

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

“Tersip Bentlerinin Askıda Katı Madde Taşınımına Etkilerinin İncelenmesi: Sera Deresi Havzası (Trabzon) Örneği” başlıklı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı bana öneren, çalışmanın her aşamasında desteğini eksik etmeyen, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile yol gösteren, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Doç. Dr. Adem BAYRAM’a teşekkürlerimi sunarım.

Değerli zamanlarını ayırarak tezimi değerlendiren hocalarım, Doç. Dr. Murat KANKAL ve Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ANILAN’ a çok teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Büyük bir özveri ve fedakarlıkla gerek arazi gerekse laboratuvar çalışmaları sırasında yardım ve desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Osman Tuğrul BAKI’ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardım, destek ve fikirlerini esirgemeyen Dr. Sinan NACAR’a çok teşekkür ederim.

Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü’ne bağlı Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürü İlyas ERDOĞAN’a ve hidrolog personeline teşekkür ederim.

Bu süreçte manevi destekleriyle yanımda olan ve beni cesaretlendiren Merve ÇAKIROĞLU ve Münteha ÇAKIROĞLU’na, dualarıyla hep yanımda alan ananem Süheyla KALKAVAN’a ve eğitim-öğretim hayatımın ilk yıllarından itibaren sağlam adımlar atmamda büyük emeği olan teyzem Berrin KALKAVAN AŞIK’a teşekkür ederim.

Son olarak hayatım boyunca arkamda olan ve bana karşılıksız destek veren aileme sonsuz teşekkürler.

Bu çalışmanın bölgemize ve ülkemize yararlı olmasını dilerim.

Betül METE
Trabzon, 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tersip Bentlerinin Askıda Katı Madde Taşımına Etkilerinin İncelenmesi: Sera Deresi Havzası (Trabzon) Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Adem BAYRAM’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/08/2020

Betül METE

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Tersip Bentleri	4
1.3. Literatür Taraması	8
1.3.1. Uluslararası Çalışmalar.....	8
1.3.2. Ulusal Çalışmalar.....	11
1.3.3. Bölgesel Çalışmalar	13
1.3.4. Sera Deresi Havzası'nda Yapılan Çalışmalar.....	15
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. Çalışma Alanı	19
2.1.1. Sera Havzası (Trabzon)	20
2.1.1.1. Sera Deresi Havzası Ham Su Örneklemeye İstasyonlarının Belirlenmesi.....	23
2.1.2. Değirmendere Havzası (Trabzon).....	30
2.1.2.1. Değirmendere Havzası Ham Su Örneklemeye İstasyonlarının Belirlenmesi.....	32
2.1.3. Galanima Havzası (Trabzon).....	34
2.1.3.1. Galanima Havzası Ham Su Örneklemeye İstasyonlarının Belirlenmesi.....	36
2.2. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Dönem	38
2.3. Arazi Çalışmaları	40
2.3.1. Debi Tayini	40
2.3.2. Akarsularda Ham Su Örneklerinin Alınması ve Muhafazası	41

2.4.	Laboratuvar Çalışmaları	43
2.4.1.	Ham Su Örneklerinin Filtre Edilmesi	43
2.4.2.	Askıda Katı Madde Tayini.....	44
3.	BULGULAR VE İRDELEME	45
3.1.	Sera Deresi Havzası Askıda Katı Madde ve Debi Verilerinin İrdelenmesi.....	45
3.2.	Değirmendere Havzası Askıda Katı Madde ve Debi Verilerinin İrdelenmesi .	57
3.3.	Galanima Havzası Askıda Katı Madde ve Debi Verilerinin İrdelenmesi.....	60
3.4.	Askıda Katı Madde ve Debi Verilerinin Korelasyon Analizi İrdelenmesi.....	63
4.	SONUÇLAR.....	67
5.	ÖNERİLER.....	69
6.	KAYNAKLAR	70
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

TERSİP BENTLERİNİN ASKIDA KATI MADDE TAŞINIMINA ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ: SERA DERESİ HAVZASI (TRABZON) ÖRNEĞİ

Betül METE

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Adem BAYRAM
2020, 75 Sayfa

Bu çalışmada, son yıllarda yerli ve yabancı turistlerin gözdesi olan Sera Gölü Tabiat Parkı'nın da yer aldığı ve bilhassa taşkın zamanlarında sürüntü hareketinin yanı sıra yoğun bir askı hareketinin olduğu Sera Deresi Havzası'nda, gölün membaında inşa edilen tersip bentleri dikkate alınarak özellikle ana kol boyunca askıda katı madde (AKM) taşınımının zamana bağlı değişimi üzerinde durulmuş ve söz konusu bentlerin bu taşınımına olan etkileri incelenmiştir. Seçilen on istasyonda ve on aylık sürede (Haziran 2019–Mart 2020), ayda dört kez olacak şekilde AKM (mg/L) ve bir istasyonda debi (m^3/s) takibi yapılmış, Eylül 2019 itibarıyla komşu havzalardan Değirmendere ve Galanima akarsuları da çalışmaya dahil edilerek söz konusu taşınım karşılaştırmalı olarak da incelenmiştir.

AKM değerlerinin ortalama 53–91 mg/L arasında değiştiği ve taşkın zamanlarında 2,000 mg/L'nin üzerine çıktığı Sera Deresi Havzası'nda, tersip bentlerinin dolarak işlevlerini yitirdikleri, akabinde rezervuarlarının boşaltılmalarına rağmen söz konusu taşkınların tekrarlama nedeniyle bentlerden kıyasla küçük olanların yeniden hızla dolarak işlevsiz hale geldikleri tespit edilmiştir. Debi değerlerinin 0.685–30.600 m^3/s arasında salınım gösterdiği ve AKM değerlerinin ortalama 47–236 mg/L arasında değiştiği Değirmendere AKM yükü en fazla olan akarsu olarak karşımıza çıkmıştır.

Son olarak, farklı akarsuların sadece debi ve sadece AKM verileri, aynı akarsuların kendine ait AKM verileri ve yine aynı akarsuların kendine ait debi ile AKM verileri arasında Pearson korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Debi değişkeni için 0.871 ile 0.887 arasında değişen korelasyon katsayıları dikkate alındığında, akarsuların benzer özellikte oldukları fakat AKM değişkeni için –0.178 ile 0.129 arasında değişen katsayılar dikkate alındığında ise farklı özellikte oldukları anlaşılmıştır. Bu duruma havzalardaki çeşitli hidrolik yapıların ve yoğun insani faaliyetlerin neden olduğu ve akarsuların doğallıklarının bozulduğu sonucuna varılmıştır.

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

SUMMARY

EFFECTS OF SEDIMENT STORAGE DAMS ON SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT:
A CASE STUDY FOR THE SERA STREAM WATERSHED (TRABZON, TURKEY)

Betül METE

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Adem BAYRAM
2020, 75 Pages

The Sera Lake Natural Park, which is one of the favorite tourist destinations, is in the Sera Stream Watershed (Trabzon, Turkey), where there was intensive suspension motion as well as bed load motion, particularly during flood times. Considering the sediment storage dams (SSDs) located upstream of the lake in the watershed, it was focused on temporal variation in the suspended sediment transport along with the main branch of the stream and the effects of the SSDs on this transport. The field studies, namely stream water sampling for total suspended solids (TSS, mg/L) on ten monitoring stations and stream water depth monitoring for discharge (Q , m³/s) on a gauging station, were conducted four times a month during a period of ten months (June 2019 – March 2020). As of September 2019, the adjacent stream watersheds, namely Değirmendere and Galanima, were included in the study to compare with each other for the transport.

In the Sera Stream, where the average TSS values varied between 53 and 91 mg/L on a station basis, the values greater than 2,000 mg/L were monitored during flood times. It was observed that the SSDs, which could trap a part of TSS and all the bedload, were filled with sediment and lost their functions over time. The sediment was excavated and removed from the SSDs to make them functional, but the smaller ones were refilled with sediment due to repetitive floods. On the other hand, the stream having the highest TSS load was Değirmendere having Q values ranged from 0.685 to 30.600 m³/s and the average TSS values ranged from 47 to 236 mg/L.

Finally, Pearson correlation analysis was performed between monitoring data of same variables but different streams and both same and different variables for same streams. On the one hand, the monitored streams had similar flow conditions considering the correlation coefficients varying between 0.871 and 0.887. On the other hand, the monitored streams had different sediment conditions considering the correlation coefficients varying between -0.178 and 0.129 .

Key Words: Total suspended solids, Discharge, Sera Stream, Sera Lake, Sediment storage dam

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Sera Deresi (Trabzon) ana kol üzerinde mambadaki ilk tersip bendi (26.06.2019).....	4
Şekil 2.	Sera Deresi (Trabzon) ana kol üzerinde mambadaki dördüncü tersip bendi (03.11.2018).....	5
Şekil 3.	Sera Deresi (Trabzon) ana kol üzerinde mambadaki ikinci tersip bendi rezervuarının temizleme çalışması (28.07.2019).....	6
Şekil 4.	Sera Deresi (Trabzon) Hocarat yan kolu üzerinde inşa edilen geçirimli tersip bendi (20.08.2020).....	7
Şekil 5.	Doğu Karadeniz Havzası	19
Şekil 6.	Sera Deresi Havzası (Trabzon) akarsu ağı.....	21
Şekil 7.	Sera Gölü (Trabzon) (11.02.2020).....	22
Şekil 8.	Sera Deresi Havzası (Trabzon) ham su örnekleme istasyonlarının konumu	24
Şekil 9.	S01 istasyonu memba (26.06.2019) ve mansap (20.07.2019) görünümü	25
Şekil 10.	S02 istasyonu memba (13.12.2019) ve mansap (05.01.2020) görünümü	25
Şekil 11.	S03 istasyonu memba (22.10.2019) ve mansap (20.01.2020) görünümü	26
Şekil 12.	S04 istasyonu memba (28.12.2019) ve mansap (28.12.2019) görünümü	26
Şekil 13.	S05 istasyonu memba (22.10.2019) ve mansap (21.08.2019) görünümü	27
Şekil 14.	S06 istasyonu memba (05.03.2020) ve mansap (12.02.2020) görünümü	27
Şekil 15.	S07 istasyonu memba (13.08.2019) ve mansap (28.07.2019) görünümü	28
Şekil 16.	S08 istasyonu memba (22.10.2019) ve mansap (05.03.2020) görünümü	28
Şekil 17.	S09 istasyonu memba (12.07.2019) ve mansap (21.11.2019) görünümü	29
Şekil 18.	S10 istasyonu memba (05.01.2020) ve mansap (05.03.2020) görünümü	29
Şekil 19.	Değirmendere Havzası (Trabzon) akarsu ağı	30
Şekil 20.	Değirmendere Havzası (Trabzon) ham su örnekleme istasyonlarının konumu	32
Şekil 21.	D01 istasyonu memba (26.02.2020) ve mansap (14.10.2019) görünümü.....	33
Şekil 22.	D02 istasyonu memba (27.01.2020) ve mansap (28.12.2019) görünümü.....	33
Şekil 23.	D03 istasyonu memba (13.12.2019) ve mansap (12.03.2020) görünümü.....	34

Şekil 24.	Galanima Havzası (Trabzon) akarsu ağı.....	35
Şekil 25.	Galanima Havzası (Trabzon) ham su örnekleme istasyonlarının konumu.....	36
Şekil 26.	G01 istasyonu memba (13.12.2019) ve mansap (14.10.2019) görünümü.....	37
Şekil 27.	G02 istasyonu memba (12.02.2020) ve mansap (27.03.2020) görünümü.....	37
Şekil 28.	G03 istasyonu memba (14.10.2019) ve mansap (28.12.2019) görünümü.....	38
Şekil 29.	Sera Deresi Havzası, Derecik AGİ genel görünümü (28.12.2019)	40
Şekil 30.	Değirmendere Havzası, Öğütlü AGİ genel görünümü (29.09.2019).....	40
Şekil 31.	Galanima Havzası, Şinik AGİ genel görünümü (20.01.2020).....	41
Şekil 32.	Su örneklerinin muhafazası ve naklinde kullanılan numune kapları.....	42
Şekil 33.	Vakumlu pompa ve filtrasyon seti	43
Şekil 34.	Cam elyaf filtre kağıtlarının tartımında kullanılan analitik hassas terazi	44
Şekil 35.	Sera Havzası'nda TB01'in memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019–Mart 2020) değişimi	48
Şekil 36.	Sera Havzası'nda TB02'nin memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019–Mart 2020) değişimi	48
Şekil 37.	Sera Havzası'nda D22A153 numaralı AGİ'de debi ile askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019–Mart 2020) değişimi	50
Şekil 38.	Sera Havzası'nda TB03'ün memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019–Mart 2020) değişimi	50
Şekil 39.	Sera Havzası'nda TB04'ün memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019–Mart 2020) değişimi	52
Şekil 40.	Sera Havzası'nda TB05'in memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019–Mart 2020) değişimi	52
Şekil 41.	Sera Havzası'nda Sera Gölü'nün memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019–Mart 2020) değişimi	54
Şekil 42.	Sera Havzası'nda S01, S03 ve S10 istasyonlarında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019–Mart 2020) değişimi	54
Şekil 43.	Askıda katı maddenin Sera Deresi ana kol boyunca mevsimsel değişimi.....	55
Şekil 44.	Askıda katı maddenin Sera Deresi ana kol boyunca mevsimsel değişimi (pik değerler hariç)	56
Şekil 45.	Değirmendere akarsuyunda askıda katı maddenin zamana bağlı (Eylül 2019 – Mart 2020) değişimi	58
Şekil 46.	Değirmendere Havzası'nda D22A086 numaralı AGİ'de debi ile askıda katı maddenin zamana bağlı (Eylül 2019–Mart 2020) değişimi	59
Şekil 47.	Askıda katı maddenin Değirmendere ana kol boyunca mevsimsel değişimi.....	59
Şekil 48.	Galanima akarsuyunda askıda katı maddenin zamana bağlı (Eylül 2019 – Mart 2020) değişimi	61

- Şekil 49. Galanima Havzası'nda D22A154 numaralı AGİ'de debi ile askıda katı maddenin zamana bağlı (Eylül 2019–Mart 2020) değişimi 62
- Şekil 50. Askıda katı maddenin Galanima ana kol boyunca mevsimsel değişimi..... 62



TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Sera Deresi Havzası'nda inşa edilen tersip bentleri ve konum bilgileri.....	23
Tablo 2. Çalışmanın gerçekleştirildiği dönem	39
Tablo 3. Sera Deresi Havzası'nda askıda katı maddenin (mg/L) mevsimsel değişimi.....	46
Tablo 4. Değirmendere akarsuyunda askıda katı maddenin (mg/L) mevsimsel değişimi.....	57
Tablo 5. Galanima akarsuyunda askıda katı maddenin (mg/L) mevsimsel değişimi.....	60
Tablo 6. Sera Deresi Havzası AKM değerleri için Pearson korelasyon matrisi.....	64

SEMBOLLER DİZİNİ

AGİ	: Akım gözlem istasyonu
AKM	: Askıda katı madde (mg/L)
Al(OH) ₃	: Alüminyum hidroksit
APHA	: American Public Health Association (Amerikan Halk Sağlığı Ajansı)
CaCO ₃	: Kalsiyum karbonat
Covid-19	: Coronavirus disease 2019 (Yeni Koronavirüs Hastalığı)
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
HES	: Hidroelektrik santral
İÇDR	: İl çevre durum raporu
MTA	: Maden Tetkiki ve Arama
PAH	: Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon)
PET	: Polietilen tereftalat
r	: Korelasyon katsayısı
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı)
SS	: Standart Sapma
T	: Bulanıklık (FNU ya da NTU)
TB	: Tersip bendi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
USA	: United States of America (Amerika Birleşik Devletleri)
Q	: Akım debisi (m ³ /s)
WWF	: World Wide Fund for Nature (Dünya Doğayı Koruma Vakfı)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Su en küçük canlı organizmadan, en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik hayatı ve insan faaliyetlerini ayakta tutan vazgeçilmez bir kaynaktır. Dünya yüzeyinin dörtte üçü sularla kaplı olmasına rağmen, insan kullanımına uygun tatlı su miktarı oldukça sınırlıdır. Bu miktar yaklaşık 35×10^6 km³ (mevcut suyun % 2.5'i) olup bunun yalnızca %0.3'ü (yaklaşık 105,000 km³) ekosistem ve insan kullanımına elverişli tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Geri kalan tatlı suların yaklaşık 10.4×10^6 km³'ü (% 29.7) yeraltı rezervlerinde ve 24.5×10^6 km³'ü (% 70) ise buzullarda hapsedilmiş durumdadır (Kırtorun ve Karaer, 2018).

Güneş enerjisi ve yer çekimi kuvvetleri etkileri sonucu katı, sıvı ve gaz hallerinden birinde bulunan su; atmosfer, litosfer ve hidrosfer arasında sürekli bir hareket halindedir. Denizlerden buharlaşarak atmosfere karışan su yoğunlaşarak yağışlarla yeryüzüne taşınır. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla denizlere erişmeden atmosfere geri döner. Bir kısmı zeminden süzülerek yer altına geçer. Geriye kalan su ise yüzeysel akış ile tekrar denizlere ulaşır. Hidrolojik çevrim olarak adlandırılan bu olaylar zinciri yeryüzündeki yaşamın temelini oluşturmaktadır (Yalçın ve Gürü, 2010).

Yeryüzünde bulunan suyun tüm insanlığın ihtiyacını karşılayacak kadar çok ve yenilenebilir olması sebebiyle de hiçbir zaman tükenmeyecek bir kaynak olduğunu düşünmek doğru bir yaklaşım değildir. İnsanoğlu içme, kullanma, endüstri ve tarımsal sulama gibi ihtiyaçlarını mevcut su kaynaklarından karşılamak durumundadır. Dünya nüfusunun sürekli olarak artması beraberinde kullanılabilir suya olan ihtiyacı da artırmaktadır. Bu durum, yerüstü ve yeraltı su kaynakları içinde miktar, kalite ve ulaşılabilirlik bakımından büyük öneme sahip olan akarsuların kirlenmeye karşı korunmaları gerektiğini açık bir şekilde göstermektedir (Beyazıt ve Avcı, 2010).

Yağışlar, su akımları, rüzgarlar ve buzullar gibi dış kuvvetler etkisiyle yer kabuğunun yüzeyindeki danelerin sökülüp başka bir yere taşınması olayı erozyon olarak adlandırılmaktadır. Tabii erozyon yüz yıllar boyu süregelen ve doğal döngüsü içerisinde yeryüzünün, kıyıların şekillenmesi ve bugün tarım alanı olarak faydalandığımız ovaların

zaman içerisinde meydana gelmesini ifade ederken; hızlandırılmış erozyon insanlar tarafından doğal bitki örtüsüne yapılan müdahale ve arazi kullanım şeklinin değiştirilmesi ile taşınmasına sebep olunan toprak miktarının oluşan toprak miktarı ile karşılanamaması durumunu ifade etmektedir. Türkiye, en önemli ekolojik olaylardan olan erozyonun aktif olduğu, bütün şekil ve seviyelerinin görüldüğü ülkelerden biridir. Ülkenin % 83'ü su ve rüzgar erozyonuna maruzdur. Toplam erozyonun % 99'u su ve kalan % 1'i ise rüzgar erozyonundan kaynaklanmaktadır (Dinçsoy, 2013).

Yeryüzünden sökülen daneler su akımı ile akarsu ağına sürüklenmekte ve bu ağ boyunca taşınmaktadır. Taşınan daneler kaynaklarına göre; akarsu havzasından tabaka erozyonu ile sökülüp akarsuya gelen yıkanma malzemesi ve akarsuyun yatağından kanal erozyonu ile söktüğü sürüntü malzemesi olarak adlandırılmaktadır. Bu malzemeler kohezyonsuz, daneli yapıda olduklarından dolayı akarsu içerisindeki taşınım şekillerine göre de sürüntü malzemesi ve askı malzemesi olarak sınıflandırılmaktadır (Kırkgöz, 2018).

Akarsudaki debi (Q) ve hız artışının belirli bir değerinden sonra yatak yüzeyinin hemen üzerindeki yaklaşık 1 cm kalınlığında bir tabakada akıma en fazla maruz kalan danelerin yerinden sökülüp sürüklenme, yuvarlanma, kayma ya da sıçrama hareketi yaparak ilerlemesi sürüntü hareketi olarak tanımlanmaktadır. Sürüntü hareketi yapan daneler daima yatakla temas halindedir. Akarsu akımının şiddetinin biraz daha artması ve hareket eden danelerin üst kısmındaki basıncın düşmesiyle oluşan kaldırma kuvvetinin danelerin ağırlığını dengelemesi sonucu sürüklenme kuvveti ve diğer danelerle çarpışmalar sebebiyle ortaya çıkan kuvvetler kısa süreli olarak danelerin yataktan ayrılmasına yol açar. Bu daneler yerçekimi ve suyun direnci etkisiyle yatağa geri döner. Yatağa dönen danelerin tekrar bir sıçrama hareketi yapması ya da diğer daneleri harekete geçirmesi saltasyon olarak adlandırılmaktadır. Suyun yoğunluğu nedeniyle saltasyon hareketi yapan danelerin sıçrama yükseklikleri dane çapının birkaç katı kadar olabilmektedir. Bu sebeple akım içindeki saltasyon hareketi sürüntü hareketi içinde değerlendirilir (Beyazıt ve Avcı, 2010).

Akarsu akımında taşınan katı maddeler yer çekimi etkisiyle tabana çökerken türbülans çevrintilerinin olduğu bölgelere türbülans hızının yukarı yöndeki bileşeni tarafından çökme hızlarının karşılanmasıyla askıda kalmaları sağlanmış olur. Bu harekete askı hareketi, taşınan parçacıklara ise askı malzemesi denmektedir. Askı malzemesi parçacığın boyutuna, fiziksel ve kimyasal özelliklerin ve akım özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte genel olarak ince daneli yatak malzemesi ve havzadan erozyon ile akıma gelen yıkanmış malzemelerden oluşur. Askı hareketi akımın ortalama hızı ve

konsantrasyonun yüksek olduğu bölgeden düşük olduğu bölgeye doğru (difüzyon hareketi şeklinde) gerçekleşmektedir (Kırkgöz, 2018).

Akarsulardaki katı maddelerin bir diğer kaynağı da beşeri faaliyetlerdir. Sanayi ve kentleşmeden kaynaklı atıksuların arıtılmadan akarsulara deşarj edilmesi, çeşitli atıkların (çöpler, molozlar, ağaç dalları vb.) akarsulara atılması gibi etkenler akarsulardaki sediment miktarını artırmakla birlikte akarsu kesitinin daralmasına sebep olmaktadır. Akarsular profillerini, kesitlerini ve izledikleri yolu taşıdıkları sedimente göre belirlemektedir. Türkiye’de akarsular genelde fazla miktarda sediment taşımaktadır. Bir akarsu tarafından taşınan sediment daneleri akarsuyun taşıma kapasitesinin azaldığı yerlerde çökmeye ve yığılmaya başlar. Yığılmalar akarsu içerisinde gömülü halde bulunan (ağaç, köprü ayağı vs.) cisimlerin arkasındaki ölü bölgelerde ve akarsudaki akımın sürüklenme ve taşıma gücünün azaldığı bölgelerde de (su alma yapılarındaki çökeltme havuzlarında, baraj haznelerinde, göllerde, akarsuyun denize döküldüğü ağız kısmında) gerçekleşebilir. Yığılan sediment baraj haznelerinin dolması, akarsuların taşıma kapasitesinin azalması, sulama ve drenaj kanal kesitlerinin daralması, limanların dolması ve taşkın sonrası yerleşim bölgelerinin çamur içinde kalması gibi pek çok zararlara sebep olmaktadır (Garcia, 2008).

Akarsuların insan yaşamını ilgilendiren faaliyetler üzerindeki yararlarını artırmak ve zararlarını azaltmak amacıyla akarsu yataklarında (kıyıları ve tabanda) yapılan mühendislik çalışmaları akarsu düzenlemesi olarak adlandırılmaktadır (Erkek ve Ağırlioğlu, 2013). Düzenlerin başlıca amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Taşkınlar sebebiyle meydana gelebilecek zararları en aza indirmek,
- Akarsu yatağında katı madde hareketi kaynaklı morfolojik değişimleri (oyulma ve birikme) kontrol altına almak,
- Akarsudan su alınmasını sağlamak/kolaylaştırmak,
- Akarsu üzerinde inşa edilen yapıların işletme güvenliğini sağlamak,
- Akarsu güzergâhı üzerindeki şehir merkezlerinde imar planına uygun şekilde şehircilik, altyapı ve çevre düzenlemelerini uygulamak.

Düzenleme yapılarının projelendirilmesi ve tasarımında akarsu havzasının topoğrafik, morfolojik, geoteknik ve hidrolojik verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Hidrolojik verilerden akarsuyun Q ve sediment taşınımına ait gözlem verileri önem arz etmektedir. Bu verilerin olmaması veya yetersiz olması akarsu üzerinde yapılacak olan düzenlemeleri olumsuz etkilemektedir. Bu gibi durumlarda ilgili bilgiler için projenin yapılacak olduğu

akarsu ile benzerlik gösteren başka bir akarsuyun gözlem verileri gerekli incelemeler yapıldıktan sonra kullanılabilir. Akarsu düzenleme yapıları; kıyı koruma yapıları, taban koruma yapıları, daraltma yapıları, taşkın kontrolü düzenlemeleri, akarsuların iç su yolu olarak düzenlenmesi ve diğer düzenleme şekilleri olacak şekilde sınıflandırılabilir. Bu çalışma özelinde vahşi derelerde taban koruma yapılarından biri olan tersip bentlerine değinilecektir.

