

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN AKARSU AKIŞLARI
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Umut OKKAN

Şubat, 2013

İZMİR

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN AKARSU AKIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

İnşaat Mühendisliği Bölümü,

Hidrolik – Hidroloji ve Su Kaynakları Anabilim Dalı

Umut OKKAN

Şubat, 2013

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

UMUT OKKAN, tarafından DOÇ. DR. OKAN FISTİKOĞLU yönetiminde hazırlanan “İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN AKARSU AKIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Okan Fıstıkoğlu
Yönetici


Prof. Dr. Ertuğrul BENZEDEN
Tez İzleme Komitesi Üyesi


Doç. Dr. Alper Elçi
Tez İzleme Komitesi Üyesi


Prof. Dr. Gökmen Tarfın
Jüri Üyesi


Prof. Dr. Sevinç ÖZKULL
Jüri Üyesi


Prof. Dr. Mustafa SABUNCU
Müdür

TEŞEKKÜR

Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları Anabilim dalında gerçekleştirilen bu tez çalışmasının hazırlanması aşamasında ve mesleki yaşamım boyunca karşıma çıkan tüm aşamalarda bana ışık tutan, desteğini esirgemeyen ve her yönüyle bana örnek olan çok değerli tez danışmanım, Doç. Dr. Okan FISTIKOĞLU' na şükranlarımı sunarım.

Yol gösterici görüşleri ile çalışmama büyük katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Ertuğrul BENZEDEN ve Doç. Dr. Alper ELÇİ'ye; ders aşamasında bana bilgileri ve önerileri ile yardımda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Nilgün HARMANCIOĞLU, Prof. Dr. Sevinç ÖZKUL, Doç. Dr. Birol KAYA, Yrd. Doç. Dr. Gülay Onuşluel GÜL, Yrd. Doç. Dr. Yıldırım DALKILIÇ, Araş. Gör. Dr. Ali GÜL ve Araş. Gör. Dr. Filiz BARBAROS'a çok teşekkür ederim.

108Y301 kodlu “İklim Değişikliğinin Baraj Haznelerinin Arz Güvenilirliklerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi” başlıklı projemize verdiği destekten ötürü Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na ve tüm proje çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrenci işleri personeline ve özellikle Hatice DEDE'ye, tez çalışmamın düzenlenmesinde emeği geçen herkese ve özellikle Prof. Dr. Ertuğrul BENZEDEN'e, Araş. Gör. Zafer Ali SERBEŞ'e, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen aileme ve tüm sevdiklerime teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Umut OKKAN

Şubat, 2013

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN AKARSU AKIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

İklim değışikliğinin nedenlerini ve sonuçlarını değerdendirmek amacıyla, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kapsamında hazırlanan dördüncü değerdendirme raporuna göre (AR4), yeryüzünde pek çok bölgenin yağış ve özellikle sıcaklık değerdelerinde istatistiksel açıdan anlamlı değışimler öngörülmektedir. Bu değışimlerden en çok etkilenebilecek hidrolojik süreçlerin başında akarsu akışlarının geleceği düşünölmektedir.

Çalışmada, iklim değışikliğinden etkilenebilecek su kaynaklarından biri olan Tahtalı baraj havzası örneği ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, AR4'te belirtilen farklı iklim senaryoları ve bu senaryolar altında çalıştırılan on dört iklim modeli kullanılarak her bir iklim modelinin havzadaki yağış ve sıcaklık değışimleri belirlenmiştir. Bu değışimler, çalışma kapsamında geliştirilen istatistiksel ölçek indirgeme modeli ile istasyon ölçeğine indirgenerek yerel iklim değışimleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan on dört iklim modeline ek olarak yağış ve sıcaklıklar için günümüz iklimine ait istatistiklerin yıl içindeki değışimini daha iyi temsil edebilen iklim modellerinin karışımından oluşan bir kombine iklim modeli de önerilmiştir.

Ardından on dört iklim modeline ve Kombine modele ait yağış ve sıcaklık değışimleri, farklı parametrik yağış-akış modelleri ile akışlara dönüştürölerek havzanın gelecek dönemlerde yaşanması beklenen yağış ve sıcaklık değışimlerine karşı duyarlılığı farklı istatistiksel yaklaşımlar da kullanılarak sınanmıştır.

Bunların yanı sıra, gelecek dönem yağış ve sıcaklık değışimlerinden etkilenen Tahtalı barajı akışları, farklı hazne teorileri ile değerdendirilerek haznenin iklim değışikliği altındaki performansı sınanmıştır. Bu sınamalarda, minimum akımlar yönteminden, klasik hazne işletme çalışmasının yapılabildiği aylık su bütçesinden ve Gould olasılık matrisi yönteminden yararlanılmıştır. Minimum akımlar yöntemi ile

kritik dönem uzunluklarının gelecekteki değişimi sınanmış, aylık su bütçesi ve olasılık matrisi yöntemleriyle ise haznenin arz-performans ilişkileri araştırılmıştır.

Kombine iklim modeli sonuçları dikkate alındığında yağışların iyimser tahminle %3, kötümser tahminle %13 azalabileceği, sıcaklıkların iyimser tahminle 1.5 °C, kötümser tahminle 2.1 °C artabileceği ve akımların iyimser tahminle %9, kötümser tahminle %22 azalabileceği öngörülmektedir. Bu koşullar altında, gelecek dönemde barajdan çekilebilecek içmesuyu miktarlarının iyimser tahminle %11, kötümser tahminle %35 azalabileceği ve buna bağlı olarak bölgede önemli arz açıkları oluşabileceği düşünölmektedir.

Anahtar sözcükler: İklim değişikliği, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, iklim modelleri, kombine iklim modeli, Tahtalı Barajı, ölçek indirgeme, parametrik yağış-akış modelleri, hazne teorisi.

ASSESSMENTS OF CLIMATE CHANGE EFFECTS ON RIVER FLOWS

ABSTRACT

Significant variations are foreseen in precipitation and especially temperature values in many regions of the world, with reference to the Fourth Assessment Report (AR4) prepared on the purpose of evaluating the reasons and consequences of the climate change effects in detail within the scope of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). It has been considered that, river flows are the primary hydrological processes to be affected from these variations.

In the study presented, Tahtali catchment, the foremost fresh water resource of coastal Aegean region which may be affected by the climate change has been examined. Precipitation and temperature variations have been determined according to climate models by using various climate scenarios and selected fourteen models operated under these scenarios specified in the AR4 report. These variations were downscaled to station scale by statistical downscaling model that was developed within the study and thus, variations on local climate were obtained. In addition to used fourteen climate models, a combined climate model, which represents the monthly variations of present day statistics for precipitation and temperature, has been also proposed.

The vulnerability of basin to precipitation and temperature variations those of which might be possible in the future periods has also been examined by performing several statistical approaches via transforming the downscaled precipitation and temperature variations of fourteen climate models and combined climate model into runoff by several parametric rainfall-runoff models.

In addition to these, Tahtali flows affected by future precipitation and temperature variations were evaluated by several reservoir theories and the performance of the reservoir under the climate change was tested. In implementing these tests, minimum flows method, monthly water budget that gives the ability to perform classical reservoir operation and Gould probability matrix were utilized. Among these

methods, the future variations of critical period durations were examined by using the minimum flows method and with the behavior analysis and probability matrix method, the yield-performance relations of the reservoir has been evaluated.

When combined climate model results were taken into consideration, decreases of 3% and 13% are foreseen for the optimistic and pessimistic scenarios of precipitation. The increases of 1.5 °C and 2.1 °C are also foreseen for the optimistic and pessimistic scenarios of temperature. The decreases of 9% and 22% are foreseen for the optimistic and pessimistic scenarios of runoff. Under these conditions, it has been also predicted that urban water supply from the reservoir would decrease %11 according to optimistic scenario and %35 according to pessimistic scenario.

Keywords: Climate change, Intergovernmental Panel on Climate Change, climate models, combined climate model, Tahtali Dam, downscaling, parametric rainfall-runoff models, reservoir theory.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	vi
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırma Konusunun Önemi	1
1.2 Amaç ve Kapsam	7
BÖLÜM İKİ- MATERYAL VE YÖNTEM	10
2.1 Genel	10
2.2 Veriler	12
2.2.1 Baraj Karakteristikleri ve Hidrometeorolojik Veriler.....	12
2.2.2 Emisyon Senaryoları, Genel Dolaşım Modelleri (GDM) ve NCEP/NCAR Re-analiz Verileri	15
2.3 Tez Kapsamında Kullanılan İstatistiksel Yöntemler.....	27
2.3.1 Genel	27
2.3.2 Mann-Whitney U (M-W) Homojenlik Testi.....	28
2.3.3 Varyans ve Ortalamanın Durağanlık Testi.....	29
2.3.4 Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi.....	30
2.3.5 İçsel (Dizinsel) Bağımsızlık Testi.....	31
2.3.6 Bootstrap Yöntemi	32

2.4 Ölçek İndirgeme Yöntemi.....	38
2.4.1 Genel	38
2.4.2 Yapay Sinir Ağları	41
2.4.2.1 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....	41
2.4.2.2 Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi	43
2.4.2.3 Levenberg-Marquardt Algoritması	45
2.4.3 Yapay Sinir Ağlarına Dayanan Ölçek İndirgeme Stratejisi	48
2.5 Tez Kapsamında Kullanılan Parametrik Yağış-Akış Modelleri	49
2.5.1 Genel	49
2.5.2 Parametrik Su Bütçesi Modeli	52
2.5.3 PMS ve GR2M Modelleri	55
2.5.4 Yağış-Akış Modellerinin Performansı	60
2.6 Hazne Performansının Değerlendirilmesi	61
2.6.1 Genel	61
2.6.2 Minimum Akımlar Yöntemi ile Kritik Dönem Uzunluklarının Belirlenmesi.....	61
2.6.3 Aylık Su Bütçesi Yöntemi	62
2.6.4 Olasılık Matris Yöntemi.....	64

BÖLÜM ÜÇ – YEREL VE BÖLGESEL ATMOSFERİK VERİLERİN ANALİZLERİ

68

3.1 Gözlenmiş Hidrometeorolojik Verilerin İstatistiksel Analizleri.....	68
3.2 Bölgesel Atmosferik Verilerin İstatistiksel Analizleri.....	73
3.3 Optimum NCEP/NCAR Değişkenlerinin Belirlenmesi	79

BÖLÜM DÖRT- MODELLEME ÇALIŞMALARI VE BULGULAR..... 84

4.1 Ölçek İndirgeme Modellerinin Oluşturulması	84
4.2 GDM Senaryo Sonuçlarının Havza Ölçeğine İndirgenmesi	93
4.3 1950-1999 Ortak Dönemi Gözlenmiş ve İndirgenmiş GDM İstatistiklerinin Kıyaslanması.....	125
4.4 Kombine İklim Modeli.....	178
4.5 Kuraklık Analizi.....	195
4.6 Parametrik Yağış-Akış Modelleri	201
4.6.1 Yağış-Akış Modellerinin Kurulumu, Kalibrasyonu ve Verifikasyonu ...	201
4.6.2 Yağış-Akış Modellerine Ait Parametrelerin Duyarlılık Analizi	212
4.6.3 Yağış ve Sıcaklık Senaryoları Altında Akımların Türetilmesi	217
4.6.3.1 1948-2008 Dönemi Akımlarının Türetilmesi.....	217
4.6.3.2 İklim Modellerinin 20C3M Senaryosuna Ait Akımlarının Türetilmesi.....	219
4.6.3.3 İklim Modellerinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 Senaryolarına Ait Gelecek Dönem Akımlarının Türetilmesi	224
4.6.3.4 Kombine İklim Modelinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 Senaryolarına Ait Gelecek Dönem Akımlarının Türetilmesi.....	241
4.7 Türetilen Yağış, Sıcaklık ve Akımların Bootstrap Güven Aralıklarının Belirlenmesi	248
4.8 Hazne Performansının Değerlendirilmesi	273
4.8.1 Minimum Akımlar Yöntemiyle Akımların Kritik Dönem Uzunluklarının Belirlenmesi.....	273
4.8.2 Aylık Su Bütçesi ile Hazne Performansının İrdelenmesi.....	275
4.8.3 Olasılık Matris Yöntemi ile Hazne Performansının İrdelenmesi.....	290

BÖLÜM BEŞ - SONUÇLAR	301
5.1 Gözlenmiş Havza Akış, Yağış ve Sıcaklıklarında Eğilim Analizleri	301
5.2 Tahminleyici NCEP/NCAR Değişkenlerinde Eğilim Analizleri.....	302
5.3 Yapay Sinir Ağları Tabanlı Ölçek İndirgeme Modeli.....	302
5.4 Havza Ölçeğine İndirgenmiş Yağış ve Sıcaklıkların İrdelenmesi	303
5.5 Kombine İklim Modeline Göre Farklı Senaryo Yağış ve Sıcaklıklarında Öngörülen Değişimler	312
5.6 Parametrik Yağış-Akış Modelleri ve Tahmin Performansları	314
5.7 Su Bütçesi Modelinden Türetilen Gelecek Dönem Senaryo Akımları	315
5.8 Kombine İklim Modeline Göre Farklı Senaryo Akımlarında Öngörülen Değişimler.....	319
5.9 Ortalama Yağış, Sıcaklık ve Akım Tahminlerinin Bootstrap Güven Limitleri	320
5.10 İklim Değişikliğinin Kritik Kurak Dönem Özelliklerine ve Hazne Performansına Etkileri	320
5.11 Genel Değerlendirme	323
KAYNAKLAR	325

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1. Araştırma Konusunun Önemi

İklim değişikliği nedeniyle yeryüzünde pek çok bölgede yağış ve özellikle sıcaklık değerlerinde anlamlı değişimler öngörülmektedir (IPCC, 2007). Uzun süreli gözlemlere bağlı olarak tespit edilen küresel yüzey sıcaklıklarındaki ve deniz seviyelerindeki artışlar, kar ve buzul kaplı alanlardaki küçülmeler iklim değişikliğinin ispatı niteliğindeki önemli kanıtlardır (WMO, 1998, 1999; Pfeffer, 2007; Türkeş, 2008a). Özellikle kuzey yarımkürede yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklık değerleri, son 20 yılda bundan önceki dönemlere kıyasla daha yüksek bir hızla artmıştır. 20. yüzyılın son dönemlerinde, birkaç La Nina olayı dışında, genelde şiddetli El Nino olayları etkili olmuştur. Özellikle 1997 ve 1998 yıllarındaki rekor düzeydeki yüksek sıcaklıkların oluşmasında, 1997/98 El Nino olaylarının önemli etkisinin olduğu düşünülmektedir (Türkeş, 2000; IPCC, 2001a,b).

Küresel ölçekteki bu değişimler ile dünyanın sosyo-ekonomik gelişimi paralel olarak ilerlemekte; dolayısıyla bu değişimin ardındaki asıl etken olarak yeryüzündeki antropojenik faaliyetler gösterilmektedir (Goudie, 2006; Raupach ve ark., 2007; Türkeş, 2008b). İklim değişikliği, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (İDÇS), “Karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişikliktir” biçiminde tanımlanmıştır (UN/FCCC, 1996).

Artan nüfus ve gelişen sanayileşme ile sera gazı emisyonlarında anlamlı artışlar gözlenmiş ve bu durum atmosferin mevcut sera etkisini daha da arttırarak küresel ısınmayı şiddetlendirmiştir. Bu etkiler yeryüzündeki iklim karakteristiklerinin hızlı ve şiddetli bir biçimde değişmesine yol açmıştır (Parry ve ark., 2001; Canadell ve ark., 2007; Smith ve ark., 2009).

Bu etkilerin nedenlerini ve sonuçlarını kapsamlı olarak araştırmak amacıyla, 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleřmiř Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından Hükümetlerarası İklim Deęiřiklięi Panelleri (IPCC) gerçekleştirilmiştir. Panelin birincisi 1990 (FAR), ikincisi 1996 (SAR), üçüncüsü 2001 (TAR) ve dördüncüsü 2007 (AR4) yılında yapılmıştır. Panelin beşincisi (AR5) ile ilgili çalışmalar ise halen devam etmektedir. Panellere ait değerlendirme raporlarında, küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonları, değişen iklim karakteristikleri, geleceğe yönelik tahminler ve eğilimler, iklim değişikliğine karşı uyum süreçleri gibi konulara kapsamlı bir biçimde yer verilmiştir (McMullen ve Jabbour, 2009). AR4'te, TAR kapsamında öngörülen geleceğe ilişkin emisyon senaryoları (SRES; Special Report on Emissions Scenarios, Nakićenović ve Swart, 2000), farklı araştırma enstitüleri tarafından hazırlanan küresel ölçekteki 23 genel dolaşım modeli (GDM) diğer bir deyişle küresel iklim modelleri ile irdelenmiştir (IPCC, 2007).

AR4 raporuna göre, 100 yıllık küresel yüzey sıcaklık artışı 0.74 °C olarak belirlenmiştir (IPCC, 2007). TAR kapsamında ise 1901-2001 dönemi için bu değerin 0.6 °C mertebesinde olduğu belirtilmiştir (IPCC, 2001). Öte yandan, AR4'te küresel sıcaklıkların farklı iklim senaryoları altında 2090'lı yıllarda 1.8-4.0 °C aralığında artacağı öngörülmektedir. Rapor sıcaklık değerlerindeki değişimlerin yanı sıra, yağış değerlerinin Akdeniz, Güney Afrika ve Asya bölgelerinde azalacağını, Güney-Kuzey Amerika ile Kuzey Avrupa'da ise artış eğiliminde olduğunu, ayrıca yağış frekanslarının önemli ölçüde değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymaktadır (IPCC, 2007). Bu durumların varlığı, küresel ölçekte kuraklık ve taşkın risklerini doğurabilecek; bir başka deyişle, su kaynaklarını önemli ölçüde etkileyebilecektir.

Bu gibi nedenlerden dolayı, iklim değişikliğinin su kaynakları ve dolayısıyla hidrolojik çevrim üzerindeki etkileri birçok araştırmacının konusu olmuştur (Cohen, 1986; Gleick, 1987; Coker ve ark., 1989; Lettenmaier ve Gan, 1991; Leavesley, 1994; Holt ve Jones, 1996; Jones ve ark., 1996; Arnell, 1998; Lettenmaier ve ark., 1999; Jones, 1999; Wilby ve ark.,1999; Landman ve ark., 2001; Arnell ve ark., 2001; Molnár ve Ramírez, 2001; Sene ve ark., 2001; Prudhomme ve ark., 2002;

Krepper ve ark., 2003; Lawler ve ark., 2003; Phillips ve ark., 2003; Struglia ve ark., 2004; Ye ve ark., 2004; Milly ve ark., 2005; Gedney ve ark., 2006; Caballero ve ark., 2007; Graham ve ark., 2007; Bates ve ark., 2008).

Yağış ve sıcaklık değişimlerinden en çok etkilenecek hidrolojik süreçlerin başında akarsu akımlarının geleceği düşünölmektedir. Bu kapsamda yapılan havza ölçeğinde çalışmalar, sıcaklık ve yağışlardaki değişimlerin havza akımlarını önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir (Hamlet ve Lettenmaier, 1999; Mimikou ve ark., 2000; Xu, 2000; Chang ve ark., 2001; Middelkoop ve ark., 2001; Bergstorm ve ark., 2001; Morrison ve ark., 2002; Kaser, 2003; Graham, 2004; Labat ve ark., 2004; Lindstorm ve Bergstorm, 2004; Fowler ve Kilsby, 2007; Christensen ve ark., 2007; Wit ve ark., 2007; Ozkul, 2009). Ayrıca yağış ve sıcaklık değişimlerinin, taşkın ve kuraklık gibi olayların sıklık, büyüklük ve alansal dağılımlarında da değişimlere neden olacağı vurgulanmaktadır (Arnell ve ark., 2001).

İklim değişikliği nedeniyle, Türkiye'nin de içinde bulunduğu Güney Avrupa ve Akdeniz kuşağında da 2090'lı yıllarla birlikte ortalama sıcaklıklarda 3.0-3.5⁰C mertebesine varan artışlar, toplam yağışlarda ise %15-%30 oranında azalmalar öngörülmektedir (Houghton ve ark., 2001; Christensen ve ark., 2007). Bu değişimlerin mevcut su potansiyellerinde önemli azalmalara yol açacağı düşünölmektedir. Buna göre Ege bölgesinde %25-%50, Akdeniz bölgesinde ise %50'nin üzerinde mevcut su potansiyellerinde azalmalar görölebilecektir (Lehner ve ark., 2001).

Dünyadaki araştırmalara paralel olarak Türkiye'de de meteorolojik gözlemlere ve akış gözlemlerine ait eğilim yapıları ve mevsimsel değişkenlikler pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Türkeş, 1996a, 1996b, 2002; Turkes ve ark., 1995, Unal ve ark., 2003; Turkes ve Sumer, 2004; Turkes ve Erlat, 2005; Partal ve Kahya, 2006; Bostan ve Akyürek, 2007; Turkes ve Erlat, 2009; Turkes ve Tatli, 2009). Genelde yağış ve sıcaklık gözlemleri üzerinde gerçekleştirilen bu analizler ile Türkiye'nin batı ve güney-batı yaz mevsimi ortalama sıcaklıklarında anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Ayrıca yıllık maksimum sıcaklık dizilerindeki değişimler de genelde artış

yönündedir. Özellikle güney, batı, doğu ve güneydoğu bölgelerinde anlamlı artış eğilimleri etkindir. Yıllık minimum sıcaklıklardaki artışlar da, değerlendirilen istasyonların genelinde anlamlı düzeydedir.

Yağışlar ele alındığında ise Türkiye'deki yağışlar alansal ve zamansal olarak büyük farklılık göstermektedir. Ayrıca, Türkiye yağışlarında mevsimsellik oldukça kuvvetlidir. Yıllık toplam yağışın, yaklaşık %40'ı kış, %27'si ilkbahar, %10'u yaz ve %23'ü sonbahar mevsiminde gerçekleşmektedir. Yeraltı ve yer üstü su kaynakları için, kış ve bahar dönemlerindeki yağışın miktarı ve şekli oldukça önemlidir. Yapılan incelemelerde ortalama yağışlarda 29 mm/100 yıl azalış eğilimi göze çarpmaktadır. Türkiye genelinde, 1941-1970 döneminde ortalama 659 mm olan yıllık toplam yağış, 1971-2000 döneminde 635 mm'ye düşmüştür. 1980-2006 döneminde ise 627 mm olarak ölçülmüştür. Mevsimsel olarak incelendiğinde ise, yağışlardaki azalma eğilimleri özellikle kış mevsiminde belirgin olarak görülmektedir. Buna karşılık, sonbahar yağışları artış eğilimi sergilemektedir. Kış yağışlarında gözlenen azalmanın, Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında gözlenen azalma ve yüksek basınç şartlarında gözlenen artışlar ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).

Ocak 2007 tarihinde, ulusal koordinatörlüğünü Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yaptığı ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında hazırlanan "Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi" yayınlanmıştır. Bu raporda, Türkiye'deki sera gazlarının 1990-2004 dönemine ait envanteri hazırlanmış, sera gazı emisyonlarındaki artışı hafifletmek için alınabilecek tedbirler üzerinde durulmuş ve iklim değişikliğinin Türkiye'de yaratabileceği olası etkileri değerlendirilerek uygulanabilecek stratejiler belirlenmiştir. Raporda ayrıca, sahip olunan bilimsel ve teknik potansiyel ile kurumsal altyapıyı geliştirmek ve sürekli bilgi akışı sağlayabilmek için Türkiye'de veri ağı kapasitesinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Raporun 6.1 "Türkiye'ye ilişkin İklim Değişiklikleri: Trendler ve Tahminler" bölümünde özellikle batı ve güney kesimlerin yağış ve sıcaklık değerlerinde önemli trendlerin varlığı işaret edilmektedir. FVGCM genel dolaşım modelinin SRES-A2 emisyon senaryosuna bağlı olarak REGCM3 bölgesel iklim

modeli kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda genel olarak, yağışın Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarında azalmakta, Karadeniz kıyılarında ise artmakta olduğu vurgulanmaktadır. İç Anadolu'da ise yağış açısından çok az bir değişikliğin söz konusu olduğu ya da hiçbir değişikliğin beklenmediği ifade edilmektedir. Ortalama sıcaklıktaki değişiklikler açısından bakıldığında, kış aylarında tahmin edilen sıcaklık artışının ülkenin doğu kesiminde daha yüksek olabileceği, yaz mevsiminde bu görüntünün tersine dönebileceği ve özellikle Ege bölgesi olmak üzere ülkenin batı kesiminin 6 °C'ye kadar varan sıcaklık artışına maruz kalabileceği öngörülmektedir. Ülkenin geneli için bölgelere göre ortalaması alınmış yıllık ortalama sıcaklık artışlarının yıllık 2-3°C mertebelerinde olabileceği ifade edilmektedir (Apak ve Ubay, 2007).

Bunun yanı sıra, İngiltere Meteoroloji Servisi Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen bölgesel iklim modeli PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) ile Türkiye için bölgesel düzeyde ayrıntılar içeren iklim değişikliği öngörülleri elde edilmeye çalışılmıştır. Model Hadley Merkezi'nin atmosferik genel dolaşım modellerinden (GDM) biri olan HADAMP3 çıktıları ile çalıştırılmış ve referans dönem (1961-1990) simülasyonları ile gelecek dönem (2071-2100) SRES-A2 senaryosu simülasyonları karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre, Türkiye'de kıyı bölgeleri dışında ortalama sıcaklıklarda 5-6 °C'lik artışlar öngörülmektedir. Öte yandan, sıcaklıkların doğuda kış mevsiminde 4-6 °C, batıda yaz mevsiminde 6-7 °C artabileceği vurgulanmıştır. Maksimum sıcaklıklarda da genel olarak artış yönünde bir eğilim öngörülmüştür. Yaz mevsiminde, geniş ölçekli 8 °C'yi bulan yüksek artışlar göze çarpmaktadır. Minimum sıcaklıkların, kış mevsiminde doğu bölgelerinde (5-6 °C) ve yaz mevsiminde Ege Bölgesinin iç bölümlerinde daha fazla (7-8 °C) artabileceği öngörülmüştür. Yağış rejimindeki değişikliklerde, doğudan batıya doğru gidildikçe yüzde olarak belirginleşen azalmalar dikkati çekmektedir. Ayrıca, kış mevsiminde güney ve batı bölümlerde yağışlarda düşüşler, yaz mevsiminde ise artışlar yaşanabilecektir (Demir ve ark., 2007, 2008).

Bölgesel iklim modellerinin dışında, iklim değişikliği konusunda önemli araçlardan biri olan ve kaba alansal çözünürlüklerle çalıştırılan genel dolaşım modelleri de Türkiye’de araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Modellerin yerel iklim değişimleri konusunda yetersiz kalmaları araştırmacıları ölçek indirgeme (downscaling) stratejilerine yönlendirmiştir. Konuyla ilgili olarak, istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri üzerine araştırmalar yapılmış ve Türkiye için uygulamalara yer verilmiştir (Tatlı ve ark., 2006). Ölçek indirgeme yaklaşımı ve bu kapsamda yapılan çalışmalar Materyal ve Yöntem bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır.

Hidrolojik çevrimin en önemli bileşenlerinden biri olan akarsu akımları için yapılan çalışmalar incelendiğinde, Türkiye’nin güney-batı ve güney bölgelerinde yer alan havza akışlarında anlamlı azalma eğilimleri tespit edilmiştir (Kahya ve Kalayci, 2004; Cigizoglu ve ark., 2005; Topaloglu, 2006; Aksoy ve ark., 2008). Akımlardaki ve dolayısıyla havza su potansiyellerindeki bu değişimlerin baraj haznelerinin performanslarını da önemli ölçüde etkileyebileceği düşünülmektedir. Buna göre, geçmiş yıllardaki akım gözlemleri ile planlanan ve inşa edilen barajların, değişen akım koşullarında arz sorunları yaşaması beklenmektedir. Son yıllarda kuraklık nedeniyle kendini gösteren içme suyu sıkıntıları, Gediz ve Büyük Menderes gibi tarım havzalarında yaşanan sulama sorunları ileride yaşanacak daha da büyük problemlerin habercisi niteliğindedir. Bu nedenle, baraj havzalarında iklim değişikliğinin neden olacağı değişimlerin önceden kestirilip, su potansiyellerindeki etkilerinin açıklanması ve haznelerin yeni koşullar altındaki arz performanslarının irdelenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, söz konusu tehdide ilişkin alınacak ilave tedbirlerin (yeni barajlar, havzalar arası su transferleri, deniz suyu arıtımı, vb.) kapsam ve boyutları yeterince doğru belirlenemeyecektir.

İklim değişikliğinin baraj haznelerinin arz güvenilirlikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalara bakıldığında ise, bu çalışmaların ABD, Kanada, İngiltere, Almanya gibi gelişmiş ülkelerdeki su idareleri ve araştırmacılar tarafından yürütülen güncel çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu konuda Bates ve ark., (2008) tarafından IPCC adına derlenen bir literatür özeti verilmiştir. Bu çalışma incelendiğinde, Avrupa kıtasında özellikle İngiltere, Hollanda ve Almanya’nın iklim değişikliğinin

kendi su sistemleri üzerinde yaratacağı belirsizliklere karşı uyum ve risk hesaplamalarını gerçekleştirdikleri görülmektedir (Bates ve ark., 2008). Gelecekte su potansiyellerinde artış görülmesi beklenen bu ülkelerde, söz konusu risk ve uyum öngörülürü yapılrken, su potansiyellerinde azalma beklenen Akdeniz kuşağındaki ülkelerde bu tarz çalışmaların gerçekleştirilmemiş olması, gerek ulusal gerekse uluslararası literatürdeki boşluğu ortaya koymaktadır.

1.2. Amaç ve Kapsam

Yukarıdaki gerekçelerden hareketle hazırlanan tez çalışmasında, iklim değışikliğinin ülkemiz baraj hazneleri üzerindeki etkilerinin belirlendiğı, kapsamlı bir yöntem ve uygulama bütünüün geliştirilmesi ve bu yöntemin iklim değışikliğinden en çok etkilenecek bölgelerden biri ve kıyı Ege bölgesindeki en önemli İzmir içme suyu barajı olan Tahtalı barajına uygulanması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında, IPCC'nin AR4 kapsamında irdelenen iklim senaryoları ve bu senaryolar altında çalıştırılan iklim modellerine (genel dolaşım modellerine) ait sonuçlar dikkate alınmıştır. İklim modelleri içerisinden günümüzü temsilen bir 20C3M ve gelecek dönemi temsil eden üç temel senaryoyu (A1B, A2 ve B1) içeren modeller esas alınmıştır. Sonuç olarak, 14 iklim modeli üzerinde durularak her bir modelin Tahtalı baraj havzasındaki yağış ve sıcaklık değışimleri belirlenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. Modellerden elde edilen değışimler, ölçek indirgeme yöntemi (downscaling) ile bölgedeki meteoroloji istasyonları ölçeğinde elde edilmiştir. Ölçek indirgeme aşamasında, havzayı temsil edeceği düşünölen bölgesel atmosferik re-analiz verileri (NCEP/NCAR) ile meteoroloji istasyonu ölçeğinde derlenen ortalama yağış ve sıcaklık dizileri arasında kurulan yapay sinir ağı (YSA) modellerinden yararlanılmıştır. Havzaya ait yağış ve sıcaklık değışkenlerini en iyi temsil eden, dolayısıyla YSA modellerinin girdileri olarak kullanılacak optimum NCER/NCAR değışkenleri (nedensel potansiyel tahminleyiciler) ise regresyon ve homojenlik analizleri uygulanarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan iklim modellerinin uygulama havzasına indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri incelendiğinde, model tahminlerinin birbirinden farklı

istatistiklere ve dağılımlara sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle, modellerin günümüz iklimini temsil eden 20C3M dönemi senaryo sonuçları ile gözlenen dönem istatistikleri farklı performans ölçütlerine bağlı olarak kıyaslanarak modellerin her bir ayı temsil edebilme yetenekleri sınanmıştır. Kullanılan istatistiksel testlere olumlu sonuç veren iklim modelleri arasından en uygun olanları belirlenerek bu modellerin karışımından oluşturulacak bir Kombine iklim modelinin gelecek dönem tahminleri açısından daha tutarlı sonuçlar verebileceği düşünülmüştür.

Ardından 14 iklim modelinin ve Kombine iklim modelinin havza ölçeğindeki olası yağış ve sıcaklık değerleri, havza için hazırlanan üç farklı parametrik yağış-akış modeli ile akışlara dönüştürülmüş ve gelecek dönemi temsil edeceği düşünülen akımlar türetilmiştir. Bu kapsamda, parametrik bir su bütçesi modeli (Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2001; Fıstıkoğlu ve Okkan, 2010), Makhoul ve Michel (1994) tarafından sunulan aylık modelden ve günlük GR4J (Perrin ve ark., 2003) modelinden esinlenerek geliştirilen parametrik PMS modeli ve PMS modelinin geliştirilmiş ve basitleştirilmiş bir versiyonu olan parametrik GR2M modeli kullanılmıştır. Kullanılan parametrik modeller, havzaların yüzeysel akış, yüzey altı akışı ve yeraltı akışı gibi bileşenlerini modelleyebilen kavramsal modellerdir. Bu modeller sayesinde, Tahtalı havzası su potansiyelinin gelecek dönemlerde yaşanması olası yağış ve sıcaklık değişimlerine karşı duyarlılıkları irdelenmiştir.

Çalışmada havza ölçeğine indirgenen yağış, sıcaklık ve türetilen akış değerlerinin ortalama tahminleri için güven aralıkları da belirlenmiştir. Güven aralığı kavramı, hidrolojik analizlerde alt ve üst sınırların ilgili parametreyi kapsayıp kapsamadığının sınanabilmesi ve buradaki belirsizliğin ifade edilebilmesi açısından oldukça önemlidir (Stedinger ve ark., 1983). Bu amaçla, klasik yöntemlere göre daha etkili bir yöntem olan Bootstrap yöntemi, hidrometeorolojik süreçlerin değerlendirilmesi aşamalarında uygulanmıştır (Zucchini ve Adamson, 1989; Lall ve Sharma, 1996; Faulkner ve Jones, 1999; Yue ve Pilon, 2004; Khan ve ark., 2006; Giannakopoulos ve ark., 2009; Orłowski ve ark., 2010). Bu yöntem ile kapsama hatası, iadeli olarak yapılan yeniden örnekleme yaklaşımıyla (resampling) azaltılmaya çalışılmakta; böylece mevcut veri setinden mümkün olabildiğince fazla miktarda bilgi

alınabilmektedir (Efron, 1979a, b, 1981; Peterson, 1991). Bootstrap yöntemi parametrik Bootstrap ve parametrik olmayan Bootstrap şeklinde kendi içinde sınıflara ayrılmaktadır. Tez çalışmasında, güven aralığı tahminlerinin elde edilmesinde parametrik olmayan tahminleme esas alınmış ve bu kapsamda *Sapması Düzeltilmiş ve Hızlandırılmış (BCA)* güven aralığı yöntemi tercih edilmiştir (DiCiccio ve Efron, 1996).

Tez çalışması kapsamında ayrıca, öngörülen iklim değişikliği senaryoları çerçevesinde yağış ve sıcaklık değişimlerinden etkilenecek olan gelecek dönem Tahtalı barajı akımları farklı hazne teorileri ile değerlendirilerek, mevcut haznenin iklim değişikliği altındaki performansı test edilmiştir. Performans analizinde, minimum akımlar yöntemi, aylık su bütçesi yöntemi ve Gould olasılık matrisi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemlerden minimum akımlar yöntemi ile kritik dönem uzunluklarının gelecekteki değişimi, aylık su bütçesi ve olasılık matrisi yöntemleriyle ise haznenin arz-performans ilişkileri irdelenmiştir.

Özet olarak, yapılan çalışmada;

- Farklı alan çözünürlüklü küresel iklim modelleri (GDM) çerçevesinde Tahtalı baraj havzasında yağış ve sıcaklıkların ne ölçüde değişebileceği,
- Olası yağış ve sıcaklık değişimlerinden akarsu akışlarının nasıl etkilenebileceği,
- Günümüzü temsil eden akışlar ile gelecek dönem senaryo akışları arasındaki farklılıkların neler olabileceği,
- Havza ölçeğine indirgenen yağış, sıcaklık ve türetilen ortalama akış tahminlerinin güven aralıklarının iklim modellerine ve senaryolara göre değişkenliği,
- İklim değişikliği senaryoları doğrultusunda, iklim koşullarında gelecekte oluşması beklenen değişikliklerin mevcut hazne performansını ne düzeyde etkileyebileceği, Tahtalı baraj havzası örneğinde kapsamlı bir biçimde araştırılmıştır.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Genel

Sunulan tez kapsamında, IPCC-AR4’de ele alınan küresel emisyon senaryoları ve bu senaryolar altında çalıştırılan farklı alansal çözünürlüklü 14 iklim modelinin Tahtalı baraj havzasına ilişkin yağış ve sıcaklık tahminlerini belirlemek; bu tahminlerden bölgedeki yağış-akış ilişkisinin ve dolayısıyla mevcut baraj akımlarının ve hazne performansının ne ölçüde etkilenebileceğini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda çalışmada, sırasıyla aşağıda ana başlıklar halinde verilen işlemler gerçekleştirilmiştir.

Verilerin Derlenmesi ve İstatistiksel Analizler

- Bölgeye ait yağış, sıcaklık, akış gibi gözlenmiş hidrometeorolojik verilerin derlenmesi ve verilerin istatistiksel analizleri.
- Havzayı temsil edeceği düşünülen NCEP/NCAR re-analiz verilerinin temin edilmesi.
- Havzayı temsil edeceği düşünülen GDM’lere ait senaryo sonuçlarının temin edilmesi.

Ölçek İndirgeme

- Havzaya ait alansal ortalama yağış ve sıcaklık değerlerini en iyi temsil eden optimum NCEP/NCAR değişkenlerinin belirlenmesi.
- Optimum NCEP/NCAR değişkenleri ile çalışma sahası alansal ortalama yağış ve sıcaklık değerleri arasında, yapay sinir ağları algoritmalarına dayanan ölçek indirgeme modellerinin kurulması.
- Ölçek indirgeme modelleri yardımı ile GDM’lere ait kaba çözünürlüklü senaryo sonuçlarının havza ölçeğine indirgenmesi.

- İndirgenmiş 20C3M yağış-sıcaklık senaryo sonuçları ve gözlenmiş veriler değerlendirilerek her ayı en iyi şekilde temsil eden GDM'lerin istatistiksel testler yardımıyla belirlenmesi.
- Her bir ayı temsil eden GDM'lerin karışımından oluşan *Kombine iklim modelinin* oluşturulması.
- Standart yağış indisi yöntemi ile gözlenmiş yağış verilerinin ve indirgenmiş GDM sonuçlarının meteorolojik kuraklık analizlerinin yapılması.
- Thornthwaite kuraklık göstergesi ile indirgenmiş yağış ve evapotranspirasyon verileri esas alınarak havzanın iklim sınıflarının belirlenmesi.

Parametrik Yağış-Akış Modellerinden Senaryo Akımlarının Türetilmesi

- Su bütçesi, PMS ve GR2M modelleri ile Tahtalı havzası aylık yağış-akış modellerinin kurulması.
- Modellerin gözlenmiş veriler ile kalibrasyonu ve verifikasyonu.
- Yağış-akış modellerine ait parametrelerin duyarlılık analizlerinin yapılması.
- Kurulan aylık yağış-akış modellerinden GDM senaryolarına ait akımların türetilmesi ve sonuçların istatistiksel açıdan yorumlanması.

Türetilen Yağış, Sıcaklık ve Akımların Bootstrap Güven Aralıklarının Belirlenmesi

- Her bir GDM'ye ait yağış, sıcaklık ve akım tahminlerinin yeniden örnekleme dağılımlarının elde edilmesi.
- Sapması Düzeltilmiş ve Hızlandırılmış (Bias Corrected and Accelerated, BCA) parametrik olmayan Bootstrap yöntemi ile aylık ve yıllık ortalama değerlerin güven aralıklarının belirlenmesi.
- Havzaya indirgenmiş tüm GDM sonuçlarının yirmişer yıllık istatistikleri esas alınarak havzayı temsil eden ortak örnekleme dağılımlarının oluşturulması ve BCA yöntemi ile güven aralıklarının elde edilmesi.

Hazne Performansının Sınanması

- Tahtalı baraj haznesinin (mevcut aktif kapasite için) aylık su bütçesi ve Gould olasılık matrisi yöntemleriyle gözlenmiş ve tahmin edilen akımlar kullanılarak işletilmesi.

- Minimum akımlar yöntemiyle gözlenmiş ve tahmin edilen akımların kritik dönem uzunluklarının belirlenmesi.
- Hazneden, değişen iklim koşulları altında farklı çekimler için haznenin yetersiz kalma durumunun irdelenmesi.

İlerideki bölümlerde her işlem aşamasında kullanılan yöntemler ve uygulama havzasına ait karakteristikler detaylı bir biçimde açıklanmıştır.

2.2 Veriler

2.2.1 Baraj Karakteristikleri ve Hidrometeorolojik Veriler

Tahtalı Barajı, yaklaşık 3.5 milyon nüfusa sahip İzmir kentinin içmesuyu ihtiyacını karşılamak amacıyla 1986-1999 yılları arasında Küçük Menderes Havzası sınırları içinde Gümüldür civarında inşa edilmiş toprak- kaya dolgu gövde tipinde ve 546 km² drenaj alanına sahip bir barajdır. Gövde hacmi 3.1 x 10⁶ m³, akarsu yatağından yüksekliği 58 m, maksimum işletme hacmi 306.65 hm³ ve minimum işletme hacmi 56 hm³ olan barajın konumu Şekil 2.1’de verilmektedir.



Şekil 2.1 Tahtalı Barajı'nın konumu

Barajın 1970’li yıllara dayanan planlama raporu incelendiğinde, yılda 128 hm³ içmesuyunu İzmir’e temin etmesi planlanmıştır. Bu rakam, 2009 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) ve İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi (İZSU) için DOLSAR Mühendislik tarafından hazırlanan “İzmir İçmesuyu Uygulama Projelerinin Hazırlanması İşİ” başlıklı raporda da aynen korunmuştur. Böylece barajın gelecekte de kente bu miktarda içmesuyunu sağlaması hedeflenmiştir (DSİ-İZSU-DOLSAR, 2009). Bu nedenle, baraj İzmir içmesuyu sisteminin vazgeçilmez su kaynaklarından biri olarak görülmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Tahtalı Barajı’ndan bir görünüm

Ancak son yıllarda, yetersiz yağışlar ve artan sıcaklıklar nedeniyle barajın beslendiği Tahtalı Deresi’nde akımlar barajın planlama dönemine kıyasla azalmıştır. Barajdan 2000-2007 yılları arasında alınabilen su miktarı 56-82 hm³/yıl mertebelerinde kalmıştır. Bu miktarlar planlama döneminde öngörülen değerin oldukça altındadır. Hatta 2008 yılında yaşanan şiddetli kuraklık nedeniyle barajın göl hacmi, ölü hacim seviyesinin de altına düşmüştür (Şekil 2.3). Son dönemlerde yaşanan bu durum göstermektedir ki, baraj havzasındaki akımlar, yağış ve sıcaklık değişimlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir.



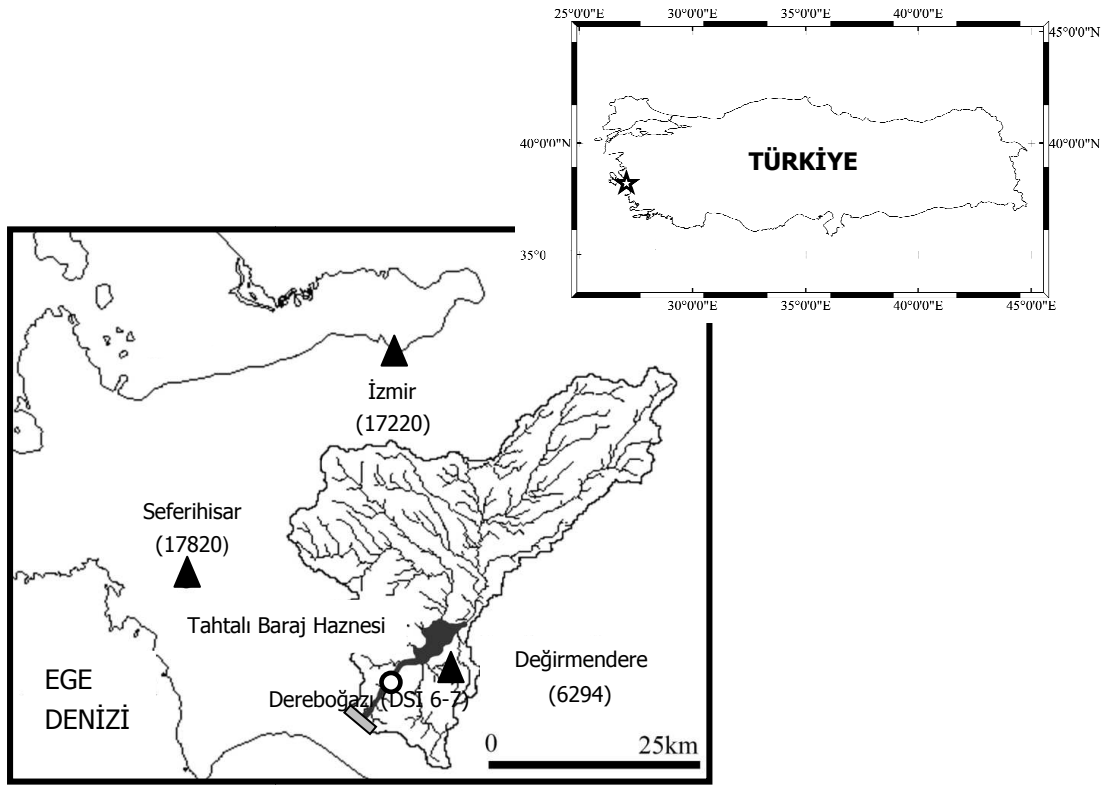
Şekil 2.3 Tahtalı Baraj gölünün kuru hali (21.11.2008)

Tahtalı havzasına ait Dereboğazı (6-7) istasyonu akım gözlemleri Devlet Su İşleri (DSİ) 2.Bölge Müdürlüğü'nden, yağış ve sıcaklık gözlemleri ise Devlet Meteoroloji İşleri (DMI) Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Değerlendirilen hidrometeoroloji istasyonları ve gözlenen yıllık toplamların ortalama istatistikleri Tablo 2.1'de, konumları ise Şekil 2.4'te sunulmaktadır.

Tablo 2.1. Tahtalı baraj havzasını temsil eden hidrometeoroloji istasyonları

İst. Tipi	İst. Adı (Numarası)	Kot (m)	İşleten Kuruluş	Rasat Aralığı	Ortalama		
					Yağış (mm/yıl)	Sıcaklık ($^{\circ}$ C/yıl)	Akış (mm/yıl)
M	İzmir (17220)	29	DMI	1929-2008	687.1	17.7	-
M	Seferihisar (17820)	30	DMI	1964-2008	581.7	16.6	-
M	Değirmendere (6294)	200	DMI	1965-1995	933.7	15.8	-
H	Dereboğazı (6-7)	19	DSİ	1970-1988	-	-	279.0

(M:meteoroloji, H: hidrometri)



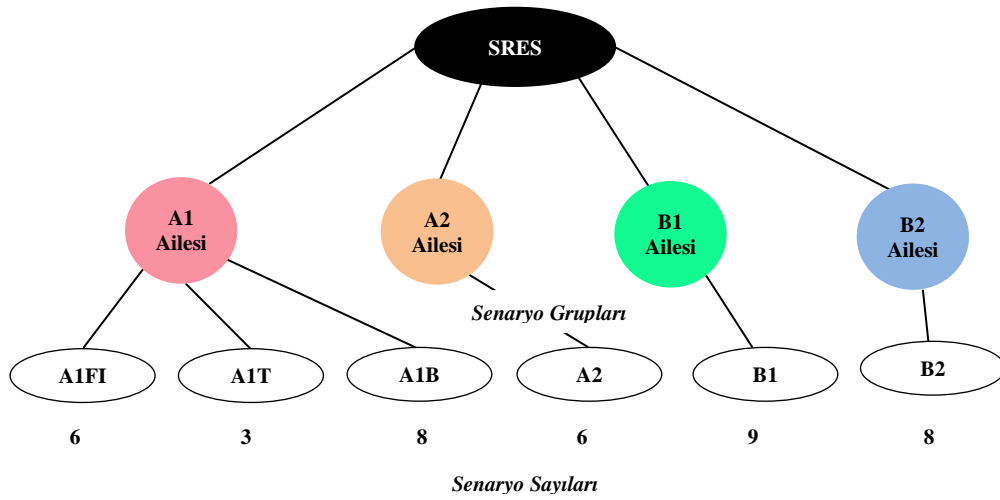
Şekil 2.4 Tahtalı baraj havzası ve havzayı temsil eden hidrometeoroloji istasyonları

Tahtalı baraj havzasının aylık yağışlarını temsil etmek üzere seçilen ve Şekil 2.4'te konumları gösterilen Değirmendere, İzmir ve Seferihisar meteoroloji istasyonlarından havzanın alansal ortalama yağışlarının bulunabilmesi için istasyonlar arasında Thiessen poligonları oluşturulmuş ve her bir istasyonun havza üzerindeki ağırlıkları elde edilmiştir. Buna göre istasyonların havza üzerindeki ağırlıkları İzmir için 0.40; Değirmendere için 0.55; Seferihisar için 0.05 olarak belirlenmiştir. Değirmendere ve Seferihisar istasyonlarına ait eksik gözlemler ise eksik gözlemi olmayan İzmir istasyonu ile kurulan korelasyon-regresyon ilişkileri yardımıyla tamamlanarak 1948-2008 dönemini kapsayan alansal ortalama yağışlar derlenmiştir. Aylık ortalama sıcaklık verileri ise diğer istasyonlarla oldukça yüksek korelasyon veren İzmir istasyonundan temin edilmiştir.

2.2.2 Emisyon Senaryoları, Genel Dolaşım Modelleri (GDM) ve NCEP/NCAR Re-analiz Verileri

Sunulan çalışmada emisyon senaryoları olarak, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından hazırlanan dört değerlendirme raporundan (FAR, SAR,

TAR ve AR4) sonucusu olan ve 2007 yılında tamamlanan AR4'te değinilen senaryolar esas alınmıştır. Bu senaryolar temelde 21. yüzyıla ait nüfus ve ekonomik aktivite öngörülerine dayanmakta olup, IPCC tarafından Emisyon Senaryoları Özel Raporu'nda yayınlanmıştır (SRES - Special Report on Emissions Scenarios, Nakićenović ve Swart, 2000). Tüm senaryolarda, gelecek için sera gazı emisyonları hesaplanırken, nüfus artışı, enerji kullanımı, ekonomi, teknolojik gelişmeler, tarım ve arazi kullanımındaki değişimler için farklı kabuller yapılmış ve temelde dört ana senaryo ailesi (A1, A2, B1, B2) oluşturulmuştur (IPCC, 2007; Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008). Bu senaryolar da kendi içlerinde alt senaryolara ayrıştırılarak 40 adet senaryo üretilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Dört ana hikaye çizgisi ve senaryo grupları (IPCC, 2007)

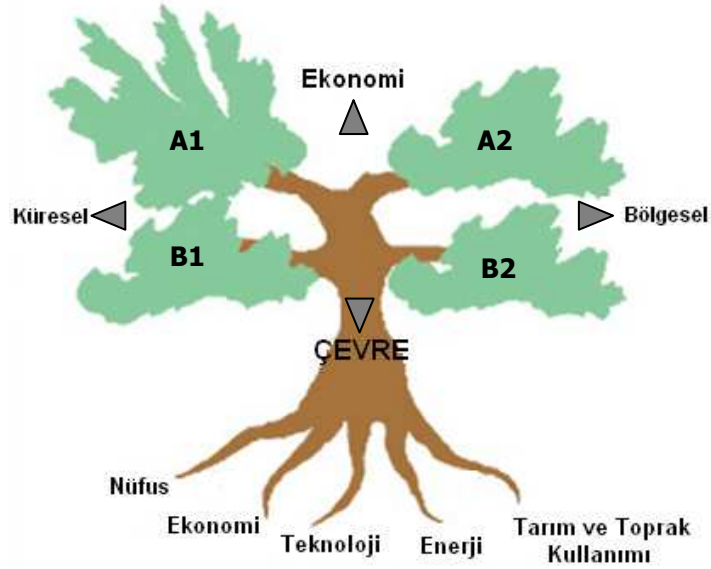
A1 senaryo grubu, gelecekte çok hızlı bir ekonomik büyümenin, yüzyılın ortalarında zirveye ulaşan ve sonrasında azalan küresel nüfusun, yeni ve daha etkili teknolojilerin hızlı bir şekilde giriş yaptığı bir dünyayı tasvir etmektedir. Başlıca temel konular, bölgeler arasındaki yakınlaşma, kapasite gelişimi, artan kültürel - sosyal etkileşimler ve kişi başına düşen gelirlerdeki bölgesel farklılıklardır. A1 senaryo grubu ayrıca, enerji sisteminde teknolojik değişikliklerin alternatiflerini temsil eden üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar, fosil yoğunluğu açısından teknolojiyi ön plana alan A1FI senaryosu, fosil olmayan enerji kaynaklarını ön plana alan A1T senaryosu ve bütün kaynaklar arasında dengeyi öngören A1B senaryosudur. A1B senaryosunda, dengeden kastedilen, tüm enerji arzına ve nihai kullanım

teknolojilerine, benzer gelişim oranlarının uygulanmış olması, bir başka deyişle tek bir enerji kaynağı yerine farklı ve eş yoğunluklu enerji kaynaklarının kullanılmasıdır (IPCC, 2007).

A2 senaryo grubu ise oldukça heterojen bir dünya tanımlamaktadır. Temel konular, kendi kendine yetebilme ve yerel kimliklerin korunmasıdır. Bölgeler arası çoğalma şemaları birbirlerine çok yavaş yaklaşmakta, bu da sürekli artan nüfusu doğurmaktadır. Ekonomik gelişmenin bölgesel karakterinin (zengin ve fakir ülkeler arasındaki eşitsizliğin) devam ettiği ve küresel ısınma - çevre konularında mücadele için herhangi bir özel tedbirin alınmadığı bir hikâye üzerine kurulmuştur. Ekonomik büyüme ile teknolojiye değişiklikler ise, diğer senaryolara göre daha yavaş işlemektedir (IPCC, 2007).

B1 senaryo grubunda ise A2’de vurgulanan bölgeselliğin aksine küreselleşme ön plana çıkarılmıştır. A1 senaryosuna benzer olarak çağın ortasında zirveye ulaşan ve sonrasında azalan küresel nüfusu, ekonomik yapıda hizmet ve bilgi ekonomisinde hızlı değişimleri öngörür. Bu senaryoya göre, temiz ve verimli kaynağı olan teknolojilerde gelişmeler de olacaktır. Bu bakımdan sürdürülebilirlik ile ilgili konular da senaryo kapsamında ele alınmıştır (IPCC, 2007).

Diğer senaryolara göre daha az sıklıkta kullanılan B2 senaryo grubu ise, ekonomik, sosyal ve çevresel koşulların sürdürülmesine yerel çözümler getiren bir dünyayı tarif etmektedir. Tarif edilen dünya, nüfusu A2 senaryosuna kıyasla daha düşük olsa da artan bir nüfusu öngörmektedir. Ekonomik gelişme orta düzeyde olup, B1 ve A1 senaryolarına kıyasla daha yavaş ama daha fazla teknolojik değişiklik beklenmektedir. Bu senaryo, çevre koruma ve sosyal eşitlik konularını vurguluyor olsa da yerel ve bölgesel çözümler üzerinde odaklanmaktadır (IPCC, 2007). Bu dört ana senaryo ailesi ve özelliklerinin Şekil 2.6’da şematik bir gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.6 Dört ana senaryo ailesinin şematik bir gösterimi (IPCC, 2007)

Bu senaryolarda gelecek için sera gazı emisyonları hesaplanırken kullanılan nüfus ve ekonomi öngörülleri Tablo 2.2’de verilmektedir.

Tablo 2.2 IPCC senaryolarının nüfus ve ekonomi öngörülleri (IPCC, 2007)

Senaryo	Nüfus (Milyar Kişi)		Dünya yıllık GSH (Trilyon ABD Doları)	
	2050	2100	2050	2100
A1	8.7	7.1	164	525
A2	11.3	15.0	82	243
B1	8.7	7.0	136	328
B2	9.3	10.4	110	235

Tablo 2.3’te ise, sözü edilen dört ana senaryoya göre atmosfere salınacak karbondioksit miktarının (CO_2) yıllık değişim tahminleri gösterilmektedir. Senaryolardan A1 ve B1, dünya ekonomisinde küresel ticaretin dominant rol oynadığını öngörürken A2 ve B2 senaryoları daha düşük düzeyde bir küreselleşme öngörmektedir. A2 senaryosunda küresel nüfusun 2100 yılında 15 milyar kişiye ulaşacağı tahmin edilirken B2 senaryosunda 10.4 milyar kişi öngörülmüştür. A1 ve B1 senaryolarında ise küresel nüfusun 2100 yılında sırasıyla 7.1 ve 7.0 milyar kişi olacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2007).

Tablo 2.3 IPCC senaryolarının CO₂ salım tahminleri

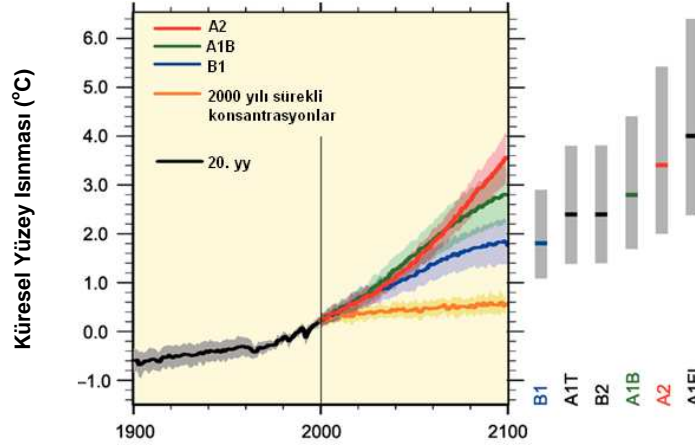
Senaryo	Fosil Kaynaklı CO ₂ (Milyar ton/ yıl)			Arazi Kaynaklı CO ₂ (Milyar ton/ yıl)			Kümülatif CO ₂ (Milyar ton/ yıl)
	1990	2050	2100	1990	2050	2100	1990-2100
A1FI	6	23.1	30.3	1.1	0.8	-2.1	2189
A1 A1B	6	16.0	13.1	1.1	0.4	0.4	1499
A1 A1T	6	12.3	4.3	1.1	0.0	0.0	1068
A2	6	16.5	28.9	1.1	0.9	0.2	1862
B1	6	11.7	5.2	1.1	-0.4	-1.0	983
B2	6	11.2	13.8	1.1	-0.2	-0.5	1164

Söz konusu bu nüfus ve ekonomik aktivitelerinin sera gazları emisyonlarındaki etkileri tahmin edilmiş ve geleceğe yönelik küresel sıcaklık ve deniz seviyelerindeki değişimler belirlenmiştir (Küresel Atmosfer-Okyanus Sirkülasyon Model Tahminleri). Bu değişimler, senaryolara göre Tablo 2.4'te ve Şekil 2.7'de sunulmaktadır (IPCC, 2007).

Tablo 2.4 Küresel sıcaklık ve deniz seviyelerindeki artış öngörülleri

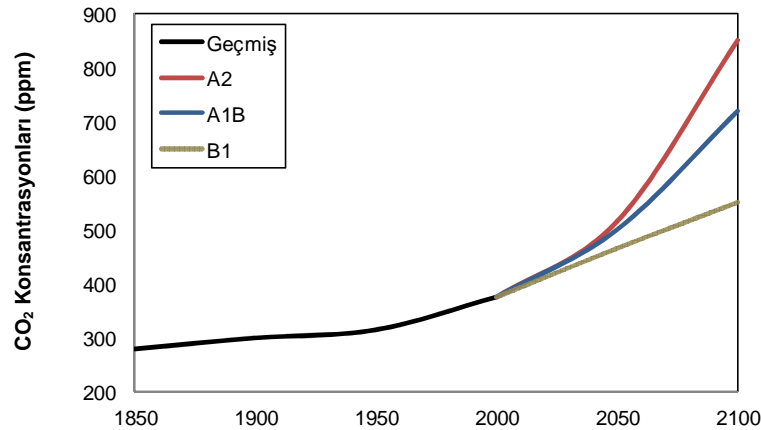
Senaryolar	1980-1999 Dönemine Göre Değişen Küresel Sıcaklık (°C)		1980-1999 Dönemine Göre Değişen Ortalama Deniz Seviyesi (m)
	Ortalama Tahmin	Olası Aralık	Olası Aralık
A1 A1T	2.4	1.4 - 3.8	0.20 - 0.45
A1 A1B	2.8	1.7 - 4.4	0.21 - 0.48
A1 A1FI	4.0	2.4 - 6.4	0.26 - 0.59
B1	1.8	1.1 - 2.9	0.18 - 0.38
A2	3.4	2.0 - 5.4	0.23 - 0.51
B2	2.4	1.4 - 3.8	0.20 - 0.43

Tablo 2.4'te verilen küresel sıcaklık ve deniz seviyelerindeki değişim senaryolarına göre çalıştırılan küresel iklim modelleri, yeryüzündeki atmosferik parametrelerdeki değişimleri 125-250 km çözünürlükle tahmin etmektedir. AR4 kapsamında 23 farklı iklim modeli çalıştırılmış ve model sonuçları senaryolara göre yayınlanmıştır (IPCC, 2007).



Şekil 2.7 Senaryolar kapsamında küresel yüzey ısınması değişim öngörülleri ve değerlendirilen aralıklar (IPCC, 2007)

AR4'te ele alınan farklı senaryo grupları bulunmasına karşın, tez kapsamında iklim modelleri içerisinde 20C3M, A1B, A2 ve B1 senaryolarını içeren modeller seçilmiştir (Tablo 2.5). Tez kapsamında, modellerin günümüz emisyon koşullarını temsil edeceği öngörülen 20C3M senaryosu sonuçları ve gelecek dönemi temsil edeceği öngörülen A1B, A2 ve B1 senaryolarına ilişkin sonuçları WDCC (World Data Center for Climate)'den temin edilmiştir. Bunlardan A1B senaryosunda 2100 yılında atmosferik CO₂ konsantrasyonu değerinin 720 ppm'e ulaşacağı, A2 senaryosunda bu değer 850 ppm ve B1 senaryosunda ise 550 ppm olacağı öngörülmektedir (IPCC, 2007). Senaryolara ait CO₂ salım tahminlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 2.8'de gösterilmektedir.



Şekil 2.8 Senaryolarda öngörülen CO₂ konsantrasyonlarının gelecekteki değişim öngörülleri (IPCC, 2007)

Tablo 2.5 Çalışma kapsamında ele alınan genel dolaşım (GDM) modelleri (● : ilgili senaryo var; X : ilgili senaryo yok)

Merkez	GDM	20C3M	A2	A1B	B1
Beijing Climate Center (China)	CM1	●	X	●	●
Bjerknes Centre for Climate Research (Norway)	BCM2.0	●	●	●	●
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (Canada)	CGCM3 (T47)	●	●	●	●
	CGCM3 (T63)	●	X	●	●
Centre National de Recherches Meteorologiques (France)	CM3	●	●	●	●
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia)	MK3.0	●	●	●	●
Max-Planck-Institute for Meteorology (Germany)	ECHAM5	●	●	●	●
Meteorological Institute, University of Bonn (Germany)	ECHO-G (*)	●	●	●	●
Institute of Atmospheric Physics (China)	FGOALS	●	X	●	●
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (USA)	CM2.0	●	●	●	●
	CM2.1	●	●	●	●
Goddard Institute for Space Studies (USA)	AOM	●	X	●	●
	E-H	●	X	●	●
	E-R (*)	●	●	●	●
Institute for Numerical Mathematics (Russia)	CM3.0	●	●	●	●
Institute Pierre Simon Laplace (France)	CM4	●	●	●	●
National Institute for Environmental Studies (Japan)	MIROC3.2 (Hires)	●	X	●	●
	MIROC3.2 (Medres)	●	●	●	●
Meteorological Research Institute (Japan)	CGCM2.3.2	●	●	●	●
National Centre for Atmospheric Research (USA)	CCSM3	●	●	●	●
	PCM	●	●	●	●
UK Met. Office (UK)	HADCM3	●	●	●	●
	HADGEM1	●	●	●	X

(*) ECHO-G genel dolaşım modelinde bazı değişkenler bulunmamaktadır. E-R iklim modelinde ise senaryolar farklı grid koordinatlarına sahiptir.

Çalışma kapsamında ele alınan ve WDCC'den temin edilen 14 genel dolaşım modelinin NetCDF (Network Common Data Form) formatındaki sonuçları ArcGIS programı ile derlenmiştir. Tez çalışmasında değerlendirilen Tahtalı havzası, ele alınan genel dolaşım modellerinin farklı enlem ve boylam merkezli hücreleri (gridleri) tarafından temsil edilmektedir (Tablo 2.6).

Tablo 2.6 Tahtalı havzasını temsil eden genel dolaşım modellerinin hücre koordinatları

Model	Çözünürlük (Enlem x Boylam)	Enlem (°)	Boylam (°)
BCM2.0	2.79 x 2.81	37.67	28.13
CGCM3 (T47)	3.71 x 3.75	38.97	26.25
CM3	2.79 x 2.81	37.67	28.13
MK3.0	1.87 x 1.88	38.24	26.25
ECHAM5	1.87 x 1.88	38.24	26.25
CM2.0	2.00 x 2.50	39.00	26.25
CM2.1	2.02 x 2.50	37.42	26.25
CM3.0	4.00 x 5.00	40.00	25.00
CM4	2.53 x 3.75	39.30	26.25
MIROC3.2	2.79 x 2.81	37.67	28.13
CGCM2.3.2	2.79 x 2.81	37.67	28.13
CCSM3	1.40 x 1.41	38.52	26.72
PCM	2.79 x 2.81	37.67	28.13
HADCM3	2.50 x 3.75	37.50	26.25

Ancak yerel iklimi temsil eden yağış ve sıcaklık gibi değişkenlerin ölçüldüğü meteoroloji istasyonları aynı model hücresi içinde kalsalar bile birbirlerinden farklı karakteristik özelliklere sahip olabilmektedir. Örneğin Küçük Menderes havzasındaki bazı meteoroloji istasyonları ile Gediz havzasındaki bazı meteoroloji istasyonları HADCM3 iklim modeline ait ortak bir gridin sınırları içerisinde olmasına karşın yağış ve sıcaklıklar açısından çok farklı istatistiklere ve dağılımlara sahip olduğu görülmektedir (Okkan, 2009).

Bu nedenle, kaba çözünürlüklü tahminlere sahip genel dolaşım modeli sonuçlarının yerel ölçekteki yağışlara ve sıcaklıklara dönüştürülmesi için, bölgesel atmosferik değişkenler ile yağış ve sıcaklık değerleri arasında bazı istatistiksel dönüşüm ilişkilerinin kurulması önerilmektedir (Anandhi ve ark., 2008; Fistikoglu ve

Okkan, 2011; Okkan ve Fistikoglu, 2012). İstatistiksel ölçek indirgeme yöntemi (statistical downscaling method) olarak bilinen bu yöntemin uygulanabilmesi için meteoroloji uyduları ve küresel kara gözlem ağından elde edilen, $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ grid çözünürlüğüne sahip NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction/National Centers for Atmospheric Research) re-analiz verilerinden yararlanılabilmektedir (Kalnay ve ark., 1996).

NCEP/NCAR kuruluşları, atmosfer çalışmaları ve iklim olaylarının anlaşılması için 1948 yılından günümüze küresel atmosfer analizlerini içeren veri setlerini oluşturmakta ve kullanıma sunmaktadır. Bu küresel iklim veri seti birçok ülkenin ulusal arşivleri, meteoroloji gözlem istasyonları, gemi ve uçak gözlemleri, uydu verileri ve hava tahmin modelleri kullanılarak spektral istatistiksel interpolasyon yöntemi ile 210 km çözünürlüklü olarak hazırlanmakta ve re-analiz (yeniden analiz) verileri olarak adlandırılmaktadır (Kalnay ve ark., 1996).

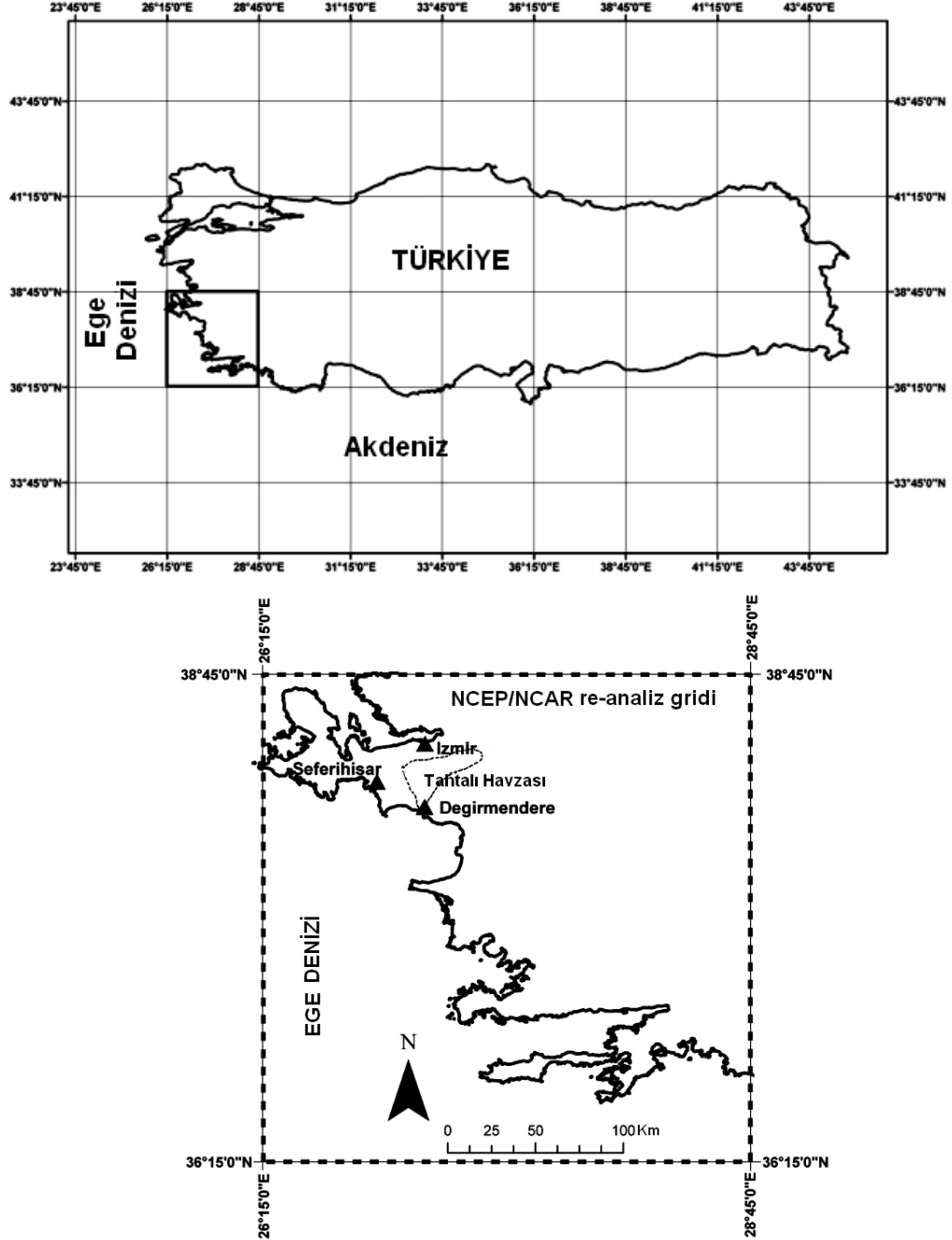
NCEP/NCAR re-analiz verileri pek çok ölçek indirgeme çalışmasında bölgesel tahminleyici olarak kullanılmıştır. Wilby ve ark. (2002) NCEP/NCAR re-analiz verileri ile geliştirmiş oldukları SDSM (Statistical Downscaling Model) yaklaşımını kullanarak Kanada'nın Toronto bölgesinde ölçek indirgeme işlemleri gerçekleştirmişlerdir. Salathe (2003) ABD'de bir akarsu havzasına, Timbal ve ark. (2003) analog yöntem (Analogue Method) kullanarak Fransa'da seçilen 17 meteoroloji istasyonuna, Wetterhall ve ark. (2005) analog yöntem ile İsveç'te bulunan bazı istasyon ölçeklerine, Dibike ve Coulibaly (2005, 2006) SDSM, hava üreticisi (weather generator) ve geçici sinir ağları (temporal neural Networks-TNN) yaklaşımlarını kullanarak Kanada'daki bir meteoroloji istasyonuna, Burger ve Chen (2005) regresyon yaklaşımı ile Almanya'da yer alan bazı istasyon ölçeklerine, Bardossy ve ark. (2005) bulanık kural tabanlı bir algoritma (Fuzzy rule-based methodology) ile Almanya'da bulunan bir istasyon ölçeğine, Schmidli ve diğ. (2006) dinamik ve yerel ölçekleme yaklaşımları ile Avrupa Alpleri ve komşu bölgelerine, Rong ve ark. (2010) ve Huang ve ark. (2011) SDSM yaklaşımını kullanarak sırasıyla Çin'de bulunan Dongjiang ve Yangtze nehri havzalarına günlük yağışları indirgemişlerdir. Öte yandan Tatli ve ark. (2004) Sampson korelasyon oranı

yöntemini (Sampson correlation ratio) tahminleyici değişkenlere uygulayarak tekrarlayan sinir ağları (recurrent neural networks) yardımıyla Türkiye'deki bazı önemli istasyonlara, Tripathi ve ark. (2006) destek vektör makineleri (support vector machines) ve yapay sinir ağları ile Hindistan'ın önemli meteorolojik bölgelerine, Benestad ve ark. (2007) regresyon analizi ile Norveç'teki bir uygulama alanına, Anandhi ve ark. (2008) *k*-ortalamlar (*k*-means) kümeleme algoritmasını ve en küçük kareler destek vektör makineleri (least squares support vector machines) yaklaşımını kullanarak Hindistan'ın Karnataka bölgesine, Okkan (2009) adımsal regresyon yöntemini tahminleyici değişkenlere uygulayarak ileri beslemeli geri yayımlı sinir ağları ile İzmir içmesuyu havzalarına, Fistikoglu ve Okkan (2011) Mallows C_p yaklaşımını optimum tahminleyicilerin belirlenmesinde kullanarak Levenberg-Marquardt algoritması tabanlı bir ileri beslemeli geri yayımlı sinir ağı modeli ile İzmir'de bulunan 3 adet meteoroloji istasyonuna aylık yağışları indirgemişlerdir. Aylık ve günlük ölçekteki çalışmaların yanı sıra mevsimsel yağışların NCEP/NCAR verileri kullanılarak indirgenmesi uygulamalarına da rastlanmaktadır (Xoplaki ve ark., 2004; Maheras ve ark., 2004; Tolika ve ark., 2006).

Yağışların yanı sıra NCEP/NCAR re-analiz verileri ile sıcaklıkların yerel ölçğe indirgenmesi çalışmaları da dikkat çekmektedir. Chen ve Chen (2003) kış ayı ortalama sıcaklıklarını kanonik korelasyon analizi kullanarak Çin'de bulunan 147 adet istasyona indirgemişlerdir. Timbal ve ark. (2003) analog yöntem kullanarak günlük maksimum ve minimum sıcaklıkları Fransa'da bulunan 17 meteoroloji istasyonu ölçğine, Tatli ve ark. (2005) aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıkları tekil spektrum analizi (singular spectrum analysis), asal bileşenler analizi ve kanonik korelasyon analizi kullanarak Türkiye'de bulunan 62 adet meteoroloji istasyonu ölçğine, Schoof ve ark. (2007) günlük maksimum ve minimum sıcaklıkları çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemini kullanarak ABD'deki 26 adet meteoroloji istasyonu ölçğine indirgemişlerdir.

Tez kapsamında da kullanılan NCEP/NCAR re-analiz verilerine NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)'nın internet sitesinden erişilmiştir (<http://www.cdc.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>). Tez çalışmasında

ele alınan uygulama havzasına ait 27. 50° boylam ve 37. 50° enlem merkezli grid (Şekil 2.9) NCEP/NCAR re-analiz gridi olarak seçilmiş ve gride ait NetCDF formatındaki veriler ArcGIS programı ile derlenerek kullanıma hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2.9 Türkiye'yi kapsayan NCEP/NCAR gridleri ve Tahtalı havzasına ait grid

NCEP/NCAR re-analiz verilerini, havzadaki yağış ve sıcaklık çıktılarına dönüştürmede kullanılacak ölçek indirgeme modellerinin kurulabilmesi için, kullanılan atmosferik değişkenlerin tez kapsamında ele alınan 14 adet genel dolaşım modelinde de olması gerekmektedir. Aksi takdirde, genel dolaşım modellerinin bölgesel tahminlerini, NCEP/NCAR re-analiz değişkenleri ile belirlenen ilişkiler yardımıyla indirgemek tutarlı olmayacaktır. Bu kapsamda, NCEP/NCAR re-analiz veri setleri ve seçilen genel dolaşım modellerinin senaryolarında (20C3M, A1B, A2 ve B1) mevcut olan değişkenler karşılaştırılarak 12 ortak potansiyel tahminleyici değişken tespit edilmiştir (Tablo 2.7).

Tablo 2.7 NCEP/NCAR re-analiz veri setinde ve genel dolaşım modellerinde ortak olan değişkenler

Atmosferik Seviyeler	Değişkenler
200 hPa	air200 (°C) hgt200 (m)
500 hPa	air500 (°C) hgt500 (m) rhum500 (%)
850 hPa	air850 (°C) hgt850 (m) rhum850 (%)
Yüzey	air (°C) press (hPa) slp (hPa) prate (kg/m ²)

Tablo 2.7’de listelenen tahminleyici değişkenler sütununda;

air : hava sıcaklığını,
hgt : geopotansiyel yüksekliği,
rhum : rölatif (bağıl) nemi (mutlak nemin maksimum neme oranını),
press : yüzey basıncını,
slp : deniz seviyesi basıncını,
prate : yağışı temsil etmektedir.

2.3 Tez Kapsamında Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

2.3.1 Genel

Tez kapsamında derlenen yağış, sıcaklık ve akış gözlemleri ile uygulama havzasına ilişkin genel dolaşım modellerinin ve NCEP/NCAR re-analiz değişkenlerinin ortalama, standart sapma, çarpıklık gibi temel istatistikleri belirlenmiştir. Bu temel istatistiklerin yanı sıra yararlanılan diğer analiz yöntemleri ve kullanım amaçları aşağıda özetlenmiştir.

Çalışmada genel dolaşım modellerinin, 20C3M dönemi (1950-1999) indirgenmiş yağış ve sıcaklıklarının, gözlem yapılmış dönemi yansıtabilmesi açısından yeterli sayıda ve homojen tahminleyici NCEP/NCAR değişkeninin kullanılması amaçlanmıştır. Bu nedenle, NCEP/NCAR değişkenleri ve havzayı temsil eden yerel ölçekteki alansal yağış - sıcaklık değişkenleri iki gruba bölünerek homojenlikleri Mann-Whitney U testi ile sınanmıştır. Ayrıca genel dolaşım modelleriyle 12 ortak atmosferik değişkene sahip olan NCEP/NCAR re-analiz verileri ve havzanın yağış-sıcaklık dizileri arasında kurulan regresyon modellerinden yararlanılarak en iyi 1,2,...,12 girdili kombinasyonlar belirlenmiştir. Farklı kombinasyonlar neticesinde belirlenen modeller içindeki en uygun model ise değişkenin homojenliği de dikkate alınarak düzeltilmiş determinasyon katsayısına ve hata performansına bağlı olarak seçilmiştir. Ardından regresyon ve homojenlik analizi yaklaşımları ile belirlenen tahminleyiciler yapay sinir ağları tabanlı ölçek indirgeme modellerinin girdileri olarak kullanılmıştır.

