T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AŞAĞI KIZILIRMAK HAVZASI AKIM VERİLERİNİN DENDROHİDROLOJİK RÖKONSTRÜKSİYONU

Sena GENÇ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Tuncay GÜNER

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 11.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Tuncay GÜNER(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Nesibe KÖSE
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Meral AVCI
İstanbul Üniversitesi
Edebiyat Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

"Aşağı Kızılırmak Havzası Akım Verilerinin Dendrohidrolojik Rökonstrüksiyonu" adlı çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma, İ.Ü.C. Orman Fakültesi Orman Botaniği Anabilim Dalı Dendrokronoloji ve Odun Anatomisi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Bu alanda çalışma fırsatı veren ve tez çalışması süresince hoşgörüsünü ve anlayışını hiç esirgemeyen ve bana her konuda yardımcı olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi H. Tuncay GÜNER'e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarımı her zaman destekleyen ve fikirleriyle beni aydınlatan değerli hocam Prof. Dr. Nesibe KÖSE'ye en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Sadece bu dönemde değil, bana her zaman destek olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Temmuz 2019 Sena GENÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **xi**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xiv**
SUMMARY ..... **xvi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. DENDROKRONOLOJİ 3
2.2. DENDROKLİMATOLOJİ 4
2.3. TÜRKİYE'DE DENDROKLİMATOLOJİ 4
2.4. DENDROHİDROLOJİ 9
2.5. DENDROHİDROLOJİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ 9
2.6. YILLIK HALKALARI VE YILLIK HALKA GENİŞLİKLERİNİ ETKİLEYEN YILDAN YILA DEĞİŞEBİLEN İKLİM FAKTÖRLERİ 12
2.6.1. Sıcaklığın Yıllık Halka Genişliği Üzerine Etkisi 13
2.6.2. Yağışın Yıllık Halka Genişliği Üzerine Etkisi 14
3. MALZEME VE YÖNTEM **16**
3.1. ARAŞTIRMA ALANININ TANIMI 16
3.1.1. Araştırma Alanının Coğrafi Özellikleri 16
3.1.2. Araştırma Alanının Bitki Örtüsü 21
3.1.3. Araştırma Alanının İklim Özellikleri 22
3.1.4. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri 25
3.2. ARAŞTIRMA MALZEMELERİ, ÖRNEK ALAN SEÇİMİ VE ÖRNEKLERİN ALINMASI 26
3.3. MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE EKSİK AKIM VERİLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ 29
3.4. YILLIK HALKA ANALİZ YÖNTEMLERİ 31
3.4.1. Dendrokronolojik Yöntemler 31

3.4.1.1. Yıllık Halka Genişliklerinin Ölçülmesi *31*
3.4.1.2. Eşleştirme (Crossdating) *31*
3.4.1.3. Standartlaştırma *31*
3.4.1.4. Otoregresif Modeller *32*
3.4.1.5. Grafiklerin Karşılaştırılması *32*
3.4.1.6. Yöre Kronolojilerinin Elde Edilmesi *32*
3.4.1.7. Duyarlılık Katsayıları *33*
3.4.1.8. İşaretin Gürültüye Oranı *33*
3.3.2. Dendroklimatolojik Yöntemler 33
3.4.2.1. Meteorolojik Veriler *33*
3.4.2.2. Basit Korelasyon Katsayıları *34*
3.4.3. Dendrohidrolojik Rökonstrüksiyonlar 34
3.4.3.1. Kalibrasyon (Ayarlama) *34*
3.4.3.2. Geriye Doğru Tahminlerin Yapılması (Rökonstrüksiyon) *35*
3.4.3.3. Kurak ve Yağışlı Yılların Belirlenmesi *35*
4. BULGULAR 36
4.1. DENDROKRONOLOJİK BULGULAR 36
4.1.1. Sinop Civarı Yöre Kronolojisi 36
4.1.1.1. HAC Yöre Kronolojisi *36*
4.1.1.2. BUZ Yöre Kronolojisi *37*
4.1.1.3. MEM Yöre Kronolojisi *38*
4.1.2. Çorum Civarı Yöre Kronolojisi 39
4.1.2.1. BED Yöre Kronolojisi *39*
4.2. DENDROKLİMATOLOJİK BULGULAR 43
4.2.1. HAC Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon 43
4.2.2. BUZ Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon 43
4.2.3. MEM Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon 44
4.2.4. BED Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon 48
4.2.5. IKI Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon 48
4.2.6. KAR Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon 49

4.2.7. SAH Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon 49
4.2.8. TIR Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon 50
4.3. DENDROHİDROLOJİK BULGULAR 56
4.3.1. Nisan-Temmuz Ortalama Yağış Rökonstrüksiyonu 56
4.3.2. Gökırmak-Kuyluş İstasyonu Akım Verilerinin Rökonstrüksiyonu 58
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 64
5.1. DENDROKRONOLOJİK SONUÇLAR 64
5.2. DENDROKLİMATOLOJİK SONUÇLAR 66
5.3. DENDROHİDROLOJİK SONUÇLAR 71
KAYNAKLAR 78
ÖZGEÇMİŞ 86

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Eşleştirme genel prensibi. (A) Buzlu moraller, eski ahşap binalar, su kemerleri gibi yerlerde yaşayan ağaçları veya odun aramak; (B) artım kalemlerinin alınması; (C) yıllık halkaların genişliklerinin ölçümü ve tarihlendirilmesi; ve (D) bir kronolojinin oluşturulması (URL-1). 4

Şekil 3.1: Kızılırmak Havzası'nın Türkiye'deki konumu. 17

Şekil 3.2: Yöre kronolojilerinin (HAC, BUZ, MEM ve BED) ve Kuyluş akım gözlem istasyonunun Kızılırmak Havzası'ndaki konumu. 17

Şekil 3.3: Tez kapsamındaki yöre kronolojilerinin (HAC, BUZ, MEM ve BED) ve Kuyluş akım gözlem istasyonunun Aşağı Kızılırmak Havzası'ndaki konumu. 18

Şekil 3.4: Tez kapsamındaki (HAC, BUZ, MEM ve BED ve tez kapsamı dışındaki (IKI, KAR, SAH ve TIR) yöre kronolojilerinin, Kuyluş akım gözlem istasyonunun ve iklim verisinde kullanılan gridin (mavi dikdörtgen) Aşağı Kızılırmak Havzası'ndaki konumu. 18

Şekil 3.5: Kızılırmak Havzası'ndaki barajların konumu. 19

Şekil 3.6: Kızılırmak Nehri'nin Gökırmak kolunda bulunan barajlar (Lacivert renkli çizgi Kızılırmak Nehri'ni, mavi renkli çizgi ise Gökırmak kolunu göstermektedir). 19

Şekil 3.7: Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Kızılırmak Havzası'nın iklimi (Google Earth Pro ve Köppen-Geiger iklim sınıflandırması (Ruber ve Kottek, 2010) ile oluşturulmuştur). 24

Şekil 3.8: Örnek alınan bazı yaşlı meşcerelere ait fotoğraflar. 28

Şekil 4.1: HAC yöre kronolojisi. 37

Şekil 4.2: BUZ yöre kronolojisi. 38

Şekil 4.3: MEM yöre kronolojisi. 39

Şekil 4.4: BED yöre kronolojisi. 40

Şekil 4.5: HAC, BUZ, MEM, BED, IKI, KAR, SAH ve TIR yöre kronolojileri ile oluşturulan bölgesel kronoloji. 42

Şekil 4.6: HAC yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir). 45

Şekil 4.7: HAC yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....45

Şekil 4.8: BUZ yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....46

Şekil 4.9: BUZ yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....46

Şekil 4.10: MEM yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....47

Şekil 4.11: MEM yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....47

Şekil 4.12: BED yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....51

Şekil 4.13: BED yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....51

Şekil 4.14: IKI yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....52

Şekil 4.15: IKI yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....52

Şekil 4.16: KAR yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....53

Şekil 4.17: KAR yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....53

Şekil 4.18: SAH yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan

sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....54

Şekil 4.19: SAH yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....54

Şekil 4.20: TIR yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....55

Şekil 4.21: TIR yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).....55

Şekil 4.22: Gerçek ve tahmini nisan-temmuz ortalama yağış değerleri (Model Y1).....57

Şekil 4.23: Gerçek ve tahmini nisan-temmuz ortalama yağış değerleri (Model Y2).....57

Şekil 4.24: Gerçek ve tahmini nisan-temmuz ortalama yağış değerleri (Model Y3).....57

Şekil 4.25: Nisan-temmuz dönemi ortalama yağış değerleri (Mavi yatay hareketli çizgi nisan-temmuz dönemi ortalama yağış değerlerini, siyah yatay çizgi ortalama yağış değerini, siyah yatay kesikli çizgiler ± 1 standart sapmayı, gri yatay kesikli çizgiler ± 2 standart sapmayı, siyah yatay hareketli çizgi 13 yıllık Low-Pass filtre değerlerini göstermektedir). 58

Şekil 4.26: Gerçek ve tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerleri (Model A1).....60

Şekil 4.27: Gerçek ve tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerleri (Model A2).....60

Şekil 4.28: Gerçek ve tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerleri (Model A3).....60

Şekil 4.29: Nisan-ağustos dönemi ortalama akım değerleri (Kırmızı yatay hareketli çizgi nisan-ağustos dönemi ortalama akım değerlerini, siyah yatay çizgi ortalama akım değerini, siyah yatay kesikli çizgiler ± 1 standart sapmayı, gri yatay kesikli çizgiler ± 2 standart sapmayı, siyah yatay hareketli çizgi 13 yıllık Low-Pass filtre değerlerini göstermektedir). 61

Şekil 5.1: BED, BUZ, HAC, MEM, KAR, IKI, SAH ve TIR yöre kronolojileri (Yukarıdan aşağı doğru).....66

Şekil 5.2: Yöre kronolojileri korelasyon katsayıları özeti. 69

Şekil 5.3: 1794-1998 dönemi (205 yıl) yağış ve akım rökonstrüksiyonu değerleri.....75

Şekil 5.4: Bölgesel yıllık halka kronolojisi ile gerçek akım ve yağış verilerine ait 1954-1998 yıllarını kapsayan sayısal değerler ile Gökırmak kolu üzerinde yapılan barajların inşaata başlama ve işletmeye alınma tarihleri ile birlikte gösterimi. 76

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Kızılırmak Havzası'nda bulunan barajlar (Koyu renkle belirtilen barajlar, Kuyluş akım gözlem istasyonunun bulunduğu Gökırmak kolu üzerindeki barajlardır) (URL-3). 20

Tablo 3.2: Aşağı Kızılırmak Havzası'ndaki Köppen-Geiger iklim tipleri (Peel, 2007; Öztürk, 2017'den uyarlanmıştır.) 25

Tablo 3.3: Tez kapsamındaki kronolojilere ait bilgiler. 27

Tablo 3.4: Rökonstrüksiyon için kullanılan tez kapsamı dışındaki kronolojilere ait bilgiler. 27

Tablo 3.5: 1954, 1957, 1961 ve 1962 yıllarının eksik akım verilerinin tahmini yapılan aylar ("X" işareti ile gösterilmiştir). 29

Tablo 3.6: Makine öğrenmesi için kullanılan algoritmaların hesaplanan hata değerleri. 30

Tablo 4.1: HAC kalemlerinde bulunan eksik halkalar. 36

Tablo 4.2: MEM kalemlerinde bulunan eksik halklalar. 38

Tablo 4.3: BED kalemlerinde bulunan eksik halklalar. 39

Tablo 4.4: Tez kapsamındaki Sinop ve Çorum'daki karaçamlar için oluşturulan residual yöre kronolojilerine ait residual istatistikler ("t" son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir). 41

Tablo 4.5: Tez için kullanılan tez kapsamı dışındaki residual yöre kronolojilerine ait residual istatistikler ("t" son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir). 41

Tablo 4.6: Tez kapsamındaki Sinop ve Çorum'daki karaçamlar için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri. 41

Tablo 4.7: Tez için kullanılan tez kapsamı dışındaki yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri. 42

Tablo 4.8: Kronolojilerin alt örnek sinyal gücü (SSS) (Wilgey ve diğ., 1984). 42

Tablo 4.9: Nisan-temmuz dönemi ortalama yağış rökonstrüksiyonu için oluşturulmuş olan Model Y1, Model Y2 ve Model Y3'ün istatistik sonuçları. 56

Tablo 4.10: Nisan-ağustos dönemi ortalama akım rökonstrüksiyonu için oluşturulmuş olan Model A1, Model A2 ve Model A3'ün istatistik sonuçları. 59

Tablo 4.11: Tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerlerinin ±1 ve ±2 standart sapmayı aştığı yıllar. 62

Tablo 4.12: Tahmini nisan-temmuz yağış değerleri ile tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerlerinin ±1 ve ±2 standart sapmayı aştığı yıllar (Kırmızı sembol yağış ve akım için ortak olan kurak/yağışlı yılları, mavi sembol sadece akım değerlerinde bulunan kurak/yağışlı yılları, yeşil sembol ise sadece yağış değerlerinde bulunan kurak/yağışlı yılları temsil etmektedir). 63

Tablo 5.1: Yöre kronolojileri arasındaki EUY değerleri % ("***" işareti 0,999 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir). 65

Tablo 5.2: Yöre kronolojileri arasındaki korelasyon katsayıları ("***" işareti 0,999 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir). 65

Tablo 5.3: Yöre kronolojileri için hesaplanan korelasyon katsayılarının özeti ("+" işaretli ve boyalı kutular pozitif, "-" işaretli ve boyalı kutular %95 güven düzeyinde anlamlı etkiye sahip ayları göstermektedir). 70

Tablo 5.4: 1794-1994 dönemindeki kurak ve yağışlı yıllar. 72

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

m : Metre
mm : Milimetre
m^3 : Metreküp
km : Kilometre
km^2 : Kilometrekare
s/sn : Saniye
MW : Watt

Kısaltmalar **Açıklama**

HAC : Sinop, Boyabat, Elekçamı, Hacıosman Yaylası Mevkii örnekleri yöre kodu
BED : Çorum, Kargı, Kızılırmak İşlet., Karıncalı dere üstü örnekleri yöre kodu
BUZ : Sinop, Durağan, Buzluk Mağarası civarı örnekleri yöre kodu
MEM : Sinop, Boyabat Merkez İşletmesi, Mehmetli Yaylası örnekleri yöre kodu
IKI : Çorum, Kargı, Aşağı gölün karşısı, ikitepeli mevkii örnekleri yöre kodu
KAR : Çorum, Kargı, Karakise kayalıklar örnekleri yöre kodu
SAH : Çorum, Kargı, Şahin Kayası örnekleri yöre kodu
TIR : Çorum, Kargı, 32 Çatalçam Tridinkıran tepe örnekleri yöre kodu
KNMI : Hollanda Kraliyet Meteoroloji Enstitüsü
D : Doğu
G : Güney
GB : Günay Batı
GD : Güney Doğu
KB : Kuzey Batı
KD : Kuzey Doğu
SSS : Subsample signal strength (Alt Örnek İşaret Gücü)
HES : Hidroelektrik Santrali
RE : Reduction of Error (Hata İndirgeme Değeri)
CE : Coefficient of Efficiency (Etki Katsayısı)

ÖZET

AŞAĞI KIZILIRMAK HAVZASI AKIM VERİLERİNİN DENDROHİDROLOJİK RÖKONSTRÜKSİYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena GENÇ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Tuncay GÜNER

Bu çalışmanın amacı, Aşağı Kızılırmak Havza'sı için Kızılırmak Nehri'nin Gökırmak Kolu'ndaki Kuyluş akım gözlem istasyonu akım verileri ile dendrohidrolojik rökonstrüksiyonu yapılmasıdır. Rökonstrüksiyon için Aşağı Kızılırmak Havza'sından tez kapsamı için 4 yöre kronolojisi, tez kapsamı dışındaki diğer çalışmalarda kullanılmış 4 yöre kronolojisi olmak üzere toplam 8 yöre kronolojisi kullanılmıştır. Her bir yöre için ölçümlerin doğruluk kontrolü COFECHA programında yapılmış, eksik ve yalancı halkalar giderilmiş, örnekler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla eğrilerin uyum yüzdesi (EUY) değerleri hesaplanmıştır. Dendrohidrolojik analizlerde, önce her bir yöre için korelasyon katsayıları hesaplanarak, yıllık halka genişliği ile akım değerleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Nisan-ağustos aylarındaki ortalama akım değerleri ile yıllık halka genişliği arasında yüksek ve pozitif yönde ilişkiler belirlendiği için, bu ayların rökonstrüksiyonu yapılmıştır. 1794-1998 yılları arası için yapılan rökonstrüksiyonda, 28 kurak (-) ve 33 yağışlı (+) yıl yaşandığı

belirlenmiştir. Sonuçlara göre, 1840, 1842, 1873, 1885 ve 1947 yıllarının havzada çok kurak geçtiği görülmüştür. 1829 ve 1837 yıllarının ise havza için çok yağışlı olduğu belirlenmiştir.

Temmuz 2019, 103 sayfa.

Anahtar kelimeler: Dendrokronoloji, Dendroklimatoloji, Dendrohidroloji, *Pinus nigra*

SUMMARY

DENDROHYDROLOGICAL RECONSTRUCTION OF THE LOWER KIZILIRMAK BASIN STREAMFLOW DATA

M.Sc. THESIS

Sena GENÇ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Hüseyin Tuncay GÜNER

The aim of this study is to perform dendrohydrologic reconstruction with streamflow data of the Kuyluş gauge in the Gökırmak tributary of Kızılırmak river for the lower Kızılırmak basin. Within the scope of this thesis, a total of 8 chronologies were used for the reconstruction, 4 new chronology created for the thesis scope and 4 chronology created in other studies outside the scope of the thesis. Accuracy control of the measurements for each region was performed in COFECHA programme, missing and false rings were eliminated, and the the percentage of compliance (EUY) values were calculated in order to determine the relationships between the samples. In dendrohydrological analyzes, correlation coefficients were calculated for each region and relations between annual ring width and current values were determined. Since high and positive relations were determined between the average streamflow in April-August and the annual ring width, the estimates of these months were

made. It’s observed 28 dry (-) and 33 wet (+) years between the years 1794 and 1998. According to the results, the driest years 1840, 1842, 1873, 1885 and 1947, and the wettest years 1829 and 1837.

July 2019, 103 pages.

Keywords: Dendrochronology, Dendroclimatology, Dendrohydrology, *Pinus nigra*

1. GİRİŞ

Dendrokronoloji, yıllık halkalar ile tarihlenebilen ve kaydedilen zaman içindeki olayları inceler. İklimsel ve hidrolojik değişkenliğin saptanması dendrokronolojinin alt dallarından olan dendroklimatoloji ve dendrohidrolojinin ilgi alanıdır. Dendroklimatoloji, yıllık halkalarının analizi sonucu geçmiş yıllardaki iklim olaylarını oluşturma bilimidir. Dendrohidroloji ise yıllık halka verilerinden geçmişteki hidrolojik olayların rökonstrüksiyonu ile ilgilidir.

İklim, uzun dönemli günlük hava olaylarının istatistiksel ifadesidir. İklim değişikliği ise dünyanın uzun vadede ortaya çıkan iklim özelliklerinde beklenmeyen değişiklikler anlamına gelir (Goyal, 2004). Bütün canlılar için vazgeçilmez bir kaynak olan su, yaşamsal önem taşıyan bir değerdir. Yeterli miktarda ve iyi kalitede suyun varlığı, tatlı su ekosistemlerinin olduğu kadar, gıda güvencesinin ve sürdürebilir kalkınmanın, dolayısıyla insanlığın geleceğinin de temel koşuludur. Halen, dünya nüfusunun neredeyse beşte biri su sıkıntısı çeken yerlerde yaşarken, bu oranın 2025 yılında üçte iki seviyesine çıkması beklenmektedir. 2050 yılında ise dünya nüfusunun %40'ından fazlasının su sıkıntı çeken havzalarda yaşaması öngörülmektedir (WWF, 2014). Bundan dolayı hayati öneme sahip olan su kaynakları planlaması ve yönetimi için klimatolojik ve hidrolojik kayıtlar gereklidir. Ağaçların yıllık halka genişliklerinde bir yıldan diğerine gösterdiği değişiklikler önemli bir kronolojik ve iklimsel bilgi kaynağıdır. Yıllık halka analizleri, mevcut akımları tahmin etmede kullanışlı bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır. Bu kayıtlar, iklimdeki yıllık değişkenlik, kuraklık gibi olayların meydana gelme zamanları, süreleri ve sıklıkları hakkında bilgi sağlayabilen zaman serileridir (Meko ve Woodhouse, 2011). Sonuç olarak ağaçlar, yıllık halkaları ile iklim değişikliği çalışmalarına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

Mevcut su politika çalışmalarının çoğu kısa vekil kayıtlara göre hazırlanmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar yıllık veya mevsimsel çözünürlüğe sahip olan çok yıllık hidrolojik değişikliklerin yıllık halka kronolojilerinden elde edilebildiği göstermektedir (Biondi, 2012). Önümüzdeki yıllarda bu kayıtlar su kaynaklarının planlanmasında su kaynaklarını yönetenlere bir altlık oluşturacağından, önemi gittikçe artacaktır. Özellikle su

zengini olmayan Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda su fakiri bir ülke kategorisine girme tehlikesi bulunması su planlamasını daha da önemli bir hale gelmektedir (WWF, 2014).

Dendrohidrolojik çalışmalarda; yıllık halka verileri, nehir akımı v.b. hidrolojik olayların rökonstrüksiyonu için başarıyla uygulanmıştır. (Woodhouse ve Meko, 2002; Yin, 2010). Bu Dendrohidroloji bilimi önümüzdeki yıllarda daha çok tanındıkça ve önem kazandıkça, su kaynaklarını yönetenler tarafından tarımsal planlamalar, baraj, köprü v.b. yapıların inşaatı ve su kaynaklarının kullanımı ile ilgili geleceğe yönelik su yönetim stratejilerini oluşturmak için katkı sağlayacaktır. Su kaynakları ile ilgili en kötü senaryoların da belirlenmesiyle gelecekte meydana gelebilecek değişiklikleri saptayabilmek için bu verilerin kullanım önemi artacaktır (Biondi, 2012).

Bu tez çalışmasının amacı, Aşağı Kızılırmak Havzası'nda bulunan gözlem istasyonlarına ait uzun ve devamlı akım verileri ile bu bölgeden alınmış kalemlerden oluşturulan iklime duyarlı yöre kronolojileri ile rökonstrüksiyon yaparak Aşağı Kızılırmak Havzası için geçmiş döneme ait kurak ve yağışlı yılları belirlemektir.

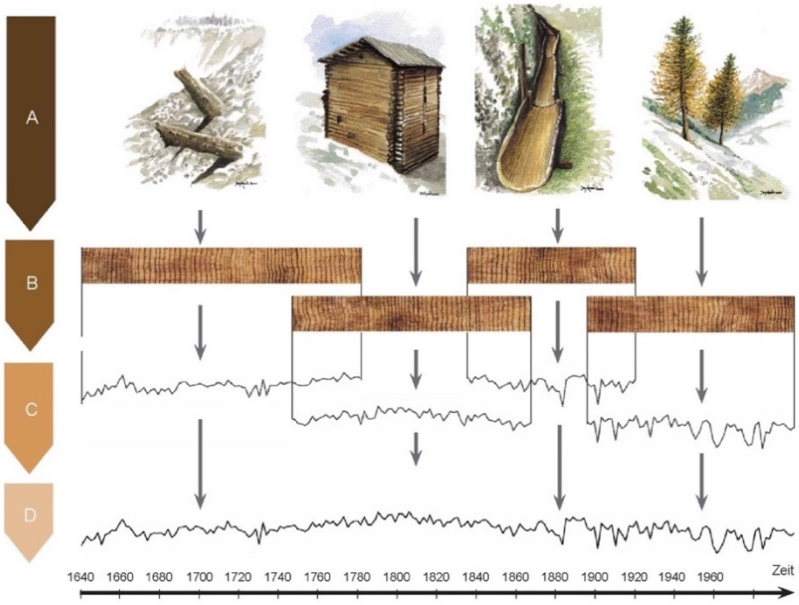
2. GENEL KISIMLAR

2.1. DENDROKRONOLOJİ

Dendrokronoloji, odunsu bitkilerde ağaç halkalarını (yıllık büyüme halkaları) kullanarak tarihlendirme bilimdir (Fritts, 1976). Eski Yunanca‟da, “Dendron” odun, “Chronos” tarih ve “Logos” bilim anlamına gelmektedir (Fritts, 1976). Dendrokronoloji, yıllık halkaya kaydedilen veya yıllık halkalar ile tarihlenebilen zaman içindeki olayları inceler. Geçmişteki sıcaklık, yağış, yangın, böcek salgınları, toprak kaymaları, kasırgalar ve buz fırtınaları v.b. doğal olayların uzun süreli kayıtlarının elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Ağaçların yıllık halkaları, bir mevsimden diğerine büyümesini etkileyen ve doğrudan veya dolaylı olarak sınırlayan çevresel faktörleri kaydeder. Bu durum yıllık halkalara vekil kayıt olarak kullanılabilirlik sağlamaktadır (Speer, 2012).

Dendrokronoloji çevre ve iklim çalışmalarına uygulanabilirliğinden dolayı çeşitli alt dallar geliştirilmiştir ve daha sonra “dendro” kelimesinin temeli tutularak ve çalışılmakta olan alanın tanımlanması için ikincil bir ön ek eklenerek adlandırılmıştır. Bu alt dallardan birkaçı aşağıda verilmiştir.

- Dendroklimatoloji, geçmiş ve günümüz iklimlerinde dendrokronolojik incelemeler yapan bilimdir. Mevcut ve gelecekteki iklim değişikliklerini daha iyi anlamak için iklim rökonstrüksiyonları önemlidir.
- Dendroekoloji, geçmiş biyotik toplulukların ekolojisi inceler (Alestalo, 1971).
- Dendrohidroloji, akım ve taşkın tarihini inceleyen alt dalıdır (Alestalo, 1971).
- Dendrojeomorfoloji, jeomorfolojik süreçlerin incelenmesi için dendrokronolojinin uygulanmasını ifade etmektedir (Alestalo, 1971).
- Dendroarkeoloji, yıllık halkaların genişliğini ölçmeye dayanan özellikle ahşap yapıların ahşap ve ahşap elemanlarının arkeolojik buluntularının, özellikle çatıların tarihlendirilmesinde aynı zamanda ahşap sanat objelerinin yaşını belirlemek için de kullanılmaktadır.



Şekil 2.1: Eşleştirme genel prensibi. (A) Buzlu moraller, eski ahşap binalar, su kemerleri gibi yerlerde yaşayan ağaçları veya odun aramak; (B) artım kalemlerinin alınması; (C) yıllık halkaların genişliklerinin ölçümü ve tarihlendirilmesi; ve (D) bir kronolojinin oluşturulması (URL-1).

2.2. DENDROKLİMATOLOJİ

Dendrokronolojinin bir alt alanı olan dendroklimatoloji bilimi, yıllık halkalar ile iklim arasındaki ilişkinin incelenmesi ve bu ilişkinin geçmiş iklim değişikliği modellerini ortaya çıkarmak için kullanılmasıdır (Touchan ve diğ, 2014). Dendroklimatoloji bilimi, meteorolojik ölçümlerin kaydedilmeye başlanıldığı zamandan önceki iklim değerlerinin tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır. Dendroklimatolojik rökonstrüksiyonlar ile ortalama iklimden uzun vadeli oluşan farklılıkların, çok kurak veya çok yağışlı yıl sıklıklarının, iklimde bir yıldan fazla süre meydana gelen değişkenliklerin ve iklimde uzun vadeli değişkenlik aralıklarının saptanması sağlanmaktadır (Sheppard, 2010). Dendroklimatoloji, iklim değişikliği araştırmalarında önemli bir rol oynamaktadır ve bu önem gittikçe artmaktadır.

2.3. TÜRKİYE'DE DENDROKLİMATOLOJİ

Dendrokronoloji ile ilgili çalışmalar dünyada artmıştır ve dendrokronoloji ile ilgili 12.000'den fazla yayının 3000'den fazlası dendrokronolojinin alt dalı olan, yıllık halkanın iklimle olan ilişkilerini inceleyen dendroklimatoloji alanındaki çalışmalardır (Sheppard, 2010). Türkiye'de de dendroklimatoloji ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar kronolojik olarak aşağıda sıralanmıştır.

Türkiye ile ilgili ilk dendroklimatolojik çalışma Gassner ve Christiansen-weniger (1937) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Anadolu karaçam ağaçları kullanılmıştır, kurak ve yağışlı yılları yıllık halka gelişimine göre belirlemişlerdir. Uzun süren bir aradan sonra, 1986 yılından itibaren çeşitli tez ve çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 2000 yılından sonra Türkiye'de kapsamlı olarak dendroklimatolojik çalışmalar başlamıştır. 2000 yılına kadar olan çalışmalarda iklim ve yıllık halka genişliği arasındaki ilişkilere bakılmıştır. 2000'li yıllardan sonraki çalışmalarda rökonstrüksiyonlar yapılarak Anadolu'nun kuraklık ve yağış tarihi kapsamlı bir şekilde ortaya konmaya başlanmıştır (Köse, 2007).

Akkemik (2000a) çalışmasında ağaç halkalarının iklim ilişkisini ortaya koymak için, İstanbul-Alemdağ'da 10 adet *Pinus pinea* L. ağacından 20 adet artım kalemi almıştır. Ağaç halkaları ile sıcaklık ve yağış arasındaki ilişkileri belirlemek için tepki fonksiyonunu kullanmıştır. Ortalama duyarlılığı 0.291 olarak bulmuş ve *Pinus pinea*'nın dendroklimatolojik olarak hassas bir tür olduğu sonucuna varmıştır.

Akkemik (2000b) çalışmasında *Abies cilicica* Carr. türünün ana kronolojisini oluşturmuş ve yıllık halkalar ile iklim arasındaki ilişkileri araştırmıştır.

D'Arrigo ve Cullen (2001), Sivas meteoroloji istasyonunun 350 yıllık (1628-1980 yılları arasında) şubat-ağustos ayları toplam yağışını tahmin etmiştir ve bu dönemde yaşanan kurak ve yağışlı yılları ortaya koymuştur.

Hughes ve diğ. (2001) Ege Havzasının 1880-1980 yılları arasındaki karakteristik yıllarını saptamışlardır. Önemli kurak ve yağışlı yılları tespit etmişlerdir.

Akkemik ve Demir (2003) araştırmasında, Belgrad ormanındaki 11 Doğu Kayını ağacından alınan 21 artım kalemi ile yıllık halka kronolojisi oluşturmuş ve yıllık halka gelişimi ile iklim kayıtlarından aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış arasındaki ilişkileri saptamışlardır. Bu yetişme ortamında sıcaklık ve yağışın ağaç gelişimi üzerindeki etkisini % 32 olarak tespit edilmiş ve bu sonuca dayanarak Belgrad ormanında ağaç gelişiminin iklim faktörleri tarafından, ekstrem yıllar dışında belirgin şekilde etkilenmediğini söylemişlerdir.

Akkemik (2003) yaptığı çalışmasında *Cedrus libani* A.Rich.'nin kuzey sınırında yer alan üç bölgeden toplam 41 artım kalemi almıştır. 3 alan kronolojisi oluşturmuştur ve tepki fonksiyonu kullanarak dik yamaçlardaki ağaçların iklim ile korelasyonunun daha yüksek

olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca traheidlerin radyal çaplarını ölçerek ve 1994'ten 2000'e kadar yedi yılı temsil eden traheid sayılarını saymıştır. Traheidlerin radyal çaplar neredeyse tüm alanlarda benzer olsa da, vadi taban bölgesindeki en yüksek ve dik yamaçlardaki ağaçların traheid sayılarının en düşük sayıda olduğunu saptamıştır.

Touchan ve diğ. (2003)'de Güneybatı Türkiye için 2 adet bahar (Mayıs-Haziran) yağış rökonstrüksiyonu geliştirilmiştir. İlk rökonstrüksiyon (1776-1998), *Cedrus libani*, *Juniperus excelsa*, *Pinus brutia* ve *Pinus nigra* ağaçlarına ait olan 9 kronoloji ile yapılmıştır. İkinci rökonstrüksiyon (1339-1998), 3 adet *J. excelsa* koronolojisi ile yapılmıştır. Her iki rökonstrüksiyonun kalibrasyon ve doğrulama istatistikleri, güneybatı Türkiye için ilkbahar yağışının doğru bir şekilde rökonstrüksiyon yapıldığını ve ilkbahar yağışlarında, yıldan yıla değişikliklerin çok yıllık olduğuna dair net kanıtlar göstermiştir.

Akkemik ve diğ. (2005) çalışmasında Türkiye'nin batı Karadeniz bölgesindeki 1635-2000 yılları mart-haziran yağış desenlerinin rökonstrüksiyonu için meşe ağaçlarının yıllık halka genişlikleri kullanılmıştır.

Akkemik ve Aras (2005) araştırmasında *Pinus nigra* örneklerine ait yıllık halkaları kullanarak 1689-1994 yılları nisan-ağustos ortalama yağış rökonstrüksiyonu yapmıştır. En az dokuz ağaçtan oluşan artık kronoloji kullanılarak doğrusal bir regresyon oluşturulmuştur (SSS> 0.85). Yapılan rökonstrüksiyon sonucu bölgedeki kurak yılların genel olarak 1 yıl (23 kez), nadiren 2 yıl (dört kez) ve çok nadiren 3 yıl (bir kez) tekrarlandığını saptamışlardır. Kurak ve yağışlı dönemlerin zaman içindeki dağılımının düzensiz olduğunu ve iki kurak dönem arasındaki sürenin 6 yıldan az olmadığını söylemişlerdir.

Touchan ve diğ. (2005a), Doğu Akdeniz bölgesindeki farklı türlerden kronolojilerin geliştirilmesine odaklanan ilk büyük ölçekli sistematik dendroklimatik örnekleme yapılmıştır. 115 ila 600 yıllları arasında değişen kronolojilerden altı rökonstrüksiyon geliştirilmiştir.

