



Academic Research Journal of Technical Vocational Schools

artes@cumhuriyet.edu.tr

Founded: 2022

Available online, ISSN: 2822-5880

Publisher: Sivas Cumhuriyet University

Preventive Measures in Mining Activities for the Conservation of Sustainable Water Resources: A Case Study from Northern Sivas, Türkiye

Oktay Canbaz^{1,a*}, Zekeriya Duran^{2,b}, Ahmet Efe^{1,c}¹ Department of Geological Engineering, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye² Department of Mining and Mineral Extraction, Sivas Vocational School of Technical Sciences, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 11/04/2025

Accepted: 02/06/2025

ABSTRACT

This study evaluates the environmental impacts of mining activities on surface and groundwater resources through a case study located in the northern part of Sivas province and offers solutions for sustainable water management. The geological, hydrogeological, and climatic characteristics of the region were thoroughly examined, and strategic approaches for the preservation of water systems were proposed. Field observations and literature-supported studies revealed that marble and limestone layers form significant aquifer environments due to their high permeability, while low-permeability serpentinite units serve as natural hydrogeological barriers. It was determined that only 3% of the region's annual precipitation infiltrates into the groundwater, indicating a highly limited recharge capacity. The study concluded that detailed hydrogeological modeling, water budget assessments, and pollutant dispersion analyses should be conducted before initiating mining activities. Additionally, it emphasized the importance of storing waste and tailings in controlled areas away from surface waters. This study highlighted that mining activities should not only focus on economic gains but also consider ecological and hydrogeological balances.

Keywords: Sustainability, mining, water resources, hydrogeology, sivas, environmental impact

Sürdürülebilir Su Kaynaklarının Korunmasına Yönelik Madencilik Faaliyetlerinde Alınacak Önlemler: Sivas Kuzeyi Örnek Bir Çalışma

Süreç

Geliş: 11/04/2025

Kabul: 02/06/2025

Öz

Bu çalışma, Sivas ili kuzeyinde yer alan bir örnek saha alanı üzerinden madencilik faaliyetlerinin yerüstü ve yeraltı su kaynakları üzerindeki çevresel etkilerini değerlendirmekte ve sürdürülebilir su yönetimine yönelik çözüm önerileri sunmaktadır. Çalışma kapsamında, bölgenin jeolojik, hidrojeolojik ve iklimsel özellikleri detaylı biçimde incelenmiş; su sistemlerinin korunmasına yönelik stratejik yaklaşımlar önerilmiştir. Arazi gözlemleri ve literatür destekli çalışmalar sonucunda, mermer ve kireçtaşı seviyelerinin yüksek geçirgenlik özellikleriyle önemli akifer ortamları oluşturduğu; buna karşın, düşük geçirgen serpentinit birimlerinin doğal hidrojeolojik bariyer işlevi gördüğü belirlenmiştir. Bölgeye düşen yıllık ortalama yağışın yalnızca %3'ünün yeraltı suyuna sızması, beslenme kapasitesinin oldukça sınırlı olduğunu göstermektedir. Çalışma sonucunda, madencilik faaliyetlerine başlamadan önce detaylı hidrojeolojik modelleme yapılması, su bütçesi ve kirlenici yayılım analizlerinin gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, pas ve atık malzemelerin yüzey sularından uzak, kontrollü alanlarda depolanması gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışmada, madencilik faaliyetlerinin yalnızca ekonomik kazanç odaklı değil, aynı zamanda ekolojik ve hidrojeolojik dengeleri gözeterek yürütülmesi gerektiği ön plana çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, madencilik, su kaynakları, hidrojeoloji, sivas, çevresel etki

Copyright



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

^a ocanbaz@cumhuriyet.edu.tr^b <https://orcid.org/0000-0002-8161-1326>^c zeduran@cumhuriyet.edu.tr^d <https://orcid.org/0000-0002-9327-8567>^e efe@cumhuriyet.edu.tr^f <https://orcid.org/0000-0002-5989-4753>

How to Cite: Canbaz, O., Duran, Z., Efe, A. (2025). Preventive Measures in Mining Activities for the Conservation of Sustainable Water Resources: A Case Study from Northern Sivas, Türkiye. Academic Research Journal of Technical Vocational Schools, 4(1):21-30

Giriş

Su, doğadaki tüm yaşam formları için vazgeçilmez bir kaynak olarak kritik bir öneme sahiptir. Su kaynaklarının varlığı, yaşamın izlerinin sürdürülebilirliğiyle doğrudan ilişkilidir. Küresel iklim değişikliğinin etkileri, artan nüfusun kontrolsüz su tüketimi ve yeraltı su kaynaklarının yeterince korunmaması yeraltı su seviyelerinin azalmasına yol açmaktadır. Son yıllarda, suyun sürdürülebilir şekilde yönetimi ve israfın önlenmesi, ekosistemlerin bütünlüğünün korunması ve canlı yaşamının devamlılığının sağlanması açısından her zamankinden daha büyük bir önem taşımaktadır.

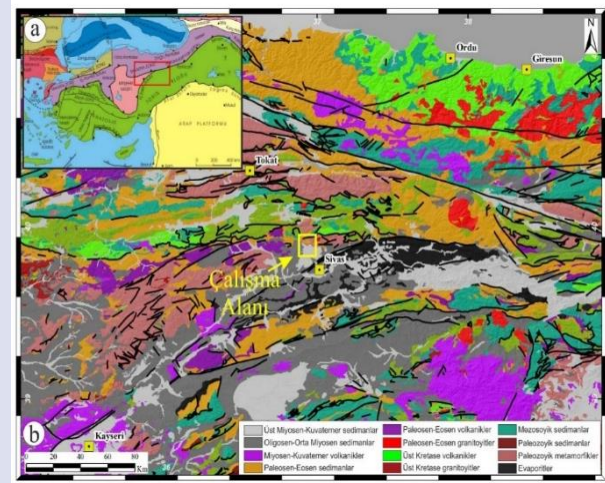
Madencilik faaliyetleri, su ve çevre kirliliğine yol açan pek çok riskleri barındırmaktadır. Plansız atık depolamaları, pasalardan kaynaklanan sızıntılar, atık havuzlarının çökmesi, kontrolsüz su tahlieleri ve asidik maden suyu drenajı gibi faaliyetler hem yüzey hem de yeraltı su kaynaklarını ciddi biçimde tehdit edebilmektedir. Bu tür çevresel zararların önüne geçmek için etkin bir planlama, sürdürülebilir madencilik uygulamaları ve güçlü bir atık yönetimi stratejisi büyük önem taşımaktadır. Madencilik faaliyetlerine başlamadan önce detaylı jeolojik, hidrojeolojik, hidrolik ve hidrojeokimyasal çalışmaların yapılması kritik bir adımdır (Khobragade, 2020; Şimşek, 2022; Bajrović ve ark., 2025). Bu çalışmalar eksiksiz yürütüldüğünde, olası riskler minimize edilebilir. Gerekli önlemler alınmadığında, maden sahalarında ani su gelişleri yaşanabilir ve bu durum hem iş güvenliği hem de operasyonel süreçler açısından ciddi tehditler oluşturabilir (Gupta ve Nikhil, 2016; Şimşek, 2022).

