



Article Info/Makale Bilgisi

✓Received/Geliş: 02.01.2025 ✓Accepted/Kabul: 11.08.2025

DOI:10.30794/pausbed.1611955

Research Article/Araştırma Makalesi

Akşit, S. (2025). "Doğal Ortam Koşullarının Akarsuların Su Kalitesi Üzerine Etkileri: Yukarı Dalaman Çayı Havzası Örneği", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 70, 345-360.

DOĞAL ORTAM KOŞULLARININ AKARSULARIN SU KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ: YUKARI DALAMAN ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ

Selahattin AKŞİT*

Öz

Çalışmada Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın doğal ortam koşullarının incelenmesi ve su kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'nin güneybatısında ve Dalaman Çayı Havzası'nın yukarı kesiminde yer alan Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda su kalitesinin belirlenmesi için iki farklı dönemde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, sıcaklık artışı çözünmüş oksijen (DO2) seviyelerinde düşüşe neden olmuş ve özellikle ikinci ölçüm döneminde DO2 değerleri kritik seviyelere gerilemiştir. Debide gözlemlenen azalmalar, mevsimsel yağış farklılıklarına bağlı olarak akarsu rejiminde meydana gelen değişimlerle ilişkilendirilebilmektedir. Bu durum sudaki kirlilik konsantrasyonunun artmasına yol açmıştır. Ayrıca toplam çözünmüş madde (TDS) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP) değerlerinin düşük olması ise akarsuyun organik madde yükü açısından zengin olduğunu göstermektedir. Bu durum su sıcaklığı, debi ve sediment yükü gibi faktörlerin akarsuların su kalitesini olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Doğal ortam koşulları, Su kalitesi, Yukarı Dalaman Çayı Havzası.

EFFECTS OF NATURAL ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON WATER QUALITY OF STREAMS: UPPER DALAMAN STREAM BASIN EXAMPLE

Abstract

This study aims to examine the natural environmental conditions of the Upper Dalaman Stream Basin and to determine their effects on water quality. For this purpose, measurements were carried out in two different periods to determine the water quality in the Upper Dalaman River Basin, located in the southwest of Türkiye and in the upper part of the Dalaman Stream Basin. According to the results obtained, the increase in temperature caused a decrease in dissolved oxygen (dO2) levels and especially in the second measurement period, dO2 values regressed to critical levels. The decreases observed in the flow rate can be associated with the changes in the stream regime depending on the seasonal precipitation differences. This situation led to an increase in the pollution concentration in the water. In addition, an increase in total dissolved solids (TDS) and electrical conductivity (EC) values was observed. The low oxidation-reduction potential (ORP) values indicate that the stream is rich in terms of organic matter load. This situation has revealed that factors such as water temperature, flow rate, and sediment load negatively affect the water quality of the streams.

Keywords: Natural environment conditions, Water quality, Upper Dalaman Stream Basin

*Dr. Öğr. Üyesi, Pamukkale Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü, DENİZLİ.
e-posta: aksit@pau.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0002-9782-0245>)

1. GİRİŞ

Su, kendine özgü fiziksel ve kimyasal yapısı nedeniyle yaşamın temel matriksi olarak kabul edilmekte (Ripl, 2003, Finney, 2004) ve Dünya'daki yaşam süreçlerini sürdürmek için gerekli doğal kaynaktır (Akyıldız ve Duran, 2021). Bildiğimiz üzere su, yeryüzünün yaklaşık %71'ini kaplamaktadır. Ancak, su hem kırsal hem de kentsel alanlarda en çok talep gören ihtiyaçlardan biri (C.G.W.M., 1990, Igwe, vd., 2017). Yerkürede yaşamı sürdüren tüm canlılar ihtiyaç duydukları suyu bu hidrolojik döngüden karşılarlar (Yüksek, 2004). Dünya ile Güneş arasında kapalı sistem ilişkisi olup yalnızca enerji alışverişi söz konusudur. Bu nedenle suyun miktar olarak azalması ve artması mümkün olmayıp (Verrep, vd., 2020) kullanılabilir su miktar ve kalitesinde bir değişim söz konusudur.

Suyun döngüsü içerisinde önemli bir yeri olan akarsular, kara yüzeyine düşen yağışların ve yeraltı suyu kaynaklarının yüzeyde eğim şartlarına bağlı olarak akışa geçerek üzerinde aktığı yüzeyi aşındırması sonucu doğal kanallar ve oluklar oluşturmaktadır (Atalay, 1986). Bu nenenle doğal ortam özellikleri, akarsuların gelişimi, ekosistemi ve bu akarsuları oluşturan suların özellikleri üzerinde oldukça etkilidir. Biyosferde çok yönlü ve karşılıklı bir etkileşim bulunduğundan, hava, su ve topraktan herhangi birisinde ortaya çıkan kirlenme diğerlerine de taşınmakta ve zarar giderek artmaktadır (Akyıldız, 2008). Bu bağlamda su kirliliği, su kaynağının sahip olduğu fiziksel, kimyasal ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi, suyun kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratmaktadır.

Azot oksitleri, ağır metaller, hidrokarbonlar ve radyoaktif maddeler gibi bazı kirleticiler, doğada kendiliğinden oluşan bileşikler arasında yer almaktadır (Bonavigo ve ark., 2009). Yağmur suyu, atmosferde bulunan kirleticiler maddeleri çözerek yeryüzüne taşır ve beraberinde partikül madde getirir. Özellikle kükürt ve azot oksitlerinin yağmur suyunda çözünmesiyle oluşan asit yağmurları, su kaynaklarının kirlenmesine neden olan başlıca etkenlerden biridir. Bunun yanı sıra, atmosferdeki partiküllerin yerçekimi etkisiyle doğrudan yeryüzüne inmesi (kuru çökeltme) de kirliliğe yol açabilir. Çevredeki bitkilerden dökülen yaprak ve dal gibi organik maddeler de suyun kimyasal özelliklerini değiştirebilir. Ayrıca, yer altındaki kayalar ve volkanik faaliyetler, bazı tuzların su kaynaklarına karışmasına neden olabilmektedir (Helmer, 1997).

Bazı kirleticiler ise, doğada doğal olarak bulunan bileşiklerin evsel, tarımsal veya endüstriyel faaliyetler sırasında yoğunlaşması ve kimyasal dönüşümler geçirmesiyle ortaya çıkar (Toth, 2009; Singh ve ark., 2020). Özellikle tarım alanları ve hayvancılık yapılan bölgelerden gelen yüzeysel akışlar, önemli ölçüde tarımsal atıkların su kaynaklarına taşınmasına neden olur. Günümüzde meyve ve sebze verimliliğini artırmak için çiftçiler tarafından kullanılan çeşitli tarım ilaçları ve kimyasallar, yalnızca toprağa değil, aynı zamanda sucul ekosistemlere de toksik etki gösterebilir. Tarım kimyasalları, pestisitler, petrokimyasallar, hidrokarbonlar, ağır metaller ve radyoaktif maddeleri içeren kanalizasyon ve atık sular da, bu kirliliğin başlıca kaynaklarından (Mahar & Datta, 2001; Savcı, 2012).

Tatlı su kaynakları, özellikle evsel tüketim, tarım ve sanayi açısından büyük önem taşımaktadır. İnsan tüketimine yönelik suyun; kokusuz, renksiz, hoş tatlı ve kimyasal ile biyolojik kirleticilerden arındırılmış olması gereklidir (Jinwal, & Dixit, 2008). Ancak, su kalitesinin bozulması hem insan sağlığı hem de doğal yaşam için ciddi tehditler oluşturmaktadır (Shiklomanov & Rodda, 2004). Suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki olumsuz değişikliklerin canlı sağlığı üzerindeki zararlı etkileri "su kirliliği" olarak tanımlanmaktadır (WHO, 1997). Bu nedenle su kaynaklarının kirliliği ve kalitesi havzaların doğal ve beşerî koşullarının etkisi altında kalmaktadır.

