

GEVAŞ-GÜRPINAR-GÜZELSU (VAN) HAVZASINDAKİ KARST KAYNAKLARININ HİDROJEOLOJİK İNCELEMESİ

HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF KARST SPRINGS IN THE GEVAŞ-GÜRPINAR-GÜZELSU (VAN) BASIN

Halil Murat ÖZLER

İ.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar / İstanbul

ÖZ: Bu çalışma Van'ın Gevaş-Gürpınar-Güzelsu havzasının karst hidrojeoloji incelemesini kapsamaktadır. Bölgedeki kayaçların karstlaşmasını denetleyen en önemli faktör, orojenik yapılanma etkisiyle gelişen kırık, foliasyon, eklem, çatlak ve fay sistemlerinin kazandırdığı ikincil gözenekliliktir. İnceleme alanındaki en önemli fay, GD-KB istikametindeki doğrultu atımlı Şamran faydır. Bu fay bölgedeki karst sisteminin gelişimi üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Bölgedeki en büyük debili Şamran kaynağının çıkış nedenidir. İnceleme alanından irili ufaklı 59 kaynak çıkmaktadır. Bu kaynakların yaklaşık 40'ı Permian yaşlı karstik rekristalize kireçtaşı ve mermerlerden boşalır. Kaynakların yıllık ortalama debisi 9.96 m³/s dir ve yüzeysel akımların %92'sini oluşturmaktadır. Yıllık 336-650 mm arasında ortalama yağış düştüğü yarı kurak bir bölgede yer alan havzadaki bu koşullar derin karstın gelişimini sınırlamıştır. İnceleme alanından beslenen ve değerlendirmeye alınan kaynakların verdi değişimlerinin az olması, karstlaşmanın orta derecede geliştiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojeoloji, Karst Kaynakları, Lineasyon ve Faylar, Su kimyası

ABSTRACT: This research covers the Karst hydrogeology investigation of Gevaş-Gürpınar-Güzelsu (Van) basin. At this region, the most important hydrogeologic factor that determinate the karstification of the rocks, are the fissure, fracture, foliation, joint and faults developing by the orogenic karstification which gains the secondary porosities. The most important component that controls the karst groundwater system in the basin is the Şamran fault at the direction of Southeast-Northwest. This fault carries the groundwater from the adjacent basins to the investigation site. The Şamran springs being the largest spring in this region emerges over this fault and recharge the adjacent Çatak basin. There are 59 springs at the basin and only 40 springs emerges from the Permian aged recrystallised limestone-marble and the total discharge of these springs are 9.96 m³/s. Since the annual rainfall is between 336 and 650 mm, the deep karstification was not developed. The flows of the karst springs emerging the basin change very little which shows the degree of karstification at the region is moderate

Key words: Hydrogeology, karst springs, Lineation and faults, water chemistry

GİRİŞ

Türkiye'nin doğusundaki Doğu Anadolu bölgesinde, Van gölünün doğusunda yer alan Gevaş-Gürpınar havzası, 2533 km² lik bir drenaj alanına sahiptir (Şekil 1). Arabistan levhasının kuzeye yönelik bağlı hareketinden kaynaklanan yaklaşık K-G doğrultulu basınç gerilmesi etkisinde kalan Toros orojenik kuşağının doğu bölümünde yer almaktadır. Bölge genellikle GB-KD yönelimli doğrultu atımlı faylar tarafından biçilmiştir. Kayaçların özelliklerini belirleyen en önemli faktör; orojenik yapılanma etkisiyle gelişen kırık, eklem, çatlak ve fay sistemlerinin

kazandırdığı ikincil gözeneklilik ve bunun sonucu oluşan orojenik karstlaşmadır. İnceleme alanında, bu güne kadar çok az sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Bölgedeki mevcut hidrojeolojik sorunların anlaşılabilmesi için; bölgesel jeolojinin doğru olarak belirlenmesi, havzanın stratigrafik ve yapısal durumunun sağlıklı bir şekilde açıklanması ve elde edilen bu bilgilerin karst hidrojeolojisi açısından yorumlanması gerekmektedir. Ayrıca, bölgede geçirimsiz sınırların (fay veya litoloji) tespiti, yeraltısularının hareket yönlerinin belirlenmesini kolaylaştırmıştır. Bu amaçla 1/500 000 ölçekli sayısal

rölyef haritası hazırlanarak lineasyon ve faylar tespit edilmiştir. Jeolojik, jeomorfolojik ve hidrolojik verilere bağlı olarak hidrojeolojik ortamlar tanımlanmıştır. Karstik birimler ve denetleyen faktörler araştırılmıştır. Karstlaşmanın boyutlarının belirlenmesi amacıyla havzadaki 22 büyük kaynağın çekilme eğrisi grafikleri değerlendirilmiştir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerini

araştırmak amacıyla 35 karst kaynağından örnek alınarak analizleri yaptırılmıştır. Çeşitli su kalite sınıflamalarına göre değerlendirilmiş ve haritalanmıştır. Aynı su noktalarına ait doygunluk indisi değerleri hesaplanmış ve hidrojeokimyasal fasiyes değerlendirmelerine gidilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanının bulduru haritası
Figure 1. Location map of the study area

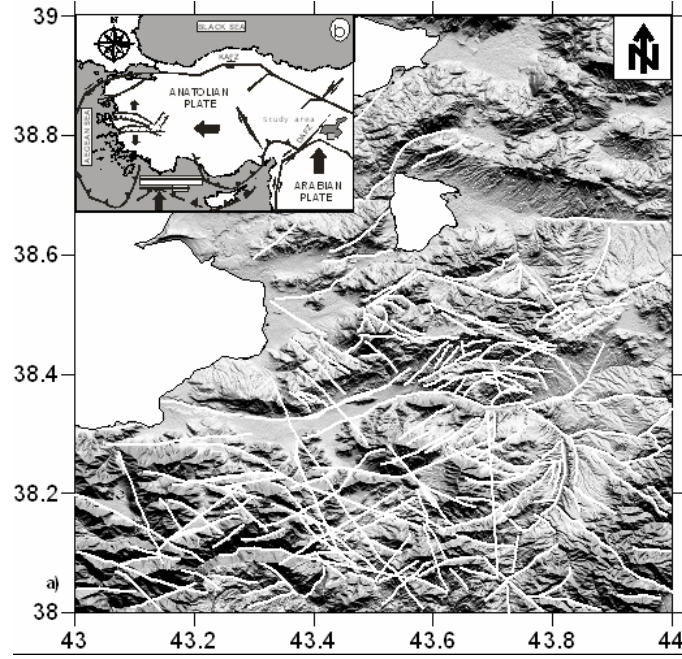
Jeoloji

İnceleme alanı içerisinde yüzeylenen birimler tektonik ve stratigrafik açıdan üçe ayrılır; a) Alloktan temel; Bitlis Metamorfitlerinin örtü birimleri (mermer, rekristalize kireçtaşı ve şistler) ile Yüksekova karmaşığı b) Paraotoktan birimler; Yeşilsalkım formasyonu, Kırkgeçit formasyonu ve Ziyaret kireçtaşı c) Otoktan birimler; Vangölü formasyonu ve Alüvyon. Birimler yaşlıdan gence doğru şu şekilde sıralanır. Permiyen yaşlı mermer, rekristalize kireçtaşı ve şistler, Üst Kretase yaşlı Yüksekova Karmaşığı, Eosen yaşlı Yeşilsalkım formasyonu, Alt Miyosen yaşlı Kırkgeçit formasyonu, Orta Miyosen yaşlı Ziyaret kireçtaşı, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Traverten ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon.

Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı, kıvrımlı Alp sisteminin bir bölümü olan Toros orojenik kuşağının doğu bölümünde yer alır (Şekil 2b). İnceleme alanındaki en önemli tektonik hatlar; GB-KD istikametindeki doğrultu atımlı

faylardır. Antiklinal, senklinal ve gravite fayları başlıca tektonik yapılarıdır. Bu amaçla bölgesel ölçekli sayısal arazi modeli oluşturularak gölgeli rölyef haritası hazırlanarak (Şekil 2a), üzerinde çizgisellikler ve faylar tespit edilmiştir. Arabistan levhası ile Avrasya levhası arasındaki bağıl hareket nedeniyle, Doğu Anadolu'nun, yaklaşık K-G doğrultulu sıkışma gerilmesinin etkisi altında kaldığı bölgesel yorumlarda da belirtilmiştir (Yılmaz 1983; Şaroğlu 1984; Şengör vd 1985; Dawey vd 1986). İnceleme alanı ve yakın civarındaki çalışmalarda, bölgenin yaklaşık K-G doğrultulu sıkışma gerilmesi etkisinde kaldığını ve buna bağlı olarak D-B doğrultulu eksenlere sahip kıvrımların iyi geliştiği belirtilmiştir (Ternek 1953; Altınlı 1965; Ketin 1977, Balkaş 1980; Şaroğlu ve Yılmaz 1984). Aksoy (1988) Miyosen sonundaki ana sıkışma gerilmesi için K18°B doğrultusunu bulmuştur. Miyosen sonrası bölgeye yerleşen sürüklenme örtüleri nedeniyle orojenik fazlar sırasında oluşmuş tektonik yapıların ilksel durumlarının çoğunlukla bozulduğu gözlenir.

