözlenmektedir. Göl yüzey alanındaki azalış veya artışa neden olabilecek etmenler arasında gölün boşalım ve beslenim bileşenlerinden olan buharlaşma miktarının ve düşen yağış miktarının etkisi olabileceğı düşünölmektedir.

Bu kapsamda; göl yüzey alanında gerçekleşen mevsimsel değişimler üzerinde iklimsel faktörlerin ne kadar etkili olduğunun belirlenmesi amacıyla Kırşehir MGİ'de ölçülen meteorolojik parametreler (yağış, buharlaşma, sıcaklık) değerlendirilmiştir. Kırşehir MGİ'nin 1985-2020 yıllarına ait yağış ölçümleri değerlendirilmiş ve 35 yıllık dönem için ortalama yağış miktarı 377.44 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. 70 yıllık dönem içerisinde ise maksimum düşen yıllık yağış miktarı 1987 yılı için 541.9 mm/yıl olarak belirlenmiştir. Kırşehir MGİ verilerine göre 2015 yılı için düşen yıllık yağış miktarı ise 471.4 mm/yıl olarak ölçülmüştür. Yağış verileri incelendiğinde göl havzasında gerçekleşen kurak ve yağışlı periyotlar ortalama 6-7 yıl sürmektedir.

Kırşehir MGİ'nin buharlaşma verilerine göre ise; 1971-2020 yılları arasında yıllık ortalama buharlaşma miktarı 1373.07 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Kırşehir MGİ'de ölçülen maksimum buharlaşma miktarı 2007 yılında 1933.8 mm/yıl, 2010 ve 2015 yıllarında ölçülen buharlaşma miktarları ise sırasıyla 1514.9 mm/yıl ile 1230 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Kırşehir MGİ' de ölçülen buharlaşma değerleri havzanın iklimine ve bitki örtüsüne bağlı olarak A sınıfı buharlaşma tavaşı ile ölçülmüştür. Genellikle 20 cm derinlikte su ile doldurulup su yüzeylerindeki alçalmanın ölçüldüğü buharlaşma tavaşlarında yapılan ölçümler, daha derin su kütlelerinde yapılan ölçümlere göre daha yüksek buharlaşma değerleri göstermektedir. Bu nedenle Kırşehir MGİ'de buharlaşma tavaşı ile ölçülmüş bu değerler tava katsayısı olarak tanımlanan bir düzeltme katsayısı ile çarpılarak kullanılmıştır. Buharlaşma katsayısı Türkiye için yaklaşık 0.7'dir (Uşul, 2008). Dolayısıyla Kırşehir MGİ için ölçülen buharlaşma verileri ortalama buharlaşma katsayısı olarak tanımlanan 0.7 değeri ile çarpılarak normalize edilmiştir. (Çizelge 5.4).

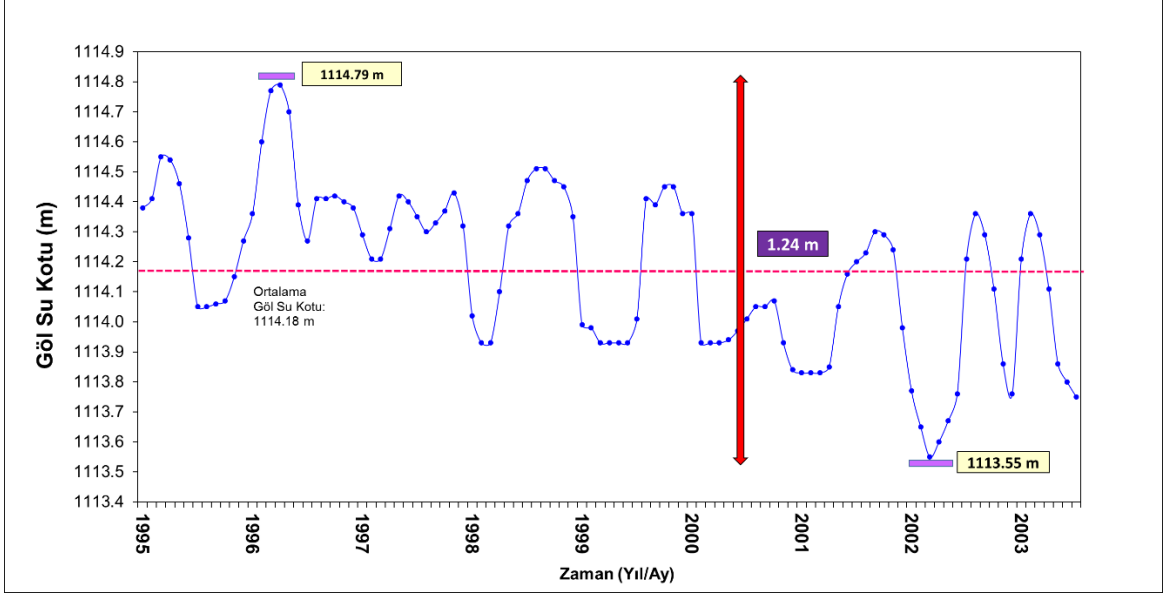
Çizelge 5.4. Kırşehir MGİ meteorolojik verileri ile göl yüzey alanının karşılaştırılması

Yıllar	Yıllık Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)	Düzeltilmiş Buharlaşma (mm)	Yüzey alanı (km ²)
1985	506.0	1428.3	999.8	29.89
1990	331.9	1321.5	925.1	66.87
1995	468.8	1372.6	960.8	33.25
2000	434.9	1407.5	985.3	36.72
2005	362.9	1466.0	1026.2	20.98
2010	531.2	1514.9	1060.4	11.82
2015	471.4	1230.0	861.0	18.17
2020	271.0	1436.8	1005.8	1.86

Bununla birlikte göl alanına düşen yağış miktarının fazla olduğu, buharlaşmanın az olduğu aylarda veya yıllarda, su seviyesinde artışlar yerine düşüşler ile göl yüzey alanında küçülmelerin olduğu gözlenmektedir. Dolayısıyla Seyfe Gölü yüzey alanının dönemsel değişimleri incelendiğinde, antropojenik süreçlerin (sulama amaçlı kuyularla çekim, drenaj kanallarının açılması, arazi kullanımının değişimi, bitki ürün deseni, sulu tarımın yaygınlaşması vb.), iklimsel etkilere (yağış miktarının azalması, buharlaşmanın artması vb.) göre göl yüzey alanının küçülmesinde daha baskın olduğu düşünülmektedir.

5.3.2. Seyfe Gölü Su Seviye Değişimi

Yapılan incelemelerde göl seviyesinin ölçümüne yönelik düzenli bir ölçüm gerçekleştirmediği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla Seyfe Gölü'nde ölçülen çok sınırlı bir göl su seviye veri seti mevcuttur. Batimetri çalışmaları 1995 yılından 2003 yılına kadar ölçülmüş göl su kotu verileriyle birlikte değerlendirildiğinde (DSİ, 2004); göl için ortalama su kotu 1114.2 m olarak belirlenmiştir. Minimum göl su kotu 1113.6 m (2002-Ekim) ve maksimum göl su kotu 1114.8 m (1996-Mayıs) olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.4) (Yurteri ve Kurttaş, 2021). “Hesaplanan bu verilere göre; maksimum ve minimum göl yüzey alanlarının sırasıyla 56 km² (1114.79 m) ile 6 km² (1113.55 m) arasında değiştiği belirlenmiştir” (Yurteri ve Kurttaş, 2021).



Şekil 5.4. Seyfe Gölü seviye gözlemleri (Yurteri ve Kurttaş, 2021)

“Ortalama göl alanı ise 34 km² (1114.2 m) olarak hesaplanmıştır. Maksimum ve minimum göl hacimleri ise sırasıyla 44 x 10⁶ m³ ile 2 x 10⁵ m³ ile olarak hesaplanmıştır. Ortalama göl hacmi ise 16 x 10⁶ m³ (1114.2 m)’tür” (Yurteri ve Kurttaş, 2021). “Göl su seviye değişimleri incelendiğinde en yüksek göl su seviyeleri yağışlı dönemler olan Nisan ve Mayıs aylarında, en düşük göl su seviyeleri ise kurak dönemi temsilen Eylül ayında gözlenmektedir (Şekil 5.4). Ayrıca çalışma alanında MNDWI spektral su indisi yöntemine göre 1985-2020 yıllarını kapsayan periyot için hesaplanan göl yüzey alanlarına karşılık gelen göl seviye kotları ve göl hacimleri hesaplanmıştır” (Yurteri ve Kurttaş, 2021) (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. MNDWI yöntemi ile belirlenmiş göl yüzey alanlarının göl su kotu ve toplam hacim değerleri

Görüntüleme Tarihi	Göl Su Seviyesi (m)	Göl Yüzey Alanı (km ²)	Hacim (m ³)
23.09.1985	1114.15	29.89	8 x 10 ⁷
21.09.1990	1118.1	66.87	1.8 x 10 ⁸
05.10.1995	1114.25	33.25	8.8 x 10 ⁷
16.09.2000	1114.3	36.72	1.0 x 10 ⁸
14.09.2005	1113.8	20.98	5.6 x 10 ⁷
28.09.2010	1113.7	11.82	3.2 x 10 ⁷
26.09.2015	1113.9	18.17	4.8 x 10 ⁷
23.09.2020	1113.5	1.86	4.0x10 ⁵

5.3.3. Seyfe Gölü Su Seviyesi ve Kot-Hacim-Alan İlişkisi

Göl batimetrisi çalışmalarına altlık oluşturması amacıyla DSİ (2015) tarafından hazırlanan “1/20.000 ölçekli” “Seyfe Gölü Hidrografik Haritası” kullanılmıştır. Hidrografik harita incelendiğinde göl alanında 1244 noktada göl seviye ölçümü yapıldığı belirlenmiştir. Göl alanı için oluşturulmuş hidrografik harita temel alınarak göl tabanının deniz seviyesinden yüksekliğini temsil eden noktasal göl su kotu verileri “ArcMap 10.4.1” yazılımına aktarılmış ve sayısallaştırılmıştır (Yurteri ve Kurttaş, 2021).

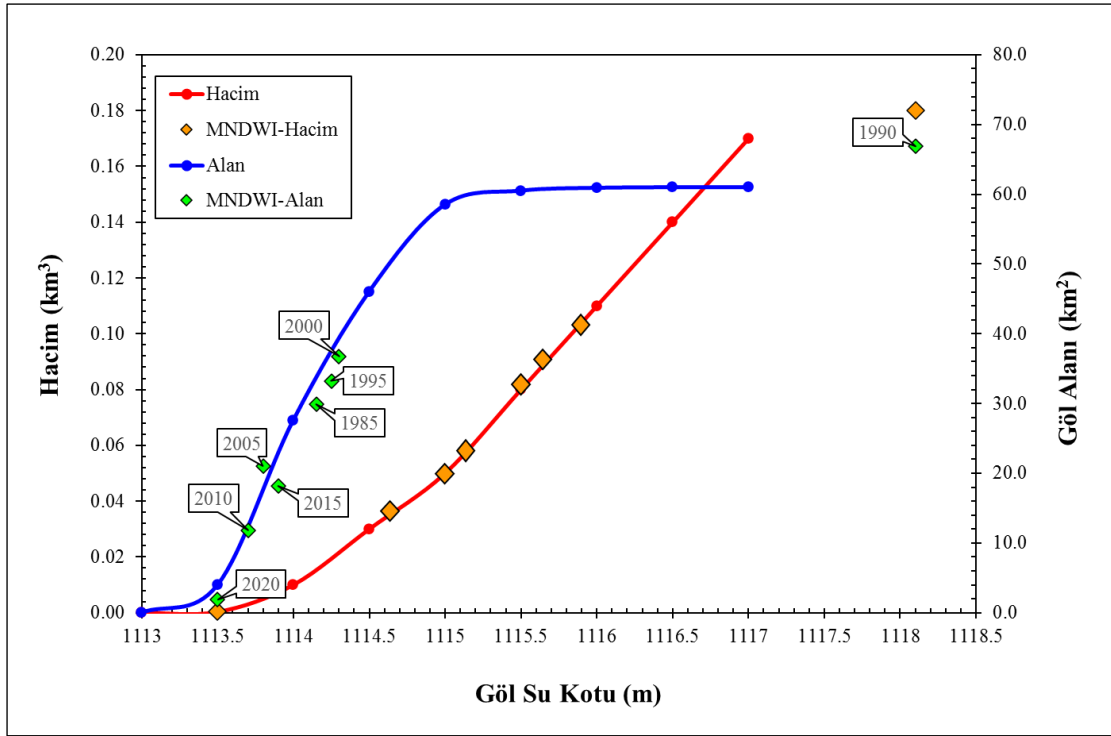
“Göl alanında batimetri çalışmaları kapsamında DSİ (2015) tarafından göl alanından toplanmış göl su seviye verileri, göl taban topoğrafyası ile karşılaştırılarak kontrol edilmiş ve göl derinlik dağılımı ile uyumu incelenmiştir” (Yurteri ve Kurttaş, 2021). “Yine göl su kotu verileri, topoğrafik haritalardan da yararlanılarak kontrol edilmiş, göl kıyı çizgisi içerisinde temsil edici olmayan veriler ayıklanmıştır” (Yurteri ve Kurttaş, 2021).

“Göl alanı kıyı çizgisi ise, 1997 yılına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardan, göl hidrografik haritasından ve MNDWI yöntemine göre 2015 yılı için belirlenmiş göl kıyı çizgisi ile karşılaştırılarak kontrol edilmiş ve göl kıyı sınırı belirlenmiştir” (Yurteri ve Kurttaş, 2021). “Göl su seviye verileri değerlendirilirken, göl kıyı çizgisi dışındaki ölçülmüş tüm veriler maskelenmiş ve alanının doğusunda yer alan adaların yer aldığı bölge analize dahil edilmemiştir. Göl alanında 2015 yılı Ağustos ayı için en düşük su seviyesi 1113.03 m, en yüksek su seviyesi ise 1116.63 m olarak hesaplanmıştır” (Yurteri ve Kurttaş, 2021).

Adalar bölgesi ise analize dahil edilmemiş olup, bu bölgede maksimum göl su seviye kotu 1122.53 m olarak hesaplanmıştır. “Ayrıca ArcMap yazılımının üç boyutlu analiz modülünün fonksiyonel yüzey oluşturma ve hacim hesaplama komutu yardımıyla göl alanının çeşitli kotlardaki hacimsel ve alansal değişimleri hesaplanmıştır” (Yurteri ve Kurttaş, 2021). “Bu kapsamda Seyfe Gölü’nün göl taban kotundan itibaren 0.5 m artan derinlikle değişen yüzey alanları ve hacimleri hesaplanmış ve Çizelge 5.6 ve Şekil 5.5’de verilmiştir” (Yurteri ve Kurttaş, 2021).

Çizelge 5.6. Seyfe Gölü alan-hacim-derinlik ve göl seviye kotu değişimi

Göl Su Kotu (m)	Göl Derinlik (m)	Göl Yüzey Alanı (km ²)	Toplam Hacim (m ³)
1117.00	0.0	61.02	1.7x10 ⁸
1116.50	0.5	61.01	1.4 x10 ⁸
1116.00	1.0	60.93	1.1 x10 ⁸
1115.50	1.5	60.52	8.0 x 10 ⁷
1115.00	2.0	58.54	5.0 x 10 ⁷
1114.50	2.5	46.06	3.0 x 10 ⁷
1114.00	3.0	27.61	1.0 x 10 ⁷
1113.50	3.5	3.95	3.0 x 10 ⁵
1113.00	4.0	0.00	0.00

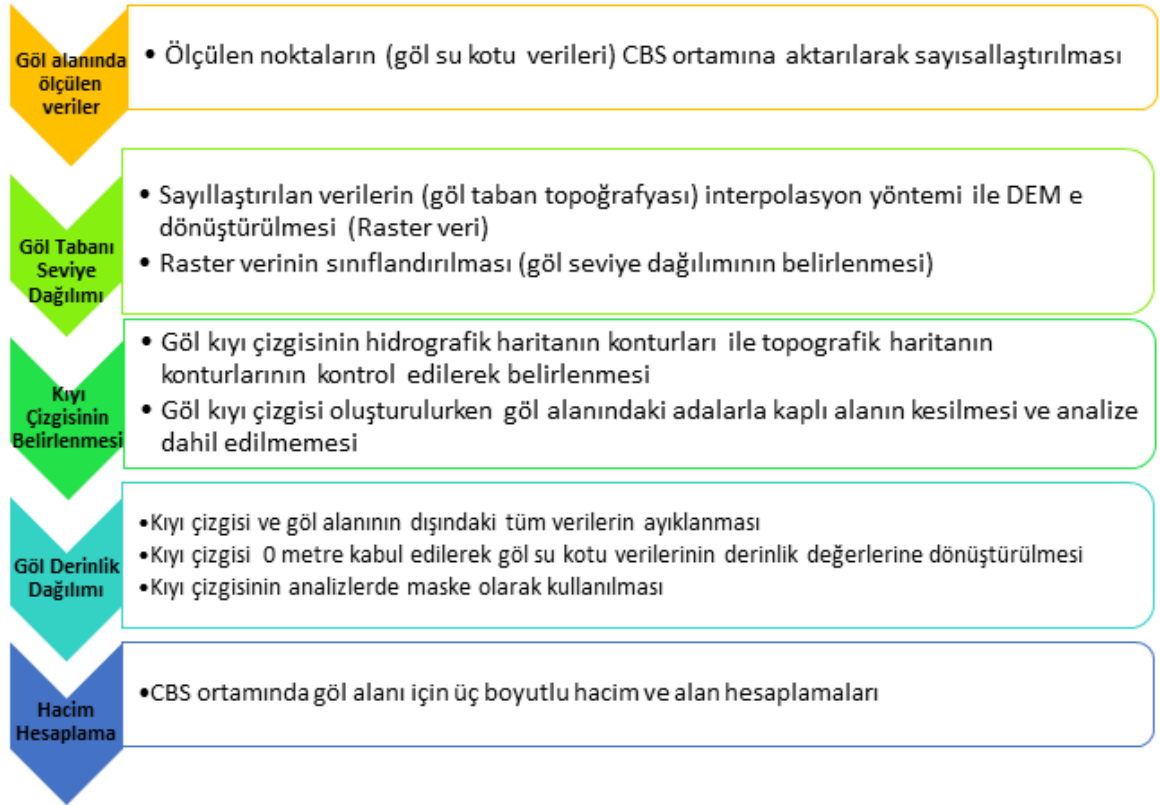


Şekil 5.5. MNDWI yöntem ile belirlenen göl yüzey alanlarının karşılık geldiği kot hacim-alan değerlerinin ilişkisi (Yurteri ve Kurttaş, 2021)

5.3.4. Seyfe Gölü Batimetrisi

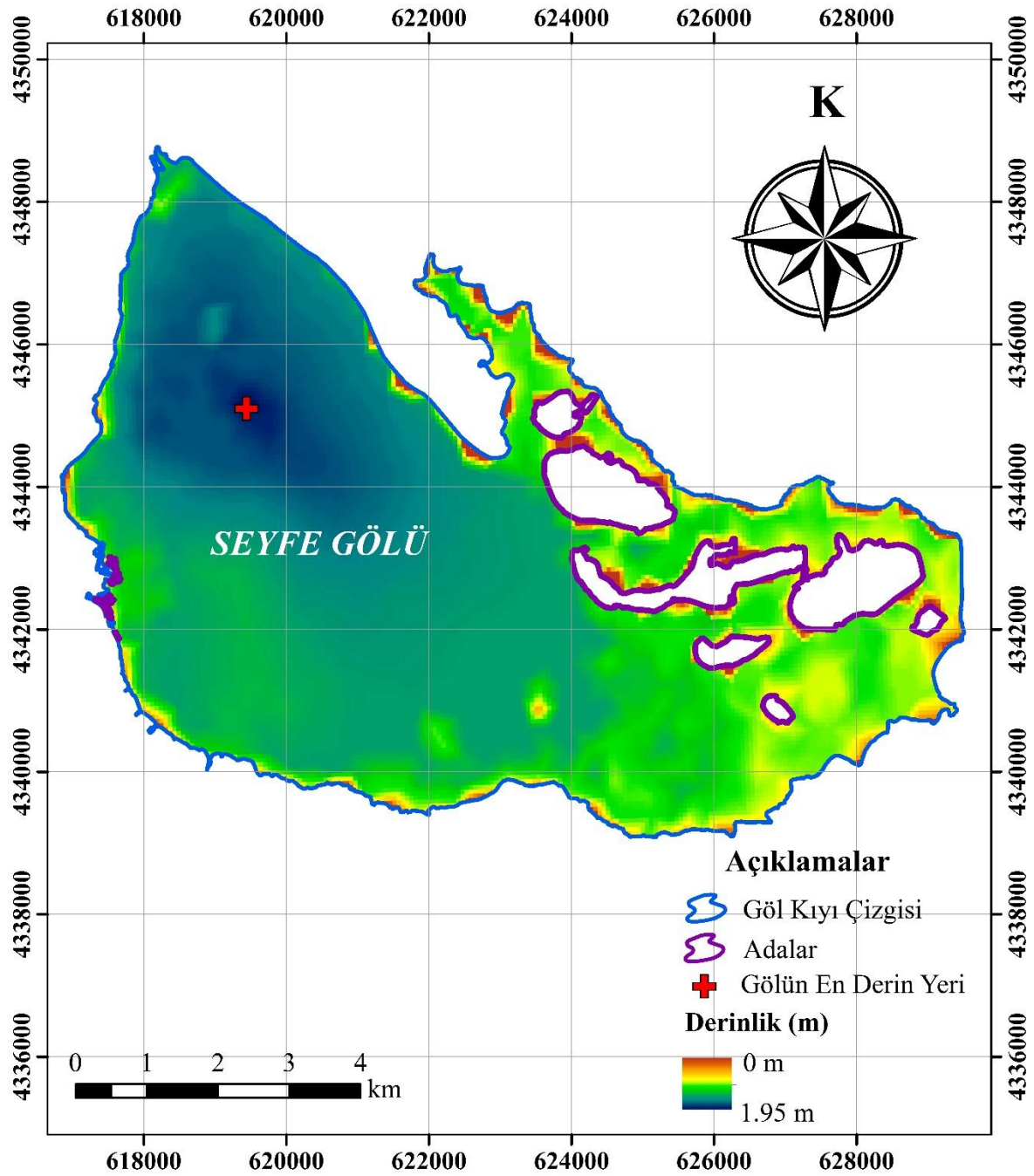
Seyfe Gölü batimetri haritasını oluşturmak amacıyla, göl seviye değerleri, göl derinlik değerlerine dönüştürülmüştür. Bu kapsamda “ArcMap 10.4.1” yazılımıyla bilinen noktasal verilerin değerleri kullanılarak, diğer noktalardaki verilerin değerlerini hesaplayan Kriging enterpolasyon yöntemi ile göl alanı için derinlik dağılımı oluşturulmuştur. Oluşturulan göl derinlik dağılımı sonrasında “1/25.000”

ölçekli 1997 yılına ait topoğrafik harita ile göl hidrografik haritasındaki 1115 m eş yükseklik eğrisinin göl topoğrafyası ile uygunluğu kontrol edilerek göl kıyı sınırı belirlenmiştir. Göl kıyı sınırı olarak belirlenen 1115 m kotu, referans düzey olup, sıfır metre (0 m) olarak kabul edilmiştir. Göl kıyı sınırı dışında kalan tüm derinlik değerleri maskelenmiş ve analize dahil edilmemiştir. Göl batimetri haritası oluşturulurken izlenen basamaklar aşağıdaki şekildedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Göl taban topoğrafyası ve göl batimetri haritası oluşturma basamakları (Yurteri ve Kurttaş, 2021)

Seyfe Gölü sığ bir göl olup, gölün kuzey kesimlerine doğru gidildikçe göl derinleşmektedir. 2015 yılı Ağustos ayında göl derinliğinin en fazla olduğu yer, gölün kuzeyinde 1.95 m olarak hesaplanmıştır. Buna göre gölün batı kesimindeki kıyı çizgisinden 1.5 km, güney bölümündeki kıyı çizgisinden ise yaklaşık 2.5 km sonrasında gölün en derin bölgesine ulaşılmaktadır (Yurteri ve Kurttaş, 2021) (Şekil 5.7).



Şekil 5.7.Seyfe Gölü batimetri (derinlik) haritası (Yurteri ve Kurttaş, 2021)

5.4. Göl Yüzey Alanı Sıcaklık Değişimi

5.4.1. Su Kütleleri için Termal Uzaktan Algılama Çalışmaları

İklimsel değişimler ve küresel ısınma süreçlerinin etkisi ile yer yüzey sıcaklığında değişimler gözlenmektedir. Bilindiği üzere fosil yakıtların kullanımı, sanayileşme ve endüstriyel tarımın yaygınlaşması yeryüzeyindeki sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Tüm bu süreçlerden yeryüzündeki su kütleleri de (göller, iç denizler,

okyanuslar, nehirler vb.) etkilenmektedir. Göller hassas su kütleleri olup, küresel iklim değişikliklerine ve ötrofikasyon süreçlerine çok açık sistemlerdir. Göl yüzey suyu sıcaklığı, göl ekosisteminin işleyişini ve göl ortamının iklimsel değişimlere karşı tepkisini incelemek için kullanılan önemli bir parametredir (Lamaro ve ark., 2012). Su Yüzey Sıcaklığı (SYS), su yüzeyindeki enerji dengesi ve su kütlesi içindeki ısı taşıma mekanizmalarının bir sonucudur (Sharaf ve ark., 2019). Ayrıca göl yüzey suyundaki sıcaklık değişiminin, gölün fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve göl ortamında gerçekleşen biyokimyasal faaliyetlerin hızını etkilediği görülmektedir (Yang ve ark., 2019). Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) ise atmosfer ve yerküre arasındaki enerji dengesini kontrol eden ve yeryüzünün ışınsal sıcaklığı olarak tanımlanan önemli bir parametredir (Malik ve Shukla, 2018). Günümüzde yer yüzey sıcaklığının ve su kütlelerinin yüzey sıcaklığının belirlenmesine yönelik termal bantlar kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar oldukça yaygınlaşmıştır. Termal Kızılötesi bantta algılanmış görüntüler kullanılarak hem kara alanlarında hemde su kütlelerinde sıcaklığın belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışmanın mevcut olduğu görülmüştür (Taloor ve ark., 2020; Şekertekin ve Bonofani, 2020; Avdan ve Jovanovska, 2016; Şener, 2016; Anderson ve ark., 2012; Lamoro ve ark., 2012; Sobrino ve ark., 1996).

Termal uzaktan algılama verilerinin gerek çoğu zaman maliyetsiz olması gerekse farklı zaman periyotlarında geniş alanlar için algılanmış görüntülerin doğruluğunun yüksek olması ve en önemlisi kolay erişimli olması çalışmalarda kolaylıklar sağlamaktadır. Bu görüntüler ile kara ve deniz alanlarında yüzey sıcaklık dağılımının belirlenmesi mümkün hale gelmiştir. Literatürde termal bantlar kullanılarak yer yüzey sıcaklığının hesaplanmasına yönelik çok sayıda yöntem mevcuttur. Bu çalışmalarda araştırmacılar tarafından çeşitli algoritmalar (tek pencere algoritması, tek kanal yöntemi, bölünmüş pencere yöntemi, sıcaklık/yayınırılık ayırma yöntemi, yeryüzeyi sıcaklık algoritması vb.) geliştirilerek yer yüzey sıcaklık dağılımının belirlendiği görülmektedir (Wang ve ark., 2015; Yu ve ark., 2014; Jimenez-Munoz ve Sobrino, 2003; Gillespie ve ark., 1998; Qin ve ark., 2001; Artis ve Carnahan, 1982). Üretilen veriler okyanus ve deniz bilimleri, meteoroloji, hidrojeoloji, hidroloji, çevre jeolojisi, tarım ve ormancılık (bitki, ürün deseni değişimi, arazi kullanımı),

mekansal planlama vb. gibi disiplinlerde gerçekleştirilen çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Seyfe Gölü ve çevresinde 1960'lı yıllardan günümüze kadar yapılan çeşitli müdahaleler sebebiyle (sulama veya drenaj kanalları, kuyular ile yeraltı suyu çekimi, tarımsal faaliyetler, evsel atıkların deşarjı vb.) gölün doğal işleyişi bozulmuştur. Bu tür antropojenik etkiler ile göl su kotundaki değişimler sonucunda, göl yüzey alanında küçülme, hacimde azalma ve buna bağlı olarak yüzey sıcaklığında değişimler gözlenmiştir. Ayrıca göl alanının içerisinde yer aldığı Seyfe Havzasındaki yıllar içerisinde arazi kullanımındaki değişimin yüzey sıcaklık dağılımının değişmesinde oldukça etkili olduğu düşünülmektedir. Göl alanı için tarihsel süreçteki yüzey sıcaklığındaki değişimlerde iklimsel ve antropojenik etkilerin ayırtlanmasında termal uzaktan algılama çalışmalarının yapılmasını gerekli kılmıştır.

5.4.2. Kullanılan Uzaktan Algılama Verileri ve Özellikleri

Tez çalışması kapsamında uzaktan algılama verisi olarak “Landsat 5 TM” ile “Landsat 8 OLI/TIRS” uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri “Amerika Birleşik Devletleri Yerbilimleri Araştırma Kurumu’nun (USGS)” “Earth Explorer” portalından temin edilmiştir (URL-1, 2021). Termal bantlar kullanılarak sıcaklık dağılımının belirlenmesinde “Landsat 5 TM” ve “Landsat 8 OLI/TIRS” uyduları yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında uzaktan algılama görüntüleri kullanılan Landsat 8 uydusu, Şubat 2013 tarihinde uzaya gönderilen, yerden 705 km yükseklikte, güneşle senkronize bir yörüngeye sahip olup dünyanın çevresini 98.8 dakikada dönmektedir. Uydunun Operasyonel Yer Görüntüleyicisi (OLI) ve Isıl Kızılötesi (TIRS) olmak üzere 2 algılama sensörü mevcuttur. NDVI ve MNDWI analizlerinde Landsat 8 uydusunun OLI sensöründeki 30 m mekansal çözünürlüğe sahip 4. (Kırmızı), 5. (Yakın Kızılötesi), 3. (Yeşil) ve 6. (Kısa Dalga Ötesi) multispektral bantları kullanılmıştır. Sıcaklık dağılımının belirlenmesinde ise TIRS sensöründeki 100 m mekansal çözünürlüğe sahip 10 numaralı termal bandı kullanılmıştır. Bir diğer veri kaynağı olan Landsat 5 uydusunun ise 30 m çözünürlüklü 2. (Yeşil), 5. (Kısa Dalga Kızılötesi), 3.(Kırmızı) ve 4. (Yakın Kızılötesi) multispektral bantları kullanılmıştır. YYS belirlenmesinde ise 120 m mekansal

Çözünürlüğe sahip 6 numaralı termal bandı kullanılmıştır (Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8). Kullanılan tüm görüntüler bulutsuz olacak şekilde, farklı mevsimleri temsil edecek şekilde seçilmiştir.

Çizelge 5.7. Çalışmada uzaktan algılama verisi olarak kullanılan bantlar ve özellikleri

Landsat 8 OLI/TIRS		Landsat 5 TM	
Bantlar	Bant Genişliği (µm)	Bantlar	Bant Genişliği (µm)
Bant 2-Mavi	0.45-0.51	Bant 2-Yeşil	0.52 - 0.60
Bant 3-Yeşil	0.53-0.59	Bant 3-Kırmızı	0.63 - 0.69
Bant 4-Kırmızı	0.64-0.67	Bant 4-Yakın Kızılötesi	0.76 - 0.90
Bant 5-Yakın Kızılötesi	0.85-0.88	Bant 5-Kısa dalga Kızılötesi	1.55 - 1.75
Bant 6-SWIR-1	1.57-1.65	Bant 6-Termal Kızılötesi	10.40 - 12.50
Bant 10-TIRS-1	10.6-11.19		

Çizelge 5.8. İnceleme alanında termal uzaktan algılama çalışmaları için kullanılan uydu görüntüleri ve özellikleri

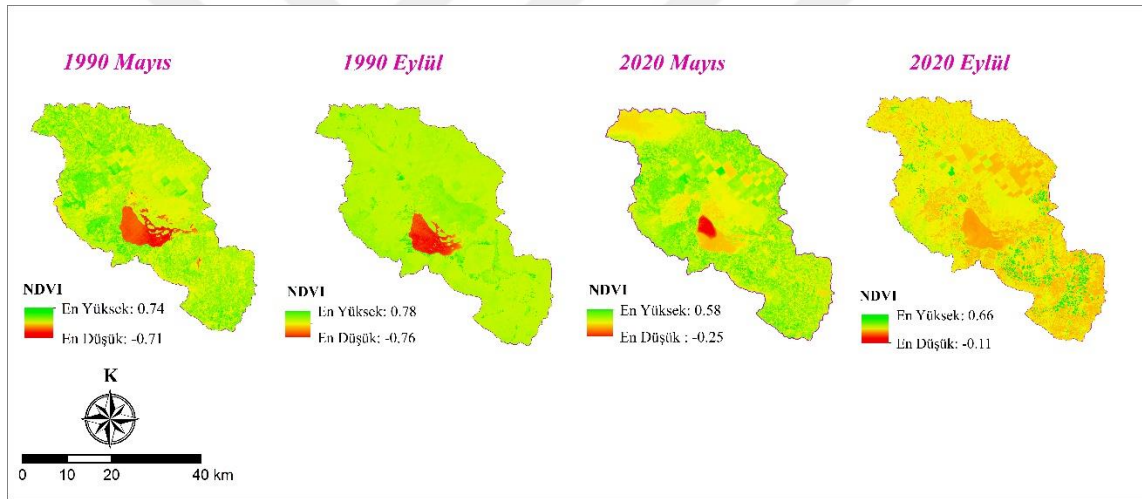
Algılama Tarihi	Yörünge/Satır	Uydu/Sensor	Termal Band	Radyometrik Çözünürlük (bit)	Mekansal Çözünürlük (m)	Zamansal Çözünürlük (gün)
08.05.1990	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
21.09.1990	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
14.05.1995	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
03.09.1995	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
11.05.2000	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
16.09.2000	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
25.05.2005	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
14.09.2005	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
07.05.2010	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
28.09.2010	176/033	Landsat 5 TM	6	8	30	16
05.05.2015	176/033	Landsat 8 TIRS	10	16	100	16
26.09.2015	176/033	Landsat 8 TIRS	10	16	100	16
18.05.2020	176/033	Landsat 8 TIRS	10	16	100	16
07.09.2020	176/033	Landsat 8 TIRS	10	16	100	16

5.4.3. Yöntem

Yöntemsel olarak 1990-2020 periyodu için Yeryüzeyi Sıcaklık Algoritması kullanılarak Seyfe Gölü yüzey sıcaklığının mevsimsel değişimi (Mayıs ve Eylül ayları) uzaktan algılama verileri kullanılarak CBS ortamında ArcMap 10.4.1 yazılımıyla belirlenmiştir. İlgili analizlere ait yöntemin ayrıntıları EK-4 'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

5.4.4. Seyfe Göl Havzası için NDVI Analizi

NDVI indisi bitki klorofil miktarının bir ölçüsü olup, su yüzeylerinin olduğu yerler ile yerleşimlerin mevcut olduğu yerlerde en düşük değerleri göstermektedir. Çalışma alanında NDVI değerleri beklendiği üzere -1 ile +1 arasında değişim göstermektedir. Seyfe Göl alanı ve çevresinde NDVI değerleri (-1 ve -1'e yakın değerleri) en düşük değerleri almaktadır. Çalışma alanının güneybatısında bitki örtüsünün (tarım alanlarının, kesintili çalılık ve doğal çayırların) yoğun olduğu kesimlerde ise NDVI değerlerinin en yüksek değerleri (+1 ve +1'e yakın) aldığı görülmektedir. Bununla birlikte yoğun ve sağlıklı bitki örtüsünün olduğu bölgelerde yer yüzey sıcaklıkları düşük değerler alırken, bitki örtüsünün hiç olmadığı veya zayıf olduğu alanlarda yer yüzey sıcaklıklarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.8).



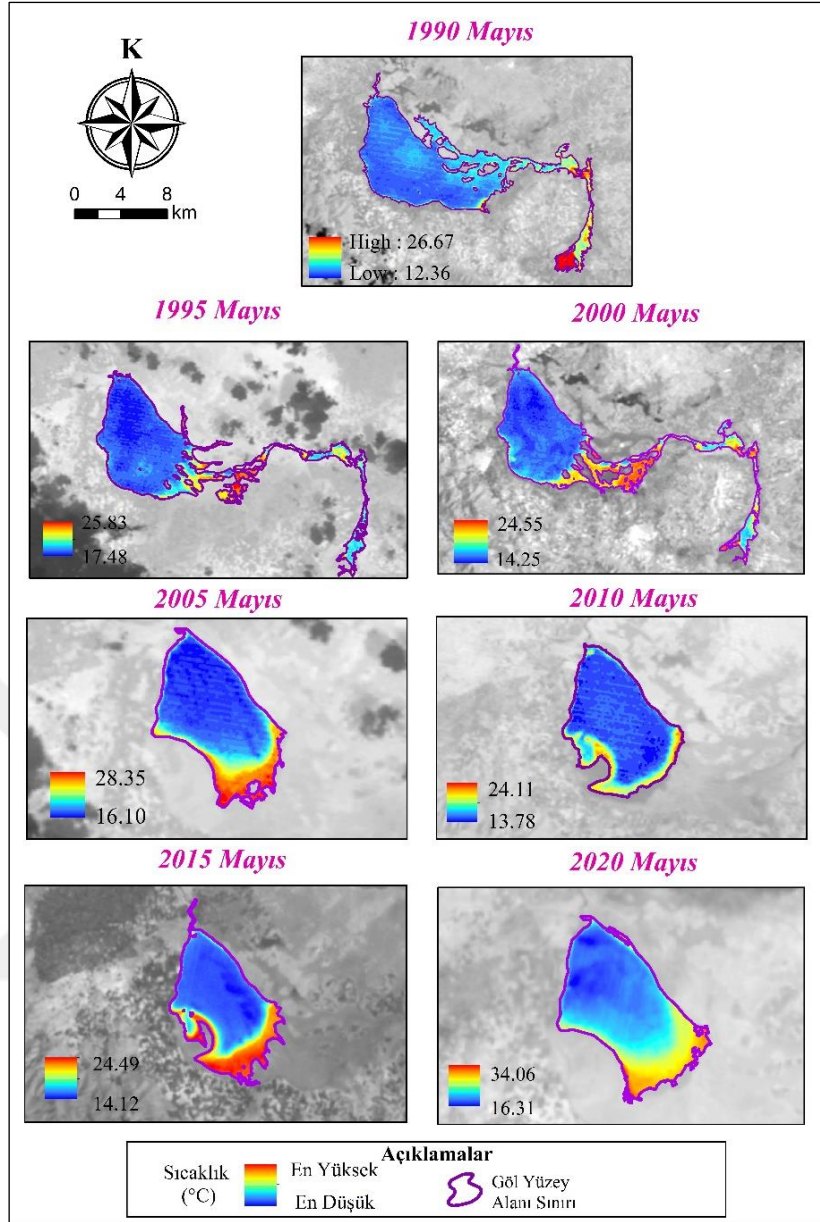
Şekil 5.8. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki NDVI değerleri (Düşük NDVI değerleri zayıf bitki örtüsünü, yüksek NDVI değerleri yoğun bitki örtüsünü göstermektedir.)

5.4.5. Seyfe Gölü Yüzey Sıcaklık Dağılımının Zamansal Değişimi (1990-2020)

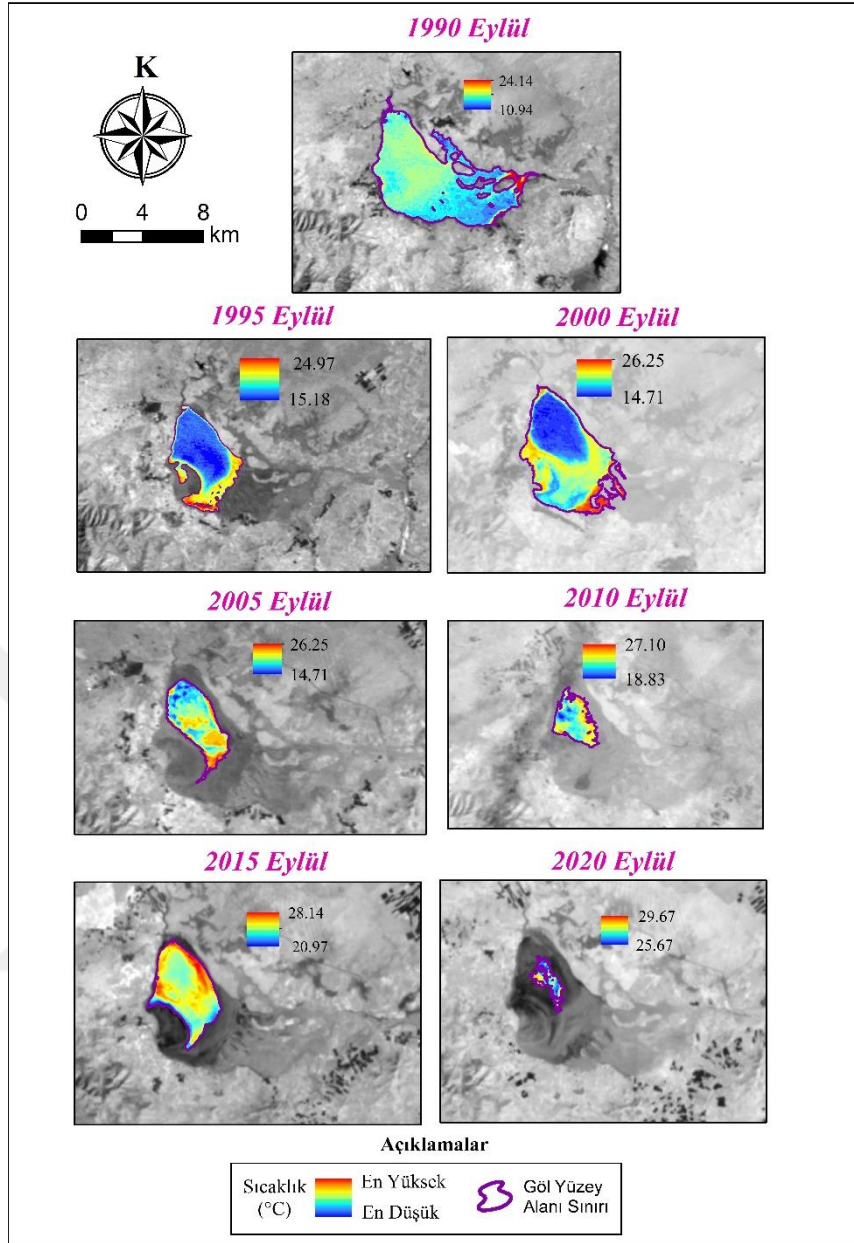
Seyfe Göl alanı ve havzasında yapılan çalışmalar sonucunda MNDWI yöntemi kullanılarak 1990 ve 2020 yıllarının Mayıs ve Eylül aylarındaki göl yüzey alanı belirlenmiştir. Sonrasında sıcaklık verilerinin türetilmesi amacıyla "Landsat 5" ile "Landsat 8" uydularının termal kızılötesi görüntüleri kullanılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak termal bandların piksel değerleri ölçeklendirme faktörleri kullanılarak

atmosfer üstü spektral radyans değerlerine dönüştürülmüştür. Spektral radyans değerleri ise parlaklık sıcaklıklarına dönüştürülmüştür. Buradaki parlaklık sıcaklık değerlerinin sıcaklık verisi olmasına rağmen gerçek sıcaklık değerlerini yansıtmadığı için yer yüzey yayınlılığı düzeltmesi yapılarak çalışma alanı için gerçek sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Bununla birlikte yer yüzey yayınlılığının belirlenebilmesi için NDVI ve NDVI indisinden türetilen Bitki Örtüsü Oranı (Pv) parametrelerine ihtiyaç duyulmuş ve literatürde araştırmacılar tarafından önerilen denklemler yardımıyla belirlenmiştir (Kriegler ve ark.,1969). Bu değerlerin hesaplanmasıyla çalışma alanı için gerçek yer yüzey sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır. Son aşama olarak Seyfe Havzası için hesaplanan yüzey sıcaklık değerleri MNDWI yöntemiyle belirlenen göl alanları için maskelenmiş ve göl yüzey sıcaklık dağılımı oluşturulmuştur (Şekil 5.9 ve Şekil 5.10). Göl yüzey sıcaklık dağılımı ile ilgili hesaplamalar ile ilgili yöntemin ayrıntıları EK 3'de verilmiştir.

1990 ve 2020 yılına ait mevsimsel göl yüzey sıcaklık istatistikleri ise Çizelge 5.9'da verilmiştir. Buna göre 1990 yılı Mayıs ayında göl yüzey sıcaklığı 12.36-26.67 °C arasında değişirken, 1990 yılı Eylül ayında 10.94-24.14°C arasında değişmektedir. 2020 yılı Mayıs ayında ise sıcaklıklar 16.31-34.06°C arasında değişirken, 2020 yılı Eylül ayında ise 25.67-29.67°C arasında değişmektedir. 1990 yılı Mayıs ayında ortalama göl suyu yüzey sıcaklığı 15.15° C iken, 1990 yılı Eylül ayında 13.60°C olarak belirlenmiştir. 2020 yılı Mayıs ve Eylül ayındaki ortalama göl yüzey sıcaklıkları ise 22.17 ve 27.26°C'dir. Göl suyu ortalama sıcaklıklarındaki değişimler 1990 yılında 1.55°C, 2020 yılında ise 5.09°C'dir (Çizelge 5.9).



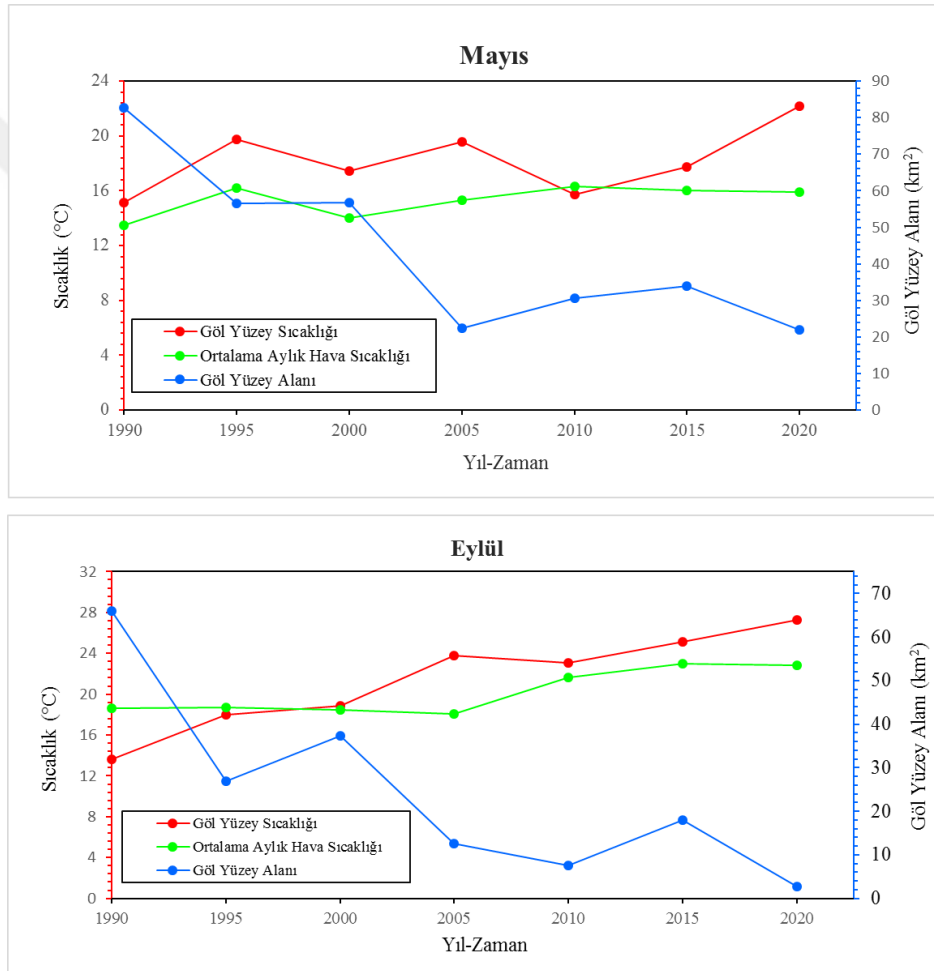
Şekil 5.9. Seyfe Göl alanı yüzey sıcaklık dağılımı (1990-2020 Mayıs)



Şekil 5.10. Seyfe Göl alanı yüzey sıcaklık dağılımı (1990-2020 Eylül)

Seçilen zaman serisi için belirlenen göl yüzey sıcaklıkları çalışma alanına en yakın meteoroloji gözlem istasyonunun aylık ortalama hava sıcaklığı verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda Kırşehir Meteoroloji Gözlem İstasyonu'nda ölçülmüş aylık ortalama hava sıcaklığı verileri incelenmiştir. Buna göre 1990 yılı Mayıs ve Eylül aylarındaki ortalama göl yüzey sıcaklık değerlerinin 1990 yılının Mayıs ve Eylül aylarındaki aylık ortalama sıcaklık verileri ile uyumlu olduğu ve göl alanının mevsimsel sıcaklığı yansıttığı görülmektedir. Şekil 5.10' da görüldüğü gibi 1990'dan yılından 2005 yılına kadar göl alanında bir düşüş olmuş, göl yüzey sıcaklık

değerleri göl yüzey alanı değerleri ile ters orantılı olarak artmıştır. 1990 yılından 2005 yılı sonuna kadar göl yüzey alanı değerlerindeki azalma ve 2005 ve 2015 yıllarında görülen artış, aynı dönemlerde göl sıcaklığı ve ortalama hava sıcaklığı değerlerindeki değişim ile ters orantılıdır. 1990-2005 yılları arasında göl alanındaki azalma da sıcaklık değerlerindeki artışla ters orantılı olmasına rağmen, bu dönemde göl alanının bir miktar artmasına rağmen, 2010-2020 yılları arasında sıcaklık değerleri artmaya devam etmiştir. 2005-2010 yılları arasında göl alanı değerlerindeki artış, beklendiği üzere sıcaklık değerlerinde düşüşe neden olmaktadır. (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. 1990-2020 yılları için (Mayıs ve Eylül) Seyfe Gölü yüzey sıcaklığı, göl yüzey alanı ve aylık ortalama hava sıcaklığı verileri arasındaki ilişki

Çizelge 5.9. Seyfe Gölü Su Yüzey Sıcaklığı (SYS) değerleri

Zaman-Yıl	Maksimum SYS (°C)	Minumum SYS (°C)	Ortalama SYS (°C)	Ortalama Aylık Hava Sıcaklığı (°C)	Göl Yüzey Alanı (km ²)
1990 Mayıs	26.67	12.36	15.15	13.5	82.65
1990 Eylül	24.14	10.94	13.60	18.6	65.90
1995 Mayıs	25.83	17.48	19.75	16.2	56.56
1995 Eylül	24.97	15.18	17.97	18.7	26.95
2000 Mayıs	24.55	14.25	17.42	14.0	56.67
2000 Eylül	26.25	14.71	18.82	18.5	37.29
2005 Mayıs	28.35	16.10	19.59	15.3	22.45
2005 Eylül	27.93	19.73	23.81	18.1	12.50
2010 Mayıs	24.11	13.78	15.70	16.3	30.58
2010 Eylül	27.10	18.83	23.08	21.6	7.62
2015 Mayıs	24.49	14.12	17.72	16.0	33.88
2015 Eylül	28.14	20.97	25.13	23.0	18.03
2020 Mayıs	34.06	16.31	22.17	15.9	22.05
2020 Eylül	29.67	25.67	27.26	22.8	2.74

*SYS: Su Yüzey Sıcaklığı

Tüm bu bulgu ve gözlemler 1990 yılında göl alanındaki antropojenik etkilerin oldukça az olması ve gölün doğal dengesine etkileyen bileşenlerin iklimsel faktörlerle sınırlı olduğu şeklinde yorumlanmıştır. 2020 yılına gelindiğinde ise 30 yıllık süreçte gerçekleşen iklimsel değişimler ve antropojenik etkilerin göl yüzey sıcaklığında artışa neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca göl yüzey alanının gittikçe küçülmesine bağlı olarak göl su kalitesinin bozulması, yaz aylarında buharlaşma miktarının artması, göl sularındaki tuz konsantrasyonunun gittikçe artması ve göl havzasındaki iklim koşullarında karasallık etkisinin arttığı düşünülmektedir. Dolayısıyla tüm bu süreçlerin bir sonucu olarak göl yüzey sıcaklıklarının ortalama hava sıcaklığından daha yüksek olduğu gözlenmektedir. 1990 yılı ile 2020 yılları arasındaki periyot için mevsimsel göl yüzey sıcaklık değerleri incelendiğinde, genellikle gölün orta ve kıyı kesimlerine doğru sıcaklığın arttığı, gölün en derin yeri olan kuzey kesimlerinde ise daha düşük sıcaklıklar gözlenmektedir. Sığ bir göl olan Seyfe Göl alanı ve çevresi düşük eğimli (0-5°) bir topoğrafyaya sahiptir. Dolayısıyla göl su kotu ve yüzey alanındaki mevsimsel değişimler görünür bir şekilde fark edilmektedir. Bu nedenle gölün kıyı kesimlerindeki yüzey sıcaklıklarının, iç kesimlerine göre daha değişken ve daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen bulgular, sığ göllerin iklim değişikliğine ve insan kaynaklı faktörlere oldukça duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

6. HİDROJEOKİMYA

Yeraltısuları ve yüzeysuları, evsel kullanım, içme suyu temini ve tarımsal sulamada yaygın bir şekilde kullanılmakta ve önemli tatlı su rezervlerini temsil etmektedir. Yeraltı suyu kimyası, su-kayaç etkileşimi, akifer birimlerin jeolojik yapısı ve mineralojik bileşimi, iklim koşulları, dolaşım süresi ile antropojenik faaliyetler gibi süreçlere bağlıdır. Yine yeraltı suyunun kalitesi, içme, evsel, tarımsal ve endüstriyel amaçlara uygunluğu ile ilgili olduğu için önemlidir.

Hidrojeokimya çalışmaları, yeraltı suyu kimyasından sorumlu süreçleri tanımlamak için yaygın olarak kullanılan uygulamalardır. Ayrıca su kimyasına yönelik değerlendirmeler hidrojeokimyasal süreçlerle birlikte suların kökeni, geçiş süresi ve akış rejimini belirlemeye yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır. Tez çalışmasının bu bölümünde, havzadaki su kaynaklarının kimyasal içeriğine etki eden hidrojeokimyasal süreçleri tanımlamak ve havzadaki yüzey ve yeraltı sularının kalitesini kontrol eden süreçleri açıklamak hedeflenmiştir.

6.1. Hidrojeokimyasal Örneklem ve Analiz-Değerlendirme Çalışmaları

Çalışma alanındaki hidrojeokimya çalışmaları saha gözlemleri ve laboratuvar araştırmaları olarak iki evre halinde yürütülmüştür. Saha ve büro araştırmaları kapsamında yeraltı ve yerüstü su noktaları (sondaj kuyuları, drenaj kanalları, kaynaklar, göl, dereler) belirlenmiştir. Hidrojeokimya çalışmaları kapsamında 7 farklı dönemde (Eylül 2019, Aralık 2019, Ağustos 2020, Şubat 2021, Mayıs 2021, Eylül 2021 ve Ekim 2021) yerinde ölçüm çalışmaları (özellik elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı, sıcaklık, pH, vb.) ve örneklemeler yapılmıştır. Örnek dönemlerini tanımlamak için örnek isimlerinin sonuna dönemleri temsil edecek şekilde kodlamalar eklenerek sınıflandırılmıştır.

İnceleme alanında örneklem noktası olarak seçilen yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının beslenme ve boşalım mekanizmalarının yorumlanabilmesi için beslenme alanı içerisinde yer alan doğal kaynak boşalımları ve yeraltısularını temsil eden kuyular seçilmiştir. Örneklenen kaynak noktalarının litolojik birimleri doğrudan

boşaltıyor olması veya boşalım noktalarına yakın olması göz önünde bulundurulmuştur. Yine havzadaki örnekleme noktalarının jeolojik formasyonları temsil ediyor olmasına da dikkat edilmiştir. Kuyu örneklemelerinde ise filtrelenmiş kesimlerin havzadaki çeşitli akifer birimleri temsil ediyor olmasına ve kuyu örnekleme için en az 3 kuyu hacmi su boşaltıldıktan sonra örnekleme gerçekleştirmesine dikkat edilmiştir. Bu bağlamda Seyfe Gölü havzasında yer alan su noktalarının fizikokimyasal, hidrojeokimyasal ve çevresel izotop özelliklerinin belirlenerek sistemdeki beslenme-depolama-boşalım ilişkileri ve hidrojeokimyasal süreçleri tanımlamak üzere örnekleme gerçekleştirilmiştir.

İnceleme alanında örneklenen su noktalarına ait bilgiler Çizelge 6.1 ve Şekil 6.1’de verilmektedir. Ayrıca geçmiş yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından Seyfe Havzasında gerçekleştirilmiş hidrojeolojik çalışmalarda kimyasal analiz sonuçları da değerlendirmeler yapılırken incelenmiş ve güncel örnek noktalarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Yine çalışma alanındaki su kaynaklarının majör iyon içerikleri ve yerinde ölçümler çeşitli programlar (PhreeqC, Rockworks (Demo), ArcMap vb.) yardımıyla analiz edilmiş, akifer litolojilerinin kimyası, suların kalitesi ve kullanılabilirliği, su kayaç etkileşimi gibi süreçler açıklanmaya çalışılmış, tematik haritalar oluşturulmuştur. Ayrıca su noktalarının major iyon içerikleri ile yerinde ölçümlerin birbirleriyle ilişkileri istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmiştir. Çalışmada istatistiksel analizler ve değerlendirmeler IBM SPSS Statistics 23.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Havzada örneklenen yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına ait pH, özgül elektriksel iletkenlik (ÖEI- $\mu\text{S}/\text{cm}$), sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), ÖEI’nin bir fonksiyonu olarak toplam çözünmüş katı miktarı (TÇK-mg/l) vb. gibi fizikokimyasal özellikler yerinde ölçülmüştür. Arazide yerinde gerçekleştirilen ölçümlerde “Hanna HI-98198” model “çok parametrelili su kalitesi ölçüm cihazı” kullanılmıştır. Ölçüm cihazının kalibrasyonu arazide yapıldıktan sonra fizikokimyasal parametreler ölçülmüştür. pH elektrotunun kalibrasyonu için standart pH 4, 7 ve 10 olan tampon çözeltiler kullanılmıştır.

Laboratuvarıda ise çevresel izotop analizleri ile majör anyon ve katyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında 250 ve 500 ml'lik polietilen şişeler kullanılarak toplanan örnekler majör iyon analizleri için saklanmıştır. Kimyasal analizler için, Eylül 2019-Ekim 2021 periyodu içerisinde her dönem için yeraltı ve yüzeysuyu temsil eden 25-30 arasında değişen örnekleme noktaları, çevresel izotop analizleri için ise 30-40 arasında değişen örnekleme noktaları seçilmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Örnekleme dönemleri ve ayrıntıları Çizelge 6.1'de sunulmuştur.

Çizelge 6.1. Örneklenen su noktalarına ait dönemsel veriler

Örnekleme Dönemi	Örneklenen Su Noktalarının Türü	Örnekleme Noktası Sayısı	Yerinde Fizikokimyasal Ölçümler	Yapılan Analizler
1-2019 Eylül	Kaynaklar	40	EC, pH, T, Debi	Majör iyon ve Duraylı İzotop (22 tanesi majör iyon, 40 tanesi izotop)
2-2019 Aralık	Kaynaklar+Kar örnekleme	40	EC, pH, T, Debi	Majör iyon ve Duraylı İzotop (10 kar örnekleme+30 izotop+22 majör iyon)
3-2020 Ağustos	Kaynaklar	40	EC, pH, T, Debi	Majör iyon ve Duraylı İzotop (20 kaynak+6 kuyu+26 majör iyon)
4-2021 Şubat	Kaynaklar, Kar örnekleme	42	EC, pH, T, Debi, Alkalinite	Majör iyon ve Duraylı İzotop (17 kaynak +25 kar örnekleme)
5-2021 Mayıs	Şahıs Kuyuları	26	EC, pH, T, Alkalinite	Majör iyon ve Duraylı İzotop
6-2021 Eylül	Kaynaklar	30	EC, pH, T, Alkalinite	Majör iyon ve Duraylı İzotop, Tritiyum
7-2021 Ekim	Şahıs Kuyuları	26	EC, pH, T, Alkalinite	Majör iyon, Duraylı İzotop, Tritiyum

Saha çalışmalarında majör katyon örnekleme 500 ml'lik polietilen şişeler kullanılarak gerçekleştirilmiş, örnekler 0.45 µm filtrelerden geçirilmiş ve % 5'lik HNO₃ veya HCl çözeltiler ilave edilerek pH 2'den küçük olacak şekilde korunmuştur. Anyon örnekleri ise koruyucu çözelti eklenmeden serin bir yerde muhafaza edilerek korunmuştur (Çizelge 6.2).

Arazi çalışmaları sonrasında örneklenen su noktalarının majör iyon analizleri üniversite (Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Cevher Anabilim Dalı,

Kimya Laboratuvarı) ve kamu kuruluşlarının (DSİ, MTA) kimyasal analiz laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Analizler “İyon Kromatografi (IC)” ve “İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)” cihazları kullanılarak, alkalinite analizleri ise laboratuvarında titrimetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir.

Su noktalarının majör iyon analizlerinde elektronötralite değerinin $\leq \pm 5\%$ olması sağlanmıştır. Duraylı izotop örnekleme çalışmaları için 60 ml' lik polietilen şişeler kullanılmış ve şişeler doldurulurken içerisinde hava kalmayacak şekilde örnekleme gerçekleştirilmiş ve serin yerde korunarak laboratuvara ulaştırılmıştır. Duraylı izotop analizleri “Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi (UKAM) Duraylı İzotop Laboratuvarı'nda” gerçekleştirilmiştir. “Los Gatos Research Liquid Water Isotope Analyzer (LGR) DLT-100” cihazı kullanılarak örneklerin duraylı izotop içerikleri analiz edilmiştir.

Duraylı izotopların ($\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$) oranı “Standart Ortalama Okyanus Suyundan” “binde sapma (δ)” olarak verilmiş olup analiz sonuçları “Viyana Standart Ortalama Okyanus Suyu (VSMOW)” ölçeğine göre normalize edilmiştir. $\delta^{18}\text{O}$ ile $\delta^2\text{H}$ analizlerinin ortalama hata payı ^2H için $\pm 2\%$ VSMOW; ^{18}O için $\pm 0.3\%$ VSMOW düzeyindedir.

Tritiyum analizleri ise “DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarı”nda gerçekleştirilmiştir. Tritiyum analizleri damıtma, elektrolitik zenginleştirme ve Sıvı Parıldama Sayım tekniği aşamaları ile gerçekleştirilmiştir. Tritiyum analizleri için ortalama hata payı 0.62 ile 0.78 $\pm$ TU arasında değişmektedir.

Çizelge 6.2. Su noktalarının örnekleme-analiz-teknik özellikleri

Analiz Türü	Örnek Hacmi	Örnekleme
Majör Katyon, İz Element	250 ml (Polietilen şişe)	pH<2 %5'lik HNO ₃ , HCl çözeltileri eklenerek ICP-OES
Majör Anyon	250 ml (Polietilen şişe)	0.45 µm filtreden geçirilerek, Koruyucu çözelti eklenmeden İyon Kromatografi
Duraylı İzotop (Döteryum-Oksijen 18)	60 ml (Polietilen şişe)	0.45 µm filtreden geçirilerek, Koruyucu çözelti eklenmeden LGR- DLT 100
Trityum	500-1000 ml (Polietilen şişe)	0.45 µm filtreden geçirilerek, Koruyucu çözelti eklenmeden Trityum Zenginleştirme+Sıvı Parıldama Sayacı

6.2. Örnekleme Noktaları

Örnekleme çalışmaları Eylül 2019-Ekim 2021 arasında yağışlı ve kurak dönemlerdi dikkate alarak gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktaları Seyfe Gölü havzasındaki kaynakları, mevsimlik dereleri, drenaj kanalını ve sondaj kuyularını kapsamaktadır (Şekil 6.1 ve Foto 6.1). Ayrıca Ağustos 2020-Ekim 2021 döneminde havzadaki Eskidoğanlı, Boztepe ve Yenidoğanlı yerleşim yerlerinde yer alan DSI'nin mevsimlik gözlem kuyuları ile şahıs kuyularından örneklemler gerçekleştirilmiştir.

Örneklemlerin yapıldığı dönemlerde Seyfe Göl alanının kısmen ve literatürde gölü beslediği belirtilen Seyfe ve Horla kaynaklarının tamamen kurumuş olduğu belirlenmiştir. Seyfe Gölü ile bağlantılı olan drenaj kanalları arazi çalışmaları kapsamında incelenmiştir. Bununla birlikte alanın kuzeyinde açılmış olan ve havza dışına doğu yönünden drene olan CD-8 kanalının, havza genelinde açılmış drenaj kanalları arasında içerisinde suyun bulunduğu tek kanal olduğu gözlenmiştir.

Gölün kuzeyinden başlayan ve doğusuna doğru devam eden CD-8 drenaj kanalından dönemsel örneklemeler (DK su noktası) gerçekleştirilmiştir. Bazı dönemlerde arazi koşullarının uygun olmaması, bir kısım su noktalarının kuruması nedeniyle periyodik örneklemelerin gerçekleştirilmediği su noktaları da olmuştur. Bu noktalar yerine aynı formasyonları temsil eden yakın bölgelerdeki su noktaları örneklenmiştir.

Şekil 6.1. İnceleme alanındaki kimyasal analizler için örneklenen su noktalarının lokasyon haritası

6.3. Su Noktalarının Fizikokimyasal Özellikleri

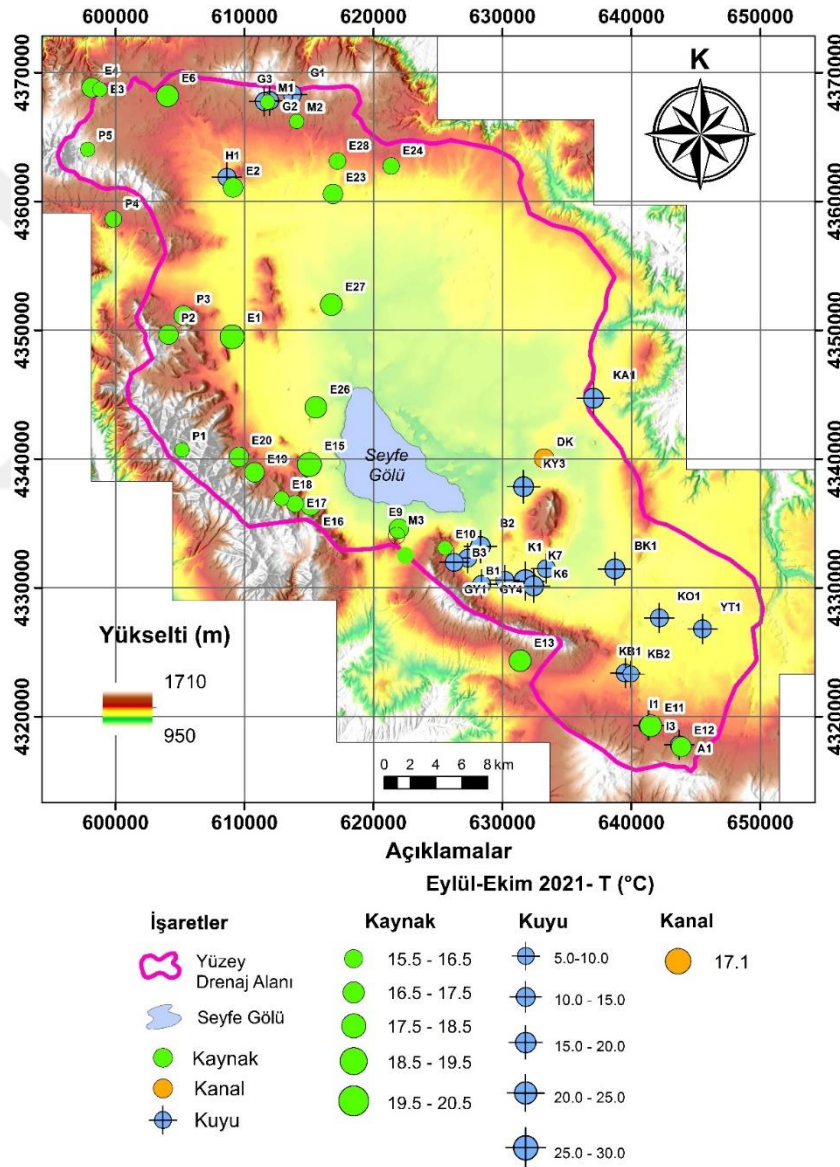
Tez çalışması kapsamında havzada yer alan yüzey ve yeraltısularının Sıcaklık, pH, Özgül Elektriksel İletkenlik, Toplam Çözünmüş Katı, Debi vb. fizikokimyasal özellikleri arazide yerinde ölçülmüştür (Foto 6.1).



Foto 6.1. Seyfe Gölü havzasındaki çeşitli su noktalarından gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları

6.3.1. Sıcaklık (T°C)

Su kaynaklarının yerinde örnekleme ölçümleri sırasındaki sıcaklık değerleri Eylül 2019 döneminde 14.5°C ile 19.7°C arasında, Aralık 2019 döneminde 4.05°C ile 15°C arasında, Ağustos 2020 döneminde 14.5°C ile 26.4°C arasında, Şubat 2021 döneminde 4.69°C ile 11.28°C arasında, Mayıs 2021 döneminde 14°C ile 29.33°C arasında, Eylül 2021 döneminde 14.4°C ile 20.8°C arasında, Ekim 2021 döneminde ise 12.81°C ile 29.33°C arasında değişmektedir (Şekil 6.2 ve Çizelge 6.3).



Şekil 6.2. Örneklenen yüzey ve yeraltısularının havza genelinde sıcaklık dağılımı (Eylül-Ekim 2021)

Çizelge 6.3. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının dönemsel sıcaklık istatistikleri

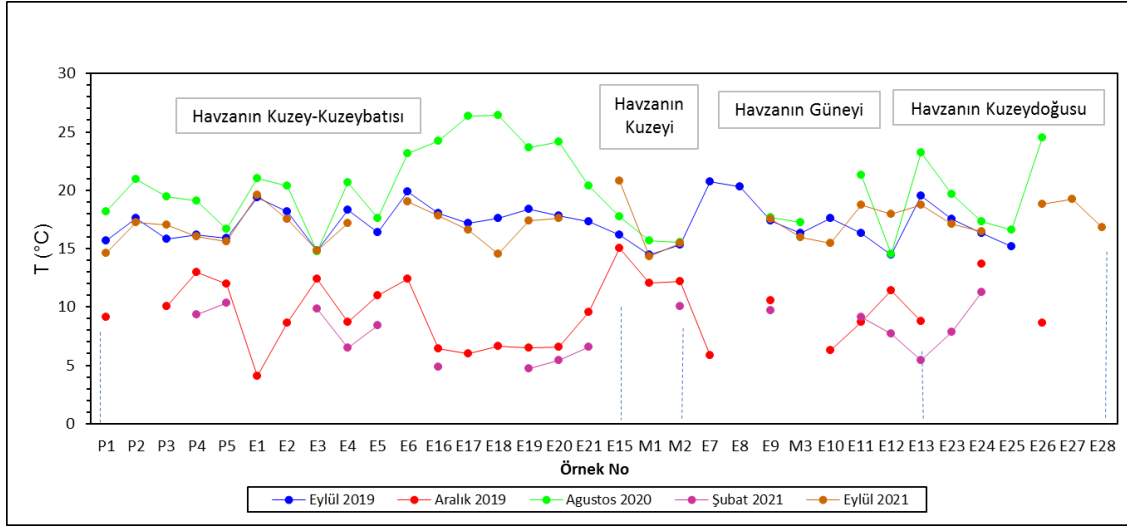
T (°C)	Eylül 2019	Aralık 2019	Ağustos 2020	Şubat 2021	Mayıs 2021	Eylül 2021	Ekim 2021
<i>Minimum</i>	14.5	4.1	14.5	4.7	14.0	14.4	12.8
<i>Maksimum</i>	20.3	15.0	26.4	11.3	29.3	20.8	29.3
<i>Ortalama</i>	17.0	9.2	19.9	7.9	17.4	17.1	15.2
<i>Std. Sapma</i>	1.6	3.0	3.3	2.1	3.5	1.61	3.34
<i>CV</i>	0.6	0.3	0.3	0.5	0.3	0.6	0.3

Çeşitli yükseltilerden örneklenen su kaynaklarının beklenildiği gibi yükselti artışına paralel olarak kaynak boşalım sıcaklıklarında düşüş gözlenmektedir. Çalışma alanında yer alan su kaynaklarının sıcaklıkları mevsimsel meteorolojik etkenlere bağlı olarak da değişmektedir. Eylül 2019 döneminde en düşük sıcaklık alanın güneyindeki Avuç yerleşim yerinde E12 su kaynağında 14.5°C olarak ölçülmüştür.

Aralık döneminde en düşük sıcaklık alanın kuzeyinde Harmanaltı mevkiindeki Kepir Dere'de, en yüksek sıcaklık ise Seyfe Köyü'ndeki E15 kuyusunda ölçülmüştür. Ağustos 2020 döneminde en yüksek sıcaklık havzanın güneybatısında Dalakçı yerleşim yerinde yer alan E18 su kaynağında 26.24°C, en düşük ölçülen sıcaklık ise alanın güneyindeki E12 su kaynağında 14.5°C olarak belirlenmiştir (Şekil 6.2 ve Şekil 6.3).

Eylül 2021 döneminde en düşük sıcaklık alanın en kuzeyinde Göllü yerleşim yerinde örneklenen M1 su kaynağında 14.4°C olarak ölçülmüştür. Ölçülen yerde sıcaklık değerlerinin havzanın kuzeybatı ve kuzey kesimlerinde daha düşük olarak ölçülmesi, topoğrafyaya bağlı yükseklik-sıcaklık ilişkisinin ters orantılı olduğunu göstermektedir (Şekil 6.3).

Mayıs 2021 ve Ekim 2021 dönemlerinde örneklenen yeraltısuları sıcaklığının en yüksek olduğu kesimler çalışma alanının güneydoğu kesiminde çok sınırlı bir bölgesinde (Kıran bölgesi) sıcak su dolaşımı olan kuyularda ölçülmüştür.



Şekil 6.3. Havzada örneklenen yüzeysularının dönemsel sıcaklık (T) değerleri

6.3.2. pH

pH, sudaki H^+ (hidrojen iyonu) konsantrasyonunun bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca sudaki hidrojen ve hidroksil iyonları ile asit baz dengesini göstermektedir.

pH değeri 7.0 olan sular nötr sulardır. Nötr sularda sudaki hidrojen ve hidroksil iyonları denge halindedir. pH değeri 7.0'dan yüksek olan sular kabuklaştırmacı özellikte bazik karakteri temsil ederken, pH değeri 7.0'dan küçük olan sular aşındırıcı özellikte asidik karakter sergilemektedirler (Çizelge 6.4). Genellikle yeraltısularının pH değerleri 7'den küçük değerler gösterirken, yüzeysularının pH değerleri 8'den büyük değerler göstermektedir (Appelo ve Postma, 2005).

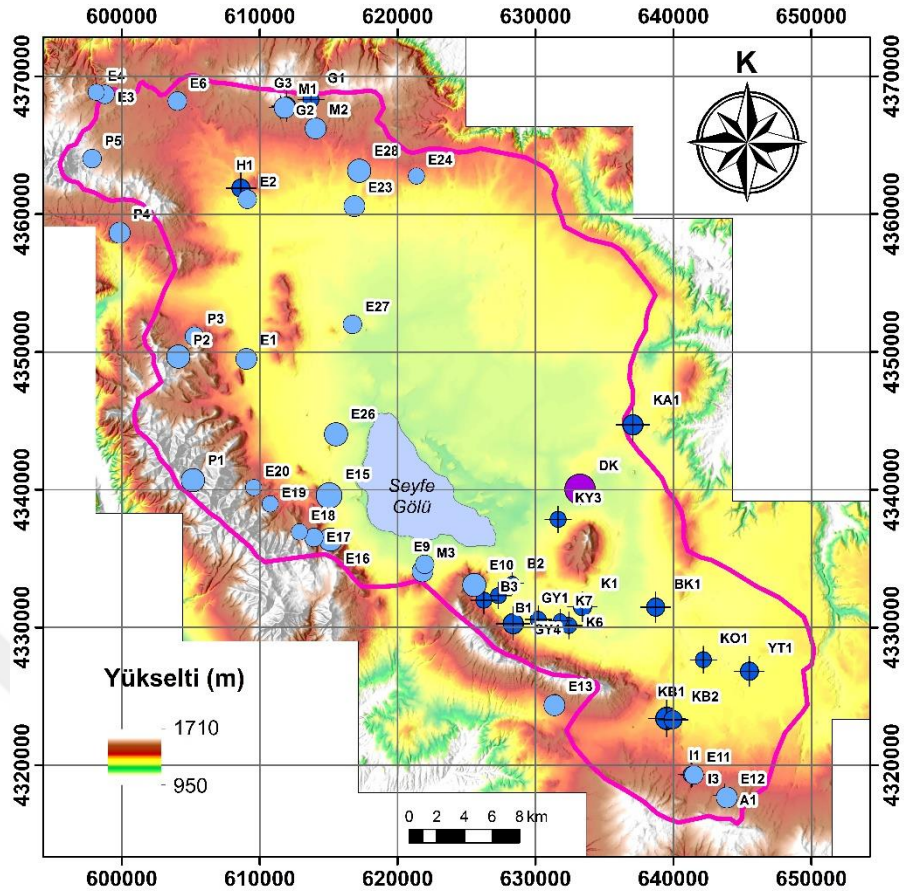
Çizelge 6.4. Suların pH değerlerine göre sınıflaması

Su Sınıflaması	pH
Bazik	>8.5
Bazik Karakterli	8.5-7.0
Nötr	7.0
Asit Karakterli	7.0-4.5
Asidik	4.5

Çalışma alanındaki yeraltısularının pH değerleri Eylül 2019 döneminde 7.15-8.65 arasında, Aralık 2019 döneminde 6.38-8.61 arasında, Ağustos 2020 döneminde 7.06-9.08 arasında, Şubat 2021 döneminde 6.9-8.07 arasında, Mayıs 2021 döneminde 6.97-7.97 arasında, Eylül 2021 döneminde 6.64-8.73 arasında, Ekim 2021 döneminde ise 6.83-8.04 arasında değişim göstermektedir (Şekil 6.4 ve Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının dönemsel pH istatistikleri

pH	Eylül 2019	Aralık 2019	Ağustos 2020	Şubat 2021	Mayıs 2021	Eylül 2021	Ekim 2021
Minimum	7.2	6.4	7.1	6.9	7.0	6.64	6.8
Maksimum	8.7	8.6	9.1	8.1	8.0	8.73	8.0
Ortalama	7.7	7.5	7.5	7.6	7.6	7.27	7.3
Std. Sapma	0.32	0.4	0.5	0.3	0.3	0.36	0.3
CV	3.11	2.2	2.1	3.4	3.5	2.75	3.1



Açıklamalar
Eylül-Ekim 2021- pH

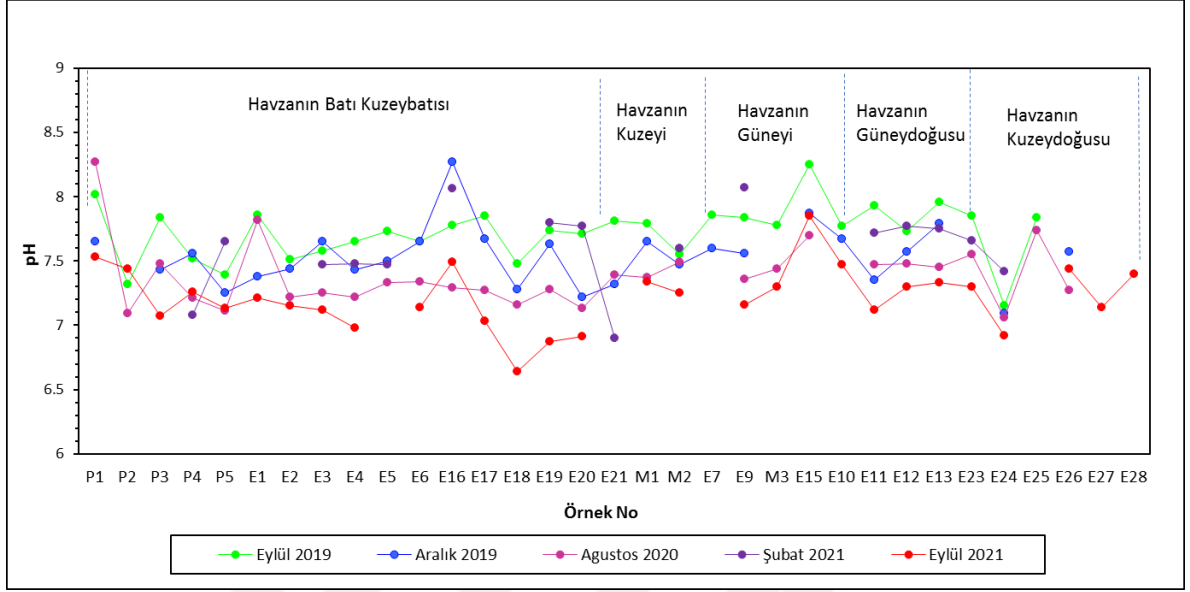
İşaretler	Kaynak	Kuyu	Kanal
Yüzey Drenaj Alanı	6.8 - 7.0	6.8 - 7.0	8.73
Seyfe Gölü	7.0 - 7.2	7.0 - 7.2	
Kaynak	7.2 - 7.4	7.2 - 7.4	
Kanal	7.4 - 7.6	7.4 - 7.6	
Kuyu	7.8	7.6 - 7.8	

Şekil 6.4. Örneklenen yüzey ve yeraltısularının havza genelinde pH dağılımı (Eylül-Ekim 2021)

Havzada örneklenen su kaynakları genellikle bazik karakter sergilemekte olup, suların pH değerleri 7.0' dan büyüktür.

Havzanın güneybatısında Dalakçı yerleşim yerinde örneklenen E18 kaynağı havza içerisinde örnekleme yapılan su kaynakları arasında en düşük pH değerine sahiptir.

Havzanın doğusunda Karaarkaç yerleşim yerinde yer alan DK drenaj kanalı ise 8.73 pH değeri ile bazik olup havza genelinde en yüksek pH değerine sahiptir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Havzada örneklenen yüzeysularının dönemsel pH değerleri

6.3.3. Özgül Elektriksel İletkenlik (ÖEİ)

Elektriksel İletkenlik sulu çözeltilerin elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal ifadesi olarak tanımlanmaktadır (Appelo ve Postma, 2005). 1cm^3 suyun $+25^\circ\text{C}$ 'de ölçülen iletkenliği ise özgül elektriksel iletkenlik (ÖEİ) olarak tanımlanmaktadır (Appelo ve Postma, 2005).

Suların yüzeye çıkışlarına kadar yeraltındaki dolaşım süreleri, çözünürlükleri, etkileşim içerisinde oldukları kayaların türleri ve izledikleri yol elektriksel iletkenliklerini etkilemektedir.

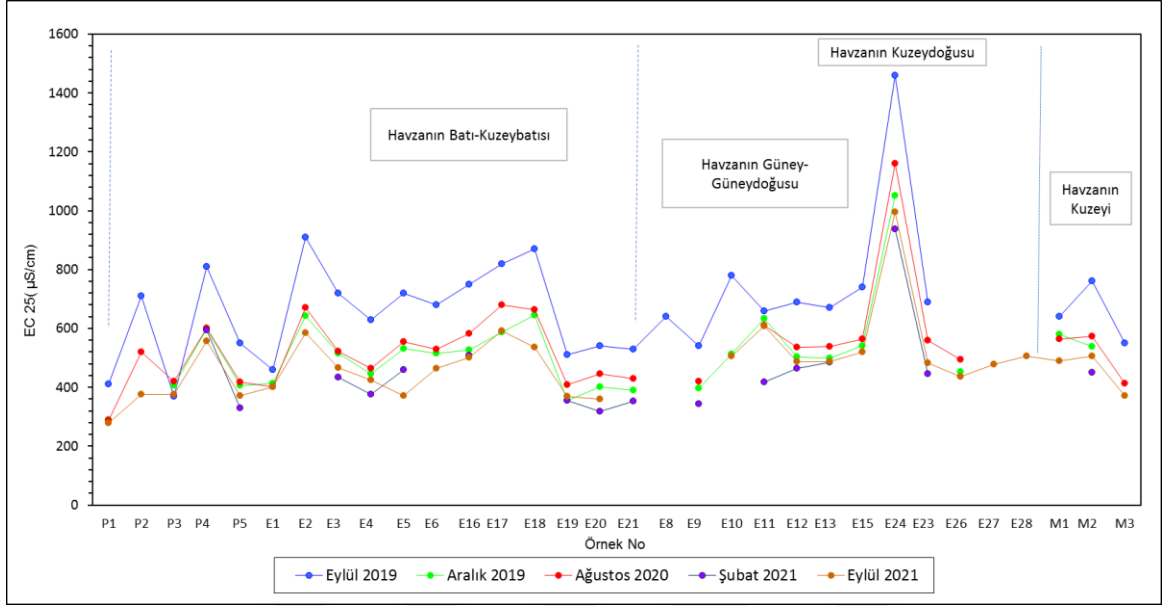
Havzadaki örnekleme yapılan yüzeysularının Eylül 2019 döneminde ÖEİ 25 değerleri 370-30500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Aralık 2019 döneminde 291-29850 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Ağustos 2020 döneminde 288-42030 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Şubat 2021 döneminde 318-938 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Eylül 2021 döneminde ise 278-38370 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Çizelge 6.6 ve Şekil 6.6).

Örnekleme yapılan yeraltısı noktalarının yerinde ölçülen özgül elektriksel iletkenlik değerleri Mayıs 2021 döneminde 380-10770 $\mu\text{S/cm}$ arasında, Ekim 2021 döneminde ise 361-13770 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmektedir (Çizelge 6.6 ve Şekil 6.6).

Çizelge 6.6. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının dönemsel ÖEİ 25 istatistikleri

ÖEİ25 ($\mu\text{S/cm}$)	Eylül 2019	Aralık 2019	Ağustos 2020	Şubat 2021	Mayıs 2021	Eylül 2021	Ekim 2021
<i>Minimum</i>	370	291	288	318	380	278	380
<i>Maksimum</i>	30500	29850	42030	938	10770	38370	10770
<i>Ortalama</i>	2238	2059	2607	454	1761	1742	1761
<i>Std. Sapma</i>	6493	6732	9281	146	2585	6919	2797
<i>CV</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

yerinde ölçülen ÖEİ değerleri incelendiğinde; inceleme alanının doğusunda örneklenen su noktaları, batısında örneklenen su noktalarına göre daha yüksek özgül elektriksel iletkenlik değerlerine sahiptir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. Havzada örneklenen yüzeysularının dönemsel ÖEİ değerleri

Ayrıca havza genelinde yüksek kotlardan örneklenen bazı su noktalarında su-kayaç etkileşiminin oldukça kısa süreli olmasından dolayı bu su noktalarında özgül elektriksel iletkenlik değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Yine metamorfik ve magmatik kayalardaki kaynak boşalımını temsil eden örneklemelerdeki ÖEİ değerlerinin, sedimanter örtü birimlerindeki kaynak çıkışlarının ÖEİ değerlerine göre daha düşük değerler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 6.7).

6.3.4. Toplam Çözünmüş Madde (TÇM)

Çözelti içerisinde çözünmüş halde bulunan inorganik ve organik maddelerin toplam miktarının ölçüsü toplam çözünmüş madde olarak tanımlanmaktadır. Bu inorganik maddeler katyonlar, anyonlar, metaller, tuzlar olabilmektedir. TÇM miktarı suda çözünmüş madde miktarının bir göstergesi olduğundan elektriksel iletkenlikle

bağlantılıdır. TÇM miktarı arazide EC metreler veya çoklu ölçüm yapan problemler ile mg/l veya ppm düzeyinde ölçülmektedir. TÇM miktarı özgül elektriksel iletkenlik değerinin bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır. TÇM ile Eİ arasındaki dönüşüm aşağıdaki ampirik bağıntı ile kurulabilmektedir (Denklem 6.1) (APHA, 2012).

$$TÇM (mg/l) = Eİ \times (0.55-0.75) \quad (Denklem 6.1)$$

Suların Toplam Çözünmüş Katı Madde İçeriğine Göre (TÇM) Sınıflaması Çizelge 6.7’de verilmiştir. Bu çalışmada TÇM değerleri çoklu ölçüm cihazının otomatik dönüştürülen ÖEİ 25 değerlerinin arazide yerinde ölçülen değerleridir.

Çizelge 6.7. Suların Toplam Çözünmüş Katı Madde İçeriğine Göre (TÇM) Sınıflaması (Freeze ve Cheery, 1979)

Su Tipi	TÇM (ppm)
Çok Tuzlu (Salamura) Su	>100.000
Tuzlu Su	10.000 - 100.000
Acı Su	1000-10000
Tatlı Su	0-1000

Havzadaki su kaynaklarının TÇM değerleri Eylül 2019 döneminde 185-15250 ppm arasında, Aralık 2019 döneminde 145-14300 ppm arasında, Ağustos 2020 döneminde 144-21015 ppm arasında, Şubat 2021 döneminde 159-469 ppm arasında, Mayıs 2021 döneminde 190-5385 ppm arasında, Eylül 2021 döneminde 139-19185 ppm, Ekim 2021 döneminde ise 180 ppm ile 6885 ppm arasında değişmektedir (Çizelge 6.8).

Çizelge 6.8. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının dönemsel TÇM istatistikleri

TÇM (ppm)	Eylül 2019	Aralık 2019	Ağustos 2020	Şubat 2021	Mayıs 2021	Eylül 2021	Ekim 2021
<i>Minimum</i>	185	145	21.0	159	190	139	181
<i>Maksimum</i>	15250	14300	579.5	469	5412	19185	6885
<i>Ortalama</i>	1119	997	254.0	227	879	871	776
<i>Std. Sapma</i>	3246	3223	104.2	74	1290	3459	1399
<i>CV</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

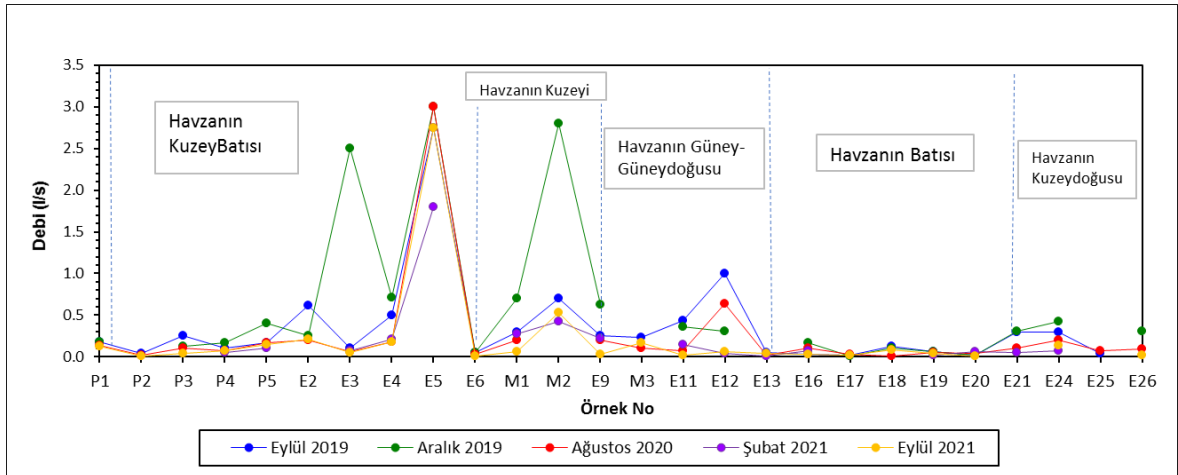
Bu değerlere göre DK su noktaları haricindeki tüm su noktaları tatlı ve acı sular su tipine girerken, DK su noktası ise tuzlu su tipine girmektedir. Havzadaki örnekleme yapılan noktaların TÇM değerleri EK 2.17- EK 2.31'de verilmiştir.

6.3.5. Debi

Havzada örnekleme yapılan su kaynaklarının debileri Eylül 2019 döneminde 0.01 l/s - 2.5 l/s arasında, Aralık 2019 döneminde 0.06 l/s - 3 l/s arasında, Ağustos 2020 döneminde 0.01 l/s - 0.64 l/s arasında, Şubat 2021 döneminde 0.01 l/s - 1.8 l/s arasında, Eylül 2021 döneminde ise 0.01 l/s - 0.53 l/s arasında ölçülmüştür (Çizelge 6.9 ve Şekil 6.8). Havzadaki kaynakların çoğunluğu mermer ve kristalize kireçtaşı akiferinden beslenen orta-düşük debili kaynaklardır.

Çizelge 6.9. Örneklenen su noktalarının dönemsel debi istatistikleri

Debi (l/s)	Eylül 2019	Aralık 2019	Ağustos 2020	Şubat 2021	Eylül 2021
Minimum	0.03	0.1	0.01	0.01	0.01
Maksimum	1.00	3.0	0.64	1.80	0.53
Ortalama	0.26	0.5	0.15	0.23	0.09
Std. Sapma	0.61	0.72	0.14	0.43	0.11
CV	1.63	1.39	7.11	2.31	8.94



Şekil 6.8. Havzada örneklenen yüzeysularının yerinde ölçülen dönemsel debi değerleri

6.3.6. Suların Sertliği

Çok değerlikli (+2 ve üzeri) katyonlar doğal su kaynaklarının sertlik derecesini belirlemektedir. Suların sertliklerinin sınıflandırılması için Fransız, İngiliz ve Alman sertliği gibi çeşitli sınıflamalar bulunmaktadır. Gerçekleştirilen tez çalışmasında havzada örneklenen suların sertlikleri Fransız Sertliği sınıflamasına göre belirlenmiştir. Örneklenen su noktalarında gerçekleştirilen sertlik sınıflamasında 1000 ml için 10 mg'a eşdeğer CaCO_3 içeriği hesaplamasını temel alan Fransız sertliği sınıflaması kullanılmıştır (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10. Su noktalarının Fransız Sertliğine göre sınıflaması

Su Sınıflaması	Fransız Sertliği (Fr°)
Çok Yumuşak Su	0.0-7.2
Yumuşak Su	7.2-14.5
Az Sert Su	14.5-21.5
Oldukça Sert Su	21.0-32.5
Sert Su	32.5- 54.0
Çok Sert Su	>54.0

1000 ml içerisinde 10 mg CaCO_3 eşdeğer olan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları içeren doğal suyun sertliği 1 Fransız sertliği olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanındaki su noktalarının sertlikleri Eylül 2019 döneminde 16.63 ile 739.06 Fr° arasında, Aralık 2019 döneminde 14.60 ile 542.06 Fr° arasında, Ağustos 2020 döneminde 14.63 ile 821.85 Fr° arasında, Şubat 2021 döneminde 15.39 ile 44.21 Fr° arasında, Mayıs 2021 döneminde 18.75 ile 327.37 Fr° arasında, Eylül 2021 döneminde 14.52 ile 648.75 Fr° arasında ve Ekim 2021 döneminde ise 13.76 ile 421.56 Fr° değerleri arasında değişmektedir. 2019-2021 yılları arasında örneklenen su noktaları, birkaç su noktası dışında oldukça sert, sert ve çok sert sular sınıfına girmektedir. Drenaj kanalını temsil eden DK su noktası tüm dönemlerde çok sert sular grubuna girmektedir (Çizelge 6.10). Bazı kayaçları oluşturan mineraller çözünmeye oldukça dirençli iken bazı mineraller su ile oldukça hızlı çözünmekte, buna bağlı olarak toplam çözünmüş katı madde miktarları ve sertlikleri yüksektir. Havzadaki mermer, kireçtaşı, kumtaşı, konglomera ve evaporitli seviyelerden örneklenen suların daha

sert sular grubunda olduğu belirlenmiştir. Bu süreç yeraltında suyun dolaşımında olduğu kayaları oluşturan mineral türlerinin çözünmesi ve suya sertlik veren bazı iyonların (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^- , SO_4^{-2}) derişimlerinin artması şeklinde açıklanmaktadır.

6.4. Su Noktalarının Kimyasal Analiz Sonuçları

Seyfe Gölü havzasından alınan tüm su örneklerinin farklı dönemlerdeki kimyasal analiz sonuçları EK 1.26 - EK 1.38 ve EK 2.17 - EK 2.31'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre suların %90'dan fazlasını oluşturan majör katyon (Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} , Na^+) ve majör anyon (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{-2} , CO_3^{-2}) içeriklerinin dönemsel majör iyon istatistikleri özet çizelge halinde aşağıda sunulmuştur (Çizelge 6.11).

