

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KLİM DEĞERLERİNİN BARAJ HAVZASI HİDROLOJİSİ  
ÜZERİNDEKİ OLASI ETKİLERİNİN MODELLENMESİ :  
AR5-RCP SENARYOLARI VE DEMİRKÖPRÜ BARAJI  
ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UMUT KIRDEMİR**

**BALIKESİR, EYLÜL - 2017**



## KABUL VE ONAY SAYFASI

Umut KIRDEMİR tarafından hazırlanan “İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN BARAJ HAVZASI HİDROLOJİSİ ÜZERİNDEKİ OLASI ETKİLERİNİN MODELLENMESİ: AR5-RCP SENARYOLARI VE DEMİRKÖPRÜ BARAJI ÖRNEĞİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 22.09.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

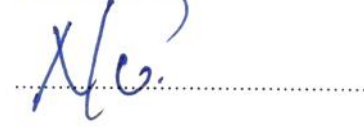
Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Umut OKKAN



Üye  
Prof.Dr. Emel İRTEM



Üye  
Yrd. Doç.Dr. Nuray GEDİK



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır, t.r.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

**Bu tez al, mas, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Ara tırma Kurumu (TB TAK) - evre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Ara tırma Destek Grubu (ÇAYDAG) tarafından desteklenen 114Y716 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.**

## ÖZET

**KLİM DE İKLİM NEDENİYLE ÜLKEMİZDE YA ANAN KURAK DÖNEMLERDE, SUYUN ASIL KULLANILAN SEKTÖRÜ OLAN TARIM SEKTÖRÜ SORUNLAR YA AM, VE BARAJLARDA DEPOLANAN SU MİKTAR, BEKLENEN TALEPLERİ KARŞILAYAMAZ HALE GELMİTİR. BU NEDENLE, İKLİM DE İKLİM SENARYOLARI, ALTINDA YÜZEYSEL SU KAYNAKLARINDA YA ANABİLECEK HİDRO-METEOROLOJİK DE İMLERİN ÖNGÖRÜLMESİ, HAVZALARINDAKİ SU İHTİYACININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIMINDAN OLDUKÇA ÖNEMLİ HALE GELMİTİR. AKSİ TAKDİRDE, GELECEKTE UYGULANACAK SU KAYNAKLAR, STRATEJİLERİNİN KAPSAM, DA YETERLİ ÖLÇÜDE BELİRLENEMEYECEKTİR. HAZIRLANAN ÇALIŞMADA, TEMSİLİ KONSANTRASYON ROTALARI (RCP) SENARYOLARININ, ESAS ALARAK, İKLİM DE İKLİMİN DEMİRKÖPRÜ BARAJ HAVZAS, HİDROLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN MODELLENMESİ AMAÇLANMAKTADIR.**

**ÇALIŞMADA, ÖNCELİKLE UYGULAMA HAVZASINDAKİ METEOROLOJİ İSTASYONLARINA AİT AYLIK TOPLAM YAĞIŞ VE AYLIK ORTALAMA SICAKLIK DEĞİŞİMLERİNE İSTATİSTİKSEL ÖLÇEK İNDİRGEME YAKLAŞIMI UYGULANMIŞTIR. BU YÖNTEM UYGULANIRKEN, RE-ANALİZ VERİLERİ VE 12 ADET KÜRESEL İKLİM MODELİNE AİT ÇIKTILAR KULLANILMIŞ VE HÜKÜMETLERARASI KLİM DEĞİŞİMLERİ PANELİNİN (IPCC) AR5 RAPORUNDA BELİRTİLEN İKLİM SENARYOLARI (RCP4.5, RCP6.0 VE RCP8.5) ALTINDA YAĞIŞ VE SICAKLIK ÖNGÖRÜLERİ 2015-2050 DÖNEMİ İÇİN ELDE EDİLMİTİR. AYRICA, HAVZADA YER ALAN SULAMA BİRLİKLERİ İÇİN BİTKİ SU TÜKETİMLERİ BLANEY-CRIDDLE YÖNTEMİYLE HESAPLANARAK ÜRÜN DESENİNDE VE SULAMA KANALLARINA AİT DEBİLERDE GELECEKTE OLABİLECEK DEĞİŞİMLER HER BİR RCP SENARYOSU İÇİN TAHMİNLENMİTİR. BU DEĞİŞİMLERİN YANISIRA, HİDROLOJİK DÖNGÜ ESAS ALINARAK AKARSULARA AİT YAĞIŞ, AKIŞ VE SU KİMLİKLERİ KAVRAMSAL-PARAMETRİK BİR HİDROLOJİK MODEL OLAN DİNAMİK SU BÜTÇESİ MODELİ YARDIMYLA ELDE EDİLMİŞ, KALİBRE EDİLMİŞ BU HİDROLOJİK MODEL YARDIMYLA METEOROLOJİK DEĞİŞİMLERDEKİ SENARYO TABANLARI, DEĞİŞİMLERİN HAVZADAKİ AKARSULARA, NASIL ETKİLEYEBİLECEĞİ İRDENENMİTİR. SON OLARAK, GELECEKTE ÖNGÖRÜLEN SU TALEPLERİ VE HİDRO-METEOROLOJİK DEĞİŞİMLER DEĞİŞİMLERİNİN DEMİRKÖPRÜ BARAJ HAZNESİ İÇİN İZLETME ÇALIŞMALARINI, YAPILMIŞ VE İLGİLİ HAZNENİN PERFORMANS, HER BİR SENARYO İÇİN İRDENENMİTİR. BU PERFORMANS SORGULAMALARINDA, BARAJ HAZNESİNİN GELECEKTEKİ SU İHTİYACININ NE ÖLÇÜDE KARŞILAYABİLECEĞİ ORTAYA KONMUŞTUR.**

**ANAHTAR KELİMELER:** iklim de i iklimi, RCP senaryoları, küresel iklim modelleri, ölçek indirgeme, bitki su ihtiyacı, dinamik su bütçesi modeli, hazne izletme çalışmaları.

## **ABSTRACT**

**MODELING OF PROBABLE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON DAM BASIN  
HYDROLOGY:  
AR5-IPCC SCENARIOS AND CASE OF DEMIRKOPRU DAM RESERVOIR  
MSC THESIS  
UMUT KIRDEMİR  
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
CIVIL ENGINEERING  
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. Umut OKKAN )  
BALIKESİR, SEPTEMBER 2017**

During dry periods in our country due to the climate changes, the agricultural sector, which is the main user of water, has experienced problems and the amounts of water stored in dam reservoirs have become unable to supply water needs demanded. Therefore, the foreseen of hydro-meteorological changes in surface water resources under climate change scenarios has become necessary for the sustainability of water requirements in our basins. Otherwise, the scope of water resources strategies that will be applied in the future cannot be adequately determined as well. In the prepared study, the modeling of the impacts of climate change on Demirkopru watershed hydrology is aimed considering representative concentration pathways (RCP) scenarios.

In the study, a statistical downscaling approach was primarily applied to the monthly total precipitation and the monthly mean temperature variables observed at the meteorological stations in the application basin. Reanalysis data and outputs of 12 global climate models were used during applying this method and the precipitation and temperature forecasts for the period between 2015 and 2050 were obtained under the climate scenarios (RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5) stated in AR5 report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Besides, crop water consumptions for irrigation associations located at the basin were computed by Blaney-Criddle method so that the changes in crop pattern and irrigation channel discharges that may occur in the future were forecasted for each RCP scenario. In addition to these processes, based on the hydrological cycle, rainfall-runoff relationships pertaining to rivers have been identified through a conceptual-parametric hydrological model, dynamic water budget model, and using this calibrated hydrological model, it is investigated how the scenario based changes in meteorological variables will affect the river flows in the basin. Finally, assessing water demands in future and hydro-meteorological changes, the reservoir operation studies for Demirkopru Dam reservoir were carried out and the performances of related dam reservoir were examined for each scenario. In these performance investigations, to what extent the related reservoir can answer to future water needs have been investigated.

**KEYWORDS:** Climate change, RCP scenarios, global climate models, downscaling, crop water requirement, dynamic water budget model, reservoir operation studies.

# Ç İNDEK İLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
Ç İNDEK İLER.....	iii
TEK İLLİSTES .....	v
TABLO İLLİSTES .....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>3</b>
2.1 Havza Özellikleri ve Gözlenmiş Hidro-Meteorolojik Veriler .....	3
2.2 İklim Senaryoları, Küresel İklim Modelleri (GCM) ve Re-Analiz Verileri..	6
2.3 Ölçek İndirgeme Yöntemleri .....	9
2.3.1 Yapay Sinir Ağları, (ANN).....	11
2.3.2 En Küçük Kareler Destek Vektör Makinesi (LSSVM) .....	13
2.3.3 Ölçek İndirgeme Stratejisi .....	16
2.4 Ölçek İndirgeme Modellerinin Performanslarının Sıralanmasında Kullanılan Yöntemler .....	17
2.5 Hidrolojik Modelleme .....	18
2.5.1 Dinamik Su Bütçesi Modeli .....	18
2.5.2 Yağış Ak, Modeli Parametrelerinin Kalibrasyonu .....	22
2.6 Çalınım, mada Kullanılan Bitki Su İhtiyacı, Hesaplama Yöntemi .....	23
2.7 Çalınım, mada Kullanılan Hazne İletme Yöntemi.....	25
<b>3. BULGULAR.....</b>	<b>27</b>
3.1 Verilerin İstatistiksel Analizleri .....	27
3.2 Optimum Tahminleyici Seçimi.....	30
3.3 Ölçek İndirgeme Modellerinin Kurulumu.....	32
3.4 RCP Senaryoları, Altında Yağış ve Sıcaklık Projeksiyonlarının Elde Edilmesi.....	42
3.4.1 ENSEMBLE Uygulaması, .....	42
3.4.2 Bias Düzeltme Yöntemi.....	48
3.4.3 Geçmiş Senaryo Sonuçlarının Sıralanması, .....	49
3.4.4 Yağış ve Sıcaklık için Öngörülen Değerlerin İncelenmesi .....	50
3.4.5 Potansiyel Evapotranspirasyon için Öngörülen Değerler .....	65
3.5 Hidrolojik Model Uygulaması ve Akım Projeksiyonlarının Hazırlanması, ..	66
3.5.1 Kullanılan Su Bütçesi Modelinin Kalibrasyonu ve Verifikasyonu .....	66
3.5.2 RCP Senaryoları, Altında Akım Projeksiyonlarının Elde Edilmesi.....	68
3.6 Farklı Senaryolar Altında Gelecekteki Sulama Suyu İhtiyacının Hesaplanması, .....	71
3.6.1 Bölgedeki Sulama Altyapısı,.....	71
3.6.2 Sulama Birliklerinde Sulanan Ürünler ve Alanlar,.....	72
3.6.3 Sulama Suyu İhtiyaçlarının Hesabı, .....	74
3.7 Hazne İletme Çalınım, malar ile Demirköprü Barajının Öngörülen Talepler Karşılamada Performanslarının İncelenmesi .....	78

<b>4.</b>	<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>84</b>
<b>5.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>88</b>



## EK L L STES

	<u>Sayfa</u>
<b>ekil 2.1:</b> Gediz Havzası'nın Türkiye üzerindeki konumu.....	4
<b>ekil 2.2:</b> Havzadaki meteoroloji istasyonları, .....	5
<b>ekil 2.3:</b> RCP senaryolarına ait radyatif zorlama seviyelerinin gelecekteki değişimi (Meinshausen vd., 2011). .....	8
<b>ekil 2.4:</b> Gediz Havzası'nı kapsayan ERA-Interim gridleri (Okkan ve Kirdemir, 2016a).....	9
<b>ekil 2.5:</b> Tek gizli katmanlı bir yapay sinir ağı'nın tipik yapısı.....	12
<b>ekil 2.6:</b> $\sigma$ fonksiyonunun eğilimi (Tripathi vd., 2006).....	14
<b>ekil 2.7:</b> LSSVM modelinin mimarisi .....	15
<b>ekil 2.8:</b> Yağışın Dyn-WBM modelinde bileşenlerine ayrılması, (a) mevcut suyun kısımlarına ayrılması, (b) süreçlerinin matematik gösterimi (Okkan ve Kirdemir, 2016b). .....	20
<b>ekil 3.1:</b> stasyonlara ait mevsimsel ve yıllık toplam yağış ortalamaları, .....	28
<b>ekil 3.2:</b> stasyonlara ait mevsimsel ve yıllık sıcaklık ortalamaları, .....	29
<b>ekil 3.3:</b> Yağışlar için hazırlanan $k$ -girdili ve tek girdili regresyon modellerine ait RMSE istatistikleri (Okkan ve Kirdemir, 2016a).....	31
<b>ekil 3.4:</b> Köprübaşı istasyonu aylık toplam yağışlar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler mm/ay'dır). .....	36
<b>ekil 3.5:</b> Simav istasyonu aylık toplam yağışlar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler mm/ay'dır). .....	37
<b>ekil 3.6:</b> Uşak istasyonu aylık toplam yağışlar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler mm/ay'dır). .....	38
<b>ekil 3.7:</b> Köprübaşı istasyonu aylık ortalama sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler °C/ay'dır). .....	39
<b>ekil 3.8:</b> Simav istasyonu aylık ortalama sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler °C/ay'dır). .....	40
<b>ekil 3.9:</b> Uşak istasyonu aylık ortalama sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler °C/ay'dır). .....	41
<b>ekil 3.10:</b> Performansları, yağış istasyonları üzerindeki dağılımı, (Dünya eksen istasyon adedidir).....	42
<b>ekil 3.11:</b> iklim modellerinin Demirci istasyonuna indirgenmiş aylık toplam yağış öngörülleri (Observed: Gözlenen). .....	45
<b>ekil 3.12:</b> iklim modellerinin Demirci istasyonuna indirgenmiş aylık ortalama sıcaklık öngörülleri (Observed: Gözlenen). .....	46
<b>ekil 3.13:</b> BMA eğilimi (Okkan ve Kirdemir, 2016b).....	47
<b>ekil 3.14:</b> Havzadaki belirli bazı istasyonlar için historical senaryo altında düzeltilmiş ENSEMBLE tahminleri ve tekil GCM tahminleri ( (a) Demirci istasyonu, b) Gördes istasyonu, c) Köprübaşı istasyonu, d) Uşak istasyonu). .....	59

<b>ekil 3.15:</b> Havzadaki belli başlı, s,cağık istasyonlar, için historical senaryo altında düzeltilmiş ENSEMBLE tahminleri ve tekil GCM tahminleri (a) Demirci istasyonu, b) Gördes istasyonu, c) Köprübaşı istasyonu, d) Uşak istasyonu). .....	60
<b>ekil 3.16:</b> Historical senaryo referans alınarak RCP senaryo yapıları, lar,nda a) 2015-2050 dönemi için öngörülen de ğerimler ve .....	61
<b>ekil 3.17:</b> Historical senaryo referans alınarak RCP senaryo s,cağıklar,nda a) 2015-2050 dönemi için öngörülen de ğerimler ve b) t-testi istatistikleri. ....	64
<b>ekil 3.18:</b> Historical senaryo referans alınarak RCP senaryolar,na ait EPOT de ğerilerinde 2015-2050 dönemi için öngörülen de ğerimler. ....	66
<b>ekil 3.19:</b> Ac,su alt havzas,na ait senaryo ak,mlar,n box-plot gösterimleri. ....	68
<b>ekil 3.20:</b> Selendi alt havzas,na ait senaryo ak,mlar,n box-plot gösterimleri. ....	69
<b>ekil 3.21:</b> Deliini alt havzas,na ait senaryo ak,mlar,n box-plot gösterimleri. ....	69
<b>ekil 3.22:</b> Demirci alt havzas,na ait senaryo ak,mlar,n box-plot gösterimleri. ....	69
<b>ekil 3.23:</b> Gediz Havzas,nda bulunan sulama birliklerinin havza üzerindeki konumları, (Akkuzu vd., 2007). ....	71
<b>ekil 3.24:</b> Salihli Sol Sahil Sulama Birliği'nde sulanan alan-zaman ilişkisi (Okkan vd., 2016). ....	74
<b>ekil 3.25:</b> Referans dönem ve RCP senaryolar,na göre gelecek dönemde sulama birliklerinde öngörülen sulama suyu ihtiyacı, .....	77
<b>ekil 3.26:</b> Sulama kanalları,ndan sulama birliklerine dağıtılan yıllık ortalama sulama suyu hacimleri ( $hm^3/y$ ,l) (Okkan ve Kirdemir, 2017). ....	79
<b>ekil 3.27:</b> İklim senaryolar,na göre Demirköprü Baraj,'ndan çekilebilecek sular,n box-plot gösterimleri (Okkan ve Kirdemir, 2017). ....	79
<b>ekil 3.28:</b> Demirköprü baraj haznesinden talep edilen su miktarları,n,n ve arz aç,klar,n,n zamana göre de ğerimi (dört eksen $hm^3/y$ ,l birimindedir) (Okkan ve Kirdemir, 2017). ....	82
<b>ekil 3.29:</b> Demirköprü Baraj,'ndan yıllık ortalama talep edilen su hacmi-risk ilişkisi .....	83

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Havzadaki meteoroloji istasyonları, işleten kurum bilgisi ve konumları..	5
<b>Tablo 2.2:</b> Demirköprü Baraj havzasında bulunan AG'lerin isimleri, konumları, numaraları, yaygın alanlar, ve üzerinde buldukları akarsuyun ismi. ....	6
<b>Tablo 2.3:</b> Kullanılan GCM'lere ait bilgiler. ....	10
<b>Tablo 2.4:</b> NS, RSR, ve PBIAS değerlerine bağlı model performans değerlendirilmesi (Moriasi vd., 2007). ....	18
<b>Tablo 2.5:</b> Etkinlik katsayısı, ....	24
<b>Tablo 3.1:</b> Aylık toplam yağışlar için kurulan ölçek indirgeme modellerinin test dönemi performansları, ....	34
<b>Tablo 3.2:</b> Aylık ortalama sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinin test dönemi performansları, ....	35
<b>Tablo 3.3:</b> Demirci istasyonunun historical senaryo yağışlarına uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları, ....	51
<b>Tablo 3.4:</b> Gördes istasyonunun historical senaryo yağışlarına uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları, ....	52
<b>Tablo 3.5:</b> Köprübaşı istasyonunun historical senaryo yağışlarına uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları, ....	53
<b>Tablo 3.6:</b> Uşak istasyonunun historical senaryo yağışlarına uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları, ....	54
<b>Tablo 3.7:</b> Demirci istasyonunun historical senaryo sıcaklıklarına uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları, ....	55
<b>Tablo 3.8:</b> Gördes istasyonunun historical senaryo sıcaklıklarına uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları, ....	56
<b>Tablo 3.9:</b> Köprübaşı istasyonunun historical senaryo sıcaklıklarına uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları, ....	57
<b>Tablo 3.10:</b> Uşak istasyonunun historical senaryo sıcaklıklarına uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları, ....	58
<b>Tablo 3.11:</b> Dinamik su bütçesi modelinin kalibre edilen parametreleri. ....	67
<b>Tablo 3.12:</b> Yağış-akış modelinin alt havzalardaki a) kalibrasyon b)verifikasyon dönemi performansları, ....	68
<b>Tablo 3.13:</b> (a) Historical senaryo akışlarına göre RCP senaryo akışlarında 2016-2050 yılları için öngörülen % değişimler ve (b) bu değişimlerin anlamlı, normal, sınırlı için hesaplanan t istatistikleri. ....	70
<b>Tablo 3.14:</b> Havzadaki kanallar ve hizmet alanları, (Okkan ve Kirdemir, 2017)..	72
<b>Tablo 3.15:</b> Havzadaki sulama birlikleri için sulama-zaman ilişkisi (Okkan ve Kirdemir, 2017). ....	76
<b>Tablo 3.16:</b> Demirköprü Baraj Karakteristikleri	80

## ÖNSÖZ

Son yıllarda kendisini çarpıcı, bir biçimde hissettiren iklim değişikliği sebebiyle dünyada ve ülkemizdeki su kaynakları, olumsuz yönde etkilenmektedir. Hazırlanan Çalınan, maddeleri, ülkemizde, bulunduğu bölgede tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi için elzem nitelikte bulunan Demirköprü Barajı'nın iklim değişikliğinden ne ölçüde etkilenebileceği araştırılmı ve ülkemizde bu kapsamda faaliyet gösteren Devlet Su İşleri gibi kurumlara planlama amaçlarında faydalı olacakları düşünülmektedir.

Tez çalışmamın amaçlarında konuyla ilgili değerli bilgilerini esirgemeyen, aynı zamanda akademik hayatımdan yanısıra sosyal hayatımda da verdiği tavsiyelerden ötürü değerli bilim adamı, Yrd. Doç. Dr. Umut OKKAN'a sonsuz teşekkürlerim bir borç bilirim. Çalışmanın yürütülmesi sırasında manevi desteklerini esirgemeyen başta aileme ve ayrıca Gözde KURTER, Gizem KURTER ve Saime H ÇYATMAZ'a; tez yazmamı amaçlarında verdikleri fikirlerinden dolayı, Yrd. Doç. Dr. Nuray GEDİK'e, Araştırma Görm. Halil UYSAL ve Araştırma Görm. Özgür NAL'a ve tez çalışmamda beni motive eden arkadaşlarımda Makine Mühendisi Arman Cem MEK'e, Arkeolog Onur AYDIN'a, Ziraat Mühendisi Umut Can YÜCEL'e, Gece Mühendisi Sercan YAŞASIN'a ve Ümit UTA'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamın yürütülmesi sırasında destek veren 114Y716 numaralı TÜB TAK projesine ve TÜB TAK ÇAYDAG personeline ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Umut KIRDEMİR

## 1. G R

Gediz Havzasında, 1980'li yılların sonunda başlayan ve 1990'lı yılların ortalarına kadar devam eden, sonra tekrar 2000'li yıllarda başlayıp günümüze kadar uzanan kurak dönemler süresince, sulama birlikleri arasında sulama suyu yüzünden sıkıntılar yaşanmış ve içme suyu maksatlı kullanılan havzadaki barajların da içme suyu taleplerini bazı zamanlarda karşılayamaz hale geldiği görülmüştür. Havzadaki yüzeysel su kaynaklarının en önemli kullanıcısı, tarım sektörü olup, toplamda yaklaşık %70'dik bir paya sahiptir. Havzadaki yüzeysel su kaynaklarının geriye kalan kısmı ise büyük ölçüde içme suyu talebine hizmet etmektedir. Gelecekteki olası nüfus artışı, ile tarımsal ürün, evsel kullanım ve sulama suyu taleplerinde, endüstriyel büyüme ile birlikte ise endüstriyel kullanım suyu taleplerinde artış beklenmektedir. Diğer taraftan, havzanın içinde bulunduğu Akdeniz iklim kuşağında, iklim değişikliği neticesinde sıcaklıkların artması, yağışta azalmaya, kuraklıklarda düzensizlikler ve bazı dönemlerde de azalmalar olabileceği öngörülmektedir. Dolayısıyla, yağış ve sıcaklık serilerindeki bu değişikliklerin evapotranspirasyon miktarlarında artış ve yüzeysel akış miktarlarında azalmalara neden olmaları kaçınılmazdır. Tüm bu durumlar birlikte değerlendirildiğinde, Gediz Havzasında sulama maksatlı kullanılan ve tarımsal faaliyetlerde havzada önemli ölçüde etkinliği bulunan Demirköprü Barajının farklı iklim değişikliği senaryoları altında davranışlarının değerlendirilmesi ve bu maksatla gelecekte yaşanabilecek hidro-meteorolojik değişikliklerin öngörülmesi, özellikle sulamanın havzadaki sürdürülebilirliği bakımından önem arz etmektedir.

Söz konusu gerekçelerin varlığı ile hazırlanan tez çalışmasında, temel anlamda Demirköprü Barajı haznesinin gelecekteki sulama suyu talebini ne ölçüde karşılayabileceği, IPCC'nin 5. değerlendirme raporu AR5'te atfedilen iklim değişikliği senaryoları olan Temsili Konsantrasyon Rotaları, (Representative Concentration Pathways (RCP)) esas alınarak sorgulanmıştır.

Yukarıda bahsi geçen amaç doğrultusunda, çalışmada öncelikle Demirköprü Barajı Havzası sınırları içerisinde yer alan ve Devlet Su İşleri (DSİ) ve Devlet

Meteoroloji İstasyonları (DMİ) tarafından işletilen meteoroloji istasyonlarında iklim modellerinin istasyon ölçeğindeki yağış ve sıcaklık öngörülerini elde etmek için, istatistiksel ölçek indirgeme yaklaşımı uygulanmıştır. Bu amaçla, 12 adet küresel iklim modeli (genel dolaşım modeli) kullanılmış ve 2015-2050 projeksiyon dönemi ve geçmi iklim dönemi (1980-2005) için aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık öngörülerini, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) 2013 yılında yayınladığı 5. değerlendirme raporunda (5th assessment report (AR5)) değerlendirilen RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryoları altında elde edilmiştir. Bu kapsamda kullanılan yöntemlere ait detaylar Bölüm 2'de sunulmaktadır. Gelecek dönemler için RCP senaryoları altında öngörülen yağış ve sıcaklıklar, gözlenen (geçmiş) yağış ve sıcaklıklar ile karşılaştırılarak istatistiksel olarak anlamlı olan değişimler belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında yağış, sıcaklık ve potansiyel evapotranspirasyon değerlerindeki olasılıklı değişimlerin Demirköprü Baraj Havzasındaki akarsuların akışları, nasıl etkileyebileceği değerlendirilerek kavramsal türden hidrolojik modelleme yardımıyla belirlenmiştir. Bu değişimleri takiben, Demirköprü Barajı'nın hizmet ettiği 10 adet sulama birliğine en yakın konumda olan istasyonlar tespit edilmiş, sulama birlikleri tarafından kullanılan ürün desenleri ve sulanan alanların zaman içindeki değişim eğilimleri değerlendirilerek, farklı iklim senaryoları altında bitki suyu ihtiyacı ve sulama kanal debileri öngörülmüştür.

Çalışmanın son aşamasında aylık su bütçesi ve haznelenme çalışmalarıyla birlikte yürütülmesi ile Demirköprü Barajı'na ait her bir senaryo için hesaplanmış tahmini talepler kullanılarak haznenin olasılıklı iklim koşulları altında güvenilirlikleri/riskleri belirlenmiş ve dolayısıyla barajda depolanan tahmini su miktarının tahmini sulama suyu taleplerini ne ölçüde karşılayabileceği değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Havza Özellikleri ve Gözlenmi Hidro-Meteorolojik Veriler

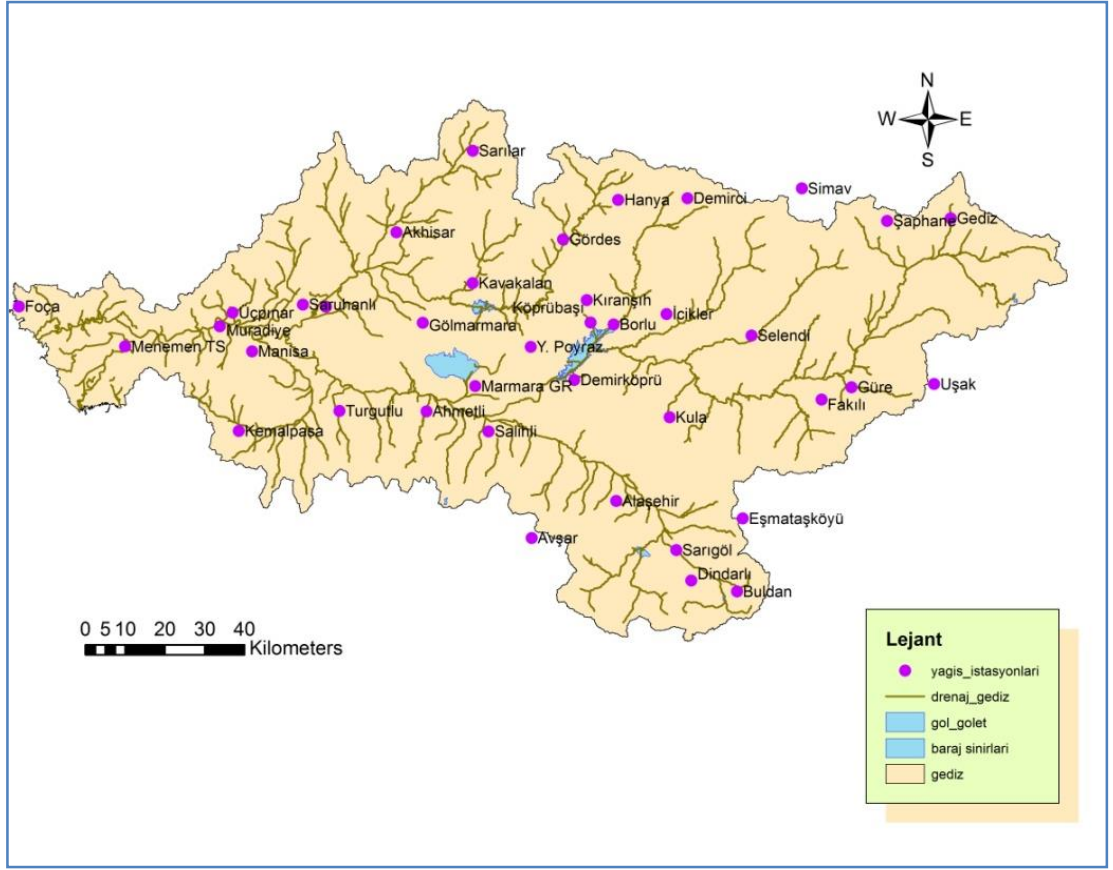
Demirköprü Barajı'nın bulunduğu Gediz Havzası, Ege Denizi, Küçük Menderes ve Bakırçay havzaları arasında yer almakta ve havzadaki su kaynakları bir çoğu (Demirköprü, Afkar, Buldan Barajları, ve Marmara Gölü gibi) tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi amacıyla işletilmektedir (Şekil 2.1). Demirköprü Barajı, Gediz Nehri'nin ana kolları olan Demirci, Deliini, Selendi ve Acısu akarsularıyla beslenmektedir.

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü Demirköprü Barajı havzasında, yıllık yağış, 1980-2010 referans iklim dönemi için ortalama 525 mm civarındadır. Yine aynı dönem için yıllık ortalama sıcaklık havza genelinde 13 °C'dir. Gediz Havzasında en önemli ekonomik faaliyet tarımdır, başlıca tarımsal ürünler mısır, buğday, sebze ve pamuktur. Demirköprü, Afkar ve Buldan baraj gölleri ve Marmara Gölü (Gölmarmara baraj gölü) 110000 hektarlık tarımsal sulama alanını beslemektedir. Sulama amaçlı tesis edilen Demirköprü Barajı, Marmara Gölü ile birlikte entegre olarak sulama birliklerine hizmet etmekte ve yaklaşık olarak 98000 hektarlık sulama alanına sulama suyu temin etmektedirler. Havzadaki sulama alt yapı, sulama birliklerine ve bitki desenine ait detaylar Bölüm 3.6'da sunulmaktadır.

Havzada Meteoroloji İleri Genel Müdürlüğü (MGM) ve Devlet Su İşleri (DSİ) 2. Bölge Müdürlüğü tarafından işletilen 15 adet meteoroloji istasyonu tespit edilmiştir. Bu istasyonların havza üzerindeki dağılımları, Şekil 2.2'de, istasyon numaraları, koordinatları ve rakımları ise Tablo 2.1'de verilmiştir. Bu 15 istasyonun tamamında yağış gözlemi yapılmış, ancak 9 tanesinde aylık ortalama sıcaklık rasatı tutulmuştur. Söz konusu istasyonlar Tablo 2.1'de belirtilmiştir. Çalışmada 1980-2010 referans iklim dönemi verileri esas alınmış ve mevcut periyotlarda eksik veya hatalı olduğu düşünülen gözlemler kurulan korelasyon-regresyon ilişkileri ile tamamlanmıştır. Meteoroloji istasyonlarına ait verilerin istatistiksel analizleri Bölüm 3.1'de detaylı bir şekilde sunulmuştur.







**ekil 2.2:** Havzadaki meteoroloji istasyonlar.,

**Tablo 2.1:** Havzadaki meteoroloji istasyonlar., i leten kurum bilgisi ve konumlar.,

stasyon Ad,	Numaras,	MGM/DSI	Yükselti (m)	Enlem (°) K	Boylam (°) D
Borlu	2425	MGM	250	38.750	28.467
Demirci*	17746	MGM	851	39.050	28.650
Fakili	05-012	DSI	715	38.617	29.083
Gediz*	17750	MGM	825	39.050	29.417
Gordes*	4930	MGM	550	38.933	28.300
Gure*	5458	MGM	650	38.650	29.167
Hanya	05-010	DSI	640	39.033	28.450
İcikler	05-018	DSI	710	38.783	28.617
Kıranşih	05-016	DSI	670	38.800	28.383
Köprübaşı,*	5278	MGM	250	38.750	28.400
Kula*	5624	MGM	675	38.550	28.650
Saphane	4765	MGM	925	39.033	29.233
Selendi*	5282	MGM	575	38.750	28.867
Simav*	17748	MGM	809	39.093	28.979
Uşak*	17188	MGM	919	38.671	29.404

\*: Hem ya , hem s,cakl,k ölçen meteoroloji istasyonlard,r.

Çal, mada Demirköprü haznesini besleyen ve sa l,kl, verilere sahip olan 4 adet ak,m gözlem istasyonu (AG ) bulunmaktadır. AG 'ler DS 2. Bölge Müdürlü ü tarafından i letilmekte olup istasyonlar,n 1976-2010 su y,l,na ait verileri kurumdan temin edilmi tir. Demirköprü Baraj,'n, besleyen Ac,su, Selendi, Demirci ve Deliini Dereleri Yukar, Gediz bölümünü temsil eden önemli istasyonlard,r. Çal, mada kullan,lan AG 'lerin konumlar,, istasyon numaralar, ve hangi kol üzerinde bulundu u bilgisi Tablo 2.2'de verilmi tir.

**Tablo 2.2:** Demirköprü Baraj havzas,nda bulunan AG 'lerin isimleri, konumlar,, numaralar,, ya , alanlar, ve üzerinde bulunduklar, akarsuyun ismi.

stasyon No.	Nehri/Çay,	stasyon Ad,	Yükselti (m)	Ya , Alan, (km <sup>2</sup> )	Boylam (°D)	Enlem (°K)
E05A023	Gediz	Ac,su	348	3272.4	28.72	38.64
E05A014	Selendi	Dereköy	345	689.6	28.70	38.70
E05A022	Demirci	Borlu	245	818.8	28.48	38.76
E05A015	Deliini	Topuzdamlar,	381	739.6	28.56	38.72

## 2.2 İklim Senaryolar,, Küresel İklim Modelleri (GCM) ve Re-Analiz Verileri

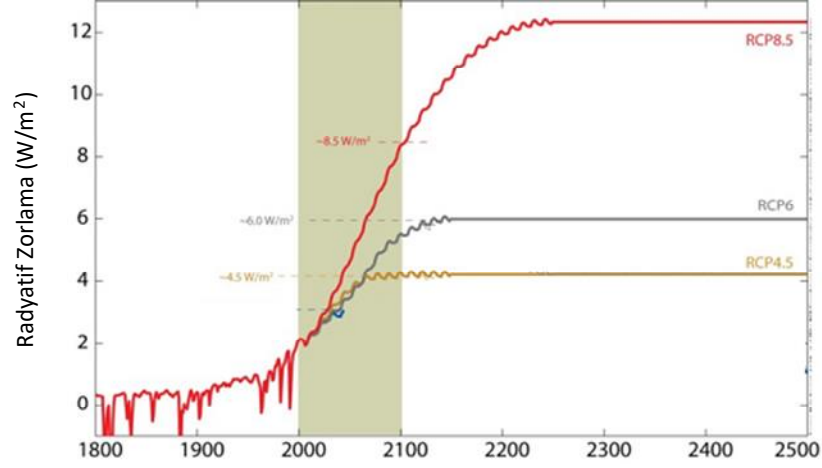
Günümüze kadar gözlenen ve gelecekte gözlenebilecek iklim karakteristiklerinin nedenlerini ve sonuçlar,n, kapsamlı olarak ortaya koyabilmek amacıyla, 1988 y,l,nda Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization (WMO)) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme (UNEP)) tarafından IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelleri) kurulmuştur. IPCC şu ana kadar 5 adet rapor yayımlamıştır. Panelin, ilk değerlendirme raporu (First Assessment Report (FAR)) 1990 y,l,nda, ikinci değerlendirme raporu (Second Assessment Report (SAR)) 1996 y,l,nda, üçüncü değerlendirme raporu (Third Assessment Report (TAR)) 2001 y,l,nda ve dördüncüsü (Fourth Assessment Report (AR4)) 2007 y,l,nda yayımlanmıştır. IPCC, 2007 y,l,nda Hollanda'da gerçekleştirildiği yüksek katılımlı uzmanlar toplantısında, 5. raporunda kullanılmak üzere okyanusal yeni konsantrasyon senaryoları ve bunlara dayanan yeni iklim değişikliği senaryoları,

olu turmaya karar vermi ve 2013 y,l,nda be inci de erlendirme raporunu (Fifth Assessment Report (AR5)) yay,mlam, t,r. Panellere ait de erlendirme raporlar,nda, küresel ,s,nmaya neden olan sera gaz, emisyonlar,, de i en iklim karakteristikleri, gelece e yönelik tahminler ve e ilimler, iklim de i ikli ine kar , uyum süreçleri gibi konulara kapsaml, bir biçimde yer verilmi tir (IPCC, 2013).

