

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**YARI KURAK HAVZALARDA HİDROLOJİK MODELLEME İLE
İKLİM PARAMETRELERİNİN VE ARAZİ KULLANIMINDAKİ DEĞİŞİMLERİN
SU KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ANALİZİ (TERME ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ)**

Semih EDİŞ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇANKIRI
2018**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Semih EDİŞ tarafından hazırlanan “Yarı Kurak Havzalarda Hidrolojik Modelleme İle İklim Parametrelerinin ve Arazi Kullanımındaki Değişimlerin Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Analizi (Terme Çayı Havzası Örneği)” adlı tez çalışması 30.01.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Ceyhun GÖL

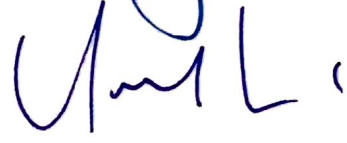


Jüri Üyeleri :

Başkan: Doç. Dr. Ceyhun GÖL



Üye: Prof. Dr. Yusuf SERENGİL



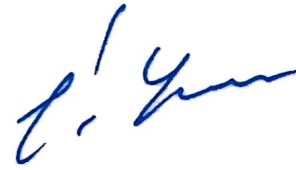
Üye: Doç. Dr. İlker ERCANLI



Üye: Yrd. Doç. Dr. Arda ÖZEN



Üye: Yrd. Doç. Dr. İbrahim YURTSEVEN




Yukarıdaki sonucu onaylarım



Doç. Dr. Tamer KEÇELİ
Enstitü Müdürü 

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmenliğine göre hazırlamış olduğum **“Yarı Kurak Havzalarda Hidrolojik Modelleme ile İklim Parametrelerinin ve Arazi Kullanımındaki Değişimlerin Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Analizi (Terme Çayı Havzası Örneği)”** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “ıntihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmenliğine ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim. (28/01/2018).



Semih EDİŞ

ÖZET

Doktora Tezi

YARI KURAK HAVZALARDA HİDROLOJİK MODELLEME İLE İKLİM PARAMETRELERİNİN VE ARAZİ KULLANIMINDAKİ DEĞİŞİMLERİN SU KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN ANALİZİ (TERME ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ)

Semih EDİŞ

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ceyhun GÖL

Bu çalışmanın amacı, yarı kurak bir havzada, hidrolojik model yardımı ile iklim ve arazi örtüsünde oluşacak değişimin kısa, orta ve uzak dönemde akış ve bazı su kalitesi parametreleri üzerine etkilerini tahmin etmektir. Araştırmada Ankara ve Çankırı il sınırları içerisinde yer alan Terme Çayı Havzasında, Ekim 2014 – Eylül 2016 tarihleri arasında aylık su kalitesi ve akım ölçümleri yapılmıştır. Havza karakteristikleri, arazi ölçümleri ve laboratuvar verileri ile model test edilmiştir. Kalibrasyon ve validasyon aşaması sonrası, model farklı senaryolara göre çalıştırılmıştır. Farklı iklim ve arazi kullanım türü değişikliği senaryolarına göre havzanın akış ve bazı su kalitesi parametrelerinde yakın, orta ve uzak dönemde görülebilecek değişiklikler doğrulanan en iyi model yardımı ile tahmin edilmiştir. Ülkemiz için hidrolojik modellerin sağlıklı, uzun dönemli ve uyumlu veri altyapısı olması durumunda havzaların daha hızlı, ekonomik ve güncellenebilir bir şekilde orta ve uzak dönemde karar alma süreçlerine büyük kolaylıklar sağlayacağı anlaşılmıştır.

2018, 185 sayfa

ANAHTAR KELİMELEER: Çankırı, hidrolojik model, su kalitesi, SWAT, yarı kurak alan

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

ANALYSIS OF THE IMPACTS OF CHANGES IN CLIMATE PARAMETERS AND LAND USE TYPES ON WATER QUALITY BY USING HYDROLOGICAL MODEL IN SEMI ARID WATERSHEDS (CASE STUDY: TERME STREAM WATERSHED)

Semih EDİŞ

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ceyhun GÖL

The main aim of this study is to predict the impact of changes in climate and land use type/land cover on total flows and some water quality parameters in watersheds with semi arid climatic characteristics using hydrological model in near, medium and long term periods. For this purpose water samples were taken from Terme Stream watershed located in Ankara and Çankırı provinces. Flow rates were also measured during the same period. Model was tested with watershed characteristics and data of flow rates and some water quality parameters. After the calibration and validation of model near, medium and long term range forecasts for changes in flow and some water quality parameters were predicted according to different climate change and land cover change scenarios. Our results revealed that hydrological models might be used for taken fast, economic and dynamic decisions in medium and long term periods in the case of appropriate data set.

2018, 185 pages

Key Words: Çankırı, hydrological model, water quality, SWAT, semi arid region

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Yarı Kurak Havzalarda Hidrolojik Modelleme ile İklim Parametrelerinin ve Arazi Kullanımındaki Değişimlerin Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Analizi (Terme Çayı Havzası Örneği)” isimli bu tez çalışması 2011-2018 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne “Doktora Tezi” olarak sunulmuştur.

Bu çalışmanın seçilmesinde ve yürütülmesinde yön veren, ilgi ve yakın desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Danışman Hocam Doç. Dr. Sayın Ceyhun GÖL’e en içten dileklerle şükranlarımı sunarım.

Çalışmanın her safhasında eleştiri ve önerileri ile katkıları olan değerli hocam Prof. Dr. Sayın Yusuf SERENGİL’e sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım. Eleştiri ve katkılarıyla çalışmaya destek olan değerli hocalarım Doç. Dr. Sayın İlker ERCANLI’ya, Yrd. Doç. Dr. Sayın Arda ÖZEN’e, Yrd. Doç. Dr. Sayın İbrahim YURTSEVEN’e, en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın çeşitli aşamalarında yardımlarını benden esirgemeyen Dr. Tuba BUCAK’a, Dr. Pınar PAMUKÇU ALBERS’e, Yrd. Doç. Dr. Özgür Burhan TİMUR’a, Yrd. Doç. Dr. Ender BUĞDAY’a, Dr. Hüseyin YILMAZ’a ve Ümit KILIÇ’a teşekkür ederim. Arazi ve laboratuvar aşamalarında yardımlarını gördüğüm Emine GÖRGÜLÜ, Ebru ÇERÇİ, Eda ATDAĞI, Fatih ACARBULUT, Serhat MEVRÜK, Ercan IŞIK, Hakan KARAÇAY’a teşekkür ederim. Tez çalışması kapsamında gerekli verilere ulaşmamda desteklerini esirgemeyen Çankırı Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü personeli Mesut MENTEŞ’e, Ankara Orman Bölge Müdür Yardımcısı Hüseyin ACAR’a ve ÇEM Genel Müdürlüğü personeline teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde emeği geçen başta anne ve babama, kardeşime ve tez çalışmam sırasında destek ve hoşgörüsünü esirgemeyen sevgili eşim Nagihan’a ve canım oğlum Metehan’a sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışması Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından BAP OF270516D04 No.lu proje ile desteklenmiştir.

Semih EDİŞ
Ocak 2018,
Çankırı,

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Araştırma havzası genel tanıtımı.....	18
3.1.1.1. Topoğrafik yapı.....	19
3.1.1.2. İklim.....	23
3.1.1.3. Jeolojik yapı ve toprak.....	23
3.1.1.4. Bitki örtüsü.....	25
3.1.1.5. Arazi Kullanım Türü / Arazi Örtüsü (AKT/AÖ).....	25
3.1.1.6. Sosyoekonomik yapı.....	27
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Büro çalışmaları.....	28
3.2.1.1. Havza karakteristiklerinin incelenmesi ve su örnekleme noktalarının belirlenmesi.....	29
3.2.1.2. Akarsu karakteristiklerinin belirlenmesi.....	32
3.2.1.3. İstatistiksel analizler ve değerlendirme.....	33
3.2.2. Arazi çalışmaları.....	33
3.2.2.1. Su örneklerinin toplanması.....	34
3.2.2.2. Yerinde ölçülen su kalitesi parametreleri.....	34
3.2.3. Laboratuvar çalışmaları ve analizler.....	36
3.2.4. SWAT (Soil and Water Assesment Tool) modelinin havzaya uygulanması.....	40
3.2.4.1. Sayısal yükseklik modeli (SYM).....	41
3.2.4.2. Alt havzaların belirlenmesi.....	42
3.2.4.3. Su kalitesi ölçüm ve örnekleme noktalarının SWAT modeline tanımlanması.....	43
3.2.4.4. Hidrolojik Tepki Ünitelerinin (HTÜ) oluşturulması.....	43
3.2.4.5. Meteorolojik veriler.....	47
3.2.4.1. Tarımsal uygulamalarda planlama.....	48
3.2.5. SWAT modelinin çalıştırılması.....	48
3.2.5.1. Model parametrelerinin duyarlılık analizi.....	49
3.2.5.2. Modelin kalibrasyonu ve validasyonu.....	50
3.2.5.3. Model performansının değerlendirilmesi.....	54
3.2.6. İklim değişikliği ve AKT/AÖ değişimi senaryolarının oluşturulması.....	56
3.2.6.1. İklim değişikliği senaryolarının oluşturulması.....	56
3.2.6.2. AKT/AÖ değişimi senaryolarının oluşturulması.....	57
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	60
4.1. Debi ve su kalitesi özelliklerinin değerlendirilmesi.....	60
4.1.1. Fiziksel analizler.....	61

4.1.1.1. pH.....	64
4.1.1.2. Su sıcaklığı.....	66
4.1.1.3. Elektriksel iletkenlik ve toplam tuz.....	68
4.1.1.4. Çözünmüş oksijen.....	71
4.1.1.5. Bulanıklık.....	71
4.1.2. Kimyasal analizler.....	75
4.1.2.1. Toplam sertlik.....	75
4.1.2.2. Kalsiyum sertliği.....	75
4.1.2.3. Kalsiyum.....	80
4.1.2.4. Magnezyum.....	80
4.1.2.5. Klorür.....	81
4.1.2.6. Alkalinite.....	85
4.1.2.7. Organik madde (Permanganat indeksi).....	88
4.1.2.8. Sodyum.....	90
4.1.2.1. Potasyum.....	90
4.1.2.2. Amonyum.....	96
4.1.3. Nitrat.....	98
4.1.4. Nitrit.....	100
4.1.5. Ortofosfat.....	100
4.1.6. Sülfat.....	104
4.1.7. Toplam azot.....	104
4.2. SWAT Modelinin kalibrasyon ve validasyonunun değerlendirilmesi.....	108
4.2.1. Akışın kalibrasyon ve validasyonu.....	108
4.2.2. Toplam azotun kalibrasyon ve validasyonu.....	128
4.3. AKT/AÖ ve iklim değişikliği senaryolarının değerlendirilmesi.....	144
4.3.1. Akış sonuçları.....	145
4.3.2. Toplam azot sonuçları.....	150
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	155
KAYNAKLAR.....	158
ÖZGEÇMİŞ.....	167

SİMGELER DİZİNİ

°C	: Santigrat derece
M	: Metre
mg/l	: Bir litredeki miligram
NO ₃ -N	: Nitrat azotu
SO ₄	: Sülfat
TN	: Toplam azot
SWAT	: Soil and Water Assesment Tools
'	: Dakika
"	: Saniye
%	: Yüzde
EC	: Elektriksel iletkenlik
sn	: Saniye
mg	: Miligram
µs	: Mikrosiemens
m	: Metre
km	: Kilometre
m ²	: Metrekare
km ²	: Kilometrekare
m ³	: Metreküp
ha	: Hektar
lt	: Litre
vd	: ve diğerleri
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
E	: Evapotranspirasyon
PET	: Potansiyel evapotranspirasyon
NS	: Nash-Sutcliffe kriteri
R ²	: Belirtme katsayısı
PBIAS	: Yanılma payının yüzdesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 SWAT Modelinin tarihsel gelişiminin şematik gösterimi	4
Şekil 1.2 SWAT modelinde hidrolojik süreçler	5
Şekil 1.3 SWAT modelinde azot döngüsünde yer alan süreçler	6
Şekil 3.1 Araştırma havzası yer bulduru haritası	18
Şekil 3.2 Araştırma havzası yükseklik sınıfları haritası.....	20
Şekil 3.3 Araştırma havzası eğim grupları haritası	21
Şekil 3.4 Araştırma havzası bakı durumu haritası	22
Şekil 3.5 Araştırma havzası sıcaklık ve yağış dağılımı.....	23
Şekil 3.6 Araştırma alanı litoloji haritası	24
Şekil 3.7 Araştırma havzası arazi kullanım türü / arazi örtüsü durumu haritası	26
Şekil 3.8 Araştırma havzası yerleşim alanları haritası	27
Şekil 3.9 Araştırma havzası su örnekleme noktası haritası.....	30
Şekil 3.10 Dere en kesitlerinin AutoCAD 2013 programı ile çizimi	31
Şekil 3.11 Tüney istasyonuna ait en kesit ve su seviyesi	32
Şekil 3.12 En kesitin belirlenme çalışması	32
Şekil 3.13 Su örnekleme noktalarının sabit kazıklar ile işaretlenmesi.....	33
Şekil 3.14 Su örnekleme noktalarında yerinde ölçüm çalışmaları	34
Şekil 3.15 SWAT Modelinin çalışma aşamaları	41
Şekil 3.16 Araştırma havzasının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritası.....	42
Şekil 3.17 Araştırma havzasına ait model için hazırlanan toprak derinliği haritası.....	45
Şekil 3.18 HTÜ'lerin oluşturulmasında kullanılan eğim grupları haritası.....	46
Şekil 3.19 Araştırma havzası çevresinde yer alan meteoroloji istasyonları.....	47
Şekil 3.20 SWAT modeli ön ayar ara yüzü	49
Şekil 3.21 SWAT modelinin çalıştırılmasından önceki ayarların yapılması	50
Şekil 3.22 Terme Çayı Havzası SWAT modelinin SUFI2 ile kalibrasyon aşamaları ...	51
Şekil 4.1 Havza içi su örnekleme noktalarında debinin zamansal değişimi	62
Şekil 4.2 Havza içi su örnekleme noktalarında pH zamansal değişimi	65
Şekil 4.3 Havza içi su örnekleme noktalarında su sıcaklığının zamansal değişimi	67
Şekil 4.4 Havza içi su örnekleme noktalarında elektriksel iletkenliğin zamansal değişimi	69
Şekil 4.5 Havza içi su örnekleme noktalarında toplam tuzun zamansal değişimi	70
Şekil 4.6 Havza içi su örnekleme noktalarında çözülmüş oksijenin zamansal değişimi	73
Şekil 4.7 Havza içi su örnekleme noktalarında bulanıklığın zamansal değişimi	74
Şekil 4.8 Havza içi su örnekleme noktalarında toplam sertliğin zamansal değişimi	78
Şekil 4.9 Havza içi su örnekleme noktalarında kalsiyum sertliğinin zamansal değişimi	79
Şekil 4.10 Havza içi su örnekleme noktalarında kalsiyumun zamansal değişimi.....	82
Şekil 4.11 Havza içi su örnekleme noktalarında magnezyumun zamansal değişimi.....	83
Şekil 4.12 Havza içi su örnekleme noktalarında klorürün zamansal değişimi	84
Şekil 4.13 Havza içi su örnekleme noktalarında fenoltalein alkalinitesinin zamansal değişimi	86
Şekil 4.14 Havza içi su örnekleme noktalarında metiloranj alkalinitesinin zamansal değişimi	87

Şekil 4.15 Havza içi su örnekleme noktalarında organik maddenin zamansal değişimi	89
Şekil 4.16 Havza içi su örnekleme noktalarında sodyumun zamansal değişimi	92
Şekil 4.17 Havza içi su örnekleme noktalarında potasyumun zamansal değişimi.....	93
Şekil 4.18 Havza içi su örnekleme noktalarında amonyumun zamansal değişimi	97
Şekil 4.19 Havza içi su örnekleme noktalarında nitratın zamansal değişimi.....	99
Şekil 4.20 Havza içi su örnekleme noktalarında nitritin zamansal değişimi	102
Şekil 4.21 Havza içi su örnekleme noktalarında orto fosfatın zamansal değişimi.....	103
Şekil 4.22 Havza içi su örnekleme noktalarında sülfatın zamansal değişimi	106
Şekil 4.23 Havza içi su örnekleme noktalarında toplam azotun zamansal değişimi ..	107
Şekil 4.24 Tüney (1) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	109
Şekil 4.25 Yüzbeyi (2) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	110
Şekil 4.26 Demirtaş (3) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	111
Şekil 4.27 Beykavağı (4) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	112
Şekil 4.28 Hancılı (5) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	113
Şekil 4.29 Meşeli (6) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	114
Şekil 4.30 Sarısu (7) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	115
Şekil 4.31 Kutluşar (8) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	116
Şekil 4.32 Göldağı (9) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	118
Şekil 4.33 Gümerdiğin (10) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	119
Şekil 4.34 Şabanözü (11) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	120
Şekil 4.35 Şabanözü Cezaevi (12) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	121
Şekil 4.36 Gürpınar (13) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	122
Şekil 4.37 Tüney (1) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	129
Şekil 4.38 Yüzbeyi (2) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	130
Şekil 4.39 Demirtaş (3) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	131
Şekil 4.40 Beykavağı (4) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	132
Şekil 4.41 Hancılı (5) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	133
Şekil 4.42 Meşeli (6) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	134

Şekil 4.43 Sarısu (7) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	135
Şekil 4.44 Kutluşar (8) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	136
Şekil 4.45 Göldağı (9) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	137
Şekil 4.46 Gümerdiğın (10) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	138
Şekil 4.47 Şabanözü (11) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	138
Şekil 4.48 Şabanözü Cezaevi (12) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi.....	139
Şekil 4.49 Gürpınar (13) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi	140
Şekil 4.50 S1 senaryosuna göre Tüney istasyonunda akış miktarının dönemsel değişimi	145
Şekil 4.51 S2 senaryosuna göre Tüney istasyonunda akış miktarının dönemsel değişimi	146
Şekil 4.52 S3 senaryosuna göre Tüney istasyonunda akış miktarının dönemsel değişimi	147
Şekil 4.53 S4 senaryosuna göre Tüney istasyonunda akış miktarının dönemsel değişimi	148
Şekil 4.54 S1 senaryosuna göre Tüney istasyonunda toplam azotun dönemsel değişimi	151
Şekil 4.55 S2 senaryosuna göre Tüney istasyonunda toplam azotun dönemsel değişimi	152
Şekil 4.56 S3 senaryosuna göre Tüney istasyonunda toplam azotun dönemsel değişimi	152
Şekil 4.57 S4 senaryosuna göre Tüney istasyonunda toplam azotun dönemsel değişimi	153

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Araştırma havzası yükseklik sınıflarının dağılımı	19
Çizelge 3.2 Araştırma havzası eğim sınıfları dağılımı.....	21
Çizelge 3.3 Araştırma havzası eğim sınıfları dağılımı.....	23
Çizelge 3.4 Araştırma havzasında arazi kullanım türü / arazi örtüsünün dağılımı	26
Çizelge 3.5 Su örnekleme noktalarının konumu ve adları	31
Çizelge 3.6 Su örnekleme noktalarında yerinde ölçüm cihazları.....	35
Çizelge 3.7 Laboratuvar yöntem ve cihazları	36
Çizelge 3.8 SWAT modelinde kullanılan arazi kullanım türleri ve kodları	44
Çizelge 3.9 Hidrolojik tepki ünitelerinin oluşturulmasında kullanılan eğim sınıfları ve alansal dağılımı.....	47
Çizelge 3.10 Araştırma alanı için tarım faaliyetleri zaman çizelgesi.....	48
Çizelge 3.11 Akım modelinin kalibrasyonunda kullanılan parametreler.....	53
Çizelge 3.12 Toplam azotun kalibrasyonunda kullanılan parametreler ve değer aralıkları	54
Çizelge 3.13 Hidrolojik model istatistikleri için performans değerlendirme ölçütleri ...	54
Çizelge 3.14 Araştırma alanında şeker pancarı ve mısır tarımı zaman çizelgesi.....	59
Çizelge 4.1 İstasyonlara göre debinin basit varyans analizi sonuçları.....	60
Çizelge 4.2 İstasyonlara göre yerinde ölçülen su kalitesi parametrelerinin basit varyans analizi sonuçları	63
Çizelge 4.3 İstasyonlara göre volümetrik yöntemlerle kimyasal analizi yapılan su kalitesi parametrelerinin basit varyans analizi sonuçları.....	77
Çizelge 4.4 İstasyonlara göre Na ⁺ ve K ⁺ parametrelerinin basit varyans analizi sonuçları	91
Çizelge 4.5 İstasyonlara göre fotometrik yöntem ile kimyasal analizi yapılan su kalitesi parametrelerinin basit varyans analizi sonuçları.....	95
Çizelge 4.6 Yüzeysel akışa ait modelin kalibrasyon ve validasyon performans istatistikleri	124
Çizelge 4.7 Toplam azota ait modelin kalibrasyon ve validasyon performans istatistikleri	142

1. GİRİŞ

Yaşamın vazgeçilmez ve temel öğelerinden biri olan su, sınırlı ve stratejik doğal bir kaynaktır. Günümüzde sürekli büyüyen dünya nüfusu ve artan su kullanımı nedeniyle, suyun önemi ulusal ve uluslararası ölçekte günden güne artmaktadır.

Dünya üzerindeki alanların % 80'i sulardan oluşsa da, bu oranın kullanılabilir kısmı yaklaşık olarak %3'lük kısmını oluşturmaktadır. Ortaya çıkan su kıtlığının yanında, suyun az olduğu kurak ve yarı kurak bölgedeki ürün yetiştirmek için çok daha fazla su tüketmeleri gerekmektedir. Bu yüzden su yoksulu bölgelerin su kaynaklarına yönelik talebi, su zengini olan bölgelere oranla daha fazladır. Bugün mevcut su kaynakları artan nüfus, iklim değişikliği, tarım, sanayileşme ve kentleşme, yanlış arazi kullanımı gibi unsurların tehdidi altındadır.

Türkiye'de artan nüfusun ve kırsal alanların terkedilmesinden dolayı tarım alanlarında küçülmenin yarattığı beslenme sorunları, diğer bölgelerde sulu tarım uygulamalarına geçilerek çözülmeye çalışılmaktadır. Nitekim Türkiye'de son on yılda inşaa edilen gölet ve rezervuar sayıları önemli düzeyde artmıştır (Özen 2017). Tarım sektöründe olduğu gibi ayrıca suyun kullanımı endüstriyel alanlarda da üretim için vazgeçilmez bir değer haline gelmiştir (Alpaslan ve Harmancıoğlu 2001). Türkiye'de 1960 ve öncesi yıllarda miktar yönüyle tartışılan su, günümüzde artan nüfusun ve hızlı sanayileşmenin sonucunda hem miktar hem de kalite yönüyle değerlendirilen ve planlanan bir madde haline gelmiştir.

İklim değişikliği Dünyada ki tüm su kaynakları üzerinde olumsuz etkilerini arttırmaktadır. Meteorolojik elemanlardaki (sıcaklık, yağış, buharlaşma vb.) düzensizlikler ve değişimler, su döngüsünün elemanları üzerinde olumsuz bir baskıya da neden olmaktadır. Baskılar sonucunda, yağış ve deredeki akış rejiminde büyük ölçüde değişimler oluşmakta, böylece topraktaki nemden, nehirlerdeki suyun miktarına ve kalitesine kadar olumsuz birçok etkiyi beraberinde getirmektedir. Özellikle ülkemizde kurak ve yarı kurak alanlarda var olan su eksikliği, sulama problemleri ve topraklardaki

tuzlanma dikkate alındığında, iklim değişikliğinin oluşturacağı sorunlar daha da önemli hale gelmektedir.

Konumu ve kaynakları itibarı ile ülkemizin izlediği su politikası sürdürülebilir su güvenliği için gerekli ve güçlerin ilgi odağında olmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti devletinin Avrupa Birliği'ne üyelik müzakereleri sürecinde 2007 – 2013 yılları arasında AB Müktesebatına Uyum Programı çerçevesinde Su Çerçeve Direktifi ve birliğin diğer üst yasalarına uyum yükümlülüklerini yerine getirmesi amaçlanmıştır. Bu yükümlülükler ile Türkiye su kaynaklarının temiz, verimli ve sürdürülebilir bir biçimde planlanması ve yönetilmesi hedeflenmiştir (Kıbaroğlu 2007).

Su Çerçeve Direktifine uyum sürecinin başlaması ile Su Yönetimi Genel Müdürlüğü su kalitesi haritaların yapımına başlamış ve 2010 yılından sonra su kalitesi izleme çalışmalarında hedef belirleme aşamasına ulaşmıştır. Türkiye'deki 25 su havzasında bulunan yüzeysel sularda kentsel su kirliliği açısından hassas alanlarının ve nitrata hassas bölgelerin tespiti ve su kalitesi hedefleri ile su kalitesinin iyileştirilmesi için alınacak tedbirlerin belirlenmesi amacıyla SWAT (Soil and Water Assesment Tool) modeli kullanılmıştır. Ayrıca ülkemizde ki su kaynaklarının su verimi ve akım yönünden değerlendirilmesi ve gelecek yıllara ait tahmin etme çalışmaları (Akiner and Akkoyunlu 2012; Güngör and Göncü 2013), iklim değişikliği etkisinde yeraltı su kaynaklarının modellenmesi (Ertürk et al. 2014, 2017), yüzeysel akış ve sediment veriminin değerlendirilmesi gibi (Duru vd. 2017a; Duru vd 2017b; El-Sadek ve Irvem 2014; Meng vd. 2016) önemli araştırmalar yapılmıştır.

Su ve sediment verimin yanında son yıllarda özellikle kurak ve yarı kurak alan özellikleri taşıyan alanlarda hidrolojik belirsizliklere cevap aramak ve tarımsal alanlarda en iyi yönetim biçiminin su kalitesinin korunması açısından optimize edilmesini amaçlayan çalışmalar öne çıkmıştır (Bucak 2017; Özcan vd. 2017a; Özcan vd 2017b).

Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (Soil Water Assessment Tool: SWAT) modeli, tarım alanlarının yoğun bir biçimde olduğu kırsal havzalarda çeşitli alanlardan kaynaklanan

kirlenmenin uzun dönemli etkilerini belirleyip, su kaynaklarının yönetimini, kirlenici miktarlarını, akım sediment verimini hesaplayabilen bir hidrolojik modeldir (J. G. Arnold, Srinivasan, Muttiah, and Williams 1998). Model fiziksel tabanlı olup hesaplama yönünden etkili ve uzun süreler boyunca sürekli simülasyon yapabilmektedir. Model bileşenleri olarak meteorolojik veri, hidrolojik veri (akım), arazi kullanma ve yönetimi verisi, besin tuzları, pestisitler gibi veri bileşenlerine sahiptir (Gassman vd. 2007).

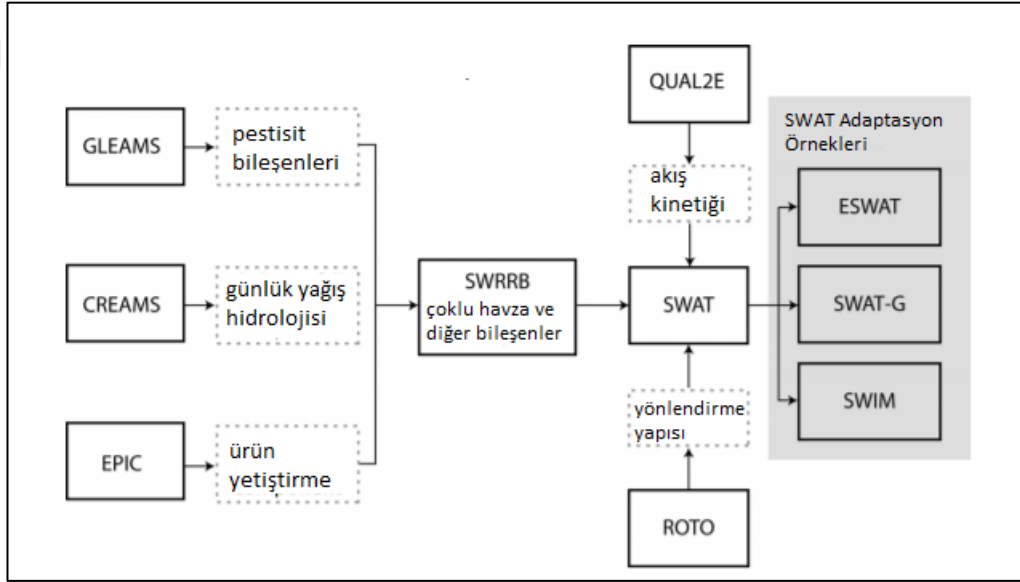
SWAT bir havzayı toprak özellikleri, arazi kullanımını ve yönetimi açısından homojen bir dağılım gösteren birden çok alt havzaya daha sonra hidrolojik tepki ünitelerine (HTÜ) ayırmaktadır. Ayrıca SWAT modelinde alternatif olarak bir havza da baskın arazi kullanım türü ve arazi yönetimi, toprak türleri gibi çeşitli alt özellikler bakımından alt havzalara da ayrıştırılabilmektedir.

SWAT (Soil Water Assessment Tool), Amerika Birleşik Devletlerine bağlı Tarımsal Araştırma Servisinin (ARS) geliştirdiği bir modeldir (Gassman et al. 2007). ARS modeli tarım alanlarında ki yüzey akışlarını, kimyasalları ve erozyonu içerecek düzeyde geliştirilerek CREAMS modelinin (Knisel 1980) ortaya çıkması sağlanmıştır. Elde edilen bu modelden itibaren sırasıyla yeraltı suyu yüklemesinin tarımsal yönetim sistemleri üzerine etkileri modeli (GLEAMS) (Leonard et. al. 1987), ve daha sonra başlangıçta erozyon verimlilik etki hesaplayıcısı olarak adlandırılan (Williams 1990) çevre etki politikası iklim (EPIC) modeli (Izaurrealde, Williams, McGill, Rosenberg, and Jakas 2006) geliştirilmiştir.

Tüm bu çalışmaların ardından SWAT modelinin ilkel atası olarak adlandırılan Kırsal Havzalarda Su Kaynaklarına Yönelik Simülatör (SWRRB) modeli (Arnold and Williams 1987), ABD’de kırsal havzalardaki ürün yetiştirme düzeninin su ve sediment hareketi üzerine etkilerini simüle etmek için geliştirilmiştir. 1980 yılından itibaren CREAMS modelinden günlük yağış hidroloji modelinin değiştirilmesi ile SWRRB modeli geliştirilmeye başlanmıştır. Böylece SWRRB modeli havzanın su verimi tahmininde tek bir havzanın aksine en az 10 adet alt havzayı dikkate almaya başlamıştır. Ardından (Arnold et. al. 1995) 1990’ların başında Arizona ve New Mexico’daki binlerce

kilometrekareyi kapsayan alanda alt havzadaki değerlendirmelerin su yönetimine etkisini değerlendirmek amacıyla Routing Outputs to Outlet (ROTO) modelini geliştirmişlerdir (Arnold et al. 2012).

SWRRM modelinin aynı anda birçok havzada diğer bileşenler ile birlikte işlem yapması, akış kinetiğini dikkate alması ve ROTO modelinin yönlendirme yapısının birleştirilmesiyle SWAT modeli oluşturulmuş (Gassman et. al. 2007) ve çok geniş alanlarda simülasyonlar yapılmaya başlanmıştır (şekil 1.1).

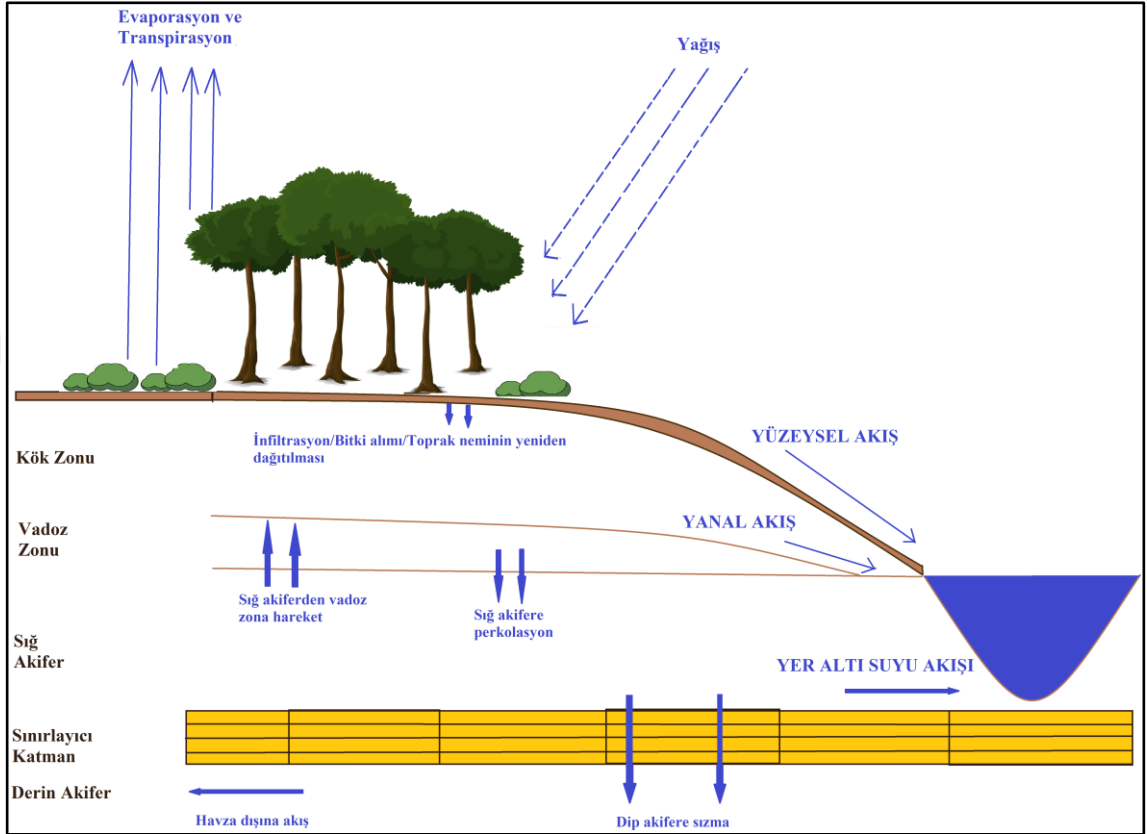


şekil 1.1 SWAT Modelinin tarihsel gelişiminin şematik gösterimi

SWAT modeli yüzeysel akış, yağış, evaporasyon, transpirasyon, infiltrasyon ve yüzeyaltı akışlarını içeren su dengeleme denklemlerine dayanmaktadır. Aynı zamanda bitkiler için besin elementleri dengesi denklemleri, harici besin yüklenmesi, yüzeysel akışlarla taşınan elementler, gübreler, bitki besin alım miktarı ve toprak özellikleri gibi faktörlere dayalıdır (Gassman et al. 2007).

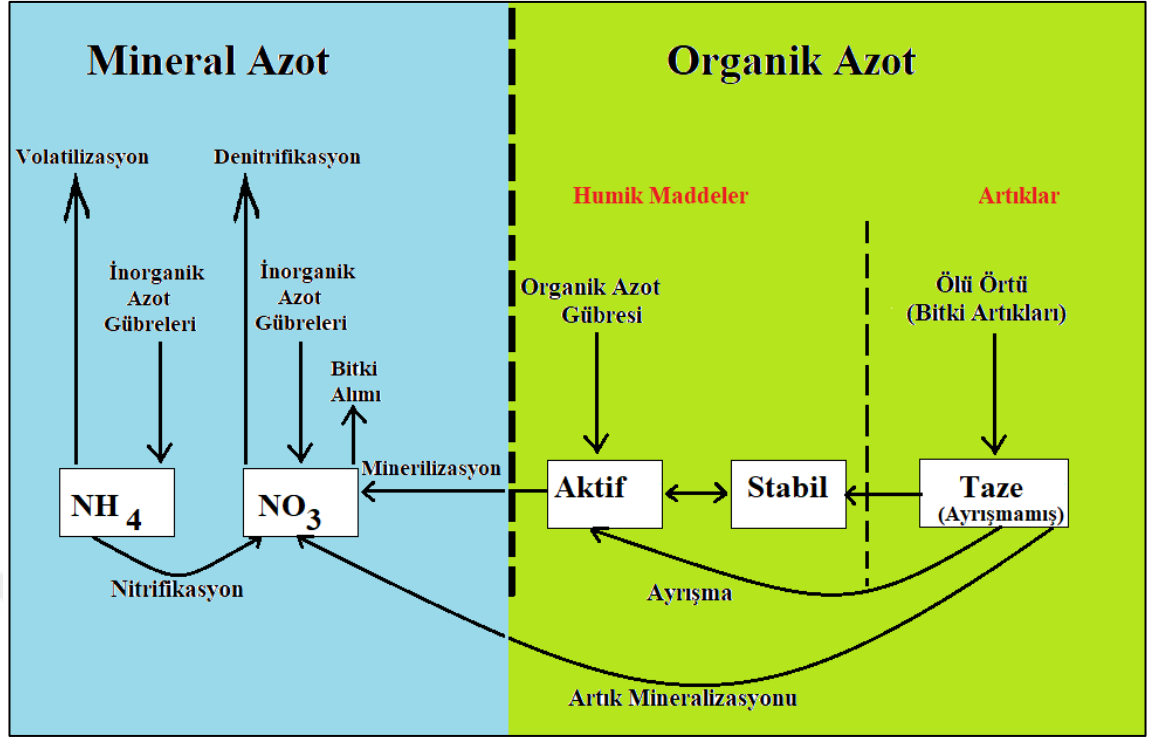
Hidrolojik modelde; yağışın havzaya düşmesi ile başlayan süreç, akışa dönüşerek yer altı suyu ya da yüzeysel akışlarla birlikte tekrardan su yüzeylerine ulaşması ile son bulmaktadır. Bu hidrolojik süreçte; havzaya düşen yağış, bitki örtüsü tarafından intersepsiyon ve evapotranspirasyon ile kayba uğrayabilir veya toprak yüzeyine düşerek

toprağın su kapasitesine göre infiltre olabilir ya da yüzeysel akışa dönüşebilmektedir. Yüzeysel akışa dönüşmeyen su, yer altına doğru sızarak yanıl akış biçiminde yatay olarak hareket eder ya da yeraltı suyuna sızarak yer altı suyunu oluşturabilmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 SWAT modelinde hidrolojik süreçler

Hidrolojik model dışında SWAT, aynı zamanda azot döngüsünü de dikkate alarak azotun dönüşüm süreçlerini de modellemektedir. Azot modeline; bitkinin azot alınımı, gübre uygulamaları, amonyumun volatilizasyonu, nitrifikasyon, denitrifikasyon, ayrışma ve minerilizasyon süreçleri dahil edilmektedir (Arnold et al. 2012) (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 SWAT modelinde azot döngüsünde yer alan süreçler

SWAT modeli 1990'ların başında oluşturulduktan sonra çeşitli özellikleri incelenerek güncellenmeye devam edilmiş ve günümüzde en son halini alan SWAT 2012 versiyonu ortaya çıkmıştır. SWAT modelinin gelişim süresince Türkiye’de kullanımı son yıllarda giderek artmıştır (Karaş 2005, Akiner ve Akkoyunlu 2012, Güngör ve Göncü 2013, El-Sadek and Irvem 2014, Ertürk vd. 2014, Azgın 2015, Özcan 2016, Bucak vd. 2017; Cueloglu vd. 2017, Duru vd. 2017a, Duru vd. 2017b, Elçi 2017, Gölpınar 2017, Özcan vd. 2017a, Özcan vd. 2017b, Özcan vd. 2016, Ozdemir 2017, Tüfekçiöğlü vd. 2017).

Dünyanın çeşitli ülkelerinde ve Türkiye’de kullanımı ve kullanıcıları giderek artan SWAT modeli farklı iklim kuşaklarında farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında ise amaç, ülkemiz gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde SWAT modelinin kullanımını ve uygulanmasını araştırmak, ayrıca farklı iklim ve arazi kullanım senaryoları ile gelecek için projeksiyonlarda bulunup su kalitesi yönetim önerileri ortaya koymaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Watson et. al. (2003) 'de yapmış oldukları araştırmada gelecek yıllarda gerçekleşmesi düşünülen arazi kullanım türünden dolayı Avusturalya'daki tarımsal ve kırsal havzalarda su dengesinin değişeceğini öngörmüşlerdir. Bu nedenle arazi kullanma türünde ki değişikliklerden dolayı oluşacak sonuçların doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için SWAT modelini kullanmışlardır. SWAT modelinin alana ilk defa uygulanmasında olumlu sonuçlar elde edilse de yer altı suyu ve ağaç büyüme bileşenlerinin yeterli olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu eksikliklerin model tahminine önemli düzeyde etki edeceğini düşündüklerinden dolayı her ikisinin de iyileştirilmesi gerektiğini önermişlerdir.

Karaş (2005) 'de yapmış olduğu çalışmada Türkiye'de yarı kurak bölgede bulunan Küçükemmalı ve Güvenç Havzalarında (Ankara) su ve sediment verimini SWAT modeli yardımıyla tahmin etmiştir. Her iki havzada da elde edilen su ve sediment verimi sonuçlarına göre, gözlenen ve tahmin edilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklar ortaya çıkmıştır. Ayrıca her iki havzaya ait sediment verimini USLE ve RUSLE eşitliği ile de hesaplamış, sürdürülebilir havza yönetimi için gerekli tedbir ve önlemleri ortaya koymuştur.

X. Wang et. al. (2006) 'da Minnesota'nın kuzeybatısındaki Wild Rice Nehri havzasında toplanan verileri kullanarak SWAT modelinin çerçevesindeki üç PET (SWAT-Penman, SWAT-Priestley ve SWAT-Hargreaves) yöntemini test etmiştir. SWAT modellerinin performansı, Nash-Sutcliffe katsayısı (E_j^2), kararlılık katsayısı (R^2) ve performans erdemi (PVk) olmak üzere üç istatistik kullanılarak ölçülmüştür. Üç model, bağımsız olarak kalibre edilmiş ve iki USGS istasyonunda gözlemlenen günlük akış akışları kullanılarak doğrulanmıştır. Sonuç olarak, kalibrasyondan sonra SWAT modeli içinde kullanılan bu üç yöntemin havza için benzer sonuçlar ürettiğini ortaya koymuşlardır.

Gassman et. al. (2007) yılında yayınlamış oldukları çalışmalarında, SWAT modelinin Amerika Birleşik Devletleri'nde tarihsel gelişimini, uygulamalarını ve gelecekteki araştırma yönelmelerini değerlendirmişlerdir. SWAT modeli, konusunda düzinelerce konferans, çalıştay ve yayınlanan bilimsel araştırmalardan dolayı, sağlam disiplinler arası bir havza modelleme aracı olarak kabul gördüğünü savunmuşlardır. Araştırmacılar 250 den fazla makaleyi dikkate alarak yapmış oldukları inceleme sonucunda SWAT modelinin; makalelerin birçoğunda akım kalibrasyonu ve ilgili hidrolojik analizler, hidrolojide iklim değişikliğinin etkileri, kirlenici yük değerlendirmeleri, diğer modellerle karşılaştırmalar ve hassasiyet analizleri ve kalibrasyon teknikleri gibi ilgili uygulamalarda kullanıldığını belirtmişlerdir.

Stehr et. al. (2008)' de ki araştırmalarında Şili'nin bölgesel ve ulusal seviyelerde kalkınması için stratejik öneme sahip Biobío Nehri havzasında sınırlı veri kullanımı koşulları altında SWAT modelinin alt havzalarından birine uygulanabilirliğini analiz ederek, Biobío havzasındaki gelecek yıllarda ki modelleme uygulamalarının temelini oluşturmaya çalışmışlardır. Modelleme sonuçları, modelin çalışma havzasının büyük bölümünde iyi performans göstermiştir.

Alansi et. al. (2009)'da Malezya'da bulunan nemli ve tropik bir iklim etkisindeki Bernam üst havzasında akış simülasyonu ve tahmini için SWAT modelini kullanmışlardır. Arazi kullanma türü açısından sulu tarım (pirinç) ile kaplı havzada model için 27 yıllık akım kayıtlarını kullanmışlardır. Model simülasyonu sonucu ortaya çıkan sonuçlar kalibrasyon ve validasyon sürecinde iyi tahmin performansı gösterdiğini belirlemişlerdir. Havzadaki su talebinin 2020 yılında düzenli bir şekilde sağlanabilmesi için oluşturdukları senaryolara göre düşük su talebinin olduğu dönemlerde talebin %50'nin altına düşebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışma ile, SWAT' ın nemli tropik koşullardaki, akış değerlerini simüle edebildiğini ve tahmin edebildiğini dolayısıyla gelecekteki arazi kullanım değişikliklerinin akış üzerindeki etkilerini incelemek için kullanılabileceğini önermişlerdir.

Saleh et. al. (2009)'da ki çalışmalarında Kaliforniya da bulunan Mustang Havzasında hidrolojik sistem aracılığıyla tarımsal alanlarda kimyasal hareket sürecine ilişkin ulusal araştırma yapmak için SWAT modelini kullanmışlardır. Modelden oluşturdukları akım simülasyon sonuçları bir yıllık kalibrasyon sonuçlarında başarılı ancak 1 yıllık validasyon sonuçlarına göre başarısız bulunmuştur. Bu sonucun muhtemelen, kalibrasyon için ölçülmüş akarsu verilerinin sınırlı miktarda olması, Mustang Çayı akışlarının kısa süreli olması ve SWAT modelinin esasen uzun süreler (2 yıl ve daha fazla) için geliştirilmiş olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Cho et. al. (2010) bir ova havzasında, havzayı alt bölümlere ayırmanın ve riparian zon genişliğinin SWAT modeli simülasyonuna etkisini araştırmışlardır. SWAT modelinin riparian tampon alanları tam olarak simüle etmediğini, ancak riparian zon genişliğine tepki veren basit bir işleve sahip olduğunu belirtmişlerdir. Amerika Birleşik Devletleri Georgia eyaletinde yer alan Little deneme havzasındaki araştırmalarının sonucunda; akım ile ilgili öngörülerinin, havzanın alt bölümüne ve filtre genişliğine bakılmaksızın istikrarlı olduğu, havzanın çıkış noktasında sediment ve su kalitesinin farklı riparian zon genişliği birleşimlerine karşı duyarlı olduğunu saptamışlardır.

Mukundan et. al. (2010)'da ki çalışmalarında toprak verilerinin uzaysal çözünürlüğünün SWAT modeli tahmininin akım ve sediment verimi üzerindeki etkisini test etmek ve meca erozyonunun yoğun olduğu bir havzada SWAT modelini kalibre etmeyi amaçlamışlardır. Kullandıkları 2 farklı veri tabanıyla yapmış oldukları model simülasyonuna göre her iki modelde akım ve sediment tahminleri arasında istatistiksel olarak fark bulamadıklarını belirtmişlerdir.

Xu et. al. (2011) 'de Çin'de yer alan Xitiaoxi havzasındaki arazi kullanımının ve yağış alan-zaman değişkenliğinin su kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Arazi kullanımı ve yağışın mekansal dağılımının akış kalitesi üzerindeki etkilerini ArcSWAT modelinde jeo-mekansal analizle tartışmışlardır. Model ile birlikte 20 adet alt havzada su kalitesi parametrelerinden COD, BOD, DO, NH₄-N, TN ve TP'yi değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak her bir alt havzada arazi kullanım yapısı ve yağışın mekânsal değişkenliği, su

kalitesinin mekânsal değişiminin başlıca nedenini oluşturduğunu ve su kalitesinin zamansal değişiminin ana nedeni aylık yağış dağılımından dolayı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Arnold et. al. (2012)'de SWAT modelinin model parametreleştireme ve kalibrasyonunu karmaşıklaştıran çok sayıda giriş parametresi gerektiren kapsamlı, yarı dağıtılı bir havza modeli olduğunu belirtmişlerdir. SWAT için manuel kalibrasyon prosedürleri yanında son zamanlarda manuel ve otomatik kalibrasyon ile hassasiyet ve belirsizlik analizi içeren yarı otomatik bir yaklaşımlı (SUFI2) karar veren SWAT-CUP programının geliştirildiğini aktarmışlardır. Bu yüzden SWAT gibi fiziksel bir modeli kalibre ederken, tüm model giriş parametrelerinin gerçekçi bir belirsizlik aralığı içerisinde tutulması gerektiğini ve havza üzerindeki gerçek fiziksel bilginin yerini alacak herhangi bir otomatik prosedür bulunmadığını dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

Garg et. al. (2012)'de Güney Hindistan'daki Kothapally havzasındaki tarımsal su müdahalelerinin etkilerini değerlendirmek amacıyla yaptıkları araştırmada toprak ve su yönetimine çeşitli müdahalelerin etkilerini SWAT modelini kullanarak 30 yıllık simülasyon periyodu oluşturmuşlardır. Muson iklimi etkisi altındaki bölgede yerinde su yönetimi uygulamaları ile toprağın infiltrasyon kapasitesini ve su tutma kapasitesini geliştirdiklerini ve sonuç olarak daha iyi ürün verimleri alabildiklerini sonucuna ulaştıklarını belirtmişlerdir.

Perrin et. al. (2012) yarı dağıtılmış bir model kullanarak Güney Hindistan'ın yarı kurak havzasında su miktarının değerlendirilmesinde SWAT modelini kullanmışlardır. Uzun süre yüzey üstü su kaynağı olmayan yarı kurak havzada kalibrasyon sonuçlarına göre yeraltı su kaynaklarının iyi bir şekilde modellenebileceğini ortaya koymuş ve önermişlerdir.

Rathjens and Oppelt (2012)'de ArcSWAT modeli ile grid tabanlı SWATgrid modellerini Almanya'da yer alan Elbe Nehri havzasında nasıl kullanılabileceği üzerine yaptıkları araştırma sonucunda günlük akım değerlerinden oluşan model performansının tatmin

edici düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Grid tabanlı model yapısı eklendiğinde performans sonuçlarının daha da iyi olduğu saptayarak arazi kullanım türlerinin, model çıktı parametrelerinin daha gerçekçi bir mekânsal dağılım sağladığını belirlemişlerdir.

Fallis (2013)'teki araştırmasında Kenyada yer alan Naivasha Göl Havzasında ötrofikasyon probleminden dolayı göle besin tuzları taşıyan havzada durum değerlendirmesi ve ilerleyen yıllarda oluşabilecek sorunları tahmin etmek için SWAT modelini kullanmıştır. Tarımsal faaliyetlerin ve otlatmanın yoğun olduğu tarımsal havzada farklı arazi kullanım ve yönetim senaryosu oluşturmuş, gübreleme ve otlatma faaliyetinin eşzamanlı yapılmaması sonucu farklı sonuçların ortaya çıktığını belirtmiştir.

Güngör ve Göncü (2013)'te Eskişehir Porsuk Çayı alt havzasında en uygun su yönetimi stratejilerini belirlemek amacıyla SWAT modelini kullanmışlardır. Kalibrasyon ve doğrulama işlemi, iki izleme istasyonundan alınan veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla SWAT-Cup kalibrasyon ve belirsizlik programını kullanmışlardır. Havzada üst kısımda yer alan izleme istasyonunda akım kalibrasyon ve validasyon değerleri başarı gösterirken, alt kısımda yer alan izleme noktasında bu değerler aynı başarıyı gösteremediğini belirlemişlerdir. İki izleme noktası arasındaki performans farklılığının, sulama ve yer altı suyu miktarlarındaki belirsizliğinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.

Khoi and Suetsugi (2014)'te araştırmalarında Vietnam'daki Be nehir havzasında iklim ve arazi kullanımı değişikliklerinin hidrolojik süreç ve sediment verimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla SWAT modelini kullanmışlardır. Duyarlılık analizi, model kalibrasyonu ve doğrulama sonucunda SWAT modelinin mantıklı bir şekilde simüle edilebildiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak Be Nehri havzasındaki hidrolojik süreçlerin arazi kullanımı değişiminden güçlü bir şekilde etkilendiğini, ormansızlaşmanın yıllık akımı %1.2 ve sediment taşınmasını da %11.3 arttırdığını bulmuşlardır. Bu sonuçların yanında iklim değişikliğindeki farklılığın yıllık akımı %26.3 ve sediment verimini ise %31.7 oranında arttırdığını belirtmişlerdir.

Abbaspour et. al. (2015)'teki çalışmalarında Avrupa için kıtasal ölçekli bir hidroloji ve su kalitesi yönetim sistemini SWAT ile gerçekleştirmiş ve yüksek çözünürlüklü büyük ölçekli modelin kalibrasyonu ve belirsizliğini saptamışlardır. Su kaynaklarının farklı bileşenleri ürün verimi ve su kalitesini hidrolojik tepki ünitelerinde bazında değerlendirmişlerdir. Veri kullanılabilirliği, büyük ölçekli dağınık modellerin kalibrasyonu ve model kalibrasyonu ve belirsizlik analizi için temel süreç ile ilgili konular tartışmışlardır. Kalibre edilen model ve sonuçların, Avrupa Su Çerçeve Direktifi'ne bilgi desteği sağlamak ve iklim değişikliğinin su kullanılabilirliği ve kalitesi üzerindeki etkisinin daha ayrıntılı değerlendirilmesi için temel oluşturacağı sonucuna varmışlardır.

Azgın (2015)'te Türkiye'de yarı kurak alanda yapmış olduğu doktora tezi çalışmasında Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesi ve Yayılı Kirletici Yüklerin SWAT ile Modellenmesini amaçlamıştır. Palas Gölü Havzasında yer alan farklı dereeler için SWAT modelini uygulayarak akım ve yayılı kirletici miktarlarının mevcut durumlarını ve gelecek yıllarda ortaya çıkacak sonuçlarını senaryolar ile ortaya koymuştur. Uygulanan SWAT modeli ile yüzey akışı ve Tuzla Gölü'ne taşınan kirletici yükleri başarılı bir şekilde tahmin edildiğini ve taşınan kirletici yüklerinin gölün su kalitesinde olumsuz etkileri olabileceğini belirtmiştir. Arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişim ile birlikte iklim değişikliğinde nedeniyle su kalitesindeki kötüleşmenin artabileceğini belirtmiştir.

El-Khoury et. al. (2015) arazi kullanım projeksiyonları ve iklim değişikliği senaryolarının su kalitesine etkilerini belirlemek amacıyla Kanada'daki bir havza için SWAT modeline bölgesel Kanada Bölgesel İklim Modelini entegre etmişlerdir. İklim değişikliğinin aylık akım, nitrat yükleri ve organik fosfor yüklerine yol açacağını, bununla birlikte organik azot ve nitrit yüklerini azaltacağı sonucuna varmışlardır.

Johnson et. al. (2015)'te Amerika Birleşik Devletlerinde yer alan 20 adet havzada SWAT modelini kullanarak akım, sediment verimi ve besin tuzlarının 21. Yüzyılın ortalarında iklim değişikliği ve artan kentleşmeye karşı hassasiyetlerini test etmek için senaryolar oluşturmuşlardır. Simülasyonlar, ABD genelinde 21. Yüzyılın ortasındaki iklim değişikliğinin akım ve su kalitesi üzerine önemli bir etki olduğunu saptamışlardır. Ayrıca

kirletici yüklerden toplam fosfor ve toplam azot yüklerinin yaklaşık olarak %60 artacağını belirtmişlerdir.

Musau et. al. (2015) Batı Kenya'daki Nzoia havzasının yukarı kısımlarındaki dört farklı havzada iklim değişikliğinin potansiyel su verimine etkilerini SWAT modeli yardımıyla incelemişlerdir. 2020'ler, 2050'ler ve 2080'ler olmak üzere üç farklı yağış ve sıcaklık senaryolarını üretmişlerdir. Bölgedeki iklim değişikliğinin potansiyel hidrolojik etkilerinin dört havza arasında önemli fark oluşturduğu sonuçlarına varmışlardır.

Pervez and Henebry (2015)'te Güney Asya'daki Brahmaputra Nehri havzasında SWAT modelini kullanarak iklim ve arazi kullanım değişiklikleri nedeniyle Bangladeş'te tatlı su kullanılabilirlik hassasiyetlerini değerlendirmişlerdir. Oluşturdukları modelin toplam su verimi, akarsu akımı ve yer altı suyu deşarjına ve yağış değişimlerine karşı duyarlıydı olduğunu bulmuşlardır. Modelin, iklim değişikliğine uyum ve iklim değişikliği altında su kaynaklarının optimize edilerek dağıtılma konusunda potansiyeli olduğunu belirtmişlerdir.

Sajikumar and Remya (2015)'te Hindistan'daki Kerala bölgesindeki iki havzanın arazi kullanımının ve arazi örtüsünün akım özellikleri üzerine etkisini SWAT modeli yardımıyla değerlendirmişlerdir. Orman alanlarındaki azalmanın sırasıyla %60 ve %32 olduğu iki havzada yüzey akışındaki değişimin %20 dolaylarında olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde pik akımın sadece %15 oranında arttığını saptamışlardır. Beklenenden daha az olan bu oranların nedeni olarak plantasyon şeklindeki ormanların evapotranspirasyon hacmi bakımından benzer özellik taşıyan tarım ürünlü alanlara çevrilmesi sonucu olduğunu düşünmüşlerdir.

Serpa et. al. (2015) yılında Brezilya'da bulunan iklim ve arazi kullanım değişikliklerinin su ve sedimesnt verimi üzerindeki etkilerini SWAT modelini kullanarak nemli bir bölge (São Lourenço) ve kurak bir bölgedeki (Guadalupe) iki farklı havza için değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, sadece iklim değişikliğinin doğrudan etkilerinden

daha fazla veya daha önemli olabilecek iklim kaynaklı arazi kullanımını değişim etkilerinin önemini vurgulamışlardır.

Zeiger and Hubbart (2016) Orta Amerika'daki çok sayıda arazi kullanım havzasından iç içe geçmiş ölçekli eşzamanlı akarsu akımı, askıda katı madde ve besin maddelerinin SWAT modeli geçerliliğini araştırmışlardır. En iyi model performans değerlendirmesi için gerekli uzaysal ve zamansal çözünürlüğü sağlayan ve birleştirilmiş çoklu parametre unsurlarını sağlayan gözlemlenen yeterli veri seti olmadığını belirtmişlerdir. SWAT model tahminlerini aylık akım, askıda katı madde, toplam fosfor, nitrat, nitrit, amonyum ve toplam inorganik azotu birçok arazi koşullarında yer alan 5 iç içe ölçekle doğrulamak için kullanmışlardır. Sonuç olarak SWAT modelinin çoklu ölçüm alanlarına kalibrasyonunun faydalarını vurgulayan araştırmacılar SWAT modeline uygulanan bu yöntemin model performansını artırmak isteyen kullanıcılara rehberlik edeceğini belirtmişlerdir.

Bucak (2017) çalışmasında Beyşehir Gölü ekosistem yapısı üzerinde iklim ve arazi kullanım değişikliklerinin ekosistem hizmetleri perspektifiyle tahmin edilmesini amaçlamış ve SWAT modelleme sonuçları ile, Beyşehir Gölü'nün ekolojik ve hidrolojik dinamiklerinin iklim değişikliklerine duyarlılığını olduğunu ortaya koymuştur.

Carvalho-Santos et. al. (2017)'de yapmış oldukları araştırmalarında gelecekteki iklim projeksiyonlarını göz önüne alarak, su arzındaki eksikliklerin yeni bir rezervuar (iki depo sistemi) inşa edilerek etkili bir şekilde ele alınıp alınamayacağını analiz etmişlerdir. SWAT modeli için RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryolarını kullanmışlardır. Mevcut rezervuarların su arzını şimdilik karşılayabileceğini ancak gelecek yıllarda ki iklim değişikliği göz önüne alındığında yetersiz kalacağını belirtmişlerdir.

da Silva et. al. (2015) Kuzeydoğu Brezilya Poxim havzasında, hidrolojik modellemenin hassasiyet analizi ve kalibrasyonu için SWAT modelini kullanmışlardır. Sonuç olarak Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı, PBIAS katsayısı, RMSE katsayısının yüzdesi ve RSR

katsayısını kullanmışlar ve model performansının tatmin edici düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Elçi (2017) Gediz Havzasında yapmış olduğu çalışmada SWAT modelini kullanarak bitkisel filtre şeritlerinde besin tutulumunun değerlendirilmesini yapmıştır. Tarımsal olarak en iyi yönetim uygulaması olarak bitki örtüsü filtre şeridi (VFS) uygulamasının etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, SWAT modeli seçilerek Batı Türkiye'de küçük boyutlu bir havza olan Nif dere havzasında uygulanmıştır. 19 alt havza için besleyici yükleri, yıllık bazda tahmin etmiş ve sonuç olarak bir alt havzada VFS uygulamasının sınırlı miktarda besin maddeleri bulunduğunu ve 20 m'lik bir nehir kıyısı (riparian) zon genişliğinin bir maliyet-fayda açısından etkili olduğunu belirtmiştir.

Kundu et. al. (2017a) Hindistan'daki araştırmalarında Madya Pradeş Narmada nehri havzasının bir parçasını SWAT modelini kullanarak gelecekteki su dengesindeki değişiklikleri iklim ve arazi kullanım değişikliklerden bağımsız ve entegre bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin etkisinin su verimi üzerinde daha belirgin bir etkiye sahip olduğunu, arazi kullanım değişikliklerinin evapotranspirasyon üzerinde daha fazla etkili olduğunu bulmuşlardır.

Kundu et. al. (2017b) geçmiş dönem, aktüel dönem ve gelecek dönemdeki arazi kullanımı değişimlerinin su dengesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Hindistan'da ki Narmada nehri havzasında arazi değişiminin sonuçlarını SWAT modeli yardımıyla ortaya koymuşlardır. Su veriminin 1990 yılından 2011'e kadar yaklaşık %7 oranında arttığını ve evapotranspirasyonun yaklaşık %3 azaldığını, 2050 yılına kadar su veriminin yaklaşık %17 kadar artacağını ve evapotranspirasyonun yaklaşık %8 azalacağını belirlemişlerdir.

Mittelstet vd. (2017) araştırmalarında Kuzeydoğu Oklahoma'daki Barren Fork Creek havzasındaki SWAT modelini modifiye ederek kıyı erozyonunu ve atıksu fosfor rutinlerini test etmek, havzadaki fosforu ve kıyı erozyonunun önemini belirlemeyi amaçlamışlardır. Modifiye edilmiş SWAT modeli, kıyı erozyonunu ve atıksu fosfor rutinlerini başarıyla uyguladığını belirtmişlerdir. Ayrıca dere kıyısından türetilmiş

fosforun havza ölçeğinde fosfor modellenmesini iyileştirebildiğini gösterdiklerini ortaya koymuşlardır.

Molina-Navarro et. al. (2017) yılında yapmış oldukları çalışmalarında SWAT modelinin çoklu ve çok değişkenli kalibrasyonunda hedef fonksiyonun etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Danimarka da yer alan havzada 4 farklı izleme istasyonunda SWAT modeli ile simülasyonunu hazırlamışlardır. Su kalitesi değerleri ile çoklu kalibrasyon ve validasyon işlemlerini tamamlamışlar ve performans kriterlerine (R², NS, PBIAS), göre başarılı sonuç elde etmişlerdir.