Çizelge 6.11. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının majör iyon içeriklerinin dönemsel istatistikleri

Majör İyonlar	İstatistik Veriler	Eylül 2019	Aralık 2019	Ağustos 2020	Şubat 2021	Mayıs 2021	Eylül 2021	Ekim 2021
K^+ (ppm)	Minimum	0.50	0.10	0.30	0.00	0.42	0.30	0.70
	Maksimum	80.00	60.5	172.2	8.6	12.3	116.0	12.0
	Ortalama	13.10	5.60	11.06	1.30	4.60	5.90	4.00
	Std.Sapma	26.30	13.8	38.10	2.10	3.20	21.00	3.43
	CV	0.04	0.07	0.00	0.49	0.31	0.05	0.29
Na^+ (ppm)	Minimum	2.10	2.00	2.30	2.3	2.11	1.59	6.00
	Maksimum	6760.0	4564	7839.1	22.5	765	5750.0	882.5
	Ortalama	356.1	250.71	402.6	6.7	139.2	201.8	121.2
	Std.Sapma	1469.0	1044.6	1750.4	5.1	225.5	1047.9	220.3
	CV	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
Ca^{+2} (ppm)	Minimum	51.0	44.7	44.3	48.0	54.02	45.5	40.2
	Maksimum	1280.0	939	1431.9	121.6	870	984.0	1160
	Ortalama	139.1	117.90	142.3	62.7	155.3	98.3	126.3
	Std.Sapma	262.5	199.8	304.2	16.8	213.8	168.1	227.03
	CV	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00
Mg^{+2} (ppm)	Minimum	4.4	3.5	4.1	6.9	10.2	4.0	7.7
	Maksimum	1020.0	748	1129.1	33.7	310.5	980.0	490.6
	Ortalama	63.0	50.73	68.7	15.0	41.2	43.5	43.03
	Std.Sapma	219.4	169.00	249.7	6.8	69.0	176.9	98.41
	CV	0.00	0.01	0.00	0.15	0.01	0.01	0.01

Çizelge 6.11. (devam ediyor) Çalışma alanında örneklenen su noktalarının majör iyon içeriklerinin dönemsel istatistikleri

Majör İyonlar	İstatistik Veriler	Eylül 2019	Aralık 2019	Ağustos 2020	Şubat 2021	Mayıs 2021	Eylül 2021	Ekim 2021
Cl^- (ppm)	Minimum	2.5	2	2.5	1.9	3.4	1.9	4.5
	Maksimum	12320.0	8088	12984.8	82.2	1368	10123.0	2136.7
	Ortalama	635.7	438.31	661.4	13.0	223	348.4	233.6
	Std.Sapma	2679.5	1852.5	2900.7	19.1	380.9	1846.2	485.10
	CV	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
SO_4^{2-} (ppm)	Minimum	6.8	5.1	7.2	8.7	2.7	6.1	2.3
	Maksimum	5720.0	4010	6125.1	108.6	2638.1	5270.0	3161.7
	Ortalama	320.7	234.01	330.4	26.7	252.9	192.3	189.5
	Std.Sapma	1240.1	914.6	1364.4	22.7	649.5	959.1	651.8
	CV	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
HCO_3^- (ppm)	Minimum	71.1	100	54.8	170.0	180.0	100.0	150
	Maksimum	380.0	380	350.5	292.0	520.0	385.0	350
	Ortalama	279.6	250.53	258.2	221.2	323	248.8	259.6
	Std.Sapma	4899	60.7	68.6	33.6	90.2	50.8	62.2
	CV	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00

6.5. Majör İyonlar

6.5.1. Sodyum (Na^+)

Sodyum iyonu, sularda en bol bulunan katyon türlerinden biridir. Yerküredeki sodyum katyonunun kaynakları kil mineralleri, evaporitler, feldispatlar, feldispatoidler ile magmatik kayalardır (Hem,1985). Sodyum iyonu magmatik kayalarda potasyuma göre daha bol bulunurken, sedimanter kayalarda potasyuma göre daha az bulunmaktadır (Hem, 1985). Çalışma alanında yer alan su noktalarının sodyum değerleri Eylül 2019 döneminde 2.1 ile 6760 ppm arasında, Aralık 2019 döneminde 2.0 ile 4564 ppm arasında, Ağustos 2020 döneminde 2.3 ile 7839.1 ppm arasında, Şubat 2021 döneminde 2.3 ile 22.50 ppm arasında, Mayıs 2021 döneminde 2.11 ile 765 ppm arasında, Eylül 2021 döneminde 1.59 ile 5750 ppm arasında, Ekim 2021 döneminde ise 6 ile 882.5 ppm arasında değişim göstermektedir. Örneklenen su noktalarındaki Na değerleri incelediğinde, Na^+ iyonlarının havzanın doğu kesimlerinde arttığı belirlenmiştir. Bu iyonun derişimindeki artışın havzanın geniş bir kesiminde yüzlek veren Kızılırmak Formasyonu'nu oluşturan sedimanter istifin içerisindeki kil mineralleri, evaporitler ve feldispatlar ile ilişkili olacağı düşünülmektedir.

6.5.2. Potasyum (K^+)

Yerkabuğundaki potasyumun kaynağı ortoklaz ve mikroklin gibi feldispatlar, feldispatoidler, mika mineralleri ile kil mineralleridir (Hem, 1985). Çalışma alanında yer alan su noktalarının sodyum değerleri Eylül 2019 döneminde 0.5 ile 80 ppm arasında, Aralık 2019 döneminde 0.1 ile 60.5 ppm arasında, Ağustos 2020 döneminde 0.3 ile 172.2 ppm arasında, Şubat 2021 döneminde 0.0 ile 8.60 ppm arasında, Mayıs 2021 döneminde 0.42 ile 12.3 ppm arasında, Eylül 2021 döneminde 0.30 ile 116 ppm arasında, Ekim 2021 döneminde ise 0.70 ile 12.00 ppm arasında değişim göstermektedir. Örneklenen su noktalarındaki Potasyum değerleri incelendiğinde, K^+ iyonlarının havzanın güneybatı ve kuzeybatı kesimlerinde arttığı belirlenmiştir. Bu iyonun derişimindeki artışın havzanın batı, güneybatı ve kuzeybatısında yüzlek veren Kervansaraydağ Formasyonu ve Kalkanlıdağ Formasyonu'nu oluşturan şist ve gnays birimlerindeki muskovit, biyotit gibi mika mineralleri ile alkali feldispatlar ile ilişkili olacağı düşünülmektedir.

6.5.3. Kalsiyum (Ca^{+2})

Kalsiyum iyonu, doğal sularda çok yaygın şekilde bulunan katyon türlerinden biridir. Genellikle magmatik kayaçların bileşiminde bulunan feldispat mineralleri ile piroksen ve amfibol mineralleri kalsiyum kaynağının ana bileşenlerindendir. Çökel kayaçlar içerisindeki kalsiyum iyonu ise genel olarak jips, aragonit, dolomit, anhidrit ve kalsit minerallerinde bulunmaktadır (Hem, 1985). Doğal sulardaki kalsiyum iyonu derişimi, suyun dolaşıma geçtiği ortamda yer alan kayaların kimyasal bileşimleri ile ilgilidir. Aynı zamanda kalsiyum iyonu suların sertliğini oluşturan ana katyonlardandır (Hem, 1985). Çalışma alanında yer alan su noktalarının kalsiyum değerleri Eylül 2019 döneminde 51 ile 1280 ppm arasında, Aralık 2019 döneminde 44.70 ile 939 ppm arasında, Ağustos 2020 döneminde 44.3 ile 1432 ppm arasında, Şubat 2021 döneminde 48.00 ile 121.60 ppm arasında, Mayıs 2021 döneminde 54.02 ile 870 ppm arasında, Eylül 2021 döneminde ise 45.5 ile 984 ppm arasında değişim göstermektedir. Ekim 2021 döneminde ise 40.2 ile 1160 ppm arasında değişim göstermektedir. Örneklenen su noktalarındaki Kalsiyum değerleri incelendiğinde, Ca^{+2} iyonlarının havzanın kuzey, güneybatı ve güneydoğu kesimlerinde arttığı belirlenmiştir. Bu iyonun derişimindeki artışın havzanın batı, güneybatı ve kuzeybatısında yüzlek veren Bozçaldağ Formasyonu'nu oluşturan

mermer, kristalize kireçtaşı birimlerindeki kalsit, dolomit gibi karbonat mineralleri ve Ca plajiyoklazlar ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

6.5.4. Magnezyum (Mg^{+2})

Magnezyum iyonu, genel olarak magmatik kayalarda yaygın olarak bulunmaktadır. Tipik olarak ferromagnezyen mineraller olan piroksen, amfibol, olivin ve koyu renkli mikaların (biyotit) ana bileşenlerindendir (Hem, 1985). Sedimanter kayalar olan dolomit ve manyezit kayalarının yapısında da bulunur. Altere olmuş kayalarda magnezyen türler olan klorit ve serpantin oluşumları olarak da bulunmaktadır (Hem, 1985). Çalışma alanında yer alan su noktalarının magnezyum değerleri Eylül 2019 döneminde 4.4 ile 1020 ppm arasında, Aralık 2019 döneminde 3.50 ile 748 ppm arasında, Ağustos 2020 döneminde 4.1 ile 1129.1 ppm arasında, Şubat 2021 döneminde 6.9 ile 33.70 ppm arasında, Mayıs 2021 döneminde 10.2 ile 310.5 ppm arasında, Eylül 2021 döneminde 4.00 ile 980 ppm arasında, Ekim 2021 döneminde ise 7.7 ile 490.6 ppm arasında değişim göstermektedir. Örneklenen su noktalarındaki Magnezyum değerleri incelediğinde, Mg^{+2} iyonlarının havzanın güneybatı ve kuzeybatı kesimlerinde arttığı belirlenmiştir. Bu iyonun derişimindeki artışın havzanın batı ve kuzeybatısında yüzlek veren Kervansaraydağ Formasyonu, Bozçaldağ Formasyonu ve Kalkanlıdağ Formasyonlarını oluşturan şist, gnays ve mermer birimlerindeki koyu renkli mika (biyotit) mineralleri ile kireçtaşlarının yer yer dolomitli olduğu kesimler ile ilişkili olacağı düşünülmektedir.

6.5.5. Klorür (Cl^-)

Yeraltısularındaki klorürün ana kaynağı sedimanter kayalardan evaporit grubu kayalardır. Yüksek klorür derişimi; deniz suyuna işaret etmekle birlikte derin dolaşımı da göstermektedir (Hem, 1985). Çalışma alanında yer alan su noktalarının klorür değerleri Eylül 2019 döneminde 2.5 ile 12320 ppm arasında, Aralık 2019 döneminde 2.00 ppm ile 8088 ppm arasında, Ağustos 2020 döneminde 2.5 ile 12984.8 ppm arasında, Şubat 2021 döneminde 1.90 ile 82.20 ppm arasında, Mayıs 2021 döneminde 3.4 ppm ile 1368 ppm arasında değişim göstermektedir. Eylül 2021 döneminde 1.9 ppm ile 10123 ppm arasında, Ekim 2021 döneminde ise 4.5 ile 2136.7 ppm arasında değişmektedir. Örneklenen su noktalarındaki Klorür değerleri

incelediğinde, Cl^- iyon derişimlerinin havzanın doğu kesimlerine doğru arttığı belirlenmiştir. Bu iyonun derişimindeki artışın havzanın geniş bir bölümünde yüzlek veren Kızılırmak Formasyonu içerisinde yer alan evaporitli birimlerin havzanın doğusuna doğru istif içerisinde yaygınlaşması ile ilişkili olacağı düşünülmektedir.

6.5.6. Sülfat (SO_4^{2-})

Sülfat iyonunun ana kaynağı kimyasal sedimanter kayaçlardan jips, anhidrit ve evaporitlerdir. Sülfat iyonunun doğal sulardaki diğer kaynakları, pirit mineralinin oksitlenmesi, atmosferdeki hidrojen sülfür gazlarının oksitleşmesi, volkanlar ile deniz sularının buharlaşmasıdır. Ayrıca kimyasal ilaçlar, evsel, endüstriyel atıklar ve yapay gübre gibi çeşitli kirletici kaynaklar da sülfat iyonu kaynağı olabilir (Hem, 1985).

Çalışma alanında yer alan su noktalarının sülfat değerleri Eylül 2019 döneminde 6.8 ile 5720 ppm arasında, Aralık 2019 döneminde 5.1 ile 4010 ppm arasında Ağustos 2020 döneminde 7.2 ile 6125.1 ppm arasında, Şubat 2021 döneminde 8.70 ile 108.60 ppm arasında, Mayıs 2021 döneminde 2.7 ppm ile 2638.1 ppm arasında değişim göstermektedir. Eylül 2021 döneminde 6.1 ppm ile 5270 ppm arasında, Ekim 2021 döneminde ise 2.3 ppm ile 3161.7 ppm arasında değişmektedir. Örneklenen su noktalarındaki Sülfat değerleri incelediğinde, SO_4^{2-} iyonlarının havzanın doğu ve kuzeydoğu kesimlerine doğru arttığı belirlenmiştir. Bu iyonun derişimindeki artışın havzanın geniş bir bölümünde yüzlek veren Kızılırmak Formasyonu içerisinde yer alan evaporit birimlerinin (jipsli-anhidritli) havzanın doğu ve kuzeydoğusuna doğru istif içerisinde yaygınlaşması ile ilgili olacağı düşünülmektedir.

6.5.7. Alkalinite (CO_3+HCO_3)

Doğal sulardaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının önemli bir bölümü atmosfer ve topraktaki CO_2 'den gelmektedir. Ayrıca karbonatlı kayaların erimesi sonucundada ortaya çıkmaktadır (Hem, 1985). Çalışma alanında yer alan su noktalarının bikarbonat değerleri Eylül 2019 döneminde 71.1 ppm ile 380 ppm arasında, Aralık

2019 döneminde 100 ppm ile 380 ppm arasında, Ağustos 2020 döneminde 54.8 ile 350.5 ppm arasında, Şubat 2021 döneminde 170 ppm ile 320 ppm arasında, Mayıs 2021 döneminde 180 ppm ile 520 ppm arasında değişim göstermektedir. Eylül 2021 döneminde 100 ppm ile 385 ppm arasında, Ekim 2021 döneminde ise 150 ile 350 ppm arasında değişmektedir.

6.6. Mineral Doygunluk Hesaplamaları

Doygunluk hesaplamaları, farklı termodinamik (sıcaklık, pH ve basınç) özelliklere sahip suların iyonik bileşimlerine göre çökeltebilecekleri minerallerin belirlenmesine fırsat sağlamaktadır. Minerallerin ve katı fazlar ile temas eden sulu türlerin doygunlukları iyonik güç, Gibbs Serbest enerjisi ve denge sabiti değerlerinin belirlenmesi ile ilişkilidir.

Doygunluk İndeksi (SI), $\log (IAP/K)$ şeklinde gösterilen logaritmik bir indis olup İyonik Aktivite Ürünü (IAP) ile denge sabiti (K) bileşenlerinden oluşmaktadır. Suların doygunluk değerleri pH, sıcaklık ve basınçla değişmektedir.

Doygunluk İndeksi değerinin “SI ($\log IAP/K$)= 0” olması durumunda su mineral ile dengededir ve doygundur (Appelo ve Postma, 2005).

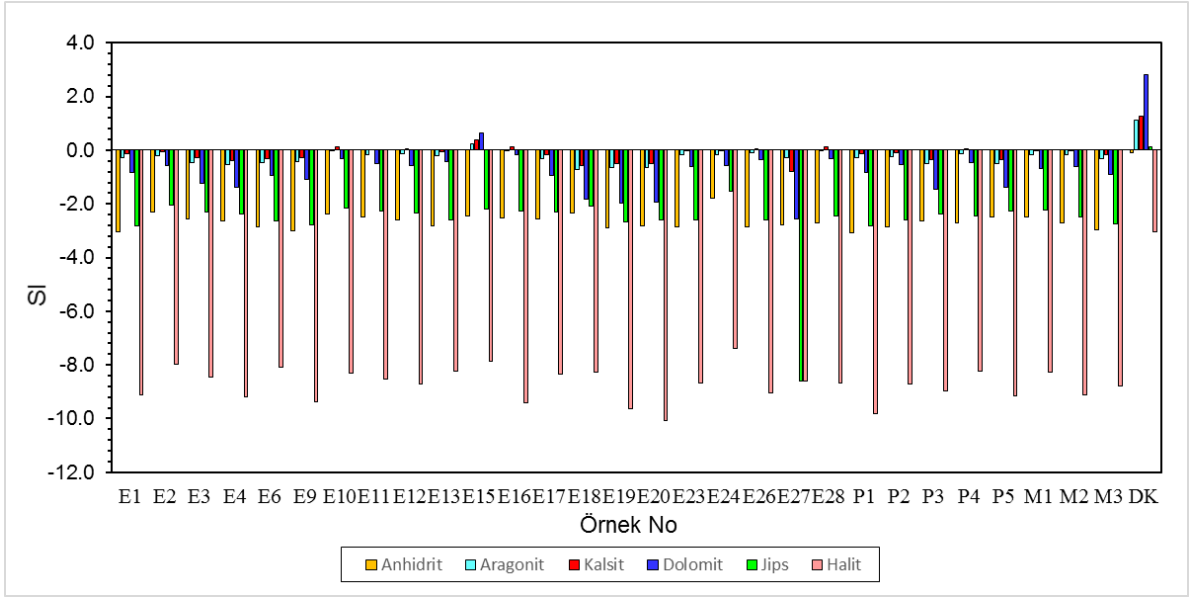
Doygunluk İndeksi değerinin “SI ($\log IAP/K$)>0” olması durumunda su mineral çöktürücü özelliktedir ve minerale aşırı doygundur (Appelo ve Postma, 2005).

Doygunluk İndeksi değerinin “SI ($\log IAP/K$)<0” olması durumunda su minerali çözündürücü özelliktedir ve minerale doygun değildir (Appelo ve Postma, 2005).

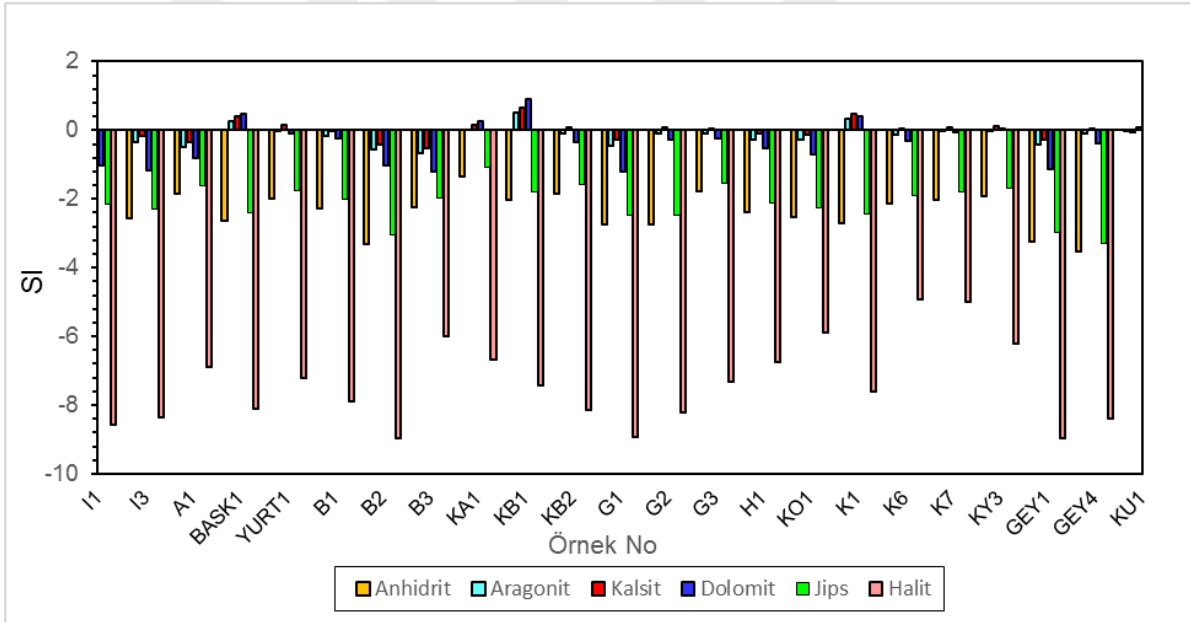
İnceleme alanında örneklenen su kaynaklarının doygunluk indeksleri, yerinde ölçülmüş pH ve sıcaklık değerleri kullanılarak PHREEQC (Version 3) programında değerlendirilmiş, her bir su noktasının türleştirme hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Mineral doygunluk değeri pozitif olup, sıfırın üzerinde olanlar o minerali çöktürme

özelliğine; mineral doygunluk değeri sıfırın altında ve negatif değerler o minerali çözücü özelliğe sahip olarak değerlendirilmektedir (Appelo ve Postma, 2005).

Buna göre çalışma alanında örneklenen su noktalarının tüm dönemler için ayrı ayrı SI değerleri incelendiğinde (EK 2.32- EK 2.38) su kaynaklarının dönemsel olarak karbonatlı minerallere olan doygunluk durumları değişim göstermektedir. 2019 Eylül - 2021 Ekim dönemleri içerisinde bazı yüzey ve yeraltı sularının kalsit, dolomit ve aragonit gibi karbonatlı minerallerine doygun olduğu belirlenmiştir. Bu durum suların dolaşımında bulunduğu akifer birimin karbonatlı mineraller içerdiğine işaret etmektedir. Akifer birim içerisinde karbonatlı minerallere aşırı doygunluk olması durumunda mineral çökeltme sürecinin baskın hale geldiği gözlenmektedir. Havzada mermer ve kristalize kireçtaşlarından oluşan Bozçaldağ Formasyonu'ndan örneklenen su noktalarının bir kısmının karbonatlı minerallere doygun olduğu belirlenmiştir. Bazı su noktalarının ise kalsit, dolomit, aragonit, halit, anhidrit, silvit ve jips gibi minerallere ise doygun olmadıkları hesaplanmıştır (Şekil 6.9 ve Şekil 6.10 ile EK 1.49 - EK 1.53). Bu durum akifer litolojiler içerisinde kalsiyum, sodyum, klorür ve sülfat iyonlarının çözünme sürecinin devam ettiğine işaret etmektedir. Ayrıca havza genelinde suların kimyasını kontrol eden ana süreçlerden biri olarak tanımlanan silikatların ayrışma süreci bu sonucu destekleyen bir bulgu olarak düşünülmektedir.



Şekil 6.9. 2021 Eylül Dönemi mineral doygunluk değerleri



Şekil 6.10. 2021 Ekim Dönemi mineral doygunluk değerleri

6.7. Majör Anyon ve Katyonların İstatistiksel Değerlendirmeleri

Hidrojeokimyasal çalışmalarda suların köken ve fasiyes yorumlanmasında grafik yöntemleri çok yaygın kullanılırken; bu grafiklerin oluşturulması majör iyon verileri ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle su noktalarının birbirleriyle ilişkilerinin, sadece majör iyon içerikleri üzerinden değil, ham ve türetilmiş çeşitli verilerle birlikte değerlendirilmesi sonucunda ortaya konulmasının daha güvenilir olduğu

görülmektedir. Dolayısıyla çok değişkenli istatistiksel analiz teknikleri ile elde edilen sonuçlar ile grafiksel yöntemlerin sonuçlarının birbirleri ile karşılaştırılarak yorumlanması hedeflenmiştir. Günümüzde çok değişkenli istatistiksel analiz teknikleri hidrojeoloji çalışmalarında yaygın olarak tercih edilmekte ve çoğunlukla hidrojeokimyasal verilerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Çalışma alanında örneklenen su noktalarının arazide ölçülmüş fizikokimyasal parametreleri ile major iyon içerikleri kullanılarak korelasyon ve kümelenme analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular yardımıyla yüzey ve yeraltısularının birbirleriyle olan ilişkileri açıklanmaya çalışılmıştır.

6.7.1. Korelasyon Analizi

İki veya daha çok değişkenin birbirleri arasındaki ilişkisi korelasyon olarak tanımlanmaktadır. Değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin var olup olmadığını ve bu ilişki mevcutsa bunun yön (değişkenlerin birlikte azalması, artması veya biri artarken diğ erinin azalması) ve gücünü belirlemek için kullanılan bir istatistiksel analiz tekniğidir.

Korelasyon analizleri, değişkenler arasında neden sonuç ilişkisi kurmamaktadır. Sadece ilişki olup olmadığını ve ilişkinin oranını göstermektedir. Korelasyonda değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini ve gücünü açıklayan bilgiyi korelasyon katsayısı vermektedir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişmekte olup “r” ile ifade edilmektedir.

Korelasyon katsayısının artı ya da eksi olması ise korelasyonun yönünü göstermektedir. Korelasyon katsayısının pozitif bir değer olması, değişkenlerden biri azalırken veya artarken diğ erinin de azaldığını veya arttığını göstermektedir. Korelasyon katsayısının negatif olması durumunda ise değişkenlerden biri artarken veya azalırken diğ er değişkenin de azaldığını veya arttığını gösteren ters yönlü bir ilişki mevcuttur. Yine değişkenlerden biri artarken diğ eri de artıyorsa pozitif ilişki, biri azalırken diğ eri artıyorsa negatif ilişki olarak değerlendirilmektedir. Değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlı olup olmaması “p” değeri ile ifade edilmektedir. “p” değeri

bir olasılık değeri olup, 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Analizlerden elde edilen sonuçların olasılık teorisine göre bir miktar hata içerebileceği varsayılmaktadır. Dolayısıyla p değeri yapılabilecek hata miktarını vermektedir. Analizlerdeki anlamlılık (p) değerleri 0.01 ile 0.05 arasında ise $p < 0.05$; 0.01 ile 0.001 değerleri arasındaysa $p < 0.01$ olarak gösterilmektedir. Yine p değerinin 0.05'ten küçük olması değişkenlerin birbirleriyle anlamlı ilişkileri olduğunu göstermektedir (Çizelge 6.12).

Çalışma alanındaki su kaynaklarının kurak ve yağışlı dönemlerde majör iyon içerikleri ile pH ve sıcaklık parametrelerinin birbirleriyle olan ilişkileri incelenmiştir. Bu bağlamda değişkenlerin normal dağılıma uymaları ve dağılımın her iki yönünde dikkate alınması nedeniyle Pearson korelasyon analiz yöntemi kullanılmıştır. Yapılan tüm istatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 23 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 6.12. Korelasyon Aralığı ve İlişki Düzeyi (Davis, 2002)

Korelasyon Katsayısı (r)	İlişki Düzeyi
0.00	İlişki yok (Korelasyon Mevcut Değil)
(-0.01) - (-0.29) ve (0.01) - (0.29)	Zayıf Düzeyde İlişki (Zayıf Güçte Korelasyon)
(-0.30) - (-0.70) ve (0.30) - (0.70)	Orta Düzeyde İlişki (Orta Güçte Korelasyon)
(-0.71) - (-0.99) ve (0.71) - (0.99)	Yüksek Düzeyde İlişki (Yüksek Korelasyon)
(-1) ve 1.00	Mükemmel İlişki (Çok Yüksek Korelasyon)

Pearson korelasyon yöntemi kullanılarak Eylül 2021 dönemi için oluşturulan korelasyon matrisi Çizelge 6.13'te sunulmuştur. Diğer örnekleme dönemleri için oluşturulan korelasyon matrisleri EK 2.39 - EK 2.44'de sunulmuştur.

Tüm dönemler için sıcaklık parametresinin diğer değişkenlerle herhangi bir anlamlı ilişkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Yine her dönem ÖEI parametresi ile majör iyonlar arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu durum majör iyonların yüzey ve yeraltısularının kimyasında önemli bir payı olduğunu düşündürmektedir.

Havza genelinde Na^+ iyonunun Cl^- iyonu ile ($r=1.000^{**}$), Ca^{+2} iyonunun SO_4^{-2} ($r=0.995^{**}$) ve Mg^{+2} ($r=0.996^{**}$) iyonları ile yüksek düzeyde anlamlı bir ilişki göstermesi ise sulardaki baskın majör iyon konsantrasyonlarının halit, jips ve karbonatlı minerallerin çözünmesinden kaynaklanabileceğine işaret etmektedir. Na^+ iyonunun HCO_3^- iyonu ile ($r=-.531^{**}$) ile orta düzeyde anlamlı bir ilişki göstermesi ise silikatların çözünmesinden kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Çizelge 6.13. Eylül 2021 dönemi için Pearson Korelasyon analizi

Eylül 2021		K	Na	Mg	Ca	Cl	SO4	HCO3	T	pH	ÖEİ	Ort	Std.S.
K	Pearson Korelasyon	1.000	.991**	.982**	.981**	.991**	.991**	-.531**	0.006	.775**	.991**	5.9	21.0
Na	Pearson Korelasyon	.991**	1.000	.992**	.988**	1.000**	1.000**	-.544**	0.001	.761**	1.000**	201.7	1047.9
Mg	Pearson Korelasyon	.982**	.992**	1.000	.966**	.992**	.992**	-.532**	-0.055	.763**	.992**	53.1	177.2
Ca	Pearson Korelasyon	.981**	.988**	.966**	1.000	.988**	.988**	-.468**	0.032	.714**	.989**	88.5	170.5
Cl	Pearson Korelasyon	.991**	1.000**	.992**	.988**	1.000	1.000**	-.541**	-0.003	.759**	1.000**	205.9	1068.0
SO4	Pearson Korelasyon	.991**	1.000**	.992**	.988**	1.000**	1.000	-.543**	-0.002	.760**	1.000**	362.1	1889.0
HCO3	Pearson Korelasyon	-.531**	-.544**	-.532**	-.468**	-.541**	-.543**	1.000	0.058	-.562**	-.533**	248.3	51.2
T	Pearson Korelasyon	0.006	0.001	-0.055	0.032	-0.003	-0.002	0.058	1.000	0.161	-0.001	17.1	1.6
pH	Pearson Korelasyon	.775**	.761**	.763**	.714**	.759**	.760**	-.562**	0.161	1.000	.758**	7.3	0.4
ÖEİ	Pearson Korelasyon	.991**	1.000**	.992**	.989**	1.000**	1.000**	-.533**	-0.001	.758**	1.000	1742.4	6919.0

$P < .01$ anlamlılık düzeyi (2-yönlü) Ort: Ortalama, Std S: Standart Sapma

6.7.2. Kümeleme Analizi

Kümeleme (Cluster) analizi, örnekleme yapılan su noktaları arasındaki farklılıkları veya benzerlikleri ortaya çıkarmaya yarayan istatistiksel bir yöntemdir. Kümeleme yöntemlerinin temelinde değişkenleri veya nesneleri kendi içerisinde uzaklık matrisi kullanılarak homojen gruplara ayırmak amaçlanmıştır (Vatansever, 2018). Kümeleme analizi için önerilen algoritmalar temelde Hiyerarşik ve Hiyerarşik olmayan kümeleme analizleri şeklinde iki grup altında yer almaktadır. Tez çalışması kapsamında Hiyerarşik Kümeleme analiz tekniklerinden “Ward Yöntemi” kullanılarak su noktaları arasındaki benzerlik ve farklılıklar değerlendirilmiştir. Kümeleme analizi ile örnek noktaları, aralarındaki değişimlerin az veya çok olduğu homojen gruplara ayrılır ve her grup diğer gruplardan belirli ve kesin özellikleriyle ayırt edilir. Bu teknik, m sayıdaki özellik temel alınarak n sayıdaki örneğin, öklid

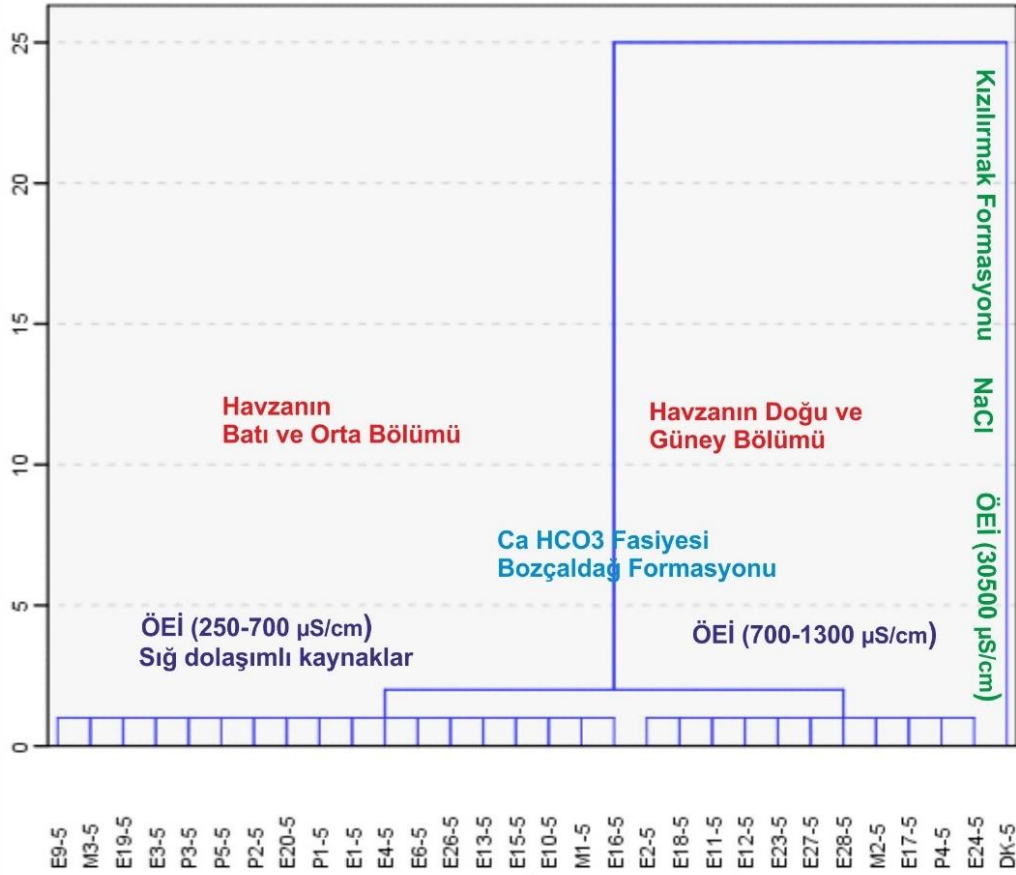
uzaklıklarına göre aralarındaki varyans minimum olacak şekilde benzer ya da ayrı gruplar halinde gruplandırılması prensibine dayanmaktadır (Loganathan ve Ahamed, 2017).

Tez çalışması kapsamında kümelenme analizi IBM SPSS 23 bilgisayar programı ile gerçekleştirilmiştir. Kümeleme analizi sonuçları dendrogram adı verilen grafiklerle yorumlanmıştır. Dendrogram, örnek noktalarının aşamalı olarak dallar ile birbirlerine bağlandığı bir grafiksel gösterim türüdür (Ghosh ve Mandal, 2019). Grafik üzerinde örneklerin birbirlerine göre konumları benzerliklerinin bir ölçüsüdür. Öklid uzayında birbirlerine yakın olan noktalar, grafik üzerinde kısa dallar ile birbirine bağlı ayrı alt gruplar olarak yer almaktadır. Benzerlik oranı azaldıkça, gruplar birbirine daha uzun dallar ile bağlanır. Farklı birimlere sahip (meq/l, ppm, μ S/cm, TU vb.) değişkenlerin birlikte değerlendirilebilmeleri için boyutsuzlaştırılmaları ve bu şekilde standartlaştırılmaları gerekmektedir (Atilla ve Arıkan, 2001). Her bir değişken için o değişkenin ortalama değerlerinden uzaklıklarının standart sapmalarına bölünmesiyle değişkenler standartlaştırılmaktadır (Atilla ve Arıkan, 2001; Kurttaş, 1997).

Hiyerarşik kümeleme yöntemine göre Seyfe Gölü havzasında arazi çalışmalarında örneklenen su noktalarının gruplandırılmasıyla, farklı litolojik birimlerden boşalan suların kökenleri ile ilgili değerlendirme yapılarak, birbirleriyle ve göl alanıyla olan ilişkileri yorumlanmıştır. Bu kapsamda arazi çalışmalarında örneklenen su kaynaklarının major iyon konsantrasyonları kullanılarak kümelenme analizleri yapılmış ve dendrogramlar oluşturulmuştur. Tüm dönemler için yüzey ve yeraltı sularının major iyon içeriklerine ait dendrogramların benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki su kaynaklarının major iyon içeriklerine ait dendrogramlar incelendiğinde havzanın batı ve orta bölümündeki mermer akiferinden boşalan ÖEİ'si düşük olan kaynaklar birarada gruplanırken, havzanın doğu ve güneyindeki görece ÖEİ'si daha yüksek olan su noktaları birlikte kümelenmişlerdir. Havzanın farklı yönlerindeki (batı, kuzey, güneydoğu) mermer akiferini temsil eden su noktalarının birbirleriyle ilişkili oldukları belirlenmiştir. Göl alanı ile bağlantılı olan drenaj kanalından örneklenen, oldukça yüksek ÖEİ değerine sahip ve Na-Cl fasiyesi

sunan DK su noktası diğer su noktalarından bağımsız bir örnek olarak ayrılmaktadır. Arazide örneklenen su noktalarına ilişkin dendrogramlar EK 1.54 - Ek 1.58 ve Şekil 6.11'de sunulmuştur.



Şekil 6.11. İnceleme alanındaki su noktalarının major iyon içeriklerine ait dendrogram (Eylül 2021)

6.8. Su Kaynaklarının Kökeni ve Sınıflandırılması

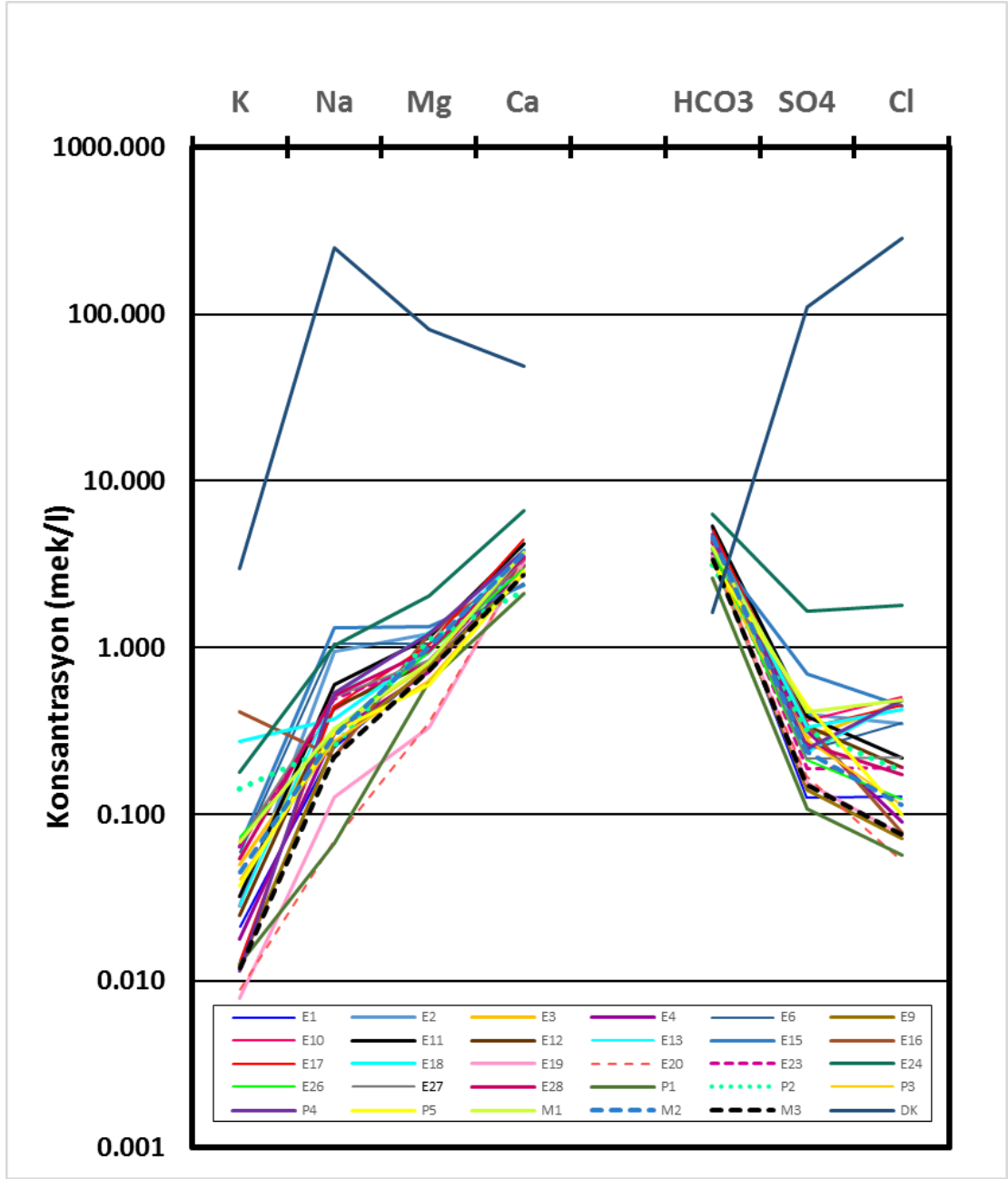
6.8.1. Yarı-Logaritmik Diyagram

Yarı logaritmik diyagramlar, birbirleriyle farklı olan veya kökensel olarak benzer olan su noktalarının belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur. Bu diyagramda su örneklerinin majör anyon ve katyon konsantrasyonlarının yarı logaritmik eksenle mek/l olarak gösterilmektedir.

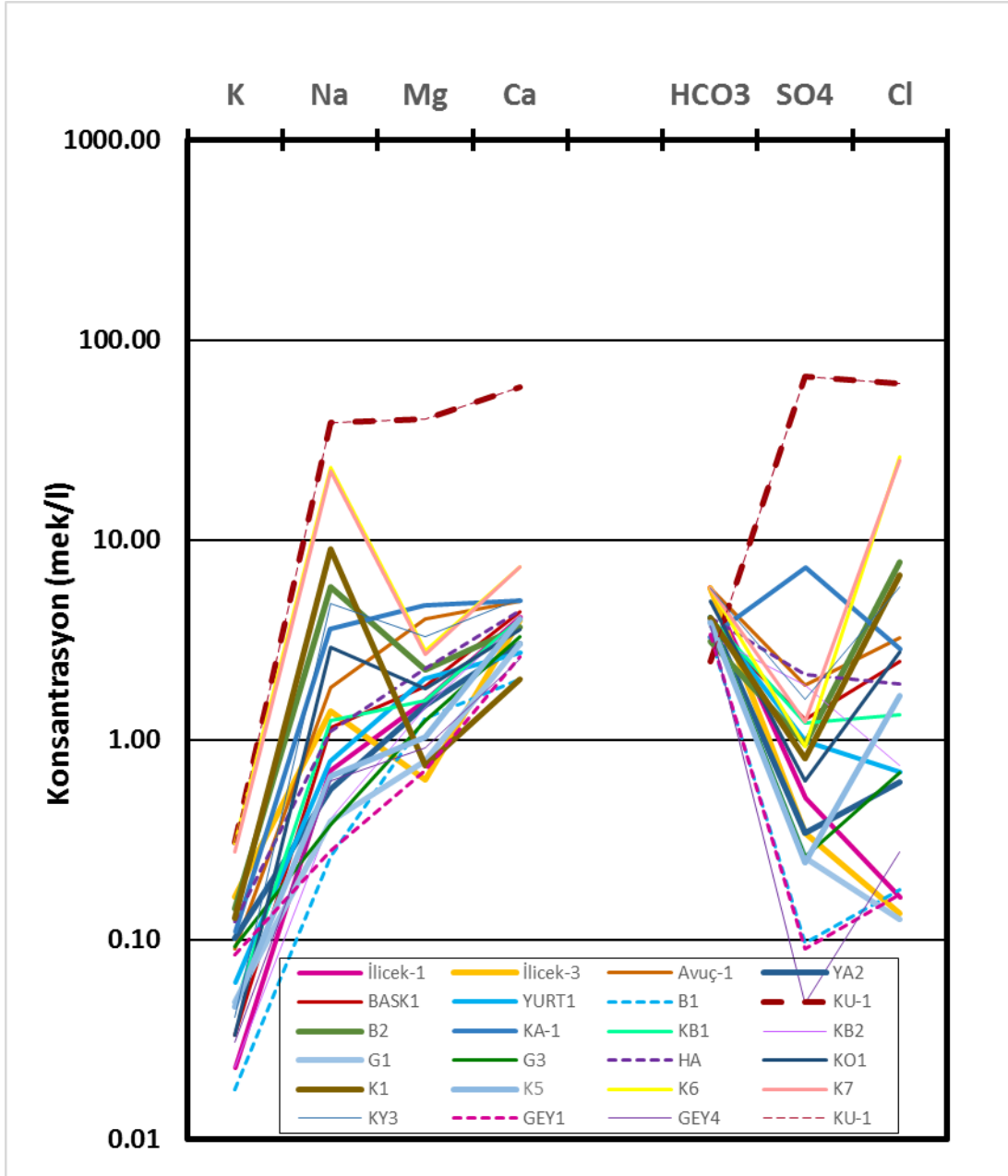
Yarı-Logaritmik diyagrama göre, beslenme alanları benzer olan ve aynı akiferi temsil eden su noktaları birbirlerine paralellik göstermektedir. Yüksek iyon derişimine sahip olan su noktalarının diğler sulara göre nispeten daha derin dolaşımda olduğu düşünölmektedir.

İnceleme alanındaki su noktalarının majör iyon derişimlerinin mek/l içeriklerine göre dönemsel major iyon dizilimleri ve bu dizilim temel alınarak belirlenmiş su tipleri EK 2.17 - EK 2.31'de gösterilmiştir. Havza yüzey drenaj alanında örneklenen yüzey ve yeraltısularının çoğunluğu Ca-HCO_3 tipli sular fasiyesindedir. Bu durum su kaynaklarının akifer kayacının mermer ve kristalize kireçtaşı gibi karbonat içeren kayalar olduğuna ve akım yolu boyunca kristalize kireçtaşı ve mermer gibi litolojiler ile etkileşimde olduğuna işaret etmektedir (Şekil 6.12 ve Şekil 6.13 ile EK 1.26 - EK 1.30).

Göl alanı ile bağlantılı drenaj kanalını temsil eden DK örnekleme noktası ise diğler su noktalarından farklı olarak Na-Cl fasiyesi sunmaktadır. Bu durum Kızılırmak Formasyonu içerisinde açılan kanaldaki suyun, akım yolu boyunca evaporitli seviyeler (halit, jips, anhidrit) ile etkileşimde olabileceğine işaret etmektedir. Yine kanalın açık su kütlesi olması ve yaz aylarında artan buharlaşma etkisine bağılı olarak kanal suyunun tuzluluğunun arttığı belirlenmiştir. Kızılırmak Formasyonu'ndan örneklenen bazı yeraltı suyu örnekleri ise Ca-SO_4 fasiyesi sunmaktadır. Bu durum su kaynaklarının akım yolu boyunca evaporitli seviyeler ile etkileşimde olduğuna işaret etmektedir (Şekil 6.12 ve Şekil 6.13).



Şekil 6.12. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Eylül-2021)



Şekil 6.13. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Ekim-2021)

6.8.2. Piper Diyagramı

Hidrojeokimya çalışmalarında, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının majör iyon konsantrasyonlarına (mek/l) göre hidrojeokimyasal fasiyeslerinin sınıflandırılması ve su tiplerinin belirlenmesinde Piper (1944) diyagramı yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İnceleme alanındaki su noktalarının (kaynak boşalımları ve kuyular) çoğunluğunun; karbonat sertliği %50'den fazla olan, güçlü asit köklerin

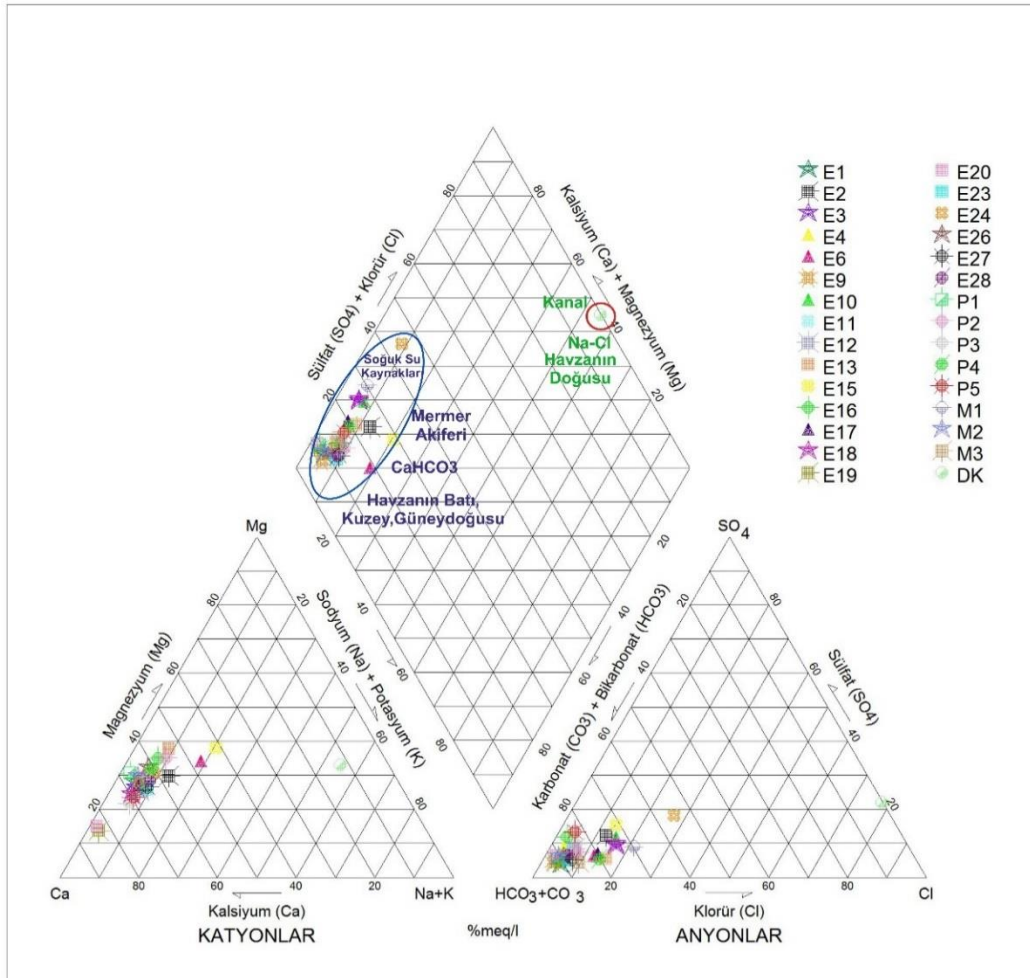
toplamının, zayıf asit köklerin toplamından ($\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$) küçük olan alana düştüğü belirlenmiştir. Yine su noktalarının alkali iyonlarının ($\text{K}^+ + \text{Na}^+$) toplamının, toprak alkali iyonlarının ($\text{Mg}^{+2} + \text{Ca}^{+2}$) toplamından küçük olan bölgeye düştüğü görülmektedir. Dolayısıyla Piper diyagramına göre Eylül 2019 ile Ekim 2021 periyodunda örnekleme yapılan su kaynaklarının büyük bir kısmı Ca-HCO_3 'lı sular fasiyesindedir (Şekil 6.14 ve Şekil 6.15 ile EK 1.31 - EK 1.35). Bu kaynakların Bozçaldağ Formasyonu'nu temsil eden mermer, kristalize kireçtaşı birimlerinin yüzeyletiği seviyelere karşılık geldiği görülmekte ve Ca^{+2} ve HCO_3^- iyonlarınca zenginleştiği düşünülmektedir.

Karaarkaç yerleşim yerinde yer alan ve Kızılırmak Formasyonu'nun yüzeyletiği alanda yer alan DK su noktası ise Na-Cl su tipindedir. Kanalı temsil eden su noktasının gerek Kızılırmak Formasyonu'nda açılmış olması, gerekse suyun dolaşımı sırasında Kızılırmak Formasyonu'nun jips, anhidrit ve tuz ara seviyeleri ile etkileşimde olması nedeniyle Na^+ ve Cl^- iyonlarınca zenginleştiği düşünülmektedir. Yine havzanın doğusunda Kızılırmak Formasyonu'ndaki heterojeniteye bağlı olarak evaporitli (halit, jips, anhidrit), tuz derişimi yüksek birimlerin alansal yayılımının artması ve suyun bu birimler ile temas etmesinden dolayı Na-Cl fasiyesinin bu bölgede baskın hale geldiği düşünülmektedir.

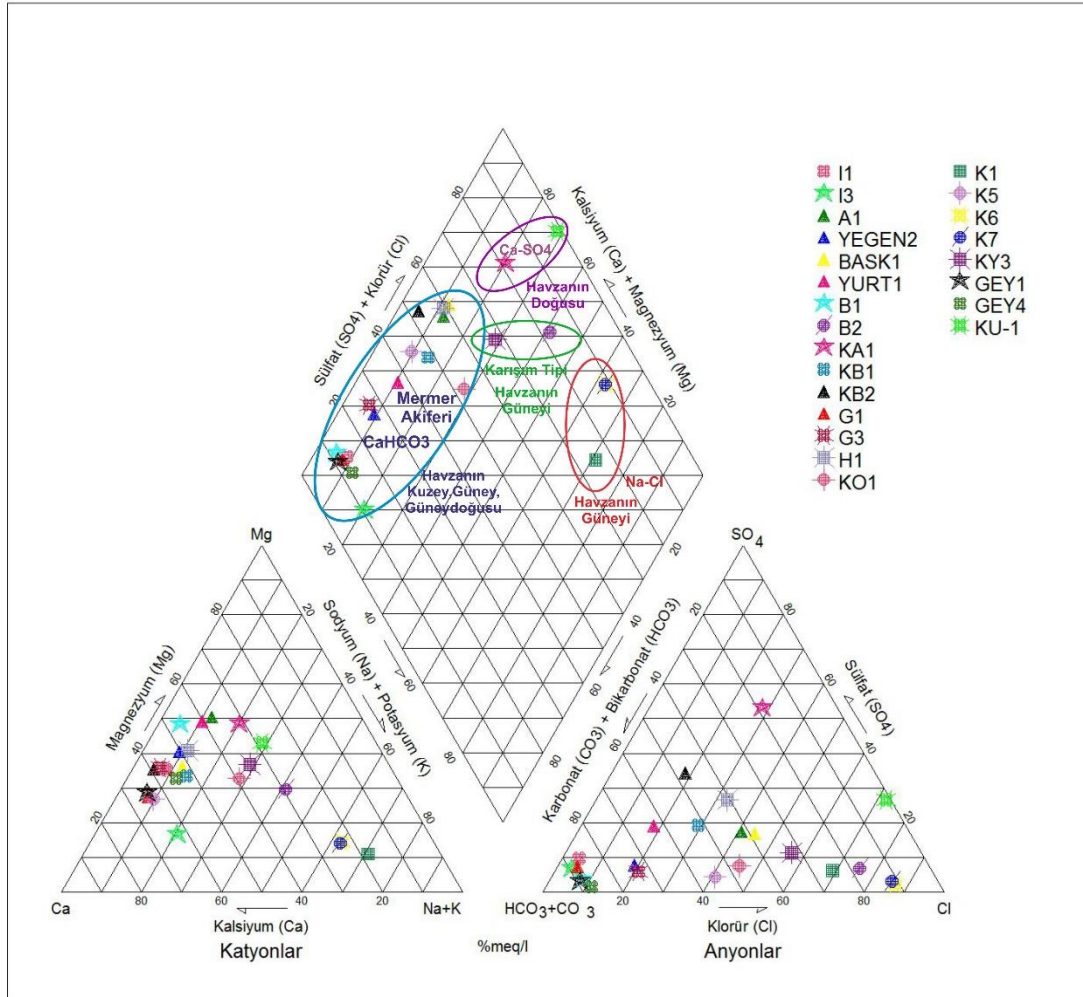
Yeraltı suyu örneklemelerinde ise havzanın doğusundaki Kuşaklı bölgesindeki kuyulardan örneklenen yeraltısuları Ca-SO_4 tipli sular grubuna düşmektedir. Literatürde yeraltısularındaki sülfat iyonunun ana kaynağının kimyasal sedimanter kayalardan jips, anhidrit ve evaporitler olduğu, sodyum iyonunun kaynağının ise feldispatoidler, evaporitler, kil mineralleri, magmatik kayalar olduğu belirtilmektedir (Hem, 1985). Ayrıca Na^+ iyonunun bir diğer kaynağının şist seviyeleri içerisinde yer alan plajiyoklazların çözünmesi ile kum, kil çakıl seviyeleri içerisinde bulunan kil minerallerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yeraltısularındaki Cl^- kaynağının ise sedimanter kayalardaki evaporitlerden geldiği, yüksek klorür derişiminin ise kimi zaman deniz suyu olabilmekle birlikte derin dolaşımı veya buharlaşma etkisini de gösterebildiği belirtilmiştir (Hem, 1985).

Buna göre havzanın doğu kesimlerinde yer alan Kuşaklı ve Karaarkaç yerleşimlerinde açılmış olan kuyularda genellikle kalsiyum (Ca^{+2}) ve sodyum (Na^+) iyonları baskın katyon, sülfat (SO_4^{-2}) ve klorür (Cl^-) iyonları ise baskın anyon olarak belirlenmiştir. Örneklenen kuyuların ayırtlanmamış sedimanter örtünün evaporitli (jips, anhidrit, halit) seviyelerine karşılık geldiği ve Ca^{+2} , Na^+ , SO_4^{-2} ve Cl^- iyonlarınca zenginleştiği düşünülmektedir.

Yine havzanın güneydoğusunda sınırlı bir alanda (4 km^2) sıcak su dolaşımının ($29-33^\circ\text{C}$) olduğu Kıran bölgesinden örneklenen yeraltısularının Cl iyonu içeriklerinin diğer su noktalarına göre daha yüksek olması ($3321 \mu\text{S/cm}$) bu bölgedeki suların daha derin dolaşımda olan ve kırık hatları ile yüzeyleyen sıcak mineralli sular olduğu şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 6.14. Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Eylül 2021)



Şekil 6.15. Çalışma alanında örneklenen su noktalarına ait Piper diyagramı (Ekim-2021)

6.8.3. Gibbs Diyagramı

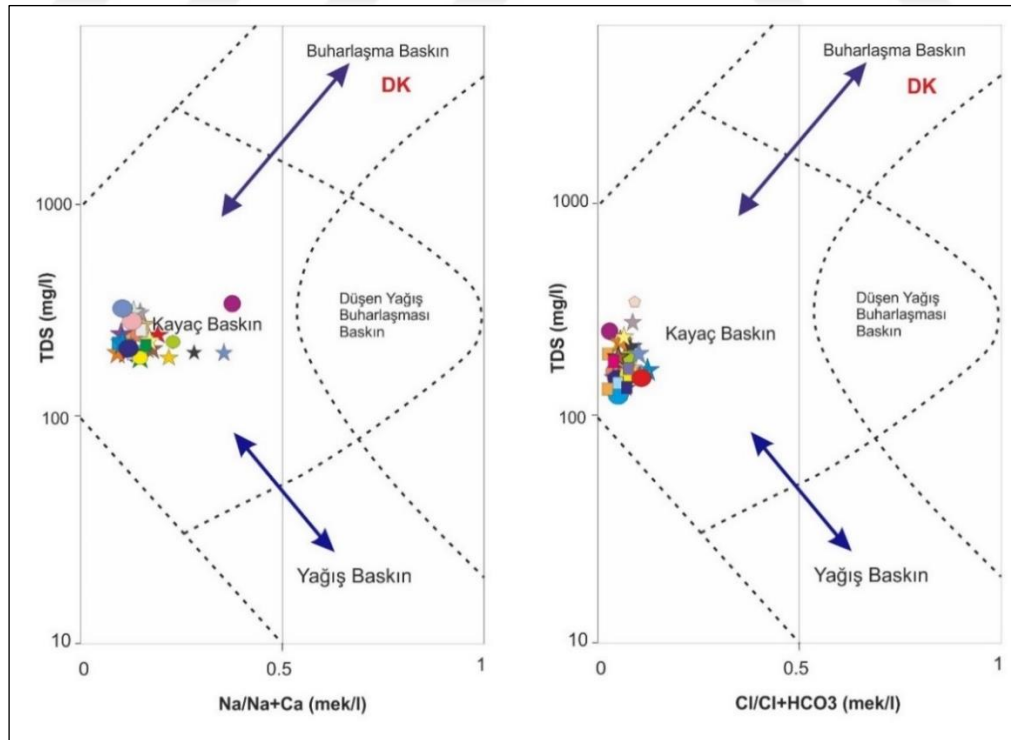
Gibbs Diyagramları, suyun kimyasal bileşimi ile akiferin litolojik özellikleri arasındaki ilişkiyi kurmak ve su kaynaklarının geçirdiği hidrojeokimyasal evrime yönelik süreçleri açıklamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Gibbs'in 1970 yılında yaptığı çalışmasına göre bu süreçler buharlaşma baskın, yağış baskın ve su kayaç etkileşimi baskın olmak üzere 3 farklı alan olarak Gibbs Diyagramında yer almaktadır.

Gibbs Diyagramına göre düşey ekseninde toplam çözünmüş katı miktarı (TÇM-mg/l) yer almaktadır. Yatay ekseninde ise sudaki bazı kation ve anyon oranları yer almaktadır. Bu oranlar kasyonlar için $Na^+/(Na^++Ca^{+2})$ oranı ile temsil edilirken;

anyonlar için $Cl^-/(Cl^-+HCO_3^-)$ oranı olarak düzenlenmiştir. Katyon ve anyon oranları mek/l olarak hesaplanmaktadır.

Çalışma alanındaki su kaynakları üzerindeki süreçleri belirlemek ve su noktalarına etki eden mekanizmaları belirleyebilmek için hesaplanan iyonik oranlar kullanılarak Gibbs Diyagramları kullanılmıştır.

Tez çalışması sırasında elde edilen analiz sonuçlar ile Gibbs Diyagramları çizilmiştir. Buna göre, Eylül 2019 ile Eylül 2021 periyodunda gerçekleştirilen su örneklemelerinin çoğunluğu kayaç baskın alanda yer alırken, açık su kütesini temsil eden kanal örneği buharlaşma baskın bölgede yer almaktadır. Bu durum su kimyasını kontrol eden ana sürecin kayacın kimyası ile yeraltına süzülen suların kimyası arasındaki etkileşim olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca kayacı oluşturan minerallerin su ile kimyasal ayrışmaya uğramasını da göstermektedir (Şekil 6.16 ile EK 1.36 - EK 1.38).



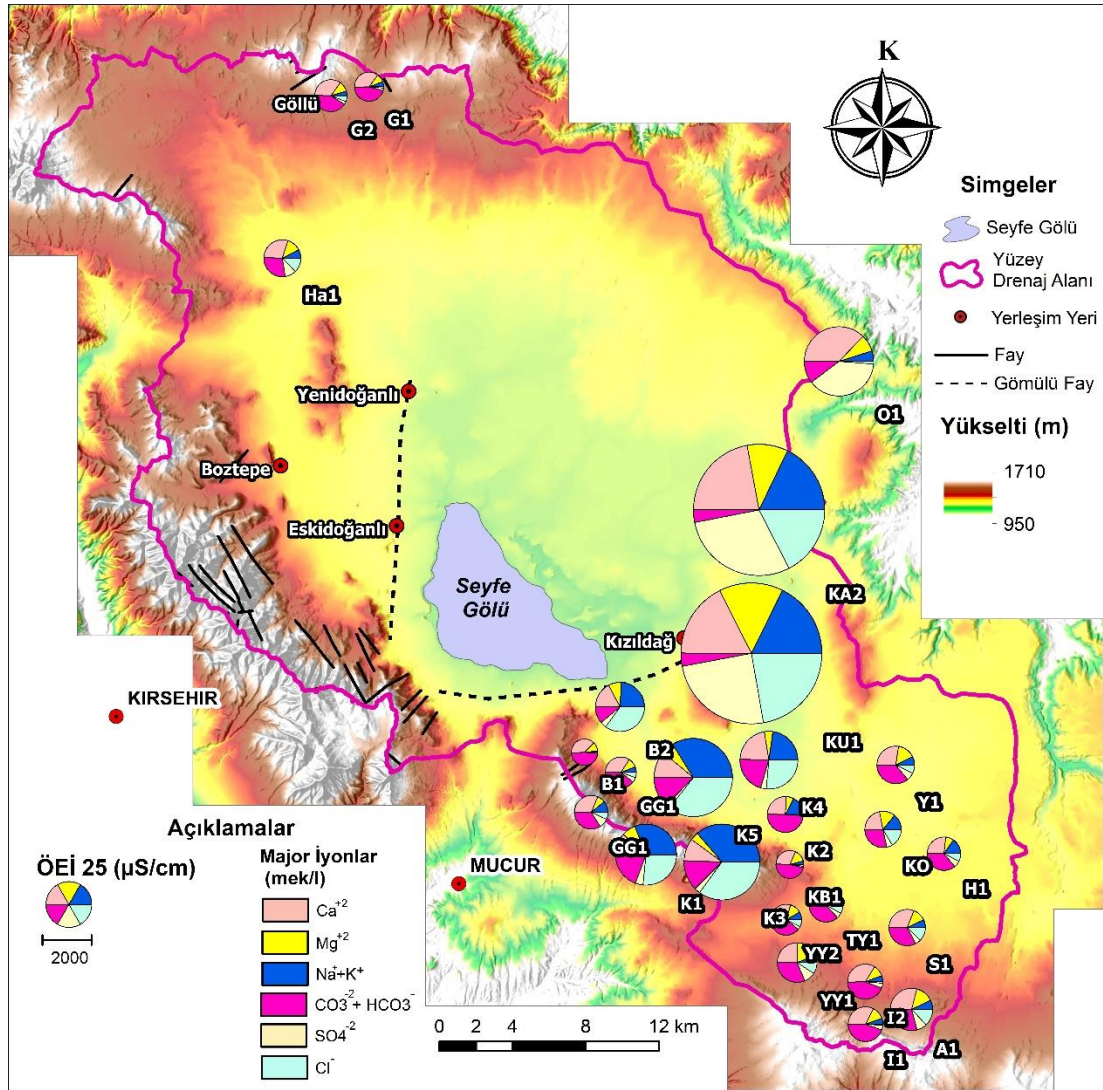
Şekil 6.16. Çalışma alanındaki su kaynaklarının Gibbs Diyagramı üzerindeki konumları (Eylül-2021)

6.8.4. Dairesel Diyagramlar

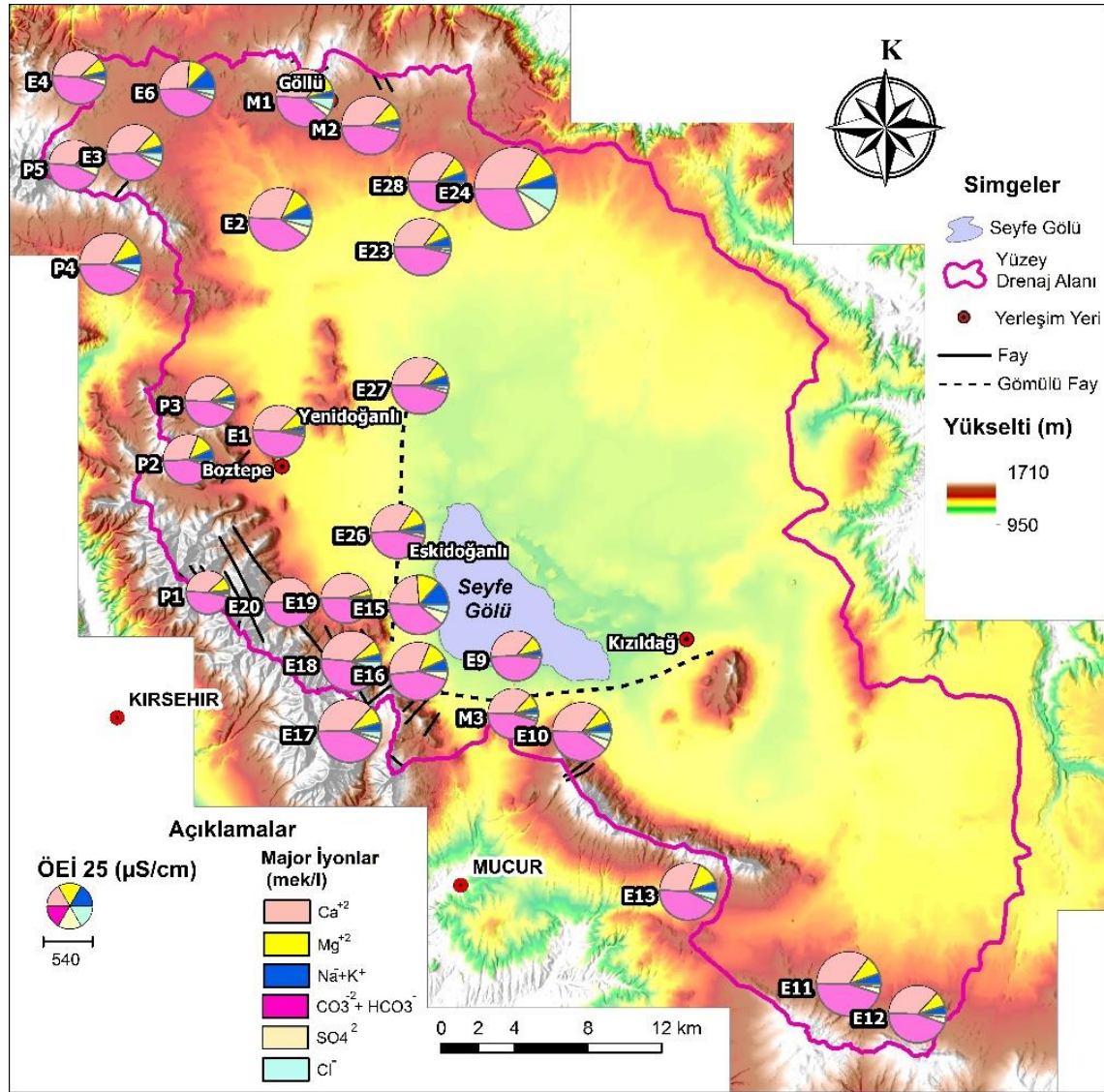
Dairesel diyagramlar litolojik birimler ile su noktaları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi için yaygın bir şekilde kullanılan hidrojeokimyasal grafikleme yöntemleridir. Dairesel diyagramların alansal dağılıma uygun bir ölçekte grafiksel gösterimi için su noktalarının daire yarıçapları, özgül elektriksel iletkenlik değerleri ile ölçeklendirilerek çizilmiştir. Buna göre yüksek ÖEİ değerleri büyük yarıçaplı daireler ile gösterilirken, düşük ÖEİ değerleri küçük yarıçaplı daireler ile gösterilmektedir.

Çalışma alanında örneklenen yeraltı ve yüzey sularının Mayıs 2021 ve Eylül 2021 dönemlerine ait major iyon içeriklerinin dairesel diyagramları Şekil 6.17 ve Şekil 6.18'de verilmiştir. Seyfe Havzası'nda örneklenen su noktalarının büyük bir kısmının Ca^{+2} ve HCO_3^- iyonlarınca zengin olduğu görülmektedir. Ca- HCO_3 fasiyesi sunan jeolojik birimlerin havzadaki alansal yayılımı incelendiğinde, Kırşehir Masifi içerisinde yer alan Bozçaldağ Formasyonu'nun mermer ve kireçtaşı seviyeleri ile ilişkili olduğu görülmektedir.

Yine çalışma alanının batısında örneklenen su noktalarının beslenme alanlarına yakın olması ve litolojik birimler ile su etkileşim sürelerinin diğer su noktalarına göre daha kısa olması nedeniyle bu su noktalarının ÖEİ 25° değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.18).



Şekil 6.17. Havzada örneklenen yeraltısularının dairesel diyagramları (Mayıs-2021)



Şekil 6.18. Havzada örneklenen kaynak noktalarının dairesel diyagramları (Eylül-2021)

6.8.5. Majör İyon Oranları

Havzada örnekleme gerçekleştirilen su kaynaklarının fasiyesleri incelendiğinde baskın katyonların kalsiyum ve magnezyum olduğu, baskın anyon türünün ise bikarbonat olduğu görülmektedir. Su kaynaklarının bileşiminde yer alan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyon fazlalığının havzadaki karbonatlı kayaların varlığını göstermektedir. Bu durum havzanın güneyinde, batısında, kuzeyinde yüzlekler veren Paleozoyik serinin içerisinde yer alan kristalin mermerler ile kireçtaşı seviyelerinin varlığı ile açıklanmaktadır.

Su kaynaklarındaki $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ iyonlarının oranı sulardaki magnezyum ve kalsiyum iyonlarının kaynağını belirlemek için kullanılmaktadır (Maya and Loucks, 1995). Bu oranın 1-2 arasında olması kalsit çözünmesine, 1'den küçük olması ise dolomit çözünmesine işaret ederken, bu oranın 2'nin üzerinde olması silikatlı minerallerin çözünmesi ile yeraltı suyuna Ca^{+2} ve Mg^{+2} katkısı olduğuna işaret etmektedir (Katz et al., 1998). Havzadaki su kaynaklarının tüm dönemler için $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ iyonlarının oranının 2'den büyük (>2) olduğu belirlenmiştir. Bu durum havzada silikatlı minerallerin çözünmesi sürecinin gerçekleşerek yeraltı suyundaki Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının derişiminin artabileceğini göstermektedir.

Yine havzadaki su kaynaklarındaki $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}/\text{HCO}_3^-$ oranı incelendiğinde bu oranın havza genelinde 1'den küçük olması silikatların çözünmesi ile ilişkili olduğu görüşünü desteklemektedir (Maya and Loucks, 1995).

Na^+ ve Cl^- arasındaki ilişki tuzluluğun kökeni ile ilgili süreçleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Na^+/Cl^- oranının 1 ve 1'den büyük olması silikatların ayrışmasından kaynaklandığına işaret etmektedir (Meybeck, 1987; Stallard and Edmond, 1983). Havzadaki su kaynaklarının Na^+/Cl^- oranları incelendiğinde birkaç su noktası haricinde bu oranının 1'den büyük olduğu görülmektedir. Yine bu durum havzadaki su kaynaklarındaki Na^+ miktarının görece olarak Cl^- miktarından büyük olduğu; Na^+ kaynağının silikatların çözünmesi ile ortama salınan Na^+ miktarı ile ilişkili olduğu varsayımını desteklemektedir.

Havzanın farklı kesimlerinden örneklenen su noktalarının majör iyon oranlarına göre havza genelinde silikatların çözünmesinin su noktalarının kimyasında etkin olan bir süreç olduğu belirlenmiştir. Havzada silikat grubu feldispatların karbonik asitle birlikte suda çözünmesi sonucu Na^+ iyonun ortama salınması ve havzadaki HCO_3^- iyonlarının baskın hale geldiği görülmektedir.

$\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ oranı incelediğinde ise havzadaki su kaynaklarının tamamında bu oranın 0.5'ten küçük olması kaynakların tatlı su olduğuna işaret etmektedir. Bu kaynaklar

havzanın batısında, kuzeyinde ve güneyinde yüzlek veren Bozçaldağ Formasyonu'nun mermer ve kristalize kireçtaşı seviyelerini temsil etmektedir.

6.9. İzotop Hidrojeolojisi

6.9.1. Duraylı İzotoplar ($\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$)

Hidrojeolojide izotop teknikleri uygulamaları, havza ölçekli gerçekleştirilen çalışmalarda yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının duraylı (Oksijen-18 ^{18}O , Döteryum ^2H) izotop içeriklerinin değerlendirilmesi, kaynakların sürdürülebilirliği ve etkin korunması sırasında ortaya çıkabilecek birçok problemin çözümünde oldukça kapsamlı bilgiler sağlamaktadır. Duraylı izotop analizleri, akiferlerin beslenme alanları, beslenme alanı yükseltisi, yeraltı suyu-yüzeysuyu ilişkisi, geçirilen kimyasal ve fiziksel süreçlerin belirlenmesi ve farklı kökenli suların ayırt edilmesine yönelik değerlendirmelere imkan sağlamaktadır. Su kaynaklarının beslenimine temel oluşturan yağışların duraylı izotop ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) içerikleri, yağışların kökeni, iklimsel koşullar, yükseklik, sıcaklık gibi süreçlerden dolayı konumsal ve zamansal olarak değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, yağışın yeraltı suyu sistemine girmeden önce veya giriş sürecinde buharlaşmaya uğrayıp uğramadığı, yağışın ilişkili olduğu hava akımlarının kaynağı gibi önemli süreçlerin değerlendirilmesinde de duraylı izotoplar kullanılmaktadır. Küresel Meteorik Su Doğrusu, Dünya üzerinde çeşitli bölgelerden örneklenen yağış sularının duraylı izotop içeriklerinin değerlendirilmesi ile $\delta\text{D} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10$ eşitliğini veren bir doğruyu tanımlar (Craig, 1961).

Bu denklem eğimi 8 olan Döteryum fazlası (Df) değeri 10 olan bir eğriyi temsil etmektedir. ^2H ve ^{18}O arasındaki ilişki belirli yağış rejimleri için zaman içinde değişmemektedir. Döteryum fazlası değeri hidrolojik çevrim içerisinde yağışa kaynak oluşturan deniz suyunun buharlaşma ortamı ve kökeninin bir göstergesidir. Bu değer buharlaşma şiddeti arttıkça artmaktadır. Bu nedenle örneklerdeki döteryum fazlası değerleri kullanılarak farklı yağış rejimlerinin etkisi belirlenebilmektedir. Döteryum fazlasının 10'dan yüksek değerleri denizel kökenli yağışlar ve düşük bağıl nem düzeyi ile ilişkilendirilirken, karasal kökenli yağışlar 10'dan düşük değerler ile temsil edilmektedir (Clark ve Fritz, 1997). Küresel Meteorik Su Doğrusundan gerçekleşen sapmalar ise genellikle su-kayaç etkileşimi,

buharlaşma, mevsimsel değişimler gibi çeşitli süreçlerden kaynaklanabilmektedir (Clark ve Fritz, 1997).

6.9.2. Duraylı İzotop Örnekleme ve Analiz

Tez çalışmasında Seyfe Havzasında örneklenen yüzey ve yeraltı su kaynaklarının duraylı izotop değerleri incelenerek, akiferlerin beslenme alanları, yeraltı suyu-yüzeysuyu ilişkisi, suların kökenleri ve su-kaya etkileşimi gibi hidrojeolojik süreçleri açıklamaya yönelik değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Oksijen-18 ve Döteryum izotopları kullanılmıştır. Eylül 2019 ve Ekim 2021 dönemleri arasında 7 farklı dönemde Seyfe Gölü sulak alan havzasının içerisinde belirlenen su noktalarından duraylı izotop örnekleme gerçekleştirilmiştir (Çizelge 6.14).

Çizelge 6.14. Duraylı İzotop Analizi gerçekleştirilen örneklerin türü, sayısı ve dönemi

Örnekleme Dönemi	Örneklenen Su Noktalarının Türü	Örnekleme Noktası Sayısı
2019 Eylül	Kaynaklar	40
2019 Aralık	Kaynaklar, Kar	40
2020 Ağustos	Kaynaklar	40
2021 Şubat	Kaynaklar, Kar	42
2021 Mayıs	Şahıs Kuyuları	26
2021 Eylül	Kaynaklar	30
2021 Ekim	Şahıs Kuyuları	26

Duraylı izotop örnekleme çalışmaları arazide kurak ve yağışlı dönemlerde gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışlarında 60 ml' lik polietilen şişeler kullanılmıştır. Örnekleme çalışmaları sırasında şişelere hava kalmayacak şekilde alınan su örnekleri serin ortamda korunarak ilgili laboratuvara teslim edilmiştir.

Örneklenen suların Duraylı İzotop ($\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$) Analizleri “Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM) Duraylı İzotop Laboratuvarı’nda” gerçekleştirilmiştir. “Los Gatos Research DLT-100 Liquid Water Isotope Analyzer” cihazı kullanılarak su noktalarının duraylı izotop içerikleri

içerikleri sırasıyla -9.9 ‰ VSMOW ile -71.2 ‰ VSMOW, yeraltı suyu örneklerinin ise ortalama $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ içerikleri sırasıyla -10.01 ‰ VSMOW ile -74.5 ‰ VSMOW olarak ölçülmüştür. Örnekleme dönemleri içerisinde yüzeysularındaki en yüksek $\delta^{18}\text{O}$ içeriği ise 3.5 ‰ VSMOW değeri ile drenaj kanalından örneklenen DK su noktası, en düşük $\delta^{18}\text{O}$ içeriği -11.97 ‰ VSMOW ile Paleozoyik yaşlı mermer-şist birimlerini temsil eden ve havzanın kot olarak en yüksek bölümünden örneklenen su noktasını temsil eden P5 su kaynağıdır.

Yüzeysularındaki en düşük $\delta^2\text{H}$ içeriği -84.3 ‰ VSMOW ile havzanın en kuzeybatısında yüzlek veren Paleozoyik şistlerden boşalan Hamurlubeşler köyündeki P5 su kaynağı, en yüksek $\delta^2\text{H}$ içeriği ise -8.1 ‰ VSMOW ile drenaj kanalından örneklenen DK su noktasıdır.

Tüm dönemler için örneklenen yeraltısularındaki en düşük $\delta^{18}\text{O}$ içeriği -11.9 ‰ VSMOW ile havzanın kuzeyindeki Göllü yerleşim yerinde örneklenen Paleozoyik yaşlı mermer birimleri temsil eden G2 kuyusu; en yüksek $\delta^{18}\text{O}$ içeriği ise -8.2 ‰ VSMOW değeri ile havzanın orta kesimlerinde açık yüzeyden hendek şeklinde kazılmış su noktasını temsil eden Harmanaltı bölgesinde örneklenen HA-1 su noktasıdır. $\delta^2\text{H}$ içeriği ise -62.99 ‰ VSMOW ile HA-1 su noktası; en düşük $\delta^2\text{H}$ içerikleri ise -86.5 ‰ VSMOW ile havzanın güneydoğusunda yüzlek veren sınırlı sıcak su dolaşımının mevcut olduğu Kıran yerleşim yerindeki K5 kuyusudur.

Aralık 2019 ve Şubat 2021 dönemi yağış örneklemelerinin (kar) duraylı izotop analiz sonuçlarına göre ortalama $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ içerikleri ise sırasıyla -16.81 ‰ VSMOW ile -122.59 ‰ VSMOW olarak ölçülmüştür. Özellikle kar örneklerinin en negatif izotop içerikleri sergilediği noktaların (S1 Kar, M1 Kar, P3 Kar, E12 Kar, E13 Kar) havzayı sınırlayan dağ sıralarını temsil eden bölgelere karşılık geldiği belirlenmiştir. Havzada örneklenen kar yağışlarının duraylı izotop içerikleri incelendiğinde, yüksek kotlarda, soğuk aylarda ve kara içlerinde gerçekleşen yağışları temsil etmesi nedeniyle meteorik doğruların alt kesimlerinde kış yağışlarını temsil eden bölgede yer almaktadırlar.

Ayrıca örneklenen su noktalarının daha negatif duraylı izotop içeriğine sahip olanlarının beslenimlerinin, diğer su noktalarına göre daha yüksek kotlardan gerçekleştiği hesaplanmıştır.

Dünyanın farklı bölgelerinde kurulmuş yağış istasyonlarından toplanan yağışların duraylı izotop içeriklerine göre döteryum fazlası +10 ve eğimi 8 olan doğrusal bir ilişki ile temsil edilen “Küresel Meteorik Su Doğrusu” belirlenmiştir (Craig, 1961). Mayıs 2021 döneminde G1, G2, KA ve S1 kuyuları buharlaşma etkisi görülmeyen meteorik kökenli sular olup, +10 döteryum fazlasını temsil eden Küresel Meteorik Su Doğrusu üzerinde konumlanmışlardır.

Genellikle 4 ile 7 arasında değişen buharlaşma doğrusunun eğimi buharlaşma şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Buharlaşmanın olduğu andaki sıcaklık ve bağıl nem içeriği gibi etmenler doğrunun eğimini belirlemektedir (Clark ve Fritz, 1997). Buharlaşma doğrusunun eğimi ile bağıl nem miktarı arasında doğrusal bir ilişki mevcut olup bağıl nem miktarı arttıkça, buharlaşma doğrusunun eğimi artmaktadır (Clark ve Fritz, 1997). Buna göre doğrunun eğimi buharlaşmanın kurak şartlarda gerçekleşmesi durumunda 4’e yaklaşırken, nemli koşullarda gerçekleşmesi durumunda 7’ye yaklaşmaktadır (Clark ve Fritz, 1997).

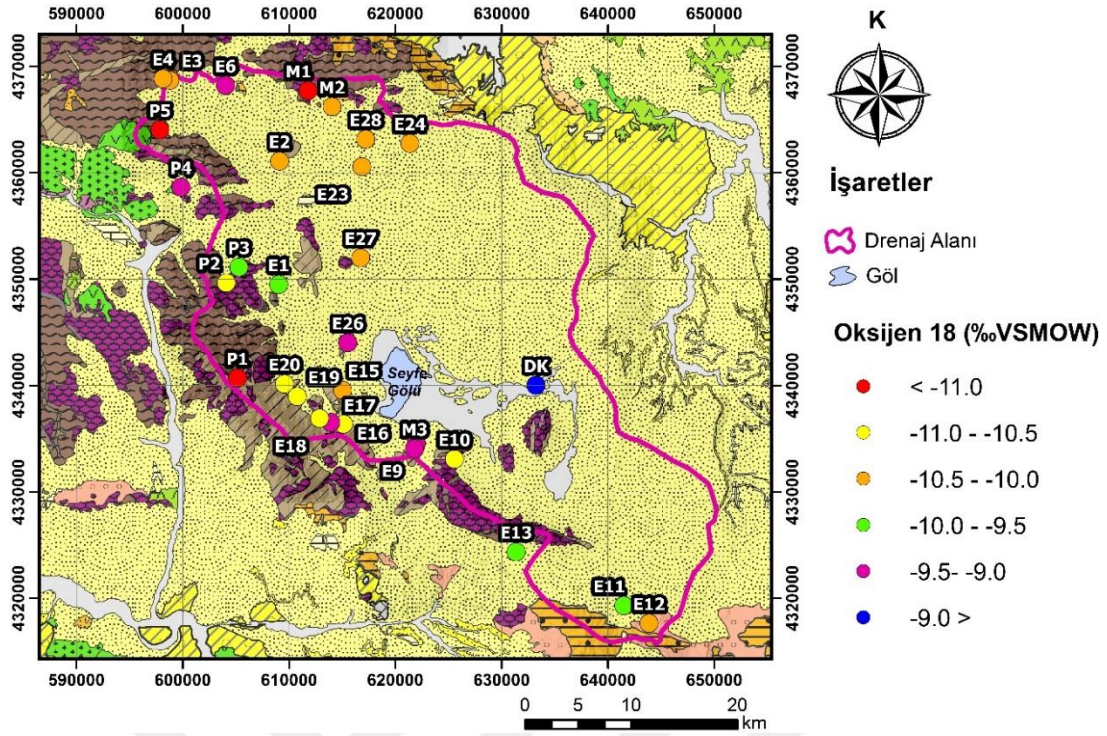
“Bağıl nem” miktarının %25’ten az olduğu durumlarda buharlaşma kurak şartlarda gerçekleşirken, doğrunun eğimi 4’e yaklaşmaktadır. “Bağıl nem” miktarının %25-%75 arasında değişmesi durumunda ise nem miktarının artışına bağlı olarak buharlaşma doğrusunun eğimi 4 ile 5 arasında değişmektedir (Clark ve Fritz, 1997).

1970 yılından günümüze kadar ölçülmüş bağıl nem miktarı KMGİ verilerine göre %63.4 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla havza yakınlarında ölçülen bağıl nem içeriğinin inceleme alanında örneklenen Ha-1 ve DK drenaj kanalı su noktalarının üzerinde bulunduğu buharlaşma doğrusunun eğimi ile uyumlu bir ilişki gösterdiği belirlenmiştir (Yurteri, 2020). Örneklenen su noktalarından kanal (DK) ve hendek şeklinde kazılmış Ha-1 kuyusu açık su kütleleri olmaları ve açık yüzeyden sürekli

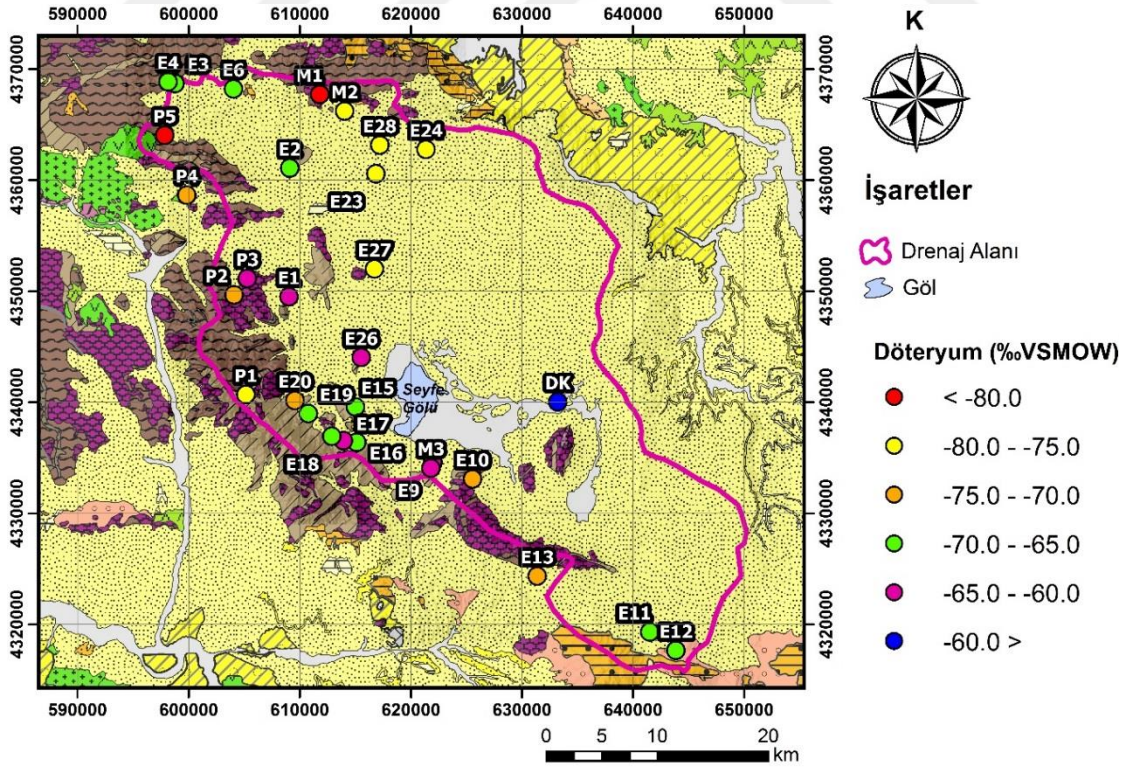
buharlaşma etkisi altında kaldıkları için “Küresel Meteorik Su Doğrusu”ndan sapma göstermiştir. Belirtilen su noktalarının duraylı izotop içeriklerine göre eğimi yaklaşık 5 olan buharlaşma doğrusu üzerine düştüğü belirlenmiştir.

Ekim 2021 döneminde örneklenen yeraltısularının büyük bir bölümü Küresel Meteorik Su Doğrusu üzerinde yer almaktadır. Ekim-2021 döneminde örneklenen bazı yeraltısularının ise eğimi 4 ile 5 arasında değişen buharlaşma eğrisi üzerinde yer aldıkları görölmektedir.

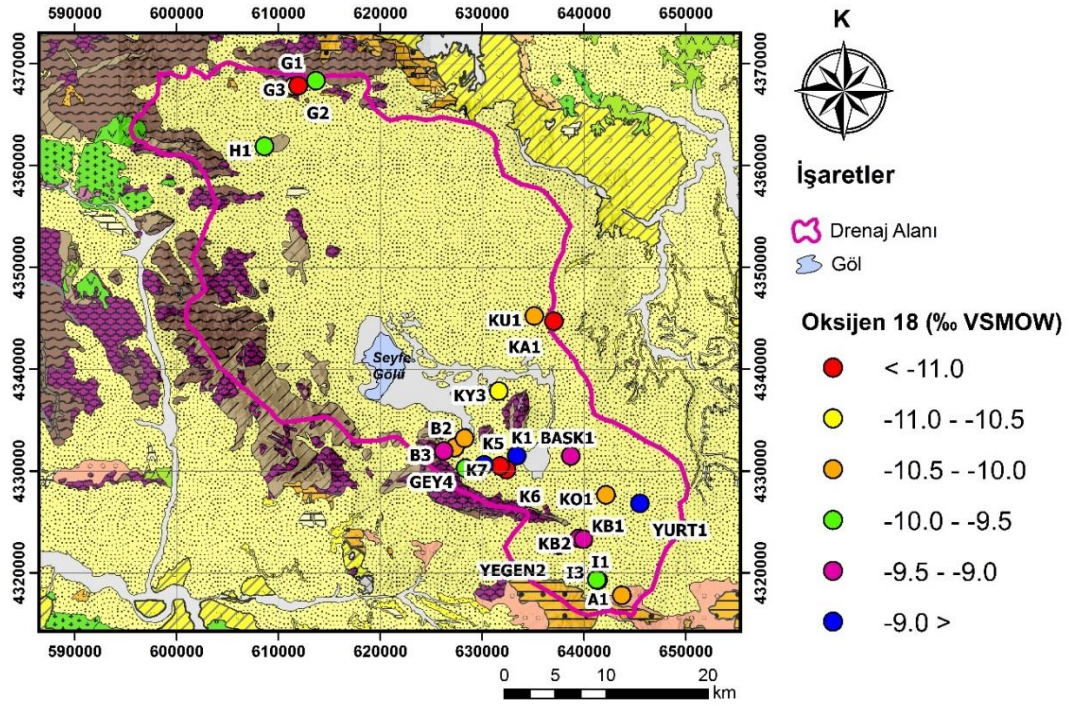
Sulama döneminin havzada Eylül-Ekim aylarında devam etmesi ve yüzeyden itibaren su seviyesinin daha yüksek olduğu sığ kuyulardan yapılan örnekleme buharlaşma etkisi altında kaldıkları düşünölmektedir. Tüm dönemler için örnekleme noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum değerleri EK 2.45 - EK 2.49, EK 1.59 - EK 1.68 ile Şekil 6.20, Şekil 6.21, Şekil 6.22 ve Şekil 6.23'te gösterilmiştir.



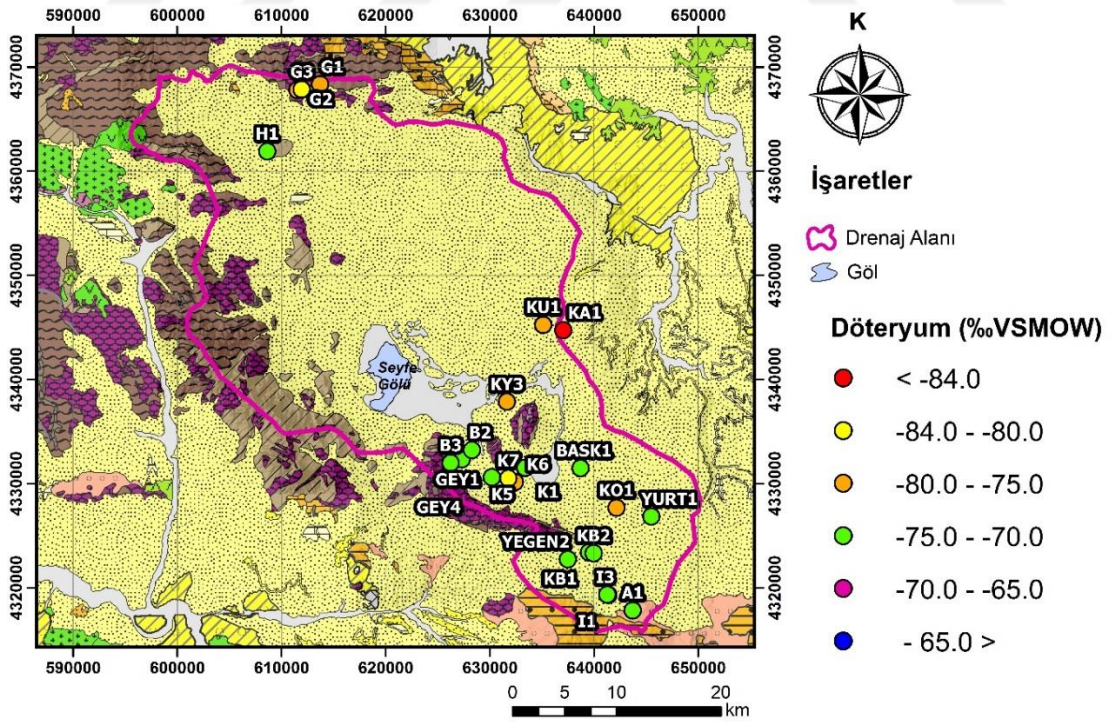
Şekil 6.20. Eylül 2021 döneminde örneklenen su kaynaklarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)



Şekil 6.21. Eylül 2021 döneminde örneklenen su kaynaklarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)



Şekil 6.22. Ekim 2021 döneminde örneklenen yeraltısularının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)



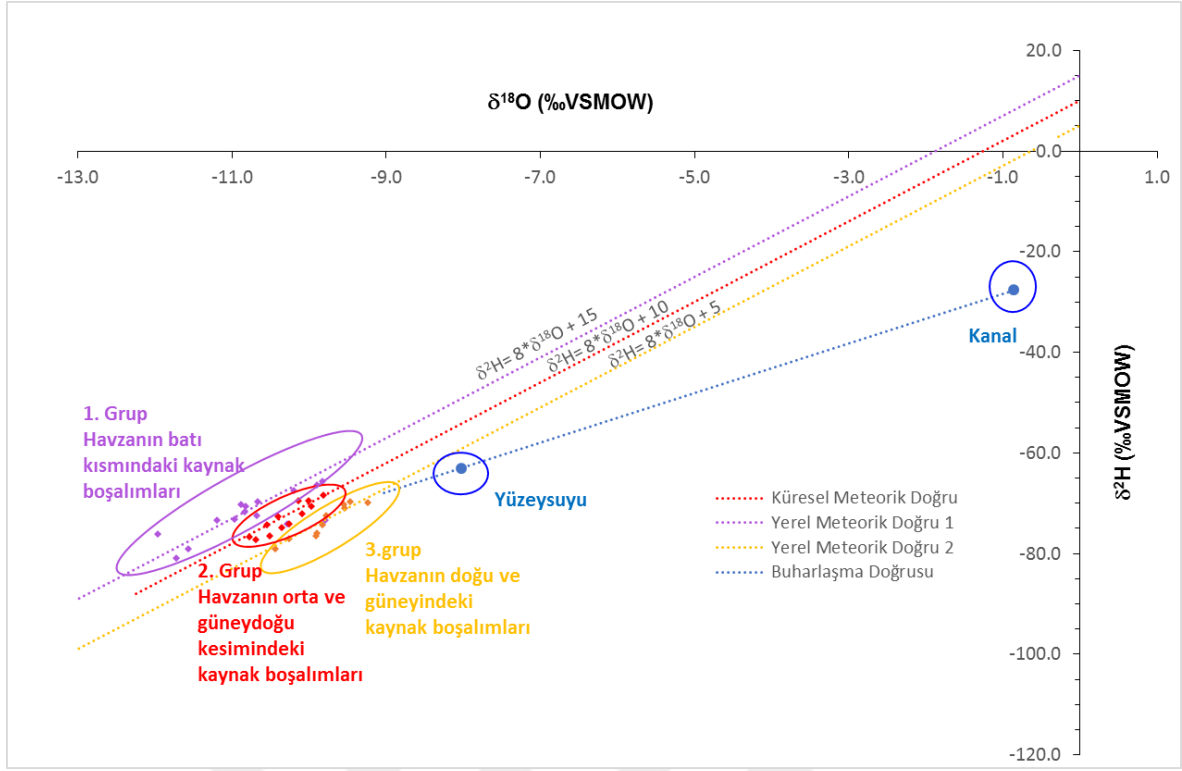
Şekil 6.23. Ekim 2021 döneminde örneklenen yeraltısularının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)

9.4. Oksijen 18 - Döteryum İlişkisi

Duraylı izotop hidrojeolojisi araştırmalarına göre meteorik yağışların duraylı izotop içeriklerinin sıcaklık, enlem, deniz seviyesinden yükseklik gibi faktörler nedeniyle değiştiği belirtilmektedir (Clark ve Fritz, 1997). Yağışın kaynağı olan su buharının içeriği düşük enlemlerden yüksek enlemlere doğru gittikçe, düşük kotlardan yüksek kotlara çıkıldıkça ve sıcaklık düştükçe duraylı izotop değerleri bakımından negatifleşmektedir (Gat and Gonfiantini 1981). Ayrıca yaz yağışları, kış yağışlarına göre daha zengin izotop içeriklerine sahiptir (Clark ve Fritz, 1997).