1.2. Tersip Bentleri

Çoğunlukla sürüntü maddesi hareketinin gözlemlendiği dağ akarsuları ve vahşi derelerde yağış havzalarından kaynaklanan sedimenti mansaba intikal etmeden depolamak amacıyla akarsu yatağının belirlenen kesitlerinde inşa edilen enine yapılara tersip bendi, sediment bendi veya çakıl kapatması denmektedir (Şekil 1). Sediment kaynaklarına yukarı havza erozyon ve sediment kontrol önlemleriyle müdahale olanağının bulunmadığı ve/veya sediment oluşumunun kabul edilebilir ölçüde önlenemediği durumlarda tersip bentlerinin inşası söz konusudur. Türkiye’de 1950’li yılların sonlarından günümüze kadar farklı bölgelerdeki akarsu ıslahlarında uygulanmaktadır (Dinçsoy, 2008).



Şekil 1. Sera Deresi (Trabzon) ana kol üzerinde membadaki ilk tersip bendi (26.06.2019)

Asıl işlevi koruyucu nitelikte olan tersip bentleri biriktirdikleri sediment ile dere yatak eğimini kırmaları ve yatakta su yükünü azaltmaları sebebiyle suyun aşındırma ve sürüklenme gücünü düşürmeleri, oyulmaları önlemeleri gibi nedenlerle ıslah edici

fonksiyonları da bulunmaktadır. Akarsu güzergahı boyunca düzenli aralıklarla inşa edilen tersip bentleri akarsu boykesitinin de zaman içerisinde kademeli olarak şekillenmesini sağlamaktadır. Tersip bentlerini, yapılarında kullanılan malzemeye göre kargir, beton ve betonarme tersip bentleri, toprak seddeli tersip bentleri, toprak dolgu gövdeli tersip bentleri ve fildöfer tersip bentleri olmak üzere dört grupta sınıflandırılmaktadır. Tersip bentlerinin inşa edilecekleri yerlerin seçimi önem arz etmektedir. Akarsu güzergahı üzerinde belirlenen lokasyonda inşa edilecek olan tersip bendinin istenen etkiyi sağlayabilmesi için sedimenti oluşturan havzanın tamamını, ya da büyük bölümünü kapsamaması gerekmektedir. Ayrıca ekonomik olmaları ve fazla miktarda sediment depolayabilmeleri bakımından dar kesitli, düşük eğimli ve geriye doğru genişleyen yatak bölümlerin seçilmesi uygundur. Bunun yanında tersip bentlerinin inşa edilecek olduğu zemin ve yamaçların sağlam olması gerekmektedir. Killi ve siltli zeminlerden olabildiğince kaçınılmalıdır (Kırkgöz, 2018).

Genelde tersip bendi yükseklikleri 5-10 m arasında alınmaktadır. 10 m'den yüksek tersip bentlerinin inşası iki kademe yapılmalıdır. Tersip bendinin inşa edilen ilk yarısı sedimentle dolduktan sonra ikinci kısmı yükseltilerek tamamlanmalıdır. Tersip bentlerinin rezervuarı tamamen sedimentle dolduktan sonra işlevleri de sona erer (Şekil 2).



Şekil 2. Sera Deresi (Trabzon) ana kol üzerinde membadaki dördüncü tersip bendi (03.11.2018)

Tamamen malzeme ile dolup işlevsiz hale gelen tersip bentlerinin rezervuarlarının suni olarak boşaltılması ya da malzeme ocağı olarak kullanılması düşünülebilir (Şekil 3).

Bu gibi durumlarda rezervuarlarının boşaltılması işlevi periyodik olarak devam ettiği müddetçe koruyucu fonksiyonları da devam etmektedir (Dinçsoy, 2008).



Şekil 3. Sera Deresi (Trabzon) ana kol üzerinde mabadaki ikinci tersip bendi rezervuarının temizleme çalışması (28.07.2019)

Klasik tersip bentlerinin inşasıyla her boyuttaki katı maddelerin depolanması nedeniyle rezervuarlar bir taşkınla dolabilmekte, mansapta zarar oluşturmayan malzemenin de tutulmasıyla akarsu yataklarında oyulmalar görülebilmekte ve bazı hallerde balık göçleri engellenmektedir. Ülkemizde son yıllarda yaşanan taşkınlarda akarsuların yukarı havzalarından taşınan bitki kök ve dalları ile devrilen ağaçlar gibi odunsu malzemenin yerleşim yerlerinin bulunduğu mansap kesimlerinde ıslahlı kesitlerin, menfez ve köprülerin tıkanmalarına yol açtıkları ve bunun sonucunda oluşan taşkınlara yıkıcı etkilerinin daha da arttığı gözlenmektedir. Söz konusu bitki kök ve dalları ile ağaçlar; dere yatakları civarı ve ormanlık alanlardaki taşkın, heyelan ve yamaç göçmeleriyle sürüklenerek mansaba taşınmaktadır. Bu gibi olumsuzlukların önlenmesi ve büyük boyutlu malzemelerin akarsuların daha üst kotlarında tutularak mansaba taşınmasını engellenmesi amacıyla geçirgen tersip bendi uygulamaları yapılmaktadır. Taşınan malzemenin süzülmesi, enerjisinin kırılması, nehir ağızlarındaki sedimentin beslenmesi, akarsu ekosistemlerine daha az zarar verilmesi gibi amaçları için farklı tiplerde geçirgen tersip bentleri inşa edilmektedir. Bunlar: odunsu ve kaba malzemeyi tutan, ince malzemenin geçişine imkan vererek yatak yükünü ayıklayan ve enerji kırma amacıyla inşa edilen ayaklı geçirimli bent (Şekil 4), daha küçük malzemeleri tutmak için kullanılan ve daha az enerji kırma özelliği

olan ızgaralı ve ayaklı geçirimli bent ve sel suyu miktarının ayarlanması, taşkın sularının enerjisini kırma, akarsu ekosistemini koruma ve balık geçişine olanak sağlama amacıyla inşa edilen dip açıklıklı geçirimli bentler olarak sınıflandırılmaktadır (Biroğlu, 2016).



Şekil 4. Sera Deresi (Trabzon) Hocarat yan kolu üzerinde inşa edilen geçirimli tersip bendi (20.08.2020)

Taşkın kontrolü, erozyonun önlenmesi, akarsuların kirlenmesi, akarsularda canlı yaşamı, hidroelektrik tesislerde akarsudan su alma ve giren daneleri çökeltmek için yapılan projelerin devamlılığını sağlamak ve etkinliğini artırmak için yapılacak olan çalışmalarda ilgili akarsuyun taşıdığı sediment yükünün bilinmesi önem arz etmektedir (Yılmaz ve Aras, 2016). Birçok akarsuda toplam sediment yükünün % 85–90 gibi büyük bir kısmını askıda katı madde (AKM) oluşturmaktadır. Çeşitli havza parametrelerine bağlı olarak AKM yükünü tahmin etmek için çok sayıda deneysel formül mevcut olmasına rağmen AKM taşınımını etkileyen parametre sayısının çok fazla olması ve konuyu çalışan araştırmacıların birbirlerinden farklı parametreler kullanarak farklı kabuller yapmalarından dolayı bu formüller her havza için stabil formüller olmayıp sadece elde edildikleri koşullara benzer durumlar için kullanılabilir. Bu sebeple AKM yükünün akarsuda yapılan ölçümlerle belirlenmesi çok daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Beyazıt ve Avcı, 2010).

Bütün bu etkileri en aza indirebilmek ve taşınan sedimentin akarsu boyunca dengeli bir şekilde dağılımını sağlamak amacıyla önlemler almak askıda AKM'nin oluşum ve taşınma sürecini anlamayı gerektirmektedir. Bu amaçla birçok araştırmacı tarafından AKM dinamiklerini anlamaya yönelik ulusal ve uluslararası çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar

literatür taraması adı altında uluslararası, ulusal ve bölgesel çalışmalar başlıklarıyla sunulmuştur. Çalışma alanı olarak belirlenen Sera Deresi Havzası'nda yapılan çalışmalara da değinildikten sonra çalışmanın amacı ve kapsamı ile bölüm sonlandırılmıştır.

1.3. Literatür Taraması

1.3.1. Uluslararası Çalışmalar

Yang vd. (2002), Yangtze Nehri'ndeki (Çin) iki hidrolojik istasyonun 1951–2000 yılları arasındaki sediment debisi ve AKM konsantrasyon verilerini kullanarak taşınan sediment miktarının zamana ve mekana bağlı değişimini ve insan faktörünün bu değişim üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 1960'lara kadar ormanlık alanlarının tahribatından kaynaklı sediment debisi ve AKM konsantrasyonunda meydana gelen artışların bu tarihten sonra özellikle barajların inşa edilmesiyle önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Yapımı devam eden barajların tamamlanmasından sonra bu değerlerin son 50 yılın ortalamasından % 50 daha az olacağını tahmin etmişlerdir.

Smith vd. (2003), Swale Nehri (Yorkshire–İngiltere) AKM taşınımının Temmuz 1994–Haziran 1996 döneminde zamana ve mekana bağlı değişimini incelemişlerdir. Bu dönem içerisinde AKM taşınımını önemli derecede etkileyen 17 fırtına olayında AKM taşınım dinamiklerindeki değişimlerini ve sediment birikimini gözlemlemişlerdir. AKM taşınımında meydana gelen değişimlerin büyük bir bölümünün fırtına büyüklüğü, yağış dağılımı ve yoğunluğu ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir.

Gupta ve Chakrapani (2005), Narmada Nehri (Hindistan) ana kol ve yan kollarında sediment yüklerindeki zamana ve mekana 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. Havzadaki en büyük baraj olan Sardar Sarovar Barajı, nehir tarafından taşınan sedimentin yaklaşık % 60–80'ini Arap Denizi'ne ulaşmadan önce hapsedtiğini belirtmişlerdir.

Vanacker vd. (2007), Paute Nehri Havzası'nda (Ekvador) iklim, litoloji, topoğrafya ve arazi kullanımını tanımlayan havza değişkenleriyle ilgili olarak nehir sediment yükündeki mekana bağlı değişim hakkında bilgi edinme amacıyla ard arda iki yağışlı

mevsimi kapsayan dönemlerde (Şubat–Haziran 2000, Mart–Haziran 2001) belirledikleri 29 noktada 13 kez örnekleme yapmış ve örnekleme anındaki nehre ait Q değerlerini kaydetmişlerdir. Membadaki yoğun heyelan erozyonundan etkilenen havzaların diğerlerine nazaran çok daha yüksek ağırlıklı AKM'ye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Büyük heyelanların meydana gelmesinde topoğrafik dikliğin arazi kullanım uygulamaları veya insan faaliyetlerinden daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Nadal–Romero vd. (2008), Araguas Nehri Havzası'nda (İspanya) Ekim 2005 ile Nisan 2007 arasındaki dönemde havzadaki gözlem istasyonundan elde edilen verilerden yararlanarak yağış, Q ve AKM arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Havzanın çok yüksek AKM konsantrasyonu ve verimine sahip olduğunu ve yağışlı zamanlarda AKM konsantrasyonu ile Q arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

Khanchoul vd. (2009), Mellah Nehri 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 mevsimler arasında AKM verimindeki farklılıkların kış ve ilkbaharda meydana gelen orta ve yüksek şiddetli yağışlarda meydana gelen fırtınalar olduğu sonucuna varmışlardır.

Wulf vd. (2012), batı Himalaya'daki Sutlej Nehri Vadisi'ndeki sekiz havzada 2001-2009 yılları arası gözlem istasyonlarından elde edilen günlük Q ve AKM konsantrasyon verilerini kullanarak AKM taşınımının zamana ve mekana bağlı değişimini analiz etmişlerdir. Ayrıca, gözlem istasyonlarından elde edilen verileri meteorolojik yağış verileri ve uzaktan algılama sistemi kar örtüsü verileriyle karşılaştırarak yorumlamışlardır. AKM taşınımının yaklaşık % 30'unun yoğun erozyon olaylarından kaynaklandığını ve AKM pik değerlerinin fırtınalı günler ile % 57–80 oranında örtüştüğünü gözlemlemişlerdir. AKM taşınımının havzalar arası geçişlerde değişim gösterdiğini muson yağışlarının etkili olduğu önemli bölgelerde kurak bölgelere kıyasla daha fazla taşınım olduğunu belirlemişlerdir.

Rugner vd. (2013), güneybatı Almanya'daki beş komşu havzadan topladığı su örneklerinde polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH), AKM ve bulanıklığı (T) takip ederek bu parametrelerin birbiriyle olan ilişkisini incelemiştir. T ve AKM'nin yüksek korelasyona sahip olduğunu ve T ile sudaki toplam PAH konsantrasyonu arasında doğrusal ilişki olduğundan AKM verilerinden ortalama PAH konsantrasyonlarının hesaplanabileceğini ortaya koymuştur.

Guzman vd. (2013), Etiyopya'nın dağlık arazilerinde yağmura dayalı tarımın yapıldığı farklı boyutlardaki üç havzada uzun süreli veriler yardımıyla AKM konsantrasyonu ve Q arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bölgede, yarı muson ikliminin yağışlı sezonunun başında düşük Q ve yüksek AKM konsantrasyonları bulunurken yağışlı sezonunun sonunda yüksek Q ve düşük AKM konsantrasyonları gözlemlenmiştir.

Mekonnen vd. (2015), Etiyopya'nın kuzeybatısındaki sekiz küçük havzada inşa edilen tersip bentlerinin sediment taşınımı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Her bir havzanın sediment verimi hesaplanmıştır. Tersip bentlerinin havzaların çıkışında önemli miktarda sediment tuttuğu ve mansaptaki sediment hareketini azalttığı sonucuna varmışlardır.

Kemper vd. (2017), Dead Run Havzası'nda (Maryland–USA) bulunan beş akarsu ölçüm istasyonunda dört yıldan uzun bir süre boyunca sürekli olarak topladıkları gerçek zamanlı T ve deşarj verileri ile AKM verimlerinin mekana ve zamana bağlı değişimini incelemişlerdir. Numune analizlerine dayanan T–AKM konsantrasyonu ilişkilerini kullanarak, her bir istasyon için tortu verimleri çeşitli zaman aralıkları için ölçülmüştür. Farklı su havzaları için AKM veriminde tutarlı mevsimsel eğilimler ve memba ve yan kollarındaki tortu veriminde yıldan yıla önemli farklılıklar gözlemlenmiştir.

Fang (2019), Çin'in doğusunda bulunan Zhenjiang eyaletindeki dağlık bir havzada 32 yıllık AKM debisi verilerini kullanarak aylık, mevsimlik ve yıllık olmak üzere farklı zaman ölçeklerinde AKM taşınımını uzun süreli olarak analiz ederek havzadaki sediment kaynaklarını belirlemeyi ve AKM taşınımı dinamiklerini etkileyen faktörleri tanımlamayı amaçlamıştır. Kullanılan verileri zamansal olarak üç periyoda ayırmış ve bu dönemlerdeki sediment verimlerini elde etmiştir. Mevsimsel ölçekte AKM taşınımının % 92'sinin yağışın fazla olduğu bahar ve yaz mevsimlerinde gözlemlendiğini belirlemiştir. Zaman periyotları arasında geçmişten günümüze gelindikçe toprak koruma önlemleri ve rezervuar sayısında meydana gelen artışlar sebebiyle AKM taşınımında ve sel olaylarında önemli azalmalar olduğunu saptamıştır.

Silva vd. (2020), Amazon Bölgesi'ndeki Prata Havzası'nda (Brezilya) Nisan 2015 ile Ekim 2017 arasında aylık olarak topladıkları su örnekleriyle su kalitesi parametreleri ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yağmurlu dönemler için yüzey akışının kurak dönemler için ise arazi kullanımının AKM yükü üzerinde etkili olduğunu belirlemişlerdir.

1.3.2. Ulusal Çalışmalar

Legovic vd. (1997), İzmit Körfezi'nde belirledikleri 31 örnekleme noktasından 1994–1995 yılları arasında mevsimsel olarak topladıkları örneklerde AKM konsantrasyonlarını belirlemiş, elde ettikleri değerleri Marmara Denizi'nin verileri ile karşılaştırmış ve konsantrasyonlardaki değişimlerin sebeplerini araştırmışlardır. İzmit Körfezi'nde AKM konsantrasyonunda mevsimsel dalgalanmalar tespit etmişlerdir. Körfez sularının çoğu dönem Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) 1976 yılında yayınlamış olduğu standartlardaki değerden yüksek miktarda AKM içerdiğini ve karasal kökenli erozyon ile kentsel ve endüstriyel atıkların bu durum üzerinde etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Koçer (2001), Ekim 1999–Eylül 2000 tarihleri arasında Hazar Gölü'nü (Elazığ) besleyen Behrimaz Çayı, Matar Deresi, Melem Deresi, Salık Deresi, Değirmen Dere, Mogal Deresi, Kürk Çayı, Baharın Deresi, Sevsak Deresi ve Zıkkım Deresi olmak üzere 10 akarsuyun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. Hazar Gölü'nü besleyen akarsuların yüksek miktarda AKM taşıdıklarını saptamıştır.

Okuş vd. (2007), Ege Bölgesi'nde bulunan Gökova Körfezi'nde belirledikleri 16 istasyonda hem yüzey hem de derin sularda AKM takibi yapmışlardır. AKM konsantrasyonlarının hem yüzeyde hem de ölçüm yapılan su kolonlarının üst bölgelerinde daha yüksek değerler göstermesini nehirler yoluyla taşınan toprak ve kentsel atıklardan kaynaklandığı sonucuna varmışlardır.

Kalkan (2009), Seyhan Barajı ve Haliç Körfezi'nde topoğrafik haritalardan yararlanarak sediment hareketlerini gözlemlemiştir. Haliç Körfezinin üst bölgesine 16 aylık sürede taşınan sediment miktarını yaklaşık $500 \times 10^3 \text{ m}^3$ ve Seyhan Barajında 39 yıllık sürede taşınan sediment miktarını ise yaklaşık $400 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak hesaplamıştır. Akarsuların taşıdığı sedimentle dolan ve her geçen gün depolama hacimlerinden bir kısmını kaybeden baraj rezervuarlarının işletme ömrü ve verimliliğini etkileyen bu durumun izlenmesi ve kontrol altına alınması için büyük ölçekli sayısal ve güncel batimetrik haritaların yapılması ve barajların dolma hızlarının belirlenmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Berkun vd. (2015), Karadeniz'in Türkiye ve Gürcistan bölgesinde yüzeysel akış ve akarsular tarafından taşınan sedimentin Karadeniz kıyısına olan etkileri 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 olacağı vurgulamışlardır.

Temiz (2015), Sapanca Gölü Havzası'ndaki AKM hareketini belirlemek amacıyla 2012–2014 yılları arasında gölü besleyen 12 yan dere üzerinde seçtiği istasyonlarda Q ve AKM ölçümleri yapmıştır. Havzadaki arazi kullanımının ve göl alanının 1987–2010 yılları arasındaki değişiminin yanı sıra Sapanca Gölü'nün 1990 ve 2010 yıllarına ait batimetri haritalarını da incelenmiştir. Doğal bitki örtüsünün arazi kullanımı kaynaklı olarak büyük ölçüde tahrip edildiği ve 20 yıllık süre içerisinde göl alanında % 2'lik bir küçülme olduğunu tespit etmiştir. Bu küçülmede Maden, Kurtköy, Balıkhan ve İstanbul dereleri tarafından taşınan AKM'nin oldukça etkili olduğunu belirtmiştir.

Bayram ve Kenanoğlu (2016), Aralık 2010–Kasım 2011 tarihleri arasındaki bir yıllık süreçte Çoruh Havzası'nda belirledikleri 12 istasyondan aylık olarak topladıkları yüzey suyu örneklerinde AKM'nin T ve Secchi disk derinliği ile değişimini incelemişlerdir. Havzada bulunan Borçka Barajı'nın AKM'nin büyük bölümünü tuttuğunu ve T'yi önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir.

Güngör (2017), Kasım 2016–Ekim 2017 tarihleri arasında Afyonkarahisar il sınırı içerisinde bulunan Eber Gölü'nde belirlediği beş istasyonda AKM takibi yapmıştır. Elde ettiği verileri Eber Gölü 2002 yılı verileri ile karşılaştırarak arada geçen zamanda AKM taşınımında meydana gelen değişimleri araştırmıştır. AKM konsantrasyonunda 2002 (49.63 mg/L) ve 2017 (221.50 mg/L) yılları arasında yaklaşık olarak üç kat artış gözlemiştir. Çalışma kapsamındaki verileri online bir veritabanı oluşturarak yayımlamıştır.

Reis ve Dindaroğlu (2018), Kahramanmaraş il sınırları içerisinde yer alan Bertiz Çayı Havzası akımları üzerinde etkili olan havza parametrelerini incelemişlerdir. Bertiz Çayı Havzası'nın arazi kullanım şekillerini % 42.95 orman, % 34.85 tarım ve % 22.20 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 kabiliyetleri oldukça fazla olması, havza topraklarının genel olarak erozyona duyarlı olması sebepleriyle 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.

Çakmak (2019), Korkuteli Çayı Havzası'nda (Antalya) belirlediği kesitte Kasım 2017–Temmuz 2018 tarihleri arasında su seviyesi ve Q ölçümlerinin yanı sıra 25 örnekleme yaparak Korkuteli Barajı'na askıda ve eriyik olarak taşınan malzemenin oran ve miktarını belirlemiştir. Havzada en yüksek Q değerlerini kış döneminde kaydetmiş ve AKM ile Q arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Ölçüm yapılan süre içerisinde baraj gölüne taşınan AKM'yi ortalama 144.80 ton/gün olarak hesaplamıştır.

1.3.3. Bölgesel Çalışmalar

Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü (1982) tarafından Trabzon il sınırları içinde yer alan ve doğal bir göl olan Uzungöl için hazırlanan raporda gölün membaında yer alan Haldizen Deresi ve yan kollarında AKM taşınımı nedeniyle göl rezervuar hacminde önemli kayıplar meydana geldiği belirtilmiştir. Erozyon ve AKM hareketini kontrol etmek için tersip bentleri ve 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 olmak üzere toplamda beş adet tersip bendi inşa edilmiştir.

Hay (1994), Karadeniz Bölgesi akarsularındaki sediment miktarı ve Q değerlerinin akarsular üzerine barajlar yapılmasından önceki ve sonraki durumlar için incelemiştir. Barajlardan önce akarsuların mevcut sediment yükünün Karadeniz'in aldığı toplam sediment yükünün % 35'ini oluşturduğu, barajlardan sonra ise bu değer % 19'a gerilediğini belirlemiş ve sediment yükündeki bu azalmaya, akarsular üzerine inşa edilen barajların sebep olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Erüz (1999), Güneydoğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Trabzon–Rize illeri arasında seçilen 20 deniz istasyonunda 0–60 m derinliğindeki yüzey tabakada çeşitli parametre ölçümleri yapmıştır. Yüzeyden ve 25 m derinlikten aldığı su numunelerinden bölgeye boşalan sekiz akarsuda toplam organik ve inorganik AKM ve partikül sayısı değerlerini belirlemiştir. Deniz AKM yüklerinin zamana ve mekana bağlı değişimlerinin akarsuların denize taşıdığı AKM yüklerinin etkisi altında olduğu sonucuna varmıştır.

Akar (2009), Trabzon Limanı'nın deniz tabanına ait üç boyutlu topoğrafik haritasını oluşturmuştur. Karadeniz Sahil Yolu'nun yapılması ile Değirmendere akarsuyu Trabzon Limanı ağzına çok yakın bir bölgeden denize dökülmeye başlaması sonucu Değirmendere tarafından taşınan AKM'nin limana ve limanın hemen yakınında bulunan balıkçı barınağına olan etkisini araştırmıştır. 2002 ve 2009 yıllarına ait verileri kullanarak

oluşturduğu eş yükselti eğrileri geçirilmiş sayısal haritalar üzerinden kesitler olarak deniz tabanındaki değişimi izlemiştir. Büyük tonajlı gemilerin çok sık kullandığı güzergahlarda deniz tabanında 218 cm'ye kadar artışlar gözlenirken, küçük gemi ile kayıkların bulunduğu alanlarda 183 cm'lik azalmaların olduğunu saptamıştır. Ayrıca balıkçı gemileri ve kayıkların bulunduğu küçük limanda Değirmendere ile taşınan AKM'ye bağlı olarak dolmalar sonucu derinlikte azalmalar meydana geldiğini vurgulamıştır.

Bayram (2011), Mart 2009 ile Şubat 2010 tarihleri arasındaki bir yıllık süreçte Harşit Çayı Havzası'nda seçtiği on gözlem istasyonunda 15 gün aralıklarla yürüttüğü bulanıklık (T) izleme ve su örnekleme çalışmaları ile AKM ve T arasındaki zamana ve mekana bağlı değişimi incelemiştir. En düşük AKM değerlerinin yaz ve kış aylarında, en yüksek değerlerin ise ilkbahar ve sonbahar aylarında gerçekleştiğini tespit etmiştir. Bunun yanı sıra AKM ve T'nin birbirleriyle yüksek korelasyona sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Özşeker (2012), Doğu Karadeniz Bölgesi, Trabzon ilinin üç önemli akarsuyu olan Değirmendere, Yanbolu ve Solaklı akarsularının Karadeniz'e döküldükleri kıyılarda AKM, su ve sediment örneklerinde doğal ve antropojenik ağır metal kirliliğinin zamansal ve alansal dağılım düzeylerini araştırmıştır. Bu üç akarsuda sediment haricinde kirlilik yüklerinin beklenenden az olduğunu belirtmiştir.

Alkan vd. (2013), ortalama Q değeri yaklaşık 10 m³/s üzerinde olan ve Doğu Karadeniz'e dökülen Kızılırmak, Yeşilirmak, Melet, Pazarsuyu, Aksu, Harşit, Değirmendere, Solaklı, İyidere, Büyükdere, Fırtına, Çağlayan ve Kapistre derelerinin fiziko-kimyasal karakteristikleri ve besin elementi düzeylerinin belirlenmesi amacıyla aylık periyotlarla yürüttükleri çalışmalar sonucunda; en yüksek T ve toplam AKM değerlerinin sırasıyla 191±99 FTU ve 232±137 mg/L olarak Değirmendere akarsuyunda olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Havzanın doğusundaki akarsuların daha asidik olduğunu saptamış ve elde edilen verileri su kalitesi kriterlerine göre değerlendirerek akarsuların su kalitesi sınıflarını belirlenmişlerdir.