Açık maden işletmelerinin çevreye etkileri, jeolojik yapı, hidrojeolojik özellikler, ocak alanının büyüklüğü, toprak yapısı, bitki örtüsü ve iklim koşulları gibi birçok faktöre bağlıdır (Ceylan ve Özkahraman, 2000). Bu değişkenlerin birbirleriyle etkileşimi, madencilik faaliyetlerinin su kaynakları üzerindeki etkisini doğrudan şekillendirmektedir. Madencilik faaliyetleri, doğal olarak bir hidrojeolojik havza içerisinde gerçekleştiğinden, bölgesel su yönetiminin titizlikle planlanması gerekir. Maden sahalarının nehir ve akarsulara olan yakınlığı, atık ve pasa depolama alanlarının stratejik seçimi, ekosistemin korunması açısından kritik öneme sahiptir. Bu faktörlerin dikkatlice ele alınması hem yeraltı hem de yüzey sularının kirlenmesini önlemeye yardımcı olarak, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlamaktadır (Ngah ve ark., 1984; Taştekin ve ark., 2015; Şimşek, 2022). Madencilik faaliyetlerinden dolayı su kaynaklarının korunması için yapılacak çalışmalara Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli hidrojeolojik analizler ve drenaj ağlarının haritalandırılması gibi yöntemlere de başvurulabilmektedir. Saha çalışmalarından elde edilen veriler, bölgenin hidrojeolojik yapısını kavramsal olarak tanımlamaya ve beslenme-boşalım dinamiklerini

incelemeye olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, su kaynaklarının korunmasına ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesine yönelik stratejik adımların temelini oluşturabilir. Bu çalışmada, Sivas il sınırları içinde yer alan bir bölgenin hidrolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, bölgede gerçekleştirilen veya planlanan madencilik faaliyetlerinde dikkat edilmesi gereken hususlara vurgu yapılması hedeflenmektedir. Sivas ili, Türkiye'nin 35°50' ve 38°14' doğu boylamları ile 38°32' ve 40°16' kuzey enlemleri arasında konumlanmıştır. Çalışma alanı, Sivas şehrinin yaklaşık 18 kilometre kuzeyinde yer almakta olup; Porsuk Köyü, Karaçayır Bucağı, Ozmuş Köyü ve Köşrelik Mezrası gibi yerleşim yerleri ile çevrelenmiştir.

Jeolojik Özellikler

Sivas ili, jeolojik çeşitliliği ve tektonik özellikleri ile Türkiye'nin önde gelen bölgelerinden biri olarak dikkat çekmektedir. Pontid Tektonik Kuşağı, Kuzey Anadolu Ofiyolit Kuşağı ve Toros Tektonik Kuşağı gibi önemli tektonik birimlerin bir araya geldiği Sivas, bu kuşaklar arasındaki sınırların ofiyolitik kayalarla ayrıldığı bir bölgede yer almaktadır (Şekil 1).

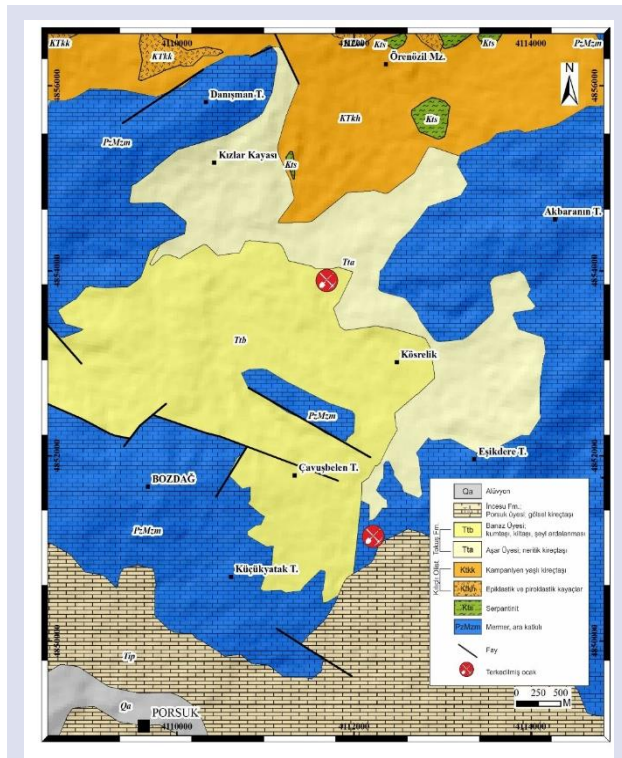


Şekil 1. Çalışma alanının tektonik konumu (Okay ve Tüysüz, 1999) ve bölgesel jeoloji haritası (Akbaş ve ark., 2011'den sadeleştirilmiştir).

Figure 1. The tectonic position of the study area (Okay and Tüysüz, 1999) and the regional geological map (simplified from Akbaş et al., 2011).

Çalışma alanında yer alan litolojik birimler, stratigrafik olarak yaşlıdan gence doğru sıralanmıştır. Bölgenin temel kayalarını Akdağmadeni Litodemi (PzMzm) ve Tekelidağ Karışığı (Kts) oluşturmaktadır. Bu birimlerin üzerine uyumsuzluk ilişkisiyle gelen daha genç oluşumlar ise Kılıçlı Olistostromu (Ktk), Tokuş Formasyonu (Tt), İncesu Formasyonu ve Alüvyonlar (Qa) olarak sıralanmaktadır (Şekil 2). Bu çeşitlilik, bölgenin jeolojik geçmişine ışık tutarak, sedimanter, metamorfik ve magmatik kayaçların bir arada bulunduğu karmaşık bir yapıyı ortaya koymaktadır.

Akdağmadeni litodemi, bölgedeki metamorfitleerin temelini oluşturan ve ilk kez Özcan ve ark. (1980) tarafından tanımlanan bir birimdir. Bu litodemin başlıca bileşenleri gnays, amfibolit, şist ve mermer gibi metamorfik kayalardan oluşmaktadır. Kuvarsit ve granitoidlerden oluşan birim, yer yer kuvars damarları ile kesilmekte ve granitoidlerin dokanağında gelişen skarn zonları ile karakterize edilmektedir (MTA, 1997). Fosil içeriği bulunmayan birimin kalınlığı 1000 metreyi aştığı öngörülmektedir (Yılmaz ve ark., 1997). Tekelidağ karışığı, bölgenin kuzeyinde Eosen yaşlı birimler üzerinde yer alan ve desimetreden kilometreye kadar değişen boyutlardaki kayalardan oluşan bir karışıktır. Bu karışık, serpantinit, radyolarit, gnays ve yeşil şist gibi kayaç türlerini içermekte ve pelajik örtülerin deformasyonu sonucu meydana geldiği kabul edilmektedir (Yılmaz, 1980; Yılmaz ve ark., 1997).



Şekil 2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Yılmaz ve ark., 1997'den sadeleştirilmiştir).

Figure 2. The geological map of the study area and its surroundings (simplified from Yılmaz et al., 1997).

Üst Kretase yaşlı pelajik kireçtaşları ve volkanik kayalardan oluşan Kılıçlı olistostromu (Ktk), bölgedeki olistolitlerin boyutları ve yapısal özellikleri açısından dikkat çekicidir. Bu birimde Kampaniyen ve Maastrichtiyen dönemlerine ait kayaçlar, ani fasiyes değişimleri ile birbirinden ayrılmaktadır (Yılmaz, 1980; Yılmaz, 1983). Olistostromun gelişimi ve nap yapısının evrimi, bölgedeki tektonik süreçleri anlamada önemli bilgiler sunmaktadır. Bunun yanı sıra Tokuş formasyonu ve İncesu Formasyonu, fosil zenginlikleri ve düzenli tabakalanmaları ile dikkat çekmektedir. Tokuş formasyonu'nun Asar ve Banaz üyeleri, Lütesiyen yaşlı

kireçtaşları ve kıvrımlı kumtaşı-şeyl ardalanmalarını içerirken; Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu formasyonu, çakıltası, kıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Yılmaz, 1983; Yılmaz ve ark., 1997). Çalışma alanı sınırları içerisinde İncesu formasyonu Porsuk üyesine ait gölsel kireçtaşları yüzlek vermektedir. En genç birimler ise alüvyonlardır. Çoğunlukla dere yatakları olmak üzere Kızılırmak Nehri ve Tavra Deresi boyunca geniş bir alana yayılan alüvyonlar, çakıl, kum, silt ve kil içeren gevşek dokulu ve yer yer sıkı çökellerden oluşmaktadır.