Havzada su kaynaklarının $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin beklendiği gibi yükseklik arttıkça negatifleştiği görülmektedir. Havzada örnekleme yapılan yüzey ve yeraltısı kaynaklarının birbirlerinden farklı duraylı izotop içeriklerine sahip oldukları belirlenmiştir.

İnceleme alanı içerisindeki örneklenen yüzey ve yeraltısı kaynaklarının konumları ve Eylül 2019 - Ekim 2021 dönemleri için duraylı izotop analiz sonuçları sırasıyla verilmiştir (EK 2.45 - EK 2.49). Arazi çalışmaları kapsamında izotop örnekleme yapılan yüzey ve yeraltısularının Eylül 2019, Aralık 2019, Ağustos 2020, Şubat 2021, Mayıs 2021, Eylül 2021 ve Ekim 2021 dönemlerini temsil eden Oksijen-18 ve Döteryum değerleri grafikler üzerinde gösterilmiştir (EK 1.69 - EK 1.76 ile Şekil 6.24 ve Şekil 6.25). 2019 Eylül - 2021 Ekim dönemlerinin analiz sonuçları incelendiğinde; su noktalarının farklı meteorik doğrular üzerinde yer alacak şekilde gruplandıkları görülmektedir (Şekil 6.24).

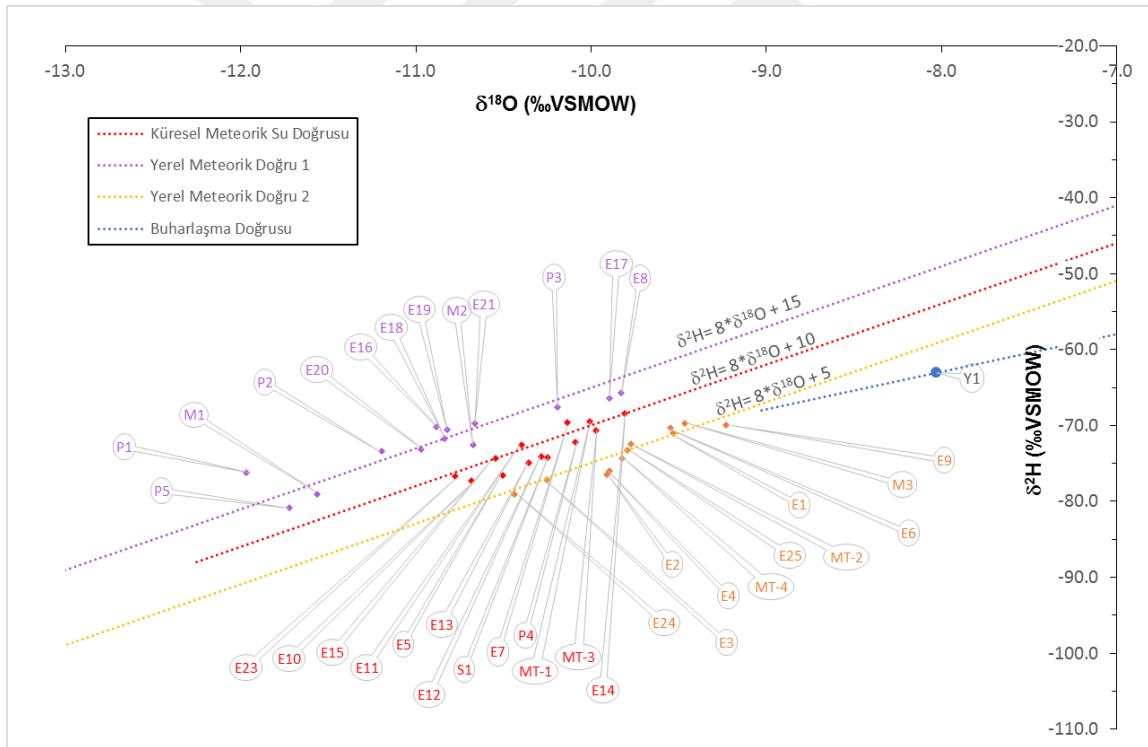
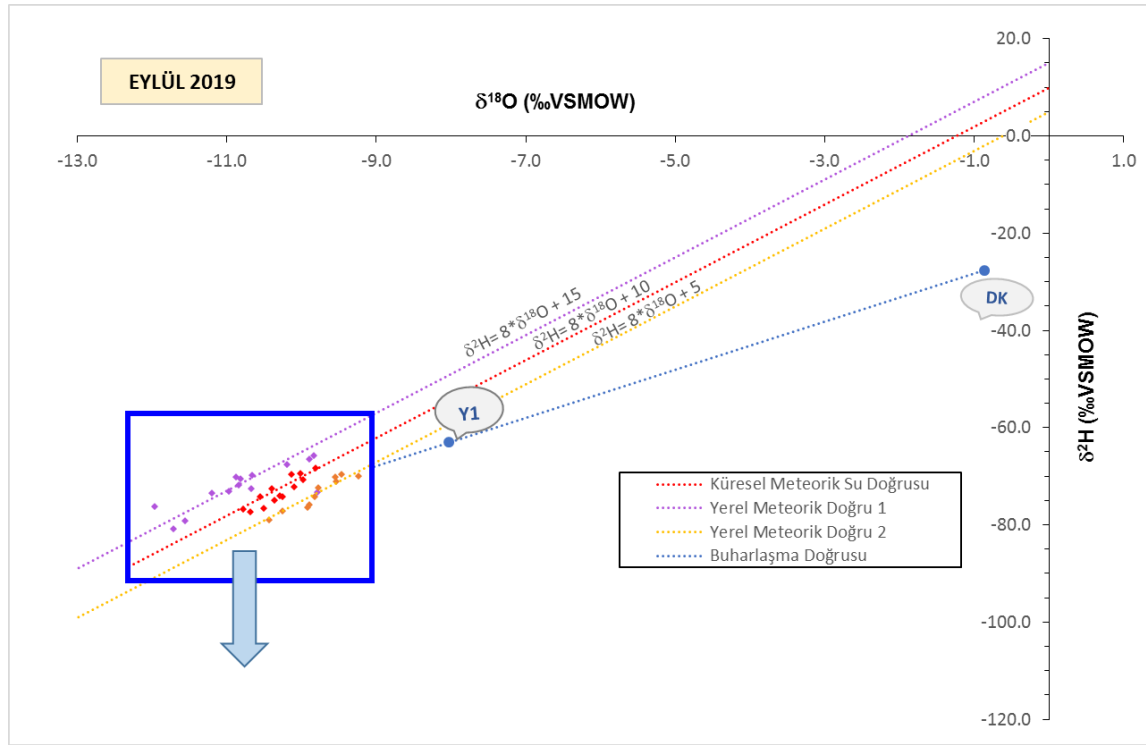


Şekil 6.24. Havzada örneklenen su noktalarının $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi grafiği (2019 Eylül)

Tüm dönemlerde P1, P2, P5, P3, M1 kaynakları havzanın topoğrafik olarak en yüksek dağ sıralarına karşılık gelen kotları temsil eden su noktalarıdır. Eylül 2019 döneminde P1, P5, E17, E18, E19 noktaları döteryum fazlası (Df) +15 olan doğru üzerinde yer almaktadırlar. Bu su noktaları diğer örnekleme noktalarına göre daha yüksek kotlarda yer almakta ve havzanın batı-kuzeybatı kesimindeki dağlık bölgeye karşılık gelmektedir. Artan yükseltiye bağlı olarak su noktalarının $\delta^{18}\text{O}$ içeriklerinin beklendiği gibi daha negatif olduğu görülmektedir. Havzanın batı ve kuzey kesimlerini temsil eden örnekleme noktalarının beslenme alanı yükseltilerinin diğer su noktalarına göre daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Tüm dönemler için +15 döteryum fazlası değerine sahip su noktaları havzanın genellikle batı-kuzeybatı hattındaki dağ sıralarında yer almaktadır. Bu durum buharlaşmanın denizel ortamda, bağıl nem içeriği düşük, kurak bir ortamda gerçekleştiğine işaret etmektedir. Dolayısıyla havzanın batısının daha yüksek döteryum fazlası değerine sahip olunması, çalışma alanının batı-kuzeybatı kesiminin; doğusuna göre daha farklı bir yağış rejimi ile temsil edilebileceğini de düşündürmektedir (Yurteri, 2020).

Çalışma alanında örneklenen bazı su noktalarının ise yağışa kaynak oluşturan buharlaşma koşullarındaki bağıl nem düzeyinin bir göstergesi olan döteryum fazlası değeri +5 olan meteorik doğru üzerinde kümelenedikleri belirlenmiştir. Literatürdeki araştırmalar incelendiğinde kurak ve yarı kurak iklim şartlarının hakim olduğu bölgelerde döteryum fazlası değerlerindeki azalmanın bulut altı buharlaşma süreci ile ilgili olabileceği belirtilmiştir (Bershaw, 2018; Salamalikis ve ark., 2016; Delattre ve ark., 2015; Peng ve ark., 2007; Froehlich ve ark., 2002; Gat ve ark., 1994). “Bulut altı buharlaşma” (“subcloud evaporation”) sürecinin bulut tabanından düşen yağışın havada tekrar tekrar buharlaşmaya uğrayarak ağır izotoplarca zenginleşmesi ve düşük döteryum fazlası değerler göstermesi şeklinde gerçekleşebileceği belirtilmektedir (Bershaw, 2018; Salamalikis ve ark., 2016; Delattre ve ark., 2015; Peng ve ark., 2007; Froehlich ve ark., 2002; Gat ve ark., 1994).

Havzada gerek yarı kurak kurak iklim koşullarının egemen olması gerekse yağışın düşerken havada tekrar tekrar buharlaşmaya uğraması sonucunda bazı su noktalarının +5'e yakın Df değerleri gösterdiği düşünülmektedir (Yurteri, 2020).



Şekil 6.25. Havzada 2019 yılı Eylül döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri

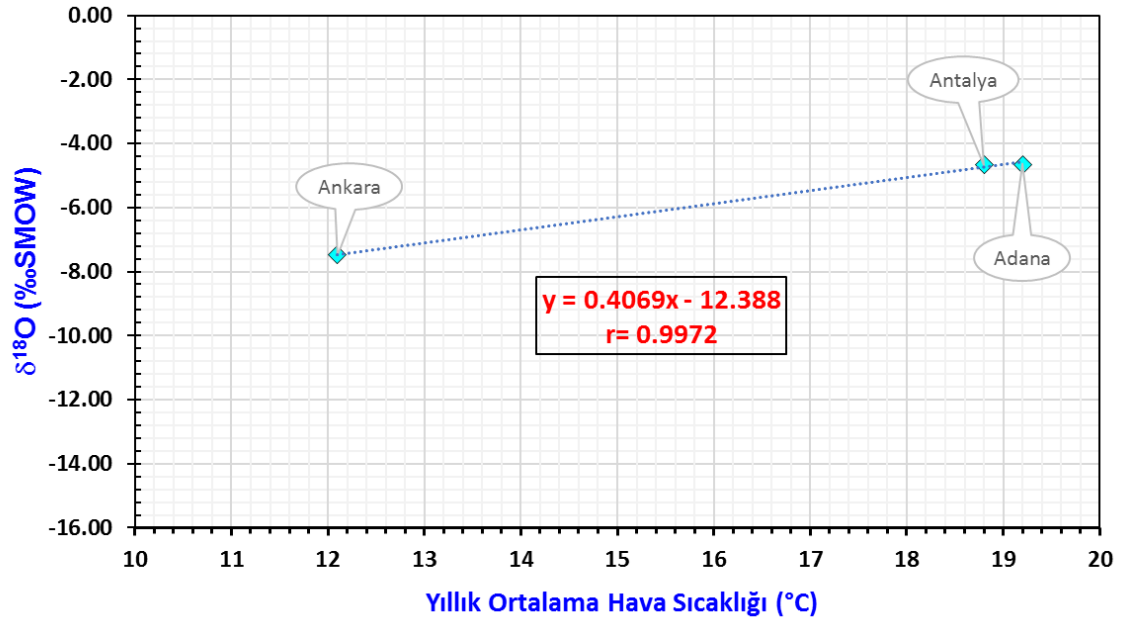
6.9.5. Oksijen 18 - Yükselti - Beslenme Alanı İlişkisi

Duraylı izotop hidrolojisi araştırmaları kapsamında havza ölçeğinde farklı su noktalarından yapılan örneklemelerde su kaynaklarının hangi yükseltilerden beslendiğinin belirlenebilmesi için bölgesel yağış kütlesinin duraylı izotop içeriklerinin yükselti ile değişiminin ortaya konulması gerekmektedir. Beslenme yükseltisi hesaplamalarında genellikle Oksijen-18 duraylı izotopu kullanılmaktadır. Bunun nedeni Oksijen-18 izotopunun döteryum izotopuna göre; yükselti, enlem, sıcaklık gibi faktörlere daha duyarlı olmasıdır (Dansgaard 1964). Yapılan çalışmalarda her 100 m'lik yükseklik artışına karşılık Döteryum içeriğindeki fakirleşme ‰1.0 ile ‰ 4.0 arasında değişirken, Oksijen-18 için bu değer ‰ 0.15 ile ‰ 0.50 arasında değişmektedir (Clark and Fritz 1997). Çalışma alanında Oksijen-18'in yükselti ile değişimi havzada örneklenen kar yağışları dikkate alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak kar örnekleri ile yükseltiye karşılık Oksijen-18 içeriğinin değişimine yönelik anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Bu nedenle IAEA (International Atomic Energy Agency)'nin GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation) veri tabanı kullanılarak farklı istasyonlar için yağışın ölçülmüş duraylı izotop içerikleri ve ortalama hava sıcaklığı verileri kullanılmıştır. Bu bağlamda 1966-2021 yılları arasındaki Adana, Ankara ve Antalya istasyonlarının uzun dönemli duraylı izotop verileri ile ortalama hava sıcaklık ölçümleri kullanılmıştır (Çizelge 6.15, Şekil 6.26 ve Şekil 6.27). İstasyonlarda ölçülen Oksijen-18 ve Döteryum verileri ile yıllık ortalama hava sıcaklığı verileri kullanılarak Oksijen-18 ve Döteryum izotopları ile sıcaklık ilişkisi kurulmuştur. Bu ilişki kullanılarak öncelikle su noktalarının beslenme sıcaklıkları hesaplanmıştır. Sonrasında hesaplanan beslenme sıcaklıkları kullanılarak beslenme yükseltisi hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Bunun için çalışma alanı ve yakın çevresindeki meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama hava sıcaklık ölçümleri ve istasyon kotları kullanılmıştır (Çizelge 6.16 ve Şekil 6.28). Yükseltinin sıcaklıkla değişimi arasında belirlenen ilişkiye göre ise su noktalarının beslenme sıcaklık değerleri kullanılarak beslenme yükseltisi hesaplanmıştır. GNIP istasyonlarında örneklenen yağışların Oksijen 18 içerikleri ve yıllık ortalama sıcaklık ilişkisi ile yağış istasyonlarının yükseltiye karşılık sıcaklık değişimini tanımlayan regresyon denklemleri türetilmiştir (Şekil 6.26 ve Şekil 6.27). $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ içerikleri kullanılarak türetilmiş regresyon denklemleri yardımıyla havzada dönemsel

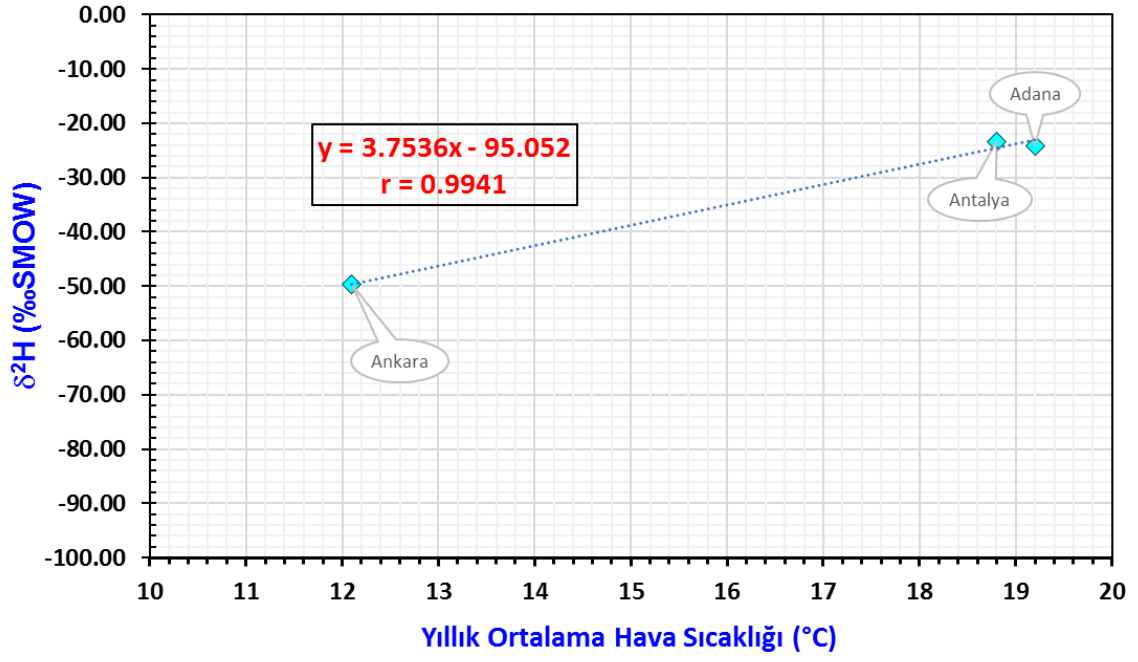
örneklenen her bir su noktasının beslenme sıcaklığı ile beslenme alanı yükseklikleri hesaplanmıştır.

Çizelge 6.15. GNIP istasyonlarının 1966-2021 yılları arasında ölçülmüş duraylı izotop içerikleri ile yıllık ortalama hava sıcaklığı verileri

Lokasyon	Tip	T (°C)	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
			(‰SMOW)	
Ankara	Yağış	12.1	-7.47	-49.70
Adana	Yağış	19.2	-4.66	-24.10
Antalya	Yağış	18.8	-4.65	-23.30



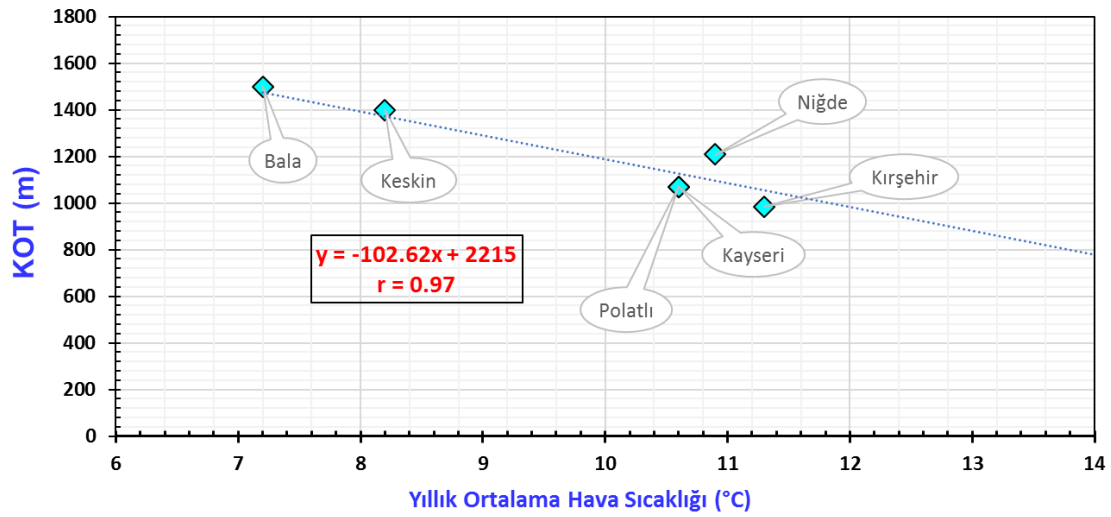
Şekil 6.26. GNIP istasyonlarında ölçülen yağışlarından türetilen Oksijen 18 - yıllık ortalama hava sıcaklığı (°C) ilişkisi



Şekil 6.27. GNIP istasyonlarında ölçülen yağışlarından türetilen Döteryum - yıllık ortalama hava sıcaklığı (°C) ilişkisi

Çizelge 6.16. Havza ve yakın çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarının kot-ortalama hava sıcaklığı ilişkisi

LOKASYON	TİP	Kot	T (°C)
Kayseri	Yağış	1068	10.6
Kırşehir	Yağış	985	11.3
Keskin	Yağış	1400	8.2
Bala	Yağış	1500	7.2
Niğde	Yağış	1208	10.9
Polatlı	Yağış	1068	10.6
Ayaş	Yağış	549	16.5



Şekil 6.28. Havza çevresindeki meteoroloji istasyonlarının yükselti-yıllık ortalama hava sıcaklığı (°C) ilişkisi

GNIP istasyonlarında örneklenen yağışların Oksijen-18 ve Döteryum içerikleri ile yıllık ortalama hava sıcaklığı ilişkisi ve havza çevresindeki istasyonların yükseltiye karşılık ortalama hava sıcaklığı ilişkisine göre türetilmiş regresyon denklemleri aşağıda verilmiştir (Denklem 6.2, Denklem 6.3 ve Denklem 6.4).

$$\text{Beslenim Sıcaklığı} = \delta^{18}\text{O} + 12.388/0.4069 \quad (r=0.99) \quad (\text{Denklem 6.2})$$

$$\text{Beslenim Sıcaklığı} = \delta^2\text{H} + 95.052/3.7536 \quad (r=0.99) \quad (\text{Denklem 6.3})$$

$$\text{Beslenim Yüksekliği} = -102.62 * T(^{\circ}\text{C}) + 2215 \quad (r=0.97) \quad (\text{Denklem 6.4})$$

Havzada örneklenen kaynak ve yeraltı suyu örnek noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotopları ile hesaplanmış beslenme sıcaklıkları ve beslenim yükselteleri EK 2.50 - EK 2.55'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Havzanın Batısı

Havzanın batısında örneklenen su kaynakları (E17, E18, E19, E20 ve E21) için beslenme alanı yükselti hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Buna göre kaynakların havzanın B-KB bölümünü sınırlayan Kervansaray Dağları'nın ortalama 1400 m ile 1700 m arasında değişen yükseltilerinden beslenebilecekleri belirlenmiştir.

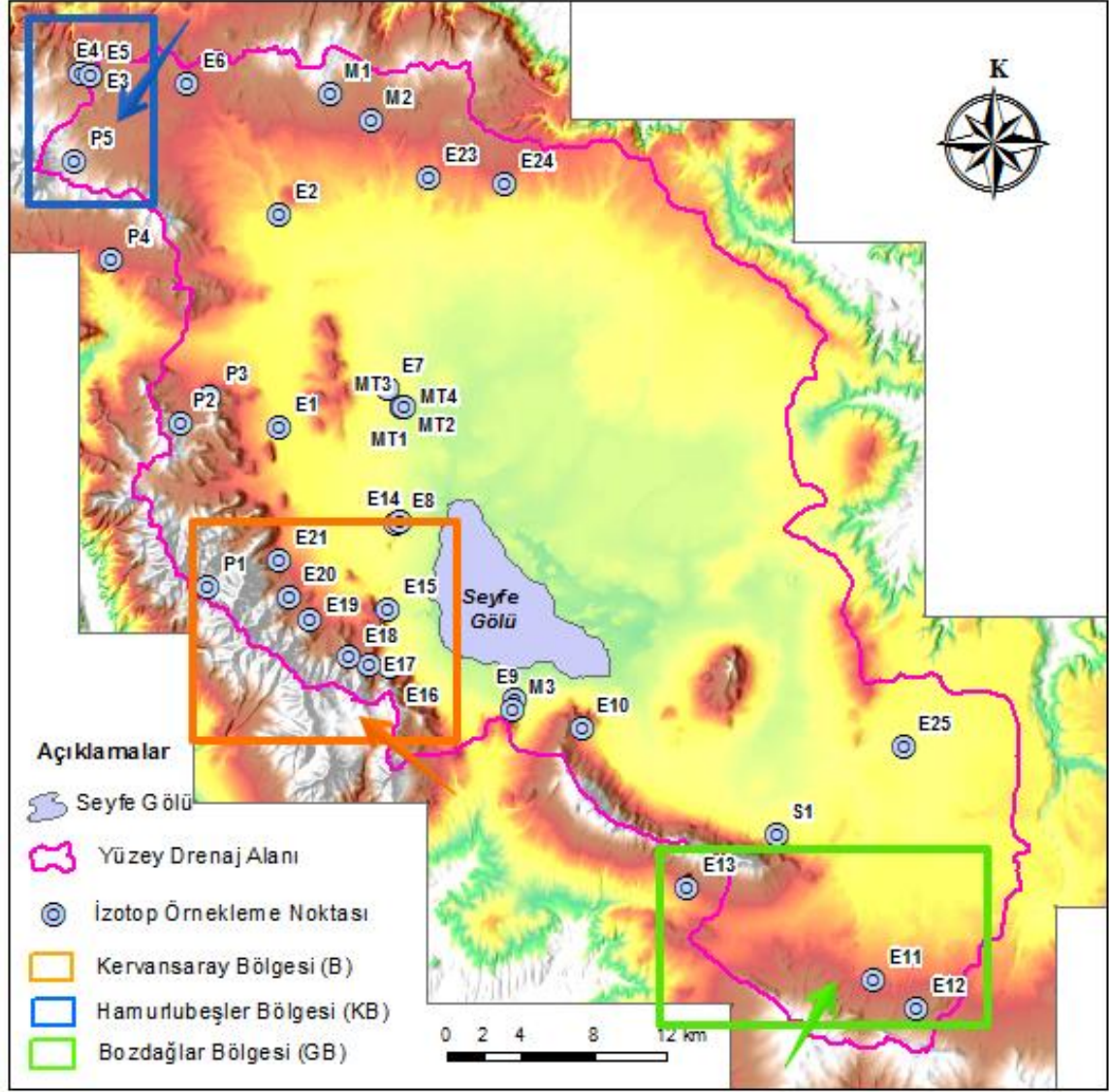
Havzanın Kuzeybatısı

Havzanın kuzeybatı bölümünü oluşturan ve doruk hattını sınırlayan Hamurlubeşler, Yukarı Hamurlu bölgelerindeki su kaynakları (E3, E4, E5 ve E6) için beslenme alanı yükselti hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Buna göre kaynakların havzanın kuzeybatısını sınırlayan dağ sırasının ortalama 1470 m ile 1680 m arasında değişen yükseltilerinden beslenebilecekleri belirlenmiştir.

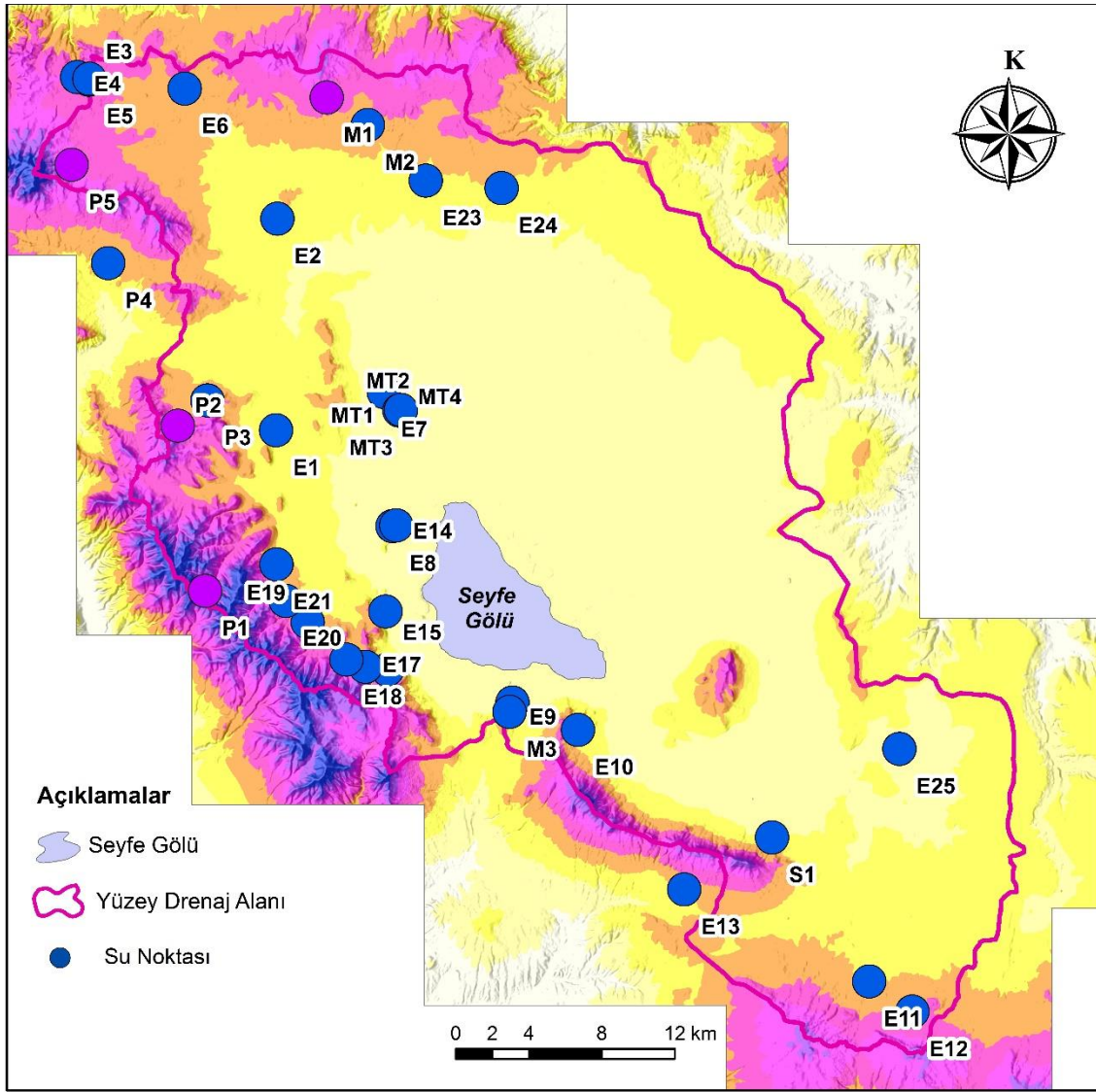
Havzanın Güney-Güneybatısı

Havzanın güney-güneybatı yüzey drenaj hattını sınırlayan kaynaklar için (E11, E12, E13) beslenme alanı yükselti hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Buna göre kaynakların havzanın güneybatı kesimini sınırlayan Bozdağlar'ın 1538 m ile 1580 m arasında değişen yükseltilerinden beslenebilecekleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak havza için potansiyel beslenme alanları havzanın batı güneybatı ve kuzeybatı kesimlerindeki yüzey drenaj alanını sınırlayan ve Paleozoyik temelin yüzeyletiği yüksek dağ sıralarına karşılık gelen yükseltilerdir (Şekil 6.29 ve Şekil 6.30).



Şekil 6.29. Havzada örneklenen su noktalarının potansiyel beslenme alanları



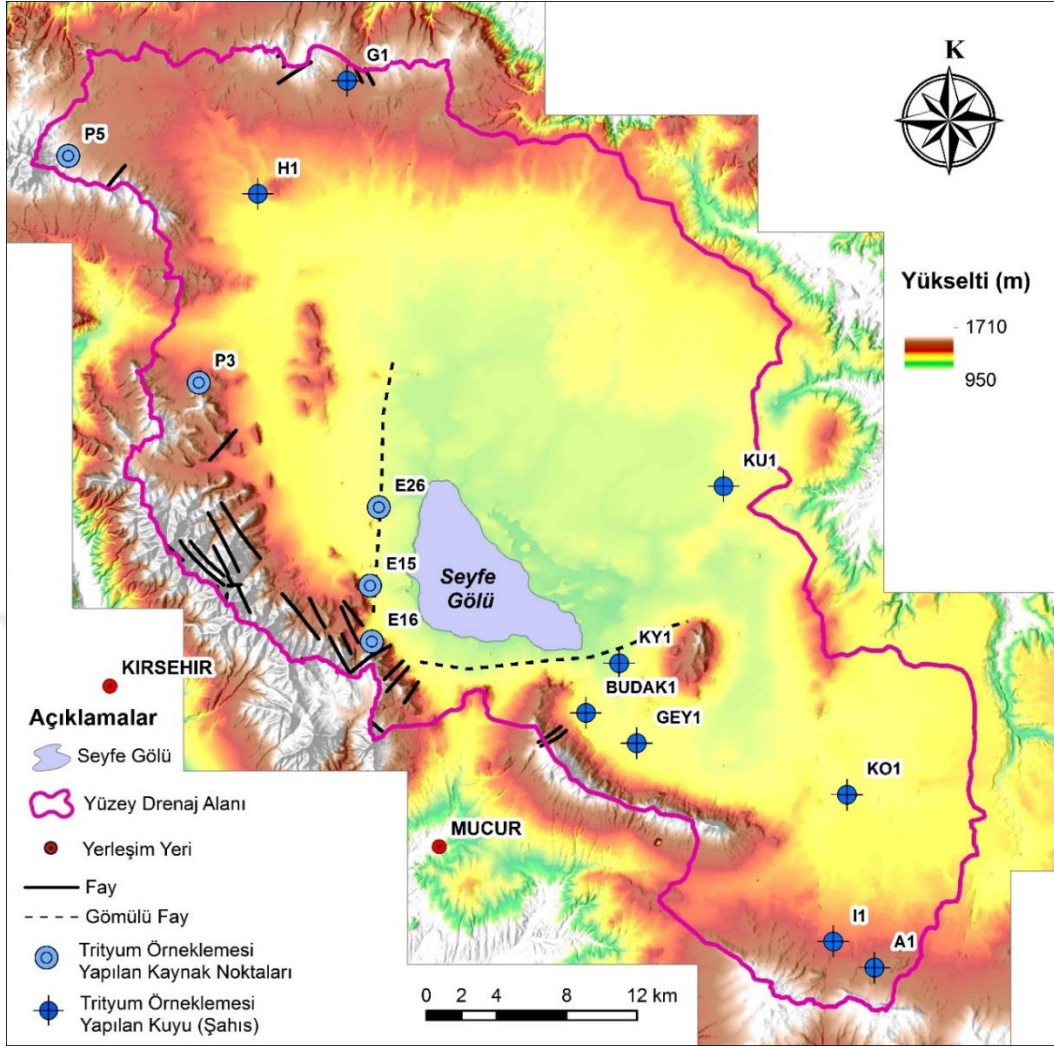
Şekil 6.30. Havzada örneklenen su noktalarının beslenme alanı yükseltileri

6.9.6. Tritiyum Analizleri ve Bulguları

Hidrojeoloji çalışmalarında trityum izotopu yeraltı suyu geçiş süresi hakkında bilgi edinmek için yaygın olarak kullanılan bir radyoaktif izotoptur. Yarılanma ömrü 12.43 yıl olan trityum izotopu radyoaktif olduğundan yeraltı suyunun akiferde kalış süresine bağlı olarak bozunmaya uğramaktadır (Appelo ve Postma, 2005). Yeraltı suyunun ^3H içeriği genellikle düşen yağışın (beslenime kaynak olan) ^3H içeriğine bağlıdır. Günümüzde yağışlardaki trityum içeriği enlem, yarıküre ve mevsimsel etkilere göre 5-10 TU arasında değişmektedir. Yeraltı sularındaki trityum miktarı ve beslenme periyodu Çizelge 6.17’de sunulmuştur.

Çizelge 6.17. Kıtasal bölgelerde yeraltısularındaki trityum miktarı ve beslenme periyodu (Clark ve Fritz, 1997)

Tritiyum İçeriği (TU)	Yeraltı Suyu Beslenme Periyodu /Yaşı
<0.8	Submodern
0.8-4	Submodern ve modern suların karışımı
5-15	Modern Sular <5-10 yıl
15-30	Bomba Etkisi
>30	1960-1970 periyodundaki beslenme
> 50	1960 'lardaki beslenme



Şekil 6.31. Havzada trityum örnekleme yapılan su noktaları

Seyfe Havzası'nda 2021 yılı Eylül ve Ekim aylarında 14 örnekleme noktasından trityum örneklemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında gerçekleştirilen trityum örneklemleri YAS akım yolu boyunca akifer birimleri temsil edecek şekilde seçilmiştir (Şekil 6.31).

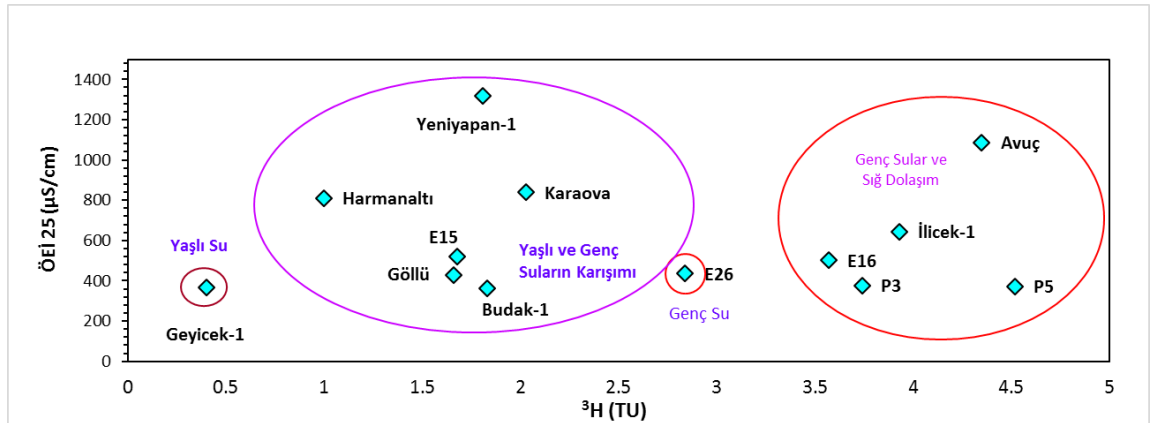
Tritiyum analizleri gerçekleştirilen yüzey ve yeraltı suyu örneklerinde ölçülen en düşük trityum; 0.4 TU ile Geyicek kuyusu, en yüksek trityum içeriği ise 4.52 TU ile Hamurlubeşler su kaynağında ölçülmüştür. En yüksek ^3H değerleri havzanın batı (Çimeli-P3, 3.74 TU), kuzeybatı (Hamurlubeşler 4.52 TU) ve güneydoğu (İlice, 3.93 TU) kesimlerinde görülmektedir. Tüm örnekleme noktaları için ortalama ^3H değeri 2.54 TU'dur. Yüksek trityum değerlerinin, güncel yağışlardan gelen, akifer birim içerisindeki dolaşımın kısa olduğu, sık dolaşımli bir beslenimin varlığına işaret ettiği

düşünülmektedir. Yine yüksek ^3H değerleri havzanın en KB-GD kısımlarındadır. Bozçaldağ Formasyonu'nu temsil eden mermer akiferinden örneklenen su noktalarının trityum değerleri 0.4 ile 4.52 TU arasında değişmektedir. Havzada örneklenen su noktalarına ait trityum analiz sonuçları Çizelge 6.18'de sunulmuştur.

Çizelge 6.18. Çalışma alanındaki su noktalarının trityum (^3H -TU) içerikleri

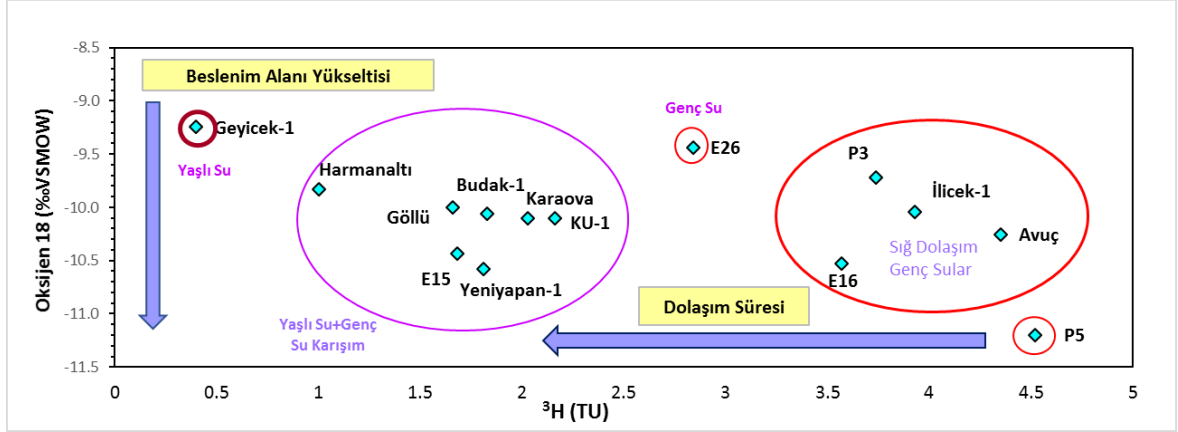
Örnek No	Lokasyon	X (Boylam)	Y (Enlem)	Yükselti (m)	^3H (TU)	Hata $\pm$	ÖEİ 25 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Su Tipi
P3	Çimeli	605284	4351136	1220	3.74	0.78	377	Ca-HCO ₃
E15	Seyfe	615029	4339571	1131	1.68	0.70	519	Ca-HCO ₃
E16	Gümüşkümbet	615133	4336386	1188	3.57	0.76	501	Ca-HCO ₃
E26	Eskidoğanlı	615533	4344035	1120	2.84	0.72	437	Ca-HCO ₃
P5	Hamurlubeşler	597851	4364038	1328	4.52	0.80	372	Ca-HCO ₃
B1	Budak	627314	4332319	1136	1.83	0.70	361	Ca-HCO ₃
Gey-1	Geyicek	630198	4330595	1133	0.40	0.62	366	Ca-HCO ₃
İlice-1	İlice	641386	4319304	1196	3.93	0.78	645	Ca-HCO ₃
KY	K.Yeniyapan	631644	4337852	1122	1.81	0.70	1318	Ca-HCO ₃
Avuç	Avuç	643723	4317815	1132	4.35	0.78	1087	Ca-HCO ₃
Göllü-1	Göllü	613713	4368318	1274	1.66	0.70	427	Ca-HCO ₃
KO-1	Karaova	642166	4327665	1142	2.03	0.72	839	Ca-HCO ₃
Ha	Harmanaltı	608638	4361882	1147	1.00	0.68	811	Ca-HCO ₃
KU-1	Kuşaklı	634965	4344655	1120	2.16	0.72	13770	Ca-SO ₄

Trityum-ÖEİ ilişkisine göre, yüksek ^3H ve düşük elektriksel iletkenlik değerleri daha sık dolaşım ve genç sulara işaret ederken, düşük trityum, yüksek ÖEİ daha derin dolaşım ve yaşlı yeraltısularına işaret etmektedir. Yine düşük trityum içeriği su noktasının temsil ettiği akiferin göreceli olarak uzun süreli geçiş zamanına sahip, dolaşım yolu görece daha uzun yeraltısuları ile beslendiğini göstermektedir (Şekil 6.32).

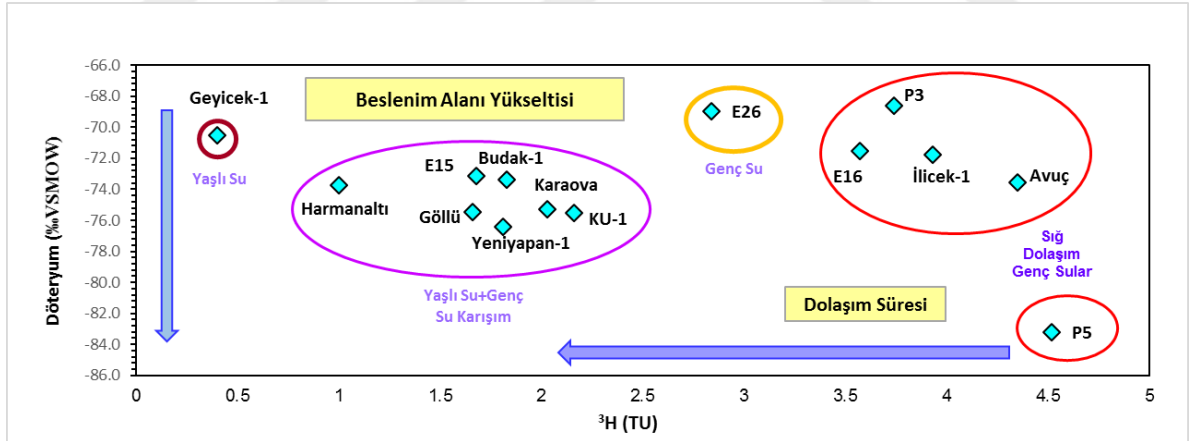


Şekil 6.32. Havzadaki su noktalarının Trityum-Özgöl Elektriksel İletkenlik ilişkisi

Trityum-Oksijen 18 ve Döteryum ilişkisi incelendiğinde, yüksek trityum ve görece daha negatif Oksijen 18 ve Döteryum değerleri güncel yağışlardan beslenen sığ dolaşimli ve yüksek kotlardan beslenen genç sulara işaret ederken, düşük trityum ve yüksek Oksijen 18 ve Döteryum değerleri derin dolaşimli, görece daha yaşlı ve alçak kotlardan beslenen sulara işaret etmektedir (Şekil 6.33 ve Şekil 6.34).



Şekil 6.33. Havzadaki su noktalarının Trityum-Oksijen 18 ilişkisi (Ok yönüne doğru gidildikçe akiferdeki dolaşım süresi artmakta, Oksijen-18 değerleri negatifleşmekte ve beslenme alanı yükseltisi artmaktadır.)



Şekil 6.34. Havzadaki su noktalarının Trityum-Döteryum ilişkisi (Ok yönüne doğru gidildikçe akiferdeki dolaşım süresi artmakta, Döteryum değerleri negatifleşmekte ve beslenme alanı yükseltisi artmaktadır.)

P5, P3, İllice-1 ve Avuç örnekleri, güncel trityum seviyelerine sahiptir. Daha negatif kararlı izotop içeriğine sahip P5 kaynağı ise güncel ve soğuk bir dönemde beslenmiş ve diğer su noktalarına göre daha kısa geçiş süresine sahip bir kaynağı temsil

etmektedir. Dolayısıyla trityum değeri görece daha yüksek yeraltısularının güncel yağışlardan beslendiği düşünülmektedir. Gey-1, Ha-1, KY, Göllü-1 ve E15 kuyuları düşük trityum içeriklerine sahiptir. Bu durum yeraltı suyu geçiş süresinin görece daha uzun, yaşlı ve genç suların karışımının sonucu yada yaşlı sular olması ile ilişkilendirilmektedir.

6.10. Sulama Suyu Sınıflaması

Seyfe Gölü havzasındaki su kaynakları tarımsal sulamada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu bağlamda “Wilcox” ve “ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramları” su kaynaklarının tarımsal sulamada kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi için kullanılmıştır.

6.10.1. Wilcox Diyagramı

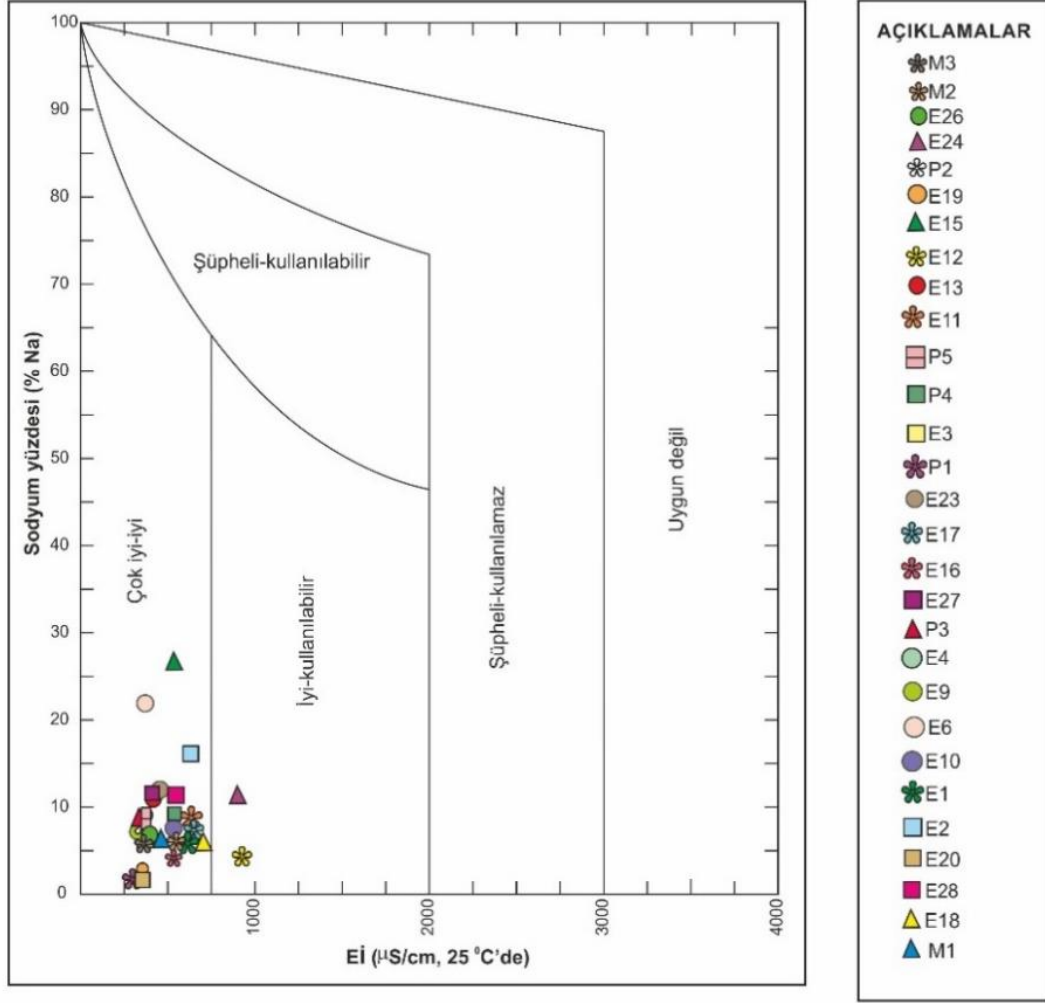
Wilcox (1954) diyagramı Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ve Na (%Na) yüzdesi değerlerini gösteren grafiksel bir diyagramdır. Suda yer alan sodyum iyonları toprakla reaksiyona girdiğinde toprağın geçirimsizliğini azaltmaktadır. Dolayısıyla su kaynaklarındaki Na içeriği yüzey ve yeraltısularındaki Na tehlikesinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir parametredir. Karbonat ile birleşen fazla sodyum miktarı alkali toprakları oluşturmaktadır. Yine fazla sodyum miktarı klorür ile birleştiğinde tuzlu toprakların oluşumuna neden olmaktadır.

Wilcox diyagramında yağışlı ve kurak dönemlerde gerçekleştirilen örnekleme çalışmalarındaki su noktaları sınıflandırılmıştır. Wilcox diyagramı “Çok İyi-İyi”, “İyi Kullanılabilir”, “Şüpheli Kullanılamaz”, “Uygun Değil” ve “Şüpheli Kullanılabilir” sınıflarından oluşan alanları içermektedir. Diyagram üzerinde su kaynaklarının tarımsal sulamada kullanılabilirliklerinin uygunluğu suların “Özgül Elektriksel İletkenlik (ÖEI)” ve “Sodyum Yüzdesi” (%Na) değerlerine göre belirlenmektedir. Suların sodyum yüzde (% Na) değeri; majör katyon derişimleri mek/l olmak üzere aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Denklem 6.5).

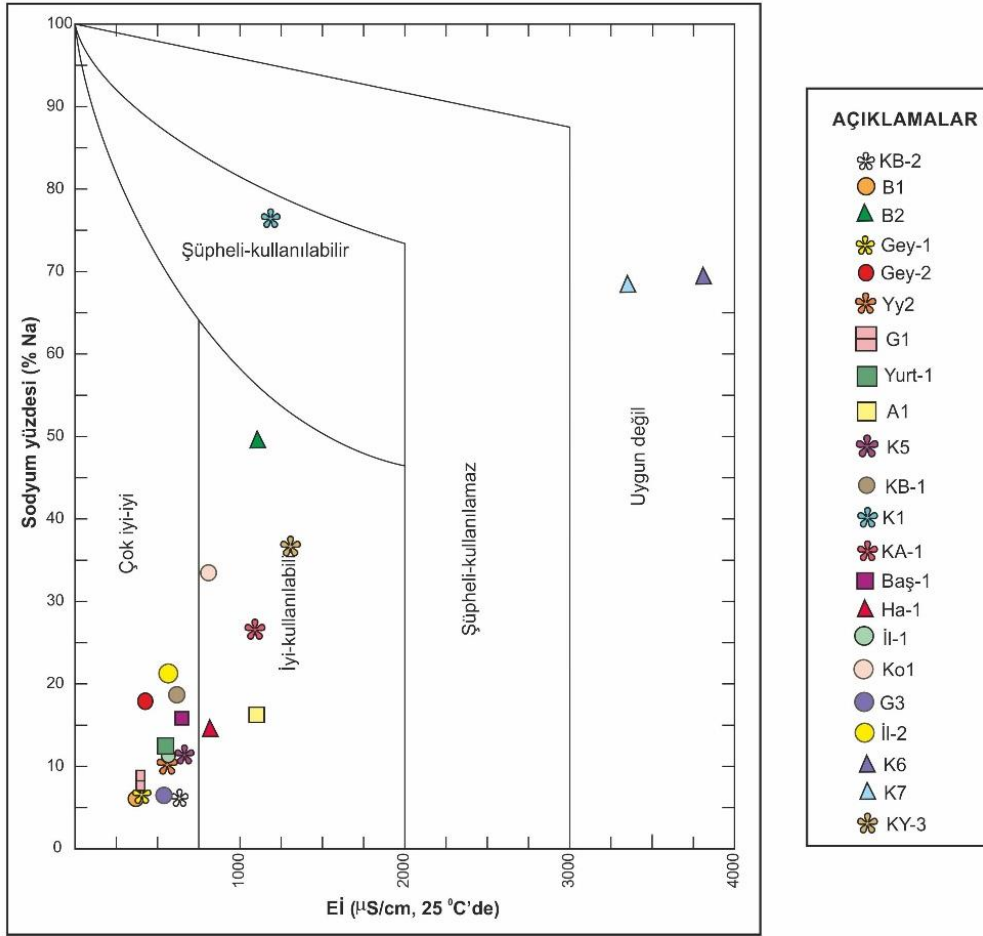
$$\%Na = \frac{Na^+}{Na^++K^++Mg^{+2}+Ca^{+2}} \times 100 \quad (\text{Denklem 6.5})$$

İnceleme alanındaki örnekleme yapılan su noktalarının %Na değerleri Eylül 2019 döneminde 2.66 ile 66.24 arasında, Aralık 2019 döneminde 2.88 ile 64.36 arasında, Ağustos 2020 döneminde 3.30 ile 66.89 arasında, Şubat 2021 döneminde 2.13 ile 12.14 arasında, Mayıs 2021 döneminde 2.38 ile 73.07 arasında, Eylül 2021 döneminde 1.93 ile 65.33 arasında, Ekim 2021 döneminde ise 6.86 ile 75.72 arasında değişmektedir. Örneklenen su noktaları Wilcox diyagramı üzerine ÖEİ ve Sodyum Yüzdesi (%Na) değerlerine göre yerleştirilmiştir. Buna göre Eylül 2019 döneminde inceleme alanında örneklenen su noktalarının büyük bir çoğunluğu “İyi Kullanılabilir” ve “Çok İyi-İyi” sular bölgelerine düşmektedirler. Alanın güneydoğusunda yer alan S1 kaynağının sulamaya uygun olmadığı, Malya bölgesi kuyularından MT-4 kuyusunun şüpheli kullanılamaz, MT-1 Kuyusunun ise şüpheli kullanılabilir olduğu görülmektedir (Yurteri, 2020). İnceleme alanında Mayıs 2021 döneminde örneklenen yeraltı su kaynaklarının çoğunluğu “Çok İyi-İyi”, “İyi Kullanılabilir” sular bölgesine düşmektedirler. Özce ve Kıran bölgesi kuyularından O1 ve K1 kuyusu şüpheli kullanılamaz, alanın güneydoğusunda yer alan K3 ve K5 kuyularından örneklenen yeraltısularının ise tarımsal sulamada kullanımlarının uygun olmadıkları görülmektedir.

Wilcox diyagramına göre; tarımsal sulamada kullanılan sular için ÖEİ sınır değeri 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. İnceleme alanında Kuşaklı bölgesinden örneklenen KU-1 kuyusu diğer kuyulara göre oldukça yüksek sodyum yüzdesine ve yüksek özgül elektriksel iletkenlik değerine (Mayıs-2021 ÖEİ: 10.770 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Ekim 2021 ÖEİ: 13.770 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sahiptir. Bu nedenle KU-1 kuyusunun sulamada kullanımı uygun olmayıp, Mayıs 2021 ve Ekim 2021 dönemleri için yapılan yeraltı suyu değerlendirmelerinde Wilcox diyagramı üzerinde gösterilmemiştir (Şekil 6.35 ve Şekil 6.36 ile EK 1.39 - EK 1.43).



Şekil 6.35. Örneklenen su noktalarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Eylül-2021)



Şekil 6.36. Örneklenen su noktalarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Ekim-2021)

6.10.2. ABD Tuzluluk Diyagramı

Tuzluluk ve sodyum tehlikelerinin saptanması amacıyla sulardaki majör katyon derişim oranlarından hesaplanan “Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)” ve arazide yerinde ölçülen “Özgöl Elektriksel İletkenlik (ÖEİ)” parametreleri “ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı” üzerine işaretlenmiştir. SAR; suların sınıflandırılmasında sodiklik tehlikesini belirlemek için yaygın şekilde kullanılan bir ölçü olup, iyon takası reaksiyonlarında, sodyum iyonunun aktifliğinin bir ifadesi olarak tanımlanmaktadır. Suların SAR değeri; majör katyon derişimleri mek/l olmak üzere aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Denklem 6.6).

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2}+Mg^{+2}}{2}}} \quad (Denklem 6.6)$$

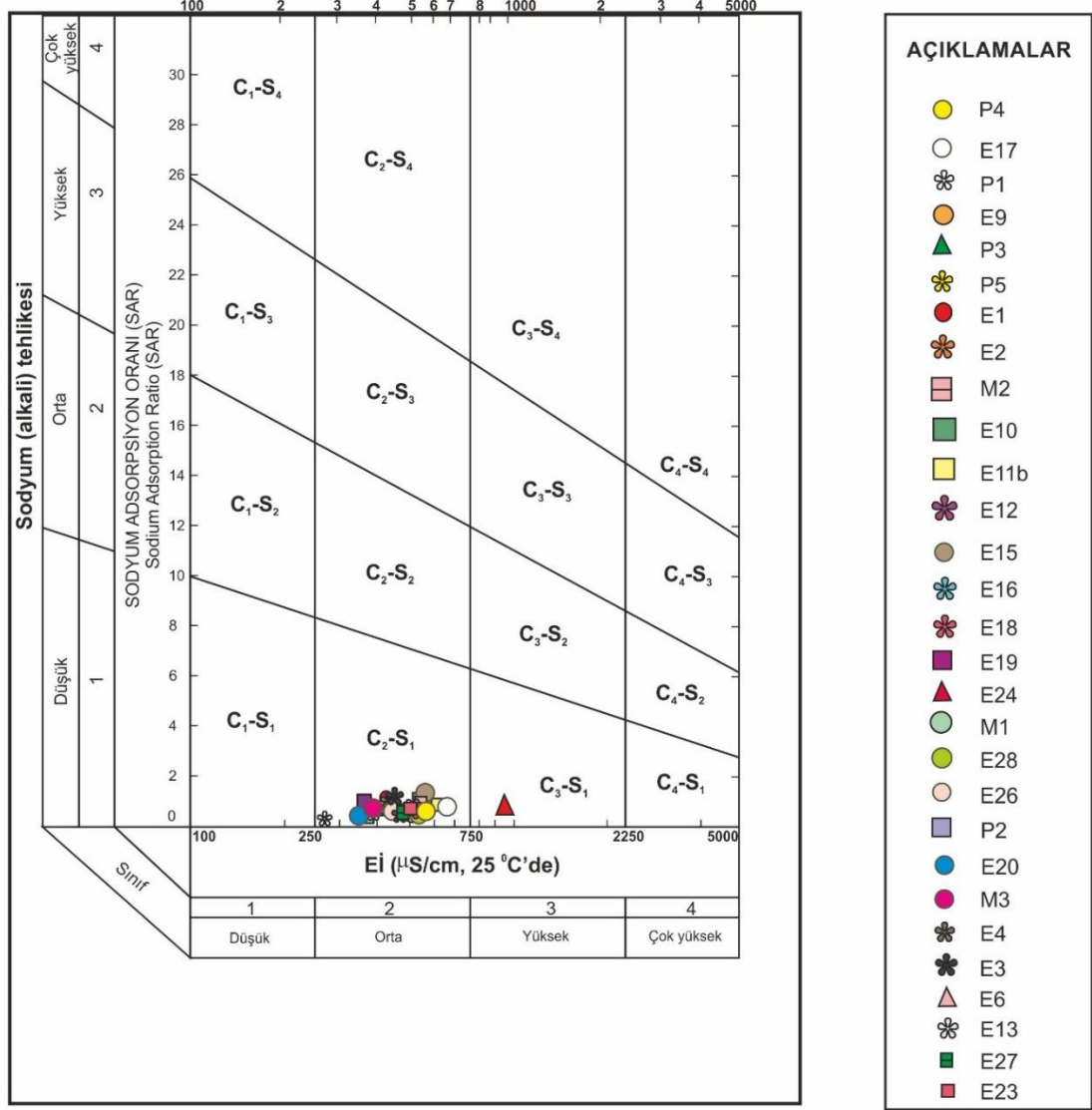
İnceleme alanında örneklenen su noktalarının SAR değerleri Eylül 2019 döneminde 0.07 ile 34.02 arasında, Aralık 2019 döneminde 0.07 ile 26.97 arasında, Ağustos 2020 döneminde 0.08 ile 37.61 arasında, Şubat 2021 döneminde 0.06 ile 0.47 arasında, Mayıs 2021 döneminde 0.07 ile 11.24 arasında, Eylül 2021 döneminde 0.05 ile 31.05 arasında, Ekim 2021 döneminde ise 0.10 ile 4.61 arasında değişmektedir.

Eylül 2019 - Ekim 2021 periyodunda havzada örneklenen su noktalarının büyük çoğunluğunun “C₂S₁” (“Orta derece tuzlulukta ve az sodyumlu sular”) sınıfına düştükleri belirlenmiştir (Şekil 6.36 ve Şekil 6.37 ile EK 1.44 - EK 1.48). Örneklenen diğer su noktalarının ise “C₃S₁”, “C₃S₂”, “C₄S₁”, “C₄S₂” ve “C₄S₃” sınıflarında yer aldıkları belirlenmiştir.

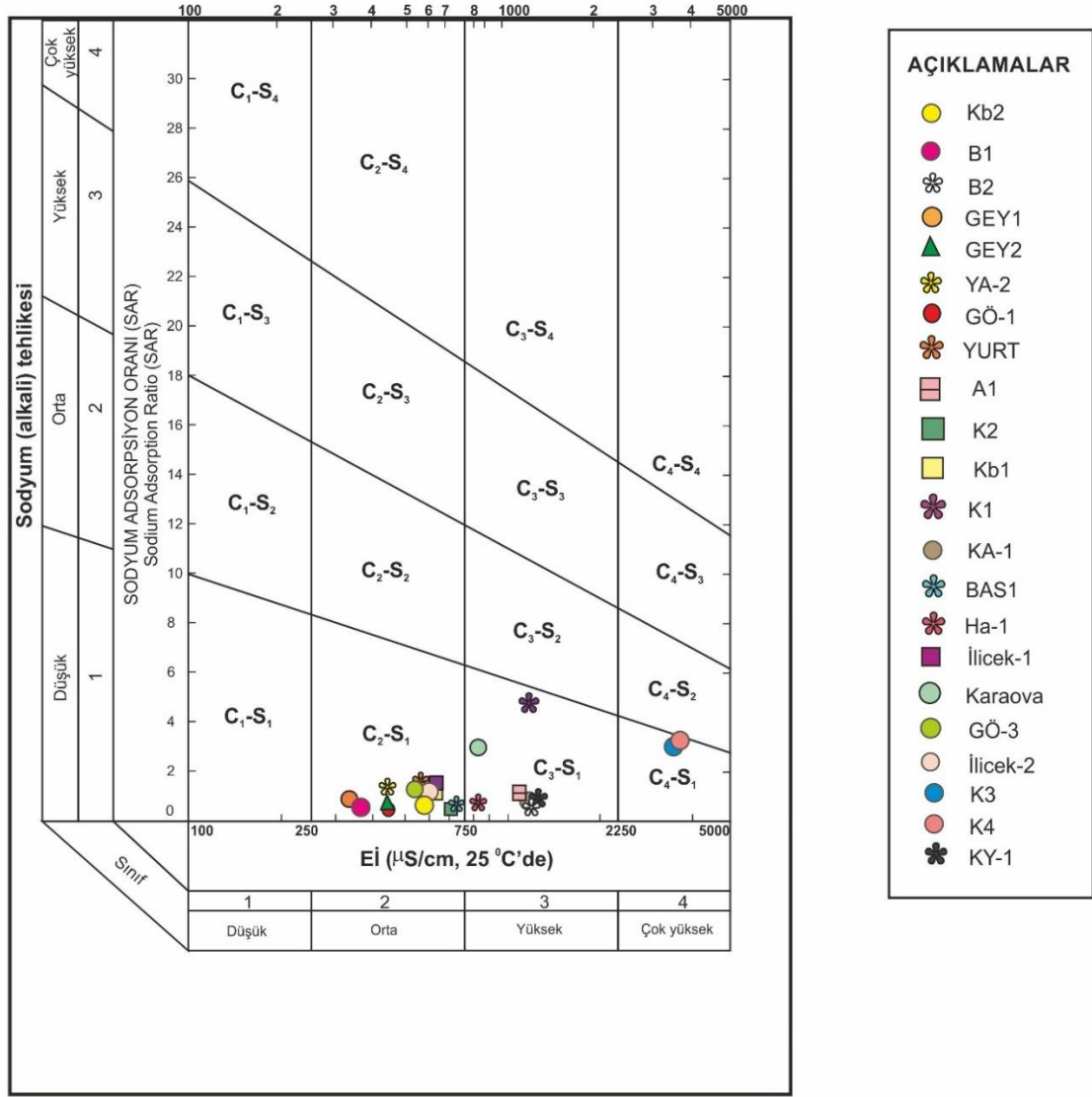
Eylül 2019 ve Aralık 2019 dönemlerinde havzada örneklenen yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının büyük bir bölümü “C₂S₁” (“Orta derece tuzlulukta ve az sodyumlu sular”) sınıfına, diğer su noktaları ise “C₄S₂”, “C₄S₁” ve “C₃S₂” sular sınıflarını temsil eden bölgelere düşmektedir. Örneklenen MT-1 kuyusu ve E24 kaynağı yüksek tuzlu sular bölgesine, S1 kaynağı ve MT-4 kuyusu ise çok yüksek tuzlu sular bölgesine düşmektedir (Şekil 6.37 ve Şekil 6.38). Bu su noktalarının tuza dayanıklı bitkiler dışında tarımsal sulamada kullanılmaları uygun değildir (Yurteri, 2020).

Mayıs 2021 döneminde havzanın güneydoğu ve doğu kesimindeki Kıran ve Özce bölgesini temsil eden kuyulardan örneklenen yeraltısularının yüksek tuzlu sular bölgesine düştükleri belirlenmiştir. Buna göre tuza dayanıklı bitkiler haricinde bu suların tarımsal sulama amaçlı kullanılmaları uygun değildir. K3 ve K5 kuyularından örneklenen yeraltısuları ise çok yüksek tuzlu sular sınıfını temsil eden bölgede yer almalarından dolayı tarımsal sulama amaçlı kullanılmaları uygun değildir. “ABD Tuzluluk Laboratuvarı” diyagramı incelendiğinde, sularda “SAR” sınır değeri 32,

“ÖEİ” sınır değeri ise 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’dir. Bu nedenle tüm örnekleme dönemlerinde DK kanal örneği (30.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’den yüksek “ÖEİ” değerine sahip olması nedeniyle diyagram üzerinde gösterilmemiştir.



Şekil 6.37. Seyfe Havzasında örneklenen su noktalarının ABD Tuzluluk Laboratuvarındaki konumları (Eylül 2021)



Şekil 6.38. Seyfe Havzasında örneklenen su kaynaklarının ABD Tuzluluk Laboratuvarındaki konumları (Ekim 2021)

7. KAVRAMSAL MODEL

7.1. Kavramsal Modele Temel Oluşturacak Değerlendirmeler

Tez alanında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen bulgular ve değerlendirmeler aşağıda kesit ve blok diyagramlar yardımıyla açıklanmaya çalışılmıştır (Şekil 7.1).

Hidrojeolojik kavramsal modele temel oluşturacak biçimde havzanın çeşitli yönlerini temsil edecek kesitler oluşturulmuştur. 2 boyutlu kesit modeller havza alanında gerçekleştirilen jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve izotopik çalışmalardan türetilen bulguların ışığında oluşturulmuştur.

Tez alanına konu olan Seyfe Gölü havzası kapalı bir havzadır. K-G yönlü sıkışma rejiminin etkisi altında gelişen havzada KD-GB ve KB-GD uzanımlı normal faylar ve doğrultu atımlı faylar yer almaktadır.

Çalışma alanındaki yüzeyleyen jeolojik birimler ve jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri beslenim koşullarını doğrudan etkilemektedir. Havzada su kaynaklarının yüzeye çıkışını kontrol eden kırık ve çatlak yapıları mevcuttur. Havzanın batısındaki dağ sıralarının aktif bir tektonik hatta yer alması, bu bölgede yüzeyleyen metamorfik kayaların ikincil geçirimsizlik özelliği kazanmasına neden olmuştur. Yine havzada su kaynaklarının yüzeye çıkışını kontrol eden kırık ve çatlak yapıları mevcuttur (Şekil 7.2).

Havza güney, güneybatı ve kuzeybatıdan yüksek dağ sıraları ile çevrilidir. Göl havzası sınırları içerisinde sedimanter, metamorfik ve çok sınırlı alanda magmatik birimler yüzlek vermektedir. Havzada Kızılırmak Formasyonu'nun çamurtaşı ve killi seviyeleri, Mesozoyik yaşlı Baranadağ Granitoidi ve Karahıdır Volkanik üyesinin magmatik ve volkanik kayaları, Paleozoyik yaşlı Çomakdağ Kuvarsiti, Kalkanlıdağ Formasyonu ile Kervansaraydağ Formasyonu'nun kırık çatlak içermeyen kuvarsit, amfibolit ve killi şist seviyeleri geçirimsiz özellik göstermektedir. Paleozoyik yaşlı

Bozçaldağ Formasyonu'nun kireçtaşı, mermer seviyeleri, geçirimli birimler, Neojen yaşlı kumtaşları ve çakıltası seviyeleri ile Kuvaterner yaşlı alüvyon birimlerin kumlu çakılı kesimleri ise yarı geçirimli olarak tanımlanmıştır (Şekil 7.1.a - Şekil 7.1.d).

Havzada potansiyel akifer birimler Paleozoyik yaşlı Bozçaldağ Formasyonu'nu temsil eden mermerler, Neojen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'nun kristalize kireçtaşı seviyeleri ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır. Bozçaldağ Formasyonu mermerleri tektonik hareketlerin etkisi ile kırıklı çatlaklı fay ve süreksizlik zonları içermektedir. Havzada yarı geçirimli olarak haritalanan ayrışmamış karasal kırıntılı çökelleri temsil eden Kızılırmak Formasyonu havzanın en doğusunda Hasanlar-Çapraşık hattını takip eden yönde 250-300 m arasında değişmektedir ve havza ölçeğinde örtü birimin en kalın olarak görüldüğü yerdir (Şekil 7.1.c). Çalışma alanının doğu kesimi normal faylarla sınırlandırılmıştır. Havzada jeolojik birimler arasındaki sınırlar fay ve süreksizliklerle kontrol edilmektedir (Şekil 7.1.a - Şekil 7.1.d). Çalışma alanında beslenme havzaya düşen yağışlar, yüzeysel akış ile yeraltına sızma ile gerçekleşmektedir. (Şekil 7.3 ve Şekil 7.4).

Havza genelinde yeraltı suyu akım yönü Seyfe Gölü'ne doğru olup yeraltı suyu göl alanını beslemektedir. Göl alanına yönlenecek yeraltı suyunun gelebileceği potansiyel beslenme alanları havzanın güneybatı, batı ve güneydoğu kesimlerinde yüzeyleyen Bozçaldağ Formasyonu'nun mermer ve kireçtaşı seviyeleridir. Mermer seviyelerin tektonizma nedeniyle ikincil gözeneklilikleri gelişmiş olup, bol kırıklı çatlaklı yapıya sahiptir. Dolayısıyla havzanın bu kesimlerine düşen yağışın yeraltına süzülmesi bu kırık çatlak sistemleri ile gerçekleşmektedir. Yine bu bölgelerdeki kaynak boşalımının karbonatlı birimlerden olması nedeniyle su noktaları Ca-HCO_3 fasiyesi karakterine sahip olmaktadır (Şekil 7.1.d).

Gerek çevresel izotop analizleri gerekse jeolojik ve hidrojeolojik araştırmalar sonucunda; havzanın batı, güneybatı ve güneydoğu kesimlerinin potansiyel beslenme alanları olduğu belirlenmiştir.

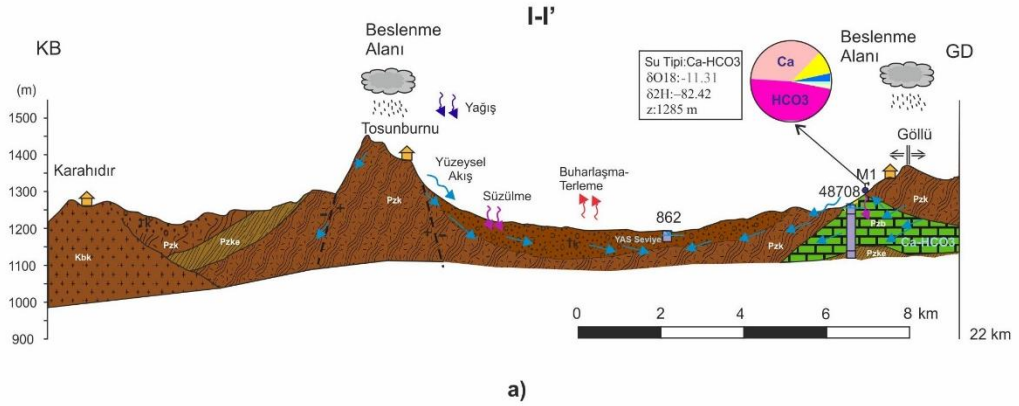
Özellikle geçirimli birim olan mermerler parçalı yapılar halinde ve heterojen bir şekilde havzanın batı, kuzey ve güneybatı kesimlerinde yüzeylemektedir (Şekil 7.1.a - Şekil 7.1.d). Mermer seviyeler gelişmiş kırık çatlak sistemleri ile beslenme suyunun derinlere süzülmesini sağlamaktadır. Havzada birbirlerine yakın lokasyonlarda mermer akiferinde açılan kuyuların debilerinin değişkenlik göstermesi akifer geometrisindeki heterojeniteye işaret etmektedir. Sondaj kuyularında kesilen şist ve mermer litolojilerin kalınlıkları ve ardalanmaları bu durumu desteklemektedir.

Havzada yarı geçirimli birim olarak tanımlanan Kızılırmak Formasyonu ve göl arasında gerçekleşen yeraltı suyu akımı, göl tabanındaki geçirimsiz kil birimleri tarafından sınırlandırılmaktadır (Şekil 7.1.d). Yine göl tabanından yeraltı suyu akımı veya sızmanın da gerçekleşmediği, göl alanı yakınında açılan kuyu loglarından ve genel jeolojik istiftten anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, göl alanında yüzlek veren alüvyon birimlerin havzanın batı kesimlerindeki kumlu çakıllı kesimleri yer yer geçirgen özellik taşımakta ve yanal beslenime izin vermektedir. Beslenme yanal olduğu gibi, kil örtüsünün incelendiği yerlerde kırıklar yardımıyla dipten de gerçekleşebilmektedir (Şekil 7.1.b). Yeraltısularının havzanın orta kesimlerinden çok havzayı çevreleyen yükseltilerden (1500 m-1600 m) beslendiği düşünülmektedir. Bu bölgeler havzanın batı kesiminde yer alan Kervasaray Dağ sırasının yüzeylettiği alanlar ile güneydeki Geyicek Dağı ve Bozdağ dağ sırası yükseltilerine karşılık gelmektedir. Yine havzada yüzeyleyen litolojik birimler ile dağ sıraları eşleştirildiğinde, çoğunlukla Paleozoyik temele (mermer, şist ve gnays) rastlanmaktadır.

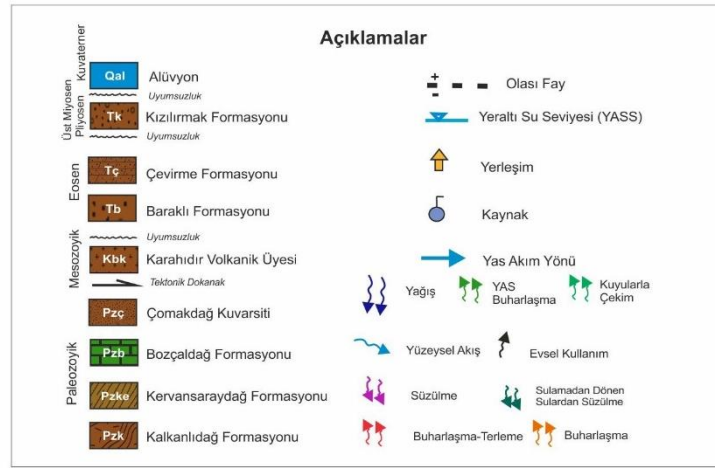
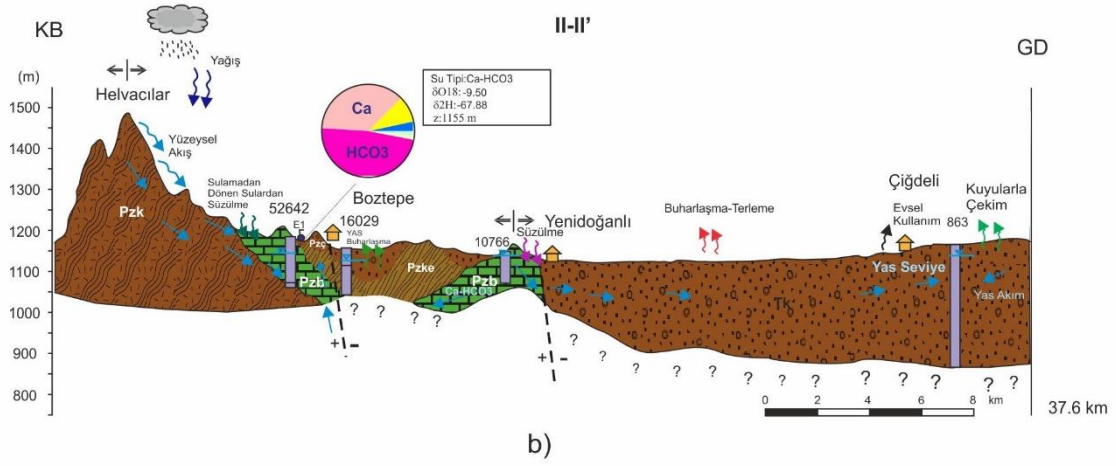
Havza genelinde mermer akiferini drene eden kaynak boşalımlarının çoğunluğu havzanın batısında yer almaktadır. Fay hatları boyunca yer alan kaynaklardan daha fazla boşalım gerçekleştiği görülmektedir. Bununla birlikte Kızılırmak Formasyonu'nda açılan kuyuların bir kısmından (killi siltli ve marnlı seviyelerin yoğun olduğu bölgeler) verim alınamadığı belirlenmiştir (Şekil 7.1.c). Kuyu logları (Ek 1.18 - Ek 1.25) incelendiğinde, 4093, 52013, 54054, 859, 4752-B numaralı Kızıldağ Yenyapan, Küçükburunağıl, Bayramiç ve Çiğdeli yerleşimlerinde açılmış Neojen kuyularında kesilen Kızılırmak Formasyonu'na ait litolojilerde iletimlilik (17-

140 m²/gün) değerleri düşükken (Şekil 7.1.c), Yenidoğanlı-Malya bölgesinde 10766, 14219-B kuyularında kesilen Paleozoyik mermer ve kristalize kireçtaşı birimlerinde iletimlilik (1888 - 3780 m²/gün) değerleri daha yüksektir (Şekil 7.1.b ve Şekil 7.1.d).

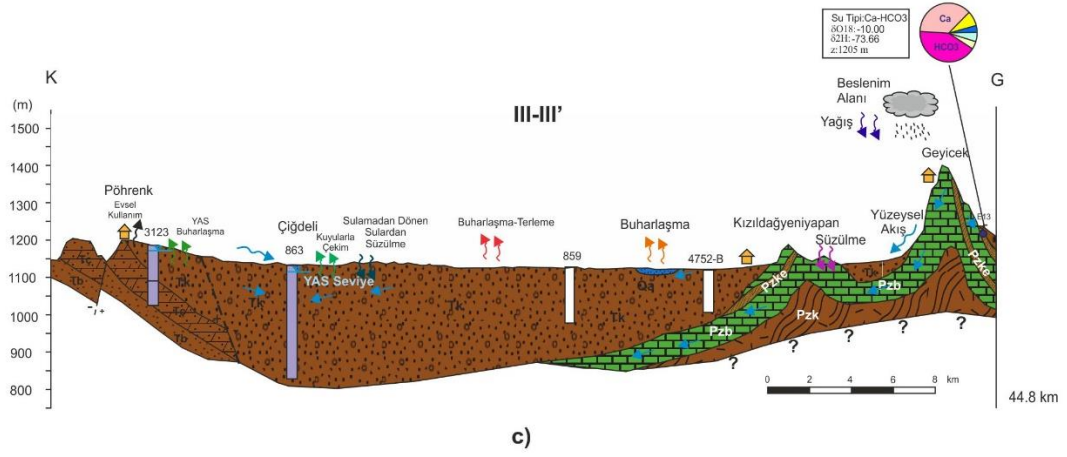
Havzanın güney-güneydoğu kesiminde 4 km² lik sınırlı bir alanda 29°C ile 33°C arasında değişen sıcak su dolaşımının yer aldığı rezervuar kayacı mermer olan Kıran jeotermal alanı yer almaktadır. İlgili alanın kesit modeline göre; çalışma alanındaki sıcak su noktaları; meteorik suların çatlak, kırık ve fay hatları aracılığıyla jeolojik birimlerden yeraltına süzülmesi, jeotermal gradyan ile yeraltında ısınması, rezervuar kayaçlarda depolanması ve yine fay düzlemleri yardımıyla yüzeye çıkması ile oluştuğu belirlenmiştir.



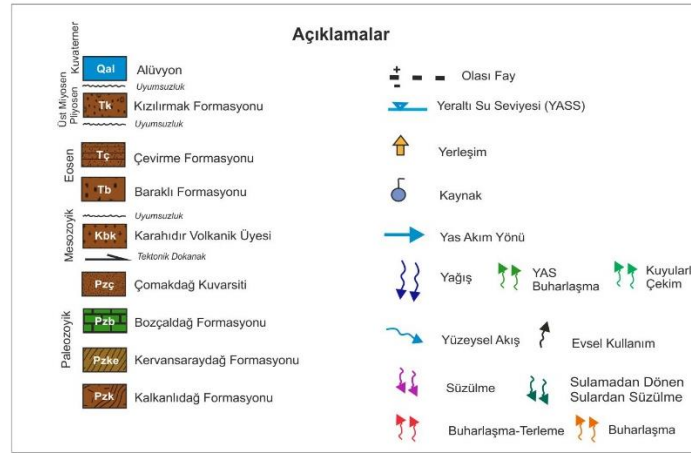
Şekil 7.1.a. Havzanın farklı kesimleri için oluşturulmuş dolaşım modelleri



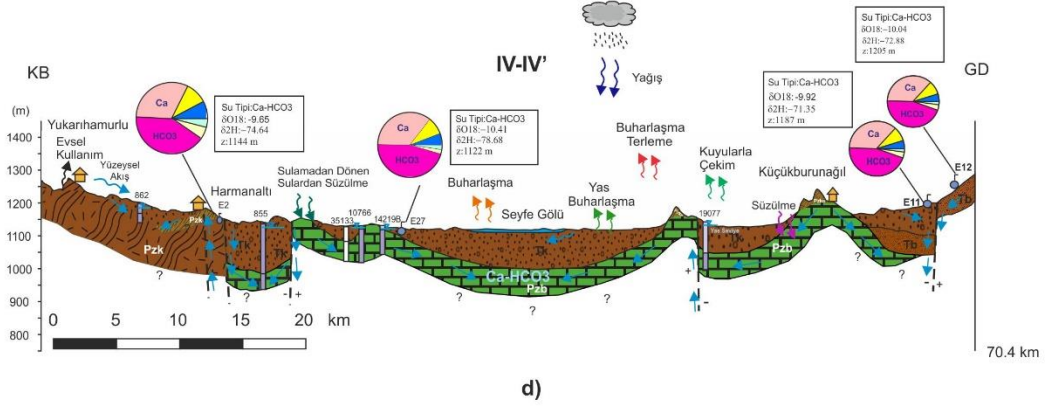
Şekil 7.1.b. Havzanın farklı kesimleri için oluşturulmuş dolaşım modelleri



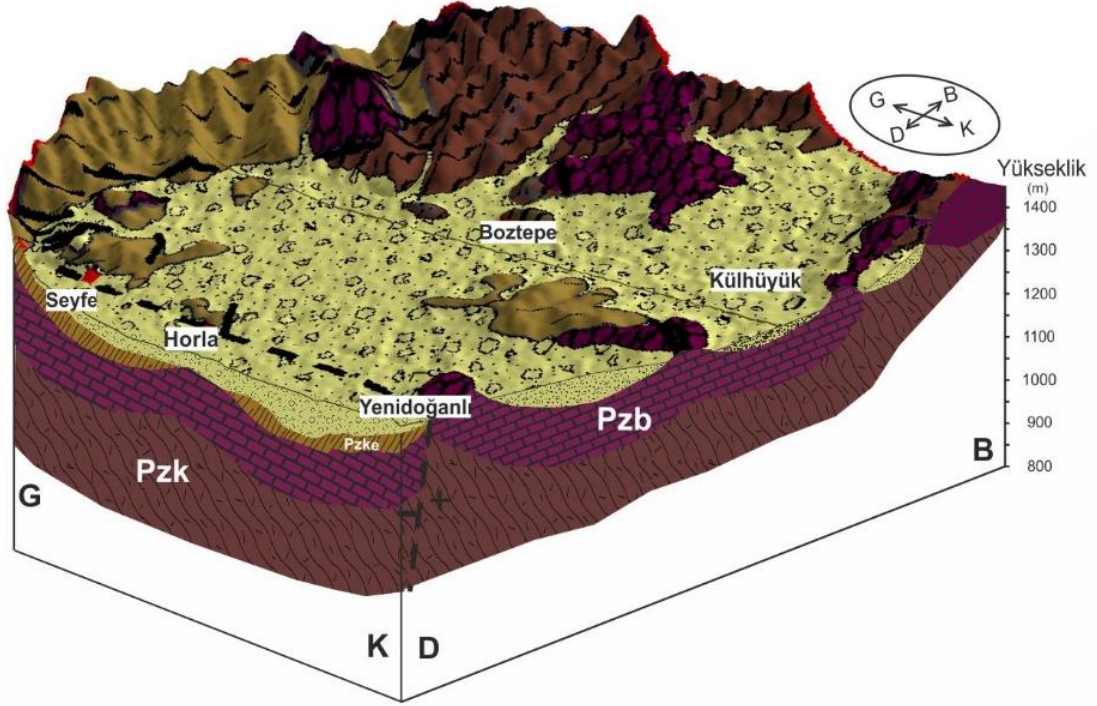
c)



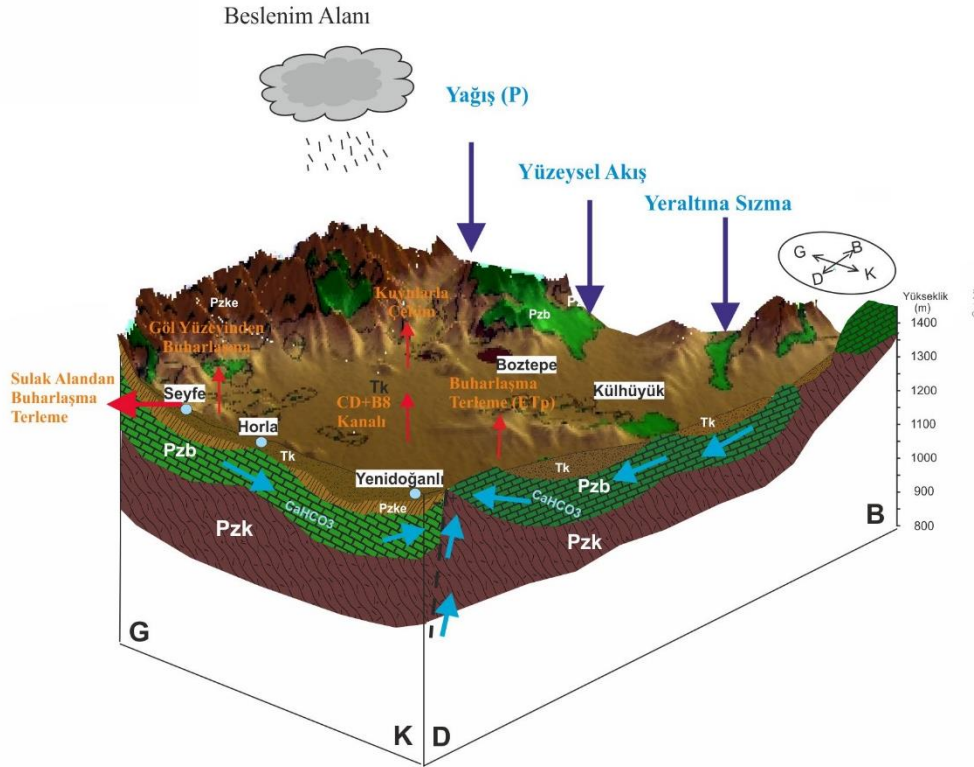
Şekil 7.1.c. Havzanın farklı kesimleri için oluşturulmuş dolaşım modelleri



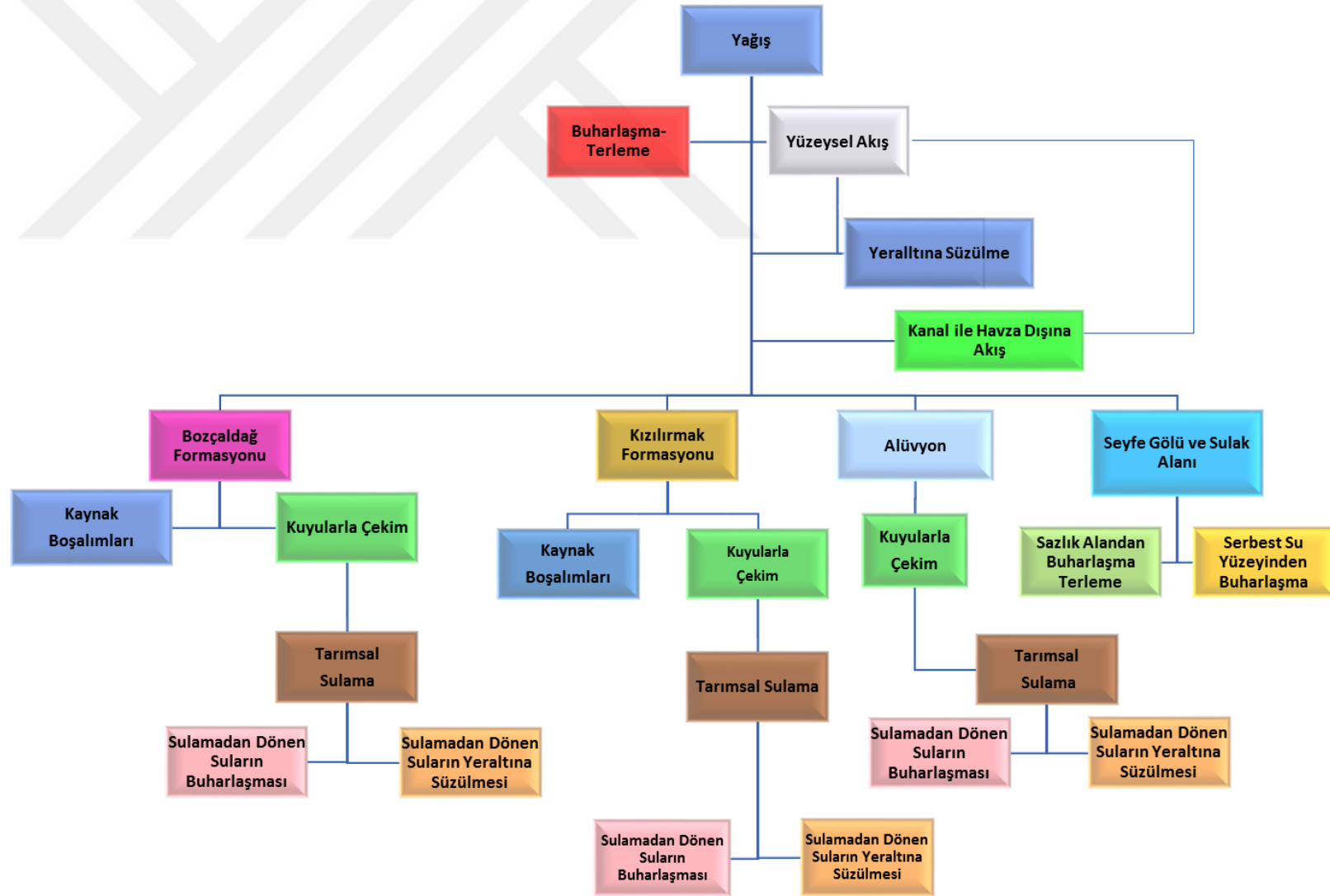
Şekil 7.1.d. Havzanın farklı kesimleri için oluşturulmuş dolaşım modelleri



Şekil 7.2. Havza için oluşturulmuş jeolojik kavramsal blok diyagram modeli



Şekil 7.3. Havza için oluşturulmuş hidrojeolojik kavramsal blok diyagram modeli



Şekil 7.4. Seyfe Havzası hidrolojik bütçe bileşenleri ile akifer sistemleri için kavramsal şematik model

8. ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİNİN GÖL HİDROLOJİSİNE ETKİSİ

8.1. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımında CORINE Sistemi

Bir alanın topografik ve morfolojik yapısına bağlı olarak arazi yüzeyini kaplayan bitki örtüsü, su kütleleri, çıplak kayalık alanlar, toprak vb. temel arazi elemanları arazi örtüsü olarak tanımlanmaktadır (Comber ve ark., 2005). Arazi kullanımı ise arazi ve yüzey topoğrafyası üzerinde gerçekleştirilen madencilik, tarımsal, endüstriyel faaliyetler aracılığıyla araziden faydalanma ve bu insan kaynaklı kullanım faaliyetleri sonucunda arazi yüzeyinde meydana gelen değişimleri ifade etmektedir (Fisher ve ark., 2005).

Arazi örtüsü/Arazi kullanımı (AÖ/AK) değişikliği insan faaliyetlerinin fiziksel çevre üzerindeki etkisini anlamada kritik bir bileşendir. Bu kapsamda AÖ/AK değişimlerinin izlenmesi, doğru ve etkin çevresel arazi kullanım politikalarının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Son yıllarda literatürde yer alan çalışmalarda arazi örtüsü/arazi kullanımı terimleri tek bir başlık altında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Arazi kullanımı kapsamında arazi üzerinde meydana gelen bozulmaların temelini insan kaynaklı faaliyetler oluşturmaktadır. Günümüzde arazi kullanım faaliyetlerinden kaynaklı arazi örtüsü değişimleri, artan bir ivmeyle çevresel ekosistemleri olumsuz etkileyecek şekilde devam etmektedir. Dolayısıyla havza ölçeğinde genel arazi örtüsünün dağılımının net olarak bilinmesi, zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin izlenmesi, arazi kullanım planlamalarının yapılabilmesi için oldukça önemlidir. Bu durum arazi kullanımı/arazi örtüsündeki değişimlerin izlenmesini ve haritalama çalışmalarını gerekli kılmaktadır. Özellikle insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle doğal alanlar üzerinde oluşan baskıların belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması bakımından arazi örtüsü/arazi kullanımı veri setleri oldukça önemli kaynaklardır.

1985 yılında arazideki çevresel değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların rasyonel biçimde yönetilmesi, çevre ile ilgili politikaların oluşturulması ve standart bir arazi örtüsü veritabanının oluşturulması amacıyla CORINE projesi başlatılmıştır. 1985-1990 yılları arasında Avrupa Birliği (AB) Komisyonu aracılığıyla Ulusal Arazi Örtüsü Programı yürütülmüştür. Bu zaman içerisinde Avrupa arazi örtüsü/arazi kullanımı durumu hakkında bir veri sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem Avrupa Birliği (AB) düzeyinde kabul edilmiştir. Avrupa Konseyi tarafından Avrupa Çevre Ajansı (AÇA)'nın ve Avrupa Çevre Bilgi ve Gözlem Ağı (EIONET)'nin kurulması itibariyle de Ulusal Arazi Örtüsü veri tabanlarının oluşturulması, takibi ve bunların güncellenmesine yönelik görevler Avrupa Çevre Ajansı'na verilmiştir. CORINE projesi Avrupa Çevre Ajansı tarafından 1994 yılı itibariyle kendi programlarına alınmıştır (European Environment Agency, 2022).