Köse ve diğ. (2005), Ankara ve Eskişehir civarındaki 4 yöreden alınan artım kalemlerine dayanarak rökonstrüksiyon yapılmıştır. Anadolu'nun iklim tarihini ortaya konulması için önemli sonuçlar ortaya konmuştur. 1757-2002 yıllarını kapsayan mayıs-ağustos yağış tahminlerine göre, üç yıl süreli kurak dönem 1 kez (1878-1879-1880) 2 yıl süreli kurak yıllar 1 kez (1886-87) ve tek yıl süreli kurak yılların ise 23 kez yaşandığını saptamışlardır.

Köse (2007) tarafından yapılan doktora tezinde, Karabük, Bolu, Kastamonu, Afyon, Denizli, Burdur, Ankara ve Eskişehir'den alınan örnekler ile toplam 17 adet (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) yöre kronolojisi oluşturulmuştur. Batı Anadolu'da 1931-2005 yıllarını kapsayan uzun dönemli iklim kayıtlarına sahip dört meteoroloji istasyonu için mayıs-haziran ayları toplam yağış tahmini yapılmıştır. Afyon Meteoroloji İstasyonu'nda 320 (1685-2004), Eskişehir Meteoroloji İstasyonu'nda 332 (1673-2003), Kütahya Meteoroloji İstasyonu'nda 373 (1632-2004) ve Isparta Meteoroloji İstasyonu'nda da 546 yıl (1459-2004) geriye gidilmiştir.

Köse ve diğ. (2012a) çalışmasında Küre-Kastamonuda'daki Uludağ göknarının yıllık halka genişliğini etkileyen iklim faktörlerini değerlendirmiştir. Yıllık halka gelişimi-iklim ilişkilerini ortaya koymak için, Köse ve ark. (2010) tarafından oluşturulan yıllık halka ölçüm serilerini yeniden analiz etmiştir ve Uludağ göknarı için 120 yıl uzunluğunda yıllık halka kronolojisi oluşturulmuştur. İklim ile yıllık halka genişliği arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde tepki fonksiyonu yöntemi kullanılmıştır. Tepki fonksiyonu analizi sonuçları, ocak ayındaki yüksek sıcaklıklar ile şubat-ağustos dönemindeki düşük yağışlar ve mayıs-haziran aylarındaki yüksek sıcaklıkların yıllık halka gelişimini sınırlandırdığını göstermiştir.

Köse ve diğ. (2012b), Burdur'dan gelen meteorolojik verilerle kalibre edilmiş bölgesel yıllık halka verilerini kullanarak güneybatı Türkiye'nin iç bölgesi için mayıs-haziran yağışlarının yüksek kalitede yeniden yapılanması geliştirilmiştir. Bu çalışmada, üç yeni iklime duyarlı karaçam kronolojisi oluşturulmuştur. Yeni kronolojilere ek olarak, rökonstrüksiyon için önceden oluşturulmuş olan dört karaçam kronolojisi de kullanılmıştır. İki ayrı rökonstrüksiyon geliştirilmiştir. İlk rökonstrüksiyonda 1813-2004 yılları arasındaki ortak alan kronolojiler kullanılmıştır. İkinci rökonstrüksiyon, 1692-2004 yılları arasında ortak bir kronolojiden dördü kullanılmıştır. Yapılan rökonstrüksiyonlar ile yağış düzenleri ve büyük volkanik patlamalar arasındaki ilişki araştırılmıştır ve en büyük volkanik patlamalara sahip olan yıllar içinde veya hemen sonrasında normal yıllardan daha yağışlı olduğu saptanmıştır.

Touchan ve diğ. (2014a) yaptığı çalışmada Doğu Akdeniz'deki dendroklimatolojinin kronolojik gelişimini açıklamıştır. Ağaç halkası çalışmalarının Doğu Akdeniz klimatolojisine uygunluğunu ve ağaç halkası ağının genişlemesini geleceğe yönelik olarak ele almıştır.

Touchan ve diğ. (2014b) Doğu Akdeniz ve Yakın Doğu'daki 79 yıllık halka kronolojileri ile ilk mevsimsel iklim sinyallerini analiz etmiştir. Baskın sinyalin mayıs-haziran ayları yağışlarının yıllık halka gelişimine olumlu bir etkisi olduğunu söylemiştir.

Cook (2015) çalışmasında, yıllık halkaları kullanarak, 1000-1989 yılları Avrupa ve Akdeniz Havzası için yaz kuraklığı ve yağışının rökonstrüksiyonu yapmış ve "Eski Dünya Kuraklık Atlası" (OWDA) geliştirmiştir.

Martín-Benito (2016) çalışmasında, Kafkasya bölgesine yönelik yıllık halkaları kullanarak 1792 yılına uzanan ilk yağış rökonstrüksiyonunu yapmıştır. Yıllık halkla kronolojileri için Kuzeydoğu Türkiye'deki *Q. Petraea ağaç* türünden MUR, *P. pinea* ağaç türünden HAT ve *A. nordmanniana* ve *P. orientalis* ağaç türleriyle karışık oluşturulan PAP ve HAH kodlu dört yeni yöre kronolojisi oluşturmuş ve rökonstrüksiyon için kullanmıştır. Ayrıca International Tree-Ring Data Bank (ITRDB)'den 4'ü Gürcistan'dan 1'i Türkiye'den olmak üzere rökonstrüksiyon için 5 kronoloji daha kullanmıştır. Bu rökonstrüksiyon için toplam 9 kronoloji kullanılmıştır.

Köse ve diğ. (2017), çalışmasında 1800-2002 periyodu için Türkiye üzerinde yüksek çözünürlüklü (mart-nisan) sıcaklık rökonstrüksiyonu yapmıştır. Bunun için de 23 adet yüksek dereceli yıllık halka kronolojisi temel bileşenlerini kullanmıştır. Mart-nisan ayları sıcaklık rökonstrükyonu arasında anlamlı ilişki olduğunu saptamıştır. Ayrıca, yıllık halkalardan elde edilen yağış sinyali, Türkiye ve Akdeniz ülkeleri üzerinden gridli yaz kuraklık indeksi rökonstrüksiyonu ile oldukça anlamlı korelasyonlar göstermiştir. Sonuç olarak baskın yağış sinyalinin yanı sıra, yıllık halka serilerinden bir sıcaklık sinyalinin de çıkarılabileceği ve yıllık halka serilerinin geçmiş sıcaklık değişkenliği rökonstrüksiyonu için yararlı veriler olabileceğini söylemiştir.

Kahveci (2018) çalışmasında İç Anadolu'daki *Juniperus* sp. (*Juniperus excelsa* M. Bieb., *Juniperus oxycedrus* L. ve *Juniperus foetidissima* Willd.) ağaç türlerinin gelişimi ile çevresel parametreler arasındaki ilişkileri incelemiştir.

Martín-Benito (2018) çalışmasında, 4 angiosperm ve 4 gymnosperm türünden olmak üzere, 2.000 m'den fazla yükseklikteki bir eğim boyunca, 35 adet yıllık halka kronolojisi kulanarak, ağaç büyümesini etkileyen aylık ve mevsimsel ölçeklerde başlıca iklim faktörlerini (sıcaklık,

yağış ve kuraklık) belirlemiş ve etkilerinin zaman içinde değişip değişmediğini değerlendirmiştir.

Alfaro-Sánchez (2018) araştırmasında, Kuzey Yarımküre'deki beş orta enlem bölgesinden yıllık halka genişlikleri verilerini kullanarak ilk yarım tropik kuşağın kuzey sınırının son 800 yıldaki hareketinin (1203–2003 yılları) rökonstrüksiyonu yapımıştır.

2.4. DENDROHİDROLOJİ

Dendrohidroloji, nehir akımı, göl seviyesi değişiklikleri ve su taşkını tarihi gibi hidrolojik olayları incelemek ve tarihlendirmek için ağaç halkalarını kullanan dendrokronolojinin bir alt dalı olarak tanımlanmıştır (Kaennel ve Schweingruber, 1995). Ağaçlar, iklim değişikliğinin hassas kaydedicileridir bundan dolayı akım verilerini yeniden oluşturmak için çok elverişlidirler. Ağaç halkası büyümesi de akımı etkileyen aynı iklim faktörlerinden (yağış ve evoporasyon v.b.) etkilenmektedir (Meko ve diğ., 1995).

Dendrohidroloji temel konusu olan hidrolojik değişkenler (örneğin yağış, akım, yüzeye yakın sıcaklık, evapotranspirasyon, yeraltı suyu ve toprak nemi) ile ağaçların bu hidrolojik değişkenlerden etkilenen ortam koşullarına biyolojik tepkisi ile arasındaki ilişkinin anlaşılmasını sağlamaktadır. Ağaçların hidrolojik olaylara karşı biyolojik tepkisi ilk olarak geniş ağaç halkaları ile kaydetmektedirler. Bununla birlikte, yaz odunu yoğunluğu gibi diğer ölçülebilir biyolojik tepkilerden de dendrohidrolojik analizlerde yararlanılmaktadır (Loaiciga ve diğ., 1993).

Akım ile ilgili verileri doğru bir şekilde yansıtacak olan yıllık halka serilerinde bulunan çok dar veya çok geniş olan halkalardır. Geçmiş dönemlerin akım bilgilerinin oluşturulması üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşama kalibrasyon, ikinci aşama rökonstrüksiyon (tahmin) ve üçüncü aşama ise doğrulamadır (verifikasyon) (Fritts, 1976; Akkemik, 2004).

2.5. DENDROHİDROLOJİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Modern yıllık halka biliminin bir alt disiplini olan dendrohidroloji, hidrolojik çalışmalar için yıllık halka kayıtlarının analizi ve uygulamasıdır. Hardman (1936), dendrohidroloji bilimine, nehir akım kayıtlarını geçmiş dönemlere uzatmak için yıllık halka zaman serilerinin kullanımının uygun olduğunu vurgulayarak başlamıştır (Hardman ve Reil, 1936; Schulman,

1946). Tatlı su kaynaklarının değişkenliği konusundaki öngörüler sürdürülebilir su yönetimi için önemlidir bundan sebeple uzun ömürlü ağaç türlerinden elde edilen yıllık halka verileri, akım (Meko ve diğ., 2001), yağış (Gray, 2004), toprak nemi (Yin, 2008), kar suyu eşdeğeri (Woodhouse, 2003) ve göl seviyeleri (Bégin, 2001) gibi dendrohidrolojik kayıtların üretilmesinde çok etkili olmuştur (Biondi ve Strachan, 2012). Önceden bu bilgilerin mevcut olmamasından dolayı yapılamayan bir takım su senaryolarının oluşturulmasına fayda sağlamıştır.

Şimdiye kadar, ağaç halkası kayıtlarıyla en çok rökonstrüksiyon yapılan parametre nehir akımı olmuştur (Meko ve Woodhouse, 2011). Akım doğrudan ağaç büyümesi ile ilişkili değildir fakat yarı kurak ortamlarda ağaç büyümesini etkileyen su varlığının bir göstergesidir (Fritts, 1976). Nehir akımı kayıtları diğer yerel hidrolojik parametrelere (yağış gibi) kıyasla yıllık halka kronolojileri ile daha yüksek korelasyonlara sahip olma eğilimindedir (Biondi, 2012).

Dendrohidroloji ile ilgili ilk çalışma 1936 yılında Hardman tarafından Truckee Nehir Havza'sında yapılmıştır. Bu çalışma nehir havzasındaki tepelerde bol miktarda yetişen batı sarıçamı ile yapılmıştır. Ağaç halkalarından elde edilen verilerle karşılaştırılması ve korelasyon hesabı için, sınırda bulunan Tahoe Gölü hariç, Truckline Nehri'nin akımı ve Auburn, Colfax, Grass Valley, Nevada City, Placerville ve Summit'in yüksek rakım istasyonlarının ortalama yağış verileri kullanılmıştır. Çizilen veriler, ağaç büyümesi ile yağış eğrileri ve ağaç büyümesi ile akım eğrileri arasında paralellik olduğu görülmüştür. Ağaç halkaları ile bu alanda 400 yıl boyunca art arda uzun bir süre boyunca bol miktarda nem ve bolluk olduğu saptanmıştır (Hardman, 1936).

Meko ve diğ (2001), Kaliforniya'da bulunan Sacramento Nehri'nin yıllık akım zaman serileri ile hidrolojik kuraklığa ilişkin uzun süreli bakış için ağaç halkalarından 869 yılına kadar rökonstrüksiyonunu yapmıştır. Rökonstrüksiyon belirsizliğini, yıllık akımın n yıllık akım ortalaması ile özetlenerek rökonstrüksiyonu yapılmış ve gerçek hidrolojik kuraklıkların karşılaştırmasına dahil etmek için Monte Carlo analizi uygulamıştır. Rökonstrüksiyon denklemleri, yıllık halka indekslerinin temel bileşenleri (PC'ler) üzerindeki $\log_{10}$ akımının indirgenmesiyle tahmin edilmiştir.

St. George ve Nielen (2003), çalışmasında Kanada'nın güneyindeki Manitoba'daki Kızıl Nehir'in sel taşkınlarını belirleyebilmek için, ağaç sahasından toplanan toplam 16 adet *Quercus macrocarpa* örneklerine ait yıllık halkaları, alüvyonda gömülü fosil kütükleri ve çeşitli tarihi binaların ahşap kısımlarını kullanmıştır. Meşe odununun anatomik yapısı veya "taşkın halkaları", birkaç yüzyıl boyunca meydana gelen birkaç yüzyıl boyunca yayılabilecek aşırı taşkınların yıllık olarak çözümlenmiş bir vekil kaydı sağlayabildiğini vurgulamıştır. İlkbahar ve yaz başında ağaçların uzun süre su altında kalması, aşırı taşkınların anatomik anomalilerin gelişmesine neden olmaktadır. Aşağı Kızıl Nehir Havzası için sel kayıtları 1648'den 1999'a kadar uzanmaktadır ve sonuçlara göre 1826'daki Kızıl Nehir'de meydana gelmiş olan selin son 352 yılda en büyük sel olduğunu göstermiştir. Yıllık halka verileri, son 200 yıl boyunca Aşağı Kızıl Nehir Havza'sındaki 1747, 1762, 1826, 1852, 1950, 1979 ve 1997 yıllarında en büyük 7 seli göstermiştir. Ağaç halkaları kayıtları, Kızıl Nehir akımının sabit olmadığı ve geçmiş iklim ve peyzaj değişikliklerinin yerel sel risklerini etkilemiş olabileceği fikrini desteklemiştir.

Gray ve diğ. (2004), çalışmasında Kuzey-Orta Wyoming ve Güney-Orta Montana'daki Bighorn Havzası'ndaki dört alandan 79 adet *Pseudotsuga menziesii* ve *Pinus flexilis* ağaçlarını kullanmıştır. Burada, Bighorn Havzası 1260-1998 yılları için yıllık (haziran-haziran) yağışların yıllık halkalar baz alınarak rökonstrüksiyonları yapılmıştır. Yıllık halkalar bu bölgede 739 yıl boyunca yaşanan yağış değişkenliği aralığını değerlendirmek için kullanılmıştır. Daha spesifik olarak, Bighorn Havzası'ndaki geçmiş kuraklıkların büyüklüğünü, sıklığını ve süresini incelenmiş ve eş zamanlı-çok kesitli zaman ölçeklerinde yağış değişkenliği araştırılmıştır.

Woodhouse ve Lukas (2006), yıllık halka kronolojileri ile Colorado'daki Yukarı Colorado ve Güney Platte Nehri havzaları için 300-600 yıl süren 14 yıllık akım rökonstrüksiyonu yapmışlardır. Rökonstrüksiyon modelleri, akım kayıtlarındaki varyansın % 63-76' sını açıklamış ve düşük akımları saptayabilmiştir.

Touchan ve diğ. (2011) çalışmasında Kuzey Meksika'daki Jemez Dağları'nda, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus strobiformis* ve *Pinus ponderosa* türlerinin yıllık halkaları ile 824–2007 yılları ekim-haziran aylarını kapsayan yağış rekonstrüksiyonu yapmıştır. 1184 yıllık hidroklimatolojik değişikliğinin rökonstrüksiyonu, Kuzey Meksika'daki mevcut ve 20. yüzyıldaki kurak ve yağışlı durumlarına uzun vadeli bir bakış açısı getirmiştir.

Fernández ve diğ. (2018), Şili'nin *Araucaria araucana* (Molina) K.Koch türü kronolojileri ile ilk rökonstrüksiyonunu (296 yıllık (1709–2005) yaz akmı) yapmıştır. Rökonstrüksiyon sonuçları, ortalamanın altındaki akımın 1980 sonrası dönemi daha sık, ancak yoğun olmayan kurak bölümleriyle karakterize ettiğini göstermiştir.

Dendrohidroloji ile ilgili Türkiye'de sadece 2 adet çalışma vardır. Bunlardan ilki Akkemik ve diğ. (2008) tarafından yapılan Batı Karadeniz Bölgesi, Filyos Nehrinin 1650–2000 yıllarına ait mayıs-ağustos akım verilerinin rökonstrüksiyonudur. Bu dönemde yaşanan kurak yıllar ile taşkın yılları saptanmıştır (Akkemik, 2008).

Ülkemizde bu konu ile ilgili yapılan ikinci çalışma ise Güner tarafından 2010 yılında yapılan yüksek lisans tezi olan Sakarya Havza'sının yöre kronolojileriyle uyumu en yüksek olan Kocasu akım gözlem istasyonuna ait veriler seçilerek 1722-1998 yıllarını kapsayan nisan-eylül aylarının akım verilerinin rökonstrüksiyonudur (Güner, 2010). Ayrıca bu yüksek lisans tezinden bir yayın da çıkmıştır (Güner, 2017).

2.6. YILLIK HALKALARI VE YILLIK HALKA GENİŞLİKLERİNİ ETKİLEYEN YILDAN YILA DEĞİŞEBİLEN İKLİM FAKTÖRLERİ

Yıllık halkalar, kambiyum tabakasının bir vejetasyon dönemi içerisindeki faaliyeti sonucunda oluşan yıllık odun kısımlarıdır.

Yıllık halka genişliği başta genetik yapı olmak üzere, çeşitli faktörler tarafından da etkilenmektedir. Bu faktörler;

- Fizyolojik faktörler (karbonhidratlar, mineral maddeler, bitkisel hormonlar vb.)
- İklim faktörleri (sıcaklık, yağış, rüzgar vb.)
- Fizyografik (bakı, denizden yükseklik, eğim vb.) ve Edafik (toprak özellikleri ve ana kaya) faktörler
- Doğal olmayan faktörler (yaralanma, budama, gübreleme ve en önemlisi de hava kirliliği) (Akkemik, 2004)

Yıllık halka genişliğinin yıldan yıla değişkenlik göstermesinin en önemli sebepleri yağış ve sıcaklıktır. Ayrıca halka genişlikleri ile sıcaklık ve yağış değerlerinin sayısal olarak ifade edilebilirliğinden dolayı aralarındaki ilişkinin ortaya konulmasını sağlamaktadır. Benzer iklim

koşullarının etkisi altında yetişen ağaçlar, iklimde meydana gelen değişimlere benzer tepkiyi göstermektedirler. Buna bağlı olarak ağaçların yıllık halka genişlikleri bir yıldan diğerine aynı yönde seyretmektedir.

2.6.1. Sıcaklığın Yıllık Halka Genişliği Üzerine Etkisi

Sıcaklık bitki dünyasını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bitki gelişiminin tomurcuk patlaması, yaprak oluşumu, kambiyum faaliyeti, çiçek ve meyve oluşumu, tohumların olgunlaşması, yaprakların dökülmesi gibi çeşitli faaliyetlerinde, sıcaklık büyük bir öneme sahiptir.

Yüksek sıcaklık, kambiyum faaliyetinin başladığı ilkbaharda ve durma dönemi olan sonbaharda olumlu yönde etki yaparken yaz aylarında düşük yağış ve buna bağlı olarak meydana gelen kuraklıktan dolayı olumsuz yönde etki yapmaktadır. Buna karşın yağış probleminin olmadığı yüksek yetişme ortamlarında yaz aylarındaki yüksek sıcaklıkların olumlu yönde etkisi bulunmaktadır. Çap artımı, tropik kuşakta yıl boyu devam ederken, ılıman kuşakta vejetasyon dönemi boyunca olmaktadır. Kambiyum tabakasının faaliyeti olmamasının temel nedeni düşük sıcaklıklardır (Akkemik, 2018).

Sıcaklıklar özellikle ilkbaharda don oluşturacak kadar düştüğünde, ağaçların yeni oluşan sürgünlerinde ve kambiyum tabakasında yaralanmalar oluşmaktadır. Bu meydana gelen donlardan dolayı canlı kambiyum hücreleri de zarar görür ve şekilleri oldukça düzensiz hücreler oluşmaktadır. Böylece, yıllık halkanın ilkbahar odunu kısmında şekilleri oldukça düzensiz odun elemanları oluşmaktadır. Sedir ağaçlarında da sıra halinde reçine kanalı oluşumu görülmesi dondan kaynaklı bir zarar görme söz konusu olduğunu göstermektedir. Hatta şiddetli donlarda ağaçlarda boyuna çatlaklar da görülmektedir (Akkemik, 2018).

Sıcaklığın etkisi, ağaçların bulunduğu ortam şartlarına göre de değişmektedir. Yüksek sıcaklıklar, bir türün alt yetişme ortamlarında kuraklığa ve çap artımının azalmasına (dar yıllık halka oluşumu) neden olurken (negatif etki) aynı türün üst yetişme sınırında da pozitif bir etkiye sahiptir. Sıcaklığa bağlı olarak bitkilerin büyümesi üzerinde rol oynayan en önemli faktör normal gelişimi sağlayan sıcaklığın bulunduğu vejetasyon döneminin uzunluğudur. Bu dönem ne kadar uzun olursa ağaç gelişimi ve dolayısıyla halka genişliği de o oranda fazla olmaktadır (Akkemik, 2018).

Boy büyümesi genellikle ilkbahar sıcaklığı ile meydana gelmekte ve yeterli toprak nemi bulunması koşuluyla sıcaklık ilkbaharda 30 ^{0}C'ye çıksa bile sıcaklık artmasına paralel olarak devam etmektedir. Buna karşılık yaz döneminde daha çok çap artımı meydana gelmektedir. Odun hacminin artma miktarı asimilasyon-solunum arasındaki orana göre değiştiğinden nispeten serin geçen gecelerin kendisini takip ettiği sıcak günler özellikle elverişlidir. Çünkü optimum sıcaklığa sahip olan bu günlerde fotosentez ile bol miktarda organik madde üretilmektedir. Serin gecelerde solunum az olduğundan fotosentez-solunum oranı pozitif olmakta ve fazla besin maddesi harcanmamaktadır. Böylece çap artımı da fazla olmaktadır (Çepel, 1988).

2.6.2. Yağışın Yıllık Halka Genişliği Üzerine Etkisi

Orman ağaçlarının büyüme ve gelişmesi diğer çevresel faktörlere kıyasla en fazla su tarafından etkilenmektedir. Suyun sağlanması ağaç türlerinin yayılışı ve tür bileşimini etkilediği gibi tek tek bireylerin fizyolojik faaliyetlerini de doğrudan etkilemektedir. Su noksanlığı hücrelerin genişlemesi sırasında hücre bölünmesindekinden daha etkili olmaktadır. Hücre genişlemesi sırasında turgor basıncına büyük ihtiyaç duyulmaktadır. Hücrelerin su ile dolu olması da hücrenin genişlemesindeki fizyolojik faaliyetleri etkilemektedir (Kozlowski ve Pallardy, 1997; Akkemik, 2018).

Tomurcuk faaliyeti, sürgünlerin uzaması ve yaprak büyümesi gibi fizyolojik faaliyetleri etkileyen su yıllık halka genişliği üzerinde de büyük bir etkiye sahiptir. Su eksikliği, kambiyum faaliyetinin değişik aşamalarında olumsuz etkiler yapmaktadır. Kambiyum hücrelerinin bölünmesi floem ve ksilem ana hücrelerinin farklılaşması ve genişlemesi aşamasında hücre boyutlarını ve sayılarını etkilemektedir. Yıllık olarak üretilen ksilem miktarı yaz odunu oluşumu ve süresi dokularda bulunan su miktarı ile değişmektedir. Su noksanlığı kambiyum faaliyeti üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı olarak olumsuz etki yapmaktadır (Akkemik, 2004; Akkemik, 2018).

Alt yetişme ortamlarında düşük yağış büyümeyi sınırlandırmaktadır; yağışın az olduğu dönemlerde sıcaklıklar yüksek olacağından dolayı kuraklık etkisiyle yıllık halka gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Üst yetişme ortamlarında yağış ve dolayısıyla nem de çoğunlukla yeterlidir. Buna karşılık yağışların yüksek olması güneşli ve sıcak günlerin daha

az olmasına yani düşük sıcaklığa neden olmasından dolayı sınırlayıcı bir etkisi bulunmaktadır (Akkemik, 2018).

Yıl içerisinde özellikle vejetasyon döneminin başlangıcında yüksek ve uzun süreli yağışlar toprakta da genellikle yeterli miktarda su bulunduğundan dolayı güneşlenmeyi ve bir miktar da sıcaklığı düşürmesi sebebi ile olumsuz bir etkiye sahiptir. Ülkemizin çok nemli bölgeleri dışında yaz aylarında yağışın azalması ve bunun sonucu olarak topraktaki alınabilir su miktarının minimum seviyeye düşmesinden dolayı yağışın önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu dönemde toprağa inen her yağış damlası, bitki kökleri tarafından alındığından yağış miktarı ile halka gelişimi arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Genel olarak yağışın yüksek olduğu yıllarda halkalar geniş, düşük olduğu yıllarda ise halkalar dar olmaktadır (Akkemik ve diğ., 2005; Akkemik ve Aras, 2005; Akkemik ve diğ., 2008; Köse ve diğ., 2011; Köse ve diğ., 2012a; Köse ve diğ., 2012b; Akkemik, 2018).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMA ALANININ TANIMI

3.1.1. Araştırma Alanının Coğrafi Özellikleri

Ülkemizde İç Anadolu Bölgesinin doğusunda yer alan Kızılırmak Havzası Türkiye'nin ikinci en büyük havzasıdır. Ülke topraklarının yaklaşık %11'ini kaplayan havzanın büyük bir bölümü tepelik alan görünümündeyken, yalnızca kuzey ve doğu kesimleri dağlıktır. 1.151 km'lik uzunluğu ile Türkiye akarsularının en uzunu olan Kızılırmak, 78.180 km²'lik bir drenaj alanına sahiptir. Sivas İmranlı çevresinden doğarak sırasıyla, Kayseri, Nevşehir, Aksaray, Kırşehir, Ankara, Kırıkkale, Çankırı, Çorum, Sinop ve Samsun il topraklarından geçerek Bafra Ovasından Karadeniz'e dökülmektedir (Şekil 3.1) (URL-2).

Geniş bir alana sahip olan Kızılırmak Havzası'nda Samsun, Sivas, Çorum, Sinop, Kastamonu, Çankırı, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Aksaray, Ankara, Niğde, Tokat, Konya, Erzincan, Yozgat, Amasya ve Kayseri olmak üzere 18 ilin topraklarının belli bir bölümü bu havza içerisinde yer almaktadır. Havzanın en önemli paydaşları Sivas (%16,35), Yozgat (%11,62), Çorum (%10,38), Kayseri (%9,65) ve Kırşehir (%7,99)'dir (URL-2).

Tez kapsamında kullanılan örneklerden olan HAC, BUZ ve MEM örnekleri havzanın %10,38'lik bölümüne sahip olan Sinop'tan alınmıştır. BED örnekleri havzanın %3,09'luk bölümüne sahip olan Çorum'dan alınmıştır (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). Tez kapsamı dışındaki diğer yöre kronolojilerinin konumu ise Şekil 3.4'te verilmiştir.

Havzanın toplam alanı 8.210.007 hektardır (SYGM, 2013). Toplam yağış alanı 72.278 km^2 olan Kızılırmak Havzası'nın yıllık ortalama yağış yüksekliği 446 mm; yıllık ortalama akışı ise 164,15 m3/s'dir. Yıllık ortalama yağış verimi 2,6 L/s/km^3 olan havzadaki akışın yağışa iştirak oranı %3,5'dir (Havza Koruma Eylem Planları, 2010).

Kızılırmak Havzası'nda yöre kronolojiler kapsamında bulunan inşaatına başlanmış ve/veya işletmeye alınmış barajların listesi Tablo 3.1'de, konumları ise Şekil 3.5'te verilmiştir.



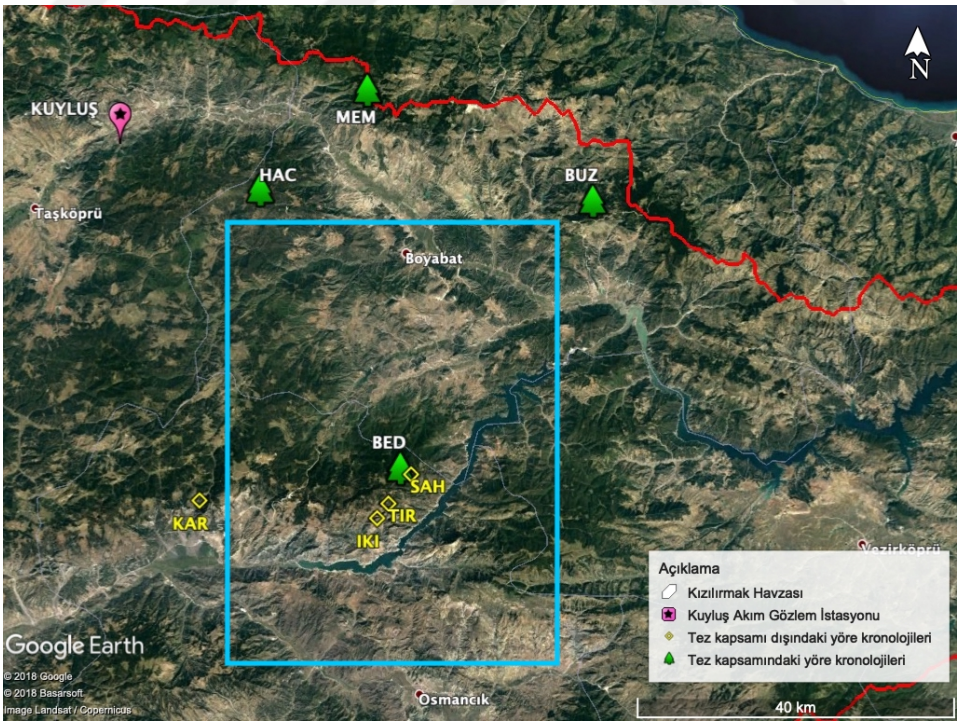
Şekil 3.1: Kızılırmak Havzası'nın Türkiye'deki konumu.



Şekil 3.2: Yöre kronolojilerinin (HAC, BUZ, MEM ve BED) ve Kuyluş akım gözlem istasyonunun Kızılırmak Havzası'ndaki konumu.



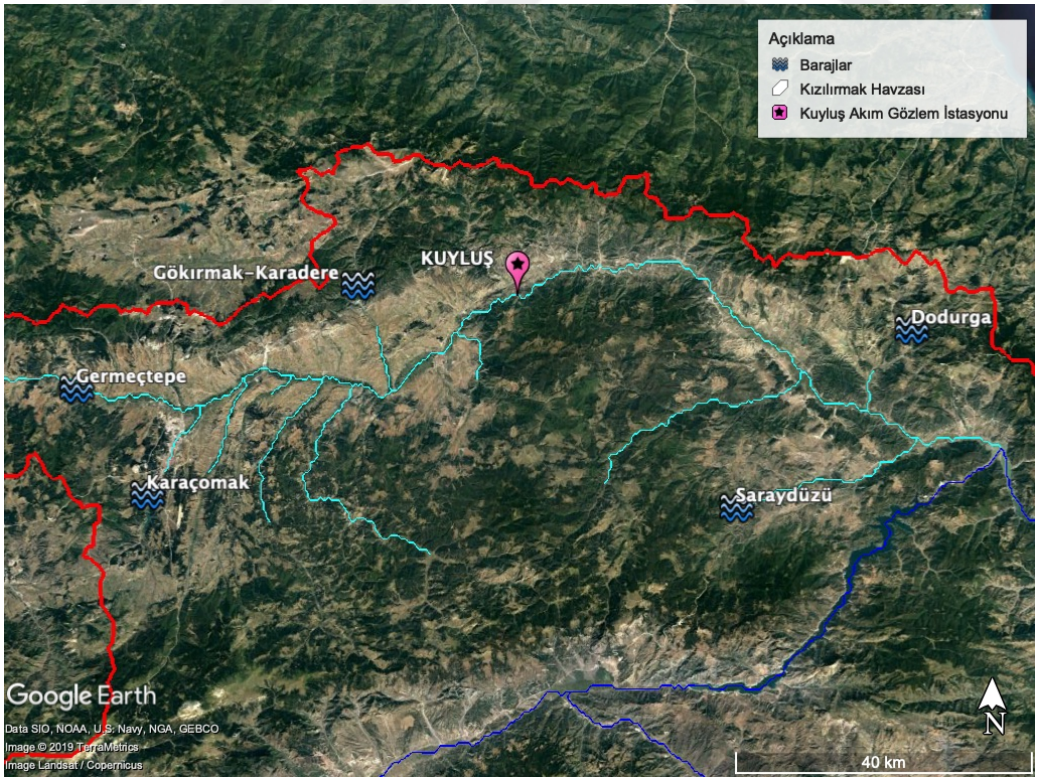
Şekil 3.3: Tez kapsamındaki yöre kronolojilerinin (HAC, BUZ, MEM ve BED) ve Kuyluş akım gözlem istasyonunun Aşağı Kızılırmak Havzası'ndaki konumu.



