

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN İKLİME OLAN
ETKİLERİNİN MODELLENMESİ**

**Hazırlayan
Ümran KÖYLÜ**

**Danışman
Doç. Dr. Abdurrahman GEYMEN**

Doktora Tezi

**Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FDK-2013-4304 kodlu proje ile desteklenmiştir**

**Ocak 2017
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

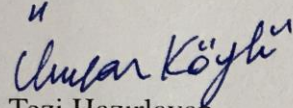
Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

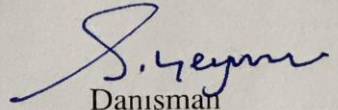
Ümran KÖYLÜ

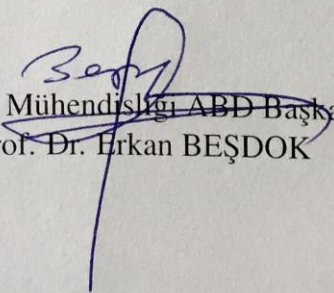
İmza: *Ümran Köylü*

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Arazi Kullanım Değişiminin İklim Olan Etkilerinin Modellenmesi” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.


Tezi Hazırlayan
Ümran KÖYLÜ

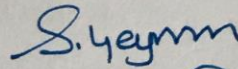
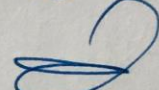
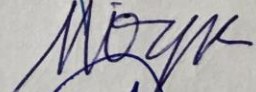
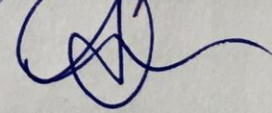

Danışman
Doç. Dr. Abdurrahman GEYMEN


Harita Mühendisliği ABD Başkanı
Prof. Dr. Erkan BEŞDOK

Doç. Dr. Abdurrahman GEYMEN danışmanlığında **Ümran KÖYLÜ** tarafından hazırlanan “**Arazi Kullanım Değişiminin İklim Olan Etkilerinin Modellenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında **Doktora** tezi olarak kabul edilmiştir.

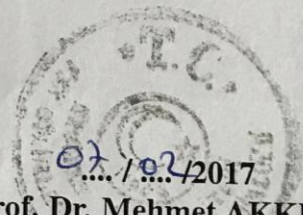
16/01/2017

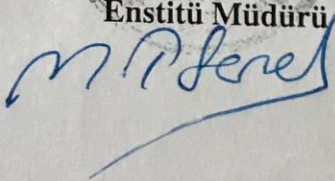
JÜRİ :

Danışman : Doç. Dr. Abdurrahman GEYMEN 
Üye : Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN 
Üye : Prof. Dr. Erkan BEŞDOK 
Üye : Doç. Dr. Mehmet ÖZGER 
Üye : Doç. Dr. A. Alper ÖNER 

ONAY :

Bu tezin kabülü Enstitü Yönetim Kurulunun 07/02/2017 tarih ve 2017/0636 sayılı kararı ile onaylanmıştır.


07 / 02 / 2017
Prof. Dr. Mehmet AKKURT
Enstitü Müdürü



ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

"Arazi Kullanım Değişiminin İklim Olan Etkilerinin Modellenmesi" isimli tez çalışmasının seçiminde, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde maddi-manevi bilgi, tecrübe, destek ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Abdurrahman GEYMEN'e teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca hep yanımda olan ve tez yazımı sırasında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yönergeleri çerçevesinde Latex sınıfını sağlayan abim Yrd. Doç. Dr. Fehim KÖYLÜ'ye katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK, 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı (2012-4)) teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında, FDK-20013-4304 kodlu proje ile maddi destek veren Erciyes Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

Verilerin temininde; Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve Meteoroloji 7. (Kayseri) Bölge Müdürlüğü'ne, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Coğrafi Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığı'na, Kayseri Büyükşehir Belediye Bilgi İşlem Daire Başkanlığına verdikleri destekten dolayı teşekkür ederim.

Bugüne kadar bana verdikleri her türlü maddi ve manevi destek ile göstermiş oldukları sabır ve destekten dolayı babama, anneme, abime, kardeşlerime ve ailemin diğer fertlerine en derin saygılarımı ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca duaları ile her zaman destek olan dost ve büyüklerimin hepsine ayrı ayrı teşekkür ederim.

ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN İKLİME OLAN ETKİLERİNİN MODELLENMESİ

Ümran KÖYLÜ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi, Ocak 2017

Danışman : Doç. Dr. Abdurrahman GEYMEN

ÖZET

İklim ve meteorolojik değişiklik konuları son yıllarda güncelliğini korumakta ve bu konuların önemi artarak insan yaşamının her safhasında etkilerini göstermektedir. İklim ve meteorolojik değişkenlerdeki değişimin sebeplerinden en önemlisi insan faktörüdür. Yeryüzünün doğal arazi örtüsü insan faaliyetlerinden nasibini almakta ve yıllar içerisinde büyük değişimlere maruz kalmaktadır. Bu tez kapsamında Kayseri ili sınırları içerisinde kurulan Yamula Barajı ile havza alanında meydana gelen arazi kullanım değişimi belirlenerek bu bölgede ve çevresindeki meteorolojik parametrelerin değişimlerinin modellenmesi amaçlanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntem ve teknikleri, havza alanlarındaki söz konusu değişimlerin hızlı bir şekilde ortaya çıkartılıp değerlendirilmesinde önemli bir araçtır. İklim değişikliği ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılan CBS’de sürdürülebilir bir gelişme sağlayabilmek için veri setleri arasında iyi bir uygunluk gerekmektedir. Bu amaçla çalışma alanı olarak seçilen Yamula Barajında bölgeye ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak akarsu ağları belirlenmiş ardından bu akarsu ağları yardımıyla havza ve alt havza alanları hesaplanmıştır. Havzanın yıllara ait arazi kullanım değişimleri hesaplanmıştır ve arazi kullanım haritaları elde edilmiştir. Arazi kullanım, arazi kullanım kabiliyeti, hidrolojik toprak grubu veri setleri yardımıyla Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) tekniği kullanılarak alt havzalara ait eğri numaraları tespit edilerek akış hesabı gerçekleştirilmiştir. Havza çevresindeki meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik değişkenlerin 30 yıllık değerleri temin edilip Mann Kendall Rank testi yardımıyla trend analizi yapılmış ve trendin gücünü tespit için Theil-Sen Slope tekniği kullanılmıştır. Bölgeye ait meteorolojik değişkenlerde istatistiki anlamlı trendlerin varlığı tespit edilmiştir. Bu anlamlı trendlerin varlığı arazi yüzeyi değişimleri ve iklim değişikliği nedeniyle gelecekte de hızla devam edeceği tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi Kullanım Değişimi, Trend Analizi, SCS Eğri Numarası Tekniği.

Modelling the Effects of Land Use Changes on Climate**Ümran KÖYLÜ****Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences****Ph.D. Thesis, January 2017****Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdurrahman GEYMEN****ABSTRACT**

Climate and meteorological change issues, that show the effects at every stage of human life in recent years, maintain updated and have increasingly importance. The human factor is the most important cause of climate and meteorological changes. The natural land cover of the earth takes its form from human activities and is exposed to major changes over the years. Within the scope of this thesis, it is aimed to determine the changes of meteorological parameters in this region and surrounding by determining the land use change in the basin area with establishment of Yamula Dam within Kayseri province area. Geographical Information Systems (GIS) methods and techniques are emerging as an important tool in quickly identifying and evaluating the changes in the basin areas. Good integration between data sets is needed to ensure sustainable development of GIS, which is used to solve problems related to climate change. For this purpose, in the Yamula Dam selected as a study area, river networks were determined by using the Digital Elevation Model (DEM) of the region and then basin and sub-basin areas were calculated with the aid of these stream networks. The land use changes of the basin were calculated and the land use maps were obtained. Using the Soil Conservation Service Curve Number technique with the help of Land Use, Land Use Capability, Hydrological Soil Group data sets, curve numbers belonging to sub-basins were determined and flow account was estimated. The meteorological variables of the meteorological stations around the basin were provided for 30 years and trend analysis was performed with the help of the Mann Kendall Rank test and the Theil-Sen Slope technique was used to determine the trend power. The presence of statistically significant trends in meteorological variables belonging to the region has been determined. The presence of these significant trends is predicted to continue rapidly in the future due to land surface changes and climate change.

Keywords: Land-use Changes, Trend Analysis, SCS Curve Number Technique.

İÇİNDEKİLER

ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMİNİN İKLİME OLAN ETKİLERİNİN MODELLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL VE ONAY	iii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii

GİRİŞ	1
-----------------	---

1. BÖLÜM GENEL VE TEORİK BİLGİLER

1.1. Uzaktan Algılama ve Uydu Görüntülerinin Değerlendirilmesinin Temelleri	6
1.1.1. Elektromanyetik Enerjinin Algılanması	8
1.1.2. Sayısal Görüntü İşleme	9
1.1.3. Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması	13
1.1.4. Değişim saptama (Change detection) Analizi	15
1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Analizleri	16
1.2.1. Konumsal Veri Analizleri	17
1.2.2. Hidroloji, Hidroloji Analizleri ve Ağırlıklı Eğri Numarası Hesabı	20
1.2.2.1. Havza Alanı ve Nehir Ağları	21
1.2.2.2. Hidrolojik Analizler	22
1.2.3. Nesneye Dayalı Yazılım ve Python Programlama Dili	25

1.3. Meteorolojik Verilerin İstatistiki Değerlendirilmesi ve Trend Analiz Uygulaması	27
1.3.1. Trend Analizi	31
1.3.2. Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar	32
1.3.3. Zaman Serilerinin Modellenmesi	34
1.3.3.1. AR (Otoregresif) Modeli	35
1.3.3.2. MA (Hareketli Ortalama) Modelinde	35
1.3.3.3. ARMA (Otoregresif Hareketli Ortalama) Modelleri	35
1.3.3.4. ARIMA (Otoregresif Birleştirilmiş Hareketli Ortalama) Modeli	36
1.3.3.5. ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Modelleri ile Modelleme	36

2. BÖLÜM

UYGULAMA ADIMLARI VE SONUÇLARI

2.1. Giriş	38
2.2. Havza Sınırının Belirlenmesi	41
2.3. Arazi Kullanım Değişiminin SCS CN Değerine ve Havza Akış Değerlerine Etkisi	42
2.3.1. Uydu Görüntülerinin Değerlendirilmesi ile Arazi Kullanım Değişimlerinin Belirlenmesi	43
2.3.2. Alt Havza Alanlarının Belirlenmesi	56
2.3.3. Hidrolojik Toprak Grupları ve Arazi Kullanım Kabiliyeti Haritalarının Hazırlanması	56
2.3.4. Ağırlıklı Eğri Numarası Yöntemi ile Yamula Barajı Havzası Çalışma Alanında Eğri Numarası Hesabı	58
2.4. Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesi	66
2.4.1. Trend Analizinin Uygulanması ile Elde Edilen Sonuçlar	68
2.4.2. Zaman Serilerinin ARIMA Modelleri ile Modellenmesi ile Elde Edilen Sonuçlar	80

3. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

3.1. Tartışma, Sonuç ve Öneriler	95
---	-----------

KAYNAKLAR	102
EKLER	111
ÖZGEÇMİŞ	134

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Landsat TM uydu sisteminde kaydedilen elektromanyetik spektrumdaki bant değerleri.	9
Tablo 1.2.	Landsat görüntüsünün farklı bantlarındaki uygulamalar.	10
Tablo 1.3.	Landis ve Koch'un önerdiği kappa yorumları.	15
Tablo 1.4.	Farklı AMC değerleri için öncül yağış değerleri sınırları (U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service, Amerika Tarım Toprak Koruma Bakanlığı).	25
Tablo 1.5.	Kullanılan meteorolojik verilerin temin edildiği istasyonların konum ve yükseklik bilgileri.	28
Tablo 1.6.	Meteoroloji Genel Müdürlüğü(MGM)'nden temin edilebilecek meteorolojik veriler hakkında genel sınıflandırma.	29
Tablo 2.1.	SRTM'nin ürün özellikleri.	39
Tablo 2.2.	Yamula havzası çalışma alanı sınıflandırma doğruluk analizi sonuçları.	46
Tablo 2.3.	2000 ile 2006 yılları arası hesaplanan sınıf değişimleri.	47
Tablo 2.4.	2000 ile 2006 yılları arası harita karşılaştırma tablosu.	48
Tablo 2.5.	2006 ile 2010 yılları arası hesaplanan sınıf değişimleri.	49
Tablo 2.6.	2006 ile 2010 yılları arası harita karşılaştırma tablosu.	50
Tablo 2.7.	2010 ile 2011 yılları arası hesaplanan sınıf değişimleri.	51
Tablo 2.8.	2010 ile 2011 yılları arası harita karşılaştırma tablosu.	52
Tablo 2.9.	2000 ile 2011 yılları arası hesaplanan sınıf değişimleri.	53
Tablo 2.10.	2000 ile 2011 yılları arası harita karşılaştırma tablosu.	54
Tablo 2.11.	Yıllara göre değişim.	55
Tablo 2.12.	Eğim değerlerine için farklı arazi kullanım kabiliyeti sınıfları	58
Tablo 2.13.	Alt havzaların 2000 ve 2006 yıllarında alan dağılımları.	60

Tablo 2.14.	Alt havzaların 2010 ve 2011 yıllarında alan dağılımları.	61
Tablo 2.15.	Tahmin edilen eğri numaraları (CNI: AMCI (kurak sezon) durumundaki CN, CNII: AMCII durumundaki CN, CNIII: AMCIII (yağışlı sezon) durumundaki CN).	65
Tablo 2.16.	Meteorolojik verilerin tarih aralığı.	68
Tablo 2.17.	Aylık nispi nem zaman serisi değerlerinin AR(1)(gecikme 1 için otokorelasyon katsayısı; pw simgesi ön-beyazlatma işlemi ifade eder), Mann Kendall(Z), Theil Sen Slope (β) sonuçları.	70
Tablo 2.18.	Aylık sıcaklık zaman serisi değerlerinin AR(1)(gecikme 1 için otokorelasyon katsayısı; pw simgesi ön-beyazlatma işlemi ifade eder), Mann Kendall(Z), Theil Sen Slope (β) sonuçları($^{\circ}$ C).	71
Tablo 2.19.	Aylık toplam yağış zaman serisi değerlerinin AR(1)(gecikme 1 için otokorelasyon katsayısı; pw simgesi ön-beyazlatma işlemi ifade eder), Mann Kendall(Z), Theil Sen Slope (β) sonuçları(mm).	72
Tablo 2.20.	Aylık ortalama rüzgar hızı zaman serisi değerlerinin AR(1)(gecikme 1 için otokorelasyon katsayısı; pw simgesi ön-beyazlatma işlemi ifade eder), Mann Kendall(Z), Theil Sen Slope (β) sonuçları.	72
Tablo 2.21.	Aylık zaman serilerindeki artış ve azalış durumları.	73
Tablo 2.22.	Sezonluk nispi nem değerlerinin Mann Kendall(Z) ve Theil Sen Slope (β) sonuçları.	74
Tablo 2.23.	Sezonluk sıcaklık değerlerinin Mann Kendall(Z) ve Theil Sen Slope (β) sonuçları ($^{\circ}$ C).	75
Tablo 2.24.	Sezonluk toplam yağış değerlerinin Mann Kendall(Z) ve Theil Sen Slope (β) sonuçları.	76
Tablo 2.25.	Sezonluk ortalama rüzgar hızı değerlerinin Mann Kendall(Z) ve Theil Sen Slope (β) sonuçları.	76
Tablo 2.26.	Dewpoint zaman serisinin Mann Kendall (Z) ve Theil Sen slope (β) sonuçları.	77
Tablo 2.27.	İstasyonların baskın rüzgar yönleri.	77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Elektromanyetik spektrum.	7
Şekil 1.2.	Yamula Barajı görüntüsünün elektromanyetik bantları gri seviyede görüntüleri.	10
Şekil 1.3.	Farklı bant birleşim örnekleri; (a) gerçek renk birleşimi (Bant 3,2,1), (b) yakın kızılötesi birleşimi (4,3,2), (c) kısa dalga kızılötesi birleşimi (7,4,3).	11
Şekil 1.4.	Havza ve nehir ağları örneği.	22
Şekil 1.5.	Rüzgar yönlerinin meteorolojik ve oşinografik gösterimlerinin farkları.	30
Şekil 1.6.	Meteoroloji'den temin edilen rüzgar yönlerinin belirttiği rüzgar yönü açıları.	30
Şekil 2.1.	Çalışma alanı olarak seçilen Yamula Baraj havzası konumu.	39
Şekil 2.2.	Yamula Barajı gölet alanı görünümeleri.	40
Şekil 2.3.	Yamula Barajı tesis alanı ve su tutma noktası görünümeleri.	40
Şekil 2.4.	Havza bileşenleri.	41
Şekil 2.5.	Yamula baraj havzası çalışma sınırı.	42
Şekil 2.6.	Uzaktan algılama görüntüleri ve CBS analiz işlem adımları ile eğri numarası atama fonksiyonu akış diyagramı.	43
Şekil 2.7.	2000 yılı sınıflandırma sonuç görüntüsü.	44
Şekil 2.8.	2006 yılı sınıflandırma sonuç görüntüsü.	44
Şekil 2.9.	2010 yılı sınıflandırma sonuç görüntüsü.	45
Şekil 2.10.	2011 yılı sınıflandırma sonuç görüntüsü.	45
Şekil 2.11.	Yıllara göre değişim grafiği.	55
Şekil 2.12.	Yamula Barajı çalışma alanı alt havza alanları.	56
Şekil 2.13.	Hidrolojik toprak grupları haritası.	57

Şekil 2.14.	Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları haritası.	58
Şekil 2.15.	Python dilinde yazılan ağırlıklı eğri numarası algoritması akış diyagramı.	63
Şekil 2.16.	Kullanılan meteoroloji istasyonları konumları.	67
Şekil 2.17.	Ocak ve Şubat aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri. . .	81
Şekil 2.18.	Mart ve Nisan aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri. . .	82
Şekil 2.19.	Mayıs ve Haziran aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.	83
Şekil 2.20.	Temmuz ve Ağustos aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.	84
Şekil 2.21.	Eylül ve Ekim aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri. . .	85
Şekil 2.22.	Kasım ve Aralık aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.	86
Şekil 2.23.	Avanos ve Boğazlıyan meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi). . .	87
Şekil 2.24.	Develi ve Divriği meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).	88
Şekil 2.25.	Gemerek ve Kangal meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).	89
Şekil 2.26.	Kayseri ve Nevşehir meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).	90
Şekil 2.27.	Pınarbaşı ve Sarız meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).	91
Şekil 2.28.	Sivas ve Sorgun meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).	92
Şekil 2.29.	Suşehri ve Tomarza meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).	93
Şekil 2.30.	Yozgat ve Zara meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).	94

GİRİŞ

İklim değışikliğı konusu son yıllarda güncelliğini ve önemini artırarak insan yaşamının her safhasında etkilerini göstermektedir. Günümüzde ülkelerin gündemini meteorolojik olaylardan ziyade uzun zamanda oluşan bölgesel iklim değışiminin önceden belirlenmesi ve bu senaryolara karşı önlemlerin alınabilmesi teşkil etmektedir. Bölgesel iklim değışikliğini belirlemenin yanı sıra bunu etkileyen etkenleri belirleyerek daha anlamlı sonuçlar elde edilebilir. Bölgesel iklim değışimi sorununu tanımlamada yeryüzü ve atmosferi bir bütün olarak ele alırsak arazi üzerindeki değışimler atmosferi ve aynı zamanda birçok atmosferik döngüyü etkiler. Arazi üzerindeki doğal veya insan kaynaklı değışimlerin bölgesel iklime etkisi olduğu açıktır. Arazi kullanım değışimleri iklim ve meteorolojik parametreler üzerinde etkilere sebep olmaktadır [1]. Bölgesel iklim değışiminin belirlenmesinin yanı sıra buna sebep olan etkenin (örneğin arazi kullanım değışimi ile arasındaki etkileşimin belirlenmesi gibi) tespiti literatürde önemli konulardan biri haline gelmektedir [2].

Arazi kullanım türleri tarım alanları, meralar, otlaklar ve çayır alanları, ormanlık alanlar, sulak alanlar ve büyük su kütleleri, çorak toprak alanları olarak sınıflandırılır. Bu alanlardaki köklü ve büyük değışimler gözlemlenebilir. Arazi kullanım değışiminin sebep olduğu arazi bozulmalarının bölgesel iklim üzerindeki etkileri; yağışlarda azalma, bitki su tüketimi ve buharlaşma, toprak nemi, akış ve yüzey sıcaklığındaki artış ve rüzgar alanı değışimi şeklinde gözlemlenir [3]. Bu iki değışim arasındaki ilişki bilimsel çalışmalara konu olmuştur [4–7]. Yapay büyük su kütleleri ile arazi kullanımlarında ki sistematik değışimler bölgesel nem artışı gerçekleştirebilir [6]. Arazi kullanım değışiminin bölgesel etkisi ile yağışlarda değışikliğe sebep olabilir [8–10].

Barajlar hidroelektrik, akış kontrolü, su tutma tesisleri olarak veya bu üç tipin birleşimleri olarak kurulur. Tip bakımından sınıflandırılmasının yanı sıra barajlar, göl alanı ve yükseklik ölçüleri ile sınıflandırılır. Uluslararası Büyük Barajlar Topluluğuna (ICOLD,

International Commission on Large Dams) göre 15 metreden fazla set yüksekliğine ve 3 milyon metre küp depolama hacmine sahip barajlar büyük barajlar olarak sınıflandırılır. Büyük barajların bölgesel iklim üzerindeki etkilerinin belirlenmesi literatürdeki iklim ile alakalı problemlerden biridir. Bölgesel iklimlerde yapay rezervuar etkisini anlamak için su kitlelerinin araştırılmasında literatürde birçok çalışma mevcuttur [3, 8, 11]. Özellikle büyük su kütlelerine sahip barajlar potansiyel buharlaşma yüzeyi olarak etki göstermektedir. Bunun neticesinde barajların; çevrelerinde alçalan hava kütesini artırma ve yüzey sıcaklığında azaltma etkisi vardır [1, 12]. Bu açıdan su kütlelerinin sebebiyet verdiği lokal iklim değişimlerinin nicelik yönünden incelenmesi su kaynakları yönetim stratejileri için önemlidir.

Barajların kurulması sonucu arazi kullanım/arazi örtüsü üzerinde büyük sistematik değişiklikler oluşturur. Bunun sonucunda bölgesel iklimde ve yağış rejiminde dereceli değişiklik beklenmektedir [8]. Barajların kurulması tarıma elverişli alanların sulanmasına imkan vermesi, ürün ve elektriğe erişimi kolaylaştırması ile bölgede ki değişimi düzenli olarak artırmaktadır. Arazi kullanım değişikliği ve özellikle tarım faaliyetlerinin yoğunlaşması bölgesel iklim üzerinde önemli derecede değişikliklere neden olmakta ve yağışlarda azalmalar gözlenmektedir [6, 8].

Büyük barajların iklim ve hidrolojik etkisini belirlemek için baraj yapımı öncesi ve sonrasına ait verilerin toplanması ve incelenmesi gerekir. Barajlar nehir hidrolojisi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bu etki baraj öncesi nehrin doğal akış rejiminden; düşük ve yüksek akış sıklığı, büyüklüğü ve zamanlamasındaki değişimlerde ki farklılıklarla ifade edilir [13]. Bu araştırmalardaki en büyük problem baraj öncesi verilerdeki kısıtlılıktır. Fakat buna rağmen son zamanlarda azımsanmayacak kadar çalışma; barajların etkileri üzerinde araştırmalar yapmaktadır [8, 11, 13, 14].

Meteorolojik verilerde ki herhangi bir değişim ve bu değişimin saptanması iklim değişkenleri salınımı hakkında bilgi edinmemizi sağlar. İstasyonlar tarafından toplanan meteorolojik veriler zaman serileri olarak ifade edilirler. Zaman serileri üzerinde istatistik analizleri yoluyla ve grafik gösterimleri ile değişimler saptanır ve gözlemlenebilir. Meteorolojik veriler üzerindeki değişimler barajın iklim üzerindeki etkisini gözlemlememiz için önemli bir araçtır. Hossain (2009), büyük barajların

etkisini ekstrem yağışlardaki değişimini gözlemleyerek belirlemiştir. Yarı kurak ve kurak bölgelerde, barajlar bölgesel meteorolojik parametreleri diğer bölgelere göre daha fazla etkilemektedir [15, 16].

Yamula Barajı Kızılırmak nehri üzerine Kayseri sınırları içerisinde sulama ve elektrik üretim projesi olarak 2005 yılında kurulmuştur. 120 m yükseklik, 85 km^2 su alanı ve 2025 hm^3 su hacmine sahiptir. Bu değerlerle ICOLD'a göre büyük barajlar sınıfına girmektedir. Yamula barajı kurulumu ile çevresinde meydana gelen arazi kullanım değişimlerinin belirlenmesi ve çevre istasyonlardan alınan meteorolojik parametrelerdeki trendlerin tespiti ile baraj havzasının sebep olduğu etkiler tespit edilmeye çalışılmıştır.

Tezin Amacı

Tez çalışmasının amacı Kayseri ili sınırları içerisinde Kızılırmak üzerine kurulan Yamula Barajı çalışma alanı seçilerek bu bölgede baraj ile oluşan arazi kullanım değişimi tespit edilerek bu değişimin akarsu akışı, iklim ve meteoroloji değişkenleri üzerindeki etkilerinin tespit edilmesidir. Bu tez kapsamında çalışma alanı olarak tespit edilen alanda arazi kullanım sınıf değerlerinin, arazi kullanım değişiminin, akarsu ağlarının, havzaya ait alt havza alanlarının belirlenmesi, bu alt havza alanlarında Soil Conservation Service (SCS) Eğri Numarası (EN) yöntemi ile arazi kullanım değişiminin akışa ve eğri numarasına olan etkisinin belirlenmesi, SCS EN tahmini yapan eklentinin geliştirilmesi, meteorolojik değişkenlerin trend analizi yöntemleri ile meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için şu işlem adımları;

- Çalışma alanı olarak belirlenen Yamula Barajı su toplama havzası ve çevresinde uydu görüntülerinden yararlanılarak arazi kullanım değişimi analizi yapılması,
- Öncelikle çalışma alanının tespiti için bölgeye ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) yardımı ile havza alanının tespiti yapılması,
- Uydu görüntülerinin ön işleme aşamalarından sonra yüksek çözünürlüklü altlıklar yardımı ile kontrollü sınıflandırma sonuçları ile arazi kullanım sınıf değerlerine ulaşılması uygulaması,
- Uydu görüntülerinin sınıflandırma doğrulukları yüksek çözünürlüklü görüntüler yardımı ile hesaplanması,

- Bölgedeki alt havzaların tespitinde kullanılacak olan akarsu ağlarının tespiti SYM ile hesaplanması,
- Havzalarda alt havzalardaki akış hesabı için SCS EN yöntemi ile arazi kullanım değişiminin akışa ve EN olan etkisi belirlenmesi,
- SCS EN tekniği kapsamında ağırlıklı eğri numarası (AEN) hesabı yapan ArcGIS kullanıcı arayüz eklentisi geliştirilmesi,
- Bu geliştirilen eklenti ile çalışma bölgesindeki alt havzaları AEN atanmasının kolaylaştırılması,
- Çalışma alanı çevresinde bulunan meteorolojik istasyonlardan alınan meteorolojik değişkenlere ait veriler zaman serileri olarak düzenlenerek trend analiz çalışması,
- Trend analiz çalışması sonucunda elde edilen sonuçlar yorumlanması ve bu büyük su kütesinin bölgedeki meteorolojik değişkenlerdeki değişime etkisinin açıklanması gerçekleştirilmiştir.

Tezin Organizasyonu

Arazi kullanım değişiminin iklime olan etkilerinin belirlendiği tez çalışmasının bölümleri şu şekilde şekillenmektedir.

1. Bölümde tez kapsamında kullanılan teorik konular hakkında genel bilgiler verilmekte olup uzaktan algılama ile uydu görüntülerinin değerlendirilmesi, ve uydu görüntüleri, kullanılan coğrafi bilgi sistemi analiz yöntemleri, meteorolojik verilerin istatistiki değerlendirilmesi ve trend analiz uygulaması hakkında literatürdeki uygulamalar ve genel bilgiler verilmektedir.
2. Bölümde uydu görüntülerinin değerlendirilmesi sonucu arazi kullanım değişimlerinin belirlenmesi temin edilen ve üretilen veriler hakkında genel bilgiler ve ardından bu verilerin kullanılması ile SCS EN değerlerinin Yamula Barajı havzasına uygulanması sonucu elde edilen sonuçların analizi yapılmıştır. Meteorolojik verilerin istatistiki değerlendirilmesi sonucu bölgeye ait trend analizi uygulaması ve sonuçları gösterilmiştir.

3. Bölümde elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, yorumlanması yapılmış ve gelecekte bu alanda yapılması gereken çalışmalar sıralanmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL VE TEORİK BİLGİLER

1.1. Uzaktan Algılama ve Uydu Görüntülerinin Değerlendirilmesinin Temelleri

Uzaktan algılama, yeryüzü ile herhangi bir etkileşim olmaksızın dünya yüzeyinden yayılan ve yansıyan ışınların uydu sistemi tarafından kaydedilmesi, yorumlanması ve yeryüzü özelliklerinin uzaktan tespit edilmesi işlemlerini gerçekleştiren bilim dalıdır [17–19].

Uzaktan algılamada görüntü elde etmede spektral aralıklardan yararlanılır. Pasif ve aktif görüntü elde etme yöntemleri farklı spektral aralıklarda gerçekleştirilir. Pasif görüntü elde etme yöntemi güneşten gelen ışınların dünya yüzeyine çarpıp geri dönmesi ile yansıyan ışınların uydular tarafından kaydedilmesi sonucu elde edilirken aktif görüntü elde etmede ise tıpkı flaşla çekilen fotoğraf gibi uydudan yayınlanan ışınların dünya yüzeyine çarpıp geri dönmesi sonucu toplanan ışıklardan elde edilen uydu görüntüsüdür [20, 21].

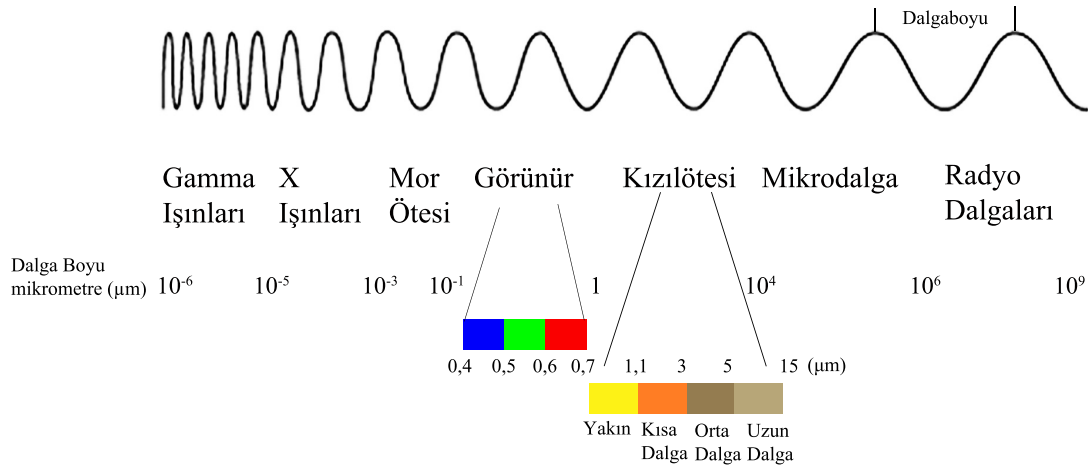
Uydu verilerinin kullanılması birçok çevresel çalışmaya altlık veri temininde kullanılmaktadır. Uzaktan algılama verilerindeki zenginlik ile insan kaynaklı değişimler veya doğal afetlerin izlenmesi, korunması ve yönetilmesi konusunda çalışmalar yapılmaktadır [5, 22–24]. Sel, deprem, orman yangınları gibi afetlerde veya şehirleşme ile ikamet alanlarının genişlemesi, barajların kurulması ile su alanlarının artışı gibi insan kaynaklı değişimlerin izlenmesi ve etki alanlarının tespitinde uydu görüntüleri araziye ait zamansal veri teminini hızlı ve kolay hale getirmektedir [25–27].

Elektromanyetik Spektrum (EMS)

Uzaktan algılamada etkileşim olmadan bilgi edinilmesi için elektromanyetik enerji

kullanılır. Uydu platform sistemleri tarafından kaydedilen bilgiler elektromanyetik enerjidir. Sistemin algılayıcı duyarlılığı aralığına göre farklı dalga boylarında elektromanyetik enerjiyi algılayabilir [18,28]

Elektromanyetik dalgalar parçacıkların titreşimle yüklenmesi ile üretilir; elektrik ve manyetik özelliklere sahiptir. Elektromanyetik enerji dalga tepelerine sahiptir. İki dalga tepesi arasındaki mesafeye dalga boyu denir. Dalga boyları metrelerle ölçülecek kadar uzun veya metrenin milyarda biri (nanometre) olacak şekilde kısa olabilir (Şekil 1.1). Saniyede sabit bir noktadan geçen dalga tepesi sayısına ise dalganın frekansı denir ve Hertz (saniyedeki devir sayısı) birimi ile ölçülür [29].



Şekil 1.1. Elektromanyetik spektrum.

Elektromanyetik spektrum (EMS) elektromanyetik enerjinin sürekli bir ortamıdır. EMS farklı dalga boyu ve frekanslardaki elektromanyetik enerjiyi tanıtan şekildir. Elektromanyetik enerji fiziksel özelliklerindeki farklılıklarından dolayı dalga boylarına göre bölgelere ayrılırlar fakat sınıflandırılmasında kesin sınırlara sahip değildir [29, 30].

Uzun elektromanyetik dalgalar radyo dalgaları en düşük frekansa sahipken dalga boyu azaldıkça frekans artar. Uzun dalga boyundaki dalgalar daha az enerji taşırlar. En düşük dalga boyuna sahip olan Gama ışınları spektrumdaki en yüksek enerjiye sahip ışıındır. Farklı dalga boylarındaki enerjiler sürekli etrafımızda hareket halindedir. Fakat gözlerimiz sadece spektrumda çok küçük bir bölge olan görünür bölge olarak adlandırdığımız 0.4 ile 0.7 mikrometreye (mikrometre santimetrenin on binde biridir) duyarlıdır. Görünür bölge bütün renkleri içerisinde barındırmasına rağmen uzaktan

algılamada bu bölge mavi, yeşil ve kırmızı olarak üç bölgeye ayrılarak incelenir [20, 30].

Farklı nesneler elektromanyetik enerjinin farklı dalga boylarını yansıtır ve bu şekilde renkli görmemizi sağlar. Örneğin yapraklar içerisinde klorofil pigmenti ile elektromanyetik dalgalar etkileşir. 492 nm ile 592 nm arasındaki dalga boylarını yansıtır ve bu nedenle yaprağı yeşil olarak algılarız [20].

Farklı bölgelerden alınan verilerle yeryüzünün farklı özellikleri tespit edilebilir. Uzaktan algılamada elde edilen verilerin çoğunluğu görünür ve kızılötesi bölgede çalışan algılayıcılar ile elde edilir. Dünya gözlemlerinde ultraviyole ışınlar minerallerin bazı özelliklerinin çıkartılması için kullanılırken mikrodalgalar ile toprak nemi ve pürüzlülük hakkında bilgi temininde kullanılır [20].

Güneşten gelen veya yapay olarak üretilen elektromanyetik ışınlamalar atmosferden geçerek yeryüzü ile etkileşime girer. Yeryüzü ile girdiği etkileşim çeşitleri yutulma, yansıtma ve geçirilme şeklindedir. Bunun sonucunda güneşten gelen ışınlamının yansıtılması ve yeryüzünün kendi içindeki enerjiyi yayması sonucunda ortaya çıkan elektromanyetik enerji uydu sistemi ulaşarak kayıt altına alınır. Kaydedilen enerji ile yeryüzü ve cisimler hakkında farklı özellikler elde edilmiş olur [31–33].

1.1.1. Elektromanyetik Enerjinin Algılanması

Elektromanyetik enerjinin algılanması aktif ve pasif algılama olarak ikiye ayrılır. Aktif algılamada tıpkı flaş kullanarak çekim yapan fotoğraf makinesi gibi uydu kendi enerjisini yeryüzüne gönderip geri dönen enerjiyi kaydeder. Pasif algılamada ise güneşten gelen enerjinin dünya yüzeyine çarpıp yansıyan ve yeryüzünden yayılan enerjinin kaydedilmesidir [34–36].

Elektromanyetik enerjiyi yeryüzündeki farklı cisimler farklı dalga boylarında yansıtır. Uydu alıcıları türlerine göre farklı dalga boylarına duyarlıdır. Aynı bölgeyi çeken iki farklı uydu farklı görüntüler alabilir. Örneğin Landsat algılayıcıları görünür ve kızılötesi dalga boylarını, dünya yüzeyinden yansıyan enerjiyi algılar. Güneşten gelen enerjinin çoğu atmosfer ve dünya tarafından yutulurken ancak çok az bir kısmı yeryüzünden yansyıp uzaya yani uydu alıcısına ulaşır ve kaydedilir [37–39].

Landsat uydusu 1972 yılından beri veri sürekliliğine sahip aynı bölgeyi 16 günde tekrar alan, 30 metre çözünürlüğe sahip bir pasif algılama yapan uydudur. ABD Jeolojik Araştırma Kurumu tarafından ücretsiz olarak temin edilebilmektedir. Landsat uydularının yörüngesi dünya yüzeyinden 705 kilometre yüksekliktedir. Bu uydu dünya gözlemlerini yedi bant (spektral aralık) üzerinden gerçekleştirir. Tablo 1.1’de Landsat uydu görüntüsünün dalga boyu aralıkları ve bantların spektral cevapları yer almaktadır [40]. Her bant kendi içinde ışık yoğunluğu kaydedilir ve 0-255 arası değerlere ölçeklenir. 255 değeri ışığın en yoğun (maksimum ışık yoğunluğu) olmasını gösterirken 0 değeri ise ışık değeri algılanmadığını ifade eder [40,41].

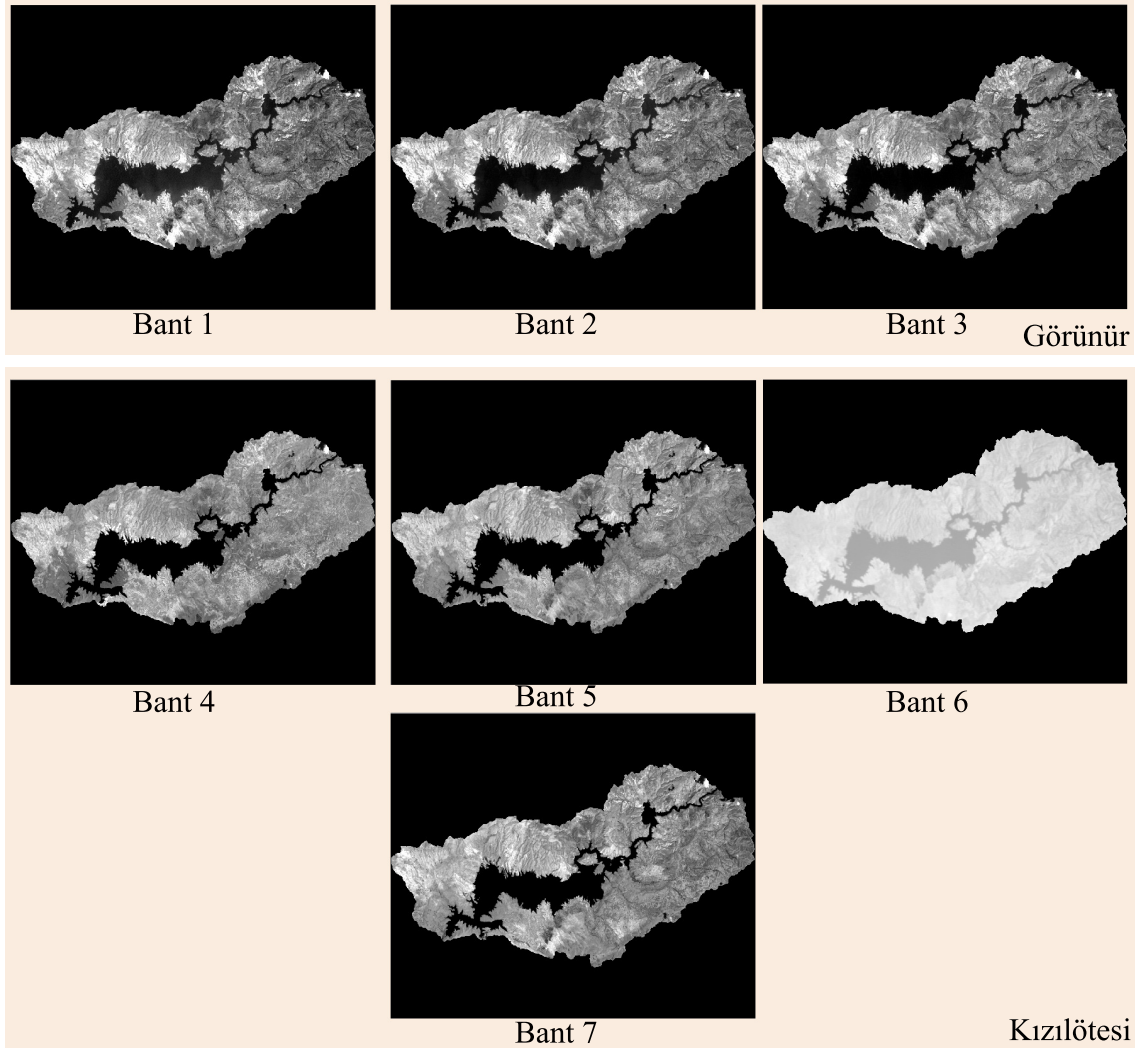
Tablo 1.1. Landsat TM uydu sisteminde kaydedilen elektromanyetik spektrumdaki bant değerleri.

Bant İsmi	Spektral Cevap	Dalga Boyu Aralığı
Bant 1	Mavi-Yeşil	0.45-0.52 μm
Bant 2	Yeşil	0.52-0.60 μm
Bant 3	Kırmızı	0.63-0.69 μm
Bant 4	Yakın kızılötesi	0.76-0.90 μm
Bant 5	Orta kızılötesi	1.55-1.75 μm
Bant 6	Termal kızılötesi	10.40-12.50 μm
Bant 7	Orta kızılötesi	2.08-2.35 μm

Şekil 1.2 Landsat 5 uydusundan alınan 2010 yılı Yamula Barajı görüntüsünün her bir bantın (Bant1-Bant7) gri ölçekte görüntüleri gösterilmiştir. Tablo 1.2’de bantların kullanılabilecek uygulama alanları listelenmiştir [40]. Bilgisayar programları yardımı ile değişik bant kombinasyonları yapılarak bölge hakkında farklı yansıtımları görsel olarak gözlemlenir. Kızılötesi bölge insan gözü ile algılanamadığı için bu bölgede algılanan ışıkların gözlemlenebilmesi için kırmızı, yeşil veya mavi renkleri ile görselleştirilir. Yakın kızılötesi bölge (Bant 4) Şekil 1.3’de kırmızı ile gösterilmiştir.

1.1.2. Sayısal Görüntü İşleme

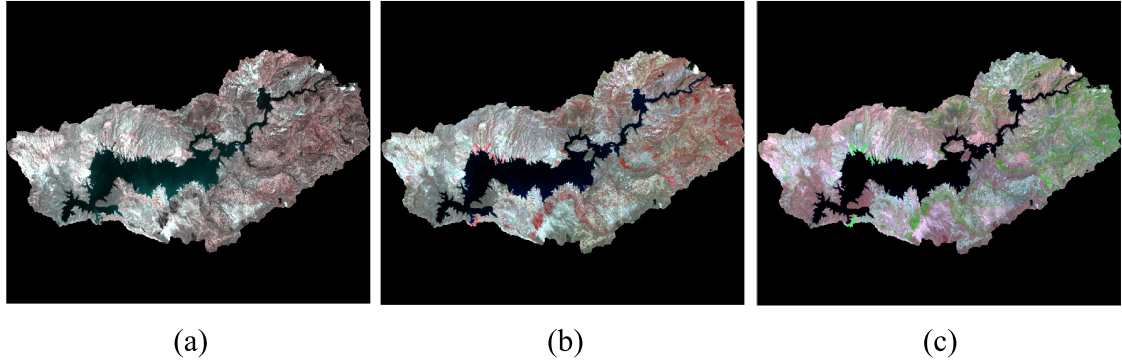
Yeryüzünden yansıyan ve yayılan parlaklık veya ışınlılık değerleri uydular tarafından toplanarak piksel yansıtım değerlerine çevrilip uydu görüntüleri olarak kaydedilirler. Uydu görüntülerinde ölçülen ortalama ışınlılık değerleri her bir pikselde dijital sayı ile ifade edilirler. Sensörden alınan veriler sayısal değerlere dönüştürülerek kaydedilmiştir [42–44].



Şekil 1.2. Yamula Barajı görüntüsünün elektromanyetik bantları gri seviyede görüntüleri.

Tablo 1.2. Landsat görüntüsünün farklı bantlarındaki uygulamalar.

Bant	Uygulamalar
1	Kıyı su haritalama, toprak/bitki ayrımı, orman sınıflandırma, insan yapımı özellik belirleme
2	Bitki örtüsü ayrımı ve sağlık izleme, insan yapımı özellik çıkarımı
3	Bitki türlerinin tespiti, insan yapımı özellik çıkarımı
4	Toprak nem görüntüleme, bitki görüntüleme, su kütlesi ayırt etme
5	Bitki nem içeriği görüntüleme
6	Yüzey sıcaklığı, bitki stres izleme, toprak nemi izleme, bulut farklılaşması, volkanik izleme
7	Mineral ve kaya ayrımı, bitki nem içeriği



Şekil 1.3. Farklı bant birleşim örnekleri; (a) gerçek renk birleşimi (Bant 3,2,1), (b) yakın kızılötesi birleşimi (4,3,2), (c) kısa dalga kızılötesi birleşimi (7,4,3).

Radyometrik çözünürlük: Algılayıcının yayılan ve yansıyan ışınlılık enerjisinin kuvvetini ayırt edebilme yeteneğidir. Yüksek radyometrik çözünürlük sinyal değerleri arasındaki ince farkları ayırt etmeye yarar. Landsat TM uydu görüntüsü 8 bit yani 256 renk seviyesinde kayıt yapar [43–45].

Uzaysal Çözünürlük: Uydu algılayıcısının en küçük algılayabildiği özellik ölçüsüdür. Örneğin Landsat TM uzaysal çözünürlüğü 30 m iken Quickbird 67 cm çözünürlüğe sahiptir [43,46].

Spektral çözünürlük: Spektral çözünürlük sensörün en iyi algılayabildiği dalga boyu aralığıdır. Landsat TM 7 banta sahiptir, Ikonos Quickbird multispektral 4 banta sahiptir [43,44].

Zamansal Çözünürlük: Uydunun aynı bölgeden tekrar geçme süresidir. Landsat 16, Spot 26 gün zamansal çözünürlüğe sahiptir [43,44].

Sayısal görüntü işleme aşamalarını altı bölümde inceleyebiliriz. Bunlar ön işleme, görüntü kaydı, görüntü zenginleştirme, görüntü filtreleme, görüntü dönüşümü ve sınıflandırmadır [20]. Ön işleme aşamasında ham veri bazı eksikliklerin tamamlanması ve hataların düzeltilmesi aşamalarını içinde barındırır. Ön işleme aşamasını radyometrik düzeltme, geometrik düzeltme ve atmosferik düzeltme olarak gruplandırabiliriz [20,47].

Radyometrik Düzeltme: Uydu görüntüsündeki piksel yansıtım değerleri algılayıcıya gelen ışınlılık değerlerine dönüştürülür. Radyometrik düzeltme için aydınlanma, görüntüleme geometrisi, atmosferik içerik, ve sensor gürültü ve cevaplarının

çeşitliliğinden dolayı gereklidir. Görüntü restorasyonu, ekran normalleştirme, atmosferik düzeltme ve görüntü zenginleştirme aşamaları gerçekleştirilir [20,47].

Atmosferik Düzeltme: Uyduya gelen ışınlılık değerleri atmosferik yayılma etkileri için yapılan düzeltmelerle yeryüzündeki ışınlılık değerlerine dönüştürülür. Atmosferik düzeltme 3 farklı şekilde yapılır. Fiziksel modellerle yapılan bu yaklaşım en sağlam ve en tutarlı ancak en zor yöntemdir. LOWTRAN, MODTRAN gibi paket programları vardır. Bu modeller meteorolojik mevsimsel ve coğrafi değişkenleri girdi olarak alırlar. Yansıtımı bilinen hedeflere yapılan kalibrasyon işlemi ile de atmosferik düzeltme yapılabilir. Veya karanlık piksel çıkartması işlemi ile atmosferik düzeltme yapılabilir. Karanlık piksel çıkartma yönteminde her bir kanal için minimum ışınlılığa sahip pikseller belirlenir ve bu değerler görüntüdeki bütün piksel değerlerinden çıkarılır. Yol ışınlılığını gideren yaklaşımdır. Atmosferik düzeltme uydu görüntüsü üzerindeki ufak puslardan temizleme aşamasıdır. Fakat bulutlar temizlenmez [20].

Geometrik Düzeltme: CBS’de bir harita verisi ile birleştirilerek bilgiler çıkartılır. Farklı kaynaklardan gelen uydu görüntüler birleştirilecekse ortak koordinat sisteminde tanımlanmalıdır. Uzaktan algılama görüntüsünün verilen harita projeksiyon özelliklerine projeksiyon ve ölçek değerlerinin dönüşümü işlemine geometrik düzeltme olarak isimlendirilir. Bununla ilgili teknik olan registrasyon (kayıt) aynı bölgeye ait bir görüntünün koordinat sisteminin ikinci görüntüye uydurulmasıdır [43, 48]. Görüntülerdeki geometrik distorsiyonlar genel olarak şu faktörlere bağlıdır: Görüntü elde edilirken dünyanın dönmesi, bazı algılayıcıların sınırlı tarama oranı, bazı algılayıcıların geniş bakış alanı, yeryüzü eğriselliği, algılayıcı anomalileri (sapmalar), uydu platformunun yükseklik, durum ve hızındaki değişimler, görüntüleme geometrisi ile ilgili panoramik etkiler [47].