Çalışmada gerek yapay sinir ağı modellerinin gerekse parametrik yağış-akış modellerinin performansları farklı istatistiksel ölçütlerle sınanmıştır. Bu maksatla determinasyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş determinasyon katsayısı (Adj. R^2), hata kareler ortalaması (HKO) ile bu değerinkarekökü (HKOK), Nash-Sutcliffe katsayısı (NS) ve ağırlıklı ortalama mutlak hata (AOMH) gibi performans kriterlerinden yararlanılmıştır. Bu performans kriterlerinin hidroloji ve su kaynakları mühendisliği kapsamında uygulamalarına sıklıkla rastlanmaktadır (Nash ve Sutcliffe, 1970; Moriasi ve ark., 2007; Nayak ve ark., 2005; Hu ve ark., 2001).

NCEP/NCAR değişkenlerinin yanı sıra, genel dolaşım modellerinin 20C3M çıktılarının aylık ve yıllık homojenlikleri de Mann-Whitney U (M-W) testi kullanılarak sınanmıştır. Varyansların ve ortalamaların durağanlıkları ise f ve t testleri ile irdelenmiştir. M-W, f ve t testlerine ilaveten, serilere eğilim ve bağımsızlık testleri de uygulanmıştır. Eğilim testi için Mann-Kendall sıra korelasyon testinden, bağımsızlık testi için ise lag-1 otokorelasyon değerlerinden yararlanılmıştır.

Çalışmada her bir genel dolaşım modelinin havza ölçeğine indirgenen yağış, sıcaklık ve bu değişkenler yardımıyla türetilen akış değerlerinin ortalamalarına ait güven aralıkları da belirlenmiştir. Bu maksatla yeniden örnekleme (resampling) teorisine dayanan sapması düzeltilmiş ve hızlandırılmış (BCA) Bootstrap yönteminden yararlanılmıştır. Sözü edilen tüm istatistiksel yöntemlere dair detaylı bilgiler aşığıdaki bölümlerde sunulmaktadır.

2.3.2 Mann-Whitney U (M-W) Homojenlik Testi

Çalışmada aylık, mevsimsel ve yıllık homojenlikler Mann-Whitney U testi (M-W) ile sınanmıştır. Bu test, iki karşılaştırma grubunun aynı dağılımdan gelip gelmediğini incelemek için kullanılan parametrik olmayan bir istatistik testidir. Aynı zamanda Wilcoxon sıralama toplamı testi veya Wilcoxon-Mann-Whitney testi olarak da bilinmektedir (Mann ve Whitney, 1947). Testin yapılışı her iki grubun bir araya getirilip beraberce sıralanmasına dayanmaktadır. Birlikte sıralanan iki grubun elemanlarına, hangi gruba ait olduğuna bakılmaksızın sıra numaraları verilmekte, daha sonra her grubun elemanlarının almış olduğu sıra numaraları toplanmaktadır. Birinci grubun elemanlarının sıra numaraları toplamına R_1 , ikinci örneğin elemanlarının sıra numaraları toplamına R_2 denildiğinde U_i değerleri hesaplanabilmektedir.

$$U_i = N_1N_2 + \frac{N_i(N_i + 1)}{2} - R_i, \quad (i = 1, 2) \quad (2.1)$$

$i = 1$ ve 2 için hesaplanan U_1 ve U_2 değerlerinden büyük olanı (U^*) seçilmekte ve z test istatistiği belirlenmektedir (Denklem 2.2).

$$z = \frac{U^* - \frac{N_1 N_2}{2}}{\sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}}} \quad (2.2)$$

Burada N_1 ve N_2 karşılaştırılan gruplara ait veri sayılarını simgelemektedir.

Belirlenen z değeri, α önem düzeyindeki tablo değeri (z_{kr}) ile karşılaştırılmaktadır. Eğer z istatistiğinin mutlak değeri z_{kr} değerinden küçük ise, istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varılabilmektedir.

2.3.3 Varyans ve Ortalamanın Durağanlık Testi

Varyansın durağanlık testi istatistiği, karşılaştırma gruplarının varyanslarının birbirine oranlanması ile bulunmaktadır.

$$f = S_1^2 / S_2^2 \quad (2.3)$$

Eşitlikte S_1^2 , n_1 elemanlı ve $v_1=n_1-1$ serbestlik dereceli 1.grubun varyansı, S_2^2 n_2 elemanlı ve $v_2=n_2-1$ serbestlik dereceli 2. grubun varyansını göstermektedir. f daima 1'den büyük olacak şekilde hesaplanmakta ($S_1>S_2$) ve α önem düzeyindeki $f_\alpha(v_1;v_2)$ tablo değeri (f_{kr}) ile karşılaştırılmaktadır. $f < f_\alpha(v_1;v_2)$ durumunda, toplum varyanslarının aynı olduğu ($H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$) varsayımı kabul edilmektedir (Yevjevich, 1972; Bayazıt ve Oğuz, 1985).

Varyansların durağanlıklarının test edildiği grupların ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olup olmadığının kontrolü ise t testi ile yapılabilmektedir. Grup varyanslarının aynı olduğu kabulüyle, ortalamalara ilişkin $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ ve $H_1: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ hipotezleri için, aşağıda verilen denklem yardımı ile t istatistiği hesaplanmaktadır (Yevjevich, 1972; Bayazıt ve Oğuz, 1985).

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1).S_1^2 + (n_2 - 1).S_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (2.4)$$

Eşitlikte \bar{x}_1 ve \bar{x}_2 sırasıyla 1. ve 2. grupların ortalamalarını, S_1^2 ve S_2^2 sırasıyla 1. ve 2. grupların varyanslarını, n_1 ve n_2 ise sırasıyla gruplara ait veri sayılarını göstermektedir.

Hesaplanan t değeri, α önem seviyesinde ve $\nu = n_1 + n_2 - 2$ serbestlik dereceli t ($\nu, \alpha/2$) tablo değeri (t_{kr}) ile karşılaştırılmakta; $|t| < t(\nu, \alpha/2)$ ise grup ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olmadığına (H_0 hipotezinin kabulüne) karar verilmektedir (Yevjevich, 1972; Bayazıt ve Oğuz, 1985).

2.3.4 Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi

Parametrik olmayan Mann-Kendall sıra korelasyon testi hidrometeorolojik zaman serilerinde meydana gelebilecek artma veya azalma yönündeki gidişlerin istatistiksel önemini test etmede oldukça sık kullanılan bir testtir (Yue ve ark., 2002). Korelasyon katsayısı t -testinde olduğu gibi verilerin belirli bir dağılıma uyma koşulu yöntemde aranmamaktadır (Yu ve ark., 1993).

Bu gidiş testi $i = 1, \dots, (n-1)$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_i veri setine ve $j = i + 1, \dots, n$ 'ye kadar sıralanmış olan bir x_j veri setine uygulanmaktadır. Her bir sıralanmış rakam x_i bir referans noktası olarak kullanılmakta ve diğer sıralanmış veri grubu x_j ile aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi kıyaslanmaktadır.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & ; x_j > x_i \\ 0 & ; x_j = x_i \\ -1 & ; x_j < x_i \end{cases} \quad (2.5)$$

Mann-Kendall test istatistiği (S) ise Denklem 2.6 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (2.6)$$

Denklemden n veri sayısını temsil etmektedir. S değeri ise $n > 8$ olduğunda aşağıdaki verilen ortalama ve varyans ile yaklaşık olarak normal dağılım göstermektedir.

$$E[S] = 0 \quad (2.7)$$

Asimptotik olarak normal bir dağılıma sahip ve ortalaması sıfır olan S test istatistiğinin varyansı Denklem 2.8 yardımıyla hesaplanmaktadır (Hirsch ve ark., 1982).

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (2.8)$$

Eğer verilerde aynı sayısal değerlere sahip gruplar varsa, bu ifadenin payından $\sum t_k(t_k - 1)(2t_k + 5)$ değeri çıkartılmaktadır. Burada t_k özdeş değerli grup (tie) sayısını göstermektedir. Standart normal değişken (z) ise Denklem 2.9 yardımıyla hesaplanarak kritik z değeri (z_{kr}) ile karşılaştırılmaktadır (Hirsch ve ark., 1982).

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & ; S > 0 \\ 0 & ; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & ; S < 0 \end{cases} \quad (2.9)$$

Eğer α önem seviyesinde $|z| \leq z_{kr}$ ise H_0 hipotezi (eğilim yok öngörmesi) kabul edilmekte, aksi durumda ise reddedilmektedir. Ayrıca hesaplanan S değeri pozitif ise veri dizisinde artan, negatif ise azalan bir eğilim söz konusudur.

2.3.5 İçsel (Dizinsel) Bağımsızlık Testi

Zaman serilerinde içsel bağımlılığın ölçülmesinde en çok kullanılan istatistik, $k=1$ zaman kaymalı (lag-1) otokorelasyon katsayısıdır. Bu katsayı (r_1), orijinal zaman

sirasındaki seri ile $k = 1$ zaman kaydırılmış seri arasındaki kovaryansın seri varyansına bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Salas ve ark., 1980; Kottegoda, 1980).

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x}) / n}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n} \quad (2.10)$$

Ardından, $\rho_1 = E\{r_1\}$ birinci otokorelasyon katsayısının beklenen değeri için $H_0: \rho_1 = E\{r_1\} = 0$ hipotezi, $H_1: \rho_1 = E\{r_1\} \neq 0$ hipotezine karşı test edilmektedir. Hesaplanan r_1 değeri k zaman aralığı için α önem düzeyinde Denklem 2.11'den hesaplanan alt ve üst güven sınırları arasında kalırsa, ardışık değerler arasında korelasyonun önemsiz olduğuna karar verilmektedir (Salas ve ark., 1980).

$$GS(r_1) = \frac{-1 \pm z_{\alpha/2} \sqrt{n-2}}{n-1} \quad (2.11)$$

2.3.6 Bootstrap Yöntemi

Bootstrap yöntemi ilk olarak Efron (1979a) tarafından parametrik olmayan bir yaklaşım olarak tanıtılmıştır. Yöntemde Jackknife metodundaki (Quenouille, 1949) iadesiz olarak yapılan yeniden örnekleme yaklaşımı iadeli olarak yapılmakta ve bu yaklaşımın Jackknife yönteminin geliştirilmiş bir hali olduğu ifade edilmektedir (Efron, 1979a,b, 1992). Yöntem, günümüzde hızlı işlem yapabilen bilgisayarların avantajını kullanarak birçok bilim dalında yaygın olarak kullanılan bir yeniden örnekleme yöntemi haline gelmiştir. Bunun nedeni, yöntemin oldukça basit olması, verilerin dağılımı ile ilgili önceden bir varsayım gerektirmemesi ve karmaşık analitik ifadeler içermemesidir (Efron ve Tibshirani, 1986, 1993; Davison ve Hinkley, 1994; Tercan, 2002; Khan ve ark., 2006).

Veri-temelli bir simülasyon yöntemi olarak anılan Bootstrap yönteminin temel prensibi, θ ve rassal değişken $\hat{\theta}(X)$ arasındaki ilişki hakkında bilgi elde etmektir. Bu bilgi örnekten tekrarlı olarak çekilmiş alt örnekler (X^*) kullanarak, $\hat{\theta}(X)$ ve

$\hat{\theta}(X^*)$ arasındaki ilişkiden elde edilmektedir. X^* , veri vektöründen iadeli olarak çekilerek parametrik olmayan Bootstrap yöntemi ile elde edilebileceği gibi, parametrikleştirilebilen dağılım fonksiyonu ifadesinden örneklenerek ya da diğer bir deyişle parametrik Bootstrap yöntemiyle de oluşturulabilmektedir. Bootstrap yönteminin işleyişi aşağıdaki temel adımlar yardımı ile gerçekleştirilmektedir.

- N hacimli $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ anakütleden iadeli olarak n hacimli ($n \leq N$) Bootstrap örnekleri çekilmektedir ($X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*$).
- Tekrar sayısı $i=1, 2, \dots, B$ olmak üzere $\hat{\theta}$ istatistiğinin Bootstrap yinelemeleri gerçekleştirilmektedir.

$$\hat{\theta}_i^* = \hat{\theta}(X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*) \quad (2.12)$$

B için en uygun değerin seçimi ise tartışmaya açık bir konu olmakla beraber % 90-95 güvenirlilikteki güven aralıkları için bu değer 1000 veya üzeri alınabilmektedir (Davison ve Hinkley, 1994).

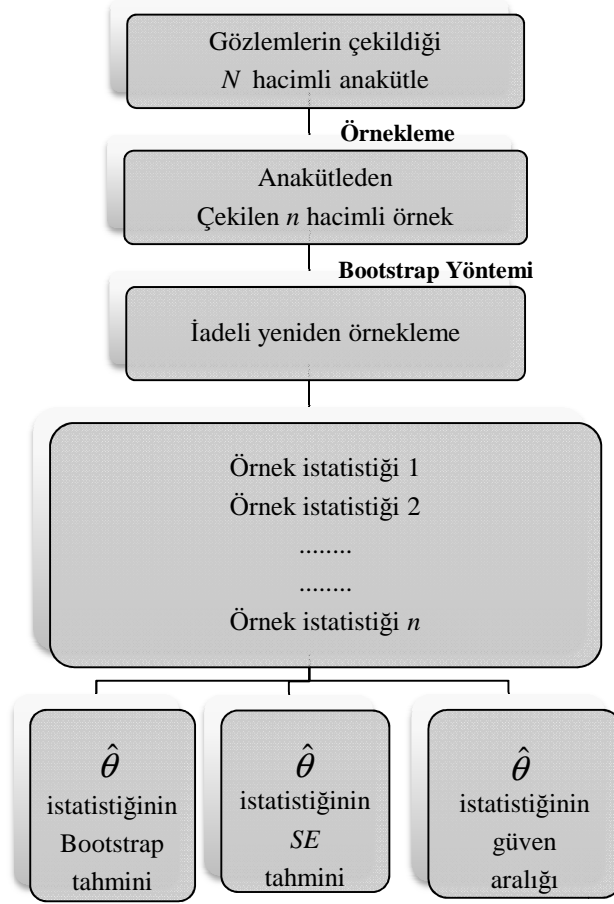
- $\hat{\theta}$ istatistiğinin ve standart hatasının (SE) Bootstrap tahmini hesaplanmaktadır (Denklem 2.13).

$$SE = \sqrt{\left\{ \frac{1}{B-1} \sum_{i=1}^B (\hat{\theta}_i^* - \hat{\theta}_*^*)^2 \right\}} \quad (2.13)$$

Burada, $\hat{\theta}_*^* = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B \hat{\theta}_i^*$, dir.

- Seçilen bir yöntem ile $\hat{\theta}$ istatistiğinin güven aralıkları belirlenmektedir.

Yukarıda basamakları anlatılan Bootstrap yönteminin işleyiş şeması Şekil 2.10'da sunulmaktadır.

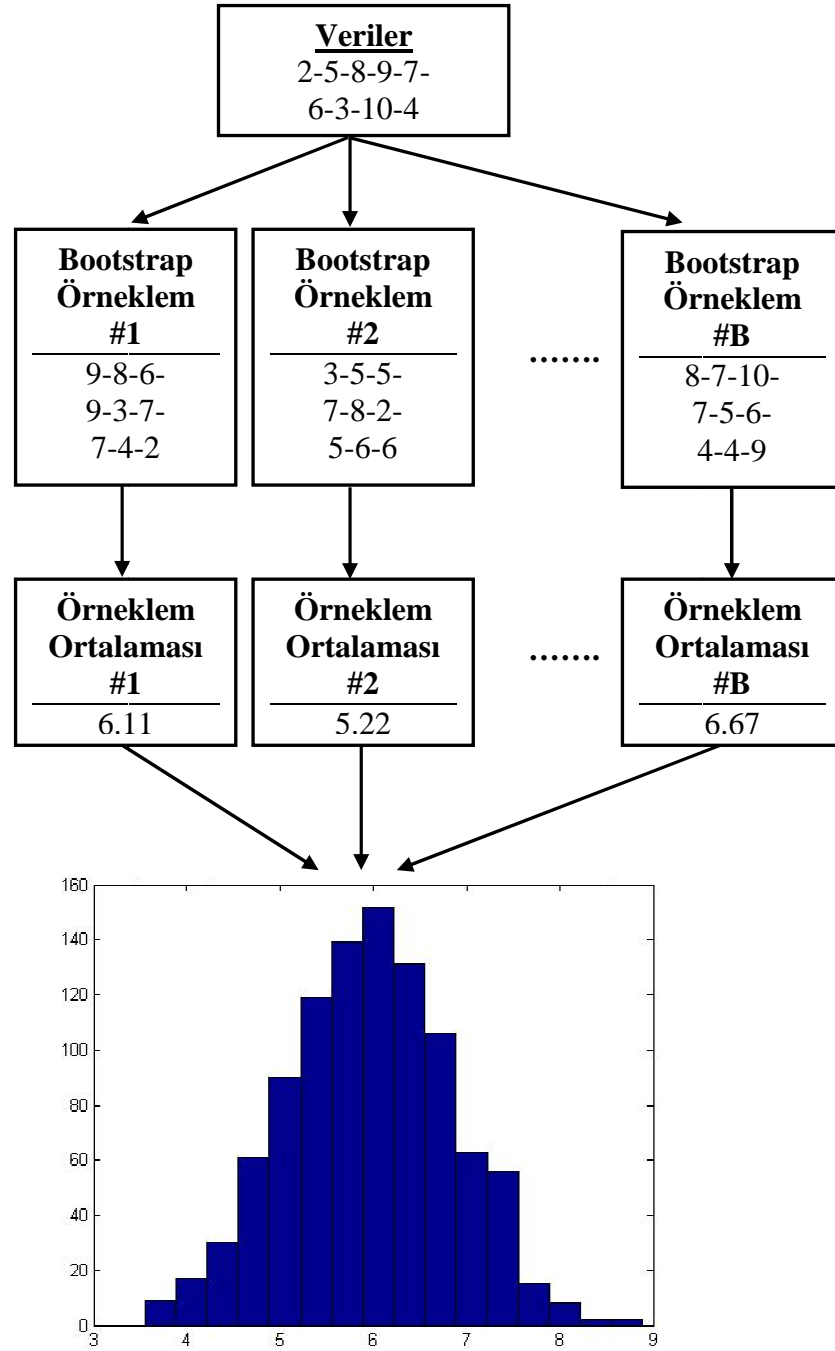


Şekil 2.10 Bootstrap yönteminin işleyiş şeması

Bir veri setinin ortalaması için ($\hat{\theta} = \bar{x}$) örneklem dağılımının Bootstrap yöntemi ile elde edilmesine ilişkin bir örnek aşağıda verilmiştir (Tercan, 2002). Örnek, ana kütle [2, 5, 8, 9, 7, 6, 3, 10 ve 4] değerlerini alan 9 veriden oluşmaktadır (Tablo 2.8).

Tablo 2.8 Bootstrap ile örnekleme (Tercan, 2002)

Veriler {X}	İadeli Bootstrap örneklemleri		
	$i=1$	$i=2$	$i=B$
2	9	3	8
5	8	5	7
8	6	5	10
9	9	7	7
7	3	8	5
6	7	2	6
3	7	5	4
10	4	6	4
4	2	6	9
Ortalama	6.11	5.22	6.67



Şekil 2.11 Bootstrap yöntemi ile $\hat{\theta}^* = \bar{x}$ ortalama istatistiği için elde edilen örnekleme dağılımı

Bootstrap işleminde ilk olarak veri setinden yerine koymak suretiyle ve rastgele bir şekilde mevcut veri sayısı kadar veri çekilmiştir. Tablodaki ikinci kolon, çekilen 9 veriyi göstermektedir. Bu veriler, birinci Bootstrap örneklemini oluşturmaktadır. Daha sonra bu örneklemin ortalaması hesaplanmıştır. Tablodaki son satırlar

hesaplanan ortalama değerleri göstermektedir. Sonraki adımda yine yerine koyarak ikinci bir Bootstrap rnekleme çekilmiş ve bu örneklemin ortalama değeri hesaplanmıştır. Tablodaki üncü kolon, ikinci Bootstrap örneklemini göstermektedir. Örnekleme ekme ve bu örneklemden ortalama hesaplama işlemi $B=1000$ kez tekrarlanmıştır. Tabloda bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Bootstrap rneklemlerinden hesaplanan B adet ortalama, ortalamanın örnekleme dağılımını oluşturmaktadır. Örnekleme işlemi, yerine koyarak ve rastgele yapıldığından her bir Bootstrap rnekleme, mevcut verilerin farklı bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Dolayısıyla bir Bootstrap rnekleme bir veri değerini hiç içermezken, diğerleri bir, iki ya da daha çok kez içerebilmektedir. Tabloda verilen örnekte birinci Bootstrap rnekleminde 5 değeri hiç yer almazken, ikincisinde , sonuncusunda ise bir defa yer almıştır. Şekil 2.11’de bir veri topluluğunun ortalamasına ilişkin örnekleme dağılımının Bootstrap yöntemi ile nasıl oluşturulduğu Şematik olarak gösterilmektedir.

Tez kapsamında genel dolaşım modellerinin havza leğine indirgenen yağış, sıcaklık ve akış değerlerinin tahmini ortalama istatistiklerinin Bootstrap yöntemi ile örnekleme dağılımları oluşturulmak istenmiştir. Böylece rnekleme dağılımı belirlendiğinde, ortalamanın standart hatası ve ortalama ile ilişkin güven aralıkları da hesaplanabilecektir. Günümüzde standart Bootstrap güven aralıklarının yerine parametrik olmayan Bootstrap güven aralığı yöntemleri önerilmektedir (Hall, 1988; DiCiccio ve Romano, 1988; Efron ve Tibshirani, 1993; Mooney ve Duvall, 1993; Hall, 1993; Davison ve Hinkley, 1994; Lunneborg, 2000). Bu yöntemlerden en fazla kabul görenleri Bootstrap t - güven aralığı, Bootstrap yüzdelik güven aralığı, sapması düzeltilmiş-hızlandırılmış yüzdelik güven aralığı (BCA) ve yaklaştırılmış-yakınsatılmış güven aralığı (ABC) yöntemleridir.

Özellikle Bootstrap dağılımının asimetric olduğu örnek problemlerinde Bootstrap yüzdelik güven aralığı yönteminin Bootstrap standart normal güven aralığı yöntemine göre daha doğru güven aralıkları sağladığı bilinmektedir. Burada bahsedilen doğruluk kavramı örnekleme hacminin veya Bootstrap yineleme sayısının arttırılması sonucunda güven aralıklarının gerçek anakütle parametresini kapsama

olasılığını göreceli bir şekilde arttırması olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemin çarpık dağılımlarda oldukça anlamlı sonuçlar verdiği; ancak, örneklem hacminin küçük olduğu durumlarda performansının düştüğü ve dağılımın uç kısımlarındaki kuyrukların şiştiği vurgulanmaktadır (DiCiccio ve Romano, 1988). Ayrıca varyansın bilinmeyen değerine bağımlı olarak performansta yetersizlikler olabileceği ve sözü edilen bağımlılığın minimize edilmesi gerektiği üzerinde durulmaktadır (Hall, 1993). Bu durumlar, güven aralıklarının kapsama başarısını da etkilemektedir (Efron ve Tibshirani, 1993). Dolayısıyla sapmadan kaynaklanan bu durumun düzeltilmesi için yöntemde hızlandırılmış sapma düzeltmesi (BCA) ve yaklaştırılmış-yakınsatılmış Bootstrap (ABC) olmak üzere iki modifikasyon önerilmiştir (Hall, 1988; DiCiccio ve Efron, 1996).

Tez kapsamında bu yöntemlerden sapması düzeltilmiş ve hızlandırılmış (BCA) Bootstrap güven aralığı yöntemi kullanılmıştır. BCA Bootstrap yönteminde $\hat{\alpha}$ ve \hat{z}_0 olarak gösterilen iki parametre yer almakta ve sırasıyla hızlandırma ve sapma düzeltme parametreleri olarak adlandırılmaktadır. Bu parametreler dağılımın anakütle örnekleme dağılımına yakınsamasını hızlandırmakta ve sapmayı ortadan kaldırmaktadır (Hall, 1988).

BCA güven aralığı ifadesi $[\hat{\theta}^{*(\alpha_1)}, \hat{\theta}^{*(\alpha_2)}]$ olarak tanımlanırsa, $\phi(\cdot)$ standart normal eklenik dağılım fonksiyonunu, $z^{(\alpha/2)}$ ise standart normal dağılımın $100 \times (\alpha/2)$ 'inci yüzdelik dilimini göstermek üzere, α_1 ve α_2 Denklem 2.14'teki gibi tanımlanmaktadır.

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \phi \left(\hat{z}_0 + \frac{\hat{z}_0 + z^{(\alpha/2)}}{1 - \hat{\alpha}(\hat{z}_0 + z^{(\alpha/2)})} \right) \\ \alpha_2 &= \phi \left(\hat{z}_0 + \frac{\hat{z}_0 + z^{(1-\alpha/2)}}{1 - \hat{\alpha}(\hat{z}_0 + z^{(1-\alpha/2)})} \right) \end{aligned} \quad (2.14)$$

Burada \hat{z}_0 sapma düzeltmesi parametresi orijinal tahminden küçük olan Bootstrap yinelemelerine bağlı olarak hesaplanmaktadır (Denklem 2.15).

$$\hat{z}_0 = \phi^{-1} \left[\#(\hat{\theta}^* < \hat{\theta}) / B \right] \quad (2.15)$$

$\hat{\alpha}$ hızlandırma parametresi için ise Efron ve Tibshirani (1993) tarafından Jackknife yaklaşımının kullanılmasına dayanan bir ifade önerilmiştir (Denklem 2.16).

$$\hat{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (\hat{\theta}_i^{**} - \bar{\theta}^{**})^3}{6 \left[\sum_{i=1}^{n_j} (\hat{\theta}_i^{**} - \bar{\theta}^{**})^2 \right]^{3/2}}, \quad \left(\bar{\theta}^{**} = \sum_{i=1}^{n_j} \hat{\theta}_i^{**} / n_j \right) \quad (2.16)$$

Burada $\hat{\theta}_i^{**}$ Jackknife yinelemelerini, n_j iadesiz örneklem adedini göstermektedir.

$\hat{\theta}^*$ 'nin dağılımı $\hat{\theta}$ etrafında simetrik ise Denklem 2.14'te $\hat{\alpha}$, $\hat{z}_0 = 0$ olmaktadır. Böylece $\alpha_1 = \phi(z^{(\alpha/2)}) = \alpha/2$ ve $\alpha_2 = \phi(z^{(1-\alpha)}) = 1 - \alpha/2$ şeklinde elde edilmektedir. Bu durumda BCA güven aralığı yüzdelerle güven aralığı ile aynı olmaktadır (Efron ve Tibshirani, 1993). $\hat{\alpha}$ ve \hat{z}_0 'ın sıfırdan farklı değerleri ise BCA uç noktaları için kullanılan yüzdelerle dilimlerin değişmesine sebep olacaktır. Bu değerlerin sıfırdan farklı olması asimetrinin var olduğu anlamına gelmekte ve Bootstrap BCA güven aralığı yöntemi diğer yöntemlerin asimetriden kaynaklanan yetersizliklerini ortadan kaldırmaktadır. BCA güven aralığı algoritması ile ilgili detaylı açıklamalar Lunneborg (2000) tarafından değerlendirilmiştir.

2.4 Ölçek İndirgeme Yöntemi

2.4.1 Genel

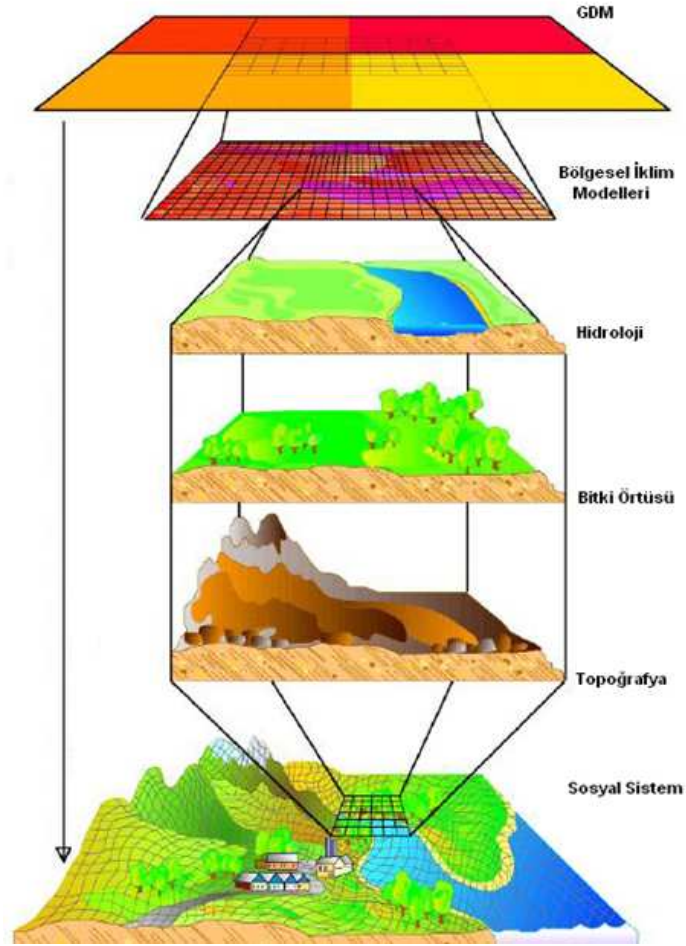
Geleceğe yönelik iklim öngörülleri, genel dolaşım modellerinin tahminlerine dayanmaktadır. Ancak kaba alansal çözünürlüğe sahip genel dolaşım modelleri yerel iklim değişimi ve değişkenliği hakkında doğru bilgi veremezler. Bu nedenle, iklim değişikliğinin yerel ölçekteki etkilerinin belirlenebilmesi için genel dolaşım modellerinin kaba tahminlerini yerel ölçeğe indirgeyen yaklaşımlar geliştirilmiştir

(Wilby ve ark., 2002; Tatlı ve ark., 2006; Tripathi ve ark., 2006). Literatürde dinamik ve istatistiksel olmak üzere iki çeşit ölçek indirgeme yöntemi bulunmaktadır (Wang ve ark., 2004; Wilby ve ark., 2002).

Bunlardan dinamik ölçek indirgeme, bölgesel ölçekte çalışan fiziksel iklim modellerine (Regional Climate Model) dayalı çalışmaları kapsamaktadır. Bu modeller, başlangıç ve sınır koşullarını küresel ölçekli model çıktılarında almakta ve topografya özelliklerinin de yansıtıldığı daha yüksek çözünürlüklerde çalıştırılabilmektedir (Crane ve Hewitson, 1998; Mearns ve ark., 1999; Xu, 1999; Demir ve ark., 2007). Böylece orografik yağışlar (Frei ve ark., 2003), ekstrem süreçler (Fowler ve ark., 2005; Frei ve ark., 2006) ve bölgesel ölçekteki iklimsel anormaller (Leung ve ark., 2003) bölgesel iklim modelleri ile dikkate alınabilmektedir. Ancak bu modellerde başlangıç ve sınır koşulları olarak küresel ölçekli modellerin çıktıları esas alındığından tahminler taraflı olmakta ve belirsizlikler küresel ölçekli modellerden gelen belirsizliklerle daha da artmaktadır (Okkan ve Fistikoglu, 2012). Bu türden modellerin uygulanabilmesi, kurulumu ve performanslarının test edilmesi için uzun ve zahmetli çalışmalar gerekmekte olup modellerin kısa sürede bir başka bölgeye uyarlanması kolay değildir. Bu sebeplerden dolayı büyük atmosferik değişkenler ile yerel yüzey değişkenleri arasında kantitatif (nümerik) ve istatistiksel ilişkiler geliştirilmesi yaklaşımına dayanan istatistiksel ölçek indirgeme yöntemleri de sıklıkla kullanılmaktadır Şekil 2.12’de küresel-bölgesel çözünürlüklü modeller ve ölçek indirgeme işlemi şematik olarak gösterilmiştir.

Atmosferik sınıflandırma (weather classification) metotları (Lorenz, 1969; Wilby, 1994; Palutikof ve ark., 2002), atmosferik türeticiler (weather generators) (Katz, 1996; Katz ve Parlange, 1998; Wilks ve Wilby, 1999; Chen ve Chen, 2001; Liao ve ark., 2004; Chen ve ark., 2006) ve dönüşüm fonksiyonları (transfer functions) olmak üzere üç farklı istatistiksel ölçek indirgeme yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan sıklıkla kullanılanları ise dönüşüm (transfer) fonksiyonları olup, yerel iklimi temsil ettiği düşünülen, büyük ölçekli atmosferik değişkenler ile yerel ölçekli değişkenler arasındaki istatistiksel bağıntıların kurulması esasına dayanmaktadır (Gardner ve

Dorling, 1998; Murphy, 1999; Dibike ve Coulibaly, 2006; Tripathi ve ark., 2006; Anandhi ve ark., 2008; Schoof ve ark., 2007; Okkan, 2009; Fistikoglu ve Okkan, 2011; Najafi ve ark., 2011). Çok değişkenli doğrusal-doğrusal olmayan regresyon tipleri, yapay sinir ağları algoritmaları (YSA), destek vektör makineleri (DVM), asal bileşen (principal component) analizi, kanonik korelasyon analizleri (canonical correlation) ve gereksizlik (redundancy) indeksi gibi birçok ölçek indirgeme yöntemi bu kapsamda ele alınmaktadır (von Storch ve ark., 1993; Crane ve Hewitson, 1998; Burger, 1996; Landman ve ark., 2001; Wilby ve ark., 2003; Anandhi ve ark., 2008; Okkan, 2009; Karamouz ve ark., 2009; Fistikoglu ve Okkan, 2011).



Şekil 2.12 Küresel-bölgesel çözünürlüklü modeller ve ölçek indirgeme işleminin şematik bir gösterimi (Kaynak: David Viner, Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK)

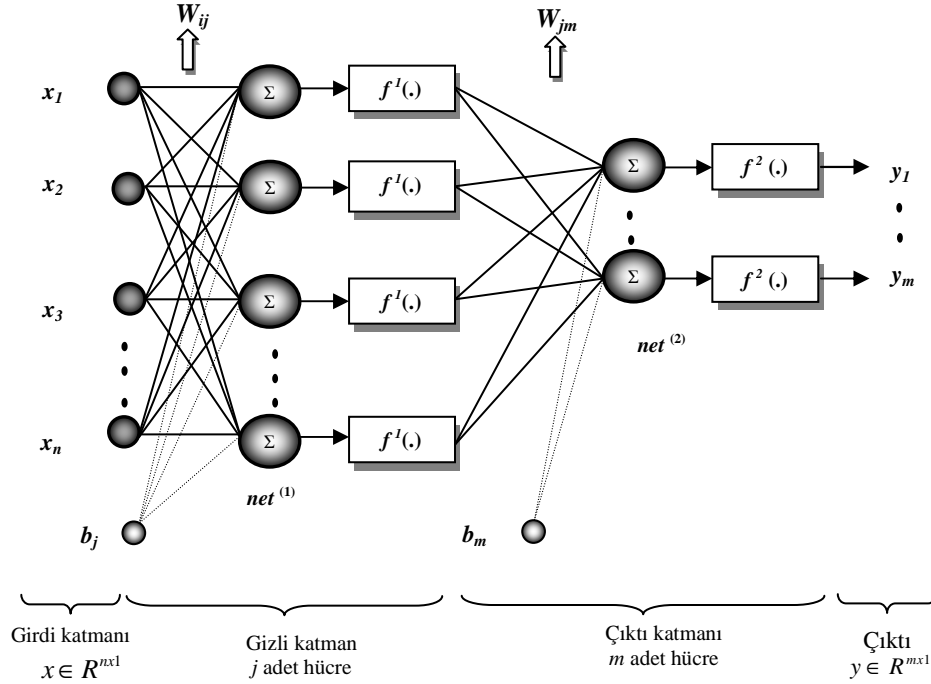
Tez kapsamında geliştirilen ölçek indirgeme tekniği bir YSA algoritmasına dayanmaktadır. Son zamanlarda birçok alanda kullanılan YSA, girdilere karşı çıktılar

üreten akıllı bir kara kutu modeli olarak tanımlanabilmekte ve istatistiksel ölçek indirgeme teknikleri arasında sıklıkla kullanılmaktadır (Murphy, 1999; Tatlı ve ark., 2006; Karamouz ve ark., 2009; Fistikoglu ve Okkan, 2011; Okkan ve Fistikoglu, 2012).

2.4.2 Yapay Sinir Ağları

2.4.2.1 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Yapay sinir ağları (YSA) biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilmiş matematiksel araçlardır (Haykin, 1994; Harvey, 1994; Öztemel, 2003; Tayfur, 2012). YSA modelleri biyolojik sinir sistemlerinde olduğu gibi hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşturulmakta ve genel olarak katmanlar halinde tanımlanmaktadır (Şekil 2.13).

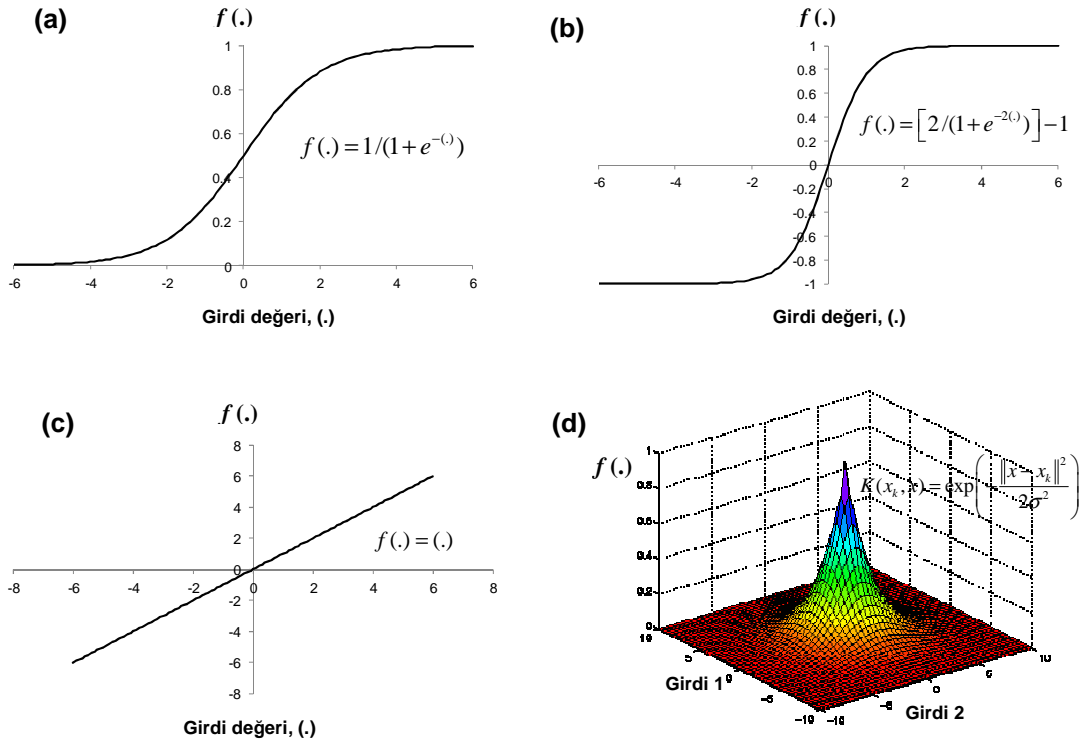


Şekil 2.13 Çok katmanlı bir yapay sinir ağının yapısı

Çok katmanlı YSA'larda ilk katman giriş katmanı; son katman ise çıkış katmanıdır. Aradaki diğer katmanlar ise gizli katman ya da ara katman olarak

adlandırılmaktadır. Bir ağda birden fazla gizli katman olabilmektedir. Bir YSA modelinde kaç tane gizli katman kullanılacağı ve her bir gizli katmanda kaç sinir hücresi olacağı ise bugüne kadar belirlenememiştir. Probleme göre değişen bu duruma deneme-yanılma yoluyla çözüm getirilebilmektedir (Ham ve Kostanic, 2001; Tayfur, 2012).

Şekil 2.13 incelendiğinde bir YSA modelinin çok katmanlı yapısı girdiler (x), ağırlıklar (W), net fonksiyonu (net), aktivasyon fonksiyonu (f) ve çıktılar (y) olmak üzere beş temel elemandan oluşmaktadır (Ham ve Kostanic, 2001; Tayfur, 2012). Modelde kullanılacak girdiler ve çıktılar uygulamanın niteliğine göre değişkenlik göstermektedir. Girdilerin sistem içindeki etkinlikleri ağırlıklarla sağlanmakta ve dolayısıyla modelin performansı ağırlıklara bağlı olmaktadır. Ağırlıklı girdilerin toplamı olarak bulunan net fonksiyonu ile ise girdilerin hücreler üzerindeki etkileri ifade edilmektedir. Hücrelere gelen bu net girdiler de aktivasyon fonksiyonları (f) yardımıyla çıktılara dönüştürülmektedir. Doğrusal, logaritmik sigmoid, hiperbolik tanjant sigmoid, gauss gibi fonksiyonlar bulunmakla birlikte (Şekil 2.14) genellikle logaritmik sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır (Tayfur, 2012).



Şekil 2.14 Aktivasyon fonksiyonları: (a) logaritmik sigmoid [0 1], (b) hiperbolik tanjant sigmoid [- 1 1], (c) doğrusal [- ∞ ∞], ve (d) radyal tabanlı Gauss fonksiyonu

2.4.2.2 Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi

YSA'nın yapısı kadar ağın kurulması, yani ağın eğitiminde kullanılacak algoritma da çok önemli olmakta ve bu aşamada ağın girdilere karşılık beklenen çıktıları öğrenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda birçok YSA algoritması geliştirilmesine karşın uygulamalarda sıklıkla kullanılan algoritmalar ileri beslemeli geri yayımlı YSA algoritmalarıdır. Algoritmanın bu ismi almasının temel sebebi ise algoritmanın işleyişinin ileriye doğru hesaplama ve geriye doğru hesaplama olmak üzere iki aşamada gerçekleşmesidir (Skapura, 1996; Ham ve Kostanic, 2001; Elmas, 2003; Tayfur, 2012).

İleri doğru hesaplama aşamasına, yukarıda özetlendiği gibi girdi katmanındaki girdilerin ağa sunulması ile başlanmaktadır. Gizli katmandaki her hücre girdi katmanından gelen girdileri ağırlıklar ile almakta ve gizli katmandaki hücrelere gelen net girdiler hesaplanmaktadır. Bu net girdi değerlerinin belirlenen bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesiyle gizli katman elemanlarının çıktıları hesaplanabilmektedir. Bu işlem tüm gizli katman ve çıktı katmanı arasında da tekrarlanmakta; çıktı katmanının çıktıları ($y \in R^{m \times 1}$) belirlendiğinde ileri hesaplama aşaması tamamlanmaktadır (Denklem 2.17).

$$y_m = f^{(2)} \left\{ \sum_{j=1}^m \left[f^{(1)} \left(\sum_{i=1}^n x_i W_{ij} + b_j \right) \right] W_{jm} + b_m \right\} \quad (2.17)$$

Burada x_i ağın girdilerini, W_{ij} girdi katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıkları, b_j girdi katmanı ile gizli katman arasındaki sabit (bias) terimleri, $f^{(1)}$ girdi katmanı ile gizli katman arasındaki aktivasyon fonksiyonunu, $f^{(2)}$ çıktı katmanı ile gizli katman arasındaki aktivasyon fonksiyonunu, j gizli katmana ait hücre sayısını, n girdi katmanındaki hücre sayısını, m çıkış katmanındaki hücre sayısını, W_{jm} çıktı katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıkları, b_m çıktı katmanı ile gizli katman arasındaki sabit (bias) terimleri göstermektedir.

Geriye doğru hesaplama aşamasında ise ağın çıktı değerleri beklenen çıktı değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Çıktı (y_p) ile beklenen değerler (b_p) arasındaki fark

hata (e_p) olup geriye yayılım aşamasında bu hatanın azaltılması amaçlanmaktadır. Böylece başlangıçta rastgele atanan ağırlıklar, hata istenen sınırlara azaltılıncaya kadar iteratif olarak değiştirilmektedir. Bu yapay sinir ağı modellerinde belli bir Q eğitim seti için en küçük hata kareler yaklaşımına dayalı performans fonksiyonu ile (Rumelhart ve ark., 1986) gerçekleştirilebilmektedir (Denklem 2.18).

$$E(W) = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^P (e_p)^2, (P = mQ) \quad (2.18)$$

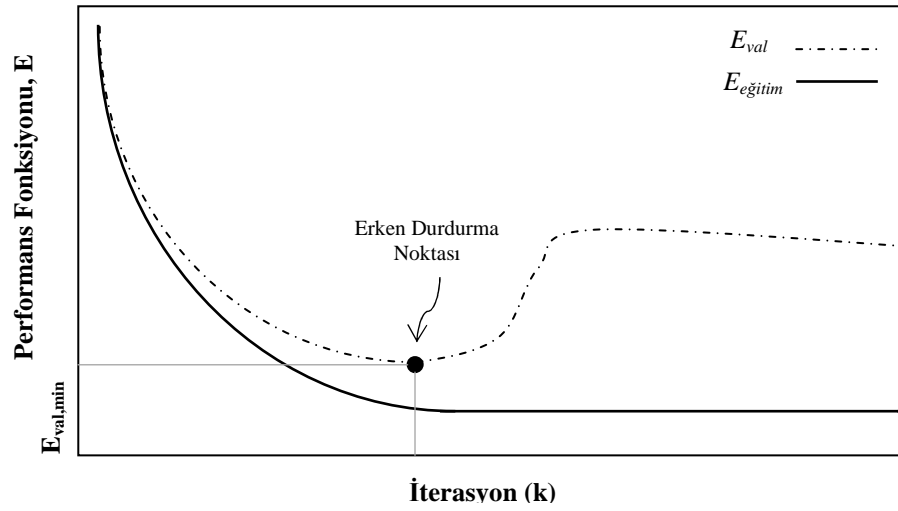
Burada, $E(W)$ performans fonksiyonunu, Q eğitim aşamasında değerlendirilecek örnek büyüklüğünü, m çıktı katmanındaki hücre sayısını, e_p hataları simgelemektedir.

Bu kapsamda, $E(W)$ değerini en küçükleyecek ileri beslemeli geri yayımlı YSA algoritmaları geliştirilmiştir. Klasik geriye yayılım algoritması, Momentum terimli geriye yayılım algoritması gibi algoritmalar bunlardan sadece bazılarıdır. Bu klasik algoritmaların yanı sıra, daha hassas ve sayısal optimizasyon tabanlı Newton ve Levenberg-Marquardt algoritmaları da kullanılmaktadır (Ham ve Kostanic, 2001).

Tez kapsamında bu algoritmaların içerisinde ileri beslemeli geri yayımlı eğitim algoritmasının gelişmiş bir türü olan Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Algoritma birçok araştırmacı tarafından hidrolojide sıklıkla kullanılmakta olup performansı oldukça başarılı bulunmaktadır (Kisi, 2004; Cigizoglu ve Kisi, 2005; Fistikoglu ve Okkan, 2011; Okkan, 2011).

YSA uygulamalarında ağırlıkların genelleyebilme yeteneğinin değerlendirilebilmesi açısından ağırlık girdi-çıkış verilerinin hepsi ağırlık eğitiminde kullanılmamalıdır. YSA modellerinde genellikle verilerin belli bir kısmı eğitim belli bir kısmı ise test aşamalarında kullanılmak üzere ikiye bölünmektedir. Bu yaklaşımda ağırlık genelleme yeteneğini kaybetmemesi yani test döneminde performansının bozulmaması için eğitim döneminde uygun sayıda iterasyon yaptırılması yoluna başvurulmaktadır. Bu da ağırlık gradyanındaki ya da performans fonksiyonundaki değişimin her bir iterasyon adımında yorumlanması ile mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada ise veriler eğitim, validasyon (sınama) ve test olmak üzere üç aşamada değerlendirilmiştir. Bu yaklaşımda eğitim ve validasyon dönemi performansları paralel olarak yorumlanmaktadır. Validasyon dönemi hatalarının artmaya başladığı noktada veya noktalarda (validasyon kontrol noktaları) eğitim otomatik olarak durdurulmakta (Erken durdurma yöntemi) ve aşırı öğrenme durumu engellenmektedir (Şekil 2.15). Kurulan modelin interpolasyon ve ekstrapolasyon noktalarındaki tahmin gücü ağırlıklarının doğru belirlenmesine bağlı olduğundan en uygun iterasyon adımının belirlenmesindeki hassasiyet bu bakımdan önemlidir (Ham ve Kostanic, 2001; Tayfur, 2012).



Şekil 2.15 Erken durdurma yöntemi

2.4.2.3 Levenberg-Marquardt Algoritması

Levenberg-Marquardt algoritması Newton algoritmasının bir versiyonu olarak geliştirilmiş (Marquardt, 1963) ve YSA ile entegre edilerek ileri beslemeli geriye yayılım algoritmaları arasında kullanılmaya başlanmıştır (Hagan ve Menhaj, 1994).

Newton algoritmasında, performans fonksiyonunu minimize eden optimum ağırlıkları Denklem 2.19 yardımıyla bulunabilmektedir.

$$W_{k+1} = W_k - H_k^{-1} g_k \quad (2.19)$$

Burada H_k Hessian adı verilen ve performans fonksiyonunun ağırlıklara göre ikinci derece türevlerinden oluşan bir matrisi ($\nabla^2 E(W)|_{W=W(k)}$); g_k ise ağın gradyeni olup performans fonksiyonunun ağırlıklara göre birinci derece türevlerinden oluşan bir matrisi ($\nabla E(W)|_{W=W(k)}$) simgelemektedir.

Ağın gradyeni $g = \partial E(W)/\partial W$ Denklem 2.20'deki formuyla ifade edilebilmektedir.

$$g = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \frac{\partial \sum_{p=1}^P e_p^2}{\partial W_1} \\ \frac{\partial \sum_{p=1}^P e_p^2}{\partial W_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{\partial \sum_{p=1}^P e_p^2}{\partial W_N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{p=1}^P e_p \frac{\partial e_p}{\partial W_1} \\ \sum_{p=1}^P e_p \frac{\partial e_p}{\partial W_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{p=1}^P e_p \frac{\partial e_p}{\partial W_N} \end{bmatrix} = J^T e \quad (2.20)$$

Burada $J \in R^{P \times N}$ Jakobien matrisi olarak adlandırılmakta ve ağ hatalarının ağırlıklara göre birinci derece türevlerinden oluşmaktadır (Denklem 2.21).

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial W_1} & \frac{\partial e_1}{\partial W_2} & \cdots & \frac{\partial e_1}{\partial W_N} \\ \frac{\partial e_2}{\partial W_1} & \frac{\partial e_2}{\partial W_2} & \cdots & \frac{\partial e_2}{\partial W_N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial e_p}{\partial W_1} & \frac{\partial e_p}{\partial W_2} & \cdots & \frac{\partial e_p}{\partial W_N} \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

Jakobien ifadesi kullanılarak, Hessian matrisi Denklem 2.22'deki formuyla tekrar düzenlenebilmektedir.

$$\nabla^2 E(W) = J^T J + S \quad (2.22)$$

$$S = \sum_{p=1}^P e_p \nabla^2 e_p \quad (2.23)$$

Performans fonksiyonu minimize edildiğinde, Denklem 2.23'teki S ifadesinin sayısal değeri giderek küçülmekte ve Hessian matrisin yaklaşık değeri Denklem 2.24 yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$H \cong J^T J \quad (2.24)$$

Denklem 2.24 ve Denklem 2.20 kullanılarak Denklem 2.19'da verilen Newton ifadesi düzenlenmekte ve belli bir k iterasyon adımında ağırlıklar Denklem 2.25 yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$W_{k+1} = W_k - [H_k]^{-1} J_k^T e_k, \quad (H_k = J_k^T J_k) \quad (2.25)$$

Ancak Denklem 2.25'de belirtilen iteratif çözüm, Hessian matrisinin tersine ihtiyaç duymakta olup çözüm esnasında sorun teşkil edebilmektedir.

Bu sorun, Hessian matrisinin yaklaşık bir şeklini kullanan Levenberg-Marquardt algoritması ile giderilebilmektedir. Levenberg - Marquardt algoritması ile Hessian matrisi Denklem 2.26'daki gibi ifade edilebilmektedir.

$$H \cong J^T J + \lambda I \quad (2.26)$$

Burada λ Marquardt parametresini, I ise birim matrisi simgelemektedir.

Denklem 2.26, Denklem 2.25'te yerine yazıldığında belli bir k iterasyon adımında ağırlıklar Denklem 2.27 ile güncellenmektedir.

$$W_{k+1} = W_k - [J_k^T J_k + \lambda_k I]^{-1} J_k^T e_k \quad (2.27)$$

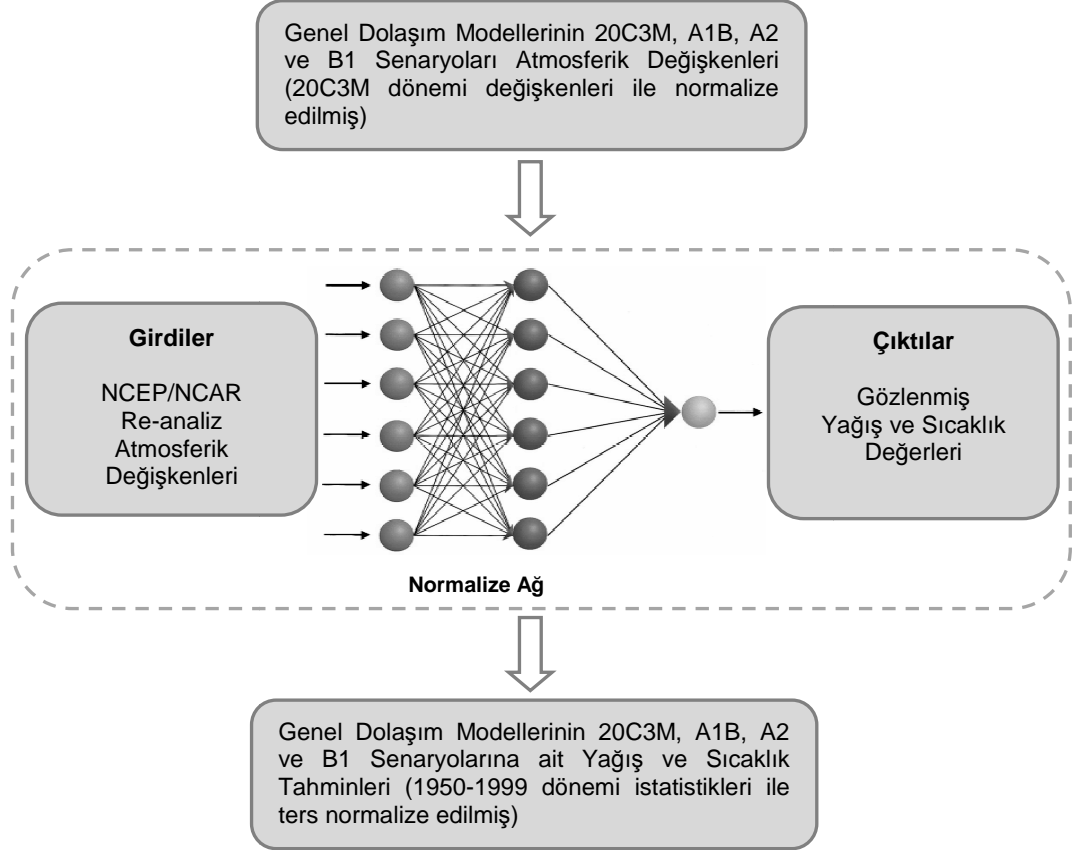
Yöntemde Marquardt parametresi λ ise belli bir k iterasyon adımında, $E(W)$ azaldığında belirli bir bozulma oranı (β ; $0 < \beta < 1$) ile çarpılmakta, $E(W)$ yeni bir adımda arttığında ise β değerine bölünmektedir. Böylece ağın performansı her adımda iyileştirilmektedir (Coulibaly ve ark., 2000; Ham ve Kostanic, 2001; Fistikoglu ve Okkan, 2011). Çalışmada ise λ parametresi için bir modifikasyon önerilmiş ve parametrenin her bir k iterasyon adımında 10^{-n} ile 10^n aralığındaki en uygun değeri (n , -8 ve 8 aralığındaki tamsayılar olmak üzere), performans fonksiyonunu minimum yapacak şekilde belirlenmiştir.

2.4.3 Yapay Sinir Ağlarına Dayanan Ölçek İndirgeme Stratejisi

Detayları Bölüm 2.4.2’de verilen Levenberg-Marquardt algoritması tabanlı yapay sinir ağları, 1948-2008 dönemini içeren Tahtalı havzasını temsil eden bölgesel atmosferik NCEP/NCAR re-analiz verileri ve istasyon ölçeğinde gözlemlenen aylık alansal ortalama yağış ve sıcaklık verileri arasında ayrı ayrı kurulmuştur. Modellemelerde tüm veriler belli oranlarda eğitim (%50), validasyon (%25) ve test (%25) olmak üzere üç aşamada değerlendirilmiştir. YSA modellerinin eğitiminde erken durdurma yöntemi esas alınarak ağın aşırı öğrenmesi önlenmek istenmiştir. Bu kapsamda validasyon kontrol noktası adedi ise 5 olarak belirlenmiştir.

NCEP/NCAR re-analiz verileri ve ağın çıktıları olan, 1948-2008 dönemini içeren alansal ortalama yağış ve sıcaklıklar ağa sunulmadan önce $(x - x_{ort})/S$ bağıntısıyla ortalaması (x_{ort}) 0, standart sapması (S) 1 olan normalize diziler haline getirilmiştir. Öte yandan genel dolaşım modellerinin A1B, A2 ve B1 senaryolarına ilişkin atmosferik değişkenleri, 20C3M (1950-1999) dönemi değişkenlerinin ortalama ve standart sapma istatistikleri kullanılarak normalize edilmiştir. Böylece normalize edilmiş veriler ile kurulan YSA modellerinin 20C3M dönemi istatistiklerine göre normalize edilmiş senaryo sonuçlarını havza ölçeğine indirgeyebilmesi sağlanmıştır. Simülasyonlar tamamlandıktan sonra havzaya indirgenmiş bu normalize değerler, 1950-1999 gözlenmiş dönem istatistikleri kullanılarak ters normalizasyon ile orijinal

ölçeğine dönüştürülmüştür. Tez kapsamında geliştirilen ölçek indirgeme modeli Şekil 2.16'da özetlenmiştir.



Şekil 2.16 Tez kapsamında uygulanan ölçek indirgeme modeli

2.5 Tez Kapsamında Kullanılan Parametrik Aylık Yağış-Akış Modelleri

2.5.1 Genel

Parametrik aylık yağış-akış modelleri genellikle Thornthwaite tarafından geliştirilen su bütçesi denkliklerini esas almaktadır (Thornthwaite, 1948; Thornthwaite ve Mather, 1955). Söz konusu modeller; havzaların yağış-akış ilişkilerinin açıklanması (Kuczera, 1982; Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2001), akım gözlemi olmayan veya eksik gözlemi olan havzalarda akışların türetilmesi (Dooge,

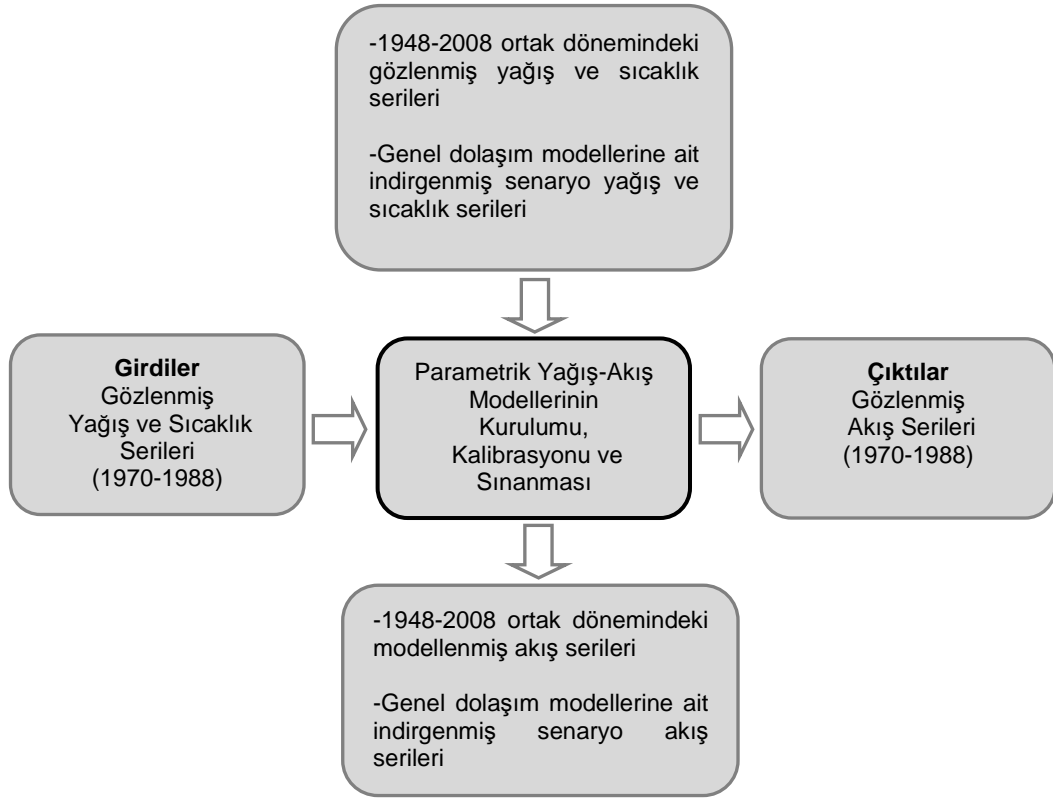
1977; Gabos ve Gasparri, 1983; Fıstıkoğlu ve Okkan, 2010), yeraltı suyu akımının modellenmesi (Elci ve ark., 2010), geleceğe yönelik akışların kestirilmesi (Alley, 1985; Xu ve Vandewiele, 1995; Okkan, 2009), arazi kullanımının veya iklim değişikliğinin akışlar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi (Gleick, 1986; Schaake ve Liu, 1989; Arnall, 1992; Okkan, 2009) gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Parametrik aylık yağış-akış modelleri, bir havzanın evapotranspirasyon, sızma, yüzey altı depolaması-yüzey altı akışı ile yeraltı depolaması-yeraltı akışı gibi hidrolojik bileşenlerini kavramsallaştırarak, yağış girdisini havza çıkışındaki akışa dönüştürmektedir (Xu ve Singh, 1986). Bu modellerin en önemli kısımlarından birisi de yağış gibi pratik ölçümü olmayan aylık evapotranspirasyonun tahminlendiği bölümdür. Bu kapsamda Thornthwaite, Penman, Blaney-Criddle gibi yöntemler evapotranspirasyon tahmininde kullanılabilir (Acatay, 1996; Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2001). Ancak bu yöntemler ampirik yöntemler olup rüzgar hızı, solar radyasyon, nem, bitki katsayıları gibi pek çok meteorolojik ve bitki örtüsü bilgisine gereksinim duymaktadır. Bu nedenle modelleme aşamalarında genelde, evapotranspirasyon ortalama sıcaklığın bir fonksiyonu şeklinde tanımlanmaktadır. Evapotranspirasyon, doğru olarak tahmin edildiğinde zemin neminin ve akışın hesabı basit su bütçesi denklemleriyle elde edilebilmektedir (Thornthwaite ve Mather, 1957).

Parametrik aylık yağış-akış modellerinin iç yapıları incelendiğinde, modellerin parametreler yardımıyla kavramsal hale dönüştürülmüş hidrolojik süreç modellerinden oluştuğu görülmektedir (Xu ve Singh, 1986). Modellemede kullanılan parametreler, havzaların ölçülebilen fiziksel parametreleri (havza alanı, eğimi, vb.) olabildiği gibi kavramsallaştırma sonucunda ortaya çıkan ve doğrudan ölçülemeyen parametreler de olabilmektedir (Singh ve Frevert, 2002). Maksimum zemin nemi depolaması, yüzey altı boşalım katsayısı gibi doğrudan ölçülemeyen bu parametrelerin modellerin kurulumu sırasında gözlenmiş veriler ile en uygun değerlerinin belirlenmesi (kalibrasyonu) ve yine gözlenmiş bir başka veri setiyle de test edilmesi gerekmektedir (Fıstıkoğlu, 1999; Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2001).

Hidrolojik süreçlerin kavramsallaştırılması sırasında ortaya çıkan parametrelerin sayısı arttıkça modellerin serbestlik dereceleri artmakta dolayısıyla model sonuçlarının gözlenmiş değerlere yakınsaması kolaylaşmaktadır (Gan ve ark., 1997). Ancak bu durumda kullanılan model parametrelerinin kalibrasyonu güçleşmekte; dolayısıyla parametre bakımından yoğun hale gelen bu modeller hatalı kavramsallaştırmaya sebep oldukları için uygulamada pek tercih edilmemektedir (Gan ve ark., 1997; Butts ve ark., 2004; Thorsten ve Gupta, 2005). Bu gibi durumlarda modeller, kalibrasyon dönemlerinde iyi sonuçlar verirken test dönemlerinde kötü sonuçlar verebilmektedir (Perrin ve ark., 2001; Mouelhi ve ark., 2006). Bu nedenle kurulan modellerin mümkün olduğunca az parametreyle ve yeterli doğrulukta akımlar üretebilen modeller olmaları tercih edilmektedir (Fistikoglu, 2002).

Çalışmada, genel dolaşım modellerinin havza ölçeğine indirgenen yağış ve sıcaklık tahminleri ile 1948-2008 dönemine ait gözlenmiş yağış ve sıcaklık dizilerinin, havza için hazırlanan farklı yapıdaki parametrik aylık yağış-akış modelleriyle akışlara dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, 7 parametrelilik bir aylık su bütçesi modeli (Fistikoglu ve Harmancıoğlu, 2001; Fistikoglu ve Okkan, 2010), Makhoul ve Michel (1994) tarafından önerilen aylık modelden ve günlük GR4J (Perrin ve ark., 2003) modelinden esinlenerek geliştirilmiş 7 parametrelilik PMS modeli ve PMS modelinin basitleştirilmiş bir versiyonu olan 4 parametrelilik GR2M modeli ele alınmıştır. Hidrolojik model sınıfları (Bayazit, 1998; Fistikoglu, 1999) göz önüne alındığında kavramsal, deterministik, ortalanmış ve sürekli yapıda olan modellerde aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklıktan türetilen potansiyel evapotranspirasyon değerleri kullanılarak havza çıkışındaki aylık akış değerleri modellenmektedir. Böylece hem genel dolaşım modellerinin senaryo akışları türetilmiş, hem de 1970-1988 dönemi gözlenmiş akış verileri olan havzanın günümüze uzanan eksik verileri tamamlanmıştır. Modellerin kurulumu ve tez kapsamındaki kullanımı Şekil 2.17’de özetlenmektedir.



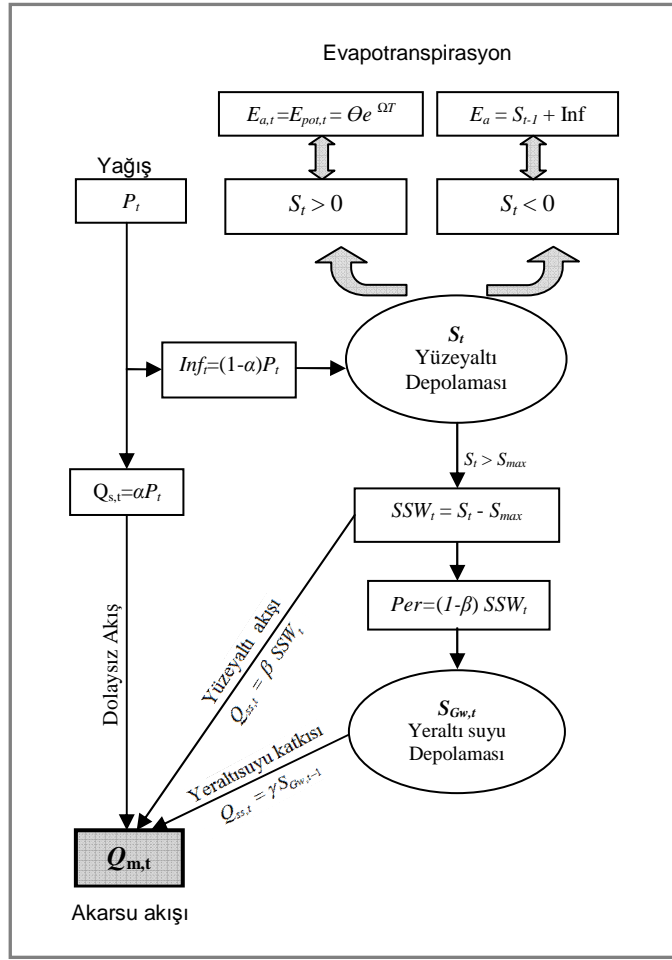
Şekil 2.17 Parametrik yağış-akış modellerinin kurulumu ve çalışmada kullanımı

2.5.2 Parametrik Su Bütçesi Modeli

Parametrik su bütçesi modeli, belli varsayımlar altında akarsu havzasını temsil eden biriktirme sistemleri ile bu sistemlerin girdilerine ve çıktıklarına hidrolojik süreklilik ilkesinin uygulanması ile geliştirilmiş 7 parametrelili bir modeldir. Modelin kavramsal akış şeması Şekil 2.18’de görülmektedir.

Excel ve Visual Basic Programlama dili kullanılarak geliştirilen (Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2001; Fıstıkoğlu ve Okkan, 2010) parametrik su bütçesi modelinde θ ve Ω parametreleri yardımı ile aylık ortalama sıcaklık değerleri (T) kullanılarak aylık potansiyel evapotranspirasyon tanımlanmaktadır (Denklem 2.28).

$$E_{\text{pot}} = \theta e^{\Omega T} \quad (2.28)$$



Şekil 2.18 Parametrik su bütçesi modelinin işleyişi

Yüzeğe düşen aylık toplam yağışın (P), α yüzeysel akış katsayısına bağlı olarak $\alpha.P$ kadarlık kısmı yüzeysel (dolaysız) akışa yönlendirilmektedir (Denklem 2.29).

$$Q_{s,t} = \alpha P_t \quad (2.29)$$

Geriye kalan kısım ise sızma (infiltrasyon) ile yüzey altı depolama sistemine katılmaktadır (Denklem 2.30).

$$Inf_t = (1 - \alpha)P_t \quad (2.30)$$

Sızma (Inf_t) ve potansiyel evapotranspirasyon ($E_{pot,t}$) hesaplandıktan sonra genel süreklilik ilkesi uyarınca, t ayında biriktirme sistemindeki depolama durumu aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir (Denklem 2.31).

$$S_t = S_{t-1} + Inf_t - E_{pot,t} \quad (2.31)$$

$S_t > 0$ ise, t ayındaki gerçek evapotranspirasyon ($E_{a,t}$) değeri potansiyel evapotranspirasyona ($E_{pot,t}$) eşit olmaktadır (Denklem 2.32). $S_t < 0$ ise, t ayındaki gerçek evapotranspirasyon ($E_{a,t}$) önceki aydan kalan zemin nemi ve t ayındaki sızma toplamı ile sınırlı kalmaktadır (Denklem 2.33)

$$S_t > 0; \quad E_{a,t} = E_{pot,t} \quad (2.32)$$

$$S_t < 0; \quad E_{a,t} = S_{t-1} + Inf_t \quad (2.33)$$

Yüzey altı depolamasının maksimum değeri olan ve aynı zamanda modelin bir parametresi olarak tanımlanan S_{max} değerinin aşılması durumunda $SSW_t = S_t - S_{max}$ kadar depolama fazlalığının β oranındaki kısmı yüzeyaltı bileşeni olarak (Q_{ss}) akarsu yatağına katılmaktadır (Denklem 2.34). Denklem 2.34'te $\beta < 1$ yüzeyaltı akış parametresidir.

$$Q_{ss,t} = \beta SSW_t = \beta (S_t - S_{max}) \quad (2.34)$$

Depolama fazlalığının geri kalan kısmı perkolasyon yoluyla yeraltı suyu depolama sistemine aktarılmaktadır (Denklem 2.35).

$$Per_t = (1 - \beta) SSW_t = (1 - \beta) (S_t - S_{max}) \quad (2.35)$$

Akarsu akışlarının yeraltı suyundan beslenen kısmı doğrusal hazne varsayımı uyarınca, bir önceki ayın aktif yeraltı suyu depolamasına ($S_{Gw,t-1}$) bağlı olarak elde edilmektedir.

$$Q_{Gw,t} = \gamma S_{Gw,t-1} \quad (2.36)$$

Bu eşitlikte γ doğrusal yeraltı suyu haznesi parametresidir.

Yer altı biriktirme sisteminin t ayındaki aktif kapasitesi ($S_{Gw,t}$) Denklem 2.37 ile tanımlanmaktadır.

$$S_{Gw,t} = (S_{Gw,t-1} + Per_t) \xi - Q_{Gw,t} \quad (2.37)$$

Bu denklemde ξ , yeraltı biriktirme sistemi parametresidir.

Böylece, herhangi bir t ayında akarsu yatağındaki toplam akış Denklem 2.38'den;

$$Q_{m,t} = \alpha P_t + \beta SSW_t + \gamma S_{Gw,t-1} \quad (2.38)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir.

2.5.3 PMS ve GR2M Modelleri

PMS (Parent Model Scheme) modeli, Makhlof ve Michel (1994) tarafından geliştirilen aylık modelden ve günlük GR4J (Perrin ve ark., 2003) isimli modelden türetilmiştir. Zemin nemi fonksiyonu GR4J modeline oldukça benzemekte olup modelin işleyiş mekanizması Şekil 2.19' da verilmektedir. Modelde X_1 , X_2 , X_3 , X_4 ve X_5 ile simgelenen 5 parametre mevcuttur.

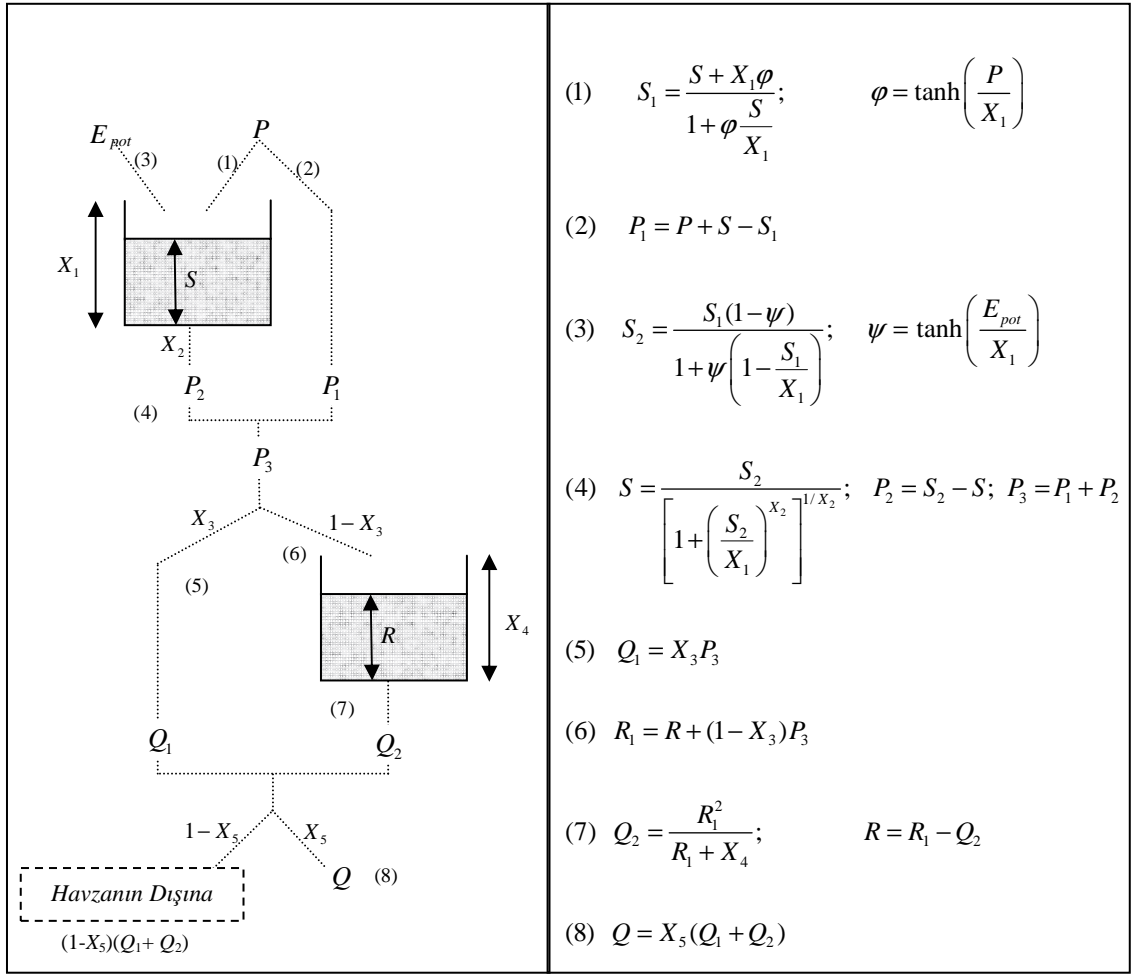
Yağışa ve zemin nemi (su tutma) kapasitesine bağlı olan S_1 aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$S_1 = \frac{S + X_1 \varphi}{1 + \varphi \frac{S}{X_1}}; \quad \varphi = \tanh\left(\frac{P}{X_1}\right) \quad (2.39)$$

Burada X_1 mm cinsinden maksimum depolama kapasitesidir.

Böylece artık yağış değeri (dolaysız akış yüksekliği) P_1 hesaplanabilmektedir.

$$P_1 = P + S - S_1 \quad (2.40)$$



Şekil 2.19 PMS modelinin işleyiş mekanizması (Mouelhi ve ark., 2006)

Tava buharlaşmasının (EP_{tava}) veya ortalama sıcaklığın (T) bir fonksiyonu olarak ele alınan evapotranspirasyonun (E_{pot}) da sistemde hesaba katılması ile S_1 bileşeni S_2 formuna dönüştürülmektedir.

$$S_2 = \frac{S_1(1-\psi)}{1 + \psi\left(1 - \frac{S_1}{X_1}\right)}; \quad \psi = \tanh\left(\frac{E_{pot}}{X_1}\right) \quad (2.41)$$

Başlangıç zemin nemi değerinin ilk ay için model ve gözlenmiş akım değerlerinin birbirine yakın olması şartıyla belirlenmesinden sonra, yeni zemin nemi değeri diğer aylar için aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$S = \frac{S_2}{\left[1 + \left(\frac{S_2}{X_1}\right)^{X_2}\right]^{1/X_2}} \quad (2.42)$$

Burada X_2 pozitif bir katsayı olmak üzere bir diğer bileşen olan (zemin nemi biriktirme sistemindeki fazla su) P_2 ise

$$P_2 = S_2 - S \quad (2.43)$$

denkliği ile hesaplanmaktadır.