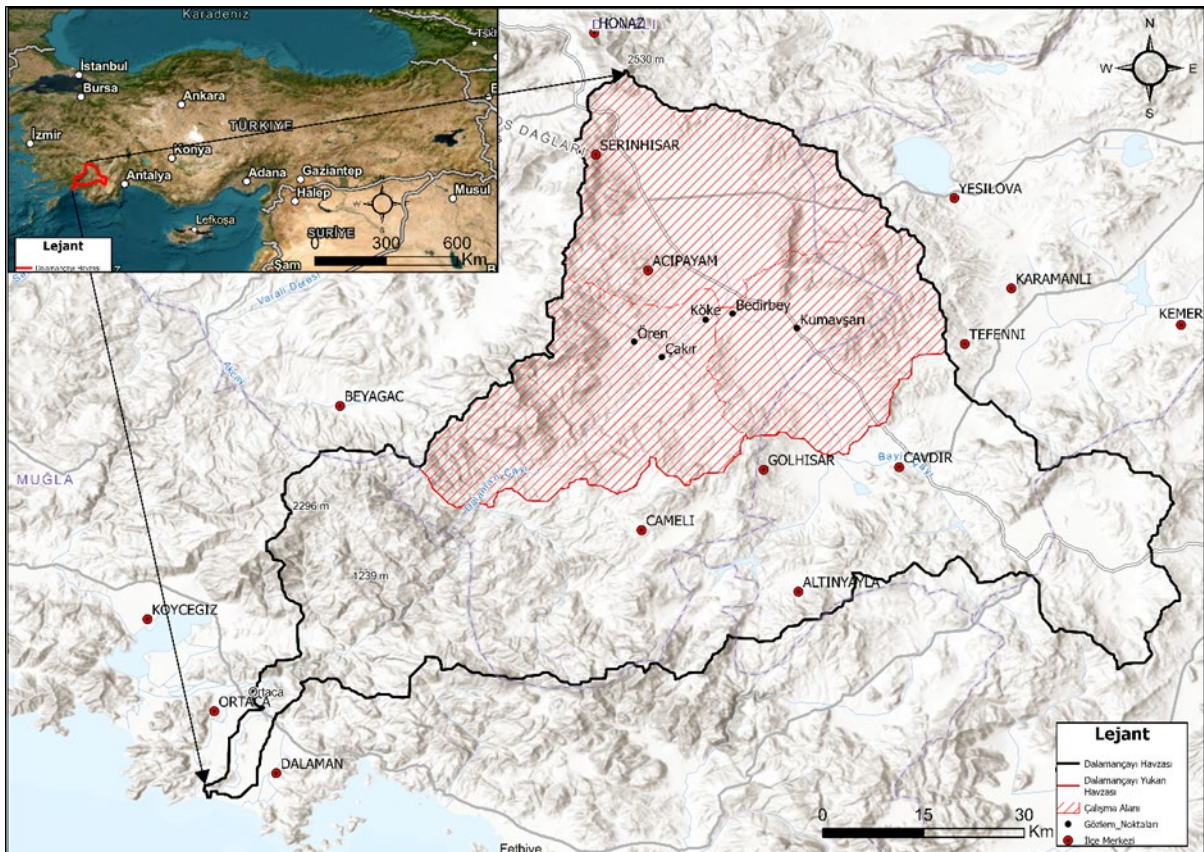
Su, yalnızca insan faaliyetleri (içme, temizlik, sulama vb.) için değil; aynı zamanda yer altındaki biyocoğrafya-kimyasal döngülerde de hayati rol oynamaktadır (Hancock, vd., 2005, Huang, vd., 2013). Özellikle dünyada gözlemlenen iklim değişikliği, sulama suyuna olan talebin artması, kullanılan suyun bilinçsizce doğaya bırakılması gibi etkenler nedeniyle mevcut yüzey kaynaklarının miktarı azalmakta ve kalitesi bozulmaktadır (İleri vd., 2007; Dayioğlu, 2011). Sadece nehirlerdeki doğal değişikliklerden değil, aynı zamanda insan faaliyetleri sonucu oluşan kimyasal ve fiziksel faktörlerden de etkilenirler (Hellawell, 1986; ZamoraMunoz & Alba-Tercedor, 1996, Akyıldız ve Duran, 2021). Son yıllarda, hızla artan nüfus, sanayileşme, kentleşme ve yoğun tarım faaliyetleri tatlı su kaynaklarını ciddi biçimde tehdit etmekte, bu kıt kaynağı bir kriz durumuna sürüklemektedir (Raju, 2011). Kaynağı ister doğal, ister beşeri olsun, su kirliliğinin sonuçları genellikle benzerdir: bütün canlılar için ölüm ve hastalık riski yaratır (Heath, 1987). Suyun kullanım alanları arttıkça özellikle sanayileşmenin ilerlediği ülkelerde (Chapman, 1996) su kalitesi kavramı da daha çok önem kazanmıştır.

Su kalite değerlendirmesi, doğal su kalitesi, insan etkileri ve özellikle insan sağlığı ile sucul sistemdeki canlıların sağlığını etkileyebilecek su kullanım amaçlarıyla ilgili olarak suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değerlendirmesi olarak tanımlanır. Bu ise suyun, uluslararası standartlar çerçevesinde belirlenmiş bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerinin analizlerine dayanmaktadır (USGS, 2001). Bu nedenle de su varlıklarının kalite ve kirlilik durumlarının gerekli izlemelerle takip edilmesi ve potansiyel tehlikelerin su varlıklarına ulaşmadan saptanması ve/veya önlenmesi gerekmektedir (Selek ve Karaarslan, 2019). Su kalite izlemesi ise, sucul sistemdeki birtakım verilerin mevcut koşulları tanımlamak ve olası eğilimleri belirlemek amacıyla düzenli aralıklarla takibini ifade eder. Su kalitesi, özellikle yüzey ve yer altı sularının, farklı amaçlar için kullanımının uygun olup olmadığının ölçülmesi şeklinde tanımlanabilir.

Çalışmada Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın doğal ortam koşulları incelenmesi ve su kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Literatürün incelenmesi sonucunda coğrafya alanında Yukarı Dalaman Çayı Havzası su kalitesi üzerine kapsamlı çalışmaların bulunmaması önemli bir eksiklik olarak görülmektedir. Bu anlamda bu çalışma Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda su kalitesine ilişkin uygulamalı yöntemlerin kullanılması sonucunda alınan örneklerle literatüre katkı sağlaması açısından önem arz etmektedir.

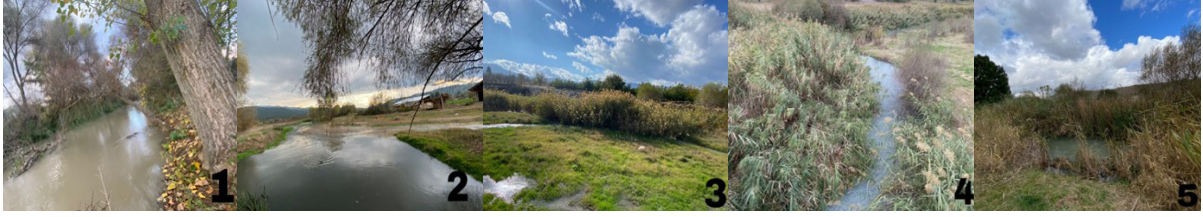
1.1. Çalışma Alanı

Araştırmada çalışma sahası olarak Acıpayam polyesinde yer alan Dalaman Çayı Yukarı Havzası ele alınmıştır. Yukarı Dalaman Çayı havzası, Türkiye'nin güneybatısında 37° 07'-37° 40'N ve 29° 02'-29° 42' koordinatları arasında yer almaktadır. Havza, Dalaman Çayının yukarı kesimlerinde yer alır ve Çameli, Gölhisar, Acıpayam ve Serinhisar ilçe sınırları içerisinde uzanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma sahasının lokasyon haritası.

Dalaman Çayı'nın yukarı havzasını ele alan bu çalışmada Dalaman Çayı ve kolları üzerinde 5 gözlem noktası belirlenmiştir (Tablo 1). Sulu tarımının yaygın olduğu Çakır, kuru tarımın yaygın olduğu Ören, sanayi faaliyetlerinin belirgin olarak gözlemlendiği Köke-Bedirbey, polye ovasının başlangıcı olarak kabul edilen Kumavşarı, farklı coğrafi ve beşerî etmenler dikkate alınarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Yukarı Dalaman Çayı Havzası gözlem noktaları 1) Çakır, 2) Ören, 3) Köke, 4) Bedirbey, 5) Kumavşarı

Tablo 1. Yukarı Dalaman Çayı Havzası gözlem noktaları

Gözlem Noktaları		Koordinat	Rakım (m)
1	Ören	37° 17' 53" K-29° 20' 36" D	810
2	Çakır	37° 19' 39" K-29° 21' 44" D	820
3	Köke	37° 20' 31" K-29° 23' 29" D	830
4	Bedirbey	37° 20' 60" K, 29° 25' 49" D	840
5	Kumavşarı	37° 17' 14" K, 29° 29' 9" D	880

2. YÖNTEM

Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın Acıpayam ve çevresinde bulunan akarsu ağı ve topografyanın belirlenmesi için USGS'den alınan sayısal yükselti modeli (SYM) kullanılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri programlarından olan ArcGIS 10.8.1. kullanılarak alanın akarsu ağı ve havza sınırları belirlenmiştir. Çalışmanın ana amacı yukarı Dalaman Çayı ve çevresinin su kalitesini belirlemek olduğundan ana akarsu olan Dalaman Çayı'nın su bölümü çizgisi belirlenmiştir.

Mekansal analiz yöntemlerinden olan hidroloji aracı kullanılarak bölgenin sayısal yükselti modelinde sırasıyla doldurma, akış belirleme, akış toplamı bulma işlemleri yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda suyun akış yönü, yükseltinin daha fazla olduğu hücreden daha az olduğu hücreye doğru olup değerler ters orantı olarak verilerek drenaj ağı oluşturulmuştur. Suların drene edildiği çıkış noktası bulunarak su bölümü çizgisi oluşturulmuştur. Oluşturulan havza alanı içerisinde suyun kaynak noktasından itibaren kalitesini etkileyebilecek faktörler göz önüne alınarak gözlem noktaları belirlenmiştir. Bunlar doğal ve beşerî faktörler olarak ikiye ayrılmaktadır. Çalışmada doğal faktörleri meydana getiren yükselti, eğim, iklim şartlarına bağlı olarak yağış ve sıcaklık durumu, bitki örtüsü kapallılığı, litoloji ve toprağa bağlı olarak arazinin durumu değerlendirilmiştir. Beşerî faktörler açısından da suyun kalitesini bozmaya yönelik tehdit oluşturabilecek tarım ve hayvancılık faaliyetleri, yerleşimlere uzaklığı ve yerleşmenin yoğun olduğu alanlara yakınlığı gibi hususlar dikkate alınmıştır. Bu bağlamda çalışma alanında 5 gözlem noktası belirlenmiştir. Polye ovasının başlangıcı olarak kabul edilen su bölümü çizgisinde yer alan Kumavşarı, sanayi faaliyetlerinin belirgin olarak gözlemlendiği Bedirbey-Köke, kuru tarımın yaygın olduğu Ören, sulu tarımının yaygın olduğu Çakır farklı coğrafi ve beşerî etmenler dikkate alınarak örnek noktaları olarak belirlenmiştir. Havzanın su kalitesi tespitinde Avrupa Su Çerçeve Direktifi'ndeki ekolojik bölgeler ve yüzey sularının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler esas alınmıştır. Ekolojik bölge tanımlanmasında zorunlu faktörler olarak yükselti, havza alanının büyüklüğü ve jeoloji verilmiştir. Bu çalışmada zorunlu faktörlerin yanında isteğe bağlı faktörler olarak eğim, sıcaklık, yağış, bitki örtüsü ve arazi örtüsü değerlendirilerek ekolojik bölgeler belirlenmiştir. Bu faktörler akarsuyun tamamını veya bir parçasının özelliklerini belirlerken biyolojik popülasyonun kompozisyonunu ve yapısını da belirlemektedir. Çalışma alanının eğim, yükselti ve hidrografi haritaları dem verisi kullanılarak ArcGIS programı mekansal analiz yöntemleri kullanılarak oluşturulmuştur.