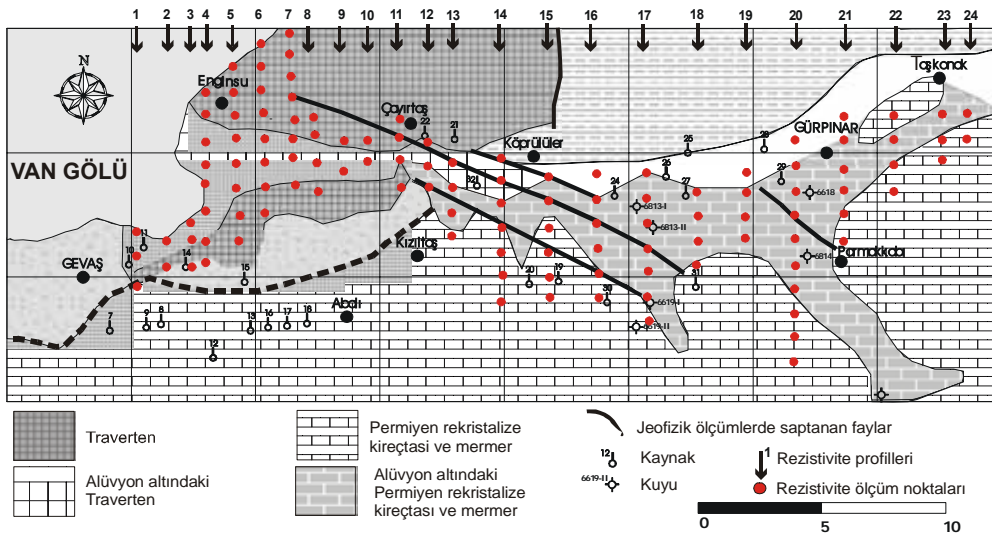


Şekil 2. Sayısal rölyef harita üzerinde saptanan a) inceleme alanına ait çizgisellikler b) Bölgesel çizgisellikler
Figure 2. Lineation maps are determined on the Digital relief map a) the study area b) Regional

Bölgesel Faylar ve Lineasyonlar

İnceleme alanında yüzeylenen birimlerde kırıklı yapıların iyi gelişmediği veya gelişmiş olanların daha sonraki hareketlerden etkilenerek konumlarının bozulduğu görülmektedir. Bu nedenle kırıklar günümüzde arazide iyi izlenememektedir. Ketin (1977) Van gölü ile İran arasındaki alanda, doğu-batı doğrultulu 4 fay zonunun bulunduğunu ve bunların Kuzey Anadolu fay zonunun uzantıları olabileceğini

vurgular. Bu faylar, çoğunlukla morfolojik görünümle saptanabilmektedir. Bölgedeki fay sitemleri ve lineasyonların belirlenebilmesi amacıyla 1/500 000 ölçekli sayısal rölyef haritası hazırlanarak lineasyon ve faylar tespit edilmiştir (Şekil 2). Bu fayların ovadaki uzanımları DSI'nin yapmış olduğu jeofizik verilerin yeniden değerlendirilmesi ile belirlenmiş; Gürpınar ovasını yaklaşık GD-KB doğrultulu kesen 3 fay tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Ova tabanında karstik mermerlerin yayılımı ve tespit edilen faylar
Figure 3. The distribution of Karstic marble at the bottom of the plain and determined faults

Bindirme fayları içerisinde en önemli diyebileceğimiz yapı, Üst Kretase yaşlı Yüksekova Karmaşığının Alt Miyosen yaşlı Kırkgeçit formasyonunu üstlemesine neden olan bindirme fayıdır. Çalışma alanının D-KD'sunda yer alan bu fay, yaklaşık D-B doğrultulu olup kesintili olarak 12 km uzunlukta devam etmektedir. Bu bindirmenin öteleme miktarını, veri yetersizliğinden dolayı tespit etme imkanı olmamıştır. GB'da Gevaş bölgesinde bindirme fayları Kuzeyden Güneye doğru devam etmektedir.

Devlet Su İşlerinde (DSİ), Okan (1982) tarafından gerçekleştirilen jeofizik rezistivite çalışmasında, Engil den Gürpınar'a kadarki ovada akiferin yayılım ve kalınlıklarını tespit etmek amacıyla 116 noktada ve yaklaşık 60 m derinlikte jeofizik ölçüler alınmıştır. Bu veriler tarafımızdan yeniden değerlendirilerek yorumlanmıştır. Karstik kireçtaşının ova tabanındaki yayılımı haritalanmış ve ova tabanında tespit edilen 3 fay harita üzerine işlenmiştir (Şekil 3). Buna göre ova tabanının büyük ölçüde rekristalize kireçtaşları ile kaplı olduğu görülmektedir. Tektonik haritada (Şekil 3) görülen GD-KB yönlü ve doğrultu atımlı Şamran fayı (bu faya Şamran kaynaklarının oluşumuna neden olduğu için bu adlandırma tarafımızdan uygun görülmüştür) ovaya ulaştığında batıya doğru kıvrılarak ilerlediği jeofizik verilerle de tespit edilmiştir (Şekil 3).

Kırkgeçit formasyonu, Yüksekova karmaşığının sırtında ve onunla birlikte, güneye doğru sürüklendiği için, para allokton konumlu olarak kabul edilmiştir. Kırkgeçit formasyonunda gelişen kıvrım eksenlerinin doğrultusu ile Yüksekova karmaşığı ve Kırkgeçit formasyonunun dokanağındaki bindirmenin doğrultusu yaklaşık D-B dır. Bu yapıların gelişmesi, bölgenin Alt Miyosen sonundaki, Yaklaşık K-G doğrultulu basınç kuvvetlerinin etkisinde kaldığını gösterir.

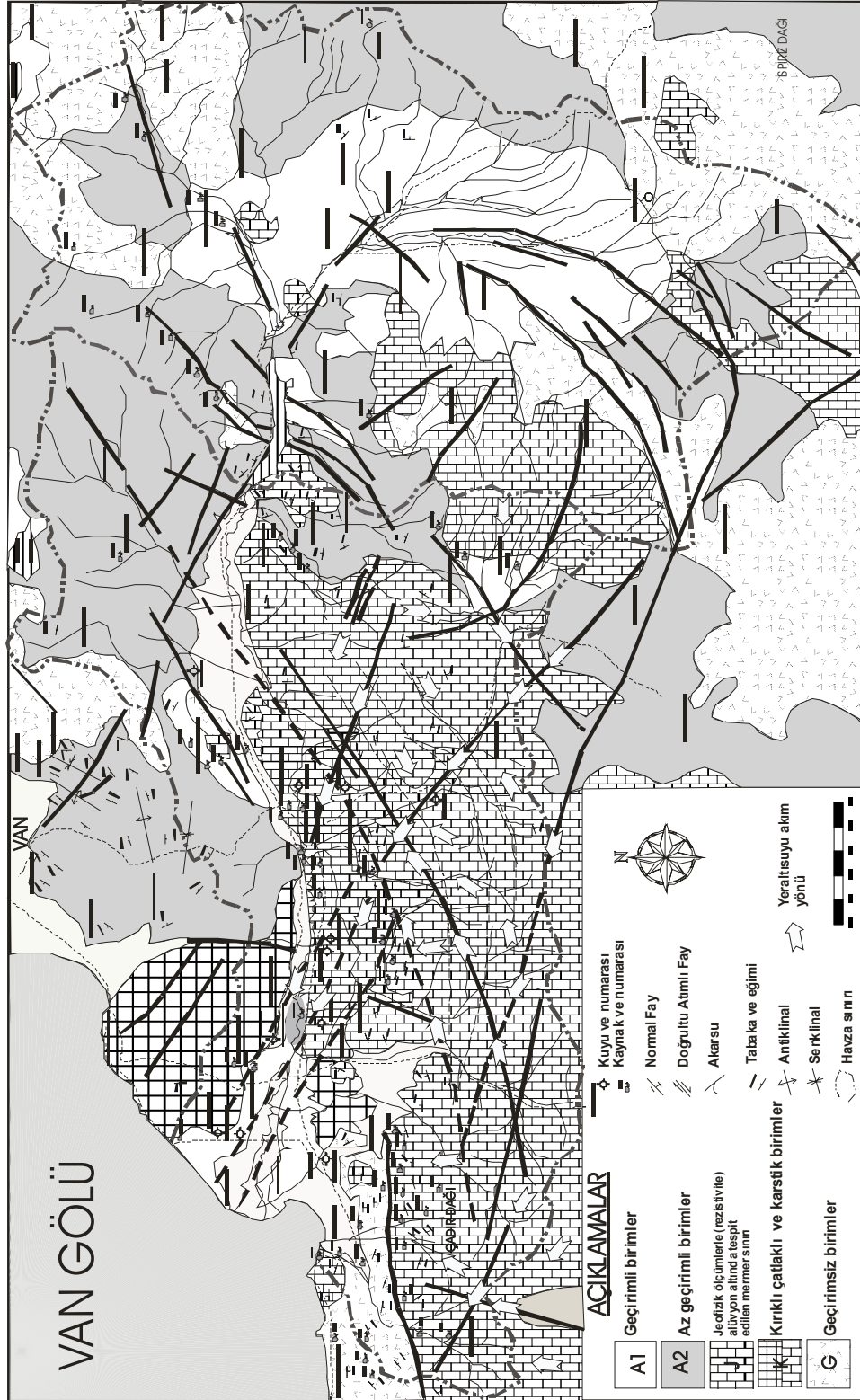
Yüksekova karmaşığını oluşturan ofiyolitler havzanın temelini oluşturur. Ofiyolitik temel Mesozoyik sonu ve Senozoyik başında Alp orojenezinin etkisinde kalarak yükselmiştir. Pliosen sonunda bölge birtakım yersel kıvrımlar etkisinde kalmış, bu arada Paleozoyik yaşlı Bitlis metamorfileri fayla kıvrılarak kırılmış ve genç birimlerin üzerine itilmiştir. Bu arada genç tektonik hareketler havza içinde kıvrımlanmalar ve kırılmalar sonucunda bir takım faylanmalar meydana gelmiştir. Bunlar, Atalan köyü kuzeydoğusundaki 2 km uzunluğundaki normal fay ile Köprülüler doğusunda 4.5 km uzunluğundaki normal faydır. Yine Hacıköyün güneyinde 5 km uzunluğunda ve kireçtepe mevkiinde 3 km uzunluğunda doğrultu atımlı faylar tespit edilmiştir.

Hidrojeoloji Birimleri

İnceleme alanının; kuzeyini Van havzası, doğusunu Hakkari havzası, güneyini ise Çatak havzası çevreler. Çatak havzasından inceleme alanına yönelik beslenme muhtemeldir. Bunun nedeni, karstik kireçtaşlarının Çatak ile Gürpınar havzalarının ortak sınırında yer alması ve doğrultu atımlı faylarla biçilmeleri gösterilebilir (Şekil 2 ve 3). Yaklaşık 6.8 m³/s lik ortalama debiye sahip Şamran kaynağı karstik mermerden beslenmektedir. Bu kadar sınırlı bir alandaki mermerlerin bu büyüklükteki bir akımı karşılaması imkansızdır. Bu çalışmada böylesine büyük bir beslenimi meydana getiren koşullar ve hidrojeolojik ortamlar araştırılmıştır. Gevaş-Gürpınar havzasındaki litolojik birimler; geçirimsizlik özellikleri, arazide yapılan gözlemler, litolojik özellikler, kaynaklardan boşalım ve sondaj verilerinin değerlendirmesi sonuçlarına göre 4 gruba ayrılmış (Çizelge 1) ve haritalanmıştır (Şekil 4).

