

SERA DERESİ HAVZASINDA (TRABZON) ASKIDA KATI MADDE HAREKETİNİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Betül METE *
Osman Tuğrul BAKI **
Adem BAYRAM *

Alınma:12.07.2021; düzeltme:03.10.2021; kabul:19.03.2022

Öz: Bu çalışmanın amacı, sürüntü hareketinin yanı sıra yoğun bir askı hareketinin olduğu Sera Deresi Havzası'nda askıda katı madde (AKM) taşınımını gözlemlemek ve ana kol üzerinde inşa edilen tersip bentlerinin (TB) taşınımına olan etkilerini değerlendirmektir. Havzada seçilen 10 AKM gözlem istasyonundan, Haziran-Kasım 2019 döneminde ayda dört kez olacak şekilde su örnekleri toplanmış ve AKM (mg/L) belirlenmiştir. Havzadaki ilk gözlem istasyonunun mansabında yer alan TB1'in taşınan AKM'nin %16,5'ini tutarak mansaba geçişini engellediği ve Sera Gölü'nde havzadan taşınan AKM'nin %69,4 gibi büyük bir kısmının tutulduğu tespit edilmiştir. Havzada işletilmekte olan Derecik isimli akım gözlem istasyonundan (AGİ) seviye okumaları yapılarak ilgili kesitten geçen debiler (Q, m³) belirlenmiş ve AKM yükleri (ton) hesap edilmiştir. TB2 ile TB3 arasında ve Derecik AGİ'nin hemen mansabında yer alan istasyonda ortalama günlük debiler ve AKM yükleri yazın 99.000 m³/gün ile 24,6 ton/gün ve sonbaharda 83.945 m³/gün ile 2,5 ton/gün olarak hesap edilmiştir. Akarsu yataklarına moloz ve hafriyat dökümünün yanı sıra yerleşim birimlerinden yapılan evsel atık su deşarjlarının da AKM miktarının artışında etken olduğu havzada tersip bentleri sayısal olarak yetersiz kalmaktadır. Çok dik ve sarp eğimli orman arazilerine sahip Sera Deresi Havzası'nın membaındaki yan kollar üzerinde de geçirimsiz tersip bentlerinin yanı sıra geçirimli tersip bentlerine de ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Askıda katı madde, Debi, Erozyon, Sera Deresi Havzası, Tersip bendi

Monitoring and Assessing the Transport of Total Suspended Solids in the Sera Stream Watershed (Trabzon, Turkey)

Abstract: This study aims to monitor the total suspended solids (TSS) transport in the Sera Stream Watershed, where there has been intense sediment transport as well as bedload motion, and assess the effect of sediment storage dams (SSDs) on the transports. The stream water sampling studies were conducted four times a month during a period of six months from June to November 2019 on ten TSS monitoring stations and was determined TSS (mg/L). It was revealed that a part of 16.5% of the TSS concentration could be trapped by SSD1. A major part of 69.4% of the TSS concentration was trapped in the Sera Lake, and the rest part could reach the Black Sea. In a gauging station, namely Derecik, operated in the watershed, the stream water depth monitoring studies were also conducted, and the daily discharge (Q, m³/day) and daily TSS loads (ton/day) were computed. The average daily discharges and TSS loads were computed as 99,000 m³ and 24.6 tons/day in the summer and 83,945 m³ and 2.5 tons/day in the autumn, respectively, for the

* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kanuni Kampüsü, 61080, Ortahisar, TRABZON

** Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi, 61830, Of, TRABZON

İletişim Yazarı: Betül METE (betulmeteofis@gmail.com)

TSS monitoring and gauging station, located between SSD2 and SSD3. In the watershed, where the fact that the untreated municipal wastewaters have been discharged to the streams, and the rubbles and excavated soils have been illegally dumped on the stream beds cause the TSS to increase artificially, it is a fact that the available SSDs have been inadequate in number as much as they succeed to trap the TSS. It has been concluded that additional SSDs, as well as open check dams, have also been needed on the tributaries located in the upstream part of the watershed having forest lands with a very steep slope.

Keywords: Total suspended solids, Stream discharge, Erosion, Sera Stream Watershed, Sediment-storage dam

1. GİRİŞ

Yer kabuğu üzerindeki toprakların, çeşitli dış kuvvetlerle aşındırılıp yerinden koparılması, bir yerden başka bir yere taşınması ve biriktirilmesi olayı olarak tanımlanan erozyon en önemli ekolojik olaylardan biridir. Erozyonun bütün şekil ve seviyelerinin görüldüğü ülkelerden biri olan Türkiye'nin %83'ü su ve rüzgar erozyonuna maruzdur. Toplam erozyonun %99'u su, geri kalan %1'i ise rüzgar erozyonundan kaynaklanmaktadır. Bu sebeple akarsular genelde fazla miktarda sediment taşımaktadır (Dinçsoy, 2013). Birçok akarsuda toplam sediment yükünün %85-90 gibi büyük bir kısmını askıda katı madde (AKM) oluşturmaktadır (Beyazıt ve Avcı, 2010). Kirleticilerin askıdaki maddelerin yüzeyine tutunarak taşınması, rezervuar sedimantasyonu, kanal ve limanlarda siltlenme, toprak erozyonu ve kaybı gibi birçok problem AKM ile ilgilidir. Dolayısıyla bu problemlere karşı önlemler almak AKM'nin oluşum ve taşınma sürecini anlamayı gerektirmektedir. Bu amaçla gerek ulusal gerekse uluslararası birçok çalışma yapılmıştır.

Gupta ve Chakrapani (2005), Narmada Nehri Havzası'nda (Hindistan) sediment yüklerindeki zamana bağlı değişimleri incelemiş ve bu değişimlerin olası nedenlerini araştırmışlardır. Nehirdeki yıllık sediment yükünün yaklaşık %85-98'inin muson mevsimi (Haziran-Kasım) boyunca taşınmakta olduğunu belirlemişlerdir. Yağışlar, su toplama alanının jeoloji/toprak özellikleri ve rezervuar/barajların varlığı sediment taşınımında önemli rol oynamıştır. Narmada Nehri tarafından taşınan sedimentin yaklaşık %60-80'inin havzadaki en büyük baraj olan Sardar Sarovar Barajı rezervuarında tutularak Umman Denizi'ne ulaşmasının engellendiğini belirtmişlerdir. Khanchoul vd. (2009), Mellah Havzası'nda (Cezayir) sediment yükünün mevsimsel değişimini incelemişlerdir. Sediment verimini etkileyen litoloji, topoğrafya ve toprak kullanımı gibi faktörleri irdeleyerek havzada AKM taşınımının yüksek olmasında dik yamaçlar ve toprak yapısının etkili olduğu belirlemişlerdir. Ayrıca AKM verimindeki mevsimler arası farklılıkların kış ve ilkbahar mevsimlerindeki orta ve yüksek şiddetli yağışlarda oluşan fırtınalar olduğu sonucuna varmışlardır. Mekonnen vd. (2015), Etiyopya'nın kuzeybatısındaki sekiz küçük havzada inşa edilen tersip bentlerinin sediment taşınımını üzerindeki etkisini araştırmış ve her bir havzanın sediment verimini hesaplanmışlardır. Tersip bentlerinin havzaların çıkışında önemli miktarda sediment yakaladığı ve mansaptaki sediment hareketini azalttığı sonucuna varmışlardır. Bayram (2011), Mart 2009 ile Şubat 2010 tarihleri arasındaki bir yıllık süreçte Harşit Çayı Havzası'nda (Gümüşhane-Giresun) belirlediği 10 istasyonda 15 gün aralıklarla yürüttüğü çalışmada yüzeysel su kalitesini incelemiştir. Kentsel atıksu deşarjının özellikle yaz aylarında AKM değerlerinde önemli bir artışa neden olduğunu saptamıştır. Havzadaki Torul Barajı'nın uzun hidrolik bekleme süresi sayesinde AKM'nin %78,6'sını tutabildiğini ve bulanıklığın %66,6'sını giderebildiği sonucuna varmışlardır (Bayram vd. 2012). Torul Barajı'nın mansabında yer alan Kürtün Barajı'nın çalışma süresince bulanıklığı %14 oranında giderirken AKM konsantrasyonunu %111 oranında artırdığını belirlemişlerdir. AKM konsantrasyonlarındaki bu artışın baraj dip savaklarının çalıştırılmasından kaynaklandığını, dip savakların aktif olduğu çalışmalar dikkate alınmadığında Kürtün Barajı'nın bulanıklığı %85 oranında giderdiği ve AKM'nin %32'sini tuttuğu sonucuna varmışlardır (Bayram vd. 2014). Satılmış (2015), 2014 Ocak-Aralık döneminde, Trabzon ilinin içme ve kullanma suyunun sağlandığı Atası Baraj