Geometrik düzeltme iki yaklaşımla yapılır. Birinci yaklaşımda distorsiyonun nedenleri, karakteri ve büyüklüğü belirlenir ve görüntüden uzaklaştırılır. Bu yaklaşım distorsiyonun tipini iyi karakterize ettiği için etkilidir. İkinci yaklaşım distorsiyonlu görüntüdeki piksellerin konumlarıyla bunların karşılık geldiği arazideki koordinatları arasında matematiksel ilişkiler kurulur (Görüntüler arası dönüşüm, görüntü harita arası dönüşüm, yer kontrol noktaları koordinatlarının manuel olarak girilmesi ile). Bu şekilde görüntüdeki

distorsiyonun tipi ve kaynağı arasında hiçbir bilgiye ihtiyaç duymaksızın görüntü geometrisi düzeltilir. Bu yaklaşım en çok kullanılan yaklaşımdır [18,47].

1.1.3. Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması

Coğrafi bilgi sistemlerinde verilerin temininde uzaktan algılama uydu görüntülerinin değerlendirilmesi ve işlenmesi için sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılır. Sayısal görüntülerden uygun verilerin elde edilmesi sınıflandırma (örüntü tanıma) olarak ele alınır [48,49].

Sayısal görüntü yorumlama tekniklerinden biri olan sınıflandırma iki boyutlu piksellerden oluşan görüntüde ortak özelliklere sahip alanların aynı etiketle gruplandırılmasını içeren aşamadır. Sınıflandırma görüntüdeki ilgili arazi örtü özelliklerini temsil eden homojen piksel gruplarının belirlenmesi için görsel olarak yorumlanmasıdır. Sayısal görüntü işlemede bir veya daha fazla banttan gelen dijital sayıların ifade ettiği spektral bilgi kullanılır [50,51].

Sınıflandırma işlemi şu adımlarla gerçekleştirilir. Uzaktan algılama görüntüsünün seçilmesi ve hazırlanması süreci ilk adımdır. Bu adımda arazi türüne ve elde edilmek istenen veri türüne göre en uygun spektral banta ve dalga boyuna sahip, en uygun algılayıcıdan alınan istenen zamanda elde edilmiş uydu görüntüsü seçilmesi gerekmektedir. Sınıflandırma işleminde öğrenme ve sınıflandırma algoritmasının seçimi önemlidir. Ardından sınıfların tanımlanması yapılmalıdır. Denetimli ve denetimsiz olarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Denetimli sınıflandırmada sınıfların tanımlanması öğrenme aşamasında yapılır. Denetimsiz sınıflandırmada ise kümeleme algoritması tanımlanan küme sayısınca otomatik olarak sınıfları belirler. Ardından küme tanımları ile seçilen sınıflandırma algoritması eğitilir ve sınıflandırma işlemi gerçekleştirilerek her bir piksele sınıf etiketleri atanır. Sonuç sınıflandırılma görüntüsünün değerlendirilmesi referans veri ile karşılaştırılması yapılarak doğruluk ve kalite analizi yapılır. Bu aşamada örnekleme tekniğinin seçimi, hata matrisinin üretilmesi ve hata katsayılarının hesaplanması gerekmektedir [20,52].

Sınıflandırma işleminin sonucunda ortaya çıkan sınıflar tematik ve spektral sınıflar olarak ikiye ayrılır. Tematik sınıflar arazi örtüsü sınıfları ve arazi kullanım sınıflarını içerir.

Spektral sınıflarda ise verideki yansıtım değerlerine göre homojen olarak gruplanmış piksellerdir [53].

Sınıflandırma işlemi farklı şekillerde gruplandırılır. Denetimli sınıflandırma ve denetimsiz sınıflandırma, piksel tabanlı ve alt piksel tabanlı, parametrik ve parametrik olmayan sınıflandırma [54].

Denetimli sınıflandırmada araştırmacı uzaktan algılama görüntüsü içerisinde farklı arazi örtü tipleri için homojen tanımlayıcı örnekler belirler, bu örneklerle eğitim alanları denilir. Eğitim verisi ile üretilen sınıfları araştırmacı denetlemiştir. Her bir sınıf için spektral benzer alanları tanımlamasına yardımcı olacak eğitim alanları ile bilgisayar eğitilir. Bilgisayar özel program ve algoritmaları kullanarak eğitim verisindeki sınıflara belirli işaretler vererek her bir pikselin spektral olarak yakın olduğu grup simgesi ile işaretleyerek sınıfları tanımlar. Eğitim alanları arazi çalışmalarından veya yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafı ve uydu görüntülerinden elde edilir [19].

Denetimsiz sınıflandırma da ise kümeleme algoritmaları olarak ifade edilir. Bu sınıflandırmada pikseller verideki sayısal bilgiye göre gruplara ayrılır. Araştırmacı genellikle sınıf sayısını önceden belirler. Sınıflandırma sonucu üretilen görüntü üzerinde tekrar araştırma yapılarak hangi kümelerin hangi sınıfları ifade ettiği analizi yapılmalıdır [20,55]

Piksel tabanlı sınıflandırmada her bir piksel sahip olduğu spektral değerleri analiz edilerek bir gruba girer. Alt piksel tabanlı sınıflandırma işleminde piksellerin sınıflara ait olma üyelik dereceleri belirlenir. Belirlenen üyelik derecelerine göre en büyük dereceye sahip olduğu sınıfa atama yapılır [54].

Parametrik sınıflandırma olasılık dağılımına göre yapılan sınıflandırma işlemidir [54].

Sınıflandırma aşamasında önemli hususlardan biri de sınıflandırma algoritmasının seçimidir. Birçok sınıflandırma algoritması mevcuttur. Sınıflandırma algoritmasının seçimi sınıflandırmanın amacına, görüntü karakteristiğine ve eğitim verisine bağlıdır [56–59] . Denetimli sınıflandırma için sınıflandırıcı yöntemleri:

En Büyük (Maksimum) Olabilirlik Yöntemi (Maximum Likelihood): Parametrik sınıflandırma yöntemidir. Normal dağılım olasılık modeli olarak kabul edilir.

Görüntüdeki her bir banttaki her bir sınıfın istatistiklerinin normal dağılıma uygun olduğu kabul edilir. Bu gerçekte doğru olmamasına rağmen gerçek durumla uyumlu sonuçlar verir [60].

Minimum Ortalama Mesafe: Üretilen sınıflandırma görüntüsünün doğruluk analizi yapılması ileri çalışmaların sağlam temellerle ilerlemesi açısından önemlidir. Sonucun değerlendirilmesi hata matrisi ve hata parametrelerinin hesaplanması ile gerçekleştirilir [17].

Sınıflandırma Doğruluğu: Doğruluk belirleme işlem aşaması sınıflandırma işleminin tamamlanması için önemli aşamalarından biridir. Yapılan sınıflandırma sonuç ürününün güvenilirliğini belirlemek amacıyla bu işlem basamağı yapılmalıdır. Bu aşamada referans veriden alınacak örnek veriler ile tematik haritadan örnek piksellerin etiketlerinin karşılaştırılması ile sınıflandırma algoritmasının pikselleri etiketleme doğruluğunu yüzde olarak hesaplar. Bulunan sonuçlar karışıklık veya hata matrisi olarak isimlendirilen tablolara halinde karşılaştırılır. Bu tablolarda referans piksellerin sınıflandırma sonucu doğru ve yanlış sınıflandırma ile hangi sınıflara atandığını gösteren matristir. Hata matrisi yardımıyla sınıflandırma sonucunda elde edilen ürünün genel doğruluğu ve kappa istatistik değeri hesaplanır [28, 61]. Hesaplanan bu değerler Landis ve Koch'un önerdiği Tablo 1.3'de ki değerler ile karşılaştırılarak yapılan sınıflandırmanın doğruluk değerlendirmesi yapılır [62].

Tablo 1.3. Landis ve Koch'un önerdiği kappa yorumları.

Kappa Değeri	Yorum
< 0	Hiç uyuma olmaması
0.0 – 0.20	Önemsiz uyuma olması
0.21 – 0.40	Orta derecede uyuma olması
0.41 – 0.60	Ekseriyetle uyuma olması
0.61 – 0.80	Önemli derecede uyuma olması
0.81 – 1.00	Neredeyse mükemmel uyuma olması

1.1.4. Değişim saptama (Change detection) Analizi

Değişim saptama nesnenin veya bir olayın farklı zamanlarda gözlenmesi ile farklarının belirlenmesi olarak tanımlanır [63, 64]. Değişim saptama analizleri birçok uygulamada kullanılmaktadır; arazi kullanım değişimi, sezonluk değişimler, orman

alanları değişimlerinin izlenmesi, bitkisel değişimlerin izlenmesi, çayır üretimi, hasar belirleme, doğal afet görüntüleme, kar erimesi görüntüleme gibi birçok çevresel uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Değişim saptama uygulaması iki farklı şekilde gerçekleştirilebilir. Birbirinden bağımsız olarak sınıflandırılan görüntülerde değişim saptama ve çok zamanlı verilerin eş zamanlı analizi ile değişim saptamadır. Aynı bölgeden, farklı tarihlerde alınan uydu görüntülerinin sınıflandırılması sonucu elde edilen tematik haritaların CBS’de karşılaştırılması ile zamanla meydana gelen arazi kullanım değişim tespiti mümkün olmaktadır. Arazi üzerindeki insan etkisinin ve kuraklık, çölleşme, bozulma, sel, kentsel büyüme gibi değişimlerin tespit edilmesi için arazi örtüsü ve arazi kullanım değişimi önemli bir göstergedir. İki farklı günde alınmış tematik sınıfları etiketlenmiş uydu görüntülerinde arazi kullanımının çapraz tablo analizi ile değişimler belirlenir. İki sınıflandırma görüntüsü arasında detaylı değişim tabloları üretilir. Bu şekilde arazi kullanımları arasındaki değişimler, kayıplar ve süreklilikler gözlemlenebilir [23,63,65,66].

1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Analizleri

Coğrafi bilgi sistemini tanımlamadan önce bazı terimlerin hangi anlamlarda kullanıldığının bilinmesi gerekir. Veri, bilgi terimlerin anlamları ve aralarındaki farkı iyi anlamak bilgi teknolojileri, bilgi sistemleri ve coğrafi bilgi sistemlerini kavramak için önemlidir. **Veri (Data)**, bir elektronik veri tabanında düzenlenen olaylar koleksiyonu olarak tanımlanır. Veriler ölçülür toplanır veri tabanlarına kaydedilirler. **Bilgi (Information)** ise verilerin yorumlanması sonucu sorulara ve problemlere verilen cevaplardır. Veri pikseller, noktalar, çizgiler, alanlar şeklinde gösterilirken; bu verilerin bütünü cadde, nehir gibi topoğrafik özellikler ile şehrin bir bölümünü tanımlar ve bilgiyi ham veriden bu şekilde çıkarırız. Veri pikseller veya karakter dizisi olarak kaydedilir ve taşınırken, bilgi verinin analiz ve görüntülenmesi ile yorumlanması sonucu elde edilir. **Konumsal Veri (Spatial Data)**: Objelerin geçmişte, şu anda ve gelecekte nerede olduğunu bildiren konum verisidir. **Coğrafi Bilgi**: Arazi kullanım, kadastro, iklim, ulaşım, tarım gibi alanlarda birincil öneme sahip konum, uzunluk, alan türündeki bilgilerdir [67–69].

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), için birçok tanım mevcuttur [70]:

- Konumsal veri ve bilginin toplanması, depolanması, analiz ve çıktılarının alınmasını sağlayan iyi tanımlanmış fonksiyonları içerisinde barındıran yazılım, veri, çeşitli amaçlar için bu araçları kullanan insan toplulukları ile bütünleşmiş ileri bir bilimdir [71].
- Nokta çizgi ve yüzey olarak tanımlanan olay, aktivite, nesnelerin konum dağılımlarının gözlemlendiği veri tabanlı bilgi sistemidir [72].
- Bir sistemin problem çözme ortamında karar desteği için konum verisi ile birleştirilmesi [73].

Tanımlardan da anlaşılacağı üzere CBS; yazılım, veri, personel, yöntem gibi bileşenleri içerisinde barındırır .

Coğrafi bilgi sistemlerinin temel bileşenlerinden olan verinin işlenmesinde temel aşamaları şu şekilde sıralayabiliriz [74]:

Verinin toplanması ve düzenlenmesi: GPS ve jeodezik ölçümlerle, lazer ölçümler, fotogrametri ve uydu tabanlı uzaktan algılama ve diğer teknolojilerle veriler toplanır ve düzenlenir.

Veri yönetim aşaması: Veri depolanması ve güncellenmesini içeren aşamadır.

Veri işlenmesi ve analizi: Depolanan ve güncellenen verilerden gerekli bilgilerin çıkarılması için verilerin işlenmesi ve gerekli analizlerden geçirildiği aşamadır.

Verinin sunumu: Çıkarılan bilgilerin çıktılarının alınıp sunumlarının yapıldığı aşamadır [68, 74].

Bu tez kapsamında kullanılan analizler hakkında genel bilgiler verilmektedir.

1.2.1. Konumsal Veri Analizleri

Coğrafi bilgi sistemleri problemleri çözmek ve sorulara cevap vermek için konum ve öznitelik verilerini bir arada kullanma yeteneğine sahiptir [42, 74].

Sınıflandırma, çıkartım ve ölçüm fonksiyonları: Bu fonksiyonlar vektör veya raster gibi tek bir veri katmanında genellikle öznitelik özelliklerinde çalışır. Sınıflandırma

verilerin öznitelik değerleri veya öznitelik aralıklarına göre sınıflandırılmasına izin verir (örneğin ekin türlerine göre ekili alanların sınıflandırılması). Çıkartım fonksiyonları ise seçici araştırma yaparak bölgedeki buğday ekili alanlarının tespiti yapılır. Genelleştirme fonksiyonunda ise farklı sınıflardaki öznitelik değerleri genelleştirilerek genelleşmiş bir üst sınıf oluşturulur. Ölçüm fonksiyonunda ise mesafe, uzunluk ve alan ölçümleri yapılan fonksiyonlardır [74].

Bindirme (Overlay) analizleri: Bindirme analizleri CBS uygulamalarında en çok kullanılan fonksiyonlardır. Bindirme analizleri ile iki veya daha fazla konum veri katmanlarının konum verisi ile birleştirilerek bu yolla çakışan veya çakışmayan alanların tespitini içerir [68, 74].

Komşuluk analizleri: Bir nesnenin konumu ile birlikte etrafında çevrili alanın karakteristiklerini inceleyen fonksiyonlardır. Komşuluk fonksiyonları verilen nesne veya nesne topluluğu etrafında bir alan tarar ve bunun içinde hesaplamaları gerçekleştirir. Komşuluk fonksiyonları içerisinde arama fonksiyonları, tampon bölge üretimi, enterpolasyon fonksiyonları, topoğrafik fonksiyonları sayılabilir. Arama fonksiyonu dikdörtgen, daire ve poligon şeklinde arama pencereleri içerisindeki nesnelerin çıkartılmasını sağlar. Tampon bölge analizinde ise verilen nesne etrafında sabit bir genişlikte alan oluşturulup yapılan analizlerdir. Nehir taşıma alanlarının tespit edilmesi veya baz istasyonlarının kapsama alanlarının tespiti örnek olarak verilir. Enterpolasyon fonksiyonları bilinmeyen değerleri bilinen komşu değerlerden tahmin edilmesidir. Topografik fonksiyonlarda ise bölgenin topografik özelliklerinin analiz işlemleridir [68, 74].

Ağ analizleri: Bu fonksiyonlar temelde ağları temel alarak çalışır. Yol ağları, su akışları, telefon iletişim ağı gibi örnekler verilebilir [42, 74].

Coğrafi Bilgi Sisteminde Veri Yönetimi

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veriler konum ve öznitelik verileri olarak gruplandırılarak kaydedilir ve bu verilerin kendi aralarında birleşimleri ile analizler yapılmadan önce görselleştirilerek çıkarımların yapılması sağlanır. Nokta, çizgi veya poligon ile gösterilen objelerin konumu hakkında bilgiyi konum verisinden elde ederken

objenin ne olduğu hakkında bilgiyi ise öznitelik verisinden elde ederiz [42, 68, 74]. Verilerin veritabanlarına kaydedilmesi, birbirleriyle ilişkilendirilmesi, yönetilmesi için geliştirilen bilgisayar yazılımını veritabanı yönetim sistemleri olarak adlandırırız. Veritabanı yönetim sisteminin başlıca görevleri; veritabanının üretimi yönetimi ve silinmesini içeren dosyaların kullanılması ve yönetimi aşaması, kayıtların veritabanına eklenmesi, güncellenmesi ve silinmesi, verilerden bilginin çıkarılması, veri güvenliği ve etkileşiminin sağlanarak uygulamaların geliştirilmesi aşamalarıdır [75]. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde bahsi geçen işlemler veritabanı yönetim sistemleri kullanılarak gerçekleştirilir [42].

Coğrafi Veritabanları ve Veritabanı Yönetim Sistemleri

Coğrafi veri tabanları konum verileri içeren veri tabanıdır. CBS’de veritabanlarının kurulma ve bakım maliyetleri ile bütün analiz, modelleme ve karar verme uygulamalarında kullanılmalarından dolayı önemlidir. Veritabanı yönetim sistemi bir veri modeli mekanizması ile gerçek dünyadaki nesneleri bilgisayar sisteminde sayısallaştırma yoluyla görüntülenmesini sağlar. VTYS farklı formatlarda (karakter, sayı, gün) verileri depolama yeteneğine sahiptir. İndekslerle verilerin kaydedilmesi ile verilere erişim kolaylığı sağlar. VTYS sağladığı en büyük avantajlardan biri sorgulama dilidir. Bu dil, Yapısal Standart Sorgulama Dili (SQL-Structured/Standard Query Language) olarak adlandırılır. Veritabanlarına kullanıcıların sınırlı veya tamamen erişmelerini sağlar. Böylece kimi kullanıcılar bütün veritabanına erişip okuma ve güncelleme, silme ekleme yetkisi verilirken, kimi kullanıcılar veritabanının bir kısmına erişebilir ve sadece görüntüleme yetkisi verilebilir [75, 76].

VTYS türleri ilişkisel veritabanı, obje veritabanı yönetim sistemi, obje-ilişkisel veritabanı yönetim sistemleri olarak üç grupta incelenebilir. İlişkisel veritabanı yönetim sisteminde veriler tablolar ve iki boyutlu diziler halinde kaydedilir. Basit ve esnek yapısı sayesinde en çok kullanılan veritabanı yönetim sistemidir. Obye veritabanı yönetim sisteminde ise obje temelli bir veritabanı sistemidir. Obye ilişkisel veritabanı yönetim sisteminde ise temelde ilişkisel veritabanı temelinde obje ile genişletilmiş bir veri tabanıdır. Obye ilişkisel veritabanı yönetim sistemi CBS uygulamalarında oldukça önemlidir. Obye ilişkisel VTYS coğrafi nesne türlerini destekler ve içerisinde SQL sorgularını yorumlayan bir sorgulama

ayrıştırıcısı içerir [76].

SQL Sorgulamalar

SQL (Yapısal Sorgulama Dili) ilişkisel veritabanlarının tanımlanması ve idare edilmesini sağlayan temel dildir. SQL temelde veri tanımlanması ve idare edilmesi konuları ile alt alanlara ayrılır. Tabloların üretilmesi "Create Table" komutu ile yapılırken, "Drop Table" komutu ile silme, "Alter Table" komutu ile tabloda düzenleme yapılabilir. SQL'de en basit sorgulama şekli "SELECT, FROM, WHERE" üç anahtar kelimelerin kullanımı ile oluşturulur. Birçok SQL sorgulaması "select-from-where" cümlesi temeli ile şekillenir. From alt cümlesi sorgunun başvurduğu ilişki veya ilişkileri ifade eder. Where cümlesi ile şartı yani ilişkiden koşul seçimi durumunu ifade eder. Select cümlesi ile hangi öznitelikleri istendiğini gösterir. Bu cümlede * kullanılması ile bütün öznitelikleri seçilmesini ifade eder. From cümlesinde bildirilen tablodaki özniteliklerle where cümlesindeki şart karşılaştırılır sonuç doğru ise o kayıttan select cümlesindeki öznitelik değerleri seçilir [77].

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde konumsal analizlerde ilişkisel veritabanlarında kullanılan SQL'in kullanılması sınırlı ve verimsizdir [78]. Bunun yerine konumsal olarak geliştirilmiş SQL ile konum işlemlerinin yapılması hız kazandıracaktır. Konumsal SQL'de geleneksel sorgulama komutlarına konum bilgisi ile ilgili uzantılar eklenmiştir. Konumsal öznitelik geometri tanımlanmıştır ve coğrafi uygulamalarda yaygın olarak kullanılan topolojik ilişkiler oluşturulmuştur [79].

1.2.2. Hidroloji, Hidroloji Analizleri ve Ağırlıklı Eğri Numarası Hesabı

Hidroloji dünyadaki suyun oluşumu, döngüsü ve dağılımı ile ilgilenen çok disiplinli bir bilim dalıdır. Hidroloji yeraltındaki ve yer üstündeki donmuş haldeki ve akan karasal suyun hareketini ve konumunun araştırılmasıdır [80–82]. Temel olarak su ile ilgilenmesinin yanı sıra; meteoroloji, jeoloji, istatistik gibi birçok disiplinle birlikte çalışması hidrolojiyi çok geniş bir konu haline getirir. Suyun dünya yüzeyindeki katı hali (buz), akışkan ve gaz hali (buhar) ile su yüzeylerinden (okyanus, nehir, göl) buharlaşması; bulutların oluşumu; yağmur, kar, nehir akışı ve yeraltı suyu gibi su hareketlerinin hepsine birden hidrolojik döngü (su döngüsü) denir [82].

Suyun hareketi ilk olarak okyanuslardan güneş ışınlarından gelen sıcaklık ile buharlaşması sonucu başlar. Su buharı yukarı yönlü hareketi sonucu bulutları oluşturur. Bulutların bir kısmı yoğunlaşır ve tekrar yağmur olarak okyanusa düşerken bir kısmı rüzgar etkisi ile iç kısımlara arazi alanlarına doğru hareket eder. Bulutlar yoğunlaşarak yağmur, kar ve dolu gibi formlarda karasal alanlara yağar. Yağışlar devam ederken bir kısmı buharlaşıp tekrar gökyüzüne geri döner. Yağmurun bir kısmı bitki, yapılar ve başka yüzey şekilleri tarafından tutulabilir. Bu tutulan suların bir kısmı tekrar buharlaşırken bir kısmı da toprağa ulaşır. Suyun bir kısmı ise zemine ulaşır, toprak tarafından süzülür bu şekilde toprağın nem içeriği artar ve yeraltı sularına karışır. Bitkiler yer altından çektiği suyun bir kısmını yüzeylerinden terleme yoluyla atmosfere gönderir. Yağış toprak yüzeyinde süzülme ve buharlaşma ihtiyacını karşıladıktan sonra yüzeydeki doğal eğimlerden hareket ederek dere, nehir ve ırmak ağları üzerinden okyanusa ulaşır. Yeraltı suları yüzey akışından daha uzun bir süre ve yol kat ederek kaynaklar ve diğer çıkışlar ile yüzeye tekrar ulaşır. Yağışların dünya yüzeyini üzerinde ve altında birçok yollarla nehir yataklarına ulaşmasına yüzey akışı (runoff) diyoruz. Yüzey akışları nehir kanallarına ulaştığı zaman oluşan akışa akarsu akışı denir. Bu şekilde bahsedilen su akışı karmaşık ve sürekli devam eden hidrolojik döngüyü oluşturur. Hidrolojik döngüde anlaşılmasını kolaylaştırmak için taşıma ve depolama bileşenleri olarak iki grupta incelenir. Taşıma bileşenleri içerisinde yağış, terleme, buharlaşma, süzülme ve akış; depolama bileşenlerinde ise arazi yüzeyinde depolama (çukurlardaki depolamalar, göller, göletler, barajlar), toprak nemi ve yeraltı suyu olarak gruplandırılır [68, 80, 82].

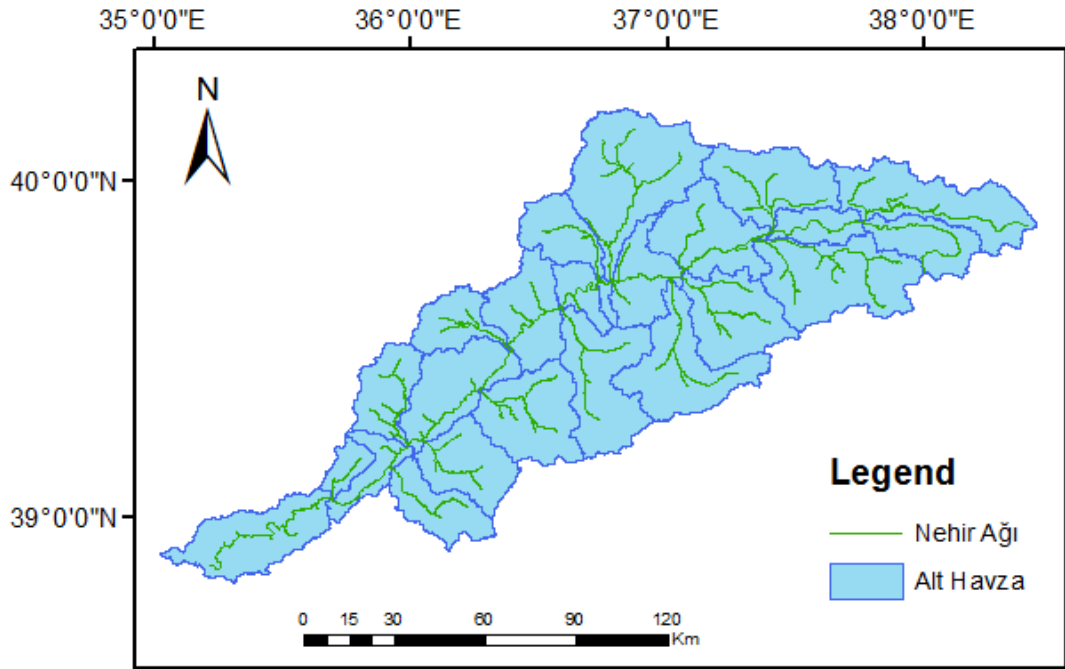
1.2.2.1. Havza Alanı ve Nehir Ağları

Havza alanları topoğrafyanın temel elemanlarından biridir. Nehir ağına veya su yoluna yağışları akıtan arazi alanına havza alanı, drenaj alanı veya drenaj havzası denir. Havzayı devasa bir kase olarak düşünürsek kasenin kenarlarına dökülen yağışlar kasenin içine ve dışına doğru akımlar oluşturur. Bu kenarlar havza sınırlarını oluşturur ve havzaları birbirinden ayırır. Bu konuda Amerika'yı iki bölgeye ayıran çizgi ile büyük bölünme örneği verilir. Bu çizgi ile Amerika kıtasına düşen yağış Atlantik Okyanusuna ya da Pasifik Okyanusuna doğru hareket eder. Bu çizgi temelde büyük dağlardan oluşur. Burada

anlatılan iki bölgeye havza alanları ve bu çizgiye ise havza sınır çizgisi ismi verilir [83].

1.2.2.2. Hidrolojik Analizler

Havzaların belirlenmesinde temel alınan topoğrafyanın durumu ile akışın yönüdür. Topoğrafik yüzeyler sayısal olarak Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM, Dijital Elevation Model) ile alınır. SYM arazi yüksekliklerinin konum dağılımlarını gösteren sayı dizileridir. SYM ile ilgilenilen alanın arazi üzerine düşen yağışın hareket yönü tespit edilebilir ve arazideki nehir ağları belirlenerek ana kol ve yan kollar görsel olarak hesaplanır. Oluşturulan nehir ağları üzerinden havza alanları tespit edilir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Havza ve nehir ağları örneği.

Akış yönü haritaları SYM üzerinde piksellerin etrafındaki en dik aşağı yönlü eğimli piksellere doğru akım gerçekleştireceğini gösteren sayısal dizidir. Nehir ağlarının oluşturulması için sayısal yükseklik modeli üzerinde akış birikimlerinin hesaplanması gerekmektedir. Akış birikimleri her bir hücre için akış yönü haritası dikkate alınarak kendisinden yüksekte olan hücrelerden akış geleceğini varsayarak bütün hücreler için bu değerlerin hesaplanması sonucu üretilir. Üretilen sayısal dizideki yüksek akış birikimine

sahip hücreler yoğunlaşan akış alanıdır ve nehir yataklarının belirlenmesi için kullanılır. Akış birikimli dizilere eşik değeri uygulanarak nehir ağı haritası üretilir. Dizideki sıfır değerli pikseller bölgesel topoğrafik yükseklikleri gösterir ve kenarların belirlenmesinde kullanılır. Belirlenen nehir ağları ve kenar çizgileri ile havza alanları belirlenir. Kenar çizgileri havzalar arasındaki sınır çizgileridir. Nehir ağı haritası ile havza ve alt havza alanları belirlenir. Nehir kanallarında dallanma noktaları hem bağlantı noktası hem de çıkış olarak görev alır ve bu noktalar alt havzaların belirlenmesi için kullanılır [84].

SCS Eğri Numarası Yöntemi ve Ağırlıklı Eğri Numarası Hesabı

Soil Conservation Service Curve Number (Toprak Koruma Bakanlığı Eğri Numarası, SCS EN) yöntemi [85, 86] akış ölçümü yapılmayan havzalarda ve ölçülemeyen akışları belirlemek amacıyla Amerika Doğal Kaynakları Koruma Servisi (NRCS, eski ismi Soil Conservation Service SCS) tarafından 1964 yılında geliştirmişlerdir. Eğri Numarası Yöntemi ölçülemeyen akış değerlerinin hesaplanmasını mümkün kılar. Yağış ile akış arasındaki ilişkiyi deneysel olarak veren EN; 0 ile 100 arasında değerler alır. EN yöntemi ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri için geliştirilmiş ardından tüm dünyada uygulanmaya başlamıştır. Temel kavram tüm dünyada aynı iken farklı bölgeler için ek kıstaslar getirilir.

Yağış akış arasındaki matematiksel ilişkisi;

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{(P - I_a)} \quad (1.1)$$

formülü ile ifade edilir. Buradaki F; gerçek tutma, S; potansiyel maksimum tutma (mm), Q; birikmiş akış derinliği (mm), P; birikmiş yağış derinliği (mm), I_a ; ise ilk yorum (mm) olarak gösterilir.

Toprakta gerçek tutulan değer aslında yağıştan akış ve ilk yorumun çıkartılması ile elde edilir.

$$F = P - I_a - Q \quad (1.2)$$

İki eşitlik birleştirilir ise;

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (1.3)$$

eşitliği elde edilir. Küçük havzalarda kaydedilen yağış akış verilerinden regresyon analizi ile I_a ve S arasındaki ilişki $I_a = 0.2 * S$ olarak elde edilmiştir. Bu eşitlik 1.3 denkleminde yazılırsa denklem

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \Rightarrow P > 0.2S \quad (1.4)$$

şeklini alır. Bu yağış akış ilişkisi denklemi EN yönteminde kullanılır. Potansiyel maksimum tutma S ; EN değerine dönüştürülür. İlişki,

$$CN = \frac{25400}{254 + S} \quad (1.5)$$

denklemindeki gibidir.

S değeri teorik olarak 0 ve sonsuz arasında değişirken EN değeri 0 ve 100 arasında değişir. S 0 iken eğri numarası 100 olur ve yağışların hepsi akışa dönüşür. S sonsuz olduğu zaman ise EN değeri 0 olur ve buda bütün yağışların toprak altına sızdığını gösterir ve hiç akış görülmez.

Matematiksel olarak yukarıdaki denklemlerle ifade edilen CN yöntemi uygulama aşamasında Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yöntemlerinin bir arada kullanılmasıyla EN değerleri elde edilir. Bunun için çalışma alanına ait arazi kullanım/arazi örtüsü haritasının, hidrolojik toprak sınıfları haritasının ve öncül yağış değerlerinin mevcut olması gerekmektedir. Bu verilere uygun olarak tablolar halinde eğri numarası değerleri SCS tarafından oluşturulmuştur. EN tabloları Amerika kıtasına uygun olarak oluşturulmuştur. Türkiye için ise EN değerleri [87] kaynağından referans alınmıştır. Tablo EK-1’de verilmiştir. Uyguladığımız EN yönteminde arazi kullanım/arazi örtüsü haritası, hidrolojik toprak sınıfları haritası ve öncül yağış değerleri haritasının yanı sıra eğim sınıfları dikkate alınarak oluşturulan arazi kullanım kabiliyet sınıfları haritası ek kıstas olarak uygulamada kullanılır. Eğri numaralarını bu haritalardan yararlanılarak hesaplanır.

Toprağın farklı önceki nem durumları (AMC) ile CN hesapları yapılır. Önceki Nem Durumu denilen AMC değerleri 1-3 arasında numaralar alır. Nem Sınıfları için AMC I değeri toprağın kuru olduğunu gösterirken, AMC II ortalama durumu ve AMC III ise toprağın önceki yağışlardan doymuş olduğunu gösterir. Sınıflar öncül 5 günlük yağışlar dikkate alınarak belirlenir.

Tablo 1.4. Farklı AMC değerleri için öncül yağış değerleri sınırları (U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service, Amerika Tarım Toprak Koruma Bakanlığı).

Öncül Nem Durum Sınıfı	5 günlük öncül yağış		
	Uyku Sezonu	Büyüme Sezonu	Ortalama
I	<13	<36	<23
II	13-28	36-53	23-40
III	>28	>53	>40

Sezonluk AMC sınıfları için yağış sınırları SCS-1972’de Tablo 1.4’de ki gibidir.

Hesaplanan eğri numaralarından alt havza bazında ağırlıklı eğri numaraları denklemi

$$CN(II) = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i * A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1.6)$$

ile hesaplanır. Kurak ve nemli zamanlardaki eğri numarası değerlerinin hesaplanmasında denklem 1.7 ve 1.8 ile hesaplanır.

$$CN(I) = \frac{4.2 * CN(II)}{10 - 0.058 * CN(II)} \rightarrow \sum_{i=1}^5 P_i < 13 \quad (1.7)$$

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0.13 * CN(II)} \rightarrow \sum_{i=1}^5 P_i < 28 \quad (1.8)$$

1.2.3. Nesneye Dayalı Yazılım ve Python Programlama Dili

Python dili birçok dilde bulunan programlama yapısını destekleyen yüksek seviye bir programlama dilidir. Genellikle komut dosyası olarak kullanılmasının yanı sıra büyük ve karmaşık programların yazılmasında kullanılır. Python standart kütüphaneleri programlamayı kolay, hızlı ve verimli hale getirir. Python paket dizini birçok modülün ve kütüphanenin indirilip eklenmesini sağlar. Python dilinde konum verilerinin organizasyonu ilgili kütüphanelerin indirilmesi ve aktif hale getirilmesi ile mümkün olmaktadır [88]. Yazılan komutlar kaydedilip daha sonra tekrar kullanılabilir. Python komut dosya uzantısı *.py’dir. ArcGIS platformu kurulumu ile kullanıcılarına sunulan IDLE (Integrated Development Environment) isimli araç ile Python dilinde kodlar yazılabilir. İstenilen platforma ait komut kütüphanesi eklenerek çalışmalar yapılabilir.

Farklı modüllerde depolanan komutlar komut dosyalarında kullanılabilir. Örneğin konum verisine erişimi için `arcpy` (ArcGIS Python Library) kütüphanesi çağrılması ile çeşitli dosya formatları ve veri standartlarının erişimi, analizi ve görüntülenmesi yapılabilir, `Math` modülü sayısal değerlerin işlenmesi ile ilgili özel fonksiyonlar içerirken, `R` modülü istatistik analiz fonksiyonlarını içerir. Modüller `import` cümlesi ile kod dosyasında kullanılabilir hale getirilir [89].

CBS veri formatları konum verilerinin dosyalarda nasıl kaydedildiğini belirler. CBS verileri iki temel formatta; raster veri ve vektör veri formatında kaydedilir. Raster veri formatında taranmış kağıt haritalar gibi hücresel görüntüler veya hava fotoğrafları kaydedilirken vektör veri formatında konum verileri nokta, çizgi, poligon olarak kaydeder. En yaygın raster veri formatları; DRG (Dijital Raster Graphic) formatı ile kağıt haritaların taranmış olarak kaydedilmesi, DEM (Dijital Elevation Model) sayısal yükseklik verileri kaydedilmesi, BIL/BIP/BSQ (Band Interleaved by Line, Band Interleaved by Pixel, Band Sequential) uzaktan algılama uydu görüntülerinin kaydedilmesi için kullanılan formatlardır. Vektör veri formatının kaydedilmesi için ise; Shapefile Esri tarafından geliştirilen CBS verileri için (Shapefile veri dosyası aynı isimde birçok dosya kümesidir; `turkiye.shp`, `turkiye.shx`, `turkiye.dbf`, `turkiye.prj` gibi), Simple Feature OpenGIS sistemi tarafından konum verileri için, `coverage` da yine Esri tarafından kullanılan tescilli kaydetme formatıdır [88].

Python dilinde kullanılan veri tipleri `string`(karakter), `number`(sayısal), `list`(liste), `tuple`(liste benzeri). `String` veri tipi karakter dizileridir, metin temelli bilgilerin depolanmasını ve sunulmasını sağlar. `Number` veri formatı `int`(tam sayı), `float` (ondalıklı sayı) ve karmaşık sayıları destekleyen sayısal veridir. `Liste` veri tipi aynı anda birçok veri formatını içerisinde barındıran dizidir. `Tuples` veri tipinde liste veri türüne benzerdir fakat oluşturulan dizi değiştirilemez, değerleri değişmeyecek sabit dizilerde kullanılır.

Python dilinde ArcGIS Kütüphanesi kullanımında temel fonksiyonlardan olan çalışma dosyası veya veritabanı dosyasının ayarlanması için `env` paketi içindeki `workspace` komutu kullanılır. `Open` komutu ile istenilen dosya açılabilir. ArcGIS araç kutusu içerisindeki birçok analiz komutuna ulaşarak bunları python komut dosyaları içerisinde çalıştırılabilir. Sorgulama komutlarını python dilinde kullanılabilir. Sorgulamalarda

alan isimleri çift tırnak arasında yazılmalıdır. AddFieldDelimiters komutu ile SQL sorgulamalarda alan isimleri ve alan ayraçlarının yazılmasında kullanılır. SearchCursor komutu ile özellik sınıfı veya tablo içerisinde satırlar arasında gezinmeyi sağlar. List komutu ile çalışma dosyası içerisindeki veri setlerini, özellik sınıflarını (feature class), dosyaları, rasterları, tabloları listeler. NumPy dizisi matematik ve istatistik hesaplamalarında kolaylık sağlayan bir nesnedir; özellik sınıfları (feature class), tablolar, raster veriler bu komutla sayısal diziye dönüştürülür [90,91].

1.3. Meteorolojik Verilerin İstatistiki Değerlendirilmesi ve Trend Analiz Uygulaması

Meteorolojik veriler Türkiye’de Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından merkez ve taşra birimlerinde olan istasyonlar tarafından gözlem, ölçüm ve hesaplama ile veriler elde edilmekte ve depolanmaktadır. Bu veriler Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi (TÜMAS) ile bir merkezde toplanmakta ve kullanıcılara bu veriler istenilen formatta verilmektedir. Meteorolojik verilerin temininde sinoptik, otomatik istasyon ve büyük klima gibi yöntemler mevcuttur. Sinoptik yöntem ile saatlik yapılan ölçümler hava tahmini amaçlıdır. Otomatik istasyonlarla insansız yapılan ölçümlerdir, 2005 yılından itibaren istasyonlarda ölçüm alınmaktadır. Klima iklim çalışmaları için yapılan klimatolojik ölçümlerdir. İstasyonlara ait veriler dakikalık, saatlik, günlük, aylık, yıllık gibi zaman aralıklarında maksimum, minimum ve ortalama gibi değerler olarak temin edilebilir [92]. Bu tez kapsamında MGM’ den temin edilen istasyonlar hakkında bilgiler Tablo 1.5’de verilmiştir.

Meteorolojik veriler MGM’ e bağlı gözlem istasyonlarında sıcaklık, bağıl nem, yağmur, rüzgar hızı ve yönü, toprak üstü ve altı sıcaklığı, basınç, güneşlenme süresi ve şiddeti gibi değerleri belirli periyotlarda (dakikalık, saatlik, günlük) olarak ölçülüp kaydedilmektedir. MGM’ den temin edilen bu veriler excel dosyası formatındadır (meteorolojik veriler genel sınıflandırılması Tablo 1.6). Bu dosyalar her istasyona ait veri her yıl için ayrı matris oluşturacak şekilde tablo olarak temin edilir. Kimi değerler ölçüm yapılamadığından veya istasyon kapandığından eksiktir. Öncelikle bu verilerin düzenlenmesi sütun halinde tablolarda birleştirilmesi gerekmektedir. Ardından düzenlenen veriler istenilen matematik ve istatistik analiz programlarında (Matlab, Excel, R studio) kullanılacak şekilde ya tablo yada matris halinde kullanılır.

Tablo 1.5. Kullanılan meteorolojik verilerin temin edildiği istasyonların konum ve yükseklik bilgileri.

İstasyon No	İstasyon Adı	İl	Enlem	Boylam	Yükseklik
17833	Avanos	Nevşehir	38,7200	34,8538	951
17760	Boğazlıyan	Yozgat	39,1897	35,2532	1070
17836	Develi	Kayseri	38,3744	35,4797	1204
17734	Divriği	Sivas	39,3618	38,1142	1121
17162	Gemerek	Sivas	39,1850	36,0805	1182
17762	Kangal	Sivas	39,2428	37,3890	1521
17196	Kayseri	Kayseri	38,6870	35,5000	1094
17193	Nevşehir	Nevşehir	38,6163	34,7025	1260
17802	Pınarbaşı	Kayseri	38,7251	36,3904	1542
17840	Sarız	Kayseri	38,4781	36,5035	1599
17090	Sivas	Sivas	39,7437	37,0020	1294
17712	Sorgun	Yozgat	39,8016	35,1805	1116
17684	Susehri	Sivas	40,1623	38,0752	1164
17837	Tomarza	Kayseri	38,4522	35,7912	1402
17140	Yozgat	Yozgat	39,8243	34,8159	1301
17716	Zara	Sivas	39,8928	37,7473	1338

Meteorolojik verilerden maksimum rüzgar hızı ve yön bilgisi serileri bölgenin baskın rüzgar yönünü analiz etmede kullanılmıştır. Rüzgar hızı ve yönü; rüzgarın akımının vektörlerle ifade edilmesidir. Yön konusunda meteorologlar ve okyanus bilimcileri farklı gösterim yöntemleri izlemektedirler. Okyanus bilimcileri rüzgar akım yönünü; hangi yöne doğru ise o yönde ok işareti ile gösterirken meteorologlar çizilen rüzgar ok işareti yada sembolün özel ifadesi ile rüzgar diki ile rüzgarın geldiği yönü gösterirler (Şekil 1.5 [93]). İstasyonda ölçülen rüzgar güneyden kuzeye doğru esiyorsa; rüzgar okunun ucu güney yönünü gösterir [93–95]. Bu bilgiler ışığında temin edilen verilerin yorumlanması doğru bir şekilde yapılabilir. Rüzgar yön ve dereceleri hakkında bilgiler Şekil 1.6’de gösterilmiştir.

Zaman Serileri: Belirli zaman periyotlarında parametrelerin tekrarlı gözlemlerinin toplanması ile oluşan kümedir. Zaman serileri düzenli zaman aralıkları ile toplanır [96, 97]. Günlük, aylık, üç aylık, yıllık ve daha uzun dönem aralıklarla toplanır.

Veri elde etme aralıkları zamanla değişen dizilere zaman serileri denir. Zaman serileri denklem 1.9’daki gibi tanımlanır [98].

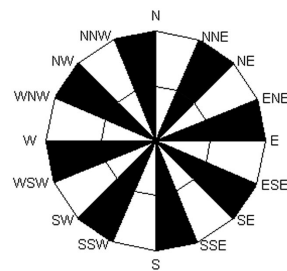
$$X_t = \mu + \sigma \varepsilon_t, t = 1, 2, \dots \quad (1.9)$$

Tablo 1.6. Meteoroloji Genel Müdürlüğü(MGM)’nden temin edilebilecek meteorolojik veriler hakkında genel sınıflandırma.

İsim	Periyot	Sensör	Ölçüm Yeri
aylık maksimum nem (%)	Aylık	Nem	Hava
aylık maksimum sıcaklık (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Hava
aylık minimum nem (%)	Aylık	Nem	Hava
aylık minimum sıcaklık (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Hava
aylık ortalama 100 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Toprak
aylık ortalama 10 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Toprak
aylık ortalama 20 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Toprak
aylık ortalama 50 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Toprak
aylık ortalama 5 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Toprak
aylık ortalama basınç (hpa)	Aylık	Basınç	Hava
aylık ortalama nispi nem (%)	Aylık	Nem	Hava
aylık ortalama rüzgar hızı (m sec)	Aylık	Rüzgar	Hava
aylık maksimum rüzgar hızı ve yönü(m sec)	Aylık	Rüzgar	Hava
aylık ortalama sıcaklık (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Hava
aylık toplam açık yüzey buharlaşması (mm)	Aylık	Buharlaşma	Hava
aylık toplam güneşlenme süresi (saat)	Aylık	Güneşlenme	Hava
aylık toplam yağış (mm)	Aylık	Yağış	Hava
aylık toplam yağış (mm) [omgi]	Aylık	Yağış	Hava
aylık toprak üstü minimum sıcaklık ortalaması (T-c)	Aylık	Sıcaklık	Toprak
günlük 14 lokal 100 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Toprak
günlük maksimum nem (%)	Günlük	Nem	Hava
günlük maksimum sıcaklık (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Hava
günlük minimum nem (%)	Günlük	Nem	Hava
günlük minimum sıcaklık (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Hava
günlük ortalama 10 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Toprak
günlük ortalama 20 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Toprak
günlük ortalama 50 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Toprak
günlük ortalama 5 cm. toprak sıcaklığı (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Toprak
günlük ortalama basınç (hpa)	Günlük	Basınç	Hava
günlük ortalama nem (%)	Günlük	Nem	Hava
günlük ortalama rüzgar hızı(m+Åsec)	Günlük	Rüzgar	Hava
günlük ortalama sıcaklık (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Hava
günlük toplam açık yüzey buharlaşması (mm)	Günlük	Buharlaşma	Hava
günlük toplam güneşlenme suresi (saat)	Günlük	Güneşlenme	Hava
günlük toplam yağış (mm)	Günlük	Yağış	Hava
günlük toplam yağış (mm) [omgi]	Günlük	Yağış	Hava
günlük toprak üstü minimum sıcaklık (T-c)	Günlük	Sıcaklık	Toprak

Rüzgar Esmeye Yönü	Meteorolojik Gösterim	Oşinografik Gösterim	Rüzgar Yön Açısı (N yönü 0°)
S'den N'ye	↓	↑	0
SW'den NE'ye	↙	↗	45
W'den E'ye	←	→	90
NW'den SE'ye	↖	↘	135
N'den S'ye	↑	↓	180
NE'den SW'ye	↗	↖	225
E'den W'ye	→	←	270
SE'den NW'ye	↘	↙	315

Şekil 1.5. Rüzgar yönlerinin meteorolojik ve oşinografik gösterimlerinin farkları.



Rüzgar Yön ve Dereceleri	
Yönler	Derece Karşılığı
N	348.75 - 11.25
NNE	11.25 - 33.75
NE	33.75 - 56.25
ENE	56.25 - 78.75
E	78.75 - 101.25
ESE	101.25 - 123.75
SE	123.75 - 146.25
SSE	146.25 - 168.75
S	168.75 - 191.25
SSW	191.25 - 213.75
SW	213.75 - 236.25
WSW	236.25 - 258.75
W	258.75 - 281.25
WNW	281.25 - 303.75
NW	303.75 - 326.25
NNW	326.25 - 348.75

Şekil 1.6. Meteoroloji'den temin edilen rüzgar yönlerinin belirttiği rüzgar yönü açıları.

1.3.1. Trend Analizi

Belirli aralıklarla temin edilen zaman serilerinin uzun zaman periyodunda gösterdiği değişkenliği belirlemek için trend analizi kullanılır. İstasyonlardan elde edilen meteorolojik veriler zaman serileri olarak düzenlenip monotonik (sürekli azalan yada sürekli artan) trend yada dereceli yada ani değişimin olup olmadığını görüntülemek ve belirlemek için trend analizi gerçekleştirilir [99].

Oto Korelasyon Fonksiyonu

Mühendislerin ve araştırmacıların muhtemel hatalı değerlendirmelerinin önüne geçilmesi için ham meteorolojik verilerin ön işleme ve istatistik testlerine tabi tutulması gereklidir. Belli aralıklarla toplanan meteorolojik veriler zaman serileri şeklinde tanımlanabilirler. Zaman serilerinde sıklıkla seri ilişki (oto korelasyon) varlığı gözlemlenir. Bu seri ilişki şuandaki zaman periyoduna ait verinin önceki zaman periyodunda elde edilen sonuçlardan etkilenmesidir. Bu durum veri hatalarının bağımsızlık varsayımına aykırıdır. Bu ilişkinin istatistiki olarak anlamlılığı tespit edilip uzaklaştırılması ileri analizlerin hatalı değerlendirilmesini engeller. Seri ilişkinin belirlenmesi için oto korelasyon katsayısının hesaplanması gerekir. Oto kovaryans fonksiyonu zaman serisinin lineer kendi kendine bağımlılığını ölçer. X_t ile X_{t+k} arasındaki oto kovaryans c_k denklem 1.10 ile hesaplanır [98].

$$c_k = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x}), 0 \leq k < N \quad (1.10)$$

Denklem 1.10 ile hesaplanan c_k değerine k gecikmeli otokovaryans denir ve k buradaki ilişkili çift (X_t ile X_{t+k}) arasındaki zaman ya da mesafe gecikmesini, $\bar{x}$ örnek ortalama ve N örnek boyutunu ifade eder. Özel bir durum olarak k değeri 0 alınırsa c_0 varyans değerini (s^2) hesaplamış oluruz. Örnek oto kovaryans değeri c_k ile popülasyon otokovaryans fonksiyonu γ_k değeri tahmin edilir. Lineer bağımlılığın birimsiz ölçüsü c_k değerinin c_0 değerine bölünmesi ile hesaplanır ve k gecikmeli oto korelasyon katsayısı olarak adlandırılır ve denklem 1.11 ile hesaplanır [98].

$$r_k = \frac{c_k}{c_0} = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2} \quad (1.11)$$

Oto korelasyon r_k değerlerinin k değerleri ile grafiğine korelogram adı verilir. Popülasyon katsayısı olan ρ_k değerinin tahmini olan örnek oto korelasyon katsayısının bir diğer hesabı denklem 1.12 verilmiştir.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x}_t)(x_{t+k} - \bar{x}_{t+k})}{\left[\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x}_t)^2 \sum_{t=1}^{N-k} (x_{t+k} - \bar{x}_{t+k})^2 \right]^{1/2}} \quad (1.12)$$

Bu denklemde $\bar{x}_t$ ilk N-k değerlerinin $(x_1, x_2, \dots, x_{N-k})$ ortalaması ve $\bar{x}_{t+k}$ değeri sonraki N-K değerlerinin $(x_{k+1}, \dots, x_N)$ ortalamasıdır. Denklem 1.11 ve 1.12’de k=0 değeri için r_k değeri 1 hesaplanır ve böylece korelogramlar her zaman 1 ile başlar. $-1 \leq r_k \leq +1$ şeklinde değerler alır. Korelogramlar üzerinde sınır değerleri $-2/\sqrt{n}$ ve $2/\sqrt{n}$ yatay kesikli çizgilerle gösterilir. Bu çizgileri aşan oto korelasyon değerlerin var olması sıfırdan farklı istatistiki anlamlı farkların varlığını ifade eder [98, 100].