Çizelge 1. Hidrojeolojik ortamlar
Table 1. Hydrogeological Units

HİDROJEOLOJİK ORTAMLAR	
A ₁	Geçirimli birimler (Çakıl, kum) (Yeraltısuyu verimlilik derecesi iyi-zengin akiferler)
A ₂	Az geçirimli-yerel geçirimli birimler (Konglomera, kumtaşı, kilttaşı, silttaşı, çamurtaşı) (Yeraltısuyu verimlilik derecesi orta akiferler)
K	Kırıklı, çatlaklı, az erimli birimler (Yeraltısuyu verimlilik derecesi orta- az karstik akiferler) (Mermer, Kireçtaşı, traverten)
G	Geçirimsiz birimler (Şist, ofiyolit, melanaj, bazalt) (Yeraltısuyu bulunmayan-verimsiz kayaçlar)



Şekil 4. Gevaş-Gürpınar havzasının hidrojeoloji haritası
Figure 4. Hydrogeological map of the Gevaş-Gürpınar Basin

Geçirimli birimler (A1)

Van gölü formasyonu; Van gölü çevresinde az eğimli veya yataya yakın konumlu, çok az çimentolu veya hiç tutturulmamış çakıl, kum, kil ve Volkanik tüflerin oluşturduğu gölsel çökellerdir. Birim inceleme alanında, Van ilinin merkezi ile Edremit, Edremit ile Gevaş arasındaki alanlarda ve Gürpınar çevresinde yüzeylenir. İnceleme alanındaki düzlükleri ve çukur alanları oluşturmaktadır. Engil çayı boyunca birimin litolojisi iyi izlenebilmektedir. Van gölü formasyonu genellikle teras tortulları şeklindedir.

Teraslarda değişik fasiyelerin ardalanması şeklindeki bu tortullar 1650 m ile 1720 m arasındaki yüksekliklerde görülür. Birim içerisindeki çakıllı kumlu seviyeleri oldukça gözenekli olup açılan sondajlarda oldukça iyi neticeler vermektedir. Bu birimde açılan kuyularda debi genellikle 7 ile 13.5 l/s arasında değişmektedir

Alüvyon: Hoşap çayının ve Şamran kaynağının getirip biriktirdiği; ince kum, kil, silt ve çakıllardan meydana gelmiştir. Alüvyonda açılmış olan sondajlar ve Okan (1982) tarafından gerçekleştirilen jeofizik çalışmaları sonucunda akiferin yayılım ve derinlik değişimi belirlenmiştir (Şekil 3). Ovanın kıyı kesiminde 15-30 m, kıyıda Gürpınar'a uzanan orta kesimde 80-90 m kalınlığa ulaştığı tespit edilmiştir. Alüvyonun ilk 6-10 m'si ince kum ve kil karışımı, 10-80 m lik kısımlar ise çakıl ve kil ardalanmasından oluşur. Çakıllar; genellikle kireçtaşı, ofiyolit, kalsit ve radyolaritten oluşmuştur. Alüvyonun kumlu ve çakıllı seviyeleri ovadaki ana akiferi oluştururlar.

Alüvyonda açılmış kuyularda DSİ tarafından yapılan pompalama deneylerinde akiferin iletkenlik katsayısının 36-1343 m³/gün/m² arasında değiştiği, dere yataklarına ve kireçtaşlarına yaklaştıkça akiferin hidrolik iletkenlik katsayısının arttığı gözlenmektedir. Ovadaki sondajların özgül verimleri ise 0.39-58 l/s/m arasında değişmektedir.

Az geçirimli-Yerel geçirimli birimler (A2)

Kırkgeçit Formasyonu: Genel olarak tutturulmuş bloklu konglomeralar, ince taneli konglomeralar, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan birim, silt boyutundaki karbonat malzemeden oluşmuş çamurtaşlarının hakim litoloji olmasından dolayı az geçirimlidir. Birim içinde yer yer kumtaşı ve konglomera düzeylerinden çıkan kaynakların debisi genellikle 1-5 lt/s arasında değişmektedir.

Kırıklı, çatlaklı, az erimeli kaya ortamı (K)

Rekristalize kireçtaşı ve mermer: rekristalize kireçtaşları ve mermerler, gerek bindirme fayları, gerek D-B yönlü normal faylar ve KB-GD yönlü doğrultu atımlı faylar nedeniyle, kırıklı ve çatlaklı bir yapı kazanmışlardır. Bu faylar çok sayıda kaynağın çıkmasını sağlamaktadır (Şekil 4). Özellikle Şamran

kaynağı hem bölgenin hem de inceleme alanının en önemli ve en büyük kaynağıdır. Bu kaynak yaklaşık 6.8 m³/s lik yıllık ortalama debiye sahiptir. Yarı kurak bir bölgede bu kadar büyük debili bir kaynağın olması oldukça şaşırtıcıdır. Fakat incelemeler sonucunda; doğrultulu atımlı fayın kireçtaşlarını KD-GB yönünde biçerek karstlaşmayı artırdığı ve yeraltı sularını drene ettiği gözlenmiştir (Şekil 3 ve 4).

Ofiyolitler ile mermerler arasındaki dokanak zonunda, yaklaşık 500 m kalınlığında, metamorfizma dereceleri yakın dolayındaki kayalardan daha yüksek, tane boyları daha iri olan ofiyolit ve mermer kökenli yapısal dilimlerin birbiri içine kamalanmasından oluşmuş bir ezik zon bulunmaktadır. Birim içinden çıkan kaynakların hemen hepsi bu ezik zondan çıkmaktadır. Gevaş'ın hemen içinde Permiyen yaşlı mermerler başlamakta, güneye ve doğuya doğru yayılmaktadır. Hemen altında ise Yüksekova karmaşığına ait ofiyolitler yer almaktadır. Bindirme hattı burada çok belirgin olarak gözlenmektedir.

Gevaş'ın içinden Köyaltı deresi boyunca ilerlendiğinde karstik kireçtaşları ile Yüksekova karmaşığının dokanağından çok sayıda kaynakların çıktığı ve Gevaş'a doğru Köyaltı Deresi'nde toplandığı gözlenmiştir. Köyaltı Deresinin yıllık ortalama akım miktarı 0.5 m³/s ye ulaşmaktadır.

Ziyaret Kireçtaşı: Gri renkli, tabakalı olan kireçtaşının alt kesimlerinde ve katman aralarında karstik erimeler gözlenmektedir (Şekil 5). Kireçtaşı, Güzelsu barajının güneyinde dar bir alanda yüzeylenmektedir. Birkaç ufak debili kaynak haricinde hidrojeolojik olarak fazla bir önemi yoktur.



Şekil 5. Güzelsu Barajında Ziyaret kireçtaşında gelişen karstlaşma

Figure 5. Karstification in the Ziyaret Limestone at Güzelsu dam

Traverten; Ovanın batısında oldukça geniş bir alanda, yaklaşık 90 km², yayılım göstermektedir. Van gölüne yaklaşık 7°'lik eğimle dalmaktadır. Travertenin oluşum sebebi, CaCO₃'ca zengin Şamran kaynak sularının (6.8 m³/s), kaynaktan çıkıştan itibaren CO₂'in

atmosfere uçmasıyla kalsit çökelişi başlamakta, Hoşap çayının sularıyla karışması ve nihayetinde Van Gölüne boşalmasıyla çökeliş artmaktadır. Bu süreç halen devam etmektedir. Buradaki travertenin alg'li yapıda olması, ılık-gölsel çökeliş ortamının bir belirtisidir. İnceleme alanındaki travertenler çok boşlukludur ve Engil çayı boyunca karstlaşmıştır (Şekil 6). Yamaçlara doğru taraça görünümünde olup yer yer kaymalar gözlenmektedir.



Şekil 6. Engil çayı vadisinde karstlaşmış travertenler
Figure 6. Karstified travertines in Engil Creek

Hidrojeolojik olarak ovadaki en önemli akiferi oluşturmaktadır. Hem boşluklu, gözenekli ve karstlaşmış olması, hem de yaklaşık K-G ve D-B yönlü faylarla biçilmesi, akifere kırıklı-çatlaklı ve karstik bir yapı kazandırmıştır. Bu nedenle Köprülüler ve Bakımlı arasındaki alan, yeraltı suyu bakımından oldukça elverişlidir. Travertenler üzerinde açılmış olan 2 kuyu da, traverten'den hemen sonra geçilen kil düzeyinden sonra arazyen yapmaktadır.

Şamran kaynaklarının da çıkış mekanizmasını oluşturan KD-GB doğrultulu fay batıya Engile doğru bir yay gibi kıvrılmakta ve yeraltı sularını travertene kadar ulaştırmaktadır (Şekil 6). Engil civarındaki bataklık alanda travertenden çıkan ve toplam debisi yaklaşık 1.6 m³/s ulaşan çok sayıda kaynak gözlenmiştir. Bu kaynaklar, karstik birimin son çıkış noktasıdır. Arazi bataklık olduğu için tek tek kaynaklar ölçülemezdir. Fakat toplam debisi, Engil köprüsünde yıllık ortalama 1.6 m³/s olarak ölçülmüştür. Travertendeki kaynakların debisi yıl içerisinde çok az değişmekte, hatta karstik kireçtaşının dolu savağı gibi çalışmaktadır.

Geçirimsiz ortamlar (G)

Yüksekova Karmaşığı: inceleme alanında oldukça geniş bir alan kapsayan andezit, andezitik tüf, dasit, dasitik tüf, diyabaz, bazalt, andezitik bazalt, Yüksekova karmaşığını oluşturan başlıca volkanik ve

püroklastik kayalardır. Bu birim inceleme alanının tabanında hemen bütün arazide yayılım göstermektedir. Permien mermer ve kristalize kireçtaşları bu birim üzerine itildiğinden dolayı, bu birimle olan dokanağın çok sayıda kaynak çıkmaktadır. Dolayısıyla, birim geçirimsiz bir taban oluşturmaktadır. Şamran kaynaklarının beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Güneyden kuzeye bindirme etkisiyle Permien mermerlerinin altında yer alan birim kuzeye doğru eğimlidir. Bu konumu, güneydeki Çatak havzasından ek beslenim sağlamaktadır.

KARST HİDROJEOLJİSİ

Bölge; Orta Eosen den itibaren, Arabistan Levhasının kuzeye yönelik bağlı hareketi ve Avrasya Levhasında oluşturduğu gerilmelere bağlı olarak, Bitlis masifinin örtü kayalarını oluşturan Permien yaşlı mermer ve rekristalize kireçtaşları bindirme fayları ile güneye doğru ilerlemiştir. Bu dönemde; kireçtaşları, sürüklenimler geçirmiş, kıvrılma, kırılma ve faylanmalarla birbiri içine kamalanmış ve ofiyolitlerle arasında, yaklaşık 500 ile 1000 m kalınlığında, tektonik olarak ezik bir geçiş zonu gelişmiştir. Böylece mekanik yapı öğeleriyle (klivaj, yapraklanma, tektonik kamalaşma, budinaj vb) temsil edilen bir mekanik zon oluşmuştur. Bu zonun, ofiyolit üzerlemesi sonucu geliştiğinin günümüze kadar korunabilmiş verisi, Gevaşın güneydoğusunda ofiyolit ve geçiş zonunun mermerlerin üzerinde görülmesidir. Eosen sonrası güneyden kuzeye itilmeler sonucunda konumu terslenmiş olmakla birlikte bu kesimde de ofiyolit mermerler üzerine görülmektedir.