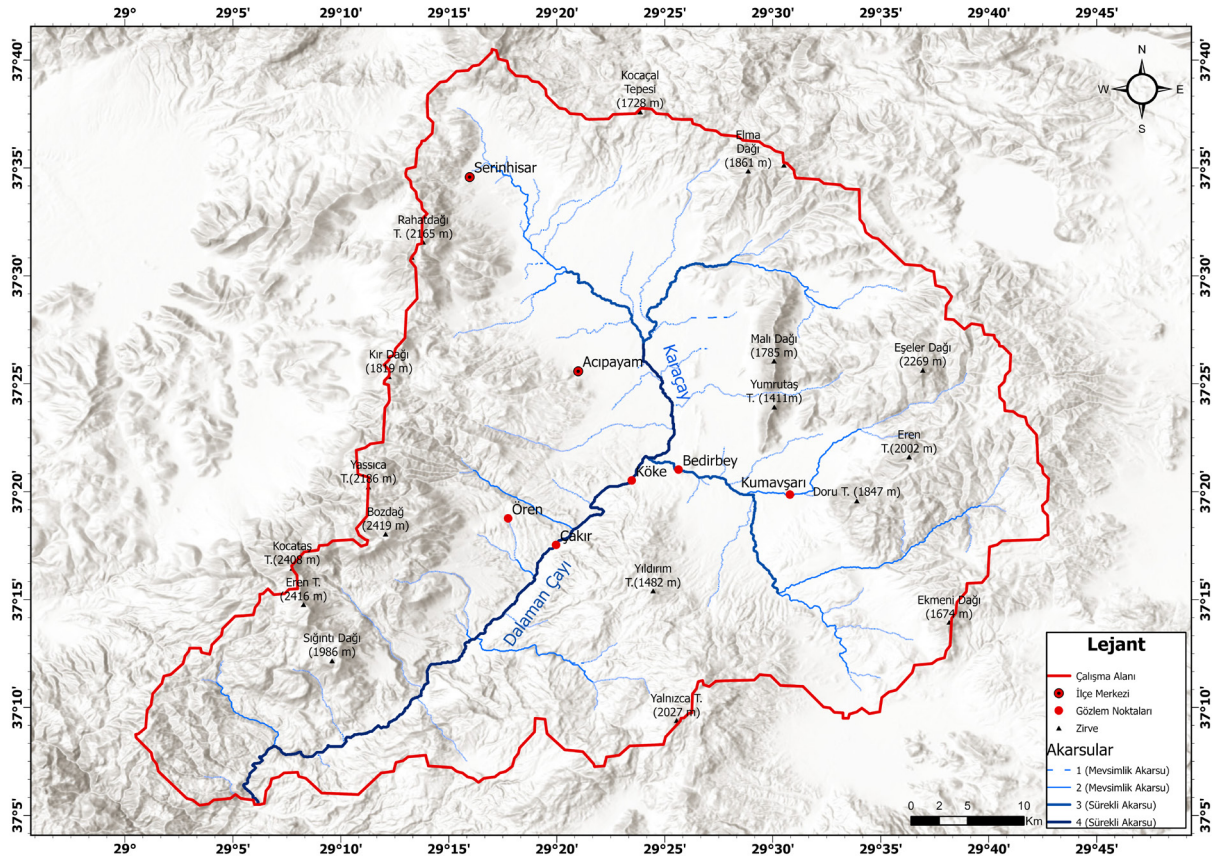
Alana ait iklim özelliklerinin belirlenmesi için araştırma sahası içerisinde yer alan ve çevresinin yıllık ortalama sıcaklık ve toplam yağış verilerinin elde edilmesinde Fick ve Hijmans, 2017 yılında yayınlamış oldukları yüksek çözünürlüklü raster iklim verilerinden yararlanılmıştır. Bu veriler ile sıcaklık ve yağış dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çalışma alanındaki bitki örtüsü verileri Orman Genel Müdürlüğü'nden temin edilen meşcere verilerinin düzenlenmesiyle oluşturulmuştur. Çalışma alanının jeoloji ve litoloji haritaları MTA'dan alınan veriler faydalanılarak oluşturulmuştur. Arazi örtüsü verileri için CORINE 2018 yılı verilerinden faydalanılmıştır. Suyun

kimyasal özelliklerin belirlenmesi amacıyla 5 gözlem noktası belirlenerek akımın endüşük ve en yüksek olduğu Kasım ve Mayıs aylarında su örnekleri alınmıştır. Bu örnekler laboratuvar ortamında su kimyası analizlerinde spektrofotometrik tayin yöntemleri kullanılmıştır. Su kimyası analizleri, spektrofotometrik su kimyası analiz cihazı (HACH Lange® DR2800) ve bu cihaza ait kitler kullanılarak yapılmıştır.

Aynı zamanda doğal ortam koşullarının su kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi için su kalitesi ölçümleri ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle çözünmüş oksijen (DO), sıcaklık, iletkenlik(EC), tuzluluk (salinity), hidrojen potansiyeli (pH-potential of hydrogen), toplam çözünmüş katı madde (TDS- total dissolved solid) ve oksidasyon indirgeme potansiyeli (ORP - oxidation reduction potential) parametrelerini ölçümünde multi parametre cihazı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Dalaman Çayı, toplam uzunluğu 229 km ve havzanın alanı ise 3.500 km²'dir. Akdeniz'in önemli sulak alanlarındandır. Araştırmada çalışma sahası olarak Acipayam polyesinde yer alan Yukarı Dalaman Çayı Havzası ele alınmıştır (Şekil 3). Dalaman Çayı'nın bu araştırma sahasındaki uzunluğu ise 81 km'dir. Havzayı, kuzeyde Kocaçal Tepe (1728 m.), doğudan Eşeler Dağı (2269 m.), güneyde ise Yalnızca Tepe (2027 m.) ve batıda güney-kuzey yönlü uzanan Kır Dağları ile sınırlamaktadır. Bu bölümde havzanın sahip olduğu topografik, jeolojik, litolojik, iklim, bitki örtüsü, toprak ve arazi kullanım özelliklerinin akarsuların su kalitesi üzerindeki etkisi ortaya konulacaktır.



Şekil 3. Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın hidroloji haritası

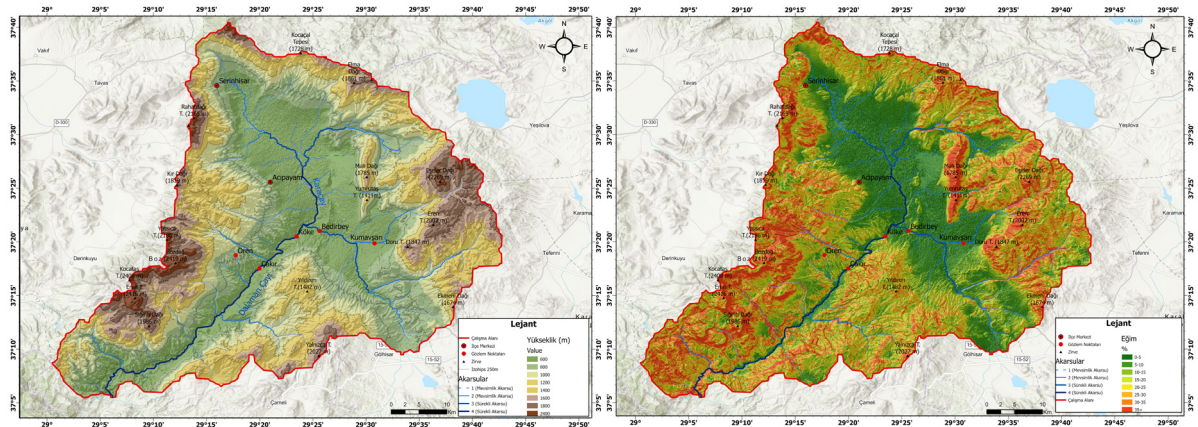
3.1. Topografik Özellikler

Topografya akarsuların rejimini etkileyen önemli bir fiziki coğrafya parametresidir. Akarsular bulundukları topografyayı düzleştirme eğilimindedir. Bu eğilimi yataklarını aşındırma, aşındırmış olduğu malzemeleri taşıma ve bu malzemeleri biriktirme işlevleriyle gerçekleştirmektedirler (Atalay, 2011). Akarsu havzasında eğimin fazla olduğu alanlar akış hızının ve aşındırmanın fazla olduğu alanlardır. Bu alanlar akarsuyun erozyon faaliyetlerinden olan korazyon olayının gerçekleştiği alanlardır. Bu korazyon faaliyeti, akarsuların akışı sırasında içerisinde taşımış

olduğu katı parçaların birbirine çarpması veya yatağa sürtünmesi sonucu mekanik yoldan ufalanmaların ve parçalanmaların gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu durum taşınan katı yük miktarını artırmasına yol açmıştır.

Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda bulunan Acıpayam Ovası ortalama 885 m rakıma sahiptir. Havzanın en yüksek noktasını 2419 metre ile güneybatı sınırında yer alan Bozdağ oluşturmaktadır (Şekil 3). Havzanın yükseltisi doğuya doğru artmaktadır. Havza çevresinde yüksek rakıma sahip dağlık alanların bulunması akarsularda akışın ve buna bağlı olarak da aşındırmanın fazla olmasına neden olmaktadır. Bu durum akarsuda taşınan katı yük miktarını arttırmıştır. Havza içerisinde belirlenen gözlem noktalarının rakımı ise sırasıyla Ören (810 m.), Çakır (820 m.), Köke (830 m.), Bedirbey (840 m.), Kumavşarı (880 m.)'dir. Ana akarsudan yan kollara doğru gidildikçe rakımın arttığı görülmektedir.

Eğim, bir akarsuyun taşıdığı suyun hızını, taşıma kapasitesini ve dolayısıyla su kalitesini doğrudan etkileyen önemli bir coğrafi faktördür. Eğimi değeri fazla olan topografyada bulunan akarsuların hızı daha yüksektir. Bu durum akarsuların taşıdığı malzemelerin tür ve miktar bakımından fazla olmasına neden olmuştur. Akış hızı yüksek olan akarsular erozyona yol açarak daha fazla sediman yükünü taşırlar. Eğim değerlerinin düşük olduğu alanlarda ise akarsuların akış hızı düşüktür. Bu durum ise su içerisindeki organik maddelerin ayrışmasına olanak tanıyarak suyun oksijen seviyesini düşürmektedir. Havzanın ova tabanında eğim değerleri 0-5 derece arasında değişmektedir. Havzada en yüksek eğim değerleri havza sınırını oluşturan dağlık alanlarda görülmektedir (Şekil 4). Havza tabanında 0-5 derece civarında olan eğim değeri dağlık alanlara doğru artarak 35 derecenin üzerine çıkmaktadır. Havzada eğim değerlerinin yüksek olması akarsu ağında taşınan malzeme miktarını artırarak taşkınlara yol açmaktadır. Bu durum suyun kalitesini doğrudan etkilemektedir.



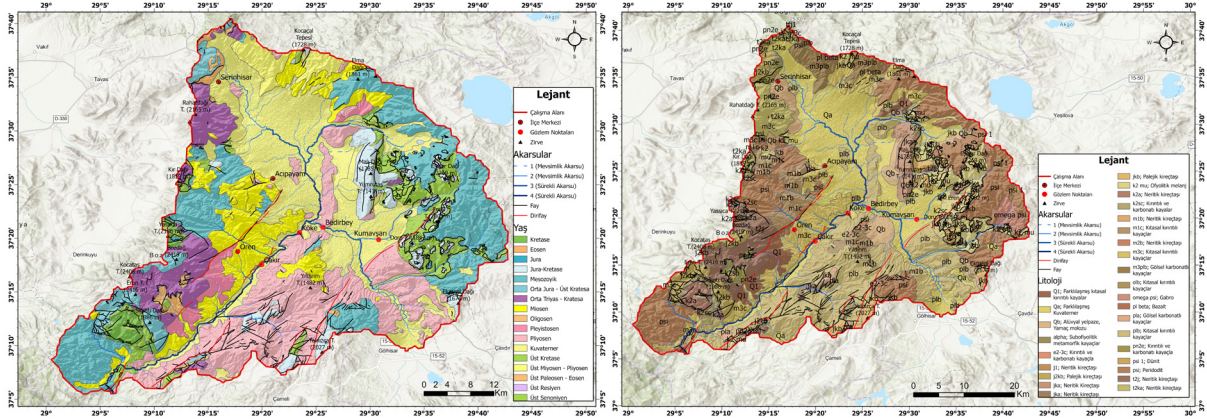
Şekil 4. Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın sırasıyla yükseklik ve eğim haritası

3.2. Jeolojik ve Litolojik Özellikler

Litoloji, akarsu suyunun kimyasal bileşimi, asitlik-bazlık durumu, bulanıklığı ve biyolojik çeşitliliği gibi birçok özelliğini etkileyen önemli bir faktördür. Bir akarsu havzasının su kalitesini değerlendirirken, mutlaka litolojik yapının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Douglas, 1968). Yüzey suları yer altına sızması sırasında toprak bünyesindeki çözünür bileşikleri içerisinde alarak yer altı suyuna karışmaktadır. Sonrasında kayaların çatlak ve boşluklarında ilerleyen su, kayaların içerisinde bulunan çeşitli mineralleri eriyik halde bünyesine katarak akarsuya ulaşır. Bu durum çözünmüş katı madde yükünün nasıl meydana geldiğini açıklamaktadır. Su, yer altında ve akarsu yatağında etkileşime girdiği kayaların kimyasal yollarla ayrışması sonucu oluşan bu erozyon faaliyeti korazyon olarak adlandırılmaktadır (Doğan, 2015). Bu nedenlerle su özellikleri açısından akarsuların bulunduğu havzaların sahip olduğu litoloji ve toprak özellikleri önemli birer faktör haline gelmektedir.

Yukarı Dalaman Çayı Havzası içerisinde bulunan akarsuların su kalitesi üzerinde havzanın sahip olduğu litolojik özellikler oldukça önemlidir. Havza çeşitli jeolojik zamanlarda oluşmuş kayaları bir arada bulundurmaktadır. Havzanın jeolojik yapısı, bölgenin uzun jeolojik geçmişi, tektonik hareketler ve farklı iklim koşullarının etkisiyle şekillenmiştir. Havzada genellikle kireçtaşları, şistler, kumtaşları ve yer yer volkanik kayalar gibi çeşitli litolojik

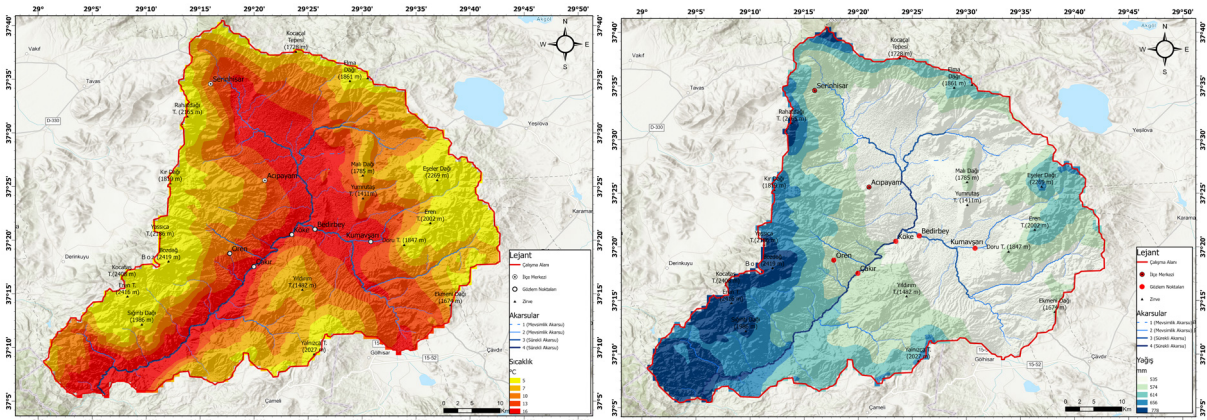
birimler görülür. Bu kayaçların farklı dirençleri ve geçirgenlikleri, havzanın topografyasını ve su kaynaklarının dağılımını etkilemektedir. Havzanın güneyinde pliyosen yaşlı kırıntılı kayaçlar, doğusunda mesozoyik yaşlı volkanik kayaçlar, batısında ise mesozoyik yaşlı kireç taşları yaygın olarak görülmektedir. Kırıntılı kayaçlar genellikle kumtaşı ve çakıltısı gibi gevşek ve geçirimliliği fazla olan kayaçlardır. Havzada dünit gibi mesozoyik yaşlı volkanik kayaçlar yüksek oranda olivin içermektedirler. Minerallerin çözünmesi sonucu suya karışması EC ve pH değerlerinde artışa neden olmaktadır. Aynı zamanda havzanın batısında yoğun olarak görülen mezozoik yaşlı kireçtaşları büyük ölçüde kalsiyum karbonat içermektedirler. Bu kayaçlar su ile etkileşimi sonucunda Ca^{2+} ve HCO_3^- iyonları suya geçer ve suyun pH'ını alkali hale getirerek sertlik derecesini arttırmaktadır.



Şekil 5. Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın sırasıyla jeoloji ve litoloji haritası

3.3. İklim Özellikleri

Akarsu havzalarında görülen iklim şartları akarsuların rejimleri üzerinde oldukça etkilidir. Özellikle de yıllık yağış miktarı ve dağılışı akarsuların akımını doğrudan etkilemektedir (Atalay, 1986). Buna göre havzanın sıcaklık dağılışı haritasına göre havzada sıcaklık ortalamaları 5 ila 16 °C arasında değişmektedir (Şekil 6). Havza tabanından çerçeveye doğru gidildikçe yükseltinin artmasıyla birlikte sıcaklıkların azaldığı görülmektedir (Şekil 6). Havza tabanında görülen yüksek sıcaklık ortalaması yaz aylarında buharlaşmayı artırmaktadır. Bu durum akarsuların debisini düşürmekte ve suyun sıcaklığını artırarak çözünmüş oksijen kapasitesini azaltmaktadır. Havzanın yıllık toplam yağış değerleri ise 682 ila 802,9 mm arasındadır. Havzada doğuya doğru gidildikçe yağış miktarları önce kademeli olarak düşmekte, Kır Dağları'ndan itibaren ise güneybatıya doğru gidildikçe değerler yükselmektedir. Haritaya göre havzada en fazla yağış, Dalaman Çayı'nın kaynağını aldığı dağlık alanlarda özellikle de güneybatısında yer alan Kır Dağları'nda görülmektedir (Şekil 6). Yüksek yağış alan bölgeler akarsularda debinin artmasına bağlı olarak erozyonu arttırmakta ve taşınan yük miktarını arttırmaktadır.