Şekil 3.4: Tez kapsamındaki (HAC, BUZ, MEM ve BED ve tez kapsamı dışındaki (IKI, KAR, SAH ve TIR) yöre kronolojilerinin, Kuyluş akım gözlem istasyonunun ve iklim verisinde kullanılan gridin (mavi dikdörtgen) Aşağı Kızılırmak Havzası'ndaki konumu.



Şekil 3.5: Kızılırmak Havzası'ndaki barajların konumu.



Şekil 3.6: Kızılırmak Nehri'nin Gökırmak kolunda bulunan barajlar (Lacivert renkli çizgi Kızılırmak Nehri'ni, mavi renkli çizgi ise Gökırmak kolunu göstermektedir).

Tablo 3.1: Kızılırmak Havzası'nda bulunan barajlar (Koyu renkle belirtilen barajlar, Kuyluş akım gözlem istasyonunun bulunduğu Gökırmak kolu üzerindeki barajlardır) (URL-3).

Barajın İsmi	Bulunduğu İl	İnşaata Başlanan Yıl	İşletmeye Alındığı Yıl
Ağcaşar	Kayseri	1979	1987
Akköy	Kayseri	1964	1967
Altunkaya	Samsun	-	1988
Ayhanlar	Nevşehir	1997	2003
Boyabat	Sinop	-	2012
Çoğun	Kırşehir	1963	1975
Damsa	Nevşehir	1965	1971
Derbent	Samsun	-	1990
Dodurga	**Sinop**	**1994**	**2008**
Doyduk	Nevşehir	1998	2013
Dört Eylül	Sivas	-	2002
Gazibey	Sivas	1987	1992
Gelingüllü	Yozgat		1994
Germeçtepe	**Kastamonu**	**1977**	**1986**
Gökırmak-Karadere	**Kastamonu**	**1993**	**2008**
Güldürcek	Çankırı	1980	1988
Hirfanlı	Ankara	-	1959
İmranlı	Sivas	1993	2003
Kapulukaya	Kırıkkale	1980	1989
Karacalar	Sivas	1995	2008
Karaçomak	**Kastamonu**	**1969**	**1976**
Karaova	Kırşehir	1991	1998
Kesikköprü	Ankara	-	1966
Kovalı	Kayseri	1983	1987
Kültepe	Kırşehir	1975	1984
Maksutlu	Sivas	1975	1977
Obruk	Çorum	1995	2010
Pusat-Özen	Sivas	1995	2009
Saraydüzü	Sinop	1995	2012
Sarayköy	Çankırı	2004	2007
Sarayözü	Samsun	-	1989
Sarımsaklı	Kayseri	1962	1968
Sarıoğlan	Kayseri	1991	2006
Sıddıklı	Kırşehir	1993	2000
Tatlarin	Nevşehir	1964	1967
Uzunlu	Yozgat	-	1989
Vezirköprü	Samsun	1993	2005
Yahyasaray	Yozgat	-	1990
Yamula	Kayseri		2003
Yapıaltın	Sivas	1975	1977

Yağmur ve kar sularıyla beslenen Kızılırmak Nehri'nin rejimi düzensizdir. Temmuz ve şubat arasında düşük su düzeyinde akan nehir, mart ayında hızla kabarmaya başlar ve nisan ayında en yüksek su düzeyine ulaşır. Ortalama debisi 184 m^3/sn'dir. Havzaya kış yağışları kar şeklinde düşer, erime gerçekleşmediğinden akarsuya katılmaz. Sıcaklık düşük olduğundan buharlaşma azdır. İlkbaharda yağış artar, dağlardaki karlar erir, debi artar. Yazın orta ve yukarı havzada yağış yetersizdir, buharlaşma şiddetlidir. Bu mevsimde debi minimum seviyeye iner (Efe, 1996).

3.1.2. Araştırma Alanının Bitki Örtüsü

Kızılırmak Havzasında Avrupa-Sibirya ve İran-Turan flora bölgelerinin vejetasyon formasyonları yer alır. Aşağı Kızılırmak havzasında Karadeniz fitocoğrafya bölgesinin nemli ve kuru ormanları ile psödomaki formasyonları yer alırken Orta ve Yukarı Kızılırmak havzasında İç Anadolu fitocoğrafya bölgesinin step formasyonları geniş yer tutar (Efe, 1996).

Aşağı Kızılırmak ve Gökırmak havzası Avrupa-Sibirya flora bölgesinin öksin flora bölümüne girer. Karadeniz fitocoğrafya bölgesinin öksin alt bölgesine ait yaprağını döken mezofit türler Bafra'nın güneyinde Kızılırmak vadisinde ve dağların kuzeye bakan yamaçlarında yayılış gösterir. Havzanın Karadeniz'e yakın olan kesimleri nem ve ısı bakımından vejetasyon gelişimine elverişli olduğu için Bafra ovası civarında nemli iklimin etkisiyle gür bir bitki örtüsü gelişmiştir. Bafra'nın güneyinde yaygın olan psödomaki elemanları hem Akdeniz hem de Karadeniz fitocoğrafya bölgesine mahsus bitkilerdir ve kıyıdan itibaren 300 m'ye kadar çıkmaktadır. Bu kesimde 300-750 m'ler arasında ise geniş yapraklı bitkiler, 700-1200 m'lerde ise Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.) Coode & Cullen) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) türlerinin hakim olduğu iğne yapraklı ormanlar mevcuttur. Bunlara yer yer Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışır. Orman altı katında ise orman gülü (*Rhododendron ponticum* L.), sırımbağı (*Daphne pontica* L.), çoban püskülü (*Ilex aquifolium* L.) gibi türler bulunmaktadır (Efe, 1996).

Gökırmak vadisi kıyıya bakan kesimlere göre daha az yağış aldığından burada alt kesimde kuru ormanlar kuzeye bakan yamaçlarda ise nemli ormanlar görülmektedir. Gökırmağın su toplama havzasında ve Kastamonu platosunda 1000-1500 m'lerde karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), 1500 m'nin üzerinde ise sarıçam ve göknar ormanları geniş bir alan kaplamaktadır. Ilgaz dağlarının Kastamonu'nun güneyinde kalan kesiminde

yükselti nedeniyle yağış şartları uygun duruma geçer ve özellikle kuzeye bakan yamaçlarda gür bir bitki örtüsü görülür. Burada karaçam ve sarıçam hakim bitki türleridir. Kastamonu-Taşköprü arasında meşelerin hakim olduğu kuru ormanlar Gökırmak vadisi boyunca geniş yer tutar (Efe, 1996).

Gökırmak ile Devrez çayı vadileri arasındaki dağlık kesim ile İskilip-Hacıhamza arasındaki Kös dağlarında kayın ormanları yer alır. Yine aynı sahada ıhlamur (*Tilia tomentosa* Moench), gürgen (*Carpinus betulus* L.) ve kestane (*Castanea sativa* Mill.) gibi su isteği orta derece olan bitkiler, 1000 m'nin üzerindeki sisli ortamlarda Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuellariana*) Devrez çayı vadisinde alçak kesimlerde iğne ve geniş yapraklı kuru ormanlar karşık halde bulunur. Yükseklerde ise iğne yapraklı ağaçlardan karaçam, göknar ve sarıçamlar yer alır (Efe, 1996).

Devrez çayı vadisinin kuzeye bakan yamaçlarında karaçam, göknar ve sarıçamlar yer alırken güneye bakan yamaçları bitki örtüsü bakımından fakirdir (Efe, 1996).

3.1.3. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Delice ırmağının Kızılırmak'la birleştiği kesimden itibaren Kızılırmak'ta Bafra ovasına ulaşmadan önce geçtiği Kuzey Anadolu sıra dağlarına kadar olan bu kesim karasal İç Anadolu ikliminden nemli Karadeniz iklimine geçiş sahasıdır. Güneybatı ve güneyde tamamen karasal iklim hakim olup kuzey doğuya gidildikçe Karadeniz ikliminin etkisi görülür. En çok yağış mayısta, en yaz yağış ise temmuz ayında görülür. Yıllık sıcaklığın aylara dağılışında karasal iklimin etkili olduğu yerlerde büyük farklılıklar vardır. Aşağı Kızılırmak sahasında yağışlar haziran ayında maksimuma ulaşır ve ağustos ayında minimum olur (Efe, 1996).

Devrez çayı havzasının kuzeyinde yer alan Ilgaz dağları Karadeniz ikliminin Devrez çayı sahasına girmesine engel olduğundan burada yine İç Anadolu'nun karasal iklimi hakimdir. Sahanın batı tarafında yağış daha düşük olup kuzeydoğuya doğru biraz artar Yağışın çok düşük olduğu yaz aylarında buharlaşma oldukça yüksektir (Efe, 1996).

Gökırmak havzasının kuzeyinde yer alan Küre dağları ılıman Karadeniz ikliminin bu havzaya girmesine engel olduğundan vadinin taban kısmında karasal iklim hakimdir. En fazla yağış mayıs, en az yağış ise temmuzda görülür. Yağışlar temmuz ayından itibaren aniden kesilir. Minimum yağış temmuz ayında bazen de ağustos ayında görülür (Efe, 1996).

Karadeniz sıradağlarının kuzeyinde kalan saha diğer kesimlerden farklı bir iklim karakterine sahiptir. Karadeniz ikliminin etkisinde olan sahada (Bafra'da) aylık sıcaklık farkları iç sahalara göre daha azdır. En fazla yağış kasım ve aralık aylarında görülür. Havzanın en fazla yağış alan sahası olan Bafra'da en az yağış temmuz ayında meydana gelir (Efe, 1996).

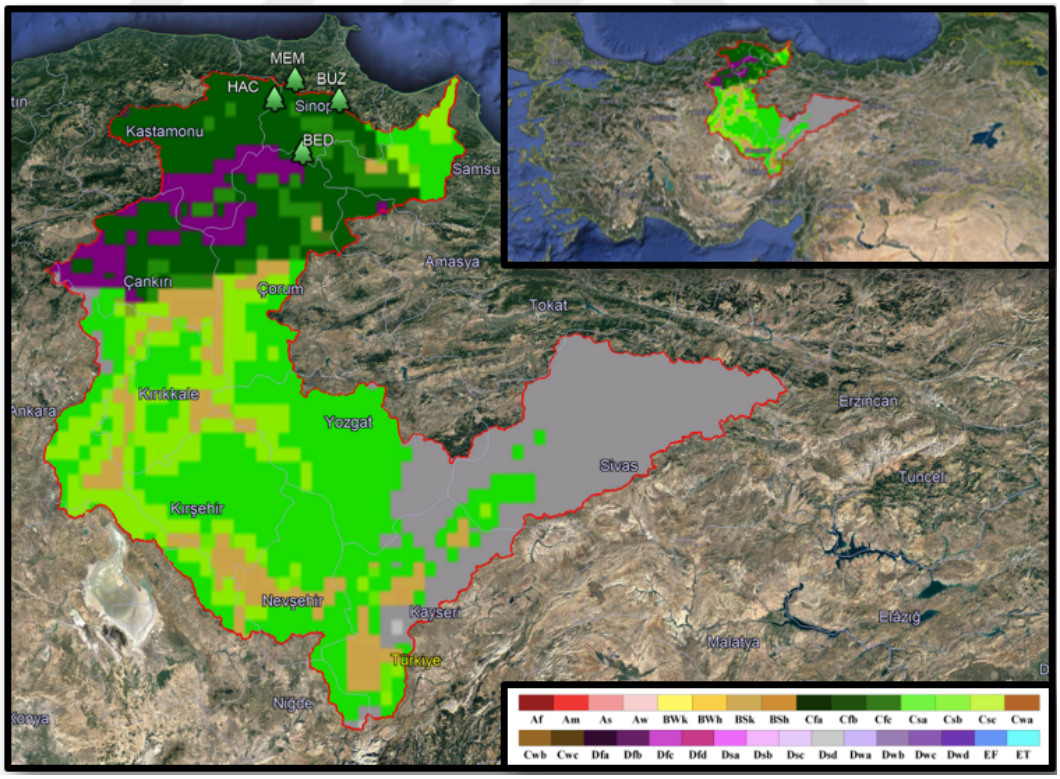
Havzada yağış maksimumunun kış mevsiminde, buharlaşmanın ise minimum düzeyde bulunması su kaybını asgari seviyeye indirir. Fakat kış mevsiminde yağışın kar şeklinde olması akarsuyun beslenmesini zayıflatır. Yazın ise sıcaklığın fazla, bunun yanında yağışın düşük olması akarsuyun debisini azaltır. Kızılırmak havzasında ilkbaharda yağışlar nispeten daha yüksektir, ayrıca sıcaklığın artmasıyla birlikte erimeye başlayan kar akarsuyun debisinin artmasına neden olur. Fakat Kızılırmak havzasının orta ve yukarı bölümünde bahar ve yaz aylarında görülen yüksek sıcaklıklar ve bunun sonucunda meydana gelen aşırı buharlaşma akarsuyun önemli miktarda su kaybetmesine neden olmaktadır (Efe, 1996).

Kızılırmak Havzası'nın iklim özelliklerinin tanımlanmasının yanında havza sınırları içerisinde kalan alanların iklim koşullarını sistematik ve nicel olarak gruplandırmak amacı ile Köppen-Geiger iklim sınıflandırma metodu da kullanılmıştır. Wladamir Köppen tarafından 1900 yılında geliştirilen ve 1954 ve 1961 yıllarında dünya haritaları Rudolf Geiger tarafından güncellenen ve Dünya iklim tiplerinin ilk nicel sınıflandırması olan bu metod günümüzde en fazla kullanılan iklim sınıflandırmasıdır. Harf sistemine göre belirlenen iklim tipleri 5 ana iklim tipi altında 29 alt iklim tipi şeklinde gruplandırılmıştır. Thornthwaite (1943) göre Köppen'in iklim zonlarını belirlemede alfabenin ilk beş harfini kullanması, Fransız\İsviçreli botanikçi Alphonse De Candolle'nin eski Yunan'a ait iklim zonlarına atıfta bulunarak 19.yüzyıl sonlarında betimlediği 5 vejetasyon grubuna dayanmaktadır. Bu harf sistemine göre nemli tropikal (A), kurak (B), Kışları ılıman nemli orta enlem (C), Kışları soğuk nemli orta enlem (Karasal iklim) (D) ve polar (E) ana iklim tipleri belirlenmiştir. Alt tiplerdeki ikinci harfler (S, W, s, w, f) yağış özelliğini ve üçüncü harfler (h, k, a, b, c, d) ise sıcaklık özelliklerini temsil eder (Kootek ve diğ., 2006; Peel ve diğ., 2007; Erlat, 2014 ve Öztürk ve diğ. 2017).

Kızılırmak Havzası ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, havza kapladığı alan ve coğrafi özelliklerine göre yukarı Kızılırmak (Koç ve diğ., 2018), orta Kızılırmak (Kuşvuran ve Nazlı 2014) ve aşağı Kızılırmak (Efe, 1996) olarak 3 bölüme ayrılmıştır. Havzanın yukarı kısmını oluşturan Sivas Germenek mevkiinden kuzeydoğu yönüne uzanan kısmını Köppen-

Geiger iklim sınıflandırmasına göre ele alırsak alanın büyük çoğunluğunda yazları kurak ve ılık karasal iklim (**Dsb**); küçük bir alanda kurak ve ılık yazların yaşandığı ılıman iklim (**Csb**) ile ayrıca lokal olarak Sivas Yeniçubuk-Eskiçubuk mevkiinde kurak ve **sıcak** yazların yaşandığı ılıman iklim (**Csa**) tipleri görülmektedir. Havzanın orta kısmında Kayseri, Nevşehir Kırşehir, Yozgat, Kırıkkale, Ankara'nın doğusu ve Çankırı illerini kapsayan alanda Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına görülen iklim tipleri ise yoğun olarak **Csb**, **Csa**, soğuk stepli kurak iklim (**BSk**) ile dar bir alanda **Dsb** iklim tiplerini kapsamakla birlikte lokal olarak Kayseri Sakarçiftliği-Hacılar mevkiinde yazları kurak ve serin karasal (**Dsc**) iklim tipi de görülmektedir.

Son olarak Havzasının aşağı kısmını oluşturan ve Çorum, Kastamonu, Sinop ile Samsun'un güneybatısını içine alan bölgede Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre (Tablo 3.2) yoğun olarak yazları ılık her mevsim yağışlı ılıman (**Cfb**) iklim tipi hakim görülmekle birlikte sırasıyla yazları ılık her mevsim yağışlı karasal (**Dfb**), her mevsim yağışlı ve sıcak yazların yaşandığı ılıman (**Cfa**), **Csb**, **Csa** ve lokal olarak **BSk** iklim tipleri görülmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Kızılırmak Havzası'nın iklimi (Google Earth Pro ve Köppen-Geiger iklim sınıflandırması (Ruber ve Kottek, 2010) ile oluşturulmuştur).

Tablo 3.2: Aşağı Kızılırmak Havzası'ndaki Köppen-Geiger iklim tipleri (Peel, 2007; Öztürk, 2017'den uyarlanmıştır.)

Harfler			Tanım	Özellik
1	2	3		
B			Kurak	$P_{yıllık} < 10xP_{eşik}$
	W		Çöl	$P_{yıllık} < 5xP_{eşik}$
	S		Step (yarı-kurak)	$P_{yıllık} \geq 5xP_{eşik}$
		h	Sıcak	$T_{yıllık} \geq +18°C$
		k	Soğuk	$T_{yıllık} < +18°C$
C			Ilıman ya da kışları ılıman nemli orta enlem	$T_{maks} > 10°C$ ve $0°C < T_{min} < +18°C$
	s		Yazları kurak	$P_{yazmin} < P_{kışmin}$, $P_{yazmin} < 40$ mm ve $P_{yazmin} < P_{kışmaks}/3$
	w		Kışları kurak	$P_{kışmin} < P_{yazmin}$ ve $P_{kışmin} < P_{yazmaks}/10$,
	f		Her mevsim yağışlı	Cs ya da Cw değil
		a	Sıcak yaz	$T_{maks} \geq +22°C$
		b	Ilık yaz	$T_{maks} < +22°C$, en az 4 ayın ortalaması $T \geq +10°C$
		c	Serin yaz	$T_{maks} < +22°C$, en az 4 ayın ortalaması $T < +10°C$ ve $T_{min} > -38°C$
D			Soğuk ya da kışları soğuk nemli orta enlem (Karasal iklim)	$T_{maks} > 10°C$ ve $T_{min} \leq 0°C$
	s		Yazları kurak	$P_{yazmin} < P_{kışmin}$, $P_{yazmin} < 40$ mm ve $P_{yazmin} < P_{kışmaks}/3$
	w		Kışları kurak	$P_{kışmin} < P_{yazmin}$ ve $P_{kışmin} < P_{yazmaks}/10$
	f		Her mevsim yağışlı	Ds ya da Dw değil
		a	Sıcak yaz	$T_{maks} \geq +22°C$
		b	Ilık yaz	$T_{maks} < +22°C$, en az 4 ayın ortalaması $T \geq +10°C$
		c	Serin yaz	$T_{maks} < +22°C$, en az 4 ayın ortalaması $T < +10°C$ ve $T_{min} > -38°C$
		d	Çok soğuk kış	C'nin koşullarından farklı olarak $T_{min} \leq -38°C$

3.1.4. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri

Havzada, 14 büyük toprak grubundan en yaygın olan %35,4 oranındaki Kahverengi topraklarıdır. %19,8 ile Kahverengi Orman toprakları, %9,8 ile Kırmızımsı Kahverengi topraklar, %7,8 ile Kireçsiz Kahverengi topraklar, %6,1 ile Alüvyal topraklar, %5,5 ile Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları ve %4,3 ile Kolüvyal topraklar izlemektedir. Havzadaki diğer büyük toprak gruplarının oranı ise, %2,6 ile Kestanerengi topraklar, %1,9 ile Kırmızı-Sarı Podzolik topraklar, %1,8 ile Regosoller, %1,0 ile Tuzlu-Alkali topraklar, %0,2 ile Gri-Kahverengi Podzolik topraklar, %0,2 ile Organik topraklar ve %0,1 ile Hidromorfik Alüvyal topraklardır. Havzada bunlardan başka %1,8 oranında çıplak kayalık ve molozlar, %0,1 oranında ırmak taşkın yatağı ve %0,1 oranında kıyı kumulları bulunmaktadır (Dizdar, 2003).

Havzadaki topraklarının %13,5'i derin veya çok derin, %14,2'si orta derin, %38,5'i sığ ve %30,3'ü çok sığdır. Eğim gruplarının havzadaki dağılımı şu şekildedir: %11,1'i düze yakın, %14,0'ü hafif, %20,8'i orta, %19,2'si dik, %21,8'i çok dik ve %9,6'si sarp-çok sarptır. Havzada toprak işlemeyi zorlaştıracak ve bitki yetiştirmeye zarar verecek derecede taşlılık içeren toprakların oranı %32,7, çıplak kayalıkların oranı ise %1,8'dir (Dizdar, 2003).

3.2. ARAŞTIRMA MALZEMELERİ, ÖRNEK ALAN SEÇİMİ VE ÖRNEKLERİN ALINMASI

Karaçam, Türkiye'nin en önemli ağaçlarından biri olup çok çeşitli yetişme koşulları ortamlarında yayılış göstermektedirler. Davis (1965) tarafından Anadolu Çaprazı olarak adlandırılan Maraş-Gümüşhane arasındaki hattın batı kesiminde bütün dağlık alanlarda yayılırlar. Yazları sıcak ve kurak olan Akdeniz Bölgesi'nden, yazları daha ılıman ve daha yağışlı olan Karadeniz Bölgesi ve step koşullara sahip İç Anadolu Bölgesi'ne kadar geniş bir yayılışa sahiptir.

Uzun bir kronoloji oluşturmak için bu ekstrem yetişme ortamlarında yaşayan yaşlı bireylerin bulunduğu alanlar seçilmiştir. İklimin ve akımın yıllık halka gelişimleri üzerindeki etkilerini doğru bir şekilde ortaya koyabilmek için, örnek alanlarının insan etkisinden uzak, havza alanına ise mümkün olduğunca yakın olan doğal yerler olmasına özen gösterilmiştir.

Akım verilerinin rökonstrüksiyonu için daha önceden oluşturulmuş olan kronolojilerden de (Köse ve diğ., 2017; Akkemik ve diğ., 2009) yararlanılmıştır. Arazi çalışmaları 2009 yılında Prof. Dr. Nesibe Köse, Dr. Öğr. Üyesi H. Tuncay Güner ve Orman Yük. Müh. Ali Kaya tarafından yapılmıştır. Örnek alınan yaşlı meşcerelerin bazılarına ait fotoğraflar aşağıda verilmiştir (Şekil 3.8).

Örnekler (artım kalemleri), canlı ağaçlardan 50 cm'lik Pressler artım burgusu yardımı ile 130 cm'den alınmıştır. Her bir örnek alan (yöre) için en az 10 ağaçtan olmak üzere iki yönlü artım kalemi alınmıştır. Örnek alınan yörelere ait bilgiler Tablo 3.3 verilmektedir. Tez kapsamında 4 yöredeki 42 ağaçtan 84 artım kalemi örnekleri kullanılmıştır. Arazi çalışmalarıyla elde edilen kronolojilerin yanı sıra, Kızılırmak Havzası alanı içerisinde veya yakınında değişik yöreler için yapılmış olan çalışmalarda oluşturulan iklime duyarlı kronolojilerin de seçilerek akım verilerine duyarlılıkları hesaplanıp rökonstrüksiyon için değerlendirmeye alınmıştır (Tablo 3.4).

Tablo 3.3: Tez kapsamındaki kronolojilere ait bilgiler.

	Mevkii	Yöre Kodu	Ağaç Kodu	Ağaç/Kalem Sayısı	Bakı	Eğim (%)	Rakım (m)	Enlem (N)	Boylam (E)
SİNOP	Boyabat, Elekçamı, Kovaçamı Köyü, Hacıosman Yaylası Mevkii	HAC	PINI	15/30	GD	20-30	1179	41°30'42.00"	34°33'1.00"
	Durağan, Buzluk Mağarası civarı, Buzluk yangın kulesi altı	BUZ	PINI	10/20	KB	30-50	1196	41°30'15.50"	35°3'5.00"
	Boyabat Merkez İşletmesi, Mehmetli Yaylası	MEM	PINI	5/10	GD	60-80	1334	41°37'34.00"	34°42'34.00"
ÇORUM	Kargı, Kızılırmak İşletmesi, Karıncalı derenin üstü	BED	PINI	12/24	GD	80-100	1233	41°12'0.80"	34°46'3.00"

Tablo 3.4: Rökonstrüksiyon için kullanılan tez kapsamı dışındaki kronolojilere ait bilgiler. [1]

	Mevkii	Yöre Kodu	Ağaç Kodu	Ağaç/ Kalem Sayısı	Bakı	Eğim (%)	Rakım (m)	Enlem (N)	Boylam (E)	Kaynak
ÇORUM	Çorum, Kargı, Aşağı gölün karşısı, ikitepeli	IKI	PINI	12/24	D	30-50	1156	41°10'1.0"	34°44'1.0"	*
	Çorum, Kargı, Karakise kayalıklar	KAR	PINI	22/38	GB	40-50	1522	41°11’1.0”	34°28’1.0”	Köse ve diğ., 2017
	Çorum, Kargı, Şahin Kayası	SAH	PINI	17/34	G	30-50	1300	41°13'1.0"	34°47'1.0"	Köse ve diğ., 2017
	Çorum, Kargı, 32 Çatalçam Tridinkıran tepe	TIR	PINI	32/64	KD	60-80	1428	41°11'1.0"	34°45'1.0"	Akkemik ve diğ., 2008

[1] IKI yöre kronolojisi, Prof. Dr. Ünal AKKEMİK, Prof. Dr. Nesibe KÖSE ve Prof. Dr. H. Nüzhet DALFES tarafından oluşturulmuş olup henüz bu kronoloji ile ilgili akademik yayın yayınlanmadığı için kaynağı belirtilmemiştir.



Şekil 3.8: Örnek alınan bazı yaşlı meşcerelere ait fotoğraflar.

3.3. MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE EKSİK AKIM VERİLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

Makine öğrenmesi, bilgisayar sistemlerinin belirli bir görevi etkin bir şekilde gerçekleştirmek için kullandığı, açık talimatlar kullanmadan, yerine kalıplara ve çıkarımlara dayanan algoritmaların ve istatistiksel modellerin bilimsel çalışmasıdır. Yapay zekanın bir alt kümesi olarak görülür. Makine öğrenme algoritmaları, görevi gerçekleştirmek üzere açıkça programlanmadan öngörülerde veya kararlarda bulunmak için "eğitim verileri" olarak bilinen matematiksel bir örnek veri modeli oluşturur (Bishop, 2006).

Waikato Bilgi Analizi Ortamı (WEKA), Yeni Zelanda'nın Waikato Üniversitesi'nde geliştirilen, Java ile yazılmış, Genel Kamu Lisansı (GNU) altında yayınlanan açık kaynaklı bir makine öğrenmesi yazılımı programıdır. Weka, veri madenciliği için gerekli olan makine öğrenmesi algoritmaları içeren bir yazılımdır. Veri hazırlama, sınıflandırma, regresyon, kümeleme ve görselleştirme için çeşitli araçlar içerir. Adını sadece Yeni Zelanda adalarında bulunan, meraklı bir doğaya sahip uçamayan bir kuş olan Weka'dan almaktadır.

Bu tez kapsamında Kuyluş İstasyonu'na ait 1954-1998 yıllarını kapsayan akım verilerinin 1954, 1957, 1961 ve 1962 yıllarındaki bazı aylara ait eksik akım verilerinin tahmin edilmesi için açık kaynak kodlu bir program olan Weka makine öğrenmesi yazılımı kullanılmıştır. Eksik olan verilerin tahmini için 3 farklı algoritma kullanılarak her ay için ilgili aya ait yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak modeller oluşturulmuştur. Bu algoritmalar, Basit Lineer Regresyon, Bagging Regresyon ve Random Forest algoritmalarıdır. Eksik olan akım verilerinin tahmini için korelasyon katsayısı en yüksek ve hata değerleri en düşük olan Random Forest algoritması tercih edilmiştir. 1954, 1957, 1961 ve 1962 yıllarındaki makine öğrenmesi ile tahmin edilen aylar Tablo 3.5'te verilmiştir. Aylara göre oluşturulmuş olan modellerin istatistik sonuçları ise Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.5: 1954, 1957, 1961 ve 1962 yıllarının eksik akım verilerinin tahmini yapılan aylar ("X" işareti ile gösterilmiştir).

Yıllar	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
1954											X	X
1957					X							
1961	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1962												X

Tablo 3.6: Makine öğrenmesi için kullanılan algoritmaların hesaplanan hata değerleri.

	Basit Lineer Regresyon					Bagging Regresyon					Random Forest				
AYLAR	**Korelasyon katsayısı**	**Ortalama mutlak hata**	**Karekök ortalama hata**	**Göreceli mutlak hata**	**Kök bağıl kare hatası**	**Korelasyon katsayısı**	**Ortalama mutlak hata**	**Karekök ortalama hata**	**Göreceli mutlak hata**	**Kök bağıl kare hatası**	**Korelasyon katsayısı**	**Ortalama mutlak hata**	**Karekök ortalama hata**	**Göreceli mutlak hata**	**Kök bağıl kare hatası**
OCAK	0.41	3.97	5.34	89.38%	91.28%	0.71	3.87	5.15	87.24%	88.01%	**0.96**	**1.63**	**2.28**	**36.76%**	**38.99%**
ŞUBAT	0.26	3.40	4.71	94.27%	96.45%	0.72	4.39	6.36	64.75%	73.58%	**0.97**	**1.82**	**2.56**	**26.89%**	**29.67%**
MART	0.08	12.13	16.23	99.52%	99.68%	0.56	11.38	14.89	93.33%	91.46%	**0.96**	**5.18**	**6.97**	**42.48%**	**42.80%**
NİSAN	0.59	13.17	15.56	82.34%	81.03%	0.80	10.37	12.00	64.89%	62.46%	**0.97**	**4.22**	**5.39**	**26.39%**	**28.06%**
MAYIS	0.25	13.45	15.98	97.81%	96.88%	0.67	9.95	12.55	72.35%	76.07%	**0.96**	**4.47**	**5.63**	**32.50%**	**34.16%**
HAZİRAN	0.40	8.94	11.73	86.45%	91.54%	0.67	8.22	10.40	79.49%	81.15%	**0.95**	**3.70**	**4.94**	**35.75%**	**38.52%**
TEMMUZ	0.26	3.40	4.71	94.27%	96.45%	0.51	3.15	4.49	87.33%	91.91%	**0.94**	**1.53**	**1.98**	**42.42%**	**40.58%**
AĞUSTOS	0.41	1.70	2.35	88.95%	91.02%	0.64	1.60	2.20	83.79%	85.20%	**0.97**	**0.65**	**0.87**	**34.02%**	**33.60%**
EYLÜL	0.07	1.81	2.55	98.67%	99.78%	0.65	1.58	2.25	86.24%	88.19%	**0.97**	**0.69**	**0.95**	**37.49%**	**37.38%**
EKİM	0.25	1.68	2.42	98.74%	96.87%	0.59	1.49	2.12	87.61%	85.10%	**0.93**	**0.82**	**1.10**	**48.35%**	**44.17%**
KASIM	0.06	1.78	2.37	99.43%	99.81%	0.42	1.69	2.26	94.07%	94.81%	**0.96**	**0.80**	**0.97**	**44.62%**	**40.96%**
ARALIK	0.17	4.12	5.58	95.74%	98.52%	0.42	3.65	5.15	84.76%	90.93%	**0.94**	**1.85**	**2.51**	**43.05%**	**44.30%**

3.4. YILLIK HALKA ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.4.1. Dendrokronolojik Yöntemler

3.4.1.1. Yıllık Halka Genişliklerinin Ölçülmesi

Yıllık halkaların daha net bir şekilde görülebilmesi için artım kalemlerinin enine yüzeyleri tank zımpara ile zımparalanmıştır. Gerekli durumlarda kağıt zımpara ile zımparalanmıştır. Ölçüm işlemine başlamadan önce her kalem ölçüm yönünde (kabuktan öze doğru) 10 yıllık seksiyonlara ayrılmıştır. Her 10 yıllık seksiyona 1 nokta, 50 yıllık seksiyonlara da iki nokta konulmuştur. Kalemler, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Odun Anatomisi ve Dendrokronoloji Laboratuvar'ında, LINTAB-TSAP ölçüm sistemiyle 0,01 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları TSAP-WIN programında *.rwl uzantılı dosyalar halinde kaydedilmiştir.

3.4.1.2. Eşleştirme (Crossdating)

Her bir yöreye ait kalemler ölçüldükten sonra eşleştime işlemi yapılmıştır. Eşleştirme, yıllık halka serilerinde eksik ve yalancı halkaların belirlenmesine ve varsa ölçüm hatalarının giderilmesine olanak sağlamaktadır. Eşleştirme işlemi COFECHA programı (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001) kullanılarak yapılmıştır.

Yörelere ait ölçüm sonuçları kendi içinde eşleştirilerek olası problemli kalem ve segmentler belirlenmiştir. Daha sonra Meko (2002) tarafından yazılan "skelcrn" kodu MATLAB programında çalıştırılarak eksik ve yalancı halkalar giderilmeye çalışılmıştır. Problemi giderilemeyen kalemler veri setinden çıkarılmıştır.

3.4.1.3. Standartlaştırma

Ağaçların büyüme ve gelişiminin çevre ile arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle, yıllık halka oluşumları sırasında, ağacın yaşına, bulunduğu ortamın toprak koşullarına, bakısına, eğimine ve kapalılık durumuna göre yıllık halka genişliklerinde uzun dönem trendleri görülmektedir. Bu trendlerin ortadan kaldırılması ve kronolojilerin standart hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Standartlaştırma işlemi için mutlak halka genişlikleri grafiğine en uygun regresyon eğrisi geçirilir. İndis değerleri kullanılarak çizilen kronolojilere

standart kronolojiler denmektedir. Bu araştırmada standartlaştırma işlemi ARSTAN programı kullanılarak yapılmıştır. (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004).