Gerçekle tirilen çal, mada, IPCCın son de erlendirme raporu olan AR5 kapsam,nda de inilen iklim senaryolar, dikkate al,nm, t,r. AR4te A2, A1B, B1 ve B2 gibi senaryolar mevcut iken, AR5'in içeri indeki yeni senaryolar radyatif zorlaman,n zaman içinde de i im ekli dikkate al,narak tan,mlanm, ve bu senaryolara RCP (Temsili Konsantrasyon Rotalar,) denilmi tir. Mevcut RCP senaryolar, içerisinden RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolar, çal, ma kapsam,nda kullan,lm, t,r. Çal, mada, iklim modellerinin geçmi emisyon ko ullar,n, temsil edece i öngörülen *historical senaryo* da k,yas senaryosu (referans dönem senaryosu) olarak kullan,lm, t,r.

Kullan,lan RCP senaryolar, içerisinden RCP4.5 senaryosu, 2100 y,l,na yakla ,rken radyatif zorlaman,n  $4.5 \text{ W/m}^2$ de sabitlenece ini varsayan senaryodur. RCP6.0 rotas,nda ise 2100 y,l,ndan sonra yakla ,k  $6 \text{ W/m}^2$  civar,ndaki radyatif zorlaman,n sabitlenece i varsay,lmaktad,r. Bu iki senaryo orta konsantrasyon rotas, olarak bilinmektedir. RCP8.5 senaryosu ise yüksek radyatif zorlama de erleri öngörmekte ve AR4teki senaryolardan A2 ve A1FI senaryolar, ile benzerlik göstermektedir. Çal, mada kullan,lan RCP senaryolar,na ait radyatif zorlama seviyelerinin gelecek dönemlerdeki de i imi ekil 2.3 'te sunulmu tur. IPCC (2013)æ göre, toplam CO<sub>2</sub> konsantrasyon e de erinin 2100 y,l,nda RCP4.5 senaryosu kapsam,nda ~650 ppm de erine, RCP6.0 senaryosu kapsam,nda ~850 ppm de erine ve RCP8.5 senaryosu kapsam,nda ~1370 ppm de erine ula ca , öngörülmektedir.

Sera gaz, emisyonlar, aç,s,ndan de erlendirildi inde emisyonlar,n RCP4.5 senaryosuna göre yüzy,l,n ortalar,ndan itibaren dü ü e geçece i, RCP6.0 senaryosuna göre yüzy,l,n son çeyre inde dü ü e geçece i ve RCP8.5 senaryosuna göre 2100 y,l,na kadar keskin bir ekilde artaca , öngörülmektedir (Meinhausen vd., 2011).



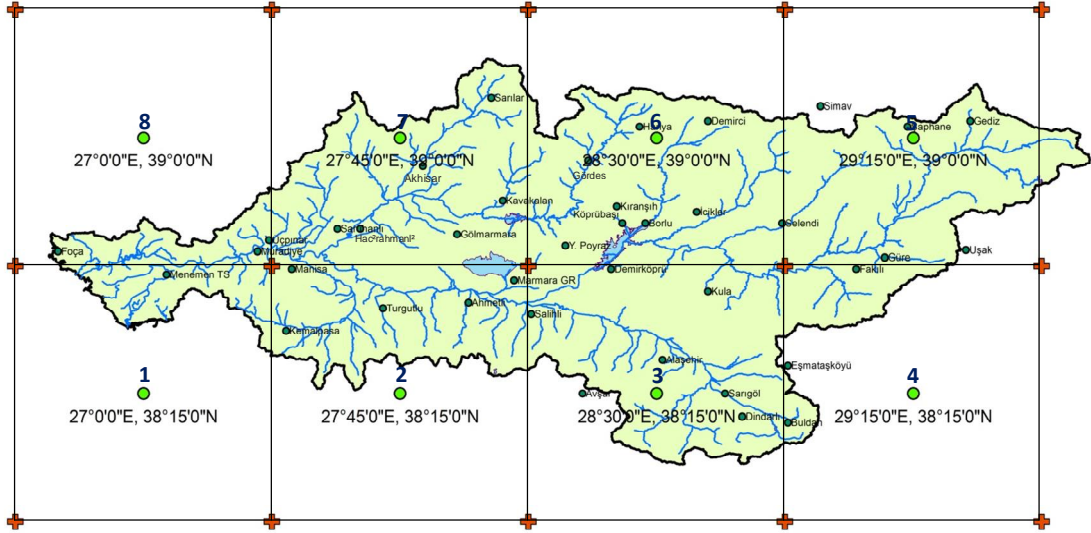
**ekil 2.3:** RCP senaryolar,na ait radyatif zorlama seviyelerinin gelecekteki de i imi (Meinshausen vd., 2011).

Küresel iklim modelleri (GCM: Global Climate Models/General Circulation Models) içinden ise RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryo sonuçlar,na sahip iklim modellerinin kullan,lmaz, uygun görülmü tür. Bu maksatla, BCC-CSM1.1, CCSM4, CESM1(CAM5), CSIRO-Mk3.6.0, GFDL-CM3, GFDL-ESM2M, GISS-E2-H, GISS-E2-R, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM, MRI-CGCM3 olmak üzere 12 adet küresel iklim modeli çal, ma kapsam,na dahil edilmi tir (Tablo 2.3).

Bölgesel atmosferik de i kenler olarak uygulamalarda öre-analiz verileri (yeniden analiz)ö denilen veri setleri kullan,lmaktad,r. Bu veri setleri, geçmi dönemlerden günümüze küresel atmosfer analizlerini içeren ve ülkelerin ulusal ar ivleri, meteoroloji gözlem istasyonlar,, gemi ve uçak gözlemleri, uydu verileri ve hava tahmin modelleri kullan,larak haz,rılanmaktad,r (Okkan, 2013). Bu veriler farklı kuruluşlar tarafından atmosfer çal, malar, ve iklim olaylar,n,n modellenmesi amacıyla kullan,m için servis edilmektedir. Literatürde NCEP/NCAR, ERA40, ERA-Interim gibi re-analiz verilerinden s,kl,kla yararlan,ld, , görülebilmektedir (Kalnay vd., 1996; Uppala vd., 2005; Dee vd., 2011). Bu veri setlerinden NCEP/NCARın 1948den günümüze, ERA40ın 1957den 2002 y,1,na ve ERA-Interimın 1979dan günümüze kadar sonuçlar,na eri ilebilmektedir.

Çal, mada günümüze kadar verisi mevcut bulunan re-analiz veri setlerinin 1980-2010 referans iklim dönemini kapsayan sonuçlar, dikkate al,nm, t,r. Bu kapsamda,

Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)) tarafından kullanılan, sunulan  $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$  alan çözünürlüğüne sahip ERA-Interim (Dee vd., 2011) re-analiz veri setleri de erlendirilmiştir. Gediz Havzası'nı kapsayan ERA-Interim gridleri ekil 2.4'te gösterilmiştir.



**ekil 2.4:** Gediz Havzası'nı kapsayan ERA-Interim gridleri (Okkan ve Kirdemir, 2016a).

### 2.3 Ölçek İndirgeme Yöntemleri

Kaba alansal çözünürlüğe sahip olan küresel iklim modelleri yerel iklimdeki iklimi yansıtmada yeterli olmayabilir. Bu nedenle, iklimdeki iklimin yerel ölçekteki etkilerinin belirlenebilmesi için kaba tahminleri yerel ölçekte indirgeyen yaklaşımlar geliştirilmiştir. Dinamik ve istatistiksel olmak üzere iki çeşit ölçek indirgeme yöntemi bulunmaktadır (Wilby vd., 2002; Benestad, 2004; Dibike vd., 2007; Okkan ve Kirdemir, 2016a).

Bunlardan dinamik ölçek indirgeme, bölgesel ölçekte çalışılan fiziksel iklim modellerine (Regional Climate Model) dayalı çalışmaları içermektedir. Bu modeller, topografya özelliklerinin de yansıtılarak, daha yüksek çözünürlüklerde çalıştırılmaktadır. Ancak bu modeller çok fazla girdi istemekte, fazla parametre

**Tablo 2.3: Kullanılan GCM'lere ait bilgiler.**

GCM adı,	Enstitü	Model merkez	Çözünürlük Enlem (°) x Boylam (°)	Gediz Havzası'nın içine alan temsilî gridlerin merkez koordinatları,	
				Enlem (°)	Boylam (°)
BCC-CSM1	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration, China	BCC	1.121 x 1.125	[38.69°N, 27°E];	[38.69°N, 28.125°E]; [38.69°N, 29.25°E]
CCSM4	National Center for Atmospheric Research, USA	NCAR	0.942 x 1.25	[38.17°N, 27.5°E];	[38.17°N, 28.75°E]; [39.11°N, 28.75°E]; [39.11°N, 27.5°E]
CESM1(CAM5)	National Center for Atmospheric Research, USA	NCAR	0.942 x 1.25	[38.17°N, 27.5°E];	[38.17°N, 28.75°E]; [39.11°N, 28.75°E]; [39.11°N, 27.5°E]
CSIRO-Mk3.6	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia	CSIRO-QCCCE	1.865 x 1.875	[38.24°N, 26.25°E];	[38.24°N, 28.125°E]; [38.24°N, 30°E]
GFDL-CM3	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA	NOAA GFDL	2 x 2.5	[39°N, 26.25°E];	[39°N, 28.75°E]
GFDL-ESM2M	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA	NOAA GFDL	2.022 x 2.5	[37.416°N, 26.25°E];	[37.416°N, 28.75°E]; [39.438°N, 28.75°E]; [39.438°N, 26.25°E]
GISS-E2-H	NASA Goddard Institute for Space Studies, USA	NASA GISS	2 x 2.5	[39°N, 26.25°E];	[39°N, 28.75°E]
GISS-E2-R	NASA Goddard Institute for Space Studies, USA	NASA GISS	2 x 2.5	[39°N, 26.25°E];	[39°N, 28.75°E]
HadGEM2-ES	Met Office Hadley Centre, UK	MOHC	1.25 x 1.875	[38.75°N, 26.25°E];	[38.75°N, 28.125°E]; [38.75°N, 30°E]
IPSL-CM5A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace, France	IPSL	1.895 x 3.75	[38.842°N, 26.25°E];	[38.842°N, 30°E]
MIROC-ESM	Atmosphere and Ocean Research Institute, Japan	MIROC	2.791 x 2.813	[37.673°N, 28.125°E];	[37.673°N, 28.125°E]
MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute, Japan	MRI	1.12 x 1.125	[38.69°N, 27°E];	[38.69°N, 28.125°E]; [38.69°N, 29.25°E]

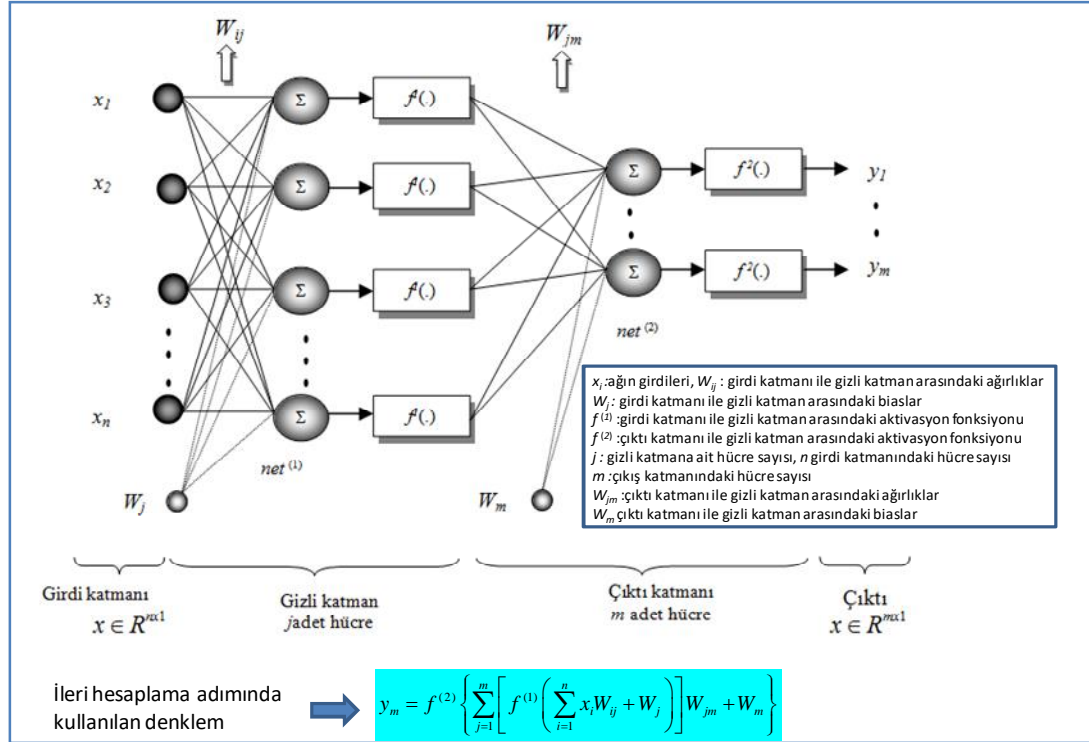
içermekte ve ba lang,ç-s,n,r ko ullar, olarak küresel ölçekli modellerin kaba ç,kt,lar,n, kullanmaktad,rlar. Bu bak,mdan bu modellerin uygulanabilmesi, kurulumu ve performanslar,n,n validasyonu zahmetli olup, modellerin k,sa sürede bir ba ka bölgeye uyarlanmas, da kolay de ildir. Bu sebeplerden dolayı,, büyük atmosferik de i kenler ile yerel ölçekte ölçülmü de i kenler aras,nda istatistiksel ili kiler geli tirilmesi yakla ,m,na dayanan istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri daha pratik araçlar olarak görülmektedir (Wilby vd., 2002; Fistikoglu ve Okkan, 2011).

Çal, ma kapsam,nda kullan,lan istatistiksel ölçek indirgeme teknikleri yapay sinir a lar, (ANN), en küçük kareler destek vektör makinesi (LSSVM) gibi yöntemlerin uygulan, ,na dayanmaktad,r. Son zamanlarda birçok alanda kullan,lan ANN ve ANNøye benzer bir i leyi i olan, makine ö renmesi teorisine dayanan LSSVM, girdilere kar , ç,kt,lar üreten do rusal olmayan (non-linear) regresyon modelleri olarak görülmekte ve istatistiksel ölçek indirgeme teknikleri aras,nda da kullan,lmaktad,r (Tatli vd., 2004; Tripathi vd., 2006; Anandhi vd., 2008; Okkan ve Kirdemir, 2016a, 2017; Fistikoglu ve Okkan, 2011; Okkan ve Inan, 2015a,b). Söz konusu yöntemlere ili kin bilgiler a a ,da verilmektedir.

### **2.3.1 Yapay Sinir A lar, (ANN)**

Sinir sisteminden esinlenerek geli tirilen matematiksel bir araç olan ANN, hücrelerin bir araya gelmesiyle olu turulur ve çok katmanl, halde ifade edilir ( ekil 2.5). Çok katmanl, ANN'nin yap,s, ile ilgili detaylara Okkan (2013) çal, mas,ndan eri ilebilir. ekil 2.5'de ilk ve son katman s,ras,yla giri ve katman,, aradaki katman ise gizli katmand,r. Gizli katmandaki hücre say,s,n,n (gkhs) belirlenmesinde kullan,lan ampirik ifadeler olmakla birlikte genellikle deneme-yan,lma ile tespit edilmeye çal, ,lmaktad,r. Bu çal, mada, tahmin edilmesi istenen tek bir de i ken oldu undan ç,kt, katman,nda tek bir hücre yer almaktad,r. Aktivasyon fonksiyonu olarak ise çe itli denemeler yap,lm, t,r. Çal, mada kullan,lan ANN modellemesinin i leyi i ileriye do ru ve geriye do ru hesaplama olmak üzere iki a amada gerçekleştirilmektedir (Coulibaly vd., 2000; Hagan ve Menhaj, 1994; Ham ve Kostanic, 2001). leri do ru hesaplamada, girdi katman,ndaki girdilerin a a tan,t,lmas, ile ba lanmakta, daha sonra girdiler a ,rl,klar ile çarp,larak gizli katmandaki her bir

hücreye iletilmekte ve net girdi de erleri hesaplanmaktadır. Sonras,nda bu net girdi de erleri belirlenen bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek gizli katman hücrelerinin ç,kt,s, elde edilmektedir. Bu benzer i lem sonraki katmanda da tekrarlanmakta ve ç,kt, katman,n,n ç,kt,lar, hesaplanmas,yla ileri hesaplama i lemi sonlanmaktadır. leri hesaplama a mas,nda kullan,lan denklem ekil 2.5 üzerinde ve ayr,ca Okkan (2013)'de verilmi tir.



**ekil 2.5:** Tek gizli katmanlı, bir yapay sinir ağı, n,n tipik yapı, s,.

Geriye do ru hesaplama a mas,nda ise ç,kt, ile hedef de erler arasındaki fark kareler toplam,n,n (SSE) azalt,lmak, amaçlanmaktadır. YSA'da iterasyonlar başlamadan önce rastgele atanan ağırlıklar,, SSE arzu edilen s,n,rlara dü ürlünceye kadar iteratif biçimde güncellenir. Ağırlıklar,n rastlant,sal atanmas, da farklı ekillere olabilmektedir. Örneğin ağırlıklar ve biaslar -1 ile 1 tan,m aral, nda uniform olarak atanabilir. Geriye do ru hesaplama a mas,nda Newton algoritmas,n,n bir ba ka türü olarak ortaya at,lm, olan Levenberg-Marquardt (LM) algoritmas,ndan faydalan,lm, t,r. LM algoritmas, hızlı yak,nsamas,, kendi içerisinde az parametre muhteva etmesi ve sadece birinci dereceden k,simi türevler ile



İletilmesi bakımından avantajlı bir algoritmadır (Fistikoglu ve Okkan, 2011). LM algoritmasında SSE amaç fonksiyonunu minimize edecek optimum ağırlıklar,  $W$ ,  $k$  iterasyon adında Denklem 2.1 ve Denklem 2.2 yardımıyla bulunabilmektedir.

$$\Delta W(k) = -[J_k^T J_k + \mu_k I]^{-1} J_k^T e_k \quad (2.1)$$

$$W(k+1) = W(k) + \Delta W(k) \quad (2.2)$$

Denklem 2.1'de  $\hat{e} W(k)$   $k$ . iterasyonda ağırlıklarındaki değişimi sembolize etmektedir.  $\mu$  Marquardt parametresini,  $I$  ise birim matrisi temsil etmektedir.  $J$  ise Jakobien matrisi ifade etmekte olup ağırlıkların hataları olan  $e$ 'nin ağırlıklara göre birinci derece türevlerinden oluşmaktadır. Çalınmada Jacobian matris hesabında sonlu farklar yönteminden yararlanılmaktadır. İleri fark ve merkezi fark gibi yaklaşımlar olmakla birlikte bu çalınmada ileri fark yaklaşımı esas alınmıştır.

Marquardt parametresi de LM algoritmasında iterasyonlar boyunca güncellenebilen bir parametredir. Eğer herhangi bir iterasyon adında SSE azalıyor,  $\mu$  bir sonraki iterasyon için belirli bir bozulma oranı (decay rate) ile çarpılarak kullanılmaktadır. Bu değer genelde 0.1 alınabilmektedir. Aksi durumda ise  $\mu$  bir sonraki iterasyon için seçilen bozulma oranı, değerine bölünerek kullanılmaktadır. Böylece her bir adımda ağ performansının iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. İterasyonlara başlamadan önce  $\mu$  için de bir değer atanması gerekmektedir.  $\mu$ 'nün başlangıç değerinin 0.01 olarak atanması, tez çalınmasında uygun görülmüştür.

### 2.3.2 En Küçük Kareler Destek Vektör Makinesi (LSSVM)

ANN algoritmaları, birçok avantaja sahip olmalarına rağmen çok katmanlı yapılarındaki karmaşık yerel minimum noktalarına takılma ve aşırı öğrenme ihtimalinin olması, parametrelerindeki hassasiyet analizindeki güçlük, ağırlıkların rastgele atanmasından dolayı, çözümün her simülasyonda farklılık taşımaları gibi durumlar içermesi bakımından dezavantajlara da sahiptir. Bu dezavantajlar, en az indirme amacıyla Vapnik (1998) makine öğrenme teorisine ve kuadratik

programlamayla çözüm esasa dayanan destek vektör makineleri (SVM) yöntemini önermiştir. Ancak uygulamada genellikle kuadratik optimizasyon problemini doğrusal denklem sistemine dönüştüren ve klasik SVM'ye göre daha az kalibre edilmesi gereken parametre içeren en küçük kareler destek vektör makineleri (LSSVM) yöntemi de tercih edilmektedir. Suykens vd. (2001) tarafından geliştirilen bu yöntem çalınma kapsamında da uygulanmıştır.

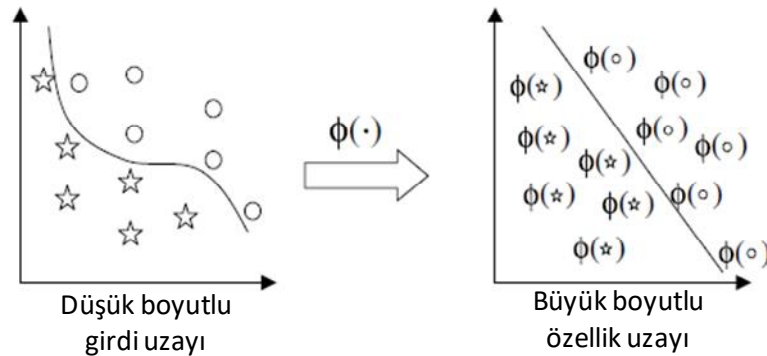
Yöntemde  $y_k = W^T(x_k) + b + e_k$  olmak üzere modele sunulan  $\{x_k, y_k\}$  eğitim veri seti ( $k=1, \dots, N$ ) kullanılarak hata optimizasyonu problemi aşağıdaki denklemin minimizasyonu ile sağlanmaktadır.

$$\min. J(W, e) = \frac{1}{2} W^T W + \frac{\gamma}{2} \sum_{k=1}^N e_k^2 \quad (2.3)$$

Burada gerçek değerler ve tahminin değerler farkı, hata değerini ( $e_k$ ) vermektedir.

Yukarıda bahsedilen denklemlerde  $e_k$  hata terimini,  $W$  ağırlıklar,  $(x_k)$  girdi uzayının doğrusal olmayan bir şekilde çok boyutlu özellik uzayına haritalanmasını sağlayan fonksiyonu,  $b$  sabit (bias) terimini ve regülasyon parametresini sembolize etmektedir.

$\phi(\cdot)$  doğrusal olmayan fonksiyonu ile orijinal düşük boyutlu girdi uzayındaki doğrusal olmayan problem yapısını çok boyutlu özellik uzayındaki doğrusal problem yapısına dönüştürülmesini imleyen şekil 2.6'da özetlenmiştir (şekildeki yıldız ve daireler veri noktalarını sembolize etmektedir).



**ekil 2.6:**  $\phi(\cdot)$  fonksiyonunun ilevi (Tripathi vd., 2006).

LSSVM'deki optimizasyon problemi çözümü ise, Lagrange çarpanlar, dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir (Denklem 2.4).

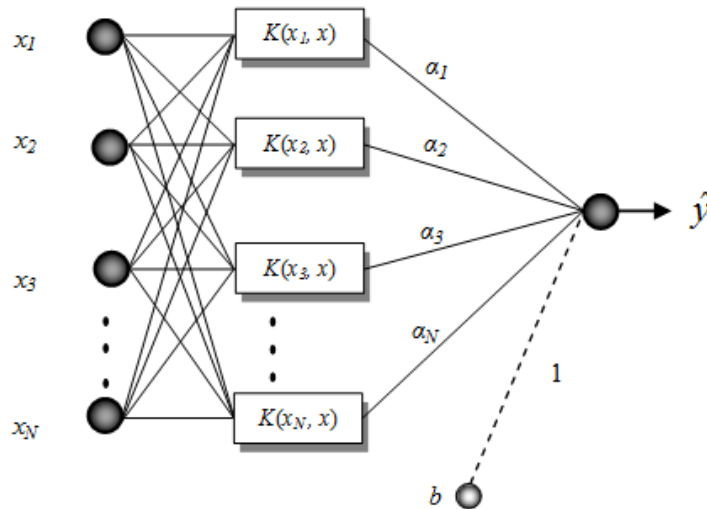
$$L(W, b, e, \alpha) = J(W, e) - \sum_{k=1}^N \alpha_k \{W^T \phi(x_k) + b + e_k - y_k\} \quad (2.4)$$

Burada  $\alpha_k$  Lagrange çarpanları,  $n$ , ifade etmektedir. Bu çarpanlar standart SVM yönteminde pozitif olması, gerekirken LSSVM yönteminde negatif de olabilir. Ayrıca  $\alpha_k$ 'nin toplamı 1'e eşit olması gerekmektedir.

Denklem 2.4'e birinci dereceden  $k$ 'sini türevler uygulanır,  $W$  ve hata teriminin eliminasyonu LSSVM modeli için fonksiyon tahmini Denklem 2.5'teki gibi elde edilmektedir. Tahminlemedeki hesap yönü ekil 2.7 üzerinde görülmektedir.

$$\hat{y}_k = \sum_{k=1}^N \alpha_k K(x_k, x) + b \quad (2.5)$$

Burada  $K(\cdot)$  fonksiyonu kernel (çekirdek) fonksiyonunu ifade etmektedir.



ekil 2.7: LSSVM modelinin mimarisi.

Haritalama fonksiyonu, transpozunu ile çarpılarak kernel (çekirdek) fonksiyonu hesaplanabilmektedir. Kernel fonksiyonu olarak farklı fonksiyonlar kullanılarak, aynı anda beraber çalıştırılabilir. Bu kapsamda avantajlarından ötürü Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF) tercih edilmiştir (Denklem 2.6).

$$K(x_k, x) = \exp\left(-\frac{\|x - x_k\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.6)$$

Burada radyal tabanlı, fonksiyonun genişliği dır.

LSSVM modellemesinde ve RBF'nin genişlik parametresi olmak üzere iki adet kalibre edilmesi gereken parametreye ihtiyaç duyulmaktadır. Çal, ma kapsam,nda optimum LSSVM parametreleri hata kareler ortalaması, n, minimum yapacak şekilde belirlenmiştir. SVM ve LSSVM yöntemleri ile ilgili detaylar Tripathi vd. (2006) tarafından kapsamlı, bir biçimde verilmiştir.

### 2.3.3 Ölçek İndirgeme Stratejisi

Çal, mada, öncelikle belirlenen tahminleyiciler ANN ve LSSVM modellerinde girdi olarak kullanılarak istatistiksel ölçek indirgeme modellerinin kurulumu gerçekleştirilmektedir. Modeller hazırlanırken Ocak 1980-Aralık 2005 ortak referans dönemini kapsayan verilerin Ocak 1980-Aralık 1992 dönemini kapsayan 13 yıllık, kış, mevsiminde (kalibrasyonda), Ocak 1993-Aralık 2005 dönemini kapsayan son 13 yıllık, kış, mevsim, ise test (verifikasyon) amaçlarındaki kullanılmak üzere iki amaçla değerlendirilmiştir. ANN ve LSSVM modellerinde var olan parametreler hata kareler ortalaması, n, en küçük yapacak şekilde belirlenmektedir. Tüm girdi ve çıktı, verileri ortalaması, s, f, r, standart sapması, bir de erine e tit olan ( $x_{ort} = 0; S_x = 1$ ) standardize diziler haline getirilerek kullanılmaktadır. Ölçme işlemi tamamlandıktan sonra standardize veriler ters işlem ile orijinal ölçmeindeki değerlere dönüştürülerek eğitim ve test dönemi model performansları, incelenmektedir. Eğitim ve test edilen modelin performans, yeterli bulunduğunda takdirde, önce kalibre edilmiş ANN veya LSSVM modellerinden hangisinin kullanılacağına karar verilmekte, ardından iklim modellerine ait standardize edilmiş senaryo sonuçları, seçilen bir ölçek indirgeme modeli (ANN veya LSSVM) kullanılarak istasyon ölçmeine indirgenmektedir. Böylece hem historical senaryo hem de RCP senaryolar, altında her bir iklim modeli için yağış, ve sıcaklık tahminleri türetilmektedir. Bu amaçlardan sonra, tüm iklim modellerinin istasyon ölçmeindeki tahminlerinin karşılaştırılması (ağırlıklı ortalamasından) bir iklim projeksiyonu (ENSEMBLE) elde edilmiştir.

Ayrıca, kalibrasyon için Bayes Model Ortalamalar, (BMA) yönteminden yararlanılmıştır. ENSEMBLE uygulamasının takiben, bir bias (yanlılık) düzeltme yaklaşımı ile istasyonlara indirgenmiş ya da, ve sıklıklardaki olasılıkların azaltılması sağlanmıştır. Tez çalışmasında esas alınan ölçek indirgeme stratejisine ait detaylar Okkan ve Kirdemir (2016a)'dan erişilebilir. Elde edilen bulgular ise Bölüm 3.4'te detaylı olarak anlatılmıştır.

## 2.4 Ölçek İndirgeme Modellerinin Performanslarının Sınanmasında Kullanılan İndisler

Kurulan modellerin başarılarının niteliksel olarak değerlendirilmesi, o modelin performansını ölçme açısından önemli bir konudur. Bu bağlamda, Moriasi vd. (2007), Nash-Sutcliffe (NS) katsayısı, RSR ve yanlılık oranı (PBIAS) gibi indislerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu ölçütler hidrolojik model performanslarının sınanması için önerilmesine karşın bu çalışmada istatistiksel ölçek indirgeme modellerinin performansını değerlendirmek için de kullanılmıştır. Aynı ölçütler Bölüm 2.5'te bahsedilen ya da, -ak, modellerinin performanslarının sınanmasında da değerlendirilmektedir.

Denklem 2.7'de verilen NS ölçütü modelin ortalamadan farklılık, üretilebilirlik durumunu ölçmektedir. NS'nin 0.75'ten büyük bir değer alması, modelin 'çok iyi' sınıfta olduğunu göstermektedir (Tablo 2.4).

$$NS = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (y_{g,t} - y_{m,t})^2}{\sum_{t=1}^n (y_{g,t} - \overline{y_{g,t}})^2} \quad (2.7)$$

Burada,  $n$  örneklemdaki toplam veri sayısı,  $y_{g,t}$   $t$ . zamandaki ölçülmüş değeri ken (ya da, sıklık veya akı),  $y_{m,t}$  modelin  $t$ . zamana tekabül eden tahmini,  $\overline{y_{g,t}}$  ise  $n$  adet gözlenen verinin ortalamasıdır.

Diğer yandan, hata kareler ortalamasının karekökünün (RMSE), ölçülmüş verinin standart sapmasına ( $STD_{obs}$ ) oranı, ekleinde hesaplanan boyutsuz RSR değeri

(Denklem 2.8) de performans de erlendirmesinde önerilmektedir (Moriasi vd., 2007).

$$RSR = \frac{RMSE}{STD_{obs}} \quad (2.8)$$

PBIAS ise modellenen verinin gözlemden sapma miktarı, irdelemede kullanılmaktadır (Denklem 2.9). PBIAS'ın negatif değerleri aşırı tahminlemeyi (over-estimating), pozitif değerleri ise aşırı tahminlemeyi (under-estimating) ifade etmektedir.

$$PBIAS(\%) = 100 \cdot \left[ \frac{\sum_{t=1}^n (y_{g,t} - y_{m,t})}{\sum_{t=1}^n (y_{g,t})} \right] \quad (2.9)$$

Bu üç performans ölçütüne bağlı, genel performans kriterleri Tablo 2.4'te verilmiştir. Burada gösterildiği üzere, eğer bir modelin performans değerleri,  $NS > 0.65$ ,  $RSR \leq 0.60$  ve  $PBIAS < \pm 15\%$  kriterlerini sağlıyorsa modelin başarıları 'iyi' derecede olduğu yorumu yapılabilir. Bu durumda hazırlanan bir modelin güvenle kullanılabilir olduğu düşünülmektedir (Okkan ve Kirdemir, 2016a, 2017).

**Tablo 2.4:** NS, RSR, ve PBIAS değerlerine bağlı, model performans de erlendirmesi (Moriasi vd., 2007).

Performans De erlendirmesi	NS	RSR	PBIAS (%)
Çok iyi	$0.75 < NS \leq 1$	$0 \leq RSR \leq 0.50$	$PBIAS < \pm 10$
iyi	$0.65 < NS \leq 0.75$	$0.50 < RSR \leq 0.60$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$
Yeterli	$0.50 < NS \leq 0.65$	$0.60 < RSR \leq 0.70$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$
Yeterli de il	$NS \leq 0.50$	$RSR > 0.70$	$PBIAS \geq \pm 25$

## 2.5 Hidrolojik Modelleme

### 2.5.1 Dinamik Su Bütçesi Modeli

Çalışmada, uygulama alanındaki alt havza akışları modellenmesi için kavramsal, ortalama bir yıllık, model olan ve Budyko yaklaşımına dayanan

be parametrelili Dinamik Su Bütçesi modeli (Dyn-WBM) kullanılm, t,r (Okkan ve K,rdemir, 2016b,d). Bu çal, man,n detaylı, bir uygulamas, Okkan ve K,rdemir (2016b)'de yer almaktadır.

Budyko (1958), ya , tan tahmin edilen su içeri ine ve evapotranspirasyona ba l, y,ll,k zaman ölçekli bir su bütçesi e itli i önermiştir (Denklem 2.10).

$$\frac{ET}{P} = 1 + \frac{E_0}{P} - \left[ 1 + \left( \frac{E_0}{P} \right)^{1-\alpha} \right]^{1-\alpha} \quad (2.10)$$

Burada  $E_0$  potansiyel evapotranspirasyonu (=EPOT),  $P$  ya , ,, tan,m aral, , (0,1) olan model parametresini temsil etmektedir. Buradaki  $E_0/P$  ifadesi ise kuraklık indeksi (aridite) olarak bilinmektedir. Denklem 2.10' a göre sabit bir  $E_0/P$  oran, için artt,kça evapotranspirasyon etkinli i de artar. Denklem 2.10  $i$ .zaman için Denklem 2.11' deki ekliyle yaz,larak  $Fu$  e risi olarak tan,m lanmaktadır (Zhang vd, 2008).

$$\left( \frac{ET}{P} \right)_i = F \left( \left( \frac{E_0}{P} \right)_i ; \alpha \right) \quad (2.11)$$

Zhang vd. (2008) Budyko yakla ,m,na dayand,r,lan  $Fu$  e risini esas alarak dinamik su bütçesi modeli olarak adland,r,d,klar, bir modeli ortaya koymu lard,r. Bu modelde havza, zemin nemi ve yeralt, suyu depolamas, olmak üzere iki a amada kavramsalla t,r,lm, t,r.  $t$ . zamanda havzaya dü en ya , ( $P(t)$ ), dolays,z ak, a  $Q_d(t)$  ve havza taraf,ndan di er su bütçesi elemanlar, için tutulan su miktar,na ( $X(t)$ ) payla t,r,lm,lanmaktadır (Denklem 2.14, ekil 2.8a).

$$P(t) = Q_d(t) + X(t) \quad (2.14)$$

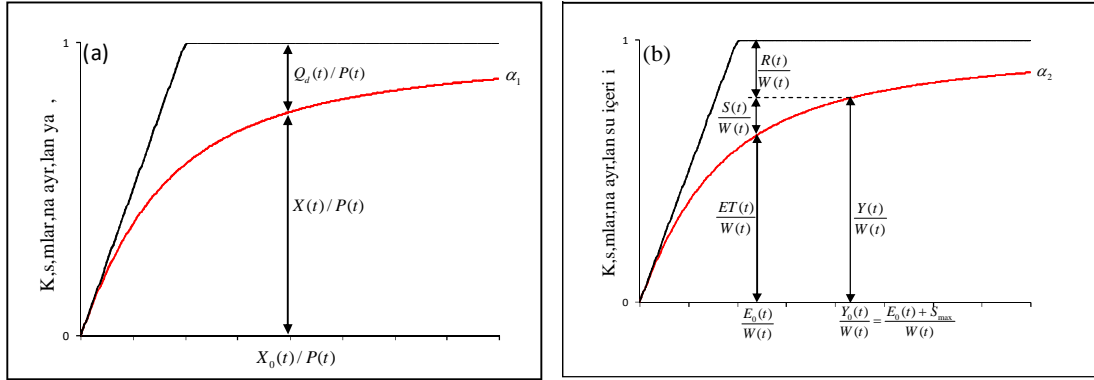
$$X_0(t) = S_{\max} - S(t-1) + E_0(t) \quad (2.15)$$

Budyko (1958)'de savunulan görü e benzer olarak  $X_0(t)/P(t) \hat{O}$  için (a ,r, kurak)  $X(t)/P(t) \hat{1}$  ç,kar,m,n, yapmak mümkündür.