Dünyada ve ülkemizde arazi örtüsü ve arazi kullanımındaki değişiklikler, Avrupa Çevre Ajansı'nın arazi yönetimi projelerinden olan CORINE (Çevresel Verilerin Koordinasyonu Projesi- Çevre Bilgi Düzeni) verilerinden yararlanılarak belirlenmektedir. Ülkemiz için CORINE 1990, 2000, 2006, 2012, 2018 yılları için arazi örtüsü haritaları ile 1990-2000, 2000-2006, 2006-2012 ve 2012-2018 yılları arası değişim veritabanları oluşturularak, Avrupa Çevre Ajansı'na teslim edilmiş ve veritabanı Avrupa arazi örtüsü haritalarıyla birleştirilerek tüm Avrupa haritası içindeki yerini almıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022).

CORINE projesi, ülkemizin ve Avrupa Birliğine üye tüm devletlerin yer aldığı 5.8 milyon km² 'lik bir alanda 39 ülkenin katılımıyla aktif bir şekilde yürütülmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022).

Gerçekleştirilen proje ile arazi kullanımındaki değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların akılcı biçimde yönetilmesi ve arazi kullanımına yönelik sürdürülebilir çevresel politikaların oluşturulması amaçlanmıştır. Korine verileri arazi değişimlerinin belirlenmesi, sulak alan değişimlerinin izlenmesi, havza eylem planlarının hazırlanması ve tarımsal kuraklık eylem planlarının hazırlanmasında önemli bir veri tabanı olarak kullanılmaktadır. CORINE veri tabanını oluşturan arazi

örtüsü/arazi kullanımındaki değişimler 2000 yılına kadar 10 yılda bir güncellenirken, 2000 yılından itibaren 6 yılda bir güncellenmektedir.

Bu tez çalışmasında CORINE veri tabanı kullanılarak Seyfe Göl Havzası'nda arazi örtüsü/arazi kullanımında meydana gelen zamansal değişimlerin tespit edilmesi, değişime etkisi olan doğal ve antropojenik faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca havzada insan kaynaklı faaliyetlerin su kütleleri üzerindeki etkilerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınmasına yönelik öneriler sunulmuştur.

Seyfe Göl Havzası günümüzde yoğun tarımsal faaliyetlerin gerçekleştiği bir alandır. Havzada su kütleleri üzerinde arazi kullanım faaliyetlerinin bir etkisinin olup olmadığı, varsa nasıl bir ilişki olduğuna yönelik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması ile havzada doğal faktörler (iklim) ile insan kaynaklı faaliyetlerin (endüstri, tarım, ulaşım, sanayi, kentleşme vb.) arazi örtüsü/arazi kullanımı üzerindeki etkileri zaman ölçeğinde incelenmiştir. Havzada 1990-2018 yılları arasında gerçekleşen arazi örtüsü değişimleri CORINE sistemi ile incelenmiş ve arazi sınıflarında meydana gelen zamansal değişimlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma alanındaki arazi sınıflarının sürdürülebilir kullanımına yönelik altlık oluşturmak üzere, havzanın genel arazi örtüsü dağılımının net olarak bilinmesi gerekmektedir. Yine alandaki mevcut ve olabilecek değişimlerin izlenmesi ve geleceğe yönelik arazi kullanım planlamalarının yapılabilmesi oldukça önemlidir.

8.2. Kullanılan Veriler

Uzaktan algılama disiplini arazi örtüsü/arazi kullanım değişikliklerini izlemek için güvenilir, tutarlı ve uzun vadeli veri kaynakları sağlamaktadır. Tez çalışması kapsamında kullanılan veri kaynakları 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait Copernicus Land Monitoring Service portalından vektör veri tipi formatında indirilen arazi örtüsü verileridir (CORINE Land Cover, 2022). CORINE haritalarında kullanılan veriler çözünürlüğü orta ve yüksek uydu (Landsat 5 MSS/TM, Landsat 7 ETM, SPOT 4-5 IRS P6 LISS III, Rapid Eye) görüntüleridir (Çizelge 8.1).

Çizelge 8.1. Corine Arazi Örtüsü/Kullanımında Kullanılan Veri Setlerinin Özellikleri
(CLC 1990-2018)

	CLC 1990	CLC2000	CLC 2006	CLC2012	CLC2018
*Uydu Verisi	Landsat 5 MSS/TM	Landsat 7 ETM	SPOT 4-5 /IRS P6 LISS III	IRS P6 LISS III, Rapid Eye	Sentinel-2, Landsat 8
*Zaman Tutarlılığı	1986- 1998	2000+/-1 Yıl	2006+/- 1 Yıl	2011-2012	2017-2018
*Minimum Haritalama Birimi/Genişlik	25 ha/100 m	26 ha/100 m	27 ha/100 m	28 ha/100 m	29 ha/100 m
*Uydu Görüntüsünün Geometrik Doğruluğu	≤ 50 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 10 m (Sentinel-2)
*Geometrik Doğruluk (CLC)	100 m	100m'den daha iyi	100 m'den daha iyi	100 m'den daha iyi	100 m'den daha iyi
*Tematik Doğruluk (CLC)	≥85 %	≥85 %	≥85 %	≥85 %	≥85 %

*Copernicus Land Monitoring Service portalından kullanılan kaynak veriler

Bu görüntüler CBS ve UA teknolojileri kullanılarak analiz edilmiş ve bilgisayar tabanlı görüntü yorumlama yöntemi ile “1/100.000” ölçekte arazi örtüsü/arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanı için kullanılan arazi örtüsü verileri ETRS_1989_LAEA koordinat sisteminden UTM koordinat sisteminde analiz edilmiş olup, minimum haritalama birimi 25 ha’dır (Çizelge 8.1). Arazi örtüsü verilerinin tematik doğruluğu %85’den büyükken, geometrik doğruluğu 100 m’dir. Uydu görüntülerinin geometrik doğruluklarının hassasiyet değerleri ise 10 m ile 50 m arasında değişmektedir (Çizelge 8.1).

8.3. CORINE Arazi Sınıfları

CORINE haritalarında temelde 3 düzey bulunmaktadır. Birinci düzey 5 temel arazi örtüsü sınıfını (Yapay Bölgeler, Tarım Alanları, Ormanlar ve Doğal Alanlar, Sulak Alanlar ve Su Yapıları) içermektedir. İkinci düzeyde arazi örtüsü ve arazi kullanımının birlikte olduğu 15 sınıf, Üçüncü düzeyde ise 44 adet arazi kullanım sınıfı yer almaktadır. Havza için hazırlanan tematik arazi örtüsü haritaları ArcMap 10.4.1 yazılımında CORINE projesindeki AÖ/AK kullanım sınıfları için belirlenen standart renk kodları temel alınarak 1/100.000 ölçeğinde hazırlanmıştır (Çizelge 8.2).

Çizelge 8.2. Corine sistemine göre tüm düzeyler için Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Sınıflandırması (Corine Land Cover, 2022 ; Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022)

Kod	Düzye 1	Düzye 2	Düzye 3
1	Yapay Alanlar	1.1. Şehir Yapısı	1.1.1. Devamlı Şehir Yapısı 1.1.2. Devamlı Olmayan Şehir Yapısı
		1.2. Endüstri Ticaret ve Ulaşım Birimleri	1.2.1. Endüstriyel ve Ticari Birimler 1.2.2. Karayolu ve Demiryolu Ağları 1.2.3. Liman Alanları 1.2.4. Hava Alanları
			1.3.1. Maden Çıkarım Alanları 1.3.2. Boşlatım Sahaları 1.3.3. İnşaat Sahaları
			1.4.1. Yeşil Şehir Alanları 1.4.2. Spor ve Eğlence Alanları
		1.3. Maden Ocağı Boşaltım ve İnşaat Sahaları	
		1.4. Yapay, Tarımsal Olmayan Alanlar	
2	Tarımsal Alanlar	2.1. Ekilebilir Alan	2.1.1. Sulanmayan Ekilebilir Alanlar 2.1.2. Sürekli Sulanan Alanlar 2.1.3. Pirinç Tarlaları
		2.2. Sürekli Ürünler	2.2.1. Üzüm Bağları 2.2.2. Meyve Bahçeleri 2.2.3. Zeytinlikler
			2.3.1. Mera Alanları
		2.3. Meralar	2.4.1. Sürekli Ürünler 2.4.2. Karışık Tarım Alanları 2.4.3. Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları 2.4.4. Ormanla Karışık Tarım Alanları
		2.4. Tarımsal Alanlar	
3	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	3.1. Ormanlar	3.1.1. Geniş Yapraklı Ormanlar 3.1.2. İğne Yapraklı Ormanlar 3.1.3. Karışık Ormanlar
		3.2. Maki ve Otsu Bitkiler	3.2.1. Doğal Çayırliklar 3.2.2. Fundaliklar 3.2.3. Sklerofil Bitki Örtüsü 3.2.4. Bitki Değişim Alanları
			3.3.1. Sahiller Kumsallar Kumluklar 3.3.2. Çıplak Kayaliklar 3.3.3. Seyrek Bitki Alanları 3.3.4. Yanmış Alanlar 3.3.5. Buzul ve Kalıcı Kar
		3.3. Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	
4	Sulak Alanlar	4.1. Karasal Bataklıklar	4.1.1. Karasal Bataklıklar
		4.2. Denize Yakın Islak Alanlar	4.1.2. Turbalıklar 4.2.1. Tuz Bataklığı 4.2.2. Tuzlalar 4.2.3. Gelgit Olayı ile Oluşan Düzlukler
5	Su Yapıları	5.1. Karasal/ İçsular	5.1.1. Su Yolları 5.1.2. Su Kütleleri
		5.2. Deniz Suları	5.2.1. Kıyı Lagünleri 5.2.2. Nehir Ağzları, Deltalar 5.2.3. Deniz ve Okyanus

8.4. Seyfe Göl Havzasında Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsünün Zamansal Değişimi (1990-2018)

Havzada CORINE vektör verileri kullanılarak 1990-2018 yılları arasında çeşitli Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü sınıflarında değişimlerin gerçekleştiği belirlenmiştir. Havza alanı için 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarına ait CORINE veri setleri analiz edildiğinde, her bir yıl için 1. Düzey 5 temel arazi örtüsü sınıfı ile incelenen yıllara ait sırasıyla 12, 13, 17, 17 ve 18 farklı kategoride 3. Düzey arazi kullanım sınıfları tespit edilmiştir.

Havzada 1. Düzey temel arazi örtüsü sınıfları kapsamında 1990 yılında yapay alanlar (1 kodlu) 11.4 km², tarım alanları (2 kodlu) 1245.3 km², orman ve yarı doğal alanlar (3 kodlu) 118.2 km², sulak alanlar (4 kodlu) 38.9 km², su kütleleri (5 kodlu) ise 67.5 km² alan kaplamaktadır. 2018 yılındaki 1. Düzey arazi örtüsü incelediğinde ise yapay alanlar 19.5 km², tarım alanları 1229.6 km², orman ve yarı doğal alanlar 132.1 km², sulak alanlar 63.6 km² ve su kütleleri 36.6 km² alan kaplamaktadır.

28 yıllık zaman ölçeğine göre orman ve yarı doğal alanlarda %0.93, yapay alanlarda %0.5 ve sulak alanlarda %1.67 oranında artış görülürken, su kütlelerinde %2.1, tarım alanlarında ise %1.1 oranında azalış olduğu hesaplanmıştır. Arazi sınıfları arasında en belirgin değişimlerin su yapıları ve sulak alanlar sınıflarında gerçekleştiği görülürken, 1.düzey tarımsal alanlar sınıfı altındaki 2. Düzey kuru tarım arazilerinin önemli oranda sulu tarım arazilerine dönüştürüldüğü belirlenmiştir (Çizelge 8.3 ve Çizelge 8.4, Şekil 8.1, Şekil 8.2, Şekil 8.3 ve Şekil 8.4).

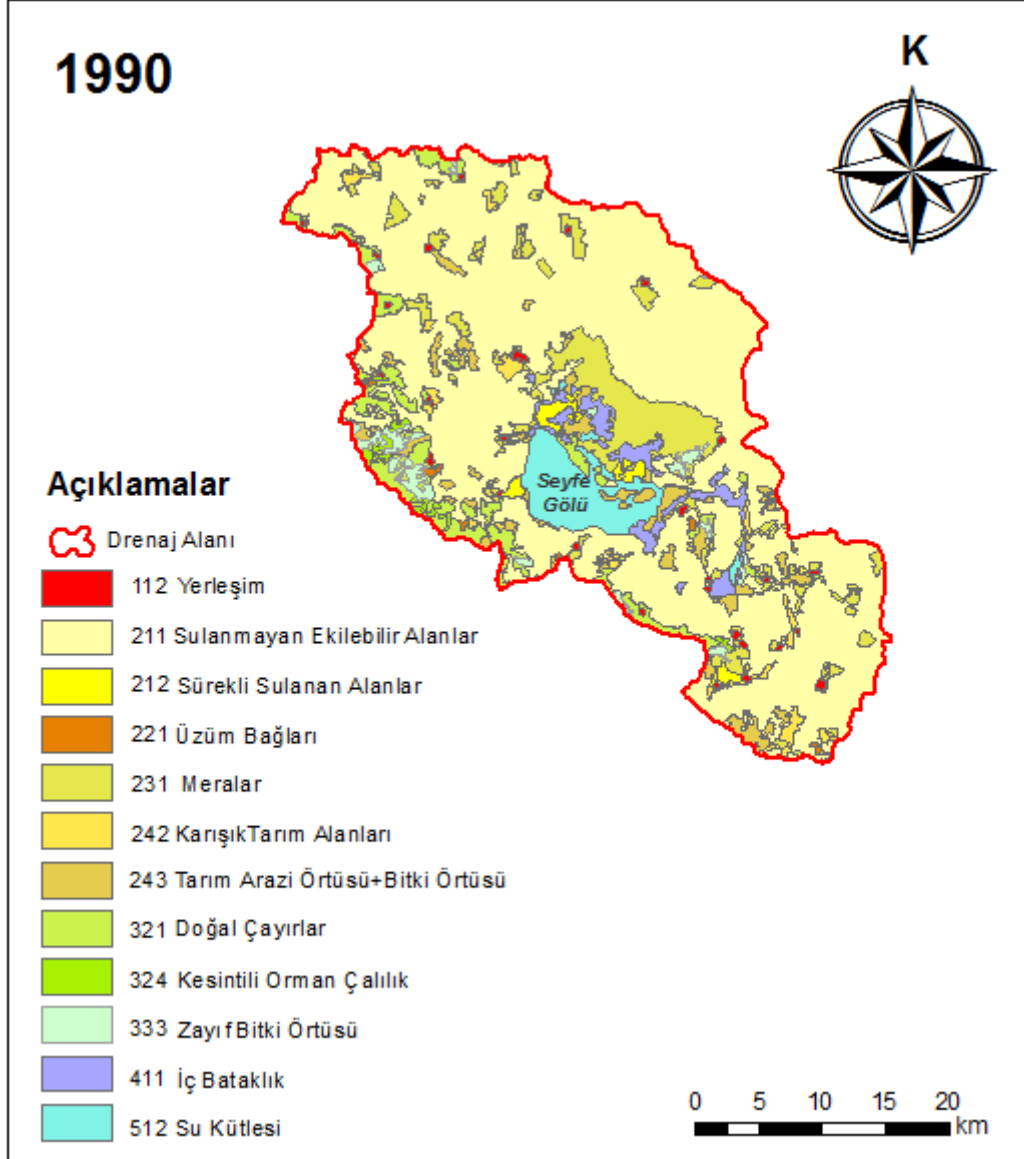
Çizelge 8.3. 1.Düzey sınıflarının 1990-2018 yılları arasında kapladıkları alanlar ve yüzde oranları

Temel Arazi Sınıfları (1. Düzey)	1990 (km ²)	2000 (km ²)	2006 (km ²)	2012 (km ²)	2018 (km ²)	1990 (%Yüzde Oranı)	2000 (%Yüzde Oranı)	2006 (%Yüzde Oranı)	2012 (%Yüzde Oranı)	2018 (%Yüzde Oranı)
Yapay Alanlar (1 Kodlu)	11.4	11.4	18.8	19.1	19.5	0.8	0.8	1.3	1.3	1.3
Tarım Alanları (2 Kodlu)	1245.3	1245	1230.9	1229.6	1229.6	84.1	84	83.1	83	83
Orman ve Yarı Doğal Alanlar (3 kodlu)	118.2	148.1	131.9	132.4	132.1	8	10	8.9	8.9	8.9
Sulak Alanlar (4 kodlu)	38.9	38.7	63.5	63.7	63.7	2.6	2.6	4.3	4.3	4.3
Su Yapıları (5 Kodlu)	67.5	38.1	36.3	36.6	36.6	4.6	2.6	2.5	2.5	2.5

Çizelge 8.4. CORINE sistemine göre 1.Düzey temel arazi sınıflarının 1990-2018 yılları arasında kapladıkları alanlarda meydana gelen alansal değişim ve yüzde miktarları

Temel Arazi Sınıfları (1. Düzey)	DEĞİŞİM MİKTARI									
	1990-2000 (km ²)	2000-2006 (km ²)	2006-2012 (km ²)	2012-2018 (km ²)	1990-2000 (%)	2000-2006 (%)	2006-2012 (%)	2012-2018 (%)	1990-2018 (km ²)	1990-2018 (%)
Yapay Alanlar (1 Kodlu)	0	7.35	0.27	0.39	0	0.5	0.02	0.03	8.01	0.54
Tarım Alanları (2 Kodlu)	-0.3	-14.2	-1.2	0	-0.02	-0.96	-0.08	0	-15.67	-1.1
Orman ve Yarı Doğal Alanlar (3 Kodlu)	29.9	-16.2	0.6	-0.4	2.02	-1.09	0.04	-0.03	13.85	0.93
Sulak Alanlar (4 Kodlu)	-0.3	25.3	0	0	-0.02	1.68	0.01	0	24.73	1.67
Su Yapıları (5 Kodlu)	-29.4	-2.2	1	0	-1.98	-0.12	0.02	0	-30.95	-2.09

Seyfe Göl Havzası'nda tüm düzeyler içerisinde en geniş arazi örtüsü/arazi kullanım sınıfını 2.1.1.ve 2.1.2 sınıflama kodları ile temel arazi sınıfları içerisinde tarım alanları kategorisi altında yer alan sulanmayan ekilebilir alanlar (kuru tarım alanları) ile sürekli sulanan alanlar (sulu tarım alanları) oluşturmaktadır (Şekil 8.1).



Şekil 8.1. Seyfe Göl Havzası'nda CORINE verileriyle 1990 yılı arazi örtüsü/arazi sınıfı dağılımı

Havzada 1990 yılında 997 km² yer kaplayan ve % 67.3' lük bir oransal değere sahip olan kuru tarım alanlarının 2018 yılında 245.6 km² (%16.6) düşerek 751.4 km²'lik (%50.7 oranında) bir azalış gösterdiği belirlenmiştir. (Çizelge 8.3 ve Çizelge 8.4).

Buna karşılık 1990 yılında 15.6 km² yer kaplayan ve % 1.1 lik bir oransal değere sahip olan sulu tarım arazileri ise 2018 yılında 790.4 km² lik bir artışla 805.9 km² (%54.4)'lik bir alan kaplamaktadır (Çizelge 8.5).

Çizelge 8.5. Havzadaki 3. düzey arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarının kapladıkları alansal yüzde oranları

Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım (3. Düzey)	1990	2000	2006	2012	2018
	Yüzde Oranı (%)	Yüzde Oranı %	Yüzde Oranı %	Yüzde Oranı %	Yüzde Oranı %
Yerleşim (112)	0.8	0.8	1.2	1.2	1.2
Endüstriyel Alan (121)	*	*	0.0	0.0	0.0
Karayolu (122)	*	*	*	*	0.0
Maden Alanı (131)	*	*	0.0	0.0	0.0
Kuru Tarım (211)	67.3	67.4	16.7	16.6	16.6
Sulu Tarım (212)	1.1	1.1	54.4	54.4	54.4
Bağlar (221)	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1
Meyve Bahçeleri (222)	*	*	0.1	0.1	0.1
Meralar (231)	9.2	9.1	9.3	9.4	9.4
Karışık Tarım Alanları (242)	1.9	1.9	0.9	0.8	0.8
Tarım Arazi+Bitki Örtüsü (243)	4.4	4.4	1.6	1.7	1.7
Doğal Çayır (321)	5.6	5.6	5.5	5.6	5.5
Geçici Orman-Çalılık Bitki Değişim alanı (324)	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
Çıplak Kayalık (332)	*	2.0	0.1	0.1	0.1
Zayıf Bitki Örtüsü (333)	1.7	1.7	2.6	2.6	2.6
İç Bataklık (411)	2.6	2.6	1.1	1.1	1.1
Tuzlu Alan (421)	*	*	3.2	3.2	3.2
Su Kütlesi (512)	4.6	2.6	2.5	2.5	2.5
Toplam (km²)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Sürekli veya periyodik olarak sulama gerektiren sulu tarım arazi kullanımının Corine veri setlerinin analizi ile 2000 yılından itibaren havzada oldukça baskın hale geldiği belirlenmiştir. Bu durum havzadaki yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının tarım arazilerini sulamada aktif kullanımını gerekli kılmaktadır. Yine sulama alt yapısının bileşeni olarak havza genelinde tarımsal sulama amaçlı şahıs kuyuları ile yeraltı suyu kullanımı oldukça yaygındır. Bununla birlikte havza genelinde açılmış çok sayıda kuyunun yıllar içerisinde sayıca artması ile havzanın merkezinde yer alan

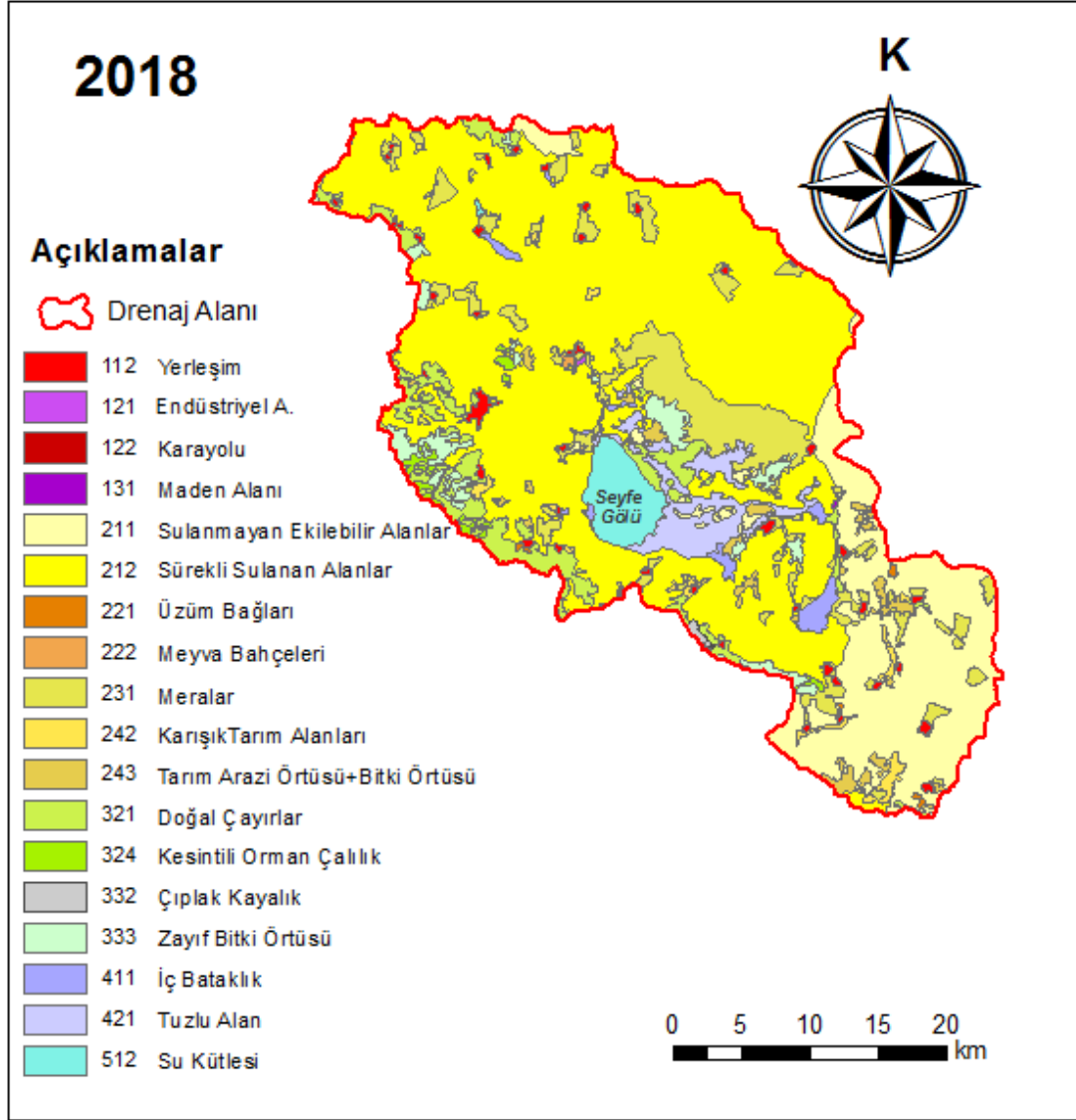
Seyfe Gölü'nün yıllar içerisinde yüzey alanında meydana gelen küçülmeler ve göl alanını besleyen kaynakların kuruması söz konusu olmuştur. Bu durum insan kaynaklı tarımsal faaliyetlerin arazi kullanımı ve su kütleleri üzerindeki baskısına işaret etmektedir. Dolayısıyla havza genelinde tarımsal faaliyetler nedeniyle su kaynaklarının kontrolsüzce kullanımının oldukça yaygın olduğu söylenebilir.

Havzada 3. Düzey su yapıları kategorisi altında su kütlesi arazi kullanım sınıfı incelendiğinde; 1990 yılında 67.5 km² yer kaplayan ve %4.6'lık bir oransal değere sahip olan Seyfe Gölü'nün, 2018 yılına gelindiğinde 36.6 km² lik (%2.5 oranında) bir alanı kapladığı hesaplanmıştır (Çizelge 8.6).

Çizelge 8.6. Havzadaki arazi örtüsü/razi kullanım sınıflarının 1.ve 3. Düzeyler için kapladıkları alansal oranlar

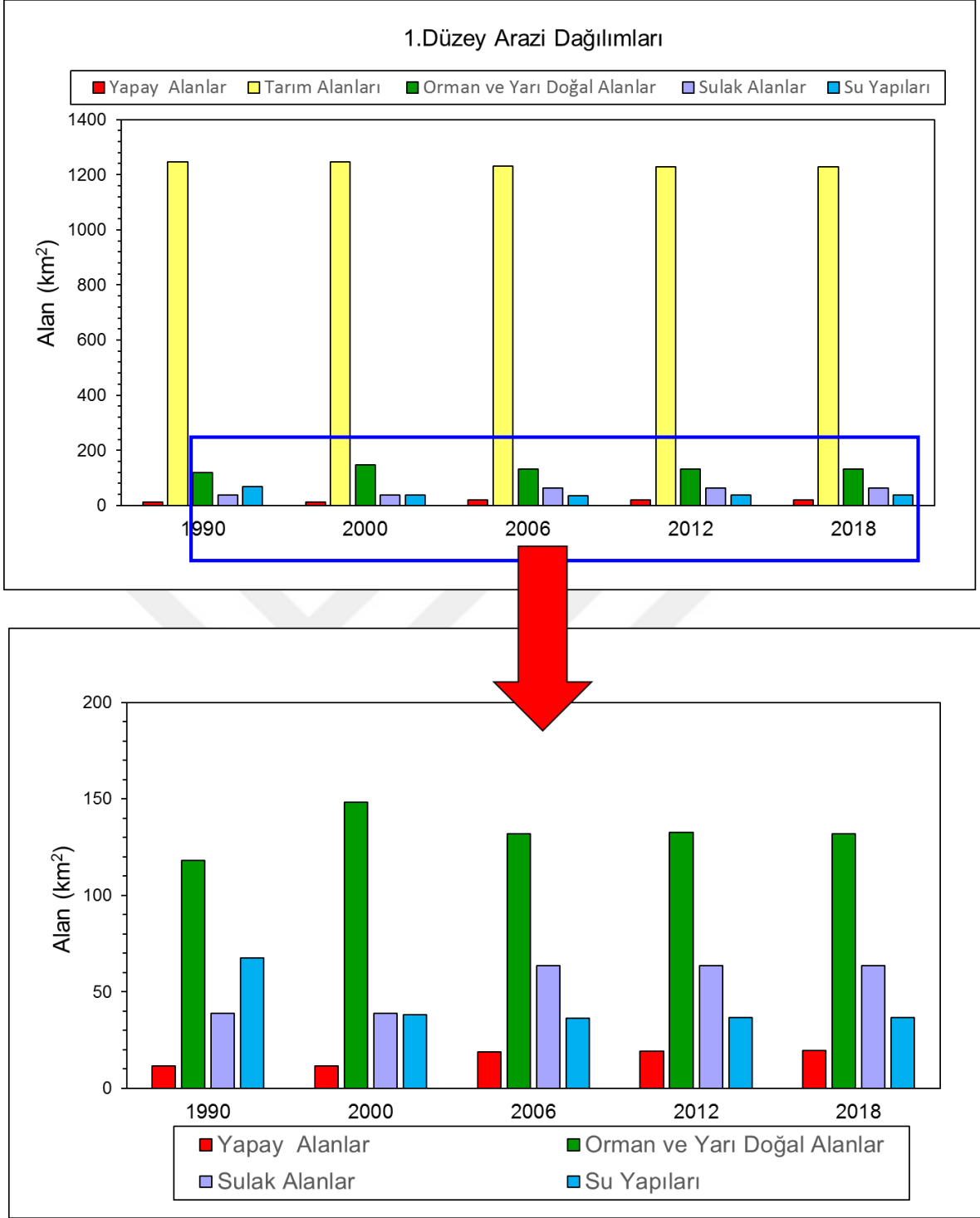
Temel Arazi Sınıfları (1.Düzey)	Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım (3.Düzey)	1990 km ²	2000 km ²	2006 km ²	2012 km ²	2018 km ²
Yapay Alanlar (1 kodlu)	Yerleşim (112)	11.4	11.4	17.9	18.2	18.2
	Endüstriyel Alan (121)	*	*	0.5	0.5	0.5
	Karayolu (122)	*	*	*	*	0.4
	Maden Alanı (131)	*	*	0.3	0.3	0.3
Tarım Alanları (2 kodlu)	Kuru Tarım (211)	997.0	998.4	247.1	245.6	245.6
	Sulu Tarım (212)	15.6	15.6	806.0	805.9	805.9
	Bağlar (221)	3.9	3.9	1.8	1.8	1.8
	Meyva Bahçeleri (222)	*	*	0.9	0.9	0.9
	Meralar (231)	136.0	134.3	138.1	138.8	138.8
	Karışık Tarım Alanları (242)	27.5	27.5	13.1	12.2	12.2
	Tarım Arazi+Bitki Örtüsü (243)	65.3	65.3	23.9	24.5	24.5
Orman ve Yarı Doğal Alanlar (3 kodlu)	Doğal Çayır (321)	83.0	83.1	81.3	82.4	82.0
	Geçici Orman-Çalılık Bitki Değişim Alanı (324)	9.4	9.4	10.4	10.1	10.1
	Çıplak Kayalık (332)	*	29.8	1.7	1.6	1.6
	Zayıf Bitki Örtüsü (333)	25.8	25.8	38.5	38.4	38.4
Sulak Alanlar (4 kodlu)	İç Bataklık (411)	38.9	38.7	15.7	15.6	15.6
	Tuzlu Alan (421)	*	*	47.8	48.0	48.0
Su Yapıları (5 Kodlu)	Su Kütlesi (512)	67.5	38.1	36.3	36.6	36.6
	Toplam (km²)	1481.4	1481.4	1481.4	1481.4	1481.4

Yaklaşık 28 yılda havzada su kütlesi olarak tanımlanan göl alanında 30.9 km² lik bir azalmanın gerçekleştiği ve göl alanının yaklaşık %45'nin kuruduğu belirlenmiştir (Çizelge 8.6, Şekil 8.2, Şekil 8.3 ve Şekil 8.4).



Şekil 8.2. Seyfe Göl Havzası'nda CORINE verileriyle 2018 yılı arazi örtüsü/arazi sınıfı dağılımı

Günümüzde Seyfe Göl havzası gerek iklim değişikliği gerekse insan kaynaklı faaliyetlerin etkisi altında olması nedeniyle su kaynakları ve su kütlelerinde belirgin değişimlerin gözlemlendiği bir havzadır. Bunun en önemli nedenlerinden birinin de insan faaliyetlerinden kaynaklı arazi kullanımındaki değişimin belirgin bir şekilde gerçekleşmesidir (Çizelge 8.4, Çizelge 8.5 ve Çizelge 8.6 ile Şekil 8.2, Şekil 8.3 ve Şekil 8.4).



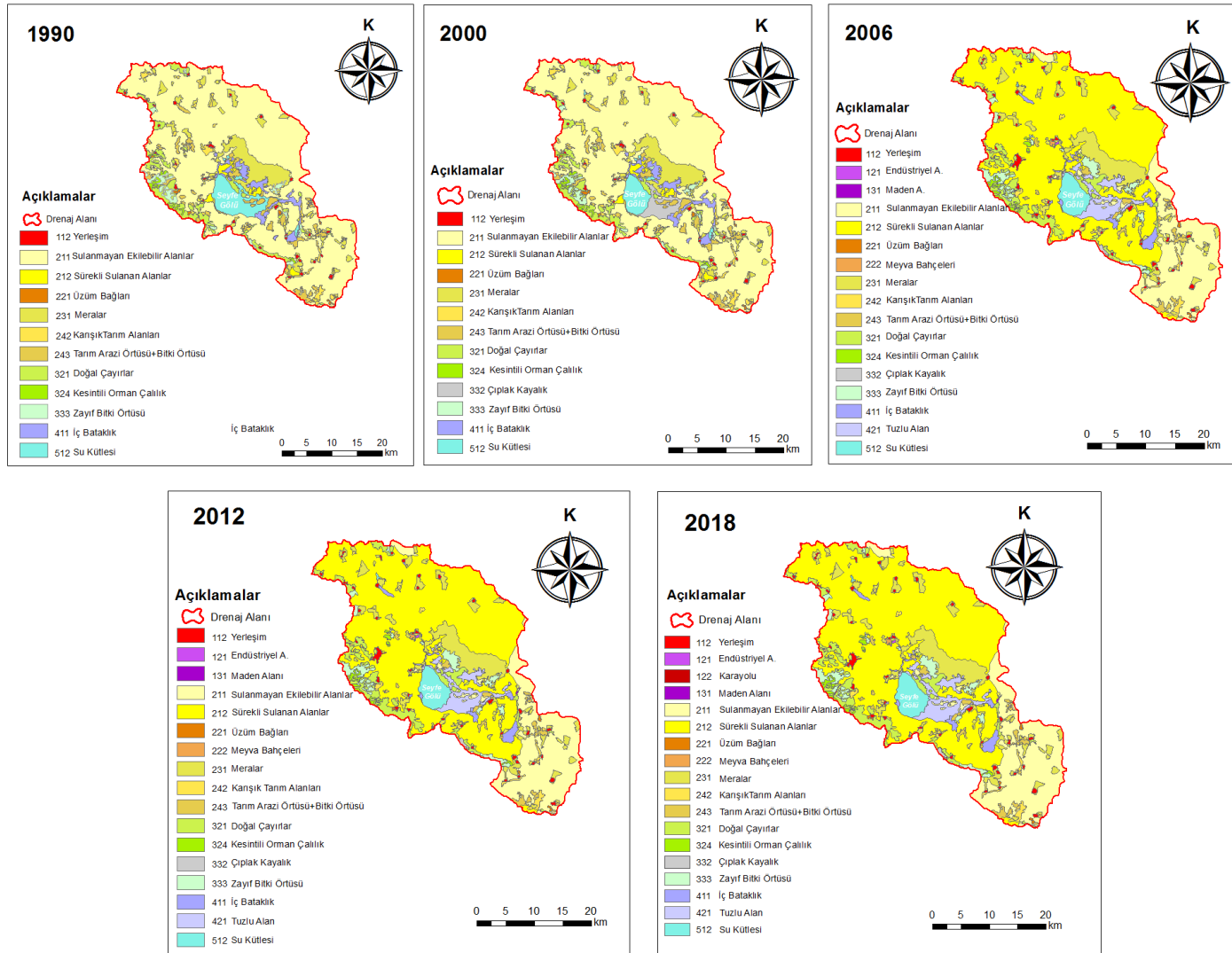
Şekil 8.3. Havza genelinde 1.Düzey Arazi sınıflarının yıllara göre dağılımları

Havzada 2000’li yıllardan itibaren sulu tarımın yaygınlaşması ve yeraltı su kaynaklarının kontrolsüzce kullanımının artması, göl havzasındaki yeraltı su kaynaklarından da beslenen yüzey su kütlelerini etkilediği düşünülmektedir (Şekil 8.4). Dolayısıyla günümüzde Seyfe Havzası’nda su kütlelerindeki azalmaların

gerçekleşmesinin bir nedeni olarak da uygun olmayan tarımsal sulama yöntemlerinden (salma sulama, vahşi sulama vb.) kaynaklandığını düşündürmektedir.

Havzada yerel halkın 1990'lı yıllarda olduğu gibi kuru tarıma yönlendirilmesi, uygun sulama teknikleri konusunda bilgilendirilmesi, sulamada kullanılacak yeraltı su miktarlarının yönetmeliklerle kontrol altına alınması su kaynaklarının ve arazi kullanım sınıflarının sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır.





Şekil 8.4. Seyfe Göl Havzası için arazi örtüsü/arazi kullanımının CORINE verileriyle zamansal değişimi (1990-2018)

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen tez çalışması, Seyfe Göl alanındaki süregelen küçülmenin nedenlerinin araştırılması ve Seyfe Gölü sulak alan havzasındaki su kaynaklarının göl alanı ile ilişkisinin incelenmesine yönelik jeolojik, hidrojeolojik, hidrolojik, hidrojeokimya, göl batimetrisi, çevresel izotop ve uzaktan algılama çalışmalarını içermektedir. Bu kapsamda türetilen güncel veriler ışığında Seyfe Gölü Havzasına ait kavramsal hidrojeolojik modelin oluşturulması hedeflenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

- ❖ Orta Anadolu Bölgesinde Kırşehir ili Mucur ilçesinde yer alan Seyfe Gölü Havzası; 1481 km² yüzey drenaj alanına sahip Seyfe Kapalı Havzası'nın güney bölümünde yer almaktadır. K-G yönlü sıkışma rejiminin etkisi altında kalan çalışma alanında, havza ortasından geçen senklinal eksen, KD-GB ve KB-GD uzanımlı doğrultu atımlı faylar ile normal faylar yer almaktadır. Havza sınırı güney, güneybatı ve kuzeybatıdan yüksek dağ sıraları ile çevrilidir.
- ❖ Seyfe Göl Havzasında Kuvaterner yaşlı alüvyon birimler, Neojen yaşlı sedimanter örtü birimler ile Kırşehir Masifi'ni temsil eden Paleozoyik yaşlı metamorfik seriler yüzeylemektedir. Litolojik birimler yeraltı suyu bulundurma ve iletim özelliklerine göre “geçirimsiz”, “geçirimli” ve “yarıgeçirimli” olarak sınıflandırılmıştır. Gnays, şist, kuvarsit ve amfibol gibi litolojilerden oluşan Paleozoyik yaşlı Kırşehir Masifi metamorfik kayalar, Kızılırmak Formasyonu'nun killi ve çamurtaşı seviyeleri ile Üst Kretase yaşlı havzanın kuzeydoğusunda dar bir alanda yüzeyleyen volkanik ve magmatik kayalar yeraltı suyu bulundurmaması ve iletmemesi nedeniyle hidrojeolojik olarak geçirimsiz birimler olarak sınıflandırılmıştır. Paleozoyik temeli oluşturan metamorfik seriler içerisinde yer alan kristalin kireçtaşı ve mermer seviyelerin tektonizma nedeniyle ikincil gözeneklilikleri gelişmiş olup, bol kırıklı ve çatlaklı kesimleri hidrojeolojik açıdan geçirimli olarak ayırtlanmıştır. Neojen yaşlı Kızılırmak Formasyonu'nun kireçtaşı, kumtaşı ve konglomera seviyeleri ile Seyfe Gölü etrafında yüzeyleyen gevşek tutturulmamış sedimanlardan oluşan

alüvyon birimin kalınlaştığı ve kum, çakıl oranının yüksek olduğu kesimler yarı geçirimli olarak tanımlanmıştır.

- ❖ Bozçaldağ Formasyonu'nun mermer, kristalize kireçtaşları seviyeleri, Kızılırmak Formasyonu'nun kireçtaşı, konglomera, kumtaşı seviyeleri ile alüvyon birimin kum, çakıl seviyelerinden yeraltı suyu alınmaktadır. Neojen kuyularını kesen litolojilerde iletimlilik (T) değeri düşükken (17-140 m²/gün), Paleozoyik mermer ve kireçtaşı litolojilerinde iletimlilik katsayısı (T) değerlerinin (1888-3780 m²/gün) daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- ❖ Havzada uzun yıllar ortalama yağış miktarı 381.45 mm/yıl, Thornthwaite-Mather yöntemi ile gerçek buharlaşma-terleme miktarı ise 326.32 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Havza ölçeğinde meteorolojik verilerden yararlanılarak gerçekleştirilen su bütçesi hesaplamalarına göre boşalım bileşenleri içerisinde en fazla payı antropojenik faktörler altında kuyularla çekim sürecinin oluşturduğu hesaplanmıştır. Havzada uzun yıllar içerisinde kuyularla çekim sürecinin baskın bir bileşen haline gelmesi havzadaki su kaynaklarının debilerinin azalmasına, zaman içerisinde kaynakların kurumasına ve kuyulardaki yeraltısı seviyesinde düşümlerin gerçekleşmesine neden olmaktadır.
- ❖ Farklı yıllarda göl yüzey alanındaki değişimler uydu görüntüleri yardımıyla oluşturulan MNDWI spektral su indisi yöntemi ile hesaplanmıştır. 1985 yılından 2021 yılına kadar MNDWI spektral su indisi yöntemi kullanılarak maksimum göl alanı 66.87 km², minimum göl alanı ise 1.86 km² olarak hesaplanmıştır. Belirlenen periyot içerisinde göl yüzey alanında % 93.78 oranında bir azalmanın gerçekleştiği belirlenmiştir.
- ❖ Termal uydu görüntüleri yardımıyla 1990 yılı ile 2020 yılındaki göl yüzey sıcaklık değerleri incelendiğinde, genellikle sıcaklık değerlerinin gölün orta ve kıyı kesimlerine doğru arttığı, gölün en derin yeri olan kuzey kesimlerine doğru ise sıcaklıkların azaldığı belirlenmiştir. Göl yüzey alanı ve göl seviye

değerlerinin hesaplanan göl yüzey alanı sıcaklık değerleri ile negatif yönde bir ilişki göstermektedir.

- ❖ Göl Batimetri çalışmaları kapsamında Seyfe Gölü su seviye değerleri göl derinlik değerlerine dönüştürülmüş ve göl batimetri haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan Seyfe Gölü batimetri haritasına göre maksimum derinlik 1.95 m olarak göl alanının kuzeyinde hesaplanmıştır.
- ❖ Hidrojeolojik yapının anlaşılması amacıyla akifer birimleri temsil ettiği düşünülen 30 kaynak, 26 kuyu ve drenaj kanalından kurak ve yağışlı dönemlerde yerinde ölçüm, örnekleme ve analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına ait sıcaklık, pH ve özgül elektriksel iletkenlik gibi fizikokimyasal parametreler yerinde ölçülmüştür. Su noktalarının majör katyon, majör anyon ve çevresel izotop içeriklerinin belirlenmesi amacıyla örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen arazi ölçümlerine göre Seyfe Göl Havzası'nda Eylül 2019 - Ekim 2021 periyodunda örneklenen yeraltısularının ve yüzey sularının ortalama sıcaklık değeri sırası ile 16.32°C ve 14.8°C olarak, ortalama pH değeri ise sırası ile 7.43 ve 7.50 olarak ölçülmüştür.
- ❖ Havzada örneklenen yüzey su noktalarının ÖEI_{25} değerleri 278 $\mu\text{S/cm}$ ile 42030 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmektedir. Havzada ortalama ÖEI_{25} değeri yüzeysuları için 1866.1 $\mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır. Yeraltı suyu örneklerinde ölçülen en yüksek ve en düşük ÖEI_{25} değerler sırasıyla 10770 $\mu\text{S/cm}$ ile 361 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmektedir. Havzada ortalama ÖEI_{25} değeri ise 1423.6 $\mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır.
- ❖ Mermer akiferini temsil eden su kaynakları ve yeraltısuları Ca-HCO_3 'lü sular fasiyesindedir. Göl alanı ile bağlantılı drenaj kanalını temsil eden su noktası ile havzanın güneydoğu kesiminde (Kıran bölgesi) 4 km^2 'lik sınırlı bir alanda rezervuar kayacı mermer olan, sıcaklığı 29-33°C arasında değişen su noktaları ise Na-Cl 'lü sular sınıfında yer almaktadır.

- ❖ Havzada örneklenen su noktalarının büyük bir bölümü Gibbs diyagramına göre "Kayaç Baskın" bölgede yer almaktadır. Bununla birlikte suların kimyasını kontrol eden ana süreçler kayaç-su etkileşimi nedeniyle kayacı oluşturan minerallerin su ile kimyasal ayrışması ile silikatların çözünmesi olarak belirlenmiştir.
- ❖ Havza genelinde tarımsal sulama çok yaygındır. Bu bağlamda örnekleme yapılan su noktalarının sulama suyu olarak kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, yüzey ve yeraltı su kaynaklarının %Na değerleri %1.9 ile %73.07 arasında, SAR değerleri ise 0.05 ile 37.61 arasında değişmektedir. Örneklenen su noktalarının çoğunluğunun Wilcox diyagramına göre "Çok İyi-İyi", "İyi Kullanılabilir" ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre ise "C2-S1" ve "C3-S1" sınıflarına düştüğü ve sulamaya uygun sular grubunda yer aldığı belirlenmiştir.
- ❖ Havzadaki sondaj kuyularından 2021 Mayıs ve 2021 Ekim aylarında yeraltı suyu seviye gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Yeraltı suyunun yüzeyden derinliği 2 m ile 60 m arasında değişmektedir. Havzada hidrolik gradyan 0.002 ile 0.012 arasında değişirken, genel yeraltı suyu akımının yönü Seyfe Gölü'ne doğrudur. Göl alanına yönlenecek yeraltı suyunun gelebileceği potansiyel beslenme bölgelerinin, havzanın güneybatı, batı ve güneydoğu kesimlerinde yüzeyleyen Bozçaldağ Formasyonu'nun mermer ve kireçtaşı seviyeleri olduğu belirlenmiştir.
- ❖ Gerçekleştirilen doygunluk analizi çalışmalarına göre havzadaki su kaynaklarının büyük bir bölümünün aragonit, kalsit, dolomit halit, jips, silvit ve anhidrit minerallerine doygun olmadıkları belirlenmiştir. Bazı su kaynaklarının ve yeraltı suyu örnek noktalarının ise dolomit, aragonit ve kalsit minerallerine doygun oldukları belirlenmiştir. Bu durum, çalışma alanında yüzeyleyen kayaların litolojileri de incelendiğinde, suların yeraltında dolaşımları süresince Paleozoyik metamorfik temele ait mermer ve kristalize kireçtaşı birimleri ile temas etmesinden kaynaklandığını göstermektedir.

- ❖ Duraylı izotop içeriklerine göre incelenen su noktalarının önemli bir bölümü Küresel Meteorik Doğrusu üzerine düşmektedir. Havzanın batı ve kuzeybatısındaki dağlık kesimlerden örneklenen su noktaları ise döteryum fazlası değeri +15'e karşılık gelen Yerel Meteorik Su Doğrusu üzerine düşmektedir. Bu durum buharlaşmanın denizel ortamda, bağıl nem içeriği düşük, kurak bir ortamda gerçekleştiğine işaret etmektedir. Drenaj kanalını temsil eden DK su noktası ise açık yüzeyden buharlaşmanın sürekliliği nedeniyle, eğimi 5 olan buharlaşma doğrusu üzerine düşmektedir.
- ❖ Havzada örneklenen su noktalarının Trityum değerleri 0.4 ile 4.52 TU arasında değişmektedir. Yüksek trityum değerlerinin (>4.35 TU) güncel yağışlardan gelen bir beslenimin varlığına işaret ederken, düşük trityum içerikleri (<1.68 TU) ise su noktasının temsil ettiği akifer birimin göreceli olarak uzun süreli geçiş zamanına sahip, dolaşım yolu görece daha uzun yeraltısuları ile temsil edildiğini göstermektedir.
- ❖ Havzada CORINE vektör verileri kullanılarak 1990-2018 yılları arasında çeşitli Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü sınıflarında değişimlerin gerçekleştiği belirlenmiştir. 28 yıllık zaman ölçeğine göre havzada arazi sınıfları arasında en belirgin değişimlerin su yapıları ve sulak alanlar sınıflarında gerçekleştiği görülürken, tarımsal alanlar sınıfı altındaki kuru tarım arazilerinin 2000'li yıllardan itibaren önemli oranda sulu tarım arazilerine dönüştürüldüğü belirlenmiştir. Buna göre havzada 1990 yılında 997 km² yer kaplayan ve % 67.3' lük bir oransal değere sahip olan kuru tarım alanlarının 2018 yılında 245.6 km² (%16.6) düşerek 751.4 km²'lik (%50.7 oranında) bir azalış gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşılık 1990 yılında 15.6 km² yer kaplayan ve % 1.1 lik bir oransal değere sahip olan sulu tarım arazilerinin ise 2018 yılında 775 km² lik bir artışla 790.3 km² (%54.4)'lik bir alanı kapladığı belirlenmiştir. Bu artış yıllar içerisinde havza genelinde tarımsal sulamada yoğun yeraltısuyu kullanımının yaygınlaştığını göstermektedir.

- ❖ Seyfe Gölü Ramsar Sözleşmesi kapsamında ulusal öneme haiz bir sulak alan olmasına rağmen, 35 yılda gölde artan bir ivmeyle alansal kaybın gerçekleştiği belirlenmiştir. Günümüzde bu sürecin yavaşlatılabilmesi veya önlenbilmesinin çok olası olmadığı görülmektedir. Göl yüzey alanında gerçekleşen küçülmenin yavaşlatılması anlamında bazı acil düzenlemelerin yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Gölün doğal (ilksel) halindeki beslenme boşalım dengesinin bozulmasında gerek iklimsel faktörler gerekse antropojenik faktörler önemli bir paya sahiptir. Yine göldeki seviye ve alansal kayıpları açıklamak için yalnızca iklimsel bileşenlerde (yağış, buharlaşma) gerçekleşen değişimlerden kaynaklı bir sürecin gerçekleşmediği de görülmektedir. Yapılan arazi gözlemlerinde göl alanının beslenme alanı içerisinde gerçekleştirilen insan kaynaklı müdahalelerinde (sulama kanalları, drenaj kanalları, kuyularla çekim, tarım deseni, arazi kullanım faaliyetleri vb.) sistemi doğrudan etkilediği düşünülmektedir. Bu kapsamda göl alanının iyileştirilmesi, korunması ve yönetimi süreçlerinde göl yüzey alanının değişimine etkileyen doğal ve antropojenik faktörlerin etkilerinin azaltılması göl alanının sürdürülebilirliği için büyük önem taşımaktadır.
- ❖ Su kütlelerinde düzenli izleme ve gözlem çalışmalarının yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Seyfe Gölü havzasındaki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kontrolsüz ve yoğun bir biçimde kullanımı, olumsuz iklimsel koşulları ile birleştiğinde son yıllarda gözlemlendiği üzere göl alanının tamamen kuruma ile sonuçlandıracak bir tabloyla karşı karşıya olduğu görülmektedir. Ayrıca günümüzde Seyfe Gölü ve sulak alanı farklı ulusal koruma statülerine sahip olmasına rağmen, göldeki hacimsel ve alansal kayıpları önleyecek yönde bir iyileştirme sürecinin gelişmediği de gözlenmektedir.
- ❖ Havzada gölü besleyen kaynakların yakınında kuyular açılarak yeraltı suyu çekimlerinin yapılmaması, havza içerisinde akım ve meteoroloji gözlem istasyonları ile YAS seviye izleme ağının kurulması sağlanarak bütçe hesaplamalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacak dinamik veri izleme tabanının oluşturulması önerilmektedir.

- ❖ Göl havzasındaki yağıştan beslenme, buharlaşma kayıpları ve kuyularla alınan çekim miktarının dinamik su bütçesi modelleriyle kontrol edilmesi, havzadaki bütçe bileşenlerinin kontrol edilmesi, arazi kullanımının düzenlenmesi, bitki ürün deseni ve tarımsal faaliyetlerin havzayla uyumlu olacak şekilde belirlenmesi önerilmektedir. Bu kapsamda havza ölçekli yönetim planlarının bu faktörler dikkate alınarak hazırlanmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.
- ❖ Havzadaki kuyuların homojen bir dağılımda olmasının sağlanması, belirli lokasyonlardaki (Yenidoğanlı-Malya bölgesi) kuyuların çekim miktarlarının kontrol altına alınması ve yoğun çekimin yapılmamasını sağlayacak kontrol sistemlerinin (kuyulara çekim miktarını ölçen sayaçların yerleştirilmesi vb.) oluşturulması, gölü besleyen kaynaklara yakın alanda Mucur ilçesine içme suyu sağlamak amacıyla açılan kuyular ile havzanın kuzeyinden başlayan doğusuna doğru devam eden ve yıl boyu akış gösteren kanalın iptal edilmesi önerilmektedir.
- ❖ Seyfe Havzasındaki sulama ve ihtiyaç suyu olarak kullanılan akiferin uzun dönemde problemlerle karşı karşıya kalacağı anlaşılmaktadır. Gelecek dönemlerde havza için kuru tarım odaklı planlamalara gidilmesi veya mevcut sulama sistemlerinin randımanlarının artırılması önerilmektedir. Havzada yüzey sulama yöntemlerinden çok, daha az su kullanılarak efektif bir şekilde sulama yapan damla sulama ve benzeri daha modern sulama teknikleri kullanılarak sulamanın yapılması ve sulama yöntemlerinin bu doğrultuda geliştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, havzada ve yakın çevresinde yoğun yeraltı suyu kullanımına karşılık alternatif su kaynaklarının (yağmur suyu hasadı, havzalar arası su transferi, atık suların geri kazanılması, yeniden kullanımı, gri su kullanımı vb.) belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

10. KAYNAKLAR

- Abacı-Bayar, A. A., Yılmaz, K., Bayar, Y., Orta Kızılırmak Bölümündeki Seyfe Gölü Sulak Alanında Oluşan Toprakların Bazı Özelliklerinin İncelenmesi Erzincan University Journal of Science and Technology, 13 (2) **(2020)** 677-692.
- Anderson, M.C., Allen, R.G., Morse, A., Kustas, W.P., Use of Landsat Thermal Imagery in Monitoring Evapotranspiration and Managing Water Resources. Remote Sensing. Environment, 122, **(2012)** 50 - 65.
- APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22'nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, **2012**.
- Appelo, C., Postma, D., Geochemistry, Groundwater and Pollution. 2nd Edition, Balkema, Rotterdam, **2005**.
- Arni, P., Ladame., Yerköy Linyit Mintıkası Hakkında Rapor, MTA Raporu, Derleme No: 124, Ankara, **1936**.
- Artis, D. A., Carnahan, W.H., Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas. Remote Sensing of Environment, 12, **(1982)** 313 - 329.
- Atabey, E., Tarhan, N., Akarsu, B., Taşkıran, A., Şereflikoçhisar, Panlı (Ankara)-Acıpınar (Niğde) Yöresinin Jeolojisi, MTA Raporu, Rapor No: 8155, Ankara, **1987**.
- Ataman, G., Ankara'nın Güneydoğusundaki Granitik/granodiyorit Kütlelerden Cefalık Dağı Radyometrik Yaşı Hakkında Ön Çalışma. Hacettepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, (2) **(1972)** 1.
- Atilla, A.Ö., Arıkan, A., Antalya traverten platosu yeraltısularının kümeleme ve faktör analizi ile sınıflandırılması, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 25 (1) **(2001)** 41-53.
- Avdan, U., Jovanovska, G., Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using Landsat 8 Satellite Data. Journal of Sensors, **(2016)** 1 - 8.
- Ayan, M., Contribution a l'etude Petrographique et ge'ologigue de la Region Stiuee au Nord-Est de Kaman (Turquie), MTA yayını, 115, Ankara, **1963**.
- Başıbüyük, Z., Ekincioğlu, G., Yavaşlı, D. D., Seyfe Gölü Çevresinin (Kırşehir) Yeraltı Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Belirlenmesi, Aksaray University Journal of Science and Engineering, 4 (1) **(2020)** 77 - 89.
- Bayazıt, M., Hidroloji, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 44-45, **2003**.
- Bayhan, H., Bayındır-Akpınar (Kaman) Yöresindeki Alkali Kayaçların Jeokimyası ve Kökensel Yorumu, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 31(1) **(1988)** 59 - 68.

- Baykal, F., Kırıkkale-Kalecik ve Keskin-Bala Mıntıklarındaki Jeolojik Etütler, MTA raporu, Rapor No: 1448, Ankara, **1943**.
- Bershaw, J., Controls on Deuterium Excess across Asia. *Geosciences*, 8(7) **(2018)** 257p.
- Blaney, H. F., Criddle, W.D., Determining Consumptive Use and Irrigation Water Requirements. U. S. Department Agricultural Research Service Technical Bulletin, 1275 **(1962)** 59p.
- Boyer, J. E., Palachek, A.D., Schucancy, W.R., An Emprical Study of Related Correlation Coefficients, *Journal of Educational Statistics*, 8 **(1983)** 75-86.
- Bölükbaşı, V., Seyfe Gölü Su Kalitesi ve Dip Çamuru Ağır Metal Özelliklerinin Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, **2011**.
- Buchardt, W. S., Orta Anadolu'da 1/100.000 Ölçekli Jeolojik Harita Çalışmaları Hakkında Rapor, MTA Raporu, Rapor No: 2675, Ankara, **1954**.
- Carlson, T.N., Ripley, D.A., On the Relation Between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. *Remote Sensing of Environment*, 62, **(1997)** 241-252.
- Chander, G., Markham, B.L., Helder, D.L., Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO1 ALI Sensors. *Remote Sensing of Environment* 113, **(2009)** 893–903.
- Clark, I., Fritz, P., *Environmental Isotopes in Hydrogeology*, Second Edition, Lewis Publisher, **1997**.
- Comber, A., Fisher, P., Wadsworth, R. What is Land Cover?. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(2), **(2005)**.
- Corine Land Cover (2022), European Environment Agency, Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> **(Erişim tarihi: 20.11.2022)**.
- Coutagne, A., Quelques Considérations Sur le Pouvoir évaporant de l'atmosphère, le déficit d'écoulement effectif et le déficit d'écoulement maximum. *La Houille Blanche* 6 **(1954)** 360-369.
- Craig, H., Isotopic Variations in Meteoric Waters, *Science*, 133, 1702-1703, **1961**.
- Çelik, M., Ünsal, N., Tüfenkçi, O., Bolat, S., Assessment of Water Quality and Pollution of the Lake Seyfe basin, Kırşehir, Turkey. *Environmental Geology*, (55) **(2008)** 559-569.
- Çeşmeci, H., İklim Değişikliğinin Seyfe Gölü Sulak Alanına, İklimine, Ekolojisine ve Yöre Halkının Yaşamına Etkileri, Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, **2010**.

- Çeşmeci, H., Öztürk, M., Z., Altan, G., Ürker, O., Selvi, G., Geçmişten Günümüze Tarihsel Süreçte Seyfe Gölü ve Çevresel Baskılar, II. Sulak Alanlar Kongresi, Bursa, **2009**.
- Çevre Bakanlığı, Seyfe Gölü Havzası Çevre Düzeni Planı Projesi, Ankara, **1992**.
- Çiftçi, E., Seyfe Gölü Havzası'nda (Kırşehir) Doğal Ortam – Yeraltı suyu ilişkisi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, **2013**.
- Dansgaard, W., Stable Isotopes in Precipitation, Tellus, 16, 436- 469, **1964**.
- Davis, J.C., Statistics and Data Analysis in Geology, Third Edition, John Willey-Sons, **2002**.
- Delattre, H., Vallet-Coulomb, C., and Sonzogni, C., Deuterium Excess in the Atmospheric Water Vapour of a Mediterranean Coastal Wetland: Regional vs. Local Signatures. Atmospheric Chemistry and Physics, 15 (**2015**) 10167-10181.
- Deus, D., Gloaguen R., Remote Sensing Analysis of Lake Dynamics in Semi-Arid Regions: Implication for Water Resource Management. Lake Manyara, East African Rift, Northern Tanzania. Water, 5(2) (**2013**) 698-727.
- Dökmeci, İ., Akdağmadeni Dolayının Jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No:6855, Ankara (yayımlanmamış), **1980**.
- Dönmez, Y., Gökyer, E., Yazgan, M.E., Seyfe Gölü Örneği'nde Biyosfer Rezervi Alanların Planlanması Üzerine Bir Araştırma. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13 (1) (**2012**) 128-141.
- DSİ, Kırşehir Seyfe Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara, **1979**.
- DSİ, Kırşehir Seyfe Ovası Planlama Kademesi, Jeofizik Rezistivite Etüd Raporu, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara, **1975**.
- DSİ, Mucur-Seyfe Havzası Ekoloji Koruma Projesi Fizibilite Raporu, Etüt ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Kayseri, **1990**.
- DSİ, Seyfe Gölü Hidrografik Haritası, Devlet Su İşleri Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı, Ankara, **2015**.
- DSİ, Seyfe Ovası Hidrojeolojik Revize Etüt Raporu, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara, **2004**.
- Ecmel, T., Rainfall Regimes in Turkey According to the Rates of Monthly Variation, Ege Coğrafya Dergisi 5 (1) **1990**.
- Erguvanlı, K., Kırşehir Doğusunun Jeolojik Etüdü Hakkında Rapor, MTA Raporu, Derleme No: 2373, Ankara, **1954**.
- Erguvanlı, K., Kırşehir Kuzeyinde Seyfe Ovasının Hidrojeolojik Etüd Raporu, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara, **1957**.

- Erkan, Y., Ataman, G., Orta Anadolu Masifinin (Kırşehir yöresi) Metamorfizma Yaşı Üzerinde K/Ar Yöntemi ile Bir İnceleme, Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi, 8 **(1981)** 27-30.
- Erkan, Y., Orta Anadolu Masifi Güneybatısında (Kırşehir Bölgesinde) Etkili Rejyonel Metamorfizmasının Petrolojik İncelenmesi, Doçentlik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, **1975**.
- European Environment Agency, CORINE Land Cover European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>, (Erişim tarihi: **24.10.2022**).
- Fetter, C. W., Applied Hydrogeology, Charles E. Merrill Publishing Company, Amherst, **1980**.
- Fisher, P. F., Comber, A. J., and Wadsworth, R. Land Use and Land Cover: Contradiction or Complement, Re-presenting GIS, **(2005)** 85-98.
- Freeze, R. A., Cherry J. A., Groundwater, Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs, Vol. 7632, **1979**.
- Froehlich, K., Gibson, J., Aggarwal, P., Deuterium Excess in Precipitation and its Climatological Significance, Journal of Geophysical Research, Atmospheres, **(2002)** 23p.
- Gao, B. C., NDWI-A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. Remote Sensing of Environment, 58 **(1996)** 257-266.
- Gat, J. R., Gonfiantini, R., Stable Isotope Hydrology. Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle, IAEA, Technical Report Series, No. 210, 337pp, **1981**.
- Gat, J.R., Bowser, C.J., Kendall, C., The Contribution of Evaporation from the Great Lakes to the Continental Atmosphere: Estimate Based on Stable Isotope Data. Geophysical Research Letter, 21(7) **(1994)** 557–560.
- Ghosh, A., Mondal, S., Application of multivariate statistics towards the geochemical evaluation of fluoride enrichment in groundwater at Shilabati river bank, West Bengal, India, Environmental Engineering Research, 24 (2) **(2019)** 279-288.
- Gibbs, R.J., Mechanisms Controlling World Water Chemistry. Science, 17 **(1970)** 1088-1090.
- Gillespie, A.R., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Cothorn, J.S., Hook, S.J., Kahle, A.B. A Temperature and Emissivity Separation Algorithm for Advanced Space Borne Thermal Emission and Reflection Radiometer (Aster) Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 36, **(1998)** 1113-1126.
- Göncüoğlu, M.C., Geologie des Westlichen Niğde Massivs, Doktora Tezi, Bonn University, Germany, **1977**.

- Haibo, Y., Zongmin. W., Hongling, Z., Yu, G., Water Body Extraction Methods Study Based on RS and GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 10 **(2011)** 2619-2624.
- Hem, J.D., Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, 3rd Edition, US Geological Survey Water-Supply Paper 2254, University of Virginia, Charlottesville, 263 s, **1985**.
- Jimenez-Munoz, J.C., Sobrino, J.A., A Generalized Single-Channel Method for Retrieving Land Surface Temperature from Remote Sensing Data. *Journal of Geophysical Research*, 108, **(2003)**, 4688-4694.
- Ketin, İ., Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Enstitüsü Dergisi, 66 **(1966)** 20-34.
- Ketin, İ., Yozgat Bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin Tektonik Durumu. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Sayı 1, **(1955)** 1-40.
- Kırşehir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çevre Yönetimi ve Denetimi Şube Müdürlüğü, Kırşehir İli 2018 yılı Çevre Durum Raporu, Kırşehir, **2019**.
- Kıymaz, S., Asar, M., Güneş, V., Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Seyfe Gölü'nün Kuraklık Dönemlerinin Belirlenmesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, **(2011)** 91-102.
- Kıymaz, S., Karadavut, U., Ertek, A. Seyfe Gölü Havzası Yeraltı Suyu kalitesinin zamana göre değişiminin incelenmesi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30 **(2016)** 21-30.
- Kıymaz, S., Karadavut, U., Türkiye'de Seyfe Gölü Yüzey Su Kalitesinin Değerlendirilmesinde Çok Değişkenli İstatistiksel Analizlerin Uygulanması, *Journal of Agricultural Sciences*, 20 **(2014a)** 152-163.
- Kıymaz, S., Seyfe Gölü Sulak Alanı ve Su Kaynakları Yönetimine İlişkin Sorunlar ve Çözüm Önerileri, *Journal of New World Sciences Academy*, 5 (2) **(2010)** 174-185.
- Kıymaz, S., Seyfe Gölü yüzey su kalitesinde veri analizi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, Cilt 20 **(2013)** Sayı 2.
- Kıymaz, S., ve Karadavut, U. Türkiye'de Seyfe Gölü Sulak Alanı Hakkında Yerel Halkın Bakış Açıları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, **(2014b)** 202-209.
- Kıymaz, S., ve Karadavut, U., Seyfe Gölü Havzasında Yer Alan Kuyuların Sularının Sulama Suyu Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, Sayı 20 **(2014c)** 103-214.
- Koçyiğit, A., Orta Anadolu'nun genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel sayı: 5 **(2003)** 1-26.

- Koyuncu, H., Batı Toroslar Karst Sistemi Hidrojeolojik Özelliklerinin Uydu Görüntülerinin Sayısal Analizi ile İrdelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2003**.
- Kriegler F.J., Malila W.A., Nalepka R.F., Richardson W., Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. Remote Sensing of Environment, **(1969)** 97.
- Kurttaş, T., Gökova (Muğla) Karst Kaynaklarının Çevresel İzotop İncelemesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1997**.
- Lamaro, A., Mariñelarena, A., Torrusio, S., Sala, S. Anter., Surface Temperature Estimation from Landsat 7 ETM+ Thermal Infrared Data Using the Generalized Single-Channel Method: Case Study of Embalsedel Rio Tercero (Córdoba, Argentina). Advances in Space Research, **(2012)** 51.
- Loganathan, K., Ahamed, A.J., Multivariate statistical techniques for the evaluation of groundwater quality of Amaravathi River Basin: South India, Applied Water Science, 7 **(2017)** 4633 – 4649.
- Malik, M. S., Shukla, J.P., Retrieving of Land Surface Temperature Using Thermal Remote Sensing and GIS techniques in Kandaihimmat Watershed, Hoshangabad, Madhya Pradesh. Journal of the Geological Society of India, 92, **(2018)** 298-304.
- Maya, A.L., Loucks, M.D., Solute and Isotopic Geochemistry and Groundwater Flow in the Central Wasatch Range, Utah, Journal of Hydrology **(1995)** 172:31-59.
- McFeeters, S. K., The Use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. International Journal of Remote Sensing, 17 **(1996)** 1425-1432.
- Meybeck, M., Global Chemical Weathering of Surficial Rocks Estimated from River Dissolved Loads. American Journal of Science, 287 **(1987)** 401-428.
- MGM, İklim Sınıflandırılması Kırşehir, <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari> (Erişim tarihi: **8 Aralık 2022**)
- Milanovic, P.T., Karst Hydrogeology, Water Resources Publications, LLC, 434 p, **1981**.
- Monteith, J.L., Evaporation and environment, Symposia of the Society for Experimental Biology, 19, 205-234, Cambridge University Press, Cambridge, **1965**.
- MTA, 1/100.000 Ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Kırşehir G-18 Paftası ve açıklaması, No: 34, Ankara, Türkiye, 12s, **1991**.
- MTA, 1/100.000 Ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Yozgat G-19 Paftası ve açıklaması, No:34, Ankara, Türkiye, 16s, **1992**.

- MTA, Kırşehir-Mucur-Hacıbektaş Sahaları Jeotermal Etüt (Jeoloji-Jeofizik) ve MK-1, MK-2 Sıcak Su Sondajları Kuyu Bitirme Raporu, Ankara, **2010**.
- MTA, Kırşehir-Mucur-Seyfe Gölü Havzası Maden Jeolojisi Raporu, Ankara, **2009**.
- Norman, J.M., Becker, F., Terminology in thermal infrared remote sensing of natural surfaces. *Agricultural and Forest Meteorology*, 77, (**1995**) 153-166.
- Oktay, F.Y., Savcılı Büyükoba (Kaman) çevresinde Orta Anadolu masifi tortul örtüsünün jeolojisi ve sedimantolojisi, Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, İstanbul (yayımlanmamış), **1981**.
- Oliosio, A., Sarrio, M.M., Courault, D., Marloie, O., Guillevic, P., Impact of surface emissivity and atmospheric conditions on surface temperatures estimated from top of canopy brightness temperatures derived from Landsat 7 data, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Melbourne, Australia, **2013**.
- Omar, B., Seyfe Gölü'nün Doğal Su Kalitesinin Değişimi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1997**.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Sulak Alan Yönetim Planlaması Rehberi, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Kuş Araştırmaları Derneği, Ankara, **2007**.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Sulak Alanlar. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara, (**2013**).
- Önalgil, N., Seyfe Gölü (Kırşehir) Güncel Çökellerinin Sedimantolojisi, Mineralojisi, Jeokimyası ve Oluşumu, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, **2013**.
- Önhon, E., Seyfe Ovası Kristalize Kalker Sahasının Karst Etüdü ve Seyfe Kaynağının Geliştirilmesi Raporu, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara, **1969**.
- Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J. Description of Input and Examples for PHREEQC version 3. A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations, U.S. Geological Survey Techniques and Methods, 497 p, **2013**.
- Penman, H. L., Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass. *Proceedings of Royal Society of London*, A1932,120-146, **1948**.
- Piper, A.M., A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, Cilt. 25, (**1944**) 835-1060.
- Priestley, C.H.B., Taylor, R.J., On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large Scale Parameters. *Monthly Weather Review*, 100 (**1972**) 81-92.

- Qin, Z., Karnieli, A., Berliner, P. A Mono-Window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat TM data and Its Application to the Israel-Egypt Border Region. *International Journal of Remote Sensing*, 22, **(2001)** 3719-3746.
- Ramsar, Ramsar Sözleşmesi, Uluslararası Önem Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme, Ülke profili: Turkey, **1992**.
- Ronner, F., Ekzojen-Endojen Metamorfizma Münasabetleri Hakkında bir Etüd, Kırşehir Masifinde (merkezi Anadolu) bir Granit Mermer Konağındaki Müşahedeler, MTA Enstitüsü Dergisi, sayı 50 **(1958)** 59-79.
- Salamalikis, V., A. A. Argiriou., E. Dotsika., Isotopic Modeling of the Sub-Cloud Evaporation Effect in Precipitation, *Science of the Total Environment*, 544 **(2016)** 1059-1072.
- Santos, L., Cruz, G., Capuchinho, F., José, J., Reis, E. Assessment of Empirical Methods for Estimation of Reference Evapotranspiration in the Brazilian Savannah, *Australian Journal of Crop Science*, 13 **(2019)** 1094-1104.
- Sayhan, H., Seyfe Gölü Eski Seviyelerinin Kuvaterner Jeomorfolojisi Açısından Etüdü. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 2, Sayı 2 **(2001)** 55-73.
- Sayhan, H., Seyfe Havzası'nda (Kırşehir) 2002 yılı Ocak Ayında Düşey Doğrultuda Tespit Edilen Sıcaklık Anomalilerin Yöre İklimi Açısından Önemi, *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4 (1) **(2003)** 69-92.
- Sayhan, H., Seyfe Havzasının Jeomorfolojisi (Kırşehir). *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, Sayı 1 **(2000)** 1-12.
- Seymen, İ., Kaman dolayında Kırşehir Masifinin Jeolojisi, Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, **1982**.
- Sharaf, N., Fadel, A., Bresciani, M., Giardino, C., Lemaire, B., Slim, K., Faour, G., Vinçon-Leite, B., Lake Surface Temperature Retrieval from Landsat-8 and Retrospective Analysis in Karaoun Reservoir, Lebanon. *Journal of Applied Remote Sensing*, **(2019)** 13.
- Sobrino, J. A., Li, Z. L., Stoll, M. P., Becker, F., Multichannel and Multi-angle Algorithms for Estimating Sea and Land Surface Temperature with ATSR data. *International Journal of Remote Sensing*, 17 **(1996)** 2089-2114.
- Stallard, R.F. and Edmond, J.M., Geochemistry of the Amazon: 2. The Influence of Geology and Weathering Environment on the Dissolved Load. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 88 **(1983)** 9671- 9688.
- Şekertekin, A., Bonafoni, S., Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8 Over Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation. *Remote Sensing*, 12 **(2020)** 294.

- Şener, E., Determination of Seasonal Changes in Burdur Lake Surface Water Temperature Using Landsat 8 satellite images. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 4 (2) **(2016)** 67-73.
- Taloor, A. K., Manhas, D. S., Girish C. K., Retrieval of Land Surface Temperature, Normalized Difference Moisture Index, Normalized Difference Water Index of the Ravi Basin Using Landsat Data. *Applied Computing and Geosciences*, 9 **(2020)** 2590-1974.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/> (Erişim tarihi: **20.08.2022**).
- Temiz, U., Kırşehir Dolayının Neotektoniği ve Depremselliği, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2004**.
- Thornthwaite, C. W., An Approach toward a Rational Classification of Climate, *Geograph Review*, 38 **(1948)** 55-94.
- Thornthwaite, C. W., Mather, J. R., Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. *Publication in Climatology*, 10 **(1957)** 185-311.
- Thornthwaite, C. W., Mather, J. R., The Water Balance. *Publications in Climatology*, 8 **(1955)** 1-104.
- Thornthwaite, C. W., Report of the Committee on Transpiration and Evaporation, American Geophysical Union, 25 **(1944)** 686-693.
- Turc, L., Water Balance of Soils: Relationship Between Precipitation Evapotranspiration and Runoff. *Annales Agronomiques*, 5 **(1954)** 491-595 and 6, 5 -131.
- Tüfenkçi, O.O., Seyfe Kaynağı ve Dolayının (Kırşehir) Hidrojeoloji incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2005**.
- TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/>. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara (Erişim tarihi: **20.11.2022**).
- URL-1, <https://earthexplorer.usgs.gov> (Erişim tarihi: **11 Ekim 2022**).
- USGS, Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, Zanter, K., (Ed.), EROS Sioux Falls, South Dakota, USA, 114 s. **2019**.
- Usul, N., Mühendislik Hidrolojisi, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, **2008**.
- Ünsal, N., Seyfe Ovası Kaynaklarının Kimyasal ve İzotopik Bileşenleri ve Kökeni. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **(1999)** 295-308.
- Vatansever, M., Görsel Veri Madenciliği Tekniklerinin Kümeleme Analizlerinde Kullanımı ve Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, **2008**.

- Voudouris, K.S., Georgiou, P.E., Mavromatis, T., Gianneli, C., Comparison of Actual Evapotranspiration Estimation Methods: Application to Korisos Basin, NW Greece. In *Evapotranspiration: Processes, Sources and Environmental Implications*, 1st ed.; Er-Raki, S., Ed.; Nova Sciences Publishers: New York, 105-118, 2013.
- Wang, F. Qin, Z. Song, C. Tu, L. Karnieli, A. Zhao, S., An Improved Mono-window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data. *Remote Sensing*, 7 **(2015)** 4268-4289.
- Wilcox, L.V., *Classification and Use of Irrigation water*. US Department of Agriculture, Washington DC, 19 p, **1955**.
- WWF, Türkiye'deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu, Doğal Hayatı Koruma Vakfı, Türkiye, 129 sayfa, **2008**.
- Xu, H., Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remote Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14) **(2006)** 3025-3033.
- Yaman, M., Yigit Avdan, Z., Monitoring water body change with using satellite images (Seyfe Lake), VII. Remote Sensing ve GIS Symposium (UZAL-CBS), Eskişehir, Turkey, **2018**.
- Yang, K., Yu, Z., Luo, Y., Zhou, X., Shang, C., Spatial-Temporal Variation of Lake Surface Water Temperature and Its Driving Factors in Yunnan-Guizhou Plateau. *Water Resources Research*, **(2019)**
- Yılmaz, H.M., Reis, S., Seyfe Gölü'nün Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama Tekniği ile İzlenmesi. *Hydrological Processes*, **(2008)** 448- 4454.
- Yiğitbaşıoğlu, H., Seyfe Gölü Ekosistemi. Ankara Üniversitesi, Türkiye Coğrafya Araştırmalar ve Uygulama Merkezi Dergisi, 4 **(1995)**.
- Yiğitbaşıoğlu, H., Seyfe Gölü ve Çevresinin Jeomorfolojisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, **1993**.
- Yu, X., Guo, X., Wu, Z. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS- Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method. *Remote Sensing*, 6 **(2014)** 9829-9852.
- Yurteri, C., Kurttaş, T., Uzaktan Algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Seyfe Gölü (Kırşehir) Yüzey Alanının Zamansal Değişiminin Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11 (4) **(2021)** 1115-1128.
- Yurteri, C., Seyfe Gölü (Mucur-Kırşehir) Sulak Alanı Havzasındaki Su Kaynaklarının Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Değerlendirmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 22 (65) **(2020)** 581-597.

- Yurteri, C., Seyfe Gölü Sulak Alan Havzasındaki Su Kaynaklarının Duraylı İzotop İçeriklerinin İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(3) **(2020)** 883-903.
- Zhai, K., Wu, X., Qin, Y. ve Du, P., Comparison of Surface Water Extraction Performances of Different Classic Water Indices using OLI and TM Imageries in Different Situations. Geo-spatial Information Science, 18 **(2015)** 32-42.



EKLER

EK 1 - Şekiller

- Ek 1.1 Kaman MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği
- Ek 1.2 Mucur MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği
- Ek 1.3 Çiçekdağı MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği
- Ek 1.4 Kırıkkale MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği
- Ek 1.5 Nevşehir MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği
- Ek 1.6 Thornthwaite yöntemi ile Çiçekdağı MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.7 Thornthwaite yöntemi ile Kaman MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.8 Thornthwaite yöntemi ile Keskin MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.9 Thornthwaite yöntemi ile Kırıkkale MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.10 Thornthwaite yöntemi ile Mucur MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.11 Thornthwaite yöntemi ile Akpınar MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.12 Thornthwaite yöntemi ile Nevşehir MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.13 Thornthwaite yöntemi ile Hacibektaş MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.14 Thornthwaite yöntemi ile Ürgüp MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.15 Thornthwaite yöntemi ile Kozaklı MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.16 Thornthwaite yöntemi ile Şefaatli MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.17 Thornthwaite yöntemi ile Malya Tıgem MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği
- Ek 1.18 Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları
- Ek 1.19 Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)
- Ek 1.20 Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)
- Ek 1.21 Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)
- Ek 1.22 Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)
- Ek 1.23 Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)
- Ek 1.24 Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)
- Ek 1.25 Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan MTA sıcak su sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)

- Ek 1.26 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Eylül 2019)
- Ek 1.27 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Aralık 2019)
- Ek 1.28 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Ağustos 2020)
- Ek 1.29 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Şubat 2021)
- Ek 1.30 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Mayıs 2021)
- Ek 1.31 Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Eylül 2019)
- Ek 1.32 Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Aralık 2019)
- Ek 1.33 Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Eylül 2019)
- Ek 1.34 Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Şubat 2021)
- Ek 1.35 Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Mayıs 2021)
- Ek 1.36 Çalışma alanındaki su noktalarının Gibbs Diyagramı üzerindeki konumları (Eylül 2019)
- Ek 1.37 Çalışma alanındaki su noktalarının Gibbs Diyagramı üzerindeki konumları (Aralık 2019)
- Ek 1.38 Çalışma alanındaki su noktalarının Gibbs Diyagramı üzerindeki konumları (Ağustos 2020)
- Ek 1.39 Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Eylül 2019)
- Ek 1.40 Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Aralık 2019)
- Ek 1.41 Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Ağustos 2020)
- Ek 1.42 Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Şubat 2021)
- Ek 1.43 Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Mayıs 2021)
- Ek 1.44 Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Eylül 2019)
- Ek 1.45 Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Aralık 2019)
- Ek 1.46 Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Ağustos 2020)
- Ek 1.47 Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Şubat 2021)
- Ek 1.48 Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Mayıs 2021)
- Ek 1.49 Örneklenen su noktalarının mineral doygunluk değerleri (2019 Eylül)
- Ek 1.50 Örneklenen su noktalarının mineral doygunluk değerleri (2019 Aralık)
- Ek 1.51 Örneklenen su noktalarının mineral doygunluk değerleri (2020 Ağustos)
- Ek 1.52 Örneklenen su noktalarının mineral doygunluk değerleri (2021 Şubat)
- Ek 1.53 Örneklenen su noktalarının mineral doygunluk değerleri (2021 Mayıs)
- Ek 1.54 İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendrogram (Eylül 2019)
- Ek 1.55 İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendrogram (Aralık 2019)
- Ek 1.56 İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendrogram (Ağustos 2019)
- Ek 1.57 İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendrogram (Mayıs 2021)

- Ek 1.58 İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendrogram (Ekim 2021)
- Ek 1.59 Eylül 2019 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)
- Ek 1.60 Eylül 2019 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)
- Ek 1.61 Aralık 2019 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)
- Ek 1.62 Aralık 2019 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)
- Ek 1.63 Ağustos 2020 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)
- Ek 1.64 Ağustos 2020 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)
- Ek 1.65 Şubat 2021 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)
- Ek 1.66 Şubat 2021 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)
- Ek 1.67 Mayıs 2021 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)
- Ek 1.68 Mayıs 2021 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)
- Ek 1.69 Havzada 2019 yılı Aralık döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiğı (devam ediyor)
- Ek 1.70 Havzada 2019 yılı Aralık döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiğı (devam ediyor)
- Ek 1.71 Havzada 2020 yılı Ağustos döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiğı (devam ediyor)
- Ek 1.72 Havzada 2020 yılı Ağustos döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiğı (devam ediyor)
- Ek 1.73 Havzada 2021 yılı Şubat döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiğı (devam ediyor)
- Ek 1.74 Havzada 2021 yılı Mayıs döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiğı (devam ediyor)
- Ek 1.75 Havzada 2021 yılı Eylül döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiğı (devam ediyor)
- Ek 1.76 Havzada 2021 yılı Ekim döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiğı (devam ediyor)

EK 2 - Çizelgeler

- Ek 2.1 İnceleme alanı ve yakın çevresinde yer alan MGİ yağış verilerine ait korelasyon katsayı tablosu
- Ek 2.2 İnceleme alanı ve yakın çevresinde yer alan MGİ sıcaklık verilerine ait korelasyon katsayı tablosu
- Ek 2.3 Çalışma alanındaki Seyfe kaynağının geçmiş yıllarda ölçülmüş debi değerleri
- Ek 2.4 Çalışma alanındaki Horla kaynağının geçmiş yıllarda ölçülmüş debi değerleri
- Ek 2.5 Kaman MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.6 Çiçekdağı MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.7 Keskin MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.8 Kırıkkale MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.9 Nevşehir MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.10 Ürgüp MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.11 Hacıbektaş MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.12 Kozaklı MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.13 Mucur MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.14 Akpınar MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.15 Malya Tigem MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.16 Şefaattli MGİ için Thorntwaite Mather su bütçesi
- Ek 2.17 Çalışma alanında Eylül 2019 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler
- Ek 2.18 Çalışma alanında Eylül 2019 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler
- Ek 2.19 Çalışma alanında Eylül 2019 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait kimyasal analiz sonuçları
- Ek 2.20 Çalışma alanında Aralık 2019 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler
- Ek 2.21 Çalışma alanında Aralık 2019 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait kimyasal analiz sonuçları
- Ek 2.22 Çalışma alanında Ağustos 2020 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler
- Ek 2.23 Çalışma alanında Ağustos 2020 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait kimyasal analiz sonuçları
- Ek 2.24 Çalışma alanında Şubat 2021 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler
- Ek 2.25 Çalışma alanında Şubat 2021 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait kimyasal analiz sonuçları
- Ek 2.26 Çalışma alanında Mayıs 2021 dönemine ait örnekleme yapılan yeraltı suyu örneklerine ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler
- Ek 2.27 Çalışma alanında Mayıs 2021 dönemine ait örnekleme yapılan yeraltı suyu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları
- Ek 2.28 Çalışma alanında Eylül 2021 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler
- Ek 2.29 Çalışma alanında Eylül 2021 dönemine ait örnekleme yapılan yeraltı suyu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları
- Ek 2.30 Çalışma alanında Ekim 2021 dönemine ait örnekleme yapılan yeraltı suyu örneklerine ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

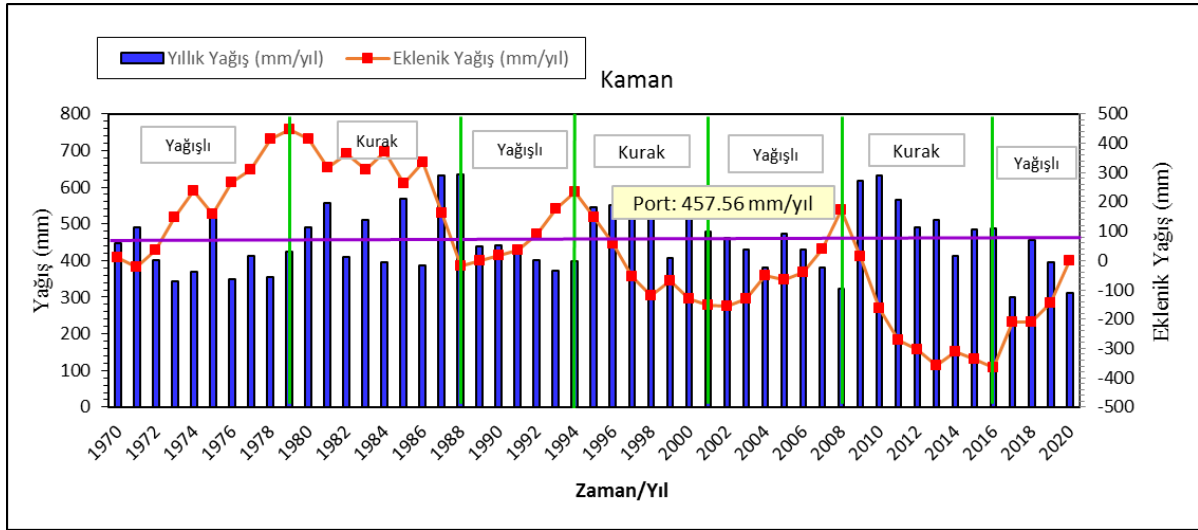
- Ek 2.31 Çalışma alanında Ekim 2021 dönemine ait örnekleme yapılan yeraltı suyu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları
- Ek 2.32 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Eylül 2019)
- Ek 2.33 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Aralık 2019)
- Ek 2.34 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Ağustos 2020)
- Ek 2.35 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Şubat 2021)
- Ek 2.36 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Mayıs 2021)
- Ek 2.37 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Eylül 2021)
- Ek 2.38 Çalışma alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Ekim 2021)
- Ek 2.39 Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Eylül 2019)
- Ek 2.40 Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Aralık 2019)
- Ek 2.41 Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Ağustos 2020)
- Ek 2.42 Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Şubat 2021)
- Ek 2.43 Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Mayıs 2021)
- Ek 2.44 Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Ekim 2021)
- Ek 2.45 Seyfe Gölü havzasındaki Eylül 2019 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler
- Ek 2.46 Seyfe Gölü havzasındaki Aralık 2019 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler
- Ek 2.47 Seyfe Gölü havzasındaki Ağustos 2020 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler
- Ek 2.48 Seyfe Gölü havzasındaki Şubat 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler
- Ek 2.49 Seyfe Gölü havzasındaki Mayıs 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler
- Ek 2.50 Seyfe Gölü havzasındaki Eylül 2019 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri
- Ek 2.51 Seyfe Gölü havzasındaki Aralık 2019 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri
- Ek 2.52 Seyfe Gölü havzasındaki Ağustos 2020 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri
- Ek 2.53 Seyfe Gölü havzasındaki Mayıs 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri
- Ek 2.54 Seyfe Gölü havzasındaki Eylül 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri
- Ek 2.55 Seyfe Gölü havzasındaki Ekim 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri

EK 3 - Yöntem

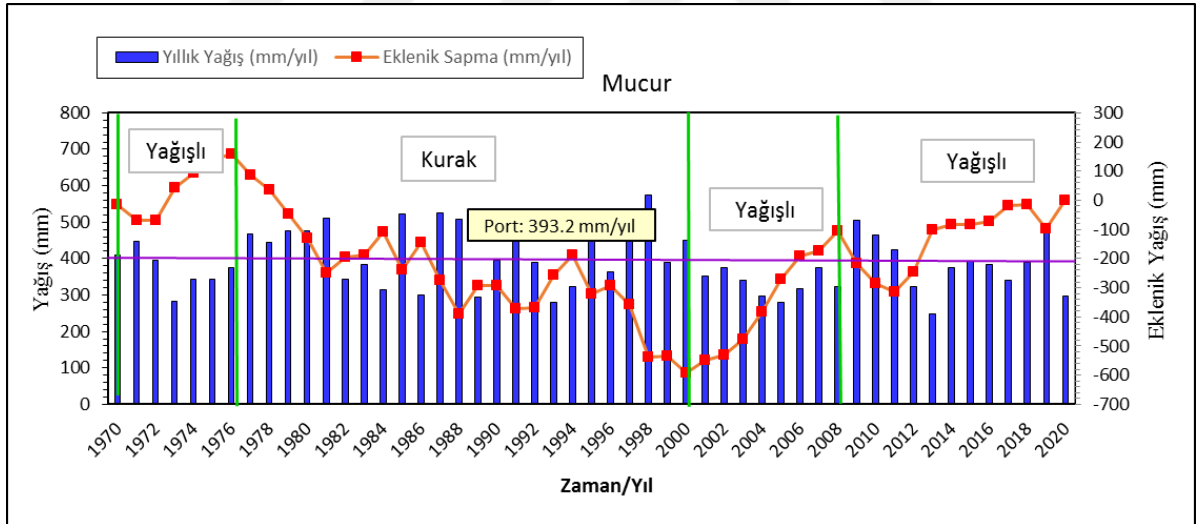
Ek 3. Yeryüzeyi Sıcaklık Algoritması Yöntemi



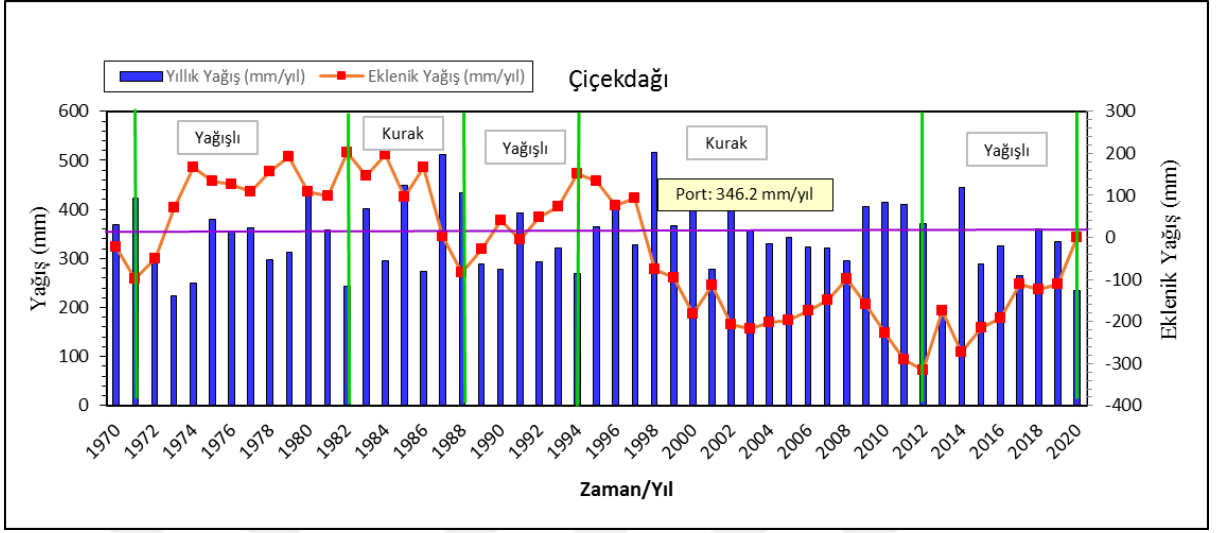
Ek 1.1. Kaman MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği



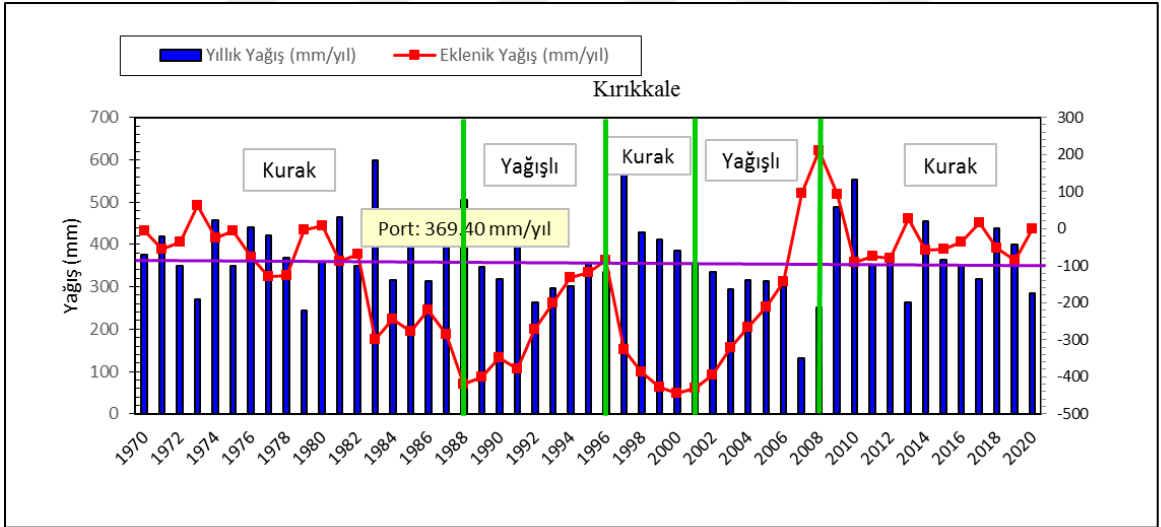
Ek 1.2. Mucur MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği



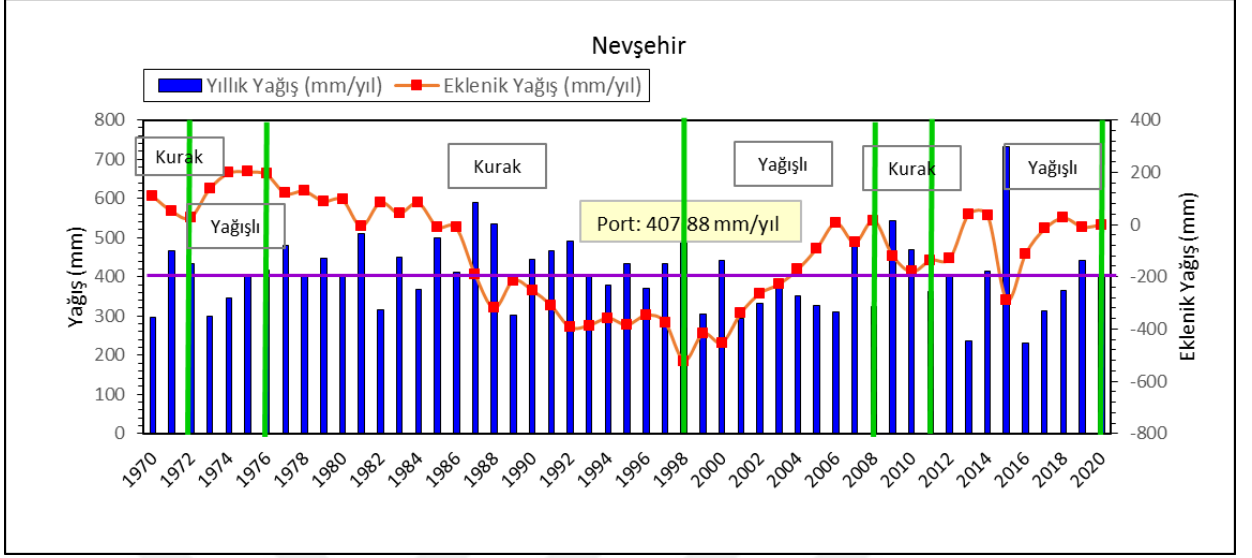
Ek 1.3. Çiçekdağı MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği



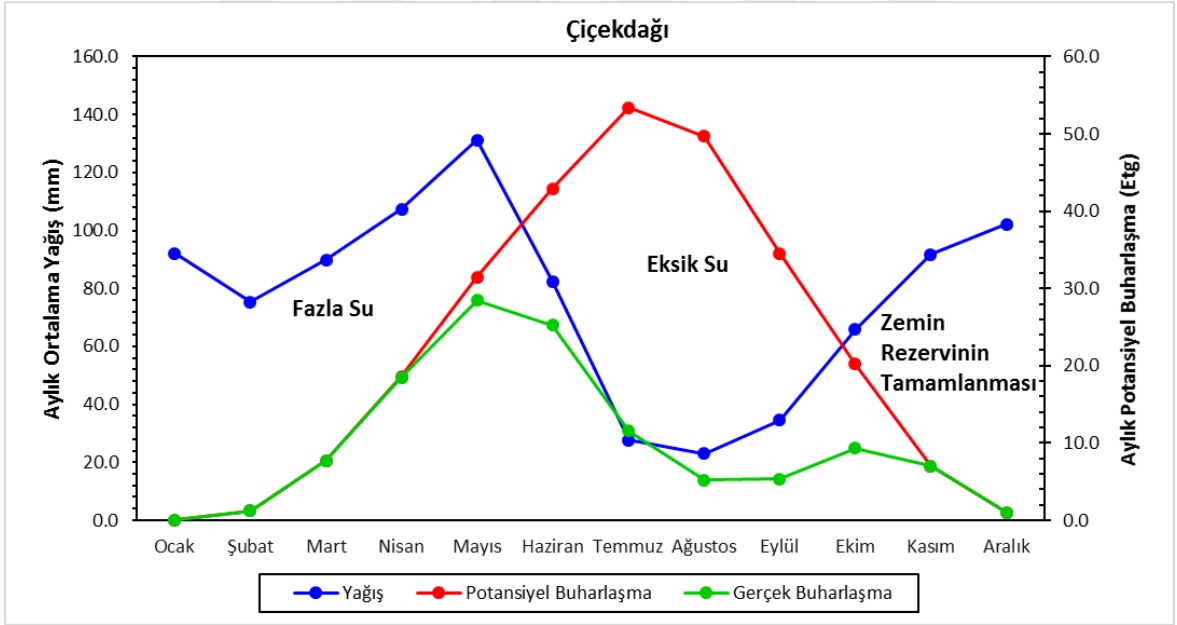
Ek 1.4. Kırıkkale MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği



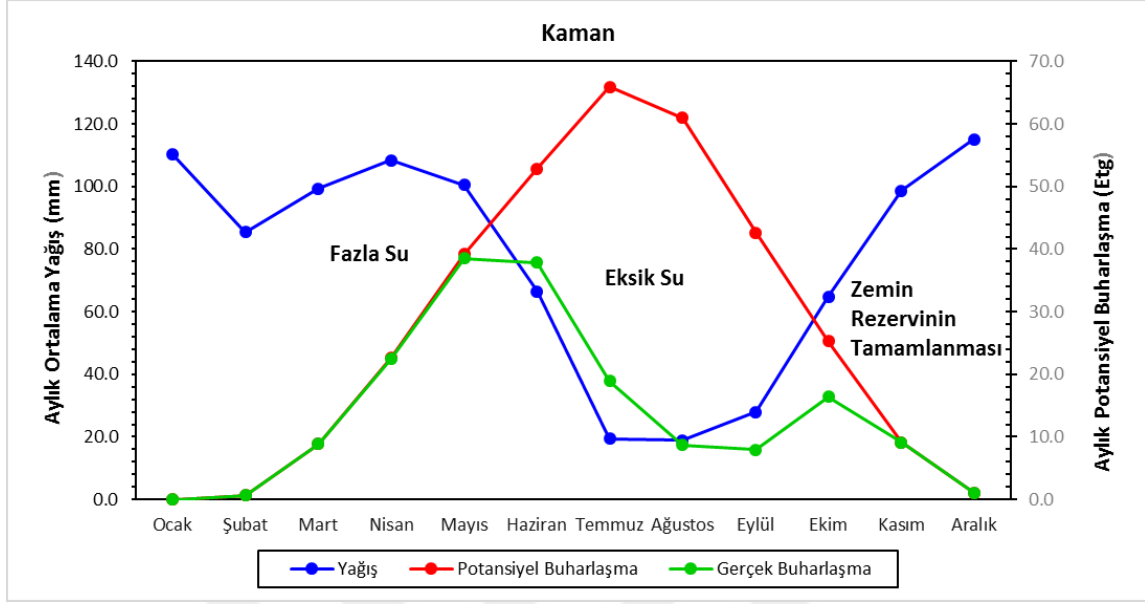
Ek 1.5. Nevşehir MGİ yıllık toplam yağış, ortalama yağış ve eklenik yağış grafiği



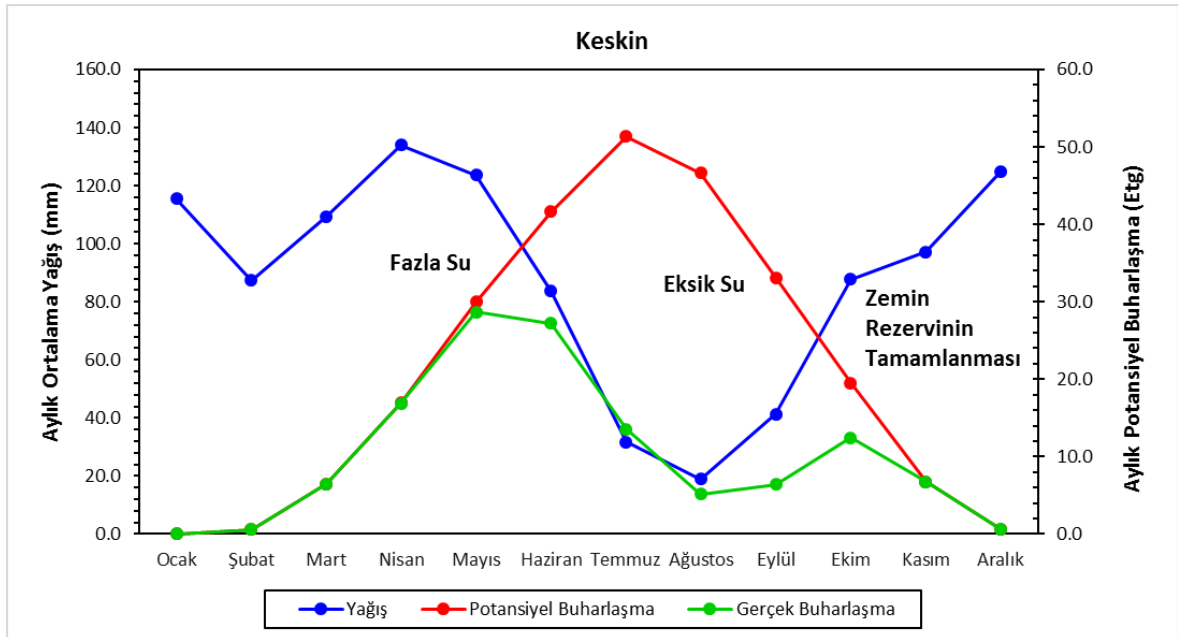
Ek 1.6. Thornthwaite yöntemi ile Çiçekdağı MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



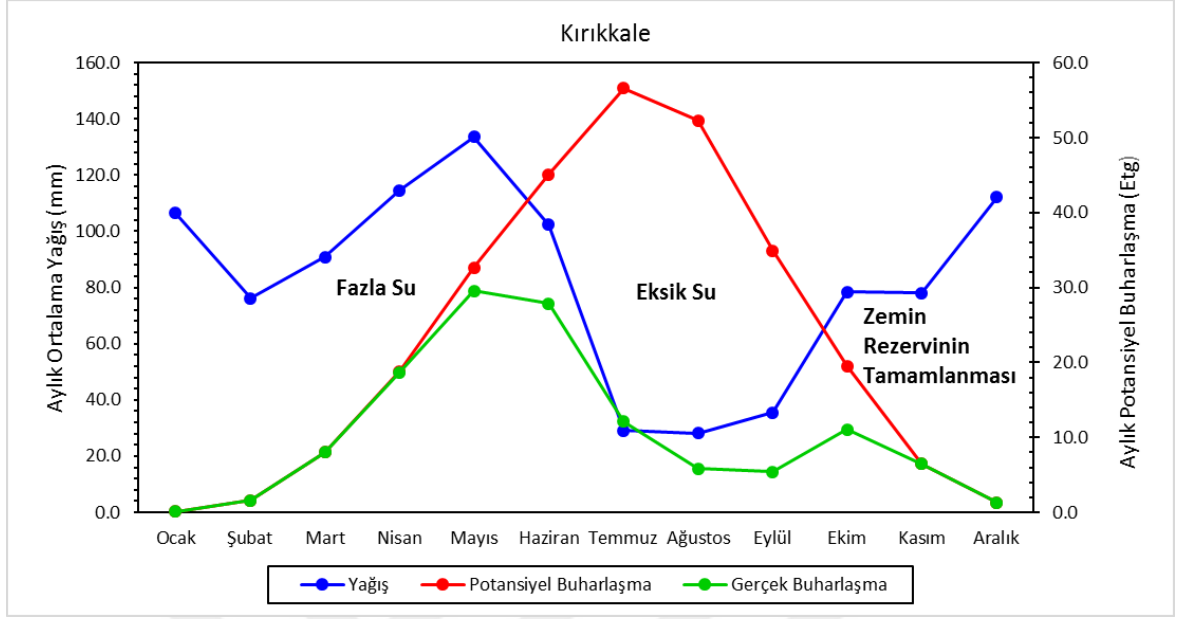
Ek 1.7. Thornthwaite yöntemi ile Kaman MGI için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



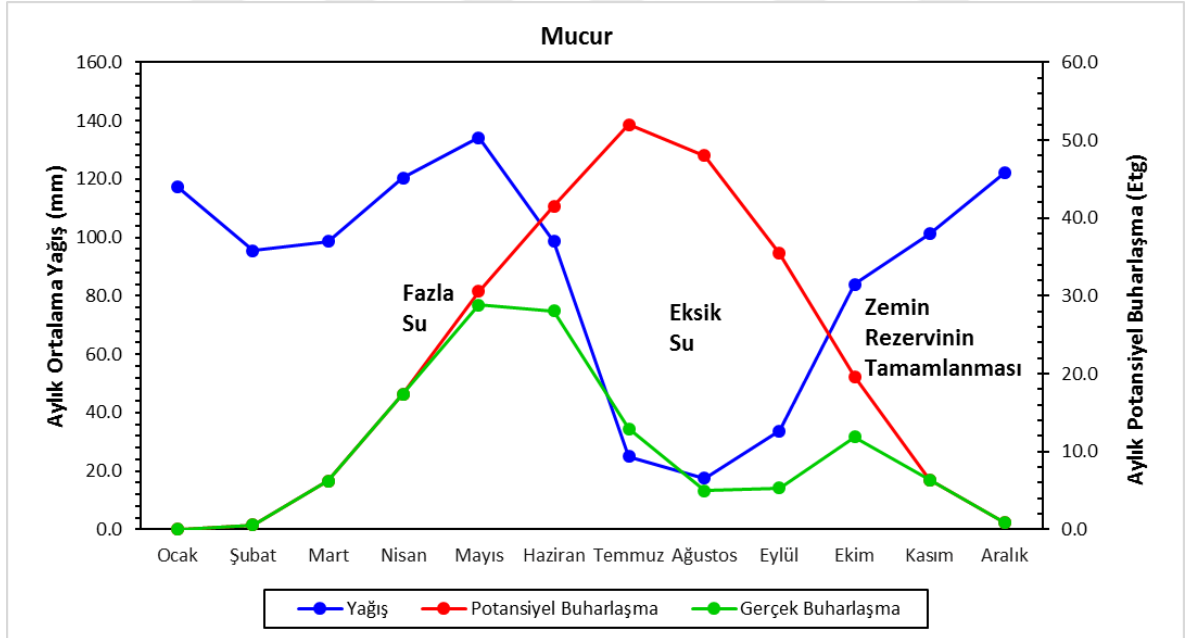
Ek 1.8. Thornthwaite yöntemi ile Keskin MGI için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



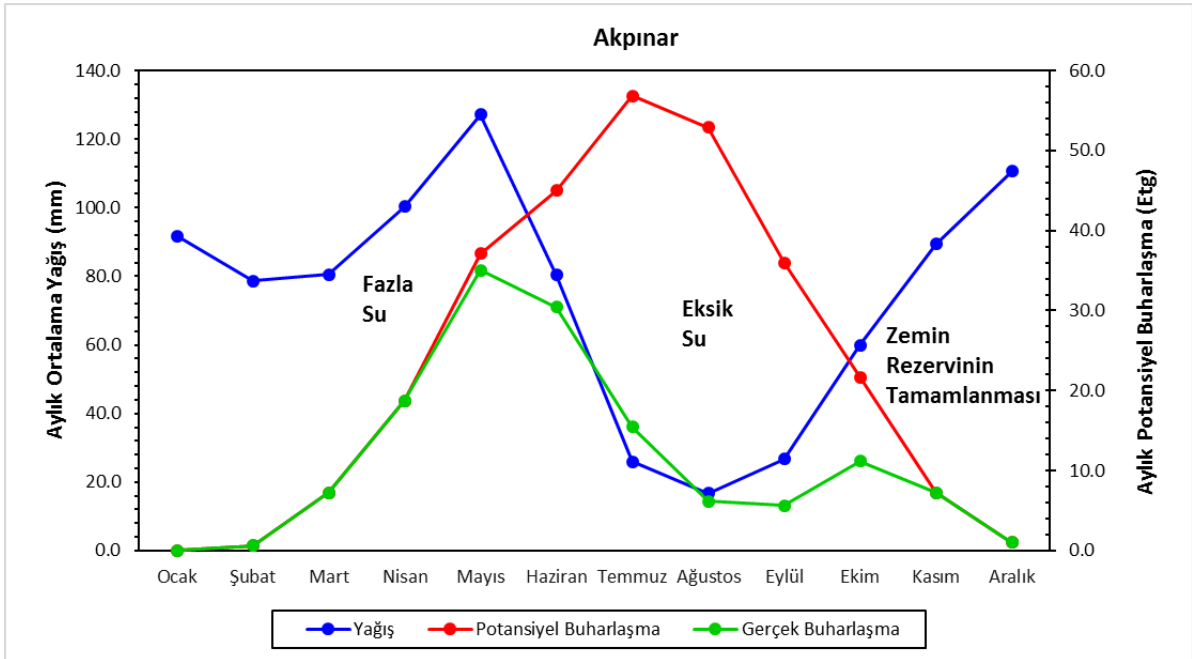
Ek 1.9. Thornthwaite yöntemi ile Kırıkkale MGI için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



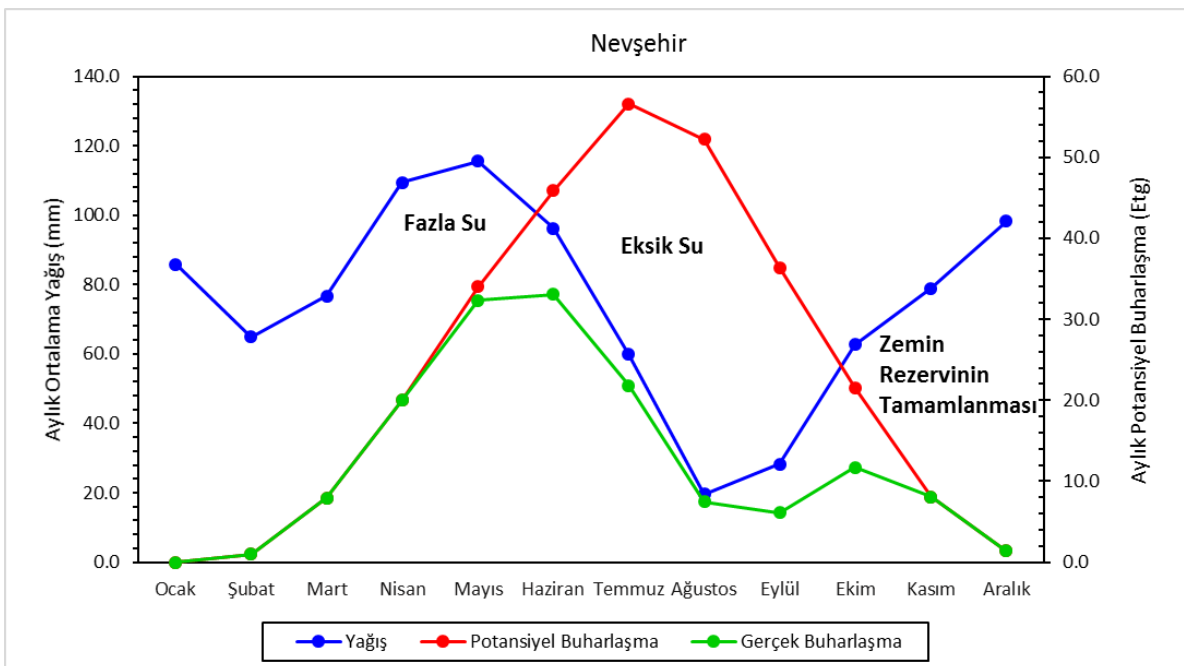
Ek 1.10. Thornthwaite yöntemi ile Mucur MGI için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



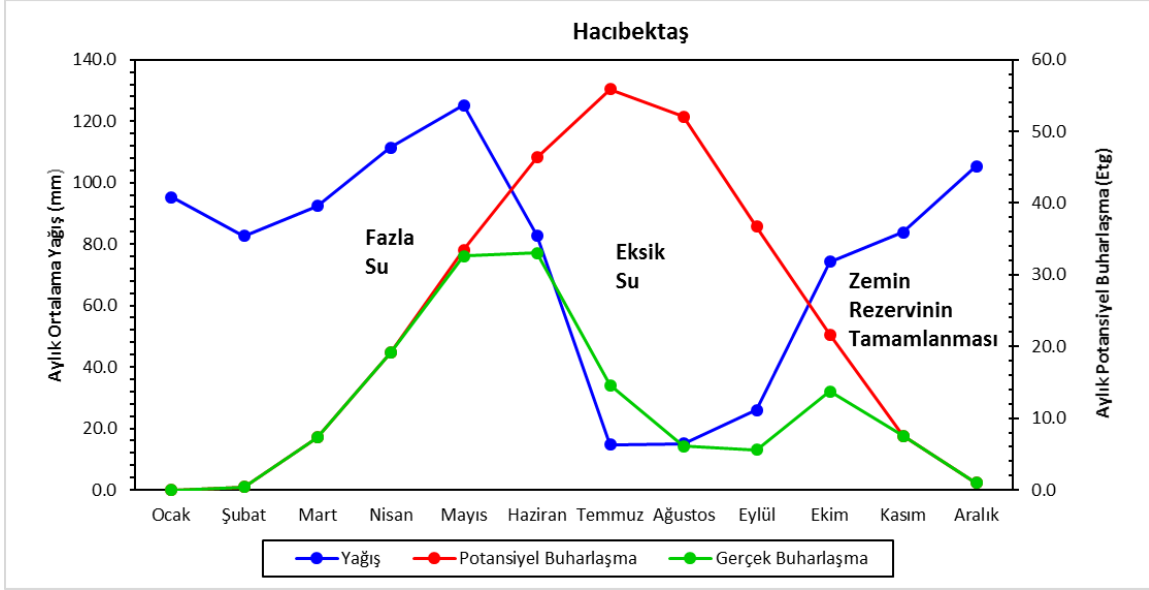
Ek 1.11. Thornthwaite yöntemi ile Akpınar MGI için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



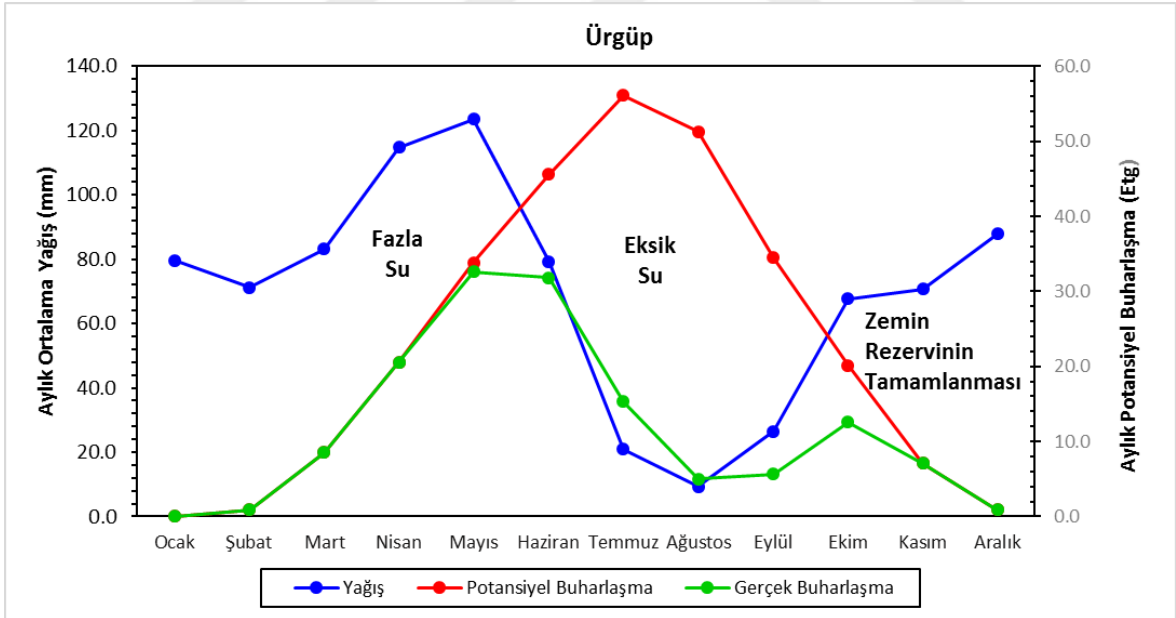
Ek 1.12. Thornthwaite yöntemi ile Nevşehir MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



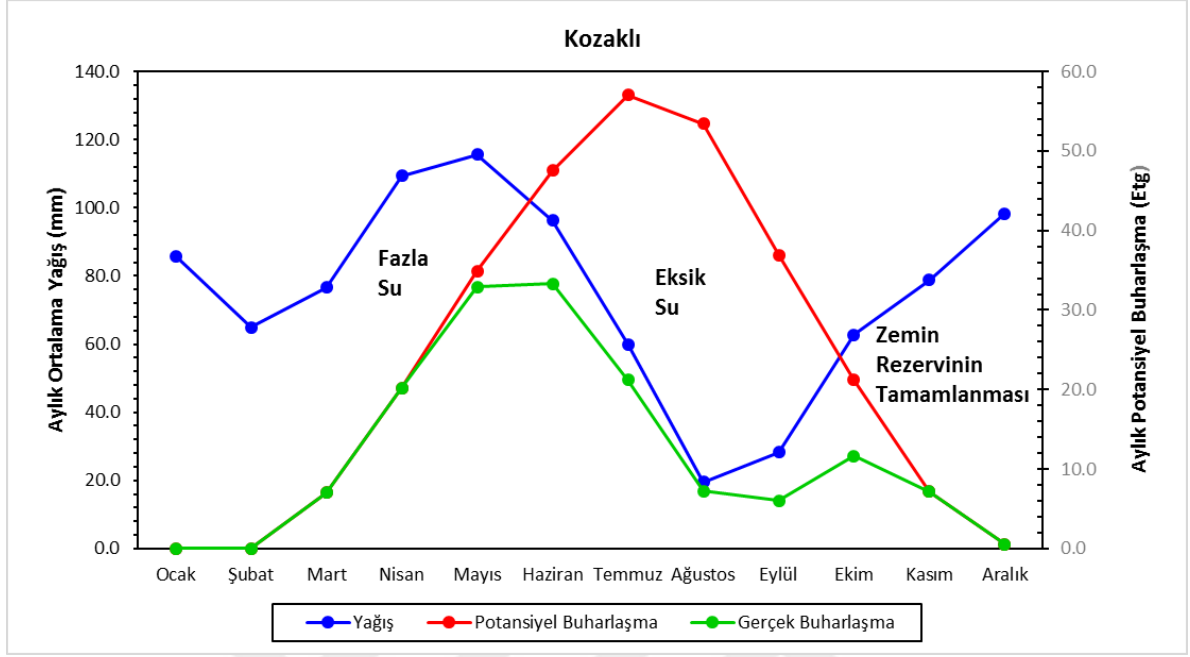
Ek 1.13. Thornthwaite yöntemi ile Hacıbektaş MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



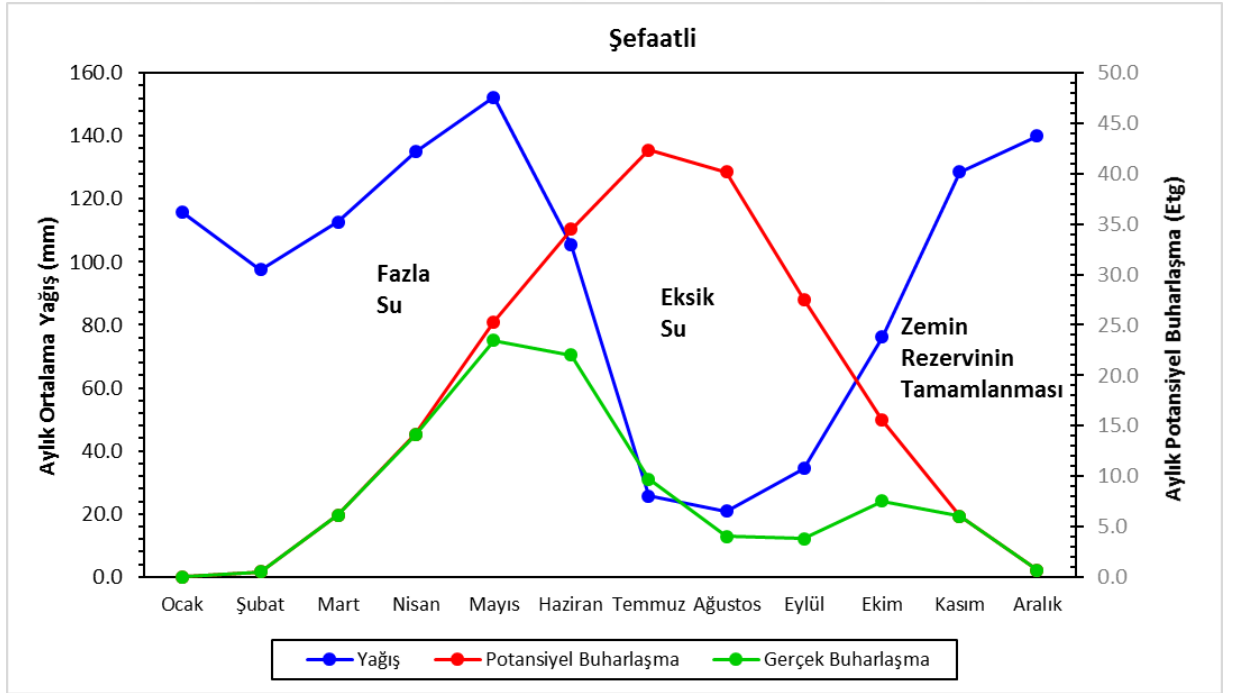
Ek 1.14. Thornthwaite yöntemi ile Ürgüp MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



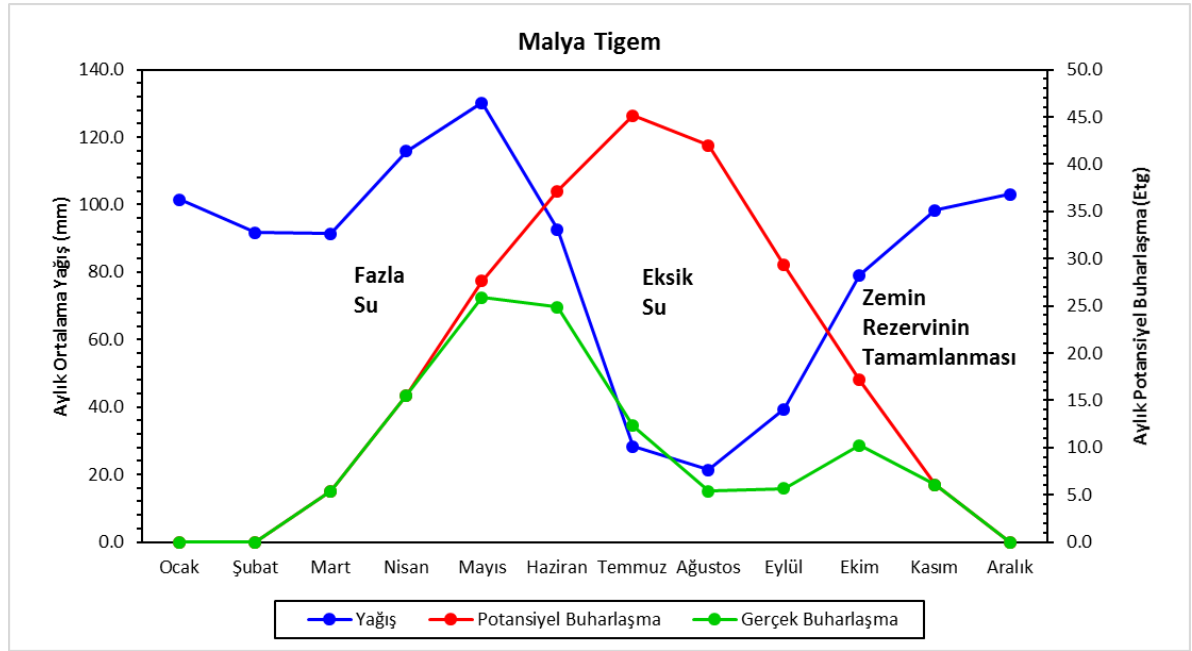
Ek 1.15. Thornthwaite yöntemi ile Kozaklı MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



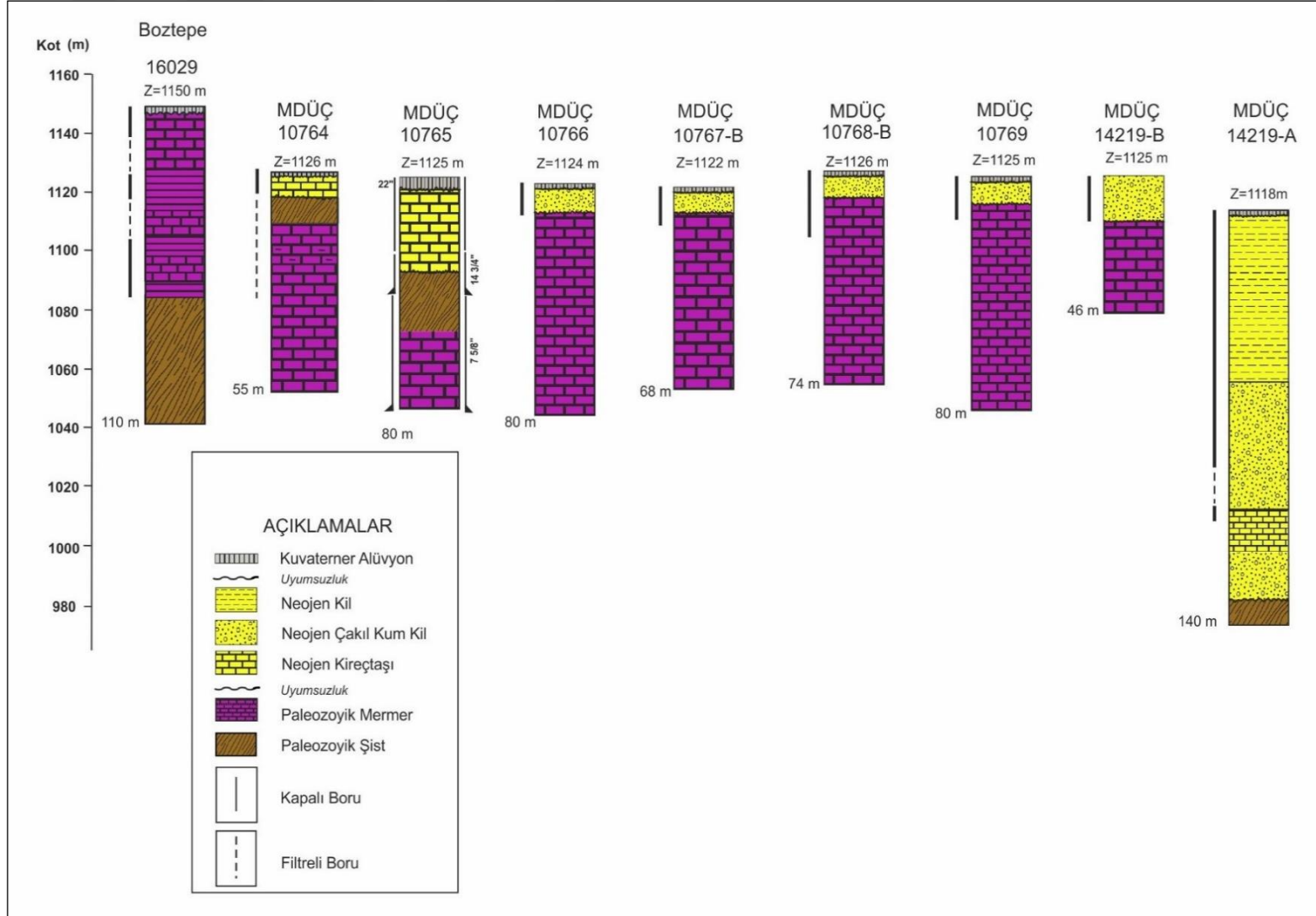
Ek 1.16. Thornthwaite yöntemi ile Şefaattli MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



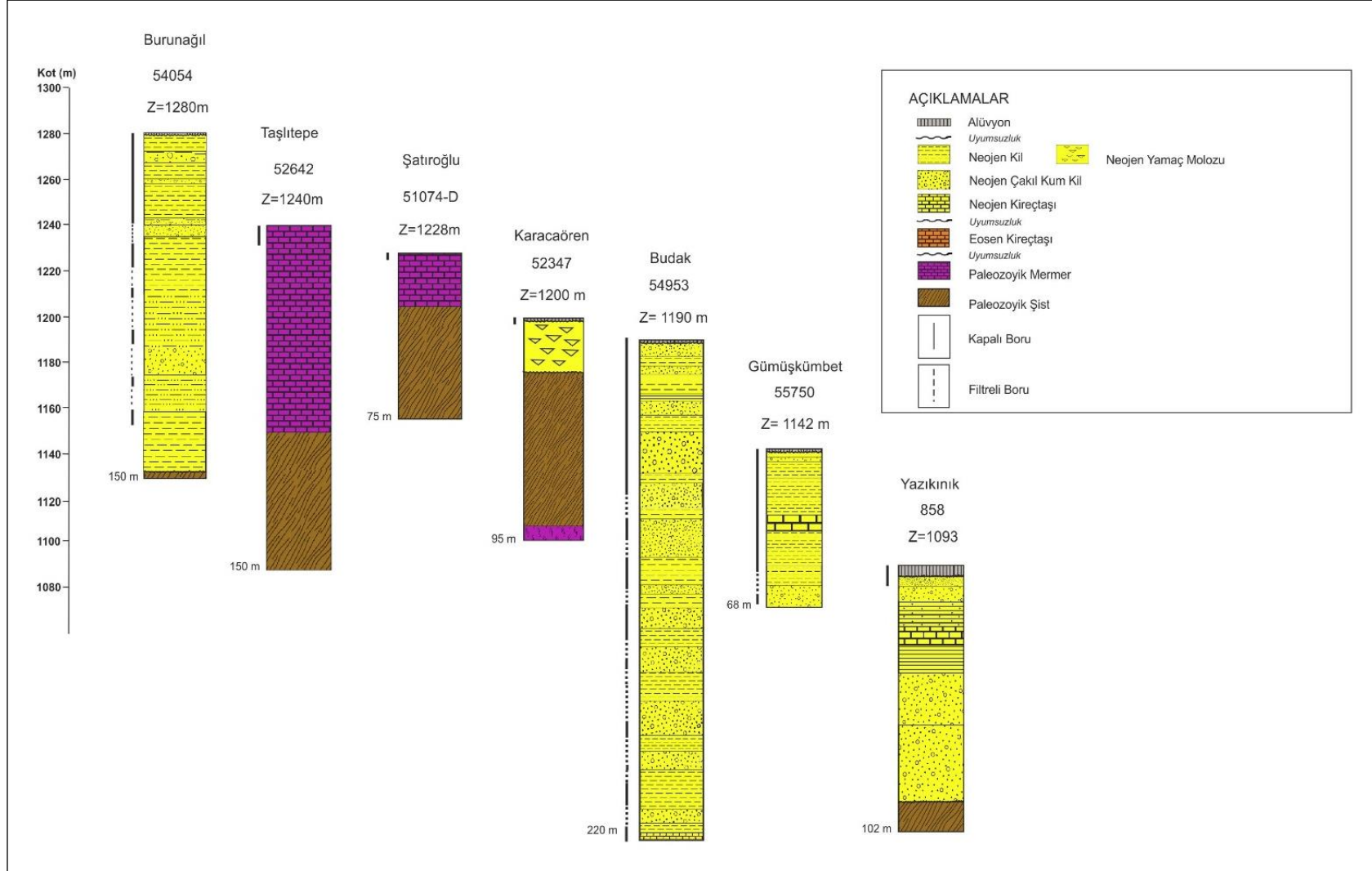
Ek 1.17. Thornthwaite yöntemi ile Malya Tigem MGİ için oluşturulan ortalama aylık ETp, gerçek buharlaşma ve aylık yağış miktarının değişim grafiği



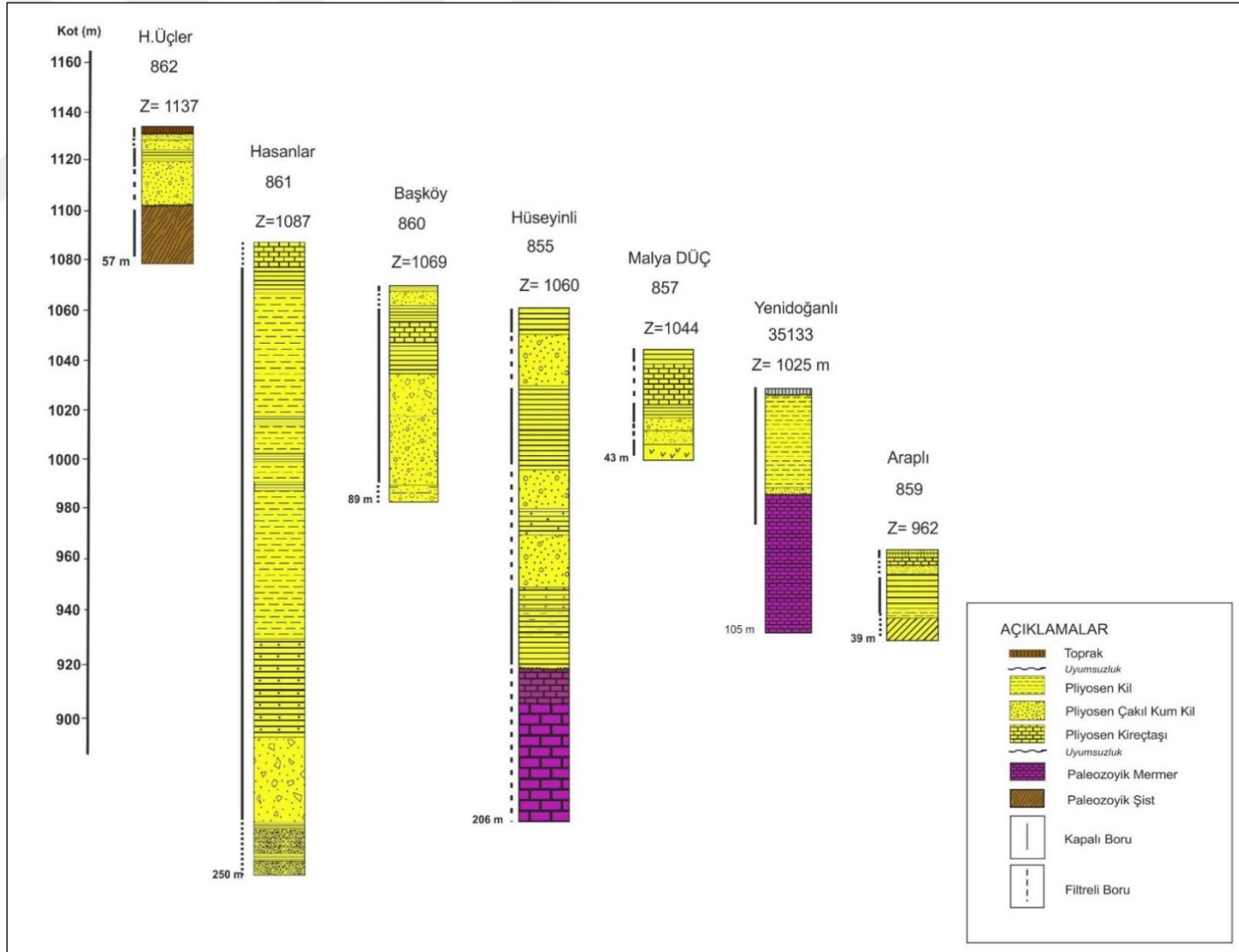
EK 1.18. Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları



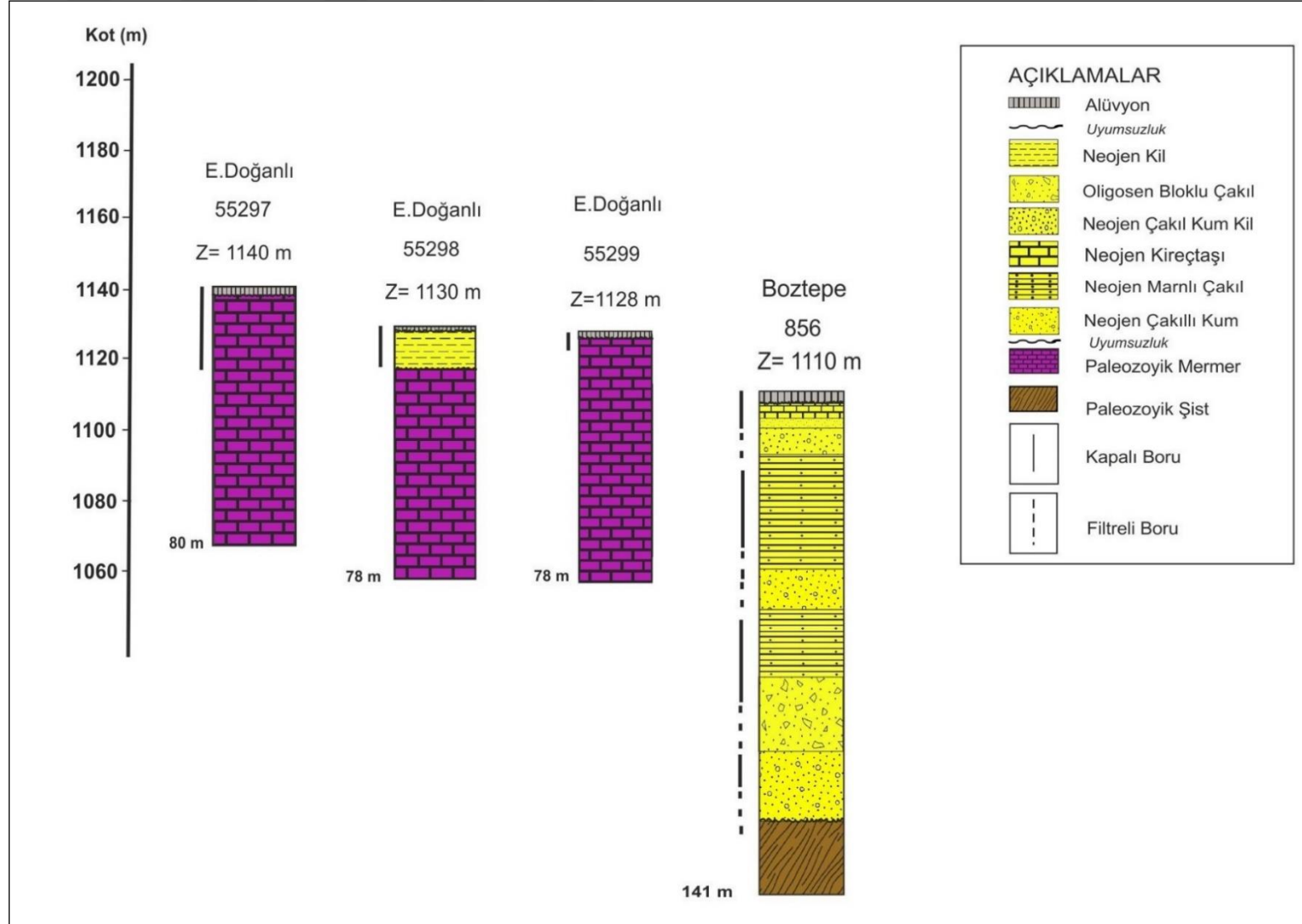
EK 1.19. Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)



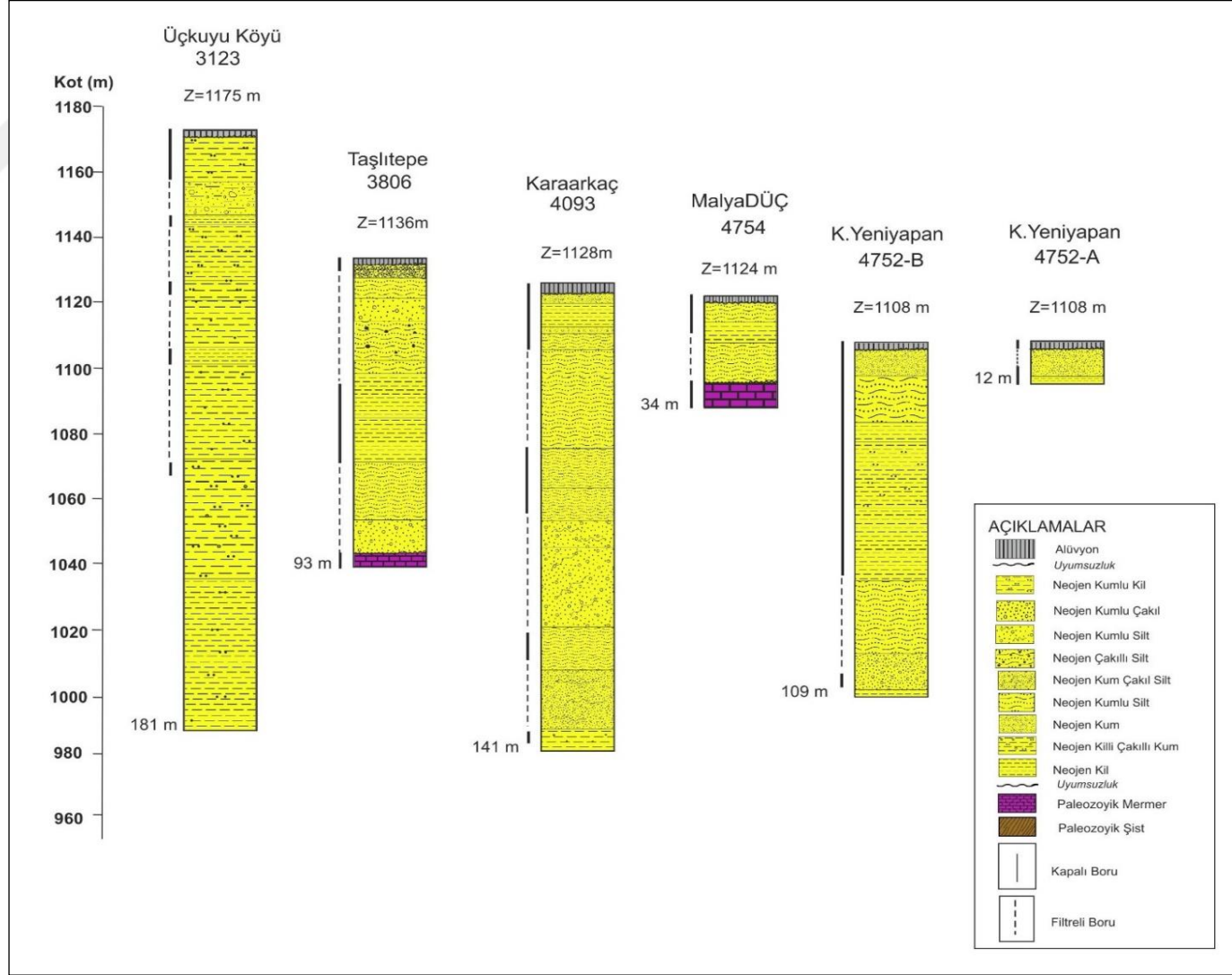
EK 1.20. Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)



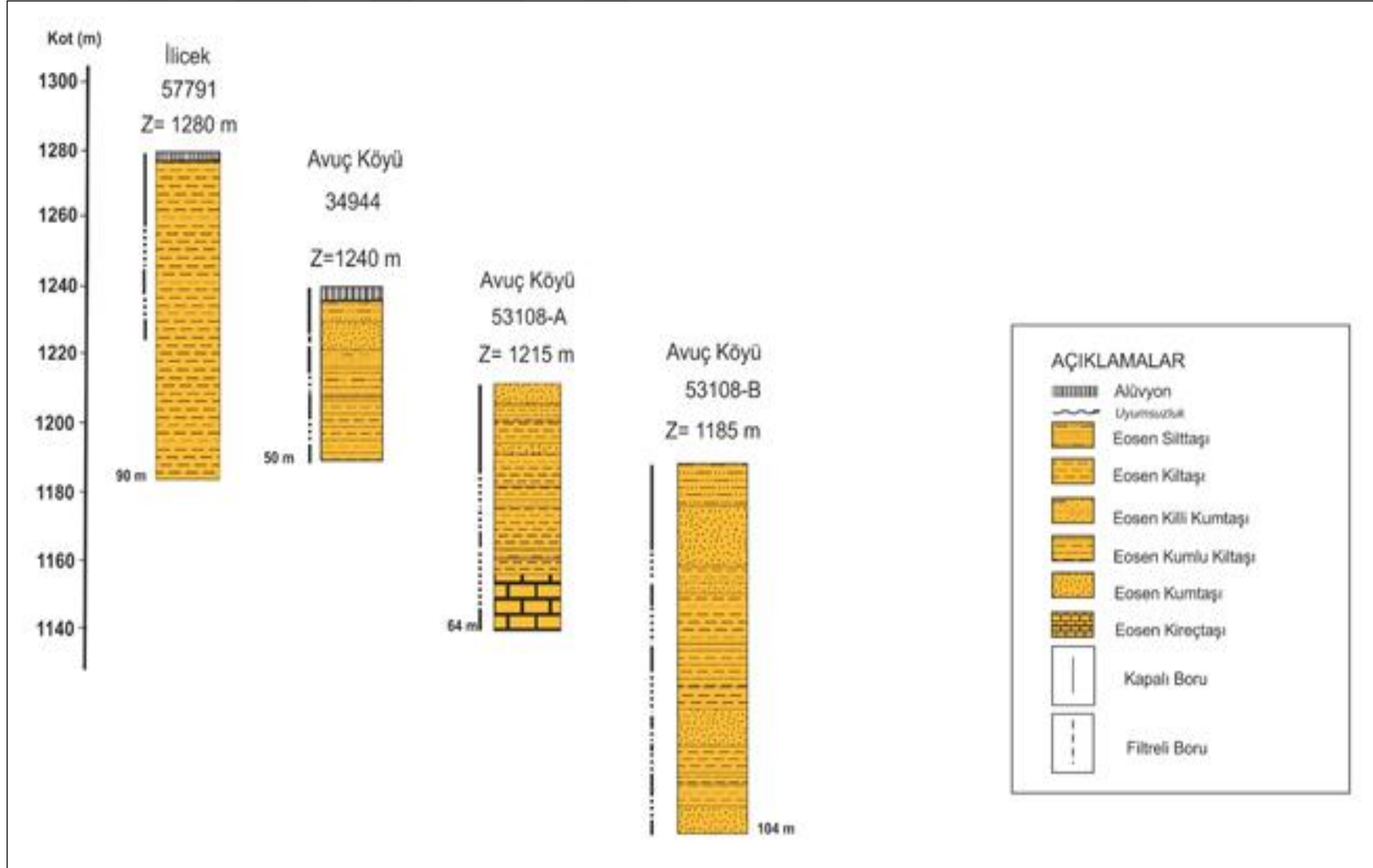
EK 1.21. Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)



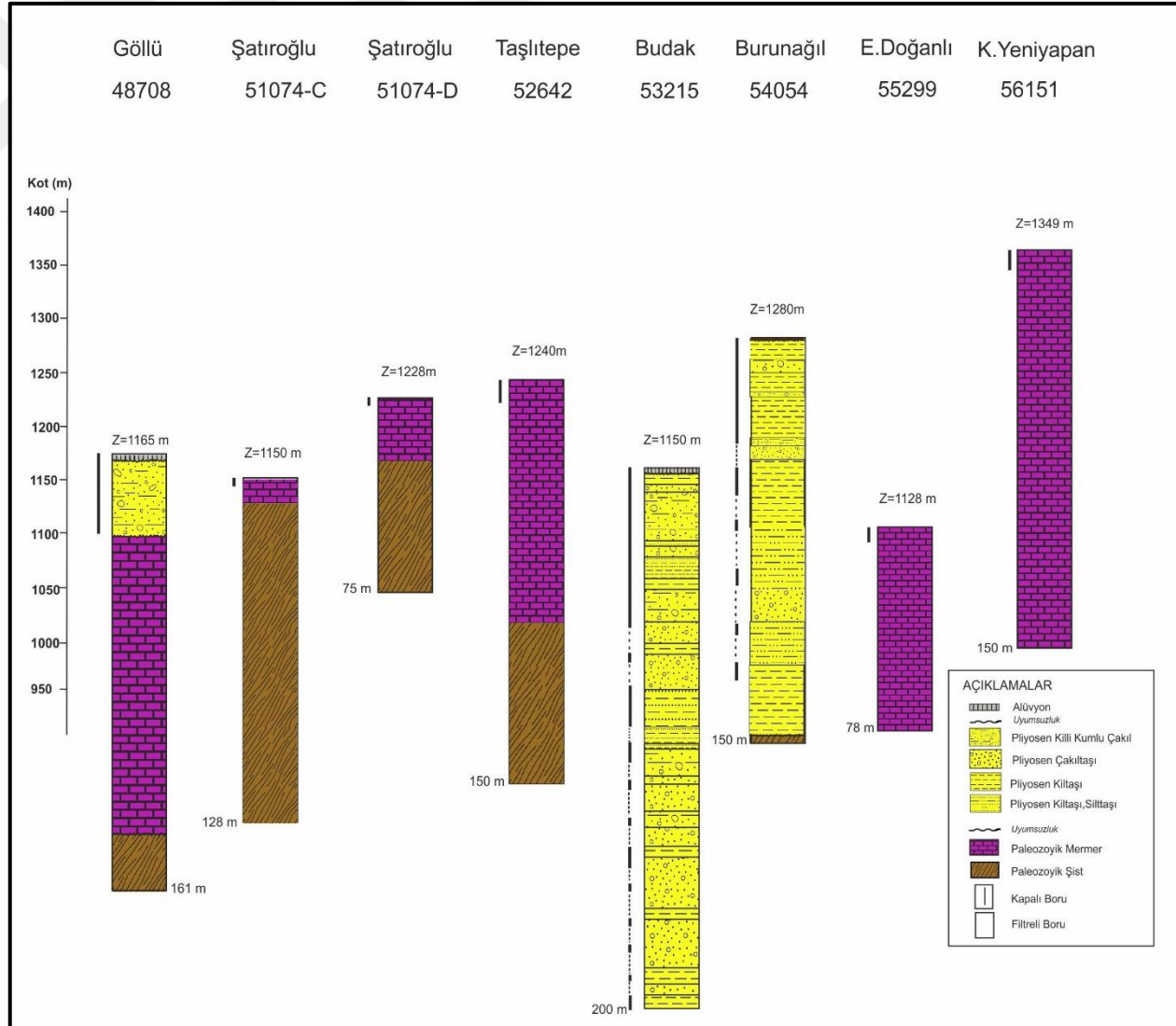
EK 1.22. Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)



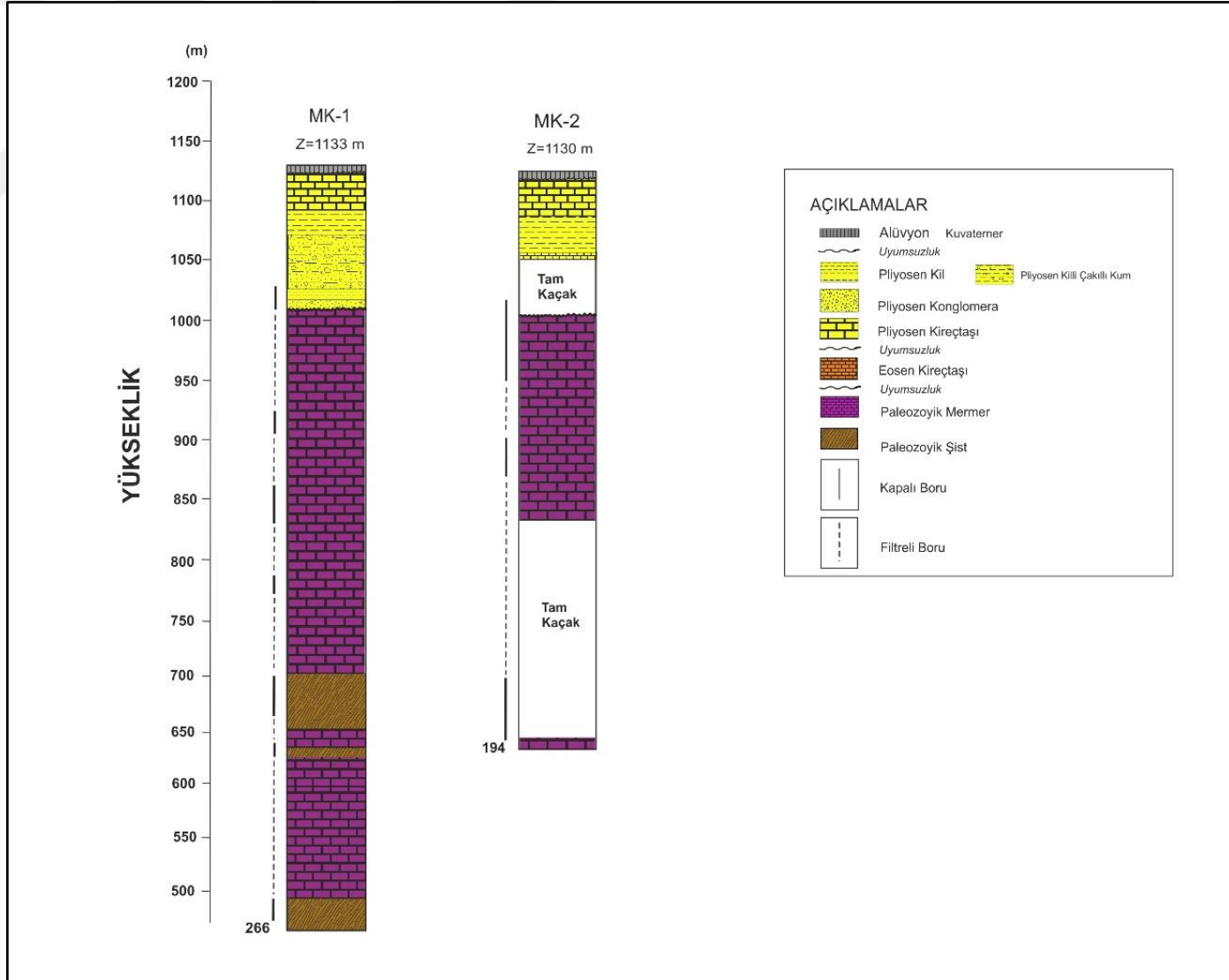
EK 1.23. Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)



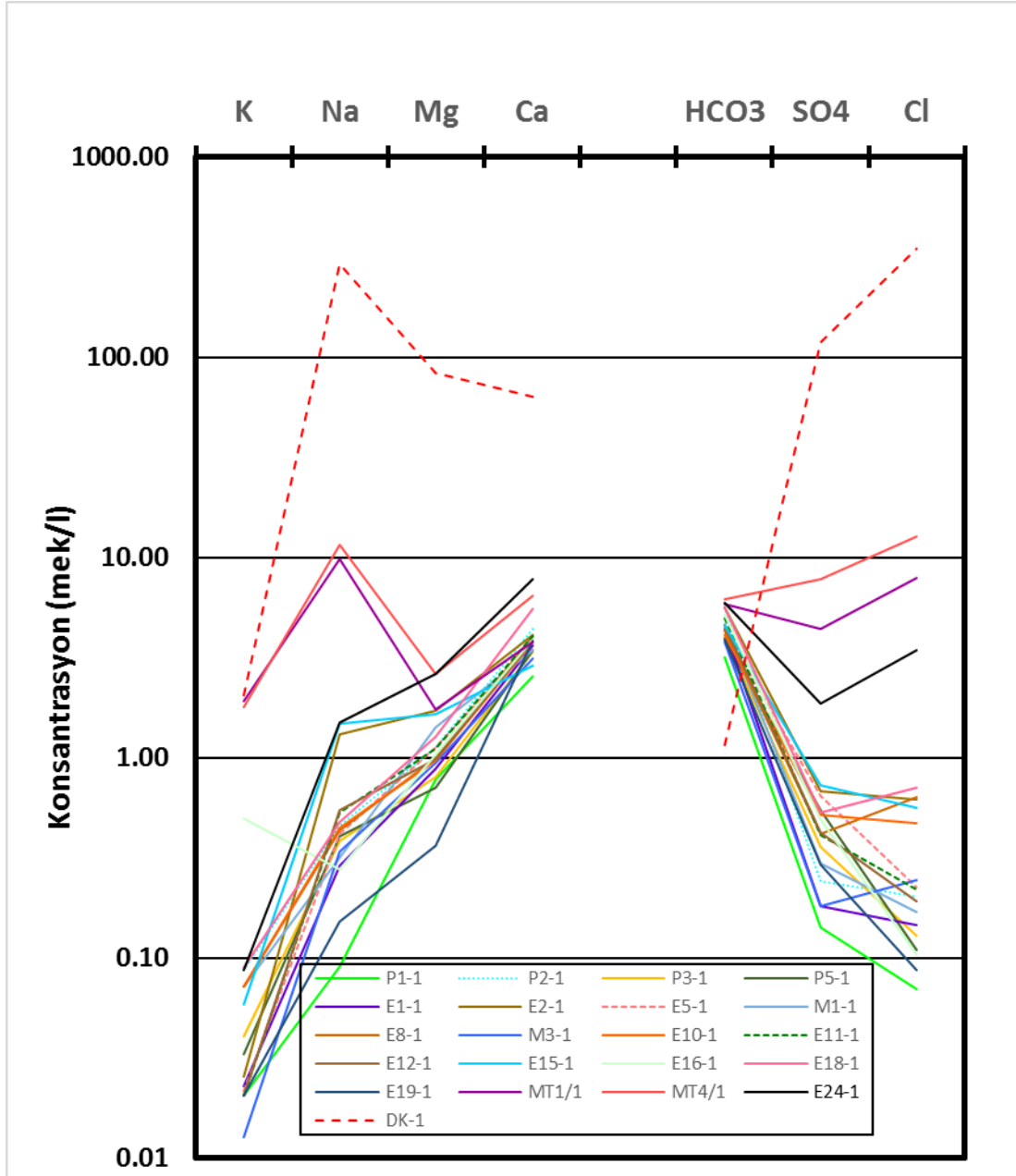
EK 1.24. Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan DSİ sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)



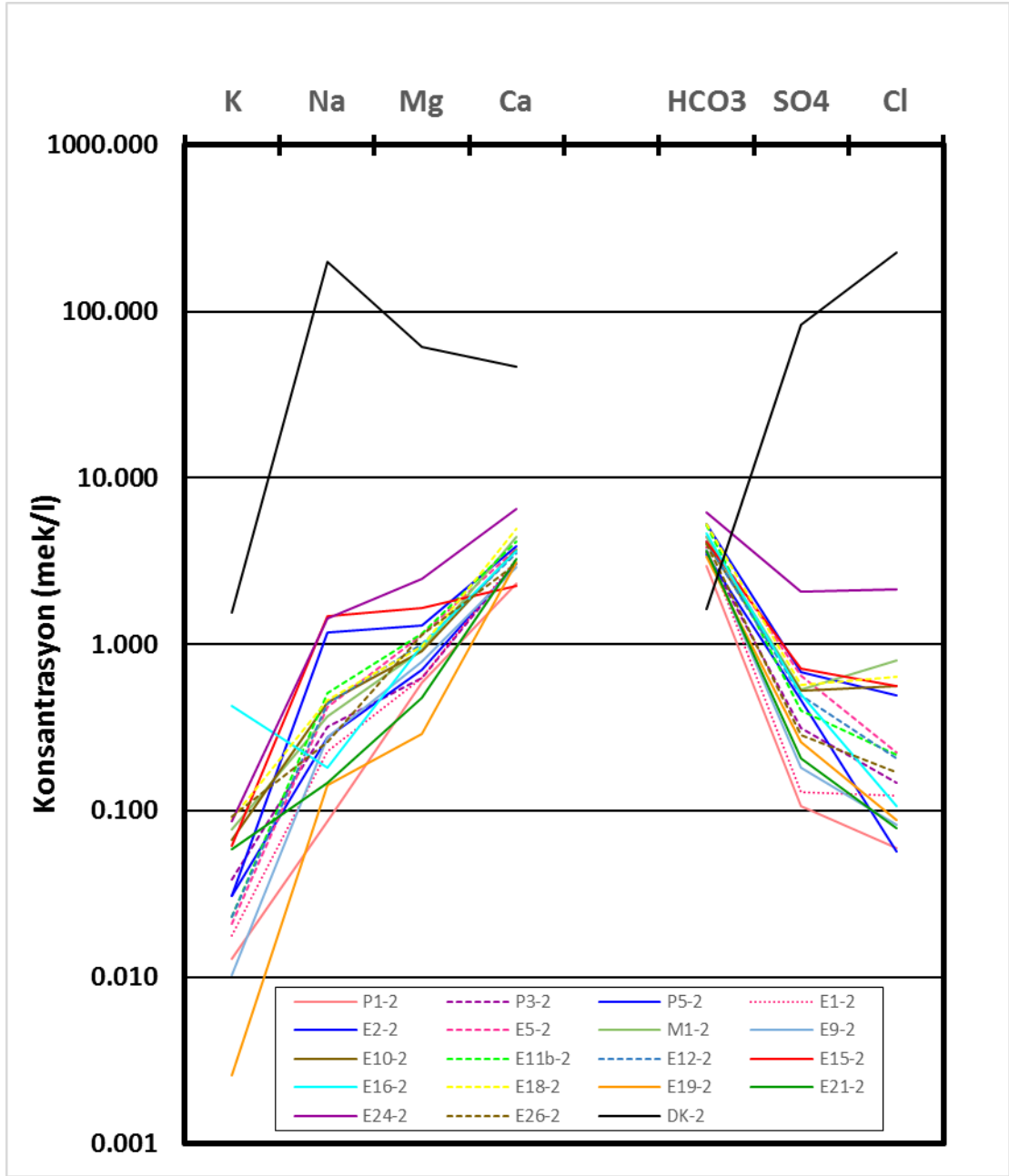
EK 1.25. Seyfe Gölü Havzasında açılmış olan MTA sıcak su sondajlarına ait kuyuların logları (devam ediyor)



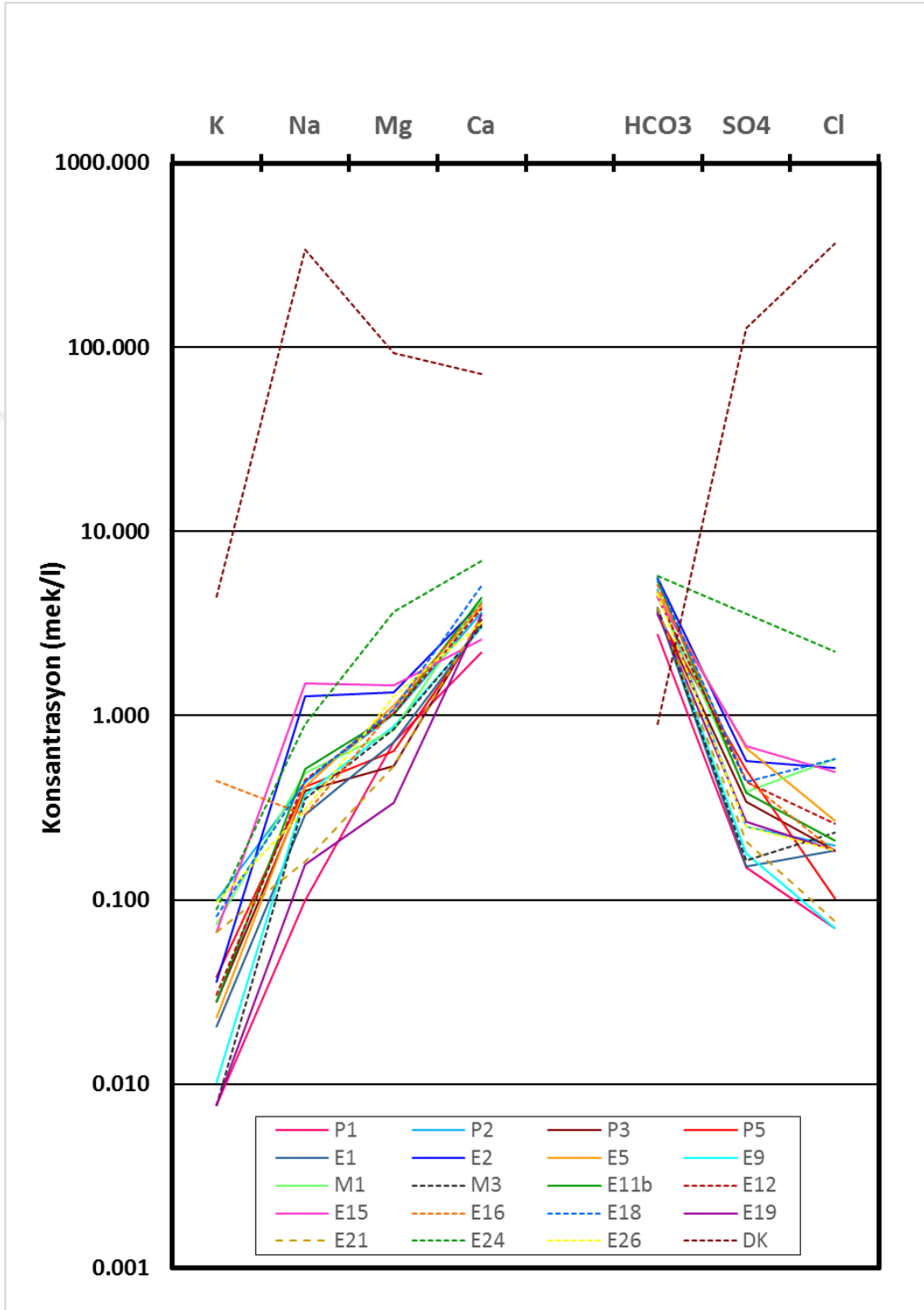
EK 1.26. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı.Logaritmik Diyagramı (Eylül 2019)



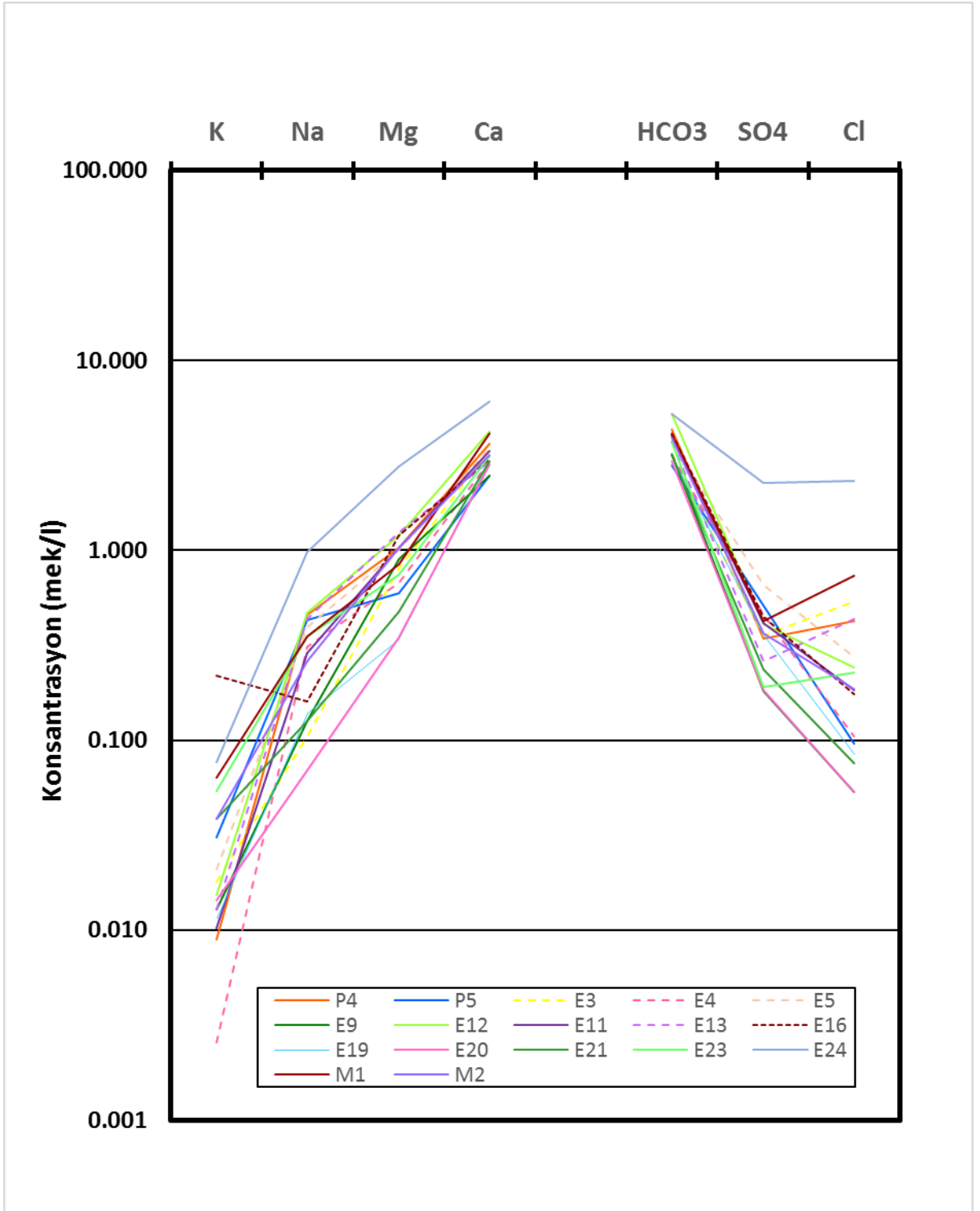
EK 1.27. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Aralık 2019)



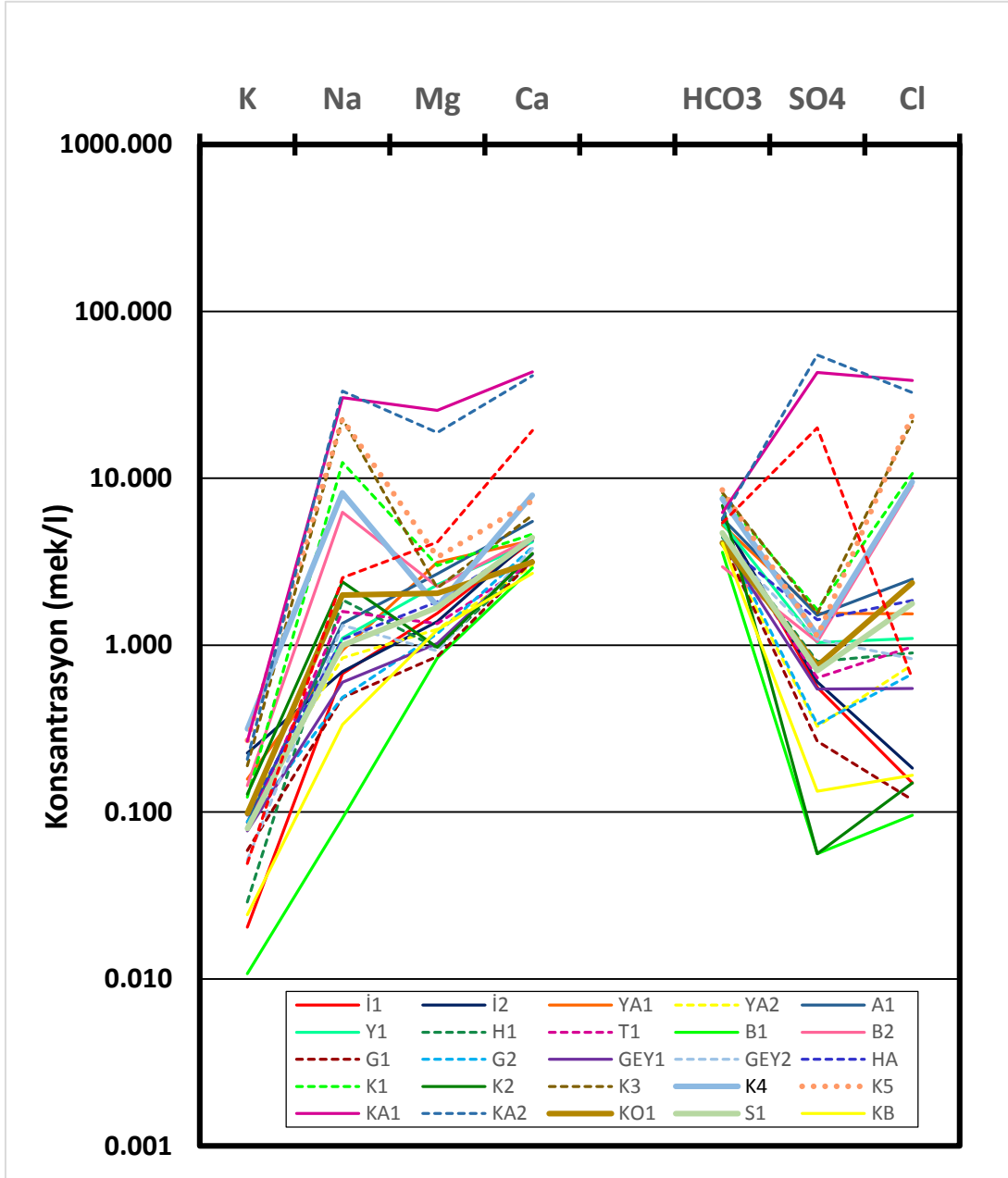
EK 1.28. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Ağustos 2020)



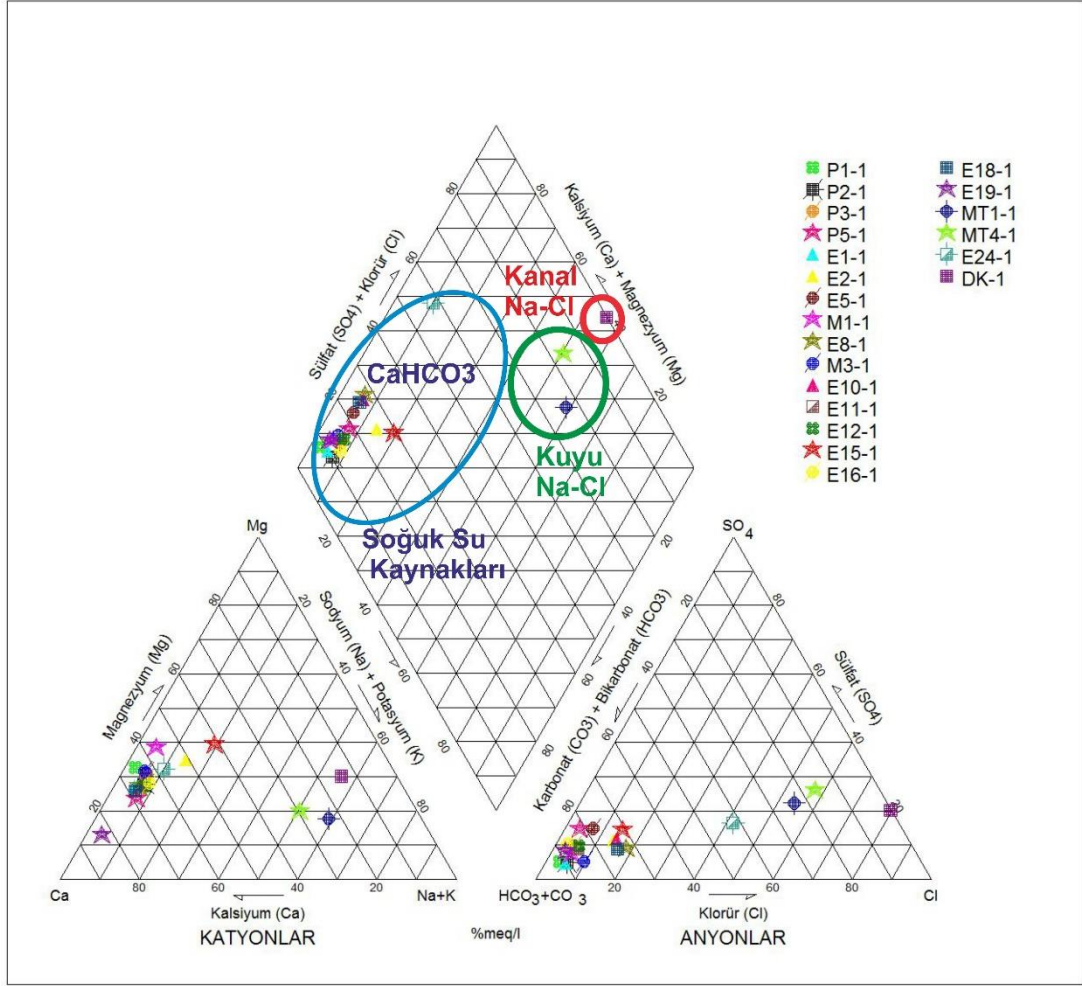
EK 1.29. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Şubat 2021)



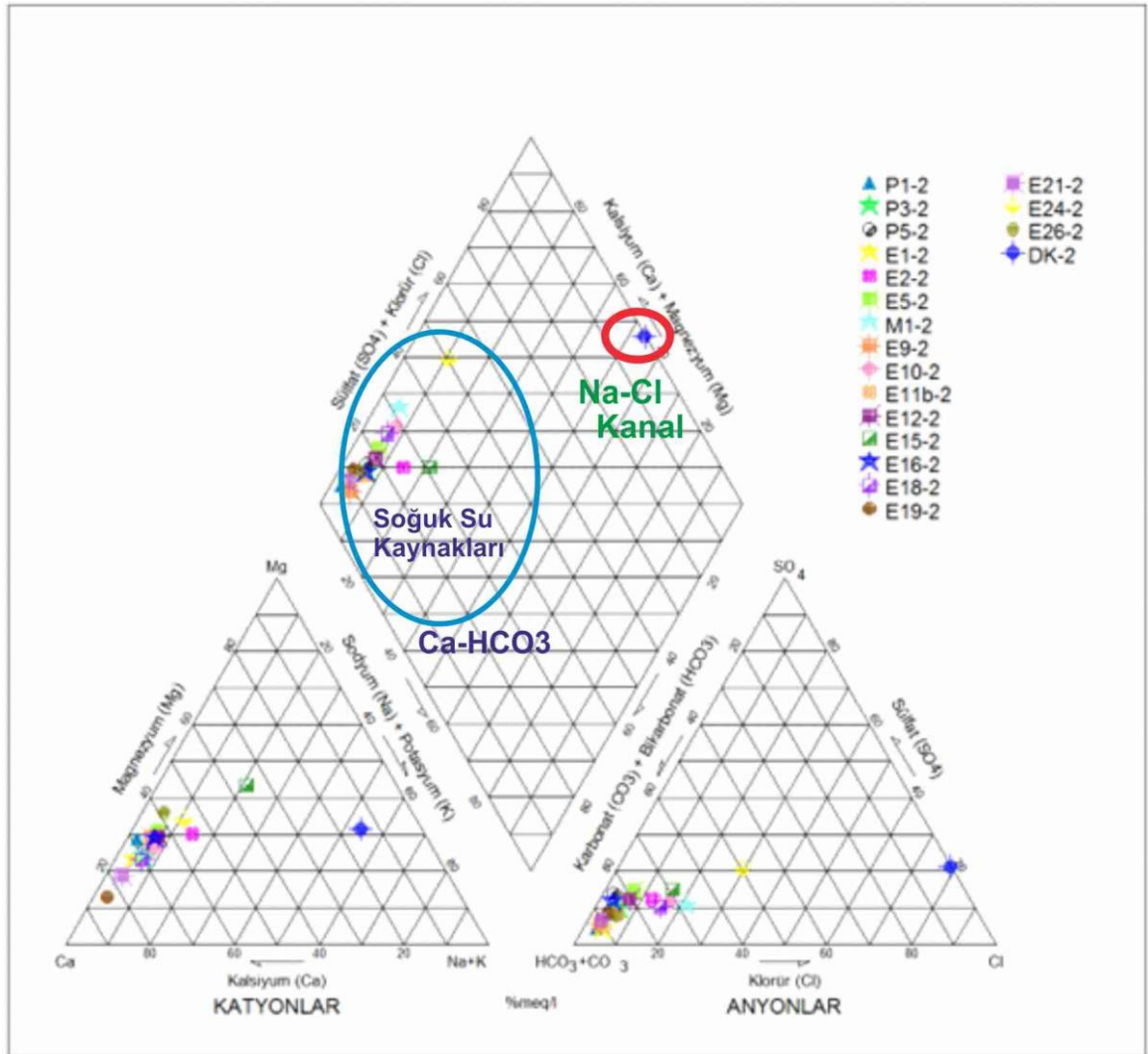
EK 1.30. Çalışma alanında örneklenen su noktalarının Yarı-Logaritmik Diyagramı (Mayıs 2021)



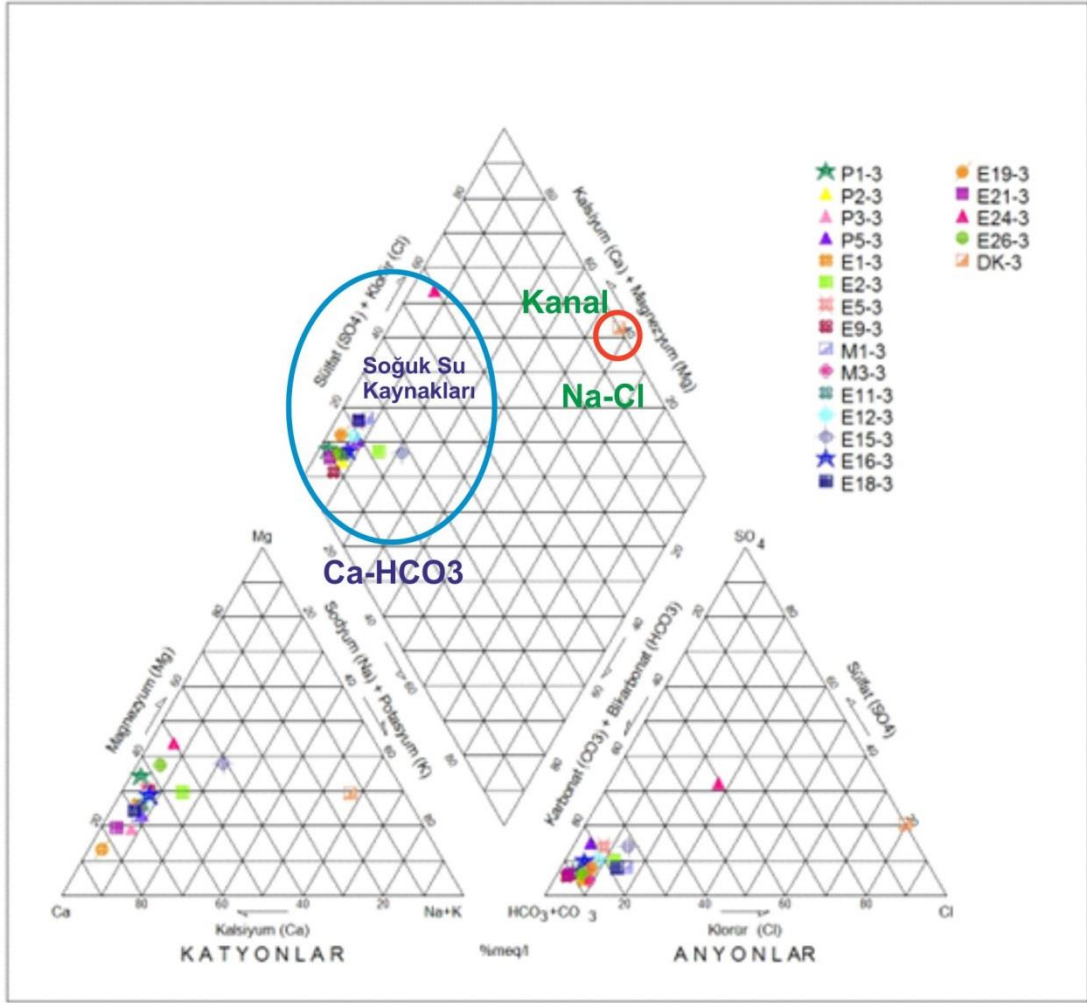
EK 1.31. Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Eylül 2019)



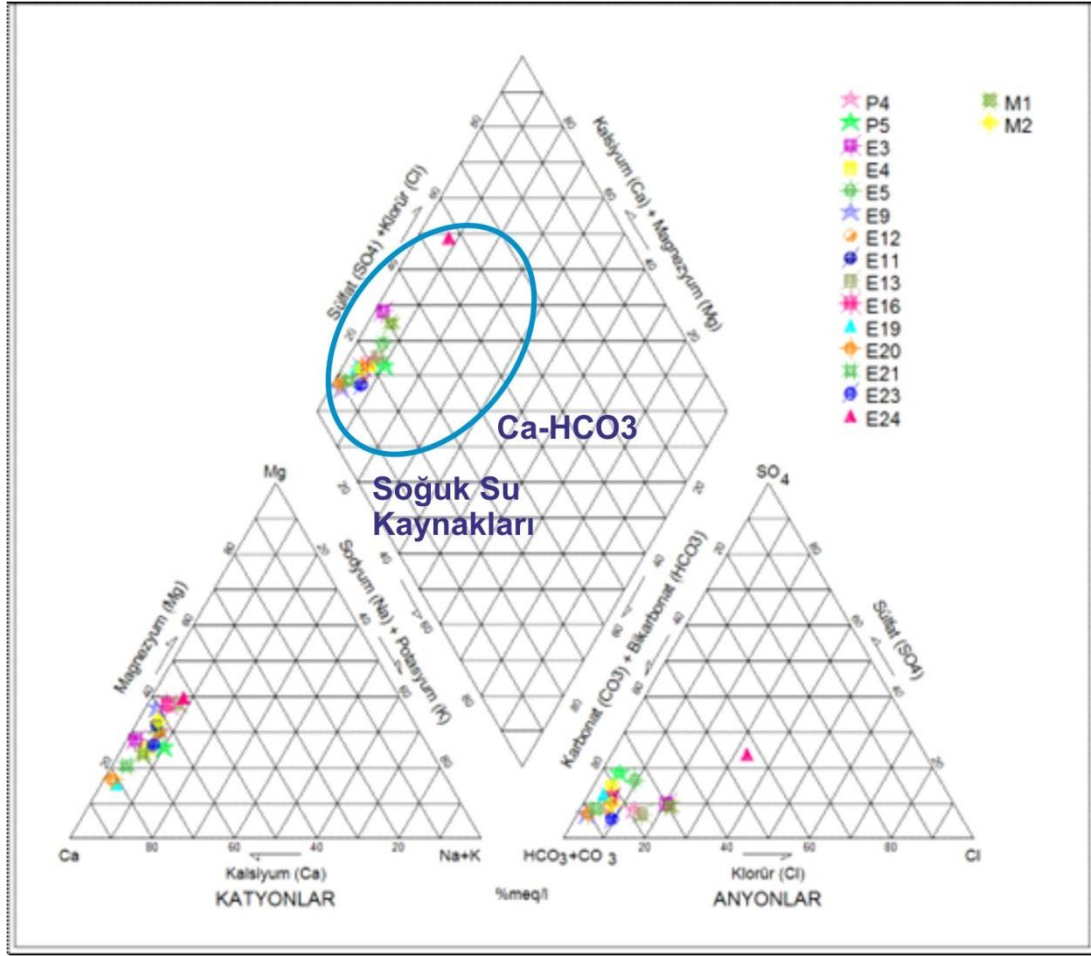
EK 1.32. Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Aralık 2019)



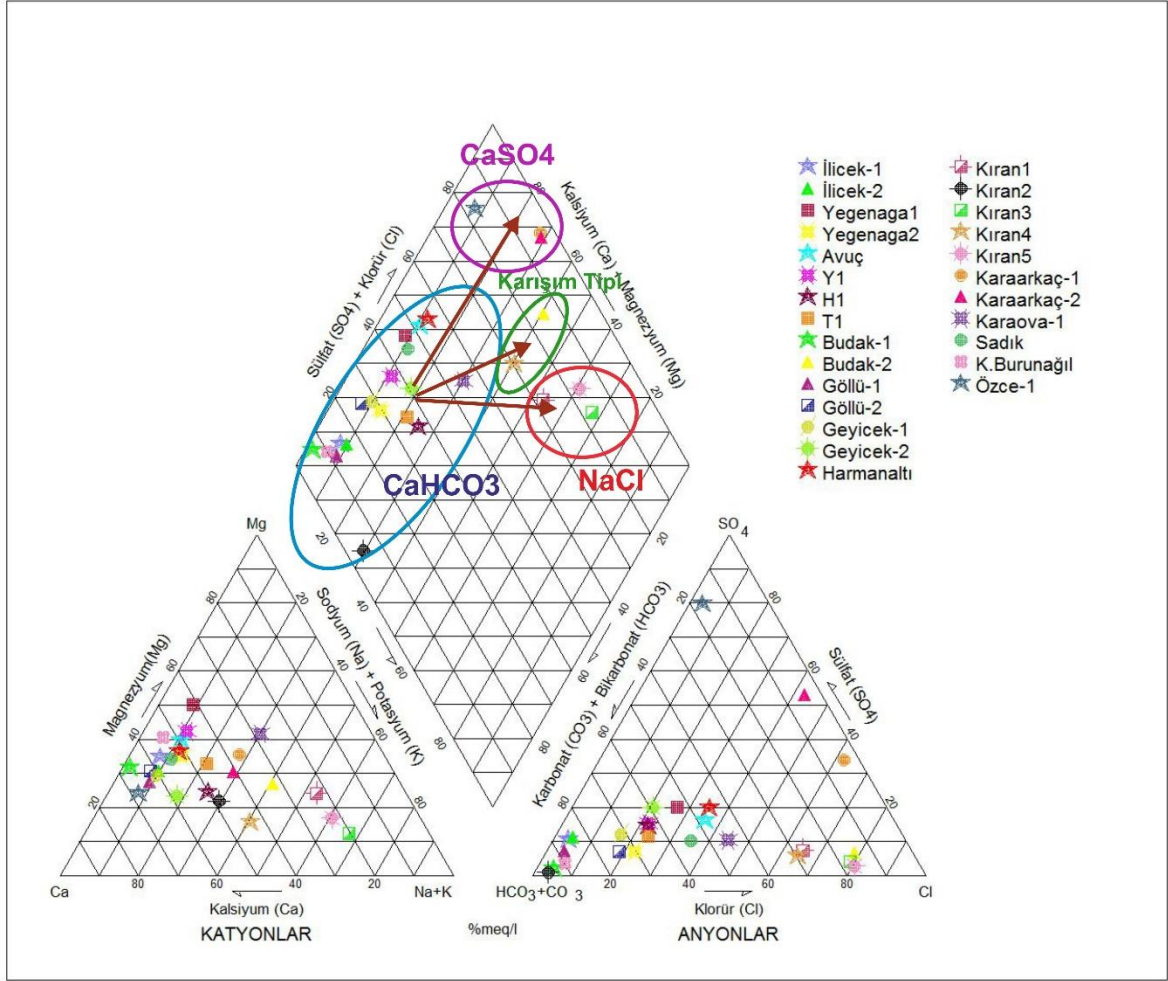
EK 1.33. Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Ağustos 2020)



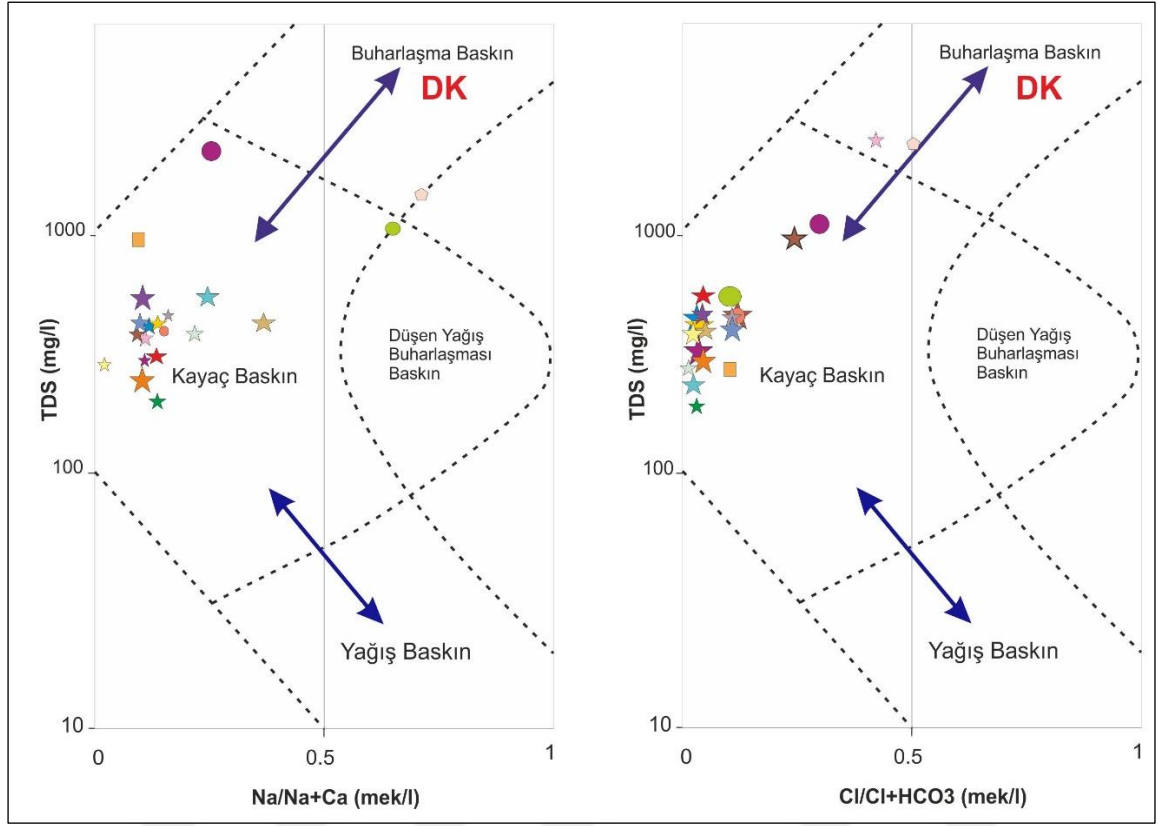
EK 1.34. Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Şubat 2021)