Şekil 2.19 incelendiğinde P_1 ve P_2 değerlerinin toplamının net yağışı (P_3) temsil ettiği görülmektedir. Modelde net yağışın X_3 kadar bir kısmı akışın ilk bileşenini oluşturmakta ($Q_1=X_3P_3$), geriye kalan kısım ise kapasitesi R olan ikincil hazneye yönlendirilmektedir. Başlangıç zemin neminde olduğu gibi ikincil haznenin başlangıç depo değeri de ilk ay için model ve gözlenmiş akım değerlerinin birbirine yakın olması şartıyla belirlenmektedir.

$$R_1 = R + (1 - X_3)P_3 \quad (2.44)$$

İkinci debi bileşeni Denklem 2.44 ile hesaplanan R_1 bileşenine ve X_4 parametresine bağlı olarak belirlendikten sonra (Denklem 2.45), ikincil haznenin yeni depolama değeri (R), süreklilik ilkesinden hesaplanabilmektedir (Denklem 2.46).

$$Q_2 = \frac{R_1^2}{R_1 + X_4} \quad (2.45)$$

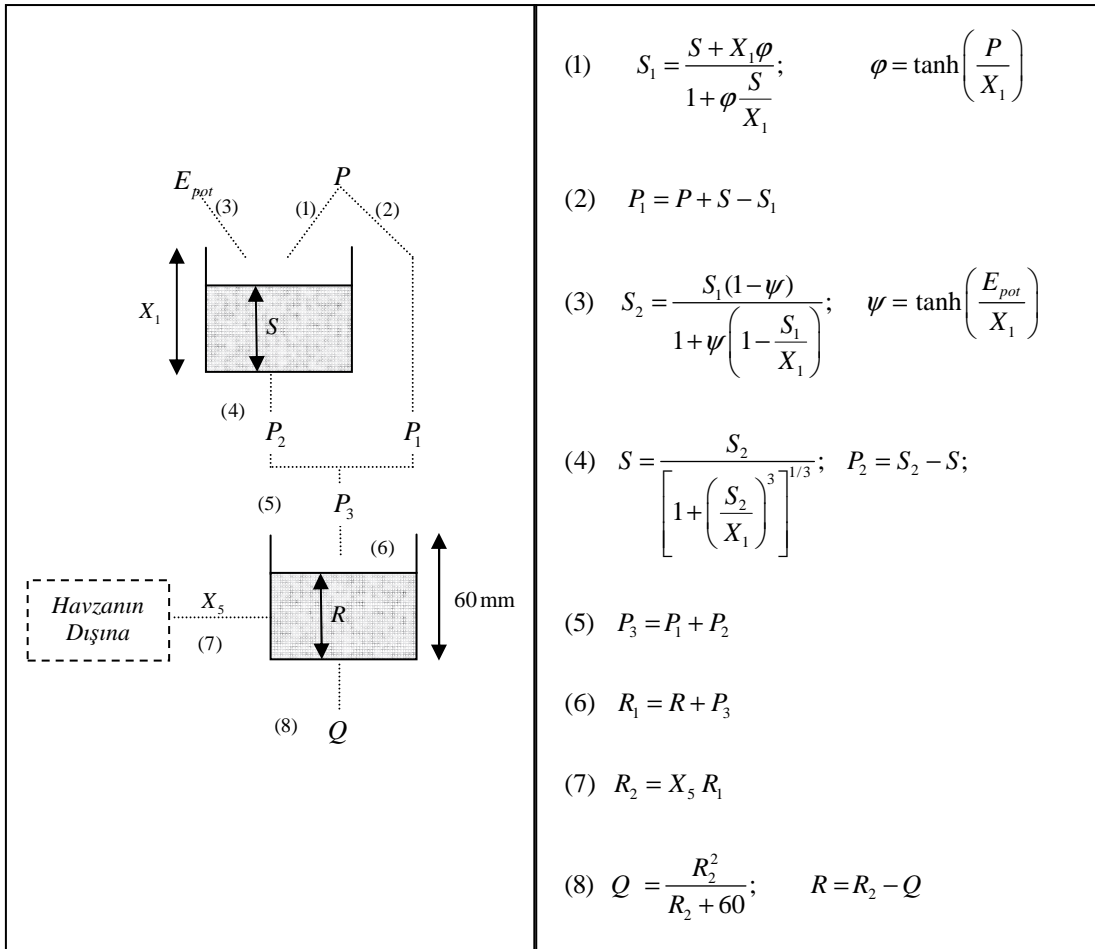
$$R = R_1 - Q_2 \quad (2.46)$$

Q_1 ve Q_2 debi bileşenlerinin X_5 oranındaki kısmı model akışlarını oluşturmakta; geri kalan kısmın havza dışına boşaldığı kabul edilmektedir.

$$Q = X_5(Q_1 + Q_2) \quad (2.47)$$

Mouelhi ve ark. (2006) PMS modelinin birçok havzada uygulanmasıyla birlikte model parametrelerinin azaltılabileceğini göstermişlerdir. Bazı istatistiksel performans kriterlerinin karşılaştırılması sonucu X_2 , X_3 ve X_4 parametreleri modelden atılmıştır. Bazı kabuller ve bileşenlerin birleştirilmesi ile elde edilen basitleştirilmiş GR2M (Génie Rural à 2 paramètres au pas de temps Mensuel) modelinin işleyiş mekanizması Şekil 2.20’ de verilmektedir.

Tez kapsamında ele alınan PMS ve GR2M modellerindeki evapotranspirasyon bileşeni de su bütçesi yönteminde olduğu gibi sıcaklık değerlerinin bir fonksiyonu (Denklem 2.28) olarak ele alınmış ($E_{pot} = \theta e^{\Omega T}$) ve her iki modele 2 parametre daha ilave edilmiştir. Böylece PMS modeli 7, GR2M modeli 4 parametrelidir.



Şekil 2.20 GR2M modelinin işleyiş mekanizması (Mouelhi ve ark., 2006)

FAO tarafından da potansiyel evapotranspirasyonun tahmin edilmesinde önerilen tava buharlaşması-potansiyel evapotranspirasyon ilişkisi (Denklem 2.48) Allen ve ark., (1998) tarafından geliştirilmiştir.

$$ET_{pot} = K_p EP_{tava} \quad (2.48)$$

Denklem 2.48'de yer alan aylık tava buharlaşması (EP_{tava}), aylık ortalama sıcaklığa bağlı bir üssel fonksiyon olarak Denklem 2.49'daki gibi tanımlanıp Denklem 2.48'de yerine yazılırsa, aylık potansiyel evapotranspirasyonu sıcaklığa bağlı olarak veren Denklem 2.50 ifadesi elde edilir.

$$EP_{tava} = K_1 e^{K_2 T} \quad (2.49)$$

$$ET_{pot} = K_p (K_1 e^{K_2 T}) \quad (2.50)$$

Denklem 2.28 ile Denklem 2.50 kıyaslandığında parametreler arasında Denklem 2.51 ve Denklem 2.52'de verilen ilişkilerin bulunduğu görülebilmektedir.

$$\theta = K_p K_1 \quad (2.51)$$

$$\Omega = K_2 \quad (2.52)$$

Bu denklemlerde K_p aylık tava katsayısı, T aylık ortalama sıcaklık, K_1 ve K_2 ise tava buharlaşması ile sıcaklık arasındaki üssel ilişkinin katsayılarıdır.

Böylece sıcaklık-tava buharlaşması ilişkilerinden elde edilerek modeller içinde sabitlenen Ω parametresi havzanın bilinen bir fiziksel parametresi haline dönüşmüş ve modellere ait kalibre edilen parametre sayıları parametrik su bütçesi ve PMS modelinde 7'den 6'ya, GR2M modelinde ise 4'ten 3'e düşürülmüştür.

2.5.4 Yağış-Akış Modellerinin Performansı

Tez kapsamında geliştirilen yağış-akış modellerinin parametreleri, havzanın gözlenmiş aylık yağış, sıcaklık ve akış değerleri ile kalibre edilmiş ve belirlenen bu parametreler, kalibrasyonda kullanılmamış olan başka bir gözlem dönemi için test edilerek (verifikasyon) parametrelerin uygunluğu kontrol edilmiştir.

Kalibrasyon ve test dönemlerinde modellere ait parametreler, model sonuçları ile gözlenmiş akışlar arasındaki farkların (hataların) kareleri ortalaması (HKO) minimize edilerek belirlenmiştir (Denklem 2.53). Bunun yanı sıra, modellerin determinasyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş determinasyon katsayısı (Adj. R^2), Nash-Sutcliffe katsayısı (NS) ve ağırlıklı ortalama mutlak hata (AOMH) gibi performans istatistikleri de incelenmiştir (Denklem 2.54-Denklem 2.57). Kullanılan performans ölçütleri Nayak ve ark., (2005) tarafından detaylı olarak açıklanmıştır.

$$HKO = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Q_{g,t} - Q_{m,t})^2 \quad (2.53)$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{t=1}^n (Q_{g,t} - \bar{Q}_g)(Q_{m,t} - \bar{Q}_m)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (Q_{g,t} - \bar{Q}_g)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n (Q_{m,t} - \bar{Q}_m)^2}} \right]^2 \quad (2.54)$$

$$AdjR^2 = 1 - \frac{(n-1)}{(n-p-1)} (1 - R^2) \quad (2.55)$$

$$NS = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (Q_{g,t} - Q_{m,t})^2}{\sum_{t=1}^n (Q_{g,t} - \bar{Q}_g)^2} \quad (2.56)$$

$$AOMH = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Q_{g,t} - Q_{m,t}}{Q_{g,t}} \right| \times Q_{g,t}}{\sum_{t=1}^n Q_{g,t}} \quad (2.57)$$

Yukarıda verilen denklemlerde n kalibrasyon (veya test) döneminde kullanılan veri adedini, Q_g ve Q_m sırasıyla gözlenen ve modellenen akımları, $\overline{Q_g}$ ve $\overline{Q_m}$ sırasıyla gözlenmiş ve modellenmiş akımların ortalamasını, p ise modellerde girdi olarak kullanılan değişken adedini simgelemektedir.

2.6 Hazne Performansının Değerlendirilmesi

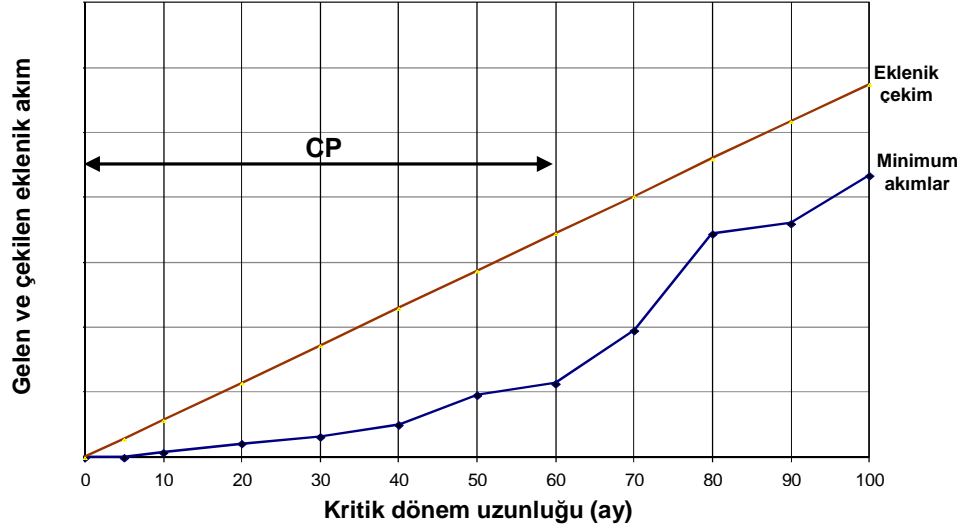
2.6.1 Genel

Çalışmanın son aşamasında, gelecekte yağış ve sıcaklıktaki değişimlerden etkilenmesi beklenen Tahtalı Barajı akımları farklı hazne teorileri ile değerlendirilerek, mevcut haznenin iklim değişikliği altındaki performansı test edilmiştir. Performans analizlerinde, minimum akımlar yöntemi, klasik hazne işletme çalışmasına dayanan aylık su bütçesi yöntemi ve Gould olasılık matrisi yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemlerden minimum akımlar yöntemi ile barajın planlama döneminde esas alınan düzenleme oranı için ($D=0.88$) kritik dönem uzunluklarının gelecekteki değişimi sınanmış, aylık su bütçesi ve olasılık matrisi yöntemleriyle ise haznenin farklı içmesuyu çekimleri altında yetersiz kalma olasılıkları araştırılmıştır. Farklı su talepleri için belirlenen hazne performansları, genel dolaşım modellerine ait tahmini akım koşulları için ayrı ayrı grafikler halinde düzenlenerek performans eğrileri oluşturulmuştur. Böylece oluşturulan eğrileri yardımıyla belli bir performans seviyesi için hazneden çekilebilecek su miktarları belirlenmiştir.

2.6.2 Minimum Akımlar Yöntemi ile Kritik Dönem Uzunluklarının Belirlenmesi

Minimum akımlar yöntemi ile kritik dönem uzunluğu hesabı yapmadan önce akım içinden ardışık ve birbiri ile örtüşen en küçük 5, 10, 20, 30, ... , 100'er aylık toplam akım hacimleri bulunarak listelenmektedir. Listelenen değerlerin minimum olanları belirlenip, 5, 10, 20, 30, , 100 aya karşı gelecek şekilde noktalanarak minimum akımlar eğrisi çizdirilmekte; bu eğri ile öngörülen eklenik çekim arasındaki en büyük düşey fark aktif hazne kapasitesini vermektedir (Şekil 2.21). En büyük farkın başlangıç noktasına uzaklığı ise kritik dönem uzunluğu (CP) olarak tanımlanmaktadır

(Waitt, 1945). Bu yöntemde sızma ve buharlaşma gibi sistem kayıpları ihmal edilmektedir.



Şekil 2.21 Minimum akımlar kritik dönem uzunluğunun belirlenmesi

2.6.3 Aylık Su Bütçesi Yöntemi

Tez kapsamında gerçekleştirilecek olan hazne işletme çalışmalarında kullanılan yöntemlerden ilki, Denklem 2.58'de gösterilen ve süreklilik ilkesine dayanan (literatürde behaviour analysis olarak da bilinen) aylık su bütçesi yöntemidir (McMahon ve Mein, 1986; Halden ve Özkul, 2004).

$$V_{t+1} = V_t + Q_t - D_t - E_{net,t} \quad C_{min} \leq V_{t+1} \leq C_{maks} \quad (2.58)$$

Yukarıdaki denklemde V_t , V_{t+1} hm^3 biriminde, diğer tüm terimler hm^3/ay birimindedir. Denklem 2.58'deki simgeler aşağıda açıklanmıştır.

V_{t+1} : t ayı sonunda haznedeki su hacmi ($t+1$ ayı başındaki su hacmi),

V_t : t ayı başında haznedeki mevcut su hacmi,

Q_t : t ayında hazneye giren akım,

D_t : t ayındaki kullanım (çekim),

$E_{neb,t}$: t ayında net buharlaşma kaybı [$\approx A_{o,t} (h_{E,t} - P_t)$]

C_{maks} : maksimum depolama hacmi,

C_{min} : minimum depolama hacmi.

Aylık su bütçesi metodunda, haznenin başlangıçta belli bir dolulukta (genellikle tam dolu) olduğu varsayılarak işleme başlanmaktadır. V_{t+1} ay sonu hazne hacmi $C_{min} \leq V_{t+1} \leq C_{maks}$ arasında kalacak şekilde kütle korunumu prensibi uygulanarak hesaplanmaktadır (McMahon ve Mein, 1986). Hazne hacminin minimum depolama hacminin altına düştüğü ay sayılarının veri uzunluğuna oranı haznenin yetersiz kalma olasılığını (sıklığını) vermektedir (McMahon ve Mein, 1986; Bacanlı ve ark., 2003; Özkul, 2010; Okkan ve ark., 2012).

Aylık su bütçesi analizinde temel güçlük, t ayı sonunda haznede oluşacak su hacminin (V_{t+1}), dolayısıyla ortalama göl yüzey alanına ($A_{o,t}$) karşılık gelen ortalama hacmin ($V_{o,t} \approx (V_t + V_{t+1})/2$) önceden bilinmeyiştir. Bu soruna çözüm olarak ilk yaklaşımda buharlaşma kaybı, aybaşındaki hazne hacmine karşılık gelen alan ile hesaplanmakta ve Denklem 2.58'den ay sonu hacminin ilk yaklaşım değeri bulunmaktadır. V_{t+1} ilk yaklaşım değeri $C_{min} \leq V_{t+1} \leq C_{maks}$ aralığında ise, $V_{o,t} = (V_t + V_{t+1})/2$ ortalama hacmine karşılık gelen göl yüzey alanı kullanılarak buharlaşma kaybı yinelenmekte ve V_{t+1} ay sonu hacminin daha doğru olan yeni değeri elde edilmektedir. Genellikle buharlaşma hesabı için bu iki adım yeterli olmaktadır. Ancak, gerekirse son bir yaklaşım daha yapılmaktadır. İlk yaklaşımda hesaplanan ay sonu hacminin maksimum depolama hacminden büyük olması durumunda, fazla suyun savaktan atılması durumu ortaya çıkabilmektedir. Böyle bir durumda ay sonu hacmi, maksimum depolama hacmine eşit ($V_{t+1} = C_{maks}$) alınarak ortalama hazne hacmi $V_{o,t} = (V_t + C_{maks})/2$ ve bu hacme karşı gelen göl yüzey alanı kullanılarak buharlaşma kaybı ve savaktan atılan su miktarı kesinleştirilmektedir. Bu aşamada nadiren ikinci bir iterasyon gerekebilir. İlk yaklaşımda hesaplanan ay sonu hacmi C_{min} değerinden küçük çıkmış ise, $V_{t+1} = C_{min}$ ve ortalama hazne hacmi $V_{o,t} = (V_t + C_{min})/2$ alınarak buharlaşma hesapları yinelenmekte; ay sonu hacmi önlenemeyen buharlaşma (ver varsa sızma) kayıpları nedeniyle yine de C_{min} değerinin altına düşüyor ise o aya ait su talebinde kısıtlamaya gidilmektedir (talebin

eksik veya hiç karşılanamaması durumu). Kısıtlama yapılan ay sayıları ve karşılanamayan talep miktarları hazne performansının temel göstergeleri olarak kullanılmaktadır (McMahon ve Mein, 1986).

2.6.4 Olasılık Matrisi Yöntemi

Moran (1955) tarafından geliştirilen stokastik hazne teorisinde haznede ardışık zamanlardaki su hacimlerinin kesikli bir Markov zinciri (Markov chain) süreci oluşturduğu kabul edilmektedir. Buna göre herhangi bir zamanda, haznedeki su hacminin belli bir durumda olması olasılığı, bundan önceki zamanda haznedeki su hacminin hangi durumda olduğuna bağlıdır. Ardışık zamanlardaki durumlar arasındaki geçiş olasılıkları Denklem 2.59'daki P matrisi ile tanımlanmaktadır (Moran, 1955, 1959; McMahon ve Mein, 1986; Özkul, 2010).

$$P = [P_{ij}] = \begin{matrix} & \rightarrow i \\ \downarrow j & \begin{bmatrix} P_{00} & P_{10} \dots P_{i0} \dots P_{m0} \\ P_{01} & P_{11} \dots P_{i1} \dots P_{m1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{0j} & P_{1j} \dots P_{ij} \dots P_{mj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{0m} & P_{1m} \dots P_{im} \dots P_{mm} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.59)$$

Burada $P_{ij} = P_r(V_{t+1} = V_j \mid V_t = V_i)$, t anında hacmi i durumunda olan haznenin $t+1$ anında j durumunda bulunması koşullu olasılığıdır.

Haznede $m+1$ adet kesikli hacim durumu için $i, j=0, 1, \dots, m$ değerlerini alabilecektir. Verilen bir i durumundan çeşitli j durumlarına geçiş koşullu olasılıklarının toplamı 1'e eşit olmaktadır (Denklem 2.60).

$$\sum_{j=0}^m p_{ij} = 1 \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (2.60)$$

Haznedeki aktif su hacmi için $m+1$ adet durum göz önüne alınırsa hazne kapasitesi m eşit parçaya bölünmektedir. $i=0$ durumu minimum hacme (boş hazne), $i=m$ durumu ise maksimum hacme (tam dolu hazne) karşılık gelmektedir.

Tablo 2.9 Geçiş olasılığı matrisi (Özkul, 2010)

		t anındaki durum ($i=0,1,\dots,m$)				
		Min.	.	.	.	Mak.
t + 1 anındaki durum ($j=0,1,\dots,m$)	Min.	$P_{0,0}$		$P_{i,0}$		$P_{m,0}$
	.					
	.			$P_{i,j}$		
	.					
	Mak.	$P_{0,m}$		$P_{i,m}$		$P_{m,m}$
	Σ	1	1	1	1	1

m sayısı ne kadar büyük seçilirse sonuçların hassasiyeti o kadar artmakta, buna karşılık işlemlerin sayısı çoğalmakta ve hesap süresi uzamaktadır. Akımların değişkenlik katsayısı (C_v) büyüdükçe m de büyük seçilmektedir. $C_v \leq 0.5$ için $m=10$, $0.5 \leq C_v \leq 1.0$ için $m=20$, $1.0 \leq C_v \leq 1.5$ için $m=30$, $C_v \geq 1.5$ için $m=40$ alınabilmektedir (Bayazıt, 1997).

Haznedeki su hacminin P geçiş olasılığı matrisinin belirlenmesi için, hazneye ardışık zaman aralıklarında giren akımların birbirinden bağımsız olduklarının kabul edilmesi halinde, Denklem 2.58'de gösterilen süreklilik denklemi esas alınmaktadır. Burada geçiş olasılığı matrisinin elemanları farklı başlangıç koşulları için sınıf aralıklarının ve dolayısıyla sıklık değerlerinin bulunmasıyla belirlenebilmektedir (Özkul, 2010).

Stokastik hazne teorisinde P geçiş olasılık matrisi belirlendikten sonra, t anında haznedeki su hacminin P_t olasılık dağılımı ile $t+1$ anındaki P_{t+1} olasılık dağılımı arasındaki ilişki Denklem 2.61'te gösterilen matris denklemi uygulanarak

bulunabilmektedir. Bu denklem ardışık olarak tekrarlandığında kararlı durum vektörüne ulaşılmaktadır.

$$P_{t+1} = P_t P \quad (2.61)$$

Bu ifadede vektörlerin $i=0$ 'a karşı gelen elemanları t ve $t+1$ anlarında haznenin yetersiz kalma olasılıklarını göstermektedir.

Haznedeki su hacminin geçiş olasılık matrisinin belirlenmesi, hazneye ardışık zaman aralıklarında giren akımların birbirinden bağımsız olduklarının kabul edilmesi halinde kolaydır. Bu kabul, zaman aralığının yıl olarak seçilmesi halinde çoğu zaman geçerlidir. Ancak zaman aralığı mevsim, ya da ay olursa hazneye ardışık anlarda giren akımlar arasında kuvvetli bir iç bağımlılık bulunacaktır. İç bağımlılığın göz önüne alınması ise oldukça zordur. Bu durumda her bir ay veya mevsim için ayrı bir geçiş olasılığı tanımlanmaktadır (Bayazıt, 1997; Özkul, 2010).

Bu nedenlerden dolayı, Gould (1961) hem mevsimselliği, hem de aylık akımların içsel bağımlılığını dikkate alacak şekilde yukarıda anlatılan Moran yöntemini geliştirmiştir. Yöntemde, bir yıllık zaman dilimlerine ait geçiş olasılıkları matrisi kullanılmakta, fakat aylık su bütçesi uygulanarak akımlardaki yıl içi değişimler de göz önünde bulundurulmaktadır (Gould, 1961).

Yöntemde, yıl başında haznedeki su hacmi için belli bir değer seçilerek, n yıl uzunluktaki akım serisinin her bir yılının aylık akımlarını Denklem 2.58'deki Q_t değerleri olarak değerlendirip ($t=1,2,\dots,12$) yıl sonunda haznedeki su hacmi belirlenmektedir. Bu şekilde hesaplanan n adet değer kullanılarak başlangıçta seçilen i durumu için geçiş olasılık matrisinin elemanları belirlenmektedir. Bu işlemler başlangıç su hacmi için m durumun her birinde tekrarlanarak geçiş olasılık matrisi tamamlanmaktadır. Bu yöntemle, aylık akım serisi ile çalışıldığından, t yılının 12. ayı ile $t+1$ yılının 1.ayını arasındaki aylar hariç diğer aylardaki akımların içsel bağımlılığı göz önüne alınmış olmaktadır (McMahon ve Mein, 1986).

Ayrıca, her bir başlangıç durumu için tüm işletme dönemi boyunca haznenin yetersiz kaldığı ayların sayısı da belirlenmekte ve her bir i durumu için kuruma olasılığı olarak ifade edilen F satır vektörü (koşullu başarısızlık olasılığı vektörü) elde edilmektedir. Geçiş olasılığı matrisinden Denklem 2.61 ile kararlı durum olasılık vektörü belirlendikten sonra, bu vektör F satır vektörü ile çarpılarak m durum için haznenin yetersiz kalma olasılığındaki paylar hesaplanmaktadır. (McMahon ve Mein, 1986; Bayazıt, 1997; Özkul, 2010).

Tez kapsamında, olasılık matris yöntemlerinden akımların mevsimselliğinin ve içsel bağımlılığın dikkate alındığı Gould olasılık matris yöntemi tercih edilmiştir. Yöntem hem haznenin uzun dönemde herhangi bir doluluk oranında bulunma olasılıklarının, hem de (özellikle hazne işletme çalışmalarında gerekli olabilecek) başlangıç durumuna (dolu, yarı dolu, minimum hacimde vb) bağlı kısa süreli (1.,2.... yılın sonundaki) doluluk olasılıklarının tahmin edilmesinde kullanılabilir. Böylece çalışmada, hangi iklim şartları altında ve döneme hangi hacimle başlanması durumunda haznenin yetersiz kalmadan işleyişini sürdürebileceği irdelenebilmiştir.

BÖLÜM ÜÇ

YEREL VE BÖLGESEL ATMOSFERİK VERİLERİN ANALİZLERİ

3.1 Gözlenmiş Hidrometeorolojik Verilerin İstatistiksel Analizleri

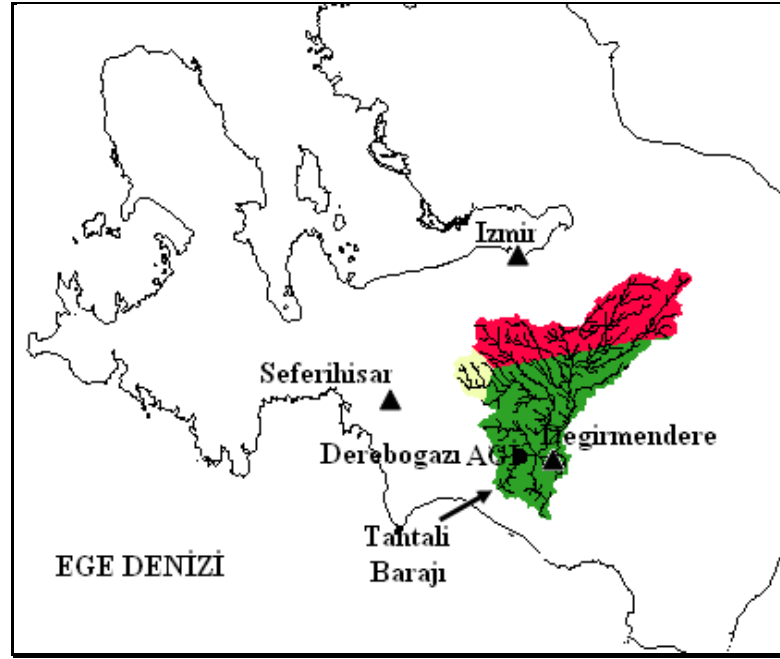
Tahtalı baraj havzasına ait aylık akımlar, DSİ 6-7 numaralı Dereboğazı akım gözlem istasyonunda 1970-1988 periyotları arasında ölçülmüştür. İstasyonun konumu Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Dereboğazı istasyonunda ölçülen aylık akım değerleri yağış-akış modellerinde kullanılmak üzere havza alanına bölünerek akış yüksekliklerine dönüştürülmüştür. Temel akış istatistikleri ve eğilim analizleri bu değerler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tahtalı (Dereboğazı) kesitindeki aylık akış yüksekliklerine ait temel istatistikler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 DSI 6-7 Dereboğazı istasyonu akışlarına ait temel istatistikler (1970-1988)

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık
\bar{x}	1.62	7.17	52.91	70.35	66.10	46.22	21.33	8.33	3.30	0.87	0.41	0.34	278.96
S_x	4.16	8.18	65.44	68.13	47.76	29.24	15.54	4.91	2.64	0.56	0.30	0.25	148.78
C_v	2.56	1.14	1.24	0.97	0.72	0.63	0.73	0.59	0.80	0.64	0.73	0.72	0.53
C_s	4.30	1.37	2.29	1.23	0.93	0.49	2.21	1.19	2.97	0.10	-0.16	0.35	0.64
k_x	18.89	0.75	6.66	1.11	-0.10	-1.13	6.40	1.36	10.99	-1.18	-1.35	-1.04	-0.80

\bar{x} : ortalama (mm/ay, mm/yıl); S_x : standart sapma (mm/ay, mm/yıl); C_v : değişkenlik; C_s : çarpıklık; k_x : kurtosis

Tahtalı baraj havzasının aylık yağışlarını temsil eden Değirmendere, İzmir ve Seferihisar istasyonlarından havzanın alansal ortalama yağışlarının elde edilebilmesi için ArcGIS yazılımı ile istasyonlar arasında Thiessen poligonları oluşturulmuş ve her bir istasyonun havza üzerindeki ağırlıkları elde edilmiştir. Buna göre istasyonların havza üzerindeki yaklaşık ağırlıkları İzmir için 0.40; Değirmendere için 0.55; Seferihisar için 0.05 olarak bulunmuştur (Şekil 3.1). Değirmendere ve Seferihisar istasyonlarına ait eksik gözlemler bu istasyonlar ile İzmir istasyonu arasında kurulan regresyon ilişkilerinden tamamlanarak 1948-2008 dönemini kapsayan alansal ortalama yağışlar elde edilmiştir. Havza aylık ortalama sıcaklıklarını temsilen diğer istasyonlarla oldukça yüksek korelasyonu olan İzmir istasyonunun aylık ortalama sıcaklıkları kullanılmıştır (Tablo 3.2-Tablo 3.3).



Şekil 3.1 ArcGIS yazılımı ile oluşturulan Thiessen poligonları

Tablo 3.2 Alansal ortalama havza yağışlarının temel istatistikleri (1948-2008)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
\bar{x}	150.21	118.79	90.71	51.49	34.74	9.25	2.68	2.12	15.92	46.79	114.20	173.39	67.52
S_x	92.41	83.07	54.32	35.47	32.67	15.28	5.26	6.19	31.95	45.13	70.73	100.49	15.60
C_v	0.62	0.70	0.60	0.69	0.94	1.65	1.96	2.91	2.01	0.96	0.62	0.58	0.23
C_s	0.57	0.88	0.57	1.07	1.63	3.02	2.45	4.90	3.87	1.75	1.10	1.04	0.40
k_x	-0.39	0.11	-0.47	1.23	2.69	11.38	5.15	26.83	19.02	4.65	1.27	1.34	0.23

\bar{x} : ortalama (mm/ay, mm/yıl); S_x : standart sapma (mm/ay, mm/yıl); C_v : değişkenlik; C_s : çarpıklık; k_x : kurtosis

Tablo 3.3 Aylık ortalama sıcaklıkların temel istatistikleri (1948-2008)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
\bar{x}	8.81	9.37	11.54	15.74	20.73	25.44	27.84	27.49	23.53	18.75	13.96	10.50	17.81
S_x	1.63	1.79	1.62	1.44	1.08	0.95	0.97	1.11	1.01	1.52	1.49	1.67	0.57
C_v	0.19	0.19	0.14	0.09	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.08	0.11	0.16	0.03
C_s	-0.04	0.01	0.09	-0.09	0.14	0.14	0.24	-0.42	0.41	0.09	0.04	-0.43	0.16
k_x	-0.77	-0.28	1.07	-0.35	-0.43	-0.37	-0.14	-0.22	1.03	-0.59	-0.01	0.47	-0.55

\bar{x} : ortalama ($^{\circ}$ C/ay, $^{\circ}$ C/yıl); S_x : standart sapma ($^{\circ}$ C/ay, $^{\circ}$ C/yıl); C_v : değişkenlik; C_s : çarpıklık; k_x : kurtosis

Tahtalı baraj havzası akış, yağış ve sıcaklık verilerinin, aylık ve 3 aylık (mevsimsel) dizilerindeki eğilimleri belirlemek amacıyla % 95 güven seviyesinde ($Z_{kr} = \pm 1.96$) uygulanan Mann-Kendall (M-K) sıra korelasyon testi sonuçları Tablo 3.4, Tablo 3.5 ve Tablo 3.6’da toplu olarak sunulmuştur.

Tablo 3.4 Tahtalı havzası 1970-1988 dönemi akışlarının (a) aylık ve (b) mevsimsel M-K trend (eğilim) analizi sonuçları ($Z_{kr} = \pm 1.96$)

(a)

	VAR(S)	S	Z_r	YORUM	
Ekim	816.000	-42.000	-1.435	TREND YOK	-
Kasım	817.000	15.000	0.490	TREND YOK	-
Aralık	817.000	-29.000	-0.980	TREND YOK	-
Ocak	817.000	33.000	1.120	TREND YOK	-
Şubat	817.000	-29.000	-0.980	TREND YOK	-
Mart	817.000	23.000	0.770	TREND YOK	-
Nisan	817.000	23.000	0.770	TREND YOK	-
Mayıs	815.000	33.000	1.121	TREND YOK	-
Haziran	817.000	7.000	0.210	TREND YOK	-
Temmuz	815.000	13.000	0.420	TREND YOK	-
Ağustos	815.000	-33.000	-1.121	TREND YOK	-
Eylül	814.000	-58.000	-1.998	TREND VAR	AZALIŞ TRENDİ
Yıllık	817.000	11.000	0.350	TREND YOK	-

(b)

	VAR(S)	S	Z_r	YORUM	
Kış	2451.000	-25.000	-0.485	TREND YOK	-
İlkbahar	2449.000	79.000	1.576	TREND YOK	-
Yaz	2447.000	-13.000	-0.243	TREND YOK	-
Sonbahar	2447.000	-85.000	-1.698	TREND YOK	-

Tablo 3.4’teki 1970-1988 dönemi akışlarına ait eğilim analizi sonuçları incelendiğinde %5 anlamlılık düzeyinde Eylül ayı dışında akışlarda önemli bir eğilim bulunmadığı saptanmıştır.

Tablo 3.5 Tahtalı havzası 1948-2008 dönemi alansal ortalama yağışlarının (a) aylık ve (b) mevsimsel M-K trend (eğilim) analizi sonuçları ($Z_{kr} = \pm 1.96$)

(a)

	VAR(S)	S	Z_r	YORUM
Ocak	25823.333	-298.000	-1.848	TREND YOK
Şubat	25823.333	-112.000	-0.691	TREND YOK
Mart	25823.333	20.000	0.118	TREND YOK
Nisan	25822.333	153.000	0.946	TREND YOK
Mayıs	25823.333	-410.000	-2.545	TREND VAR AZALIŞ TRENDİ
Haziran	25804.000	-304.000	-1.886	TREND YOK
Temmuz	24715.000	-241.000	-1.527	TREND YOK
Ağustos	24992.333	-215.000	-1.354	TREND YOK
Eylül	25714.000	-46.000	-0.281	TREND YOK
Ekim	25823.333	42.000	0.255	TREND YOK
Kasım	25823.333	254.000	1.574	TREND YOK
Aralık	25823.333	-40.000	-0.243	TREND YOK
Yıllık	25823.333	-82.000	-0.504	TREND YOK

(b)

	VAR(S)	S	Z_r	YORUM
Kış	77470.000	-450.000	-1.613	TREND YOK
İlkbahar	77469.000	-237.000	-0.848	TREND YOK
Yaz	75511.333	-760.000	-2.762	TREND VAR AZALIŞ TRENDİ
Sonbahar	77360.667	250.000	0.895	TREND YOK

Tablo 3.6 Tahtalı havzası 1948-2008 dönemi alansal ortalama sıcaklıklarının (a) aylık ve (b) mevsimsel M-K trend (eğilim) analizi sonuçları ($Z_{kr} = \pm 1.96$)

(a)

	VAR(S)	S	Z_r	YORUM
Ocak	25782.333	17.000	0.100	TREND YOK -
Şubat	25790.333	-31.000	-0.187	TREND YOK -
Mart	25787.333	278.000	1.725	TREND YOK -
Nisan	25800.333	303.000	1.880	TREND YOK -
Mayıs	25771.667	349.000	2.168	TREND VAR ARTIŞ TRENDİ
Haziran	25739.333	764.000	4.756	TREND VAR ARTIŞ TRENDİ
Temmuz	25754.333	595.000	3.701	TREND VAR ARTIŞ TRENDİ
Ağustos	25771.667	353.000	2.193	TREND VAR ARTIŞ TRENDİ
Eylül	25756.333	275.000	1.707	TREND YOK -
Ekim	25787.000	261.000	1.619	TREND YOK -
Kasım	25782.667	-154.000	-0.953	TREND YOK -
Aralık	25789.000	-201.000	-1.245	TREND YOK -
Yıllık	25821.333	436.000	2.707	TREND VAR ARTIŞ TRENDİ

(b)

	VAR(S)	S	Z_r	YORUM
Kış	77361.667	-215.000	-0.769	TREND YOK -
İlkbahar	77359.333	930.000	3.340	TREND VAR ARTIŞ TRENDİ
Yaz	77265.333	1712.000	6.155	TREND VAR ARTIŞ TRENDİ
Sonbahar	77326.000	382.000	1.370	TREND YOK -

Tablo 3.5'teki 1948-2008 dönemi alansal ortalama yağışlarına ait eğilim analizi sonuçları incelendiğinde, % 5 anlamlılık (Tip-I hata olasılığı) düzeyinde Mayıs ayında anlamlı bir azalış eğilimi dikkati çekerken, Ocak, Şubat, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Aralık aylarında da anlamlı olmayan azalış eğilimleri gözlenmiştir. Diğer aylardaki anlamlı olmayan artışlar ile birlikte yaz yağışlarında anlamlı, kış ve ilkbahar yağışlarında ise anlamlı mertebede olmayan azalış eğilimleri göze çarpmaktadır. Sonbahar yağışlarında ise yine anlamlı olmayan bir artış eğilimi gözlenmiş olup tüm bu değişimler sonucu yıllık yağışlarda anlamlı bir eğilime rastlanmamıştır.

Tablo 3.6'daki 1948-2008 dönemi ortalama sıcaklık verilerine ait eğilim analizi sonuçları incelendiğinde ise kış ayları dışında tüm aylarda genel olarak bir artış eğilimi olduğu görülmektedir. Özellikle Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında daha anlamlı olan bu artışların ilkbahar ve yaz dönemlerine, dolayısıyla yıllık sıcaklıklara da yansımıştır. Kış sıcaklıklarında ise anlamlı olmayan bir azalış eğilimi görülmektedir.

3.2 Bölgesel Atmosferik Verilerin İstatistiksel Analizleri

NCEP/NCAR re-analiz verileri pek çok ölçek indirgeme çalışmasında olduğu gibi tez çalışmasında da bölgesel tahminleyici olarak kullanılmıştır. Tahtalı havzasını kapsayan NCEP/NCAR gridine (Şekil 2.9) ait ve aynı zamanda genel dolaşım modellerinde de ortak olan toplam 12 adet atmosferik değişkenin 1948-2008 yılları arasındaki 61 yıllık temel istatistikleri hesaplanmıştır. Hava sıcaklığı (air, air850, air500, air200), geopotansiyel yükseklik (hgt850, hgt500, hgt200), rölatif nem (rhum850, rhum500), yüzey basıncı (press), deniz seviyesi basıncı (slp) ve yağış (prate) değişkenlerinden oluşan verilerin temel istatistik tablolarından tez kapsamında sadece yağış (prate) ve yüzey hava sıcaklığı (air) değişkenlerine ait istatistiklere (Tablo 3.7-Tablo 3.8) yer verilmiştir. Tüm değişkenlerin yıllara göre ortalama değerlerindeki değişimler ise Şekil 3.2-Şekil 3.6'da sunulmuştur.

Tablo 3.7 NCEP/NCAR yağış (prate) değişkenine ait temel istatistikler

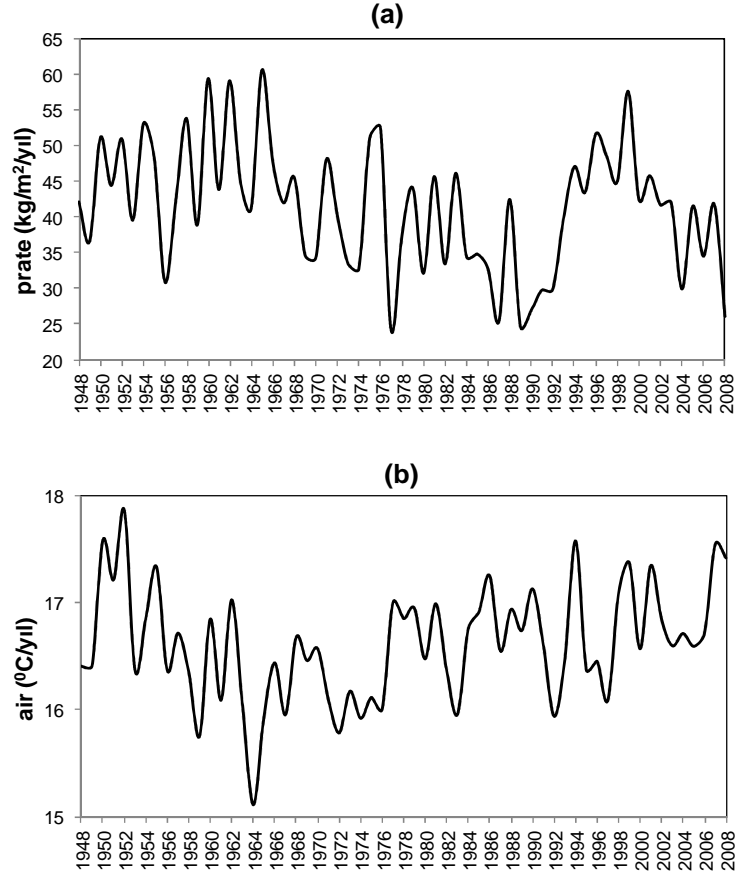
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
\bar{x}	67.35	66.68	62.01	52.71	50.25	22.63	6.63	3.54	12.24	30.94	51.53	70.69	41.43
S_x	35.65	30.73	24.92	31.25	36.38	25.54	14.84	8.33	15.71	21.33	30.62	37.60	8.91
C_v	0.53	0.46	0.40	0.59	0.72	1.13	2.24	2.35	1.28	0.69	0.59	0.53	0.21
C_s	0.64	0.40	0.49	0.47	0.78	1.66	3.98	3.65	1.84	0.80	1.41	1.43	0.04
k_x	0.61	-0.38	0.81	-0.48	0.43	2.41	19.08	14.89	3.78	0.10	3.93	3.40	-0.49

\bar{x} : ortalama (kg/m²/ay, kg/m²/yıl); S_x : standart sapma (kg/m²/ay, kg/m²/yıl); C_v : değişkenlik; C_s : çarpıklık; k_x : kurtosis

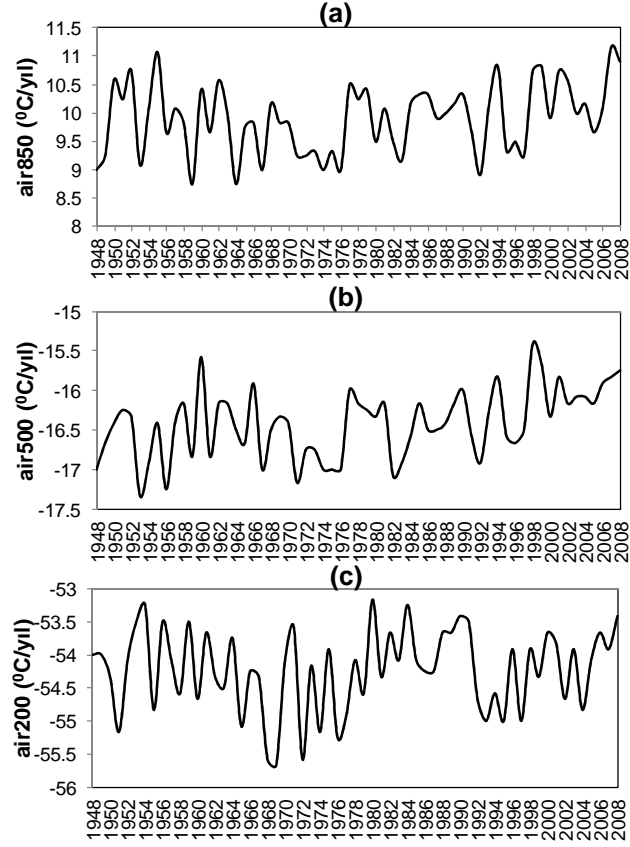
Tablo 3.8 NCEP/NCAR yüzey hava sıcaklığı (air) değişkenine ait temel istatistikler

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
\bar{x}	8.72	8.79	10.36	13.87	18.58	23.18	26.06	25.91	22.20	17.83	13.55	10.29	16.61
S_x	1.43	1.48	1.35	1.22	1.11	1.06	1.04	1.21	1.15	1.27	1.29	1.35	0.53
C_v	0.16	0.17	0.13	0.09	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.07	0.10	0.13	0.03
C_s	-0.27	-0.30	-0.11	-0.04	0.12	-0.11	0.11	-0.19	0.64	-0.20	-0.12	-0.06	-0.01
k_x	-0.15	-0.25	0.15	0.53	0.12	-0.41	-0.25	-0.54	1.45	-0.85	-0.22	-0.31	0.05

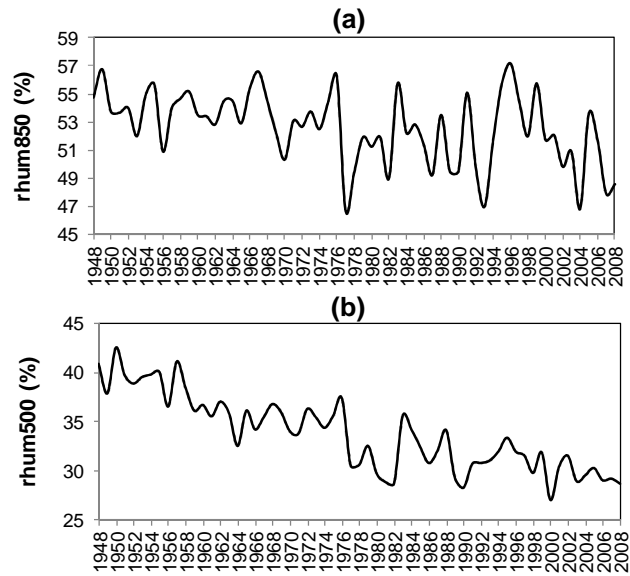
\bar{x} : ortalama (°C/ay, °C/yıl); S_x : standart sapma (°C/ay, °C/yıl); C_v : değişkenlik; C_s : çarpıklık; k_x : kurtosis



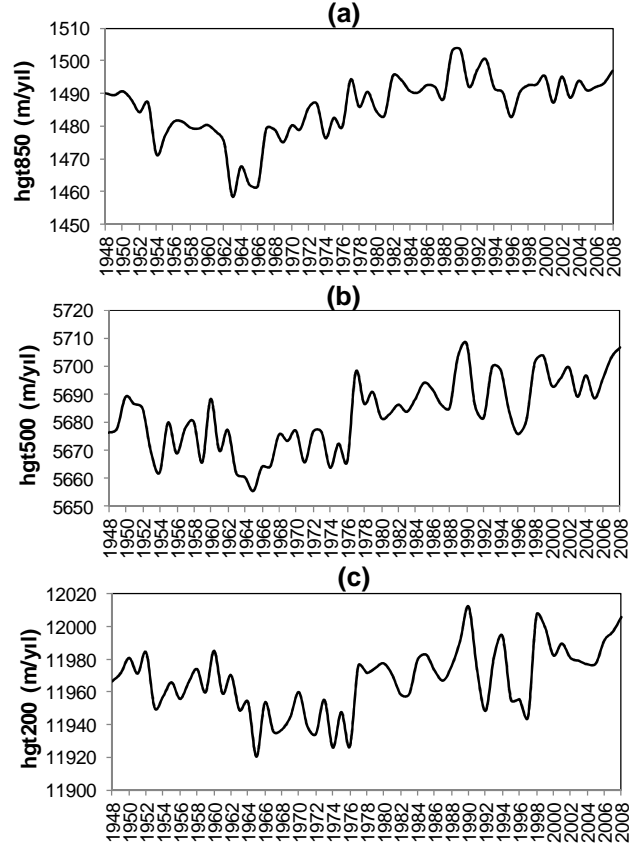
Şekil 3.2 NCEP/NCAR (a) yağış (prate) ve (b) yüzey hava sıcaklığı (air) değişkenlerinin yıllara göre değişimi



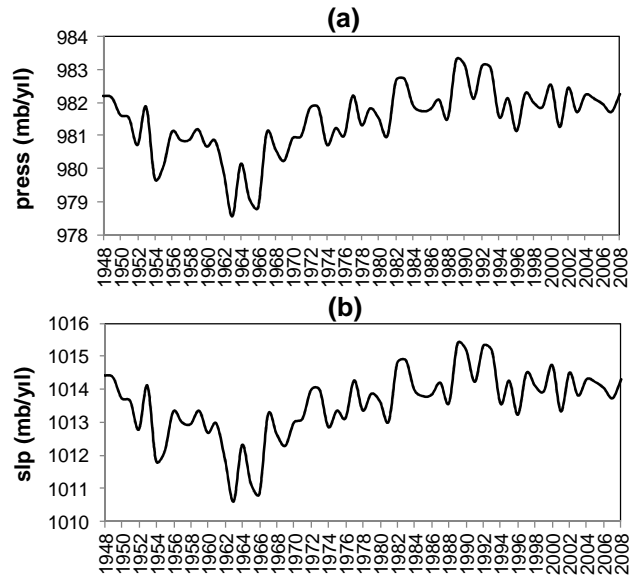
Şekil 3.3 NCEP/NCAR (a) air850, (b) air500 ve (c) air200 değişkenlerinin yıllara göre değişimi (air850, air500 ve air200 sırasıyla 850 hPa, 500 hPa ve 200 hPa atmosferik seviyelerindeki hava sıcaklıklarını göstermektedir).



Şekil 3.4 NCEP/NCAR (a) rhum850 ve (b) rhum500 değişkenlerinin yıllara göre değişimi (rhum850 ve rhum500 sırasıyla 850 hPa ve 500 hPa atmosferik seviyelerindeki bağıl nemi göstermektedir).



Şekil 3.5 NCEP/NCAR (a) hgt850, (b) hgt500 ve (c) hgt200 değişkenlerinin yıllara göre değişimi (hgt850, hgt500 ve hgt200 sırasıyla 850 hPa, 500 hPa ve 200 hPa atmosferik seviyelerindeki geopotansiyel yükseklikleri göstermektedir).



Şekil 3.6 NCEP/NCAR (a) press ve (b) slp değişkenlerinin yıllara göre değişimi (press ve slp sırasıyla yüzey basıncını ve deniz seviyesi basıncını göstermektedir).

Benzer şekilde NCEP/NCAR re-analiz verilerine de, aylık ve 3 aylık (mevsimsel) dizilerdeki eğilimleri belirlemek amacıyla % 95 güven seviyesinde ($Z_{kr} = \pm 1.96$) Mann-Kendall (M-K) sıra korelasyon testi uygulanmıştır. Eğilim sonuçları incelendiğinde atmosferin 200mb seviyesindeki hava sıcaklığı kış döneminde; 500mb seviyesinde ise ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde artış eğilimi göstermektedir. Yeryüzüne yaklaştıkça 850mb seviyesinde ve yüzey hava sıcaklıklarında ilkbahar ve yaz dönemi sıcaklıklarının artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. 200, 500 ve 850 mb seviyelerindeki geopotansiyel yüksekliklerin ise tüm dönemlerde artış eğiliminde olduğu göze çarpmaktadır. Sıcaklık artışlarının aksine rölatif nem değerlerinin atmosferin üst katmanlarında tüm mevsimlerde; yüzeye yakın bölgelerde ise kış ve ilkbahar dönemlerinde azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Tablo 3.9 NCEP/NCAR yağış (prate) verilerine ait (a) aylık ve (b) mevsimsel M-K trend (eğilim) analizi sonuçları ($Z_{kr} = \pm 1.96$)

(a)

	VAR(S)	S	Z_r		YORUM
Ocak	25823.333	-668.000	-4.151	TREND VAR	AZALIŞ TRENDİ
Şubat	25823.333	-226.000	-1.400	TREND YOK	-
Mart	25823.333	-348.000	-2.159	TREND VAR	AZALIŞ TRENDİ
Nisan	25823.333	38.000	0.230	TREND YOK	-
Mayıs	25823.333	-260.000	-1.612	TREND YOK	-
Haziran	25823.333	58.000	0.355	TREND YOK	-
Temmuz	24601.667	125.000	0.791	TREND YOK	-
Ağustos	23720.667	238.000	1.539	TREND YOK	-
Eylül	25776.000	194.000	1.202	TREND YOK	-
Ekim	25823.333	124.000	0.765	TREND YOK	-
Kasım	25823.333	230.000	1.425	TREND YOK	-
Aralık	25823.333	-216.000	-1.338	TREND YOK	-
Yıllık	25823.333	-342.000	-2.122	TREND VAR	AZALIŞ TRENDİ

(b)

	VAR(S)	S	Z_r		YORUM
Kış	77470.000	-1110.000	-3.984	TREND VAR	AZALIŞ TRENDİ
İlkbahar	77470.000	-570.000	-2.044	TREND VAR	AZALIŞ TRENDİ
Yaz	74145.667	421.000	1.542	TREND YOK	-
Sonbahar	77422.667	548.000	1.966	TREND VAR	ARTIŞ TRENDİ

Tablo 3.10 NCEP/NCAR yüzey sıcaklığı (air) verilerine ait (a) aylık ve (b) mevsimsel M-K trend (eğilim) analizi sonuçları ($Z_{kr} = \pm 1.96$)

(a)					
	VAR(S)	S	Z_r	YORUM	
Ocak	25819.333	38.000	0.230	TREND YOK	-
Şubat	25816.667	-146.000	-0.902	TREND YOK	-
Mart	25819.333	262.000	1.624	TREND YOK	-
Nisan	25819.333	82.000	0.504	TREND YOK	-
Mayıs	25816.333	241.000	1.494	TREND YOK	-
Haziran	25821.333	346.000	2.147	TREND VAR	ARTIŞ TRENDİ
Temmuz	25817.333	288.000	1.786	TREND YOK	-
Ağustos	25817.333	218.000	1.351	TREND YOK	-
Eylül	25818.333	85.000	0.523	TREND YOK	-
Ekim	25821.333	128.000	0.790	TREND YOK	-
Kasım	25818.333	-17.000	-0.100	TREND YOK	-
Aralık	25820.333	-87.000	-0.535	TREND YOK	-
Yıllık	25819.333	288.000	1.786	TREND YOK	-

(b)					
	VAR(S)	S	Z_r	YORUM	
Kış	77456.333	-195.000	-0.697	TREND YOK	-
İlkbahar	77455.000	585.000	2.098	TREND VAR	ARTIŞ TRENDİ
Yaz	77456.000	852.000	3.058	TREND VAR	ARTIŞ TRENDİ
Sonbahar	77458.000	196.000	0.701	TREND YOK	-

En önemli değişkenlerden biri olan yüzey yağışlarında ise kış ve ilkbahar mevsimlerinde azalma eğilimleri gözlenirken sonbahar döneminde artış eğilimi tespit edilmiştir. Tez kapsamında NCEP/NCAR değişkenleri içinden sadece yağış (prate) ve yüzey hava sıcaklığı (air) değişkenlerine ait Mann-Kendall (M-K) sıra korelasyon testi sonuçlarına yer verilmiştir (Tablo 3.9-Tablo 3.10).

Uygulama havzasını kapsayan ve Tablo 2.6'da isimleri ve merkez koordinatları verilen genel dolaşım modelleri gridlerine ait 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarının, tez kapsamında ele alınan ortak 12 atmosferik değişkenine ait temel istatistikler hesaplanmış ve eğilim analizleri gerçekleştirilmiştir. Toplam 14 tane küresel ölçekli iklim modeli, 4 tane senaryo ve 12 tane değişken dikkate alındığında, çok sayıda istatistiksel analiz yapılmış olmasına rağmen çalışma kapsamında yalnızca havza ölçeğine indirgenen yüzey hava sıcaklığı ve yağış değerlerinin sonuçlarına yer verilmiştir. İlgili sonuçlar ölçek indirgeme uygulamalarını takiben ileriki bölümlerde sunulmaktadır.

3.3 Optimum NCEP/NCAR Değişkenlerinin Belirlenmesi

Tahtalı baraj havzasını temsil eden aylık alansal ortalama yağış ve sıcaklık dizilerinin yapay sinir ağları yaklaşımı ile indirgenmesi amacıyla ağı sunulacak olan veriler, 1948–2008 dönemini kapsayan ve Tablo 2.6’da listelenen küresel iklim modellerinde de ortak bulunan 12 adet NCEP/NCAR tahminleyicisinden oluşmaktadır. Çalışmada gerek iklim modellerine ait değişkenlerdeki belirsizlikler, gerekse uygulama havzasını temsil etmesi beklenen 20C3M dönemi indirgenmiş yağış ve sıcaklıkların gözlem yapılmış 1950-1999 dönemini yansıtabilmesi açısından yeterli sayıda ve homojen tahminleyici NCEP/NCAR değişkenlerinin kullanılması yoluna gidilmiştir.

1948–2008 dönemini kapsayan 61 yıllık NCEP/NCAR değişkenleri ve havzayı temsil eden yerel ölçekteki alansal yağış ve sıcaklık değişkenleri iki gruba bölünerek (n_1 :31 yıl (1948-1978); n_2 :30 yıl (1979-2008)) homojenlikleri sınanmıştır (Tablo 3.11). Bu veri grupları aynı zamanda yapay sinir ağı modellerinde sırasıyla eğitim ve validasyon+test aşamalarında kullanılan veri gruplarıdır. Bu yaklaşım ile yapay sinir ağı modellerinin homojen verilerle daha sağlıklı kurulması amaçlanmıştır. Böylece iklim modellerinin taraflı tahminler yapma olasılıkları azalabilecektir. Homojenlik testlerini takiben elde edilen değişkenler yardımı ile tüm olası regresyon (all possible regression) modellerinden yararlanılmış ve en iyi 1,2,...,12 girdili regresyon modelleri belirlenmiştir (Tablo 3.12 ve Tablo 3.13). Bu kapsamda EXCEL (VBA) ortamında hazırlanan bir programdan yararlanılmıştır. Belirlenen modeller içindeki en uygun model ise değişkenin homojenliği de dikkate alınarak düzeltilmiş determinasyon katsayısına ve hata performansına bağlı olarak seçilmiştir. Sözü edilen en iyi regresyon modelleri oluşturulurken birbirileri ile yüksek korelasyon veren bağımsız değişkenlerden bazıları modellerden atılmıştır. Tüm değişkenler arasındaki korelasyon ilişkileri Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Sonuç olarak, yağış (*prate*), 850 hPa seviyesindeki sıcaklık (*air850*) ve 200 hPa seviyesindeki geopotansiyel yükseklik (*hgt200*) değişkenlerinin aylık alansal ortalama yağış tahminleyicileri olarak, yüzey hava sıcaklığı (*air*) değişkeninin ise aylık alansal ortalama sıcaklık tahminleyicisi olarak kullanılması yeterli bulunmuştur.

Tablo 3.11 NCEP/NCAR ve havzayı temsil eden alansal yağış ve sıcaklık değişkenlerinin Mann-Whitney U homojenlik testi sonuçları

		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
pr	H.A.S.	224	347	319	418	380	426	431.5	363	455.5	454	369	404
	10 Z	3.477	1.702	2.106	0.678	1.226	0.563	0.495	1.533	0.137	0.159	1.385	0.880
slp	H.A.S.	278	292	331.5	247	275.5	266.5	256	256.5	233.5	271	334.5	293
	2 Z	2.698	2.496	1.926	3.145	2.734	2.864	3.015	3.008	3.340	2.799	1.883	2.481
press	H.A.S.	267	297	322.5	243.5	263	240	242	239.5	217.5	255	335	283.5
	1 Z	2.856	2.424	2.056	3.195	2.914	3.246	3.217	3.253	3.571	3.030	1.876	2.618
air	H.A.S.	407.5	406	371.5	379.5	376.5	302.5	352	337.5	353	372.5	458.5	455.5
	11 Z	0.830	0.851	1.349	1.234	1.277	2.344	1.630	1.839	1.616	1.334	0.094	0.137
air200	H.A.S.	422	303.5	408.5	431.5	440	445.5	407	445.5	454	463	260	344.5
	10 Z	0.636	2.367	0.828	0.498	0.372	0.285	0.881	0.299	0.163	0.030	3.074	1.775
air500	H.A.S.	260	465	398	427	392	197	445	457	335	335.5	440	439.5
	8 Z	3.024	0.000	0.990	0.572	1.099	4.226	0.303	0.125	2.022	1.962	0.369	0.377
air850	H.A.S.	398.5	396	413.5	382.5	415	321.5	343.5	391	321	365.5	430.5	447.5
	10 Z	0.977	1.007	0.752	1.209	0.739	2.184	1.799	1.091	2.128	1.454	0.506	0.258
hgt200	H.A.S.	196	413	307	366.5	340.5	218.5	414	366	261	289	390	355
	7 Z	3.881	0.750	2.279	1.421	1.796	3.556	0.736	1.428	2.943	2.539	1.082	1.587
hgt500	H.A.S.	215	398	323	322	305	113	221	221.5	202	251	401	332
	3 Z	3.607	0.967	2.049	2.063	2.308	5.078	3.520	3.513	3.794	3.087	0.923	1.919
hgt850	H.A.S.	243	314.5	296.5	248	249	196	196.5	167	206.5	211.5	350.5	262
	1 Z	3.203	2.171	2.431	3.131	3.116	3.881	3.874	4.299	3.729	3.657	1.652	2.929
rhum500	H.A.S.	109	102.5	165.5	227.5	237.5	116	280	306.5	202	264.5	235	256.5
	0 Z	5.142	5.237	4.328	3.438	3.289	5.046	2.679	2.297	3.808	2.898	3.323	3.015
rhum850	H.A.S.	307.5	406.5	290.5	337	330	359	459	404	413	434	402.5	399
	10 Z	2.277	0.846	2.524	1.850	1.952	1.533	0.087	0.882	0.752	0.448	0.904	0.954
Tahtalı Yağış	H.A.S.	385	391	447	435	377.5	316.5	397.5	305	317	394	317	440
	8 Z	1.154	1.068	0.260	0.433	1.262	2.143	0.994	2.344	2.139	1.024	2.135	0.361
Tahtalı Sıcaklık	H.A.S.	436	411	400.5	354.5	372.5	202.5	278	326.5	314	356.5	399.5	403.5
	8 Z	0.419	0.779	0.931	1.595	1.335	3.792	2.700	2.000	2.181	1.566	0.945	0.888

H.A.S. : Homojen Ay Sayısı ; Z_{kritik} : 1.96

Tablo 3.12 Aylık alansal ortalama yağış tahminleyicilerinin belirlenmesi

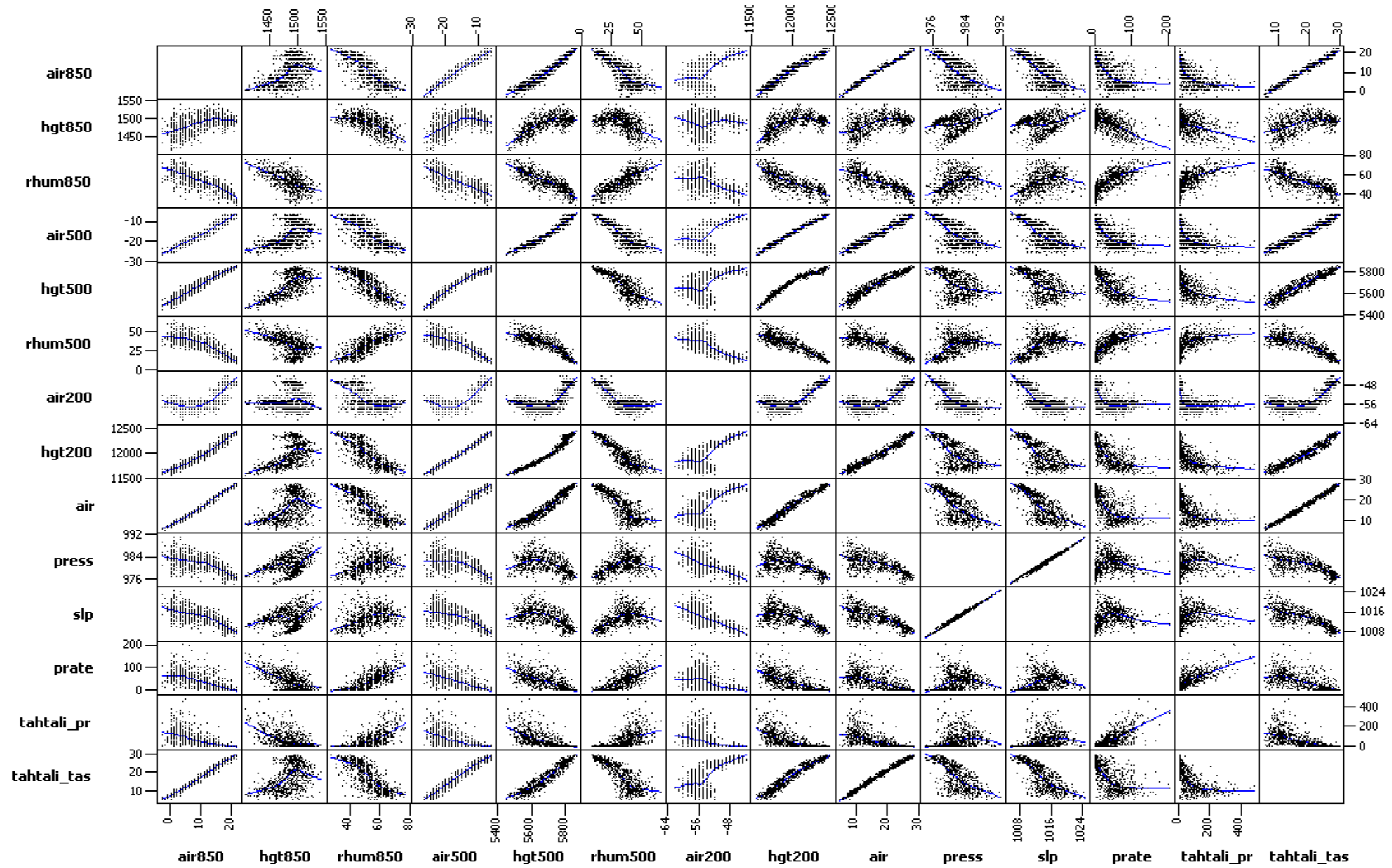
Model No	R ²	Adj R ²	air850	hgt850	rhum850	air500	hgt500	rhum500	air200	hgt200	air	press	slp	prate
1	0.563	0.563												•
2	0.612	0.611	•											•
3	0.632	0.630	•							•				•
4	0.634	0.632	•	•						•				•
5	0.648	0.646	•				•		•	•				•
6	0.650	0.647	•				•		•	•	•			•
7	0.651	0.648	•				•		•	•		•	•	•
8	0.654	0.650	•	•		•			•	•	•	•		•
9	0.656	0.652	•	•		•			•	•	•	•	•	•
10	0.658	0.653	•	•		•		•	•	•	•	•	•	•
11	0.659	0.654	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	0.660	0.654	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

air850, hgt850 ve rhum850: Sırasıyla 850 hPa atmosferik seviyesindeki hava sıcaklığını, geopotansiyel yüksekliği ve bağıl nemi,
air500, hgt500 ve rhum500: Sırasıyla 500 hPa atmosferik seviyesindeki hava sıcaklığını, geopotansiyel yüksekliği ve bağıl nemi,
air200 ve hgt200: Sırasıyla 200 hPa atmosferik seviyesindeki hava sıcaklığını ve geopotansiyel yüksekliği,
air: yüzey hava sıcaklığını, press: yüzey basıncını, slp: deniz seviyesi basıncını ve prate: yağışı göstermektedir.

Tablo 3.13 Aylık alansal ortalama sıcaklık tahminleyicilerinin belirlenmesi

Model No	R ²	Adj R ²	air850	hgt850	rhum850	air500	hgt500	rhum500	air200	hgt200	air	press	slp	prate
1	0.986	0.986									•			
2	0.988	0.988									•		•	
3	0.989	0.989									•	•	•	
4	0.989	0.989		•			•			•	•			
5	0.990	0.990		•			•		•	•	•			
6	0.990	0.990	•					•		•	•	•	•	•
7	0.990	0.990	•	•				•		•	•	•	•	•
8	0.990	0.990	•	•				•	•	•	•	•	•	•
9	0.990	0.990	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•
10	0.990	0.990	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•
11	0.990	0.990	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•
12	0.990	0.990	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

air850, hgt850 ve rhum850: Sırasıyla 850 hPa atmosferik seviyesindeki hava sıcaklığını, geopotansiyel yüksekliği ve bağıl nemi, air500, hgt500 ve rhum500: Sırasıyla 500 hPa atmosferik seviyesindeki hava sıcaklığını, geopotansiyel yüksekliği ve bağıl nemi, air200 ve hgt200: Sırasıyla 200 hPa atmosferik seviyesindeki hava sıcaklığını ve geopotansiyel yüksekliği, air: yüzey hava sıcaklığını, press: yüzey basıncını, slp: deniz seviyesi basıncını ve prate: yağışı göstermektedir.



Şekil 3.7 NCEP/NCAR değişkenleri ve Tahtalı havzası yağış-sıcaklık gözlemleri arasındaki ilişkiler (tahtali_pr: gözlenen yağış; tahtali_tas: gözlenen sıcaklık)

BÖLÜM DÖRT

MODELLEME ÇALIŞMALARI VE BULGULAR

4.1 Ölçek İndirgeme Modellerinin Oluşturulması

Belirlenen tahminleyiciler YSA tabanlı istatistiksel ölçek indirgeme modelinin girdileri olarak kullanılmıştır. YSA modellemesinde tüm veriler belli oranlar dâhilinde eğitim (~50%), validasyon (~25%) ve test (~25%) olmak üzere üç aşamada değerlendirilmiştir. 1948-1978 dönemini kapsayan 31 yıllık veri eğitimde, 1979-1993 dönemini kapsayan 15 yıllık veri validasyon aşamasında, 1994-2008 dönemini kapsayan 15 yıllık veri test aşamasında kullanılmıştır. Bu aşamada Materyal ve Yöntem bölümünde detayları anlatılan ve MATLAB ortamında kodlanan Levenberg-Marquardt optimizasyon algoritmasına dayanan ileri beslemeli geriye yayımlı bir YSA modeli tasarlanmıştır. YSA modelinin eğitiminde erken durdurma (early-stopping) yönteminden yararlanılarak ağın aşırı öğrenmesi (over-fitting) engellenmiştir.

Modellerde kullanılacak aktivasyon fonksiyonu için Şekil 2.14'te gösterilen fonksiyonları içeren çeşitli denemeler yapılmış ve ilk katmanda ($f^{(1)}$) *sigmoid* fonksiyonu, son katmanda ($f^{(2)}$) ise *doğrusal* fonksiyon en iyi performansı vermiştir. Tüm girdi ve çıktı verileri $(\mathbf{x}-\mathbf{x}_{ort})/S$ bağıntısıyla ortalaması sıfır, standart sapması bir değerine eşit olan ($\mathbf{x}_{ort}=0; S=1$) olan normalize edilmiş dizi haline getirilerek kullanılmıştır. Öğrenme işlemi tamamlandıktan sonra standardize veriler ters işlem ile orijinal ölçeğindeki değerlere dönüştürülerek eğitim ve test dönemi model performansları incelenmiştir.

Aylık alansal ortalama yağış ve sıcaklık değerleri için ayrı ayrı hazırlanan modellerin eğitiminde, gizli tabakadaki hücre sayıları, her bir iterasyonda kullanılan Marquardt parametresi (λ) karesel hata ortalamaları (HKO) minimum olacak şekilde belirlenmiştir. Aylık alansal ortalama yağış ve sıcaklık modelleri için hazırlanan ağların erken durdurma yöntemi esas alındığında (beş adet validasyon kontrol noktası

için), modellerin eğitimi sırasıyla 48 ve 14 iterasyonda erken durdurma yöntemi gereği sonlanmıştır (Şekil 4.1).

$$y_m = f^{(2)} \left\{ \sum_{j=1}^m \left[f^{(1)} \left(\sum_{i=1}^n x_i W_{ij} + b_j \right) \right] W_{jm} + b_m \right\} \quad \text{olmak üzere modellerin eğitimi}$$

sonrasında elde edilen ağırlıklar aşağıda verilmektedir (Denklem 4.1- Denklem 4.2).

Yağış modeline ait ağ ağırlıkları;

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} 8.21 & -13.12 & 8.53 \\ 0.03 & -0.76 & -5.28 \\ 7.54 & 19.36 & -10.50 \\ -6.27 & -4.43 & -3.29 \\ 0.75 & -4.20 & 0.89 \\ 0.65 & 3.47 & -6.46 \\ -1.47 & 0.38 & 0.80 \\ 6.65 & 3.66 & 4.24 \\ 0.37 & -4.17 & 0.52 \end{bmatrix}^T \quad b_j = \begin{bmatrix} -18.75 \\ -12.13 \\ -11.70 \\ 10.03 \\ -4.83 \\ -1.54 \\ -0.19 \\ -9.88 \\ -5.40 \end{bmatrix}^T \quad W_{jm} = \begin{bmatrix} 0.77 \\ 11.78 \\ -0.73 \\ 6.24 \\ 7.81 \\ -0.73 \\ -1.93 \\ -5.98 \\ -8.81 \end{bmatrix} \quad b_m = [-5.22]_{1 \times 1}$$

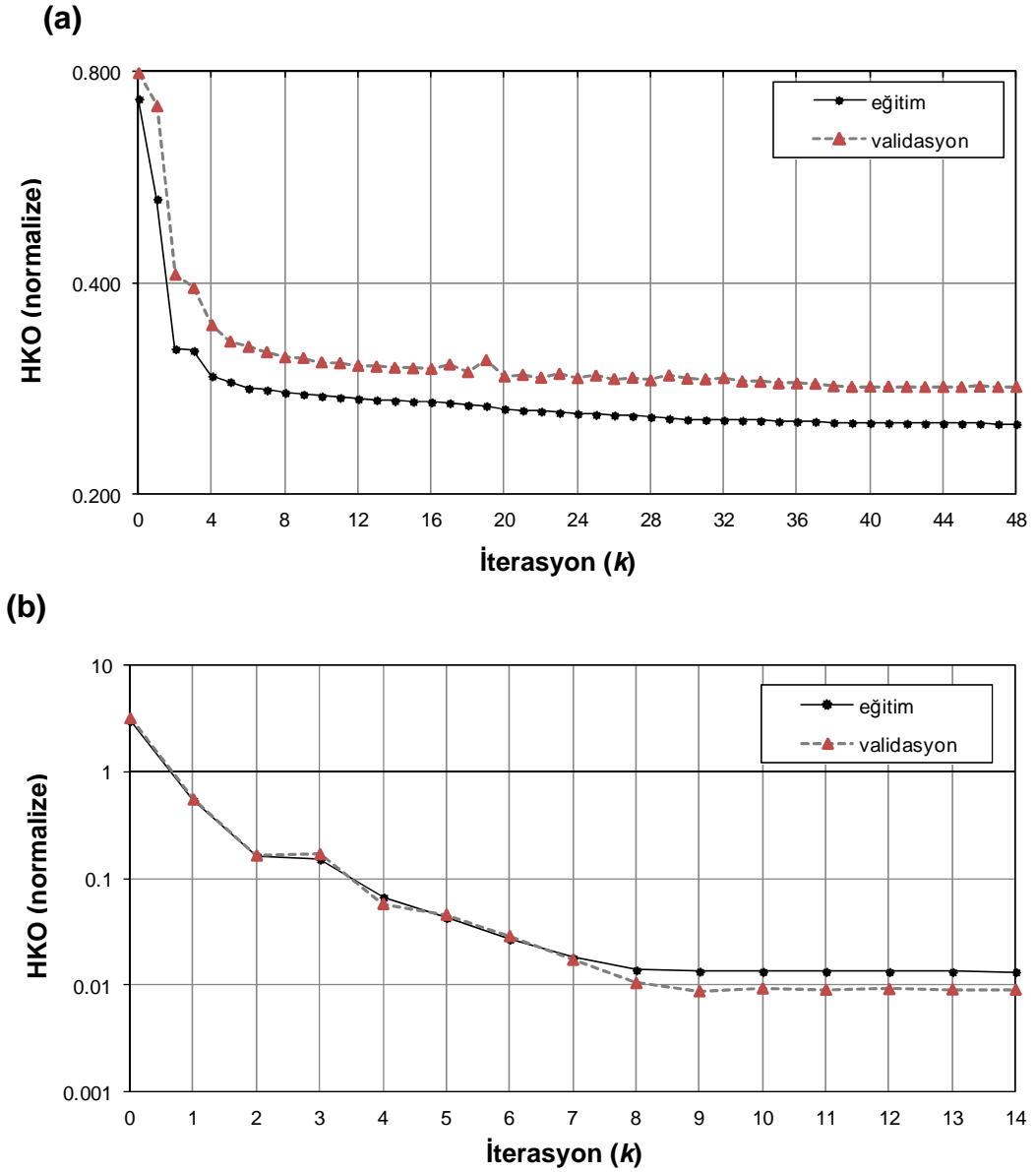
(4.1)

Sıcaklık modeline ait ağ ağırlıkları;

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} -0.62 \\ 12.49 \\ 6.02 \end{bmatrix}^T \quad b_j = \begin{bmatrix} -0.37 \\ 6.37 \\ 20.38 \end{bmatrix}^T \quad W_{jm} = \begin{bmatrix} -7.03 \\ -0.05 \\ 1.16 \end{bmatrix} \quad b_m = [1.80]_{1 \times 1}$$

(4.2)

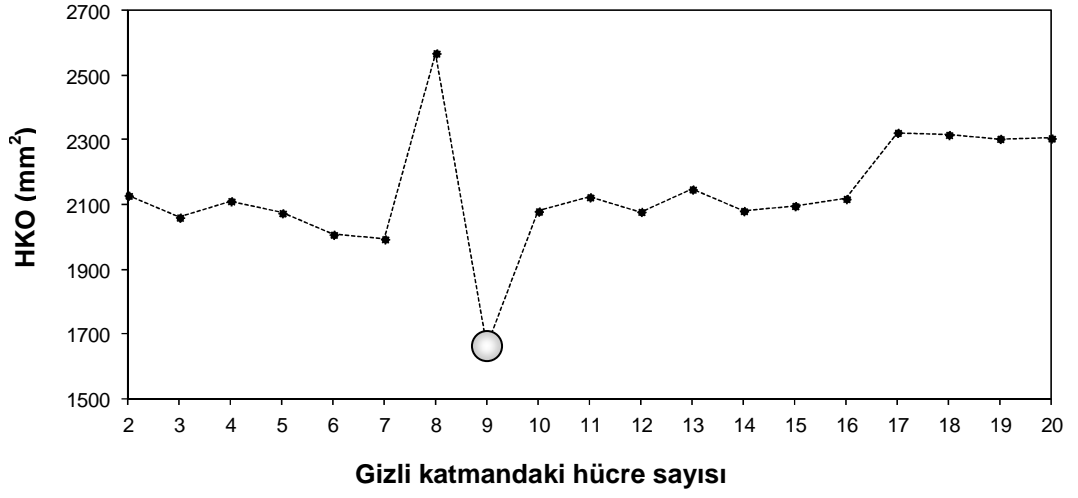
şeklinde elde edilmiştir.