Satılmış (2015), Ocak–Aralık 2014 tarih tarihleri arasındaki bir yıllık süreçte Değirmendere Havzası'nda seçilen 14 istasyonda on beş günlük periyotlarla su kalitesi parametrelerinin takibini yaparak havzadaki insan kökenli faaliyetlerin yerüstü su kalitesine olan etkilerini irdelemiştir. AKM konsantrasyonunun ve dolayısıyla da bulanıklığın akarsu düzenleme ve yol genişletme çalışmaları gibi akarsulara doğrudan yapılan müdahaleler sonucunda büyük miktarda arttığını ve su kalitesinin bozulduğunu tespit etmiştir.

Koralay vd. (2018), Ocak–Aralık 2014 tarihleri arasında 12 ay süreyle Doğu Karadeniz Bölgesi, Solaklı Deresi Havzası'nda belirlediği 12 örnekleme noktasında AKM konsantrasyonlarını inceleyerek nehir tipi HES'lerin bu konsantrasyonlar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde edilen veriler üzerinde yapılan istatistiksel analizlerle AKM, konsantrasyonlarında istatistiki olarak anlamlı değişimler meydana geldiğini ve toplam AKM yükünün 10 ila 440 mg/L arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Nehir tipi HES'lerin hem operasyonel hem de yapısal fazlarda ana akımdaki AKM miktarını artırıcı yönde etkilediği sonucuna varmışlardır.

Mutlu (2019), Nisan 2016 ile Mart 2017 tarihleri arasında 12 aylık sürede Doğu Karadeniz Havzası'nda denize dökülen sekiz farklı akarsuyun nehir ağzından aylık periyotlarla örnekleme yapılarak bu akarsuların fiziko-kimyasal su kalite parametrelerini ve AKM konsantrasyonlarını belirlemiştir. İncelenen sekiz akarsuyun yıllık ortalama AKM miktarı 68.36 mg/L olarak ölçmüştür.

Erdoğan (2019), Doğu Karadeniz Havzası akarsularında seçilen altı istasyonda Mart 2016–Haziran 2019 tarihleri arasındaki mevsimsel dönemlerde su kalitesi parametrelerinin değişimini incelemiştir. Akarsu havzalarındaki doğal ve beşeri faaliyetlerin kirliliğe neden olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, bu akarsulardan içme ve içme suyu temin edilmesi durumunda AKM ve T parametreleri için arıtma işlemine ihtiyaç duyulacağı sonucuna varmıştır.

1.3.4. Sera Deresi Havzası'nda Yapılan Çalışmalar

Hacısalıhoğlu (1995), Sera deresi Havzası'ndaki farklı arazi kullanımları altında olan toprakların erozyon eğilimi ve çeşitli özelliklerini araştırdığı yüksek lisans tezinde; toprak özelliklerinin arazi kullanım şekillerine bağlı olarak istatistiksel anlamda farklılıklar gösterdiğini ve dispersiyon oranı değeri bakımından havza topraklarının erozyona duyarlı olduğunu ortaya koymuştur.

Celep (2009), Trabzon ili yeraltı ve yerüstü sularının hidrojeolojik, hidrojeokimyasal incelemesi ve su kalitesinin izlenmesi amaçladığı çalışmada, Sera, Değirmendere ve Galanima dahil olmak üzere Trabzon ilinin 15 alt havzasında 2009 Mart, Nisan ve Mayıs aylarında örnekleme yapılarak yeraltı ve yerüstü sularının fiziksel, kimyasal özellikleri ve kirlilik parametre değerleri tespit etmiş, analiz sonuçlarından yararlanılarak suları sınıflandırmış ve su kalitesi belirlemiştir. Yürütülen çalışmada

doğrultusunda daha önceki çalışmalardan yararlanılarak Trabzon iline ait jeoloji haritası ve hidrojeoloji bilgileri hazırlamıştır.

Aksoy (2012), Aralık 2010–Kasım 2011 tarihleri arası Sera Gölü’nde belirlediği dört istasyonda aylık periyotlarla göldeki alglerin kompozisyonu, yoğunlukları, mevsimsel değişimleri ve bu değişime etki eden fiziki ve kimyasal faktörleri belirlemiştir. Sıcaklık, ışık ve yağış miktarının fitoplanktonun mevsimsel değişimi üzerine etkili olduğunu belirtmiştir. Bunun sonucu olarak Sera gölünde aralık ve şubat aylarında oldukça berrak olan suyun şubat ayının sonuna doğru kahverengi tonlarına dönmekte olduğunu, haziran ve temmuz aylarında ise turist sayısına paralel olarak artan kirliliğin gölde net olarak görülen yeşil bir tabaka oluşturarak gölün berraklığını etkilediğini gözlemlemiştir. Çalışma sonucunda göldeki fitoplankton tür ve yoğunluklarını dikkate alarak Sera Gölü’nün organizma yoğunluğu bakımından fakir, alkali özellik gösteren ve asidik olmayan bir su yapısına sahip olduğunu saptamıştır.

Demir vd. (2015), yaptıkları çalışmada uydu fotoğrafları, topoğrafik haritalar, kadastro haritaları ve farklı tarihlere ait hidrografik tarama verilerinden yararlanarak Sera Gölü’ndeki zamansal alan, derinlik ve hacim değişikliklerini araştırmışlardır. 50 yıllık bir süre içinde (1957–2007) gölün yüzey alanında 6.5 ha (% 32), hacminde 1,271,991 m³ (% 62) ve maksimum derinliğinde 11 m (% 44) azalma olduğunu ve bu azalmada havzanın yüksek eğimi (23°) ile fazla yağıştan (822 mm) kaynaklanan toprak kaymaları ve erozyonunun etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Raja vd. (2017), çok değişkenli bir istatistiksel yaklaşım olan lojistik regresyon modelini kullanarak Sera Deresi Havzası’nda gelecekteki heyelan olasılık dağılımlarını araştırmış ve heyelan duyarlılık değerlendirmesi yapmışlardır. Doğal drenaj şebekesinin heyelan oluşumunu ve dağılımını belirlemede önemli bir rol oynadığı sonucuna varmışlardır. Heyelanlara karşı yüksek ve orta duyarlılığa sahip bölgelerin havzanın %38.80’ini oluşturduğu ve bu bölgelerin çoğunlukla Sera Deresi Havzası’nın güneyinde ve akarsu boyunca bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Akarsuyun gerekli kesitinde ölçüm istasyonları kurmak ve yeterince uzun bir süre veri toplamak zahmetli ve masraflı olmasına rağmen AKM’nin belirlenmesinde doğrudan ölçümler en güvenilir yöntemdir. Ülkemizde yüzey sularının tortu taşıma özellikleri ile ilgili uluslararası standartlarla uyumlu sistematik veri toplanmasına 1961 yılında DSİ ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Genel Müdürlüğü tarafından bir istasyon ile başlanmıştır. Sediment gözlemleri 2016 yılında 202 istasyon ile sürdürülmektedir. Ülkemiz akarsuları

göz önüne alındığında bu sayının yetersiz olduğu ve her akarsu havzasında ölçüm verisine sahip olunmadığını göstermektedir. Literatür incelendiğinde de Sera Deresi Havzası için AKM takibine yönelik bir çalışmaya rastlanmaması bu alanda bir boşluk olduğunu ortaya koymuştur. Havzadaki son kapsamlı çalışmanın Hacısalihoğlu (1995) tarafından yapılmış olduğu görülmektedir. Bu çalışmadan sonra gerçekleştirilen çalışmaların oldukça sınırlı olması ve Sera Deresi Havzası'nda inşa edilmiş olan tersip bentlerinin hızla dolması ve bölgede meydana gelen taşkınlar sonrasında Sera Gölü'nün önemli ölçüde malzeme taşınması sebebiyle havzadaki AKM hareketinin incelenmesinin yerinde olacağı sonucuna varılmıştır.

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Doğrudan ölçümler AKM hesabında en güvenilir yöntemlerden biridir. Ülkemizde 2011 yılına kadar DSİ ve EİE tarafından yürütülen sediment gözlemleri 2011 yılından sonra EİE'nin kapatılması ile DSİ'ye devredilmiştir. DSİ (2020) tarafından yayımlanan sediment yıllıkları incelendiğinde, Doğu Karadeniz Havzası'nda sınırlı sayıda akarsuda AKM takibi yapıldığı ve Sera Deresi Havzası'nın bu akarsular içinde bulunmadığı anlaşılmıştır.

Çalışmanın amacı:

- Sera Deresi Havzası'nda (Trabzon) AKM taşınımının zamana bağlı değişimini araştırmak,
- Havzada bulunan Sera Gölü'nün ve membaında inşa edilen tersip bentlerinin AKM taşınımına olan etkilerini belirlemek,
- Sera Deresi Havzası'nın komşu havzalarından Değirmendere ve Galanima akarsularında da AKM takibi yaparak söz konusu taşınımı karşılaştırmalı incelemek,
- Havzalarda işletilmekte olan akım gözlem istasyonlarından (AGİ) elde edilen su derinlikleri kullanılarak debi anahtar eğrisi yardımıyla akarsu Q değeri ve AKM yüklerini elde etmektir.

Bu amaç doğrultusunda Sera Deresi Havzası'nda belirlenen on istasyonda Haziran 2019 ile Mart 2020 arasında ayda dört kez, Değirmendere ve Galanima havzalarında ana

kol boyunca seçilen üçer örnekleme istasyonunda ise Eylül 2019 ile Mart 2020 arasında 15 gün aralıklarla ham su örnekleri toplanmış ve filtre edilmiştir. Ayrıca, örnekleme esnasında havzalarda bulunan AGİ'lerden seviye okumaları yapılarak çalışma anında ilgili kesitlerdeki Q değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile Sera Deresi Havzası'nda tersip bentlerinin AKM taşınımı üzerindeki etkileri incelenmiş, ayrıca geçmişte ilgili havzalarda yapılan çalışmalar dikkate alınarak elde edilen AKM ve Q verileri değerlendirilmiştir.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı

Türkiye, su kaynaklarının tespit edilmesi, geliştirilmesi ve kullanılması amacıyla hidrolojik olarak 25 havzaya ayrılmıştır. Bu havzalardan 22.'si olan Doğu Karadeniz Havzası, sahip olduğu 24,077 km²'lik yağış alanı ve 16.46×10⁹ m³'lük yerüstü su potansiyeli ile Türkiye'nin yerüstü su potansiyelinin % 9.1'ini ihtiva eden en önemli havzalarından biridir (URL-1, 2020). Samsun'un doğusundaki Terme Çay'ından Gürcistan sınırına kadar uzanan Doğu Karadeniz Havzası, güneyde Doğu Karadeniz Dağları kuzeyde ise Karadeniz ile çevrilidir. Ayrıca, Karadeniz Bölgesi'nin en dağlık ve yükseltisinin en fazla olduğu bölümüdür. Eğimin yüksekliği, yüzey altı tabakasının geçirimsiz veya yarı geçirimli olması, zemin jeolojisi, topografyası, iklim ve bitki örtüsü gibi faktörler bölgede oldukça sık bir akarsu ağının oluşmasını sağlamıştır (Şekil 5). Havza ikliminin en belirgin özelliği her mevsim yağışlı olmasıdır. Yağışlar barometre minimumları ile orografik şartlara bağlıdır. En fazla yağış sonbahar ve kış mevsimlerinde görülmektedir. Türkiye'nin 1927–2019 uzun yıllar arası yıllık toplam yağış ortalaması 623.70 mm (URL-2, 2020) iken Doğu Karadeniz Havzası içinde yer alan illerin 1959–2019 uzun yıllar yıllık toplam yağış ortalamaları; Ordu 1,045.20 mm (URL-3, 2020), Giresun 1,287.80 mm (URL-4, 2020), Trabzon 829.60 mm (URL-5, 2020), Rize 2,303.70 mm (URL-6, 2020) ve Gümüşhane 461.60 mm'dir (URL-7, 2020).



Şekil 5. Doğu Karadeniz Havzası

Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verilerine göre, toplamda 808,974 kişi ile Doğu Karadeniz Havzası'ndaki en kalabalık ve en gelişmiş il olan Trabzon, 4,664 km²'lik alana sahip bir sahil kentidir (TÜİK, 2020). Doğu Karadeniz iklimi özelliklerini taşımaktadır. Yıllık ortalama yağış yüksekliği Türkiye genelinden % 24.82 fazladır. Yazlar genellikle orta sıcaklıkta (ortalama 22.3 °C), kışlar ise ılık (ortalama 7.7 °C) geçmektedir. Trabzon; Akhisar, Foldere, İskefiye, Galanima, Sera, Değirmendere, İkisü, Yomra, Karadere, Solaklı ve Baltacı gibi birçok alt havzadan oluşmaktadır.

Haziran 2019 – Mart 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası'nın alt havzaları olan ve Trabzon ilinde bulunan Sera, Değirmendere ve Galanima akarsularında Q ve toplanan ham su örneklerinde AKM takibi yapılmıştır. Ham su örnekleri Sera Havzası'nda belirlenen 10 istasyonda ayda dört toplamda 40 kez, Değirmendere ve Galanima havzalarında belirlenen her üç istasyonda ise ayda iki toplamda 14 kez olacak şekilde toplanmıştır.

2.1.1. Sera Havzası (Trabzon)

Trabzon il sınırları içerisinde yaklaşık olarak 127 km² drenaj alanına sahip olan Sera Deresi Havzası (Şekil 6) coğrafi olarak 40° 51' – 40° 54' kuzey enlemleri ile 39° 37' – 39° 28' doğu boylamları arasında, Dünya'da biyolojik olarak en zengin ve kültürel açıdan en çeşitli bölgelerden biri olan Kafkasya Ekolojik Bölgesi'nde yer almaktadır (WWF, 2020)

Sera Deresi Havzası'nda yapılan incelemeler sonucunda havzanın jeolojik yapısının yer yer farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (MTA, 1974). Havzanın jeolojik formasyonu genellikle içinde bazı bölgelerde iri daneli kum taşlarıyla birlikte bazaltik anglomeraların izlendiği, kötü katmanlı, gevşek çimentolu, polijenik heterojen konglomera ve breşten oluşmaktadır. Orta kesimlerdeki jeolojik formasyon volkano-tortul bir istif olup, andezit-bazalt karakterli lav ve piroklastları ile genellikle kırmızı bordo renkli biyomikrit, kumtaşı, marn ara tabakalarından oluşmaktadır. Yukarı kesimlerde ise andezitik lav ile dazitik ve riyolit piroklastiklerinden oluşan bir yapı mevcuttur (Celep, 2009).

Sera Deresi Havzası jeomorfolojik olarak yüksek ve dağlık bir arazi yapısına sahiptir. Havza kendi içinde daha küçük vadilere ayrılan çok sayıda derin vadilere bölünmüştür. Çok dik, eğimli ve sarp arazilere sahip olan havzada orman arazisi, mera arazisi ve tarımsal arazi olmak üzere üç farklı arazi kullanım şekli mevcuttur. Havzada arazi kullanma kabiliyet sınıflaması esaslarına ters ve bu esasları dikkate almaksızın

Havzanın ana akarsuyu Sera Deresi olup bu dere Zavurdiya, Ortaburun, Kalaycı ve Uçarsu dereleri gibi irili ufaklı birçok yan kolla beslenmektedir. Havza içerisinde sahilden yaklaşık 3 km içeride Sera Gölü olarak bilinen bir göl mevcuttur (Şekil 7). Göl, 1950 yılının şubat ayında Trabzon – Akçaabat karayolunun 8. km’inde bulunan Sera köyünden 2,5 km içeride, Sera Deresi’nin Asor mevkiinde meydana gelen heyelan sonucu oluşmuştur. Bu heyelanın sonucunda 650 m uzunluğunda, 350 m genişliğinde ve 65 m yüksekliğindeki yaklaşık 15×10^6 m³’lük bir enkaz seti Sera Deresi’nin yatağını genişlemesine doldurmuş ve önünü tıkamıştır. Setin ardında, havanın yağışlı olması ve eriyen kar sularının da etkisiyle, biriken sular her 24 saatlik süre içerisinde yaklaşık 3 m yükselerek memba tarafındaki araziye her gün 100 – 200 m ilerleyerek sular altında bırakmıştır. Heyelandan 18 gün sonra Sera Deresi suları ulaştıkları en yüksek kesimde önündeki seti yaran bir gidegenle akışını sürdürmeye başlamıştır. Sonuç olarak uzunluğu 1.2 km, ortalama genişliği 150 m ve ortalama derinliği ise 20 m olan bir göl meydana gelmiştir (Beret, 1955).



Şekil 7. Sera Gölü (Trabzon) (11.02.2020)

Gerek havzanın jeolojik özellikleri gerekse yanlış arazi kullanımı sebebiyle meydana gelen erozyon, toprak kaymaları ve akımların yanı sıra akarsu yatağında meydana gelen oyulmalar dolayısıyla Sera Deresi yüksek miktarda katı madde taşımaktadır. Taşınan bu katı maddeler akımın sürüklenme ve taşıma gücünün azaldığı bölgelerde ve suyun hareketinin çok yavaş olduğu su biriktirme yapılarında tabana çökerek ve yığılmalar oluşturarak hem akarsuyun morfolojisini değiştirmekte hem de Sera Gölü'nü olumsuz

etkilemektedir. Sera Gölü 2005 yılında doğal koruma alanı olarak belirlenmiş ve 2010 yılında gölün etrafındaki 94 ha'lık alan Doğa Parkı olarak ilan edilmiştir. Sera Gölü, yürüyüş, gezi, kamp, kano, amatör olta balıkçılığı ve fotoğraf çekme gibi hem rekreasyon faaliyetleri hem de ekoturizm açısından sahip olduğu üstünlükler ile hem yerli hem de yabancı turistleri cezbetmektedir. Özellikle son yıllarda gelen turist sayısında büyük artış yaşanmaktadır. Turizm ve turist sayısının da etkisiyle göl çevresindeki işletmeler ve gününbirlik rekreasyonel alanların artması göldeki kirliliğin artmasına sebep olmaktadır. Turizm faaliyetlerinin yanı sıra havzada bir adet beton santrali, petrol istasyonları, araç yıkama tesisleri ile 1.2 MW kurulu güce ve yılda yaklaşık olarak 5.64 GW enerji üretimine sahip olan Yıldızlı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali (HES) bulunmaktadır (Çavuş, 2014).

Havzada aşınan sedimentin akış yoluyla Sera Gölü'ne ulaşip kısa sürede burada birikmesini önlemek veya geciktirmek amacıyla DSİ tarafından Sera Deresi ana kol üzerinde çeşitli yerlerde tersip bentleri inşa edilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen tersip bentlerinin konum bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. Bu tersip bentlerine ek olarak havzada gerçekleştirilen ham su örnekleme çalışmalarının sonrasında biri geçirgen tersip bendi olmak üzere toplamda üç adet tersip bendi inşasına başlanmış ve taşkın anlarında çamurlu suyun içindeki AKM'yi tutmak ve gelen malzemeyi büyük oranda engellenmek için havzada bir çökeltim havuzu yapılmasına karar verilmiştir.

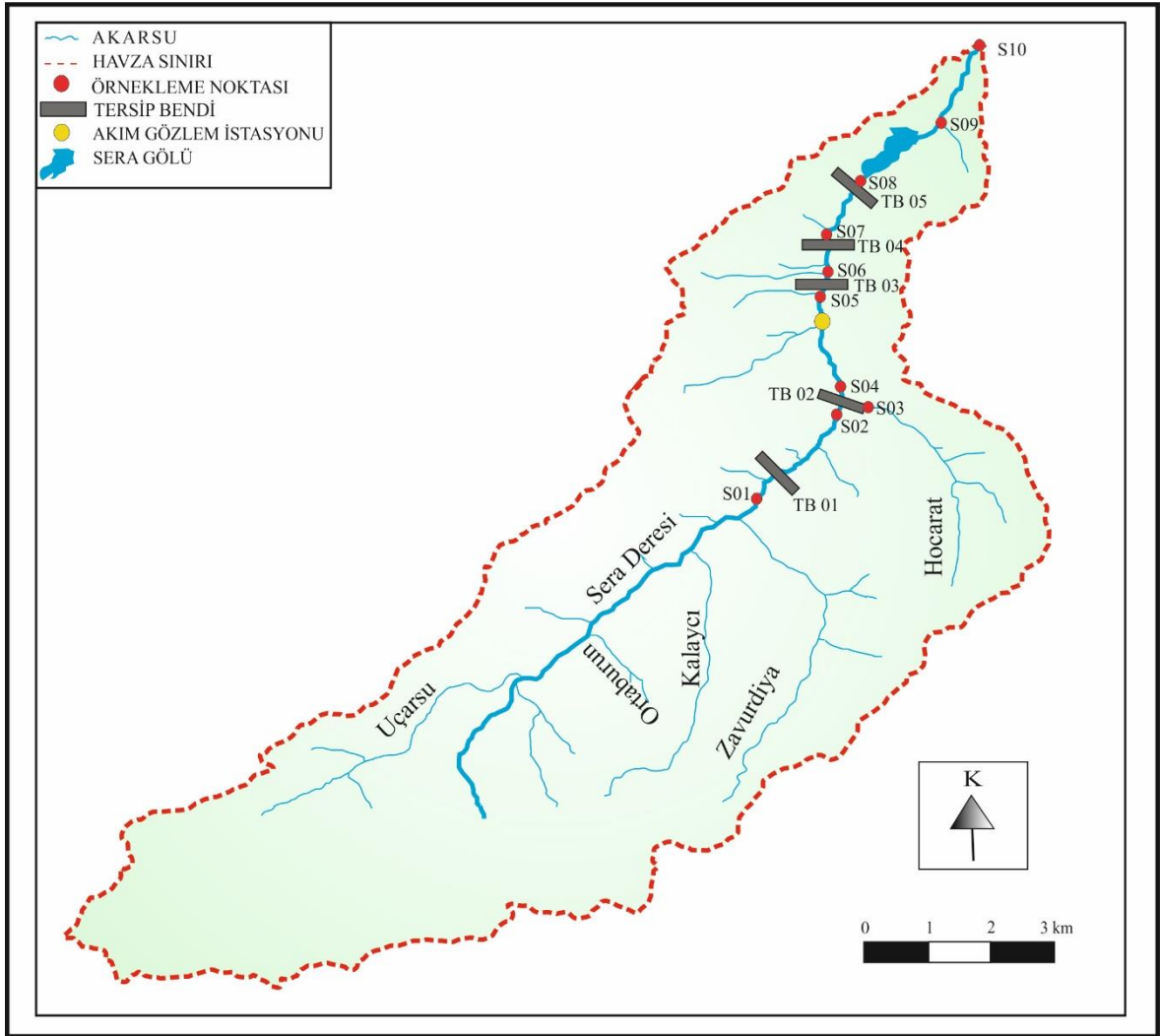
Tablo 1. Sera Deresi Havzası'nda inşa edilen tersip bentleri ve konum bilgileri

Tersip Bendi (TB)	Kuzey	Doğu	Kot (m)
TB01	40° 55' 24.26"	39° 35' 37.59"	277
TB02	40° 56' 13.69"	39° 36' 14.60"	204
TB03	40° 57' 39.53"	39° 36' 06.81"	129
TB04	40° 58' 07.71"	39° 36' 05.56"	120
TB05	40° 58' 34.15"	39° 36' 18.69"	97

2.1 1 1. Sera Deresi Havzası Ham Su Örnekleme İstasyonlarının Belirlenmesi

Sera Deresi Havzası'nda AKM takibinin yapılacağı gözlem istasyonlarının belirlenmesi amacıyla ilki 04.11.2018 tarihlerinde gerçekleştirilen keşif gezisi sonrasında, havzadaki TB'ler ve Sera Gölü'nün konumu da dikkate alınarak gözlem istasyonlarının yerleri belirlenmiştir. Haziran 2019'da başlayan ham su örnekleme çalışmalardan önce 23.04.2019, 01.05.2019 09.05.2019, 17.04.2019 ve 25.05.2019 tarihlerde beş deneme çalışması yapılmış ve istasyonların nihai yerlerine karar verilmiştir. Dene amacıyla yapılan

çalışmalardan elde edilen veriler sonuçlara dahil edilmemiştir. Havzadaki ilk TB olan TB01'in membaında S01, TB01'in mansabı ile TB02'nin membaında S02, TB02'nin membaında fakat yan kol üzerinde S03, TB02 mansabında S04, Derecik'te DSİ tarafından ana kol üzerinde işletilmekte olan D22A153 numaralı AGİ'nin olduğu yerde S05, TB03'ün mansabı ile TB04'ün membaı arasında S06, TB04'ün mansabı ile TB05'in membaı arasında S07, TB05'in mansabı ile Sera Gölü'nün girişi arasında S08, Sera Gölü çıkışındaki S09 ve Sera Deresi'nin Karadeniz'e döküldüğü yerin hemen öncesinde S10 olmak üzere toplamda 10 adet gözlem istasyonu belirlenmiştir. Sera Deresi Havzası'ndaki ham su örnekleme istasyonları, TB'ler ve AGİ'nin konumu Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Sera Deresi Havzası (Trabzon) ham su örnekleme istasyonlarının konumu

S01 İstasyonu

S01 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen ilk istasyondur. Sahilden 11.4 km içeride, 285 m kotunda, $40^{\circ} 55' 12.58''$ K – $39^{\circ} 35' 21.32''$ D koordinatlarında TB01'in membaında yer almaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. S01 istasyonu memba (26.06.2019) ve mansap (20.07.2019) görünümü

S02 İstasyonu

S02 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen ikinci istasyondur. Sahilden 9.1 km içeride, 192 m kotunda, $40^{\circ} 56' 11.34''$ K – $39^{\circ} 36' 14.94''$ D koordinatlarında, TB01'in mansabı ile TB02'nin hemen membaında yer almaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. S02 istasyonu memba (13.12.2019) ve mansap (05.01.2020) görünümü

S03 İstasyonu

S03 istasyonu, Sera Deresi yan kol (Hocarat Deresi) üzerinde seçilen üçüncü istasyondur. Sahilden 9.1 km içeride, 191 m kotunda ve $40^{\circ} 56' 12.74''$ K – $39^{\circ} 36' 15.42''$ D koordinatlarında, TB02'nin hemen membaında yer almaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. S03 istasyonu memba (22.10.2019) ve mansap (20.01.2020) görünümü

S04 İstasyonu

S04 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen dördüncü istasyondur. Sahilden 8.9 km içeride, 184 m kotunda, $40^{\circ} 56' 17.17''$ K – $39^{\circ} 36' 14.59''$ D koordinatlarında ve TB02'nin mansabında yer almaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. S04 istasyonu memba (28.12.2019) ve mansap (28.12.2019) görünümü

S05 İstasyonu

S05 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen beşinci istasyondur. Sahilden 6.2 km içeride, 129 m kotunda ve $40^{\circ} 57' 35.05''$ K – $39^{\circ} 36' 06.03''$ D koordinatlarında, DSİ tarafından işletilmekte olan D22A153 numaralı AGİ mevkiinde yer almaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. S05 istasyonu memba (22.10.2019) ve mansap (21.08.2019) görünümü

S06 İstasyonu

S06 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen altıncı istasyondur. Sahilden 5.9 km içeride, 119 m kotunda, $40^{\circ} 57' 57.38''$ K – $39^{\circ} 36' 04.99''$ D koordinatlarında ve TB03'ün mansabı ile TB04'ün membaı arasında yer almaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. S06 istasyonu memba (05.03.2020) ve mansap (12.02.2020) görünümü

S07 İstasyonu

S07 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen yedinci istasyondur. Sahilden 5.0 km içeride, 111 m kotunda, $40^{\circ} 58' 12.37''$ K – $39^{\circ} 36' 05.27''$ D koordinatlarında ve TB04'ün mansabı ile TB05'in membaı arasında yer almaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. S07 istasyonu memba (13.08.2019) ve mansap (28.07.2019) görünümü

S08 İstasyonu

S08 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen sekizinci istasyondur. Sahilden 4.1 km içeride, 101 m kotunda, $40^{\circ} 58' 14.61''$ K – $39^{\circ} 36' 07.35''$ D koordinatlarında ve TB05'in mansabı ile Sera Gölü'nün girişi arasında yer almaktadır (Şekil 16).