Kayaçların litolojik ve petrografik özelliklerindeki farklılıkların, karstlaşmayı değişik şekilde etkilediği izlenmiştir. İnceleme alanındaki karstik birimler; mermerler, rekristalize kireçtaşı, Ziyaret kireçtaşı ve travertendir.

Karstlaşma, temelde Yüksekova karmaşığının üzerinde yer alan, Permien yaşlı mermerler ve rekristalize kireçtaşları içerisinde gelişmiştir. Orta Eosen-Alt Miyosen de bölgede oldukça etkili olan tektonik hareketler neticesi karstlaşma başlamıştır. Bu dönemde, kuzeydeki birimler güneye itilmiştir. Bölgede, yaklaşık GB-KD istikametinde doğrultu atımlı faylar ve yaklaşık D-B istikametinde normal faylar gelişmiştir. Bu faylar, mermerler ve rekristalize kireçtaşları içerisinde karstlaşmanın gelişmesine ortam hazırlamışlardır. Mermerler yoğun tektonizma etkisi ile kırılıp parçalanarak gözeneklilik kazanmış, yeraltı suyu dolaşımı etkisiyle de karstlaşmıştır. Bununla birlikte inceleme alanının Doğu Anadolu'da yer alması ve yıllık ortalama yağışın 336-650 mm arasında değiştiği yarı kurak bir bölgede olduğu için, koşullar derin karstın gelişimini sınırlamıştır. İnceleme alanından beslenen ve değerlendirmeye alınan kaynakların, verdi değişimlerinin az olması, karstlaşmanın orta derecede

geliştiğini göstermektedir. Çünkü, karstlaşmanın çok geliştiği bölgelerde, ilkbaharda yüksek verdili, sonbaharda ise verdileri çok azalan hatta kuruyan düzensiz kaynaklar yer alır.

İnceleme alanındaki karstik kaynakların büyük çoğunluğu, tabanda yer alan Yüksekova karmaşığına ait ofiyolitler tarafından sınırlanan, mermerler içindeki 500 ila 1000 m kalınlığında geçiş zonundan çıkmaktadır. Fakat daha büyük debili kaynaklar; genellikle inceleme alanını yaklaşık KB-GD istikametinde kesen doğrultu atımlı fayların, D-B doğrultulu normal faylarla kesiştiği yerlerden çıkmaktadır. KB-GD doğrultulu Şamran fayı, inceleme alanındaki en büyük karstlaşma güzergahını oluşturarak, bölgedeki en büyük debili karst kaynağının çıkışına, Şamran kaynağı (~6.82 m³/s), neden olmaktadır. Ayrıca, ova içinde kireçtaşlarında açılmış olan 6737 ve 6872 no.'lu kuyularda 4.5 ile 1.16 l/s/m özgül debi elde edilmiştir.

KARST KAYNAKLARI

Dokuzağaç kaynakları: Gevaş'ın batısında yer alan 4 kaynak yüksekova karmaşığı içerisindeki, kumtaşı ve konglomeratik düzeylerden çıkmaktadır (Şekil 4). Bu kaynaklar genellikle 1750-2000 m kotlarından olup, debileri 5 l/s dir. Genellikle yazın kuruyan kaynaklardır. Sadece Dokuzağaç-I kaynağı hazıranda 30 l/s lik bir debiye sahiptir, Ağustos, Eylül, ve Ekim aylarında 10 l/s ye düşmektedir. Sıcaklıkları 10-16 °C arasındaki soğuk sulardır. pH değerleri 7.5 ve TDS değeri 264 mg/l civarındadır.

Gevaş kaynakları: Gevaş içerisindeki Köyalıtı deresi boyunca; mermerler yüksekova ofiyolitinin üzerine bindirdiği için, iki birim arasında 500 ile 1000 m kalınlığında oluşmuş ezik zondan çok sayıda kaynak çıkmaktadır. Bu kaynakların debileri 30 ile 360 l/s arasında değişmektedir. Kaynakların çoğu kaptaja alınarak içmesuyu olarak Gevaş'a verilmektedir. Kaynak suyu sıcaklıkları 10-14 °C arasında soğuk, TDS değerleri ise 230 ile 457 mg/l arasındaki tatlı sulardır. Gevaş-Abalı bindirme hattı boyunca karstik kireçtaşlarından çok sayıda kaynak çıkmaktadır. Genellikle 1900-2000 m yükseltisinden çıkan bu kaynakların debileri 5-100 l/s arasındadır.

Gündoğan kaynakları: Gündoğan'dan Sakalara doğru KB-GD doğrultulu normal faylar etkisiyle, mermerlerden çok sayıda irili ufaklı kaynak çıkmaktadır (Şekil 4). Bunlardan en önemlileri Gündoğan-I ve II (Şekil 7), Bataklık ve Sakalar (Şekil 8) kaynaklarıdır. Kaynakların debileri sırasıyla 110, 150, 50 ve 60 lt/s dir. Yaklaşık 1750 m yükseltisinden çıkmaktadırlar. Kaynaklar, Şamran fayına paralel olan fayların etkisiyle güneydeki mermerlerden önemli ölçüde beslenmekte ve yeraltı sularının ovaya taşımaktadırlar. Kaynak sularının sıcaklıkları 10-14 °C arasında suğuk ve TDS değeri 350-550 mg/l arasındaki tatlı sular sınıfındadır.



Şekil 7. Fay boyunca çıkan Gündoğan-I kaynağı
Figure 7. Gündoğan-I spring emerge along fault zones



Şekil 8. Sakalar kaynakları
Figure 8. Sakalar Springs

Şamran kaynak grubu: Yukarı Kaymaz köyünün 1 km güneyinde yaklaşık 1750 m yükseltisinde yer almaktadır. Permian yaşlı mermer ve kristalize kireçtaşlarından, GD-KB yönündeki doğrultu atımlı sol yönlü Şamran fayı etkisiyle çıkmaktadır (Şekil 9). Falezli oluşturan Permian mermer ve rekristalize kireçtaşları, faylanma etkisiyle oldukça kıvrımlı, kırıklı, çatlaklı ve karstik bir yapıya sahiptir.

Kireçtaşlarının erime boşluklarından ve çatlaklarından çıkan yeraltı suyu 13-15 °C sıcaklığında olup yayıldığı akarsu yataklarında travertenleşme meydana getirmektedir. Kaynakların toplam verdisi 6.82 m³/s dir. Yıllık ortalama boşalım miktarı Şamran kaynakları için 215*10⁶ m³/yıl dir. Gürpınar ve Van ilinin içme suyu ihtiyacı buradan karşılanmaktadır. Buradan, 2 m³/s bir su iki pompa vasıtasıyla yaklaşık 40 km uzaklıktaki Van iline pompalanmaktadır. Geri kalan 4.82 m³/s lik kısmın yaklaşık 3-4 m³/s'ü, yazın (Haziran-Eylül) Gürpınar ovasının sulamasında kullanılmakta, geri kalan ~1 m³/s kısmı Şamran kanalı vasıtasıyla Van ovasının sulamasında kullanılmaktadır.



Şekil 9. Şamran kaynağı çıkış yeri
Figure 9. Emerging point of the Şamran spring



Şekil 10. Gürpınar kaynakları
Figure 10. Gürpınar spring

Tekmal-Bölmeçalı kaynakları: Sürdüz dağının doğusunda yer alan kaynaklar, rekristalize kireçtaşı katmanlarından çıkmaktadır. Bunlar, Tekmal, Bölmeçalı ve Karataş kaynaklarıdır. Bu kaynakların debileri 54, 66 ve 48 l/s'dir. Bu bölge yılın neredeyse 7-8 ayında karlarla kaplıdır ve kaynaklarının beslenme alanını oluşturmaktadır. Kaynakların sıcaklığı 11 °C civarındadır.

Hamurkesen kaynakları: Hacıköy, Işıkpınar bölgesinde iki büyük kaynak bulunmaktadır. Bunların debileri 57 ve 32 l/s'dir. Yine rekristalize kireçtaşlarının katmanları arasından çıkmaktadır. Bu bölgeden çıkan suların TDS değeri diğer kaynaklara göre çok daha düşüktür. Genellikle TDS değeri 165-203 mg/l arasında değişmektedir.

Gürpınar kaynakları: Gürpınar-I ve II kaynakları ile Cami Kaynağı birbirine çok yakın yerlerden, GD-KB doğrultulu faylar etkisiyle çıkmaktadırlar (Şekil 4 ve 10). Bu kaynaklar, 1760 m kotundan, sırasıyla 5, 100 ve 80 l/s olarak, ova tabanındaki mermerlerden çıkmakta olup, su sıcaklıkları 13-15 °C arasında değişen soğuk sular. TDS değerleri ise 601-762 mg/l arasında değişen tatlı sulardır.

Engil Kaynakları: Bu kaynaklar, Engil bölgesinde ki bataklık alandan çıktıkları için (Şekil 4 ve 11) tek tek ölçmek mümkün olamamıştır. Travertenlerin mermerleri üzerlediği bir alanda Şamran ve Sakalardan KB-GD istikametli iki fay boyunca karstik yeraltularının taşınarak çıktığı kaynaklardır. Engil çayı üzerinde, bu bataklık alana girmeden önce ve kaynakların çıkışından hemen sonra yapılan ölçümlerde 1.6 m³/s lik bir debi artışı tespit edilmiştir. Bu alandaki kaynak suyu sıcaklığı 14.2 °C ve. TDS değeri ise 182 mg/l olan soğuk ve tatlı sulardır.



Şekil 11. Engil'de bataklık kaynakları
Figure 11. Bataklık springs at the Engil

Karst Kaynakların Çekilme Eğrisi analizleri

Çekilme eğrisi analizleri için, büyük debili karst kaynaklarının 2000-2001 yıllarında aylık olarak ölçülmüş olan akım değerleri kullanılarak, çekilme eğrisi grafikleri çizilmiş ve çekilme eğrisi parametreleri hesaplanmıştır.

Çekilme eğrileri, Maillet (1905) tarafından $Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$ verilen üstel fonksiyona uyarlar. Burada; Q_t : Kaynağın t zamanındaki akımı, m³/s, Q_0 : Kaynağın t=0 zamanındaki akımı, m³/s, α : Azalma katsayısı, 1/gün ve Kaynak akım süresi, gün olarak verilmiştir.