Romagnoli et. al. (2017) yılında Arjantin'in Pampas bölgesindeki yapmış oldukları çalışmada sınırlı verinin bulunduğu Aşağı Carcaraña Havzasında SWAT model simülasyonu oluşturmayı amaçlamışlardır. Sınırlı sayıda ki azot ve fosfor gübresi verimliliğini değerlendirmek için farklı indeksleri değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak girilen veri sınırlamaları göz önüne alındığında, SWAT modelinin, başarı kriterleri tarafından tatmin edici ve güvenilir bir model olduğunu belirtmişlerdir.

Sharifi et. al. (2017) Kuzey Amerika'nın en büyük haliçi olan Chesapeake Körfezindeki havzada kentsel ve tarımsal alanlardan gelen fazla besin tuzu deşarjlarını araştırmak için SWAT, GWLF ve CBP-CVM modellerini kullanmışlardır. Hiçbir modelin sürekli olarak daha iyi sonuçlar vermediğini, genel olarak, SWAT ve CBP-CWM modelleri arasında yıllık ortalama su akımında iyi bir uyumun olduğunu ve GWLF ve CBP-CWM modelleri arasında ise benzer uyumun toplam azot ve toplam fosfor belirlenmesinde olduğunu belirlemişlerdir.

Shrestha et. al. (2017) Akdeniz iklimi etkisi altında kalan havzaların, kurak ve yağışlı dönemler arasında değişen yüksek mevsimsel değişkenliklerden dolayı iklim ve arazi kullanım değişikliklerine karşı daha savunmasız olduğunu belirtmişlerdir. Gelecek dönemlerdeki değişimler kapsamında su toplama havzalarının su veriminin belirlenmesi, su kaynaklarının daha iyi yönetimi açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmalarında Güney Avustralya'daki Onkaparinga su toplama havzasının gelecekteki

iklim ve arazi kullanım değişikliklerinin su verimi, toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) yükleri üzerindeki etkilerini SWAT modeli yardımıyla değerlendirmişlerdir. Model sonucu aylık ortalama toplam azot ve toplam fosfor yükünde sırasıyla -% 55 -% 56 azalma tespit etmişler ve bu sonucun akış miktarlarına bağlı olduğunu belirlemişlerdir.

Thodsen et. al. (2017) Baltık Denizi çevresindeki araştırmalarında altı farklı havzada gübre uygulama senaryolarından besin yükü değişikliklerinin modellenmesinde SWAT modelini kullanmışlardır. Değiştirilen gübre uygulamalarının hassasiyetini değerlendirmek için her havzada dört gübre uygulama senaryosu düzenlenmişlerdir. Tarım alanlarının artışına bağlı olarak uygulanan gübre miktarındaki artışın havzalarda duyarlılığı daha da arttırdığını belirlemişlerdir. Gübreleme kullanımındaki \pm %20'lik değişimin havzadaki nitrat yüklerini 0 ile %13 arasında etkileyebildiği sonucu ortaya koymuşlardır.

Vernier et. al. (2017) noktasal olmayan kirlilik kaynaklarının Avrupa Birliği içerisinde büyük endişe kaynağı olduğunu ve iklim değişikliği ile birlikte gelecekte tarım alanlarında böcek ilaçlarının daha fazla kullanılabileceğini ve tarım sektörünü doğrudan etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında arazi kullanımı, çiftçilik sistemleri ve uygulamalarında meydana gelen değişiklikleri analiz etmek ve bunların su kaynaklarına ve zehirli madde transferlerine olan etkilerini değerlendirmek için entegre ve işbirliğine dayalı bir yaklaşım önermişlerdir. Bu nedenle SWAT modeline kombine olacak biçimde GenLU2 ve GAMS modelleri entegre edilerek Fransa için gelecek yıllardaki su politikalarını belirleyecek sonuçlara ulaşmışlardır.

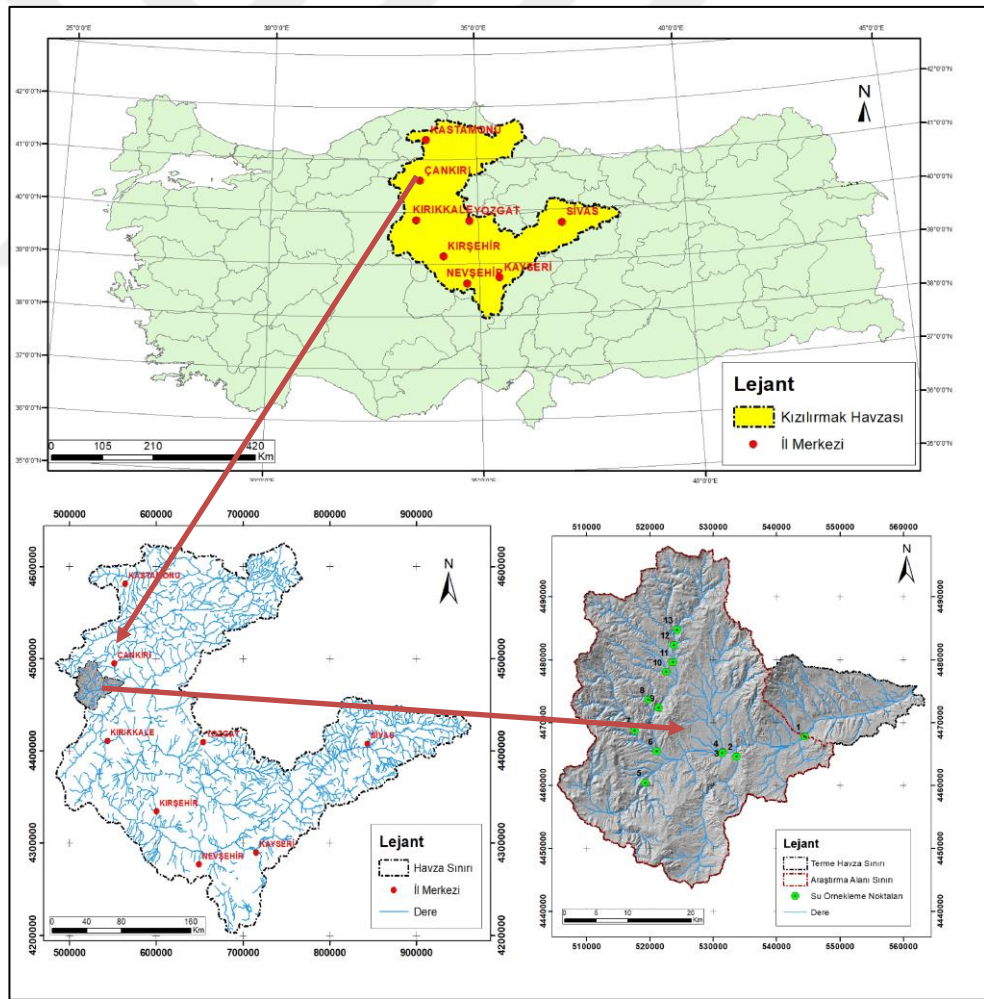
Zhang et. al. (2017)'de Çin'in Loess Yaylası bölgesinde yer alan Haihe havzasındaki akım değişiminin nedenlerini anlamak için, arazi kullanım değişikliğinin ve iklim değişkenliğinin zamansal akım değişkenliği üzerindeki etkilerini SWAT modelini kullanarak incelemişlerdir. Oluşturdukları dört farklı senaryo sonuçlarına göre son zamanlarda yaşanan kuraklığın başlıca insan faaliyetlerinden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Yaptıkları araştırmanın Haihe Nehri havzasında ekosistem hizmetlerinin ve sürdürülebilir su kullanımını sürdürmek için yararlı olabileceğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma havzası genel tanıtımı

Araştırma alanı olarak belirlenen Terme Çayı Havzası, Kızılırmak Havzasının alt havzasıdır. Havza alanı 152663 ha'dır (Şekil 3.1). Terme Çayı Havzası genel olarak Kara Tepe (1896 m), Balıkgüney Tepe (1652 m), Koca Tepe (1059 m) Elecikyüzü Tepe (1217 m) ve Üçbaş Tepe (1601 m) ile çevrelenmektedir.



Şekil 3.1 Araştırma havzası yer bulduru haritası

İç Anadolu Bölgesinin Çankırı ilinde bulunan Terme Çayı Havzasında, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ait Tüney Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) bulunmaktadır. Tüney köyü yakınında yer alan bu istasyondan akış verileri temin edilmiştir. Modelleme aşamasında istasyondaki verilerin kullanımı amaçlandığından dolayı araştırma havzasının sınırı bu noktaya göre belirlenmiştir (Şekil 3.1). Araştırma alanı olarak belirlenen alt havzanın toplam alanı 130856 ha'dır.

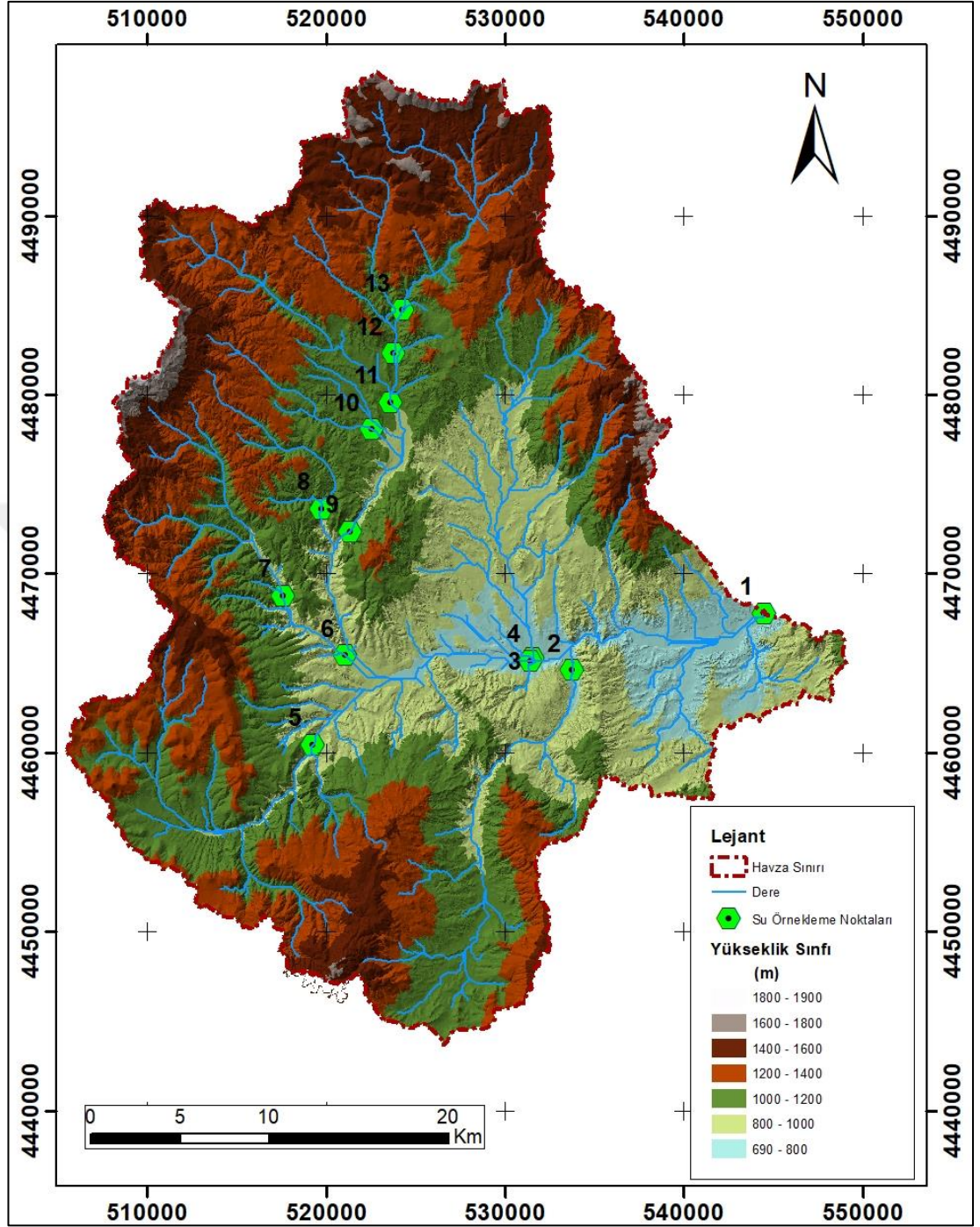
3.1.1.1. Topoğrafik yapı

Havzanın minimum yüksekliği 690 m, maksimum yüksekliği 1900 m ve ortalama yükseltisi 1140m' dir.

Araştırma alanında yükseklik, 800-1400 m arasında yoğunluk göstermiş olup en yüksek (%36) dağılım 1000-1200m sınıf aralığındadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Araştırma havzası yükseklik sınıflarının dağılımı

Yükseklik Sınıfı (m)	Alan (ha)	Alan (%)
690-800	8571	6.5
800-1000	29515	22.6
1000-1200	40065	30.6
1200-1400	34959	26.7
1400-1600	15291	11.7
1600-1800	2295	1.8
1800-1900	161	0.1
Toplam	130856	100

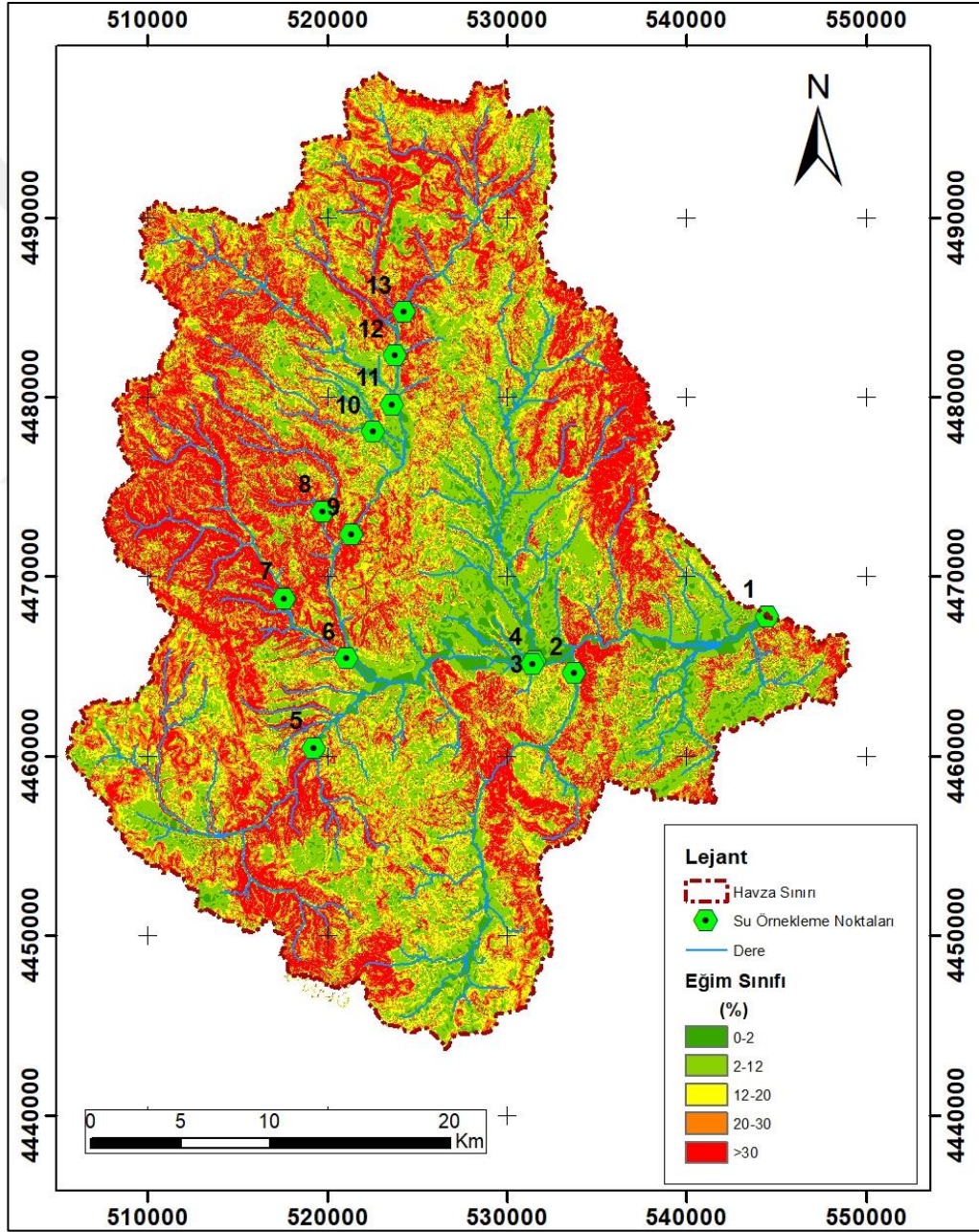


Şekil 3.2 Araştırma havzası yükseklik sınıfları haritası

Havzanın ortalama eğimi %20 olup çok eğimli sınıfına girmektedir. Eğim sınıfları dikkate alındığında, düz alanlar (%0-2) dışında kalan sınıflar homejen bir dağılım göstermektedir. (Şekil 3.3, Çizelge 3.2).

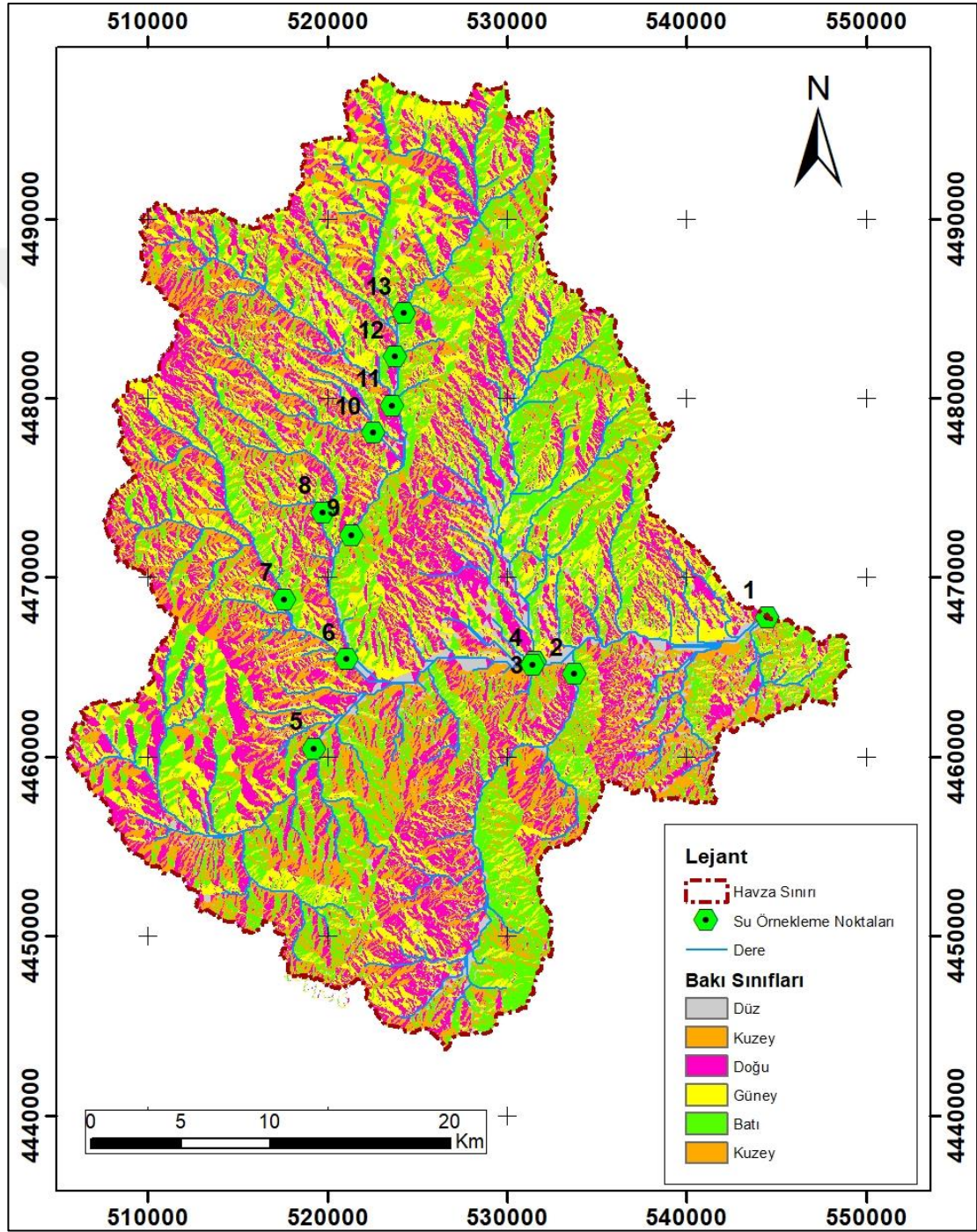
Çizelge 3.2 Araştırma havzası eğim sınıfları dağılımı

Eğim Sınıfı (%)	Alan (ha)	Alan (%)
0-2	12371	9.5
2-12	32165	24.5
12-20	27091	20.7
20-30	26286	20.1
>30	32944	25.2
Toplam	130856	100



Şekil 3.3 Araştırma havzası eğim grupları haritası

Bir havzanın genel bakışı hidrolojik döngü açısından son derece önemlidir. Su üretimi ve verimi ile birçok ekolojik olay açısından önemli bir etkidir. Araştırma alanı kırıklı yapıdadır. Havza bakışı homojen bir dağılım göstermektedir. Ortalama bakı güneydoğudur (Çizelge 3.3, Şekil 3.4).



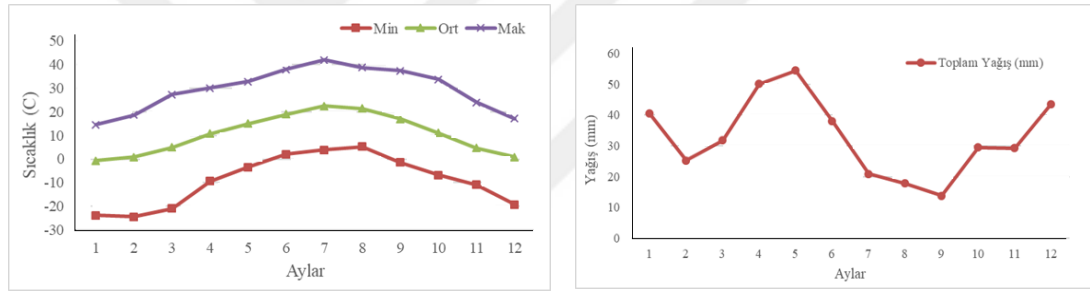
Şekil 3.4 Araştırma havzası bakı durumu haritası

Çizelge 3.3 Araştırma havzası eğim sınıfları dağılımı

Bakı Sınıfları	Alan (ha)	Alan (%)
Düz	8750	6.7
Kuzey	26186	20.0
Doğu	35031	26.8
Güney	32377	24.7
Batı	28512	21.8
Toplam	130856	100

3.1.1.2. İklim

Thiessen poligon yöntemine göre araştırma havzasında yıllık ortalama sıcaklık 10.6°C ve yıllık toplam yağış 395 mm' dir (Şekil 3.5) (Anonim 2017).



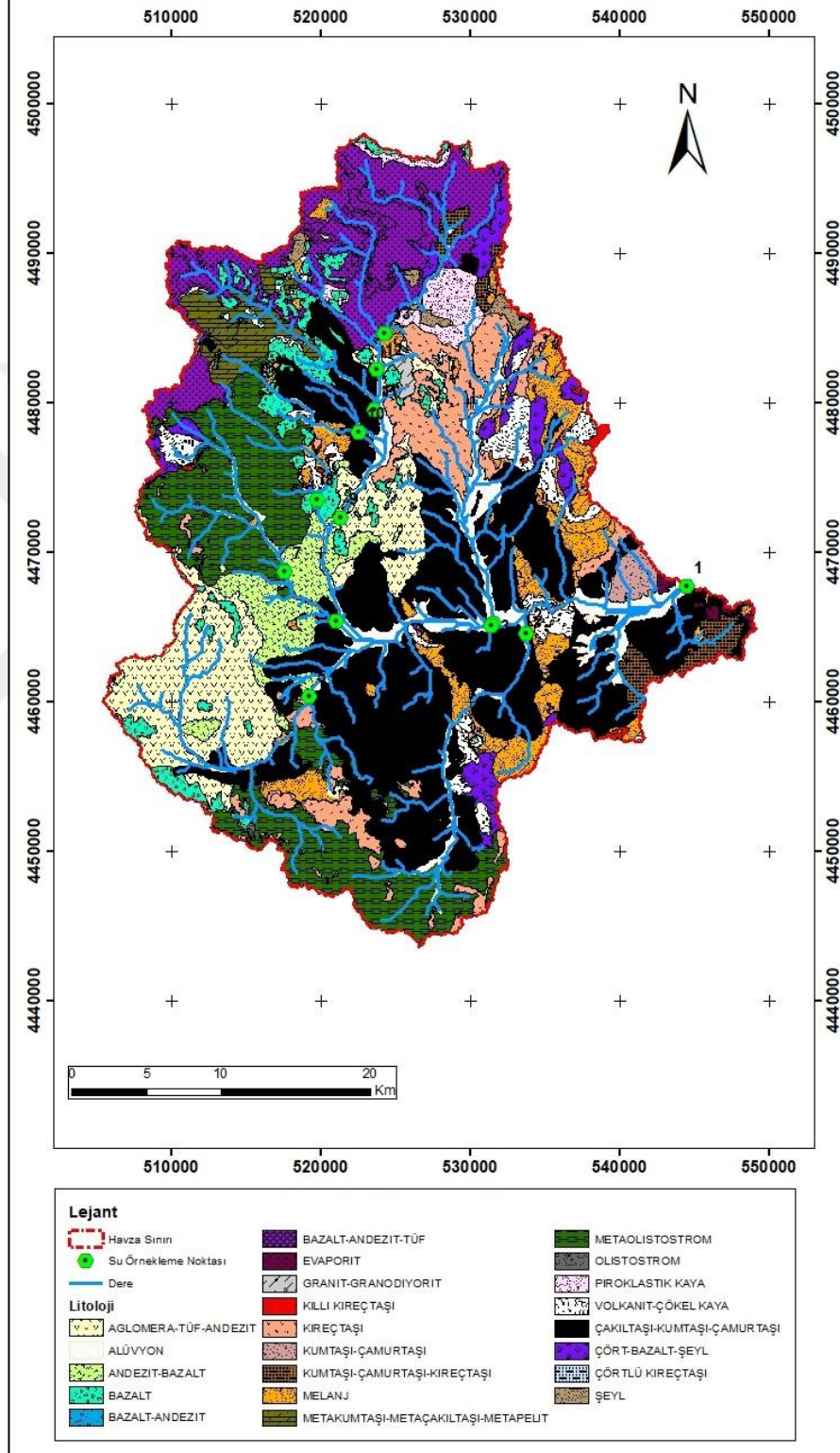
Şekil 3.5 Araştırma havzası sıcaklık ve yağış dağılımı

Thornthwaite yöntemine göre Terme Çayı Havzası'nın; $D B^2 s b^2$ rumuzu ile gösterilen "Yarı kurak, mezotermal, su fazlası yok veya pek az, denizsel iklim etkisine yakın" bir iklim tipine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

3.1.1.3. Jeolojik yapı ve toprak

Araştırma havzasında Triyas' tan Kuvaterner'e kadar değişik nitelikte birçok anakaya birimleri yer almaktadır. Alanda Triyas yaşlı birim; Köşrelik formasyonu ve Kretase yaşlı birim ise Eldivan ofiyolitidir. Miyosen yaşlı kaya birimleri ise Kurtsivrisi volkanitleri, Hançili formasyonu, Karakoçuş formasyonu, Hüyükköy formasyonu, Eregez aglomerası ve Aydos bazaltıdır. Bölgede Pliyosen yaşlı kayalar; Orta formasyonu ve Büyükyakalı formasyonu ile temsil edilmektedir (Şengüler 2007). Araştırma alanında, litolojik olarak

çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, aglomera, tuf, andezit, bazalt ve metaolistostrom yapıları öne çıkmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Araştırma alanı litoloji haritası

Araştırma havzası, büyük toprak gruplarından Kahverengi topraklar, Kahverengi Orman toprakları ve Aluviyal topraklar bulunmaktadır. Aluviyal toprakların bulunduğu taban araziler genellikle % 1'den daha az eğimli ve alçaktır.(Anonim 1974). Yıl boyunca çoğu kez bu topraklar alandaki diğer toprak gruplarına göre daha nemlidirler. Yer yer taban suyu sorunları görülmektedir.

3.1.1.4. Bitki örtüsü

Araştırma havzasının %47'sini bozkır vejetasyonu oluşturmaktadır. Havzada orman vejetasyonunu: *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *nigra* (Lamb.) Holmboe, (Karaçam), *Pinus sylvestris* L. (Sarıçam), *Juniperus excelsa* Bieb., (Ardıç), bozkır vejetasyonu: *Paliurusspina-christi* Mill. (Karaçalı), *Berberis vulgaris* L. (kadın tuzluğu), *Astragalus* sp. (geven) dere vejetasyonu: *Salix alba* L. (Ak söğüt), *Populus nigra* Marshall (Kara kavak), *Elaeagnus* sp. (İğde) oluşturmaktadır.

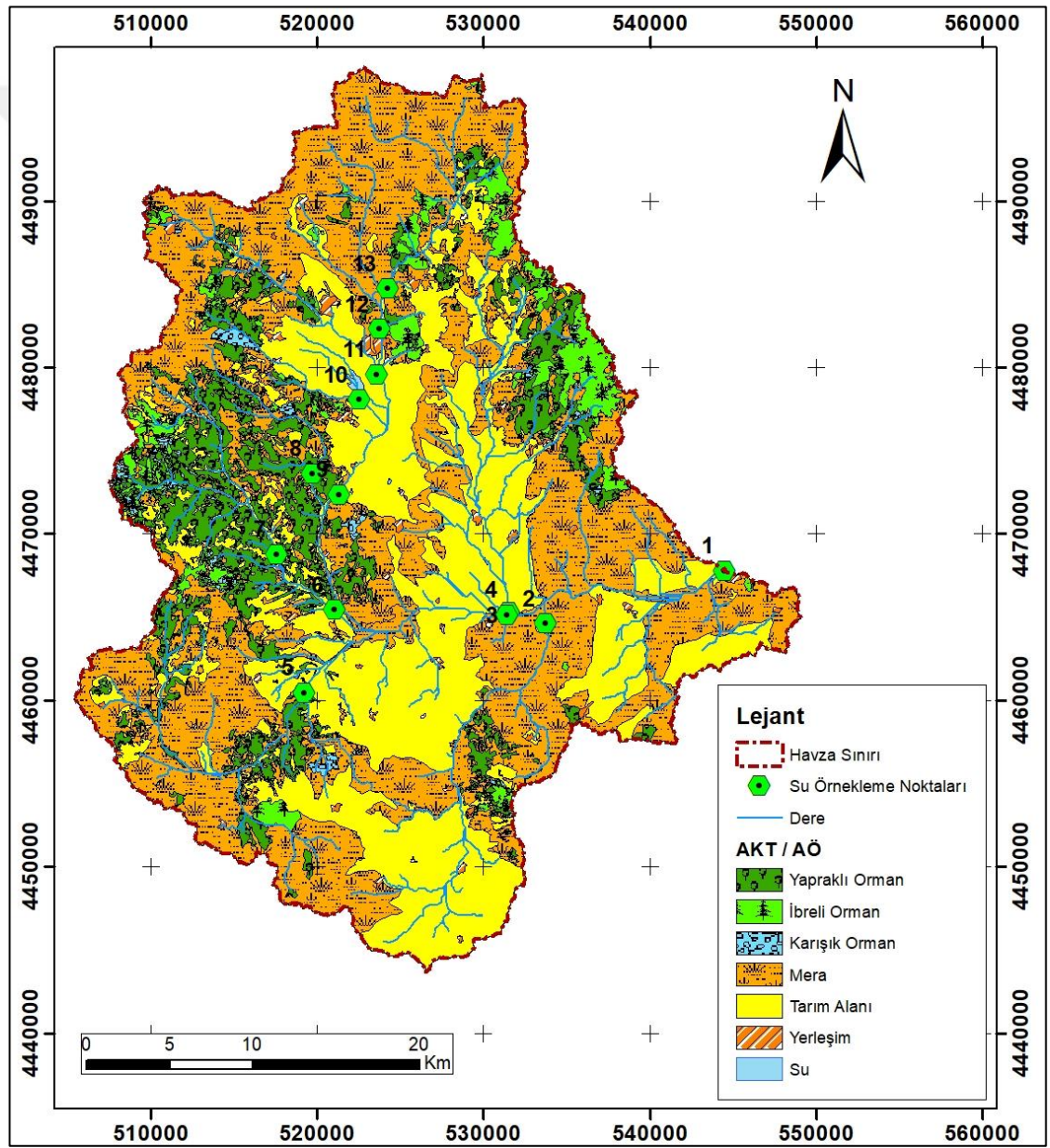
3.1.1.5. Arazi Kullanım Türü / Arazi Örtüsü (AKT/AÖ)

Araştırma alanı Türkiye'nin Karadeniz nemli iklimi ile İç Anadolu karasal iklimine geçiş kuşağındadır. Bu kuşakta ormanlar genel olarak alanda rakımın yüksek olduğu yukarı havzada yayılmaktadır (Şekil 3.7).

Havzanın AKT/AÖ dağılımına bakıldığında %47'sini mera, %33'ünü tarım %18'ini orman alanları, geriye kalan alanları ise yerleşim ile diğer alanlar oluşturmaktadır (Çizelge 3.4). Araştırma havzası içerisinde çok küçük bir alanı oluşturan suyla kaplı alan (%0.1), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilmiş göletler oluşturmaktadır. Ayrıca alanda projelendirilme aşaması tamamlanmış olup, inşaatı devam etmekte olan sulama göletleri de mevcuttur.

Çizelge 3.4 Araştırma havzasında arazi kullanım türü / arazi örtüsünün dağılımı

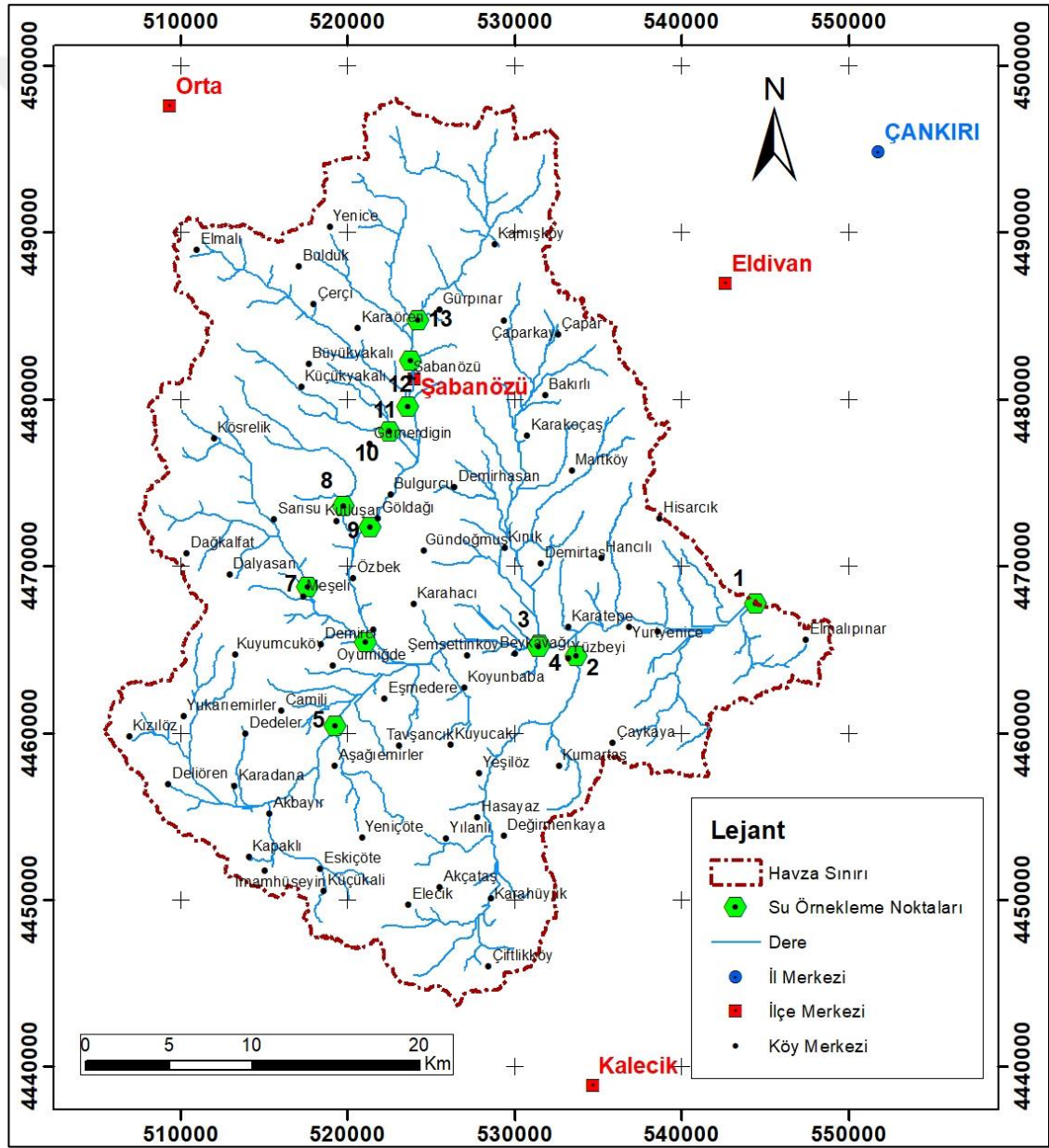
AKT/AÖ	Alan (ha)	Alan (%)
Yapraklı Orman	16615	12.7
İbrelî Orman	6129	4.7
Karışık Orman	1157	0.9
Mera	61706	47.2
Tarım	43668	33.4
Yerleşim	1449	1.1
Su	132	0.1
Toplam	130856	100.0



Şekil 3.7 Araştırma havzası arazi kullanım türü / arazi örtüsü durumu haritası

3.1.1.6. Sosyoekonomik yapı

Araştırma havzası içerisinde Ankara ili Akyurt, Çubuk ve Kalecik ilçelerine bağlı toplam 44 mahalle ve Çankırı ili Eldivan, Orta, Şabanözü ve Merkez ilçelerine ait 25 köy merkezi toplamda 69 adet yerleşim alanı bulunmaktadır (Şekil 3.7). Araştırma alanında 2016 tarihine göre nüfus, Ankara iline bağlı yerleşim alanlarında toplam 5289 kişi, Çankırı iline bağlı yerleşim alanlarında ise Şabanözü ilçe merkezi ile birlikte toplam 16 154 kişidir.



Şekil 3.8 Araştırma havzası yerleşim alanları haritası

Havzada yaşıyan halkın genel geçim kaynakları tarım (kuru), hayvancılık ve çok küçük alanlarda uygulanan sebzeçiliktir. Araştırma havzası içerisinde yer alan Şabanözü ilçesinde sanayi tesisleri ve atık su arıtma tesisleri yer almaktadır. Katı atıklar belediye tarafından toplanarak çöplük alanına dökülmektedir.

Araştırma havzasında kuru tarım ürünlerinden buğday ve arpa yetiştirmektedirler. Aile başına düşen ortalama tarım arazisi 30-40 dekar arasındadır. Tarımsal faaliyetlerde kısıtlı miktarda gübre kullanılmaktadır. Arıcılık, büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığının ardından bölge halkı için önemli bir gelir kaynağını oluşturmaktadır.

3.2. Yöntem

Araştırma, ön büro işlemlerinin (arazi öncesi hazırlık, literatür tarama vb.), arazi çalışmaları sonrasında verilerin dijital ortama işlenmesini, istatistiksel ilişkilendirme çalışmalarının yer aldığı; büro çalışmaları, örnekleme noktalarında fiziksel su özelliklerinin ölçüldüğü ve örnekleme işlemlerinin yapıldığı; arazi çalışmaları, araziden toplanan su örneklerinin kimyasala analizlerinin yapıldığı; laboratuvar çalışmaları ve elde edilen tüm verilerin bir arada değerlendirilerek model oluşturulmasını kapsayan modelleme çalışmaları kısmında olmak üzere 4 ayrı kısımda değerlendirilmiştir.

3.2.1. Büro çalışmaları

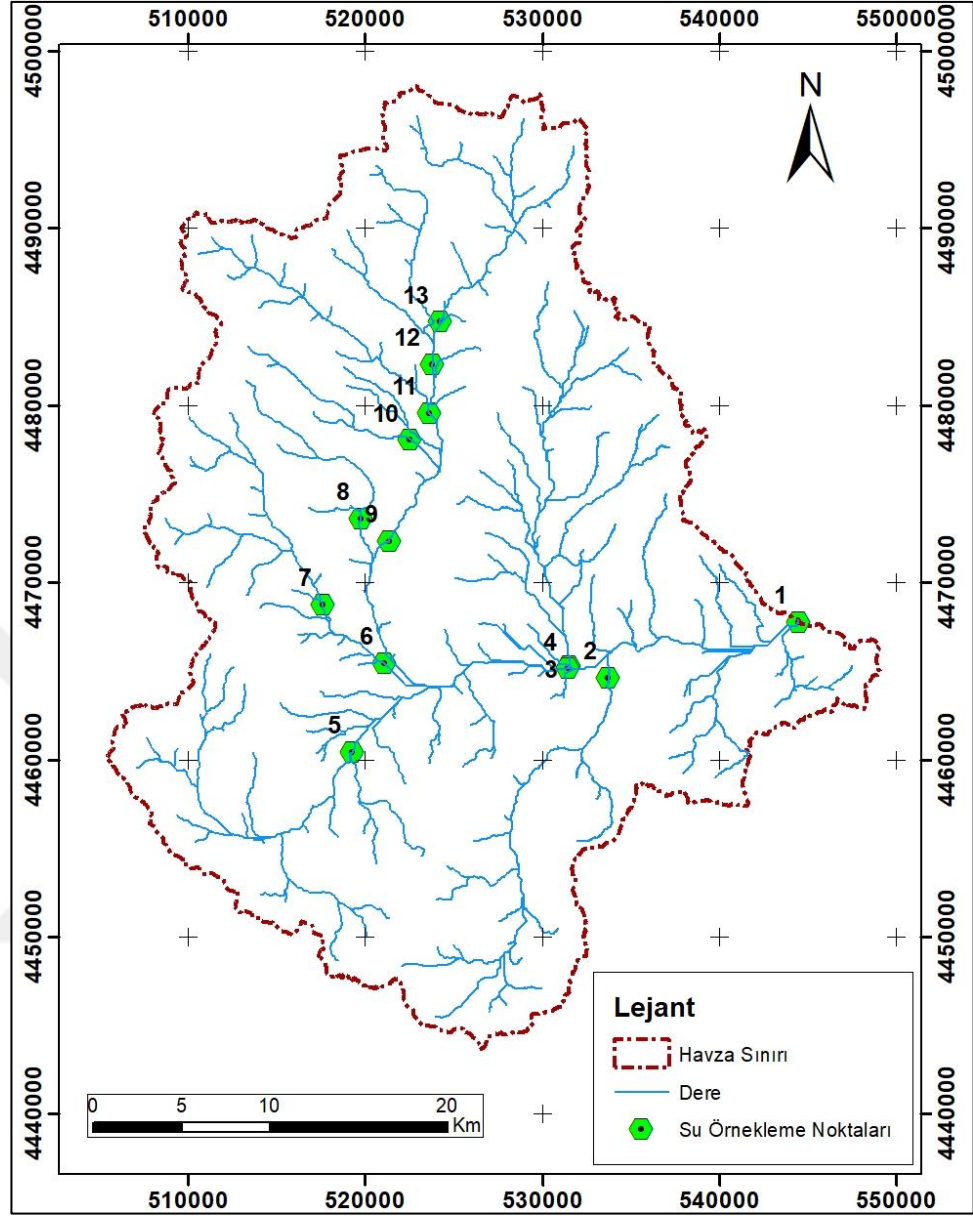
Araştırma alanında yer alan akım gözlem istasyonundaki akış verileri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden, Meteoroloji istasyonlarına ait veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TÜMAS) sisteminden elde edilmiştir.

Mevcut arazi kullanım durumunu gösteren meşcere tipi haritaları ve topoğrafik haritalar Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğünden, jeoloji haritaları ve büyük toprak grubu haritaları ise Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyon ile

Mücadele Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Kurumlardan toplanan bu veriler modele girdi sağlayacak bir şekilde düzenlenip oluşturulmuştur.

3.2.1.1. Havza karakteristiklerinin incelenmesi ve su örnekleme noktalarının belirlenmesi

Büro çalışmaları sonuçlarına göre, arazi kullanma türleri, havza alanı büyüklüğü, noktasal ve noktasal olmayan kirlilik kaynakları ve bu kaynaklara uzaklık, göletler, örnekleme noktasına ulaşım ve örnekleme noktaları arasındaki etkileşim gibi kriterler dikkate alınarak muhtemel su örnekleme noktaları harita üzerinde belirlenmiştir. Daha sonra arazi çalışmalarına göre sabit örnekleme noktaları belirlenmiştir (Şekil 3.9).



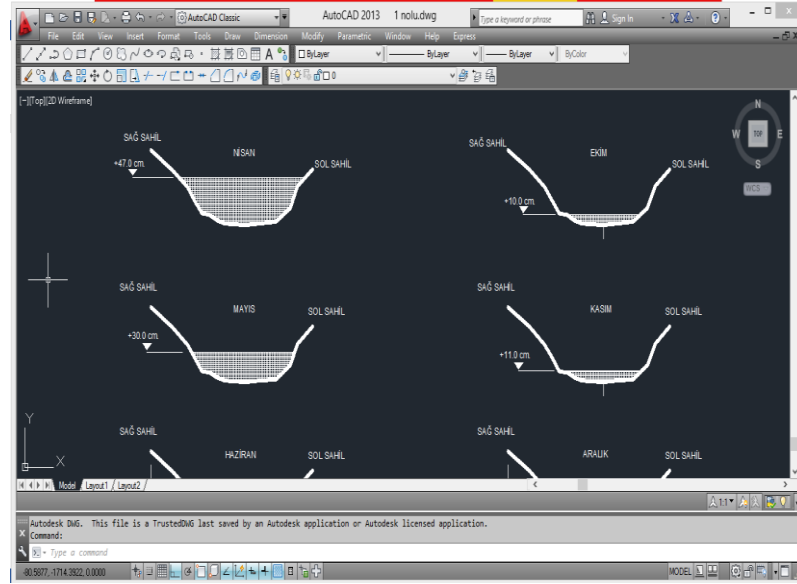
Şekil 3.9 Araştırma havzası su örnekleme noktası haritası

Araştırma süresi boyunca debi ölçümleri ve örnekleme belirlenen noktalardan yapılmıştır. Belirlenen su örnekleme noktaları, en yakın yerleşim alanına göre adlandırılmış ve Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5 Su örnekleme noktalarının konumu ve adları

Nokta No	İstasyon Adı	Konumu (UTM)	
		X (Enlem)	Y (Boylam)
1	Tüney	544458	4467775
2	Yüzbeyi	533713	4464614
3	Demirtaş	531513	4465279
4	Beykavağı	531433	4465140
5	Hancılı	519233	4460429
6	Meşeli	521055	4465437
7	Sarısu	517563	4468761
8	Kutluşar	519733	4473619
9	Göldağı	521323	4472350
10	Gümerdiğin	522523	4478070
11	Şabanözü	523574	4479579
12	Şabanözü Cezaevi	523763	4482323
13	Gürpınar	524233	4484736

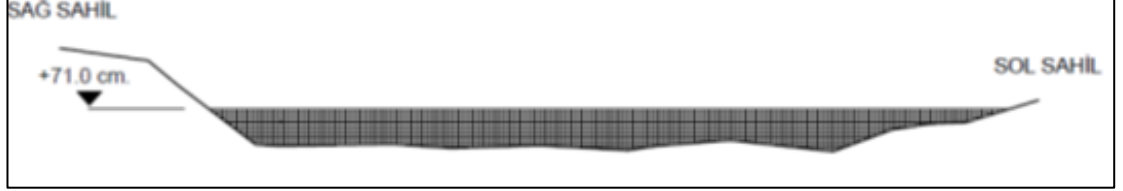
Arazi çalışmaları boyunca örnekleme noktalarından toplanan su yüksekliği verileri ile enine kesit yükseklik bilgileri, AutoCAD 2013 paket programı yardımıyla en kesit oluşturmada kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Dere en kesitlerinin AutoCAD 2013 programı ile çizimi

Program yardımıyla oluşturulan en kesit alanları, arazide ölçümü çüce muline ile yapılan su hızı (m/sn) verileri ile birlikte hesaplanarak örnekleme noktalarına ait debi hesaplamaları yapılmıştır. Dere en kesitinin en geniş ve araştırma havzasının çıkış

noktasını oluşturan Tüney su örnekleme noktasına ait örnekleme su yüksekliği Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11 Tüney istasyonuna ait en kesit ve su seviyesi

3.2.1.2. Akarsu karakteristiklerinin belirlenmesi

Büro aşamasında enkesit alanları ve su hızı ölçümlerinin yardımıyla debi hesaplamalarının yapılabilmesi için, arazide her örnekleme noktasına ait derenin enkesitini belirlemede nivelman ve jalonlar ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 En kesitin belirlenme çalışması

3.2.1.3. İstatistiksel analizler ve değerlendirme

Örnekleme noktalarındaki su kalitesi ölçümlerinin değerlendirilmesinde; su kalitesi istasyonları arasında su kalitesi parametreleri bakımından homojen alt grupların belirlenmesinde “Basit Varyans Analizi ve Duncan Homojenlik Testi” kullanılmıştır.

3.2.2. Arazi çalışmaları

Büro çalışmaları neticesinde belirlenen su örnekleme noktalarında Ekim 2014 - Eylül 2016 yılları arasında aylık periyotta su örnekleme yapılmıştır. Su örnekleri her ayın aynı günü yapılmıştır. Ancak şiddetli yağışların ardından havzadaki suyun konsantrasyon zamanı dikkate alınarak su örnekleme gününde değişiklik yapılmıştır. Arazi çalışmaları boyunca su örnekleme ve ölçüm işlemlerinin sürekli aynı noktadan yapılabilmesi için, dere sahiline işaretleyici kazıklar çakılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Su örnekleme noktalarının sabit kazıklar ile işaretlenmesi

3.2.2.1. Su örneklerinin toplanması

Su örnekleri derinlik integrasyon metodu dikkate alınarak toplanmıştır. Su örneğinin alınacağı kap sabit bir hızla yüzeyden tabana doğru indirilerek tüm kesitten ortalama bir konsantrasyonun alınması hedeflenmiştir (Teker 1985). Alandan toplanan su örnekleri polietilen kaplara doldurulmuş, gün boyunca sıcaklıktan etkilenmemesi için taşınabilir mini buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3.2.2.2. Yerinde ölçülen su kalitesi parametreleri

Arazi çalışmaları sırasında pH, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, toplam tuzluluk ve bulanıklık tayinleri kalibre edilmiş portatif cihazlarla (Çizelge 3.6) arazide ölçülmüştür (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Su örnekleme noktalarında yerinde ölçüm çalışmaları

Çizelge 3.6 Su örnekle noktalarında yerinde ölçüm cihazları

Analiz	Yöntem	Kullanılan Cihaz
Sıcaklık	(Clesceri and Greenberg 1998)	
pH	(Clesceri and Greenberg 1998)	Hach Lange HQ40D
Elektriksel İletkenlik	(Clesceri and Greenberg 1998)	Dijital İki Kanallı
Tuzluluk	(Clesceri and Greenberg 1998)	Multimetre
Çözünmüş Oksijen	(Clesceri and Greenberg 1998)	
Bulanıklık	(Clesceri and Greenberg 1998)	Hach Lange 2100Q Portatif Bulanıklık Ölçer

pH ve Sıcaklık

Toplanan su örneklerinin pH analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki pH4500-H⁺ yöntemine göre belirlenmiştir. Sıcaklık da aynı probun yapmış olduğu ölçümle tespit edilmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Elektriksel İletkenlik (EC) ve Tuz (TDS)

Yöntem, elektriksel iletkenlik cihazı ile doğrudan ölçüme dayanmaktadır. Elektrik akımını ileten sulu çözelti davranışlarının sayısal bir ifadesi olan iletkenlik; ölçüm sıcaklığında iyonların mevcudiyetine, toplam konsantrasyonlarına, hareketliliğine ve değerliklerine bağlıdır. Bu çalışmada su örneklerinin analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki Conductivity 2510 yöntemine göre belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen, çoklu ölçüm cihazına (Multimetre) takılmış olan çözünmüş oksijen probuyla, atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4510-B iodometrik yöntemine göre belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Bulanıklık

Araştırma alanına götürülmüş olan portatif cihaz yarımla su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki Nefelometrik 2130-B yöntemine göre belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

3.2.3. Laboratuvar çalışmaları ve analizler

Araştırma alanından toplanan su örnekleri 500 ml lik örnek kaplarında ve buz küpleri ile dolu olan örnek nakil çantalarında laboratuvara getirilerek analiz edilmiştir. Analizleri hemen yapılamayan örnekler ise -40 C° sıcaklıkta derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Arazi çalışmaları sonucu laboratuvara getirilen su örneklerinde yapılan analizler Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Laboratuvar yöntem ve cihazları

Analizler	Yöntem	Kullanılan Cihaz
Toplam Sertlik	(Clesceri and Greenberg 1998)/ 2340-C	
Kalsiyum Sertliği	(Clesceri and Greenberg 1998)/ 2340-C	
Kalsiyum	(Clesceri and Greenberg 1998)/ 3500-Ca-B	Volümetrik
Magnezyum	(Clesceri and Greenberg 1998)/ 3500-Mg-B	Yöntem
Klorür	(Clesceri and Greenberg 1998)/ 4500-Cl-B	Gereçleri
Alkalinite	(Clesceri and Greenberg 1998) / 2320-B	
Organik Madde (Permanganat İnd.)	(Clesceri and Greenberg 1998)/ 4500-O-D	
Sodyum	(Clesceri and Greenberg 1998)/ 3500-Na-B	BWB Alev Fotometresi
Potasyum	(Clesceri and Greenberg 1998)/ 3500-K-B	
Toplam Azot	(Clesceri and Greenberg 1998)	
Amonyum	(Clesceri and Greenberg 1998)	
Nitrat	(Clesceri and Greenberg 1998)	Hach Lange DR 5000
Nitrit	(Clesceri and Greenberg 1998)	Spektrofotometresi
Orta Fosfat	(Clesceri and Greenberg 1998)	
Sülfat	(Clesceri and Greenberg 1998)	

Toplam sertlik

Toplam sertlik analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 2340-C EDTA titrimetrik yöntemine uygun olarak yapılmıştır (Clesceri and Greenberg 1998).

Kalsiyum sertliği

Toplanan su örneklerinin kalsiyum analizleri su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-Ca-B yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analiz, volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve titrasyon işlemine göre kalsiyum belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Kalsiyum analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-Ca-B yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analiz, volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve titrasyon işlemine göre magnezyum belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Magnezyum

Magnezyum analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-Mg-B yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analiz, volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve titrasyon işlemine göre magnezyum belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Klorür

Toplanan su örneklerinin klorür analizi su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-Cl-B arjantometrik yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analiz, volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Alkalinite

Su örneklerinin alkalinite analizi, fenolftalein ve metiloranj alkalinitesi olmak üzere iki farklı şekilde yapılmıştır. Her iki alkalinite tayininde de su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 2320-B titrasyon yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Organik madde (Permanganat indeksi)

Araştırmada, toplanan su örneklerinin permanganat indeksi analizi su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-O D yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Bu yönteminin esası su örneğinin belirli şartlarda permanganat (oksitleyici) ile muamelesinde harcanan permanganat iyonu miktarına eşdeğer oksijen kütle derişimidir. Analiz, volümetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve geri titrasyon işlemi ile organik madde miktarı belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Sodyum

Su örneklerini sodyum içeriklerinin belirlenmesinde su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-Na-B Flame Emisyon Fotometrik yöntemine uygun olarak BWB Flame Fotometresi yardımıyla belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Potasyum

Su örneklerini potasyum içeriklerinin belirlenmesinde su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 3500-K-B Flame Fotometrik yöntemine uygun olarak BWB Flame Fotometresi yardımıyla belirlenmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Amonyum

Araştırma alanındaki derelerden toplanan su örneklerinin amonyum analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-NH₄-D yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Analizin yapılmasında Hach Lange DR 5000 Spektrofotometresi ve powder pillow test kitleleri kullanılmıştır (Clesceri and Greenberg 1998).

Nitrat

Su örneklerinin nitrat analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-NO₃-B yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizin yapılmasında Hach Lange DR 5000 Spektrofotometresi ve powder pillow test kitleri kullanılmıştır (Clesceri and Greenberg 1998).

Nitrit

Su örneklerinin nitrat analizi, su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-NO₂-B yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizin yapılmasında Hach Lange DR 5000 Spektrofotometresi ve powder pillow test kitleri kullanılmıştır (Clesceri and Greenberg 1998).

Ortofosfat

Araştırma alanlarından toplanan su örneklerinin ortofosfat analizi su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-P-G yöntemine uygun olarak, Dr 5000 Hach Lange Spektrofotometresi ile yapılmıştır. Su örneklerinin içerisine, powder pillow testine göre, tampon çözeltisinin eklenmesinin ardından 2 dakika beklenmiş ve daha sonra 880 nm dalga boyunda okunarak elde edilmiştir (Clesceri and Greenberg 1998).

Sülfat

Özellikle tarım alanlarının etkileri hakkında daha iyi öngörülere sahip olmak için yapılan sülfat analizi su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-S-B yöntemine uygun olarak, Dr 5000 Hach Lange Spektrofotometresi ve powder pillow test kitleri ile yapılmıştır.

Toplam azot

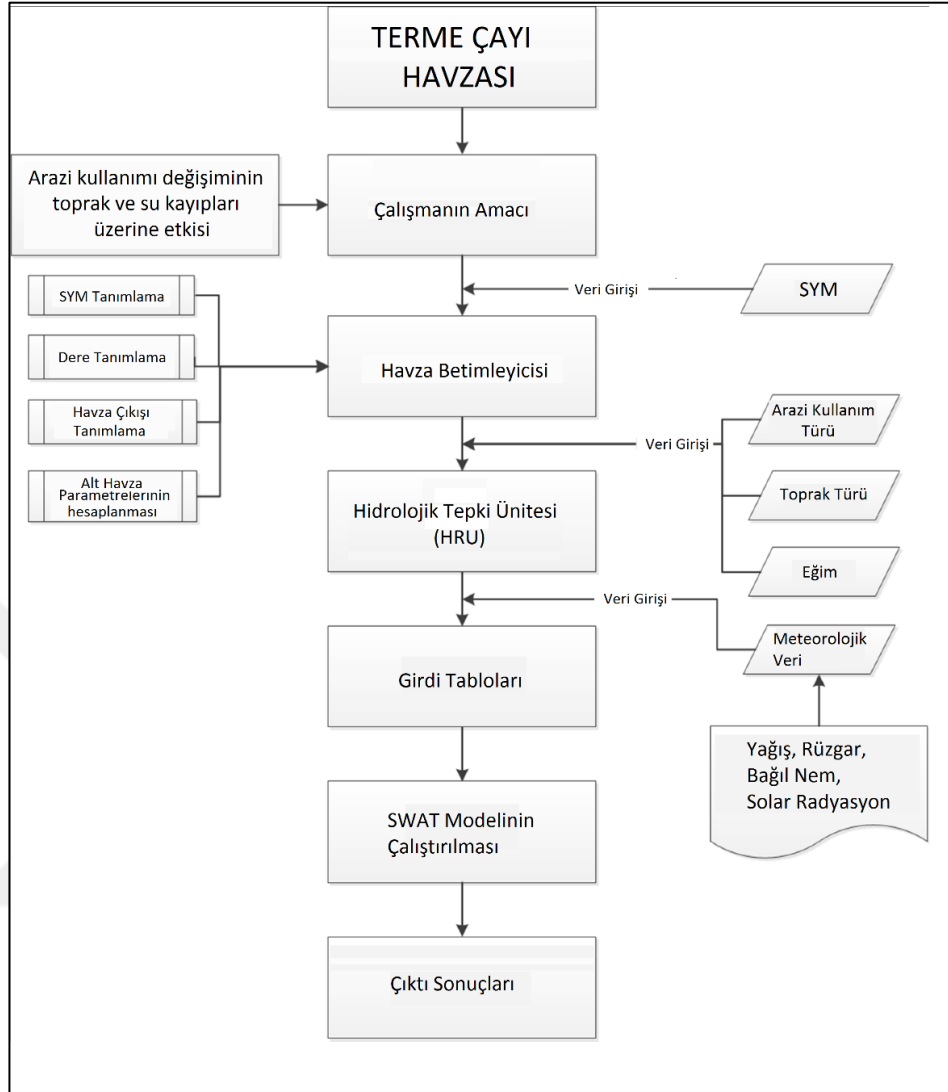
Su örneklerinin toplam azot tayininde su ve atıksu analizleri için standart metodlar kitabındaki 4500-TN yöntemi kullanılmış, Dr 5000 Hach Lange Spektrofotometresi, LCK 138 küvet test kitleri ve termoreaktör kullanılmıştır. Analize başlamadan önce su örnekleri etken maddeler ile karıştırıldıktan sonra 1 saat süresince termoreaktörde 100 °C bekletilmiştir. Hazırlanan çözelti daha sonra LCK 138 küvetine eklenerek 15 dk bekletilmiş ve spektrofotometrede ölçümü yapılmıştır.

3.2.4. SWAT (Soil and Water Assesment Tool) modelinin havzaya uygulanması

Araştırma da kullanılmak için seçilen SWAT modeli, diğer tüm hidrolojik modellerdeki ortak veri türü yanında farklı girdi verilerine de ihtiyaç duymaktadır. Noktasal olarak tanımlanan meteorolojik verilerin (yağış, sıcaklık, rüzgâr hızı, bağıl nem vb.) yanında alansal veriler olan sayısal yükseklik modeli (SYM), arazi kullanım türü haritası (AKT/AÖ), arazi kullanma türlerinde yapılan işlemler (ağaçlandırma, kuru tarım, sulu tarım vb.), toprak haritası ve gözlemlenen verilere (su kalitesi) ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm gerekli olan model bileşenlerinin model içerisinde yer alabilmesi ve beraber değerlendirilebilmesi için Neitsch et. al. (2002) tarafından geliştirilen ArcSWAT arayüzü kullanılmıştır.

SWAT modelinin çalıştırılması için gerekli olan zorunlu ve isteğe bağlı olan veri ve türleri Neitsch et. al. (2002)'ten yararlanılarak hazırlanmıştır. Model simülasyonu için zorunlu veriler; sayısal yükselti modeli, eğim, arazi kullanım türü ve bilgileri, toprak özellikleri (hidrolojik toprak grubu, tekstür vb.) ile günlük meteorolojik veriler (toplam yağış, bağıl nem vb.) dir. Modelin oluşturulması sürecinde veri girişi sıralaması Şekil 3.15'deki gibidir.