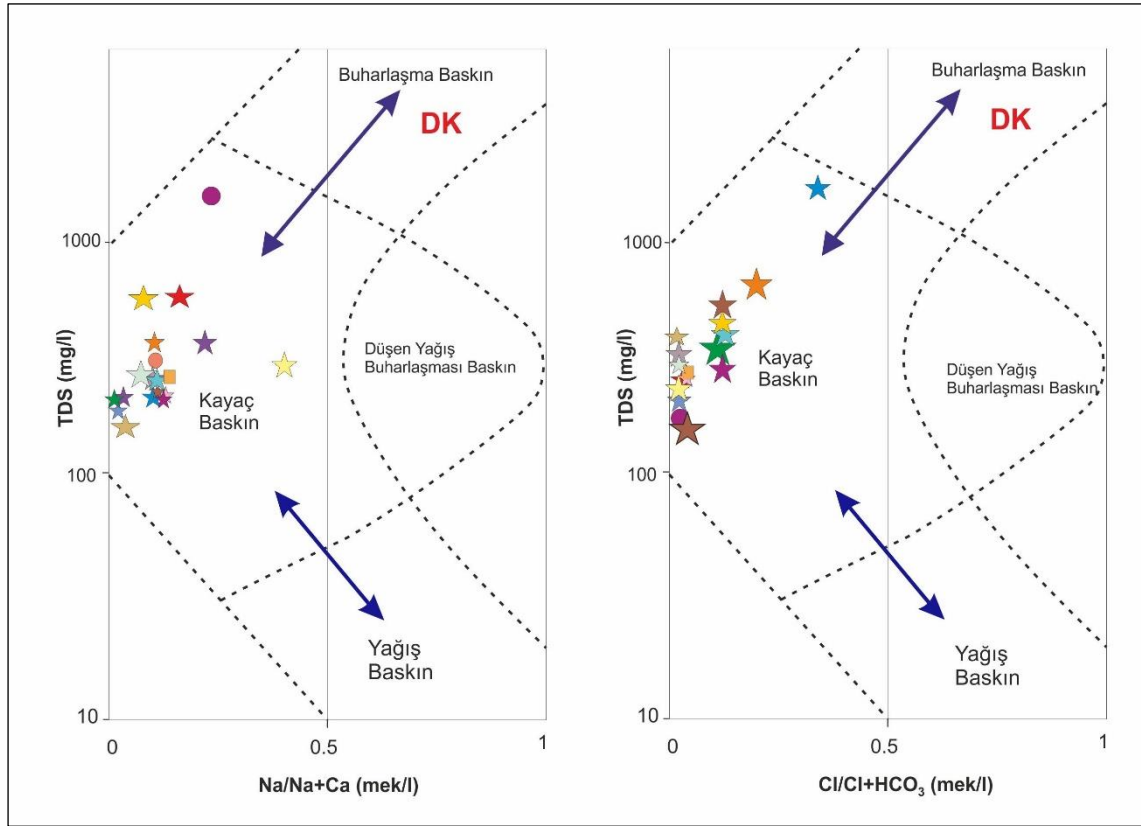
EK 1.35. Çalışma alanındaki su noktalarına ait Piper Diyagramı (Mayıs 2021)



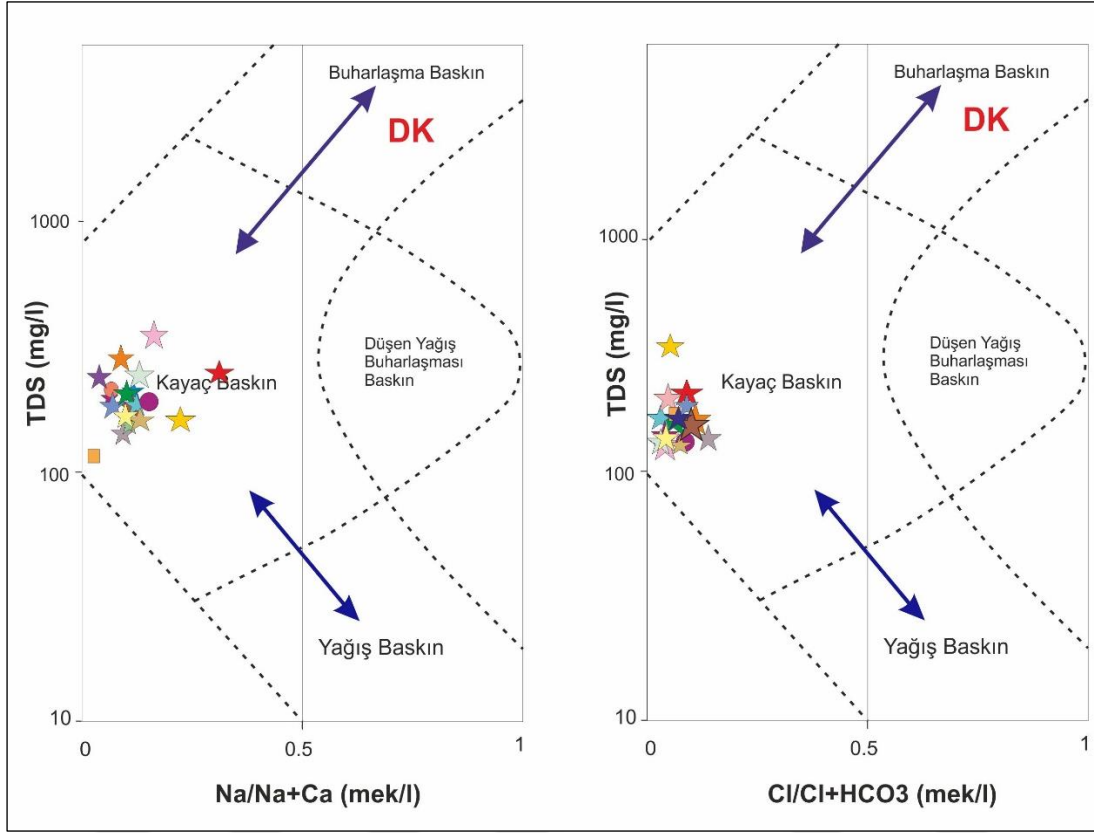
EK 1.36. Çalışma alanındaki su noktalarının Gibbs Diyagramı üzerindeki konumları (Eylül 2019)



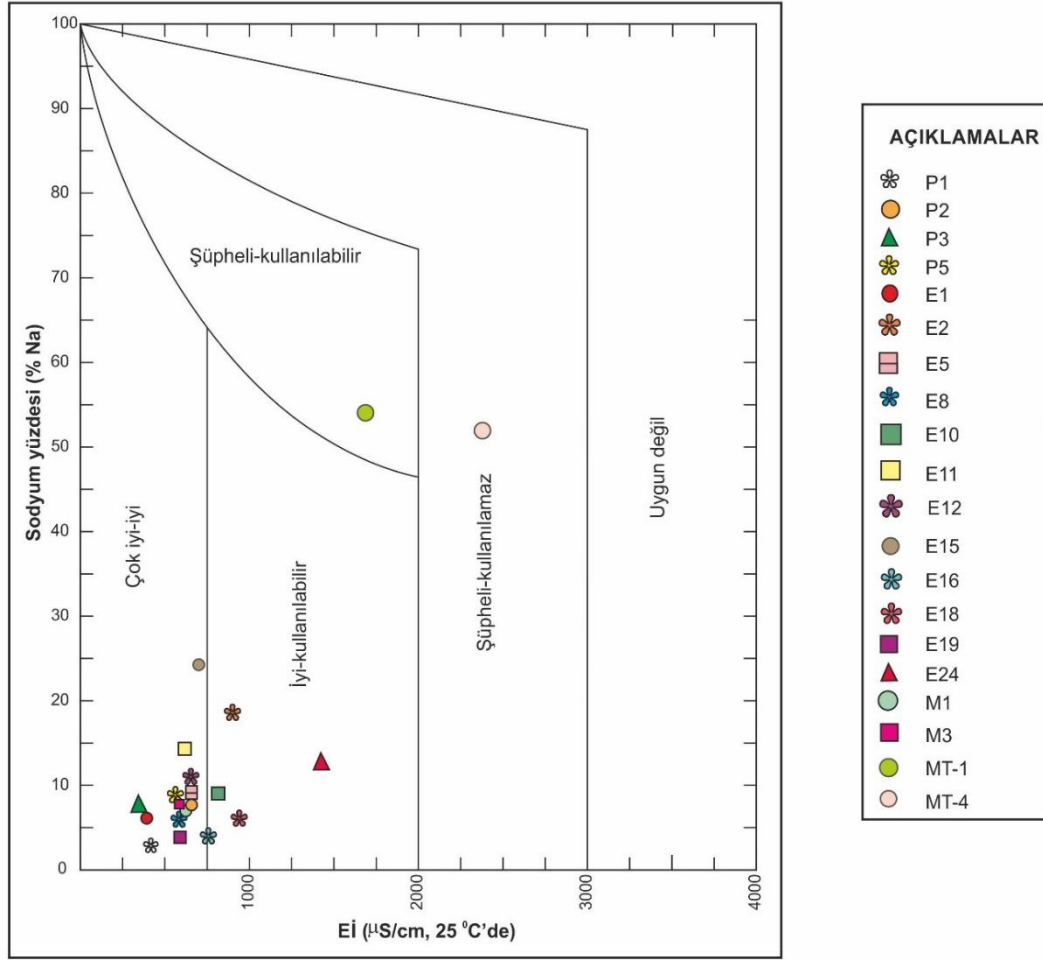
EK 1.37. Çalışma alanındaki su noktalarının Gibbs Diyagramı üzerindeki konumları (Aralık 2019)



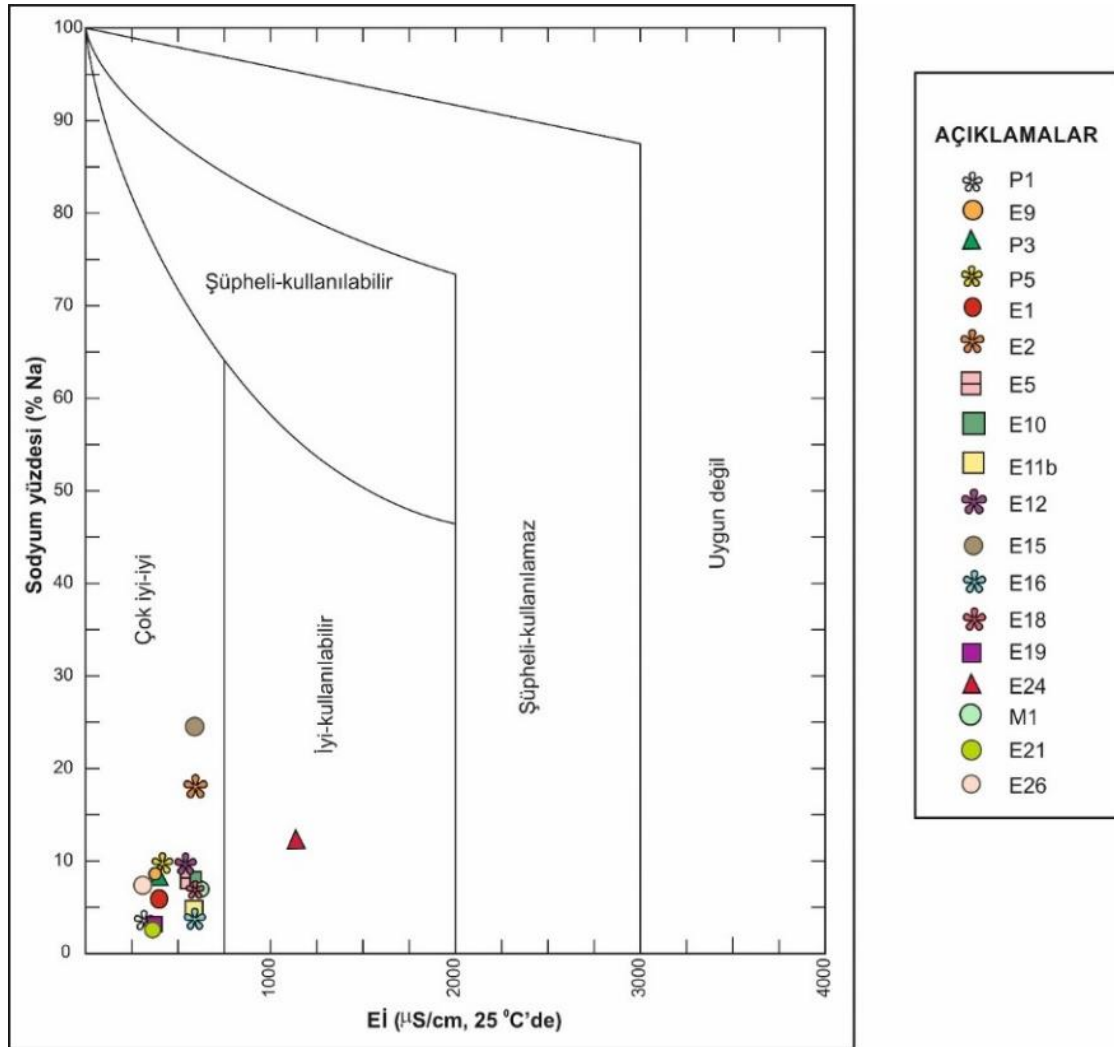
EK 1.38. Çalışma alanındaki su noktalarının Gibbs Diyagramı üzerindeki konumları (Ağustos 2020)



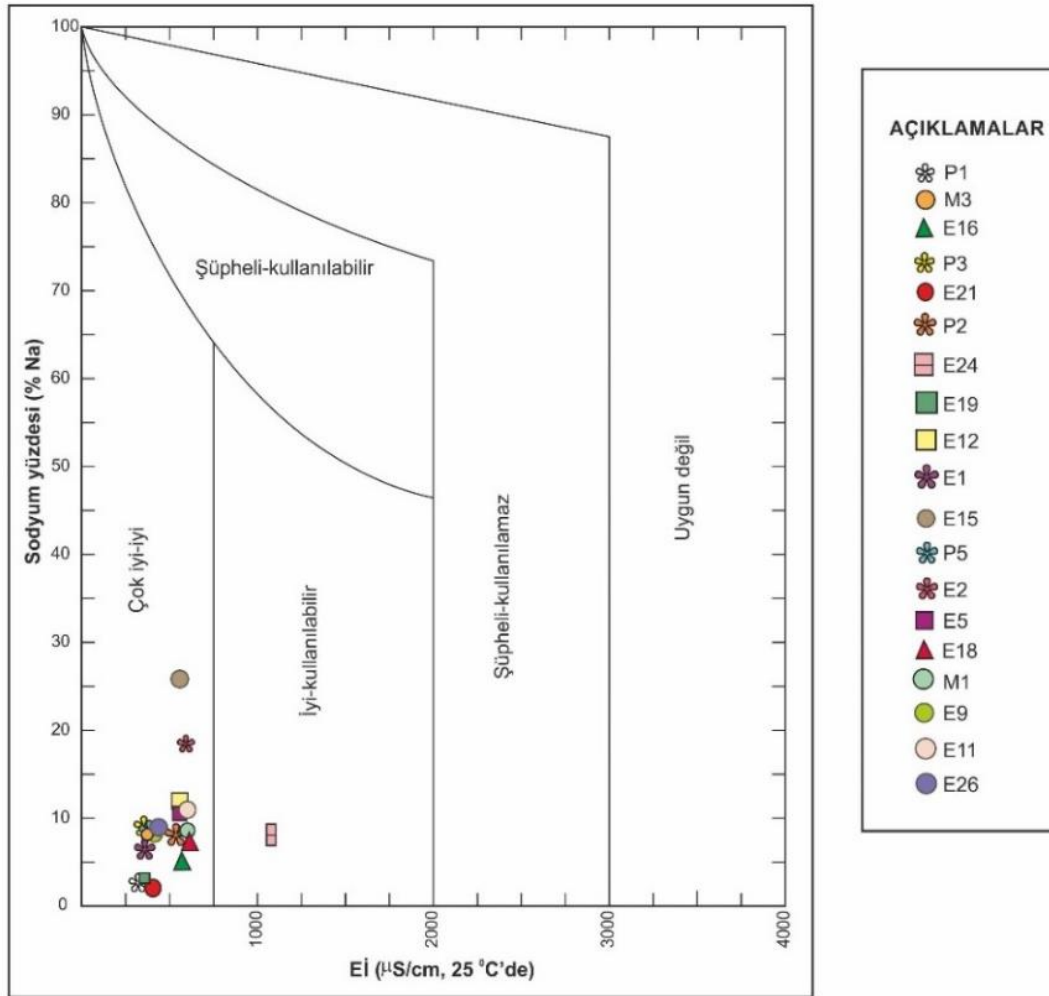
EK 1.39. Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Eylül 2019)



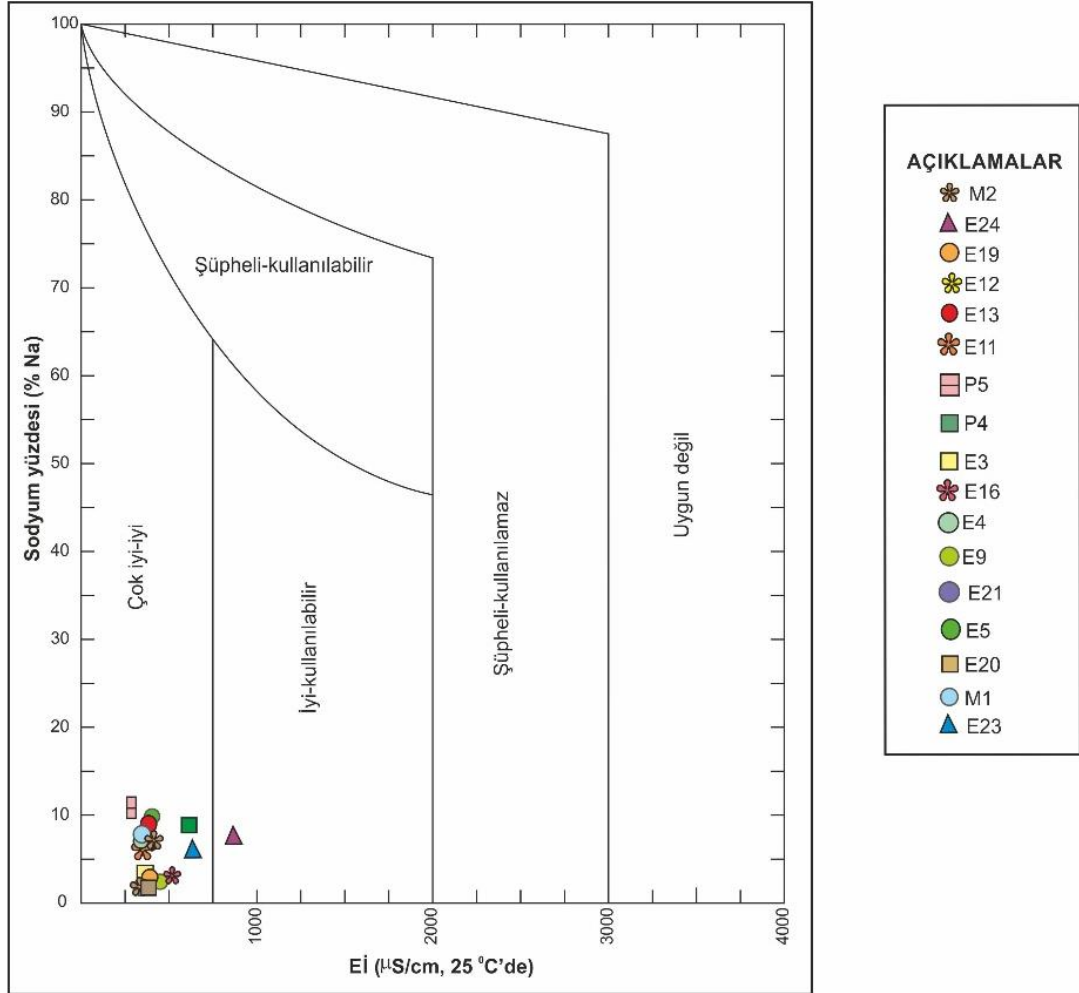
EK 1.40. Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Aralık 2019)



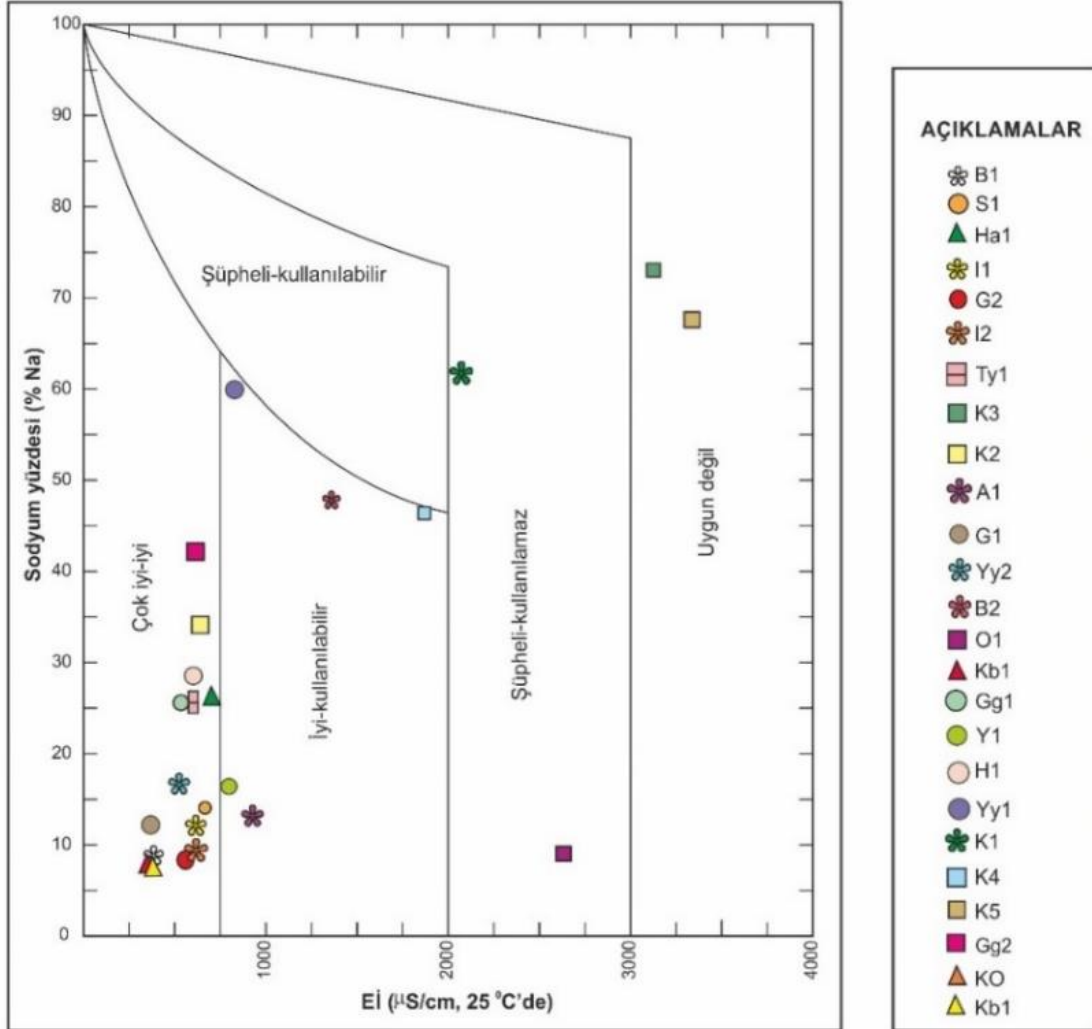
EK 1.41. Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Ağustos 2020)



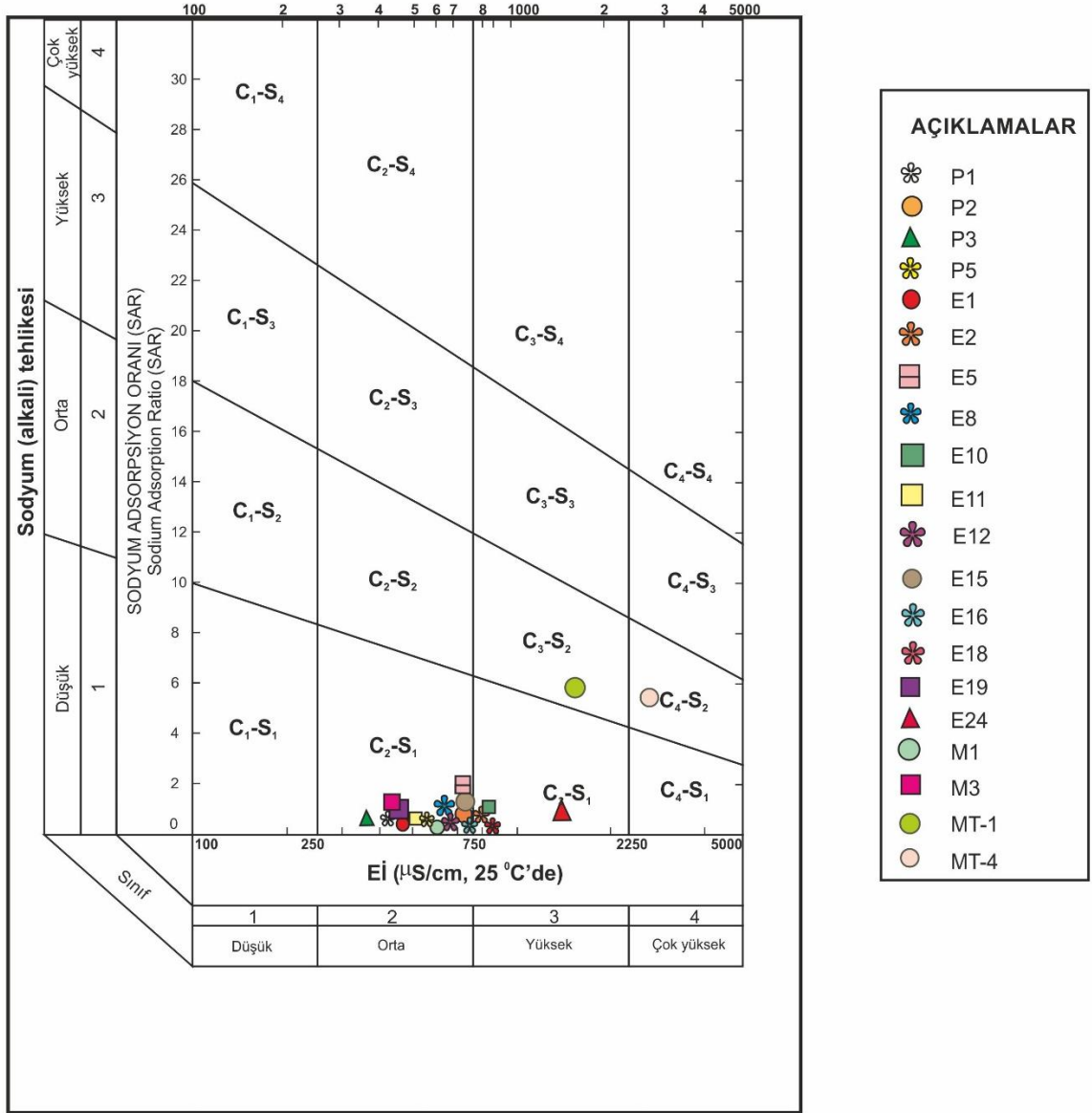
EK 1.42. Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Şubat 2021)



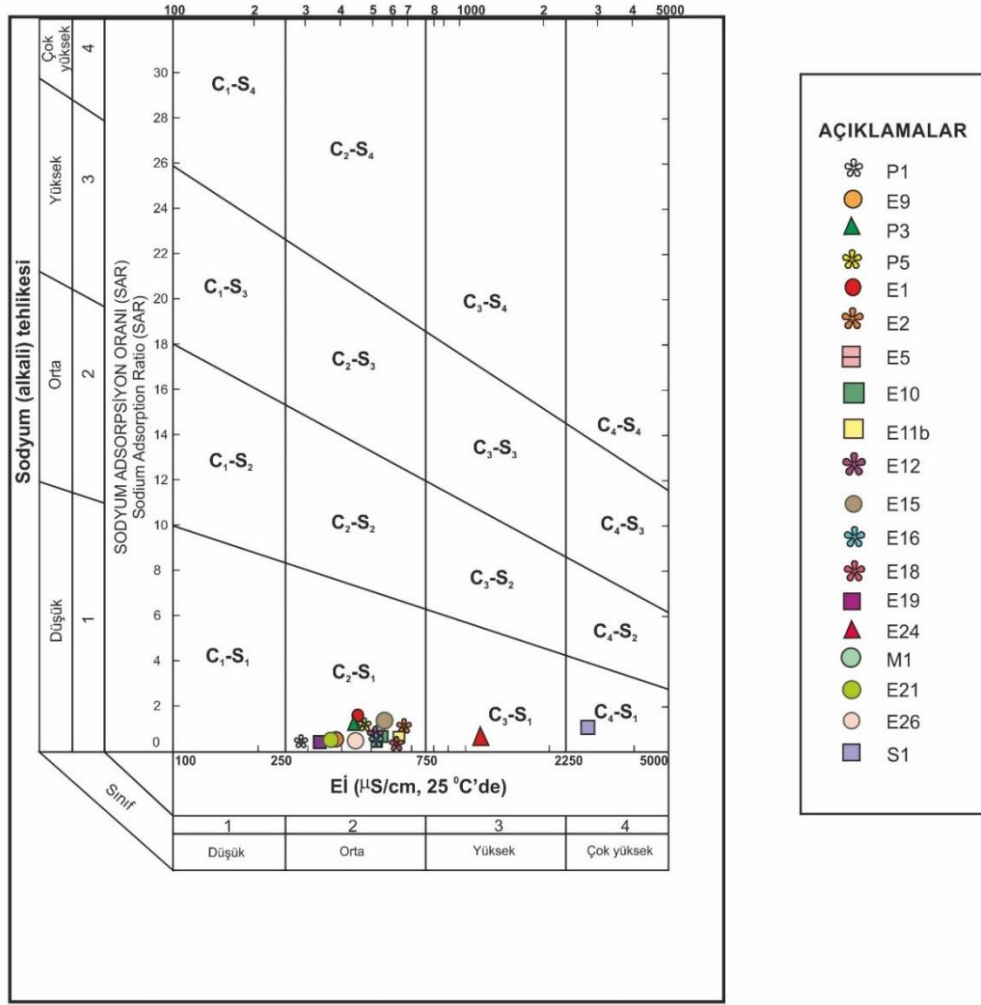
EK 1.43. Örneklenen su kaynaklarının Wilcox Diyagramı üzerindeki konumları (Mayıs 2021)



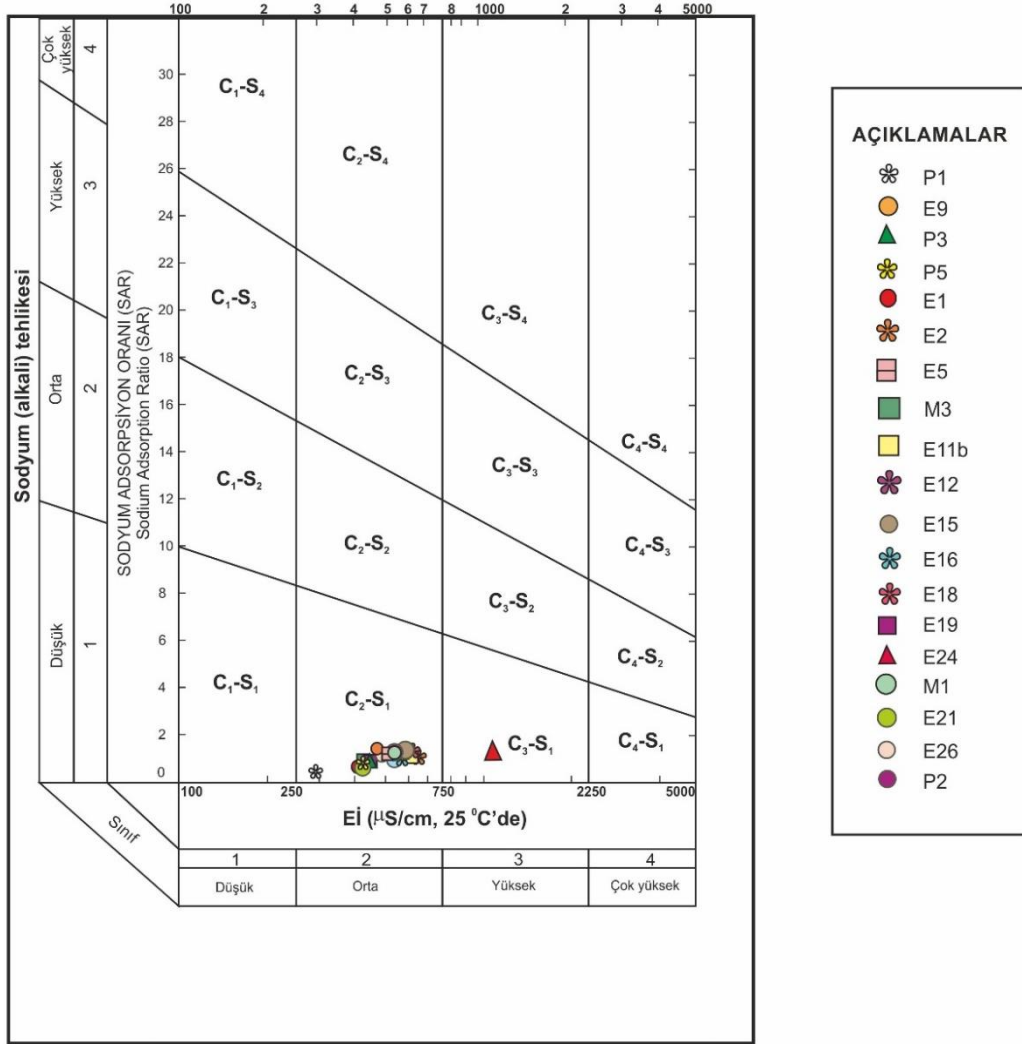
EK 1.44. Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Eylül 2019)



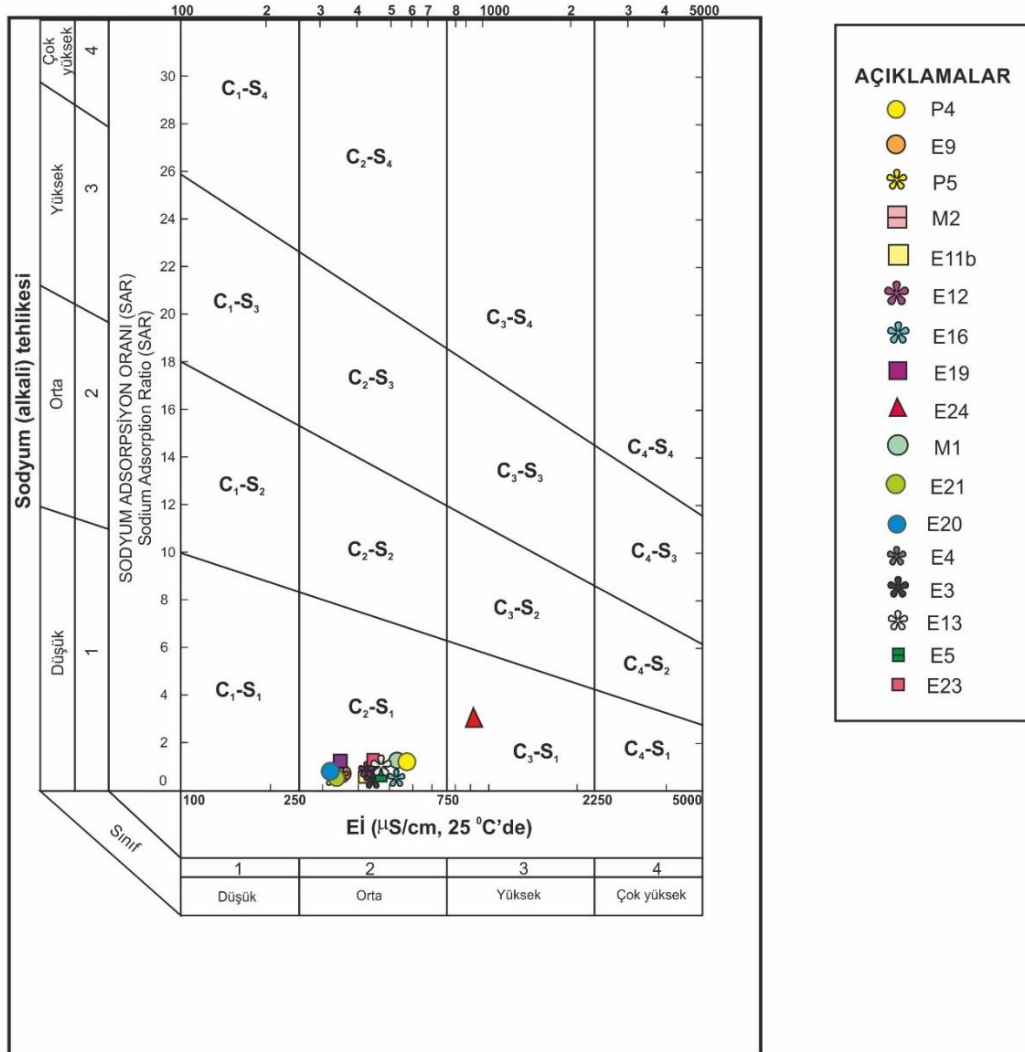
EK 1.45. Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Aralık 2019)



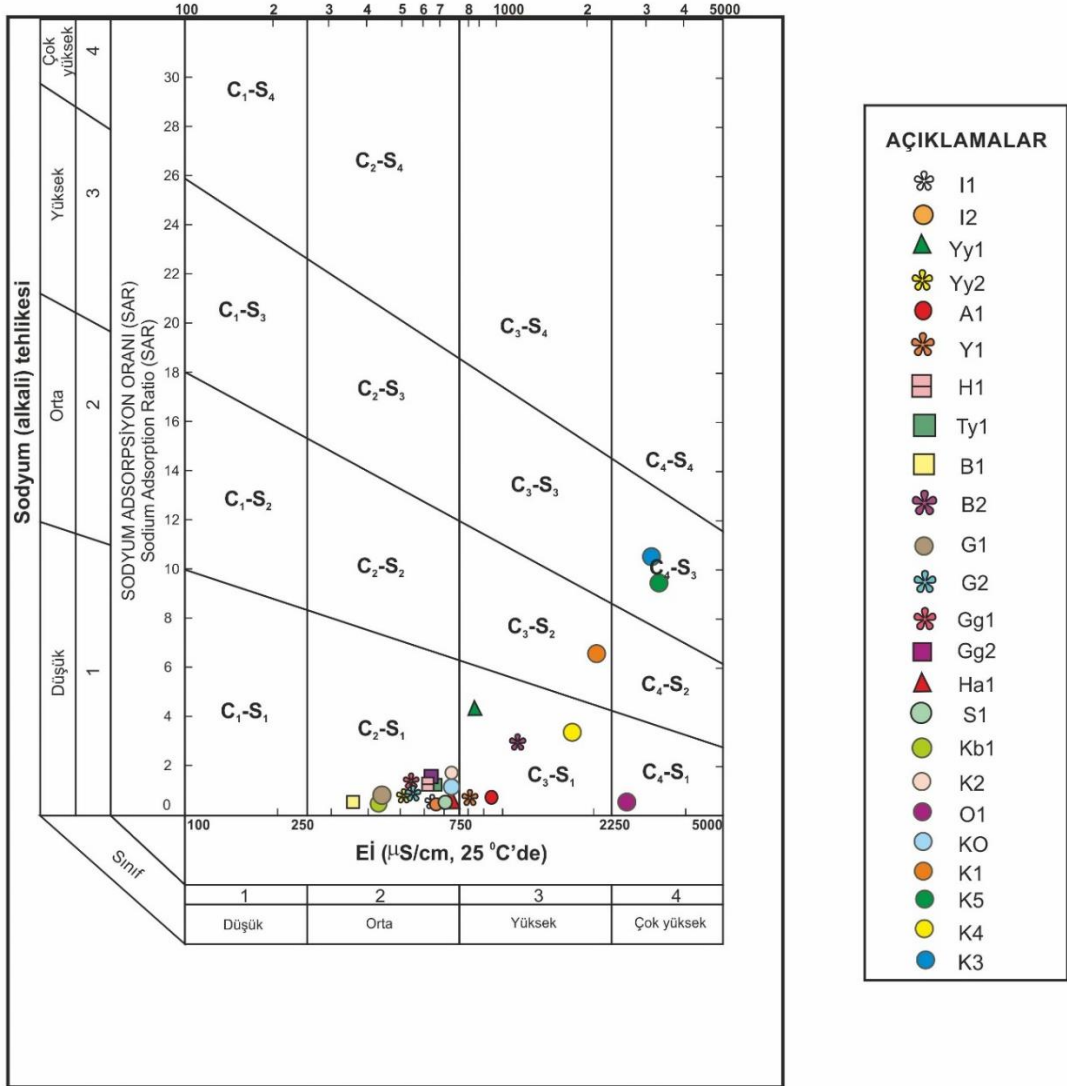
EK 1.46. Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Ağustos 2020)



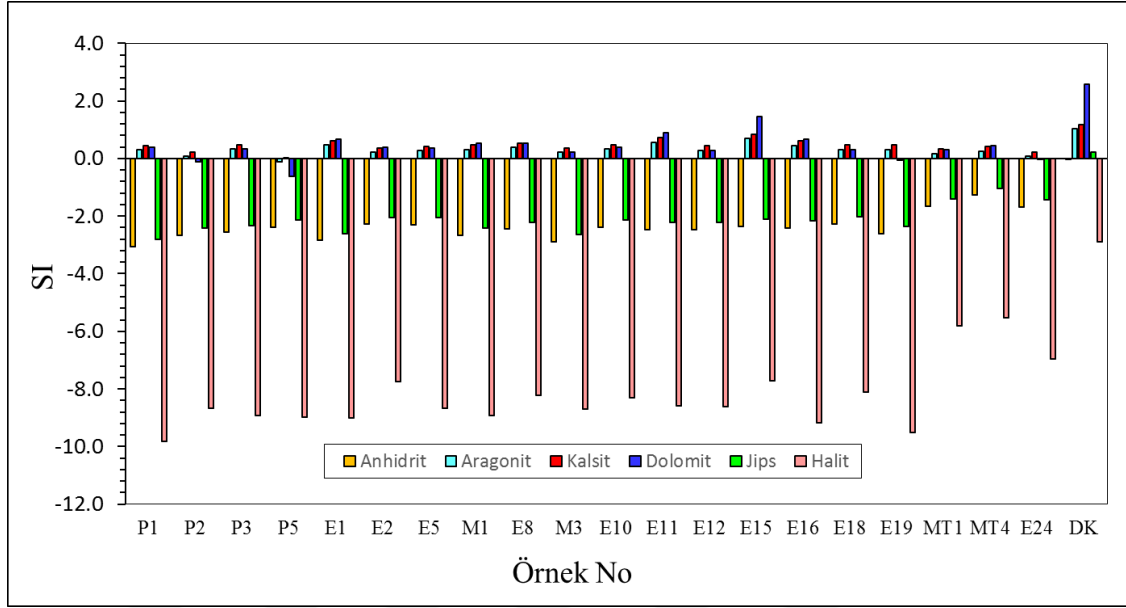
EK 1.47. Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Şubat 2021)



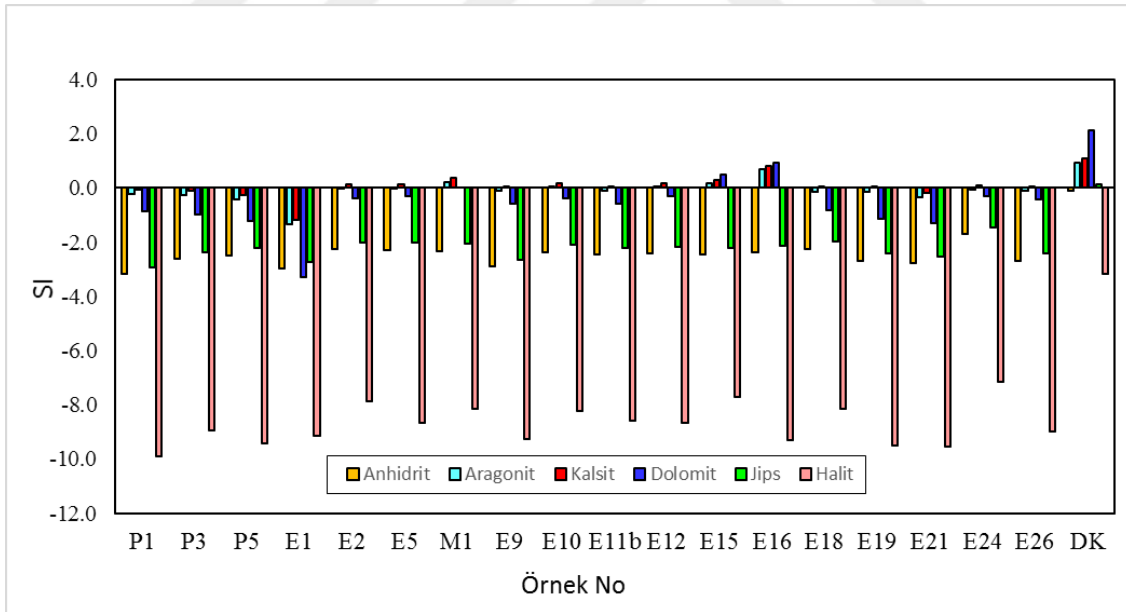
EK 1.48. Su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramları (Mayıs 2021)



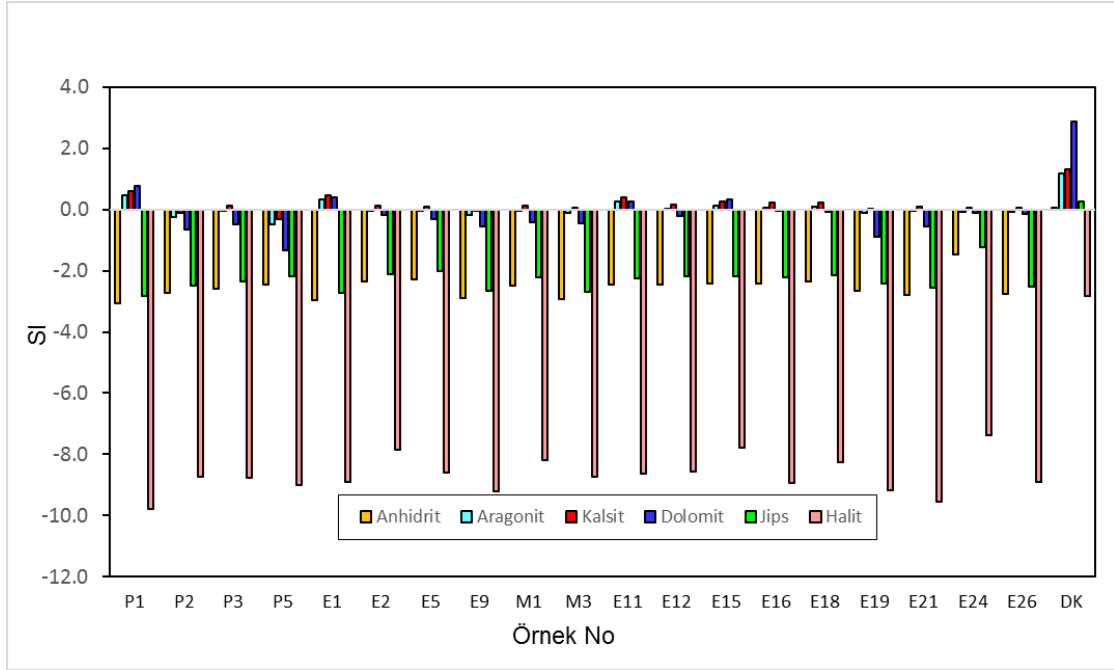
EK 1.49. 2019 Eylül Dönemi mineral doygunluk değerleri



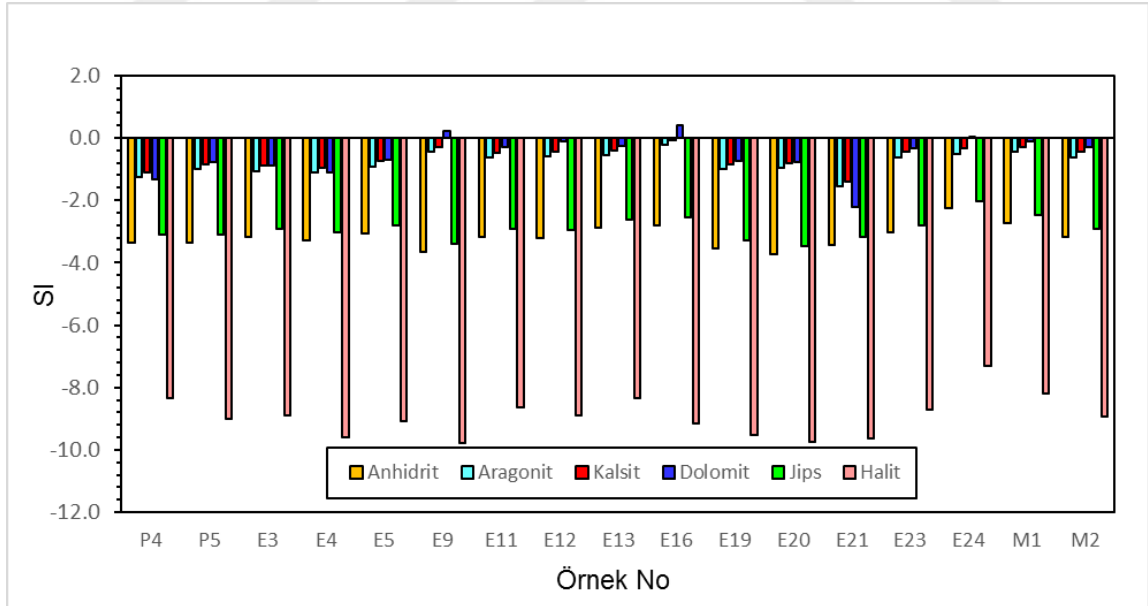
EK 1.50. 2019 Aralık Dönemi mineral doygunluk değerleri



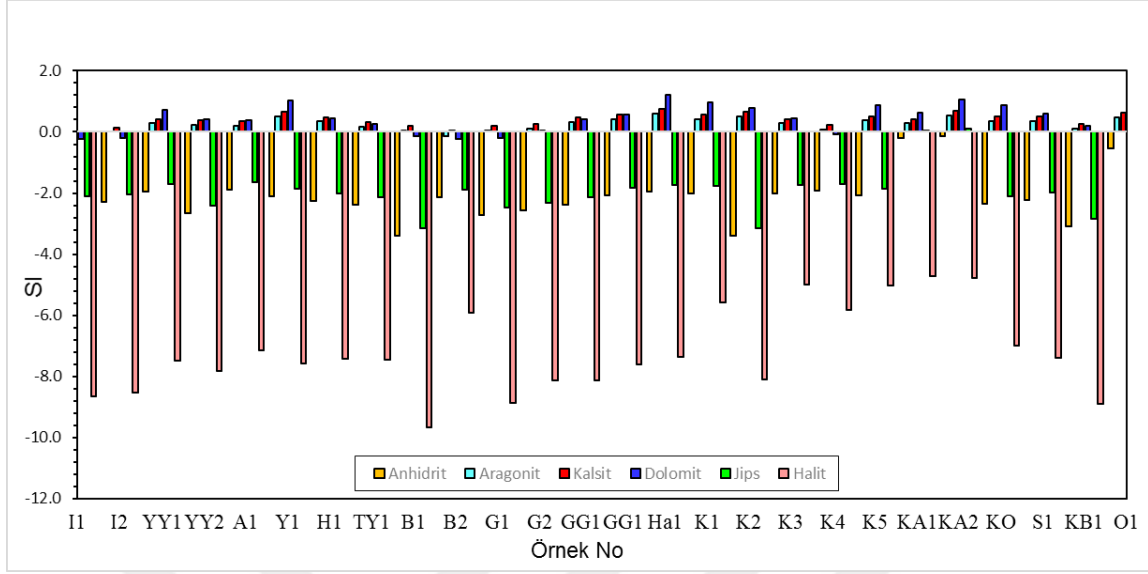
EK 1.51. 2020 Ağustos Dönemi mineral doygunluk değerleri



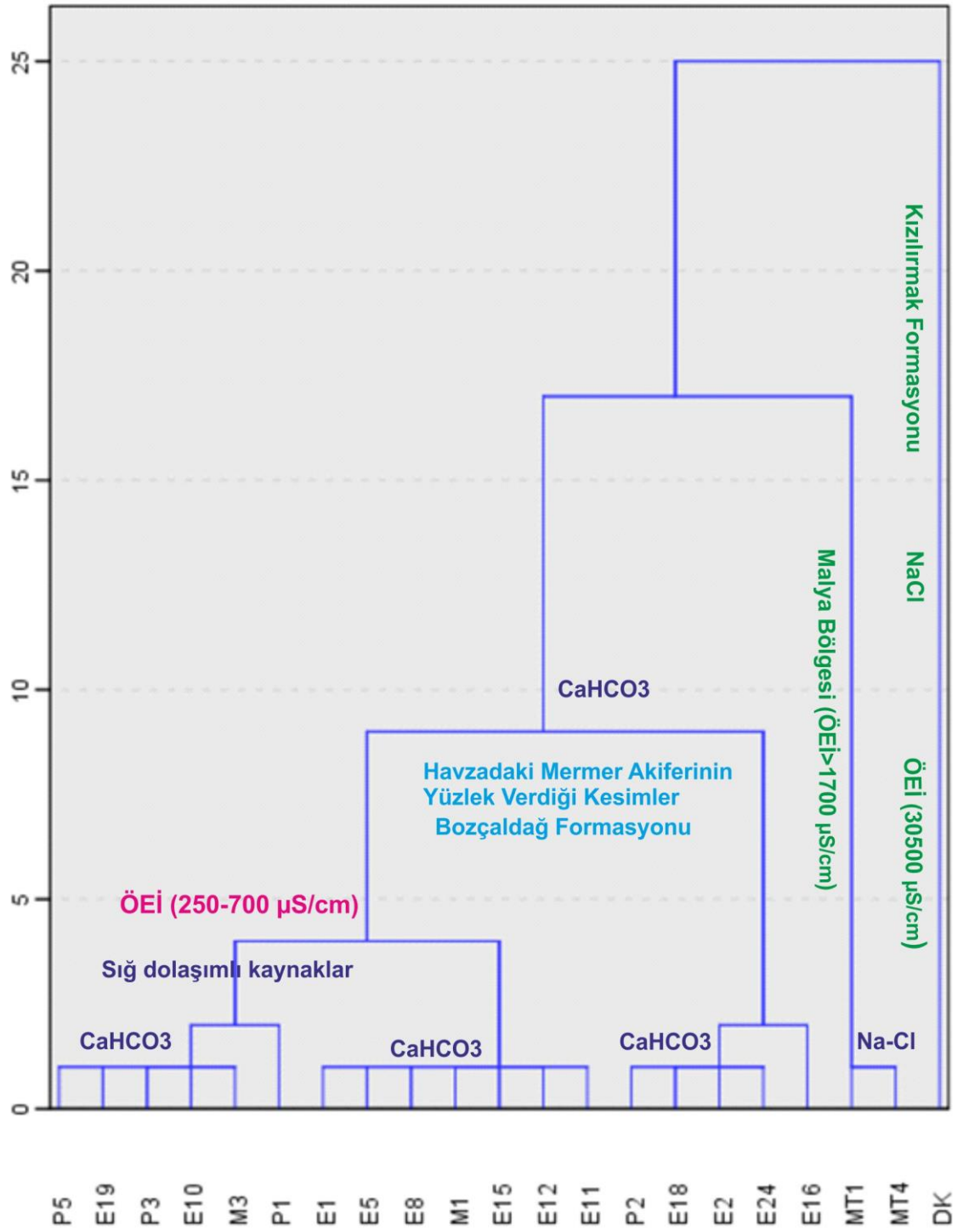
EK 1.52. 2021 Şubat Dönemi mineral doygunluk değerleri



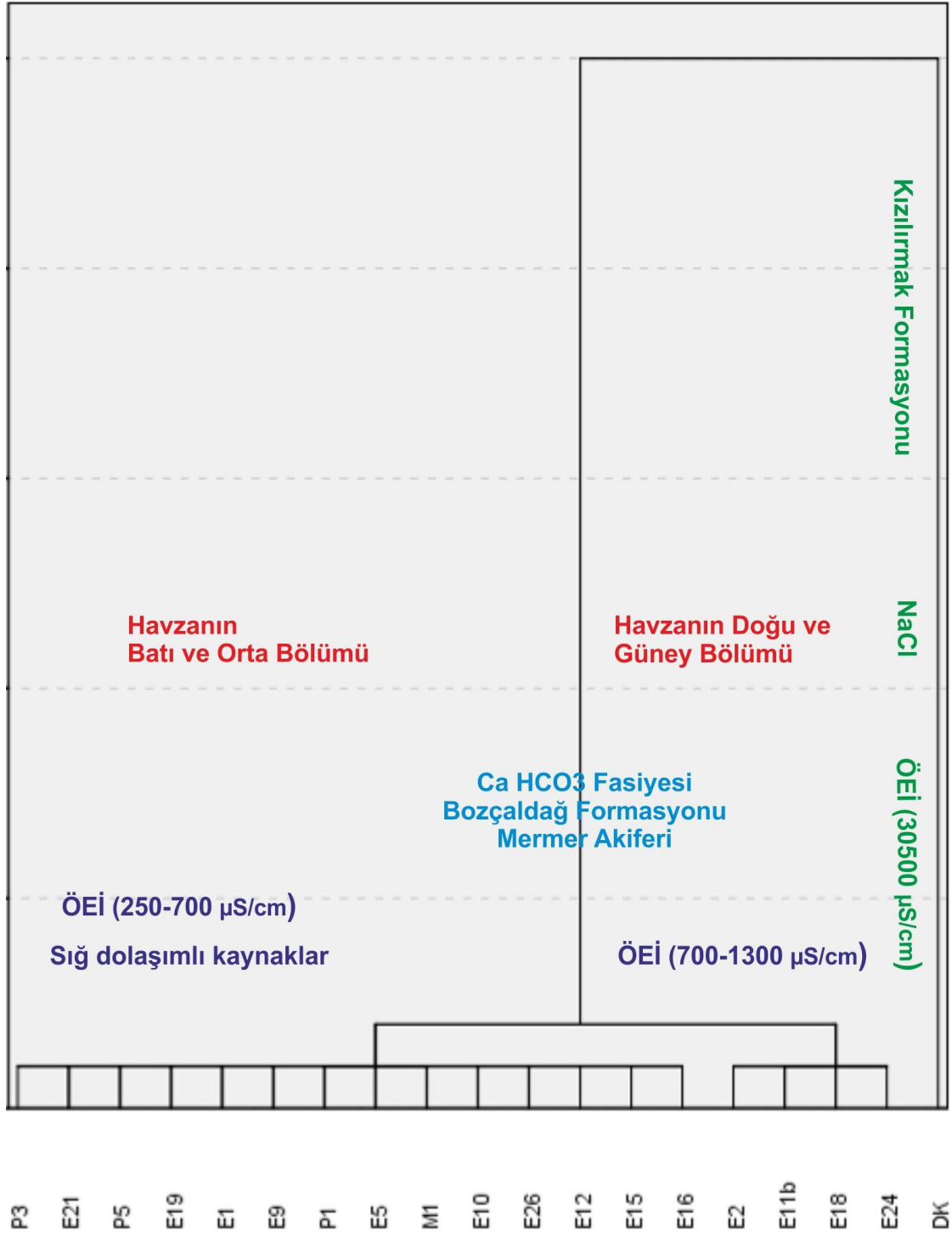
EK 1.53. 2021 Mayıs Dönemi mineral doygunluk değerleri



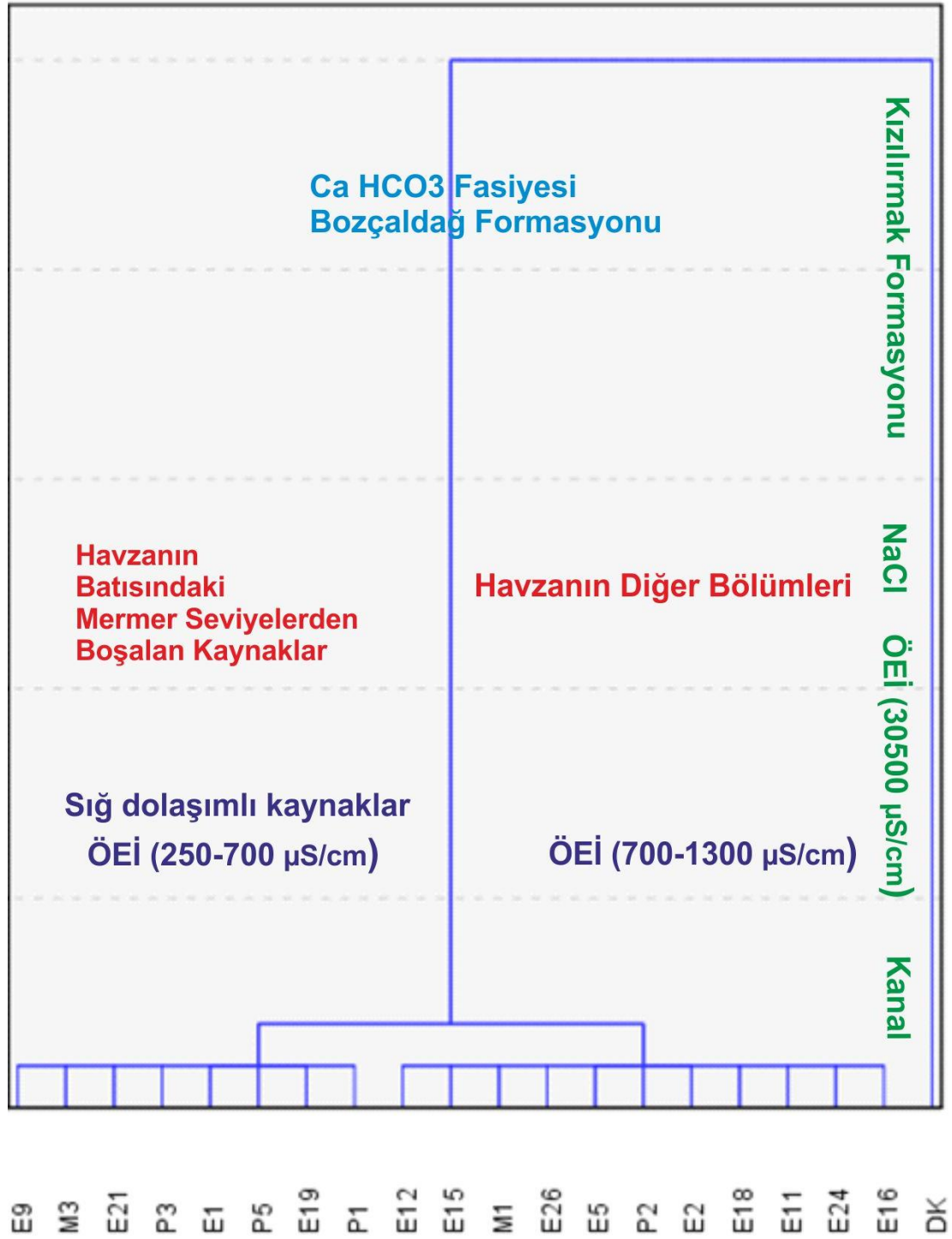
EK 1.54. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendogram (Eylöl 2019)



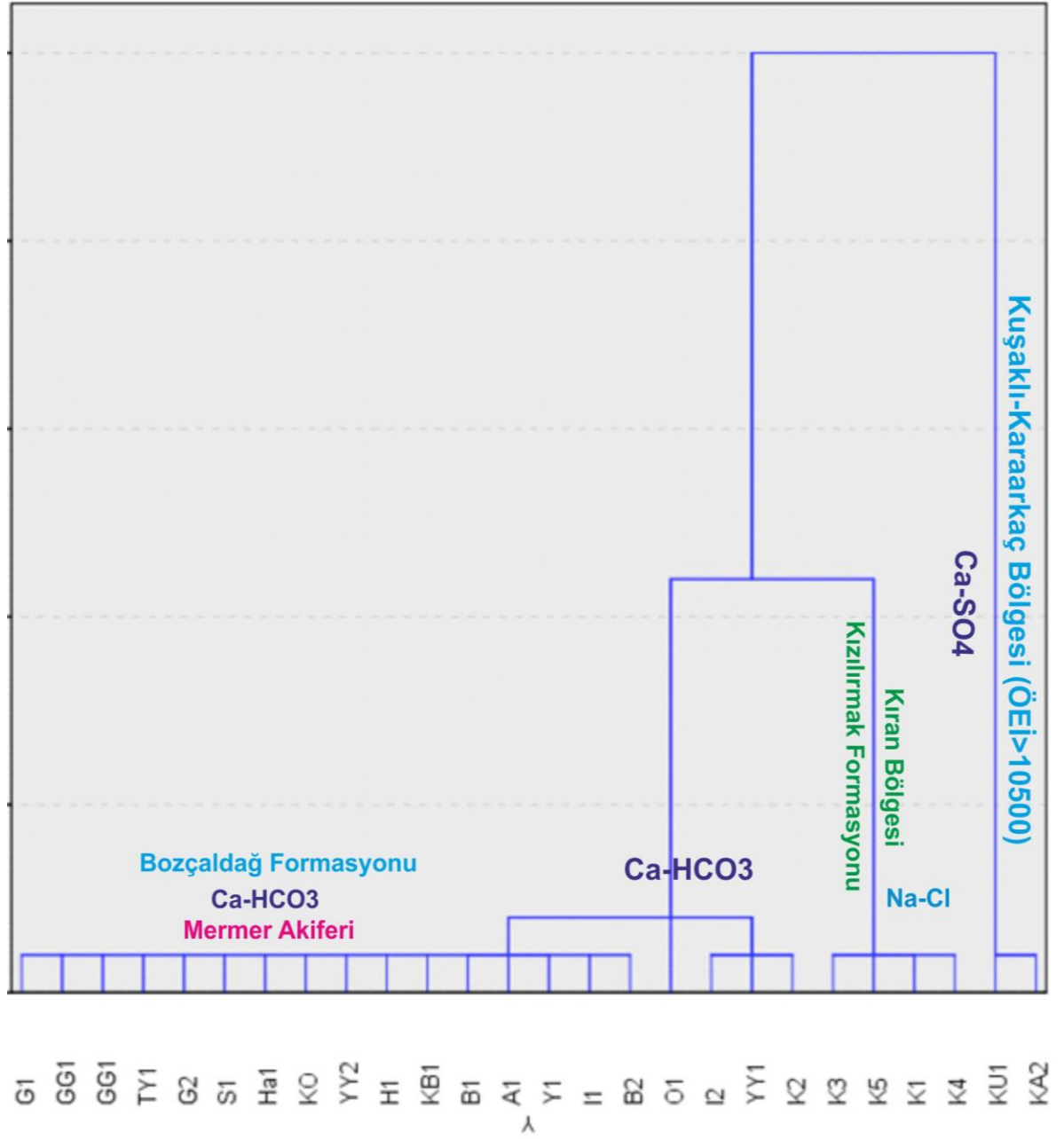
EK 1.55. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendogram (Aralık 2019)



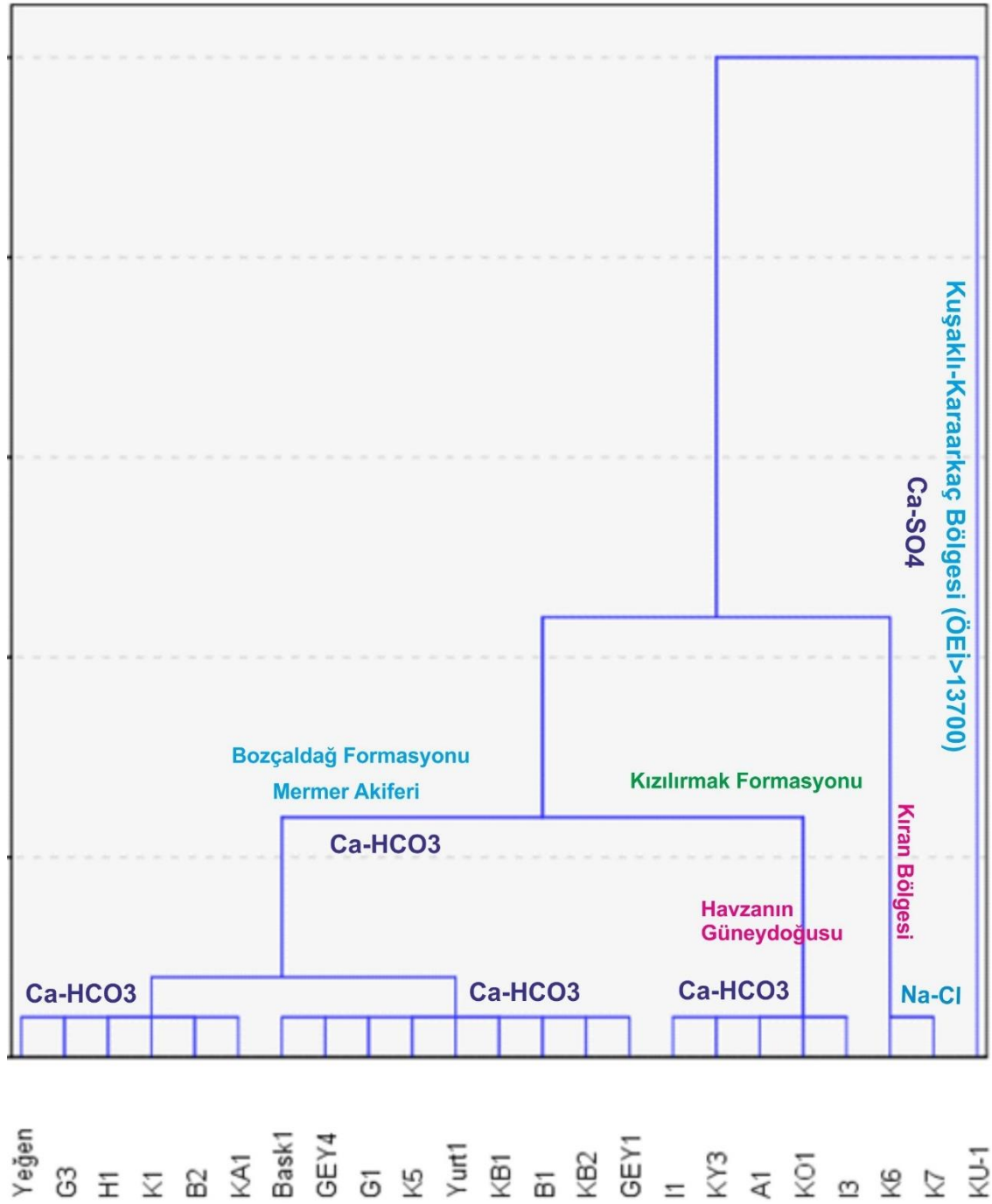
EK 1.56. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendrogram (Ağustos 2020)



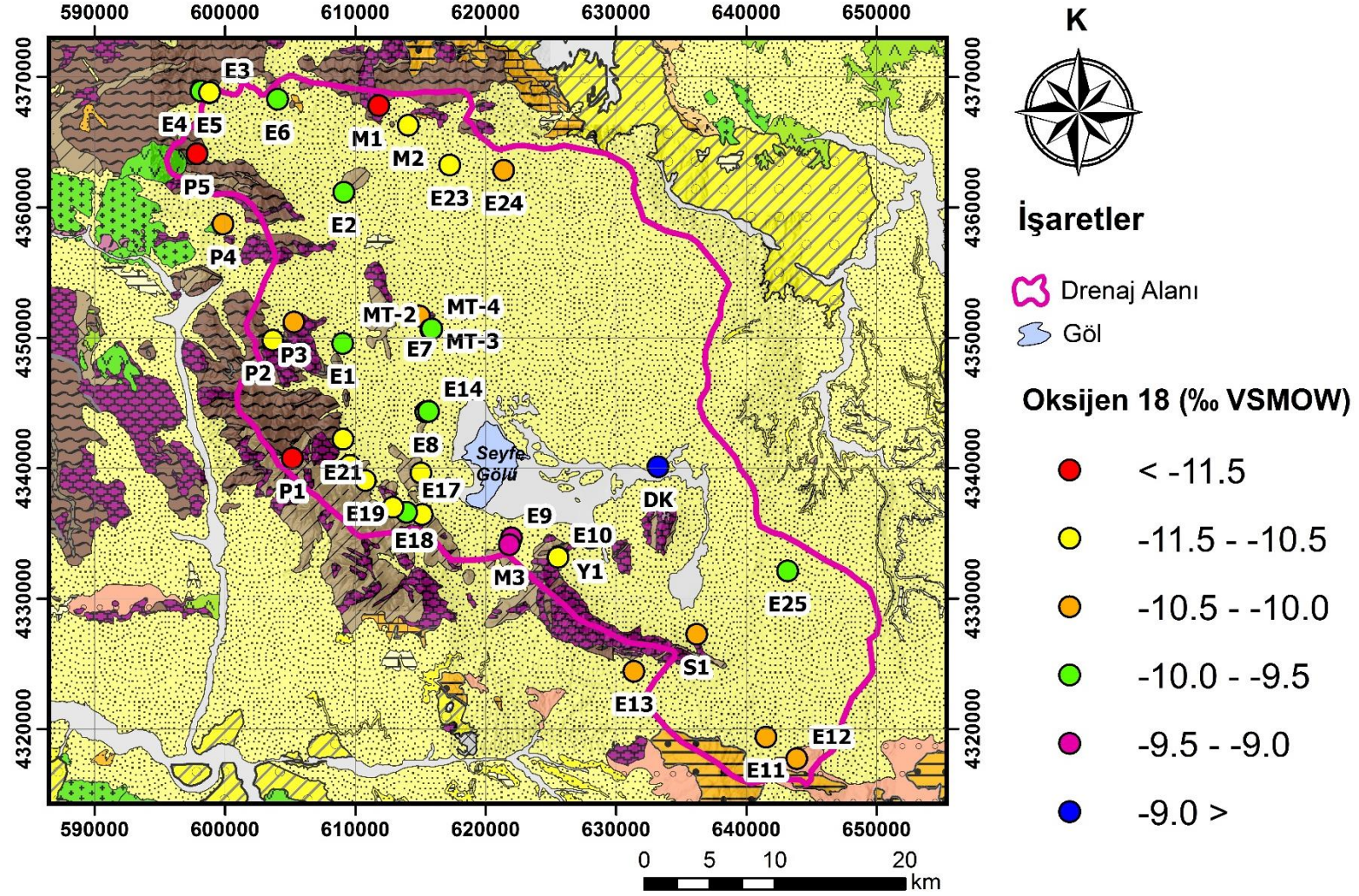
EK 1.57. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendogram (Mayıs 2021)



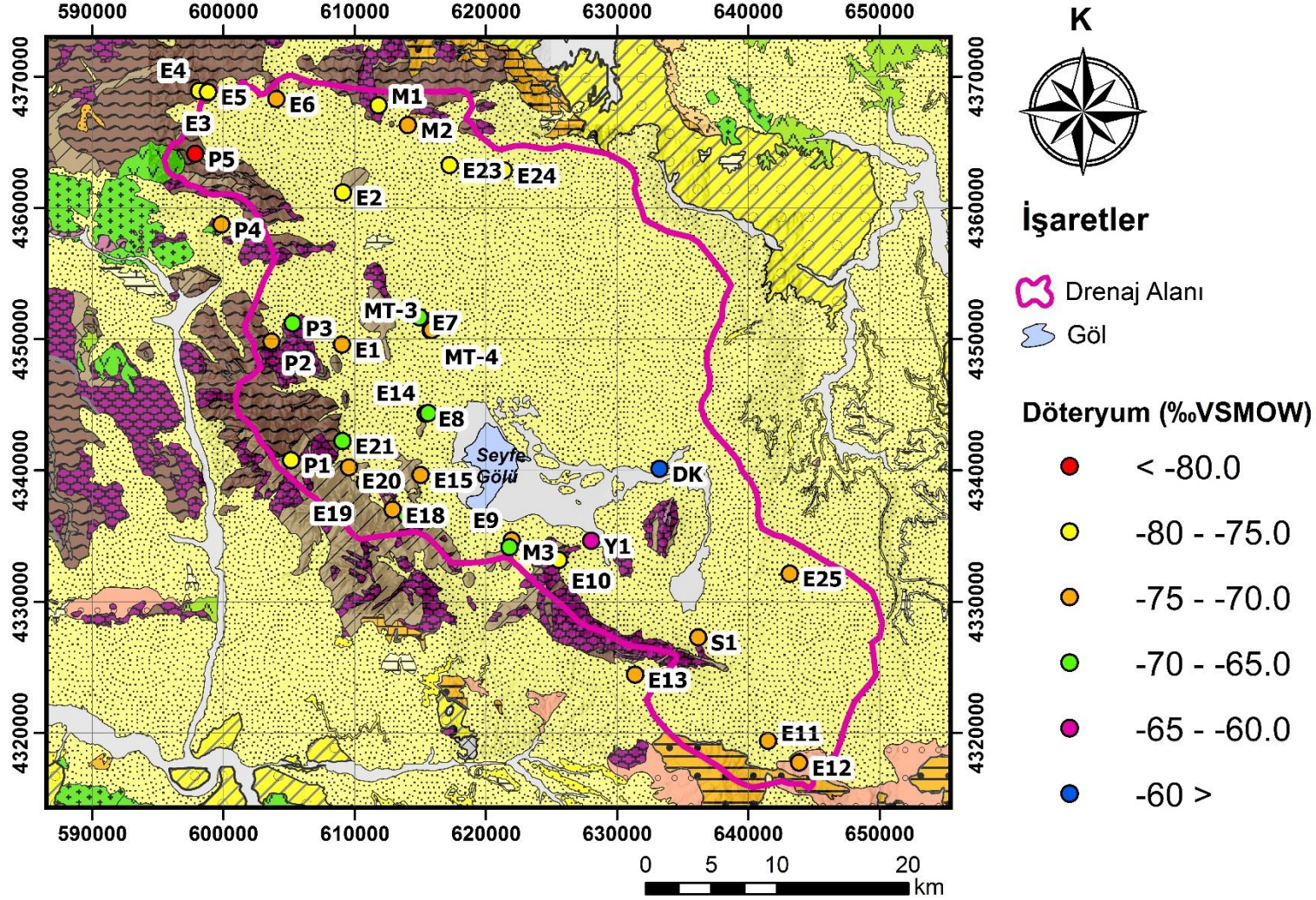
EK 1.58. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının majör iyon derişimlerine ait dendogram (Ekim 2021)



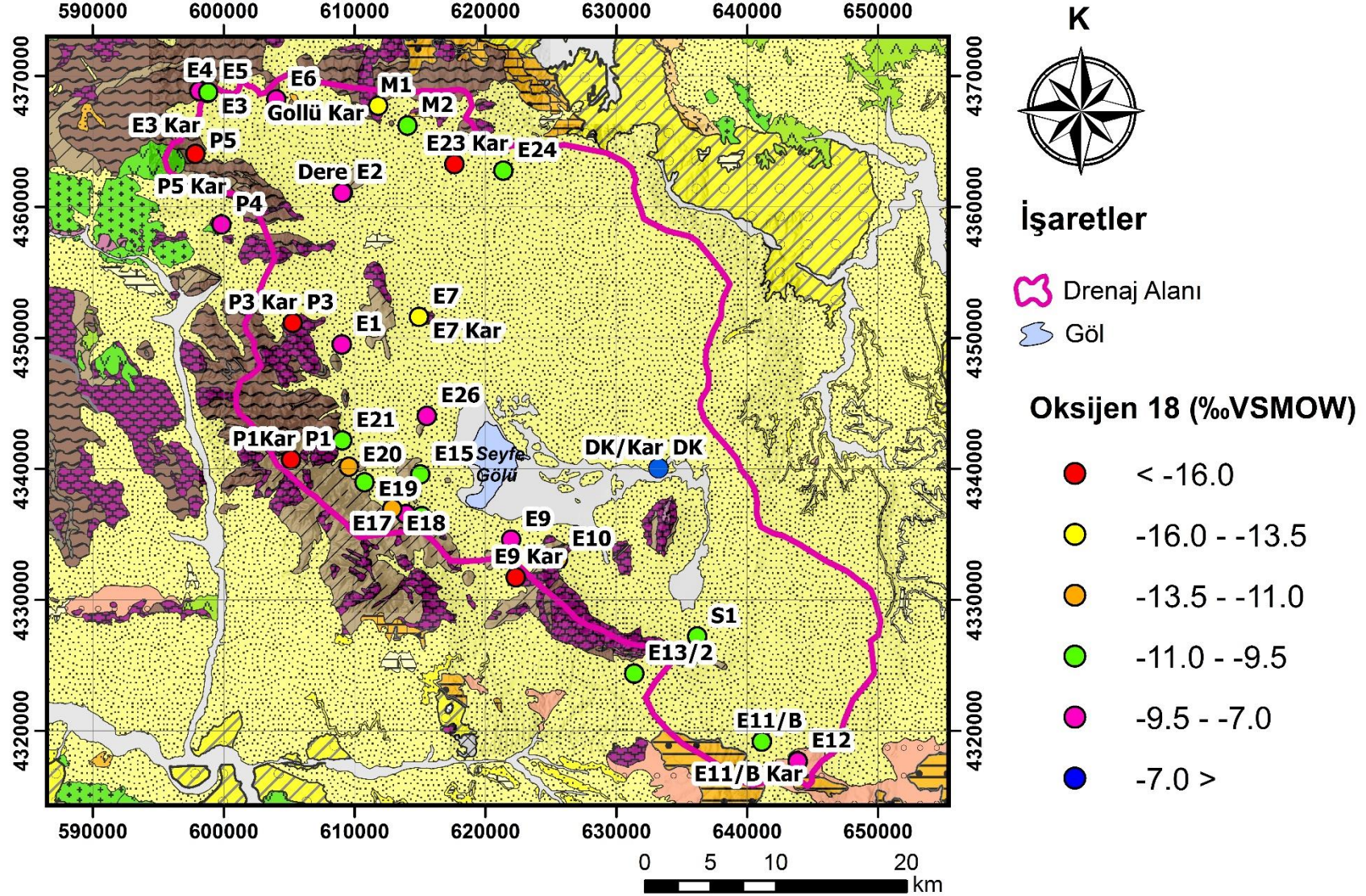
EK 1.59. Eylül 2019 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)



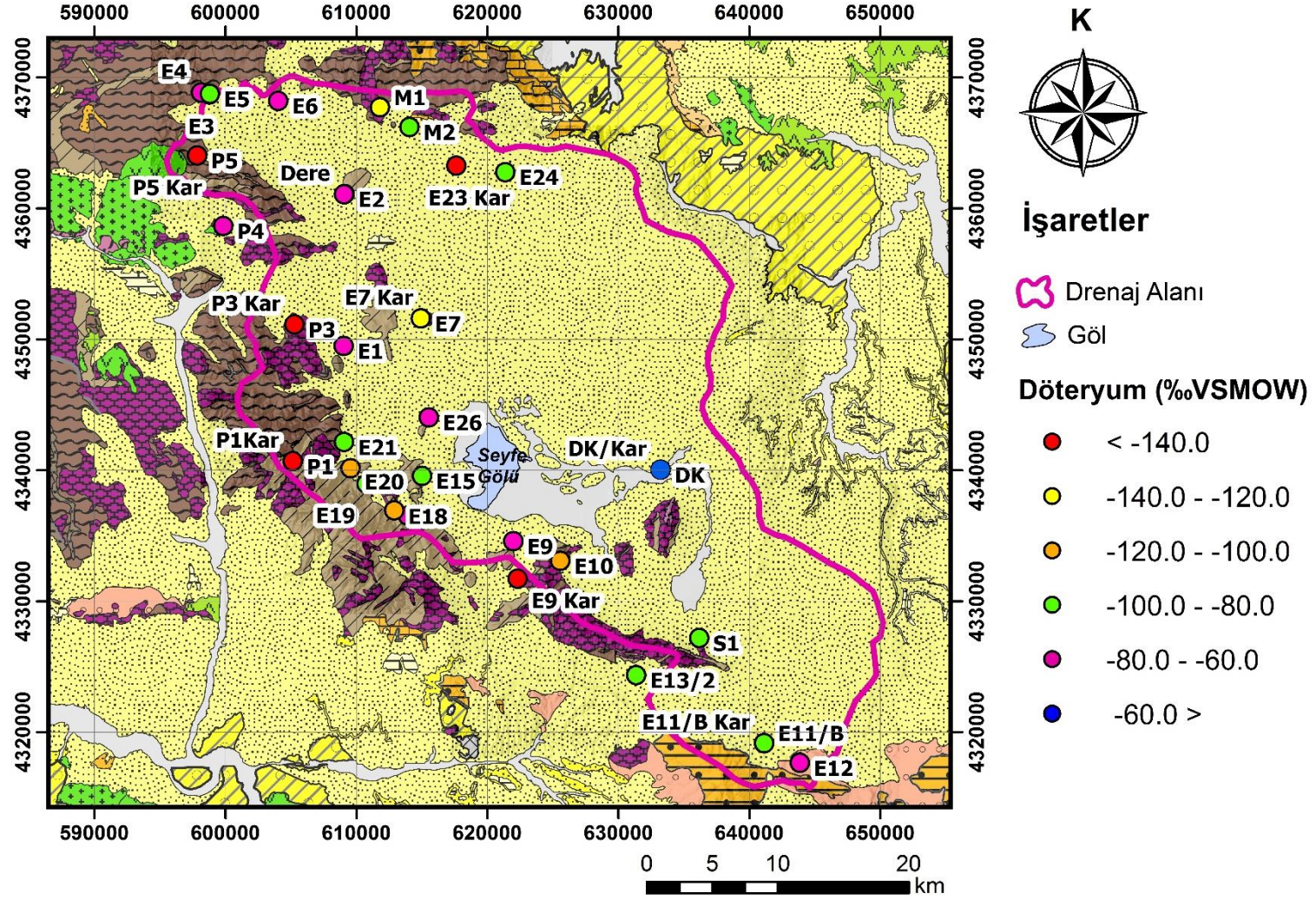
EK 1.60. Eylül 2019 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)



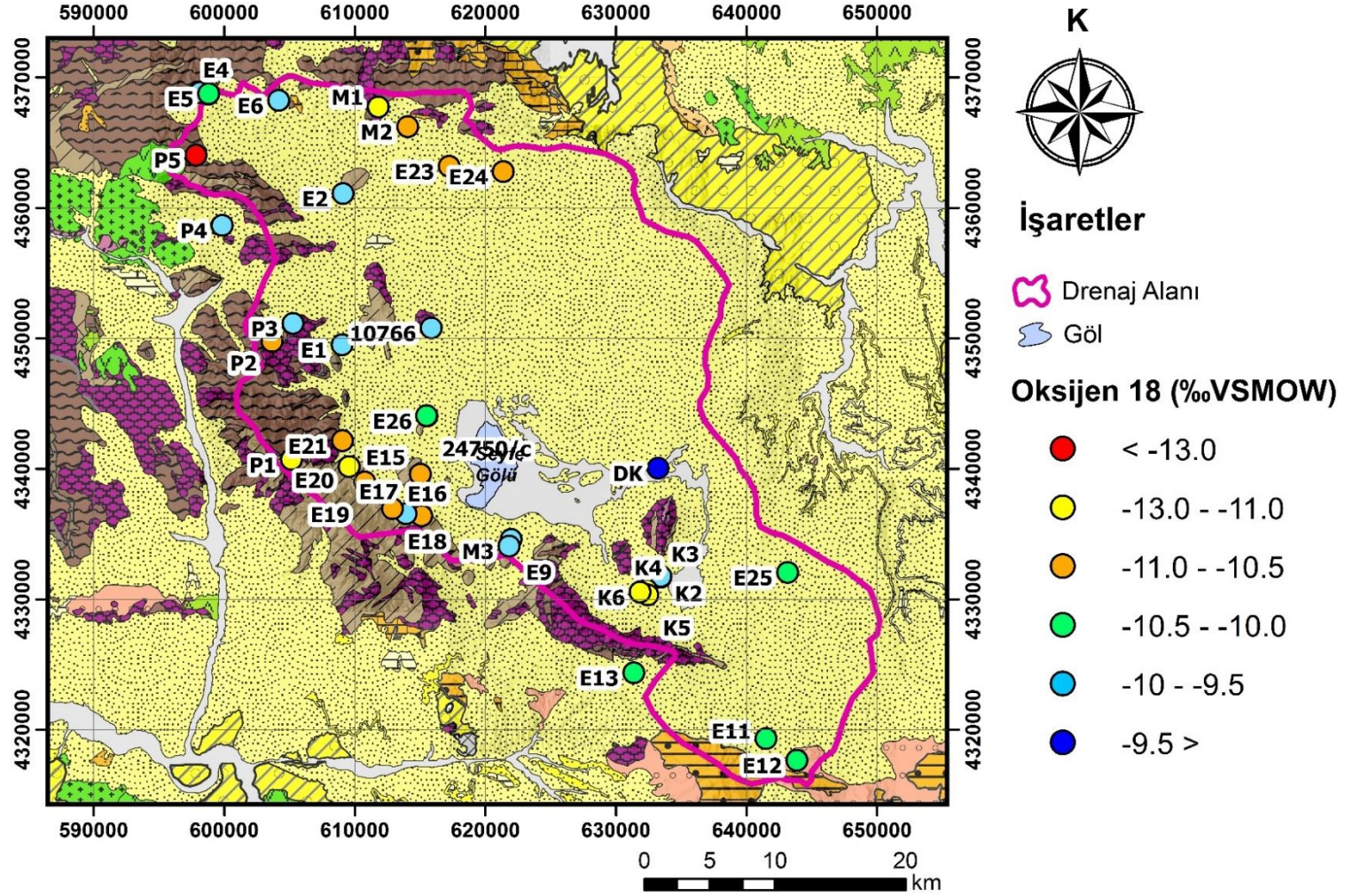
EK 1.61. Aralık 2019 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)



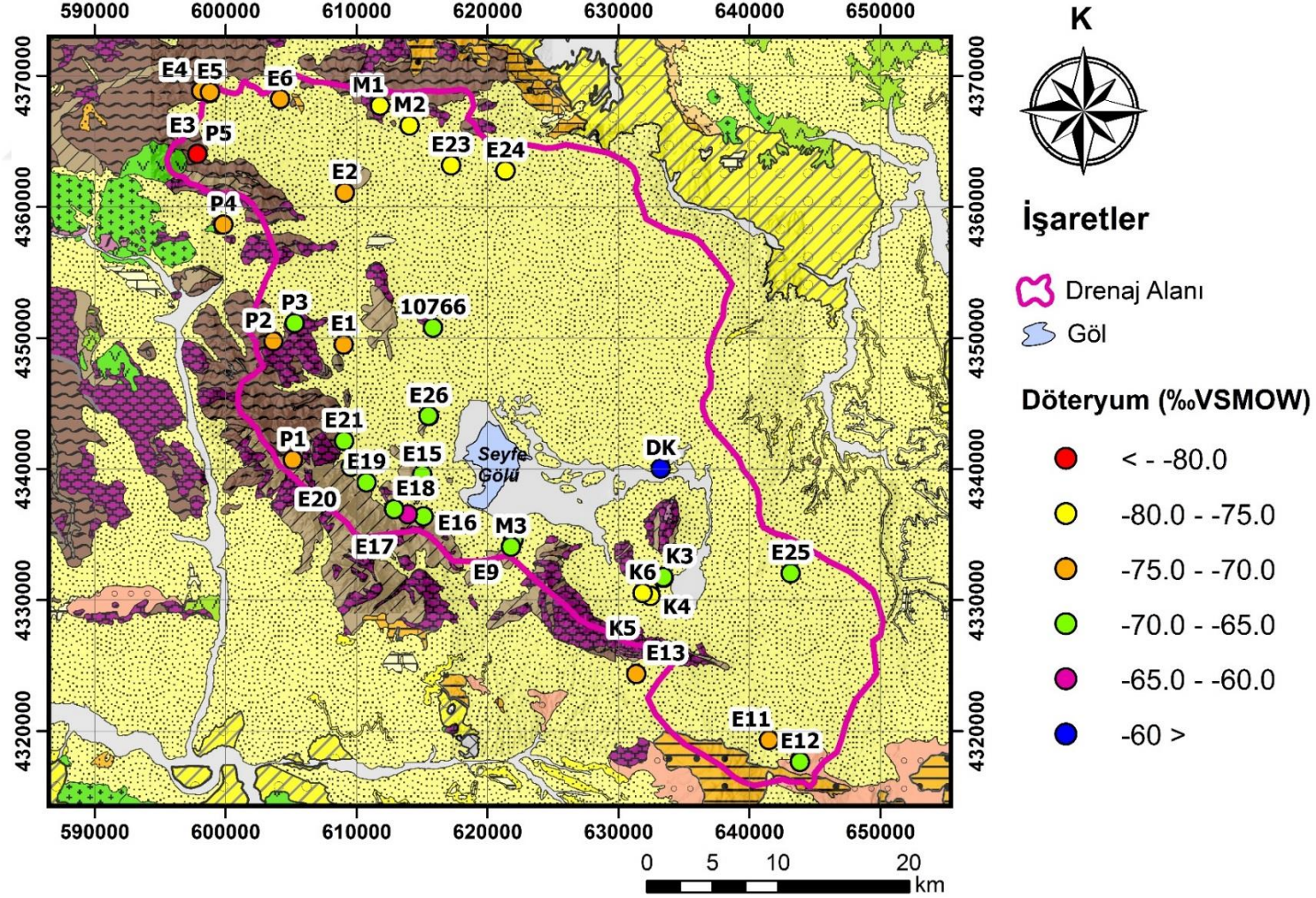
EK 1.62. Aralık 2019 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)



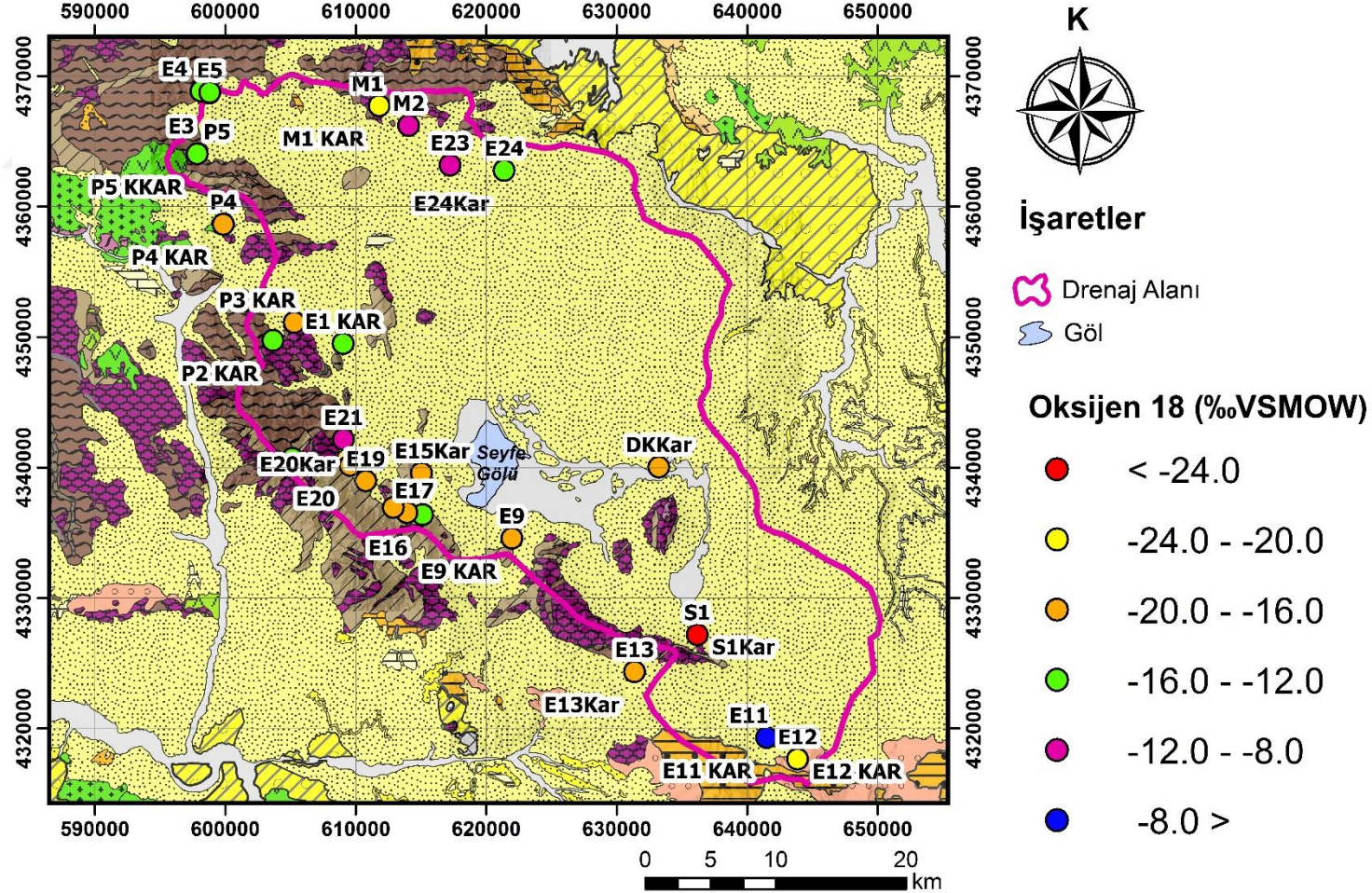
EK 1.63. Ağustos 2020 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)