1.3.2. Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar

İklim araştırmalarında kullanılan zaman serilerinin gerçek bağımsızlık durumunun mevcut olmadığı ve bütün verilerin mekanla ve zamanla ilişkili olduğu için iklim araştırmalarının diğer bilimlerden daha karmaşık olduğu gerçeği göz önünde bulundurulmalıdır [101]. Literatürde zaman serilerindeki seri ilişkinin etkisinin giderilmesi için trend analizinden önce ön-beyazlatma (prewhiten) tekniği ile serideki ilişkinin giderilebileceği önerilmiştir [101].

Zaman serileri biçiminde toplanan veriler geçmiş ve gelecek değerlerle olan ilişkilerini bünyesinde barındırır. Seri korelasyon ilişkisinin %5 anlamlılık seviyesinde önemli olup olmadığı otokorelasyon fonksiyonu ile hesaplanır. Otokorelasyon fonksiyonu ile seride belirli her bir gecikme aralıkları için ayrı hesaplamalar yapılır. Bu hesapları birleştirmek ve daha kolay ve görsel duruma getirmek için korelogramlardan yararlanılır. Her bir gecikme mesafesi için korelasyon katsayısı hesabı denklem 1.12 ile hesaplanır [98]. Seri

korelasyonun etkisini gidermek için gecikme-1 korelasyon katsayısı ile serideki ilişki denklem 1.13 ile giderilir [101–103].

$$x'_t = x_t - r_1 x_{t-1} \quad (1.13)$$

Mann-Kendall Testi

Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından önerilen parametrik olmayan yani dağılımdan bağımsız testtir. Zaman serilerinde monotonik trendin belirlenmesi için kullanılır. Monotonik trend zaman içerisinde sürekli artan yada azalan değişimi göstermektedir. Verinin gerçek dağılımından etkilenmez ve aşırı uç değerlere daha az duyarlıdır. Mann Kendall trend testi diğer parametrik olmayan testlerin yanı sıra hidrolojik ve meteorolojik zaman serilerinde trendin saptanması için daha uygundur. Mann Kendall S istatistik hesabı denklem 1.14 ve 1.15 ile hesaplanır.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1.14)$$

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} +1 & (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (1.15)$$

S istatistiğinin varyansı denklem 1.16 ile ve bu değer ile standart normal test istatistiği denklem 1.17 ile hesaplanır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (1.16)$$

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (1.17)$$

Z_s değerinin negatif değerleri azalan trendi gösterirken, pozitif değerleri artan trendi gösterir. Buradaki null hipotez zaman serisinde herhangi bir trendin yokluğunu söylerken Mann Kendall trend testi bir zaman serisine uygulandığı zaman Z_s değerinin mutlak değeri standart normal dağılım tablosundan bulunan $Z_{1-\alpha/2}$ değerinden büyük olduğu zaman α anlamlılık seviyesinde null hipotez reddedilir ve trendin varlığı kabul edilir. Bu değer %95 güven aralığı için $\pm 1,96$ ve %99 güven aralığı için ise $\pm 2,54$ değerleri alınır.

Mann Kendall trend analizinde zaman serisindeki seri ilişkinin varlığı; null hipotezin seride trend yokken yanlış reddedilme olasılığını artırmaktadır. Dolayısıyla pozitif seri ilişkinin varlığı trend olmasa bile Mann Kendall testinin trend saptama ihtimalini artırır [101, 103]. Bu nedenle zaman serilerine Mann Kendall testi uygulanmadan önce seri korelasyon etkisinin istatistiki anlamlılığı tespit edilip seriden uzaklaştırılması gerekmektedir.

Theil-Sen Eğim Tahmini

Ortanca değer tabanlı eğim tahminidir. Theil ve Sen tarafından bulunmuştur. Theil-Sen eğimi ya da Sen yaklaşımı olarak adlandırılır. Lineer regresyondan daha güçlüdür ve parametrik olmayan bir yaklaşımdır [104, 105].

Theil-Sen hesabı denklem 1.18 ile hesaplanır. β değeri negatif ise azalan eğim (trend) pozitif ise artan eğim (trend) vardır.

$$\beta = \text{Median}\left(\frac{X_j - X_i}{j - i}\right) \rightarrow 1 < i < j < n \quad (1.18)$$

İstatistik Hesabı için R Projesi

R dili açık kaynak kodlu ücretsiz istatistik hesaplama ve grafik gösterimler için geliştirilmiş programlama dilidir. SPSS, SAS ve Minitab gibi istatistik yazılımları kadar iyidir. Geniş istatistik ve grafik görselleştirme altyapısına sahiptir [106]. Tez kapsamında yapılan istatistik analizler ve grafikler bir R Projesi geliştirilerek bu projede gerçekleştirilmiştir.

1.3.3. Zaman Serilerinin Modellenmesi

Zaman serilerinin modellenmesi serinin matematik formülleri ile ifade edilmesidir. Bu formül modelin şeklinden ve birkaç parametreden oluşur. Basit bir misalle anlatmak gerekirse, aylık sıcaklıkların bir sinüs dalgası olarak modellenmesi için ortalama, genlik ve faza (periyot bir yıl olarak tanımlanır) sahip olan matematik formülüne ihtiyaç vardır. Zaman serisinin modellenmesinde ki amaçları şu şekilde sıralayabiliriz [107].

- Model ile zaman serisini üreten ve altında yatan süreçleri anlamak için,

- Gelecekteki değerleri ve geçmişteki kayıp verilerin model kullanılarak tahmin edilmesi,
- Bu model kullanılarak benzer zaman serilerinin benzetimi amaçlanmaktadır [107].

1.3.3.1. AR (Otoregresif) Modeli

Serilerin modellenmesinde en basit model şeklindedir. Bu modeldeki tahmin edilecek değerler değerlere yakın geçmiş değerlerle ilişkilendirilir. Modelde beyaz gürültüye göre korelasyonun gücü serinin sürekliliğini ifade eder. Modelin genel formülü Denklem 1.19 ile ifade edilir

$$(Y_t - \mu) = \sum_{l=1}^p \alpha_l (Y_{t-l} - \mu) + Z_t \quad (1.19)$$

Bu formülde Z_t tamamen rastgele olan beyaz gürültü dizisi ile şekillenir, μ , serinin genel ortalamasıdır. AR modelinde hesaplanacak parametre sayısı ile model ifade edilir. Örneğin AR(1) modeli ile tek bir parametre hesaplanır ve lineer regresyon şeklinde hesaplama yapılır.

1.3.3.2. MA (Hareketli Ortalama) Modelinde

MA süreci basitçe önceki beyaz gürültünün doğrusal bir filtresidir ve sürecin genel denklemi Denklem 1.20 ile ifade edilir.

$$Y_t = \sum_{j=1}^q \beta_j Z_{t-j} + Z_t \quad (1.20)$$

Buradaki β_j ağırlığı önceki değerlerin göreceli katkılarını ağırlıklandırır. MA modelleri sıklıkla görünür trendleri modellemek için kullanılır.

1.3.3.3. ARMA (Otoregresif Hareketli Ortalama) Modelleri

Temelde serideki şuandaki değerlerin geçmiş değerlerin bir fonksiyonu olarak açıklanabileceği fikrine dayanır. Şuanda ki değeri tahmin etmek için geçmişteki

dikkate alınacak değer sayısı birkaç adımda belirlenir. AR ve MA modellerinin birleştirilmesi ile oluşturulur. ARMA modelleri teoride modellenirken zaman serisinin dört bileşenin katkısı olduğu düşünülür [107, 108].

- Genel ortalama seviyesi; Seriden hesaplanabilir, seriden bu değer çıkarıldığında serinin merkezi sıfır olur.
- Otoregresif (AR) bileşeni serideki değerlerin hemen önceki değerlerle ilişkilendirildiği otomatik bir ilerletici bileşendir.
- Hareketli Ortalama (MA) bileşeni serideki değerlerin beyaz gürültünün daha önceki değerleri ile lineer birleşimini ifade eder, burada bu gürültünün ardışık değerleri arasında hiçbir korelasyon (ilişki) yoktur.
- Beyaz gürültü bileşeni sıfır ortalama ve sabit varyanslı rastgele bileşendir, genellikle Z_t ile ifade edilir.

1.3.3.4. ARIMA (Otoregresif Birleştirilmiş Hareketli Ortalama) Modeli

AR (Otoregresif) ve MA (Hareketli Ortalama) modellerinin birleştirilmesi ile oluşan modeldir. Genellikle üç bileşenle (p,d,q) ifade edilir. p değeri AR modelinin dizisini, q değeri MA modelinin dizisini ve d değeri ise farklılaşma derecesini ifade eder [107]. ARIMA modelinde zaman serisi ve dizi değerleri ile hesaplanır.

1.3.3.5. ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) Modelleri ile Modelleme

ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) modelleri tahmin amacıyla geliştirilmiş modellerdir. Gözlemlenen zaman serilerinin modellenmesi için iyi bir deneysel modeldir. Modelleme model teşhisi, parametre tahmini ve model uygunluğunun teşhis kontrolü olarak üç aşamada gerçekleştirilir. Bu aşamalar, model uygun olarak değerlendirilene kadar yinelenir ve daha sonra model, süreç yorumlaması veya tahmin için kullanılmaya hazır hale getirilir.

Durağanlığın kontrolü, modelin belirlenmesi için ilk aşamadır. Serinin durağan

olmaması durumunda iki göstergeye sahip olur. Zaman serisi, serinin farklı bölümlerinde farklı genel düzeylere veya oto korelasyon derecelerine sahip olduğu görülür. Serinin korelogramı (ACF, oto korelasyon fonksiyonu ile hesaplanan grafik) sıfır etrafında şekillenir.

MA ve AR derecesinin belirlenmesi, model belirlenmesinin bir sonraki adımıdır. MA ve AR dereceleri oto korelasyon ve parçalı oto korelasyon sırasıyla kullanılarak belirlenir. Bir sonraki aşamada kullanılacak $AR(p)$ değeri parçalı oto korelasyonun sıfır olduğu aralığı ifade eder ($lag \geq p + 1$). Bu şekilde AR derecesi örnek parçalı oto korelasyon grafiği çizilerek belirlenir; parçalı oto korelasyon değerleri grafiğinde anlamlılık çizgisini aşan duraklama değerlerinin sayısı alınarak belirlenir.

Üçüncü adım model kontrolüdür ve üç aşamada gerçekleştirilir. Standartlaştırılmış artık değerlerin zamanla değişen bir modelde olmaması gerekir. Artık değerlerin korelogramında değerlerin anlamlı oto korelasyon göstermemesi gerekir. Zaman serisindeki artık değerlerin bağımsızlık istatistiğinin belirlenmesi gerekir. Bu aşamalardan geçen model ile gelecekteki değerler ve geçmişteki eksik değerler tahmin edilebilir.

2. BÖLÜM

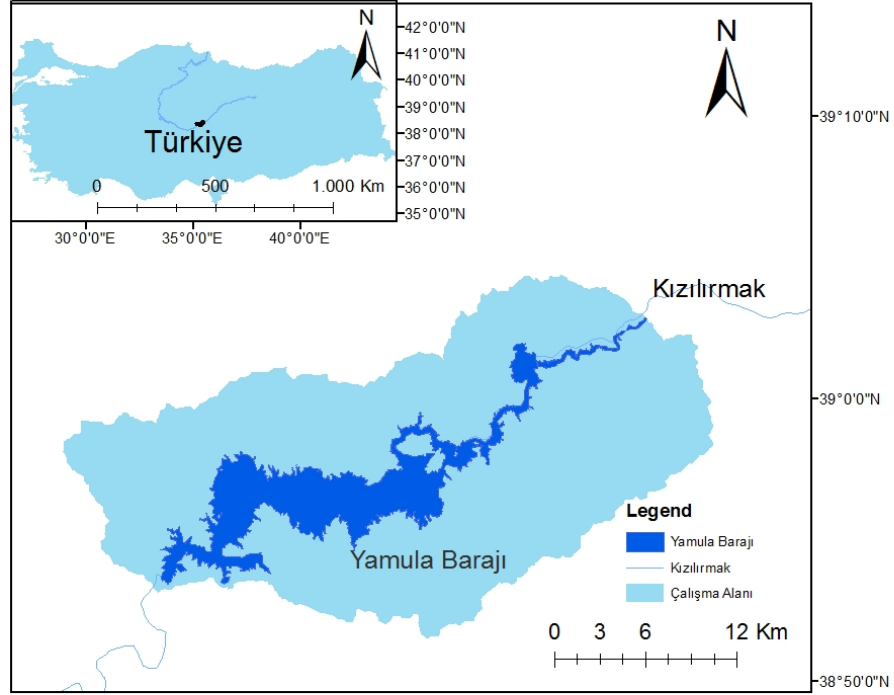
UYGULAMA ADIMLARI VE SONUÇLARI

2.1. Giriş

Tez çalışmasında gerekli olan donanım ve veri Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi (BAP) doktora tez projesi desteği ile temin edilmiştir. Donanım olarak Asus İ7-3770 8192 2TB marka masaüstü bilgisayar kullanılmıştır.

Çalışma alanı olarak seçilen Yamula Barajı, İç Anadolu bölgesinde Kayseri sınırları içerisinde Kızılırmak Nehri üzerinde kurulmuş ve 2003 yılında su tutmaya başlanılmış olan enerji ve sulama amaçlı Hidroelektrik santralidir (Şekil 2.1). Yemliha Köyü yakınlarında Kayserinin 25 km kuzeybatısındadır. Göl alanı normal su seviyesinde 85,3 km²'dir. Yamula Barajı Gölet alanından görünüm örnekleri Şekil 2.2'de ve Yamula Hidroelektrik santrali tesisinden görüntüler ise Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Yamula Baraj Havzasının Landsat 5 uydusuna ait görüntüleri tespit edilmiştir. Bu görüntüler, 21 Haziran 2000, 24 Temmuz 2006, 19 Temmuz 2010, 6 Temmuz 2011 tarihli Landsat TM uydu görüntüleri temin edilmiştir.

Çalışma alanı tespiti için baraj havza alanı bulunmuştur. Havza alanının belirlenmesi için NASA tarafından kullanıcılara ücretsiz olarak yükleme imkanı veren The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Dijital Elevation Model (DEM, Sayısal Yükseklik Modeli SYM) verilerinden yararlanılmıştır (Tablo 2.1 [109]). Özel radar sisteminden oluşan SRTM, Şubat 2000 tarihinde 11 günlük bir uçuşla dünyanın sayısal topografik veri tabanını üretmek için yakın küresel ölçekte yükseklik verisi elde etti. SRTM National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) ve the National Aeronautics and Space Administration (NASA)'nın öncülük ettiği uluslararası bir projedir. İnterferometrik radar



Şekil 2.1. Çalışma alanı olarak seçilen Yamula Baraj havzası konumu.

Tablo 2.1. SRTM'nin ürün özellikleri.

Projeksiyon:	Coğrafi
Yatay Datum:	WGS84
Düşey Datum:	EGM96 (Earth Gravitational Model 1996)
Düşey Birim:	Metre
Uzaysal Çözünürlük:	ABD için: 1 arc saniye Global kapsama için: 3 arc saniye
Raster Ölçeği:	1 derece dilimler
C bant dalga uzunluğu:	5.8 cm

verisi elde etmek için çift radar anteni kullanılmıştır. 1 ark saniyelik çözünürlükte sayısal topografik veri üretti. SRTM verisinden elde edilen kartografik ürün 1 ark saniyeye 1 ark saniyelik grid üzerine örneklenmiştir (yaklaşık 30x30 metre) [109, 110]. SRTM verisi iki çözünürlükte elde edilebilir. 1 arc saniye (yaklaşık 30 metre çözünürlükte) yüksek çözünürlüklü yükseklik verisi Amerika için elde edilebilir. 3 arc saniye (yaklaşık 90 metre çözünürlükte) orta çözünürlüklü yükseklik verisi global kapsama için elde edilebilir. 60° kuzey, 56° güney enlemleri arasındaki bölgeler için kübik konvolüsyon interpolasyonu ile örneklenmiştir [109].



(a) Yamula Erciyesden Görünüm



(b) Yamula Gölet Alanı



(c) Yamula Barajı Tesis Gölet Alanı



(d) Yamula Barajı Tesis Gölet Alanı

Şekil 2.2. Yamula Barajı gölet alanı görünümleri.



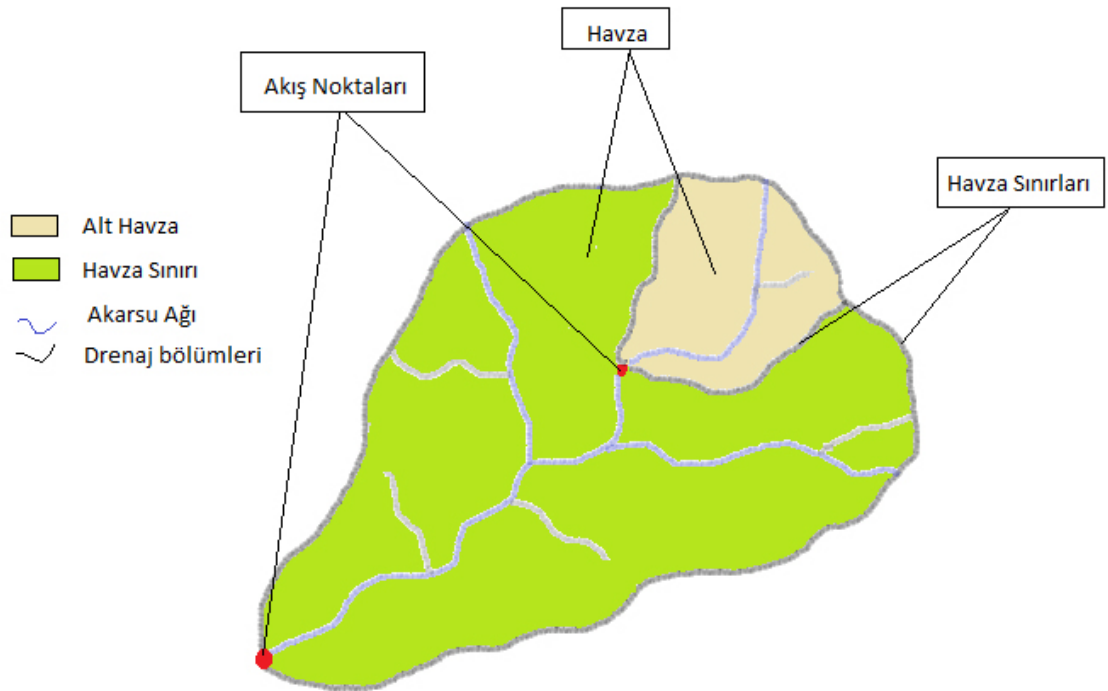
Şekil 2.3. Yamula Barajı tesis alanı ve su tutma noktası görünümleri.

2.2. Havza Sınırının Belirlenmesi

Havza alanı tespiti için sayısal yükseklik modellerinden yararlanılarak suyun akış modeli çıkartılır. Bölgesel planlama, tarım, ormancılık gibi alanlarda dünya yüzeyinin şekli hakkındaki bilgi suyun nasıl aktığını ve akışı etkileyebilecek alanlardaki değişimin nasıl olduğunu anlamak için modellemeye ihtiyaç vardır. Suyun akışı modellenirken suyun nereden geldiği ve nereye gittiği önemlidir [111].

Toprak üzerindeki akan su; drenaj sistemi olarak ifade edilen ağ boyunca hareket eder. Drenaj sistemi boyunca akan su yağış, evapotranspirasyon (buharlaşma ve bitkilerdeki terleme) ve yeraltı suyu akışını da içeren genellikle hidrolojik çevrimin bir alt kümesidir [111].

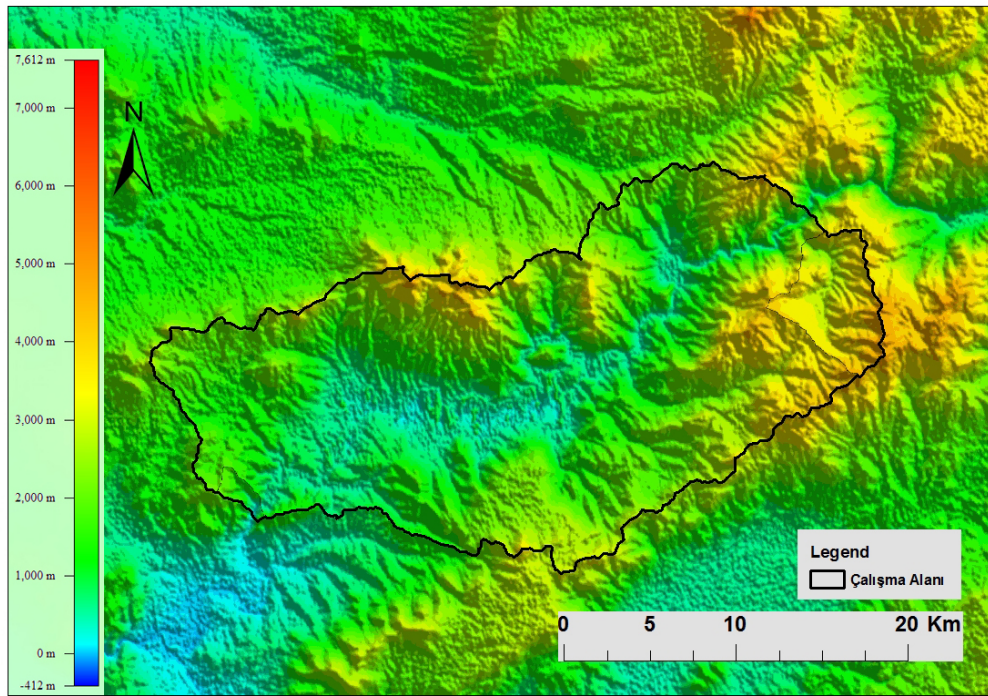
Drenaj havzası; arazi eğimi ile ilgili olarak su ve diğer maddeleri ortak bir çıkış noktasına taşıyan alandır. Bu alan verilen başlangıç noktasını (akış noktasını) takip eden toplam alan olarak ifade edilir. Akış noktası suyun çıktığı noktadır. İki havza arasındaki sınırlar drenaj bölümü veya havza sınırı olarak adlandırılır. Suyun hareket ettiği ağı bir ağaca benzetecek olursak, ağacın dalları nehir kanallarıdır [111]. Şekil 2.4’de havza bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Havza bileşenleri.

Yamula Barajına ait SRTM SYM verisi üzerinde akış yönü hesaplaması yapıldı. Bu akış yönü hesabından yararlanılarak her bir piksel için akış birikimi hesabı yapılmıştır. Bu akış birikimi ve akış yönü için SYM verisi üzerindeki yükseklik farkları baz alınmıştır. Nehir yatağı üzerinde alınan başlangıç noktası yardımıyla havza alanı tespiti yapıp hesaplandı.

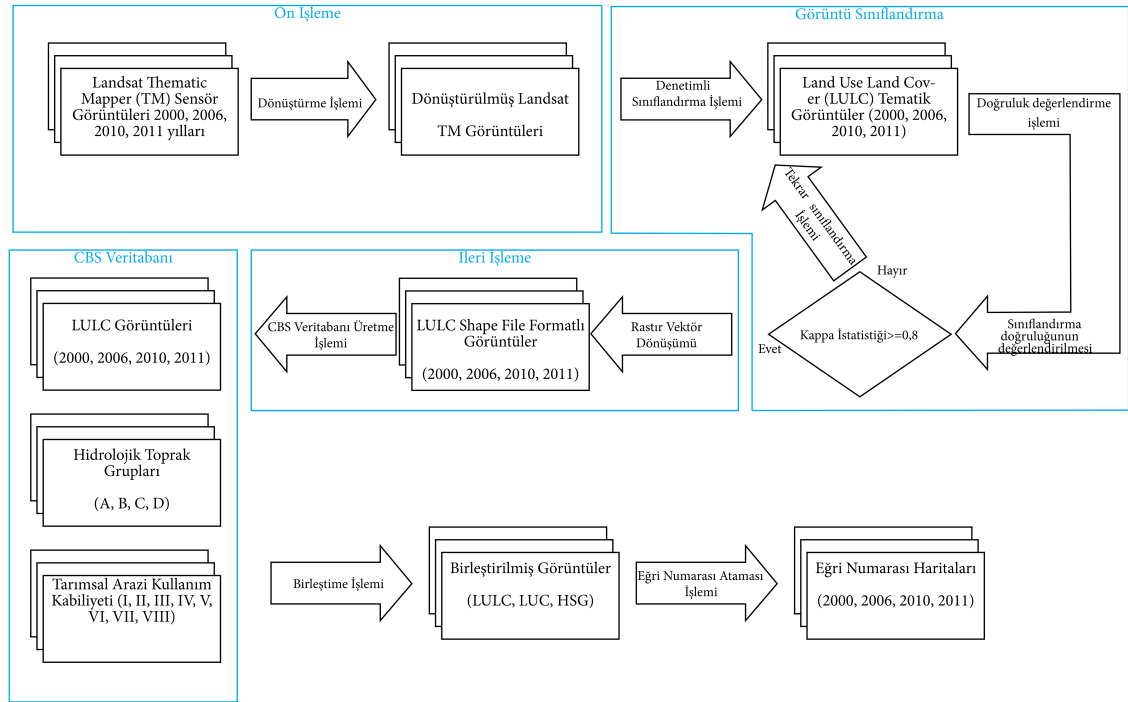
Son olarak SRTM SYM verileri ile ArcGIS 10.3 yazılımında çalışma alanına ait bulunan havza alanı; çalışma alanımızın sınırı olarak kabul edilmiştir. Hesaplanan havza alanı Şekil 2.5’de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Yamula baraj havzası çalışma sınırı.

2.3. Arazi Kullanım Değişiminin SCS CN Değerine ve Havza Akış Değerlerine Etkisi

Kayseri ili sınırları içerisinde tesis edilen Yamula Barajı Havzası çalışma alanının arazi kullanım değişiminin hidrolojik yapı üzerinde etkisinin analiz edilmesi amacıyla uzaktan algılama ve CBS'nin entegrasyonunda işlem adımları Şekil 2.6'da bulunan diyagramda özetlenmiştir. Bu şekilde uydu görüntülerinin üzerinde yapılan işlemler ve diğer verilerle birlikte CBS veritabanının oluşturulması ve eğri numarası ataması yapılmış haritaların üretilmesi ile sonuçlanmaktadır. Bu işlem adımları ve elde edilen sonuçlar Bölüm 2.3.1 ve 2.3.4'de açıklanmıştır.



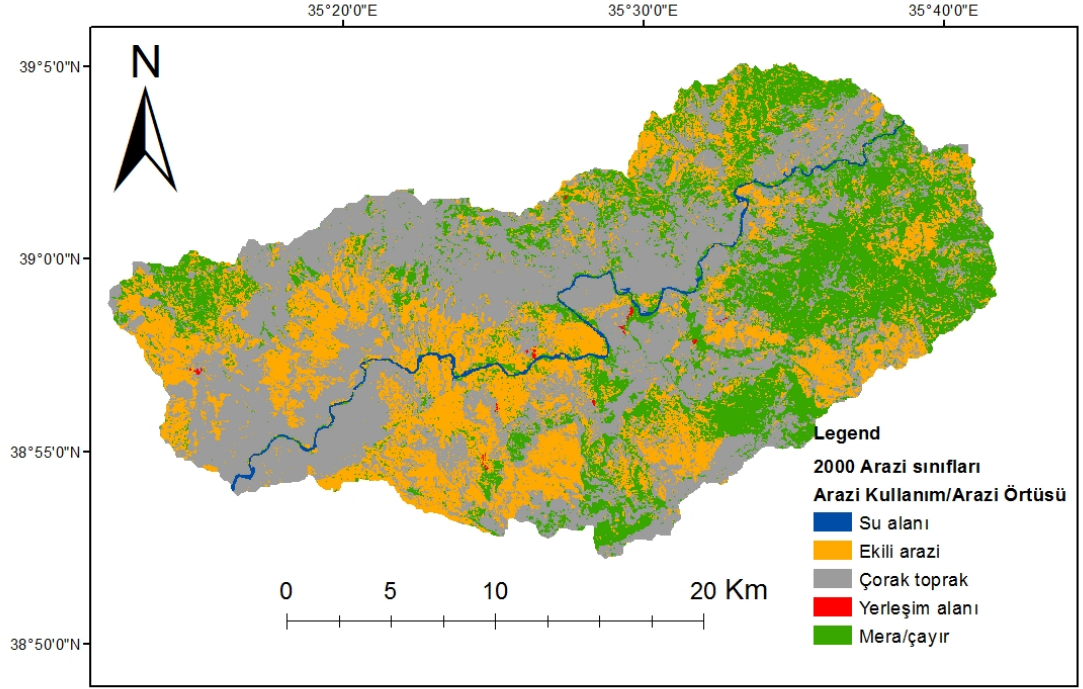
Şekil 2.6. Uzaktan algılama görüntüleri ve CBS analiz işlem adımları ile eğri numarası atama fonksiyonu akış diyagramı.

2.3.1. Uydu Görüntülerinin Değerlendirilmesi ile Arazi Kullanım Değişimlerinin Belirlenmesi

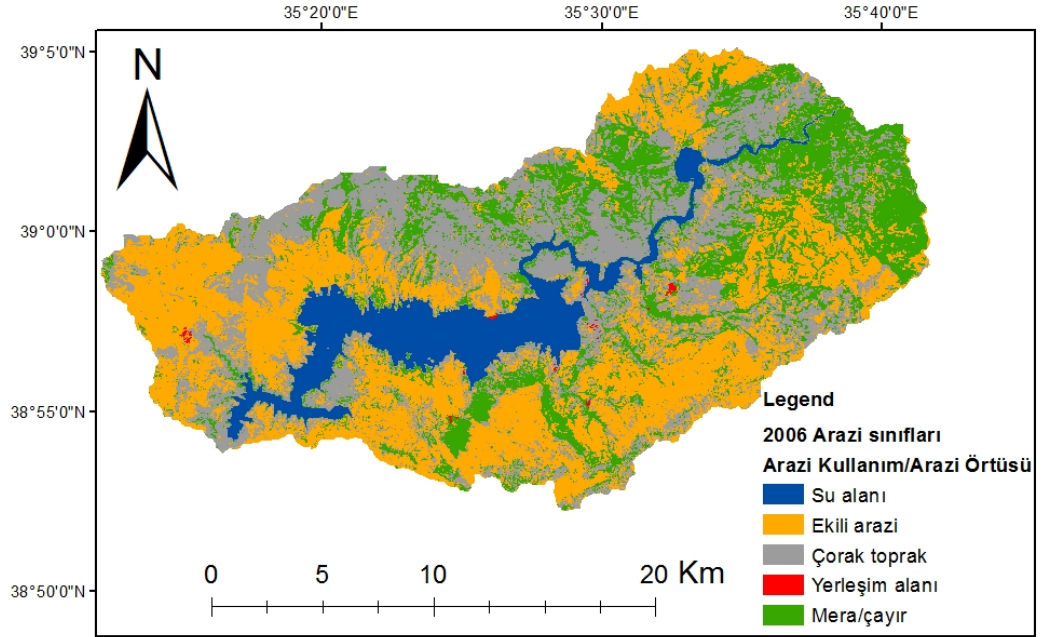
Temin edilen Landsat uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında Maximum Likelihood (Maksimum olabilirlikli) sınıflandırıcı kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Bu kontrollü sınıflandırma aşamasında eğitim ve test alanları seçilmiştir. Elde edilen sınıflandırılmış görüntüler Şekil 2.7, 2.8, 2.9 ve 2.10'da gösterilmektedir.

Kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilen sınıflandırma görüntülerinin doğruluklarının belirlenmesi için Cohen'in Kapa katsayısı ve hata matrisi ile doğruluk analizi hesabı yapılmıştır. Elde edilen kappa değerlerini yorumlamak için Landis ve Koch (1977)'un sundukları yorumlar Tablo 1.3'de gösterilmiştir. Kontrollü sınıflandırmanın ne derecede doğru yapıldığının tespiti için doğruluk analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar Tablo 2.2'de verilmiştir.

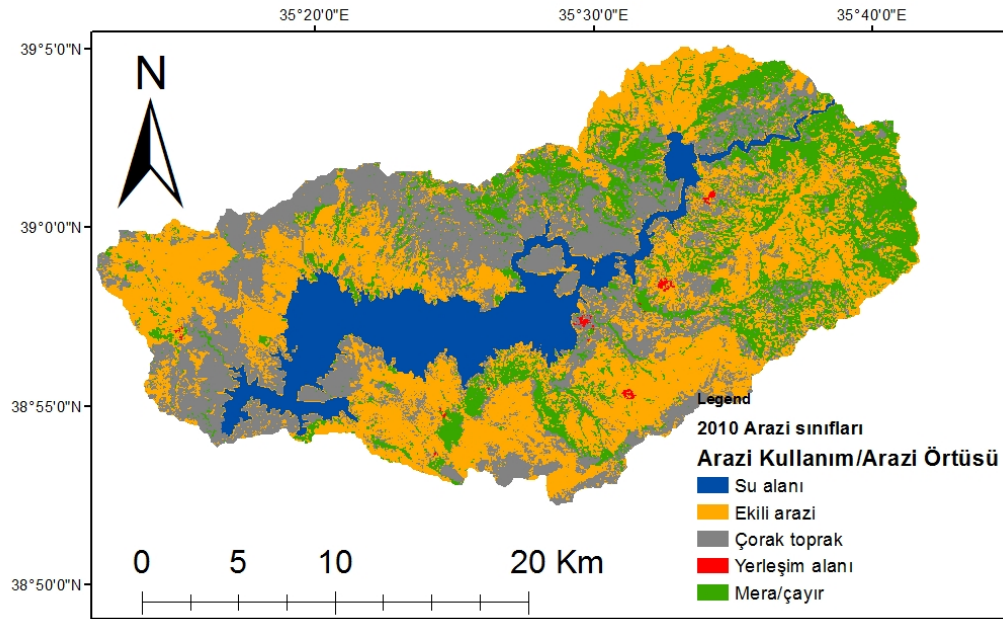
Landis ve Koch'un sundukları yorumlara göre bu sınıflandırma işlemleri sonucunda hesaplanan kappa değerlerimizin 0.81-1.0 arasında olması kabul edilebilir bir uyuma



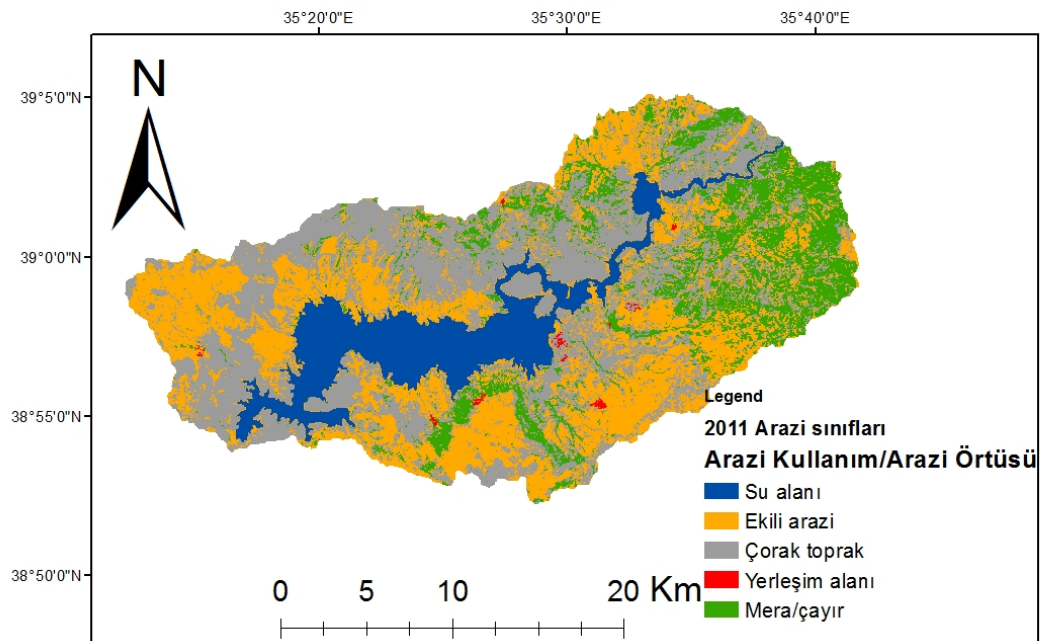
Şekil 2.7. 2000 yılı sınıflandırma sonuç görüntüsü.



Şekil 2.8. 2006 yılı sınıflandırma sonuç görüntüsü.



Şekil 2.9. 2010 yılı sınıflandırma sonuç görüntüsü.



Şekil 2.10. 2011 yılı sınıflandırma sonuç görüntüsü.

Tablo 2.2. Yamula havzası çalışma alanı sınıflandırma doğruluk analizi sonuçları.

Görüntüler	Genel Sınıflandırma Doğruluğu	Kappa İstatistiği
2000 Landsat-5 TM	%95	0.9288
2006 Landsat-5 TM	%90	0.8647
2010 Landsat-5 TM	%95	0.9249
2011 Landsat-5 TM	%93	0.8978

olduğunu gösterir.

Sınıflandırılmış uydu görüntüleri arasındaki yüzdelik değişim için Envi Programı kullanılmıştır. Yıllar arası değişim belirleme aşamasında iki sınıflandırılmış görüntünün basit olarak birbirinden çıkartılması ile işlem gerçekleştirilmiştir. Değişim saptama uygulaması yüzdelik, piksel sayısı, alan olarak yapılabilmektedir. Yüzdelik değişim ile mevcut olan değişimin yüzdelik farkları tablo halinde oluşturulur.

İstatistik tabloları ilk durum görüntü sınıflarını kolonlarda ve son durum görüntü sınıflarını satırlara yerleştirir [112]. Sınıf toplamı her bir ilk durum sınıfındaki toplam piksel sayısını verirken satır toplamı sınıfların son durum sınıflandırma görüntüsündeki toplamalarını gösterir. Sınıf değişimleri satırı toplamda o sınıftaki değişen piksel sayısı kadar farklı bir sınıf olarak sınıflandırılmıştır.

Sınıflandırılan uydu görüntülerinin yıllar arası değişimi saptanmıştır. Yıllar arası sınıf değişim tabloları yüzdelik ve alan olarak Tablo 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10'da gösterilmiştir.

Yıllara göre arazi sınıflarındaki değişim miktarları Tablo 2.11'de ve arazi sınıfları değişim grafiği Şekil 2.11'de verilmiştir. Baraj kurulmadan önce (2000 yılı) ve baraj çalışmaya başladıktan sonraki (2006) yılları arası hesaplanan sınıf değişim tablosu dikkate alındığında su alanında %635 oranında artış ve tarım alanında %24 artış gözlemlenirken çorak toprak ve mera/çayır alanlarında sırasıyla %30 ve %10 azalma olmuştur.

Raster veri formatında olan uydu görüntüleri üzerinde analiz işlemlerine geçilmeden önce vektör veri formatına dönüştürülerek arazi kullanım haritaları elde edilmiştir. Arazi kullanım / arazi örtüsü sınıfları olarak kullanılacak haritalarda sulak alan, tarım alanı, kırıç toprak, mera/çayır alanı, yerleşim alanı olarak sınıflar kullanılmıştır.

Tablo 2.3. 2000 İle 2006 yılları arası hesaplanan sınıf değişimleri.

Arazi Sınıfları (Dekar)	2000		2006		
	Toplam	Çıkan	Yeni	Net Değişim	Değişim Oranı
Su	7.767,00	3.197,70	52.486,20	49.288,50	634,59%
Tarım Alanı	175.486,50	63.477,90	106.105,50	42.627,60	24,29%
Toprak	258.741,90	129.863,70	52.552,80	-77.310,90	-29,88%
Mera Çayır	147.616,20	94.752,90	80.147,70	-14.605,20	-9,89%
Toplam	589.611,60	291.292,20	291.292,20	-	
					57.055,50
					218.114,10
					181.431,00
					133.011,00
					589.611,60

Tablo 2.4. 2000 ile 2006 yılları arası harita karşılaştırma tablosu.

Harita Karşılaştırma Dekar (%)	2000 yılı haritası sınıfları			
	Su	Tarım Alanı	Toprak	Mera Çayır
2006 yılı harita sınıfları	Su	4.569,30 (58,83%)	19.420,20 (11,07%)	16.197,30 (6,26%)
	Tarım Alanı	1.532,70 (19,73%)	112.008,60 (63,83%)	54.188,10 (20,94%)
	Toprak	1.345,50 (17,32%)	23.707,80 (13,51%)	128.878,20 (49,81%)
	Mera Çayır	319,50 (4,11%)	20.349,90 (11,60%)	59.478,30 (22,99%)
Sınıf Değişim	3.197,70 (41,17%)	63.477,90 (36,17%)	129.863,70 (50,19%)	94.752,90 (64,19%)
2000 yılı toplam	7.767,00 (100%)	175.486,50 (100%)	258.741,90 (100%)	147.616,20 (100%)

Tablo 2.5. 2006 ile 2010 yılları arası hesaplanan sınıf değişimleri.

Arazi Sınıfları (Dekar)	2006		2010		
	Toplam	Çıkan	Yeni	Net Değişim	Değişim Oranı
Su	57.055,50	21,60	19.788,30	19.766,70	34,64%
Tarım Alanı	218.114,10	55.333,80	74.097,90	18.764,10	8,60%
Toprak	181.431,00	71.232,30	59.051,70	-12.180,60	-6,71%
Mera Çayır	133.011,00	56.059,20	29.709,00	-26.350,20	-19,81%
Toplam	589.611,60	182.646,90	182.646,90	-	
					76.822,20
					236.878,20
					169.250,40
					106.660,80
					589.611,60

Tablo 2.6. 2006 ile 2010 yılları arası harita karşılaştırma tablosu.

Harita Karşılaştırma Dekar (%)	2006 yılı haritası sınıfları			
	Su	Tarım Alanı	Toprak	Mera Çayır
2010 yılı harita sınıfları	Su	57.033,90 (99,96%)	4.927,50 (2,26%)	9.602,10 (5,29%)
	Tarım Alanı	20,70 (0,036%)	162.780,30 (74,63%)	46.618,20 (25,69%)
	Toprak	,90 (0,002%)	35.709,30 (16,37%)	110.198,70 (60,74%)
	Mera Çayır	,00 (0,00%)	14.697,00 (6,74%)	15.012,00 (8,27%)
Sınıf Değişim	21,60 (0,038%)	55.333,80 (25,37%)	71.232,30 (39,26%)	56.059,20 (42,15%)
2006 yılı toplam	57.055,50 (100%)	218.114,10 (100%)	181.431,00 (100%)	133.011,00 (100%)

Tablo 2.7. 2010 ile 2011 yılları arası hesaplanan sınıf değişimleri.

Arazi Sınıfları (Dekar)	2010		2011			
	Toplam	Çıkan	Yeni	Net Değişim	Değişim Oranı	Toplam
Su	76.822,20	1.689,30	391,50	- 1.297,80	-1,69%	75.524,40
Tarım Alanı	236.878,20	83.966,40	48.506,40	- 35.460,00	-14,97%	201.418,20
Toprak	169.250,40	36.170,10	88.020,00	51.849,90	30,64%	221.100,30
Mera Çayır	106.660,80	42.300,00	27.207,90	- 15.092,10	-14,15%	91.568,70
Toplam	589.611,60	164.125,80	164.125,80	-		589.611,60

Tablo 2.8. 2010 ile 2011 yılları arası harita karşılaştırma tablosu.

Harita Karşılaştırma Dekar (%)	2010 yılı haritası sınıfları			
	Su	Tarım Alanı	Toprak	Mera Çayır
2011 yılı harita sınıfları	Su	75.132,90 (97,80%)	387,00 (0,16%)	4,50 (0,00%)
	Tarım Alanı	1.589,40 (2,07%)	152.911,80 (64,55%)	29.826,90 (17,62%)
	Toprak	96,30 (0,13%)	62.713,80 (26,48%)	133.080,30 (78,63%)
	Mera Çayır	3,60 (0,00%)	20.865,60 (8,81%)	6.338,70 (3,75%)
	Sınıf Değişim	1.689,30 (2,199%)	83.966,40 (35,447%)	36.170,10 (21,371%)
2006 yılı toplam		76.822,20 (100%)	236.878,20 (100%)	169.250,40 (100%)
				106.660,80 (100%)

Tablo 2.9. 2000 ile 2011 yılları arası hesaplanan sınıf değişimleri.

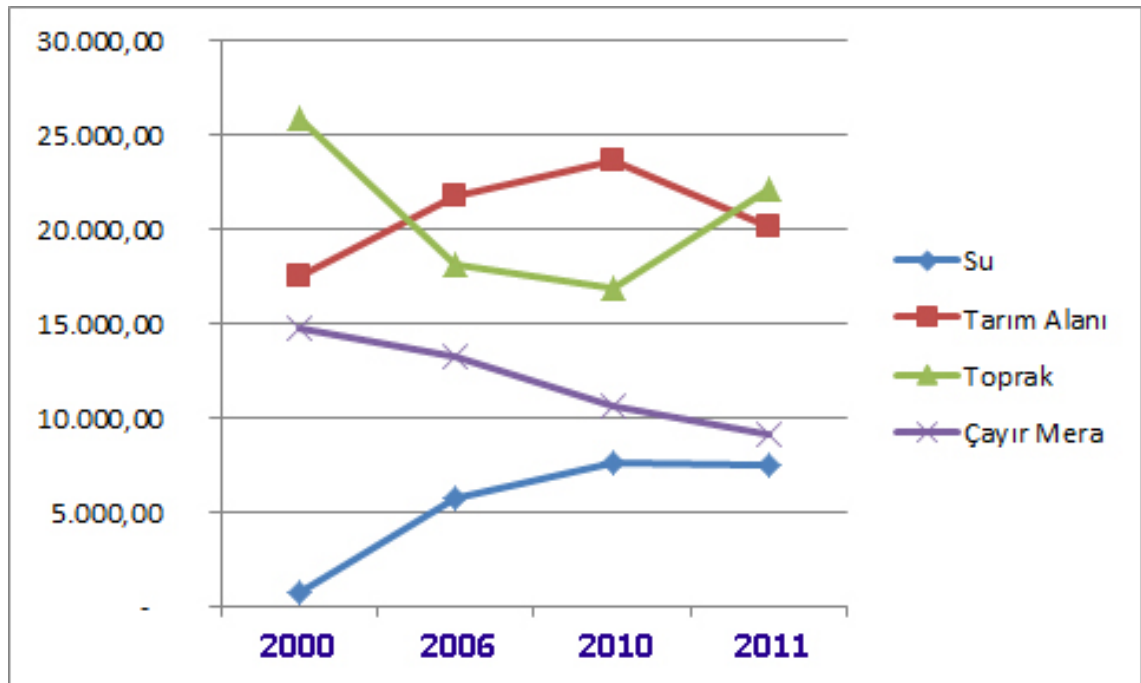
Arazi Sınıfları (Dekar)	2000		2011		
	Toplam	Çıkan	Yeni	Net Değişim	Değişim Oranı
Su	7.767,00	2.980,80	70.738,20	67.757,40	872,38%
Tarım Alanı	175.486,50	75.891,60	101.823,30	25.931,70	14,78%
Toprak	258.741,90	120.940,20	83.298,60	-37.641,60	-14,55%
Mera Çayır	147.616,20	102.609,90	46.562,40	-56.047,50	-37,97%
Toplam	589.611,60	302.422,50	302.422,50	-	
					589.611,60

Tablo 2.10. 2000 ile 2011 yılları arası harita karşılaştırma tablosu.

Harita Karşılaştırma Dekar (%)	2000 yılı haritası sınıfları			
	Su	Tarım Alanı	Toprak	Mera Çayır
2011 yılı harita sınıfları	Su	4.786,20 (61,62%)	26.157,60 (14,91%)	22.391,10 (8,65%)
	Tarım Alanı	1.956,60 (25,19%)	99.594,90 (56,75%)	67.837,50 (26,22%)
	Toprak	899,10 (11,58%)	34.008,30 (19,38%)	137.801,70 (53,26%)
	Mera Çayır	125,10 (1,61%)	15.725,70 (8,96%)	30.711,60 (11,87%)
Sınıf Değişim	2.980,80 (38,38%)	75.891,60 (43,25%)	120.940,20 (46,74%)	102.609,90 (69,51%)
2006 yılı toplam	7.767,00 (100%)	175.486,50 (100%)	258.741,90 (100%)	147.616,20 (100%)

Tablo 2.11. Yıllara göre değişim.