Şekil 16. S08 istasyonu memba (22.10.2019) ve mansap (05.03.2020) görünümü

S09 İstasyonu

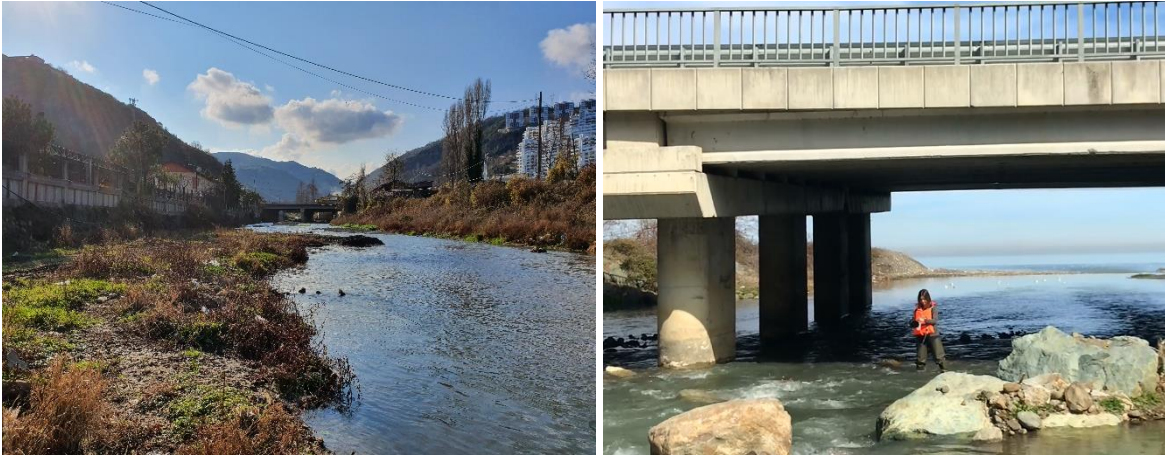
S09 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen dokuzuncu istasyondur. Sahilden 2.3 km içeride, 98 m kotunda, $40^{\circ} 59' 17.16''$ K – $39^{\circ} 37' 09.31''$ D koordinatlarında ve Sera Gölü'nün hemen çıkışında yer almaktadır (Şekil 17).



Şekil 17. S09 istasyonu memba (12.07.2019) ve mansap (21.11.2019) görünümü

S10 İstasyonu

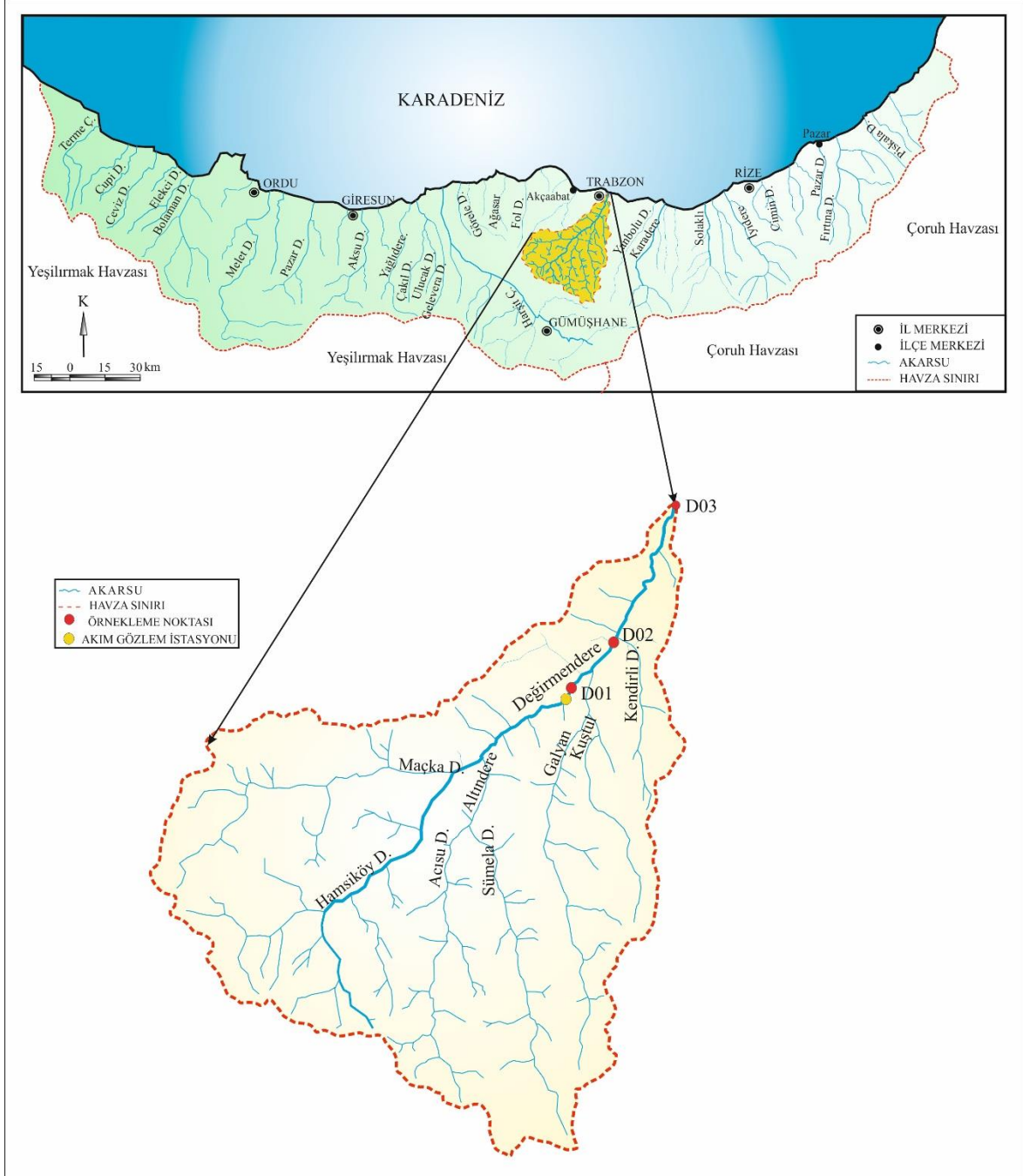
S10 istasyonu, Sera Deresi ana kol üzerinde seçilen onuncu istasyondur. Sera Deresi'nin Karadeniz'e döküldüğü bölgenin hemen öncesinde, $41^{\circ} 00' 22.94''$ K – $39^{\circ} 37' 51.48''$ D koordinatlarında ve 3 m kotunda yer almaktadır (Şekil 18).



Şekil 18. S10 istasyonu memba (05.01.2020) ve mansap (05.03.2020) görünümü

2.1.2. Değirmendere Havzası (Trabzon)

Trabzon ilinin en büyük havzası olan Değirmendere Havzası Doğu Karadeniz Havzası'nın alt havzalarından bir tanesidir. Toplamda 1,042 km² alana sahip havza coğrafi olarak 39° 33' – 39°45' doğu boylamları ile 40° 32' – 40°54' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 19).



Şekil 19. Değirmendere Havzası (Trabzon) akarsu ağı

Değirmendere akarsuyu adını bulunduğu havzadan almıştır. Horos Dağları'ndan doğan Maçka Deresi ile kaynağını Zigana Dağları'ndan alan Hamsiköy Deresi'nin birleşmesiyle meydana gelen gelmiştir. Değirmendere akarsuyu ana kol akımına Maçka mevkiinde Acısu ve Meryemana (Sümela) derelerinin birleşerek oluşturduğu Altıntaş Deresi (Altındere), Esiroğlu mevkiinde Kuştul ve Galyan derelerinin birleşerek oluşturduğu Galyan Deresi ve Çağlayan mevkiinde Kendirli Deresi katılmaktadır. Değirmendere'yi besleyen ve Maçka ilçe merkezinde birleşen bu dereler, memba kısımlarında genelde yeşil alanlar ve küçük yerleşim bölgelerinden geçtiğinden aşırı bir kirlenmeye maruz kalmazlar (Satılmış, 2015).

Değirmendere Havzası, Karadeniz ikliminin Doğu Karadeniz alt iklim tipi sınırları içinde bulunmakla birlikte havzanın kıyıya yakın bölgelerinde, denizel Karadeniz ikliminin özellikleri hakimiyet sürerken, Maçka ilçesinden üst bölgelere doğru karasal iklim etkisini göstermektedir. Thornthwaite yöntemine göre yıllık potansiyel evapotranspirasyon değeri (74.91 cm) olan bölge mezotermal iklim tipinde bulunmaktadır (Altun ve Ünver, 2005).

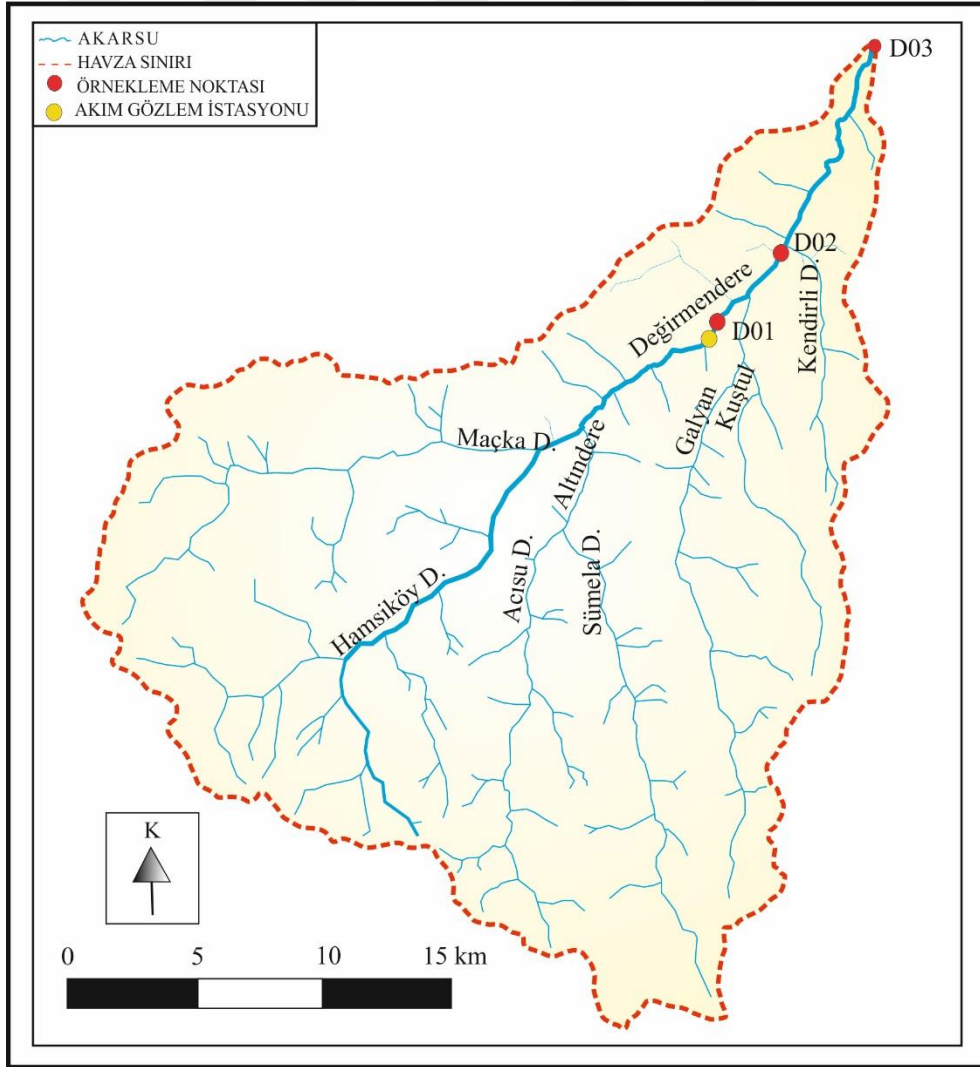
Havza alanının büyük bölümünü orman ve mera alanları oluşturmaktadır. Tarımsal faaliyetler için kullanılabilir alanlar havza eğiminin nispeten daha az olduğu mansap kısmında bulunmaktadır. Bu alanları oldukça az olması nedeniyle orman alanlarının tahrip edilerek tarımsal arazi olarak kullanılması söz konusudur. Arazi kullanım kabiliyetine bakıldığında havza topraklarının büyük bir çoğunluğunun genelde çayır ve orman arazi örtüsüyle kaplı tarıma elverişli olmayan 6. ve 7. sınıf arazi olduğu görülmektedir. Havzanın toprak yapısı genellikle kaygan ve geçirimsiz killerden oluşmaktadır. Bu durum sızma kapasitesini düşürerek yağışın büyük oranda yüzeysel akışa geçmesine yol açmakla jeolojik ve topoğrafik şartları nedeniyle bol sedimente sahip havzada taşkın ve dolayısıyla heyelan riskinin de yüksek olmasına sebep olmaktadır (Taş, 2014).

Havzada Maçka ilçe merkezinden sonra yerleşim alanları yoğunlaşmakta ve yol boyunca pek çok sanayi ve işletme tesisi bulunmaktadır. Kömür işletmesi, beton üretim santrali, oto tamirhanesi, akaryakıt dolmuş istasyonları, taş kırma ve eleme tesisleri, alabalık yetiştirme tesisleri, soğuk hava deposu, lastik kaplama tesisleri, mermer işleme tesisleri vb. Bu tesislerin yanı sıra Trabzon ili içme ve kullanma suyu ihtiyacının temin edildiği Atasu Barajı ile içme suyu artırımının gerçekleştirildiği Esiroğlu İçme Suyu Arıtma Tesisi havza sınırlarında bulunmaktadır. Havzada aktif olarak çalışan HES'ler; Köprüyanı Regülatörü ve HES (12.20 MW), Maçka I-II HES (5.00 MW), Atasu II HES (5.00 MW), Mavi HES (10.5 MW), Sukenarı Regülatörü ve HES (8.83 MW), ve Tonya I-II Regülatörü ve HES

(2.50 MW)'dir. Bu tesisler yıllık yaklaşık olarak 117.5 GWh enerji üretimi gerçekleştirmektedir (İÇDR, 2019).

2.1.2.1. Değirmendere Havzası Ham Su Örneklem İstasyonlarının Belirlenmesi

Değirmendere akarsuyunda AKM takibinin yapılacağı gözlem istasyonlarının belirlenmesi amacıyla 04.07.2019 tarihinde gerçekleştirilen keşif gezisi sonrasında gözlem istasyonlarının yerlerine karar verilmiştir. Öğütlü köyünde ana kol üzerinde işletilmekte olan D22A086 numaralı AGİ'nin olduğu yerde D01, Galyan ve Kuştu derelerinin ana kola bağlandığı yerin mansabında D02 ve son olarak Değirmendere'nin Karadeniz'e döküldüğü bölgenin hemen öncesinde D03 istasyonu olarak adlandırılmak üzere toplamda üç gözlem istasyonu belirlenmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Değirmendere Havzası (Trabzon) ham su örneklem istasyonlarının konumu

D01 İstasyonu

D01 istasyonu, Değirmendere akarsuyu ana kol üzerinde seçilen ilk istasyondur. Trabzon-Erzurum karayolunun (D885) 17. km'sinde ve yolun sol tarafında, 179 m kotunda ve $40^{\circ} 52' 10.90''$ K – $39^{\circ} 41' 03.30''$ D koordinatlarında, DSİ tarafından işletilen D22A086 numaralı Öğütlü AGİ'nin bulunduğu yerin hemen mansabında yer almaktadır (Şekil 21).



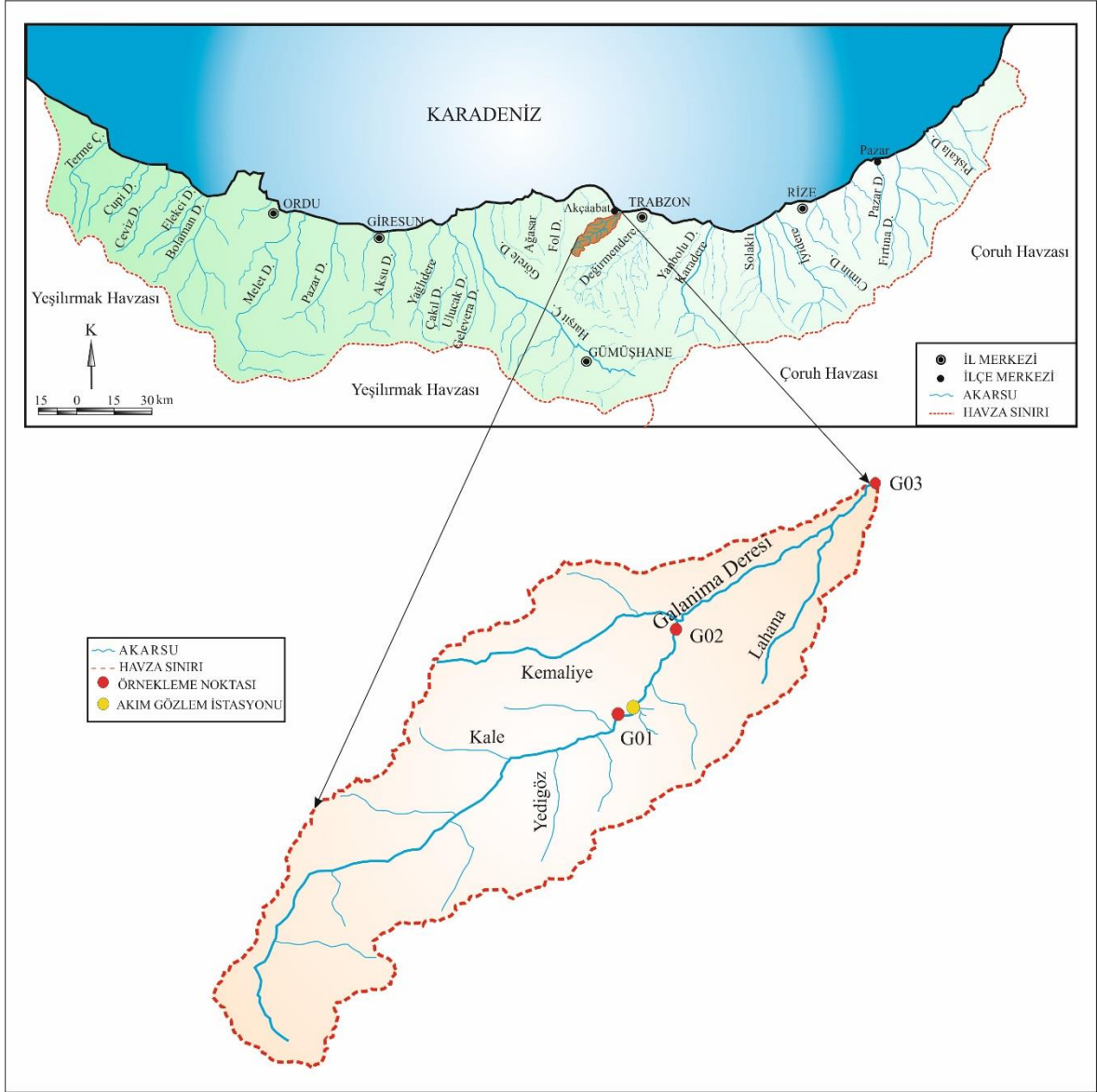
Şekil 21. D01 istasyonu memba (26.02.2020) ve mansap (14.10.2019) görünümü

D02 İstasyonu

D02 istasyonu, Değirmendere akarsuyu ana kol üzerinde seçilen ikinci istasyondur. Trabzon-Erzurum karayolunun (D885) 13. km'sinde üzerinde ve yolun sol tarafında, 97 m kotunda olup, $40^{\circ} 54' 01.60''$ K – $39^{\circ} 42' 57.60''$ D koordinatlarında olup Kendirli Deresi ile Değirmendere'nin birleşim yerinin hemen membaında yer almaktadır (Şekil 22).



Şekil 22. D02 istasyonu memba (27.01.2020) ve mansap (28.12.2019) görünümü

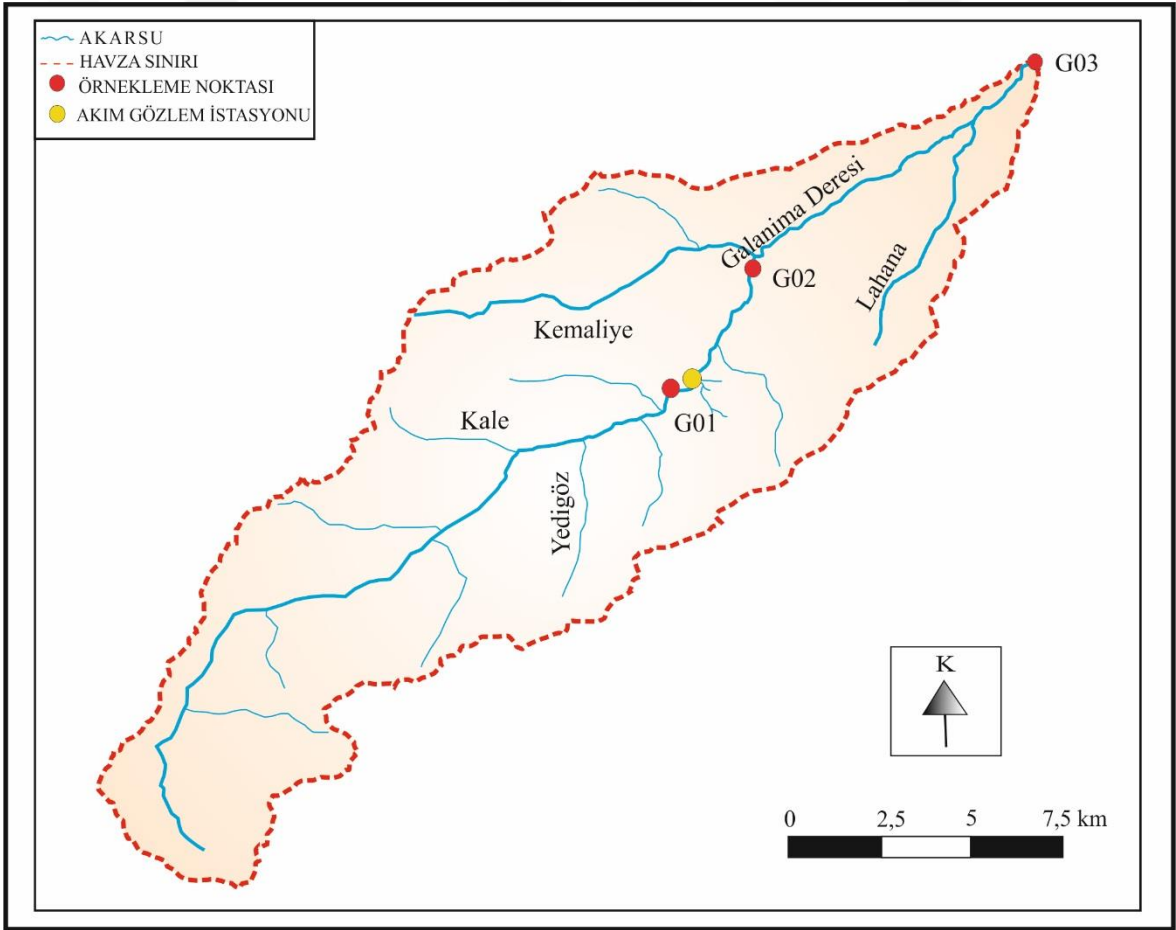


Şekil 24. Galanima Havzası (Trabzon) akarsu ağı

Havzada taş ocağı, hazır beton üretim santrali, su değirmenleri, spor tesisleri, sağlık kurumları, akaryakıt dolun istasyonları, oto tamirhaneleri gibi birçok işletme ve sanayi tesisi bulunmaktadır. Ayrıca, havzada kurulu gücü 1.04 MW ve yıllık yaklaşık olarak 9.11 GWh enerji üretimine sahip olan Işıklar (Visera) HES yer almaktadır (İÇDR, 2019).