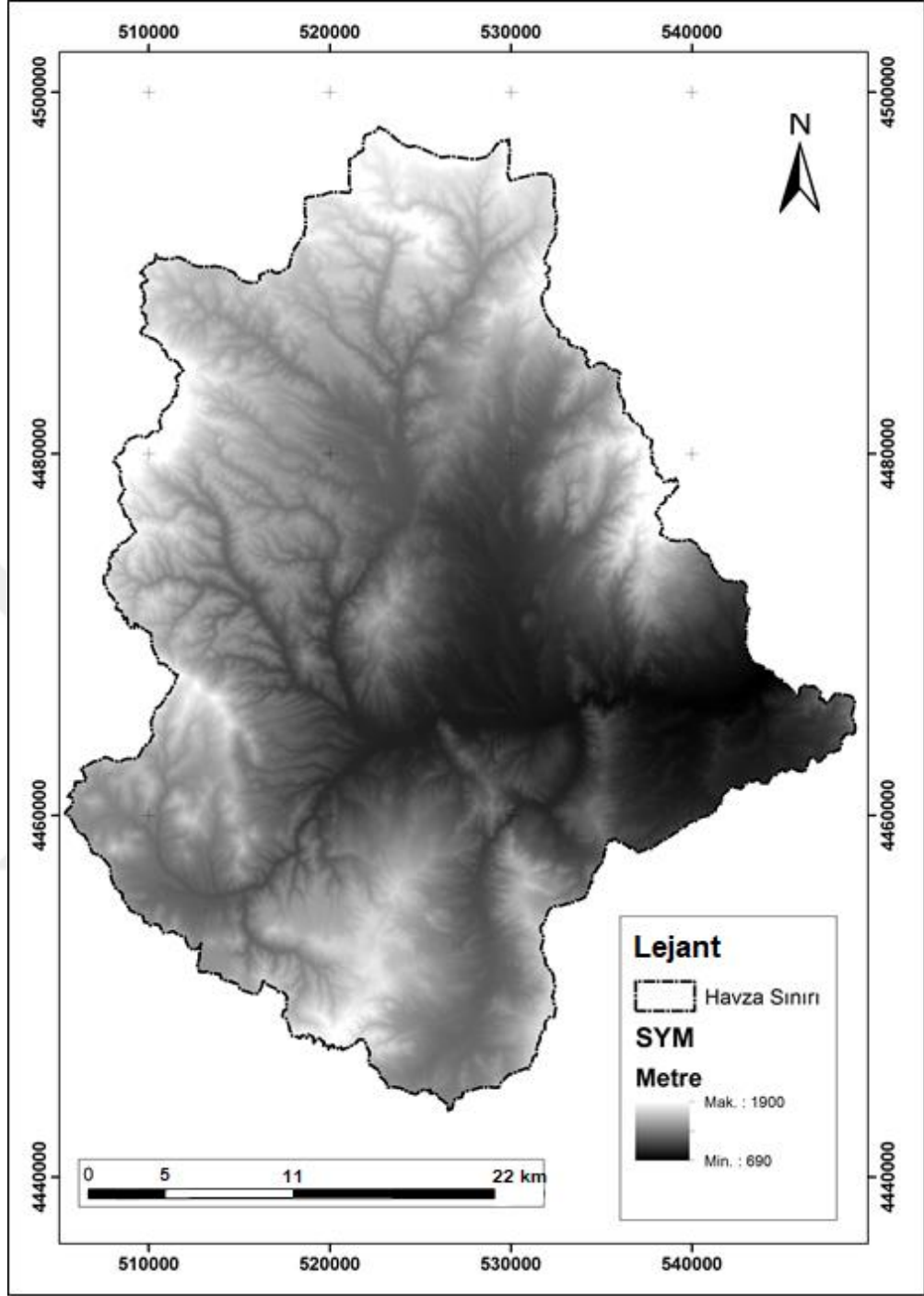
Su kalitesi özelliklerinin modellenebilmesi için ayrıca, arazi çalışmaları ile toplanan su örneklerinin kalite parametreleri modele girdi olarak hazırlanmıştır.



Şekil 3.15 SWAT Modelinin çalışma aşamaları

3.2.4.1. Sayısal yükseklik modeli (SYM)

Topoğrafyanın dijital gösterimi olarak adlandırılan SYM ile Terme Çayı Havzasında havza karakteristiklerinin hesaplanmasında daha az sübjektif ve daha fazla çoğaltılabilir ölçümlerin sağlanması amaçlanmıştır. Bu nedenle Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen 1:25000 ölçekli eşyüksekti haritaları ArcGIS 10.3.1. programı yardımıyla araştırma alanına ait 10m yersel çözünürlüklü raster ve grid yapıda sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Araştırma havzasının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritası

3.2.4.2. Alt havzaların belirlenmesi

ArcGIS 10.3.1. programına entegre edilen ArcSWAT modülünde yer alan “Havza Betimleyicisi” özelliği kullanılarak modüle öncelikle sayısal yükseklik modeli

yüklenmiştir. Ardından en az 1000 ha su toplama havzası olan tüm alt havzalara ait drenaj ağı aynı modül yardımıyla otomatik olarak belirlenmiştir.

3.2.4.3. Su kalitesi ölçüm ve örnekleme noktalarının SWAT modeline tanımlanması

Alt havzaların belirlenmesinin ardından ortaya çıkan drenaj ağı dikkate alınarak her alt havzanın çıkışına modül tarafından eklenen su gözlem noktaları manuel olarak silinmiş ve önceden belirlenen ve arazi çalışmaları boyunca su örnekleme yapılan istasyonlar programa tanımlanmıştır. Daha sonra örnekleme noktalarının çıkışını oluşturduğu tüm alt havzalar betimlenerek her alt havza için topoğrafik rapor oluşturulmuştur.

3.2.4.4. Hidrolojik Tepki Ünitelerinin (HTÜ) oluşturulması

Hidrolojik tepki üniteleri (Hydrologic Response Unit – HRU) havzadaki arazi kullanımı, eğim ve yükseklik parametrelerine göre homojen yapıdaki en küçük alanlardır (Kalcic vd. 2015). Fiziksel tabanlı hidrolojik havza modelleri için, sistemde hidrolojik sürecin homojen bir şekilde belirlenmesi ve model sonuçlarının uygunluğu ve tartışılabilirliği açısından hidrolojik tepki üniteleri önem taşımaktadır (Azgın 2015).

ArcSWAT modülünde HTÜ'lerin oluşturulması üç adımdan oluşmaktadır.

Arazi kullanma türlerinin sınıflanması ve modele tanımlanması

Mevcut arazi kullanım durumu, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü güncel meşcere haritalarından ve Göktürk 2 uydu görüntüsünden yararlanılarak hazırlanmıştır. Terme Çayı Havzası alanının büyük bir kısmını (%72.1) mera ve ziraat alanları oluşturmaktadır. Yukarı havzada ve özellikle yüksekliğin arttığı alanlarda arazi örtüsü orman yapısına (%18.3) dönüşmektedir. Modele arazi kullanım türü girdisi olarak hazırlanan katmanda kullanılan sınıflar ve kodları Çizelge 3.8'te verilmiştir.

Çizelge 3.8 SWAT modelinde kullanılan arazi kullanım türleri ve kodları

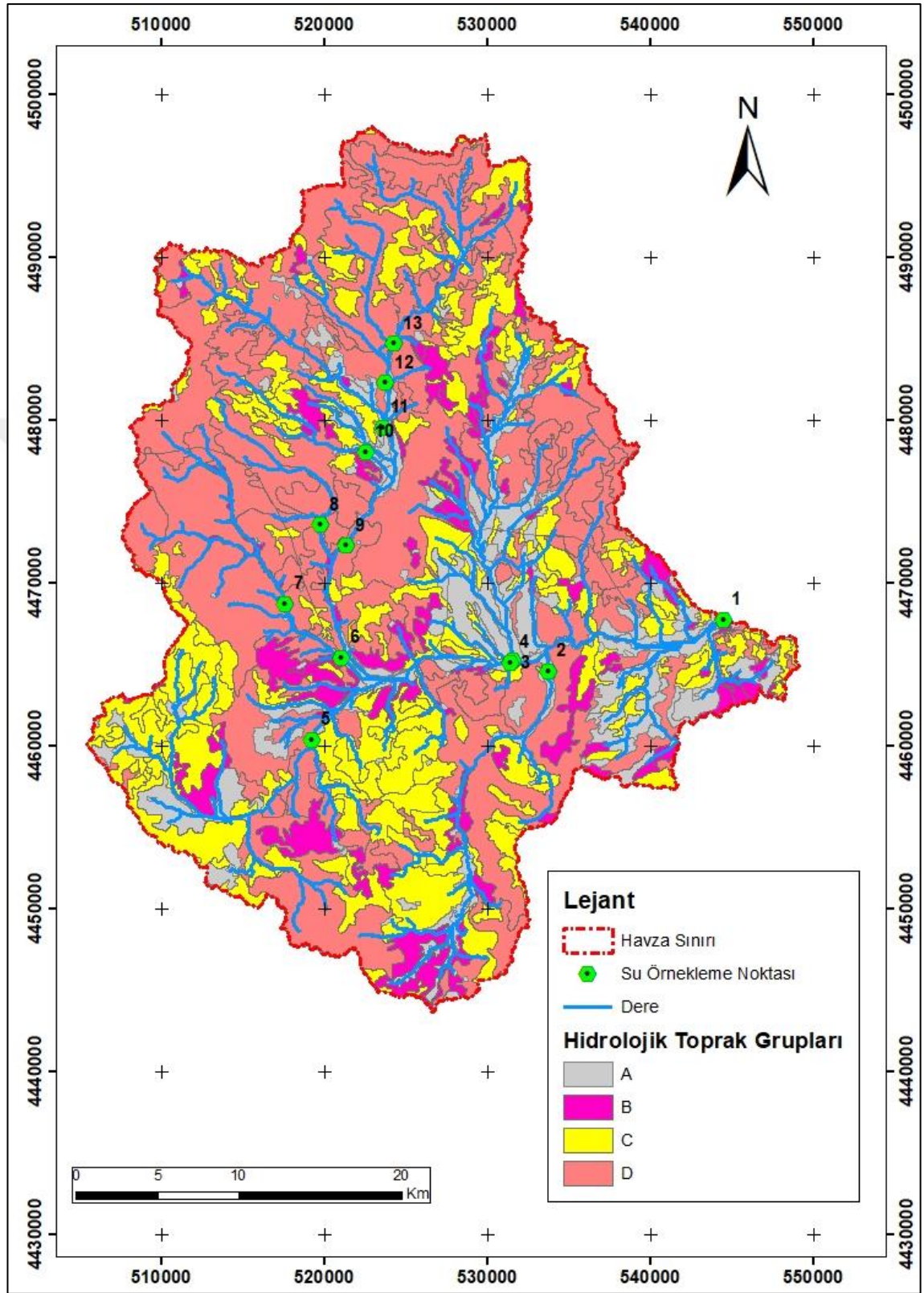
Arazi Kullanma Türü	Modeldeki Karşılığı	Kodu
Yapraklı Orman	Forest Decidious	FRSD
İbrelî Orman	Forest Evergreen	FRSE
Karışık Orman	Forest Mixed	FRST
Mera - Orman Toprağı	Range Grasses	RNGE
Kuru Tarım	Winter Wheat	WWHT
Yerleşim	Residential	URBN
Su	Water	WATR

Toprak türleri ve özellikleri sınıflanması ve modele tanımlanması

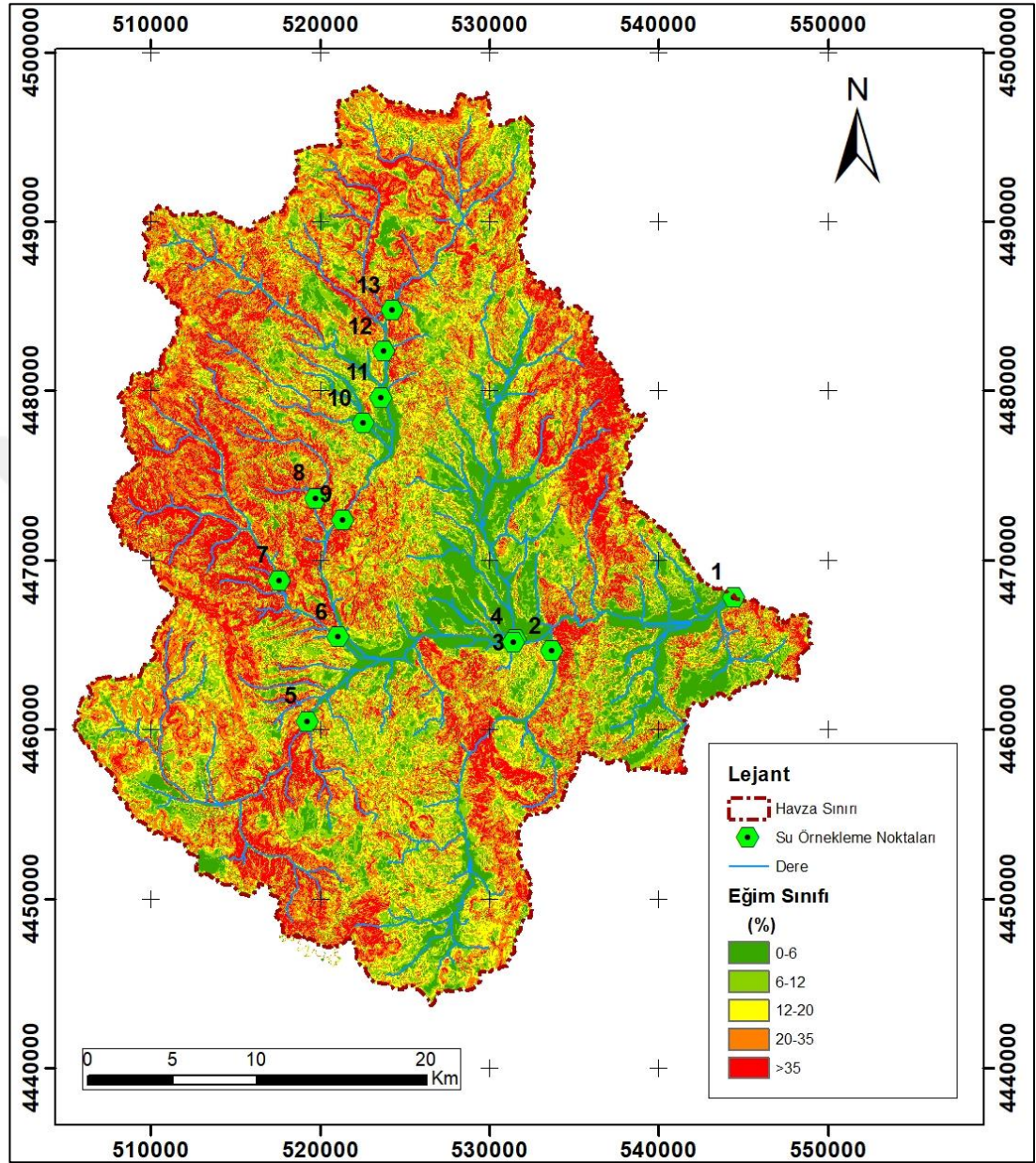
ArcSWAT model arayüzüne ait önemli girdilerinden olan toprak verileri Tarım Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı büyük toprak grubu haritalarından elde edilen verilere göre hazırlanmıştır. Araştırma alanında daha önce yapılmış proje ve araştırmalardan elde edilen toprak özellikleri, modelin veri giriş formatına uygun olarak derlenmiş ve hazırlanmıştır (Göl 2002, Göl ve Öner 2003, Göl vd. 2004, Göl et. al. 2010, Göl vd. 2015). Bu harita içerisinde zorunlu istenen, maksimum kök derinliği, toprağın tekstürü, mutlak derinlik, kullanılabilir su kapasitesi, hacim ağırlığı, hidrolik geçirgenlik, organik madde içeriği, kil, kum ve toz içerikleri, taşlılıkoranı, toprağın albedosu, usle K faktörü ve hidrolojik toprak derinliği veritabanına işlenmiştir. Hidrolojik toprak gruplarında A'dan D'ye doğru gidildikçe infiltrasyon kapasitesi düşmektedir. A sınıfında yer alan toprak grupları infiltrasyon kapasitesinin en yüksek, yüzeysel akış potansiyeli en az olan toprak grubudur (Şekil 3.17).

Eğim sınıflarının belirlenmesi ve modele tanımlanması

Hidrolojik tepki ünitelerinin oluşturulabilmesi için diğer bir önemli veri girdisi eğim sınıflarıdır. Eğim sınıflarının havza alanı içerisinde sayısallaştırılması işlemi, modülün daha önceden girdi olarak tanımlanan SYM haritasının işlenmesi ile sağlanmıştır. Modelde en fazla beş sınıfa kadar eğim gruplanması yapılabilmektedir. Buna göre oluşturulan eğim grupları eğim grupları haritası Şekil 3.18'de ve her eğim grubuna ait alan dağılımı Çizelge 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.17 Araştırma havzasına ait model için hazırlanan toprak derinliği haritası



Şekil 3.18 HTÜ'lerin oluşturulmasında kullanılan eğim grupları haritası

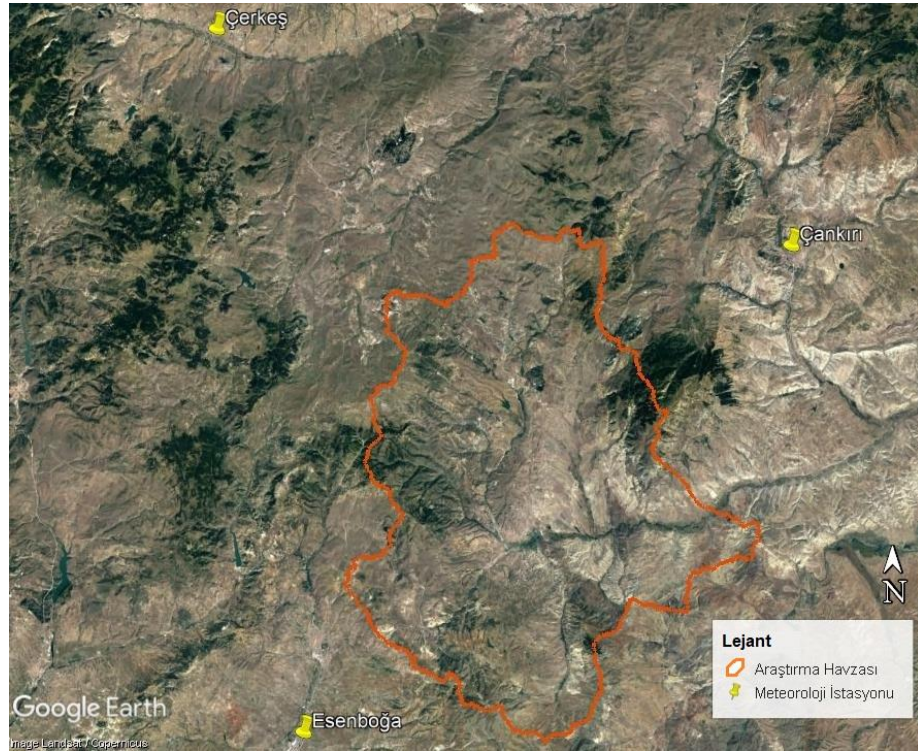
Hidrolojik tepki üniteleri için yeniden sınıflanan arazi kullanım türü (AKT), toprak özellikleri (T) ve eğim sınıfı (E) verileri tüm bu işlemlerinin ardından tek bir katmanda üst üste bindirilmiştir. Çok küçük alanların dikkate alınıp alınmaması seçeneğini sunan modülde sırasıyla AKT/T/E için eşik değerleri sıfır alınarak havzadaki en küçük detaya ait özelliklerin de dikkate alınması amaçlanmıştır. Toplamda 1413 adet HTÜ otomatik olarak oluşturulmuştur.

Çizelge 3.9 Hidrolojik tepki ünitelerinin oluşturulmasında kullanılan eğim sınıfları ve alansal dağılımı

Eğim Sınıfı (%)	Alan (ha)	Alan (%)
0-6	23966	18.3
6-12	20569	15.7
12-20	27091	20.7
20-35	35887	27.4
>35	23343	17.9
Toplam	130856	100

3.2.4.5. Meteorolojik veriler

İklim değişikliği ile birlikte arazi kullanma türündeki değişikliklerin su kalitesi üzerinde ki baskıyı arttıracığı ve hidrolojik döngüdeki öneminden dolayı yağış, sıcaklık, rüzgâr hızı, solar radyasyon, bağıl nem gibi zorunlu meteorolojik verilere ihtiyaç duyulmuştur. Modelin oluşturulmasında havza çevresinde yer alan Çankırı Çerkeş ve Esenboğa klimatik meteoroloji istasyonlarından yararlanılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Araştırma havzası çevresinde yer alan meteoroloji istasyonları

Bu veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TÜMAS) sisteminden elde edilmiştir. TÜMAS'tan alınan veriler modele giriş formatına uygun hazırlanmıştır.

3.2.4.1. Tarımsal uygulamalarda planlama

Araştırma alanında yer alan tüm alt havzalarda tarımsal faaliyetlere ait bir yönetim planlaması gerekmektedir. Bu çerçevede araştırma alanında yer alan köylerin muhtarları ile yüzyüze görüşmeler sonucu tarımsal faaliyetlerin zamanı ve uyguladıkları gübreleme miktarları tespit edilmiştir (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10 Araştırma alanı için tarım faaliyetleri zaman çizelgesi

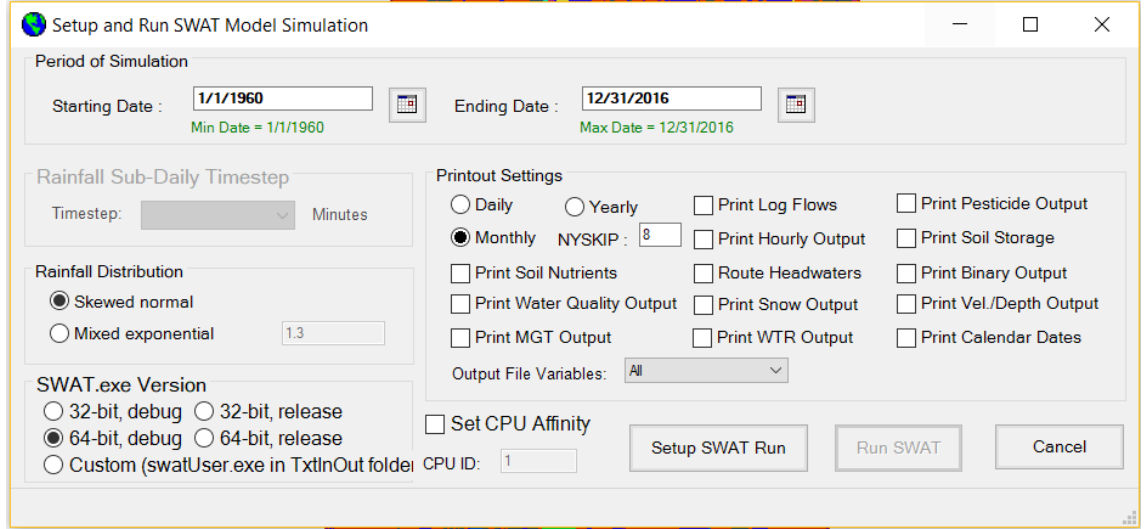
Tarımsal Faaliyet	Zaman	Kullanılan Kimyasal Gübre Miktarı
Tarım alanının pulluk ile sürülmesi	1 Eylül-15Eylül	-
Tarım alanının kazayağı ile sürülmesi	15 Eylül-15 Ekim	-
Tarım alanının ekilmesi ve taban gübresinin atılması	15 Ekim-15 Kasım	20 kg/da (%20N, 20P)*
Tarım alanında ikinci gübrenin kullanımı	15 Şubat-15Mart	8 kg/da Üre (%46N)**
Hasat	15 Haziran-15 Temmuz	

* Tarım alanlarında kullanılan taban gübresinin içeriği (%20 azot, %20 fosfor)

** Tarım alanlarında kullanılan ikinci gübrenin içeriği (%46 azot)

3.2.5. SWAT modelinin çalıştırılması

ArcGIS programındaki ArcSWAT modülüne tüm veri setleri uygun bir şekilde girildikten sonra modelin çalıştırılması için simülasyon başlangıç ve bitiş tarihi, model için ısınma yılı sayısı, simülasyonun zamansal sınıfı (gün, ay, yıl), yağış dağılımının özelliği ve kullanılan SWAT modülünün versiyonu tanımlanmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 SWAT modeli ön ayar ara yüzü

Tüney akım gözlem istasyonundaki akım verilerinin 1960 yılından 2016 yılının sonuna kadar olmasından dolayı model simülasyonunun başlangıç yılı olarak 1960 yılı belirlenmiştir. Ayrıca model için 1960-1968 yılları arasını kapsayan 8 yıl ısınma periyodu olarak tanımlanmıştır. Isınma periyodu, simülasyonun sonuç toplamaya başlamadan önce çalıştığı koşulları kendi kendine öğrendiği aşamadır.

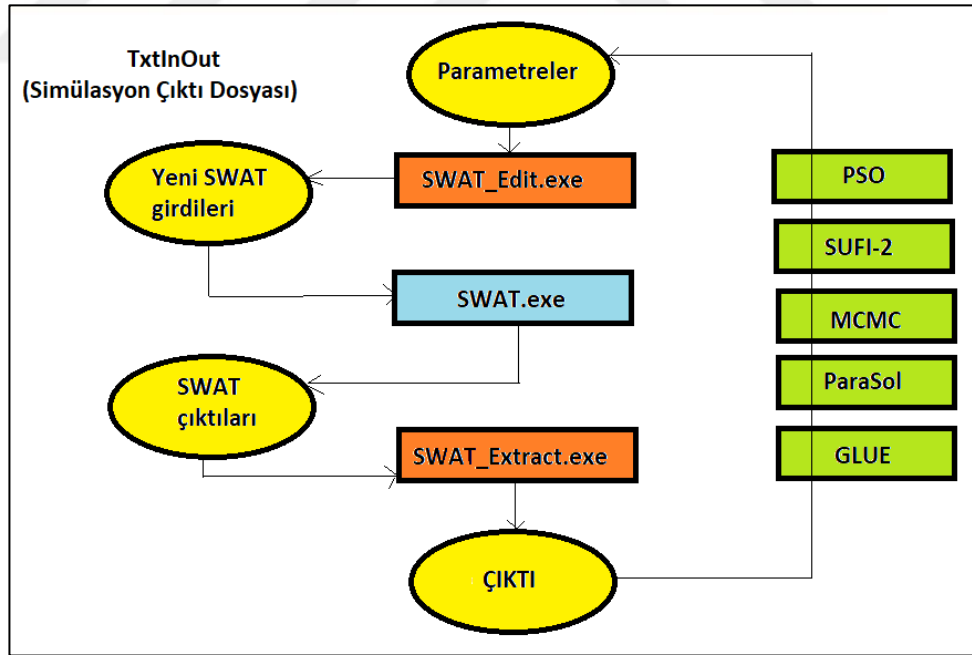
3.2.5.1. Model parametrelerinin duyarlılık analizi

Modelin simülasyon verileri SWAT-CUP programına aktarılıp yarı kurak alanlarda en çok kullanılan SUFI-2 optimizasyonunun seçilmesinin ardından simülasyon değerleri üzerindeki etkili olan parametrelerin duyarlılıkları tespit edilmektedir. Çoklu regresyon analizinde parametre değişimleri, sonuçlar üzerinde oldukça etkili olmaktadır. Söz konusu parametrelerin sonuçlar üzerindeki etkisi değerlendirilirken istatistiksel olarak anlamlı olup olmaması t-testi ile belirlenmektedir. Yüksek mutlak t değerine sahip değişkenler analiz sonuçlarından oldukça etkilenmektedirler. Bu ilgili değişkenlerin model oluşturma süreçlerinde modele dahil olup olmaması böylece kolayca değişebilmektedir. Bu analizde kullanılacak olan parametreler kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılmış çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir (Arnold et. al. 2012, Güngör ve Göncü 2013, Özcan vd. 2016, Güngör ve Göncü 2013, Özcan vd. 2017, Thodsen et. al. 2017). Çoklu regresyon sisteminin hesaplanması ile değerlendirilen

duyarlılık analizinde, p istatistik değerinin 0.05'ten küçük olduğu koşullarda, ilgili parametrenin model simülasyonunda en hassas değişken olduğu kabul edilmektedir.

3.2.5.2. Modelin kalibrasyonu ve validasyonu

Araştırma havzası için oluşturulan modelin gerçek şartlara uyum sağlayabilmesi ve doğru sonuçlar verebilmesi için modelin kalibrasyon aşamasında Abbaspour et. al. (2007) tarafından geliştirilen SWAT-CUP programı kullanılmıştır. SWAT-CUP programı (SWAT Calibration and Uncertainty Procedures), SWAT model çıktılarının kalibrasyonunu, belirsizlik veya hassasiyet analizi kolayca yapılabilen bir yazılımdır. SWAT -CUP programının yardımıyla yapılan kalibrasyon ve validasyon işlemlerinde beş farklı optimizasyon yöntemi kullanılmaktadır (Şekil 3.21). Particle Swarm Optimization (PSO), SUFI-2 (Sequential Uncertainty Fitting), MCMC (Markov Chain Monte Carlo), ParaSol (Parameter Solution) ve GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) yöntemleridir.



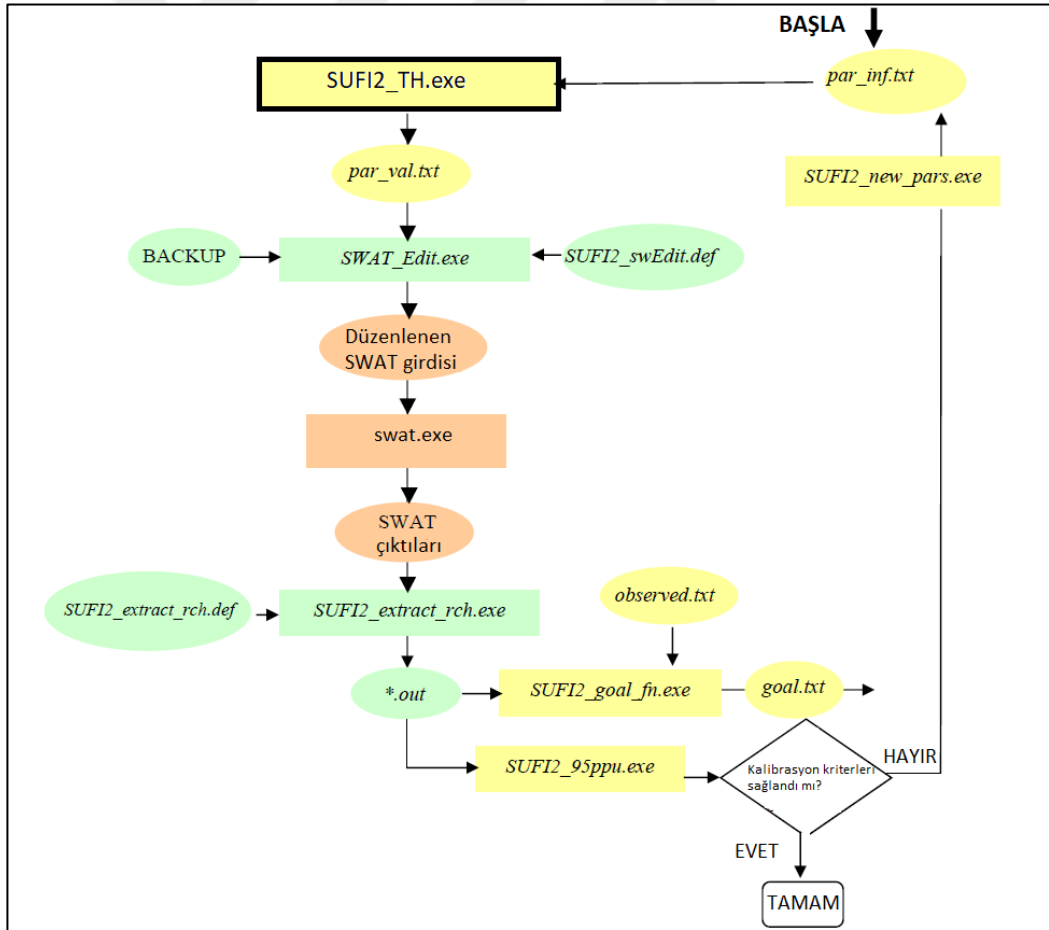
Şekil 3.21 SWAT modelinin çalıştırılmasından önceki ayarların yapılması

Abbaspour et. al. (2007) matematiksel olarak kalibre edilmiş bir modeli aşağıdaki gibi açıklamışlardır.

$$M = M(\Theta | p, q, w, b, v, m, \dots)$$

- Θ: parametrelerin vektörü
- p: kalibrasyon prosedürü
- g: gonksiyon tipinin amacı
- w: fonksiyonun amacındaki vektörlerin ağırlığı
- b: sınırlayan koşullar
- v: fonksiyonun amacı için kullanılan değişkenler
- m: gözlemlenen değişkenler

Araştırmada, SWAT-CUP programında yer alan sıralı belirsizlik uyumu (SUFI-2) yöntemi kullanılmıştır. Gözlem değerlerinden kaynaklanabilecek herhangi bir değişimin, simülasyon değerleri üzerindeki etkinin ne kadar hassas olduğunu belirlemek için kullanılmıştır. Kalibrasyon ve validasyon aşamasındaki işleyişe ait algoritma Şekil 3.22’te görülmektedir.



Şekil 3.22 Terme Çayı Havzası SWAT modelinin SUFI2 ile kalibrasyon aşamaları

Yüzeysel akışın (akım m³/sn) kalibrasyonu ve validasyonu

Araştırma alanında yer alan 13 istasyonda aylık ortalama yüzeysel akışı ve su kalitesi değerlerini tahmin etmek için kalibrasyon aşamasında ve validasyon aşamasında 24 aylık verilerin ilk ve son 12 aylık verileri ayrı ayrı kullanılmıştır. Bu amaçla 2014 Ekim- 2015 Eylül arasını kapsayan 12 aylık döneme ait veriler kalibrasyon aşamasında kullanılmıştır. Ancak Tüney istasyonundaki akım gözlem istasyonunda uzun dönemli veri mevcuttur. Bu yüzden Tüney istasyonunun kalibrasyon periyodunda 1968 Ocak-2015 Eylül arasını kapsayan aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Akış modelinin kalibrasyon sürecinde kullanılan parametreler ve değerleri Çizelge 3.11’de verilmiştir.

Modelin validasyon aşamasında ise bağımsız bir veri seti olan 2015 Ekim- 2016 Eylül arasını kapsayan 12 aylık diğer veriler kullanılmıştır.

Su kalitesi değerlerinin kalibrasyonu

Akış değerlerinin kalibrasyonunun ardından, arazi çalışmalarında ölçümü yapılmış olan su kalitesi değerlerinden toplam azotun kalibrasyonu ve validasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon ve validasyon için, akış modelinde kullanılan benzer tarih aralıkları kullanılmıştır.

SWAT modelinin çıktı dosyasında, su kalitesine ait değerler kg/ay olacak şekilde sunulmaktadır. Bu yüzden analizi yapılan su kalitesi değerleri öncelikle ait olduğu günün debisinden yola çıkılarak 1 günlük kirletici yükü hesaplanmış ve ortaya çıkan değer o aya ait gün sayısı ile çarpılarak aylık yüke geçiş yapılmıştır. Böylece kalibrasyon ve validasyon işlemlerinde hesaplanan son elde edilen kirletici yükü kullanılmıştır.

Su kalitesi parametrelerine ait kalibrasyon işleminde kullanılacak parametrelerin seçimi için ilk önce literatürden araştırma yapılmıştır (El-Sadek and Irvem 2014, Özcan 2016, Özcan et al. 2017). Literatürden yararlanılarak belirlenen ve önceliklendirilen

parametreler üzerinde “(one-at-a time)” hassasiyet analizi yapılarak simülasyonlara dahil edilmiştir.

Çizelge 3.11 Akım modelinin kalibrasyonunda kullanılan parametreler

No	Parametre	Açıklaması	Bulunduğu* Dosya	Metod**	Min	Mak.	Uygulandığı Alt havzalar
1	CN2	Yüzey Akış Eğri numarası	.mgt	r	-0.2	0.1	Tümü
2	ALPHA_BF	Baz Akım Alfa Faktörü	.gw	v	0	1	Tümü
3	RCHRG_DP	Dip akifere sızma fraksiyonu	.gw	v	0	1	Tümü
4	GW_REVAP	Yeraltı suyu “revap” katsayısı	.gw	v	0.02	0.2	Tümü
5	GWQMN	Sığ akiferden derin akifere sızan su eşik derinliği	.gw	v	0	5000	Tümü
6	REVAPMN	Sığ akiferdeki su derinliğinin geri alınması için gereken eşik değer	.gw	v	0	500	Tümü
7	GW_DELAY	Yeraltı suyu gecikmesi	.gw	v	0	500	Tümü
8	EPCO	Bitki alımı dengeleme faktörü	.hru	v	0.005	0.95	Tümü
9	ESCO	Toprakтан buharlaşma dengeleme faktörü	.hru	v	0	1	Tümü
10	SURLAG	Yüzey akışı gecikme zamanı	.bsn	v	0.05	24	Tümü
11	SMFMX	Yıl boyunca kar için maksimum erime hızı	.bsn	v	0	9	Tümü
12	SMFMN	Yıl boyunca kar için minimum erime hızı	.bsn	v	0	11	Tümü
13	SFTMP	Kar yağışının başladığı sıcaklık	.bsn	v	-5	4	Tümü
14	SMTMP	Kar erimesi için taban sıcaklığı	.bsn	v	0	5	Tümü
15	TIMP	Kar örtüsü sıcaklık gecikme faktörü	.bsn	v	0	0.95	Tümü
16	SNOCVMX	%100 kar örtüsüne karşılık gelen minimum kar suyu içeriği	.bsn	v	0	500	Tümü
17	SNO50COV	%50 kar örtüsüne karşılık gelen kar suyu eşdeğeri	.bsn	v	0	0.88	Tümü
18	SOL_AWC	Toprak horizonunun faydalanılabilir su kapasitesi	.sol	r	-0.2	0.1	Tümü
19	CH_N1	Dere kolu için manning “n” değeri	.sub	v	0.01	5	Tümü
20	CH_N2	Dere ana kolu Manning “n” değeri	.rte	v	0.05	0.3	Tümü

Not: *Model kalibrasyon ve validasyon sürecinde kullanılan parametrelerin SWAT-CUP programında bulunduğu dosya adlarının kısaltmalarıdır.

**Metot için; v: mevcut parametre değerinin, verilen değer ile değiştirilmesi, r: mevcut parametre değerinin belirli bir değer ile çarpılması sonucu oluşan değerdir.

Su kalitesi modelinin kalibrasyon aşamasında kullanılan parametreler Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12 Toplam azotun kalibrasyonunda kullanılan parametreler ve değer aralıkları

No	Parametre	Açıklaması	Bulunduğu Dosya	Metot	Min	Mak	Uygulandığı Alt havzalar
1	SOL_ORGN	Toprak horizonundaki organik N konsantrasyonu	.chm	v	0	100	Tümü
2	NPERCO	Azot perkolasyon katsayısı	.bsn	v	0	1	Tümü
3	CDN	Denitrifikasyon üstel oran katsayısı	.bsn	v	0	3	Tümü
4	SDNCO	Denitrifikasyon eşiği su içeriği	.bsn	v	0	1	Tümü
5	RS4	20 ° C’de erişen organik N çökmesi için oran katsayısı	.swq	v	0.001	0.1	Tümü
6	ERORGN	Organik N zenginleşme oranı	.hru	v	0	5	Tümü

Not: *Model kalibrasyon ve validasyon sürecinde kullanılan parametrelerin SWAT-CUP programında bulunduğu dosya adlarının kısaltmalarıdır.

**Metot için; v: mevcut parametre değerinin, verilen değer ile değiştirilmesi, r: mevcut parametre değerinin belirli bir değer ile çarpılması sonucu oluşan değerdir.

3.2.5.3. Model performansının değerlendirilmesi

Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra performansını test edebilmek için R^2 (belirginlik katsayısı), modelin tahmin kapasitesini gösteren NSE (Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı) ve PBIAS (yüzde hata) istatistikleri kullanılmıştır (Moriassi et. al. 2007). Bu istatistiklere ait ölçüt değer aralıkları Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.13 Hidrolojik model istatistikleri için performans değerlendirme ölçütleri

Performans Ölçüsü	Belirginlik Katsayısı (R^2)	Nash-Sutcliffe Eff. (NSE)	BIAS (%)	
			Akım (m^3/sn)	Besin Tuzları
Çok iyi	$r^2 > 0.70$	$0.75 < NSE \leq 1.0$	$PBIAS < \pm 10$	$PBIAS < \pm 25$
İyi	$0.60 < r^2 \leq 0.70$	$0.65 < NSE \leq 0.75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$	$\pm 25 \leq PBIAS < \pm 40$
Yeterli	$0.50 < r^2 \leq 0.60$	$0.50 < NSE \leq 0.65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$	$\pm 40 \leq PBIAS < \pm 70$
Yetersiz	$0.00 \leq r^2 \leq 0.50$	$NSE \leq 0.50$	$PBIAS \geq \pm 25$	$PBIAS \geq \pm 71$

Belirginlik katsayısı (R^2) tahmin edilen değerler ile ölçülen değerler arasındaki eşdoğrusallık derecesini verir. Belirginlik katsayısı, ölçülen değerlerde model tarafından açıklanan varyansın oranını belirtmektedir. Aldığı değer aralığı 0 – 1 arasındadır. Yüksek değerler daha az hata varyansı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak 0.5'ten büyük değerler kabul edilebilir düzeydedir (Moriasi et. al.. 2007)

$$R^2 = \left[\frac{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{obs_mean})(Q_{sim} - Q_{sim_mean})}{\sqrt{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{obs_mean})^2 \sum_1^n (Q_{sim} - Q_{sim_mean})^2}} \right]^2$$

Burada;

n	Toplam örnekleme sayısı
Q_{obs}	Gözlenen değer
Q_{obs_mean}	Gözlenen değerlerin ortalaması
Q_{sim}	Simüle edilen değer
Q_{sim_mean}	Simüle edilen değerlerin ortalaması

NSE, modelin tahmin kabiliyetini temsil eden gösterge değeri verir. Aldığı değerler $-\infty$ ile 1 arasındadır. Aldığı değer 0-1 arasında olması istenen durumdur ve 1'e yaklaştıkça modelin iyi bir tahmin sonucu verdiğini gösterir (Moriasi et. al. 2007).

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{mean})^2} \right]$$

Burada;

n	Toplam örnekleme sayısı
Q_{obs}	Gözlenen değer
Q_{mean}	Gözlenen değerlerin ortalaması
Q_{sim}	Simüle edilen değer

BIAS, tespit edilmek istenen bir özelliğin gerçek toplumsal değeri ile, örneklemeden saptanan kestirimsel değer arasında meydana gelen ve yöntemsel hataların birikiminden oluşan farktır. SWAT modelinde, simülasyon sonucu ortaya çıkan tahmin değerlerinin ölçülen değerlerden negatif ya da pozitif yönde ne kadar uzak olduğunu belirlemek için bu farkın yüzdesi (PBIAS) kullanılmaktadır. Pozitif değerler ölçülen değerlerin tahmin

değerlerinden büyük olduğunu, negatif değerler ise ölçülen değerlerin tahmin edilen değerlerden küçük olduğunu ifade eder (Gupta et. al. 1999).

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_1^n (Q_{obs} - Q_{sim}) \times 100}{\sum_1^n Q_{obs}} \right]$$

Burada;

n	Toplam örnekleme sayısı
Q_{obs}	Gözlenen değer
Q_{sim}	Simüle edilen değer

3.2.6. İklim değişikliği ve AKT/AÖ değişimi senaryolarının oluşturulması

Türkiye'nin yarı kurak ve orman-bozkır geçiş zonunda yer alan araştırma alanında iklim değişikliği ve arazi örtüsü değişimi senaryoları uygulanarak, gelecek yıllarda derelerde akan su miktarında ve kirletici yüklerde nasıl bir değişimin olduğunu incelemek ve analiz edebilmek üzere farklı senaryolar uygulanmıştır.

3.2.6.1. İklim değişikliği senaryolarının oluşturulması

İklim değişikliği ile ilgili senaryolar Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. 1998 yılında İngiliz Meteoroloji Ofisine bağlı bir araştırma kuruluşu olan Hadley Merkezi tarafından geliştirilen 2. nesil küresel iklim model sonuçları alınmıştır. Bu model yapısına göre RCP 4.5, sera gazı (GHG) emisyonunun 2040 yılı civarında zirveye ulaşacağını ve bunun ardından düşeceği, RCP 8.5'in emisyonlarının 21. yüzyıl boyunca artacağı varsayılmaktadır. HadGEM2-ES küresel model verileri ile bölgesel iklim modeli kullanılarak 20 km çözünürlüklü daha düşük ölçekli 2017-2099 yıllarını kapsayan projeksiyon sonuçları oluşturulmuştur.

HadGEM2-ES projeksiyonu sonuçlarına göre; sıcaklıkların 2017-2099 periyodunda RCP4.5 senaryosuna göre 1.0 ile 4.4°C ve ortalama 2.5°C, RCP8.5 senaryosuna göre ise 0.9 ile 7.1°C ve ortalama 3.6°C artması beklenmektedir. Yağış miktarlarında ise iyimser

senaryoya göre ülke genelinde 2040-2050 yıllarına kadar pozitif anomaliler beklenirken, kötümser senaryoya göre 2035 yılına kadar pozitif anomaliler beklenmektedir. Bu yıllardan sonra ise ortalama yağış miktarlarında azalışlar beklenmektedir.

Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz bölgesinde 21. yüzyılın sonlarına doğru yağışlarda azalma ve sıcaklıklarda yükseliş beklenmektedir. Yağış ve sıcaklık miktarlarındaki azalış ve artışlar belirli bir eğilime sahip olmasa da, Türkiye'nin küresel iklim değişikliğinden etkilenmesi sonucu arazi örtüsünde değişikliklerin olması beklenmektedir.

Beklenen bu sonuçlardan dolayı geleceğe dair iklim projeksiyonları 3 farklı döneme ayrılarak analiz edilmiştir. Bu dönemler 2020-2029 (kısa dönem), 2050-2059 (orta dönem) ve 2090-2099 (uzak dönem) olarak belirlenmiştir.

SWAT modelinde kullanılan meteorolojik verilerin 1987-2016 yılları arasını kapsayan veriler, temel iklim simülasyonu ve yanılma payını düzeltmek için referans dönemi olarak kullanılmıştır.

HadGEM2-ES projeksiyonuna ait verilerden kısa dönem, orta dönem ve uzak döneme ait periyot aralıklarındaki yağışlarda azalma ve artış oranları hesaplanmıştır. Yağış verilerindeki artış veya azalış yüzde (%) cinsinden, sıcaklık verilerindeki artış ya da azalış ise derece (°C) olarak hesaplanmıştır.

3.2.6.2. AKT/AÖ değişimi senaryolarının oluşturulması

İklim değişikliği ile birlikte arazi örtüsünde orman sınırının alçak rakımlardan yüksek rakımlara çekilmesi ve buna bağlı olarak çalılık, bozkır gibi arazi örtülerinde artışların olması öngörülmektedir. Yanı sıra kırsal alanlarda yaşayan nüfusun, kuru tarım ürünleri yerine daha yüksek gelir getirici ve hayvancılıkta kullanabileceği ürünlere (şeker pancarı, silajlık mısır vb.) yönelik değişim gösterebilecekleri düşünülmektedir.

Bu durum dikkate alınarak bu çalışmada 4 adet farklı AKT/AÖ değişim senaryosu oluşturulmuştur.

S1: Arazi örtüsünde değişimin olmadığı

S2: Orman alanlarında %10'luk azalış ve bu azalmaya karşılık çalılık alanlarda %10'luk artış,

Kuru tarım alanlarında % 20'lik azalış ve bu azalmaya karşılık mera alanlarında %10'luk artış ve geriye kalan alanlarda eşit olmak üzere %5'lik silajlık mısır ve şeker pancarı

S3: Orman alanlarında %30'luk azalış ve bu azalmaya karşılık çalılık alanlarda %10'luk, mera alanlarında %10'luk ve bozkır alanlarında %10'luk artış,

Kuru tarım alanlarında % 20'lik azalış ve bu azalmaya karşılık bozkır alanlarında %10'luk artış ve geriye kalan alanlarda eşit olmak üzere %5'lik silajlık mısır ve şeker pancarı

S4: Orman alanlarında %5'lik artış, bozkır alanlarında %5'lik artış ve bu artışlara karşılık mera alanlarında %3.5 ve kuru tarım alanlarında %6.5'lik azalış,

Model çalışmasının senaryo kısmına ilave olarak katılan şeker pancarı ve silajlık mısır için bölgede kullanılan tarımsal uygulamalar (toprak işleme) ve gübre miktarları havza içerisinde yaşayan çiftçilerden elde edilen bilgiler ışığında modele dahil edilmiştir (Çizelge 3.14). Böylece arazi örtüsü değişimi senaryolarında, tarımsal ürün deseni ve tarımsal uygulamalar yeniden tasarlanmıştır.

Çizelge 3.14 Araştırma alanında şeker pancarı ve mısır tarımı zaman çizelgesi

Ürün	Tarımsal Faaliyet	Zaman	Kullanılan Kimyasal Gübre Miktarı
Şeker pancarı	1.Pulluk yardımıyla sürülme	1 Kasım-15 Kasım	-
	2.Pulluk yardımıyla sürülme	1 Aralık-15 Aralık	-
	Kazayağı yardımıyla sürülme	1 Şubat-15 Şubat	-
	Taban gübrelemesi	5 Mart-15 Mart	10 kg/da Üre (%46N)
	Pancar ekimi ve	5 Nisan-10 Nisan	-
	Tırmık yardımıyla toprak işleme	-	-
	İkinci gübrenin kullanımı	10 Mayıs-15 Mayıs	5 kg/da Üre (%46N)
	Üçüncü gübrenin kullanımı	10 Haziran-15 Haziran	5 kg/da Üre (%46N)
	Dördüncü gübrenin kullanımı	10 Temmuz-15 Temmuz	5 kg/da Üre (%46N)
	Hasat	15 Ekim-30 Ekim	-
Mısır	Pulluk yardımıyla sürülme	1 Eylül-15Eylül	-
	Kazayağı ile sürülmesi	15 Eylül-15 Ekim	-
	Ekim ve taban gübresinin atılması	15 Ekim-15 Kasım	25 kg/da (%20N, 20P)
	İkinci gübrenin kullanımı	15 Şubat-15Mart	15 kg/da Üre (%46N)
	Hasat	15 Haziran-15 Temmuz	-

* Tarım alanlarında kullanılan taban gübresinin içeriği (%20 azot, %20 fosfor)

** Tarım alanlarında kullanılan ikinci gübrenin içeriği (%46 azot)

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Debi ve su kalitesi özelliklerinin değerlendirilmesi

Araştırma alanında yer alan 13 istasyondaki ölçümlere göre; debi en yüksek 9.94 m³/sn ile Göldağı istasyonunda, en düşük 0.01 m³/sn ile Yüzbeyi istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4.1). Arazi örtüsü, alan, toprak yapısı gibi özellikleri ile farklılık gösteren alt havzalar, Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre, debi değerlerine göre istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0.05) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 İstasyonlara göre debinin basit varyans analizi sonuçları

İstasyon No	İstasyon Adı	Debi (m ³ /sn) $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
1	Tüney	2.13±1.40 ^b
2	Yüzbeyi	0.87 ±0.80 ^{d,e}
3	Demirtaş	0.42 ±0.20 ^e
4	Beykavağı	1.32 ±1.60 ^{c,d}
5	Hancılı	0.81 ±0.90 ^{d,e}
6	Meşeli	0.58 ±0.80 ^{d,e}
7	Sarısu	0.28 ±0.40 ^e
8	Kutluşar	0.13 ±0.16 ^e
9	Göldağı	4.44 ±2.60 ^a
10	Gümerdiğin	0.08 ±0.03 ^e
11	Şabanözü	1.83 ±1.91 ^{b,c}
12	Şabanözü Cezaevi	1.85 ±1.59 ^{b,c}
13	Gürpınar	0.57 ±0.63 ^{d,e}

Not: Grup ortalamaları içerisinde a>b>c>d'dir.

Debi miktarı bakımından istasyonlar incelendiğinde, yüzeysel akışın en fazla olduğu istasyon Göldağı (9)'dır. Havzanın çıkış noktasında yer alan Tüney (1) istasyonu, en fazla akımın beklendiği istasyondur. Ancak, dönemsel olarak deredeki suyun çeşitli amaçlara yönelik kullanımından dolayı akışın, araştırma havzasının çıkış noktasına ulaşmasında geciktiği düşünülmektedir.

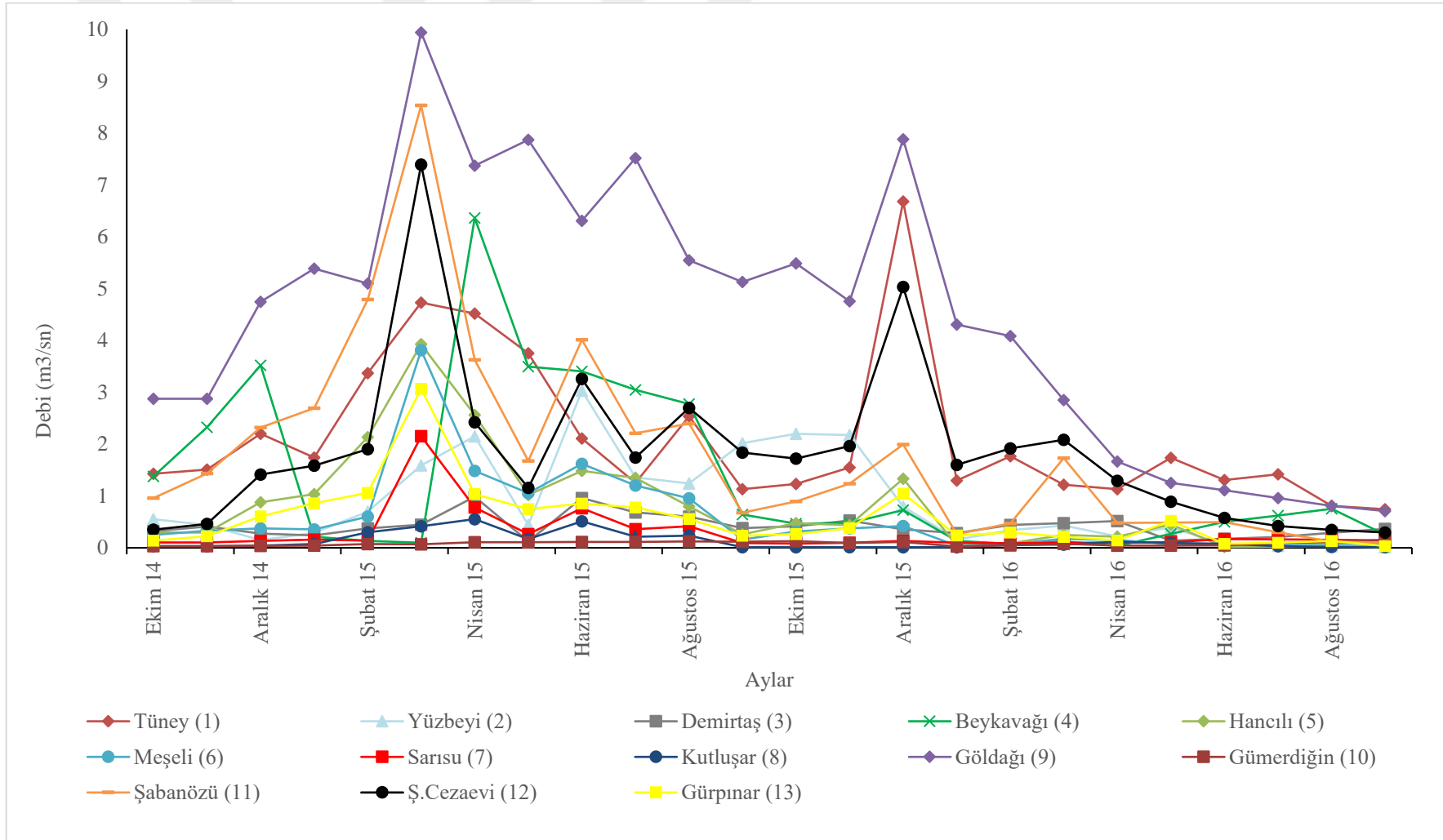
Tarım alanlarının yoğun olduğu Demirtaş (3) istasyonu, Gümerdiğin (10) istasyonu ile bahçe sulamalarında kullanılmak üzere derelerinden su çekilen Sarısu (7) istasyonu,

Kutluşar (8) istasyonu ve Gürpınar (13) istasyonlarında debi miktarlarında anlık artış ve azalışlar görülmektedir.

4.1.1. Fiziksel analizler

Araştırma süresince arazide ölçümü yapılan fiziksel su kalitesi parametreleri pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, toplam tuz, çözünmüş oksijen ve bulanıklıktır. Bu parametrelere ait basit varyans analizi Duncan homojenlik testi sonuçları izelge 4.2’de verilmiştir.





Şekil 4.1 Havza içi su örnekleme noktalarında debinin zamansal değişimi

Çizelge 4.2 İstasyonlara göre yerinde ölçülen su kalitesi parametrelerinin basit varyans analizi sonuçları

İstasyon No	İstasyon Adı	pH	Sıcaklık (°C)	Elektriksel İletkenlik (µs/cm)	Toplam Tuz (%)	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	Bulanıklık (NTU)
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
1	Tüney	8.20 ±0.2 ^{c,d}	12.5 ±6.24 ^{a,b}	734 ±232 ^b	0.0474 ±0.0105 ^{a,b}	9.90 ±1.44 ^{b,c}	260 ±208 ^a
2	Yüzbeği	8.29 ±0.16 ^{b,c,d}	12.4 ±7.13 ^{a,b}	648 ±144 ^c	0.0421 ±0.0037 ^b	9.93 ±1.52 ^{b,c}	212 ±191 ^{a,b}
3	Demirtaş	8.45 ±0.34 ^{a,b}	12.6 ±7.07 ^{a,b}	831 ±258 ^a	0.0540 ±0.0112 ^a	10.62 ±2.39 ^b	137 ±183 ^c
4	Beykavağı	8.27 ±0.22 ^{b,c,d}	12.8 ±4.44 ^{a,b}	485 ±83 ^d	0.0312 ±0.0058 ^c	11.58 ±1.81 ^a	146 ±192 ^{b,c}
5	Hancılı	8.30 ±0.25 ^{b,c,d}	14.3 ±8.28 ^a	323 ±95 ^{f,g}	0.0204 ±0.0035 ^{d,e}	9.42 ±2.12 ^{c,d}	95 ±76 ^{c,d,e}
6	Meşeli	8.15 ±0.34 ^d	13.8 ±4.93 ^a	393 ±46 ^{e,f}	0.0244 ±0.0014 ^{c,d,e}	9.51 ±1.05 ^{c,d}	129 ±128 ^{c,d}
7	Sarısu	7.81 ±0.13 ^e	13.2 ±2.98 ^{a,b}	388 ±38 ^{e,f}	0.0243 ±0.0018 ^{c,d,e}	8.70 ±0.66 ^d	81 ±53 ^{c,d,e}
8	Kutluşar	8.16 ±0.19 ^d	13.3 ±5.00 ^{a,b}	378 ±59 ^{d,e}	0.0282 ±0.0027 ^{c,d}	8.87 ±1.17 ^d	95 ±67 ^{c,d,e}
9	Göldağı	8.38 ±0.23 ^{a,b,c}	13.6 ±5.85 ^{a,b}	378 ±89 ^{e,f}	0.0233 ±0.0033 ^{c,d,e}	9.59 ±1.18 ^{c,d}	108 ±103 ^{c,d,e}
10	Gümerdiğin	8.29 ±0.52 ^{b,c,d}	9.8 ±4.42 ^b	282 ±32 ^g	0.0274 ±0.0406 ^{c,d}	9.01 ±1.37 ^{c,d}	42 ±36 ^e
11	Şabanözü	8.31 ±0.43 ^{b,c,d}	13.6 ±5.82 ^{a,b}	346 ±92 ^{f,g}	0.0204 ±0.0024 ^{d,e}	8.84 ±1.45 ^d	88 ±68 ^{c,d,e}
12	Şabanözü Cezaevi	8.45 ±0.49 ^{a,b}	13.05 ±5.41 ^{a,b}	301 ±62 ^g	0.0187 ±0.0022 ^e	9.88 ±1.63 ^{b,c}	49 ±36 ^{d,e}
13	Gürpınar	8.51 ±0.27 ^a	13.34 ±6.29 ^{a,b}	296 ±77 ^g	0.0203 ±0.0110 ^{d,e}	9,45 ±1.39 ^{c,d}	40 ±34 ^e

Not: Her bir grup kendi içerisinde (sütun) değerlendirilmiştir. a>b>c>d>e>f>g'dir.

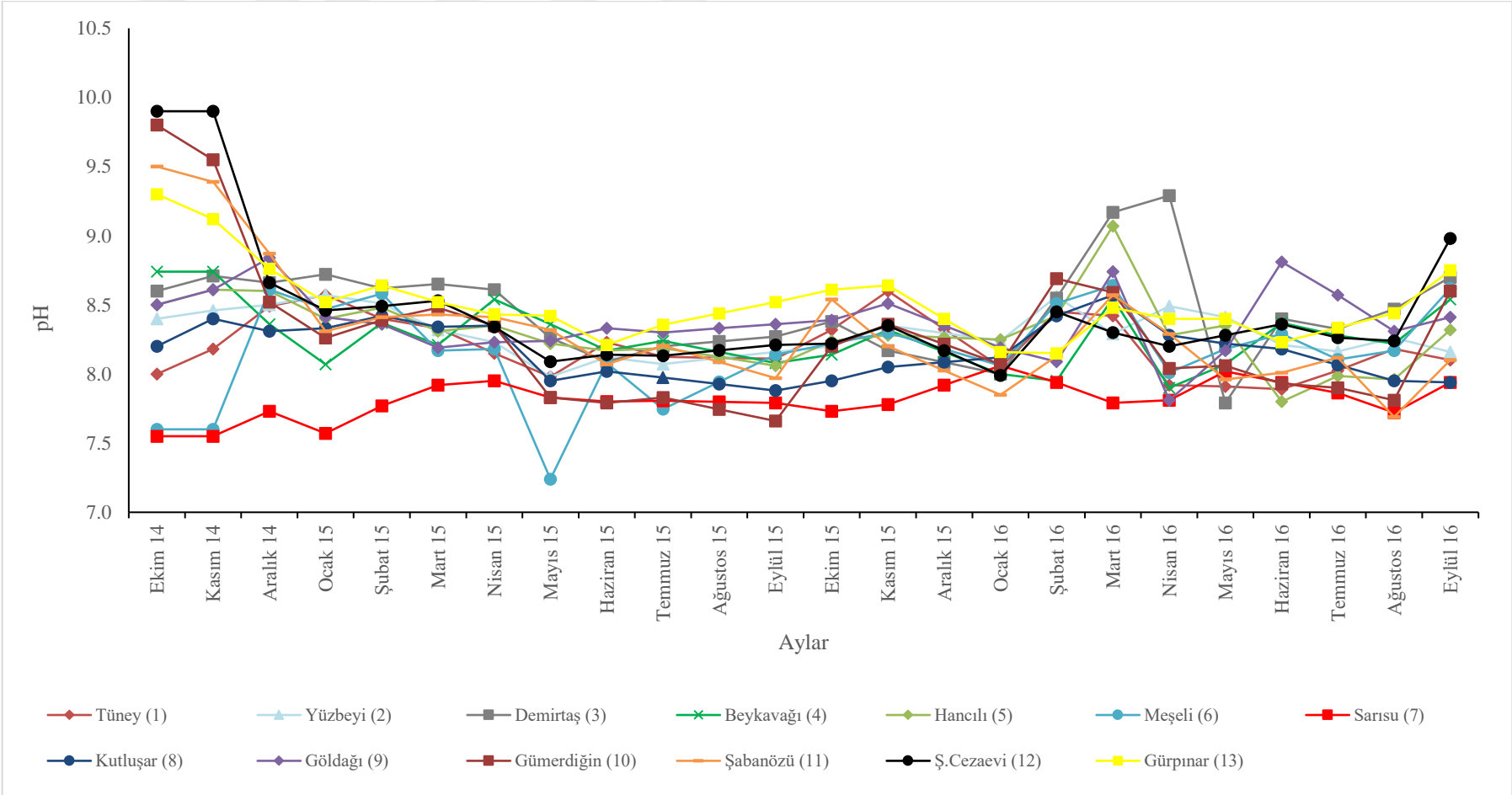
4.1.1.1. pH

Araştırma süresince, sular 13 ölçüm istasyonunda da alkali özellik göstermiştir. Tarım ve yerleşimin en az olduğu Gürpınar (13) istasyonu havzası, pH bakımından en yüksek (8.51) ortalamaya sahiptir (Çizelge 4.2). En düşük (7.81) ortalamaya sahip Sarısu (7) istasyonu, Meşeli (6) istasyonu ile aynı ana dere üzerinde olmasına rağmen daha düşük ortalama değere sahip olmuştur.

Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; pH değerlerine göre istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). Arazi çalışmaları süresince pH'nın değişimi Şekil 4.2 de verilmiştir.

Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, kış mevsiminde pH değerlerinde azalma ve bahar aylarında tekrar yükselme olduğu görülmektedir. Özellikle ilkbahar aylarındaki artışlar, sıcaklıkta ki değişim ve fotosentetik aktivasyonlardan dolayı olabilmektedir (Maraşlıoğlu ve Öbekcan 2017). Arazi kullanma türü / arazi örtüsü farklılığı bakımından da değerlendirildiğinde, ormanlık alanlarda (Tepe vd. 2006) ve tarım alanları değişmeksizin benzer değişkenliği göstermiştir. Yarı kurak bölgede yapılan çalışmada, Sivas ilinde bulunan Kuruçay Havzasında pH değerleri yıl boyunca yapılan ölçümler sonucu ortalama olarak 7.7 olarak hesaplanmıştır (Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016). Yoğun bir şekilde erozyona maruz kalındığı belirtilen havzada, yerleşim alanlarının sayısının artması pH değerlerinin değişimine neden olduğu bildirilmiştir.

Araştırma havzasında yer alan istasyonlarda en yüksek pH ortalaması, havzanın memba bölümünde ölçülürken, havzanın çıkış noktasına doğru giderek azalmaktadır. Benzer sonuç, Ege Bölgesinde yer alan Karanfilliçay havzasında da bulunmuştur (Bulut vd. 2010).



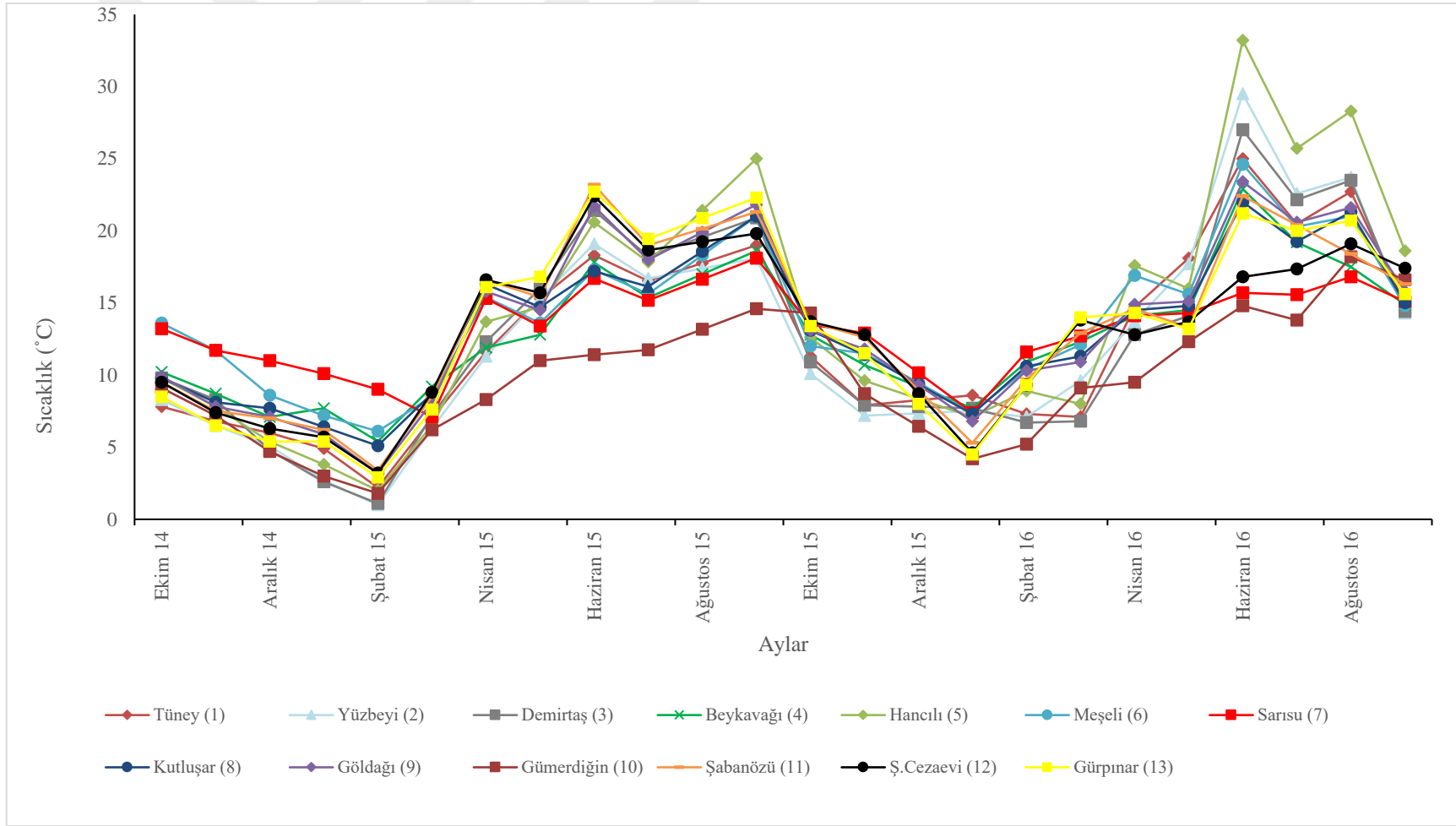
Şekil 4.2 Havza içi su örnekleme noktalarında pH zamansal değişimi

4.1.1.2. Su sıcaklığı

Dere ekosisteminde yaşayan akuatik canlılar bakımından su sıcaklığı önemli bir değişken olup debideki ani değişimlerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Araştırma alanında su sıcaklığı ortalaması genel olarak 13 istasyonda da küçük farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.2). Su sıcaklığı bakımından en yüksek (14.3 °C) ortalama bozuk meşe ormanları ile kaplı olan Hancılı (5) ve en düşük ortalama değeri (9.8 °C) tarımsal alanlara sürekli suyun çekildiği Gümerdiğin (10) istasyonlarında ölçülmüştür (Şekil 4.3).

Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; su sıcaklığı değerlerine göre istasyonlar arasında istatistiksel ($p<0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Havzanın su sıcaklığı, mansaptan membaa doğru gidildikçe artmaktadır. Genel olarak havzada ki yüksekliğin azalmasına bağlı olarak mansap bölümünde su sıcaklığının yükselmesi beklenmektedir. Türkiye'nin Ege bölgesinde yapılan çalışmada durum böyle iken (Bulut vd. 2010), araştırma havzasının memba bölümünde su sıcaklığı daha yüksek ölçülmüştür. Mansaptan membaa doğru gidildikçe ortaya çıkan bu artışın suyun hızındaki azalmadan dolayı olduğu düşünülmektedir. Nitekim Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016)'Kızılırmak havzasının alt havzalarında yapmış oldukları çalışmalarında, araştırma havzalarında mansaptan membaa bölümüne gidildikçe su sıcaklık değerlerinin arttığını belirtmişlerdir.



Şekil 4.3 Havza içi su örnekleme noktalarında su sıcaklığının zamansal değişimi

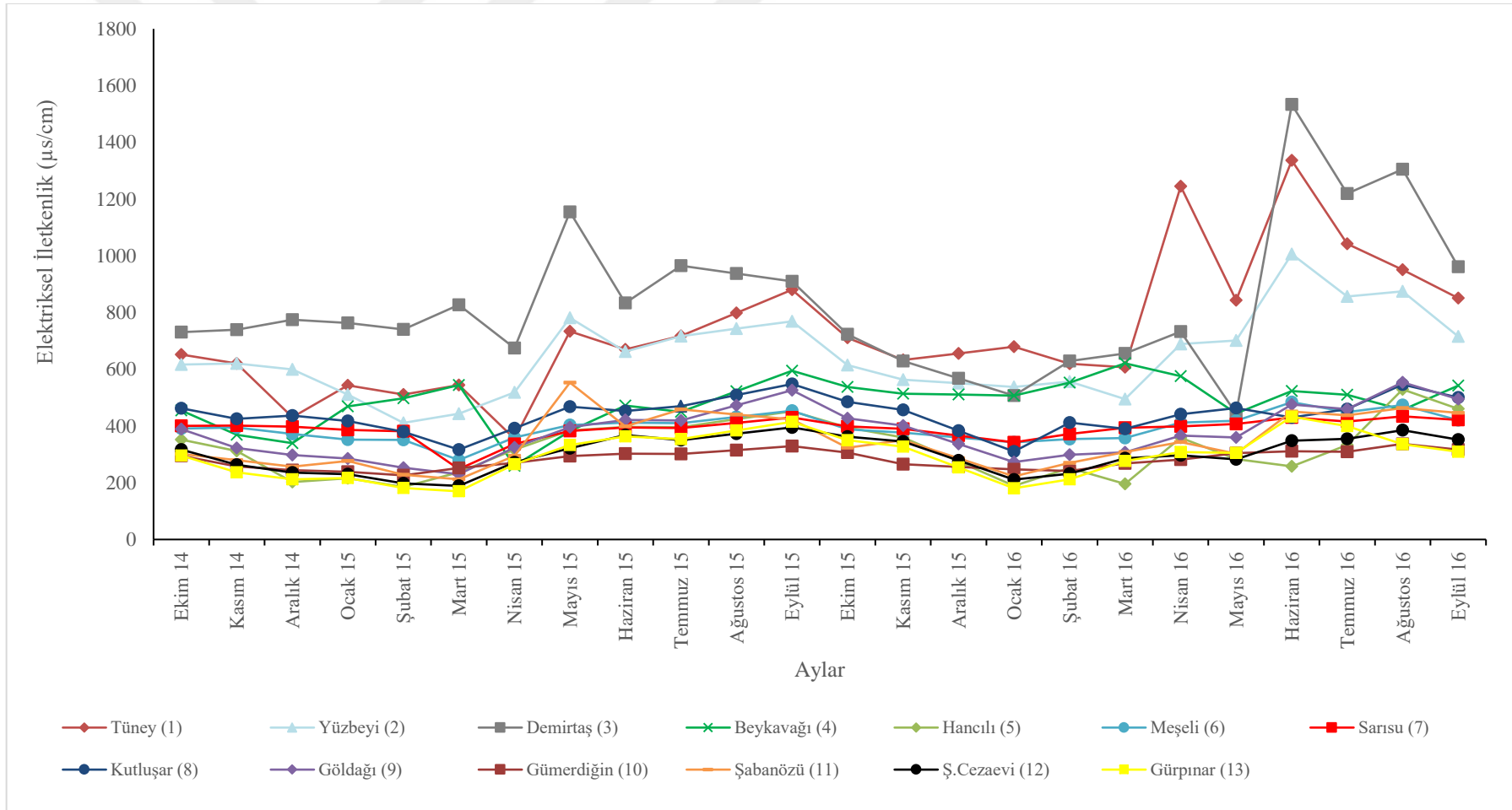
4.1.1.3. Elektriksel iletkenlik ve toplam tuz

Çizelge 4.2 incelendiğinde, su kalitesi parametreleri içerisinde kirliliğin ve diğer katılımların önemli bir göstergesi elektriksel iletkenlik en yüksek (734µs/cm) ortalama ile Tüney (1) istasyonunda, toplam tuzluluk ise Demirtaş (3) istasyonunda (%0.054) ölçülmüştür (Şekil 4.4; Şekil 4.5).

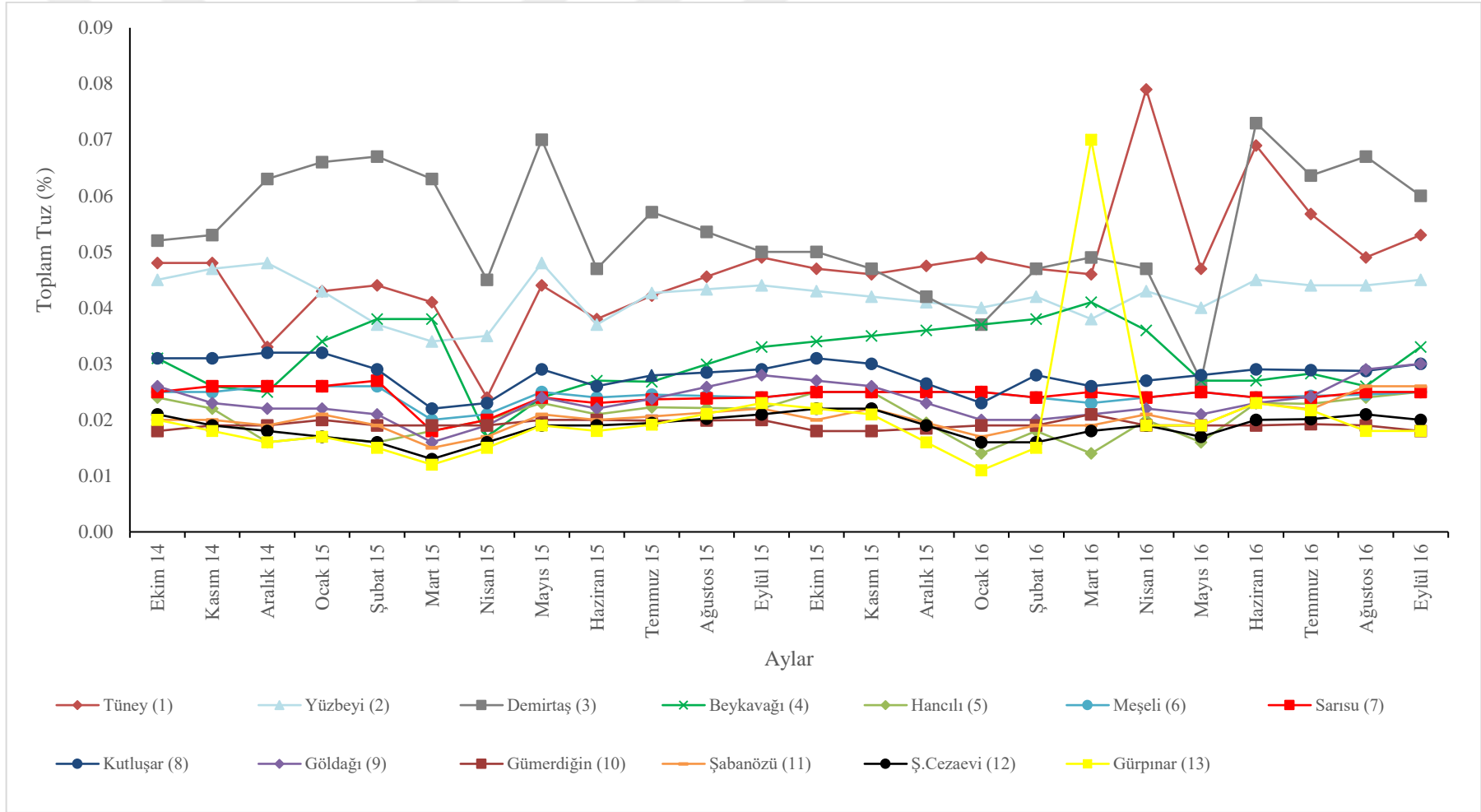
Havza alanının arazi örtüsünün tarım alanlarının baskısı altında kalması sonucu elektriksel iletkenlik ve tuz miktarlarında önemli artışlar olmaktadır. Araştırma havzasında ki Demirtaş (3) istasyonundaki elektriksel iletkenlik ve toplam tuz miktarının yüksek oluşu bu nedendir. Bununla birlikte havzanın memba bölümünde ki konsantrasyonu az olan bu iki parametre havzanın mansap bölümünde giderek artmaktadır. Bulut vd. (2010) de araştırmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Mevsimsellik bakımından değerlendirildiğinde ise, araştırma havzasında tüm istasyonlarda elektriksel iletkenlik ve toplam tuzluluk kış aylarında azalmakta, ilkbahar ve yaz aylarında artmaktadır. Bu değerlerin artışının su sıcaklığı ile ilişkisinin doğrusal olması nedeniyle, su sıcaklığından doğrudan etkilenmektedir (Tepe vd. 2006, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016). Özellikle tarımsal uygulamaların olduğu havzalarda bu değerlerin sulama dönemi ve sonrasında toprak taban suyuna katılarak daha da arttığı belirtilmektedir (Korkmaz vd. 2016)

Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; EC ($p<0.05$) değerleri ve toplam tuzluluk ($p<0.05$) değerlerine göre istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.2).



Şekil 4.4 Havza içi su örnekleme noktalarında elektriksel iletkenliğin zamansal değişimi



Şekil 4.5 Havza içi su örnekleme noktalarında toplam tuzun zamansal değişimi

4.1.1.4. Çözünmüş oksijen

Su ekolojisi ve biyolojisi bakımından önemli ve indikatör bir gösterge olan çözünmüş oksijen parametresi (Şekil 4.6) incelendiğinde, en yüksek (11.58 mg/l) ortalama değer ile Beykavağı (4) istasyonunda, en düşük (8.70 mg/l) ortalama değer ise Sarısu (7) istasyonunda ölçülmüştür. Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; çözünmüş oksijen değerlerine göre istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0.05$).

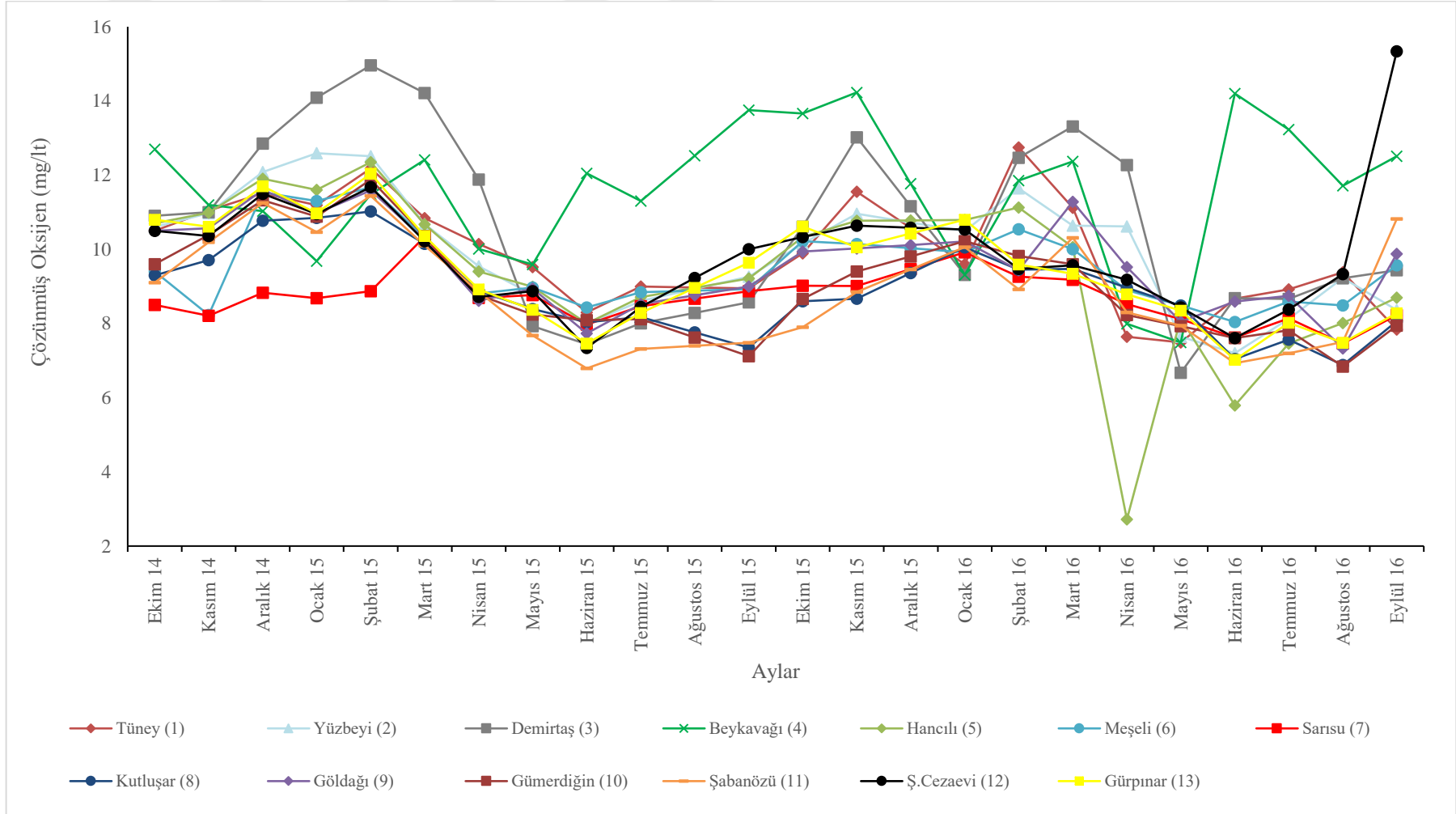
Su sıcaklığı ile doğrudan ilişkili olan çözünmüş oksijen, araştırma havzasında kış aylarında daha yüksek ölçülmüştür. Hatay ilinde orman alanlarının yoğun olduğu bir havza (Tepe vd. 2006) ile Kızılırmak havzasında yapılmış bir diğer araştırma (Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016)'da yaz mevsimlerinde su sıcaklığın artması ile birlikte çözünmüş oksijen değerlerinde azalmanın olduğunu belirtmişlerdir. Genellikle yaz aylarında en düşük değerleri ölçülen çözünmüş oksijendeki azalmanın bir diğer sebebi de yağışların azalmasından dolayı olduğu düşünülmektedir. Nitekim Samsun-Amasya arasında yer alan bir havzada yapılan araştırma sonuçlarına göre, kış ve bahar aylarında artan yağışa paralel olarak çözünmüş oksijenin arttığı belirtilmiştir (Maraşlıoğlu ve Öbekcan 2017).

4.1.1.5. Bulanıklık

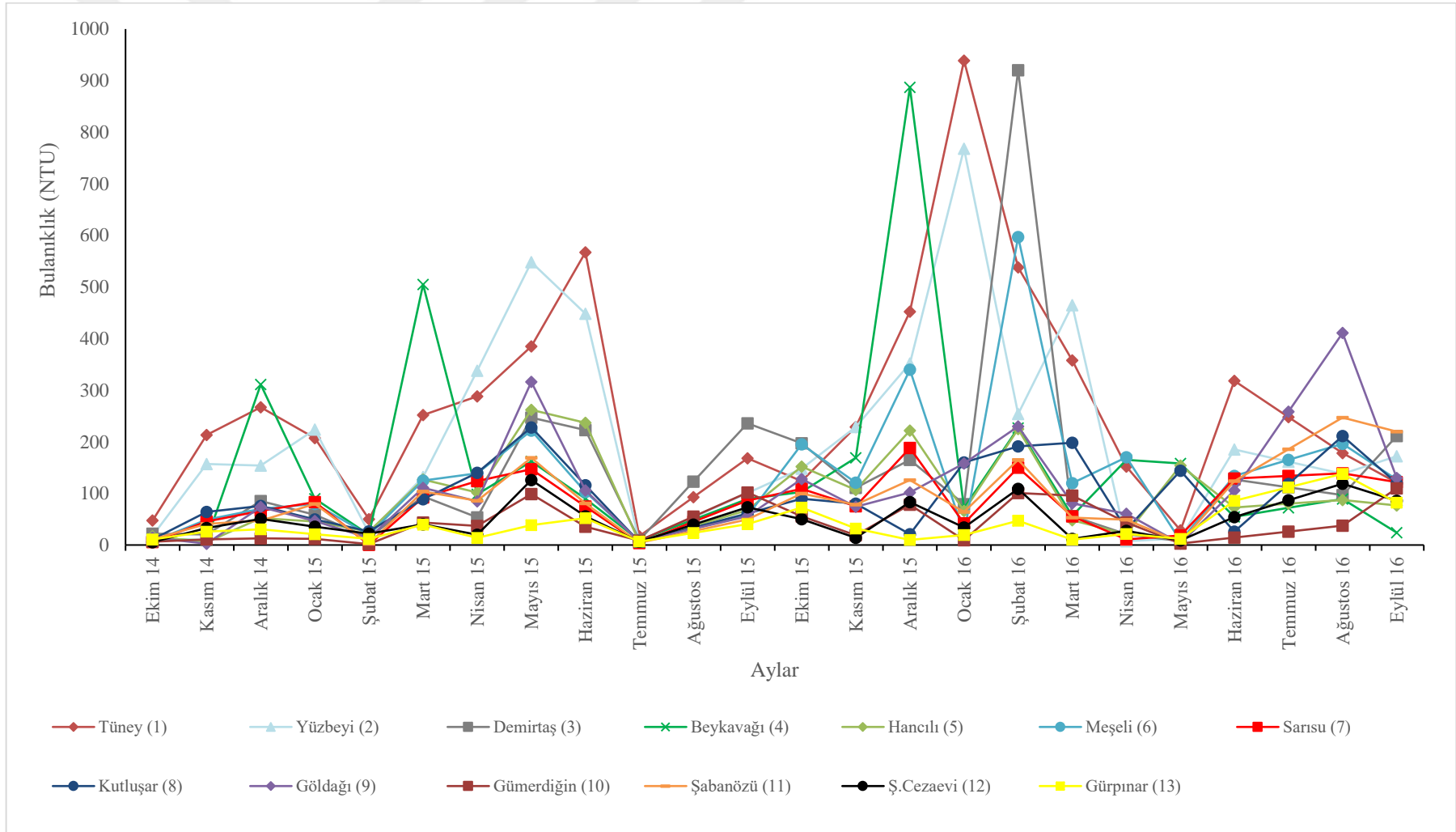
Havzadaki sediment taşınımı ve dolayısıyla fosfor yükünün doğru yorumlanabilmesi bakımından bulanıklık parametresi önem taşımaktadır. Ani yağışların ardından, çıplak topraklar ve tarım alanları gibi arazi kullanımından gelen sediment, bulanıklığı arttırmaktadır. Araştırma alanındaki istasyonlarda, ortalama bulanıklık değerleri en yüksek (260 NTU) Tüney (1) istasyonunda, en düşük ise Gürpınar (13) istasyonunda ölçülmüştür (Çizelge 4.2). Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar arasında, bulanıklık değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Örnekleme dönemi boyunca bulanıklığın değişimi Şekil 4.7'de görülmektedir.

Araştırma havzasında bulunan 13 istasyonların konumu değerlendirildiğinde, havzanın memba bölümünde en az ölçülen bulanıklık değeri, mansap bölümüne doğru artmakta ve Tüney istasyonunda en yüksek değere ulaşmaktadır. Arazi kullanma türü/arazi örtüsü havzanın memba bölümünde orman alanları ile kaplı iken, mansap bölümüne doğru tarım ve meralara dönüşmektedir. Bu alanlardan yağışların ardından önemli düzeyde sediment sulara karışmakta ve bulanıklığı arttırmaktadır. Nitekim yapılan benzer araştırmalarda havzanın mansap bölümünde bulanıklık değerleri artmaktadır (Bulut vd. 2010, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016).

Havzadaki bulanıklık mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, yaz aylarında azalan bulanıklık değerleri, kış aylarında ve bahar yağmurlarının etkisi ile birlikte eriyen kar sularının katılımı ile kış ve bahar mevsimlerinde artmaktadır. Benzer sonuçlar Tepe vd. (2006), Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016) tarafından yaptıkları çalışmalarında saptanmıştır.



Şekil 4.6 Havza içi su örnekleme noktalarında çözülmüş oksijenin zamansal değişimi



Şekil 4.7 Havza içi su örnekleme noktalarında bulanıklığın zamansal değişimi

4.1.2. Kimyasal analizler

Arazi çalışmaları sonunda laboratuvara getirilen su örneklerinde farklı yöntemler ile kimyasal analizler yapılmıştır. Volümetrik yöntemlerle yapılan kimyasal analizlere ait basit varyans analizi Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir

4.1.2.1. Toplam sertlik

Araştırma alanı su örnekleme noktaları toplam sertlik bakımından incelendiğinde havzasında tarım alanlarının yoğun olduğu Demirtaş (3) istasyonda ortalama aylık en yüksek (407 mg/l) değer, Gümerdiğin (10) istasyonunda ise en düşük (180 mg/l) gözlemlenmiştir (Şekil 4.8). Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar arasında, toplam sertlik değerleri bakımından istatistiksel olarak ($p<0.05$) anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Toplam sertlik değerleri genel olarak arazi örtüsü ve mevsim etkisinden çok üzerinde bulunduğu litolojik yapıyla ilişkilidir. Araştırma havzasının litolojik yapısı homojen bir yapıda olmadığından dolayı toplam sertlik üzerindeki değişimler mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Mevsimsel olarak araştırma havzasında kış aylarında toplam sertlik değerleri daha yüksek ölçülmüştür. Yarı kurak bölgede orman alanlarının yoğun olduğu bir havzada yapılan çalışmada toplam sertlik değerlerinin kış mevsimi ortalaması daha yüksek iken (Tepe vd. 2006), bir başka yarı kurak bölgede yer alan ve meraların yoğun olduğu Kuruçay havzasındaki araştırmada en yüksek toplam sertlik değerlerinin ilkbahar aylarında ölçüldüğü belirtilmiştir (Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016).

4.1.2.2. Kalsiyum sertliği

Su kalitesinin sertlik değerinin belirtilmesinde kullanılan diğer bir parametre kalsiyum sertliğidir. Örnekleme dönemi boyunca ölçülen kalsiyum sertliği değerleri incelendiğinde (Şekil 4.9), toplam sertlik değerleri ile benzer bir değişim gösterdiği görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek (118 mg/l) değer Tüney (1) istasyonunda ölçülmüştür.

Ancak istasyon ortalamaları dikkate alındığında, en yüksek (116 mg/l) ortalama Sarısu (7) istasyonunda hesaplanmıştır. En düşük (70 mg/l) ortalama değer ise Gümerdiğin (10) istasyonunda ölçülmüştür. Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar arasında, kalsiyum sertliği değerlerine göre istatistiksel ($p<0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.3).

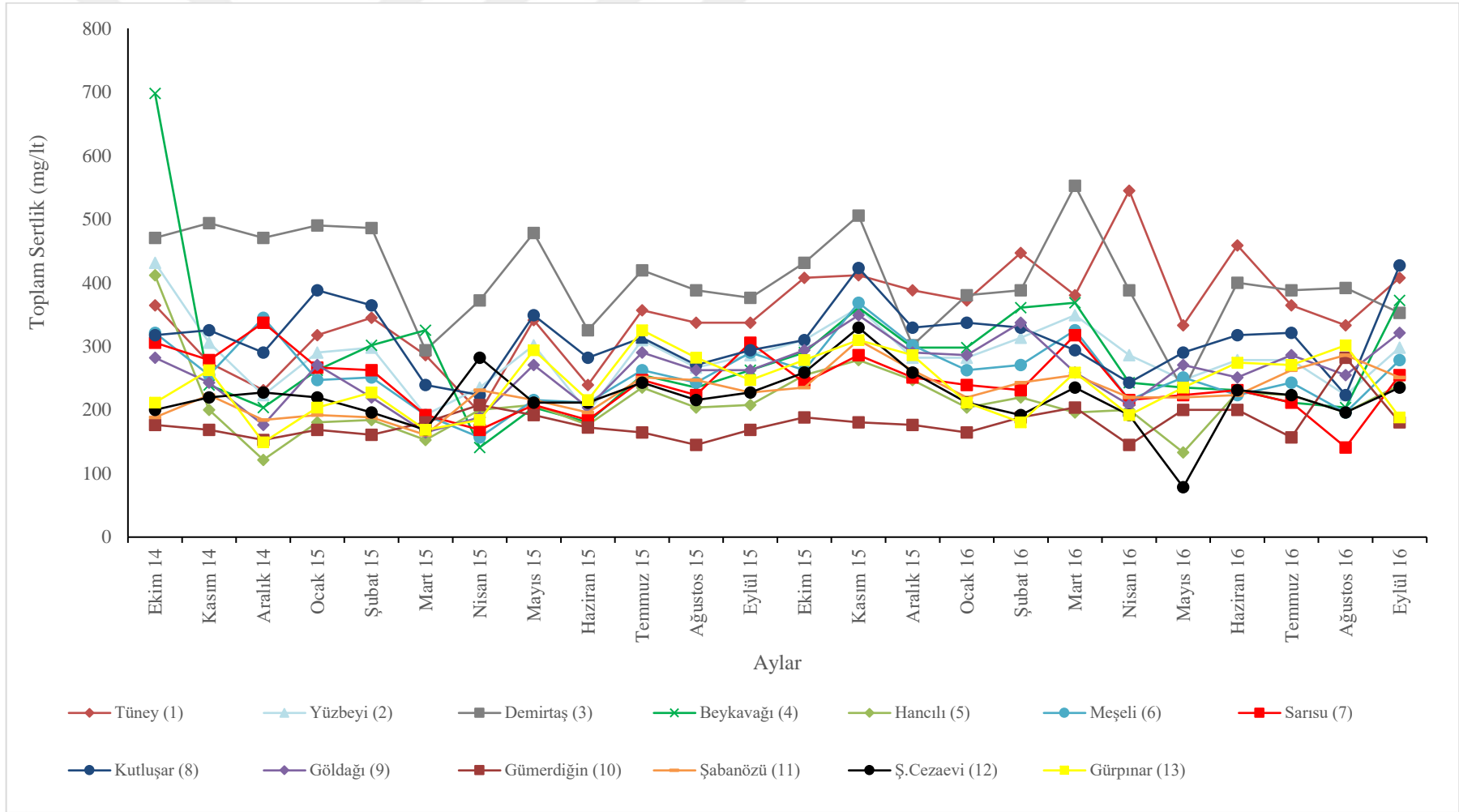
Toplam sertliğin bir bölümünü oluşturan kalsiyum sertliği, alandaki kalsiyum sülfatların oluşturduğu yoğunlukla beraber alanın jeolojik yapısıyla yakından ilgilidir. Litolojik yapının karmaşık bir yapıda olmasından dolayı kalsiyum sertliğindeki değişimleri ana kayayagöre değerlendirmek yeterli değildir. Ancak araştırma havzasının yan derelerini oluşturan ve batı bölümünde yer alan alt havzalarda kalsiyum sertliği diğerlerine daha yüksektir. Bu alt havzaları diğerlerinden ayıran en önemli özellik arazi örtüsündeki orman alanlarının fazla olmasıdır.

Çizelge 4.3 İstasyonlara göre volümetrik yöntemlerle kimyasal analizi yapılan su kalitesi parametrelerinin basit varyans analizi sonuçları

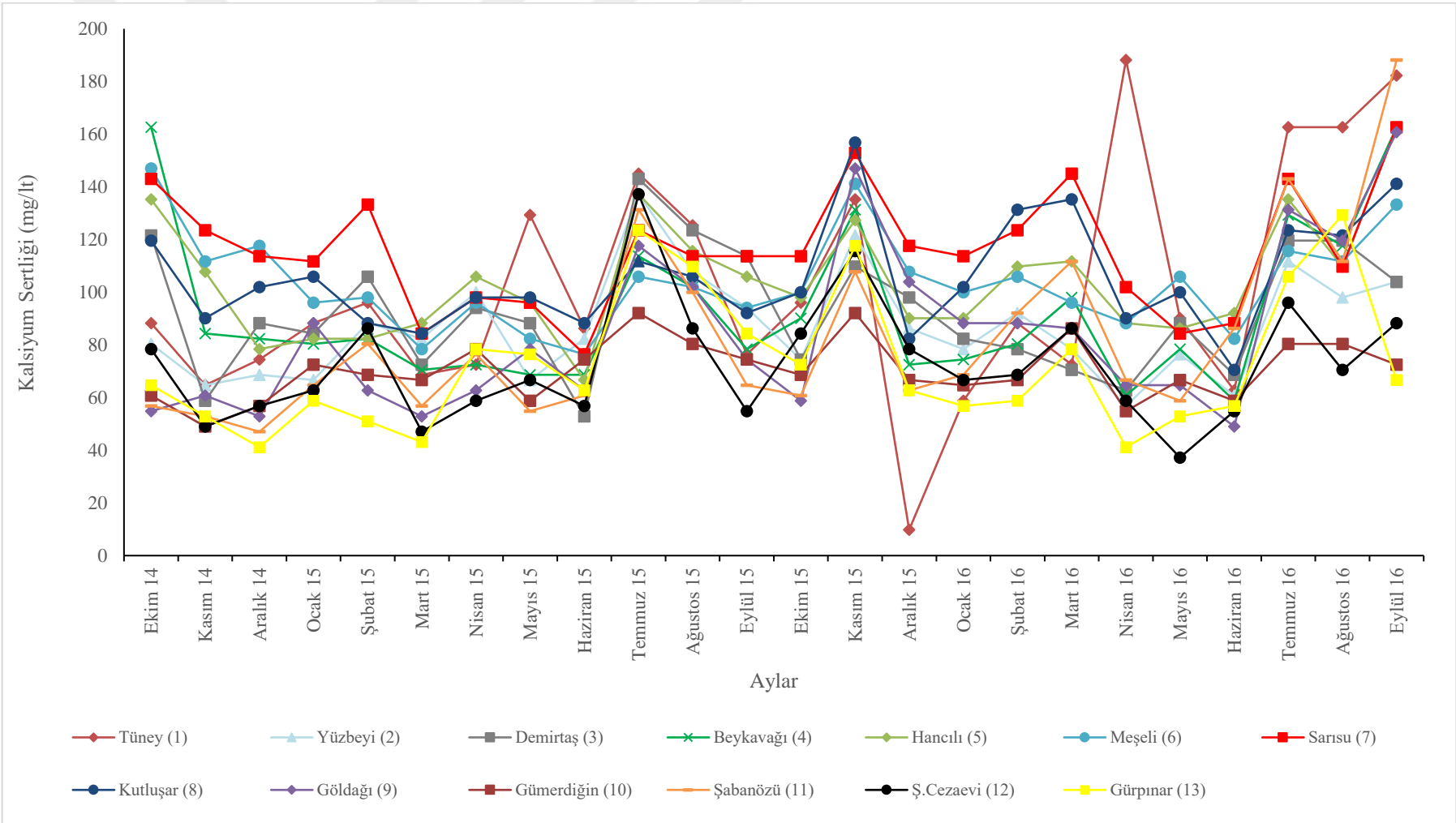
İstasyon No	İstasyon Adı	T. Sertlik	Ca ⁺² Sertlik	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	FF Alkalinitesi	MO Alkalinitesi	OM.
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
1	Tüney	353 ±76 ^b	101 ±43 ^{a,b,c}	40 ±17 ^{a,b,c}	62 ±18 ^b	33 ±15 ^a	0.01 ±0.00 ^d	358 ±64 ^b	2.08 ±1.10 ^d
2	Yüzbeyi	285 ±52 ^{c,d}	86 ±20 ^{c,d,e}	34 ±8 ^{c,d,e}	48 ±13 ^{c,d}	23 ±7 ^b	0.55 ±2.69 ^d	387 ±61 ^b	1.81 ±1.44 ^{b,c}
3	Demirtaş	407 ±76 ^a	92 ±23 ^{b,c,d}	37 ±9 ^{b,c,d}	77 ±19 ^a	37 ±12 ^a	16.11 ±23.60 ^a	550 ±120 ^a	3.42 ±1.73 ^a
4	Beykavağı	282 ±108 ^{c,d}	92 ±29 ^{b,c,d}	37 ±11 ^{b,c,d}	46 ±22 ^{c,d}	14 ±5 ^c	0.01 ±0.00 ^d	274 ±57 ^c	1.44 ±0.96 ^{b,c,d}
5	Hancılı	257 ±55 ^{f,g}	104 ±22 ^{a,b}	42 ±9 ^{a,b}	26 ±11 ^g	10 ±5 ^{d,e}	0.77 ±2.85 ^d	177 ±32 ^g	1.93 ±2.44 ^{b,c}
6	Meşeli	212 ±50 ^{d,e}	103 ±18 ^{a,b}	41 ±7 ^{a,b}	37 ±10 ^{e,f}	7 ±4 ^{d,e}	0.44 ±1.26 ^d	216 ±30 ^{e,f}	0.94 ±0.59 ^{d,e}
7	Sarısı	242 ±47 ^{e,f}	116 ±22 ^a	46 ±9 ^a	31 ±9 ^{f,g}	6.2 ±4 ^e	0.01 ±0.00 ^d	216 ±27 ^{e,f}	0.53 ±0.42 ^e
8	Kutluşar	312 ±54 ^c	105 ±20 ^{a,b}	42 ±8 ^{a,b}	50 ±12 ^c	9 ±4 ^{d,e}	0.44 ±2.14 ^d	265 ±47 ^c	1.21 ±0.68 ^{c,d,e}
9	Göldağı	260 ±47 ^{d,e}	84 ±31 ^{c,d,e}	34 ±12 ^{c,d,e}	43 ±8 ^{c,d,e}	12 ±7 ^{c,d}	5.26 ±9.53 ^{c,d}	261 ±50 ^{c,d}	1.76 ±0.85 ^{b,c}
10	Gümerdiğın	180 ±27 ^g	70 ±11 ^e	28 ±4 ^e	27 ±7 ^g	16 ±5 ^c	3.52 ±5.74 ^{c,d}	190 ±15 ^{f,g}	3.70 ±1.01 ^a
11	Şabanözü	228 ±34 ^{e,f}	83 ±34 ^{d,e}	33 ±13 ^{d,e}	35 ±7 ^{e,f}	9 ±5 ^{d,e}	2.31 ±6.37 ^d	229 ±55 ^{d,e}	1.74 ±0.94 ^{b,c}
12	Şabanözü Cezaevi	219 ±44 ^f	72 ±22 ^e	29 ±9 ^e	36 ±9 ^{e,f}	6.8 ±4 ^d	8.33 ±11.28 ^{b,c}	227 ±39 ^{d,e}	1.40 ±0.78 ^{b,c,d}
13	Gürpınar	239 ±49 ^{e,f}	72 ±26 ^e	29 ±10 ^e	41 ±8 ^{d,e}	8 ±9 ^{d,e}	12.50 ±15.58 ^{a,b}	240 ±51 ^{c,d,e}	1.78 ±1.30 ^{b,c}

T. Sertlik: Toplam Sertlik, Ca⁺²: Kalsiyum, Mg⁺²: Magnezyum, Cl⁻: Klorür, FF: Fenolftalein, MO: Metiloranj, OM: Organik Madde

Not: Her bir grup kendi içerisinde (sütun) değerlendirilmiştir. a>b>c>d>e>f>g'dir.



Şekil 4.8 Havza içi su örnekleme noktalarında toplam sertliğin zamansal değişimi



Şekil 4.9 Havza içi su örnekleme noktalarında kalsiyum sertliğinin zamansal değişimi

4.1.2.3. Kalsiyum

Özellikle tarımsal faaliyetlerde, ürünün üzerindeki tortuların oluşmasında kalsiyum önemli bir faktör ve çokta istenmeyen bir durumdur. 24 aylık su örnekleme periyodunda en yüksek (75 mg/lit) değer Tüney (1) istasyonunda, ortalamaları dikkate alındığında ise en yüksek (46 mg/lit) değer Sarısu (7) istasyonunda ölçülmüştür. En düşük ortalama değer (28 mg/lit) ise Gümerdiğin (10) istasyonunda hesaplanmıştır (Şekil 4.10). Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar arasında, kalsiyum değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Kalsiyum değerleri araştırma havzasında genel olarak sonbahar ve yaz aylarında artışlar göstermiştir. Alkali toprak mineralleri olarak değerlendirilen kalsiyum, Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016)'nın araştırmalarında en yüksek ortalama değeri sonbahar mevsiminde hesaplamışlardır. Tarımsal sulama zamanları bakımından taban suyunu araştıran başka araştırmacılar kalsiyumun yaz aylarında (sulama dönemi) arttığını ve daha sonra kış aylarında azalttığını belirtmişlerdir (Korkmaz vd. 2016).

Araştırma havzasındaki su örnekleme istasyonları arasındaki farklılıkların farklı arazi kullanım türü/razi örtüsü ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim farklı arazi kullanım türü/razi örtüsünün anyon ve katyonlar üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada AKT/AÖ'nün kalsiyum değerleri üzerinde etkisi olduğu saptanmıştır (Keshtkar et al. 2011).

4.1.2.4. Magnezyum

Magnezyum oranının yüksek olduğu sularda, sodyumun potansiyel etkinliği daha fazla artmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde yüksek magnezyum oranlı suların verimi düşürmektedir. Genel olarak kuru tarımın yapıldığı alanlarda magnezyum miktarında artışlar görülmektedir. Araştırma alanında magnezyum değerleri kıyaslandığında tarım alanının yoğun yer kapladığı Demirtaş (3) alt havzasında en yüksek (77mg/lit) ortalama değer hesaplanmıştır. En düşük (26 mg/lit) ortalama değer ise Hancılı (5) istasyonunda

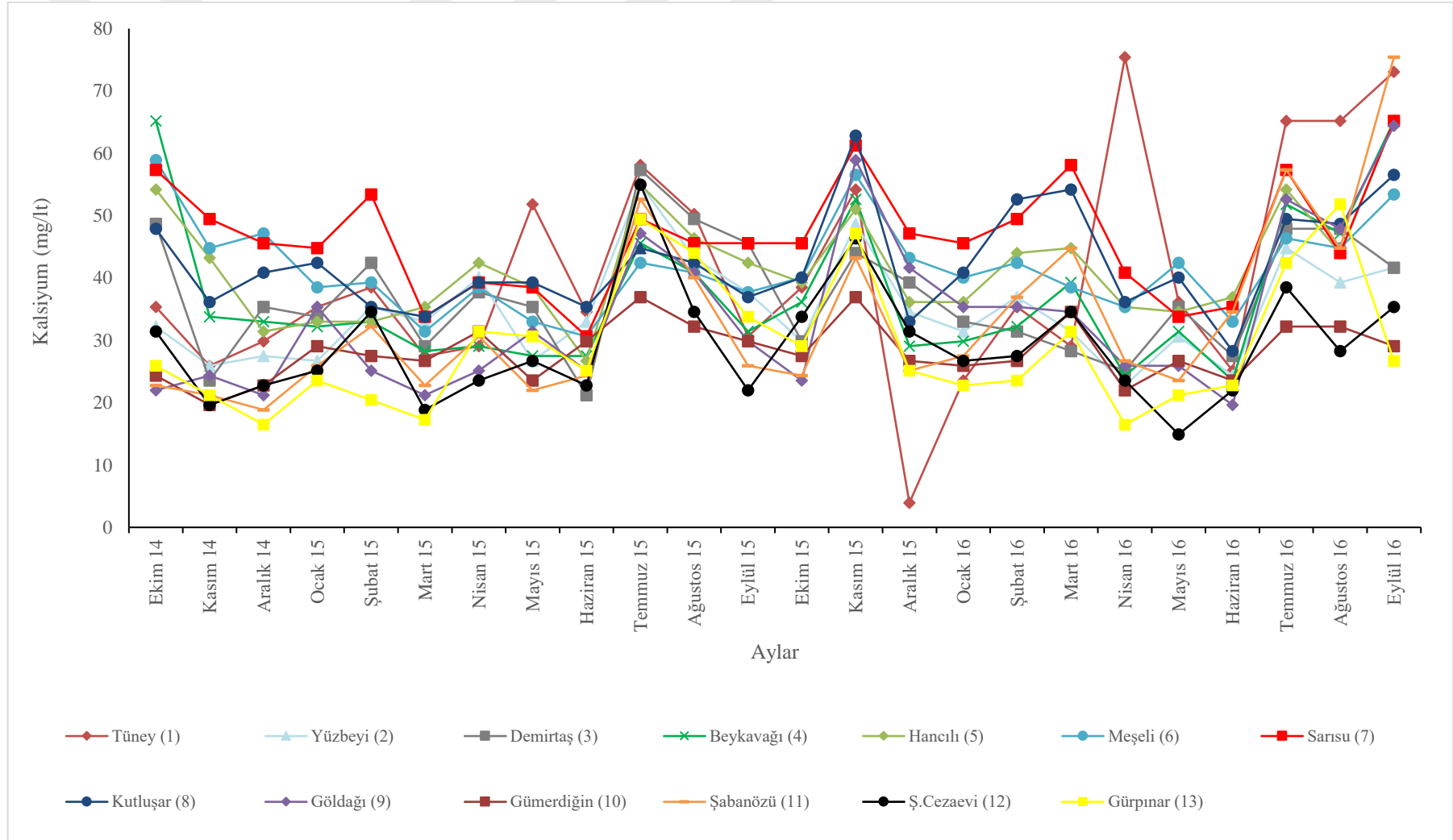
hesaplanmıştır (Şekil 4.11). Magnezyum bakımından istasyonlar dikkate alındığında, Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; magnezyum değerlerine göre, istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Bir diğer katyon olan magnezyum değerleri, mevsimsellik bakımından kalsiyum ile benzer özellikler göstermiştir. Araştırma havzasında bulunan değerler benzer çalışmalara göre daha yüksek olsa da normal su kalitesi özelliği taşımaktadır (Bulut vd. 2010, Keshtkar et al. 2011, Korkmaz vd. 2016, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016).

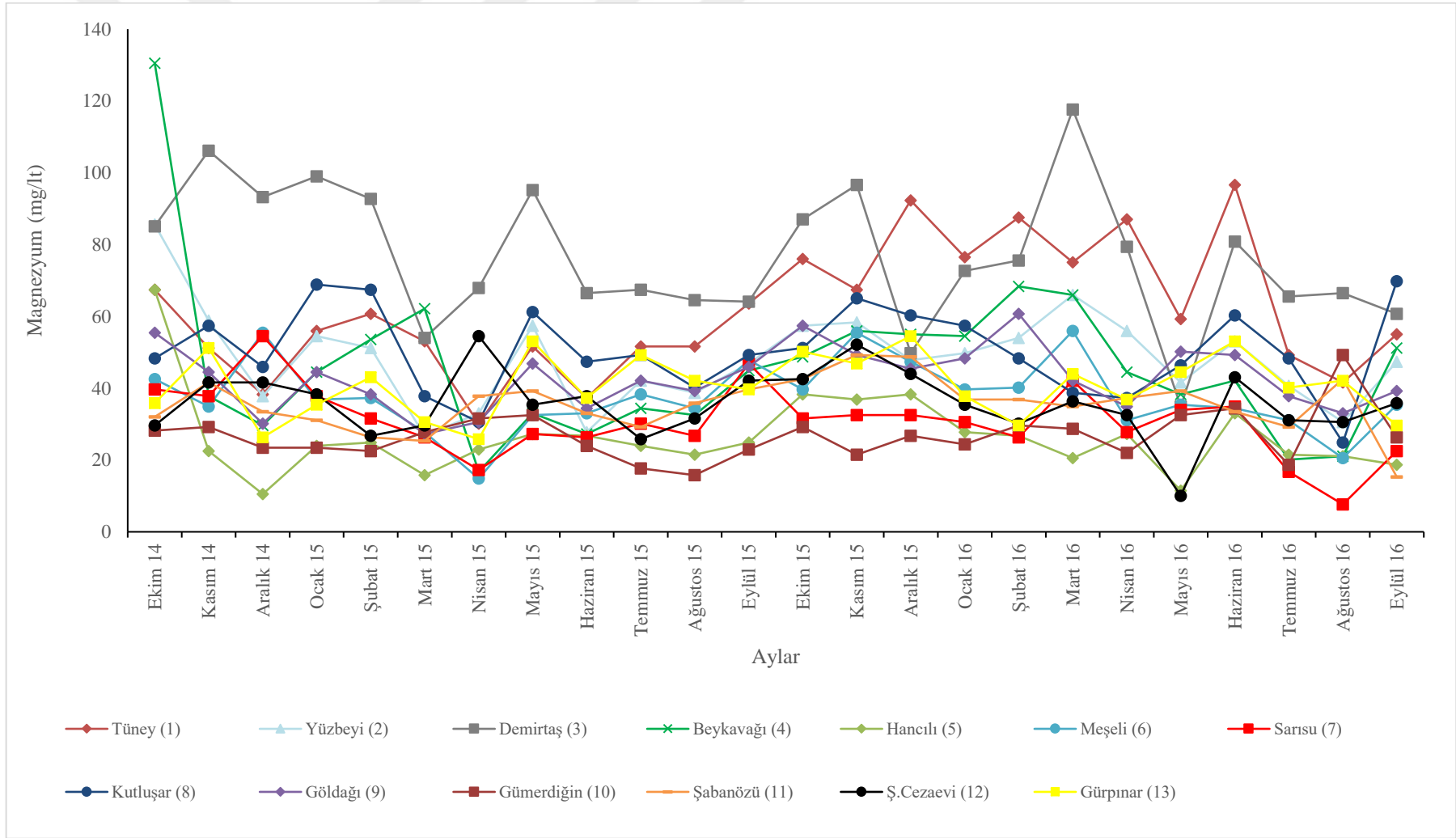
4.1.2.5. Klorür

Tarımsal sulamalarda dikkate alınan diğer bir su kalitesi parametresi olan klor 2014-2016 yılları arasında incelendiğinde (Şekil 4.12) Demirtaş (3) istasyonunda en yüksek (37 mg/l) ortalama değer ölçülmüştür. En düşük (6.2 mg/l) ortalama değer ise orman alanlarının yoğun olarak bulunduğu Sarısu (7) istasyonunda hesaplanmıştır. Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; klorür değerlerine göre, istasyonlar arasında istatistiksel ($p<0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.3).

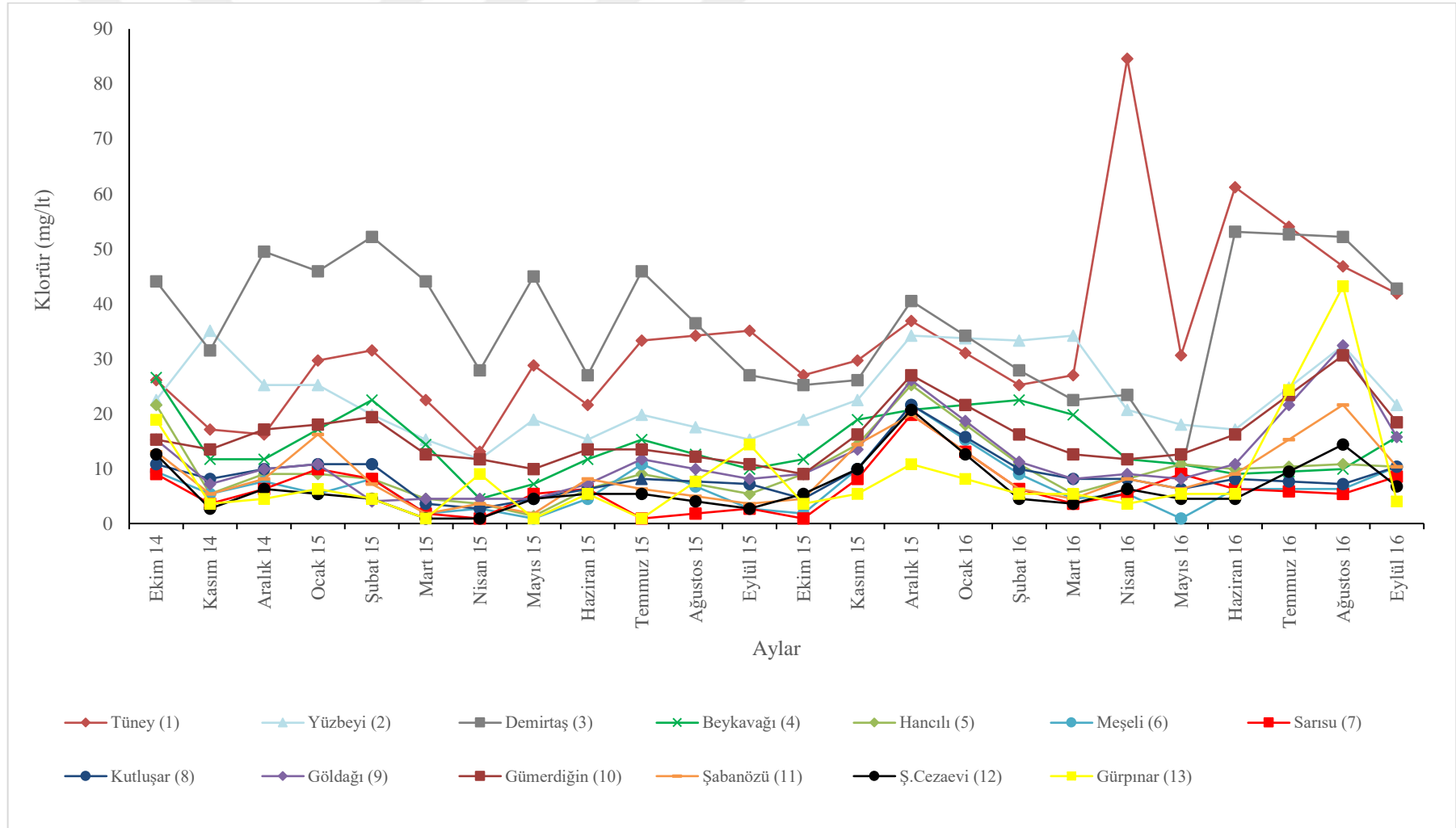
Araştırma havzasında bulunan 13 istasyon incelendiğinde klor değerlerinin kış aylarında arttığı görülmektedir. Ayrıca yan dere üzerinde yer alan Hancılı (5), Meşeli (6), Sarısu (7) ile havzanın memba bölümünde yer alan Şabanözü (11), Şabanözü Cezaevi (12) ve Gürpınar (13) istasyonlarında en düşük klor ortalama değerleri ölçülmüştür. İstasyonun havzadaki konumu itibari ile Bulut vd. (2010) ve Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016) çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Ayrıca mevsimselliğin etkisi bakımından klorür değerleri değerlendirildiğinde Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016) ve Korkmaz vd. (2016)'leri ile benzer sonuç bulunmuştur. Diğer araştırmalarda olduğu gibi araştırma havzasında da klorür miktarının en yüksek ölçüldüğü mevsim ortalaması kış mevsimi bulunmuştur. Ayrıca arazi kullanım türü/arazi örtüsünün de, klorür değerleri arasında noktasal olarak değişimler oluşturabildiği düşünülmektedir (Keshtkar et al. 2011).