Hidrolojik Özellikler

Meteorolojik Özellikler

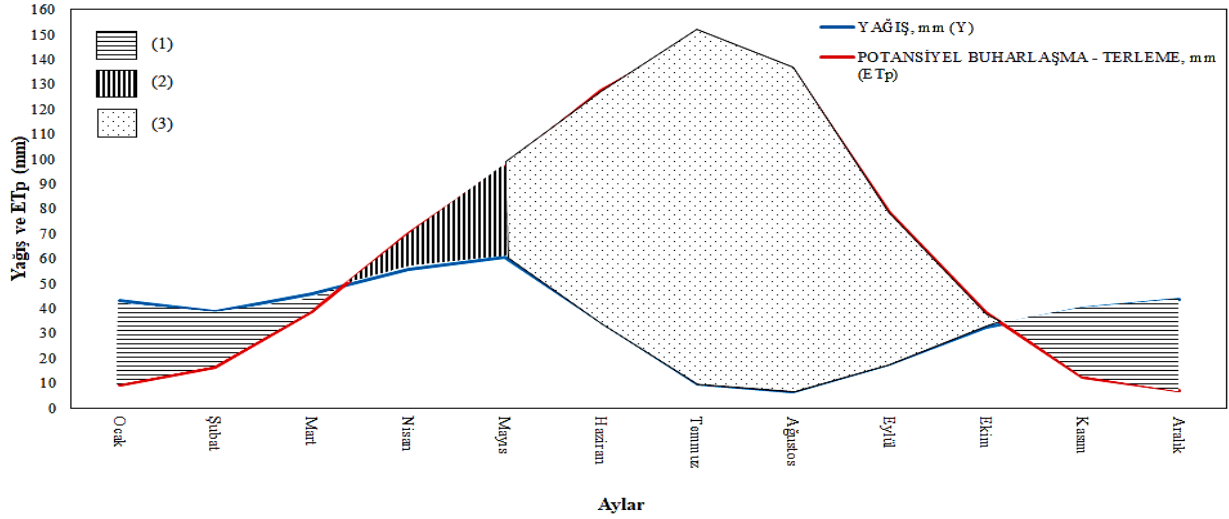
Sivas ili, İç Anadolu'nun sert karasal iklim özelliklerini taşımaktadır. Bölgenin iklimi kış aylarında oldukça soğuk ve sert, yaz aylarında ise kısa süreli, sıcak ve kuraktır. İlkbahar ve sonbahar dönemlerinde daha yağışlı bir hava gözlenirken, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri kar yağışlarını önemli ölçüde azaltmıştır. Bunun yanında, yağmur yağışlarında zamanlama, süre ve miktar bakımından düzensizlikler ortaya çıkmış ve bu durum sel ile taşkın gibi doğal afetlerin daha sık yaşanmasına neden olmuştur. Yıllık sıcaklık dağılımına bakıldığında, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek sıcaklık ortalamalarının sırasıyla 27,9 °C ve 28,6 °C olduğu görülmektedir. Kış mevsimi ise Aralık, Ocak ve Şubat aylarında negatif değerlere düşen sıcaklıklar ile oldukça sert geçmekte olup, en düşük sıcaklık ortalaması -7,2 °C ile Ocak ayında kaydedilmiştir. Kış aylarında mevsimsel sıcaklık ortalaması yaklaşık 0 °C civarında seyretmekte ve yıl boyunca sıcaklık değerlerinin 0 °C'nin altına düştüğü gün sayısının ortalama 132 gün olduğu belirlenmiştir (SÇDR, 2023). Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1930-2024 yılları arasındaki 94 yıllık verilerine göre, Sivas Merkez İlçe'nin yıllık ortalama sıcaklığı 9,1 °C olarak belirtilmiştir (WEB 1, 2025).

Buharlaşıma ilişkin veriler ağırlıklı olarak yaz aylarında toplanmakta olup, buharlaşmayı etkileyen faktörler arasında yağış miktarı, sıcaklık, rüzgâr hızı, nispi nem ve güneşlenme öne çıkmaktadır. Penman Yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda, Sivas kent merkezi ve çevresi için yıllık toplam Potansiyel Buharlaşma ve Terleme (ETp) değeri 780,3 mm hesaplanmıştır. Aylık bazda hesaplanan ETp değerleri, Thornthwaite Su Bilançosu yöntemi kullanılarak aylık yağış verileriyle birlikte değerlendirilmiş ve bölge için Gerçek Buharlaşma ve Terleme (ETg) değeri 414,8 mm olarak belirlenmiştir. Sulama zamanlamasının belirlenmesi ve tarımsal projelerde sıklıkla kullanılan Yağış (P) ve ETp değerlerinin yıllık değişimlerini içeren grafik Şekil 3'te sunulmuştur. Thornthwaite yöntemine dayalı su bilançosu diyagramları incelendiğinde, kasım ayından itibaren yağışların artması ve potansiyel evapotranspirasyonun azalmasıyla toprakta su birikiminin başladığı, aralık ayından nisan ortalarına kadar su fazlasının gözlemlendiği anlaşılmaktadır. Toprakta biriken suyun mayıs ayının sonlarına kadar kullanıldığı, ardından ekim ayı sonuna kadar su noksanı yaşandığı belirlenmiştir.

Sivas iline ait 37 yıllık verilere göre, bölgede karla kaplı gün sayısı yıllık ortalama 68 gün'dür. 73 yıllık verilere göre en yüksek kar kalınlığı 67 cm ile Şubat ayında ölçülmüş ve kar yağışlarının Mayıs ayına kadar

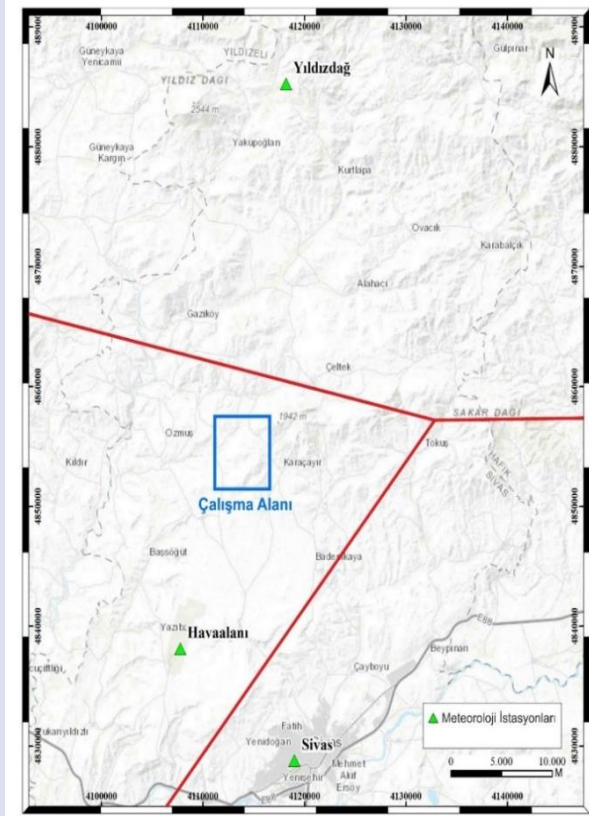
devam ettiği gözlemlenmiştir. Sivas Merkez’de donlu gün sayısı yılda ortalama 121 gün olarak belirlenirken, 36 yıllık değerlendirmelere göre sisli günlerin ortalama sayısı 9,6 gün/yıl olup, bu durum en çok Aralık, Ocak ve Kasım aylarında görülmektedir (SÇDR, 2011). Çalışma alanının meteorolojik özelliklerini değerlendirmek ve

emiyon dağılımını analiz etmek amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün 1930-2024 yıllarına ait rasat verileri kullanılmıştır. Thiessen poligonu analizi ile gerçekleştirilen istasyon seçimi, proje alanını en iyi temsil eden istasyonun Sivas Nuri Demirağ Havalimanı olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 4).



Şekil 3. Sivas meteoroloji istasyonu’nun verileri kullanılarak Thornthwaite yöntemiyle oluşturulan su bilançosu diyagramı. (1: Su fazlası (sellenme+ süzülme), 2: Toprağın su yedeğinden faydalanma, 3: Su noksanı).