2.1.3.1. Galanima Havzası Ham Su Örneklem İstasyonlarının Belirlenmesi

Galanima deresinden AKM takibinin yapılacağı gözlem istasyonlarının belirlenmesi amacıyla 04.07.2019 tarihinde keşif gezisi yapılmış, gezi sonrasında istasyonların yerlerine karar verilmiştir. Şinik'te ana kol üzerinde DSİ tarafından işletilmekte olan D22A154 numaralı AGİ'nin membaında G01 istasyonu, AGİ mevkiinde G02 istasyonu, AGİ'nin mansabında ve Galanima Deresi'nin Karadeniz'e döküldüğü yerin hemen öncesinde seçilen G03 istasyonu olmak üzere toplamda üç adet gözlem istasyonu belirlenmiştir (Şekil 25).



Şekil 25. Galanima Havzası (Trabzon) ham su örneklem istasyonlarının konumu

G01 İstasyonu

G01 istasyonu, Galanima akarsuyu ana kol üzerinde seçilen ilk istasyondur. Akçaabat-Düzköy karayolunun yaklaşık 17. km'sinde ve yolun sol tarafında, 271 m kotunda ve $40^{\circ} 54' 35.64''$ K – $39^{\circ} 28' 58.44''$ D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 26).



Şekil 26. G01 istasyonu memba (13.12.2019) ve mansap (14.10.2019) görünümü

G02 İstasyonu

G02 istasyonu, Galanima akarsuyu ana kol üzerinde seçilen ikinci istasyondur. Akçaabat-Düzköy karayolunun yaklaşık 11. km'sinde ve yolun solunda, 175 m kotunda, $40^{\circ} 57' 03.95''$ K – $39^{\circ} 30' 08.64''$ D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 27). Burası aynı zamanda DSİ tarafından D22A154 numaralı Şinik AGİ'nin işletildiği yerdir.



Şekil 27. G02 istasyonu memba (12.02.2020) ve mansap (27.03.2020) görünümü

G03 İstasyonu

G03 istasyonu, Galanima akarsuyunun Karadeniz'e döküldüğü yerin hemen öncesinde seçilen son istasyondur. 1 m kotunda ve $41^{\circ} 01' 05.88''$ K – $39^{\circ} 35' 45.96''$ D koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 28).



Şekil 28. G03 istasyonu memba (14.10.2019) ve mansap (28.12.2019) görünümü

2.2. Çalışmanın Gerçekleştirildiği Dönem

AKM tayini için belirlenen istasyonlardan numune örneği alma çalışmalarına, 23.04.2019, 01.05.2019, 09.05.2019, 17.05.2019 ve 25.05.2019 tarihlerinde gerçekleştirilen beş çalışma ile başlanmıştır. İlk beş çalışma tecrübe amaçlı gerçekleştirilmiş olup elde edilen veriler tez kapsamı dışında tutulmuştur. Bu çalışmalardan sonraki Haziran 2019 – Mart 2020 dönemini kapsayan on aylık süre zarfında Sera Havzası'nda ayda dört, toplamda 40 kez; Eylül 2019 – Mart 2019 dönemini kapsayan yedi aylık süre zarfında ise Değirmendere ile Galanima havzalarında ayda iki, toplamda 14 kez olacak şekilde çalışmalar düzenli olarak devam ettirilmiştir. Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği tarihler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Çalışmanın gerçekleştirildiği dönem

Çalışma Tarihi	Sera Deresi Havzası	Değirmendere Havzası	Galanima Havzası
02.06.2019	*		
10.06.2019	*		
18.06.2019	*		
26.06.2019	*		
04.07.2019	*		
12.07.2019	*		
20.07.2019	*		
28.07.2019	*		
05.08.2019	*		
13.08.2019	*		
21.08.2019	*		
29.08.2019	*		
06.09.2019	*		
14.09.2019	*	*	*
22.09.2019	*		
29.09.2019	*	*	*
07.10.2019	*		
14.10.2019	*	*	*
22.10.2019	*		
29.10.2019	*	*	*
06.11.2019	*		
13.11.2019	*	*	*
21.11.2019	*		
28.11.2019	*	*	*
06.12.2019	*		
12.12.2019	*	*	*
21.12.2019	*		
28.12.2019	*	*	*
05.01.2020	*		
12.01.2020	*	*	*
20.01.2020	*		
27.01.2020	*	*	*
04.02.2020	*		
12.02.2020	*	*	*
19.02.2020	*		
26.02.2020	*	*	*
05.03.2020	*		
12.03.2020	*	*	*
20.03.2020	*		
27.03.2020	*	*	*

2.3. Arazi Çalışmaları

2.3.1. Debi Tayini

Sera Deresi Havzası D22A153 numaralı Derecik AGİ, Trabzon ili, Akçaabat ilçesi Derecik köyü içindeki köprüünün sağ sahilinde, 153 m kotunda ve $40^{\circ} 57' 14''$ K – $39^{\circ} 36' 03''$ D koordinatlarında bulunmaktadır (Şekil 29). Derecik AGİ 105.7 km^2 'lik drenaj alanı ile havzanın % 83.20'sini kapsamaktadır.



Şekil 29. Sera Deresi Havzası, Derecik AGİ genel görünümü (28.12.2019)

Değirmendere Havzası D22A086 numaralı Öğütlü AGİ, Trabzon-Gümüşhane yolunun 20. km'sinde Öğütlü köyü mevkiindeki köprüünün 20 m membaında, 179 m kotunda ve $40^{\circ} 51' 50''$ K – $39^{\circ} 40' 44''$ D koordinatlarında bulunmaktadır (Şekil 30). Öğütlü AGİ 728.40 km^2 'lik drenaj alanıyla % 69.90'ını kapsamaktadır.



Şekil 30. Değirmendere Havzası, Öğütlü AGİ genel görünümü (29.09.2019)

Galanima Havzası D22A154 numaralı Şinik AGİ, Trabzon ili, Akçaabat-Düzköy yolu üzerinde, Şinik mahallesinde Mahalle Köprüsü'nün sağ sahilinde, 175 m kotunda ve $40^{\circ} 57' 04''$ K – $39^{\circ} 30' 09''$ D koordinatlarında bulunmaktadır (Şekil 31). Şinik AGİ 193.0 km²'lik drenaj alanı ile havzanın % 70.70'ini kapsamaktadır.



Şekil 31. Galanima Havzası, Şinik AGİ genel görünümü (20.01.2020)

Çalışmanın yürütüldüğü havzalarda ölçüm günlerine ait Q değerleri DSİ tarafından belirlenen debi anahtar eğrisi denklemleri ve okunan su seviyeleri kullanılarak elde edilmiştir.

2.3.2. Akarsulardan Ham Su Örneklerinin Alınması ve Muhafazası

Akarsulardan ham su örneklerinin alınması ve muhafazası standart yöntemlere uygun olarak gerçekleştirilmiştir (APHA, 1992). Çalışmalarda TS EN ISO 5667 – 3 standardına uygun olarak seçilen 500 mL hacimli polietilen tereftalat (PET) numune kapları kullanılmıştır. Numune kap ve kapakları laboratuvar ortamında önce deterjanlı su ile yıkanmış ve musluk suyu ile iyice durulandıktan sonra saf su ile iki kez daha durulanmış ve kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra numune kaplarının kapakları kapatılmıştır. Su örneklerinin karışmaması için numune kaplarının üzerine örnekleme yapılacak olduğu istasyonun adı ve ilgili tarih her çalışma öncesinde not edilmiştir.

İstasyonlardan su örneklerinin alınması sırasında numune kapları, içerisinde olası bir kalıntı ihtimaline karşı akarsuyun suyu ile de iki kez çalkalanmıştır. Belirlenen kesitte,

numune kapları su yüzeyinin 30 – 40 cm aşağısından ve üzerinde hava kalmayacak şekilde doldurularak kapakları sıkıca kapatılmıştır.

Yüzeysel sulardan alınan su örneklerinin, kaynaktan alınması ile analiz edilmesi arasında geçen süre içinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar sonucu değişikliklere uğramaları mümkündür. Bu reaksiyonlar örneklerin alınması, taşınması ve muhafaza edilmesi sırasında uygun koşullar sağlanmadığı takdirde kaynaktaki gerçek derişimler ile tayin sonucunda elde edilen derişimler arasında fark oluşturacak niteliktedir. Bu farkların büyüklüğü su örneğinin kimyasal ve biyolojik yapısına, sıcaklığına, ışığa maruz kalma durumuna, içine konduğu kabın yapısına, örnekleme ile analiz arasında geçen zamana ve taşınırken maruz kaldığı diğer şartlara bağlıdır. Kalsiyum karbonat (CaCO_3), metaller ve Alüminyum hidroksit (Al(OH)_3) gibi metal bileşikler benzeri bazı maddelerin çökmesi, çözülmüş veya kolloidal durumdaki metallerin numunede bulunan katı maddeler üzerinde veya kabın yüzeyinde geriye dönüşsüz olarak adsorplanması bu durumlarda verilebilecek örneklerden bazılarıdır. Bu değişiklikler genellikle kısa bir süre içerisinde numuneyi önemli ölçüde değiştirecek kadar hızlıdır. Her durumda, bu reaksiyonları en aza indirmek ve pek çok tayin için numunelerin en az gecikme ile analiz edilmesi amacıyla gerekli tedbirler alınmalıdır (Resmi Gazete, 2015).

AKM tayini için su örnekleri, numune alma işleminden sonra mümkün olduğunca çabuk (dört saat içinde) filtre edilmelidir. Dört saat içinde filtre edilemeyen örnekler 1 °C ile 5 °C arasındaki sıcaklıkta ve karanlık ortamda muhafaza edilmelidir (TS EN 872). Akarsulardan toplanan ham su örneklerinin belirtilen şartlarda laboratuvara taşınması için buz kasetleri ile donatılmış büyük hacimli numune kapları kullanılmıştır (Şekil 32).



Şekil 32. Su örneklerinin muhafazası ve naklinde kullanılan numune kapları

2.4. Laboratuvar Çalışmaları

2.4.1. Ham Su Örneklerinin Filtre Edilmesi

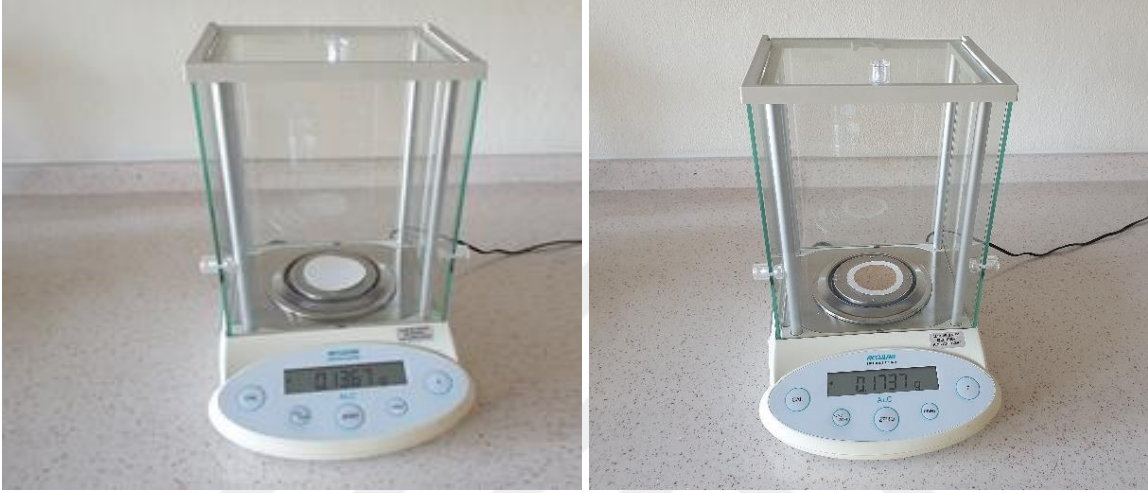
Sera Havzası örnekleme istasyonlarından standartlara uygun şekilde toplanan su örneklerinde filtrasyon işlemi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için vakum pompası, Sartorius marka vakumlu filtrasyon seti (kod no: 16307) ve gözenek boyutu 1.2 μm olan Sartorius marka cam elyaf filtreler (FT – 3 – 1103 – 055) kullanılmıştır (Şekil 33). Cam elyaf filtreler kullanılmadan önce saf su ile ön yıkama işleminden geçirildikten sonra en az 1 saat etüvde 105 °C'de kurutulmuş ve kullanıma dek tozla kirlenmesinin önlenmesi amacıyla desikatörde muhafaza edilmiştir Cam elyaf filtre kağıtları kullanılmadan önce 0.0001 mg hassasiyetle tartım yapabilen Sartorius marka (ED224S) analitik hassas terazi ile tartılmış ve filtre edeceği numune ile aynı olacak şekilde adlandırılmıştır. Kağıtlar filtrasyon düzeneğinin hunisi içerisine düzgün kısmı alta gelecek şekilde yerleştirilip düzenek vakum hattına bağlandıktan sonra oda sıcaklığına gelen numune şişesi şiddetli şekilde çalkalanarak uygun miktardaki numune hacmi ölçme silindrine aktarılmıştır. Tüm numune süzöldükten sonra ölçme silindiri damıtık suyla durulanmış sonrasında cam yünü filtre kağıdı vakum hattından alınmıştır.



Şekil 33. Vakum pompası ve filtrasyon seti

2.4.2. Askıda Katı Madde Tayini

Filtre edilen cam elyaf filtre kağıtları en az bir saat etüvde 105 °C’de kurutulup soğutulduktan sonra tekrar tartılmıştır (Şekil 34). Son ağırlıktan ilk ağırlık çıkarılarak elde edilen fark örnek hacmine bölünerek AKM konsantrasyonu belirlenmiştir.



Şekil 34. Cam elyaf filtre kağıtlarının tartımında kullanılan analitik hassas terazi

3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu bölümde, Sera Deresi Havzası'nda biri yan kol diğerleri ana kol üzerinde olmak üzere seçilen on örnekleme istasyonunda ayda dört kez, Değirmendere ve Galanima havzalarında ana kol boyunca seçilen üçer örnekleme istasyonunda ise 15 gün aralıklarla toplanan su örnekleri üzerinde gerçekleştirilen AKM tayinleri sonucu elde edilen bulgular sunulmuştur. AKM tayini verileri Sera Deresi Havzası için Haziran 2019 ile Mart 2020 arasında gerçekleştirilen 40, Değirmendere ve Galanima havzalarında Eylül 2019 ile Mart 2020 arasındaki gerçekleştirilen 14 arazi çalışmasından elde edilmiştir. Başlangıçta Haziran 2019 – Mayıs 2020 arasındaki bir yıllık süreçte sürdürülmesi planlanan çalışmalar tüm Dünya'da etkisini gösteren Covid-19 pandemisi kapsamında ülkemizde alınan önlemler dolayısıyla Mart 2020'de sonlandırılmıştır.

3.1. Sera Deresi Havzası Askıda Katı Madde ve Debi Verilerinin İrdelenmesi

AKM tayini sonucunda Sera Deresi Havzası'nda elde edilen bulgular her bir istasyon için mevsimsel olarak en küçük, ortalama, en büyük ve standart sapma (SS) değerleri Tablo 3'te verilmektedir. Tablo 3 incelendiğinde 2019 yazında en küçük AKM konsantrasyonu 1.20 mg/L olarak TB01'in membaında bulunan S01 istasyonundan elde edilirken en büyük AKM konsantrasyonu ise 2,302.50 mg/L olarak TB05 ile Sera Gölü arasında yer alan S08 istasyonundan elde edilmiştir. 2019 sonbaharında en küçük AKM konsantrasyonları 0.20 mg/L olarak TB02'in membaında bulunan S02 ve mansabında bulunan S04 istasyonlarından elde edilirken en büyük AKM konsantrasyonu ise 878.20 mg/L olarak Sera deresinin Karadeniz'e deşarj olduğu yerin hemen membaındaki S10 istasyonundan elde edilmiştir. 2020 kışında en küçük AKM konsantrasyonu 0.30 mg/L olarak TB01'in membaında bulunan S01 istasyonundan elde edilirken en büyük AKM konsantrasyonu ise 909.00 mg/L olarak Sera Gölü'nün çıkışında yer alan S09 istasyonundan elde edilmiştir. Son olarak, 2020 ilkbaharında (mart) en küçük AKM konsantrasyonu 6.80 mg/L olarak TB02'in membaında bulunan S02 istasyonundan elde edilirken en büyük AKM konsantrasyonu ise 59.00 mg/L olarak TB04'ün mansabı ile TB05'in membaı arasında yer alan S07 istasyonundan elde edilmiştir

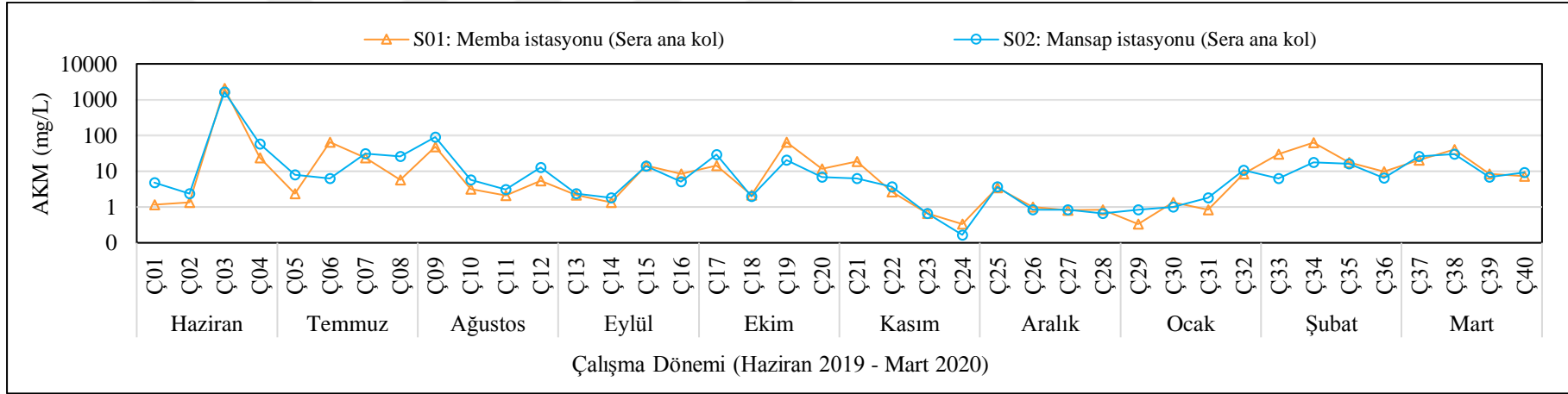
Tablo 3. Sera Deresi Havzası'nda askıda katı maddenin (mg/L) mevsimsel değişimi

	Yaz 2019				Sonbahar 2019			
	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	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
	Kış 2020				İlkbahar (Mart) 2020			
	Min.	Ort.	Mak.	SS	Min.	Ort.	Mak.	SS
S01	0.3	11.6	63.7	18.8	7.3	19.1	40.5	15.4
S02	0.7	5.6	17.5	6.1	6.8	18.2	30.5	11.9
S03	1.3	33.0	228.0	64.8	9.3	19.0	35.0	11.4
S04	0.7	9.2	48.0	13.6	12.0	20.5	32.7	9.7
S05	1.3	70.1	634.0	179.0	13.0	17.4	24.2	5.0
S06	2.9	98.4	981.8	278.9	15.7	21.6	30.2	6.2
S07	2.5	21.3	62.8	23.1	8.8	27.9	59.0	22.1
S08	1.3	13.3	42.5	14.1	12.5	33.7	57.8	18.6
S09	6.8	100.1	909.0	256.7	9.0	28.1	50.3	20.4
S10	10.3	33.2	131.3	34.3	9.5	19.5	46.3	17.9

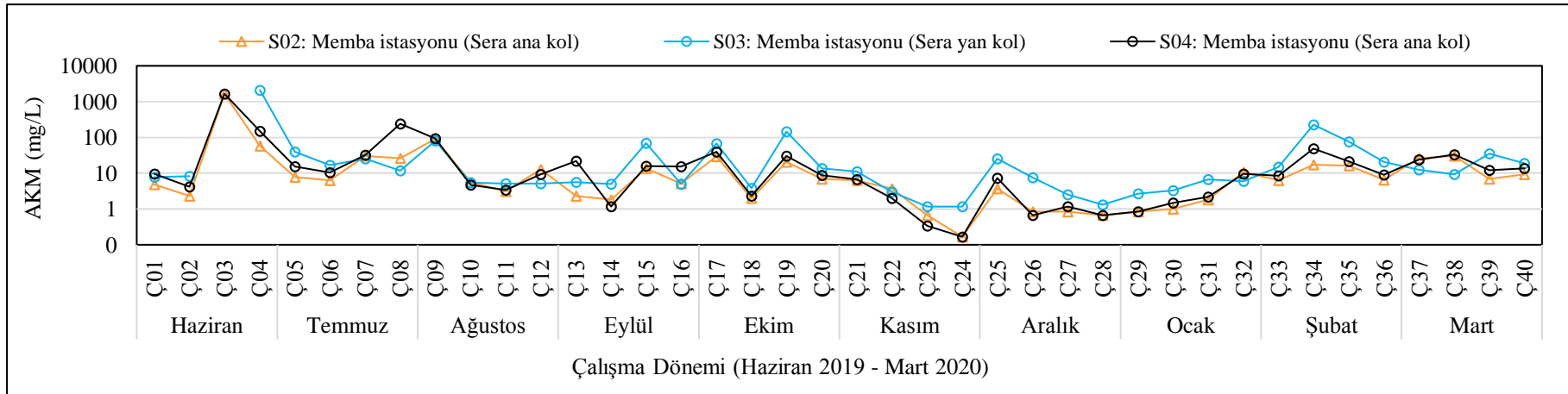
Sera Deresi Havzası'nda TB01'in memba ve mansabındaki S01 ve S02 istasyonlarının AKM konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi Şekil 35'te verilmektedir. Grafik incelendiğinde en yüksek AKM değerlerinin haziran ayının üçüncü çalışmasında meydana geldiği görülmektedir. Bu durum, 18.06.2019 tarihinde yapılan bu çalışmanın bir gün öncesinde havzada aşırı sağanak sebebiyle meydana gelen selden kaynaklanmaktadır. Sağanak yağışlar sebebiyle dere yatağı taşmış ve S01 istasyonunun bulunduğu mevkide toprak yolun bir kısmının göçmesine sebep olmuştur. Göçen malzeme akımla birlikte S01 istasyonunun mansabında bulunan TB01'in rezervuarına doğru ilerlemiş ve Nisan 2019'da DSİ ekipleri tarafından temizlenen rezervuarın büyük ölçüde dolmasına sebep olmuştur. TB01 söz konusu çalışma için, gelen AKM'nin % 20'sini ve sürüntü malzemesinin tamamını rezervuarında tutarak mansaba geçmesini engellemiştir. Haziran 2019 – Mart 2020 arasında gerçekleştirilen çalışmaların tamamı göz önüne alındığında TB01 membadan gelen AKM'nin, 2019 yazında % 15.34'ünün, 2019

sonbaharında % 34.75'inin, 2020 kışında % 52.59'unun, 2020 ilkbaharında (Mart) % 4.71'inin ve çalışma döneminin tamamı için % 18.08'inin mansaba geçişini engellediği belirlenmiştir.

Sera Deresi Havzası'nda TB02'nin membaındaki S02 ve S03 ile mansabındaki S04 istasyonlarının AKM konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi Şekil 36'da verilmektedir. Çalışmaların çoğunda TB02'nin membaında ana kola bağlanan yan kol üzerindeki S03 istasyonuna ait AKM konsantrasyon değerleri memba ve mansapta bulunan S02 ve S04 istasyonlarından daha yüksek olarak elde edilmiştir. Haziran ayının üçüncü çalışmasından bir gün önce meydana gelen taşkın sonrasındaki bir hafta boyunca yan kol çok miktarda malzeme taşımış ve taşınan bu malzemeler TB02'nin rezervuarını tamamen doldurmuştur. Temmuz ayının son haftasında DSİ ekipleri tarafından TB02'nin rezervuarını temizleme çalışmaları başlatılmıştır. Rezervuarın temizleme çalışmaları ile çakışan 28.07.2019 tarihli arazi çalışmasında S04 istasyonunda AKM konsantrasyonunun hem S03 hem de S02 istasyonlarından oldukça fazla olması iş makinalarının faaliyetleri sırasında çökelen malzemenin akıma karışarak mansaba geçmesinden kaynaklanmaktadır. Çalışma dönemi boyunca TB02'nin mansabında bulunan S04 istasyonundaki AKM konsantrasyonlarının daha yüksek olmasının yan kolun AKM değerlerinin yüksek olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Ayrıca yan kolun taşıdığı sürüntü malzemesinin TB02'nin rezervuarının sık aralıklarla dolmasına ve işlevselliğini kaybetmesine sebep olduğu tespit edilmiştir.