Gölü'nü besleyen Kuştu ve Galyan dereleri tarafından taşınan AKM takibine yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Söz konusu akarsular tarafından taşınan AKM'nin %93,7 (Kuştu) ile %97,7'lik (Galyan) kısmının Atasu Barajı tarafından tutulduğunu ortaya koymuştur. Temiz (2015), 2012-2014 yılları arasında Sakarya ve Kocaeli il sınırları içerisinde bulunan tektonik bir tatlı su gölü olan Sapanca Gölü'nün de yer aldığı Sapanca Gölü Havzası'ndaki AKM hareketini incelemek amacıyla gölü besleyen 12 akarsu üzerinde seçtiği birer gözlem istasyonunda debi ölçümü ve AKM takibi yapmıştır. Havzadaki arazi kullanımının ve göl alanının 1987-2010 yılları arasındaki değişimini ve Sapanca Gölü'nün 1990 ve 2010 yıllarına ait batimetri haritalarını da incelemiştir. İncelemeler sonucu doğal bitki örtüsünün arazi kullanımı kaynaklı olarak büyük ölçüde tahrip edildiği ve geçen 20 yıllık süre içerisinde göl alanında %2'lik bir küçülme olduğunu tespit etmiştir. Bu durum üzerinde Maden, Kurtköy, Balıkhane ve İstanbul dereleri tarafından taşınan AKM'nin etkili olduğunu belirtmiştir. Berkun vd. (2015), Karadeniz'in Türkiye ve Gürcistan kıyılarında yüzeysel akış ve akarsular tarafından taşınan sedimentin Karadeniz kıyısına olan etkilerini incelemiştir. Karadeniz'e toplam AKM miktarının %83'ünü taşıyan Çoruh Nehri üzerine inşa edilen barajlardan dolayı taşınan sedimentin %98'inin baraj rezervuarlarında tutulduğunu belirlemiş ve bu durumun ciddi kıyı erozyonuna sebep olacağını vurgulamışlardır. Bayram ve Kenanoğlu (2016), Aralık 2010-Kasım 2011 tarihleri arasındaki bir yıllık süreçte Aşağı Çoruh Havzası'nda belirledikleri 12 gözlem istasyonundan aylık olarak topladıkları yüzey suyu örneklerinde AKM'nin bulanıklık ve Secchi disk derinliği ile değişimini incelemiştir. Havzada bulunan Borçka Barajı'nın AKM'nin büyük bir kısmını tuttuğunu ve bulanıklığı önemli ölçüde azalttığını belirlemiştir. Güngör (2017), Kasım 2016-Ekim 2017 tarihleri arasında Afyonkarahisar il sınırı içerisinde bulunan Eber Gölü'nde belirlediği beş istasyonda çeşitli su kalitesi değişkenleri yanı sıra AKM takibi de yapmıştır. Elde ettiği bulguları Eber Gölü 2002 yılı verileri (Atay vd., 2002) ile karşılaştırarak arada geçen süre içerisinde AKM'de meydana gelen değişimleri irdelemiştir. AKM konsantrasyonunda 2002 (49,6 mg/L) ve 2017 (221,5 mg/L) yılları arasında yaklaşık olarak dört buçuk kat artış meydana geldiğini tespit etmiştir. Erdoğan (2019), Doğu Karadeniz Havzası akarsularından Fırtına ve İyidere (Rize), Solaklı, Karadere ve Söğütlü (Trabzon) ile Aksu (Giresun) derelerinde seçtiği altı istasyonda Mart 2016-Haziran 2019 tarihleri arasındaki mevsimsel dönemlerde çeşitli su kalitesi değişkenlerinin yanı sıra AKM değişimini incelemiş ve akarsu havzalarındaki doğal ve insani faaliyetlerin kirliliğe neden olduğunu tespit etmiştir. Söz konusu akarsulardan içme ve kullanma suyu temin edilmesi durumunda AKM parametresi için arıtma işlemine ihtiyaç duyulacağı sonucuna varmıştır.

Bir akarsu tarafından taşınan AKM daneleri akarsuyun taşıma kapasitesinin azaldığı yerlerde çökelmeye ve yığılmaya başlar. Sedimentasyon olarak adlandırılan bu olay birikme miktarına, karakterine ve yerine bağlı olarak taşkın, akarsuların taşıma kapasitesinin azalması, sulama ve drenaj kanal kesitlerinin daralması, limanların dolması, rezervuarların ekonomik ömürlerinden daha erken bir sürede dolması ve yüksek kamu maliyeti gibi ciddi sorunlar oluşturabilir. Bu nedenle, can ve mal kaybını önlemek, toprak ve su kaynaklarını iyileştirerek etkinliklerini arttırmak, erozyonu kontrol etmek, akarsu ve yan kollarındaki AKM hareketini sınırlamak amacıyla bazı yapısal önlemler uygulanmaktadır. Bu yapısal önlemlerden biri olan tersip bentleri akarsu yataklarında inşa edilen enine yapılardır. Asıl işlevi koruyucu nitelikte olan bu bentlerinin amacı akarsu havzalarında oluşan ve taşınan katı maddeleri depolamak suretiyle mansaba ulaşmalarını önlemektir (Dinçsoy, 2013).

Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından Trabzon il sınırları içinde bulunan ve bir heyelan set gölü olan Uzungöl için hazırlanan raporda, gölün membaında yer alan Haldizen Deresi ve yan kollarında AKM taşınımı nedeniyle göl hacminde önemli kayıplar meydana geldiği belirtilmiştir. Erozyon ve AKM hareketini kontrol etmek için tersip bentleri ile ıslah sekileri yapılması ve havzanın korunması önerilmiştir. Sonraki yıllarda havzadan gelen ve akım ile taşınan katı maddenin depolanması için Haldizen Deresi ana kol üzerinde üç adet ve yan kollarda iki adet tersip bendi inşa edilmiştir (Verip vd., 2002; Dinçsoy, 2013). Reis ve Dindaroğlu (2018), Kahramanmaraş il sınırları içerisinde yer alan Bertiz Çayı Havzası akımları üzerinde etkili olan

parametreleri incelemişlerdir. Havzanın arazi kullanım şekillerini %43,0 orman, %34,9 tarım ve %22,2 mera olarak belirlemişlerdir. Erozyon eğilim indeksi olarak dispersiyon oranı ve kolloid/nem ekivalanı değerleri her üç arazi kullanım şeklinde de sınır değerlerin üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Akarsuların aşındırma güç ve kabiliyetlerinin oldukça fazla olması, havza topraklarının genel olarak erozyona duyarlı olması sebebiyle havzadaki sediment taşınımına bağlı toprak kayıplarını ve sedimentasyonu engellemek, ayrıca topraktaki erozyon duyarlılığını azaltmak için orman alanlarında ağaçlandırma çalışmalarının yapılması, arazi kullanım planları hazırlanması ve havzada tersip bentleri inşa edilmesini önermişlerdir.

Doğrudan ölçümler AKM'nin belirlenmesinde güvenilir yöntemlerden biridir. Fakat istenen yerlerde ölçüm istasyonları kurmak ve yeterince uzun bir süre veri toplamak zahmetli ve masraflıdır. Ayrıca, Türkiye'deki birçok havza için bu ölçümler mevcut değildir. Ülkemizde sediment gözlemleri 2011 yılına kadar DSİ ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Genel Müdürlükleri tarafından yürütülmüş, 2011 yılından sonra EİE'nin kapatılması ile DSİ'ye devredilmiştir. Yayımlanan sediment yıllıkları (URL-1, 2021) incelendiğinde, Doğu Karadeniz Havzası'nda sınırlı sayıda akarsuda AKM takibi yapıldığı ve bu akarsular içerisinde Sera Deresi'nin yer almadığı anlaşılmaktadır. Literatür incelendiğinde de Sera Deresi Havzası için AKM takibine yönelik bir çalışmaya rastlanmaması bu alanda bir boşluk olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca ülkemizde tersip bentlerinin askıda AKM taşınımına etkilerinin incelendiği çalışmalara da literatürde rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, ana kol üzerinde beş tersip bendinin (TB1, TB2, TB3, TB4 ve TB5) inşa edildiği Sera Deresi Havzası'nda AKM taşınımını belirli aralıklarla takip ederek değerlendirmektir. Havzanın mansabında bulunan Sera Gölü ile bu gölün membaında yer alan tersip bentlerinin konumları dikkate alınarak seçilen toplamda 10 AKM gözlem istasyonundan, ayda dört kez olacak şekilde ve 2019 yılı Haziran-Kasım döneminde su örnekleri toplanmış ve AKM konsantrasyonları (mg/L) elde edilmiştir. Havzada işletilmekte olan Derecik isimli akım gözlem istasyonundan (Derecik AĞI) seviye okumaları yapılarak ilgili kesitten geçen debiler belirlenmiş ve AKM yükleri hesap edilmiştir.