Figure 3. The water balance diagram created using data from the Sivas Meteorology Station through the Thornthwaite method. (1: Water surplus (flooding + percolation), 2: Utilization of soil water reserves, 3: Water deficit).

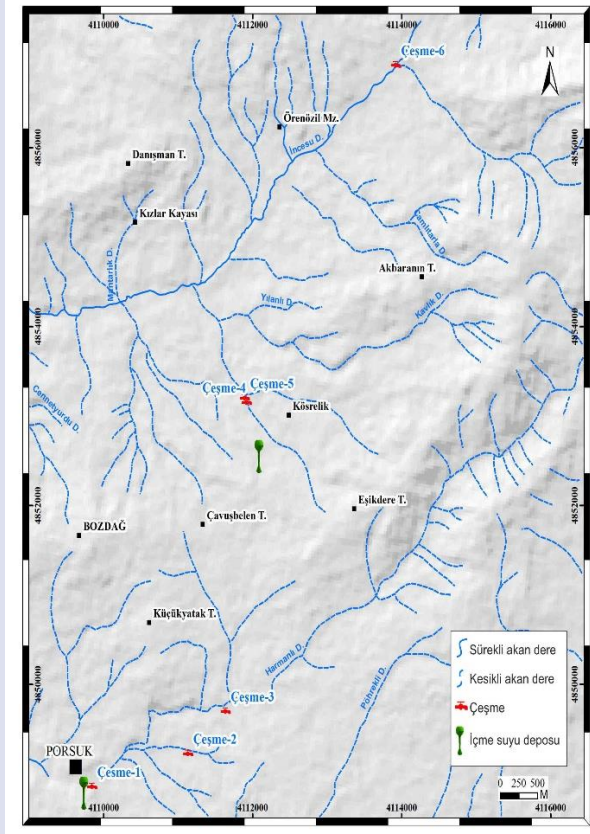


Şekil 4. Thiessen Poligonu haritası.
Figure 4. Polygon map of Thiessen.

Su Kaynakları

Sivas ili sınırları içerisinde akarsu, sızıntı (su kaynağı), çeşme, baraj ve göl gibi çok çeşitli su kaynakları bulunmaktadır. Çalışma alanı, Kızılırmak Nehri’nin beslenme havzası sınırları içinde yer almakta olup sürekli, kuru veya kesikli akan akarsuların yanı sıra sızıntı ve çeşme şeklindeki kaynakları da içermektedir (Şekil 5). Çalışma alanı sınırları içerisinde, 1/25.000 ölçekli topografik harita da sürekli akan olarak işaretlenmiş İncesu Deresi yer almaktadır. Ancak, Mart 2025 döneminde yapılan saha çalışmalarında bu dere yatağının kuru olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 6a-b). Bunların yanı sıra çalışma alanında birçok kesikli akan (mevsimlik) dere kolları mevcuttur.

Yüzey suyu kaynakları arasında göller, nehirler, barajlar gibi doğal ve yapay su yapılarının yanı sıra, yer altı suyu rezervuarları da belirli miktarlarda su depolayabilmektedir. Yer altı suları ile yüzey suları arasında karşılıklı bir etkileşim söz konusudur. Örneğin, dere, göl gölet gibi yüzey suyu yapıları, yer altı sularını besleyebilirken; bölgenin jeolojik ve iklimsel özelliklerine bağlı olarak yer altı suları da yüzey suyu sistemlerine katkıda bulunabilmektedir. Yer altı suyu ve yüzey suyu arasındaki etkileşimin hızı, miktarı ve yönü; ilgili jeolojik birimlerin hidrolik özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Madencilik faaliyetleri ve/veya patlatma işlemlerinin yapılması, bölgede mevcut olan su kaynaklarının yayılımını ve potansiyellerini dolaylı olarak etkileyebilir. Bu nedenle, çalışma alanında yürütülecek madencilik faaliyetlerinin bölgedeki su kaynaklarına olası etkileri dikkatle değerlendirilmelidir.

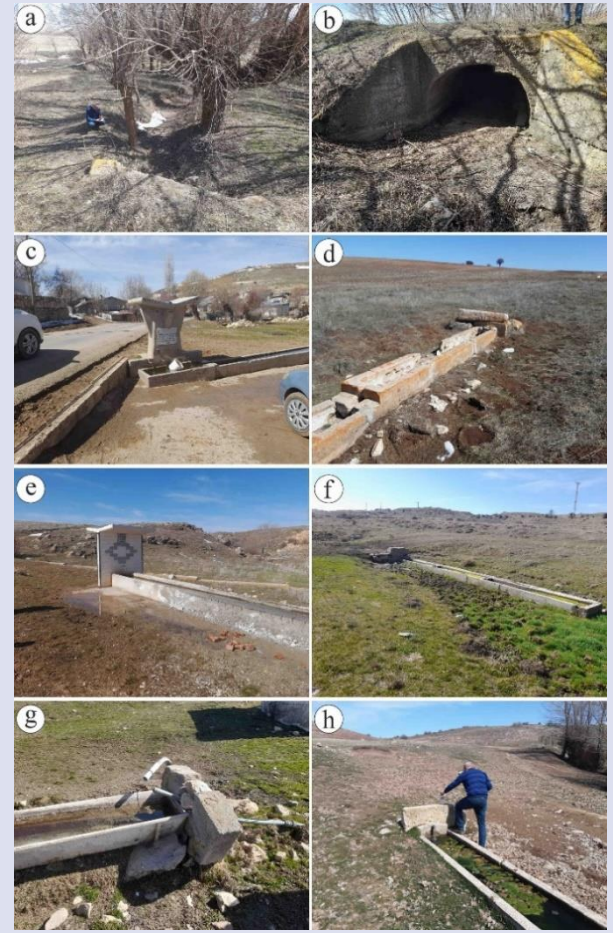


Şekil 5. Çalışma alanı sürekli akan/kesikli akan dere kolları, çeşmeler ve içme suyu depolarına ait lokasyonlar.

Figure 5. The locations of perennial/intermittent stream branches, fountains, and drinking water reservoirs in the study area.

Çalışma alanının yakın çevresinde bulunan kaynaklar ve çeşmeler, öncelikle 1/25.000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak belirlenmiş ve arazi çalışmaları sırasında doğrulanmıştır (Şekil 6c-h). Bölgede tespit edilen tüm su noktaları çeşme olarak kullanılmakta olup, bazıları kuru çeşme olarak gözlemlenmiştir. Bu durum, mevsimsel değişimler veya bölgenin su bütçesi ile ilişkili faktörler açısından değerlendirilmelidir.

Çalışma alanı içerisinde herhangi bir amaçla açılmış kuyu bulunmamaktadır. Çalışma alanına en yakın kuyu, Çalışma alanı güneybatı sınırından kuş uçuşu 1,8 km mesafeden fazla olup, Porsuk köyünün güney girişindeki alüvyon arazide, Porsuk köyüne içme ve kullanma suyu temini amacıyla Sivas İl Özel İdaresi tarafından 2014 yılında açılan kuyudur. Kuyu, köy yerleşkesinin 300 m kadar güneydoğusunda alüvyon arazide açılmıştır. Kuyuda 8 m kadar nebati toprak kesildikten sonra 140. metreye kadar İncesu formasyonuna ait yer yer kumlu çakıllı seviyeler içeren Kiltası-kireçtaşı birimi kesilmiştir. 0,2 L/sn artezyen yapan kuyunun verimi 0,5 L/sn kadardır (Değirmenci ve Duran, 2018). Diğer taraftan, Sivas il sınırları içerisinde yer alan başlıca doğal göller; Balıkkaya, Çetme, Hafik, Karayün, Kaz, Kemis, Kuru, Lota-1, Lota-2, Mağara, Tödürge ve Ulaş gölleridir. Sivas ili genelinde, sulama, enerji ve içme suyu temini amacıyla Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen toplam 15 baraj bulunmaktadır.