Şekil 4.10 Havza içi su örnekleme noktalarında kalsiyumun zamansal değişimi



Şekil 4.11 Havza içi su örnekleme noktalarında magnezyumun zamansal değişimi



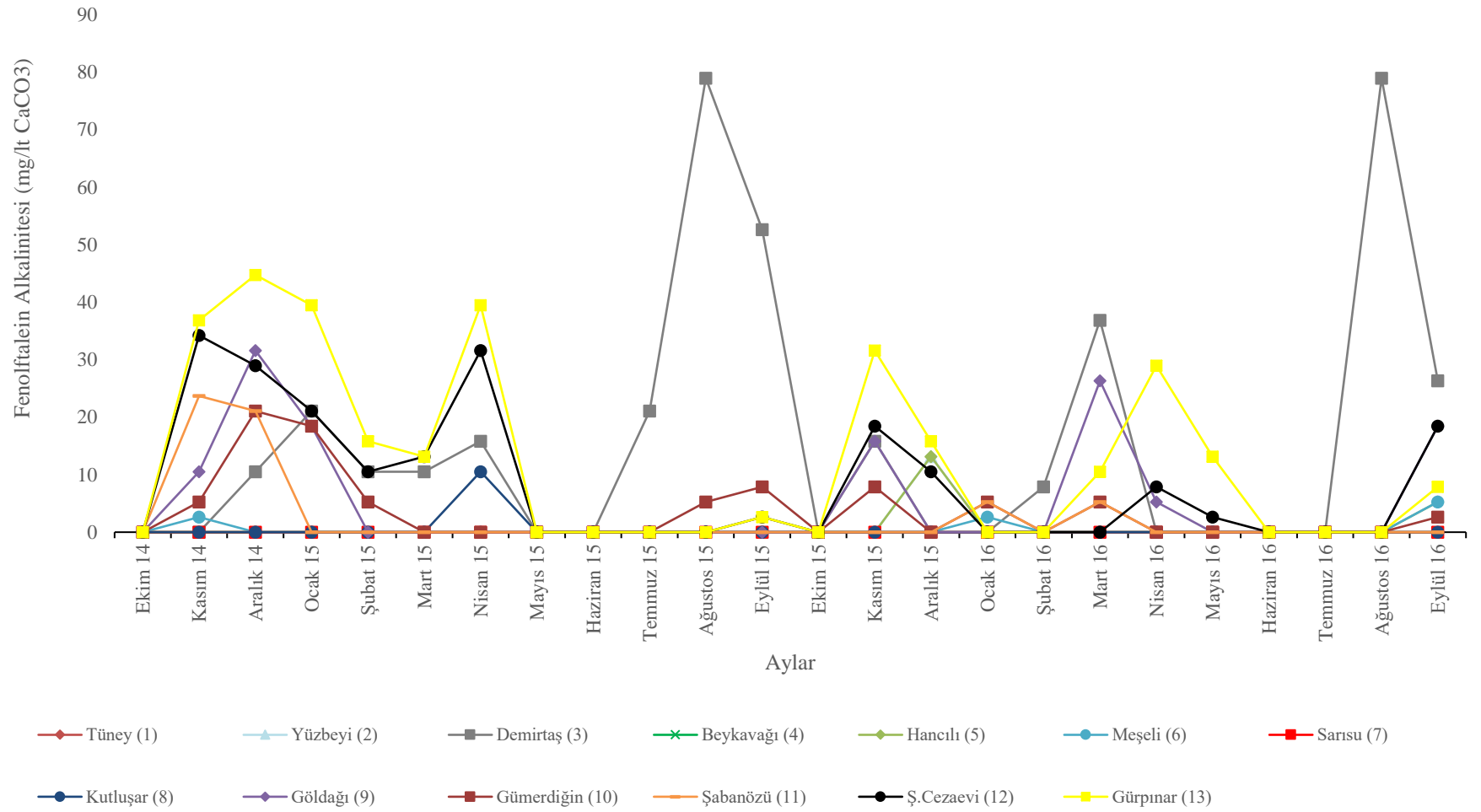
Şekil 4.12 Havza içi su örnekleme noktalarında klorürün zamansal değişimi

4.1.2.6. Alkalinite

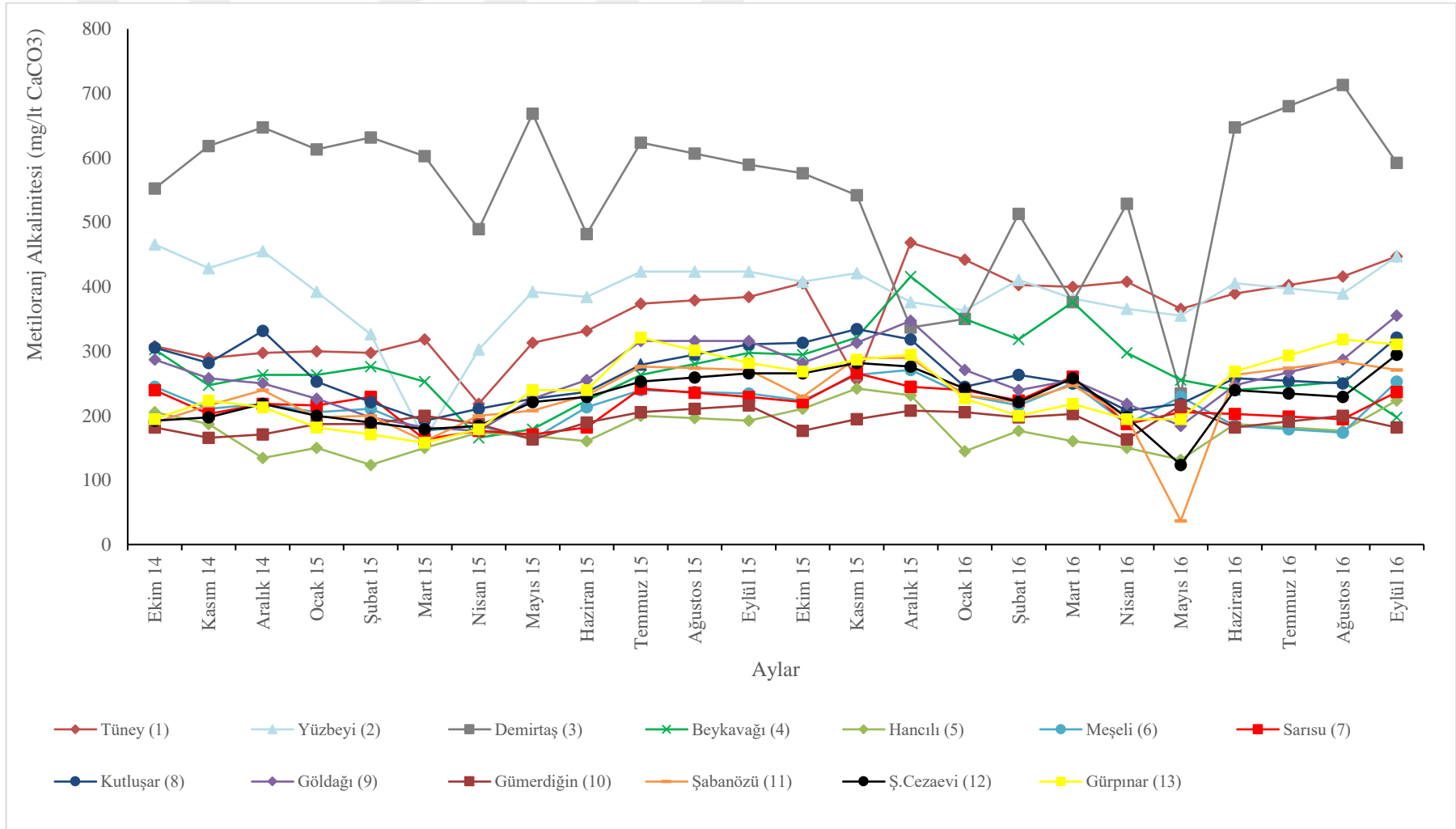
Su örnekleme dönemi boyunca fenolftalein alkalinitesi belirli dönemlerde gözlemlenmiştir (Şekil 4.13). Bu istasyonlardaki ölçümlerde alkalilik, dereye diğer katılımlar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Ortalamalar bakımından karşılaştırıldığında Demirtaş (3) istasyonu en yüksek (16.11 mg/l) değere sahiptir. Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar dikkate alındığında, fenolftalein alkalinitesi değerleri arasında istatistiksel ($p < 0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Tüm istasyonlarda metiloranj alkalinitesi örnekleme dönemi boyunca ölçülmüş ve değişiklik göstermiştir. Ortalamalar bakımından kıyaslandığında tarım alanlarının yoğun olduğu Demirtaş (3) istasyonunda, metiloranj alkalinitesi bakımından en yüksek ortalama (550 mg/l) hesaplanmıştır. Havzanın güneybatısında yer alan ve bozuk meşe ormanlarının yoğun olarak bulunduğu Hancılı (5) istasyonunda ise en düşük (177 mg/l) ortalama değer hesaplanmıştır (Şekil 4.14). Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; örnekleme noktaları dikkate alındığında, metiloranj alkalinitesi değerleri arasında istatistiksel ($p < 0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Her iki alkalilik türü bakımından değerlendirildiğinde, araştırma havzasında bulunan 13 istasyonda genel olarak alkalilik değerleri ilkbahar ve yaz aylarında artış göstermiştir. Yapılan diğer araştırmalarda da tarım alanlarının yoğun olduğu havzalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Korkmaz vd. 2016, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016). Ancak yapılan diğer bir araştırma da orman alanlarının arazi örtüsünü oluşturduğu havzada alkalinitenin en düşük ölçüm ortalaması kış mevsiminde hesaplanmıştır. Böylece araştırma havzasında yer alan alt havzalardaki alkalinitelerin değişiminde arazi örtüsünün etkili olduğu söylenebilir. Su örnekleme istasyonunun konumu bakımından alkalilik değerleri incelendiğinde, noktalardaki değişimlerin konumuna (membra, mansap) bağlı olmadığı düşünülmektedir. Nitekim Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016) yaptıkları araştırmada benzer sonuçları hesaplamışlardır.



Şekil 4.13 Havza içi su örnekleme noktalarında fenolftalein alkalinitesinin zamansal değişimi



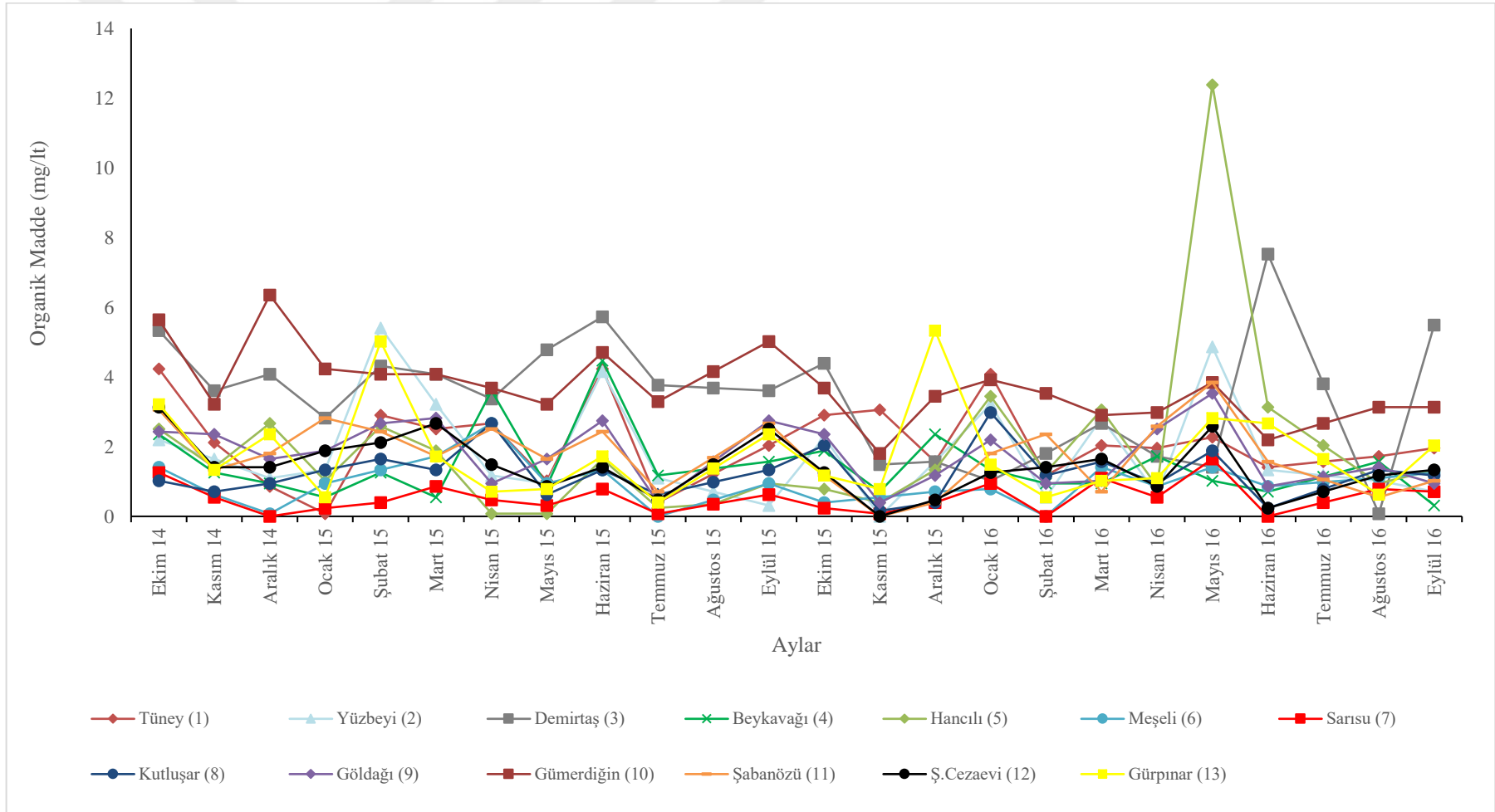
Şekil 4.14 Havza içi su örnekleme noktalarında metiloran alkalinitesinin zamansal değişimi

4.1.2.7. Organik madde (Permanganat indeksi)

Su örnekleme istasyonları incelendiğinde (Şekil 4.15), en yüksek (12.39 mg/l) değeri Hancılı (5) istasyonunda ölçülmüştür. İstasyonlar ortalamalar bakımından değerlendirildiğinde; organik madde, Gümerdiğin (10) istasyonunda en yüksek (3.70 mg/l), Sarısu (7) istasyonunda en düşük (0.53 mg/l) olarak hesaplanmıştır. Duncan homojenlik testi sonuçlarına göre; örnekleme noktaları dikkate alındığında, organik madde değerleri arasında istatistiksel ($p < 0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Tarım alanlarının ve tarımsal aktivitelerin ayrılmasında önemli göstergeler olan sodyum ve potasyum elementleri, basit varyans analizi ile araştırma alanında yer alan 13 adet alt havza ve istasyon arasında farklılıkların olduğunu ortaya koymuştur. Duncan homojenlik testi sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Ölçülen organik madde değerlerinin çok yüksek olmadığı ve tarım alanlarının yoğun olarak kapladığı Tüney (1), Demirtaş (3) ve Gümerdiğin (10) istasyonlarında en yüksek ortalama değerleri ölçüldüğü görülmüştür. Yarı kurak bölgede yer alan araştırma havzasının organik madde miktarına karşılık Ege bölgesinde yer alan bir diğer araştırma da bu değerler mimbada ortalama 8.72 mg/l, mansapta ortalama 13.33 mg/l olarak ölçülmüştür (Bulut vd. 2010). Bu çalışmaya benzer olarak araştırma havzasında da organik madde miktarları mimbada bölümünde düşük mansap bölümünde yüksek ölçülmüştür.



Şekil 4.15 Havza içi su örnekleme noktalarında organik maddenin zamansal değişimi

4.1.2.8. Sodyum

Tarımsal kaynaklı kirletici ve bitkiler açısından toksitesi olan potasyum, su kalitesi gözlem istasyonlarında dönem boyunca farklılıklar göstermiştir (Şekil 4.16). Demirtaş (3) ve Yüzbeyi (2) istasyonlarında 24 aylık arazi dönemi boyunca sodyum değerleri diğer diğer istasyonlara göre yüksek ölçülmüştür. Su örnekleme noktaları ortalamaları bakımından dikkate alındığında en yüksek (245 mg/lit) değer Demirtaş (3) istasyonunda, en düşük (12mg/lit) değer Gürpınar (13) istasyonunda hesaplanmıştır.

Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar arasında, sodyum değerleri bakımından istatistiksel ($p<0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Araştırma havzasında sodyum değerleri tarım alanlarının yoğun olduğu alt havzalarda genel olarak ilkbahar yaz mevsimlerinde artış göstermektedir. Nitekim Korkmaz vd. (2016) ile Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016) yaptıkları araştırmalarında tarım ve meralardan oluşan alanlarda sodyum miktarında artışın olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşılık orman alanları ile kaplı bir havzada yapılan diğer bir çalışmada ise sodyum ortalama miktarının kış mevsiminde olduğu saptanmıştır (Tepe vd. 2006). Mevsimsel artış ve azalışlardaki bu farklılığın arazi örtüsünden olduğu düşünülmektedir. Nitekim yarı kurak bir bölge de yapılan araştırmada arazi örtüsünün sodyum değerleri üzerindeki değişimde etkili olduğu belirtilmiştir (Keshtkar et al. 2011).

Ayrıca araştırma havzasında membadan mansap bölümüne gidildikçe sodyum değerleri artmakta ve diğer araştırmalar ile benzer özellik göstermektedir (Bulut vd. 2010, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016).

4.1.2.1. Potasyum

Su örnekleme dönemi boyunca potasyumun değişimi Şekil 4.17’de görülmektedir. İstasyonların karşılaştırıldığında en yüksek (12.22 mg/lit) ortalama değer Tüney (1) istasyonunda hesaplanmıştır. En düşük (4.49 mg/lit) ortalama değer Şabanözü Cezaevi

(12) istasyonunda hesaplanmıştır. Orman alanlarının yoğun olması ve alt havza içersinde yer alan yerleşim alanı sayısının az olması bakımından benzerlik gösteren Gürpınar (13) ve Sarısu (7) istasyonunda da benzer ortalama değerler hesaplanmıştır. Örnekleme dönemi boyunca ölçülen potasyum değerleri incelendiğinde; Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar arasında, potasyum değerleri bakımından istatistiksel ($p<0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.4).

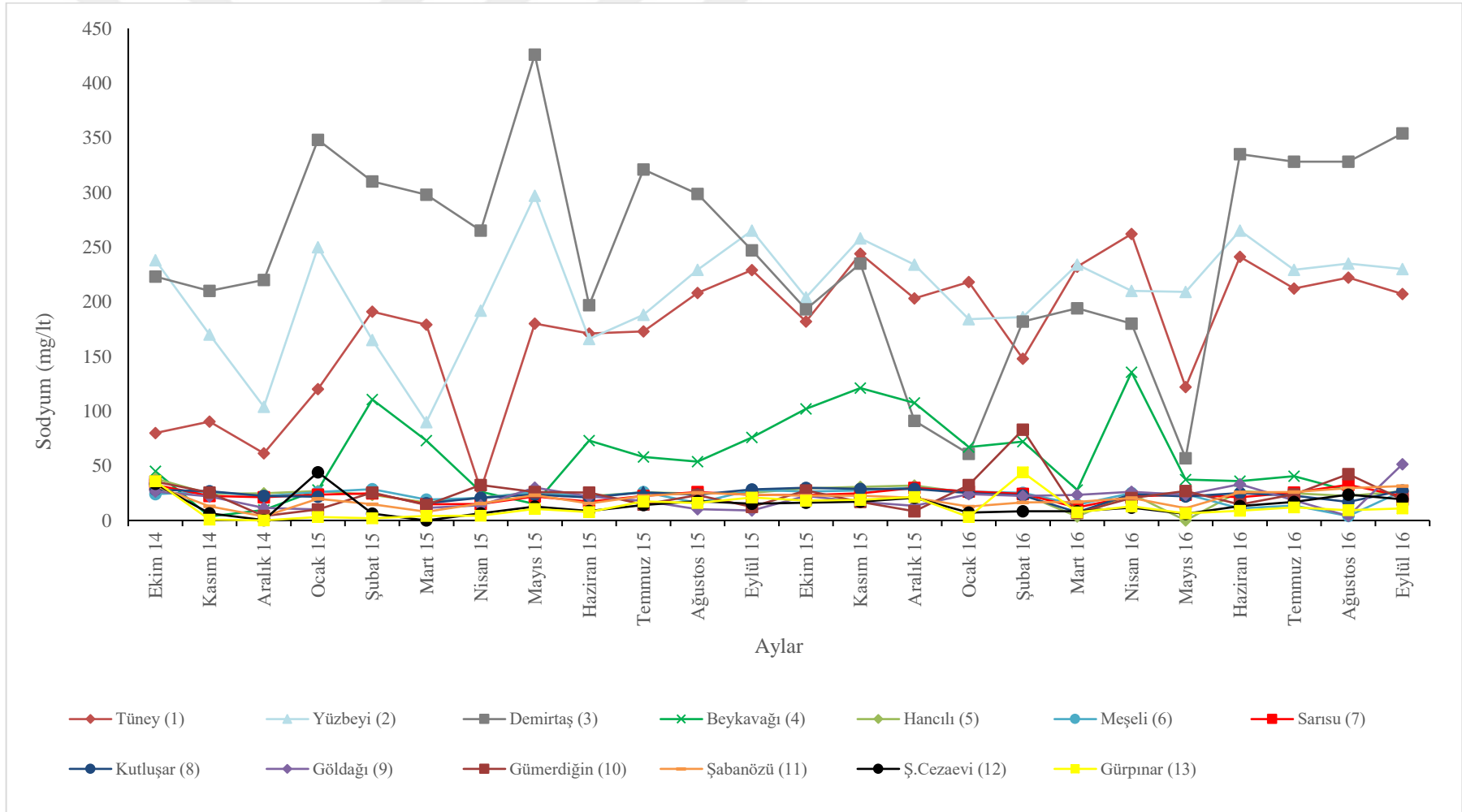
Araştırma havzasında 13 istasyonda da genel olarak ilkbahar ve yaz mevsiminde potasyum miktarlarında artış olmuştur. Hesaplanan ortalama değerlere göre araştırma havzasının memba bölümünde yer alan istasyonlarda potasyum miktarları düşüktür. Arazi örtüsünün farklı yoğunluklarda bulunduğu alt havzalarda potasyum miktarının değişiklik gösterdiği düşünülmektedir (Keshtkar et al. 2011). Yan derelerden toplanan potasyum, artarak havzanın çıkış noktasına taşınmakta ve en büyük miktara ulaşmaktadır (Bulut vd. 2010, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016).

Çizelge 4.4 İstasyonlara göre Na^+ ve K^+ parametrelerinin basit varyans analizi sonuçları

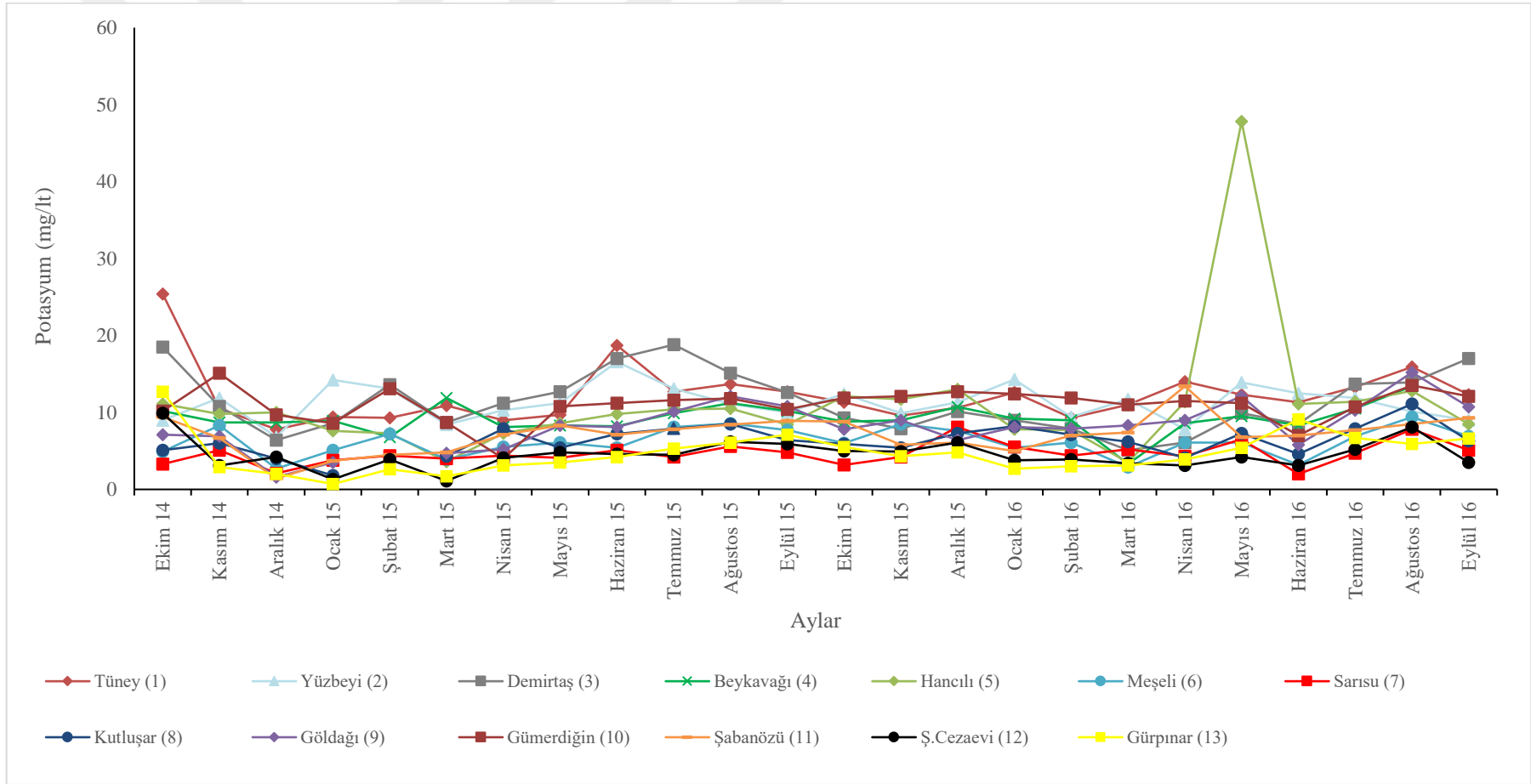
İstasyon No	İstasyon Adı	Na^+	K^+
		(mg/l)	(mg/l)
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
1	Tüney	175±62 ^c	12.22±3.70 ^a
2	Yüzbeyi	209±48 ^b	11.24±2.31 ^{a,b}
3	Demirtaş	245±94 ^a	11.35±3.93 ^a
4	Beykavağı	58±37 ^d	9.19±1.91 ^{b,c}
5	Hancılı	23±8 ^d	10.96±8.00 ^{a,b}
6	Meşeli	22±6 ^d	6.18±1.83 ^{d,e}
7	Sarısu	23±5 ^d	4.66±1.43 ^e
8	Kutluşar	24±5 ^d	6.34±1.94 ^{d,e}
9	Göldağı	20±10 ^d	8.21±3.02 ^{c,d}
10	Gümerdiğin	24±16 ^d	10.96±2.25 ^{a,b}
11	Şabanözü	20±7 ^d	7.12±2.33 ^d
12	Şabanözü Cezaevi	14±10 ^d	4.49±1.88 ^e
13	Gürpınar	12±11 ^d	4.70±2.60 ^e

Na^+ : Sodyum, K^+ : Potasyum

Not: Her bir grup kendi içerisinde (sütun) değerlendirilmiştir. $a>b>c>d>e$ 'dir



Şekil 4.16 Havza içi su örnekleme noktalarında sodyumun zamansal değişimi



Şekil 4.17 Havza içi su örnekleme noktalarında potasyumun zamansal değişimi

Toplam azot, nitrat, nitrit, orto fosfat, amonyum ve sülfat analizleri spektrofotometrik yöntemlerle yaplm ve her istasyondaki farklılıklar basit varyans analizi ortaya koyulmuştur (izelge 4.5).

Bir çok araştırmacı tarafından mevsimsel değişkenliği, arazi örtüsü durumu ve havzadaki konumu itibari ile araştırması yapılan azot ve bileşikleri bölgenin iklim tipine göre değişiklikler göstermektedir (Tepe vd. 2006, Bulut vd. 2010, Keshtkar vd. 2011, Korkmaz vd. 2016, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016, Tokatlı vd. 2016, Maralıoğlu ve bekcan 2017).



Çizelge 4.5 İstasyonlara göre fotometrik yöntem ile kimyasal analizi yapılan su kalitesi parametrelerinin basit varyans analizi sonuçları

İstasyon No	İstasyon Adı	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ⁻³	SO ₄ ⁻²	TN
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$
1	Tüney	0.1681 ±0.1180 ^{b,c}	0.6833 ±0.4647 ^{a,b,c}	0.0093 ±0.0177 ^{a,b,c,d}	0.4193 ±0.3785 ^{a,b}	81 ±15 ^a	3.3900 ±1.4969 ^{a,b}
2	Yüzbeyi	0.1252 ±0.2110 ^{b,c}	0.5791 ±0.1955 ^{b,c,d}	0.0052 ±0.0081 ^{b,c,d}	0.3389 ±0.3606 ^{a,b,c}	80 ±11 ^a	3.6392 ±2.2819 ^a
3	Demirtaş	0.1083 ±0.0481 ^c	0.7270 ±0.3510 ^{a,b}	0.0123 ±0.0174 ^{a,b}	0.4629 ±0.1736 ^{a,b}	82 ±15 ^a	3.6439 ±1.9031 ^a
4	Beykavağı	0.1022 ±0.0604 ^c	0.8812 ±0.7478 ^a	0.0082 ±0.0161 ^{a,b,c,d}	0.5000 ±0.6702 ^a	59 ±14 ^b	2.8756 ±1.1244 ^{a,b}
5	Hancılı	0.1304 ±0.1905 ^{b,c}	0.6187 ±0.3667 ^{b,c,d}	0.0027 ±0.0033 ^d	0.3883 ±0.3243 ^{a,b,c}	43 ±15 ^c	3.225 ±2.6681 ^{a,b}
6	Meşeli	0.0897 ±0.0331 ^c	0.5375 ±0.2494 ^{b,c,d}	0.0022 ±0.0024 ^d	0.2566 ±0.1381 ^{b,c}	44 ±10 ^c	2.7581 ±1.0120 ^{a,b}
7	Sarısu	0.0843 ±0.0190 ^c	0.6083 ±0.2673 ^{b,c,d}	0.0034 ±0.0060 ^d	0.2845 ±0.1876 ^{b,c}	41 ±10 ^c	2.7258 ±1.2864 ^{a,b}
8	Kutluşar	0.0863 ±0.0551 ^c	0.4104 ±0.1967 ^d	0.0030 ±0.0026 ^d	0.2822 ±0.2012 ^{b,c}	53 ±12 ^b	2.6804 ±0.9997 ^{a,b}
9	Göldağı	0.1793 ±0.1588 ^{b,c}	0.7312 ±0.3035 ^{a,b}	0.0154 ±0.0130 ^a	0.4939 ±0.2207 ^a	20 ±8 ^e	3.065 ±1.0322 ^{a,b}
10	Gümerdiğin	0.3550 ±0.3149 ^a	0.4729 ±0.2832 ^{c,d}	0.0042 ±0.0039 ^{c,d}	0.2039 ±0.1369 ^c	30 ±6 ^d	2.9046 ±1.2593 ^{a,b}
11	Şabanözü	0.2116 ±0.2887 ^{b,c}	0.4791 ±0.2026 ^{c,d}	0.009 ±0.0137 ^{a,b,c,d}	0.4479 ±0.3652 ^{a,b}	13 ±6 ^f	2.8783 ±1.1218 ^{a,b}
12	Şabanözü Cezaevi	0.1810 ±0.2789 ^{b,c}	0.5250 ±0.1414 ^{b,c,d}	0.0056 ±0.0083 ^{b,c,d}	0.3220 ±0.2209 ^{a,b,c}	9 ±6 ^f	2.5068 ±0.8349 ^b
13	Gürpınar	0.2510 ±0.4183 ^{a,b}	0.5125 ±0.2563 ^{b,c,d}	0.0015 ±0.0177 ^{a,b,c}	0.4018 ±0.2429 ^{a,b,c}	7 ±7 ^f	2.7758 ±0.9552 ^{a,b}

NH₄⁺: Amonyum, NO₃⁻: Nitrat, NO₂⁻: Nitrit, PO₄⁻³: Orto Fosfat, SO₄⁻²: Sülfat, TN: Toplam Azot

Not: Her bir grup kendi içerisinde (sütun) değerlendirilmiştir. a>b>c>d>e>f>g'dir.

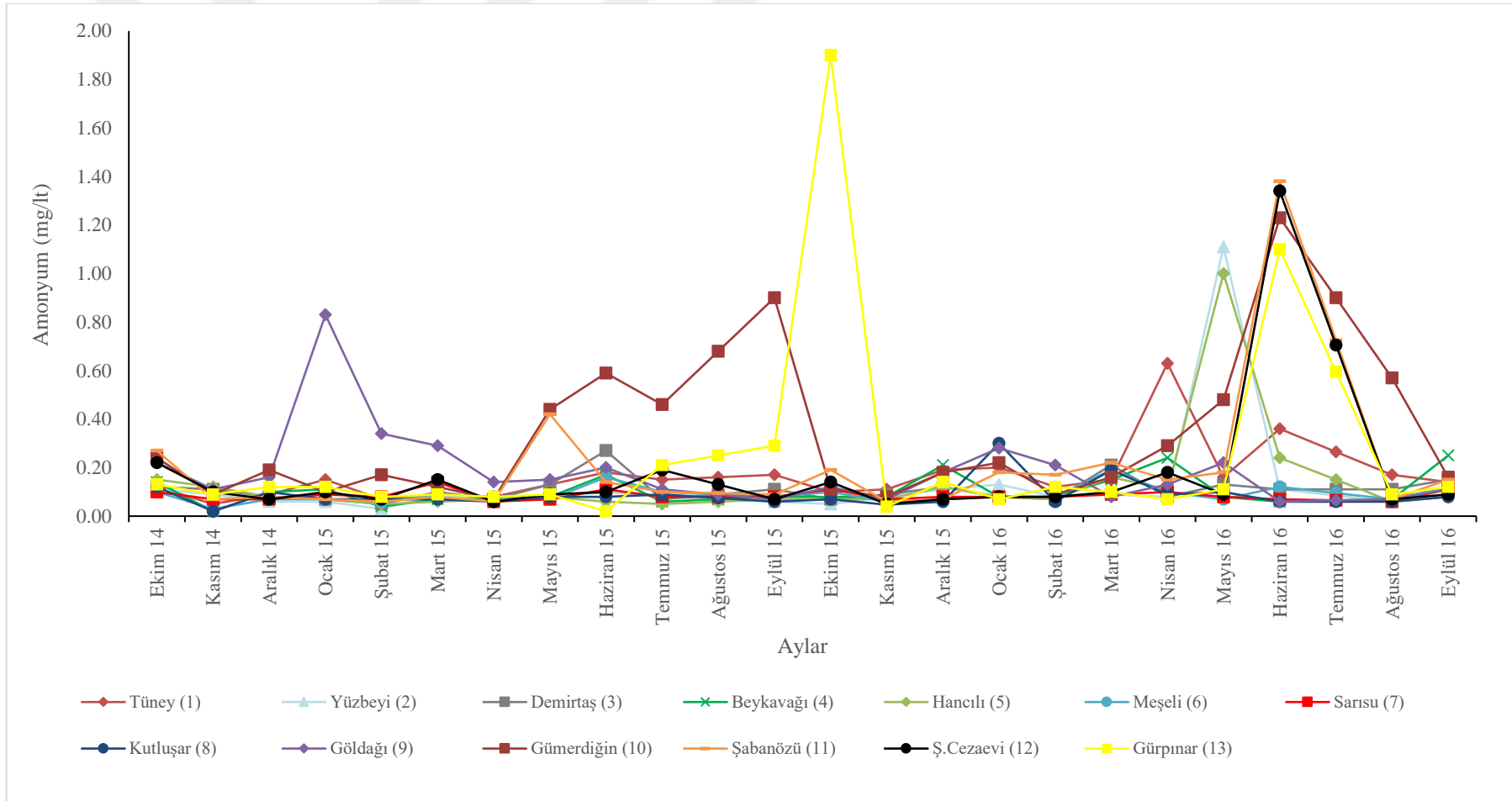
4.1.2.2. Amonyum

Tarımsal gübreleme işlemleri esnasında çiftçiler tarafından 2. yada 3. gübreleme aşamasında amonyum sülfat gübresinin kullanımı oldukça yaygındır. Özellikle yarı kurak alanlarda tarımsal sulama amaçlı yapılan göletlerin depoladıkları sularda amonyum değerinin daha da yükseldiği görülmektedir. Bundan dolayı tarımsal kirliliğin ortaya çıkardığı önemli parametrelerden birisi olan amonyumun istasyon ortalamaları karşılaştırıldığında, en yüksek (0.355 mg/lt) ortalama değer Gümerdiğin (10) istasyonunda, en düşük (0.08 mg/lt) ortalama değer Meşeli (6), Sarısu (7) ve Kutluşar (8) istasyonunda hesaplanmıştır (Şekil 4.18). Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; su kalitesi istasyonları arasında amonyum değerleri bakımından, istatistiksel ($p < 0.05$) bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Amonyumun ortalama değerinin en fazla hesaplandığı Gümerdiğin (10) istasyonu üzerinde yer alan göletler amonyum miktarını arttırmaktadır. Yarı kurak bölge olan Elazığ'daki bir çalışmada da baraj göllerinin kıyı bölgesinden alınan su numunelerinde amonyum miktarının farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen bakımından düşük değerlere sahip baraj gölü kıyısında 0.35 mg/lt miktarına kadar ulaşan amonyum değerleri ölçmüşlerdir (Alpaslan vd. 2015).

Araştırma havzasında mevsimsellik bakımından çok belirgin düzeyde bir değişiklik göstermemiştir. Benzer sonuçların olduğu çalışmalar (Tepe vd. 2006) yanı sıra, yaz mevsiminde amonyumun değerlerinin daha yüksek olduğu çalışmalarda vardır (Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016, Tokatlı vd. 2016)

Ayrıca yapılan diğer araştırmalarda olduğu gibi, araştırma havzasında da genel olarak memba bölümündeki amonyum değerleri mansap bölümüne göre daha az ölçülmüştür (Bulut vd. 2010, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016, Tokatlı vd. 2016)



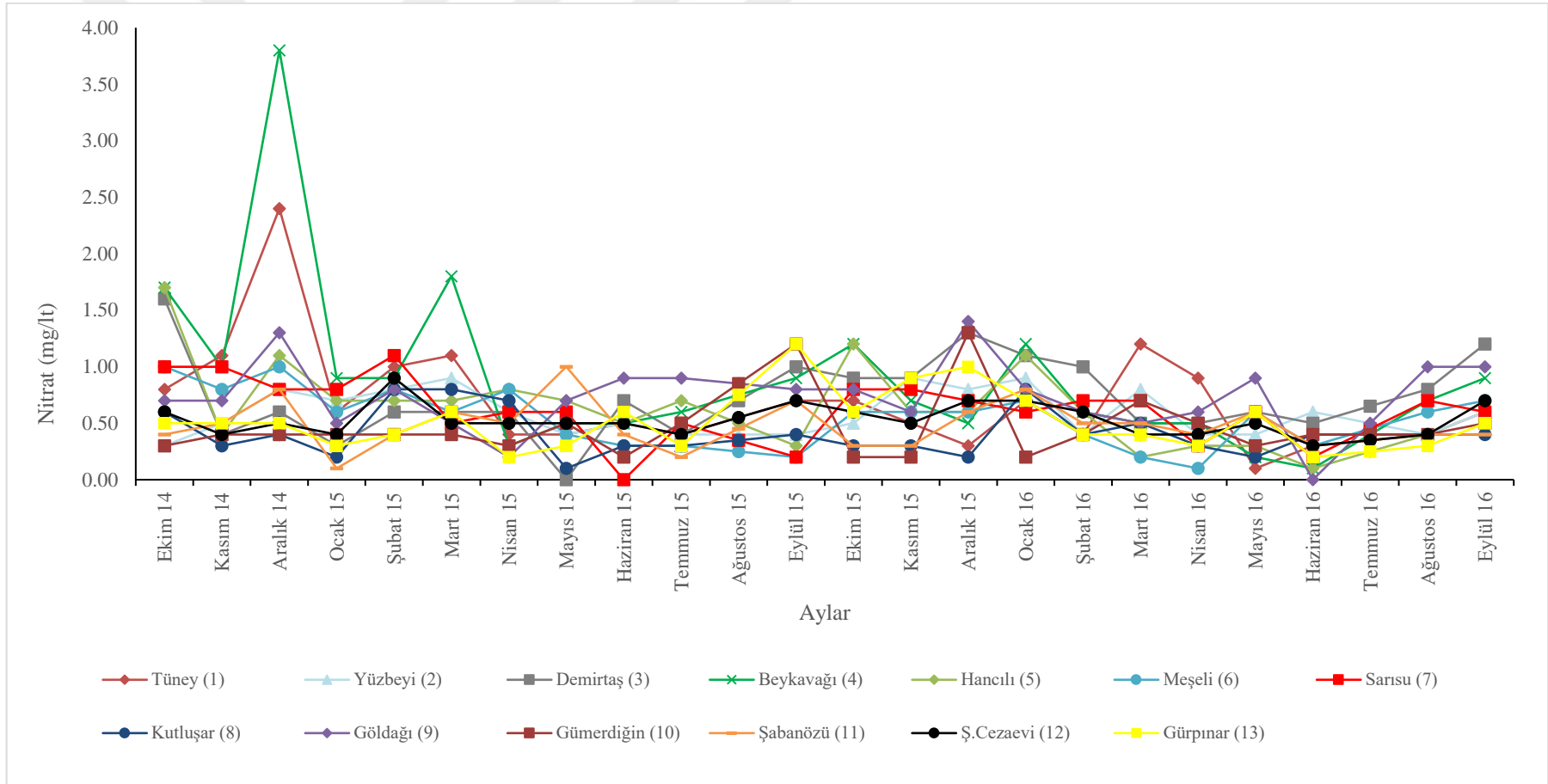
Şekil 4.18 Havza içi su örnekleme noktalarında amonyumun zamansal değişimi

4.1.3. Nitrat

Avrupa Birliği Su ereve direktifinde yer alan ve en çok izlenen nitrat parametresi, araştırma alanı örnekleme istasyonlarında, çiftçilerin gübreleme işlemine ve nitratin derelere ulaşma sresinde değişimler gözlemlenmiştir (şekil 4.19). Eylül-Ekim ayları içerisinde başlayan taban gübreleme işlemleri ile %20 NO₃ içerikli gübreler, yağışların ardından su kalitesi istasyonlarında artış oluşturmuştur. Arazi alışmaları süresince en yüksek (3.8 mg/l) nitrat değer Beykavağı (4) istasyonunda llmştir. İstasyonlar arası ortalama nitrat değerleri karşılaştırıldığında, Beykavağı (4) istasyonunda en yüksek (0.88 mg/l) nitrat değer hesaplanmıştır. En düşük (0.41 mg/l) ortalama nitrat değer ise Kutluşar (8) istasyonunda hesaplanmıştır.

Araştırma alanındaki alt havzaların her birinde, farklı büyüklükte tarım alanlarının olması nedeniyle nitrat değerleri arasında, Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istatistiksel ($p < 0.05$) bir fark bulunmuştur (izelge 4.4).

Mevsimlere göre 13 istasyondaki nitrat değerlerinin değerimi incelendiğinde, nitrat değerleri istasyonlara göre değerim göstermektedir. Orman alanlarının yoğun olduğu bir havzada yapılan araştırmaya göre nitrat değerleri arasında mevsimsellik bakımından fark bulunmamıştır (Tepevd. 2006). Meraların yoğun olduğu bir başka çalışmada nitrat değerleri ortalama olarak en yüksek yaz aylarında (Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016), yerleşim ve sanayi alanlarının yoğun olduğu alanlarda nitrat değerlerinin yaz mevsiminde çok düşük olduğu belirtilmektedir (Tokatlı et al. 2016). Ayrıca tarım alanlarının yoğun olduğu bölgelerde sulama dönemi ve sonrasında (yaz ayları) eşitli gübreler tarafından alanda bulunan nitrat yıkanarak taban suyuna ve daha sonra kiş mevsiminde azalarak yüzey sularına karıştığı belirtilmektedir (Korkmaz vd. 2016).



Şekil 4.19 Havza içi su örnekleme noktalarında nitratın zamansal değişimi

4.1.4. Nitrit

Nitrata oranla çok daha yoğun bir şekilde kararsızlık gösteren nitrit parametresine ait değişim Şekil 4.20’de görülmektedir. Arazi çalışmaları süresince en yüksek nitrit değerleri Beykavağı (4), Demirtaş (3) ve Tüney (1) istasyonlarında ölçülmüştür. Ancak istasyon ortalamaları bakımından karşılaştırıldığında nitrit en yüksek (0.0154 mg/l) Göldağı (9) istasyonunda hesaplanmıştır. Su kalitesi bakımından araştırma süresince önemli düzeyde kirlilik oluşturmeyen nitrit değerlerinde Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar bakımından istatistiksel ($p<0.05$) bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.4).

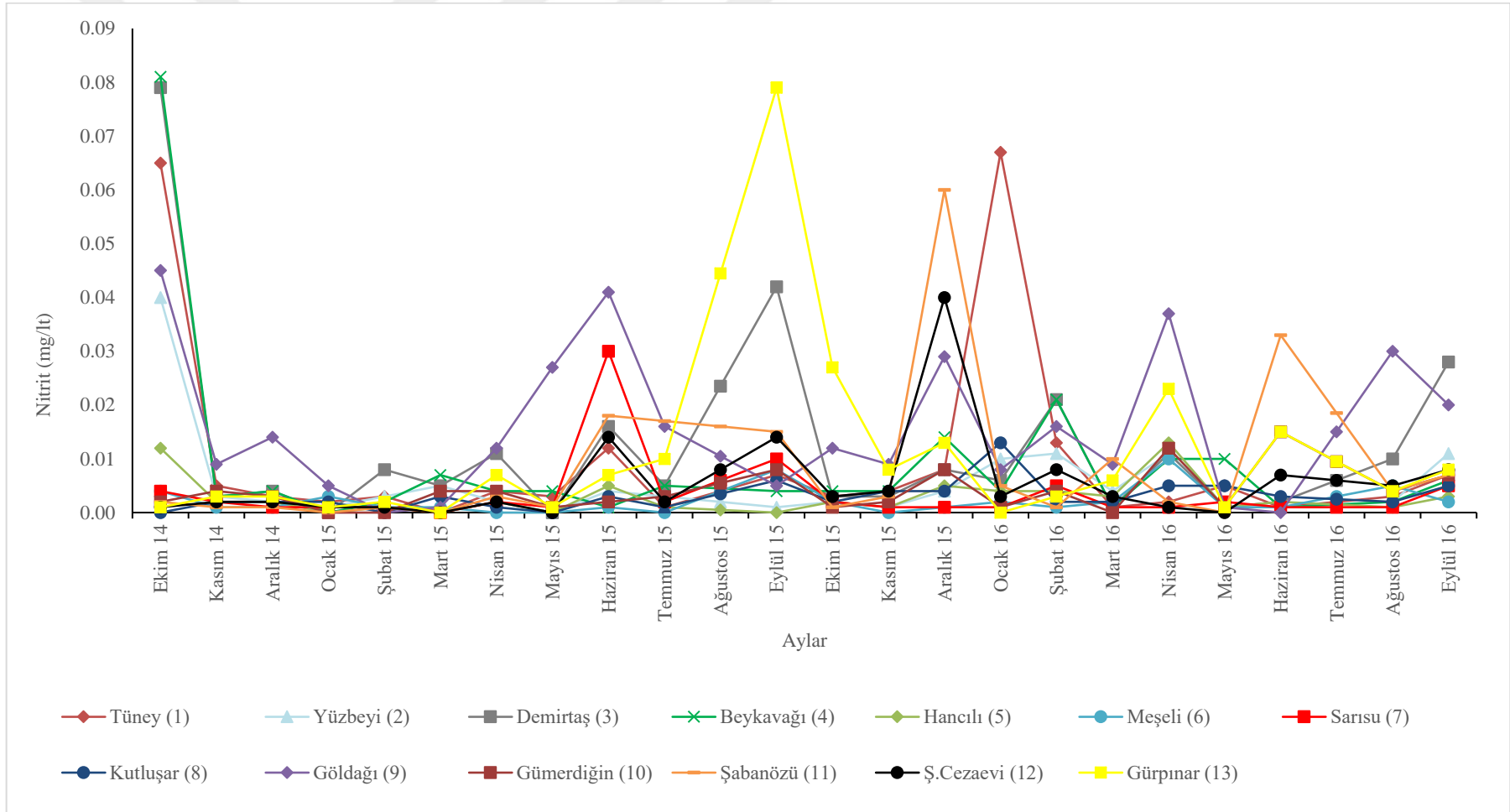
Araştırma havzasında yer alan 13 farklı istasyonda nitrit değerleri mevsimsellik bakımından farklılıklar göstermektedir. Nitrat ile ilgili çalışmalarda olduğu gibi diğer çalışmalarda da nitritin yaz, kış veya herhangi bir mevsime bağlı olmadan yüksek ölçüldüğü belirtilmektedir (Tepe vd. 2006, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016, Tokatlı vd. 2016, Maraşlıoğlu ve Öbekcan 2017).

4.1.5. Ortofosfat

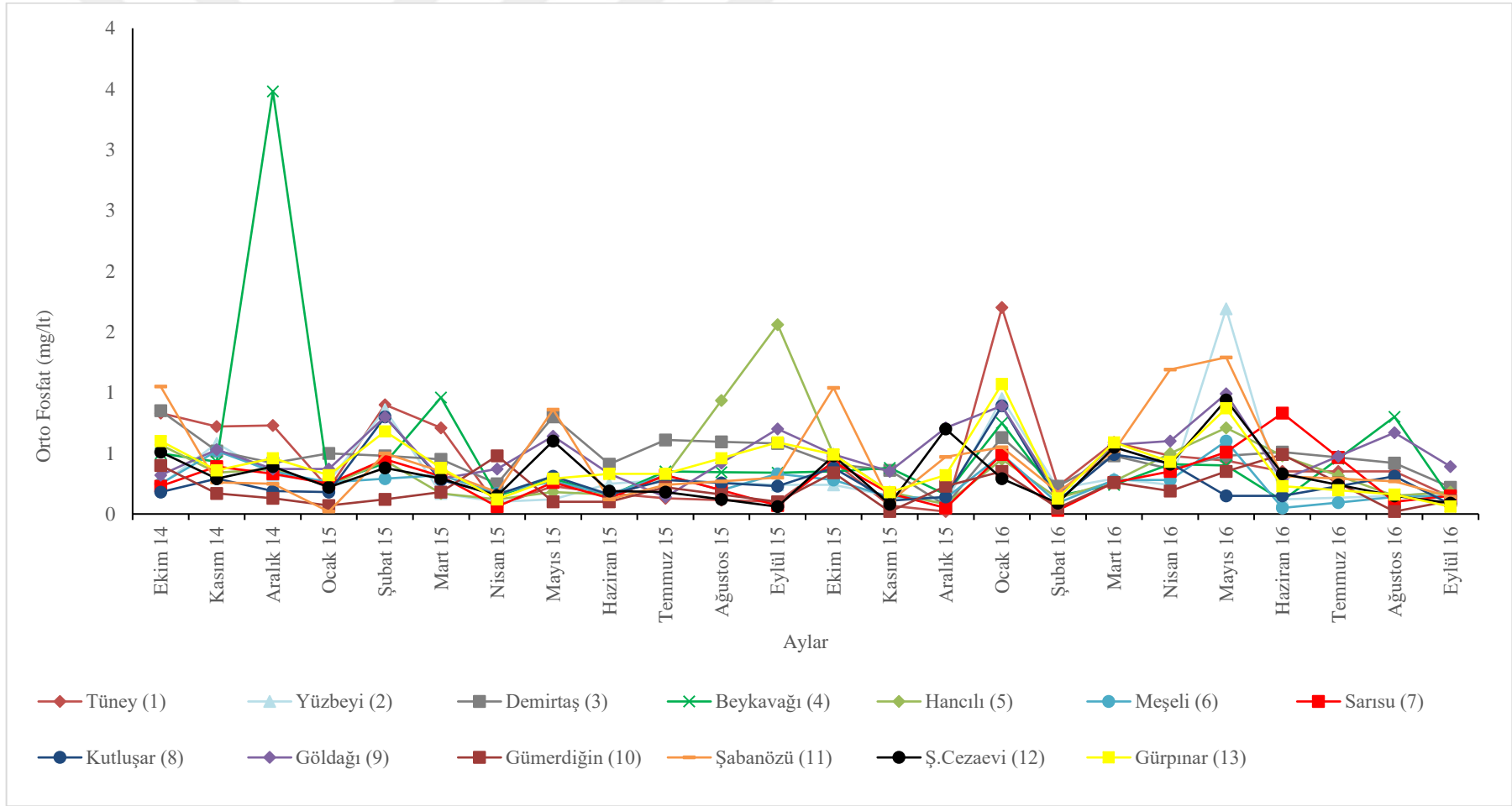
Günlük hayatta deterjan ve türevi gibi kirlenici kaynaklardan suya karışan fosfor, aynı zamanda tarımsal gübre kaynaklarından da sulara ulaşmaktadır. Tarım alanlarında çiftçilerin kullandığı taban gübrelerinde genellikle en az %20 oranında fosfor bulunmaktadır. Tarım alanlarındaki erozyon sonucu fosforun akarsu ve derelere daha hızlı bir şekilde taşınmaktadır. Toplam fosfor içerisinde küçük bir oranı oluşturan ve organik olan ortofosfata ait değişim Şekil 4.21’de görülmektedir. İstasyonlara ait ortofosfat ortalama değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek (0.5 mg/l) ortofosfat değerleri Beykavağı (4) ve Göldağı (9) istasyonlarında hesaplanmıştır. Ortofosfat değerleri bakımından Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; istasyonlar arasında istatistiksel ($p<0.05$) bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Orto fosfat değerleri istasyonların konumuna göre değerlendirildiğinde, araştırma havzasının mansap bölümünde ölçülen ortalama orto fosfat değerleri memba bölümündeki istasyonlara göre daha fazladır. Yağışların ardından ani bir Şekilde derelere ulaşan sediment yardımıyla taşınan fosforlar havzanın çıkış noktasına doğru daha da artmaktadır (Bulut vd. 2010). Ancak rnekleme noktalarının yakınındaki arazi örtüsünün durumu, değişiklikler oluşturabilmektedir. Nitekim Sivas ilinde yapılan araştırmada da benzer değişim vardır (Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016).

Araştırma havzasında genel olarak orto fosfat değerleri sonbahardaki yağışlara ve ilkbahardaki kar erimelerinden sonra yükselmektedir. Benzer değişim sonuçları Mutlu ve Uncumusaoğlu (2016)'nun çalışmalarında görülse de Tokatlı vd. (2016)'lerinin yapmış oldukları araştırmada en yüksek değerler ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ölçülmüştür. Bu tür mevsimsellik farklılık alanının arazi örtüsü ve iklim tipi ile ilişkili olup çalışma alanlarına göre değişiklik gösterebilmektedir.



Şekil 4.20 Havza içi su örnekleme noktalarında nitritin zamansal değişimi



Şekil 4.21 Havza içi su örnekleme noktalarında orto fosfatın zamansal değişimi

4.1.6. Sülfat

Sulardaki sülfat, endüstri atıklarından ya da çeşitli tarımsal alanlar sebebiyle sulara karışmakta ve su kalitesinin değerlendirilmesi bakımından istenmeyen bir özelliktir. Araştırma alanında yer alan sülfat değerleri istasyonlar bakımından incelendiğinde, en yüksek ortalama değer (82 mg/l) Demirtaş (3) istasyonunda, en düşük (7 mg/l) ortalama değer Gürpınar (13) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4.22). Tarım alanlarının yoğunluğu ve yerleşim alanlarının sayısı dikkate alındığında, araştırma alanında sülfat değerlerinin bu istasyonlarda en yüksek çıkması beklenmektedir. Duncan homejenlik testi sonuçlarına göre; sülfat değerleri ile istasyonlar arasında istatistiksel ($p<0.05$) olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Araştırma havzasındaki 13 istasyonda sülfat değerleri incelendiğinde, belirgin bir değişim görülemezken beraber en yüksek değerleri genel olarak yaz aylarında almıştır. Yapılan çalışmalarda da sülfat değerleri ortalamasının en yüksek yaz aylarında ölçüldüğü ve mansap bölümündeki istasyonlarda sülfat değerlerinin memba bölümüne göre önemli artış gösterdiği belirtilmiştir (Bulut vd. 2010, Mutlu ve Uncumusaoğlu 2016, Tokatlı vd. 2016). Araştırma havzasında da sülfat değerleri mansap bölümünden memba bölümüne göre sülfat değerleri artış göstermektedir.

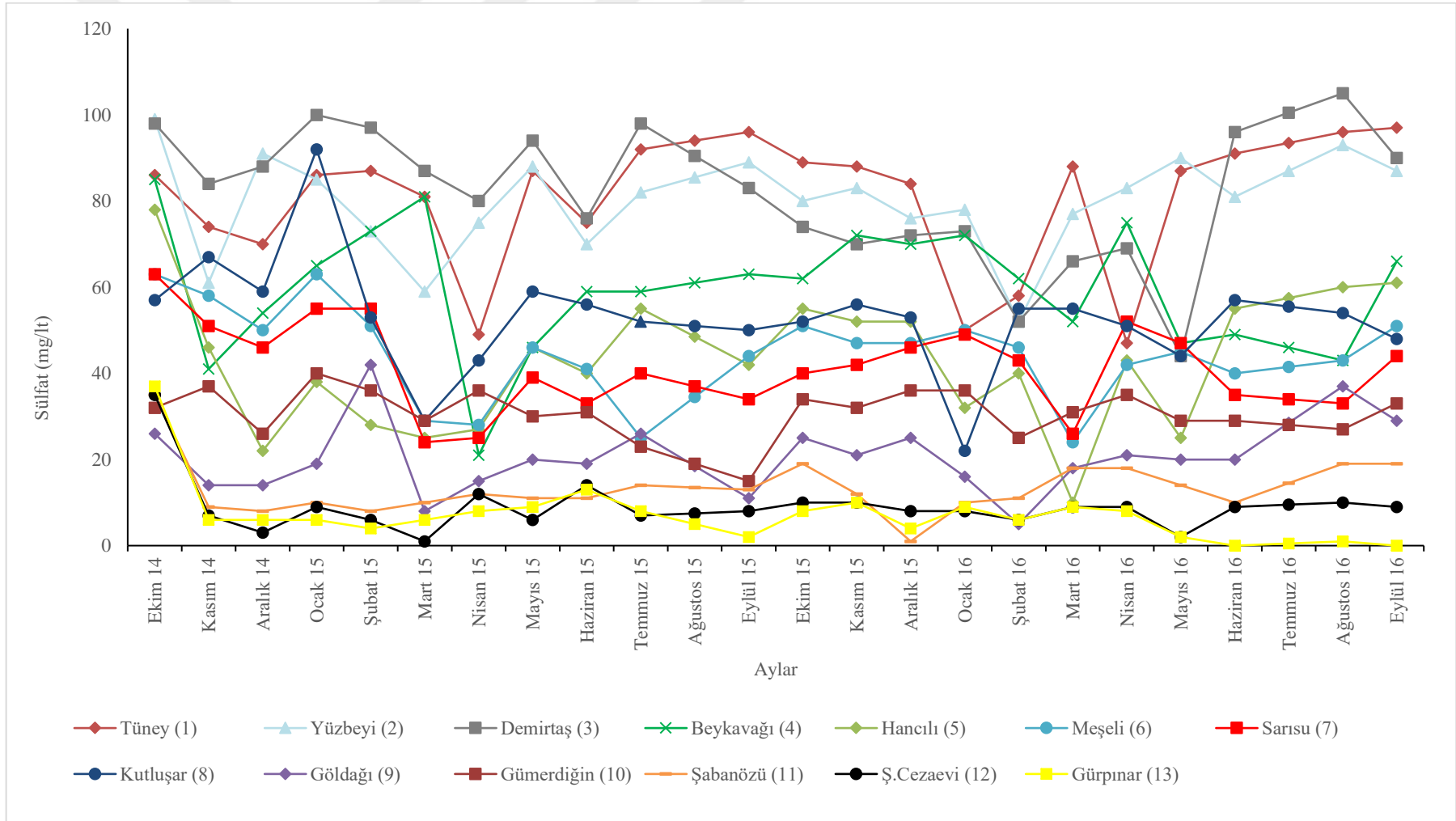
4.1.7. Toplam azot

Nitrat, nitrit ve amonyum gibi kirleticilerin, azot döngüsünde parçalanmadan önceki ilk hali olan toplam azot incelendiğinde (Şekil 4.22), örnekleme noktalarında benzer değişim gösterdikleri görülmektedir. İstasyonlara ait ortalama toplam azot değerleri dikkate alındığında en yüksek (3.64 mg/l) ortalama değeri olan istasyonlar Yüzbeyi (2) ve Demirtaş (3)'tür. Örnekleme istasyonları, toplam azot bakımından dikkate alındığında aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

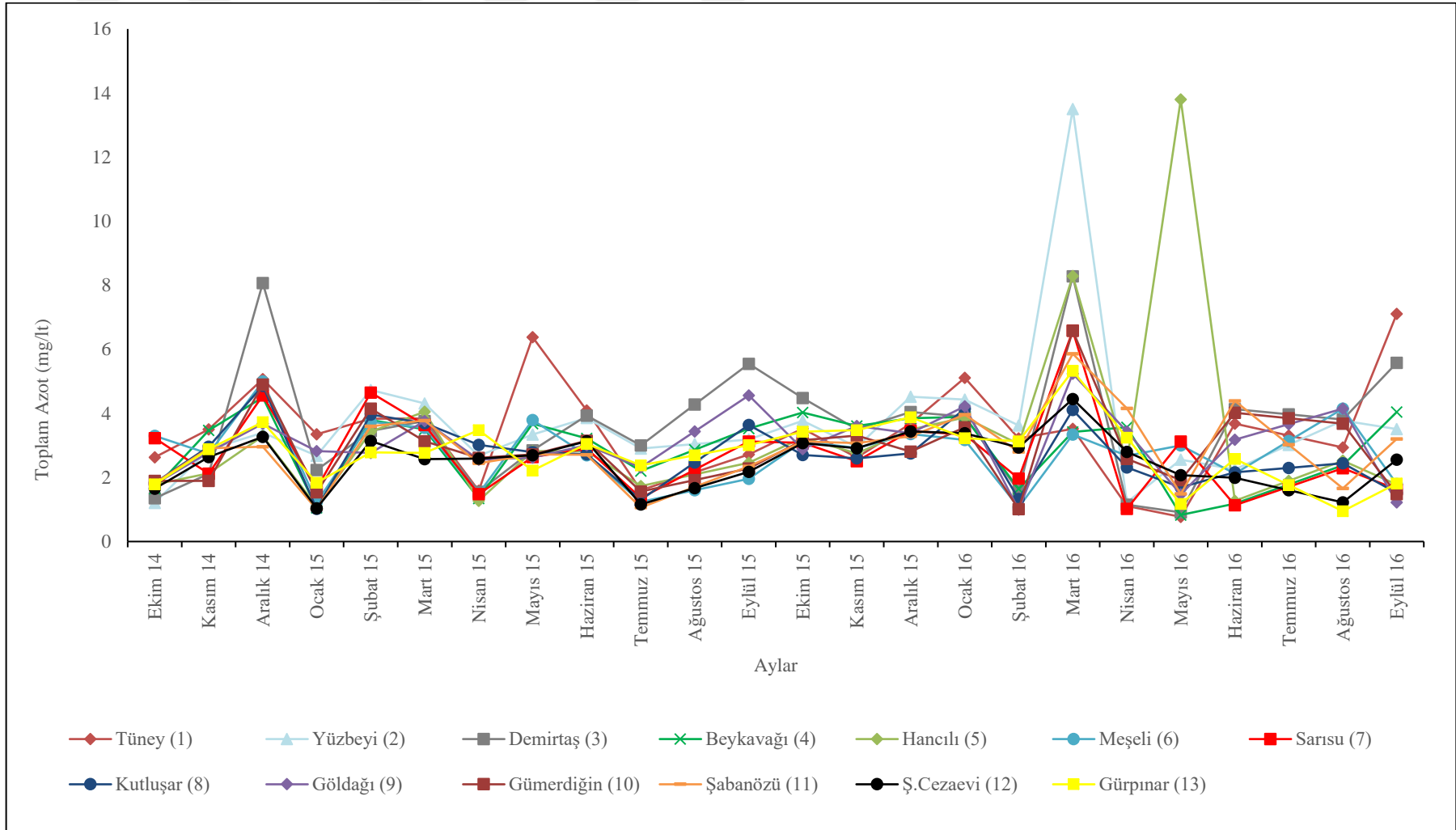
Araştırma havzasının memba bölümünde yer alan Şabanözü Cezaevi (12) istasyonunda toplam azot değeri 2.50 mg/l iken, mansap bölümünde yer alan Tüney (1) istasyonunda

ortalama olarak 3.39 mg/lt olarak ölçülmüştür. Derelerdeki su ile taşınan toplam azot membadan mansap yönüne doğru taşınmaktadır. Nitekim Bulut vd. (2010)'da ki çalışmalarında havzanın memba bölümündeki istasyonda toplam azot miktarını mansap bölümüne göre daha az ölçmüşlerdir.





