

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİLYOS NEHRİ'NDEKİ ASKIDA KATI MADDE MİKTARININ YAPAY SİNİR
AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET SİNAN İLHAN

EKİM 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİLYOS NEHRİ'NDEKİ ASKIDA KATI MADDE MİKTARININ YAPAY SİNİR
AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Sinan İLHAN

DANIŞMAN: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER

ZONGULDAK

Ekim 2019

KABUL:

Ahmet Sinan İLHAN tarafından hazırlanan “Filyos Nehri’ndeki Askıda Katı Madde Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 31/10/2019

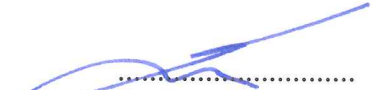
Danışman: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



Üye : Prof. Dr. Emrah DOĞAN

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇAPAR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



ONAY:

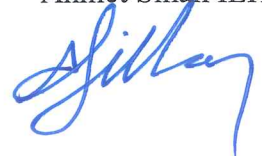
Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./....../2019



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ahmet Sinan İLHAN



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FİLYOS NEHRİ'NDEKİ ASKIDA KATI MADDE MİKTARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

Ahmet Sinan İLHAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER

Ekim 2019, 53 sayfa

Canlı varlıklar yaşamlarını sürdürebilmek için suya ihtiyaç duyarlar. Su yeryüzünde sürekli olarak bir dolanım halinde bulunmaktadır. Bu dolanım sırasında çeşitli sebeplerden dolayı suya karışan maddeler suyun özelliklerinin değişmesine sebep olur. Gerek suyun kullanımı gerekse etrafındaki alanların kullanımı suyun kalitesinin değişmesine neden olmaktadır. Bu nedenle akarsular ve su rezervlerinde su kalitesinin araştırılması önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında, Batı Karadeniz Havzasının en büyük alt havzası olan ve Filyos Çayı Alt Havzasında bulunan Filyos Çayı'nda askıda katı madde konsantrasyonu yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ana kol boyunca seçilen beş noktadan su numuneleri alınarak laboratuvarında su kalite parametrelerinden askıda katı madde, bulanıklık, demir ve krom analizleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Askıda Katı Madde parametresinin tahmini, bulanıklık, debi, demir ve krom parametrelerine dayanarak, yapay sinir ağları yöntemiyle yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Filyos Çayı, Askıda Katı Madde, Yapay Sinir Ağları

Bilim Kodu: 624.01.00



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF THE AMOUNT OF SUSPENDED SOLIDS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AT THE FILYOS RIVER

Ahmet Sinan İLHAN

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor: Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER

October 2019, 53 pages

Living beings need water to continue their life. Water is in an endless cycle and during this cycle, substances which are mixed with water for various reasons cause properties of water to change. Both the use of water and the surrounding areas cause changes in the quality of water. For this reason, it is important to investigate the water quality in rivers and water reservoirs.

In this thesis, Filyos Stream, which is located in the the largest sub-basin of the Western Black Sea Basin, was estimated to suspended solids parameters by using artificial neural networks. Water samples were taking from five selected points along the main line of the Filyos Stream. In the laboratory, suspended solids, turbidity, iron and chromium analyzes of water quality parameters were carried out. After, the estimation of the Suspended Solids parameter based on parameters turbidity, flow, iron and chromium was performed by artificial neural networks.

Keywords: Filyos Stream, Suspended Solids, Artificial Neural Networks.

Science Code: 624.01.00



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimin süresi boyunca danışmanlığımı üstlenip, tez çalışması sırasında yardım ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım sırasında fikirlerini paylaşan Arş. Gör. Dr. Berna AKSOY hocama ve bu süreç içerisinde benden manevi desteğini esirgemeyen sevgili eşim Fatma İLHAN'a ve aile büyüklerime çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL:	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI.....	1
BÖLÜM 2 GENEL BİLGİLER VE KURAMSAL KAVRAMLAR.....	3
2.1 GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.1 Su	3
2.1.2 Ülkemiz Açısından Su Kaynakları.....	3
2.2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	6
2.2.1 Askıda Katı Madde Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar.....	6
BÖLÜM 3 ÇALIŞMA ALANI.....	11
3.1 FİLYOS ÇAYI	11
3.2 BATI KARADENİZ HAVZASI ALT HAVZALARI.....	14
BÖLÜM 4 MATERYAL VE METOD.....	17

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.1 SU KALİTESİ ÖLÇÜMLERİ.....	17
4.1.1 İncelenen Su Kalite Parametreleri.....	17
4.1.1.1 Askıda Katı Madde.....	17
4.1.1.2 Bulanıklık.....	17
4.1.1.3 Demir.....	18
4.1.1.4 Krom.....	18
4.1.1.5 Debi.....	18
4.2 GÖZLEM YAPILAN İSTASYONLAR VE LOKASYONLARI.....	19
4.2.1 F1 İstasyonu.....	19
4.2.2 F2 İstasyonu.....	20
4.2.3 F3 İstasyonu.....	21
4.2.4 F4 İstasyonu.....	22
4.2.5 F5 İstasyonu.....	23
4.3 SU KALİTE PARAMETRELERİ VE ANALİZ PRENSİPLERİ.....	24
4.3.1 Filyos Çayı'nda Su Numunelerinin Alınması ve Muhafazası.....	24
4.3.2 Analizleri Laboratuvarda Gerçekleştirilen Su Kalite Parametreleri ve Analiz Prensipleri.....	25
4.3.2.1 Askıda Katı Madde (AKM) Tayini.....	25
4.3.2.2 Bulanıklık Tayini.....	25
4.3.2.3 ICP-MS Analizi (Fe ⁺³ ,Cr ⁺³).....	26
4.4 YAPAY SİNİR AĞLARI.....	27
4.4.1 Giriş.....	27
4.4.2 Çok Katmanlı Algılayıcı.....	27
4.4.3 ÇKA Model Yapısı.....	28
4.4.4 ÇKA Ağının Öğrenme Kuralı.....	29
4.4.5 ÇKA Ağının Çalışma Adımları.....	31
4.5 YSA MODELİ.....	33
BÖLÜM 5 BULGULAR.....	35
5.1 YAPAY SİNİR AĞLARI MODEL SONUÇLARI.....	35
5.1.1 F1 Filyos Nehri İstasyonu.....	35

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.1.2 F2 Çaydeğirmeni İstasyonu	38
5.1.3 F3 Saltukova İstasyonu	40
5.1.4 F4 Tefen İstasyonu	43
5.1.5 F5 Toki İstasyonu	45
BÖLÜM 6 SONUÇLAR	49
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	53



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Türkiye su potansiyeli	4
Şekil 2.2 Türkiye’de su kaynakları incelemelerinden tespit edilen 26 adet hidrolojik havzalar haritası	5
Şekil 3.1 İnceleme alanı haritası	12
Şekil 3.2 İnceleme sahası sıcaklık değerlerinin değişimi.....	13
Şekil 3.3 Çaycuma aylık ortalama debileri	14
Şekil 3.4 Batı Karadeniz Havzası alt havzaları	15
Şekil 4.1 Gözlem istasyonlarının uydu görüntüsü	19
Şekil 4.2 F1 istasyonu (Filyos Ağız) uydu görüntüsü.....	20
Şekil 4.3 F2 istasyonu (Saltukova Köprü) uydu görüntüsü.	20
Şekil 4.4 F2 istasyonu (Saltukova Köprü).	21
Şekil 4.5 F3 istasyonu (Çaydeğirmeni Köprü) uydu görüntüsü.....	21
Şekil 4.6 F4 istasyonu (Tefen HES) uydu görüntüsü.....	22
Şekil 4.7 F4 istasyonu (Tefen HES).....	22
Şekil 4.8 F5 istasyonu (Karabük TOKİ) uydu görüntüsü.	23
Şekil 4.9 F5 istasyonu (Karabük TOKİ).	23
Şekil 4.10 Su numunelerinin alınmasında ve naklinde kullanılan numune kapları nitrat ve cam yünü filtreler.....	25
Şekil 4.11 Bulanıklık ölçer.....	26
Şekil 4.12 Perkin Elmer marka Nexion 300D model ICP-MS cihazı.....	26
Şekil 4.13 Çok katmanlı algılayıcı modeli.	28
Şekil 4.14 İşlemci fonksiyonları.....	31
Şekil 5.1 Filyos Nehri 4 gizli katman için YSA performansı.	36
Şekil 5.2 Filyos Nehri 6 gizli katman için YSA performansı.	37
Şekil 5.3 Filyos Nehri 8 gizli katman için YSA performansı.	37
Şekil 5.4 Filyos Nehri 10 gizli katman için YSA performansı.	38
Şekil 5.5 Çaydeğirmeni 4 gizli katman için YSA performansı.....	39
Şekil 5.6 Çaydeğirmeni 6 gizli katman için YSA performansı.....	39
Şekil 5.7 Çaydeğirmeni 8 gizli katman için YSA performansı.....	40
Şekil 5.8 Çaydeğirmeni 10 gizli katman için YSA performansı.....	40
Şekil 5.9 Saltukova 4 gizli katman için YSA performansı.	41
Şekil 5.10 Saltukova 6 gizli katman için YSA performansı.	42
Şekil 5.11 Saltukova 8 gizli katman için YSA performansı.	42
Şekil 5.12 Saltukova 10 gizli katman için YSA performansı.	43
Şekil 5.13 Tefen 4 gizli katman için YSA performansı.	44

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.14 Tefen 6 gizli katman için YSA performansı.	44
Şekil 5.15 Tefen 8 gizli katman için YSA performansı.	45
Şekil 5.16 Tefen 10 gizli katman için YSA performansı.	45
Şekil 5.17 TOKİ 4 gizli katman için YSA performansı.	46
Şekil 5.18 TOKİ 6 gizli katman için YSA performansı.	47
Şekil 5.19 TOKİ 8 gizli katman için YSA performansı.	47
Şekil 5.20 TOKİ 10 gizli katman için YSA performansı.	48



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 İnceleme sahası yıllık sıcaklık değişim değerleri	13
Çizelge 3.2 Filyos Çayı üzerindeki DSİ tarafından işletilen akım gözlem istasyonları	15
Çizelge 3.3 Filyos Çayı Havzasında arazi kullanımı.	16
Çizelge 3.4 Filyos Çayı üzerindeki HES'ler ve aşamaları	16
Çizelge 4.1 Çalışmanın gerçekleştirildiği dönem.	24
Çizelge 5.1 Girdi Katmanları için oluşturulan model.	35
Çizelge 5.2 Filyos Nehri topoloji analizi.	36
Çizelge 5.3 Çaydeğirmeni topoloji analizi.	38
Çizelge 5.4 Saltukova istasyonu topoloji analizi.	41
Çizelge 5.5 Tefen istasyonu topoloji analizi.	43
Çizelge 5.6 TOKİ istasyonu topoloji analizi.	46



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Fe^{+3}	: Demir
Cr^{+3}	: Krom
L_{max}	: Su Depolama Parametresi
$G1, G2, \dots, GN$: Girdi
$\mathcal{C}1, \mathcal{C}2, \dots, \mathcal{C}N$: Çıktı

KISALTMALAR

ADALINE	: Adaptive Linear Nöron (Adaptif doğrusal nöron)
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
ANN	: Artificial Neural Network (Yapay Sinir Ağı)
AKM	: Askıda Katı Madde
ÇKA	: Çok Katmanlı Algılayıcı
DSİ	: Devlet Su İşleri
HES	: Hidroelektrik Santral
ICP-OES	: Optik Emisyon Spektrometresi
MSE	: Mean Square Error (Ortalama Karesel Hata)
RA	: Regresyon Analizi
SDE	: Sinirsel Diferansiyel Evrim
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TKA	: Tek Katmanlı Algılayıcı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
YSA	: Yapay Sinir Ağları



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

Nüfusun hızla artması, sanayinin gelişmesi ve yerleşim alanlarının hızla genişlemesi nedeniyle beliren altyapı sorunlarının doğması ve arıtma tesislerinin yeterli olmaması, evsel ve endüstriyel atıkların yeterince arıtılmadan nehirlere ve tatlı su kaynaklarına verilmesi doğa dengesi için telafi edilmesi zor problemler oluşturmaktadır. Bu problemler doğadaki yaşamı ve insan hayatını tehdit edecek boyutlara ulaşmaktadır. Bu kaynakların azalması hatta yok olma durumuna gelmemesi için su kullanımına ve bu kullanımın sürdürülebilir olmasına dikkat edilmiştir. Bu nedenle yüzey suları ve rezervlerin üzerinde araştırma yapılması önem kazanmıştır. Bu çalışmaların amacıyla, sularda oluşabilecek kirliliği belirlemek ve su kalitesi hakkında bilgi edinmektir.

Su, insanlığın varoluşundan günümüze kadar yaşamını devam ettirmesi için gerekli en temel kaynaktır. Yeryüzünde bir döngü halinde bulunmasından dolayı da insanlar bugüne kadar suyu tekrar tekrar kullanmışlardır. Bu kullanım sırasında suya karışan maddeler, suyun temel özelliklerinin (fiziksel, kimyasal gibi) bozulmasına neden olmuşlardır. Sudaki bu değişim su kirliliği olarak adlandırılmıştır. Su kirliliği, suyun kalitesindeki değişim olarak tanımlanabilir. Su kalitesindeki değişim, ekolojik sistemi bozmakta ve doğada yaşayan canlılara zarar vermektedir. Bu nedenle özellikle yerleşim alanlarına yakın yerde bulunan akarsular ve su kaynaklarında su kalitesi araştırmalarını önemli hale gelmiştir.

Türkiye’de toplam 9 hidrolojik havza bulunmaktadır. Bu havzalar için Orman Su İşleri Bakanlığı tarafından Havza koruma eylem planı gerçekleştirilmiştir. Batı Karadeniz Havzası da bu planlar içerisindedir (HKEP 2013).

1970'li yıllarda başlayan su kalitesi modelleme çalışmaları, akarsular ve rezervuarlar için yapılan hidrodinamik çalışmalar, bilgisayar teknolojileri ile hız kazanmıştır. Böylece akarsular ve nehirler hakkında su kalitesi modelleri geliştirilmiştir. Bu modellemelerde matematiksel, istatistiksel ve yapay sinir ağları (YSA) gibi metotlarla da analizler yapılabilmektedir.

Bu çalışmada yapay sinir ağları modelinden yararlanılmış, su kalitesi ölçümlerinden elde edilen veriler tahmin edilmiştir. Yapay sinir ağları, en yalın ifade ile insan beyniyle çalışan sinir sistemi baz alınarak tasarlanmış bir modeldir.

Tez çalışmasında Batı Karadeniz Havzası'nın en büyük alt havzası olan Filyos Çayı alt havzasında nehir üzerinde belirlenen beş gözlem istasyonundan otuz gün aralıklarla bir yıllık sürede yüzeysel su kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada su kalitesi parametrelerinden, Askıda Katı Madde (AKM), Bulanıklık, Demir (Fe^{+3}) ve Krom (Cr^{+3}) parametreleri nehirden alınan numunelerin laboratuvar analizleri sonucunda elde edilmiş ve Debi değerleri ise Devlet Su İşleri'nden (DSİ) alınmıştır. Daha sonra AKM parametresinin tahmini, Demir, Krom, Bulanıklık ve Debi parametrelerine bağlı olarak YSA yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER VE KURAMSAL KAVRAMLAR

2.1 GENEL BİLGİLER

2.1.1 Su

Su katı, sıvı ve gaz olmak üzere doğada üç formda bulunabilir ve canlılar için hayati önemi vardır. Su, tatsız, renksiz ve kokusuz sıvı halindedir. Yüzey gerilimi en yüksek olan sıvı olması nedeniyle su, bu özelliği ile diğer tüm sıvılardan ayrılır. (Kajiy et al. 2016). Bunun yanı sıra su, buharlaşma ısısı en yüksek olan sıvıdır, böylece kolayca buharlaşarak kaybolmaz.