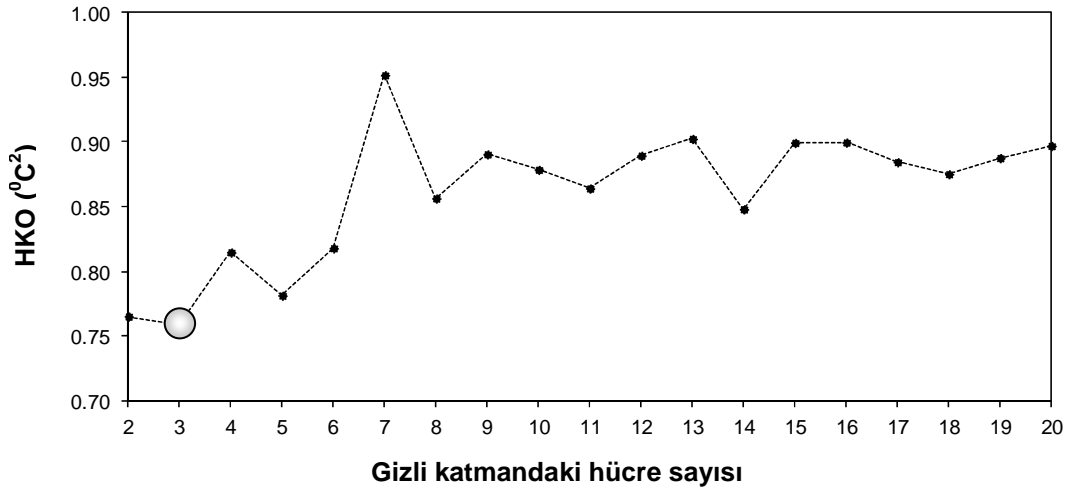
Şekil 4.1 Yağış (a) ve sıcaklık (b) modellerin erken durdurma yöntemi ile eğitimi

Aylık alansal ortalama yağış ve sıcaklık modelleri için eğitim ve test seti performansını en yüksek yapan gizli katmandaki hücre sayıları ise sırasıyla, 9 ve 3 alınmıştır (Şekil 4.2). Eğitim esnasında belirlenen λ parametreleri Şekil 4.3'te gösterilmektedir.

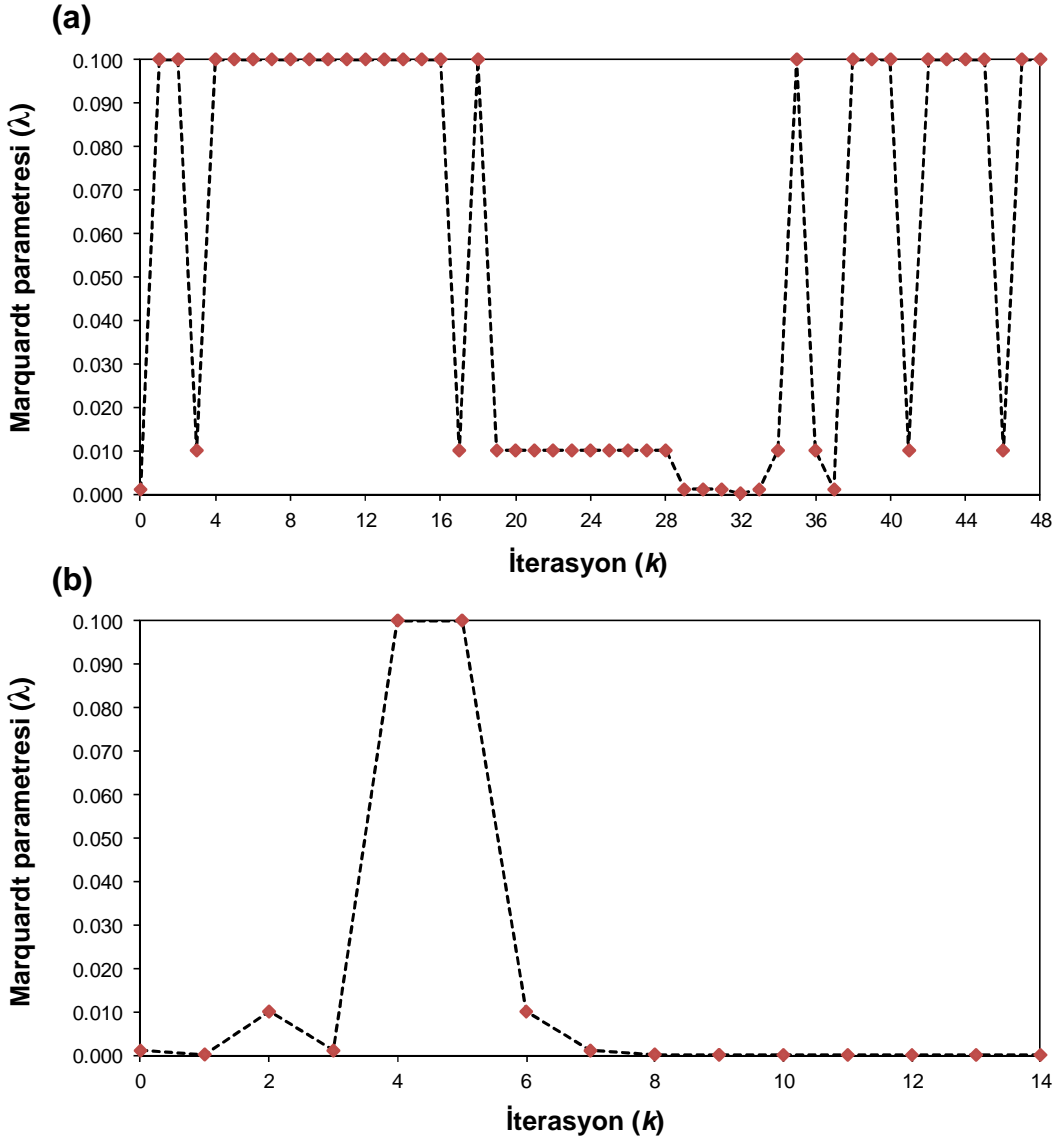
(a)



(b)



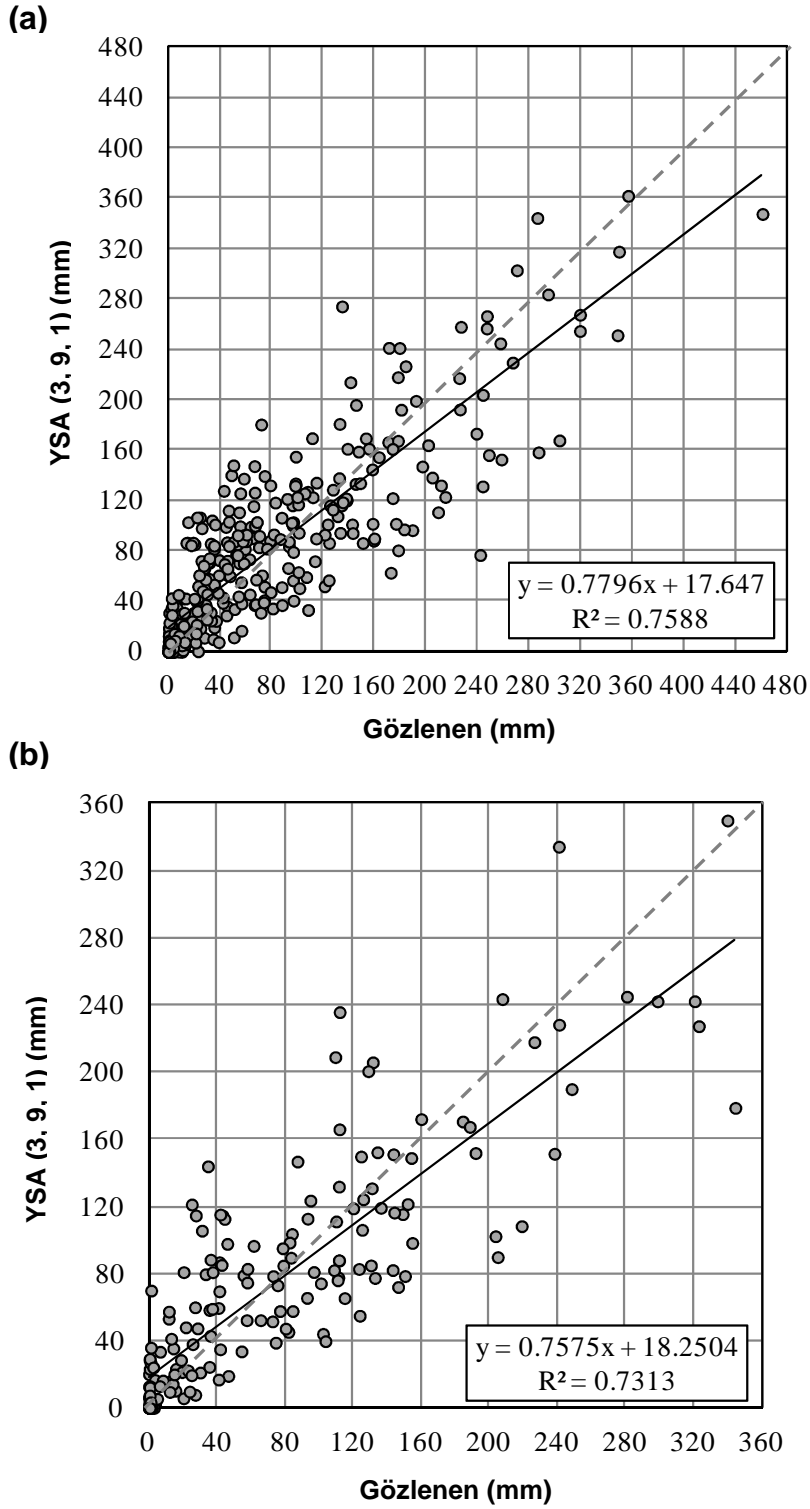
Şekil 4.2 Aylık alansal ortalama yağış (a) ve sıcaklık (b) modellerinde gizli katmandaki hücre sayılarının test dönemindeki ortalama karesel hata performansları



Şekil 4.3 Aylık alansal ortalama yağış (a) ve sıcaklık (b) modellerinde Marquardt (λ_k) parametresinin eğitim esnasındaki değişimi

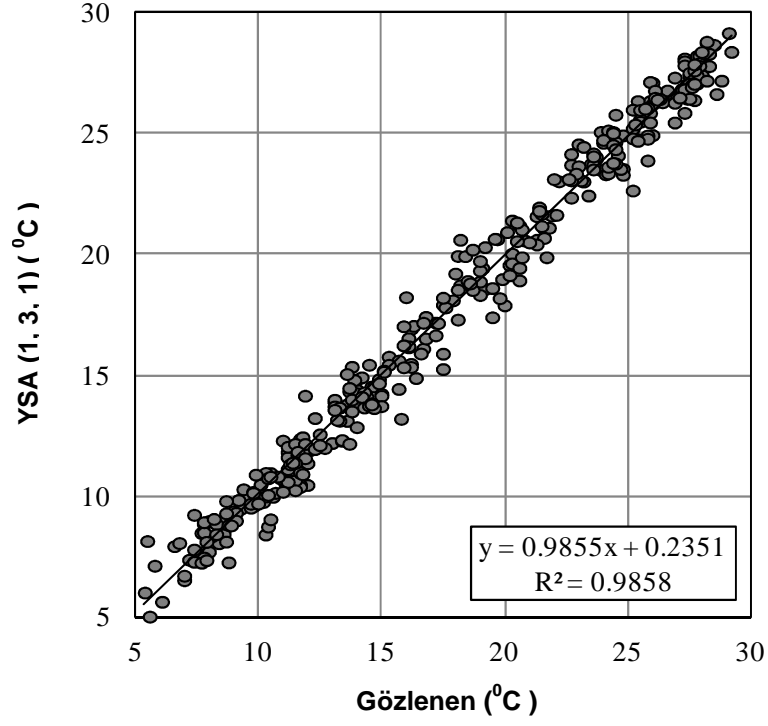
Modellere ait saçılım diyagramları Şekil 4.4'te ve Şekil 4.5'te, istatistiksel performansları ise Tablo 4.1'de sunulmaktadır. Modellerin test dönemi aylık tahminleri ile gözlenmiş alansal ortalama değerler arasındaki Mann-Whitney U Homojenlik testi sonuçları ise Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Buna göre, indirgenen aylık alansal ortalama yağışlar tüm aylarda, sıcaklıklar ise Haziran ve Temmuz dışında tüm aylarda % 95 güven seviyesinde homojenliği sağlamıştır. Test dönemi aylık ve yıllık ortalama istatistikleri (Şekil 4.6) ve diğer tüm istatistiksel performans kriterleri incelendiğinde de kurulan ölçek indirgeme modellerinin başarılı olduğu ve

genel dolaşım modellerinin (GDM) gelecek d6nem projeksiyonları için yeter doğrulukta kullanılabileceği g6sterilmiştir.

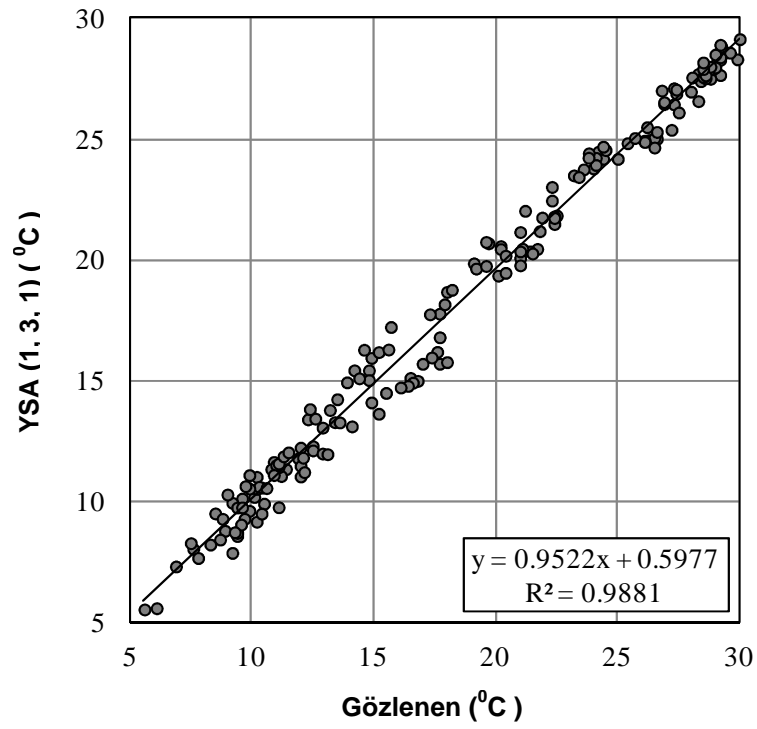


şekil 4.4 Aylık yağışların eğitim (a) ve test d6nemi (b) saçılım grafikleri

(a)



(b)



Şekil 4.5 Aylık sıcaklıkların eğitim (a) ve test dönemi (b) saçılım grafikleri

Tablo 4.1 Ölçek indirme modellerinin test dönemlerine ait (a) yağış ve (b) sıcaklık tahmini performansları

(a)

	Eğitim							Min. (mm)	Maks. (mm)
	HKO (mm ²)	HKOK (mm)	AOMH	R ²	Adj. R ²	NS			
Gözlenen	-	-	-	-	-	-	0.00	461.09	
YSA (3, 9, 1)	1548.6620	39.3530	0.3911	0.7588	0.7568	0.7572	0.00	362.22	

	Test							Min (mm)	Maks. (mm)
	HKO (mm ²)	HKOK (mm)	AOMH	R ²	Adj. R ²	NS			
Gözlenen	-	-	-	-	-	-	0.00	344.14	
YSA (3, 9, 1)	1662.4714	40.7734	0.3969	0.7313	0.7267	0.7300	0.00	350.03	

(b)

	Eğitim							Min. (°C)	Maks. (°C)
	HKO (°C ²)	HKOK (°C)	AOMH	R ²	Adj. R ²	NS			
Gözlenen	-	-	-	-	-	-	5.40	29.20	
YSA (1, 3, 1)	0.6591	0.8119	0.0357	0.9858	0.9857	0.9858	5.05	29.19	

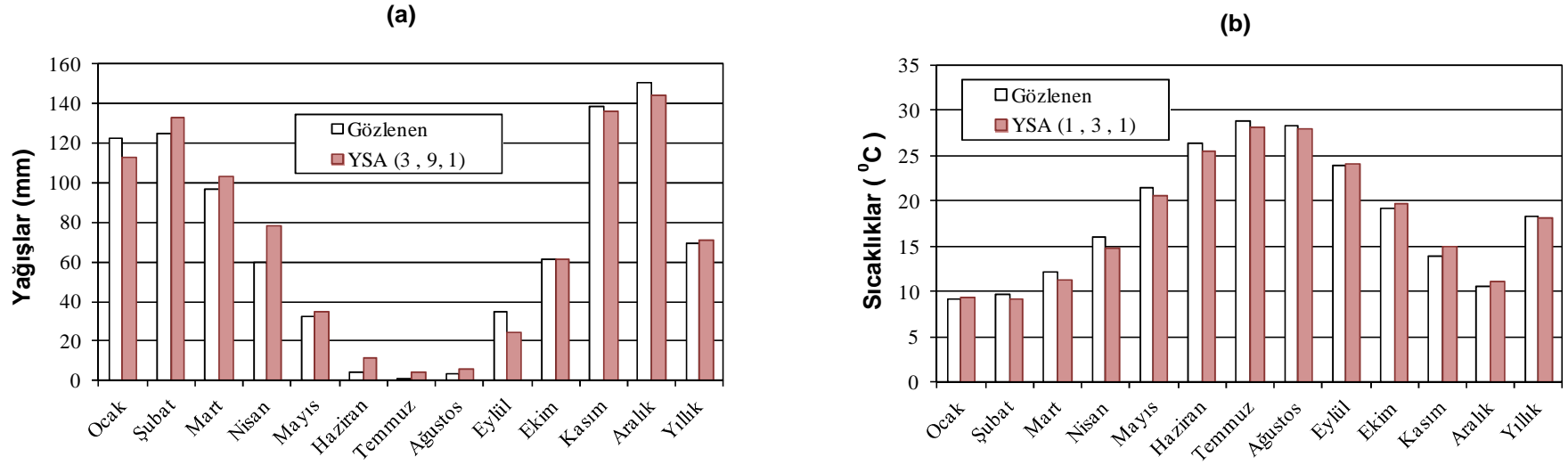
	Test							Min. (°C)	Maks. (°C)
	HKO (°C ²)	HKOK (°C)	AOMH	R ²	Adj. R ²	NS			
Gözlenen	-	-	-	-	-	-	5.60	30.00	
YSA (1, 3, 1)	0.7582	0.8708	0.0400	0.9881	0.9881	0.9853	5.55	29.15	

HKO: hata kareler ortalaması, HKOK: hata kareler ortalamasının karekökü, AOMH: ağırlıklı ortalama mutlak hata, R² : determinasyon katsayısı, Adj. R² : düzeltilmiş determinasyon katsayısı, NS: Nash-Sutcliffe ölçütü, Min : minimum değer, Maks : maksimum değer

Tablo 4.2 Ölçek indirme modellerinin test dönemi tahminleri ile gözlenmiş alansal ortalama değerler arasındaki Mann-Whitney U Homojenlik testi sonuçları

		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Yağış	Mann-Whitney U	111	92	100	83	83	74.5	102	97	95	107	107	101	101
	Z	0.062	0.850	0.518	1.224	1.224	1.578	0.451	0.656	0.727	0.228	0.228	0.477	0.477
Sıcaklık	Mann-Whitney U	96	95	83	67	69	65	42	72	95	87	67	78	73
	Z	0.684	0.726	1.224	1.887	1.804	1.970	2.924	1.680	0.726	1.058	1.887	1.431	1.638

Z_{kritik} : 1.96



Şekil 4.6 Aylık alansal yağış (a) ve sıcaklık (b) modellerinin test dönemi aylık ortalamaları

4.2 GDM Senaryo Sonuçlarının Havza Ölçeğine İndirgenmesi

Ölçek indirgeme modellerinin hazırlanmasından sonra Tablo 2.6’da listelenen 14 küresel iklim modelinin (GDM) 20C3M (1950-1999) ile SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarının 2001-2099 dönemine ait *yağış (prate)*, *850 hPa seviyesindeki sıcaklık (air850)* ve *200 hPa seviyesindeki geopotansiyel yükseklik (hgt200)* değişkenleri ile *yüzey hava sıcaklığı (air)* değişkenleri havzayı temsil eden gridler için derlenmiştir.

Şekil 2.16’da işleyişi özetlenen ölçek indirgeme yaklaşımına göre, derlenen küresel iklim modellerine ait değişkenler, ilgili iklim modellerinin 20C3M senaryosu (1950-1999) ortalama ve standart sapma değerleri ile normalize edildikten sonra, normalize NCEP/NCAR re-analiz verileri ile kurulan ölçek indirgeme modellerinin yeni girdileri olarak kullanılmıştır. Böylece her bir küresel iklim modelinin günümüz iklimini temsil eden 20C3M (1950-1999) ve 2001-2099 gelecek dönem iklimini temsil edeceği düşünülen SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarının havza ölçeğindeki normalize yağış ve sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Simülasyonlar tamamlandıktan sonra havzaya indirgenmiş bu normalize değerler, 1950-1999 gözlenmiş dönem ortalama ve standart sapma istatistiklerine göre ters normalizasyon işlemi ile orijinal ölçeğine dönüştürülmüşlerdir.

Küresel iklim modellerinin 1950-1999 ve 2001-2099 dönemlerindeki indirgenmiş aylık yağış ve aylık sıcaklık ortalama istatistikleri ve yirmişer yıllık periyotlar halinde sunulan gelecekteki tahminlerinin 20C3M dönemi ortalama istatistiklerine göre değişimleri Tablo 4.3-Tablo 4.30’da verilmektedir.

Bunlara ek olarak, çalışmada küresel iklim modelleri için günümüz iklimini temsil eden 20C3M dönemi yıllık istatistikleri referans alınarak SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarına ait tahminlerin 20C3M istatistiklerine kıyasla ne ölçüde farklılıklar taşıdığı M-W, *f* ve *t* testlerinden yararlanılarak irdelenmiştir.

Tablo 4.3 BCM2.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler**

		(a)												(b)															
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık	Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	161.91	136.99	76.78	32.89	18.30	11.04	2.93	3.87	19.59	70.14	156.91	182.49	72.82	SRES-A1B	2001-2019	-10.39	4.76	-5.89	7.63	7.50	-16.02	141.57	114.25	-36.04	-0.77	-3.15	13.65	0.94
	2020-2039	158.52	154.77	82.28	40.45	21.70	6.26	8.32	5.18	11.00	78.95	151.97	207.40	73.51		2020-2039	-2.09	12.98	7.17	22.96	18.59	-43.29	183.71	33.78	-43.82	12.57	-0.30	6.54	5.09
	2040-2059	179.77	149.63	98.94	40.42	19.95	3.25	23.44	21.26	7.46	61.65	130.92	176.00	76.06		2040-2059	11.03	9.23	28.87	22.88	9.01	-70.54	699.48	448.71	-61.90	-12.10	-16.56	-3.56	4.45
SRES-A1B	2060-2079	150.96	123.17	84.28	33.35	19.70	2.60	17.61	21.15	19.50	63.57	145.26	193.31	72.87	2060-2079	-6.76	-10.09	9.78	1.38	7.66	-76.42	500.46	446.00	-0.44	-9.36	-7.42	5.93	0.07	
	2080-2099	198.02	139.18	71.84	36.95	20.62	3.59	13.99	9.31	21.76	55.75	154.09	177.91	75.25	2080-2099	22.30	1.60	-6.43	12.32	12.64	-67.52	377.10	140.44	11.12	-20.52	-1.79	-2.51	3.34	
	2001-2019	150.95	131.61	101.58	30.31	21.29	8.84	6.05	6.39	13.50	76.49	158.07	166.32	72.62	2001-2019	-6.76	-3.93	32.30	-7.87	16.30	-19.93	106.27	65.00	-31.06	9.06	0.74	-8.86	-0.28	
SRES-A2	2020-2039	176.01	130.52	82.27	39.18	20.80	5.60	8.97	6.23	20.19	61.86	160.47	200.39	76.04	2020-2039	8.71	-4.72	7.15	19.09	13.64	-49.32	205.84	60.83	3.07	-11.80	2.27	9.81	4.42	
	2040-2059	167.31	148.94	92.52	44.88	20.38	5.92	12.52	17.89	17.79	62.58	145.19	209.40	78.78	2040-2059	3.34	8.73	20.50	36.43	11.37	-46.39	327.04	361.82	-9.17	-10.77	-7.47	14.74	8.18	
	2060-2079	182.41	149.14	81.84	40.65	23.03	2.96	16.28	13.01	13.73	58.64	165.34	210.04	79.76	2060-2079	12.67	8.87	6.60	23.58	25.82	-73.23	455.05	235.95	-29.88	-16.39	5.37	15.10	9.52	
SRES-B1	2080-2099	153.95	121.87	90.53	37.52	20.10	2.93	7.95	0.06	30.22	60.90	187.50	182.72	74.69	2080-2099	-4.91	-11.04	17.91	14.06	9.84	-73.48	171.25	-98.50	54.28	-13.17	19.50	0.12	2.56	
	2001-2019	165.44	109.39	75.22	36.39	21.57	6.96	4.66	8.36	11.31	54.60	156.92	213.66	72.04	2001-2019	186.07	125.81	86.80	31.35	17.63	9.58	1.10	5.06	16.17	48.44	230.09	190.55	79.05	
	2020-2039	167.51	122.55	86.85	30.68	15.33	4.84	1.05	2.64	12.56	68.68	200.50	184.51	74.81	2020-2039	167.51	122.55	86.85	30.68	15.33	4.84	1.05	2.64	12.56	68.68	200.50	184.51	74.81	
SRES-B1	2040-2059	125.28	114.06	80.11	49.62	38.15	14.73	4.55	8.03	6.84	46.01	102.20	131.61	60.10	2040-2059	125.28	114.06	80.11	49.62	38.15	14.73	4.55	8.03	6.84	46.01	102.20	131.61	60.10	
	2060-2079	112.10	95.75	77.90	53.93	30.75	11.20	5.57	3.58	9.09	45.64	103.63	151.42	58.38	2060-2079	112.10	95.75	77.90	53.93	30.75	11.20	5.57	3.58	9.09	45.64	103.63	151.42	58.38	
	2080-2099														2080-2099														
SRES-B1	2001-2019	14.92	-8.16	13.06	-4.70	-3.65	-13.21	-62.60	30.52	-17.46	-30.93	46.64	4.41	8.56	2001-2019	2.18	-20.15	-2.03	10.63	17.83	-36.99	58.94	115.83	-42.27	-22.15	0.01	17.08	-1.07	
	2020-2039	3.46	-10.54	13.13	-6.72	-16.24	-56.16	-64.33	-31.96	-35.87	-2.08	27.78	1.10	2.73	2020-2039	3.46	-10.54	13.13	-6.72	-16.24	-56.16	-64.33	-31.96	-35.87	-2.08	27.78	1.10	2.73	
	2040-2059	-22.62	-16.73	4.34	50.85	108.47	33.40	55.07	107.38	-65.09	-34.39	-34.87	-27.88	-17.47	2040-2059	-22.62	-16.73	4.34	50.85	108.47	33.40	55.07	107.38	-65.09	-34.39	-34.87	-27.88	-17.47	
2080-2099	-30.77	-30.11	1.46	63.95	68.04	1.46	89.85	-7.62	-53.61	-34.92	-33.95	-33.95	-17.03	2080-2099	-30.77	-30.11	1.46	63.95	68.04	1.46	89.85	-7.62	-53.61	-34.92	-33.95	-33.95	-17.03	-19.83	

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.4 CCSM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

		(a)												
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	168.94	140.54	89.83	52.28	32.29	12.86	1.97	3.25	17.92	70.40	152.37	170.37	76.08
SRES-A1B	2001-2019	197.97	155.04	88.02	49.61	37.42	5.04	2.08	9.14	16.97	56.31	115.42	215.88	79.08
	2020-2039	152.28	144.66	80.79	54.76	32.66	3.93	9.75	21.21	16.32	73.23	141.35	159.39	74.19
	2040-2059	139.27	143.26	95.13	47.35	25.22	4.36	7.55	29.15	17.23	65.72	124.87	179.51	73.22
	2060-2079	144.47	137.20	97.59	51.40	28.50	6.06	6.96	31.30	32.29	39.86	150.28	186.33	76.02
SRES-A2	2001-2019	174.17	189.40	154.43	54.13	19.74	5.45	13.34	27.88	10.86	38.92	121.11	170.15	81.63
SRES-B1	2001-2019	78.51	61.21	20.87	1.07	0.00	0.00	0.00	0.16	3.17	16.36	45.20	61.05	23.97
	2020-2039	147.18	160.52	69.53	45.09	32.43	7.69	6.15	25.75	12.60	67.78	145.49	173.80	74.50
	2040-2059	165.79	143.55	113.57	58.78	24.73	6.39	4.27	26.26	11.05	29.23	105.44	178.37	72.29
	2060-2079	185.80	127.20	117.30	50.75	18.00	5.34	8.97	16.54	16.24	53.24	138.06	194.50	77.66
SRES-B2	2001-2019	171.82	132.34	68.16	48.54	19.97	4.80	0.40	1.49	36.32	46.83	120.60	174.43	68.81
	2001-2019	164.39	95.28	96.74	54.87	38.55	5.28	9.89	23.60	14.06	65.84	127.43	176.36	72.69
	2020-2039	160.59	157.50	91.72	65.69	32.22	8.71	11.57	20.44	12.32	62.84	123.91	182.09	77.47
	2040-2059	162.16	146.90	111.72	49.52	6.38	5.01	21.74	30.02	30.02	50.19	135.94	183.16	78.09
SRES-B3	2001-2019	131.52	135.44	99.16	54.94	36.12	2.44	5.43	23.27	21.70	50.55	117.25	170.51	70.69
	2020-2039	176.02	127.07	101.36	61.58	30.10	5.39	14.12	23.42	15.42	55.71	124.59	200.78	77.96
	2040-2059	176.02	127.07	101.36	61.58	30.10	5.39	14.12	23.42	15.42	55.71	124.59	200.78	77.96
	2060-2079	176.02	127.07	101.36	61.58	30.10	5.39	14.12	23.42	15.42	55.71	124.59	200.78	77.96

		(b)												
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	17.19	10.32	-2.02	-5.11	15.90	-60.79	5.65	181.59	-5.30	-20.01	-24.25	26.71	3.93
	2020-2039	-9.86	2.94	-10.07	4.73	1.16	-69.45	395.94	553.02	-8.96	4.01	-7.23	-6.44	-2.49
	2040-2059	-17.57	1.94	5.90	-9.43	-21.88	-66.11	284.20	797.63	-3.83	-6.65	-18.05	5.37	-3.77
	2060-2079	-14.49	-2.38	8.63	-1.68	-11.73	-52.84	254.18	863.87	80.16	-43.38	-1.37	9.37	-0.08
	2080-2099	3.10	34.77	71.91	3.53	-38.87	-57.65	578.47	758.43	-39.42	-44.73	-20.51	-0.13	7.29
SRES-A2	2001-2019	-53.53	-56.44	-76.77	-97.95	-100.00	-100.00	-100.00	-95.18	-82.32	-76.76	-70.33	-64.16	-68.50
	2020-2039	-12.88	14.22	-22.60	-13.76	0.43	-40.16	212.84	692.92	-29.69	-3.73	-4.51	2.02	-2.08
	2040-2059	-1.86	2.14	26.42	12.42	-23.39	-50.28	116.97	708.59	-38.35	-58.49	-30.80	4.69	-4.99
	2060-2079	9.98	-9.49	30.57	-2.93	-44.24	-58.50	356.07	409.39	-9.38	-24.38	-9.39	14.17	2.07
	2080-2099	1.71	-5.83	-24.12	-7.15	-38.16	-62.69	-79.68	-54.19	102.69	-33.49	-20.85	2.38	-9.56
SRES-B1	2001-2019	-2.69	-32.20	7.69	4.96	19.39	-58.92	403.04	626.85	-21.57	-6.48	-16.37	3.52	-4.46
	2020-2039	-4.94	12.07	2.10	25.64	-0.21	-32.23	488.40	529.45	-31.25	-10.75	-18.68	6.88	1.82
	2040-2059	-4.01	4.53	24.36	-5.29	6.22	-50.36	154.62	569.54	67.51	-28.72	-10.78	7.51	2.63
	2060-2079	-22.15	-3.62	10.38	5.09	11.86	-81.01	176.40	616.41	21.08	-28.21	-23.05	0.09	-7.08
	2080-2099	4.19	-9.58	12.83	17.78	-6.78	-58.12	618.13	621.20	-13.94	-20.87	-18.23	17.85	2.47

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.5 CGCM2.3.2 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	163.88	120.82	97.31	63.51	35.26	8.28	0.94	0.78	11.31	55.23	161.32	172.83	74.29
	2001-2019	120.90	101.54	84.90	56.68	34.61	7.05	0.94	0.31	9.34	65.01	184.39	175.86	70.13
	2020-2039	157.27	108.83	83.74	61.64	23.17	5.29	2.32	1.19	9.18	49.60	128.10	177.23	67.30
	2040-2059	136.52	116.49	72.79	53.08	33.31	7.35	3.01	6.67	3.70	40.35	144.43	171.12	65.74
	2060-2079	143.28	129.78	99.23	52.95	21.56	0.99	7.81	9.58	2.86	33.81	115.21	152.18	64.10
SRES-A1B	2080-2099	155.82	129.46	89.31	60.31	27.89	1.41	13.11	16.91	1.50	44.72	144.03	183.13	72.30
	2001-2019	162.15	105.28	90.99	61.78	30.36	4.82	0.47	0.47	7.51	66.69	149.74	187.05	72.28
	2020-2039	171.06	124.77	88.00	64.10	26.42	4.06	3.12	0.64	5.59	49.97	150.75	168.71	71.43
	2040-2059	126.58	124.33	97.60	64.71	32.71	2.41	4.46	4.45	7.43	63.42	140.67	148.90	68.14
	2060-2079	140.46	114.43	82.35	54.43	32.44	2.47	8.26	7.01	4.13	47.98	104.70	114.18	59.40
SRES-A2	2080-2099	162.51	133.18	82.96	57.68	22.85	1.90	6.17	15.49	2.70	39.12	106.26	162.43	66.10
	2001-2019	156.94	120.88	110.05	63.79	33.74	7.33	1.20	0.78	6.65	63.73	177.34	176.55	76.58
	2020-2039	150.77	116.16	95.26	60.35	31.31	6.06	1.80	1.06	4.97	52.49	160.20	173.09	71.13
	2040-2059	138.18	116.69	82.38	53.72	31.09	5.22	5.09	1.39	4.42	64.42	166.44	162.43	69.29
	2060-2079	172.34	159.47	92.52	52.91	28.24	4.42	6.11	4.42	3.57	61.82	163.16	164.30	76.11
SRES-B1	2080-2099	160.50	117.69	88.31	69.19	31.77	3.15	13.74	6.34	5.71	51.24	125.42	210.70	73.65
	2001-2019	156.94	120.88	110.05	63.79	33.74	7.33	1.20	0.78	6.65	63.73	177.34	176.55	76.58
	2020-2039	150.77	116.16	95.26	60.35	31.31	6.06	1.80	1.06	4.97	52.49	160.20	173.09	71.13
	2040-2059	138.18	116.69	82.38	53.72	31.09	5.22	5.09	1.39	4.42	64.42	166.44	162.43	69.29
	2060-2079	172.34	159.47	92.52	52.91	28.24	4.42	6.11	4.42	3.57	61.82	163.16	164.30	76.11
(b)	2001-2019	-26.23	-15.95	-12.75	-10.76	-1.83	-14.82	0.93	-59.61	-17.44	17.71	14.30	1.75	-5.60
	2020-2039	-4.03	-9.92	-13.94	-2.95	-34.29	-36.06	148.29	52.93	-18.84	-10.20	-20.59	2.54	-9.41
	2040-2059	-16.69	-3.58	-25.20	-16.42	-5.52	-11.17	221.38	760.51	-67.27	-26.94	-10.47	-0.99	-11.51
	2060-2079	-12.57	7.42	1.98	-16.62	-38.86	-88.03	735.73	1134.81	-74.69	-38.77	-28.59	-11.95	-13.71
	2080-2099	-4.92	7.15	-8.22	-5.04	-20.91	-82.99	1302.04	2080.53	-86.76	-19.03	-10.72	5.95	-2.68
SRES-A1B	2001-2019	-1.05	-12.86	-6.49	-2.72	-13.90	-41.75	-49.72	-39.43	-33.60	20.76	-7.18	8.22	-2.71
	2020-2039	4.38	3.28	-9.56	0.92	-25.08	-50.93	233.67	-17.82	-50.57	-9.52	-6.55	-2.39	-3.84
	2040-2059	-22.76	2.91	0.30	1.89	-7.24	-70.91	377.35	474.17	-34.37	14.83	-12.80	-13.85	-8.28
	2060-2079	-14.29	-5.28	-15.37	-14.29	-8.01	-70.22	783.40	803.67	-63.47	-13.13	-35.10	-33.93	-20.04
	2080-2099	-0.84	10.23	-14.74	-9.18	-35.20	-77.02	559.76	1897.34	-76.15	-29.17	-34.13	-6.02	-11.02
SRES-A2	2001-2019	-4.24	0.05	13.09	0.44	-4.31	-11.43	28.15	0.93	-41.19	15.39	9.93	2.15	3.09
	2020-2039	-8.00	-3.85	-2.10	-4.97	-11.19	-26.79	92.07	36.11	-56.07	-4.95	-0.70	0.15	-4.25
	2040-2059	-15.68	-3.41	-15.34	-15.83	-11.83	-36.96	444.04	78.71	-60.95	16.63	3.18	-6.02	-6.73
	2060-2079	5.16	31.99	-4.92	-16.70	-19.90	-46.59	553.04	470.26	-68.47	11.94	1.14	-4.94	2.45
	2080-2099	-2.07	-2.59	-9.24	8.93	-9.90	-61.90	1369.86	717.27	-49.52	-7.22	-22.25	21.91	-0.86

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyal hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.6 CGCM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	137.95	117.98	99.95	70.87	39.71	12.69	0.34	0.75	10.26	54.09	120.65	162.06	68.94
	2001-2019	133.20	103.48	87.94	70.27	37.08	8.68	0.20	0.32	4.07	34.61	122.44	156.01	63.19
	2020-2039	134.18	95.16	85.55	67.99	45.81	6.04	3.08	5.34	7.41	23.18	101.20	126.97	58.49
	2040-2059	145.82	114.88	94.15	61.81	42.75	3.40	11.24	9.01	1.81	37.88	104.16	131.75	63.22
	2060-2079	125.32	128.73	130.11	65.65	42.69	7.49	25.57	23.68	4.49	29.22	71.75	132.49	65.60
SRES-A1B	2080-2099	135.84	116.24	89.80	72.41	38.41	1.34	21.19	30.24	5.26	29.08	86.71	123.69	62.52
	2001-2019	123.77	101.67	93.24	73.14	39.47	4.97	0.90	0.23	5.91	50.90	142.62	151.08	65.66
	2020-2039	128.09	101.23	101.18	70.36	48.52	5.64	2.74	2.52	4.19	25.61	137.38	182.91	67.53
	2040-2059	134.51	98.20	98.81	64.77	44.40	3.94	9.90	10.32	9.29	35.83	83.51	116.97	59.20
	2060-2079	129.33	91.97	84.48	65.60	32.40	3.28	25.17	24.08	4.85	14.88	75.67	131.20	56.91
SRES-A2	2080-2099	127.55	84.38	80.83	64.44	22.46	9.13	13.62	15.82	25.89	8.90	67.65	127.40	54.01
	2001-2019	142.04	101.66	105.97	67.87	30.31	10.58	2.99	0.13	8.94	37.89	156.85	159.46	68.72
	2020-2039	129.46	130.76	112.70	70.71	60.65	8.57	0.52	0.96	4.21	38.05	127.90	170.13	71.22
	2040-2059	130.35	125.43	94.49	61.18	41.71	12.23	4.81	5.03	4.55	47.22	103.42	139.52	64.16
	2060-2079	138.15	111.91	92.47	60.18	48.34	6.37	7.33	7.36	2.60	30.60	81.13	151.77	61.52
SRES-B1	2080-2099	143.06	94.51	86.26	75.12	45.49	3.74	10.07	14.89	2.72	26.84	86.27	130.24	59.93
	2001-2019	142.04	101.66	105.97	67.87	30.31	10.58	2.99	0.13	8.94	37.89	156.85	159.46	68.72
	2020-2039	129.46	130.76	112.70	70.71	60.65	8.57	0.52	0.96	4.21	38.05	127.90	170.13	71.22
	2040-2059	130.35	125.43	94.49	61.18	41.71	12.23	4.81	5.03	4.55	47.22	103.42	139.52	64.16
	2060-2079	138.15	111.91	92.47	60.18	48.34	6.37	7.33	7.36	2.60	30.60	81.13	151.77	61.52
(b)	2001-2019	-3.44	-12.29	-12.02	-0.85	-6.62	-31.59	-41.91	-57.09	-60.36	-36.02	1.49	-3.73	-8.34
	2020-2039	-2.73	-19.34	-14.41	-4.07	15.36	-52.41	816.10	614.79	-27.74	-57.15	-16.12	-21.65	-15.16
	2040-2059	5.70	-2.62	-5.81	-12.80	7.67	-73.23	3246.95	1107.43	-82.32	-29.98	-13.67	-18.70	-8.30
	2060-2079	-9.16	9.11	30.17	-7.37	7.50	-40.96	7514.67	3072.58	-56.27	-45.99	-40.53	-18.25	-4.85
	2080-2099	-1.53	-1.47	-10.16	2.17	-3.26	-89.47	6209.52	3951.36	-48.75	-46.25	-28.13	-23.67	-9.32
SRES-A1B	2001-2019	-10.28	-13.82	-6.72	3.20	-0.60	-60.88	166.57	-69.75	-42.40	-5.91	18.21	-6.77	-4.76
	2020-2039	-7.15	-14.19	1.23	-0.72	22.20	-55.56	716.16	237.88	-59.13	-52.66	13.87	12.87	-2.04
	2040-2059	-2.50	-16.77	-1.14	-8.61	11.80	-68.96	2846.81	1282.16	-9.45	-33.77	-30.78	-27.82	-14.13
	2060-2079	-6.25	-22.05	-15.48	-7.44	-18.40	-74.12	7394.70	3125.31	-52.67	-72.49	-37.28	-19.04	-17.45
	2080-2099	-7.54	-28.48	-19.13	-9.08	-43.43	-28.07	3955.93	2019.67	152.44	-83.55	-43.93	-21.38	-21.66
SRES-A2	2001-2019	2.96	-13.84	6.01	-4.24	-23.67	-16.69	790.07	-82.59	-12.84	-29.96	30.00	-1.60	-0.32
	2020-2039	-6.16	10.83	12.76	-0.24	52.75	-32.52	56.32	28.67	-58.94	-29.65	6.01	4.98	3.30
	2040-2059	-5.51	6.32	-5.47	-13.68	5.05	-3.69	1333.17	574.06	-55.63	-12.70	-14.28	-13.91	-6.93
	2060-2079	0.14	-5.15	-7.48	-15.09	21.74	-49.85	2081.32	886.47	-74.65	-43.43	-32.75	-6.35	-10.77
	2080-2099	3.70	-19.89	-13.70	6.00	14.55	-70.53	2899.12	1895.01	-73.47	-50.39	-28.49	-19.64	-13.06

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.7 CM2.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	152.02	156.42	95.53	48.62	35.11	21.74	6.64	5.02	26.99	70.06	111.66	145.21	72.92
	2001-2019	130.29	96.09	101.53	61.84	39.16	16.37	2.82	2.57	13.59	61.05	130.38	144.68	66.70
	2020-2039	131.69	122.98	84.86	60.83	33.94	22.60	7.30	3.66	26.86	73.37	110.18	146.87	68.76
SRES-A1B	2040-2059	158.97	126.99	94.58	54.59	31.59	4.79	17.30	17.05	16.61	28.49	63.21	136.12	62.52
	2060-2079	129.49	104.28	95.17	55.50	26.87	20.17	24.96	14.63	14.13	23.84	62.94	146.76	59.90
	2080-2099	147.14	116.53	109.52	37.94	21.65	17.90	5.55	13.91	10.82	22.60	90.18	135.50	60.77
SRES-A2	2001-2019	142.08	106.57	87.83	50.81	28.74	17.79	11.76	4.90	12.36	65.11	119.05	130.27	64.77
	2020-2039	140.21	126.44	84.66	50.72	29.59	17.01	18.14	8.42	29.67	54.21	86.89	156.93	66.91
	2040-2059	164.89	116.98	104.79	45.37	32.51	16.10	16.03	18.01	8.90	33.63	118.22	182.56	71.50
SRES-B1	2060-2079	137.02	139.39	85.78	56.74	30.03	16.29	20.34	24.99	10.66	26.86	58.15	163.22	64.12
	2080-2099	148.27	117.40	94.19	37.72	20.32	19.74	5.03	0.43	42.02	27.86	44.12	106.88	55.33
	2001-2019	151.27	131.58	84.78	60.96	43.52	23.90	4.82	3.85	15.48	75.30	95.37	163.19	71.17
SRES-B2	2020-2039	136.93	103.00	102.83	52.73	34.86	15.31	6.95	7.56	29.00	60.29	84.86	161.36	66.31
	2040-2059	144.05	113.83	84.85	40.44	39.16	19.70	18.19	8.91	5.65	54.51	95.56	142.38	63.93
	2060-2079	167.96	128.47	106.26	47.28	44.75	12.54	13.98	7.88	17.98	68.07	81.11	152.47	70.73
2080-2099	154.89	131.52	104.58	65.33	42.29	11.06	7.80	15.88	4.64	56.39	104.83	136.43	69.64	
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-14.29	-38.57	6.29	27.18	11.54	-24.70	-57.53	-48.87	-49.66	-12.86	16.77	-0.37	-8.53
	2020-2039	-13.37	-21.38	-11.16	25.11	-3.32	3.96	10.07	-27.03	-0.49	4.72	-1.32	1.14	-5.70
	2040-2059	4.57	-18.81	-0.99	12.28	-10.02	-77.97	160.79	239.60	-38.47	-59.34	-43.38	-6.26	-14.25
SRES-A2	2060-2079	-14.83	-33.33	-0.37	14.16	-23.47	-7.24	276.24	191.45	-47.64	-65.98	-43.63	1.06	-17.86
	2080-2099	-3.21	-25.50	14.65	-21.97	-38.34	-17.66	-16.43	177.11	-59.91	-67.74	-19.24	-6.69	-16.66
	2001-2019	-6.54	-31.87	-8.06	4.50	-18.14	-18.19	77.26	-2.47	-54.22	-7.06	6.63	-10.29	-11.17
SRES-B1	2020-2039	-7.77	-19.17	-11.38	4.31	-15.72	-21.75	173.46	67.76	9.92	-22.63	-22.18	8.07	-8.24
	2040-2059	8.46	-25.21	9.70	-6.68	-7.40	-25.93	141.62	258.68	-67.03	-52.00	5.88	25.72	-1.95
	2060-2079	-9.87	-10.89	-10.20	16.71	-14.46	-25.09	206.54	397.84	-60.53	-61.66	-47.92	12.40	-12.06
2080-2099	-2.47	-24.95	-1.40	-22.41	-42.11	-9.19	-24.13	-91.41	55.66	-60.24	-60.48	-26.40	-24.12	
SRES-B2	2001-2019	-0.50	-15.88	-11.25	25.39	23.95	9.94	-27.41	-23.31	-42.67	7.48	-14.59	12.38	-2.40
	2020-2039	-9.93	-34.15	7.64	8.46	-0.72	-29.56	4.72	50.66	7.45	-13.94	-24.00	11.12	-9.07
	2040-2059	-5.24	-27.23	-11.17	-16.82	11.53	-9.38	174.15	77.38	-79.07	-22.20	-14.42	-1.95	-12.32
SRES-B1	2060-2079	10.48	-17.87	11.23	-2.77	27.45	-42.33	110.72	56.99	-33.39	-2.84	-27.36	5.00	-3.00
	2080-2099	1.89	-15.92	9.48	34.36	20.46	-49.13	17.50	216.37	-82.82	-19.51	-6.11	-6.05	-4.50

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.8 CM2.1 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	155.11	144.61	97.38	55.23	30.54	12.82	4.00	4.22	22.08	72.56	113.60	163.69	72.99
	2001-2019	167.08	119.65	97.99	58.83	31.77	12.16	7.79	2.66	12.86	54.70	112.57	159.60	69.81
	2020-2039	167.71	122.01	100.59	48.34	28.56	9.69	9.52	10.63	12.51	60.55	117.17	168.21	71.29
	2040-2059	181.68	133.84	100.23	68.90	21.38	5.29	17.43	21.17	12.32	45.26	99.10	165.50	72.67
	2060-2079	149.09	155.71	119.72	48.26	23.99	14.34	14.19	7.99	21.60	30.11	62.56	118.79	63.86
SRES-A1B	2001-2019	153.60	119.90	97.25	40.89	14.62	9.12	2.51	6.29	32.66	14.73	94.11	123.31	59.08
	2020-2039	170.39	145.89	82.56	44.02	33.32	25.80	10.80	3.06	21.72	50.97	133.22	165.53	73.94
	2040-2059	170.30	143.56	94.87	53.73	27.62	10.24	11.41	13.41	23.56	55.53	114.55	142.37	71.76
	2060-2079	164.37	121.64	105.47	57.33	19.23	7.93	12.28	10.76	17.80	40.31	69.89	177.23	67.02
	2080-2099	162.98	93.98	101.27	53.60	12.47	16.33	0.00	0.67	38.16	40.83	62.52	135.03	59.82
SRES-A2	2001-2019	177.14	104.73	100.86	55.77	38.79	12.51	5.96	8.90	14.36	67.72	106.59	142.94	69.69
	2020-2039	138.50	133.19	94.30	62.89	30.09	15.12	13.23	8.24	17.32	44.13	117.04	192.72	72.23
	2040-2059	152.74	115.50	89.43	62.69	32.61	13.15	13.84	15.90	20.01	38.28	128.54	170.36	71.09
	2060-2079	164.24	136.65	102.31	47.73	27.62	10.77	10.86	14.45	19.78	29.61	143.04	108.58	67.97
	2080-2099	145.86	153.74	90.75	46.30	36.47	9.86	17.14	14.38	21.99	53.98	99.28	120.61	67.53
SRES-B1	2001-2019	7.72	-17.26	0.63	6.53	4.03	-5.13	94.57	-37.02	-41.77	-24.62	-0.90	-2.50	-4.36
	2020-2039	8.12	-15.63	3.30	-12.48	-6.47	-24.37	137.69	151.72	-43.34	-16.55	3.14	2.76	-2.32
	2040-2059	17.13	-7.44	2.92	24.75	-29.98	-58.70	335.27	401.09	-44.23	-37.62	-12.76	1.10	-0.43
	2060-2079	-3.88	7.68	22.94	-12.62	-21.42	11.88	254.33	89.16	-2.18	-58.50	-44.92	-27.43	-12.50
	2080-2099	-0.97	-17.09	-0.13	-25.95	-52.13	-28.85	-37.44	48.84	47.91	-79.70	-17.16	-24.67	-19.05
SRES-A1B	2001-2019	9.85	0.88	-15.22	-20.30	9.12	101.27	169.78	-27.68	-1.63	-29.75	17.27	1.12	1.30
	2020-2039	9.79	-0.73	-2.57	-2.70	-9.55	-20.07	184.86	217.35	6.70	-23.47	0.84	-13.02	-1.68
	2040-2059	-19.34	-14.20	11.73	-9.30	-15.44	-34.13	573.40	320.26	-33.92	11.96	-10.52	-6.97	-4.46
	2060-2079	5.97	-15.88	8.31	3.81	-37.02	-38.13	206.64	154.69	-19.41	-44.45	-38.47	8.27	-8.17
	2080-2099	5.07	-35.01	4.00	-2.95	-59.15	27.44	-100.00	-84.04	72.81	-43.72	-44.96	-17.51	-18.04
SRES-A2	2001-2019	14.20	-27.58	3.57	0.98	27.02	-2.36	48.84	110.67	-34.99	-6.67	-6.16	-12.67	-4.52
	2020-2039	-10.71	-7.90	-3.16	13.87	-1.47	17.98	230.40	95.07	-21.59	-39.19	3.03	17.74	-1.04
	2040-2059	-1.53	-20.13	-8.16	13.51	6.79	2.58	245.70	276.37	-9.39	-47.25	13.16	4.08	-2.60
	2060-2079	5.88	-5.51	5.07	-13.58	-9.53	-15.99	171.30	242.07	-10.44	-59.19	25.92	-33.67	-6.87
	2080-2099	-5.96	6.31	-6.80	-16.17	19.44	-23.04	327.97	240.29	-0.43	-25.61	-12.60	-26.32	-7.47

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.9 CM3.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	135.59	112.40	70.58	48.52	22.56	28.65	15.67	8.69	37.33	94.30	134.69	140.86	70.82
	2001-2019	121.84	106.59	55.20	49.49	18.74	9.37	3.55	7.61	44.24	69.70	108.12	184.64	64.92
	2020-2039	130.38	91.54	64.76	35.03	19.10	6.63	7.21	9.21	28.54	80.26	106.10	152.25	60.92
	2040-2059	144.73	95.26	67.43	47.99	13.54	0.35	4.47	3.83	43.11	97.58	86.11	147.38	62.65
	2060-2079	117.63	109.76	64.61	30.93	26.86	6.62	6.68	7.62	40.38	49.24	87.37	161.24	59.08
SRES-A1B	2080-2099	140.41	97.81	47.62	31.11	24.02	6.71	5.48	10.98	33.54	97.17	112.85	146.16	62.82
	2001-2019	135.64	91.86	66.65	35.54	18.91	6.76	2.27	6.72	33.93	106.98	125.16	163.59	66.17
	2020-2039	126.54	103.43	59.67	32.79	29.52	7.32	3.69	1.91	46.17	91.34	89.37	157.59	62.44
	2040-2059	153.35	109.19	64.32	45.41	36.10	12.49	6.59	4.47	40.60	58.16	91.60	164.82	65.59
	2060-2079	116.18	92.42	61.97	32.46	15.10	7.03	0.82	2.20	40.99	81.31	81.13	131.10	55.23
SRES-A2	2080-2099	130.70	89.54	58.50	32.62	21.27	6.02	1.78	0.00	32.22	87.78	69.81	133.53	55.32
	2001-2019	161.36	105.03	92.75	32.22	20.61	6.75	7.77	1.86	27.16	89.46	123.30	180.92	70.76
	2020-2039	139.50	117.79	78.88	36.28	20.94	8.23	5.11	4.17	44.38	77.52	107.86	189.36	69.17
	2040-2059	144.57	102.18	80.42	40.20	19.37	2.53	7.26	11.98	47.42	92.83	103.84	146.42	66.59
	2060-2079	110.76	120.35	58.39	56.11	18.40	0.93	5.32	6.97	33.16	91.05	72.13	152.64	60.52
SRES-B1	2080-2099	156.89	98.11	73.85	38.19	28.31	14.88	5.61	14.07	33.10	70.19	104.49	166.28	65.33
	2001-2019	10.14	-5.17	-21.79	2.00	-16.91	-67.27	-77.38	-12.44	18.52	-26.08	-19.73	31.08	-8.32
	2020-2039	-3.84	-18.56	-8.25	-27.80	-15.33	-76.85	-53.99	5.97	-23.53	-14.89	-21.23	8.09	-13.98
	2040-2059	6.74	-15.25	-4.47	-1.08	-39.97	-98.79	-71.49	-55.93	15.49	3.47	-36.07	4.63	-11.54
	2060-2079	-13.25	-2.34	-8.46	-36.24	19.05	-76.91	-57.37	-12.34	8.19	-47.78	-35.14	14.47	-16.58
SRES-A1B	2080-2099	3.55	-12.98	-32.53	-35.88	6.49	-76.59	-65.02	26.33	-10.13	3.04	-16.22	3.77	-11.29
	2001-2019	0.04	-18.28	-5.57	-26.75	-16.20	-76.40	-85.53	-22.65	-9.09	13.44	-7.08	16.14	-6.57
	2020-2039	-6.67	-7.98	-15.47	-32.41	30.85	-74.45	-76.44	-78.07	23.71	-3.14	-33.65	11.88	-11.82
	2040-2059	13.10	-2.85	-8.87	-6.40	60.03	-56.39	-57.95	-48.55	8.77	-38.33	-32.00	17.01	-7.38
	2060-2079	-14.31	-17.77	-12.20	-33.09	-33.07	-75.47	-94.78	-74.64	9.81	-13.78	-39.77	-6.93	-22.02
SRES-A2	2080-2099	-3.61	-20.34	-17.11	-32.76	-5.71	-78.98	-88.62	-100.00	-13.68	-6.92	-48.17	-5.20	-21.89
	2001-2019	19.00	-6.56	31.41	-33.59	-8.66	-76.44	-50.40	-78.62	-27.25	-5.14	-8.46	28.44	-0.08
	2020-2039	2.88	4.80	11.76	-25.21	-7.18	-71.26	-67.42	-52.00	18.91	-17.79	-19.92	34.44	-2.33
	2040-2059	6.63	-9.09	13.93	-17.15	-14.13	-91.16	-53.67	37.85	27.05	-1.56	-22.91	3.95	-5.98
	2060-2079	-18.31	7.08	-17.27	15.66	-18.42	-96.75	-66.03	-19.81	-11.15	-3.44	-46.45	8.36	-14.54
SRES-B1	2080-2099	0.96	-12.71	4.62	-21.28	25.51	-48.05	-64.18	61.83	-11.32	-25.57	-22.42	18.05	-7.75

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.10 CM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	188.96	133.98	74.54	43.63	20.83	14.12	4.54	6.40	17.90	71.71	155.41	192.25	77.02
	2001-2019	215.74	130.69	70.16	47.07	23.00	9.35	19.14	15.38	11.83	72.05	142.21	195.51	79.34
	2020-2039	173.12	149.75	73.94	52.66	25.27	5.34	27.99	24.25	24.67	115.82	120.99	218.51	84.36
	2040-2059	218.66	139.69	93.21	39.62	15.93	2.44	36.98	26.46	27.20	56.37	103.57	167.44	77.30
	2060-2079	196.10	161.73	90.00	35.15	12.91	2.69	29.65	23.62	16.14	58.83	116.48	219.91	80.27
SRES-A1B	2080-2099	160.68	158.89	82.74	37.64	9.37	3.11	18.19	22.12	30.98	54.27	169.43	170.69	76.51
	2001-2019	174.24	115.13	61.77	39.85	15.77	7.81	18.09	14.95	13.16	76.08	158.12	227.03	76.83
	2020-2039	181.42	130.18	80.35	40.98	21.47	6.70	28.37	20.54	26.21	58.93	181.42	206.60	81.93
	2040-2059	202.19	133.23	83.52	36.70	15.51	4.47	45.93	32.61	36.80	77.87	145.31	206.89	85.09
	2060-2079	189.49	127.34	73.68	32.93	12.91	6.00	27.05	36.90	34.95	45.72	116.23	186.30	74.12
SRES-A2	2080-2099	163.13	153.58	48.09	26.11	6.37	22.18	5.02	1.79	64.04	47.38	124.68	142.19	67.05
	2001-2019	154.35	176.95	85.38	42.11	17.59	5.11	17.67	17.64	27.25	68.06	167.53	231.37	84.25
	2020-2039	170.43	151.95	77.02	40.55	16.89	4.88	20.33	18.60	30.74	68.76	148.97	184.97	77.84
	2040-2059	193.33	131.84	79.73	44.38	19.44	5.80	37.21	25.31	21.23	71.28	142.91	205.07	81.46
	2060-2079	182.60	140.03	99.60	46.15	18.30	3.89	42.86	25.92	17.70	76.90	135.88	200.04	82.49
SRES-B1	2080-2099	199.46	139.44	105.73	35.61	13.14	2.52	40.21	28.17	21.30	79.71	148.00	198.99	84.36
	2001-2019	14.17	-2.46	-5.88	7.88	10.41	-33.78	321.93	140.56	-33.90	0.47	-8.49	1.69	3.01
	2020-2039	-8.38	11.76	-0.80	20.71	21.33	-62.18	517.25	279.17	37.82	61.50	-22.15	13.66	9.53
	2040-2059	15.72	4.26	25.05	-9.18	-23.53	-82.69	715.32	313.74	51.96	-21.39	-33.36	-12.91	0.36
	2060-2079	3.78	20.71	20.73	-19.44	-38.05	-80.96	553.71	269.33	-9.82	-17.96	-25.05	14.39	4.21
SRES-A1B	2080-2099	-14.96	18.59	11.01	-13.71	-55.01	-77.97	301.14	245.81	73.05	-24.33	9.02	-11.21	-0.66
	2001-2019	-7.79	-14.07	-17.13	-8.66	-24.30	-44.67	298.79	133.84	-26.46	6.08	1.75	18.09	-0.24
	2020-2039	-3.99	-2.84	7.79	-6.07	3.09	-52.54	525.49	221.20	46.41	-17.83	16.74	7.46	6.37
	2040-2059	7.01	-0.56	12.05	-15.88	-25.53	-68.36	912.83	409.89	105.57	8.58	-6.50	7.61	10.47
	2060-2079	0.28	-4.96	-1.16	-24.52	-38.02	-57.54	496.37	476.93	95.24	-36.25	-25.21	-3.10	-3.76
SRES-A2	2080-2099	-13.67	14.63	-35.48	-40.15	-69.41	57.04	10.78	-72.08	257.75	-33.93	-19.77	-26.04	-12.95
	2001-2019	-18.31	32.07	14.54	-3.47	-15.58	-63.78	289.55	175.88	52.23	-5.09	7.80	20.35	9.38
	2020-2039	-9.81	13.41	3.33	-7.05	-18.93	-65.42	348.27	190.87	71.72	-4.12	-4.15	-3.79	1.06
	2040-2059	2.32	-1.60	6.96	1.73	-6.65	-58.91	720.37	295.70	18.60	-0.61	-8.04	6.67	5.76
	2060-2079	-3.36	4.52	33.62	5.78	-12.14	-72.46	844.98	305.32	-1.13	7.24	-12.56	4.05	7.10
SRES-B1	2080-2099	5.56	4.07	41.84	-18.39	-36.91	-82.14	786.50	340.52	18.98	11.15	-4.77	3.50	9.52

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.11 CM4 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	202.53	146.40	92.54	33.91	21.81	9.28	3.15	10.23	26.61	72.31	171.73	189.94	81.70
	2001-2019	163.05	116.36	92.75	35.56	21.52	8.21	4.47	16.47	37.25	101.86	141.37	222.56	80.12
	2020-2039	158.29	108.94	59.21	38.40	17.11	5.75	3.14	25.98	41.12	97.27	150.01	204.75	75.83
	2040-2059	186.18	145.76	62.54	35.16	17.12	5.93	15.78	26.54	32.10	85.02	210.76	226.41	87.44
	2060-2079	176.29	89.54	66.69	34.41	11.63	5.83	21.73	6.46	28.39	89.53	206.90	175.65	76.09
SRES-A1B	2080-2099	168.69	123.47	60.88	36.04	11.34	9.75	10.28	0.00	41.41	89.68	229.35	169.72	79.22
	2001-2019	228.46	194.66	57.34	38.71	23.79	7.27	3.10	16.89	34.94	90.11	189.94	170.98	88.02
	2020-2039	170.90	134.61	71.20	34.32	19.58	6.03	5.15	26.02	37.55	89.15	150.10	190.95	77.96
	2040-2059	195.93	111.79	57.06	40.00	17.15	3.94	16.13	20.12	28.84	92.26	155.04	218.62	79.74
	2060-2079	164.56	115.71	57.71	42.01	16.29	6.66	18.43	5.46	28.32	95.24	148.94	212.08	75.95
SRES-A2	2080-2099	163.75	102.58	56.72	18.38	8.88	11.17	5.82	1.70	27.12	61.28	130.24	171.92	63.30
	2001-2019	188.46	116.49	113.65	37.28	15.98	5.36	2.24	10.02	25.62	84.39	166.02	251.95	84.79
	2020-2039	175.45	125.97	71.60	41.22	22.08	5.90	5.09	31.79	16.93	100.26	173.62	232.88	83.57
	2040-2059	194.20	132.24	59.43	36.47	19.36	3.95	11.17	19.84	37.63	73.50	172.59	192.59	79.41
	2060-2079	217.25	132.69	73.91	39.15	15.95	2.59	15.05	21.54	29.63	89.56	141.30	260.91	86.63
SRES-B1	2080-2099	157.36	104.42	83.55	44.44	14.78	6.17	19.37	12.63	42.39	80.01	207.30	188.42	80.07
	2001-2019	12.80	32.97	-38.04	14.16	9.08	-21.66	-1.65	65.11	31.32	24.62	10.61	-9.99	7.73
	2020-2039	-15.62	-8.05	-23.05	1.22	-10.24	-35.01	63.51	154.36	41.11	23.29	-12.59	0.53	-4.58
	2040-2059	-3.26	-23.64	-38.34	17.97	-21.37	-57.60	411.90	96.72	8.40	27.59	-9.72	15.10	-2.40
	2060-2079	-18.75	-20.96	-37.64	23.88	-25.29	-28.29	484.83	-46.59	6.43	31.71	-13.27	11.66	-7.04
SRES-A1B	2080-2099	-19.15	-29.93	-38.71	-45.81	-59.26	20.29	84.74	-83.36	1.92	-15.25	-24.16	-9.49	-22.53
	2001-2019	-6.95	-20.43	22.81	9.93	-26.72	-42.32	-29.01	-1.98	-3.70	16.70	-3.32	32.65	3.78
	2020-2039	-13.37	-13.95	-22.62	21.57	1.26	-36.47	61.43	210.79	-36.36	38.65	1.10	22.61	2.28
	2040-2059	-4.11	-9.67	-35.78	7.55	-11.22	-57.47	254.61	93.96	41.43	1.65	0.50	1.40	-2.80
	2060-2079	7.27	-9.36	-20.13	15.45	-26.86	-72.14	377.70	110.57	11.35	23.86	-17.72	37.36	6.03
SRES-B1	2080-2099	-22.30	-28.67	-9.71	31.05	-32.24	-33.56	514.83	23.45	59.33	10.65	20.71	-0.80	-2.00

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.12 ECHAM5 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	185.22	146.66	81.08	44.57	27.88	10.97	3.74	3.85	16.13	63.47	147.79	165.49	74.74
	2001-2019	154.54	122.80	71.82	46.43	30.21	7.41	4.46	2.71	12.40	49.57	129.11	179.91	67.61
	2020-2039	178.82	100.13	75.53	47.24	21.37	5.79	7.26	4.37	6.70	41.27	111.33	186.23	65.50
	2040-2059	167.17	124.76	65.96	46.23	19.77	6.76	19.60	14.61	6.71	39.98	97.72	197.76	67.25
	2060-2079	186.04	110.29	85.09	56.17	17.42	8.50	10.03	6.98	17.74	43.31	118.40	170.85	69.24
SRES-A1B	2080-2099	134.86	102.57	81.61	38.60	10.27	16.85	5.91	6.50	34.17	34.11	127.60	139.54	61.05
	2001-2019	199.63	120.16	90.41	50.91	26.83	9.92	5.30	5.23	12.12	66.88	148.75	181.87	76.50
	2020-2039	167.07	124.57	96.94	61.11	24.83	8.03	6.27	6.88	11.95	59.04	141.56	205.31	76.13
	2040-2059	136.68	140.51	82.81	48.87	27.46	4.79	11.63	10.33	8.37	36.76	134.33	160.35	66.91
	2060-2079	138.87	133.84	103.90	44.80	15.25	12.89	14.61	9.50	12.85	34.57	128.98	185.12	69.60
SRES-A2	2080-2099	206.95	134.65	82.69	38.64	10.59	14.16	3.52	4.60	23.10	42.50	94.15	172.37	68.99
	2001-2019	171.21	114.57	87.51	44.67	25.24	8.86	5.67	4.47	13.46	35.81	138.93	156.80	67.27
	2020-2039	157.54	121.57	85.28	49.34	22.23	7.52	6.68	4.58	9.39	68.17	141.99	173.65	70.66
	2040-2059	186.60	145.57	83.53	42.31	24.13	5.64	12.48	9.53	11.32	33.70	122.19	182.89	71.66
	2060-2079	184.32	120.23	77.72	40.74	21.29	5.68	16.86	12.28	13.54	35.95	129.56	179.21	69.78
SRES-B1	2080-2099	162.34	134.79	64.91	41.28	16.29	8.99	13.53	16.50	14.20	31.17	149.83	182.88	69.73
	2001-2019	16.57	-16.27	-11.42	4.17	8.35	-32.44	19.34	-29.62	-23.11	-21.91	-12.64	8.71	-9.53
	2020-2039	-3.46	-31.73	-6.85	6.00	-23.37	-47.20	94.35	13.54	-58.48	-34.98	-24.67	12.53	-12.36
	2040-2059	-9.75	-14.94	-18.65	3.73	-29.11	-38.37	424.80	279.13	-58.39	-37.01	-33.88	19.49	-10.02
	2060-2079	0.44	-24.80	4.95	26.03	-37.52	-22.49	168.39	81.28	10.03	-31.76	-19.88	3.24	-7.36
SRES-A1B	2080-2099	-27.19	-30.07	0.65	-13.39	-63.17	53.53	58.15	68.75	111.90	-46.26	-13.66	-15.68	-18.32
	2001-2019	7.78	-18.07	11.51	14.23	-3.78	-9.58	41.71	35.80	-24.85	5.38	0.65	9.90	2.36
	2020-2039	-9.80	-15.06	19.56	37.11	-10.96	-26.79	67.91	78.48	-25.93	-6.98	-4.22	24.06	1.86
	2040-2059	-26.21	-4.19	2.14	9.65	-1.51	-56.37	211.14	168.23	-48.11	-42.09	-9.10	-3.11	-10.48
	2060-2079	-25.02	-8.74	28.14	0.52	-45.33	17.48	290.94	146.65	-20.31	-45.53	-12.73	11.86	-6.88
SRES-A2	2080-2099	11.73	-8.19	1.99	-13.30	-62.04	29.00	-5.85	19.36	43.26	-33.04	-36.29	4.16	-7.69
	2001-2019	-7.56	-21.88	7.93	0.23	-9.49	-19.24	51.82	15.94	-16.53	-43.59	-5.99	-5.25	-10.00
	2020-2039	-14.94	-17.10	5.18	10.71	-20.27	-31.45	78.83	18.92	-41.77	7.40	-3.92	4.93	-5.45
	2040-2059	0.74	-0.74	3.02	-5.07	-13.46	-48.59	233.99	147.47	-29.80	-46.90	-17.32	10.51	-4.12
	2060-2079	-0.49	-18.02	-4.14	-8.59	-23.63	-48.23	351.07	218.74	-16.04	-43.36	-12.33	8.28	-6.63
SRES-B1	2080-2099	-12.35	-8.09	-19.94	-7.38	-41.57	-18.09	262.08	328.36	-11.92	-50.89	1.38	10.50	-6.70

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.13 HADCM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)															
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık	
20C3M	1950-1999	150.00	144.45	100.62	56.66	34.76	12.10	3.50	1.32	15.66	67.69	135.13	166.94	74.07	
	2001-2019	181.73	151.25	110.38	59.77	35.88	10.09	4.30	3.16	16.98	60.32	134.41	149.21	76.46	
	2020-2039	199.58	167.13	108.44	60.02	30.19	5.91	7.70	3.51	10.84	50.04	134.61	155.26	77.77	
	2040-2059	192.12	171.24	83.37	57.41	28.89	2.02	4.92	4.55	7.07	46.77	141.90	198.29	78.21	
	2060-2079	155.10	143.44	98.07	45.08	21.67	2.92	4.29	3.87	5.61	45.73	135.64	162.59	68.67	
SRES-A1B	2001-2019	169.80	153.57	92.97	50.17	14.36	3.55	0.00	0.00	7.86	39.35	90.36	182.20	67.02	
	2020-2039	166.64	146.37	89.38	64.30	34.97	10.37	3.98	2.03	12.38	54.22	136.21	219.48	78.36	
	2040-2059	153.68	144.42	94.07	50.95	31.57	7.70	5.35	2.45	13.54	60.35	166.85	177.53	75.71	
	2060-2079	167.74	166.28	105.24	63.23	24.01	3.49	6.22	2.17	21.69	34.69	114.93	138.23	70.66	
	2080-2099	200.58	147.51	94.21	47.67	11.88	3.35	0.00	0.00	10.77	32.61	130.76	198.10	73.12	
SRES-A2	2001-2019	192.24	158.77	93.92	57.90	30.31	9.36	5.60	1.74	13.43	76.57	157.32	206.70	83.65	
	2020-2039	158.93	130.70	102.34	61.69	27.09	6.91	5.08	3.45	5.75	72.07	115.03	153.72	70.23	
	2040-2059	155.06	128.02	74.96	57.64	30.68	5.52	7.23	3.56	10.06	39.07	125.98	186.70	68.71	
	2060-2079	205.22	113.57	101.96	55.05	26.89	3.61	1.92	1.52	8.65	66.91	125.05	178.13	74.04	
	2080-2099	165.89	158.89	95.68	66.60	22.73	2.56	10.25	6.26	6.67	47.73	123.49	153.21	71.67	
(b)	Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	SRES-A1B	2001-2019	21.15	4.71	9.70	5.48	3.22	-16.66	22.99	138.77	8.43	-10.89	-0.54	-10.62	3.22
		2020-2039	33.05	15.70	7.77	5.92	-13.15	-51.16	120.05	165.23	-30.80	-26.08	-0.38	-6.99	4.99
		2040-2059	28.08	18.55	-17.14	1.33	-16.90	-83.34	40.56	244.15	-54.86	-30.91	5.01	18.78	5.59
		2060-2079	3.40	-0.69	-2.53	-20.44	-37.66	-75.87	22.61	192.92	-64.16	-32.44	0.38	-2.61	-7.29
		2080-2099	13.20	6.32	-7.60	-11.46	-58.69	-70.64	-100.00	-100.00	-49.80	-41.88	-33.13	9.14	-9.52
	SRES-A2	2001-2019	11.10	1.33	-11.17	13.47	0.61	-14.31	13.86	53.69	-20.96	-19.90	0.80	31.48	5.80
		2020-2039	2.46	-0.02	-6.51	-10.07	-9.19	-36.41	53.01	85.48	-13.55	-10.84	23.47	6.35	2.21
		2040-2059	11.82	15.12	4.60	11.59	-30.92	-71.17	77.69	64.09	38.49	-48.76	-14.95	-17.20	-4.60
		2060-2079	24.14	-16.44	-8.28	-1.86	-30.09	-82.85	-17.47	10.28	-50.55	-20.97	-19.35	15.00	-4.62
		2080-2099	33.72	2.12	-6.37	-15.88	-65.81	-72.32	-100.00	-100.00	-31.22	-51.82	-3.24	18.67	-1.28
	SRES-B1	2001-2019	28.16	9.92	-6.66	2.19	-12.80	-22.70	60.16	31.71	-14.26	13.11	16.42	23.82	12.94
		2020-2039	5.96	-9.51	1.71	8.88	-22.07	-42.92	45.34	160.74	-63.31	6.47	-14.88	-7.91	-5.18
2040-2059		3.37	-11.37	-25.50	1.73	-11.74	-54.43	106.66	169.11	-35.78	-42.28	-6.77	11.84	-7.24	
2060-2079		36.81	-21.38	1.33	-2.84	-22.65	-70.19	-45.25	14.68	-44.79	-1.16	-7.46	6.71	-0.04	
2080-2099		10.60	10.00	-4.91	17.55	-34.60	-78.82	193.02	373.73	-57.43	-29.48	-8.61	-8.22	-3.25	

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan dağılımları göstermektedir.