Şekil 6. Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın sırasıyla sıcaklık ve yağış dağılışı haritası

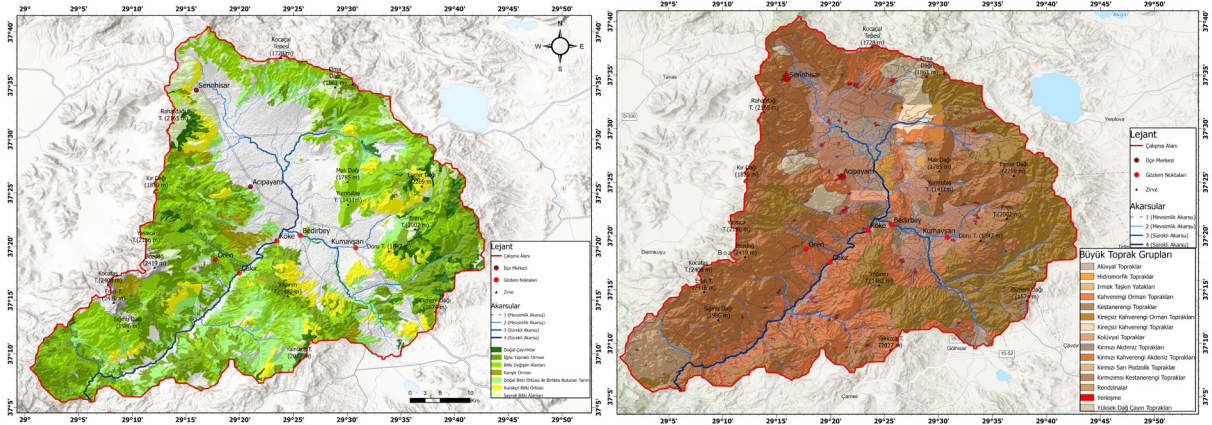
3.4. Bitki örtüsü ve Toprak özellikleri

Akarsu havzalarında akım üzerinde etkili olan bir diğer faktör de bitki örtüsüdür. Bitkiler kara üzerine düşen yağışın intersepsiyon yoluyla üçte birini tutmaktadır. İntersepsiyon, ormanda yağış sularının bir kısmının bitkilerinin toprak üstü bölümleri tarafından tutulması ve bunların tekrar buharlaşarak atmosfere karışması olayıdır (Yurtseven vd., 2013). Ayrıca yoğun bitki örtüsüne sahip bölgelerde akışa geçen yüzey suları bitkiler tarafından engellenir. Bu durum toprağa yani zemine sızma (infiltration) oranını arttırmaktadır (Atalay, 1986).

Havzada tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği ova tabanı haricinde kalan yüksek ve dağlık alanlar bitki örtüsünün yoğun olarak görüldüğü alanlardır (Şekil 7). Bu alanlarda görülen bitkiler yüzey sularının akış hızını azaltmakta ve zemine sızma oranını arttırmaktadır. Bu durum akarsuların debisini olumsuz yönde etkilemektedir. Akarsularda debinin düşmesi su sıcaklığının artmasına, çözünmüş oksijen seviyesinin düşmesine ve kirlilik konsantrasyonunun yükselmesine neden olmaktadır.

Toprak türlerinin akarsulardaki su kalitesi üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Özellikle kumlu topraklar suyun hızla sızmasını sağlamaktadır. Bunun aksine killi topraklar besin maddeleri ve kirleticileri tutma kapasitesi yüksektir (Welch & Lund, 1987). Organik maddece zengin topraklar suyun kalitesini arttıran biyolojik aktiviteyi desteklemektedir. Sudaki kirleticilerin ve nitrat seviyesinin düşmesine yardımcı olmaktadır (Mosher vd., 2010).

Havzanın doğusunda kireçsiz kahverengi orman toprakları, güneyinde kahverengi orman toprakları, batısında ise kırmızımsı kahverengi topraklar yaygın olarak görülmektedir (Şekil 7). Bu topraklar, toprağın pH, mineral içeriği, organik madde zenginliği ve erozyon faaliyetlerine olan hassasiyeti bakımından su kalitesi üzerinde önemli etkilere sahip olabilmektedir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları genellikle düşük pH ve organik madde taşınımı ile suyun asidifikasyonuna neden olabilirken, kahverengi orman toprakları daha dengeli bir bileşim sunabilmektedir. Kırmızımsı kahverengi topraklar ise demir ve mineral içeriği ile EC ve TDS değerlerini arttırabilmektedir.



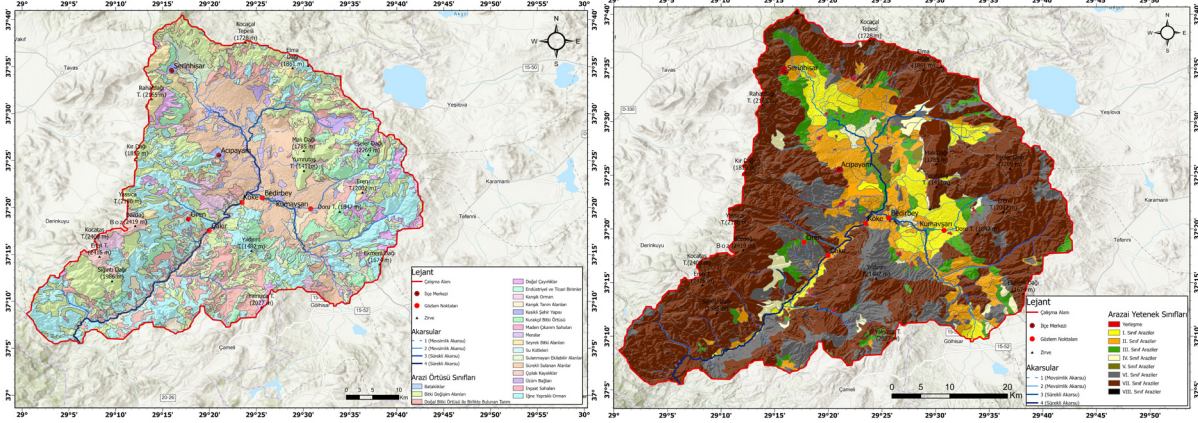
Şekil 7. Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın sırasıyla bitki örtüsü ve toprak türleri dağılışı haritası

3.5. Arazi Kullanımı ve Arazi Yetenek Sınıfları

Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda arazi kullanımı verileri incelenmiştir. Buna göre havzada belirlenen başlıca arazi kullanım türleri tarımsal alanlar, ormanlık alanlar ve yerleşim yerleridir (Şekil 8). Havzada tarım faaliyetleri, gözlem noktalarının yer aldığı ova tabanında yoğun olarak gerçekleştirilmektedir. Tarımda gübre ve pestisit kullanımının elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş madde miktarı üzerinde arttırıcı bir etki yaratırken, ormanlık alanlar suyun filtrasyonuna katkı sağlamaktadır. Yerleşim yerleri ise akarsularda kirlilik yükünü arttırmaktadır.

Havzada arazi yetenek sınıfları su kalitesinin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir. Arazi yetenek sınıflandırmasına göre, 1 ve 2. sınıf araziler verimli tarım alanlarını temsil etmektedir. Bu arazilerde gübre ve pestisit kullanımı yüksektir. Bu da TDS ve EC değerlerini arttırmaktadır. 6 ve 7. sınıf araziler ise genellikle çayır

ve ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Bu alanlar suyun doğal filtrasyonuna katkı sağlamaktadır. Havza içerisinde arazinin yetenek sınıflarına uygun olarak kullanılmaması su kalitesi üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır. Havzada gerçekleştirilen ölçümler sonucunda tarım ve yerleşim alanlarından geçerek gelen pestisit ve çözünmüş madde yüklü yan kollarla, aynı zamanda Yassihöyük'teki bez boyama fabrikası ile Aligöz'deki süt ve süt ürünleri fabrikası kaynaklı kirleticilerin kanalla ana akarsuyla birleştiği Köke ve Çakır gözlem noktalarında TDS ve EC değerlerinde artışa ORP değerinde ise düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).