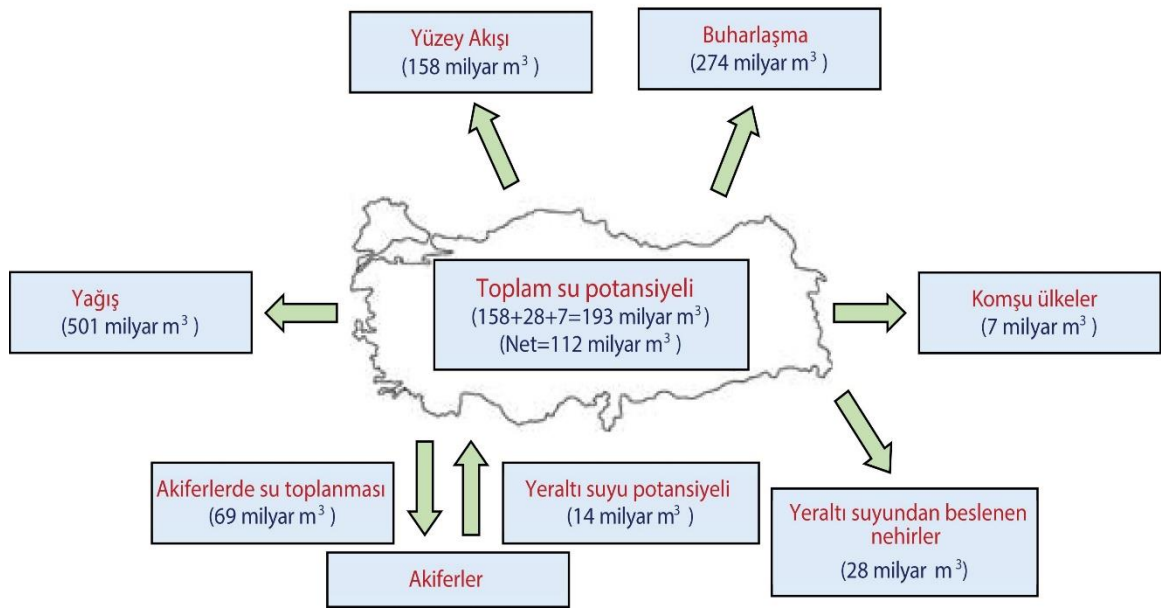
Dünya yüzeyinin 3/4'ü su ile kaplıdır ve toplam suyun %97.6'si denizler ve okyanusları oluştururken, %2.4'ü ise yeraltı su kaynakları olarak karalarda depolanmıştır. Güneşten gelen ısının %23'ü yeryüzünde bulunan sular tarafından tutulur. Bu sayede buharlaşma ve su buharı ihtiva eden hava kütleleri ısınarak enerji döngüsü içerisinde hareket ederler, iklimler oluşur ve böylece dünya canlılar için yaşanabilir bir ortam halini alır (URL-1).

Su yeryüzünde devamlı bir dolaşım halinde bulunur. Bu dolaşıma biz Hidrolojik döngü adını veriyoruz. Bu dolaşım bize suyun yenilenebilen bir kaynak olduğunu göstermektedir. Bu dolaşım sayesinde yer altı ve yer üstü su kaynakları beslenir. Dünyadaki tüm canlıların yaşamsal ihtiyacı olan su, bu dolaşım sayesinde karşılanır.

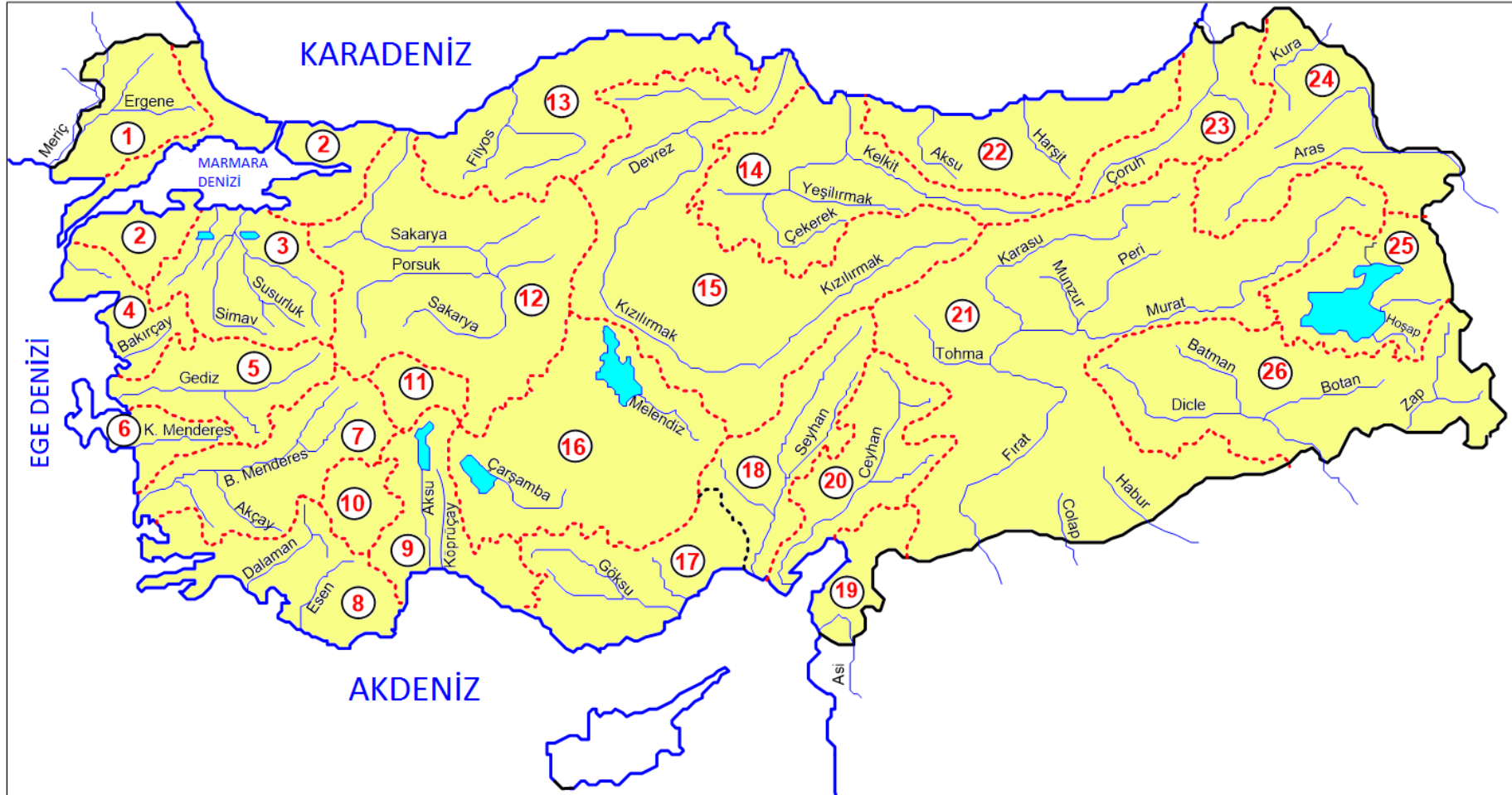
2.1.2 Ülkemiz Açısından Su Kaynakları

Ülkemiz su kaynakları, ilgili devlet kurumları aracılığıyla 26 farklı drenaj havzasında, su kaynaklarının yerlerinin tespit edilmesi, kullanıma açılması ve geliştirilmesi amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir. Bu drenaj havzaları Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Alınan verilere göre, Türkiye'deki ortalama yağış yaklaşık 643 mm 'dir. Toplam suyun 274 milyar m³'ü buharlaşma yoluyla atmosfere geri döner, su rezervinin 69 milyar m³'ü yer altı su kaynaklarını besler ve 158 milyar m³ lük kısmı ise akarsu ve derelerle denizlere veya göllere boşalır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³ lük kaynağın 28 milyar m³ ü yeryüzüne çıkararak yüzeydeki kaynakları besler. Komşu ülkelerden nehirler vasıtası ile 7 milyar m³ su, ülkemizin toplam 193 milyar m³ brüt yerüstü potansiyeline katkı sağlamaktadır. Toplam 41 milyar m³'lük yeraltı suyu dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.1) (URL-1, Özölçer 2017).



Şekil 2.1 Türkiye su potansiyeli (Özölçer 2017).



Şekil 2.2 Türkiye’de su kaynakları incelemelerinden tespit edilen 26 adet hidrolojik havzalar haritası (Özölçer 2017).

2.2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.2.1 Askıda Katı Madde Belirlenmesine Yönelik Çalışmalar

Bakan vd. (2000) tarafından, Samsun ili Mert Irmağı'nda, 10 değişik noktadan, yüzey sediman ve su örnekleri alınmıştır. Bridge-Ekman grab sediman örnekleycisi ile toplanan sediman örneklerinde, yaş analiz olarak su miktarı, organik madde, porozite yüzdeleri ve pH ölçümleri yapılmıştır. Öte yanda, sediman örnekleme noktalarına paralel olarak alınan su örneklerinde ise BO^-I_5 , KO^-I , TAM, TC, M, T ($^{\circ}C$), pH, toplam fosfor TKN, NH_3-N , NO_2-N , NO_3-N ve Organik-N ölçümleri yapılmıştır.

Taşdemir vd. (2001) tarafından, Asi Nehri'nde 1996 Eylül-1997 Ağustos tarihleri arasında aylık dönemlerde 12 örnekleme yapmış, su kalite parametrelerinden çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, $KO\dot{I}$, amonyak azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, fosfat, askıda katı madde, toplam sertlik, silis analizleri gerçekleştirmişlerdir.

Odabaşı (2005) tarafından, Çanakkale İli yüzeysel su kaynaklarından Sarıçay akarsuyunda seçilen üç istasyonda Mayıs 2002 - Eylül 2003'ü içeren 16 aylık sürede, aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, t, tuzluluk, NO_2^-N , NO_3^-N , NH_4^+N , $PO_4^{3-}P$, organik PO_4^{3-} , SiO_2 , Ca^{+2} , Mg^{+2} , toplam Fe, Ni^{+2} , Zn^{+2} ve Cu^{+2} parametreleri incelenmiştir.

Tepe vd. (2006) tarafından, Hasan Çayı'nın 2003 Mayıs ayından itibaren 1 boyunca yıl 30 gün süre ile su kalitesi parametrelerinden; pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, kimyasal oksijen ihtiyacı ($KO\dot{I}$), toplam alkalinite ve sertlik, amonyak, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat, sülfat, klor, potasyum, sodyum, silisyum ve askıda katı madde (AKM) değerleri incelenmiştir.

Süzal vd. (2008) tarafından, Gediz Nehri'nin en düşük ve en yüksek debi değerine sahip olduğu dönemleri kapsayan 2004-2005 yıllarında (mevsimsel olarak) yapılan körfez seferleri ile Gediz Nehri'nin ağzındaki askıda katı madde değerleri kıyaslanmıştır.

Yılmaz vd. (2009) tarafından, Batı Karadeniz Havzasında Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen 6 adet yüzey suyu kalitesi gözlem istasyonuna ait 14 tane parametre (debi, su sıcaklığı, pH, EC ($\times 10^6$), Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , CO_3^{--} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{--} , bor, sertlik)

incelenerek bu istasyonlara ait su kalitesi parametrelerinin değişimi parametrik olmayan yöntemlerle incelenmiş, bu bölgedeki yüzey sularındaki kirlilik düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır.

Oğuz vd. (2010) tarafından, Tokat Uğrak Havzasında 1997-2001 yıllarında ölçölmüş akım değerleri, MIKE 11 NAM adlı hidrolojik model yardımıyla simöle edilen akım değerleri ile karşılaştırılmıştır. Modelde hassasiyet çalışması 14 parametreyle yapılmış ve model parametrelerinden akıma en hassas parametre belirlenmiştir. Ayrıca, EI (Efficiency Index) ve RMSE (Root Mean Square Error) indeksi ile model başarısı değerlendirilmiştir.

Terzi vd (2012) tarafından, Kızılırmak Nehri'nin katı madde miktarını tahmin etmek için yapay sinir ağları yöntemi ile modeller geliştirmek amacıyla yapılmıştır. 1501 no.lu istasyonun katı madde miktarını tahmin etmek için aynı istasyonun akım değerleri kullanılarak Yapay Sinir Ağları yöntemi ile modeller geliştirilmiştir. Sonuç olarak Yapay Sinir Ağları yönteminin katı madde tahmini için uygun olabileceğine ve ölçüm yapılamayan zamanlarda veya verilerin kaybolması durumlarında Yapay Sinir Ağları yönteminin çözüm olabileceği kanısına varılmıştır.

Sönmez vd. (2012) tarafından, Karasu Irmağı'ndan 1 yıl boyunca, seçilen 5 istasyondan alınan su numuneleri içeriğinde bulunan Bakır (Cu), Çinko (Zn), Mangan (Mn), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd) ve Demir (Fe) parametreleri incelenmiştir.

Yıldız (2013) tarafından, Gelevera Deresi'nin, Haziran 2012 – Mayıs 2013 tarihleri arasında, 1 yıl süresince belirlenen 3 istasyondan aylık olarak alınan su numuneleri toplanmıştır. 24 adet su kalite parametresi (çözönmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, toplam çözönmüş madde (TDS), iletkenlik, klorofil-a, oksidasyon indirgeme potansiyeli (ORP), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅), toplam alkalinite, toplam sertlik, toplam amonyak nitrojeni (TAN), amonyak, nitrit, nitrat, sülfid, sülfat, sodyum, potasyum, turbidite, klorür, toplam fosfor, çözönebilir reaktif fosfat (SRP), askıda katı madde (AKM)), sediment örneklerinden ise pH, sediment su yüzdesi ve yüzde yanabilir organik madde tayinleri yapılmış, derenin kirlilik durumu belirlenmiştir.

Mutlu vd. (2013) tarafından, Sivas ili Horohon Deresi'nden Kasım 2011 tarihinde başlayıp bir yıl süresince otuz gün aralıklarla alınan su örneklerinde, su kalitesi parametrelerinden;

çözünmüş oksijen (ÇO), tuzluluk, pH, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik (ei), askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), toplam alkalinite, toplam sertlik, toplam amonyak azotu, nitrit, nitrat, amonyak, fosfat, sülfat, sülfid, serbest klor, sodyum, mag-nezyum, kalsiyum, kurşun, bakır ve kadmiyum analizleri yapılmıştır.

Şen vd. (2015) tarafından, Iğdır ili Bulakbaşı Nehri'nde belirlenen 4 noktadan yerinde ve laboratuvarında analizleri gerçekleştirilen çalışmada, sıcaklık, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, klor, kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, karbonat, bikarbonat, toplam alkalinitide, nitrat, nitrit, amonyum, amonyak, fosfor, sülfat, potasyum, bakır, alüminyum, toplam demir, çinko, krom, mangan ve siyanür parametrelerine ait su örnekleri aylık olarak alınarak analiz edilmiştir.

Serdar (2015), Türkiye'nin 26 farklı hidrolojik su havzası içerisinde Fırat ve Dicle havzalarından sonra 3. sırada önemli olan Doğu Karadeniz havzasına ait Ordu ilinden Artvin'e kadar seçilmiş akarsuların nehir ağızları üzerinde belirlenen örnekleme noktalarında, fiziko-kimyasal su kalitesi mevsimsel olarak belirlenmiştir. Geniş bir araştırma alanını kapsayan bu çalışmada, örnekleme mevsimsel ölçekte gerçekleştirilmiş olup incelenen su kalite parametreleri sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, askıda katı madde, toplam sertlik, bulanıklık, permanganat indeksi, sülfat, nitrit, nitrat, amonyum, o-fosfat, silikat, klorofil-a, toplam azot ve toplam fosfor'dur.

Çeribaşı vd (2016) tarafından, Esnek Yöntemler kullanılarak Aşağı Sakarya Nehrindeki Askıda katı Miktarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada Botbaşı ve Adatepe Sediment Gözlem İstasyonlarına ait ölçümler aylık su debileri ile aylık askı maddesi miktarları arasındaki ilişkinin kurulması için kullanılmıştır. YSA, Mamdani-BM, Sugeno-BM ve ASBS esnek yöntemleri ile Aşağı Sakarya Nehrideki su debisi ve askı maddesi miktarı arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda Esnek Yöntemler arasında ASBS'nin gerçeğe en yakın değerleri verdiği saptanmıştır. ASBS'nin diğer metotlara göre kurulumunun kolay olması ve zaman almaması diğer avantajlarından. Çalışmada bir girdiye karşı bir girdi çıktı alınmasına rağmen ASBS'nin problemi iyi bir şekilde analiz ettiğinin gözlemlenmesi ve sonuçlar vermesinden dolayı Hidroloji de başka alanlara uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Yılmaz (2016) tarafından, Çoruh Nehri Havzası üzerinde bulunan Altınsu, İnanlı ve Karşıköy istasyonlarında, askıda katı madde tahmini konusunda birçok yöntemden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Yapay Sinir Ağları ile oluşturulan yöntemlerin yanı sıra çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri modelinin de askıda katı madde yükü tahmininde başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Bayram vd. (2017), Çoruh Havzasında yüzeysel su kalitesini belirlemek ve gözlemek amacıyla, toplam nitrojen, toplam fosfor, kimyasal oksijen ihtiyacı ve klorofil-a parametreleri ölçülmüştür. Yerinde ölçümler ve yüzeysel su numuneleri alma çalışmaları, Murgul Çayı ve Borçka baraj gölünde bir yıl boyunca aylık olarak yapılmıştır.