Tablo 4.14 MIROC3.2 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	133.27	105.82	95.75	67.68	54.64	14.32	0.65	0.95	15.90	77.52	135.38	170.75	72.72
	2001-2019	148.76	129.86	96.09	60.69	45.40	6.31	1.65	1.71	4.41	59.87	148.90	192.73	74.70
	2020-2039	180.22	117.11	81.11	71.75	42.81	5.93	4.76	10.43	16.05	61.23	168.13	159.18	76.56
	2040-2059	162.22	135.43	97.23	69.66	29.94	5.02	2.09	13.23	10.94	46.66	89.24	162.31	68.66
	2060-2079	176.12	117.25	76.23	59.34	30.45	2.94	2.00	7.62	19.81	47.84	135.38	183.85	71.57
SRES-A1B	2080-2099	170.44	119.16	87.53	54.09	20.37	2.12	0.00	3.17	34.61	48.30	138.47	134.07	67.69
	2001-2019	148.52	117.91	86.66	70.28	49.66	7.51	2.88	6.08	15.39	77.20	135.12	150.42	72.30
	2020-2039	179.69	118.57	100.26	54.31	34.24	6.52	0.98	6.03	6.42	63.17	117.38	161.82	70.78
	2040-2059	172.64	127.70	79.42	63.70	31.37	4.05	4.38	6.09	15.36	49.17	159.17	117.12	69.18
	2060-2079	155.25	136.41	86.83	59.97	30.28	5.47	0.86	4.38	17.21	40.52	133.47	133.15	66.98
SRES-A2	2080-2099	144.70	127.35	84.91	48.88	22.16	4.15	0.00	0.78	31.26	27.04	118.04	152.46	63.48
	2001-2019	156.57	119.16	108.08	63.35	46.89	14.94	1.86	1.74	19.52	91.19	112.78	165.44	75.13
	2020-2039	124.15	131.05	85.22	59.07	47.88	6.42	2.70	2.94	4.18	49.95	127.75	159.79	66.76
	2040-2059	121.03	111.33	85.15	63.71	32.84	2.46	4.82	13.62	8.80	64.16	117.51	174.79	66.68
	2060-2079	131.47	139.35	92.00	62.06	27.54	1.28	5.81	12.36	7.63	63.24	147.45	171.96	71.84
SRES-B1	2080-2099	173.01	119.85	81.98	54.86	35.47	6.31	11.26	21.55	12.15	65.16	139.43	159.67	73.39
	2001-2019	11.44	11.43	-9.49	3.84	-9.11	-47.57	343.07	537.01	-3.20	-0.41	-0.20	-11.91	-0.57
	2020-2039	34.83	12.05	4.71	-19.75	-37.33	-54.46	50.27	531.99	-59.61	-18.51	-13.30	-5.23	-2.66
	2040-2059	29.53	20.67	-17.06	-5.87	-42.58	-71.74	573.72	538.09	-3.39	-36.58	17.57	-31.41	-4.87
	2060-2079	16.49	28.91	-9.32	-11.38	-44.57	-61.81	33.10	358.80	8.28	-47.73	-1.41	-22.02	-7.89
SRES-A1B	2080-2099	8.57	20.34	-11.32	-27.77	-59.44	-71.03	-100.00	-18.11	96.67	-65.11	-12.81	-10.71	-12.71
	2001-2019	17.48	12.61	12.88	-6.38	-14.17	4.35	186.58	82.31	22.83	17.63	-16.70	-3.11	3.31
	2020-2039	-6.85	23.84	-10.99	-12.72	-12.37	-55.16	316.05	207.73	-73.72	-35.57	-5.64	-6.42	-8.20
	2040-2059	-9.18	5.21	-11.07	-5.86	-39.90	-82.83	641.90	1326.37	-44.64	-17.24	-13.20	2.37	-8.30
	2060-2079	-1.36	31.68	-3.91	-8.30	-49.59	-91.06	794.29	1194.23	-51.98	-18.43	8.91	0.71	-1.20
SRES-A2	2080-2099	29.82	13.26	-14.38	-18.94	-35.08	-55.92	1632.74	2157.24	-23.53	-15.95	2.99	-6.49	0.93
	2001-2019	11.62	22.71	0.35	-10.31	-16.90	-55.89	154.54	78.62	-72.29	-22.77	9.98	12.87	2.72
	2020-2039	35.23	10.66	-15.28	6.02	-21.64	-58.58	632.07	992.65	0.95	-21.01	24.19	-6.77	5.28
	2040-2059	21.72	27.98	1.55	2.93	-45.20	-64.91	221.05	1285.89	-31.18	-39.81	-34.09	-4.94	-5.58
	2060-2079	32.15	10.79	-20.38	-12.32	-44.27	-79.46	208.31	697.87	24.62	-38.29	0.00	7.67	-1.58
SRES-B1	2080-2099	27.89	12.60	-8.59	-20.07	-62.72	-85.20	-100.00	231.87	117.74	-37.69	2.28	-21.48	-6.91
	2001-2019	11.44	11.43	-9.49	3.84	-9.11	-47.57	343.07	537.01	-3.20	-0.41	-0.20	-11.91	-0.57
	2020-2039	34.83	12.05	4.71	-19.75	-37.33	-54.46	50.27	531.99	-59.61	-18.51	-13.30	-5.23	-2.66
	2040-2059	29.53	20.67	-17.06	-5.87	-42.58	-71.74	573.72	538.09	-3.39	-36.58	17.57	-31.41	-4.87
	2060-2079	16.49	28.91	-9.32	-11.38	-44.57	-61.81	33.10	358.80	8.28	-47.73	-1.41	-22.02	-7.89

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.15 MK3.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	183.36	128.37	77.07	44.88	20.19	6.66	5.66	5.28	19.67	68.67	156.32	197.10	76.10
	2001-2019	177.78	136.13	94.31	37.46	17.91	7.04	9.94	9.91	14.61	52.31	131.96	215.00	75.37
	2020-2039	190.84	133.08	76.54	32.76	20.02	5.45	3.23	4.35	22.81	66.70	154.38	188.85	74.92
	2040-2059	170.21	155.96	72.71	39.63	26.33	5.36	13.43	18.75	12.16	65.73	146.61	253.39	81.69
	2060-2079	198.85	121.66	69.46	43.84	25.78	2.14	12.17	25.73	9.81	56.83	150.31	244.85	80.12
SRES-A1B	2001-2019	196.03	125.27	65.78	35.90	20.84	5.21	8.80	10.56	15.37	61.52	129.44	219.83	74.54
	2020-2039	171.10	124.00	86.66	43.57	12.04	1.63	4.26	14.67	12.75	57.24	134.05	189.00	70.91
	2040-2059	202.63	162.75	74.68	35.55	12.97	2.84	10.43	17.68	12.62	53.48	140.81	231.79	79.85
	2060-2079	196.39	127.60	73.43	29.41	17.04	1.22	2.97	7.96	8.79	38.77	151.10	239.75	74.54
	2080-2099	160.24	102.98	67.09	30.66	14.91	0.00	1.50	2.68	19.51	42.01	136.35	199.40	64.78
SRES-A2	2001-2019	162.06	112.25	75.30	40.01	20.20	6.77	9.04	11.69	18.16	81.64	168.29	218.66	77.01
	2020-2039	183.85	137.52	66.60	42.43	27.15	6.54	14.21	11.40	12.91	48.84	165.92	218.92	78.03
	2040-2059	157.43	125.89	85.94	46.83	18.54	5.18	12.79	16.98	16.84	78.58	139.12	204.29	75.70
	2060-2079	202.57	128.03	91.84	36.62	17.48	5.79	22.09	19.83	9.48	77.94	161.59	248.81	85.17
	2080-2099	202.23	151.79	85.69	39.55	22.78	4.71	15.32	17.96	9.14	72.67	155.09	168.64	78.80
SRES-B1	2001-2019	162.06	112.25	75.30	40.01	20.20	6.77	9.04	11.69	18.16	81.64	168.29	218.66	77.01
	2020-2039	183.85	137.52	66.60	42.43	27.15	6.54	14.21	11.40	12.91	48.84	165.92	218.92	78.03
	2040-2059	157.43	125.89	85.94	46.83	18.54	5.18	12.79	16.98	16.84	78.58	139.12	204.29	75.70
	2060-2079	202.57	128.03	91.84	36.62	17.48	5.79	22.09	19.83	9.48	77.94	161.59	248.81	85.17
	2080-2099	202.23	151.79	85.69	39.55	22.78	4.71	15.32	17.96	9.14	72.67	155.09	168.64	78.80
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	2001-2019	-3.04	6.04	22.37	-16.53	-11.28	5.70	75.80	87.63	-25.72	-23.82	-15.58	9.08	-0.97
	2020-2039	4.08	3.66	-0.69	-26.99	-0.85	-18.18	-42.92	-17.62	15.95	-2.87	-1.24	-4.19	-1.56
	2040-2059	-7.18	21.49	-5.66	-11.68	30.40	-19.49	137.54	254.77	-38.18	-4.28	-6.21	28.56	7.34
	2060-2079	8.45	-5.23	-9.88	-2.31	27.67	-67.85	115.23	387.02	-50.15	-17.25	-3.84	24.23	5.28
2080-2099	9.74	-6.28	-15.79	-18.68	-0.42	-77.67	78.37	327.13	-42.19	-21.88	6.28	17.59	2.94	
SRES-A1B	2001-2019	6.91	-2.41	-14.65	-20.01	3.20	-21.75	55.52	99.79	-21.86	-10.42	-17.20	11.53	-2.05
	2020-2039	-6.69	-3.40	12.44	-2.90	-40.37	-75.48	-24.68	177.55	-35.18	-16.64	-14.25	-4.11	-6.82
	2040-2059	10.51	26.78	-3.10	-20.78	-35.77	-57.38	84.34	234.67	-35.84	-22.12	-9.92	17.60	4.93
	2060-2079	7.10	-0.61	-4.72	-34.45	-15.61	-81.62	-47.55	50.71	-55.32	-43.55	-3.34	21.64	-2.06
	2080-2099	-12.61	-19.78	-12.95	-31.69	-26.14	-100.00	-73.57	-49.26	-0.86	-38.82	-12.77	1.17	-14.88
SRES-A2	2001-2019	-11.62	-12.56	-2.29	-10.83	0.02	1.69	59.76	121.30	-7.72	18.88	7.66	10.94	1.19
	2020-2039	0.27	7.13	-13.59	-5.45	34.47	-1.82	151.34	115.72	-34.37	-28.88	6.15	11.07	2.53
	2040-2059	-14.14	-1.93	11.50	4.36	-8.20	-22.29	126.18	221.39	-14.39	14.43	-11.00	3.65	-0.53
	2060-2079	10.47	-0.27	19.17	-18.39	-13.42	-13.13	290.54	275.23	-51.83	13.49	3.37	26.24	11.92
	2080-2099	10.29	18.24	11.18	-11.86	12.80	-29.21	170.83	239.92	-53.52	5.83	-0.79	-14.44	3.54

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.16 PCM küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	134.33	121.34	70.37	34.91	18.05	9.71	4.38	8.12	27.45	77.26	120.44	167.91	66.19
	2001-2019	131.42	100.97	82.53	37.01	17.39	5.10	3.09	4.63	21.05	57.59	94.52	140.89	58.02
	2020-2039	128.81	132.46	88.85	32.32	11.78	3.36	6.05	5.26	19.84	77.64	116.36	162.02	65.40
	2040-2059	120.42	87.54	71.68	28.35	18.28	2.07	9.28	8.46	15.47	71.47	139.33	171.02	61.95
	2060-2079	103.85	104.13	79.00	45.06	19.02	0.76	14.26	8.37	24.21	55.62	101.81	170.07	60.51
SRES-A1B	2001-2019	151.50	126.32	80.32	39.48	21.23	1.05	7.74	13.02	21.39	32.22	100.63	183.46	64.86
	2020-2039	128.74	115.01	55.16	38.78	16.71	6.40	2.91	7.55	17.18	68.73	123.39	166.22	62.23
	2040-2059	140.74	95.51	80.44	37.37	13.54	5.43	7.55	8.31	22.62	50.15	114.21	144.07	60.00
	2060-2079	139.81	94.12	83.63	31.77	15.11	1.13	11.84	10.46	24.72	49.63	110.33	203.56	64.68
	2080-2099	114.09	127.19	59.23	39.33	21.58	0.20	9.41	10.26	16.19	55.17	104.06	185.94	61.89
SRES-A2	2001-2019	129.93	103.73	70.38	39.99	18.36	2.95	11.77	4.33	32.09	23.03	93.88	191.38	60.15
	2020-2039	167.77	105.18	74.87	31.05	18.86	6.44	5.48	9.35	33.83	36.85	110.65	151.84	62.68
	2040-2059	127.85	98.70	78.73	33.23	20.92	4.84	4.31	4.80	27.73	41.80	100.53	147.84	57.61
	2060-2079	113.91	91.04	64.12	35.14	16.46	2.02	9.25	8.32	12.10	37.55	88.92	140.12	51.58
	2080-2099	99.78	89.42	59.54	44.46	19.74	4.55	4.80	6.70	22.18	44.30	86.18	128.44	50.84
SRES-B1	2001-2019	133.97	95.16	68.99	43.97	20.53	10.14	4.87	12.41	12.39	39.91	127.01	151.60	60.08
	2020-2039	12.78	4.10	14.15	13.09	17.60	-89.16	76.78	60.46	-22.07	-58.30	-16.44	9.26	-2.00
	2040-2059	-4.16	-5.22	-21.61	11.09	-7.46	-34.12	-33.49	-7.00	-37.43	-11.04	2.45	-1.01	-5.98
	2060-2079	4.77	-21.28	14.32	7.04	-24.97	-44.09	72.49	2.43	-17.60	-35.09	-5.17	-14.20	-9.36
	2080-2099	4.08	-22.43	18.85	-9.01	-16.31	-88.33	170.52	28.85	-9.96	-35.77	-8.40	21.23	-2.29
SRES-A1B	2001-2019	-15.07	4.82	-15.82	12.66	19.56	-97.96	114.99	26.37	-41.03	-28.60	-13.60	10.74	-6.50
	2020-2039	-3.27	-14.52	0.02	14.55	1.69	-69.59	168.91	-46.70	16.91	-70.19	-22.06	13.98	-9.12
	2040-2059	24.89	-13.32	6.41	-11.06	4.47	-33.73	25.20	15.19	23.23	-52.31	-8.13	-9.57	-5.30
	2060-2079	-4.83	-18.66	-11.89	-4.82	15.89	-50.19	-1.64	-40.87	1.03	-45.89	-16.53	-11.95	-12.97
	2080-2099	-15.20	-24.97	-8.88	0.66	-8.80	-79.21	111.34	2.55	-55.90	-41.40	-26.17	-16.55	-22.07
SRES-B1	2001-2019	-25.72	-26.31	-15.38	27.36	9.33	-53.20	9.59	-17.42	-19.20	-42.67	-28.44	-23.50	-23.19
	2020-2039	-0.27	-21.57	-1.96	25.95	13.74	4.42	11.32	52.89	-54.88	-48.35	5.46	-9.71	-9.23
	2040-2059	12.78	4.10	14.15	13.09	17.60	-89.16	76.78	60.46	-22.07	-58.30	-16.44	9.26	-2.00
	2060-2079	-4.16	-5.22	-21.61	11.09	-7.46	-34.12	-33.49	-7.00	-37.43	-11.04	2.45	-1.01	-5.98
	2080-2099	4.77	-21.28	14.32	7.04	-24.97	-44.09	72.49	2.43	-17.60	-35.09	-5.17	-14.20	-9.36

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.17 BCM2.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	10.38	9.52	10.01	12.37	15.33	21.15	26.22	28.10	26.32	22.43	17.59	13.09	17.71
	2001-2019	11.56	9.80	10.81	13.29	16.25	21.91	26.99	28.62	26.80	23.01	18.47	14.38	18.49
	2020-2039	12.06	10.39	10.95	13.59	16.69	22.38	27.45	29.14	27.02	23.18	18.63	14.07	18.80
	2040-2059	11.99	10.57	11.36	14.12	17.39	23.08	27.86	29.56	27.47	24.22	19.92	15.51	19.42
SRES-A1B	2060-2079	12.15	10.95	11.45	14.54	17.91	23.70	28.22	29.20	27.71	24.17	18.81	14.54	19.45
	2080-2099	13.04	11.25	12.73	15.39	18.76	24.61	29.21	30.65	29.06	25.27	20.40	15.85	20.52
	2001-2019	11.88	10.49	10.63	13.34	16.45	22.36	27.24	28.82	26.78	22.98	18.23	14.01	18.60
	2020-2039	11.45	10.24	10.55	13.17	16.75	22.67	27.49	28.93	26.99	23.20	18.52	13.61	18.63
SRES-A2	2040-2059	12.46	10.97	11.61	13.91	17.67	23.13	28.07	29.51	27.73	24.18	19.53	14.82	19.47
	2060-2079	13.01	11.36	12.57	15.01	18.21	24.09	29.01	30.50	28.79	25.08	20.55	15.58	20.31
	2080-2099	13.52	12.90	13.20	15.93	19.13	25.24	29.55	31.25	29.69	26.17	21.39	16.51	21.21
	2001-2019	10.95	9.56	10.41	12.95	16.03	22.24	27.03	28.69	26.86	22.89	17.99	13.33	18.24
SRES-B1	2020-2039	11.54	10.39	10.97	13.42	16.79	22.21	27.44	29.13	26.96	23.71	18.60	14.26	18.79
	2040-2059	11.52	10.32	11.05	13.51	16.84	22.68	27.57	29.40	27.24	23.31	18.88	14.18	18.88
	2060-2079	11.38	10.61	11.23	13.78	16.82	22.48	27.36	29.43	27.98	23.54	18.89	14.39	18.99
	2080-2099	12.16	10.98	11.44	14.30	17.75	23.50	28.19	29.52	27.66	24.05	19.29	14.41	19.44

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	1.18	0.27	0.80	0.92	0.92	0.76	0.77	0.52	0.48	0.58	0.89	1.29	0.78
	2020-2039	1.68	0.86	0.94	1.22	1.36	1.23	1.23	1.05	0.70	0.75	1.04	0.97	1.09
	2040-2059	1.61	1.05	1.35	1.75	2.06	1.93	1.64	1.47	1.15	1.79	2.34	2.41	1.71
	2060-2079	1.77	1.43	1.44	2.18	2.58	2.55	2.00	1.11	1.39	1.74	1.22	1.44	1.74
SRES-A2	2080-2099	2.66	1.73	2.72	3.02	3.44	3.46	2.99	2.56	2.74	2.84	2.81	2.76	2.81
	2001-2019	1.50	0.97	0.62	0.97	1.12	1.21	1.02	0.73	0.46	0.55	0.64	0.92	0.89
	2020-2039	1.07	0.72	0.54	0.80	1.42	1.52	1.27	0.84	0.67	0.77	0.94	0.52	0.92
	2040-2059	2.08	1.45	1.60	1.54	2.34	1.98	1.85	1.41	1.42	1.75	1.94	1.73	1.76
SRES-B1	2060-2079	2.63	1.84	2.56	2.64	2.88	2.94	2.79	2.41	2.47	2.65	2.96	2.49	2.60
	2080-2099	3.14	3.37	3.19	3.56	3.81	4.09	3.33	3.15	3.37	3.74	3.80	3.41	3.50
	2001-2019	0.57	0.04	0.40	0.58	0.71	1.09	0.81	0.59	0.54	0.46	0.41	0.24	0.54
	2020-2039	1.16	0.87	0.96	1.05	1.46	1.06	1.22	1.04	0.64	1.28	1.02	1.16	1.08
SRES-B1	2040-2059	1.14	0.80	1.04	1.15	1.51	1.53	1.35	1.30	0.92	0.88	1.29	1.08	1.17
	2060-2079	1.00	1.09	1.22	1.41	1.49	1.33	1.14	1.34	1.66	1.11	1.30	1.29	1.28
	2080-2099	1.78	1.46	1.43	1.93	2.42	2.35	1.97	1.42	1.34	1.62	1.70	1.31	1.73

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.18 CCSM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	9.93	9.47	11.15	14.76	19.32	24.53	27.88	27.28	23.63	18.95	14.19	11.38	17.71
	2001-2019	9.93	9.88	11.60	15.48	19.53	25.89	28.87	28.37	24.62	20.18	14.98	12.27	18.47
	2020-2039	10.69	10.92	12.90	16.30	20.81	26.48	29.49	29.06	25.23	20.20	16.01	12.52	19.22
	2040-2059	12.43	11.55	13.50	17.72	22.32	26.83	30.11	29.70	25.94	21.13	16.52	13.21	20.08
SRES-A1B	2060-2079	11.83	11.81	13.52	17.83	22.65	27.41	30.54	30.08	26.54	21.86	17.15	13.77	20.42
	2080-2099	12.32	11.79	13.71	17.68	22.61	27.30	30.31	30.01	27.07	22.34	17.46	13.81	20.53
SRES-A2	2001-2019	10.09	10.22	12.46	15.67	20.36	25.44	28.71	28.38	24.36	20.22	15.24	12.40	18.63
	2020-2039	10.89	10.58	12.75	16.78	21.04	26.27	29.15	28.76	25.26	20.31	15.67	12.54	19.17
	2040-2059	11.40	11.05	12.67	16.61	21.65	26.27	29.86	29.54	25.88	21.22	16.53	13.39	19.67
	2060-2079	12.61	12.28	13.34	17.81	23.16	27.19	30.59	30.24	27.12	22.07	17.24	13.38	20.59
SRES-B1	2080-2099	13.06	12.84	15.87	19.21	23.77	28.67	31.46	31.37	28.33	23.35	17.86	14.78	21.71
	2001-2019	11.22	10.87	12.38	16.32	20.36	26.00	28.92	28.26	24.71	19.57	15.20	12.48	18.86
SRES-B1	2020-2039	10.37	10.48	12.73	15.88	20.81	25.96	28.94	28.80	25.57	20.60	15.43	12.43	19.00
	2040-2059	10.59	10.55	12.15	16.41	20.93	26.71	29.47	29.12	25.32	20.48	15.24	12.10	19.09
SRES-B1	2060-2079	11.27	11.35	12.95	16.16	20.80	26.41	29.84	29.37	25.75	20.82	15.77	12.81	19.44
	2080-2099	11.34	11.50	12.96	16.54	21.37	26.44	29.10	29.02	25.77	20.86	16.37	13.33	19.55

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	0.00	0.41	0.45	0.72	0.21	1.36	0.99	1.10	0.99	1.22	0.80	0.89	0.76
	2020-2039	0.76	1.45	1.75	1.54	1.49	1.95	1.61	1.78	1.60	1.25	1.82	1.14	1.51
	2040-2059	2.49	2.08	2.35	2.96	3.00	2.30	2.23	2.42	2.31	2.18	2.33	1.83	2.37
	2060-2079	1.90	2.34	2.37	3.07	3.33	2.88	2.66	2.80	2.91	2.91	2.96	2.38	2.71
SRES-A2	2080-2099	2.39	2.33	2.56	2.92	3.29	2.77	2.43	2.73	3.43	3.38	3.27	2.43	2.83
	2001-2019	0.16	0.76	1.31	0.91	1.04	0.91	0.83	1.10	0.73	1.26	1.05	1.01	0.92
SRES-A2	2020-2039	0.96	1.12	1.60	2.02	1.72	1.74	1.27	1.48	1.63	1.36	1.49	1.16	1.46
	2040-2059	1.47	1.58	1.52	1.85	2.33	1.74	1.98	2.27	2.25	2.27	2.34	2.01	1.97
SRES-B1	2060-2079	2.68	2.81	2.19	3.05	3.84	2.66	2.71	2.96	3.49	3.12	3.05	2.00	2.88
	2080-2099	3.12	3.38	4.72	4.45	4.46	4.14	3.58	4.09	4.70	4.40	3.67	3.40	4.01
SRES-B1	2001-2019	1.28	1.41	1.23	1.56	1.04	1.47	1.04	0.99	1.08	0.62	1.01	1.10	1.15
	2020-2039	0.44	1.01	1.58	1.12	1.49	1.43	1.06	1.53	1.94	1.64	1.24	1.05	1.29
SRES-B1	2040-2059	0.66	1.08	1.00	1.65	1.61	2.18	1.59	1.84	1.69	1.53	1.05	0.72	1.38
	2060-2079	1.33	1.88	1.80	1.40	1.48	1.89	1.96	2.10	2.12	1.86	1.58	1.43	1.74
SRES-B1	2080-2099	1.41	2.03	1.81	1.78	2.05	1.91	1.22	1.75	2.14	1.90	2.18	1.95	1.84

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.19 CGCM2.3.2 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	9.44	9.76	11.43	14.41	19.77	24.25	27.48	27.27	24.25	19.92	14.24	10.48	17.73
	2001-2019	9.01	9.54	12.09	15.11	20.45	25.03	28.37	28.11	25.26	20.33	14.17	10.94	18.20
	2020-2039	10.65	10.51	12.97	15.52	21.03	25.16	28.80	28.48	25.57	20.83	15.37	11.78	18.89
SRES-A1B	2040-2059	10.05	11.27	13.34	16.59	21.46	25.67	29.32	28.91	26.18	21.60	15.71	12.07	19.35
	2060-2079	12.30	12.30	13.62	17.47	22.53	27.05	29.84	29.50	26.81	22.03	16.44	13.01	20.24
	2080-2099	12.60	12.60	14.55	17.44	22.47	26.97	29.96	29.67	27.71	22.70	16.79	13.30	20.56
SRES-A2	2001-2019	10.26	10.81	12.25	15.04	20.36	24.83	28.22	27.94	25.07	20.14	15.03	11.57	18.46
	2020-2039	10.66	10.48	12.71	15.17	20.80	25.13	28.38	28.19	25.17	20.76	14.86	11.88	18.68
	2040-2059	11.33	11.97	13.14	16.15	20.94	25.53	29.07	28.78	25.84	21.01	15.94	11.49	19.27
SRES-B1	2060-2079	11.47	12.28	14.37	17.47	22.02	26.71	30.10	29.64	27.08	22.43	16.57	13.25	20.28
	2080-2099	12.21	12.38	14.64	17.96	22.97	27.12	30.27	30.18	27.71	23.20	17.76	14.06	20.87
	2001-2019	9.64	10.57	11.60	14.82	20.17	24.75	28.27	27.90	24.92	20.47	13.77	10.86	18.15
SRES-B1	2020-2039	9.64	10.91	12.29	15.62	20.91	25.47	28.55	28.29	25.74	21.36	14.93	11.29	18.75
	2040-2059	10.33	11.08	13.10	16.34	21.34	25.79	29.12	28.72	26.01	21.39	15.18	11.50	19.16
	2060-2079	10.68	10.99	12.67	16.30	21.54	25.89	29.21	28.83	26.37	22.06	15.06	11.93	19.29
2080-2099	10.73	11.74	12.97	16.21	21.23	25.88	29.20	29.10	26.54	21.98	16.53	12.18	19.52	
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-0.44	-0.22	0.66	0.70	0.68	0.78	0.89	0.84	1.01	0.41	-0.07	0.46	0.47
	2020-2039	1.20	0.75	1.55	1.10	1.26	0.91	1.31	1.21	1.32	0.91	1.12	1.30	1.16
	2040-2059	0.61	1.52	1.91	2.18	1.69	1.42	1.84	1.64	1.93	1.68	1.47	1.59	1.62
SRES-A2	2060-2079	2.86	2.54	2.19	3.06	2.76	2.81	2.36	2.23	2.56	2.11	2.20	2.53	2.52
	2080-2099	3.15	2.84	3.12	3.03	2.70	2.72	2.47	2.39	3.45	2.78	2.55	2.81	2.84
	2001-2019	0.81	1.05	0.82	0.63	0.59	0.58	0.74	0.67	0.82	0.21	0.78	1.09	0.73
SRES-B1	2020-2039	1.22	0.72	1.28	0.76	1.03	0.88	0.90	0.92	0.92	0.84	0.62	1.40	0.96
	2040-2059	1.89	2.21	1.71	1.73	1.17	1.28	1.59	1.51	1.59	1.09	1.69	1.00	1.54
	2060-2079	2.03	2.52	2.94	3.06	2.25	2.46	2.62	2.37	2.82	2.51	2.33	2.76	2.56
2080-2099	2.76	2.62	3.21	3.55	3.20	2.87	2.79	2.91	2.91	3.46	3.28	3.52	3.58	3.15
2001-2019	0.19	0.81	0.17	0.41	0.40	0.50	0.79	0.63	0.66	0.55	-0.47	0.38	0.42	
SRES-B1	2020-2039	0.19	1.15	0.86	1.21	1.14	1.22	1.06	1.02	1.49	1.44	0.69	0.81	1.02
	2040-2059	0.89	1.32	1.67	1.93	1.57	1.54	1.63	1.44	1.75	1.47	0.94	1.02	1.43
	2060-2079	1.23	1.23	1.24	1.88	1.77	1.64	1.72	1.56	2.12	2.14	0.82	1.45	1.57
2080-2099	1.28	1.98	1.54	1.80	1.46	1.63	1.72	1.83	1.83	2.29	2.06	2.29	1.70	1.80

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.20 CGCM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	9.91	9.30	9.88	12.05	15.48	20.44	25.56	27.41	26.72	23.85	18.74	13.38	17.72
	2001-2019	10.63	9.84	10.75	13.19	16.69	21.67	26.74	28.63	27.65	24.62	19.10	13.67	18.60
	2020-2039	11.44	10.96	12.11	14.18	17.62	22.96	27.67	29.27	28.30	25.50	20.08	15.01	19.59
SRES-A1B	2040-2059	12.15	11.69	12.38	14.17	17.98	23.27	27.97	29.71	28.89	26.19	20.62	15.20	20.02
	2060-2079	13.50	12.38	13.53	15.32	19.17	24.01	28.72	30.38	29.51	26.91	22.13	16.82	21.03
	2080-2099	14.01	13.60	14.48	16.50	19.81	25.20	29.31	30.81	29.96	27.16	22.67	16.91	21.70
SRES-A2	2001-2019	10.94	9.59	10.83	13.40	16.51	21.91	26.88	28.68	27.58	25.09	19.86	14.09	18.78
	2020-2039	11.72	11.70	11.78	13.84	17.37	22.60	27.31	29.12	27.97	25.03	19.80	14.61	19.40
	2040-2059	12.35	12.22	13.26	14.92	18.71	23.78	28.33	29.98	28.75	25.61	20.46	15.86	20.35
SRES-B1	2060-2079	13.47	12.97	13.85	15.88	19.89	24.86	29.41	30.88	29.92	27.20	22.24	16.41	21.41
	2080-2099	14.79	14.36	14.80	17.14	20.94	25.89	30.15	31.53	30.54	27.99	23.13	18.38	22.47
	2001-2019	11.19	10.45	11.27	13.08	16.82	21.64	26.91	28.34	27.41	24.72	19.68	14.35	18.82
SRES-B1	2020-2039	11.17	10.77	11.80	13.58	16.64	21.86	27.08	28.88	27.85	25.13	20.17	14.86	19.15
	2040-2059	11.86	11.13	11.87	14.24	17.69	22.80	27.57	29.47	28.30	25.28	20.16	14.90	19.61
	2060-2079	11.98	11.11	12.40	14.40	17.99	23.20	28.02	29.65	28.66	25.65	20.73	15.57	19.95
2080-2099	12.33	12.46	13.03	15.16	18.38	23.76	28.16	29.96	28.94	25.83	21.02	15.64	20.39	

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	0.72	0.54	0.87	1.14	1.22	1.23	1.19	1.22	0.93	0.77	0.36	0.29	0.87
	2020-2039	1.53	1.66	2.23	2.13	2.14	2.52	2.11	1.86	1.58	1.66	1.34	1.63	1.87
	2040-2059	2.23	2.39	2.50	2.13	2.50	2.83	2.42	2.31	2.18	2.34	1.88	1.82	2.29
SRES-A2	2060-2079	3.58	3.08	3.66	3.27	3.69	3.57	3.17	2.98	2.80	3.06	3.39	3.44	3.31
	2080-2099	4.10	4.30	4.60	4.45	4.33	4.76	3.75	3.41	3.25	3.32	3.94	3.53	3.98
	2001-2019	1.03	0.29	0.96	1.35	1.03	1.47	1.32	1.28	0.86	1.25	1.12	0.71	1.06
SRES-B1	2020-2039	1.81	2.40	1.90	1.80	1.89	2.16	1.76	1.72	1.25	1.18	1.07	1.23	1.68
	2040-2059	2.44	2.91	3.38	2.88	3.23	3.34	2.78	2.57	2.04	1.77	1.72	2.48	2.63
	2060-2079	3.55	3.66	3.98	3.83	4.41	4.43	3.86	3.47	3.21	3.36	3.50	3.03	3.69
2080-2099	4.88	5.06	4.92	5.10	5.47	5.45	4.59	4.12	3.82	4.14	4.40	5.00	4.75	
SRES-B1	2001-2019	1.27	1.15	1.39	1.04	1.34	1.20	1.35	0.94	0.69	0.87	0.94	0.97	1.10
	2020-2039	1.25	1.47	1.92	1.53	1.16	1.42	1.52	1.48	1.13	1.28	1.44	1.48	1.42
	2040-2059	1.95	1.83	1.99	2.20	2.21	2.36	2.01	2.06	1.59	1.43	1.42	1.52	1.88
SRES-B1	2060-2079	2.06	1.81	2.52	2.35	2.51	2.76	2.47	2.24	1.95	1.80	1.99	2.19	2.22
	2080-2099	2.42	3.16	3.15	3.12	2.90	3.33	2.61	2.55	2.23	1.98	2.28	2.26	2.67

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyah hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.21 CM2.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	8.94	9.41	11.55	15.54	20.05	24.73	27.42	27.17	23.79	18.37	14.32	11.39	17.72
	2001-2019	9.43	10.62	12.08	15.40	20.29	25.04	28.04	27.68	24.76	19.27	14.46	12.20	18.27
	2020-2039	10.34	10.23	12.58	16.21	21.15	25.68	28.63	28.44	25.06	19.42	15.16	12.12	18.75
	2040-2059	11.32	10.99	13.40	17.57	22.33	27.25	29.59	29.69	25.45	20.37	15.60	14.00	19.80
	2060-2079	11.55	11.95	14.32	17.62	22.79	27.45	30.32	30.07	26.66	21.12	16.71	13.70	20.35
SRES-A1B	2080-2099	12.86	12.37	14.27	18.46	23.82	28.07	30.90	30.47	26.84	21.17	16.43	13.78	20.79
	2001-2019	9.85	9.72	12.73	16.41	21.18	25.94	27.98	27.86	24.28	19.55	14.41	11.34	18.44
	2020-2039	10.21	10.78	12.77	16.79	21.72	25.64	28.41	28.56	24.42	18.85	14.41	12.17	18.73
	2040-2059	11.76	11.68	13.18	17.06	22.11	26.49	29.27	29.12	25.60	20.33	15.63	12.76	19.58
	2060-2079	12.08	12.32	14.10	17.48	22.81	27.20	30.12	29.79	26.39	21.28	17.04	13.73	20.36
SRES-A2	2080-2099	12.19	12.12	14.12	19.24	24.19	28.22	31.16	30.57	27.40	22.10	17.69	15.02	21.17
	2001-2019	10.40	10.38	12.73	15.43	20.48	25.40	27.77	28.12	24.39	19.12	15.00	11.94	18.43
	2020-2039	10.49	10.38	12.23	16.04	21.61	26.09	28.41	28.45	24.44	19.22	15.27	12.29	18.75
	2040-2059	10.95	11.70	13.12	17.24	21.73	26.05	28.81	28.66	25.41	20.21	14.78	12.22	19.24
	2060-2079	11.03	11.68	13.71	17.25	22.11	26.90	29.79	29.45	25.72	20.41	15.97	12.65	19.72
SRES-B1	2080-2099	11.38	12.50	13.82	17.05	21.66	26.59	29.31	29.47	26.30	21.19	15.99	13.15	19.87
	2001-2019	0.91	0.31	1.18	0.88	1.13	1.20	0.56	0.69	0.49	1.18	0.09	-0.05	0.71
	2020-2039	1.28	1.38	1.21	1.26	1.67	0.91	0.98	1.39	0.64	0.49	0.10	0.77	1.01
	2040-2059	2.82	2.27	1.62	1.53	2.06	1.76	1.85	1.95	1.81	1.96	1.31	1.36	1.86
	2060-2079	3.14	2.91	2.54	1.94	2.76	2.46	2.70	2.62	2.60	2.91	2.73	2.33	2.64
SRES-A1B	2080-2099	3.26	2.71	2.57	3.71	4.14	3.49	3.74	3.40	3.61	3.74	3.37	3.63	3.45
	2001-2019	1.47	0.97	1.18	-0.10	0.42	0.67	0.34	0.95	0.60	0.76	0.68	0.55	0.71
	2020-2039	1.56	0.98	0.68	0.50	1.56	1.36	0.99	1.28	0.65	0.86	0.96	0.90	1.02
	2040-2059	2.01	2.29	1.57	1.70	1.68	1.32	1.39	1.49	1.63	1.84	1.47	0.87	1.52
	2060-2079	2.09	2.27	2.16	1.71	2.06	2.17	2.37	2.28	1.93	2.04	1.66	1.25	2.00
SRES-A2	2080-2099	2.45	3.09	2.27	1.52	1.61	1.85	1.88	2.30	2.51	2.83	1.67	1.76	2.15

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.22 CM2.1 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	10.02	9.66	11.20	14.17	19.01	24.18	27.79	27.65	23.81	18.79	14.50	11.69	17.71
	2001-2019	10.89	10.28	11.63	14.70	19.77	25.03	28.72	28.49	24.85	19.51	15.01	12.39	18.44
	2020-2039	9.92	10.60	12.17	15.48	20.54	25.30	29.27	28.65	24.90	19.90	15.09	12.24	18.67
	2040-2059	11.44	11.66	13.04	15.63	21.13	26.13	29.69	29.51	26.67	21.71	16.24	12.76	19.63
	2060-2079	12.45	12.02	13.04	17.25	22.32	27.36	30.19	30.29	27.11	22.22	16.91	13.60	20.40
SRES-A1B	2080-2099	12.69	12.69	14.45	17.93	23.07	27.86	30.83	30.37	27.66	22.23	16.75	14.14	20.89
	2001-2019	9.94	10.69	11.95	15.43	19.80	24.29	28.19	27.85	24.39	19.35	14.77	12.08	18.23
	2020-2039	10.66	9.86	12.11	14.90	20.11	24.99	28.64	28.48	24.77	19.03	13.91	12.06	18.29
	2040-2059	11.84	11.29	12.65	16.45	20.94	25.97	29.42	29.23	26.12	20.31	15.68	13.22	19.43
	2060-2079	11.86	12.20	13.41	16.66	22.04	26.87	30.13	29.86	27.19	21.23	17.02	13.62	20.17
SRES-A2	2080-2099	12.72	13.97	14.60	17.76	23.11	28.04	31.21	30.63	28.36	23.43	18.14	14.75	21.39
	2001-2019	10.48	10.45	12.27	15.03	19.44	24.39	28.62	28.29	24.80	19.86	14.93	12.15	18.39
	2020-2039	9.97	10.33	12.03	14.83	20.19	24.98	29.01	28.71	25.16	20.26	15.48	12.14	18.59
	2040-2059	11.13	11.06	12.60	15.65	20.41	25.22	29.07	28.44	25.80	20.12	14.32	12.54	18.86
	2060-2079	11.20	10.73	12.32	16.04	20.90	25.97	29.37	29.32	26.15	20.77	16.11	13.26	19.34
SRES-B1	2080-2099	12.25	10.57	13.38	17.14	21.39	26.35	29.69	29.42	26.09	20.74	15.79	13.60	19.70
	2001-2019	0.87	0.62	0.43	0.52	0.76	0.85	0.93	0.84	1.04	0.72	0.50	0.70	0.73
	2020-2039	-0.10	0.94	0.97	1.30	1.53	1.12	1.48	1.01	1.10	1.11	0.59	0.55	0.96
	2040-2059	1.42	2.00	1.83	1.45	2.11	1.95	1.91	1.87	2.86	2.92	1.74	1.07	1.93
	2060-2079	2.43	2.36	1.84	3.07	3.31	3.18	2.40	2.64	3.30	3.43	2.41	1.91	2.69
SRES-A1B	2080-2099	2.67	3.03	3.25	3.76	4.06	3.68	3.04	2.72	3.86	3.44	2.25	2.45	3.18
	2001-2019	-0.08	1.03	0.75	1.26	0.79	0.81	0.40	0.20	0.58	0.56	0.26	0.39	0.52
	2020-2039	0.64	0.21	0.90	0.73	1.10	0.81	0.86	0.84	0.97	0.24	-0.59	0.37	0.59
	2040-2059	1.82	1.63	1.44	2.28	1.93	1.79	1.63	1.58	2.31	1.52	1.18	1.53	1.72
	2060-2079	1.84	2.54	2.21	2.48	3.03	2.70	2.34	2.21	3.38	2.45	2.51	1.93	2.47
SRES-A2	2080-2099	2.70	4.31	3.39	3.58	4.10	3.87	3.43	2.99	4.55	4.64	3.63	3.06	3.69
	2001-2019	0.46	0.79	1.07	0.86	0.42	0.21	0.83	0.64	0.99	1.07	0.42	0.46	0.69
	2020-2039	-0.05	0.67	0.82	0.65	1.18	0.80	1.23	1.06	1.35	1.47	0.97	0.45	0.88
	2040-2059	1.11	1.40	1.40	1.48	1.40	1.40	1.28	0.79	2.00	1.33	-0.19	0.85	1.16
	2060-2079	1.18	1.07	1.12	1.86	1.89	1.79	1.58	1.67	2.34	1.98	1.61	1.57	1.64
SRES-B1	2080-2099	2.23	0.91	2.18	2.96	2.38	2.17	1.90	1.77	2.28	1.95	1.28	1.91	1.99

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.23 CM3.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	9.02	9.52	11.74	15.54	20.28	24.51	26.97	27.58	24.40	18.28	13.93	10.91	17.72
	2001-2019	10.10	9.51	12.72	16.22	21.23	25.49	28.01	28.70	25.08	19.68	14.22	11.56	18.54
	2020-2039	10.97	11.31	13.45	17.36	21.85	26.05	28.55	29.19	26.36	19.93	15.38	12.57	19.41
SRES-A1B	2040-2059	11.48	12.17	14.11	17.22	22.53	26.57	28.95	29.68	26.39	20.05	15.93	12.85	19.83
	2060-2079	11.38	11.80	13.65	17.75	21.91	26.40	29.02	29.72	26.85	20.76	16.47	13.07	19.90
	2080-2099	12.15	12.16	14.25	18.04	22.45	26.67	29.36	30.16	27.17	20.63	15.70	12.78	20.13
SRES-A2	2001-2019	8.95	10.45	12.60	16.40	21.20	25.32	27.79	28.62	25.60	19.01	13.81	11.65	18.45
	2020-2039	10.78	10.73	12.47	16.49	21.27	25.57	28.40	29.13	26.04	20.05	15.23	12.17	19.03
	2040-2059	11.38	11.35	13.69	17.17	21.79	25.88	28.75	29.48	26.32	20.64	15.32	12.29	19.51
SRES-B1	2060-2079	12.30	11.48	14.06	17.87	22.66	26.72	29.43	30.17	27.20	20.91	16.37	13.83	20.25
	2080-2099	13.32	12.85	14.99	18.46	23.11	27.19	29.78	30.71	28.01	21.82	17.36	14.30	20.99
	2001-2019	10.54	10.50	12.28	16.07	21.37	25.25	28.06	28.95	25.85	19.35	14.41	11.35	18.66
SRES-B1	2020-2039	10.24	10.78	12.61	16.24	21.54	25.71	28.17	28.92	25.72	20.08	14.71	11.72	18.87
	2040-2059	10.71	10.92	12.97	16.16	21.26	25.70	28.44	29.11	26.17	19.96	15.14	12.15	19.06
	2060-2079	10.93	10.70	13.02	16.37	21.96	26.30	28.52	29.37	26.52	20.30	15.83	12.61	19.37
2080-2099	11.23	11.72	13.40	17.46	21.87	26.13	28.88	29.50	26.77	20.66	15.76	13.24	19.72	

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	1.08	0.00	0.98	0.68	0.94	0.98	1.04	1.12	0.68	1.40	0.29	0.65	0.82
	2020-2039	1.95	1.79	1.71	1.82	1.57	1.54	1.58	1.62	1.96	1.65	1.45	1.66	1.69
	2040-2059	2.46	2.65	2.37	1.68	2.25	2.06	1.98	2.10	1.99	1.77	2.00	1.93	2.10
SRES-A2	2060-2079	2.36	2.28	1.90	2.21	1.63	1.89	2.05	2.15	2.45	2.48	2.54	2.16	2.17
	2080-2099	3.13	2.65	2.50	2.50	2.16	2.16	2.39	2.58	2.77	2.35	1.77	1.87	2.40
	2001-2019	-0.07	0.94	0.86	0.85	0.91	0.81	0.82	1.04	1.20	0.73	-0.12	0.73	0.72
SRES-B1	2020-2039	1.77	1.21	0.72	0.94	0.99	1.06	1.43	1.55	1.64	1.77	1.30	1.26	1.30
	2040-2059	2.36	1.84	1.95	1.62	1.51	1.37	1.79	1.90	1.92	2.36	1.38	1.38	1.78
	2060-2079	3.28	1.97	2.32	2.33	2.38	2.21	2.46	2.59	2.80	2.63	2.44	2.91	2.53
2080-2099	4.30	3.34	3.25	2.91	2.82	2.68	2.82	3.13	3.61	3.55	3.43	3.38	3.27	
SRES-B1	2001-2019	1.52	0.99	0.54	0.52	1.09	0.74	1.10	1.37	1.45	1.07	0.48	0.43	0.94
	2020-2039	1.22	1.27	0.87	0.70	1.26	1.20	1.21	1.34	1.32	1.80	0.78	0.80	1.15
	2040-2059	1.69	1.41	1.22	0.61	0.98	1.19	1.47	1.53	1.77	1.68	1.21	1.24	1.33
SRES-B1	2060-2079	1.91	1.18	1.28	0.83	1.68	1.79	1.55	1.79	2.12	2.03	1.89	1.70	1.65
	2080-2099	2.21	2.20	1.65	1.91	1.58	1.62	1.92	1.92	2.36	2.38	1.83	2.32	1.99

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.24 CM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	11.08	9.99	10.01	11.33	14.77	20.58	26.30	28.52	26.21	22.23	17.64	13.67	17.70
	2001-2019	12.38	11.18	11.30	12.66	16.12	22.53	27.67	29.51	27.41	23.19	18.70	14.93	18.97
	2020-2039	12.28	11.16	11.16	12.54	16.24	22.86	27.92	29.62	27.88	23.58	19.02	14.46	19.06
	2040-2059	13.77	12.74	12.69	14.30	18.69	24.85	29.28	30.78	29.00	25.17	20.30	16.47	20.67
	2060-2079	14.10	13.11	13.21	14.75	19.15	25.42	29.63	31.06	29.39	25.49	20.86	16.76	21.08
SRES-A1B	2080-2099	14.31	13.23	13.25	14.79	19.81	25.80	30.01	31.35	29.51	25.64	20.59	16.76	21.25
	2001-2019	12.56	11.56	11.40	12.90	16.99	23.18	27.84	29.52	27.62	23.54	18.77	14.59	19.21
	2020-2039	12.06	10.94	11.09	12.86	16.71	22.75	27.99	29.66	27.67	23.81	18.98	14.85	19.11
	2040-2059	13.04	11.74	11.89	13.67	18.11	24.26	28.71	30.28	28.33	24.52	19.36	15.51	19.95
	2060-2079	14.13	13.39	13.58	15.04	19.06	25.36	29.75	31.09	29.15	25.93	21.09	16.86	21.20
SRES-A2	2080-2099	15.45	14.52	14.86	16.46	21.01	26.92	30.77	31.94	30.30	26.79	22.36	18.14	22.46
	2001-2019	12.38	11.21	10.85	12.23	16.35	22.84	27.90	29.51	27.39	23.42	18.75	14.77	18.97
	2020-2039	12.23	11.25	11.40	12.93	16.85	23.38	28.26	29.93	27.90	23.75	19.04	15.12	19.34
	2040-2059	13.33	12.23	11.94	13.57	17.07	23.34	28.29	30.08	27.81	23.81	19.28	15.35	19.67
	2060-2079	13.05	12.22	12.28	13.57	17.76	24.08	28.67	30.58	28.72	24.96	19.96	15.69	20.13
SRES-B1	2080-2099	13.70	12.41	12.40	14.14	18.73	24.94	29.27	30.71	28.63	24.91	20.03	15.77	20.47
	2001-2019	1.30	1.19	1.29	1.33	1.35	1.94	1.37	1.09	1.20	0.96	1.06	1.26	1.27
	2020-2039	1.20	1.17	1.15	1.21	1.47	2.27	1.62	1.10	1.66	1.35	1.38	0.79	1.36
	2040-2059	2.69	2.75	2.68	2.97	3.92	4.27	2.98	2.27	2.79	2.94	2.66	2.81	2.98
	2060-2079	3.02	3.12	3.20	3.42	4.38	4.83	3.33	2.55	3.18	3.25	3.22	3.10	3.38
SRES-A1B	2080-2099	3.23	3.24	3.24	3.46	5.04	5.21	3.71	2.84	3.29	3.41	2.95	3.10	3.56
	2001-2019	1.48	1.57	1.39	1.57	2.22	2.60	1.54	1.00	1.41	1.31	1.13	0.92	1.51
	2020-2039	0.97	0.94	1.08	1.53	1.94	2.16	1.69	1.15	1.46	1.57	1.33	1.18	1.42
	2040-2059	1.96	1.74	1.88	2.34	3.34	3.68	2.41	1.76	2.11	2.29	1.72	1.84	2.26
	2060-2079	3.05	3.40	3.56	3.71	4.29	4.78	3.45	2.58	2.94	3.69	3.45	3.19	3.51
SRES-A2	2080-2099	4.37	4.53	4.85	5.13	6.24	6.33	4.47	3.42	4.08	4.55	4.72	4.48	4.76
	2001-2019	1.30	1.22	0.84	0.90	1.58	2.26	1.60	0.99	1.17	1.19	1.11	1.10	1.27
	2020-2039	1.15	1.25	1.39	1.60	2.08	2.79	1.96	1.41	1.68	1.51	1.39	1.46	1.64
	2040-2059	2.24	2.23	1.93	2.24	2.30	2.76	1.99	1.56	1.69	1.58	1.63	1.68	1.98
	2060-2079	1.97	2.23	2.27	2.24	2.99	3.50	2.38	2.07	2.50	2.73	2.32	2.03	2.44
SRES-B1	2080-2099	2.62	2.41	2.39	2.81	3.96	4.36	2.97	2.19	2.41	2.68	2.39	2.11	2.78

* $\alpha=0.05$; koyu hitreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hitreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.25 CM4 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	9.32	9.62	10.21	13.68	17.56	22.91	26.32	27.80	25.73	21.30	16.07	12.17	17.72
	2001-2019	12.07	11.45	12.79	15.60	19.48	24.54	27.64	28.86	26.72	22.75	17.88	13.87	19.47
	2020-2039	12.90	12.82	13.89	16.15	20.59	25.24	28.49	29.37	27.69	23.59	18.88	14.12	20.31
	2040-2059	12.60	12.51	14.17	17.25	21.11	25.95	28.93	30.10	28.36	24.43	18.62	15.20	20.77
	2060-2079	14.16	14.48	15.54	18.67	22.72	27.38	30.06	30.90	29.45	25.48	20.46	16.36	22.14
SRES-A1B	2001-2019	14.57	14.37	16.47	19.13	23.46	27.76	30.41	31.43	29.81	26.56	20.62	15.88	22.54
	2020-2039	11.33	9.44	11.99	14.61	18.40	24.02	27.49	28.50	26.55	22.52	17.07	13.00	18.72
	2040-2059	12.87	11.98	13.14	15.46	19.74	24.70	28.16	29.23	27.16	22.97	18.06	13.63	19.57
	2060-2079	14.61	14.54	16.67	18.71	22.86	27.59	30.02	30.96	29.13	25.06	20.63	16.39	22.26
	2080-2099	16.26	15.86	17.63	20.37	23.96	28.10	30.79	31.68	30.21	26.61	22.53	17.99	23.50
SRES-A2	2001-2019	10.35	10.30	11.45	14.65	19.76	24.61	27.64	29.01	27.02	22.46	17.76	13.45	19.04
	2020-2039	10.95	10.91	12.39	15.31	19.74	24.62	27.84	29.23	27.75	23.05	17.88	13.98	19.47
	2040-2059	12.63	12.69	14.05	16.48	20.51	25.40	28.69	29.93	28.23	23.96	18.77	14.76	20.51
	2060-2079	12.67	13.03	15.05	17.21	21.68	26.41	29.34	30.29	28.89	24.69	20.18	15.39	21.24
	2080-2099	14.12	14.13	15.31	17.73	21.92	26.79	29.59	30.46	28.76	25.07	19.51	15.80	21.60
SRES-B1	2001-2019	2.75	1.83	2.58	1.92	1.92	1.63	1.32	1.07	1.00	1.44	1.81	1.69	1.75
	2020-2039	3.58	3.20	3.68	2.47	3.03	2.33	2.17	1.58	1.96	2.28	2.81	1.95	2.59
	2040-2059	3.28	2.89	3.96	3.57	3.55	3.04	2.61	2.30	2.63	3.13	2.55	3.03	3.05
	2060-2079	4.84	4.86	5.33	4.99	5.16	4.47	3.74	3.10	3.72	4.17	4.39	4.19	4.41
	2080-2099	5.25	4.75	6.26	5.45	5.90	4.86	4.09	3.63	4.09	5.26	4.55	3.71	4.82
SRES-A1B	2001-2019	1.66	-0.18	1.78	0.93	0.84	1.11	1.17	0.70	0.82	1.22	1.00	0.83	0.99
	2020-2039	2.01	1.58	2.93	1.78	2.18	1.79	1.84	1.44	1.43	1.67	1.99	1.46	1.84
	2040-2059	3.55	2.36	4.46	2.87	3.54	2.69	2.58	2.19	2.41	2.49	2.56	2.46	2.85
	2060-2079	5.29	4.91	6.46	5.03	5.30	4.68	3.70	3.16	3.40	3.75	4.56	4.22	4.54
	2080-2099	6.93	6.24	7.42	6.69	6.39	5.19	4.48	3.89	4.48	5.31	6.46	5.81	5.77
SRES-A2	2001-2019	1.03	0.68	1.24	0.97	2.20	1.70	1.32	1.21	1.29	1.16	1.69	1.28	1.31
	2020-2039	1.62	1.29	2.18	1.63	2.18	1.71	1.52	1.43	2.03	1.75	1.81	1.81	1.75
	2040-2059	3.31	3.07	3.84	2.80	2.95	2.49	2.37	2.14	2.50	2.65	2.70	2.59	2.78
	2060-2079	3.35	3.41	4.84	3.53	4.12	3.50	3.02	2.49	3.16	3.38	4.11	3.22	3.51
	2080-2099	4.80	4.51	5.10	4.05	4.36	3.88	3.28	2.66	3.03	3.76	3.44	3.63	3.87

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.26 ECHAM5 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	9,31	9,16	10,61	13,77	18,84	23,96	26,74	27,16	25,14	20,91	15,91	11,27	17,73
	2001-2019	9,69	9,20	10,72	14,75	18,98	24,13	27,10	27,58	25,86	22,02	16,99	12,59	18,30
	2020-2039	10,07	10,23	11,70	14,88	20,47	25,27	27,88	28,22	26,40	22,35	17,86	13,15	19,04
	2040-2059	11,66	11,52	13,21	16,45	21,36	26,14	28,67	28,79	27,27	23,37	18,96	14,05	20,12
	2060-2079	12,91	13,25	14,25	17,50	22,13	26,73	28,99	29,62	27,87	24,72	20,03	15,79	21,15
SRES-A1B	2001-2019	14,58	14,44	15,39	18,93	23,88	27,94	30,22	30,36	28,56	25,20	20,76	16,74	22,25
	2020-2039	9,47	9,02	10,78	13,99	18,98	24,05	27,11	27,56	25,62	21,49	16,20	11,55	17,99
	2040-2059	9,74	9,60	11,03	13,91	19,25	24,31	27,16	27,36	25,59	21,72	16,63	12,74	18,25
	2060-2079	11,64	11,50	12,61	16,12	20,88	25,60	28,47	28,67	26,58	23,03	18,34	14,07	19,79
	2080-2099	13,47	12,59	13,98	17,58	22,45	26,69	29,27	29,39	27,88	24,47	19,96	15,74	21,12
SRES-A2	2001-2019	15,05	14,52	15,74	18,87	23,99	27,94	30,04	30,26	28,83	25,78	20,95	17,04	22,42
	2020-2039	9,86	9,84	11,51	14,35	19,49	24,37	27,20	27,66	25,76	22,12	17,00	12,04	18,43
	2040-2059	10,46	10,55	11,82	14,71	19,92	24,62	27,47	28,24	26,44	22,50	16,85	12,62	18,85
	2060-2079	11,63	11,04	12,17	15,66	20,84	25,76	28,11	28,82	26,66	23,24	18,34	14,03	19,69
	2080-2099	12,03	11,72	13,62	16,95	21,61	26,07	28,62	28,91	27,27	23,94	19,06	15,18	20,41
SRES-B1	2001-2019	13,10	12,56	13,93	17,74	22,50	27,12	29,44	29,45	27,74	25,02	19,94	15,24	21,15
	2020-2039	0,37	0,04	0,10	0,98	0,13	0,17	0,36	0,42	0,48	0,58	0,29	0,29	0,25
	2040-2059	0,76	1,07	1,09	1,11	1,62	1,31	1,14	1,06	1,26	1,44	1,96	1,88	1,31
	2060-2079	2,35	2,35	2,59	2,68	2,52	2,18	1,93	1,63	2,13	2,46	3,05	2,78	2,39
	2080-2099	3,60	4,09	3,64	3,73	3,29	2,76	2,25	2,46	2,73	3,82	4,13	4,52	3,42
SRES-A1B	2001-2019	5,27	5,28	4,77	5,16	5,04	3,98	3,48	3,20	3,42	4,29	4,85	5,47	4,52
	2020-2039	0,16	-0,14	0,17	0,21	0,13	0,09	0,37	0,40	0,48	0,82	0,72	1,48	0,52
	2040-2059	0,43	0,43	0,42	0,14	0,40	0,35	0,42	0,20	0,45	0,82	0,72	1,48	0,52
	2060-2079	2,33	2,33	2,00	2,34	2,04	1,64	1,74	1,51	1,44	2,12	2,43	2,80	2,06
	2080-2099	4,16	3,42	3,36	3,80	3,61	2,73	2,54	2,23	2,74	3,56	4,05	4,47	3,39
SRES-A2	2001-2019	5,74	5,36	5,13	5,09	5,15	3,98	3,30	3,10	3,69	4,87	5,04	5,77	4,69
	2020-2039	0,55	0,68	0,89	0,57	0,65	0,41	0,47	0,50	0,62	1,22	1,09	0,77	0,70
	2040-2059	1,15	1,39	1,21	0,94	1,07	0,66	0,73	1,07	1,30	1,59	0,94	1,35	1,12
	2060-2079	2,32	1,88	1,56	1,88	1,99	1,80	1,37	1,65	1,51	2,33	2,44	2,76	1,96
	2080-2099	2,72	2,55	3,00	3,18	2,76	2,11	1,88	1,75	2,13	3,03	3,15	3,91	2,68
SRES-B1	2001-2019	3,79	3,40	3,32	3,97	3,66	3,16	2,70	2,29	2,59	4,12	4,03	3,97	3,42

* $\alpha=0,05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.27 HADCM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	10.31	9.45	10.92	13.92	17.94	22.54	26.71	27.77	25.51	20.66	15.41	11.45	17.72
	2001-2019	10.36	10.87	11.98	14.61	18.69	23.49	28.10	28.88	26.74	22.50	17.27	13.36	18.90
	2020-2039	11.23	11.55	12.71	15.26	19.61	24.35	28.47	30.11	27.62	23.45	17.67	13.35	19.61
	2040-2059	12.38	11.76	13.66	16.54	20.34	25.82	29.70	30.90	28.67	24.21	19.20	14.98	20.68
	2060-2079	13.21	13.85	14.96	17.70	21.74	26.57	30.40	31.65	30.21	25.66	20.00	16.04	21.83
SRES-A1B	2080-2099	14.50	14.08	15.75	18.35	22.12	27.45	30.80	32.19	30.72	26.50	21.23	17.42	22.59
	2001-2019	10.77	9.82	11.23	14.39	18.53	23.00	27.71	28.81	26.62	21.52	15.83	12.45	18.39
	2020-2039	11.41	10.82	12.72	15.32	19.08	23.97	28.30	29.77	27.73	23.37	18.11	13.46	19.51
	2040-2059	12.21	11.41	13.23	16.21	19.99	24.92	29.26	30.38	28.18	24.09	18.63	14.08	20.22
	2060-2079	13.64	13.72	14.66	17.59	21.83	26.88	30.38	31.72	29.76	24.86	19.77	16.29	21.76
SRES-A2	2080-2099	14.95	14.78	15.92	18.64	22.44	27.22	31.02	32.59	31.07	27.37	21.78	17.15	22.91
	2001-2019	10.54	10.56	11.96	14.56	18.96	23.59	27.97	29.22	26.74	22.26	16.82	12.43	18.80
	2020-2039	11.40	11.31	12.52	15.18	19.58	24.08	28.27	29.44	27.61	22.47	16.01	13.06	19.24
	2040-2059	11.86	11.97	13.46	16.16	20.16	24.70	29.05	30.17	27.78	23.89	18.39	13.98	20.13
	2060-2079	11.37	12.24	13.50	16.09	19.90	25.35	29.38	30.51	28.63	23.91	18.65	14.34	20.32
SRES-B1	2080-2099	14.65	13.37	14.46	17.14	21.14	26.64	30.15	31.31	29.34	25.32	20.12	15.95	21.63
	2001-2019	0.46	0.37	0.31	0.47	0.59	0.46	1.01	1.03	1.11	0.86	0.42	0.99	0.67
	2020-2039	1.10	1.37	1.80	1.41	1.14	1.42	1.59	1.99	2.22	2.71	2.70	2.01	1.79
	2040-2059	1.89	1.96	2.31	2.30	2.05	2.37	2.56	2.60	2.67	3.43	3.22	2.63	2.50
	2060-2079	3.33	4.27	3.74	3.67	3.89	4.33	3.67	3.95	4.25	4.20	4.36	4.84	4.04
SRES-A1B	2080-2099	4.63	5.33	5.00	4.72	4.50	4.68	4.31	4.81	5.56	6.71	6.37	5.69	5.19
	2001-2019	0.22	1.11	1.03	0.64	1.02	1.04	1.26	1.45	1.23	1.60	1.40	0.98	1.08
	2020-2039	1.09	1.86	1.60	1.27	1.63	1.53	1.56	1.67	2.10	1.81	0.59	1.61	1.53
	2040-2059	1.55	2.52	2.54	2.25	2.22	2.15	2.34	2.39	2.27	3.23	2.97	2.52	2.41
	2060-2079	1.06	2.79	2.58	2.18	1.96	2.81	2.67	2.73	3.12	3.25	3.24	2.89	2.61
SRES-B1	2080-2099	4.34	3.92	3.54	3.22	3.20	4.09	3.44	3.54	3.83	4.66	4.70	4.49	3.92

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.28 MIROC3.2 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	9,26	9,76	11,90	15,06	19,36	24,56	28,03	27,59	23,24	18,34	14,25	11,01	17,70
	2001-2019	10,26	10,40	12,74	16,12	20,70	26,04	29,17	28,66	25,02	19,79	15,23	12,26	18,87
	2020-2039	11,21	11,00	13,12	16,22	21,58	26,86	29,61	29,20	25,54	19,99	15,78	12,97	19,42
	2040-2059	12,10	12,14	13,62	17,24	22,67	27,85	30,40	29,91	26,41	21,12	16,78	13,54	20,31
	2060-2079	12,42	12,94	14,93	18,29	23,75	28,62	31,06	30,56	27,21	22,05	17,15	13,64	21,05
SRES-A1B	2080-2099	13,14	13,09	15,36	18,94	23,84	29,23	31,53	31,15	27,92	22,86	17,77	14,12	21,58
	2001-2019	10,75	11,21	12,72	15,95	20,37	25,76	28,78	28,42	24,42	19,51	15,07	12,28	18,77
	2020-2039	10,91	10,82	13,01	16,82	21,74	26,65	29,58	28,72	25,12	20,31	15,40	12,61	19,31
	2040-2059	11,91	11,63	13,96	17,14	22,21	27,33	30,26	29,68	25,91	20,87	16,36	13,46	20,06
	2060-2079	12,30	12,68	15,44	18,49	23,21	28,36	31,41	30,81	27,35	21,60	17,25	13,70	21,05
SRES-A2	2080-2099	13,01	13,49	15,24	19,19	24,43	30,02	32,13	31,59	28,45	22,88	18,56	14,98	22,00
	2001-2019	10,22	10,77	12,29	16,14	20,51	25,76	29,12	28,62	24,10	19,01	15,25	11,91	18,64
	2020-2039	11,27	10,97	13,09	16,82	20,98	26,57	29,52	29,33	25,28	20,22	15,85	12,64	19,38
	2040-2059	11,59	11,95	13,89	17,41	22,23	27,42	30,03	29,66	26,18	20,26	16,35	13,08	20,00
	2060-2079	11,67	12,11	14,00	17,43	22,64	27,85	30,35	30,10	26,35	21,43	16,69	13,60	20,35
SRES-B1	2080-2099	11,95	12,50	14,66	18,19	22,59	27,99	30,46	30,25	27,00	21,68	16,77	13,71	20,65
	2001-2019	1,00	0,64	0,84	1,06	1,34	1,48	1,14	1,07	1,78	1,45	0,98	1,24	1,17
	2020-2039	1,95	1,24	1,23	1,16	2,22	2,30	1,58	1,61	2,29	1,65	1,53	1,96	1,73
	2040-2059	2,84	2,38	1,73	2,18	3,31	3,29	2,36	2,32	3,17	2,78	2,52	2,53	2,62
	2060-2079	3,16	3,18	3,03	3,23	4,39	4,06	3,03	2,97	3,97	3,71	2,90	2,63	3,35
SRES-A1B	2080-2099	3,89	3,32	3,46	3,88	4,48	4,67	3,50	3,56	4,67	4,52	3,52	3,11	3,88
	2001-2019	1,49	1,44	0,82	0,88	1,01	1,20	0,74	0,83	1,18	1,17	0,82	1,27	1,07
	2020-2039	1,65	1,06	1,11	1,76	2,38	2,09	1,55	1,13	1,88	1,97	1,15	1,60	1,61
	2040-2059	2,65	1,87	2,06	2,08	2,85	2,77	2,23	2,09	2,66	2,53	2,10	2,44	2,36
	2060-2079	3,04	2,92	3,54	3,43	3,85	3,80	3,37	3,22	4,11	3,26	2,99	2,69	3,35
SRES-A2	2080-2099	3,75	3,72	3,34	4,13	5,07	5,46	4,10	4,00	5,21	4,54	4,30	3,97	4,30
	2001-2019	0,97	1,00	0,39	1,08	1,15	1,20	1,09	1,03	0,86	0,67	0,99	0,90	0,94
	2020-2039	2,01	1,21	1,19	1,75	1,62	2,01	1,48	1,74	2,03	1,88	1,59	1,63	1,68
	2040-2059	2,34	2,18	1,99	2,35	2,87	2,86	2,00	2,07	2,94	1,92	2,10	2,07	2,31
	2060-2079	2,42	2,34	2,10	2,37	3,28	3,29	2,32	2,51	3,11	3,09	2,44	2,59	2,65
SRES-B1	2080-2099	2,69	2,73	2,76	3,12	3,23	3,43	2,42	2,65	3,76	3,34	2,52	2,70	2,95

* $\alpha=0,05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.29 MK3.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	10.54	10.26	10.80	12.65	16.69	23.70	27.95	27.96	24.23	19.65	15.44	12.38	17.69
	2001-2019	11.41	10.37	11.29	13.71	17.89	24.45	28.74	28.82	25.52	21.49	16.51	12.73	18.58
	2020-2039	11.44	10.61	11.53	13.87	17.71	24.64	29.13	28.88	25.34	20.68	16.10	12.53	18.54
	2040-2059	11.09	11.09	12.03	14.21	18.31	25.18	29.50	29.52	26.01	21.05	16.54	13.05	18.96
	2060-2079	12.16	12.32	13.17	14.92	19.27	26.00	30.21	30.49	26.92	22.45	17.76	14.41	20.01
SRES-A1B	2080-2099	13.74	13.46	13.84	16.45	20.53	26.54	30.64	31.10	27.90	22.91	18.35	14.55	20.83
	2001-2019	12.17	11.15	12.21	14.28	18.25	24.56	29.11	29.29	25.86	21.63	17.29	13.85	19.14
	2020-2039	12.47	11.96	12.34	14.08	19.15	25.40	29.38	29.36	26.18	22.00	17.13	13.50	19.41
	2040-2059	12.35	11.68	12.91	14.88	19.65	25.93	29.91	29.86	26.51	22.27	17.35	13.36	19.72
	2060-2079	13.28	13.38	14.13	16.83	21.25	26.97	30.87	31.33	28.18	23.82	19.92	15.84	21.32
SRES-A2	2080-2099	15.70	15.42	15.79	18.31	22.63	28.45	31.80	31.92	28.86	24.72	20.02	17.14	22.56
	2001-2019	11.06	10.67	11.27	13.56	17.90	24.52	28.79	28.79	25.27	20.88	15.85	12.46	18.42
	2020-2039	11.43	11.30	11.78	13.60	17.71	24.26	28.90	28.65	25.38	20.93	16.40	12.53	18.57
	2040-2059	11.62	11.77	12.37	14.15	18.45	25.11	29.33	29.75	26.36	22.11	17.35	13.52	19.33
	2060-2079	11.84	11.94	12.64	14.70	19.45	25.35	29.76	30.02	26.80	21.76	17.20	14.25	19.64
SRES-B1	2080-2099	13.10	12.22	13.01	15.40	19.73	25.83	30.19	30.28	27.28	22.83	18.13	14.88	20.24
	2001-2019	0.88	0.11	0.49	1.05	1.20	0.75	0.79	0.86	1.29	1.83	1.07	0.35	0.89
	2020-2039	0.90	0.34	0.73	1.22	1.03	0.94	1.18	0.92	1.11	1.02	0.65	0.15	0.85
	2040-2059	0.55	0.83	1.23	1.56	1.62	1.49	1.56	1.56	1.78	1.39	1.09	0.67	1.28
	2060-2079	1.63	2.05	2.37	2.26	2.58	2.30	2.27	2.54	2.69	2.80	2.32	2.02	2.32
SRES-A1B	2080-2099	3.20	3.19	3.04	3.80	3.84	2.84	2.69	3.14	3.67	3.25	2.90	2.17	3.15
	2001-2019	1.63	0.88	1.41	1.62	1.56	0.87	1.16	1.33	1.62	1.98	1.85	1.47	1.45
	2020-2039	1.94	1.70	1.54	1.43	2.46	1.70	1.43	1.40	1.95	2.35	1.69	1.12	1.72
	2040-2059	1.81	1.41	2.11	2.23	2.97	1.97	1.90	1.90	2.28	2.61	1.90	0.97	2.03
	2060-2079	2.74	3.11	3.33	4.18	4.56	3.28	2.93	3.37	3.95	4.16	4.48	3.46	3.63
SRES-A2	2080-2099	5.17	5.15	4.99	5.65	5.94	4.75	3.85	3.96	4.63	5.07	4.57	4.76	4.87
	2001-2019	0.52	0.40	0.47	0.90	1.21	0.82	0.85	0.83	1.04	1.23	0.41	0.08	0.73
	2020-2039	0.90	1.03	0.98	0.94	1.02	0.56	0.95	0.69	1.15	1.27	0.95	0.14	0.88
	2040-2059	1.09	1.51	1.57	1.50	1.77	1.41	1.39	1.80	2.13	2.46	1.90	1.14	1.64
	2060-2079	1.30	1.67	1.84	2.05	2.77	1.66	1.82	2.06	2.56	2.11	1.76	1.87	1.96
SRES-B1	2080-2099	2.56	1.96	2.21	2.75	3.04	2.13	2.24	2.32	3.05	3.17	2.69	2.50	2.55

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.30 PCM küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	9,00	8,93	10,68	14,32	18,72	24,25	27,04	26,88	24,99	20,97	15,63	11,35	17,73
	2001-2019	9,42	9,85	11,64	15,17	19,04	25,00	27,64	27,53	25,54	21,36	16,73	12,19	18,43
	2020-2039	10,36	9,70	10,96	14,87	20,15	25,51	27,98	27,77	26,31	22,64	17,24	12,36	18,82
	2040-2059	10,05	10,20	12,28	16,45	20,66	26,58	28,65	28,37	26,80	22,89	17,17	12,75	19,40
SRES-A1B	2060-2079	10,95	11,02	12,32	15,60	20,74	26,74	29,18	28,71	27,41	23,52	18,26	13,71	19,85
	2080-2099	11,36	11,31	13,08	16,36	20,92	27,26	29,38	29,22	27,40	23,97	18,60	13,88	20,23
	2001-2019	9,18	9,56	11,93	15,49	19,93	24,94	27,98	27,34	25,73	21,83	16,49	11,37	18,48
	2020-2039	9,75	10,18	11,75	14,97	20,06	25,53	28,04	27,62	25,86	22,49	16,60	11,99	18,74
SRES-A2	2040-2059	9,71	10,28	11,49	15,36	20,35	26,48	28,35	28,23	26,36	22,26	17,08	12,20	19,01
	2060-2079	11,19	10,45	12,91	16,12	20,36	27,01	29,24	28,78	27,25	23,70	18,51	12,96	19,87
	2080-2099	11,35	11,54	13,61	16,59	21,59	27,28	29,77	29,37	27,61	24,00	19,02	14,08	20,48
	2001-2019	10,32	11,14	12,94	15,63	20,24	26,01	28,81	28,49	26,58	23,05	18,19	12,92	19,53
SRES-B1	2020-2039	10,92	10,89	12,74	16,16	20,82	25,79	28,58	28,60	26,88	23,21	17,54	13,26	19,62
	2040-2059	11,48	11,28	12,53	15,94	20,70	26,51	28,79	28,44	27,06	23,43	18,05	13,55	19,81
	2060-2079	11,17	11,26	13,23	15,97	20,80	26,30	28,84	28,51	26,92	22,50	17,65	13,06	19,69
	2080-2099	11,11	11,39	13,39	15,80	20,33	26,28	28,76	28,47	26,68	23,29	17,71	12,98	19,68

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	0,42	0,92	0,97	0,84	0,33	0,74	0,60	0,65	0,56	0,40	1,11	0,84	0,70
	2020-2039	1,36	0,77	0,28	0,55	1,44	1,26	0,93	0,89	1,32	1,68	1,61	1,01	1,09
	2040-2059	1,05	1,26	1,60	2,13	1,95	2,33	1,60	1,48	1,81	1,92	1,54	1,40	1,67
	2060-2079	1,95	2,09	1,64	1,27	2,03	2,49	2,14	1,83	2,42	2,56	2,63	2,36	2,12
SRES-A2	2080-2099	2,36	2,37	2,40	2,03	2,20	3,01	2,34	2,34	2,42	3,01	2,97	2,54	2,50
	2001-2019	0,18	0,62	1,25	1,17	1,22	0,69	0,94	0,46	0,74	0,87	0,87	0,02	0,75
	2020-2039	0,75	1,25	1,08	0,65	1,34	1,27	0,99	0,74	0,87	1,52	0,98	0,65	1,01
	2040-2059	0,71	1,35	0,81	1,04	1,63	2,23	1,31	1,34	1,37	1,29	1,45	0,85	1,28
SRES-B1	2060-2079	2,19	1,52	2,23	1,79	1,65	2,76	2,19	1,90	2,26	2,74	2,89	1,61	2,14
	2080-2099	2,35	2,60	2,93	2,27	2,87	3,02	2,73	2,49	2,62	3,03	3,40	2,74	2,75
	2001-2019	1,32	2,21	2,26	1,31	1,52	1,76	1,77	1,61	1,59	2,08	2,57	1,57	1,80
	2020-2039	1,92	1,96	2,07	1,84	2,11	1,54	1,54	1,71	1,89	2,25	1,92	1,92	1,89
SRES-B1	2040-2059	2,48	2,35	1,85	1,62	1,98	2,26	1,74	1,56	2,08	2,46	2,42	2,21	2,08
	2060-2079	2,17	2,33	2,55	1,65	2,09	2,05	1,79	1,63	1,94	1,53	2,03	1,72	1,96
	2080-2099	2,11	2,46	2,71	1,48	1,61	2,02	1,72	1,58	1,69	2,32	2,08	1,63	1,95

* $\alpha=0,05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Sonuçlar senaryolar bazında incelenerek yıllık yağış ortalamaları ve homojenlikleri açısından şu yorumlar yapılmıştır. SRES-A1B senaryosu sonuçlarına göre, BCM2.0, CCSM3, CM3, CM4, HADCM3, MIROC3.2 ve MK3.0 iklim modellerinin herhangi bir döneminde anlamlı bir değişime rastlanmamıştır. Öte yandan, CGCM2.3.2 iklim modelinde 2020-2079 dönemini kapsayan %9.4 ~ %13.7 civarında azalışlar, CGCM3 ve ECHAM5 iklim modellerinde 2020-2039 döneminde sırasıyla %15.2 ve %12.4, 2040-2059 döneminde %8.3 ve %10.0, 2080-2099 döneminde %9.3 ve %18.3 civarında azalışlar öngörülmektedir. CGCM3 ve ECHAM5 modellerinin 2060-2079 dönemi yağışlarında ise istatistiksel açıdan anlamlı değişimler öngörülmemektedir. Bununla birlikte, CM2.0 iklim modelinde 2040-2099 dönemini kapsayan %14.3 ~ %17.9, CM2.1 iklim modelinde 2060-2099 dönemini kapsayan %12.5 ~ %19.1, CM3.0 iklim modelinde 2020-2079 dönemini kapsayan %11.5 ~ %16.6 mertebelerinde azalışlar olması beklenmektedir. PCM iklim modelinde ise yalnızca 2001-2019 dönemi yağışlarında bir azalış öngörülmüş olup bu oran yaklaşık %12.3 mertebesindedir. Görüldüğü üzere, iklim modellerinin yarısı SRES-A1B senaryosuna göre anlamlı bir değişimi işaret etmemekte, geri kalan yarısında ise farklı dönemlerde ~%8-%18 arasında değişebilen oranlarda anlamlı azalışlar öngörülmektedir. Bu oranlar ile dönemler arasında ise net bir ilişkiye rastlanmamıştır. Örneğin SRES-A1B senaryosuna ait 2080-2099 döneminde bir iklim modeli en büyük azalış oranını öngörürken, bir başka iklim modeli en büyük azalış oranını 2020-2039 döneminde öngörebilmektedir.

SRES-A2 senaryosu sonuçlarına göre, ECHAM5, HADCM3 ve PCM iklim modellerinde herhangi bir dönemde anlamlı bir değişime rastlanmamıştır. BCM2.0 iklim modelinde 2060-2079 döneminde, CM3 iklim modelinde ise 2040-2059 döneminde sırasıyla gözlenen %9.5 ve %10.5 oranında artışların haricinde geriye kalan modellerin farklı dönemlerinde azalışlar öngörülmektedir. Bu azalış oranları CCSM3 iklim modelinin 2001-2019 döneminde %68.5, 2080-2099 döneminde %9.6 civarındadır. CGCM2.3.2 ve CGCM3 iklim modellerinin 2001-2039 dönemlerinde anlamlı değişimler gözlenmemekte olup, 2040-2099 dönemlerinde sırasıyla ~%8.2 - %20.0 ve ~%14.1 - %21.7 arasında değişebilen oranlarda azalışlar hesaplanmıştır. CM2.0, CM2.1, CM4, MIROC3.2, MK3.0, CM3

ve CM3.0 iklim modellerinde 2080-2099 döneminde sırasıyla %24.1, %18.0, %22.5, %12.7, %14.9, %13.0 ve %21.9 oranlarında azalışlar öngörülmekte olup bu modellerin diğer dönemleri (CM3.0 iklim modeli dışında) anlamlı değişimleri işaret etmemektedir. CM3.0 iklim modelinin 2020-2039 döneminde %11.8, 2060-2079 döneminde ise %20 oranlarında azalışlar hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi anlamlı azalışların çoğunluğu 2080-2099 döneminde öngörülmekte olup bu oranlar ~%11 - %24 arasında değişkenlik göstermektedir.

SRES-B1 senaryosu sonuçlarına göre, CCSM3, CGCM2.3.2, CM2.0, CM2.1, CM3, CM4, ECHAM5 ve MIROC3.2 iklim modellerinde herhangi bir dönemde anlamlı bir değişim öngörülmemektedir. HADCM3 iklim modelinin 2001-2019 dönemindeki %12.9 ve MK3.0 iklim modelinin 2060-2079 dönemindeki %11.9 artışların dışında kalan dört iklim modelinin farklı dönemlerinde azalışlar tespit edilmiştir. Bunlardan BCM2.0 iklim modelinin 2060-2079 döneminde %17.5, 2080-2099 döneminde ise %19.8 oranında azalışlar öngörülmektedir. CGCM3 iklim modelinde ise bu oranlar 2060-2079 dönemi için %10.7, 2080-2099 dönemi için ise %13.1 şeklindedir. CM3.0 iklim modelinde de 2060-2079 döneminde %14.5 azalma öngörülmekte olup, PCM iklim modelinde 2020-2079 dönemini kapsayan ve %13.0 - %23.2 mertebelerinde azalışlar dikkati çekmektedir. Her üç senaryo sonucu esas alındığında B1 senaryosunun yağış potansiyeli açısından A1B ve A2 senaryolarına göre daha iyimser bir senaryo olduğu düşünülebilir.

Yıllık ortalama yağışların varyansları için *f* testi uygulanmış yapılmış ve iklim modellerinin genelinde bu istatistiğin önemli ölçüde değişime uğramadığı görülmüştür. Senaryolar bazında elde edilen bazı sonuçlar şunlardır. SRES-A1B senaryosunun 2080-2099 döneminde CCSM3 ve CM3 iklim modellerinde standart sapma değerlerinde sırasıyla %78.5 ve %55.4 oranında anlamlı artışlar olacağı öngörülmektedir. CM2.1 iklim modelinin 2001-2019 döneminde %45 ve ECHAM5 iklim modelinin 2040-2059 döneminde %43.2 azalma öngörülerinden haricen standart sapma istatistiği diğer iklim modellerinin SRES-A1B senaryosu için anlamlı bir değişim sergilememektedir. SRES-A2 senaryosu sonuçları incelendiğinde ise SRES-A1B senaryosundan farklı olarak standart sapma değerlerinde azalışlar

hâkimdir. CCSM3 ve CGCM3 iklim modellerinde 2001-2019 döneminde sırasıyla standart sapma istatistiği için öngörülen %68.5 ve %36.2 azalmanın yanı sıra, benzer anlamlı azalma öngörülmesi için 2020-2039 döneminde CM3.0 modeli için %38.3 ve 2040-2059 döneminde CM4 modeli için %42.5 mertebelerindedir. Standart sapma değerlerindeki bu azalışların aksine HADCM3 modelinde 2080-2099 dönemi için %55 artış öngörülmektedir. SRES-B1 senaryosuna ait standart sapma istatistikleri incelendiğinde ise diğer iki senaryoya kıyasla daha az iklim modelinde değişim öngörülmektedir. Bu iklim modellerinden CM2.0 modelinde 2020-2039 ve 2060-2079 dönemlerinde sırasıyla %50.1 ve %34.6 oranında azalma, CM3 modelinde ise 2080-2099 döneminde %53.1 oranında artış öngörülmektedir. Diğer on iki iklim modelinde ise varyanslar açısından anlamlı bir değişime rastlanmamıştır.