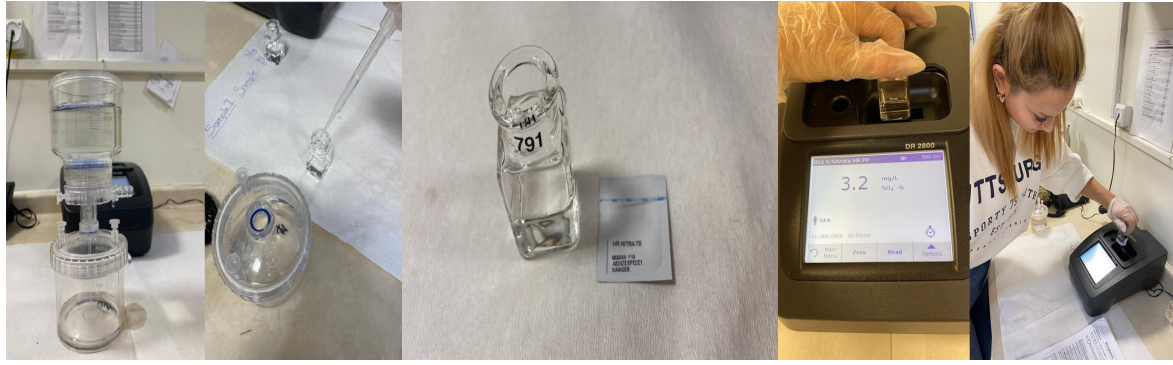
Şekil 8. Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nın sırasıyla arazi kullanım ve arazi yetenek sınıfları haritası

3.6. Su Kalitesi Analizleri

Yukarı Dalaman Çayı Havzası bulunduğu bölgenin ekosistemi ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Havzanın su kalitesini değerlendirmek amacıyla 16/11/2023 ve 03/05/2024 tarihlerinde gerçekleştirilen ölçümler hem fiziksel hem de kimyasal parametreler üzerinden analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen bu ölçümler ile suyun kalitesini etkileyen faktörlerin ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi için veri seti sunmaktadır. İki farklı dönemde yapılan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması mevsime bağlı olarak değişen sıcaklık ve yağış değerlerinin su kalitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Bu kapsamda pH, sıcaklık, debi, çözünmüş oksijen (DO_2), oksijen doygunluğu (SO_2), toplam çözünmüş katı madde (TDS), oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP) ve elektriksel iletkenlik (EC) gibi parametreler ölçülmüş (Şekil 9) ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir (Tablo 2). Ayrıca gözlem noktalarından alınan su örnekleri laboratuvara getirilerek Fosfor (PO_4^{3-}), Demir (Fe^{+2}), Nitrit (NO_2^-N), Nitrat (NO_3^-N), Klorür (Cl^-), Amonyak (NH_3-N), Magnezyum (Mg) ve Kalsiyum (Ca) değerlerine bakılmıştır (Şekil 10).



Şekil 9. Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda gerçekleştirilen su kalitesi ve debi ölçümü



Şekil 10. Laboratuvar çalışmaları

Tablo 2. Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Değişik: RG-16/6/2021-31513)

Su Kalitesi Parametreleri	Su Kalitesi Sınıfları		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)
pH	6-9	6-9	6-9
Elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<400	1000	> 1000
Yağ ve Gres (mg/L)	<0,2	0,3	> 0,3
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	<6
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	<25	50	> 50
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ5) (mg/L)	<4	8	> 8
Amonyum azotu ($\text{mg NH}_4^+ \text{-- N}/\text{L}$)	<0,2	1	> 1
Nitrat azotu ($\text{mg NO}_3^- \text{-- N}/\text{L}$)	<3	10	> 10
Toplam kjeldahl-azotu ($\text{mg N}/\text{L}$)	<0,5	1,5	> 1,5
Orto fosfat fosforu ($\text{mg oPO}_4\text{-P}/\text{L}$)	<0,05	0,16	> 0,16
Toplam fosfor ($\text{mg P}/\text{L}$)	<0,08	0,2	> 0,2
Florür ($\mu\text{g}/\text{L}$)	≤ 1000	1500	> 1500
Mangan ($\mu\text{g}/\text{L}$)	≤ 100	500	> 500
Selenyum ($\mu\text{g}/\text{L}$)	≤ 10	15	> 15
Sülfür ($\mu\text{g}/\text{L}$)	≤ 2	5	> 5

Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda 16/11/2023 tarihinde gerçekleştirilen 1. saha çalışmasında farklı gözlem noktalarından alınan su kalitesi verileri incelenmiştir. Elde edilen pH değerleri, tüm gözlem noktalarında 7,08 ile 8,45 arasında ölçülmüştür (Tablo 3). Bu değer aralığı doğal su kaynakları için kabul edilebilir bir aralıktır (Tablo 2). Havzada su sıcaklığı 11,69-14,25°C arasında ölçülmüş ve sucul yaşam için uygun bir sıcaklık olduğu tespit edilmiştir. Ancak özellikle Ören ve Köke gözlem noktalarında ölçülen çözünmüş oksijen seviyeleri 1,37-1,38 mg/L ve oksijen doygunluğunun %14,5 olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Bu durum gözlem noktalarında çözünmüş oksijenin kritik seviyelerde olduğunu göstermektedir (Tablo 2). Ayrıca Çakır ve Köke gözlem noktalarında ORP değerleri 125,9 mV ve 85,6 mV olarak ölçülmüştür. Bu değerler düşük oksidasyon redüksiyon potansiyeline işaret etmektedir. Gözlem noktalarının tümünde EC değerleri 761-1008 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ölçülmüştür. Bu değerler suyun mineral bakımından zengin, tuzluluğun ise düşük olduğunu göstermektedir ve Tablo 2'ye göre Ören "iyi", Çakır "orta", Köke "orta", Bedirbey "iyi" ve Kumavşarı "orta" sınıfında yer almaktadır (Tablo 2).

Havzada 03/05/2024 tarihinde gerçekleştirilen 2. saha çalışmasında ölçüm sonucu elde edilen su kalitesi verileri, havzanın mevcut durumuna ilişkin benzer sonuçlar vermektedir. Bu tarihte gerçekleştirilen tüm gözlem noktalarının ölçüm sonuçlarına göre pH değerleri 7,46-8,04 arasında değişmekte olup (Tablo 4) bu değerler yönetmeliğe göre uygun bir aralıktadır (Tablo 2). Ancak çözünmüş oksijen (DO_2) 1,07-1,18 mg/L ve oksijen doygunluğu (SO_2) %11,9-%13,2 değerleri ile kritik seviyelerde seyretmeye devam etmektedir. Ölçümler

ORP'nin 84,6-129,1 mV değerleri arasında olduğunu göstermiştir (Tablo 3). Bu durum önceki ölçüm değerleri ile benzer bir durumu göstermektedir. EC değerleri 717-1084 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Tablo 3). Bu değerler suyun mineral içerdiğini göstermektedir. Bedirbey ve Kumavşarı gözlem noktalarında EC değerinin diğer noktalara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Çakır gözlem noktasında 1394 L/s değeri ile yüksek debi dikkat çekmektedir. Diğer gözlem noktalarına göre daha güçlü bir su kaynağı olduğunu göstermektedir (Tablo 3). Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2022) tarafından belirlenmiş referans aralığına göre örneklem noktalarının tamamında TDS değerleri 350ppm üzerinde ölçülmüş olup kabul edilemez sınıflamasında yer almaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda 16/11/2023 (1.) ve 03/05/2024 (2.) tarihli arazi ölçümleri

Parametre	Ören		Çakır		Köke		Bedirbey		Kumavşarı	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
pH	8,1	8,04	7,92	7,58	7,58	7,62	7,08	7,46	8,45	8,03
Debi (L/s)	171	24	1822	1394	617	396	734	344	545	974
Rakım (m)	810	810	820	820	830	830	840	840	880	880
Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	14,25	16,37	13,97	16,22	13,44	16,66	13,55	16,06	11,69	16,17
ORP (mV)	157,6	98,2	125,9	129,1	85,6	87,4	149,3	96,1	149,7	84,6
TDS (ppm)	485	460	501	505	504	542	417	423	381	359
Tuzluluk (psu-%)	0,48	0,46	0,5	0,5	0,5	0,54	0,41	0,42	0,38	0,35
O ₂ satürasyon (So ₂) (%)	14,5	13,2	42,2	11,9	14,5	12,7	15,6	12,8	22,9	12,3
Çözünmüş O ₂ (dO ₂) (mg/l)	1,37	1,18	3,98	1,07	1,38	1,13	1,48	1,15	2,26	1,1
E. İletkenlik (EC) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	970	919	1001	1010	1008	1084	834	847	761	717
PO ₄ ³⁻ (Fosfor) (mg/l)	2,39	2,28	3,14	3,02	0,99	3,01	0,71	1,0	1,88	3,35
Fe ⁺² (Demir) (mg/l)	0,03	-0,01	0,23	0,03	0,04	0,01	0,03	0,05	0	0,25
NO ₂ -N (Nitrit) (mg/l)	0,011	0,010	0,162	0,162	0,122	0,587	0,005	0,007	0,006	0,003
NO ₃ -N (Nitrat) (mg/l)	3,5	2,0	-2,2	13,4	0,7	13,9	1,6	0,8	3,2	0,8
Cl ⁻ (Klorür) (mg/l)	30,1	18,54	41,5	72,2	22,3	10,8	12,2	11,5	16,3	8,6
NH ₃ -N (Amonyak) (mg/l)	0,19	0,20	4,15	1,56	3,92	0,44	0,14	0,04	0,12	0,10
Mg (Magnezyum) (mg/l)	1,4	0,36	0,54	0,60	0,69	0,18	0,50	0,58	1,82	0,49
Ca (Kalsiyum) (mg/l)	0,17	0,20	0,47	0,11	0,03	1,71	0,01	5,43	0,03	1,75

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda doğal ortam koşullarının (topografya, litoloji, iklim, bitki örtüsü ve toprak özellikleri) ve arazi kullanımının akarsu su kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve iki farklı dönemde ölçülen parametreler incelenmiştir. Elde edilen bulgular ışığında doğal ortam koşullarının su kalitesi üzerinde belirleyici etkiye sahip olduğu ve insan faaliyetlerinin bu etkiyi daha karmaşık hale getirdiğini ortaya koymaktadır.

Havzanın sahip olduğu coğrafi ortam özellikleri akarsularda suyun sıcaklığı, debisi, pH değeri ve çözünmüş oksijen seviyeleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Havzada su sıcaklığı 11,69-14,25 $^{\circ}\text{C}$ arasında ölçülmüş ve sucul yaşam için uygun bir sıcaklık olduğu tespit edilmiştir. Yukarı Dalaman Çayı yan kollarında su sıcaklığı, akım hızı ve su kalitesi arasında doğrudan bir ilişki vardır. Akımın yavaşlaması ve yatağın genişlemesi, sıcaklık artışına neden olurken; bu da kimyasal ve biyokimyasal reaksiyon hızlarını artırmakta, gaz çözünürlüğünü ise azaltmaktadır (Dügel 1995). Özellikle sulama ve sanayi faaliyetleri, su sıcaklığını yapay olarak yükselterek su kalitesini olumsuz etkilemektedir (Birol 2007, Tanyolaç, 2000, Akyıldız, 2008). Bu nedenle, sıcaklık değişimleri akarsular için hem fiziksel hem kimyasal açıdan kritik bir parametredir.