Şekil 4.22 Havza içi su örnekleme noktalarında sülfatın zamansal değişimi



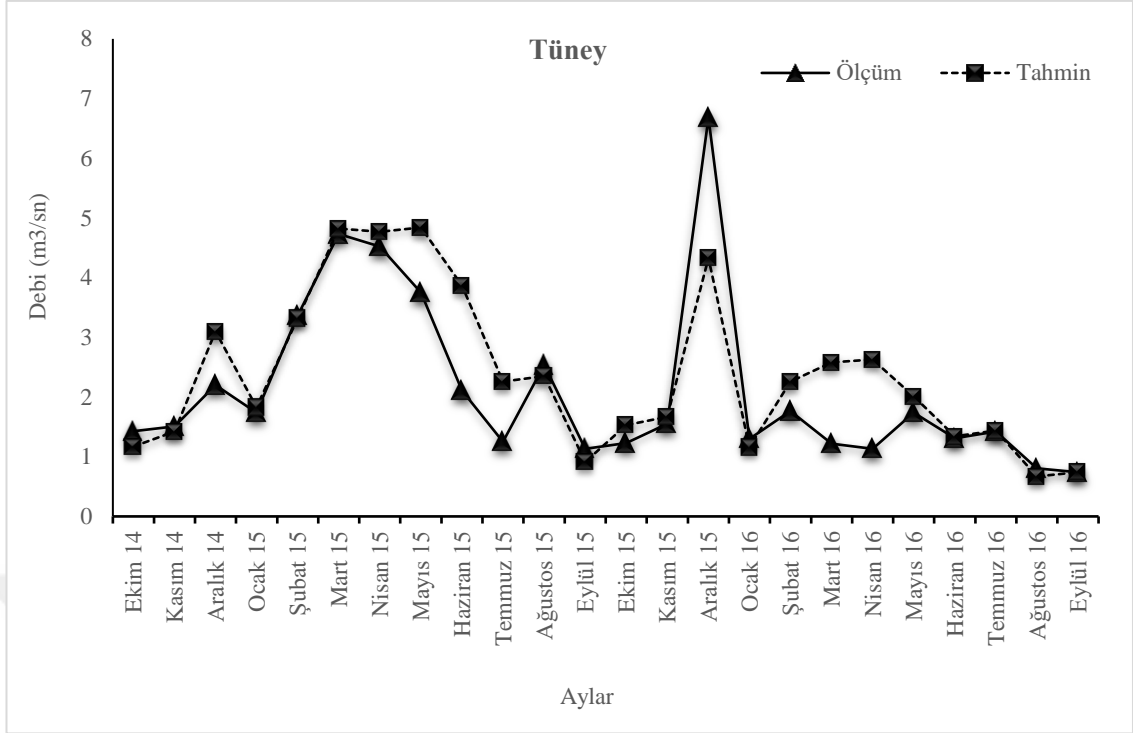
Şekil 4.23 Havza içi su örnekleme noktalarında toplam azotun zamansal değişimi

4.2. SWAT Modelinin kalibrasyon ve validasyonunun değerlendirilmesi

4.2.1. Akışın kalibrasyon ve validasyonu

Araştırma havzasında yer alan 13 alt havzanın tümünde 24 aylık ölçüm verisinin 12 ayı kalibrasyon ve diğer 12 ayı validasyon için kullanılmıştır. İstasyonların 13 adet kalibrasyon ve 13 adet validasyon sonuçları hesaplanmıştır. Ekim 2014-Eylül 2015 tarihleri arasını kapsayan dönem kalibrasyon ve Ekim 2015- Eylül 2016 tarihleri arasını kapsayan dönem ise validasyon olarak değerlendirilmiştir. Hazırlanan model simülasyonun kalibrasyon ve validasyon süreçlerinde derelerdeki akışın, havza konsantrasyon zamanına göre dengelenebilmesi için kullanılan kar erimesi ve yer altı suyu parametreleri istatistiksel olarak önemli düzeyde duyarlılık göstermiştir ($p<0.05$).

Araştırma havzasının çıkış noktasını oluşturan Tüney (1) istasyonunda, tahmin değerleri ölçüm değerlerine göre genel olarak daha yüksektirler (Şekil 4.24). Havzadaki hidrolojik süreçteki belirsizliğin önemli düzeyde etkili olduğu düşünölmektedir. Simülasyon sonucu havzanın çıkış noktasına gelmesi gereken akış miktarı, araştırma havzasında suyun çeşitli nedenlerle ve çeşitli miktarlarla ana dereden saptırılarak kullanılmaktadır. Dere içerisinde bazı dönemlerde kum alınması gibi nedenlerden dolayı model ile hesaplanan su miktarının havzanın çıkış noktasına gelememesini sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.79, 0.64 ve -14.46 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.68, 0.64, -7.06 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Tüney (1) istasyonu için kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir.

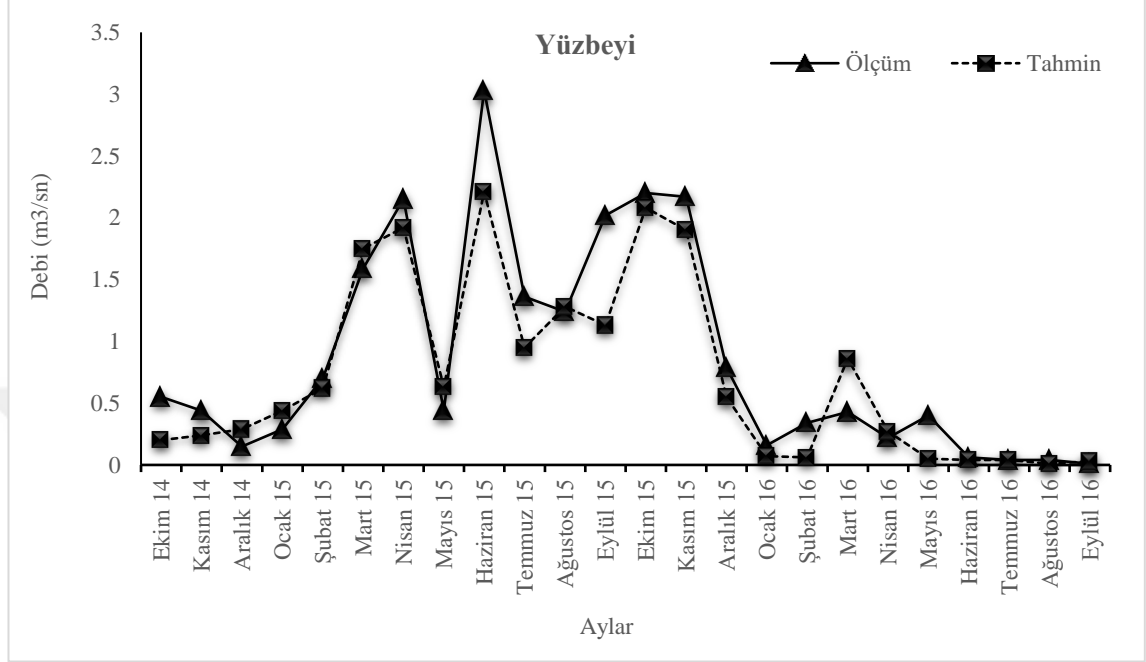


Şekil 4.24 Tüney (1) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Araştırma havzasının mansap bölümünde yer alan Tüney (1) istasyonunun en büyük alana sahiptir. Ayrıca havzanın yukarı bölümlerinde kaçak yollarla kullanılan suların tekrardan ana dereye dökülmesi sonucu hidrolojik değişimin etkisi azalabilmektedir. Ayrıca örnekleme istasyonundaki akım gözlem istasyonunun var olması, derenin hidromorfolojik yapısında ki durağanlık akış modelinin başarılı olmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Yarı kurak alanlarda yapılan çalışmalarda ve akış verilerinin sabit otomatik gözlem istasyonlarından alındığı çalışmalarda akış modelinde başarılar elde edilmiştir (Karaş 2005, Güngör ve Göncü 2013, Azgın 2015, Bucak 2017, Molina-Navarro et al. 2017).

Örnekleme noktalarından yan dere üzerinde olan Yüzbeyi (2) istasyonu incelendiğinde (Şekil 4.25), modelin kalibrasyon ve validasyon işlemleri sonrasında baz akımı ve pik akımları başarılı bir şekilde tahmin ettiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.85, 0.78 ve 16.48 olarak, validasyon sürecinde

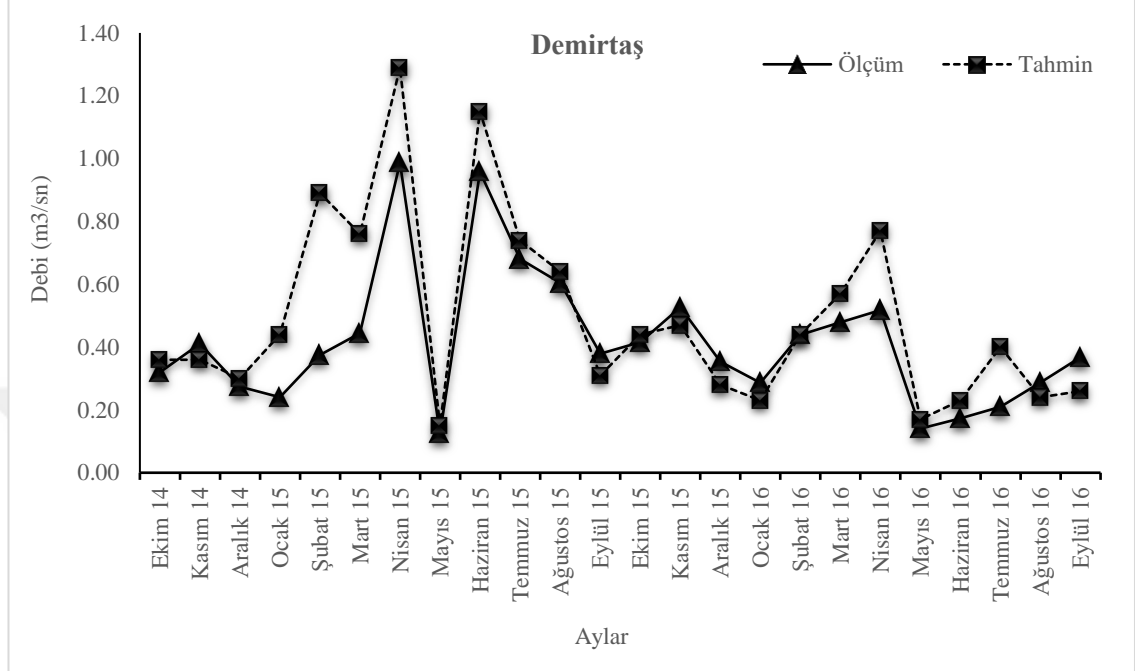
ise sırasıyla 0.93, 0.92, 13.12 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Yüzbeyi (2) istasyonu için kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.25 Yüzbeyi (2) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Demirtaş (3) istasyonuna ait akışın değişimi incelendiğinde, bazı pik akım değerlerinin ve baz akım değerlerinin iyi bir şekilde tahmin edilemediği görülmüştür. Arazi kullanım türü bakımından alt havzanın %75'i mera ve tarım arazilerinden oluşmaktadır. Havzanın %23'lük kısmı oluşturan orman alanları, alt havzanın yukarı havza bölümünde yer almaktadır. Alansal olarak orman alanlarının az oluşu, alt havzada kar suyunun depolanmasının ve yüzeysel akış ile derelere yıl boyunca düzenli bir şekilde katılımını kısıtlamaktadır. Bununla birlikte tarım alanlarında kuru tarım yapılmasına rağmen yılın bazı dönemlerinde alt havzada yer alan köylerin dereden düzensiz bir şekilde çeşitli amaçlarla suyu alması sonucu deredeki akımın değişimini tahmin etmek oldukça güç bir hale gelebileceği düşünülmektedir. Nitekim Güngör ve Göncü (2013) Eskişehir'de yapmış oldukları çalışmalarında havzanın mansap bölümündeki istasyonda model performans başarısının memba bölümündeki ne göre daha düşük olduğu sonucunu

bulmuşlardır. Neden olarak iki nokta arasındaki su miktarının sulama sonucu kayıplara uğramasını belirtmişlerdir.



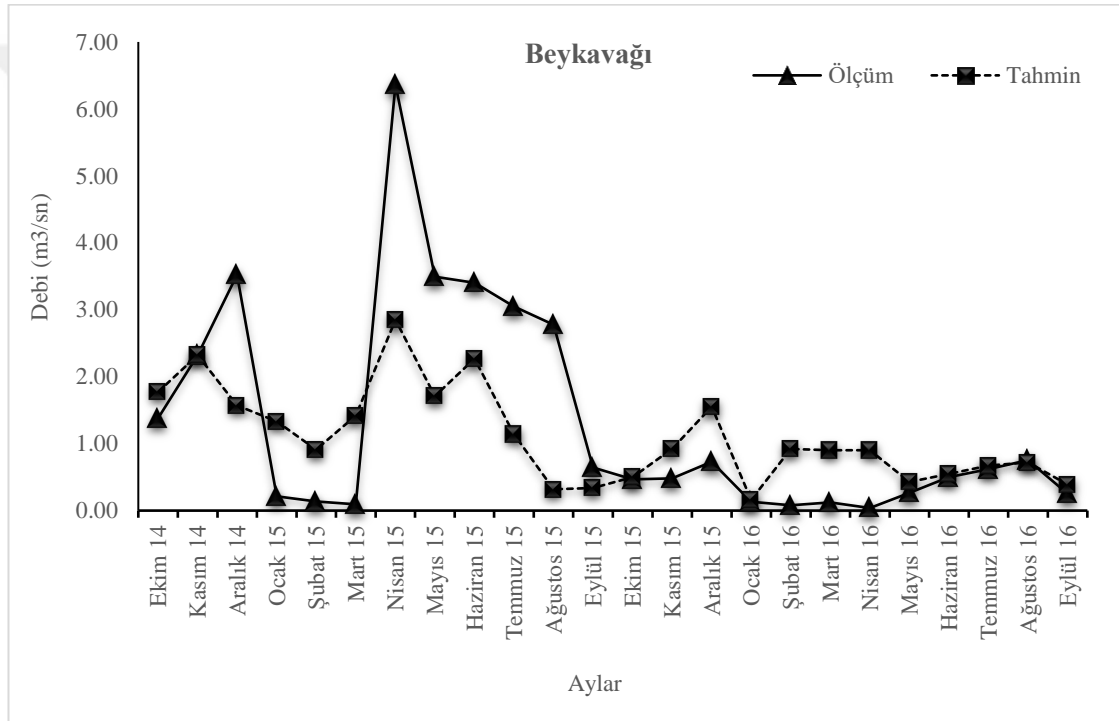
Şekil 4.26 Demirtaş (3) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Elde edilen sonuçlara göre Demirtaş (3) istasyonunda, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.78, 0.33 ve -27.54 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.61, 0.28, -7.26 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Demirtaş (3) istasyonunda belirginlik katsayısı (R^2) için kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlense de, modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında değildir. Sonuç olarak Demirtaş (3) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.

Anadere üzerinde yer alan Beykavağı (4) istasyonunda tahmin edilen ve ölçülen akım değerleri incelendiğinde (Şekil 4.27), baz akımı ve pik akımlarının tahmininin yeterince başarılı olmadığını görülmektedir. Kalibrasyon periyodunda genel olarak kış ayları dışında ölçülen değerlerin, tahmin edilen değerlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Validasyon sürecinde ise bu durumun tam tersi bir değişimin olması Beykavağı (4) istasyonunda modelin çalıştırılmasını önlemiştir.

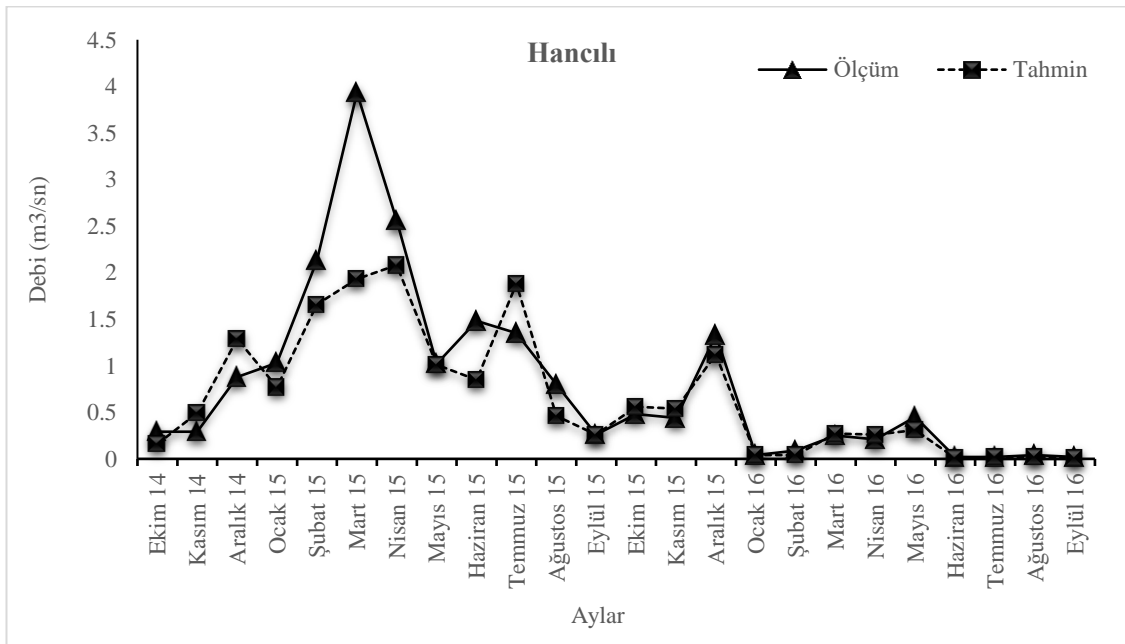
2015 yılının sonlarında inşaatına başlanan Koyunbaba barajının bu istasyonun öncesinde yer almasından dolayı, hidromorfolojik modifikasyonun bu alt havzada hidrolojik sürece önemli bir düzeyde etki ettiği düşünülmektedir. Nitekim hidromorfolojik yapıdaki değişimin akış modellerinde kısıt oluşturduğu bazı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Guo et. al. 2015, Kaffas etr. al. 2018).



Şekil 4.27 Beykavağı (4) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Beykavağı (4) istasyonunda ki elde edilen sonuçlara göre, belirlenlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.35, 0.12 ve 34.48 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.09, 3.18, -93.79 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan model performans istatistiklerine göre Beykavağı (4) istasyonunda modelin başarısız olduğu belirlenmiştir.

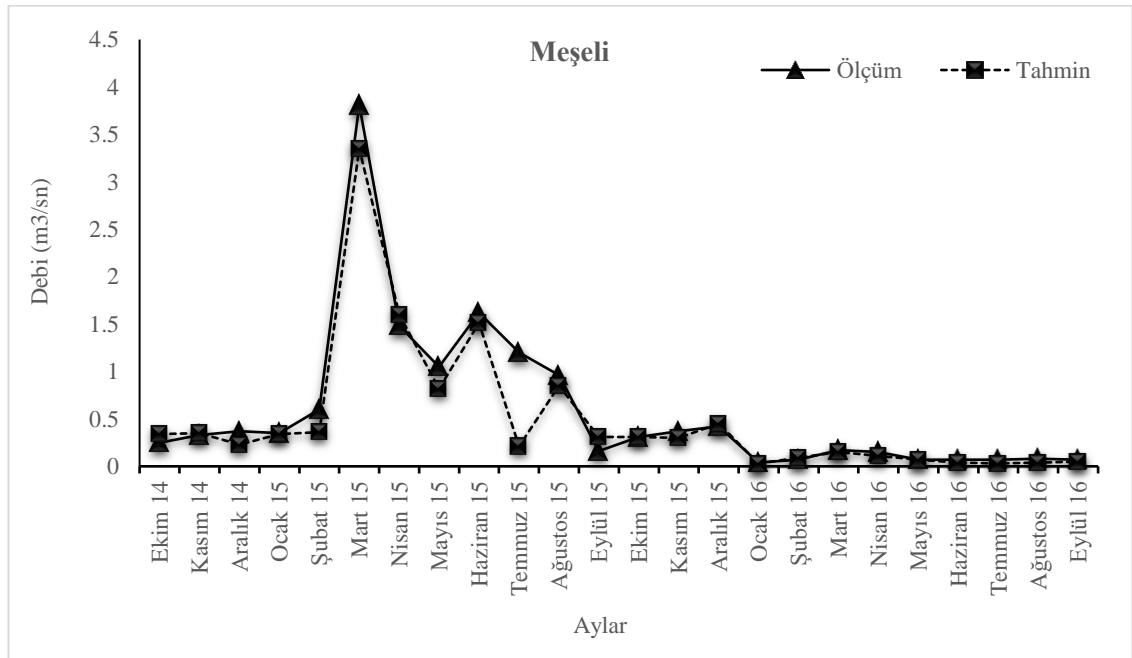
Araştırma havzasının güney doğu bölgesinde yer alan Hancılı (5) istasyonunun oluşturduğu alt havzanın arazi örtüsü %65 meralardan ve %18 ormanlardan oluşmaktadır. Tarım alanlarının az miktarda oluşu ve alt havza içerisinde yer alan köylerin nüfus sayısındaki azlık, derelerdeki akımın insan kökenli etkileri azaltmaktadır. Havza içerisinde yer alan ormanların yaklaşık %90'nının yapraklı orman olması, özellikle kar erimeleri sonrasında yüzeysel akışla derelere katılacak su miktarının rejiminin düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Hancılı (5) istasyonunun da akımın değişimi incelendiğinde (Şekil 4.28), baz akımın iyi bir şekilde tahmin edilebildiği, ancak Şubat ayındaki debinin ani yükselmesi sonucu maksimum pik akımının çok iyi tahmin edilemediği görülmektedir. Nitekim Akdeniz ikliminin etkisinde kalan Portekizde yapılan diğer bir çalışmada da SWAT modelinin pik akış miktarlarının tahmininde yapay sinir ağları kadar başarılı olamadığı belirtilmiştir (Demirel vd. 2009). Ancak Hancılı istasyonunun havzasında arazi kullanma türü bakımından homojen bir yapının olması ve alanda orman alanlarının da geniş alanlar kaplaması hidrolojik süreç bakımından önemli bir faktördür. Khoi and Suetsugi (2014) araştırmalarında SWAT modelinde akış miktarlarının arazi örtüsünün değişimine hassas olduğunu belirtmişlerdir. Sajikumar and Remya (2015) ise orman alanlarının SWAT modelinde akış miktarlarının tahmininde etkin rol aldığını belirlemişlerdir.



Şekil 4.28 Hancılı (5) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Elde edilen sonuçlara göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.67, 0.57 ve 19.85 olarak, validasyon sürecinde ise pik akımları iyi tahmin edebildiği için sırasıyla 0.95, 0.94, 5.60 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Hancılı (5) istasyonu için başarılı ve kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir.

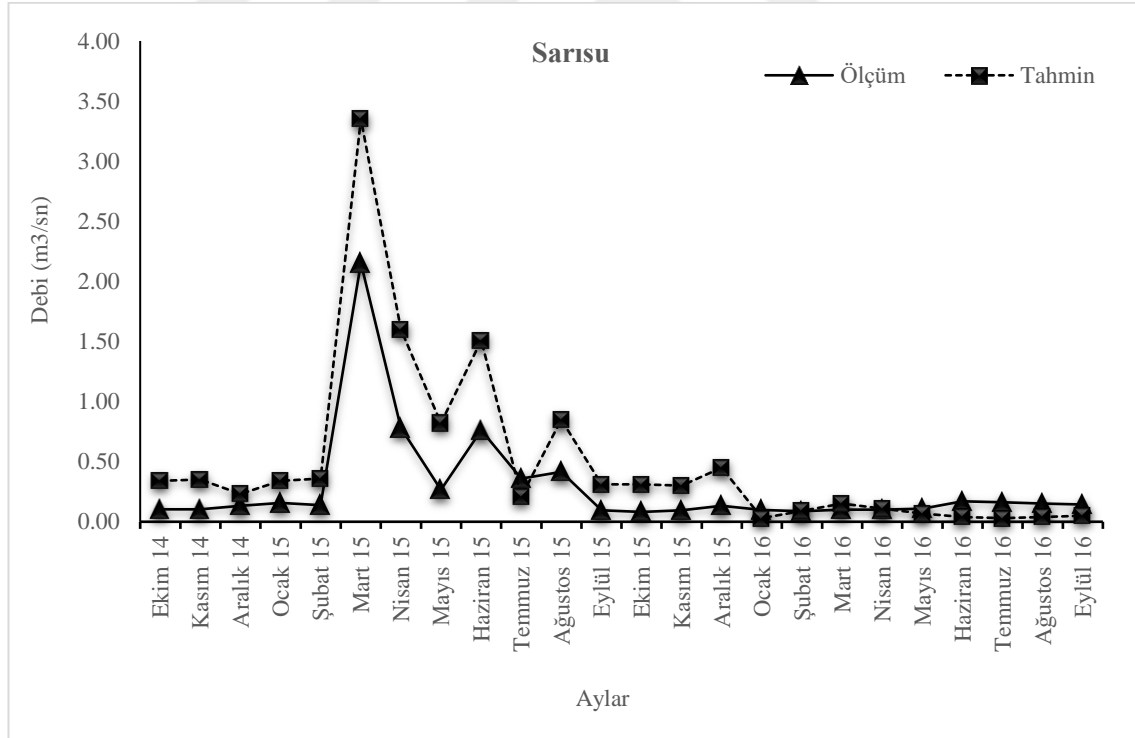
Yandere özelliği taşıyan bir başka alt havzanın olduğu Meşeli (6) istasyonunda tahmin ve ölçüm değerleri incelendiğinde (Şekil 4.29), hem baz akımı hem de pik akımların başarılı bir şekilde tahmin edildiği görülmektedir. Büyük alanlara sahip havzalarda SWAT modeli her ne kadar pik akımın tahmininde yeteri kadar başarılı olamasa da (Demirel vd. 2009), alt havzadaki arazi kullanım türünün %50'den fazlasının doğal orman olması, geriye kalan alanlarının birbirine yakın bir şekilde tarım ve mera alanları olarak kullanılması sonucu alt havzadaki debinin modellenmesinde başarı sağlanabilmektedir. Orman alanlarının doğal olması plantasyon ormanlarında ki gibi evapotranspirasyon hacminin tarım alanları ile benzer seviyede olmamasına neden olmaktadır (Sajikumar and Remya 2015). Dolayısıyla orman alanlarının doğal orman olması sonucu, dereye ölçülen değerler ile model simülasyon değerlerinde benzerlik ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.29 Meşeli (6) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Meşeli (6) ölçüm istasyonunda model performans istatistikleri sonuçlarına göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.90, 0.88 ve 15.68 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.96, 0.93, 11.64 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Meşeli (6) istasyonu için başarılı ve kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir.

Sarısu (7) istasyonu, Meşeli istasyonunun üst havzasını oluşturmakta ve alt havzada yer alan köylerde yaşayan insanların bahçeleri için su saptırma kanallarının yer aldığı bir noktadır. Bu nedenle deredeki akım rejiminin bozuk olmasına neden olmaktadır. Sarısu (7) istasyonuna ait akım değişimleri incelendiğinde (Şekil 4.30), modelin kalibrasyon sürecini kapsayan dönemde ölçülen bazı pik akımların ve validasyon sürecinde neredeyse akım verilerinin zamansal süreçte birbirine benzer şekilde çok düşük değerlerde seyir ettiği görülmektedir.



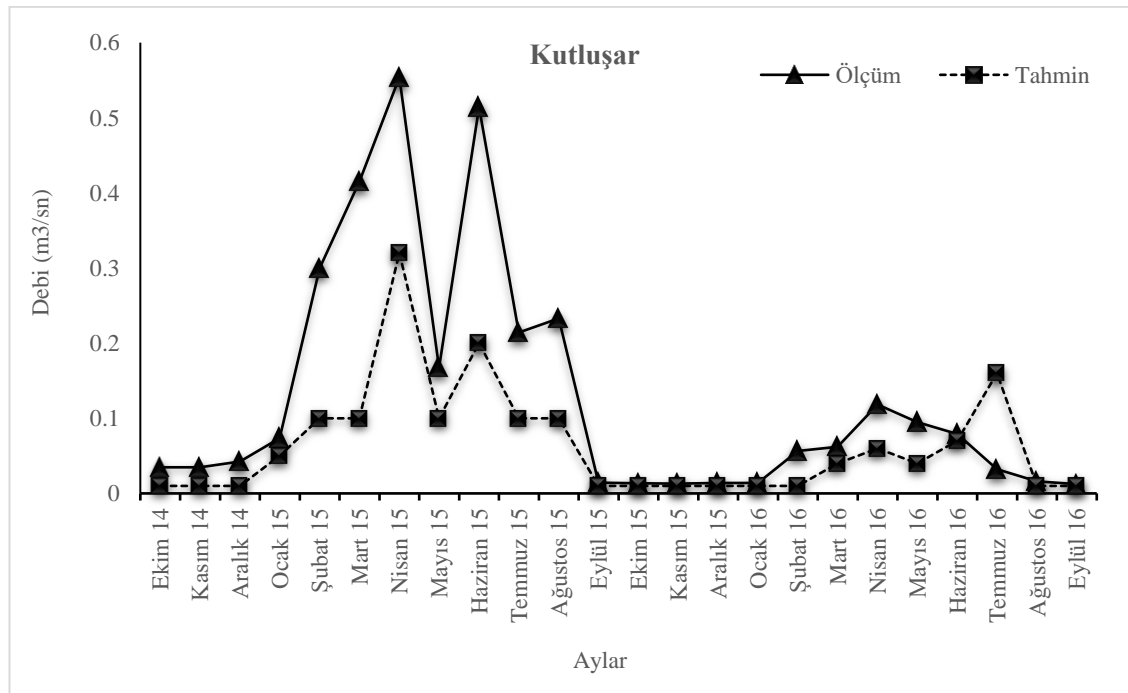
Şekil 4.30 Sarısu (7) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Modelin kalibrasyonu ve validasyonu sonrası model performans istatistikleri değerlendirildiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve

yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.84, 0.36 ve 55.49 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.09, -6.20, 61.56 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Sarısu (7) istasyonunda kalibrasyon süreci için, belirginlik katsayısı (R^2) için kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlense de, modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Sarısu (7) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.

Düzensiz ve denetimsiz bir şekilde dereden su çekiminin olduğu bu noktada, Güngör ve Göncü (2013)'ün belirttiği şekilde modelin performans değerleri azalmaktadır.

Kutluşar (8) istasyonunun tahmin edilen ve ölçülen akım verileri incelendiğinde, genel olarak ölçüm değerlerinin tahmin değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.31). Yan derede yer alan havza, şekli bakımından dar ve uzun, eğim sınıfları bakımından ise alanının yaklaşık %30'unun sarp eğimli olan alt havzada arazi kullanım türünün büyük bir bölümünü (%93) tarım ve mera alanları oluşturmaktadır.



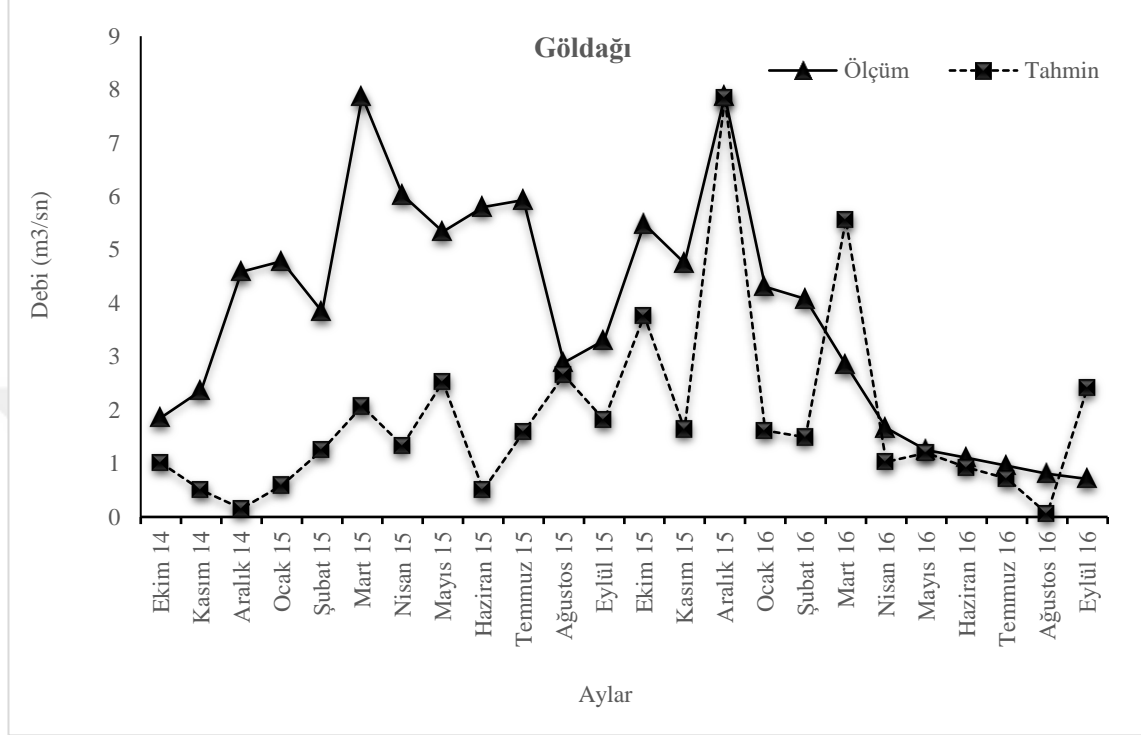
Şekil 4.31 Kutluşar (8) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Elde edilen sonuçlara göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.83, 0.19 ve 57.26 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.11, -0.66, 16.35 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Kutluşar (8) istasyonunda kalibrasyon süreci için, belirginlik katsayısı (R^2) için kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlense de, modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS) değerleri bakımından validasyon sürecinde de kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Kutluşar (8) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır. Tarım ve meraların büyük alanları oluşturması baz akım ve pik akımın tahmininde önemli düzeyde zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Kar erimelerinin zamanında yüzeysel akıyla derelere ulaştırılamaması ve buharlaşma miktarının doğru ayarlanamaması en önemli zorluklar olarak ortaya çıkmaktadır. Buharlaşmanın hesaplandığı yöntemin SWAT modeli bakımından fark oluşturmamasına rağmen (Wang et al. 2006), kar erimelerinin havzanın büyük bir kısmının çıplak alanlardan oluşması akış modeli üzerindeki etkisi fazladır (Kang and Lee 2014).

Ana dere üzerinde yer alan bir başka istasyon olan Göldağı (10) istasyonunda ki akım verilerinin değişimi incelendiğinde (Şekil 4.32), tahmin ve ölçüm değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir.

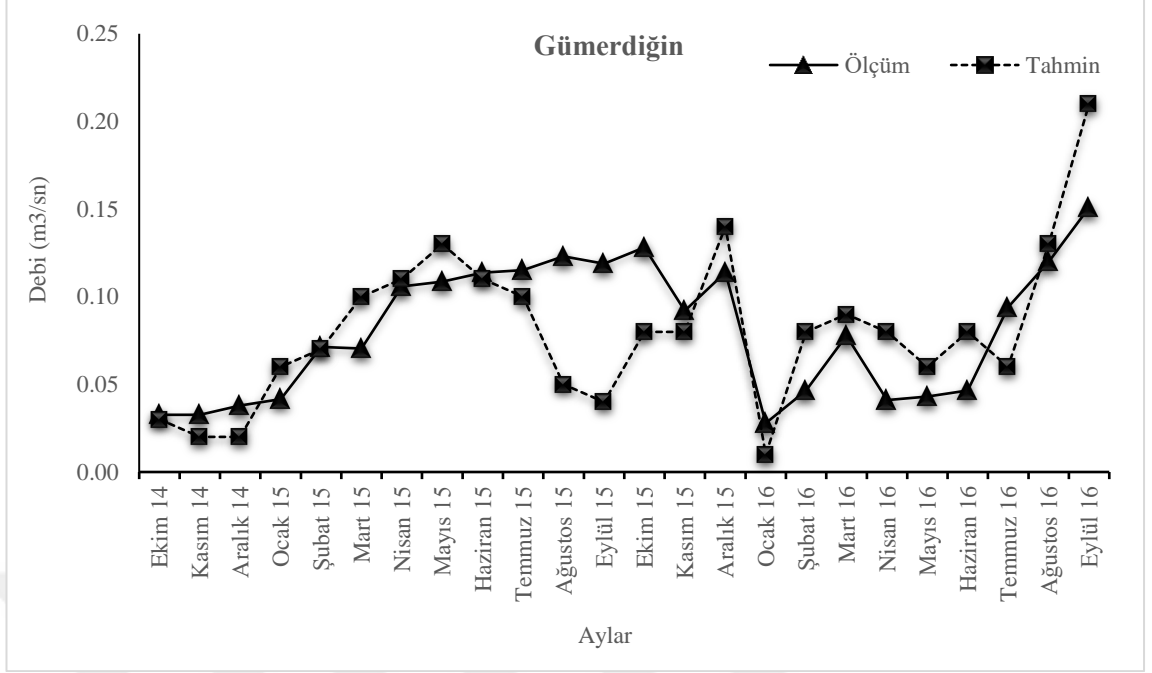
Modelin performans istatistikleri incelendiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.84, 0.38 ve 22.69 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.51, 0.35, 21.12 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Göldağı (9) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süreci için, belirginlik katsayısının (R^2) ve yüzde hata istatistiğinin (PBIAS) kabul edilebilir aralıkta olduğu hesaplansa da modelin tahmin kapasitesi (NSE) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Göldağı (9) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır. Kalibrasyon ve validasyon dönemleri boyunca ölçüm değerleri tahmin değerlerinden sürekli yüksek olarak değişmekte dolayısıyla baz akımın ve pik akımların tahmininin yapılması güç durumları ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca zaman zaman sel ile akış miktarındaki ani yükselmeler dere tabanında ve yatağında değişime neden olmaktadır. Dere yatağında ortaya çıkan bu

hidromorfolojik değişimler modelin başarısını etkilemektedir (Mendoza et al. 2014, Kaffas et al. 2018).



Şekil 4.32 Göldağı (9) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

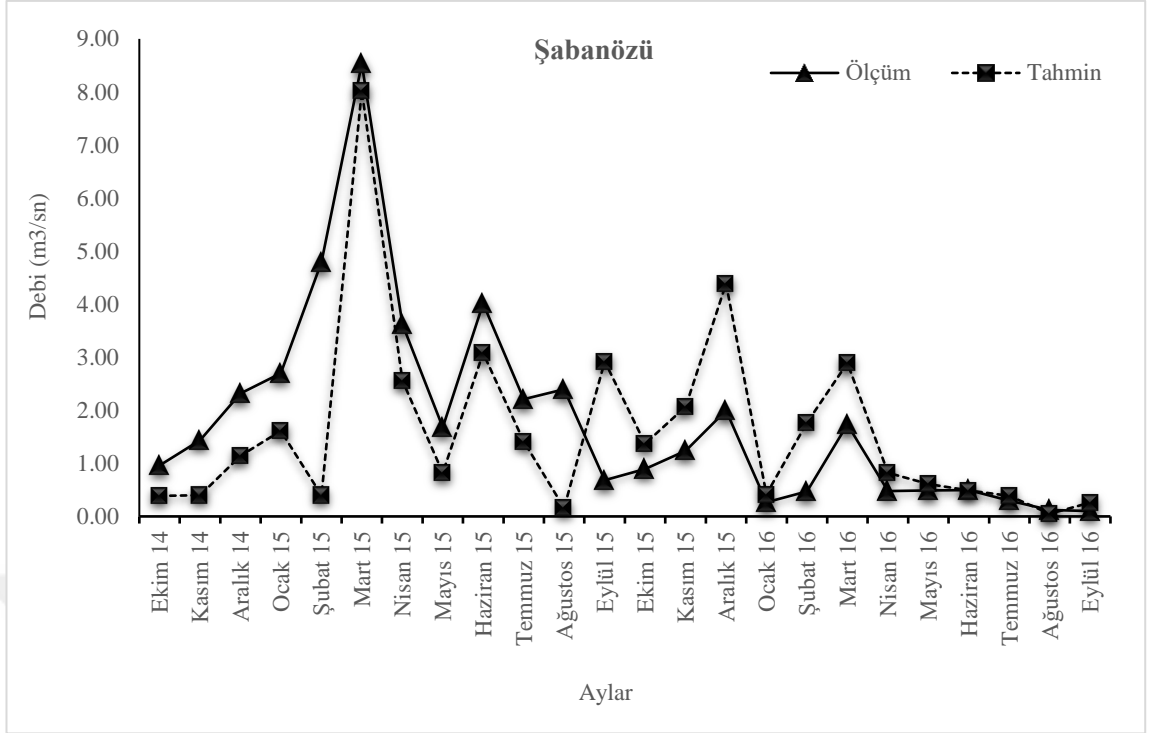
Alt havzalardan yan derede yer alan Gümerdiğın (10) istasyonunda akımın değişimi incelendiğinde, tahmin ve ölçüm değerleri arasında yaz aylarında önemli bir farklılık olduğu görülmektedir (Şekil 4.33). Alt havzanın yukarı havzasını ormanlarla kaplı alanlar (%38) kaplamakta, aşıağı havzasını ise tarım ve mera alanları (%60) kaplamaktadır. Ayrıca alt havzada 2 adet sulama göleti mevcuttur.



Şekil 4.33 Gümerdiğin (10) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Modelin performans istatistikleri incelendiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.37, 0.07 ve 13.55 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.59, 0.32, -12.07 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Gümerdiğin (10) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süreci için, belirginlik katsayısının (R^2) ve yüzde hata istatistiğinin (PBIAS) kabul edilebilir aralıkta olduğu hesaplanırsa da modelin tahmin kapasitesi (NSE) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Gümerdiğin (10) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.

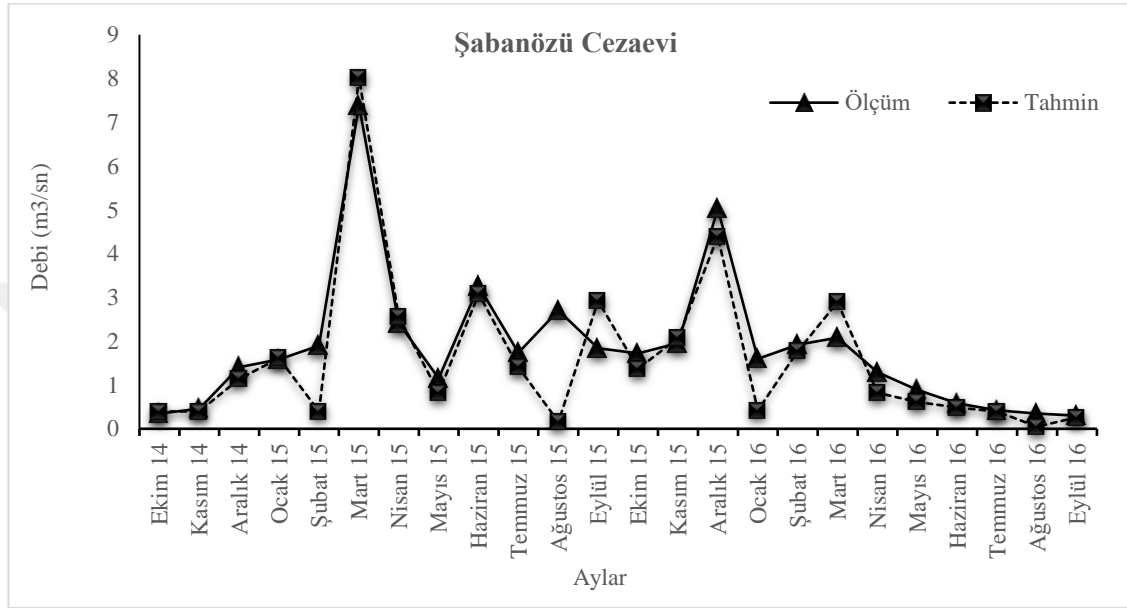
Şabanözü (11) istasyonunun tahmin edilen ve ölçülen değerleri incelendiğinde, ölçüm ve tahmin değerlerinin birbirlerine yakınlık gösterdiği ancak kalibrasyon sürecindeki kış aylarında pik akım tahmininde yeterli düzeyde benzerlik olmadığı görülmektedir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34 Şabanözü (11) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Modelin performans istatistikleri incelendiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.31, 0.17 ve 24.39 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.49, 0.46, -14.13 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Şabanözü (11) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süreci için, yüzde hata istatistiğinin (PBIAS) kabul edilebilir aralıkta olduğu, ancak belirginlik katsayısının (R^2) ve modelin tahmin kapasitesi (NSE) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almadığı ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak Şabanözü (11) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır. Şabanözü istasyonu araştırma havzası içerisinde en büyük yerleşim alanı olan Şabanözü ilçesinin yerleşim alanlarının bittiği noktada yer almaktadır. Yerleşim alanlarından geçen ana dere belirli zamanlarda ölçümü yapılmayan kontrolsüz şehir deşarj noktaları ile de beslenmektedir. Ayrıca bu istasyonu besleyen yan derelerden birisinde sulama göleti bulunmakta ve bu yan dere ancak göletin savağından taşan sular ile akmaktadır. Hidrolojik süreçlerde ki artan bu belirsizlikler modelin kalibrasyon ve validasyon performanslarını da olumsuz yönde etkilemektedir.

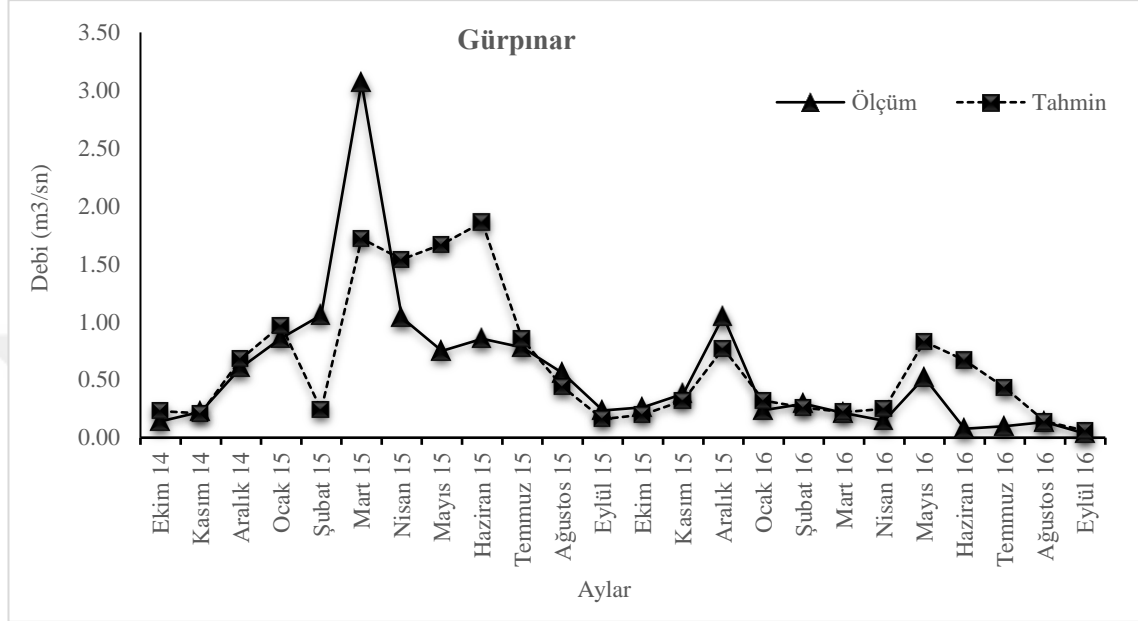
Araştırma havzasının ana deresini oluşturan Terme Çayının Şabanözü yerleşim alanını geçmeden önceki noktada yer alan Şabanözü Cezaevi (12) istasyonunun akım değerleri incelendiğinde, ölçüm ve tahmin değerlerinin önemli düzeyde benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35 Şabanözü Cezaevi (12) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Model performans istatistikleri sonuçlarına göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.82, 0.72 ve 12.56 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.87, 0.84, 14.39 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Şabanözü Cezaevi (12) istasyonu için başarılı ve kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir. Alt havzada çok az sayıda yerleşim alanının olması ve ana dereden çeşitli nedenlerle suyun çekilmemesi bu istasyon için hidrolojik süreçler bakımından olumlu yönler oluşturmaktadır. Bu yüzden araştırma havzasında ki diğer ana dere üzerinde yer alan istasyonlara göre pik akımların tahmininin de ki başarısı daha iyidir. Derelere insan etkilerinin en aza indirgenebildiği noktalarda modelin başarısı yapılan diğer araştırmalarda da arttığı ve insan aktivitelerinin akış miktarlarında azalışa neden olduğunu belirtilmişlerdir (Dong et. al. 2014, Wang 2014, Li et. al. 2016, Yin et. al. 2017, Zhang et al. 2017).

Araştırma havzasının yukarı havzasında yer alan Gürpınar (13) istasyonuna ait akım değerlerinin değişimi incelendiğinde, kalibrasyon sürecinde ölçüm ve tahmin değerleri baz akım ve pik akımlar bakımından farklılıklar göstermektedir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36 Gürpınar (13) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süresince debi için tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Modelin performans istatistikleri incelendiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.35, 0.28 ve -4.00 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.39, 0.21, -29.77 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Gürpınar (13) istasyonunda kalibrasyon süreci için, yüzde hata istatistiğinin (PBIAS) kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlense de belirginlik katsayısının (R^2) ve modelin tahmin kapasitesi (NSE) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Ayrıca validasyon sürecinde de hiçbir kriter bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Gürpınar (13) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır. Ana dere üzerinde yer alan Gürpınar (13) istasyonunun alt havzasının yaklaşık olarak %85'ini tarım ve mera alanları oluşturmaktadır. Ayrıca kırsal alanda yaşayan kişiler kendilerine ait küçük ölçekli yerleşim noktalarına ulaşımında suyun azalmasına bağlı olarak ana dereyi çeşitli zamanlarda yol olarak kullanmaktadırlar. Bu yüzden dere tabanındaki toprak sıkışması, toprak gözeneklerinin azalması, hidrolik iletkenlik ve infiltrasyon

kapasitesinin azalması gibi hidrolojik süreçler bakımından yağış-akış oranında olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır (Guo et al. 2015). Ana dereye yapılan bu etkinin hidromorfolojik değişim ile (Mendoza et al. 2014) Gürpınar (13) istasyonundaki tahmin ve ölçüm değerleri arasındaki farklılıkların oluşmasında temel nedenler olduğu düşünülmektedir.

Tüm örnekleme istasyonları akım modelinin kalibrasyon ve validasyonu bakımından değerlendirildiğinde, ana dere üzerinde yer alan Tüney istasyonu (1) ve Şabanözü Cezaevi istasyonu (12) ile yan derelerde yer alan Yüzbeyi istasyonu (2), Hancılı istasyonu (5) ve Meşeli istasyonunda (6) model performans ölçütlerine göre (R^2 , NSE, PBIAS) kabul edilebilir anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Yüzeysel akışa ait modelin kalibrasyon ve validasyon performans istatistikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Dere tipi	Kalibrasyon			Başarı Durumu	Validasyon			Başarı Durumu
			R ²	NSE	PBIAS		R ²	NSE	PBIAS	
1	Tüney	Ana dere	0.79	0.64	-14.46	Başarılı	0.68	0.64	-7.06	Başarılı
2	Yüzbeyi	Yan dere	0.85	0.78	16.48	Başarılı	0.93	0.92	13.12	Başarılı
3	Demirtaş	Yan dere	0.78	0.33	-27.54	Başarısız	0.61	0.28	-7.26	Başarısız
4	Beykavağı	Ana dere	0.35	0.12	34.48	Başarısız	0.09	-3.18	-93.79	Başarısız
5	Hancılı	Yan dere	0.67	0.57	19.85	Başarılı	0.95	0.94	5.60	Başarılı
6	Meşeli*	Yan dere	0.90	0.88	15.68	Başarılı	0.96	0.93	11.64	Başarılı
7	Sarısu	Yan dere	0.84	0.36	55.49	Başarısız	0.09	-6.20	61.56	Başarısız
8	Kutluşar	Yan dere	0.83	0.19	57.26	Başarısız	0.11	-0.66	16.35	Başarısız
9	Göldağı	Ana dere	0.84	0.38	22.69	Başarısız	0.51	0.35	21.12	Başarısız
10	Gümerdiğin	Yan dere	0.37	0.07	13.55	Başarısız	0.59	0.32	-12.07	Başarısız
11	Şabanözü	Ana dere	0.31	0.17	24.39	Başarısız	0.49	0.46	-14.13	Başarısız
12	Şabanözü Cezaevi	Ana dere	0.82	0.72	12.56	Başarılı	0.87	0.84	14.39	Başarılı
13	Gürpınar	Ana dere	0.35	0.28	-4.00	Başarısız	0.39	0.21	-29.77	Başarısız

Çizelge 4.6 incelendiğinde, Demirtaş istasyonunun (3) kalibrasyon sürecindeki belirginlik katsayısı (R^2) açısından anlamlı ölçüt aralığında olduğu (>0.60) ancak yüzde hata istatistiği (PBIAS) ve modelin tahmin kapasitesini ifade eden NSE katsayısı açısından anlamlı ölçüt aralığında olmadığı görülmektedir. Benzer durumlar Sarısu (7), Kutluşar (8) ve Göldağı (9) istasyonlarının kalibrasyon sürecinde de benzer bir şekilde ortaya çıkmıştır. Bunun yanında Beykavağı (4), Gümerdiğın (10), Şabanözü (11) ve Gürpınar (12) istasyonlarında hesaplanan değerler her üç ölçüt bakımından anlamlı aralıkta yer almamıştır.

Akım modelinin validasyon sürecinde hesaplanan model performans istatistikleri, validasyonun kabul edilebilirliği açısından kalibrasyon istatistik sonuçlarına benzerlik göstermiştir.

Türkiye’de yapılan çalışmalar ile değerlendirildiğinde, akım modelinden elde edilen sonuçlar çeşitlilik göstermekle birlikte, çalışma alanının iklim özellikleri bakımından başarı performansları değişmektedir. Türkiye’nin önemli tarım alanlarının olduğu Çukurova da ki Aşağı Seyhan havzasında SWAT modelinin çalıştırılarak havzanın çıkışında ve ana havzanın içerisinde yer alan alt havzalarda günlük yüzey akışı tahminleri yapılmıştır (Gölpınar 2017). Kalibrasyon aşamasında havzanın çıkış noktasında, modelin performans istatistikleri R^2 , NSE ve PBIAS sırasıyla 0.73, 0.73 ve 2.4 olarak bulunmuştur. Modelin aynı noktadaki validasyon sürecinde ise bu değerler azalarak sırasıyla 0.58, 0.57 ve -5.6 olarak hesaplanmıştır.

Seyhan havzasında yapılan bir diğer çalışmada araştırmacılar model girdisi olan arazi kullanma haritası çözünürlüğünün akım ve sediment modelindeki etkilerini SWAT modeliyle ortaya koymuşlardır (El-Sadek ve Irvem 2014). Bu amaçla CORINE, GLLC (global arazi örtüsü sınıfları) ve GlobCover veri setini kullanmışlardır. Modelin kalibrasyon aşamasında hesapladıkları performans istatistiklerine göre en iyi sonucunu GLLC (global arazi örtüsü sınıfları) veri seti ile elde etmişlerdir. Bu süreçteki performans istatistik değeri olarak, R^2 0.76, NSE 0.73 ve PBIAS 1.07 değerlerini hesaplamışlar ve arazi kullanma veri setinin bu süreçte önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Tarım alanları bakımından yoğun olan Konya Kapalı Havzasında yapılan bir çalışmada ise (Tuba Bucak 2017) Beyşehir Gölünü besleyen 6 farklı derede aylık ve günlük model simülasyonları oluşturulmuştur. Model performans istatistikleri açısından değerlendirildiğinde, günlük model performanslarının hiçbirinde kabul edilebilir bir değer bulunmamıştır. Aylık model kalibrasyon ve validasyon sonuçları incelendiğinde ise, 3 adet istasyonda kabul edilebilir ölçütte değerlere ulaşmıştır. En başarılı olduğu model performans değerleri Q5 istasyonu için kalibrasyon sürecinde R^2 0.73, NSE 0.73 ve PBIAS -0.9, validasyon sürecinde ise R^2 0.74, NSE 0.71 ve PBIAS -7.6 olarak hesaplamıştır. Performans kriterleri açısından en kötü sonuçlarını ise Q2 istasyonundan elde etmiştir. Q2 istasyonu için kalibrasyon sürecinde R^2 0.38, NSE 0.37 ve PBIAS 1.3, validasyon sürecinde ise R^2 0.56, NSE 0.54 ve PBIAS -29.8 olarak hesaplamıştır. Tüm istasyonlar da modelin başarılı bir şekilde çalışmamasının nedeni olarak sadece 1 adet meteoroloji istasyonundan veri alabilme kısıtının olduğunu ve toprak haritasının “Uyumlaştırılmış Dünya Toprak Veritabanı”ndan alındığını belirtmiştir.

Yarı kurak bölge özelliği taşıyan Ankara da bulunan Mogan Gölü Havzasında yürütülen bir başka çalışmada, SWAT modeli kullanılarak farklı tarımsal faaliyetler sonucunda akım ve su kalitesinde ortaya çıkacak değişikliği modellenmiştir (Özcan vd. 2017). Mogan Gölü Havzasındaki ölçümlerin yetersiz ve kısıtlı olmasından dolayı aynı zaman aralığında farklı istasyonların birisinde modelin kalibrasyonu, bir başka alt havzada ise modelin validasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Modelin kalibrasyon sürecinde performans istatistiklerini R^2 0.74, NSE 0.8 ve PBIAS -19.1 validasyon sürecinde ise R^2 0.35, NSE 0.0.4 ve PBIAS 62.4 olarak hesaplamışlardır. Modelin validasyon aşamasındaki kötü değerlerin sınırlı sayıdaki verilere ve yarı kurak alandaki hidrolojik süreçlerdeki belirsizliğin fazla olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Eskişehir’de bulunan Aşağı Porsuk Havzasında yapılan çalışmada ise araştırmacılar SWAT modelini bu havzaya uygulayarak akımı modellemişlerdir. Modelin kalibrasyon ve validasyon sürecinde yukarı havza ve aşağı havzada bulunan 2 istasyonda farklı tarih aralıklarını kullanarak farklı simülasyon sayılarına göre model performans kriterlerini karşılamışlardır (Güngör ve Göncü 2013). En iyi sonuçları aldıkları 1500 simülasyonla yukarı havzadaki Esenkara istasyonunun performans istatistiklerini

kalibrasyon aşaması için R^2 0.88, NSE 0.74 ve PBIAS 12, validasyon sürecinde ise R^2 0.87, NSE 0.87 ve PBIAS 1 olarak hesaplamışlardır. Aşağı havzada yer alan diğer istasyondaki günlük model kalibrasyonunda geçerli ölçütleri sağlayan istatistiklere ulaşamamışlardır. Aşağı havzadaki performans zayıflığının, sulama ile Porsuk çayından su çekilmesi, Eskişehir ilini geçerken çeşitli sebeplerle çaya noktasal katılımların olması gibi hidrolojik belirsizliklerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Araştırmanın yapıldığı havza gibi yarı kurak alanlardaki model başarısı genel olarak nemli ve tropik bölgelere daha düşüktür. Hindistanın güneyi, Malezya gibi aşırı nemli bölgelerde (Alansi et al. 2009, Garg et al. 2012) model başarısı çok yüksektir. Bu nemli bölgelerde uzun süre yüzey üstü su kaynağı olmayan havzalarda bile yer altı suyu başarılı bir şekilde modellenenmektedir (Perrin et al. 2012).

Tüm model çalışmalarında ki gibi, SWAT Modelinde de modelin başarısı, elde verilerin güvenilirliğine, doğruluğuna, kalitesine, uzunluğuna ve alanının kontrol edilebilirliği ile ilişkilidir. Arazi kullanım türü/arazi örtüsü verileri (Rathjens and Oppelt 2012, Huang et. al. 2013, El-Sadek and Irvem 2014) ve özellikle alandaki tarımsal alanlardaki uygulamaların güncelliği (Bouraoui et. al. 2005), derelere yapılan deşarjların kontrolsüz olması, derelerden denetimsizce çekilen su miktarlarının belirsizliği (Güngör ve Göncü 2013) ve küçük havzalar arasında sulama göletleri ile havzalar arası su transferi gibi çeşitli nedenler modelinin başarısını dolaylı olarak etkileyen diğer önemli özelliklerdir.

Araştırma havzasının çevresinde ve içerisinde yer alan toplam 11 meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler modelde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Ancak her istasyondaki veri serilerinin uzunluğu, ölçümü yapılamayan zaman aralıkları, birbirleri ile veri uzunluğundaki uyumsuzluklardan dolayı sonuç olarak sadece havzanın çevresinde yer alan 3 adet meteoroloji istasyonuna ait veriler kullanılabilmiştir. Bu yüzden akım modelinin başarısını etkileyen önemli faktörlerden birisinin yağış verilerinde ki bu kısıt olduğu düşünülmektedir. Nitekim birçok araştırmacı benzer sorunu işaret etmekte (Stehr et al. 2008, Saleh et al. 2009, Xu et al. 2011, Abbaspour et al. 2015,

Pervez and Henebry 2015) ve yağış faktörünün model üzerinde önemli bir etken olduğunu belirtmektedirler.

Modelin başarısı açısından diğer önemli bir faktör toprak veri tabanıdır. Türkiye’de büyük ölçekli bir toprak haritasının olmaması, büyük ölçekli çalışmalarda araştırmacıları FAO gibi çözünürlüğü düşük ve kalite açısından tartışılır hazır veri tabanlarına yönlendirmektedir. Araştırma havzasında Türkiye için yapılmış ve tek olan büyük toprak grupları haritasının, alan içerisinde çeşitli projelerden elde edilmiş veriler ile düzenlenmesi sonucu oluşturulan toprak haritası kullanılmıştır. Küçük alanlarda yapılan araştırma sonuçlarının, tüm benzer toprak alanlarına uygulanması sonucu suyun toprak içerisindeki hareketini ve model başarısını kısıtladığı düşünülmektedir. Toprak veritabanındaki detay özellikler model başarısını etkileyen bir başka unsur olarak ortaya çıkmaktadır (Mukundan et al. 2010).

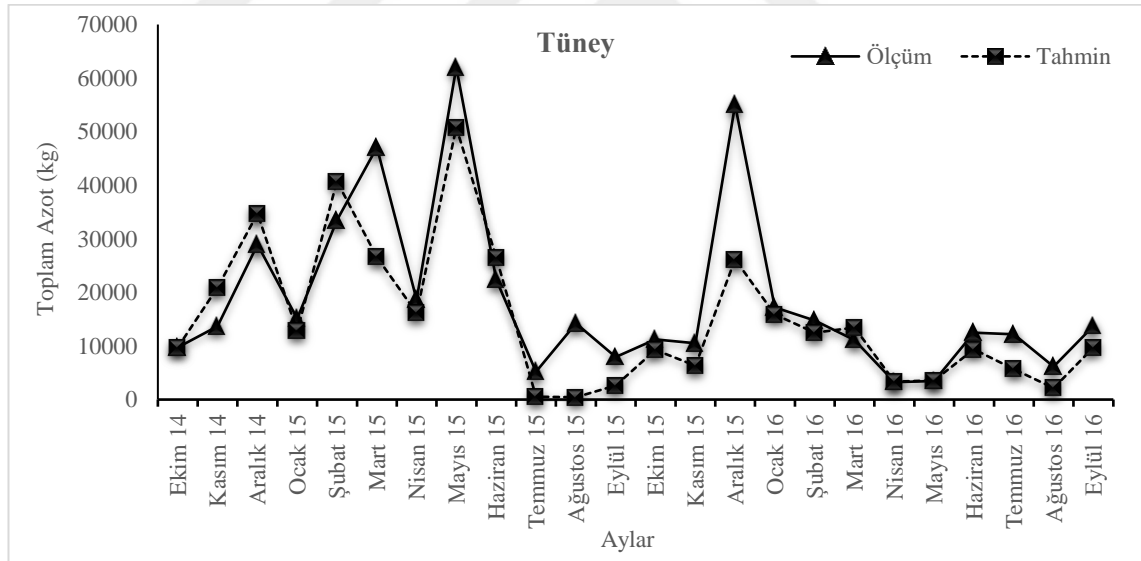
4.2.2. Toplam azotun kalibrasyon ve validasyonu

Toplam azotun (TN) modellenmesi aşamasında akım modelinde olduğu gibi 13 alt havzanın tümünde 24 aylık TN verisinin 12 aylık verisi kalibrasyon ve diğer 12 aylık verisi validasyon olacak şekilde, 13 adet kalibrasyon ve 13 adet validasyon sonuçları hesaplanmıştır. Ekim 2014-Eylül 2015 tarihleri arasında kapsayan dönem kalibrasyon ve Ekim 2015- Eylül 2016 tarihleri arasında kapsayan dönem ise validasyon olarak değerlendirilmiştir.