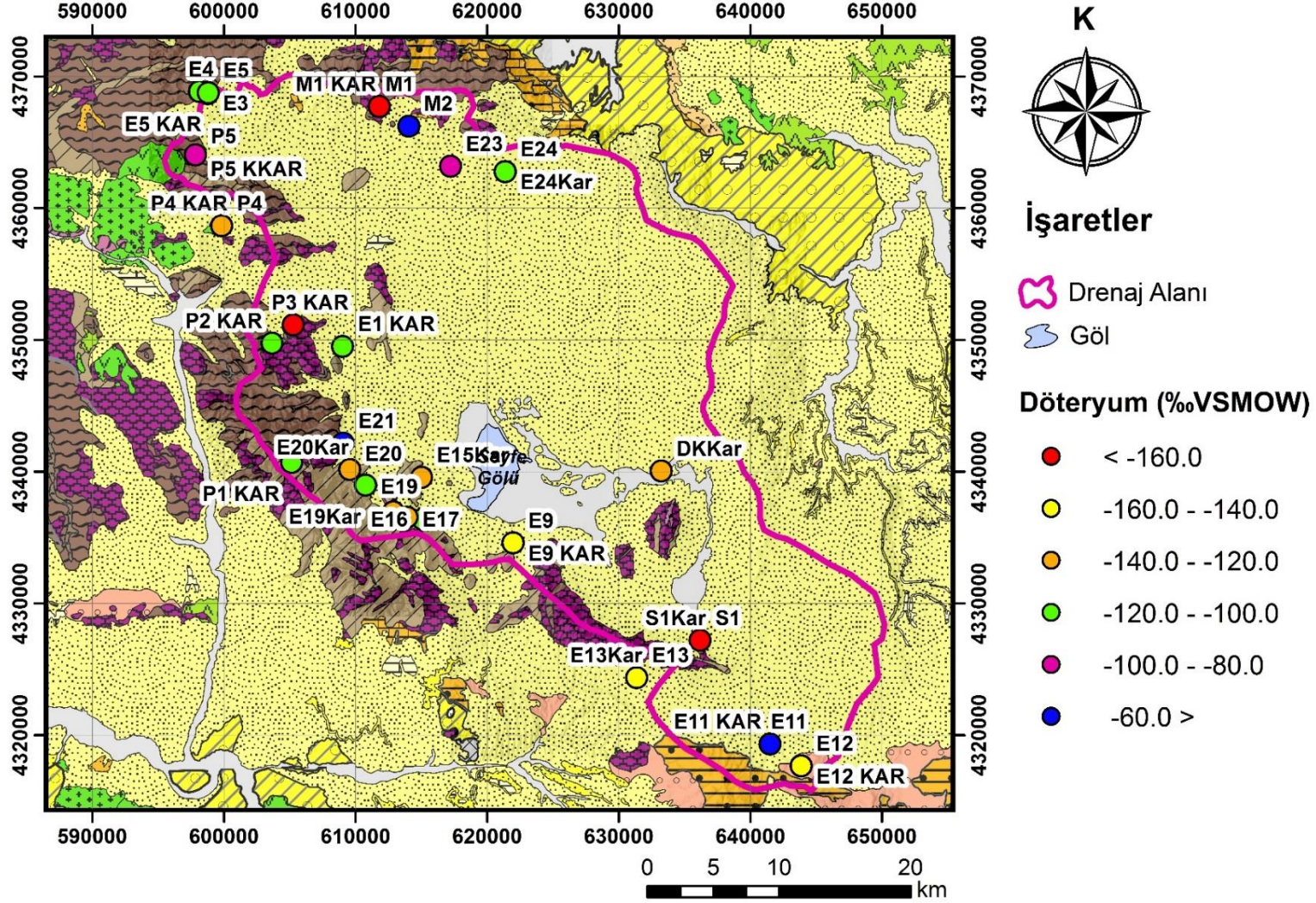
EK 1.64. Ağustos 2020 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)



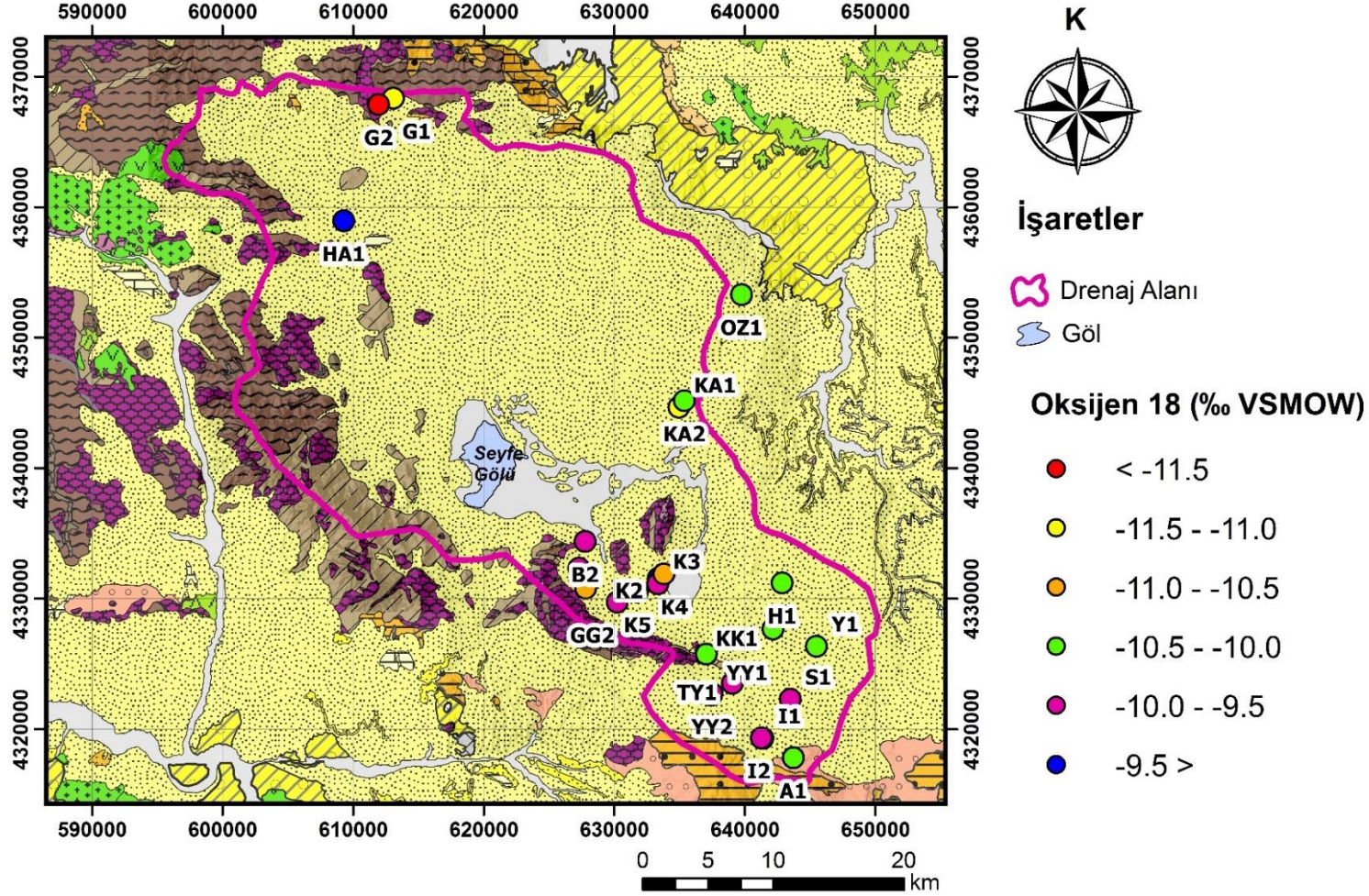
EK 1.65. Şubat 2021 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)



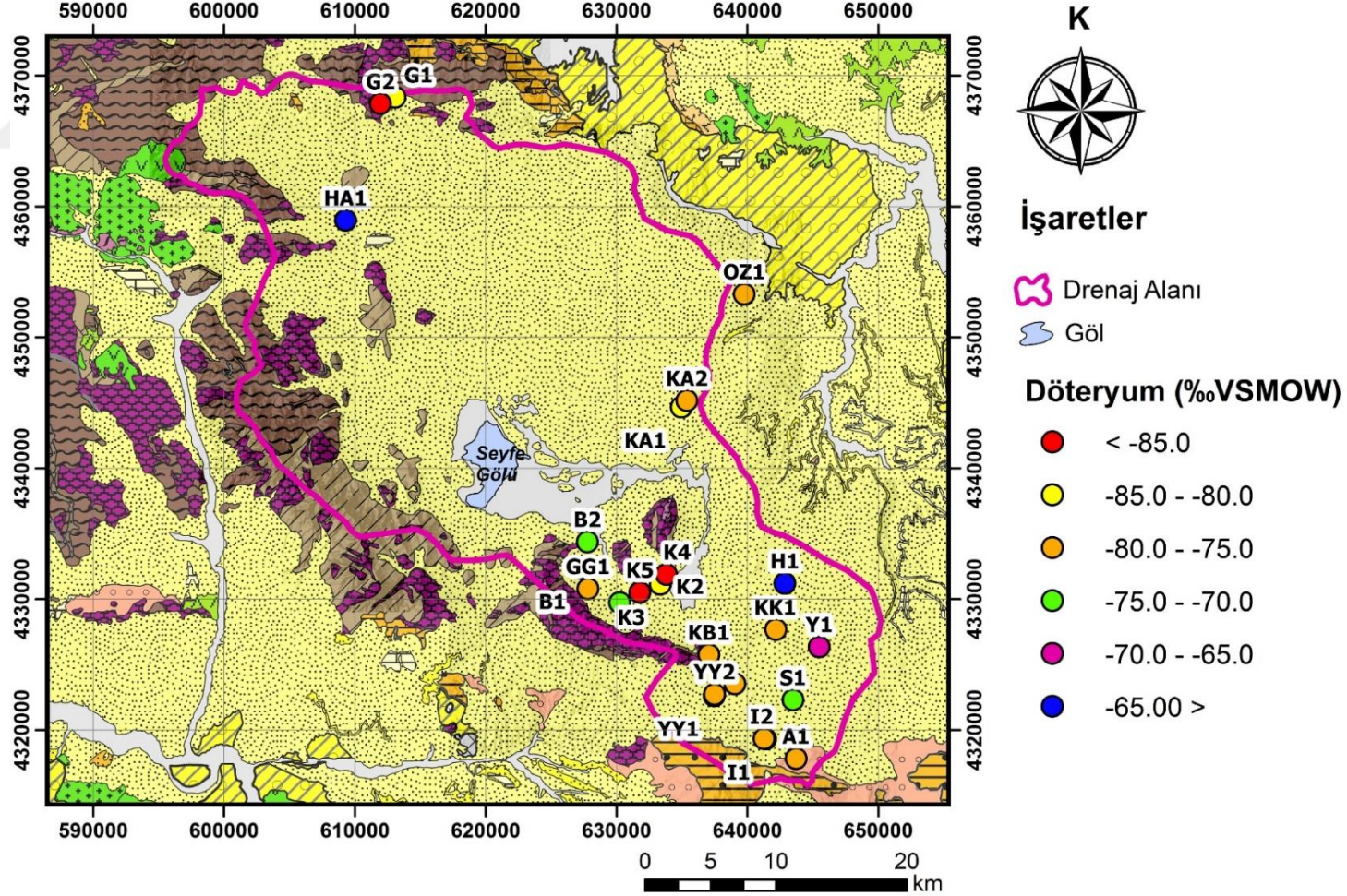
EK 1.66. Şubat 2021 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)



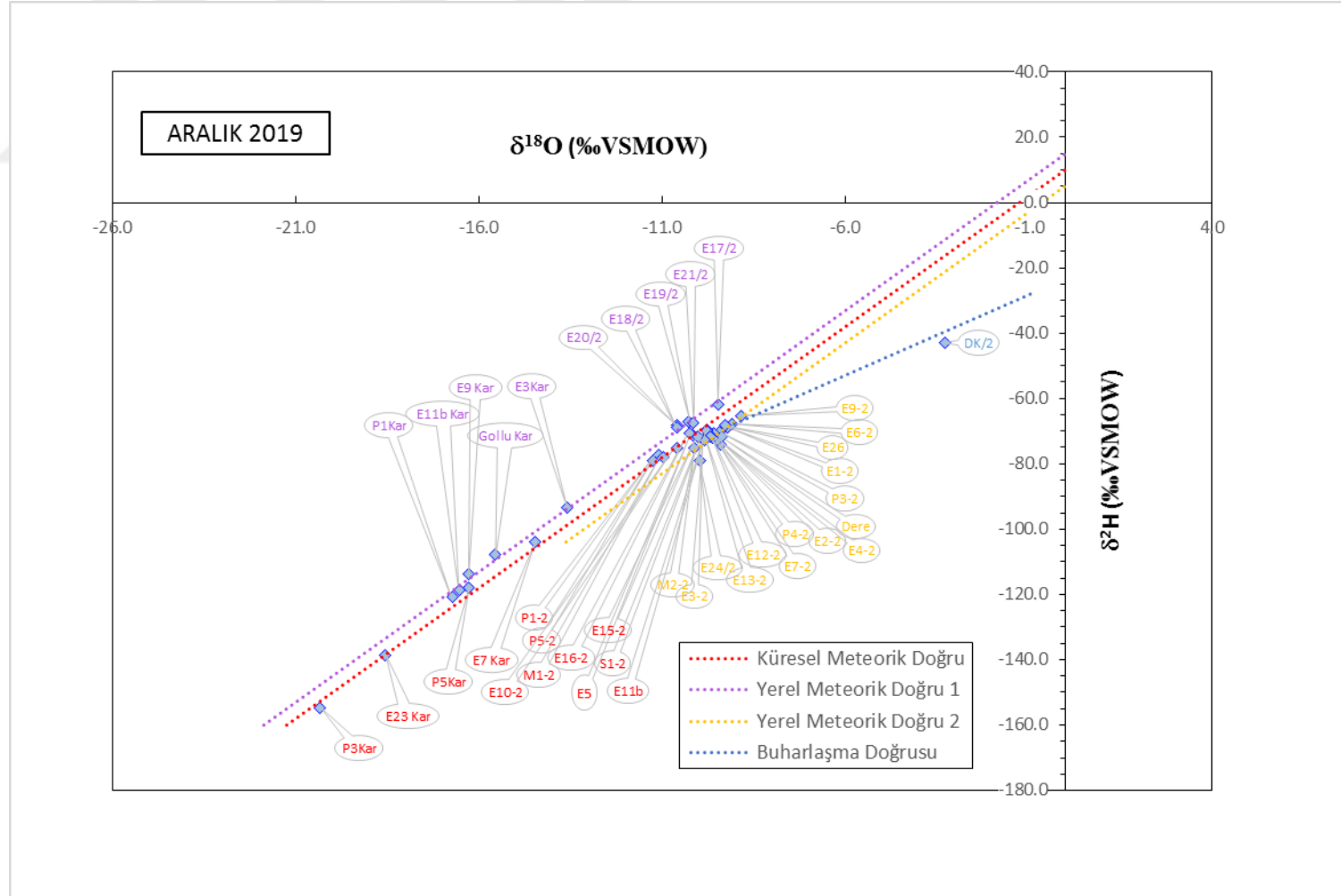
EK 1.67. Mayıs 2021 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Oksijen 18 değerleri)



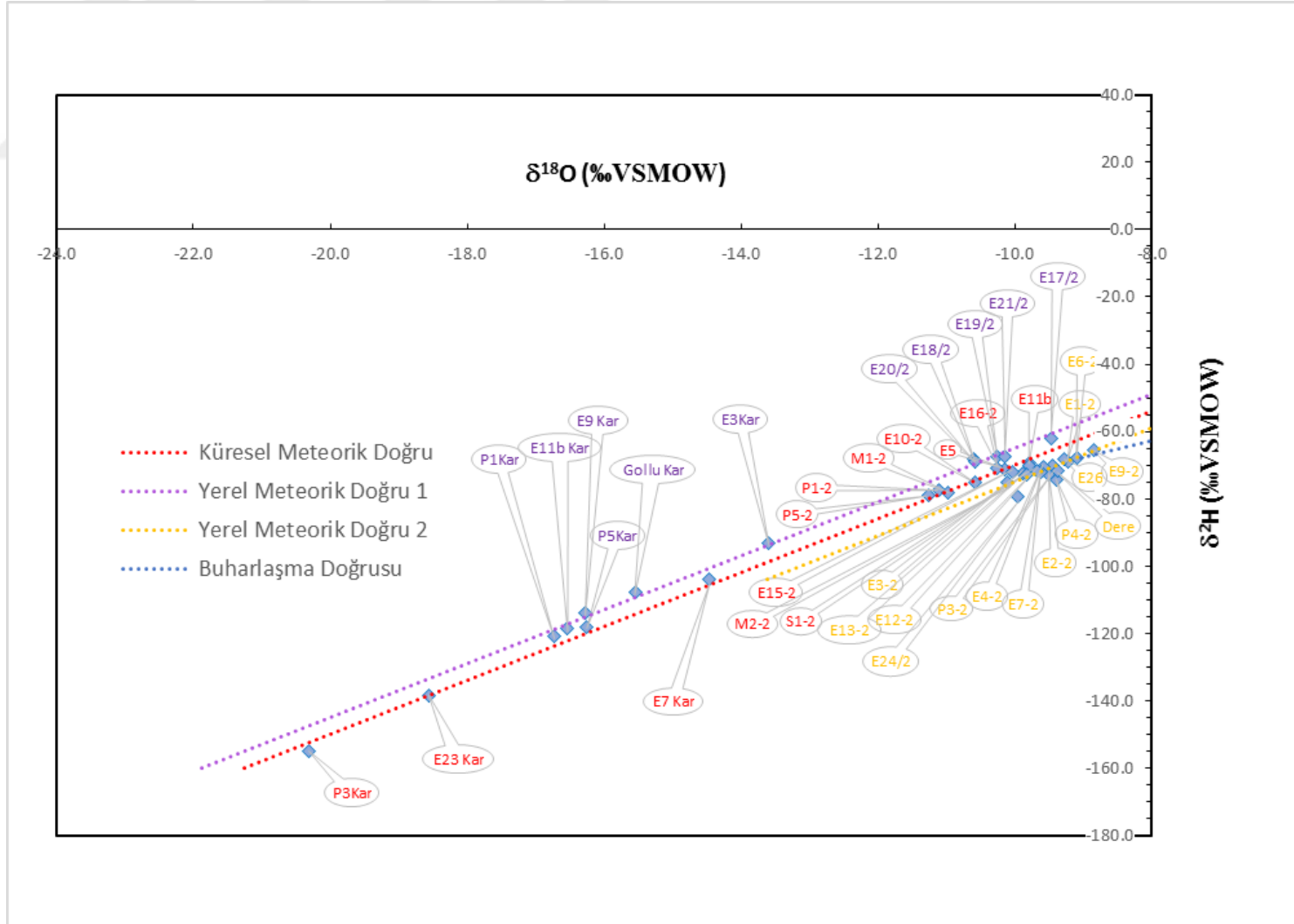
EK 1.68. Mayıs 2021 döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop içerikleri (Döteryum değerleri)



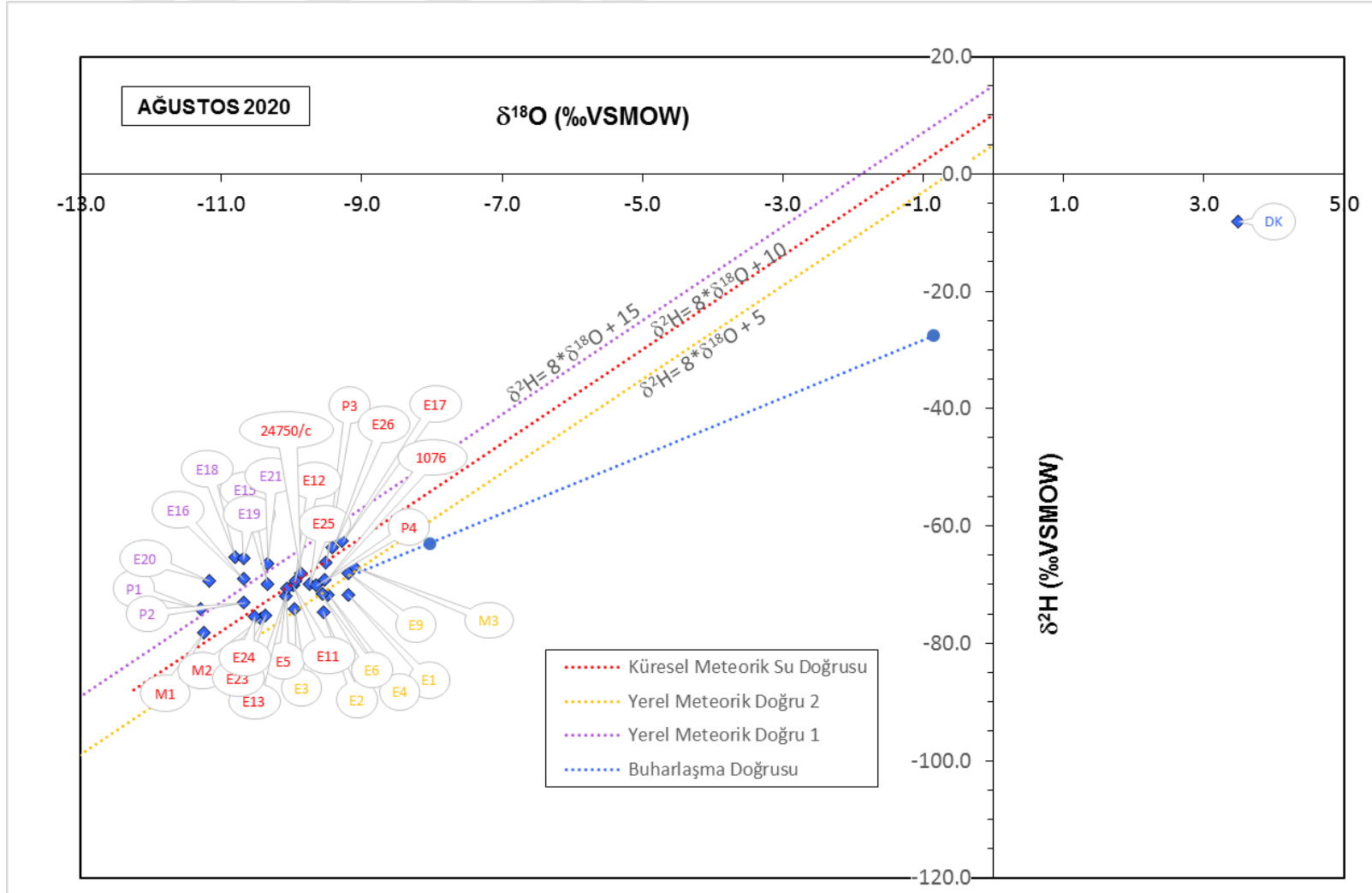
EK 1.69. Havzada 2019 yılı Aralık döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiği



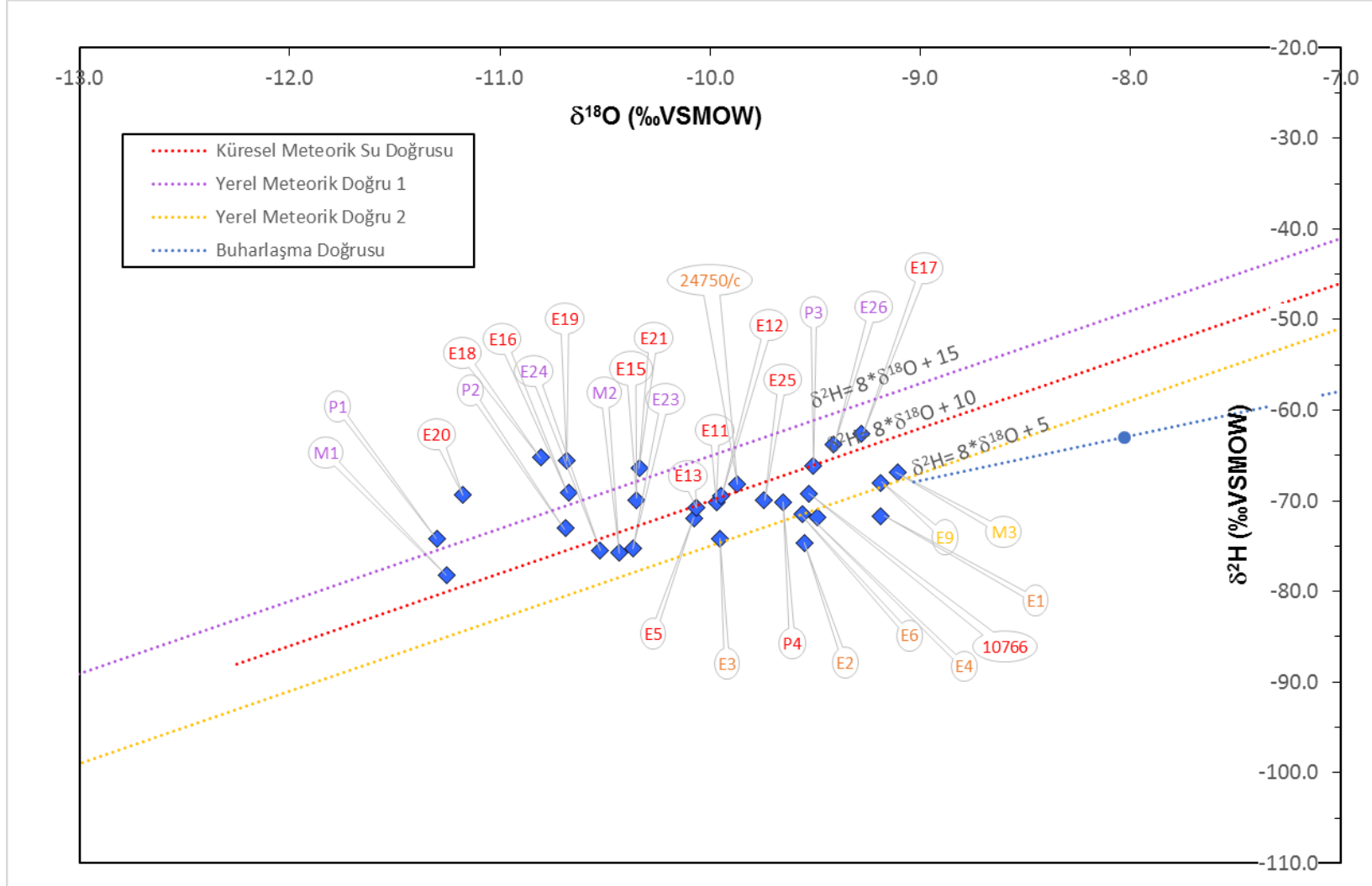
EK 1.70. Havzada 2019 yılı Aralık döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiği (devam ediyor)



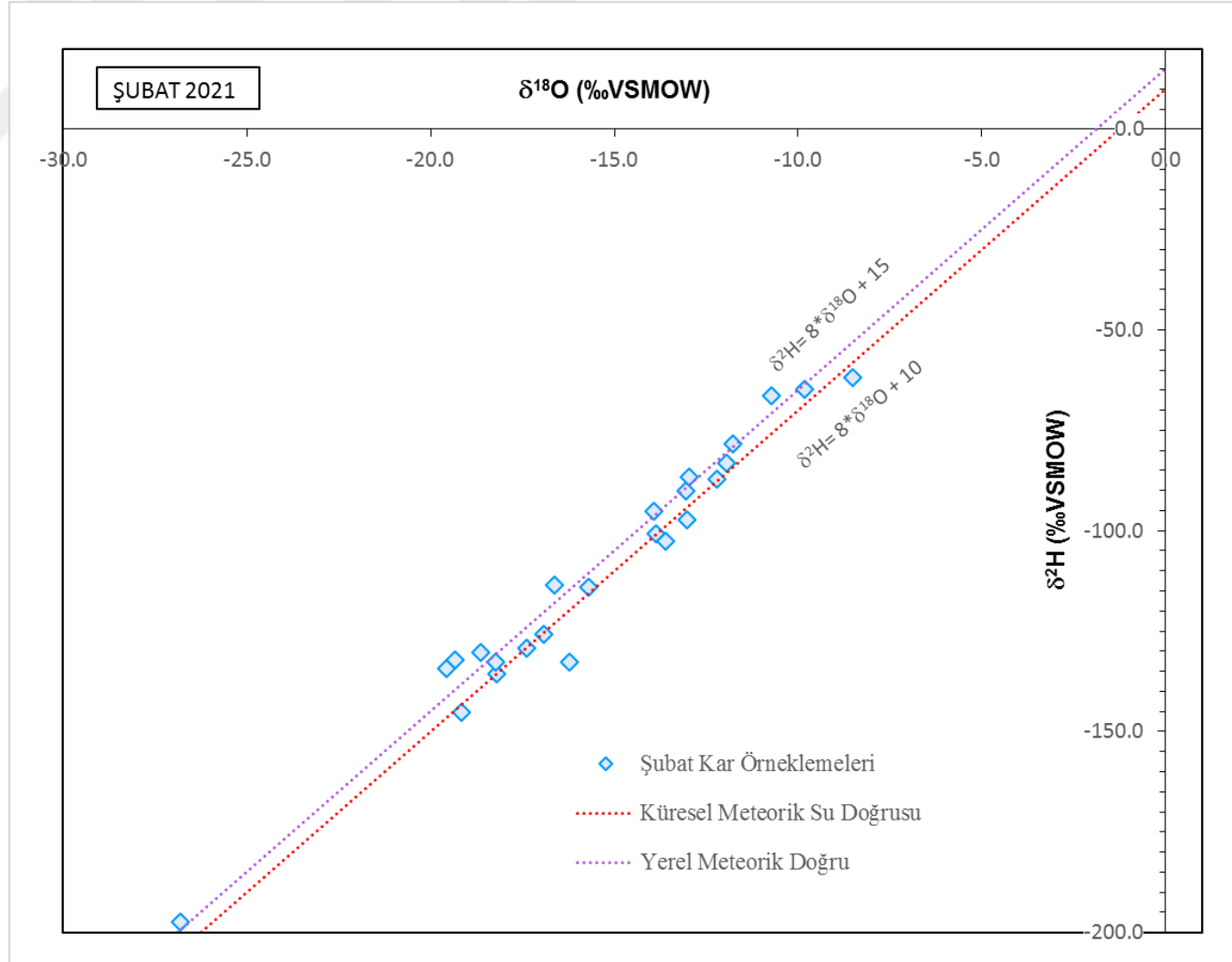
EK 1.71. Havzada 2020 yılı Ağustos döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiği (devam ediyor)



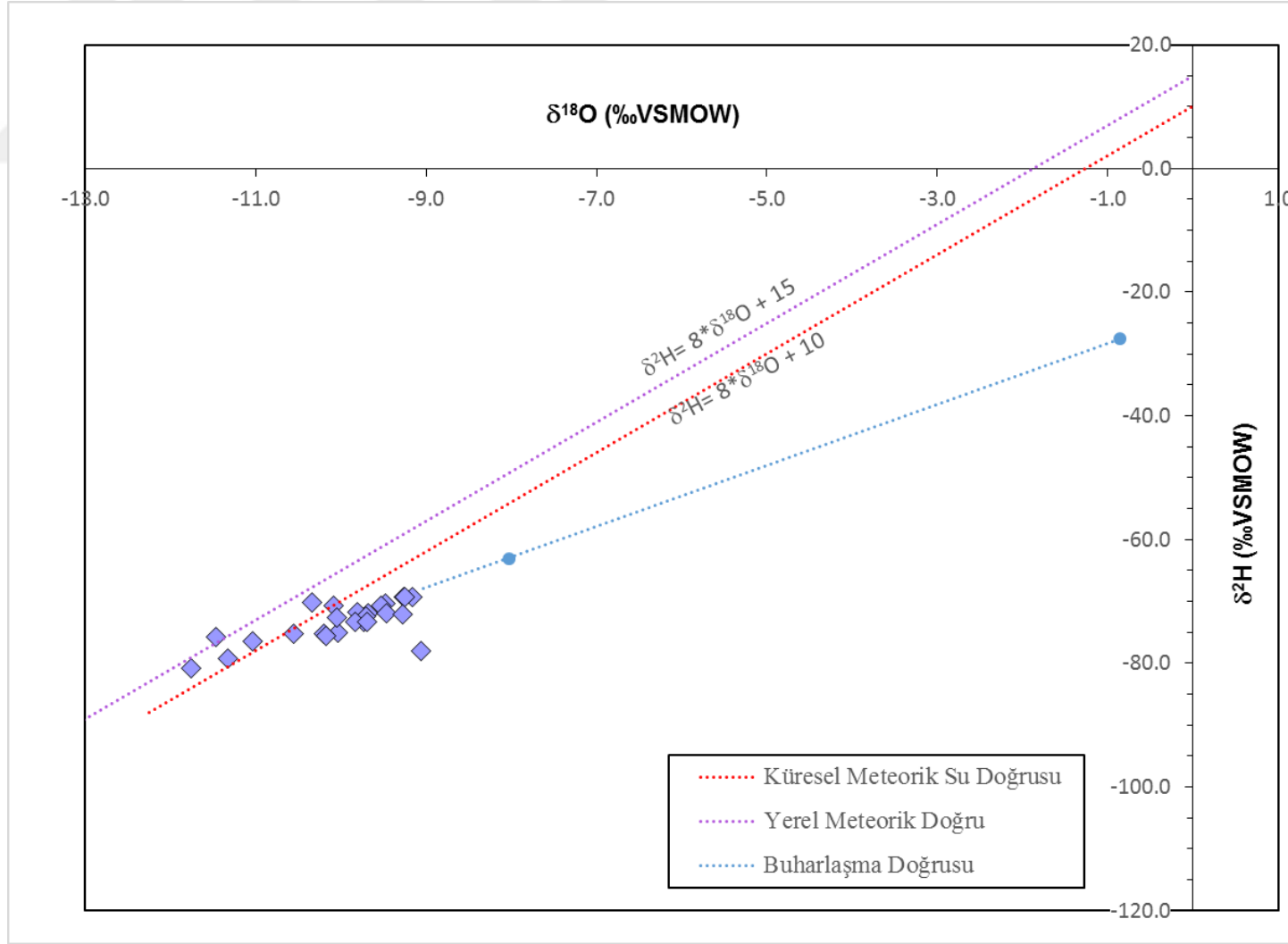
EK 1.72. Havzada 2020 yılı Ağustos döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiği (devam ediyor)



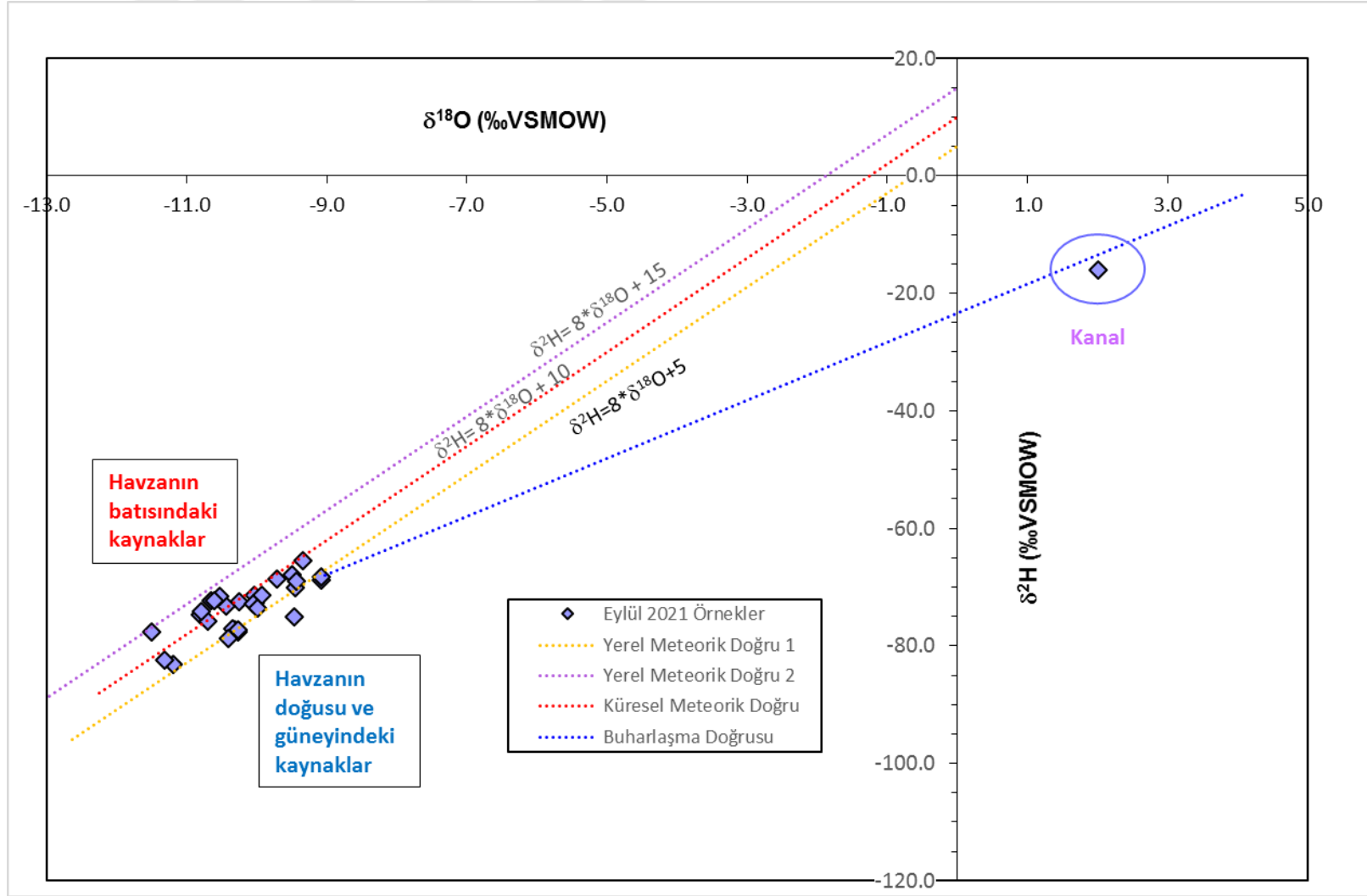
EK 1.73. Havzada 2021 yılı Şubat döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiği (devam ediyor)



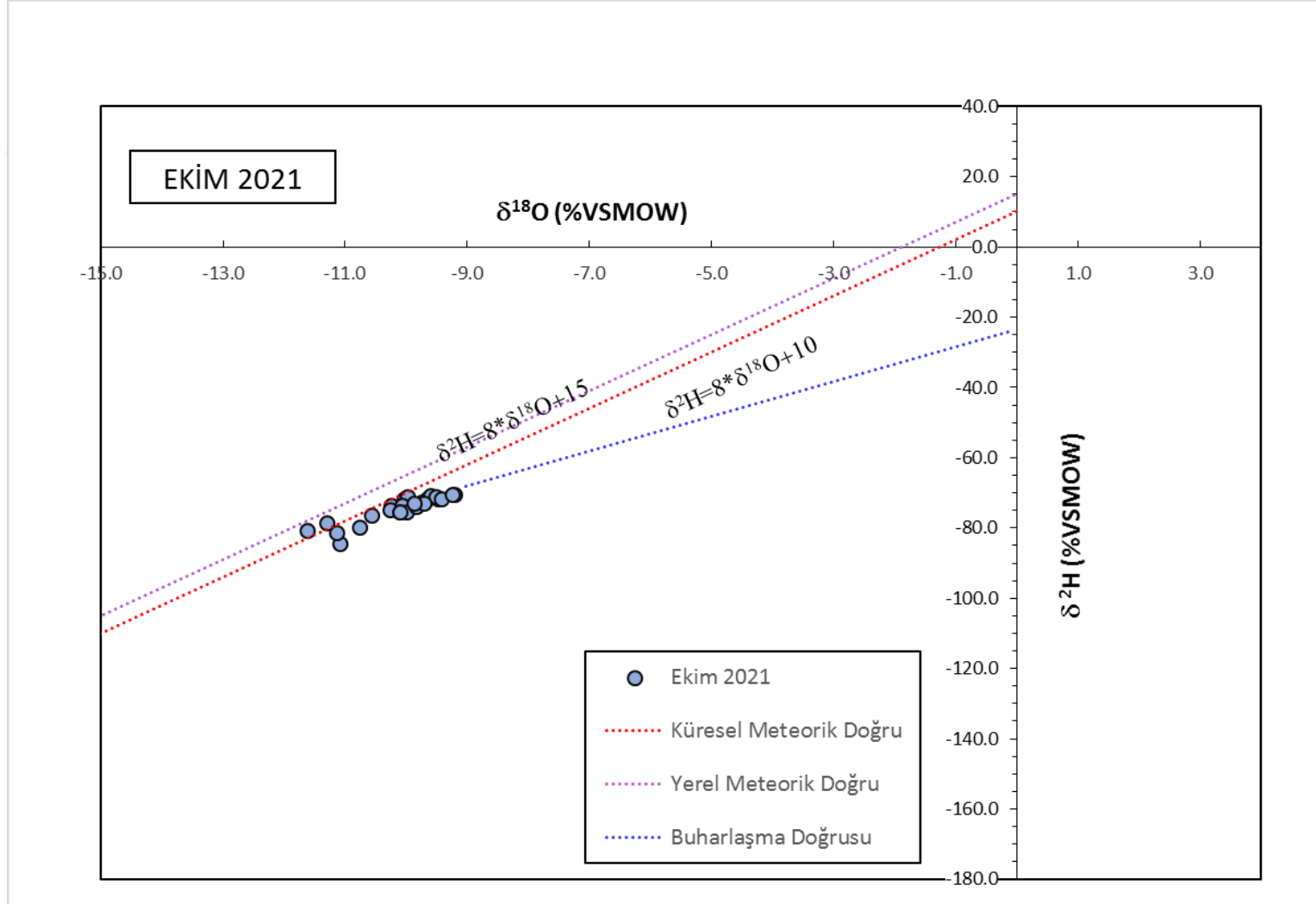
EK 1.74. Havzada 2021 yılı Mayıs döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiği (devam ediyor)



EK 1.75. Havzada 2021 yılı Eylül döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiği (devam ediyor)



EK 1. 76. Havzada 2021 yılı Ekim döneminde örneklenen su noktalarının duraylı izotop grafiği (devam ediyor)



Ek 2.1. Çalışma alanındaki Seyfe kaynağının geçmiş yıllarda ölçülmüş debi değerleri

<i>Seyfe</i>					
<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>	<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>
1968/8	0.423	423	1973/10	0.025	25
1968/9	0.314	314	1973/11	0.032	32
1968/10	0.314	314	1973/12	0.074	74
1968/11	0.314	314	1974/1	0.057	57
1968/12	0.314	314	1974/2	0.040	40
1969/1	0.314	314	1974/3	0.066	66
1969/2	0.255	255	1974/4	0.129	129
1969/3	0.245	245	1974/5	0.118	118
1969/4	0.562	562	1974/6	0.034	34
1969/5	0.414	414	1974/7	0.124	124
1969/6	0.453	453	1974/8	0.070	70
1969/7	0.518	518	1974/9	0.040	40
1969/8	0.400	400	1974/10	0.006	6
1969/9	0.401	401	1974/11	0.161	161
1969/10	0.435	435	1974/12	0.140	140
1969/11	0.376	376	1998/1	0.120	120
1969/12	0.419	419	1998/2	0.099	99
1970/1	0.414	414	1998/3	0.193	193
1970/2	0.380	380	1998/4	0.336	336
1970/3	0.346	346	1998/5	0.197	197
1970/4	0.331	331	1998/6	0.227	227
1970/5	0.357	357	1998/7	0.160	160
1970/6	0.197	197	1998/8	0.037	37

<i>Seyfe</i>					
<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>	<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>
1970/7	0.319	319	1998/9	0.051	51
1970/8	0.219	219	1998/10	0.148	148
1970/9	0.167	167	1998/11	0.145	145
1970/10	0.228	228	1998/12	0.238	238
1970/11	0.304	304	1999/1	0.186	186
1970/12	0.279	279	1999/2	0.203	203
1971/1	0.228	228	1999/3	0.259	259
1971/2	0.333	333	1999/4	0.350	350
1971/3	0.316	316	1999/5	0.181	181
1971/4	0.278	278	1999/6	0.233	233
1971/5	0.241	241	1999/7	0.121	121
1971/6	0.413	413	1999/8	0.093	93
1971/7	0.354	354	1999/9	0.082	82
1971/8	0.296	296	1999/10	0.222	222
1971/9	0.262	262	1999/11	0.190	190
1971/10	0.229	229	1999/12	0.173	173
1971/11	0.163	163	2000/1	0.182	182
1971/12	0.111	111	2000/2	0.191	191
1972/1	0.059	59	2000/3	0.182	182
1972/2	0.139	139	2000/4	0.208	208
1972/3	0.257	257	2000/5	0.310	310
1972/4	0.390	390	2000/6	0.262	262
1972/5	0.232	232	2000/7	0.202	202
1972/6	0.342	342	2000/8	0.222	222
1972/7	0.023	23	2000/9	0.252	252
1972/8	0.109	109	2000/10	0.275	275

<i>Seyfe</i>					
<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>	<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>
1972/9	0.137	137	2000/11	0.131	131
1972/10	0.166	166	2000/12	0.161	161
1972/11	0.143	143	2001/1	0.106	106
1972/12	0.144	144	2001/2	0.120	120
1973/1	0.202	202	2001/3	0.090	90
1973/2	0.120	120	2001/4	0.072	72
1973/3	0.105	105	2001/5	0.069	69
1973/4	0.065	65	2001/6	0.074	74
1973/5	0.093	93	2001/7	0.050	50
1973/6	0.123	123	2001/8	0.020	20
1973/7	0.055	55	2001/9	0.001	1
1973/8	0.025	25	Ortalama	0.203	203.00
1973/9	0.025	25			

EK 2.2 Çalışma alanındaki Horla kaynağının geçmiş yıllarda ölçülmüş debi değerleri

<i>Horla</i>					
<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>	<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>
1968/8	0.07	73	1973/6	0.06	55.0
1968/9	0.07	74	1973/7	0.04	40.0
1969/2	0.09	85	1973/8	0.09	90.0
1969/3	0.16	157	1973/11	0.04	40.0
1969/4	0.08	83	1973/12	0.03	28.0
1969/5	0.10	104	1974/3	0.04	37.0
1969/6	0.08	76	1974/4	0.03	33.0
1969/7	0.07	69	1974/5	0.02	21.0
1969/8	0.11	111	1974/6	0.01	8.0
1969/9	0.08	75	1974/7	0.04	35.0
1969/10	0.07	68	1977/4	0.10	97.0
1969/11	0.11	111	1977/5	0.04	42.0
1969/12	0.12	118	1977/6	0.02	24.0
1970/1	0.07	69	1977/7	0.04	36.0
1970/2	0.09	87	1977/8	0.06	64.0
1970/3	0.08	77	1977/11	0.27	270.0
1970/4	0.09	88	1977/12	0.10	95.0
1970/5	0.02	22	1979/3	0.05	50.0
1970/6	0.04	42	1979/6	0.03	30.0
1970/7	0.09	93	1979/7	0.05	45.0
1970/8	0.08	81	1979/8	0.06	55.0

<i>Horla</i>					
<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>	<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>
1970/9	0.07	74	1979/9	0.05	52.0
1970/10	0.03	25	1979/10	0.05	50.0
1970/11	0.04	44	1979/11	0.04	42.0
1970/12	0.04	35	1980/6	0.04	35.0
1971/1	0.05	50	1980/7	0.05	53.0
1971/2	0.04	42	1980/8	0.03	28.0
1971/3	0.04	42	1980/9	0.05	45.0
1971/4	0.09	89	2001/5	0.08	84.0
1971/5	0.07	71	2001/6	0.05	49.0
1971/6	0.09	89	2001/7	0.00	1.0
1971/7	0.09	91	2001/8	0.00	1.0
1971/8	0.09	93	2001/9	0.00	1.0
1971/9	0.07	67	2001/10	0.02	22.0
1971/10	0.04	41	2002/2	0.07	65.0
1971/11	0.07	71	2002/3	0.06	64.0
1971/12	0.07	72	2002/4	0.05	47.0
1972/1	0.07	72	2002/5	0.07	68.0
1972/2	0.08	79	2002/6	0.05	46.0
1972/3	0.05	48	2002/7	0.00	1.0
1972/4	0.06	61	2002/8	0.00	1.0
1972/5	0.09	88	2002/9	0.00	1.0
1972/6	0.06	57	2002/10	0.04	38.0

<i>Horla</i>					
<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>	<i>Tarih</i>	<i>Debi (m3/s)</i>	<i>Debi (l/s)</i>
1972/7	0.06	55	2002/12	0.03	31.0
1972/10	0.08	75	2003/4	0.05	51.0
1972/11	0.09	90	2003/5	0.05	54.0
1973/3	0.04	35	2003/6	0.05	46.0
1973/4	0.04	35	Ortalama	0.06	60
1973/5	0.04	35			

EK 2.3. İnceleme alanı ve yakın çevresinde yer alan MGİ yağış verilerine ait korelasyon katsayı tablosu

1970-2020 MGİ Yağış Verileri Korelasyon Tablosu													
	Kırşehir	Kaman	Akpınar	Keskin	Kırıkkale	Çiçekdağı	Malya	Mucur	Şefaatli	Nevşehir	Hacıbektaş	Kozaklı	Ürgüp
Kırşehir	1.00	0.66	0.67	0.59	0.53	0.68	0.52	0.69	0.69	0.51	0.35	0.52	0.50
Kaman	0.66	1.00	0.65	0.73	0.54	0.64	0.49	0.58	0.64	0.40	0.33	0.59	0.47
Akpınar	0.67	0.65	1.00	0.59	0.51	0.66	0.65	0.62	0.58	0.55	0.36	0.49	0.55
Keskin	0.59	0.73	0.59	1.00	0.77	0.66	0.54	0.62	0.62	0.32	0.27	0.49	0.52
Kırıkkale	0.53	0.54	0.51	0.77	1.00	0.49	0.40	0.51	0.50	0.33	0.24	0.36	0.43
Çiçekdağı	0.68	0.64	0.66	0.66	0.49	1.00	0.60	0.67	0.78	0.44	0.53	0.63	0.62
Malya	0.52	0.49	0.65	0.54	0.40	0.60	1.00	0.36	0.55	0.31	0.31	0.31	0.40
Mucur	0.69	0.58	0.62	0.62	0.51	0.67	0.36	1.00	0.61	0.64	0.56	0.63	0.69
Şefaatli	0.69	0.64	0.58	0.62	0.50	0.78	0.55	0.61	1.00	0.46	0.37	0.57	0.63
Nevşehir	0.51	0.40	0.55	0.32	0.33	0.44	0.31	0.64	0.46	1.00	0.43	0.50	0.53
Hacıbektaş	0.35	0.33	0.36	0.27	0.24	0.53	0.31	0.56	0.37	0.43	1.00	.368*	0.44
Kozaklı	0.52	0.59	0.49	0.49	0.36	0.63	0.31	0.63	0.57	0.50	0.37	1.00	0.68
Ürgüp	0.50	0.47	0.55	0.52	0.43	0.62	0.40	0.69	0.63	0.53	0.44	0.68	1.00

EK 2.4. İnceleme alanı ve yakın çevresinde yer alan MGİ sıcaklık verilerine ait korelasyon katsayı tablosu

1970-2020 MGİ Sıcaklık Verileri Korelasyon Tablosu													
	Kırşehir	Ürgüp	Nevşehir	Keskin	Kırıkkale	Kaman	Çiçekdağı	Akpınar	Mucur	Hacıbektaş	Kozaklı	Şefaatli	Malya
Kırşehir	1.00	0.92	0.97	0.85	0.94	0.96	0.97	0.89	0.95	0.88	0.91	0.86	0.97
Ürgüp	0.92	1.00	0.92	0.92	0.82	0.93	0.92	0.89	0.95	0.87	0.90	0.85	0.94
Nevşehir	0.97	0.92	1.00	0.82	0.92	0.97	0.97	0.89	0.93	0.87	0.89	0.83	0.96
Keskin	0.85	0.92	0.82	1.00	0.76	0.86	0.86	0.83	0.90	0.84	0.87	0.81	0.88
Kırıkkale	0.94	0.82	0.92	0.76	1.00	0.92	0.95	0.85	0.87	0.78	0.80	0.79	0.92
Kaman	0.96	0.93	0.97	0.86	0.92	1.00	0.96	0.90	0.94	0.87	0.91	0.85	0.96
Çiçekdağı	0.97	0.92	0.97	0.86	0.95	0.96	1.00	0.90	0.95	0.86	0.89	0.85	0.99
Akpınar	0.89	0.89	0.89	0.83	0.85	0.90	0.90	1.00	0.91	0.90	0.86	0.87	0.89
Mucur	0.95	0.95	0.93	0.90	0.87	0.94	0.95	0.91	1.00	0.92	0.92	0.88	0.96
Hacıbektaş	0.88	0.87	0.87	0.84	0.78	0.87	0.86	0.90	0.92	1.00	0.92	0.91	0.86
Kozaklı	0.91	0.90	0.89	0.87	0.80	0.91	0.89	0.86	0.92	0.92	1.00	0.94	0.92
Şefaatli	0.86	0.85	0.83	0.81	0.79	0.85	0.85	0.87	0.88	0.91	0.94	1.00	0.87
Malya	0.97	0.94	0.96	0.88	0.92	0.96	0.99	0.89	0.96	0.86	0.92	0.87	1.00

Ek 2.5. Kaman MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Kaman													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	55.14	42.74	49.65	54.16	50.22	33.22	9.70	9.43	13.95	32.45	49.30	57.58	457.56
Potansiyel Buharlaşma (ETp)	0.00	1.37	17.67	45.26	78.47	105.65	131.82	121.92	85.31	50.59	18.16	2.07	658.29
P-ETp	55.14	41.37	31.98	8.90	-28.24	-72.43	-122.12	-112.49	-71.36	-18.14	31.15	55.51	-200.74
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	109.31	82.41	39.94	11.78	3.82	1.87	1.56	32.71	88.22	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	1.37	17.67	44.85	77.12	75.69	37.87	17.39	15.90	32.76	18.16	2.07	340.85
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.41	1.35	29.96	93.95	104.53	69.41	17.83	0.00	0.00	317.45
Fazla su	43.36	41.37	31.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	116.7
Akış	21.69	31.53	31.76	15.88	7.94	3.97	1.98	0.99	0.50	0.25	0.12	0.06	116.7

Ek 2.6. Çiçekdağı MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Çiçekdağı													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	34.52	28.24	33.69	40.26	49.18	30.93	10.39	8.61	12.98	24.67	34.42	38.34	346.24
Potansiyel Buharlaşma (ETp)	0.00	3.18	20.60	49.60	83.95	114.36	142.41	132.59	92.04	53.98	18.74	2.68	714.14
P-ETp	34.52	25.05	13.09	-9.34	-34.77	-83.43	-132.02	-123.98	-79.06	-29.31	15.68	35.66	-367.90
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	91.09	64.34	27.93	7.46	2.16	0.98	0.73	16.41	52.07	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	3.18	20.60	49.18	75.93	67.33	30.86	13.91	14.16	24.92	18.74	2.68	321.50
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.42	8.02	47.03	111.54	118.68	77.88	29.06	0.00	0.00	392.64
Fazla su	-13.41	25.05	13.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.7
Akış	-6.69	9.18	11.14	5.57	2.78	1.39	0.70	0.35	0.17	0.09	0.04	0.02	24.7

Ek 2.7. Keskin MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Keskin													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	43.28	32.75	41.00	50.23	46.34	31.40	11.89	7.09	15.47	32.93	36.41	46.80	395.59
Potansiyel Buharlaşma (ETp)	0.00	1.50	17.26	45.17	80.01	111.10	137.01	124.32	88.30	52.07	18.11	1.73	676.57
P-ETp	43.28	31.26	23.74	5.06	-33.68	-79.70	-125.11	-117.23	-72.83	-19.14	18.30	45.07	-280.98
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	105.19	75.11	33.85	9.69	3.00	1.45	1.20	19.50	64.56	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	1.50	17.26	45.04	76.41	72.66	36.06	13.78	17.02	33.18	18.11	1.73	332.75
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.13	3.60	38.44	100.95	110.54	71.28	18.88	0.00	0.00	343.82
Fazla su	7.84	31.26	23.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.8
Akış	3.94	17.60	20.67	10.33	5.17	2.58	1.29	0.65	0.32	0.16	0.08	0.04	62.8

Ek 2.8. Kırıkkale MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Kırıkkale													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	39.96	28.59	34.05	42.94	50.07	38.36	10.88	10.55	13.31	29.39	29.26	42.03	369.40
Potansiyel Buharlaşma (ETp)	0.24	4.16	21.34	50.15	87.07	120.20	150.85	139.37	93.14	52.13	17.29	3.50	739.42
P-ETp	39.73	24.43	12.71	-7.20	-37.00	-81.84	-139.97	-128.82	-79.82	-22.74	11.97	38.53	-370.02
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	93.05	64.28	28.35	6.99	1.93	0.87	0.69	12.66	51.19	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.24	4.16	21.34	49.89	78.85	74.28	32.24	15.61	14.37	29.57	17.29	3.50	341.34
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.25	8.22	45.92	118.61	123.75	78.76	22.56	0.00	0.00	398.08
Fazla su	-9.08	24.43	12.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.1
Akış	-4.52	9.95	11.33	5.66	2.83	1.42	0.71	0.35	0.18	0.09	0.04	0.02	28.1

Ek 2.9. Nevşehir MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Nevşehir													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	39.55	37.31	47.94	48.64	59.30	35.13	9.31	5.57	11.71	31.34	34.54	47.54	407.88
Potansiyel Buharlaşma (Etp)	0.00	2.27	18.57	46.71	79.37	107.10	132.08	121.80	84.90	50.28	18.75	3.23	665.07
P-Etp	39.55	35.04	29.37	1.93	-20.07	-71.97	-122.77	-116.23	-73.19	-18.94	15.79	44.31	-257.19
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	101.95	83.41	40.61	11.90	3.72	1.79	1.48	17.28	61.58	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	2.27	18.57	46.69	77.84	77.93	38.02	13.75	13.64	31.65	18.75	3.23	342.34
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.02	1.53	29.17	94.06	108.05	71.26	18.63	0.00	0.00	322.72
Fazla su	1.13	35.04	29.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.5
Akış	0.58	17.81	23.59	11.79	5.90	2.95	1.47	0.74	0.37	0.18	0.09	0.05	65.5

Ek 2.10. Ürgüp MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Ürgüp													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	34.11	30.54	35.61	49.20	52.93	33.99	8.98	4.03	11.38	28.97	30.33	37.66	357.72
Potansiyel Buharlaşma (Etp)	0.00	2.05	19.85	47.95	78.88	106.42	130.96	119.64	80.52	47.08	16.49	2.02	651.88
P-Etp	34.11	28.49	15.76	1.24	-25.95	-72.43	-121.98	-115.62	-69.15	-18.11	13.84	35.64	-294.16
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	101.25	78.11	37.86	11.18	3.52	1.76	1.47	15.31	50.95	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	2.05	19.85	47.95	76.07	74.25	35.66	11.69	13.13	29.26	16.49	2.02	328.42
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.01	2.81	32.18	95.30	107.95	67.39	17.82	0.00	0.00	323.46
Fazla su	-14.94	28.49	15.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.3
Akış	-7.45	10.52	13.14	6.57	3.28	1.64	0.82	0.41	0.21	0.10	0.05	0.03	29.3

Ek 2.11. Hacıbektaş MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Hacıbektaş													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	40.85	35.46	39.59	47.76	53.66	35.50	6.28	6.44	11.16	31.79	35.94	45.16	389.58
Potansiyel Buharlaşma (Etp)	0.00	0.89	17.06	44.65	78.17	108.13	130.33	121.46	85.74	50.48	17.66	2.28	656.84
P-Etp	40.85	34.56	22.54	3.10	-24.51	-72.63	-124.06	-115.02	-74.58	-18.69	18.28	42.88	-267.26
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	103.15	80.73	39.05	11.29	3.58	1.70	1.41	19.69	62.57	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	0.89	17.06	44.60	76.08	77.18	34.03	14.16	13.04	32.08	17.66	2.28	329.06
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.05	2.09	30.95	96.30	107.30	72.70	18.40	0.00	0.00	327.78
Fazla su	3.42	34.56	22.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.5
Akış	1.73	18.14	20.34	10.17	5.09	2.54	1.27	0.64	0.32	0.16	0.08	0.04	60.5

Ek 2.12. Kozaklı MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Kozaklı													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	36.78	27.83	32.85	46.90	49.56	41.27	25.66	8.39	12.12	26.87	33.80	42.11	384.14
Potansiyel Buharlaşma (Etp)	0.00	0.07	16.37	47.10	81.43	110.99	133.14	124.67	86.20	49.46	16.73	1.33	667.46
P-Etp	36.78	27.76	16.49	-0.20	-31.87	-69.72	-107.48	-116.27	-74.08	-22.58	17.08	40.78	-283.32
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	99.80	72.57	36.14	12.34	3.86	1.84	1.47	18.54	59.33	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	0.07	16.37	47.10	76.80	77.70	49.46	16.87	14.13	27.24	16.73	1.33	343.79
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.00	4.63	33.29	83.68	107.79	72.07	22.21	0.00	0.00	323.67
Fazla su	-3.90	27.76	16.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.4
Akış	-1.93	12.91	14.70	7.35	3.68	1.84	0.92	0.46	0.23	0.11	0.06	0.03	40.4

Ek 2.13. Mucur MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Mucur													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	43.95	35.77	37.02	45.18	50.35	36.99	9.33	6.60	12.66	31.48	37.98	45.88	393.21
Potansiyel Buharlaşma (Etp)	0.00	1.46	16.66	46.36	81.54	110.76	138.60	128.00	94.55	52.24	16.91	2.20	689.28
P-Etp	43.95	34.31	20.37	-1.18	-31.18	-73.77	-129.27	-121.40	-81.89	-20.75	21.07	43.67	-296.07
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	98.83	72.35	34.60	9.50	2.82	1.24	1.01	22.09	65.76	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	1.46	16.66	46.35	76.83	74.74	34.43	13.28	14.24	31.72	16.91	2.20	328.82
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.01	4.71	36.02	104.17	114.72	80.31	20.52	0.00	0.00	360.46
Fazla su	9.71	34.31	20.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.4
Akış	4.87	19.59	19.98	9.99	4.99	2.50	1.25	0.62	0.31	0.16	0.08	0.04	64.4

Ek 2.14. Akpınar MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Akpınar													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	39.31	33.70	34.54	43.03	54.51	34.46	11.12	7.17	11.45	25.67	38.29	47.40	380.65
Potansiyel Buharlaşma (Etp)	0.00	1.39	16.86	43.74	86.56	105.05	132.57	123.44	83.91	50.53	16.84	2.39	663.28
P-Etp	39.31	32.31	17.68	-0.71	-32.04	-70.59	-121.46	-116.27	-72.46	-24.87	21.45	45.01	-282.62
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	99.30	72.07	35.58	10.56	3.30	1.60	1.25	22.70	67.71	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	1.39	16.86	43.73	81.74	70.96	36.13	14.43	13.15	26.02	16.84	2.39	323.64
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	34.10	96.44	109.01	70.76	24.51	0.00	0.00	339.63
Fazla su	7.02	32.31	17.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.0
Akış	3.53	17.92	17.80	8.90	4.45	2.23	1.11	0.56	0.28	0.14	0.07	0.03	57.0

Ek 2.15. Malya Tigem MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Malya Tigem													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	36.27	32.78	32.64	41.35	46.52	33.07	10.11	7.63	14.06	28.24	35.13	36.83	354.64
Potansiyel Buharlaşma (Etp)	0.00	0.00	15.08	43.47	77.29	103.98	126.42	117.63	82.16	48.01	17.02	0.00	631.06
P-Etp	36.27	32.78	17.56	-2.11	-30.77	-70.91	-116.31	-110.00	-68.10	-19.77	18.12	36.83	-276.42
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	97.91	71.98	35.42	11.07	3.68	1.86	1.53	19.65	56.48	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	0.00	15.08	43.44	72.45	69.63	34.46	15.02	15.88	28.58	17.02	0.00	311.56
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.02	4.84	34.35	91.96	102.61	66.28	19.43	0.00	0.00	319.50
Fazla su	-7.26	32.78	17.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.1
Akış	-3.61	14.58	16.07	8.04	4.02	2.01	1.00	0.50	0.25	0.13	0.06	0.03	43.1

Ek 2.16. Şefaati MGİ için Thorntwaite-Mather su bütçesi

Şefaati													
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış (P)	36.15	30.49	35.20	42.20	47.59	32.91	8.03	6.53	10.76	23.78	40.20	43.75	357.59
Potansiyel Buharlaşma (Etp)	0.00	1.68	19.63	45.27	80.90	110.39	135.49	128.65	88.18	49.86	19.37	2.12	681.53
P-Etp	36.15	28.81	15.57	-3.07	-33.31	-77.48	-127.45	-122.12	-77.41	-26.08	20.83	41.63	-323.94
Rezervdeki su	100.00	100.00	100.00	96.98	69.50	32.03	8.95	2.64	1.22	0.94	21.77	63.39	
Gerçek buharlaşma (Eta)	0.00	1.68	19.63	45.22	75.06	70.39	31.11	12.84	12.19	24.06	19.37	2.12	313.67
Eksik Su	0.00	0.00	0.00	0.05	5.84	40.00	104.38	115.81	75.99	25.80	0.00	0.00	367.86
Fazla su	-0.45	28.81	15.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.9
Akış	-0.21	14.30	14.93	7.47	3.73	1.87	0.93	0.47	0.23	0.12	0.06	0.03	43.9

EK 2.17. Çalışma alanında Eylül 2019 döneminde örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

Örnek No	Lokasyon	X (Boylam)	Y (Enlem)	Kot (m)	Türü	Tarih	ÖEi 25° (µS/cm)	T (°C)	pH	Debi (l/s)	Sertlik (Fr°)	%Na	SAR	TÇM (ppm)
P1-1	Boztepe	605156	4340698	1370	Kaynak	13.9.2019	410	15.7	8.02	0.18	16.63	2.66	0.07	205
P2-1	Çimeli	603666	4349747	1240	Kaynak	13.9.2019	710	17.6	7.32	0.04	27.61	7.53	0.27	355
P3-1	Çimeli	605284	4351136	1220	Kaynak	13.9.2019	370	15.8	7.84	0.25	20.97	8.37	0.27	185
P5-1	Hamurlu Besler	597851	4364038	1328	Kaynak	13.9.2019	550	15.9	7.39	0.17	20.73	8.91	0.28	275
E1-1	Boztepe-Külhüyük	609035	4349498	1155	Kaynak	14.9.2019	460	19.4	7.86	*	22.52	5.96	0.19	230
E2-1	Harmanaltı	609110	4361089	1144	Kaynak	14.9.2019	910	18.2	7.51	0.6	29.09	18.25	0.77	455
E5-1	Yukarı Hamurlu	598819	4368745	1265	Kaynak	14.9.2019	720	16.4	7.73	2.5	24.57	7.85	0.27	360
M1-1	Göllü	611807	4367723	1285	Kaynak	14.9.2019	640	14.5	7.79	0.3	24.36	6.03	0.20	320
E8-1	Eskidoğanlı	615409	4344250	1120	Kaynak	14.9.2019	640	20.3	7.74	0.1	25.31	7.81	0.27	320
M3-1	Yazıkınık	621810	4334070	1127	Kaynak	14.9.2019	550	16.3	7.78	0.23	20.35	7.67	0.24	275
E10- 1	Budak	625560	4333087	1200	Kaynak	16.9.2019	780	17.6	7.77	0.025	23.92	8.45	0.29	390
E11-1	İlice	641503	4319309	1187	Kaynak	16.9.2019	660	16.3	7.93	0.43	26.03	9.22	0.33	330
E12-1	Avuç	643866	4317658	1228	Kaynak	16.9.2019	690	14.5	7.73	1	24.16	10.15	0.35	345
E15-1	Seyfe	615029	4339571	1131	Kuyu	16.9.2019	740	16.2	8.25	*	22.78	24.21	0.98	370
E16-1	Gümüşkümbet	615133	4336386	1188	Kaynak	16.9.2019	750	18	7.78	0.03	24.79	4.85	0.18	375
E18-1	Dalakçı	612891	4336936	1238	Kaynak	16.9.2019	870	17.6	7.48	0.13	34.03	6.49	0.26	435
E19-1	Dalakçı-Karacaören	610775	4338976	1216	Kaynak	16.9.2019	510	18.4	7.74	0.06	21.02	3.48	0.11	255

MT1/1	Malya Tigem	615820	4350596	1133	Kuyu	16.9.2019	1730	15.9	7.62	*	32.63	56.83	5.90	865
MT4/1	Malya Tigem	615869	4350611	1116	Kuyu	16.9.2019	2340	15.8	7.52	*	37.65	51.56	5.44	1170
E24-1	Üçkuyu	621376	4362765	1176	Kaynak	17.9.2019	1460	16.3	7.15	0.3	52.01	12.52	0.66	730
DK-1	Karaarkaç	633231	4340043	1108	Kanal	17.9.2019	30500	19.7	8.65	*	739.06	66.24	34.20	15250

* Ölçüm yapılamamıştır.

EK 2.18. Çalışma alanında Eylül 2019 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Lokasyon	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ⁺² (ppm)	Mg ⁺² (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	CO ₃ ⁻² (ppm)	Kasyon Tipi	Anyon Tipi	Su Tipi	EN(%)
P1-1	Boztepe	0.8	2.1	51	9.5	2.5	6.8	193	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.93
P2-1	Çimeli	3.41	10.5	87.9	13.8	7.2	11.6	345	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.27
P3-1	Çimeli	1.6	8.9	67.9	9.8	4.6	17.3	244	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.47
P5-1	Hamurlu Besler	1.3	9.4	68.9	8.6	3.9	26.3	240	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.04
E1-1	Boztepe.Külhüyük arası	0.9	6.6	72.6	10.7	5.2	8.7	270	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.64
E2-1	Harmanaltı	1	30	82.3	20.8	22	32.6	345	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.38
E5-1	Yukarı Hamurlu	0.85	9.66	75.7	13.8	8.0	31.1	264	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.47
M1-1	Göllü	2.83	7.3	69.1	17.3	6.0	14.3	283	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.52
E8-1	Eskidoğanlı	2.8	10	81.5	12.1	22.7	20.1	265	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	2.6
M3-1	Yazıkınık	0.5	7.8	62.6	11.5	8.72	8.70	230	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	3.87
E10-1	Budak	2.8	10.3	76.4	11.8	16.7	24.8	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.02
E11-1	İlice	0.8	12.2	81.9	13.6	7.8	19.7	305	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.47
E12-1	Avuç	0.8	12.6	77.2	11.9	6.8	20.3	280	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.85
E15-1	Seyfe	2.3	33.9	58	20.2	20	35.2	280	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.7
E16-1	Gümüşkümbet	19.6	6.4	78.4	12.7	3.7	23.6	318	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	4.33
E18-1	Dalakçı	3.5	11	111	15.4	25.3	25.5	345	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	3.33
E19-1	Dalakçı-Karacaören arası	0.8	3.5	77	4.4	3.1	14	239	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.94
MT1/1	Yenidoğanlı	75.1	225.3	75.9	21.1	280	211	359	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Cl	2.44
MT4/1	Yenidoğanlı	70	267	130	32	452	374	380	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Cl	2.48
E24-1	Üçkuyu	3.4	34.5	156	31.8	123	89.7	365	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	2.87
DK-1	Karaarkaç	80	6760	1280	1020	12320	5720	71.1	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na-Cl	2.88

EK 2.19. Çalışma alanında Aralık 2019 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

Örnek No	Lokasyon	X (Boylam)	Y (Enlem)	Kot (m)	Türü	Tarih	ÖEi 25° (µS/cm)	T (°C)	pH	Debi (l/s)	Sertlik (Fr°)	%Na	SAR	TÇM (ppm)
P1-2	Boztepe	605156	4340698	1370	Kaynak	7.12.2019	291	9.1	7.65	0.18	14.60	2.95	0.07	145
P3-2	Çimeli	605284	4351136	1220	Kaynak	7.12.2019	405	10.1	7.43	0.125	18.67	7.72	0.23	202
P5-2	Hamurlu Besler	597851	4364038	1328	Kaynak	8.12.2019	406	12	7.25	0.4	18.89	6.75	0.20	203
E1-2	Boztepe-Külhüyük	609035	4349498	1155	Kaynak	7.12.2019	412	4.05	6.38	*	19.43	5.43	0.16	206
E2-2	Harmanaltı	609110	4361089	1144	Kaynak	8.12.2019	642	8.62	7.44	0.25	26.06	18.49	0.74	321
E5-2	Yukarı Hamurlu	598819	4368745	1265	Kaynak	8.12.2019	531	11	7.5	3	24.57	7.88	0.27	265
M1-2	Göllü	611807	4367723	1285	Kaynak	8.12.2019	580	12.1	7.65	0.7	26.68	6.39	0.23	290
E9-2	Yazıkınık	621977	4334584	1121	Kaynak	9.12.2019	396	10.6	7.56	0.63	18.45	7.01	0.21	198
E10-2	Budak	625560	4333087	1200	Kaynak	9.12.2019	514	6.27	7.67	*	23.11	8.69	0.29	257
E11b-2	İlcek	641133	4319169	1188	Kaynak	10.12.2019	634	8.71	7.35	0.36	29.21	7.98	0.30	317
E12-2	Avuç	643866	4317658	1228	Kaynak	10.12.2019	503	11.4	7.57	0.31	22.79	8.83	0.29	251
E15-2	Seyfe	615029	4339571	1131	Kuyu	9.12.2019	541	15	7.87	*	19.46	27.33	1.07	270
E16-2	Gümüşkümbet	615133	4336386	1188	Kaynak	9.12.2019	527	6.45	8.27	0.17	23.30	3.46	0.12	263
E18-2	Dalakçı	612891	4336936	1238	Kaynak	9.12.2019	644	6.66	7.28	0.1	29.52	7.21	0.27	322
E19-2	Dalakçı-Karacaören	610775	4338976	1216	Kaynak	9.12.2019	356	6.46	7.63	0.06	16.96	4.06	0.11	178
E21-2	Karacaören	609065	4342152	1200	Kaynak	9.12.2019	390	9.53	7.32	0.31	18.60	3.81	0.11	198
E24-2	Üçkuyu	621376	4362765	1176	Kaynak	8.12.2019	1050	13.7	7.09	0.42	44.99	13.57	0.67	525
E26-2	Eskidoğanlı	615533	4344035	1120	Kaynak	9.12.2019	452	8.66	7.57	0.31	21.00	5.70	0.18	226
DK-2	Karaarkaç	633231	4340043	1108	Drenaj Kanalı	9.12.2019	29850	4.13	8.61	*	542.06	64.36	26.97	14300

*Ölçüm yapılamamıştır.

EK 2.20. Çalışma alanında Aralık 2019 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Lokasyon	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ⁺² (ppm)	Mg ⁺² (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	CO ₃ ⁻² (ppm)	Kasyon Tipi	Anyon Tipi	Su Tipi	EN(%)
P1-2	Boztepe	0.5	2	46.7	7.2	2.1	5.1	180	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.51
P3-2	Çimeli	1.5	7.3	62.1	7.7	5.2	15.2	220	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.24
P5-2	Hamurlu Besler	1.2	6.3	61.7	8.5	2	22.1	213	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.93
E1-2	Külhüyük	0.7	5.2	65.2	7.7	4.4	6.2	235	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.32
E2-2	Harmanaltı	1.2	27.3	78.4	15.8	17.6	32.5	320	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.10
E5-2	Yukarı Hamurlu	0.82	9.7	75.7	13.8	8	31.1	270	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.54
M1-2	Göllü	3	8.5	88.3	11.3	28.6	25.9	271	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.04
E9-2	Yazıkınık	0.4	6.4	58.1	9.6	2.9	8.7	225	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.34
E10-2	Budak	2.6	10.3	74.5	11	19.8	25.3	248	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.12
E11b-2	İlice	0.9	11.7	82.6	14	7.7	19.1	315	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.24
E12-2	Avuç	0.9	10.2	71.2	12.2	7.3	23.8	252	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.95
E15-2	Seyfe	2.4	34.2	44.7	20.2	19.8	34.3	253	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.21
E16-2	Gümüşkümbet	16.8	4.2	73.6	12	3.8	24.1	285	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.07
E18-2	Dalakçı	3.5	10.7	98.7	11.9	22.5	27.5	320	<10	Ca> Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.06
E19-2	Dalakçı-K.Ören	0.1	3.3	62.2	3.5	3.1	12.5	205	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-2.34
E21-2	Karacaören	2.3	3.4	65	5.8	2.8	9.9	221	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.26
E24-2	Üçkuyu	3.4	32.8	131	29.9	76.2	99	380	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.34
E26-2	Eskidoğanlı	3.6	6	61.4	13.8	6	13.8	247	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.53
DK-2	Karaarkaç	60.5	4564	939	748	8088	4010	100	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na-Cl	-0.78

*Ölçüm yapılamamıştır.

EK 2.21. Çalışma alanında Ağustos 2020 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

Örnek No	Lokasyon	X (Boylam)	Y (Enlem)	Kot (m)	Türü	Tarih	ÖEİ 25°(µS/cm)	T (°C)	pH	Debi (l/s)	Sertlik (Fr°)	%Na	SAR	TÇM (ppm)
P1-3	Boztepe	605156	4340698	1370	Kaynak	8.08.2020	288	18.18	8.27	0.13	14.63	3.30	0.08	144
P2-3	Çimeli	603666	4349747	1240	Kaynak	8.08.2020	519	20.96	7.09	0.02	23.15	8.42	0.29	259.5
P3-3	Çimeli	605284	4351136	1220	Kaynak	8.08.2020	421	19.45	7.48	0.11	19.37	9.12	0.28	210.5
P5-3	Hamurlu Besler	597851	4364038	1328	Kaynak	8.08.2020	418	16.66	7.11	0.17	18.78	9.82	0.30	209
E1-3	Külhüyük	609035	4349498	1155	Kaynak	8.08.2020	401	21.01	7.82	0.09	19.00	7.09	0.21	200.5
E2-3	Harmanaltı	609110	4361089	1144	Kaynak	8.08.2020	670	20.39	7.22	0.2	27.08	18.90	0.77	335
E5-3	Yukarı Hamurlu	598819	4368745	1265	Kaynak	8.08.2020	555	17.61	7.33	*	25.21	7.47	0.26	277.5
E9-3	Yazıkınık	621977	4334584	1121	Kaynak	8.08.2020	421	17.69	7.36	0.2	19.46	8.66	0.27	210.5
M1-3	Göllü	611807	4367723	1285	Kaynak	8.08.2020	564	15.7	7.37	0.2	25.21	8.70	0.31	282
M3-3	Yazıkınık	621810	4334070	1127	Kaynak	8.08.2020	414	17.23	7.44	0.11	19.38	8.32	0.25	207
E11-3	İlice	641503	4319309	1187	Kaynak	9.08.2020	610	21.33	7.47	0.07	26.86	8.68	0.31	305
E12-3	Avuç	643866	4317658	1228	Kaynak	9.08.2020	537	14.52	7.48	0.64	24.06	8.47	0.29	268.5
E15-3	Seyfe	615029	4339571	1131	Kuyu	9.08.2020	564	17.76	7.7	*	20.32	26.59	1.05	282
E16-3	Gümüškümbet	615133	4336386	1188	Kaynak	9.08.2020	582	24.23	7.29	0.11	25.64	4.97	0.18	291
E18-3	Dalakçı	612891	4336936	1238	Kaynak	9.08.2020	663	26.39	7.16	0.013	30.84	6.57	0.25	331.5
E19-3	Dalakçı-K.Ören	610775	4338976	1216	Kaynak	9.08.2020	408	23.68	7.28	0.05	19.40	3.87	0.11	204
E21-3	Karacaören	609065	4342152	1200	Kaynak	9.08.2020	430	20.34	7.39	0.1	19.84	3.84	0.11	215
E24-3	Üçkuyu	621376	4362765	1176	Kaynak	9.08.2020	1159	17.33	7.06	0.195	52.89	7.78	0.39	579.5
E26-3	Eskidoğanlı	615533	4344035	1120	Kaynak	9.08.2020	495	24.48	7.27	0.089	22.23	6.37	0.21	247.5
DK-3	Karaarkaç	633231	4340043	1108	Kanal	9.08.2020	42030	23.64	9.08	*	821.85	66.89	37.61	21.015

*Ölçüm yapılamamıştır.

EK 2.22. Çalışma alanında Ağustos 2020 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Lokasyon	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ⁺² (ppm)	Mg ⁺² (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	CO ₃ ⁻² (ppm)	Kasyon Tipi	Anyon Tipi	Su Tipi	EN(%)
P1-3	Boztepe	0.3	2.3	44.3	8.7	2.5	7.2	167.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-1.1
P2-3	Çimeli	3.9	10	72.5	12.3	7	12	294.6	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	1.1
P3-3	Çimeli	1.1	9	66.9	6.5	6.6	16.3	224.8	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-1.0
P5-3	Hamurlu Besler	1.5	9.5	62.4	7.8	3.6	24.3	214.3	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-1.1
E1-3	Boztepe-Külhüyük	0.8	6.7	61.8	8.7	6.6	7.3	228.9	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-0.3
E2-3	Harmanaltı	1.4	29.2	81.8	16.2	18.5	27.2	340.4	<10	Ca> Na+K>Mg	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-0.4
E5-3	Yukarı Hamurlu	0.9	9.4	78.3	13.8	9.5	31.9	286	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	1.3
E9-3	Yazıkınık	0.4	8.5	60.5	10.6	2.5	8.6	236.3	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-1.8
M1-3	Göllü	2.9	11.2	84.2	10.2	20.7	18.5	281	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO3>Cl>SO4	Ca-HCO3	-0.2
M3-3	Yazıkınık	0.3	8.1	60.7	10.3	8.2	7.9	235.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>Cl>SO4	Ca-HCO3	0.2
E11-3	İlice	1.1	11.8	87.2	12.4	7.4	18.4	328.4	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	0.5
E12-3	Avuç	1.2	10.3	75.8	12.5	9.2	21	268.8	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-1.8
E15-3	Seyfe	2.6	34.4	52.1	17.8	17.5	32.7	269	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-0.4
E16-3	Gümüškümbet	17.2	6.7	81	13.2	6.5	21.4	312.4	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-1.0
E18-3	Dalakçı	3.2	10.1	102	13.1	20.5	21.1	337.8	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-1.0
E19-3	Dalakçı-K.Ören	0.3	3.6	71	4.1	6.6	12.7	218.6	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-0.1
E21-3	Karacaören	2.6	3.7	68.8	6.5	2.7	9.9	235.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	-0.6
E24-3	Üçkuyu	3.5	20.7	138.6	44.5	79.5	172.7	350.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	0.1
E26-3	Eskidoğanlı	3.8	7.1	63.7	15.4	6.6	12	278.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO3>SO4>Cl	Ca-HCO3	1.5
DK-3	Karaarkaç	172.2	7839.1	1431.9	1129.1	12984.8	6125.1	54.8	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>SO4>HCO3	Na-Cl	-1.5

EK 2.23. Çalışma alanında Şubat 2021 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

Örnek No	Lokasyon	X (Boylam)	Y (Enlem)	Kot (m)	Türü	Tarih	ÖEI 25° (µS/cm)	T (°C)	pH	Debi (l/s)	Sertlik (Fr°)	%Na	SAR	TÇM (ppm)
P4-4	Kırkpınar	599847	4358648	1190	Kaynak	14.02.2021	595	9.36	7.08	0.05	23.32	8.90	0.30	297.5
P5-4	Hamurlubeşler	597851	4364038	1328	Kaynak	14.02.2021	330	10.33	7.65	0.11	15.39	12.14	0.35	165
E3-4	Yukarıhamurlu	598788	4368698	1260	Kaynak	14.02.2021	435	9.82	7.47	0.07	20.97	2.42	0.07	217.5
E4-4	Yukarıhamurlu	598155	4368843	1230	Kaynak	16.02.2021	375	6.49	7.48	0.21	18.15	7.84	0.23	187.5
E5-4	Yukarıhamurlu	598819	4368745	1265	Kaynak	16.02.2021	460	8.43	7.47	1.8	22.36	8.10	0.26	230
E9-4	Yazıkınık	621977	4334584	1121	Kaynak	16.02.2021	343	9.69	8.07	0.22	16.89	3.59	0.10	171.5
E11-4	İlice	641503	4319309	1187	Kaynak	16.02.2021	418	9.1	7.72	0.15	27.19	7.93	0.28	209
E12-4	Avuç	643866	4317658	1228	Kaynak	18.02.2021	464	7.69	7.77	0.04	21.81	6.16	0.19	232
E13-4	Obruk	631372	4324354	1204	Kaynak	18.02.2021	485	5.46	7.75	0.01	20.91	9.40	0.30	242.5
E16-4	Gümüşkümbet	615133	4336386	1188	Kaynak	18.02.2021	508	4.83	8.06	0.07	21.10	3.50	0.11	254
E19-4	Dalakçı.K.Ören	610775	4338976	1216	Kaynak	18.02.2021	355	4.69	7.8	0.024	16.56	4.02	0.11	177.5
E20-4	Dalakçı.K.Ören	609570	4340156	1215	Kaynak	18.02.2021	318	5.42	7.77	0.06	15.90	2.13	0.06	159
E21-4	Karacaören	609065	4342152	1200	Kaynak	18.02.2021	352	6.54	6.9	0.05	17.16	3.51	0.10	176
E23-4	Hatunoğlu	617234	4363173	1163	Kaynak	18.02.2021	445	7.83	7.66	*	19.39	8.22	0.25	222.5
E24-4	Üçkuyu	621376	4362765	1176	Kaynak	18.02.2021	938	11.28	7.42	0.07	44.21	9.89	0.47	469
M1-4	Göllü	611807	4367723	1285	Kaynak	18.02.2021	540	7.53	7.65	0.27	24.71	6.58	0.22	*
M2-4	Uzunpınar	614056	4366218	1215	Kaynak	18.02.2021	450	10.05	7.6	0.42	21.04	5.79	0.18	225

*Ölçüm yapılamamıştır.

EK 2.24. Çalışma alanında Şubat 2021 dönemine ait örnekleme yapılan kaynaklara ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

Örnek No	Lokasyon	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ⁺² (ppm)	Mg ⁺² (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	CO ₃ ⁻² (ppm)	Katyon Tipi	Anyon Tipi	Su Tipi	EN(%)
P4-4	Kırkpınar	0.35	10.5	72.7	12.6	15.1	16.5	265.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.1
P5-4	Hamurlubeşler	0.5	9.87	49.8	8.8	3.4	20.4	170.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.1
E3-4	YukarıHamurlu	0.7	2.4	67.9	10.7	19.1	28.9	195.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.6
E4-4	YukarıHamurlu	0.1	2.3	57.4	10.3	3.7	21.9	194.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.6
E5-4	YukarıHamurlu	0.0	2.8	68.5	13.8	9.7	28.6	227.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.5
E9-4	Yazıkınık	0.5	2.9	49.7	10.9	1.9	8.7	195.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.2
E11-4	İlicecek	0.6	8.8	55.9	14.6	8.6	19.6	214.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.2
E12-4	Avuç	0.4	6.6	66.8	13.9	6.5	19.8	246.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.3
E13-4	Obruk	0.5	10.0	58.9	18.5	15.5	32.6	228.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.1
E16-4	Gümüşkümbet	8.6	3.7	60.5	18.6	6.2	37.1	252.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.6
E19-4	Dalakçı	0.0	3.2	59.6	6.9	3.0	17.4	190.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.4
E20-4	Dalakçı K.Ören	0.7	3.1	49.8	8.2	1.9	8.8	179.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.5
E21-4	Karacaören	1.5	2.9	48.0	13.2	2.7	11.4	194.5	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.3
E23-4	Çapraşık	1.1	8.1	56.7	17.4	8.1	23.2	228.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.5
E24-4	Üçkuyu	3.0	22.5	121.6	33.7	82.2	108.6	292.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.4
M1-4	Göllü	2.5	8.1	64.0	26.2	26.1	33.2	250.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.9
M2-4	Uzunpınar	0.6	6.0	58.7	17.5	6.6	17.6	240.0	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.2

EK 2.25. Çalışma alanında Mayıs 2021 dönemine ait örnekleme yapılan yeraltısularına ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

Örnek No	Lokasyon	X (Boylam)	Y (Enlem)	Kot (m)	Türü	Tarih	ÖEİ 25° (µS/cm)	T (°C)	pH	Sertlik (Fr°)	%Na	SAR	TÇM (ppm)
I1	İlcek-1	641388	4319299	1196	Kuyu	19.05.2021	652	20.76	7.14	29.04	10.34	0.40	328
I2	İlcek-2	641285	4319329	1197	Kuyu	19.05.2021	673	15.72	7.29	29.31	9.67	0.38	336
YY1	Yegenaga1	637462	4322619	1167	Kuyu	19.05.2021	852	15.72	7.65	15.49	62.42	4.28	425
YY2	Yegenaga2	637499	4322720	1158	Kuyu	19.05.2021	519	15.86	7.81	21.26	17.42	0.63	260
A1	Avuç	643724	4317812	1235	Kuyu	19.05.2021	970	16.43	7.41	40.88	14.12	0.67	485
Y1	Yurtyeri	642862	4331197	1132	Kuyu	19.05.2021	761	14	7.88	25.73	15.21	0.58	378
H1	Hasanlar	645498	4326336	1145	Kuyu	19.05.2021	609	15.62	7.86	27.14	28.05	1.29	305
TY1	T.Yegenaga	639046	4323519	1159	Kuyu	19.05.2021	617	14	7.72	22.43	25.88	1.06	308
B1	Budak-1	627312	4332321	1136	Kuyu	19.05.2021	380	14	7.69	16.64	9.75	0.28	190
B2	Budak-2	627776	4334369	1122	Kuyu	19.05.2021	1307	15.89	7.49	33.31	47.93	3.43	654
G1	Göllü-1	613088	4368326	1274	Kuyu	19.05.2021	462	15.27	7.57	20.38	10.48	0.34	231
G2	Göllü-2	611961	4367837	1287	Kuyu	19.05.2021	560	15.6	7.53	25.46	8.58	0.30	280
GG1	Geyicek-1	627822	4330782	1141	Kuyu	19.05.2021	522	16.15	7.82	9.10	26.87	0.72	261
GG2	Geyicek-2	630238	4329731	1139	Kuyu	19.05.2021	611	20	7.84	9.14	41.13	1.37	305
Ha1	Harmanaltı	609302	4358938	1142	Hendek	19.05.2021	741	21.87	7.97	13.07	27.07	0.87	371
K1	Kıran1	633403	4331509	1125	Kuyu	19.05.2021	2016	16.17	7.66	38.20	61.56	6.36	1007
K2	Kıran2	633383	4331566	1125	Kuyu	19.05.2021	703	15.04	7.83	22.62	34.04	1.60	352
K3	Kıran3	633351	4331134	1124	Kuyu	19.05.2021	3111	15.77	7.43	40.98	73.07	11.24	1560
K4	Kıran4	633813	4331879	1124	Kuyu	19.05.2021	1806	23.88	6.97	48.08	45.20	3.74	904
K5	Kıran5	631788	4330506	1131	Kuyu	19.05.2021	3325	29.33	7.23	53.47	67.40	9.80	1664
KU1	Kuşaklı	634965	4344655	1120	Kuyu	19.05.2021	10770	15.35	6.99	362.30	32.36	5.78	5412
KA2	Karaarkaç-2	635384	4345158	1120	Kuyu	19.05.2021	9350	17.32	7.3	287.36	38.38	6.69	4618
KO	Karaova-1	642164	4327665	1142	Kuyu	19.05.2021	715	20.08	7.87	21.70	38.14	1.86	357
S1	Sadık	643488	4322293	1154	Kuyu	19.05.2021	717	16	7.72	30.51	13.89	0.57	358
KB1	K.Burunağıl	637067	4325744	1199	Kuyu	19.05.2021	422	18	7.67	17.62	8.61	0.25	211
O1	Özce-1	639758	4353290	1157	Kuyu	19.05.2021	2607	19.37	7.36	117.54	9.74	0.74	1304

EK 2.26. Çalışma alanında Mayıs 2021 dönemine ait örnekleme yapılan kuyulara ait yeraltısularının kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Lokasyon	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ⁺² (ppm)	Mg ⁺² (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	CO ₃ ⁻² (ppm)	Kasyon Tipi	Anyon Tipi	Su Tipi	EN(%)
I1	İlice-1	0.8	15.5	84.66	18.89	5.3	26.9	350	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.22
I2	İlice-2	8.84	15.97	88.46	16.83	6.5	28.9	345	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.13
YY1	Yegenaga1	6.16	21.4	84.96	38.18	54.6	74.5	320	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.8
YY2	Yegenaga2	4.02	19.24	60.19	15.17	27.1	15.7	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.03
A1	Avuç	3.39	31.15	110.33	32.46	88.2	72.4	350	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.59
Y1	Yurtyeri	3.09	25.33	83.52	28.01	38.9	49.9	330	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.71
H1	Hasanlar	1.13	42.95	65.37	11.71	31.9	38.3	270	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0
TY1	Tataryegenaga	3.12	36.66	62.88	16.39	34.7	30.6	280	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.36
B1	Budak-1	0.42	2.11	58.31	10.2	3.4	2.7	220	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	1.23
B2	Budak-2	5.64	144	88.56	27.25	322.5	50.5	180	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Cl	-0.11
G1	Göllü-1	2.3	11.13	64.55	10.38	4.2	12.8	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.49
G2	Göllü-2	3.42	11.18	77.57	14.22	23.8	16.1	280	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.17
GG1	Geyicek-1	3.02	13.8	70.15	12.46	19.5	26.2	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.1
GG1	Geyicek-2	2.01	30.19	76.13	11.22	29.4	52.2	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.61
Ha1	Harmanaltı	3.74	24.94	85.39	22.12	65.7	68.2	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.75
K1	Kıran1	4.8	285.8	92.9	36.5	378.7	78.5	475	<10	Na+K>Ca>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na-HCO ₃	0.23
K2	Kıran2	5	55.2	71.2	11.8	5.3	2.7	420	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.26
K3	Kıran3	7.4	523.1	120.2	26.7	779.6	74.4	500	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Cl	-0.95
K4	Kıran4	12.3	188.3	158.4	20.8	337.4	55	460	<10	Na+K>Ca>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na-HCO ₃	-0.22
K5	Kıran5	10.5	521.1	146.7	41	844.4	54.2	520	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Cl	0.23
KU1	Kuşaklı-1	10.4	700	870	310.5	1368	2066.7	380	<10	Ca>Na+K> Mg	SO ₄ >Cl>HCO ₃	Ca-SO ₄	-0.23
KA2	Karaarkaç-2	8.1	765	825	228.1	1154.6	2638.1	350	<10	Ca>Na+K>Mg	SO ₄ >Cl>HCO ₃	Ca-SO ₄	-0.1
KO	Karaova-1	3.85	45.9	62.91	24.9	83.6	36.1	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.23
S1	Sadık	3.12	22.93	88.5	20.49	62.8	33.8	288	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.11
KB1	K.Burunağıl	0.95	7.68	54.02	15.05	5.9	6.4	250	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.2
O1	Özce-1	1.92	58.44	388	50.38	22.2	964	330	<10	Ca>Na+K>Mg	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	Ca-SO ₄	-0.01

EK 2.27. Çalışma alanında Eylül 2021 dönemine ait örnekleme yapılan su kaynaklarına ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Lokasyon	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ⁺² (ppm)	Mg ⁺² (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	CO ₃ ⁻² (ppm)	Kasyon Tipi	Anyon Tipi	Su Tipi	EN(%)
E1-5	Boztepe.Külhüyük	0.83	5.79	60.3	9.27	4.6	6.1	240	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.76
E2-5	Harmanaltı	1.1	21.96	77.19	14.66	17.5	31.5	310	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.54
E3-5	Yukarı Hamurlu	1.96	7.48	68.74	9.86	16.8	17	220	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.03
E4-5	Yukarı Hamurlu	0.7	7.05	62.49	8.8	3.2	15.3	240	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-2.06
E6-5	Kartalkaya	2.34	24.33	48.31	12.92	12.5	11.6	240	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.71
E9-5	Yazıkınık	0.48	6.13	55.89	9.26	2.5	6.8	220	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.16
E10-5	Budak	2.79	10.2	72.54	11.29	17.9	25.2	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.62
E11-5	İlice	1.2	13.74	84.2	14.03	7.7	18.5	330	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.22
E12-5	Avuç	0.97	10.11	70.81	9.88	6.8	16.2	265	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.63
E13-5	Obruk	1.11	11.86	57.75	15.03	16.9	11.2	250	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-1.53
E15-5	Seyfe	2.51	30.28	47.78	16.21	15.8	33.4	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.34
E16-5	Gümüşkümbet	16.06	5.08	62.09	13.85	2.8	21.5	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.59
E17-5	G.kümbet.Dalakçı	0.52	10.21	82.91	12.56	16.1	16	290	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.79
E18-5	Dalakçı	3.5	8.6	87.1	11.2	22.4	24.5	300	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-2.78
E19-5	Dalakçı.K.ören	0.31	2.92	66.36	4.03	2.7	7.4	220	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.76
E20-5	Karacaören	0.35	1.59	63.23	4.31	1.9	9.1	205	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.21
E23-5	Çapraşık	2.51	11.43	67.53	9.95	6.7	9.1	265	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.30
E24-5	Üçkuyu	3.4	23.5	133	24.7	63.5	79.4	385	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.12
E26-5	Eskidoğanlı	2.86	7.2	59.54	11.37	4.4	10.1	235	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.26
E27-5	Yenidoğanlı	2.64	11.58	67.66	10.2	7.8	10.3	270	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.75
E28-5	Hatunoğlu	2.11	11.9	70.66	11.72	6.2	12.8	280	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.31
P1-5	Boztepe	0.5	2.1	45.52	7.69	2.4	6.9	175	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.17
P2-5	Çimeli	3.2	10.1	50.64	11.8	6.4	11.4	210	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	2.02
P3-5	Çimeli	1.6	7.2	60.8	6.78	5.2	15.2	215	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.52

P4-5	Kırkpınar	0.45	12.25	76.6	14.75	17.3	12	290	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.81
P5-5	Hamurlubeşler	1.47	7.23	58.81	7.3	3.5	21.6	215	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-2.32
M1-5	Göllü	2.67	7.7	75.39	9.98	25.3	19.91	245	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-1.55
M2-5	Uzunpınar	1.76	6.75	73.62	12.27	4.06	11.39	280	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	0.82
M3-5	Yazıkınık	0.47	7.1	57.44	8.87	8.1	7.24	220	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.86
DK-5	Karaarkaç	116	5750	984	980	10123	5270	100	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>SO ₄ >HCO ₃	Na-Cl	-1.81

EK 2.28. Çalışma alanında Eylül 2021 dönemine ait örnekleme yapılan kaynaklara ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

Örnek No	Lokasyon	X (Boylam)	Y (Enlem)	Kot (m)	Türü	Tarih	ÖEİ 25° (µS/cm)	T (°C)	pH	Sertlik (Fr°)	%Na	SAR	TÇM (ppm)	Debi (l/s)
E1-5	Boztepe.Külhüyük	609035	4349498	1155	Kaynak	24.09.2021	401	19.61	7.21	18.86	6.2	0.18	200.5	*
E2-5	Harmanaltı	609110	4361089	1144	Kaynak	24.09.2021	585	17.56	7.15	24.79	16.1	0.61	292.5	0.21
E3-5	Yukarı Hamurlu	598788	4368698	1260	Kaynak	24.09.2021	467	14.79	7.12	21.21	7.0	0.22	233.5	0.05
E4-5	Yukarı Hamurlu	598155	4368843	1230	Kaynak	24.09.2021	424	17.18	6.98	19.21	7.4	0.22	212	0.18
E6-5	Kartalkaya	604037	4368211	1228	Kaynak	24.09.2021	463	19.01	7.14	17.37	23.0	0.80	231.5	0.01
E9-5	Yazıkınık	621977	4334584	1121	Kaynak	24.09.2021	371	17.56	7.16	17.76	7.0	0.20	185.5	0.03
E10-5	Budak	625560	4333087	1200	Kaynak	24.09.2021	507	15.46	7.47	22.75	8.3	0.28	253.5	*
E11-5	İlcek	641503	4319309	1187	Kaynak	24.09.2021	609	18.73	7.12	26.78	10.0	0.37	304.5	0.02
E12-5	Avuç	643866	4317658	1228	Kaynak	24.09.2021	487	17.93	7.3	21.73	9.1	0.30	243.5	0.06
E13-5	Obruk	631372	4324354	1204	Kaynak	24.09.2021	487	18.72	7.33	20.59	11.1	0.36	243.5	0.04
E15-5	Seyfe	615029	4339571	1131	Kaynak	24.09.2021	519	20.82	7.85	18.59	25.8	0.97	259.5	*
E16-5	Gümüşkümbet	615133	4336386	1188	Kaynak	24.09.2021	501	17.83	7.49	21.60	4.5	0.15	250.5	0.03
E17-5	Gümüşkümbet Dalakçı	613930	4336540	1194	Kaynak	24.09.2021	591	16.63	7.03	27.35	7.5	0.27	295.5	0.02
E18-5	Dalakçı	612891	4336936	1238	Kaynak	24.09.2021	536	14.51	6.64	23.98	6.9	0.24	268	0.08
E19-5	Dalakçı.Karacaören	610775	4338976	1216	Kaynak	24.09.2021	370	17.36	6.87	18.22	3.4	0.09	185	0.04
E20-5	Karacaören	609570	4340156	1215	Kaynak	24.09.2021	359	17.63	6.91	17.55	1.9	0.05	179.5	0.01
E23-5	Çapraşık	616863	4360583	1143	Kaynak	24.09.2021	482	17.1	7.3	20.94	10.5	0.34	241	*
E24-5	Üçkuyu	621376	4362765	1176	Kaynak	24.09.2021	996	16.48	6.92	43.35	10.4	0.49	498	0.14
E26-5	Eskidoğanlı	615533	4344033	1123	Kaynak	24.09.2021	437	18.79	7.44	19.53	7.3	0.22	218.5	0.02
E27-5	Yenidoğanlı	616738	4351999	1122	Kaynak	24.09.2021	479	19.24	7.14	21.08	10.5	0.35	240	*
E28-5	Hatunoğlu	617214	4363153	1171	Kaynak	24.09.2021	506	16.81	7.4	22.45	10.2	0.35	253	0.02
P1-5	Boztepe	605156	4340698	1370	Kaynak	24.09.2021	278	14.61	7.53	13.77	2.4	0.06	139	0.13
P2-5	Çimeli	604100	4349667	1252	Kaynak	24.09.2021	375	17.23	7.44	16.48	7.0	0.20	187.5	0.01

P3-5	Çimeli	605284	4351136	1220	Kaynak	24.09.2021	377	17.01	7.07	17.12	7.4	0.21	188.5	0.04
P4-5	Kırkpınar	599847	4358648	1190	Kaynak	24.09.2021	558	16.05	7.26	25.18	9.5	0.34	279	0.07
P5-5	Hamurlubeşler	597851	4364038	1328	Kaynak	24.09.2021	372	15.6	7.13	17.43	8.2	0.24	186	0.15
M1-5	Göllü	611807	4367723	1285	Kaynak	24.09.2021	490	14.35	7.34	22.92	6.6	0.22	245	0.06
M2-5	Uzunpınar	614056	4366218	1215	Kaynak	24.09.2021	505	15.47	7.25	23.42	5.8	0.19	252.5	0.53
M3-5	Yazıkınık	621810	4334070	1127	Kaynak	24.09.2021	371	15.96	7.3	17.18	6.0	0.17	185.5	0.17
DK-5	Karaarkaç	633231	4340043	1108	Drenaj Kanalı	24.09.2021	38370	17.09	8.73	648.75	65.3	31.05	19185	*

*Ölçüm yapılamamıştır.