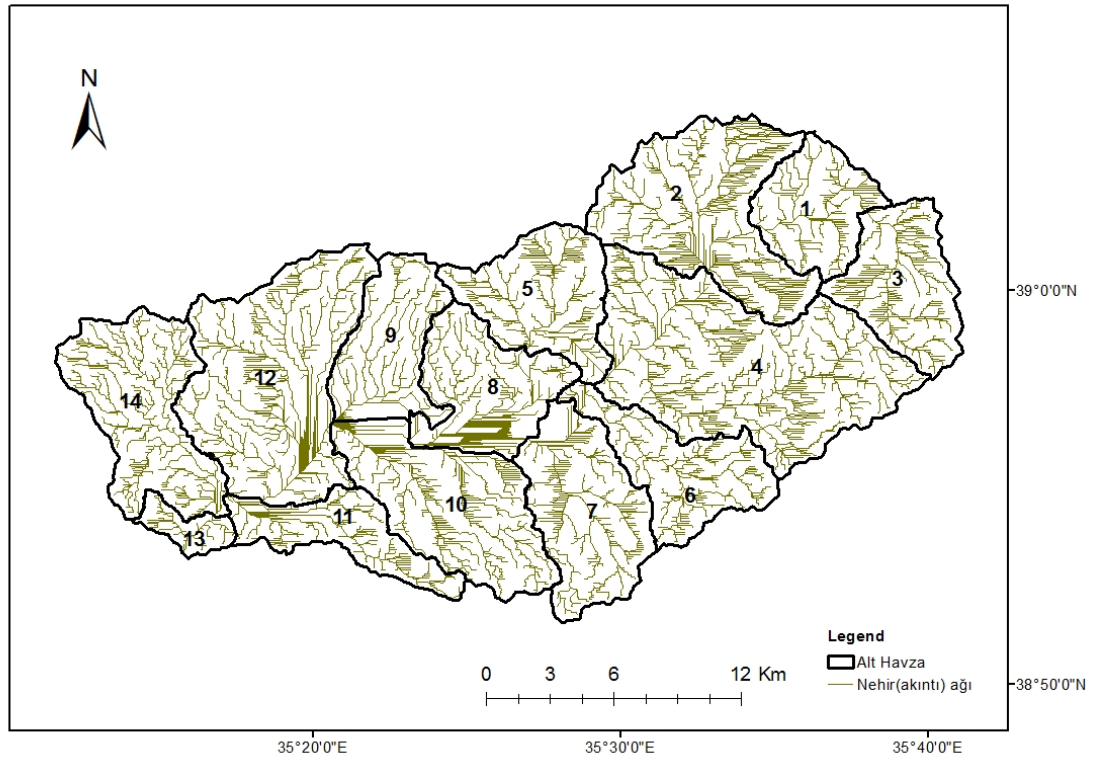
Arazi Sınıfları (Dekar)	2000	2006	2010	2011
Su Alanı	7.767,00	57.055,50	76.822,20	75.524,40
Tarım Alanı	175.486,50	218.114,10	236.878,20	201.418,20
Toprak	258.741,90	181.431,00	169.250,40	221.100,30
Mera Çayır	147.616,20	133.011,00	106.660,80	91.568,70
Toplam	589.611,60	589.611,60	589.611,60	589.611,60



Şekil 2.11. Yıllara göre değişim grafiği.

2.3.2. Alt Havza Alanlarının Belirlenmesi

Yamula Havzasına ait nehir ağları ArcGIS 10.4 yazılımının bir eklentisi olan Hydrology Toolbox'ı yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 2.12). SRTM SYM verisi kullanılarak alt havza alanlarının tespiti için bu nehir ağlarından yararlanılmıştır. Global Mapper programında Watershed Delineation komutu yardımıyla alt havza alanları tespit edilmiştir (Şekil 2.12).

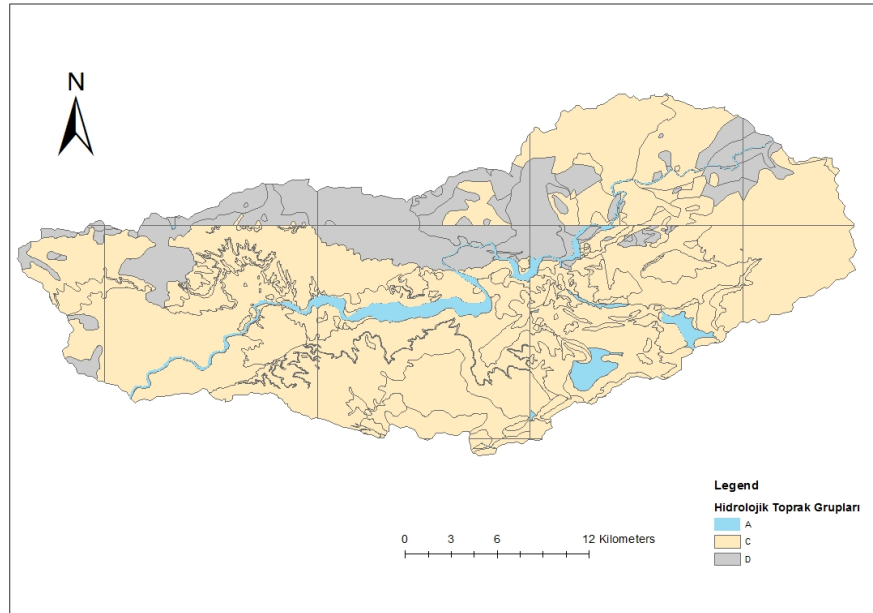


Şekil 2.12. Yamula Barajı çalışma alanı alt havza alanları.

2.3.3. Hidrolojik Toprak Grupları ve Arazi Kullanım Kabiliyeti Haritalarının Hazırlanması

Toprak özellikleri akışın miktarını büyük ölçüde etkiler. SCS EN metodunda bu özellikler bir hidrolojik parametre yoluyla temsil edilir. Bu parametre sınıfları uzun süreli ıslanma sonrasında toprak için elde edilen minimum sızma oranıdır. Toprağın sızma durumu ve iletim oranı böylece SCS EN tahminine dahil edilir. Bu parametre ile toprağın akış potansiyeli temsil edilir ve dört kategoriye ayrılır. Bu dört kategori A-D arası harflerle sembolleştirilir. Bu gruplarda A grubu en yüksek sızma oranına sahipken D grubu en düşük sızma oranına sahiptir. 1/25000 ölçekli Jeoloji haritaları 11 pafta halinde

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığından temin edilmiştir. Temin edilen görüntüler 11 adet jeoloji haritası tek CD halinde 45,1 MB boyutundadır. CD içerisindeki dosyalar Formasyon Tablosu ve her bir paftaya ait shape file dosyaları mevcuttur. Bu dosyaların projeksiyon bilgisi GCS Clarke 1866 koordinat sistemindedir. Bu dosyalar, diğer dosyalar ile koordinat uyumu sağlanması amacıyla WGS 1984 koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Her bir pafta ve formasyon dosyası join komutu ile birleştirilmiştir. Bu sayede simgelerle gruplandırılan her bir alt grubun açıklama bilgisi tabloya eklenmiştir. Join komutu ile birleştirilen dosyalar daha sonra Spatial Join komutu yardımıyla birleştirilmiş tablolardan yeni bir özellik sınıfı üretilmiştir. Bu komutla bir özellik sınıfındaki veriler kolaylıkla diğer özellik sınıfına aktararak orjinal özellik sınıflarındaki verilerden yeni bir özellik sınıf katmanı üretilebilmektedir. Bu işlem her bir pafta için yapılmıştır. Öznitelik bilgileri tamamen birleştirilmiş olan 11 ayrı pafta merge komutu ile tek bir katman haline getirilmiştir. Hidrolojik toprak grupları haritası; [87] referansından ve jeoloji haritasından yararlanılarak hidrolojik toprak grupları sınıflandırması gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.13).

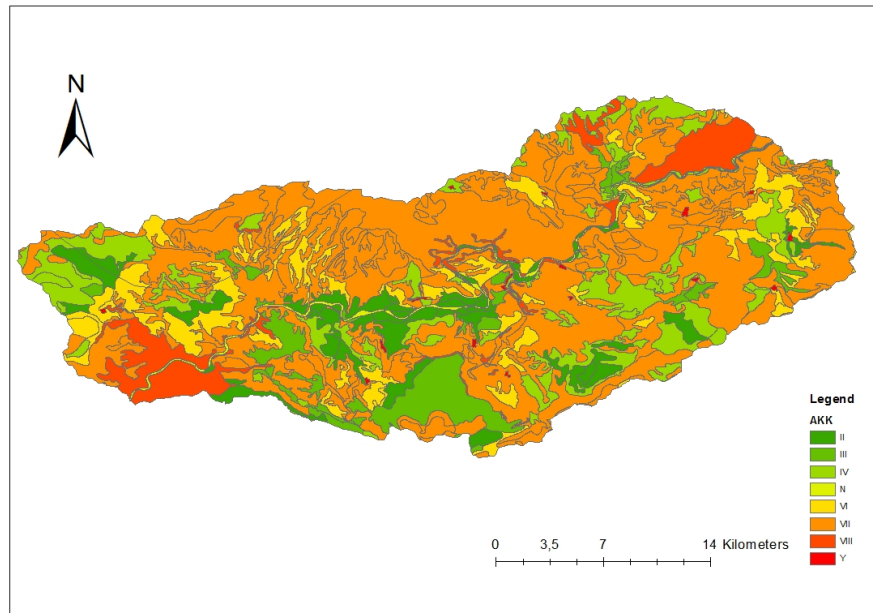


Şekil 2.13. Hidrolojik toprak grupları haritası.

Tarımsal arazi kullanım kabiliyeti sınıfları arazinin eğim değerleri kullanılarak gruplandırılması sonucunda elde edilmektedir (Tablo 2.12 [87]). Tarımsal arazi kullanım kabiliyeti haritaları Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir ve Şekil 2.14’da gösterilmiştir.

Tablo 2.12. Eğim değerlerine için farklı arazi kullanım kabiliyeti sınıfları

Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları	Eğim aralığı(%)	Tanım
I	0–2	Düz
II	2–6	Ondüleli
III	6–11	Hafif dalgalı
IV	12–15	Dalgalı
V	16–20	Orta derecede dik
VI	21–25	Dik
VII	26–30	Çok dik
VIII	>30	Aşırı dik



Şekil 2.14. Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları haritası.

2.3.4. Ağırlıklı Eğri Numarası Yöntemi ile Yamula Barajı Havzası Çalışma Alanında Eğri Numarası Hesabı

Arazi kullanım değişiminin eğri numarası ve havzadaki akış değerlerinin değişimi arasındaki ilişki analizi uydu görüntülerinden elde edilen veriler kullanılarak CBS teknikleri ile hesaplanabilir. Bu çalışmada Türkiye’de İç Anadolu Bölgesinde yarı kurak iklimde kurulmuş olan Yamula Barajı ve havzasında meydana gelen arazi kullanım değişimi belirlenerek bu değişimin CN değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Eğri numarası yönteminin teorik ve matematiksel yapısı Bölüm 1.2.2’de açıklanmıştır. Eğri

Numarası yöntemi için bölgeye ait dört farklı zamanda çekilmiş (2000, 2006, 2010 ve 2011 yılları) uydu görüntülerinden elde edilen sınıflandırma görüntülerinin vektör formatına dönüştürülmüş hali arazi kullanım/ arazi örtüsü haritası olarak kullanılmıştır.

Çalışma alanı 14 alt havzaya ayrılmıştır. Ayrılan bu alt havzalar için Eğri Numarası değerleri çalışılan dört yılda ayrı ayrı hesaplanmıştır. Alt havzaların alan dağılımları 2000 yılı ile 2006 yılları için Tablo 2.13'de 2010 ve 2011 yılları için ise Tablo 2.14'de gösterilmektedir. Farklı Öncül Nem içeriği (AMC) değerleri için CNI, CNII, CNIII değerleri hesaplanmıştır. Kayseri ili içerisinde Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan günlük yağış verilerine göre Mart-Nisan-Mayıs ayları AMC III (yağışlı zaman) durumunu ifade ederken AMC I (kurak zaman) durumu Temmuz-Ağustos-Eylül aylarını, AMCII durumu Ekim-Kasım-Aralık aylarını gösterir.

Eğri Numarası hesabı için arazi kullanım/ arazi örtüsü, arazi kullanım kabiliyeti, hidrolojik toprak grupları haritası kullanılmıştır. Bu haritalar aynı koordinat sisteminde vektör veri formatı özelliğine sahiptir. Bu haritalar ArcGIS programında üst üste çakıştırılmıştır. Üst üste çakıştırılan vektör formatlı görüntülerin analizleri yapılmıştır.

Arazi kullanım kabiliyeti, arazi kullanım/ arazi örtüsü ve hidrolojik toprak gruplarına ait haritalar kullanılarak eğri numarası yöntemi uygulanmıştır. Bu görüntüler çalışılan yıllar için ayrı ayrı ArcGIS overlay analizleri ile birleştirilmiştir. Ardından dissolve komutu ile aynı özellikteki alanlar birleştirilmiştir. Bu şekilde 2000, 2006, 2010 ve 2011 yılları için üst üste çakıştırılmış ve ortak alanlar analiz edilmiş 4 farklı görüntü elde edilmiştir. Elde edilen bu görüntüler her bir alt havza alanı sınırlarına uygun olarak kesilerek ayrı dosyalar halinde kaydedilmiştir (EK-2). Her yıl 14 alt havzaya ayrılarak ve bu alt havzalara ait eğri numarası yöntemi uygulanıp her bir alan için eğri numarası ataması yapılmıştır. Ardından oluşturulan eğri numaralarının alanları dikkate alınarak her bir alt havzaya ait ağırlıklı eğri numarası hesabı yapılmıştır. 14 alt havza ve 4 farklı yıl için hesaplamada elde edilen 56 farklı görüntü ve ağırlıklı eğri numarası hesaplanmıştır. Meydana gelen yoğun iş yükünün üstesinden gelmek için ArcGIS programında Python dilinde kullanıcı arayüzü geliştirilmiştir. Sonuçlar bu kullanıcı arayüzü programlarının çalıştırılmasıyla elde edilmiştir.

Python dili ile ArcGIS komutları kolaylıkla çalıştırılabilmektedir. Python dilinde yazılmış

Tablo 2.13. Alt havzaların 2000 ve 2006 yıllarında alan dağılımları.

Alt Havza	2000					2006				
	Su Alanı	Ekili Arazi	Çorak Toprak	Yerleşim Alanı	Mera Çayır	Su Alanı	Ekili Arazi	Çorak Toprak	Yerleşim Alanı	Mera Çayır
1	64,64	303,23	1311,22	0	1028,61	85,42	187,34	923,45	0	1511,48
2	52,75	1532,17	1687,85	0	2589,69	281,83	2031,2	1739,52	0	1809,92
3	0	811,93	542,7	0	1943,16	0	582,44	507,98	0	2207,38
4	81,71	1944,17	3592,6	8,43	3670,88	305,89	3106,92	3533,54	18,59	2332,84
5	58,37	464,19	2250,68	11,02	755,78	261,43	314,06	1833,72	4,73	1126,11
6	5,1	514,54	1464,39	5,21	1279,26	66	2169,78	695,55	5,41	331,77
7	18,89	1154,89	1806,63	3,17	1231,31	386,88	1978,62	910,82	17,9	920,67
8	127,95	1291,86	1670,18	8,56	359,4	1451,09	574,7	1226,61	8,08	197,46
9	33,35	809,01	1808,22	0	384,18	540,78	652,69	1195,52	0	645,77
10	34,52	2461,33	1891,32	10,75	547,54	749,86	2455,39	855,88	10,15	874,2
11	24,36	1104,97	1117,02	0	133,33	274,2	1439,89	417,73	0	247,86
12	60,42	2062,68	4893,55	0	410,56	1099,25	2823,53	2815,01	0	689,42
13	40,71	41,95	625,48	0	1,92	95,78	223,63	341,55	0	49,11
14	6,78	1719,07	1928,95	7,87	966,36	119,24	3183,25	1087,2	18,32	221,02
Toplam	609,55	16216	26590,77	55,01	15302	5717,63	21723,44	18084,06	83,17	13165,02

Tablo 2.14. Alt havzaların 2010 ve 2011 yıllarında alan dağılımları.

Alt Havza	2010					2011				
	Su Alanı	Ekili Arazi	Çorak Toprak	Yerleşim Alanı	Mera Çayır	Su Alanı	Ekili Arazi	Çorak Toprak	Yerleşim Alanı	Mera Çayır
1	149,4	693,78	727,81	0	1136,72	150,03	402,63	1254,08	0	900,95
2	413,24	2840,84	896,34	17,59	1694,45	399,38	2217,62	1856,72	8,05	1380,7
3	0	1095,43	192,19	0	2010,18	0	715,82	506,95	0	2075,03
4	465,05	3858,92	2667,39	30,85	2275,56	457,06	2986,17	3404,28	16,57	2433,7
5	351,2	562,64	1819,52	3,23	803,45	351,46	508,27	2105,06	6,26	569
6	110,21	1994,42	997,34	7,09	159,44	108,94	1917,41	1142,73	6,25	93,17
7	510,82	2015,17	921,86	37,47	729,58	494,21	1585,89	1429,14	58,62	647,04
8	1656,35	588,96	1125,67	0	86,96	1645,35	619	1143,4	0	50,18
9	683,43	993,24	1057,22	0	300,87	683,81	905,65	1284,54	0	160,77
10	1019,69	2433,64	909,4	5,99	576,75	992,16	2125,31	1277,24	31,96	518,81
11	434,23	1179,07	556,83	2,04	207,51	418,08	1011,79	825,03	0	124,78
12	1613,58	2559,51	2934,42	0	319,7	1574	2229,64	3501,18	0	122,4
13	127,94	72,51	489,72	0	19,9	127,92	104,44	471,65	0	6,06
14	165,43	2675,29	1546,2	9,07	233,03	168,7	2585,99	1824,55	11,64	38,13
Toplam	7700,59	23563,41	16841,9	113,33	10554,1	7571,09	19915,62	22026,55	139,35	9120,71

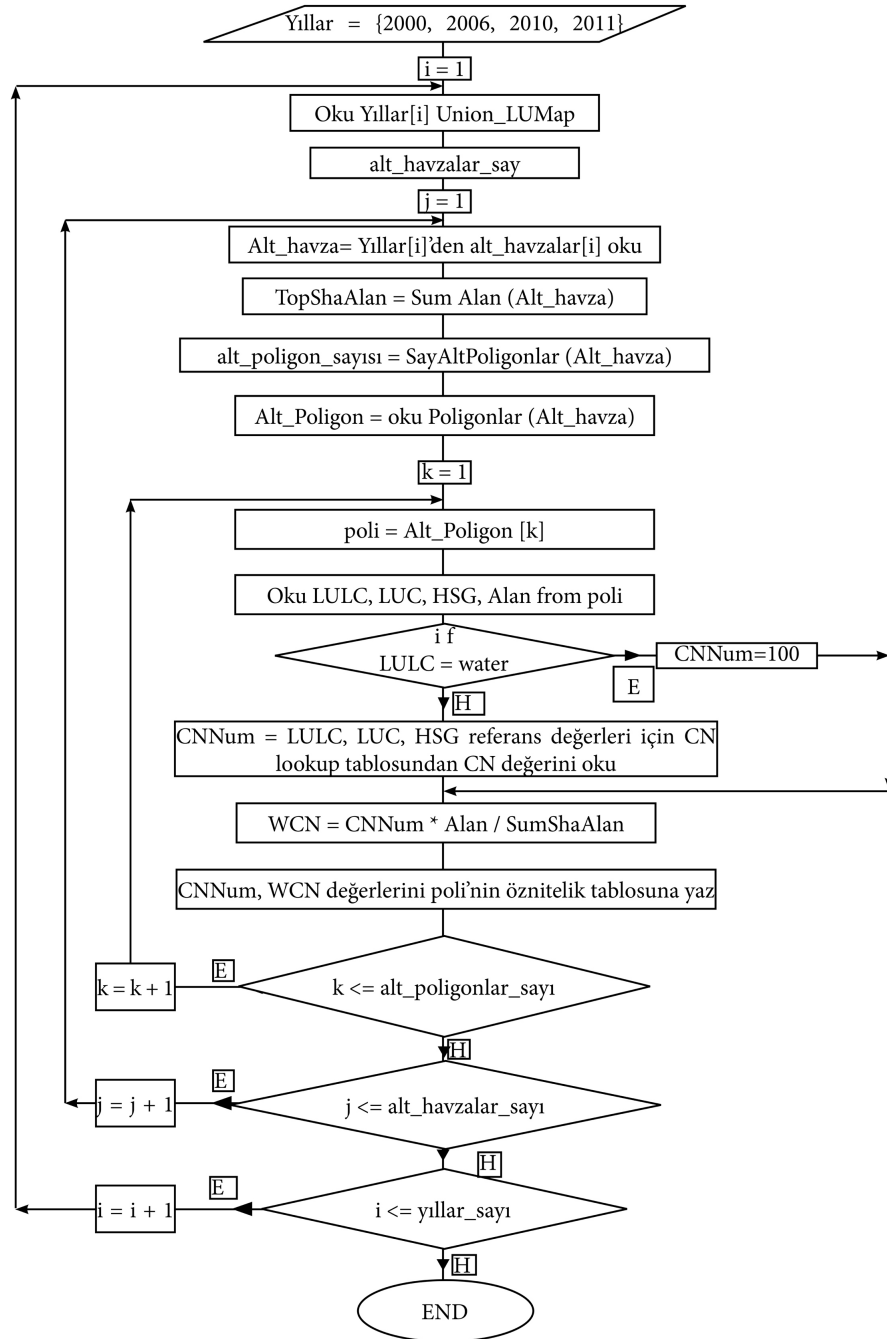
olan ArcGIS komutlarını paket çağırılması yardımıyla kullanımına izin vermektedir. Bu sayede döngüler içinde kullanılan ArcGIS komutları işlemleri kolaylaştırmaktadır. “import arcpy” komutu yardımıyla ArcGIS kütüphanesi çağrılır.

Script dosyası veri tabanına yerleştirilmiş olan referans tabloyu kullanarak muhtemel durumlardaki eğri numaralarını SQL sorgusu yardımıyla tablodan çekmektedir. Script dosyası, CBS uygulaması ile oluşturduğumuz haritalara değer ataması yapmaktadır. Bu değer atamasının hemen ardından ağırlıklı eğri numaraları da hesaplanabilmektedir (Şekil 2.15, Algoritma 2.1). Bu tip işlem yoğunluğu olan uygulamalarda Python dili kullanıcılara yardımcı olmaktadır. Python ile SQL sorgulamasının bir arada kullanılması işlemleri daha hızlı hale dönüştürmüştür.

Elde edilen sonuçlar Tablo 2.15’de verilmiştir. Toplam ağırlıklı eğri numaralarının yıllar arası değişimi incelendiğinde su kütlesinin yoğun bir şekilde arttığı görülen 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 alt havzalarında eğri numaralarının arttığı gözlenmektedir. Bu artış arazi kullanım/ arazi örtüsündeki farklı kullanımdaki alanların su kütlesi ile dolması sonucudur. Özellikle 8 numaralı alt havzada ki su alanı 128 hektardan 1451 hektara ulaşmıştır. Bu yüksek su kütlesi artışı eğri numarasını %65’ten %84’e çıkarmıştır. Bu değişim akışın artışı ve toprağın tuttuğu su miktarının azalmasını ifade eder. Yani yağmurla toprak yüzeyine düşen suyun çoğunluğu akışa geçmiştir.

Bu tezde Uzaktan Algılama ve CBS teknikleri ile SCS-CN tekniği ve ağırlıklı eğri numarası hesabı Yamula Barajı havzasına uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Arazi kullanım arazi örtüsü değişimi hidrolojik olarak yüzey akışının değişmesine neden olur. Ölçüm yapılmayan bölgelerde potansiyel yüzey akışının tahmini için geliştirilen SCS CN yöntemi ile geçmiş yıllara ait yüzey akış tahminleri yapılabilir.
- Eğri numarasındaki artış akışın artmasına ve toprağın tuttuğu su miktarında azalmaya sebep olurken; eğri numarasındaki azalma ise akışın azalmasına dolayısıyla toprağın tuttuğu su miktarında artışa sebep olur.
- Bu uygulamada eğimin etkisi de arazi kullanım kabiliyeti sınıfları ile akışa olan etkisi dikkate alınmıştır.



Şekil 2.15. Python dilinde yazılan ağırlıklı eğri numarası algoritması akış diyagramı.

Girişler: *SubBasin*: Alt havza sınırları.

BirlesimHarita: LULC, arazi kullanım kabiliyeti ve hidrolojik toprak grupları birleşim haritası.

Çıkış : *CNHarita*: Ağırlıklı eğri numarası ve eğri numarası ataması yapılmış harita.

```

1: Prosedür AltHavzaBöl()
2: for ( $i = YIL_1 \cdots YIL_N$ ) do
3:   Alt Havza sayısınıca tekrar et
4:   Her bir Alt Havza sınırını seç
5:   Havza poligon alanını kes ve AltHavza_Numarası ile kaydet
6:   AltHavza alanı için eğri numarası ve ağırlıklı eğri numarası değerlerini hesapla
   (prosedür EğriNumarasıAtama)
7: end for
8: Prosedür EğriNumarasıAtama
9: Özellik sınıfını oku(FC)
10: Arcpy kütüphanesinde coğrafi veritabanı özellik sınıfında ki katmanları aç
11: Katmanın öznitelik tablosunu oku ve Python dizisine çevir (PyArray)
12: PyArray içinde ŞekilAlanı toplamını hesapla
13: FC'i Arcpy kütüphanesinde güncelleme göstergesi ile aç
14: for ( $i = AltPoligon_1 \cdots AltPoligon_N$ ) do
15:   Arazi Kullanım Arazi Örtüsü (LULC), Arazi Kullanım Kabiliyeti (LUC),
   Hidrolojik Toprak Grupları (HSG) değerlerini oku.
16:   SCS-CN_Hesapla(LULC, LUC, HSG)
17:   SCS-CN(AltPoligon) değerini güncelleme göstergesi ile belirle
18:   WSCS-CN = SCS-CN*ŞekilAlanı(AltPoligon)/ToplamAlan
19:   WSCS-CN değerini güncelleme göstergesi ile belirle
20: end for
21: CSV formatlı dosyaya ekle (yıl, AltHavza, Poligon Numarası, LULC, LUC, HSG,
   Alan, CN, WSCS-CN)
22: Prosedür SCS-CN_Hesapla(LULC, LUC, HSG)
23: if LULC=Water then
24:   CNNum=100
25: else
26:   CN=lookup_CNDeger(LULC, LUC, HSG)
27: end if
28: CN değerini ver
return KuralSeti

```

Algoritma 2.1: Ağırlıklı eğri numarası algoritmasını hesaplayan Python dilinde yazılmış script'in bir bölümü.

Tablo 2.15. Tahmin edilen eğri numaraları (CNI: AMCI (kurak sezon) durumundaki CN, CNII: AMCII durumundaki CN, CNIII: AMCIII (yağışlı sezon) durumundaki CN).

Alt Havza	2000			2006			2010			2011		
	CNI	CNII	CNIII	CNI	CNII	CNIII	CNI	CNII	CNIII	CNI	CNII	CNIII
1	64,77	81,4	90,97	68,47	83,79	92,24	65,24	81,71	91,13	65,14	81,65	91,1
2	53,13	72,97	86,13	51,51	71,67	85,33	51,24	71,45	85,2	50,99	71,24	85,07
3	53,54	73,29	86,32	55,87	75,09	87,4	53,31	73,1	86,21	54,68	74,18	86,85
4	50,42	70,77	84,78	47,82	68,57	83,39	47,78	68,54	83,37	48,92	69,51	83,99
5	64,78	81,41	90,97	69,92	84,69	92,72	68,78	83,99	92,35	67,95	83,47	92,07
6	43,4	64,61	80,77	36,27	57,54	75,71	36,22	57,49	75,67	35,98	57,23	75,47
7	43,85	65,03	81,05	46,74	67,63	82,78	47,15	67,99	83,01	47,43	68,24	83,17
8	43,57	64,77	80,87	68,66	83,91	92,31	71,21	85,48	93,12	70,61	85,12	92,94
9	51,79	71,89	85,47	63,06	80,25	90,34	62,61	79,95	90,17	61,85	79,42	89,88
10	36,56	57,84	75,94	44,44	65,57	81,41	45,92	66,9	82,3	45,98	66,96	82,34
11	39,71	61,06	78,29	43,07	64,3	80,55	46,07	67,04	82,39	45,71	66,72	82,18
12	48,38	69,06	83,69	53,9	73,57	86,49	56,7	75,71	87,76	56,37	75,46	87,61
13	53,28	73,08	86,2	55,26	74,63	87,12	57,94	76,64	88,3	57,53	76,33	88,12
14	43,56	64,76	80,87	40,23	61,58	78,66	41,21	62,53	79,33	40,77	62,1	79,03

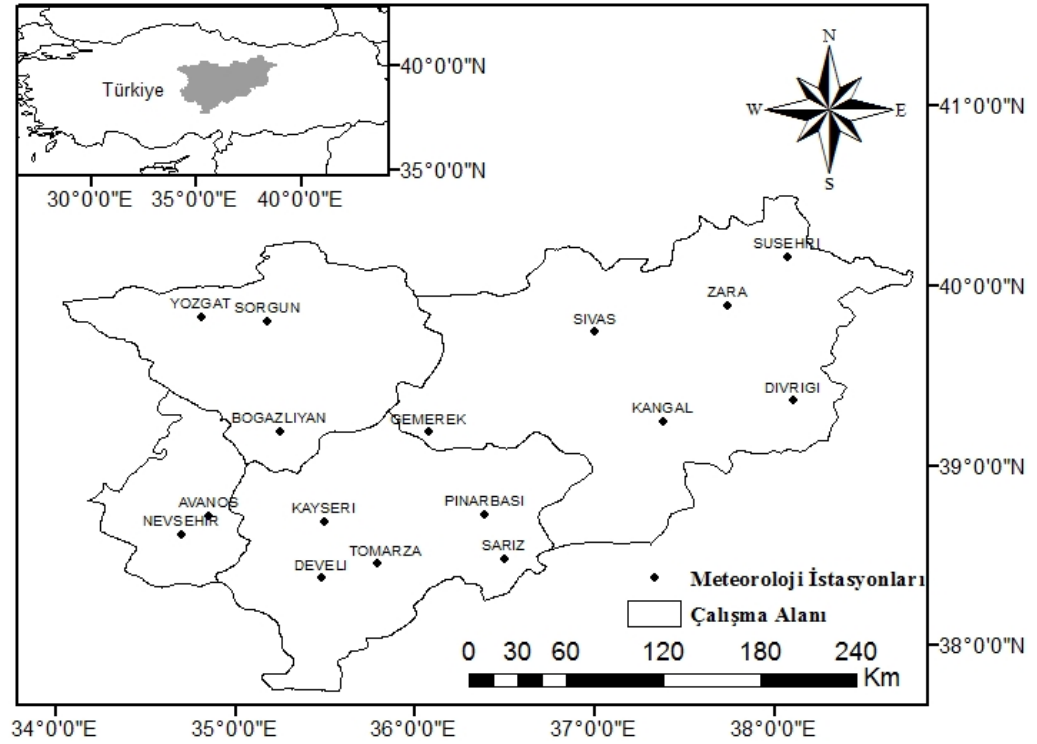
- Yamula barajının faaliyete geçmesi ile meydana gelen su kütlesi 8-12 numaralı alt havzalarda birikmiştir.
- Bu alt havzalardan 8 numaralı alt havzadaki su kütlesi oranı diğer havzalara oranla daha fazla olduğundan dolayı 2000 yılı ile 2010 yılı arasındaki eğri numarası değişimi de fazla olmuştur.
- 2, 4, 6 ve 14 numaralı alt havzalarda ise su alanının artışına rağmen ekili arazilerin artışı ve çorak toprak alanlarındaki azalmanın daha fazla olması ile 2000-2010 yılları arasında eğri numarasında azalma ile sonuçlanmıştır.
- Alt havzadaki su alanlarının artması ve kıraç toprak alanlarının azalması eğri numarasını artırıcı etki gösterirken tarım alanındaki artış eğri numarasını azaltma eğilimi gösterir.
- Arazi kullanım arazi örtüsündeki değişim (kıraç toprakların ıslah yolu ile tarım arazilerine ve ormanlık alanlara dönüştürülmesi) ile toprağın su tutması artırılarak yağmurla gelen suların yüzey akışı ile kaybı engellenmiş olacak ve yer altı sularının beslenmesi sağlanacaktır. Bu tür ilişkilerin anlaşılması ve gösterimi için SCS CN yöntemi kullanışlı bir metottur.

2.4. Meteorolojik Verilerin Değerlendirilmesi

Bölgesel iklimlerde barajlar gibi yapay su kütlelerinin etkisini anlamak için literatürde birçok çalışma mevcuttur [3, 8, 12]. Bu çalışmalar özellikle potansiyel buharlaşma yüzeyi olarak rolündeki büyük su kütle alanları olan barajların alçalan hava kütlesini artıracak ve yüzey sıcaklığında azalma etkisi oluşturacaktır [12]. Su kütlelerinden dolayı lokal iklim değişimlerinin nicelik yönünden incelenmesi su kaynakları yönetim stratejileri için önemlidir. Seri meteorolojik verilerde ki herhangi bir değişim ve bu değişimin saptanması iklim değişkenleri salınımı hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Bu sebepten dolayı meteorolojik veriler istasyonlar tarafından toplanmaktadır ve zaman serileri olarak ifade edilirler. Zaman serileri üzerinde istatistik analizleri yoluyla değişimler saptanır ve grafik gösterimleri ile gözlemlenebilir.

Tez kapsamında seçilen çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesinde Kayseri, Sivas, Yozgat

ve Nevşehir şehirleri ile komşu olan 38° - 40° N enlemleri ve 34° - $38^{\circ}.3'$ E boylamları arasında kalan havza alanıdır. Bu alanda bulunan Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) istasyonlarına ait aylık ve günlük nem, sıcaklık yağış ve rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır. Bu istasyonların seçiminde verileri sürekli ve çalışan istasyonlar olmasına dikkat edilmiştir. İstasyonların konumlarına ilişkin detay bilgileri Tablo 1.5’de özetlenmiş ve harita üzerindeki konumları ise Şekil 2.16’de gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Kullanılan meteoroloji istasyonları konumları.

Meteorolojik verilerin trend analizi uygulamasında minimum nem, ortalama nem, maksimum nem, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, toplam yağış, ortalama rüzgar hızı parametrelerinin aylık değerleri ve havadaki nem miktarı ve rölatif nem ile ilgili olan işba sıcaklığı (çiğ noktası, T_{iba}) verisi kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan meteorolojik istasyonlarda T_{iba} verisi mevcut değildir. Bu sebeple veri rölatif nem ve ortam sıcaklığı verisi kullanılarak David Bolton tarafından önerilen [113] Denklem 2.1 yardımıyla hesaplanmıştır. Zaman serilerindeki değişimleri değerlendirmek amacıyla aylık maksimum rüzgar hızı ve yönü verileri kullanılmıştır. Yaptığımız analizde yaklaşık 4180 km^2 'e 1 istasyon düşmektedir. Çalışma alanındaki istasyonların

yükseklik değerleri yaklaşık 950 ile 1600 m arasında değişmektedir. Kullanılan veriler genellikle 1970-2014 yılları arasındadır. Fakat eksik verinin olmaması nedeniyle tarih aralıkları istasyonlara göre değişmektedir. Her istasyon için tarih aralıkları Tablo 2.16'da verilmiştir. Bu tez kapsamında 15-44 yıl arasında değişen zaman serileri kullanılmıştır.

$$T_{iba} = \frac{243.5 * \ln\left(\frac{e_s * RH}{611.2}\right)}{17.67 - \ln\left(\frac{e_s * RH}{611.2}\right)} \quad (2.1)$$

İşba sıcaklığının hesabında kullanılan doymuş buhar basıncı (e_s) Denklem 2.2 ile hesaplanır.

$$e_s = 6.112 * e^{\left(\frac{17.67 * T}{T + 243.5}\right)} \quad (2.2)$$

Tablo 2.16. Meteorolojik verilerin tarih aralığı.

İstasyon İsmi	Nisbi Nem Yıl Aralığı	Sıcaklık Yıl Aralığı	Yağış Yıl Aralığı	Rüzgar Hızı Yıl Aralığı
Avanos	1996-2014 (18)	1996-2014 (18)	1996-2014 (18)	1996-2011 (15)
Boğazlıyan	1986-2014 (28)	1970-2012 (42)	1970-2014 (44)	1970-2010 (40)
Develi	1970-2014 (44)	1970-2011 (41)	1970-2014 (44)	1970-2011 (41)
Divriği	1970-2014 (44)	1970-2014 (44)	1970-2014 (44)	1974-1999 (25)
Gemerek	1970-2014 (44)	1970-2012 (42)	1970-2014 (44)	1976-2010 (35)
Kangal	1982-2014 (32)	1980-2011 (31)	1980-2014 (34)	1980-2011 (30)
Kayseri	1970-2014 (44)	1970-2012 (42)	1970-2012 (42)	1970-2012 (42)
Nevşehir	1970-2014 (44)	1970-2014 (44)	1970-2014 (44)	1970-2012 (42)
Pınarbaşı	1972-2009 (37)	1970-2010 (40)	1970-2014 (44)	1986-2010 (23)
Sarız	1991-2013 (22)	1975-2011 (36)	1975-2014 (39)	1975-2010 (34)
Sivas	1970-2014 (44)	1970-2012 (42)	1970-2012 (42)	1970-1999 (29)
Sorgun	1984-2010 (25)	1984-2010 (25)	1984-2014 (29)	1984-2010 (25)
Suğehir	1981-2014 (33)	1981-2010 (29)	1981-2014 (33)	1981-2010 (29)
Tomarza	1985-2009 (24)	1980-2009 (29)	1981-2014 (33)	1986-2010 (23)
Yozgat	1970-2014 (44)	1970-2014 (44)	1970-2014 (44)	1970-2012 (42)
Zara	1970-2014 (44)	1970-2012 (42)	1970-2014 (44)	1970-2010 (41)

2.4.1. Trend Analizinin Uygulanması ile Elde Edilen Sonuçlar

Bu tez kapsamında iklime etki eden meteorolojik parametrelerdeki var olan değişim analizi için Mann Kendall Rank Trend testi ve trendin gücünün tespitinde ise Theil-Sen Slope metodu kullanılmıştır. Bu metotları uygulamadan önce veride %5 anlamlılık

seviyesinde önemli seri korelasyonun varlığı kontrol edilmiştir ve ön- beyazlatma yöntemi ile bu etkinin zaman serisinden uzaklaştırılması sağlanmıştır. Seri korelasyon varlığı Autocorrelation Function (ACF) veya Partial Autocorrelation Function (PACF) fonksiyonları ile hesaplanır ve gösterilir. Bu değerler sırasıyla otokorelasyonu ve parçalı otokorelasyonu hesaplar. Ardından Mann-Kendall Trend Testi her istasyona ait parametreler için ayrı ayrı uygulanmış ve istasyonlarda %5 anlamlılık seviyesinde önemli trendin varlığı belirlenmiştir. Theil-Sen Slope tekniği ile bu trendin gücü hesaplanmıştır. Bu istatistik uygulamalar RStudio programında uygulanmış ve tablolar oluşturulmuştur. Bu sonuçlardan çıkan değerlerin yüzey enterpolasyon yöntemleri ile tematik haritalarının oluşturulması ise ArcGIS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Zaman serilerindeki seri ilişkinin varlığı %95 istatistiki anlamlılık seviyesinde incelenmiştir. Serideki ilişkinin Mann Kendall testi üzerindeki etkisini yok etmek için gecikme-1 otokorelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Bu hesaplanan değer %5 güven aralığında önemli olduğu için bu değer kullanılarak serideki ilişki ön-beyazlatma yöntemi ile giderilmiştir. Ardından ön-beyazlatma uygulanmış seriye Mann Kendall Trend testi ve Theil-Sen Slope yöntemleri uygulanmıştır. Bulunan değerler nispi nem sonuçları Tablo 2.17’da, sıcaklık sonuçları Tablo 2.18’da, toplam yağış sonuçları Tablo 2.19 ve ortalama rüzgar istatistik sonuçları Tablo 2.20’de, istasyonlardaki azalma ve artış durumları Tablo 2.21’de, maksimum rüzgar hızı ve yönü analizi sonucu üretilen haritalar Şekil 2.17-2.22 verilmiştir.

İç Anadolu Bölgesinde Kayseri, Sivas, Yozgat ve Nevşehir şehirlerinde seçilen 16 istasyondan alınan 15-44 yıllık meteorolojik veriler üzerinde trend testi uygulanmış ve sonuçlar tablolar halinde verilmiştir. Trend testi uygulamadan önce zaman serilerinde seri korelasyon etkisinin %5 anlamlılık seviyesinde önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Seri korelasyon etkisini yok etmek için zaman serilerine pre-whitening tekniği uygulanmıştır. Ardından ön-beyazlatma uygulanmış serilere anlamlı trend varlığını tespit için Mann Kendall trend analizi uygulanmıştır. Bu trend analizi sonucunda %95 ve %99 güven aralığında anlamlı artan ve azalan trendler tespit edilmiştir. Trend analizinin daha iyi algılanması için; gerçek nem hakkında bilgi veren işba sıcaklığı ve rölatif nem arasındaki ilişkideki değişim gözlenmiştir. İstasyonların rölatif nem, ortalama sıcaklık, işba sıcaklığı zaman serileri grafiği ve trendi daha iyi görebilmek için lokal ağırlıklı polinomial

Tablo 2.17. Aylık nispi nem zaman serisi değerlerinin AR(1)(gecikme 1 için otokorelasyon katsayısı; pw simgesi ön-beyazlatma işlemini ifade eder), Mann Kendall(Z), Theil Sen Slope (β) sonuçları.

İstasyon	Ortalama Nispi Nem				Minimum Nispi Nem				Maksimum Nispi Nem			
	AR(1)	AR(1) _{pw}	Z	β	AR(1)	AR(1) _{pw}	Z	β	AR(1)	AR(1) _{pw}	Z	β
Avanos	0,7	0	-3,2	-0,38	0,53	0	-6,46	-0,5	0,52	0,01	-4,47	-0,25
Boğazlıyan	0,77	0,1	0,58	0,04	0,62	0,01	-0,68	-0,04	0,53	0,12	-3,15	-0,05
Develi	0,72	0,09	-1,13	-0,03	0,65	0,03	4,38	0,13	0,46	-0,08	-5,08	-0,06
Divriği	0,76	0,11	1,15	0,04	0,69	0,09	-0,38	-0,01	0,44	-0,01	-1,35	-0,02
Gemerek	0,77	0,09	0,52	0,01	0,69	0,08	-4,27	-0,14	0,59	-0,09	3,09	0,03
Kangal	0,76	0,22	0,18	0,01	0,65	0,12	-0,75	-0,05	0,58	-0,15	1,5	0,02
Kayseri	0,75	0,07	-3,78	-0,11	0,61	0,01	-5,68	-0,17	0,46	-0,03	-2,87	-0,03
Nevşehir	0,67	0,02	-0,7	-0,02	0,56	0,03	-1,17	-0,03	0,48	-0,1	-3,11	-0,03
Pınarbaşı	0,78	0,12	-3,27	-0,12	0,59	0,07	-0,99	-0,04	0,65	-0,28	-3,93	-0,04
Sarız	0,7	0,13	-0,33	-0,02	0,55	0,01	-4,09	-0,26	0,42	-0,04	3,39	0,1
Sivas	0,73	0	1,18	0,03	0,65	0,1	0,34	0,01	0,57	-0,16	-1,37	-0,01
Sorgun	0,71	0,06	1,22	0,09	0,6	0,05	2,3	0,18	0,46	-0,11	-1,26	-0,02
Suğehri	0,6	-0,12	-7,09	-0,3	0,69	-0,08	-7,56	-0,38	0,35	-0,09	-2,65	-0,03
Tomarza	0,76	0,11	-2,06	-0,15	0,54	0,03	0,49	0,04	0,44	-0,12	-1,54	-0,03
Yozgat	0,73	0	0,33	0,01	0,71	-0,02	-4,32	-0,14	0,41	-0,07	-3,93	-0,03
Zara	0,66	-0,04	2,46	0,06	0,61	0,04	2,99	0,09	0,38	-0,05	-0,71	-0,01

Tablo 2.18. Aylık sıcaklık zaman serisi değerlerinin AR(1)(gecikme 1 için otokorelasyon katsayısı; pw simgesi ön-beyazlatma işlemini ifade eder), Mann Kendall(Z), Theil Sen Slope (β) sonuçları($^{\circ}\text{C}$).

İstasyon	Ortalama Sıcaklık				Minimum Sıcaklık				Maksimum Sıcaklık			
	AR(1)	AR(1) _{pw}	Z	β	AR(1)	AR(1) _{pw}	Z	β	AR(1)	AR(1) _{pw}	Z	β
Avanos	0,82	0,38	0,32	0,02	0,76	0,13	1,22	0,1	0,79	0,19	-0,4	-0,03
Boğazlıyan	0,82	0,36	0,29	0,01	0,73	0,02	0,93	0,02	0,79	0,29	0,4	0,01
Develi	0,82	0,38	0,92	0,02	0,78	0,14	1,23	0,03	0,8	0,32	1	0,02
Divrigi	0,83	0,49	0,73	0,02	0,78	0,15	0,74	0,02	0,82	0,4	1,1	0,03
Gemerek	0,82	0,43	0,4	0,01	0,75	0,12	0,77	0,02	0,8	0,34	0,6	0,02
Kangal	0,83	0,46	0,13	0	0,77	0,15	0,75	0,03	0,81	0,32	0,9	0,04
Kayseri	0,82	0,42	1,01	0,02	0,77	0,1	2,64	0,07	0,79	0,27	0,4	0,01
Nevşehir	0,82	0,37	0,84	0,02	0,77	0,12	1,45	0,03	0,79	0,27	1,6	0,03
Pınarbaşı	0,82	0,42	0,31	0,01	0,77	0,18	0,07	0	0,81	0,33	0,1	0
Sarız	0,84	0,49	0,03	0	0,77	0,22	-0,37	-0,01	0,81	0,35	0,9	0,03
Sivas	0,82	0,42	0,66	0,01	0,77	0,14	0,82	0,02	0,8	0,3	0,7	0,02
Sorgun	0,82	0,42	0,21	0,01	0,75	0,1	0,79	0,04	0,79	0,28	0,8	0,04
Suşehri	0,82	0,39	0,27	0,01	0,78	0,1	0,38	0,02	0,81	0,3	0,9	0,04
Tomarza	0,82	0,42	0,26	0,01	0,75	0,09	0,33	0,02	0,8	0,35	0,4	0,02
Yozgat	0,82	0,4	0,92	0,02	0,78	0,09	1,52	0,04	0,8	0,3	1,3	0,03
Zara	0,82	0,4	0,44	0,01	0,75	0,12	0,19	0	0,81	0,38	0,8	0,02

Tablo 2.19. Aylık toplam yağış zaman serisi değerlerinin AR(1)(gecikme 1 için otokorelasyon katsayısı; pw simgesi ön-beyazlatma işlemini ifade eder), Mann Kendall(Z), Theil Sen Slope (β) sonuçları(mm).

İstasyon	Toplam Yağış			
	AR(1)	AR(1) _{pw}	Z	β
Avanos	0,12	-0,01	-0,12	-0,03
Boğazlıyan	0,28	0,02	-0,16	-0,01
Develi	0,32	0	0,23	0,02
Divrigi	0,34	0,04	0,29	0,02
Gemerek	0,24	0	-0,5	-0,04
Kangal	0,28	0,01	0,31	0,03
Kayseri	0,29	0	0,89	0,08
Nevşehir	0,27	0,01	-0,26	-0,02
Pınarbaşı	0,32	0,02	-0,67	-0,05
Sarız	0,29	0,02	-0,96	-0,11
Sivas	0,26	0,02	1,35	0,12
Sorgun	0,26	0,02	-0,7	-0,11
Suğehri	0,22	0,03	-0,65	-0,08
Tomarza	0,26	0,03	-0,14	-0,02
Yozgat	0,32	0,01	0,05	0,01
Zara	0,32	0,02	-0,85	-0,08

Tablo 2.20. Aylık ortalama rüzgar hızı zaman serisi değerlerinin AR(1)(gecikme 1 için otokorelasyon katsayısı; pw simgesi ön-beyazlatma işlemini ifade eder), Mann Kendall(Z), Theil Sen Slope (β) sonuçları.

İstasyon	Ortalama Rüzgar Hızı			
	AR(1)	AR(1) _{pw}	Z	β
Avanos	0,72	-0,15	-0,76	-0,01
Boğazlıyan	0,62	0,03	6,61	0,02
Develi	0,93	-0,01	11,17	0,03
Divrigi	0,27	0	-4,48	-0,02
Gemerek	0,59	-0,03	-9,31	-0,02
Kangal	0,57	-0,13	-1,5	-0,01
Kayseri	0,5	0,02	-6,79	-0,01
Nevşehir	0,54	0	-9,53	-0,01
Pınarbaşı	0,47	-0,02	-2,5	-0,01
Sarız	0,72	-0,11	-1,08	0
Sivas	0,58	0,02	-5,34	-0,01
Sorgun	0,58	-0,12	-4,33	-0,02
Suğehri	0,72	-0,01	4,22	0,02
Tomarza	0,53	-0,05	-4,05	-0,02
Yozgat	0,6	0,05	-11,48	-0,02
Zara	0,62	0	1,99	0

Tablo 2.21. Aylık zaman serilerindeki artış ve azalış durumları.

İstasyon Adı	Nem		Sıcaklık		Yağış		Rüzgâr Hızı	
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama	
Avanos	→	→	→	-	-	-	-	-
Boğazlıyan	-	-	→	-	-	-	-	←
Develi	-	↑	→	-	-	-	-	←
Divriği	-	-	-	-	-	-	-	→
Gemerek	-	→	↑	-	-	-	-	→
Kangal	-	-	-	-	-	-	-	-
Kayseri	→	→	→	-	↑	-	-	→
Nevşehir	-	-	→	-	-	-	-	→
Pınarbaşı	→	-	→	-	-	-	-	→
Sarız	-	→	←	-	-	-	-	-
Sivas	-	-	-	-	-	-	-	→
Sorgun	-	↑	-	-	-	-	-	→
Suğehri	→	→	→	-	-	-	-	←
Tomarza	→	-	-	-	-	-	-	→
Yozgat	-	→	→	-	-	-	-	→
Zara	←	←	-	-	-	-	-	←

Tablo 2.23. Sezonluk sıcaklık değerlerinin Mann Kendall(Z) ve Theil Sen Slope (β) sonuçları ($^{\circ}\text{C}$).