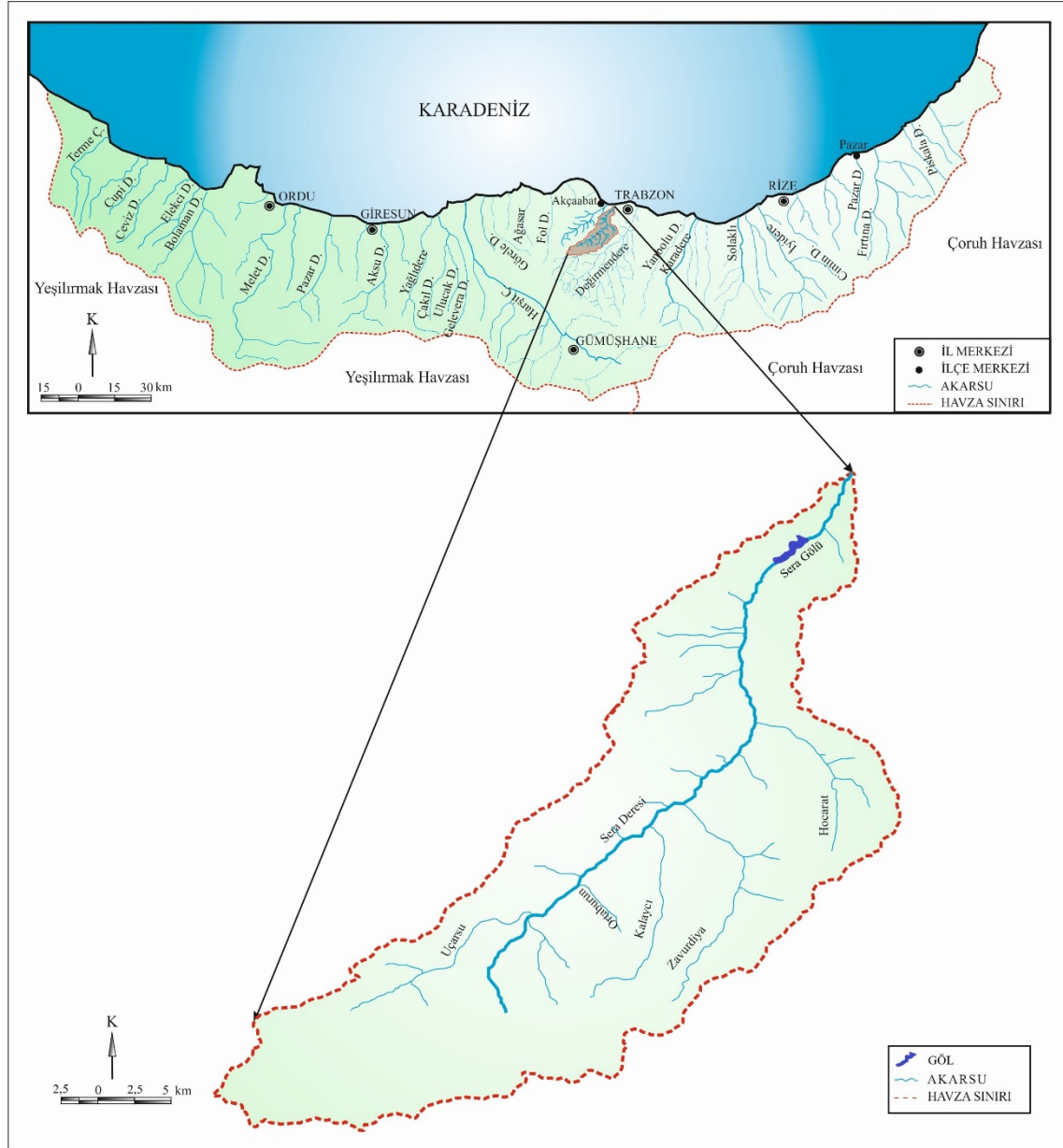
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı

Türkiye, su kaynaklarının tespit edilmesi, geliştirilmesi ve kullanılması amacıyla hidrolojik olarak 25 havzaya ayrılmaktadır. Bu havzalardan 22.'si olan Doğu Karadeniz Havzası 22.846 km²'lik yağış alanı ve 16,4×10⁹ m³'lük yerüstü su potansiyeli ile ülkemiz yüzey alanının yaklaşık %3'ünü ve toplam su potansiyelinin ise yaklaşık olarak %9,1'ini temsil etmektedir (DSİ, 2019). Havza sınırları içerisinde Samsun ilinin %0,4'ü, Ordu ilinin %89,9'u, Giresun ilinin %61,8'i, Rize ilinin %98,5'i, Artvin ilinin %7,0'ı, Erzurum ilinin %0,2'si, Bayburt ilinin %2,5'i, Gümüşhane ilinin %54,9'u, Sivas ilinin %1,1'i, Tokat ilinin %0,4'ü ve Trabzon ilinin %99,9'u yer almaktadır (ÇŞB, 2015). Karadeniz Bölgesi'nin en dağlık ve yükseltisinin en fazla olduğu Doğu Karadeniz Havzası her mevsim yağış almaktadır. Havza içinde yer alan illerin uzun yıllar (1959-2019) yıllık toplam yağış ortalamaları; Ordu'da 1.046,4 mm (MGM, 2020a), Giresun'da 1.288,8 mm (MGM, 2020b), Trabzon'da 830,0 mm (MGM, 2020c), Rize'de 2.301,5 mm (MGM, 2020d) ve Gümüşhane'de 460,7 mm'dir (MGM, 2020e). Eğimin yüksekliği, yüzey altı tabakasının geçirimsiz veya yarı geçirimli olması, zemin jeolojisi, topoğrafyası, iklim ve bitki örtüsü gibi etkenler bölgede oldukça sık bir akarsu ağının oluşmasına yol açmıştır.

Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi 2021 yılı sonuçlarına göre toplamda 811.901 kişilik nüfus (TÜİK, 2021) ile Doğu Karadeniz Havzası'ndaki en kalabalık il olan Trabzon, 4.664 km²'lik alana sahip bir sahil kentidir. Baltacı, Solaklı, Karadere, Yomra, İkisü, Değirmendere, Sera, Galanima, İskefiye, Foldere ve Ağasar gibi birçok akarsu havzasından oluşmaktadır. Bu havzalardan biri olan Sera Deresi Havzası, 40°51'-40°54' kuzey enlemleri ile 39°37'-39°28' doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Yüksek ve dağlık bir araziye sahip olan havzanın

alanı yaklaşık olarak 127 km²'dir. Uçarsu, Ortaburun, Kalaycı, Zavurdiya ve Hocarat isimli yan kolların dahil olduğu havzanın ana akarsuyu Sera Deresi'dir (Celep, 2009).



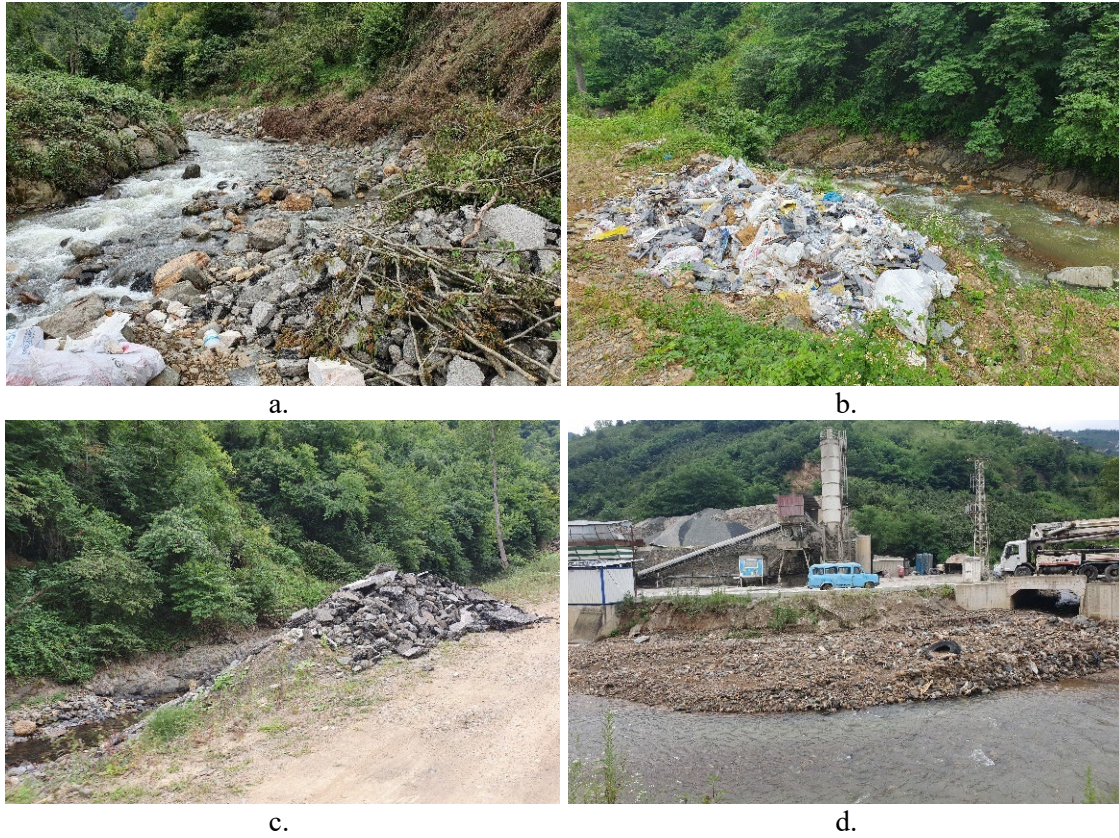
Şekil 1:

Sera Deresi Havzası (Akçaabat-Trabzon) akarsu ağı

Sera Deresi'nin Asor mevkiinde 1950 yılının Şubat ayında meydana gelen heyelan sonucu vadinin batı yamacından kopan 15×10^6 m³'lük enkaz seti akarsu yatağının önünü tıkamıştır. Gelen suların setin ardında birikerek yükselmesiyle sahile ise 2,5 km, şehir merkezine ise 10 km, mesafede Sera Gölü olarak adlandırılan 1.200 m uzunluğunda ve 20 m derinliğinde bir heyelan set gölü oluşmuştur. Sonrasında göl sularının seti aşmasıyla derenin akışı yeniden sağlanmıştır (Beret, 1955). Göl, 2005 yılında doğal koruma alanı olarak belirlenmiş ve 2010 yılında da etrafındaki 94 ha'lık alan Tabiat Parkı olarak ilan edilmiştir (Çavuş, 2014). Sera Gölü Tabiat Parkı, doğal bitki örtüsü, balık faunası ve su varlığı ile kampçılık, kürek ve amatör olta balıkçılığı,