Şekil 6. (a-b) İncesu Deresi ve Porsuk ile Hıdırnalı köyleri arasındaki yol üzerinde İncesu deresindeki menfez (akış gözlenmemiştir), (c) Çeşme-1, Debi: 30 lt/dk, (d) Çeşme-2, Akış yok, (e) Çeşme-3, Debi: 7,5 lt/dk, (f) Çeşme-4, Debi: 3,75 lt/dk, (g) Çeşme-5, Akış yok, (h) Çeşme-6, Debi: 10 lt/dk.

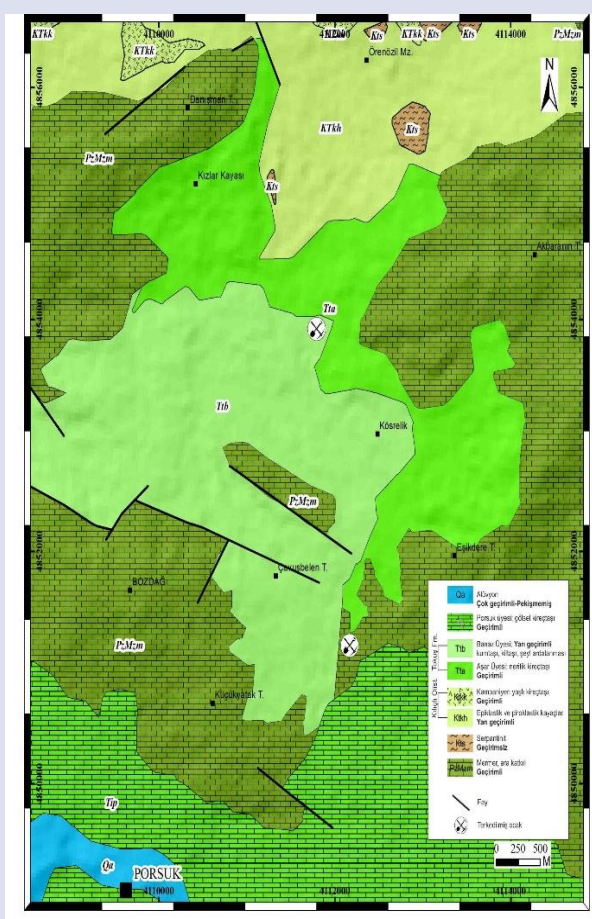
Figure 6. (a-b) The culvert on İncesu Stream along the road between Porsuk and Hıdırnalı villages (no flow observed), (c) Fountain-1, Discharge: 30 L/min, (d) Fountain-2, No flow, (e) Fountain-3, Discharge: 7.5 L/min, (f) Fountain-4, Discharge: 3.75 L/min, (g) Fountain-5, No flow, (h) Fountain-6, Discharge: 10 L/min

Hidrojeoloji

Hidrojeolojik Özellikler

Hidrojeolojik özelliklerin belirlenebilmesi için, çalışma alanındaki kayalar temsil eden hidrolik parametreler tespit edilmiştir. Akiferler, önemli miktarda su depolama kapasitesine sahip, aynı zamanda yeterli hızla su iletebilen (iletken) geçirimli jeolojik birimlerdir. Buna karşın akıtarlar, suyu depolayabilen ancak iletme kabiliyeti sınırlı olan jeolojik birimlerdir. Akifer ve akıtarlar için belirlenmesi gereken temel hidrolik parametreler; geçirimsizlik (permeabilite), özgül verim (specific yield) ve gözeneklilik (porozite) olarak sıralanabilir (WEB 2, 2025).

Çalışma alanı ve çevresindeki litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri detaylı bir şekilde değerlendirildiğinde, bölgenin önemli bir hidrojeolojik potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma alanı ve yakın çevresinin Hidrojeoloji haritası (jeolojik birimler MTA, 1997'dan değiştirilerek alınmıştır)

Figure 7. The hydrogeological map of the study area and its surroundings (geological units modified from MTA, 1997).

Geçirimli ve akifer özelliği taşıyan birimler arasında, Akdağmadeni litodemine ait mermerler dikkat çekmektedir. Bu mermerler, yüksek geçirgenlik özellikleriyle suyun taşınması ve depolanması açısından önemli bir rol üstlenir. Aynı zamanda, Kılıçlı olistostromu'nun kireçtaşı seviyeleri, yeraltı suyu hareketini kolaylaştıran bir diğer önemli birimdir. Bölgedeki diğer akifer özellikli birimler arasında, Tokuş formasyonu'nun neritik kireçtaşlarından oluşan Aşar üyesi ile kumtaşı ve gölsel kireçtaşlarından meydana gelen Porsuk üyesi yer almaktadır. Bunların yanı sıra, güncel alüvyonlar da geçirgen yapısıyla bölgenin yeraltı suyu potansiyelini artıran unsurlardan biridir. Bu alüvyonlar, genç yaşları nedeniyle suyu kolayca depolayabilme ve taşıyabilme kapasitesine sahiptir. Yarı geçirimli birimler açısından ise, Kılıçlı olistostromu'nun epiklastik ve piroklastik kayalar ile kiltası ve şeyl ardalanmasından oluşan Banaz üyesi öne çıkmaktadır. Bu birimler, sınırlı miktarda yeraltı suyu

hareketine izin veren bir yapıya sahiptir. Geçirimsiz birimlere gelindiğinde, serpantinitler dikkat çekmektedir. Bu kayalar, düşük geçirgenlikleri nedeniyle yeraltı suyu hareketini engelleyici bir nitelik taşır ve hidrojeolojik sistemde bariyer rolü oynar.

Yeraltı Suyunun Beslenme ve Boşalımı (Hidrolojik Bütçe)

Hidrolojik bütçe çalışmaları, belirli bir zaman dönemi içinde (genellikle bir yıl olarak alınmaktadır) bir havza veya havzanın bir parçasında kazanılan veya kaybedilen suların miktarsal olarak değerlendirilmesi için yapılmaktadır. Hidrolojik bütçe hesaplamasında havzaya ana girdi (beslenme) yağışla olmakta, çıkış (boşalım) ise Buharlaştırma ve Terleme ile oluşan kayıp, akarsu akımı şeklinde havzadan çıkış, içme, sulama ve benzeri amaçlı kullanımlar ve yeraltından havza dışına akış şeklinde olmaktadır.

Yağış: Etüt sahasındaki beslenme yağışla olmaktadır. Sivas kenti meteoroloji istasyonu verileri etüt sahasını temsil edecek konumda olup kurulduğu günden günümüze kadar (1930-2024) olan ortalama yağış değeri 430,1 mm'dir (WEB 1, 2025).

Buharlaştırma-Terleme: Yeraltısu bütçesi hesaplamalarında kullanılan Buharlaştırma-Terleme değeri doğrudan ölçüm şeklinde elde edilemez, buharlaştırma-terlemede etkili olan faktörlerin içerisinde yer aldığı farklı yöntemler (Penman, Turc, Thornthwaite vb.) kullanılarak hesaplama yoluyla elde edilir. Kullanılmakta olan yöntemlerden en uygun olanı, buharlaştırma-terlemede etkili olan faktörlerin tamamına yakını (yağış, sıcaklık, rüzgâr hızı, nispi nem ve güneşlenme) bünyesinde bulunduran Penman yöntemidir. Çalışma sahası için Çizelge 1'deki ölçüm verilerini kullanarak Penman yöntemiyle aylık bazda Potansiyel Buharlaştırma-Terleme (ETp) değerleri hesaplanmış (Çizelge 2); aylık bazdaki bu veriler "Thornthwaite Su Bilançosu Yöntemi"nde aylık bazdaki yağış verileri ile birlikte kullanılarak etüt sahasına özgü Gerçek Buharlaştırma-Terleme (ETg) değeri hesaplanmıştır. Çalışma sahası için hesaplanan ETg değeri 414,8 mm'dir. Bu değer, etüt sahasına özgü yağış değerinden (430,1 mm) çıkarıldığında (430,1 – 414,8) bulunan 15,3 mm değeri (toplam yağışın %3'ü), söz konusu etüt sahası için etkin yağış değeri olup, hidrolojik bilanço hesaplamalarında veya yeraltısu modelleme çalışmalarında, belli bir toprak örtüsünün bulunduğu ova ve benzeri bölgeler için bölgedeki toplam yıllık yağışın (430,1 mm) yeraltına sızan miktarı olarak alınabilmektedir.