3.4.1.4. Otoregresif Modeller

Bir t yılındaki halkanın genişliği, t-1, t-2, t-3 ...t-k yıllarında oluşan halkalar tarafından etkilenmektedir. Yani t yılında oluşan halka ile önceki yıllardaki halkalar arasında bir otokorelasyon bulunmaktadır. Bu otokorelasyonun ortadan kaldırılması ve sadece t yılının etkilerinin yıllık halka serisi üzerinde görülebilmesi için, otoregressif modeller kullanılmaktadır. ARSTAN programı, yıllık halka serileri için yukarıda açıklanan aşamaları otomatik olarak gerçekleştirmiştir ve en uygun modeli oluşturmuştur.

3.4.1.5. Grafiklerin Karşılaştırılması

Bireysel standart grafiklerin elde edilmesinden sonra, bu grafiklerin arasındaki benzerliklerin belirlenmesi için iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki, bir yıldan diğerine aynı yöndeki değişimlerin yüzdesini veren eğrilerin uyum yüzdesi, ikincisi ise korelasyon katsayıları yöntemleridir (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004). Araştırma sırasında her iki yöntem de kullanılmıştır.

Eğrilerin uyum yüzdesi (EUY): Eğrilerin uyum yüzdesi, iki kronolojinin aynı yıllarda oluşan halkalarının yönleri ile ilişkilidir. Aynı yılda oluşan halkalar aynı yönde seyrediyorsa uyumlu, aksi yönlerde seyrediyorsa uyumsuz olarak değerlendirilmektedir.

Korelasyon katsayıları: İki grafik arasında doğrusal bir ilişkinin olup olmadığı incelenmektedir. Katsayılar en çok +1 ve –1 değerlerini almaktadır; +1 mükemmel bir pozitif ilişkiyi, -1 de mükemmel bir ters ilişkiyi göstermektedir (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988; Akkemik, 2004).

Çalışmada, EUY değerleri ve korelasyon katsayıları TSAP-WIN programında hesaplanmıştır.

3.4.1.6. Yöre Kronolojilerinin Elde Edilmesi

Ortalama kronolojilerin elde edilmesinde aritmetik ortalama yöntemi ve Biweight Robust ortalama yöntemi olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır.

Yöre kronolojileri ARSTAN programında Biweight Robust ortalama yöntemi ile hesaplanmıştır. Her bir yöre için standart ve residual yöre kronolojileri oluşturulmuştur.

3.4.1.7. Duyarlılık Katsayıları

Bazı ağaçların büyüme miktarı ortam koşullarına göre fazla değişim görülebiliyorken, bazılarında da yıldan yıla fazla değişim görülmemektedir. Değişkenlik gösteren ağaçlar duyarlı, diğerleri ise duyarsız halkalar olarak kabul edilmektedir. Bu oluşumlar, büyük oranda ağacın bulunduğu ortam koşullarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Araştırmada duyarlılık katsayıları ARSTAN programı kullanılarak hesaplanmıştır.

3.4.1.8. İşaretin Gürültüye Oranı

İşaretin gürültüye oranı, yıllık halka kronoloji sayısına ve bu kronolojiler arasındaki ortalama korelasyon katsayılarına dayanarak, benzer etkilerden ne oranda etkilendiğini ortaya koymaktadır. Dendroklimatolojik çalışmalarda, bu değerin yüksek bulunması, ağaçlar arasındaki korelasyon katsayılarının yüksek ve örnek sayısının yeterli olduğunu göstermekte ve böylece iklim etkilerinin daha iyi incelenebileceğini ortaya koymaktadır.

3.3.2. Dendroklimatolojik Yöntemler

3.4.2.1. Meteorolojik Veriler

İklim Verileri: İklim verisi olarak KNMI Climate Explorer'dan alınan tez kapsamında ve tez kapsamı dışındaki diğer yöre kronolojilerinin bulunduğu alanı kapsayan 41°0'0.00"K-41°30'0.00"K kuzey enlemleri ile 34°30'0.00"D-35°0'0.00"D doğu boylamları gridine (Şekil 3.4) ait 1930-2003 yıllarını kapsayan aylık ortalama yağış ve ortalama sıcaklık verileri, kronolojilerin korelasyon katsayılarının hesaplanması için kullanılmıştır (van Oldenborgh, 2009; KNMI, 2019).

Yağış Verileri: Yağış rökonstrüksiyonu için KNMI Climate Explorer'dan rökonstrüksiyonda kullanılacak yöre kronolojilerinin bulundukları alanı kapsayan 41°0'0.00"K-41°30'0.00"K kuzey enlemleri ile 34°30'0.00"D-35°0'0.00"D doğu boylamları gridine (Şekil 3.4) ait kronolojiler için ortak yıl aralığı olan 1930-2003 yıllarının aylık ortalama yağış değerleri kullanılmıştır.

Akım İstasyonu Verileri: Kızılırmak Nehri'nin Gökırmak kolunda bulunan 1954-1998 yıl aralığına sahip Kuyluş akım gözlem istasyonunun 45 yıllık akım verileri kullanılmıştır.

3.4.2.2. Basit Korelasyon Katsayıları

Mevcut iklim kayıtları ile aynı dönemdeki yıllık halka genişlikleri arasındaki benzerliklerin incelenebilmesi için genellikle dört farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu dört yöntem, basit korelasyon katsayıları, çok değişkenli regresyon, aşamalı çok değişkenli regresyon ve tepki fonksiyonu yöntemleridir (Fritts, 1976; Akkemik, 2004). Bu araştırmada iklim ve akım verileri ile yıllık halka genişlikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde basit korelasyon katsayıları kullanılmıştır.

Korelasyon katsayıları, RStudio ortamında "treeclim" R paketi kullanılarak hesaplanmıştır (Zang ve Biondi, 2015). Korelasyon katsayılarının hesaplanması için biyolojik yıl (Fritts, 1976) olarak ifade edilen önceki yılın ekim ayından halka oluşum yılının ekim ayına kadar olan döneme ait aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam yağış ve aylık ortalama akım değerleri bağımsız değişken, standardize edilmiş yöre kronolojileri ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Korelasyon katsayılarının önemini tahmin etmek için ise bootstrapped (yeniden örnekleme) güven aralıkları kullanılmaktadır.

3.4.3. Dendrohidrolojik Rökonstrüksiyonlar

Yıllık halka genişliği ile akım verileri arasındaki korelasyon katsayısı sonuçlarına bakılarak nisan-ağustos dönemi ortalama akım değerlerinin rökonstrüksiyonunun yapılmasına karar verilmiştir.

Rökonstrüksiyonda aşağıdaki aşamalar gerçekleştirilmiştir:

3.4.3.1. Kalibrasyon (Ayarlama)

Bu aşamada mevcut akım kayıtları ile yıllık halkalar arasındaki ilişkilere dayanarak bir transfer fonksiyonu kurulmuş ve bu transfer fonksiyonu kullanılarak yeni bir tahmini akım serisi oluşturulmuştur. Transfer fonksiyonları tepki fonksiyonlarına benzer bir yolla elde edilmektedir. Aralarındaki temel fark, transfer fonksiyonlarının elde edilmesinde uygulanan regresyon analizinde yıllık halka kronolojilerinin bağımsız, akım verilerinin bağımlı değişken olarak kullanılmasıdır (Fritts, 1976).

Akım verileri ile yüksek korelasyona sahip yöre kronolojileri seçilerek bir yıllık halka veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinin temel bileşenleri stepwise regresyonda bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Yapılan rökonstrüksiyonun doğrulaması için korelasyon katsayıları, RE (Hata İndirgeme Değeri) ve CE (Etki Katsayısı) değerleri hesaplanmıştır ve F testi kullanılmıştır (Fritts, 1976).

RE ve CE: RE ve CE değerleri, gözlemlenen (gerçek değer) ve rökonstrüksiyon değerleri arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü tahmin etmek için kullanılır. Değerleri 1 ile $-\infty$ arasındadır. Maksimum 1 değeri, gözlenen ve rökonstrüksiyon zaman serileri arasında mükemmel uyumu gösterir (Macias-Fauria ve diğ., 2012). Herhangi bir pozitif değer ise genellikle rökonstrüksiyonun gücünün göstergesidir (Fritts, 1976; Briffa, 1988).

3.4.3.2. Geriye Doğru Tahminlerin Yapılması (Rökonstrüksiyon)

Transfer fonksiyonu katsayıları kullanılarak akım verileri yıllık halka veri setinin uzunluğu kadar zamanda geriye uzatılmıştır. Böylece akım verisi kayıtlarının bulunmadığı dönemler için akım değerleri tahmin edilmiştir.

Alt Örnek İşaret Gücü (EPS & SSS): Bir araştırma yöresi veya bölgesinden alınan örneklerin tamamı aynı sayıda halka taşımaz. Bunların bazıları yaşlı bazıları da ya genç ağaçlardır ya da içleri çürümüş ağaçlardır, yani halka sayıları farklıdır. Bu nedenle etkili örnek sayısının belirlenmesi, en az kaç örneğin kullanılması gerektiğini ortaya koyan bir yöntemdir.

Korelasyon katsayılarının yüksekliğine bağlı olarak olması gereken ağaç sayısı azalmaktadır, yani daha az örnekle dendroklimatolojik çalışmalar yapılabilmektedir.

Yıllık halka kronolojisi için EPS değerinin 0,85'ten büyük olması, kronolojilerin varyansın %85' ini açıklayan ortak bir sinyale karşılık geldiğini gösterdiğinden dolayı genellikle güvenilirliğinin kanıtı olarak kabul edilir (Wigley ve diğ., 1984).

3.4.3.3. Kurak ve Yağışlı Yılların Belirlenmesi

Kurak ve yağışlı geçen yılların saptanmasında, standart sapma değerleri kullanılmıştır. Aritmetik ortalama değerlerini 1 ve 2 standart sapma değerini aşanlar, sırasıyla kurak/yağışlı ve aşırı kurak/yağışlı olarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. DENDROKRONOLOJİK BULGULAR

4.1.1. Sinop Civarı Yöre Kronolojisi

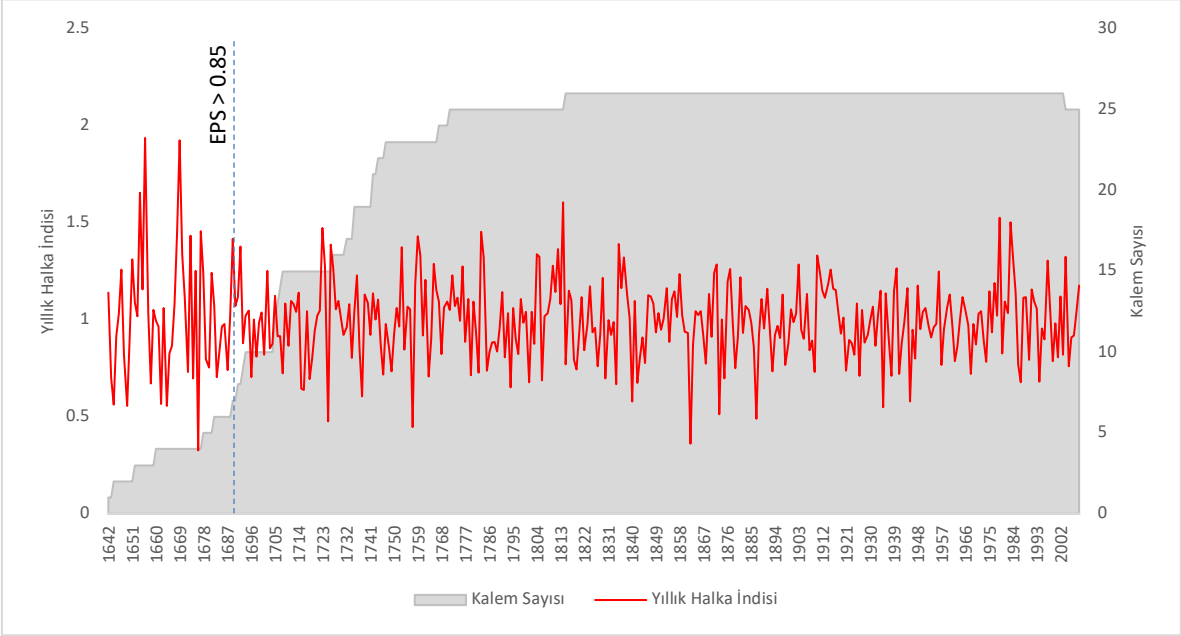
4.1.1.1. HAC Yöre Kronolojisi

Boyabat, Elekçamı, Kovaçamı Köyü, Hacıosman Yaylası Mevkii'nden 15 ağaca ait olan 30 kalem alınmıştır. Karaçam örneklerinin ölçümleri tek bir *.rwl dosyasında birleştirilerek COFECHA programı çalıştırılmıştır. İskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere bakılarak ve ilgili örnekler incelenerek halkaların oluşmadığı yıllar belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde HAC02A, HAC02B, HAC07A, HAC07B, HAC13B ve HAC14B numaralı kalemlerde eksik halka problemi olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: HAC kalemlerinde bulunan eksik halkalar.

Kalem Kodu	1862	1867	1868	1887	1898
HAC02A			X		
HAC02B	X				
HAC07A				X	X
HAC07B		X	X	X	X
HAC13B	X				
HAC14B	X				

HAC10B kaleminde kabuk kısmı kırık olduğundan ve bundan dolayı kabuk bulunmadığından 2003'e tarihlenmiştir. Ayrıca HAC01B, HAC07B, HAC11A ve HAC11B kalemlerinin halka problemleri çözülemediğinden dolayı analize dahil edilmemiştir. 26 kalem ile oluşturulan 1642–2009 yıllarını kapsayan HAC yöre kronolojisi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

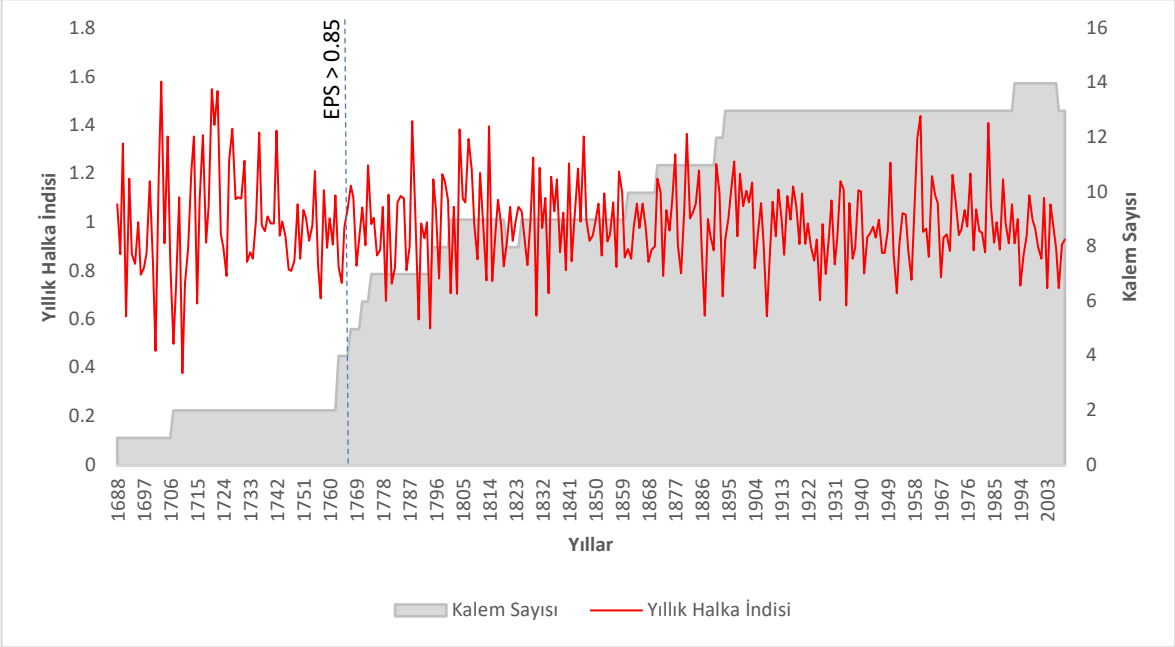


Şekil 4.1: HAC yöre kronolojisi.

4.1.1.2. BUZ Yöre Kronolojisi

Durağan, Buzluk Mağarası civarı, Buzluk yangın kulesi altı alanından 10 karaçam ağacına ait olan 20 kalem alınmıştır. Kalem ölçümleri tek bir *.rwl dosyasında birleştirilerek COFECHA programı çalıştırılmıştır. İskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere bakılarak ve ilgili örnekler incelenerek halkaların oluşmadığı yıllar belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde eksik halka problemi olmadığı tespit edilmiştir.

BUZ05A, BUZ05B, BUZ09A, BUZ09B, BUZ10A ve BUZ10B kalemlerinin halka problemleri çözülemediğinden dolayı analize dahil edilmemiştir. BUZ05C kalemi ise 1819-1824 arası kırık olduğundan BUZ05C1 ve BUZ05C2 olarak ikiye bölünmüştür. 14 kalem ile oluşturulan 1688–2009 yıllarını kapsayan BUZ yöre kronolojisi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: BUZ yöre kronolojisi.

4.1.1.3. MEM Yöre Kronolojisi

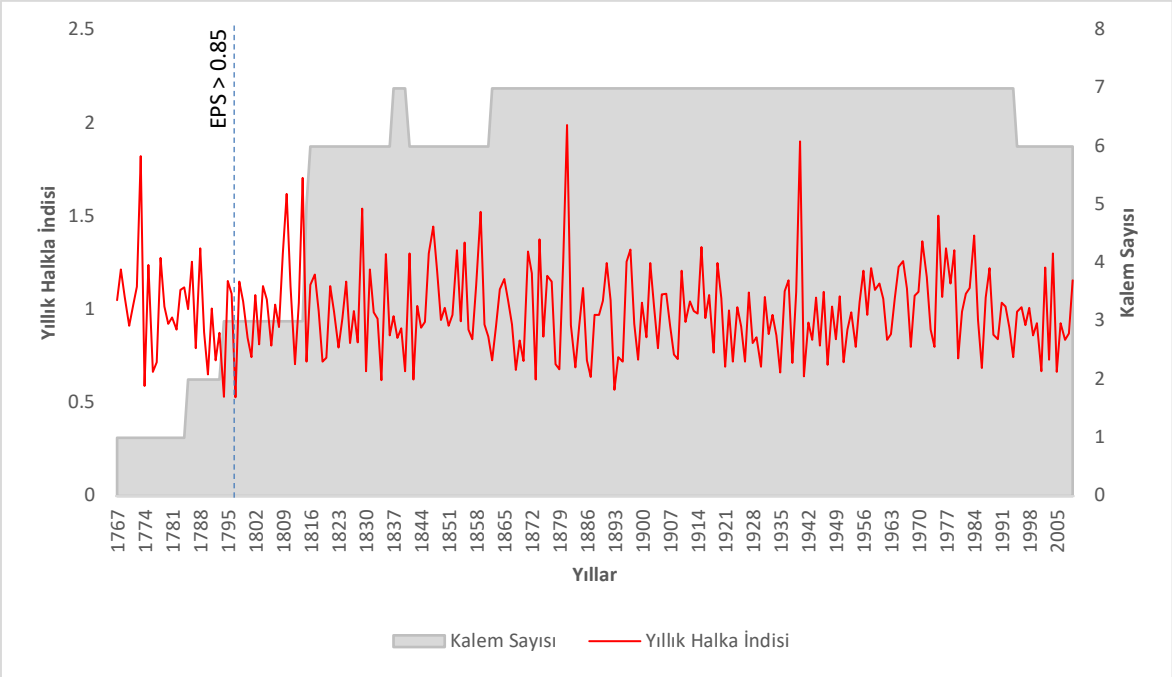
Örnekler Boyabat Merkez İşletmesi, Mehmetli Yaylası Mevkii'nden 5 karaçam ağacına ait olan 10 kalemden alınmıştır. Örnek sayısı az olduğu için MEM kalemlerinin ölçümlerinin BED kronolojileri ile birlikte tek bir *.rwl dosyasında birleştirilerek COFECHA programı çalıştırılmıştır. İskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere bakılarak ve ilgili örnekler incelenerek halkaların oluşmadığı yıllar belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde MEM01A ve MEM02A numaralı kalemlerde eksik halka problemi görülmüştür (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: MEM kalemlerinde bulunan eksik halklalar.

Kalem Kodu	1870	1952	1968	1974	1986
MEM1A		X	X	X	X
MEM02A	X				

MEM05A ve MEM05B kalemlerinin halka problemleri çözülemediğinden dolayı analize dahil edilmemiştir. MEM02B kaleminde kırık olduğundan dolayı MEM02B1 ve MEM02B2 olarak ikiye bölünmüştür. MEM04A ve MEM04B kalemlerinde yalancı halka tespit

edilmiştir. 7 kalem ile oluşturulan 1767–2009 yıllarını kapsayan MEM yöre kronolojisi Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3: MEM yöre kronolojisi.

4.1.2. Çorum Civarı Yöre Kronolojisi

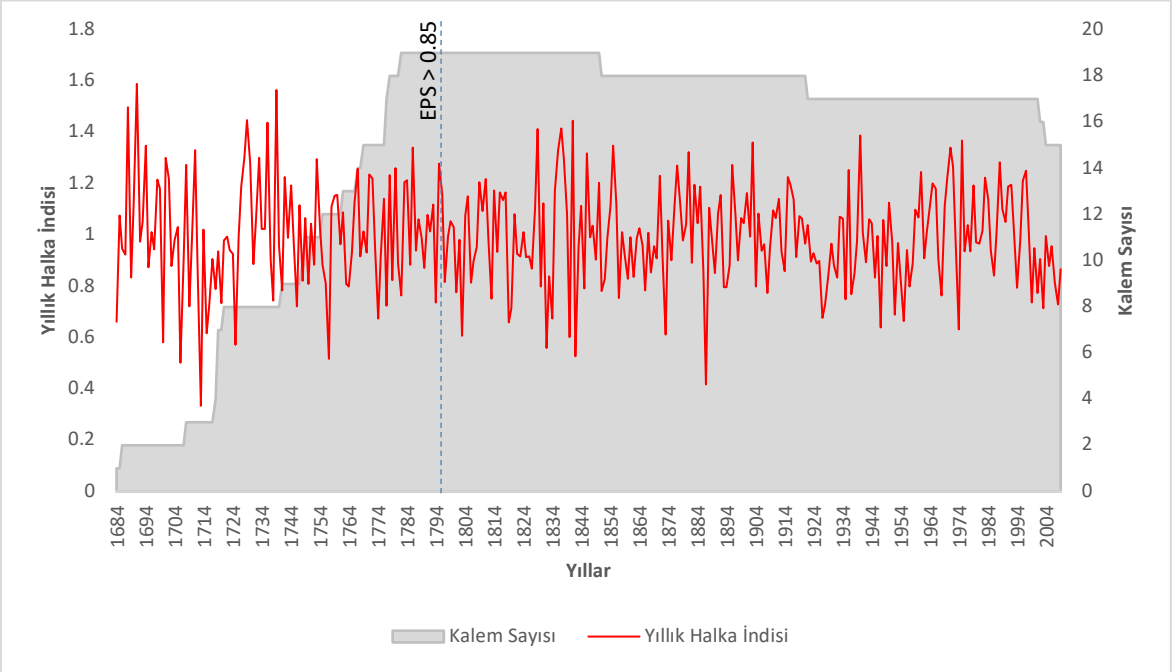
4.1.2.1. BED Yöre Kronolojisi

Kargı, Kızılırmak İşletmesi, Karıncalı derenin üstündeki alandan 12 ağaca ait olan 24 kalem alınmıştır. Örneklerin ölçümleri tek bir *.rwl dosyasında birleştirilerek COFECHA programı çalıştırılmıştır. İskelet noktalama yöntemiyle oluşturulan grafiklere bakılarak ve ilgili örnekler incelenerek halkaların oluşmadığı yıllar belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde BED07A ve BED07B numaralı kalemlerde eksik halka problemi olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: BED kalemlerinde bulunan eksik halklalar.

Kalem Kodu	1713	1827	1958	1974
BED03A	X			X
BED03B				X
BED07A			X	
BED07B		X		

BED07B kaleminde yalancı halka tespit edilmiştir. BED02A, BED02B, BED08B, BED10A, BED10B kalemlerinin halka problemleri çözülemediğinden dolayı analize dahil edilmemiştir. 19 kalem ile oluşturulan 1684–2009 yıllarını kapsayan BED yöre kronolojisi Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: BED yöre kronolojisi.

Yöre kronolojisinin oluşturulmasında, ortalama duyarlılık katsayısı, sinyal/gürültü oranı, ortalama korelasyonlar ve birinci özvektörün varyansı daha yüksek olan residual kronoloji tercih edilmiştir (Tablo 4.4 ve Tablo 4.5). Aşağı Kızılırmak Havzası'na ait olan (HAC, BED, BUZ ve MEM) tez kapsamındaki ve tez kapsamı dışındaki yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri hesaplanmıştır (Tablo 4.6 ve Tablo 4.7). HAC, BUZ, MEM, BED, IKI, KAR, SAH ve TIR yöre kronolojileri kullanılarak bölgesel kronoloji oluşturulmuştur (Şekil 4.5).

Tablo 4.4: Tez kapsamındaki Sinop ve Çorum'daki karaçamlar için oluşturulan residual yöre kronolojilerine ait residual istatistikler ("t" son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir).

	HAC	BUZ	MEM	BED
Ortalama	0.9966	0.9948	0.9947	0.9977
Medyan	1.0011	0.9885	0.9864	0.9877
Ortalama Duyarlılık	**0.2494**	**0.2119**	**0.2745**	**0.2401**
Standart Sapma	0.2202	0.1841	0.2375	0.203
Çarpıklık	0.3482	0.1959	0.9037	0.0921
Kurtosis	1.6241	0.7867	1.9	0.1814
Kısmi otokorelasyon 1 (t-1)	0.0232	-0.0022	-0.0861	-0.0048
Kısmi otokorelasyon 2 (t-2)	0.0314	-0.0712	-0.0833	-0.0424
Kısmi otokorelasyon 3 (t-3)	-0.0272	0.0217	-0.0817	0.0095

Tablo 4.5: Tez için kullanılan tez kapsamı dışındaki residual yöre kronolojilerine ait residual istatistikler ("t" son halkanın oluştuğu yılı ifade etmektedir).

	IKI	KAR	SAH	TIR
Ortalama	0.9942	0.9937	0.9829	0.9931
Medyan	0.9982	0.9982	0.9978	0.9919
Ortalama Duyarlılık	**0.2653**	**0.2191**	**0.2529**	**0.2154**
Standart Sapma	0.2186	0.1886	0.2112	0.1875
Çarpıklık	-0.4901	-0.4924	-0.2737	0.0338
Kurtosis	2.1048	1.8573	0.8684	-0.3505
Kısmi otokorelasyon 1	-0.0619	-0.0035	-0.0337	0.0046
Kısmi otokorelasyon 2	-0.0519	-0.0033	-0.0375	-0.0726
Kısmi otokorelasyon 3	-0.0601	-0.0474	-0.0731	-0.0791

Tablo 4.6: Tez kapsamındaki Sinop ve Çorum'daki karaçamlar için oluşturulan yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri.

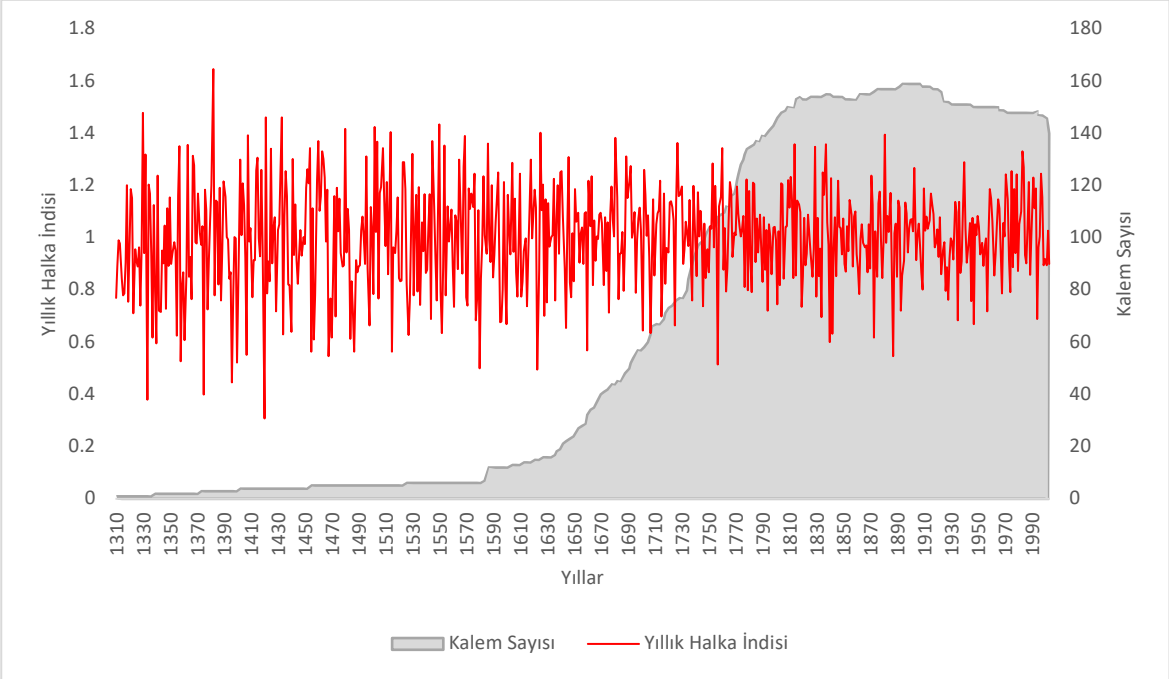
	HAC	BUZ	MEM	BED
Tüm Kalemler Arasında	0.449	0.289	0.393	0.351
Ağaçlar Arasında	0.443	0.276	0.388	0.333
Ağaçların Kendi İçinde	0.611	0.413	0.424	0.642
Kalemler ve Ortalama Arasında	0.683	0.589	0.687	0.615
İşaretin Gürültüye Oranı	**10.332**	**1.904**	**2.534**	**4.499**
Populasyon Kronoloji ile Uyum	0.912	0.656	0.717	0.818
Birinci Özvektörün Varyansı	**48.02%**	**39.54%**	**49.85%**	**40.82%**
Genel Periyottaki Kronoloji Ortalaması	0.992	0.997	0.993	0.997
Genel Periyottaki Kronoloji Standart Sapması	0.197	0.158	0.229	0.19

Tablo 4.7: Tez için kullanılan tez kapsamı dışındaki yöre kronolojilerinin ortak zaman aralığı istatistikleri.

	IKI	KAR	SAH	TIR
Tüm Kalamler Arasında	0.438	0.384	0.419	0.461
Ağaçlar Arasında	0.428	0.379	0.412	0.449
Ağaçların Kendi İçinde	0.617	0.56	0.559	0.615
Kalemler ve Ortalama Arasında	0.682	0.629	0.665	0.688
İşaretin Gürültüye Oranı	**7.495**	**10.368**	**8.393**	**5.702**
Populasyon Kronoloji ile Uyum	0.882	0.912	0.894	0.851
Birinci Özvektörün Varyansı	**47.44%**	**41.42%**	**45.05%**	**51.11%**
Genel Periyottaki Kronoloji Ortalaması	0.996	0.994	0.995	0.992
Genel Periyottaki Kronoloji Standart Sapması	0.201	0.165	0.213	0.185

Tablo 4.8: Kronolojilerin alt örnek sinyal gücü (SSS) (Wilgey ve diğ., 1984).

Kronolojiler	HAC	BED	BUZ	MEM	IKI	KAR	SAH	TIR
Başlangıç yılı SSS > 0,85	1689	**1794**	1763	**1794**	1603	1626	1765	1674



Şekil 4.5: HAC, BUZ, MEM, BED, IKI, KAR, SAH ve TIR yöre kronolojileri ile oluşturulan bölgesel kronoloji.

4.2. DENDROKLİMATOLOJİK BULGULAR

4.2.1. HAC Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon

Bu yörede yıllık halka genişlikleri ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında belirgin ve anlamlı ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sıcaklığın önceki yılın aralık ayında pozitif, kasım ayında ise negatif etkisi bulunmaktadır. Ekim ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Halka oluşum yılının ocak, mart ve nisan aylarında sıcaklık pozitif bir etkiye, şubat, mayıs-ekim aylarında ise negatif bir etkiye sahiptir. Önceki yılın aralık ayı ve halka oluşum yılı temmuz aylarındaki sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.6).

Yağışın önceki yıl ekim ve aralık ayında pozitif etkisi, kasım ayında ise negatif etkisi bulunmaktadır. Yağış halka oluşum yılı ocak, mart ve eylül aylarında negatif bir etkiye, şubat, nisan-ağustos ve ekim aylarında ise pozitif bir etkiye sahiptir. Haziran, temmuz ve eylül aylarındaki yağışların yıllık halka gelişimi üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.6).

Akım önceki yılın ekim ve kasım aylarında negatif etkiye, aralık ayında ise pozitif bir etkiye sahiptir. Halka oluşum yılı ocak, nisan-ağustos ve eylül aylarında pozitif etkisi bulunurken, eylül ayında ise negatif etkiye sahiptir. Şubat ve mart aylarında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Akımın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi temmuz ve ağustos aylarında anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.7).

4.2.2. BUZ Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon

Bu yöre için yıllık halka genişlikleri ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında belirgin ve anlamlı ilişki bulunmaktadır. Sıcaklık önceki yılın ekim ve kasım ayında negatif, aralık ayında ise pozitif bir etkiye sahiptir. Halka oluşum yılında sıcaklık mart ayında pozitif bir etkiye sahip iken, ocak, şubat, haziran ve ağustos-ekim aylarında negatif bir etkiye sahiptir. Mayıs, nisan ve temmuz aylarında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Ağustos ve eylül aylarındaki sıcaklık yıllık halka gelişimi üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir (Şekil 4.8).