EK 2.29. Çalışma alanında Ekim 2021 dönemine ait örnekleme yapılan yeraltı suyu örneklerine ait bilgiler ve fizikokimyasal ölçümler

Örnek No	Lokasyon	X (Boylam)	Y (Enlem)	Kot (m)	Türü	Tarih	ÖEi 25° (µS/cm)	T (°C)	pH	Sertlik (Fr°)	%Na	SAR	TÇM (ppm)
I1	İllice Köyü	641386	4319304	1196	Kuyu	18.10.2021	645	13.33	6.9	28.3	10.95	0.17	322.5
I3	İllice Köyü	641283	4319328	1197	Kuyu	18.10.2021	616	13.61	7.02	22.9	22.67	0.43	308
A1	Avuç	643723	4317815	1132	Kuyu	18.10.2021	1087	13.51	6.83	44.92	16.65	0.29	543.5
YEGEN2	Yeğenağa	637498	4322721	1167	Kuyu	18.10.2021	519	15.86	7.81	22.59	10.87	0.18	259.5
BASK1	Başköy	638715	4331473	1130	Kuyu	18.10.2021	743	15.34	7.48	31.22	15.45	0.26	371.5
YURT1	Yurtyeri	645516	4326827	1141	Kuyu	18.10.2021	577	13.05	7.48	23.89	13.93	0.23	288.5
B1	Budak	627314	4332319	1136	Kuyu	19.10.2021	361	14.14	7.26	16.48	7.29	0.11	180.5
B2	Budak	628297	4333212	1127	Kuyu	19.10.2021	1189	16.54	6.99	29.57	49.04	1.39	594.5
KA1	Karaarkaç	637061	4344717	1135	Kuyu	19.10.2021	1341	15.4	7.6	48.34	26.94	0.53	670.5
KB1	Küçükburunağıl	639528	4323394	1156	Kuyu	19.10.2021	667	13.22	8.04	27.82	18.10	0.32	333.5
KB2	Küçükburunağıl	639971	4323309	1157	Kuyu	19.10.2021	592	12.81	7.53	27.31	6.86	0.10	296
G1	Göllü	613713	4368318	1274	Kuyu	20.10.2021	427	13.29	7.16	19.03	9.23	0.15	213.5
G3	Göllü	611960	4367839	1287	Kuyu	20.10.2021	503	14.77	7.46	22.72	7.51	0.12	251.5
H1	Harmanaltı	608638	4361882	1163	Kuyu	20.10.2021	811	13.49	7.39	33.37	13.96	0.23	405.5
KO1	Karaova	642166	4327665	1142	Kuyu	20.10.2021	839	14.33	7.21	26.88	34.82	0.76	419.5
K1	Kıran	633406	4331499	1125	Kuyu	20.10.2021	1160	14.09	7.54	13.76	75.72	4.61	580
K5	Kıran	633422	4331506	1125	Kuyu	20.10.2021	703	15.04	7.83	25.31	11.38	0.18	351.5
K6	Kıran	632419	4330147	1127	Kuyu	20.10.2021	3731	17.95	7.06	50.69	68.64	3.19	1865.5
K7	Kıran	631789	4330501	1131	Kuyu	20.10.2021	3326	29.33	6.98	50.00	68.38	3.14	1663
KY3	K.Yeniyapan	631644	4337852	1122	Kuyu	20.10.2021	1318	16.08	7.24	41.89	36.30	0.81	659
GEY1	Geyicek	630198	4330595	1133	Kuyu	21.10.2021	366	14.3	7.28	16.50	7.63	0.12	183
GEY4	Geyicek	628385	4330279	1142	Kuyu	21.10.2022	403	14.33	7.58	17.09	15.27	0.26	201.5
KU1	Kuşaklı-1	634965	4344655	1120	Kuyu	19.10.2021	13770	15.35	6.99	446.51	32.25	0.68	6885

EK 2.30. Çalışma alanında Ekim 2021 dönemine ait örnekleme yapılan yeraltı suyu örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Lokasyon	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ⁺² (ppm)	Mg ⁺² (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻² (ppm)	HCO ₃ ⁻ (ppm)	CO ₃ ⁻² (ppm)	Katyon Tipi	Anyon Tipi	Su Tipi	EN(%)
I1	İllice Köyü	0.9	16.1	82.1	18.9	5.8	24.4	350	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.27
I3	İllice Köyü	6.4	32.0	79.2	7.7	4.8	16.5	350	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.61
A1	Avuç	3.5	41.7	99.0	49.2	115.2	90.1	350	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.10
Yeğen2	Yeğenağa	4.0	13.0	60.9	18.0	21.8	16.5	250	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	1.26
Bask1	Başköy	1.3	26.4	88.0	22.5	86.9	60.6	225	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.15
Yurt1	Yurtyeri	2.4	18.0	55.0	24.7	24.4	46.9	250	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.24
B1	Budak	0.7	6.0	40.4	15.6	6.3	4.6	200	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.34
B2	Budak	5.6	134.0	73.6	27.3	274.5	45.5	190	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Cl	0.34
KA1	Karaarkaç	4.3	82.9	100.1	56.8	101.1	350.1	200	<10	Ca>Na+K>Mg	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	Ca-SO ₄	-0.13
KB1	K.Burunağıl	1.8	28.5	80.2	19.0	47.5	58.2	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	1.46
KB2	K.Burunağıl	0.9	9.3	80.3	17.7	26.2	90.2	200	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.05
G1	Göllü	1.9	9.0	60.6	9.5	4.5	12.4	240	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-0.85
G3	Göllü	3.6	8.7	66.0	15.2	24.2	12.5	250	<10	Ca>Mg>Na+K	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	-0.28
H1	Harmanaltı	4.8	25.4	88.2	27.6	67.8	101.2	250	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-HCO ₃	-1.36
KO1	Karaova	1.3	66.4	71.6	21.9	97.0	29.7	300	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.15
K1	Kıran	5.0	206.4	40.2	9.0	236.9	38.8	250	<10	Na+K>Ca>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na-HCO ₃	1.15
K5	Kıran	1.8	15.1	80.8	12.5	58.7	11.7	235	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.10
K6	Kıran	11.9	525.4	147.1	34.0	924.8	44.6	350	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Cl	0.82
K7	Kıran	10.8	510.8	146.8	32.5	885.4	58.9	350	<10	Na+K>Ca>Mg	Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Cl	0.86
KY3	K.Yeniyapan	1.6	110.3	101.9	40.0	205.8	76.2	350	<10	Na+K>Ca>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na-HCO ₃	0.33
GEY1	Geyicek	3.3	6.4	52.1	8.5	6.0	4.3	205	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.61
GEY4	Geyicek	1.2	14.3	50.4	11.0	9.8	2.3	225	<10	Ca>Na+K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Ca-HCO ₃	0.72
KU-1	Kuşaklı	12.0	882.5	1160.0	490.6	2136.7	3161.7	150	<10	Ca>Na+K>Mg	SO ₄ >Cl>HCO ₃	Ca-SO ₄	-0.39

EK 2.31. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Eylül 2019)

Örnek No	SI Değerleri					
	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
P1	-3.05	0.3	0.45	0.38	-2.8	-9.82
P2	-2.68	0.07	0.22	-0.11	-2.43	-8.68
P3	-2.56	0.32	0.47	0.32	-2.32	-8.93
P5	-2.38	-0.13	0.02	-0.63	-2.13	-8.98
E1	-2.84	0.46	0.61	0.67	-2.6	-9.02
E2	-2.28	0.22	0.37	0.4	-2.04	-7.75
E5	-2.29	0.28	0.43	0.36	-2.05	-8.66
M1	-2.66	0.31	0.46	0.53	-2.41	-8.91
E8	-2.45	0.39	0.53	0.53	-2.22	-8.21
M3	-2.89	0.22	0.37	0.23	-2.64	-8.71
E10	-2.38	0.33	0.48	0.39	-2.14	-8.32
E11	-2.47	0.57	0.72	0.89	-2.22	-8.58
E12	-2.46	0.29	0.44	0.28	-2.21	-8.61
E15	-2.37	0.69	0.84	1.45	-2.12	-7.72
E16	-2.41	0.45	0.6	0.66	-2.16	-9.18
E18	-2.27	0.31	0.46	0.31	-2.03	-8.12
E19	-2.6	0.31	0.46	-0.06	-2.35	-9.52
MT1	-1.65	0.17	0.32	0.3	-1.4	-5.8
MT4	-1.27	0.26	0.41	0.44	-1.03	-5.53
E24	-1.69	0.07	0.22	-0.01	-1.44	-6.96
DK	-0.01	1.03	1.18	2.57	0.22	-2.89

EK 2.32. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Aralık 2019)

Örnek No	SI Değerleri					
	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
P1	-3.18	-0.23	-0.07	-0.86	-2.92	-9.89
P3	-2.63	-0.25	-0.09	-0.97	-2.37	-8.95
P5	-2.48	-0.41	-0.26	-1.23	-2.22	-9.43
E1	-2.98	-1.34	-1.18	-3.3	-2.72	-9.15
E2	-2.27	-0.04	0.12	-0.37	-2.01	-7.86
E5	-2.29	-0.02	0.14	-0.32	-2.03	-8.65
M1	-2.32	0.21	0.37	0	-2.06	-8.16
E9	-2.9	-0.12	0.03	-0.59	-2.64	-9.26
E10	-2.36	0.04	0.19	-0.39	-2.10	-8.22
E11b	-2.46	-0.1	0.05	-0.57	-2.21	-8.58
E12	-2.41	0.01	0.17	-0.29	-2.16	-8.67
E15	-2.46	0.16	0.31	0.48	-2.21	-7.72
E16	-2.39	0.68	0.83	0.94	-2.14	-9.32
E18	-2.25	-0.13	0.02	-0.81	-1.99	-8.15
E19	-2.69	-0.13	0.03	-1.14	-2.43	-9.51
E21	-2.79	-0.34	-0.18	-1.31	-2.53	-9.55
E24	-1.69	-0.08	0.08	-0.3	-1.44	-7.17
E26	-2.69	-0.1	0.06	-0.43	-2.43	-8.97
DK	-0.12	0.92	1.08	2.12	0.13	-3.18

EK 2.33. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Ağustos 2020)

Örnek No	SI Değerleri					
	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
P1	-3.06	0.46	0.61	0.77	-2.82	-9.78
P2	-2.71	-0.24	-0.10	-0.67	-2.48	-8.72
P3	-2.58	-0.01	0.13	-0.47	-2.34	-8.78
P5	-2.44	-0.48	-0.33	-1.32	-2.19	-9.01
E1	-2.96	0.32	0.47	0.39	-2.72	-8.91
E2	-2.35	-0.03	0.11	-0.19	-2.11	-7.84
E5	-2.27	-0.05	0.10	-0.30	-2.03	-8.61
E9	-2.90	-0.18	-0.03	-0.56	-2.66	-9.22
M1	-2.48	-0.01	0.14	-0.41	-2.23	-8.19
M3	-2.94	-0.11	0.04	-0.44	-2.69	-8.72
E11	-2.47	0.25	0.40	0.25	-2.24	-8.63
E12	-2.45	0.02	0.17	-0.23	-2.20	-8.57
E15	-2.42	0.12	0.27	0.33	-2.18	-7.78
E16	-2.43	0.06	0.21	-0.03	-2.21	-8.94
E18	-2.36	0.08	0.23	-0.07	-2.15	-8.27
E19	-2.65	-0.13	0.01	-0.88	-2.42	-9.19
E21	-2.78	-0.05	0.09	-0.55	-2.55	-9.55
E24	-1.47	-0.09	0.06	-0.12	-1.23	-7.37
E26	-2.75	-0.09	0.06	-0.16	-2.53	-8.90
DK	0.04	1.16	1.30	2.86	0.25	-2.82

EK 2.34. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Şubat 2021)

Örnek No	SI Değerleri					
	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
P4	-3.37	-1.26	-1.10	-1.34	-3.11	-8.34
P5	-3.37	-0.99	-0.84	-0.79	-3.11	-9.01
E3	-3.18	-1.06	-0.90	-0.89	-2.92	-8.88
E4	-3.27	-1.11	-0.95	-1.10	-3.02	-9.59
E5	-3.08	-0.91	-0.75	-0.72	-2.82	-9.10
E9	-3.64	-0.43	-0.28	0.22	-3.39	-9.79
E11	-3.19	-0.64	-0.48	-0.28	-2.93	-8.65
E12	-3.23	-0.59	-0.43	-0.10	-2.97	-8.90
E13	-2.87	-0.55	-0.39	-0.25	-2.61	-8.34
E16	-2.82	-0.22	-0.06	0.42	-2.56	-9.17
E19	-3.54	-1.00	-0.84	-0.74	-3.28	-9.54
E20	-3.73	-0.96	-0.80	-0.78	-3.48	-9.75
E21	-3.43	-1.56	-1.41	-2.20	-3.17	-9.63
E23	-3.04	-0.62	-0.46	-0.33	-2.79	-8.71
E24	-2.27	-0.50	-0.35	0.01	-2.02	-7.30
M1	-2.75	-0.44	-0.28	-0.10	-2.49	-8.21
M2	-3.17	-0.62	-0.46	-0.28	-2.92	-8.94

EK 2.35. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Mayıs 2021)

Örnek No	SI değerleri					
	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
I1	-2.34	-0.08	0.07	-0.22	-2.11	-8.66
I2	-2.29	0	0.15	-0.19	-2.05	-8.54
YY1	-1.96	0.28	0.43	0.73	-1.71	-7.5
YY2	-2.67	0.24	0.39	0.41	-2.42	-7.83
A1	-1.88	0.19	0.34	0.38	-1.64	-7.14
Y1	-2.11	0.5	0.65	1.02	-1.86	-7.57
H1	-2.27	0.34	0.49	0.45	-2.02	-7.42
TY1	-2.38	0.18	0.33	0.27	-2.13	-7.45
B1	-3.4	0.05	0.21	-0.15	-3.15	-9.68
B2	-2.14	-0.13	0.02	-0.24	-1.89	-5.92
G1	-2.71	0.04	0.19	-0.2	-2.46	-8.87
G2	-2.57	0.11	0.26	0.01	-2.32	-8.13
GG1	-2.39	0.32	0.47	0.41	-2.14	-8.12
GG1	-2.08	0.41	0.56	0.57	-1.84	-7.62
Ha1	-1.96	0.59	0.74	1.2	-1.73	-7.36
K1	-2.01	0.43	0.58	0.98	-1.76	-5.57
K2	-3.4	0.52	0.67	0.78	-3.15	-8.09
K3	-2	0.28	0.43	0.44	-1.75	-5.01
K4	-1.93	0.08	0.23	-0.09	-1.71	-5.82
K5	-2.06	0.37	0.51	0.87	-1.86	-5.02
KA1	-0.21	0.28	0.43	0.64	0.04	-4.72
KA2	-0.13	0.53	0.68	1.05	0.12	-4.77
KO	-2.34	0.35	0.5	0.88	-2.11	-6.99
S1	-2.24	0.35	0.5	0.59	-1.99	-7.4
KB1	-3.08	0.11	0.26	0.21	-2.84	-8.89
O1	-0.54	0.48	0.63	0.64	-0.3	-7.52

EK 2.36. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Eylül 2021)

Örnek No	SI Değerleri					
	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
E1	-3.04	-0.29	-0.14	-0.82	-2.80	-9.13
E2	-2.29	-0.20	-0.06	-0.58	-2.05	-7.98
E3	-2.56	-0.45	-0.29	-1.23	-2.31	-8.44
E4	-2.64	-0.55	-0.40	-1.40	-2.39	-9.19
E6	-2.86	-0.47	-0.32	-0.95	-2.62	-8.07
E9	-3.02	-0.44	-0.29	-1.10	-2.77	-9.36
E10	-2.39	-0.02	0.13	-0.33	-2.14	-8.29
E11	-2.49	-0.15	0.00	-0.51	-2.25	-8.54
E12	-2.58	-0.13	0.02	-0.56	-2.34	-8.72
E13	-2.82	-0.20	-0.05	-0.42	-2.58	-8.25
E15	-2.44	0.25	0.40	0.63	-2.20	-7.88
E16	-2.51	-0.03	0.12	-0.15	-2.27	-9.40
E17	-2.55	-0.33	-0.18	-0.94	-2.30	-8.34
E18	-2.35	-0.72	-0.57	-1.82	-2.10	-8.27
E19	-2.91	-0.65	-0.50	-1.98	-2.66	-9.65
E20	-2.83	-0.66	-0.51	-1.93	-2.59	-10.06
E23	-2.84	-0.16	-0.01	-0.61	-2.60	-8.67
E24	-1.77	-0.18	-0.03	-0.56	-1.52	-7.40
E26	-2.84	-0.09	0.06	-0.34	-2.60	-9.05
E27	-2.79	-0.28	-0.81	-2.55	-8.60	-8.60
E28	-2.69	-0.03	0.12	-0.30	-2.44	-8.68
P1	-3.07	-0.28	-0.13	-0.84	-2.82	-9.83
P2	-2.84	-0.23	-0.08	-0.55	-2.60	-8.73
P3	-2.64	-0.51	-0.36	-1.44	-2.39	-8.97
P4	-2.70	-0.14	0.01	-0.46	-2.45	-8.23
P5	-2.50	-0.49	-0.34	-1.37	-2.25	-9.14
M1	-2.47	-0.16	-0.01	-0.69	-2.22	-8.26
M2	-2.72	-0.18	-0.03	-0.62	-2.48	-9.11
M3	-2.98	-0.31	-0.16	-0.91	-2.74	-8.78
DK	-0.11	1.13	1.28	2.83	0.12	-3.03

EK 2.37. İnceleme alanında örneklenen su noktalarının SI değerleri (Ekim 2021)

Örnek No	SI Değerleri					
	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit	Jips	Halit
I1	-2.39	-0.44	-0.29	-1.04	-2.14	-8.58
I3	-2.55	-0.33	-0.17	-1.17	-2.30	-8.36
A1	-1.85	-0.49	-0.34	-0.80	-1.60	-6.89
BASK1	-2.65	0.25	0.40	0.49	-2.40	-8.10
YURT1	-2.00	-0.02	0.14	-0.11	-1.75	-7.20
B1	-2.26	-0.18	-0.03	-0.23	-2.00	-7.90
B2	-3.32	-0.56	-0.41	-1.04	-3.06	-8.96
B3	-2.24	-0.66	-0.51	-1.22	-1.99	-6.01
KA1	-1.34	0.00	0.15	0.26	-1.09	-6.67
KB1	-2.03	0.51	0.67	0.89	-1.78	-7.42
KB2	-1.83	-0.09	0.07	-0.35	-1.58	-8.16
G1	-2.74	-0.44	-0.29	-1.20	-2.49	-8.93
G2	-2.73	-0.08	0.07	-0.29	-2.48	-8.22
G3	-1.79	-0.11	0.05	-0.23	-1.54	-7.33
H1	-2.38	-0.26	-0.11	-0.53	-2.13	-6.75
KO1	-2.52	-0.28	-0.13	-0.72	-2.27	-5.88
K1	-2.69	0.34	0.49	0.39	-2.44	-7.60
K6	-2.15	-0.12	0.03	-0.32	-1.91	-4.94
K7	-2.01	-0.04	0.10	-0.05	-1.81	-5.00
KY3	-1.93	-0.04	0.11	0.04	-1.68	-6.23
GEY1	-3.24	-0.42	-0.27	-1.13	-2.99	-8.95
GEY4	-3.53	-0.10	0.05	-0.37	-3.28	-8.39
KU1	-0.02	-0.07	0.08	0.01	0.23	-4.46

EK 2.38. Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Eylül 2019)

Eylül 2019		K	Na	Mg	Ca	Cl	SO4	HCO3	T	pH	ÖEİ	Ort	StdS.
K	Pearson Korelasyon	1.000	.621**	.597**	.603**	.614**	.634**	.0.067	0.092	0.269	.632**	13.1	26.3
Na	Pearson Korelasyon	.621**	1.000	.999**	.996**	1.000**	1.000**	..661**	0.379	.639**	.999**	356.1	1469.0
Mg	Pearson Korelasyon	.597**	.999**	1.000	.997**	1.000**	.999**	..664**	0.383	.637**	.999**	139.1	262.5
Ca	Pearson Korelasyon	.603**	.996**	.997**	1.000	.997**	.997**	..631**	0.392	.595**	.998**	63.0	219.4
Cl	Pearson Korelasyon	.614**	1.000**	1.000**	.997**	1.000	1.000**	..663**	0.382	.637**	.999**	635.7	2679.5
SO4	Pearson Korelasyon	.634**	1.000**	.999**	.997**	1.000**	1.000	..651**	0.375	.631**	1.000**	320.7	1240.1
HCO3	Pearson Korelasyon	.0.067	..661**	..664**	..631**	..663**	..651**	1.000	.0.252	..761**	..640**	279.6	70.0
T	Pearson Korelasyon	0.092	0.379	0.383	0.392	0.382	0.375	.0.252	1.000	0.211	0.377	17.0	1.6
pH	Pearson Korelasyon	0.269	.639**	.637**	.595**	.637**	.631**	..761**	0.211	1.000	.621**	7.7	0.3
ÖEİ	Pearson Korelasyon	.632**	.999**	.999**	.998**	.999**	1.000**	..640**	0.377	.621**	1.000	2237.6	6492.9

*p<**0.01 Ort: Ortalama, Std S: Standart Sapma*

EK 2.39. Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Aralık 2019)

Aralık 2019		K	Na	Mg	Ca	Cl	SO4	HCO3	T	pH	ÖEİ	Ort	StdS.
K	Pearson Korelasyon	1.000	.964**	.965**	.964**	.965**	.965**	..521*	.0.437	.672**	.966**	5.6	13.8
Na	Pearson Korelasyon	.964**	1.000	1.000**	.996**	1.000**	1.000**	..595**	.0.401	.581**	1.000**	250.7	1044.6
Mg	Pearson Korelasyon	.965**	1.000**	1.000	.997**	1.000**	1.000**	..578**	.0.388	.580**	1.000**	50.7	169.0
Ca	Pearson Korelasyon	.964**	.996**	.997**	1.000	.996**	.997**	..531*	.0.396	.558*	.997**	117.9	199.8
Cl	Pearson Korelasyon	.965**	1.000**	1.000**	.996**	1.000	1.000**	..595**	.0.402	.579**	1.000**	438.3	1852.5
SO4	Pearson Korelasyon	.965**	1.000**	1.000**	.997**	1.000**	1.000	..586**	.0.395	.579**	1.000**	234.0	914.6
HCO3	Pearson Korelasyon	..521*	..595**	..578**	..531*	..595**	..586**	1.000	0.351	.0.413	..582**	250.5	60.7
T	Pearson Korelasyon	.0.437	.0.401	.0.388	.0.396	.0.402	.0.395	0.351	1.000	.0.084	.0.398	9.2	3.0
pH	Pearson Korelasyon	.672**	.581**	.580**	.558*	.579**	.579**	.0.413	.0.084	1.000	.578**	7.5	0.4
ÖEİ	Pearson Korelasyon	.966**	1.000**	1.000**	.997**	1.000**	1.000**	..582**	.0.398	.578**	1.000	2059.2	6731.9

*p<**0.01 p<*0.05 Ort: Ortalama, Std S: Standart Sapma*

EK 2.40. Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Ağustos 2020)

Ağustos 2020		K	Na	Mg	Ca	Cl	SO4	HCO3	T	pH	ÖEİ	Ort	StdS.
K	Pearson Korelasyon	1.000	.995**	.995**	.995**	.995**	.995**	..669**	0.303	.785**	.996**	11.1	38.1
Na	Pearson Korelasyon	.995**	1.000	1.000**	.998**	1.000**	1.000**	..697**	0.266	.802**	1.000**	402.6	1750.4
Mg	Pearson Korelasyon	.995**	1.000**	1.000	.999**	1.000**	1.000**	..683**	0.262	.796**	1.000**	68.7	249.7
Ca	Pearson Korelasyon	.995**	.998**	.999**	1.000	.998**	.999**	..660**	0.273	.778**	.999**	142.3	304.2
Cl	Pearson Korelasyon	.995**	1.000**	1.000**	.998**	1.000	1.000**	..696**	0.266	.802**	1.000**	661.4	2900.7
SO4	Pearson Korelasyon	.995**	1.000**	1.000**	.999**	1.000**	1.000	..689**	0.262	.797**	1.000**	330.4	1364.4
HCO3	Pearson Korelasyon	..669**	..697**	..683**	..660**	..696**	..689**	1.000	0.004	..815**	..687**	258.2	68.6
T	Pearson Korelasyon	0.303	0.266	0.262	0.273	0.266	0.262	0.004	1.000	0.095	0.267	19.9	3.3
pH	Pearson Korelasyon	.785**	.802**	.796**	.778**	.802**	.797**	..815**	0.095	1.000	.797**	7.5	0.5
ÖEİ	Pearson Korelasyon	.996**	1.000**	1.000**	.999**	1.000**	1.000**	..687**	0.267	.797**	1.000	2607.5	9280.8

*p<**0.01 Ort: Ortalama, Std S: Standart Sapma*

EK 2.41. Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Şubat 2021)

Şubat 2021		K	Na	Mg	Ca	Cl	SO4	HCO3	T	pH	ÖEİ	Ort	StdS.
K	Pearson Korelasyon	1.000	0.112	0.459	0.198	0.223	0.385	0.418	.0.247	0.277	0.346	1.3	2.1
Na	Pearson Korelasyon	0.112	1.000	.736**	.767**	.835**	.788**	.641**	.493*	.0.166	.832**	6.7	5.1
Mg	Pearson Korelasyon	0.459	.736**	1.000	.722**	.825**	.821**	.813**	0.275	.0.061	.858**	15.0	6.8
Ca	Pearson Korelasyon	0.198	.767**	.722**	1.000	.942**	.920**	.738**	0.431	.0.223	.947**	62.7	16.8
Cl	Pearson Korelasyon	0.223	.835**	.825**	.942**	1.000	.952**	.664**	0.448	.0.211	.930**	13.0	19.1
SO4	Pearson Korelasyon	0.385	.788**	.821**	.920**	.952**	1.000	.649**	0.328	.0.080	.905**	26.7	22.7
HCO3	Pearson Korelasyon	0.418	.641**	.813**	.738**	.664**	.649**	1.000	0.243	.0.119	.877**	221.2	33.6
T	Pearson Korelasyon	.0.247	.493*	0.275	0.431	0.448	0.328	0.243	1.000	.0.240	0.391	7.9	2.1
pH	Pearson Korelasyon	0.277	.0.166	.0.061	.0.223	.0.211	.0.080	.0.119	.0.240	1.000	.0.215	7.6	0.3
ÖEİ	Pearson Korelasyon	0.346	.832**	.858**	.947**	.930**	.905**	.877**	0.391	.0.215	1.000	459.5	145.7

$p < **0.01$ $p < *0.05$ Ort: Ortalama, Std S: Standart Sapma

EK 2.42. Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Mayıs 2021)

Mayıs 2021		K	Na	Mg	Ca	Cl	SO4	HCO3	T	pH	ÖEİ	Ort	StdS.
K	Pearson Korelasyon	1.000	.677**	.475*	.453*	.700**	0.365	.641**	0.360	..633**	.573**	4.6	3.2
Na	Pearson Korelasyon	.677**	1.000	.791**	.781**	.986**	.745**	.581**	0.215	..554**	.908**	139.2	225.5
Mg	Pearson Korelasyon	.475*	.791**	1.000	.965**	.836**	.932**	0.210	.0050	..495*	.968**	41.2	69.0
Ca	Pearson Korelasyon	.453*	.781**	.965**	1.000	.802**	.983**	0.226	0.012	..541**	.964**	155.3	213.8
Cl	Pearson Korelasyon	.700**	.986**	.836**	.802**	1.000	.748**	.525**	0.206	..584**	.928**	223.0	380.9
SO4	Pearson Korelasyon	0.365	.745**	.932**	.983**	.748**	1.000	0.146	.0038	..448*	.930**	252.9	649.5
HCO3	Pearson Korelasyon	.641**	.581**	0.210	0.226	.525**	0.146	1.000	0.376	..526**	0.368	323.0	90.2
T	Pearson Korelasyon	0.360	0.215	.0050	0.012	0.206	.0038	0.376	1.000	.0338	0.068	17.4	3.5
pH	Pearson Korelasyon	..633**	..554**	..495*	..541**	..584**	..448*	..526**	.0338	1.000	..569**	7.6	0.3
ÖEİ	Pearson Korelasyon	.573**	.908**	.968**	.964**	.928**	.930**	0.368	0.068	..569**	1.000	1760.7	2585.2

*p<**0.01 p<*0.05 Ort: Ortalama, Std S: Standart Sapma*

EK 2.43. Çalışma alanındaki su noktalarına ait farklı parametreler kullanılarak oluşturulan korelasyon matrisi (Ekim 2021)

Ekim 2021		K	Na	Ca	Mg	Cl	SO4	HCO3	T	pH	ÖEİ	Ort	StdS.
K	Pearson Korelasyon	1.000	.874**	.577**	.538**	.818**	.518*	0.131	.587**	..416*	.711**	4.0	3.4
Na	Pearson Korelasyon	.874**	1.000	.806**	.775**	.982**	.754**	.0.008	.526**	.0.396	.913**	121.2	220.3
Ca	Pearson Korelasyon	.577**	.806**	1.000	.994**	.898**	.991**	.0.314	0.090	.0.271	.977**	126.3	227.0
Mg	Pearson Korelasyon	.538**	.775**	.994**	1.000	.873**	.996**	.0.348	0.047	.0.260	.963**	43.0	98.4
Cl	Pearson Korelasyon	.818**	.982**	.898**	.873**	1.000	.854**	.0.110	.425*	.0.380	.970**	233.6	485.1
SO4	Pearson Korelasyon	.518*	.754**	.991**	.996**	.854**	1.000	.0.395	0.017	.0.218	.953**	189.5	651.8
HCO3	Pearson Korelasyon	0.131	.0.008	.0.314	.0.348	.0.110	.0.395	1.000	0.300	.0.410	.0.222	259.6	62.2
T	Pearson Korelasyon	.587**	.526**	0.090	0.047	.425*	0.017	0.300	1.000	.0.257	0.243	15.2	3.3
pH	Pearson Korelasyon	..416*	.0.396	.0.271	.0.260	.0.380	.0.218	.0.410	.0.257	1.000	.0.328	7.3	0.3
ÖEİ	Pearson Korelasyon	.711**	.913**	.977**	.963**	.970**	.953**	.0.222	0.243	.0.328	1.000	1551.9	2797.2

$p < **0.01$ $p < *0.05$ Ort: Ortalama, Std S: Standart Sapma

EK 2.44. Seyfe Gölü havzasındaki Eylül 2019 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler

Örnek Adı	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası
P1	Boztepe	1370	-76.2	-11.97	19.53
P2	Çimeli	1240	-73.4	-11.2	16.18
P3	Çimeli	1220	-67.5	-10.2	14.01
P4	Kırkpınar	1190	-72.2	-10.1	8.49
P5	Hamurlu Besler	1328	-80.9	-11.7	12.87
E1	Boztepe-Külhüyük arası	1155	-71.1	-9.5	5.11
E2	Harmanaltı	1144	-76.5	-9.9	2.74
E3	Yukarı Hamurlu	1260	-77.2	-10.2	4.82
E4	Yukarı Hamurlu	1230	-76.0	-9.9	3.14
E5	Yukarı Hamurlu	1265	-76.7	-10.5	7.36
E6	Kartalkaya	1228	-70.3	-9.5	6.03
M1	Göllü	1285	-79.1	-11.6	13.37
M2	Uzunpınar	1215	-72.5	-10.7	12.86
E7	Yenidoğanlı	1142	-69.7	-10.1	11.38
E8	Eskidoğanlı	1120	-65.7	-9.8	12.98
E9	Yazıkınık	1121	-70.0	-9.2	3.80
M3	Yazıkınık	1127	-69.8	-9.5	5.95
E10	Budak	1200	-77.4	-10.7	8.06
Y1	Budak-Geyicek Arası	1119	-63.0	-8.0	1.24
S1	Büyükburunagıl	1142	-74.2	-10.2	7.73
E11	İlice	1187	-72.6	-10.4	10.51
E12	Avuc	1228	-74.2	-10.3	8.04
E13	Obruk	1204	-74.9	-10.4	7.87
E14	Eskidoğanlı	1118	-68.5	-9.8	9.98
E15	Seyfe	1131	-74.3	-10.5	9.99
E16	Gümüşkümbet	1188	-70.2	-10.9	16.82
E17	Gümüşkümbet-Dalakçı arası	1194	-66.4	-9.9	12.73
E18	Dalakçı	1238	-71.8	-10.8	14.92
E19	Dalakçı-Karacaören arası	1216	-70.5	-10.8	16.04
E20	Karacaören	1215	-73.1	-11.0	14.59
E21	Karacaören	1200	-69.7	-10.7	15.61
MT-1	Yenidoğanlı	1133	-69.6	-10.0	10.46
MT-2	Yenidoğanlı	1114	-72.5	-9.8	5.66
MT-3	Yenidoğanlı	1120	-70.7	-10.0	9.03
MT-4	Yenidoğanlı	1116	-74.3	-9.8	4.21
E23	Hatunoğlu-Öksüz kale	1163	-76.8	-10.8	9.38
E24	Üçkuyu Köyü	1176	-79.1	-10.4	4.32
E25	Hasanlar	1126	-73.3	-9.8	4.99
DK	Drenaj Kanalı	1108	-27.6	-0.9	-20.72
Ortalama		1187	-71.54	-10.04	8.77
Minimum		1108	-80.88	-11.97	-20.72
Maksimum		1370	-27.61	-0.86	19.53

EK 2.45. Seyfe Gölü havzasındaki Aralık 2019 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler

Örnek İsmi	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası
P1-2	Boztepe	1370	-77.42	-11.10	11.38
P1Kar	Boztepe	1390	-120.70	-16.72	13.06
P3-2	Çimeli	1220	-70.12	-9.44	5.40
P3Kar	Çimeli Kar	1220	-154.92	-20.32	7.64
P4-2	Kırkpınar	1190	-74.25	-9.40	0.95
P5-2	Hamurlu Besler	1328	-79.01	-11.26	11.07
P5Kar	Hamurlu Besler	1328	-118.00	-16.26	12.08
E1-2	Boztepe-Külhüyük	1155	-69.03	-9.23	4.81
E2-2	Harmanaltı	1144	-72.75	-9.50	3.25
Dere	Harmanaltı-Kepir Dere	1145	-71.56	-9.38	3.48
E3-2	Yukarı Hamurlu	1260	-72.27	-9.89	6.85
E3Kar	Yukarı Hamurlu	1265	-93.27	-13.59	15.45
E4-2	Yukarı Hamurlu	1230	-70.56	-9.59	6.16
E5-2	Yukarı Hamurlu	1265	-71.19	-10.15	10.01
E6-2	Kartalkaya	1228	-67.78	-9.10	5.02
M1-2	Göllü	1285	-78.05	-10.98	9.77
Gollu Kar	Göllü Kar	1285	-107.90	-15.55	16.48
M2-2	Uzunpınar	1215	-75.07	-10.11	5.83
E7-2	Yenidoganlı	1142	-71.88	-9.62	5.05
E7 Kar	Yenidoganlı Kar	1142	-103.97	-14.46	11.71
E9-2	Yazıkınık	1121	-65.33	-8.85	5.47
E9 Kar	Yazıkınık Kar	1168	-113.83	-16.28	16.39
E10-2	Budak	1200	-75.15	-10.58	9.46
S1-2	Büyükburunagıl	1142	-69.51	-9.78	8.72
E11b Kar	İlice	1188	-118.62	-16.53	13.64
E11b	İlice/b	1188	-70.09	-9.79	8.23
E12-2	Avuç	1228	-71.52	-9.68	5.91
E13-2	Obruk	1204	-72.74	-9.83	5.90
E15-2	Seyfe	1131	-71.83	-10.03	8.38
E16-2	Gümüşkümbet	1188	-70.77	-10.26	11.31
E17/2	Gümüşkümbet-Dalakçı	1194	-62.03	-9.47	13.74
E18/2	Dalakçı	1238	-68.30	-10.59	16.43
E19/2	Dalakçı-Karacaören	1216	-67.25	-10.27	14.90
E20/2	Karacaören	1215	-68.97	-10.59	15.72
E21/2	Karacaören	1200	-67.55	-10.14	13.59
E23 Kar	Hatunoğlu	1183	-138.45	-18.56	10.01
E24/2	Üçkuyu Köyü	1176	-79.16	-9.96	0.55
E26	Eskidoğanlı	1120	-68.15	-9.28	6.06
DK/2	Drenaj Kanalı	1108	-42.89	-3.29	-16.60
DK/Kar	Drenaj Kanalı	1108	-123.98	-17.47	15.82
Ortalama		1208	-82.64	-11.42	8.73
Minimum		1108	-154.92	-20.32	-16.60
Maksimum		1390	-42.89	-3.29	16.48

EK 2.46. Seyfe Gölü havzasındaki Ağustos 2020 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler

Örnek Adı	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası
P1	Boztepe	1370	-74.14	-11.30	16.24
P2	Çimeli	1240	-73.05	-10.69	12.45
P3	Çimeli	1220	-66.20	-9.51	9.87
P4	Kırkpınar	1190	-70.15	-9.65	7.06
P5	Hamurlu Besler	1328	-84.30	-13.02	19.89
E1	Boztepe-Külhüyük arası	1155	-71.71	-9.19	1.81
E2	Harmanaltı	1144	-74.64	-9.55	1.75
E3	Yukarı Hamurlu	1260	-74.17	-9.95	5.46
E4	Yukarı Hamurlu	1230	-71.80	-9.49	4.10
E5	Yukarı Hamurlu	1265	-71.89	-10.07	8.70
E6	Kartalkaya	1259	-71.52	-9.56	4.95
M1	Göllü	1285	-78.16	-11.25	11.85
M2	Uzunpınar	1215	-75.75	-10.43	7.69
E9	Yazıkınık	1121	-68.00	-9.19	5.53
M3	Yazıkınık	1127	-66.89	-9.11	5.96
E11	İlice	1187	-70.16	-9.97	9.60
E12	Avuç	1228	-69.44	-9.95	10.14
E13	Obruk	1204	-70.73	-10.06	9.78
E15	Seyfe	1131	-69.92	-10.35	12.87
E16	Gümüşkümbet	1188	-69.09	-10.67	16.29
E17	Gümüşkümbet-Dalakçı arası	1194	-62.60	-9.28	11.64
E18	Dalakçı	1238	-65.24	-10.80	21.18
E19	Dalakçı-Karacaören arası	1216	-65.57	-10.68	19.89
E20	Karacaören	1215	-69.36	-11.17	20.04
E21	Karacaören	1200	-66.37	-10.34	16.33
E23	Hatunoğlu-Öksüz kale	1163	-75.24	-10.37	7.70
E24	Üçkuyu Köyü	1176	-75.48	-10.53	8.73
E25	Hasanlar	1126	-69.91	-9.74	8.03
DK	Drenaj Kanalı	1108	-8.08	3.49	-35.97
E26	Eskidoğanlı	1120	-63.73	-9.41	11.58
10766	Yenidoğanlı	1130	-69.20	-9.53	7.05
24750/c	Eskidoğanlı	1136	-68.13	-9.87	10.83
K1	Kıran	1128	-72.07	-9.54	4.25
K2	Kıran	1129	-71.69	-9.86	7.16
K3	Kıran	1128	-69.35	-9.63	7.72
K4	Kıran	1129	-78.30	-11.49	13.65
K5	Kıran	1132	-77.14	-11.28	13.08
K6	Kıran	1129	-77.71	-11.41	13.56
Ortalama		1188	-69.66	-9.85	9.17
Minimum		1108	-84.30	-13.02	-35.97
Maksimum		1370	-8.08	3.49	21.18

EK 2.47. Seyfe Gölü havzasındaki Şubat 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler

Örnek Adı	Yerleşim	Yükselti (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası
P1 KAR	Boztepe	1370	-101.98	-14.88	17.07
P2 KAR	Çimeli	1288	-110.61	-15.52	13.57
P3 KAR	Çimeli	1300	-166.48	-19.41	-11.17
P4	Kırkpınar	1190	-76.67	-9.56	-0.22
P4 KAR	Kırkpınar	1190	-123.46	-16.50	8.52
P5	Hamurlu Besler	1328	-80.24	-11.02	7.91
P5 KKAR	Hamurlu Besler	1328	-87.74	-12.48	12.07
E1 KAR	Boztepe-Külhüyük	1155	-111.53	-14.89	7.61
E3	Yukarı Hamurlu	1260	-73.37	-9.76	4.67
E3 KAR	Yukarı Hamurlu	1260	-98.28	-14.04	14.02
E4	Yukarı Hamurlu	1230	-71.08	-9.69	6.44
E4 KAR	Yukarı Hamurlu	1230	-107.59	-14.79	10.70
E5	Yukarı Hamurlu	1265	-72.87	-10.47	10.87
E5 KAR	Yukarı Hamurlu	1265	-116.08	-15.70	9.49
M1	Göllü	1285	-79.68	-11.42	11.70
M1 KAR	Göllü	1285	-171.51	-22.50	8.50
M2	Uzunpınar	1215	-77.75	-10.32	4.81
E9	Yazıkınık	1121	-67.62	-8.87	3.33
E9 KAR	Yazıkınık	1121	-141.24	-19.22	12.48
E11	İlice	1187	-74.97	-10.19	6.55
E11 KAR	İlice	1204	-65.29	-7.92	-1.94
E12	Avuç	1187	-72.45	-9.93	6.98
E12 KAR	Avuç	1228	-152.81	-20.63	12.22
E13	Obruk	1228	-75.52	-9.95	4.07
E13KAR	Obruk	1204	-145.11	-19.15	8.09
E15KAR	Seyfe	1166	-132.70	-18.24	13.22
E16	Gümüşkümbet	1188	-78.03	-10.53	6.22
E16KAR	Gümüşkümbet	1188	-100.68	-13.88	10.34
E17	Gümüşkümbet-Dalakçı	1194	-72.44	-9.31	2.01
E17-Kar	Gümüşkümbet-Dalakçı	1194	-134.41	-19.58	22.24
E18-Kar	Dalakçı-Karacaören	1238	-130.22	-18.63	18.84
E19	Dalakçı-Karacaören	1216	-70.58	-10.49	13.33
E19-Kar	Dalakçı-Karacaören	1216	-113.56	-16.64	19.54
E20	Karacaören	1215	-74.52	-10.93	12.90
E20-Kar	Karacaören	1215	-125.75	-16.92	9.63
E21	Karacaören	1200	-77.92	-10.00	2.04
E23	Hatunoğlu	1163	-81.70	-9.81	-3.20
E24	Üçkuyu	1176	-81.22	-9.86	-2.37
E24-Kar	Üçkuyu	1176	-102.51	-13.60	6.32
S1	Büyükburunağıl	1142	-66.45	-10.34	16.28
S1-Kar	Büyükburunağıl	1142	-197.35	-26.83	17.27
DK-Kar	Karaarkaç	1108	-132.25	-19.34	22.45
Ortalama		1216	-102.24	-13.90	8.94
Minimum		1108	-197.35	-26.83	-11.17
Maksimum		1370	-65.29	-7.92	22.45

EK 2.48. Seyfe Gölü havzasındaki Mayıs 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarına ait bilgiler

Örnek No	Yerleşim	Yükselti (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası
H1	Hasanlar	1132	-64.64	-10.45	18.99
Y1	Yurtyeri	1145	-66.49	-10.02	13.66
S1	Sadık	1154	-70.66	-9.82	7.91
KB1	KüçükBurunağıl	1199	-75.38	-10.03	4.83
TY1	Tataryegenaga	1159	-76.43	-9.69	1.09
KK1	Küçük Karaova	1142	-77.68	-10.25	4.35
B1	Budak1	1136	-74.90	-9.84	3.82
B2	Budak2	1122	-73.97	-9.89	5.16
GG1	Geyicek1	1141	-78.03	-10.56	6.48
GG2	Geyicek2	1139	-74.36	-9.79	3.94
İ1	İlice	1196	-76.39	-9.72	1.37
İ2	İlice	1197	-78.27	-9.87	0.71
A1	Awuç	1235	-79.81	-10.21	1.89
YY1	Yegenaga1	1167	-79.16	-9.96	0.55
YY2	Yegenaga2	1158	-78.71	-9.90	0.53
K1	Kıran	1125	-78.84	-9.29	-4.52
K2	Kıran	1125	-81.86	-8.91	-10.61
K3	Kıran	1124	-83.68	-9.99	-3.77
K4	Kıran	1124	-86.12	-10.85	0.71
K5	Kıran	1131	-86.53	-11.03	1.67
KA1	Karaarkaç	1120	-81.08	-11.37	9.87
KA2	Karaarkaç	1120	-78.80	-10.47	4.94
OZ1	Özce	1157	-76.61	-10.15	4.59
G1	Göllü	1274	-80.13	-11.01	7.93
G2	Göllü	1287	-85.61	-11.87	9.35
HA1	Harmanaltı	1142	-62.99	-8.24	2.93
Ortalama		1160	-77.20	-10.12	3.78
Minimum		1120	-86.53	-11.87	-10.61
Maksimum		1287	-62.99	-8.24	18.99

EK 2.49. Seyfe Gölü havzasındaki Eylül 2019 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme alanı yükseklikleri

Örnek Adı	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası	Beslenme Sıcaklığı		Beslenme Yüksekliği	
						$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
P1	Boztepe	1370	-76.2	-12.0	19.5	1.0	5.0	2108.4	1699.4
P2	Çimeli	1240	-73.4	-11.2	16.2	2.9	5.8	1914.3	1622.7
P3	Çimeli	1220	-67.5	-10.2	14.0	5.4	7.3	1661.4	1462.8
P4	Kırkpınar	1190	-72.2	-10.1	8.5	5.6	6.1	1635.2	1590.9
P5	Hamurlu Besler	1328	-80.9	-11.7	12.9	1.6	3.8	2046.4	1827.6
E1	Boztepe-Külhüyük arası	1155	-71.1	-9.5	5.1	7.0	6.4	1494.3	1561.1
E2	Harmanaltı	1144	-76.5	-9.9	2.7	6.1	4.9	1590.0	1708.9
E3	Yukarı Hamurlu	1260	-77.2	-10.2	4.8	5.3	4.8	1675.6	1726.2
E4	Yukarı Hamurlu	1230	-76.0	-9.9	3.1	6.1	5.1	1585.9	1694.2
E5	Yukarı Hamurlu	1265	-76.7	-10.5	7.4	4.6	4.9	1739.2	1712.0
E6	Kartalkaya	1228	-70.3	-9.5	6.0	7.0	6.6	1498.1	1539.1
M1	Göllü	1285	-79.1	-11.6	13.4	2.0	4.2	2006.6	1779.4
M2	Uzunpınar	1215	-72.5	-10.7	12.9	4.2	6.0	1782.6	1599.3
E7	Yenidoğanlı	1142	-69.7	-10.1	11.4	5.5	6.8	1646.0	1521.2
E8	Eskidoğanlı	1120	-65.7	-9.8	13.0	6.3	7.8	1569.9	1411.3
E9	Yazıkınık	1121	-70.0	-9.2	3.8	7.8	6.7	1418.4	1531.2
M3	Yazıkınık	1127	-69.8	-9.5	5.9	7.2	6.7	1477.4	1523.6
E10	Budak	1200	-77.4	-10.7	8.1	4.2	4.7	1783.9	1731.6
Y1	Budak-Geyicek Arası	1119	-63.0	-8.0	1.2	10.7	8.5	1117.0	1339.6
S1	Büyükburunagıl	1142	-74.2	-10.2	7.7	5.3	5.5	1675.0	1646.1
E11	İlice	1187	-72.6	-10.4	10.5	4.9	6.0	1711.8	1602.0
E12	Avuc	1228	-74.2	-10.3	8.0	5.2	5.6	1683.1	1644.6
E13	Obruk	1204	-74.9	-10.4	7.9	5.0	5.4	1701.6	1665.3
E14	Eskidoğanlı	1118	-68.5	-9.8	10.0	6.3	7.1	1563.9	1488.3
E15	Seyfe	1131	-74.3	-10.5	10.0	4.5	5.5	1749.7	1649.0
E16	Gümüşkümbet	1188	-70.2	-10.9	16.8	3.7	6.6	1835.1	1536.6
E17	Gümüşkümbet-Dalakçı arası	1194	-66.4	-9.9	12.7	6.1	7.6	1586.7	1432.9
E18	Dalakçı	1238	-71.8	-10.8	14.9	3.8	6.2	1823.2	1578.1
E19	Dalakçı-Karacaören arası	1216	-70.5	-10.8	16.0	3.9	6.5	1819.6	1544.4
E20	Karacaören	1215	-73.1	-11.0	14.6	3.5	5.8	1856.6	1616.0
E21	Karacaören	1200	-69.7	-10.7	15.6	4.2	6.8	1780.0	1521.7
MT-1	Yenidoğanlı	1133	-69.6	-10.0	10.5	5.9	6.8	1613.7	1518.4
MT-2	Yenidoğanlı	1114	-72.5	-9.8	5.7	6.4	6.0	1554.8	1598.6
MT-3	Yenidoğanlı	1120	-70.7	-10.0	9.0	5.9	6.5	1604.8	1549.9
MT-4	Yenidoğanlı	1116	-74.3	-9.8	4.2	6.3	5.5	1566.9	1648.6
E23	Hatunoğlu-Öksüz kale	1163	-76.8	-10.8	9.4	4.0	4.9	1807.3	1715.9
E24	Üçkuyu Köyü	1176	-79.1	-10.4	4.3	4.8	4.2	1722.0	1780.1
E25	Hasanlar	1126	-73.3	-9.8	5.0	6.4	5.8	1560.3	1621.6

EK 2.50. Seyfe Gölü havzasındaki Aralık 2019 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme alanı yükseklikleri

Örnek Adı	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası	Beslenme Sıcaklığı		Beslenme Yüksekliği	
						$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
P1-2	Boztepe	1370	-77.4	-11.10	11.38	3.17	4.70	1902.27	1732.96
P3-2	Çimeli	1220	-70.1	-9.4	5.40	7.25	6.64	1483.62	1533.38
P4-2	Kırkpınar	1190	-74.3	-9.4	0.95	7.34	5.54	1473.53	1646.29
P5-2	Hamurlu Besler	1328	-79.0	-11.3	11.07	2.77	4.27	1942.62	1776.43
E1-2	Boztepe-Külhüyük	1155	-69.0	-9.2	4.81	7.76	6.93	1430.65	1503.58
E2-2	Harmanaltı	1144	-72.8	-9.5	3.25	7.10	5.94	1498.75	1605.28
E3-2	Yukarı Hamurlu	1260	-72.3	-9.9	6.85	6.14	6.07	1597.11	1592.16
E4-2	Yukarı Hamurlu	1230	-70.6	-9.6	6.16	6.88	6.52	1521.45	1545.41
E5-2	Yukarı Hamurlu	1265	-71.2	-10.2	10.01	5.50	6.36	1662.68	1562.63
E6-2	Kartalkaya	1228	-67.8	-9.1	5.02	8.08	7.27	1397.87	1469.41
M1-2	Göllü	1285	-78.0	-11.0	9.77	3.47	4.53	1871.15	1750.06
M2-2	Uzunpınar	1215	-75.1	-10.1	5.83	5.59	5.32	1653.06	1668.59
E7-2	Yenidoganlı	1142	-71.9	-9.6	5.05	6.81	6.17	1528.24	1581.54
E9-2	Yazıkınık	1121	-65.3	-8.8	5.47	8.70	7.92	1334.56	1402.31
E10-2	Budak	1200	-75.2	-10.6	9.46	4.45	5.30	1770.20	1671.01
S1-2	Büyükburunagıl	1142	-69.5	-9.8	8.72	6.41	6.80	1569.26	1516.80
E11b	İlice/b	1188	-70.1	-9.8	8.23	6.38	6.65	1571.93	1532.64
E12-2	Avuç	1228	-71.5	-9.7	5.91	6.66	6.27	1543.77	1571.58
E13-2	Obruk	1204	-72.7	-9.8	5.90	6.29	5.94	1582.09	1605.12
E15-2	Seyfe	1131	-71.8	-10.0	8.38	5.80	6.19	1631.54	1580.18
E16-2	Gümüşkümbet	1188	-70.8	-10.3	11.31	5.23	6.47	1690.16	1551.05
E17/2	Gümüşkümbet-Dalakçı	1194	-62.0	-9.5	13.74	7.17	8.80	1491.66	1312.23
E18/2	Dalakçı	1238	-68.3	-10.6	16.43	4.42	7.13	1774.02	1483.59
E19/2	Dalakçı-Karacaören	1216	-67.2	-10.3	14.90	5.21	7.41	1692.40	1454.81
E20/2	Karacaören	1215	-69.0	-10.6	15.72	4.43	6.95	1772.70	1501.88
E21/2	Karacaören	1200	-67.5	-10.1	13.59	5.52	7.33	1660.55	1462.99
E24/2	Üçkuyu Köyü	1176	-79.2	-10.0	0.55	5.96	4.23	1615.55	1780.44
E26	Eskidoğanlı	1120	-68.2	-9.3	6.06	7.65	7.17	1442.40	1479.62

EK 2.51. Seyfe Gölü havzasındaki Ağustos 2020 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri

Örnek Adı	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası	Beslenme Sıcaklığı		Beslenme Yüksekliği	
						$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
P1	Boztepe	1370	-74.1	-11.30	16.24	2.68	5.57	1952.04	1643.34
P2	Çimeli	1240	-73.1	-10.7	12.45	4.18	5.86	1798.18	1613.52
P3	Çimeli	1220	-66.2	-9.5	9.87	7.08	7.69	1500.74	1426.08
P4	Kırkpınar	1190	-70.2	-9.7	7.06	6.73	6.63	1536.86	1534.30
P5	Hamurlu Besler	1328	-84.3	-13.0	19.89	-1.56	2.86	2387.67	1921.17
E1	Boztepe-Külhüyük	1155	-71.7	-9.2	1.81	7.86	6.22	1420.43	1576.76
E2	Harmanaltı	1144	-74.6	-9.5	1.75	6.98	5.44	1510.95	1657.00
E3	Yukarı Hamurlu	1260	-74.2	-10.0	5.46	5.98	5.56	1613.10	1644.02
E4	Yukarı Hamurlu	1230	-71.8	-9.5	4.10	7.13	6.19	1495.81	1579.40
E5	Yukarı Hamurlu	1265	-71.9	-10.1	8.70	5.69	6.17	1643.39	1581.69
E6	Kartalkaya	1259	-71.5	-9.6	4.95	6.95	6.27	1513.63	1571.79
M1	Göllü	1285	-78.2	-11.3	11.85	2.79	4.50	1940.35	1753.07
M2	Uzunpınar	1215	-75.8	-10.4	7.69	4.81	5.14	1733.40	1687.41
E9	Yazıkınık	1121	-68.0	-9.2	5.53	7.86	7.21	1420.75	1475.41
M3	Yazıkınık	1127	-66.9	-9.1	5.96	8.06	7.50	1399.54	1445.17
E11	İlice	1187	-70.2	-10.0	9.60	5.94	6.63	1617.47	1534.56
E12	Avuç	1228	-69.4	-9.9	10.14	6.0	6.8	1611.7	1514.8
E13	Obruk	1204	-70.7	-10.1	9.78	5.7	6.5	1641.1	1550.2
E15	Seyfe	1131	-69.9	-10.3	12.87	5.0	6.7	1712.8	1527.8
E16	Gümüşkümbet	1188	-69.1	-10.7	16.29	4.2	6.9	1794.5	1505.3
E17	Gümüşkümbet-Dalakçı	1194	-62.6	-9.3	11.64	7.6	8.6	1443.1	1327.7
E18	Dalakçı	1238	-65.2	-10.8	21.18	3.9	7.9	1827.2	1400.0
E19	Dalakçı-Karacaören	1216	-65.6	-10.7	19.89	4.2	7.9	1797.1	1409.1
E20	Karacaören	1215	-69.4	-11.2	20.04	3.0	6.8	1921.1	1512.6
E21	Karacaören	1200	-66.4	-10.3	16.33	5.0	7.6	1709.9	1430.9
E23	Hatunoğlu-Öksüz kale	1163	-75.2	-10.4	7.70	5.0	5.3	1717.3	1673.2
E24	Üçkuyu Köyü	1176	-75.5	-10.5	8.73	4.6	5.2	1757.5	1679.9
E25	Hasanlar	1126	-69.9	-9.7	8.03	6.5	6.7	1559.7	1527.6
E26	Eskidoğanlı	1120	-63.7	-9.4	11.58	7.3	8.3	1476.9	1358.6

EK 2.52. Seyfe Gölü havzasındaki Mayıs 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri

Örnek Adı	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası	Beslenme Sıcaklığı		Beslenme Yüksekliği	
						$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
H1	Hasanlar	1132	-64.6	-10.45	18.99	4.75	8.10	1739.51	1383.68
Y1	Yurtyeri	1145	-66.5	-10.02	13.66	5.82	7.61	1629.63	1434.13
S1	Sadık	1154	-70.7	-9.82	7.91	6.31	6.50	1579.77	1548.13
KB1	KüçükBurunağıl	1199	-75.4	-10.03	4.83	5.81	5.24	1631.21	1677.08
TY1	Tataryegenaga	1159	-76.4	-9.69	1.09	6.63	4.96	1546.83	1706.00
KK1	Küçük Karaova	1142	-77.7	-10.25	4.35	5.25	4.63	1688.78	1740.08
B1	Budak1	1136	-74.9	-9.84	3.82	6.26	5.37	1584.31	1663.94
B2	Budak2	1122	-74.0	-9.89	5.16	6.14	5.62	1597.52	1638.68
GG1	Geyicek1	1141	-78.0	-10.56	6.48	4.48	4.53	1767.13	1749.66
GG2	Geyicek2	1139	-74.4	-9.79	3.94	6.39	5.51	1571.09	1649.20
I1	İlice	1196	-76.4	-9.72	1.37	6.56	4.97	1554.28	1704.77
I2	İlice	1197	-78.3	-9.87	0.71	6.18	4.47	1592.75	1756.11
A1	Avuç	1235	-79.8	-10.21	1.89	5.35	4.06	1678.46	1798.33
YY1	Yegenaga1	1167	-79.2	-9.96	0.55	5.96	4.23	1615.69	1780.64
YY2	Yegenaga2	1158	-79	-9.90	0.53	6.10	4.35	1600.85	1768.32
K1	Kıran	1125	-79	-9.29	-4.52	7.61	4.32	1445.94	1771.81
K2	Kıran	1125	-82	-8.91	-10.61	8.56	3.52	1348.90	1854.24
K3	Kıran	1124	-84	-9.99	-3.77	5.90	3.03	1622.02	1904.17
K4	Kıran	1124	-86	-10.85	0.71	3.77	2.38	1840.08	1970.82
K5	Kıran	1131	-87	-11.03	1.67	3.35	2.27	1883.57	1982.08
KA1	Karaarkaç	1120	-81	-11.37	9.87	2.50	3.72	1970.18	1833.08
KA2	Karaarkaç	1120	-79	-10.47	4.94	4.72	4.33	1742.57	1770.63
OZ1	Özce	1157	-77	-10.15	4.59	5.50	4.91	1662.61	1710.75
G1	Göllü	1274	-80	-11.01	7.93	3.39	3.98	1878.94	1806.95
G2	Göllü	1287	-86	-11.87	9.35	1.27	2.51	2096.74	1956.99
HA1	Harmanaltı	1142	-63	-8.24	2.93	10.19	8.54	1180.99	1338.54

EK 2.53. Seyfe Gölü havzasındaki Eylül 2021 döneminde duraylı izotop örnekleme yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri

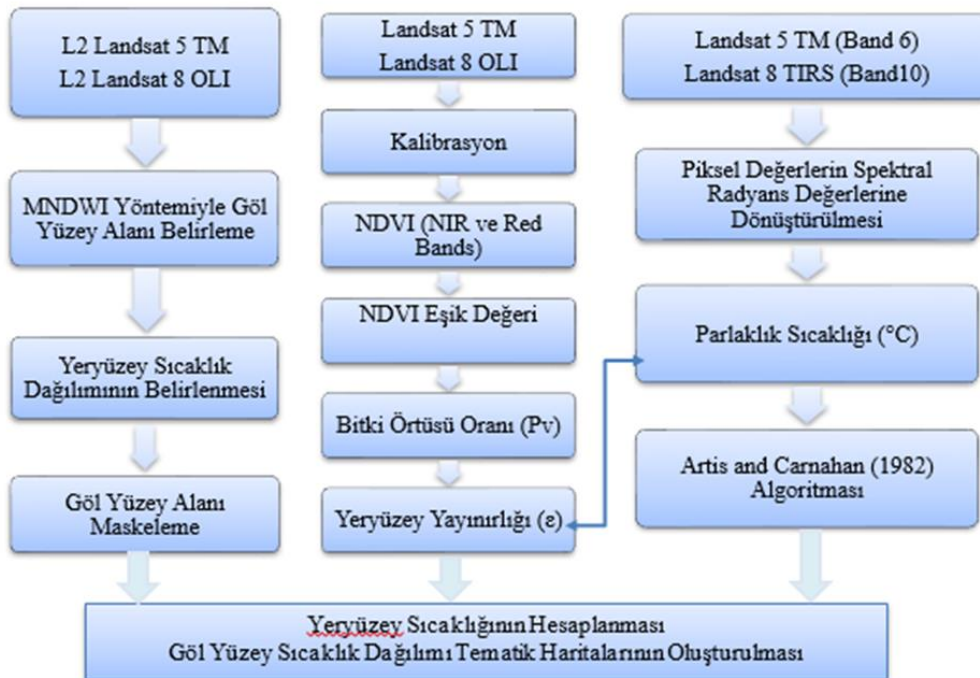
Örnek Adı	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası	Beslenme Sıcaklığı		Beslenme Yüksekliği	
						$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
P1	Boztepe	1370	-77.73	-11.49	14.22	2.20	4.62	2001.64	1741.41
P2	Çimeli	1252	-74.61	-10.80	11.78	3.91	5.45	1826.37	1656.19
P3	Çimeli	1220	-68.63	-9.72	9.12	6.56	7.04	1553.69	1492.58
P4	Kırkpınar	1190	-75.06	-9.47	0.68	7.18	5.33	1490.64	1668.44
P5	Hamurlubeşler	1328	-83.19	-11.20	6.39	2.93	3.16	1926.93	1890.68
E1	Boztepe-Külhüyük	1155	-67.88	-9.50	8.13	7.09	7.24	1499.09	1472.26
E2	Harmanaltı	1144	-72.62	-10.01	7.49	5.83	5.98	1628.56	1601.82
E3	Yukarı Hamurlu	1260	-72.53	-10.26	9.52	5.24	6.00	1689.65	1599.31
E4	Yukarı Hamurlu	1230	-71.35	-10.03	8.87	5.80	6.31	1631.72	1567.09
E6	Kartalkaya	1228	-70.09	-9.45	5.51	7.22	6.65	1486.12	1532.45
M1	Göllü	1285	-82.42	-11.31	8.08	2.64	3.36	1955.82	1869.69
M2	Uzunpınar	1215	-77.67	-10.27	4.48	5.21	4.63	1692.72	1739.75
E26	Eskidoğanlı	1123	-68.98	-9.43	6.50	7.26	6.95	1482.17	1502.19
E9	Yazıkınık	1121	-68.72	-9.08	3.90	8.13	7.01	1392.35	1495.20
M3	Yazıkınık	1127	-68.18	-9.08	4.45	8.13	7.16	1392.35	1480.22
E10	Budak	1200	-75.83	-10.69	9.73	4.16	5.12	1800.02	1689.49
E11	İlice	1187	-71.35	-9.92	8.01	6.07	6.32	1604.41	1566.91
E12	Avuç	1228	-72.88	-10.04	7.47	5.76	5.91	1635.70	1608.79
E13	Obruk	1204	-73.66	-10.00	6.30	5.88	5.70	1623.69	1630.12
E15	Seyfe	1131	-73.16	-10.43	10.31	4.80	5.83	1734.29	1616.57
E16	Gümüşkümbet	1188	-71.52	-10.53	12.70	4.57	6.27	1757.77	1571.60
E17	Gümüşkümbet Dalacı	1194	-65.56	-9.34	9.13	7.50	7.86	1457.43	1408.60
E18	Dalakçı	1238	-72.39	-10.64	12.76	4.29	6.04	1787.33	1595.51
E19	Dalakçı-Karacaören	1216	-72.33	-10.60	12.50	4.38	6.05	1777.27	1593.84
E20	Karacaören	1215	-74.08	-10.78	12.18	3.95	5.59	1822.24	1641.77
E24	Üçkuyu	1176	-77.25	-10.31	5.20	5.11	4.74	1702.22	1728.39
E23	Çapraşık	1143	-77.02	-10.34	5.71	5.03	4.80	1711.02	1721.98
E28	Hatunoğlu	1171	-77.35	-10.26	4.74	5.23	4.72	1690.90	1731.07
E27	Yenidoğanlı	1122	-78.68	-10.41	4.59	4.86	4.36	1727.99	1767.53

EK 2.54. Seyfe Gölü havzasındaki Ekim 2021 döneminde duraylı izotop örneklemesi yapılan su noktalarının Oksijen 18 ve Döteryum izotoplarına göre beslenme sıcaklıkları ve beslenme alanı yükseklikleri

Örnek Adı	Yerleşim	Yükseklik (m)	$\delta^2\text{H}$ (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ (permil)	Döteryum Fazlası	Beslenme Sıcaklığı		Beslenme Yüksekliği	
						$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
I1	İlice	1196	-71.8	-10.04	8.57	5.77	6.21	1634.91	1578.03
I3	İlice	1197	-71.0	-10.0	8.78	5.94	6.41	1618.00	1557.64
A1	Avuç	1132	-73.6	-10.3	8.48	5.25	5.73	1688.76	1627.17
YEGEN2	Yeğenağa	1167	-72.5	-9.7	5.45	6.48	6.00	1561.64	1599.61
BASK1	Başköy	1130	-71.7	-9.7	5.57	6.70	6.21	1539.72	1577.49
YURT1	Yurtyeri	1141	-70.5	-9.2	3.17	7.81	6.54	1425.36	1543.74
B1	Budak	1136	-73.4	-10.1	7.11	5.71	5.77	1640.65	1622.86
B2	Budak	1127	-74.8	-10.3	7.35	5.21	5.40	1692.27	1660.99
B3	Budak	1165	-71.6	-9.5	4.21	7.14	6.24	1494.29	1575.15
KA1	Karaarkaç	1135	-84.4	-11.1	4.23	3.21	2.83	1898.11	1924.85
KU1	Kuşak	1119	-75.5	-10.1	5.30	5.62	5.21	1650.14	1680.49
KB1	Küçük Burunağıl	1156	-70.9	-9.6	5.97	6.84	6.44	1524.80	1553.64
KB2	Küçük Burunağıl	1157	-70.9	-9.5	5.24	7.05	6.43	1503.44	1555.02
G1	Göllü	1274	-75.5	-10.0	4.51	5.87	5.21	1624.38	1679.86
G2	Göllü	1295	-79.7	-10.8	6.45	3.99	4.10	1817.25	1793.94
G3	Göllü	1287	-81.2	-11.1	7.90	3.06	3.68	1912.82	1837.19
H1	Harmanaltı	1163	-73.7	-9.8	4.92	6.28	5.68	1582.25	1631.97
KO1	Karaova	1142	-75.3	-10.1	5.54	5.61	5.26	1651.55	1675.09
K1	Kıran	1125	-73.0	-9.7	4.77	6.56	5.88	1553.53	1611.36
K5	Kıran	1125	-71.6	-9.4	3.81	7.29	6.26	1478.62	1572.48
K6	Kıran	1127	-78.4	-11.3	12.10	2.66	4.45	1954.42	1758.57
K7	Kıran	1131	-80.8	-11.6	12.19	1.89	3.81	2033.01	1824.17
KY3	Kızıldağ Yeniyanan	1122	-76.4	-10.6	8.20	4.45	4.97	1770.00	1705.22
GEY1	Geyicek	1133	-70.5	-9.2	3.42	7.72	6.53	1434.36	1544.74
GEY4	Geyicek	1142	-72.9	-9.9	6.08	6.20	5.91	1591.22	1608.14

EK 3. Yeryüzeyi Sıcaklık Algoritması Yöntemi

Yöntemsel olarak 1990-2020 periyodu için Yeryüzeyi Sıcaklık Algoritması kullanılarak Seyfe Gölü yüzey sıcaklığının mevsimsel değişimi (Mayıs ve Eylül ayları) uzaktan algılama verileri kullanılarak CBS ortamında ArcMap 10.4.1 yazılımıyla belirlenmiştir. Uzaktan algılama verisi olarak Landsat çok bantlı uydu görüntüleri (Landsat 8 OLI/TIRS, Landsat 5 TM) kullanılmıştır. Bu kapsamda öncelikle göl yüzeyinin 1990 ve 2020 yıllarındaki kapladığı alan Xu (2006) tarafından önerilen “Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi” yöntemi (MNDWI) ile belirlenmiştir. Sonrasında göl yüzey sıcaklığı Landsat 5 ve Landsat 8 uydularının termal bantları kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen YYS haritalarında göl yüzey alanları maskelenerek mevsimsel göl yüzey sıcaklık dağılımı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında oluşturulmuştur. Ayrıca göl alanı ve çevresindeki bitki örtüsü yoğunluğu ile yer yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki yorumlanmıştır. Kullanılan yöntemin aşamaları aşağıda sırasıyla sunulmuştur. Yapılan analizler ile 1990-2020 periyodunun Mayıs ve Eylül ayları için göl yüzey alanındaki sıcaklık değişimlerinin saptanması hedeflenmiştir. İzlenen yöntemle ilişkin süreçler akış şeması olarak Şekil 1’de verilmiştir.



EK 3.1. Termal uydu görüntüleri ile göl yüzey alanı sıcaklık değişiminin belirlenmesine yönelik akış şeması

Piksel (Parlaklık) Değerlerinden Atmosfer Üstü Spektral Radyans Değerlerinin Türetilmesi

Çalışma alanı için sıcaklık dağılımının belirlenmesinin ilk adımı piksel değerlerinin radyans değerlerine dönüştürülmesidir. Dijital Numara (DN) olarak bilinen piksel değeri herhangi bir bölgeden yansıyan elektromanyetik enerji değerini içermektedir (Chander ve ark., 2009). Bu ham değerlerin fiziksel olarak anlamlı veriler haline getirilerek işlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle termal görüntülerin piksel değerlerinin radyometrik ölçeklendirme faktörleri kullanılarak spektral radyans değerlerinin türetilmesi gerekmektedir. Landsat 5 TM görüntülerinin 6. bandı olan termal kızılötesi bandın piksel değerleri kullanılarak radyans değerine dönüşüm için Chander ve ark., (2009) tarafından önerilen aşağıdaki denklem kullanılmaktadır (Denklem 1).

$$L\lambda = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{Q_{\text{calmax}} - Q_{\text{calmin}}} \times (Q_{\text{cal}} - Q_{\text{calmin}}) + L_{\min} \quad (\text{Denklem 1})$$

Bu denklemdeki $L_{\min}$ ve $L_{\max}$: Q_{calmin} ve Q_{calmax} 'a göre ölçeklendirilen minimum ve maksimum radyans değerlerini, Q_{calmax} : Kalibre edilmiş maksimum parlaklık değerini, Q_{calmin} : Kalibre edilmiş minimum parlaklık değerini, Q_{cal} : Uydu görüntüsünün kalibre edilmiş piksel değerini ve $L\lambda$: Spektral Radyans (Işınım) değerini $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$ ifade etmektedir. Yapılan hesaplamalarda kullanılan $L_{\max}$, $L_{\min}$, Q_{calmax} ve Q_{calmin} parametreleri uydu veriye ait MTL kodlu meta dosyasından alınmaktadır. Landsat 5 uydusu için denklemde kullanılan parametrelerin değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Landsat 5 uydusunun termal bandı için dönüşüm hesaplamalarında kullanılan parametre değerleri

$L_{\max}$	$L_{\min}$	Uydu/Sensör	Bant	Q_{calmin}	Q_{calmax}
15.303	1.238	Landsat 5 TM	6	1	255

Landsat 8 TIRS görüntülerinde ise iki tane termal kızılötesi bant (10. ve 11.bantlar) bulunmaktadır. Fakat bu çalışmanın amacına uygun olarak sadece 10 numaralı bandın piksel değerleri kullanılmaktadır. Buna göre 10 numaralı bandın piksel

değerleri kullanılarak radyans değerlerine dönüştürülmesi için USGS (2019) tarafından önerilen aşağıdaki denklem kullanılmaktadır (Denklem 2).

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (Denklem 2)$$

Bu denklemdeki, $L\lambda$, Spektral Radyans (Işınım) değerini ($W/(m^2 * sr * \mu m)$), Q_{cal} , uydu görüntüsünün kalibre edilmiş standart piksel değerini, AL , İşlem yapılan bant için Radyans ilave ölçeklendirme faktörünü, ML ise işlem yapılan bant için Radyans çarpımsal ölçeklendirme faktörünü ifade etmektedir. AL ve ML parametreleri uyduya ait MTL uzantılı meta veri dosyasından alınmaktadır (Çizelge 2). Kullanılan tüm denklemler Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydularının kullanım kılavuzlarından elde edilmiştir.

Çizelge 2. Landsat 8 uydusunun termal bantı için dönüşüm hesaplamalarında kullanılan parametrelerin değerleri

ML	Uydu/Sensör	Bant	AL
0.0003342	Landsat 8 TIRS	10	0.10000

Spektral Radyans Değerlerinden Parlaklık Sıcaklıklarının Türetilmesi

Göl yüzey sıcaklık dağılımının belirlenmesindeki ikinci adım olarak Landsat 5 TM ve Landsat 8 TIRS uydularının termal bant sensörlerindeki radyans değerlerinin parlaklık sıcaklık değerlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Chander ve ark., (2009) tarafından aşağıda önerilen denklem kullanılmaktadır (Denklem 3). Denklemdeki termal değişkenlik katsayıları MTL kodlu meta veri dosyasından elde edilmektedir.

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda}\right) + 1} - 273.15 \quad (Denklem 3)$$

Bu denlemde $L\lambda$, spektral radyans değerini, K_1 ve K_2 ise uyduların birinci ve ikinci termal değişim sabitlerini, TB ise parlaklık sıcaklık değerini ($^{\circ}C$) ifade etmektedir (Denklem 3). Landsat 5 ve Landsat 8 için kullanılan K_1 ve K_2 dönüşüm sabitleri Çizelge 3'de verilmiştir. Bu eşitliğe göre elde edilen sonuçlar sıcaklık verisi olmasına rağmen gerçek yüzey sıcaklığını temsil etmediği belirtilmektedir (Oliosio ve ark.,

2013). Bu nedenle yer yüzey yayınlılığı (ϵ) düzeltmesi yapılmasına ihtiyaç duyulmuş ve düzeltmeler yapılarak gerçek yer yüzey sıcaklığına ulaşılmıştır. Yer yüzey yayınlılığı hesaplaması NDVI indisi ve Bitki Örtüsü Oranı parametrelerinden türetilerek hesaplanmıştır (Çizelge 3). Bu nedenle yayınlılık hesaplaması yapılmadan önce NDVI ve Bitki Örtüsü Oranı bileşenleri hesaplanmıştır.

Çizelge 3. Landsat uydularının termal dönüşüm sabiti değerleri ve kullanılan bantların özellikleri

Uydu/Sensör	K ₁	K ₂	Bant	Dalga Boyu (µm)
Landsat 5 TM	607.76	1260.56	B6	11.45
Landsat 8 TIRS	774.89	1321.08	B10	10.89

Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI)

Yapılan çalışma kapsamında yer yüzey yayınlılığının belirlenmesi amacıyla NDVI indisi hesaplanması gerekmektedir. NDVI yöntemi doğadaki bitki örtüsünün yansıma değerlerini ifade etmektedir. Bitkiler görünür kırmızı bant (Red) bölgesinde düşük yansıma değerleri verirken, yakın kızılötesi bantta (NIR) yüksek değerler vermektedir. Bu bantlar Landsat 5 TM uydusunun 3. (0.63.0.69 µm) ve 4. (0.76. 0.90 µm) bandlarına, Landsat 8 OLI/TIRS uydusunun ise 4. (0.64.0.67 µm) ve 5. (0.85.0.88 µm) bandlarına karşılık gelmektedir. Bu bantların birbirinden farkı ile toplamının oranı NDVI indisine eşittir (Denklem 4).

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \quad (Denklem 4)$$

NDVI indisi değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir (Kriegler ve ark., 1969). Bu değerin 1' e yakın olduğu yerlerde yeşil ve sağlıklı bitki örtüsünün fazla olduğu, -1 ile 0 arasında değişen yerlerin ise bitki örtüsünün zayıf ve hiç olmadığı bölgelere işaret ettiği belirtilmektedir (Kriegler ve ark., 1969). Çalışma alanı için yapılan analizlerde NDVI değerinin yansıma değeri kullanılmıştır. Denklem 4 yardımıyla elde edilen NDVI değeri, bitki örtüsü oranı ile yer yüzeyi yayınlılık hesaplamalarında kullanılmıştır.

NDVI İndisinden Bitki Örtüsü Oranının (Pv) Belirlenmesi

Yer yüzey yayınlılığının belirlenmesi için gerekli olan bir diğler parametre ise bitki örtüsü oranıdır. Bitki örtüsü oranı bir pikselde bulunan yeşil bitki örtüsünün yüzde miktarına karşılık gelmektedir (Carlson ve Ripley,1997). Çalışma alanı için Bitki Örtüsü Oranı çalışma alanı için hesaplanan NDVI indisinin minimum ve maksimum değerleri kullanılarak Carlson ve Ripley (1997) tarafından önerilen denklem ile hesaplanmıştır (Denklem 5).

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{mak} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (Denklem 5)$$

Çalışma alanı için hesaplanan Bitki Örtüsü Oranı Denklem 5 yardımıyla hesaplanmış ve yer yüzey yayınlılığı hesaplamalarında kullanılmıştır.

Yer Yüzeyi Yayınlılığının (ε) Hesaplanması

Yer yüzey sıcaklığının hesaplanması için gerekli olan parametrelerden bir diğeri de yer yüzey yayınlılığıdır. Yer yüzey yayınlılığı yüzeylerin ışınlım ve soğurma kapasitelerinin bir ölçüsüdür (Norman ve Becker, 1995). Yer yüzey yayınlılığının hesaplanması için literatürde birçok denklem mevcuttur. Bu çalışma kapsamında yayınlılık değeri arazi bitki örtüsü (NDVI) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı için yapılan NDVI analizinde sahanın bitki örtüsü ve kayalardan oluşan bir deseni temsil etmesi nedeniyle Wang ve ark., (2015) tarafından önerilen denklem ile yayınlılık hesabı yapılmıştır (Denklem 6).

$$\varepsilon = 0.004 * Pv + 0.986 \quad (Denklem 6)$$

Çalışma alanı için NDVI indisi ile Bitki Örtüsü Oranı (Denklem 4 ve Denklem 5) parametreleri kullanılarak yer yüzey yayınlılığı hesaplanmıştır.

Yer Yüzey Sıcaklığının Hesaplanması

Çalışma alanı için yer yüzey yayınlılığı belirlendikten sonra gerçek yer yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır. Bu değeri yer yüzey yayınlılığı, termal bant ve kara cisim ışınlım parametrelerini içeren Artis ve Carnahan (1982) tarafından önerilen yer yüzeyi sıcaklık algoritması yardımıyla hesaplanmaktadır (Denklem 7).

$$YYS = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{T_b}{\frac{h \times c}{s}} \times \lambda \right) \times \ln \varepsilon} = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{T_b}{C_2} \times \lambda \right) \times \ln \varepsilon} \quad (\text{Denklem 7})$$

Bu denklemde T_b : Sensör parlaklık sıcaklık değerini ($^{\circ}\text{C}$), ε : Yer yüzeyi yayınlılığı, C_2 : $(h \times c)/s = 1.44 \times 10^{-2}$ mK, s : Boltzmann Sabiti (1.3806×10^{-23} J/K $^{-1}$), λ : Termal banda gelen dalga boyu (Landsat 8 için 10.89 μm , Landsat 5 için 11.45 μm), c : Işık hızı (2.99×10^8 m/s) ve h : Planck Sabiti (6.63×10^{-34} J.s) değerlerini belirtmektedir.



EK 4 - Tezden Türetilmiş Yayınlar

Yurteri, C., Kurttaş, T. (2023) Determination of surface temperature in water bodies with the use of multiband Landsat satellite images: Case study of Seyfe Lake. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences (Article In Press-December 2023 - Regular Issue) (E-SCI İndekslerine Giren Dergi).

Yurteri, C., Kurttaş T. (2021) Uzaktan Algılama ve CBS Teknikleri Kullanılarak Seyfe Gölü (Kırşehir) Yüzey Alanının Zamansal Değişiminin Analizi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt.11, sa.4, ss.1115-1128.

GÜFBED/GUSTIJ (2021) 11 (4): 1115-1128
DOI: 10.17714/gumusfenbil.848873

Araştırma Makalesi / Research Article

Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Seyfe Gölü (Kırşehir) yüzey alanının zamansal değişiminin analizi

Analysis of temporal changes on the surface area of the Seyfe Lake (Kırşehir) using remote sensing and GIS techniques

Cansu YURTERİ^{*1,a}, Türker KURTTAŞ^{1,b}

¹Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Hidrojeoloji Mühendisliği, 06800, Ankara

• Geliş tarihi / Received: 29.12.2020

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 30.06.2021

• Kabul tarihi / Accepted: 16.07.2021

Öz

Bu çalışmanın amacı çok bantlı uydu görüntüleri ile Seyfe Gölü yüzey alanının zamansal değişiminin Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri ile incelenmesidir. Çalışma alanı olan Seyfe Gölü, 1447 km² lik yüzey drenaj alanına sahip Seyfe Havzasında yer almaktadır. Kapalı bir havzada yer alan göl alanının beslenimi yağış, yüzeysel akış ve akifer birimlerden beslenme ile gerçekleşmektedir. Gölün boşalımı ise, göl yüzeyinden buharlaşma ve drenaj kanalları ile gerçekleşmektedir. Bu çalışmada 1985-2020 yılları arasındaki Landsat çok bantlı uydu görüntüleri (Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS) kullanılmıştır ve her beş yıl için bir görüntü seçilmiştir. Uydu görüntülerinden türetilen Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI) yöntemi kullanılarak farklı yıllarda göl yüzey alanındaki değişimler hesaplanmıştır. 1985-2020 yılları arasında MNDWI yöntemi ile maksimum ve minimum göl alanları sırasıyla 66.87 km² ve 1.86 km² olarak hesaplanmıştır. 35 yıllık süreçte, göl alanında % 93.78'lik bir azalma olduğu belirlenmiştir. Batimetri çalışmaları kapsamında ise; Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından 2015 yılında hazırlanan göl hidrografik haritasındaki göl tabanı seviye ölçümlerinden göl batimetri haritası oluşturulmuştur. Göl alanının kot, hacim ve alan ilişkisinin belirlenmesine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan göl batimetri haritasına göre; maksimum derinlik göl alanının kuzeyinde 1.95 m olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Göl alanı, Göl batimetrisi, MNDWI, Seyfe Gölü, Uzaktan algılama

Yurteri, C. (2020) Seyfe Gölü Sulak Alan Havzasındaki Su Kaynaklarının Duraylı İzotop İçeriklerinin İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, cilt.8, sa.3, ss.883-903.

Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi
8(3), 883 – 903, 2020
e-ISSN: 1308-6693



Journal of Engineering Sciences and Design
DOI: 10.21923/jesd.769987

Araştırma Makalesi

Research Article

SEYFE GÖLÜ SULAK ALAN HAVZASINDAKİ SU KAYNAKLARININ DURAYLI İZOTOP İÇERİKLERİNİN İNCELENMESİ

Cansu YURTERİ*

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Hidrojeoloji, Döteryum, Oksijen-18, Seyfe Gölü Havzası, Sulak Alan.</i>	Duraylı izotop teknikleri hidrojeolojik süreçlerin anlaşılmasında ve hidrodinamik yapının kavramsallaştırılmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmada Seyfe Gölü havzasındaki su kaynaklarının geçirdikleri fiziksel ve kimyasal süreçlerin açıklanması amacıyla duraylı izotop içerikleri değerlendirilmiştir. Çalışma alanı Kırşehir ilinin kuzeydoğusunda yer alan 1447 km ² 'lik yüzey drenaj alanına sahip Seyfe Gölü havzasını kapsamaktadır. Havza içerisinde Paleozoyik yaşlı Kırşehir Masifi metamorfik serileri, Senozoyik yaşlı örtü birimler ve Kuvaterner yaşlı alüvyon birimler yüzeylemektedir. Paleozoyik yaşlı Kırşehir Masifinin Bozçaldağ Formasyonu'nu temsil eden mermer ve kireçtaşı seviyelerinin kırıklı ve çatlaklı zonları akifer özelliği göstermektedir. Eylül 2019 ve Aralık 2019'da havza drenaj alanında yer alan kaynaklardan, sığ kuyulardan ve drenaj kanalından Oksijen-18 ve Döteryum analizleri için örneklemeler yapılmıştır. Çalışma alanındaki su noktalarının $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ‰-11.97 ile ‰-3.29 VSMOW arasında; $\delta^2\text{H}$ değerleri ise ‰-80.88 ile ‰-27.61 VSMOW arasında değişmektedir. Havzanın kuzeybatısında metamorfik birimlerden beslendiği düşünülen su kaynaklarının beslenme alanları diğer su kaynaklarına göre daha yüksek kotlarda bulunmaktadır. Göl alanına ve drenaj kanallarına yakın olan bazı su noktalarında ise buharlaşma etkisi görülmektedir.

Yurteri, C. (2020) Seyfe Gölü (Mucur-Kırşehir) Sulak Alanı Havzasındaki Su Kaynaklarının Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Değerlendirmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, cilt.22, sa.65, ss.581-597.

DEÜ FMD 22(65), 581-597, 2020



Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi
Dokuz Eylül University Faculty of Engineering Journal of Science and Engineering

Basılı/Printed ISSN: 1302-9304. Elektronik/Online ISSN: 2547-958X

Seyfe Gölü (Mucur-Kırşehir) Sulak Alan Havzasındaki Su Kaynaklarının Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Değerlendirmesi

Hydrogeological and Hydrochemical Evaluation of Water Resources in Seyfe Lake (Mucur-Kırşehir) Wetland Basin

Cansu Yurteri ^{1*} 

¹ Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü, Ankara, TÜRKİYE
Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: cyurteri@hacettepe.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 15.11.2019

Kabul Tarihi / Accepted: 03.02.2020

Atıf şekli/ How to cite: YURTERİ, C.(2020). Seyfe Gölü (Mucur-Kırşehir) Sulak Alan Havzasındaki Su Kaynaklarının Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Değerlendirilmesi. DEUFMD, 22(65), 581-597.

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI: 10.21205/deufmd.2020226524

Tez Alanı Dışında Türetilmiş Diğer Yayınlar

Yurteri, C., Şimsek, S. (2017) Hydrogeological and hydrochemical studies of the Kaman-Savcili-Buyukoba (Kırşehir) geothermal area, Turkey. Geothermics, cilt.65, ss.99-112. (SCI İndekslerine Giren Dergi)

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (HÜ - BAP) tarafından desteklenen “Kırşehir Seyfe Gölü Sulak Alan Havzasının Kavramsal Modeline Temel Oluşturacak Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve Çevresel İzotop Çalışmaları” isimli Hızlı Destek Projesi, Rapor No: FHD-2021-18960, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye. (Yürütücü: Türker Kurttaş, Araştırmacı Cansu Yurteri, 11.03.2021 - 22.07.2022, Bütçesi: 17.994.85 TL)

EK 5 - Tezden Türetilmiş Bildiriler

Yurteri, C., Kurttaş, T. (2023) Yüzey ve Yeraltı Su Kaynaklarının Çevresel İzotop Teknikleri Kullanılarak Değerlendirilmesi: Seyfe Gölü Havzası Örneği, 6. Ulusal Hidrojeolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, 9-11 Ekim 2023 İstanbul. (Tam Metin Bildiri-Sözlü Sunum).

Yurteri, C., Kurttaş, T. (2022) Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Kuraklık Analizi ve İklimsel Değişimlerin İzlenmesi: Seyfe Gölü Havzası Örneği, 4. Uluslararası Afet ve Dirençlilik Kongresi, Eskişehir, 19-21 Ekim 2022. (Özet Bildiri - Sözlü Sunum).

Yurteri, C., Kurttaş, T. (2022) Hydrogeochemical and Isotopic Investigations of Kiran (Mucur.Kirsehir) Hot and Mineralized Waters, Central Anatolia, Turkey. European Geothermal Congress, Berlin, 17-21 Ekim 2022. (Tam Metin - Sözlü Sunum).

Yurteri, C., Kurttaş, T. (2021) Assesment of anthropogenic impacts and climatic factors on the shrinkage of Seyfe Lake (Central Anatolia, Turkey) during the past 35 years. AGU Fall Meeting 2020, Amerika Birleşik Devletleri, 13 - 17 Aralık 2021 (Özet Bildiri).

Yurteri, C., Kurttaş, T. (2021) An Estimation of the Hydrologic Water Budget Components of the Seyfe Lake Basin by Using Hydrologic Characteristics and Hydrometeorological Data. International Conferences on Science and Technology Engineering Sciences and Technology ICONST EST 2021, Budva-Montenegro, Budva, Karadağ, 8 - 10 Eylül 2021, ss.1.2 (Özet Bildiri - Sözlü Sunum).

Yurteri, C. (2021) Seyfe Gölü (Kırşehir) Sulak Alan Havzasındaki Yüzey ve Yeraltısularının Hidrojeokimyasal ve İzotopik Özelliklerinin İncelenmesi, Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 24 - 28 Mayıs 2021, ss. 411-412. (Özet Bildiri -Sözlü Sunum).

Yurteri, C., Kurttaş, T. (2021) Su Kütlelerinde Yüzey Sıcaklığının Çok Bantlı Landsat Uydu Görüntüleri Yardımıyla Belirlenmesi: Seyfe Gölü Örneği, Uluslararası Çevrimiçi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Konferansı IOCENS 21, Gümüşhane, Türkiye, 5 - 7 Temmuz 2021, ss.1-14 (Tam Metin Bildiri - Sözlü Sunum).

Yurteri, C. (2020) Hydrochemical evaluation of a groundwater system connected to a wetland: A case study in the Seyfe Lake wetland, Kirsehir, Turkey, EGU General Assembly 2020, Viyana, Avusturya, 4 - 8 Mayıs 2020 (Özet Bildiri - Poster Sunum).

Yurteri, C. (2020) Spatio-temporal changes of hydrochemical properties and factors controlling hydrochemistry of springs in the Seyfe Basin, JPGU-AGU Joint Meeting 2020, Chiba, Japonya, 9 - 12 Temmuz 2020 (Özet Bildiri - Sözlü Sunum).

Yurteri, C. (2020) Spatio-Temporal Changes of Water Surface Area of Lakes by Using Remote Sensing Techniques: A Case Study of Seyfe Lake Wetland and Its Catchment Area, AGU Fall Meeting 2020, Amerika Birleşik Devletleri, 1-17 Aralık 2020 (Özet Bildiri-Poster Sunum).

Yurteri, C. (2018) Türkiye'deki Sulak Alan Mevzuatına Genel Bir Bakış: Seyfe Gölü Sulak Alanı Örneği HİDRO'2018: Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu, Türkiye, 27- 29 Eylül 2018 (Tam Metin Bildiri-Sözlü Sunum).

Tez Alanı Dışında Yayımlanmış Diğer Bildiriler

Yurteri, C. (2023) Bütünleşik Afet Yönetiminde İyileştirme Kavramı ve Afet Sonrası İyileştirme Planlamasına Genel Bir Bakış. 75. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, 10-14 Nisan 2023 (Özet Bildiri-Poster Sunum).

Yurteri, C. (2022) Hydrogeochemistry and chemical geothermometry studies of a low temperature Savcılı-Büyükoba (Kirsehir) geothermal system, Central Anatolia. Minwat 2020 3rd International Multidisciplinary Conference on Mineral and Thermal Waters Italy, Caserta, 27 June 2022 (Özet Bildiri-Poster Sunum).

Yurteri, C., Arslan, E., Kurttaş, T. (2021) Yarışlı Gölü (Burdur) Yüzey Alanı Değişiminin Çok Zamanlı Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Saptanması. Uluslararası Çevrimiçi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Konferansı IOCENS21, Gümüşhane, Türkiye, 5 - 7 Temmuz 2021. (Tam Metin Bildiri - Sözlü Sunum).

Yurteri, C. (2016) Isotopic Evaluation of Savcılı Büyükoba Kirsehir Kaman Geothermal Area. European Geothermal Congress EGC 2016 Strasbourg, France, 19 - 23 Eylül 2016. (Tam Metin Bildiri - Poster Sunum).

Yurteri, C., Şimşek, Ş. (2015) Savcılı Büyükoba Kaman Kirsehir Sıcak ve Mineralli Su Kaynağının Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi. II. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu, Türkiye, 4 - 6 Kasım 2015. (Tam Metin Bildiri - Sözlü Sunum).

Yurteri, C., Şimşek, Ş. (2015) Savcılı Büyükoba Kirsehir Kaman Sıcak ve Mineralli Su Kaynağının Hidrojeokimyasal İncelemesi. MÜHJEO'2015 Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, Türkiye, 3 - 5 Eylül 2015. (Tam Metin Bildiri - Sözlü Sunum).

Yurteri, C., Şimşek, Ş., Koç, K., Yılmaz, E. (2015) Hydrogeological Survey of Savcili Büyükoba Geothermal Field Kaman Kirsehir Central Anatolia, Turkey. World Geothermal Congress Melbourne, Australia, 19 - 25 April 2015. (Tam Metin Bildiri - Sözlü Sunum).

Öksüz, N., Karakuş, A., Yurteri, C. (2011) REE Geochemistry, Mineralogy and Origin of Manganese Mineralization in the Derbent Mahkeme Hill Yozgat TURKEY Goldschmidt Conference, Prag, 14 - 19 August 2011. (Özet Bildiri - Sözlü Sunum).