Çizelge 1. Penman yöntemi ile ETp hesaplamasında kullanılan parametreler ve uzun dönem aylık ortalama değerleri (Sivas Meteoroloji İstasyonu verileri)

Table 1. Parameters used in the ETp calculation with the Penman method and long-term monthly average values (Sivas Meteorology Station data).

Parametre	Rasat Süresi (yıl)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	94	43.1	38.8	46.1	55.9	60.5	34.9	9.6	6.8	17.9	32.7	40.0	43.8	430.1
Ortalama Sıcaklık (°C)	94	-3.3	-2.0	2.7	9.0	13.5	17.1	20.0	20.3	16.3	11.0	4.8	-0.6	9.1
Ortalama Nem (%)	93	76.5	75.0	69.8	62.9	61.6	58.4	54.4	53.4	56.0	63.5	71.7	76.6	65.0
Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn)	94	1.3	1.5	1.7	1.8	1.6	1.6	1.7	1.6	1.3	1.1	1.1	1.2	--
Ortalama Günlük Toplam Güneşlenme Süresi (sa/gün)	92	2.5	3.5	4.8	6.3	8.1	10.5	11.9	11.4	9.4	6.5	4.2	2.5	--

Çizelge 2. Penman Yöntemine göre hesaplanan ETp değerleri ve aylık yağış verileri ile birlikte kullanılarak hazırlanan Thornthwaite Su Bütçesi Bileşenleri (Sivas Meteoroloji İstasyonu verileri)

Table 2. ETp values calculated using the Penman method and monthly precipitation data utilized to prepare the Thornthwaite Water Budget Components (Sivas Meteorology Station data).

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
YAĞIŞ, mm (Y)	43.1	38.8	46.1	55.9	60.5	34.9	9.6	6.8	17.9	32.7	40.0	43.8	430.1
POTANSİYEL BUHARLAŞMA - TERLEME, mm (ETp)	9.2	16.3	38.8	70.2	96.6	127.8	149.2	135.5	78.5	38.1	12.6	6.9	780.3
=Y - Etp	33.9	22.5	7.3	-14.3	-36.1	-92.9	-139.6	-128.7	-60.6	-5.4	27.4	36.9	--
*REZERV SU, mm	100.0	100.0	100.0	85.7	63.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.0	65.1	--
GERÇEK BUHARLAŞMA-TERLEME, mm (ETg)	9.2	16.3	38.8	70.2	96.6	96.7	9.2	6.9	18.0	33.4	12.6	6.9	414.8
EKSİK SU, mm (ETp - ETg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.1	140.0	128.6	60.5	4.7	0.0	0.0	364.8
FAZLA SU, mm (Y - ETp)	33.9	22.5	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.7
YERALTI SUYUNA İÇE AKIŞ, mm	16.9	20.2	12.9	6.4	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	62.9
YAĞIŞ-YERALTISUYUNA İÇE AKIŞ, mm	26.2	18.6	33.2	49.5	57.3	33.3	8.8	6.4	17.7	32.6	39.9	43.7	367.2
AYLIK NEMLİLİK KATSAYISI ((Y - ETp) / ETp))	3.7	1.4	0.2	-0.2	-0.4	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8	-0.1	2.2	5.4	8.7

Thornthwaite Yöntemi kullanımında ilgili havzada belli bir toprak örtüsünün var olması yöntemin önemli ön koşullarından birisidir. Dolayısıyla yeterince toprak örtüsünün bulunmadığı dağlık kesimler için Thornthwaite yöntemi uygun olmamakta, böyle durumlarda sadece Yağış ve Sıcaklık değerlerinin baz alındığı Turc Yöntemi kullanılmaktadır.

$$ETg = P / [(0,9) + (P^2 / L^2)]^{1/2}$$

ETg : Gerçek buharlaşma-terleme (mm/yıl)

P : Yıllık toplam yağış (mm/yıl)

L = 300+25 t+0.05t³ eşitliği ile t'ye bağlı bir faktör

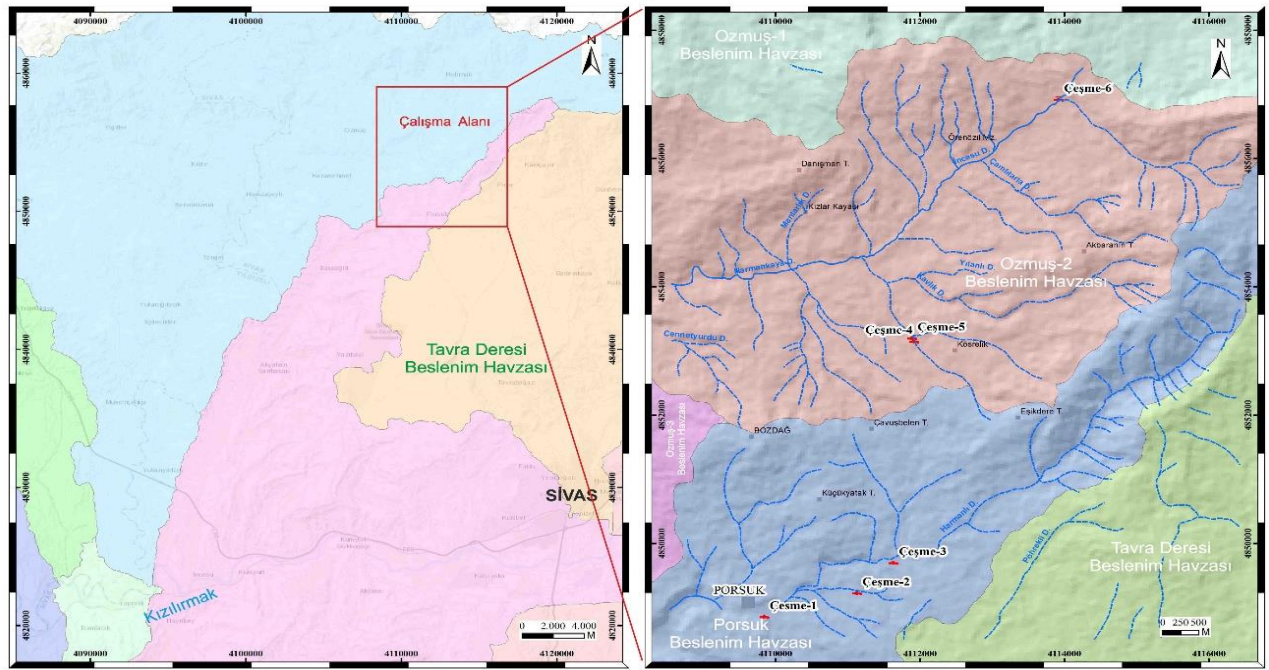
t : Yıllık ortalama sıcaklık (°C)

İlgili havzaya ait alansal ortalama yağış ve sıcaklık değerlerinin kullanıldığı Turc Yöntemine özgü yukarıdaki eşitlikte "L" faktörü için genel anlamda kullanılan "300" rakamı, farklı havzaların kendine özgü özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Özer (1990)'ın bu konu ile ilgili yapmış olduğu çalışma dikkate alınarak Sivas bölgesi için 300 rakamı yerine 30 rakamının kullanılması uygun görülmüş ve Sivas Meteoroloji istasyonuna ait yıllık ortalama yağış (430,1 mm) ve yıllık ortalama sıcaklık (9,10 °C) değerleri kullanılarak ova kesim dışındaki dağlık bölgeler için geçerli olabilecek Gerçek Buharlaşma-Terleme (ETg) değeri 247,37 mm olarak hesaplanmıştır.