Aksoy vd. (2018), Batı Karadeniz Havzası'nda bulunan Filyos Nehri'nde ana kol boyunca seçilen 5 adet gözlem istasyonunda bir yıllık dönemde 30 gün aralıklar ile sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, bulanıklık, toplam organik karbon, amonyum, kalsiyum, magnezyum, sertlik, fosfat, nitrit, nitrat, alüminyum, mangan, demir, krom, kurşun ve çinko parametreleri incelenmiş, mevsimsel değişikliğin Filyos Çayı su kalitesine etkisinin yapay sinir ağı modeli kullanarak belirlenmiştir.



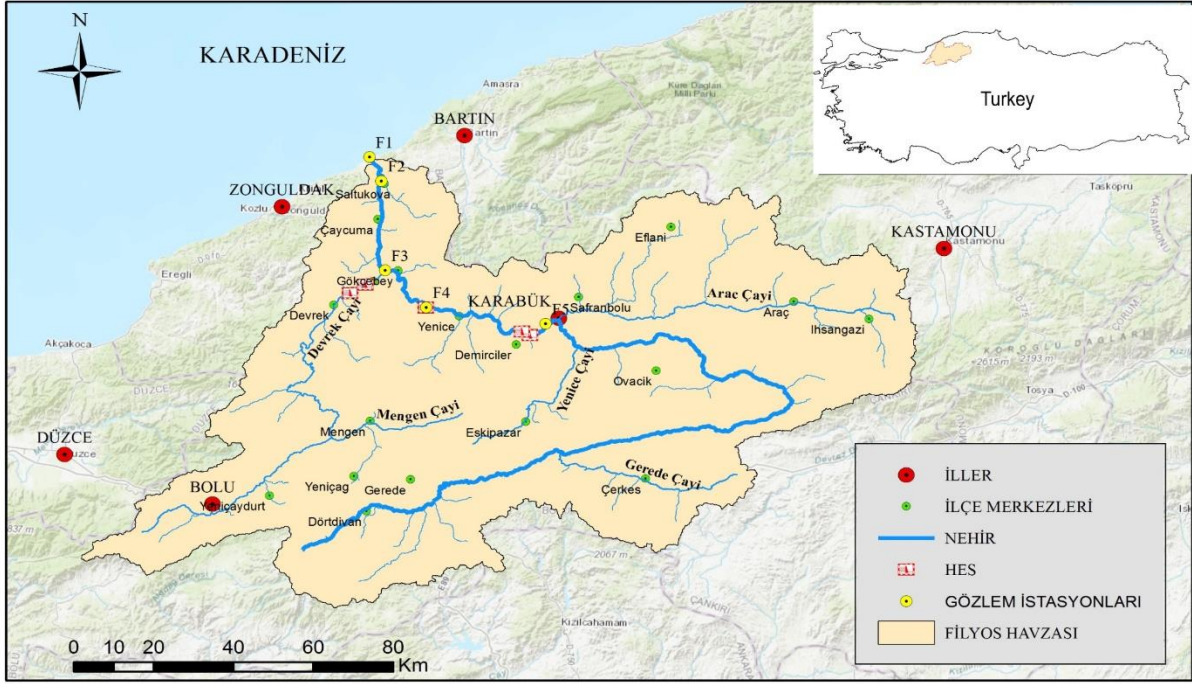
BÖLÜM 3

ÇALIŞMA ALANI

3.1 FİLYOS ÇAYI

Filyos Nehri farklı doğrultularda akan ve farklı adlardaki akarsuların birleşmesiyle oluşan 228 km uzunluğuna sahip bir nehirdir. Kendisi ve kolları çeşitli kesimlerde farklı isimler ile anılır. Filyos adı her ne kadar akarsuyun tamamına verilen bir isim olsa da genel olarak akarsuyun denize yakın kısımları için kullanılır. Akarsuyun en önemli kolu Soğanlı Çayı'dır. Güneybatı-kuzeydoğu doğrultusundaki akarsu, çığırının ilk bölümlerinde Gerede Çayı adıyla bilinir. İsmet paşa tren istasyonu yakınlarında Çerkeş Suyuyla birleşerek Soğanlı Çayı adını alır. Yenice ilçesinde akarsu, Yenice Irmağı adıyla bilinir. Demiryolu hattı üzerindeki Tefen (bugünkü Gökçebey) İstasyonu yakınlarında güneybatıdan gelen Devrek Çayıyla birleşen akarsu (su çatı), güney-kuzey doğrultusunda yemyeşil bir alanda akmaya başlar. Filyos Çayı, Hisar önü (eskiden Filyos) bucak merkezinin hemen doğusundaki Filyosağzı'nda Karadeniz'e boşalır (Şekil 3.1).

Ormanlık ve yağışı yeterli yörelerden geçen Filyos Çayı'nda su miktarının kış ve ilkbahar aylarında artıp yaz sonuna doğru azaldığı gözlemlenmiştir. Nehrin bulunduğu vadinin tabanı kil ve kum tabakalarıyla kaplıdır. Filyos Çayı Vadisi'nin en geniş bölümü Çaycuma ve çevresindeki düzlüktür (URL-2).



Şekil 3.1 İnceleme alanı haritası (Aksoy 2018).

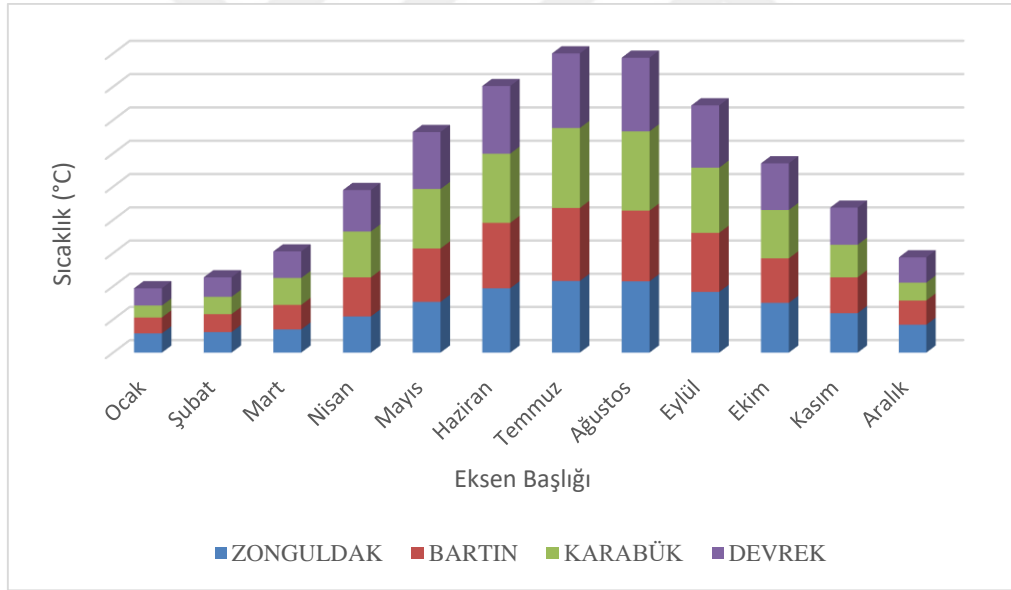
Filyos beldesinin bulunduğu alanda eski kentten toprak üstü kalıntı olarak; Roma, Bizans ve orta çağ dönemlerine tarihlenen Kale, sahil surları, su kemeri, tonozlu galeri, tiyatro, savunma kulesi ve çeşitli mezarlar görülebilmektedir. Kale içinde, M.Ö.4. yüzyıla ait yapılar ve çanak çömlek çeşidinin bol olması, yapılan ticaretin zenginliğini göstermektedir. Sahil surunun güneyindeki tarlalarda yapılan radar ölçümlerinde eski kentin yapıları tespit edilmiştir. Buradaki sondajlarda, Roma-Bizans dönemine ait yapı kalıntıları, Roma dönemi sikkeleri ve çanak-çömlek parçaları ortaya çıkarılmıştır. Su kemerinin hemen yakınında ise; anıtsal bir meydan çeşmesi olması muhtemel bir yapı bulunmuştur. Tiyatroda yapılan temizlik çalışmalarında; mermer iki heykel parçasına rastlanmıştır. Ayrıca bir uzman grubu tarafından, ortaya çıkan tüm küçük ve büyük buluntuların yapı kalıntılarının çizimleri yapılmaktadır. Tios Kentinin araştırılması ve kazılması, Karadeniz tarihi ve arkeolojisi için büyük önem taşımaktadır. Çünkü Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında kazılan ilk ve tek antik kentidir. Buradan elde edilecek bilgi ve belgeler büyük önem taşımakta olup, toprağın hemen altında yolları, meydanı, hamamı, dini yapıları, evleri depoları, dükkanları, mezarlarıyla büyük bir kentin varlığı düşünülmektedir.

Filyos Çayı sahanın ana akarsuyudur. Karabük ilinden denize döküldüğü yer olan Karadeniz'e kadar uzanan kısmı yaklaşık 100 km civarındadır. Değişik uzunluklara sahip birçok kolu mevcuttur. En uzun kolu olan Devrek Çayı yaklaşık 20 km uzunluğundadır.

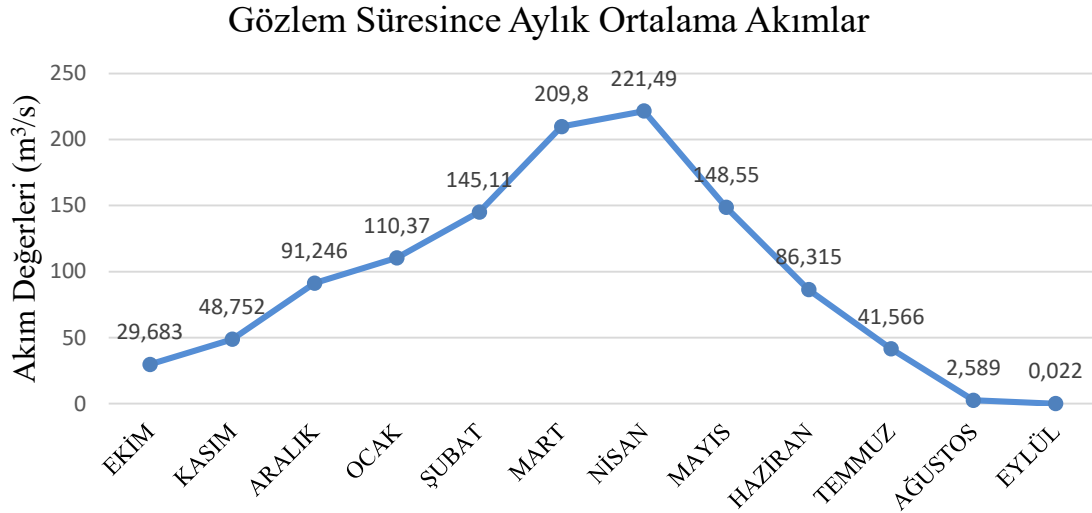
İklim özelliklerinin dikkate alındığında Zonguldak, Bartın, Devrek ve Karabük meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama sıcaklıkları, Zonguldak 13.4°C, Bartın 13.1°C, Devrek 13.8°C ve Karabük 13.9°C şeklinde DSİ tarafından belirlenmiştir (Şekil 3.2). Temmuz ayı ortalama sıcaklıkları Zonguldak 21.6°C, Bartın 22.0°C, Devrek 22.4°C ve Karabük 24.0°C iken Ocak ayı ortalama sıcaklıkları ise Zonguldak 5.8°C, Bartın 4.8°C, Devrek 5.2°C ve Karabük 3.6°C olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 3.1) (DSİ 2017).

Çizelge 3.1 İnceleme sahası yıllık sıcaklık değişim değerleri (DSİ 2017).

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	Ek	K	A	Yıllık
Zonguldak	5,8	6,2	7,0	10,9	15,3	19,4	21,6	21,5	18,3	15,0	11,9	8,4	13,4
Bartın	4,8	5,4	7,4	11,8	16,1	19,7	22,0	21,3	17,8	13,4	10,8	7,3	13,1
Karabük	3,6	5,2	8,1	13,8	17,9	20,8	24,0	23,8	19,6	14,6	9,8	5,4	13,9
Devrek	5,2	5,9	8,0	12,5	17,1	20,3	22,4	22,1	18,7	14,0	11,2	7,6	13,8



Şekil 3.2 İnceleme sahası sıcaklık değerlerinin değişimi (DSİ 2017).



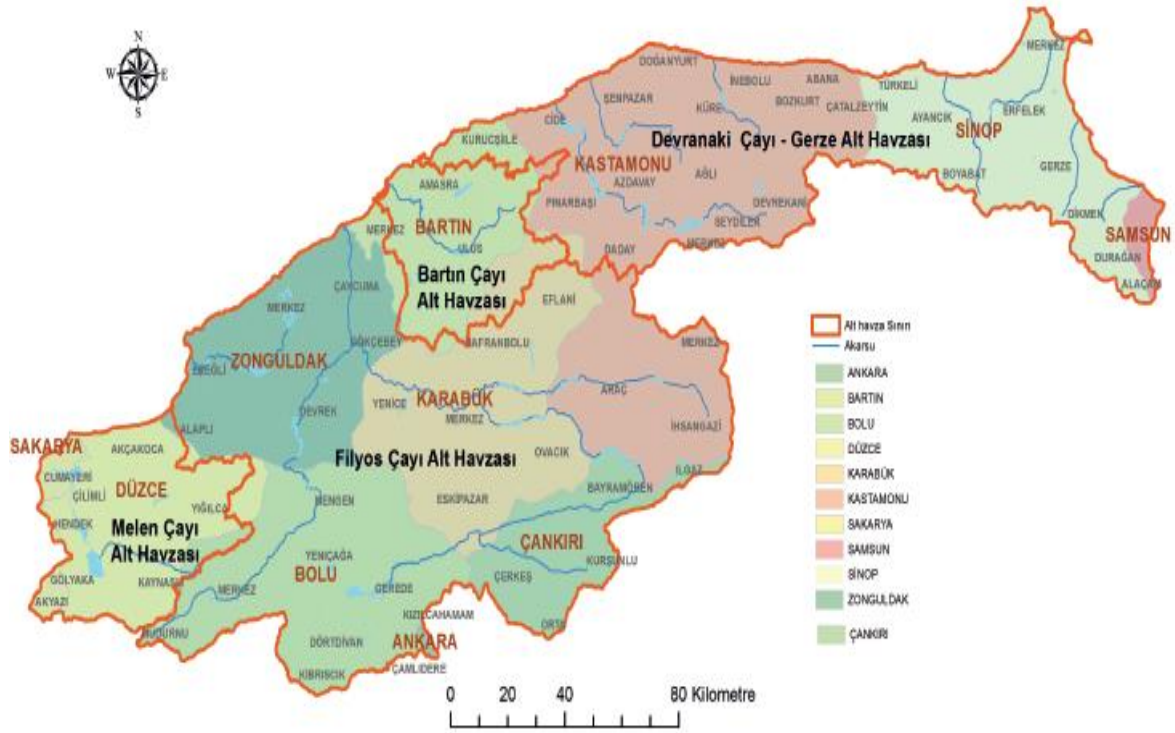
Şekil 3.3 Çaycuma aylık ortalama debileri (DSİ 2017).

Filyos Çayı'nı asıl besleyen kolun Yenice Çayı olduğu gözlemlenmektedir. Yağışın mevsimsel dağılımın incelediğimizde, en fazla yağışın kış mevsiminde yağdığı kaynaklarda belirtilmiştir (Şekil 3.3). Kış mevsimindeki yağış oranları Zonguldak'ta %32,1, Devrek'te %31,1, Karabük'te ise %30,9, Bartın'da %34,6'dır.