$X_0(t)/P(t) \hat{0}$  için (a ,r, sulak) ise  $X(t) \hat{X}_0(t)$  limit de erine yak,nsar.  $Fu$  fonksiyonu  $X_0(t)/P(t)$  oran,na uyarlanarak  $X(t)$  hesaplanabilmektedir (Denklem 2.16).

$$X(t) = P(t) \cdot F\left(\frac{X_0(t)}{P(t)}; \alpha_1\right) \quad (2.16)$$

Burada  $\alpha_1$  dolaysız ak, haricindeki su bütçesi elemanlar, için tutulan su miktar, kontrolü sağlayan model parametresidir.  $X(t)$  hesaplandıktan sonra ak, m, n dolaysız bile eni Denklem 2.14 vasıtasıyla elde edilmektedir.



**ekil 2.8:** Ya , n Dyn-WBM modelinde bile enlerine ayr, lmas, (a), mevcut suyun k, s, mlar, na ayr, lmas, (b) süreçlerinin matematik gösterimi (Okkan ve K, rdemir, 2016b).

Bir önceki aydan kalan zemin nemi ile  $X(t)$  toplam,  $t$ . ayda havzada mevcut bulunan su miktar, n,  $(W(t))$  temsil etmektedir (Denklem 2.25).

$$W(t) = S(t-1) + X(t) \quad (2.17)$$

Bu mevcut suyun bir k, sm, evapotranspirasyona tahsis edilecek, bir k, sm, zemin nemi depolamas, nda kalacak, geri kalan k, sm, ise yeralt, suyu depolama sistemini besleyecektir (Denklem 2.18, ekil 2.8b).

$$W(t) = ET(t) + S(t) + R(t) \quad (2.18)$$

$t$ . ayda gerçekleşen evapotranspirasyon ve depolanan zemin nemi toplam,  $Y(t)$  ile gösterilirse ( $Y(t) = ET(t) + S(t)$ ),  $Y(t)$  için beklenen üst limit değeri  $Y_0(t)$  ise  $S(t) = S_{\max}$  ve  $ET(t) = E_0(t)$  için aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$Y_0(t) = S_{\max} + E_0(t) \quad (2.19)$$



Budyko (1958)'e benzer biçimde,  $Y_0(t)/W(t) > \hat{\theta}$  için (a, r, kurak)  $Y(t)/W(t) > 1$ , aksi durum (a, r, sulak) için  $Y_0(t)/W(t) < \hat{\theta}$  için  $Y(t) < Y_0(t)$  ç, kar, m, yap, lmaktadır.

$Y(t)$   $F_u$  e risi ile  $\alpha_2$  evapotranspirasyon etkinlik parametresine ba l, olarak tahmin edilmektedir (Denklem 2.20).

$$Y(t) = W(t) \cdot F(Y_0(t); \alpha_2) \quad (2.20)$$

$Y(t)$  hesapland, nda yeralt, suyu depolamas, na bo alan su Denklem 2.21 ile hesaplanmaktadır.

$$R(t) = W(t) - Y(t) \quad (2.21)$$

$ET(t)$  bile eninin beklenen limit de eri ise potansiyel evapotranspirasyon  $E_0(t)$ 'dir. Benzer ekilde,  $ET(t)$   $F_u$  e risinden  $\alpha_2$  parametresine ba l, hesaplanabilmektedir (Denklem 2.22).

$$ET(t) = W(t) \cdot F\left(\frac{E_0(t)}{W(t)}, \alpha_2\right) \quad (2.22)$$

Denklem 2.20 ve Denklem 2.22 ayn,  $\alpha_2$  parametresini kullanmaktadır.  $\alpha_2$  artt, kça  $ET(t)$  ve  $Y(t)$  artmakta ve buna ba l, olarak  $R(t)$  azalmaktadır.

$Y(t)$  ve  $ET(t)$  hesapland,ktan sonra  $t$ . aya ait zemin nemi depolamas, elde edilebilmektedir ( $0 \leq S(t) \leq \hat{S}_{max}$ ).

$$S(t) = Y(t) - ET(t) \quad (2.23)$$

Son a amada, yeralt, suyu depolamas, do rusal hazne kabulü ile ele al, nmakta ve taban ak, , bir önceki aydan kalan yeralt, suyu depolama miktar, na ba l, olarak hesaplanmaktadır (Denklem 2.24).

$$Q_b(t) = d \cdot G(t-1) \quad (2.24)$$

Burada  $Q_b(t)$  taban ak, , n.,  $d$  do rusal yeralt, suyu haznesi parametresidir.  $G(t-1)$  bir önceki ay, n aktif yeralt, suyu depolamas, d, r. Yeralt, biriktirme sisteminin  $t$  ay, ndaki aktif kapasitesi  $G(t)$  ise Denklem 2.25 ile hesaplanmaktadır.

$$G(t) = [G(t-1) + R(t)] \cdot \xi - Q_b(t) \quad (2.25)$$

Burada  $\xi$ , di er bir yeralt, depolama parametresidir. Su bütçesi elemanlar, tan,mland,ktan sonra modellenen toplam ak, Denklem 2.26'dan hesaplanmaktadır.

$$Q_m(t) = Q_d(t) + Q_b(t) \quad (2.26)$$

### 2.5.2 Ya , -Ak, Modeli Parametrelerinin Kalibrasyonu

Yukarıda detaylar, verilen Dyn-WBM modelinin parametreleri Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritmasıyla kalibre edilmiştir. PSO algoritması, ku ve balık gibi hayvan sürülerinin davranışlarından esinlenilerek Eberhart ve Kennedy (1995) tarafından geliştirilmiştir. Parçacık sürü optimizasyonu birçok mühendislik probleminde kullanılmakla birlikte hidroloji konseptinde de uygulamalara rastlamak mümkündür. Okkan ve Kırdemir (2016c) tarafından konu ile ilgili bir literatür özeti verilmiştir.

PSO, ku sürüsünün yiyecek aramak için uzaya rastgele dağılmasıyla başlanmaktadır.  $N_p$  adet parçacık ve  $d$  parametreden oluşan popülasyonun matris formunda yazılması aşağıdaki gibidir:

$$\vec{X} = \begin{pmatrix} x_{1,1} & \cdots & x_{1,d} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N_p,1} & \cdots & x_{N_p,d} \end{pmatrix} \quad (2.27)$$

Yukarıdaki matristeki  $i$ . parçacık aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$x_i = [x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,d}] \quad (2.28)$$

Ku lar (parçacıklar), arama alanında hangi noktalarında ve aradıkları yiyeceklere ne kadar uzak oldukları, öğrenmek için buldukları koordinatları uygunluk (cost function=fitness function=amaç fonksiyonu) fonksiyonu değerlerini hesaplarlar.

Parçacıklar, aradıkları yiyeceğin (optimum noktaları) uzaydaki koordinatları, bilmediklerinden, her  $k$ . iterasyonda iki farklı terim ile etkileşim kurarak uzayda hareket etmektedirler.

Terimlerden ilki olan  $pbest$ , herhangi bir  $i$ . parçacık,  $n$  o ana kadar ulaştığı en iyi koordinat bilgisini temsil eder. İkinci terim olan  $gbest$  ise, popülasyondaki tüm parçacıklar içindeki en iyi koordinat bilgisini temsil eder. Algoritmada bir parçacık,  $n$  her iterasyondaki hız  $v$  de i imini veren bir  $v$  vektörü de bulunmaktadır.

$i$ . parçacık,  $n$   $t+1$ . süredeki yönelim hızı  $v_{i,j}$  hesaplanmaktadır ( $i=1,2,\dots,N_p$ ;  $j=1,2,\dots,d$ ).

$$v_{i,j}(t+1) = v_{i,j}(t) + r_1 c_1 * (pbest_{i,j}(t) - x_{i,j}(t)) + r_2 c_2 * (gbest_j(t) - x_{i,j}(t)) \quad (2.29)$$

Ek olarak  $c_1$  ve  $c_2$  ivmelenme katsayılarıdır.  $r_1$  ve  $r_2$  katsayıları ise 0 ile 1 arasında rastgele üretilmiş sayılardır.

Son olarak algoritmadaki etiket ile  $i$ . parçacık,  $n$ , Denklem 2.29'da hesaplanan yönelim hızına göre, uzayda yeni konumuna hareket etmesi sağlanmaktadır.

$$x_{i,j}(t+1) = x_{i,j}(t) + v_{i,j}(t+1) \quad (2.30)$$

Yukarıda anlatılan prosedür  $t=1$ 'den maksimum iterasyon adedine kadar iteratörlükte ve model parametreleri optimize edilmektedir.

## 2.6 Çalınan Bitki Su İhtiyacı Hesaplama Yöntemi

Literatürde Blaney-Criddle yöntemi az girdiye ihtiyaç duyulan için oldukça fazla kullanılan alan bulum türü. Bu yöntemde bitkilerin yetiştirilme mevsiminde tükettikleri su miktarı, aylık ortalama sıcaklık ve gün uzunluğuna bağlı olarak değerlendirilmektedir.

Arazi deneyleri sonucu geliştirilmiş ampirik bir yöntem olan Blaney-Criddle yönteminde bitki su tüketimi  $U$ ,

$$U(mm/ ay) = f x k \quad (2.31)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Burada,  $f$  aylık su kullanma kapasitesi faktörü,  $k$  ise aylık su kullanma kapasitesidir. Denklem 2.31'de bulunan  $f$  ve  $k$  değerleri,

$$f = (1.8T + 32) x p / 100 \quad (2.32)$$

$$k(mm/ ay) = k_c \times k_t \times 25.4 \quad (2.33)$$

ba ,nt,lar, ile hesaplan,r. Burada,  $T$  derece cinsinden ayl,k ortalama s,cakl,k de eri;  $p$  ise enlem derecesine ba l, olarak ayl,k ortalama gündüz saatlerinin y,ll,k ortalama gündüz saatlerine oran,d,r. Ayn, denklemde kullan,lan  $k_t$  iklim faktörü olup;

$$k_t = 0.0173x(1.8T + 32) - 0.314 \quad (2.34)$$

ba ,nt,s, ile hesaplan,r. Büyüme safhas, faktörü olarak adland,r,lan  $k_c$  de erleri ise, de i ik bitki türleri için olu turulmu tablolar dan alın,r.

Bitkinin ekim alan,na verilmesi gereken sulama suyu  $U_s(mm/ay)$  ise, Denklem 2.31' de hesaplanan bitki su ( $U$ ) ihtiyac,ndan etkili ya , miktar,n,n ( $R_e$ ) ç,kar,lmas,yla elde edilir (Denklem 2.35). Etkili ya , , ya , ,n yüzeysel ak , , derine s,zma ve buharla ma yoluyla kaybolan k,sm, d, ,ndaki, toprak taraf,ndan tutulan ve bitkiye faydal, olan k,sm, olarak tan,m lanabilir. Çal, mada Tablo 2.5ø te verilen efektif ya , aba , kullan,lm, t,r.

$$U_s(mm/ ay) = U - R_e \quad (2.35)$$

$U_s$  de erleri hesapland,ktan sonra sulama alanlar, ile çarp,lmakta ve rand,mana oranlanarak sulama suyu ihtiyaç debisine geçilmektedir (Okkan vd., 2016d).

**Tablo 2.5:** Efektif ya , aba ,.

P = Ya i (mm)	Re= Efektif Ya i (mm)
0 -25 mm ise	Re = P
26 -75 mm ise	Re = 25 + (P-25) * 0.84
76 -100 mm ise	Re = 67 + (P-75) * 0.68
101-125 mm ise	Re = 84 + (P-100) * 0.48
126-150 mm ise	Re = 96 + (P-125) * 0.24
151-175 mm ise	Re = 102 + (P-150) * 0.08
175 mm den fazla ise	Re = 104 mm alınacak

## 2.7 Çal, mada Kullan,lan Hazne i letme Yöntemi

Çal, man,n son a amas,nda, gelecekte ya , , s,cakl,k, evapotranspirasyon, ak,m ve bitki su ihtiyac, bak,m,ndan iklim de i ikli inden etkilenmesi öngörülen Demirköprü Baraj haznesindeki su hacmi Denklem 2.36'daki süreklilik ilkesine dayanan su dengesi yöntemi ile ele al,narak, mevcut haznenin iklim de i ikli i alt,ndaki performans, test edilmi tir. Çal, mada uygulama alanlar, için ya , -ak, modeli vas,ta,s,yla türetilmi ak,m,lar, baraj haznesi i letme a amas,nda kullan,larak haznenin bu ak,m ko ullar,nda, hesaplanan sulama suyu ihtiyaçlar,n, kar ,lay,p kar ,lamad, , s,nanm, t,r. Talebin tam olarak kar ,lanmad, , dönemlerde hangi miktarlarda eksikler olu tu u (arz aç,klar,) ve haznelerin i letme süresince ne kadar süre ile görevini tam olarak yerine getiremedi i (yetersiz kalma riski: arz aç, , oran,) belirlenmi tir. Ayr,ca farklı su talepleri için de risk ili kileri hesaplanm, t,r. Bu ili kiler yard,m,yla, seçilen bir performans düzeyi için mevcut haznedeki çekilebilecek su miktar, belirlenebilmektedir.

Hazne i letme çal, malar,nda her ay de i en hazne su hacimlerinin s,n,r de erleri olarak baraj planlama raporunda belirtilen minimum ve maksimum depolama hacimleri esas al,nm, t,r. Bunun için DSI II. Bölge Müdürlü ü'nden baraja ait kot-alan-hacim e rileri temin edilmi tir.

$$V_{t+1} = V_t + Q_t - D_t - E_{net,t} \quad C_{min} \leq V_{t+1} \leq C_{maks} \quad (2.36)$$

Denklem 2.36'da  $V_{t+1}$  t ay, sonunda haznedeki su hacmini (t+1 ay, ba ,ndaki su hacmi),  $V_t$  t ay, ba ,nda haznedeki mevcut su hacmini,  $Q_t$  t ay,nda hazneye giren ak,m,,  $D_t$  t ay,ndaki su kullan,m,n,,  $E_{net,t}$  t ay,nda net buharlaşma kayb,n,,  $C_{maks}$  maksimum depolama hacmini,  $C_{min}$  minimum depolama hacmini temsil etmektedir. Yöntemde, haznenin ba lang,çta belli bir dolulukta oldu u varsay,larak i leme ba lanmaktad,r.  $V_{t+1}$  ay sonu hazne hacmi  $C_{min} \leq V_{t+1} \leq C_{maks}$  aras,nda kalacak ekilde kütleinin korunumu prensibi uygulanarak hesaplanmaktad,r. Hazne hacminin minimum depolama hacminin alt,na dü tü ü ay say,lar,n,n veri uzunlu una oran, haznenin yetersiz kalma olas,l ,n, (riskini), bir di er deyi le arz aç, , oran,n, vermektedir (Kirdemir ve Okkan, 2015; Okkan ve Kirdemir, 2016e).

Aktif düzenleme kapasitesi  $C_{akt} = C_{maks} - C_{min}$  olan bir haznenin  $Q_d$  gibi bir aylık su talebini işletme süresince karşılayamaması olasılığı, Denklem 2.37 ile hesaplanmaktadır (McMahon ve Mein, 1986).

$$Risk = \frac{Q_v < Q_d \text{ durumundaki toplam ay sayısı}}{\text{işletme süresindeki toplam ay sayısı}} \quad (2.37)$$

Bu eşitlikte  $Q_v$  talebin tam olarak karşılanmadığı aylarda haznedeki verilebilecek aylık su hacmidir ( $0 < Q_v < Q_d$ ). Haznenin istenen talebe karşı yetersiz kalması olasılığını, temsil eden ve literatürde arz açığı olarak da adlandırılan *Risk*, kapasitesi sabit bir haznedeki  $Q_d$ 'nin artan bir fonksiyonudur (McMahon ve Mein, 1986; Okkan, 2013).

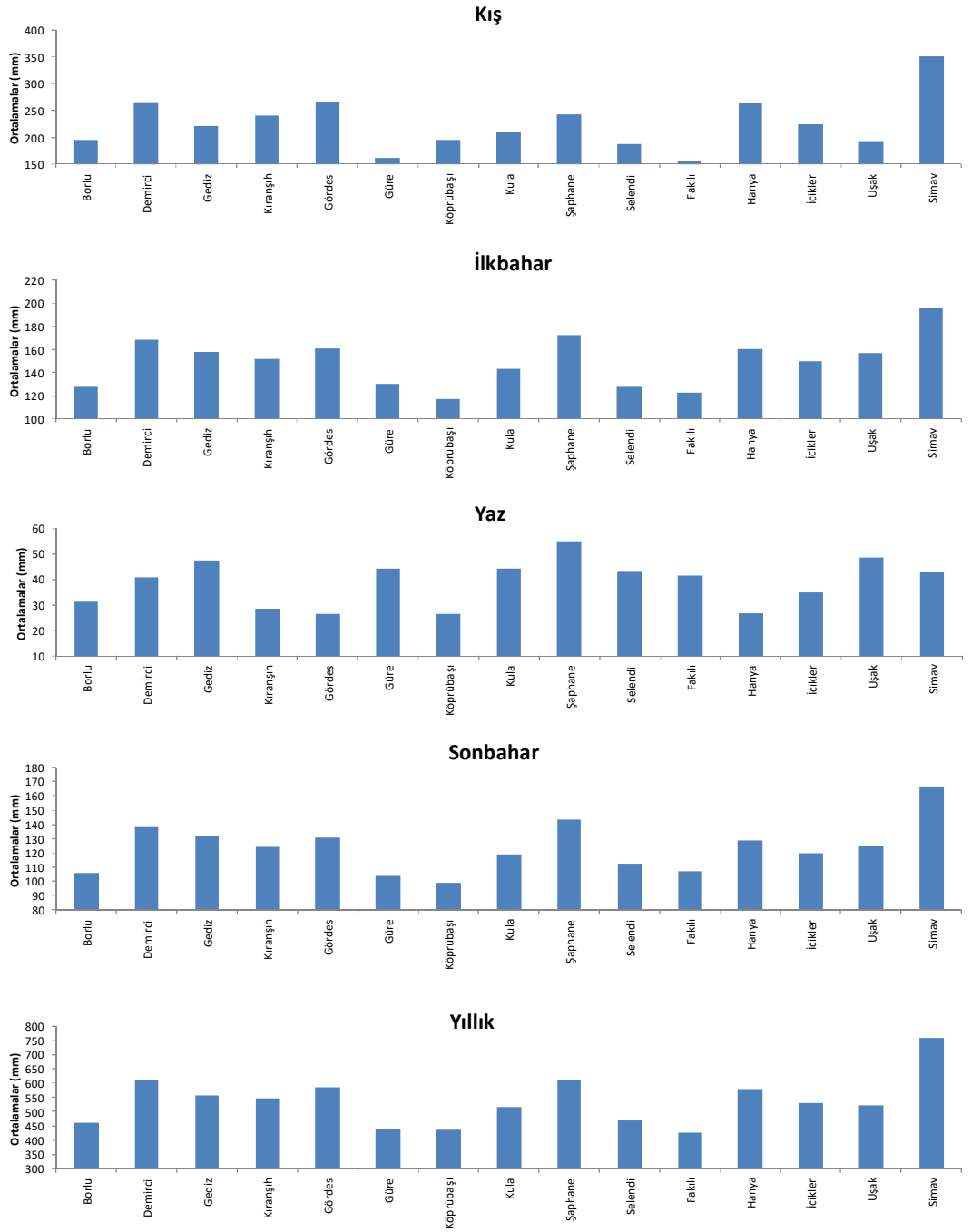
### 3. BULGULAR

#### 3.1 Verilerin istatistiksel Analizleri

Çal, mada öncelikle 1980-2010 döneminde istasyonlarda ölçülmü ayl,k toplam ya , ve ayl,k ortalama s,cakl,klara ait ortalama, standart sapma, de i kenlik katsay,s, ve çarp,kl,k gibi temel istatistikler hesaplanm, t,r. Hesaplanan temel istatistiklerden ortalama istatistikleri mevsimsel ve y,ll,k olarak ekil 3.1 ve ekil 3.2'de grafiksel olarak sunulmu tur.

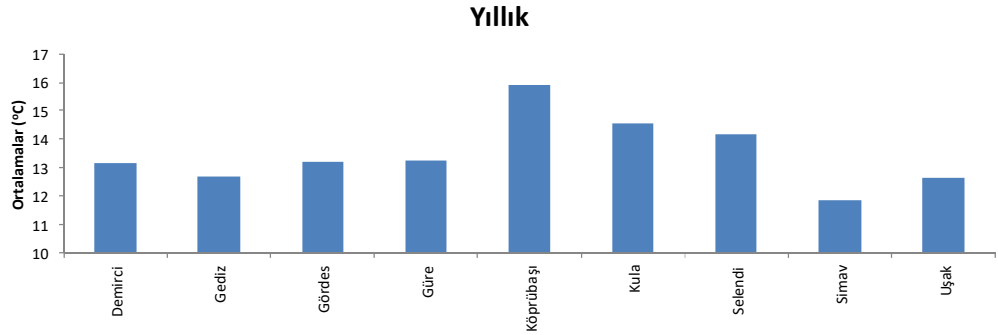
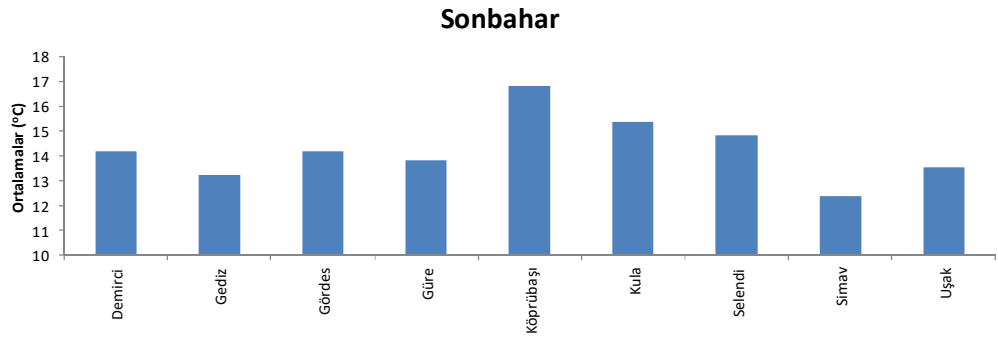
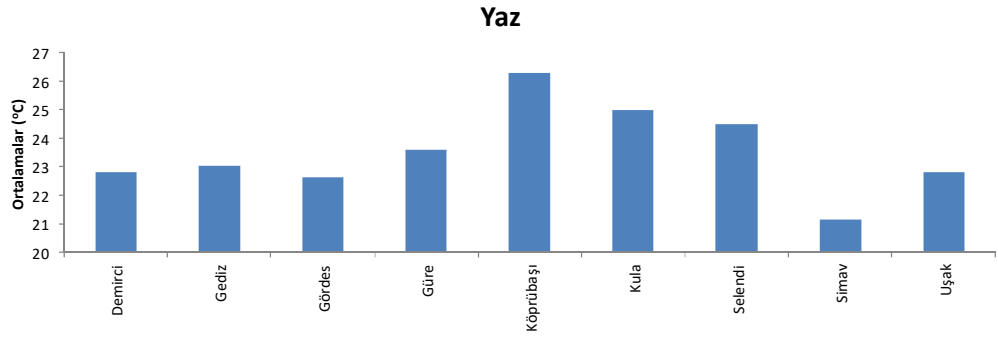
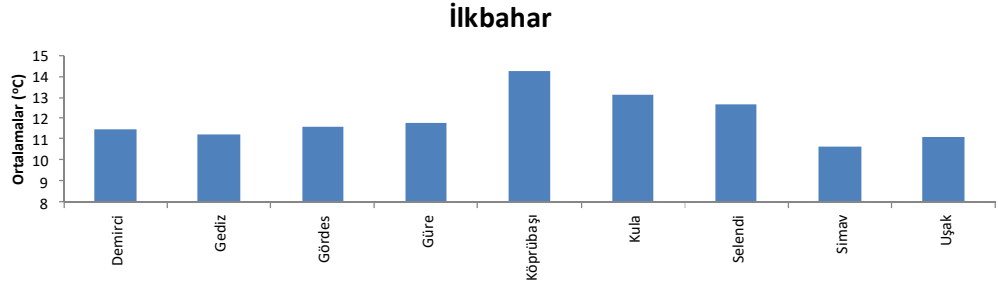
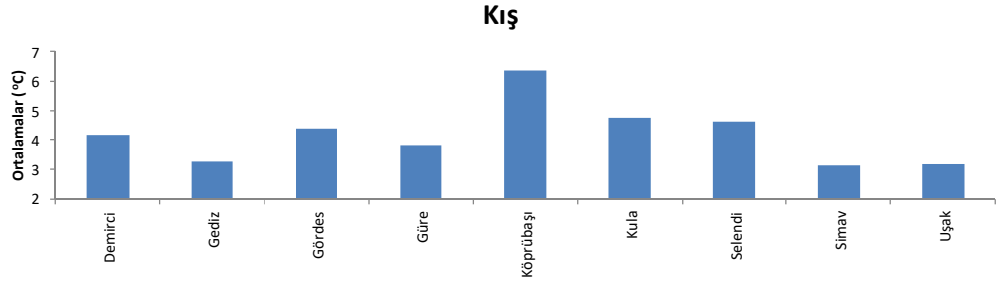
Y,ll,k toplam ya , lar incelendi inde, Demirköprü havzas,n,n güney ve orta bölümüne yak,n k,s,mlar,nda yer alan Borlu, Köprüba ,, Selendi, Fak,l, ve Güre gibi istasyonlarda ortalamalar di er istasyonlara nazaran daha dü üktür (425-471 mm/y,l). Havzan,n kuzey bat,s,ndan ba lay,p orta kesiminden do usuna do ru uzanan geni bir alanda ise ya , lar 516-586 mm/y,l aras,nda de i im göstermektedir. stasyonlar,n büyük bir ço unlu u da bu aral,kta yer almakta olup Kula, Gediz, K,rana,h, Gördes, Hanya cikler ve U ak gibi istasyonlar bunlardan baz,lar,d,r. Havzan,n kuzey do usundaki yükseltisi büyük olan k,s,mlarda yer alan istasyonlarda (Demirci, Simav ve aphane istasyonlar,) y,ll,k ya , miktar, da fazla olup 613-757 mm/y,l aras,nda de i mektedir. Bunlar,n aras,nda Simav istasyonunda ölçülen ortalama 757 mm/y,l ya , miktar, Demirköprü Baraj havzas,nda ölçülen maksimum de erdir. stasyonlar genelinde y,ll,k ya , lar,n büyük bir ço unlu unun k, (%42øsi) ve ilkbahar (%28øsi) ya , lar,ndan kar ,land, , görülebilmektedir. Yaz ya , lar,n,n toplam ya , rejimi üzerindeki pay, ise yakla ,k %7'dir. Standart sapman,n ortalamaya oran, olan de i kenlik katsay,lar, incelendi inde ise de i kenliklerin havza üzerinde 0.15-0.30 aras,nda de erler ald, , görülmü tür. Çarp,kl,k katsay,lar, ise havza genelinde pozitif ç,km, olup da ,l,mlar sa a çarp,kt,r.

Y,ll,k ortalama s,cakl,klar incelendi inde ise, havzan,n do usundan bat,s,na do ru ilerledikçe s,cakl,klar,n artt, ,n, net bir biçimde söylemek mümkündür.



**ekil 3.1:** stasyonlara ait mevsimsel ve yıllık toplam yağış, ortalamalar.





**ekil 3.2:** stasyonlara ait mevsimsel ve yıllık sıcaklık ortalamaları.

En yüksek sıcaklık Köprübaşı istasyonunda (15.93 °C), en düşük sıcaklık ise Simav istasyonunda (11.84°C) gözlenmiştir. Havzanın batısından başlayıp baraj gövdesinin yakınına doğru orta kesimine ait şerhiden güneye kadar olan bölgede sıcaklıklar diğer kesimlere kıyasla daha yüksektir. Havzadaki istasyonların büyük çoğunluğu bu bölgede yer almaktadır yıllık ortalama sıcaklıklar 13.15 ile 14.15 °C arasında değişmektedir. En düşük sıcaklık ölçümleri ise, Akdeniz ikliminden karasal iklime geçiş bölgesinde yer alan Gediz, Simav ve Uşak istasyonlarında gözlenmiştir (11.84-12.68 °C). Yıllık sıcaklıkların değişkenlik katsayıları ise %60'dan küçük çarpanlar, t.r. Çarpımlık katsayıları ise yayılma nazaran daha simetrik dağılımları işaret etmektedir.

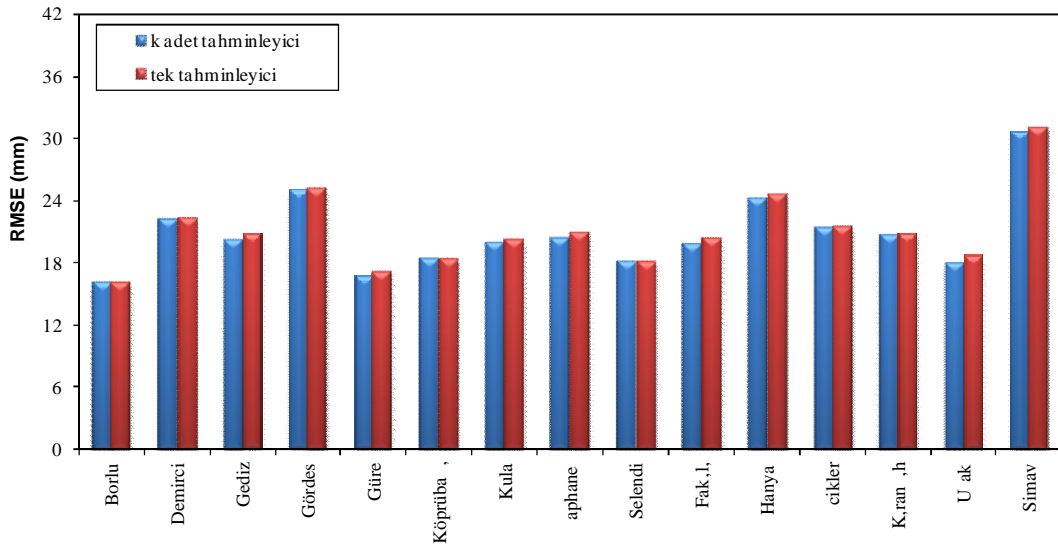
### 3.2 Optimum Tahminleyici Seçimi

Literatürde yayımları için yapılan istatistiksel ölçek indirgeme uygulamalarında re-analiz verilerinde mevcut olan geniş ölçekli yayımların (large scale precipitation) tahminleyici olarak kullanılmamasına rastlanmaktadır (Benestad vd, 2007; Okkan ve Kırdemir 2016a,d,e; Okkan ve Fistikoglu, 2014; Okkan, 2015; Okkan ve Inan, 2015a; Salathé, 2003; Schmidli vd., 2006; Tatlı vd., 2004; Xoplaki vd., 2004). Literatürdeki egzersizler optimum açıklama ya da diğer bir deyişle tahminleyici değişkenlerin bir lokasyondan diğerine göre değişebilenliği ve bağımlı (tahminlenen) değişken ile makul korelasyon veren herhangi bir değişkenin tahminleyici olarak kullanılabilenliği göstermiştir (Tripathi vd., 2006; Anandhi vd. 2008; Fistikoglu ve Okkan, 2011; Okkan ve Inan, 2015a, 2015b). Bu nedenle çalışmada ilave tahminleyiciler ile farklı girdi kombinasyonları da denenerek bağımlı değişkene olan katkıları sorgulanmıştır. Anandhi vd. (2008) ölçek indirgeme uygulamalarında tahminleyici seçme süreci ile ilgili kapsamlı bir literatür taraması, çalışmalarında paylaşım yapılmıştır.

Tahminleyici seçme işleminin korelasyon-regresyon esaslı analizler ile gerçekleştirilmesi şıklarla tercih edilen bir yaklaşımdır (Wilby vd.,2002; Fistikoglu ve Okkan, 2011). Fistikoglu ve Okkan (2011) optimum olasılıklı regresyon analizleri (all possible regression :APREG) yöntemi bu amaçta tavsiye etmişlerdir. APREG ile optimum tüm girdi kombinasyonları içerisinde en iyi girdi kombinasyonu hata kareleri

ortalama,  $n$ ,  $n$  karekökü (RMSE) ve Mallows  $C_p$  katsayısı, gibi ölçütlere bağlı olarak belirlenmektedir. Analiz gerçekleştirilmeden önce düşük korelasyon veren değişkenler ya da değişkenler var ise eliminasyon önerilmektedir. Geriye kalan atmosferik değişkenlerden elde edilen en iyi kombinasyonlara (best subsets) göre, tek girdili en iyi regresyon modelinden çok girdili en iyi regresyon modeline kadar  $C_p$  ve RMSE değerleri azalır, ve her bir değişken ilavesi ile tüm değişkenlerin yer aldığı modele kadar bu istatistikler artar, göstermektedir.

Ancak istasyonların tamamında  $k$  adet tahminleyiciye sahip  $k$  girdili en iyi regresyon modeli ile sadece  $p$  değişkenine sahip tek girdili regresyon modeli performansları neredeyse aynı olduğu görülmüştür. Diğer bir deyişle  $p$  değişkeninin yanına ilave edilen değişken veya değişkenler RMSE değerinde anlamlı bir azalmaya neden olmamıştır. Bahsedilen bu durumun varlığı, Şekil 3.3'te tüm istasyonlar için görülebilmektedir.



**Şekil 3.3:** Yağış verileri için hazırlanan  $k$ -girdili ve tek girdili regresyon modellerine ait RMSE istatistikleri (Okkan ve Kirdemir, 2016a).

Aynı şekilde yağış verilerine de uygulanmış ve  $k$  adet girdiye sahip en iyi regresyon modeli ile yalnızca bir değişkenine sahip tek girdili regresyon modelinin RMSE istatistikleri birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Sonuç olarak, re-analiz

verilerinin geni ölçekli ya , (pr) de i keninin istasyonlar,n ya , tahminleyicisi olarak, yüzey hava s,cakl, , (air) de i keninin ise istasyonlar,n s,cakl,k tahminleyicisi olarak kullan,lmaz, yeterli bulunmu tur.

### 3.3 Ölçek indirgeme Modellerinin Kurulumu

Çal, mada ya , ve s,cakl,k de i kenleri için referans iklim dönemi olarak 1980-2010 döneminin kullan,ld, , belirtilmi ti. Re-analiz verilerinin ilgili periyotta de erleri mevcut olmas,na kar ,n CMIP5 taraf,ndan GCM'lerin geçmi iklimi temsil eden historical senaryo sonuçlar, 2005 y,l,na kadar servis edilmektedir. Bu nedenle ölçek indirgeme modellerinin kurulumunda 1980-2005 ortak dönemi esas al,nm, t,r. statistiksel ölçek indirgeme modellerinin kurulmas,ndan önce, Ocak 1980-Aral,k 2005 ortak referans dönemini kapsayan verilerin Ocak 1980-Aral,k 1992 dönemini kapsayan ilk 13 y,ll,k k,sm, e itme (kalibrasyon) a mas,nda, Ocak 1993-Aral,k 2005 dönemini kapsayan son 13 y,ll,k k,sm, ise e itilen modeli test etme (verifikasyon) a mas,nda kullan,lmak üzere ikiye ayr,lm, t,r. Tüm veriler Bölüm 2.3.3'te anlat,ld, , üzere standardize seriler haline getirilmi tir.

ANN ve LSSVM modellerinin e itiminde model parametrelerinin optimum de erlerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Levenberg-Marquardt algoritmas, ile entegre edilen çok katmanlı, ANN modelinde gizli katmandaki hücre say,s, hata kareler ortalamas,n,n karekökü olan RMSE'yi minimum k,lacak ekilde iteratif olarak belirlenmi tir (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2). Levenberg-Marquardt algoritmas,nda bulunan ba lang,ç Marquardt parametresi ( $\mu_0$ ) ve katsay,s, ise s,ras,yla 0.010 ve 0.10 olarak al,nm, t,r. LSSVM modelinin e itiminde ise regülarizasyon parametresi ( ) ve RBF geni li i ( ) olmak üzere iki adet parametrenin kalibre edilmesi gerekmektedir. Parametreler ANN modeli e itiminde oldu u gibi RMSE de eri minimum olacak ekilde tahmin edilmi tir (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2). Bu a amada k-kat çapraz-do rulama yöntemi kullan,lm, ve farklı, denemeler neticesinde k=10 al,nm, t,r.

Yap,lan uygulamalardan örnek verme amac,yla havzan,n muhtelif lokasyonlar,nda (Köprüba ,, Simav ve U ak istasyonlar,) yer alan istasyonlar için ANN ve LSSVM tabanlı, ölçek indirgeme modellerinden elde edilen e itim ve test

dönemi tahminlerinin gidi çizgisi ve saçılım diyagramlar, ekil 3.4- ekil 3.9'da verilmiştir.