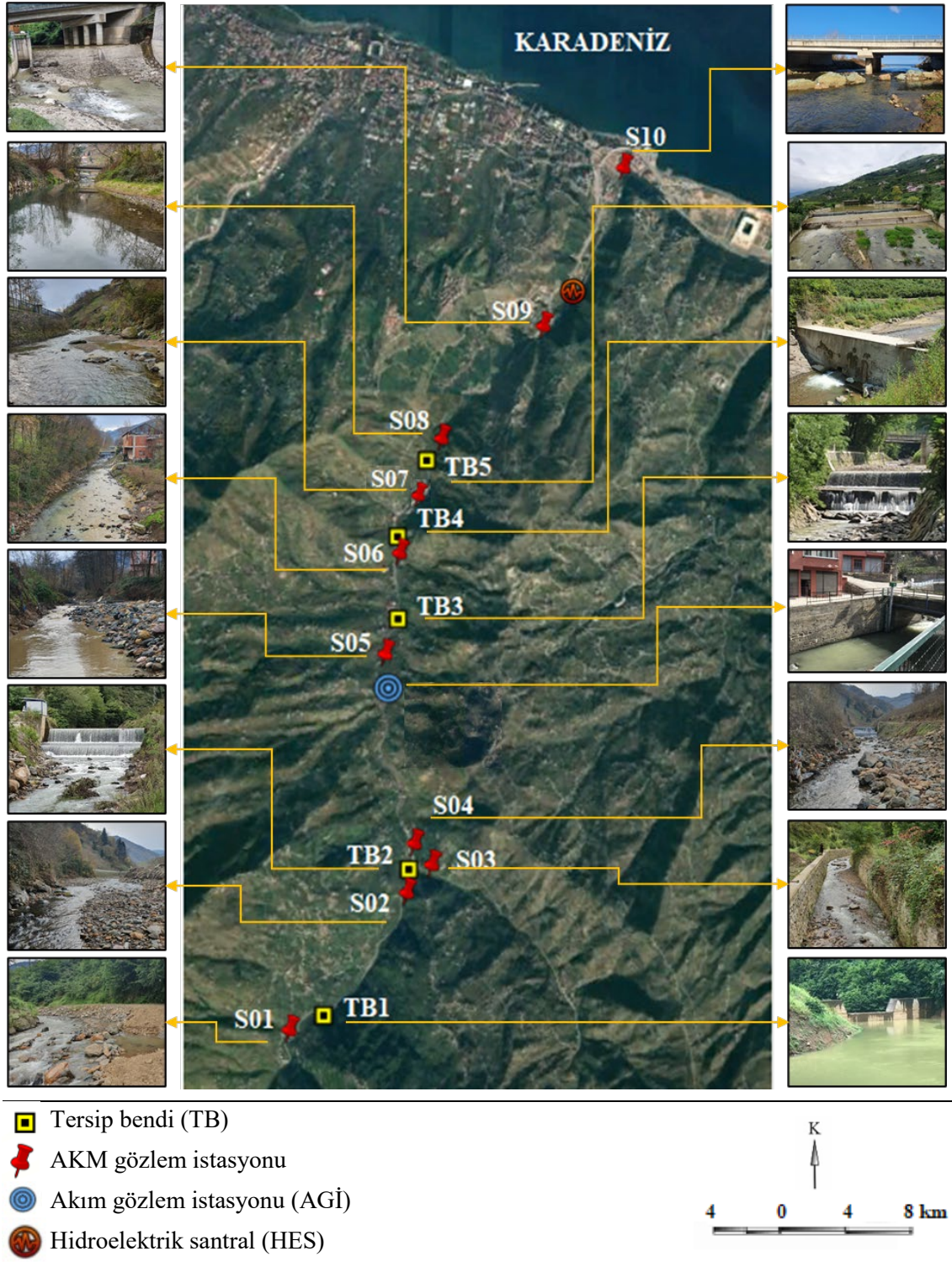
piknik, doğa yürüyüşü ve gezi olanakları sayesinde yerli ve yabancı turistleri cezbetmektedir. Özellikle son yıllarda gelen turist sayısında büyük artış yaşanmaktadır (Duzgunes vd., 2017).

Hem insani faaliyetler hem de arazi eğiminin kısa mesafelerde büyük değişiklik göstermesi ve zemin yapısı gibi özellikleri nedeniyle Sera Deresi Havzası'nda yüksek miktarda katı madde taşınmaktadır (Hacısalihoğlu, 1995). Akarsu yataklarına dökülen moloz ve hafriyatlar da akarsularda taşınan katı madde miktarını artırmaktadır. Gerçekleştirilen arazi çalışmalarında havzada gerek dere kenarlarında gerekse yataklarında çeşitli atıklar tespit edilmiştir (Şekil 2). Dere kenarına atılan malzemeler dış faktörlerin etkisiyle zamanla dere yatağına inmekte ve akışla taşınmaktadır. Taşınan katı maddenin Sera Gölü'ne ulaşip burada birikmesini önlemek ve gölü korumak amacıyla Sera Deresi ana kol üzerinde tersip bentleri inşa edilmiştir. Sera Gölü'nün ve bu tersip bentlerinin konumları dikkate alınarak 10 AKM gözlem istasyonu belirlenmiştir. Havzadaki tersip bentlerinin ve seçilen AKM gözlem istasyonlarının fotoğrafları Şekil 3'te ve konum bilgileri membadan mansaba olacak şekilde Tablo 1'de verilmektedir.



Şekil 2:

Sera Deresi Havzası'nda akarsu yataklarına moloz ve hafriyat dökümü
a. S01 mevki (22.10.2019), **b.** TB1'in memba (15.08.2019), **c.** S02 mevki (14.10.2019) ve **d.**
TB2'nin memba (26.06.2019)



Şekil 3:

Sera Deresi Havzası'nda (Akçaabat-Trabzon) akım ve askıda katı madde gözlem istasyonları ile tersip bentlerini gösteren uydu görüntüsü (Google Earth, 2022) ve fotoğraflar (Metel, 2020)

Tablo 1. Sera Deresi Havzası askıda katı madde gözlem istasyonları ve tersip bentleri konum bilgileri (Mete, 2020)

Lokasyonlar	Kuzey	Doğu	Yükseklik (m)
S01	40°55'15,84"	39°35'21,50"	299
TB1	40°55'24,26"	39°35'37,59"	286
S02	40°56'10,56"	39°36'16,14"	214
S03 (Yan kol)	40°56'11,28"	39°36'23,37"	204
TB2	40°56'13,69"	39°36'14,60"	202
S04	40°56'18,04"	39°36'14,79"	201
Derecik AGİ	40°57'14,67"	39°36'02,72"	150
S05	40°57'22,65"	39°35'59,22"	134
TB3	40°57'39,04"	39°36'06,91"	133
S06	40°57'57,38"	39°36'04,99"	120
TB4	40°58'07,71"	39°36'06,07"	119
S07	40°58'12,37"	39°36'05,27"	116
TB5	40°58'33,98"	39°36'18,94"	110
S08 (Göl giriş)	40°58'37,13"	39°36'23,82"	109
S09 (Göl çıkış)	40°59'16,38"	39°37'10,79"	107
S10	41°00'12,76"	39°37'46,87"	5

2.2. Askıda Katı Madde ve Debi Ölçümleri

AKM gözlem istasyonlarından su örnekleri toplama çalışmaları 2019 yılı Haziran-Kasım döneminde ayda dört toplamda 24 kez olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinin alınması, muhafazası ve laboratuvara nakli, standart yöntemlere (APHA, 1992) uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinin alınması esnasında numune kapları, içerisinde olması istenmeyen herhangi bir kalıntı ihtimaline karşı akarsuyun suyu ile iki kez çalkalanmıştır. Belirlenen kesitlerde su örneklerinin alınması esnasında numune kapları su yüzeyinin orta noktasından içerisinde hava kalmayacak şekilde doldurulmuş ve kapları sıkıca kapatılmıştır. Akarsudan toplanan su örneklerinin standartlarda belirtilen şartlarda laboratuvara taşınmasında buz kasetleri ile donatılmış büyük hacimli numune kapları kullanılmıştır. TS EN 872 (TSE, 2007) dikkate alınarak AKM tayini gerçekleştirilmiştir. Filtrasyon işlemi için 47 mm çaplı süzme haznesine sahip vakumlu filtrasyon seti ve gözenek boyutu 1,2 µm olan 55 mm çaplı cam elyaf filtreler kullanılmıştır. Cam elyaf filtreler kullanılmadan önce saf su ile ön yıkama işlemine tabi tutulmuş, en az bir saat etüvde 105 °C'de kurutulmuş ve kullanıma dek nemlenmesinin ve kirlenmesinin önlenmesi amacıyla da desikatörde muhafaza edilmiştir. Kullanılmadan önce 0,0001 mg hassasiyetle tartım yapabilen analitik hassas terazi ile tartılmış ve filtre edilecek numune ile aynı olacak şekilde adlandırılmıştır. Alınan su örneğinin tamamı süzüldükten sonra cam elyaf filtre vakum hattından ayrılarak en az bir saat etüvde 105 °C'de kurutulduktan sonra tekrar tartılmıştır. Son ağırlıktan ilk ağırlık çıkarılarak elde edilen fark örnek hacmine bölünerek AKM değerleri mg/L cinsinden belirlenmiştir.