Çalışma Alanı Alt Havzası ve Etki Alanı

Çalışma alanı çevresine ait beslenme havza modelleri, Harita Genel Komutanlığı tarafından sağlanan 1/25.000 ölçekli Topografik haritalardan elde edilen sayısal yükseklik modelleri kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 8). Bu modeller, alanın coğrafi özelliklerini ve su akış sistemlerini daha iyi anlamak amacıyla geliştirilmiştir. Çalışma alanı, Kızılırmak Nehri'ni besleyen büyük alt havzalardan üç tanesini içerisinde barındırmakta olup (Ozmuş, Porsuk ve Tavra), içerisinde yerleşim alanları, tarım arazileri ve madencilik faaliyetlerinin yanı sıra, sulama sistemleri ve ulaşım altyapısı gibi birçok insan etkisinin izine rastlanmaktadır. Havzaların toplam yüzey alanı 118.558 hektar olup bu geniş alan, doğal

ekosistemler ile insan kaynaklı yapılar arasında bir etkileşim alanı oluşturmaktadır. Bu tür yapıların varlığı, havzanın hidrolojik dengesi ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Aynı zamanda, havza bölgesi flora ve fauna açısından biyolojik çeşitlilik barındırmakta olup, ekolojik sistemlerin korunması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve sürdürülebilir kaynak yönetiminin sağlanması adına bu havza modellerinin detaylı analizi büyük bir önem arz etmektedir. Yaklaşık 4943 hektarlık bir alana sahip olup, üç havzaı keser konumdadır ve ayrıca bu üç havzanın toplam yüzey alanının yalnızca %4'lük bir bölümüne denk gelmektedir.



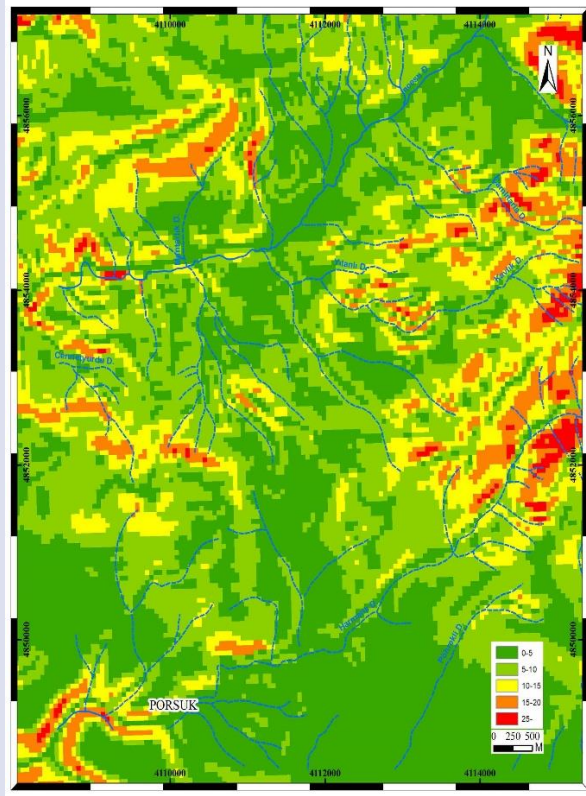
Şekil 8. Kızılırmak nehrini ve çalışma alanını besleyen alt havzalar.
Figure 8. Sub-basins feeding the Kızılırmak River and the study area.

Arazi Morfolojisi

Arazi morfolojisi, hidrojeoloji ile yakından ilişkili olup bir bölgenin yüzey şekilleri, yeraltı sularının hareketini, depolanmasını ve akış yönlerini doğrudan etkiler. Dağlık alanlarda eğim fazla olduğu için yüzey akışı artar, ancak yeraltı sularının süzülmesi sınırlı olabilir. Düz ve alçak araziler ise genellikle geçirgen tabakaların bulunduğu ve yeraltı su depolamasının daha yoğun olduğu alanlardır. Ayrıca, vadiler ve çöküntü alanları gibi morfolojik unsurlar, yeraltı suyu çıkışlarının (kaynaklar) oluşumuna olanak tanıyabilir. Arazi morfolojisi, akiferlerin (su taşıyan jeolojik tabakalar) yapısal özelliklerini belirleyerek hidrolojik döngüyü şekillendiren temel bir faktördür. Bu nedenle, hidrojeolojik çalışmalar, arazi morfolojisi analizlerine dayanarak su kaynaklarının yönetimi ve sürdürülebilir kullanımı için önemli bilgiler sağlar.

Çalışma alanına ait eğim haritasında, topografik özelliklerin görselleştirilmesi amacıyla farklı eğim

değerleri renk tonlarıyla belirtilmiştir (Şekil 9). Haritada, eğimin yüksek olduğu alanlar ($\geq 15\%$) kırmızı renk tonlarıyla vurgulanırken, eğimin düşük olduğu alanlar ($\leq 10\%$) yeşil renk tonlarıyla ifade edilmiştir. Bu görselleştirme, çalışma alanının bulunduğu arazinin eğim durumunu açıkça ortaya koymakta ve arazinin hidrolojik davranışına dair önemli ipuçları sunmaktadır. Yapılan değerlendirmelere göre, proje alanı içinde eğimin yüksek olduğu alanların büyük bir kısmı kuru dere yatakları ile örtülmektedir. Bu durum, topografyanın yağışlı dönemlerde yüzey akışı üzerindeki etkilerini anlamak açısından kritik bir bulgudur. Özellikle yağışlı mevsimlerde, eğim doğrultusunda suyun bu dere yataklarına yönelerek, vadinin daha alçak tabanlarına doğru hareket ettiği gözlemlenmektedir. Bu hidrografik süreç, yağışın etkisiyle oluşan su akışının yönünü ve yoğunluğunu anlamak için önemli bir veri sağlamaktadır.



Şekil 9. Proje alanı ve çevresine ait eğim haritası.
Figure 9. Slope map of the project area and its surroundings.

Su Kimyası

Sularda elektriksel iletkenlik (EC) değeri, suyun içindeki çözünmüş iyonların miktarını ve dolayısıyla tuzluluk seviyesini ölçen önemli bir parametredir. Bu değer, suyun elektrik akımını iletebilme kapasitesini gösterir ve suyun kimyasal özellikleri hakkında bilgi verir. EC değeri, suyun içme, sulama ya da endüstriyel kullanım için uygunluğunu değerlendirmede önemli bir rol oynar. Çevresel izleme çalışmalarında da su kaynaklarının kirlilik durumunu değerlendirmek için EC ölçümleri yapılır. Bu nedenle, EC değeri, suyun kalitesi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir göstergedir. Çalışma alanı ve çevresindeki akar çeşmelerde yapılan EC analiz değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Etüt sahasındaki bazı kaynak sularının arazide yerinde ölçüm ve laboratuvar kimyasal analiz sonuçları
Table 3. On-site measurements and laboratory chemical analysis results of some source waters in the study area.

Örnek No	Örnek Adı ve Numarası	EC (µS/cm)
1	Çeşme-1 (Porsuk köy çeşmesi)	266
2	Çeşme-3 (Harmanlı)	353
3	Çeşme-4 (Körselik güneyi)	320
4	Çeşme-6 (Şahin pınarı)	336

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, madencilik faaliyetlerinin yüzey ve yeraltı su kaynakları üzerindeki çevresel etkilerini incelemiş ve su sistemlerinin korunmasına yönelik önlemler önermiştir. Bulgular, madencilik süreçlerinin hem ekonomik kalkınma hem de ekosistem sürdürülebilirliği açısından çok boyutlu ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Yeraltı suyu açısından önemli bir role sahip jeolojik birimler, madencilik alanlarının su sistemleri üzerindeki etkilerini belirlemektedir. Çalışma alanı sınırları içerisinde, önceki yıllarda açık işletme şeklinde endüstriyel hammadde tedariki için faaliyet göstermiş iki adet terkedilmiş kalker ocağı bulunmaktadır. Bu ocaklardan bir tanesi Tokuş Formasyonu Banaz üyesi, bir diğeri ise Akdağmadeni litodemi sınırları içerisinde yer almaktadır.