Yağışın önceki yılın ekim ve kasım aylarında negatif, aralık ayında pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Halka oluşum yılı ocak-mart ve eylül aylarında negatif, nisan-ağustos ve ekim aylarında pozitif bir etkiye sahiptir. Yağışın yıllık halka gelişimi üzerinde etkisi haziran, ağustos ve eylül ayları için anlamlıdır (Şekil 4.8).

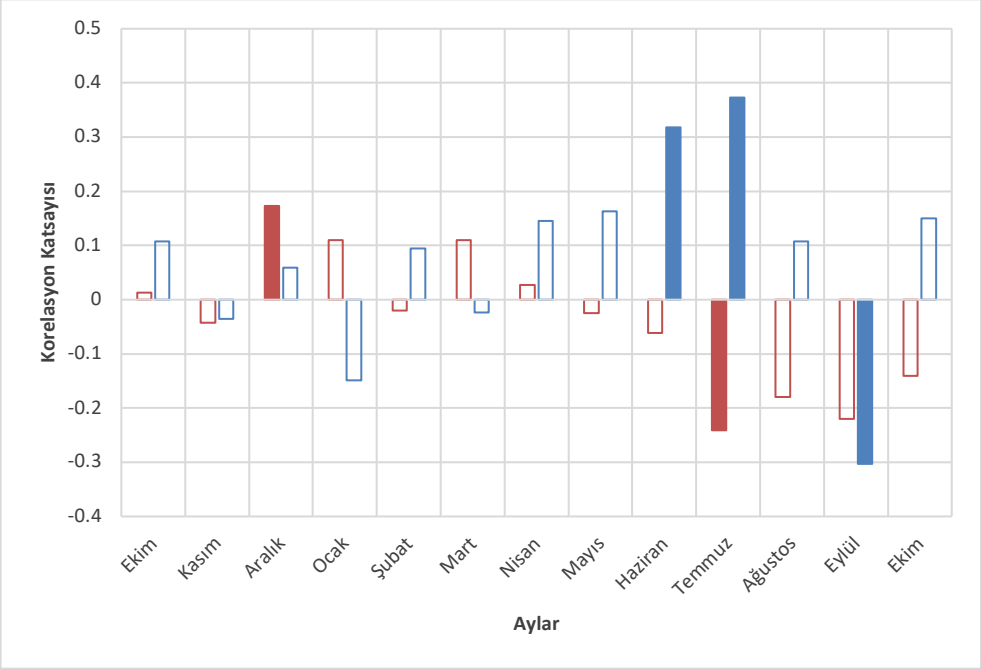
Akım, önceki yılın ekim ve kasım ayında negatif, aralık ayında pozitif bir etkiye sahiptir. Halka oluşum yılı ocak, şubat ve mayıs aylarında negatif, diğer aylarda ise pozitif bir etkiye sahiptir. Akımın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi haziran ayı için anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.9).

4.2.3. MEM Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon

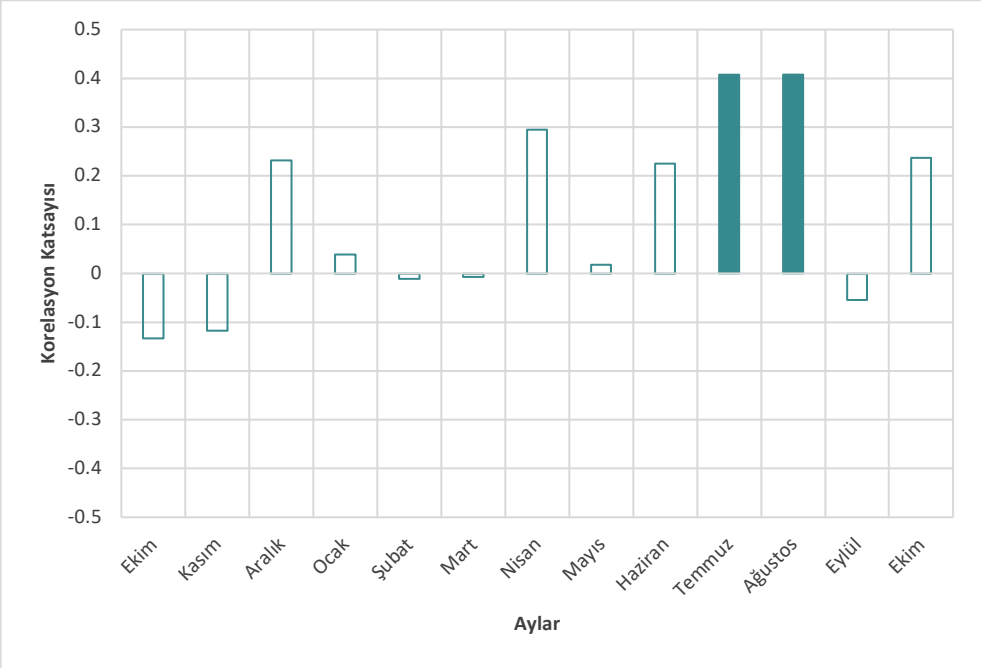
Bu yöre için yıllık halka genişlikleri ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında belirgin ve anlamlı ilişki bulunmaktadır. Sıcaklık önceki yılın ekim ve aralık aylarında pozitif bir etkiye, kasım ayında ise negatif bir etkiye sahiptir. Halka oluşum yılında ocak-nisan aylarında pozitif etkisi bulunmaktadır. Mayıs-ekim aylarında ise negatif bir etkisi bulunmaktadır. Nisan ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Sıcaklığın halka gelişimi üzerine etkisi aralık ve ağustos aylarında anlamlıdır (Şekil 4.10).

Yağış önceki yılın kasım ve aralık aylarında pozitif bir etkiye, ekim ayında ise negatif bir etkiye sahiptir. Halka oluşum yılında şubat-ağustos ve ekim aylarında pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Ocak ve eylül aylarında ise negatif bir etkisi bulunmaktadır. Yağışın halka gelişimi üzerine etkisi nisan ve haziran aylarında anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.10).

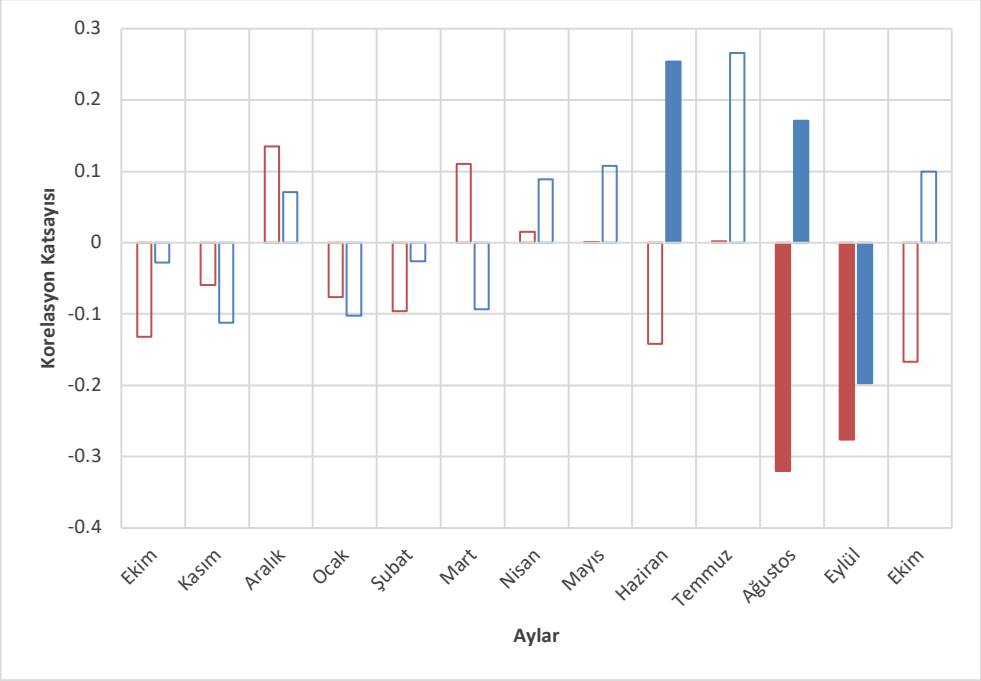
Akımın önceki yılın ekim ve kasım aylarında negatif bir etkisi, aralık ayında ise pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Halka oluşum yılında ocak-mart ve ekim aylarında negatif bir etkisi bulunmaktadır. Nisan-eylül aylarında pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Akımın halka gelişimi üzerine etkisi önceki yılın ekim ve kasım ayları, halka oluşum yılının haziran-ağustos ayları için anlamlıdır (Şekil 4.11).



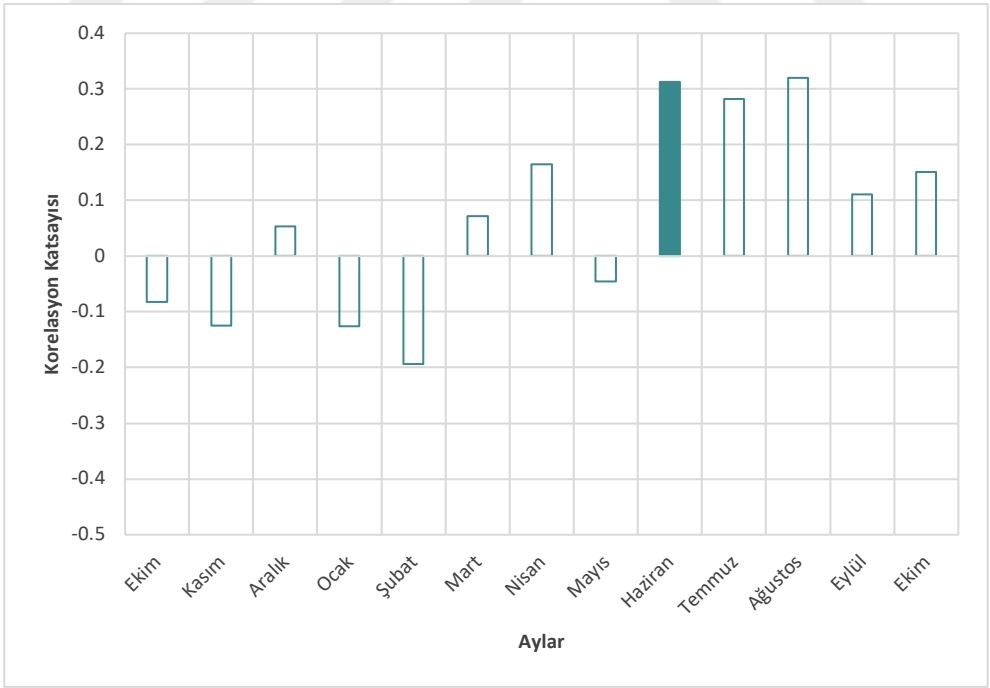
Şekil 4.6: HAC yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



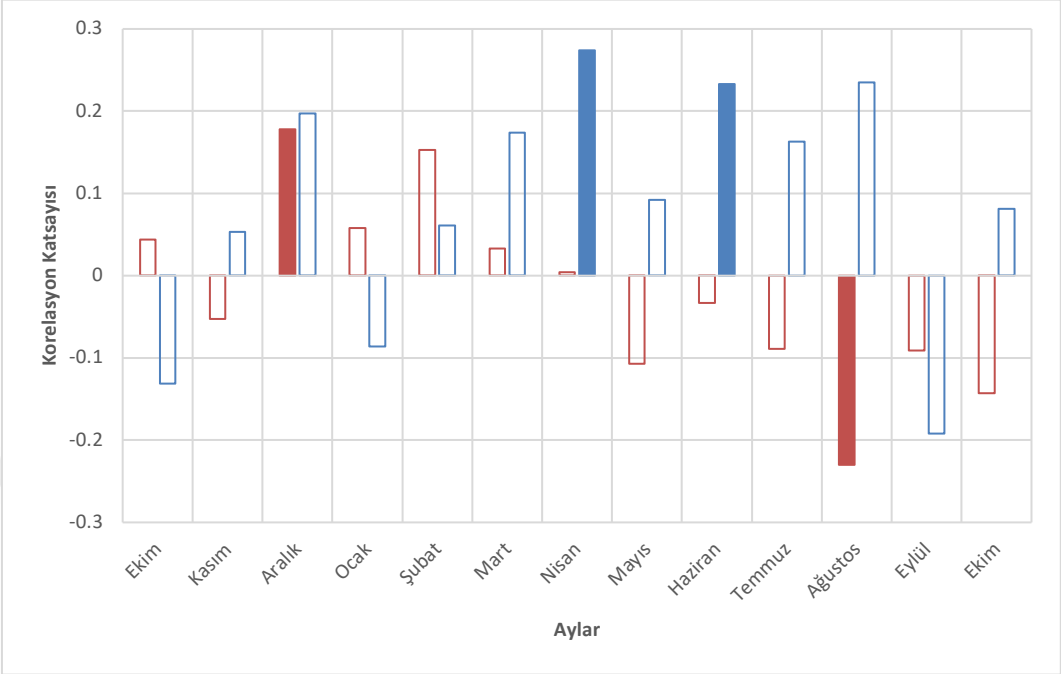
Şekil 4.7: HAC yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



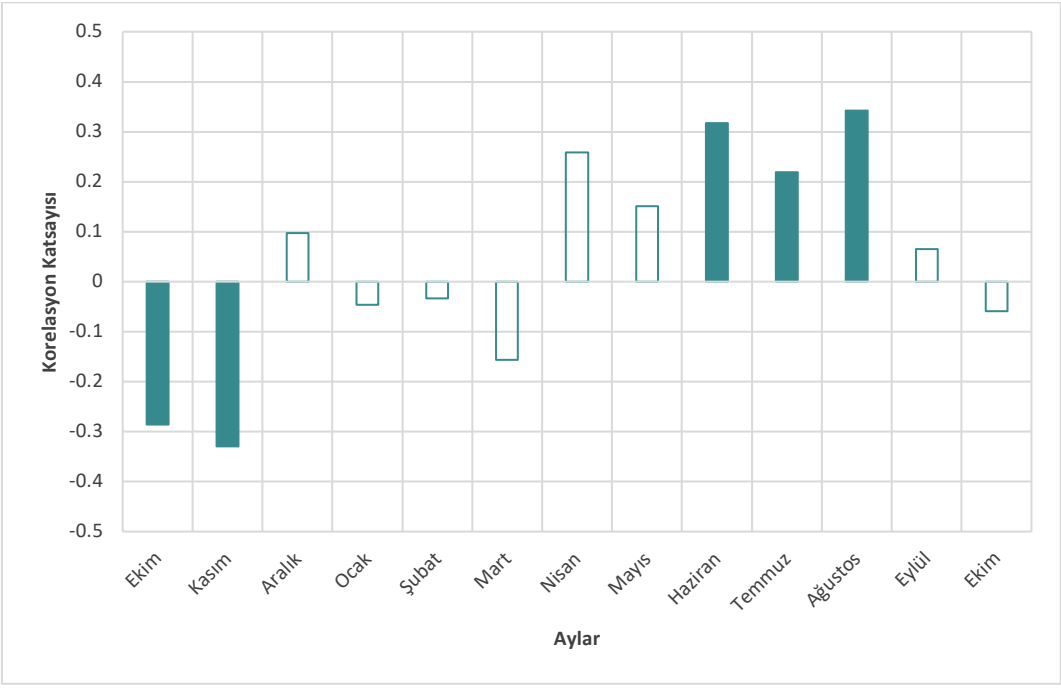
Şekil 4.8: BUZ yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



Şekil 4.9: BUZ yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



Şekil 4.10: MEM yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



Şekil 4.11: MEM yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).

4.2.4. BED Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon

Bu yöre için yıllık halka genişlikleri ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında belirgin ve anlamlı ilişki bulunmaktadır. Sıcaklık önceki yılın aralık ayında ise pozitif etkiye sahiptir. Ekim ve kasım aylarında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Sıcaklık halka oluşum yılı ocak ve nisan aylarında pozitif etkiye sahiptir. Şubat-mart ve mayıs-ekim aylarında ise negatif etkiye sahiptir. Sıcaklığın etkisi yıllık halka gelişimi üzerine etkisi aralık, eylül ve ekim ayları için anlamlıdır (Şekil 4.12).

Yağış önceki yıl ekim ve aralık aylarında pozitif bir etkiye sahiptir. Kasım ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Yağışın halka oluşum yılı şubat-ağustos ve ekim aylarında pozitif etkisi, ocak ve eylül aylarında ise negatif etkisi bulunmaktadır. Yağışın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi aralık, haziran ve ekim aylarında anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.12).

Akım önceki yılın ekim ve kasım ayında negatif, aralık ayında ise pozitif etkiye sahiptir. Halka oluşum yılı ocak-ağustos ve ekim aylarında pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Eylül ayında yüksek negatif etkisi bulunmaktadır. Akımın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi nisan, haziran ve temmuz ayları için anlamlıdır (Şekil 4.13).

4.2.5. IKI Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon

Bu yöre için yıllık halka genişlikleri ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında belirgin ve anlamlı ilişki bulunmaktadır. Sıcaklığın yıllık halka gelişiminin üzerine etkisi önceki yılın ekim ve kasım aylarında pozitif, aralık ayında ise pozitif bir etkiye sahiptir. Sıcaklık halka oluşum yılı mart-ekim aylarında negatif bir etkiye sahiptir. Şubat ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Ocak ve eylül aylarındaki sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi anlamlıdır (Şekil 4.14).

Yağışın, yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisi önceki yıl ekim ayında negatif, aralık ayında ise pozitif bir etkiye sahiptir. Kasım ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Yağışın ocak, şubat ve eylül aylarında negatif, ocak ve mart-ağustos aylarında ise pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Ekim ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Aralık, nisan, haziran, temmuz ve eylül aylarında yağışın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi anlamlıdır (Şekil 4.14).

Akım, yıllık halka gelişimi önceki yılda kasım ve aralık ayında pozitif bir etkiye sahiptir. Ekim ayında ise korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Halka oluşum yılında ocak ve nisan-ağustos aylarındaki akımın yıllık halka üzerine etkisi pozitif iken, şubat, mart, eylül ve ekim aylarında negatif etkisi bulunmaktadır. Nisan-haziran aylarında akımın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.15).

4.2.6. KAR Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon

Bu yöre için yıllık halka genişlikleri ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında belirgin ve anlamlı ilişki bulunmaktadır. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi önceki yılın ekim ve aralık aylarında pozitif, kasım ayında ise negatiftir. Sıcaklık, halka oluşum yılı ocak ve nisan aylarında pozitif etkiye, şubat-mart ve haziran-ekim aylarında ise negatif bir etkiye sahiptir. Mayıs ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Sıcaklığın aralık ve ağustos aylarında yıllık halka gelişimi üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.16).

Yağış önceki yılın ekim ve aralık aylarında pozitif, kasım ayında ise negatif bir etkiye sahiptir. Halka oluşum yılında yağışın yılık halka gelişimi üzerine etkisi ocak ve eylül aylarında negatif, mart-ağustos ve ekim aylarında pozitiftir. Şubat ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Aralık, nisan, haziran ve temmuz aylarındaki yağışın, yıllık halka gelişimi üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.16).

Akım, yıllık halka gelişiminde önceki yılda ekim ve kasım aylarında negatif bir etkiye aralık ayında pozitif bir etkiye sahiptir. Halka oluşum yılında ocak ve mart-ekim aylarındaki akımın yıllık halka üzerine etkisi pozitif, şubat ayında ise negatiftir. Nisan, haziran ve temmuz aylarında akımın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.17).

4.2.7. SAH Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon

Bu yöre için yıllık halka genişlikleri ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında belirgin ve anlamlı ilişki bulunmaktadır. Sıcaklığın önceki yılın kasım ayında negatif, aralık ayında pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Ekim ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Halka oluşum yılında sıcaklığın etkisi ocak ve şubat aylarında pozitif, nisan-ekim aylarında ise negatiftir. Sıcaklığın yıllık halka gelişimi üzerine hiçbir ay için anlamlı bulunmamıştır. (Şekil 4.18).

Yağışın önceki yılın kasım ayında negatif, aralık ayında ise pozitif bir etkisi bulunmaktadır. Kasım ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Halka oluşum yılı ocak, şubat ve eylül aylarında negatif bir etkiye, mart-ağustos ve ekim aylarında pozitif bir etkiye sahiptir. Yağışın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi nisan, haziran ve temmuz ayları için anlamlıdır (Şekil 4.18).

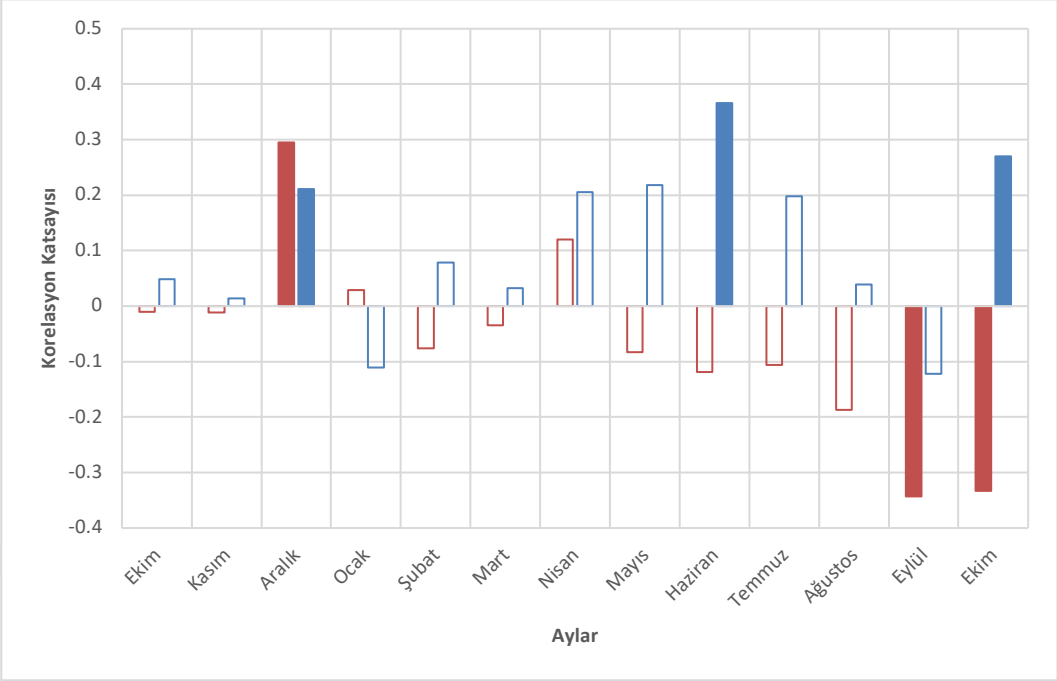
Akım önceki yılın ekim ve kasım ayında negatif, aralık ayında pozitif etkiye sahiptir. Halka oluşum yılı ocak, nisan-ağustos aylarında pozitif bir etkisi bulunurken, şubat, mart, eylül ve ekim aylarında negatif bir etkisi bulunmaktadır. Akımın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi aralık, nisan-ağustos ayları için anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.19).

4.2.8. TIR Yöre Kronolojisi ile Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerleri Arasındaki Korelasyon

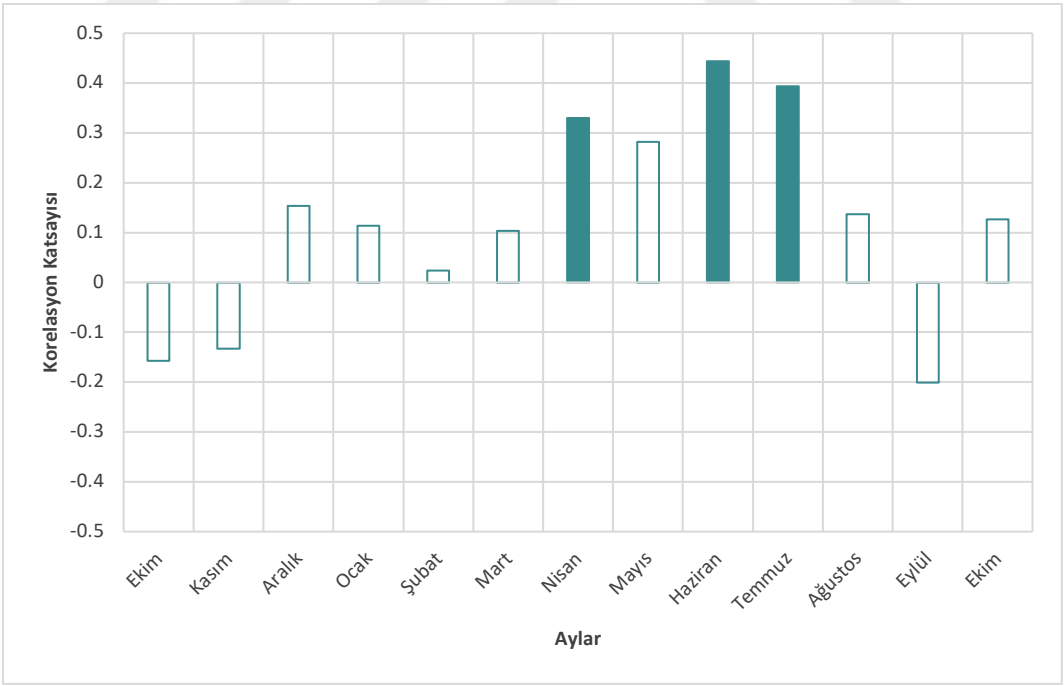
Bu yöre için yıllık halka genişlikleri ile sıcaklık, yağış ve akım verileri arasında belirgin ve anlamlı ilişki bulunmaktadır. Sıcaklığın önceki yılda pozitif etkisi bulunmaktadır. Halka oluşum yılında ocak ve şubat aylarında pozitif bir etkiye sahiptir. Nisan-ekim aylarında ise negatif bir etkiye sahiptir. Sıcaklığın yıllık halka gelişiminin üzerine etkisi aralık ayında anlamlıdır (Şekil 4.20).

Yağışın önceki yılın aralık ayında pozitif, kasım ayında ise bir etkisi bulunmaktadır. Ekim ayında korelasyon katsayısı 0'a yakındır. Yağış, halka oluşum yılı ocak, eylül ve ekim aylarında negatif bir etkiye sahiptir. Şubat-ağustos aylarında pozitif bir etkiye sahiptir. Yağışın yıllık halka gelişiminin üzerine etkisi ocak ve nisan-temmuz ayları için anlamlıdır (Şekil 4.20).

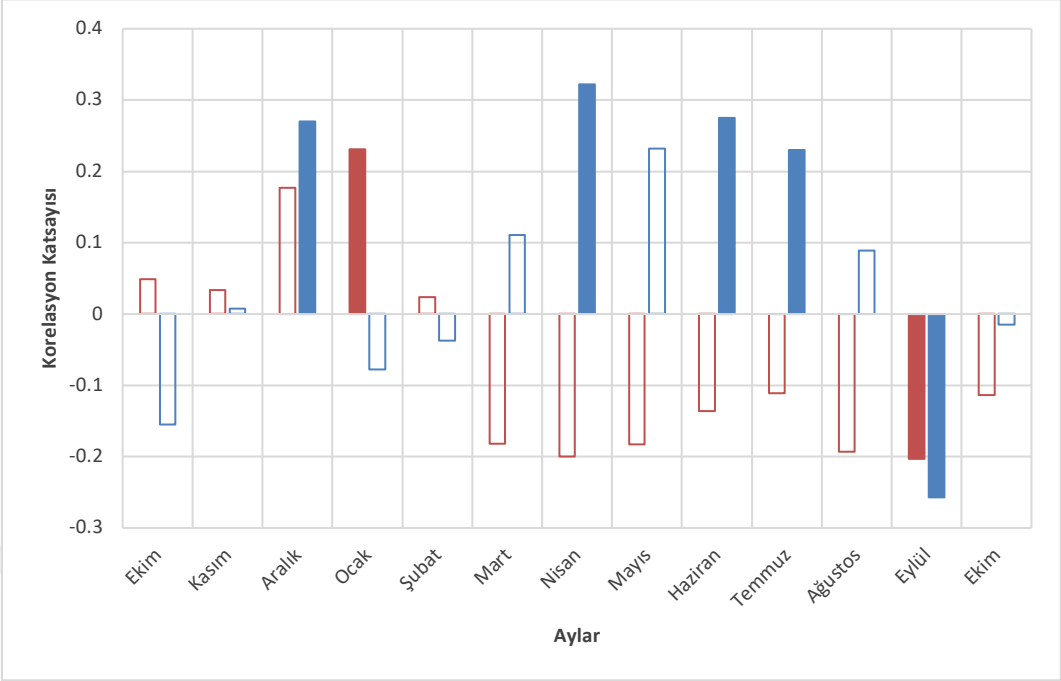
Akımın önceki yıl ekim ayında negatif etkisi, aralık ayında pozitif etkisi bulunmaktadır. Kasım ayında 0'a yakındır. Akım halka oluşum yılında ocak-mart aylarında negatif etkiye, diğer aylarda ise pozitif etkiye sahiptir. Akımın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi aralık, nisan-ağustos ayları için anlamlıdır (Şekil 4.21).