Bölgenin bitki örtüsü genellikle ormandır. Türkiye doğal bitki örtüsü haritasında farklı bitki bölgeleri belirlemiştir. Bu tanımlamaya göre, inceleme sahasında yükseltinin 500 metrenin altında olduğu yerler kıyı kesimlerinde kuru orman bölgesi (Akdeniz formasyonu) ile iç kesimlerinde nemli orman bölgesi olarak ayırt edilmiştir. 500-1000 metreler arasında kuzeye bakan yüzeylerde ılıman nemli orman bölgesi, güneye bakan yüzlerde ise ılıman kuru orman bölgesi yer almaktadır. 1000 metrenin üzerinde ise, kışları sert geçen nemli orman bölgesi bulunmaktadır (Çizelge 3.3).

3.2 BATI KARADENİZ HAVZASI ALT HAVZALARI

Türkiye hidrolojik olarak 26 havzaya ayrılmaktadır ve Batı Karadeniz Havzası, Hidrolojik havzaların 13. sü konumundadır. Havza, Melen Alt Havzası, Filyos Çayı Alt Havzası, Devrekâni Çayı-Gerze Alt Havzası ve Bartın Çayı Alt Havzası şeklinde 4 alt havzaya bölünmüştür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Batı Karadeniz Havzası alt havzaları (URL-4).

Filyos Çayı Alt Havzası alan dağılımı olarak %50,7 ile en büyük alt havza konumundadır. Nüfus dağılımı olarak % 55,27 ile havzanın yarısını kaplamaktadır. Filyos Çayı Alt Havzası'nda toplam 55 belediye bulunmaktadır. 2011 yılı itibariyle belediye nüfus toplamı TÜİK tarafından 1036940 kişi olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.2'de DSİ tarafından Filyos Çayı üzerinde işletilmekte olan akım gözlem istasyonları (AGİ) ve Çizelge 3.4'te ise nehir üzerinde yer alan HES'ler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Çizelge 3.2 Filyos Çayı üzerindeki DSİ tarafından işletilen akım gözlem istasyonları (DSİ 2017).

İstasyon No	İstasyon Adı	Akarsu	Yağış Alanı (km ²)	Açılış Tarihi	Koordinatlar
E13A035	Derecikviran	Filyos Çayı	13300,4	01.05.1963	41:25:36K 32:5:15D
E13A051	Devrek	Devrek Çayı	2966,4	01.10.1998	41:13:26K 31:57:24D
E13A036	Yenice	Yenice Çayı	8966	01.03.1978	41:12:6K 32:19:24D
D13A063	Soğanlı	Soğanlı Çayı	5086,8	04.08.2000	41:7:52K 32:40:43D

Çizelge 3.3 Filyos Çayı Havzasında arazi kullanımını (URL-5).

Alan	Yapay Alanlar	Tarımsal Alanlar	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Sulak Alanlar	Su Yüzeyleri
Ha	24611	431827	1000716	396	5516
%	1,68	29,50	68,35	0,03	0,38

Çizelge 3.4 Filyos Çayı üzerindeki HES'ler ve aşamaları (DSİ 2017).

HES Adı	Kurum	Aşaması	Akarsu Adı	Alt Havza Adı
Tefen HES	Özel (Yap İşlet)	İşletmede	Filyos	Filyos Çayı Alt Havzası
Çayaltı Regülatörü ve HES	Özel (Yap İşlet)	İşletmede	Filyos/Devrek Çayı	Devrekani Çayı-Gerze Alt Havzası
Eren HES	Özel (Yap İşlet)	İşletmede	Filyos	Filyos Çayı Alt Havzası
Yalnızca HES	Özel (Yap İşlet)	İşletmede	Filyos	Filyos Çayı Alt Havzası
Pirinçlik HES	Özel (Yap İşlet)	İşletmede	Filyos/Soğanlı Çayı	Filyos Çayı Alt Havzası
Eren Regülatörü ve HES	Özel (Yap İşlet)	İşletmede	Filyos Çayı	Filyos Çayı Alt Havzası
Samatlar HES	Özel (Yap İşlet)	İşletmede	Filyos/Araç Çayı	Filyos Çayı Alt Havzası
Zala HES	Özel (Yap İşlet)	İşletmede	Filyos/araç Çayı	Filyos Çayı Alt Havzası
Kuzkaya HES	Özel (Yap İşlet)	İnşa Halinde	Filyos/Araç Çayı	Filyos Çayı Alt Havzası

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOD

4.1 SU KALİTESİ ÖLÇÜMLERİ

Akarsu üzerinde ölçüm ve gözlemler yapmak uzun süreli veri toplanmasına bağlıdır. Uzun periyotta veri toplamak, o akarsudan nasıl ve ne şekilde yararlanılacağı hakkında daha kesin bilgi sahibi olmamıza yarar. Filyos Çayı Alt Havzasında yapılan yüzeysel su kalitesine yönelik bu çalışmanın güncel bir çalışma olarak organize edilmesi düşünülmüştür.

4.1.1 İncelenen Su Kalite Parametreleri

Filyos Çayı üzerinde su kalitesinin incelenmesine yönelik yürütülen çalışma kapsamında: Bulanıklık (T), Askıda Katı Madde (AKM), Demir (Fe^{+3}), Krom (Cr^{+3}) ve Debi parametreleri incelenmiş ve bu parametrelerin açıklaması aşağıda sunulmuştur.

4.1.1.1 Askıda Katı Madde

Nehirlerde oluşan akarsu havzasından kaynaklı erozyonlardan dolayı suya karışan katı maddeler akarsu boyunca taşınır. Eğimin veya nehir akışının azaldığı bölgelerde taşınan katı maddeler dibe çöker ve böylece yığılmalar meydana gelir. Akarsuyun doğal yapısı bozulur ve bununla birlikte suyun kalitesi değişir (Bayram 2011).

4.1.1.2 Bulanıklık

Su içerisinde bulunan organik ve inorganik maddelerden dolayı bulanıklık oluşur. Bulanıklık suda yansımaya neden olduğundan güneş ışınlarının nehir tabanlarında bulunan bitkilere ve organizmalara ulaşmasını engeller. Dolayısıyla ekosisteme olumsuz etkisi vardır. Su içerisindeki bulanıklık göz önüne alındığında sanayide kullanılacak suda demir ve mangan

bileşiklerinin bulunmaması önemle istenmektedir (Bayram 2011). EPA ve dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından 1 NTU (bulanıklık birimi)'yu geçmemesi önerilmektedir. Bulanıklık, genellikle nefelometrik teknikle ölçülür. Cihazda bir ışık kaynağı numuneyi aydınlatır ve dik açılarla yansıtılan ışığın yoğunluğu ölçülerek bulanıklık tayini yapılır. Bulanıklık verisi içme ve kullanma sularında oldukça yaygın olarak kullanılır. Evsel ve endüstriyel atık sularda daha hızlı sonuç elde etmek için Askıda Katı Madde (AKM) yerine kullanılabilir.

4.1.1.3 Demir

İçme ve kullanma sularında 0.300 mg/L'den fazla demir bulunması suyun tadının bozulmasına neden olur. Suda yaşayan diğer canlılar için de içerisinde 1 mg/L'den fazla demir bulunan sular zararlı etki yapar (Yalçın ve Gürü 2002). SKKY'de, Kıta içi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması bahsinde I. sınıf sudaki demir için müsaade edilen değer 0.300 mg/L'dir. İçme ve kullanma sularında demir sınır değeri 0.200 mg/L'dir (İTASHY 2005, TS 266, 2005). WHO (2004) tarafından içme suyundaki demir için önerilen bir değer bulunmamaktadır.

4.1.1.4 Krom

Doğal sularda (+3) değerlikli halde bulunan Krom, pH<4 olduğu zaman kararlı haldedir. Yüksek pH değerinde ise hidroliz olur. Krom(+6) ancak endüstri atık suları ile suya karışabilir ve çok yükseltgen bir maddedir (Yalçın ve Gürü 2002). Kromun fazlası insan sağlığına olumsuz etki yapar. SKKY'de, Kıta içi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması bahsinde I. sınıf sudaki toplam krom için müsaade edilen değer 0.020 mg/L'dir. İçme ve kullanma sularında toplam krom sınır değeri 0.050 mg/L'dir (Yalçın ve Gürü 2002, WHO 2004, İTASHY 2005, TS 266, 2005).

4.1.1.5 Debi

Debi, bir akarsuyun herhangi bir kesiminden birim zamanda geçen su miktarıdır. Akarsuyun katı madde taşıma gücü, akım hızının azaldığı (debinin azaldığı) yerlerde azalacaktır ve böylece katı madde o bölgelerde yığılacaktır. Akım içine yerleştirilen köprü ayağı, köprü kenar ayağı ve mahmuzlar gibi yapıların bulunduğu daraltılmış kesitlerde türbülans şiddetinin artması ile

katı madde taşınımı ve bu ikisinin karşılıklı etkileşimi sonucunda, akarsuyun yerel katı madde taşıma kapasitesi artar, bunun sonucunda da yerel oyulma başlamış olur (İMO 2004).

4.2 GÖZLEM YAPILAN İSTASYONLAR VE LOKASYONLARI

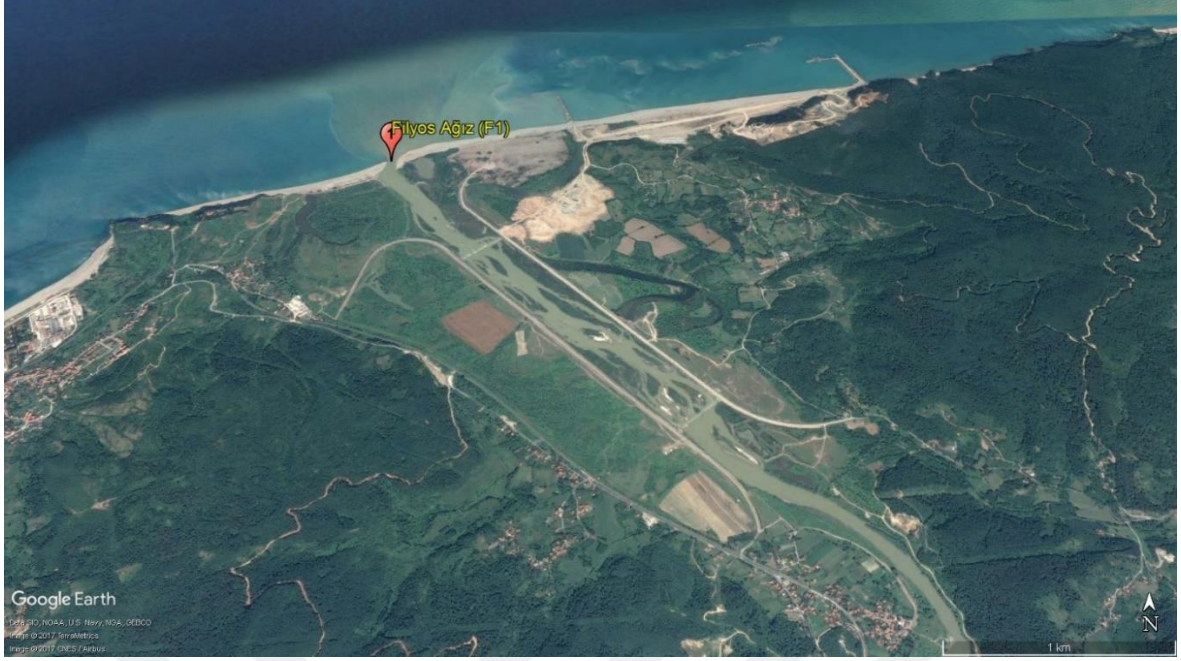
Filyos Çayı üzerinde, laboratuvarında analiz edilmek üzere toplam 5 istasyonda su numuneleri alınmıştır. Bu istasyonlar, DSİ'nin su kalite ölçümü yaptığı noktalarda göz önüne alınarak, Filyos Çayı ana kolu boyunca Filyos Ağız (F1), Saltukova Köprü (F2), Tefen HES (F4), Devrek Çayı üzerinde Çaydeğirmeni Köprü (F3) ve Yenice Irmağı üzerinde TOKİ Köprü (Karabük) (F5) olarak belirlenmiştir. İstasyonların lokasyonlarını gösteren havza haritası, Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 Gözlem istasyonlarının uydu görüntüsü (URL-3).

4.2.1 F1 İstasyonu

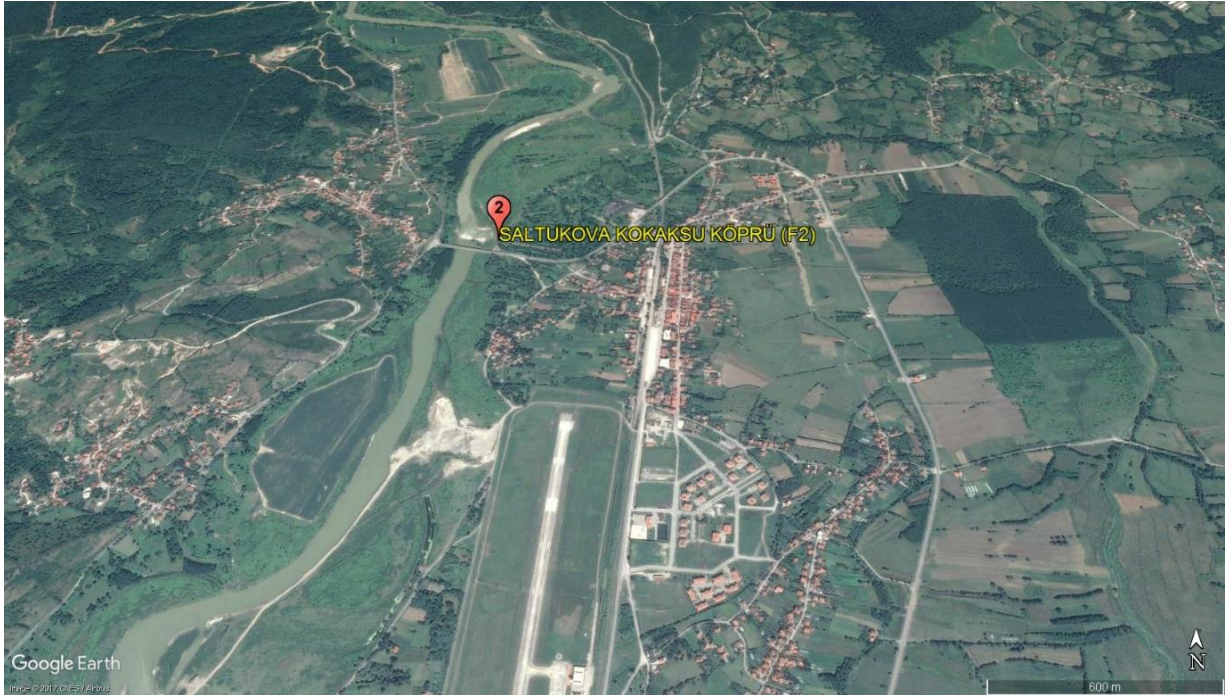
Filyos Çayı'nın Karadeniz'e dökülen yerinde bulunan ilk istasyondur (Şekil 4.2). İstasyon, 41°34'45.91"K - 32° 2'55.88"D koordinatlarında ve 11 m kotundadır.



Şekil 4.2 F1 istasyonu (Filyos Ağız) uydu görüntüsü (URL-3).

4.2.2 F2 İstasyonu

Saltukova beldesinden adını alan yer, 56 m kotunda ve $41^{\circ}31'20.68''K$ - $32^{\circ} 5'11.09''D$ koordinatlarındadır (Şekil 4.3, 4.4).