Azot döngüsünün başlangıcını oluşturan toplam azot, denitrifikasyon süreciyle ayrıştırıcılar tarafından nitratlar, nitritler ve amonyuma parçalanmaktadır. Toplam azotu parçalayacak canlı gruplarının çeşitliliği, bölgenin iklim yapısı ve diğer yaşam ortamı şartlarına göre değişim göstermektedir. Bu yüzden araştırma havzasının yer aldığı yarı kurak bölge özelliği taşıyan alanlarda model simülasyonlarında denitrifikasyonun sürecinin tamamlanamaması (sıfır olduğu) uyarısı oldukça karşılaşılan problemdir. Toplam azot, nitrat, nitrit modellerinin kalibrasyon ve validasyon süreçlerinde kullanılan parametreler kurak ve yarı kurak bölgelerde nemli ve yarı nemli bölgelere göre aynı

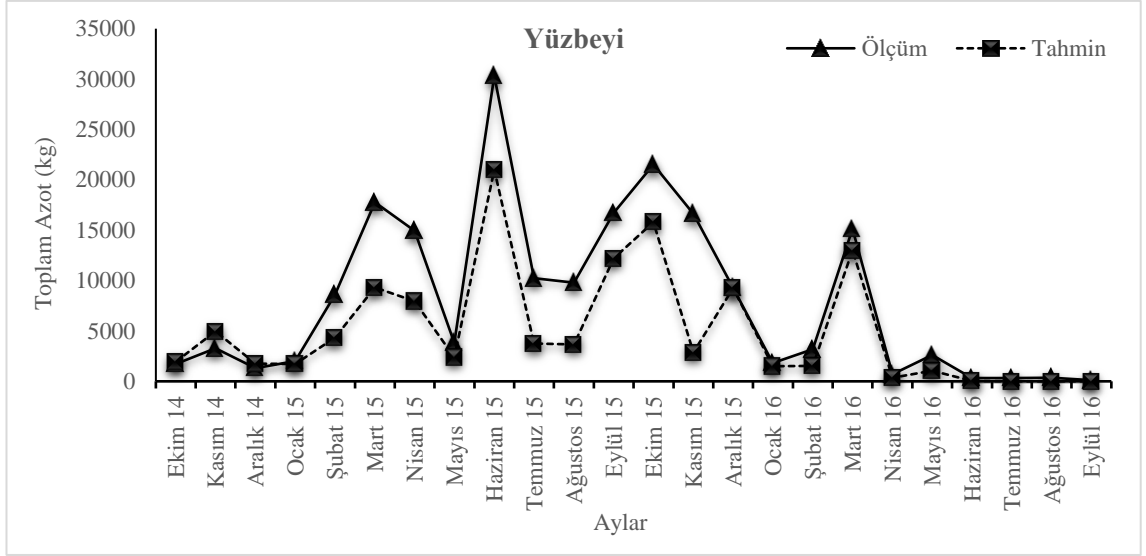
başarıyı sağlayamamaktadır. Ayrıca kısıtlı miktarda olan su kalitesi verileri ile oluşturulan modeller kullanılabilir ölçüt aralığında olma başarısını sağlama konusunda oldukça zorlanmaktadırlar (Chahinian et. al. 2011, Niraula et. al. 2012, Yuan et al. 2015, Shrestha et. al. 2016).

Araştırma havzasının çıkış noktasını oluşturan Tüney (1) istasyonunda havza çıkışına ulaşan TN yükü 18730 kg/ay olarak ölçülmüştür. En büyük ölçülen yük değeri Mayıs ayında 62014 kg olarak ölçülmüştür (Şekil 4.37). Kalibrasyon ve validasyon aşamalarından sonra TN yükü 14988 kg/ay olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.74, 0.70 ve 12.92 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.81, 0.53, 31.46 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Tüney (1) istasyonu için kabul edilebilir aralıktaki olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.37 Tüney (1) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

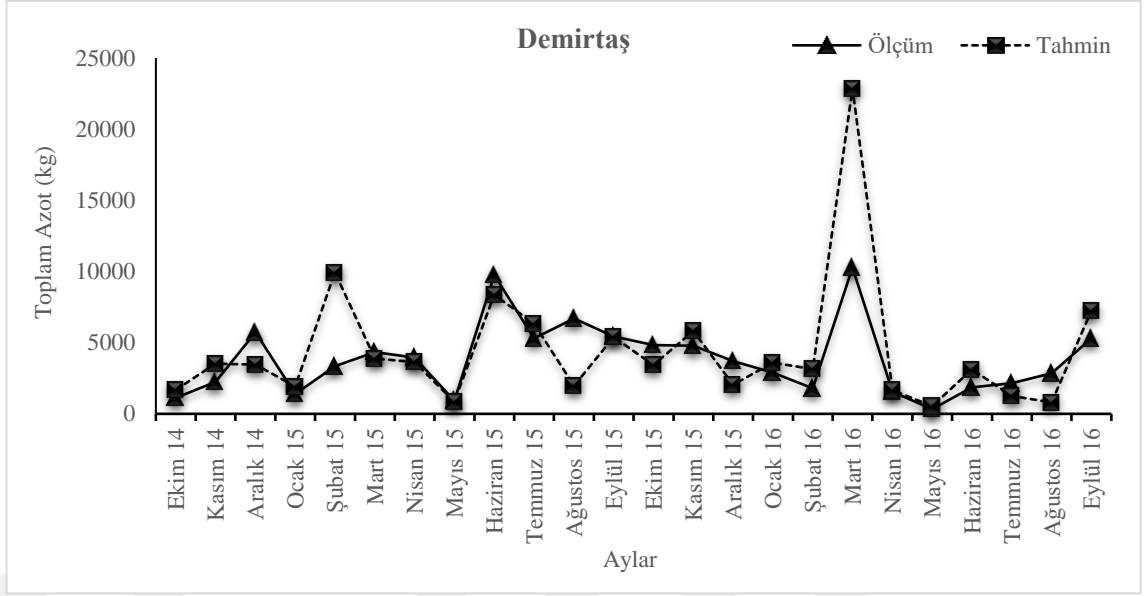
Örnekleme noktalarından yan dere üzerinde olan Yüzbeyi (2) istasyonunda en yüksek TN yükü Haziran ayında 30316 kg olarak ölçülmüştür (Şekil 4.38). Araştırma süresi boyunca Yüzbeyi istasyonundan aylık ortalama 8018 kg TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 5016 kg olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.38 Yüzbeyi (2) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Elde edilen sonuçlara göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.90, 0.61 ve 37.75 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.75, 0.64, 36.90 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Yüzbeyi (2) istasyonu için kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir.

Araştırma havzasında yer alan diğer bir yandere üzerinde bulunan Demirtaş (3) istasyonunda en yüksek TN yükü 10273 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.39). Araştırma süresi boyunca Demirtaş istasyonundan aylık ortalama 3855 kg/ay TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 4437 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.

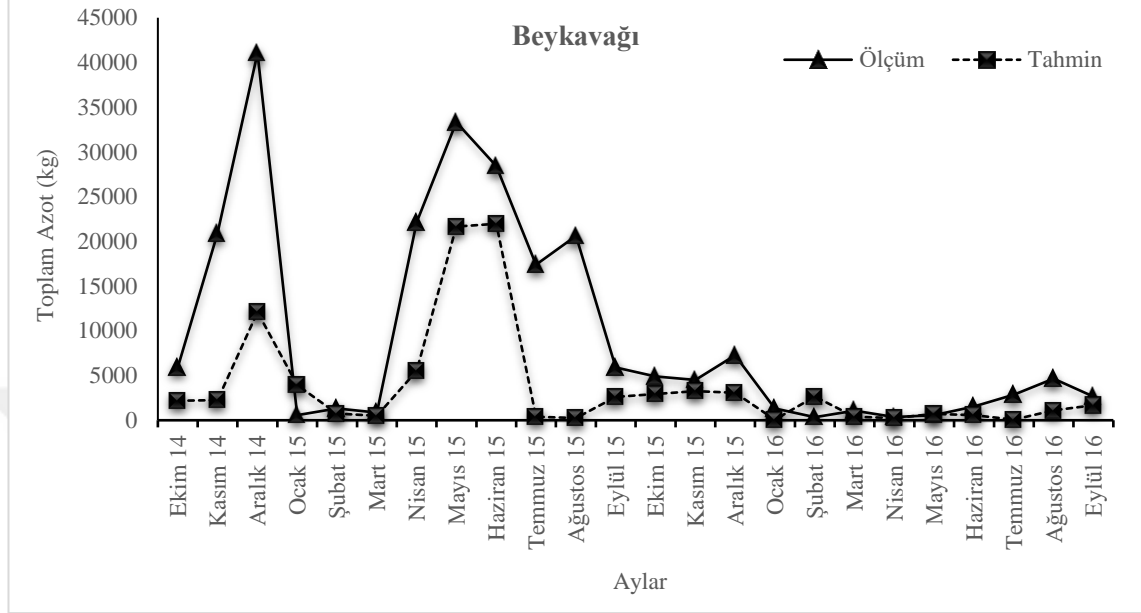


Şekil 4.39 Demirtaş (3) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Elde edilen sonuçlara göre Demirtaş (3) istasyonunda, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.28, -0.02 ve -1.47 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.84, -1.37, -31.28 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Demirtaş (3) istasyonunda yüzde hata istatistiği (PBIAS) kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlense de, modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve belirginlik katsayısı (R^2) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Validasyon sürecinde ise modelin belirginlik katsayısının (R^2) kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlense de modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Demirtaş (3) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır. Cho et al. (2010) yaptıkları araştırmalarında tarım alanlarının yoğun olduğu ova havzasında havzayı alt havzalara ayırmışlardır. Akış verileri bakımından alt havzaların farklılık oluşturmadığı ancak su kalitesi verilerinde duyarlı olduğu ve farklılıklar oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Ana dere üzerinde yer alan Beykavağı (4) istasyonunda en yüksek TN yükü 41054 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.40). Araştırma süresi boyunca Beykavağı istasyonundan aylık ortalama 9599 kg TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon

aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü ölçüm değerleri ortalamasının yaklaşık %30'u olan 3785 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.

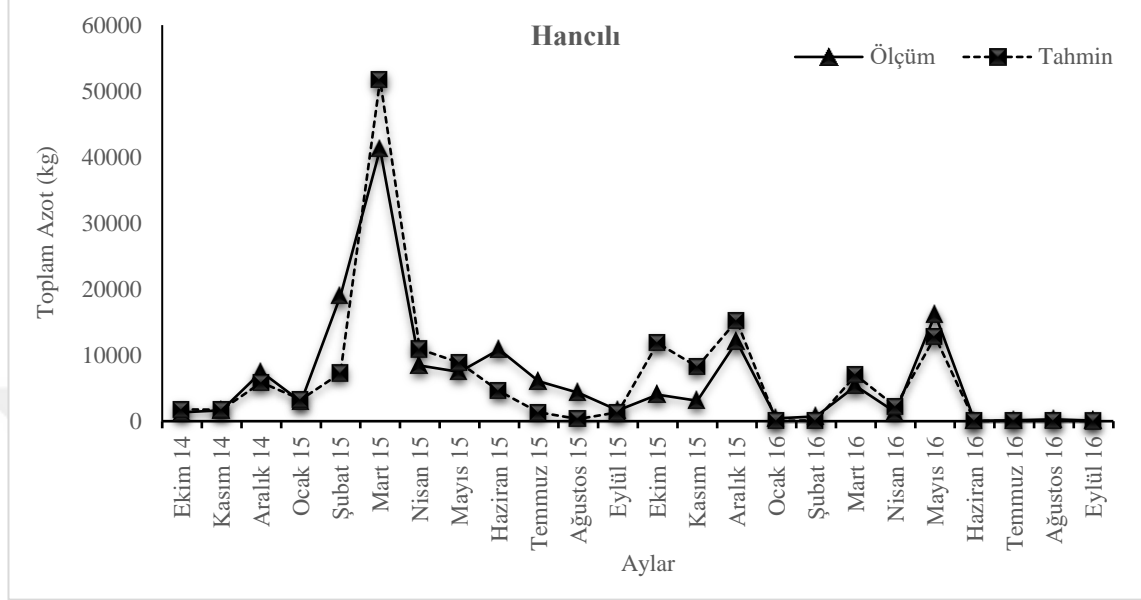


Şekil 4.40 Beykavağı (4) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Beykavağı (4) istasyonunda ki elde edilen sonuçlara göre, belirlenlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.48, -0.16 ve 62.66 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.39, 0.03 ve 47.65 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan model performans istatistiklerine göre Beykavağı (4) istasyonunda modelin başarısız olduğu belirlenmiştir. Ana dere üzerinde bulunan istasyondaki su miktarı diğer alt havzalara göre yağış dağılımlarından daha fazla etkilenmektedir. Xu et al. (2011) Çin’de ki araştırmalarında su kalitesinin zamansal değişiminde aylık yağış dağılımlarından doğrudan etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Dolayısıyla benzer şekilde ani yağışlar ve yarı kurak bölgedeki yağış dağılımının düzensizliğinin bu istasyonda toplam azotun modellenmesinde önemli bir kısıtlayıcı özellik olduğu düşünülmektedir.

Ormanlık alanlarının büyük bir bölümünün (%90) yapraklı ormanlar tarafından oluşturduğu yan dere üzerinde bulunan Hancılı (5) istasyonunda en yüksek TN yükü 51720 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.41). Araştırma süresi boyunca Hancılı istasyonundan aylık

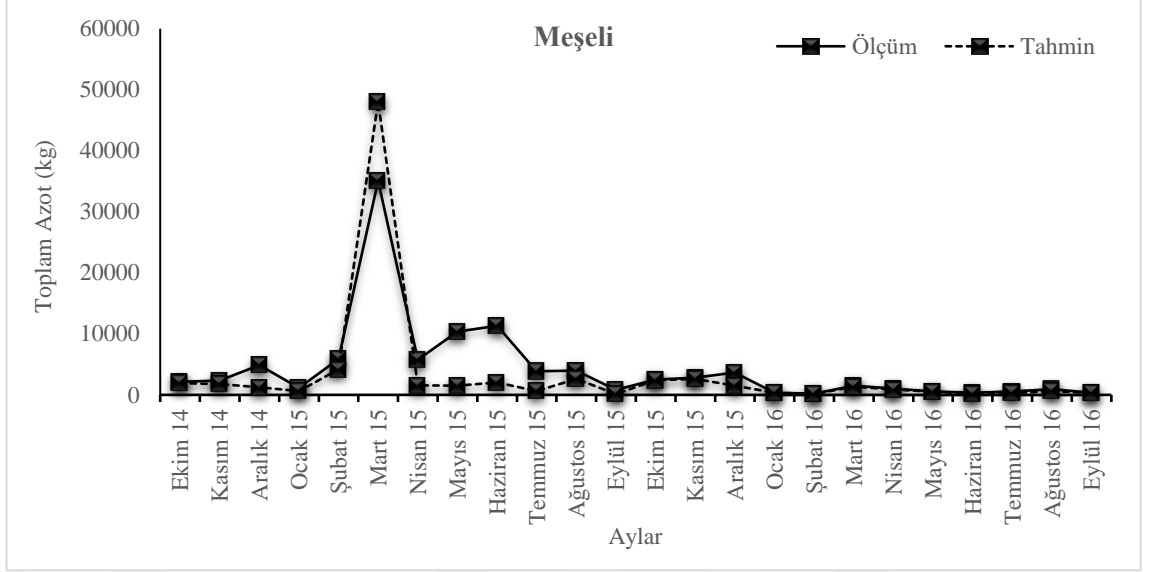
ortalama 6503 kg/ay TN yükü taşıdığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 6524 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.41 Hancılı (5) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Elde edilen sonuçlara göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.87, 0.76 ve 11.86 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.74, 0.63, -31.64 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Hancılı (5) istasyonu için belirginlik katsayısı (R^2) ve tahmin kapasitesi (NSE) bakımından başarılı ve kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir. Modelin validasyon sürecindeki yüzde hata istatistiği (PBIAS) değerinin başarılı ve kabul edilebilir aralığın dışında kalsa da bu sonucun alan hakkında özel bir bilgi sunabileceği düşünülmektedir.

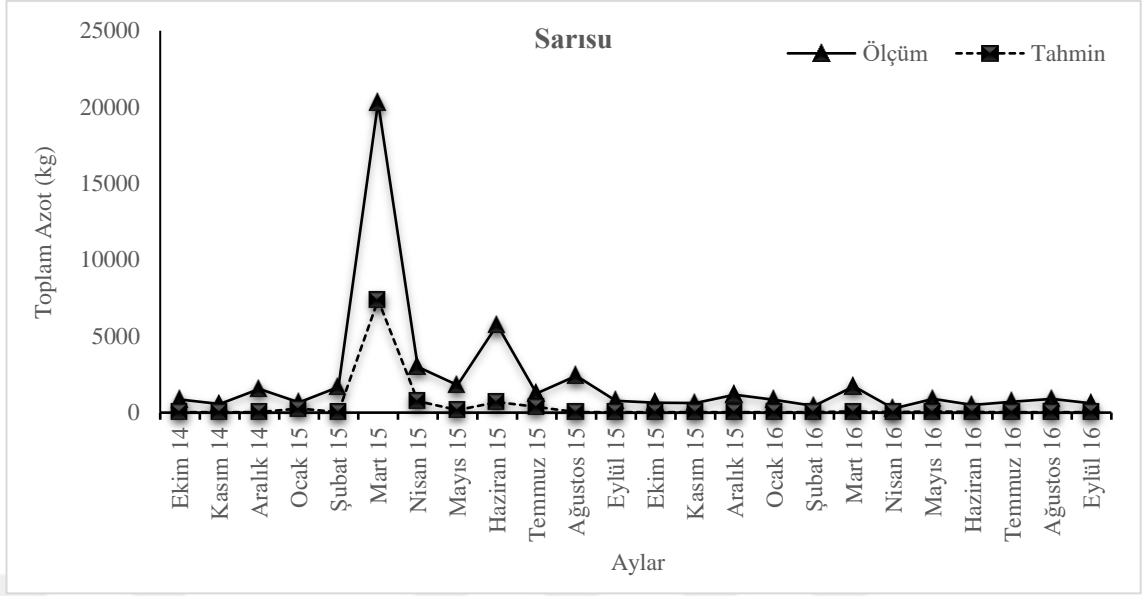
Araştırma havzasında ki Meşeli (6) istasyonunda en yüksek TN yükü 35067 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.42). Araştırma süresi boyunca Meşeli istasyonundan aylık ortalama 4262 kg/ay TN yükü taşıdığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 3224 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.42 Meşeli (6) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Model performans istatistikleri sonuçlarına göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.89, 0.61 ve 24.26 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.96, 0.93, 11.64 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Meşeli (6) istasyonu için başarılı ve kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir.

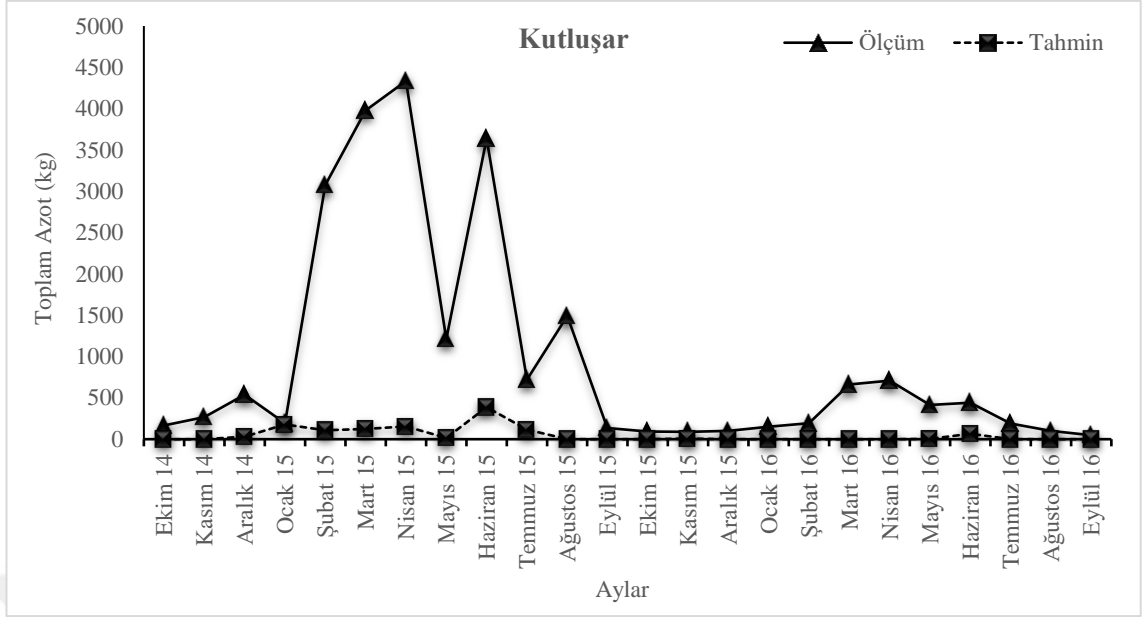
Meşeli istasyonunun yukarı havzasında yer alan Sarısu (7) istasyonunda en yüksek TN yükü 20307 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.43). Araştırma süresi boyunca Sarısu istasyonundan aylık ortalama 2080 kg/ay TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 428 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.43 Sarısı (7) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Model performans istatistikleri değerlendirildiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.96, 0.36 ve 75.84 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.33, -4.03, 94.90 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Sarısı (7) istasyonunda kalibrasyon süreci için, belirginlik katsayısı (R^2) için kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlense de, modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Sarısı (7) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yandere üzerinde yer alan Kutluşar (8) istasyonunda en yüksek TN yükü 4335 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.44). Araştırma süresi boyunca Kutluşar istasyonundan aylık ortalama 956 kg/ay TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 50 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.



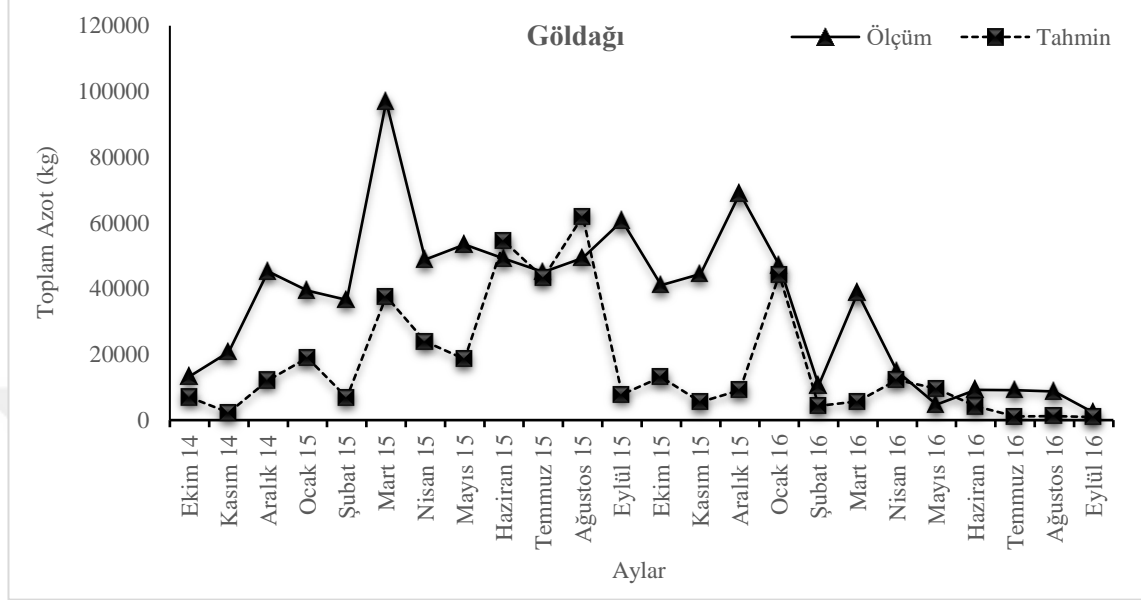
Şekil 4.44 Kutluşar (8) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Elde edilen sonuçlara göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.35, -0.90 ve 94.35 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.05, -1.34, 97.48 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Kutluşar (8) istasyonunda başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.

Anadere üzerinde yer alan Göldağı (9) istasyonunda en yüksek TN yükü 96886 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.45). Araştırma süresi boyunca Göldağı istasyonundan aylık ortalama 35771 kg/ay TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 16928 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.

Modelin performans istatistikleri incelendiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.18, -1.35 ve 47.20 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.20, -0.37, 62.88 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Göldağı (9) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süreci için, belirginlik katsayısının (R^2) ve yüzde hata istatistiğinin (PBIAS) ve modelin tahmin kapasitesi (NSE) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler

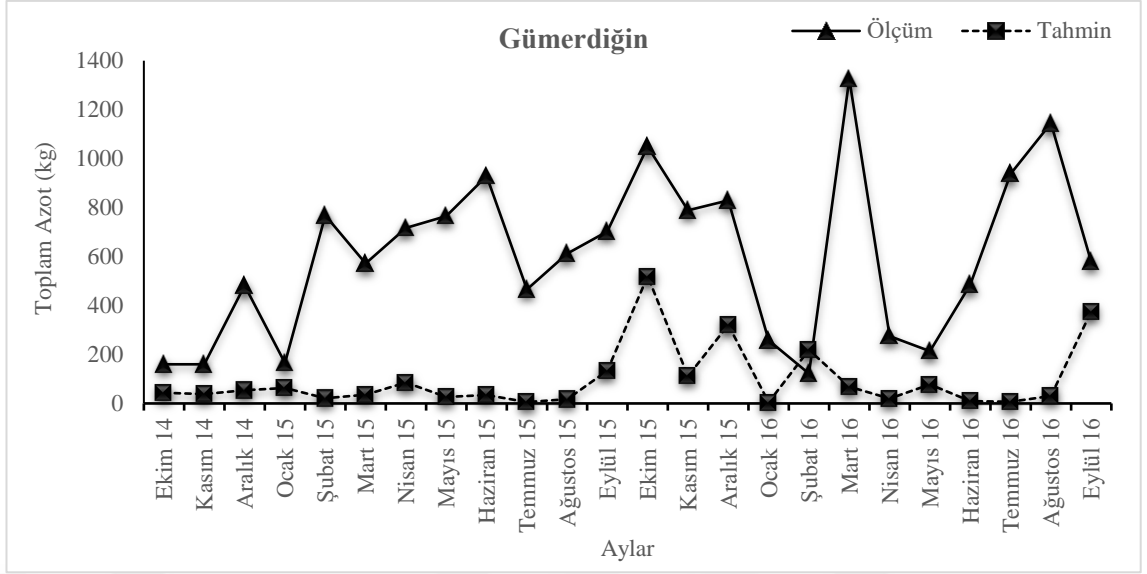
arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Göldağı (9) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.45 Göldağı (9) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

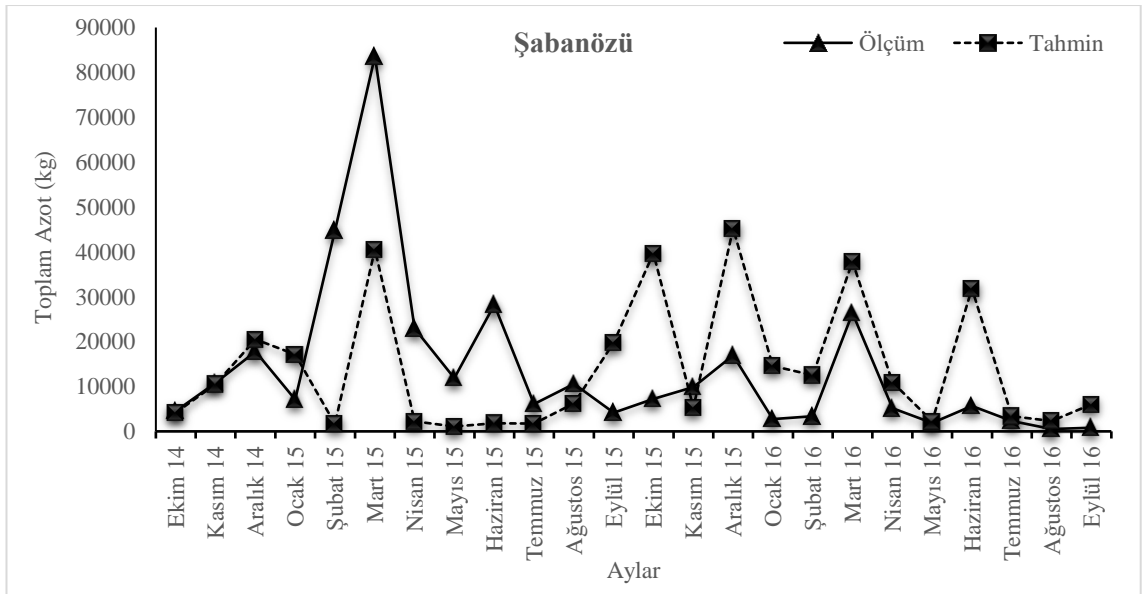
Alt havzalardan yan derede yer alan Gümerdiğin (10) istasyonunda en yüksek TN yükü 1325 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.46). Araştırma süresi boyunca Gümerdiğin istasyonundan aylık ortalama 604 kg/ay TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 97 kg/ay olarak tahmin edilmiştir. Tarım ve mera alanlarının yoğun yer kapladığı alt havzada bulunan su göletlerindeki çeşitli canlı türleri ile toplam azotun parçalanarak amonyum halinde tutulduğu düşünülmektedir.

Modelin performans istatistikleri incelendiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.01, -3.90 ve 91.41 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.03, -1.86 ve 77.99 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Gümerdiğin (10) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süreci için, belirginlik katsayısının (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiğinin (PBIAS) kabul edilebilir aralıkta olmadığı hesaplanmıştır. Sonuç olarak Gümerdiğin (10) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.46 Günerdiğin (10) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

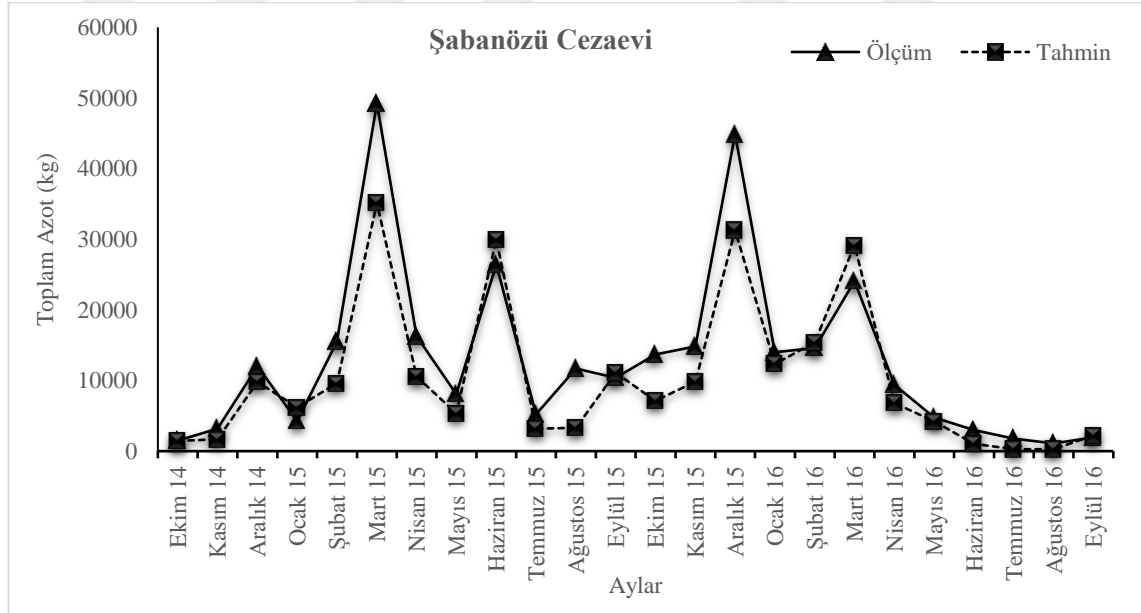
Şabanözü (11) istasyonunun tahmin edilen ve ölçülen değerleri incelendiğinde en yüksek TN yükü 83595 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.47). Araştırma süresi boyunca Şabanözü istasyonundan aylık ortalama 13966 kg/ay TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 14128 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.47 Şabanözü (11) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Modelin performans istatistikleri incelendiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.31, 0.08 ve 49.55 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.51, -3.62 ve -155.49 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Şabanözü (11) istasyonunda kalibrasyon süreci için, modelin belirginlik katsayısının (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiğinin (PBIAS) kabul edilebilir aralıkta yer almadığı görülmektedir. Modelin validasyon sürecinde ise kabul edilebilir aralıkta yer alan performans kriteri belirginlik katsayısı (R^2)'dır. Ancak diğer kriterleri sağlayamadığı için, Şabanözü (11) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.

Şabanözü yerleşim alanını geçmeden önceki noktada yer alan Şabanözü Cezaevi (12) istasyonunda en yüksek TN yükü 49222 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.48). Araştırma süresi boyunca Şabanözü Cezaevi istasyonundan aylık ortalama 12984 kg/ay TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 10298 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.

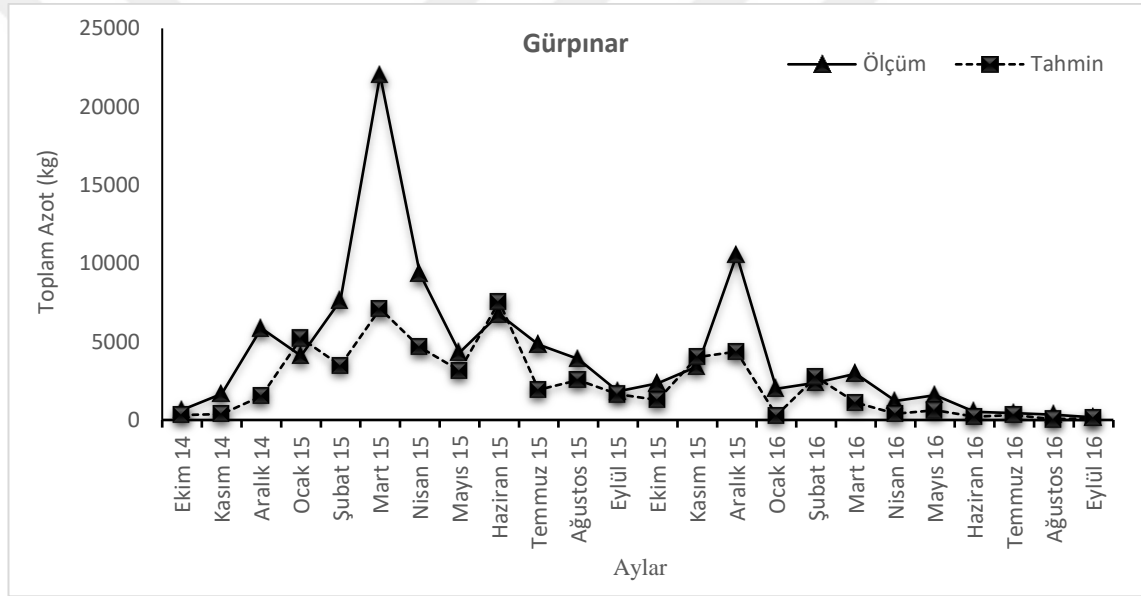


Şekil 4.48 Şabanözü Cezaevi (12) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Model performans istatistikleri sonuçlarına göre belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla

0.87, 0.80 ve 22.24 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.87, 0.83, 18.98 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Şabanözü Cezaevi (12) istasyonu için başarılı ve kabul edilebilir aralıkta olduğu belirlenmiştir.

Araştırma havzasının yukarı havzasında yer alan Gürpınar (13) istasyonunda en yüksek TN yükü 22010 kg/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 4.49). Araştırma süresi boyunca Şabanözü Cezaevi istasyonundan aylık ortalama 4196 kg/ay TN yükü taşındığı ölçülmüştür. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasından sonra aylık ortalama taşınan TN yükü 2292 kg/ay olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.49 Gürpınar (13) istasyonunda toplam azotun kalibrasyon ve validasyon süresince tahmin ve ölçüm değerlerinin değişimi

Modelin performans istatistikleri incelendiğinde, belirginlik katsayısı (R^2), modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiği (PBIAS); kalibrasyon sürecinde sırasıyla 0.50, 0.15 ve 45.79 olarak, validasyon sürecinde ise sırasıyla 0.66, 0.45, 44.34 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre modelin Gürpınar (13) istasyonunda kalibrasyon ve validasyon süreci için, belirginlik katsayısının (R^2) kabul edilebilir aralığa yakın olduğu belirlense de modelin tahmin kapasitesi (NSE) ve yüzde hata istatistiğinin (PBIAS) değerleri bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında yer almamaktadır. Sonuç olarak Gürpınar (13) istasyonunda modelin başarısız olduğu ortaya çıkmaktadır.

Tüm rnekleme istasyonları toplam azot modelinin kalibrasyon ve validasyonu bakımından değerlendirildiğinde, ana dere üzerinde yer alan ve akım modelinin başarılı olduğu, Tüney istasyonu (1) ve Şabanözü Cezaevi istasyonu (12) ile yan derelerde yer alan Yüzbeyi istasyonu (2), Hancılı istasyonu (5) ve Meşeli istasyonunda (6) model performans ölçütlerine göre (R^2 , NSE, PBIAS) kabul edilebilir anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (izelge 4.7).



Çizelge 4.7 Toplam azota ait modelin kalibrasyon ve validasyon performans istatistikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Dere tipi	Kalibrasyon			Başarı Durumu	Validasyon			Başarı Durumu
			R ²	NSE	PBIAS		R ²	NSE	PBIAS	
1	Tüney	Ana dere	0.74	0.70	12.92	Başarılı	0.81	0.53	31.46	Başarılı
2	Yüzbeyi	Yan dere	0.90	0.61	37.75	Başarılı	0.75	0.64	36.90	Başarılı
3	Demirtaş	Yan dere	0.28	-0.02	-1.47	Başarısız	0.84	-1.37	-31.28	Başarısız
4	Beykavağı	Ana dere	0.48	-0.16	62.66	Başarısız	0.39	0.03	47.65	Başarısız
5	Hancılı	Yan dere	0.87	0.76	11.86	Başarılı	0.74	0.63	-31.64	Başarılı
6	Meşeli	Yan dere	0.89	0.61	24.26	Başarılı	0.76	0.66	24.95	Başarılı
7	Sarısu	Yan dere	0.96	0.36	75.84	Başarısız	0.33	-4.03	94.90	Başarısız
8	Kutluşar	Yan dere	0.35	-0.90	94.35	Başarısız	0.05	-1.34	97.48	Başarısız
9	Göldağı	Ana dere	0.18	-1.35	47.20	Başarısız	0.20	-0.37	62.88	Başarısız
10	Gümerdiğin	Yan dere	0.01	-3.90	91.41	Başarısız	0.03	-1.86	77.99	Başarısız
11	Şabanözü	Ana dere	0.31	0.08	49.55	Başarısız	0.51	-3.62	-155.49	Başarısız
12	Şabanözü Cezaevi	Ana dere	0.87	0.80	22.24	Başarılı	0.87	0.83	18.98	Başarılı
13	Gürpınar	Ana dere	0.50	0.15	45.79	Başarısız	0.66	0.45	44.34	Başarısız

Yarı kurak alanlarda yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde, Özcan vd. 2017’de Ankara Mogan gölü havzasında SWAT modeli kullanılarak farklı tarımsal uygulamaların oluşturduğu yayılı kirliliği belirlemeye çalışmışlardır. Araştırma alanının yarı kurak alanda olması ve modelin kalibrasyon sürecinde kullanabileceği veri setinin az olmasından dolayı R^2 değerini hesaplayamamışlardır. Modelin tahmin kapasitesini (NSE) 0.64 ve yüzde hata istatistiğini (PBIAS) 11.7 olarak hesaplamışlardır. Uyguladıkları modelde toplam azot için kriterlerin tamamı sağlanamasa da özellikle modelin başarı düzeyinin düşük olduğu yarı kurak bölgelerde alana ait özel bilgiler sunabileceğini belirtmişlerdir.

A.B.D. ‘de havza alanının %80’ini tarım alanlarının oluşturduğu bir havzada, araştırmacılar farklı tarımsal uygulamalar altında toplam azot ve çözünmüş azot miktarını modellenmeye çalışmışlardır. Modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasında azotun modellenmesinde denitrifikasyon için su eşik değeri, yağmurdaki azot değeri ve azot perkolasyon katsayısı parametrelerini kullanmışlardır. 2 farklı periyot için oluşturdukları modelin kalibrasyon ve validasyon aşamasında toplam azot için model performans istatistiklerini sırasıyla R^2 : 0.53 ve 0.47, NSE: -0.50 ve -0.18, PBIAS: -86 ve -84 olarak hesaplamışlardır. Kabul kriterleri bakımından başarı gösteremeyen modellerinde tarımsal uygulamaların doğru tanımlanmasının ve girdi verilerinin iyi olmamasının model performansını kötü etkilediğini ileri sürmüşlerdir (Yuan and Chiang 2015).

Güney Avusturalya da yapılan bir diğer çalışmada Shrestha et al. (2016), yarı kurak bir havzada SWAT modelini tekli ve çoklu kalibrasyon – validasyon yöntemine göre çalıştırıp hangisinin daha iyi sonuçlar vereceğini açıklamıştır. Ancak her iki yöntemi kullanmasına rağmen R^2 : 0.41, NSE: 0.39 ve PBIAS değerini 23.5’e kadar iyileştirebilmiştir. Sonuç olarak yarı kurak bölgede sınırlı sayıdaki veriler ile toplam azot model performanslarının geçerli ölçüt aralığına girmesinin güç olduğunu aktarmıştır.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde su kalitesi modellerinin kalibrasyon ve validasyon aşamalarında yaşanan sorunları aşmak amacıyla Me et. al. (2015)’te ki çalışmalarında modelin validasyon aşamasında iki farklı veri setini kullanmışlardır. Aylık anlık ölçümler modelin validasyon aşamasında kabul edilebilir ölçüt aralığında hesaplanamamıştır.

Yağışların ardından sonraki 1-2 saat içerisinde ölçülen yüksek frekanslı veriler ise aylık anlık ölçümlere göre daha az model hatası potansiyeli oluşturmuş ve validasyon sürecinde toplam azot bakımından kabul edilebilir ölçütler arasında hesaplanmıştır. Havza alanının 77 km² olması ve ani yağışların ardından havzanın gecikme zamanı dikkate alındığında araştırmacıların önerdiği yöntem küçük ölçekli havzalarda uygulanabilecektir. Ancak araştırma havzasının alt havzalarını oluşturan su örnekleme istasyonlarına ulaşım, topoğrafik olarak buldukları konumlar ve etkisi altında kaldıkları hava olayları dikkate alındığında, bu yöntemin büyük alanlarda uygulanması oldukça zordur.

Yerleşim alanlarının ya da tarımsal alanlarının yoğunluğuna bakılmaksızın farklı havzalarda kullanılan birden fazla modelde, SWAT modeli dahil sürekli olarak iyi sonuçlar vermediğini, yıllık ortalama su akımında başarılı olan SWAT modeli toplam azotun belirlenmesinde başarılı olamadığı Sharifi et al. (2017) tarafından belirtilmiştir. Toplam azot modeli, sadece akış modelinin başarılı olduğu noktalarda aynı başarıyı göstermesi toplam azotun akışa ne kadar bağlı olduğunun bir göstergesidir (Shrestha et al. 2017).

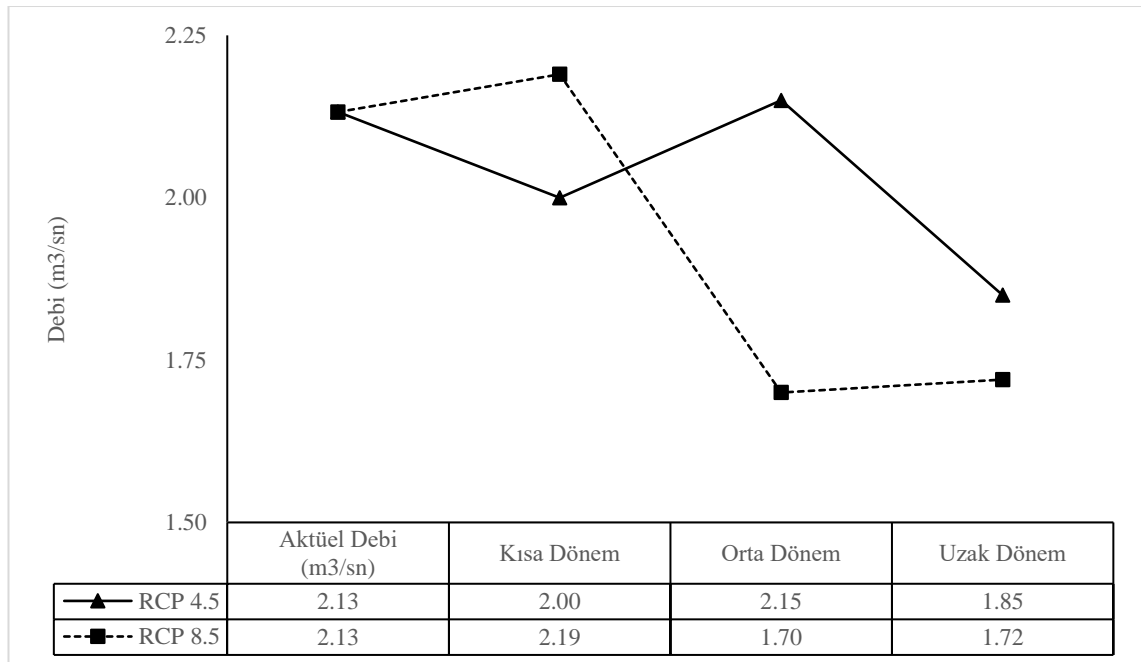
4.3. AKT/AÖ ve iklim değişikliği senaryolarının değerlendirilmesi

Araştırma kapsamında araştırma havzasının yer aldığı hücre için hesaplanmış olan sıcaklık ve yağış değerleri için referans periyoduyla (1987-2016) karşılaştırılıp araştırma alanı için doğruluğu araştırılmıştır. 20km x 20km çözünürlükle elde edilen projeksiyon verileri araştırma havzası etrafında yer alan meteoroloji istasyonu verileri ile sıcaklık değerleri bakımından iyi bir eşleşme göstermiş ancak yağış verileri bölge koşulları açısından birtakım belirsizlikler göstermiştir. 2090'lı yılların sonlarına doğru alandaki minimum sıcaklık artışı RCP 4.5 senaryosuna göre %12 ve RCP 8.5 senaryosuna göre de %19'luk bir artışın olacağı tahmin edilmiştir. Bu değerler maksimum sıcaklık için RCP 4.5 senaryosuna göre %18 ve RCP 8.5 senaryosuna göre %19'luk bir artış gösterecektir. Ayrıca araştırma alanı için 2090'lı yıllarda yağış miktarında yaklaşık olarak %20'lik bir azalmanın olacağı öngörülmüştür. Daha önceden belirlenen yakın dönem (2020-2029),

orta dönem (2050-2059) ve uzak dönem 2090-2099 için tahmin edilen akış değerleri ve toplam azot değerleri farklılıklar göstermiştir.

4.3.1. Akış sonuçları

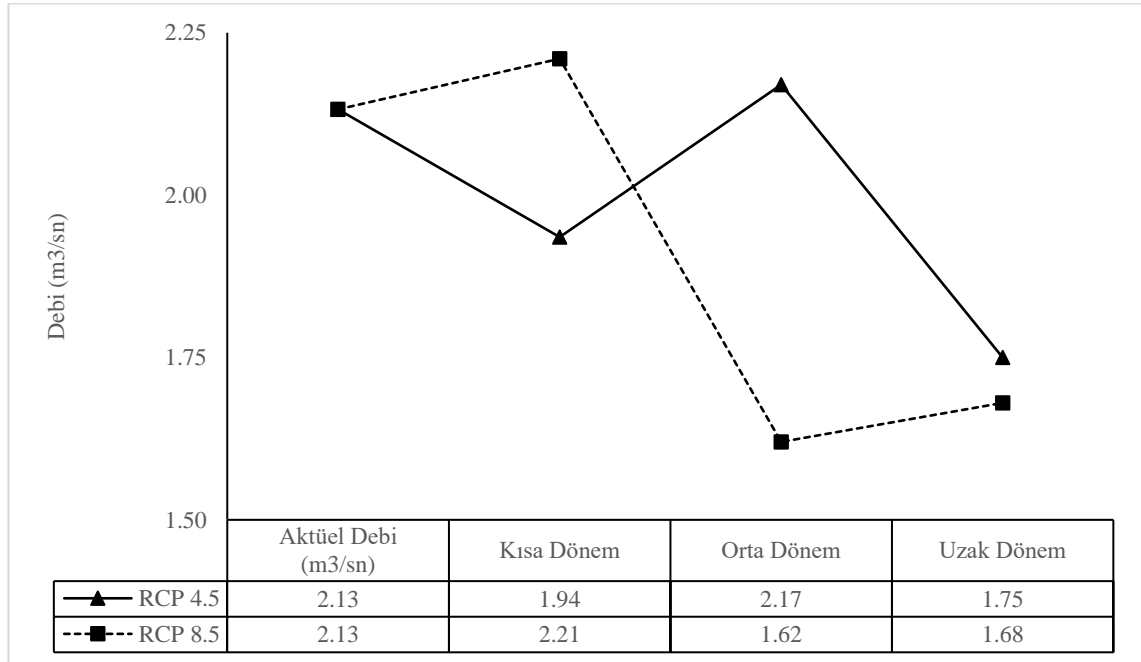
Araştırma havzasının çıkış noktasını oluşturan Tüney istasyonunda arazi örtüsü değişimi ve iklim değişikliği senaryoları sonrası dönemsel değişimler olmuştur. Arazi örtüsü senaryolarından 1. Senaryo sonuçlarına göre; akış miktarlarında artmalar ve azalmalar gözlemlenmektedir. S1 senaryosuna göre alanda arazi örtüsü bakımından herhangi bir değişimin olmayacağı ve sadece iklim değişikliğinden kaynaklanan akıştaki değişim incelenmiştir. Bu durumda; RCP 4.5 iklim senaryosuyla birlikte akış, kısa dönemde 2.00 m³/sn, orta dönemde 2.15 m³/sn ve uzak dönemde 1.85 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Orta dönemde artış gösteren akış miktarı aktüel akış miktarına göre ise uzak dönemde %15'lik bir azalış göstermiştir. RCP 8.5 iklim senaryosuna göre akış ise, kısa dönemde 2.19 m³/sn, orta dönemde 1.70 m³/sn ve uzak dönemde 1.72 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Kısa dönemde artış gösteren akış miktarı uzak dönemde aktüel akış miktarına göre %24'lük azalma göstermiştir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50 S1 senaryosuna göre Tüney istasyonunda akış miktarının dönemsel değişimi

S1 senaryosuna göre AKT/AÖ'de bir değişimin olmamasına rağmen akış miktarındaki değişim iklim değişikliğinden dolayı ortaya çıkmaktadır. Birçok araştırmacı, modelleme çalışmalarında iklim değişikliğinin deredeki su miktarında değişikliğe neden olacağı sonucuna ulaşmışlardır (Watson et al. 2003, da Silva et al. 2015, El-Khoury et al. 2015, Johnson et al. 2015, Musau et al. 2015, Carvalho-Santos et al. 2017; Kundu et al. 2017a, 2017b).

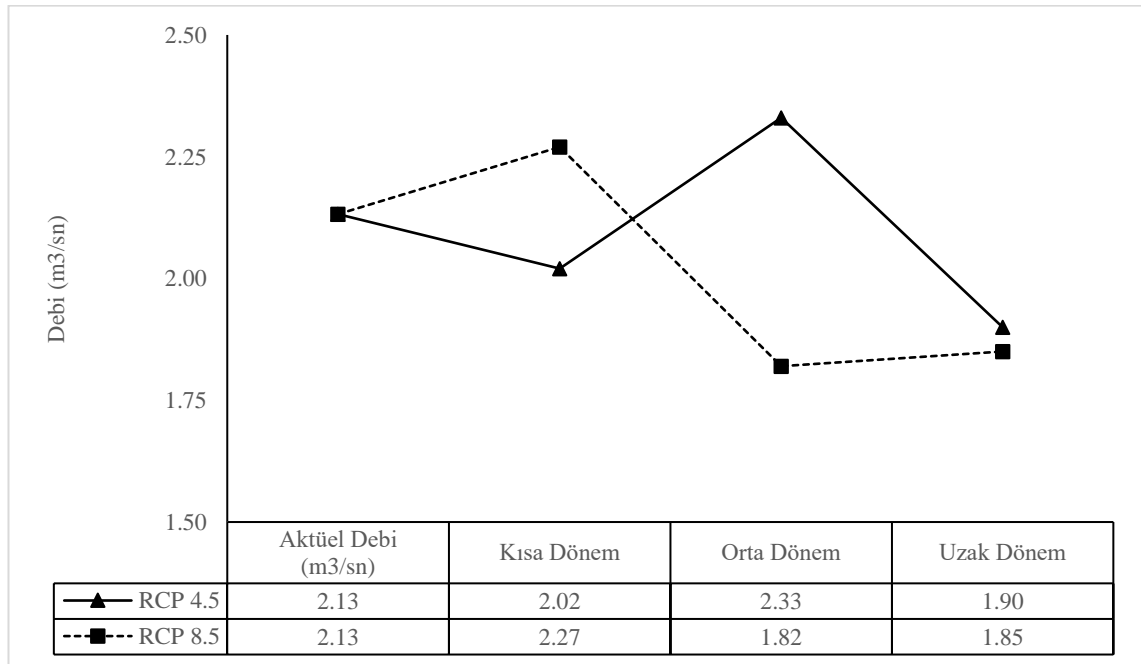
S2 senaryosuna göre orman alanlarından çalılık alanlara %10 oranında bir değişimin olacağı ve kuru tarım alanlarından mera alanlarına %10, gelir getirici tarım ürünü olan şeker pancarına %5 ve silaj mısırına %5'lik olacağı öngörülmüştür. Bu durumda, RCP 4.5 iklim senaryosuna göre akış kısa dönemde 1.94 m³/sn, orta dönemde 2.17 m³/sn ve uzak dönemde 1.75 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Orta dönemde artış gösteren akış miktarı aktüel akış miktarına göre ise uzak dönemde %22'lik bir azalış göstermiştir. RCP 8.5 iklim senaryosuna göre akış ise, kısa dönemde 2.21 m³/sn, orta dönemde 1.62 m³/sn ve uzak dönemde 1.68 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Kısa dönemde artış gösteren akış miktarı uzak dönemde aktüel akış miktarına göre %26'lık azalma göstermiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51 S2 senaryosuna göre Tüney istasyonunda akış miktarının dönemsel değişimi

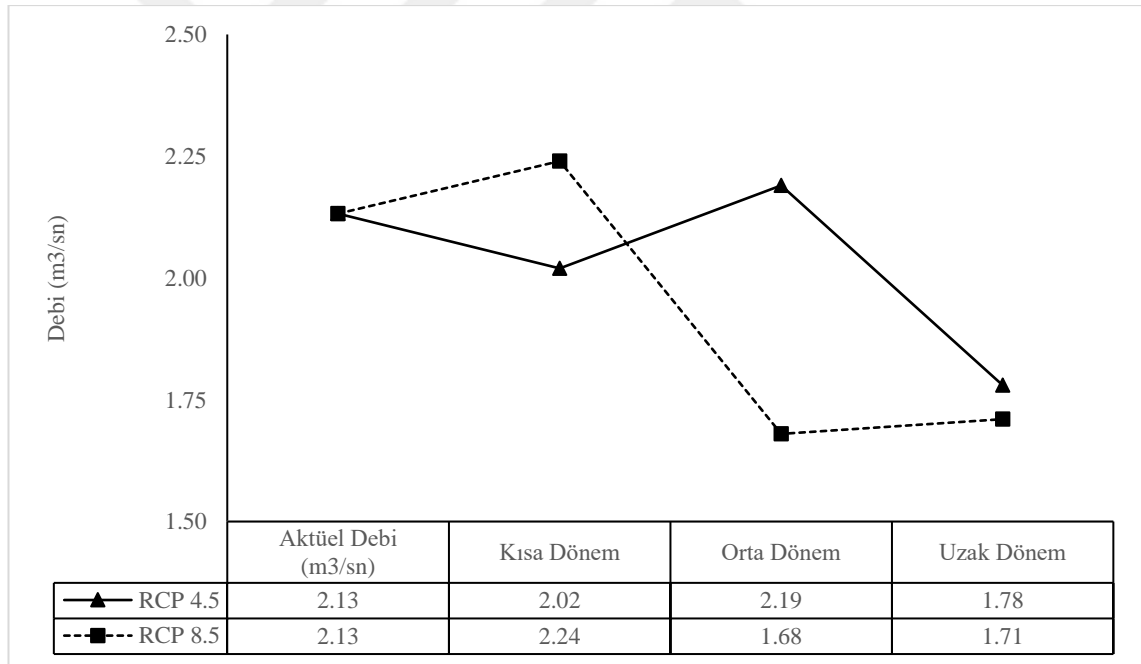
S2 senaryosunda ki AKT/AÖ değişimi, hiç değişimin olmadığı S1 senaryosuna göre akış miktarında daha fazla değişime neden olmuştur. Yapılan diğer araştırmaların bazılarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Khoi and Suetsugi 2014, Serpa et al. 2015).

S3 senaryosuna göre iklim değişikliğinden dolayı orman alanlarında büyük bir daralmanın olacağı düşünölmüştür. Orman alanlarında %30'luk bir azalma olarak bu alanlardan %10'u meralara, %10'u çalılık alanlara ve %10'ununda bozkır alanlarına dönüşeceği düşünölmüştür. Ayrıca kuru tarım alanlarında %20'lik bir azalma yaşanılacağını ve bu azalmanın %10'unu bozkırların kaplayacağı ve geriye kalan alanların %5'inde şeker pancarı üretimi ve diğer %5'lik bölümünde ise silajlık mısır yetiştirileceği planlanmıştır. Bu durumda, RCP 4.5 iklim senaryosuna göre akış kısa dönemde 2.02 m³/sn, orta dönemde 2.33 m³/sn ve uzak dönemde 1.90 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Orta dönemde artış gösteren akış miktarı aktüel akış miktarına göre ise uzak dönemde %12'lik bir azalış göstermiştir. RCP 8.5 iklim senaryosuna göre akış ise, kısa dönemde 2.27 m³/sn, orta dönemde 1.82 m³/sn ve uzak dönemde 1.85 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Kısa dönemde artış gösteren akış miktarı uzak dönemde aktüel akış miktarına göre %15'lik azalma göstermiştir (Şekil 4.52).



Şekil 4.52 S3 senaryosuna göre Tüney istasyonunda akış miktarının dönemsel değişimi

S4 senaryosuna göre terkedilmesi muhtemel kuru tarım alanı oranının %6.5 olabileceği ve terkedilen bu alanların %5'inin bozkır alanlarına dönüşeceği öngörülmüştür. Ayrıca alanda yer alan potansiyel ağaçlandırma sahaları, sel ve erozyon kontrol çalışmalarının yapılabileceği çalılık formundaki mera alanların bulunmasından dolayı mera alanlarında da %3.5'lik bir azalma ile orman alanlarında %5'lik bir artışın olacağı düşünülmüştür. Bu durumda, RCP 4.5 iklim senaryosuna göre akış kısa dönemde 2.02 m³/sn, orta dönemde 2.19 m³/sn ve uzak dönemde 1.78 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Orta dönemde artış gösteren akış miktarı aktüel akış miktarına göre ise uzak dönemde %20'lik bir azalış göstermiştir. RCP 8.5 iklim senaryosuna göre akış ise, kısa dönemde 2.24 m³/sn, orta dönemde 1.68 m³/sn ve uzak dönemde 1.71 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Kısa dönemde artış gösteren akış miktarı uzak dönemde aktüel akış miktarına göre %24'lük azalma göstermiştir (Şekil 4.53).



Şekil 4.53 S4 senaryosuna göre Tüney istasyonunda akış miktarının dönemsel değişimi

Arazi örtüsü değişimi ile iklim değişikliği projeksiyonları birlikte değerlendirildiğinde akış miktarındaki değişimlerin uzak dönemde azaldığı görülmektedir. İklim değişikliği senaryolarına göre muhtemel görülen bu durum aynı dönemde (2090-2099) beklenen yağışlardaki azalma ile desteklenmektedir. Arazi örtüsü değişimi bakımından değerlendirildiğinde ise akış miktarındaki en fazla azalmanın gerçekleştiği S2

senaryosunda olduğu gör÷lmektedir. Arazi örtüsündeki kuru tarım ve orman alanlarının azalmasının akış miktarındaki azalmada önemli bir faktör olduğu ortaya çıkmaktadır.

A.B.D'nin New Mexico bölgesinde Heo et. al. (2015)'teki çalışmalarında yarı kurak bölgede yer alan havzada 1970-2009 yılları arasındaki arazi kullanım ve iklim değişiminin etkisini araştırmışlardır. İlk periyotta iklimin değişmesi sonucu (1970-1989) sıcaklıkların 11.0°C den 11.9°C'ye arttığını ve yağışlarda %11'lik azalma olduğu sonucuna ulaşmışlardır. 40 yıllık tüm periyotta araştırma alanlarının %10'unu iklim değişikliğinden dolayı çalılık ve makilik alanlara, %2'sini de tarım alanlarından otlaklara çevirmişlerdir. Havza da yüzeysel akışın %10, yer altı suyu miktarının %10 ve toprak su içeriğinin %4.1 azaldığını ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak insan etkisi ile gelişmiş arazi örtüsündeki değişimin %1'inin değişeceğini ve bu değişiminin yüzeysel akışa iklim kadar etki etmediğini belirtmişlerdir.