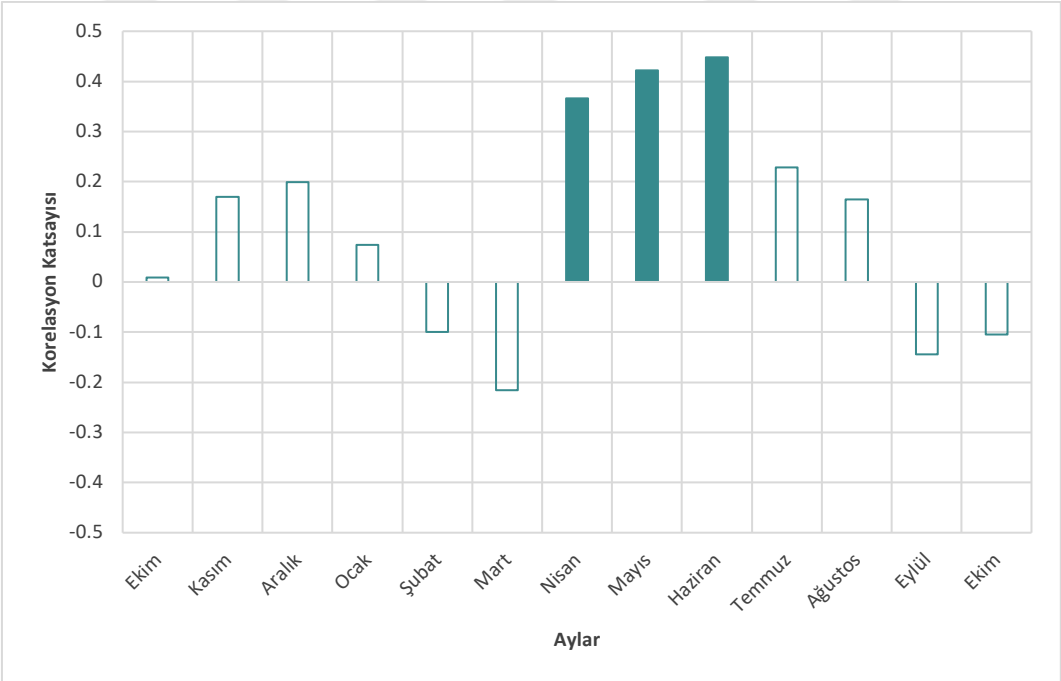
Şekil 4.12: BED yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



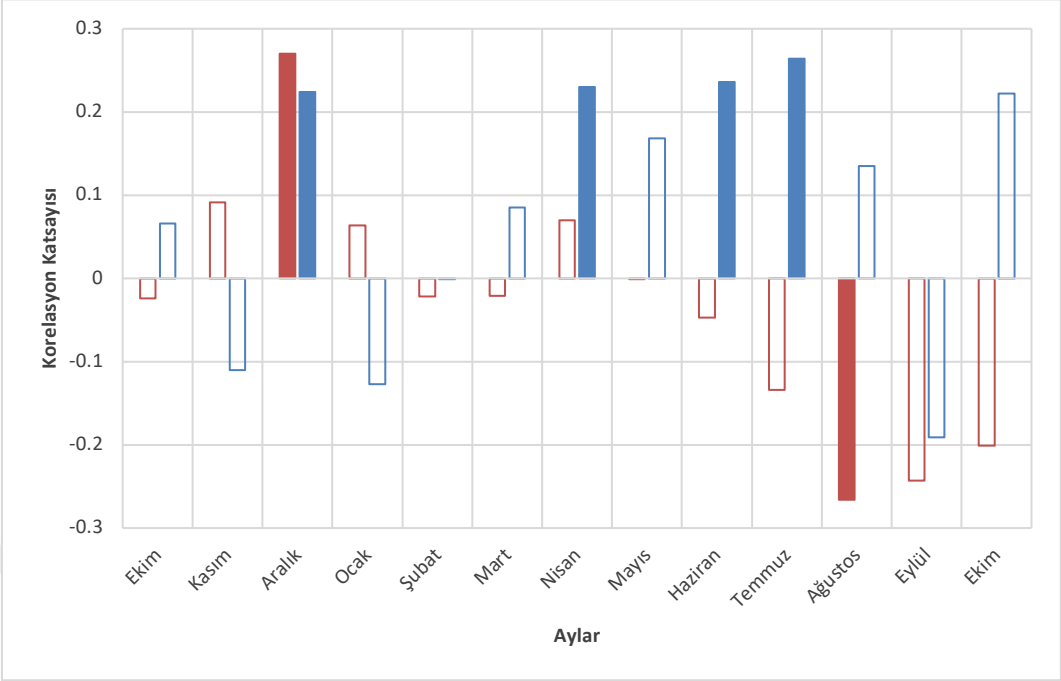
Şekil 4.13: BED yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



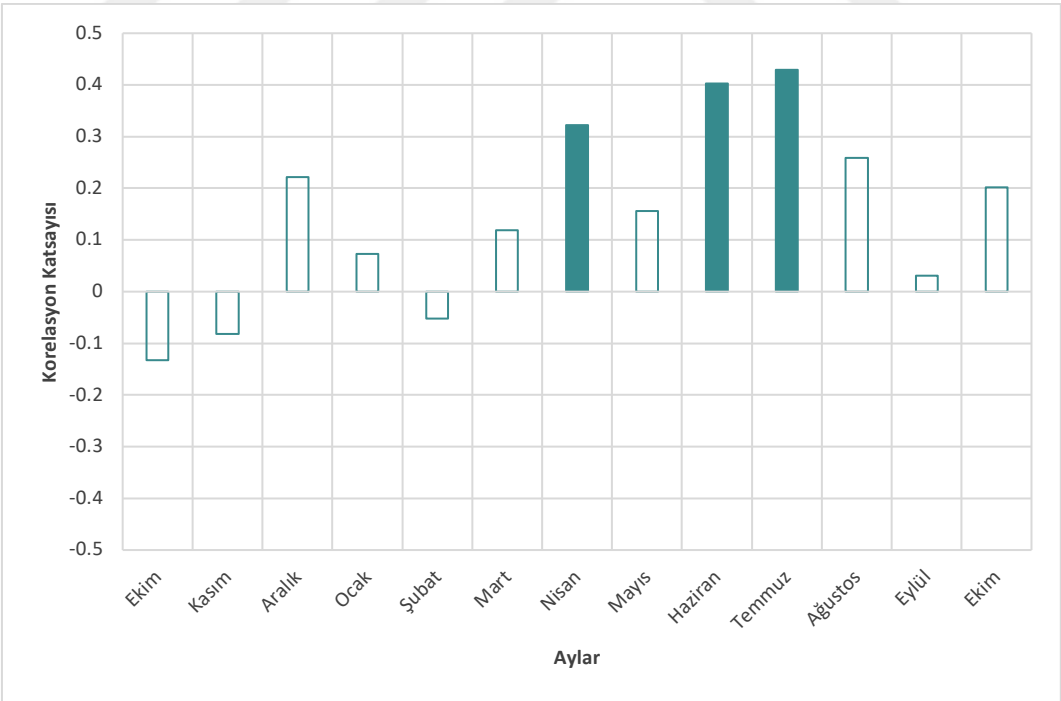
Şekil 4.14: IKI yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



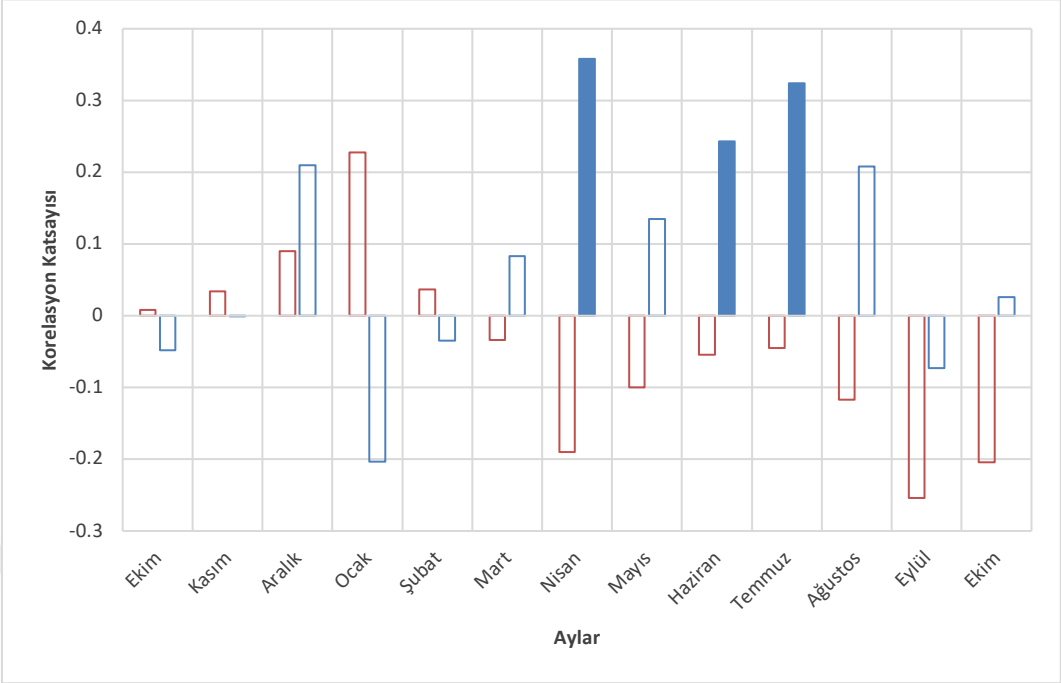
Şekil 4.15: IKI yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



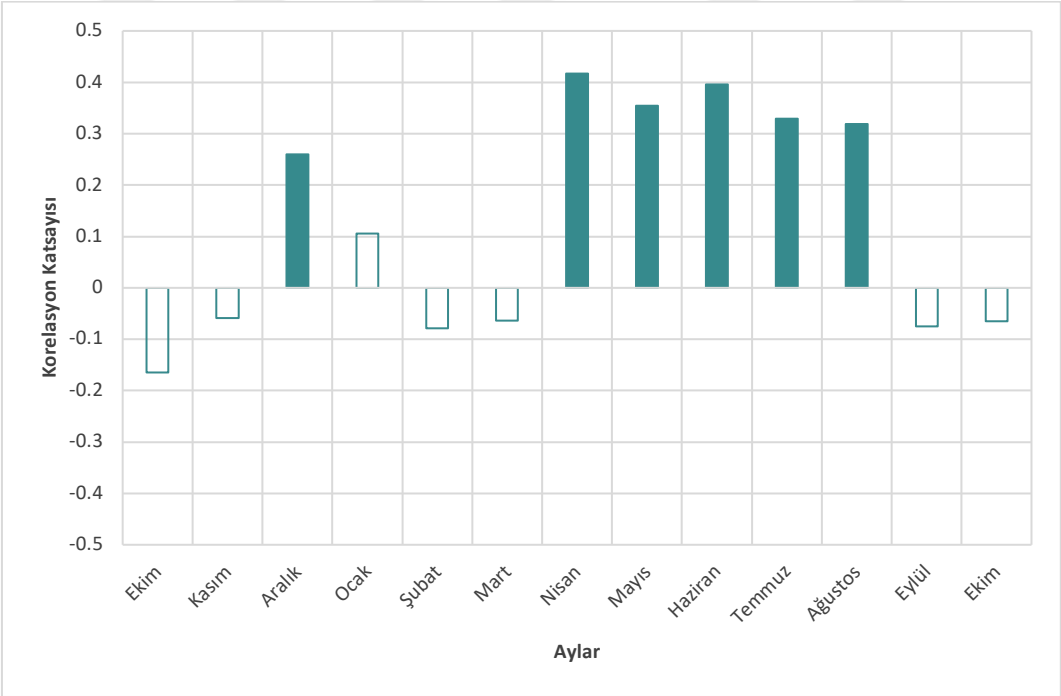
Şekil 4.16: KAR yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



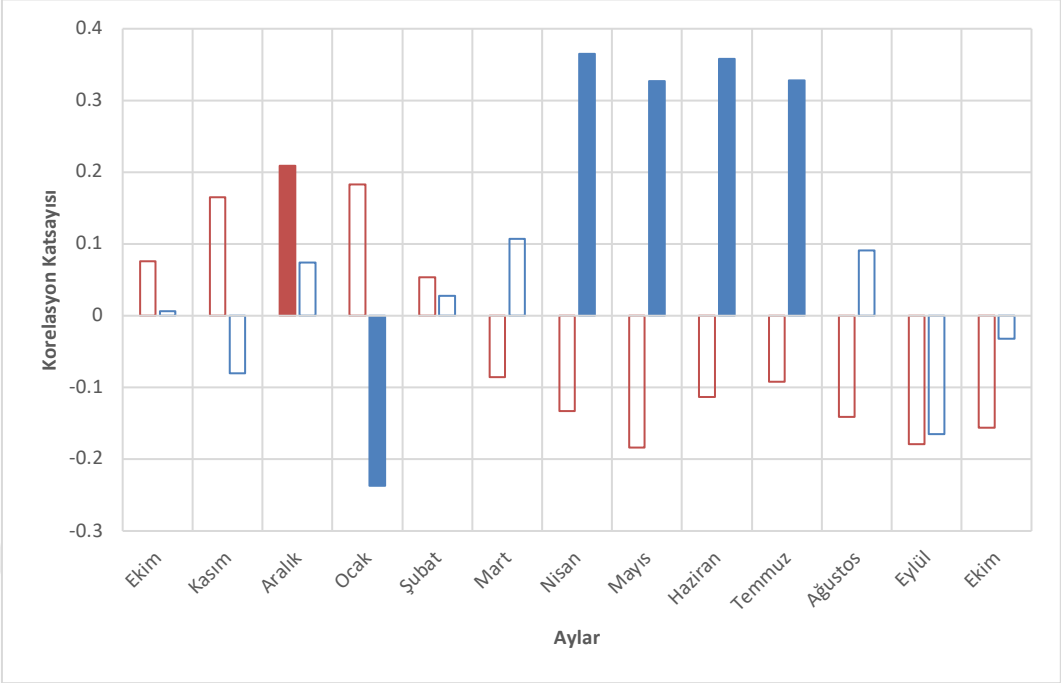
Şekil 4.17: KAR yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



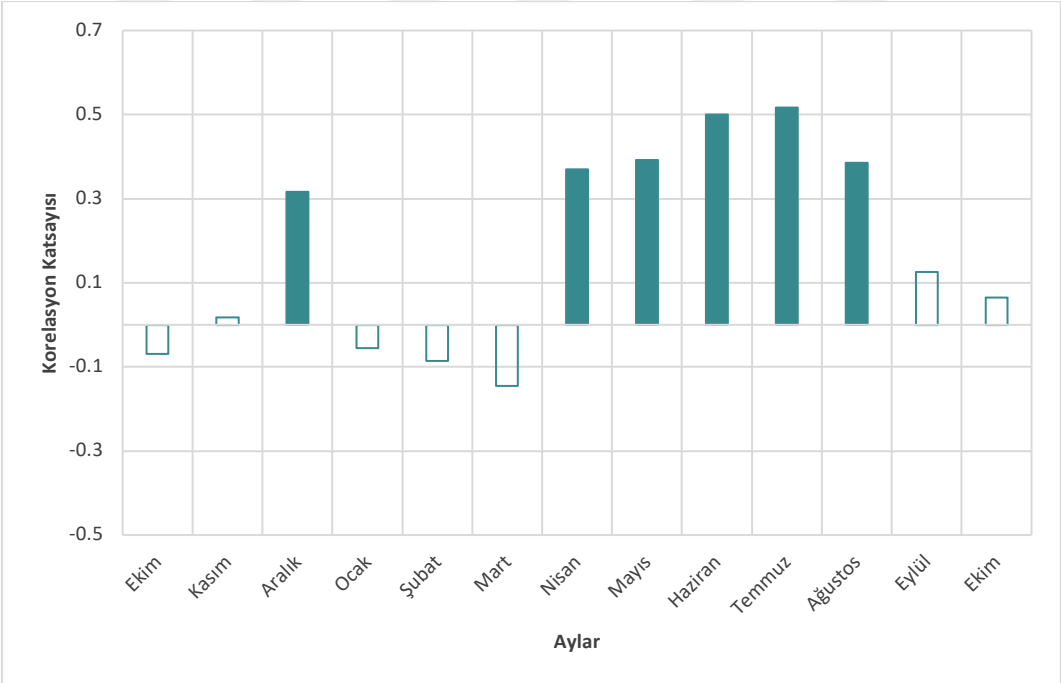
Şekil 4.18: SAH yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



Şekil 4.19: SAH yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



Şekil 4.20: TIR yöre kronolojisi ile sıcak ve yağış değerleri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları katsayısı (Kırmızı renkli sütunlar sıcaklığı, mavi renkli olan sütunlar yağışı, içi boyalı olan sütunlar ise 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).



Şekil 4.21: TIR yöre kronolojisi ile akım değerleri arasında hesaplanan basit korelasyon katsayısı (İçi boyalı olan sütunlar 0,95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).

4.3. DENDROHİDROLOJİK BULGULAR

4.3.1. Nisan-Temmuz Ortalama Yağış Rökonstrüksiyonu

Nisan-temmuz ortalama yağış rökonstrüksiyonu için 2 yöntem kullanılarak 3 model oluşturulmuştur. İlk yöntemde (Model Y1 ve Model Y2), yağış ikiye bölünüp kalibrasyon ve doğrulama istatistikleri hesaplanmıştır. Model Y1'de 1930-1967 yılları kalibrasyon olarak kullanılıp, 1968-2003 yılları ortalama yağış değerleri tahmin edilmiştir (Şekil 4.22). Model Y2'de, 1968-2003 yılları kalibrasyon olarak kullanılıp, 1930-1967 yılları ortalama yağış değerleri tahmin edilmiştir (Şekil 4.23). Diğer yöntemde ise (Model Y3) yağış verilerinin tümü (1930-2003 dönemi 76 yıl) kalibrasyonda kullanılmıştır (Şekil 4.24). 1767-2003 yılları aralığındaki rökonstrüksiyon için 7 yöre kronolojisinin (HAC, BED, MEM, IKI, KAR, SAH, TIR) temel bileşenleri hesaplanmıştır. BUZ yöre kronolojisinin diğer yöre kronolojilerine göre, işaretin-gürültüye oranı ve birinci özvektörün varyansı (Tablo 4.4 ve Tablo 4.5) değerleri düşük olmakla birlikte nisan-temmuz yağışları ile korelasyon katsayıları da anlamlı bulunmadığı için rökonstrüksiyona dahil edilmemiştir. 7 yöre kronolojisinin temel bileşenleri stepwise regresyon yöntemiyle seçilerek 5 temel bileşenden toplam varyansın %66'sını açıklayan 2 temel bileşen (PC1 ve PC2) kullanılmıştır. Nisan-temmuz ortalama yağış rökonstrüksiyonları Model Y1 (4.1), Model Y2 (4.2) ve Model Y3 ise (4.3) formülleri kullanılarak hesaplanmıştır.

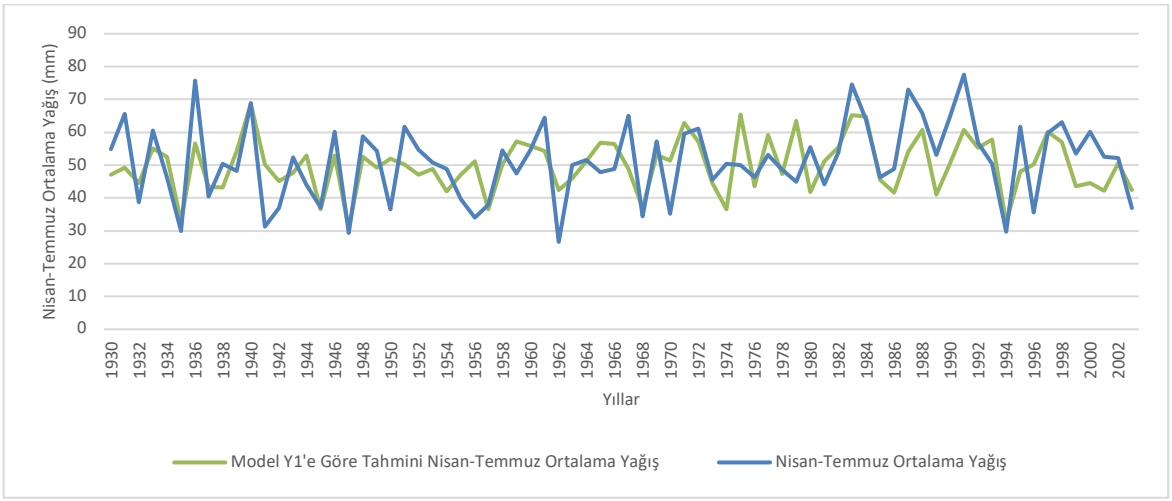
$$\text{Yağış}_{\text{Nisan-Temmuz(Model Y1)}} = -1{,}943 + 19{,}422PC1 - 2{,}534PC2 \quad (4.1)$$

$$\text{Yağış}_{\text{Nisan-Temmuz(Model Y2)}} = 19{,}573 + 12{,}848PC1 - 0{,}723PC2 \quad (4.2)$$

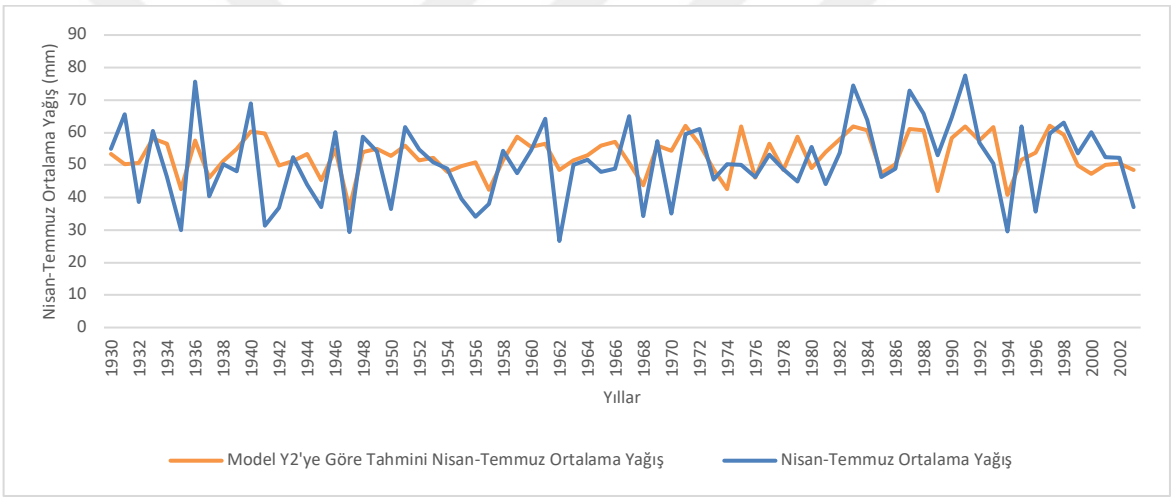
$$\text{Yağış}_{\text{Nisan-Temmuz(Model Y3)}} = 7{,}918 + 16{,}345PC1 - 4{,}172PC2 \quad (4.3)$$

Tablo 4.9: Nisan-temmuz dönemi ortalama yağış rökonstrüksiyonu için oluşturulmuş olan Model Y1, Model Y2 ve Model Y3'ün istatistik sonuçları.

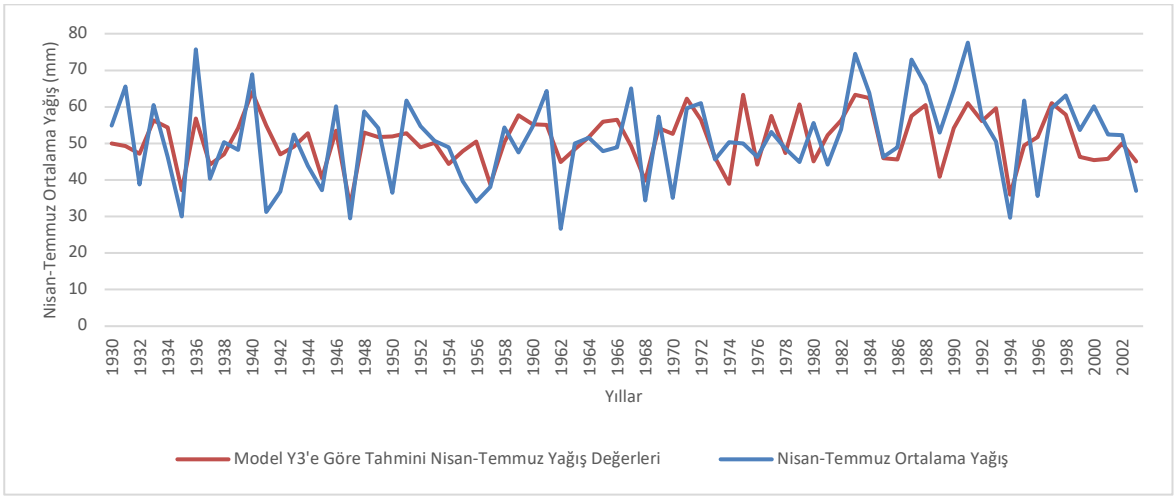
Modeller	Kalibrasyon Dönemi	Doğrulama Dönemi	R^2	Düzeltilmiş R^2	F	RE	CE	P
Model Y1	1930-1967	1968-2003	0,38	0,34	10,56	0,35	0,35	P<0.001
Model Y2	1968-2003	1930-1967	0,33	0,29	8,47	0,33	0,33	P<0.001
Model Y3	1930-2003	-	0,36	0,33	19,6	-	-	P<0.001



Şekil 4.22: Gerçek ve tahmini nisan-temmuz ortalama yağış değerleri (Model Y1).

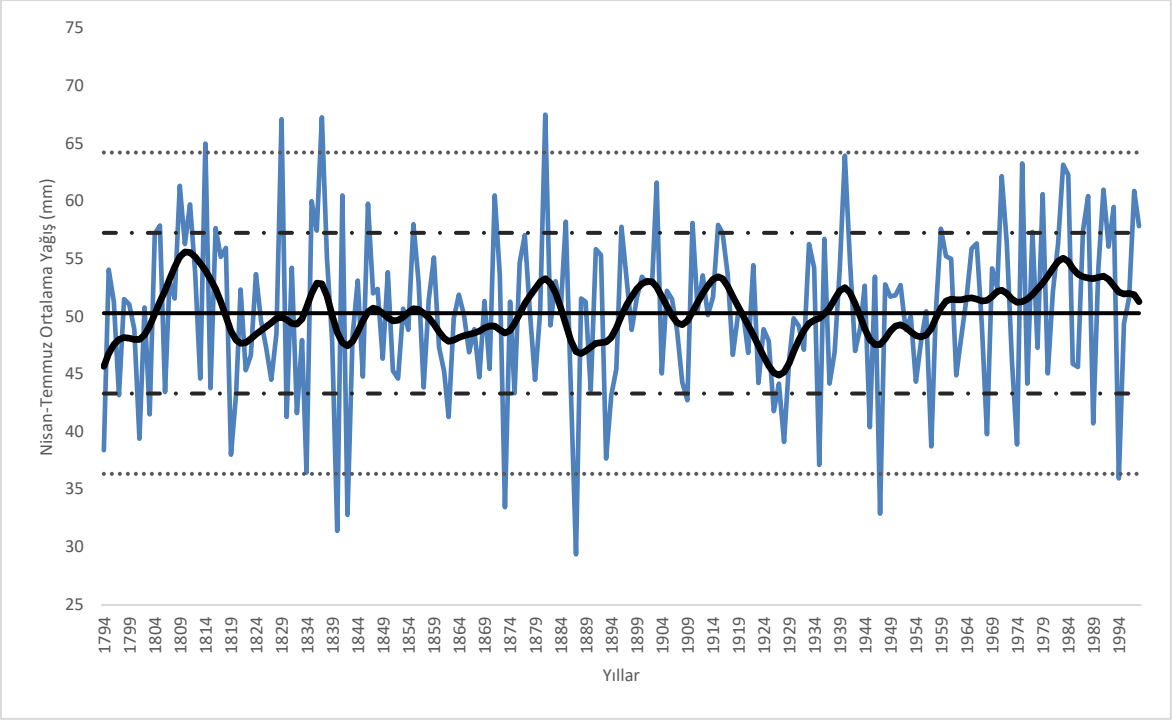


Şekil 4.23: Gerçek ve tahmini nisan-temmuz ortalama yağış değerleri (Model Y2).



Şekil 4.24: Gerçek ve tahmini nisan-temmuz ortalama yağış değerleri (Model Y3).

Nisan-temmuz dönemi ortalama yağış değerlerinin rökonstrüksiyonu için istatistiksel olarak en yüksek düzeyde anlamlı olan Model Y3 kullanılmıştır. Kronolojilerin ortak aralığı olan 1767-2003 yılları için rökonstrüksiyon yapılmıştır. Nisan-temmuz ortalama yağış değeri için başlangıç tarihi, bütün kronolojilerin kapsayan alt işaret gücü değeri olan 1794 yılı, son tarihi ise kronolojiler için en son ortak yıl olan 2003 yılı alınmıştır. 1794-2003 yılları ortalama yağış değeri 50,35 mm, -1 standart sapma değeri 43,37 mm, +1 standart sapma değeri 57,33 mm, -2 standart sapma değeri 36,39 mm, +2 standart sapma değeri ise 64,30 mm olarak bulunmuştur. 1794-2003 yılları nisan-temmuz ayları ortalama yağış değerleri Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25: Nisan-temmuz dönemi ortalama yağış değerleri (Mavi yatay hareketli çizgi nisan-temmuz dönemi ortalama yağış değerlerini, siyah yatay çizgi ortalama yağış değerini, siyah yatay kesikli çizgiler ± 1 standart sapmayı, gri yatay kesikli çizgiler ± 2 standart sapmayı, siyah yatay hareketli çizgi 13 yıllık Low-Pass filtre değerlerini göstermektedir).

4.3.2. Gökırmak-Kuyluş İstasyonu Akım Verilerinin Rökonstrüksiyonu

Gökırmak-Kuyluş İstasyonu akım verilerinin rökonstrüksiyonu için 2 yöntem kullanılarak 3 model oluşturulmuştur. İlk yöntemde (Model A1 ve Model A2), akım verileri ikiye bölünüp kalibrasyon ve doğrulama istatistikleri hesaplanmıştır. Model A1'de 1954-1976 yılları kalibrasyon olarak kullanılıp, 1977-1998 yılları ortalama akım değerleri tahmin edilmiştir (Şekil 4.26). Model A2'de, 1977-1998 yılları kalibrasyon olarak kullanılıp, 1954-1976 yılları

ortalama akım değerleri tahmin edilmiştir (Şekil 4.27). Diğer yöntemde ise (Model A3) akım verilerinin tümü (1954-1998 dönemi 45 yıl) kalibrasyonda kullanılmıştır (Şekil 4.28). 1767-2003 yılları aralığındaki rökonstrüksiyon için 7 yöre kronolojisinin (HAC, BED, MEM, IKI, KAR, SAH, TIR) temel bileşenleri hesaplanmıştır. BUZ yöre kronolojisinin diğer kronolojilerire göre, işaretin-gürültüye oranı ve birinci özvektörün varyansı (Tablo 4.4 ve Tablo 4.5) değerleri düşük olmanın yanısıra nisan-ağustos ayları ortalama akım değerleri ile korelasyon katsayıları da anlamlı bulunmadığı için rökonstrüksiyona dahil edilmemiştir. 7 yöre kronolojisinin temel bileşenleri stepwise regresyon yöntemiyle seçilerek 5 temel bileşenden toplam varyansın %66'sını açıklayan 2 temel bileşen (PC1 ve PC2) kullanılmıştır. Nisan-ağustos ortalama akım rökonstrüksiyonları Model A1 (4.4), Model A2 (4.5) ve Model A3 ise (4.6) formülleri kullanılarak hesaplanmıştır. Nisan-ağustos dönemi ortalama akım rökonstrüksiyonu için oluşturulmuş olan Model A1, Model A2 ve Model A3'ün istatistik sonuçları Tablo 4.10'da verilmiştir.

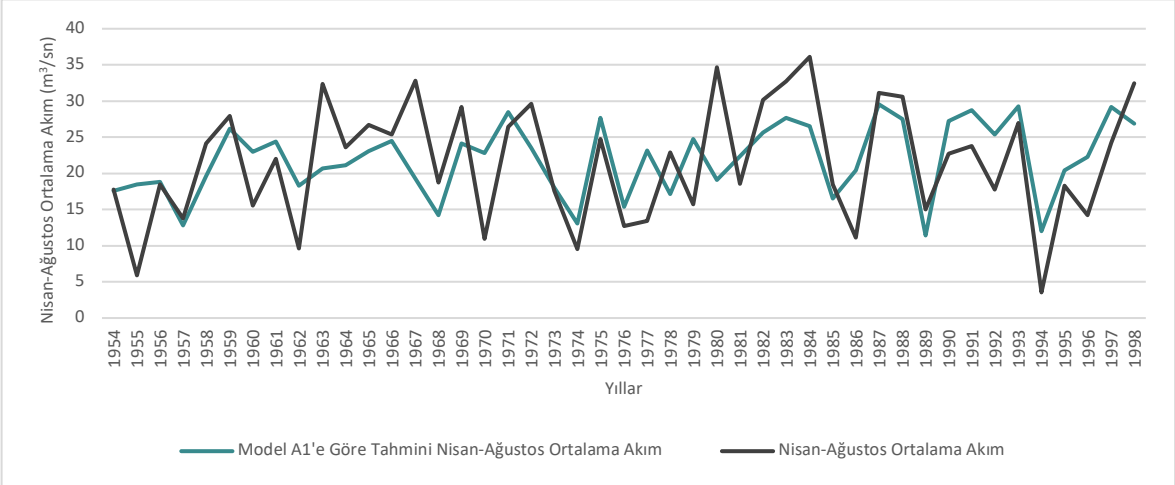
$$\text{Akım}_{\text{Nisan-Ağustos(Model A1)}} = -3{,}415 + 9{,}694PC1 - 11{,}338PC2 \quad (4.4)$$

$$\text{Akım}_{\text{Nisan-Ağustos(Model A2)}} = -6{,}055 + 10{,}280PC1 - 8{,}204PC2 \quad (4.5)$$

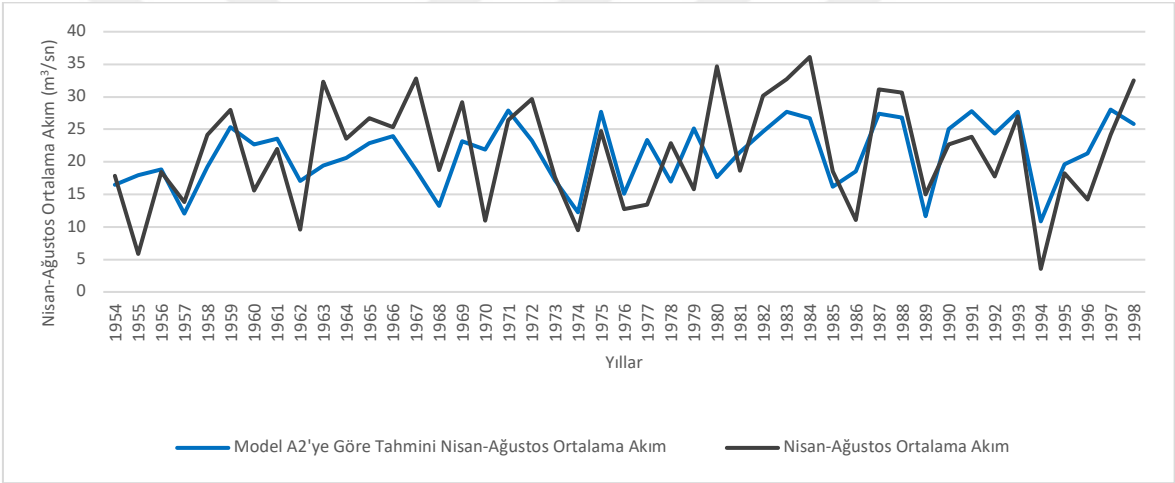
$$\text{Akım}_{\text{Nisan-Ağustos(Model A3)}} = -4{,}745 + 9{,}926PC1 - 8{,}345PC2 \quad (4.6)$$

Tablo 4.10: Nisan-ağustos dönemi ortalama akım rökonstrüksiyonu için oluşturulmuş olan Model A1, Model A2 ve Model A3'ün istatistik sonuçları.

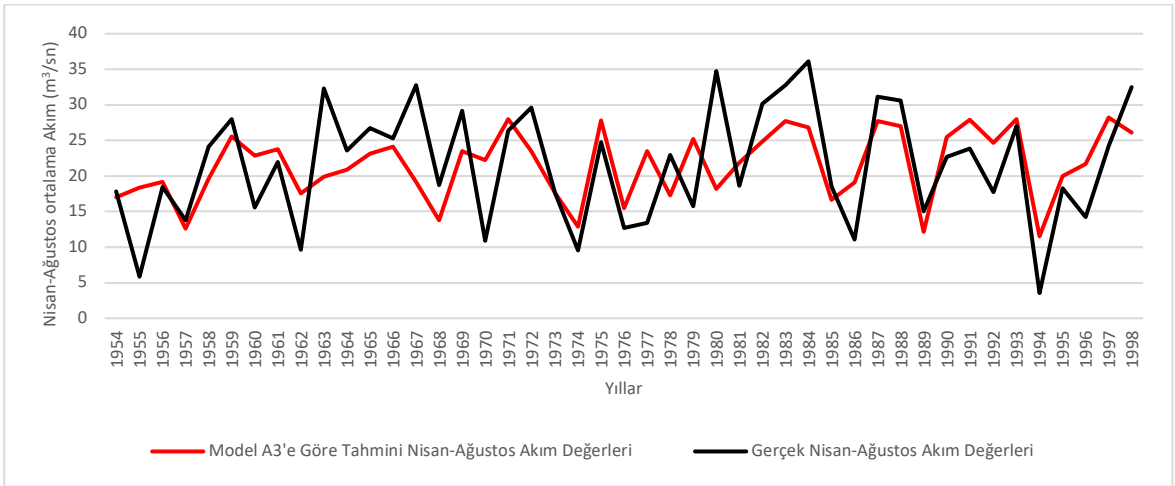
Modeller	Kalibrasyon Dönemi	Doğrulama Dönemi	R^2	Düzeltilmiş R^2	F	RE	CE	P
Model A1	1954-1976	1977-1998	0,30	0,26	8,80	0,35	0,35	P<0.001
Model A2	1977-1998	1954-1976	0,28	0,22	9,32	0,36	0,36	P<0.001
Model A3	1954-1998	-	0,35	0,32	11,33	-	-	P<0.001



Şekil 4.26: Gerçek ve tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerleri (Model A1).