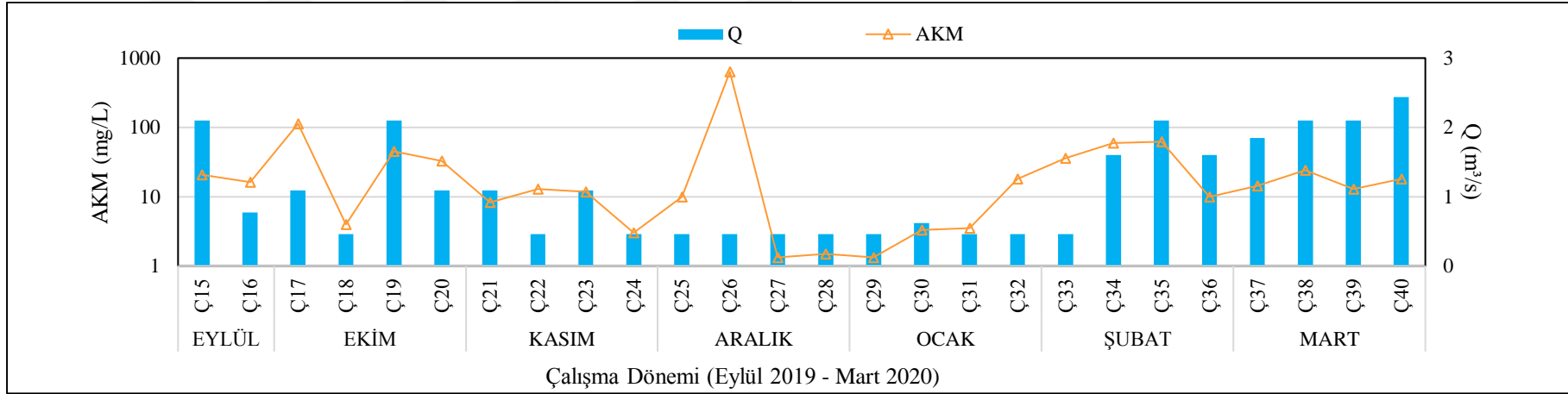
Şekil 35. Sera Havzası'nda TB01'in memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019-Mart 2020) değişimi



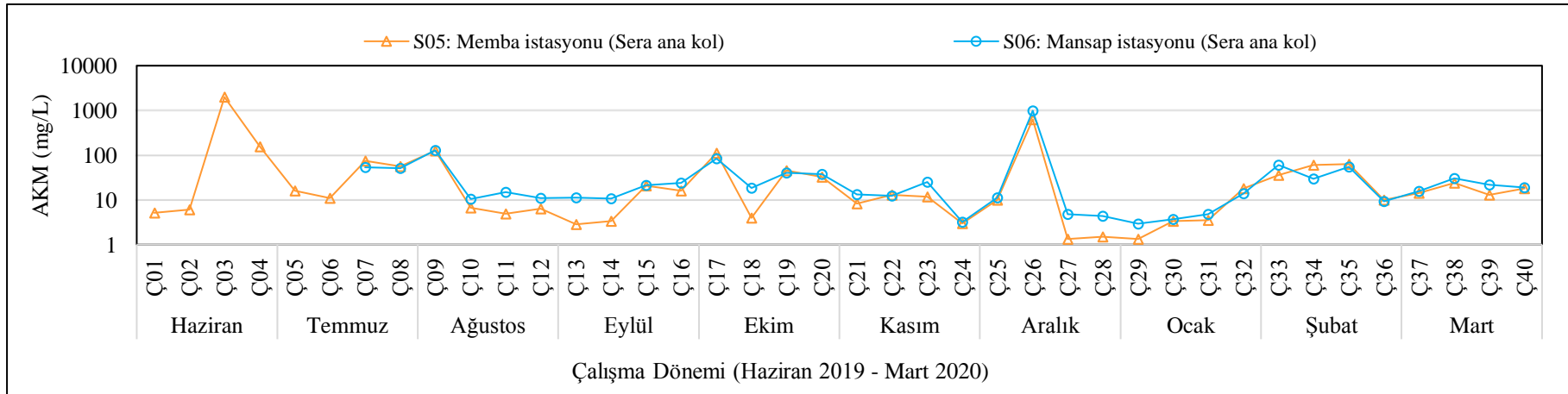
Şekil 36. Sera Havzası'nda TB02'in memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019-Mart 2020) değişimi

Sera Deresi Havzası'nda S05 istasyonunun membaında yer alan ve DSİ tarafından işletilmekte olan Derecik AGİ'de Eylül 2019 – Mart 2020 tarihleri arasında yapılan seviye okumaları ile ilgili debi-süreklilik denklemlerinden elde edilen Q değerleri ve kesitteki AKM konsantrasyonlarının değişimi Şekil 37'de verilmektedir. Q ve AKM arasında doğrusal bir ilişki olması beklenmesine rağmen Şekil 37 incelendiğinde böyle bir ilişkiye rastlanmamıştır. Havzada yapılan çalışmalarda aylık ortalama Q değerleri ve konsantrasyon değerleri kullanılarak AGİ kesitindeki AKM yükü hesaplanmıştır. En yüksek AKM yükü 192.4 ton/ay olarak Aralık 2019'da ve en düşük AKM yükü ise 8.8 ton/ay ile Ocak 2020'de meydana gelmiştir. En yüksek AKM yükünün beklenenin aksine Q değerinin en yüksek olduğu Mart 2020 yerine en düşük olduğu Aralık 2019'da meydana gelmesi havzadaki insani faaliyetler sebebiyle havzanın doğallığının bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Seviye okumalarının yapıldığı yedi aylık dönemde S05 istasyonu için toplam AKM yükü 664.1 ton/7 ay olarak hesaplanmıştır.

TB03'in memba ve mansabındaki S05 ve S06 istasyonlarının AKM konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi Şekil 38'de verilmektedir. S06 istasyonunda örnekleme çalışmalarına yedinci çalışmadan itibaren başlanmış olması sebebiyle S05 istasyonunun ilk altı çalışmasına ait veriler sonuçların doğru yorumlanabilmesi için grafik ve ortalamalara dahil edilmemiştir. Grafik incelendiğinde TB03'ün membaındaki S06 istasyonuna ait AKM konsantrasyon değerlerinin membadaki S05 istasyonuna kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum TB03'ün rezervuarının tamamen malzeme ile dolmuş olması ve TB03'ün işlevselliğini kaybetmesinden kaynaklanmaktadır. 2019 yazında TB03 membadan gelen AKM'nin % 2.18'nin mansaba geçişini engellerken, mansaptaki AKM konsantrasyon değerleri 2019 sonbaharında % 9.65, 2020 kışında % 40.37 ve 2020 ilkbaharında (mart) % 24.14 artış göstermiştir. Sera Deresi'nden gelen akım ile biriken malzeme oyularak mansaba taşınmasının bu durumun sebebi olarak görülmektedir. Aralık ayında gerçekleştirilen ikinci çalışmada S05 ve S06 istasyonlarında AKM konsantrasyonlarında meydana gelen aşırı artış S05 ve S06 istasyonlarının membaındaki iki farklı noktadan dereye yapılan deşarjlardan kaynaklanmaktadır.



Şekil 37. Sera Havzası'nda D22A153 numaralı AGİ'de debi ile askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019-Mart 2020) değişimi



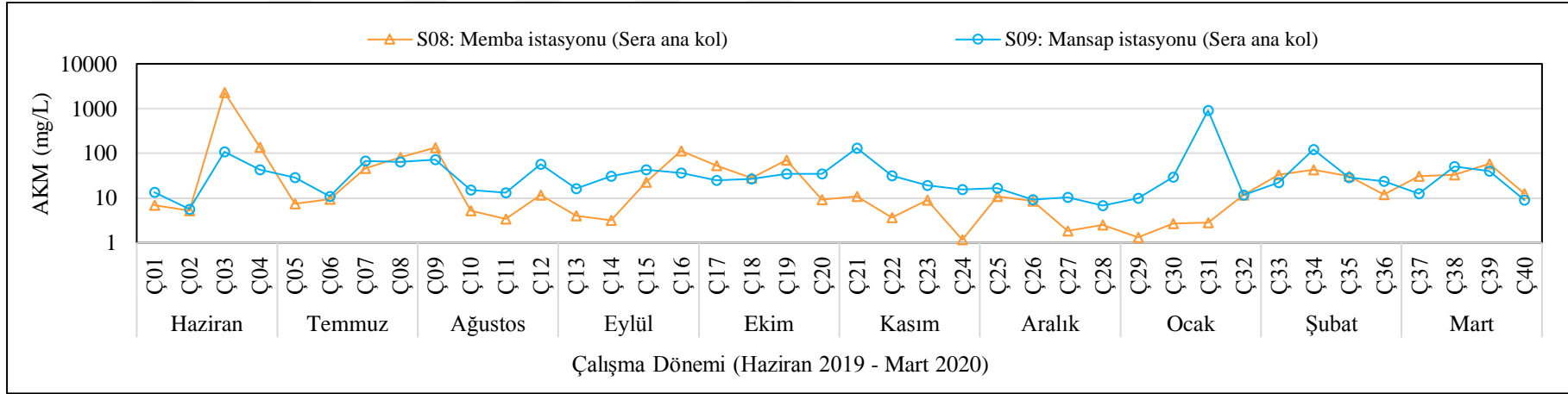
Şekil 38. Sera Havzası'nda TB03'ün memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019-Mart 2020) değişimi

TB04'ün memba ve mansabındaki S06 ve S07 istasyonlarının AKM konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi Şekil 39'da verilmektedir. S06 istasyonunda örnekleme çalışmalarına yedinci çalışmadan itibaren başlanmış olması sebebiyle S07 istasyonunun ilk altı çalışmasına ait veriler sonuçların doğru yorumlanabilmesi için grafik ve ortalamalara dahil edilmemiştir. Çalışmaların gerçekleştirildiği dönem göz önüne alındığında TB04'ün mansabındaki AKM konsantrasyonlarının 2020 kışı hariç diğer mevsimlerde membadan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. TB04'ün mansabındaki S07 istasyonunda elde edilen AKM konsantrasyonları membadaki S06 istasyonuna kıyasla 2019 yazında % 18.08, 2019 sonbaharında % 14.40 ve 2020 ilkbaharında (mart) % 29.17 daha fazladır. 2020 kışında aralık ayında gerçekleştirilen ikinci çalışmada S06 istasyonunun hemen membanda dereye yapılan deşarj sebebiyle aşırı derecede artan AKM konsantrasyonunun S07 istasyonuna gelinceye kadar yatak eğimine bağlı olarak tamamen çökeldiği ve S07 istasyonunda ölçülen düşük AKM konsantrasyon değerinde TB04'ün bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Bu yapay artışın gerçekleştiği çalışma dahil edilmediği durumda 2020 kışında mansaptaki S07 istasyonundaki konsantrasyon değerinin membadan % 16.6 artış gösterdiği tespit edilmiştir.

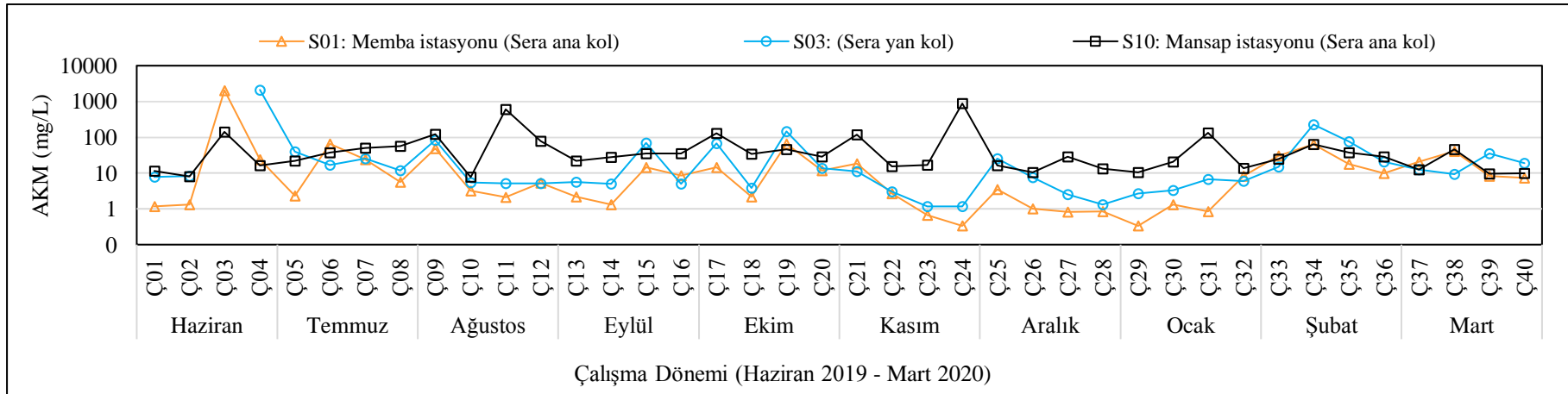
TB05'in memba ve mansabındaki S07 ve S08 istasyonlarının AKM konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi Şekil 40'ta verilmektedir. TB05'in mansabındaki S08 istasyonuna ait AKM konsantrasyonlarının membadaki S07 istasyonuna kıyasla 2019 yazında % 9.35 ve 2020 ilkbaharında (mart) % 20.79 daha yüksek; 2019 sonbaharında % 4.20 ve 2020 kışında % 37.56 daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. 2020 yazında mansapta meydana gelen artış 17.06.2019 tarihinde havzada meydana gelen taşkın sebebiyle TB01 ile Sera Gölü'nün girişi arasındaki istasyonlarda AKM konsantrasyonlarının sürekli olarak artmasından kaynaklanmaktadır. S08 istasyonunun hemen öncesinde bulunan atıksu deşarjının TB05'in mansabında AKM konsantrasyonunun artmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışma döneminin tamamı için TB05 membadan gelen AKM'nin % 12.97'sinin mansaba geçişini engellediği belirlenmiştir

Sera Gölü'nün memba ve mansabındaki S08 ve S09 istasyonlarının AKM konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi Şekil 41'de verilmektedir. Sera Gölü 2019 yazında mambadan gelen AKM'nin % 81.85'ini tutarak mansaba geçişini engellemiştir. Özellikle 17.06.2019 tarihinde meydana gelen taşkında göle girişte 2,302.50 mg/L olarak ölçülen AKM konsantrasyonu göl çıkışında 107.50 mg/L'ye kadar düşmüş ve gelen AKM'nin % 95'i gölde çökelmiş ve gölün dolmasına sebep olmuştur. Taşkın dönemde ölçülen AKM konsantrasyonunun 2019 Yaz'ına ait 160.7 mg/L'lik ortalama AKM konsantrasyonundan 25 kat daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Temmuz ayının sonunda DSİ tarafından göl içerisinde başlatılan taban temizleme çalışmaları 4.5 ay kadar sürmüştür. Ve göl tabanından 180,000 m³ malzeme çıkartılmıştır. Sera Gölü'nün mansabındaki S09 istasyonunda 2019 sonbaharında memba istasyonundan % 35.04 daha fazla olarak elde edilen konsantrasyon değerleri göldeki çalışmalar sırasında çökelen malzemenin göl suyuna karışarak mansaba taşınmasından kaynaklanmaktadır. 2020 kışının ocak ayında göl çıkışında gözlemlenen aşırı yüksek AKM değeri çalışmanın göl çıkışındaki çakıl geçidinin yıkamasına denk gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu aşırı değer mansaptaki ortalama AKM konsantrasyon değerinin beklenenin aksine memba istasyonundan daha yüksek olmasına sebep olmuştur. Yine 2020 ilkbaharında Sera Gölü'nün mambadan gelen AKM'nin % 16.62'sini tutarak mansaba geçişini engellediği tespit edilmiştir. Çalışma döneminin tamamı için Sera Gölü'nün mambadan gelen AKM'nin % 33.18'inin mansaba geçişini engellediği belirlenmiştir.

Sera Havzası'nda memba (S01), yan kol (S03) ve mansap (S10) istasyonlarında AKM'nin zamana bağlı değişimi Şekil 42'de verilmektedir. Grafik incelendiğinde en düşük AKM konsantrasyonlarının havzanın mambandaki ilk istasyon olan S01'de, en yüksek AKM konsantrasyonlarının ise genel olarak Sera Deresi'nin Karadeniz'e döküldüğü yerin hemen mambanda seçilen S10 istasyonundan elde edildiği görülmektedir. Havzada bulunan Sera Gölü ve mambanda inşa edilen TB'ler dikkate alındığında mansaba doğru azalması beklenen AKM konsantrasyonlarında meydana gelen artış beşeri faaliyetler sebebiyle havzanın doğallığının bozulmuş olmasından ve dereye dışarıdan yapılan müdahalelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

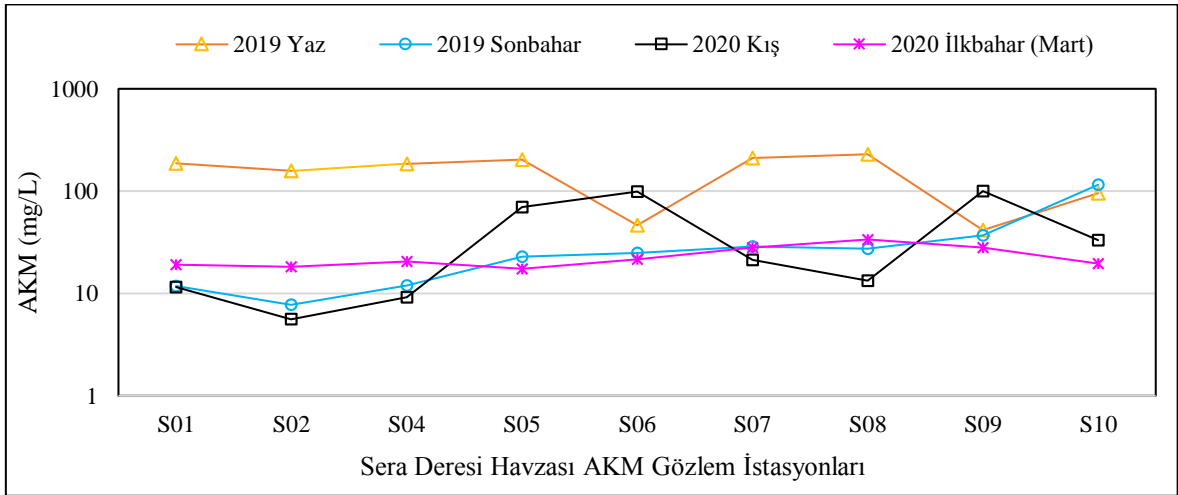


Şekil 41. Sera Havzası'nda Sera Gölü'nün memba ve mansabında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019-Mart 2020) değişimi



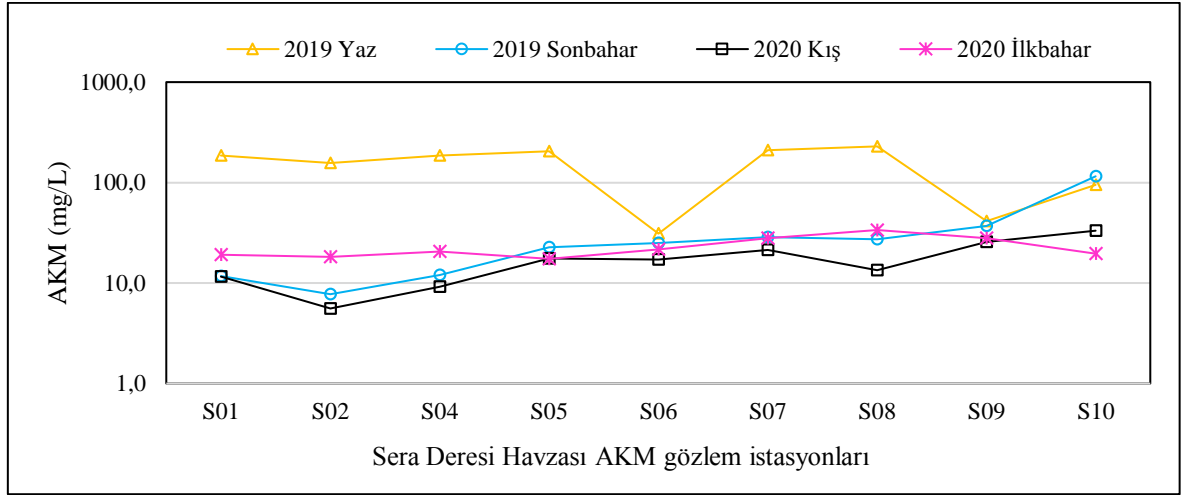
Şekil 42. Sera Havzası S01, S03 ve S10 istasyonlarında askıda katı maddenin zamana bağlı (Haziran 2019-Mart 2020) değişimi

Sera Deresi Havzası'nda (Trabzon) ana kol üzerinde bulunan ham su örnekleme istasyonlarında AKM konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi Şekil. 43 ve 44'te verilmektedir. Şekil 43 yapılan çalışmaların tamamını, Şekil 44 ise Sera Deresi'ne yapılan deşarjlar sebebiyle meydana gelen pik konsantrasyon değerlerinin dahil edilmediği çalışmaları içermektedir. Şekil 43 incelendiğinde en yüksek ortalama AKM konsantrasyonlarının 150.60 mg/L olarak 2019 yazında, en düşük ortalama AKM konsantrasyonlarının ise 22.90 mg/L olarak 2020 ilkbaharında (mart) elde edildiği görülmektedir. 2019 yazında S06 istasyonunda AKM konsantrasyonunda meydana gelen azalma S06 istasyonunda ham su örnekleme çalışmalarının havzada meydana gelen taşkından sonra başlanması ve taşkın durumundaki yüksek konsantrasyonların ortalamaya dahil olamamasından kaynaklanmaktadır. 2020 kışında S05 ve S06 istasyonlarındaki kayda değer artış dereye iki farklı noktadan yapılan deşarjların AKM konsantrasyonunu yapay bir şekilde artırması sonucu meydana gelmiştir. Aynı dönemde S09 istasyonunda gerçekleştirilen bir çalışmanın çakıl geçidinin temizlenme çalışması ile çakışması sonucunda bu istasyonda da beklenenin aksine bir artış meydana getirmiştir. Konsantrasyon değeri göl çıkışından Sera Deresi'nin Karadeniz'e döküldüğü yerin hemen öncesindeki S10 istasyonuna gelene kadar düşük eğim sebebiyle azalma gösterse de istasyon öncesindeki deşarj noktası ve dere yatağında gerçekleştirilen çalışmalar sebebiyle 2019 sonbahar ve yazında S09 istasyonuna kıyasla S10 istasyonunda daha yüksek AKM değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 43. Askıda katı maddenin Sera Deresi ana kol boyunca mevsimsel değişimi

Sera Deresi Havzası'nda 2020 kışında S05, S06 ve S09 istasyonlarında dışardan müdahale sonucu pik değerlere ulaşan AKM konsantrasyonlarının elde edildiği çalışmalar mevsimsel ortalamalara dahil edilmediği durumda meydana gelen mevsimsel AKM değişim grafiği incelendiğinde en yüksek ortalama AKM konsantrasyonlarının Şekil 42 ile benzer olarak 150.60 mg/L olarak 2019 yazında, en düşük ortalama AKM konsantrasyonlarının ise Şekil 42'den farklı olarak 17.20 mg/L olarak 2020 kışında elde edilmiştir.



Şekil 44. Askıda katı maddenin Sera Deresi ana kol boyunca mevsimsel değişimi (pik değerler hariç)

Seçil (2009) tarafından Sera Deresi Havzası'nda 2009 ilkbaharında toplam 10 istasyonda fakat bir kez gerçekleştirilen çalışmada, AKM konsantrasyonunun 0.01 – 0.84 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. AKM konsantrasyonunun 0.20 – 2,302.50 mg/L arasında değiştiği bu çalışmanın verileri ile söz konusu çalışmanın verileri arasında ciddi farklılıklar olduğu görülmüştür. 0.01 – 0.84 mg/L arasında değişen AKM verilerinin gerek örnekleme gerekse filtrasyon hatalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Su örneklerinin akarsudan alınışında çok dikkatli olunması ve filtrasyonda kullanılacak filtrelerin gözenek boyutunun 1.2 µm'den büyük olmaması önem arz etmektedir.

3.2. Değirmendere Havzası Askıda Katı Madde ve Debi Verilerinin İrdelenmesi

AKM tayini sonucunda Değirmendere Havzası'nda elde edilen bulgular her bir istasyon için mevsimsel olarak en küçük, ortalama, en büyük ve standart sapma (SS) değerleri Tablo 4'te verilmektedir. Tablo 4 incelendiğinde 2019 sonbaharında en düşük ve en yüksek AKM konsantrasyonları sırasıyla 2.50 ve 246.50 mg/L olarak D01 istasyonundan elde edilmiştir. 2020 kışında en düşük AKM konsantrasyonu 6.50 mg/L olarak D01 istasyonunda, en yüksek AKM konsantrasyonu ise 988.70 mg/L olarak D03 istasyonunda elde edilmiştir. Son olarak, 2020 ilkbaharında en düşük ve en yüksek AKM konsantrasyonları sırasıyla 28.80 ve 488.20 mg/L olarak D02 istasyonundan elde edilmiştir. En yüksek değerlerin her mevsim için farklı istasyonlardan elde edilmesinin havzadaki beşeri faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir

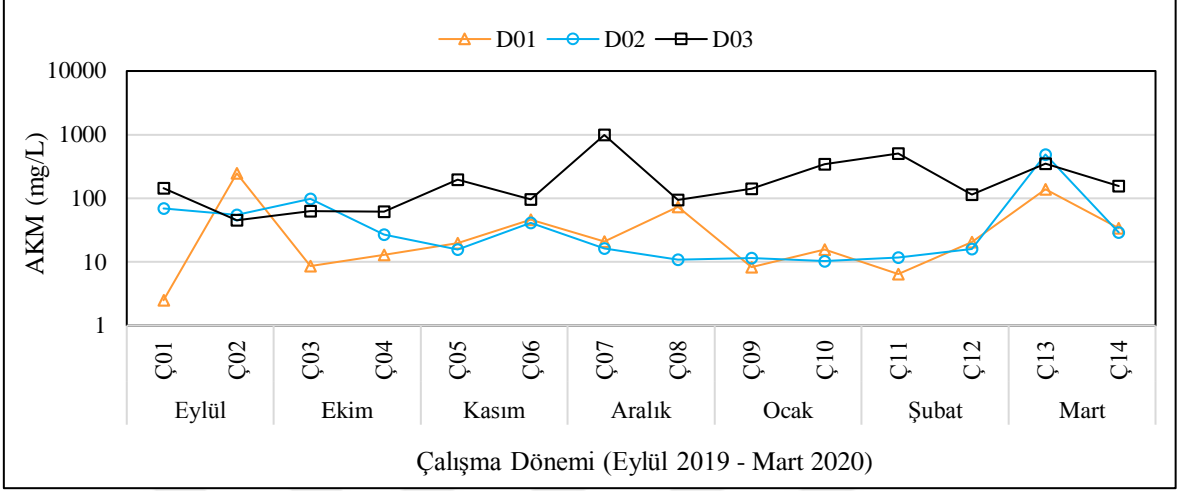
Tablo 4. Değirmendere akarsuyunda askıda katı maddenin (mg/L) mevsimsel değişimi

	Sonbahar 2019				Kış 2020				İlkbahar 2020 (Mart)			
	Min	Ort	Mak	SS	Min	Ort	Mak	SS	Min	Ort	Mak	SS
D01	2.5	56.2	246.5	94.5	6.5	24.2	73.2	24.7	33.8	85.7	137.5	73.3
D02	15.7	51.0	98.7	30.1	10.3	12.8	16.3	2.7	28.8	258.5	488.2	324.8
D03	45.2	101.1	195.5	58.4	93.7	364.5	988.7	344.9	156.3	252.9	349.5	136.6

Değirmendere Havzası'nda ana kol üzerinde seçilen D01, D02 ve D03 istasyonlarında AKM'nin zamana bağlı değişimleri Şekil 45'te verilmektedir. En düşük AKM değeri 2.50 mg/L olarak Eylül 2019'da D01 istasyonunda, en yüksek AKM değeri ise 988.70 mg/L olarak Ocak 2020'de D03 istasyonunda tespit edilmiştir. Çalışma dönemi boyunca istasyonların ortalama AKM konsantrasyonları D01 için 46.70 mg/L, D02 için 64.30 mg/L ve son olarak D03 istasyonunda 235.60 mg/L olarak belirlenmiştir.