Elde edilen pH değerleri, tüm gözlem noktalarında 7,08 ile 8,45 arasında ölçülmüştür (Tablo 3). Bu değer aralığı doğal su kaynakları için kabul edilebilir pH (6–9) aralığında olması, sucul canlı yaşamı için genellikle güvenlidir. Yukarı Dalaman Çayı'nda pH bu aralıkta kalmakta ve mevsimsel olarak büyük değişiklik göstermemektedir. Ancak yüksek pH, düşük oksijenle birleştiğinde canlılar için tehlikeli hale gelebilir (Tanyolaç, 2000). Bu nedenle pH değeri tek başına değil, oksijen seviyesiyle birlikte değerlendirilmelidir. Çalışmada ölçülen çözünmüş oksijen (DO_2) değerlerinin 1,07–1,18 mg/L ve oksijen doygunluk oranlarının ($\%SO_2$) %11,9–13,2 gibi kritik seviyelerde olması, su kalitesi ve ekosistem sağlığı açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır. Büyük Menderes Nehri üzerindeki önceki araştırmalar, çözünmüş oksijen seviyelerinin akarsu rejimi, kot farkı ve akış hızı ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle çağlayarak akan ve kot farkı yüksek olan kesimlerde oksijen miktarının arttığı, durağan ve yavaş akan bölümlerde ise düştüğü gözlemlenmiştir (Tanyolaç 2000; Yorulmaz 2006).

Havzanın litolojik yapısı, suyun kimyasal bileşimini belirleyen temel faktörlerden biridir. Özellikle Çakır ve Köke istasyonlarında ölçülen yüksek elektriksel iletkenlik (EC) ve klorür (Cl^-) değerleri, bölgedeki kayaların çözünme özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Nehir suyunun kimyasal bileşimi, geçtiği toprak ve kayalar hakkında önemli bilgiler sunar (Rainwater, 1962). Benzer şekilde, Amazon Havzası'nda yapılan çalışmalarda da litoloji ile su tipi arasında güçlü bir ilişki saptanmıştır (Sioli, 1951a, b; Sioli, 1954; Sioli, 1964; Douglas, 1968). Bu çalışmada da yüksek TDS, pH ve EC değerlerinin görüldüğü bölgelerde litolojik çözünmenin etkili olduğu değerlendirilmektedir. Öte yandan, havzanın topografik yapısı ve eğim değerleri erozyonu artırarak sediman ve çözünmüş madde yükünü yükseltmekte, bu da su kimyasını dolaylı olarak etkilemektedir. Topografya, akarsu yataklarının gelişimini yönlendirirken, litolojik özellikler ve toprak geçirgenliği de akarsu erozyonu ve madde taşınımı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Leopold vd., 1964). Tüm bu etmenler, su kalitesinin ve potansiyel kirlilik düzeyinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir (Gordon vd., 2004).

Bitki örtüsü ve toprak özellikleri su kalitesinin korunmasında oldukça önemlidir. Bitki örtüsünün zayıf olduğu alanlarda erozyonun şiddetli olması PO_4^{3-} (Fosfor) ve NO_3^-N (Nitrat) gibi besin maddelerinin akarsulara daha çok karışmasına neden olmaktadır. Diğer bir yönüyle, su varlıkları doğal veya antropojenik (insan) kökenli faaliyetler sonucunda ortamlarına ulaşan çeşitli bileşenlerden dolayı yapı itibarı ile dinamik ve değişken özellik göstermektedirler (TEMA, 2025). Örneğin; durgun sucul ekosistemine aşırı miktarda azot veya fosfor içerikli atıkların ulaşması ortamda alg patlamasına ve bu da sistemdeki oksijenin hızla tükenerek göldeki diğer canlıların yaşamlarını sekteye uğratmasına neden olabilir.

Bitki örtüsü ve toprak yapısı, yüzey akışını yavaşlatarak suyun doğal filtrasyonunu sağlayan temel unsurlardır. Ancak arazi yetenek sınıfına uygun olmayan tarımsal faaliyetler, toprağın yapısını bozarak yüzey akışıyla birlikte kimyasal ve organik kirleticilerin su kaynaklarına taşınmasını hızlandırmaktadır (Allan, 2004; FAO, 2007). Bu çalışmada Çakır gözlem noktasında ölçülen yüksek PO_4^{3-} (3,14 mg/L) ve NO_3^-N (0,162 mg/L) değerleri, bu durumun somut bir göstergesidir. Özellikle bu istasyona ulaşan yan kolların, doğal bitki örtüsünden yoksun tarım arazilerinden geçmesi, erozyonla taşınan besin elementlerinin artmasına neden olmaktadır.

Tarımsal gübre kullanımına bağlı olarak akarsulara taşınan azot ve fosfor bileşikleri, yüzey sularında ötrofikasyon riskini artırmakta, bu da alg patlamalarına ve çözünmüş oksijenin azalmasına neden olarak ekosistem sağlığını tehdit etmektedir (Carpenter et al., 1998). TEMA (2025) da su varlıklarının, özellikle tarımsal ve yerleşim kaynaklı etkilerle sürekli değişen bir yapıya sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda, Çakır gözlem noktasında tespit edilen yüksek fosfat, amonyak ve nitrat değerleri; bölgedeki yoğun antropojenik baskıyı ve bu baskının su kalitesi üzerindeki olumsuz etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

Arazi kullanım biçimleri ve insan kaynaklı faaliyetlerin su kalitesi üzerindeki etkileri, Yukarı Dalaman Çayı Havzası'nda yapılan ölçümlerle açık bir şekilde ortaya konmuştur. Özellikle 3., 4. ve 5. sınıf tarım arazilerinde yoğun gübre ve pestisit kullanımı, suya karışan çözünmüş maddelerin artmasına neden olmuş ve buna bağlı olarak toplam çözünmüş madde (TDS) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde yükselme gözlemlenmiştir. Bu bulgular, Tarboton ve ark. (1991) ile Karr & Chu (1999) tarafından yapılan çalışmalarda belirtilen, tarımsal faaliyetlerin yüzeyel su kalitesine olan olumsuz etkilerini desteklemektedir. Buna karşın, 6. ve 7. sınıf olarak sınıflandırılan çayır ve ormanlık alanlar, doğal filtreleme işlevi görerek su kalitesinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Bu tür alanlar, literatürde sıklıkla doğal tampon bölgeler (buffer zones) olarak tanımlanmakta ve yüzeyel akışla

gelen kirleticilerin tutulumunu sağlayarak su ekosistemlerinin korunmasında önemli rol oynamaktadır (Osborne & Kovacic, 1993). Ancak havza genelinde arazinin yetenek sınıflarına uygun olmayan kullanımı, kirleticilerin su yollarına taşınmasını kolaylaştırmakta ve su kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu durum, özellikle Köke ve Çakır gözlem noktalarında net bir şekilde izlenmiştir. Bu noktalarda, tarım ve yerleşim alanlarından geçen pestisit ve çözünmüş madde yüklü yan derelerin yanı sıra, Yassihöyük'teki bez boyama fabrikası ile Aligöz'deki süt ve süt ürünleri fabrikası kaynaklı endüstriyel atıkların da kanallar aracılığıyla ana akarsuya karıştığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda, bu iki noktada TDS ve EC değerlerinde belirgin bir artış, buna karşılık oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP) değerlerinde ise düşüş tespit edilmiştir. ORP düşüşü, organik madde yükünün artışı ve oksijen seviyesinin azalmasına işaret etmekte olup, bu da su kalitesinin biyolojik yönden de bozulduğunu göstermektedir (Wetzel, 2001). Bu bulgular, havza bazlı arazi kullanım planlamasının ve tarımsal faaliyetlerin ekosistem temelli yaklaşımlarla yeniden değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Antropojenik faaliyetlerin dışında doğal ortam özellikleri; akarsuların gelişimi, ekosistemi ve bu akarsuları oluşturan suların özellikleri üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Akarsuların gelişimi, özellikleri ve çevresindeki fauna ile flora, büyük ölçüde coğrafi koşullar tarafından şekillendirilir. Bu koşullar arasında iklim, topografik yapı, toprak yapısı ve litolojik özellikler gibi çeşitli faktörler bulunur. Özellikle iklim ve onun bir bileşeni olan yağış, akarsuların oluşumunda ve sürekliliğinde en kritik rolü oynar. Yağışlar, akarsuların su kaynağını oluşturur ve yağışın miktarı ile türü, akarsuyun mevsimsel debisinin belirlenmesinde doğrudan etkili olur (Ward & Robinson, 2000). Ayrıca, buharlaşma oranı ve süresi de akarsuların oluşumunu ve gelişimini etkileyen önemli faktörlerdendir (Dingman, 2002).

Ölçüm sonuçlarının genel değerlendirmesine göre, suyun mineral bakımından zengin ancak tuzluluk açısından düşük seviyede olduğunu göstermektedir. Tablo 2 verilerine göre; Ören ve Bedirbey istasyonları "iyi" sınıfında, Çakır, Köke ve Kumavşarı istasyonları ise "orta" su kalitesi sınıfında yer almaktadır. Elde edilen bulgular ile su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve korunması için doğal ortam koşullarının etkisinin yanı sıra antropojenik kaynaklı etkilerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Su kalitesinin artırılması konusunda atık su yönetimi, erozyon kontrolü ve tarımsal faaliyetlerin düzenlenmesi alınacak önlemler arasında yer almalıdır.