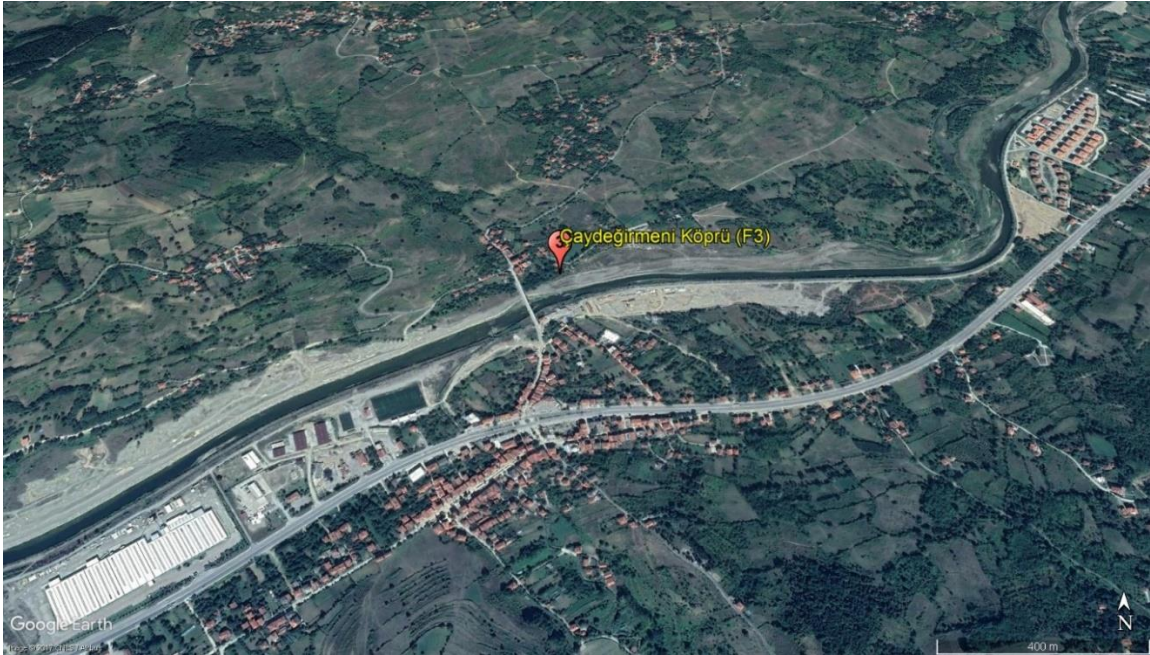
Şekil 4.3 F2 istasyonu (Saltukova Köprü) uydu görüntüsü (URL-3).



Şekil 4.4 F2 istasyonu (Saltukova Köprü).

4.2.3 F3 İstasyonu

59 m kotunda ve $41^{\circ}17'2.83''K$ - $32^{\circ}4'9.88''D$ koordinatlarında olan istasyon, Çaycuma-Devrek yolu üzerindedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 F3 istasyonu (Çaydeğirmeni Köprü) uydu görüntüsü (URL-3).

4.2.4 F4 İstasyonu

Tefen HES'in üzerinde bulunduğu istasyon, 98 m kotunda ve $41^{\circ}13'14.00''K$ - $32^{\circ}13'31.00''D$ koordinatlarındadır (Şekil 4.6, 4.7).



Şekil 4.6 F4 istasyonu (Tefen HES) uydu görüntüsü (URL-3).



Şekil 4.7 F4 istasyonu (Tefen HES).

4.2.5 F5 İstasyonu

Bu istasyon 301 m kotunda ve $41^{\circ}11'9.21''K$ - $32^{\circ}35'25.83''D$ koordinatlarında Zonguldak – Karabük karayolunun (D030) üzerindedir. (Şekil 4.8, 4.9).



Şekil 4.8 F5 istasyonu (Karabük TOKİ) uydu görüntüsü (URL-3).



Şekil 4.9 F5 istasyonu (Karabük TOKİ).

4.3 SU KALİTE PARAMETRELERİ VE ANALİZ PRENSİPLERİ

Yüzeysel ham su örnekleme çalışmalarına, Eylül 2015-Ağustos 2016 tarihleri arasında bir yıl boyunca, otuz günde bir defa olmak üzere yapılmıştır. Çalışmaların gerçekleştirildiği tarihler aşağıda çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışmanın gerçekleştirildiği dönem.

Mevsimler	Aylar	Numune Tarihleri
Sonbahar	Eylül	08.09.2015
	Ekim	07.10.2015
	Kasım	16.11.2015
	Aralık	09.12.2015
Kış	Ocak	13.01.2016
	Şubat	01.02.2016
	Mart	07.03.2016
İlkbahar	Nisan	28.04.2016
	Mayıs	30.05.2016
	Haziran	30.06.2016
Yaz	Temmuz	30.07.2016
	Ağustos	30.08.2016

4.3.1 Filyos Çayı’nda Su Numunelerinin Alınması ve Muhafazası

Standart yöntemlere uygun olarak su numunelerinin 1000 ml hacimli polietilen tetraftalat (PET) numune kaplarına alınarak laboratuvara ulaştırıldı (Şekil 4.10). Numune alımı esnasında, numune kapları akarsuyun suyu ile çalkalanarak, üzerinde boşluk kalmayacak şekilde dolduruldu. 6 saat içinde laboratuvara getirdiğimiz su numunelerinin sıcaklıklarının +4 °C’yi koruduğu gözlemlendi.



Şekil 4.10 Su numunelerinin alınmasında ve naklinde kullanılan numune kapları nitrat ve cam yünü filtreler.

4.3.2 Analizleri Laboratuvarda Gerçekleştirilen Su Kalite Parametreleri ve Analiz Prensipleri

4.3.2.1 Askıda Katı Madde (AKM) Tayini

Askıda katı madde, ölçüm için öncelikle filtre, süzme setine yerleştirilip, aynı anda vakum uygulanarak filtre 3 kez 20 şer ml distile suyla yıkandı. Filtrede hiç su kalmayınca kadar bu işleme devam edildi. Kullanılan filtre etüvde 103-105°C’de bir saat kurutuldu ve havadaki nemden etkilenmemesi ve tam kuruması için desikatörde tutuldu. Sabit tartıma gelmiş olan filtre dikkatli bir şekilde desikatörden alınarak tartıldı ve sonuçlar kaydedildi.

4.3.2.2 Bulanıklık Tayini

Öncelikle cihazın (Şekil 4.11) kalibrasyonu gerçekleştirildi. Atık su numunesi küvetin içinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde küvete kondu ve küvet cihaza yerleştirilerek bulanıklık ölçümü gerçekleştirildi. Eğer ölçülen numunenin bulanıklığı, bulanıklık ölçer cihazının ölçüm değerinin üstündeyse numuneye yeterli derecede seyreltme uygulanır ve yeniden ölçüm gerçekleştirilir. Hesaplamalar yapılırken seyreltme oranı göz önünde bulundurulmalıdır (Gündüz 2008).



Şekil 4.11 Bulanıklık ölçer.

4.3.2.3 ICP-MS Analizi (Fe^{+3}, Cr^{+3})

Perkin Elmer marka Nexion 300D model ICP-MS cihazı ile gerçekleştirildi. Örnekler herhangi bir işleme tabi tutulmadan analiz edildi. Elementlerin uygun kalibrasyon eğrileri çizilerek örneklerdeki miktarları bu kalibrasyon eğrilerine göre belirlendi (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Perkin Elmer marka Nexion 300D model ICP-MS cihazı.

4.4 YAPAY SİNİR AĞLARI

4.4.1 Giriş

Yapay sinir ağları (YSA); insan beyninden çalışma ilkelerini sayısal olarak taklit edilmesi ile ortaya çıkmış, matematiksel modellemedir (Elmas 2016).

Yapay Sinir Ağları, örnekler hakkında bilgiler toplayıp, genellemeler yaptıktan sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaştırıldığında öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir (Ergezer vd. 2003).

Bugüne kadar birçok YSA modeli geliştirilmiş ve modeller hakkında bilgiler çeşitli kaynaklarda verilmektedir (Şen 2004). Elde edilen verilerin analizi ışığında, birçok inşaat mühendisliği uygulamalarında başarıyla uygulanmış çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) YSA modeli kullanılmıştır.

4.4.2 Çok Katmanlı Algılayıcı

Algılayıcı ve Adaline yöntemleri doğrusal olmayan çözümler üretemediği için hem mimari hem de eğitim algoritması açısından iyileştirilmiş, Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ağı önerilmiştir. Mimari açıdan doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonuna sahip birçok nöronun birbirine hiyerarşik olarak bağlandığı bir yapıya sahip olan MLP, Algılayıcı ve Adaline yöntemlerinin avantajları yanı sıra geri-yayılım adındaki öğrenme sistemini kullanmaktadır. Yapay sinir ağları ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olarak ikiye ayrılmaktadır.

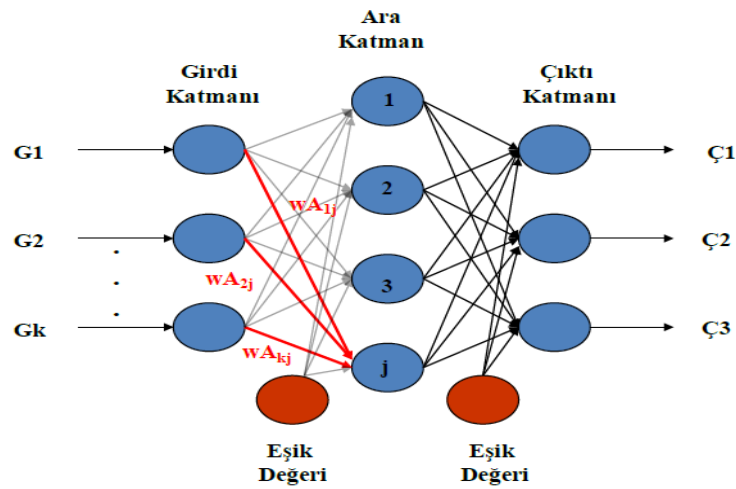
İleri beslemeli yapay sinir ağında, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan ara (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, ara ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar, doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı yapay sinir ağının, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. En çok bilinen algoritma olan geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip yapay sinir ağların eğitiminde etkin olarak kullanılmaktadır. Ağa, hem örnekler hem de örneklerden elde edilmesi gereken çıktılar

(beklenen çıktılar) verilmektedir. Ağ kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak problem uzayını temsil eden bir çözüm uzayı üretmektedir. Daha sonra gösterilen benzer örnekler için bu çözüm uzayı sonuçlar ve çözümler üretebilmektedir (Öztemel 2016).

Yapay sinir ağlarının ilk geliştirilen modellerinin en önemli özellikleri doğrusal olayları çözebilmeleridir. Bu özelliklerinin dışında, doğrusal olmayan ilişkileri öğrenmelerinde güçlüklerle karşılaşmışlardır. Bu nedenle çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA) geliştirilmiştir.

4.4.3 ÇKA Model Yapısı

ÇKA ileri doğru bağlantılı ağlardır ve üç katmandan oluşurlar. Bu katmanlar girdi, ara ve çıktı katmanlarıdır (Şekil 4.13). Girdi katmanı dış dünyadan gelen girdileri (G_1, G_2, \dots, G_N) alarak ara katmana gönderir. Bu katmanda veri işleme olmaz ve gelen her bilgi geldiği gibi bir sonraki katmana gider. Girdi katmanındaki her işlem elemanı bir sonraki katmanda bulunan işlem elemanlarına bağlıdır. Ara katmanlar, girdi katmanından gelen bilgileri işlerler ve bir sonraki katmana gönderirler. Ara katman sayısı ve ara katmanda bulunan işlem elemanı birden fazla olabilir. Ara katmanda bulunan her işlem elemanı da bir sonraki katmandaki tüm işlem elemanlarına bağlıdır. Çıkış katmanı, ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın ürettiği çıktıları ($\mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2, \dots, \mathcal{C}_N$) belirleyip dış dünyaya iletir. Çıktı katmanında birden fazla işlem elemanı olabilir. Bu işlem elemanları tek çıktı verebilir ve bir önceki katmanda bulunan işlem elemanlarına bağlıdır (Öztemel 2016).



Şekil 4.13 Çok katmanlı algılayıcı modeli.

4.4.4 ÇKA Ağının Öğrenme Kuralı

ÇKA ağları, öğretmenli öğrenme modeline göre çalışırlar. Bu durum, ağlara eğitim sırasında hem girdilerin hem de o girdilere karşılık üretilmesi beklenen çıktılarının ağa tanıtılması demektir. ÇKA ağının öğrenme kuralı, en küçük kareler yöntemine dayalı Delta Öğrenme Kuralının genelleştirilmiş halidir. Bu nedenle, öğrenme kuralına Genelleştirilmiş Delta Kuralı da denmektedir. Ağın öğrenebilmesi için eğitim takımı adı verilen ve örneklerden oluşan bir veri takımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri takımında her örnek için hem girdiler hem de o girdiler için ağın üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir. Genelleştirilmiş Delta Kuralı iki safhadan oluşur. İlk safha ileri doğru hesaplama adı verilen ağın çıktısını hesaplama safhasıdır. İkinci safha ise geriye doğru hesaplama olarak bilinen ağırlıkları değiştirme safhasıdır (Öztemel 2016). Bu iki safhada gerçekleştirilen işlemler kısaca şu şekilde tanımlanabilir:

Adım 1. Ağırlıkların ilklendirilmesi: Rastgele küçük sayılar seçilerek gerçekleştirilir,

Adım 2. Örneklerin ağa girilmesi: y^k çıkış vektörüne karşılık gelen u^k giriş vektörü ağa girilir.

Adım 3. İleri doğru hesaplama safhası: İlk ara katmandan başlanır ve çıktı katmanına kadar ilerlenir.

Adım 3.1. L katmanındaki işlem elemanları için net girdiler hesaplanır.

Adım 3.1.1. L-1 giriş katmanı ise:

$$a_{hL}^k = \sum_{j=0}^N w_{jhL} u_j^k \quad (4.1)$$

Adım 3.1.2. L-1 ara katman ise:

$$a_{hL}^k = \sum_{j_{L-1}=0}^{N_{L-1}} w_{j_{L-1}hL} u_{j_{L-1}}^k = h_L u_{j_{L-1}}^k \quad (4.2)$$

Adım 3.2. L katmanındaki işlem elemanları için çıktı değerleri hesaplanır,

$$x_{hL}^k = f_L(a_{hL}^k) \quad (4.3)$$

Burada, değer çıkış tabakası için hesaplanacaksa h_L yerine i_0 kullanılmalıdır ve f ise işlemci fonksiyonudur.

Adım 4. Çıktı hataları: Çıktı tabakasındaki hata değerleri hesaplanır,

$$\delta_{i_0}^k = (y_{i_0}^k - x_{i_0}^k) f'(a_{i_0}^k) \quad (4.4)$$

Adım 5. Geriye doğru hesaplama safhası: Hata değerlerinin giriş katmanından başlayarak her I. tabakası için geri yayılır,

$$\delta_{h_L}^k = f'(a_{h_L}^k) \sum_{i_{L+1}=0}^{N_{L+1}} \delta_{i_{L+1}}^k w_{h_L i_{L+1}}^k \quad (4.5)$$

Burada, değer çıkış tabakası için hesaplanacaksa h_L yerine i_0 kullanılmalıdır.

Adım 6. Ağırlıkların değiştirilmesi: Ağırlıklar şu şekilde değiştirilmektedir:

$$w_{j_{(L-1)}h_L}(t+1) = w_{j_{(L-1)}h_L}(t) + \gamma \delta_{h_L}^k x_{j_{(L-1)}}^k + \eta [w_{j_{(L-1)}h_L}(t) - w_{j_{(L-1)}h_L}(t-1)] \quad (4.6)$$

Burada, γ öğrenme katsayısını ve η ise momentum katsayısını ifade etmektedir.

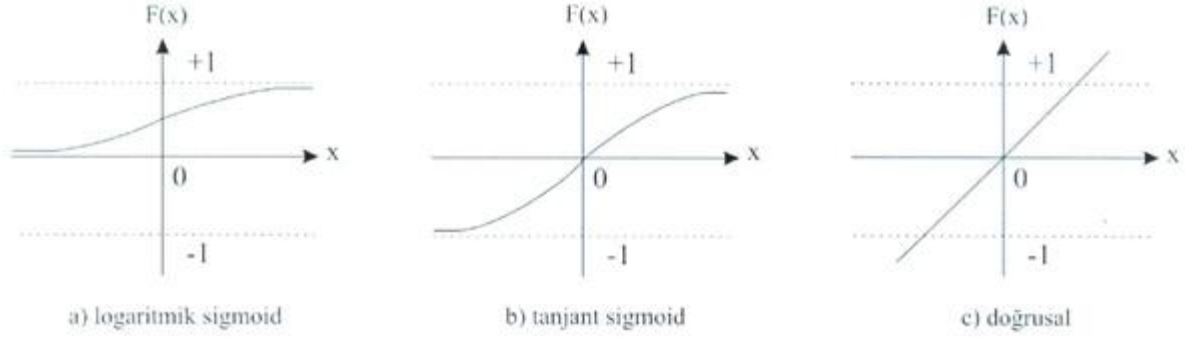
Adım 7. Verilen iterasyon sayısına veya toplam karesel hata değerine ulaşıncaya kadar 2. - 6. adımlar tekrar edilir. Toplam karesel hata şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$[E^k] = \left[\frac{1}{2} \sum_{i_0}^M (y_{i_0}^k - x_{i_0}^k)^2 \right] \quad (4.7)$$

Burada, ara katman işlem elemanları ve çıktı katmanı işlem elemanları arasında yapılan işlemleri tanımlamada sırasıyla L ve 0 alt indisleri kullanılmıştır. Bunun yanında, giriş ve çıkış tabakalarını ifade etmek için j ve i . ara tabakaları ifade etmek için ise h alt indisleri kullanılmıştır (Halıcı 2011).