İstasyon	Maksimum Sıcaklık						Minimum Sıcaklık						Ortalama Sıcaklık					
	Kış Z	Bahar β	Yaz β	Güz β	Kış Z	Bahar β	Yaz β	Güz β	Kış Z	Bahar β	Yaz β	Güz β	Bahar Z	Yaz β	Güz Z	Bahar β	Yaz β	Güz β
Avanos	1 0,1	-0,3	0 -1	0 -0,3	0 1	0,2	1 0,2	1,3 0,1	0,8 0,1	1,1 0,1	1,1 0,1	0,8 0,1	1,1 0,1	1,1 0,1	-0,5 0	-0,1 0	0	0
Boğazlıyan	0,8 0	1,3 0	1,1 0	0 -0,5	0 -0,4	0	1,6 0,1	1,6 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,4 0	0,6 0	2,7 0	1 0	1 0	0	0
Develi	1,4 0	1,3 0	2,2 0	0 0,7	0 0,4	0	1,7 0,1	3,9 0,1	1,3 0,1	1,4 0	0	1,3 0,1	2 0	4,7 0,1	2,8 0	0	0	0
Divrigi	1,5 0	2,3 0,1	3 0,1	2,3 0,1	0,4 0	0	0,9 0,1	-0,2 0	0,2 0	0,7 0	0,7 0	0,2 0	1,5 0	4,1 0	1,6 0	0	0	0
Gemerek	1 0	1,7 0	1,8 0	0 0,8	0 -0,4	0	1,2 0,1	1,6 0	0,7 0	0,7 0	0,7 0	0,7 0	1,1 0	3 0	0,3 0	0	0	0
Kangal	1,4 0,1	1,6 0,1	2,7 0,1	1,1 0	0 0,1	0	1,2 0,1	1,3 0	0,8 0,1	0,1 0	0	0,8 0,1	2 0	3,2 0,1	0,9 0	0	0	0
Kayseri	0,7 0	0,7 0	2,4 0	0 0,5	0 3,5	0,2	2,8 0,2	4,7 0,1	2,9 0,1	1,6 0,1	0,1	2,9 0,1	2,2 0	4,8 0,1	3,9 0,1	0,1	0,1	0,1
Nevşehir	1,8 0,1	2,4 0,1	3,5 0,1	1,8 0	0 0,5	0	1,2 0,1	3,2 0,1	1 0	1 0	0	1 0	1,6 0	4,3 0,1	2,1 0	0	0	0
Pınarbaşı	0,2 0	0,5 0	0,3 0	0 -0,1	0 -1,5	-0,1	1 0,1	-1,4 0	-0,5 0	0 0	0	-0,5 0	-0,3 0	2,1 0	1,5 0	0	0	0
Sarız	2,8 0,1	0,9 0	2,3 0	0 0,2	0 -0,6	0	0,5 0	-0,3 0	-0,8 0	0,5 0	0	-0,8 0	0,3 0	4 0	0,4 0	0	0	0
Sivas	1,5 0,1	2,5 0,1	2,4 0,1	1,4 0	0 0,8	0	1,3 0,1	1,6 0	0 0	1,1 0	0	0 0	1,7 0	3,7 0	2,3 0	0	0	0
Sorgun	1 0,1	0,4 0	3 0,2	-0,1 0	0 -0,6	-0,1	1,3 0,1	0,8 0,1	0,5 0,1	0,3 0,1	0,1	0,5 0,1	1,1 0	2,8 0,1	1 0	0	0	0
Suşehri	2 0,1	3,1 0,2	4,5 0,2	1,2 0,1	0,9 0,1	0,1	2,3 0,2	0,6 0	-0,1 0	1,7 0,1	0,1	-0,1 0	1,5 0	3,9 0,1	2,2 0,1	0,1	0,1	0,1
Tomarza	0,1 0	0,9 0	0,4 0	0 0	0 -1,3	-0,1	0,9 0,1	-0,2 0	-1,4 -0,1	-0,3 0	0	-1,4 -0,1	0 0	3,3 0	-0,1 0	0	0	0
Yozgat	1,9 0,1	2 0,1	3,6 0,1	1,3 0	1 0	0	1,4 0,1	2,7 0,1	0,7 0	1,3 0	0	0,7 0	1,9 0	4,1 0,1	2,8 0	0	0	0
Zara	2,2 0,1	1,7 0	1,6 0	1,1 0	1,3 0,1	0,1	1,3 0,1	-0,6 0	-0,7 0	0,8 0	0	-0,7 0	0,5 0	2,6 0	0,8 0	0	0	0

Tablo 2.24. Sezonluk toplam yağış değerlerinin Mann Kendall(Z) ve Theil Sen Slope (β) sonuçları.

İstasyon	Toplam Yağış							
	Kış Z	β	Bahar Z	β	Yaz Z	β	Güz Z	β
Avanos	0,5	1,4	-1,2	-1,5	0	0,3	0,5	0,9
Boğazlıyan	0,3	0,1	-0,5	-0,3	-1,2	-0,3	1,6	0,8
Develi	1,3	0,7	-0,5	-0,3	-0,4	-0,1	1,4	0,6
Divrigi	1	0,4	-1,2	-0,8	-0,9	-0,3	0,5	0,3
Gemerek	0,8	0,4	-1,2	-0,7	-0,4	-0,1	0,7	0,4
Kangal	-0,3	-0,3	-0,6	-0,8	-0,1	0	-0,2	-0,2
Kayseri	1,4	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	0,8	0,3
Nevşehir	0,6	0,3	-0,8	-0,4	-0,5	-0,2	1	0,4
Pınarbaşı	0,7	0,4	-0,8	-0,4	-1	-0,4	-0,3	-0,1
Sarız	-0,5	-0,3	-1,4	-0,9	-1,1	-0,3	0,2	0,1
Sivas	2,1	1,1	0,1	0	0,4	0,2	1,8	0,9
Sorgun	1,1	1,4	-2,1	-2,9	-0,8	-1	-1,3	-1,8
Suğehri	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,9	-0,4	0,3	0,3
Tomarza	1,7	0,6	-0,6	-0,2	-0,8	-0,3	0	0
Yozgat	1	1	-0,4	-0,3	0,4	0,2	0,8	0,6
Zara	-0,5	-0,3	-1,4	-0,9	0,1	0,1	1	0,5

Tablo 2.25. Sezonluk ortalama rüzgar hızı değerlerinin Mann Kendall(Z) ve Theil Sen Slope (β) sonuçları.

İstasyon	Ortalama Rüzgar Hızı							
	Kış Z	β	Bahar Z	β	Yaz Z	β	Güz Z	β
Avanos	-0,5	0	-0,8	0	-0,2	0	0,4	0
Boğazlıyan	1,1	0	1,6	0	2,2	0	1	0
Develi	3,9	0	2,1	0	3,1	0	3	0
Divrigi	-3,8	0	-5,2	0	-3,8	0	-5,2	0
Gemerek	-5,7	0	-6,9	0	-7,1	0	-6,8	0
Kangal	-2,1	0	-1	0	-2	0	-2	0
Kayseri	-4,8	0	-5,4	0	-3,6	0	-5	0
Nevşehir	-5,1	0	-6,5	0	-6,3	0	-7,3	0
Pınarbaşı	2,6	0,1	2,9	0,1	3,6	0,1	2,8	0,1
Sarız	-4,1	-0,1	-2,9	0	-3,2	-0,1	-4,1	-0,1
Sivas	-4,2	0	-3,6	0	-2,6	0	-3,3	0
Sorgun	-2,5	-0,1	-1,9	0	1,6	0	-1,5	0
Suğehri	2,7	0	1,5	0	-0,2	0	1,3	0
Tomarza	-3,3	0	-2,4	0	-2,6	-0,1	-3,1	0
Yozgat	-6,4	0	-6,7	0	-6,3	0	-6,7	0
Zara	0,3	0	0,6	0	0,9	0	1	0

regresyonu eğrisi ile çizilmiştir ve Şekil 2.23-2.30'da gösterilmiştir. Aylık zaman serileri ile oluşturulan yıllık verilerin sonuçları;

- Trend sonuç tablosunda (Tablo 2.21) açıkça görüldüğü üzere aylık ortalama nemde Avanos, Kayseri, Pınarbaşı, Suşehri %99 ve Tomarza'da %95 güven seviyesinde azalan trend tespit edilirken, Zara istasyonunda %99 seviyesinde artan trend mevcuttur.
- Aylık minimum nemde; Avanos, Gemerek, Kayseri, Sarız, Suşehri, Yozgat istasyonlarında %99 seviyesinde azalan trend vardır ve Develi, Sorgun ve Zara istasyonlarında ise artan trend mevcuttur.
- Aylık maksimum nemde ise; Avanos, Boğazlıyan, Develi, Kayseri, Nevşehir, Pınarbaşı, Suşehri, Yozgat istasyonlarında %99 seviyesinde azalan ve Gemerek ve Sarız istasyonlarında artan trend mevcuttur.
- Sıcaklık verilerinde yapılan trend analizinde ise ortalama, minimum ve maksimum değerleri kullanılmıştır. Kayseri istasyonundan minimum sıcaklıkta %99 güven aralığında artan trend tespit edilmiştir. %1-5 anlamlılık seviyesinde sıcaklıkta incelenen istasyonlarda Kayseri istasyonu dışında anlamlı değişim tespit edilmemiştir.
- Toplam Yağış değişkeninde ise aynı şekilde %1 ve 5 anlamlılık seviyesinde değişim tespit edilmemiştir.
- Ortalama rüzgar hızında ise; Divriği, Gemerek, Kayseri, Nevşehir, Pınarbaşı, Sivas, Sorgun, Tomarza, Yozgat, istasyonlarında % 99 seviyesinde azalan trend mevcuttur ve Boğazlıyan, Develi, Suşehri istasyonlarında %99 seviyesinde ve Zara istasyonunda %95 seviyesinde artan trend tespit edilmiştir.
- Rölatif nemde anlamlı trendler olmasına rağmen ortalama sıcaklık ve işba sıcaklığında hemen hemen hiç veya anlamlı trend yoktur(Şekil 2.23-2.30). İşba sıcaklığında sadece Avanos ve Suşehri istasyonlarında azalma trendi gözlenmiştir. Bu istasyonlar Yamula Barajına yakın istasyondur.
- Ayrıca Yamula Barajını çevresine ait hakim rüzgar yönleri verisi Tablo 2.27'da verilmiştir.

- Bütün bu sonuçlar gösteriyor ki rölatif nem için azalan trend rüzgar hızıyla ve mevcut yoğunluğuyla barajın güney batı yönünden gelen rüzgarlarla iç bölgelere doğru nemin hareketinden dolayıdır.

Sezonluk değerlerin istatistiki analizine bakıldığı zaman

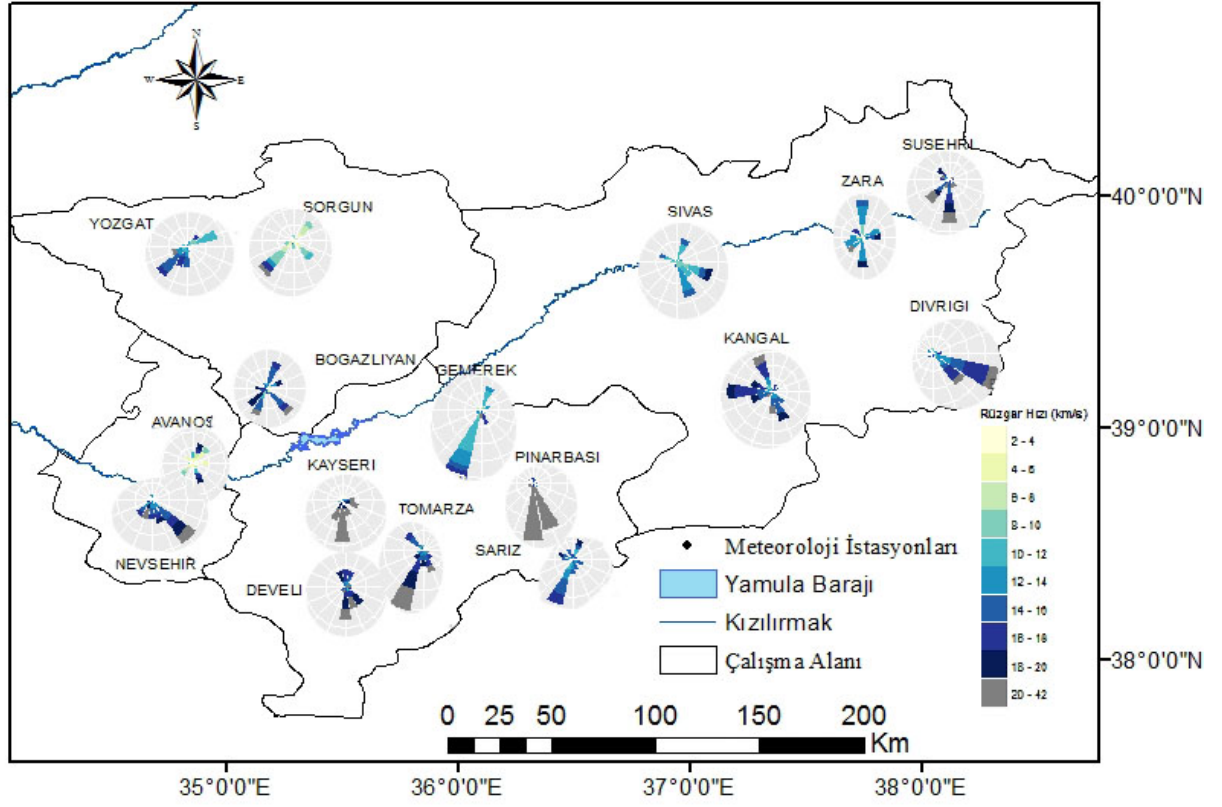
- Nem değerlerinde buharlaşmanın yoğun olduğu yaz döneminde ve yoğun yağmurların olduğu güz ve bahar dönemlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Maksimum Nem değerlerinde Gemerek, Sarız ve Tomarza istasyonlarında, Minimum Nem değerlerinde Boğazlıyan, Develi, Tomarza ve Zara istasyonlarında Bahar, yaz ve güz mevsimlerinde ve Ortalama nem de ise Boğazlıyan ve Zara istasyonlarında Güz ve Kış mevsimlerinde artışlar %95 ve %99 anlamlılık seviyelerinde artış tespit edilmiştir. Bu sonuçlar buharlaşmanın etkisini ve mevsimlerin daha ılıman (yumuşak) geçtiğini göstermektedir.
- Sıcaklık değerlerinde ise yaz bahar ve hatta kış sıcaklıklarında çoğu istasyonda artış gözlenmiştir. Ortalama sıcaklıklarda Avanos dışındaki bütün istasyonlarda yaz mevsim sıcaklıkları artış göstermiştir. Maksimum sıcaklıklarda da aynı şekilde yaz mevsiminde 10 istasyonda artış gözlenmiştir. Minimum sıcaklık değerinde ise yaz mevsiminde sıcaklık artışları dikkati çekmektedir.
- Toplam yağış değerlerinde ise %95 seviyesinde Sivas istasyonunda kışın artış ve Sorgun istasyonunda bahar mevsiminde azalış görülmektedir.
- Mevsimlik ortalama rüzgar hızı değerlerinde ise Boğazlıyan, Develi, Pınarbaşı ve Suşehri istasyonlarında artış gözlenmiştir. 10 istasyonda ise azalan değişimler tespit edilmiştir.

Tablolardan ve bahsedilen sonuçlardan anlaşıldığı üzere sonuçlar yorumlandığında, sıcaklık ve bunun sonucu olan buharlaşmanın artışı ile nem değerlerinde artış gözlenirken sıcaklığın artışı ile şehirleşmenin yoğun olduğu veya kurak olan Kayseri, Nevşehir, Pınarbaşı, Sorgun, Yozgat, Suşehri ve Avanos istasyonlarının olduğu bölgelerde nem değerlerinde azalış gözlenmiştir. Boğazlıyan istasyonun da etrafında mevcut olan baraj gibi su kaynaklarından dolayı nem artışı gözlenmiştir. İşba sıcaklığı zaman serilerinde

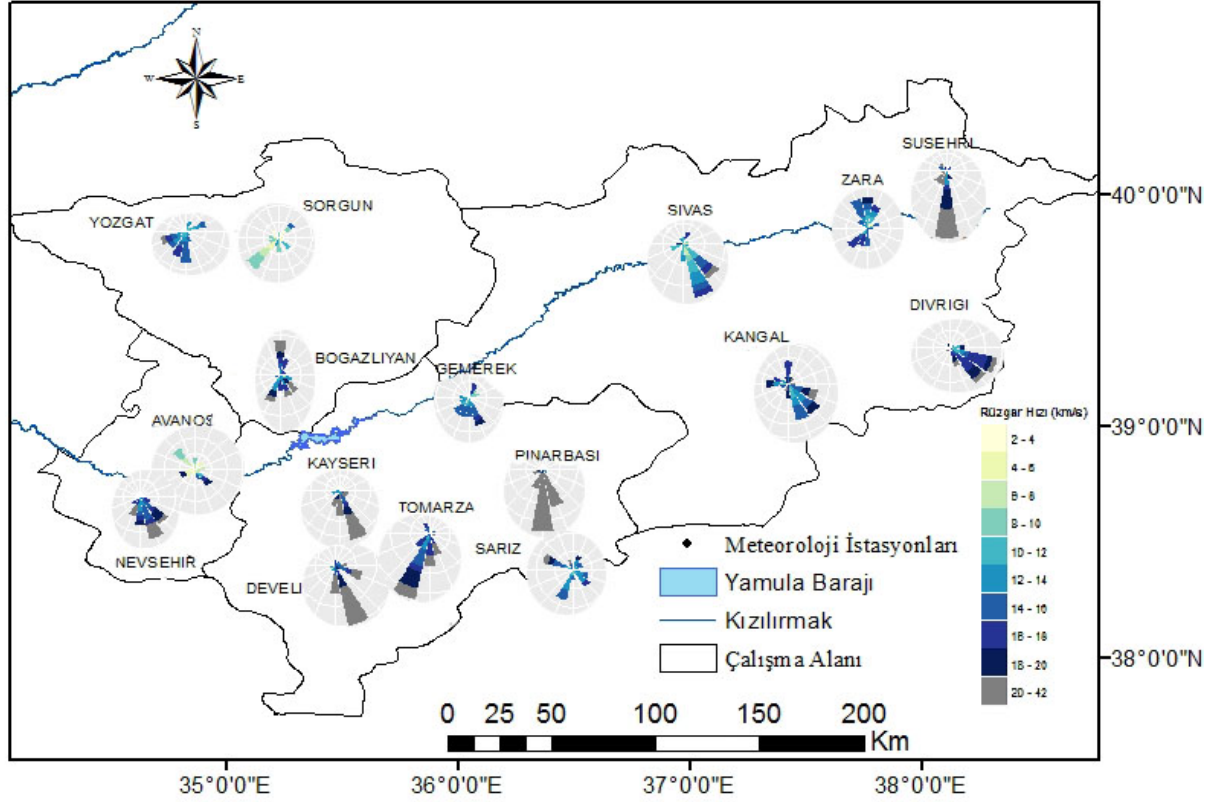
iki istasyonda azalan trend ve 4 istasyonda artan trend tespit edilmiştir (Tablo 2.26). Bu çalışma alanında istasyonlara ait baskın rüzgar yönü verisi incelenmiş ve grafikleri harita üzerinde gösterilmiştir. Nisan ve Eylül ayları arasında yüzey buharlaşma oranı yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Bu periyotta Kayseri istasyonunun aylık maksimum rüzgar yönünde %80 civarında güney doğu yönünden gelen rüzgarlar etkindir. Bu durum nem akışını artırmakta ve bölgedeki nem ve sıcaklık artışlarını engellemektedir.

2.4.2. Zaman Serilerinin ARIMA Modelleri ile Modellenmesi ile Elde Edilen Sonuçlar

Zaman serileri 2004 yılı öncesi ve sonrası olarak iki zaman serisine ayrılmıştır. 2004 yılı öncesi zaman serileri kullanılarak herbir istasyon için uygun ARIMA modelleri kullanılarak modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından modeller ile 2004 yılı sonraki gelecek 10 yıla ait veriler %99,5 seviyesinde tahmin edilmiştir. Aylık ortalama nem zaman serileri için elde edilen sonuçlar EK-3’de verilmiştir.

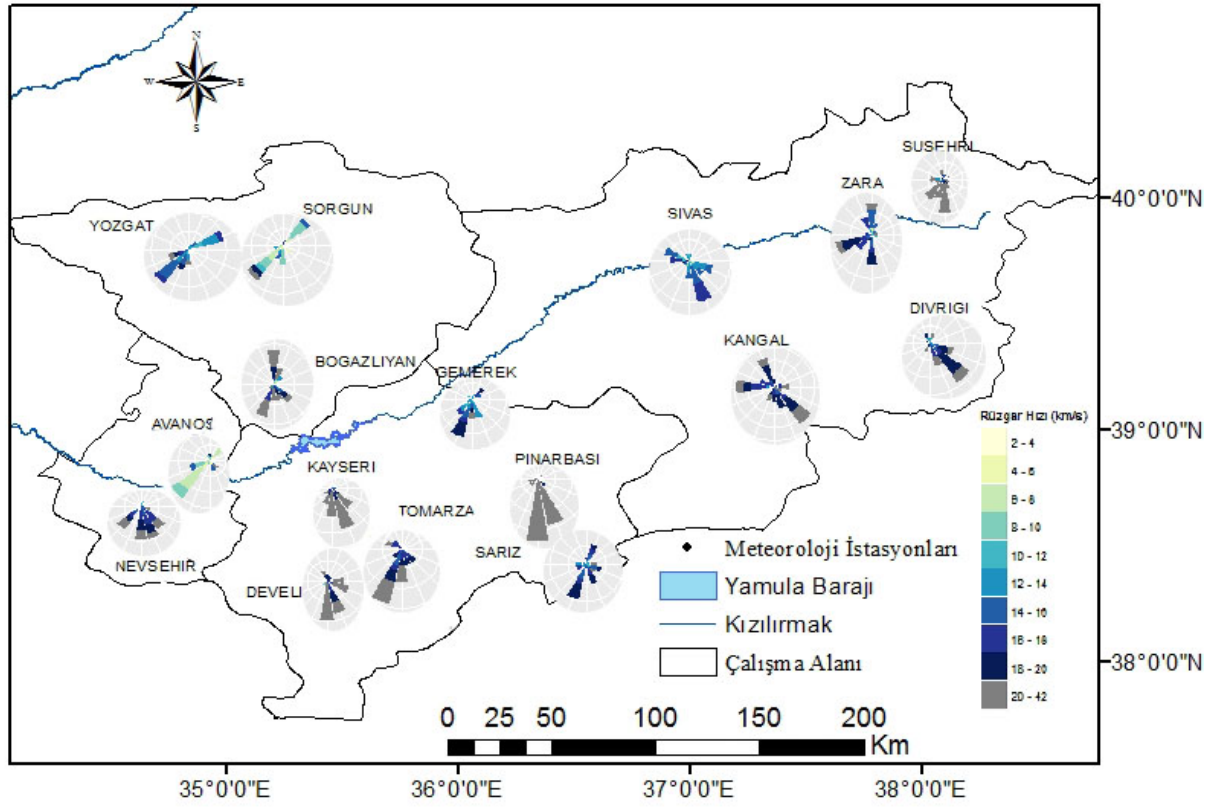


(a) Ocak

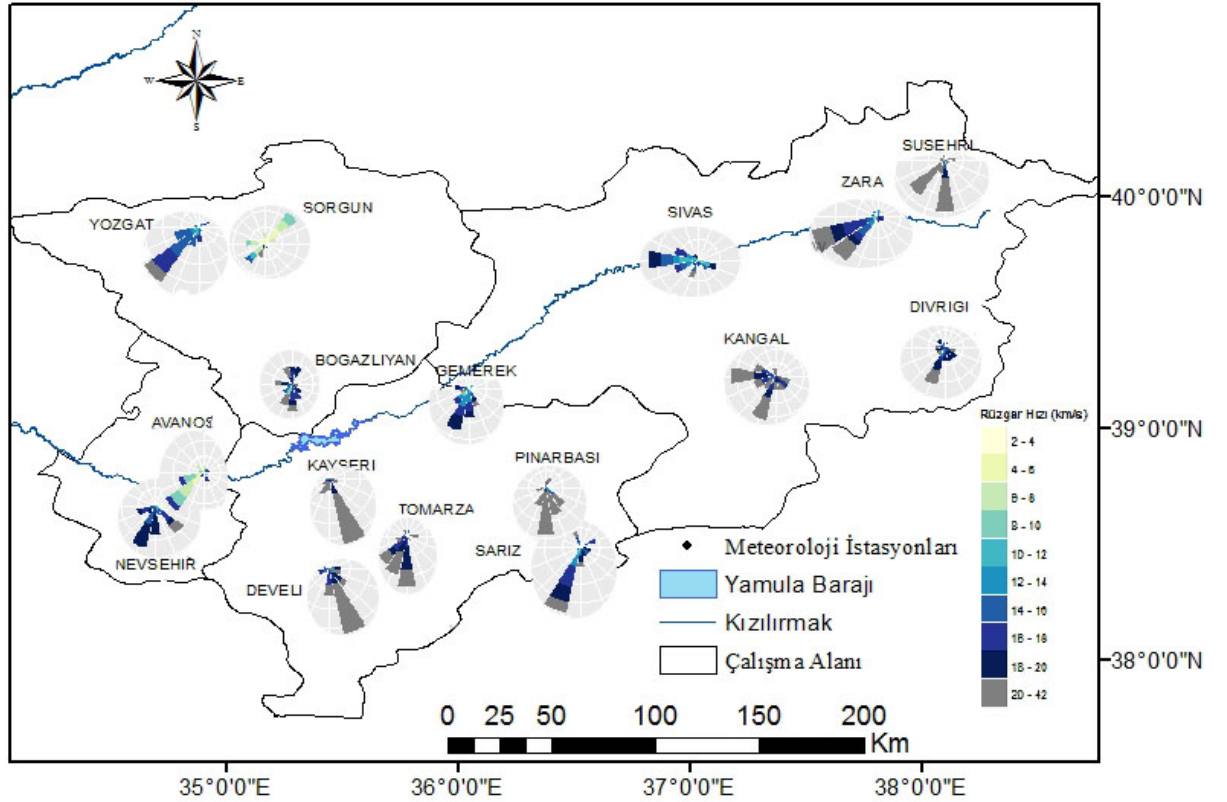


(b) Şubat

Şekil 2.17. Ocak ve Şubat aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.

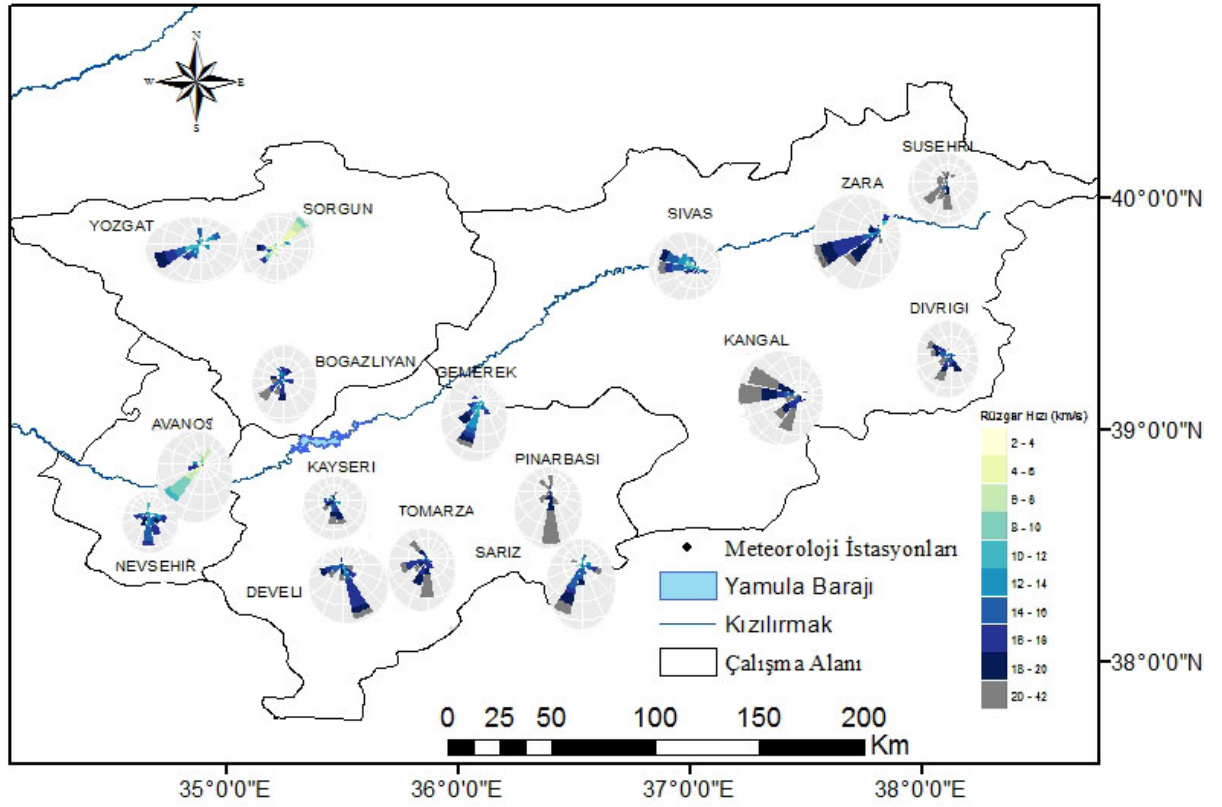


(a) Mart

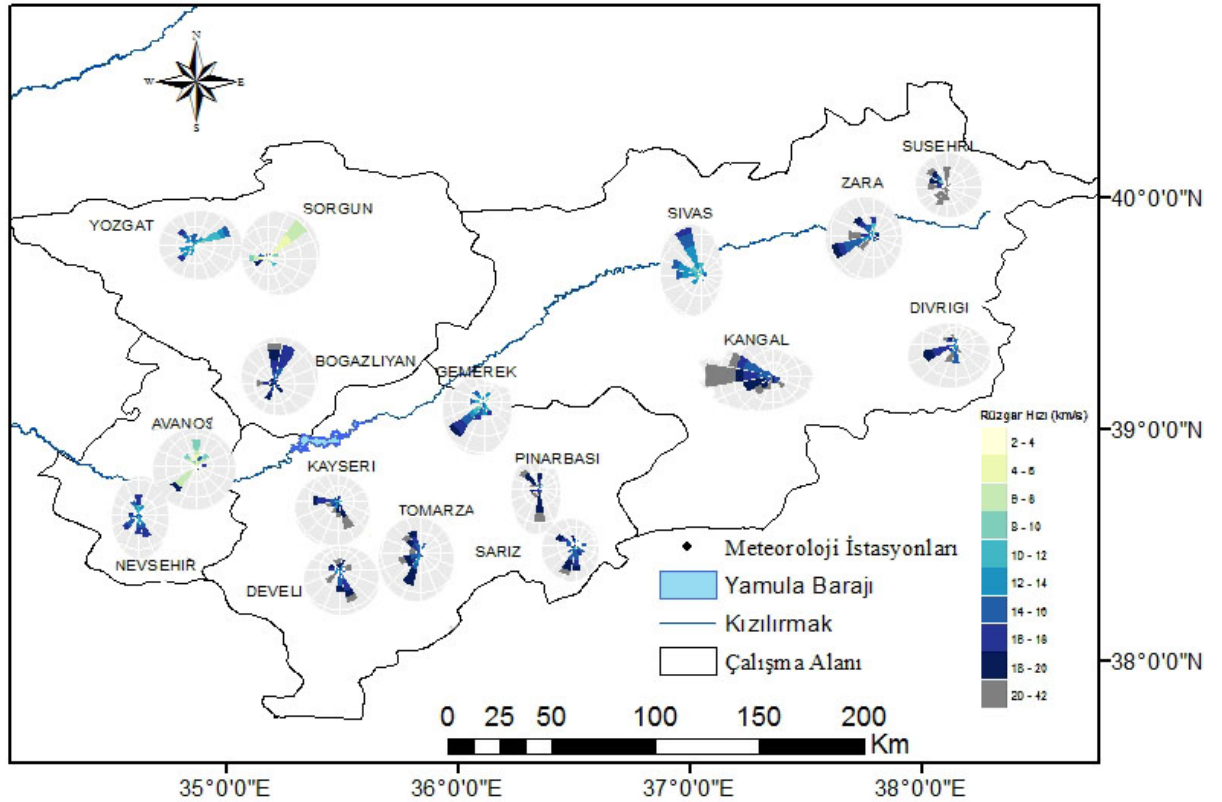


(b) Nisan

Şekil 2.18. Mart ve Nisan aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.

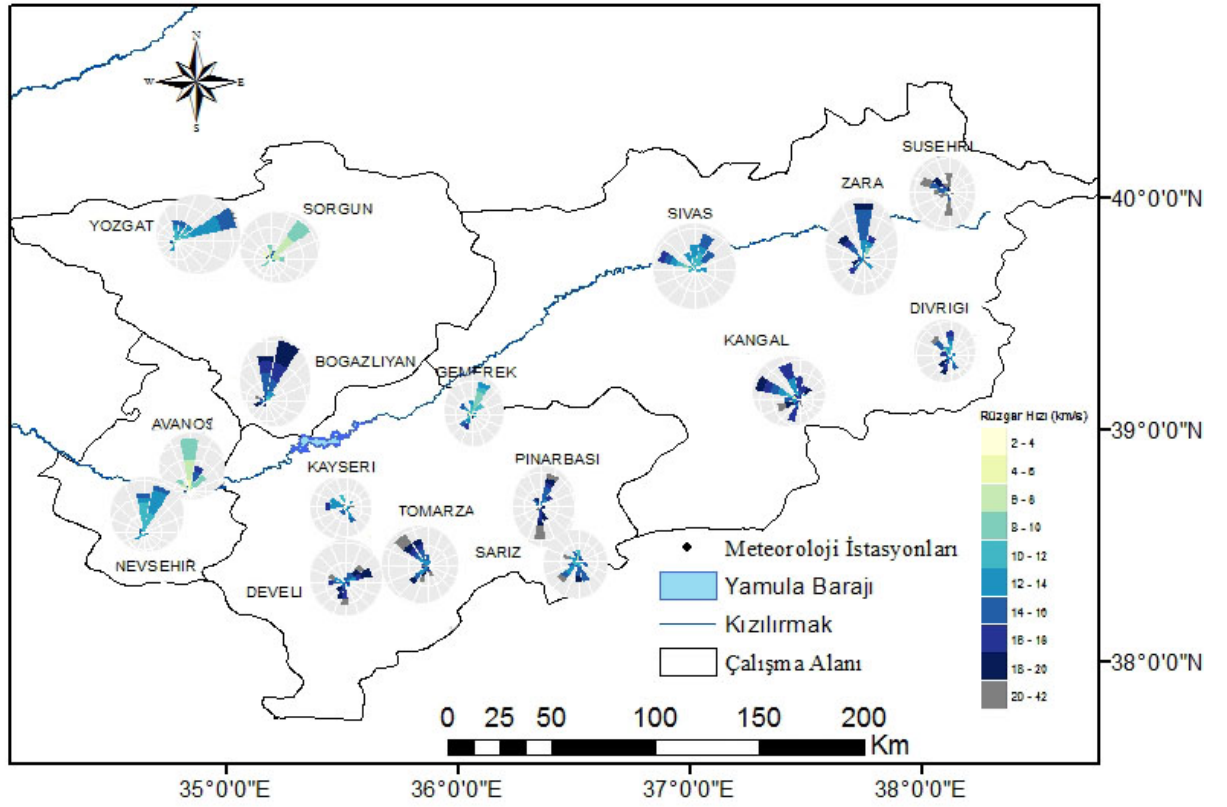


(a) Mayıs

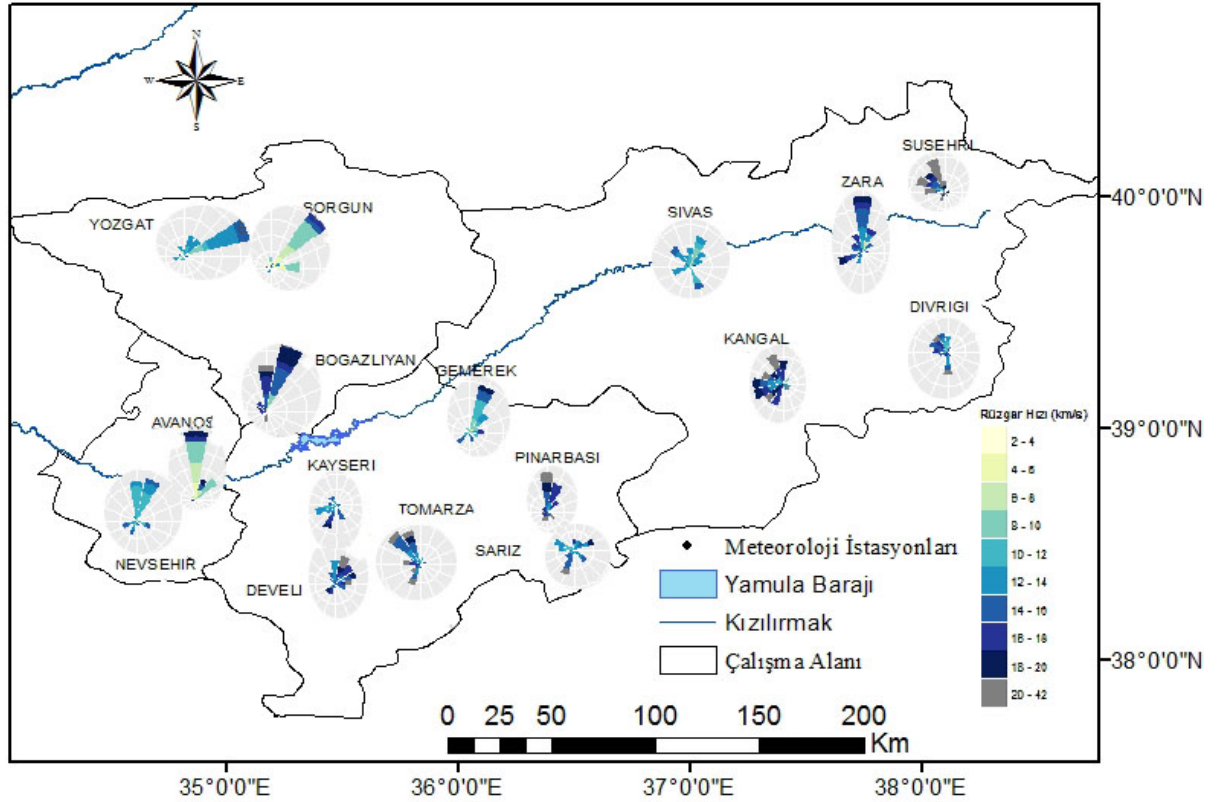


(b) Haziran

Şekil 2.19. Mayıs ve Haziran aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.

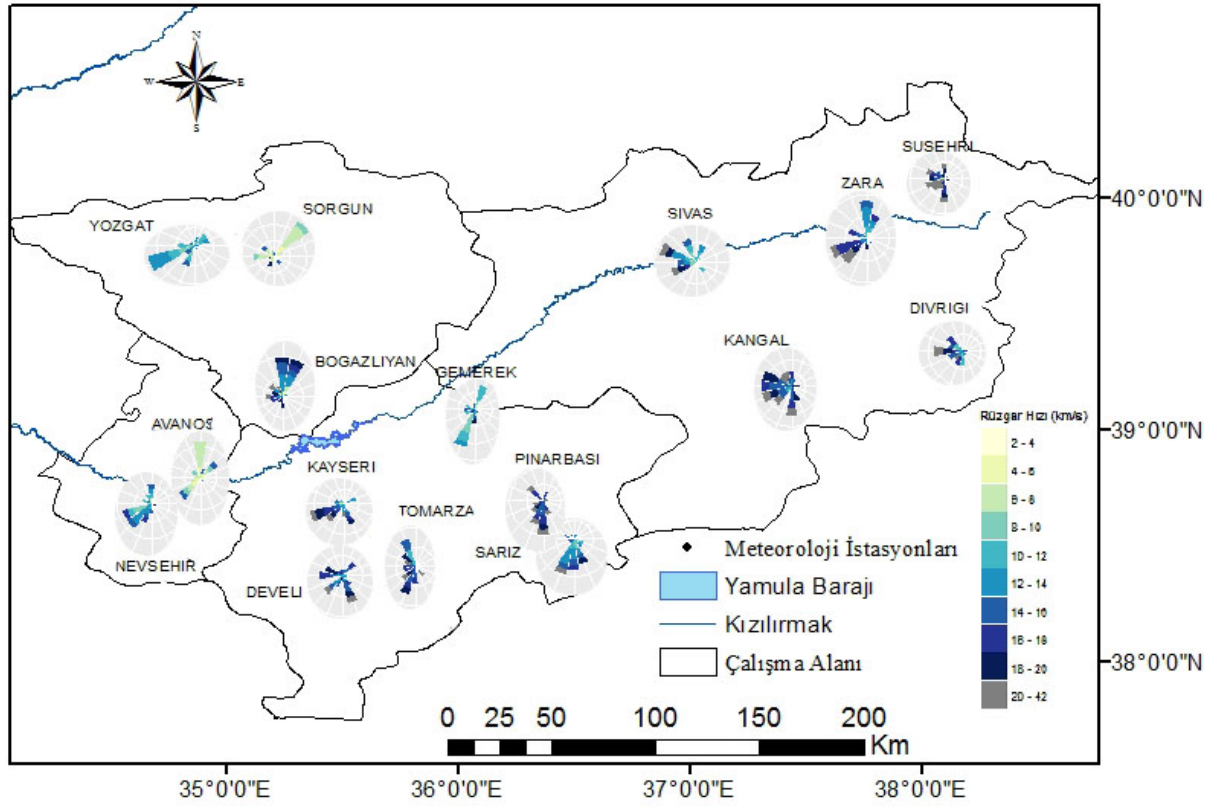


(a) Temmuz

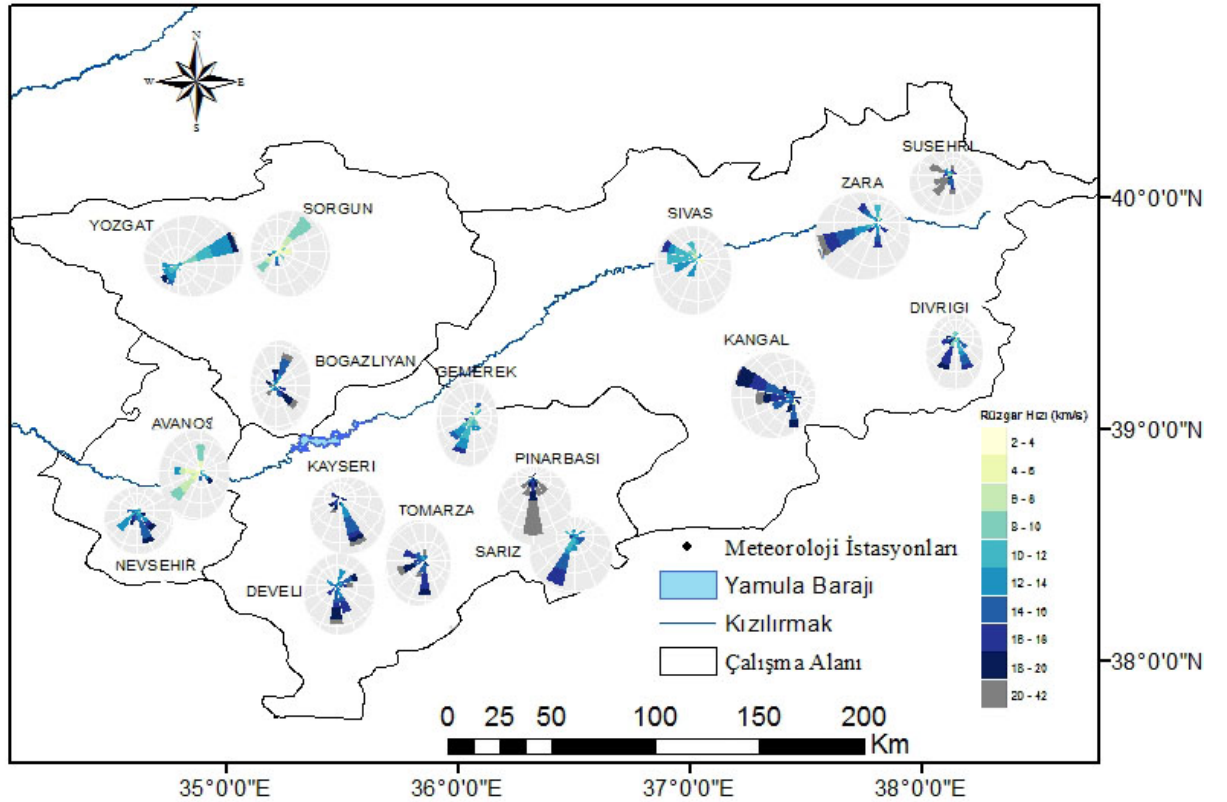


(b) Ağustos

Şekil 2.20. Temmuz ve Ağustos aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.

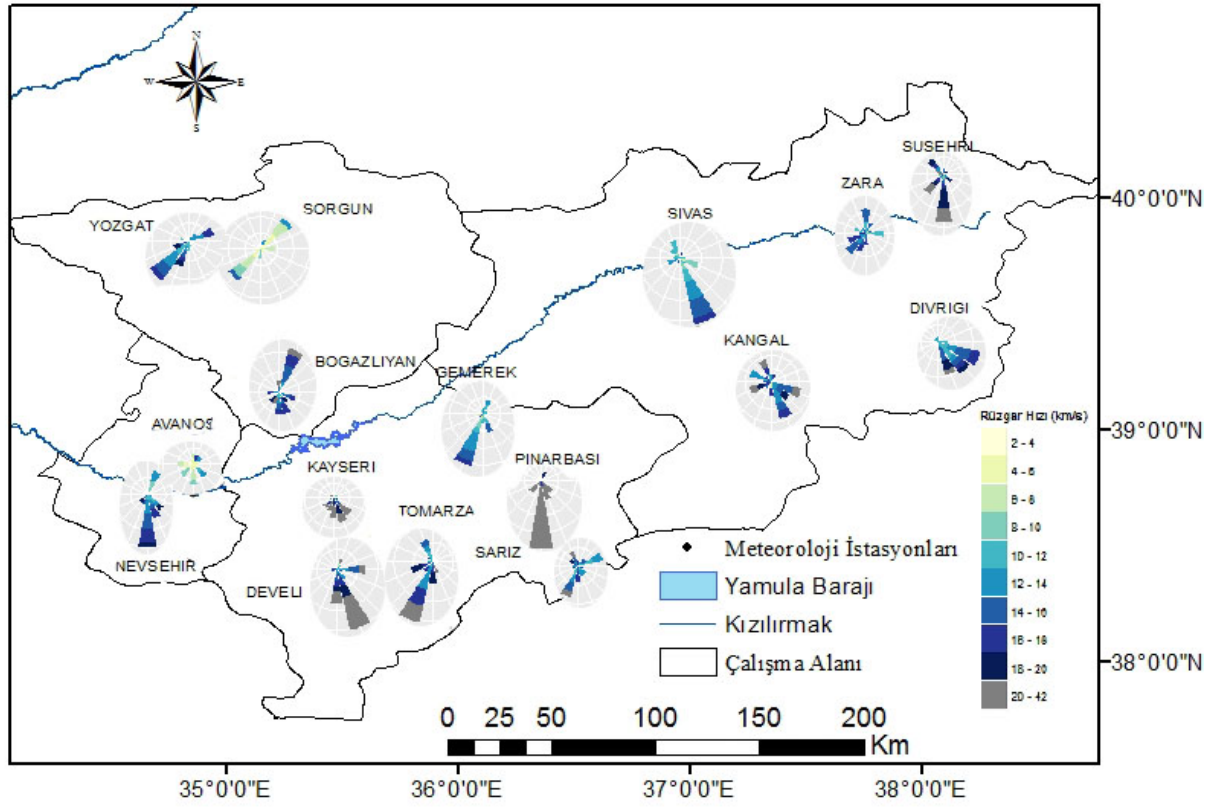


(a) Eylül

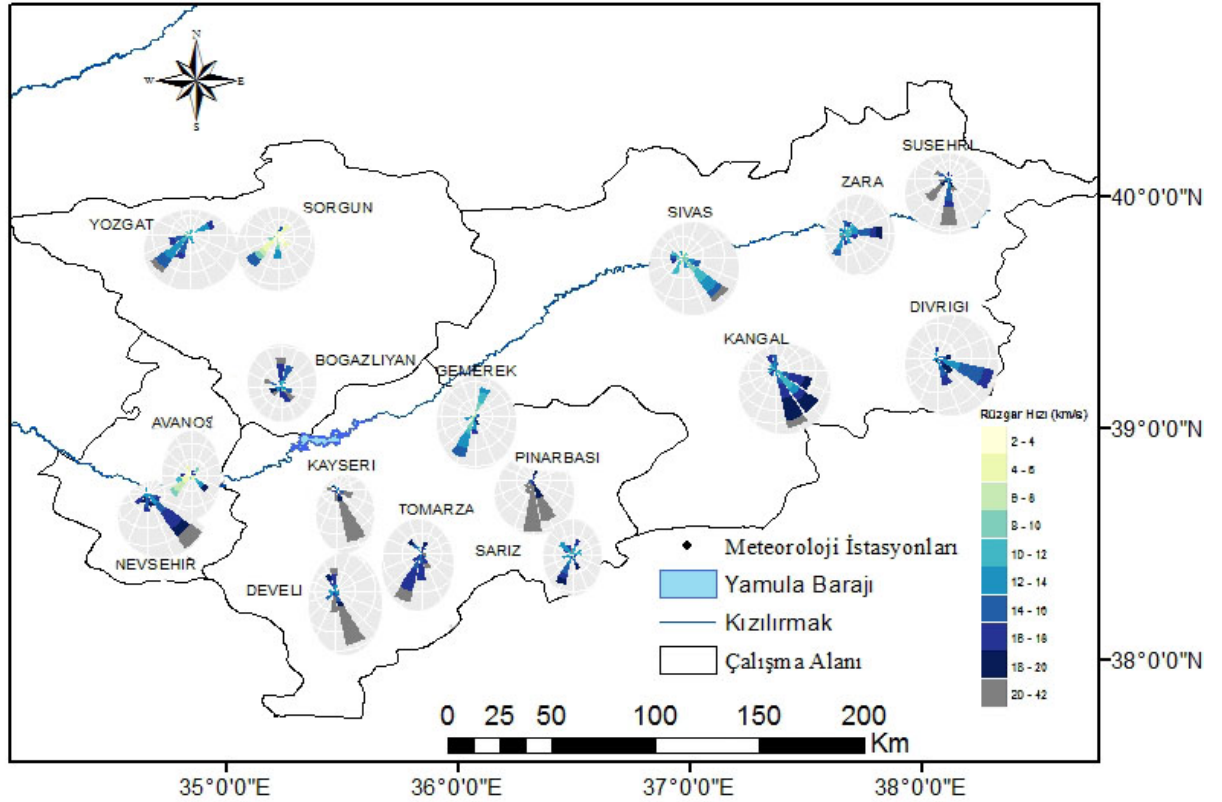


(b) Ekim

Şekil 2.21. Eylül ve Ekim aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.