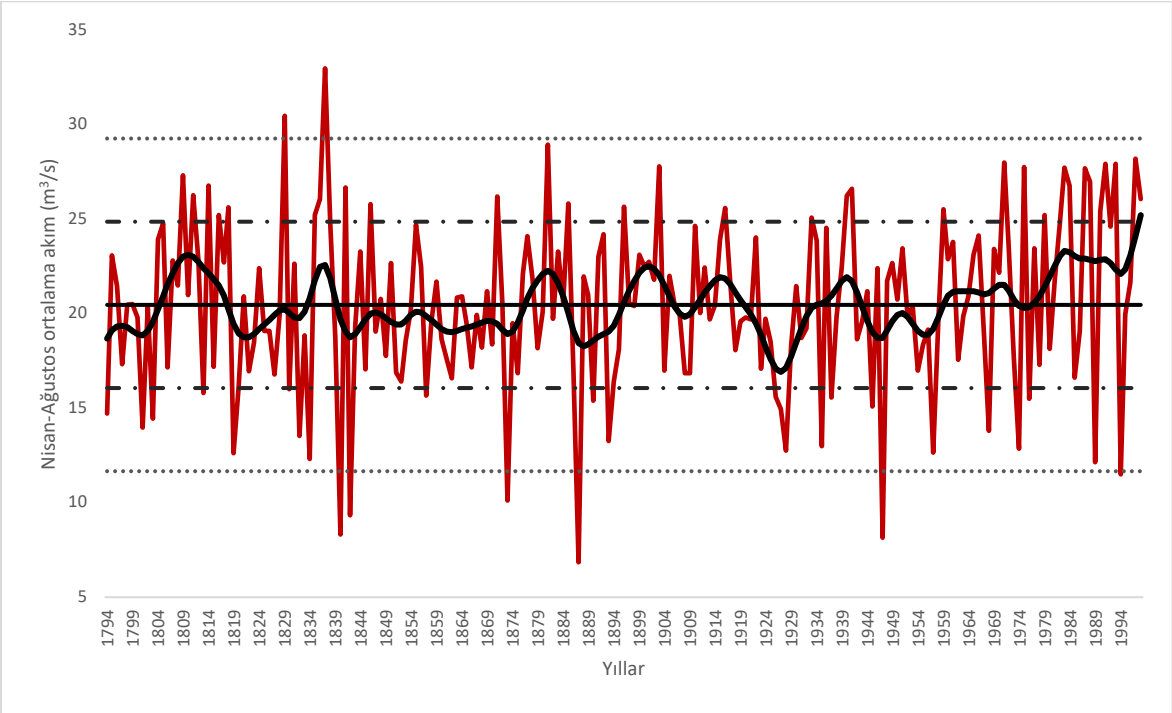


Şekil 4.27: Gerçek ve tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerleri (Model A2).



Şekil 4.28: Gerçek ve tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerleri (Model A3).

Nisan-ağustos dönemi ortalama akım değerlerinin rökonstrüksiyonu için istatistiksel olarak en yüksek düzeyde anlamlı olan Model A3 kullanılmıştır. Kronolojilerin ortak aralığı olan 1767-2003 yılları için rökonstrüksiyon yapılmıştır. Nisan-ağustos ortalama akım değeri için başlangıç tarihi, bütün kronolojilerin kapsayan alt işaret gücü değeri olan 1794 yılı, son tarihi ise akım verilerinin mevcut olduğu son tarih olan 1998 yılı alınmıştır. 1794-1998 yılları ortalama akım değeri 20,48 m^3, -1 standart sapma değeri 16,07 m^3, +1 standart sapma değeri 24,88 m^3, -2 standart sapma değeri 11,67 m^3, +2 standart sapma değeri ise 29,28 m^3 olarak bulunmuştur. 1794-1998 yılları nisan -ağustos ayları ortalama akım değerleri Şekil 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.29: Nisan-ağustos dönemi ortalama akım değerleri (Kırmızı yatay hareketli çizgi nisan-ağustos dönemi ortalama akım değerlerini, siyah yatay çizgi ortalama akım değerini, siyah yatay kesikli çizgiler ± 1 standart sapmayı, gri yatay kesikli çizgiler ± 2 standart sapmayı, siyah yatay hareketli çizgi 13 yıllık Low-Pass filtre değerlerini göstermektedir).

Model A3'e göre rökonstrüksiyon yapılarak hesaplanan tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerlerinin ±1 ve ±2 standart sapmayı aştığı yıllar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerlerinin ±1 ve ±2 standart sapmayı aştığı yıllar.

	18. yy.	**19. yy.**	**20. yy.**
Çok Kurak Yıllar		1840 1842 1873 1887	1947 1994
Kurak Yıllar	1794	1801 1803 1813 1819 1830 1832 1834 1840 1842 1857 1873 1887 1890 1893	1926-28 1935 1937 1945 1947 1957 1968 1974 1976 1989 1994
Yağışlı Yıllar		1809 1811 1814 1816 1818 1829 1835-37 1841 1846 1871 1881 1885 1896	1903 1916 1933 1940-41 1959 1971 1975 1979 1983-84 1987-88 1990-91 1993 1997-98
Çok Yağışlı Yıllar		1829 1837	

Tablo 4.12: Tahmini nisan-temmuz yağış değerleri ile tahmini nisan-ağustos ortalama akım değerlerinin ±1 ve ±2 standart sapmayı aştığı yıllar (Kırmızı sembol yağış ve akım için ortak olan kurak/yağışlı yılları, mavi sembol sadece akım değerlerinde bulunan kurak/yağışlı yılları, yeşil sembol ise sadece yağış değerlerinde bulunan kurak/yağışlı yılları temsil etmektedir).

	18. yy.	**19. yy.**	**20. yy.**
Çok Kurak Yıllar		1840 ★ 1842 ★ 1873 ★ 1887 ★	1947 ★ 1994 ★
Kurak Yıllar	1794 ★ 1797 ◆	1801 ★ 1803 ★ 1813 ▲ 1819 ★ 1820 ◆ 1830 ★ 1832 ★ 1834 ★ 1840 ★ 1842 ★ 1857 ▲ 1862 ◆ 1873 ★ 1887 ★ 1890 ▲ 1893 ★ 1894 ◆	1909 ◆ 1926 ★ 1927 ▲ 1928 ★ 1935 ◆ 1937 ★ 1945 ★ 1947 ★ 1957 ★ 1968 ★ 1974 ★ 1976 ▲ 1989 ★ 1994 ★
Yağışlı Yıllar		1805 ◆ 1809 ★ 1811 ★ 1814 ★ 1816 ★ 1818 ▲ 1829 ★ 1835-37 ★ 1841 ★ 1846 ★ 1855 ◆ 1871 ★ 1881 ★ 1885 ★ 1896 ★	1903 ★ 1910 ◆ 1915 ◆ 1916 ▲ 1933 ▲ 1940 ★ 1941 ▲ 1959 ★ 1971 ★ 1975 ★ 1977 ◆ 1979 ★ 1983-84 ★ 1987-88 ★ 1990 ▲ 1991 ★ 1993 ★ 1997-98 ★
Çok Yağışlı Yıllar		1814 ★ 1829 ★ 1837 ★ 1881 ★	

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. DENDROKRONOLOJİK SONUÇLAR

Tez kapsamında Sinop ve Çorum yörelerinden alınmış olan ve karaçam ağaçlarından oluşan 4 adet yöre kronolojisi oluşturulmuştur (Şekil 5.1). Bu kronolojilere ait özet istatistikler Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tez kapsamındaki kronolojilerden en uzun zaman aralığına sahip olan kronoloji, 1639–2009 yıllarını kapsayan HAC yöre kodlu karaçam kronolojisidir (Şekil 4.1).

Oluşturulan yöre kronolojilerinin tamamı iklime karşı duyarlılıkları ortalama duyarlılık katsayılarına göre duyarlı kronolojilerdir. Ortalama duyarlılık katsayılarına göre iklime en duyarlı olan yöre kronolojisi MEM kronolojisidir. Akıma en duyarlı yöre kronolojisi ise 0,2745 duyarlılık katsayısı ile MEM yöre kronolojisidir (Tablo 4.4). Bu kronolojiyi sırasıyla HAC (0,2494), BED (0,2401) ve BUZ (0,2119) kronolojileri izlemektedir. BUZ yöre kronolojisinin akım verileriyle diğer kronolojilere göre korelasyon katsayısı ve duyarlılığı düşük olduğu için rökonstrüksiyonda kullanılmamıştır.

Tez kapsamı dışında kullanılan kronolojilerden iklime ve akıma en duyarlı olan kronoloji 0,2653 duyarlılık katsayısı ile IKI yöre kronolojisidir. Bu kronolojiyi sırayla SAH (0,2529), KAR (0,2191) ve TIR (0,2154) kronolojileri izlemektedir (Tablo 4.5).

Kronolojiler arasındaki benzerliklerin belirlenmesi amacıyla korelasyon katsayıları ve EUY değerleri hesaplanmıştır. Tez kapsamında önceden örnek alınan yörelerden oluşturulmuş kronolojiler ve tez dahilinde ve daha önceden tez kapsamı dışında alınarak oluşturulmuş kronolojiler arasındaki EUY (eğrilerin uyum yüzdesi) Tablo 5.1'de ve korelasyon katsayıları Tablo 5.2'de verilmiştir. Kronolojiler arasındaki EUY değerleri ve korelasyon katsayıları yüksektir ve tamamı 0,999 güven düzeyinde anlamlıdır.

Köse (2007) Batı Anadolu'da karaçamlarla yaptığı çalışmasında, yöre kronolojilerinin duyarlılık katsayılarını 0,13-0,25 aralığında değişmekle birlikte genel olarak 0,19-0,25 arasındadır. Güner (2012) Sakarya Havzası'nda yaptığı çalışmasında, karaçam yöre kronolojilerinin duyarlılık katsayılarının 0,17-0,26 aralığında hesaplamış olup, genel olarak

duyarlılık katsayısı 0,2'nin üzerindedir. Doğan ve Köse (2015), Sandıras Dağı'ndaki (Muğla) yaşlı karaçam ormanlarından aldığı örneklerle oluşturduğu yöre kronolojilerinin karaçamların duyarlılık katsayısını 0,14-0,27 aralığında belirlemiştir.

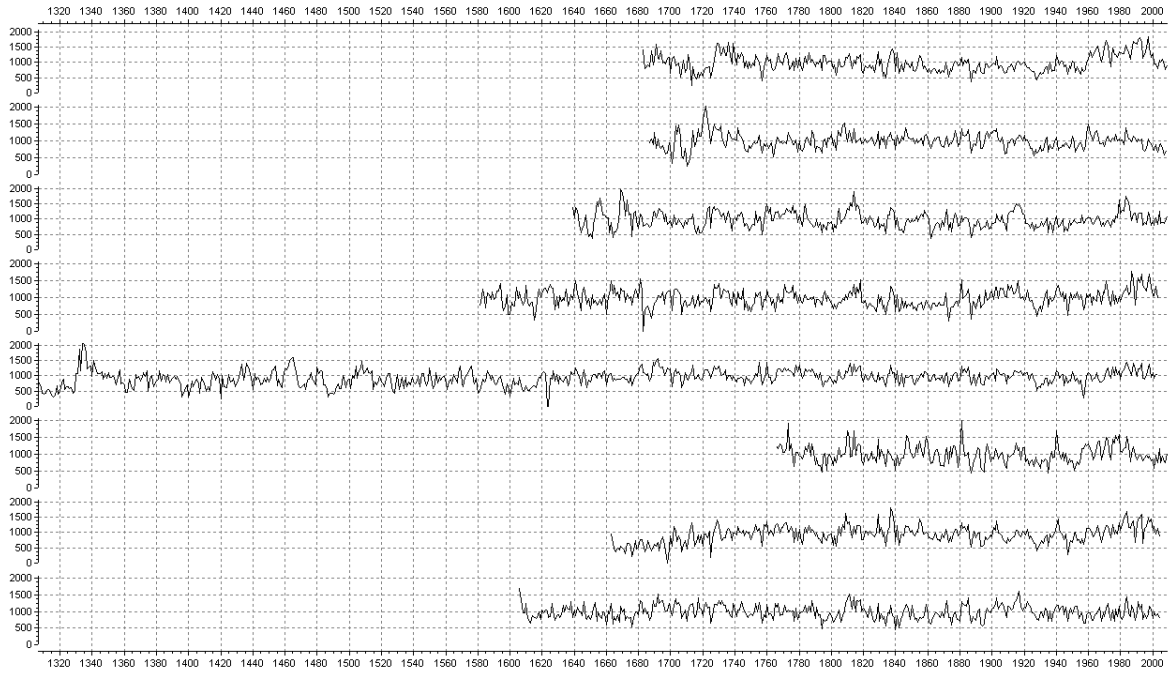
Tez kapsamında elde edilen duyarlılık katsayıları Anadolu'da yapılan dendrokronolojik çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Aşağı Kızılırmak Havası için oluşturulan tez kapsamındaki yöre kronolojlerinin duyarlılık katsayısı 0,21-0,27 aralığında olup, iklim koşullarının bu yöredeki karaçamlar üzerine etkisi yüksektir (Tablo 3.3).

Tablo 5.1: Yöre kronolojileri arasındaki EUY değerleri % ("***" işareti 0,999 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).

		SİNOP			ÇORUM				
		HAC	**BUZ**	**MEM**	**BED**	**IKI**	**KAR**	**SAH**	**TIR**
SİNOP	**HAC**	100 ***							
	BUZ	71***	100 ***						
	MEM	70***	70***	100 ***					
ÇORUM	**BED**	71***	70***	71***	100 ***				
	IKI	68***	69***	66***	74***	100 ***			
	KAR	74***	76***	72***	74***	70***	100 ***		
	SAH	72***	72***	70***	77***	77***	71***	100 ***	
	TIR	69***	69***	70***	68***	74***	72***	75***	100 ***

Tablo 5.2: Yöre kronolojileri arasındaki korelasyon katsayıları ("***" işareti 0,999 güven düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir).

		SİNOP			ÇORUM				
		HAC	**BUZ**	**MEM**	**BED**	**IKI**	**KAR**	**SAH**	**TIR**
SİNOP	**HAC**	1							
	BUZ	0,48***	1						
	MEM	0,57***	0,57***	1					
ÇORUM	**BED**	0,54***	0,41***	0,55***	1				
	IKI	0,45***	0,49***	0,46***	0,59***	1			
	KAR	0,56***	0,57***	0,53***	0,57***	0,59***	1		
	SAH	0,55***	0,52***	0,50***	0,63***	0,63***	0,60***	1	
	TIR	0,51***	0,54***	0,54***	0,48***	0,61***	0,59***	0,64***	1



Şekil 5.1: BED, BUZ, HAC, MEM, KAR, IKI, SAH ve TIR yöre kronolojileri (Yukarıdan aşağı doğru).

5.2. DENDROKLİMATOLOJİK SONUÇLAR

Korelasyon katsayıları, tez kapsamında oluşturulan 4 yöre kronolojisi ve daha önceki araştırmalarda Kızılırmak Havzası sınırları içerisinde yer alan ve bu araştırmalar için de kullanılan 4 yöre kronolojisi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan korelasyon katsayılarının özeti (Mavi: Pozitif, Kırmızı: Negatif) Şekil 5.2'de, korelasyon katsayılarının anlamlılıkları ise (Pozitif : +; Negatif : -) Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tez kapsamında oluşturulan yöre kronolojileri için hesaplanan korelasyon katsayılarına bakıldığında sıcaklık korelasyon katsayılarının, yağış ve akıma göre genel olarak düşük ve anlamsız olduğu görülmektedir. Genel olarak sıcaklığın yıllık halka gelişimini üzerine negatif bir etkisi olduğu saptanmıştır. Haziran ve temmuz aylarındaki sıcaklık artışının korelasyon katsayılarına göre yıllık halka oluşumuna negatif etkisi olduğu görülmektedir. Bu negatif etki kronolojilerin genelinde ağustos ve eylül ayları için anlamlı olduğu görülmektedir.

Yöre kronolojilerinin yağış ile korelasyon katsayıları incelendiğinde, yağışın yıllık halka gelişimi üzerindeki etkisi daha belirgin ve anlamlıdır. Nisan, mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarındaki yağışın yıllık halka gelişimi üzerine pozitif etkisi olduğu belirlenmiştir. Haziran ve temmuz aylarındaki yağışın korelasyon katsayıları bütün kronolojiler için oldukça

yüksektir. Haziran ayındaki yağışın yıllık halka gelişimi üzerine etkisi bütün kronolojiler için %95 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. MEM, IKI, KAR, SAH ve TIR kronolojileri için nisan, TIR kronolojisi için mayıs, HAC, IKI, KAR, SAH ve TIR kronolojileri için temmuz, BUZ kronolojisi için ise ağustos aylarındaki yağışların korelasyon katsayıları %95 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Eylül ayındaki yağışın bütün kronolojiler için yıllık halka gelişimi üzerine negatif etkisi bulunmaktadır. Bu negatif etki, HAC, BUZ ve IKI kronolojileri için %95 düzeyinde anlamlıdır.

Yöre kronolojilerinin akım ile korelasyon katsayılarına göre akımın, yıllık halka gelişimi üzerine etkisi belirgin ve anlamlıdır. Korelasyon katsayılarına bakıldığında, nisan-ağustos ayları akımının yıllık halka gelişimi üzerine etkisinin genel olarak (Mayıs ayı HAC ve BUZ kronolojileri hariç) pozitif olduğu görülmektedir. Haziran ve temmuz aylarındaki akımın korelasyon katsayıları oldukça yüksektir. Nisan-ağustos aylarındaki akım genel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Haziran ayındaki akım bütün kronolojiler için %95 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. BED, IKI, KAR, SAH ve TIR kronolojileri için nisan, IKI, SAH ve TIR kronolojileri için Mayıs, BUZ ve IKI hariç diğer kronolojiler için temmuz ve MEM, SAH ve TIR yöre kronolojileri için ise ağustos ayı akım korelasyon katsayıları %95 düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Anadolu'da yapılan dendroklimatolojik çalışmalarda nisan-ağustos aylarındaki düşük yağışların yıllık halka gelişimini üzerinde sınırlandırıcı etkisi olduğu saptanmıştır:

- Akkemik (2000a), İstanbul'daki fıstık çamlarının yıllık halka gelişimi üzerinde yağışın sıcaklıktan daha büyük bir etkisi olduğunu belirtmiştir. Akkemik (2000b), yaz aylarındaki yüksek sıcaklıklar ile, ilkbahar ve erken yaz dönemindeki düşük yağışların Batı Akdeniz'deki Toros göknarının yıllık halka gelişimi üzerinde sınırlayıcı etkisi olduğu sonucuna varmıştır. Akkemik (2000c), Antalya civarındaki karaçamların yıllık halka gelişimi üzerinde özellikle ilkbahar ve yaz aylarındaki yağısın pozitif bir etkisi olduğunu saptamıştır. Akkemik (2003), Toros sedirinin yıllık halka gelişimi üzerindeki en önemli sınırlayıcı faktörün düşük yağışlar olduğunu belirlemiştir.
- Hughes ve diğ. (2001) nisan-haziran, D'Arrigo ve Cullen (2001) şubat-ağustos, Touchan ve diğ. (2003), mayıs-haziran, Akkemik ve Aras (2005), nisan-ağustos, Akkemik ve diğ. (2005), mart-haziran, Köse ve diğ. (2005), mayıs-ağustos, Touchan ve diğ. (2005a) ise mayıs-ağustos aylarındaki düşük yağısların yıllık halka genişliğini

sınırlandırdığını belirlemiş ve bu ayların toplam yağışının rökonstrüksiyonunu yapmışlardır.

- Köse (2007), Batı Anadolu'da karaçamların yıllık halka gelişimini etkileyen en önemli iklim faktörünün mayıs-haziran aylarındaki toplam yağış olduğunu saptamış ve bu dönemde genel olarak anlamlı sonuçlar ortaya çıktığını saptamıştır.
- Güner (2010), Sakarya Havzası'nda karaçam yöre kronolojileri ile nisan-eylül aylarının ortalama akım rökonstrüksiyonunu yapmıştır.
- Touchan (2014b), mayıs-haziran ayları yağışlarının neredeyse bütün kronolojiler için yıllık halka gelişimi üzerinde önemli bir olumlu etkisi olduğunu söylemiştir.
- Martin-Benito (2016) Doğu Karadeniz ve Kafkasya'da yaptığı çalışmasında, mayıs-haziran ayları yağışlarının yıllık halka gelişiminde kritik olduğunu belirtmiştir.

Tez kapsamında elde edilen sonuçlar da yukarıda verilenlerle benzerlik göstermektedir. Aşağı Kızılırmak Havası için yıllık halka gelişimi üzerinde nisan-ağustos ayları yağışın ve akımın olumlu bir etkisi bulunmaktadır. Sonuç olarak Aşağı Kızılırmak Havzası için yıllık halka gelişimini etkileyen en önemli faktörler yağış (nisan-temmuz) ve akım (nisan-ağustos) olduğu saptanmıştır. Yağış rökonstrüksiyonu için nisan-temmuz aylarının, akım rökonstrüksiyonu için ise Nisan-ağustos aylarının yöre kronolojileri ile korelasyon katsayılarının genel olarak belirgin ve anlamlı olduğunun belirlenmesiyle bu aylar için geçmiş dönemin rökonstrüksiyonunun yapılmasına karar verilmiştir.

		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
SICAKLIK	HAC	0.013	-0.043	0.173	0.110	-0.020	0.110	0.027	-0.025	-0.061	-0.241	-0.180	-0.220	-0.141
	BUZ	-0.132	-0.059	0.135	-0.076	-0.096	0.110	0.015	0.001	-0.142	0.002	-0.320	-0.276	-0.167
	MEM	0.044	-0.053	0.178	0.058	0.153	0.033	0.004	-0.107	-0.033	-0.089	-0.230	-0.091	-0.143
	BED	-0.010	-0.011	0.295	0.029	-0.076	-0.035	0.120	-0.083	-0.119	-0.106	-0.187	-0.343	-0.333
	IKI	0.049	0.034	0.177	0.231	0.024	-0.182	-0.200	-0.183	-0.136	-0.111	-0.193	-0.203	-0.114
	KAR	-0.024	0.091	0.270	0.064	-0.022	-0.021	0.070	-0.001	-0.047	-0.134	-0.266	-0.243	-0.201
	SAH	0.008	0.034	0.090	0.228	0.037	-0.034	-0.190	-0.100	-0.054	-0.045	-0.117	-0.254	-0.204
	TIR	0.076	0.165	0.209	0.183	0.054	-0.086	-0.133	-0.184	-0.113	-0.092	-0.141	-0.179	-0.156
YAĞIŞ	HAC	0.107	-0.035	0.059	-0.149	0.095	-0.024	0.145	0.163	0.318	0.373	0.108	-0.303	0.150
	BUZ	-0.028	-0.112	0.071	-0.102	-0.026	-0.093	0.089	0.108	0.254	0.266	0.171	-0.197	0.100
	MEM	-0.131	0.053	0.197	-0.086	0.061	0.174	0.274	0.092	0.233	0.163	0.235	-0.192	0.081
	BED	0.048	0.014	0.211	-0.111	0.078	0.032	0.205	0.218	0.366	0.198	0.039	-0.122	0.270
	IKI	-0.155	0.008	0.270	-0.078	-0.037	0.111	0.322	0.232	0.275	0.230	0.089	-0.257	-0.015
	KAR	0.066	-0.110	0.224	-0.127	-0.001	0.085	0.230	0.168	0.236	0.264	0.135	-0.191	0.222
	SAH	-0.048	-0.001	0.210	-0.203	-0.035	0.083	0.358	0.135	0.243	0.324	0.208	-0.073	0.026
	TIR	0.006	-0.080	0.074	-0.237	0.028	0.107	0.365	0.327	0.358	0.328	0.091	-0.165	-0.032
AKIM	HAC	-0.133	-0.118	0.231	0.039	-0.011	-0.007	0.295	0.018	0.225	0.408	0.408	-0.054	0.238
	BUZ	-0.082	-0.125	0.053	-0.126	-0.194	0.072	0.165	-0.045	0.313	0.282	0.320	0.111	0.152
	MEM	-0.285	-0.330	0.098	-0.046	-0.034	-0.156	0.259	0.152	0.317	0.219	0.343	0.065	-0.059
	BED	-0.157	-0.134	0.154	0.114	0.023	0.104	0.330	0.283	0.444	0.394	0.137	-0.200	0.126
	IKI	0.009	0.169	0.199	0.073	-0.100	-0.216	0.366	0.422	0.448	0.229	0.165	-0.144	-0.106
	KAR	-0.133	-0.082	0.222	0.074	-0.052	0.119	0.322	0.156	0.403	0.429	0.258	0.031	0.202
	SAH	-0.164	-0.059	0.260	0.106	-0.078	-0.064	0.417	0.354	0.396	0.329	0.319	-0.074	-0.065
	TIR	-0.069	0.017	0.316	-0.055	-0.086	-0.145	0.370	0.392	0.500	0.517	0.386	0.125	0.064

Şekil 5.2: Yöre kronolojileri korelasyon katsayıları özeti.

Tablo 5.3: Yöre kronolojileri için hesaplanan korelasyon katsayılarının özeti ("+" işaretli ve boyalı kutular pozitif, "-" işaretli ve boyalı kutular %95 güven düzeyinde anlamlı etkiye sahip ayları göstermektedir).

Kronolojiler		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
SICAKLIK	HAC	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	BUZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	MEM	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	BED	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	IKI	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	KAR	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	SAH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TIR	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
YAĞIŞ	HAC	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
	BUZ	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-
	MEM	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
	BED	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	IKI	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-
	KAR	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
	SAH	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
	TIR	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-
AKIM	HAC	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
	BUZ	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	MEM	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
	BED	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
	IKI	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
	KAR	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
	SAH	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
	TIR	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-

5.3. DENDROHİDROLOJİK SONUÇLAR

Bu tez kapsamında, Kuyluş akım gözlem istasyonunun 1954-1998 yılları nisan-ağustos ortalama akım verileri kullanılarak 1794-1998 aralığını kapsayan 205 yıl uzunluğunda rökonstrüksiyonu yapılmıştır.

Rökonstrüksiyonda 1794-1998 yılları arasında yaşanmış olan kurak ve yağışlı yıllar yüzyıllara ayrılarak tablo halinde Tablo 5.4'te verilmiştir. Bu dönemin vekil kayıtları olmadığından, ±1 ve ±2 standart sapmayı aşan, 28 kurak (-) ve 33 yağışlı (+) yıl yaşandığı belirlenmiştir. Sonuçlara göre, 1840, 1842, 1873, 1885 ve 1947 yıllarının havzada çok kurak geçtiği görülmüştür. Kuraklık genellikle 1 yıl süreli (25 kez), 1926-28 yıllarında ise 3 yıl süreli yaşanmıştır. 1829 ve 1837 yılları ise havza için çok yağışlı yıllardır. Yağışlı yıllar genellikle 1 yıl süreli (20 kez) yaşanmıştır. 1940-41, 1983-84, 1987-88, 1990-91 ve 1997-98 yılları 2 yıl süreli, 1835-37 yılları ise yağışlı dönemin 3 yıl üst üste yaşandığı yıllar olduğu belirlenmiştir.

Tez kapsamında elde edilen bulguların, geçmişte yapılmış olan dendroklimatolojik ve dendrohidrolojik çalışmaların sonuçlarıyla benzeştiği görülmektedir. Kuyluş istasyonu akım verileri kullanılarak Aşağı Kızılırmak Havzası için saptanan kurak ve yağışlı yıllar önceden Türkiye'de yapılan dendroklimatolojik ve dendrohidrolojik rökonstrüksiyonlarla karşılaştırılmış ve örtüşen yıllar belirlenmiştir (Tablo 5.4). Rökonstrüksiyonda bulunan kurak/çok kurak yıllar Osmanlı arşivlerindeki kayıtlarda mevcut olan kıtlık ve kuraklık yıllarıyla da karşılaştırılıp eşleştirme yapılmıştır.

Tez kapsamında yapılan rökonstrüksiyonda elde edilen sonuçlara göre, daha önceden yapılan dendroklimatolojik çalışmaların bulgularıyla benzeşmektedir.

Köse (2007), Batı Anadolu'da kurak yılların genellikle bir yıl süreli yaşandığını, 3 ve daha uzun süreli kurak bir dönem olmadığını belirtmiştir. Touchan ve diğ. (2005b), Batı Anadolu'yu da içine alan bölge için mayıs-haziran ayları standart yağış indeksini (SPI) hesaplamış ve art arda gelen kurak yılların en fazla 2 yıl süreli olduğunu belirtmiştir. Buna karşın, Touchan ve diğ. (2005a) 1400-2000 yılları arasında yaptıkları mayıs-ağustos toplam yağış rökonstrüksiyonunda 26 kez 2, 8 kez 3, 2 kez 4 yıl, 1 kez 5 yıl süreli kurak dönemlerin olduğunu saptamıştır.

Tablo 5.4: 1794-1994 dönemindeki kurak ve yağışlı yıllar.[2]

		Kurak Yıllar	Yağışlı Yıllar
18. yy.	**1750-1799**	1794[9,10,12]	
19. yy.	**1800-1849**	1801[10] 1803 1813[9,13] 1830[9,10] 1832[9,10,12] 1834[4,9,10,11,13] **1840[1,3,4,6,9,10,11,12,13]** **1842[5,11]**	1809[3,4,10] 1811[2,7,9,10,11] 1814[11,12] 1816[2,4,7,9,10,11,13] 1818[3,10,12] **1829[1,10,11,12,13]** 1835[9,10] 1836[10] **1837[10,11]** 1841[1,9,10] 1846[1,9,10,12,13]
	1850-1899	1857 **1873[9,10,12,15,19,21,22,23,24]** **1887[1,3,4,6,7,8,9,10,11,12,17,21,23,24]** 1890[3,4,7,8,9,10,13,16] 1893[1,3,4,7,9,10,11,20]	1871[1,7,11] 1881[1,2,7,8,9,10,11,13] 1885[1,3,4,9,10,11] 1896[4,7,8]
20. yy.	**1900-1949**	1926[5,6,9,10,14,24] 1927[1,3,4,5,6,7,9,10,11,12,14,24] 1928[1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,17,18,24] 1935[3,4,5,8,13] 1937 1945[5,8,12] **1947[24,26]**	1903[11,13] 1916 1933[8] 1940 1941[13]
	1950-1998	1957[24] 1968 1974[13] 1976 1989 **1994[13,25]**	1959[8,13] 1971[1] 1975[8] 1979 1983 1984 1987 1988[13] 1990[6] 1991[6,13] 1993[6] 1997 1998

[2] Koyu renkle yazılan yıllar Aşağı Kızılırmak Havzası akım tahminlerine göre aşırı kurak/yağışlı yılları göstermektedir. 1: Akkemik ve Cherubini (2003), 2: Akkemik ve diğ. (2005), 3: Akkemik ve Aras (2005), 4: Touchan ve diğ. (2003), 5: Touchan ve diğ. (2005a), 6: Touchan ve diğ. (2005b), 7: D'Arrigo ve Cullen (2001), 8: Huges ve diğ. (2001), 9: Köse ve diğ. (2005), 10: Köse (2007), 11: Akkemik ve diğ. (2008), 12: Güner ve diğ. (2017), 13: Martin-Benito ve diğ. (2016), 14: Kadıoğlu (2001), 15: Quataert (1968), 16: Afkhami (1998), 17: Purgstal (1983), 18: İnalcık (1997), 19: Kuniholm (1999), 20: Özger (2008), 21: Aybar (2017), 22: Bayar (2013), 23: Altındaş (2018), 24: Osmanlı Arşivleri (1850-1930), 25: Brazdil (2016)

Rökonstrüksiyon bulguları, Akkemik ve diğ. (2008) tarafından yapılan Filyos Çayı akım verilerinin rökonstrüksiyonu ile karşılaştırıldığında, yağışlı ve kurak yılların genellikle 1 yıl, en fazla 2 yıl üst üste yaşandığını söylemiştir. Kuraklığın yaşandığı 2 yıllık dönem olan 1927-1928 yılları, Aşağı Kızılırmak Havzası için 1926-28 yılları 3 yıllık bir dönemi kapsayan kurak bir dönemdir. Bu iki çalışmada belirlenen kurak yıllardan 7 tanesi (1834, 1840, 1842, 1887, 1893, 1927, 1928), yağışlı yıllardan 9 tanesi (1811, 1814, 1816, 1829, 1837, 1871, 1881, 1885, 1903) örtüşmektedir.

Güner ve diğ. (2017) tarafından Sakarya Havzası akım verilerinin rökonstrüksiyonunda kurak ve yağışlı yılların genellikle 1 yıl süreli, en fazla 2 yıl süreli yaşandığını söylemiştir. İki yıldan fazla süren bir kurak ve yağışlı dönem yaşanmadığını belirtmiştir. Bu iki çalışmada belirlenen kurak yıllardan 9 tanesi (1832, 1840, 1842, 1873, 1887, 1893, 1927, 1928 ve 1945), yağışlı yıllardan 3 tanesi (1818, 1829 ve 1846) örtüşmektedir.

Osmanlı arşivlerinden yararlanılarak yapılan tarihsel çalışmalarda da kurak olarak belirlenen bazı yıllarla ait bilgiler aşağıda verilmiştir:

1873-75 kıtlığından bahsedilen ilk akademik metin Davison'un 1963 yılında yayımladığı "Reform in the Ottoman Empire" isimli kitabıdır (Bayar, 2013). Bu kitapta misyoner evraklarından ve konsolos raporlarına dayanarak kıtlığı tasvir etmiştir (Davison, 1963). Quataert (1968) Ankara'da 1873-74 yıllarında yaşanan kuraklık ve kıtlıktan bahsettiğini makalesinde ineklerin %81'inin ve koyunların %97'sinin telef olduğunu; yaklaşık 52.000 olan nüfusun 7.000'inin taşındığını, 2.000 kişinin de öldüğünü belirtmiştir. Bayar (2013) yaptığı çalışmada Osmanlı arşivlerine dayanarak, Osmanlı Devleti'nde 1873-75 yıllarında yaşanan kıtlıkta 150.000-250.000 civarında insanın öldüğü düşünüldüğünü belirtmiştir. Bu da bu yıllarda meydana gelen kuraklığın ne kadar ciddi olduğunu göstermektedir. Yapılan rökonstrüksiyonda 1873-74 yılları kuraklığının bir yıllık dönemi olan 1873 yılı Aşağı Kızılırmak Havzası için de çok kurak geçtiği belirlenmiştir.