Karst kaynakların 2001 yılına ait aylık akım değişimi değerleri yarı logaritmik grafiklere işaretlenerek çekilme eğrisi analizleri yapılmıştır.

Kaynakların Hidrograf Analizi

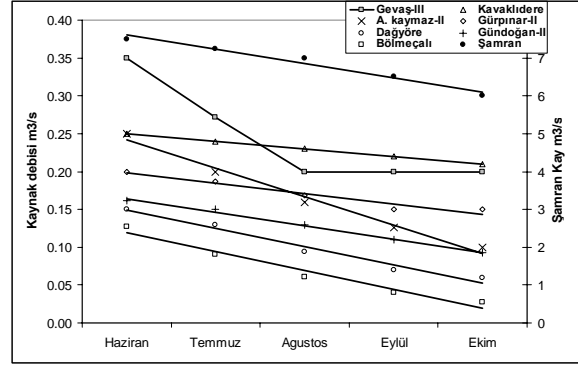
Havzadaki en büyük akıma sahip Şamran kaynakları (Çizelge 2 ve Şekil 12) incelendiğinde akım değerlerinin aylar boyunca çok az değişikliğe uğradığı görülmektedir. Bu durum, yeraltularının daha çok

birikimli yağışların etkisinde olduğunu ve orta derecede karstlaşmanın varlığını göstermektedir. Diğer kaynaklarda da benzer davranışlar görülmektedir. Çoğu kaynakta yaz mevsiminde önemli azalmalar gözlenmektedir. Havzadaki 25 kaynağın aylık ortalama akım değerleriyle yapılan çekilme eğrisi analizlerinde (Çizelge 2 ve Şekil 12) aylık yağış miktarlarındaki artışların kaynak akımlarına; bazılarında hemen, bazılarında 1 ay, bazılarında 2 ay veya daha sonrası etkili olduğu gözlenmiştir.

Özellikle aralık-ocak-şubat-mart aylarındaki yağışlı dönem sırasında kaynakların verdilerinde büyük artışlar gözlenmektedir. Yaz aylarında ise bazı kaynaklarda azalmalar görüldüğü gibi, bazıları hiç etkilenmemektedir.

İnceleme alanından beslenen ve değerlendirmeye alınan kaynakların verdi

değişimlerinin az olması, karstlaşmanın orta derecede olduğunu göstermektedir. Çünkü karstlaşmanın çok geliştiği bölgelerde, ilkbaharda yüksek verdili, sonbaharda ise verdileri çok azalan hatta kuruyan düzensiz kaynaklar yer alır.



Şekil 12. Büyük karstik kaynakların çekilme eğrileri
Figure 12. Recession curves of biggest karst springs

İnceleme alanında boşalım katsayısı $\alpha = 10^{-3}$ 1/gün düzeyinde olduğu için (Çizelge 2), kireçtaşı akiferinde yeraltı suyu akımı; çatlaklar, eklemeler ve orta derecede karstlaşmış boşluklar, depolanma katsayısının yüksek ve iletkenliğin büyük olmadığı fakat çok yaygın ve geniş haznelere vasıtasıyla meydana geldiğini göstermektedir. Akım nispeten düzenlidir ve şiddetli yağışlardan yavaş etkilenmektedir.

Çizelge 2. İnceleme alanındaki büyük debili karstik kaynakların çekilme eğrisi analizleri

Table 2. Recession curve analyses of biggest discharge springs in the study area.

No	Kaynaklar	Qmax (m ³ /s)	Qmin (m ³ /s)	T (day)	a (t/day)	a/day (%)	Vs 10 ⁶ m ³	Vr 10 ⁶ m ³	Vd 10 ⁶ m ³	%V
1	Dokuzağaç-I	0.03	0.01	120	0.0092	0.275	0.28	0.09	0.19	66.67
5	Kavaklıdere	0.25	0.20	120	0.0019	0.056	11.62	9.29	2.32	20.00
6	Dağyöre	0.15	0.06	120	0.0076	0.229	1.70	0.68	1.02	60.00
9	Gevaş-III	0.35	0.20	120	0.0047	0.140	6.48	3.71	2.78	42.86
10	Gevaş-IV	0.04	0.01	120	0.0104	0.313	0.29	0.08	0.21	71.43
12	Gevaş-II	0.03	0.03	120	0.0015	0.046	1.71	1.42	0.28	16.67
18	Aladüz	0.01	0.01	120	0.0058	0.173	0.15	0.07	0.07	50.00
20	Gündoğan-I	0.11	0.10	120	0.0008	0.024	11.97	10.88	1.09	9.09
21	Gündoğan-II	0.15	0.12	120	0.0019	0.056	6.97	5.58	1.39	20.00
23	Sakalar	0.06	0.05	120	0.0015	0.046	3.41	2.84	0.57	16.67
24	Şamran menbaları	7.50	6.00	150	0.0019	0.056	348.4	278.8	69.7	20.00
25	Arkboyu-I	0.02	0.01	120	0.0116	0.347	0.15	0.04	0.11	75.00
26	Arkboyu-II	0.02	0.01	120	0.0092	0.275	0.14	0.05	0.09	66.67
28	Aşağı kaymaz-II	0.25	0.10	120	0.0076	0.229	2.83	1.13	1.70	60.00
30	Gürpınar-II	0.20	0.15	120	0.0024	0.072	7.21	5.41	1.80	25.00
32	Köklüköy	0.06	0.04	120	0.0034	0.101	1.53	1.02	0.51	33.33
35	Tekmal	0.10	0.05	120	0.0058	0.173	1.50	0.75	0.75	50.00
36	Bölmeçalı	0.15	0.04	120	0.0110	0.330	1.18	0.31	0.86	73.33
37	Karataş	0.06	0.05	120	0.0015	0.046	3.41	2.84	0.57	16.67
38	Hamurkesen-I	0.08	0.03	120	0.0082	0.245	0.85	0.32	0.53	62.50
39	Hamurkesen-II	0.04	0.03	120	0.0039	0.117	0.88	0.55	0.33	37.50
44	Karatan	0.01	0.00	120	0.0076	0.229	0.11	0.05	0.07	60.00
45	Çevktepe-II	0.01	0.01	120	0.0073	0.219	0.14	0.06	0.08	58.33
47	Üçgenköy	0.03	0.01	120	0.0134	0.402	0.16	0.03	0.13	80.00
49	Cevizalan-II	0.03	0.02	120	0.0058	0.173	0.45	0.22	0.22	50.00

α = Kaynak azalma (Çekilme) katsayısı (1/gün) * 10⁻³

α = $\frac{\log(Q_{max}) - \log(Q_{min})}{0.4343 T}$

% α = Aylık azalma yüzdesi ($\alpha * 100$)

Qmax = T süresi başlangıcındaki verdi (m³/s)

Qmin = T süresi bitimindeki verdi (m³/s)

Vs = T süresi başlangıcındaki akifer hacmi (milyon m³)

Vs = $Q_{max} / \alpha * c$ (Mangin, 1975)

Vd = T süresi boyunca akiferden boşalan suyun hacmi (milyon m³)

Vs = $Q_{max} / \alpha * c(1 - e^{-\alpha T})$ (c= 86400) (Mangin, 1975)

Vr = T süresi sonunda akiferde kalan suyun hacmi (milyon m³)

Vr = Vs - Vd (Mangin, 1975)

%V = Dinamik rezerv hacim yüzdesi

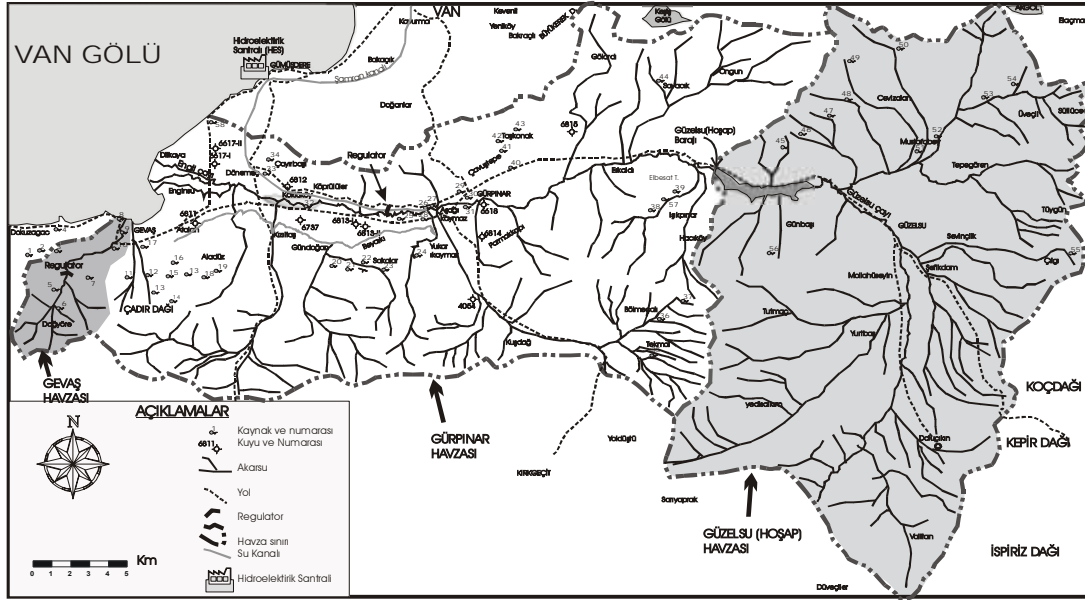
%V = $(1 - e^{-\alpha T})$ (Mangin, 1975)

T = Azalma dönemi (gün)

Yeraltı suyu akışı ve Kaynakların boşalım rejimi

Şamran kaynakları, karstik Permiyen kristalize kireçtaşı ve mermerlerden, GD-KB yönlü bindirme fayı nedeniyle çıkmaktadır. Şekil 12 ve Şekil 3'teki jeofizik verileri ile yapılan haritaya bakıldığında, bindirme fayı ve yan faylar açıkça görülmektedir. Şamran Kaynaklarının hemen üzerindeki yamaçta doğrultu atımlı fay'a ait kırıklı-çatlaklı ezik zon açıkça gözlenmektedir. Zaten Van gibi kurak iklimler de bu kadar büyük debili (~6.8 m³/s) karstik kaynakların olması nadirdir. Bu fay batıya Engil'e doğru bir yay gibi kıvrılmakta ve yeraltı sularını travertene kadar ulaştırmaktadır. Engil civarındaki travertenden çıkan ve yaklaşık 1.6 m³/s'lik kaynaklar, bunu ispatlamaktadır. Bu kaynaklar karstik birimin son çıkış noktasıdır. Travertendeki kaynakların debisi yıl içerisinde çok az değişmekte, hatta karstik kireçtaşının dolu savağı gibi çalışmaktadır.