Çalışmada RMSE amaç fonksiyonuna göre eğitim süreci tamamlandıktan sonra, ANN ve LSSVM modellerinin performansları, NS, RSR ve PBIAS ölçütleri bakımından değerlendirilmiştir. Başlıca olarak, veri集中的indeki değişimin açıklanabilen kısmını, yorumlayabilme amacıyla determinasyon katsayısı ( $R^2$ ) değerleri de hesaplanmıştır. Çalışmada, hem yalın, hem de saçılım ölçek indirgeme modellerinin eğitim dönemi boyunca oldukça yakın performans göstermesinden dolayı, modellerin genelleme yeteneklerinin değerlendirilmesi, test dönemi performansları sunulmuştur. Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de en makul performans ölçütü değerleri alt çizili biçimde verilmiş ve elde edilen bu ölçütlere göre seçilen model tipi son sütunda belirtilmiştir.

Yalınlımlar için ANN ve LSSVM ile kurulan ölçek indirgeme modellerinin test dönemi sonuçlarına göre, NS katsayısının havza genelinde 0.56 ile 0.79 arasında değerler aldığı görülmüştür. Diğer yandan RSR istatistiği ise 0.46 ile 0.66 arasında deyimlik göstermektedir. Yanlılımlın yönü ve oransal ölçütü olan PBIAS ise mutlak deyerce %0.4 ile %16 arasında değerler almıştır. ANN modellemesinde istasyonların yaklaşık %20'si NS ve RSR istatistikleri bakımından çok iyi performans gösterirken, %50'ye yakın kısmı NS için ve %65'e yakın kısmı RSR için öiyü derecede sonuç vermiştir. Geriye kalan istasyonların sonuçları ise esas alınan kriterlere göre öyeterli ölçüttür. PBIAS istatistiği ise 13 adet istasyon için çok iyi kategorisine girmektedir. LSSVM modellemesinde ise istasyonların yaklaşık %13'ü NS ve RSR istatistikleri bakımından çok iyi performans gösterirken, %80'i öiyü derecede performans göstermiştir. Kalan istasyonların ise RSR ve NS bakımından öyeterli performans gösterdiği görülebilmektedir. PBIAS istatistiği ise ANN modellemesinde olduğu gibi 13 adet istasyonda çok iyi düzeydedir. Her iki modelde de öyetersiz performansına sahip bir istasyona rastlanmamıştır. ekil 3.10'da yalınlımlar için ölçek indirgeme modellerinden elde edilen performansları kaç adet istasyon tarafından sağlandığı görülebilmektedir. Saçılımlar için de benzer deyerlendirmeler yapılmış ve tüm istasyonların her iki modelde NS, RSR ve PBIAS kriterleri bakımından çok iyi performans sağladığı tespit edilmiştir. Elde edilen NS değerleri 0.96 ila 0.99 arasında deyimmektedir. Hesaplanan tüm RSR'ler 0.2 deyerinden küçük çikmiştir. PBIAS deyerleri de mutlak deyerce %0-%5 aralığında seyretmektedir.

**Tablo 3.1:** Aylık toplam yağışlar için kurulan ölçek indirgeme modellerinin test dönemi performansları.

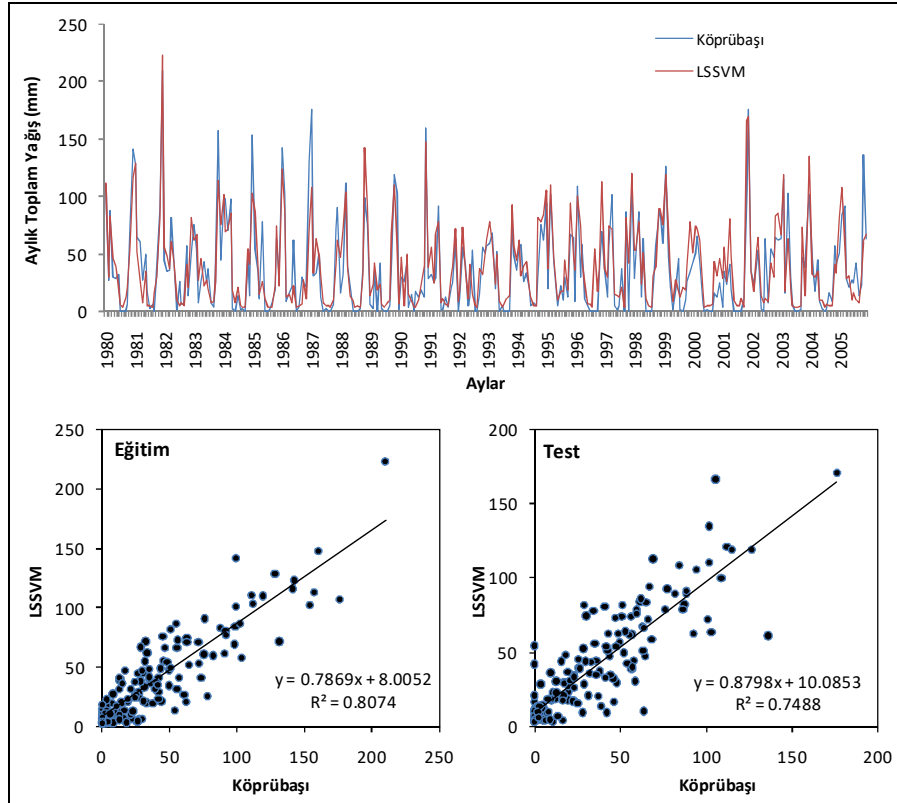
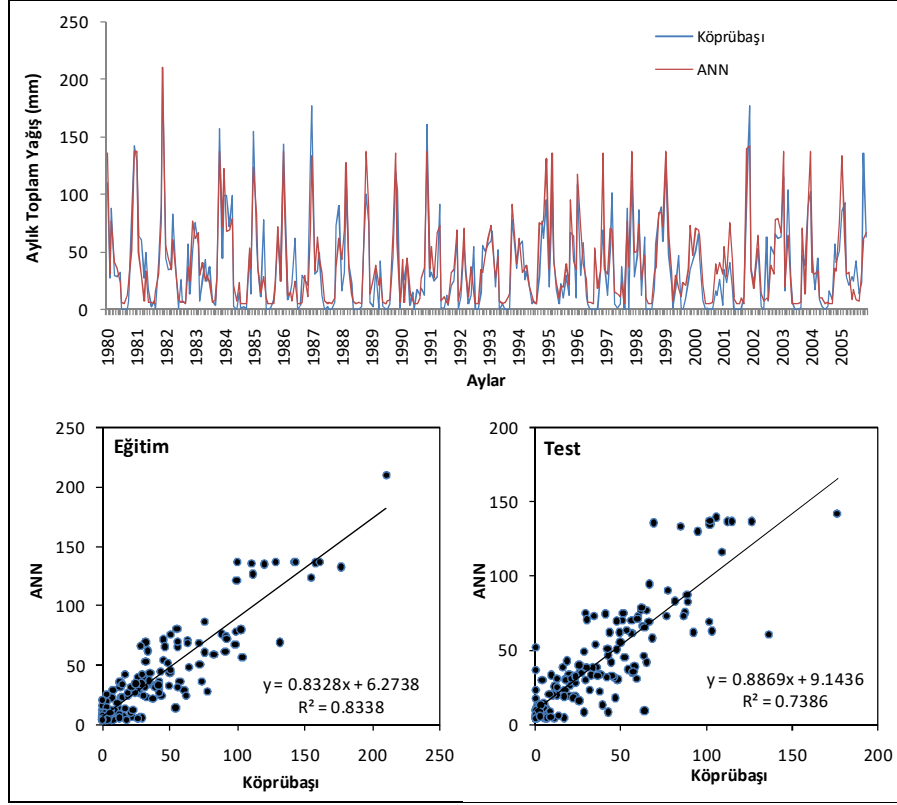
stasyonlar	ANN					LSSVM					Seçilen Model	
	g.k.h.s.	R <sup>2</sup>	NS	RSR	PBIAS(%)		R <sup>2</sup>	NS	RSR	PBIAS(%)		
Borlu	3	<u>0.7750</u>	0.7461	0.5022	<u>-4.94</u>	9.68E+00	0.37	0.7749	<u>0.7472</u>	<u>0.5012</u>	-5.50	LSSVM
Demirci	13	<u>0.7838</u>	<u>0.7795</u>	<u>0.4681</u>	<u>-2.92</u>	2.18E+04	0.89	0.7771	<u>0.7722</u>	<u>0.4757</u>	-3.55	ANN
Gediz	6	<u>0.7261</u>	<u>0.7256</u>	<u>0.5221</u>	-1.32	7.35E+07	15.93	0.7217	0.7211	0.5264	<u>-0.88</u>	ANN
Gördes	4	0.7541	0.7392	0.5091	<u>0.83</u>	2.84E+04	130.70	<u>0.7610</u>	<u>0.7435</u>	<u>0.5048</u>	-1.76	LSSVM
Güre	2	0.6696	0.6573	0.5835	-3.67	2.97E+04	117.04	<u>0.6759</u>	<u>0.6738</u>	<u>0.5693</u>	<u>-1.70</u>	LSSVM
Köprübaşı	5	0.7386	0.6868	0.5579	<u>-14.42</u>	1.62E+03	37.01	<u>0.7488</u>	<u>0.6974</u>	<u>0.5483</u>	-16.36	LSSVM
Kula	1	0.6655	0.6423	0.5962	-2.54	1.52E+04	29.65	<u>0.6811</u>	<u>0.6677</u>	<u>0.5746</u>	<u>-1.83</u>	LSSVM
Şaphane	1	0.7056	0.6439	0.5948	-10.21	3.70E+05	270.45	<u>0.7251</u>	<u>0.6756</u>	<u>0.5677</u>	<u>-7.04</u>	LSSVM
Selendi	2	0.6463	0.6194	0.6149	3.05	4.74E+04	36.88	<u>0.6800</u>	<u>0.6655</u>	<u>0.5765</u>	<u>1.59</u>	LSSVM
Fakill	4	<u>0.5814</u>	<u>0.5650</u>	<u>0.6575</u>	<u>9.59</u>	9.61E+02	13.95	0.5809	0.5560	0.6642	10.02	ANN
Hanya	4	0.7636	<u>0.7390</u>	<u>0.5092</u>	<u>-3.83</u>	1.28E+04	73.46	<u>0.7718</u>	0.7329	0.5151	-7.35	ANN
Çikler	1	0.6666	0.6600	0.5812	<u>0.37</u>	1.28E+05	50.64	<u>0.6779</u>	<u>0.6682</u>	<u>0.5742</u>	2.61	LSSVM
Karanlıklar	8	<u>0.7752</u>	<u>0.7505</u>	<u>0.4979</u>	<u>-4.03</u>	1.78E+01	0.25	0.7740	0.7475	0.5009	-4.98	ANN
Uşak	6	<u>0.7206</u>	<u>0.7199</u>	<u>0.5275</u>	<u>2.09</u>	2.44E+01	0.46	0.7104	0.7095	0.5373	2.15	ANN
Simav	1	0.8024	0.7815	0.4660	<u>-6.57</u>	1.51E+03	27.90	<u>0.8075</u>	<u>0.7857</u>	<u>0.4614</u>	-6.97	LSSVM

(g.k.h.s. : gizli katmandaki hücre sayısı)

**Tablo 3.2:** Aylık ortalama sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinin test dönemi performansları.

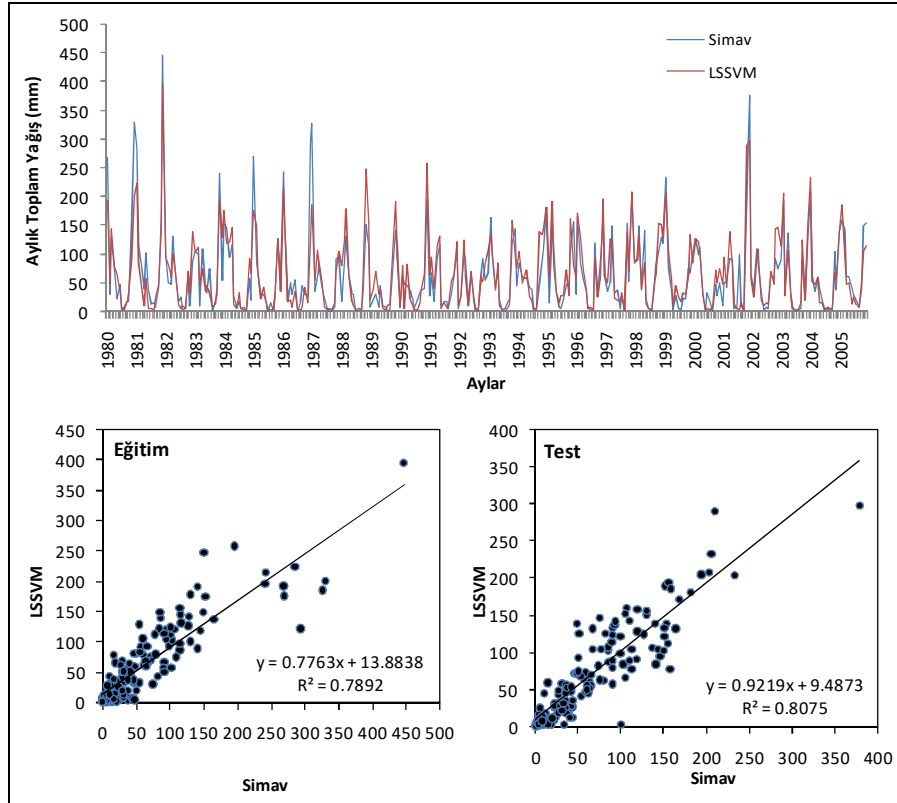
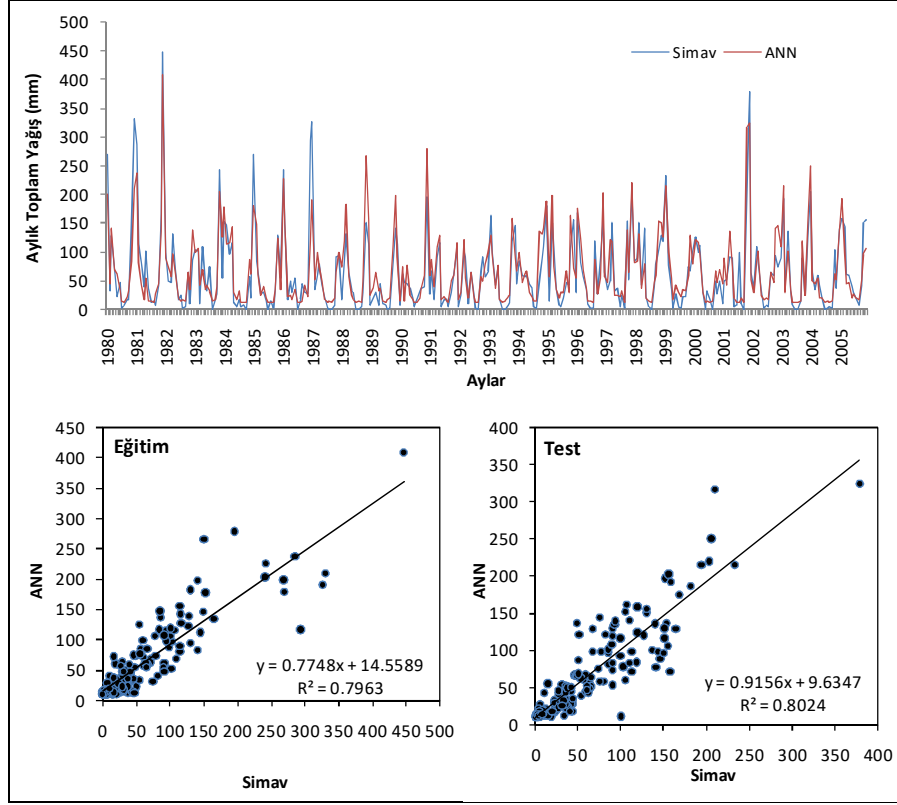
stasyonlar	ANN					LSSVM					Seçilen Model	
	g.k.h.s.	R <sup>2</sup>	NS	RSR	PBIAS(%)	R <sup>2</sup>	NS	RSR	PBIAS(%)			
Demirci	4	0.9892	0.9887	0.1061	1.15	1.73E+05	31.91	0.9896	0.9886	0.1062	1.69	ANN
Gediz	15	0.9913	0.9910	0.0945	0.92	1.35E+06	23.85	0.9915	0.9911	0.0938	0.99	LSSVM
Gördes	3	0.9905	0.9899	0.1002	0.35	3.86E+02	2.73	0.9907	0.9903	0.0980	0.09	LSSVM
Güre	5	0.9887	0.9886	0.1065	-0.15	6.50E+07	49.21	0.9888	0.9888	0.1057	0.15	LSSVM
Köprübaşı	3	0.9857	0.9852	0.1214	0.87	1.03E+08	2.67	0.9857	0.9853	0.1210	0.78	LSSVM
Kula	6	0.9898	0.9892	0.1036	0.45	1.30E+02	2.60	0.9900	0.9894	0.1028	0.66	LSSVM
Selendi	3	0.9932	0.9926	0.0860	-0.08	3.30E+02	0.62	0.9934	0.9928	0.0848	-0.02	LSSVM
Simav	6	0.9919	0.9897	0.1013	2.57	4.74E+06	5.27	0.9919	0.9894	0.1027	2.89	ANN
Uşak	4	0.9931	0.9930	0.0831	0.09	7.41E+03	30.20	0.9932	0.9932	0.0824	0.26	LSSVM

(g.k.h.s. : gizli katmandaki hücre sayısı)

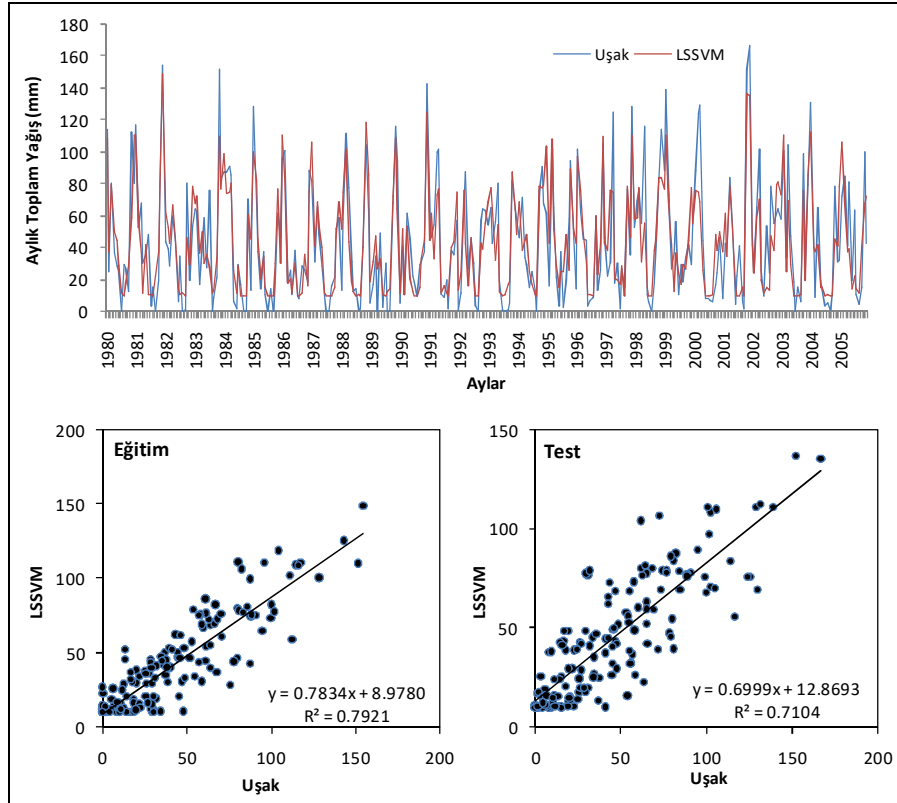
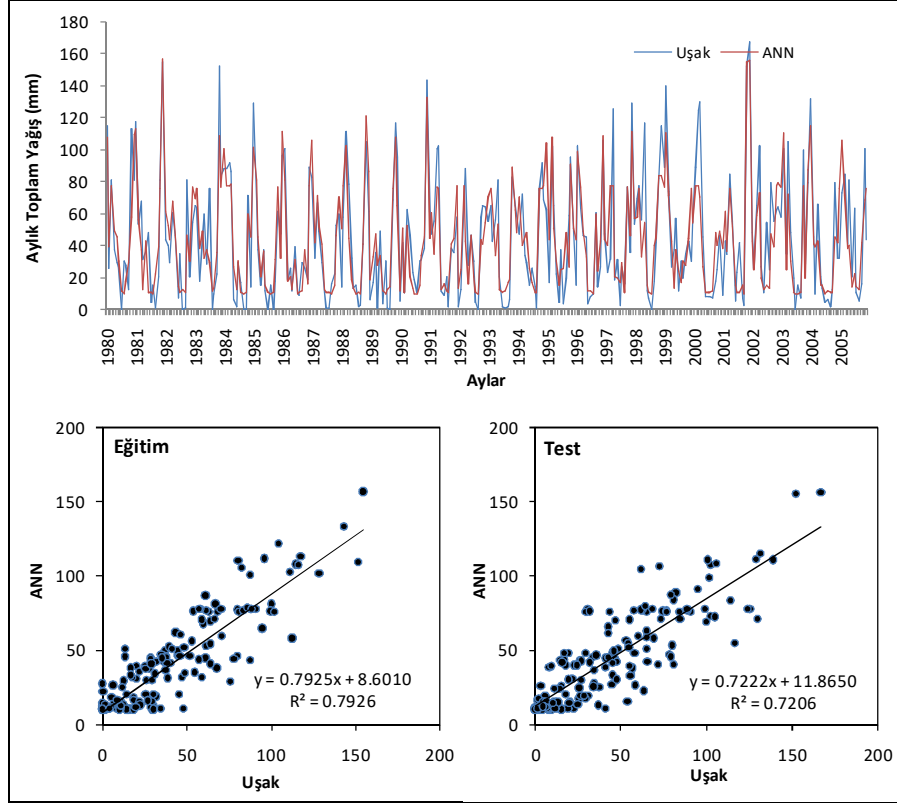


**ekil 3.4:** Köprüba , istasyonu ayl,k toplam ya , lar, için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler mm/ay'd,r.).

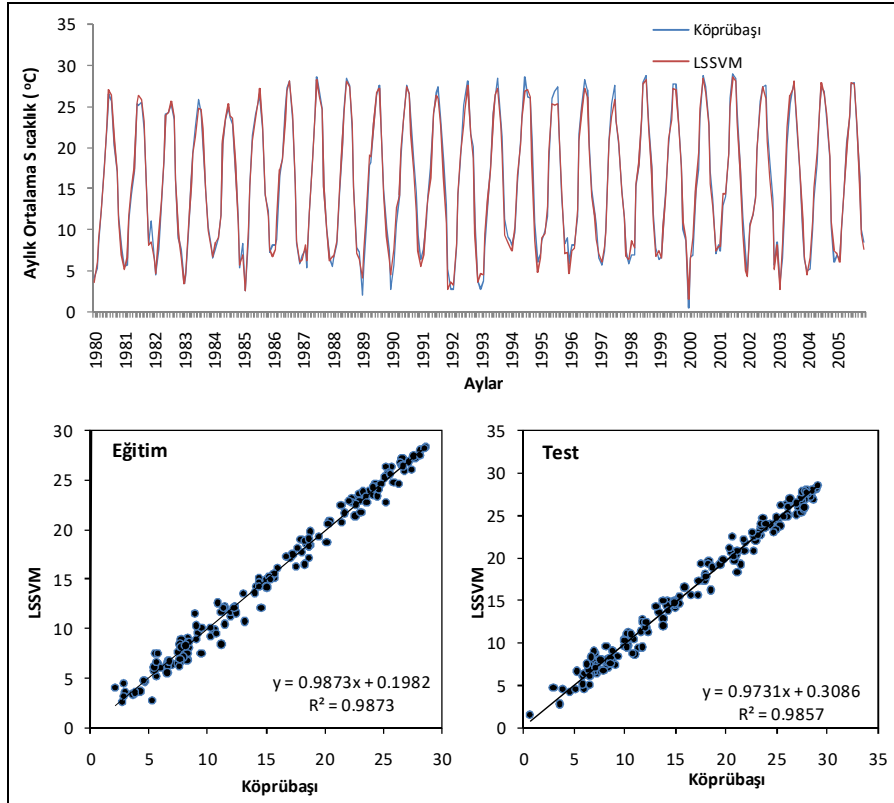
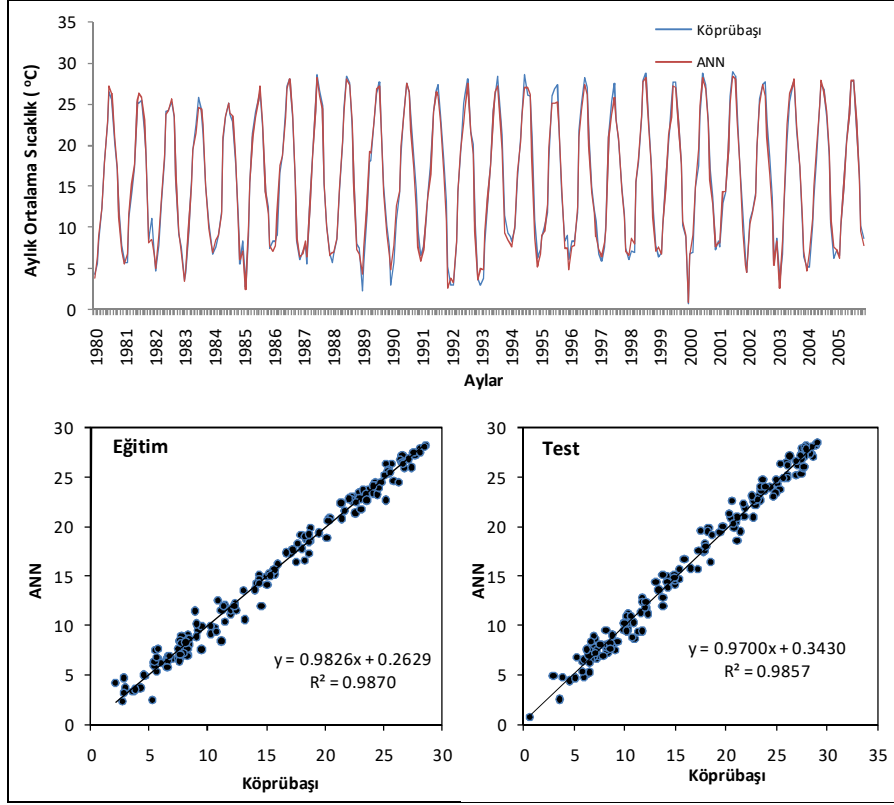




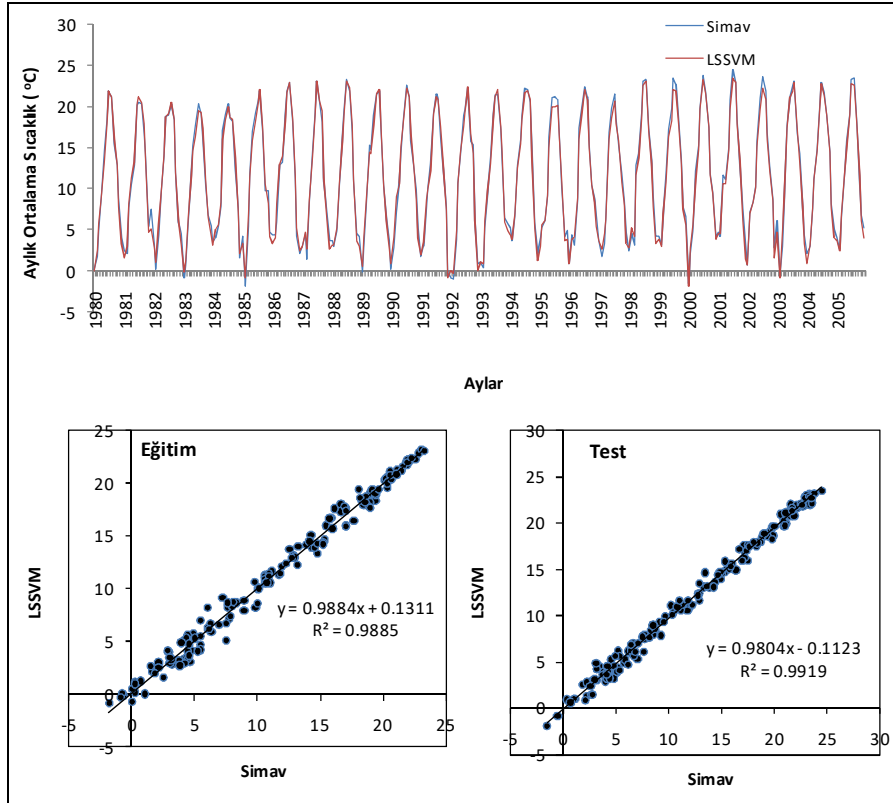
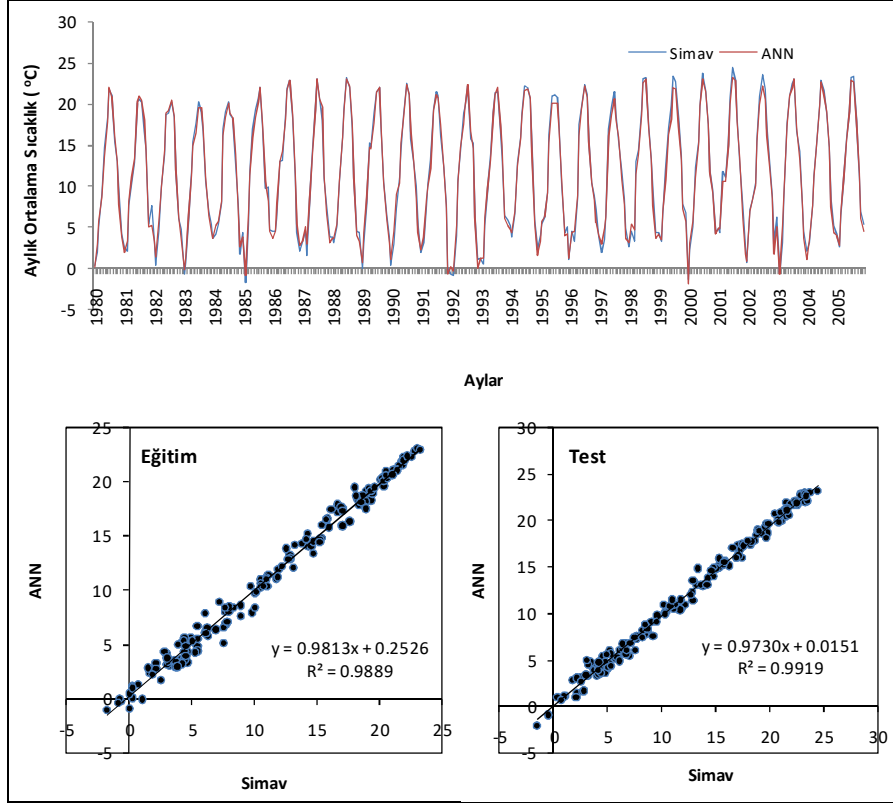
**ekil 3.5:** Simav istasyonu aylık toplam yağışlar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler mm/ay'd.r.).



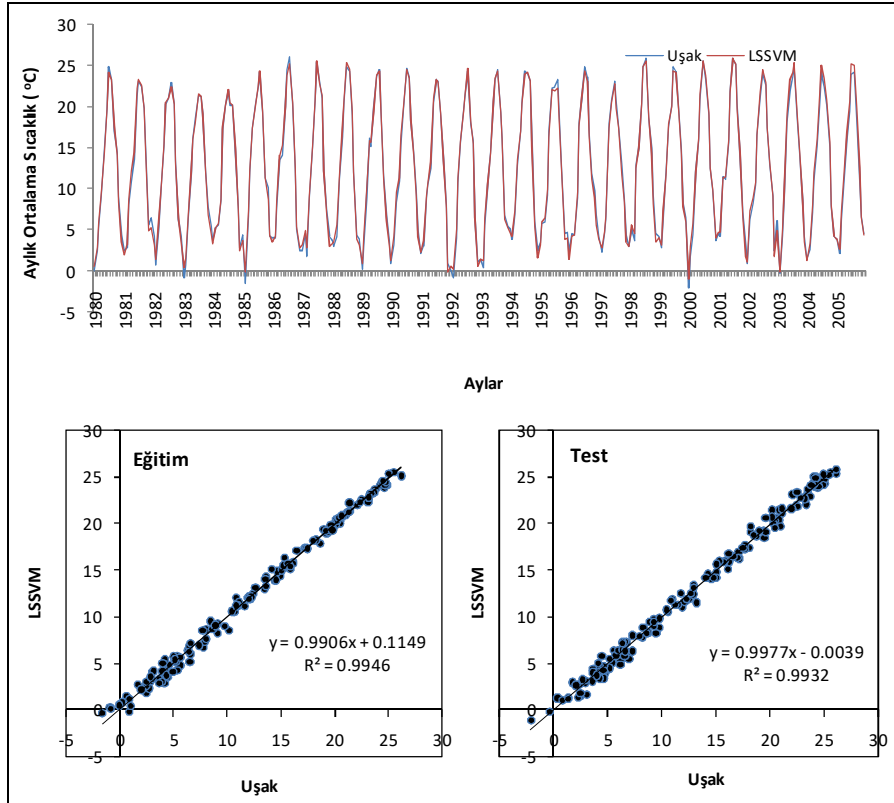
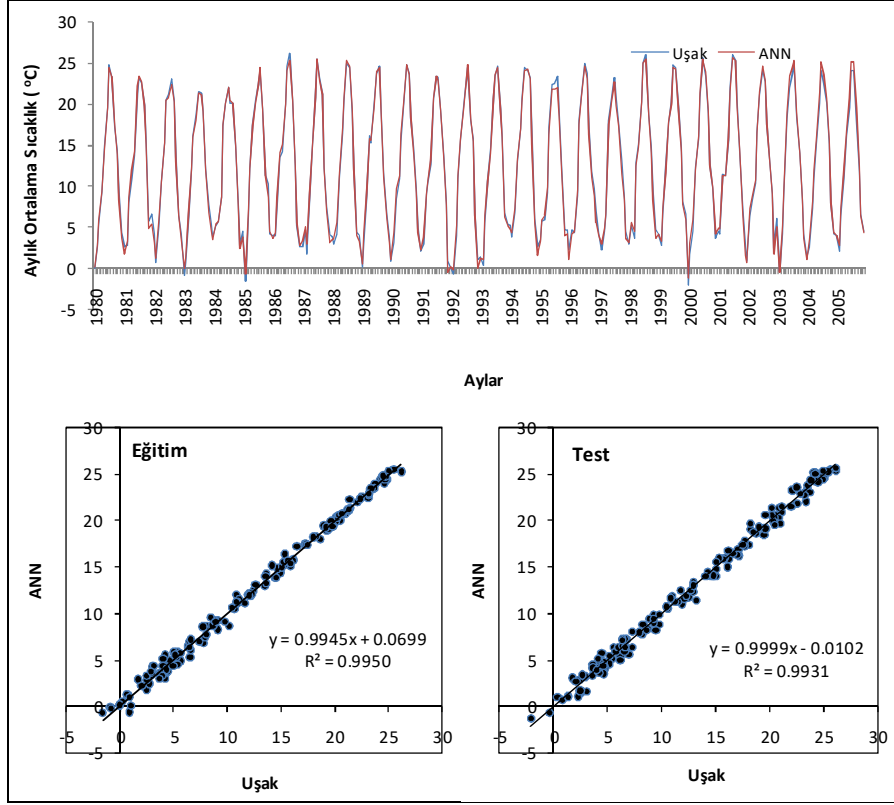
**ekil 3.6:** Uşak istasyonu aylık toplam yağışları için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler mm/ay'd.r.).



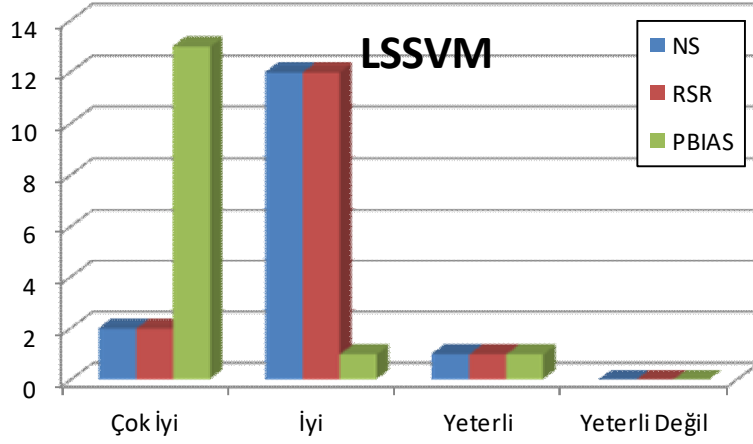
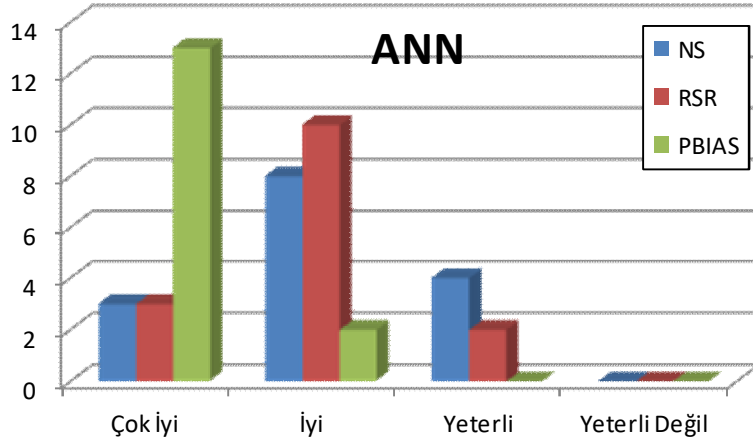
**ekil 3.7:** Köprübaşı, istasyonu aylık ortalama sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler °C/ay'dır.).