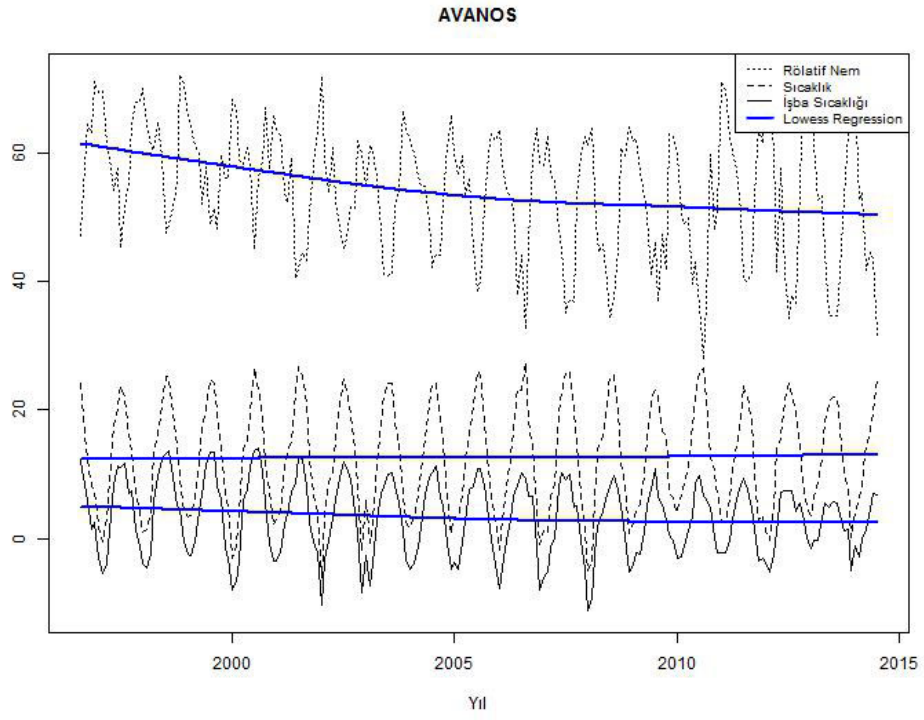


(a) Kasım

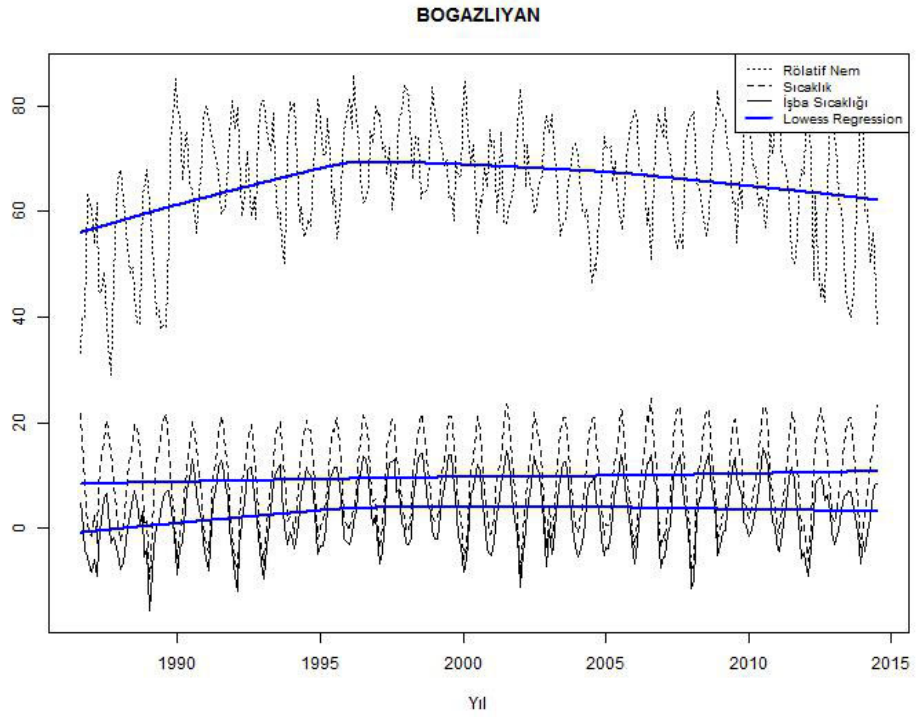


(b) Aralık

Şekil 2.22. Kasım ve Aralık aylarına ait istasyonların maksimum rüzgar yönleri.

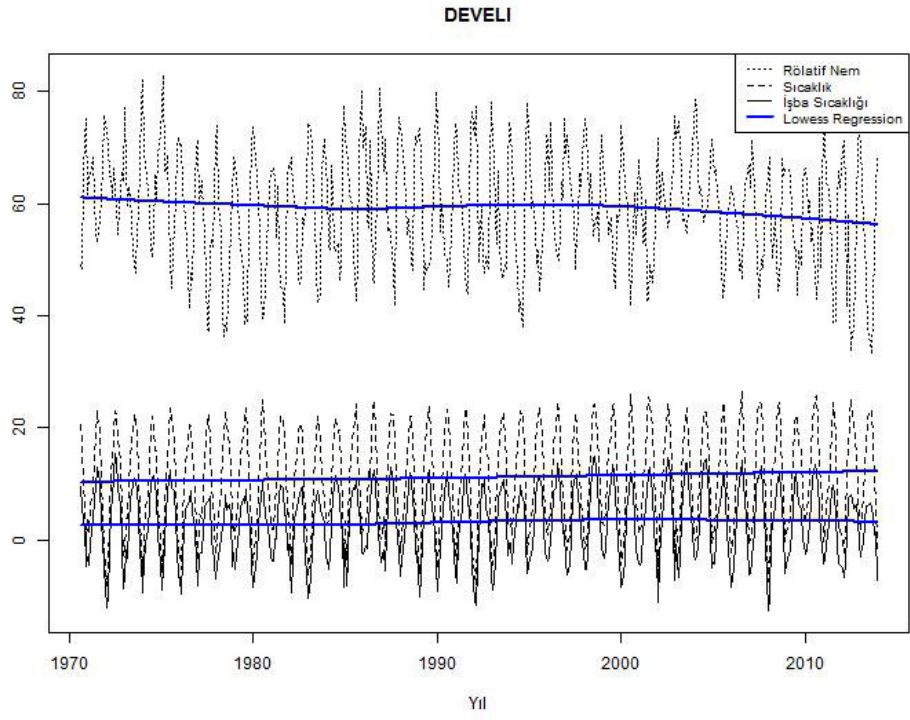


(a) Avanos

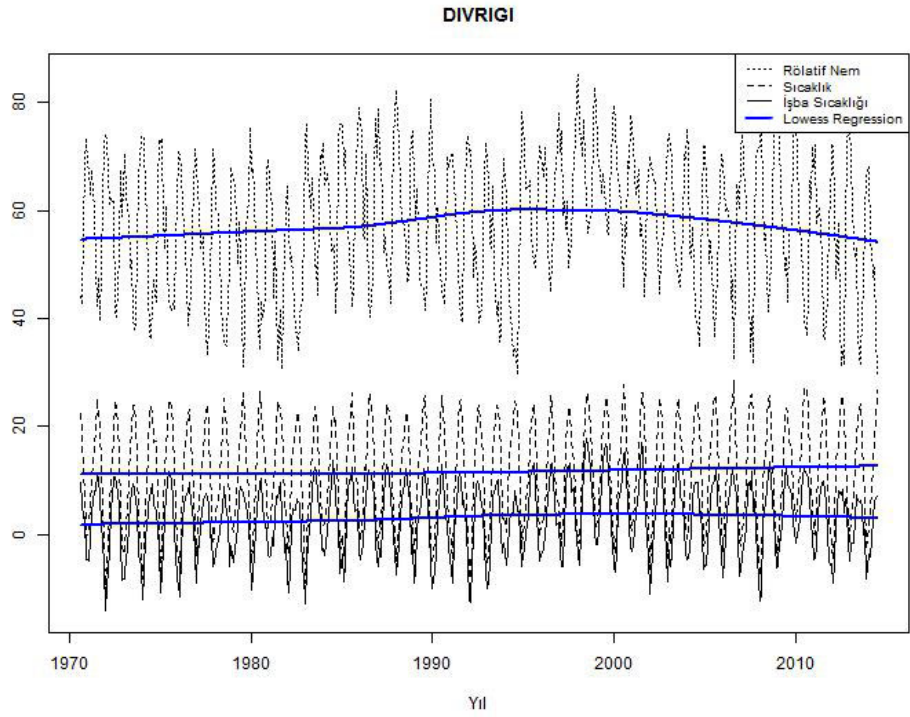


(b) Boğazlıyan

Şekil 2.23. Avanos ve Boğazlıyan meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).

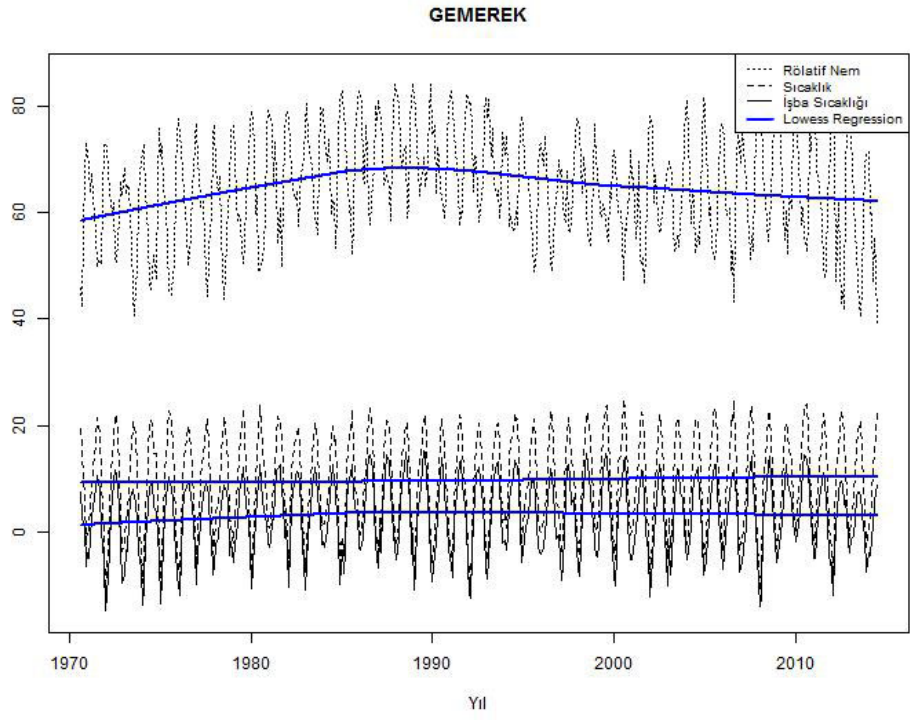


(a) Develi

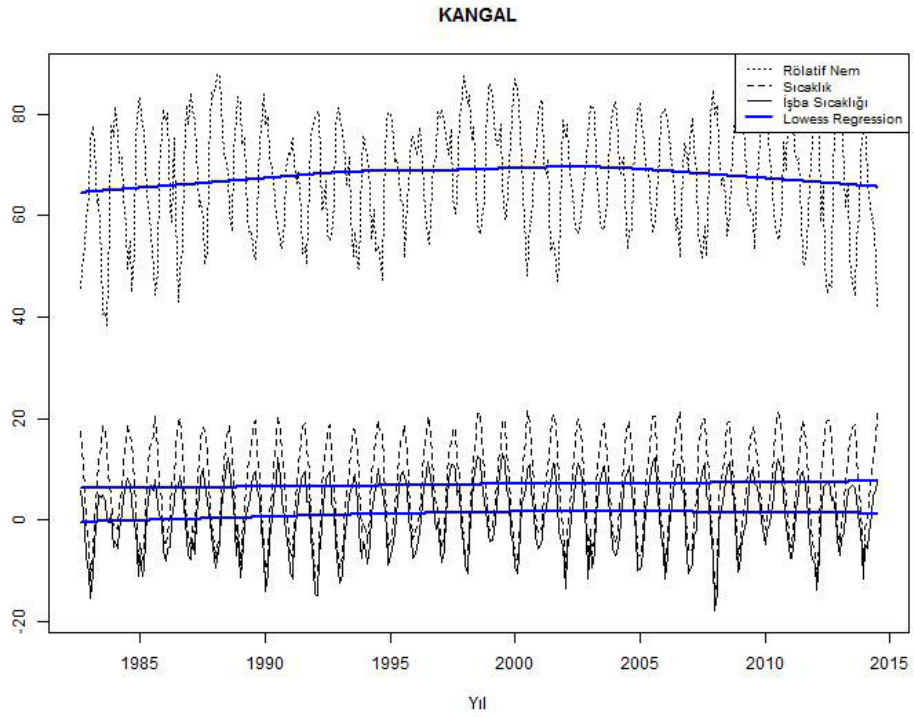


(b) Divriği

Şekil 2.24. Develi ve Divriği meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).

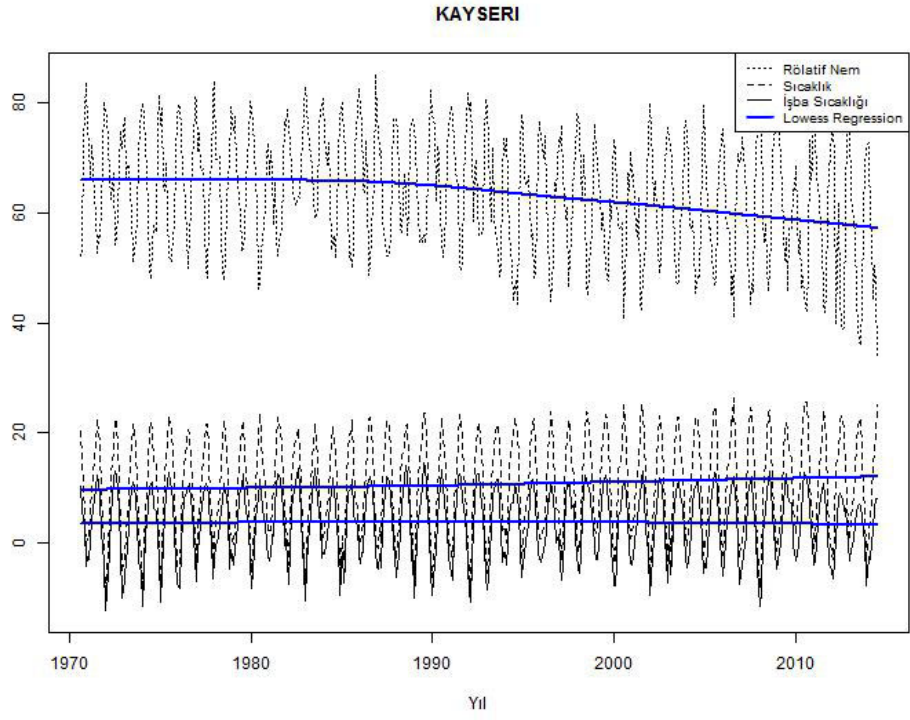


(a) Gemerek

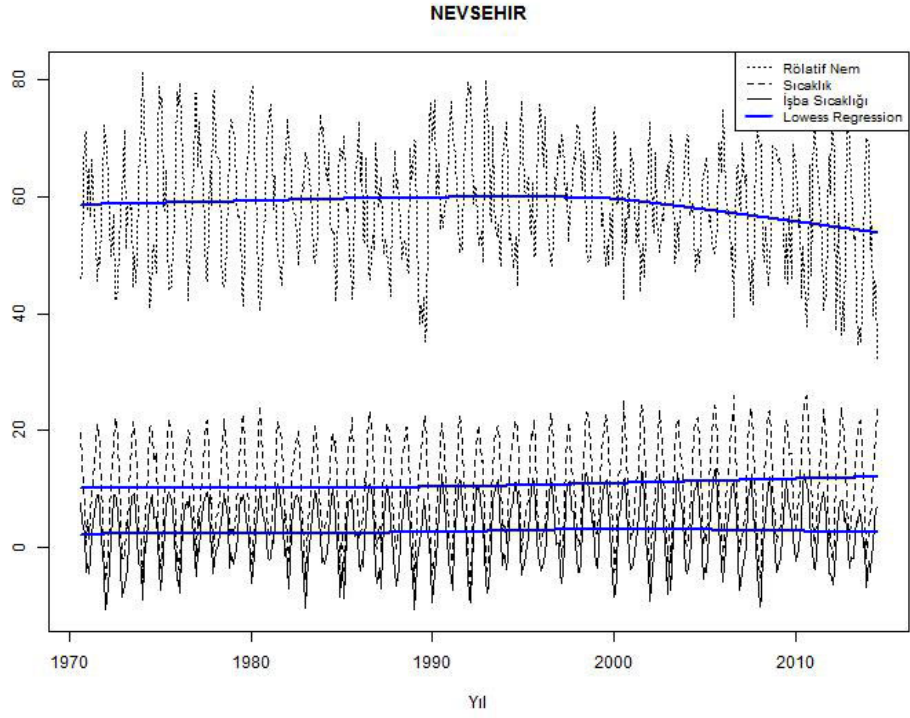


(b) Kangal

Şekil 2.25. Gemerek ve Kangal meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).

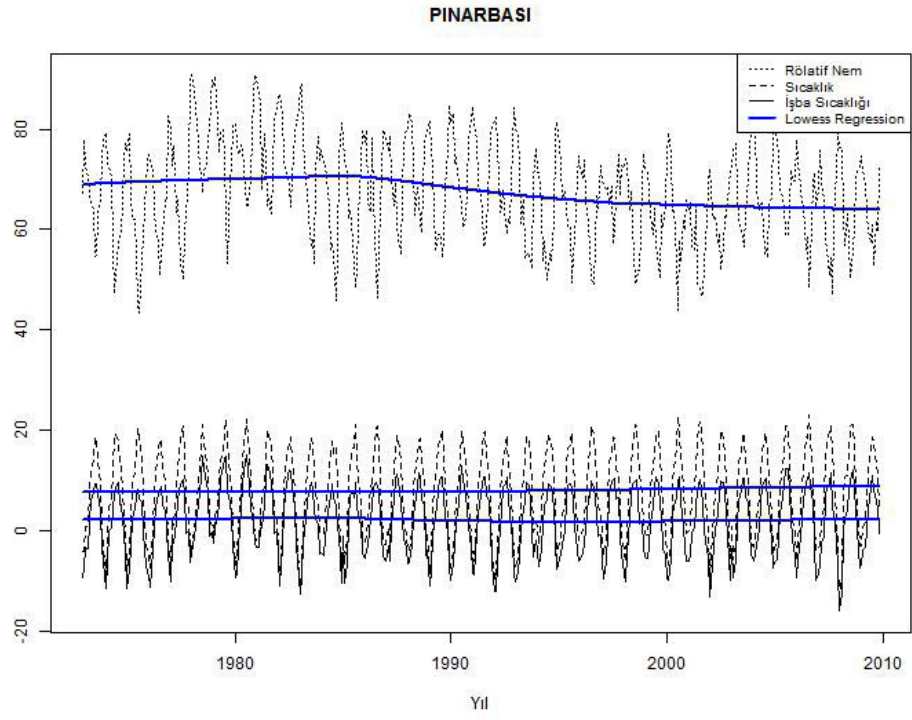


(a) Kayseri

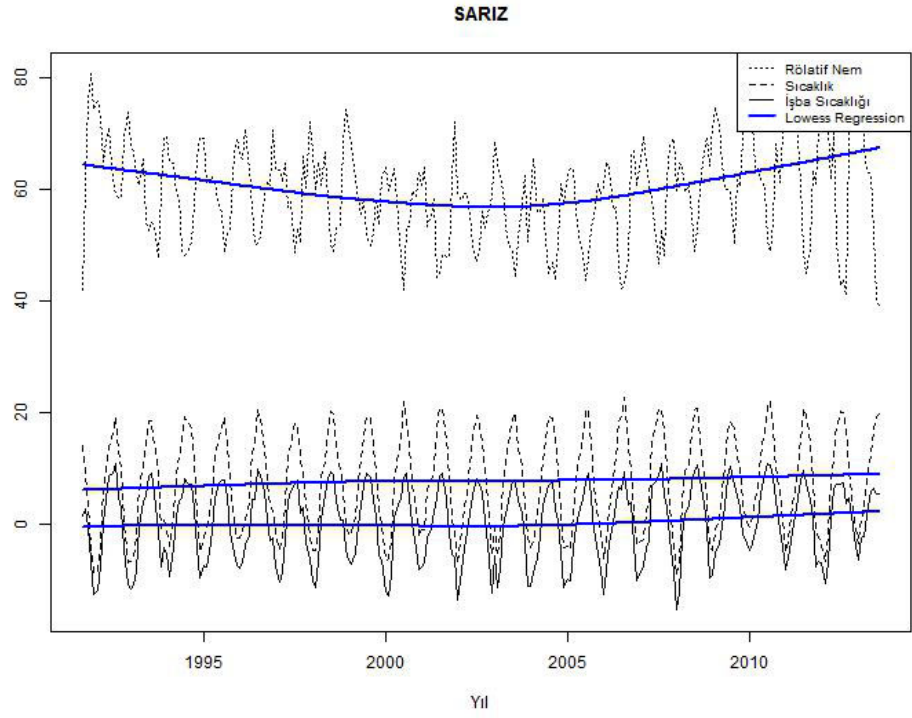


(b) Nevşehir

Şekil 2.26. Kayseri ve Nevşehir meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).

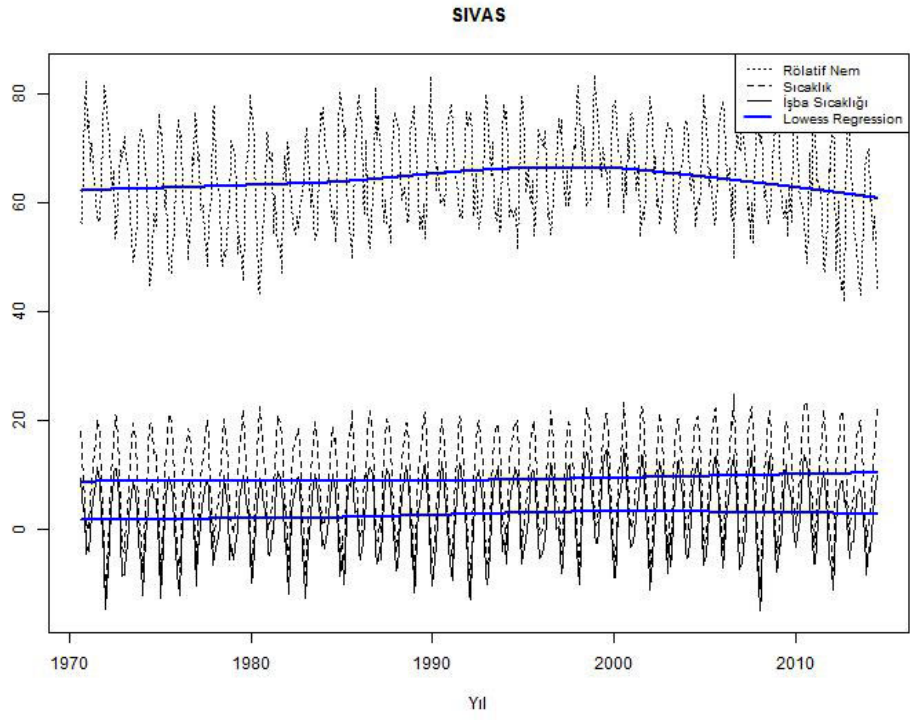


(a) Pınarbaşı

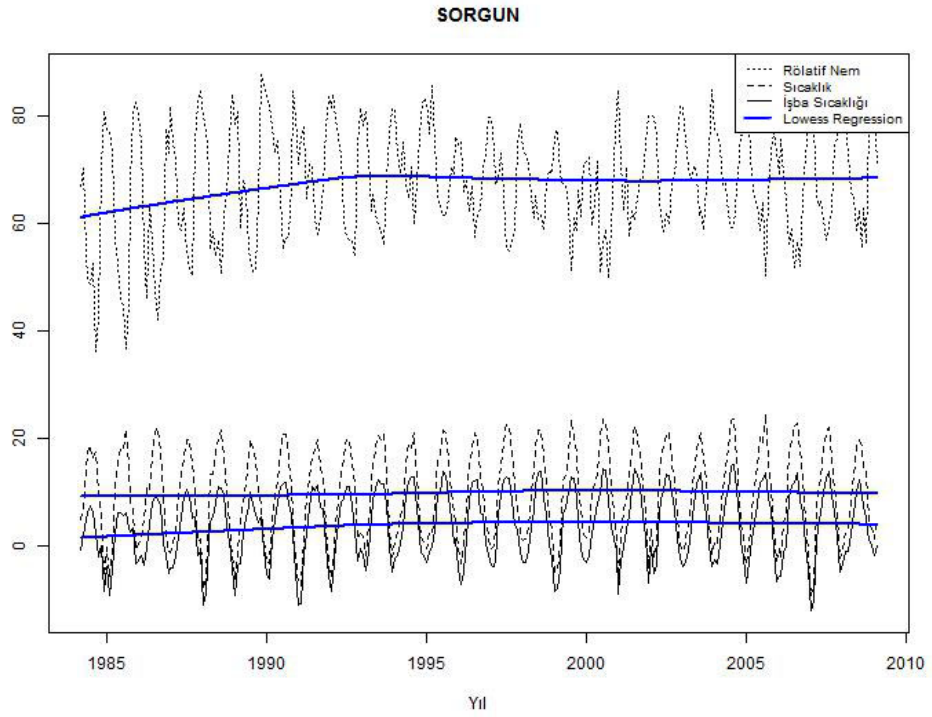


(b) Sarız

Şekil 2.27. Pınarbaşı ve Sarız meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomial regresyon eğrisi(mavi çizgi).

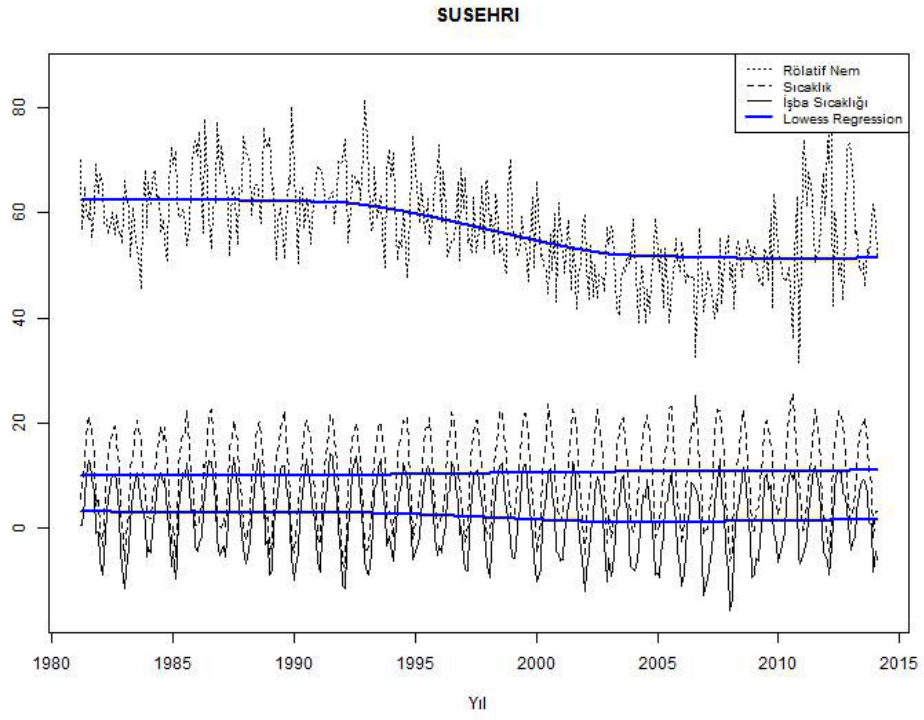


(a) Sivas

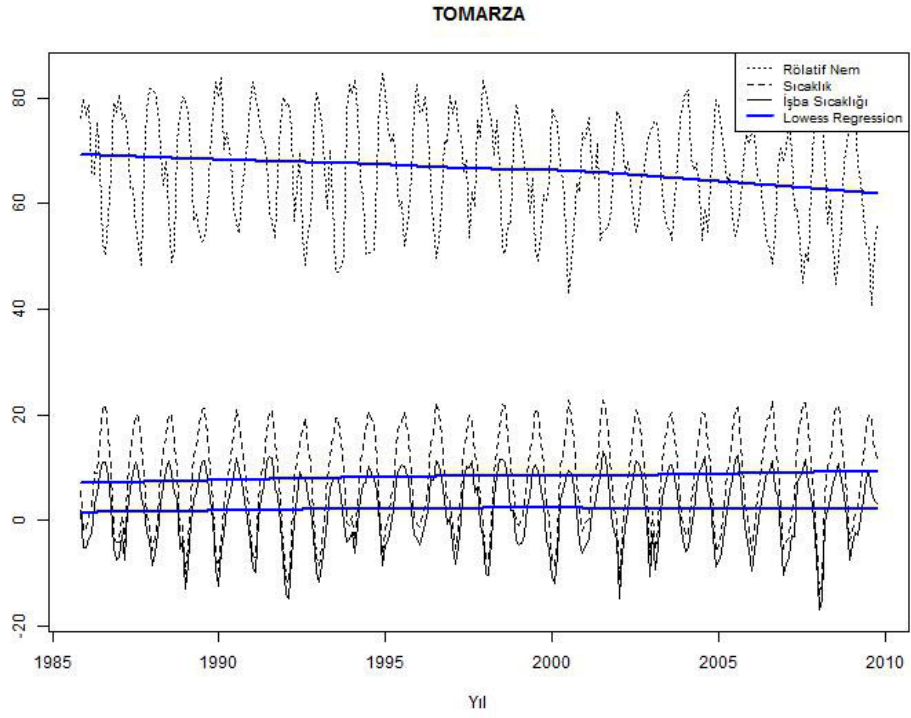


(b) Sorgun

Şekil 2.28. Sivas ve Sorgun meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomiyal regresyon eğrisi(mavi çizgi).

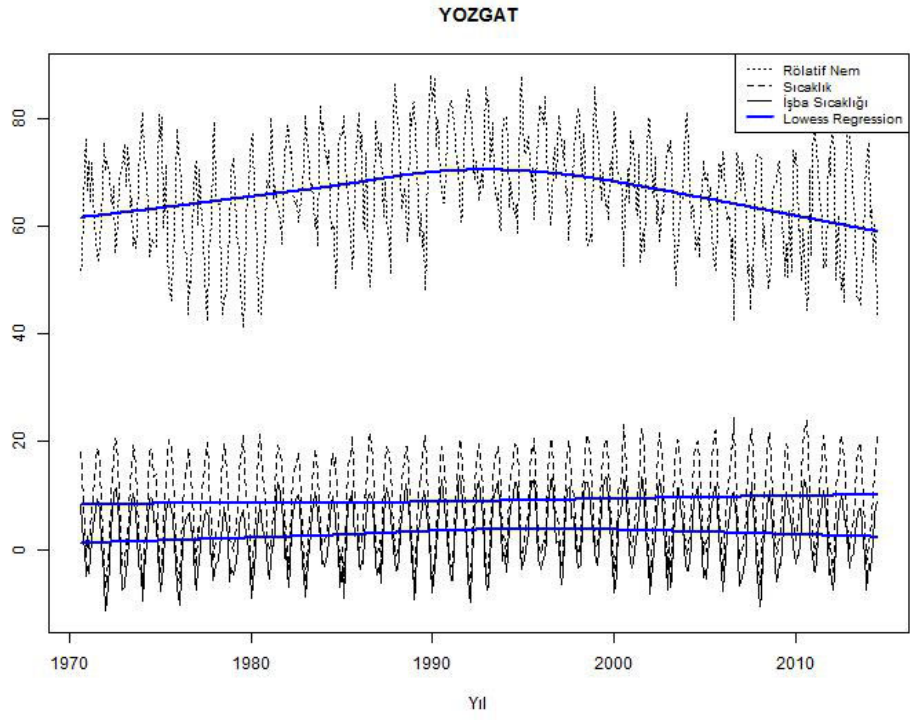


(a) Suşehri

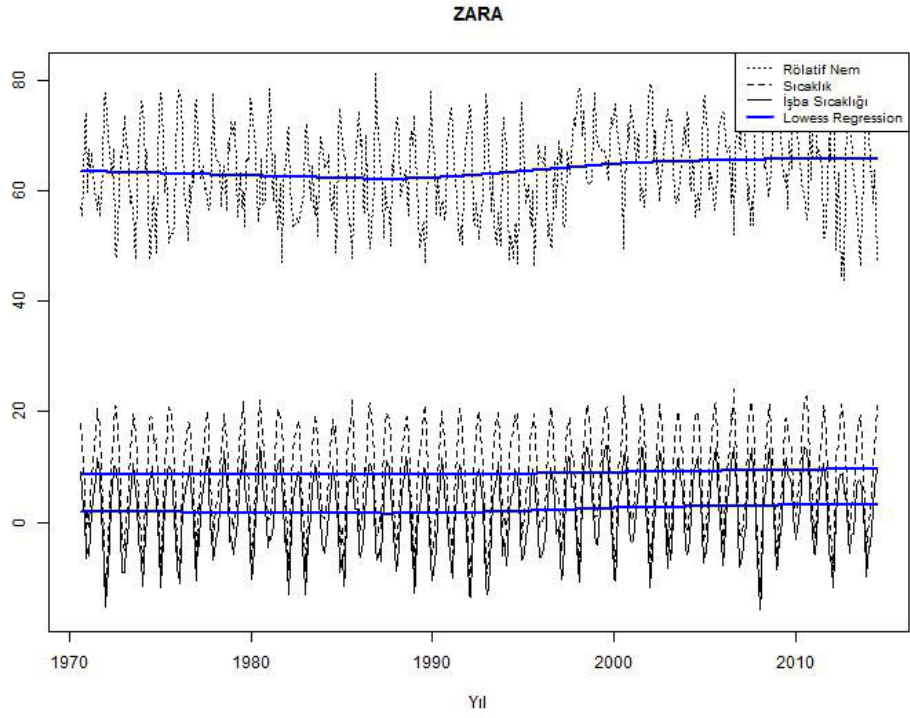


(b) Tomarza

Şekil 2.29. Suşehri ve Tomarza meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomial regresyon eğrisi(mavi çizgi).



(a) Yozgat



(b) Zara

Şekil 2.30. Yozgat ve Zara meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve lokal ağırlıklı polinomial regresyon eğrisi(mavi çizgi).

3. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

3.1. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Tez çalışması kapsamında arazi kullanım değişiminin iklime olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla Yamula Barajı ve çevresi çalışma alanı olarak tespit edilmiş ve barajın bölge iklimine olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla öncelikle Yamula barajı çevresinde havza alanı tespiti ile çalışma alanı belirlenmiştir. Tez kapsamında, çalışma alanında arazi kullanım değişimi incelenmiş ve arazi kullanım değişiminin iklime olan etkilerinin değerlendirilmesi araştırılmıştır. Bu aşamada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- Çalışma alanındaki Yamula Barajı'nın yapılmadan önceki ve yapıldıktan sonraki dönemlere ait uydu görüntüleri yardımıyla bölgenin arazi kullanım arazi örtüsü sınıfları elde edilmiştir. Arazi kullanım/arazi örtüsünde büyük sistematik değişimler olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında 2000 ile 2011 yılları arasında sırasıyla su alanları; %872 artışla 7.767 dekardan 75.524 dekara, tarım alanları ise %15 artışla 175.486 dekardan 201.418 dekara çıkmıştır.
- Çalışma alanındaki arazi kullanım verileri ile akış ölçümü yapılmayan havzalarda akış tahmini için "Ağırlıklı Eğri Numarası" hesabı yapılmıştır. Her bir alt havza için hesaplanan "Ağırlıklı Eğri Numarası" hesabındaki yoğun hesaplamalar için ArcGIS 10.4 programı üzerinde Python dilinde yazılım geliştirilmiştir.
- Yamula barajı çevresinde Kayseri, Sivas, Yozgat ve Nevşehir şehirlerinde bulunan 16 istasyondan alınan 15-44 yıllık meteorolojik veriler üzerinde trend testi uygulanmış ve sonuçlar tablolar halinde verilmiştir. Trend testi uygulamadan önce otokorelasyon

fonksiyonu (ACF) ile zaman serilerinde hesaplanan otokorelasyon değerlerinin incelenmesi ile zaman serilerinde seri korelasyon etkisinin %5 anlamlılık seviyesinde önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Seri korelasyon etkisini yok etmek için zaman serilerine ön beyazlatma (pre-whitening) tekniği uygulanmıştır. Ardından ön-beyazlatma uygulanmış serilere anlamlı trend varlığını tespit için Mann Kendall trend analizi uygulanmıştır. Bu trend analizi sonucunda %95 ve %99 güven aralığında anlamlı artan ve azalan monotonik trendler tespit edilmiştir. Zaman serileri olarak kaydedilen meteorolojik değişkenler grafik gösterimleri sonucunda tespit edilen sürekli azalma veya sürekli artma eğilimlerinin sayısal olarak tespiti için trend (değişim, eğilim) analizleri gerçekleştirilmiştir. Trend analizi ile uzun yıllar boyunca kaydedilmiş klimatolojik verilerin üzerinde var olan sürekli artan veya sürekli azalan değişimlerin yönleri ve miktarları belirlenmiştir.

- Trend sonuç tablolarından (Tablo 2.17-2.20) açıkça görüldüğü üzere aylık ortalama nemde Avanos, Kayseri, Pınarbaşı, Suşehri istasyonlarında %99, Tomarza'da %95 güven seviyesinde azalan trend tespit edilirken, Zara istasyonunda %99 seviyesinde artan trend tespit edilmiştir. Aylık minimum nemde; Avanos, Gemerek, Kayseri, Sarız, Suşehri, Yozgat istasyonlarında %99 seviyesinde azalan trend, Develi, Sorgun ve Zara istasyonlarında ise artan trend mevcuttur. Aylık maksimum nemde ise; Avanos, Boğazlıyan, Develi, Kayseri, Nevşehir, Pınarbaşı, Suşehri, Yozgat istasyonlarında %99 seviyesinde azalan, Gemerek ve Sarız istasyonlarında artan trend mevcuttur.
- Sıcaklık verilerinde yapılan trend analizinde (Tablo 2.18) ise ortalama, minimum ve maksimum değerleri kullanılmıştır. Kayseri istasyonundan minimum sıcaklıkta %99 güven aralığında artan trend tespit edilmiştir. %1-5 anlamlılık seviyesinde sıcaklıkta incelenen istasyonlarda Kayseri istasyonu dışında anlamlı değişim tespit edilmemiştir.
- Toplam yağış (Tablo 2.19) değişkeninde ise sıcaklık verilerinde olduğu gibi aynı şekilde %1 ve 5 anlamlılık seviyesinde değişim tespit edilmemiştir.
- Ortalama rüzgar hızında (Tablo 2.20) ise; Divriği, Gemerek, Kayseri, Nevşehir, Pınarbaşı, Sivas, Sorgun, Tomarza, Yozgat, istasyonlarında %99 seviyesinde azalan trend, Boğazlıyan, Develi, Suşehri istasyonlarında %99 seviyesinde artan, Zara istasyonunda %95 seviyesinde artan trend tespit edilmiştir.

- Mevsimlik değerlerin istatistiki analiz sonuçları (Tablo 2.22-2.25) dikkate alınırsa nem değerlerinde buharlaşmanın yoğun olduğu yaz döneminde ve yoğun yağmurların olduğu güz ve bahar dönemlerinde artış gözlenmiştir. Maksimum nem değerlerinde Gemerek, Sarız ve Tomarza istasyonlarında, minimum nem değerlerinde Boğazlıyan, Develi, Tomarza ve Zara istasyonlarında bahar, yaz ve güz mevsimlerinde; ortalama nem de ise Boğazlıyan ve Zara istasyonlarında güz ve kış mevsimlerinde artışlar %95 ve %99 güven aralığında artış tespit edilmiştir. Bu sonuçlar buharlaşmanın etkisini ve mevsimlerin daha ılıman (yumuşak) geçtiğini göstermektedir.
- Sıcaklık değerlerinde ise yaz bahar ve hatta kış sıcaklıklarında çoğu istasyonda artış gözlenmiştir. Ortalama sıcaklıklarda Avanos dışındaki bütün istasyonlarda yaz mevsim sıcaklıkları artış göstermiştir. Maksimum sıcaklıklarda da aynı şekilde yaz mevsiminde 10 istasyonda artış gözlenmiştir. Minimum sıcaklık değerinde ise yaz mevsiminde sıcaklık artışları dikkati çekmektedir.
- Toplam yağış değerlerinde ise %95 seviyesinde Sivas istasyonunda kışın artış ve Sorgun istasyonunda bahar mevsiminde azalış görülmektedir.
- Mevsimlik ortalama rüzgar hızı değerlerinde ise Boğazlıyan, Develi, Pınarbaşı ve Suşehri istasyonlarında artış gözlenmiştir. 10 istasyonda ise azalan değişimler tespit edilmiştir.
- Nem ve sıcaklık değerlerindeki değişimi anlamak ve yorumlamak için maksimum rüzgar yönü analizi incelenmiştir. Yamula barajı etrafındaki Boğazlıyan ve Kayseri istasyonları incelendiğinde; Boğazlıyan istasyonunda nem artışı gözlemlenirken Kayseri istasyonunda nemde azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Bu durumun nedeni rüzgar yönü analizi haritaları incelendiğinde anlaşılmaktadır. Kayseri istasyonunda aylık baskın rüzgar yönleri incelendiğinde %83 oranında güneyden ve güney doğudan özellikle 145°-169° derecelere karşılık gelen South-southeast (SSE) yönünden esen rüzgarların hakim olduğu görülmektedir. Rüzgar yönleri analizi ile Boğazlıyan istasyonunda nem değerlerindeki artışın Yamula Baraj gölet alanında meydana gelen buharlaşma ile oluşan nemin taşınmasının sebep olduğu anlaşılmaktadır.
- Meteorolojik istasyonlara ait zaman serileri üzerinde modelleme çalışması ARIMA modelleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen aylık ortalama nem değerlerinin

ARIMA modelleri ile tahmin edilen değerler grafikleri EK-3'da verilmiştir. Grafikler incelendiğinde her istasyona uygun olarak geliştirilen modellerin tahmin ettiği gelecek değerler ile kontrol amaçlı kullanılan değerler arasındaki korelasyonların yüksek olduğu görülmüştür.

Yukarıda maddeler halinde açıklanan sonuçlar yorumlandığında şu bulgular elde edilmektedir:

- Sıcaklık ve buharlaşmanın artışı sonucunda nem değerlerinde de artış beklenirken; şehirleşmenin yoğun olduğu Kayseri, Nevşehir, Pınarbaşı, Sorgun, Yozgat, Suşehri ve Avanos istasyonlarının olduğu kurak bölgelerde nem değerlerinde azalış gözlenmiştir. Buna karşı Boğazlıyan, Develi ve Tomarza istasyonunda ise Erciyes Dağından ve yakın çevresindeki göllerden dolayı nem artışı gözlenmiştir.
- Meteorolojik parametrelerde anlamlı trendlerin mevcut olması değişen iklimin bir göstergesidir. Fakat elde edilen sonuçların küresel iklim senaryoları ile birleştirilmesi ve geleceğe ait iklim projeksiyonlarının modellenmesi gibi benzer proje çalışmaları için birçok parametrenin göz önünde tutulacağı ileri düzeyde analizler gerekmektedir.
- Mevsim sıcaklık değişimlerindeki anlamlı artış trendleri ile nem değerlerindeki anlamlı azalma trendlerinin mevcut olmasına rağmen, toplam yağışlarda değişim çoğu istasyonda yoktur.
- Çalışma sonucunda elde edilen yağış-akış tahmini ile trend analizi sonuçlarından, arazi kullanım değişiminin iklime olan etkileri araştırılmıştır. Trend analizi uygulamasından elde edilen sonuçlar ile anlamlı değişimler tespit edilerek değişimin söz konusu yıllardaki değerleri hesaplanmıştır. Bu bulgular ışığında bölgede kurulan baraj ile oluşan büyük su kütlesinin arazide oluşturduğu değişim incelenmiş ve bölgesel iklime olan etkisi araştırılmıştır. Elde edilen değerler ile tez; bölgesel iklim değişikliği uygulamaları için bir basamak teşkil edecek sonuçlar içermektedir.

Bu tez kapsamında karşılaşılan zorluklar ve elde edilen sonuçlar dikkate alındığında ise aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

- Baraj tesis edilmeden önce baraj sahasında genellikle meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Barajın tesis edilmesi ile meteoroloji istasyonu kurulmakta ve ölçümler alınmaktadır. Böyle bir yaklaşım ise geçmiş yıllara ait meteoroloji veri eksikliğine sebep olmaktadır. Trend analizleri ancak çevre istasyonlardan alınan meteoroloji verileriyle yapılabilmektedir.
- Meteorolojik verilerin akademik çalışmalarda kullanımı resmi yazılarla sağlanmaktadır. Bu anlamda ilgili kurum ve kuruluşlardan meteorolojik veriler talep edilirken istasyon isimlerine göre veriler istenmelidir.
- Temin edilen meteorolojik veriler Microsoft Excel dosya yapısında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait formatlarda hazırlanmış sözel içerikte bilgilerdir. Dosyadaki sayfalara her bir istasyon matris olacak şekilde sırasıyla eklenmiş olup matrisler arası boşluk sayıları ortak değildir. Ayrıca istasyonlar herhangi bir düzende olmayıp karışık halde eklenmiştir. Her bir sayfa farklı satır sayılarına sahiptir. Bu sayfalardaki verilerin tek bir matris şeklinde birleştirilmesi ileri analiz işlemleri için gereklidir. Kullanılacak değerlerin oluşturulan bu matristen çekilerek aylık veya sezonluk zaman serileri haline dönüştürülerek kullanılacaktır. Tek bir matrise dönüştürmek için bu dosyalardaki verilerin kullanacağımız formatta sayısal olarak kaydedilir. Tek bir veritabanı tablosu üretilmesi amacıyla, elle kopyalanması zor ve yapılacak yanlışlıklar göz önüne alınınca güvenli olmadığı görülmektedir. Ayrı olarak kaydedilmiş bütün dosyalardan sözel olan bu verileri istenilen formatta tek bir veritabanı dosyasına dönüştürülerek bir araya toplamak için yazılacak bir kod parçası yardımı ile hızlı ve güvenli bir şekilde birleştirilmesi gerçekleştirilir. Bunun aşamada elle yapılacak kopyalamalar sırasındaki hatalar engellenmiş olur.
- Verilerin istatistik analizleri; istatistik hesaplama için entegre geliştirilen R projesi ile hesaplanmıştır. Geliştirilen bu proje ile elde edilen veritabanının analizlerdeki kullanımı daha kolay daha uyumlu ve daha güvenilir bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamıştır.

Doktora tez kapsamında CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri kullanarak gelecekte iklim değişikliğinin tespit edilmesi konularında çalışacak araştırmacılara elde edilen kazanımlardan aşağıda belirtilen öneriler verilmiştir.

- Tez çalışması süresince arazi kullanım değişiminin iklime olan etkilerinin belirlenmesi için Yamula Barajı havza alanı örnek çalışma alanı olarak seçilmiş ve bu bölgedeki arazi değişimi ve bunun etkilediği bölgesel iklimdeki değişim CBS teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Gelecekte iklim değişikliği ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda daha doğru sonuçlara ulaşabilmek için uzun periyotlu yıllık verilere ihtiyaç vardır. Çalışma alanındaki bazı istasyonlarda farklı sebeplerden dolayı veri temini elde edilememekte olup kesintisiz ve uzun periyotta yıllık verilere ulaşım sağlanamamaktadır. Yapılan çalışmalarda istasyonlardaki uzun yıllarda elde edilmiş veriler ile yapılan analizler iklimi daha iyi yorumlamamızı sağlar. Çalışılacak konu ve bölgeye karar vermeden önce iklime ait verilerin temini araştırılmalıdır. Bu ön çalışmadan sonra kesintisiz verilerin nasıl ve nereden temin edileceği belirlenmeli daha sonra çalışma alanı belirlenmelidir. Daha uzun periyottaki kesintisiz iklim verileri yapılacak çalışmadan daha uyumlu ve doğru sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. Orman yangınları, sel, deprem gibi doğal felaketlerden kaynaklanan arazi yüzeyindeki büyük değişimlerin olduğu bölgelerde yapılacak bölgesel iklim ile arazi kullanım değişimi arasında iklim araştırmaları yapılabilir.
- Yamula Barajı ve çevre havza alanında iklim değişikliğine uyum yönünde programlar oluşturulmasına yönelik iklim değişikliği izleme ve değerlendirme portalı oluşturulmalı ve bu portala destek verecek Web Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi kurulmalıdır. Havza alanlarında Web Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi'nin kurulması hem havzanın izlenmesini hem de veritabanı olarak verilerin standart halinde elde edilmesini sağlayacaktır. Aynı zamanda bu sistemlerin kurulması bölgedeki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının planlı bir şekilde kullanımına yönelik stratejilerin ve yol gösterici eylem planlarının oluşmasını sağlayacaktır.
- Web Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi sayesinde geleceğe yönelik iklim değişikliği model ve senaryoları elde edilebilir.
- Kentleşmedeki artışla meydana gelen nüfus artışının sonucunda oluşan arazi kullanım değişimi ile arazi örtüsü değişmekte ve gelecekte de değişmeye devam edecektir. Araştırmacılara düşen görev bu değişimlerin araştırılması ve planlama aşamasında gerekli olan verilerin ve veritabanlarının oluşturularak muhtemel sonuçların gösterilmesidir. Bu çalışmalarla bilim adamı/mühendisler ve kamu arasında

bilgi ve algı uçurumu daraltılarak bir farkındalık oluşturulacaktır. Bu şekilde iklim değişimlerindeki gelecek durumlara sürdürülebilir gerekli önlemlerin alınmasında ışı tutacaktır.