S05 isimli AKM gözlem istasyonunun membaında yer alan ve DSİ tarafından işletilmekte olan S22A153 numaralı Derecik AGİ'den seviye okumaları yapılmıştır. Akarsuyun debisi söz konusu AGİ için belirlenen debi anahtar eğrisi yardımıyla kaydedilen seviyelere karşılık gelen debi değerleri m³/s cinsinden elde edilmiştir.

3. BULGULAR ve İRDELEME

Bu bölümde, dokuzu ana kol (Sera Deresi) ve biri de yan kol (Hocarat Deresi) üzerinde olmak üzere seçilen 10 AKM gözlem istasyonunda ayda dört kez olacak şekilde toplanan su örnekleri üzerinden gerçekleştirilen AKM tayinleri ve örnekleme çalışmalarına paralel olarak bir istasyonda (S05) yürütülen seviye okumaları sonucu elde edilen bulgular irdelenmektedir.

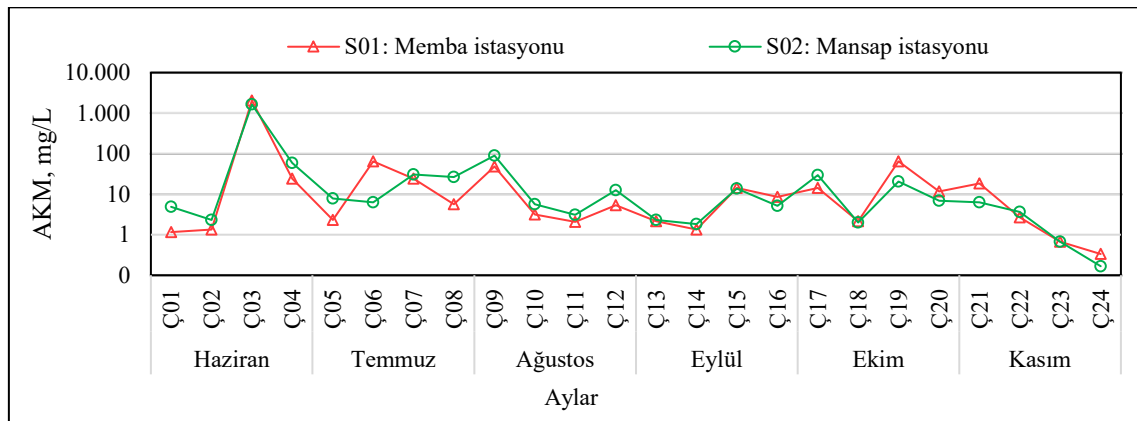
AKM tayini sonucunda elde edilen veriler, her bir istasyon için mevsimsel olarak, en düşük değer (S_{min}), ortalama değer (\bar{S}), en yüksek değer (S_{mak}) ve standart sapma (SS) şeklinde Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2. Sera Deresi Havzası askıda katı madde (mg/L) istatistikleri (Mete, 2020)

AKM gözlem istasyonları	2019 Yaz				2019 Sonbahar			
	S_{min}	\bar{S}	S_{mak}	SS	S_{min}	\bar{S}	S_{mak}	SS
S01	1,2	185,8	2.048,0	586,8	0,3	11,8	64,8	17,9
S02	2,3	157,3	1.639,0	467,4	0,2	7,7	29,4	9,1
S03	5,1	210,6	2.109,8	630,3	1,2	27,5	143,8	44,1
S04	3,4	185,8	1.656,5	469,1	0,2	12,0	39,6	12,9
S05	4,9	204,1	1.981,8	562,2	2,8	22,8	112,4	31,1
S06	10,5	44,8	128,3	45,4	3,2	25,0	83,1	21,3
S07	6,5	209,6	1.995,2	564,8	2,7	28,6	67,5	23,5
S08	3,4	229,2	2.302,5	654,8	1,2	27,4	114,0	34,8
S09	5,7	41,6	107,5	32,2	15,7	37,0	130,0	30,5
S10	7,7	95,4	596,1	163,7	15,2	115,4	878,2	243,1

Tablo 2 incelendiğinde en yüksek AKM değeri 2.302,5 mg/L olarak 2019 yazında TB5’in mansabı ile Sera Gölü’nün hemen membaında yer alan S08 istasyonundan, en düşük AKM değeri ise 0,2 mg/L olarak 2019 sonbaharında ilk iki tersip bendinin arasında yer alan S02 ile TB2’nin hemen mansabındaki S04 istasyonlarından elde edildiği görülmektedir.

Sera Gölü’nün yanı sıra ana kol üzerinde inşa edilen ve TB1, TB2, TB3, TB4 ve TB5 olarak isimlendirilen tersip bentlerinin konumları dikkate alınarak takibi yapılan AKM’nin (mg/L) zamana ve mekana bağlı değişimi sırasıyla Şekil 4, 5, 6, 7, 8 ve 9’da logaritmik olarak verilmektedir.

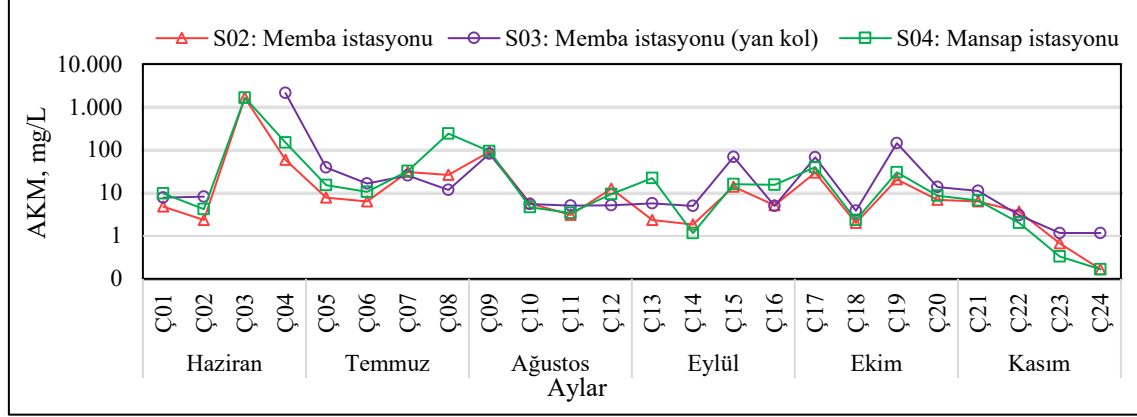


Şekil 4:

Askıda katı maddenin (mg/L) TB1’in memba ve mansabında zamana bağlı değişimi

Havzadaki diğer tersip bentlerine kıyasla daha büyük bir rezervuara sahip olan ve bu çalışmanın öncesinde DSİ tarafından boşaltılarak yeniden işlevsel hale getirilen TB1’in memba ve mansabındaki S01 ve S02 AKM gözlem istasyonlarında aylık ortalama değerler sırasıyla 518,6

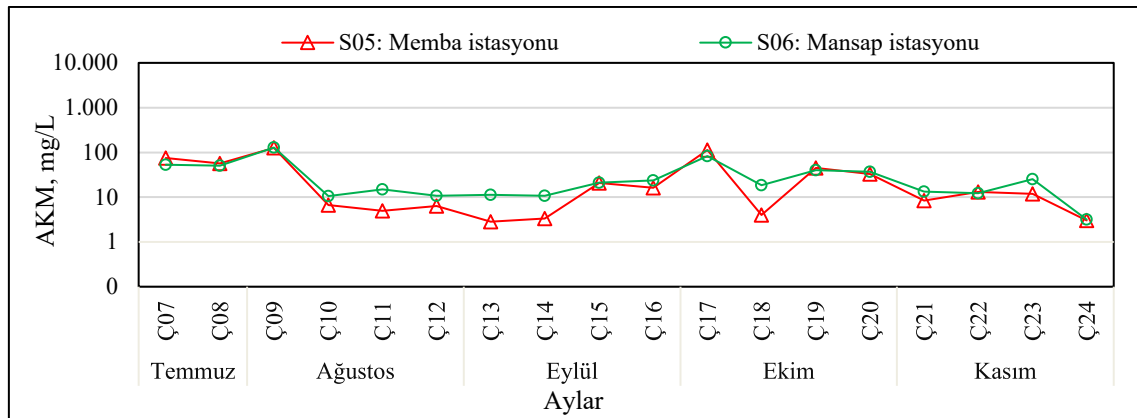
(Haziran) ile 5,5 mg/L (Kasım) ve 426,2 (Haziran) ile 2,7 mg/L (Kasım) arasında değişim göstermiştir (Şekil 4). Membadan gelen AKM'nin %15,3'ü (yaz), %34,7'si (sonbahar) ve çalışma dönemi boyunca %16,5'i TB1 tarafından tutularak mansaba geçişi engellenmiştir.