**ekil 3.8:** Simav istasyonu aylık ortalama sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler °C/ay'dır.).



**ekil 3.9:** U ak istasyonu aylık ortalama sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinden elde edilen tahminler: ANN (üstte), LSSVM (altta) (Birimler °C/ay'd.r.).



**ekil 3.10:** Performanslar,ın ya , istasyonlar, üzerindeki da ,l,m, (Dü ey eksen istasyon adedir).

### 3.4 RCP Senaryolar, Alt,nda Ya , ve S,cakl,k Projeksiyonlar,n,n Elde Edilmesi

#### 3.4.1 ENSEMBLE Uygulamas,

ANN ve LSSVM algoritmalar,na dayanan istatistiksel ölçek indirgeme modellerinin kurulumunu ve uygun modelin performans ölçütlerine ba l, seçimini takiben, iklim modellerinin historical ve RCP senaryolar,na ili kin tahminleyiciler

gerekli standardizasyon i lemlerinden sonra, kalibre edilen istatistiksel ölçek indirgeme modeline girdi olarak sunulur, tüm istasyonlar için her bir iklim modeline ait aylık ve yıllık ortalamalar türetilir. Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de elde edilen aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklıklar serilerinin box-plot (kutu diyagram) gösterimi Demirci meteoroloji istasyonu örneği üzerinden verilmiştir (box-plot grafiklerdeki içi boş daireler ortalama değerleri sembolize etmektedir).

Gerek örneği verilen Demirci istasyonu sonuçları, gerekse diğer istasyonlara ait indirgenmiş sonuçları incelendiğinde, farklı iklim modellerinin herhangi bir istasyona indirgenmiş tahminlerinin birbirinden farklı istatistiklere ve dağılımlara sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle, Knutti vd. (2010) atfedilerek 12 farklı iklim modelinden elde edilen sonuçları, ortalama sıcaklık kullanma yoluna başvurulmuştur. Böylece çoklu model sonuçları kombinasyonu (combining multi model outputs = ENSEMBLE)öyle uygulanarak, Demirköprü baraj havzası için hidro-meteorolojik açıdan belirsizliği daha az olan tahminler elde edilmeye çalışılmıştır.

ENSEMBLE uygulaması, tekil genel dolaşım modeli kullanıma göre daha zahmetlidir. Ülkemizde yürütülen projelerde ve araştırmalarda sadece ECHAM5, HADCM3, CCSM3 gibi tekil modellere ait sonuçları kullanılmıştır. Örneğin HADAMP3 modeli, Demir vd. (2007) tarafından, FVGCM modeli Çevre ve Orman Bakanlığı yürütülen projede (Apak ve Ubay, 2007), ECHAM5 modeli Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları, Bakanlık, 105G015 numaralı TÜB TAK projesinde kullanılmış iklim modelleridir. Çalışmada ise tekil model kullanımı yerine çoklu model sonuçları kombinasyonu ile öngörülerin elde edilmesi literatüre katkı sağlayacaktır. ENSEMBLE yöntemine ve uygulama detaylarına aşağıda yer verilmiştir.

Çalışmada ENSEMBLE yöntemi için Bayes Model Ortalamaları (BMA) yaklaşımı kullanılmıştır (Okkan ve Kirdemir, 2016a). Buna göre öncelikle 12 adet GCM'in istasyona indirgenmiş historical senaryo sonuçları ile istasyon gözlemleri kullanılarak BMA algoritması çalıştırılmakta ve gizli değişken konumunda olan parametreler hesaplanmaktadır. Söz konusu parametreler hesaplanarak (Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart) hem de kurak (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül) dönemleri için ayrı ayrı yapılmaktadır. Ardından 12 adet GCM'in indirgenmiş

RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryosu sonuçlar, elde edilen a ,rl,klar ile çarp,lp toplanarak RCP senaryolar,na ait ENSEMBLE tahminler elde edilmektedir.

Bu a amada kullan,lan BMA yönteminin detaylar, ise a a ,da verilmektedir.

T adet veriye sahip gözlemlere  $D=[y_{göz1}, y_{göz2}, \dots, y_{gözT}]$  ve K tane model tahmini  $f_k$ ya ba l, olarak y önin posteriori da ,l,m,  $p_k(y|f_k, D)$  ko ullu olas,l, , ile gösterilmektedir. Toplam olas,l,k kural,na göre, BMA-ın, n probabilistik tahmini Denklem 3.8-deki olas,l,k yo unluk fonksiyonu ile ifade edilir ( Raftery vd.,2005; Duan vd., 2007).

$$p(y|D) = \sum_{k=1}^K p(f_k|D) \cdot p_k(y|f_k, D) \quad (3.1)$$

$p_k(y|f_k, D)$  için pratikte normal da ,l,m tercih edilir ve  $g(y|f_k, \sigma_k)$  olarak gösterilir.  $w_k = p(f_k|D)$  ekinde tan,m,lan,rsa söz konusu model a ,rl,klar,n,n toplam, 1œ e it olacakt,r.

BMA tahmininin beklenen de eri Denklem 3.9œda verilmi tir.

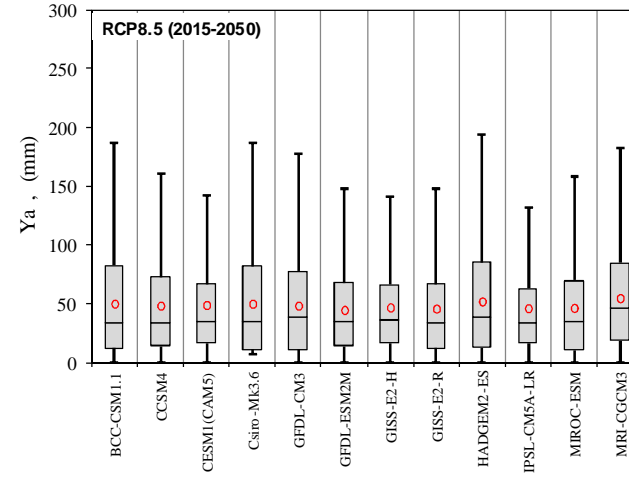
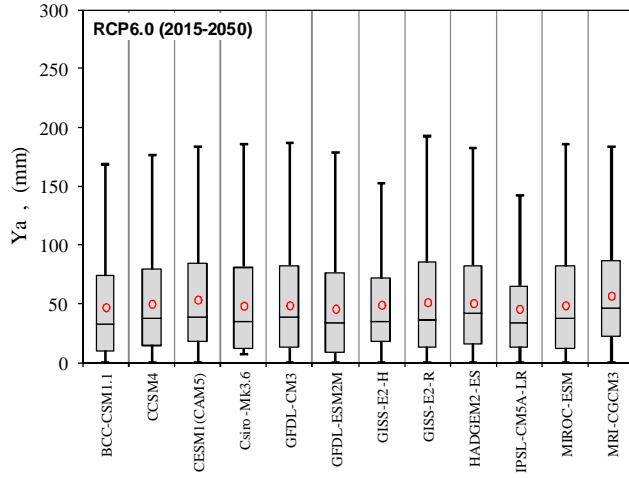
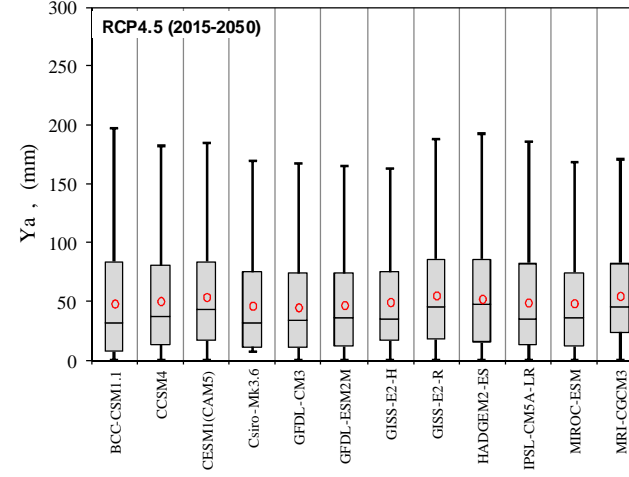
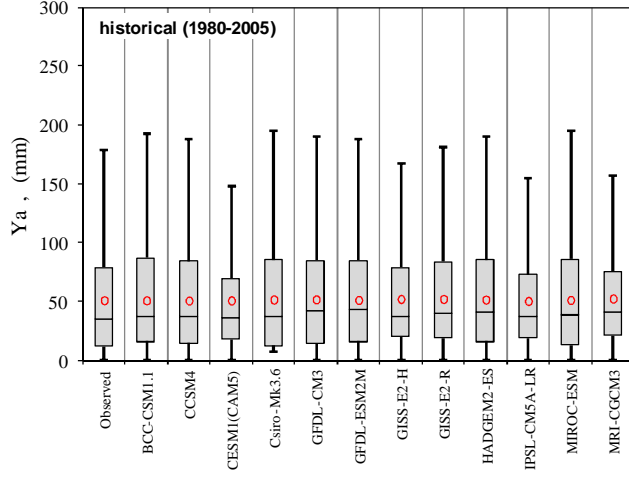
$$E[y|D] = \sum_{k=1}^K p(f_k|D) \cdot E[p_k(y|f_k, D)] = \sum_{k=1}^K w_k \cdot f_k \quad (3.2)$$

BMA yöntemini uygulamak için a ,rl,klar ( $w_k$ ) ve model tahmininin varyans, ( $\sigma_k^2$ ) tahmin edilmelidir. Raftery vd.(2005) taraf,ndan önerilen logaritmik-olabilirlik (log-likelihood) fonksiyonunun maksimizasyonu bu a amada kullan,lmaktad,r.

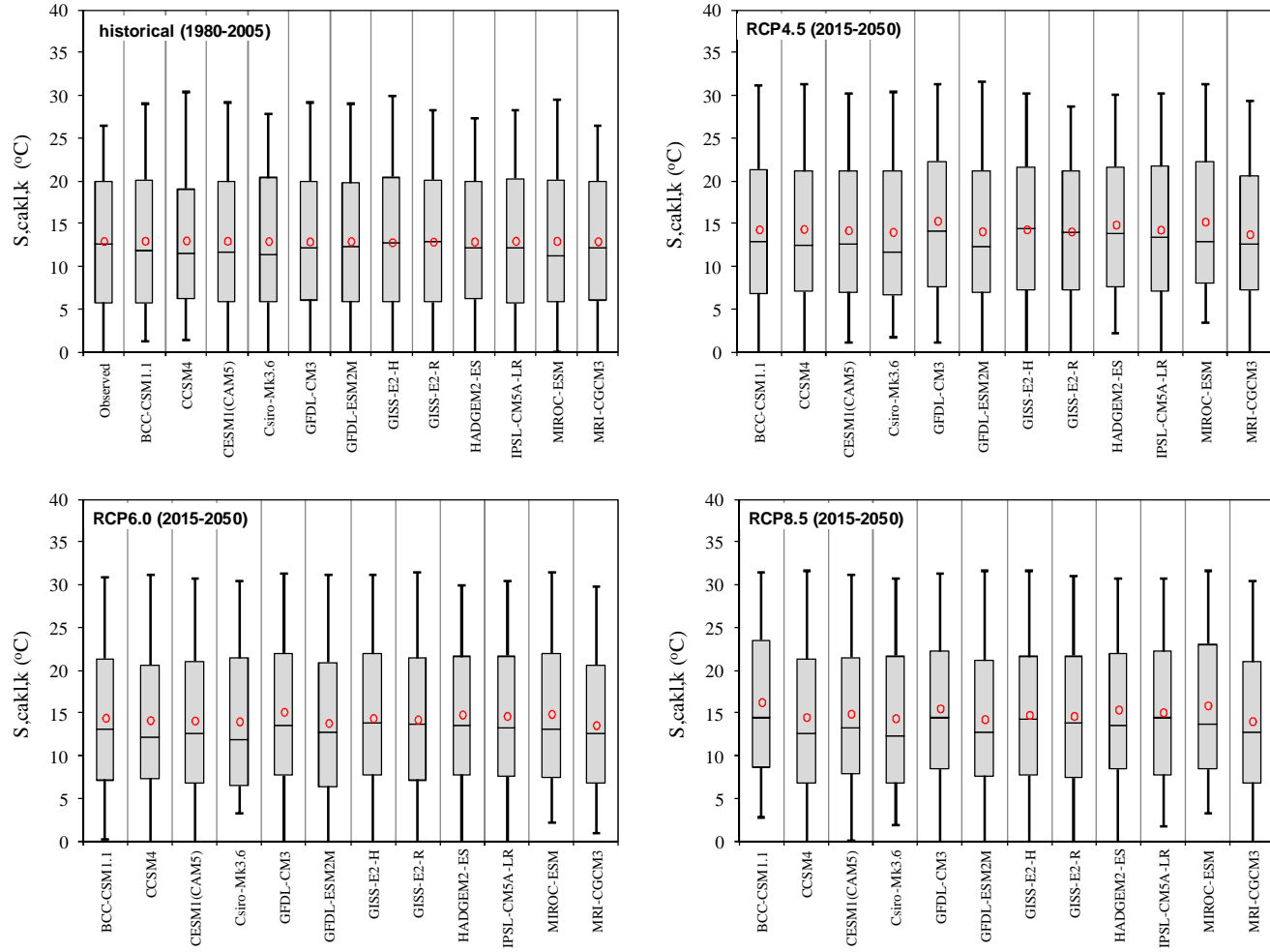
$$l(\theta) = l(w_1, \dots, w_k; \sigma_1, \dots, \sigma_k) = \log \left[ \sum_{k=1}^K w_k \cdot g(y|f_k, \sigma_k) \right] \quad (3.3)$$

Yukar,daki fonksiyonun maksimizasyonunun basit analitik yöntemler ile gerçekleştirilmesi güç olup ekil 3.33œte verilen iteratif prosedür uygulanmaktad,r (Okkan ve Kirdemir, 2016a).

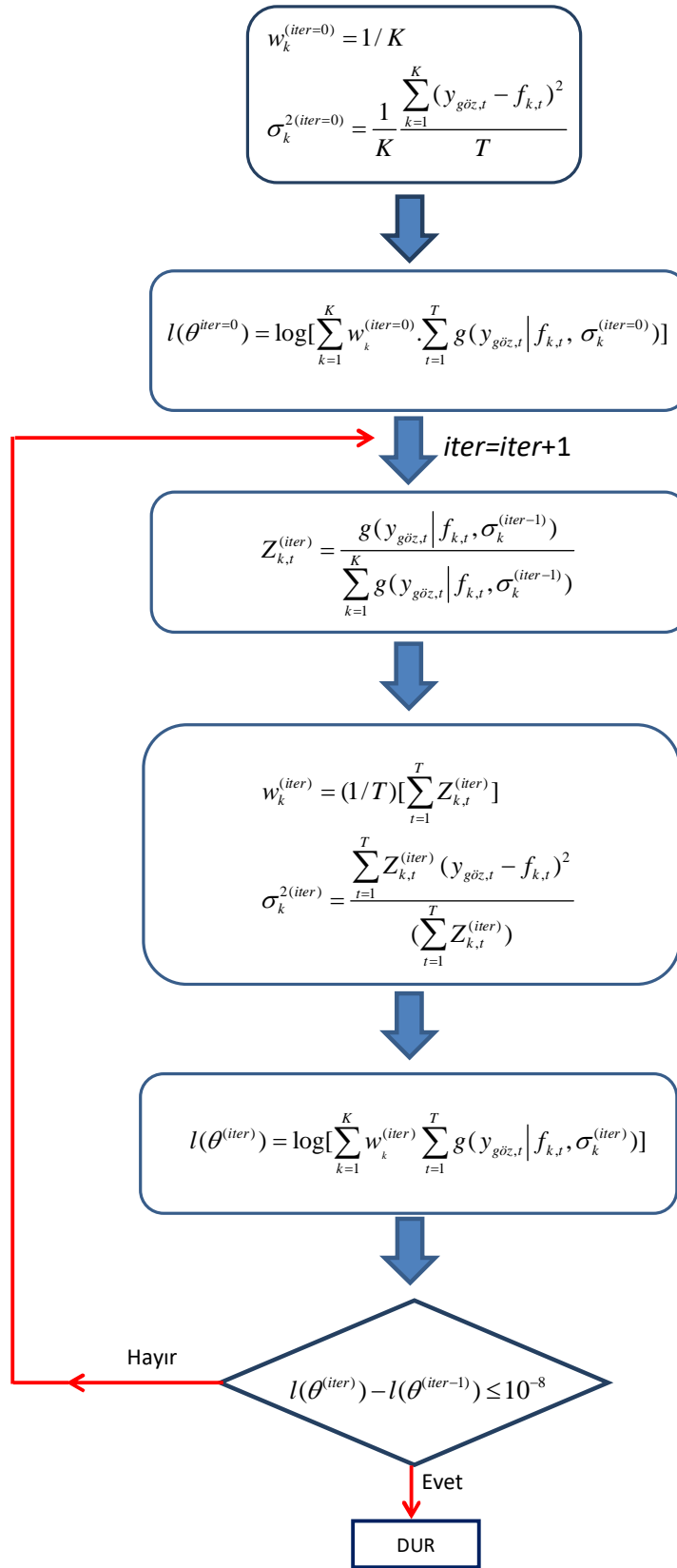




**ekil 3.11:** iklim modellerinin Demirci istasyonuna indirgenmi aylık toplam yağış, öngörülürü (Observed: Gözlenen).



**ekil 3.12:** iklim modellerinin Demirci istasyonuna indirgenmi aylık ortalama sıcaklık öngörülleri (Observed: Gözlenen).



ekil 3.13: BMA i leyi i (Okkan ve K,rdemir, 2016b).

### 3.4.2 Bias Düzeltme İlemi

Küresel iklim modelleri büyük alanlar, temsil eden modeller oldu undan, çoklu model yakla ,m, ile elde edilen ENSEMBLE tahminlerinin de referans dönem iklimini temsil etmesi mümkün olmayabilir (Okkan ve Inan, 2015b; Okkan ve Fistikoglu, 2014). Bunun için ya , ve s,cakl,k de i kenlerinin günümüz iklimini temsil eden ENSEMBLE sonuçlar, gözlenen de erler ile kar ,la t,r,lmal,d,r. Bu amaçla, Ghosh ve Mujumdar (2008) verilerin eklenik da ,l,m fonksiyonlar,n, (CDFler) dikkate alan bir yöntem önermi ve veriler için uygun da ,l,m fonksiyonunu belirledikten sonra tahminlerden gelen bias (sistemik hata veya yanl,l,k miktar,) de erlerini azaltmaya çal ,m, lard,r. Bu yakla ,m,n Okkan ve Fistikoglu (2014) taraf,ndan da uygulanabilirli i s,nanm, olup, çal ,ma kapsam,nda kullan,lmas,na karar verilmi tir. Böylece iklim modellemesi ile elde edilen referans dönem sonuçlar,n,n mevcut durumla benze imi sa lanabilmektedir. Ayn, yakla ,m gelecek dönem senaryolar,na da uygulanarak tahminlerin daha tarafs,z hale gelmesi sa lanmaktadır. Aksi takdirde, iklim modellerinden ve ölçek indirgeme modellemesinden gelen yanl,l,k gelecek dönem hesaplamalar,na da yans,yacak ve tahminleri daha taraf,l hale getirebilecektir.

Hidro-meteoroloji uygulamalar,nda farklı olas,l,k da ,l,m fonksiyonlar, mevcut olmas,na kar ,n veriler için da ,l,m kabulleri yap,labilir. Ancak bu kabuller her bir ay için farklı,k ta ,yabilece inden çal ,mada uygun da ,l,m fonksiyonuna olas,l,k çizgisi korelasyon katsay,s, testi (PPCC) ile karar verilmi tir. Mevsimsel ve istasyonlara ba l, farklı,l,klar olsa da genel itibari ile ayl,k toplam ya , lar için Gamma da ,l,m,, ayl,k ortalama s,cakl,klar için ise normal da ,l,m uygun görülmü tür. Bias düzeltme yöntemi Ines ve Hansen (2006) taraf,ndan detayl, bir biçimde formülize edilmi tir. Yöntemin hakk,nda kapsaml, uygulamalar Okkan ve Kirdemir (2016a,2017) taraf,ndan sunulmu tur. Çal ,ma kapsam,nda her bir ay için (Ocak-Aral,k) ayr, ayr, uygulanan bu yakla ,m kabaca a a ,daki basamaklardan olu maktadır:

- ❖ 1980-2005 dönemi referans al,narak historical (geçmi ) senaryo tahminleri ve gözlenen veriler için CDFler elde edilir (Ocak, ubat,í , Aral,k için ayr,).

- ❖ RCP senaryo tahminlerine ait CDF'ler historical senaryo sonuçlarına ait dağılımların parametreleri vasıtasıyla elde edilir.
- ❖ Gözlenmiş verilerin dağılımların parametreleri kullanılarak historical senaryo için elde edilen CDF'lerin tersi alınır ve referans dönem için bias düzeltme işlemi tamamlanır.
- ❖ Gözlenmiş verilerin dağılımların parametreleri ile historical senaryo sonuçlarındaki dağılımların parametrelerine bağlı hesaplanan RCP senaryolarına ait CDF'lerin tersi alınarak gelecek dönem tahminleri güncellenir.

### 3.4.3 Geçmiş Senaryo Sonuçlarının Sınanması,

GCM'lerden elde edilen senaryo esaslı projeksiyonlara güvenebilmek için tahminlerin geçmiş senaryo değerlerinin gözlenmiş iklim artışıyla uyumlu olduğunu beklenir (Dibike vd., 2007). Dibike vd. (2007) bu amaçla parametrik olmayan Mann-Whitney U testi (M-W) ile tahminlerin gözlenmiş dönemle uyumlu olduğunu ölçüde uyumlu olduğunu irdelemiştir. Bu irdelemenin aynı zamanda bir öbelirsizlik analizi olduğu ifade etmiştir. M-W testine ait detaylar aşağıda verilmiştir.

M-W testi, iki karşıt grubun aynı dağılımdan gelip gelmediğini incelemek için kullanılan parametrik olmayan bir istatistik testidir. Aynı zamanda Wilcoxon sıralama toplam testi veya Wilcoxon-Mann-Whitney testi olarak da bilinmektedir. Testin yapılması, her iki grubun bir araya getirilip beraberce sıralanmasına dayanmaktadır. Birlikte sıralanan iki grubun elemanlarına, hangi gruba ait olduklarına bakılmaksızın sıra numaraları verilmekte, daha sonra her grubun elemanlarının sıra numaraları toplanmaktadır. Birinci grubun elemanlarının sıra numaraları toplamına  $R_1$ , ikinci grubun elemanlarının sıra numaraları toplamına  $R_2$  denildiğinde  $U_i$  değerleri hesaplanabilmektedir.

$$U_i = N_1 N_2 + \frac{N_i(N_i + 1)}{2} - R_i, \quad (i = 1, 2) \quad (3.4)$$

$i = 1$  ve  $2$  için hesaplanan  $U_1$  ve  $U_2$  değerlerinden büyük olan ( $U^*$ ) seçilmekte ve  $z$  test istatistiği belirlenmektedir (Denklem 3.5).

$$z = \frac{U^* - \frac{N_1 N_2}{2}}{\sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}}} \quad (3.5)$$

Burada  $N_1$  ve  $N_2$  kararlaştırılan gruplara ait veri sayıdır,  $n$  simgelemektedir.

Belirlenen  $z$  skoru, önem düzeyindeki tablo değeri ( $z_{kr}$ ) ile karşılaştırılmaktadır. Eğer  $z$  istatistiğinin mutlak değeri  $z_{kr}$  değerinden küçük ise, karşılaştırılma grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı, sonucuna varılabilmektedir. Bu çalışmada  $\alpha = \%5$  seçilmiştir.

Çalışmada gerek bias düzeltme ile minimum uygulanmış, ENSEMBLE tahminler gerekse tekil GCM tahminleri M-W testine tabi tutulmuştur (bu amaçla amada historical senaryo sonuçları değerlendirilmiştir). M-W testinden elde edilen  $z$  istatistikleri örnek istasyonlar (Demirci, Gördes, Köprübaşı ve Uşak istasyonları) için Tablo 3.3-Tablo 3.10'da verilmiştir. Tablolardaki içi dolgu hücreler aylık tahmini değerler ile gözlemler arasında istatistiksel manada anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Ayrıca havzadaki belirli bazı istasyonlar için historical senaryo altında türetilmiş tahminlerin box plot grafikleri çizdirilerek aylık gözlemler ile tahminler arasındaki farklılıklar/benzerlikler görsel olarak sunulmaya çalışılmıştır (Ekiş 3.14 ve Ekiş 3.15).

Bulgulara göre, bias düzeltme ile minimum uygulanmış, aylık ENSEMBLE tahminlerin tekil GCM tahminlerine kıyasla gözlenen dönem daha iyi yansıtılmakta, görülebilmektedir. Bu durum tablo formatında sonuçları sunulmayan tüm istasyonlar için de geçerlidir.

#### 3.4.4 Yaşlı ve Sıcaklık için Öngörülen Değişimlerin İncelenmesi

Çalışmada ENSEMBLE uygulaması ile tekil GCM kullanılmadığına kıyasla daha güvenilir bir modelleme olanağına sahip olunmuş, bias düzeltme metodu ile tahminlerdeki yanlışlıklar azaltılarak hidro-meteorolojik açıdan daha sağlıklı projeksiyonlar hazırlanmıştır. Öncelikle 15 adet istasyonun 2015-2050 dönemi yaşlı ortalamalarındaki olasılıklar her bir senaryo için yüzdesel olarak Ekiş 3.16'da özetlenmiştir.

**Tablo 3.3:** Demirci istasyonunun historical senaryo ya , lar,na uygulanan M-W testinden elde edilen z skorlar,.

klim Modelleri	Ocak	ubat	Mart	Nisan	May,s	Haziran	Temmuz	A ustos	Eylül	Ekim	Kas,m	Aralık	Y,ilk
BCC-CSM1.1	0.8968	0.8419	0.5124	2.9831	1.9765	0.6954	2.0497	2.7818	2.4890	3.1844	0.9151	0.5856	0.2562
CCSM4	0.7870	1.3726	0.0183	0.6954	0.8419	3.0746	2.7086	2.5805	0.0183	1.3909	0.5673	0.4575	0.0732
CESM1(CAM5)	1.3909	0.0183	1.0249	2.5988	1.6105	3.4223	0.3843	1.2811	0.4575	1.1713	1.1530	0.3660	0.1281
Csiro-Mk3.6	2.1412	1.3543	0.6405	1.9216	2.0863	0.6954	1.0249	0.1830	0.8236	2.1595	0.2562	0.6588	0.4575
GFDL-CM3	0.7137	0.1464	0.7870	1.8850	1.4824	3.7151	0.2379	3.5687	1.5739	0.5307	0.6405	0.2013	0.0366
GFDL-ESM2M	1.1164	1.0615	1.6105	1.7203	1.3909	3.0014	0.3843	1.5373	0.9517	0.1098	0.2379	1.0249	0.1464
GISS-E2-H	0.0366	0.3477	1.6471	3.6053	0.6405	0.9700	3.0563	1.2628	1.2994	1.5190	0.5673	0.9883	0.2013
GISS-E2-R	0.5307	1.5739	2.2144	3.6236	0.6771	2.8916	1.7935	3.0563	2.1961	1.9033	0.0732	1.7386	0.4575
HADGEM2-ES	0.4392	0.4758	0.4758	1.8118	1.2811	2.8001	4.5021	2.1961	0.0732	2.4158	1.3360	0.7137	0.0732
IPSL-CM5A-LR	0.7320	1.0615	0.1281	3.1478	1.2079	4.7034	4.2642	1.0066	1.7935	0.5673	2.2144	0.0732	0.1647
MIROC-ESM	0.9700	0.2745	1.0798	1.4458	0.7686	1.4458	1.2628	2.9831	0.7320	0.1464	0.6954	1.4458	0.1464
MRI-CGCM3	1.3726	2.8001	1.7569	1.8484	1.8484	3.1661	2.8001	0.8602	1.1896	4.0812	0.6588	0.8053	0.2013
ENSEMBLE	0.0549	0.0915	0.1830	0.1647	0.1464	0.0366	0.0732	1.2079	0.1830	0.0915	0.2013	0.0549	0.1281

**Tablo 3.4:** Gördes istasyonunun historical senaryo ya , lar,na uygulanan M-W testinden elde edilen z skorlar,.

klim Modelleri	Ocak	ubat	Mart	Nisan	May,s	Haziran	Temmuz	A ustos	Eylül	Ekim	Kas,m	Aral,k	Y,ll,k
BCC-CSM1.1	1.3177	1.5739	0.3294	3.1112	2.3334	0.3386	2.4158	2.2693	2.0497	3.0197	1.3726	0.5307	0.6222
CCSM4	1.2628	1.0798	0.6954	0.6039	0.5582	2.7909	2.8916	2.4890	0.6039	1.1530	0.1647	0.4209	0.6588
CESM1(CAM5)	1.6471	0.6588	0.4392	2.6720	1.2994	3.1021	0.7137	1.5556	0.1098	0.6863	0.8236	0.2745	0.2379
Csiro-Mk3.6	2.4158	1.9216	0.0732	1.8667	2.5805	1.6197	3.8982	3.0014	0.9883	1.9033	1.0615	0.5856	0.5490
GFDL-CM3	1.2262	0.3294	0.3477	2.0314	1.2445	3.9073	1.1164	2.6171	2.3426	0.3294	0.9883	0.2013	0.7320
GFDL-ESM2M	1.5739	0.6954	1.0981	1.4824	1.2902	3.0380	0.4392	1.2079	0.5856	0.3020	0.2196	0.8602	0.7686
GISS-E2-H	0.3477	1.0249	1.2628	3.7700	1.0706	0.9974	3.0380	1.1164	1.3177	1.1438	0.2196	0.7686	0.4392
GISS-E2-R	0.4941	1.1896	1.9033	3.6785	1.0157	2.8367	1.8484	3.2759	2.3059	1.7386	0.2196	1.7020	0.7686
HADGEM2-ES	0.7320	0.9700	0.1281	1.8118	1.1621	3.0471	4.3557	1.9948	0.6039	2.1687	1.1713	0.6771	0.6954
IPSL-CM5A-LR	1.2262	1.6654	0.3843	3.5138	1.3451	5.0969	4.2642	0.7686	2.2693	1.2079	2.0680	0.1647	0.7870
MIROC-ESM	1.0432	0.3843	1.8850	1.8301	0.5124	0.0641	2.5805	2.8367	1.6471	0.5216	1.2445	1.4824	0.4575
MRI-CGCM3	1.2079	2.6171	1.3360	1.9582	1.4458	3.4223	2.5988	1.1896	1.2262	3.9897	0.9151	0.6588	0.3843
ENSEMBLE	0.0183	0.1098	0.0549	0.1098	0.0366	0.2928	0.4941	0.0732	0.4941	0.0549	0.0732	0.2013	0.0549



**Tablo 3.5:** Köprüba , istasyonunun historical senaryo ya , lar,na uygulanan M-W testinden elde edilen z skorlar,.

klim Modelleri	Ocak	ubat	Mart	Nisan	Mays	Haziran	Temmuz	A ustos	Eylül	Ekim	Kas,m	Aral,k	Y,llk
BCC-CSM1.1	1.4092	1.6471	0.3660	2.0680	0.8053	1.8027	1.2536	1.1530	3.4315	3.2942	1.1713	0.1464	1.5190
CCSM4	1.3726	0.9334	0.6222	0.4392	1.6654	3.6877	1.9216	1.1713	1.1347	1.5556	0.1281	0.7320	1.8484
CESM1(CAM5)	1.8301	0.5490	0.5856	1.3543	2.2876	3.9897	0.7686	0.1281	1.4641	1.3360	0.8053	0.1647	1.0798
Csiro-Mk3.6	2.5805	1.7752	0.0915	0.8053	0.9517	1.6837	1.1530	1.1530	2.1046	2.2144	0.8419	0.8968	1.3726
GFDL-CM3	1.2811	0.4941	0.4758	0.9608	2.3426	4.5570	0.3477	2.1229	0.4301	0.6405	0.8053	0.5124	1.4092
GFDL-ESM2M	1.8484	0.3843	1.3360	0.8785	1.9399	3.4864	0.4209	0.3935	1.9308	0.3477	0.1281	0.7686	1.6105
GISS-E2-H	0.4392	1.0432	1.5007	2.7452	0.2928	1.8301	2.4524	1.9491	2.1687	1.5922	0.0366	1.1164	1.4824
GISS-E2-R	0.1464	1.0249	2.0314	2.9831	0.0366	3.5230	1.6929	3.5870	2.7909	2.2327	0.2654	1.7569	1.4275
HADGEM2-ES	0.9883	0.8602	0.1464	0.5856	2.0497	3.6419	3.2393	1.0706	1.0523	2.6171	1.1255	0.8968	1.6471
IPSL-CM5A-LR	1.3360	1.5922	0.2745	2.5713	0.2013	5.2341	3.5504	0.1464	0.6222	0.4941	1.8759	0.0732	2.1046
MIROC-ESM	1.1896	0.3294	1.8484	2.3975	1.7386	2.1138	0.3752	1.0157	0.3752	0.0732	0.8236	1.4641	1.1713
MRI-CGCM3	1.0340	2.3975	1.4458	0.6222	2.4158	3.8982	2.4798	0.4941	2.1504	4.1910	0.9059	0.4758	1.2079
ENSEMBLE	0.2013	0.0183	0.1281	0.1281	0.1647	1.0798	1.1713	0.8236	0.9883	0.0000	0.1098	0.1647	0.1281

**Tablo 3.6:** U ak istasyonunun historical senaryo ya , lar,na uygulanan M-W testinden elde edilen z skorlar,.

klim Modelleri	Ocak	ubat	Mart	Nisan	May,s	Haziran	Temmuz	A ustos	Eylül	Ekim	Kas,m	Aralık	Y,lık
BCC-CSM1.1	1.4458	1.4092	0.4575	3.2576	2.9282	0.8785	0.1464	0.0549	3.2210	2.7086	0.7503	0.2562	0.3111
CCSM4	1.4458	1.0249	0.3843	1.4641	0.2196	2.8733	0.5307	0.0915	2.1778	0.8053	0.5673	0.8785	0.3111
CESM1(CAM5)	1.7935	0.4941	0.6771	2.8916	0.9151	3.2210	0.3294	0.3660	2.2693	1.0066	1.1530	0.0915	0.1830
Csiro-Mk3.6	3.0380	1.6471	0.4392	2.5622	3.3125	0.5856	0.4026	0.0183	2.2693	1.5373	0.1830	1.0615	0.2928
GFDL-CM3	1.2445	0.3477	0.6222	2.5805	0.8419	3.9348	0.5307	0.5490	1.6105	0.2562	0.3660	0.7503	0.2562
GFDL-ESM2M	1.9765	0.7320	1.3909	2.3792	1.0066	3.2027	0.6954	0.3294	2.8001	0.0549	0.3477	0.4941	0.3111
GISS-E2-H	0.0549	0.8419	1.5190	3.7517	1.3909	1.4458	2.4524	2.2327	3.3857	1.2811	0.5490	1.1896	0.4758
GISS-E2-R	0.2013	1.1164	2.2144	3.7517	1.3360	3.0014	2.2510	3.9348	3.8249	1.7752	0.3660	1.2811	0.5856
HADGEM2-ES	1.0981	0.7870	0.3660	2.2144	0.7870	3.0197	1.3909	0.0366	2.2510	1.9948	1.4824	1.0432	0.4392
IPSL-CM5A-LR	1.2262	1.3909	0.0732	3.5504	1.4641	4.9413	3.6602	0.5124	1.7203	0.7870	2.4158	0.1647	0.4575
MIROC-ESM	1.1713	0.1464	1.4275	0.0000	0.0549	0.6039	0.4026	0.1098	1.8118	0.4575	0.3294	1.0249	0.2379
MRI-CGCM3	0.8968	2.4707	1.4458	2.3059	0.9517	3.5504	2.4707	0.7870	3.3125	3.3857	0.4575	0.2196	0.3477
ENSEMBLE	0.4941	0.0183	0.2196	0.0549	0.1098	0.0366	0.4392	0.1647	0.3477	0.0549	0.0549	0.0915	0.0183