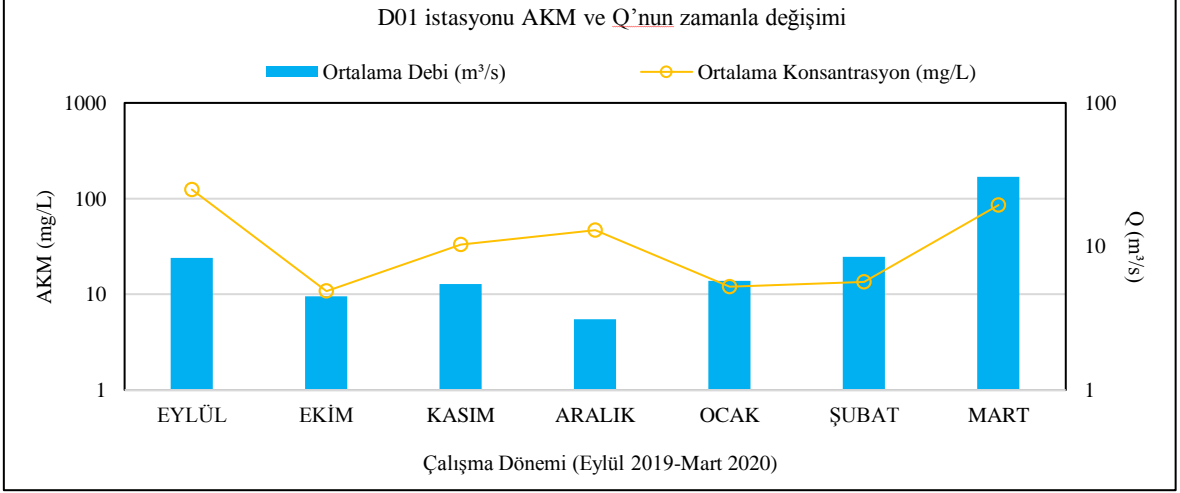
İstasyonların AKM konsantrasyonlarının sayısal olarak mabdan mansaba düzenli bir artış göstermesi Mart 2020'de gerçekleştirilen 38. çalışmada D02 istasyonunda ölçülen 488.20 mg/L'lik AKM konsantrasyonunun ortalamaları çok fazla etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Çalışmaların genelinde D02 istasyonundaki konsantrasyonların D01'e göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun D02 istasyonundan hemen önce Atası Barajı'nın üzerinde bulunduğu Galyan Deresi'nin ana kola katılması ve ana koldaki

akımın AKM konsantrasyonunu seyreltici etki göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



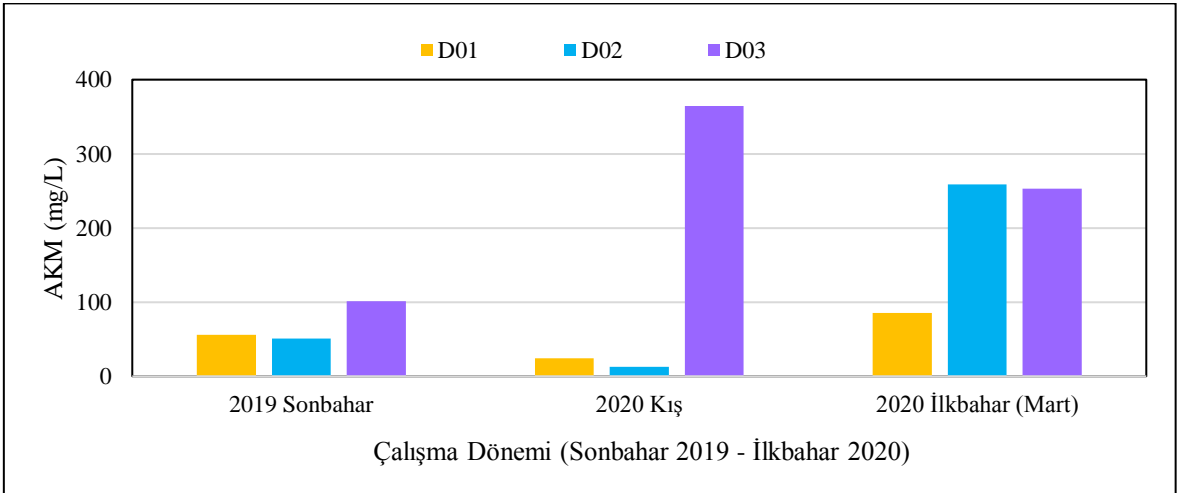
Şekil 45. Değirmendere akarsuyunda askıda katı maddenin zamana bağlı (Eylül 2019 – Mart 2020) değişimi

Değirmendere Havzası'nda D01 istasyonunun membaında yer alan ve DSİ tarafından işletilmekte olan Öğütlü AGİ'de Eylül 2019 – Mart 2020 tarihleri arasında yapılan seviye okumaları ile ilgili debi-süreklilik denklemlerinden elde edilen Q değerleri ve kesitteki AKM konsantrasyonlarının değişimi Şekil 46'da verilmektedir. Havzada yapılan çalışmalarda aylık ortalama Q değerleri ve konsantrasyon değerleri kullanılarak AGİ kesitindeki AKM yükü hesaplanmıştır. En yüksek AKM yükü 7,023.90 ton/ay olarak Q'nun 30.60 m³/s ile en yüksek olduğu Mart 2020'de ve en düşük AKM yükü ise 130.10 ton/ay ile Ekim 2019'da meydana gelmiştir. Hesaplanan en düşük Q değerinin 3.118 m³/s ile Aralık 2019'a ait olmasına rağmen en düşük AKM yükünün bu ayda görülmemesinin beşeri faaliyetlerden dolayı AKM konsantrasyonlarında meydana gelen artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Seviye okumalarının yapıldığı yedi aylık dönemde D01 istasyonu için toplam AKM yükü 11,172.60 ton/7 ay olarak hesaplanmıştır.



Şekil 46. Değirmendere Havzası'nda D22A086 numaralı AGİ'de debi ile askıda katı maddenin zamana bağlı (Eylül 2019 – Mart 2020) değişimi

Değirmendere Havzası'nda AKM'nin ana kol boyunca mevsimsel değişimi Şekil 47'de verilmektedir. En düşük AKM konsantrasyonları D01 ve D02 istasyonlarında 2020 kışında sırasıyla 24.20 ve 12.80 mg/L; en yüksek AKM konsantrasyonları ise D01 ve D02 istasyonlarında 2020 ilkbaharında (mart) sırasıyla 85.70 ve 258.50 mg/L olarak elde edilmiştir. D03 istasyonunda en yüksek AKM değerinin ana kol üzerinde seçilen diğer iki istasyonda en düşük değerler ile aynı mevsimde gözlenmesi Ocak 2020 ve Şubat 2020'de dere yatağından gerçekleştirilen düzenleme çalışmalarının AKM'yi artırmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 47. Askıda katı maddenin Değirmendere ana kol boyunca mevsimsel değişimi

Satılmış (2015), ortalama AKM konsantrasyonlarını D01, D02 ve D03 istasyonlarında 2014 sonbahar için sırasıyla 71.30, 121.80 ve 254.50 mg/L, 2014 kış mevsimi için ise 31.70, 93.80 ve 383.80 mg/L olarak tespit etmiştir. Bu çalışmada D01, D02 ve D03 istasyonlarındaki mevsimsel AKM konsantrasyonları sonbahar için sırasıyla 56.20, 51.00 ve 101.10 mg/L, kış için 24.20, 12.80 ve 364.50 mg/L olduğu dikkate alınırsa geçen beş yıllık süre içerisinde AKM konsantrasyonlarında genel bir azalmanın söz konusu olduğu görülmektedir.

3.3. Galanima Havzası'nda Askıda Katı Madde Verilerinin Değerlendirilmesi

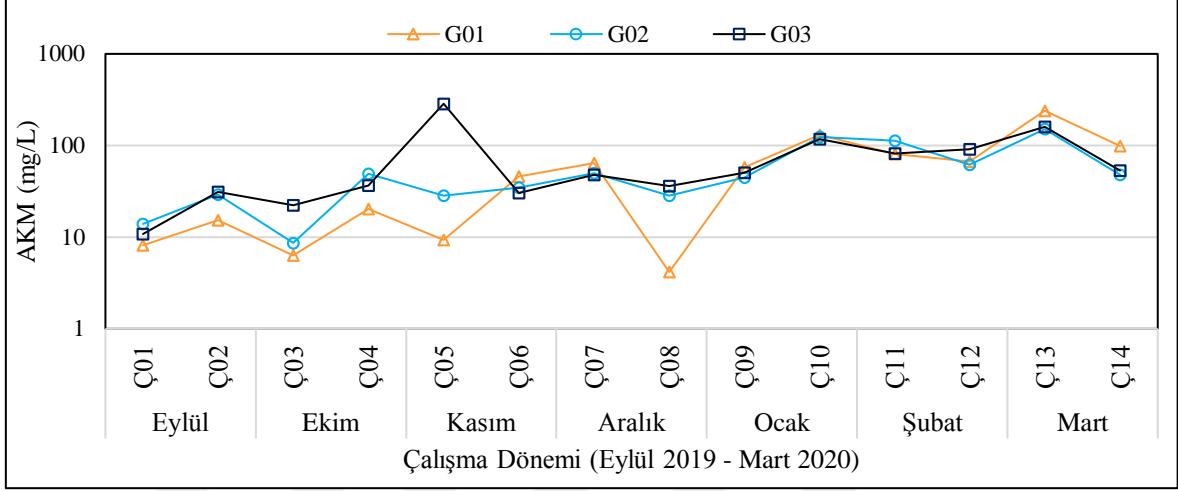
AKM tayini sonucunda Galanima Havzası'nda elde edilen bulgular her bir istasyon için mevsimsel olarak en küçük, ortalama, en büyük ve standart sapma (SS) değerleri Tablo 5'te verilmektedir. 2019 sonbaharında en düşük AKM konsantrasyonu 6.30 mg/L olarak G01 istasyonunda, en yüksek AKM konsantrasyonu ise 285.80 mg/L olarak G03 istasyonunda elde edilmiştir. 2020 kışında en düşük ve en yüksek AKM konsantrasyonları sırasıyla 4.20 ve 130.70 mg/L olarak G01 istasyonundan elde edilmiştir. Son olarak 2020 ilkbaharında (mart) en düşük AKM konsantrasyonu 48.20 mg/L olarak G02 istasyonundan, en yüksek AKM konsantrasyonu ise 240.00 mg/L olarak G01 istasyonunda elde edilmiştir. en yüksek AKM değerlerinin genel olarak G01 istasyonunda elde edilmesinde istasyonun membaında bulunan beton santralinin dereye yaptığı deşarjlar etkili olmuştur.

Tablo 5. Galanima akarsuyunda askıda katı maddenin (mg/L) mevsimsel değişimi

	Sonbahar 2019				Kış 2020				İlkbahar 2020 (Mart)			
	Min	Ort	Mak	SS	Min	Ort	Mak	SS	Min	Ort	Mak	SS
G01	6.3	17.6	46.0	14.9	4.2	67.3	130.7	40.7	98.7	169.3	240.0	99.9
G02	8.7	27.3	49.0	14.5	28.3	70.5	124.7	39.2	48.2	99.6	151.0	72.7
G03	10.8	69.6	285.8	106.3	36.0	70.9	117.5	31.3	53.0	106.8	160.5	76.0

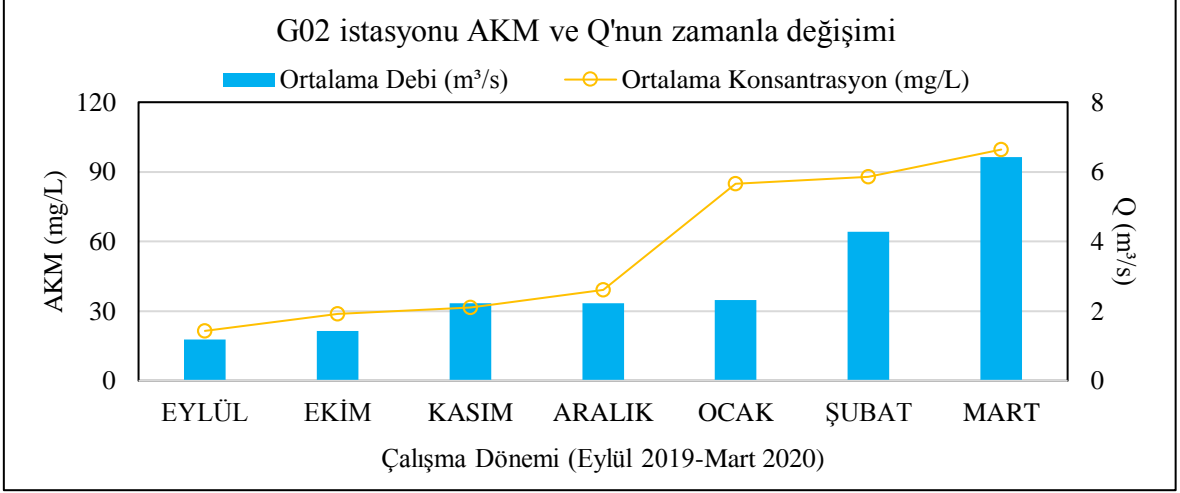
Galanima Havzası'nda ana kol üzerinde seçilen G01, G02 ve G03 istasyonlarında AKM'nin zamana bağlı değişimleri Şekil 48'de verilmektedir. Grafik incelendiğinde çalışma dönemi boyunca en yüksek ortalama AKM konsantrasyonu 285.80 mg/L olarak G03 istasyonunda, en düşük ortalama AKM konsantrasyonu ise 4.20 mg/L olarak G01

istasyonundan elde edilmiştir. Ortalama AKM konsantrasyonları G01 için 60.60 mg/L, G02 için 56.20 mg/L ve G03 için 75.40 mg/L olarak tespit edilmiştir.



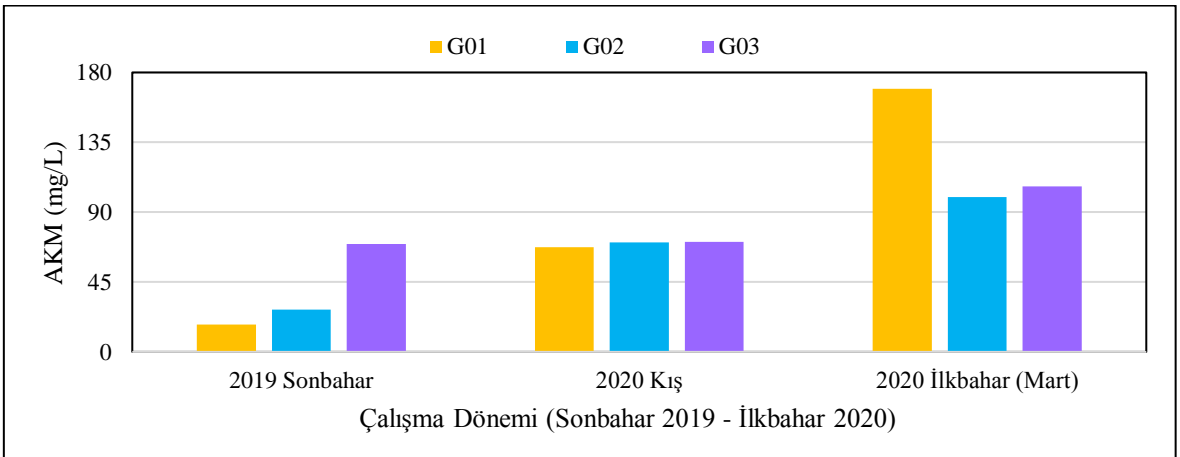
Şekil 48. Galanima akarsuyunda askıda katı maddenin zamana bağlı (Eylül 2019 – Mart 2020) değişimi

Galanima Havzası'nda G02 istasyonunun membaında yer alan ve DSİ tarafından işletilmekte olan Şinik AGİ'de Eylül 2019 – Mart 2020 tarihleri arasında yapılan seviye okumaları ile ilgili debi-süreklilik denklemlerinden elde edilen Q değerleri ve kesitteki AKM konsantrasyonlarının değişimi Şekil 49'da verilmektedir. Havzada yapılan çalışmalarda aylık ortalama Q değerleri ve konsantrasyon değerleri kullanılarak G02 istasyonunun bulunduğu kesitindeki AKM yükü hesaplanmıştır. En yüksek AKM yükü 1,713.30 ton/ay olarak Q'nun 6.423 m³/s ile en yüksek olduğu Mart 2020'de ve en düşük AKM yükü ise 66.30 ton/ay ile Q değerinin 1.190 m³/s ile en düşük Eylül 2019'da meydana gelmiştir. Seviye okumalarının yapıldığı yedi aylık dönemde G02 istasyonu için toplam AKM yükü 3,773.60 ton/7 ay olarak hesaplanmıştır.



Şekil 49. Galanima Havzası'nda D22A154 numaralı AGİ'de debi ile askıda katı maddenin zamana bağlı (Eylül 2019–Mart 2020) değişimi

Galanima Havzası'nda ana kol boyunca Eylül 2019–Mart 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen çalışmaya ait mevsimsel ortalama AKM konsantrasyonlarının istasyonlara göre dağılımı Şekil 50'de verilmektedir. Her istasyon için en dūřuk ortalama AKM konsantrasyonları 2019 sonbaharında, en yüksek AKM konsantrasyonları ise 2020 ilkbaharında meydana gelmiştir. 2020 ilkbaharında G01 istasyonuna ait konsantrasyonun diğer mevsimlere göre belirgin şekilde yüksek olması istasyonun membainda bulunan beton santralinin dereye yaptığı deşarjdan kaynaklanmaktadır.



Şekil 50. Askıda katı maddenin Galanima ana kol boyunca mevsimsel değişimi

İstasyonlardaki mevsimsel ortalama AKM konsantrasyonları dikkate alındığında mambadan mansaba değerlerde genel olarak bir artış görülmektedir. Bu duruma gerek havzanın mansap kısmındaki yerleşim yerleri gerekse akarsu yatağında yapılan düzenleme çalışmalarının sebep olduğu düşünülmektedir.

DSİ tarafından havzalarda işletilen Derecik (Sera), Öğütlü (Değirmendere) ve Şinik (Galanima) isimli AGİ'lerden örnekleme anında yapılan su seviyesi okumaları dikkate alındığında, her bir havza için en yüksek ortalama Q değerlerinin kış mevsiminde yağın karın erimesine bağlı olarak 2020 yılı Mart ayında gerçekleştiği görülmektedir. Hesap edilen Q değerleri kesitlerdeki ortalama AKM konsantrasyon verileri ile birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama AKM yükünün Sera Deresi Havzası'nda Aralık 2019'da 198.40 ton/ay, Değirmendere ve Galanima havzalarında ise Mart 2020'de sırasıyla 7,023.90 ve 1,713.30 ton/ay olduğu saptanmıştır. Sera Deresi Havzası'nda AKM yükünün Q değerinin en yüksek olduğu ayda görülmemesi Aralık ayında akarsuya yapılan deşarjın kesitteki aylık ortalama AKM konsantrasyonunu takriben 40 kat arttırmasından kaynaklanmaktadır.

Havzaların mevsimsel ortalama AKM konsantrasyonları incelendiğinde, 2020 kış değerlerinin 2019 sonbahar değerlerine kıyasla üç havza için de daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Mevsimsel AKM konsantrasyonları havza bazında karşılaştırıldığında çalışmanın gerçekleştirildiği iki mevsim için de en yüksek değer Değirmendere Havzası'nda en düşük değer ise Sera Deresi Havzası'nda tespit edilmiştir. Değirmendere, Galanima ve Sera Deresi havzaları için ortalama AKM konsantrasyon değerleri sırasıyla 2019 sonbaharında 69.40, 38.10 ve 31.50 mg/L, 2020 kışında ise 133.80, 69.60 ve 39.60 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Ulusal ve uluslararası yönetmelik ve standartlarda AKM (mg/L) parametresi için bir değerlendirme yapılmadığından, Sera, Değirmendere ve Galanima havzalarından toplanan su örneklerinden tespit edilen AKM değerlerini sınıflandırmak mümkün olmamıştır.

3.4. Askıda Katı Madde ve Debi Verilerinin Korelasyon Analizi İrdelemesi

Korelasyon katsayısı (r) iki değişken arasındaki ilişkiyi göstermek için yaygın kullanılan bir ölçüdür. AGİ'lerden okunan seviye değerleri ve ilgili debi-süreklilik denklemlerinden hesap edilen Q değerlerinin yanı sıra ham su örneklerinin filtre

edilmesinden elde edilen AKM verileri IBM SPSS Statistic 23 bilgisayar programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Sera Havzası'nda AKM (mg/L) takibinin yapıldığı istasyonların verileri arasındaki r değerini gösteren Pearson korelasyon matrisi Tablo 6'da verilmektedir. Sera Gölü'nün mansabında kalan istasyonlara (S09 ve S10) ait AKM değerleri ile membaında kalan istasyonlara ait AKM değerleri arasında herhangi bir ilişkiye rastlanmamıştır. Sera Gölü'ndeki hidrolik bekleme süresinin bu husustaki rolü tartışılmazdır. Benzer şekilde Bayram (2011) tarafından Harşit Çayı Havzası'nda (Gümüşhane – Giresun) gerçekleştirilen çalışmada, Torul Barajı'nın memba (H06) ve mansap (H07) istasyonlarının AKM değerleri arasında 0.124 (P = 0.564) olarak hesap edilen r değeri de bu durumu desteklemektedir. Normal su kotunda 168×10^6 m³ göl hacmine sahip Torul Barajı'nda, memba ve mansap istasyonları arasında bir ilişkinin olmayışında hidrolik bekleme süresi tek nedendir. Yine Satılmış (2015) tarafından Değirmendere Havzası'nda (Trabzon) gerçekleştirilen çalışmada, Atasu Barajı'nın memba (D09 ve D10) ve mansap (D11) istasyonlarının AKM değerleri arasında -0.200 (P = 0.349) ve -0.108 (P = 0.614) olarak hesap edilen r değerleri de bu durumu desteklemektedir. Normal su kotunda 35.75×10^6 m³ göl hacmine sahip Atasu Barajı'nda memba ve mansap istasyonları arasında bir ilişkinin olmayışında hidrolik bekleme süresi yine tek nedendir.

Tablo 6. Sera Deresi Havzası AKM değerleri için Pearson korelasyon matrisi

	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09
S02	0.998 0.000								
S03	0.180 0.272	0.475 0.002							
S04	0.986 0.000	0.990 0.000	0.480 0.002						
S05	0.948 0.000	0.951 0.000	0.188 0.251	0.943 0.000					
S06	-0.034 0.848	0.019 0.913	-0.010 0.954	-0.004 0.983	0.989 0.000				
S07	0.995 0.000	0.998 0.000	0.622 0.000	0.992 0.000	0.950 0.000	0.014 0.938			
S08	0.996 0.000	0.998 0.000	0.543 0.000	0.992 0.000	0.950 0.000	0.021 0.905	0.998 0.000		
S09	0.057 0.727	0.057 0.726	-0.010 0.951	0.057 0.728	0.036 0.824	-0.071 0.689	0.057 0.727	0.055 0.738	
S10	0.060 0.771	0.062 0.704	-0.065 0.695	0.054 0.740	0.037 0.823	-0.082 0.664	0.056 0.729	0.056 0.733	0.056 0.730

Değirmendere akarsuyunda AKM (mg/L) takibinin yapıldığı istasyonların verileri arasındaki r değerleri, D01 ile D02 için 0.409 ($P = 0.147$), D01 ile D03 için -0.177 ($P = 0.545$) ve D02 ile D03 için 0.050 ($P = 0.866$) olarak hesap edilmiştir. Satılmış (2015) tarafından yine aynı akarsuda sırasıyla D08, D12 ve D14 olarak isimlendirilen bu istasyonlarda takibi yapılan AKM (mg/L) parametresiyle ilgili olarak veriler arasındaki r değerleri D01 ile D02 için 0.592 ($P = 0.002$), D01 ile D03 için 0.190 ($P = 0.374$) ve D02 ile D03 için 0.229 ($P = 0.281$) olarak hesap edilmiştir. Aynı akarsuda farklı zamanlarda aynı istasyonlarda gerçekleştirilen çalışmaların verileri arasındaki ilişkilerin benzerlik göstermeleri fakat beklenen düzeyde olmayışları büyük ölçüde havzalardaki insani faaliyetlerden, kısmen de havza özelliklerinin mansaba yaklaştıkça farklılaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Galanima akarsuyunda AKM (mg/L) takibinin yapıldığı istasyonların verileri arasındaki r değerleri, G01 ile G02 için 0.894 ($P = 0.000$), G01 ile G03 için 0.317 ($P = 0.269$) ve G02 ile G03 için 0.367 ($P = 0.197$) olarak hesap edilmiştir. Değirmendere akarsuyunda olduğu gibi yine benzer nedenlerden ötürü Galanima akarsuyunda da beklenen düzeyde ilişkilerle karşılaşmamıştır.