Şekil 5:

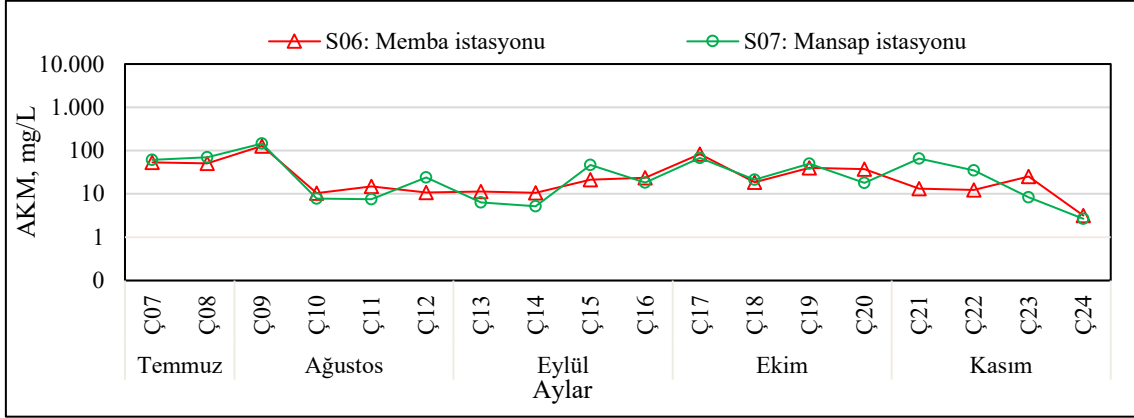
Askıda katı maddenin (mg/L) TB2'nin memba ve mansabında zamana bağlı değişimi

Hocarat isimli yan kolun Sera Deresi'ne bağlandığı yerde konumlandırılan ve TB1'e kıyasla daha küçük bir rezervuara sahip olan TB2'nin hemen membamda ve yan kol üzerinde seçilen S03 isimli AKM gözlem istasyonunda (Şekil 3) aylık ortalama değerlerin 708,6 (Haziran) ile 4,1 mg/L (Kasım) arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 5). Çalışmanın henüz başlangıcında, artan debiler sebebiyle yan kol tarafından taşınan yatak malzemesinin yanı sıra her iki koldan taşınan yüksek AKM konsantrasyonları sebebiyle TB2'nin hızla dolduğu ve işlevselliğini kaybettiği gözlemlenmiştir. TB2'nin rezervuarı 28.07.2019 tarihindeki 8. çalışmada DSİ tarafından boşaltılmış ve bu esnada çökelen katı maddenin yeniden harekete geçmesi TB2'nin mansabında yer alan S04 istasyonunda ölçülen konsantrasyonu kayda değer seviyede arttırmıştır. Gerek rezervuarın dolarak TB2'yi işlevsiz hale getirmesi gerekse de yan kolun AKM konsantrasyonunu önemli ölçüde artırması TB2'nin mansabında membaya kıyasla daha yüksek AKM değerlerinin meydana gelmesine sebep olmuştur.



Şekil 6:

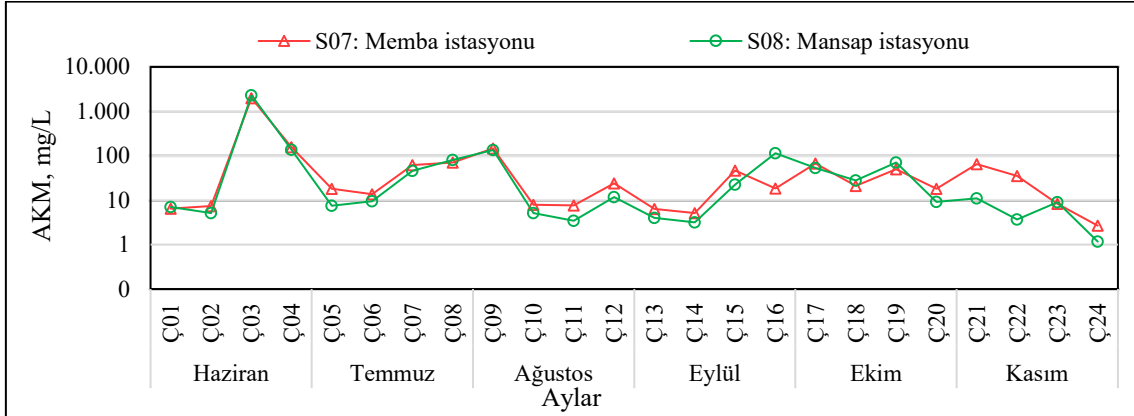
Askıda katı maddenin (mg/L) TB3'ün memba ve mansabında zamana bağlı değişimi



Şekil 7:

Askıda katı maddenin (mg/L) TB4'ün memba ve mansabında zamana bağlı değişimi

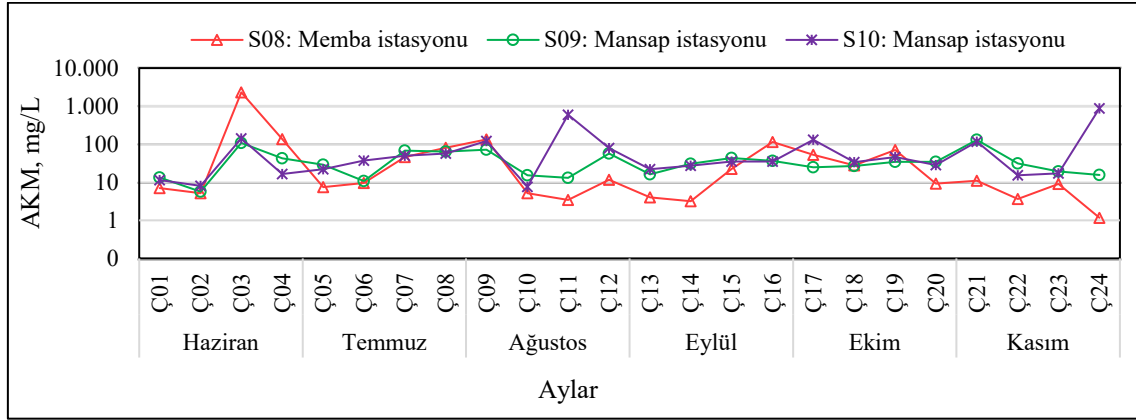
TB4'ün mansabında kalan S07 isimli AKM gözlem istasyonunda (Şekil 3) aylık ortalama değerler 541,4 (Haziran) ile 19,0 mg/L (Eylül) arasında değişim göstermektedir (Şekil 7). S07 ve S06 isimli AKM gözlem istasyonlarında ortak periyotta yapılan çalışmalara ait ortalama konsantrasyon değerleri karşılaştırıldığında mansap istasyonundaki AKM değerinin memba istasyonunda %16,3 daha fazla olduğu hesaplanmıştır TB4'ün rezervuarının dolu olmaması sebebiyle işlevselliğini muhafaza etmesine rağmen mansaptaki konsantrasyon artışında S07 isimli AKM gözlem istasyonunun öncesinde ana kola katılan düşük debili yan kollar ile evsel atık su deşarjlarının etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 8:

Askıda katı maddenin (mg/L) TB5'in memba ve mansabında zamana bağlı değişimi

TB5'in mansabında kalan S08 isimli AKM gözlem istasyonunda (Şekil 3) aylık ortalama değerler 612,8 (Haziran) ile 6,2 mg/L (Kasım) arasında değişim göstermektedir (Şekil 8). Ortalama AKM konsantrasyonları karşılaştırıldığında S08 istasyonundaki değerlerinin S07'den %7,7 daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. S08 istasyonunun hemen membanda yapılan evsel atıksu deşarjının bu artış üzerinde etkisi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 9:

Askıda katı maddenin (mg/L) Sera Gölü'nün memba ve mansabında zamana bağlı değişimi

İki halatlı ekskavator, iki ekskavator, bir dozer ve sekiz kamyon ile başlatılan ve 28.07.2019 tarihindeki 8. çalışmanın sonrasına denk gelen Sera Gölü taban temizleme çalışmaları (Şekil 10) 135 gün boyunca devam ettirilmiş ve göl tabanından 180.000 m³ malzeme çıkarılmıştır. Taban temizleme çalışmaları, havzada taşınan AKM'nin gölde çökmesini engellemesinin yanı sıra göl tabanında çökelen katı maddenin de göl suyuna karışmasına sebep olmuştur. Sera Gölü'nün memba ve mansabındaki AKM'nin değişimini bir bütün olarak değerlendirmek yanıltıcı sonuçlar verebileceğinden temizleme çalışmalarından önce ve sonra olmak üzere iki kısımda değerlendirilmiştir.