Yukarıda denklem 4.7'de geçen işlemci fonksiyonları içerisinde en sık kullanılanı, logaritmik sigmoid işlemci fonksiyonudur (Şekil 4.14a). Bu fonksiyonun çıktısı, 0 ile 1 arasında değişmektedir ve matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (4.8)$$



Şekil 4.14 İşlemci fonksiyonları.

Bir diğer fonksiyon ise tanjant sigmoid fonksiyonudur (Şekil 4.14b). Bu fonksiyonda farklı olarak çıktı değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir. Matematiksel ifadesi ise şu şekildedir:

$$F(x) = \frac{1-e^{(-2x)}}{1+e^{(-2x)}} \quad (4.9)$$

Daha az kullanılan fonksiyonlardan birisi de doğrusal fonksiyondur (Şekil 4.14c). Matematiksel ifadesi aşağıda gösterildiği gibidir:

$$F(x) = A \cdot x \quad (4.10)$$

Burada, A sabit bir katsayıdır.

4.4.5 ÇKA Ağının Çalışma Adımları

ÇKA ağlarının çalışması şu adımları içermektedir:

Örneklerin toplanması: Ağdan çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleştirilmiş örneklerin bulunması adımıdır. Ağın eğitilmesi için toplandığı gibi (eğitim takımı) denenmesi için de örneklerin toplanması (deneme takımı) gerekmektedir. Ağın eğitilmesi sırasında, deneme takımı ağa hiç gösterilmez. Eğitim takımındaki örnekler tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra, deneme takımındaki örnekler gösterilerek ağın

becerisi ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı, ağın iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koymaktadır.

Ağın topolojik yapısının belirlenmesi: Öğrenilmesi istenen olay için oluşturulacak olan ağın topolojik yapısının oluşturulduğu adımdır. Kaç tane girdi ünitesi, kaç tane ara katman, her ara katmanda kaç tane işlem elemanı ve kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.

Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi: Ağın öğrenme katsayısı, momentum katsayısı ve işlem fonksiyonlarının belirlendiği adımdır.

Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması: İşlem elemanlarını birbirlerine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanmasının yapıldığı adımdır. Başlangıçta genellikle rastgele değerler atanır. Daha sonra ağ uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler.

Öğrenme takımından örneklerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi: Ağın öğrenmeye başlaması ve öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağa örneklerin (Girdi / Çıktı değerleri) belirli bir düzende gösterildiği adımdır.

Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması: Sunulan girdiler için çıktıların hesaplandığı adımdır.

Gerçekleşen çıktının beklenen çıktı ile karşılaştırılması: Ağın ürettiği hata değerlerinin hesaplandığı adımdır.

Ağırlıkların değiştirilmesi: Geri hesaplama yöntemi uygulanarak üretilen hatanın azalması için ağırlıklar değiştirilir.

Ağın öğrenmesi tamamlanıncaya kadar, yani gerçekleşen çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki hatalar kabul edilir düzeye ininceye kadar yukarıdaki adımlara devam edilir. Ağın öğrenmesi için bir durdurma ölçütü olması gerekmektedir. Bu ise, genellikle üretilen hatanın belirli bir düzeyin altına düşmesi olarak alınmaktadır (Öztemel 2016).

4.5 YSA MODELİ

Yapay Sinir Ağı (YSA) modeli, aylara göre askıda katı madde değerinin tahmin edilmesi amacıyla istasyonlardan alınan su numuneleri için hazırlandı. Model analizlerinde MATLAB tabanlı artificial neural network (ANN) toolbox kullanıldı (MATLAB 2010). Modelde veriler, modelin çalışma prensibi doğrultusunda eğitim, deneme ve doğrulama veri takımı olarak u kısıma ayrılmıştır. Toplam 480 verinin, 420 âdeti modelin eğitiminde, 60 âdeti ise model sonuçlarını doğrulamak için kullanıldı.

n hazırlık olarak, YSA gizli katman nöron sayısını belirlemek için YSA topoloji analizi gerçekleştirildi. Farklı gizli katman nöron sayıları için YSA performansları, MSE(Ortalama Karesel Hata) ve R^2 (Determinasyon katsayısı) istatistik performans analiz kriterleri kullanıldı. Gizli katman nöron sayıları sırasıyla 4, 6, 8 ve 10 olarak alınarak oluşturulan YSA topolojileri eğitilip test edildi. Elde edilen performans değerleri Bölüm 5'te tablolar halinde sunulmuştur.



BÖLÜM 5

BULGULAR

5.1 YAPAY SİNİR AĞLARI MODEL SONUÇLARI

Sudaki askıda katı madde (AKM) parametresinin tahmini için kullanılan YSA analiz yöntemi ÇKA modelinde; girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanlar mevcuttur. Analizlerde girdi parametresi olarak; debi, bulanıklık, demir ve krom parametreleri kullanılmıştır. Askıda katı madde ise çıktı parametresi olarak kullanılmış ve model oluşturulmuştur. (Çizelge 5.1). Model sonuçları her bir istasyon ve her bir gizli katman için ayrı ayrı tablolaştırılıp, en iyi test performansına sahip topoloji grafikleştirilmiştir.

Çizelge 5.1 Girdi Katmanları için oluşturulan model.

Model no	Giriş Katmanı Değişkenleri	Çıktı Katmanı
1	Debi, Bulanıklık, Fe, Cr	AKM

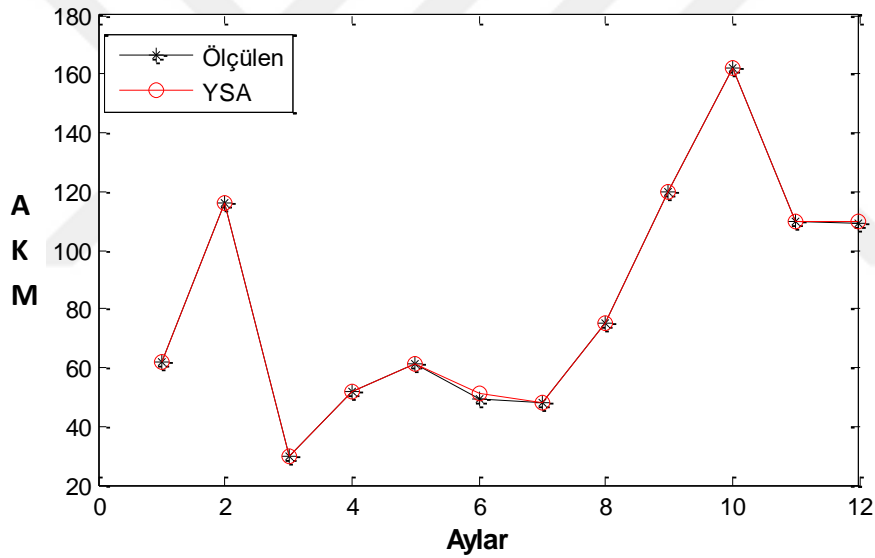
5.1.1 F1 Filyos Nehri İstasyonu

F1 istasyonu için yapılan analizler sonucunda bulanıklık, debi, Fe ve Cr parametrelerinin yıl boyunca askıda katı madde tahminine etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 4 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; MSE= 0.0000145 ve $R^2=0.9997$ değerlerde elde edilmiştir. (Çizelge 5.2).

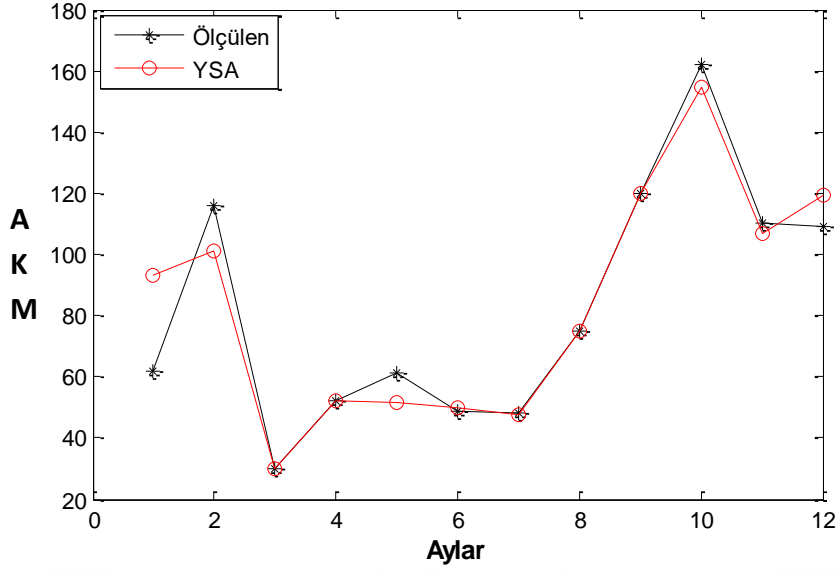
Çizelge 5.2 Filyos Nehri topoloji analizi.

No	Gizli katman nöron sayısı	R2	MSE
1	4	0,9997	0,0000145
2	6	0,9167	0,0046
3	8	0,9189	0,0044
4	10	0,9907	0,000510

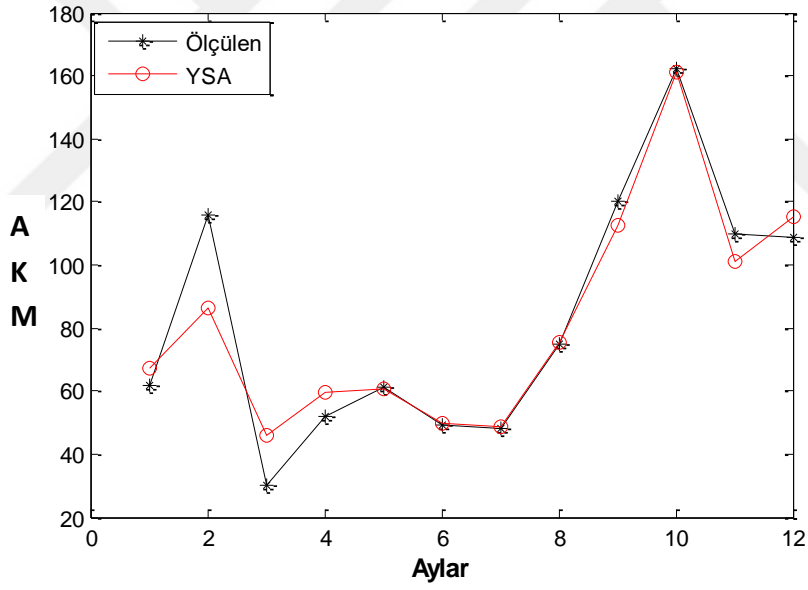
4 giriş, 4 gizli katman nöronlu ve 1 çıkış nöronuna sahip YSA topolojisinin (4-4-1) askıda katkı madde tahmini için gerçek değer performansı test edilmiş ve elde edilen 12 aylık tahmin sonuçları Şekil 5.1’de sunulmuştur. Tasarlanan YSA modeli, yüksek bir performans sergilemiştir.



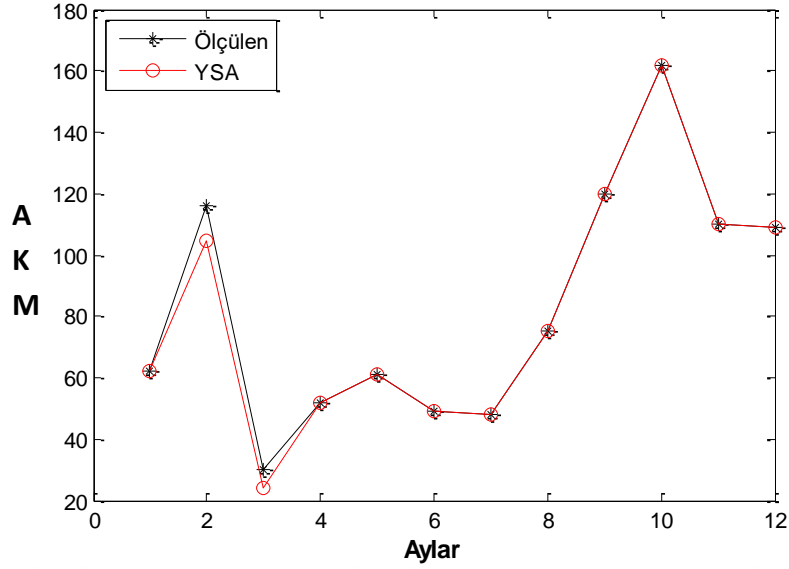
Şekil 5.1 Filyos Nehri 4 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.2 Filyos Nehri 6 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.3 Filyos Nehri 8 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.4 Filyos Nehri 10 gizli katman için YSA performansı.

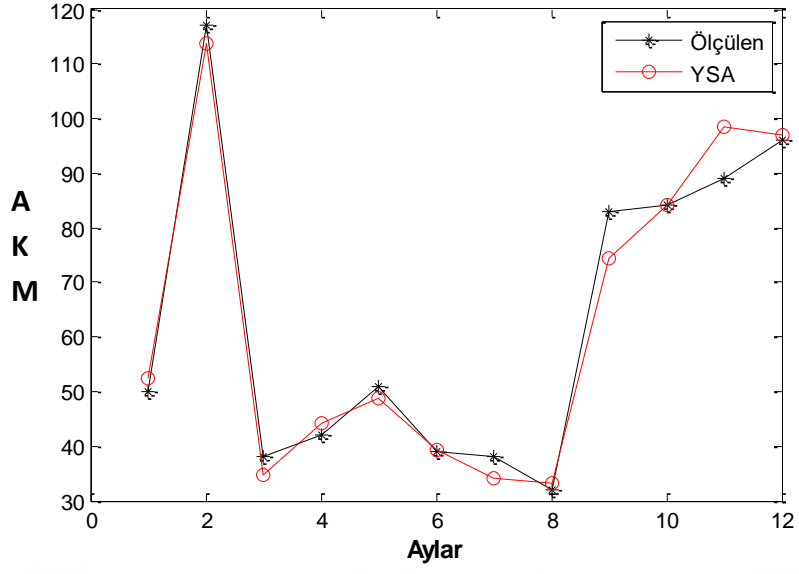
5.1.2 F2 Çaydeğirmeni İstasyonu

F2 istasyonu için yapılan analizler sonucunda bulanıklık, debi, Fe ve Cr parametrelerinin yıl boyunca askıda katı madde tahminine etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 10 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; MSE= 0.000268 ve $R^2=0.9951$ değerlerde elde edilmiştir (Çizelge 5.3).

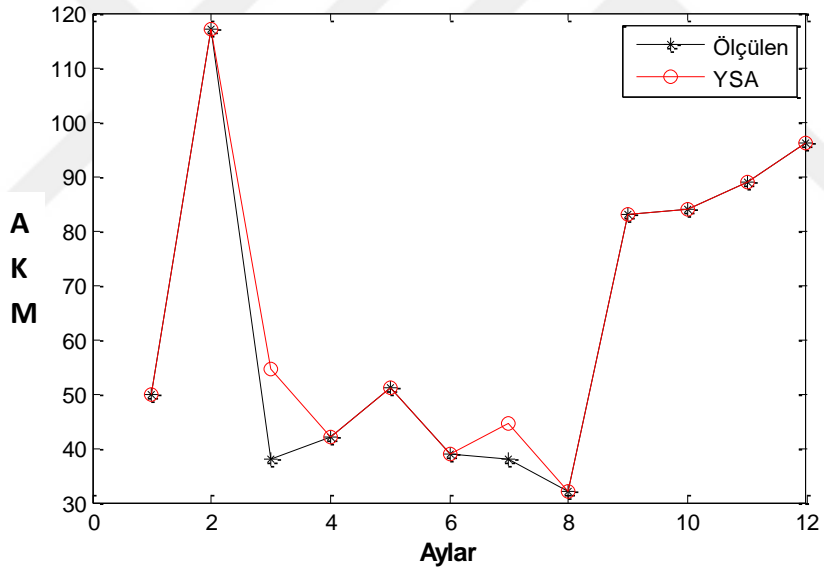
Çizelge 5.3 Çaydeğirmeni topoloji analizi.