Beyan ve Açıklamalar (Disclosure Statements)

1. Bu çalışmanın yazarı, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedirler (The author of this article confirm that their work complies with the principles of research and publication ethics).
2. Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir (No potential conflict of interest was reported by the author).
3. Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir (This article was screened for potential plagiarism using a plagiarism screening program).

KAYNAKÇA

- Akyıldız, G.K., (2008). Denizli İli Sınırlarındaki Büyük Menderes Nehri ve Yan Kolu Çürüksu Çayı'nın Su Kalitesinin Belirlenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Akyıldız, G.K., Duran, M. (2021). Evaluation of the impact of heterogeneous environmental pollutants on benthic macroinvertebrates and water quality by long-term monitoring of the büyük menderes river basin. *Environ Monit Assess* 193, 280. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08981-8>
- Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 257–284. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>
- Atalay, İ. (1986) *Uygulamalı Hidrografi I: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları* No:26, İzmir.
- Birleşmiş Milletler. (2018). Dünya Su Gelişimi Raporu World Water Development Report 2018. UN-Water. Erişim tarihi 2022, erişim adresi <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2018/>
- Biröl, N., (2007) Dipsiz-Çine Çayı (Muğla-Aydın)'ın Bentic Makroorganizmalarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 134 s.

- Bonavigo, L., Zucchetti, M., & Mankolli, H. (2009). Water radioactive pollution and related environmental aspects. *Journal of International Environmental Application & Science*, 4, 357–363.
- C.G.W.M., (1990). *About groundwater protection* Wright State University, Dayton, Ohio.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559–568. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0559:NPOSWW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2)
- Chapman, D. (1996) *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. 2nd Edition, Chapman and Hall Ltd., London, 651. <http://dx.doi.org/10.4324/noe0419216001>
- Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. (2020). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Raporu. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Erişim tarihi 2022, erişim adresi <https://ced.csb.gov.tr/turkiye-cevre-sorunlari-ve-oncelikleri-raporu-i-82679>
- Doğan, U. (2015). Jeomorfolojinin Temelleri. *Huggett, RJ'nin Fundamentals of Geomorphology, Çeviri Editörü: Doğan, U.*, Ankara: Nobel Yayınevi.
- Douglas, I. (1968). The effects of precipitation chemistry and catchment area lithology on the quality of river water in selected catchments in eastern Australia. *Earth Sci. J.* 2: 126–144.
- Dügel, M., (1995) Köyceğiz Gölüne Dökülen Akarsuların Su Kalitesinin Fiziko kimyasal ve Biyolojik Parametrelerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 87 s.
- FAO. (2007). *Land evaluation: Towards a revised framework*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*.
- Finney, J. L. (2004). Water? What's so special about it? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1448), 1145–1165.
- Hancock, P. J., Boulton, A. J., & Humphreys, W. F. (2005). Aquifers and hyporheic zones: Towards an ecological understanding of groundwater. *Hydrogeology Journal*, 13(1), 98– 111. 9.
- Heath, A. G. (1987). *Water pollution. In Fish physiology*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press
- Hellawell, J. M. (1986). *Biological indicator of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Applied Science Publishers.
- Helmer, R., Hespanhol, I., & Supply, W. (1997). *Water pollution control: A guide to the use of water quality management principles*. London: E & FN Spon.
- Huang, G., Sun, J., Zhang, Y., Chen, Z., & Liu, F. (2013). Impact of anthropogenic and natural processes on the evolution of groundwater chemistry in a rapidly urbanized coastal area, South China. *Science of the Total Environment*, 463, 209–221. 10.
- Igwe, P., Chukwudi, C., Ifenatuorah, F., Fagbeja, I., & Okeke, C. (2017). A review of environmental effects of surface water pollution. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4.
- Jinwal, A., & Dixit, S. (2008). Pre-and post-monsoon variation in physico-chemical characteristics in groundwater quality of Bhopal “The City of Lakes” India. *Asian Journal of Experimental Sciences*, 22(3), 311–316. 6.
- Karr, J. R., & Chu, E. W. (1999). *Restoring life in running waters: better biological monitoring*. Island Press.
- Mahar, P. S., & Datta, B. (2001). Optimal identification of ground-water pollution sources and parameter estimation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 127, 20– 29.
- Malone, S. J. (2009). *Agricultural Nonpoint Source Pollution Management: Water Quality Impacts of Balm Road Treatment Marsh, Hillsborough County, Florida*.
- Mosher, J. J., Klein, G. C., Marshall, A. G., & Findlay, R. H. (2010). *Influence of bedrock geology on dissolved organic matter quality in stream water. Organic Geochemistry*, 41(11), 1177–1188.
- Nathanson, J. A. (2010). Water pollution. *Encyclopedia Britannica*. Erişim tarihi 2022, erişim adresi <https://www.britannica.com/science/water-pollution>

- Osborne, L. L., & Kovacic, D. A. (1993). Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater Biology*, 29(2), 243–258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1993.tb00761.x>
- Rainwater, F. H., (1962). Stream composition of the conterminous U.S.A. U.S. Geol. Surv. Hydrol. Invest. Atlas. H.A. 61: 3 maps.
- Raju, N. J., Shukla, U. K., & Ram, P. (2011). Hydrogeochemistry for the assessment of groundwater quality in Varanasi: A fast-urbanizing center in Uttar Pradesh, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173(1–4), 279–300.
- Savci, S. (2012). An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3, 73
- Selek, Z., & Karaarslan, Y. (2019). Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim tarihi 2022, erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esasli%C4%B1%20Su%20Kalitesi.pdf>
- Shiklomanov, I. A., & Rodda, J. C. eds., (2004). *World water resources at the beginning of the twenty-first century*. Cambridge University Press. 7.
- Singh, J., Yadav, P. Pal, V & Mishra, V. (2020) *Water Pollutants: Origin and Status*, D. Pooja et al. (eds.), Sensors in Water Pollutants Monitoring: Role of Material, Advanced Functional Materials and Sensors, DOI: 10.1007/978-981-15-0671-0_2
- Sioli, H., (1951b). Estudo preliminar das rela9oes entre a geologia e a limnologia da zona Bragantina (Para'). *Bol. Tee. Inst. Agron. Norte*. 24: pp. 67-76.
- Sioli, H., (1954). Gewässerchemie und Vorgänge in den Boden im Amazonasgebiet. *Naturwissenschaften*. 19: pp. 256-457.
- Sioli, H., (1964). General features of the limnology of Amazonia. *Verh. Int. Verein Theor. Angew. Limnol.* 15: pp. 1053-58.
- Sioli, H., 1951a: Alguns resultados e problemas da limnologia Amazonica. *Bol. Tec. Inst. Agron. Norte*. 24: pp. 3-44.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2017). Özel İhtisas Komisyonu Raporu: Tarımda Toprak Ve Suyun Sürdürülebilir Kullanımı: On Birinci Kalkınma Planı (2019–2023). T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. Erişim tarihi 2022, erişim adresi https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2021/02/On_Birinci_Kalkinma_Plani
- Tanyolaç, J., (2000) Limnoloji (2.Baskı), Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 237 s.
- Tarboton, D. G., Bras, R. L., & Rodriguez-Iturbe, I. (1991). On the extraction of channel networks from digital elevation data. *Hydrological Processes*, 5(1), 81–100. <https://doi.org/10.1002/hyp.3360050107>
- TEMA Vakfı. (2025). *Su Varlıkları ve Sürdürülebilirlik Raporu*. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı.
- TEMA, Türkiye’de Su Kalitesi, <https://sutema.org/turkiyede-su-kalitesi>, (Erişim:26/06/2025)
- USGS. (2001). A Primer on Water Quality. USGS. Erişim tarihi 2022, erişim adresi <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/pdf/FS-027-01.pdf>
- Verep, B., Serdar, S., Özçelik, A.E. & Yüksek, T. (2020). Doğu Karadeniz Havzası Akarsuları Fiziko-Kimyasal Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Belirlenmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(4), 725-742.
- Welch, J. E., & Lund, L. J. (1987). *Soil properties, irrigation water quality, and soil moisture level influences on the movement of nickel in sewage sludge-treated soils* (Vol. 16, No. 4, pp. 403-410). *American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America*.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3rd ed.). Academic Press.
- World Health Organization (1997). *Guideline for drinking water quality*, 2nd edn., Vol. 2 WHO, Geneva, Health criteria and other supporting informations, pp 940–949.
- World Health Organization (2022). *Guideline for drinking water quality*, 4th edn., WHO, Geneva, Health criteria and other supporting informations

- WWF. (2014). Türkiye'nin Su Riskleri Raporu. WWF-Türkiye. Erişim tarihi 2022, erişim adresi http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiyenin_su_riskleri__raporu_web.pdf
- Yeşilirmak, E. (2011). Çine çayı su kalitesi eğilimleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 47-55.
- Yıldırım, Ü., Güler, C., Kurt, M. A., & Güven, O. (2020). Kaynağından Akdeniz'e Deliçay'ın (Mersin) Debisi ve su kalitesinin değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(4), 1121-1135.
- Yorulmaz, B., (2006) Eşen Çayı (Kocaçay) Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Açidan İncelenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, 195 s.
- YSKY. (2021). Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 16/6/2021 Tarih ve 31513 Sayılı Resmî Gazete.
- Yurtseven, İ., Serengil, Y., & Özhan, S. (2013). Meşe kayın karışık meşceresinde yapay sinir ağları kullanılarak intersepsiyonun tahmin edilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 63(1), 19-25.
- Yüksek, T. (2004). Türkiye'nin su kaynakları ve havza planlamasına dönük genel değerlendirmeler. *KAÜ Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 71-83.
- Zamora-Munoz, C., & Alba-Tercedor, J. (1996). Bioassessment of organically Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(3), 332-352.