Akarsularda AKM'nin yanı sıra Q takibinin de yapıldığı istasyonların (D01, S05 ve G02) AKM (mg/L) verileri arasındaki r değerleri, Sera ile Değirmendere için -0.110 ($P = 0.707$), Sera ile Galanima için 0.016 ($P = 0.958$) ve Değirmendere ile Galanima için 0.085 ($P = 0.772$) olarak hesap edilmiştir. Akarsuların kıyı istasyonlarına (D03, S10 ve G03) ait AKM (mg/L) verileri arasındaki r değerleri, Sera ile Değirmendere için -0.159 ($P = 0.588$), Sera ile Galanima için -0.178 ($P = 0.542$) ve Değirmendere ile Galanima için 0.129 ($P = 0.661$) olarak hesap edilmiştir. Bu değerler dikkate alındığında, havzalardaki mevcut hidrolik yapıların (akarsu düzenleme yapıları, biriktirmeli ya da biriktirmesiz HES'ler, vs) yanı sıra yoğun insani faaliyetler neticesinde doğallıkları bozulan akarsuların AKM bakımından farklı özellikte oldukları anlaşılmaktadır.

Akarsularda AKM'nin yanı sıra Q (m^3/s) takibinin de yapıldığı istasyonların (D01, S05 ve G02) verileri arasındaki r değerleri, Sera ile Değirmendere arasında 0.872 ($P = 0.000$), Sera ile Galanima arasında 0.887 ($P = 0.000$) ve Değirmendere ile Galanima arasında 0.871 ($P = 0.000$) olarak hesap edilmiştir. Bu değerler dikkate alındığında Sera Deresi'nin akım bakımından komşu havza akarsuları ile benzer özellikte olduğu anlaşılmaktadır.

AKM ve Q verileri arasındaki r değerleri Değirmendere için 0.258 ($P = 0.394$), Sera için -0.113 ($P = 0.583$) ve Galanima için 0.646 ($P = 0.017$) olarak hesap edilmiştir. Sera akarsuyunda AKM ve Q verileri arasında bir ilişki olmayışının Derecik (D22A153) AĞI'nin membaında kalan ve TB01 ile TB02 olarak isimlendirilen bentlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Değirmendere ve Galanima akarsularında AKM ve Q verileri arasındaki ilişkilerin oldukça düşük olmaları akarsuların doğallıklarının bozulmasının yanı sıra veri sayılarının (13 adet) oldukça sınırlı olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sera akarsuyunda şimdiye dek Q (m^3/s) ile birlikte AKM (mg/L) takibine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmediğinden bu çalışmaya ait korelasyon analizi verilerini karşılaştırmak mümkün olmamıştır. Ancak, Satılmış (2015) tarafından Değirmendere akarsuyunda gerçekleştirilen çalışmada AKM (mg/L) takibinin tapıldığı D08istasyonuna ait 2014 ve 2015 yılları ilgili akım verileri DSİ'den temin edilerek korelasyon analizi yapılmıştır (URL-8, 2020; URL-9, 2020). Çalışmada AKM takibinin yapıldığı günlere ait akım verilerinin sınırlı (13 adet) olmalarına rağmen veriler arasındaki r değeri 0.882 ($P = 0.000$) olarak hesap edilmiştir. Erdoğan (2019) tarafından Galanima akarsuyunda gerçekleştirilen çalışmada ise AKM ve Q verileri arasındaki r değeri 0.128 ($P = 0.664$) olarak hesap edilmiştir. Aslında bu veriler arasında bir ilişkinin olmayışı söz konusu akarsulara has bir durum değildir. Yine Erdoğan (2019) tarafından Fırtına (Ardeşen / Rize), Solaklı (Of / Trabzon), Karadere (Araklı / Trabzon) ve Aksu (Merkez / Giresun) akarsularında da yapılan AKM ve Q takibinde veriler arasındaki r değerleri sırasıyla 0.014 ($P=0.962$), -0.203 ($P = 0.487$), 0.234 ($P = 0.420$) ve 0.439 ($P = 0.117$) olarak hesap edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Son yıllarda yerli ve yabancı turistlerin uğrak noktası haline gelen Sera Gölü Tabiat Parkı'nın da yer aldığı ancak taşkın zamanlarında sürüntü hareketinin yanı sıra çok ciddi bir askı hareketinin söz konusu olduğu Sera Deresi Havzası'nda (Trabzon) askıda katı madde (AKM) taşınımının zamana bağlı değişiminin üzerinde durulduğu bu çalışmada, taşınan katı maddeden Sera Gölü'nü mümkün mertebe korumak amacıyla gölün membada inşa edilen tersip bentlerinin de bu taşınımına olan etkileri incelenmiştir. AKM (mg/L)'nin yanı sıra debi (m³/s) takibinin de yapıldığı bu çalışmaya komşu havzalardan Değirmendere ve Galanima akarsuları da dahil edilerek söz konusu taşınım karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de etkisini gösteren Corona virüsü salgını nedeniyle alınan tedbirler kapsamında, 2020 yılı Nisan ve Mayıs aylarında sıklıkla uygulanan sokağa çıkma yasaklarına büyükşehir olması sebebiyle Trabzon'un da dahil edilmesinden ötürü 27 Mart 2020 tarihinde sonlandırılmak mecburiyetinde kalınan, Sera Deresi Havzası'nda toplamda 10 ay ve 40 çalışma ile Değirmendere ve Galanima havzalarında ise toplamda 7 ay ve 14 çalışma ile gerçekleştirilen bu çalışmadan çıkartılan en önemli sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır.

AKM değerlerinin ortalama 53 – 91 mg/L arasında değiştiği ve taşkın zamanlarında 2,000 mg/L'nin üzerine çıktığı Sera Deresi Havzası'nda tersip bentlerinin zaman zaman dolarak işlevlerini yitirdikleri üstelik membada tutulan malzemelerin gelen yüksek akımlarla oyularak mansaba taşındıkları gözlemlenmiştir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için havzadaki tersip bentlerinin zaman zaman ve özellikle de taşkınlardan hemen sonra kontrol edilmeleri ve dolanların da zaman kaybetmeden boşaltılmaları gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

AKM'nin yanı sıra debi takibinin de yapıldığı Sera, Değirmendere ve Galanima akarsuları içerisinde aynı çalışma dönemi için en yüksek AKM içeriğine ve debiye sahip olan akarsuyun, membada 0.685 ile 30.600 m³/s arasında değişen ve ortalama 9.550 m³/s'lik bir debiye ve mansapta 45.2 ile 988.7 mg/L arasında değişen ve ortalama 235.6 mg/L'lik bir AKM içeriğine sahip olan Değirmendere akarsuyu olduğu anlaşılmıştır. Bu üç akarsu içerisinde, Karadeniz'e en az katı madde taşıyan akarsu ise, membada 0.459 ile

2.100 m³/s arasında değişen ve ortalama 1.067 m³/s'lik bir debiye ve mansapta 9.8 ile 878.2 mg/L arasında değişen ve ortalama 87.4 mg/L'lik bir AKM içeriğine sahip olan Sera akarsuyu olduğu anlaşılmıştır. Bu durumun, Sera Gölü'nün membaında inşa edilen tersip bentlerinin sürüntü hareketini tamamen engellemelerinden, kapasiteleri ölçüsünde AKM'yi tutmalarından ve tutamadıklarının da gölde birikmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Sera, Değirmendere ve Galanima akarsularında, AKM'nin yanı sıra debi takibinin de yapıldığı istasyonların debi (m³/s) verileri arasında sırasıyla 0.872 (Sera ile Değirmendere), 0.887 (Sera ile Galanima) ve 0.871 (Değirmendere ile Galanima) olarak hesap edilen korelasyon katsayıları dikkate alındığında, söz konusu akarsuların akım bakımından benzer özellikte oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Bu benzerlikten ötürü akarsuların herhangi birinde, herhangi bir nedenle akım gözlemlerinin yapılamaması söz konusu olduğu herhangi bir dönem için komşu havza akarsularında yeterli akım verilerine sahip olunması koşuluyla eksik akım verilerinin kolayca tahmin edilebileceği anlaşılmıştır.

Sera, Değirmendere ve Galanima akarsularında, AKM'nin yanı sıra debi takibinin de yapıldığı istasyonların AKM (mg/L) verileri arasında sırasıyla -0.110 (Sera ile Değirmendere), 0.016 (Sera ile Galanima) ve 0.085 (Değirmendere ile Galanima) olarak hesap edilen korelasyon katsayıları ile yine aynı akarsularda bu kez kıyı istasyonlarının AKM (mg/L) verileri arasında -0.159 (Sera ile Değirmendere), -0.178 (Sera ile Galanima) ve 0.129 (Değirmendere ile Galanima) olarak hesap edilen korelasyon katsayıları dikkate alındığında, söz konusu akarsuların katı madde taşınımı bakımından farklı özellikte oldukları sonucuna varılmıştır.

Sera, Değirmendere ve Galanima akarsularında, AKM'nin yanı sıra debi takibinin de yapıldığı istasyonların AKM (mg/L) ile debi (m³/s) verileri arasında, sırasıyla -0.113, 0.258 ve 0.646 olarak hesap edilen korelasyon katsayıları dikkate alındığında, beklentilerin aksine AKM ile debi parametreleri aralarında bir ilişkinin olmadığı dolayısıyla tersip bentleri ile donatılan Sera Deresi'nde katı madde taşınımı bakımından doğallığın tamamen bozulduğu ancak Galanima Dere'sinde ise doğallığın nispeten muhafaza edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Son olarak, ülkemiz akarsularında debi ve bilhassa da AKM takibine yönelik çalışmaların oldukça sınırlı olduğu bilinmektedir. Bu sebeple, bu çalışmadan elde edilen sınırlı süre ve sayıdaki verilerin dahi havzalardaki AKM hareketinin anlaşılmasına katkı sağlayacağı ve ileride yapılması muhtemel çalışmalara da altlık oluşturacağı düşünölmektedir.

5. ÖNERİLER

Çalışmanın ayda dört kez olacak şekilde yürütülmesi sebebiyle çalışma tarihlerine denk gelen ekstrem durumların, sonuçları normalden çok daha fazla etkileyeceği ve bu sebeple elde edilen verilerin gerçeği tam olarak yansıtmada konusunda yeterli olamayabileceği düşünülebilir. Çalışmaların daha sık aralıklarla (mümkünse günlük) yapılması daha sağlıklı değerlendirme yapabilme olanağı sağlayacaktır.

Elde edilen AKM konsantrasyonu değerleri ile Sera Deresi Havzası'nın gerek topoğrafik yapısı gerekse bitki örtüsü bakımından erozyona son derece müsait olduğu anlaşılmaktadır. Havzada tarım arazilerinin ve turistik açıdan öneme sahip olan Sera Gölü'nün korunması, işletilmekte ve planlanmakta olan hidrolik yapıların ekonomik ömürlerinin uzatılması için erozyonla mücadele yoluna gidilmelidir.

Sera deresi Havzası'ndaki taşkınların genellikle kısa süreli sağanak yağışların görüldüğü yaz aylarında meydana gelmesi sebebiyle havzada inşa edilmiş olan TB'lerin rezervuarlarının yaz mevsiminden önce temizlenerek boşaltılmasının taşkın esnasındaki zararları minimize edeceği ve taşınan malzemesinin bentler tarafından tutulması ile Sera Gölü'ne gelen malzemenin azalacağı düşünülmektedir.

Örnekleme çalışmalarının gerçekleştirildiği dönemlerde AGİ mevkiilerindeki istasyonlar hariç diğer istasyonlarda akarsuyun ilgili kesitindeki Q değerinin 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 Q'nun da ayrıca belirlenmesi yoluna gidilmelidir.

Çalışma kapsamında sadece AKM parametresi incelenmiştir. Literatür incelendiğinde de Sera Deresi Havzası'nda herhangi bir su kalitesi parametresinin incelendiğine rastlanmamıştır. İleride yapılacak olan çalışmalarda incelenecek parametrelerin daha fazla tutulmasında yarar görülmektedir.

Havzadaki en büyük problemlerden birisi de sürüntü malzemesi hareketidir. Sonraki çalışmalarda bu konuda çalışılmasında fayda görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akar, A., 2009. Karadeniz Sahil Yolunun Yapımı ile Değirmendere'nin Trabzon Limanına Etkisinin Hidrografik Ölçmeler ve Uydu Görüntüleri ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aksoy, A., 2012. Sera Gölü (Trabzon) Fitoplanktonu ve Mevsimsel Değişimi Üzerine Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Alkan, A., Serdar, S., Fidan, D., Akbas, U., Zengin, B. ve Kilic, M., B., 2013. Physico-chemical Characteristics and Nutrient Levels of the Eastern Black Sea Rivers, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13, 5, 847-859.
- Altun, L. ve Ünver, S., 2005. Trabzon-Değirmendere Vadisi Çevre Düzenleme Projesi (DEVAÇED) kapsamında Değirmendere Vadisindeki Galyan ve Şimşirli Derelerinin Su Kalite Durumlarının İncelenmesine Yönelik Yapılan Çalışmalar, Trabzon-Değirmendere Vadisi Çevre Düzenleme Projesi Sonuç Raporu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- APHA, 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th edn. American Public Health Association, Washington, DC.
- Bayram, A., 2011. Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bayram, A., ve Kenanoglu, M., 2016. Variation of Total Suspended Solids Versus Turbidity and Secchi Disk Depth in the Borcka Dam Reservoir, Coruh River Basin, Turkey, Lake and Reservoir Management, 32, 3, 209-224.
- Beret, B., 1955. Sera Heyelanı, Türk Coğrafya Dergisi, 13-14, 155-161.
- Berkun, M., Aras, E. ve Ozel Akdemir, U., 2015. Water Runoff, Sediment Transport and Related Impacts in the Southeastern Black Sea Rivers, Environmental Engineering and Management Journal, 14, 781-791.
- Beyazıt, M., ve Avcı, İ., Akarsularda Akım ve Sediment Taşınımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2010.
- Biroğlu, İ., Yukarı Havza Islah Önlemleri Kapsamında Yeni Bir Uygulama; Süzücü (Geçirgen) Tersip Bentleri, 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Kasım 2016, Tebliğler Kitabı, 701-12.
- Celep, S., 2009. Trabzon İli Yeraltı ve Yerüstü Sularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal İncelenmesi ve Su Kalitesinin İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Çakmak, S., 2019. Korkuteli Çayı'nda Sediman Taşınım Süreçleri, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Çavuş, A., 2014. Trabzon'da Doğa Turizmi Açısından Değerlendirilmesi Gereken Turistik Bir Alan: Sera Gölü, Türk Coğrafya Dergisi, 63, 43-50.
- Demir, O., Inan, H., I. Biyik, C. ve Uzun, B., 2015. Land Management for Erosion Prevention: A Case Study for a Turkish Nature Reserve, Land Use Policy, 47, 394-400.
- Dinçsoy, Y., Islah Sekisi ve Tersip Bentleri, DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2008. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Favesis.istanbulc.edu.tr%2Fresume%2Fdownloadfile%2Fhecilik%3Fkey%3D510fa4ec-dd4e-413a-a239-a830009f3570&psig=AOvVaw3V6E1QitSzvuc5RY2YsQ6q&ust=1596050769518000&source=images&cd=vfe&ved=0CAMQjB1qFwoTCJDD4NLW8OoCFQAAAAAdAAAAABAAa> 05 Ağustos 2020.
- Dinçsoy, Y., Yan Derelerde Erozyon ve Rusubat Kontrolü, DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2013. <http://www.dsi.gov.tr/docs/yayinlarimiz/yan-derelerde-erozyon-ve-rusubat-kontrolu.pdf?sfvrsn=8>. 05 Ağustos 2020.
- DSİ, 1982. Uzungölün Haldizen Deresi Sediment Zararlarından Korunması Ön İnceleme Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ, Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri 2006-2012 DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. <http://www.dsi.gov.tr/docs/yayinlarimiz/t%c3%bcrkiye-akarsular%c4%b1nda-s%c3%bcspanse-sediment-g%c3%b6zlemleri-2006-2012.pdf?sfvrsn=2> 21 Temmuz 2020.
- EPA, 1976. Water Quality Criteria for Water, Environmental Protection Agency, Washington, 1976.
- Erdoğan, İ., 2019. Doğu Karadeniz Havzası Akarsularında Su Kalitesinin İncelenmesi ve Askıda Katı Madde Konsantrasyonunun Tahmin Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erkek, C. ve Ağırlioğlu N., Su Kaynakları Mühendisliği, Beta Basın Yayım, İstanbul, 2013.
- Erüz, C., 1999. Güneydoğu Karadeniz Kıyılarında Su Kütleleri ve Askıda Katı Maddenin Mevsimsel Değişimi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Fang, H., 2019. Temporal Changes in Suspended Sediment Transport during the Past Five Decades in a Mountainous Catchment, Eastern China, Journal of Soils and Sediments, 19, 12, 4073-4085.

- Garcia, M., 2008. Sedimentation Engineering: Processes, Measurements, Modeling, and Practice, American Society of Civil Engineers.
- 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, 579-589.
- Guzman, C., D., Tilahun, S., A., Zegeye, A., D. ve Steenhuis, T., S., 2013. Suspended Sediment Concentration-Discharge Relationships in the (Sub-)Humid Ethiopian Highlands, Hydrology & Earth System Sciences, 17, 3, 1067-1077.
- Güngör, B., 2017. Afyonkarahisar Çay Eber Gölü'nün Su Kalite Değerlerinin ve Kirlilik Etmenlerinin Araştırılarak Online Veritabanı Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Hacısalıhoğlu, S., 1995. Trabzon Sera Deresi Yağış Havzasında Farklı Arazi Kullanımı Altındaki Toprakların Bazı Fiziksel Kimyasal ve Hidrolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Hay, B., J., 1994. Sediment and Water Discharge Rates of Turkish Black Sea Rivers Before and After Hydropower Dam Construction, Environmental Geology, 23, 276-283.
- İÇDR, 2019. Trabzon İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu, ÇED Hizmetleri ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü.
- Kalkan, Y., 2009. Barajlarımızdaki Hidrografik Ölçmeler ve Sediment Hareketleri, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 11-15.
- Karagül, R., 1996. Trabzon-Söğütlüdere Havzasında Farklı Arazi Kullanım Şekilleri Altındaki Toprakların Bazı Özellikleri ve Erozyon Eğilimlerinin Araştırılması, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 53-68.
- Karagüllü, D., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Trabzon İli Söğütlü (Kalanima) Deresi Su Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kemper, J., T., Miller, A., J. ve Welty, C., 2017. Spatial and Temporal Patterns of Suspended Sediment Yields in Nested Urban Catchments, In AGU Fall Meeting Abstracts.
- 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.
- Kırkgöz, S., Akarsu Yapıları, Akademisyen Kitabevi, Ankara, 2018.

- Kırtorun, E. ve Karaer, F., 2018. Su Yönetimi ve Suyun Sürdürülebilirliği, Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 1, 2, 151-159.
- Koçer, M., A., T., 2001. Hazar Gölü'ne Boşalan Akarsuların Göle Taşıdığı Organik Madde, Bitki Besin Maddeleri ve Katı Madde Miktarlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Koralay, N., Kara, O. ve Kezik, U., 2018. Effects of Run-of-the River Hydropower Plants on the Surface Water Quality in the Solakli Stream Watershed, Northeastern Turkey. Water and Environment Journal, 32, 3, 412-421.
- Legovic, T., Morkoc, E., Okay, O., S., Egesel, L., Tufekci, H. ve Tufekci, V., 1997. Towards Optimum Management of Total Suspended Solids in a Coastal Sea: The Case of Izmit Bay, Marmara Sea, Croatica Chemica Acta, 70, 1, 373-388.
- 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.
- MTA Report, Turkish-Japanese Team, 1974. Report on Geological Survey of Trabzon Area, Northeastern Turkey Phase I: Ankara-Turkey.
- Mutlu, T., 2019. Doğu Karadeniz Havzasında Bazı Akarsuların Eser Element Düzeyleri ve Karadeniz'e Girdilerinin Duraylı Karbon ve Azot İzotop Oranlarıyla Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Nadal-Romero, E., Regues, D. ve Latron, J., 2008. Relationships Among Rainfall, Runoff, and Suspended Sediment in a Small Catchment with Badlands, Catena, 74, 2, 127-136.
- Okuş, E., Aksu, A., Balkis, N. ve Ersan, M., S., 2007. Dissolved Oxygen (DO) and Total Suspended Solid (TSS) Changes in the Gökova Bay, Turkey. 8th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, (13-17 November 2007), Alexandria, Egypt.
- Özşeker, K., 2012. Güneydoğu Karadeniz'de (Trabzon) Karasal Kökenli Ağır Metal Kirliliğinin Alansal ve Zamansal Dağılımı, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Raja, N., B., Cicek, I., Turkoglu, N., Aydın, O. ve Kawasaki, A., 2017. Landslide Susceptibility Mapping of the Sera River Basin Using Logistic Regression Model, Natural Hazards, 85, 3, 1323-1346.
- Reis, A. ve Dindaroğlu, T., 2018. Havza Ölçeğinde Bazı Ekohidrolojik Karakteristikler ile Arazi Kullanım İlişkilerinin Araştırılması (Bertiz Çayı Yağış Havzası Örneği), Turkish Journal of Forest Science, 2, 1, 68-82.

- Resmi Gazete, 2015. Yer Üstü Suları, Yer Altı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği, Başbakanlık Basımevi, 29274,
- Rugner, H., Schwientek, M., Beckingham, B., Kuch, B. ve Grathwohl, P., 2013. Turbidity as a Proxy for Total Suspended Solids (TSS) and Particle Facilitated Pollutant Transport in Catchments, Environmental Earth Sciences, 69, 2, 373-380.
- Satılmış, U., 2015. Değirmendere Havzası (Trabzon) Yerüstü Su Kalitesinin Mekana ve Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Silva, R., D., S., Blanco, C., J., C., Silva C., I., C., Teixeira, L., C., G., M., Fernandes, L., L. ve Pessoa, F., C., L., 2020. Relationship between Water Quality Parameters and Land Use of a Small Amazonian Catchment, Sustainable Water Resources Management, 6, 4, 1-9.
- Smith, B., P., G., Naden, P., S., Leeks, G., J., L. ve Wass, P., D., 2003. The Influence of Storm Events on Fine Sediment Transport, Erosion and Deposition within a Reach of the River Swale, Yorkshire, UK, Science of the Total Environment, 314, 451-474.
- Taş, E., 2014. Havza Planlaması ve Yönetimi: Trabzon Değirmendere Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Temiz, T., 2015. Sapanca Gölü Havzasını Besleyen Derelerde Taşınan Askıda Katı Madde Miktarının Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- T.S.E., 2007. Su kalitesi- Askıdaki katı maddelerin tayini- Cam elyaf süzgeçler kullanılarak süzme yöntemi, TS EN 872, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- T.S.E., 2013. Su numunelerinin muhafaza, taşıma ve depolanması için kılavuz, TS EN ISO 5667-3, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı. <http://tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, 05 Ağustos 2020.
- URL-1, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, Toprak ve Su Kaynakları, 05 Ağustos 2020.
- URL-2, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yagis-2019.pdf>. İllere Ait Temel İstatistik Veriler. 05 Ağustos 2020.
- URL-3, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ORDU> İllere Ait Temel İstatistik Veriler. 05 Ağustos 2020.

- URL-4, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=GIRESUN> İllere Ait Temel İstatistiki Veriler. 05 Ağustos 2020.
- URL-5, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=TRABZON> İllere Ait Temel İstatistiki Veriler. 05 Ağustos 2020.
- URL-6, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=RIZE> İllere Ait Temel İstatistiki Veriler. 05 Ağustos 2020.
- URL-7, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=GUMUSHANE> İllere Ait Temel İstatistiki Veriler. 05 Ağustos 2020.
- URL-8, http://www.dsi.gov.tr/docs/agi-y%c4%b1ll%c4%b1k-dsi/dsi_2014.pdf?sfvrsn=2 2014 Akım Gözlem Yıllığı Cilt-1. 21 05 Ağustos 2020.
- URL-9, http://www.dsi.gov.tr/docs/agi-y%c4%b1ll%c4%b1k-dsi/dsi_2015.pdf?sfvrsn=2 2015 Akım Gözlem Yıllığı Cilt-1. 05 Ağustos 2020.
- Vanacker, V., Molina, A., Govers, G., Poesen, J. ve Deckers, J., 2007. Spatial Variation of Suspended Sediment Concentrations in a Tropical Andean River System: The Paute River, Southern Ecuador, Geomorphology, 87, 1-2, 53-67.
- Wulf, H., Bookhagen, B. ve Scherler, D., 2012. Climatic and Geologic Controls on Suspended Sediment Flux in the Sutlej River Valley, Western Himalaya. Hydrology & Earth System Sciences, Discussions, 9, 1.
- WWF, 2020. The Caucasus Ecoregion. <http://www.fpandaorg>. 05 Ağustos 2020.
- Yalçın, H. ve Gürü, M., Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 2010.
- Yang, S., L., Zhao, Q., Y. ve Belkin, I., M., 2002. Temporal Variation in the Sediment Load of the Yangtze River and the Influences of Human Activities, Journal of Hydrology, 263, 1-4, 56-71.
- Yılmaz, B. ve Aras, E., Akarsularda Sediment Taşınımı Tahminin Taşkın Kontrolündeki Rolü, 4.Ulusal Taşkın Sempozyumu, Rize, Türkiye, 23-25 Kasım 2016, ss.771-782.

ÖZGEÇMİŞ

17.06.1992 yılında Rize’de doğan Betül METE ilk, orta ve lise öğrenimini 1998-2010 yılları arasında Rize’de tamamladı. 2011-2012 eğitim-öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde mesleki eğitimine başlayan Betül METE 2015-2016 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2016-2017 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans öğrenimine 2018-2019 eğitim-öğretim yılı güz döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda devam etmiştir. 18.09.2018 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı ve halen bu görevi sürdürmektedir.