No	Gizli katman nöron sayısı	R^2	MSE
1	4	0,9759	0,0013
2	6	0,9648	0,0019
3	8	0,9652	0,0019
4	10	0,9951	0,000268

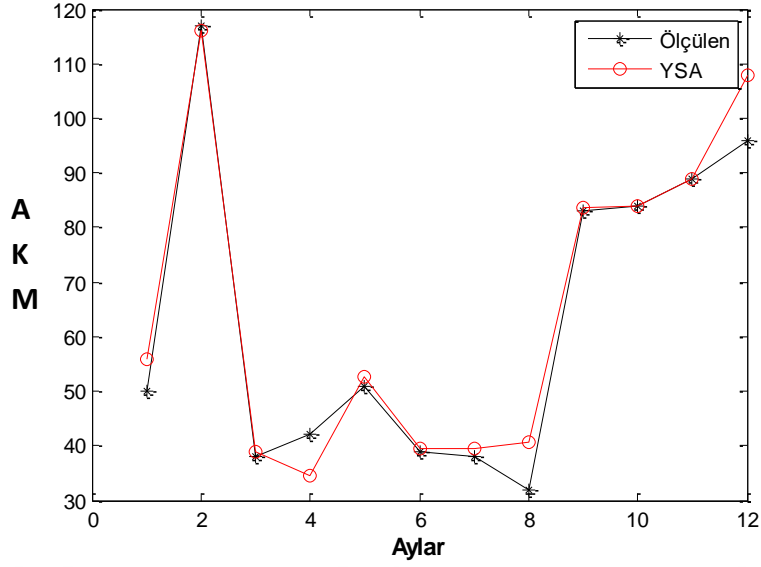
4 giriş, 10 gizli katman nöronlu ve 1 çıkış nöronuna sahip YSA topolojisinin (4-10-1) askıda katı madde tahmini için gerçek değer performansı test edilmiş ve elde edilen 12 aylık tahmin sonuçları Şekil 5.8’de sunulmuştur. Tasarlanan YSA modeli, yüksek bir performans sergilemiştir.



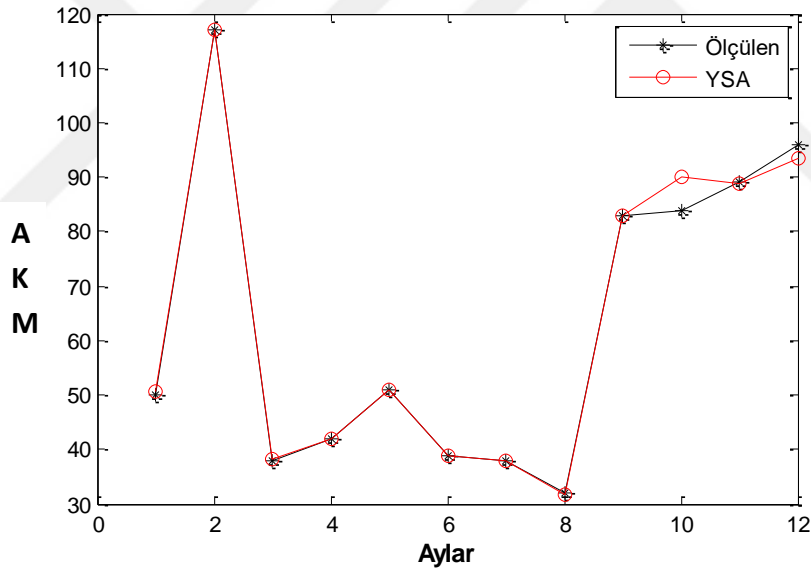
Şekil 5.5 Çaydeğirmeni 4 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.6 Çaydeğirmeni 6 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.7 Çaydeğirmeni 8 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.8 Çaydeğirmeni 10 gizli katman için YSA performansı.

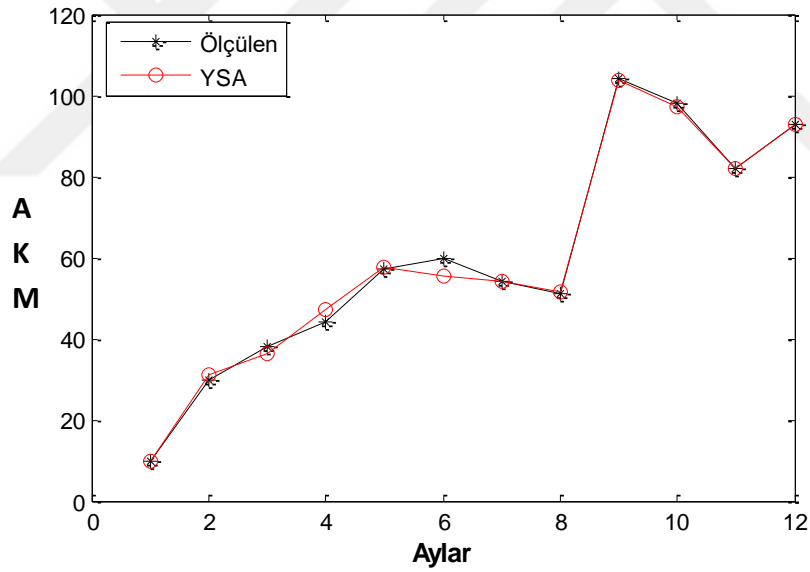
5.1.3 F3 Saltukova İstasyonu

F3 istasyonu için yapılan analizler sonucunda bulanıklık, debi, Fe ve Cr parametrelerinin yıl boyunca askıda katı madde tahminine etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 6 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; $MSE= 0.0000266$ ve $R^2=0.9996$ değerlerde elde edilmiştir (Çizelge 5.4).

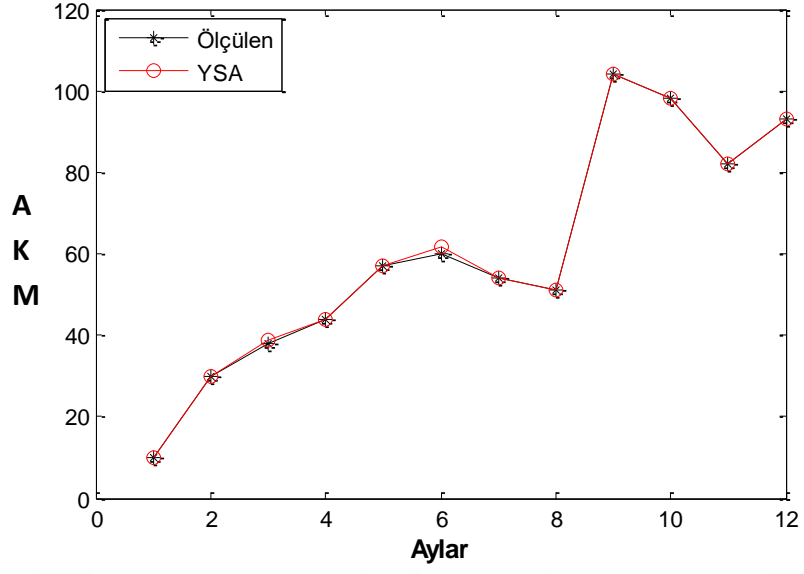
Çizelge 5.4 Saltukova istasyonu topoloji analizi.

No	Gizli katman nöron sayısı	R2	MSE
1	4	0,9962	0,000267
2	6	0,9996	0,0000266
3	8	0,9460	0,0038
4	10	0,9852	0,0010

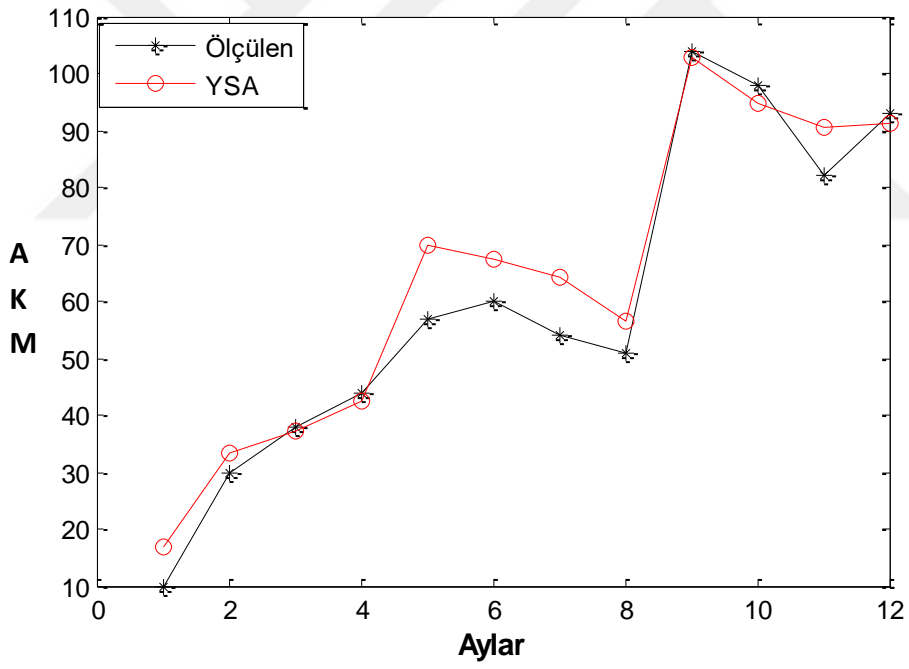
4 giriş, 6 gizli katman nöronlu ve 1 çıkış nöronuna sahip YSA topolojisinin (4-6-1) askıda katkı madde tahmini için gerçek değer performansı test edilmiş ve elde edilen 12 aylık tahmin sonuçları Şekil 5.10'de sunulmuştur. Tasarlanan YSA modeli, yüksek bir performans sergilemiştir.



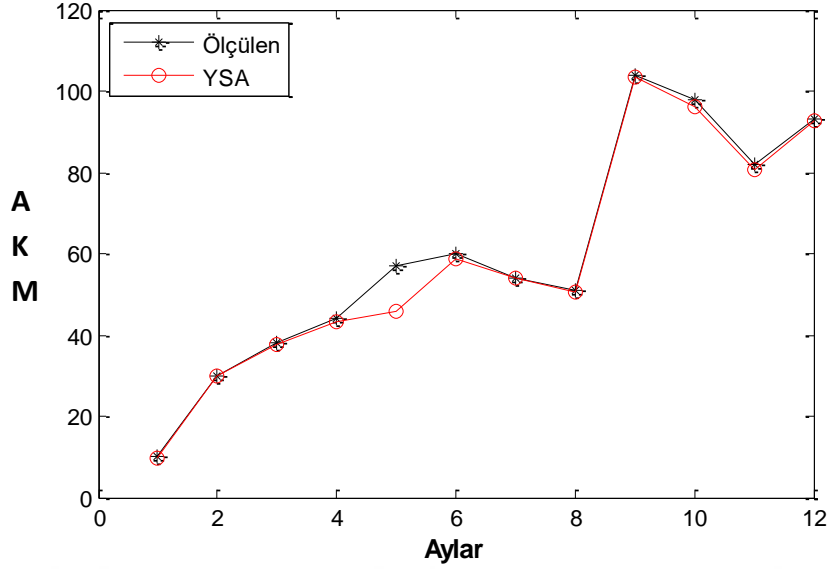
Şekil 5.9 Saltukova 4 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.10 Saltukova 6 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.11 Saltukova 8 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.12 Saltukova 10 gizli katman için YSA performansı.

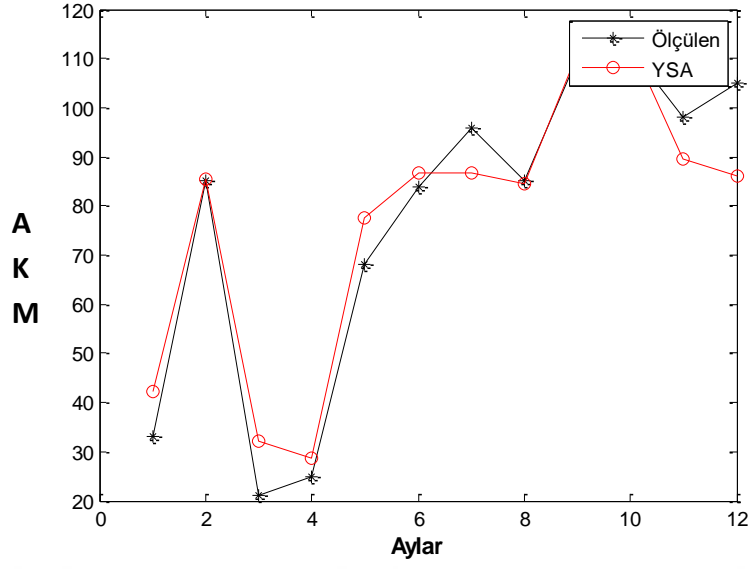
5.1.4 F4 Tefen İstasyonu

F4 istasyonu için yapılan analizler sonucunda bulanıklık, debi, Fe ve Cr parametrelerinin yıl boyunca askıda katı madde tahminine etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 6 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; MSE= 0.000139 ve $R^2=0.9982$ değerlerde elde edilmiştir (Çizelge 5.5).

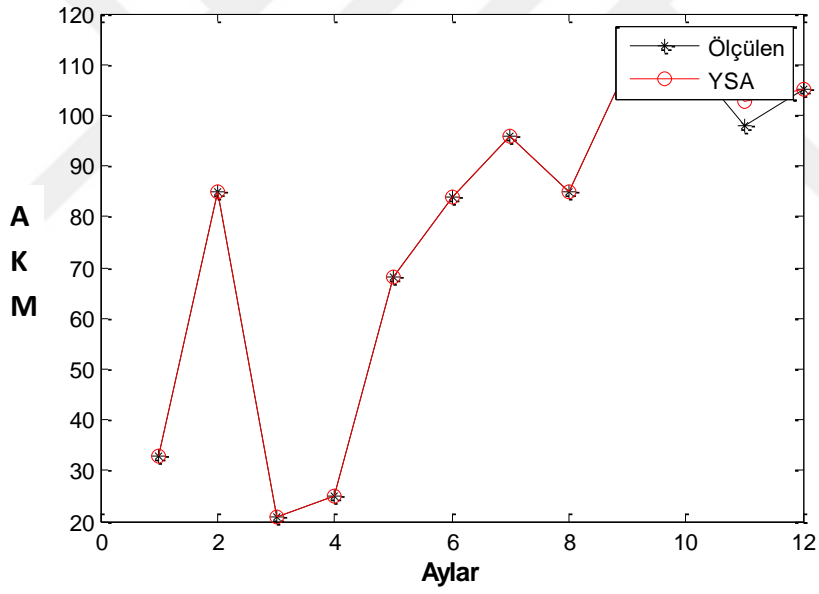
Çizelge 5.5 Tefen istasyonu topoloji analizi.

No	Gizli katman nöron sayısı	R2	MSE
1	4	0,9291	0,0056
2	6	0,9982	0,000139
3	8	0,9951	0,000384
4	10	0,9875	0,000992

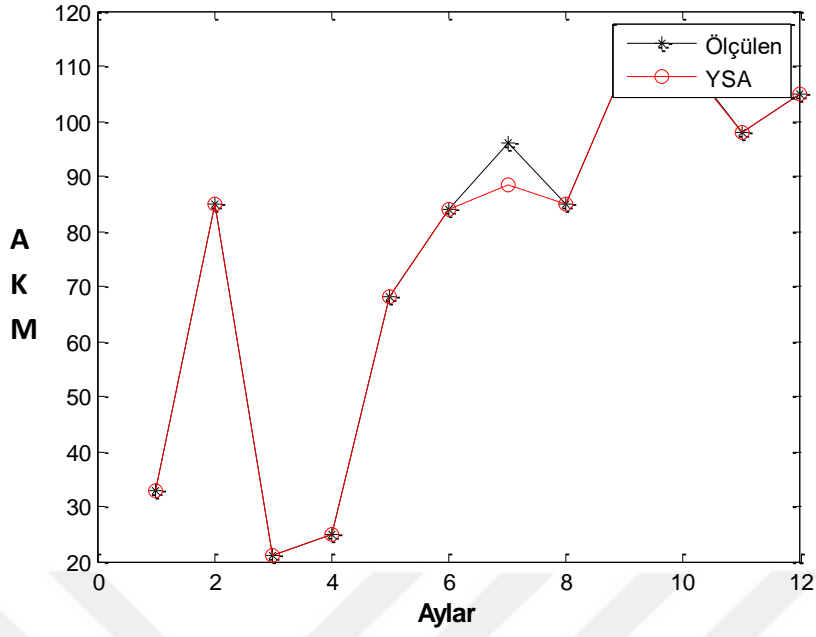
4 giriş, 6 gizli katman nöronlu ve 1 çıkış nöronuna sahip YSA topolojisinin (4-6-1) askıda katı madde tahmini için gerçek değer performansı test edilmiş ve elde edilen 12 aylık tahmin sonuçları Şekil 5.14'de sunulmuştur. Tasarlanan YSA modeli, yüksek bir performans sergilemiştir.