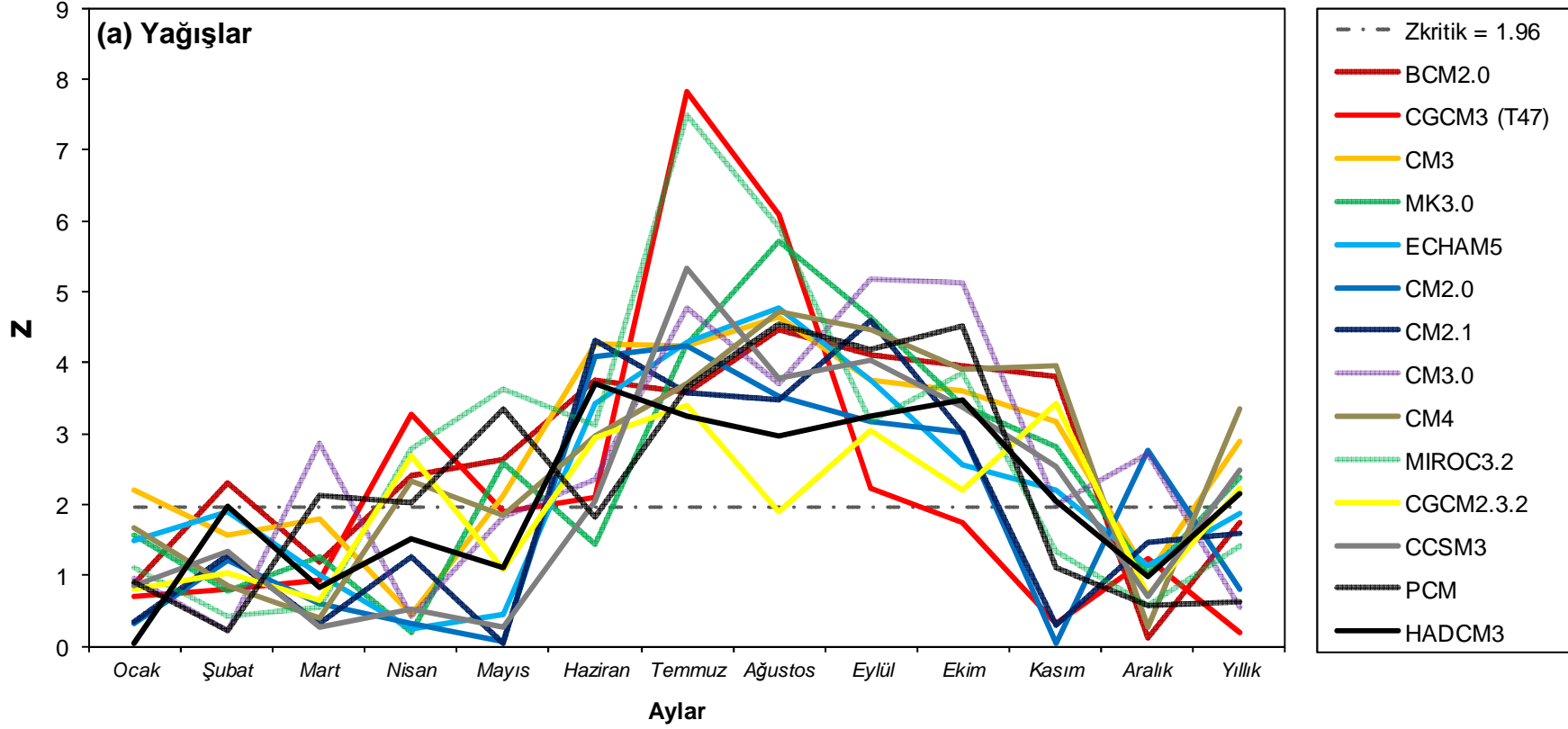
SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryo istatistiklerinin 20C3M dönemine göre homojenlikleri ile ortalama ve varyans durağanlılıkları incelendiğinde, yıllık yağışlar açısından MIROC3.2, CM4 ve MK3.0 modellerinin ele alınan iklim modelleri içinde en az değişiklik öngören iklim modelleri olduğu görülmektedir. Değişkenliğin en fazla olduğu iklim modelleri ise CGCM3 ve CM3.0 modelleridir. Özellikle CGCM3 iklim modelinin havzanın gelecekteki yağış potansiyeli bakımından en kötümser sonuçlara sahip olduğu söylenebilir.

İklim modellerine ait indirgenmiş yıllık ortalama sıcaklıklar da senaryolar bazında incelenmiştir. Ortalama ve homojenlik sonuçları değerlendirildiğinde bütün iklim modellerinde (ECHAM5 iklim modelinin SRES-A2 senaryosu 2001-2019 dönemi hariç) tüm senaryo ve dönemler için anlamlı değişimler öngörülmektedir. Tüm model ve senaryolar için her 20 yıllık dönemde (2001-2019, 2020-2039, 2040-2059, 2060-2079 ve 2080-2099) sıcaklık ortalamalarının giderek artacağı öngörülmektedir. Değerlendirme sonucunda, HADCM3 ve CM4 iklim modellerinin 20C3M günümüz dönem istatistikleri hesaba katıldığında ortalama sıcaklıklar açısından en fazla artışı öngören modeller olduğu tespit edilmiştir. Özellikle CM4 ve HADCM3 iklim modellerinin SRES-A2 senaryosuna göre son dönemde gerçekleşeceği öngörülen ~ 5.8 °C ve ~ 5.2 °C sıcaklık artışı tahminleri dikkat çekicidir. Senaryolar genelinde, BCM2.0 ve CGCM2.3.2 gibi iklim modellerinin ise diğer modellere kıyasla artış

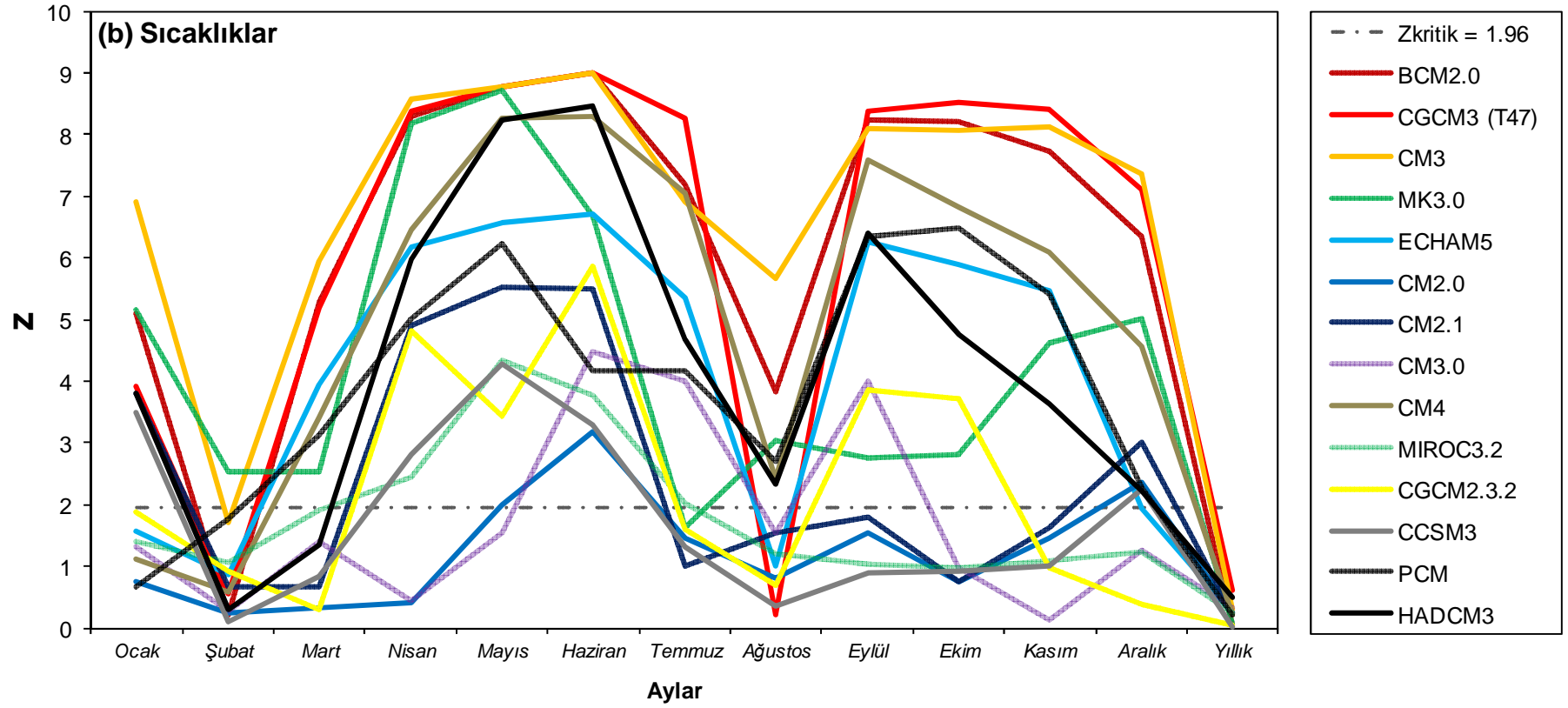
miktarları daha azdır. Modellerin indirgenmiş değerlerine ait standart sapma istatistikleri incelendiğinde de iklim modellerinin genelinde bu istatistiğin anlamlı derece değişime uğramadığı görülmüştür. Ayrıca standart sapma istatistiğindeki değişimin en az olduğu senaryonun SRES-A2 senaryosu, değişimi en az öngören iklim modellerinin ise CM2.0, CM3.0 ve ECHAM5 modelleri olduğu sonucu çıkarılabilir. Tüm bunlarla birlikte, SRES-A2 senaryosunun küresel ısınmanın havza üzerindeki kötümser, SRES-B1 senaryosunun ise nispeten iyimser tahminleri yansıtan senaryolar olduğu sonucuna varılabilir. Öte yandan, SRES-A1B senaryosunun bu iki senaryo arasında istatistikler veren bir senaryo olduğu yorumu da yapılabilir.

4.3 1950-1999 Ortak Dönemi Gözlenmiş ve İndirgenmiş GDM İstatistiklerinin Kıyaslanması

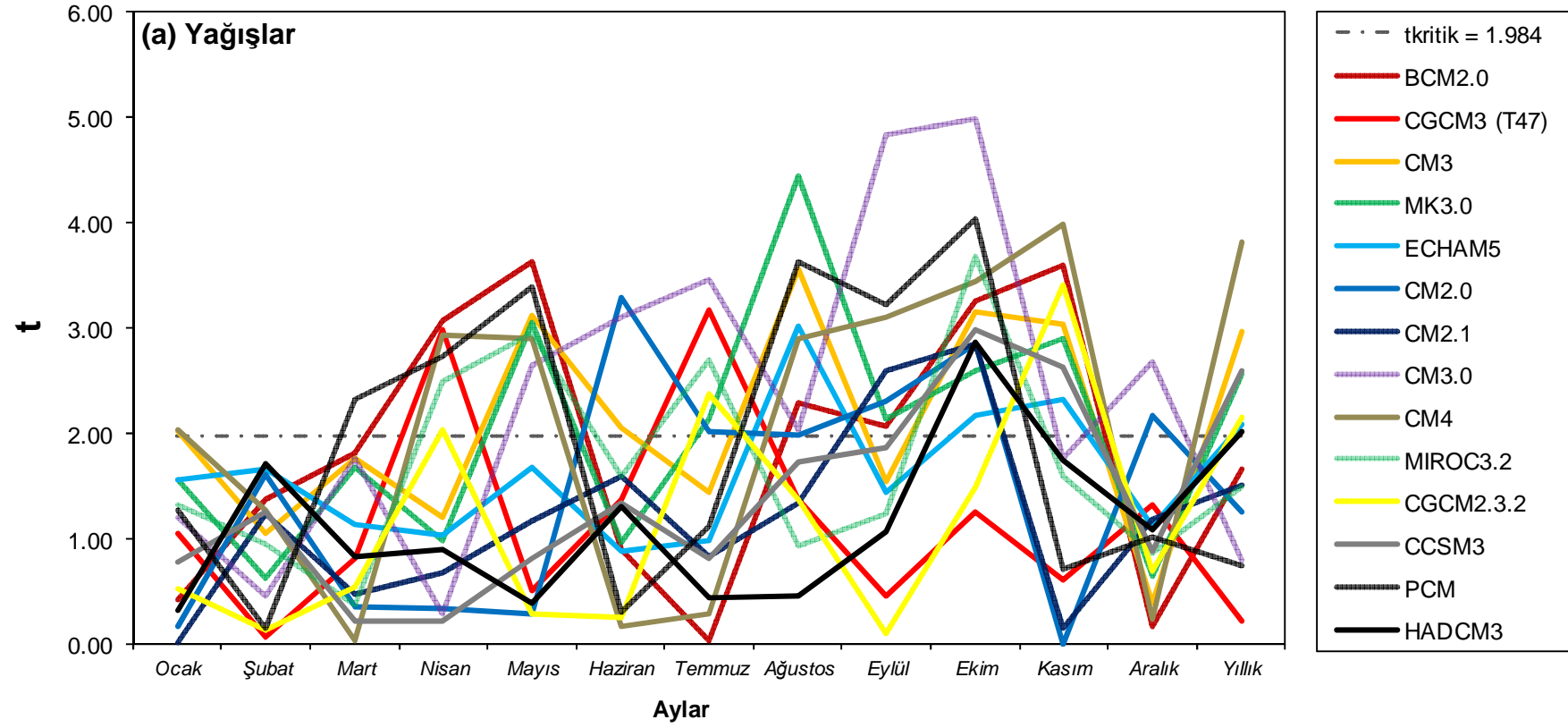
Küresel iklim modellerine ait indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri incelendiğinde her modelin birbirinden çok farklı istatistiklere sahip olduğu görülmüştür. Bu sebepten dolayı, iklim modellerinin günümüz koşullarını yansıtan 20C3M çıktıları ile 1950-1999 dönemi gözlenen verileri arasındaki aylık homojenlikler Mann Whitney U testi (M-W) esas alınarak sınanmıştır (Şekil 4.7). Varyansların ve ortalamaların durağanlıkları da sırasıyla f ve t testleri ile sınanmıştır (Şekil 4.8-Şekil 4.9). Çalışmada M-W, f ve t testlerinin yanı sıra, gözlenen serilere eğilim (trend) ve bağımsızlık testleri de uygulanmıştır. Gözlenen serilere ait test sonuçları ile iklim modellerine ait test sonuçları kıyaslanarak benzer yapıya sahip değerler tespit edilmiştir. Eğilim testi için Mann-Kendall sıra korelasyon testi kullanılmıştır. Bağımsızlık testi, sadece birinci otokorelasyon katsayısının test edilmesi biçiminde uygulanmıştır. Kullanılan beş istatistiğe ait detaylar Tablo 4.31-Tablo 4.40'ta verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, %95 güven düzeyinde iklim modellerinin her bir ayı temsil edebilme yetenekleri sınanabilmiştir (Tablo 4.41 ve Tablo 4.42). Benzer şekilde 20C3M dönemi box-plot grafikleri Şekil 4.10-Şekil 4.35'te sunulmuştur. Kullanılan testlerin tamamına ya da tamamına yakın biçimde sonuç veren iklim modelleri arasından en uygun olanları bir sonraki bölümde (Tablo 4.43 ve Tablo 4.44) sunulmuştur.



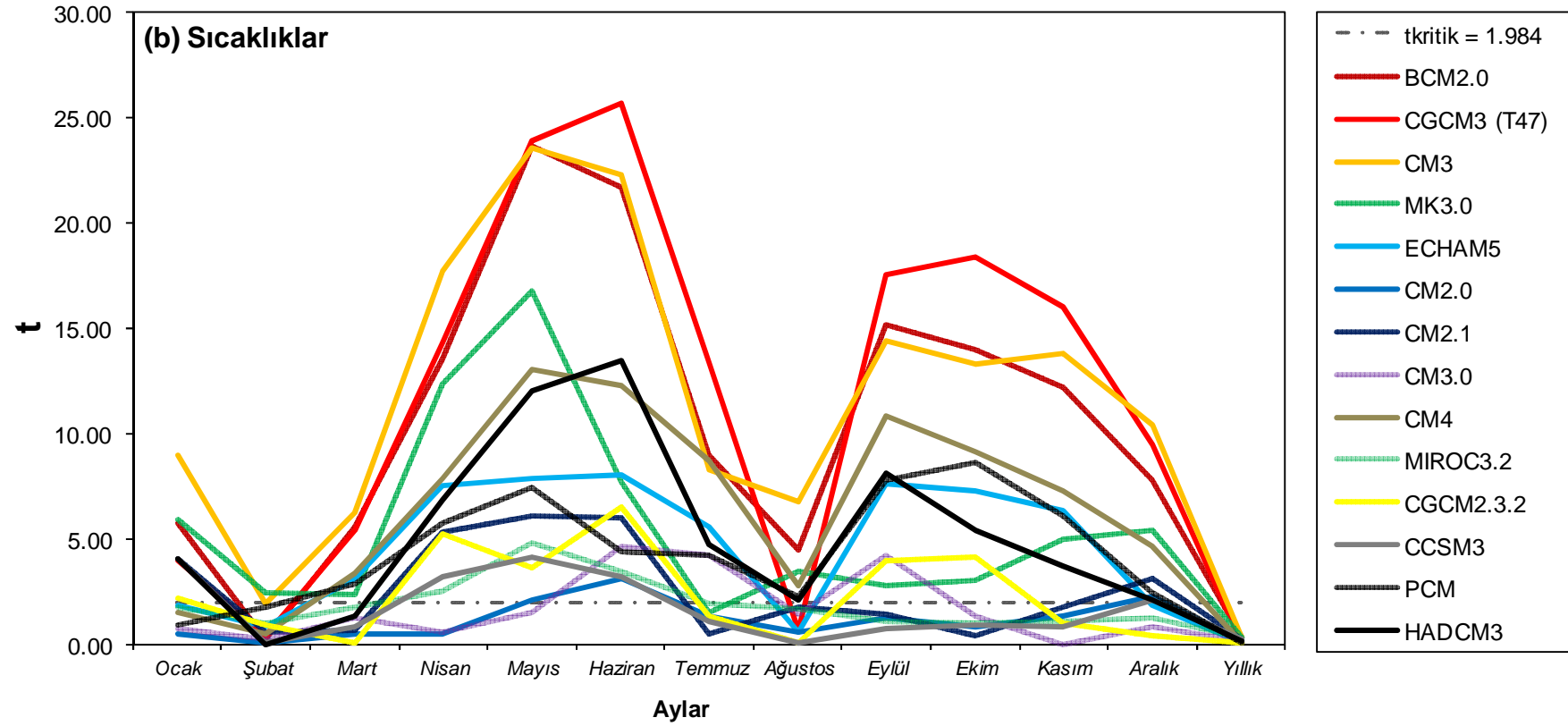
Şekil 4.7 Tahtalı havzasına indirgenen (a) yağışların ve (b) sıcaklıkların 20C3M dönemi M-W homojenlik testi sonuçları



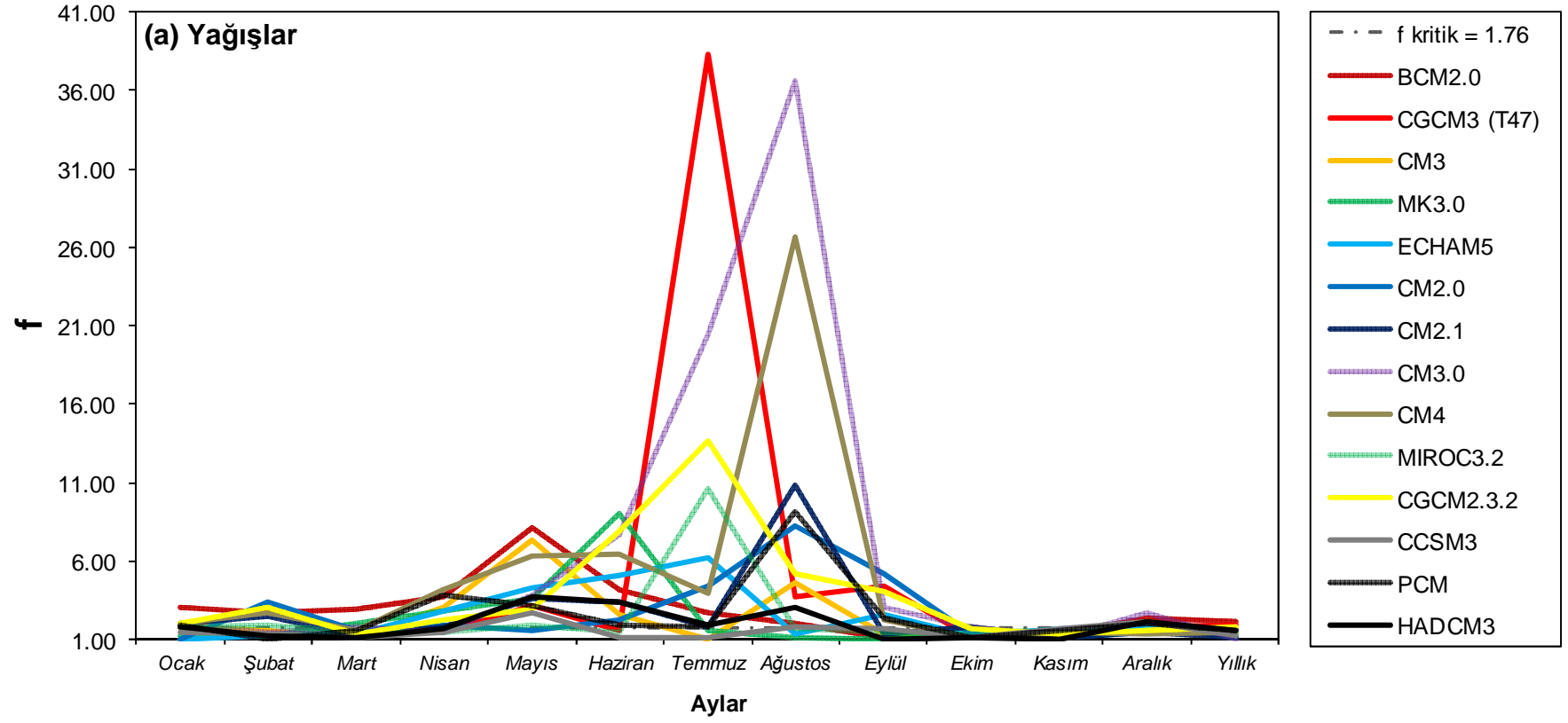
Şekil 4.7 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen (a) yağışların ve (b) sıcaklıkların 20C3M dönemi M-W homojenlik testi sonuçları



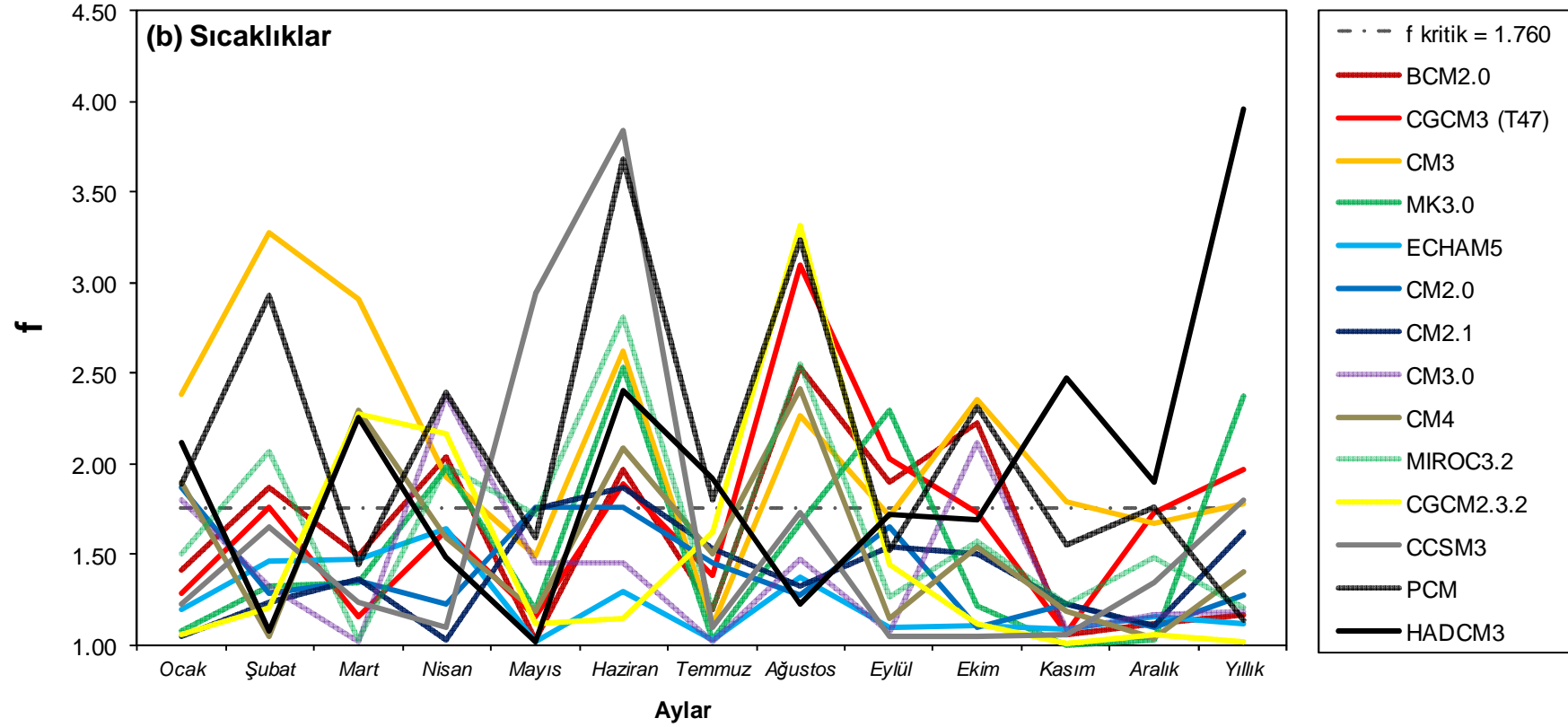
Şekil 4.8 Tahtalı havzasına indirgenen (a) yağışların ve (b) sıcaklıkların 20C3M dönemi t testi sonuçları



Şekil 4.8 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen (a) yağışların ve (b) sıcaklıkların 20C3M dönemi t testi sonuçları



Şekil 4.9 Tahtalı havzasına indirgenen (a) yağışların ve (b) sıcaklıkların 20C3M dönemi *f* testi sonuçları



Şekil 4.9 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen (a) yağışların ve (b) sıcaklıkların 20C3M dönemi f testi sonuçları

Tablo 4.31 Tahtalı havzasına indirgenen yağışların 20C3M dönemi M-W testi sonuçları ($Z_{kr} = 1.96$)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	0.876	2.296	1.179	2.392	2.627	3.750	3.585	4.460	4.116	3.957	3.798	0.103	1.751
CGCM3 (T47)	0.696	0.793	0.931	3.261	1.896	2.110	7.831	6.101	2.234	1.744	0.324	1.227	0.186
CM3	2.199	1.572	1.799	0.434	2.116	4.253	4.233	4.633	3.743	3.605	3.157	0.993	2.875
MK3.0	1.558	0.786	1.262	0.200	2.592	1.434	4.253	5.701	4.653	3.385	2.799	1.013	2.371
ECHAM5	1.482	1.889	0.993	0.248	0.448	3.433	4.288	4.764	3.750	2.551	2.199	1.131	1.868
CM2.0	0.310	1.213	0.607	0.324	0.062	4.081	4.240	3.516	3.178	3.019	0.028	2.764	0.800
CM2.1	0.338	1.289	0.310	1.255	0.034	4.322	3.571	3.481	4.591	3.019	0.290	1.461	1.599
CM3.0	0.944	0.221	2.861	0.421	1.820	2.365	4.777	3.709	5.184	5.115	1.992	2.702	0.545
CM4	1.661	0.848	0.400	2.337	1.834	2.957	3.702	4.715	4.453	3.916	3.957	0.262	3.344
MIROC3.2	1.096	0.421	0.538	2.785	3.633	3.123	7.487	5.915	3.178	3.854	1.337	0.565	1.406
CGCM2.3.2	0.807	1.020	0.641	2.695	1.089	2.951	3.385	1.896	3.033	2.192	3.419	0.731	2.220
CCSM3	0.848	1.344	0.269	0.524	0.276	2.047	5.329	3.778	4.019	3.378	2.530	0.710	2.482
PCM	0.910	0.227	2.130	2.027	3.357	1.813	3.640	4.550	4.185	4.509	1.110	0.572	0.620
HADCM3	0.034	1.972	0.820	1.503	1.103	3.702	3.247	2.971	3.240	3.461	2.041	0.979	2.137

Koyu değerler H_0 hipotezinin kabul olduğu homojen değişkenleri, gri boyalı hücreler ilgili aya ait en uygun değeri sembolize etmektedir.

Tablo 4.32 Tahtalı havzasına indirgenen yağışların 20C3M dönemi t testi sonuçları ($t_{kr} = 1.984$)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	0.423	1.380	1.813	3.062	3.623	0.897	0.038	2.285	2.061	3.257	3.596	0.178	1.660
CGCM3 (T47)	1.047	0.077	0.816	2.984	0.504	1.366	3.178	1.374	0.454	1.253	0.610	1.320	0.220
CM3	2.018	1.047	1.771	1.200	3.112	2.060	1.448	3.568	1.545	3.151	3.040	0.392	2.965
MK3.0	1.553	0.619	1.686	0.979	3.049	0.973	2.142	4.446	2.135	2.597	2.906	0.647	2.567
ECHAM5	1.567	1.665	1.143	1.030	1.676	0.883	0.981	3.018	1.437	2.173	2.329	1.125	2.079
CM2.0	0.177	1.603	0.359	0.337	0.288	3.286	2.018	1.983	2.308	2.841	0.003	2.165	1.259
CM2.1	0.016	1.233	0.482	0.686	1.162	1.594	0.833	1.343	2.594	2.845	0.151	1.183	1.508
CM3.0	1.201	0.450	1.761	0.280	2.638	3.107	3.467	2.042	4.824	4.982	1.758	2.680	0.792
CM4	2.028	1.278	0.033	2.930	2.896	0.174	0.286	2.902	3.097	3.441	3.988	0.237	3.822
MIROC3.2	1.323	0.952	0.376	2.489	2.956	1.602	2.701	0.930	1.231	3.673	1.589	0.860	1.487
CGCM2.3.2	0.521	0.143	0.538	2.042	0.293	0.261	2.380	1.371	0.096	1.494	3.405	0.699	2.153
CCSM3	0.776	1.253	0.229	0.222	0.813	1.347	0.807	1.728	1.868	2.984	2.621	0.880	2.603
PCM	1.274	0.151	2.327	2.726	3.384	0.310	1.112	3.621	3.218	4.043	0.716	1.013	0.751
HADCM3	0.320	1.707	0.833	0.896	0.393	1.309	0.446	0.458	1.077	2.873	1.750	1.080	2.025

Koyu değerler H_0 hipotezinin kabul olduğu ($H_0 : \bar{x}_1 = \bar{x}_2$) değişkenleri, gri boyalı hücreler ilgili aya ait en uygun değeri sembolize etmektedir.

Tablo 4.33 Tahtalı havzasına indirgenen yağışların 20C3M dönemi f testi sonuçları ($f_{kr} = 1.76$)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	3.038	2.747	2.881	3.669	8.143	4.219	2.658	2.053	1.101	1.286	1.366	2.355	2.118
CGCM3 (T47)	1.841	2.944	1.409	1.454	3.113	1.513	38.312	3.669	4.414	1.170	1.395	1.777	1.869
CM3	1.838	1.552	1.173	3.062	7.368	2.630	1.025	4.624	1.327	1.134	1.266	2.177	1.366
MK3.0	1.230	1.186	2.006	2.784	3.582	9.066	1.624	1.132	1.003	1.495	1.584	1.707	1.180
ECHAM5	1.023	1.211	1.318	2.792	4.290	5.040	6.228	1.393	2.569	1.232	1.634	1.767	1.095
CM2.0	1.016	3.367	1.538	1.854	1.538	2.266	4.425	8.223	5.230	1.323	1.084	1.401	1.674
CM2.1	2.007	2.458	1.203	1.798	3.590	3.337	1.799	10.798	1.288	1.777	1.132	1.462	1.089
CM3.0	1.952	1.417	1.809	1.453	3.851	7.627	20.469	36.660	2.982	1.786	1.135	2.677	1.018
CM4	2.017	2.681	1.603	4.218	6.362	6.473	3.926	26.634	2.288	1.156	1.480	1.374	1.468
MIROC3.2	1.799	1.899	1.407	1.400	1.877	1.455	10.624	1.639	1.422	1.289	1.442	2.180	1.328
CGCM2.3.2	2.044	3.025	1.394	2.240	2.919	7.929	13.658	5.160	4.054	1.654	1.327	1.593	1.845
CCSM3	1.418	1.368	1.084	1.451	2.672	1.163	1.101	1.784	1.661	1.161	1.638	2.142	1.269
PCM	1.917	1.026	1.559	3.787	3.112	1.856	1.807	9.107	2.398	1.163	1.518	2.019	1.538
HADCM3	1.745	1.279	1.070	1.663	3.766	3.399	1.874	3.027	1.007	1.133	1.030	2.155	1.617

Koyu değerler H_0 hipotezinin kabul olduğu ($H_0 : S_1^2 = S_2^2$) değişkenleri, gri boyalı hücreler ilgili aya ait en uygun değeri sembolize etmektedir.

Tablo 4.34 Tahtalı havzasına indirgenen yağışların 20C3M dönemi bağımsızlık testi sonuçları (alt sınır = -0.301 ; üst sınır = 0.259)

	Gözielen	BCM2.0	CGCM3	CM3	HADCM3	ECHAM5	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM4	MIROC3.2	CGCM2.3.2	CCSM3	PCM	MK3.0
Ocak	0.210	0.208	-0.092	-0.091	0.148	-0.052	0.104	0.036	-0.157	-0.003	-0.021	-0.384	-0.138	-0.081	0.001
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Şubat	-0.042	0.069	-0.058	-0.205	0.058	-0.227	0.044	0.071	-0.218	-0.125	0.099	-0.112	0.168	-0.275	-0.127
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Mart	-0.248	-0.012	-0.135	0.008	0.223	-0.180	0.198	0.068	0.052	0.019	0.213	-0.160	-0.299	-0.131	0.159
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Nisan	-0.069	-0.106	-0.092	-0.035	0.104	-0.105	-0.093	-0.108	-0.083	-0.094	-0.239	0.109	0.069	0.218	0.150
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Mayıs	-0.015	-0.159	0.000	-0.028	0.345	-0.251	0.055	-0.275	0.001	0.015	0.059	0.264	0.146	0.053	0.063
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Haziran	-0.124	0.259	-0.308	-0.094	0.060	-0.192	-0.257	-0.083	0.005	0.180	-0.089	0.037	0.178	0.001	0.187
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Temmuz	0.059	0.091	-0.116	-0.005	-0.029	-0.118	-0.050	-0.067	0.210	0.143	-0.136	-0.005	0.019	-0.145	0.113
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Ağustos	0.237	0.008	-0.094	-0.091	0.353	-0.069	-0.076	-0.070	-0.075	0.271	-0.054	-0.011	-0.037	-0.062	-0.019
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Eylül	-0.060	-0.166	-0.088	-0.128	0.068	-0.203	-0.051	0.383	0.104	-0.087	0.010	0.240	-0.102	-0.098	-0.022
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Ekim	0.082	-0.156	0.140	-0.071	0.027	0.001	-0.121	-0.172	-0.125	0.013	-0.257	0.041	-0.169	-0.060	0.032
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Kasım	-0.117	0.026	-0.105	-0.338	0.100	-0.012	-0.062	-0.045	-0.194	0.155	0.035	-0.114	-0.129	-0.026	-0.080
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Aralık	-0.029	-0.011	0.031	0.100	-0.290	0.141	0.278	-0.085	-0.192	-0.044	-0.024	0.238	0.108	-0.338	0.011
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Yıllık	0.089	-0.062	-0.077	-0.140	0.163	-0.140	-0.114	-0.009	-0.130	-0.039	-0.015	-0.198	-0.022	-0.048	-0.137
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız

Koyu değerler gözlemlenmiş dönemle aynı yapıyı gösteren aylara ait değerleri sembolize etmektedir.

Tablo 4.35 Tahtalı havzasına indirgenen yağışların 20C3M dönemi Mann-Kendall trend testi sonuçları ($Z_{kr} = \pm 1.96$)

	Gözlenen	BCM2.0	CGCM3	CM3	HADCM3	ECHAM5	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM4	MIROC3.2	CGCM2.3.2	CCSM3	PCM	MK3.0
Ocak	-0.95	0.25	-0.79	-0.70	0.27	0.54	0.74	0.74	2.02	0.84	1.05	-0.54	-0.49	-0.84	1.46
	-	-	-	-	-	-	-	artış	-	-	-	-	-	-	-
Şubat	-0.37	0.87	-0.03	0.12	-0.40	0.17	-0.87	-1.25	-0.22	0.57	2.49	-0.28	-0.69	-0.67	-0.75
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	artış	-	-	-	-
Mart	0.85	-1.15	-2.21	-0.64	-0.87	-1.00	1.09	-1.44	1.69	-1.37	-0.75	0.42	1.57	-1.00	-1.27
	-	-	azalış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nisan	0.63	0.86	-0.22	1.57	0.30	-1.06	-1.82	0.64	-1.16	-0.79	-0.80	-0.84	0.84	-1.59	-0.40
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mayıs	-1.72	-0.47	-1.70	-1.05	-0.87	0.21	-0.46	0.89	0.26	1.10	-0.85	1.81	-0.20	0.39	-0.32
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Haziran	-1.87	-1.72	-0.90	-1.13	-2.82	-0.23	0.43	0.52	0.87	-0.67	-1.80	-1.72	0.83	-1.72	-1.67
	-	-	-	-	azalış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temmuz	-1.55	-0.63	-0.43	0.92	-0.18	-0.58	-1.55	1.19	-0.34	-1.13	-0.89	-0.87	0.68	-0.24	-1.57
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ağustos	-1.84	0.01	-1.02	1.18	-0.63	-0.73	-0.22	-0.45	-0.54	-0.05	-1.05	-3.18	2.25	-1.39	-1.15
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	azalış	artış	-	-
Eylül	-1.47	-1.12	-2.14	-0.25	-1.55	-2.80	0.46	-1.46	-0.02	-0.27	0.54	-0.95	-2.02	-1.67	-0.08
	-	-	azalış	-	-	azalış	-	-	-	-	-	-	azalış	-	-
Ekim	-0.75	-1.20	-0.72	-0.35	1.15	0.02	-0.32	0.47	-0.38	-0.07	0.50	-0.28	0.40	-1.05	-0.65
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kasım	0.70	-0.45	0.99	-0.22	-2.49	0.89	1.46	-0.22	-1.92	-0.10	0.70	-0.07	0.27	0.43	-0.30
	-	-	-	-	azalış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aralık	0.52	0.20	-1.15	-0.49	-0.62	1.29	-2.23	-0.50	-0.18	1.22	-0.74	0.28	1.44	0.32	0.05
	-	-	-	-	-	-	azalış	-	-	-	-	-	-	-	-
Yıllık	-0.42	-0.90	-1.74	-0.27	-2.09	0.23	-1.25	-1.76	0.35	-0.62	1.44	-0.12	2.16	-1.51	-0.32
	-	-	-	-	azalış	-	-	-	-	-	-	-	artış	-	-

Koyu değerler gözlemlenmiş dönemle aynı eğilimi gösteren aylara ait değerleri sembolize etmektedir.

Tablo 4.36 Tahtalı havzasına indirgenen sıcaklıkların 20C3M dönemi M-W testi sonuçları ($Z_{kr} = 1.96$)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	5.101	0.221	5.281	8.286	8.783	8.996	7.183	3.833	8.224	8.197	7.728	6.335	0.034
CGCM3 (T47)	3.909	0.565	5.198	8.383	8.783	8.996	8.266	0.221	8.369	8.528	8.397	7.101	0.620
CM3	6.908	1.717	5.956	8.583	8.783	8.996	6.908	5.667	8.086	8.066	8.121	7.369	0.303
MK3.0	5.163	2.523	2.537	8.176	8.707	6.673	1.613	3.033	2.764	2.820	4.619	5.026	0.069
ECHAM5	1.558	0.855	3.936	6.177	6.584	6.708	5.363	1.000	6.246	5.894	5.481	1.944	0.227
CM2.0	0.751	0.255	0.331	0.421	1.992	3.178	1.448	0.793	1.530	0.758	1.468	2.371	0.255
CM2.1	3.792	0.662	0.676	4.902	5.529	5.487	1.006	1.537	1.792	0.751	1.634	3.019	0.255
CM3.0	1.310	0.269	1.413	0.448	1.551	4.488	3.992	1.551	3.992	0.965	0.138	1.268	0.331
CM4	1.124	0.586	3.412	6.460	8.279	8.286	7.045	2.420	7.597	6.839	6.094	4.577	0.207
MIROC3.2	1.413	1.048	1.903	2.454	4.350	3.764	2.020	1.213	1.020	0.965	1.075	1.227	0.255
CGCM2.3.2	1.882	0.931	0.303	4.805	3.447	5.853	1.606	0.703	3.861	3.730	0.979	0.386	0.048
CCSM3	3.481	0.103	0.827	2.826	4.288	3.302	1.303	0.352	0.896	0.931	1.006	2.247	0.028
PCM	0.655	1.779	3.123	5.019	6.218	4.157	4.164	2.709	6.335	6.480	5.412	2.282	0.200
HADCM3	3.805	0.310	1.344	5.977	8.231	8.459	4.681	2.323	6.391	4.764	3.640	2.220	0.489

Koyu değerler H_0 hipotezinin kabul olduğu değişkenleri, gri boyalı hücreler ilgili aya ait en uygun değeri sembolize etmektedir.

Tablo 4.37 Tahtalı havzasına indirgenen sıcaklıkların 20C3M dönemi t testi sonuçları ($t_{\alpha} = 1.984$)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	5.732	0.258	5.602	13.603	23.615	21.668	8.958	4.521	15.205	13.965	12.180	7.789	0.303
CGCM3 (T47)	4.012	0.449	5.392	14.346	23.919	25.700	13.427	0.698	17.532	18.391	16.019	9.531	0.109
CM3	9.016	1.914	6.240	17.684	23.548	22.290	8.313	6.747	14.385	13.350	13.789	10.452	0.361
MK3.0	5.922	2.463	2.372	12.370	16.820	7.750	1.505	3.502	2.775	3.018	4.979	5.427	0.383
ECHAM5	1.893	0.851	3.171	7.542	7.894	8.038	5.582	0.608	7.614	7.280	6.349	1.873	0.053
CM2.0	0.489	0.093	0.502	0.511	2.105	3.167	1.394	0.570	1.306	0.880	1.333	2.275	0.143
CM2.1	4.075	0.575	0.674	5.318	6.110	6.051	0.532	1.794	1.409	0.419	1.786	3.164	0.279
CM3.0	0.725	0.220	1.248	0.602	1.570	4.633	4.229	1.480	4.278	1.322	0.011	0.826	0.150
CM4	1.532	0.509	3.413	7.867	13.094	12.282	8.756	2.822	10.881	9.199	7.329	4.697	0.123
MIROC3.2	1.795	1.048	1.825	2.554	4.802	3.506	1.944	1.705	1.102	1.041	1.123	1.262	0.382
CGCM2.3.2	2.215	0.926	0.107	5.281	3.648	6.551	1.324	0.082	3.987	4.125	1.026	0.464	0.115
CCSM3	4.033	0.077	0.880	3.199	4.129	3.229	1.108	0.052	0.781	0.976	0.869	2.126	0.270
PCM	0.911	1.749	2.895	5.741	7.470	4.419	4.267	2.316	7.784	8.623	6.137	2.479	0.090
HADCM3	4.070	0.023	1.392	6.850	12.053	13.467	4.746	2.155	8.149	5.458	3.696	2.093	0.136

Koyu değerler H_0 hipotezinin kabul olduğu değişkenleri, gri boyalı hücreler ilgili aya ait en uygun değeri sembolize etmektedir.

Tablo 4.38 Tahtalı havzasına indirgenen sıcaklıkların 20C3M dönemi f testi sonuçları ($f_{kr} = 1.76$)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	1.411	1.874	1.496	2.042	1.026	1.970	1.202	2.535	1.896	2.230	1.064	1.116	1.166
CGCM3 (T47)	1.290	1.767	1.163	1.632	1.157	1.894	1.389	3.099	2.031	1.737	1.066	1.731	1.972
CM3	2.386	3.277	2.910	1.927	1.491	2.621	1.109	2.270	1.712	2.353	1.787	1.668	1.786
MIK3.0	1.078	1.322	1.342	1.982	1.201	2.529	1.032	1.677	2.301	1.217	1.005	1.032	2.379
ECHAM5	1.199	1.465	1.475	1.639	1.019	1.295	1.028	1.372	1.100	1.105	1.092	1.155	1.123
CM2.0	1.866	1.290	1.357	1.226	1.763	1.763	1.454	1.278	1.654	1.101	1.230	1.103	1.280
CM2.1	1.049	1.238	1.365	1.028	1.755	1.867	1.535	1.327	1.548	1.506	1.228	1.110	1.621
CM3.0	1.806	1.331	1.023	2.376	1.452	1.458	1.021	1.472	1.072	2.115	1.094	1.168	1.192
CM4	1.898	1.050	2.300	1.592	1.189	2.093	1.502	2.416	1.146	1.540	1.192	1.036	1.405
MIROC3.2	1.501	2.065	1.034	1.991	1.724	2.807	1.197	2.556	1.266	1.577	1.227	1.480	1.209
CGCM2.3.2	1.061	1.207	2.280	2.172	1.117	1.146	1.621	3.310	1.442	1.115	1.008	1.055	1.020
CCSM3	1.231	1.651	1.235	1.103	2.936	3.842	1.103	1.729	1.053	1.046	1.057	1.345	1.798
PCM	1.889	2.933	1.442	2.398	1.592	3.685	1.802	3.237	1.528	2.320	1.549	1.762	1.138
HADCM3	2.116	1.080	2.255	1.481	1.018	2.408	1.915	1.230	1.723	1.694	2.478	1.897	3.957

Koyu değerler H_0 hipotezinin kabul olduğu değişkenleri, gri boyalı hücreler ilgili aya ait en uygun değeri sembolize etmektedir.

Tablo 4.39 Tahtalı havzasına indirgenen sıcaklıkların 20C3M dönemi bağımsızlık testi sonuçları (alt sınıır = -0.301; üst sınıır = 0.259)

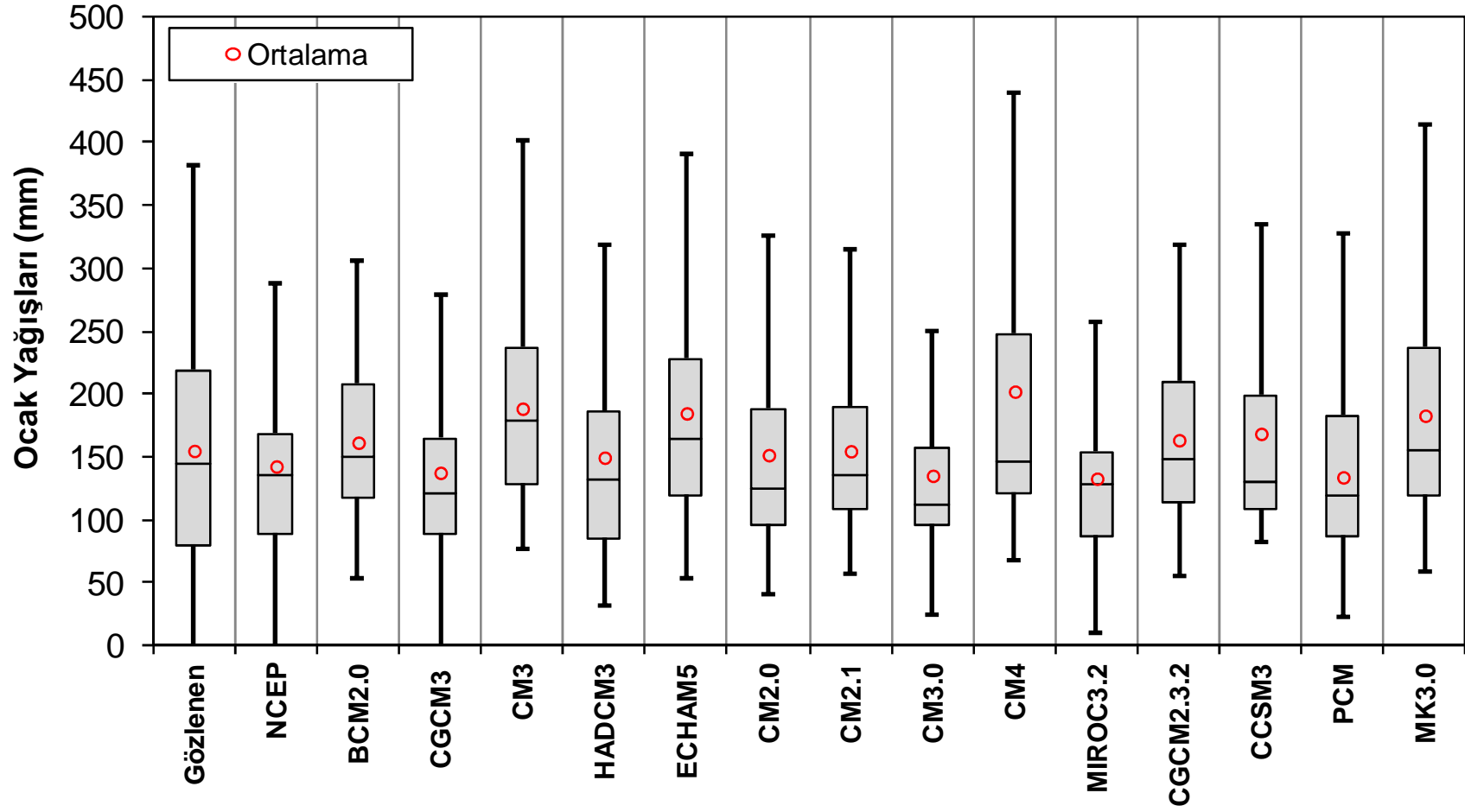
	Gözenen	BCM2.0	CGCM3	CM3	HADCM3	ECHAM5	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM4	MIROC3.2	CGCM2.3.2	CCSM3	PCM	MK3.0
Ocak	0.087	-0.037	-0.051	0.287	0.057	0.025	-0.104	0.080	-0.172	0.320	-0.001	-0.174	0.094	0.088	0.248
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Şubat	-0.070	-0.188	0.193	0.323	0.038	-0.250	0.052	0.161	-0.349	-0.144	-0.138	0.172	0.124	0.084	0.145
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Mart	-0.009	-0.086	0.114	0.377	0.386	0.135	0.016	-0.018	0.163	-0.022	0.065	-0.320	0.044	-0.097	0.260
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımlı
Nisan	-0.151	-0.242	-0.020	0.053	0.136	-0.122	-0.175	-0.052	-0.363	-0.178	-0.019	0.037	-0.026	-0.034	0.237
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Mayıs	0.290	-0.217	0.292	0.049	0.177	-0.312	-0.002	-0.376	0.107	-0.288	-0.044	0.237	0.037	-0.137	0.072
	bağımlı	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Haziran	0.292	-0.078	0.000	0.188	0.451	-0.232	0.010	-0.031	0.028	0.052	0.169	0.134	0.223	-0.029	0.166
	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Temmuz	0.308	-0.027	0.366	0.144	0.157	-0.185	-0.218	-0.034	0.229	-0.077	0.242	0.242	-0.007	-0.017	-0.116
	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Ağustos	0.230	0.076	0.353	0.020	0.180	-0.188	-0.106	-0.201	-0.098	-0.173	0.229	0.271	-0.117	0.132	0.163
	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Eylül	0.147	0.046	0.352	0.020	0.430	-0.098	-0.090	-0.077	-0.124	-0.123	0.357	0.202	-0.004	0.197	0.288
	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı
Ekim	0.030	0.292	0.398	0.421	0.120	-0.295	-0.304	0.245	-0.099	-0.051	0.164	-0.059	0.211	0.272	0.015
	bağımsız	bağımlı	bağımlı	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız
Kasım	0.152	-0.069	0.311	0.340	0.037	0.142	0.051	0.134	-0.061	0.113	0.050	-0.006	0.208	-0.127	0.135
	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Aralık	0.106	-0.152	0.102	0.235	0.275	-0.121	0.033	0.117	-0.115	0.118	0.033	-0.212	0.091	0.007	0.225
	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız	bağımsız
Yıllık	0.051	0.182	0.511	0.474	0.539	0.015	-0.106	0.289	-0.078	0.135	0.293	0.313	0.365	0.290	0.419
	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımlı	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımsız	bağımsız	bağımlı	bağımlı	bağımlı	bağımlı	bağımlı

Koyu değerler gözlenmiş dönemle aynı yapıyı gösteren aylara ait değerleri sembolize etmektedir.

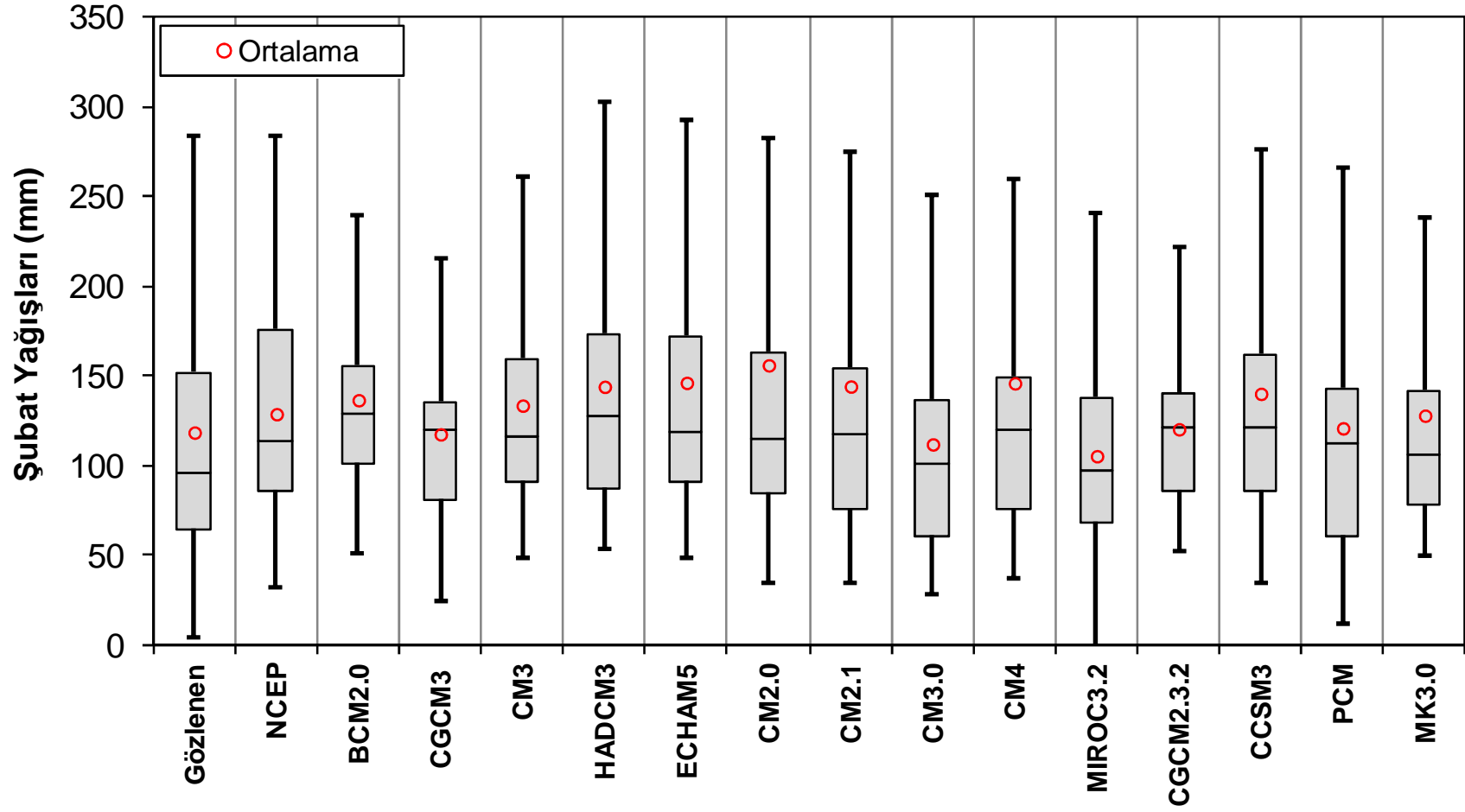
Tablo 4.40 Tahtalı havzasına indirgenen sıcaklıkların 20C3M dönemi Mann-Kendall trend testi sonuçları ($Z_{kr} = \pm 1.96$)

	Gözlener	BCM2.0	CGCM3	CM3	HADC3M	ECHAM5	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM4	MIROC3.2	CGCM2.3.2	CCSM3	PCM	MK3.0
Ocak	0.15	0.22	2.28	2.49	0.23	-0.92	-0.45	0.07	0.02	-1.34	0.40	1.32	2.19	1.16	2.18
	-	-	artış	artış	-	-	-	-	-	-	-	-	artış	-	artış
Şubat	-0.99	-0.79	2.86	3.29	0.02	0.72	0.27	0.11	0.82	-1.44	-0.89	1.39	-0.85	2.19	2.93
	-	-	artış	artış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	artış	artış
Mart	-0.34	1.08	1.97	4.14	3.45	0.38	0.02	2.18	0.91	0.60	-0.05	0.87	-0.09	0.22	2.89
	-	-	artış	artış	artış	-	-	artış	-	-	-	-	-	-	artış
Nisan	0.44	1.52	2.51	2.64	1.47	0.40	0.92	0.43	0.87	0.33	0.46	1.30	-0.89	1.20	2.61
	-	-	artış	artış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	artış
Mayıs	1.19	0.86	2.96	3.08	2.19	0.69	0.25	0.00	-0.22	0.79	0.13	0.62	-0.49	1.15	1.87
	-	-	artış	artış	artış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Haziran	2.83	2.38	2.71	3.04	2.53	0.32	0.18	0.02	-1.14	-0.01	0.95	1.66	-0.10	2.39	2.21
	artış	artış	artış	artış	artış	-	-	-	-	-	-	-	-	artış	artış
Temmuz	1.33	2.84	3.20	3.38	3.01	-0.45	1.09	-1.59	-0.05	0.90	1.17	2.06	0.00	0.69	1.35
	-	artış	artış	artış	artış	-	-	-	-	-	-	artış	-	-	-
Ağustos	-0.14	2.99	3.41	3.13	1.46	0.27	0.23	0.15	1.42	-0.15	1.05	2.73	0.67	1.88	3.10
	-	artış	artış	artış	-	-	-	-	-	-	-	artış	-	-	artış
Eylül	0.44	2.28	3.45	2.96	2.98	1.86	-1.25	-0.01	0.00	1.31	-0.14	1.57	0.50	1.24	3.43
	-	artış	artış	artış	artış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	artış
Ekim	0.63	3.15	3.76	4.23	1.57	1.67	0.22	-0.28	0.08	3.13	-1.39	-0.10	-0.37	1.19	1.61
	-	artış	artış	artış	-	-	-	-	-	artış	-	-	-	-	-
Kasım	-1.57	1.78	2.26	3.61	1.27	-0.43	1.15	-0.94	0.12	2.19	-0.63	-0.38	1.79	-0.17	2.68
	-	-	artış	artış	-	-	-	-	-	artış	-	-	-	-	artış
Aralık	-1.18	1.30	1.25	2.87	1.81	-0.33	1.74	0.77	-0.95	0.94	1.05	-0.82	0.95	1.82	2.31
	-	-	-	artış	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	artış
Yıllık	0.08	3.41	3.93	4.95	2.96	0.42	1.10	0.45	0.54	0.95	0.33	1.97	0.50	3.08	4.05
	-	artış	artış	artış	artış	-	-	-	-	-	-	artış	-	artış	artış

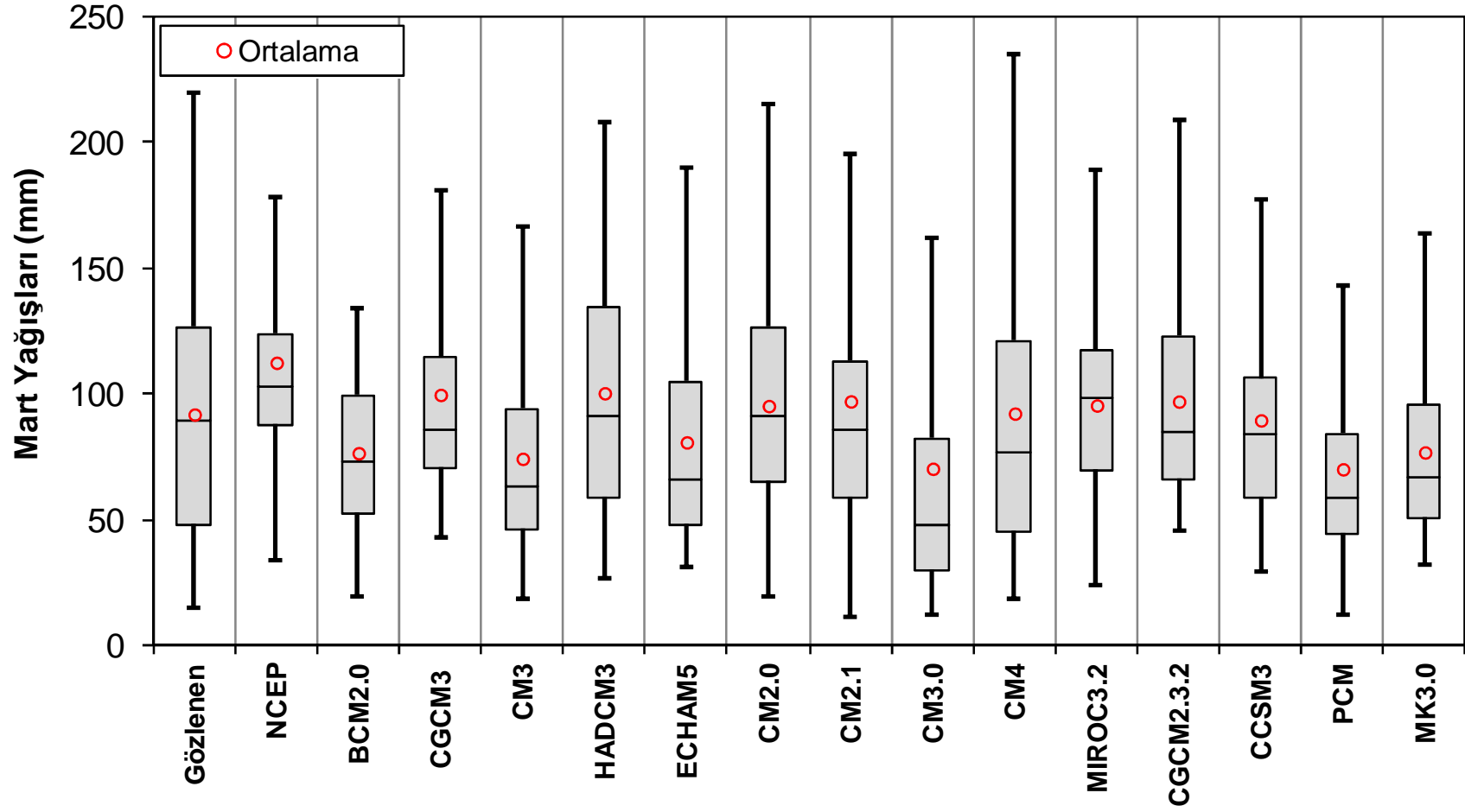
Koyu değerler gözlemlenmiş dönemle aynı eğilimi gösteren aylara ait değerleri sembolize etmektedir.



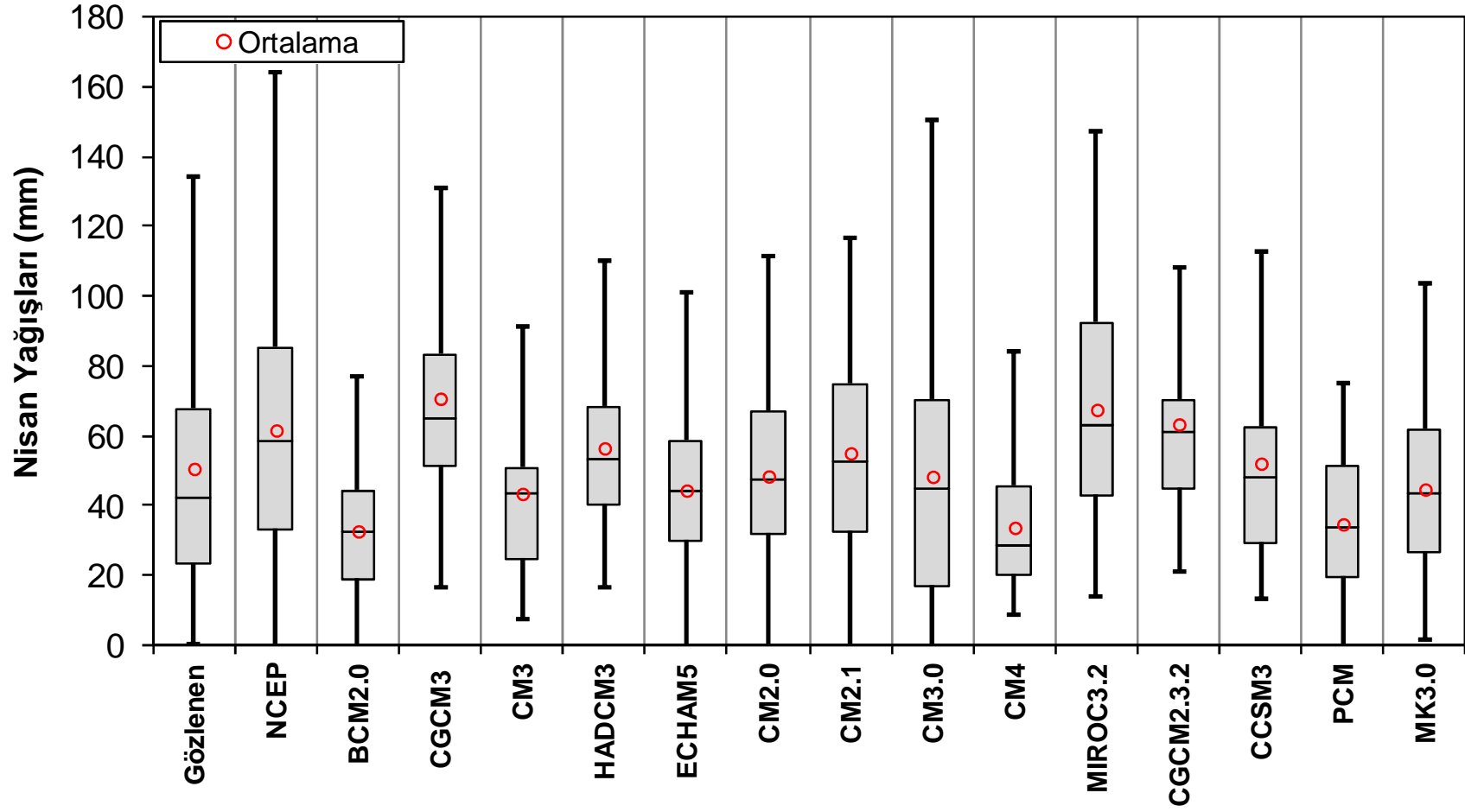
Şekil 4.10 Tahtalı havzasına indirgenen Ocak yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



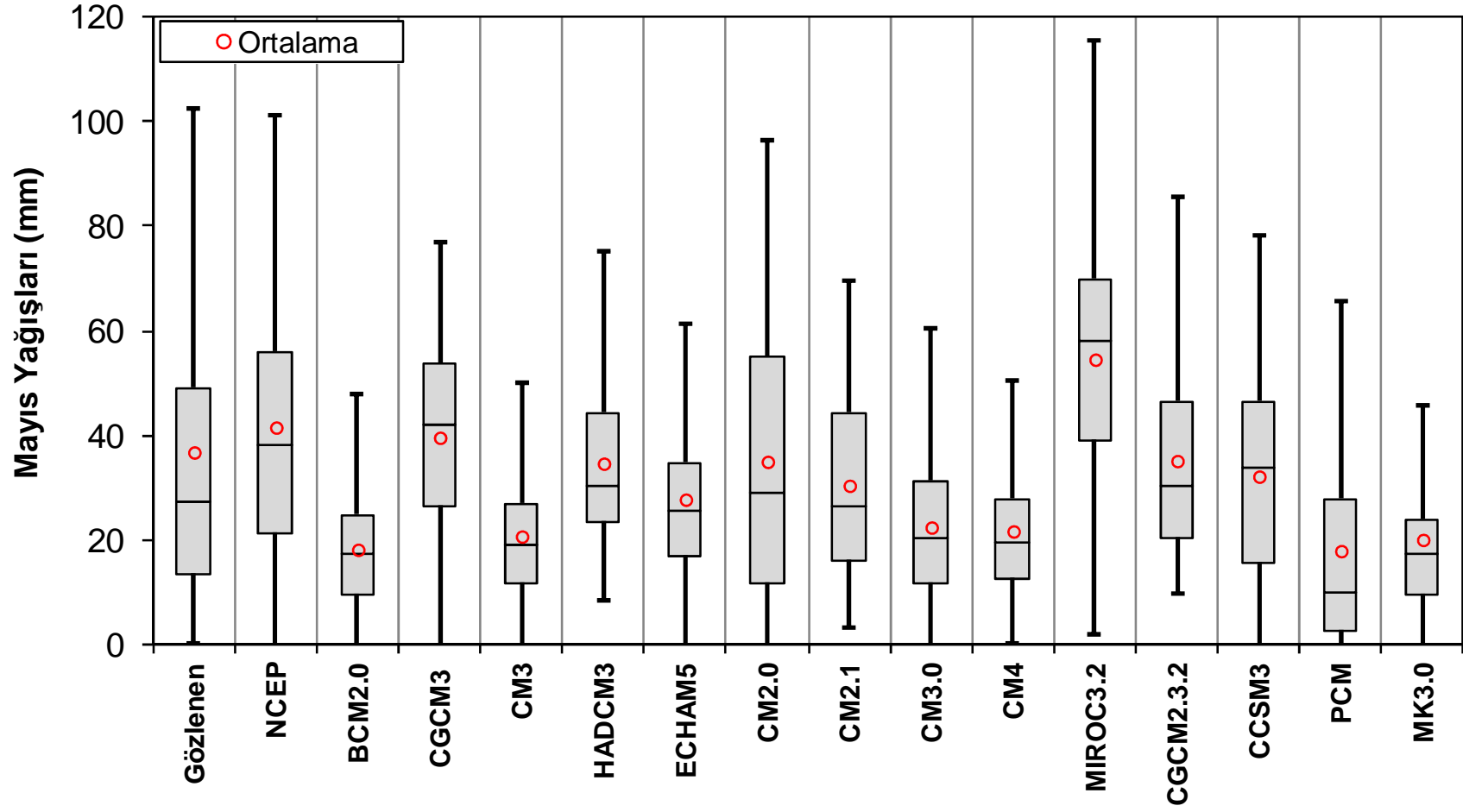
Şekil 4.11 Tahtalı havzasına indirgenen Şubat yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



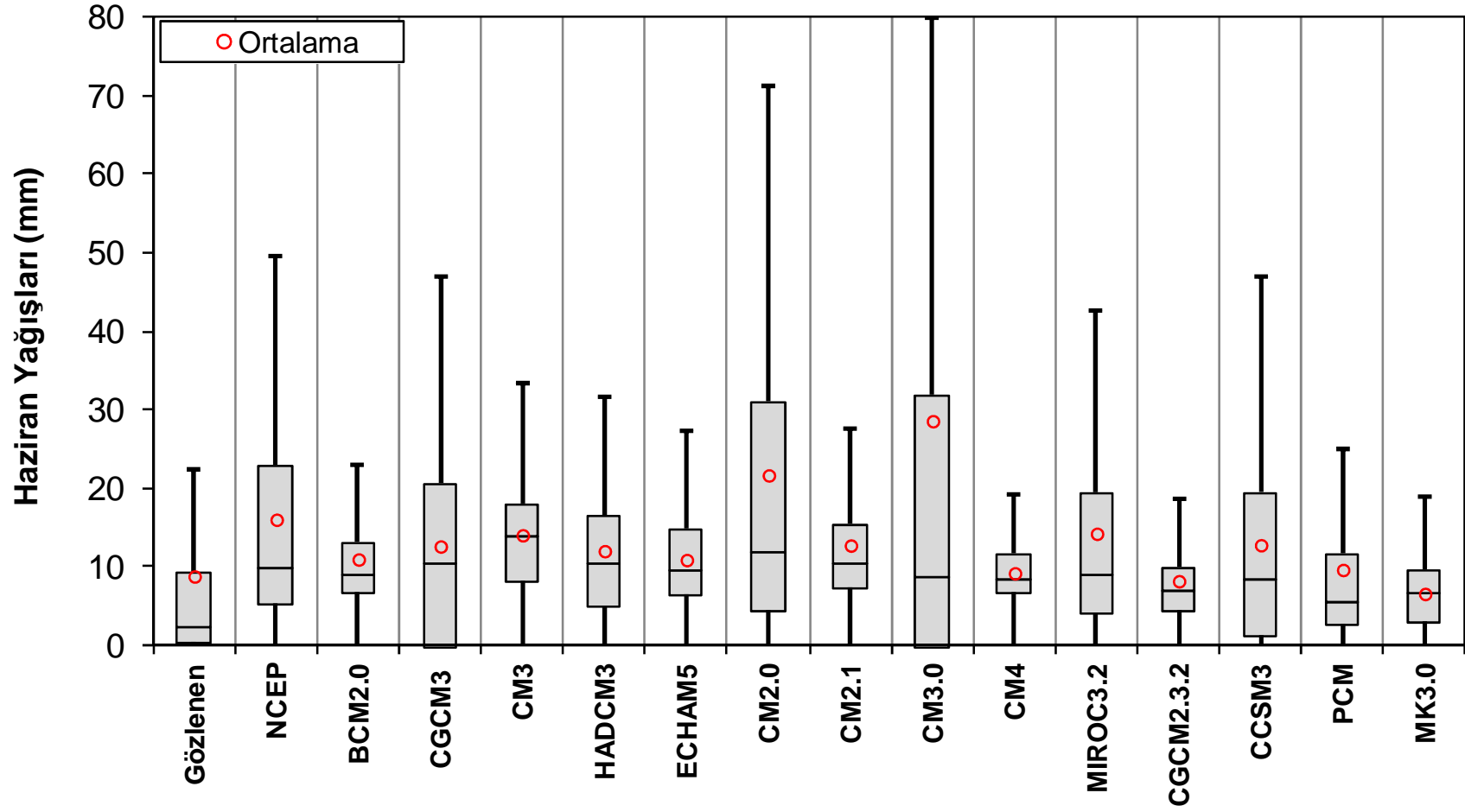
Şekil 4.12 Tahtalı havzasına indirgenen Mart yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



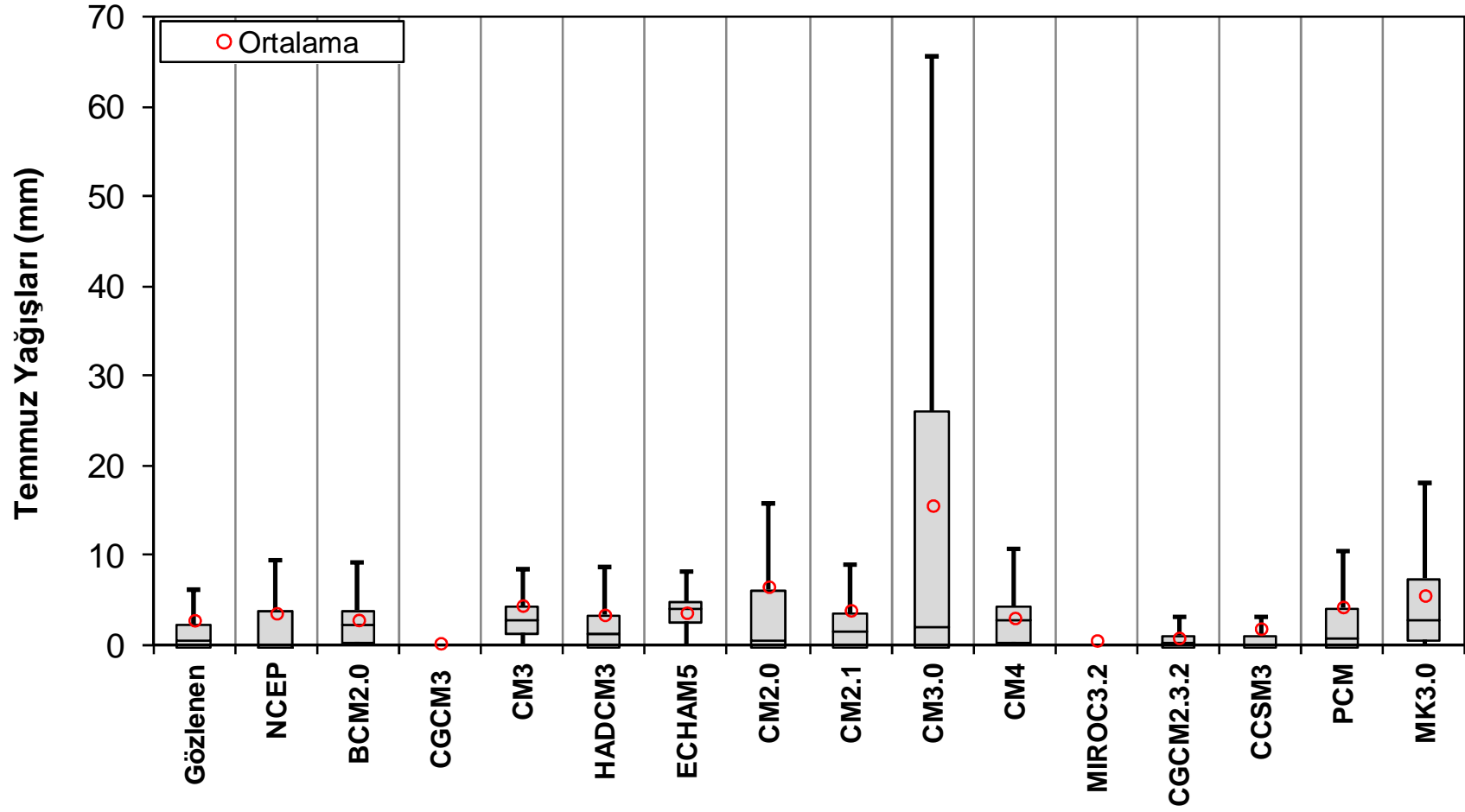
Şekil 4.13 Tahtalı havzasına indirgenen Nisan yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