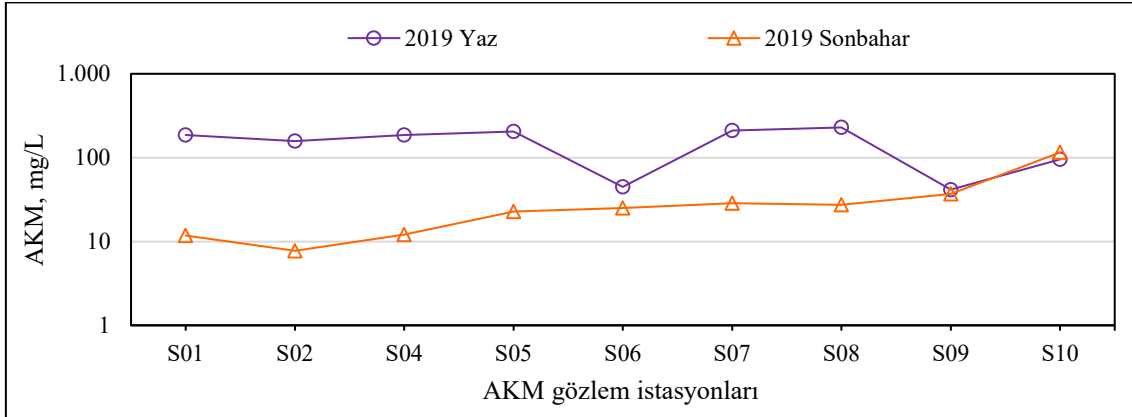
Şekil 10:

*Sera Gölü (Akçaabat-Trabzon) taban temizleme çalışmaları
a. 28.07.2019, b. 22.10.2019*

Göl tabanı temizleme çalışmaları öncesinde Haziran ve Temmuz aylarındaki sekiz örneklem çalışması dikkate alındığında, Sera Gölü'nün memba ve mansabında yer alan AKM gözlem istasyonlarında (S08 ve S09) ortalama değerlerin 324,4 ve 42,6 mg/L olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre Sera Gölü düşük akım hızı ve uzun hidrolik bekleme süresinin etkisiyle membadan gelen AKM'nin %86,9'unu tutmuştur. Taban temizleme çalışmaları sırasında da ortalama AKM değerleri S08 istasyonunda 30,3 mg/L ve S09 istasyonunda 37,6 mg/L

olarak tespit edilmiştir. Mansapta meydana gelen %24,1'lik konsantrasyon artışının göl tabanına çökelen katı maddelerin taban temizleme çalışmaları sebebiyle göl suyuna karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Gölün mansabındaki S09 ve S10 istasyonlarının AKM konsantrasyonları 2019 yazında 41,6 ve 95,4 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu değerler 2019 sonbaharı için 37,0 ve 115,4 mg/L'dir. Mansap istasyonundaki ortalama AKM konsantrasyonlarında yaz ve sonbahar mevsimlerinde meydana gelen %129,5 ve %212,3'lük artışlar üzerinde S10 istasyonundan hemen önce akarsuya yapılan deşarjlar, havzada işletilmekte olan Yıldızlı HES ve regülatörü faaliyetleri ve çalışma dönemi içerisinde akarsu yatağında gerçekleştirilen düzenleme çalışmalarının etkili olduğu düşünülmektedir.

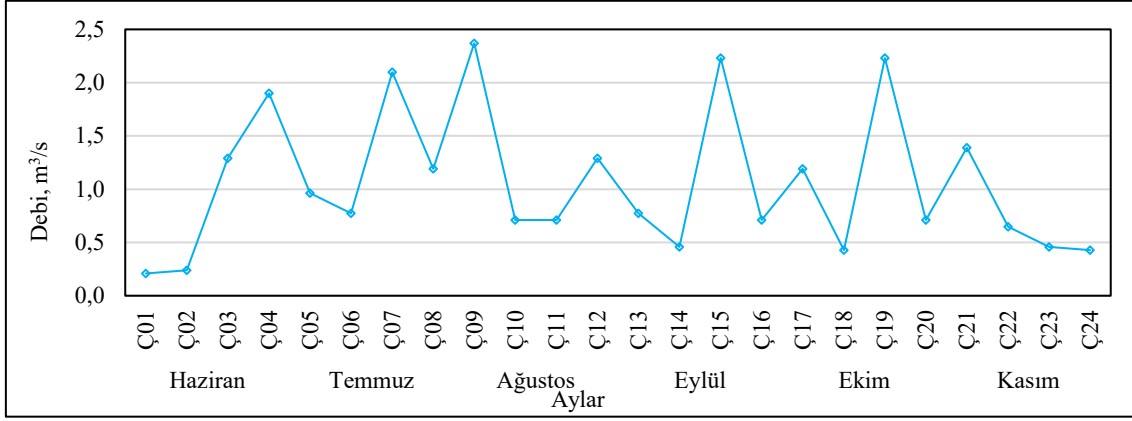
Sera Deresi Havzası ana kol üzerinde belirlenen dokuz AKM gözlem istasyonunda AKM'nin mevsimsel değişimi logaritmik olarak Şekil 11'de verilmektedir. Havzada en yüksek ortalama 98,8 mg/L ile Haziran ayında ve en düşük ortalama ise 19,1 mg/L ile Eylül ayında gözlenmiştir. Diğer dört ayın değerleri bu iki ayın değerleri arasında kalmaktadır. Havzada taşınan ortalama AKM konsantrasyonları 2019 yazında 156,4 mg/L ve sonbaharında 31,5 mg/L olarak hesaplanmıştır. Sera Deresi üzerinde seçilen S10 istasyonu hariç diğer tüm istasyonlar için 2019 yazı ortalama AKM değerleri 2019 sonbaharından daha yüksektir. Sera Deresi'nin Karadeniz ile bulunduğu S10 istasyonundaki AKM değeri gölün çıkışında yer alan S08'in yaklaşık olarak iki katıdır. Bu durum, Ağustos ve Kasım aylarındaki birer örnekleme çalışmasının S09 istasyonunun membanda, akarsu yatağında gerçekleştirilen düzenleme faaliyetlerine denk gelmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 11:

Askıda katı maddenin (mg/L) Sera Deresi Havzası ana kol üzerinde seçilen gözlem istasyonlarında mevsimsel değişimi

Derecik AGİ'den yapılan seviye okumaları ile ilgili kesitten geçen debiler belirlenmiştir. Akım verilerinin zamana göre değişimi Şekil 12'de verilmektedir. Seviye okumaları ve debi anahtar eğrisi yardımıyla hesap edilmiştir. Debi ve konsantrasyon değerleri kullanılarak hesaplanan AKM yükleri Tablo 3'te verilmektedir. En yüksek ve en düşük ortalama günlük debi değerleri sırasıyla 109.771 m³/gün ile Ağustos ve 63.180 m³/gün ile Kasım ayında hesap edilmiştir. Ortalama günlük AKM yükleri ise 61,6 ton/gün (Haziran) ile 0,6 ton/gün (Kasım) arasında değişmektedir. Debi ve AKM değerleri arasındaki doğrusal bir ilişki olmamasında akarsuya yapılan müdahalelerin etkili olduğu düşünülmektedir. En yüksek ortalama debi değerinin (1,3 m³/s) gözlemlendiği Ağustos ayındaki ortalama AKM değeri 36,0 mg/L iken ortalama debi değerinin 0,9 m³/s olarak hesap edildiği Haziran ayında ortalama AKM değerinin 536,9 mg/L olması bu durumu destekler niteliktedir.



Şekil 12:
Sera Deresi Havzası akım verilerinin (Derecik AGİ) zamana göre değişimi

Tablo 3. S05 istasyonu aylık akım ve askıda katı madde verileri

Aylar (2019)	Su seviyesi (cm)	Debi (m³/s)	Debi (m³/gün)	AKM (mg/L)	AKM (ton/gün)
Haziran	93,8	0,9	78.020	536,9	61,6
Temmuz	101,0	1,2	108.626	39,5	5,4
Ağustos	100,5	1,2	109.771	36,0	6,8
Eylül	102,5	1,0	90.180	10,8	1,3
Ekim	100,0	1,1	98.474	48,6	5,6
Kasım	95,0	0,7	63.180	9,0	0,6

Sera Deresi Havzası'nda elde edilen AKM verileri ve hesap edilen debi değerleri IBM SPSS Statistics 23 bilgisayar programı kullanılarak analiz edilmiş ve AKM verileri arasındaki Spearman korelasyon matrisi Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde istasyonlar arasındaki korelasyonların 0,886 ile 0,119 arasında değiştiği görülmektedir.

Tablo 4. Sera Deresi Havzası AKM verileri için Spearman korelasyon matrisi (Mete, 2020)

İstasyonlar	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10
S02	0,851									
	0,000									
S03	0,765	0,861								
	0,000	0,000								
S04	0,740	0,880	0,817							
	0,000	0,000	0,000							
S05	0,772	0,879	0,720	0,757						
	0,000	0,000	0,000	0,000						
S06	0,667	0,715	0,630	0,709	0,886					
	0,002	0,001	0,005	0,001	0,000					
S07	0,761	0,838	0,623	0,685	0,843	0,742				
	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000				
S08	0,733	0,772	0,616	0,769	0,790	0,792	0,848			
	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000			
S09	0,612	0,664	0,365	0,525	0,626	0,470	0,756	0,637		
	0,001	0,000	0,087	0,008	0,001	0,049	0,000	0,001		
S10	0,358	0,325	0,119	0,257	0,207	0,252	0,302	0,248	0,383	
	0,086	0,122	0,587	0,225	0,333	0,313	0,161	0,255	0,065	