İnceleme alanındaki az sayıdaki kuyuda 7 adet, temmuz ayındaki yeraltı suyu seviyeleri ölçülmüştür. Yeraltı suyu akımı doğudan batıya, Van gölüne doğru eğilimlidir. Göle yakın kesimlerde traverten de basınçlı bir özellik kazanmaktadır. Yeraltı suyu beslenimi; yağış ve sulama sularından, Hoşap çayından süzülerek ve daha da önemlisi güneydeki Çadır dağında geniş alanlarda yüzeylenen Permiyen rekrystalize kireçtaşı ve mermerlerden yaklaşık KD-GB yönlü faylar etkisiyle olmaktadır. Litolojinin derinlikle değişim göstermesi nedeniyle, inceleme alanında birden çok su tablası görülmesi mümkün olabilmektedir. Özellikle travertendeki sondaj kuyularının artezyen yapması, litolojinin düşey olarak geçirimli-az geçirimsiz ve üstte geçirimsiz kil katmanlardan oluşması nedeniyle. Faylar, geçirimli litolojileri sınırlayıp yeraltı sularını hapsederek, akifere yer yer basınçlı bir nitelik kazandırmaktadır.



Şekil 13. İnceleme alanındaki su kimyası analizi yapılan kaynak, kuyu ve akarsuların lokasyon haritası
Figure 13. Location map of springs, wells and streams where the water chemistry analyses have been realised

SU KİMYASI

İnceleme alanında bulunan suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinden, bölgesel hidrodinamik yapının açıklanmasında yararlanılmıştır. Su kimyası çalışmaları; jeoloji, hidroloji ve jeofizik veriler ışığında değerlendirildiğinde, hidrojeolojik yapının aydınlatılmasında kullanılan en önemli araçlardan birini oluşturmuştur. Havza genelinde yürütülen çalışmalarda, bölgedeki 35 karstik kaynaktan (Şekil 12) 2000 yılı Ağustos ayı içerisinde yerinde su örnekleri alınmıştır. Örnekleme yapılan su noktalarının analiz sonuçları Çizelge 3 ve konumları Şekil 13'te gösterilmiştir.

Suların Fiziksel Değerlendirmesi

İnceleme alanında yer alan kaynaklardan 35'nin ölçülen fiziksel özellikleri, Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre kaynak sularının sıcaklıkları genellikle 10-20 °C arasında değişen soğuk sulardır. pH değerleri genellikle 6.6 ile 8.2 arasında değişen, ortalaması 7.2 olan sulardır. TDS değeri 124 ile 683 µS/cm arasında değişen ve ortalama değeri 344 µS/cm olan tatlı sulardır. Toplam CaCO₃ sertliği 9.7 ile 31.5 arasında değişen, ortalaması 19.6 olan az sertlikteki sulardır.

Çizelge 3. Gevaş-Gürpınar havzasındaki karst kaynak sularının fiziksel ve kimyasal parametreleri (meq/l)
Table 3. Physical and Chemical parameters of karst springs water in the Gevas-Gurpinar basin (meq/l)

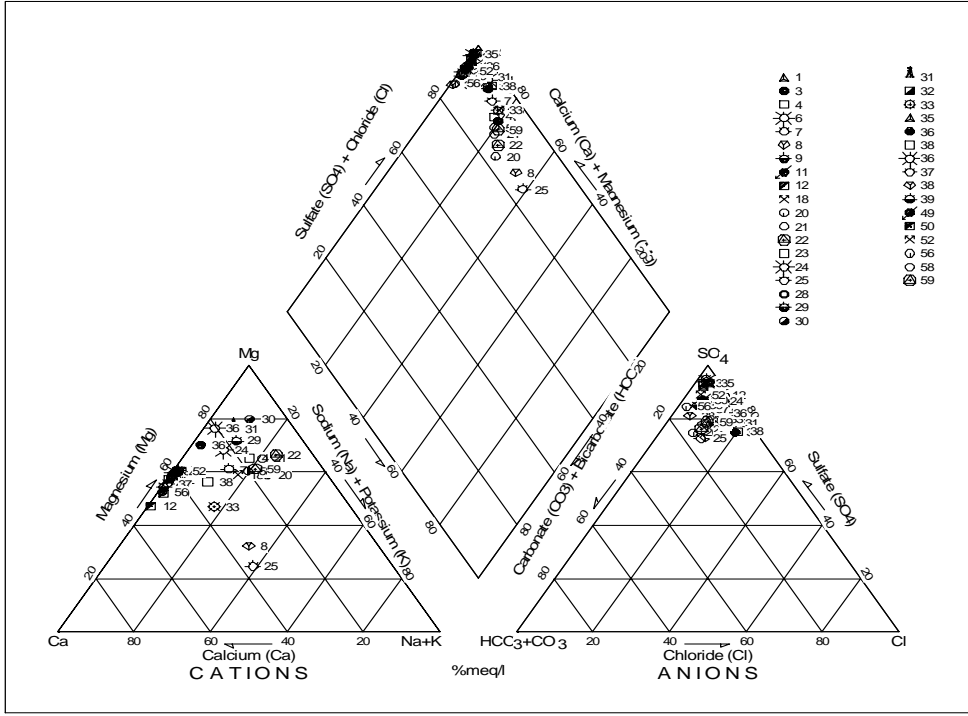
no	Kaynaklar	T	pH	EC	TDS	Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	Cl	SO ₄	SAR	Na(%)	TS
1	Dokuzağaç	10.0	7.30	480	264	0.03	0.05	2.30	2.20	0.30	0.10	4.40	0.02	0.66	14.77
3	Pınarbaşı Gölet	14.5	6.96	405	200	1.60	0.10	1.50	2.70	0.70	0.56	4.70	0.95	27.12	14.82
4	DSİ Kampı	16.6	6.74	482	240	1.50	0.08	1.30	3.00	0.70	0.58	4.60	0.90	25.51	15.55
6	Dağyöre	11.0	7.60	490	270	0.01	0.07	2.50	2.30	0.20	0.10	4.50	0.01	0.20	15.68
7	Eslle Hatun	14.3	6.98	355	180	0.90	0.05	1.40	2.10	0.40	0.50	3.60	0.57	20.22	12.11
8	Gevaş Halıcılık	20.0	6.84	728	360	3.90	0.20	3.50	2.00	1.70	0.92	6.90	1.84	40.63	16.95
9	Gevaş-I	10.0	7.10	830	457	0.03	0.08	4.50	3.30	0.30	0.13	7.40	0.01	0.38	24.78
11	Gevaş-II	11.0	7.50	420	231	0.01	0.07	2.20	2.00	0.40	0.21	3.60	0.01	0.23	13.7
12	Gevaş-III	10.0	7.40	720	396	0.01	0.11	4.00	2.20	0.20	0.51	6.60	0.00	0.16	19.02
18	Aladüz	12.0	7.20	825	454	1.10	0.08	1.30	2.00	0.40	0.56	3.60	0.73	24.55	11.45
20	Gündoğan-I	16.8	6.63	718	357	3.30	0.10	1.80	4.10	1.90	0.60	6.80	1.68	35.48	21.31
21	Gündoğan-II	14.6	6.90	694	347	2.70	0.10	1.60	4.50	1.40	0.64	6.90	1.38	30.34	22.45
22	Bataklık-I	16.8	6.70	700	351	3.10	0.10	1.10	4.60	1.50	0.66	6.60	1.68	34.83	21.61
23	Sakalar kaynak	10.0	7.10	1000	550	0.10	0.07	5.20	4.50	0.60	0.21	9.10	0.04	1.01	31.45
24	Şamran menba	14.0	6.70	678	340	1.10	0.06	2.40	4.40	0.40	0.58	6.90	0.51	13.82	24.04
25	Vanet	20.4	6.88	812	410	5.60	0.20	4.70	1.90	2.40	1.10	8.90	2.36	45.16	19.54
28	Aşağıkaymaz	11.0	7.20	930	512	0.05	0.08	4.90	4.20	0.30	0.25	8.50	0.02	0.54	29.47
29	Gürpınar	14.5	7.05	762	382	1.60	0.10	2.30	5.70	0.70	0.87	8.10	0.71	16.49	29.12
30	Gürp-Y.çeşme	14.9	7.30	716	358	1.40	0.08	1.20	5.90	0.60	1.10	7.00	0.69	16.32	27.19
31	Gürpınar-Cami	13.4	7.48	601	298	0.90	0.05	1.60	4.60	0.40	0.96	5.80	0.46	12.59	22.86
32	Köklüköy	11.0	7.30	990	545	0.06	0.05	5.00	4.10	0.50	0.16	8.40	0.02	0.65	29.31
33	Dönemeç köyü	19.0	6.75	915	683	2.20	0.10	4.00	3.20	0.90	0.92	7.80	0.93	23.16	23.12
35	Tekmal	11.0	7.30	810	446	0.03	0.07	4.20	3.70	0.30	0.23	7.50	0.01	0.38	25.67
36	Bölmeçalı	17.2	6.81	247	124	0.10	0.02	1.10	1.70	0.20	0.43	2.20	0.07	3.42	9.72
38	Hamurkesen	13.7	6.85	405	203	0.80	0.05	2.10	2.20	0.30	0.81	4.00	0.45	15.53	14.27
36	Bölmekapı	12.4	6.67	327	165	0.20	0.03	1.30	2.90	0.30	0.43	3.80	0.12	4.51	15.14
37	Işıkpınar	11.0	8.20	430	237	0.03	0.08	3.10	2.40	0.50	0.23	3.50	0.01	0.53	17.59
38	Zernek-I	10.0	7.80	570	314	0.05	0.09	3.50	3.30	1.00	0.20	4.50	0.02	0.72	22.28
39	Zernek-II	10.0	7.70	600	330	0.06	0.10	2.60	2.50	0.70	0.20	4.60	0.03	1.14	16.75
49	Cevizalan-I	10.0	8.00	520	286	0.07	0.08	2.60	2.40	0.50	0.20	4.40	0.04	1.36	16.34
50	Cevizalan-II	10.0	8.00	500	275	0.07	0.08	2.50	1.70	0.50	0.20	4.30	0.04	1.61	13.22
52	Mustafabey	10.0	8.00	790	435	0.20	0.09	3.60	3.50	0.70	0.20	6.60	0.09	2.71	23.35
56	Akbulut	10.0	7.90	470	259	0.06	0.07	3.20	2.20	0.60	0.06	3.00	0.03	1.08	17.02
58	HES kaynağı	17.5	6.77	837	620	2.30	0.10	2.10	3.80	1.20	0.65	6.50	1.15	27.71	20.83
59	Engil kaynakları	14.2	7.00	360	182	1.70	0.13	1.30	2.70	0.80	0.46	4.60	1.04	29.16	14.32

Suların Kimyasal Değerlendirmesi Ve Sınıflaması

İnceleme alanındaki su örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları kullanılarak, suların kökenleri ve birbirleriyle ilişkileri konusunu araştırmak amacıyla, Piper ve Schoeller diyagramları çizilerek değerlendirilmiştir. Örneklerin sulama suyu açısından değerlendirilmeleri amacıyla, ABD tuzluluk laboratuvarı (Richards, 1954 ve Wilcox, 1955) diyagramları kullanılmıştır.