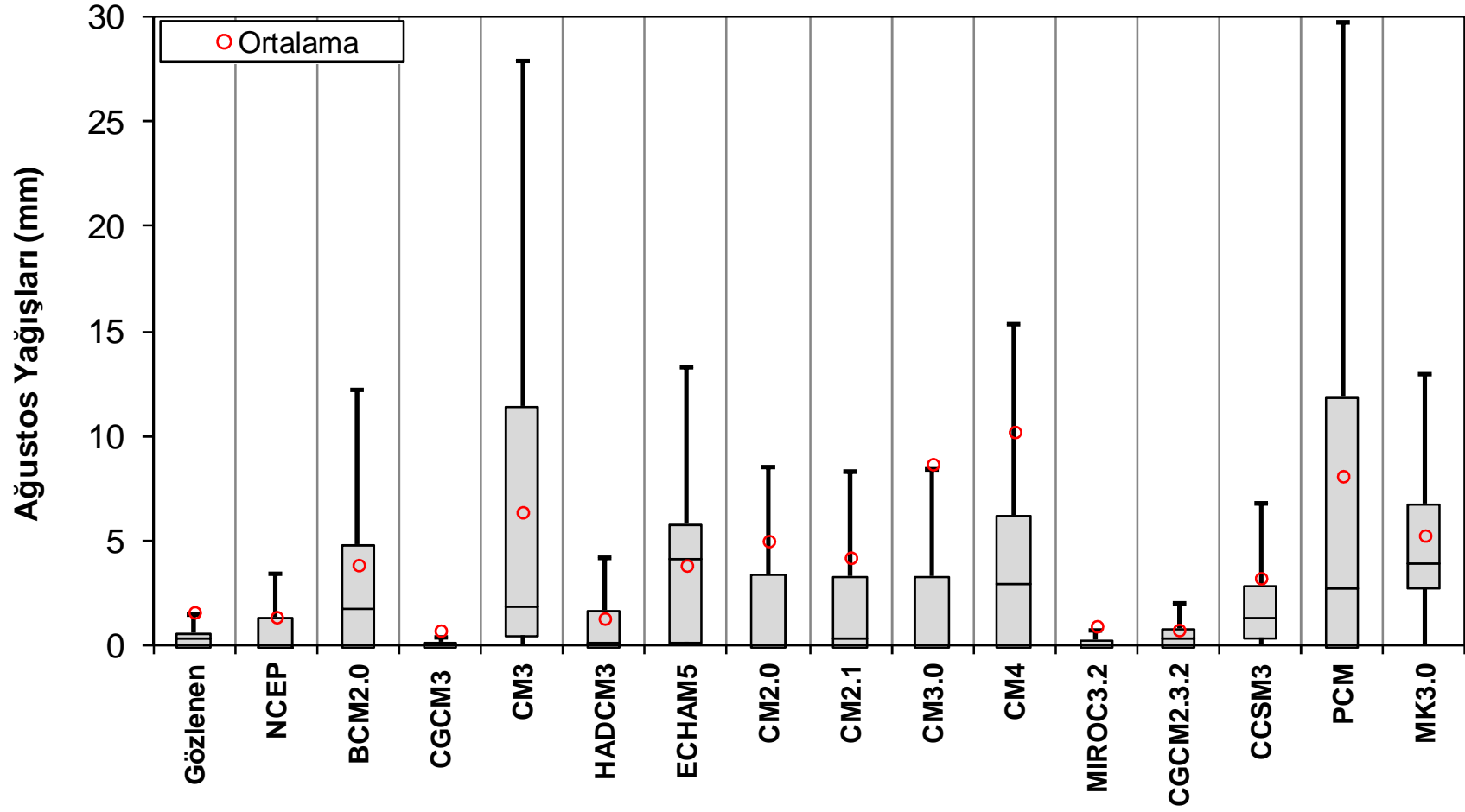
Şekil 4.14 Tahtalı havzasına indirgenen Mayıs yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



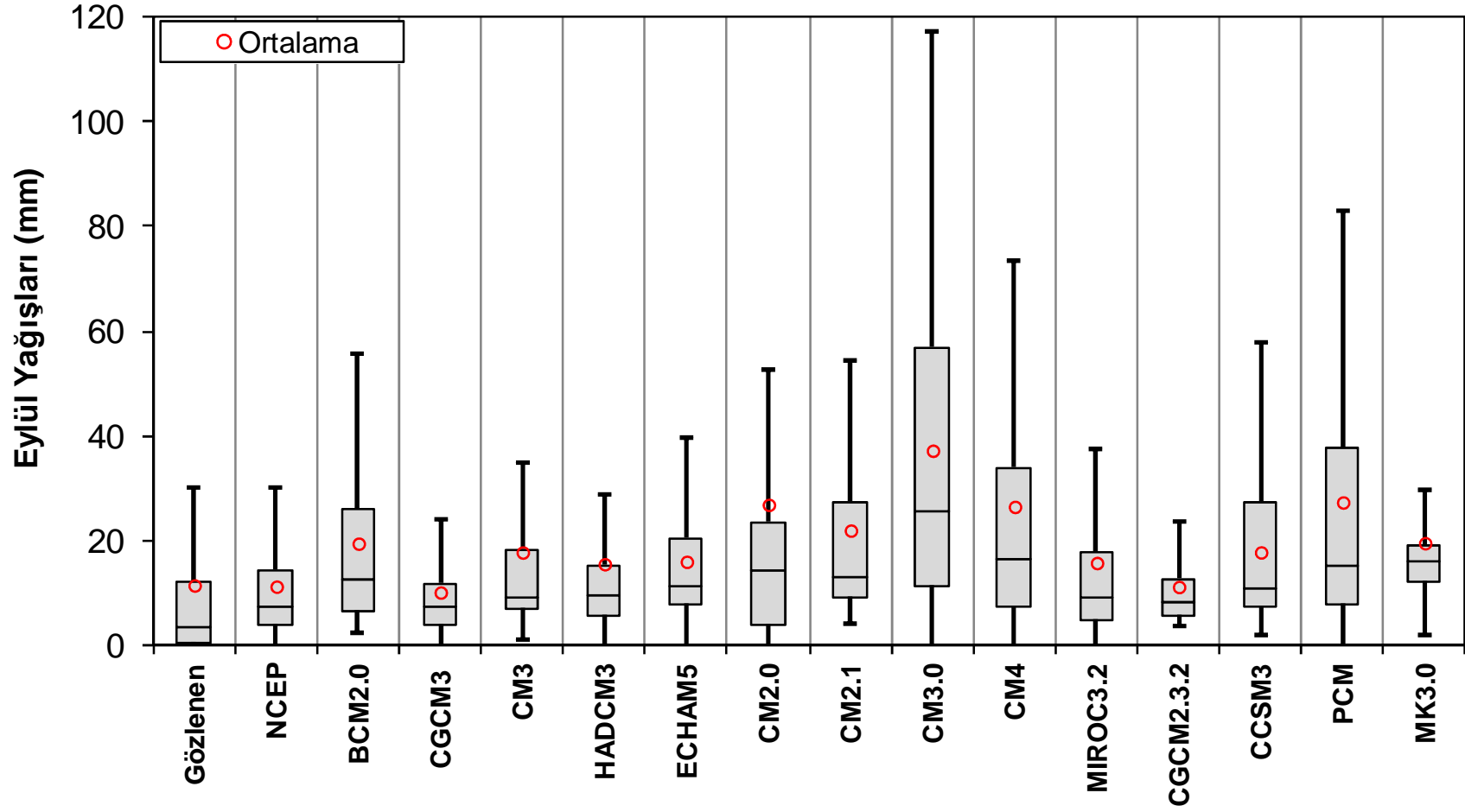
Şekil 4.15 Tahtalı havzasına indirgenen Haziran yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



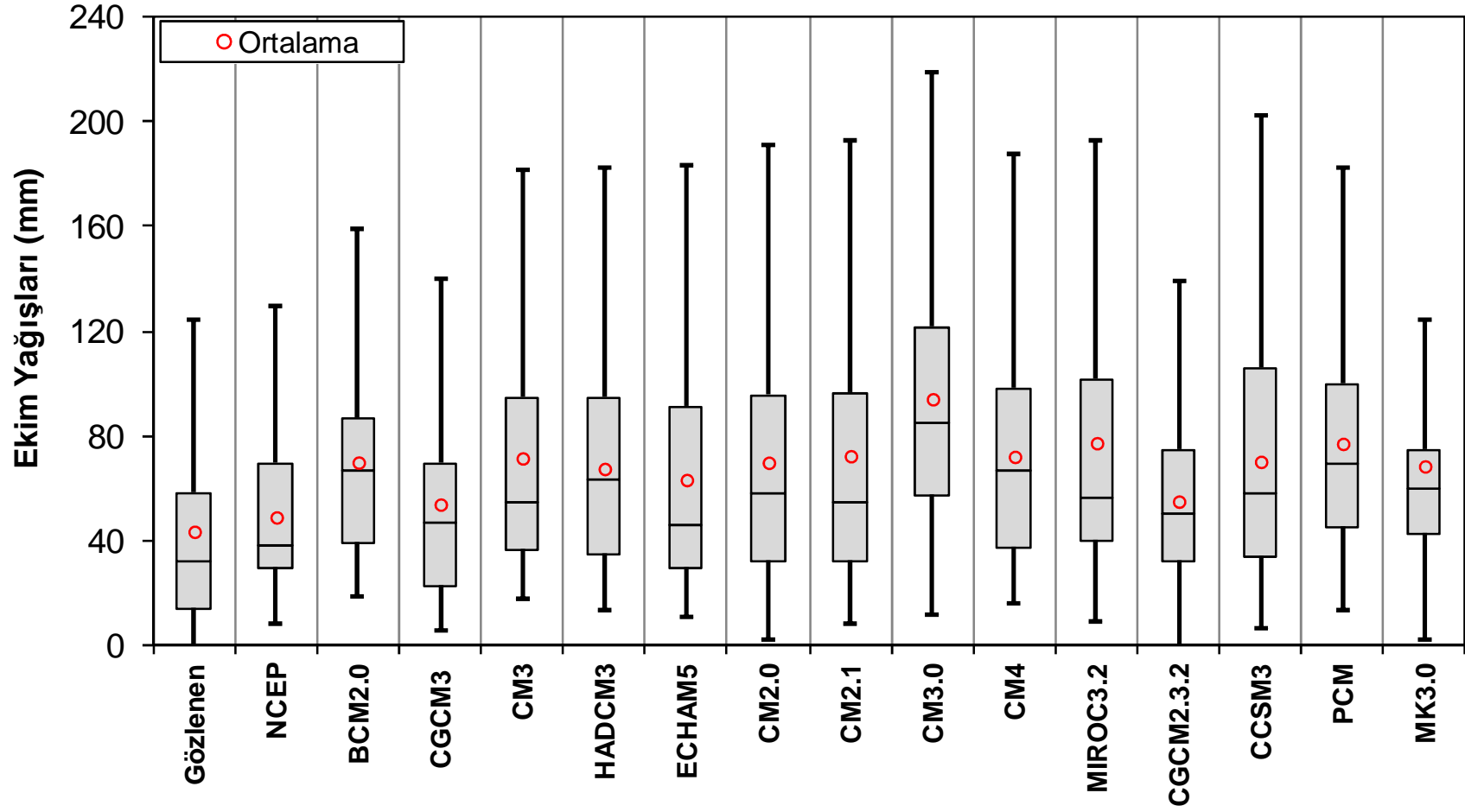
Şekil 4.16 Tahtalı havzasına indirgenen Temmuz yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



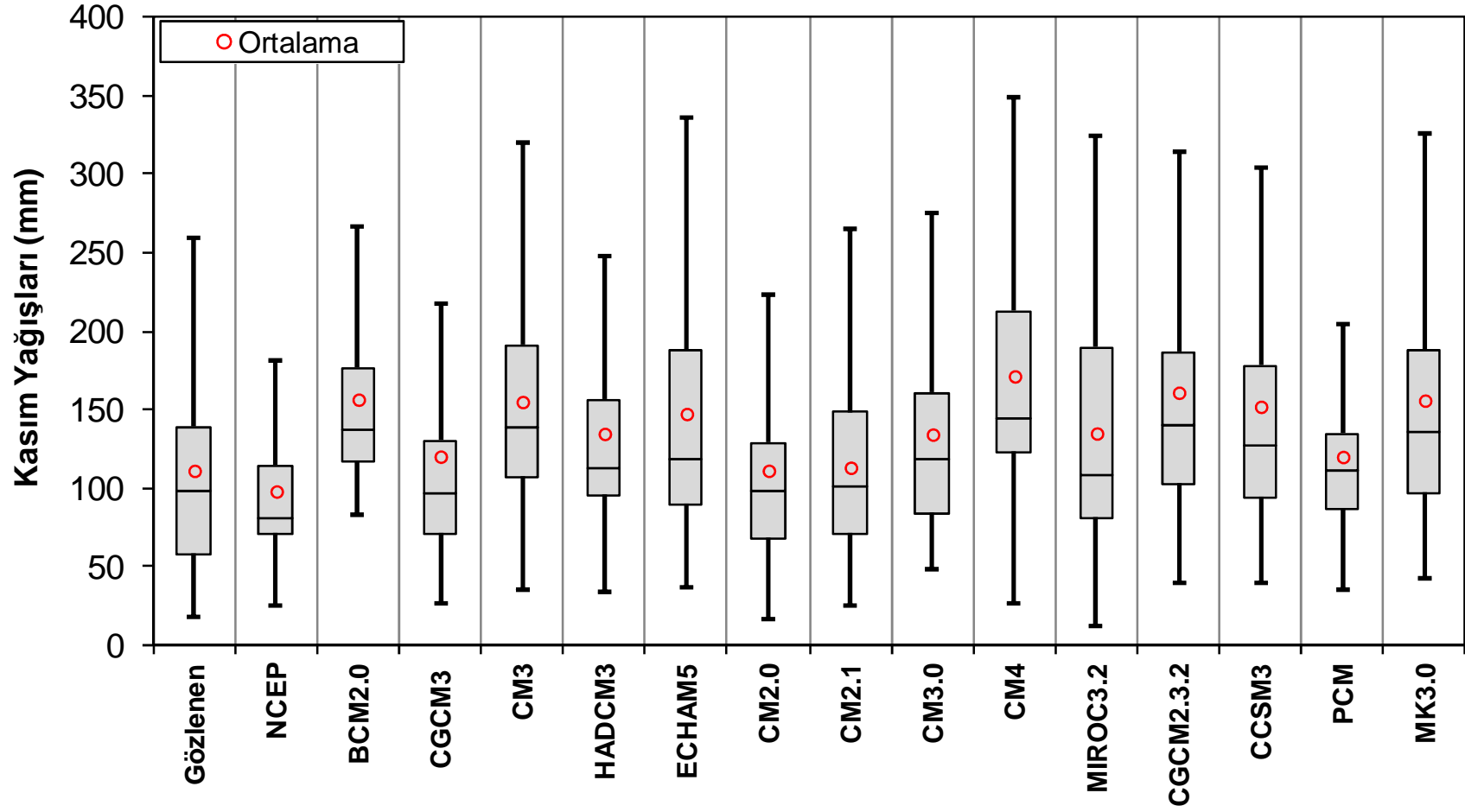
Şekil 4.17 Tahtalı havzasına indirgenen Ağustos yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



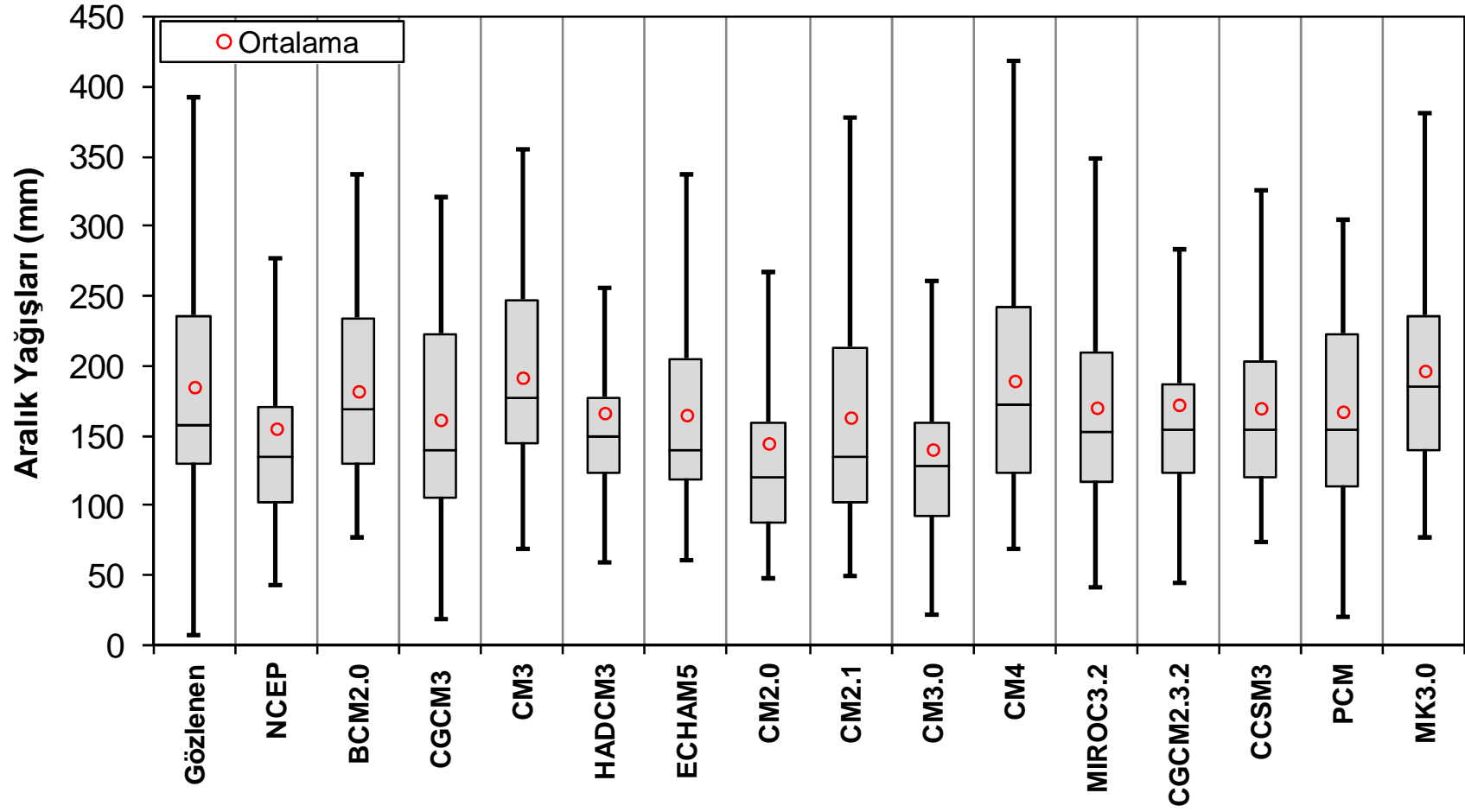
Şekil 4.18 Tahtalı havzasına indirgenen Eylül yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



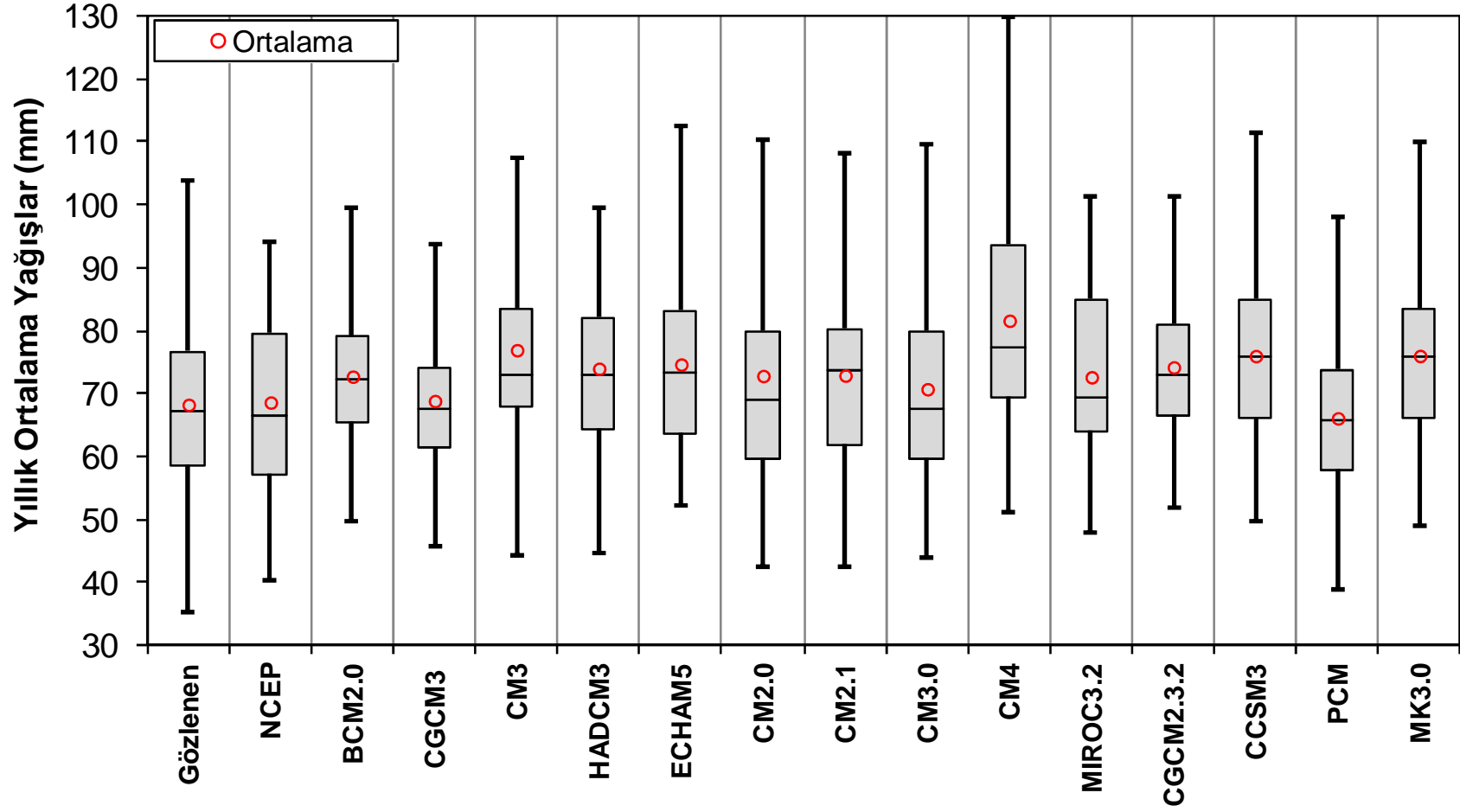
Şekil 4.19 Tahtalı havzasına indirgenen Ekim yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



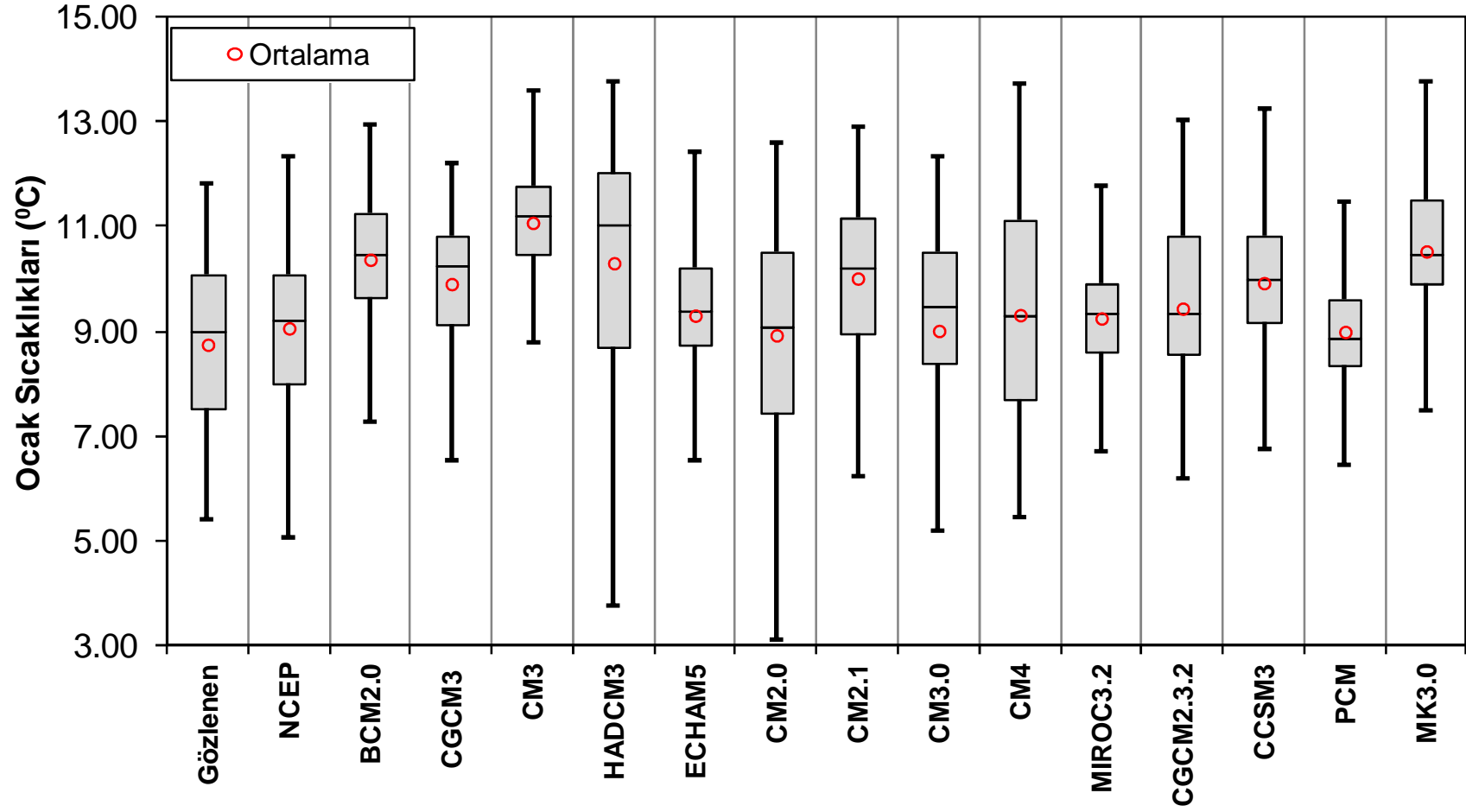
Şekil 4.20 Tahtalı havzasına indirgenen Kasım yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



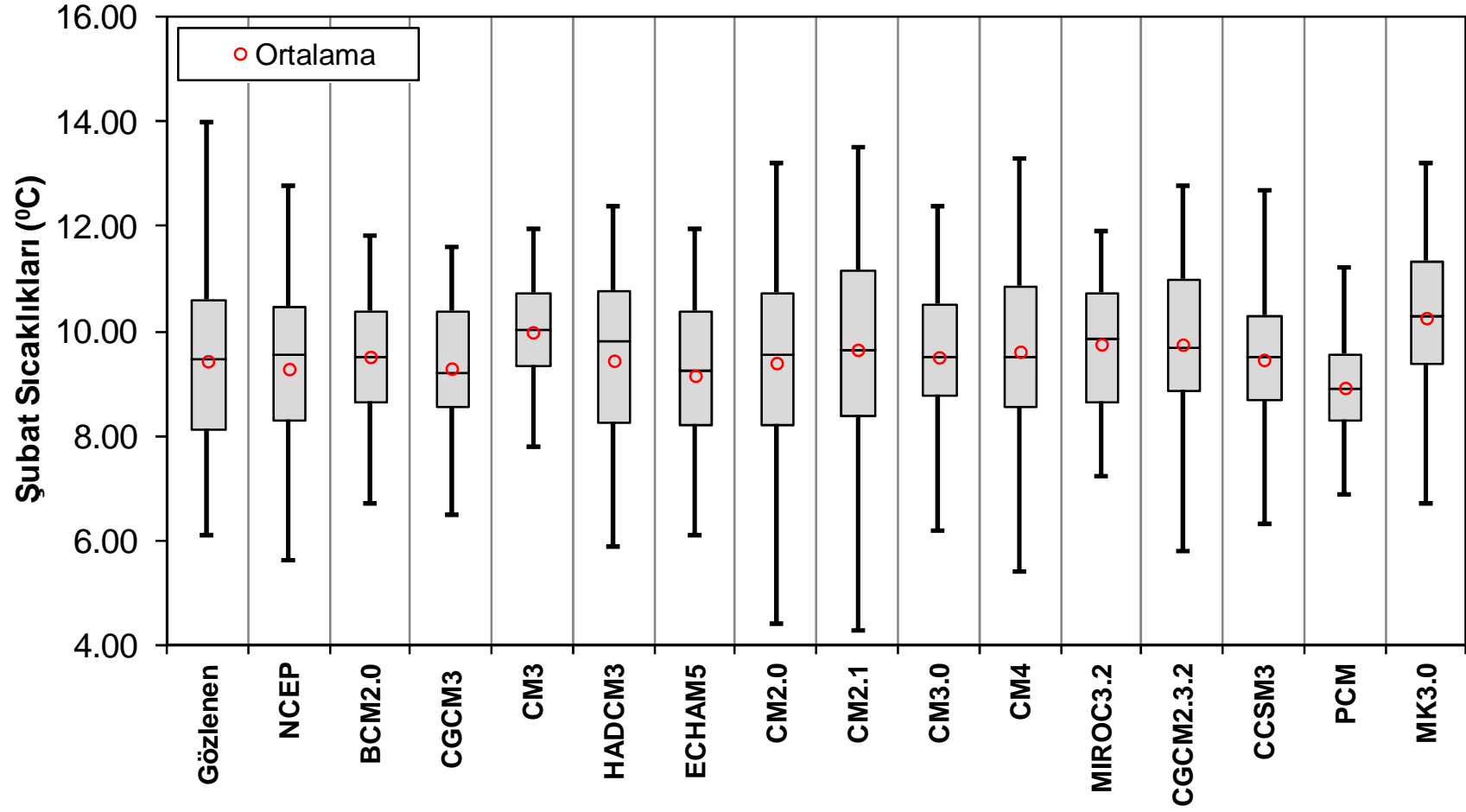
Şekil 4.21 Tahtalı havzasına indirgenen Aralık yağışlarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



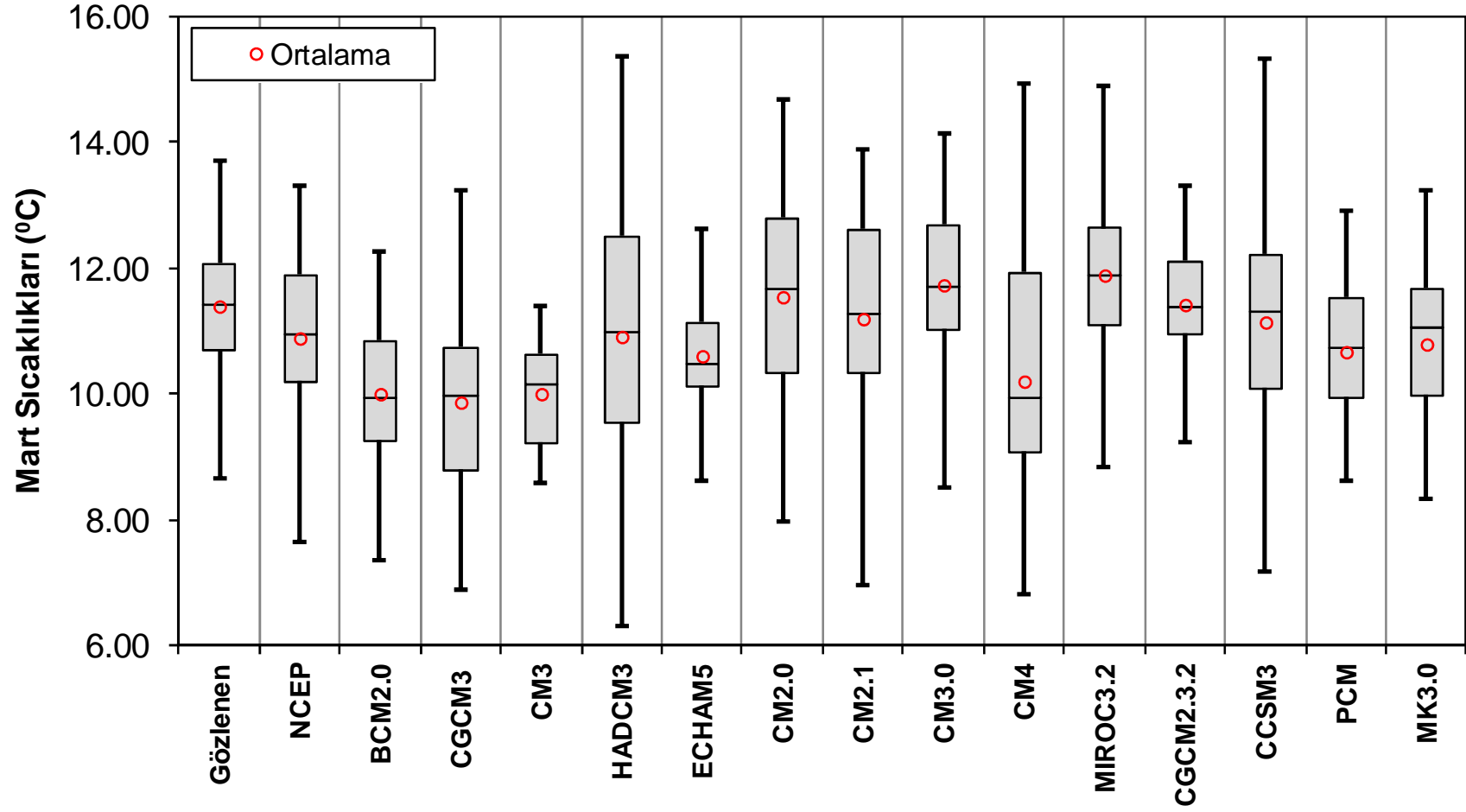
Şekil 4.22 Tahtalı havzasına indirgenen yıllık yağışların 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



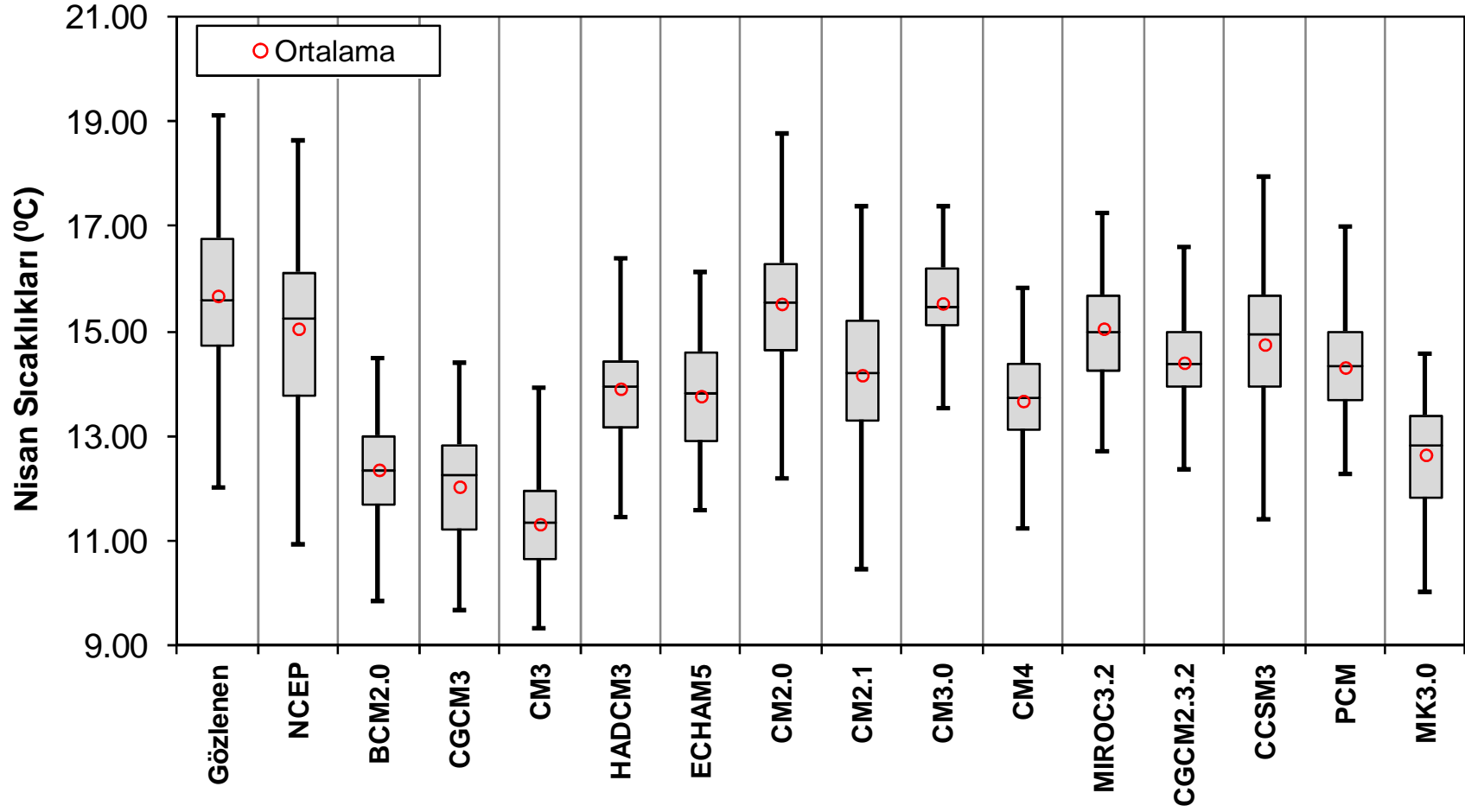
Şekil 4.23 Tahtalı havzasına indirgenen Ocak sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



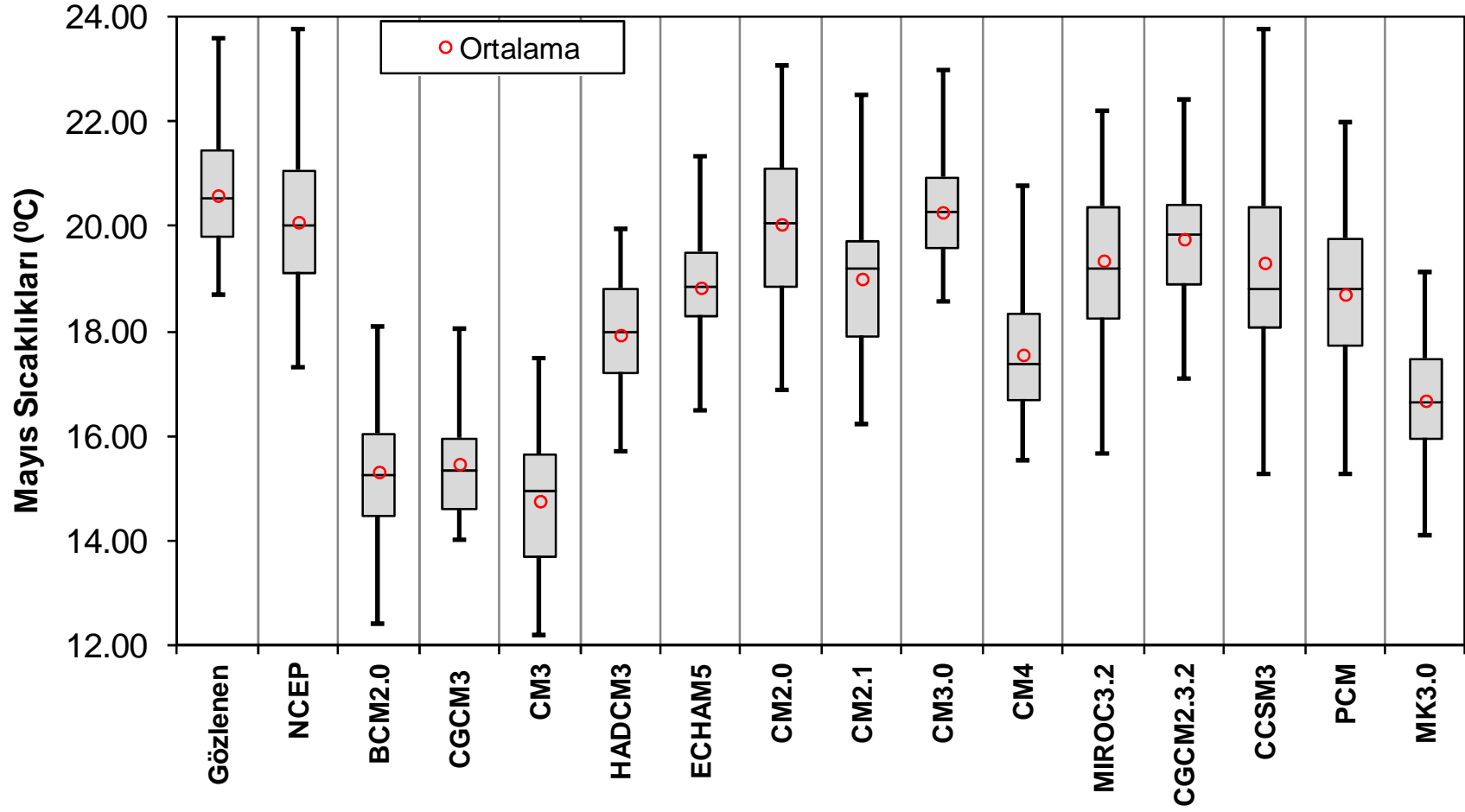
Şekil 4.24 Tahtalı havzasına indirgenen Şubat sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



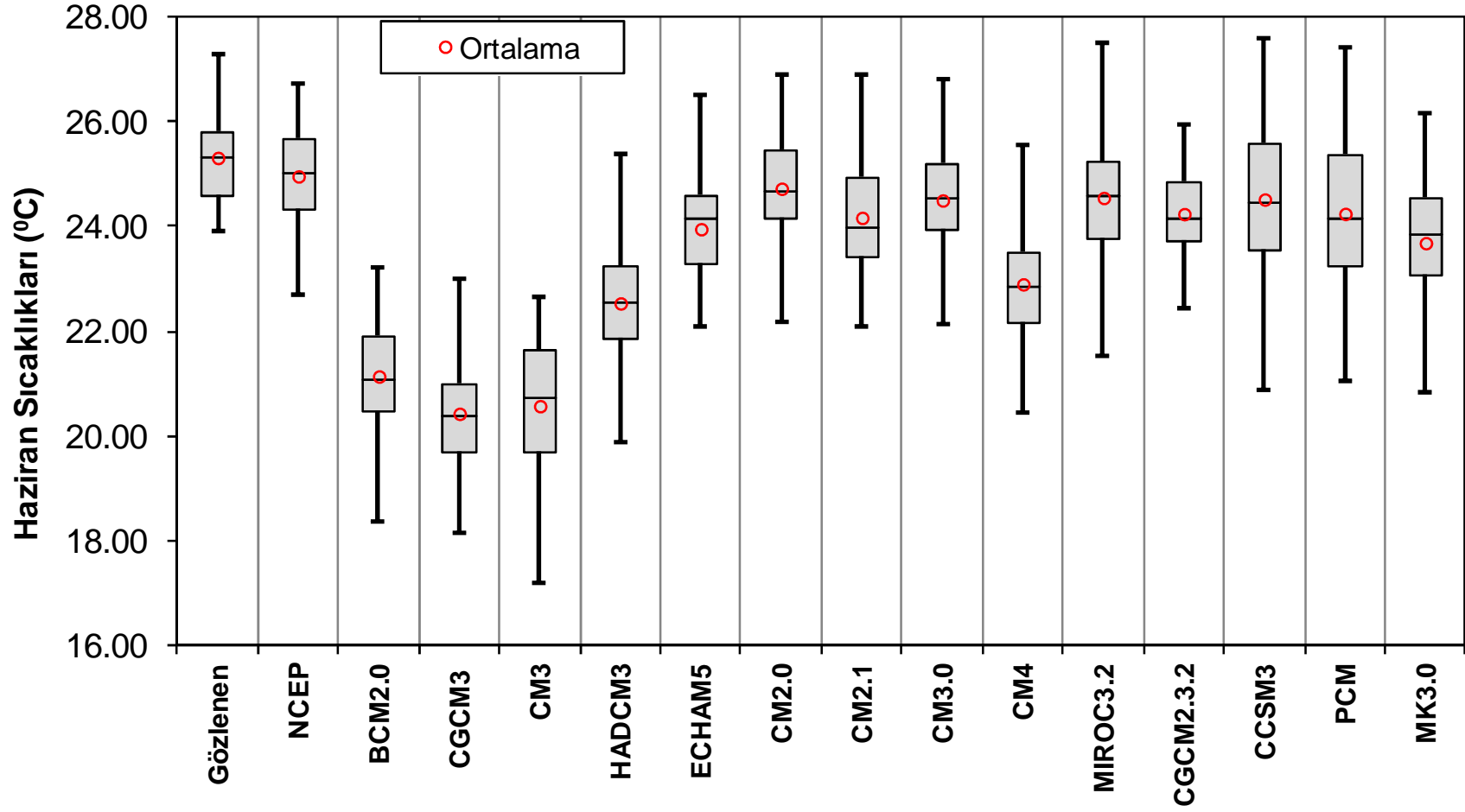
Şekil 4.25 Tahtalı havzasına indirgenen Mart sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



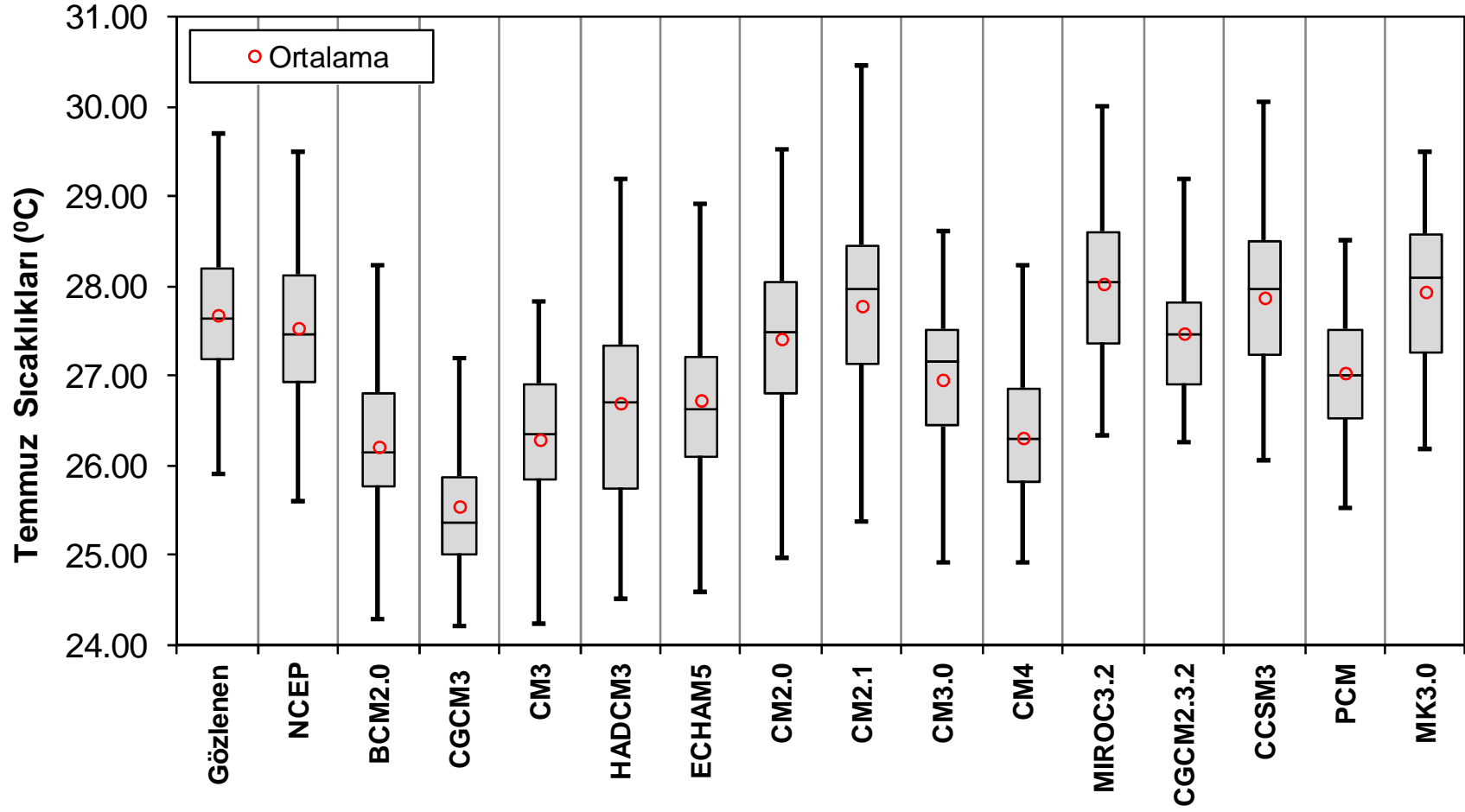
Şekil 4.26 Tahtalı havzasına indirgenen Nisan sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



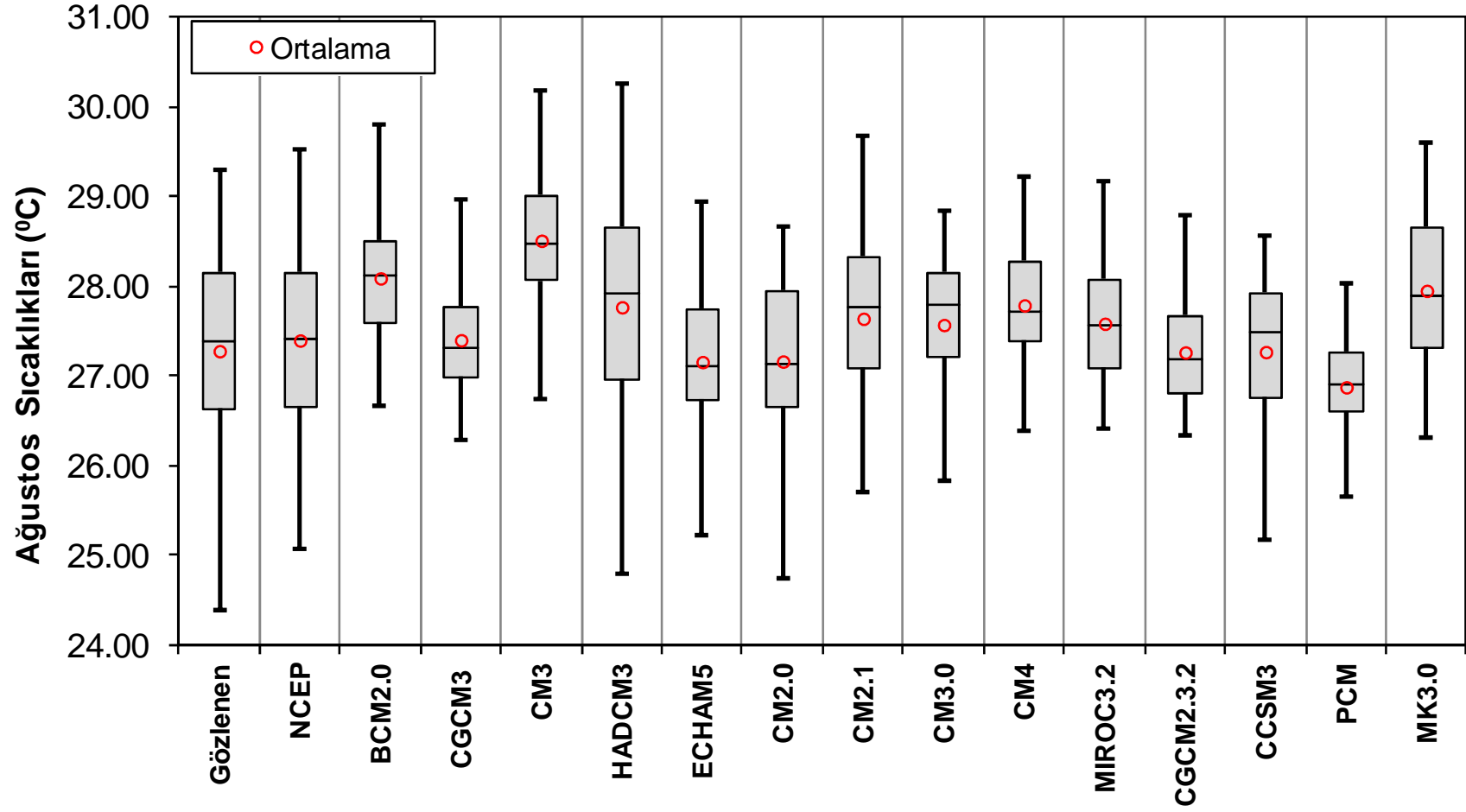
Şekil 4.27 Tahtalı havzasına indirgenen Mayıs sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



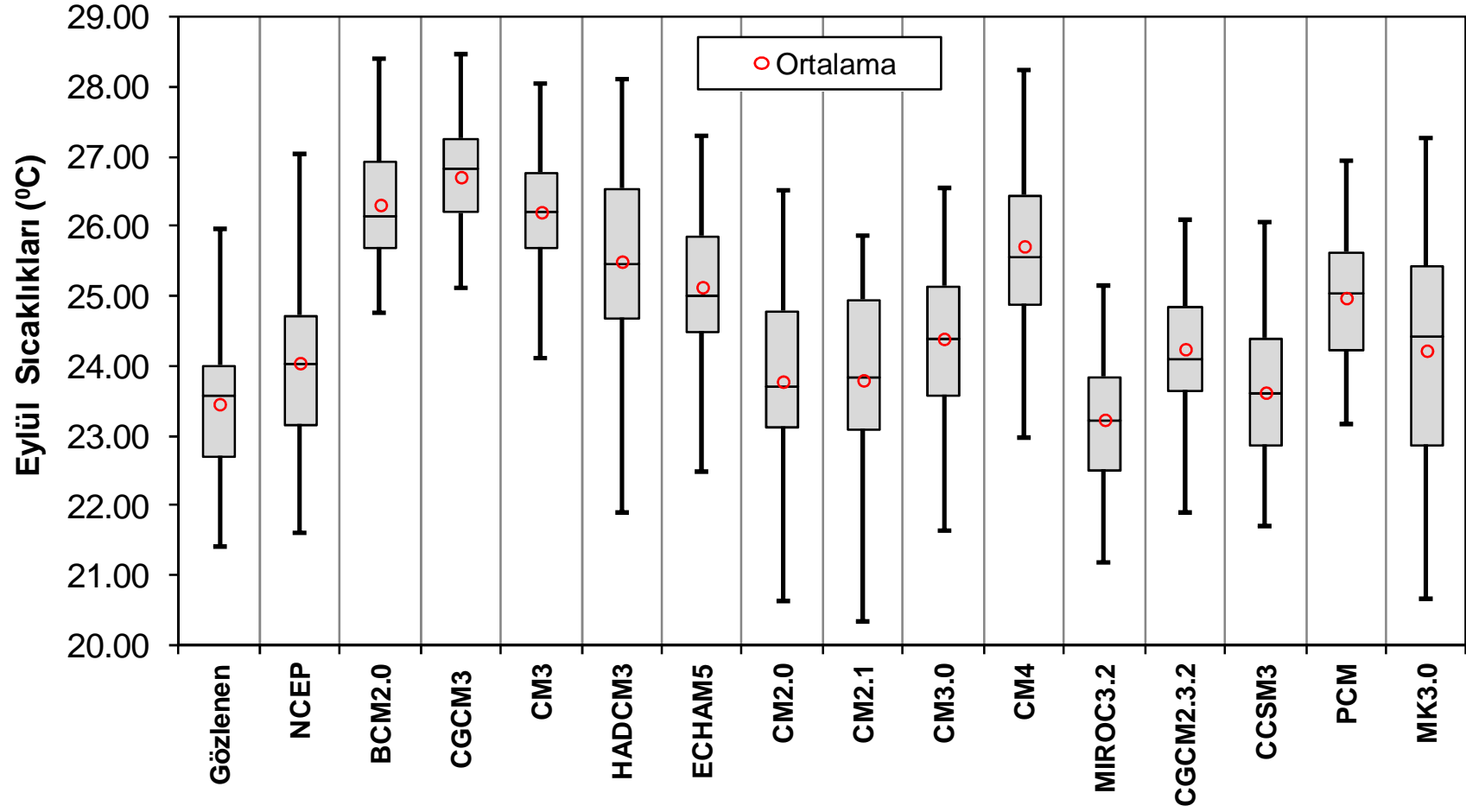
Şekil 4.28 Tahtalı havzasına indirgenen Haziran sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



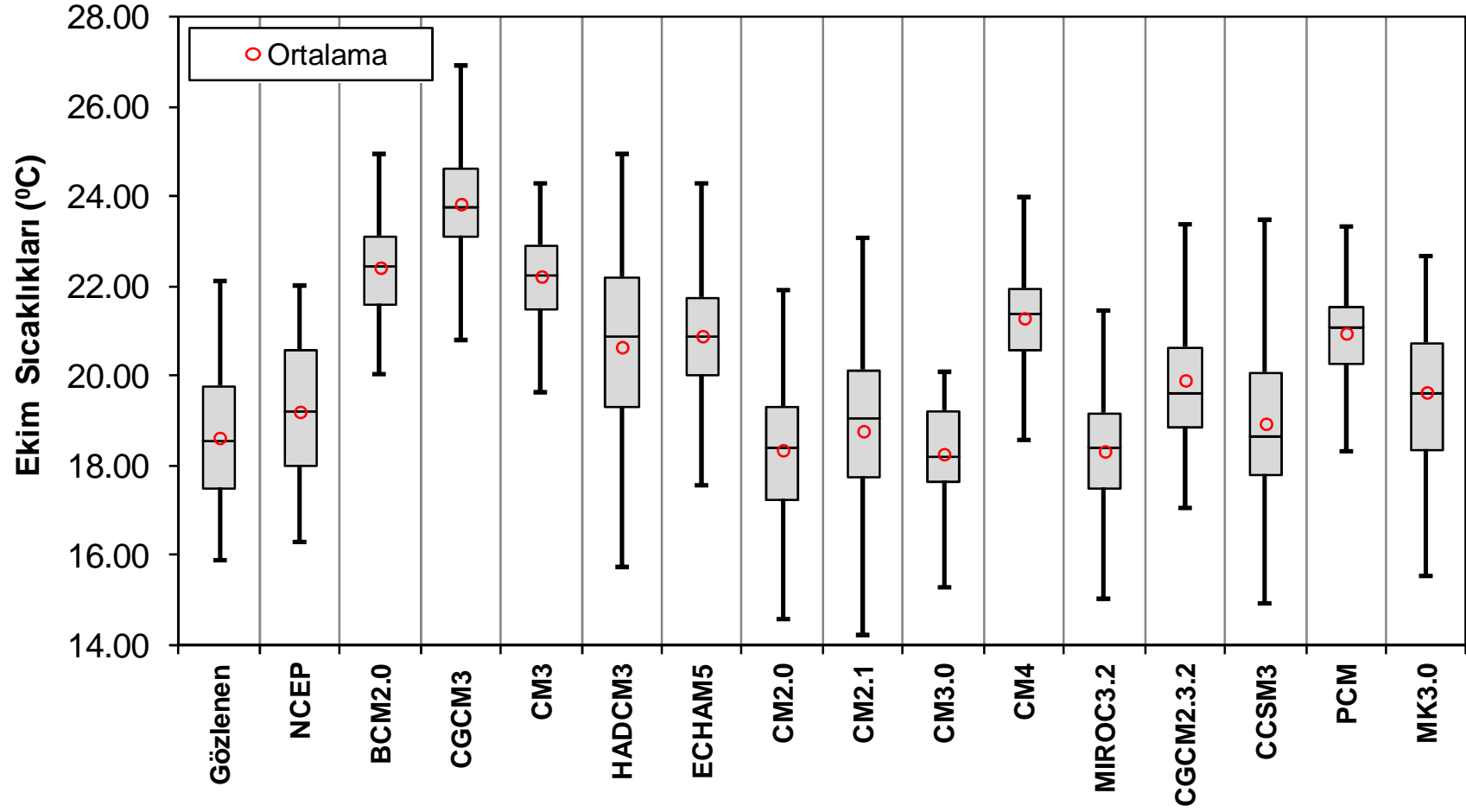
Şekil 4.29 Tahtalı havzasına indirgenen Temmuz sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



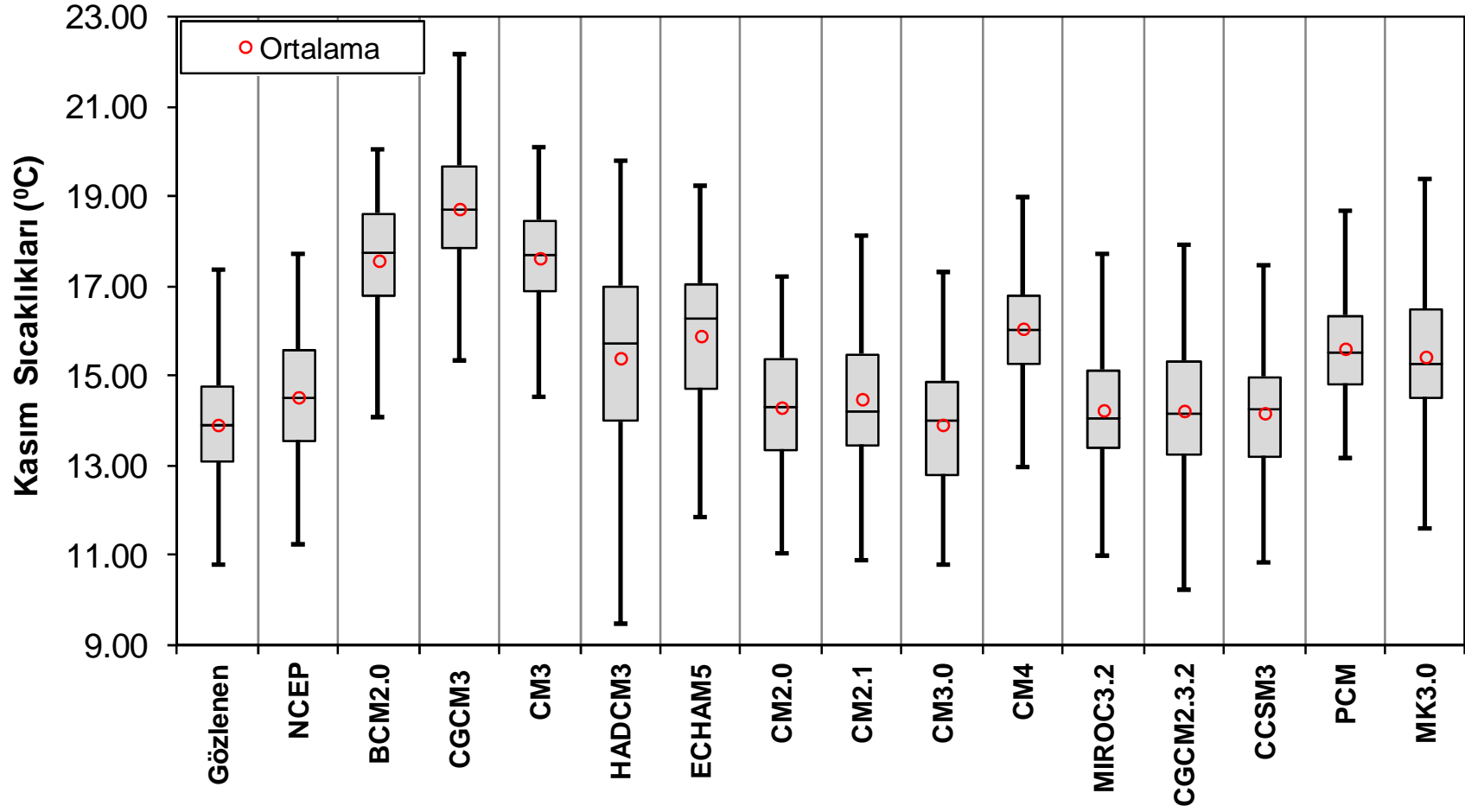
Şekil 4.30 Tahtalı havzasına indirgenen Ağustos sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



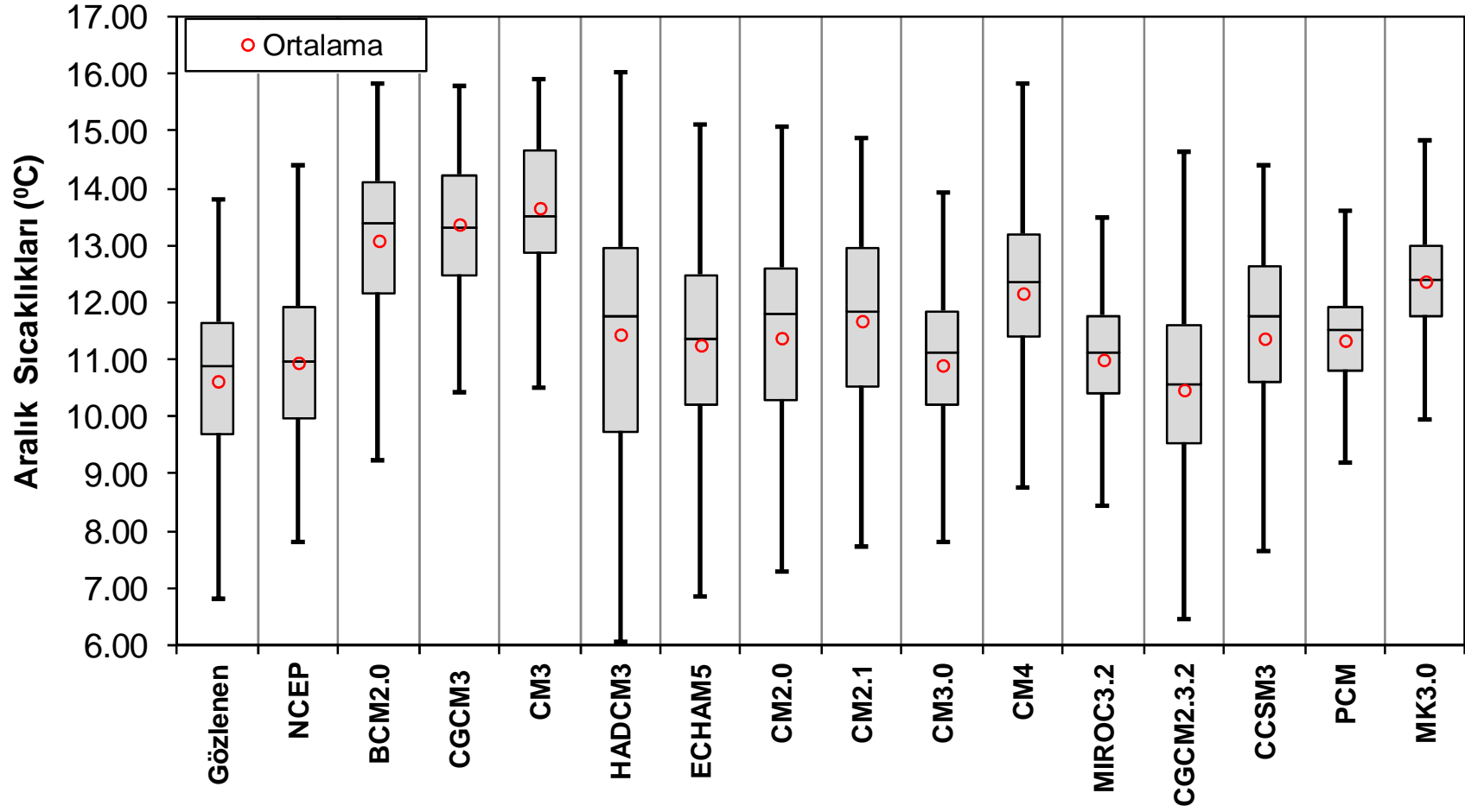
Şekil 4.31 Tahtalı havzasına indirgenen Eylül sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



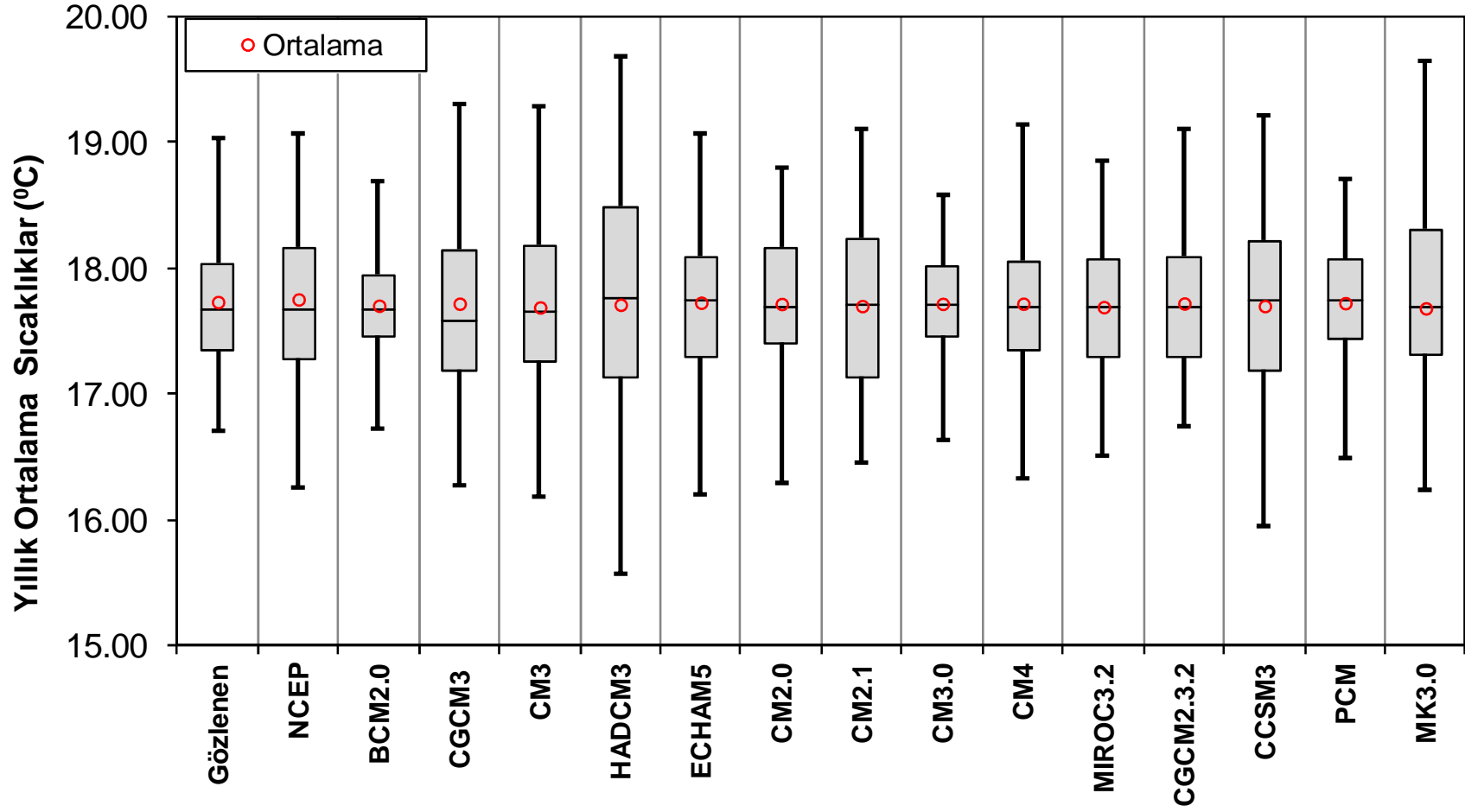
Şekil 4.32 Tahtalı havzasına indirgenen Ekim sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



Şekil 4.33 Tahtalı havzasına indirgenen Kasım sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



Şekil 4.34 Tahtalı havzasına indirgenen Aralık sıcaklıklarının 20C3M dönemi box-plot gösterimleri



Şekil 4.35 Tahtalı havzasına indirgenen yıllık sıcaklıkların 20C3M dönemi box-plot gösterimleri

Tablo 4.41 Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait yağışların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi (+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

BCM2.0	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
t testi	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+
f testi	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

CGCM3	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+
t testi	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
f testi	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+

CM3	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
t testi	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-
f testi	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tablo 4.41(devam) Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait yağışların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi
(+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

MK3.0	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
t testi	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
f testi	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

ECHAM5	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
t testi	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-
f testi	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+

CM2.0	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+
t testi	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+
f testi	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+

Tablo 4.41 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait yağışların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi (+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

CM2.1	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+
t testi	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
f testi	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

CM3.0	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
t testi	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
f testi	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

CM4	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
t testi	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-
f testi	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tablo 4.41 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait yağışların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi (+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

MIROC3.2	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
t testi	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+
f testi	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

CGCM2.3.2	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-
t testi	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+	-
f testi	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Bağımsızlık testi	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+

CCSM3	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
t testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
f testi	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-

Tablo 4.41 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait yağışların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi (+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

PCM	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+
t testi	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
f testi	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

HADCM3	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
t testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
f testi	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-

Tablo 4.42 Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait sıcaklıkların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi
(+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

BCM2.0	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
t testi	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
f testi	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-

CGCM3	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
t testi	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
f testi	+	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-
Mann-Kendall testi	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-

CM3	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
t testi	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
f testi	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-
Bağımsızlık testi	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-
Mann-Kendall testi	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 4.42 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait sıcaklıkların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi
(+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

MK3.0	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
t testi	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
f testi	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
Bağımsızlık testi	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
Mann-Kendall testi	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-

ECHAM5	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+
t testi	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+
f testi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

CM2.0	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
t testi	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+
f testi	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

Tablo 4.42 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait sıcaklıkların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi
(+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

CM2.1	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
t testi	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
f testi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-
Mann-Kendall testi	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

CM3.0	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+
t testi	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+
f testi	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

CM4	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
t testi	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
f testi	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+

Tablo 4.42 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait sıcaklıkların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi (+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

MIROC3.2	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
t testi	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
f testi	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

CGCM2.3.2	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+
t testi	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+
f testi	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Bağımsızlık testi	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-
Mann-Kendall testi	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-

CCSM3	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
t testi	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
f testi	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-
Mann-Kendall testi	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+

Tablo 4.42 (devam) Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerine ait sıcaklıkların 20C3M dönemi test istatistiklerinin toplu gösterimi
(+ sembolü belirlenen önem düzeyinde hipotezin kabul edildiği, - sembolü ise reddedildiği anlamını taşımaktadır)

PCM	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
t testi	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
f testi	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+
Bağımsızlık testi	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-
Mann-Kendall testi	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-

HADCM3	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Mann-Whitney U testi	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
t testi	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
f testi	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-
Bağımsızlık testi	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-
Mann-Kendall testi	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-

4.4 Kombine İklim Modeli

İklim modellerinin uygulama havzasına indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri incelendiğinde, model tahminlerinin birbirinden farklı istatistiklere ve dağılımlara sahip olduğu görülmektedir. Literatürde de iklim modellerine ve tahminlerine dair farklılıkları ve belirsizlikleri konu alan bazı önemli çalışmalar yer almaktadır (Knutti, 2008; Reichler ve Kim, 2008; Gleckler ve ark., 2008). Hatta Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) bünyesinde, model farklılıklarını inceleyen çalışma grupları tarafından yürütülen önemli faaliyetler bulunmaktadır (Coupled Model Intercomparison Project-CMIP). Bu çalışmalara ait detaylara <http://cmip-pcmdi.llnl.gov> internet sitesinden erişilebilmektedir. Bu kapsamda model simülasyonlarının birlikte değerlendirilmesine dayanan bazı yaklaşımlar da (multi-model ensembles) araştırmacılar tarafından ele alınmıştır (Annan ve Hergreaves, 2010; Knutti ve ark., 2010a).

Bunların yanı sıra, çoklu model projeksiyonlarının kombine edilmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili olarak IPCC çalışma grubu tarafından 25-27 Ocak 2010'da sunulan bir çalışmada bazı önerilere ve konuyla alakalı bir literatür özetine yer verilmiştir (Knutti ve ark., 2010b). Bu öneriler, istatistiksel performans ölçütlerine bağlı iklim modeli seçimi, model sonuçlarının ortalamalarının kullanımı, model sonuçlarının ağırlıklı ortalamalarının kullanımı başlıkları altında sunulmuştur.

Hazırlanan tez çalışmasında ise, modellerin günümüz iklimini temsil eden 20C3M dönemi simülasyon sonuçları ile gözlenen dönem istatistikleri farklı performans ölçütlerine bağlı olarak kıyaslanarak modellerin her bir ayı temsil edebilme yetenekleri sınanmıştır (Bkz: Bölüm 4.3). %95 güven düzeyinde uygulanan beş testin tamamında ya da tamamına yakınında olumlu sonuç veren modeller arasından en uygun olanları belirlenerek bu modellerin karışımından oluşturulacak bir “*Kombine İklim Modeli*” gelecek dönem tahminleri açısından daha tutarlı olacaktır.

Tablo 4.43 ve Tablo 4.44'te belirtilen iklim modellerinin indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri ile oluşturulan Kombine iklim modellerinin 20C3M (1950-1999) ile 2001-2099 dönemlerindeki ortalama istatistikleri ve gelecek dönem senaryo

tahminlerinin 20C3M istatistiklerine göre değişimleri Tablo 4.45 ve Tablo 4.46’da gösterilmektedir. Bölüm 4.2’de, M-W, *f* ve *t* testlerinden yararlanılarak ve küresel iklim modellerinin 20C3M dönemi yıllık istatistikleri referans alınarak SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarına ait tahminlerin günümüz istatistiklerine kıyasla ne ölçüde farklılıklar taşıdığı irdelenmişti. Benzer kıyaslamalar Kombine iklim modelleri için de yapılarak SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarının mevsimsel ve yıllık istatistiklerindeki değişimler Tablo 4.47-Tablo 4.56’da sunulmuştur.

Sonuçlar yağış ortalamaları ve homojenlikleri açısından incelendiğinde şu sonuçlara varılmıştır. Kombine iklim modelinin kış mevsimi yağışlarının her üç senaryo için de herhangi bir dönemde istatistiksel açıdan anlamlı değişime uğramayacağı öngörülmektedir. İlkbahar yağışlarında SRES-A2 senaryosuna göre 2001-2019 döneminde %50.9, 2020-2039 döneminde %23.9 ve 2080-2099 döneminde %30.2 mertebesinde azalışlar öngörülmektedir. Diğer iki senaryo için ise istatistiksel açıdan anlamlı değişimler saptanmamıştır. Yaz yağışlarında anlamlı değişimlerin 2060-2099 dönemini kapsadığı görülmektedir. 2060-2079 döneminde SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryoları için sırasıyla %38.6, %68.7 ve %45.1 oranlarında azalışlar, 2080-2099 döneminde ise SRES-A1B ve SRES-A2 senaryoları için %92.8 ve %79.7 oranlarında azalışlar, SRES-B1 senaryosu için %83.4 oranında bir artış belirlenmiştir. Sonbahar yağışlarında ise, senaryoların genelinde tüm dönemlerde anlamlı veya anlamlı olmayan azalışlar öngörülmektedir. Özellikle SRES-A1B senaryosunda 2020-2099 döneminin tamamını kapsayan %20.5~%46.1 aralığında azalışlar göze çarpmaktadır. SRES-A2 senaryosunda da 2040-2059 dönemi dışında anlamlı azalış oranları tespit edilmiş olup, bu oranlar 2020-2039 dönemi için %30.5, 2060-2079 dönemi için %55.5 ve 2080-2099 dönemi için %64.8 civarındadır. SRES-B1 senaryosunun 2001-2019 döneminde öngörülen %19.1 ve 2040-2059 döneminde öngörülen %15.8 anlamlı olmayan azalış oranlarının yanı sıra 2020-2039 döneminde %29.1, 2060-2079 döneminde %33.7 ve 2080-2099 döneminde %23.7 oranlarında öngörülen azalışlar dikkat çekmektedir. Sonuç itibarıyla, her üç senaryo için *istatistiksel açıdan en fazla anlamlı değişimin öngörüldüğü mevsimin sonbahar mevsimi olduğu* sonucu çıkarılabilir.

Tabl 4.43 Aylık yağışları iyi temsil eden iklim modelleri

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
CM2.0	PCM	CCSM3	CM3.0	CM2.0	PCM	HADCM3	HADCM3	HADCM3	CGCM3	CM2.0	CM4

Tabl 4.44 Aylık sıcaklıkları iyi temsil eden iklim

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
CM2.0	HADCM3	CM2.0	CM2.0	CM3.0	CM2.0	CM2.1	CCSM3	CCSM3	CM2.1	CM3.0	CGCM2.3.2

Tüm bu değişimlerin neticesinde, Kombine iklim modelinin SRES-B1 senaryosuna ait yıllık ortalama yağışların herhangi bir dönemde istatistiksel açıdan anlamlı değişime uğramayacağı öngörülmektedir. SRES-A1B senaryosu kapsamında ise tüm dönemlerde azalışlar öngörülmektedir. Ancak bu azalışlar yalnızca 2060-2079 ve 2080-2099 dönemlerinde anlamlı düzeyde olup sırasıyla %19.4 ve %11.3 mertebelerindedir. SRES-A2 senaryosuna göre ise 2040-2059 dönemi dışındaki tüm dönemlerde %11~%26.5 aralığında azalışlar hesaplanmıştır. Bu değerlere göre her üç senaryo içinde *en fazla değişimin öngörüldüğü senaryonun SRES-A2 senaryosu olduğu* sonucu çıkarılabilir.