KAYNAKLAR

1. Cotton, W. and Pielke, R., 1995. Human Impacts on Weather and Climate, Cambridge University Press.
2. Goudie, A., 2013. The Human Impact on the Natural Environment: Past, Present, and Future, Wiley Press.
3. Xue, Y. and Fennessy, M., 2002. Under what conditions does land cover change impact regional climate, **Global desertification do humans cause deserts?**, **88**:59–74.
4. Isik, S., Kalin, L., Schoonover, J.E., Srivastava, P., and Graeme Lockaby, B., 2013. Modeling effects of changing land use/cover on daily streamflow: An Artificial Neural Network and curve number based hybrid approach, **Journal of Hydrology**, **485**(0):103–112.
5. Lin, K., Lv, F., Chen, L., Singh, V.P., Zhang, Q., and Chen, X., 2014. Xinanjiang model combined with Curve Number to simulate the effect of land use change on environmental flow, **Journal of Hydrology**, **519**, Part D(0):3142–3152.
6. Niyogi, D., Kishtawal, C., Tripathi, S., and Govindaraju, R.S., 2010. Observational evidence that agricultural intensification and land use change may be reducing the Indian summer monsoon rainfall, **Water Resources Research**, **46**(3):1–17.
7. Davey, C.A., Pielke Sr, R.A., and Gallo, K.P., 2006. Differences between near-surface equivalent temperature and temperature trends for the Eastern United States: Equivalent temperature as an alternative measure of heat content, **Global and Planetary Change**, **54**(1-2):19–32.
8. Degu, A.M., Hossain, F., Niyogi, D., Pielke, R., Shepherd, J.M., Voisin, N., and Chronis, T., 2011. The influence of large dams on surrounding climate and precipitation patterns, **Geophysical Research Letters**, **38**(4).

9. Pielke, R.A., 2001. Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall, **Reviews of Geophysics**, **39**(2):151–177.
10. Avissar, R. and Liu, Y., 1996. Three-dimensional numerical study of shallow convective clouds and precipitation induced by land surface forcing, **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, **101**(D3):7499–7518.
11. Graf, W.L., 1999. Dam nation: A geographic census of American dams and their large-scale hydrologic impacts, **Water resources research**, **35**(4):1305–1311.
12. Miller, N.L., Jin, J., and Tsang, C.F., 2005. Local climate sensitivity of the Three Gorges Dam, **Geophysical Research Letters**, **32**(16).
13. Magilligan, F.J. and Nislow, K.H., 2005. Changes in hydrologic regime by dams, **Geomorphology**, **71**(1):61–78.
14. Köylü, Ü. and Geymen, A., 2016. GIS and remote sensing techniques for the assessment of the impact of land use change on runoff, **Arabian Journal of Geosciences**, **9**(7):484.
15. Hossain, F., 2009. Empirical relationship between large dams and the alteration in extreme precipitation, **Natural Hazards Review**, **11**(3):97–101.
16. Köylü, U. and Geymen, A., 2016. Modelling the Effects of Land-Use Changes on Climate: A Case Study on Yamula Dam, **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, **XLII-2/W1**:147–149.
17. Lillesand, T., Kiefer, R., and Chipman, J., 2014. Remote Sensing and Image Interpretation, Wiley.
18. Schowengerdt, R., 2012. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing, Elsevier Science.
19. Joseph, G., 2005. Fundamentals of Remote Sensing, Universities Press.

20. Bakker, W.H., Janssen, L., Weir, M., Gorte, B., Pohl, C., Woldai, T., Horn, J., and Reeves, C., 2001. Principles of remote sensing, **ITC Educational Textbook Series, 2**.
21. Schanda, E., 2012. Physical Fundamentals of Remote Sensing, Springer Berlin Heidelberg.
22. Serpico, S., Dellepiane, S., Boni, G., Moser, G., Angiati, E., and Rudari, R., 2012. Information Extraction From Remote Sensing Images for Flood Monitoring and Damage Evaluation, **Proceedings of the IEEE**, **100**(10):2946–2970.
23. Coppin, P.R. and Bauer, M.E., 1996. Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery, **Remote Sensing Reviews**, **13**(3-4):207–234.
24. Jeffry Swingly Frans Sumarauw, K.O., 2012. Analysis on Curve Number, Land Use and Land Cover Changes and the Impact to the Peak Flow in the Jobaru River Basin, Japan, **International Journal of Civil Environmental Engineering IJCEE-IJENS**, **12**.
25. Green, G. and Sussman, R., 1990. Deforestation History of the Eastern Rain Forests of Madagascar From Satellite Images, **Science**, **248**(4952):212–215.
26. Torgoev I, Alioshin Yu.G., T.A., 2012. Monitoring landslides in Kyrgyzstan, **Freiberg Online Geology**, **33**.
27. Verbesselt, J., Hyndman, R., Newnham, G., and Culvenor, D., 2010. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series, **Remote Sensing of Environment**, **114**(1):106 – 115.
28. Richards, J.A. and Jia, X., 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 3rd edition.
29. Bakshi, U. and Godse, A., 2009. Basic Electronics Engineering, Technical Publications.
30. Sahu, K., 2007. Textbook of Remote Sensing and Geographical Information Systems, Atlantic Publishers & Distributors (P) Limited.

31. Özkan, C., 2001. Uydu Görüntü Verisinin Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
32. Ekercin, S., 2007. Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu İle Tuz Gölü Ve Yakın Çevresinin Zamana Bağlı Değişim Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
33. Bahadır, M., 2011. Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Acıgöl Havzası'nın Sürdürülebilir Kullanımı Ve Yönetimi, **Coğrafya**.
34. Barrett, E., 2013. Introduction to Environmental Remote Sensing, Taylor & Francis.
35. Chuvieco, E. and Huete, A., 2009. Fundamentals of Satellite Remote Sensing, CRC Press.
36. Gomasca, M., 2009. Basics of Geomatics, Earth and Environmental Science, Springer Netherlands.
37. Weng, Q., 2011. Advances in Environmental Remote Sensing: Sensors, Algorithms, and Applications, Remote Sensing Applications Series, CRC Press.
38. Rees, W., 2012. Physical Principles of Remote Sensing, Cambridge University Press.
39. Liang, S., 2008. Advances in Land Remote Sensing: System, Modeling, Inversion and Application, Springer Netherlands.
40. NASA, 2006, How Landsat Images are Made, NASA's Landsat Education and Public Outreach Team, Presentation.
41. Schultz, G. and Engman, E., 2012. Remote Sensing in Hydrology and Water Management, Engineering online library, Springer Berlin Heidelberg.
42. Reddy, M.A., 2013. Textbook of Remote Sensing and Geographical Information Systems, BS Publications, Hyderabad.
43. Moigne, J., Netanyahu, N., and Eastman, R., 2011. Image Registration for Remote Sensing, Cambridge University Press.

44. Tupin, F., Inglada, J., and Nicolas, J., 2014. Remote Sensing Imagery, ISTE, Wiley.
45. Walsh, M.J., 2003. Remote Sensing, Department of the Army US Army Corps of Engineer Manual, Washington.
46. Nag, P. and Kudrat, M., 1998. Digital Remote Sensing, Concept Publishing Company.
47. Liu, J. and Mason, P., 2013. Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing, Wiley.
48. Mather, P. and Koch, M., 2011. Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction, Wiley.
49. Gonzalez, R.C. and Woods, R.E., 2006. Digital Image Processing (3rd Edition).
50. Varshney, P. and Arora, M., 2013. Advanced Image Processing Techniques for Remotely Sensed Hyperspectral Data, Springer Berlin Heidelberg.
51. Camps-Valls, G., Tuia, D., Gómez-Chova, L., Jiménez, S., and Malo, J., 2011. Remote Sensing Image Processing, Synthesis Lectures on Image, Video, & Multimedia Processing, Morgan & Claypool Publishers.
52. Weng, Q., 2011. An Introduction to Contemporary Remote Sensing, McGraw-Hill Education.
53. de Jong, S. and van der Meer, F., 2007. Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain, Remote Sensing and Digital Image Processing, Springer Netherlands.
54. Al-Fares, W., 2013. Historical Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing: A Case Study of the Euphrates River Basin in Syria, SpringerBriefs in Geography, Springer International Publishing.
55. Canada, N.R., 2014. FundamentAls of Remote Sensing, **A Canada Centre for Remote Sensing Tutorial.**
56. Ganganwar, V. An overview of classification algorithms for imbalanced datasets.

57. Liu, H. and Yu, L., 2005. Toward integrating feature selection algorithms for classification and clustering, **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, **17**(4):491–502.
58. Li, C., Wang, J., Wang, L., Hu, L., and Gong, P., 2014. Comparison of classification algorithms and training sample sizes in urban land classification with Landsat thematic mapper imagery, **Remote Sensing**, **6**(2):964–983.
59. Colditz, R.R., 2015. An evaluation of different training sample allocation schemes for discrete and continuous land cover classification using decision tree-based algorithms, **Remote Sensing**, **7**(8):9655–9681.
60. Javidi, B., 2002. Image Recognition and Classification: Algorithms, Systems, and Applications, Optical Science and Engineering, CRC Press.
61. Congalton, R. and Green, K., 2009. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, Mapping Science Series, CRC Press/Taylor & Francis.
62. Landis, J.R. and Koch, G.G., 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data, **Biometrics**, **33**(1):159–174.
63. Singh, A., 1989. Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data, **International Journal of Remote Sensing**, **10**(6):989–1003.
64. Levin, N., 1999. Fundamentals of remote sensing, **1st Hydrographic Data Management Course, IMO—International Maritime Academy, Trieste**, 76.
65. Pontius Jr, R.G., Shusas, E., and McEachern, M., 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence, **Agriculture, Ecosystems Environment**, **101**(2–3):251–268.
66. Peuquet, D., 1999. Time in GIS and geographical databases, **Geographical information systems**, **1**:91–102.
67. Martin, D., 2003. Geographic Information Systems: Socioeconomic Applications, Taylor & Francis.

68. Laurini, R. and Thompson, D., 1992. Fundamentals of Spatial Information Systems, Elsevier Science.
69. Peuquet, D.J., 1984. A conceptual framework and comparison of spatial data models, **Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**, **21**(4):66–113.
70. Kresse, W. and Danko, D., 2012. Springer Handbook of Geographic Information, Springer Handbook of Geographic Information, Springer Berlin Heidelberg.
71. Kemp, K., 2008. Encyclopedia of geographic information science, Sage.
72. Dueker, K., 1978. Land Resource Information Systems: A Review of Fifteen Years Experience, Technical report - Institute of Urban and Regional Research, University of Iowa, Institute of Urban and Regional Research, University of Iowa.
73. Cowen, D.J., 1988. GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences?, **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, **54**(11):1551–1555.
74. Huisman, O. and By, R.A.d., 2001. Principles of Geographic Information Systems, **ITC Educational Textbook Series**, **1**.
75. Ramakrishnan, R. and Gehrke, J., 2000. Database Management Systems, McGraw-Hill.
76. Longley, P., 2005. Geographic Information Systems and Science, 2nd ed, Wiley.
77. Garcia-Molina, H., Ullman, J., and Widom, J., 2009. Database Systems: The Complete Book, Pearson international edition, Pearson Prentice Hall.
78. Egenhofer, M., 1992. Why Not SQL, **International Journal of Geographical Information Systems**, **6**(2):71–85.
79. Egenhofer, M., 1994. Spatial Sql - a Query and Presentation Language, **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, **6**(1):86–95.
80. Te Chow, V., Maidment, D., and Mays, L., 1988. Applied Hydrology, McGraw-Hill.

81. Raghunath, H., 2006. Hydrology: Principles, Analysis and Design, New Age International.
82. Subramanya, K., 2013. Engineering Hydrology, Tata McGraw Hill Publishing Company Limited.
83. Vincent, L. and Soille, P., 1991. Watersheds In Digital Spaces - An Efficient Algorithm Based On Immersion Simulations, **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, **13**(6):583–598.
84. Esri, 2011. Arc Hydro Tools - Tutorial, Esri ArGIS, USA.
85. USDA/NRCS, 1986. *Urban Hydrology for Small Watersheds Tech. Release-55*, United States Department of Agriculture Soil Conservation Service, Washington D.C.
86. NRCS, 2004. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall, volume Chapter 10, book section Chapter 10, 1–28, United States Department of Agriculture, Washington D.C.
87. Şen, Z., Uyumaz, A., Öztopal, A., Cebeci, M., Küçükmehtetoğlu, M., Erdik, T., and Sırdaş, S., v.d., 2010. İklim Değişikliğinin İstanbul ve Türkiye Su Kaynakları Geleceğine Tesirleri Projesi Nihai Raporu, Rapor, İSKİ.
88. Westra, E., 2010. Python Geospatial Development, Packt Publishing.
89. Pimpler, E., 2013. Programming ArcGIS 10.1 with Python Cookbook, Quick Answers to Common Problems, Packt Publishing.
90. Drew Flater, N.A., Ed:, 2013. Using Python with ArcGIS, 2013 International Developer Summit, Esri, Palm Springs, CA.
91. Esri, 2016, What is ArcPy?, Web Sayfası: (<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/arcpy/what-is-arcpy-.htm>, (Erişim Tarihi:2016).
92. MGM, 2016, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TÜMAS) Kullanım Kılavuzu, Web Sayfası: (<https://tumas.mgm.gov.tr/>, (Erişim Tarihi=Mart 2016).

93. ESRI, 2016, Displaying Speed and Direction Symbology from U and V vectors, Web sayfası, Web Sayfası: (<https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/17/displaying-speed-and-direction-symbology-from-u-and-v-vectors/>), (Erişim Tarihi: Ağustos 2016).
94. Oceanic, N. and Service, A.A.N.W., 2016, Origin of Wind, Web Sayfası: (<http://www.srh.weather.gov/srh/jetstream/synoptic/wind.html>), (Erişim Tarihi: Ağustos 2016).
95. Illinois University, T.D.O.A.S., 2016, Weather World 2010 Observed Winds represented by wind barbs, Web Sayfası: ([http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh/guides/maps/sfcobs/wnd.rxml\)](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh/guides/maps/sfcobs/wnd.rxml))), (Erişim Tarihi: Ağustos 2016).
96. Dunning, T. and Friedman, E., 2014. Time Series Databases: New Ways to Store and Access Data, O'Reilly Media, Incorporated, USA.
97. Brockwell, P. and Davis, R., 2013. Introduction to Time Series and Forecasting, Springer Texts in Statistics, Springer New York.
98. Salas, J., Delleur, J., and Yevjevich, V., 1985. Applied Modeling of Hydrologic Time Series, Water Resources Publications.
99. Hirsch, R., Slack, J., and Smith, R., 1982. Techniques of Trend Analysis for Monthly Water-Quality Data, **Water Resources Research**, **18**(1):107–121.
100. Sheather, S., 2009. A Modern Approach to Regression with R, Springer Texts in Statistics, Springer New York.
101. von Storch, H., 1999. Misuses of Statistical Analysis in Climate Research, *H. von Storch and A. Navarra, Eds.; Analysis of Climate Variability*, 11–26, Springer Berlin Heidelberg.
102. Gocic, M. and Trajkovic, S., 2013. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia, **Global and Planetary Change**, **100**(0):172–182.

103. Yue, S. and Wang, C.Y., 2002. Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test, **Water Resources Research**, **38**(6):4–1–4–7.
104. Theil, H., 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, **Nederlandse Akademie Wetenschappen Series A**, **53**:386–392.
105. Sen, P.K., 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau, **Journal of the American Statistical Association**, **63**(324):1379–1389.
106. Pace, L., 2012. Beginning R: An Introduction to Statistical Programming, Expert's voice in programming, Apress.
107. Rossiter, D., 2016. Tutorial: Time series analysis in R.
108. Shumway, R.H. and Stoffer, D.S., 2010. Time series analysis and its applications: with R examples, Springer Science & Business Media.
109. NASA, 2016, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Web Sayfası: (<https://lta.cr.usgs.gov/SRTM>, (Erişim Tarihi: Mart 2016).
110. NASA, 2016, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Web Sayfası: (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>, (Erişim Tarihi: Mart 2016).
111. ESRI, 2012, ArcGIS Help Library, Esri ArcGIS Resource Service, Web Sayfası: (<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help>, (Erişim Tarihi: 2012).
112. ExelisVIS, 2013, Change Detection Analysis, Harris Geospatial Solutions, Web Sayfası: (<http://www.harrisgeospatial.com/docs/ChangeDetectionAnalysis.html>, (Erişim Tarihi: Nisan 2013).
113. Bolton, D., 1980. The computation of equivalent potential temperature, **Monthly weather review**, **108**(7):1046–1053.

EK-1

AĞIRLIKLI EĞRİ NUMARASI HESABINDA KULLANILAN TABLO

Tablo EK-1.1. Ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan değerler [87].

SN	Arazi Kullanımı	AKK	HTG	EN
1	cali		A	54
2	cali	N	A	100
3	cali	I	A	39
4	cali	II	A	44
5	cali	III	A	49
6	cali	IV	A	54
7	cali	V	A	59
8	cali	VI	A	64
9	cali	VII	A	69
10	cali	VIII	A	74
11	cali	Y	A	54
12	cali		B	64
13	cali	N	B	100
14	cali	I	B	49
15	cali	II	B	54
16	cali	III	B	59
17	cali	IV	B	64
18	cali	V	B	69
19	cali	VI	B	74
20	cali	VII	B	79
21	cali	VIII	B	84
22	cali	Y	B	70
23	cali		C	69
24	cali	N	C	100
25	cali	I	C	54
26	cali	II	C	59
27	cali	III	C	64
28	cali	IV	C	69
29	cali	V	C	74
30	cali	VI	C	79
31	cali	VII	C	84
32	cali	VIII	C	89
33	cali	Y	C	80
34	cali		D	74
35	cali	N	D	100
36	cali	I	D	59
37	cali	II	D	64
38	cali	III	D	69
39	cali	IV	D	74
40	cali	V	D	79
41	cali	VI	D	84
42	cali	VII	D	89
43	cali	VIII	D	94
44	cali	Y	D	85
45	cayir		A	51
46	cayir	N	A	100
47	cayir	I	A	37
48	cayir	II	A	42
49	cayir	III	A	47
50	cayir	IV	A	51

Tablo EK-1.1 – tablonun devamı.

SN	Arazi Kullanımı	AKK	HTG	EN
51	cayir	V	A	56
52	cayir	VI	A	61
53	cayir	VII	A	66
54	cayir	VIII	A	70
55	cayir	Y	A	51
56	cayir		B	61
57	cayir	N	B	100
58	cayir	I	B	47
59	cayir	II	B	51
60	cayir	III	B	56
61	cayir	IV	B	61
62	cayir	V	B	66
63	cayir	VI	B	70
64	cayir	VII	B	75
65	cayir	VIII	B	80
66	cayir	Y	B	67
67	cayir		C	66
68	cayir	N	C	100
69	cayir	I	C	51
70	cayir	II	C	56
71	cayir	III	C	61
72	cayir	IV	C	66
73	cayir	V	C	70
74	cayir	VI	C	75
75	cayir	VII	C	80
76	cayir	VIII	C	85
77	cayir	Y	C	76
78	cayir		D	70
79	cayir	N	D	100
80	cayir	I	D	56
81	cayir	II	D	61
82	cayir	III	D	66
83	cayir	IV	D	70
84	cayir	V	D	75
85	cayir	VI	D	80
86	cayir	VII	D	85
87	cayir	VIII	D	89
88	cayir	Y	D	81
89	Toprak		A	26
90	Toprak	N	A	50
91	Toprak	I	A	19
92	Toprak	II	A	21
93	Toprak	III	A	23
94	Toprak	IV	A	26
95	Toprak	V	A	28
96	Toprak	VI	A	30
97	Toprak	VII	A	33
98	Toprak	VIII	A	35
99	Toprak	Y	A	26
100	Toprak		B	46
101	Toprak	N	B	75
102	Toprak	I	B	35
103	Toprak	II	B	38
104	Toprak	III	B	42
105	Toprak	IV	B	46
106	Toprak	V	B	49
107	Toprak	VI	B	53
108	Toprak	VII	B	56
109	Toprak	VIII	B	60
110	Toprak	Y	B	50
111	Toprak		C	56
112	Toprak	N	C	85
113	Toprak	I	C	44
114	Toprak	II	C	48
115	Toprak	III	C	52
116	Toprak	IV	C	56
117	Toprak	V	C	60
118	Toprak	VI	C	64

Tablo EK-1.1 – tablonun devamı.

SN	Arazi Kullanımı	AKK	HTG	EN
119	Toprak	VII	C	68
120	Toprak	VIII	C	72
121	Toprak	Y	C	65
122	Toprak		D	70
123	Toprak	N	D	100
124	Toprak	I	D	56
125	Toprak	II	D	61
126	Toprak	III	D	66
127	Toprak	IV	D	70
128	Toprak	V	D	75
129	Toprak	VI	D	80
130	Toprak	VII	D	85
131	Toprak	VIII	D	89
132	Toprak	Y	D	81
133	Su		A	100
134	Su		B	100
135	Su		C	100
136	Su		D	100
137	Sulak_alan		A	100
138	Sulak_alan	N	A	100
139	Sulak_alan	I	A	100
140	Sulak_alan	II	A	100
141	Sulak_alan	III	A	100
142	Sulak_alan	IV	A	100
143	Sulak_alan	V	A	100
144	Sulak_alan	VI	A	100
145	Sulak_alan	VII	A	100
146	Sulak_alan	VIII	A	100
147	Sulak_alan	Y	A	100
148	Sulak_alan		B	100
149	Sulak_alan	N	B	100
150	Sulak_alan	I	B	100
151	Sulak_alan	II	B	100
152	Sulak_alan	III	B	100
153	Sulak_alan	IV	B	100
154	Sulak_alan	V	B	100
155	Sulak_alan	VI	B	100
156	Sulak_alan	VII	B	100
157	Sulak_alan	VIII	B	100
158	Sulak_alan	Y	B	100
159	Sulak_alan		C	100
160	Sulak_alan	N	C	100
161	Sulak_alan	I	C	100
162	Sulak_alan	II	C	100
163	Sulak_alan	III	C	100
164	Sulak_alan	IV	C	100
165	Sulak_alan	V	C	100
166	Sulak_alan	VI	C	100
167	Sulak_alan	VII	C	100
168	Sulak_alan	VIII	C	100
169	Sulak_alan	Y	C	100
170	Sulak_alan		D	100
171	Sulak_alan	N	D	100
172	Sulak_alan	I	D	100
173	Sulak_alan	II	D	100
174	Sulak_alan	III	D	100
175	Sulak_alan	IV	D	100
176	Sulak_alan	V	D	100
177	Sulak_alan	VI	D	100
178	Sulak_alan	VII	D	100
179	Sulak_alan	VIII	D	100
180	Sulak_alan	Y	D	100
181	TarımAlani		A	25
182	TarımAlani	N	A	100
183	TarımAlani	I	A	17
184	TarımAlani	II	A	19
185	TarımAlani	III	A	21
186	TarımAlani	IV	A	23

Tablo EK-1.1 – tablonun devamı.

SN	Arazi Kullanımı	AKK	HTG	EN
187	TarımAlani	V	A	25
188	TarımAlani	VI	A	27
189	TarımAlani	VII	A	30
190	TarımAlani	VIII	A	32
191	TarımAlani	Y	A	23
192	TarımAlani		B	44
193	TarımAlani	N	B	100
194	TarımAlani	I	B	31
195	TarımAlani	II	B	35
196	TarımAlani	III	B	38
197	TarımAlani	IV	B	41
198	TarımAlani	V	B	44
199	TarımAlani	VI	B	47
200	TarımAlani	VII	B	51
201	TarımAlani	VIII	B	54
202	TarımAlani	Y	B	45
203	TarımAlani		C	54
204	TarımAlani	N	C	100
205	TarımAlani	I	C	39
206	TarımAlani	II	C	43
207	TarımAlani	III	C	47
208	TarımAlani	IV	C	50
209	TarımAlani	V	C	54
210	TarımAlani	VI	C	57
211	TarımAlani	VII	C	61
212	TarımAlani	VIII	C	65
213	TarımAlani	Y	C	58
214	TarımAlani		D	68
215	TarımAlani	N	D	100
216	TarımAlani	I	D	50
217	TarımAlani	II	D	55
218	TarımAlani	III	D	59
219	TarımAlani	IV	D	63
220	TarımAlani	V	D	68
221	TarımAlani	VI	D	72
222	TarımAlani	VII	D	76
223	TarımAlani	VIII	D	80
224	TarımAlani	Y	D	73
225	YesilAlan		A	64
226	YesilAlan	N	A	100
227	YesilAlan	I	A	40
228	YesilAlan	II	A	45
229	YesilAlan	III	A	50
230	YesilAlan	IV	A	55
231	YesilAlan	V	A	60
232	YesilAlan	VI	A	66
233	YesilAlan	VII	A	71
234	YesilAlan	VIII	A	76
235	YesilAlan	Y	A	55
236	YesilAlan		B	74
237	YesilAlan	N	B	100
238	YesilAlan	I	B	50
239	YesilAlan	II	B	55
240	YesilAlan	III	B	60
241	YesilAlan	IV	B	66
242	YesilAlan	V	B	71
243	YesilAlan	VI	B	76
244	YesilAlan	VII	B	81
245	YesilAlan	VIII	B	86
246	YesilAlan	Y	B	66
247	YesilAlan		C	79
248	YesilAlan	N	C	100
249	YesilAlan	I	C	55
250	YesilAlan	II	C	60
251	YesilAlan	III	C	66
252	YesilAlan	IV	C	71
253	YesilAlan	V	C	76
254	YesilAlan	VI	C	81

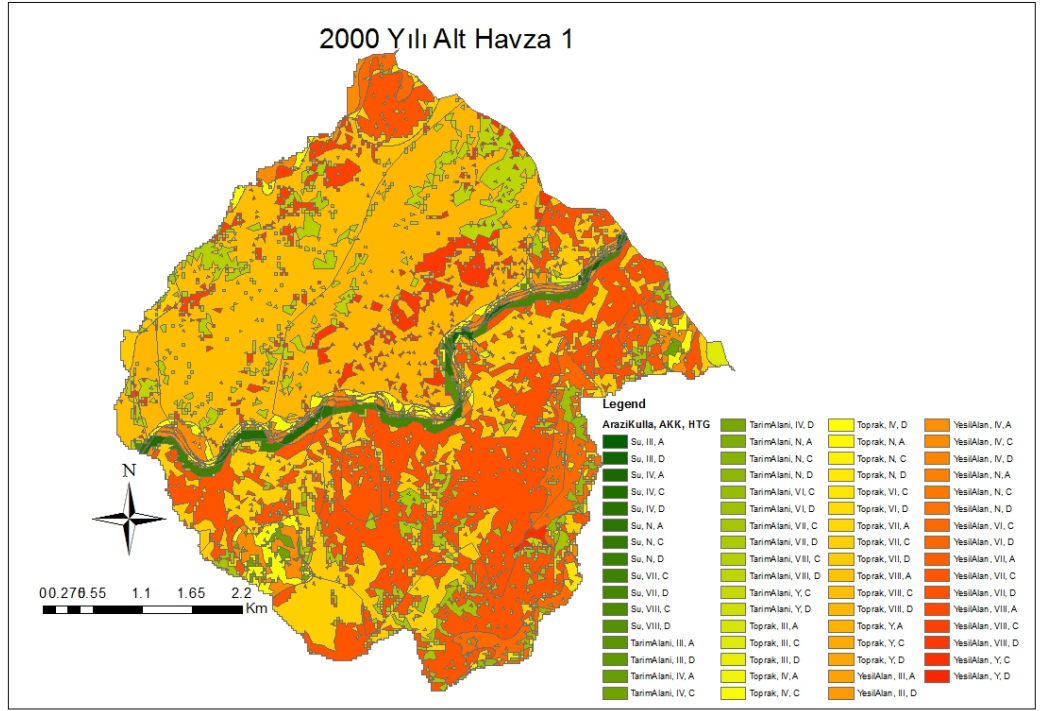
Tablo EK-1.1 – tablonun devamı.

SN	Arazi Kullanımı	AKK	HTG	EN
255	YesilAlan	VII	C	86
256	YesilAlan	VIII	C	91
257	YesilAlan	Y	C	71
258	YesilAlan		D	84
259	YesilAlan	N	D	100
260	YesilAlan	I	D	60
261	YesilAlan	II	D	66
262	YesilAlan	III	D	71
263	YesilAlan	IV	D	76
264	YesilAlan	V	D	81
265	YesilAlan	VI	D	86
266	YesilAlan	VII	D	91
267	YesilAlan	VIII	D	96
268	YesilAlan	Y	D	76
269	YerlesimAlani		A	78
270	YerlesimAlani	N	A	100
271	YerlesimAlani	I	A	43
272	YerlesimAlani	II	A	48
273	YerlesimAlani	III	A	54
274	YerlesimAlani	IV	A	59
275	YerlesimAlani	V	A	65
276	YerlesimAlani	VI	A	70
277	YerlesimAlani	VII	A	76
278	YerlesimAlani	VIII	A	81
279	YerlesimAlani	Y	A	59
280	YerlesimAlani		B	88
281	YerlesimAlani	N	B	100
282	YerlesimAlani	I	B	54
283	YerlesimAlani	II	B	59
284	YerlesimAlani	III	B	65
285	YerlesimAlani	IV	B	70
286	YerlesimAlani	V	B	76
287	YerlesimAlani	VI	B	81
288	YerlesimAlani	VII	B	87
289	YerlesimAlani	VIII	B	92
290	YerlesimAlani	Y	B	70
291	YerlesimAlani		C	93
292	YerlesimAlani	N	C	100
293	YerlesimAlani	I	C	59
294	YerlesimAlani	II	C	65
295	YerlesimAlani	III	C	70
296	YerlesimAlani	IV	C	76
297	YerlesimAlani	V	C	81
298	YerlesimAlani	VI	C	87
299	YerlesimAlani	VII	C	92
300	YerlesimAlani	VIII	C	98
301	YerlesimAlani	Y	C	76
302	YerlesimAlani		D	99
303	YerlesimAlani	N	D	100
304	YerlesimAlani	I	D	65
305	YerlesimAlani	II	D	70
306	YerlesimAlani	III	D	76
307	YerlesimAlani	IV	D	87
308	YerlesimAlani	V	D	92
309	YerlesimAlani	VI	D	98
310	YerlesimAlani	VII	D	100
311	YerlesimAlani	VIII	D	100
312	YerlesimAlani	Y	D	87

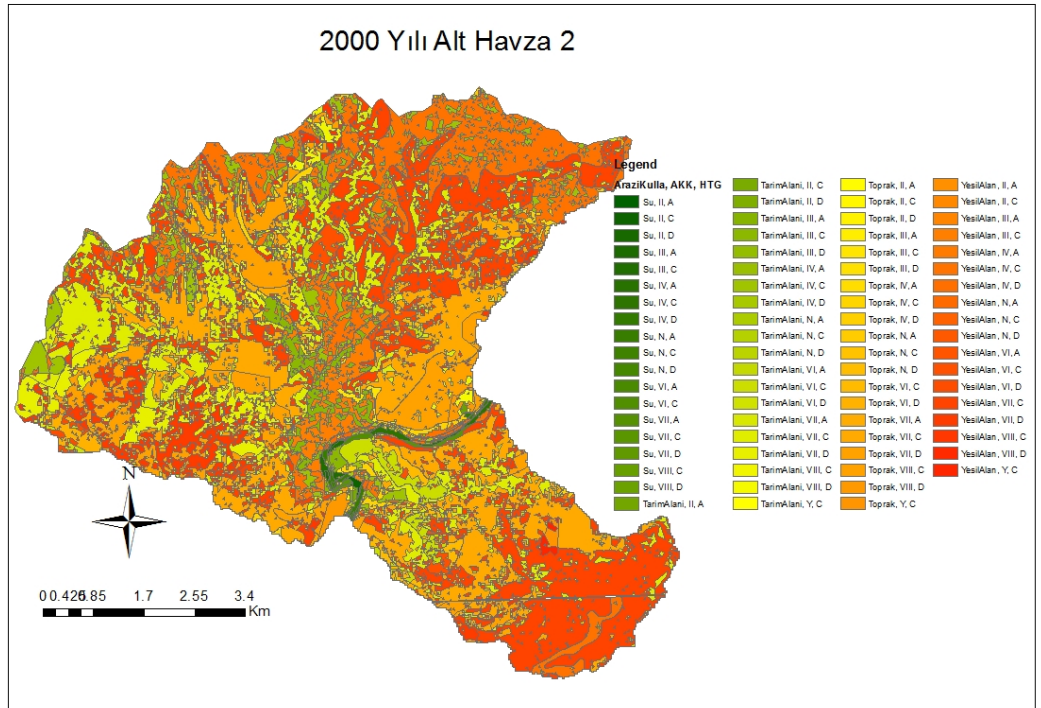
EK-2

CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) Analiz Sonuçları

Çalışma alanı 14 alt havzaya ayrılmıştır. Ayrılan bu alt havzalar için Eğri Numarası değerleri çalışılan dört yılda ayrı ayrı hesaplanmıştır. Farklı Öncül Nem içeriği değerleri için CNI, CNII, CNIII değerleri hesaplanmıştır. Arazi kullanım kabiliyeti, arazi kullanım/ arazi örtüsü ve hidrolojik toprak gruplarına ait haritalar kullanılarak eğri numarası yöntemi uygulanmıştır. Bu görüntüler çalışılan yıllar için ayrı ayrı ArcGIS overlay analizleri ile birleştirilmiştir. Ardından dissolve komutu ile aynı özellikteki alanlar birleştirilmiştir. Bu şekilde 2000, 2006, 2010 ve 2011 yılları için üst üste çakıştırılmış ve ortak alanlar analiz edilmiş 4 farklı görüntü elde edilmiştir. Elde edilen bu görüntüler her bir alt havza alanı sınırlarına uygun olarak kesilerek ayrı dosyalar halinde kaydedilmiştir. Her yıl 14 alt havzaya ayrılarak ve bu alt havzalara ait eğri numarası yöntemi uygulanıp her bir alan için eğri numarası ataması yapılmıştır. Ardından oluşturulan eğri numaralarının alanları dikkate alınarak her bir alt havzaya ait ağırlıklı eğri numarası hesabı yapılmıştır. 14 alt havza ve 4 farklı yıl için hesaplamada elde edilen 56 farklı görüntü ve ağırlıklı eğri numarası hesaplanmıştır. Ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan CBS analizleri sonucunda oluşturulan 2000 yılına ait haritalar bu bölümde verilmiştir.

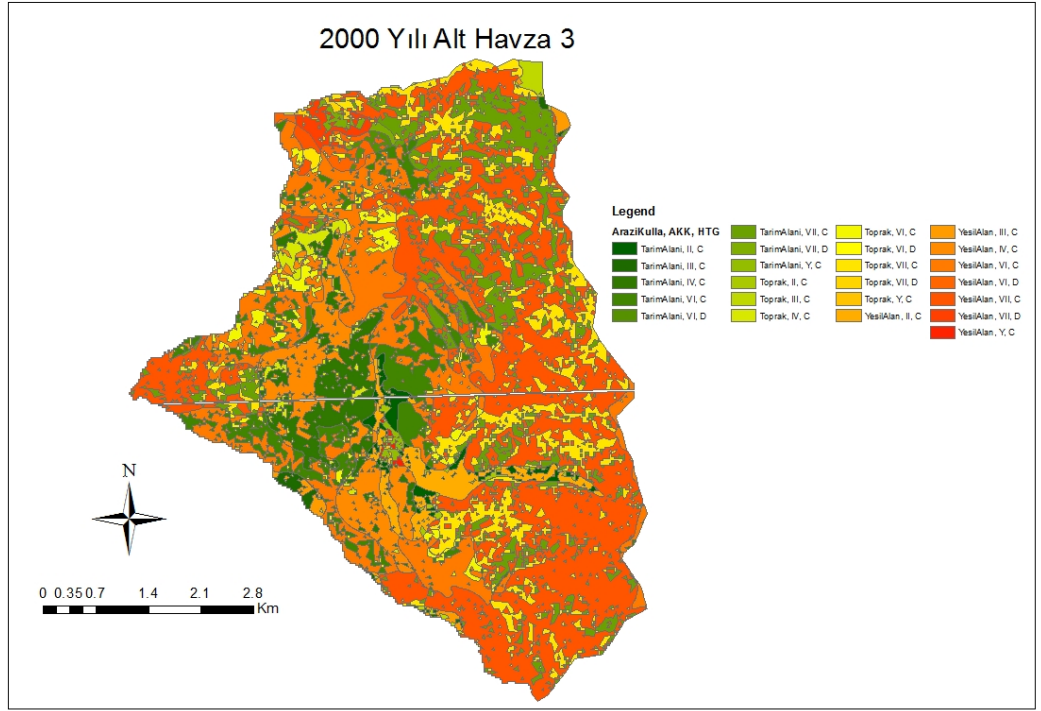


(a) 2000 yılı alt havza 1

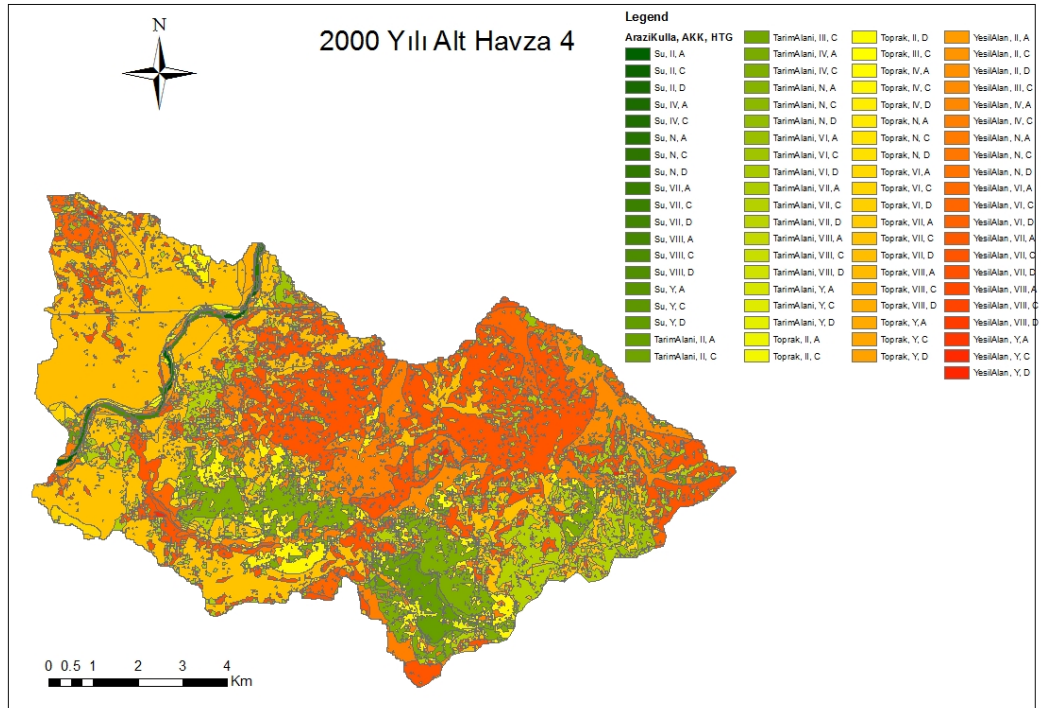


(b) 2000 yılı alt havza 2

Şekil 2.1. 2000 yılı 1 ve 2 numaralı alt havzalara ait ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan harita.

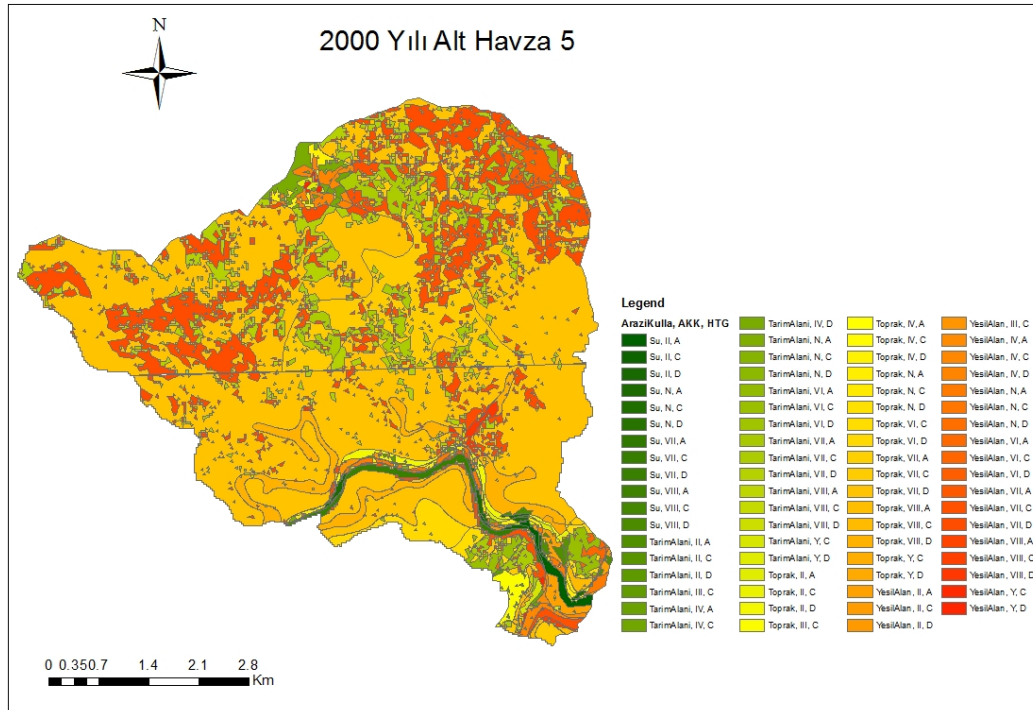


(a) 2000 yılı alt havza 3

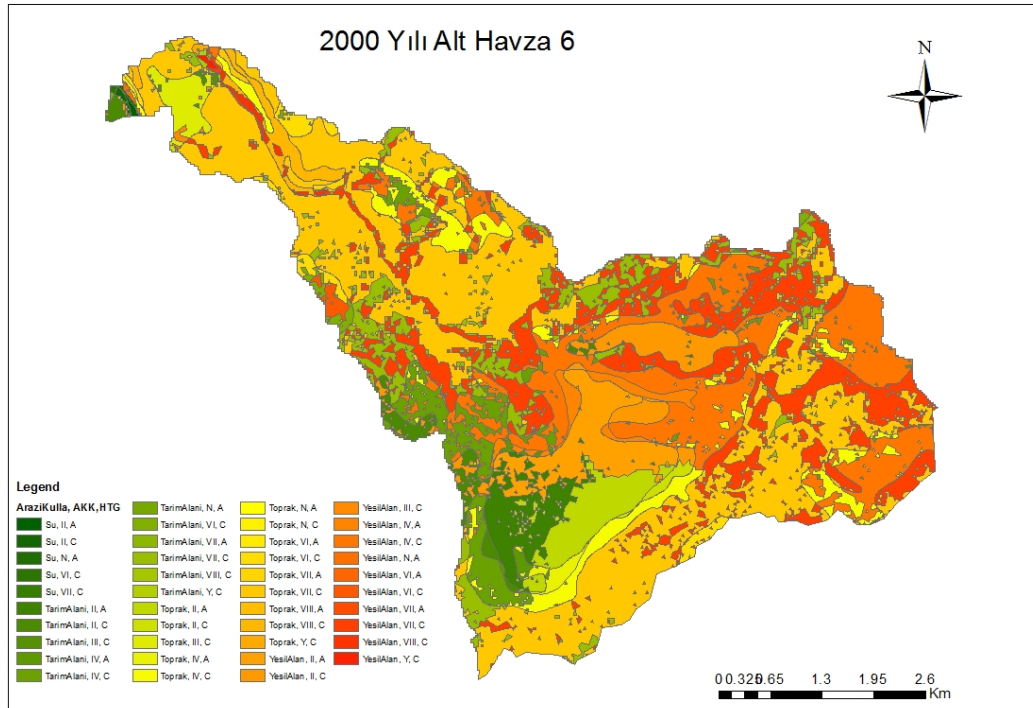


(b) 2000 yılı alt havza 4

Şekil 2.2. 2000 yılı 3 ve 4 numaralı alt havzalara ait ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan harita.

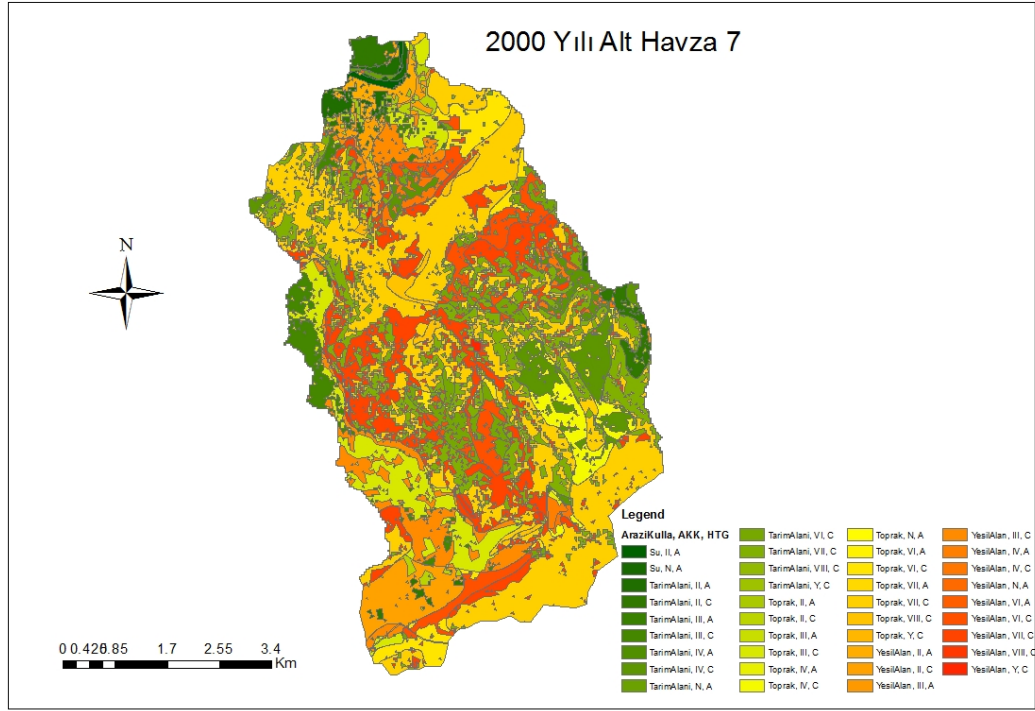


(a) 2000 yılı alt havza 5

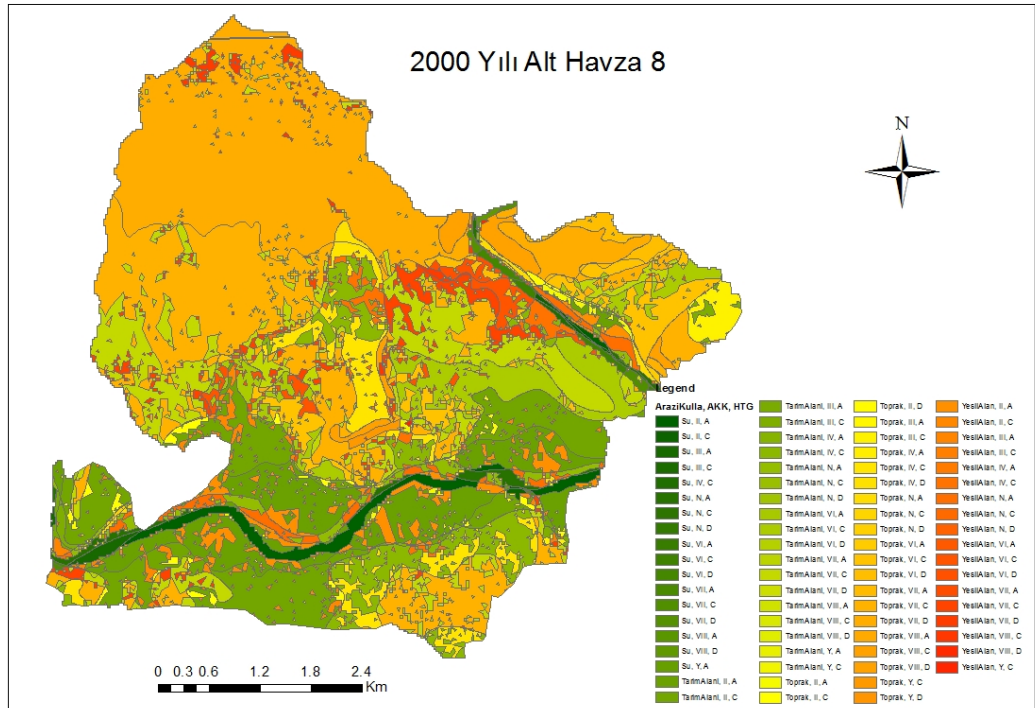


(b) 2000 yılı alt havza 6

Şekil 2.3. 2000 yılı 5 ve 6 numaralı alt havzalara ait ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan harita.