İnsan etkisinin ve iklim değişikliğinin arazi kullanımındaki değişiminin kaçınılmaz olduğu düşünülen Çin'de, yarı kurak bölgelerde yüzeysel akış ve havza su bütçesindeki değişimi hakkında araştırmacılar sürekli olarak öngörülerde bulunmaktadır. Dong et. al. (2014), Çin'de kurak bölgedeki yapmış oldukları çalışmada 1981-2008 yılları arasında kapsayan dönemde, insan kaynaklı aktivitelerin (özellikle tarımsal sulamalar), iklim değişikliğine göre yüzeysel akışta daha etkili bir faktör olduğunu ortaya koymuşlardır. Yüzeysel akıştaki azalmanın nedenini %85'inin sorumlusu olarak insan aktiviteleri olduğunu belirtmişlerdir. Çin'de ki bir diğer çalışmada Li et. al. (2016) iklim değişikliği, insan aktiviteleri ve arazi örtüsü değişiminin 1978-2005 yılları arasında derelerdeki akış miktarını incelemişlerdir. 1990'lar da iklim değişimi etkisinin azaldığını, bu yıllardan sonra insan aktivitelerinin arttığını ve arazi örtüsü değişiminin etkisinin genel olarak stabil kaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Sonuç olarak akış miktarlarındaki azalmanın en önemli nedeninin iklim değişikliği olduğu, arazi örtüsü değişiminden dolayı olan azalmanın %10 oranında kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Araştırma havzasında oluşturulan senaryolar da tarım alanlarının terkedilerek meralara dönüşmesi meraların havzadaki konumuna göre akış miktarındaki azalma ve artışı

sağlayabilmektedir. Benzer bir çalışmada Liu et. al. (2017), Çin'in kuzeydoğusunda yer alan havzadaki çalışmalarında tarım alanlarının yüzeysel akışı azalttığını, orman alanlarının ise arttırdığını belirtmişlerdir. Meralarının yukarı havzada olması halinde katalizör etki oluşturarak yüzeysel akışı arttırdığını, aşağı havzada yer almaları durumunda ise yüzeysel akışı azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca 1990-2040 yılları arasında kapsayan dönemlerde iklim değişimi etkisinin, 2020-2030 arasında kapsayan dönemde akış miktarında çok az bir artışın olabileceğini ancak 2040'lı yılların ardından azalacağını tahmin etmişlerdir. Çin'de yapılan diğer bir çalışmada tarım, orman ve su ile kaplı alanlardaki toplam %20'lik bir azalma ile ortaya çıkan arazi örtüsü değişimi sonucu derelerdeki akışta küçük azalmalara neden olduğunu, buna karşılık iklim değişikliği ile artan yağış miktarları sonucu akış miktarında artışların olduğu sonucunu bulmuşlardır (Zhang et. al. 2016).

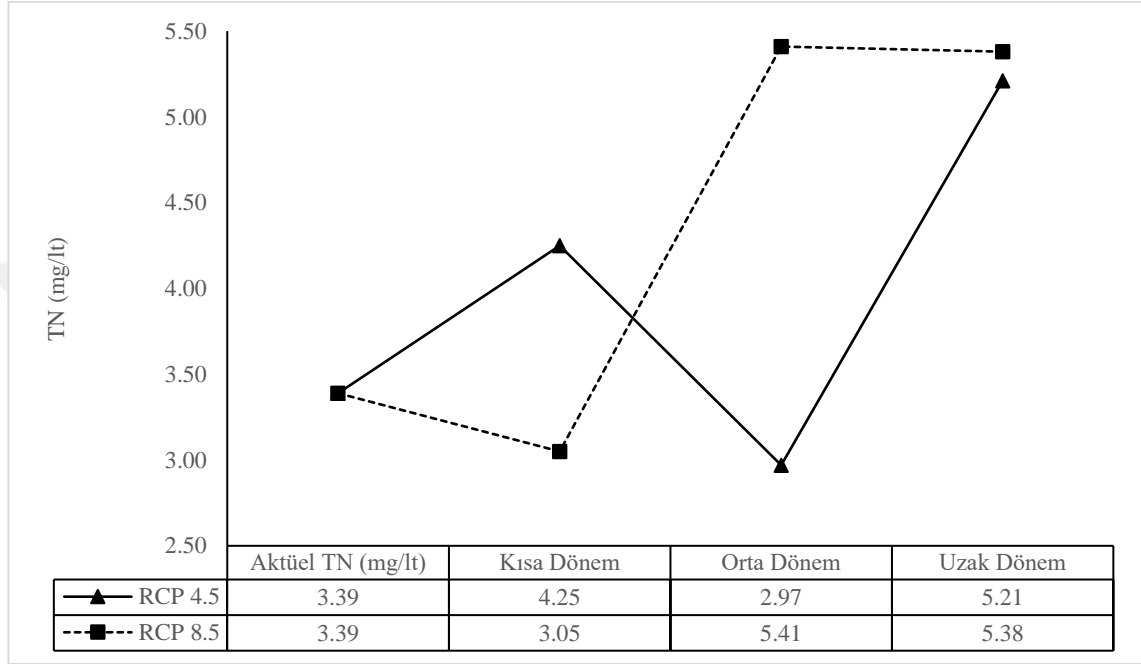
Sonuç olarak arazi örtüsü değişimi senaryolarının yüzeysel akış ve deredeki toplam akış miktarı üzerinde iklim değişikliği kadar etkili olamamaktadır (Karlsson et al. 2016, Omer et. al. 2016). Kurak bölgelerde iklim değişikliği sonucu azalan yağış miktarına karşılık toplam akış miktarındaki azalmalar, nemli bölgelerde yağışın artmasına bağlı olarak akış miktarlarında artışlar yaşanmaktadır (Karlsson et al. 2016, Shrestha ve Htut 2016, Yin et. al. 2017, Zhang et al. 2017).

4.3.2. Toplam azot sonuçları

İklim değişikliğinin su kalitesi üzerine doğrudan çok dolaylı etkileri bulunmaktadır. İklim değişikliği ile birlikte yağışlardaki azalmalar derelerdeki akış miktarlarını da olumsuz yönde etkilemektedir. Akış miktarlarında ki azalmalardan dolayı arazi örtülerinden taşınan birçok besin tuzu ve kirletici konsantrasyonu artış göstermektedir. Bununla birlikte arazi örtüsünü oluşturan ana kullanım türleri ise su kalitesi parametrelerine doğrudan etki etmektedir.

Araştırma kapsamında oluşturulan S1 senaryosuna göre, arazi örtüsünde değişim olmadan toplam azotun kısa dönem, orta dönem ve uzak dönemde değişimi tahmin

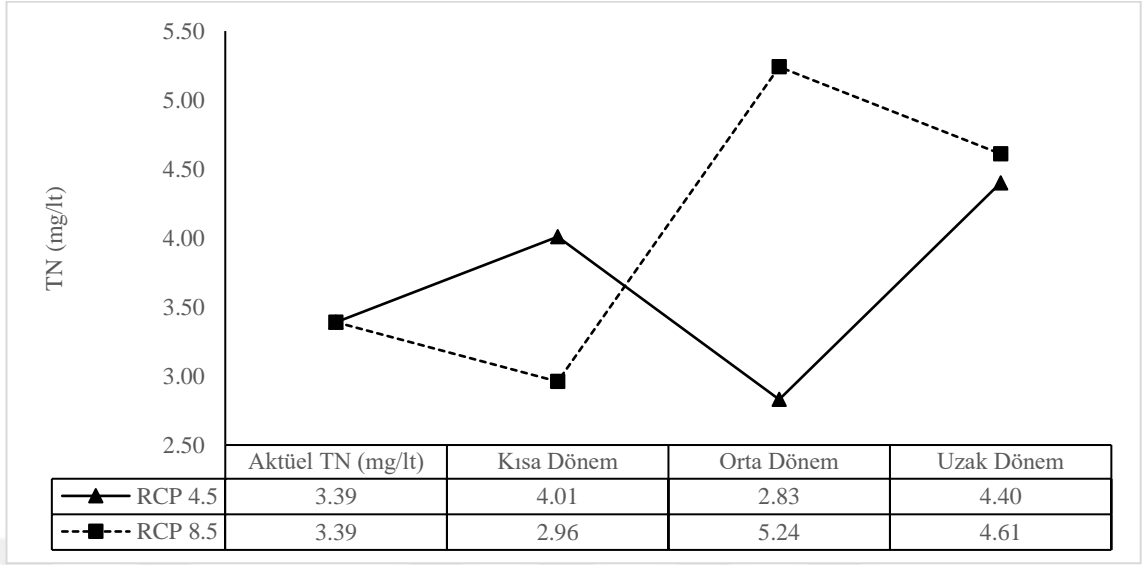
edilmiştir. Bu senaryoya göre RCP 4.5 iklim senaryosunda, toplam azot kısa dönemde 4.25 mg/lt, orta dönemde 2.97mg/lt ve uzak dönemde 5.21 mg/lt olarak hesaplanmıştır. Aktüel duruma göre kısa dönemde %25'lik artış gösteren toplam azot, orta dönemde %14'lük azalma ve sonuç olarak uzak dönemde %53'lük bir artış göstermiştir. RCP 8.5 iklim senaryosuna göre ise, uzak dönemde %59'luk bir artış göstermiştir (Şekil 4.54).



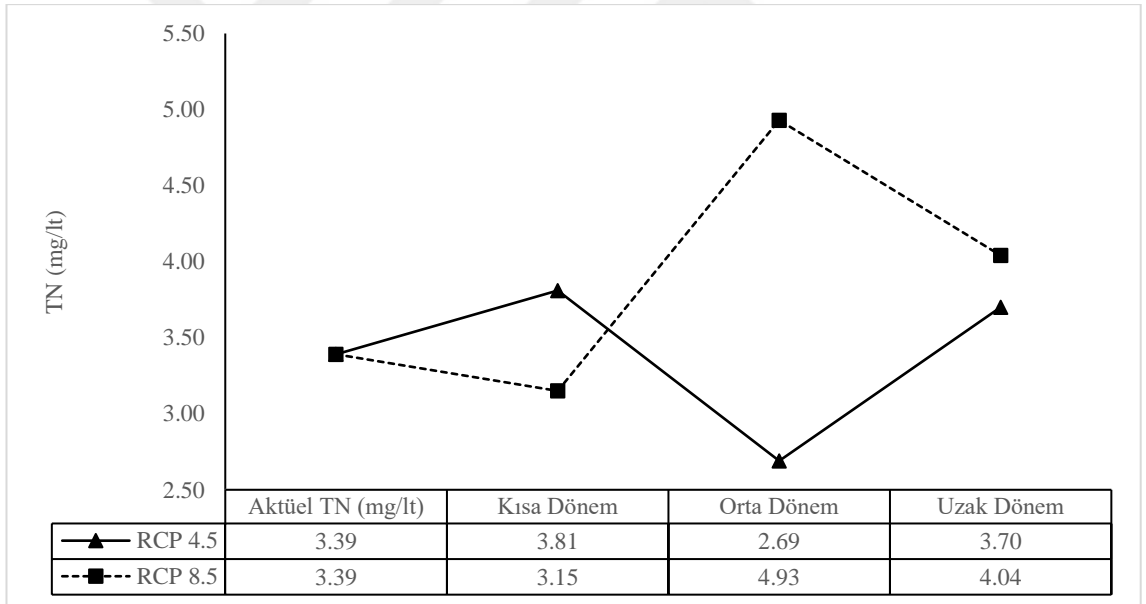
Şekil 4.54 S1 senaryosuna göre Tüney istasyonunda toplam azotun dönemsel değişimi

S2 senaryosu bakımından tahmini gerçekleştirilen toplam azot değişimi incelendiğinde, RCP 4.5 iklim senaryosuna göre, toplam azot kısa dönemde 4.01 mg/lt, orta dönemde 2.83 mg/lt ve uzak dönemde ise 4.40 mg/lt olarak hesaplanmıştır. Bu senaryoya göre toplam azot aktüel duruma göre, orta dönemde %20 azalmış, kısa dönemde %18 ve uzak dönemde %29'luk bir artış göstermiştir. RCP 8.5 iklim senaryosuna göre ise %36'luk bir artış göstermiştir (Şekil 4.55).

S3 senaryosuna göre orman alanlarında önemli bir miktarda azalma ve mera, çalılık ve bozkır alanlarında artma öngörülmüştür. RCP 4.5 iklim senaryosuna göre toplam azot kısa dönemde 3.81 mg/lt, orta dönemde 2.69 mg/lt ve uzak dönemde 3.70 mg/lt olarak ölçülmüştür. Toplam azot miktarı aktüel duruma göre orta dönemde %26'luk azalış, kısa dönemde %12'lik artış ve uzak dönemde %9'luk bir artış göstermiştir. RCP 8.5 iklim senaryosuna göre ise uzak dönemde %19'luk bir artış göstermiştir (Şekil 4.56).

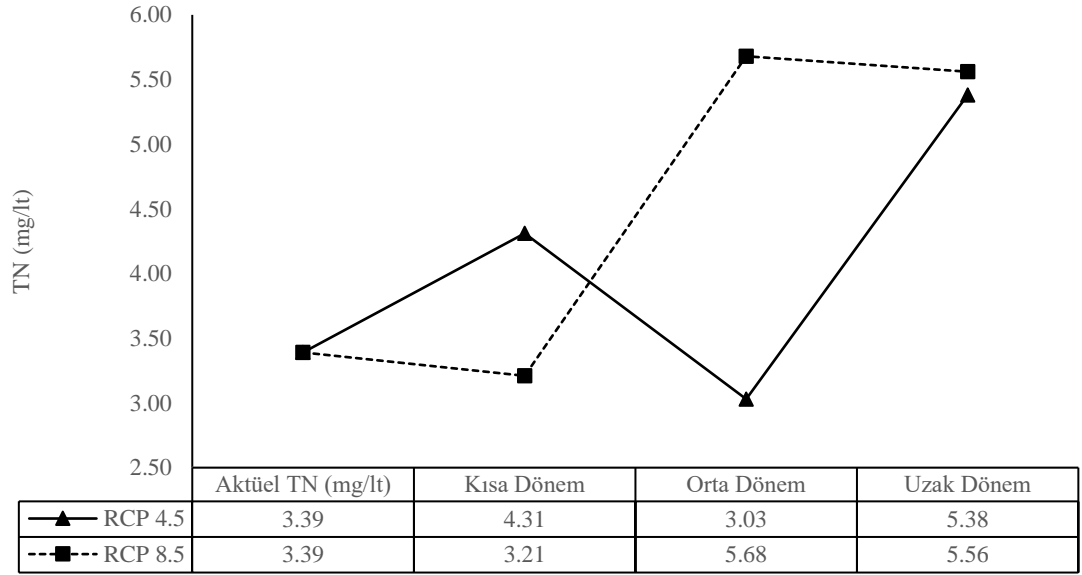


Şekil 4.55 S2 senaryosuna göre Tüney istasyonunda toplam azotun dönemsel değişimi



Şekil 4.56 S3 senaryosuna göre Tüney istasyonunda toplam azotun dönemsel değişimi

S4 senaryosunda, mera ve kuru tarım alanlarının azalacağı bu alanların yerine orman ve bozkır alanlarının artacağı öngörülmüştür. RCP 4.5 iklim senaryosuna göre, toplam azot kısa dönemde 4.31 mg/l, orta dönemde 3.03 mg/l ve uzak dönemde 5.38 mg/l olarak ölçülmüştür. Toplam azot miktarı aktüel duruma göre orta dönemde %11'lik azalış, kısa dönemde %27'lik artış ve uzak dönemde %59'luk bir artış göstermiştir. RCP 8.5 iklim senaryosuna göre ise uzak dönemde %64'lük bir artış göstermiştir (Şekil 4.57).



Şekil 4.57 S4 senaryosuna göre Tüney istasyonunda toplam azotun dönemsel değişimi

Toplam azot değerlerindeki dönemsel değişim, akış miktarlarındaki dönemsel değişimlere benzerlik göstermektedir. Debi ve konsantrasyon arasındaki önemli ilişkinin sonucu olarak akış miktarlarındaki artış suda taşınan toplam azot değerleri ile ters yönde bir ilişki göstermektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, A.B.D’de 20 havza da birden yürütülen araştırmada Johnson et al. (2015)’de 21. yy. ortalarında merkez ve güneybatıda yer alan havzalarda akışta miktarlarında kabaca %40’lık bir azalma ve buna karşılık toplam azot miktarlarında %60’lık artışın olacağı sonucuna ulaşmışlardır. Ancak Kuzey Japonya’nın nemli bölgesindeki Fan and Shibata (2015)’nin çalışmalarında 1976, 2006 ve 2036 yıllarını kapsayan 3 farklı dönemdeki arazi örtüsü ve iklim değişikliği senaryoları sonucu havzada 2006 ve 2036 periyotlarının her ikisinde de yüzeysel akış artmıştır. Buna karşılık 2006 ve 2036 yıllarının içerisinde yer aldığı periyotlarda oluşturulan kısa, orta, uzak dönemlerdeki uygulanan gübreleme miktarları aynı olmasına rağmen toplam azot miktarlarında da artış olacağını hesaplamışlardır. Toplam azottaki artışın nedeni olarak Kasım ve Aralık aylarındaki yüzeysel akışın diğer aylara göre 5 kat oranında artmasını belirtmişlerdir. Shrestha et al. (2017) Güney Avusturalya’da ki çalışmalarında gelecek yıllarda su miktarında artış olacağını ve buna karşılık toplam azot miktarlarında %55’lik azalmalar olacağını hesaplamışlardır. Araştırma sonuçlarına benzer olarak Kanada’da

yapılan (El-Khoury et al. 2015) çalışmada da gelecek yıllarda azot miktarında artışın olacağı belirtilmiştir.

Arazi örtüsü değişimi senaryoları kendi arasında değerlendirildiğinde de uzak dönemde hesaplanan toplam azot değerlerine göre S1 ve S4 senaryolarında toplam azot miktarı diğer senaryolara göre artış göstermektedir. S2 ve S3 senaryolarındaki ortak özellikler, orman alanlarının azaltılması ve mera, çalılık, bozkır alanlarına dönüştürülmesidir. Özellikle AKT/AÖ değişiminin olduğu senaryolarda ve ya AKT/AÖ'nün su kalitesi parametrelerine etkilerinin araştırıldığı bir çok çalışmada (Fallis 2013, Elçi 2017, Romagnoli et al. 2017, Thodsen et al. 2017) genel olarak hayvancılık kaynaklı arazi kullanım değişikliği ve gübreleme faaliyetlerini test ederek durum değerlendirmesini yapmışlardır. Gelecek yıllarda araştırma sonuçlarına benzer olarak, Avrupa ülkelerinde iklim değişimi ile birlikte AKT/AÖ değişimine bağlı olarak tarım alanlarındaki farklı uygulamalar sonucu toplam azot miktarlarında artışların olacağı (Jeppesen et al. 2011) bildirilmektedir. Sonuç olarak arazi kullanma türündeki değişikliğin de önemli bir düzeyde toplam azotun değişimine neden olacağı düşünülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, hidrolojik model kullanılarak yarı kurak bir bölgede, iklim ve/veya arazi kullanım türleri ve arazi örtüsünde oluşacak değişimin kısa, orta ve uzak dönemde havzanın akış ve bazı su kalitesi parametreleri üzerine etkilerini daha ekonomik, hızlı ve güncellenebilir formda tahmin edilebilmesi araştırılmıştır.

Terme havzası yüzeysel suları genel iyi kalite özellik göstermiştir. Ancak bazı alt havzalarda tarımsal gübre kullanımından kaynaklı amonyum, nitrat, toplam azot, sülfat, sodyum, potasyum gibi kirletici yüklerin mevsimlerle birlikte değişim gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşılık, arazi kullanım türlerinin homojen dağılım gösterdiği havzalarda aynı kirletici yüklerin daha az olduğu saptanmıştır.

Son dönemde havzaların akış miktarlarının ve bazı su kalitesi parametrelerinin araştırılmasında hidrolojik modeller sıkça kullanılmaktadır. Hidrolojik modeller, ekonomik, hızlı ve güncellenebilir özellikte olması, değişen ekohidrolojik şartlara göre farklı dönemlere ait çıktı üretilmesinde büyük olanaklar sunmaktadır. Ancak, hidrolojik modellerin Türkiye için daha etkin kullanımın sağlanabilmesi için temel kurallar; uygun veri alt yapısı ve lokal özelliklere uygun modelin yerel şartlara uyumlaştırılması gerekmektedir.

Türkiye için hidrolojik modellerin kullanımında en büyük sorun veri alt yapısıdır. Farklı kurum ve kuruluşların sahip olduğu verilere ulaşılabilirliğin zorluğu, veri setlerinin birbirleri ile uyum sorununun olması ve özellikle uzun dönemli ve sürekli verilerin olmaması bu sorunun başlıca nedenlerini oluşturmaktadır. Bu nedenle Su yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yapım aşamasında olan Ulusal Su Bilgi Sisteminin en kısa sürede tamamlanması gerekmektedir. Ayrıca üretilen verilerin birbiri ile uyumlu olabilmesi için kamu, özel sektör veya üniversitelerin ortak ve uluslararası kriterlere uygun ölçüm, analiz ve değerlendirme metodolojisini kullanması sağlanmalıdır.

Meteorolojik verilerin sürekliliği ve uyumluluğu hidrolojik modelin oluşturulmasında öne çıkan diğer önemli bir sınırlayıcı faktördür. Hidrolojik modellerin ülkemizde daha verimli çalıştırılabilmesi için gelecekte kurulması planlanan meteoroloji istasyonlarının havza bazlı homojen bir şekilde dağılmasının sağlanması gerekmektedir.

Hidrolojik model kullanımında havza karakteristikleri büyük öneme sahiptir. Ülkemiz için heterojen yapıya sahip büyük havzalarda model performansı düşmektedir. Bunun için hidrolojik modeller küçük ve homojen alt havzalarda çalıştırılarak, büyük havzaların tahmin edilmesi gerekmektedir. Böylece kullanılacak olan hidrolojik model yerel koşullarla uyumlu olacak ve daha başarılı tahminler elde edilecektir.

Yarı kurak alanda yapılan hidrolojik model çalışması için en temel verinin toprak haritası olduğu görülmüştür. Bunun için havza bazlı, uygun ölçekte Türkiye Toprak Haritasının oluşturulması büyük öneme sahiptir. Bu nedenle benzer modelleme çalışmalarının yapılacağı havzalarda ilgili toprak özelliklerinin kolaylıkla elde edilebileceği toprak haritaları oluşturulmalıdır.

Hidrolojik model kullanılarak, muhtemel iklim değişikliğinin yarı kurak havzalarda yüzeysel su kalitesi ve akış üzerine orta ve uzak dönemde etki edeceği belirlenmiştir. Dolayısıyla yerel yöneticiler ve arazi kullanımına yönelik politika geliştiriciler tüm bu faktörleri ve olası sonuçları göz önünde bulundurmalıdır. Tarım faaliyetlerinin yoğun olduğu alt havzalarda su yönetim planları yapılarak derelerden kontrolsüz su çekilmesi denetim altına alınmalı ve su kalitesinin düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir.

Arazi kullanım türü değişikliği yarı kurak alanlarda dereye ki akış miktarı ve su kalitesi üzerinde etkilidir. Orman alanlarındaki azalış sudaki toplam azot konsantrasyonunu arttırmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için havzada yer alan orman alanlarının korunması gerekmektedir. Mera alanlarında rotasyon yönetimi ile yararlanılarak orman alanlarının baskı görmesinin önüne geçilmelidir. Tarım faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlarda da azot içerikli gübrelerin kullanımını denetim altına alınmalıdır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, havza bazlı hidrolojik modelleme yapacak araştırmacılara, uygulamacılara ve diğer ilgililere model başarı ölçütleri ve kısıtları bakımından katkı sağlayacaktır. Böylece gelecekte bu konu ile ilgili yapılacak çalışmalara ışık tutacağı düşünölmektedir.



KAYNAKLAR

- Abbaspour, K. C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., Srinivasan, R., Yang, H., and Kløve, B. 2015. A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model. *Journal of Hydrology*, 524; 733–752. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.027>
- Abbaspour, K. C., Yang, J., Maximov, I., Siber, R., Bogner, K., Mieleitner, J., Srinivasan, R. 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. *Journal of Hydrology*, 333(2–4); 413–430. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.09.014>
- Akiner, M. E., and Akkoyunlu, A. 2012. Modeling and forecasting river flow rate from the Melen Watershed, Turkey. *Journal of Hydrology*, 456–457; 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.06.031>
- Alansi, a. W., Amin, M. S. M., Abdul Halim, G., Shafri, H. Z. M., and Aimrun, W. 2009. Validation of SWAT model for stream flow simulation and forecasting in Upper Bernam humid tropical river basin, Malaysia. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 6; 7581–7609. <https://doi.org/10.5194/hessd-6-7581-2009>
- Alpaslan, A., and Harmancıoğlu, N. 2001. Türkiye’de ve Dünyada Su Politikaları. In *III. Ulusal Hidroloji Kongresi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Alpaslan, K., Karakaya, G., Küçükyılmaz, M., and Koçer, M. A. T. 2015. Kalecik ve Cip Baraj Göllerinin (Elazığ) Kıyı Bölgesinde Su Kalitesinin Mevsimsel Değişimi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2015(1); 3–10.
- Anonim. 1974. Kızılırmak Havzası Toprakları. *Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Yayınları, Topraksu Genel Müdürlüğü, V. Daire Başkanlığı Toprak Etütleri Fen Heyeti Müdürlüğü*, 31.
- Anonim. 2017. Çankırı-Ankara (Çankırı, Çerkeş, Esenboğa) Meteoroloji Bülteni. *T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları*.
- Arnold, B. J. G., and Williams, J. R. 1987. Validation of SWRRB-Simulator for Water Resources in Rural Basin. *J. Water Resour. Plann. Manage*, 113(2); 243–256.
- Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., ... Jha, M. K. 2012. Swat: Model Use, Calibration, and Validation. *Asabe*, 55(4); 1491–1508. <https://doi.org/ISSN 2151-0032>
- Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., and Williams, J. R. 1998. Large area hydrologic modeling and assesment Part I: Model development. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 34(1); 73–89. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x>
- Arnold, J. G., Williams, J. R., and Maidment, D. R. 1995. Continuous-Time Water and Sediment-Routing Model for Large Basins. *Journal of Hydraulic Engineering*, 121(2); 171–183. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1995\)121:2\(171\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1995)121:2(171))
- Arnold, J. R., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B., and Neitsch, S. L. 2012. *Soil and Water Assessment Tool Input/Output Documentation, Version 2012, User Guide*. Texas Water Resources Institute. Retrieved from http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-35973-1_1231
- Azgın, Ş. T. 2015. *Palas Ovası ’nda Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesi Ve Yayılı Kirlenici Yüklerin Swat İle Modellenmesi*. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bouraoui, F., Benabdallah, S., Jrad, A., and Bidoglio, G. 2005. Application of the SWAT

- model on the Medjerda river basin (Tunisia). *Physics and Chemistry of the Earth*, 30(8–10); 497–507. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2005.07.004>
- Bucak, T. 2017. The impacts of climate change and land subsidence on inundation potential. *Disaster Advances*.
- Bucak, T., Trolle, D., Andersen, H. E., Thodsen, H., Erdoğan, Ş., Levi, E. E., ... Bucak, T. 2017. Future water availability in the largest freshwater Mediterranean lake is at great risk as evidenced from simulations with the SWAT model. *Science of the Total Environment*, 581–582. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.149>
- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükkara, R., and Savaşer, S. 2010. Karanfilliçay Deresi Suyunun Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi ve Akuakültür Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21.
- Carvalho-Santos, C., Monteiro, A. T., Azevedo, J. C., Honrado, J. P., and Nunes, J. P. 2017. Climate Change Impacts on Water Resources and Reservoir Management: Uncertainty and Adaptation for a Mountain Catchment in Northeast Portugal. *Water Resources Management*, 31(11); 3355–3370. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1672-z>
- Chahinian, N., Tournoud, M.-G., Perrin, J.-L., and Picot, B. 2011. Flow and nutrient transport in intermittent rivers: a modelling case-study on the Vène River using SWAT 2005. *Hydrological Sciences Journal*, 56(2); 268–287. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.559328>
- Cho, J., Lowrance, R. R., Bosch, D. D., Strickland, T. C., Her, Y., and Vellidis, G. 2010. Effect of watershed subdivision and filter width on swat simulation of a coastal plain watershed. *Journal of the American Water Resources Association*, 46(3); 586–602. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00436.x>
- Clesceri, L., and Greenberg, A. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (20th Editi). Washington DC: American Public Health Association.
- Cuceloglu, G., Abbaspour, K. C., and Ozturk, I. 2017. Assessing the water-resources potential of Istanbul by using a soil and water assessment tool (SWAT) hydrological model. *Water (Switzerland)*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/w9100814>
- D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, and T. L. Veith. 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3); 885–900. <https://doi.org/10.13031/2013.23153>
- da Silva, M. G., de Aguiar Netto, A. de O., de Jesus Neves, R. J., do Vasco, A. N., Almeida, C., and Faccioli, G. G. 2015. Sensitivity Analysis and Calibration of Hydrological Modeling of the Watershed Northeast Brazil. *Journal of Environmental Protection*, 6(8); 837. <https://doi.org/10.4236/jep.2015.68076>
- Demirel, M. C., Venancio, A., and Kahya, E. 2009. Flow forecast by SWAT model and ANN in Pracana basin, Portugal. *Advances in Engineering Software*, 40(7); 467–473. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2008.08.002>
- Dong, W., Cui, B., Liu, Z., and Zhang, K. 2014. Relative effects of human activities and climate change on the river runoff in an arid basin in northwest China. *Hydrological Processes*, 28(18); 4854–4864. <https://doi.org/10.1002/hyp.9982>
- Duru, U., Arabi, M., and Wohl, E. E. 2017. Modeling stream flow and sediment yield using the SWAT model: a case study of Ankara River basin, Turkey. *Physical Geography*, 3646(August); 1–26. <https://doi.org/10.1080/02723646.2017.1342199>
- Duru, U., Wohl, E., and Ahmadi, M. 2017. Factors Controlling Sediment Load in The

- Central Anatolia Region of Turkey: Ankara River Basin. *Environmental Management*, 59(5); 826–841. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0818-8>
- El-Khoury, A., Seidou, O., Lapen, D. R. L., Que, Z., Mohammadian, M., Sunohara, M., and Bahram, D. 2015. Combined impacts of future climate and land use changes on discharge, nitrogen and phosphorus loads for a Canadian river basin. *Journal of Environmental Management*, 151; 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.012>
- El-Sadek, A., and Irvem, A. 2014. Evaluating the impact of land use uncertainty on the simulated streamflow and sediment yield of the Seyhan River basin using the SWAT model. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(4); 515–530. <https://doi.org/10.3906/tar-1309-89>
- Elçi, A. 2017. Evaluation of nutrient retention in vegetated filter strips using the SWAT model. *Water Science and Technology*, in press; 1–11. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.448>
- Engineering, H. 2001. 4.8 Generalized inverse Gaussian distribution, (1982); 2001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1999\)4](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1999)4)
- Ertürk, A., Ekdal, A., Gürel, M., Karakaya, N., Cüceloğlu, G., and Gönenç, E. 2017. Model-based assessment of groundwater vulnerability for the Dalyan Region of southwestern Mediterranean Turkey. *Regional Environmental Change*, 17(4); 1193–1203. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1106-8>
- Ertürk, A., Ekdal, A., Gürel, M., Karakaya, N., Guzel, C., and Gönenç, E. 2014. Evaluating the impact of climate change on groundwater resources in a small Mediterranean watershed. *Science of the Total Environment*, 499; 437–447. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.001>
- Fallis, A. . 2013. Modelling water quality using Soil and Water Assessment Tool (SWAT). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9); 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fan, M., and Shibata, H. 2015. Simulation of watershed hydrology and stream water quality under land use and climate change scenarios in Teshio River watershed, northern Japan. *Ecological Indicators*, 50; 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.11.003>
- Garg, K. K., Karlberg, L., Barron, J., Wani, S. P., and Rockstrom, J. 2012. Assessing impacts of agricultural water interventions in the Kothapally watershed, Southern India. *Hydrological Processes*, 26(3); 387–404. <https://doi.org/10.1002/hyp.8138>
- Gassman, P. P. W., Reyes, M. M. R., Green, C. C. H., and Arnold, J. J. G. 2007. The Soil and Water Assessment Tool: historical development, applications, and future research directions. *Transactions of the ASAE*, 50(4); 1211–1250. <https://doi.org/10.1.1.88.6554>
- Göl, C. 2002. *Çankırı-Eldivan yöresinde arazi kullanım türleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler*. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Göl, C., Buğday, E., Ediş, S., and Ercanlı, İ. 2015. Ormanlık Havzalarda Üretim Yollarında Sikişmanın Üst Toprak Hidro-Fiziksel Özelliklerine Etkileri. In *Üretim İşlerinde Hassas Ormanlık Sempozyumu* (pp. 208–225). Çankırı: Çankırı Karatekin Üniversitesi.
- Göl, C., and Öner, N. 2003. Çankırı-Eldivan-Korubağı Mevkii Doğal ve Yapay Orman Kuruluşlarının Bazı Toprak ve Silvikültürel Özellikleri Yönünden İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi-Kastamonu*, 3(1); 1–18.
- Göl, C., Sezgin, M., and Dölarslan, M. 2010. Changes of Soil Properties and Flora in

- Natural Forest and Afforestation Areas (Çank ı r ı -Eldivan Region). *Journal of Environmental Biology*, 31; 21–31.
- Göl, C., Ünver, İ., and Özhan, S. 2004. Çankırı-Eldivan Yöresinde Arazi Kullanma Türleri ile Yüzey Toprağı Nemi Arasındaki İlişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2); 17–29. <https://doi.org/10.1501/0000073>
- Gölpınar, M. S. 2017. *Yüzey Akışların Swat Modeli İle Belirlenmesi : Akarsu Sulama Birliği Sahası Örneği*. Çukurova Üniversitesi.
- Güngör, Ö., and Göncü, S. 2013. Application of the soil and water assessment tool model on the Lower Porsuk Stream Watershed. *Hydrological Processes*, 27(3); 453–466. <https://doi.org/10.1002/hyp.9228>
- Guo, W., Wang, C., Zeng, X., Ma, T., and Yang, H. 2015. Subgrid parameterization of the soil moisture storage capacity for a distributed rainfall-runoff model. *Water*, 7(6); 2691–2706. <https://doi.org/10.3390/w7062691>
- Heo, J., Yu, J., Giardino, J. R., and Cho, H. 2015. Water Resources Response to Climate and Land-Cover Changes in a, 26(4); 463–474. [https://doi.org/10.3319/TAO.2015.03.24.01\(Hy\)1](https://doi.org/10.3319/TAO.2015.03.24.01(Hy)1).
- Huang, J., Zhou, P., Zhou, Z., and Huang, Y. 2013. Assessing the influence of land use and land cover datasets with different points in time and levels of detail on watershed modeling in the north river watershed, china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(1); 144–157. <https://doi.org/10.3390/ijerph10010144>
- Izaurrealde, R. C., Williams, J. R., McGill, W. B., Rosenberg, N. J., and Jakas, M. C. Q. 2006. Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data. *Ecological Modelling*, 192(3–4); 362–384. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.07.010>
- Jeppesen, E., Kronvang, B., Olesen, J. E., Audet, J., Søndergaard, M., Hoffmann, C. C., ... Özkan, K. 2011. Climate change effects on nitrogen loading from cultivated catchments in Europe: Implications for nitrogen retention, ecological state of lakes and adaptation. *Hydrobiologia*, 663(1); 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0547-6>
- Johnson, T., Butcher, J., Deb, D., Faizullahoy, M., Hummel, P., Kittle, J., ... Witt, J. 2015. Modeling Streamflow and Water Quality Sensitivity to Climate Change and Urban Development in 20 U.S. Watersheds. *Journal of the American Water Resources Association*, 51(5); 1321–1341. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12308>
- Kaffas, K., Hrisanthou, V., and Sevastas, S. 2018. Modeling hydromorphological processes in a mountainous basin using a composite mathematical model and ArcSWAT. *Catena*, 162(October 2017); 108–129. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.11.017>
- Kalcic, M. M., Chaubey, I., and Frankenberger, J. 2015. Defining Soil and Water Assessment Tool (SWAT) hydrologic response units (HRUs) by field boundaries. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(3); 1–12. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20150803.951>
- Kang, K., and Lee, J. H. 2014. Hydrologic modelling of the effect of snowmelt and temperature on a mountainous watershed. *Journal of Earth System Science*, 123(4); 705–713. <https://doi.org/10.1007/s12040-014-0423-2>
- Karaş, E. 2005. Küçükermalı ve Güvenç Havzalarının Su ve Sediment Verimlerine Göre Sürdürülebilir Yönetimi. *Tarimsal Yapılar Ve SulamaAnabilim Dali*.

- Karlsson, I. B., Sonnenborg, T. O., Refsgaard, J. C., Trolle, D., Børgesen, C. D., Olesen, J. E., ... Jensen, K. H. 2016. Combined effects of climate models, hydrological model structures and land use scenarios on hydrological impacts of climate change. *Journal of Hydrology*, 535; 301–317. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.069>
- Keshtkar, A. R., Mahdavi, M., Salajegheh, A., Ahmadi, H., Sadoddin, A., and Ghermezcheshmeh, B. 2011. Exploring the relationship between land use and surface water quality using multivariate statistics in arid and semi-arid regions. *Desert*, 16; 33–38.
- Khoi, D. N., and Suetsugi, T. 2014. Impact of climate and land-use changes on hydrological processes and sediment yield—a case study of the Be River catchment, Vietnam. *Hydrological Sciences Journal*, 59(5); 1095–1108. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.819433>
- Kıbaroğlu, A. 2007. Küresel Havza Yönetimleri Yaklaşımları: Türkiye Su Kaynakları Yönetimine Yaklaşımları. In *V. Hidroloji Kongresi*. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Knisel, W. G. 1980. CREAMS: A Field-Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems. *US Department of Agriculture, Conservati*; 640.
- Korkmaz, N., Gündüz, M., and Aşık, Ş. 2016. Gediz Nehrinin güneyindeki tarım alanlarının taban suyu seviyesi ve kalitesinin zamansal değişimi. *Derim*, 33(2); 261–276. <https://doi.org/10.16882/derim.2016.267911>
- Kundu, S., Khare, D., and Mondal, A. 2017a. Individual and combined impacts of future climate and land use changes on the water balance. *Ecological Engineering*, 105; 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.04.061>
- Kundu, S., Khare, D., and Mondal, A. 2017b. Past, present and future land use changes and their impact on water balance. *Journal of Environmental Management*, 197; 582–596. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.018>
- Li, Y., Chang, J., Wang, Y., Jin, W., and Guo, A. 2016. Spatiotemporal impacts of climate, land cover change and direct human activities on runoff variations in the Wei River Basin, China. *Water (Switzerland)*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/w8060220>
- Liu, J., Zhang, C., Kou, L., and Zhou, Q. 2017. Effects of Climate and Land Use Changes on Water Resources in the Taoer River. *Journal of Environmental Management*, 2017(1); 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.08.008>
- Maraşlıoğlu, F., and Öbekcan, H. 2017. Assessing the water quality and eutrophication of the Tersakan stream (Samsun-Amasya, Turkey) using water quality index (WQI) method. In *International Conference on Civil and Environmental Engineering* (pp. 3052–3065).
- Me, W., Abell, J. M., and Hamilton, D. P. 2015. Effects of hydrologic conditions on SWAT model performance and parameter sensitivity for a small, mixed land use catchment in New Zealand. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(10); 4127–4147. <https://doi.org/10.5194/hess-19-4127-2015>
- Mendoza, P. A., Clark, M. P., Mizukami, N., Newman, A. J., Barlage, M., Gutmann, E. D., ... Arnold, J. R. 2014. Effects of Hydrologic Model Choice and Calibration on the Portrayal of Climate Change Impacts. *Journal of Hydrometeorology*, 16(2); 762–780. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0104.1>
- Meng, F., Liu, T., Huang, Y., Luo, M., Bao, A., and Hou, D. 2016. Quantitative detection and attribution of runoff variations in the Aksu River Basin. *Water (Switzerland)*,

- 8(8). <https://doi.org/10.3390/w8080338>
- Molina-Navarro, E., Andersen, H. E., Nielsen, A., Thodsen, H., and Trolle, D. 2017. The impact of the objective function in multi-site and multi-variable calibration of the SWAT model. *Environmental Modelling and Software*, 93; 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.03.018>
- Mukundan, R., Radcliffe, D. E., and Risse, L. M. 2010. Spatial resolution of soil data and channel erosion effects on SWAT model predictions of flow and sediment. *Journal of Soil and Water Conservation*, 65(2); 92–104. <https://doi.org/10.2489/jswc.65.2.92>
- Musau, J., Sang, J., Gathenya, J., and Luedeling, E. 2015. Hydrological responses to climate change in Mt. Elgon watersheds. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3; 233–246. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2014.12.001>
- Mutlu, E., and Uncumusaoğlu, A. A. 2016. Physicochemical Analysis of Water Quality of Brook Kuruçay. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(11); 991–998. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i11.991-998.946>
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R., and King, K. W. 2002. *Soil and Water Assessment Tool, User Manual, Version 2000 (VERSION 20)*. Texas: Grassland, Soil and Water Research Laboratory.
- Niraula, R., Norman, L. M., Meixner, T., and Callegary, J. B. 2012. Multi-gauge Calibration for modeling the Semi-Arid Santa Cruz watershed in Arizona-Mexico border area using SWAT. *Air, Soil and Water Research*, 5(April 2012); 41–57. <https://doi.org/10.4137/ASWR.S9410>
- Omer, A., Wang, W., Basheer, A. K., and Yong, B. 2016. Integrated assessment of the impacts of climate variability and anthropogenic activities on river runoff: a case study in the Hutuo River Basin, China. *Hydrology Research*, 1–15. <https://doi.org/10.2166/nh.2016.229>
- Özcan, Z., Başkan, O., Düzgün, H. Ş., Kentel, E., and Alp, E. 2017. A pollution fate and transport model application in a semi-arid region: Is some number better than no number? *Science of the Total Environment*, 595; 425–440. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.240>
- Özcan, Z., Kentel, E., and Alp, E. 2016. Determination of unit nutrient loads for different land uses in wet periods through modelling and optimization for a semi-arid region. *Journal of Hydrology*, 540; 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.05.074>
- Özcan, Z., Kentel, E., and Alp, E. 2017. Evaluation of the best management practices in a semi-arid region with high agricultural activity. *Agricultural Water Management*, 194; 160–171. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.007>
- Ozdemir, A., Leloglu, U. M., and Abbaspour, K. C. 2017. Hierarchical approach to hydrological model calibration. *Environmental Earth Sciences*, 76(8); 1–10. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6560-6>
- Özen, A. 2017. Could thousands of new reservoirs mean trouble or solution for climate change? In *4. International Water Congress, Water Management in Smart Cities*. İzmir.
- Perrin, J., Ferrant, S., Massuel, S., Dewandel, B., Maréchal, J. C., Aulong, S., and Ahmed, S. 2012. Assessing water availability in a semi-arid watershed of southern India using a semi-distributed model. *Journal of Hydrology*, 460–461; 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.07.002>
- Pervez, M. S., and Henebry, G. M. 2015. Assessing the impacts of climate and land use and land cover change on the freshwater availability in the Brahmaputra River basin.

- Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3; 285–311.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2014.09.003>
- R. A. Leonard, R. A., W. G. Knisel, W. G., and D. A. Still, D. A. 1987. GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems. *Transactions of the ASAE*, 30(5); 1403–1418. <https://doi.org/10.13031/2013.30578>
- Rathjens, H., and Oppelt, N. 2012. SWAT model calibration of a grid-based setup. *Advances in Geosciences*, 32; 55–61. <https://doi.org/10.5194/adgeo-32-55-2012>
- Romagnoli, M., Portapila, M., Rigalli, A., Maydana, G., Burgués, M., and García, C. M. 2017. Assessment of the SWAT model to simulate a watershed with limited available data in the Pampas region, Argentina. *Science of the Total Environment*, 596–597; 437–450. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.041>
- Sajikumar, N., and Remya, R. S. 2015. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. *Journal of Environmental Management*, 161; 460–468. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.12.041>
- Saleh, D. K., Kratzer, C. R., Green, C. H., and Evans, D. G. 2009. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to Simulate Runoff in Mustang Creek Basin, California., 28.
- Şengüler, İ. 2007. Orta-Şabanözü (Çankırı) Yöresinin Jeolojisi ve Kömür Potansiyeli. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31(1); 15–24.
- Serpa, D., Nunes, J. P., Santos, J., Sampaio, E., Jacinto, R., Veiga, S., ... Abrantes, N. 2015. Impacts of climate and land use changes on the hydrological and erosion processes of two contrasting Mediterranean catchments. *Science of The Total Environment*, 538(Supplement C); 64–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.033>
- Sharifi, A., Yen, H., Boomer, K. M. B., Kalin, L., Li, X., and Weller, D. E. 2017. Using multiple watershed models to assess the water quality impacts of alternate land development scenarios for a small community. *Catena*, 150; 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.009>
- Shrestha, M. K., Recknagel, F., Frizenschaf, J., and Meyer, W. 2016. Assessing SWAT models based on single and multi-site calibration for the simulation of flow and nutrient loads in the semi-arid Onkaparinga catchment in South Australia. *Agricultural Water Management*, 175; 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.009>
- Shrestha, M. K., Recknagel, F., Frizenschaf, J., and Meyer, W. 2017. Future climate and land uses effects on flow and nutrient loads of a Mediterranean catchment in South Australia. *Science of the Total Environment*, 590–591; 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.197>
- Shrestha, S., and Htut, A. Y. 2016. Land Use and Climate Change Impacts on the Hydrology of the Bago River Basin , Myanmar. *Environmental Modeling & Assessment*, 819–833. <https://doi.org/10.1007/s10666-016-9511-9>
- Stehr, A., Debels, P., Romero, F., and Acayaga, H. 2008. Hydrological modelling with SWAT under conditions of limited data availability: evaluation of results from a Chilean case study. *Hydrological Sciences Journal*, 53(3); 588–601. <https://doi.org/10.1623/hysj.53.3.588>
- Teker, A. 1985. *Hidrometri – Teori – Tatbikat – Örnekler*. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müd. Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı.
- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., and Töre, Y. 2006. Hasan Çayı (Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*,

- 23(December); 149–154.
- Thodsen, H., Farkas, C., Chormanski, J., Trolle, D., Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., ... Andersen, H. 2017. Modelling Nutrient Load Changes from Fertilizer Application Scenarios in Six Catchments around the Baltic Sea. *Agriculture*, 7(5); 41. <https://doi.org/10.3390/agriculture7050041>
- Tokatlı, C., Köse, E., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., and Dayıoğlu, Ha. 2016. Emet Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(2); 9. <https://doi.org/10.17482/uujfe.39645>
- Tüfekçioğlu, M., Yavuz, M., Zaimes, G. N., Dinç, M., Koutalakis, P., and Tüfekçioğlu, A. 2017. Application of Soil Water Assessment Tool (SWAT) to suppress wildfire at Bayam Forest, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 38; 719–726.
- Vernier, F., Leccia-Phelpin, O., Lescot, J. M., Minette, S., Miralles, A., Barberis, D., ... Tonneau, J. P. 2017. Integrated modeling of agricultural scenarios (IMAS) to support pesticide action plans: the case of the Coulouge drinking water catchment area (SW France). *Environmental Science and Pollution Research*, 24(8); 6923–6950. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7657-2>
- Wang, X. 2014. Advances in separating effects of climate variability and human activity on stream discharge: An overview. *Advances in Water Resources*, 71; 209–218. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.06.007>
- Watson, B. M., Selvalingam, S., and Ghafouri, M. 2003. Evaluation of SWAT for modelling the water balance of the Woody Yaloak River catchment, Victoria. In *International Congress on Modelling and Simulation* (pp. 1–6).
- Williams, J. R. 1990. The Erosion-Productivity Impact Calculator (EPIC) Model: A Case History. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 329(1255); 421–428. <https://doi.org/10.1098/rstb.1990.0184>
- X. Wang, A. M. Melesse, and W. Yang. 2006. Influences of Potential Evapotranspiration Estimation Methods on SWAT's Hydrologic Simulation in a Northwestern Minnesota Watershed. *Transactions of the ASABE*, 49(6); 1755–1771. <https://doi.org/10.13031/2013.22297>
- Xu, J., Xu, Y., and Luo, X. 2011. Effects of the spatial and temporal variability of land use and precipitation on stream quality of Xitiaoxi watershed in Eastern China. *IAHS-AISH Publication*, 350(November 2010); 154–163. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861156370&partnerID=40&md5=bf1bfe229984044d0a5ce2671aaea2e0>
- Yin, J., He, F., Jiu Xiong, Y., and Yu Qiu, G. 2017. Effects of land use/land cover and climate changes on surface runoff in a semi-humid and semi-arid transition zone in northwest China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(1); 183–196. <https://doi.org/10.5194/hess-21-183-2017>
- Yuan, E., Nie, W., and Sanders, E. 2015. Problems and Prospects of SWAT Model Application on an Arid/Semi-arid Watershed in Arizona. In *Conference*.
- Yuan, Y., and Chiang, L. C. 2015. Sensitivity analysis of SWAT nitrogen simulations with and without in-stream processes. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(7); 969–987. <https://doi.org/10.1080/03650340.2014.965694>
- Zeiger, S. J., and Hubbart, J. A. 2016. A SWAT model validation of nested-scale contemporaneous stream flow, suspended sediment and nutrients from a multiple-land-use watershed of the central USA. *Science of the Total Environment*, 572; 232–243. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.178>
- Zeynep Özcan. 2016. *EVALUATION OF THE BEST MANAGEMENT PRACTICES TO*

CONTROL. Middle East Technical University.

Zhang, L., Karthikeyan, R., Bai, Z., and Srinivasan, R. 2017. Analysis of streamflow responses to climate variability and land use change in the Loess Plateau region of China. *Catena*, 154; 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.02.012>

Zhang, L., Nan, Z., Xu, Y., and Li, S. 2016. Hydrological impacts of land use change and climate variability in the headwater region of the Heihe River Basin, northwest China. *PLoS ONE*, 11(6); 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158394>



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Semih EDİŞ
Doğum Yeri : Kırklareli
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
Tel : 0532 745 7696
E-posta : semihedis@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kırklareli Anadolu Lisesi
Lisans : Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Yüksek Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi
Doktora : Çankırı Karatekin Üniversitesi

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

1. Orm. Mühendisi/ Alternatif Ormancılık Proje Etüt Müşavirlik Ltd. Şti./2007-2008
2. Araştırma. Görevlisi/ÇAKÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü/ 2009-

Yayımlar

SCI, SCI-Expanded, SSCI, AHCI gibi İndekslerce Taranan Dergilerdeki Makaleler

1. Eşen, D., Yıldız, O., Esen, U., Ediş, S., Çetintaş, C., 2012. Effects of cultural treatments, seedling type and morphological characteristics on survival and growth of wild cherry seedlings in Turkey. iForest – Biogeosciences and Forestry, doi: 10.3832/efor0639-005.
2. Yılmaz, H., Göl, C., Ediş, S., 2011. The Importance Of Watershed Characteristics In Integrated Watershed Management (A Case Of Gökdere Watershed, Turkey). Fresenius Environmental Bulletin, Vol 20/ No 12/ 2011 – pages 3126 - 3134 .
3. Özden, S. Nayır, İ. Göl, C., Ediş, S. Yılmaz, H. , 2011. Health Problems and Conditions of the Forestry Workers in Turkey. African Journal of Agricultural Research 6 (27), pp. 5884-5890, doi: 10.5897/AJAR11.505.
4. Dengiz, O. Göl, C. Sarioğlu, F. E. Ediş, S., 2010. Parametric approach to land evaluation for forest plantation: A methodological study using GIS model. Vol. 5(12), pp. 1482-1496. African Journal of Agricultural Research .

5. Göl, C. Çakır, M., Ediş, S., Yılmaz, H., 2010. The effects of land use/land cover change and demographic processes (1950-2008) on soil properties in the Gökçay catchment, Turkey, . African Journal of Agricultural Research Vol. 4(13), 1670-1677.

SCI, SCI-Expanded, SSCI, AHCI dışındaki İndekslerce Taranan Dergilerdeki Makaleler

1. Özen, A. Ediş, S. Göl, C., 2014. Modelling of Minimum Water Levels of Lake İznik by Using Time Series Models. J. BIOL. ENVIRON. SCI 8(24), 125-132.

Ulusal Hakemli Dergilerdeki Makaleler

1. Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S., Doğan, A., 2014. İnebolu Havzası'nın Icona Modeli İle Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi, 29(2):136-142. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi.
2. Eşen, D., Yıldız, O., Ediş, S., Esen, U., Çetintaş, C., 2012. Düzce'de Glyphosate Yaprak Herbisitinin Genç Yabani Kiraz (*Prunus avium* L.) Fidanlarına Etkisi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, ISSN:1309-4521, Cilt:8, Sayı:1.
3. Pekin Timur, U., Ediş, S., Timur, Ö.B., Göl, C., 2012. Kentsel Alanlar ve Yerleşkelerde Su Hasadı Teknikleri; Planlama ve Tasarım. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (1): 170-174, 2012.
4. Eşen, D., Ediş, S., Esen, U., Çetintaş, C., Yıldız, O., 2012. Early Effects of a Control-Release Fertilizer on The Survival and Growth of Wild Cherry (*Prunus Avium* L.) Seedlings in Düzce. Journal of The Bartın Faculty of Forestry Cilt: 14, Özel Sayı, 77-83 ISSN: 1302-0943 EISSN: 1308-5875.
5. Göl, C., Ediş, S., 2010. Ilgaz Dağı Güney Yamacındaki Farklı Orman Kuruluşlarındaki Toprak Özelliklerinin Değişimi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, 40-54.

Uluslararası Kongre/Sempozyum Bildirileri

1. Ediş, S., Ulaş, E., 2017. Determination of Watershed Land Use Type with Bayesian Network in Semi Arid Region. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies. ICAFOF 2017 Cappadocia / Turkey.
2. Ediş, S., Ulaş, E., 2017. Trend Analyses of Standardized Precipitation Index in Konya Endorheic Basin, Turkey. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies. ICAFOF 2017 Cappadocia / Turkey.
3. Göl, C., Ediş, S., 2017. Land use effects on soil physical properties in semiarid region of Turkey. International Symposium on New Horizons in Forestry.
4. Ediş, S., Ulaş, E., 2017. Desertification assesment using the standardized precipitation index in Cankiri, Turkey. International Symposium on New Horizons in Forestry.

5. Ediş, S., Ulaş, E., 2017. Using machine learning methods in order to classify watershed land use type. International Symposium on New Horizons in Forestry.
6. Özen, A. , Ediş, S., 2017. Mapping of Spatial Distribution of Water Quality by Using Inverse Distance Weighted Interpolation Method in Tatlıçay and Acıçay Streams. 1. International Advanced Research And Engineering Congress 16-18 November 2017. Osmaniye, Turkey..
7. Göl, C., Buğday, E., Ediş, S., Ercanlı, İ., 2016. Ormanlık Havzalarda Üretim Yollarında Sıkışmanın Üst Toprak Özelliklerine Etkileri. 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016): Forest Harvesting and Roding in Environmentally Sensitive Areas, Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Bursa/TURKEY.
8. Özcan, A.U., Ediş, S., 2016. Effect of different land uses on soil erosion losses in semi-arid region: İdris Mountain-Ankara. International Forestry Symposium, IFS2016, Kastamonu / TURKEY.
9. Ediş, S., Göl, C., Serengil, Y., 2012. Predicting the Effects of Land Use Changes and Meteorological Data on Terme Stream Watershed Hydrology in Turkey. IUFRO CONFERENCE Forest-Water Interactions with Respect to Air Pollution and Climate Change, IUFRO 7.01.08 WP MEETING Hydroecology.
10. Göl, C. Ediş, S. Yılmaz, H. , 2011. Water Harvesting in Rural Micro-Watersheds . Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences, Third International Conference, Bulgarian National Multidisciplinary Scientific Network of the Professional Society for Research Work, Vol. 3, P: 10-15, Lozenec, Bulgaria 8-10 June 2011.
11. Göl, C., Yılmaz, H., Ediş, S. , 2010. Land use effects on some soil properties in a semi-arid ecosystem (Middle North Anatolia), . International Soil Science Congress on “Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality, Ondokuz Mayıs University and The Soil Science Society of Turkey, May 26 – 28, 2010, SAMSUN-TURKEY..
12. Göl, C., Yılmaz, H., Ediş, S., Dengiz, O., 2010. Effects of physiographic factors and some hydro-physical soil properties on river follow in Ovacikyayla river catchment. International Soil Science Congress on “Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality, Ondokuz Mayıs University and The Soil Science Society of Turkey, May 26 – 28, 2010, SAMSUN-TURKEY..
13. Ediş, S. Uygur, B. and Serengil, Y, 2010. Stream ecohydrological surveys to evaluate the impacts of watershed land use. COST Action FP 0601 FORMAN - 7th Science Workshop (Forests and abundance of water- focus on boreal forests and peatlands.).

Ulusal Kongre/Sempozyum Bildirileri

1. Ediş, S., Göl, C., Ozen, A., Emine Görgülü, Ebru Çerçi, 2015. Havzalardaki farklı arazi kullanım türü ve mevsimsel akış değişimlerinin su kalitesi üzerine etkileri . 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su kaynakları Kongresi, 1-4 Eylül 2015 Kahramanmaraş.
2. Göl, C., Günlü, A., Çoşkun, M., Ediş, S., 2015. Çorum-Osmancık-Emine Deresi Ve Yan Dereler Havzasında 1987-2014 Yılları Havza Islah Çalışmaları Sonrası Arazi Kullanım Türü/Arazi Örtüsünde Değişim. 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi.
3. Çerçi, E., Görgülü, E., Göl, C., Ediş, S., 2015. ÇÖKÜŐ “Kuraklık ve Medeniyet. 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi.
4. Ediş, S., Göl, C., Serengil, Y., 2015. Yarı Kurak Havzalarda Debideki Değişimin Su Kalitesi Özelliklerine Etkisi. 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi.
5. Ediş, S., Göl, C., Özen, A., Görgülü, E., Çerçi, E., 2015. Havzalarda mevcut yol yoğunluğunun su kalitesi üzerine etkileri. Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu, 5 Haziran 2015, Çankırı..
6. Göl, C., Buğday, E., Ediş, S., Ercanlı, İ., 2015. Orman İçi Üretim Yollarında Üst Toprak Sıkışmasının Havza Hidrolojisine Etkileri. Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu, 4-6 Haziran 2015, Ilgaz.
7. Göl, C., Buğday, E., Ediş, S. ve Ercanlı, İ., 2014. Orman İçi ve Üretim Yollarının Üst Toprak Sıkışması ve Havza Hidrolojisine Etkisi, I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu “Uygulamalar, Politikalar ve Yeni Yaklaşımlar, 10-12 Eylül Çankırı, 97-108
8. Ediş, S., Aytaş, İ., Göl, C., Özen, A., 2014. Çankırı İline Ait SPİ (Standart Yağış İndeksi)nin Zaman Serisi Analizi ile Tahmini. I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu, 10-12 Eylül 2014, Çankırı.
9. Ediş, S., Göl, C., Özen, A., 2014. Havza Yönetiminde Kullanılan Hidrolojik Modeller. I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu.
10. Özen, A., Ediş, S., Göl, C., 2014. İznik Gölü Minimum Su Seviyelerinin Zaman Serisi Yöntemleri ile Modellenmesi. VI. Ulusal Limnoloji Sempozyumu.
11. Ediş, S., Göl, C., Serengil, Y., Özen, A., 2014. Kurak/Yarı Kurak Havzalarda Regülatör Tesisinin Dere Akımına Etkileri. VI. Ulusal Limnoloji Sempozyumu.
12. Göl, C., Ozen, A. , Ediş, S., 2014. Meteorolojik ve Hidrolojik Afetlerde Havza Bazlı Yönetim Sistemleri. 1. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu (Uygulamalar, Politikalar ve Yeni Yaklaşımlar).
13. Ozen, A. , Göl, C., Ediş, S., Beklioğlu M., 2014. İklim Değişikliği ve Kuraklığın Tatlısu Ekosistemlerine Etkisi. I. Ulusal Havza Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sayfa 326-332, Kasım 2014, Ankara.
14. Ediş, S., Demirdöğen, R. E., Kıymaz, E., 2012. Yeşil Eğitimin Örgün ve Yaygın Eğitimdeki Yeri. 1.Ulusal Disiplinler arası çevre Kongresi.
15. Eşen, D., Yıldız, O., Kulaç, ř., Esen, U., Ediş, S., Çetintaş, C., 2011. Değerli Yapraklı Bir Tür Yabani Kirazın [*Cerasus avium* (L.) Moench] Ekolojisi ve Silvikültürü. EKOLOJİ 2011 SEMPOZYUMU.

16. Ediş, S., Göl, C., 2011. Türkiye Su Kaynakları Yönetiminde İki Yeni Kavram; Ekohidroloji ve Hidroekoloji. Ekoloji 2011 Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitabı, 44-45, Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, 5-7 Mayıs 2011, Düzce. (Poster Sunum).
17. Göl, C. Yılmaz, H. Ediş, S., 2010. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı Topraklarının Bazı Özellikleri Ve Sınıflandırması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20–22 Mayıs 2010, Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Artvin.
18. Ediş, S., Göl, C., Yılmaz, H., 2010. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye Su Mevzuatı Uyum Süreci. Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu, 17-18 Haziran, Çorum.
19. Göl, C., Ediş, S., Yılmaz, H., 2010. Bütünsel Havza Yönetimi Anlayışı Kapsamında Acıçay Havzasının İdari Ve Yasal Sorunları. Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu, 17-18 Haziran, Çorum.
20. Ediş, S. ve Toprak, B., 2008. “Düzce Orman İşletme Müdürlüğünde Oluşan Olağanüstü Hasılat Etasının Etkileri”. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi .
21. Toprak, B., Ediş, S., 2008. “Doğal ve Yapay Kızılçam Meşcerelerinde Artım ve Büyüme İlişkilerinin Karşılaştırılması”. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi.
22. Toprak, B., Ediş, S., 2008. “Çanakale (Ezine) Orman Fidanlığındaki Yetişme Ortamının İrdelenmesi (Poster Sunum)”. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi.

Projeler

Devam Eden Araştırma Projeleri

1. Özen, A., Ediş, S.. 2016-2018. Alpsarı Göleti'nin (Çankırı-Korgun) Limnolojik Özelliklerinin Belirlenmesi (OF090316B13) (Destekleyen Kuruluş: Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri) [Araştırma Projesi]
2. Özen, A., Ediş, S.. 2017-2018. Tarımsal Faaliyetlerin Gümerdiğin Göleti'nin (Çankırı-Şabanözü) Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi (OF200217B29) (Destekleyen Kuruluş: Çankırı Karatekin Üniversitesi BAP) [Araştırma Projesi]

Tamamlanmış Araştırma Projeleri

1. Göl, C., Ediş, S. . 2016-2017. Yarı Kurak Havzalarda Hidrolojik Modelleme ile İklim Parametrelerinin ve Arazi Kullanımındaki Değişimlerin Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Analizi (Terme Çayı Havzası Örneği) (Destekleyen Kuruluş: Çankırı Karatekin Üniversitesi,BAP) [Araştırma Projesi]
2. Göl, C. Ediş, S.. 2013-2014. Batı Karadeniz Sel Havzalarında Sel ve Kontrolüne Yönelik CBS Tabanlı Model Oluşturulması [Uygulama Projesi]

3. Göl, C., Ayaz, S., Ediş, S.. 2012-2013. Çankırı ilinde sosyo-ekonomik yapının ailerlerde su tüketimine etkisi (Lisanüstü Tez Projesi) (Destekleyen Kuruluş: ankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri) [Araştırma Projesi]
4. Göl, C., Serengil, Y., Ediş, S.. 2011-2012. Yarı Kurak Havzalarda Düşük Akışların Analizleri (Lisanüstü Tez Projesi) (Destekleyen Kuruluş: Çankırı Karatekin Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri) [Araştırma Projesi]
5. Esen, D., Yıldız.O, Edis, S. (Bursiyer), Esen, U.. 2008-2010. Ekolojik ve Ekonomik (Odun) Bakımdan Değerli Doğal Yapraklı Bir Türümüz Olan Yabani Kirazın (*Cerasus avium* L.) Yetiştirilmesi, COST E42 106 O 817, (Proje Araştırmacısı) (Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK-TOVAG) [Araştırma Projesi]