Sera Gölü'nün mansabında yer alan istasyonlar (S09 ve S10) ile gölün membada yer alan istasyonlar arasındaki korelasyonların çok düşük olmasında Sera Gölü'ndeki hidrolik bekleme süresinin etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca S05 istasyonunda AKM ve debi verileri arasındaki korelasyon katsayısı 0,690 olarak hesap edilmiştir.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sera Deresi Havzası'nda, askıda katı madde (AKM) hareketinin değişimi 2019 yılı Haziran-Kasım dönemini kapsayan altı aylık dönemde 10 AKM gözlem istasyonunda gerçekleştirilen örnekleme çalışmaları ve bir istasyonda yürütülen akarsu seviye okumaları sonucunda belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu çalışmadan çıkartılan sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Sera Deresi Havzası'nda çalışma süresince istasyon bazında ortalama AKM konsantrasyonları 128,3 ile 7,7 mg/L arasında değişim göstermektedir. Debinin artmasıyla 2.000 mg/L'ye yaklaşan konsantrasyonlar havzadaki tersip bentlerinden bazılarının daha hızlı dolarak işlevsiz hale gelmesine sebep olmuştur.
- Akarsu debisinde meydana gelen artışlarda, dolu olan tersip bentlerinin çalışma mekanizması tersine dönmekte, membada depolanan sediment oyularak mansaba taşınmaktadır. Bu da mansapta AKM konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır
- Akarsu yataklarına moloz ve hafriyat dökümünün yanı sıra yerleşim birimlerinden yapılan evsel atık su deşarjlarının da AKM miktarının artışında etken olduğu havzada, tamamı ana kol üzerinde ve havzanın mansap kısmında inşa edilen tersip bentleri her ne kadar başarılı olsalar da sayısal olarak yetersiz kalmaktadır.
- Çok dik ve sarp eğimli orman arazilerine sahip olan Sera Deresi Havzası'nın memba kısmında yer alan yan kollar üzerinde de geçirimsiz tersip bentlerinin yanı sıra geçirimli tersip bentlerine de ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Ülkemiz akarsularında AKM takibine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Devlet Su İşleri tarafından akım gözlem istasyonları (AGİ) vasıtasıyla yürütülen çalışmalar havzalardaki sınırlı sayıda akarsuda mevcuttur. Bu nedenle, bu verilerin faaliyetteki hidrolik yapılar ve havzadaki planlar açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.
- Örnekleme çalışmalarının gerçekleştirildiği dönem, Derecik AGİ mevkiindeki S05 isimli AKM gözlem istasyonu hariç diğer istasyonlarda akarsu kesitlerinden geçen debilerin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılamamıştır. Bu sebeple elde edilen AKM değerleri konsantrasyon şeklinde olup havza bazında AKM yükleri hakkında bir fikir edinilememektedir. Havzada gerçekleştirilmesi muhtemel çalışmalarda bu durumun göz önüne alınarak debinin de ayrıca belirlenmesi yoluna gidilmesi önerilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

Betül METE: çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri toplama, analizi ve yorumlama, makalenin yazılması ve gerekli düzeltmelerin yapılması.

Osman Tuğrul BAKİ: veri toplama, makalenin yazılması ve gerekli düzeltmelerin yapılması.

Adem BAYRAM: çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri analizi ve yorumlama, makalenin yazılması ve gerekli düzeltmelerin yapılması.

KAYNAKLAR

1. APHA. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th edn. American Public Health Association, Washington, DC.
2. Atay, R., Akyürek, H. ve Karaşahin, B. (2002). Eber ve Karamık göllerinin organik kirliliğinin araştırılması projesi. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
3. Bayram, A. (2011). Harşit Çayı su kalitesinin mevsimsel değişiminin incelenmesi ve askı madde konsantrasyonunun yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
4. Bayram, A., Onsoy, H., Komurcu, M.I. ve Bulut, V.N. (2012). Effects of Torul dam on water quality in the stream Harşit, NE Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 65(3), 713-723. doi:10.1007/s12665-011-1118-5
5. Bayram, A., Onsoy, H., Kankal, M. ve Komurcu, M.I. (2014). Spatial and temporal variation of total suspended solids versus turbidity in the stream Harsit Watershed, NE Turkey, *Arabian Journal of Geosciences*, 7(11), 4987-4996. doi:10.1007/s12517-013-1122-z
6. Bayram, A. ve Kenanoglu, M. (2016). Variation of total suspended solids versus turbidity and Secchi disk depth in the Borçka Dam reservoir, Çoruh River Basin, Turkey, *Lake and Reservoir Management*, 32(3), 209-224. doi:10.1080/10402381.2016.1160168
7. Beret, B. (1955). Sera Heyelanı, *Türk Coğrafya Dergisi*, 13-14, 155-160.
8. Berkun, M., Aras, E. ve Özel Akdemir, U. (2015). Water runoff, sediment transport and related impacts in the Southeastern Black Sea rivers, *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(4), 781-791. doi:10.30638/eej.2015.087
9. Beyazıt, M. ve Avcı, İ. (2010). Akarsularda Akım ve Sediment Taşınımı, Birsen Yayınevi.
10. Celep, S. (2009). Trabzon ili yeraltı ve yerüstü sularının hidrojeolojik, hidrojeokimyasal incelemesi ve su kalitesinin izlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
11. Çavuş, A. (2014). Trabzon'da doğa turizmi açısından değerlendirilmesi gereken turistik bir alan: Sera Gölü, *Türk Coğrafya Dergisi*, 63, 43-50.
12. ÇŞB, (2015). Atıksu arıtımı eylem planı 2015-2023, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Su ve Toprak Yönetimi Daire Başkanlığı. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/dokumanlar/atıksu-aritimi--8230-9458-20180410150458.pdf>, Erişim Tarihi: 25.10.2021.
13. Dinçsoy, Y. (2013). Yan derelerde erozyon ve rüsubat kontrolü, DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları. <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuUcerik/767/1115/Dosya/Galeri/yan-derelerde-erozyon-ve-rusubat-kontrolu.pdf>, Erişim Tarihi: 25.10.2021.
14. DSİ, (2019). Havzalara göre yıllık ortalama yüzeysuyu su potansiyeli, 2013-2019. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1344>, Erişim Tarihi: 25.10.2021.
15. Duzgunes, E., Bayramoğlu, E. ve Duran, M. (2017). Evaluation of Sera Lake Nature Park (Trabzon/Turkey) in respect to ecological and socio-economic structure. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 18(1), 225-234.
16. Erdoğan, İ. (2019). Doğu Karadeniz Havzası akarsularında su kalitesinin incelenmesi ve askıda katı madde konsantrasyonunun tahmin edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

17. Gupta, H. ve Chakrapani, G.J. (2005). Temporal and spatial variations in water flow and sediment load in Narmada River Basin, India: natural and man-made factors, *Environmental Geology*, 48(4), 579-589. doi:10.1007/s00254-005-1314-2
18. Güngör, B. (2017). Afyonkarahisar Çay Eber Gölü'nün su kalite değerlerinin ve kirlilik etmenlerinin araştırılarak online veritabanı oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, A.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
19. Hacısalihoğlu, S. (1995). Trabzon Sera Deresi yağış havzasında farklı arazi kullanımı altındaki toprakların bazı fiziksel kimyasal ve hidrolojik özellikleri üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
20. Khanchoul, K., Altschul, R. ve Assassi, F. (2009). Estimating suspended sediment yield, sedimentation controls and impacts in the Mellah Catchment of Northern Algeria, *Arabian Journal of Geosciences*, 2(3), 257-271. doi:10.1007/s12517-009-0040-6
21. Mekonnen, M., Keesstra, S.D., Baartman, J.E., Ritsema, C.J. ve Melesse, A.M. (2015). Evaluating sediment storage dams: structural off-site sediment trapping measures in Northwest Ethiopia, *Cuadernos de Investigacion Geografica*, 41(1), 7-22. doi:10.18172/cig.2643
22. MGM, (2020a). Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ORDU> (Erişim Tarihi: 25.10.2021)
23. MGM, (2020b). Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=GIRESUN> (Erişim Tarihi: 25.10.2021)
24. MGM, (2020c). Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=TRABZON> (Erişim Tarihi: 25.10.2021)
25. MGM, (2020d). Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=RIZE> (Erişim Tarihi: 25.10.2021)
26. MGM, (2020e). Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=GUMUSHANE> (Erişim Tarihi: 25.10.2021)
27. Mete, B. (2020). Tersip bentlerinin askıda katı madde hareketine etkilerinin incelenmesi: Sera Deresi Havzası örneği, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
28. Reis, A. ve Dindaroğlu, T. (2018). Havza ölçeğinde bazı ekohidrolojik karakteristikler ile arazi kullanım ilişkilerinin araştırılması (Bertiz Çayı yağış havzası örneği), *Turkish Journal of Forest Science*, 2(1), 68-82. doi:10.32328/turkjforsci.413309
29. Satılmış, U. (2015). Değirmendere Havzası (Trabzon) yerüstü su kalitesinin mekana ve zamana bağlı değişiminin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
30. Temiz, T. (2015). Sapanca Gölü Havzasını besleyen derelerde taşınan askıda katı madde miktarının tahmin edilmesi, Doktora Tezi, K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
31. TSE, (2007). Su kalitesi-Askıdaki katı maddelerin tayini - Cam elyaf süzgeçler kullanılarak süzme yöntemi, TS EN 872, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
32. TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı. Erişim adresi: <https://cip.tuik.gov.tr/#> (Erişim Tarihi: 25.10.2021)
33. URL-1, (2021). Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri 2006-2012. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Erişim adresi: <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/767/1115/DosyaGaleri/t%>

[C3%BCrkiye-akarsular%C4%B1nda-s%C3%BCspanse-sediment-g%C3%B6zlemleri-2006-2012.pdf](#) (Erişim Tarihi: 25.10.2021)

34. Verep, B., Çelikkale, M.S. ve Düzgüneř, E. (2002). Uzungöl'ün bazı limnolojik ve hidrografik özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 19(1), 233-240.