Piper sınıflaması

Kaynaklar; İnceleme alanında debisi 5 l/s nin üzerinde olan 35 kaynak Çizelge 3'te verilmiş ve Şekil 14'te Piper diyagramında gösterilmiştir. Buna göre suların tamamına yakını "**Kalsiyum-Magnezyum /Sülfatlı**" sular grubundadır. İnceleme alanındaki bütün kaynak suları (Paralelkenar diyagramda); alkali toprak elemanları alkali elementlerden $Ca+Mg>Na+K$ büyük olan ve genel olarak SO_4+Cl sertliği CO_3+HCO_3 sertliğinden büyük olan sular sınıfındadır.



Şekil 14. İnceleme alanındaki Karst kaynak sularının Piper sınıflaması
Figure 14. Piper classification of karst spring water in the study area

Schoeller diyagramı

Schoeller, suları klorür (Cl) sülfat (SO₄) ve bikarbonat (HCO₃) içeriklerine göre sınıflandırmıştır. Buna göre, inceleme alanında sular aynı su grubunda yer almaktadır. Şekil 15 ve 16 diyagramda gösterilen Gevaş-Gürpınar havzasındaki kaynak sularıdır. Bunlar, klorür miktarlarına göre (1.0 meq/l dan düşük) **Olağan klorürlü sular**, Sülfat miktarına göre (3-8 meq/l arasında değişen) **Oligosülfatlı** sular, Karbonat miktarlarına göre (2 meq/l'den küçük) **Hiperkarbonatlı** sular sınıflarında yer alırlar.

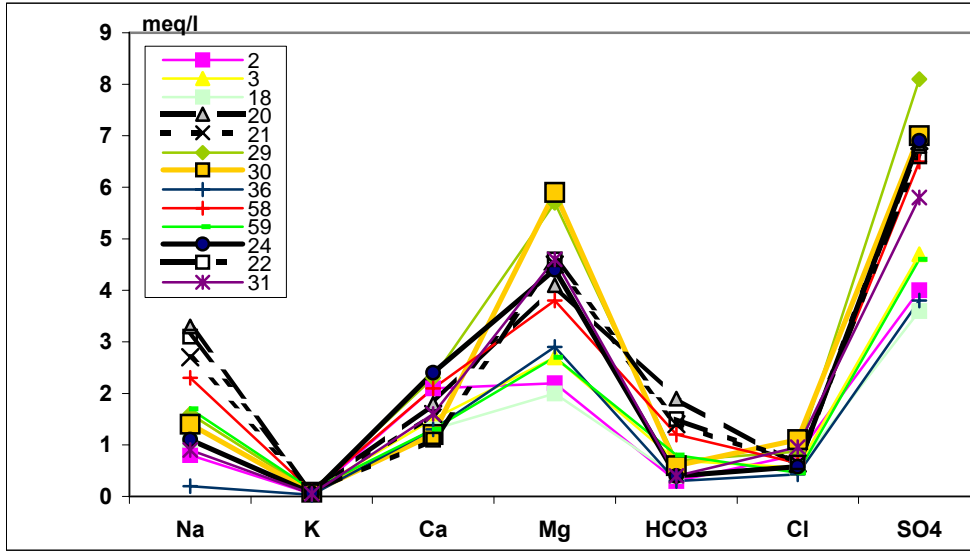
Wilcox diyagramı

Sulama suyu Wilcox diyagramına göre, inceleme alanındaki Karst kaynak suları sınıflandırılmıştır. Buna göre; su noktalarının bütününün “**çok iyi-iyi ve iyi kullanılabilir**” sınıfında oldukları gözlenmektedir (Şekil 17). Bununla birlikte mermerleri alttan sınırlayan ofiyolit birimlerin dokanağından çıkan kaynaklarda

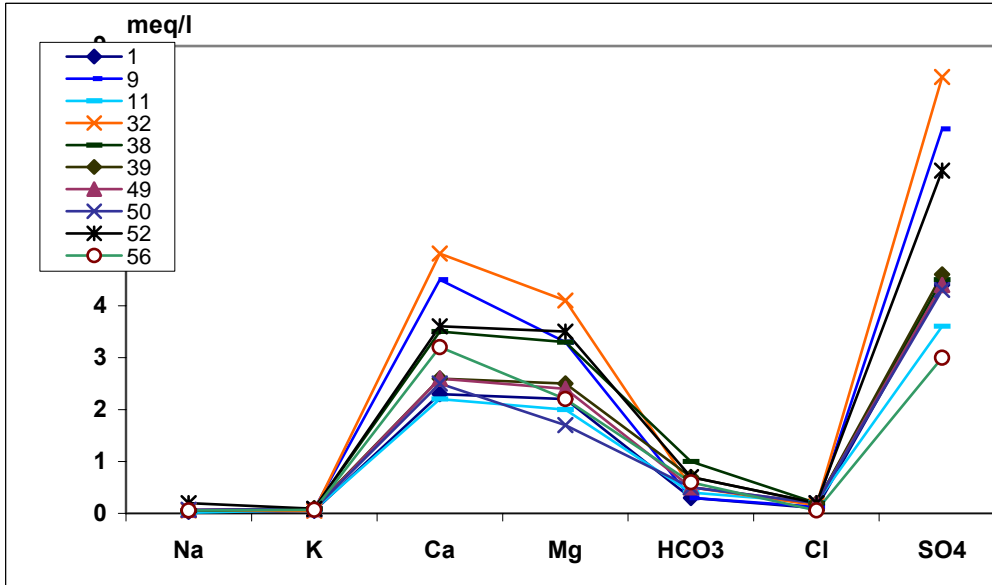
%Na miktarları %50 ye ulaşmaktadır. İnceleme alanında şüpheli durumdaki sular bulunmamaktadır.

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

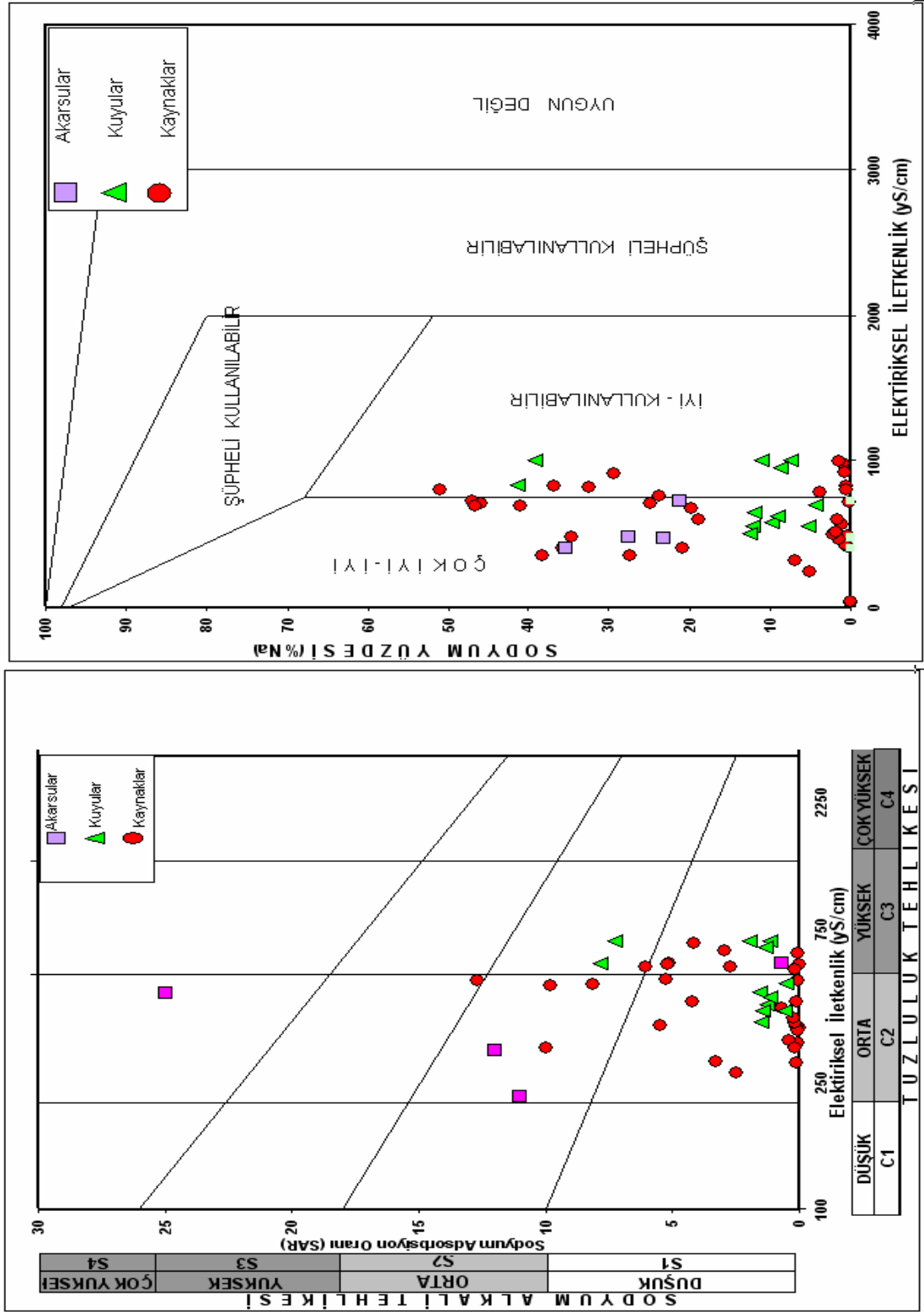
ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında, Gevaş-Gürpınar havzasındaki karstik sular genellikle C₂S₁, C₂S₂ ve C₃S₁ sınıfında yer almaktadır (Şekil 18). Bununla birlikte karstik yeraltı suları ovaya ulaştıklarında ofiyolitle temas ettikleri noktalarda SAR oranı artmaktadır. Gündoğan-I ve II ve Göl kenarından çıkan Gevaş Halıcılık kaynağı ile sondaj kuyu suları, C₃S₂ ve C₂S₂ sınıfındadırlar. Van et kaynağındaki sular ise C₂S₃ sınıfındadır. Bu da orta tuzluluk tehlikesi ve Yüksek Sodyum Alkali tehlikesi olduğunu göstermektedir. Ayrıca Engil çayı ve Edremit GEM regülatöründe de akarsuların SAR değeri (C₂S₄) “**orta tuzlu ve orta sodyum alkali tehlikesi**” sınıfında yer almaktadır.