Aybar (2017) yaptığı çalışmada, arşiv belgelerinden 1873-1887 yıllarında İç Anadolu bölgesinin kıtlıkla yüzleştiğini, özellikle Ankara başta olmak üzere Çorum, Kırşehir, Kayseri, Yozgat ve Konya'nın bu kıtlıktan olumsuz etkilendiğini, o dönemdeki yazışmalardan anlaşıldığını belirtmiştir. Altındaş (2018), 1874 ve 1887 yıllarında yaşanan kuraklık ve etkilerinden bahsetmiştir. 1873-1874 senelerinde kış aylarının çok sert geçmesi ve kuraklığın

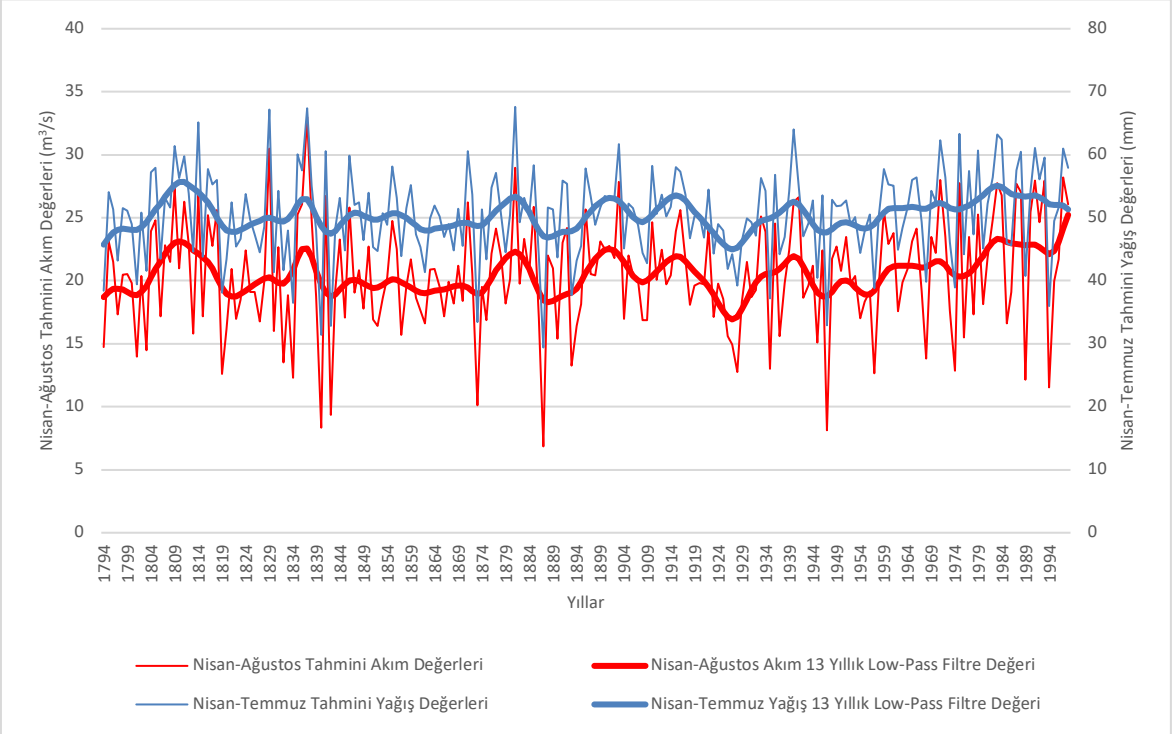
devam etmesi sebebiyle bölge halkının tohumluk buğday stoklarını tüketmek zorunda kaldığını belirtmiştir. Ayrıca, 1887 yılında kışın kar yağışlarının az olması ve hava koşullarının Mayıs'a kadar iyi olmamasından dolayı kuraklığın hissedilir boyuta ulaştığını söylemiştir. Yapılan rökonstrüksiyonda 1887 yılı Aşağı Kızılırmak Havzası için de çok kurak geçtiği saptanmıştır. Hatta 1794-1998 yılları arasında yöre için en kurak yılın 1887 olduğu belirlenmiştir. Yapılan dendroklimatolojik çalışmalarınn çoğunda da bu yılın çok kurak olduğu sonucuna varılmıştır.

Özger (2008), arşiv belgelerine göre 1891-1893 yıllarında, yetersiz yağıştan dolayı 2 yıl üst üste kuraklık yaşandığını belirtmiştir. Kuraklık özellikle Doğu Anadolu bölgesinde etkili olmakla birlikte, Bayburt ve Gümüşhane gibi Karadeniz Bölgesinin Doğu Anadolu'ya yakın olan iç kesimlerinde de görülmüştür. Rökonstrüksiyonda 3 yıl süren kurak dönemin 1893 yılı bir yıllık kuraklık dönemi çok kurak geçen yıllardan biri olarak belirlenmiştir.

Kadıoğlu (2001), 1925-28 yılları arasında Anadolu'da 4 yıl süren bir kurak dönemden bahsetmektedir (Köse, 2007). Yapılan rökonstrüksiyonda bahsedilen bu 4 yıl süren kuraklığın üç yılının (1926-28 yılları) kurak olduğu saptanmıştır.

Brazdil ve diğ. (2016) 1947 kuraklığı ile ilgili yaptığı çalışmada, 1947 yılının nisan-ekim aylarında Avrupa'da, İber Yarımadası'ndan başlayan Orta Avrupa üzerinden Türkiye'ye uzanan alanın çok sıcak ve kurak geçtiğini belirtmiştir. Bu alanın büyük bir kısmının çok sıcak geçmesinin sebebinin ortalamanın altındaki toplam yağış olduğunu söylemiştir. Yapılan rökonstrüksiyonda 1947 yılı en kurak yıllardan biri olarak bulunmuştur.

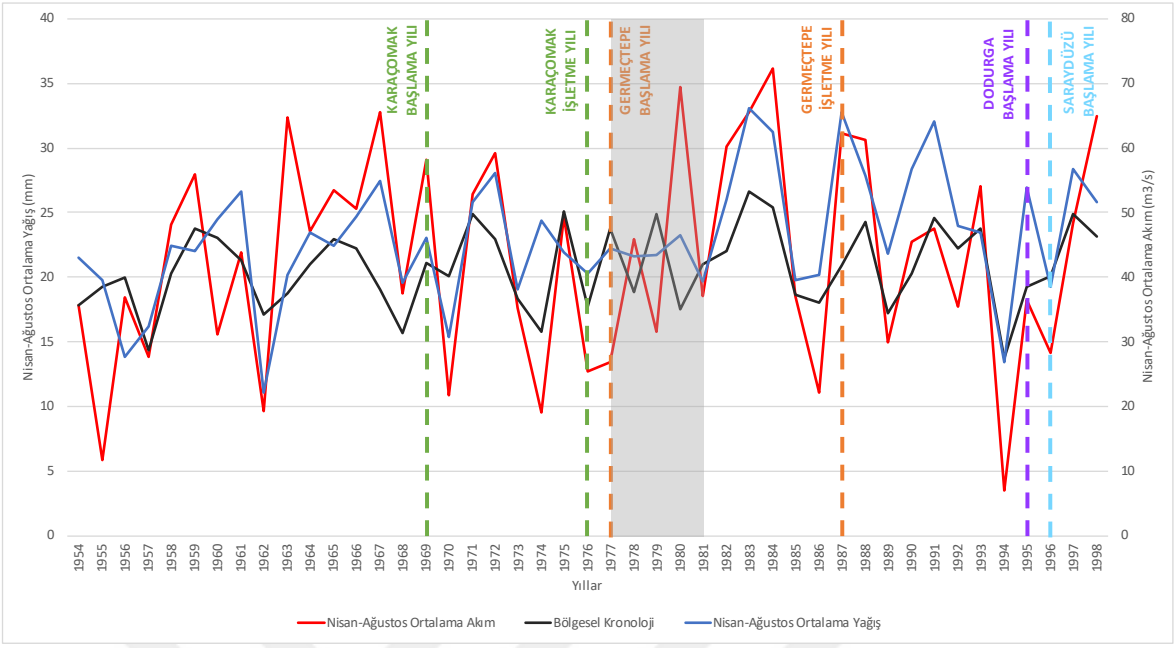
1794-1998 yıllarının nisan-temmuz ayları yağış rökonstrüksiyon ve nisan-ağustos ayları akım rökonstrüksiyon değerleri ile 13 yıllık low-pass filtre değerleri karşılaştırıldığında dönemsel olarak uyum içinde oldukları görülmektedir (Şekil 5.3). Ayrıca yağış ve akım rökonstrüksiyonlarında belirlenen çok kurak ve çok yağışlı yıllar birebir aynı bulunmuştur. Kurak ve yağışlı yıllar için akım rökonstrüksiyonunda bulunan yıllardan farklı olarak şu yıllar tespit edilmiştir: 1797, 1820, 1862, 1894, 1909 ve 1935 yılları kurak yıllar olarak; 1805, 1855, 1910, 1915 ve 1977 yılları ise yağışlı yıllar olarak belirlenmiştir (Tablo 4.12).



Şekil 5.3: 1794-1998 dönemi (205 yıl) yağış ve akım rökonstrüksiyonu değerleri.

Sonuç olarak, Aşağı Kızılırmak Havzası için kısa süreli akım verisiyle yapılan (45 yıl) rökonstrüksiyonla belirlenen kurak/çok kurak ve yağışlı/çok yağışlı yıllar, önceden yapılmış olan dendroklimatolojik ve dendrohidrolojik çalışmalarla belirlenen yıllar ile tez kapsamında yapılan nisan-temmuz yağış rökonstrüksiyonunda belirlenen kurak ve yağışlı yıllarla benzeşmektedir. Ayrıca rökonstrüksiyonda belirlenen çok kurak yıllar, Osmanlı arşivlerinde bahsedilen kurak ve kıtlık yıllarıyla ve kuraklıkla ilgili diğer çalışmalardaki kuraklık yıllarıyla da örtüşmektedir.

Ayrıca akım gözlem verilerinin alındığı Gökırmak kolu üzerinde yapılmış ve/veya yapımı devam eden barajların, yıllık halka kronolojileri, akım ve yağış değerleri üzerine doğrudan etkileri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Tez kapsamında oluşturulan bölgesel yıllık halka kronolojisi (Şekil 4.5) ile gerçek akım ve yağış verilerine ait 1954-1998 yıllarını kapsayan sayısal değerler ortak eksenli grafik üzerinde Gökırmak kolu üzerinde yapılan barajların (Tablo 3.1) inşaata başlama ve işletmeye alınma tarihleri ile birlikte çakıştırılmıştır (Şekil 5.4). Şekil 5.4 incelendiğinde, 1977-1981 yıllarında (gri boyalı alan) yıllık halka, akım ve yağış değerlerinde uyumsuzluk olmasına karşın, bu uyumsuzluk üzerinde barajların bireysel olarak güçlü pozitif veya negatif anlamlı bir etkisi görülmemiştir.



Şekil 5.4: Bölgesel yıllık halka kronolojisi ile gerçek akım ve yağış verilerine ait 1954-1998 yıllarını kapsayan sayısal değerler ile Gökırmak kolu üzerinde yapılan barajların inşaata başlama ve işletmeye alınma tarihleri ile birlikte gösterimi.

Yapılan analizler ve tartışmalar sonucunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

- Aşırı kuraklık ve yağışlardan kaynaklı felaketlerin (kıtlık, sel, taşkın v.b.) önceden tahmin edilebilmesi ve özellikle geleceğe yönelik su planlamalarına yardımcı olacak daha uzun yıl aralığına sahip çalışmalar yapılmalıdır. Dendroklimatolojik ve dendrohidrolojik çalışmalar Kızılırmak Havza'sında daha detaylı olarak ele alınabilir ve/veya diğer havzalara üzerinde yapılarak ülke genelinde genişletilmelidir.
- Gelecekte taşkın kontrolü, enerji üretimi, sulama ve su depolama v.b. amaçlara altlık sağlayabilecek dendrohidrolojik çalışmalarda insan yararı için yapılan hidrolojik yapıların (barajlar, göletler, tesisler v.b.) akıma olan etkileri ile akım gözlem istasyonlarında su seviyesi ölçümü için kullanılan limnigrafların konumu, çalışma zaman aralığı, zaman içindeki konumlarının değişimi, kalibrasyon v.b. bilgiler göz önünde bulundurulmalıdır.
- Baraj, hidroelektrik santralleri, sulama tesisleri, taşkın tesisleri v.b. hidrolojik yapıların yapımına başlanmadan önce yağış ve akımın sıklığını, frekansını ve dönemselliğinin incelenmesi amacıyla yapıların yapılacağı bölgelerde su kaynakları yöneticileri ile birlikte dendrohidrolojik çalışmaların yapılması önerilmelidir.

- İleride yapılacak dendrohidroloji çalışmalarında mevcut su kaynakları üzerinde yapılmış, sayısı ve yapımı her geçen gün artan hidrolojik yapıların etkilerini de göz önünde bulundurmak gerekmektedir. İlerleyen dönemlerde bu yapıların dendrohidrolojik çalışmaların sonuçlarına etki etme olasılıkları göz ardı edilmemelidir.
- Türkiye'deki akım verilerinin kısa ve/veya eksik olmasından dolayı, dendrohidrolojik çalışmalar ile elde edilen rökonstrüksiyon sonuçlarının kullanılması, su kaynaklarının geleceğe yönelik senaryolarını daha doğru bir şekilde belirleyebilmek adına daha güvenilir sonuçlar verecektir. Böylece daha etkin su kaynakları politikalarının planlanmasına ve uygulanmasına olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Afkhami, A., 1998, Disease and water supply: The case of cholera in 19th century Iran. In Coppock J and Miller j (Eds.), *Transformations of Middle Eastern Natural Environments: Legacies and Lesson,* Yale University Bulletin Series No. 103, New Haven CT: 206-220.

Akkemik, Ü., 2000a, Dendroclimatology of umbrella pine (Pinus pinea L.) in Istanbul (Turkey), *Tree-Ring Bulletin*, 56, 17-20

Akkemik, Ü., 2000b, Tree-ring chronology of Abies cilicica Carr. in the western Mediterranean region of Turkey and its response to climate, *Dendrochronologia*. 18, 73-81.

Akkemik, Ü., 2000c, Dendrochronological investigations in two monumental Pinus nigra Arn. stands near Antalya (Turkey), *International Scientific Conference - 75 years university forestry education in Bulgaria*, 15-16 June 2000, Sofia-Bulgaria, 179-187.

Akkemik, Ü., 2003, Tree-rings of Cedrus libani A. Rich the northern boundary of its natural distribution, *IAWA Journal*, 24 (1), 63-73.

Akkemik, Ü., Cherubini, P., 2003, Batı Karadeniz Bölgesi'nde Doğal Yetişen Gymnosperm Taksonları Üzerinde Dendrokronolojik Araştırmalar, Proje sonuç raporu, TÜBİTAK-TOGTAG- 2703.

Akkemik, Ü., Demir, D., 2003, Belgrad Ormanı'ndaki doğu kayını (Fagus orientalis Lipsky.)nda yıllık halka analizleri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 53 (2), 23-36.

Akkemik, Ü., 2004, *Dendrokronoloji. İlkeleri, Biyolojik Temelleri, Yöntemleri ve Uygulama Alanları,* İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 4484/479, İstanbul.

Akkemik, Ü., Aras, A., 2005, Reconstruction (1689-1994) of April-August precipitation in southwestern part of central Turkey, *International Journal of Climatology*, 25, 537-548.

Akkemik, Ü., Dağdeviren, N., Aras, N., 2005, A preliminary reconstruction (A.D. 1635-2000) of spring precipitation using oak tree rings in the western Black Sea region of Turkey, *International Journal of Biometeorology*, 49 (5), 297-302.

Akkemik, Ü., D'Arrigo, R., Cherubini, P., Köse, N. Ve Jacoby, G.C., 2008, Tree-ring reconstructions of precipitation and streamflow for north-western Turkey, *International Journal of Climatology*, 28, 173-193.

Akkemik, Ü., 2018, *Ağaç Fizyolojisi Orman Mühendisliği Ders Notları*, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, İstanbul.

Alestalo, J., 1971, Dendrochronological interpretation of geomorphic processes, *Fennia - International Journal of Geography,* 105 (1), 1-140.

Alfaro Sánchez, R., Nguyen, H., Klesse, S., Hudson, A., Belmecheri, S., Köse, N., Diaz, H., Monson, R., Villalba, R., Trouet, V., 2018, Climatic and volcanic forcing of tropical belt northern boundary over the past 800 years, *Nature Geoscience*, 10.1038/s41561-018-0242-1.

Altındaş, E.T., 2018, 19. yüzyılda Osmanlı Devleti'nde Yaşanan Kuraklığın Ankara'ya Yansıması, *Çanakkale Araştırmaları Türk Yıllığı*, 16 (24), 1-13.

Aybar, M., 2017, Osmanlı Devletinde Kıtlık ve İç Göç: 1870-1900 Arası İç Anadolu Örneği, *Mavi Atlas*, 5 (2), 474-488.

Bayar, Y., 2013, *1873-1875 Orta Anadolu Kıtlığı*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü.

Bégin, Y., 2001, Tree-ring dating of extreme lake levels at the Subarctic–Boreal interface, *Quaternary Research,* 55, 133–139.

Biondi, F., Strachan, S., 2012, *Dendrohydrology in 2050: Challenges and Opportunities*, Toward A Sustainable Water Future: Visions for 2050, In : Grayman, W., Loucks, D., Saio, L., American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 978-0-7844-7675-8, 355-362.

Bishop, C.M., 2006, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, New York.

Brazdil, R., Raška, P., Trnka, M., Zahradníček, P., Valasek, H., Dobrovolny, P., Řezníčková, L., Treml, P., Stachoň, Z., 2016, The Central European drought of 1947: Causes and consequences, with particular reference to the Czech Lands, *Climate Research*, 70 (2-3).

Briffa, K.R., Jones, P.D., Pilcher, J.R., Hughes, M.K., 1988, Reconstructing Summer temperatures in Northern Fennoscandinavia back to A.D. 1700 using tree ring data from Scots pine, *Arctic and Alpine Research*, 20 (4), 385-394.

Cook, E.R., Seager, R., Kushnir, Y., Briffa, K.R., Büntgen, U., Frank, D., Krusic, P., Tegel, W., van der Schrier, G., Andreu-Hayles, L., Baillie, M., Baittinger, C., Bleicher, N., Bonde, N., Brown, D., Carrer, M., Cooper, R., Cufar, K., Dittmar, Esper, J., Griggs, C., Gunnarson, B., Günther, B., Gutierrez, E., Haneca, K., Helama, S., Herzig, F., Heussner, K., Hofmann, J., Janda, P., Kontic, R., Köse, N., Kyncl, T., Levanič, T., Linderholm, H., Manning, S., Melvin, T., Miles, D., Neuwirth, B., Nicolussi, K., Nola, P., Panayotov, M., Popa, I., Rothe, A., Seftigen, K., Seim, A., Svarva, H., Svoboda, M., Thun, T., Timonen, M., Touchan, R., Trotsiuk, V., Trouet, V., Walder, F., Ważny, T., Wilson, R., Zang, C., 2015, Old World megadroughts and pluvials during the Common Era, *Science Advances*, 1 (10), 1-9.

Çepel, N., 1988, *Orman Ekolojisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

D'Arrigo, R., Cullen, H.M., 2001, A 350-year (AD 1628-1980) reconstruction of Turkish precipitation, *Dendrochronologia*, 19 (2), 169-177.

Davison, H.R., 1963, *Reform in the Ottoman Empire*, Princeton Universtiy Press, Princeton, New Jersey, USA.

Dizdar, M.Y., 2003, *Türkiye'nin Toprak Kaynakları*, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Yayınlar Dizisi, Ankara.

Doğan, M., Köse, N., 2015, Sandıras Dağı'ndaki (Muğla) yaşlı karaçam ormanlarından dört yeni yıllık halka kronolojisi, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 65 (2), 1-16.

Efe, R., 1996, Kızılırmağın Akım ve Rejim Özellikleri, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3 (1), 39-60.

Erlat, E., 2014, Dünya iklimleri, İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.

Fernandez, A., Munoz, A., Gonzalez-Reyes, A., Aguilera-Betti, I., Toledo, I., Puchi, P., Sauchyn, D., Crespo, S., Frene, C., Mundo, I., Gonzalez, M., Vignola, R., 2018, Dendrohydrology and water resources management in south-central Chile: lessons from the Rio Imperial streamflow reconstruction, *Hydrology and Earth System Sciences*, 22 (5), 2921-2935.

Frank, E., Hall, M., Witten, I.H., 2016, *The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, Fourth Edition, Morgan Kaufmann.

Fritts, H.C., 1976, *Tree Rings and Climate*, Academic Press London.

Gassner, G., Christiansen-Weniger, E., 1942, Dendroklimatologische Untersuchungen über die Jahresringentwicklung der Kiefern in Anatolien, *Nova Acta Leopoldina*, 12.

Geiger, R., 1954, Klassifikation der Klimate nach W. Köppen*, Landolt-Börnstei: Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik*, Springer, 603–607.

Geiger, R., 1961, Köppen- Geiger / Klima der Erde, *Wandkarte / Wall Map* 1:16 Mill., Klett-Verlag, Gotha.

Google Earth Pro, 7.3.2.5776 (64-bit), 2019.

Goyal R.K., 2004, Sensitivity of evapotranspiration to global warming: A case study of arid zone of Rajasthan (India), *Agricultural Water Management*, 69, 1–11.

Gray, S.T., Fastie, C.L., Jackson, S.T., Betancourt, J.L., 2004, Tree-ring based reconstruction of precipitation in the Bighorn Basin, Wyoming, since 1260 A.D., *Journal of Climate*, 17 (19), 3855-3865.

Grissino-Mayer, H.D., 2001, Research Report Evaluating Crossdating Accuracy: A Manual and Tutorial for the Computer Program Cofecha*, Tree-Ring Research*, 57 (2), 205-221.

Güner, H.T., 2010, *Sakarya Havzası Akım Verilerinin Dendroklimatolojik Yöntemlerle Rökonstrüksiyonları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Güner, H.T., Köse, N., Harley, G.L., 2017, A 200-year reconstruction of Kocasu River (Sakarya River Basin, Turkey) streamflow derived from a tree-ring network, *Internatonal Journal Biometeorology*, 61 (3), 427-437.

Hardman, G., Reil, O.E., 1936, The Relationship Between Tree-Growths And Stream-Runoff In The Truckee River Basin, California-Nevada, *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 17 (2), 491–493.

Havza Koruma Eylem Planları, 2010, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı adına TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.

Holmes, R.L., 1983, Computer-assisted quality control in tree-ring data and measurements, *Tree-ring Bulletin*, 43, 69-78.

Hughes, M. K., Kuniholm, P. I., Garfin, G. M., Latini, C., Eischeid, 2001, Aegean tree-ring signature years explained, *Tree-Ring Research*, 57 (1), 67-73.

İnalcik, H., 1997, *A note on the population of Cyprus*, http://sam.gov.tr/tr/wp-content/uploads/2012/01/HAL%A6-L-%A6-NALCIK1.pdf, [Ziyaret Tarihi: 21.05.2019].

Kadıoğlu, M., 2001, *Bildiğiniz Havaların Sonu-Küresel İklim Değişimi ve Türkiye*, Güncel Yayınları, İstanbul.

Kaennel, M., Schweingruber, F.H., 1995, *Multilingual glossary of dendrochronology,* Paul Haupt, Berne.

Kahveci, G., Alan, M., Köse, N., 2018, Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of Central Anatolia, *Dendrobiology*, 80, 61-69. 10.12657/denbio.080.006.

KNMI, Royal Netherlands Meteorological Institute, https://climexp.knmi.nl/start.cgi, [Ziyaret Tarihi: 04.03.2019]

Koç, H., Doğru, D., Han, E., 2018, Yukarı Kızılırmak Havzası'nda ırmak sularının tarımda sulama amaçlı kullanım özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, *Türk Coğrafya Dergisi*, 70, 57-70.

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006, World map of the Köppen-Geiger climate classification updated, *Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3), 259-263.

Kozlowski, T.T., Pallardy, S.G., 1997, *Growth Control in Woody Plants*, Academic Press, San Diego.

Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H. N., 2005, Anadolu‟nun iklim tarihinin son 500 yılı: Dendroklimatolojik ilk sonuçlar, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu-TURQUA*, 02-03 Haziran 2005 İstanbul, 136-142.

Köse, N., 2007, *Batı Anadolu'da İklim Değişkenliği ve Yıllık Halka Gelişimi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H.N., Özeren M.S., 2011, Tree-ring reconstructions of May–June precipitation of western Anatolia, *Quaternary Research*, 75, 438–450.

Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H.N., Özeren, M.S., Tolunay, D., 2012a, Tree-ring growth of pinus nigra arn. subsp. pallasiana under different climate conditions throughout western anatolia, *Dendrochronologia*, 295-301.

Köse, N., Akkemik Ü., Güner, H.T., Dalfes, H.N., Grissino-Mayer, H.D., Özeren, M.S., Kindap, T., 2012b, An Improved Reconstruction of May-June Precipitation Using Tree-Ring Data from Western Turkey and Its Links to Volcanic Eruptions, *International Journal of Biometeorology*, 691-701.

Köse, N., Güner, H. T., Harley, G. L., Guiot, J., 2017, Spring temperature variability over Turkey since 1800 CE reconstructed from a broad network of tree-ring data, *Climate of the Past*, 13, 1-15.

Kuniholm, P. I., 1999, *Meletemata: Studies in Aegean archaeology presented to Malcolm H. Wiener as he enters his 65th year*, In: Betancourt P.P., Karageorghis V., Laffineur R., Niemeir W.D., Université de Liège.

Kuşvuran, A., Nazlı, R., 2014, Orta Kızılırmak Havzası Ekolojik Koşullarında Bazı Mısır (Zea mays L.) Çeşitlerinin Tane Mısır Özelliklerinin Belirlenmesi, *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 24, 233-240.

LINTAP-TSAP-WINTM Version 0.53 for Microsoft Windows 98, 2000, XP.

Loaiciga, H.A., Haston, L., Michaelsen, J., 1993, dendrohydrology and long-term hydrologic phenomena, *Reviews of Geophysics*, 31 (2), 151–171.

Macias-Fauria, M., Grinsted, A., Helama, S., Holopainen, J., 2012, Persistence matters: Estimation of the statistical significance of paleoclimatic reconstruction statistics from autocorrelated time series, *Dendrochronologia*, 30, 179–187.

Martín-Benito, D., C. Ummenhofer, C., Köse, N. Güner, H.T., Pederson, N., 2016, Tree-ring reconstructed May–June precipitation in the Caucasus since 1752 CE, *Climate Dynamics,* 47.

Martin-Benito, D., Pederson, N., Köse, N., 2018, Pervasive effects of drought on tree growth across a wide climatic gradient in the temperate forests of the Caucasus, *Global Ecology and Biogeograph*y, 27, 1314– 1325.

Meko, D., Stockton, C.W., Boggess, W.R., 1995, The tree-ring record of severe sustained drought, *Water Resour Bull*, 31 (5), 789–801.

Meko, D.M., Therrell, M.D., Baisan, C.H. and Hughes, M. K., 2001, Sacramento River Flow Reconstructed To A.D. 869 From Tree Rings, *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 37: 1029-1039.

Meko, D., 2002, Tree-Ring MATLAB Toolbox, http://www.mathworks.com/matlabcentral/.

Meko D.M., Woodhouse C.A., 2011, *Application of Streamflow Reconstruction to Water Resources Management,* Dendroclimatology:Progress and Prospects, In: Hughes, Malcolm K., Swetnam, Thomas W., Diaz, Henry F., 11, Springer, Dordrecht, 231-161

Osmanlı Arşivleri, 1850-1919, Osmanlı Sarayı ve Taşra Teşkilatları Arasındaki Yazışmalar, Başbakanlık Devlet Arşivleri Müdürlüğü.

Özger, Y., 2008, XIX. yüzyıl sonlarında meydana gelen bir kuraklık ve kıtlık hadisesi ile bunun sosyo–ekonomik sonuçları, *Karadeniz Araşt*ırmaları, 19, 87–96.

Öztürk, M.Z., Çetinkaya, G., Aydın, S., 2017, Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri, *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.

Panzac, D., 1985, *La peste dans I'empire Ottoman 1700-1850*, Editions Peeters, Louvain.

Peel, M.C., Finlayson, B. L., McMahon, T.A., 2007, Updated World map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrology And Earth System Sciences Discussions, 4 (2), 439-47.

Purgstal, B.J.V.H., 1983, *Osmanlı Devleti Tarihi*, Cilt.1-7, Üçdal Publishing, İstanbul.

Quataert, D., 1968, *Famine in Turkey - 1873-1875*, Thesis, S.U.N.Y. Binghamton, NY.

Rubel, F., Kottek, M., 2010, Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification, *Meteorologische Zeitschrift*, 19, 135-141.

RStudio Team, 2015, RStudio: Integrated Development for R, RStudio Inc., Boston, MA, URL http://www.rstudio.com/.

Schulman, E., 1946, Tree-ring hydrology of the Colorado River basin, *University of Arizona Bulletin*, 16 (4).

Schweingruber, F.H., 1988, Tree rings, Basics and applications of dendrochronology, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Sheppard, P.R., 2010, Dendroclimatology: extracting climate from trees, *WIREs Climate Change*, 1, 343-352.

Speer, J., 2012, The Fundamentals of Tree-Ring Research, The University of Arizona Press, Arizona, ABD.

SYGM, 2013, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Bilgi İşlem Daire Başkanlığı'ndan temin edilen veriler.

Thornthwaite, C.W., 1943, Problems in the classification of climates, *Geographical Review*, 33 (2), 233–255.

Touchan, R., Garfın, G.M., Meko, D.M., Funchouser, G., Erkan, N., Hughes, M.K. Ve Wallın, B.S., 2003, Preliminary reconstruction of spring precipitation in southwestern Turkey from tree ring width, *International Journal of Climatology*, 23, 157-171.

Touchan, R., Xoplaki, E., Funchouser, G., Luterbacher, J., Hughes, M.K., Erkan, N., Akkemık, Ü., Stephan, J., 2005a, Reconstruction of spring/summer precipitation for the Eastern Mediterranean from tree-ring widths and its connection to large-scale atmospheric circulation, *Climate Dynamics*, 25, 75-98.

Touchan, R., Funkhouser, G., Hughes, M.K., Erkan, N., 2005b, Standardized precipitation index reconstructed from Turkish ring widths, *Climatic Change*, 72, 339-353.

Touchan, R., Woodhouse, C.A., Meko, D.M. and Allen, C., 2011, Millennial precipitation reconstruction for the Jemez Mountains, New Mexico, reveals changing drought signal, *International Journal of Climatology,* 31, 896-906.

Touchan, R., Meko, D.M., Anchukaitis, K.J., 2014a, Dendroclimatology in the Eastern Mediterranean, *Tree-Ring Research*, 70 (3), S61-S68.

Touchan, R., Anchukaitis, K.J., Shishov, V., Sivrikaya, F., Attieh, J., Ketmen, M., Stephan, J., Mitsopoulos, I., Christou, A., Meko, D., 2014b, Spatial patterns of eastern Mediterranean climate influence on tree growth, *The Holocene*, 24, 381-392.

Treeflow, https://www.treeflow.info/content/pioneering-work-colorado-river-basin-1940s, [Ziyaret Tarihi: 13.03.2019]

van Oldenborgh, G. J., Drijfhout, S., van Ulden, A., Haarsma, R., Sterl, A., Severijns, C., Hazeleger, W., Dijkstra, H., 2009, Western Europe is warming much faster than expected, *Climate of the Past*, 5 (1), 1-12.

Wigley, T.M., Lough, J.M., Jones, P.D., 1984, Spatial patterns of precipitation in England and Wales and a revised, homogeneous England and Wales precipitation series, *Journal of Climatology.*, 4, 1-25.

Woodhouse C.A., Meko D.M., 2002, Introduction to tree-ring based streamflow reconstructions, *Southwest Hydrology*, 1, 14–15.

Woodhouse, A., Lukas, J., 2006, Multi-Century Tree-Ring Reconstructions of Colorado Streamflow for Water Resource Planning, *Climatic Change*. 78, 293-315.

Woodhouse C.A., Meko D.M., MacDonald G.M., Stahle D.W., Cooke E.R., 2010, A 1,200-year perspective of 21st century drought in southwestern North America, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of Amer*ica, 107, 21283–21288.

URL-1, ETH Zurich, http://www.fe.ethz.ch/en/research/dendrochronology-and-phenology/tree-ring-lab/crossdating.html, [Ziyaret Tarihi: 25.02.2019].

URL-2, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müd., 2016*, İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, Proje Nihai Raporu, EK 17 – Kızılırmak Havzası*, http://iklim.ormansu.gov.tr/ckfinder/userfiles/files/Iklim_Nihai_Rapor_Kızılırmak_Ek_17_REV_nihai.pdf, [Ziyaret Tarihi: 10.02.2019].

URL-3, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, http://www.dsi.gov.tr, [Ziyaret Tarihi: 13.07.2019].

Yin, Z.Y., Shao, X., Qin, N., Liang, E., 2010, Tree-ring hydrologic reconstructions for the Heihe River watershed, western China since AD 1430, *Water Research*, 44, 2781–2792.

WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), 2014, Türkiye'nin Su Riskleri Raporu, http://www.wwf.org.tr/basin_bultenleri/raporlar/?4180/turkiyenin-su-riskleri-raporu#, [Ziyaret Tarihi: 18.07.2019].

Zang, C., Biondi, F., 2015, Treeclim: An R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships, *Ecography*, 38, 431–436.