**Tablo 3.7:** Demirci istasyonunun historical senaryo s,cakl,klar,na uygulanan M-W testinden elde edilen z skorlar,.

klim Modelleri	Ocak	ubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Austos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yılık
BCC-CSM1.1	1.5556	0.4758	1.3177	1.9948	3.6236	0.1281	1.5922	0.1098	0.6405	0.6588	1.7752	2.1595	0.3477
CCSM4	1.8118	1.9948	0.2928	2.4341	3.2942	3.3308	2.6537	3.1844	0.9883	3.3125	0.2196	2.4890	0.3111
CESM1(CAM5)	1.4275	1.9216	0.6588	1.3909	3.1112	2.2693	0.8602	2.7452	0.9883	2.3609	0.3477	0.2379	0.2013
Csiro-Mk3.6	2.0497	3.2210	0.1098	3.1844	3.5138	1.2445	1.8484	1.4641	0.3843	1.7752	0.6771	0.6954	0.0366
GFDL-CM3	0.5124	0.9334	0.2379	0.1464	1.9399	2.5805	0.3843	0.5673	2.9465	1.4458	0.1830	1.4275	0.1830
GFDL-ESM2M	1.2079	1.4275	0.2379	0.7320	2.5073	1.8667	0.9334	0.9700	0.1464	1.9033	0.0183	0.7503	0.3477
GISS-E2-H	0.7137	0.0183	1.5556	1.1896	1.0615	0.0183	4.2825	2.3426	2.3609	0.6771	0.8968	0.0549	0.4392
GISS-E2-R	0.5673	0.5673	1.6471	1.0249	0.3843	1.4092	2.5073	0.7686	1.5007	0.3294	0.1098	0.8602	0.6588
HADGEM2-ES	0.6588	0.9334	0.7503	0.6405	0.8968	0.1098	0.0732	1.1713	0.2196	0.0732	0.8236	0.7870	0.0366
IPSL-CM5A-LR	0.5856	0.9883	0.4758	1.7935	2.6171	3.2027	2.3059	1.9033	4.0995	0.2196	1.3909	0.3294	0.0366
MIROC-ESM	1.3177	1.9033	0.1281	3.0929	4.7583	0.8602	1.2079	1.9216	1.7935	2.0863	1.2262	1.0981	0.1464
MRI-CGCM3	0.4026	1.6105	1.2262	0.0549	1.6288	1.8484	1.3543	0.2379	2.3609	0.6222	0.3660	0.3294	0.1098
ENSEMBLE	0.0549	0.1098	0.2379	0.0732	0.0366	0.4392	0.1464	0.3294	0.2928	0.0000	0.1647	0.0915	0.2928

**Tablo 3.8:** Gördes istasyonunun historical senaryo sonuçları,na uygulanan M-W testinden elde edilen z skorları.

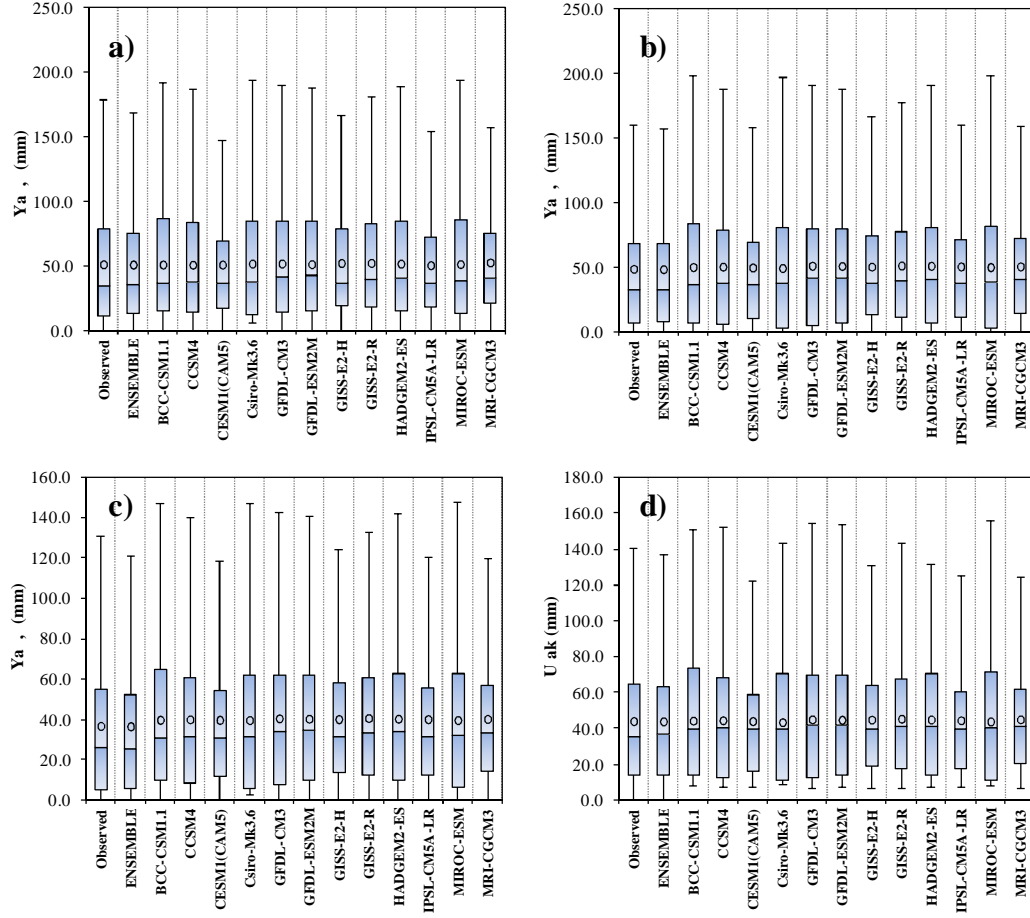
klim Modelleri	Ocak	ubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıl
BCC-CSM1.1	1.7935	0.1647	1.7935	2.1412	2.3975	0.9334	1.8301	0.3294	0.4026	0.6405	2.0680	2.2510	0.2196
CCSM4	1.7386	1.5007	0.1098	2.5256	2.3243	3.7700	2.6720	2.8184	1.3543	3.3491	0.1098	2.5805	0.2745
CESM1(CAM5)	1.4458	1.3177	0.7503	1.0249	1.9033	3.0929	1.3177	2.1778	0.7320	2.2327	0.0549	0.2379	0.0732
Csiro-Mk3.6	1.9948	3.0014	0.4026	3.2393	2.2144	0.3477	2.0131	0.8419	0.1647	1.7569	0.4941	0.4575	0.0915
GFDL-CM3	0.8602	0.3843	0.1281	0.2196	0.7686	3.1295	0.0915	0.1647	3.1295	1.1164	0.5490	1.5373	0.6588
GFDL-ESM2M	1.4092	1.1347	0.0366	1.0066	1.1896	2.3243	0.9700	0.5307	0.2745	1.7203	0.4392	0.6222	0.3111
GISS-E2-H	0.6222	0.5307	1.5190	1.7203	0.0000	1.0249	3.2393	2.7452	1.9948	0.7137	1.0066	0.2379	0.4392
GISS-E2-R	0.3477	0.0366	1.4824	1.4275	0.3294	1.8118	1.7569	1.2445	1.3360	0.5307	0.4392	0.9883	0.0549
HADGEM2-ES	0.3660	0.4575	0.4941	0.3294	0.0915	0.9151	0.6222	1.6105	0.5307	0.1464	1.1713	0.4026	0.1281
IPSL-CM5A-LR	0.6588	0.3477	0.6954	1.7203	1.5556	3.5870	1.3726	1.5739	3.9165	0.0549	2.0131	0.0183	0.3843
MIROC-ESM	1.0432	1.3726	0.0915	3.6053	3.3491	1.9033	1.6471	1.4092	1.6654	1.9399	1.5922	1.2628	0.5307
MRI-CGCM3	0.4392	1.5556	1.1164	0.2013	0.4941	2.5622	0.4575	0.2013	2.0314	0.6771	0.3111	0.5124	0.2013
ENSEMBLE	0.0915	0.0915	0.0915	0.1098	0.1098	0.1281	0.0549	0.2013	0.5124	0.0183	0.4209	0.0000	0.2745

**Tablo 3.9:** Köprüba , istasyonunun historical senaryo s,cakl,klar,na uygulanan M-W testinden elde edilen z skorlar,.

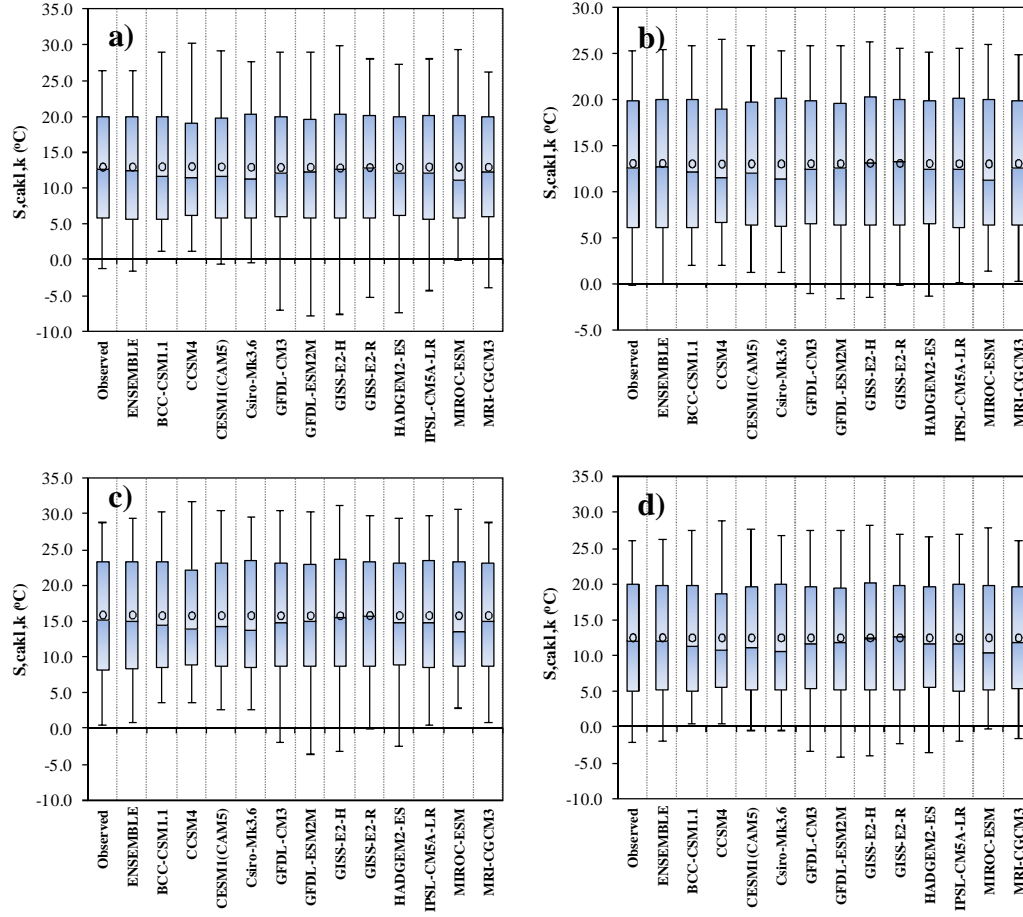
klım Modelleri	Ocak	ubat	Mart	Nisan	May,s	Haziran	Temmuz	A ustos	Eylül	Ekim	Kas,m	Aral,k	Y,llk
BCC-CSM1.1	1.9399	0.0915	1.5556	2.8550	3.0380	0.4209	1.7020	0.4209	0.0732	0.4758	1.5190	2.5439	0.0000
CCSM4	2.1961	1.6288	0.0000	3.6053	2.9465	3.4772	2.5988	2.6720	1.5739	3.2576	0.4392	2.5988	0.5307
CESM1(CAM5)	1.7020	1.6654	0.6222	2.1595	2.6537	2.8367	1.0432	1.9948	0.4575	2.3059	0.5307	0.3294	0.2745
Csıro-Mk3.6	2.4158	3.3491	0.1647	4.0629	3.0929	0.7320	1.7386	0.5673	0.3294	1.5739	0.8053	0.7503	0.2013
GFDL-CM3	1.1713	0.4392	0.0549	0.5856	1.2994	2.8550	0.3477	0.0183	2.7452	0.9883	0.1281	1.5373	0.2013
GFDL-ESM2M	1.2994	1.1896	0.1464	0.1464	2.0863	2.2327	0.7137	0.4209	0.6039	1.8484	0.1647	0.8602	0.0366
GISS-E2-H	0.6222	0.4026	1.3543	0.5856	0.6039	0.7870	3.8249	2.4524	1.9765	0.9151	0.8968	0.0732	0.2379
GISS-E2-R	0.1098	0.0549	1.5190	0.6405	0.4026	1.6471	2.2144	1.2811	1.0798	0.7320	0.0549	1.0066	0.4941
HADGEM2-ES	0.3111	0.4941	0.5856	1.5373	0.3477	0.4941	0.2928	1.5556	0.9334	0.2013	0.7137	0.4941	0.0000
IPSL-CM5A-LR	0.6405	0.7137	0.7137	2.9099	2.1412	3.5504	1.9216	1.2628	3.8249	0.0366	1.4275	0.4758	0.5856
MIROC-ESM	1.5922	1.4824	0.0183	4.3740	4.5021	1.4458	1.3177	1.1347	1.1896	1.8667	1.1713	1.4092	0.5124
MRI-CGCM3	0.0549	1.7020	0.9151	0.7686	1.1347	2.2876	1.0249	0.3843	1.8484	0.4941	0.5856	0.5673	0.2196
ENSEMBLE	0.2196	0.1647	0.1098	0.0915	0.0183	0.0732	0.0549	0.2562	0.2562	0.0366	0.1647	0.1830	0.2745

**Tablo 3.10:** U ak istasyonunun historical senaryo s,cakl,klar,na uygulanan M-W testinden elde edilen z skorlar,.

klim Modelleri	Ocak	ubat	Mart	Nisan	Mays	Haziran	Temmuz	A ustos	Eylül	Ekim	Kas,m	Aral,k	Y,lık
BCC-CSM1.1	1.8118	0.0366	2.1595	2.8916	3.4040	0.8602	2.0680	0.0549	0.0915	0.1098	1.8667	2.3792	0.3477
CCSM4	1.5739	1.7020	0.4575	3.6785	3.0563	3.2027	3.0563	3.2393	1.5739	3.2027	0.0183	2.8916	0.0183
CESM1(CAM5)	1.0981	1.5007	0.1281	1.9948	2.9282	1.9033	1.4641	2.8367	0.4026	2.0131	0.2562	0.1281	0.2928
Csiro-Mk3.6	1.7020	3.1844	0.7503	3.9165	3.2576	1.9948	2.4158	1.4641	0.4209	1.5007	0.5124	0.4941	0.1647
GFDL-CM3	0.7870	0.6039	0.4026	0.5490	1.7935	2.1778	0.0915	0.2928	2.6537	0.8053	0.3294	1.6105	0.7137
GFDL-ESM2M	1.2445	1.1530	0.3111	0.3843	2.2693	1.6288	1.2811	0.8053	0.5856	1.5922	0.0000	0.5856	0.2928
GISS-E2-H	0.7503	0.5124	0.9334	0.9151	0.8419	0.4392	3.7151	2.3975	2.0680	1.3726	1.1896	0.4392	0.2379
GISS-E2-R	0.6039	0.0000	1.1713	0.6954	0.2379	0.7137	2.0497	1.1164	1.0432	1.0981	0.2196	1.1896	0.0915
HADGEM2-ES	0.5490	0.4575	0.0549	1.4275	0.6954	0.9334	0.7320	1.2079	0.9517	0.6222	1.0615	0.3477	0.2196
IPSL-CM5A-LR	0.6222	0.6222	1.2811	2.8184	2.3609	2.8550	1.5373	1.8850	3.5870	0.4392	1.6288	0.1647	0.3111
MIROC-ESM	0.8236	1.5556	0.3843	4.4838	4.4106	0.2745	1.9399	1.7569	1.3177	1.6654	1.6654	1.0615	0.4758
MRI-CGCM3	0.5307	1.6288	0.4575	0.8785	1.4092	1.4641	0.5673	0.3111	1.6288	0.1464	0.2745	0.8053	0.1830
ENSEMBLE	0.2379	0.1098	0.2013	0.1647	0.0549	0.5307	0.2196	0.1464	0.2745	0.0000	0.0183	0.3294	0.3294

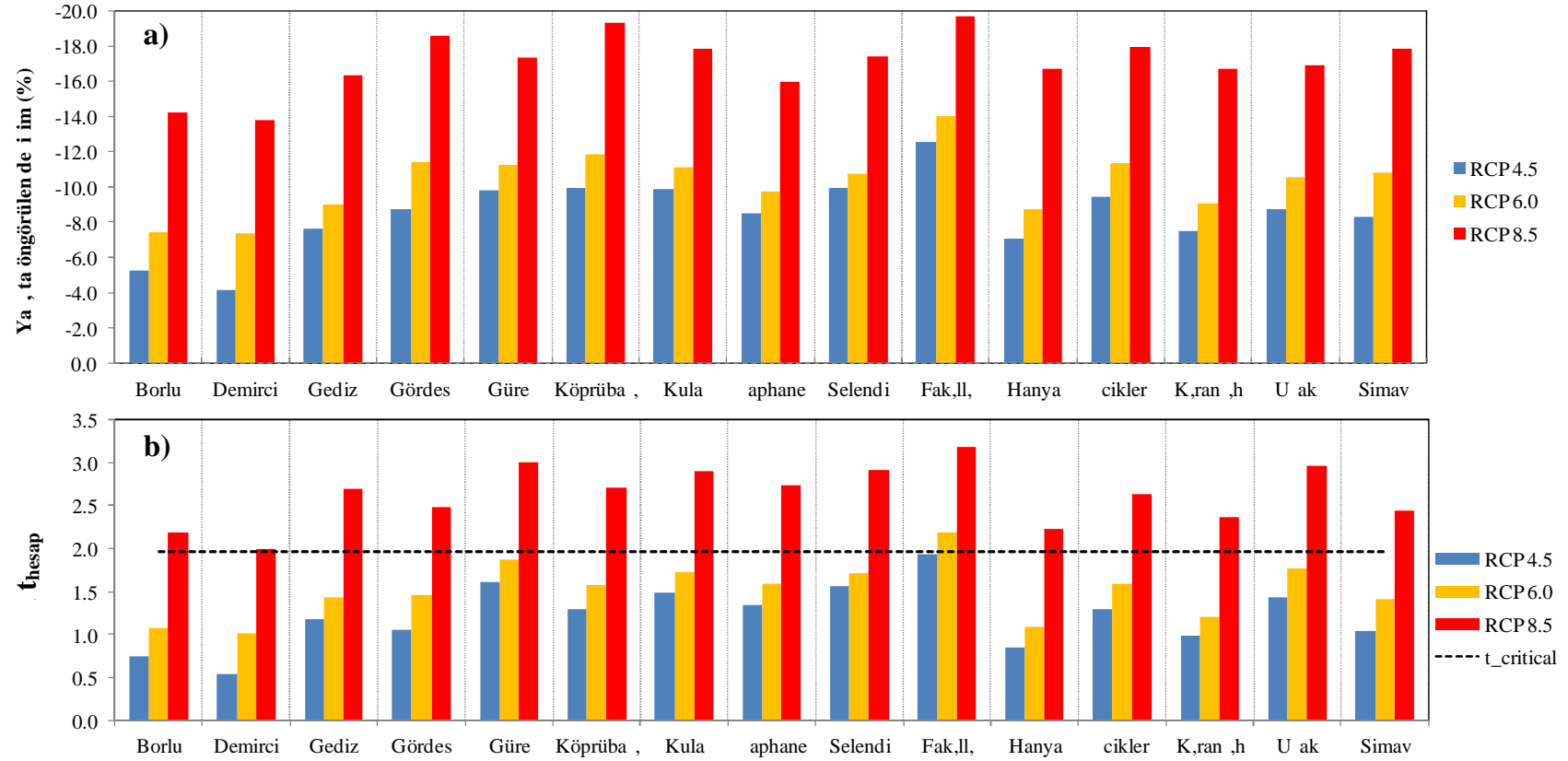


**ekil 3.14:** Havzadaki belli ba l, ya , istasyonlar, için historical senaryo alt,nda düzeltilmi ENSEMBLE tahminleri ve tekil GCM tahminleri: ((a) Demirci istasyonu, b) Gördes istasyonu, c) Köprübaşı istasyonu, d) Uşak istasyonu).



**ekil 3.15:** Havzadaki belli ba 1,  $s_{cakl,k}$  istasyonlar, için historical senaryo alt,nda düzeltilmi ENSEMBLE tahminleri ve tekil GCM tahminleri ( (a) Demirci istasyonu, b) Gördes istasyonu, c) Köprübaşı istasyonu, d) Uşak istasyonu).





**ekil 3.16:** Historical senaryo referans alınarak RCP senaryo ya , lar,nda a) 2015-2050 dönemi için öngörülen de i imler ve b) t-testi istatistikleri.

Yüzdesel de i imlerin hesab,n, takiben, BMA tabanlı, ENSEMBLE ve bias düzeltme yöntemlerinin ortak kullan,m,ndan elde edilen senaryo sonuçlar,n,n anlaml,1,k düzeyleri irdelenmi tir. Bu a amada 1980-2005 dönemi historical senaryo sonuçlar, referans al,narak RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolar,na göre 2015-2050 gelecek dönemindeki ya , ve s,cakl,klar için öngörülen de i imler s,nanam, t,r.

Hesaplanan de i imlerin anlaml,1, , ise t testi ile istatistiksel olarak ortaya konmu tur ( ekil 3.16b ve ekil 3.17b). Bu test Özkul (2009) ve Chong-hai ve Ying (2012) taraf,ndan da bu tarz uygulamalarda önerilmi tir. Kar ,la t,rma gruplar,n,n ortalamalar, aras,ndaki fark,n anlaml, olup olmad, ,n,n s,nand, , testte ortalamalara ili kin  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  ve  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$  hipotezleri için, a a ,da verilen denklem yard,m, ile t istatisti i hesaplanmaktadır.

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1).S_1^2 + (n_2 - 1).S_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (3.6)$$

E itlikte  $\mu_1$  ve  $\mu_2$  s,ras,yla 1. ve 2. gruplar,n ortalamalar,n,, ve  $\sigma_1^2$  ve  $\sigma_2^2$  s,ras,yla 1. ve 2. gruplar,n varyanslar,n,,  $n_1$  ve  $n_2$  ise s,ras,yla gruplara ait veri adedini göstermektedir.

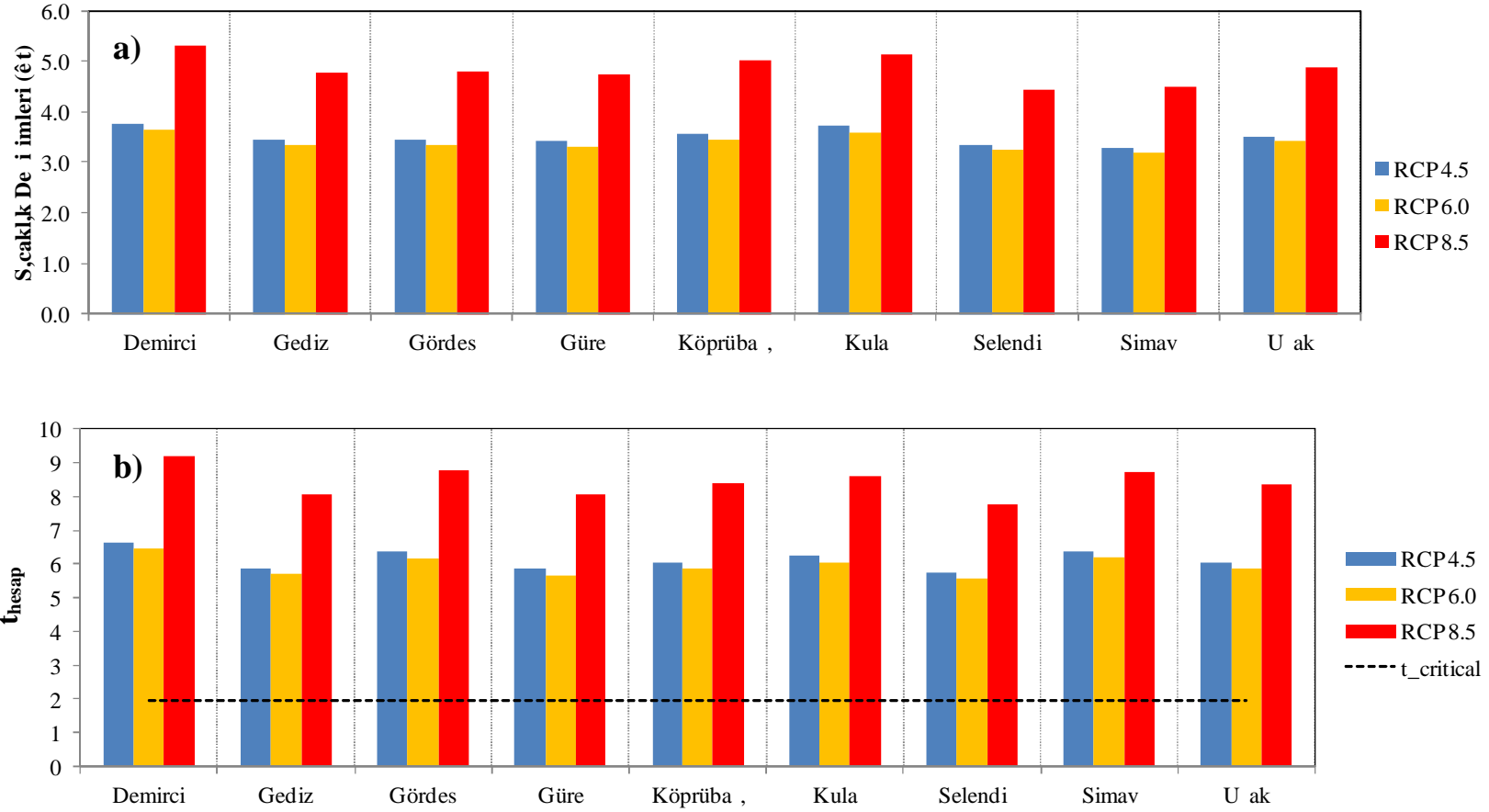
Hesaplanan t de eri, önem seviyesinde ve  $\alpha = n_1 + n_2 - 2$  serbestlik dereceli t ( , /2) tablo de eri ( $t_{kr}$ ) ile kar ,la t,r,lmakta;  $|t| < t_{kr}$  ise grup ortalamalar, aras,nda anlaml, bir fark,n olmad, ,na ( $H_0$  hipotezinin kabulüne) karar verilmektedir. Sunulan uygulamada  $\alpha = 5\%$  seçilmi ve kritik tablo de eri 1.963 olarak al,nm, t,r.

Ya , lar için elde edilen bulgulara göre tüm RCP senaryolar,nda hesaplanan de i imler negatif yönde olup ya , lar havzada azalma e ilimindedir. RCP4.5 senaryosuna göre öngörülen azal, oranlar, havzada %4-12.5, RCP6.0 senaryosuna göre %7-14 aras,nda de i kenlik göstermektedir. Ancak bu iki senaryoda ya , lar için öngörülen de i imler ekil 3.16b'de görüldü ü üzere istatistiksel aç,dan (%5 anlaml,1,k seviyesinde) anlaml, mertebede de ildir (RCP6.0 senaryosunda Fak,1, istasyonu hariç).

RCP8.5 senaryosunda ise %14-%20 aras,nda de i en azal, lar öngörölmekte olup istasyonlar,n tamam,nda bu de i imler anlaml, düzeydedir (bkz. ekil 3.16a ve ekil 3.16b). Öngörülen de i imleri havza bütününde yorumlamak için 15 adet ya , istasyonun Thiessen poligonlar, ile a ,rl,kland,r,lm, senaryo ya , lar, (TWP) incelenmi tir. Mevsimsel ve y,ll,k toplam ya , lar 3 senaryoda da historical senaryoya k,yasla azalma e iliminde olup sonbahar ya , lar,nda öngörülen azalma di er mevsimlere göre daha belirgindir. Kötümser RCP8.5 senaryosu aç,s,ndan baraj hacminde k, ve sonbahar ya , lar,n,n s,ras,yla %15 ve %34 oran,nda azalmas, öngörülürken, yaz ve ilkbahar mevsimlerinde azalmalar daha dü ük seviyededir. Mevsimler için hesaplanan bu de i imler ile beraber bu senaryoda y,ll,k toplam ya , miktar,nda geçmi iklime k,yasla %17 oran,nda azalma öngörölmektedir.

Ya , lar için yap,lan incelemelerden sonra benzer de erlendirme s,cakl,k öngöröleri için de yap,lm, t,r. Elde edilen bulgular, tüm RCP senaryolar,n,n 1980-2005 referans periyoduna göre s,cakl,kklar,n 2015-2050 döneminde artaca ,n, i aret etmektedir ( ekil 3.17a). De i imler  $\hat{T} = T_{RCP} - T_{historical}$  ile s,cakl,k farklar, cinsinden yorumlanm, t,r. 9 adet s,cakl,k istasyonu için her üç RCP senaryosu alt,nda öngörülen de i imlerin havza üzerindeki da ,l, , ekil 3.17b'de gösterilmi tir. %5 anlaml,l,k seviyesinde yap,lan *t* testine göre tüm RCP senaryolar,na ait öngörüler istatistiksel aç,dan anlaml, seviyededir ( ekil 3.17b).

RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolar,na göre öngörülen art, lar havzada 3.2-3.8 °C aras,nda de i kenlik göstermektedir. Kötümser RCP8.5 senaryosunda ise havzada 4.5-5.3 °C aras,nda de i en anomaliler göze çarpmaktad,r. Her üç senaryoda da Demirci, Köprüba , ve Kula'n,n olu turdu u kuzey-güney do rultusunda uzanan kesimin en fazla ,s,nma e ilime sahip bölge oldu unu söylemek mümkündür. Bu öngörüler alt,nda ilgili istasyonlar,n Demirköprü Baraj,'na di er istasyonlara k,yasla daha yak,n olmas,ndan dolay, haznenin gelecekteki göl yüzeyi buharla malar,nda art, ,n ya anmas, kaç,n,lmaz olacakt,r.



**ekil 3.17:** Historical senaryo referans alınarak RCP senaryo sıcaklıklarında a) 2015-2050 dönemi için öngörülen de iimler ve b) t-testi istatistikleri ( $\Delta t$  °C birimindedir).

Öngörülen anomalileri havza bütünü için genelleyebilme amacıyla, sıcaklık istasyonlarına ait sonuçların aritmetik ortalamaları alınarak mevsimsel ve yıllık sıcaklıkların değişimleri incelenmiştir. İncelemeye göre havzada, RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları altında tüm mevsimlerde ortalama sıcaklıklar bakımından 3.5 °C mertebesinde artışlar öngörülmektedir. Tüm senaryolarda sonbahar mevsimi için öngörülen artışlar diğer mevsimlere kıyasla daha fazladır. RCP8.5 senaryosu altında havzada kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri için sırasıyla, 4.7, 4.9, 4.2 ve 5.7 °C anomaliler hesaplanmıştır. Referans dönemde havza genelinde ortalama 23 °C olan yaz sıcaklıkları, RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolarıyla 26 °C, RCP8.5 senaryosu ile 28 °C mertebelerine erişebilecektir. Referans dönemde havza genelinde ortalama 13.3 °C olan yıllık ortalama sıcaklıkları, RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları altında yaklaşık 16.5 °C, RCP8.5 senaryosu altında ise 18.2 °C seviyelerine yükselecektir.

### 3.4.5 Potansiyel Evapotranspirasyon için Öngörülen Değişimler

Çalışmada tahmini potansiyel evapotranspirasyon (EPOT) değerleri Thornthwaite ampirik denkleminde (Thornthwaite, 1948) hesaplanmıştır (Denklem 3.7-Denklem 3.10).

$$I_i = (T_i / 5)^{1.514} \quad (3.7)$$

$$J = \sum_{i=1}^{12} I_i \quad (3.8)$$

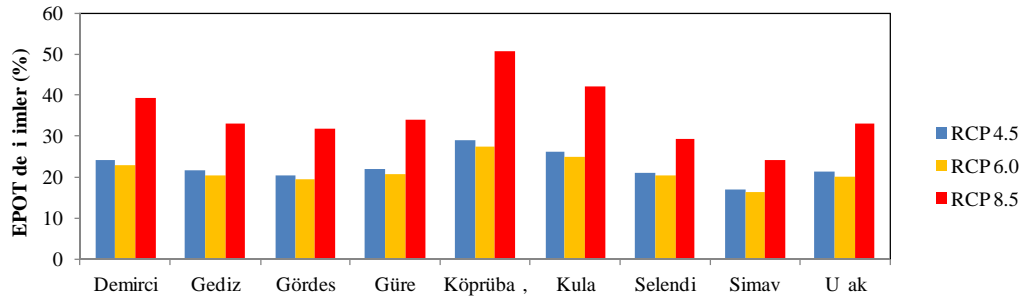
$$c = 0.000000675J^3 - 0.0000771J^2 + 0.01792J + 0.49239 \quad (3.9)$$

$$EPOT (mm / ay) = 16(10T_i / J)^c \cdot K \quad (3.10)$$

Burada  $T$  aylık ortalama sıcaklık, (°C),  $I_i$  ilgili ay için  $i$  ayın sıcaklık indeksini,  $J$  ise o ay için sıcaklık indeksini,  $K$  ise istasyonların bulunduğu enlemlere göre elde edilen düzeltme katsayısını ifade etmektedir.

Yağış, kar ve buzla kaplı alanlara uygulanan benzer de erlendirme 9 adet istasyonun yağış, kar ve buzla kaplı alanların öngörülerinden elde edilen EPOT tahminleri için de yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, üç RCP senaryosunda da 1980-2005 referans periyoduna göre EPOT de erlerinin 2015-2050 döneminde anlamlı şekilde artacağı öngörülmektedir ( ekil 3.18).

RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolarına göre öngörülen artışlar havzada yaklaşık %16-29 arasında de ikenlik göstermektedir. Kötümser RCP8.5 senaryosunda ise bu oranlar %24-50 aralığında de erler almaktadır. Her üç senaryoda da havzanın do u kesiminde yer alan Simav istasyonunda EPOT de erlerinde di er bölgelere kıyasla artış oranları düşük mertebededir. Havzada Köprübaşı, Kula ve Demirci istasyonları, orta kesimlerde artış oranları nispeten daha fazladır.



**ekil 3.18:** Historical senaryo referans alınarak RCP senaryolarına ait EPOT de erlerinde 2015-2050 dönemi için öngörülen de iimler.

### 3.5 Hidrolojik Model Uygulaması, ve Akış Projeksiyonlarının Hazırlanması,

#### 3.5.1 Kullanılan Su Bütçesi Modelinin Kalibrasyonu ve Verifikasyonu

Detaylar, Bölüm 2.5'te verilen dinamik su bütçesi modeline girdi olarak alansal ortalama yağış ve EPOT de erleri sunulmaktadır. Akış verileri ise drenaj alanlarına bölünerek akış yükseklikleri cinsinden (mm) kalibrasyon ve verifikasyon safhalarında kullanılmaktadır. Kurulan modeller, zemin nemi ve yeraltı suyu ba langıç depolama de erleri gibi ba langıç de erlerini okuyarak ıleme ba lamakta

ve her bir ay için su bütçesi bile enlerini hesaplamaktadır. Ba lang,ç ko ullar,, model sonuçlar, ilk aylarda ölçülmü ak,mlara yak,n olacak ekilde seçilmektedir. Çal, mada, 4 adet ak,m gözlem istasyonunu temsil eden 35 y,ll,k gözlemin ilk 18 y,l, (1976-1993) kalibrasyon a mas,nda, di er 17 y,ll,k k,sm, (1994-2010) verifikasyon a mas,nda kullan,lm, t,r.

Hidrolojik model parametrelerinin kalibrasyonunda Bölüm 2.5.2'de detaylar, verilen PSO algoritmas, tercih edilmi tir. PSO ile parametre kalibrasyonuna geçmeden önce algoritmaya ait ba lang,ç ko ullar, olu turulmu tur. Ba lang,ç h,z de erleri 0 kabul edilmi tir. Hata kareler ortalamas, (HKO) uygunluk fonksiyonu olarak seçilmi ve HKO de erinin minimizasyonu esas al,nm, t,r. D de erlerinin say,s, modellerde kalibre edilen parametre say,s,na e ittir. Parçac,k say,s, ( $N_p$ ) ve c sabitleri problemden probleme de i kenlik göstermekle birlikte çal, mada  $N_p = 10$ ,  $c_1 = c_2 = 2$  al,nm, t,r. Çal, mada PSO ile kalibre edilen model parametreleri Tablo 3.11'de verilmi tir.

**Tablo 3.11:** Dinamik su bütçesi modelinin kalibre edilen parametreleri.

Alt Havzalar	$S_0$	$G_0$	$S_{max}$	$\tau_1$	$\tau_2$	d	
Ac,su	5.0	5.0	240.464	0.635	0.658	0.559	0.597
Delini	0.0	5.0	170.800	0.670	0.581	0.512	0.600
Demirci	5.0	5.0	257.744	0.625	0.726	0.869	0.507
Selendi	80.0	0.0	345.670	0.613	0.663	0.738	0.444

Modellerin performanslar, Nash-Sutcliffe (NS) katsay,s,, RSR ve yanl,l,k oran, (PBIAS) gibi ölçütler ile irdelenmi tir. Bu ölçütler istatistiksel ölçek indirgeme modellerinin performanslar,n,n s,nanmas, a mas,nda da kullan,lm, olup ölçütlere ait detaylar Bölüm 2.4'te verilmektedir. Bu ölçütlere ilaveten hata kareler ortalamas,n,n karekökü olan RMSE, determinasyon katsay,s, ( $R^2$ ) ve düzeltilmi determinasyon katsay,s, (Adj.  $R^2$ ) gibi istatistikler de Tablo 3.12'de her bir alt havzan,n kalibrasyon ve verifikasyon dönemleri için sunulmu tur.