Şekil 15. Bazı karst kaynak sularına ait Schoeller diyagramı
Figure 15. Schoeller diagram of some karst spring water



Şekil 16. Bazı Kaynak sularına ait Schoeller diyagramı.
Figure 16. Schoeller diagram of some karst spring water



Şekil 17. Karst Kaynakların Wilcox sınıflaması
Figure 17. Wilcox classification of Karst spring

Şekil 18. Kaynak suların ABD Tuzluluk Lab. diyagramına göre sınıflaması
Figure 18. Karst spring water classification on the USA Salinity Laboratory

SONUÇLAR

İnceleme alanındaki geçirimli birimler, Van gölü formasyonu ve alüvyondur. Az geçirimli birim, Kırkgeçit formasyonudur. Kırıklı, çatlaklı ve az erimli kaya ortamını; Permian yaşı mermer ve rekrystalize kireçtaşları, Ziyaret kireçtaşı ve traverten oluşturmaktadır. Geçirimsiz birim ise inceleme alanının Allohton tabanını oluşturan Yüksekova (ofiyolitli) karmaşığdır. Kayaçların hidrojeolojik özelliklerini belirleyen en önemli faktör, orojenik yapılanma etkisiyle gelişen kırık, eklem, çatlak ve fay sistemlerinin kazandırdığı ikincil gözeneklilik ve bunun sonucu oluşan orojenik karstlaşmadır.

İnceleme alanının, yıllık ortalama yağışın 336-650 mm arasında değiştiği yarı kurak bir bölgede (Doğu Anadolu) yer aldığı için koşullar derin karstın gelişimini sınırlamıştır. Çekilme eğrisi analizlerine göre havzadaki en büyük akıma sahip Şamran kaynakları incelendiğinde akım değerlerinin aylar boyunca çok az değişikliğe uğradığı görülmektedir. Bu durum yeraltısularının daha çok birikimli yağışların etkisinde olduğunu ve orta derecede karstlaşmanın varlığını göstermektedir. Çünkü, karstlaşmanın çok geliştiği bölgelerde, ilkbaharda yüksek verdili, sonbaharda ise verdileri çok azalan hatta kuruyan düzensiz kaynaklar yer alır.

Jeofizik rezistivite çalışmalarının yeniden değerlendirilmesi sonucuna göre; ova tabanının büyük ölçüde rekrystalize kireçtaşları ile kaplı olduğu görülmüştür. Ayrıca, tektonik haritada ve hidrojeoloji haritasında görülen GD-KB yönlü ve doğrudan atımlı Şamran fayı ovaya ulaştığında, batıya doğru kırılarak ilerlediği yine bu jeofizik verilerle tespit edilmiştir.

İnceleme alanında yer alan kaynaklardan 35'nin sıcaklıkları genellikle 10-20 °C arasında değişen soğuk sular, pH'ı genellikle 6.6 ile 8.2 arasında değişen ve ortalaması 7.2 olan sulardır. TDS değeri 124 ile 683 µS/cm arasında değişen ve ortalama değeri 344 µS/cm olan tatlı sulardır. Toplam CaCO₃ sertliği 9.7 ile 31.5 arasında değişen ortalama 19.6 az sertlikteki sular sınıfında olduğu görülmüştür. Piper sınıflamasına göre, kaynak sularının tamamına yakını "**Kalsiyum-Magnezyum/Sülfatlı**" sular grubundadır ve genel olarak SO₄+Cl sertliği CO₃+HCO₃ sertliğinden büyük olan sular sınıfındadır.

Schoeller sınıflamasına göre inceleme alanındaki sular; klorür miktarları 1.0 meq/l dan düşük **Olağan klorürlü sular** sınıfındadır. Sülfat miktarı 3-8 meq/l arasında değişen **Oligosülfatlı** sular ve Karbonat miktarları 2 meq/l'den küçük **Hiperkarbonatlı** sular sınıfındadırlar. Sulama suyu Wilcox diyagramına göre su noktalarının bütününe "**çok iyi-iyi ve iyi kullanılabilir**" sınıfında oldukları gözlenmektedir.

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramında; Gevaş-Gürpınar havzasındaki karstik sular genellikle C₂S₁, C₂S₂ ve C₃S₁ sınıfında, Gündoğan-I ve II ve Göl kenarından çıkan Gevaş Halıcılık kaynağı suları C₃S₂ ve C₂S₂ sınıfında ve Van et kaynağı ise C₂S₃ sınıfında yer alırlar. Bu da "Orta Tuzluluk Tehlikesi ve Yüksek Sodyum Alkali tehlikesi" olduğunu göstermektedir. Ayrıca Engil çayı ve Edremit GEM regülatoründe de akarsuların SAR değeri C₂S₄ "Orta Tuzluluk Tehlikesi ve Orta Sodyum Alkali tehlikesi" altındadır.

SUMMARY

Permeable aquifers in the study area are the Vangölü formation and Alluvium. Semi-permeable aquifer is the Kırkgeçit formation. Fractured and semi-karstic rock units are represented by the Permian aged marble, recrystallised limestone, Ziyaret limestone and travertines. Impermeable unit is also Allocthonous Yüksekova ophiolites. The most important hydrogeologic factor that determinate the karstification of the rocks, are the fissure, fracture, foliation, joint and faults developing by the orogenic karstification which gains the secondary porosities.

The study area is located at a semi-arid region where the annual precipitation changes between 336-650 mm. Therefore, these conditions were limited to the deep karstification. Very small changes occur at the discharges of Karst springs during the years which show the developments of middle scale karstification.

Geophysical resistivity surveys in the plain show that Permian aged marble and recrystallised limestone covers large area under the plain. Şamran faults cut off the plain at the SE-NW direction and recharge the groundwater of the Şamran karst springs and Bataklık springs at the Gürpınar basin from the adjacent Çatak basin.

Physical and chemical properties of water samples were determined from the 35 Karst Springs. Water samples are generally characterized as follows: cold (<20 °C), fresh (TDS <1,000 mg/l) and with pH in the range of 6.6 to 8.2. Karst spring waters are generally "Calcium-magnesium / sulphate" type according to the Piper diagram. The hardness of CaCO₃ of the springs are very low and the values vary from 9.7 to 31.5 mg/l. The sodium adsorption ratio (SAR) is in the range of 1.9 to 8.6. Therefore, the sodium hazard is regarded as low and water can be used on most crops and for irrigation on almost all soils based on the Wilcox (1955) classification.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Altınlı, E., 1965,** 1/ 500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Van paftası izahnamesi; MTA genel müd.,arşiv no 883.
- Akarsu, İ., 1958,** Van gölü kuzeydoğu bölgesinin petrol jeolojisi etüdü: MTA Genel Müdürlüğü. Arşiv no 2870
- Aksoy, E., 1988,** Van'ın doğu ve kuzeydoğu kesiminin stratigrafi ve tektoniği, Doktora tezi, Fırat Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Bölümü, 171 sayfa Elazığ
- Aksoy E., Tatar Y., 1988,** Van ili Doğu-Kuzeydoğu yöresinin stratigrafisi ve Tektoniği, Doğa –Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences 14, 628-644
- Aktürk, A., 1985,** Çatak-Narlı (Van) yöresinin stratigrafisi ve tektoniği: Doktora tezi, FÜ. Fen Bil. Enst., 187 s., Yayınlanmamış
- A.P.H.A, A.W.W.A. and W.P.C.F., 1989,** Standard methods for the determination of water and waste water, 15 th edn. APHA publication, 1134p.
- Arni, P., 1938,** Van vilayeti'nin jeolojisi hakkında rapor: MTA genel müdürlüğü, Arşin no 883
- Balkaş, Ö., 1980,** Başkale-Gürpınar-Çatak-Van alanının jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO rapor no: 1455, 123 s.
- Dawey, JF, Hampton, MR, Kidd, WSF., Şaroğlu, F. and Şengör, AMC., 1986,** Shortening of continental lithosphere, Geol. Soc. Spec. Publ., 19, 3-36
- Karanjac, J., 1977,** Recession hydrograph analysis in karst: In DSI-UNDP Seminar on Karst Hydrogeology, proceedings, Oymapınar, Antalya, Turkey, 17-28 October 1977, 65-85.
- Ketin, İ., 1977,** Van gölü ile İran sınırı arasındaki bölgede yapılan jeoloji gözlemlerinin sonucu hakkında kısa bir açıklama: Tür. Jeol. Kur. Bült., VII, 1, 30-58.
- Maillet, E., 1905,** Essais d'hydraulique souterraine et fluviale. Paris: Hermann
- Mangin, A., 1975,** Contribution a l etude hydro dyanamique des aquiferes karstiques. DES thesis, Univ. Dijon France
- Milanovic P.T., 1981,** Karst Hydrogeology, Littleton Colour., Water Resources Publication, 434. p.
- Özler, H.M, (2000)** Hydrological investigation of karst springs in the Gevaş Gürpınar basin, Eastern Turkey, International symposium and Field seminar on "present state and Future Trends of Karst studies" september 17-26, 2000 Marmaris-Turkey
- Okan, S., 1982,** Gevaş-Gürpınar ovasının Jeofizik rezistivite etüdü, DSİ Raporu, No. 984 Van
- Şaroğlu F, and Yılmaz Y., 1984,** Neotectonic and related magmatism of East Anatolia, TJK bulletin, Ketin symposium, p 149-163.
- Şengör AMC, 1980,** Türkiye Neotektoniğinin esasları, Tür. Jeol. Kur. Yayını, 40
- Şengör, AMC., ve Yılmaz, Y., 1985,** Türkiye'de Tetis'in evrimi: Levha tektoniğine bir yaklaşım, Tür.Jeol. Kur. Yerbilimleri özel dergisi, no. 1, 75s
- Ternek Z., 1953** Van gölü güneydoğu bölgesinin jeolojisi; Tur Jeol. Kur. Bült. IV, 2 1-27. Enstitüsü, 185s
- Wilcox, LV., 1955,** Classification and use of Irrigation Waters, US Dept. Agric. Circ. 969, Washington D.C., 19 p.
- Yılmaz, Y., Dilek Y., VE Işık H., 1983,** Gevaş-(Van) Ofiyolitinin Jeolojisi Ve Sinkinematik Bir Makaslama Zonu: Tür. Jeol. Kur. Bült., 24-1, (1981), s: 37-45

Yayıma Geliş - Received : 31.03.2005

Yayıma Kabul - Accepted : 24.06.2005