Çalışma alanında, düşük geçirgenlikli serpantin (Tekelidağ karışığı) doğal bariyer oluştururken, geçirgen mermer (Akdağmadeni Litodemi) ve neritik kireçtaşı (Aşar üyesi) birimleri rezervuar görevi görmektedir. Geçirgen akifer özelliğine sahip jeolojik birimlerde gerçekleştirilecek olan yerüstü ve yeraltı su sistemlerinin korunması öncelikli olmalıdır.

Saha verilerine göre, İncesu Deresi'nin topoğrafik haritalarda sürekli akarsu olarak gösterilmesine karşın saha gözlemlerinde kuru olduğu belirlenmiştir. Bu, yüzey ve yeraltı sularının mevsimsel ya da antropojenik faktörlerle değişebileceğini, dolayısıyla su sistemleri ile madencilik faaliyetleri arasındaki etkileşimin yalnızca sabit modellerle açıklanamayacağını ortaya koymaktadır. Bu etkileşim, önceki çalışmalarda vurgulandığı gibi, maden sahalarının hem doğrudan hem de dolaylı etkilerle hidrolojik dengeyi bozabileceğine işaret etmektedir (Jharia ve ark., 2016; Khobragade, 2020; Bajrović ve ark., 2025). Madencilik faaliyetleri sırasında dere yataklarında tampon koruma alanları oluşturulmalıdır. Aşırı yağışlar sırasında gelişebilecek taşkın sonucunda, sediment taşınımı ve ağır metal kirliliğinin önüne geçmek amacıyla, dere yataklarına atık ve dekapaj malzemelerinin depolanmasının önüne geçilmelidir.

Yeraltı su seviyesinin işletme taban kotuyla ilişkisi, madencilik faaliyetlerinin hidrojeolojik etkilerini belirlemede temel bir parametre olarak öne çıkmaktadır. Taban kotunun, yeraltı su tablasına yakın olması durumunda, akiferlerde su seviyesinin düşmesi, hidrolik gradyanın değişmesi ve kirliticilerin yayılımı gibi olumsuz etkiler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle, maden işletme projeleri mutlaka hidrojeolojik modelleme, su bütçesi analizi ve jeokimyasal değerlendirmeler ile desteklenmelidir (Khobragade, 2020; Şimşek, 2022; Bajrović ve ark., 2025).

Çalışma alanında, yıllık ortalama yağışın 430,1 mm olduğu ve bu yağışın yalnızca %3'ünün yeraltı suyuna sızdığı belirlenmiştir. Bu düşük sızma oranı, yeraltı suyu besleniminin oldukça sınırlı olduğunu ve bu kaynakların sürdürülebilirliğinin hassas dengelere bağlı olduğunu

göstermektedir. Bu bağlamda, madencilik faaliyetleri sırasında su kaynaklarının korunması yalnızca çevresel bir gereklilik değil, aynı zamanda bölgenin su güvencesi açısından da stratejik bir önceliktir. Bu nedenle, hidrolojik bütçe analizleri ve mevsimsel su seviyesi değişimleri, madencilik faaliyetlerinin uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılmalı ve sürekli izleme sistemleri kurulmalıdır.

Genel olarak, patlatmalı madencilik yöntemlerinin kullanıldığı açık ocak işletmelerinde, geçirgen akiferlerin bulunduğu bölgelerde minimum titreşim ve basınç dalgası oluşturacak yöntemler kullanılmalıdır. Bunun için, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2018 tarihli "Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu" dan faydalanılabilir. Bu durum, akiferlerin yapısal bütünlüğünü korumak adına en önemli adımlardan birini oluşturacaktır.

Kaynaklar

- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ.E., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H.Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F., Yurtsever, A. vd., (2011). 1:1.250.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara-Türkiye.
- Bajrović, H.B., Tomašević, V.P., Raut, J.D., (2025). Analysis of the Impact of Mining Activities on Surface Water Quality – Identification of Key Parameters Through Statistical and Chemical Analysis, Pol. J. Environ. Stud. Vol. 34, No. 3, 2567-2577. DOI: 10.15244/pjoes/188226.
- Ceylan, H., Özkahraman, H.T., (2000). Madencilik Faaliyetlerinde Çevresel Planlama ve Uygulanabilecek Doğaya Yeniden Kazandırma Alternatifleri, Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 Mayıs, 91-100.
- Değirmenci, M., Duran, Z., (2018). 85085 Ruhsat Numaralı Kalker Sahasının Hidrojeolojik Etüd Raporu, Sivas yayınlanmamış, 53 s.
- Gupta, S.K., Nikhil, K., (2016). Ground Water Contamination in Coal Mining Areas: A Critical Review. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IEAS).
- Jhariya, D.C., Khan, R., Thakur, G.S., (2016). Impact of Mining Activity on Water Resource: An Overview study, Recent Practices and Innovations in Mining Industry, 271-277.
- Khobragade, K., (2020). Impact of Mining Activity on environment: An Overview, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 10, Issue 5, May 2020, 784-791, ISSN 2250-3153. <http://dx.doi.org/10.29322/IJSRP.10.05.2020.p10191>.
- MTA, (1997). 1:100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, No: 47, Sivas-F23 Paftası (Yılmaz, A., Uysal, Ş., Ağan, A., Göç, D. ve Aydın, N., Jeoloji Etütleri Dairesi, 15s. Ankara.
- Ngah, S.A., Reed, S.M., Sing, R.N., (1984). Groundwater Problems in Surface Mining in the United Kindom. International Journal of Mine Water. Volume 3, Pages 1-12.
- Okay, Al., Tüysüz, O., (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, Special Publications 156:475–515. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22>.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M. ve Tekeli, O., (1980). Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi Arasının Temel Jeolojisi, MTA Enst. Derleme Rapor No:6722, yayınlanmamış, 139 s.
- Özer, Z., (1990). Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar. Teknik Rehber, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 714 s.
- SÇDR, (2011). Sivas İli Çevre Durum Raporu, Sivas Valiliği, 537s, Sivas.
- SÇDR, (2023). Sivas İli Çevre Durum Raporu, Sivas Valiliği, 217s, Sivas.
- Şimşek, C., (2022). Açık Ocak Madenciliğinde Su Kaynaklarının Yönetimine Bağlı Sorunlar, Journal of Underground Resources, 11(22), 25-40.
- Taştekin, C., Ata, E., Erkasap, M., Demir, H., (2015). Afşin – Elbistan Kömür Havzası Yeraltı Suyu Yönetimi Ve Susuzlaştırma Projeksiyonu. 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı 06-10 Nisan Ankara.
- Yılmaz, A., (1980). Tokat ile Sivas arasındaki bölgede Ofiyolitlerin kökeni, iç yapısı ve diğer birimlerle ilişkisi: Doktora tezi (yayımlanmamış). A.Ü. Fen Fakültesi, Jeoloji Kürsüsü, Ankara, 136 s.
- Yılmaz, A., (1983). Tokat (Dumanlıdağı) ile Sivas (Çeltekdagi) Dolaylarının Temel Jeoloji Özellikleri ve Ofiyolitli Karışığın Konumu, MTA Enst. Dergisi, No:99/100 (Ayrı baskı), 18 s., Ankara.
- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Ağan, A., Göç, D. ve Aydın, N., (1997). 1/100 000 Ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Sivas-F 23 Paftası, No:47, MTA, Ankara.
- WEB, 1 (2025). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SIVAS> (Erişim tarihi; 28.03.2025).
- WEB, 2 (2025). <https://webdosya.csb.gov.tr/db/jvsb/webmenu/webmenu12152.pdf> (Erişim tarihi; 05.04.2025).