**Tablo 3.12:** Ya , -ak, modelinin alt havzalardaki a) kalibrasyon b)verifikasyon dönemi performanslar,.

(a)

Kalibrasyon

Alt Havza	RMSE (mm)	R <sup>2</sup> (-)	Adj. R <sup>2</sup> (-)	NS (-)	RSR (-)	PBIAS (%)
Ac,su	3.40	0.91	0.91	0.90	0.31	6.37
Selendi	5.42	0.89	0.89	0.89	0.33	-0.71
Deliini	6.44	0.90	0.90	0.90	0.31	-1.91
Demirci	5.17	0.93	0.92	0.93	0.27	0.30

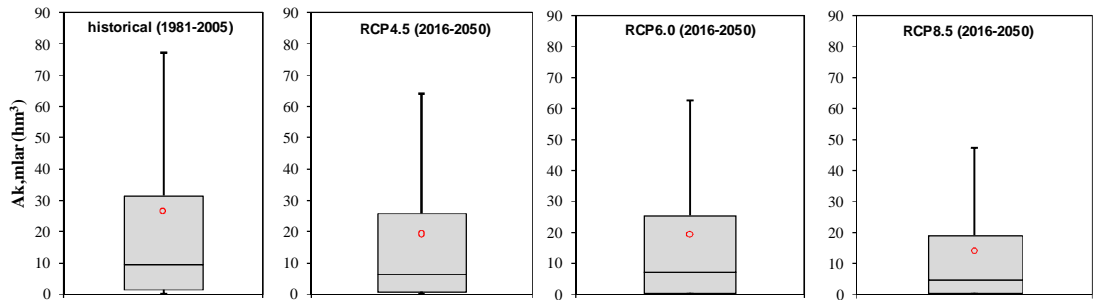
(b)

Verifikasyon

Alt havza	RMSE (mm)	R <sup>2</sup> (-)	Adj. R <sup>2</sup> (-)	NS (-)	RSR (-)	PBIAS (%)
Ac,su	4.45	0.87	0.87	0.72	0.53	-22.13
Selendi	5.53	0.80	0.80	0.72	0.53	-23.45
Deliini	7.90	0.83	0.83	0.78	0.46	-28.25
Demirci	5.09	0.91	0.91	0.89	0.32	-11.17

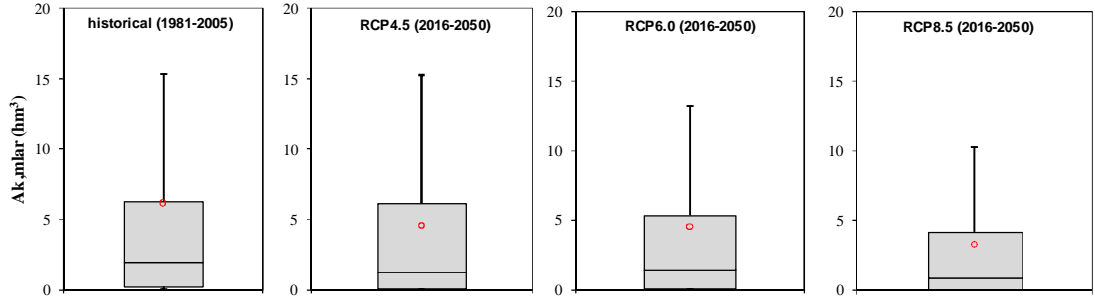
### 3.5.2 RCP Senaryolar, Alt,nda Ak,m Projeksiyonlar,n,n Elde Edilmesi

Bu bölümde, her bir alt havza için derlenen zaman serileri ya , -ak, modellemesinde girdi olarak kullan,lararak historical senaryosuna (1981-2005 su y,l, dönemi) ve RCP senaryolar,na (2016-2050 su y,l, dönemi) ait ak,m,lar türetilmi tir. Türetilen ayl,k uzun dönem ak,m,lara ait box plot grafikleri ekil 3.19-3.22'de sunulmaktad,r (grafiklerdeki içi bo daireler ortalama de erleri sembolize etmektedir).

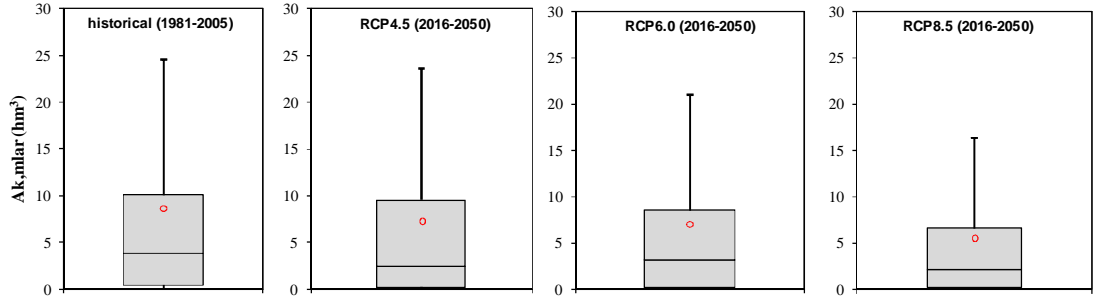


**ekil 3.19:** Ac,su alt havzas,na ait senaryo ak,m,lar,n box-plot gösterimleri.

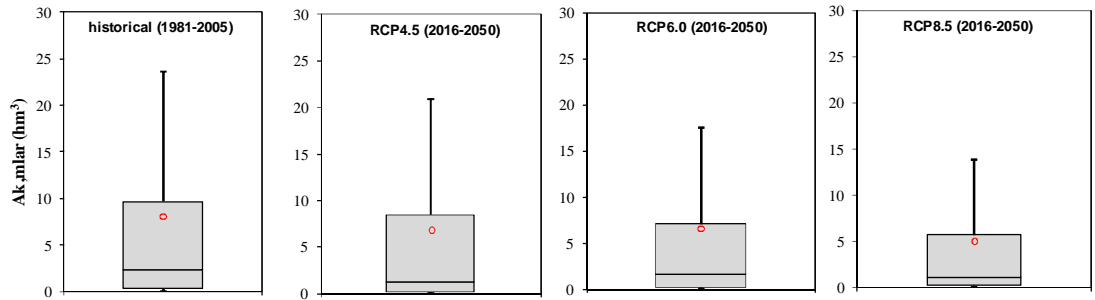




**ekil 3.20:** Selendi alt havzas,na ait senaryo ak,mlar,n box-plot gösterimleri.



**ekil 3.21:** Deliini alt havzas,na ait senaryo ak,mlar,n box-plot gösterimleri.



**ekil 3.22:** Demirci alt havzas,na ait senaryo ak,mlar,n box-plot gösterimleri.

ekil 3.19- 3.22de verilen gösterimler tüm alt havzalarda RCP senaryolar, alt,nda ak,mlar,n 1981-2005 dönemi historical senaryo ak,mlar,na k,yasla azalabilece ini vurgulamaktad,r. Ortalama istatistiklerinde öngörülen bu durum kartiller aras, aral,klarda (IQR) da göze çarpmaktad,r. Hatta IQR de erlerindeki azal, öngörülerini RCP8.5 senaryosunda daha belirgin durmaktad,r. Dü ük ak,mlar, temsil eden %25dik alt limit (1.kartiller) de erlerindeki de i imler hidrolojik aç,dan çok anlaml, olmamakla birlikte %75dik üst dilim (3. kartil) ile üst kuyruk (whisker) taraf,ndan temsil edilen yüksek (ekstrem) ak,mlarda da belirgin azal, lar

öngörülmektedir. Özellikle yüksek akımlar için havza genelinde RCP4.5 senaryosundan RCP8.5 senaryosuna gidildikçe kademeli olarak bir azalma, nı varlı, ından bahsedilebilir.

Çalışmada alt havza örneklerinin 2016-2050 su yılları, akımlarının ortalama istatistiklerinde öngörülen değişimler her bir senaryo için yüzdesel olarak Tablo 3.13a'da özetlenmiştir. Hesaplanan değişimlerin anlamlılığı, *t* testi ile istatistiksel olarak ortaya konmaya çalışılmıştır (Tablo 3.13b).

**Tablo 3.13:** (a) Historical senaryo akımlarına göre RCP senaryo akımlarında 2016-2050 su yılları için öngörülen % değişimler ve (b) bu değişimlerin anlamlılığını, sınamak için hesaplanan *t* istatistikleri ( $t_{kr}=1.963$ ).

**a)**

Senaryo	Demirci	Deliini	Selendi	Ac,su	Demirköprü
RCP4.5	-17%	-16%	-26%	-27%	-23%
RCP6.0	-19%	-19%	-27%	-27%	-25%
RCP8.5	-41%	-36%	-47%	-47%	-44%

**b)**

Senaryo	Demirci	Deliini	Selendi	Ac,su	Demirköprü
RCP4.5	1.29	1.42	2.14	2.68	2.13
RCP6.0	1.45	1.65	2.22	2.68	2.22
RCP8.5	3.49	3.47	4.31	5.00	4.40

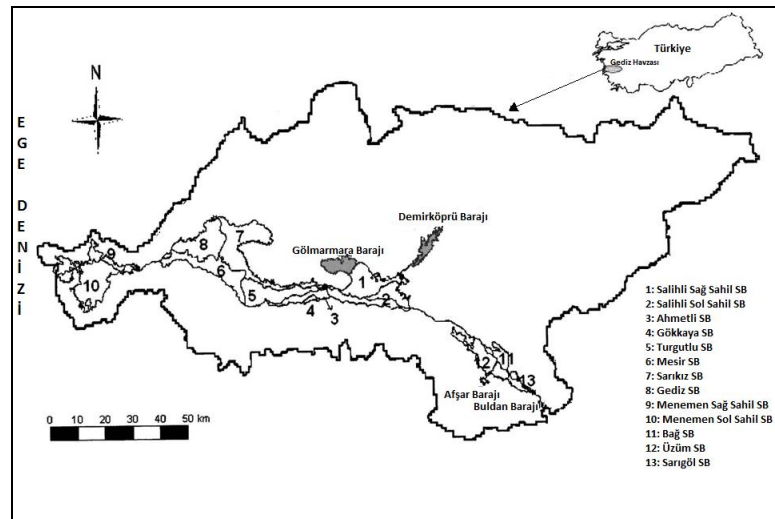
Tablo 3.13 incelendiğinde orta stabilizasyon rotaları, olan RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolarından elde edilen değişim öngörülerinin birbirlerine yakın olduğu görülebilmektedir. Bu iki senaryoya göre, Demirci, Deliini, alt havzalar, d, ındaki tüm alt havzalar, n ve Demirköprü Baraj,'na gelen toplam akımlar, ndaki değişim öngörülerinin *t* istatistiği esas alınarak istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülebilmektedir. Demirköprü Baraj,'nı besleyen Ac,su ve Selendi akımlar, nda öngörülen yaklaşık %27'lik azalmalar göze çarpmaktadır. RCP8.5 senaryosunda ise tüm alt havzalarda akımlarda öngörülen değişimler istatistiksel açıdan anlamlı düzeydedir. RCP8.5 senaryosuna göre azalmaların en az olduğu yerler Demirci ve Deliini alt havzaları olup bu oran sırasıyla %41 ve %36 mertebelerindedir. En

büyük de i imin öngörüldü ü yerler ise %47 ile Ac,su ve Selendi alt havzalar,d,r. Özet olarak 2016-2050 döneminde Demirköprü Baraj,'na gelen ak,m potansiyelinde orta stabilizasyon rotalar,na göre yakla ,k %25, yüksek radyatif zorlama rotas,na göre ise %44 azalmalar öngörülmektedir.

### 3.6 Farklı Senaryolar Alt,nda Gelecekteki Sulama Suyu İhtiyac,ın Hesaplanması,

#### 3.6.1 Bölgedeki Sulama Altyap,ı,

İlgili çal,ma alan,nda sulama suyu Demirköprü Baraj,ından alınarak, membadan mansaba do ru s,ras,yla Adala, Ahmetli ve Emiralem Regülatörleri ve bunlara ba l, 6 adet ana kanal arac,l, yla 10 sulama birli ine da ,t,lmaktad,r. Bu 10 kanal ile su da ,t,m,n,n gerçekleştiri i bölge Yukar, Gediz olarak an,lmaktad,r. Havzadaki sulama birlikleri net sulama alanlar, küçükten büyü e olacak ekilde s,ras,yla Gökkaya, Ahmetli, Menemen Sa Sahil, Salihli Sa Sahil, Salihli Sol Sahil, Gediz, Turgutlu, Mesir, Sar,k,z ve Menemen Sol Sahil sulama birlikleridir. Net sulama alan, bak,m,ndan en büyük sulama birli i Menemen Sol Sahil olup 1995-2007 döneminde söz konusu bölgede Pamuk, M,s,r, Ba ve Hububat ba ta olmak üzere çe itli ürünler yeti tirilmi tir. Sulama birliklerinin konumu ve hizmet alanlar, ekil 3.23'de sunulmu tur.



ekil 3.23: Gediz Havzas,nda bulunan sulama birliklerinin havza üzerindeki konumlar, (Akkuzu vd., 2007).

Sistemde Salihli Sa Sahil Sulama Birli i Adala sa sahil ana kanal, vas,tas,yla beslenmektedir. Ahmetli ve Turgutlu sulama birliklerinin bir bölümü ile Salihli Sol Sahil ve Gökkaya sulama birliklerinin tamam, Adala sol sahil ana kanal, taraf,ndan sulanmaktadır. Yine Ahmetli ve Turgutlu sulama birliklerinin önemli bir bölümü ve ayr,ca Mesir Sulama Birli için tamam, Ahmetli sol sahil ana kanal,ndan, Ahmetli ve Turgutlu sulama birliklerinin geriye kalan sulama alan, ile Sar,k,z ve Gediz sulama birliklerinin hizmet alanlar,n,n tamam, Ahmetli sa sahil ana kanal,ndan suyunu temin etmektedir. Menemendeki sol ve sa sahil ana kanallar, kendi ile ayn, ismi alan sulama birliklerini beslemektedir. Sulama sisteminde yer alan ana kanallar, hizmet ettikleri birlikler ve net sulama alanlar, ile birlikte Tablo 3.14'te özetlenmi tir. Ayn, tabloda hangi kanal,n hangi su kayna , taraf,ndan beslendi i bilgisi de verilmi tir. Buna göre Adala kanallar, Demirköprü Baraj,'ndan suyunu sa larken, Ahmetli ve Menemen kanallar, Demirköprü Baraj,'n,n yan, s,ra GölMarmara'dan da destek almaktadır.

**Tablo 3.14:** Havzadaki kanallar ve hizmet alanlar, (Okkan ve Kirdemir, 2017).

Sulama Kanallar,	Sulama Birlikleri	Net Sulama Alan, (ha)	Su Kaynaklar,
Adala Sol	Salihli Sol Sahil	9237	Demirköprü Baraj,
	Gokkaya	997	
	Ahmetli & Turgutlu	3462	
Adala Sa	Salihli Sa Sahil	9101	
Ahmetli Sol	Ahmetli & Turgutlu	9347	Demirköprü Baraj, ve Marmara Gölü
	Mesir	13679	
Ahmetli Sa	Ahmetli & Turgutlu	2568	Demirköprü Baraj, ve Marmara Gölü
	Sarikiz	13702	
	Gediz	10962	
Menemen Sol	Menemen Sol Sahil	16500	
Menemen Sa	Menemen Sa Sahil	6365	

### 3.6.2 Sulama Birliklerinde Sulanan Ürünler ve Alanlar,

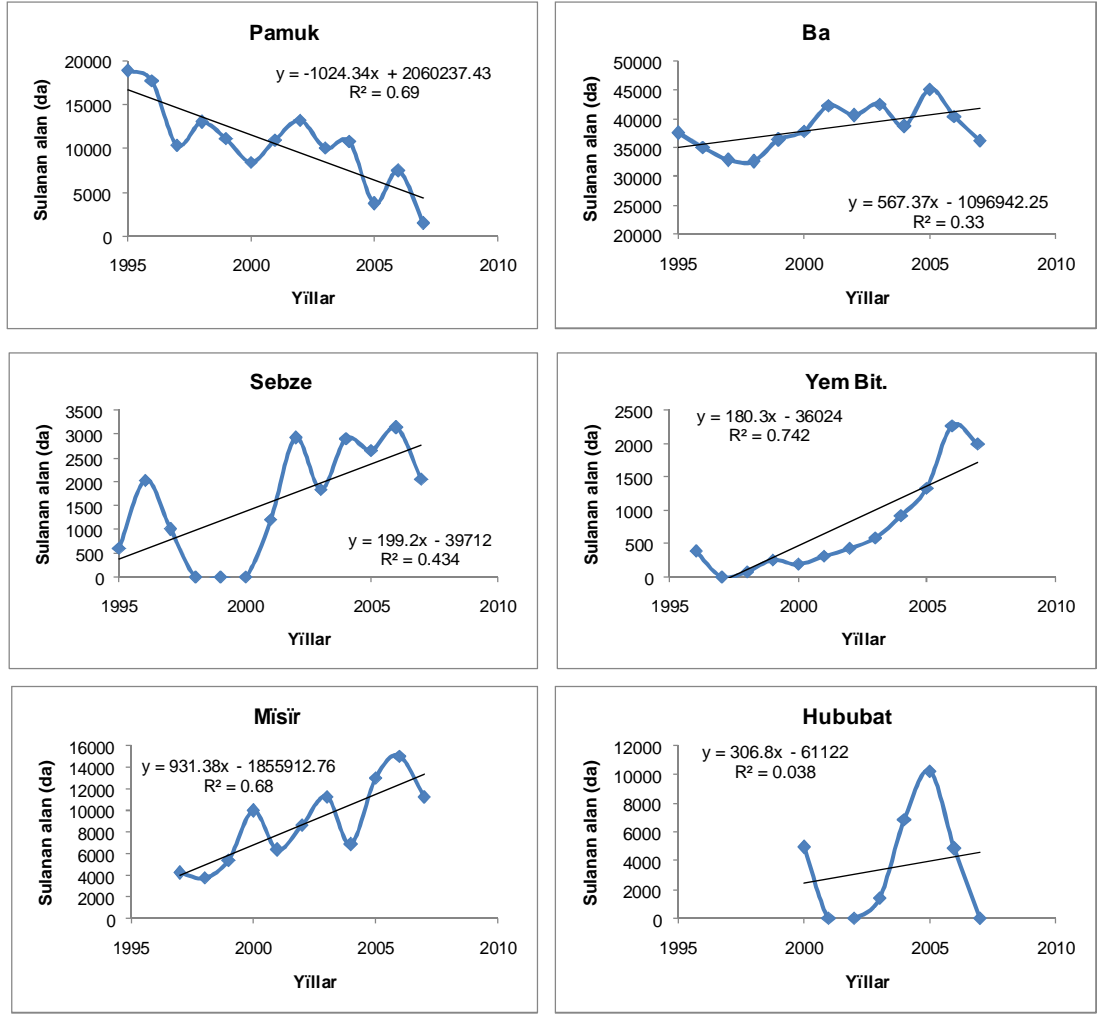
Çal, ma alan, üzerinde yer alan sulama birliklerince 1995-2007 döneminde sulanan ürünler ve sulama alanlar, verileri TÜB TAK 114Y716 numaral, projeden elde edilmi tir.

Çal, mada sulama birliklerine ait verilerin derlenmesinden sonra sulama birliklerince kontrol edilen bölgeler için bitki ekim alanlar,ndaki art, /azal,

yönündeki e ilimlerin anlamlı, , irdelenmi tir. Bu sulanan alan-zaman ili kisi korelasyon-regresyon analizleri ile incelenerek bölgedeki bitki çe itleri için 2015-2050 gelecek dönemine ait sulanan alanlar do rusal e ilim çizgisi ile tahmin edilmi tir. Bu tahminler yap,l,rken ilgili y,la ait toplam sulama alan,n,n net sulama alan,n, geçmemesi gözetilmi tir.

Örnek bir uygulama Salihli Sol Sahil sulama birli i özellikle verilmi tir. ekil 3.24'te Salihli Sulama Birli i örne inde 1995-2007 dönemi verilerinden elde edilen sulanan alan-zaman ili kisine göre, pamu un etkinli i azal, e iliminde olup 2015-2050 döneminde pamu un etkinli i tamamen kaybolmaktad,r. M,s,r ise etkinli ini artt,rılmaktad,r. Hesaplanan regresyon denklemleri kullan,ld, ,nda 2021 y,l,ndan itibaren sulama birli inin net sulama alan, a ,ld, ,ndan ilgili y,llarda alanlar  $A_{\text{hesaplanan}} / 9237$  oran, ile çarp,larak düzeltilmi tir. Bu durum birlik üzerindeki alansal da ,l,m, en fazla ürün olan ba da da görülebilmektedir. Unutulmamal,d,r ki söz konusu hesaplar 1995-2007 dönemindeki e ilim yap,s,n,n gelecekte de devam edebilece i varsay,m, ile yap,lm, t,r. Net sulama alan, olan 9237 ha de erinin bu sulama birli i için gelecekte de korunaca , kabul edilmi tir. 2015-2050 dönemine ait farklı ürün deseni senaryolar, ve su kaynaklar, planlamalar, ile sonuçlarda de i kenlikler gözlenebilir.

Benzer uygulama tüm sulama birlikleri için tekrarlanm, ve sulama alan,-zaman ili kileri Tablo 3.25'te toplu halde özetlenmi tir. Tablo 3.25'te sulanan ürünlerin alanlar,n,n zamanla olan lineer ili kileri gösterilmi tir. İlgili tabloda her ürünün 2015-2050 y,llar, için lineer de i imini belirlemek için regresyon katsay,lar, belirtilmi , alan-zaman ili kileri tatmin edici olanlar,n determinasyon katsay,s, de erleri y,ld,z ile i aretlenmi tir.



**ekil 3.24:** Salihli Sol Sahil Sulama Birli i'nde sulanan alan-zaman ili kisi (Okkan vd., 2016).

### 3.6.3 Sulama Suyu İhtiyaçlar,n,n Hesab,

Sulama suyu ihtiyac,n,n hesab,ndan önce çal, mada sulama sistemlerinde kullan,lacak rand,man oranlar, belirlenmi tir. Bilindi i üzere Gediz Havzas, sulama bak,m,ndan önemli bir potansiyele sahip oldu u için havzada son y,llarda sulama sistemi ya murlama ve damla sulama ekinde uygulanmaya ba lanm, t,r. Ayr,ca kanalet ve beton kanallar,n birlikte tatbik edilmesi ve/veya bas,nçl, boru hatt,na geçilmesi yolunda çal, malar,n oldu u bilinmektedir. Çal, mada da sulama projeksiyonlar, haz,rılan,rken rand,manlar geçmi dönemlerde gerçekleşenin aksine

daha yüksek alınm, ve mevcut sistemlerin sadece iklim de i iklimi senaryolar,na olan hassasiyeti s,nanm, t,r.

Bölüm 2.6'da anlatılan Blaney-Criddle yönteminin uygulanması ile elde edilen mm cinsinden bitki su tüketimleri tahmini sulama alanları ile çarpılarak RCP senaryoları altında sulama suyu ihtiyaç debileri hesaplanmıştır. Böylece sulama birliklerinde gelecekte sulama suyu ihtiyacında öngörülen değişimler sulama birliği rasyonel dönemi olan 1995-2007 dönemine karşı karşılaştırılabilir. 1995-2007 dönemi ile RCP senaryolarının 2015-2050 dönemi yıllık ortalama sulama suyu ihtiyaçları, her bir ürün için iletim ve çiftlik (tarla) randımanları, sırasıyla %95 ve %90 varsayılarak hesaplanmıştır ( ekil 3.25).

ekil 3.25'te sulama birlikleri genelinde ürünlere ait ihtiyaç debilerindeki değişimler özetlenmiştir. Buna göre öngörülen maksimum ihtiyaç debisi de i imi Gediz Sulama Birliği'nde ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi ilgili sulama birliğinin mısır, bostan, bahçe, hayvan yemi gibi art, e iliminde olan ürünlerin yetiştirilmesinde gerekli sulama suyunu sağlaması, ve iklim senaryolarına göre havza genelinde yıllık ortalama sıcaklıklarda anlamlı artışların beklenmesinden kaynaklanmaktadır. Bölüm 3.4.5'te de belirtildiği üzere sıcaklıklardaki bu artış, potansiyel evapotranspirasyondaki artış, tetiklemekte ve sulama suyu ihtiyacının da artmasını, kaçınılmaz hale getirmektedir. Çalınma alanı genelinde sulama birliklerindeki sulama suyu ihtiyaçlarındaki değişimler incelendiğinde, özellikle Ahmetli, Mesir, Turgutlu ve ayrıca Salihli sol ve sağ sahil ile Sarıkız sulama birliklerinde sulama suyu ihtiyaçları diğer sulama birlikleri ile karşılaştırıldığında ihtiyaçtaki değişimin daha fazla olabileceği öngörülmektedir. Buna sebep olarak belirtilen sulama birliklerinde genel olarak sulama alanının artış, e iliminde olan ürünlerin sulama suyu ihtiyacının giderilmeye çalışılması, ve senaryolara bağlı bölgede sıcaklık anomalilerinin fazla olmasıdır.

**Tablo 3.15:** Havzadaki sulama birlikleri için sulama-zaman ili kisi (Okkan ve Kirdemir, 2017).

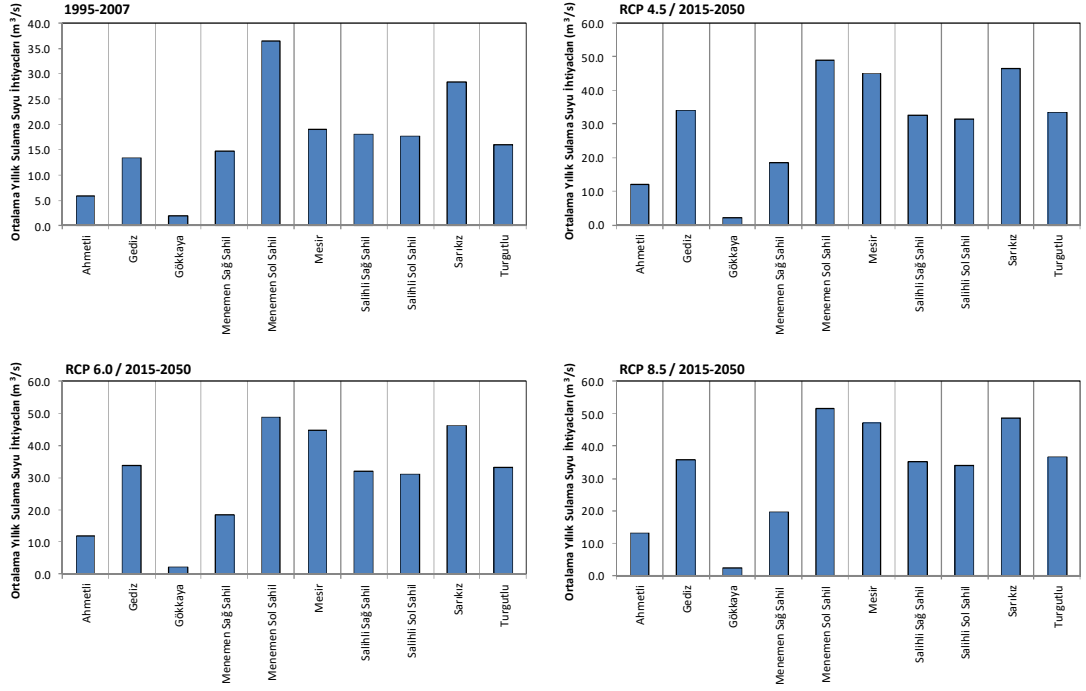
Sulama Birlikleri	Reg. Kat	Hububat	.Pancar,	Yonca	Meyve	Pamuk	Ba	M,s,r	Zeytin	Sebze	H.Yemi	Bostan
Ahmetli	a:					-342.681	467.253	109.637		14.379		
	b:					690224.703	-921249.286	-218732.363		-27862.236		
	R <sup>2</sup> :					0.126	0.59*	0.75*		0.011		
Ge diz	a:					-2886.670	296.165	2817.093		-128.679	93.643	64.429
	b:					5806192.407	-587345.451	-5626394.907		259040.857	-187149.714	-128412.571
	R <sup>2</sup> :					0.75*	0.8106*	0.78*		0.5254*	0.7079*	0.3881*
Gökkaya	a:					-11.154	-21.659					
	b:					22361.923	49263.495					
	R <sup>2</sup> :					0.4558*	0.005					
Menemen Sa Sahil	a:	664.797			68.995	-1691.346	-102.632	1175.852		346.846	-43.237	3.016
	b:	-1326863.120			-136386.505	3416215.487	210645.701	-2347038.732		-689018.737	87856.888	-5677.234
	R <sup>2</sup> :	0.47*			0.4727*	0.67*	0.9659*	0.88*		0.7475*	0.036	0.004
Menemen Sol Sahil	a:	1451.915			188.604	-1349.368	-1.379	2118.956		533.247	169.900	-156.247
	b:	-2896525.261			-372903.896	2788510.299	12138.288	-4223095.211		-1063516.086	-338339.733	315370.669
	R <sup>2</sup> :	0.43*			0.220	0.34*	0.000	0.73*		0.74*	0.102	0.281
Mesir	a:				271.330	-2438.489	459.566	2661.608	-1.714	10.665		-25.110
	b:				-539006.055	4905020.280	-899634.049	-5316162.029	4048.824	-19200.643		51358.736
	R <sup>2</sup> :				0.6951*	0.67*	0.6306*	0.78*	0.000	0.002		0.007
Salihli Sa Sahil	a:		-59.591		-1.545	-1049.150	680.476	1508.794		90.685	143.790	
	b:		119587.864		3819.182	2128195.858	-1343057.620	-3006759.559		-179415.639	-286710.315	
	R <sup>2</sup> :		0.234		0.000	0.57*	0.6772*	0.68*		0.126	0.4889*	
Salihli Sol Sahil	a:	306.845				-1024.341	567.368	931.382		199.247	180.353	
	b:	-611227.560				2060237.429	-1096942.247	-1855912.764		-397125.599	-360244.407	
	R <sup>2</sup> :	0.039				0.69*	0.33*	0.68*		0.4349*	0.7424*	
Sar,k,z	a:	-84.317		-735.571		-4684.344	1491.489	3201.430		348.266		
	b:	171366.061		1479120.762		9425374.134	-2953033.924	-6394620.420		-695812.506		
	R <sup>2</sup> :	0.003		0.43*		0.7*	0.62*	0.78*		0.6169*		
Turgutlu	a:				397.802	-1510.533	49.918	909.423		198.714		
	b:				-792575.582	3037640.082	-69046.467	-1816737.654		-396384.000		
	R <sup>2</sup> :				0.5369*	0.81*	0.004	0.6825*		0.336*		

Sulanan alan (dekar) = a . (Y,l) + b

azalma e iliminde olan ürün

art, e iliminde olan ürün





**ekil 3.25:** Referans dönem ve RCP senaryolarına göre gelecek dönemde sulama birliklerinde öngörülen sulama suyu ihtiyacı.

Menemen Sol Sahil ve Menemen Sağ Sahil sulama birliklerinde sulanan bazı ürünlerin alanlarında artış olmasıyla beraber bu değişimlerin anlamlı olmaması, öngörülen sıcaklık değişimlerinin bu sulama birliklerinde sulama suyu ihtiyacının da değişiminde daha etkin rol oynamasına sebep olmuştur. Gökçaya sulama birliğindeki sulama suyu ihtiyaçlarındaki artış, diğer sulama birliklerine göre daha az olması beklenmektedir. Buna sebep olarak ilgili sulama birliğinde de azalması ve iliminde olan ürünlerin varlığıdır (bkz. Tablo 3.15).

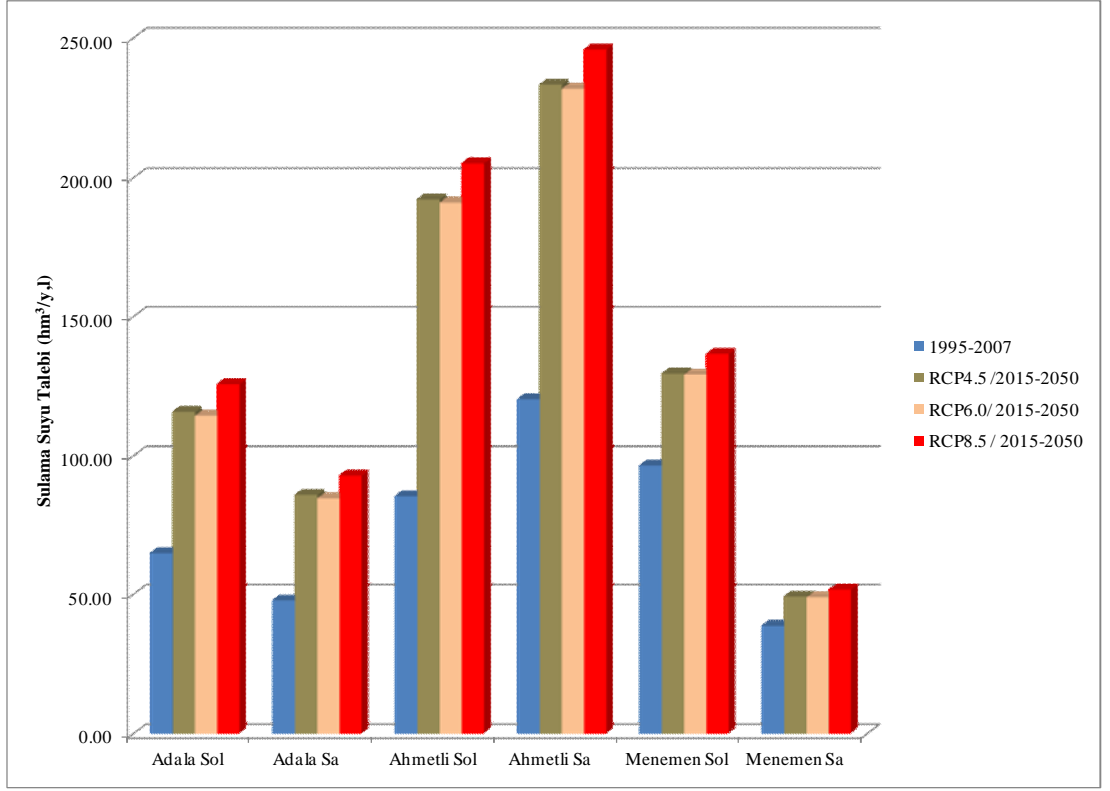
Genel bir yorum yapılacak olursa, sulama birliklerinin genelinde sulamaya ayrılan su ihtiyacı debilerinin RCP4.5 senaryosu için %77.7, RCP6.0 senaryosu için %76.5 ve RCP8.5 senaryosu için ise %89.1 oranında artabileceğini söylemek mümkündür. Tablo 3.14'te belirtilen havzadaki ana kanallardan çiftlik randmanı, %90 ve iletim randmanı, %95 olmak üzere sulama birliklerine dağıtılan yıllık ortalama talepler ekil 3.26'da gösterilmiştir. ekil 3.26'a göre, referans dönemde en çok debiyi sağlayan Ahmetli Sağ Sahil ana kanalında gelecek dönemde talepte önemli artış öngörülmektedir. Belirtilen kanalda geçmi dönemdeki iklim senaryolarına göre yaklaşık %94 ile %104'lük su talebi artışları olabileceği

öngörülmektedir. Ciddi derecedeki bu artışlar kanalın Ahmetli, Turgutlu, Gediz, Sarıkız gibi ürün bazında sulama suyu ihtiyacını arttıracak, öngörülen sulama birliklerine hizmet etmesinden kaynaklanmaktadır. Aynı durum Ahmetli Sol Sahil kanalında da söz konusudur. Ahmetli Sol Sahil kanal, Ahmetli, Turgutlu ve Mesir gibi ürün bazında sulama suyu ihtiyacını diğer sulama birliklerine göre daha fazla artıran sulama birliklerine sulama suyu tahmin etmekte ve öngörülen değerlerin gelecek dönemde yaklaşık olarak %125 ile %140 arasında olması beklenmektedir.