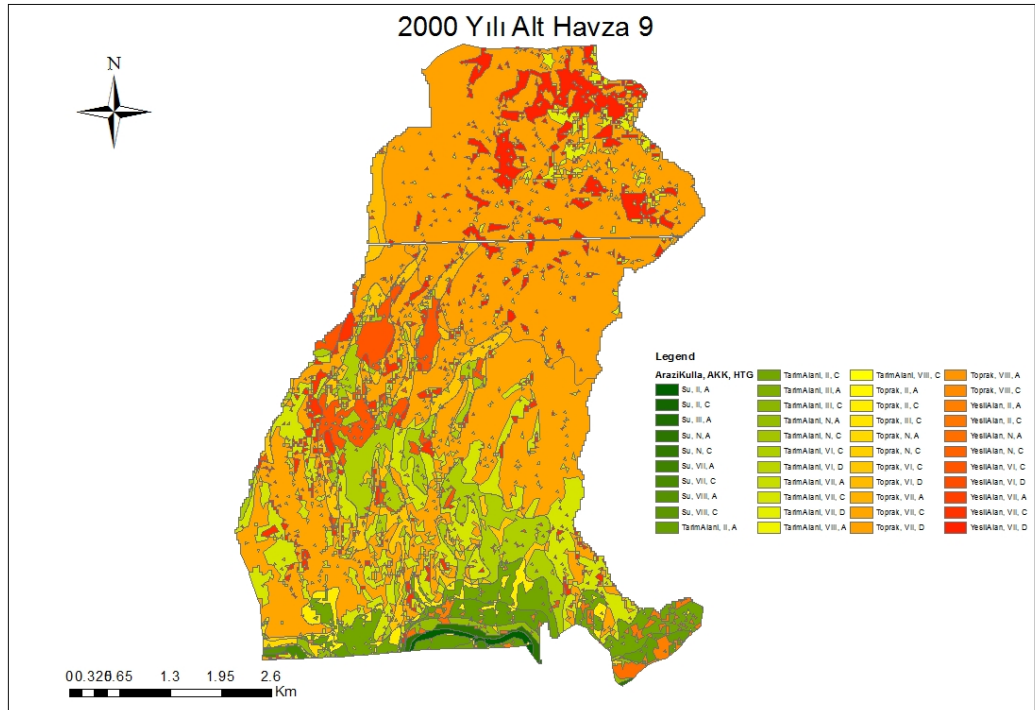


(a) 2000 yılı alt havza 7

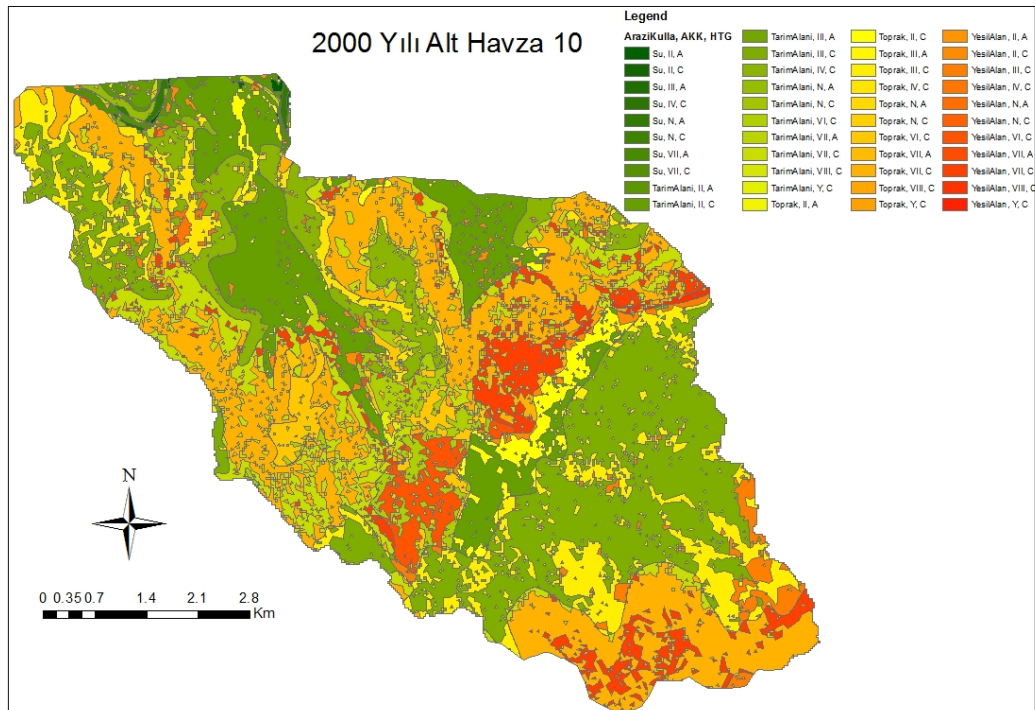


(b) 2000 yılı alt havza 8

Şekil 2.4. 2000 yılı 7 ve 8 numaralı alt havzalara ait ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan harita.

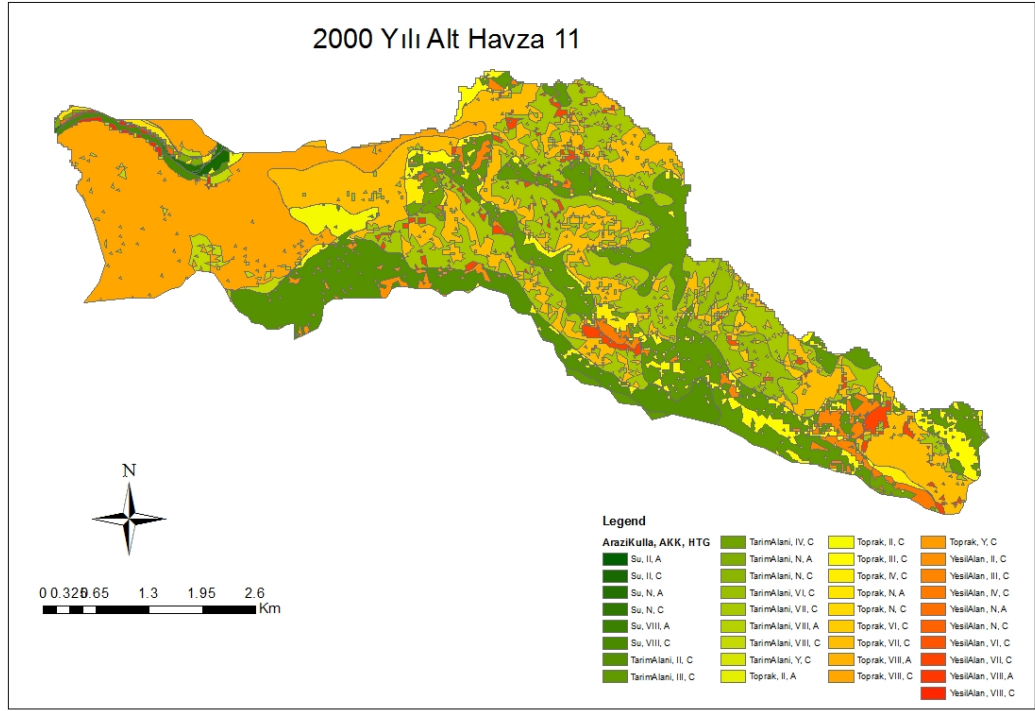


(a) 2000 yılı alt havza 9

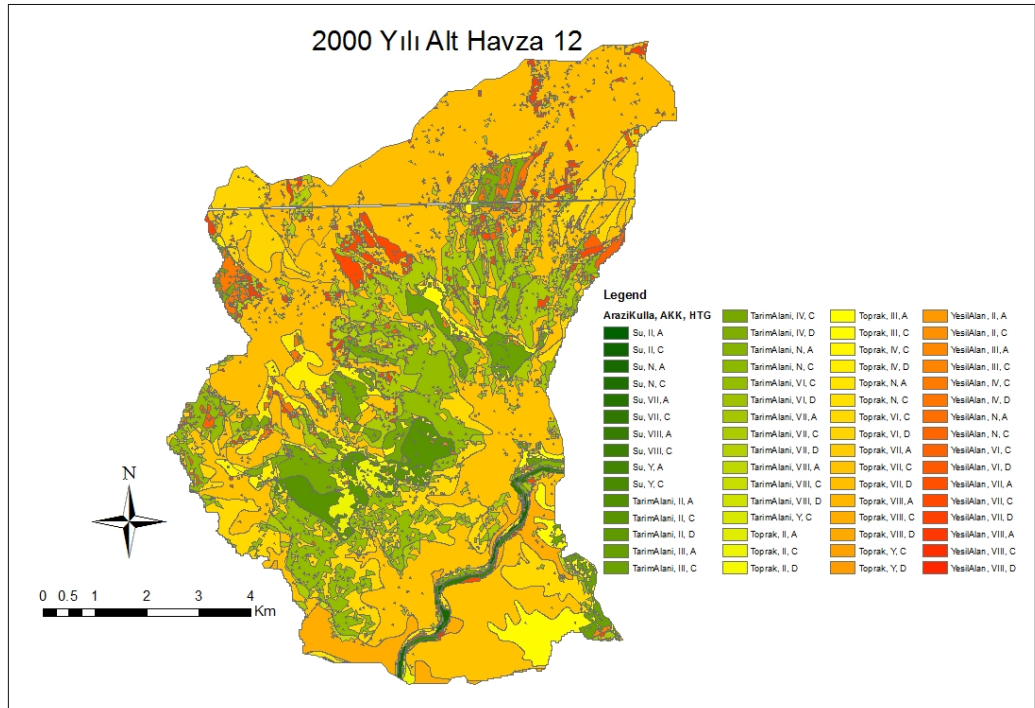


(b) 2000 yılı alt havza 10

Şekil 2.5. 2000 yılı 9 ve 10 numaralı alt havzalara ait ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan harita.

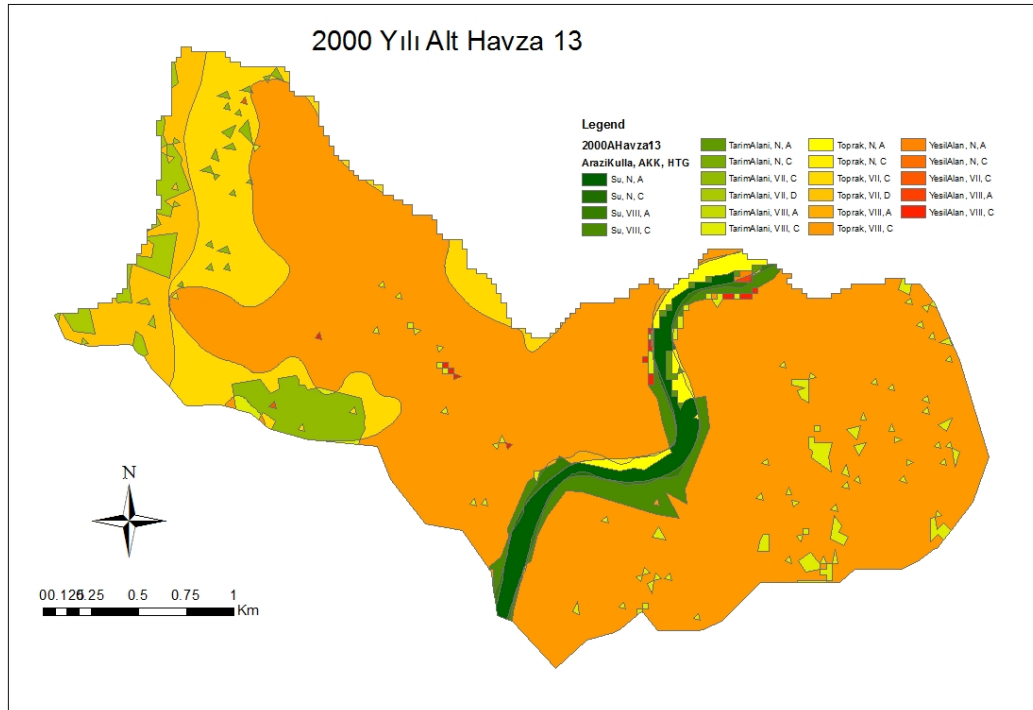


(a) 2000 yılı alt havza 11

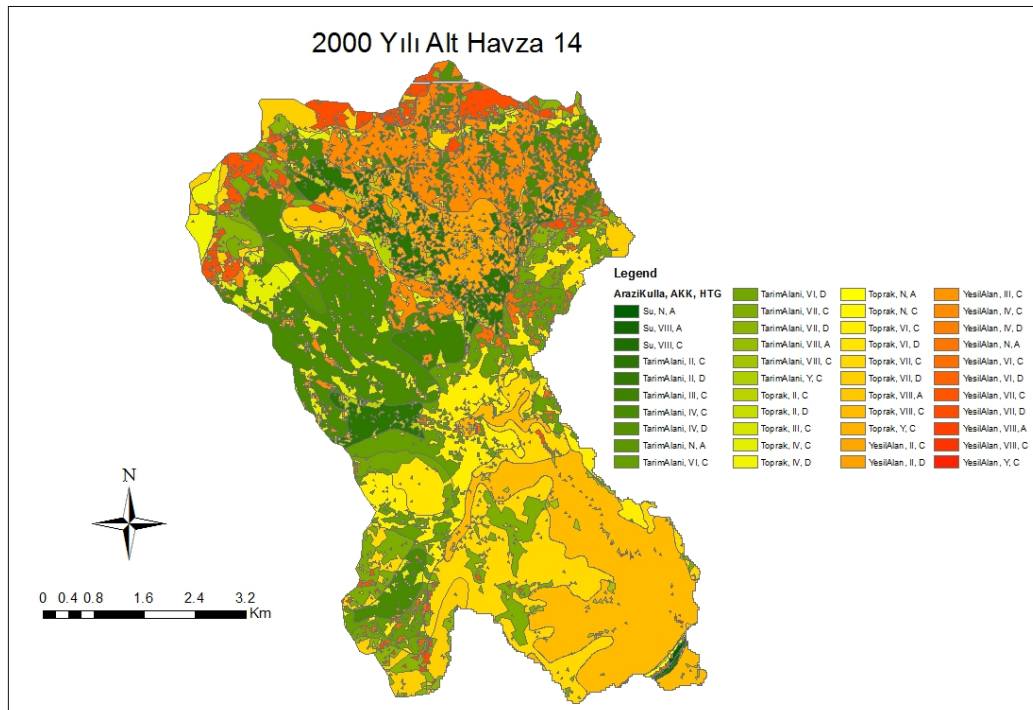


(b) 2000 yılı alt havza 12

Şekil 2.6. 2000 yılı 11 ve 12 numaralı alt havzalara ait ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan harita.



(a) 2000 yılı alt havza 13



(b) 2000 yılı alt havza 14

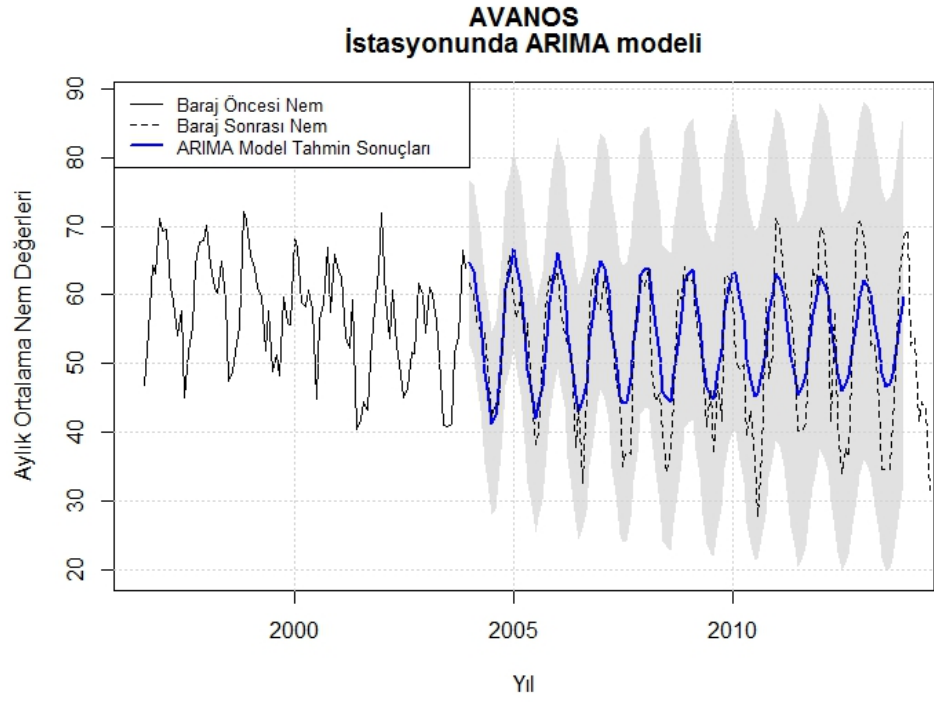
Şekil 2.7. 2000 yılı 13 ve 14 numaralı alt havzalara ait ağırlıklı eğri numarası hesabında kullanılan harita.

EK-3

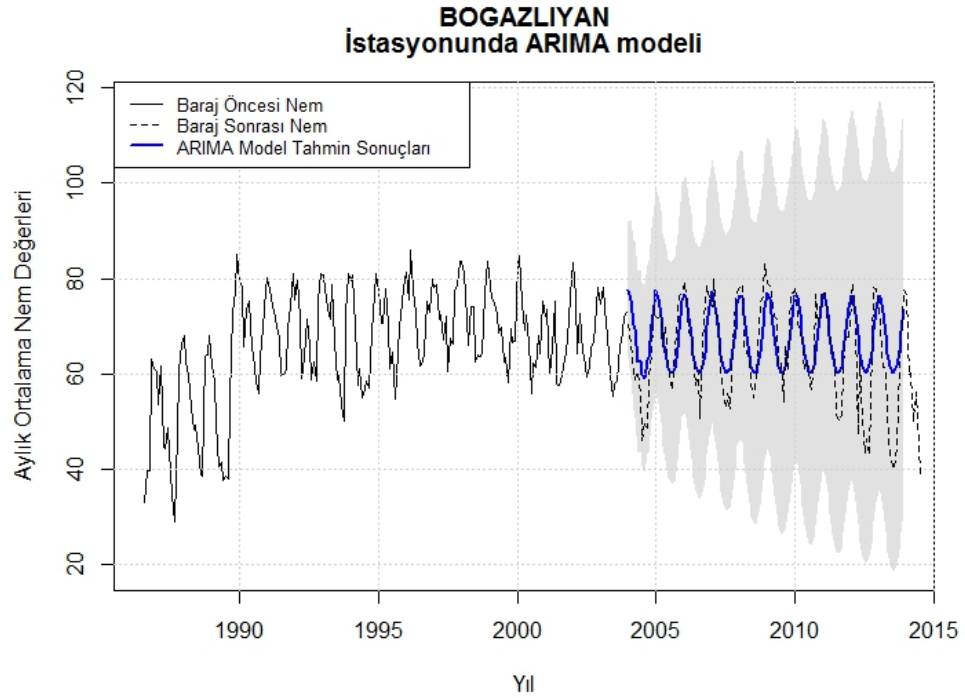
ARIMA MODELLEME SONUÇ GRAFİKLERİ

İklim araştırmalarında kullanılan zaman serilerinin gerçek bağımsızlık durumunun mevcut değıldir. Bütün iklim verilerin mekanla ve zamanla ilişkili olması iklim araştırmalarını diğerk bilimlerden daha karmaşık hale getirir. Zaman serileri biçiminde toplanan veriler geçmiş ve gelecek değıerlerle olan ilişkileri bünyesinde barındırır. Bu nedenle zaman serilerinde sıklıkla seri ilişki (oto korelasyon) varlığı gözlemlenir. Bu seri ilişki şuandaki zaman periyoduna ait verinin önceki zaman periyodunda elde edilen sonuçlardan etkilenmesidir. Bu durum veri hatalarının bağımsızlık varsayımına aykırıdır.

ARIMA (Otoregresif Birleştirilmiş Hareketli Ortalama) Modeli, AR (Otoregresif) ve MA (Hareketli Ortalama) modellerinin birleştirilmesi ile oluşan modeldir. Genellikle üç bileşenle (p,d,q) ifade edilir. p değıeri AR modelinin dizisini, q değıeri MA modelinin dizisini ve d değıeri ise farklılaşma derecesini ifade eder [107]. ARIMA modelinde zaman serisi ve dizi değıerleri ile hesaplanır. Her bir istasyona ait aylık ortalama nem değıerleri zaman serileri iki farklı seriye ayrılarak zaman serilerinin modellenmesi için ARIMA modelleri kullanılmıştır. ARIMA modelleri ile hesaplanan gelecek yıllara ait tahminler ile modelleme kullanılmayan seri elemanları karşılaştırılarak grafikleri hesaplanmıştır. Elde edilen grafikler bu bölümde verilmiştir. Geliştirilen ARIMA modelleri ile ölçülen değıerler karşılaştırıldığında model tahminleri ile yüksek korelasyonla uyuluğu görölmektedir.

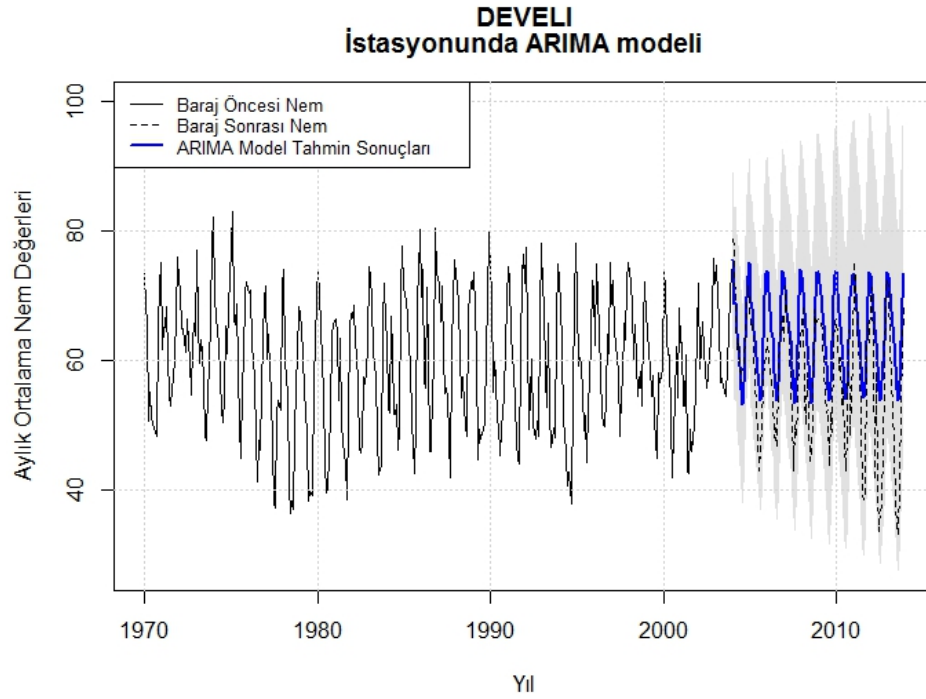


(a) Avanos

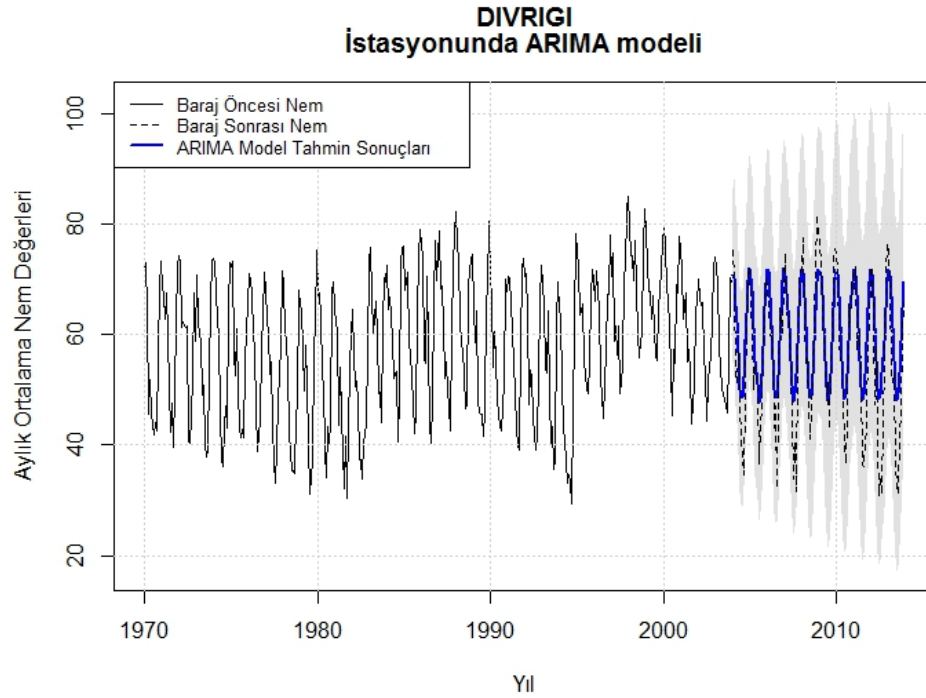


(b) Boğazlıyan

Şekil 3.1. Avanos ve Boğazlıyan meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve ARIMA model tahmin sonuçları.

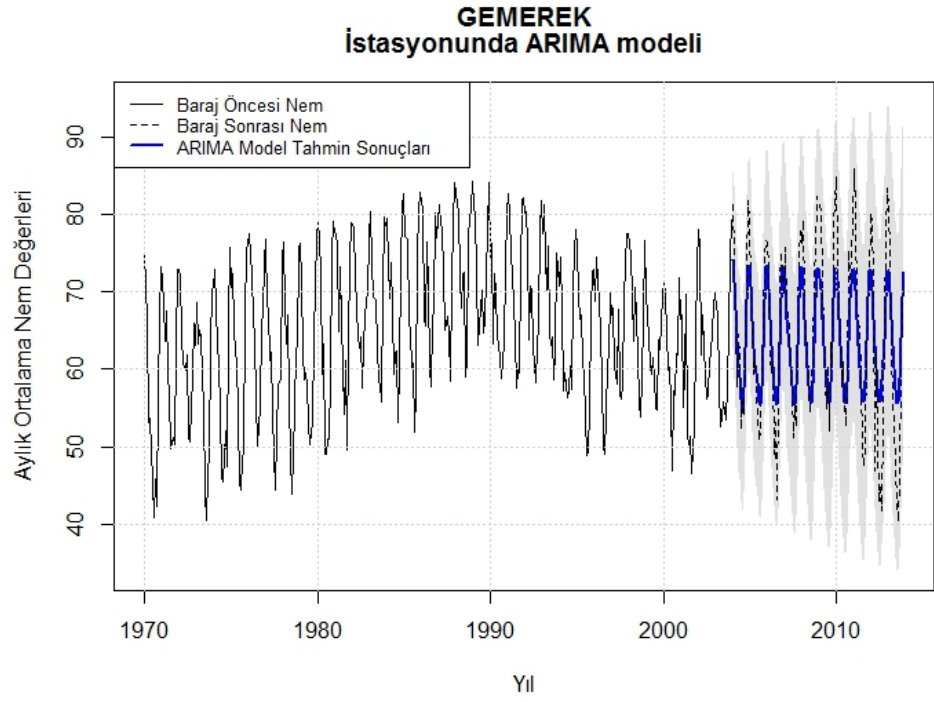


(a) Develi

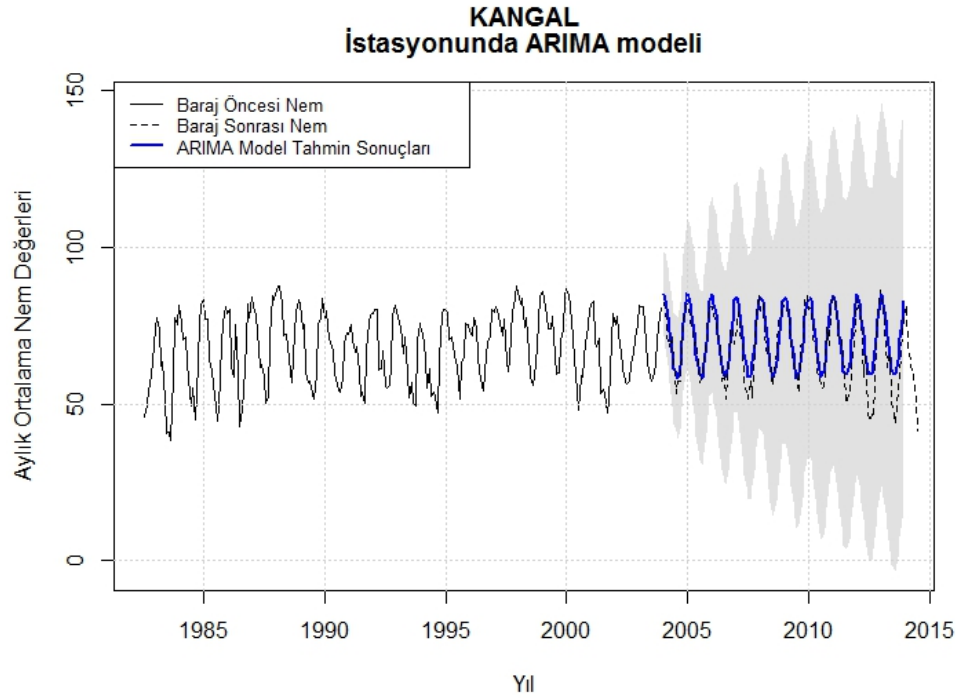


(b) Divriği

Şekil 3.2. Develi ve Divriği meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve ARIMA model tahmin sonuçları.

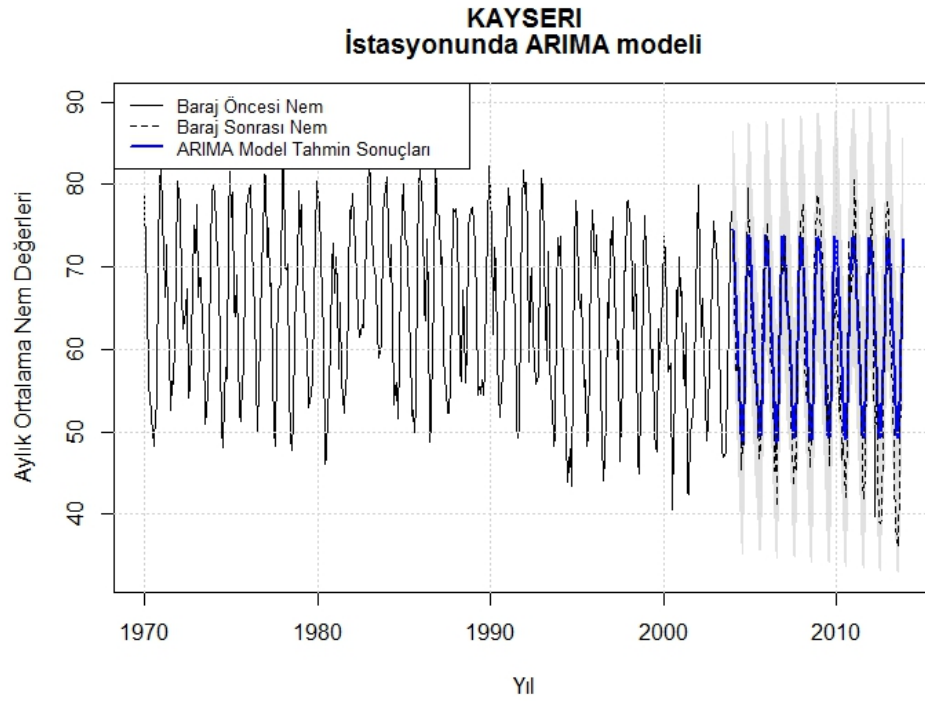


(a) Gemerek

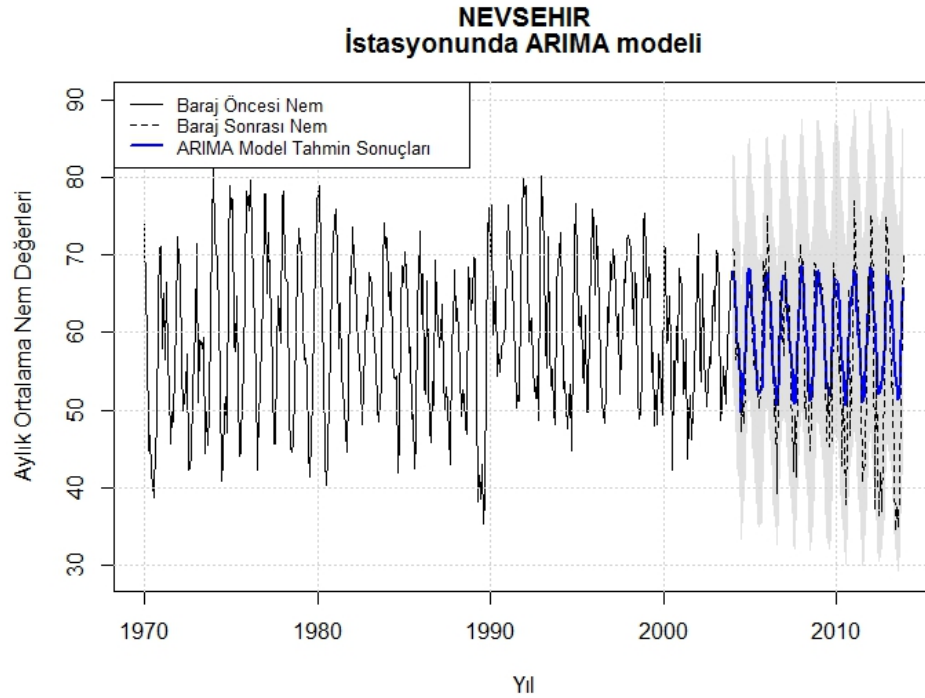


(b) Kangal

Şekil 3.3. Gemerek ve Kangal meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve ARIMA model tahmin sonuçları.

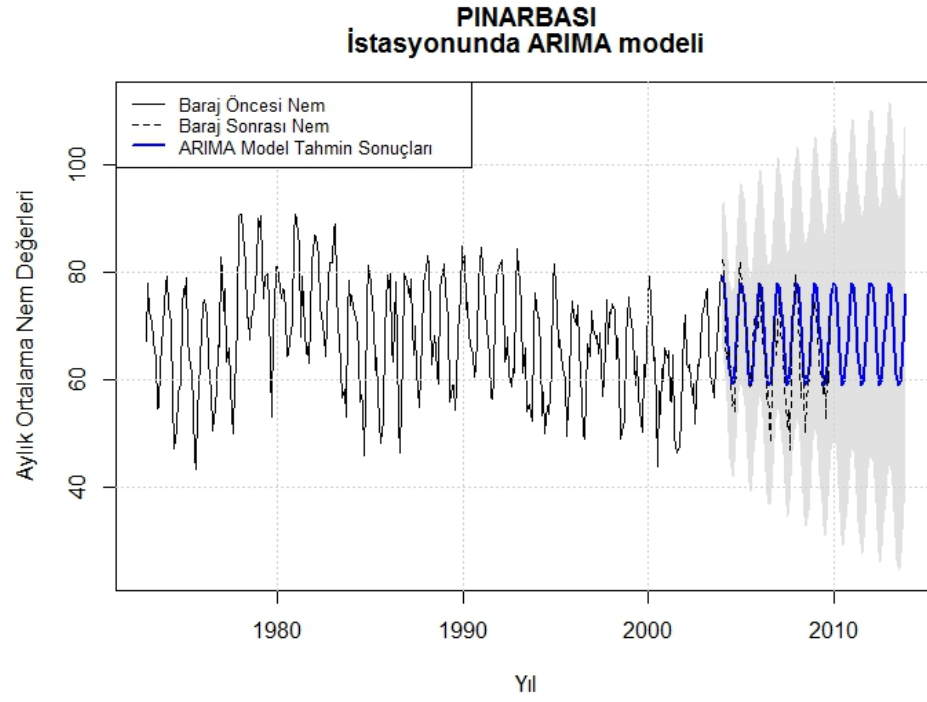


(a) Kayseri

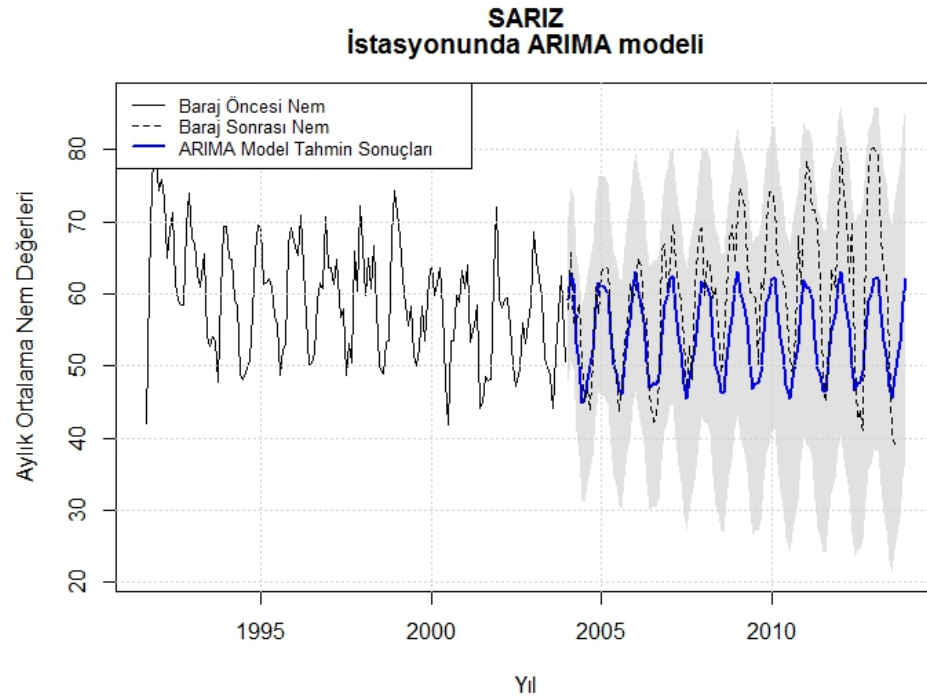


(b) Nevşehir

Şekil 3.4. Kayseri ve Nevşehir meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve ARIMA model tahmin sonuçları.

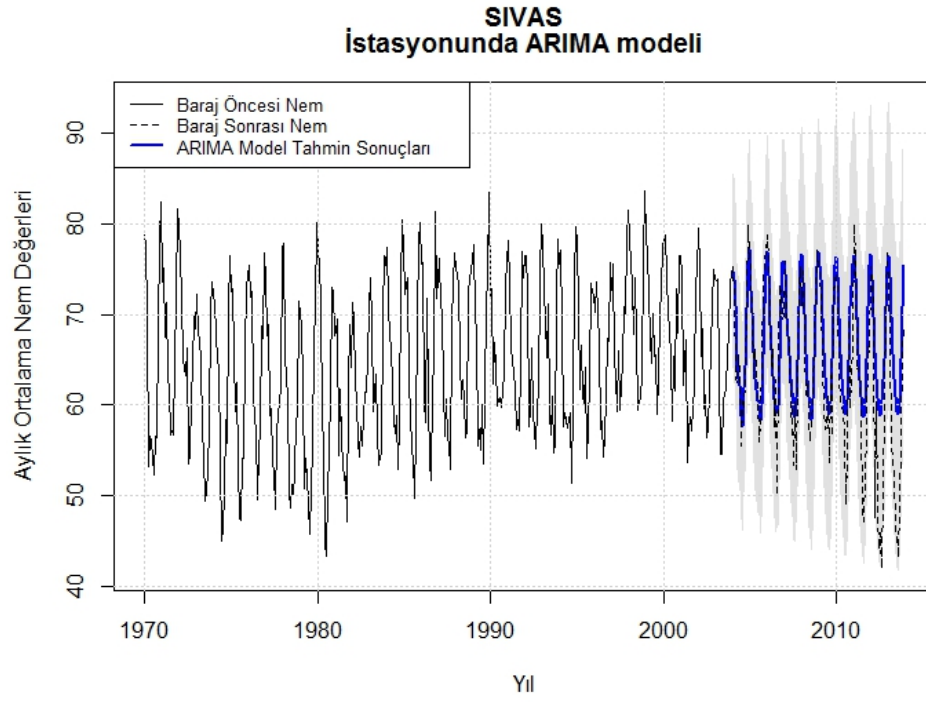


(a) Pınarbaşı

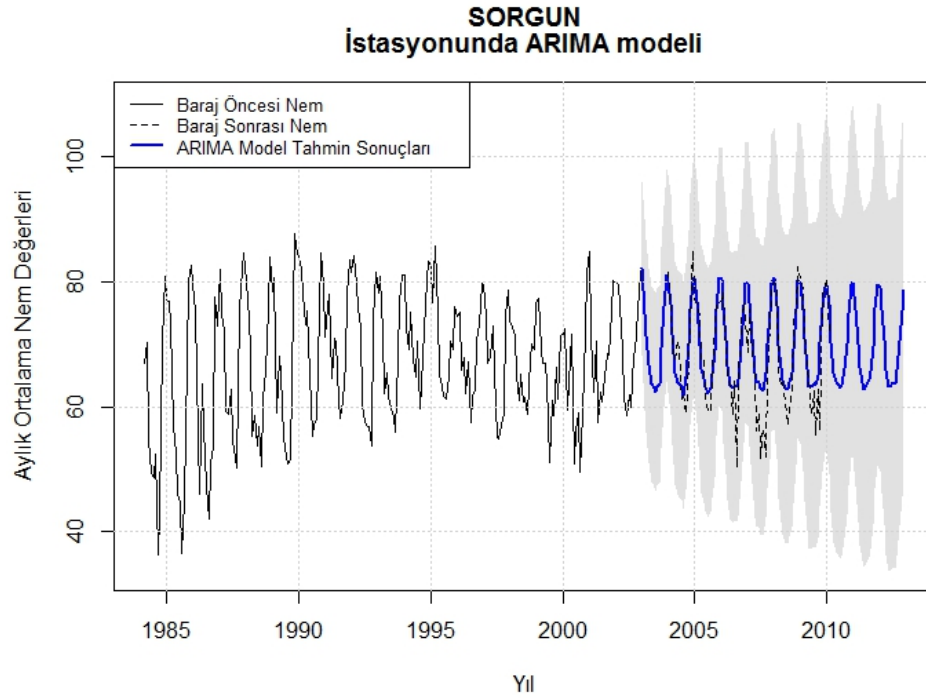


(b) Sarız

Şekil 3.5. Pınarbaşı ve Sarız meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve ARIMA model tahmin sonuçları.

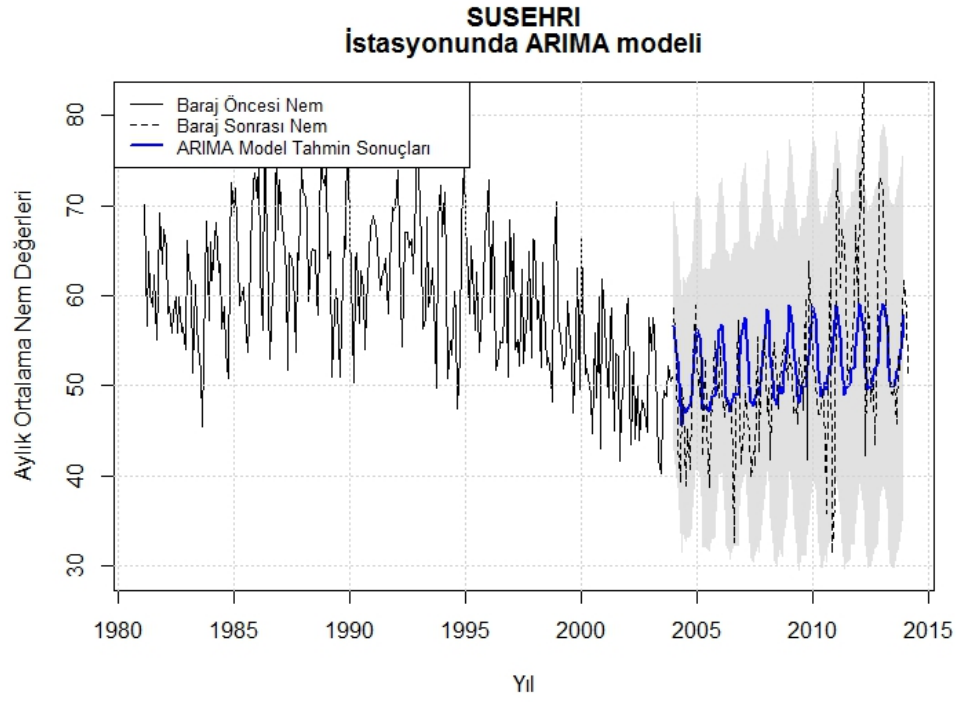


(a) Sivas

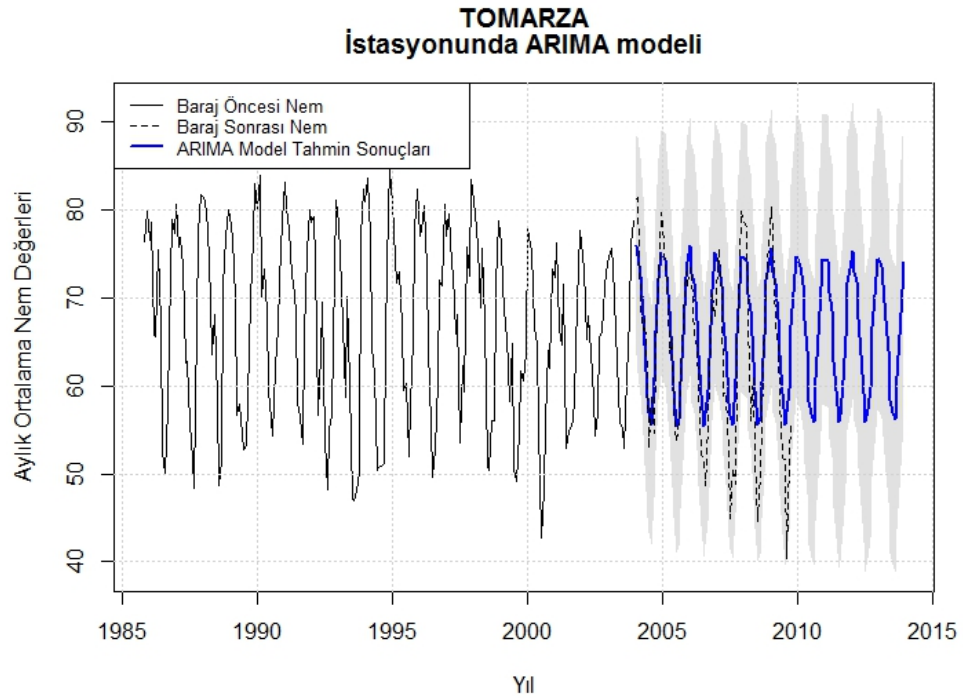


(b) Sorgun

Şekil 3.6. Sivas ve Sorgun meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve ARIMA model tahmin sonuçları.

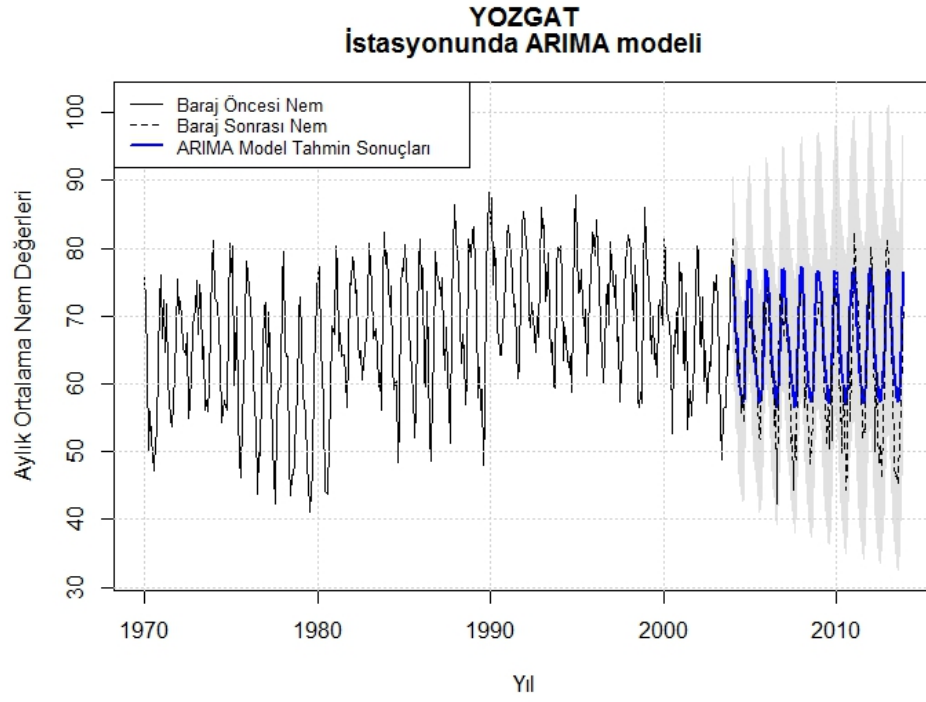


(a) Suşehri

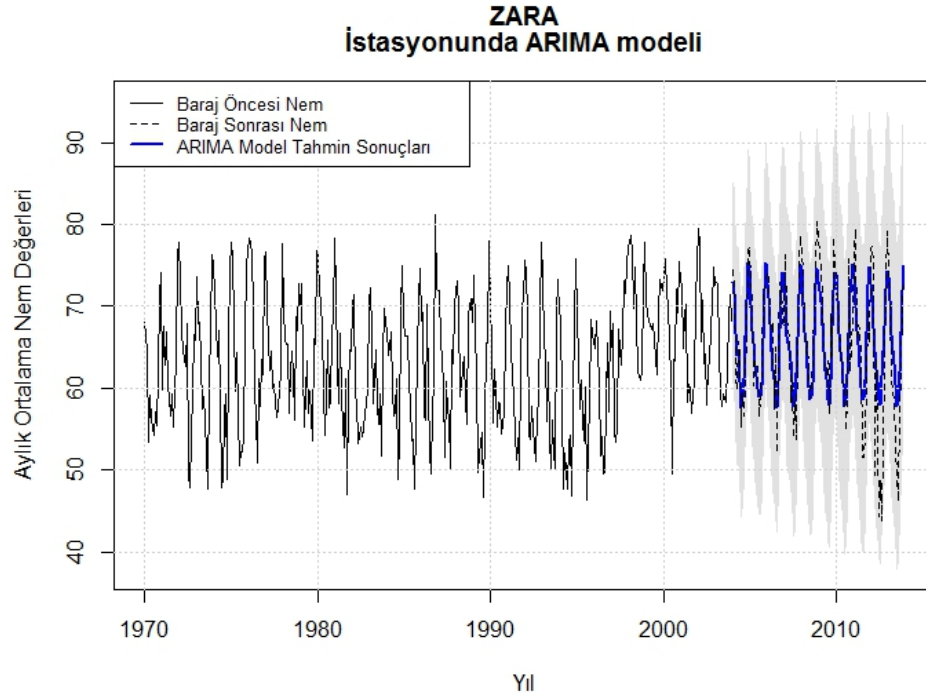


(b) Tomarza

Şekil 3.7. Suşehri ve Tomarza meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve ARIMA model tahmin sonuçları.



(a) Yozgat



(b) Zara

Şekil 3.8. Yozgat ve Zara meteoroloji istasyonlarının zaman serileri grafiği ve ARIMA model tahmin sonuçları.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı : Ümran KÖYLÜ
Uyruğu : Türkiye (T.C.)
Doğum Tarihi ve Yeri : 1987, Kayseri
Telefon : 0 352 207 66 66 - 32679
Belgegeçer : 0 352 437 57 84
E-posta : umrank@erciyes.edu.tr
Adres : Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
 Harita Mühendisliği Bölüm Başkanlığı
 38039, Melikgazi KAYSERİ TÜRKİYE

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mez.Yılı
Lisans	ERÜ Müh. Fakültesi Harita Müh., KAYSERİ	2009

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Kurum	Görev
2013-Halen	ERÜ Mühendislik Fakültesi Harita Müh. Bölümü, KAYSERİ	Araştırma Görevlisi

YAYINLAR

1. Köylü, Ü. & Geymen, A. GIS and remote sensing techniques for the assessment of the impact of land use change on runoff, Arabian Journal of Geosciences, 2016, 9, 1-12
2. Köylü, Ü. and Geymen, A.: Modelling the Effects of Land-Use Changes on Climate: A Case Study on Yamula Dam, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W1, 147-149, doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W1-147-2016, 2016.