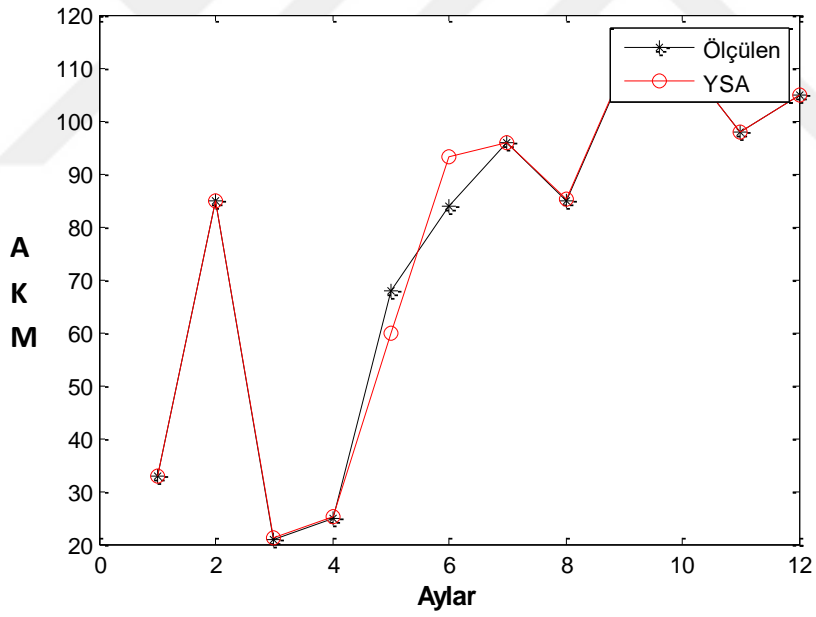
Şekil 5.13 Tefen 4 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.14 Tefen 6 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.15 Tefen 8 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.16 Tefen 10 gizli katman için YSA performansı.

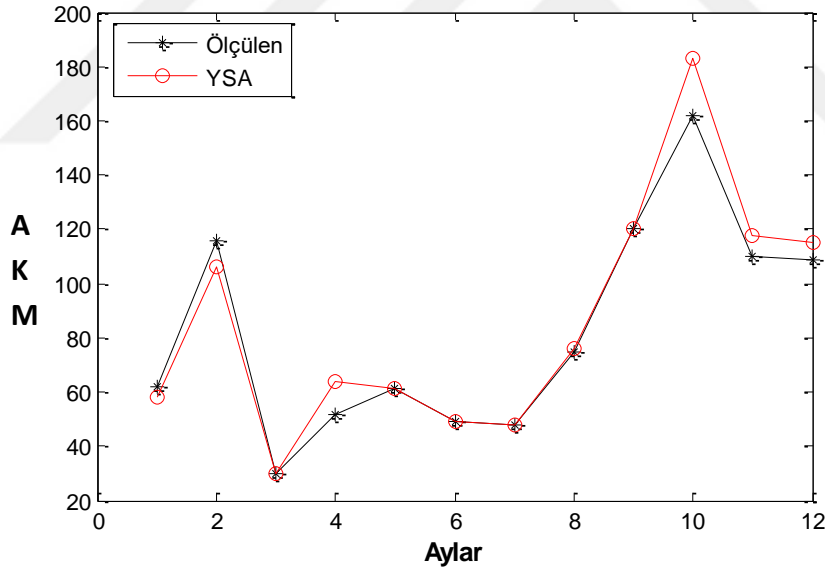
5.1.5 F5 Toki İstasyonu

F5 istasyonu için yapılan analizler sonucunda bulanıklık, debi, Fe ve Cr parametrelerinin yıl boyunca askıda katı madde tahminine etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 8 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; $MSE= 0.000105$ ve $R^2=0.9981$ değerlerde elde edilmiştir (Çizelge 5.6).

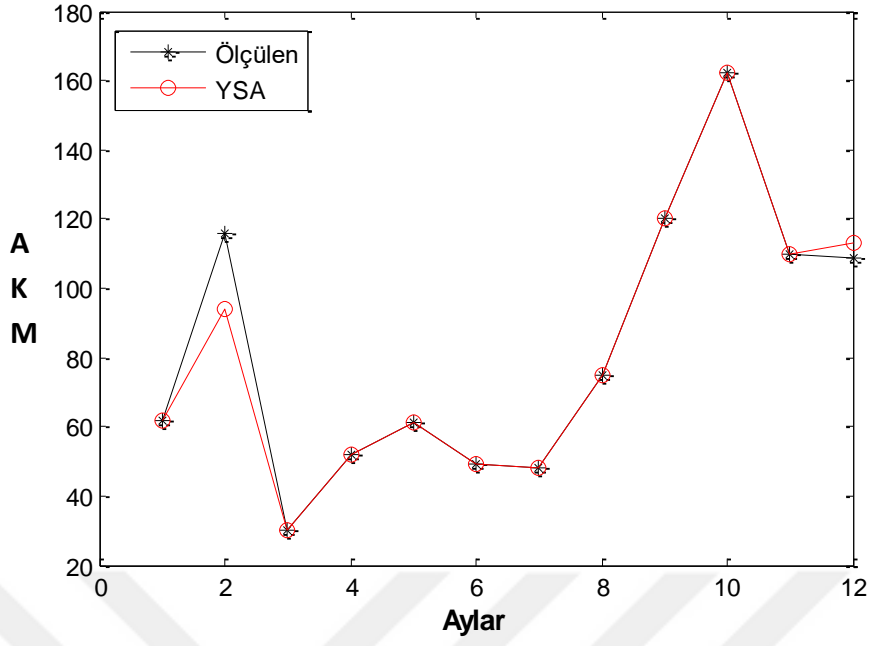
Çizelge 5.6 TOKİ istasyonu topoloji analizi.

No	Gizli katman nöron sayısı	R2	MSE
1	4	0,9540	0,0025
2	6	0,9710	0,0016
3	8	0,9981	0,000105
4	10	0,9603	0,0022

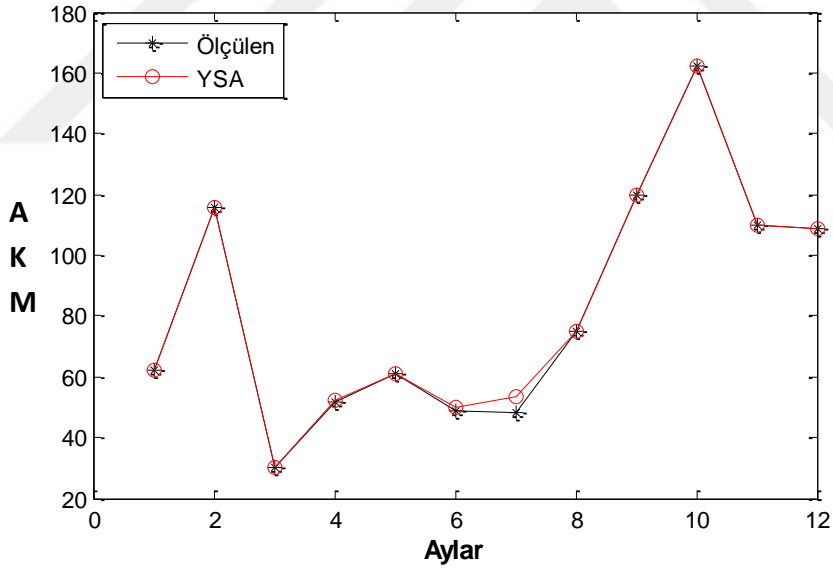
4 giriş, 8 gizli katman nöronlu ve 1 çıkış nöronuna sahip YSA topolojisinin (4-8-1) askıda katkı madde tahmini için gerçek değer performansı test edilmiş ve elde edilen 12 aylık tahmin sonuçları Şekil 5.19'de sunulmuştur. Tasarlanan YSA modeli, yüksek bir performans sergilemiştir.



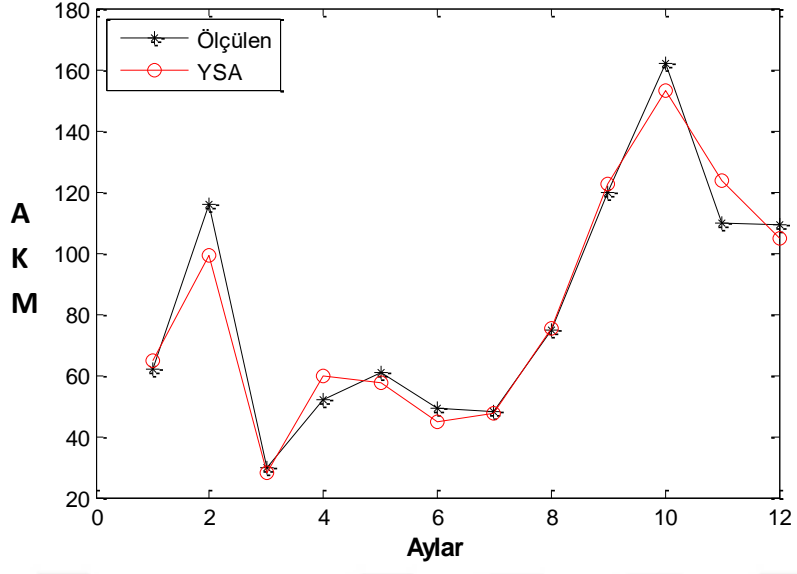
Şekil 5.17 TOKİ 4 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.18 TOKİ 6 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.19 TOKİ 8 gizli katman için YSA performansı.



Şekil 5.20 TOKİ 10 gizli katman için YSA performansı.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Askıda katı madde konsantrasyonu, akarsuyun debisine, bulanıklığına, demir ve krom muhtevasına, bulunduğu yerin topografyasına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, akarsuya inşaa edilen sanat yapıları, akarsu çevresindeki tarım arazisi ve yerleşim yerlerine bağlı olarak da askıda katı madde miktarı değişkenlik gösterebilmektedir.

Bu çalışmada Filyos Nehri boyunca belirlenen 5 gözlem istasyonundaki 12 aylık debi verileri DSİ'den alınmıştır ve bulanıklık, demir, krom ve AKM parametrelerinin ölçümleri laboratuvar analizleri sonucu belirlenmiştir. AKM parametresini belirlemek amacıyla Yapay Sinir Ağı (YSA) hazırlandı. Model analizlerinde MATLAB tabanlı Artifical Neural Network (ANN) toolbox kullanıldı (MATLAB 2010). Veriler gruplandırılıp normalize edilerek eğitim aşamasına geçilmiştir. Gizli katman nöron sayıları sırasıyla 4, 6, 8 ve 10 olarak alınarak oluşturulan YSA topolojileri eğitilip test edildi. Elde edilen performans değerleri bir önceki bölümde verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre; F1 (Filyos Nehri) istasyonunda, 4 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; MSE= 0.0000145 ve $R^2=0.9997$ değerlerde elde edilmiştir. F2 (Çaydeğirmeni) İstasyonunda, 10 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; MSE= 0.000268 ve $R^2=0.9951$ değerlerde elde edilmiştir. F3(Saltukova) istasyonunda, 6 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; MSE= 0.0000266 ve $R^2=0.9996$ değerlerde elde edilmiştir. F4 (Tefen) istasyonunda, 6 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; MSE= 0.000139 ve $R^2=0.9982$ değerlerde elde edilmiştir. F5(TOKİ) istasyonunda, 8 gizli katman nöron sayısına sahip YSA topolojisinin en iyi test performansı; MSE= 0.000105 ve $R^2=0.9981$ değerlerde elde edilmiştir.

Elde edilen bilgiler doğrultusunda; bulanıklık, debi, demir ve krom parametrelerinin, oluşturulan Yapay Sinir Ağı (YSA) modelinde, girdi olarak kullanılması sonucu her istasyonun en iyi performans gösterdiği gizli katman değerlerinin laboratuvar sonuçlarıyla çok yakın sonuç verdiği görülmektedir. Sonuç olarak, bulanıklık, debi, krom ve demir parametrelerini AKM konsantrasyonunun tahmininde büyük ölçüde etkisinin bulunduğu gözlenmiştir.



KAYNAKLAR

- Aksoy B** (2018) Mevsim Değişikliğinin Filyos Çayı Su Kalitesine Etkilerinin Yapay Sinir Ağı İle Belirlenmesi, *Doktora Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 225 s.
- Bakan G ve Şenel B** (2000) Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science - TÜBİTAK*, 24: 135-141
- Bayram A** (2011) Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi Ve Askı Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 163 s.
- Bayram A ve Kenanoğlu M** (2017) Temporal Variation of Total Nitrogen and Total Phosphorus in Surface Waters from the Lower Çoruh River Basin, Turkey, *3rd International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering*, 19-24 Ekim 2016, Antalya, Türkiye, 132 (3): 712-716.
- Çeribaşı G ve Doğan E** (2016) Aşağı Sakarya Nehrindeki Askı Maddesi Miktarının Esnek Yöntemler ile Tahmini. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(2): 351-358.
- Elmas Ç** (2016) *Yapay Zeka Uygulamaları*, 3. Baskı, ISBN:9-7897-5023-6860, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 448 s.
- Ergezer H, Dikmen M ve Özdemir Erkan** (2003) Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri, Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 2(6): 14.
- Mutlu E, Yanık T ve Demir T** (2013) Horohon Deresi (Hafik-Sivas) Su Kalitesi Özelliklerinin Aylık Değişimleri. *Alınleri Zira Bilimler Dergisi*, 25(B): 45-57.
- Odabaşı S S** (2005) Çanakkale Bölgesi'ndeki Sarıçay Akarsuyu'nda Su Kalitesinin Araştırılması, *Yüksek Lisans*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı, Çanakkale, 66 s.
- Oğuz İ, Yürekli K ve Öztürk F** (2010) Tokat Uğrak Havzası Günlük Akımlarının Modellenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 7-11
- Özölçer H İ** (2017) Sustainable Hydroelectric Energy Methods: A Proposal For The Western Black Sea Region, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(8): 5363-5371
- Öztemel E** (2016) *Yapay Sinir Ağları*, 3. Baskı, ISBN: 9756797396, Papatya Bilim, İstanbul, 232 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Serdar S** (2015) Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fizikokimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 148 s.
- Sönmez A Y, Hisar O ve Yanık T** (2012) Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1): 69-77.
- Süzal A ve Bizsel N** (2008) Gediz Nehri Su Kalitesi: Askıda Katı Madde Taşınımı. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(1): 57-63.
- Şen F ve Aksoy A** (2015) Chemical and Physical Quality Criteria of Bulakbaşı Stream in Turkey and Usage of Drinking, Fisheries and Irrigation, *Journal of Chemistry*, 1: 1-9.
- Taşdemir M ve Göksu Z L** (2001) Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 18(1/2): 55-64
- Tepe Y** (2009) Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi, *Ekoloji* 18, 70: 38-46.
- Yalçın H ve Gürü M** (2002) *Su Teknolojisi*, Palme Yayıncılık, Ankara, 296 s.
- Yılmaz B** (2016) Çoruh Nehri Havzasında Taşınan Askıda Katı Madde Yükünün Farklı Yapay Zeka Teknikleri İle Modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 128 s.
- URL-1** <<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>> Ziyaret tarihi 12.11.2017
- URL-2** http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf> Ziyaret tarihi: 12.11.2017
- URL-3** <google.com/maps/@41.4287435,31.913286,85870m/data=!3m1!1e3?hl=tr> Ziyaret tarihi: 12.11.2017
- URL-4** <<http://www.suyonetimi.ormansu.gov.tr/Anasayfa/eylemlanlari>> Ziyaret tarihi: 12.11.2017.
- URL-5** <http://taskinyonetimi.suyonetimi.gov.tr/taskin/Files/Taskin_Riski_Yonetim_Plani_Taslagi.pdf> Ziyaret tarihi: 12.11.2017.
- WHO** (2004) Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd Edition, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Sinan İlhan 1981 yılında Tirebolu’da doğdu. İlköğretim ve Lise öğrenimini Giresun’da tamamladı. 1999 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne başladı ve 2004 yılında mezun oldu. 2013 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği ABD (Hidrolik) yüksek lisans eğitimine başladı.

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

E-posta: asilhan34@gmail.com