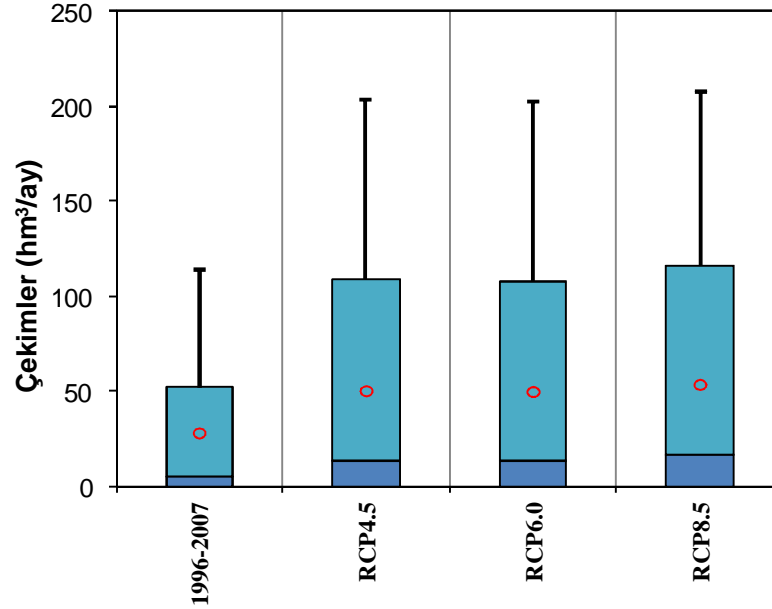
### **3.7 Hazne İletme Çalınmaları ile Demirköprü Barajı'nın Öngörülen Talepler Karşısında Performanslarının Değerlendirilmesi**

Önceki bölümde anlatıldığı üzere, her bir sulama birliği için varsayılan randmanlar altında sulama suyu ihtiyaçları hesaplanırken, sulama ana kanalları ne kadar su hacminin verilmesi gerektiği belirlenmiştir. Adana Sol ve Sağ Sahil ana kanalları, Demirköprü Barajından suyunu temin ederken, Ahmetli Sol ve Sağ Sahil ana kanalları ile Menemen Sol ve Sağ sahil ana kanalları için Demirköprü Barajı tek başına yeterli olmamakta, bu durumda Marmara Gölü'nden destek alınmaktadır.

DS II. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen geçmiş hazne iletme kayıtları incelendiğinde Demirköprü baraj gölünden sulamaya ayrılan yıllık su hacminin Göl Marmara'dan sulamaya verilen yıllık su hacminin yaklaşık 3 katı olduğu görülmüştür. Bu durum, yıllar arasında deyimlik tahminler de sulama mevsimlerinde ortalama olarak bu oranda mertebelerle çekimler gerçekleştirilmiştir. Çalınma kapsamında iklim modellemesi ile elde edilen veriler ile uzun dönem iletme yapılacaklarından geçmiş dönemlerdeki deneyimlerden gözlenen bu oran korunmuştur. Demirköprü ve Marmara Gölü'nden iletilen sulama suyu kanalları tahmin kapasitelerine göre oranlanırken, ve Demirköprü Barajı'nın tek başına ilgili tarım arazilerine ilettiği yani sulama suyu talebi hesaplanmıştır. Bahsi geçen iller için kullanılarak havzadaki sulama amaçlı iletilen Demirköprü Barajı'nın çekimleri 1995-2007 referans dönem ve RCP senaryoları için ekil 3.27'de box-plot halinde verilmiştir.



**ekil 3.26:** Sulama kanallarından sulama birliklerine dağıtılan yıllık ortalama sulama suyu hacimleri ( $hm^3/y.l$ ) (Okkan ve Kirdemir, 2017).



**ekil 3.27:** iklim senaryolarına göre Demirköprü Barajından çekilebilecek suların box-plot gösterimleri (Okkan ve Kirdemir, 2017).

ekil 3.27'ye göre havzadaki sulama suyu ihtiyacı, büyük oranda kar,layan Demirköprü baraj gölünden RCP senaryolar, altında sulama kanalları, ayrılan sulama suyu hacminin 1995-2007 dönemine göre yaklaşık %76 ile %89 arasında artacağı, öngörülmektedir. İlgili barajın havza üzerinde etkinliği önemli ölçüde artması, beklenen sulama birliklerine hizmet etmesi, çekilmesi olasılığı, ihtiyaç debilerinin artması,na sebep olacaktır, açıklar. Bundan sonraki amaçta hesaplanan bu talepleri ilgili baraj haznesinin kar,layıp kar,layamayacağı, ve bu amaçta oluşabilecek riskin ne olacaktır, tartışılmaktadır.

Çalışmada hazne işletme çalışmaları, malarının gerçekleştirilebilmesi için DSİ 2. Bölge Müdürlüğü'nden baraj haznelerine ait kot-alan-hacim verileri temin edilmiştir. İletmelerde baraja ait minimum ve maksimum işletme hacimleri, sınırları olarak alınmıştır. İlgili baraja ait bazı karakteristikler Tablo 3.16'da özetlenmiştir.

**Tablo 3.16:** Demirköprü Baraj Karakteristikleri.

<b>Barajın Adı,</b>	Demirköprü
<b>Yeri</b>	Manisa
<b>Akarsu</b>	Gediz
<b>Amaç</b>	Sul.+Enerji+Tarlalık Kor.
<b>Gövde Dolgu Tipi</b>	Toprak
<b>Gövde Hacmi</b>	4.3 hm <sup>3</sup>
<b>Yükseklik (Talvegden)</b>	74 m
<b>Maksimum İletme Hacmi</b>	1022.35 hm <sup>3</sup>
<b>Maksimum İletme Kotundaki Göl Yüzey Alanı,</b>	48 km <sup>2</sup>
<b>Minimum İletme Hacmi</b>	257.065 hm <sup>3</sup>

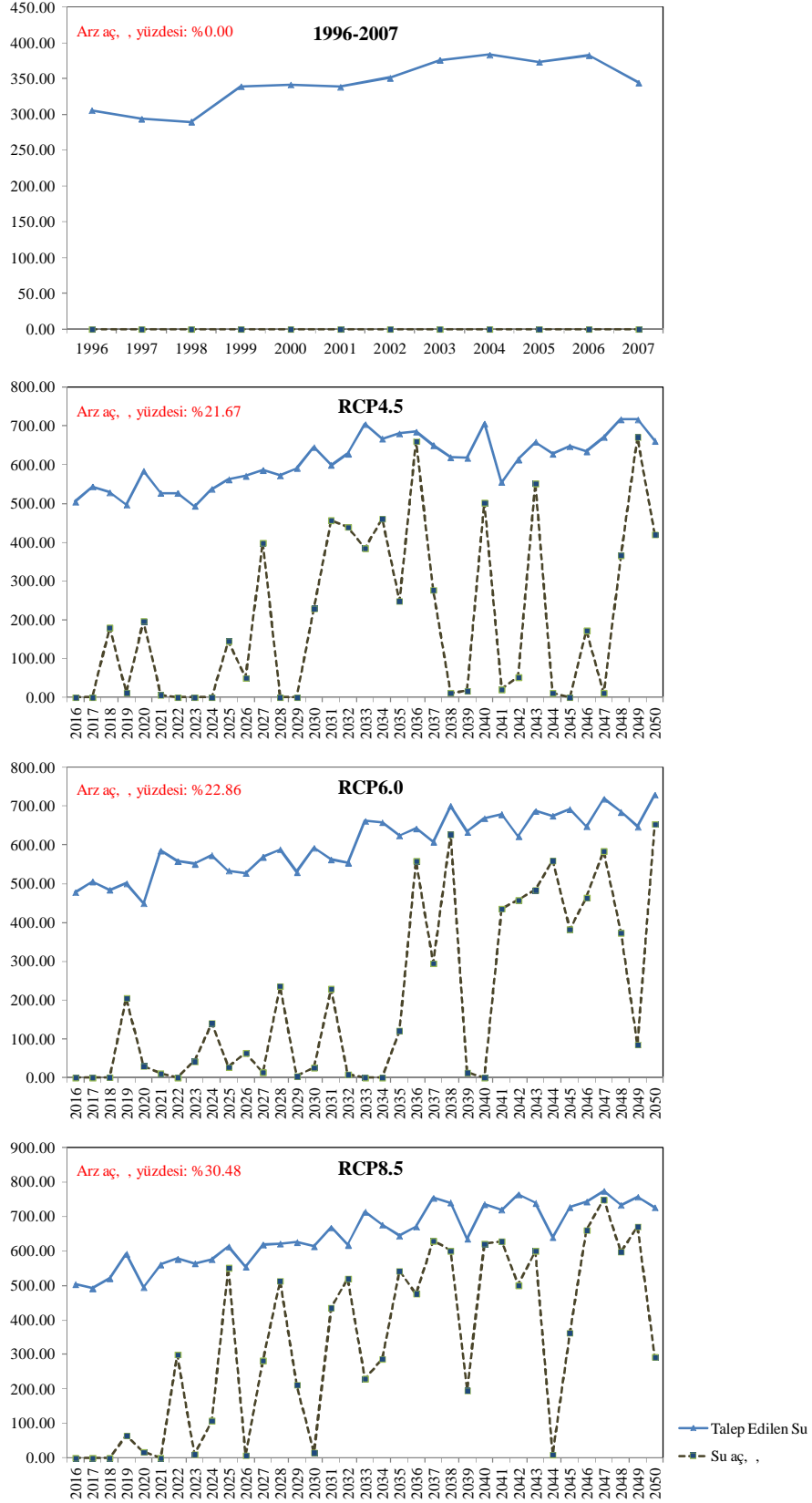
İletmelerde dönem başlangıcında haznelerin tam dolu olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca baraj gölünden net buharlaşma kayıpları, hesaplamak için baraj gölüne yakın konumda olan ve tava buharlaşma gözlemi bulunan meteoroloji istasyon verilerine de referans alınmıştır. Ardından sıcaklık ile buharlaşma ilişkileri hazırlanarak gelecek dönem için elde edilen sıcaklık serilerinin buharlaşmalara dönüştürülmesi sağlanmıştır. Brüt buharlaşma hesabında tava katsayısı, 0.70 alınmıştır.

Bir baraj haznesi işletme çalışmaları, masraflarında ilgili aya ait kullanılabilir su hacmi aybaşındaki mevcut su hacmi ile o ay baraj gölüne giren akışın toplamından minimum işletme hacminin çıkarılması ile hesaplanabilmektedir. Aynı aybaşındaki

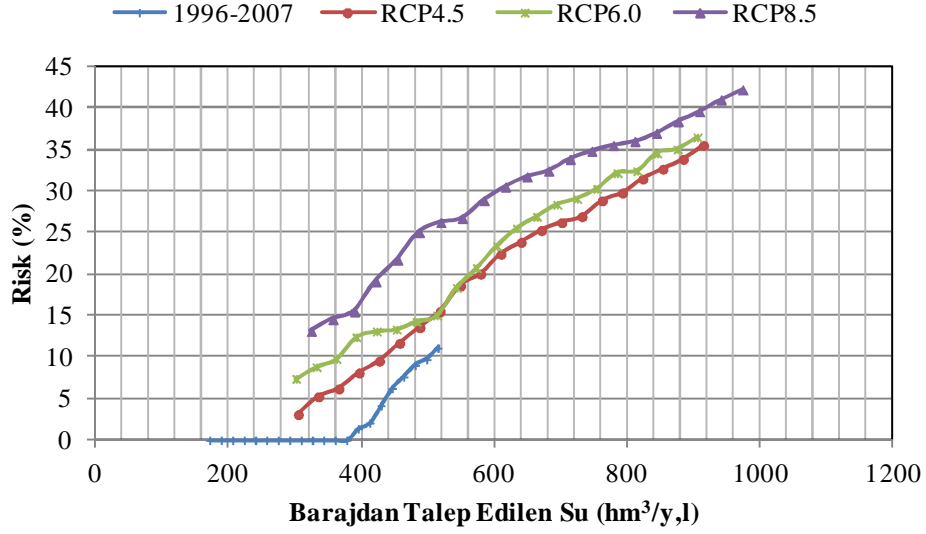
su hacmi minimum işletme hacminin altında kalması, bir ekinde baraj haznesinden su sağlanmaktadır. Bu durumda, kullanılabilir su hacminden net buharlaşma kayıplar, çıkarılarak elde kalan suyun haznedeki çekilmesi gerekmektedir. Çalışmada baraj haznesinin tahmini talepleri karşılayamama oranları hesaplanırken, suyun talebin karşılanamadığı, bu aylarda oluşabilecek su açığı miktarları da belirtilerek sonuçlar yorumlanmıştır. Demirköprü barajı için, hem referans dönemi hem de RCP senaryoları altında oluşabilecek su açıkları zamana göre değişimleri Ekin 3.28'de verilmiştir. Ekinlerde toplam döneme göre hesaplanmış, su açığı yüzdeleri de belirtilmiştir.

Ekin 3.28'de Demirköprü baraj haznesinden talep edilen su miktarları ve su açıkları zamana göre değişimi incelendiğinde, referans döneminde hazine artan bir talebe karşın yeterli gelmektedir. Ancak gelecek dönemde ise hazinedeki iklim senaryolarına göre yıllık 400 hm<sup>3</sup>'ün üzerine çıkması ciddi su açıkları doğurabileceği öngörülmüştür. RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolarına göre sırasıyla gelecek dönem periyodunun %21.67, %22.14 ve %30.48'inde su açığı meydana gelebileceği hesaplanmıştır. Barajın RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre gelecek dönemin son 25 yılında, RCP6.0 senaryosuna göre ise gelecek dönemin son 15 yılında haznenin talepleri karşılayabilmesi bakımından kritik döneme girebileceği düşünülmektedir. Özellikle RCP8.5 senaryosu için yapılan simülasyon sonucuna göre, 2044 yılı hariçinde 2031 yılından 2050 döneminin sonuna kadar talebin karşılanabileceği bir yıl rastlanmamaktadır.

Çalışmada ayrıca barajdan talep edilebilecek sulama suları, geçmiş ve gelecek dönemde  $\pm$ %5 hassasiyetle değerlendirilerek hazine işletme çalışmaları, tekrar yapılmıştır. Talep değişim yüzdeleri  $\pm$ %50 bandında değerlendirilmiş ve talep değişimine bağlı olarak geçmiş dönem ve her iklim senaryosu için gelecek dönem için 20'er adet ek hazine işletme simülasyonu yapılmıştır. Bu sayede barajda belirli risklerde güvenle verilebilecek su hacimlerinin yorumlanması mümkün olmuştur. Ekin 3.29'da barajdan talep edilen yıllık ortalama su hacimleri ile riskli geçmiş dönem ve RCP senaryoları için grafiksel olarak sunulmuştur.



**ekil 3.28:** Demirköprü baraj haznesinden talep edilen su miktarları ve arz açıkları zamanla değişimi (düey eksen  $hm^3/y$  birimindedir) (Okkan ve Kirdemir, 2017).



**ekil 3.29:** Demirköprü Baraj,'ndan y,ll,k ortalama talep edilen su hacmi-risk ili kisi.

ekil 3.29'dan anla ,ld, , üzere, radyatif zorlaman,n artmas,yla hazne ölçe indeki riskin giderek artaca ,, benzer ekilde geçmi dönemden itibaren radyatif zorlaman,n artmas,yla sabit risk alt,nda i letilen barajdan talep edilebilecek su hacminin giderek dü ebilece i görülmektedir. İlgili risk e rileri incelendi inde baz, iklim senaryolar,nda baraj,n belli risklere kar ,l,k gelen talep edilebilecek y,ll,k ortalama su hacimleri elde edilememektedir. Yani bu durumda olan barajda risk tüm taleplerde hep o riskin üzerinde ç ,km, t,r. Örne in Demirköprü Baraj,ında referans dönemde risk tüm talepler için %20'inin alt,nda ve RCP8.5 senaryosunda %10'un üzerinde ç ,km, t,r. Çal, mada hazne i letme çal, mas, yap,lan Demirköprü Baraj, için, geçmi dönemde ve tüm iklim senaryolar,nda %10 riskle çekilebilecek su hacimleri RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolar, için s,ras,yla 501.1, 433.5, 365 ve 282.2 hm<sup>3</sup> olarak elde edilmi tir. %10 riske kar ,l,k barajdan talep edilebilecek su hacimleri interpolate edilmedi inde ekstrapolasyon fonksiyonlar, kullan,lm, t,r. ekil 3.29'da belirtilen grafik baraj haznesinin farklı iklim ko ullar, alt,ndaki "risk aba ," olarak tan,mılanabilir. Örne in, herhangi bir baraj haznesinden çekilmesi planlanan su miktar, biliniyorsa abaklardan ilgili haznenin toplam sürede ne oranda arz aç, , meydana getirece i ya da bir ba ka deyi le yetersiz kalma riskinin ne olaca , hakk,nda karar verilebilir.

#### 4. SONUÇLAR

Çal, mada 12 adet iklim modeli ve AR5'te de inilen RCP senaryolar, esas al,narak iklim de i ikli inin Demirköprü baraj havzas,n,n ya , , s,cakl,k, potansiyel evapotranspirasyon ve ak,malar,na olas, etkileri istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri ve ya , -ak, modellemesi ile irdelenmi tir. Farkl, performans ölçütlerince s,nanan istatistiksel ölçek indirgeme modellerinin ve ya , -ak, modelinin ba ar,l, olduklar,na kanaat verilmi ve uygulama bölgesinin iklim projeksiyonlar,n,n haz,rılanmas,nda kullan,labilece i gösterilmi tir. Ard,ndan söz konusu öngörülerden bitki su tüketiminin ve gelecekteki sulama taleplerinin nas,l de i e bilece i her bir RCP senaryosu üzerinden irdelenmi tir. Ço unlukla art, e iliminde olan su talepleri kar ,s,nda baraj haznesinin yeterlili i de hazne i letme simülasyonlar, ile sorgulanm, t,r.

Elde edilen bulgulara göre, tüm RCP senaryolar, alt,nda ya , lar havzada azalma e ilimindedir. Ancak bu öngörülen de i imler RCP4.5 ve RCP6.0 özelinde istatistiksel aç,dan anlaml, mertebede de ildir. RCP8.5 senaryosunda ise öngörülmekte olan azalmalar istasyonlar,n tamam,nda anlaml,l,k göstermektedir. RCP8.5 senaryosuna göre, Gediz Havzas,'n,n en önemli su kaynaklar, niteli i olan Demirköprü Baraj, ve Marmara Gölü'nün yer ald, , bölgelerde öngörülen de i im oranlar, dikkate de er derecede önemlidir.

Öngörülen de i imleri uygulama alan, bütününde yorumlama amac,yla istasyonlar,n Thiessen a ,r,l,kl, senaryo ya , lar, da incelenmi tir. Havzadaki mevsimsel ve y,ll,k toplam ya , lar tüm RCP senaryolar,n da historical senaryoya k,yasla azalma e iliminde olup sonbahar ya , lar,nda öngörülen azalma di er mevsimlere göre daha belirgindir. Y,ll,k toplam ya , miktar,nda geçmi iklime k,yasla %17 oran,nda azalma öngörülmektedir.

Ayl,k ortalama s,cakl,klar için yap,lan de erlendirmeye göre, tüm RCP senaryolar,nda 1980-2005 referans periyoduna göre s,cakl,klar,n 2015-2050 döneminde anlaml, düzeyde artaca , öngörülmektedir. Her üç senaryoda da Demirci,



Köprüba , ve Kula'n,n olu turdu u kuzey-güney do rultusunda uzanan kesimin en fazla ,s,nma e ilime sahip bölge oldu unu söylemek mümkündür. Öngörülen anomalileri uygulama havzas,n,n bütünü için genelleyebilme amac,yla s,cakl,k istasyonlar,na ait sonuçlar,n aritmetik ortalamas, al,narak de i imler incelenmi tir. ncelemeye göre havzada, RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolar, alt,nda tüm mevsimlerde ortalama s,cakl,kklar bak,m,ndan 3.5 °C civar,nda art, lar öngörülmektedir. Tüm senaryolarda sonbahar mevsimi için öngörülen art, lar di er mevsimlere k,yasla daha fazlad,r. RCP8.5 senaryosu alt,nda havzada k, , ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri için hesaplanan 4.7, 4.9, 4.2 ve 5.7°C olan a ,r, anomaliler dikkat çekmektedir. Referans dönemde havza genelinde ortalama 23 °C olan yaz s,cakl,kklar, RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolar, ile 26 °C, RCP8.5 senaryosu ile 28 °C mertebelerine eri ebilecektir. Referans dönemde havza genelinde ortalama 13.3 °C olan y,ll,k ortalama s,cakl,k öngörülmesi RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolar, alt,nda yakla ,k 16.5 °C, RCP8.5 senaryosu alt,nda ise 18.2 °C seviyelerini i aret etmektedir.

Demirköprü Baraj,'n, besleyen, ya , ve s,cakl,k de i imlerinden etkilenen tüm alt havzalarda RCP senaryolar, alt,nda ak,mmlar,n da historical senaryo ak,mmlar,na k,yasla azalmas, beklenmektedir. De i im oranlar, incelendi inde, orta stabilizasyon rotalar, olan RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolar,ndan elde edilen de i im öngörülerinin birbirlerine yak,n oldu u görülebilmektedir. Bu iki senaryoya göre, Demirci ve Deliini alt havzalar, d, ,ndaki tüm alt havzalarda ve Demirköprü Baraj,na gelen toplam ak,mmlardaki de i im öngörülmesi istatistiksel aç,dan anlaml,d,r. RCP8.5 senaryosunda ise tüm alt havzalarda ak,mmlarda öngörülen de i imler istatistiksel aç,dan anlaml, düzeydedir. RCP8.5 senaryosuna göre azal, lar,n en az oldu u yerler Demirci ve Deliini alt havzalar, olup bu oran s,ras,yla %41 ve %36 mertebesindedir. En büyük de i imin öngörüldü ü yerler ise %47 ile Ac,su ve Selendi alt havzalar,d,r. Demirköprü Baraj,'na gelen toplam ak,mmlarda ise RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolar,na göre s,ras,yla %23, %25 ve %47 azalmalar öngörülmektedir. Tüm bu öngörülen de i imler alt,nda sulak dönemlerin etkinli i azalacak kurak dönemlerin etkinli i ise artacaktır.

Çal, mada RCP senaryolar, alt,nda ya , , s,cakl,k ve ak,m projeksiyonlar,n,n haz,rılanmas, i inden sonra bitki su tüketimlerinin ve sulama suyu ihtiyaçlar,n,n hesab,na geçilmi tir. Çal, mada, havza içerisinde sulamaya hizmet eden Demirköprü baraj,ndan talep edilecek sulama suyu projeksiyonlar,n,n eldesi için havzada 10 adet

sulama birli i taraf,ndan sulanan bitki desenleri ve sulama alanlar,n,n olas, de i imleri hesaplanm, t,r. Hesaplamalarda havza üzerindeki sulama suyu iletim hatt,n,n kanal ve kanalet ile yap,laca , ve yüzey sulamadan vazgeçilerek damlama ve/veya ya murlama sulama sistemlerinin kullan,laca , varsay,lm, t,r. Bu sayede iletim rand,man, 0.95'e ve tarla rand,man, 0.90'a çekilerek tar,msal sulama suyu ihtiyac, bak,m,ndan iklim de i iminin etkisini daha iyi gözleme imkan, bulunmu tur. Buna göre 2015-2050 projeksiyon döneminde havzada pamu un etkinli inin kalmayaca , m,s,r,n ise etkinli inin çarp,c, bir ekilde artmas, beklenmektedir. Sulama birliklerinin geneli ele al,nda RCP4.5 ve RCP6.0 senaryolar, için yakla ,k %75 ve RCP8.5 senaryosu için ise yakla ,k %89 oran,nda bir art, tan söz etmek mümkündür.

Çal, man,n bir sonraki a mas,nda, havzada gelecekte ya , , s,cakl,k ve evapotranspirasyon de i imlerden etkilenmesi beklenen Demirköprü Baraj,'n,n iklim de i ikli i senaryolar, alt,ndaki performanslar, test edilmi tir. Gediz Havzas,'nda sulama suyu temininde büyük önem arz eden barajlardan biri olan Demirköprü Baraj,nda RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolar, alt,nda s,ras,yla %21.7, %22.9 ve %30.48 arz aç, , beklenmektedir. Kötümser senaryo için elde edilen arz aç, , oran, sulama suyuna hizmet sa layan bir baraj haznesi için ciddi mertebelerde oldu u dü ünülmektedir.

Genel bir yorum yap,lacak olursa, Demirköprü baraj, haznesinden klimatolojik projeksiyonlar alt,nda temin edilebilecek su miktarlar,n,n irdelenmesi güncel ve özgün yöntemler kullan,larak sa lanm, t,r. Çal, ma ulusal literatürde RCP senaryolar, alt,nda hidrolojik projeksiyon haz,rlama konusunu ele alan ilk tez çal, mas,d,r. Çal, man,n 114Y716 numaral, TUB TAK projesi kapsam,nda haz,rlanmas, da özgünlü ünü ortaya koyar niteliktedir.

Çal, mada özetle orta stabilizasyon senaryolar, birbirlerine yak,n sonuçlar vermekle birlikte tahmini talepler ve tüm RCP senaryolar, (bilhassa RCP8.5 senaryosu) alt,nda baraj haznesinde ciddi mertebede arz aç,klar,n,n olu abilece i öngörülmektedir. Haznenin yer ald, , bölgenin en önemli faaliyetinin tar,msal faaliyetler oldu u dü ünüldü ünde, öngörülen bu arz aç,klar,n, kar ,layabilmek için eldeki su kaynaklar,n,n yeterli olmayaca , dü ünülmektedir. Bu durumda alternatif su kaynaklar,na ba vurulmas, veya mevcut hidrolik sistemlerin geli tirilmesi

yollar,na ba vurulabilir. Özellikle RCP8.5 senaryosundaki kurak dönem uzunluklar, dü ünüldü ünde hazneye kom u bölgelerde yeni biriktirme tesislerinin yap,lmaz, uygun olabilir. Tez çal, mas,nda her bir senaryo için hesaplanan sulama talepleri, geçmi dönemlerdeki bitki ekim alanlar,n,n zamana kar , e ilimi esas al,narak haz,rlanm, t,r. Gelecekte de ele al,nan alanlarda sulu tar,m,n önemli rol oynayaca , kabul edilmi tir. Elde edilen bulgulara dayanarak öngörülen arz aç,klar,n, en aza indirgemek ad,na kuru tar,m odaklı planlamalara gidilebilir veya mevcut sulama sistemlerinin rand,manlar, artt,r,labilir. Bu a amada bölgede yüzey sulama yöntemlerinden büyük ölçüde vazgeçilerek damla sulamaya geçilmesi çiftlik rand,manlar,n, artt,racakt,r. Kanalet ve beton kanal uygulamalar, yerine ise bas,ınl, bir sistem ile suyun havzada da ,t,lmaz, yoluna ba vurulmas, iletim rand,manlar,n,n daha da iyile mesini sa layacakt,r.

Ülkemizdeki planlama çal, malar,na iklim de i ikli i olgusunun adapte edili i oldukça yeni say,lmaktad,r. Geçmi raporlar incelendi inde, baraj haznelerinin veya di er su yap,lar,n,n tasar,m,nda herhangi bir iklim öngörüsünün dikkate al,nmad, , ve tasar,m a mas,nda büyük ölçüde geçmi hidrometrik verilerden yararlan,ld, , görülmü tür. Haz,rlanan tez ile bu sorunun çözümü modern yöntemlerden yararlan,larak sa lanmaya çal, ,lm, , gelecekte yap,lacak projelere ve/veya mevcut su kaynaklar,n,n yönetimine kaliteli bir veri alt yap,s, haz,rlanm, t,r.

Yukar,da bahsi geçen veri alt yap,s,n,n haz,rlanmas, a mas,nda sunulan iklim modellemesi i i dinamik ölçek indirgeme yöntemi ile de gerçeğe tirilebilirdi. Sunulan çal, mada dinamik ölçek indirgeme yöntemine nazaran daha pratik, daha az parametre ile çal, abilen ve istasyonlara kolayl,kla adapte edilebilecek bir istatistiksel ölçek indirgeme yakla ,m, ortaya konmu tur. Farklı ya , -ak, modellerinin bu tarz etki de erlendirme çal, malar,nda k,yaslanmas, da önem arz etmektedir. Ancak bu a amada kullan,lan dinamik su bütçesi modelinin de oldukça tutarlı sonuçlar verdi i görülmü tür. Alternatif metot ve senaryolar,n çe itlili ine ra men, çal, mada esas al,nan bütünsel modelleme stratejisinin su kaynaklar,n,n iklim de i ikli i senaryolar, alt,nda davran, ,n, inceleme a mas,nda ara t,rmac,lara yol gösterece i dü ünülmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

Akkuzu, E., Unal, H. B., Karatas, B. S., Avci, M. and Asik, S. (2007). General irrigation planning performance of water user associations in the Gediz Basin in Turkey. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133(1), 17626.

Anandhi, A., Srinivas, V. V., Nanjundiah, R. S. and Kumar, D. N. (2008). Downscaling precipitation to river basin in India for IPCC SRES scenarios using support vector machine. *International Journal of Climatology*, 28(3), 4016420.

Apak, G., and Ubay, B. (2007). Türkiye iklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi. Ankara, Çevre ve Orman Bakanl., 284 sayfa.

Benestad, R. E. (2004). Empirical-Statistical downscaling in climate modeling. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 85(42).

Benestad, R. E., Hanssen-Bauer, I. and Forland, E. J. (2007). An evaluation of statistical models for downscaling precipitation and their ability to capture long-term trends. *International Journal of Climatology*, 27, 6496665.

Budyko, M. I. (1958). The heat balance of the Earth's surface. *Washington, DC*.

Chong-hai, X., and Ying, X. (2012). The Projection of Temperature and Precipitation over China under RCP Scenarios using a CMIP5 Multi-Model Ensemble. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 5(6), 5276533.

Coulibaly, P., Anctil, F. and Bobée, B. (2000). Daily reservoir inflow forecasting using artificial neural networks with stopped training approach. *Journal of Hydrology*, 230(364), 2446257.

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, et al. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the

data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137, 5536597.

Demir, ., K,l,ç, G., and Co kun, M. (2007). Türkiye ve bölgesi için PRECIS bölgesel iklim modeli çal, malar,. *I. Türkiye klim De iikli i Kongresi*, stanbul, 2526261.

Dibike, Y. B., Gachon, P., St-Hilaire, A., Ouarda, T. B. M. J. and Nguyen, V. T. V. (2007). Uncertainty analysis of statistically downscaled temperature and precipitation regimes in Northern Canada. *Theoretical and Applied Climatology*, 91(164), 1496170.

Duan, Q., Ajami, N. K., Gao, X. and Sorooshian, S. (2007). Multi-model ensemble hydrologic prediction using Bayesian model averaging. *Advances in Water Resources*, 30(5), 137161386.

Eberhart, R. and Kennedy, J. (1995). A new optimizer using particle swarm theory. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*, 39643.

Fistikoglu, O. and Okkan, U. (2011). Statistical Downscaling of Monthly Precipitation Using NCEP / NCAR Reanalysis Data for Tahtali River Basin in Turkey. *Journal of Hydrologic Engineering*, 16(2), 1576164.

Ghosh, S. and Mujumdar, P. P. (2008). Statistical downscaling of GCM simulations to streamflow using relevance vector machine. *Advances in Water Resources*, 31(1), 1326146.

Hagan, M. T. and Menhaj, M. C. (1994). Training feedforward networks with the Marquardt algorithm. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 5(6), 9896993.

Ham, F. M. and Kostanic, I. (2001). Principles of neurocomputing for science and engineering. *McGraw Hill*.

Ines, A. V. M. and Hansen, J. W. (2006). Bias correction of daily GCM rainfall for crop simulation studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138(164), 44653.

IPCC (2013). Climate Change 2013 - The physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., et al. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society.* 77(3), 437-471.

Kirdemir, U. ve Okkan, U. (2015). kizcetepeler Baraj, Aktif Hazne Hacminin Olas,lık Matrisi Metoduyla Tahkiki. *Balikesir 2. Kent Sempozyumu, Bal,kesir,* 5996609.

Knutti, R., Abramowitz, G., Collins, M., Eyring, V., Gleckler, P. J., Hewitson, B., et al. (2010). Good practice guidance paper on assessing and combining multi model climate projections. *IPCC Expert Meeting on Assessing and Combining Multi Model Climate Projections.*

McMahon, T. A. and Mein, R. G. (1986). River and reservoir yield. *Water Resources Publications.*

Meinshausen, M., Smith, S. J., Calvin, K., Daniel, J. S., Kainuma, M. L. T., Lamarque, J., et al. (2011). The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change,* 109(1), 2136241.

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Binger, R. L., Harmel, R. D. and Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE,* 50(3), 8856900.

Okkan, U. (2013). klim de i iklimin akarsu ak, lar, üzerindeki etkilerinin de erlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi,* 364.

Okkan, U. (2015). Assessing the effects of climate change on monthly precipitation: Proposing of a downscaling strategy through a case study in Turkey. *KSCE Journal of Civil Engineering,* 19(4), 115061156.

Okkan, U. and Fistikoglu, O. (2012). Downscaling of precipitation to Tahtali watershed in Turkey for climate change scenarios. *10th International Congress on Advances in Civil Engineering*, Ankara, 1610.

Okkan, U. and Fistikoglu, O. (2014). Evaluating climate change effects on runoff by statistical downscaling and hydrological model GR2M. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(1), 3436361.

Okkan, U. and Inan, G. (2015a). Statistical downscaling of monthly reservoir inflows for Kemer watershed in Turkey: Use of machine learning methods, multiple GCMs and emission scenarios. *International Journal of Climatology*, 35(11), 32746 3295.

Okkan, U. and Inan, G. (2015b). Bayesian Learning and Relevance Vector Machines Approach for Downscaling of Monthly Precipitation. *Journal of Hydrologic Engineering*, 20(4), 4014051-1-4014051613.

Okkan, U. and Kirdemir, U. (2016a). Downscaling of monthly precipitation using CMIP5 climate models operated under RCPs. *Meteorological Applications*, 23(3), 5146528.

Okkan, U. ve Kirdemir, U. (2016b). Bayes Model Ortalamas, Yöntemiyle Kavramsal Ya , -Ak, Modeli Ç,kt,lar,n,n De erlendirilmesi. *DS Teknik Bülteni*, 121, 41-57.

Okkan, U. ve Kirdemir, U. (2016c). Budyko yakla ,m,na dayanan bir su bütçesi modeli ve Parçac,k Sürü Optimizasyonu algoritmas, ile kalibrasyonu. *Do al Afetler ve Çevre Dergisi*, 2(1), 1610.

Okkan, U. and Kirdemir, U. (2016d). Coupling downscaled multi-GCM outputs with a conceptual hydrological model for a study area in Turkey. *International Congress on Water, Waste and Energy Management, Roma, Italy*.

Okkan, U. and Kirdemir, U. (2016e). Investigation of A dam reservoir behaviour under climate change scenarios of IPCC-AR5. *3rd International Scientific*

*Meeting in the Field of Civil and Environmental Engineering*, Tuzla, Bosnia and Herzegovina.

Okkan, U., Kirdemir, U. ve Serbes, Z. A. (2016). RCP iklim de i ikli i senaryolar, ile Salihli Sol Sahil Sulamas,nda sulama suyu ihtiyac,n,n 2015-2050 gelecek dönemi için irdelenmesi. *13. Kültür Teknik Kongresi*, Kundu, Antalya.

Okkan, U. and Kirdemir, U. (2017). Investigation of the behaviour of an agricultural-operated dam reservoir under RCP scenarios of AR5-IPCC. *Water Resources Management (in press)*.

Ozkul, S. (2009). Assessment of climate change effects in aegean river basins: The case of gediz and buyuk menderes basins. *Climatic Change*, 97(1), 2536 283.

Raftery, A. E., Gneiting, T., Balabdaoui, F., and Polakowski, M. (2005). Using Bayesian Model Averaging to Calibrate Forecast Ensembles. *Monthly Weather Review*, 133(5), 115561174.

Salathé, E. P. (2003). Comparison of various precipitation downscaling methods for the simulation of streamflow in a rainshadow river basin. *International Journal of Climatology*, 23(8), 8876901.

Schmidli, J., Frei, C. and Vidale, P. L. (2006). Downscaling from GCM precipitation: A benchmark for dynamical and statistical downscaling methods. *International Journal of Climatology*, 26(5), 6796689.

Suykens, J. A. K., Vandewalle, J. and De Moor, B. (2001). Optimal control by least squares support vector machines. *Neural Networks*, 14(1), 23635.

Tatli, H., Dalfes, H. N. and Mentés, . S. (2004). A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey. *International Journal of Climatology*, 24(2), 1616180.

Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate author. *American Geographical Society*, 38(1), 55694.



Tripathi, S., Srinivas, V. V. and Nanjundiah, R. S. (2006). Downscaling of precipitation for climate change scenarios: A support vector machine approach. *Journal of Hydrology*, 330(364), 6216640.

Uppala, S. M., Kallberg, P. W., Simmons, A. J. verae, U., Bechtold, V. D. C., Fiorino, et al. (2005). The ERA-40 re-analysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 131(612), 296163012.

Vapnik, V. N. (1998). Statistical Learning Theory. *John Wiley & Sons*.

Wilby, R. L., Dawson, C. W. ve Barrow, E. M. (2002). Sdsm ô a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environmental Modelling & Software*, 17(2), 1456157.

Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, J. F., Luterbacher, J. and Wanner, H. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: Influence of large-scale dynamics and trends. *Climate Dynamics*, 23(1), 63678.

Zhang, L., Potter, N., Hickel, K., Zhang, Y. and Shao, Q. (2008). Water balance modeling over variable time scales based on the Budyko framework - Model development and testing. *Journal of Hydrology*, 360(164), 1176131.