Diğer küresel iklim modellerinde olduğu gibi Kombine iklim modeline ait yağışların standart sapma istatistiği için de benzer incelemeler yapılmıştır. Buna göre, Kombine iklim modelinin kış mevsimi ve yıllık standart sapma değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı değişimler öngörülmemektedir. Yaz mevsiminde SRES-A1B, SRES-2 ve SRES-B1 senaryolarının 2080-2099 dönemleri için sırasıyla %75.9 azalış, %55 azalış ve %120.6 artış oranları belirlenmiştir. İlkbahar mevsiminde SRES-A1B ve SRES-B1 senaryoları için anlamlı bir değişim öngörülmezken, SRES-A2 senaryosunda ise 2001-2039 dönemini kapsayan yaklaşık %40 oranında bir azalış olacağı öngörülmektedir. Sonbahar mevsiminde ise SRES-A2 senaryosu için anlamlı bir değişim öngörülmezken, SRES-A1B senaryosunun 2080-2099 döneminde %52.2 artış ve SRES-B1 senaryosunun 2020-2039 döneminde %35.0 azalış oranları tespit edilmiştir.

Kombine iklim modeline ait mevsimsel ve yıllık sıcaklık istatistikleri de çalışma kapsamında ele alınmıştır. *t* testi ve non-parametrik homojenlik testi sonuçları değerlendirildiğinde Kombine iklim modelinin genel olarak tüm dönemlerinde anlamlı değişimler öngörülmektedir. Kombine iklim modelinin SRES-A1B senaryosunun 2001-2019 dönemi ilkbahar sıcaklıklarında ve SRES-A2 senaryosunun yine 2001-2019 dönemi sonbahar sıcaklıklarında öngörülen artışlar ise istisnai durumlar olup istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde değildirler. Ayrıca, her üç senaryo sonucu dikkate alındığında da Kombine iklim modeline ait yıllık ve mevsimsel sıcaklık ortalamalarının genel olarak her yirmişer yıllık dönemde giderek artacağı

öngörülmektedir. Küresel iklim modellerinde olduğu gibi önerilen *Kombine iklim modelinde de en fazla artış SRES-A2 senaryosunda* öngörülmektedir. Özellikle senaryoya ait 2080-2099 döneminde kış mevsiminde 4.1 °C, ilkbahar mevsiminde 3.0 °C, yaz mevsiminde 3.7 °C ve sonbahar mevsiminde 4.3 °C sıcaklık artışı öngörülürü dikkat çekicidir. Buna göre 2080-2099 dönemi için en fazla artışın sonbahar mevsiminde hissedileceği sonucu çıkarılabilir. Senaryoya göre yıllık ortalamalarda ise aynı dönemde 3.8 °C artış olacağı öngörülmektedir. Standart sapma değerlerindeki değişimler incelendiğinde ise bu değişimlerin tüm mevsimler ve yıllık istatistikler için anlamlı düzeyde olmadıkları saptanmıştır.

Tablo 4.45 Kombine iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) yağış ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimler**

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	152.02	121.34	89.83	48.52	35.11	9.71	3.50	1.32	15.66	54.09	111.66	189.94	69.39
	2001-2019	130.29	100.97	88.02	49.49	39.16	5.10	4.30	3.16	16.98	34.61	130.38	222.56	68.75
SRES-A1B	2020-2039	131.69	132.46	80.79	35.03	33.94	3.36	7.70	3.51	10.84	23.18	110.18	204.75	64.79
	2040-2059	158.97	87.54	95.13	47.99	31.59	2.07	4.92	4.55	7.07	37.88	63.21	226.41	63.94
SRES-A1B	2060-2079	129.49	104.13	97.59	30.93	26.87	0.76	4.29	3.87	5.61	29.22	62.94	175.65	55.95
	2080-2099	147.14	126.32	114.43	31.11	21.65	1.05	0.00	0.00	7.86	29.08	90.18	169.72	61.54
SRES-A2	2001-2019	142.08	115.01	20.87	35.54	28.74	6.40	3.98	2.03	12.38	50.90	119.05	170.98	59.00
	2020-2039	140.21	95.51	69.53	32.79	29.59	5.43	5.35	2.45	13.54	25.61	86.89	190.95	58.16
SRES-A2	2040-2059	164.89	94.12	113.57	45.41	32.51	1.13	6.22	2.17	21.69	35.83	118.22	218.62	71.20
	2060-2079	137.02	127.19	117.30	32.46	30.03	0.20	2.89	1.46	7.74	14.88	58.15	212.08	61.78
SRES-A2	2080-2099	148.27	103.73	68.16	32.62	20.32	2.95	0.00	0.00	10.77	8.90	44.12	171.92	50.98
	2001-2019	151.27	105.18	96.74	32.22	43.52	6.44	5.60	1.74	13.43	37.89	95.37	251.95	70.11
SRES-B1	2020-2039	136.93	98.70	91.72	36.28	34.86	4.84	5.08	3.45	5.75	38.05	84.86	232.88	64.45
	2040-2059	144.05	91.04	111.72	40.20	39.16	2.02	7.23	3.56	10.06	47.22	95.56	192.59	65.37
SRES-B1	2060-2079	167.96	89.42	99.16	56.11	44.75	4.55	1.92	1.52	8.65	30.60	81.11	260.91	70.55
	2080-2099	154.89	95.16	101.36	38.19	42.29	10.14	10.25	6.26	6.67	26.84	104.83	188.42	65.44

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-14.29	-16.79	-2.02	2.00	11.54	-47.48	22.99	138.77	8.43	-36.02	16.77	17.17	-0.92
	2020-2039	-13.37	9.16	-10.07	-27.80	-3.32	-65.40	120.05	165.23	-30.80	-57.15	-1.32	7.80	-6.64
SRES-A1B	2040-2059	4.57	-27.85	5.90	-1.08	-10.02	-78.70	40.56	244.15	-54.86	-29.98	-43.38	19.20	-7.85
	2060-2079	-14.83	-14.18	8.63	-36.24	-23.47	-92.20	22.61	192.92	-64.16	-45.99	-43.63	-7.53	-19.38
SRES-A1B	2080-2099	-3.21	4.10	27.39	-35.88	-38.34	-89.16	-100.00	-100.00	-49.80	-46.25	-19.24	-10.65	-11.31
	2001-2019	-6.54	-5.22	-76.77	-26.75	-18.14	-34.12	13.86	53.69	-20.96	-5.91	6.63	-9.99	-14.98
SRES-A2	2020-2039	-7.77	-21.28	-22.60	-32.41	-15.72	-44.09	53.01	85.48	-13.55	-52.66	-22.18	0.53	-16.19
	2040-2059	8.46	-22.43	26.42	-6.40	-7.40	-88.33	77.69	64.09	38.49	-33.77	5.88	15.10	2.60
SRES-A2	2060-2079	-9.87	4.82	30.57	-33.09	-14.46	-97.96	-17.47	10.28	-50.55	-72.49	-47.92	11.66	-10.97
	2080-2099	-2.47	-14.52	-24.12	-32.76	-42.11	-69.59	-100.00	-100.00	-31.22	-83.55	-60.48	-9.49	-26.53
SRES-B1	2001-2019	-0.50	-13.32	7.69	-33.59	23.95	-33.73	60.16	31.71	-14.26	-29.96	-14.59	32.65	1.04
	2020-2039	-9.93	-18.66	2.10	-25.21	-0.72	-50.19	45.34	160.74	-63.31	-29.65	-24.00	22.61	-7.12
SRES-B1	2040-2059	-5.24	-24.97	24.36	-17.15	11.53	-79.21	106.66	169.11	-35.78	-12.70	-14.42	1.40	-5.80
	2060-2079	10.48	-26.31	10.38	15.66	27.45	-53.20	-45.25	14.68	-44.79	-43.43	-27.36	37.36	1.67
SRES-B1	2080-2099	1.89	-21.57	12.83	-21.28	20.46	4.42	193.02	373.73	-57.43	-50.39	-6.11	-0.80	-5.69

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.46 Kombine iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş (a) sıcaklık ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre farkları (Δt)*

		(a)												
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	8.94	9.45	11.55	15.54	20.28	24.73	27.79	27.28	23.63	18.79	13.93	10.48	17.70
	2001-2019	9.43	10.87	12.08	15.40	21.23	25.04	28.72	28.37	24.62	19.51	14.22	10.94	18.37
	2020-2039	10.34	11.55	12.58	16.21	21.85	25.68	29.27	29.06	25.23	19.90	15.38	11.78	19.07
	2040-2059	11.32	11.76	13.40	17.57	22.53	27.25	29.69	29.70	25.94	21.71	15.93	12.07	19.91
	2060-2079	11.55	13.85	14.32	17.62	21.91	27.45	30.19	30.08	26.54	22.22	16.47	13.01	20.43
SRES-A1B	2080-2099	12.86	14.08	14.27	18.46	22.45	28.07	30.83	30.01	27.07	22.23	15.70	13.30	20.78
	2001-2019	9.85	9.82	12.73	16.41	21.20	25.94	28.19	28.38	24.36	19.35	13.81	11.57	18.47
	2020-2039	10.21	10.82	12.77	16.79	21.27	25.64	28.64	28.76	25.26	19.03	15.23	11.88	18.86
	2040-2059	11.76	11.41	13.18	17.06	21.79	26.49	29.42	29.54	25.88	20.31	15.32	11.49	19.47
	2060-2079	12.08	13.72	14.10	17.48	22.66	27.20	30.13	30.24	27.12	21.23	16.37	13.25	20.46
SRES-A2	2080-2099	12.19	14.78	14.12	19.24	23.11	28.22	31.21	31.37	28.33	23.43	17.36	14.06	21.45
	2001-2019	10.40	10.56	12.73	15.43	21.37	25.40	28.62	28.26	24.71	19.86	14.41	10.86	18.55
	2020-2039	10.49	11.31	12.23	16.04	21.54	26.09	29.01	28.80	25.57	20.26	14.71	11.29	18.95
	2040-2059	10.95	11.97	13.12	17.24	21.26	26.05	29.07	29.12	25.32	20.12	15.14	11.50	19.24
	2060-2079	11.03	12.24	13.71	17.25	21.96	26.90	29.37	29.37	25.75	20.77	15.83	11.93	19.68
SRES-B1	2080-2099	11.38	13.37	13.82	17.05	21.87	26.59	29.69	29.02	25.77	20.74	15.76	12.18	19.77

		(b)												
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	0.49	1.42	0.52	-0.13	0.94	0.31	0.93	1.10	0.99	0.72	0.29	0.46	0.67
	2020-2039	1.40	2.10	1.02	0.67	1.57	0.95	1.48	1.78	1.60	1.11	1.45	1.30	1.37
	2040-2059	2.38	2.31	1.85	2.03	2.25	2.52	1.91	2.42	2.31	2.92	2.00	1.59	2.21
	2060-2079	2.61	4.40	2.76	2.08	1.63	2.71	2.40	2.80	2.91	3.43	2.54	2.53	2.73
	2080-2099	3.93	4.63	2.72	2.93	2.16	3.34	3.04	2.73	3.43	3.44	1.77	2.81	3.08
SRES-A2	2001-2019	0.91	0.37	1.18	0.88	0.91	1.20	0.40	1.10	0.73	0.56	-0.12	1.09	0.77
	2020-2039	1.28	1.37	1.21	1.26	0.99	0.91	0.86	1.48	1.63	0.54	1.30	1.40	1.16
	2040-2059	2.82	1.96	1.62	1.53	1.51	1.76	1.63	2.27	2.25	1.52	1.38	1.00	1.77
	2060-2079	3.14	4.27	2.54	1.94	2.38	2.46	2.34	2.96	3.49	2.45	2.44	2.76	2.77
	2080-2099	3.26	5.33	2.57	3.71	2.82	3.49	3.43	4.09	4.70	4.64	3.43	3.58	3.75
SRES-B1	2001-2019	1.47	1.11	0.68	-0.10	1.09	0.67	0.83	0.99	1.08	1.07	0.48	0.38	0.85
	2020-2039	1.56	1.86	0.68	0.50	1.26	1.36	1.23	1.53	1.94	1.47	0.78	0.81	1.25
	2040-2059	2.01	2.52	1.57	1.70	1.98	1.32	1.28	1.84	1.69	1.33	1.21	1.02	1.54
	2060-2079	2.09	2.79	2.16	1.71	1.68	2.17	1.58	2.10	2.12	1.98	1.89	1.45	1.98
	2080-2099	2.45	3.92	2.27	1.52	1.58	1.85	1.90	1.75	2.14	1.95	1.83	1.70	2.07

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.47 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) kış yağışlarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	469.000	500.000	450.000	372.000	454.000
Z hesap	0.081	0.000	0.650	1.664	0.598
t hesap	0.272	0.155	0.257	1.392	0.543
f hesap	2.015	1.154	1.127	1.400	1.045
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	154.436	154.436	154.436	154.436	154.436
$\mu_{SRES-A1B}$	151.275	156.301	157.641	136.422	147.726
Değişim (%)	-2.047	1.208	2.075	-11.664	-4.345
S_{20C3M}	46.374	46.374	46.374	46.374	46.374
$S_{SRES-A1B}$	32.665	43.177	49.236	54.867	47.401
Değişim (%)	-29.561	-6.893	6.172	18.314	2.214

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	410.000	436.000	452.000	479.000	430.000
Z hesap	0.873	0.832	0.624	0.273	0.910
t hesap	0.967	1.040	0.412	0.326	0.997
f hesap	1.257	1.428	1.606	1.613	1.546
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	154.436	154.436	154.436	154.436	154.436
$\mu_{SRES-A2}$	142.690	142.223	159.213	158.765	141.304
Değişim (%)	-7.606	-7.908	3.093	2.803	-8.503
S_{20C3M}	46.374	46.374	46.374	46.374	46.374
$S_{SRES-A2}$	41.369	38.807	36.597	58.888	57.662
Değişim (%)	-10.794	-16.318	-21.082	26.986	24.342

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	371.000	477.000	392.000	353.000	450.000
Z hesap	1.397	0.299	1.404	1.911	0.650
t hesap	1.205	0.148	0.890	1.496	0.688
f hesap	1.018	1.436	1.652	1.009	1.162
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	154.436	154.436	154.436	154.436	154.436
$\mu_{SRES-B1}$	169.466	156.169	142.561	172.764	146.159
Değişim (%)	9.732	1.123	-7.689	11.868	-5.360
S_{20C3M}	46.374	46.374	46.374	46.374	46.374
$S_{SRES-B1}$	45.967	38.699	59.611	46.178	43.024
Değişim (%)	-0.878	-16.550	28.544	-0.423	-7.223

Tablo 4.48 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) ilkbahar yağışlarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	463.000	377.000	498.000	409.000	450.000
Z hesap	0.161	1.599	0.026	1.183	0.650
t hesap	0.201	1.522	0.084	1.218	0.384
f hesap	1.029	1.066	1.510	1.635	1.281
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	57.819	57.819	57.819	57.819	57.819
$\mu_{SRES-A1B}$	58.889	49.919	58.238	51.796	55.730
Değişim (%)	1.851	-13.663	0.725	-10.417	-3.613
S_{20C3M}	19.796	19.796	19.796	19.796	19.796
$S_{SRES-A1B}$	19.511	19.170	16.111	15.484	22.402
Değişim (%)	-1.439	-3.164	-18.615	-21.783	13.166

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	77.000	279.000	435.000	450.000	207.000
Z hesap	5.346	2.873	0.845	0.650	3.809
t hesap	6.084	2.911	1.090	0.418	3.034
f hesap	2.950	2.682	1.386	1.334	1.737
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	57.819	57.819	57.819	57.819	57.819
$\mu_{SRES-A2}$	28.382	43.972	63.830	59.930	40.370
Değişim (%)	-50.912	-23.949	10.396	3.651	-30.179
S_{20C3M}	19.796	19.796	19.796	19.796	19.796
$S_{SRES-A2}$	11.526	12.089	23.303	17.141	26.091
Değişim (%)	-41.775	-38.933	17.716	-13.412	31.800

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	416.000	458.000	483.000	377.000	488.000
Z hesap	0.793	0.546	0.221	1.599	0.156
t hesap	0.054	0.689	0.961	1.667	0.497
f hesap	2.077	1.178	2.291	1.103	1.548
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	57.819	57.819	57.819	57.819	57.819
$\mu_{SRES-B1}$	57.491	54.288	63.691	66.672	60.616
Değişim (%)	-0.567	-6.107	10.155	15.312	4.837
S_{20C3M}	19.796	19.796	19.796	19.796	19.796
$S_{SRES-B1}$	28.530	18.237	29.963	20.789	24.627
Değişim (%)	44.119	-7.874	51.359	5.016	24.405

Tablo 4.49 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) yaz yağışlarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	449.000	497.000	361.000	221.000	48.000
Z hesap	0.349	0.039	1.807	3.627	5.876
t hesap	0.592	0.009	0.825	1.494	4.524
f hesap	1.725	1.316	1.344	1.612	17.207
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	4.845	4.845	4.845	4.845	4.845
$\mu_{SRES-A1B}$	4.187	4.855	3.846	2.973	0.351
Değişim (%)	-13.575	0.219	-20.620	-38.626	-92.753
S_{20C3M}	4.374	4.374	4.374	4.374	4.374
$S_{SRES-A1B}$	3.330	3.813	5.071	5.553	1.054
Değişim (%)	-23.869	-12.836	15.925	26.952	-75.893

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	463.000	438.000	372.000	125.000	123.000
Z hesap	0.161	0.806	1.664	4.875	4.901
t hesap	0.651	0.360	1.570	2.931	3.783
f hesap	2.307	1.272	2.228	1.150	4.934
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	4.845	4.845	4.845	4.845	4.845
$\mu_{SRES-A2}$	4.138	4.412	3.173	1.515	0.985
Değişim (%)	-14.584	-8.930	-34.501	-68.737	-79.674
S_{20C3M}	4.374	4.374	4.374	4.374	4.374
$S_{SRES-A2}$	2.880	4.933	2.930	4.079	1.969
Değişim (%)	-34.163	12.785	-33.002	-6.743	-54.979

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	408.000	480.000	415.000	273.000	476.000
Z hesap	0.900	0.260	1.105	2.951	0.312
t hesap	0.207	0.350	0.490	1.944	2.421
f hesap	1.216	1.421	1.104	1.250	4.866
Z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	4.845	4.845	4.845	4.845	4.845
$\mu_{SRES-B1}$	4.594	4.457	4.269	2.659	8.886
Değişim (%)	-5.179	-8.003	-11.877	-45.108	83.413
S_{20C3M}	4.374	4.374	4.374	4.374	4.374
$S_{SRES-B1}$	4.823	3.669	4.596	3.912	9.648
Değişim (%)	10.271	-16.125	5.075	-10.567	120.586

Tablo 4.50 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) sonbahar yağışlarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	438.000	310.000	209.000	228.000	300.000
Z hesap	0.497	2.470	3.783	3.536	2.600
t hesap	0.029	1.772	3.868	4.047	2.277
f hesap	2.304	1.218	1.969	1.098	2.317
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	60.471	60.471	60.471	60.471	60.471
$\mu_{SRES-A1B}$	60.656	48.066	36.053	32.590	42.373
Değişim (%)	0.306	-20.515	-40.379	-46.107	-29.929
S_{20C3M}	25.690	25.690	25.690	25.690	25.690
$S_{SRES-A1B}$	16.926	28.352	18.307	26.925	39.106
Değişim (%)	-34.115	10.361	-28.740	4.808	52.222

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	468.000	279.000	461.000	126.000	121.000
Z hesap	0.094	2.873	0.507	4.862	4.927
t hesap	0.042	2.907	0.264	5.227	5.942
f hesap	1.291	1.839	1.411	1.633	1.259
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	60.471	60.471	60.471	60.471	60.471
$\mu_{SRES-A2}$	60.777	42.014	58.579	26.925	21.264
Değişim (%)	0.505	-30.523	-3.129	-55.474	-64.836
S_{20C3M}	25.690	25.690	25.690	25.690	25.690
$S_{SRES-A2}$	29.185	18.945	30.512	20.100	22.897
Değişim (%)	13.605	-26.255	18.772	-21.758	-10.872

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	368.000	311.000	374.000	275.000	347.000
Z hesap	1.437	2.457	1.638	2.925	1.989
t hesap	1.782	2.825	1.406	3.101	2.116
f hesap	1.798	2.369	1.022	1.321	1.010
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	60.471	60.471	60.471	60.471	60.471
$\mu_{SRES-B1}$	48.896	42.886	50.945	40.119	46.111
Değişim (%)	-19.143	-29.080	-15.753	-33.656	-23.747
S_{20C3M}	25.690	25.690	25.690	25.690	25.690
$S_{SRES-B1}$	19.159	16.693	25.414	22.355	25.560
Değişim (%)	-25.423	-35.023	-1.074	-12.981	-0.506

Tablo 4.51 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) yıllık ortalama yağışlarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	465.000	394.000	396.000	243.000	363.000
Z hesap	0.134	1.378	1.352	3.341	1.781
t hesap	0.187	1.309	1.571	3.495	2.024
f hesap	1.504	1.021	1.145	1.670	1.735
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	69.393	69.393	69.393	69.393	69.393
$\mu_{SRES-A1B}$	68.752	64.785	63.944	55.945	61.545
Değişim (%)	-0.923	-6.640	-7.851	-19.379	-11.309
S_{20C3M}	13.347	13.347	13.347	13.347	13.347
$S_{SRES-A1B}$	10.884	13.206	12.475	17.246	17.582
Değişim (%)	-18.453	-1.057	-6.536	29.210	31.728

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	272.000	262.000	476.000	341.000	188.000
Z hesap	2.727	3.094	0.312	2.067	4.056
t hesap	2.915	3.379	0.505	1.942	4.975
f hesap	1.067	1.680	1.095	1.827	1.352
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	69.393	69.393	69.393	69.393	69.393
$\mu_{SRES-A2}$	58.997	58.155	71.199	61.784	50.981
Değişim (%)	-14.981	-16.194	2.603	-10.965	-26.533
S_{20C3M}	13.347	13.347	13.347	13.347	13.347
$S_{SRES-A2}$	12.918	10.297	13.967	18.040	15.518
Değişim (%)	-3.213	-22.853	4.645	35.161	16.262

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	463.000	406.000	418.000	457.000	429.000
Z hesap	0.161	1.222	1.066	0.559	0.923
t hesap	0.182	1.487	1.071	0.311	1.097
f hesap	1.748	1.691	1.473	1.423	1.141
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	69.393	69.393	69.393	69.393	69.393
$\mu_{SRES-B1}$	70.112	64.450	65.367	70.554	65.443
Değişim (%)	1.036	-7.123	-5.802	1.673	-5.692
S_{20C3M}	13.347	13.347	13.347	13.347	13.347
$S_{SRES-B1}$	17.649	10.265	16.199	15.924	14.255
Değişim (%)	32.227	-23.090	21.368	19.302	6.800

Tablo 4.52 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) kış sıcaklıklarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	257.000	125.000	33.000	1.000	0.000
Z hesap	2.928	4.875	6.071	6.487	6.500
t hesap	3.043	6.483	8.640	13.391	16.661
f hesap	1.453	1.185	1.051	1.106	1.616
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	9.623	9.623	9.623	9.623	9.623
$\mu_{SRES-A1B}$	10.413	11.223	11.717	12.803	13.414
Δt değişim	0.790	1.600	2.094	3.180	3.791
S_{20C3M}	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910
$S_{SRES-A1B}$	1.096	0.990	0.932	0.865	0.716
Δt değişim	0.187	0.081	0.023	-0.045	-0.194

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	284.000	174.000	92.000	0.000	1.000
Z hesap	2.566	4.238	5.304	6.500	6.487
t hesap	3.002	5.214	7.698	14.771	15.975
f hesap	1.557	1.543	1.304	1.468	1.401
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	9.623	9.623	9.623	9.623	9.623
$\mu_{SRES-A2}$	10.412	10.970	11.553	13.016	13.678
Δt değişim	0.789	1.347	1.930	3.393	4.055
S_{20C3M}	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910
$S_{SRES-A2}$	1.135	1.130	1.039	0.751	1.077
Δt değişim	0.225	0.220	0.129	-0.159	0.167

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	173.000	162.000	116.000	74.000	4.000
Z hesap	4.057	4.394	4.992	5.538	6.448
t hesap	4.307	5.635	7.131	8.039	11.073
f hesap	1.942	1.269	1.577	1.684	1.063
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	9.623	9.623	9.623	9.623	9.623
$\mu_{SRES-B1}$	10.608	11.029	11.473	11.735	12.311
Δt değişim	0.985	1.406	1.850	2.112	2.689
S_{20C3M}	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910
$S_{SRES-B1}$	0.653	1.025	1.143	1.181	0.938
Δt değişim	-0.257	0.115	0.233	0.271	0.028

Tablo 4.53 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) ilkbahar sıcaklıklarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	340.000	166.000	33.000	39.000	5.000
Z hesap	1.813	4.342	6.071	5.993	6.435
t hesap	1.924	4.998	9.133	9.110	11.502
f hesap	1.158	1.675	1.290	1.178	1.176
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	15.791	15.791	15.791	15.791	15.791
$\mu_{SRES-A1B}$	16.235	16.879	17.835	17.948	18.393
Δt değişim	0.445	1.088	2.044	2.158	2.603
S_{20C3M}	0.874	0.874	0.874	0.874	0.874
$S_{SRES-A1B}$	0.812	0.675	0.769	0.948	0.806
Δt değişim	-0.062	-0.199	-0.104	0.075	-0.068

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	187.000	163.000	69.000	23.000	0.000
Z hesap	3.869	4.381	5.603	6.201	6.500
t hesap	4.373	5.079	7.104	10.308	13.357
f hesap	1.404	1.145	1.603	1.387	1.145
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	15.791	15.791	15.791	15.791	15.791
$\mu_{SRES-A2}$	16.780	16.944	17.344	18.079	18.823
Δt değişim	0.989	1.153	1.554	2.288	3.033
S_{20C3M}	0.874	0.874	0.874	0.874	0.874
$S_{SRES-A2}$	0.738	0.817	0.690	0.742	0.816
Δt değişim	-0.136	-0.057	-0.184	-0.132	-0.057

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	263.000	223.000	139.000	61.000	53.000
Z hesap	2.848	3.601	4.693	5.707	5.811
t hesap	3.158	3.792	6.033	8.118	8.052
f hesap	1.270	1.935	1.105	1.123	1.360
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	15.791	15.791	15.791	15.791	15.791
$\mu_{SRES-B1}$	16.513	16.606	17.206	17.638	17.582
Δt değişim	0.722	0.815	1.415	1.848	1.791
S_{20C3M}	0.874	0.874	0.874	0.874	0.874
$S_{SRES-B1}$	0.775	0.628	0.918	0.825	0.749
Δt değişim	-0.098	-0.246	0.045	-0.049	-0.124

Tablo 4.54 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) yaz sıcaklıklarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	162.000	18.000	1.000	0.000	0.000
Z hesap	4.205	6.266	6.487	6.500	6.500
t hesap	4.849	9.174	14.573	15.917	20.388
f hesap	1.323	1.696	1.353	1.134	2.386
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	26.599	26.599	26.599	26.599	26.599
$\mu_{SRES-A1B}$	27.376	28.004	28.883	29.238	29.636
Δt değişim	0.777	1.405	2.283	2.638	3.037
S_{20C3M}	0.615	0.615	0.615	0.615	0.615
$S_{SRES-A1B}$	0.535	0.472	0.529	0.655	0.398
Δt değişim	-0.080	-0.143	-0.086	0.040	-0.217

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	136.000	90.000	13.000	0.000	0.000
Z hesap	4.554	5.330	6.331	6.500	6.500
t hesap	5.574	6.944	11.321	16.113	24.439
f hesap	1.199	1.439	1.166	1.100	2.149
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	26.599	26.599	26.599	26.599	26.599
$\mu_{SRES-A2}$	27.503	27.680	28.484	29.188	30.267
Δt değişim	0.903	1.081	1.885	2.588	3.668
S_{20C3M}	0.615	0.615	0.615	0.615	0.615
$S_{SRES-A2}$	0.562	0.513	0.664	0.586	0.420
Δt değişim	-0.053	-0.102	0.049	-0.029	-0.195

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	143.000	40.000	29.000	0.000	12.000
Z hesap	4.460	5.980	6.123	6.500	6.344
t hesap	5.338	8.720	9.489	12.672	11.767
f hesap	1.806	1.315	1.434	1.635	1.428
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	26.599	26.599	26.599	26.599	26.599
$\mu_{SRES-B1}$	27.429	27.970	28.077	28.546	28.432
Δt değişim	0.830	1.371	1.477	1.947	1.833
S_{20C3M}	0.615	0.615	0.615	0.615	0.615
$S_{SRES-B1}$	0.458	0.536	0.514	0.481	0.515
Δt değişim	-0.157	-0.079	-0.101	-0.134	-0.100

Tablo 4.55 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) sonbahar sıcaklıklarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	275.000	143.000	21.000	5.000	12.000
Z hesap	2.687	4.641	6.227	6.435	6.344
t hesap	2.817	5.914	10.394	13.254	12.201
f hesap	1.051	1.028	1.055	1.442	1.085
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	18.784	18.784	18.784	18.784	18.784
$\mu_{SRES-A1B}$	19.450	20.170	21.193	21.743	21.666
Δt değişim	0.666	1.386	2.409	2.959	2.882
S_{20C3M}	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882
$S_{SRES-A1B}$	0.861	0.895	0.859	0.735	0.919
Δt değişim	-0.022	0.012	-0.023	-0.148	0.037

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	363.000	189.000	84.000	10.000	0.000
Z hesap	1.505	4.043	5.408	6.370	6.500
t hesap	1.756	4.610	7.392	12.277	19.524
f hesap	1.862	1.150	1.035	1.224	1.849
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	18.784	18.784	18.784	18.784	18.784
$\mu_{SRES-A2}$	19.175	19.841	20.502	21.576	23.040
Δt değişim	0.391	1.056	1.718	2.792	4.256
S_{20C3M}	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882
$S_{SRES-A2}$	0.647	0.823	0.867	0.798	0.649
Δt değişim	-0.236	-0.060	-0.015	-0.085	-0.233

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	248.000	115.000	159.000	54.000	38.000
Z hesap	3.049	5.005	4.433	5.798	6.006
t hesap	3.649	6.247	5.642	8.642	8.867
f hesap	1.083	1.428	1.515	1.075	1.481
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	18.784	18.784	18.784	18.784	18.784
$\mu_{SRES-B1}$	19.662	20.180	20.193	20.782	20.758
Δt değişim	0.877	1.396	1.409	1.998	1.974
S_{20C3M}	0.882	0.882	0.882	0.882	0.882
$S_{SRES-B1}$	0.918	0.738	1.086	0.851	0.725
Δt değişim	0.036	-0.144	0.204	-0.031	-0.157

Tablo 4.56 Kombine model SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) yıllık ortalama sıcaklıklarına ait istatistiksel değişimler ($\alpha=0.05$; koyu hücreler anlamlı değişimleri göstermektedir)

(a)	SRES-A1B				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	140.000	12.000	0.000	0.000	0.000
Z hesap	4.500	6.344	6.500	6.500	6.500
t hesap	5.402	11.341	17.963	21.673	25.516
f hesap	1.381	1.453	1.245	1.017	1.472
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	17.699	17.699	17.699	17.699	17.699
$\mu_{SRES-A1B}$	18.369	19.069	19.907	20.433	20.777
Δt değişim	0.669	1.370	2.208	2.734	3.078
S_{20C3M}	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478
$S_{SRES-A1B}$	0.407	0.396	0.428	0.474	0.394
Δt değişim	-0.071	-0.081	-0.050	-0.004	-0.084

(b)	SRES-A2				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	101.000	3.000	0.000	0.000	0.000
Z hesap	5.024	6.461	6.500	6.500	6.500
t hesap	5.976	10.066	14.678	21.914	28.000
f hesap	1.014	2.556	1.465	1.013	1.444
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	17.699	17.699	17.699	17.699	17.699
$\mu_{SRES-A2}$	18.467	18.859	19.471	20.465	21.452
Δt değişim	0.768	1.159	1.771	2.766	3.753
S_{20C3M}	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478
$S_{SRES-A2}$	0.474	0.299	0.395	0.475	0.574
Δt değişim	-0.003	-0.179	-0.083	-0.003	0.096

(c)	SRES-B1				
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
U*	64.000	6.000	12.000	0.000	0.000
Z hesap	5.521	6.422	6.344	6.500	6.500
t hesap	7.008	10.414	11.551	16.020	17.071
f hesap	1.646	1.582	1.390	1.207	1.391
z kritik	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
t kritik	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
f kritik	2.350	2.298	2.298	2.298	2.298
μ_{20C3M}	17.699	17.699	17.699	17.699	17.699
$\mu_{SRES-B1}$	18.553	18.946	19.237	19.675	19.771
Δt değişim	0.854	1.247	1.538	1.976	2.072
S_{20C3M}	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478
$S_{SRES-B1}$	0.372	0.380	0.563	0.435	0.405
Δt değişim	-0.105	-0.098	0.085	-0.043	-0.073

4.5 Kuraklık Analizi

Kuraklık, iklim değişikliğinin varlığı ile etkisini küresel ölçekte giderek arttırmasına rağmen kesin tanımı henüz tam anlamı ile yapılamamış bir kavramdır. Kuraklık en genel tanımıyla yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay olarak tanımlanabilmektedir. Ancak kuraklığın ortaya çıkma sebepleri değişkenlik gösterebilmekte ve bu yüzden kuraklığı sadece meteorolojik yağış ölçümlerinden tanımlayabilmek bazen mümkün olmayabilmektedir. Bu durumlarda kuraklığı hidrolojik açıdan yorumlama yoluna da gidilebilmektedir. Yani, kuraklığın alan ve zaman özelliklerini incelemek için kullanılan göstergeler yağış gibi tek bir meteorolojik değişkenin kullanımından, birden fazla değişkeni içeren karmaşık yöntemlerin kullanımına kadar uzanabilmektedir (Şen, 2009).

Araştırmacılar tarafından kuraklığın ifadesi için çeşitli göstergeler geliştirilmiştir. Standart yağış göstergesi (McKee ve ark., 1993), normal kuraklık göstergesi (Gibbs ve Maher, 1967), oncul kuraklık göstergesi (White ve O’Meagher, 1995), Palmer kuraklık şiddeti göstergesi (Alley, 1984; Smith ve ark., 1993), Erinç kuraklık göstergesi (Erinç, 1965), Köppen kuraklık göstergesi (Köppen, 1918), Thornthwaite yağış etkinliği (Thornthwaite, 1948), Budyko kuraklık oranı (Budyko, 1958), Sırdaş kuraklık oranı (Sırdaş, 2002) ve üçlü değişken kuraklık göstergesi (Şen, 1998) gibi göstergeler bunlardan en bilinenleridir. Bunların içerisinde yaygın olarak kullanılan *standart yağış göstergesi* ve *Thornthwaite yağış etkinliği göstergesi* tez kapsamında kullanılmıştır.

Standart yağış göstergesi (SYG) çoklu zaman ölçümlerinde yağış azalmasını belirlemek için tasarlanmıştır (McKee ve ark., 1993). Seçilen bir zaman süresinde SYG’nin değeri seçilen zaman aralığındaki yağış miktarlarının aritmetik ortalamadan (μ) olan farkının aynı zaman aralığındaki standart sapmaya (S) bölümünden ibarettir. Bu işlem zaman serilerinin standartlaştırılması (normalizasyon) işleminin aynısıdır.

Verilen bir aylık veya yıllık P_i yağış dizisi için SYG, Denklem 4.3'teki gibi hesaplanabilmektedir.

$$SYG = \frac{P_i - \mu}{S} \quad (4.3)$$

SYG yöntemine göre kuraklık-sulaklık şiddeti Tablo 4.57'de verilen tanıma göre sınıflandırılmaktadır.

Tablo 4.57 SYG kuraklık sınıflandırması (McKee ve ark., 1993)

SYG değerleri	Kuraklık Kategorisi
≥ 2	Çok şiddetli yağışlı (S1)
1.50 ~ 1.99	Şiddetli yağışlı (S2)
1.00 ~ 1.49	Orta şiddetli yağışlı (S3)
0.99 ~ 0	Normal (N)
0 ~ -0.99	Normale yakın kuraklık (K1)
-1.00 ~ -1.49	Orta şiddetli kuraklık (K2)
-1.50 ~ -1.99	Şiddetli kuraklık (K3)
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık (K4)

Diğer taraftan, Thornthwaite (1948)'e göre bir bölgenin yağış etkinliği aşağıdaki denklem yardımıyla belirlenebilmektedir (Thornthwaite, 1948).

$$G_n = \frac{100F - 60N}{E_{pot}} \quad (4.4)$$

Burada G_n , F , N ve E_{pot} sırası ile yağış etkinliğini, aylık su fazlasının yıllık toplamını, aylık su noksanının yıllık toplamını ve yıllık potansiyel evapotranspirasyonu göstermektedir. Çalışmada E_{pot} değerleri aylık ortalama sıcaklığın bir fonksiyonu şeklinde ele alınmıştır. Bu kapsamda yöntem bölümünde detayları anlatılan Thornthwaite'in su dengesi yaklaşımına göre tasarlanan aylık su bütçesi modelinin iki parametrelili evapotranspirasyon bileşeni kullanılmıştır.

Thornthwaite yağış etkinliği yöntemine göre, sulak iklim bölgelerinde gösterge değeri artı, kurak iklim bölgelerinde ise eksiştir. Göstergenin sifıra eşit veya sifıra

yakın olduğu değerler sulak ve kurak kısımlar arasındaki sınırı teşkil etmektedir. Tablo 4.58’de bu gösterge için geçerli olan iklim sınıfları verilmiştir.

Tablo 4.58 Thornthwaite kuraklık sınıflandırması (Şen, 2009)

G_n	Sınıf
>100	A (Çok Sulak)
80-100	B4 (Sulak)
60-80	B3 (Sulak)
40-60	B2 (Sulak)
20-40	B1 (Sulak)
0-20	C2 (Yarı Sulak)
(-20)-0	C1 (Kurak-Az Sulak)
(-40)-(-20)	D (Yarı Kurak)
< (-40)	E (Çok Kurak)

İklim modellerinin indirgenmiş 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 aylık ve yıllık senaryo yağışlarının Denklem 4.3 kullanılarak standardize edilmesinden sonra Tablo 4.57’de gösterilen sınıflandırmaya göre kuraklık kategorileri elde edilmiştir. Buna göre iklim modellerinin günümüz ve gelecek senaryo sonuçlarına ait sulak, normal ve kurak periyotların yüzdesel dağılımları da belirlenmiştir. Bu oranlar çok şiddetli (S1), şiddetli (S2) ve orta şiddetli (S3) yağışların toplamı sulak periyotları, normale yakın (K1), orta şiddetli (K2), şiddetli (K3) ve çok şiddetli (K4) kuraklıkların toplamı ise kurak periyotları temsil edecek şekilde hesaplanmıştır. Gelecek döneme ait yıllık sonuçlar incelendiğinde iklim modellerinin genelinde ve Kombine iklim modelinde 20C3M dönemine kıyasla kurak periyotlarda küçük artışlar tespit edilmiştir. Normal ve sulak periyotlarda ise modelden modele farklılıklar görülürken genelde değişimler kurak periyotlarda olduğu gibi küçük seviyelerdedir. Çalışma kapsamında önerilen Kombine iklim modeline ait aylık (mevsimsel) sonuçlar incelendiğinde ise gelecek dönemde kurak periyotların dağılımının kış ve sonbahar dönemlerinde önemli ölçüde değişmeyeceği öte yandan yaz ve ilkbahar dönemlerinde artabileceği öngörülmektedir (Tablo 4.59).

Tablo 4.59 SYG'ne göre Kombine iklim modelinin senaryolarına ait sulak, normal ve kurak periyotların % dağılımları

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20c3m	sulak	12%	14%	14%	6%	20%	16%	8%	10%	12%	12%	14%	12%
	normal	24%	30%	28%	42%	24%	14%	18%	12%	34%	28%	30%	25%
	kurak	64%	56%	58%	52%	56%	70%	74%	78%	54%	60%	56%	63%
SRES A1B	sulak	9%	15%	12%	20%	15%	12%	11%	12%	13%	10%	20%	13%
	normal	35%	25%	32%	15%	26%	19%	8%	17%	19%	32%	24%	22%
	kurak	56%	60%	56%	65%	59%	69%	81%	71%	68%	58%	56%	65%
SRES A2	sulak	18%	18%	18%	16%	14%	13%	14%	12%	14%	16%	18%	15%
	normal	22%	22%	22%	25%	19%	15%	11%	12%	19%	20%	23%	18%
	kurak	60%	60%	60%	59%	67%	72%	75%	76%	67%	64%	59%	67%
SRES B1	sulak	14%	14%	11%	14%	16%	10%	14%	9%	13%	16%	18%	13%
	normal	25%	21%	20%	30%	29%	17%	9%	17%	24%	32%	30%	22%
	kurak	61%	65%	69%	56%	55%	73%	77%	74%	63%	52%	52%	64%

Yağışların yanı sıra yıllık su fazlası ve yıllık su eksikliği ile yıllık potansiyel evapotranspirasyon değerlerine de ihtiyaç duyan, dolayısıyla SYG yaklaşımına göre daha gerçekçi sonuç verebilen Thornthwaite kuraklık analizi ile de benzer hesaplar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, iklim modellerinin 20C3M (1950-1999) dönemine ve gözlenen verilerin 1948-2008 dönemine ait iklim sınıflarının ağırlıklı olarak yarı nemli (C2) ve kurak-az nemli (C1) iklim tanımına uyduğu söylenebilir. Ayrıca günümüz iklimini temsil eden sınıflandırmalar içerisinde çok kurak (E) iklime hiç rastlanmadığı, yarı kurak iklime (D) ise rastlansa da ilgili periyodun çok küçük bir kısmını içerdiği görülmüştür.

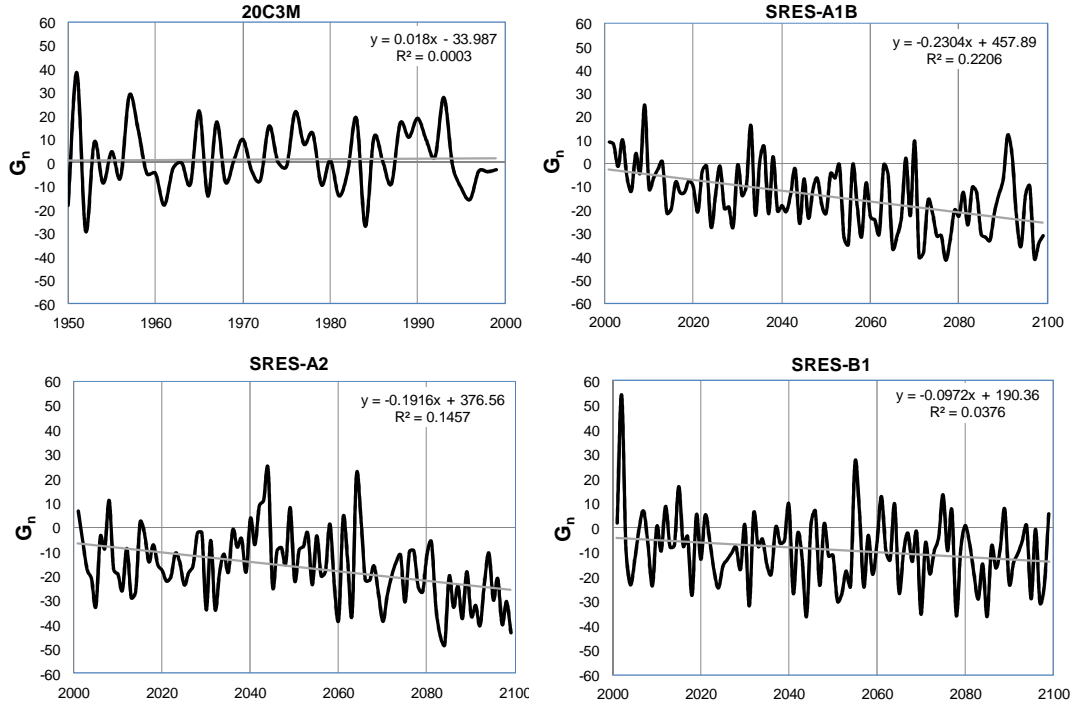
İklim modellerinin gelecek dönem senaryolarında ise yarı nemli (C2) iklim sınıfının etkinliğinin oldukça azalacağı, kurak-az nemli (C1) ve yarı kurak iklim (D) sınıflarının etkinliğinin ise artış göstereceği öngörülmektedir. CGCM3, CM2.0 ve CM3.0 iklim modellerinde ise yarı nemli (C2) iklim sınıfının yanı sıra, kurak-az nemli (C1) iklim sınıfının etkinliğinin de azalacağı, buna karşın yarı kurak iklim (D) sınıfı etkinliğinin diğer iklim modellerine göre daha fazla artış göstereceği öngörülmektedir. Çok kurak iklim (E) şartları ise SRES-A2 senaryosu kapsamında CCSM3, CGCM3 ve CM2.0 iklim modellerinde etkili olup çok kurak iklim şartlarının ilgili periyot içerisindeki dağılımları sırasıyla %15.2, %5.1 ve %6.1 şeklinde hesaplanmıştır. Gelecek dönem periyotları içerisinde *yarı kurak iklim (D) sınıfı etkinliğinin en çok olduğu iklim modelleri ise CGCM3, CM3.0 ve PCM* iklim modelleridir. Bu dağılımlar, CGCM3 iklim modelinin SRES-A1B senaryosunda %50.6, CM3.0 iklim modelinin SRES-A2 senaryosunda %42.4 ve PCM iklim modelinin SRES-B1 senaryosunda %54.5 şeklindedir.

Kombine iklim modelinin 1950-1999 dönemini kapsayan ikliminin %38 oranı ile yarı nemli (C2) ve %48 oranı ile kurak-az nemli (C1) karakterde olacağı ve tüm gelecek dönem senaryolarında C2 iklim sınıfının etkinliğinin belirgin bir şekilde azalacağı öngörülmektedir. C1 iklim sınıfının dağılımında ise önemli ölçüde değişiklikler olmayacağı düşünülmektedir. Sonuçlara göre 1950-1999 döneminin %4'ü mertebelerinde olan *yarı kurak (D) iklim dağılımı gelecek dönemde belirgin bir şekilde değişebilecektir*. Bu oranların SRES-A1B senaryosu için %37.4, SRES-A2

senaryosu için % 36.4 ve SRES-B1 senaryosu için % 21.2 mertebelerinde olacağı öngörülmektedir (Tablo 4.60). Tüm bunlara ilaveten, Şekil 4.36'da *Kombine iklim modeli için hesaplanan G_n yağış etkinliği göstergelerinin gelecek dönem için azalış eğiliminde olacağı* görülebilmektedir. Özellikle 2080-2099 döneminde bu eğilimler belirgin biçimde göze çarpmaktadır.

Tablo 4.60 Kombine iklim modelinde iklim sınıflarının Thornthwaite kuraklık göstergesine göre dağılımı

G_n	Sınıf	20c3m	SRES-A1B	SRES-A2	SRES-B1
>100	A (Çok nemli)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
80-100	B4 (Nemli)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
60-80	B3 (Nemli)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
40-60	B2 (Nemli)	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%
20-40	B1 (Nemli)	10.0%	1.0%	2.0%	1.0%
0-20	C2 (Yarı Nemli)	38.0%	13.1%	10.1%	23.2%
(-20)-0	C1 (Kurak-Az Nemli)	48.0%	45.5%	47.5%	53.5%
(-40)-(-20)	D (Yarı Kurak)	4.0%	37.4%	36.4%	21.2%
< (-40)	E (Çok Kurak)	0.0%	3.0%	4.0%	0.0%



Şekil 4.36 Kombine iklim modelinde yağış etkinliği göstergesinin (G_n) yıllara ve senaryolara göre değişimi

4.6 Parametrik Yağış-Akış Modelleri

4.6.1 Yağış-Akış Modellerinin Kurulumu, Kalibrasyonu ve Verifikasyonu

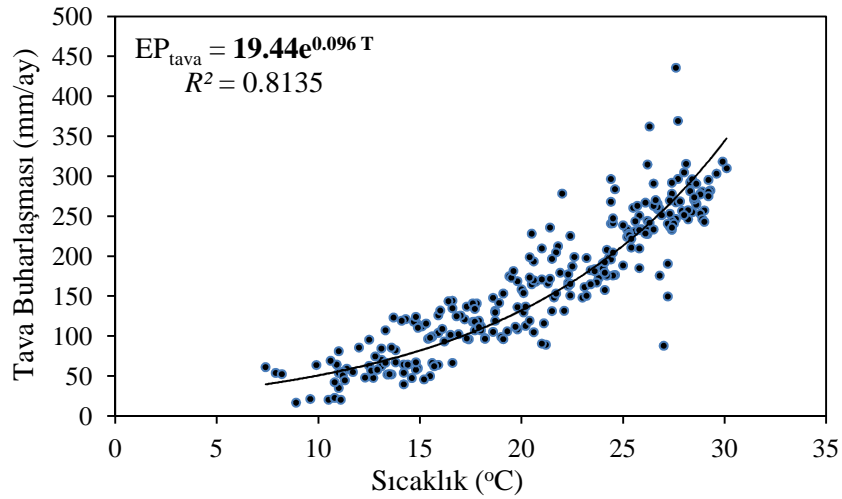
Çalışma kapsamında, havza ölçeğine indirgenen yağış ve sıcaklık değişimlerinin akımlar üzerindeki etkilerinin ortaya konabilmesi için, detayları Bölüm 2.5'te verilen üç farklı parametrik yağış-akış modeli kullanılmıştır. Yağış-akış modelleri yardımıyla iklim modellerinin günümüzü ve gelecek dönemi temsil eden senaryo yağış ve sıcaklık serilerinin akımlara dönüştürülmesi ve havzanın gelecek dönem akımlarının türetilmesi hedeflenmiştir.

Yağış-akış modellerinin kurulumu aşamalarında, Tahtalı havzası 1970-1979 su yıllarını kapsayan dönemdeki gözlemler, kalibrasyon seti, 1980-1988 su yıllarını kapsayan dönem ise test (verifikasyon) seti olacak şekilde ikiye bölünmüştür. Modellemelerde, rasat dönemine ait akımlar, havza alanına bölünerek akış yükseklikleri cinsinden kullanılmıştır.

Kalibrasyon aşamasında modellere ait parametrelerin optimizasyonu, model tahminleri ile gözlenmiş akışlar arasındaki farkların (hataların) karelerinin ortalamasını (HKO) minimize edecek şekilde Newton'un teğet algoritması esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda MS-EXCEL(VBA) ortamında hazırlanan makrolardan yararlanılmıştır. Optimizasyon süreci boyunca model parametreleri için farklı başlangıç değerleri seçilerek algoritmanın lokal minimum noktalara takılması ihtimali en aza indirilmiştir. Kalibrasyon dönemi için belirlenen parametre değerleri, test döneminde de değerlendirilerek model sonuçları ile gözlenmiş akımlar arasındaki uyum incelenmiştir. Bu maksatla HKO istatistiğine ilaveten, determinasyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş determinasyon katsayısı (Adj. R^2), Nash-Sutcliffe katsayısı (NS) ve ağırlıklı ortalama mutlak hata (AOMH) gibi performans ölçütlerinden de faydalanılmıştır. Ayrıca model tahminlerinin aylık homojenlikleri Mann-Whitney U homojenlik testi vasıtasıyla irdelenmiştir.

Modelleme çalışmaları kapsamında, üç farklı yağış-akış modelinde de olan Ω evapotranspirasyon parametresi, havzanın gözlenmiş sıcaklık-buharlaştırma ilişkisi

dikkate alınarak belirlenmiştir. Ele alınan yaklaşımın detayları Bölüm 2.5'te açıklanmıştır. Ω parametresi Şekil 4.37'de gösterilen sıcaklık-tava buharlaşması ilişkisinden ($EP_{\text{tava}} = 19.44e^{0.096T}$) elde edilerek her üç yağış-akış modeli için de havzanın bilinen (sabit) bir fiziksel parametresi haline gelmiştir. Bu yaklaşımla, modellere ait kalibre edilen parametre sayısı, su bütçesi ve PMS yağış-akış modellerinde 7'den 6'ya, GR2M yağış-akış modelinde ise 4'ten 3'e düşmüştür.



Şekil 4.37 Tahtalı havzası aylık ortalama sıcaklık-tava buharlaşması ilişkisi

Tahtalı havzasına uygulanan su bütçesi modeli, PMS ve GR2M modellerinin kalibrasyonu sonucu elde edilen parametreler Tablo 4.61'de verilmiştir.

Tablo 4.61 Su bütçesi modeli (üstte) ile ve PMS ve GR2M modellerinin (altta) kalibrasyonu sonucu elde edilen model parametreleri

	α	$S_{\max}(\text{mm})$	β	γ	ξ	θ	Ω
Su Bütçesi	0.033	121.488	0.4428	0.455	0.789	13.964	0.096
	$X_1(\text{mm})$	X_2	X_3	$X_4(\text{mm})$	X_5	θ	Ω
PMS	329.406	7.767	0.059	101.843	0.674	8.095	0.096
GR2M	484.778	-	-	-	0.705	6.422	0.096

Tablo 4.62 Yağış-Akış modellerinin kalibrasyon ve verifikasyon (test) dönemi performans kriterleri

		(a)						
		Kalibrasyon						
	HKO (mm ²)	HKOK (mm)	AOMH	R ²	Adj. R ²	NS	Min. (mm)	Maks. (mm)
Gözlener	-	-	-	-	-	-	0.00	168.45
Su Bütçesi	210.8181	14.5196	0.2944	0.8487	0.8462	0.8486	0.02	139.48
PMS	224.1836	14.9728	0.3790	0.8490	0.8464	0.8390	0.61	131.83
GR2M	218.9536	14.7971	0.3393	0.8577	0.8553	0.8427	0.29	129.32

		(b)						
		Verifikasyon						
	HKO (mm ²)	HKOK (mm)	AOMH	R ²	Adj. R ²	NS	Min (mm)	Max (mm)
Gözlener	-	-	-	-	-	-	0.02	276.86
Su Bütçesi	260.3117	16.1342	0.3504	0.8898	0.8877	0.8751	0.06	211.42
PMS	142.8163	11.9506	0.2802	0.9442	0.9432	0.9315	1.20	213.99
GR2M	135.2295	11.6288	0.2336	0.9452	0.9441	0.9351	0.14	211.81

HKO: hata kareler ortalaması, HKOK: hata kareler ortalamasının karekökü, AOMH: ağırlıklı ortalama mutlak hata, R²: determinasyon katsayısı, Adj. R²: düzeltilmiş determinasyon katsayısı, NS: Nash-Sutcliffe ölçütü, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer

Tablo 4.63 Yağış-Akış modellerinin kalibrasyon ve verifikasyon (test) dönemi temel istatistikleri

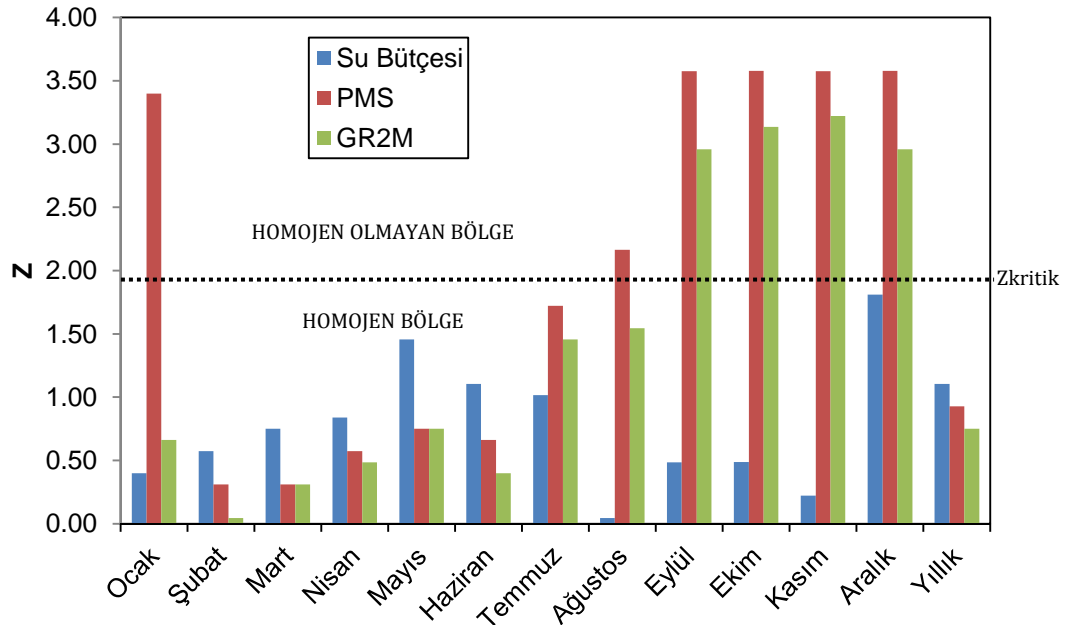
		Ortalama (mm)	S. Sapma (mm)	Çarpıklık -
Kalibrasyon	Gözlenen	22.519	37.469	2.170
	Su Bütçesi	22.912	34.254	1.804
	PMS	24.446	31.311	1.909
	GR2M	22.818	30.123	1.766
Verifikasyon	Gözlenen	24.977	45.863	3.422
	Su Bütçesi	30.409	44.322	1.977
	PMS	28.463	40.751	2.534
	GR2M	26.962	40.446	2.503

Yağış-Akış modellerinin kalibrasyon ve verifikasyon (test) dönemi performans kriterleri ile temel istatistikleri sırasıyla Tablo 4.62 ve Tablo 4.63'te verilmiştir.

Hem grafikler hem de performans kriterleri incelendiğinde, yağış-akış modellerinin havzanın gözlenmiş akışlarını başarıyla temsil edebildikleri; bir başka ifadeyle modellerin, havza akışlarını türetmede kullanılabileceği görülmüştür. Ancak her üç modelin de birbirine göre farklı olduğu noktalar bulunmaktadır. Örneğin kalibrasyon döneminde her üç model de benzer sonuçlar üretmesine karşın, hata performansları ve NS kriteri açısından su bütçesi modeli daha başarılı bulunmuştur. Determinasyon katsayısı açısından ise GR2M modeli yaklaşık %1 daha iyi netice vermiştir. Modellerin genelleme yeteneklerinin sınındığı 1980-1988 su yılını kapsayan test döneminde ise GR2M modelinin tüm performans kriterlerini başarı ile sağlayabildiği görülmüştür. PMS modeli de GR2M modeline yakın sonuçlar üretmiştir. Su bütçesi modeli GR2M modeli ile kıyaslandığında, HKO açısından yaklaşık iki kat daha büyük HKO vermiştir. AOMH açısından yaklaşık %12 oranında, determinasyon ve NS katsayıları açısından ise yaklaşık %6 oranlarında farklılıklar bulunmaktadır. Modellerin maksimum ve minimum değer tahminleri ise birbirlerine oldukça yakın bulunmuştur.

Ancak hesaplanan bu uzun dönem istatistiklerin yanı sıra modellerin aylık (Ocak, Şubat,...,Aralık) tahminlerinin gözlenen akımlarla uyumu ve dolayısıyla aynı toplum istatistiğinden gelip gelmediği de kontrol edilmelidir. Model tahminlerinin aylık

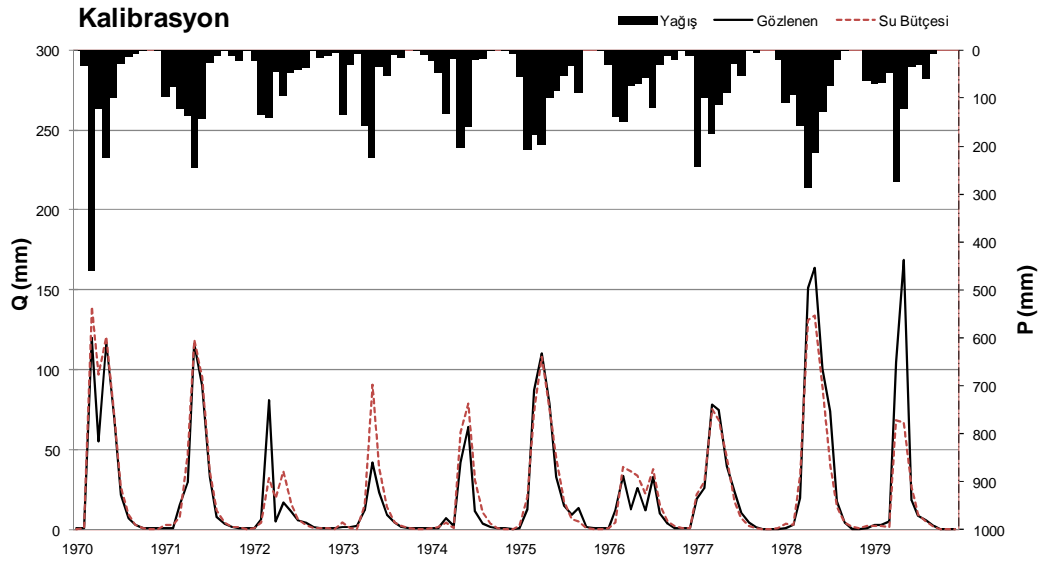
homojenlikleri Mann-Whitney U (M-W) homojenlik testi kullanılarak irdelenmiştir. Böylelikle gözlenen ve tahmini aylık akışların aynı dağılımdan gelip gelmediği de kontrol edilmiştir.



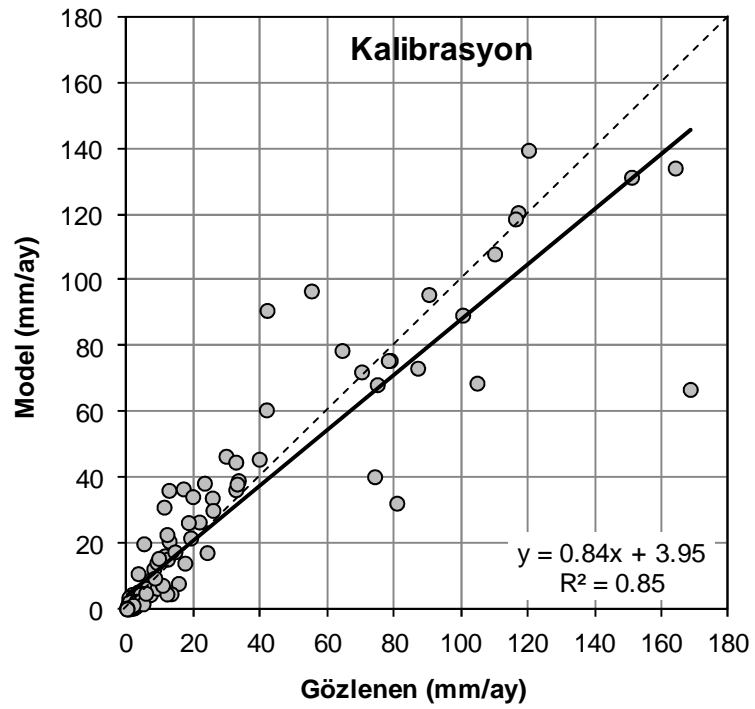
Şekil 4.38 Yağış-akış modellerinin test dönemine ait tahminlerinin M-W homojenlik kontrolü

Çalışmada modellerin genelleme yeteneğinin sınındığı test (verifikasyon) dönemi verileri kullanılarak uygulanan Mann-Whitney U homojenlik testine ait Z istatistikleri her ay için hesaplanmıştır (Şekil 4.38). GR2M modelinin yıllık Z istatistiği bakımından başarılı olduğu görülebilmektedir. Ancak gerek GR2M, gerekse PMS modeli Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında homojen olmayan tahminler üretmişlerdir. Ayrıca PMS modelinin Ocak ve Ağustos ayı için de Z hesap istatistiklerinin %95 güven düzeyinde kritik değer olan 1.96'dan önemli ölçüde büyük olduğu, dolayısıyla bu aylarda homojen tahmin üretmediği görülebilmektedir. Öte yandan su bütçesi modeli, her bir ay için homojenlik şartını sağlamış olup, özellikle Eylül, Ekim ve Kasım gibi sonbahar dönemi homojenlikleri açısından en iyi sonuçları vermiştir. Modele ait tahminler Aralık ve Ocak gibi sulak aylarda da oldukça başarılıdır. Çalışma kapsamında kullanılan yağış-akış modellerine ait hidrograflar ve saçılım diyagramları Şekil 4.39-Şekil 4.44'te sunulmuştur.

(a)

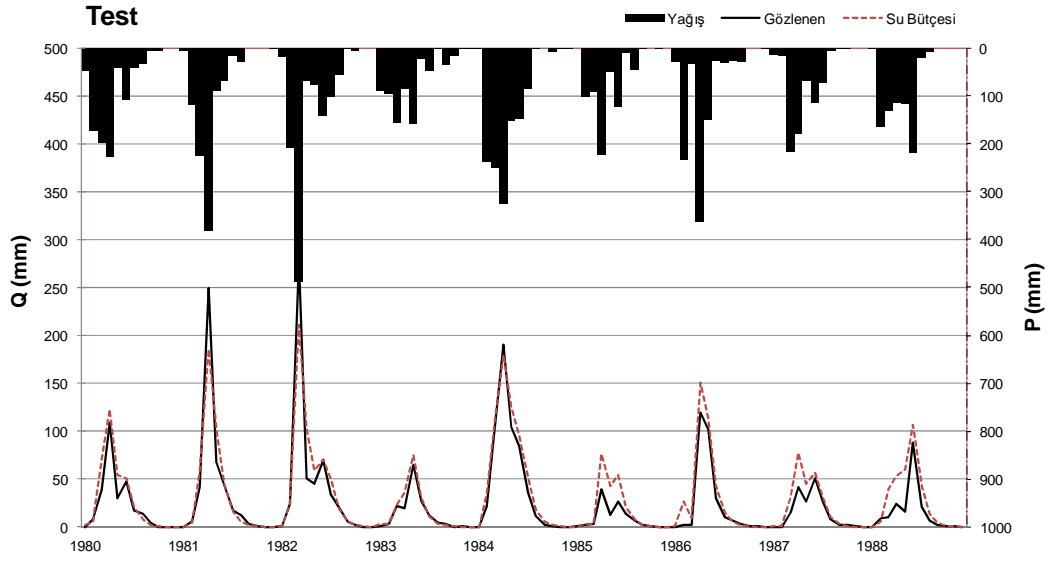


(b)

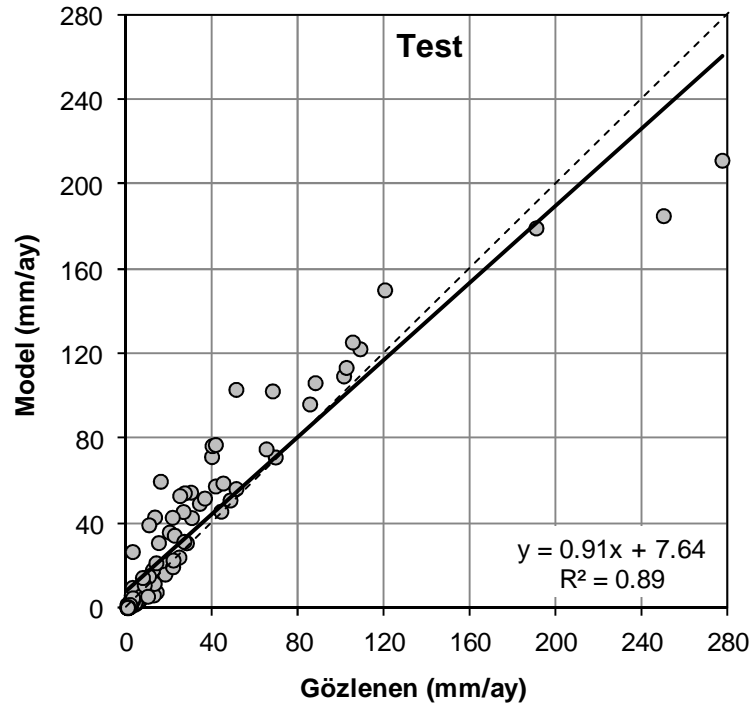


Şekil 4.39 Su bütçesi modelinin kalibrasyon dönemi hidrografi (a) ve saçılım diyagramı (b)

(a)

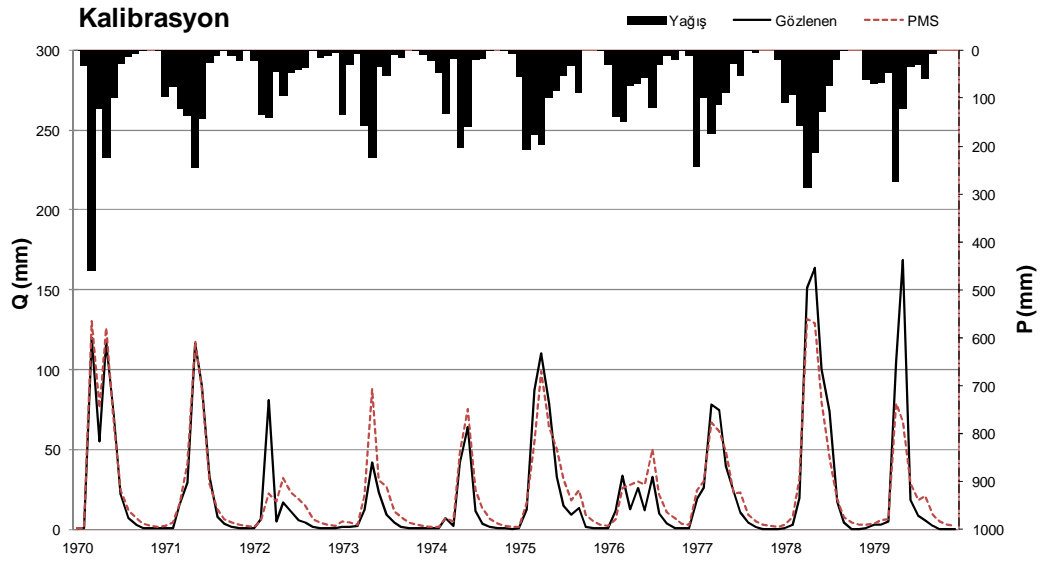


(b)

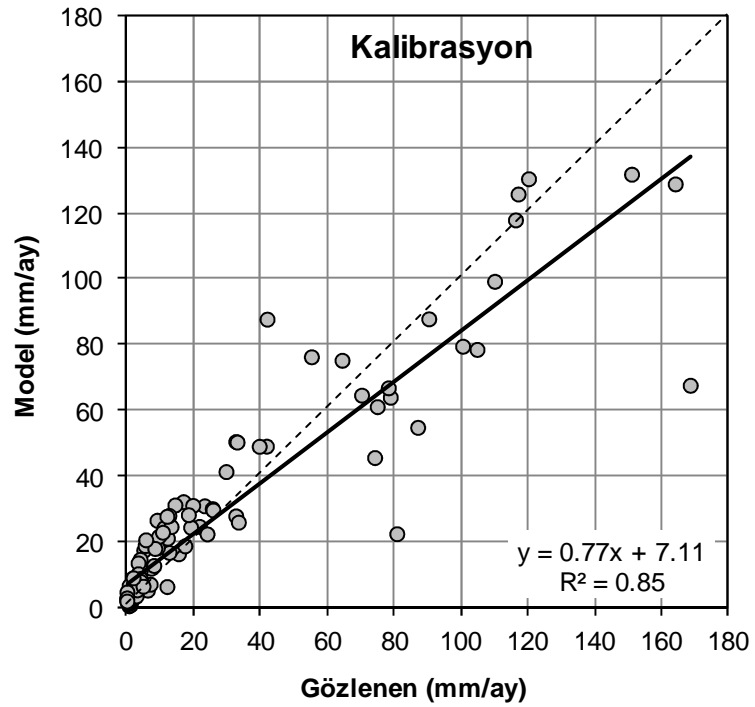


Şekil 4.40 Su bütçesi modelinin test dönemi hidrografı (a) ve saçılım diyagramı (b)

(a)

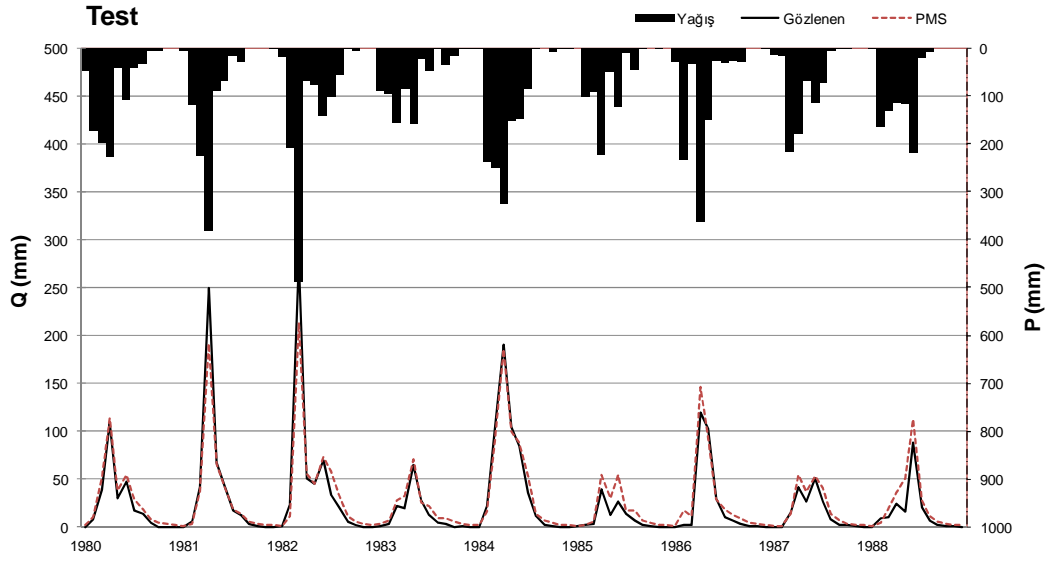


(b)

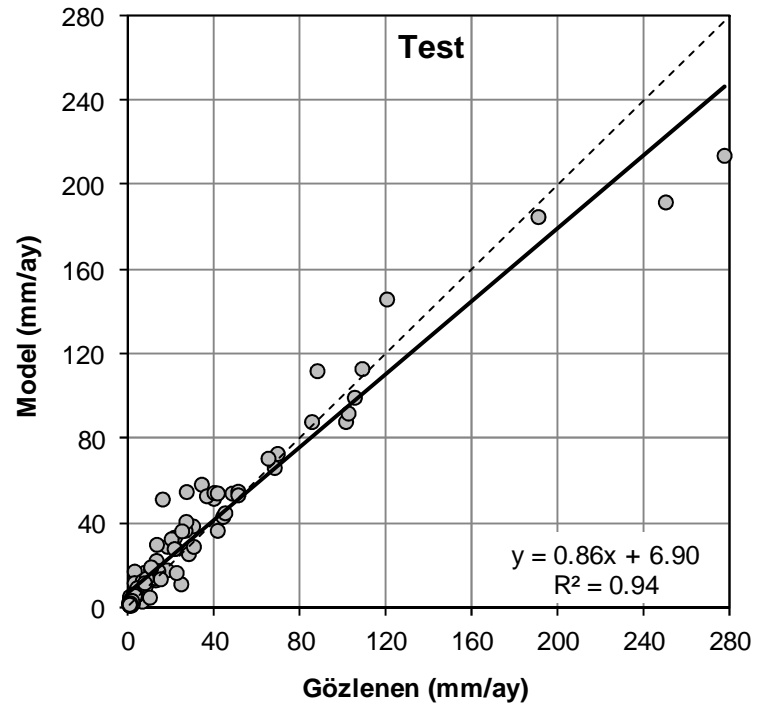


Şekil 4.41 PMS modelinin kalibrasyon dönemi hidrografı (a) ve saçılım diyagramı (b)

(a)

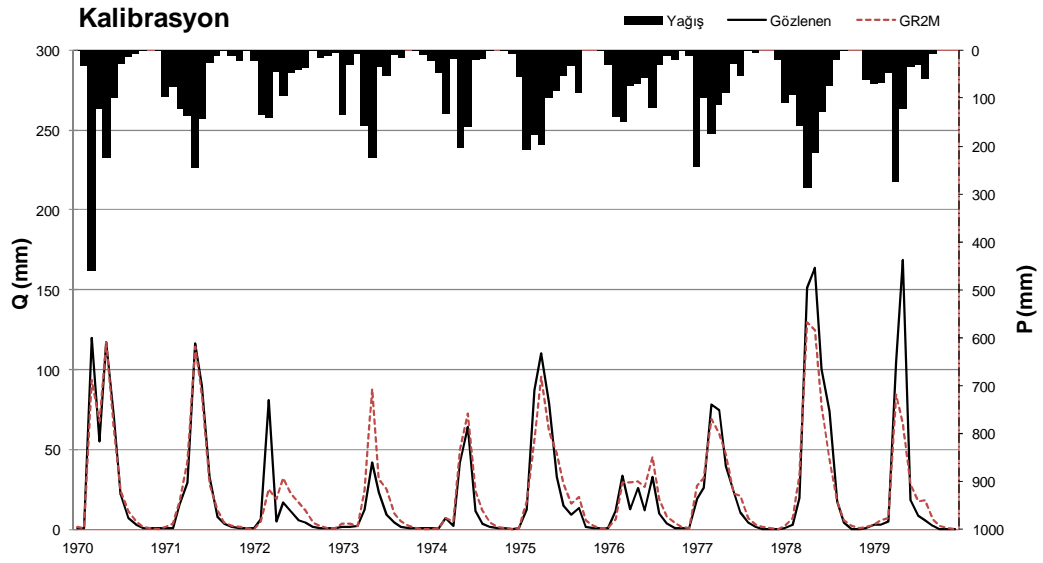


(b)

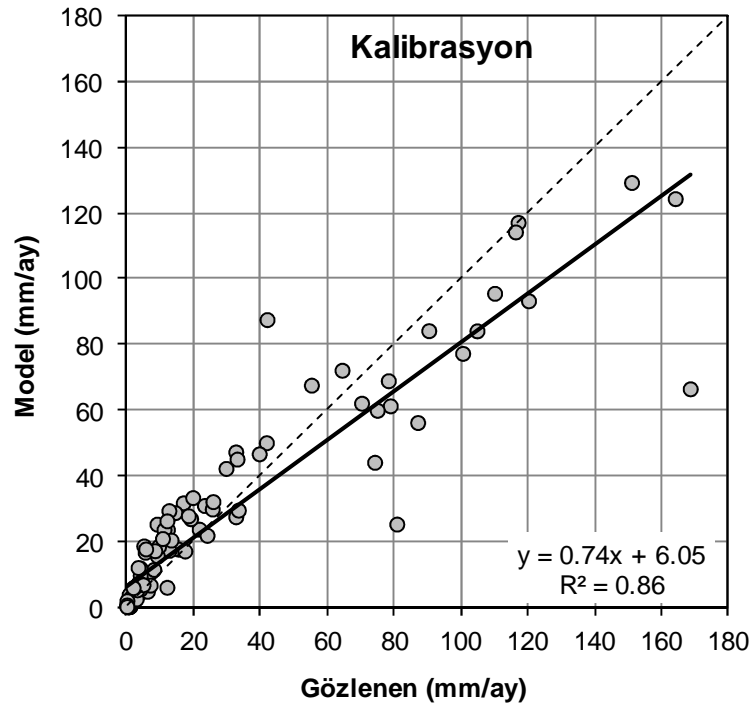


Şekil 4.42 PMS modelinin test dönemi hidrografı (a) ve saçılım diyagramı (b)

(a)

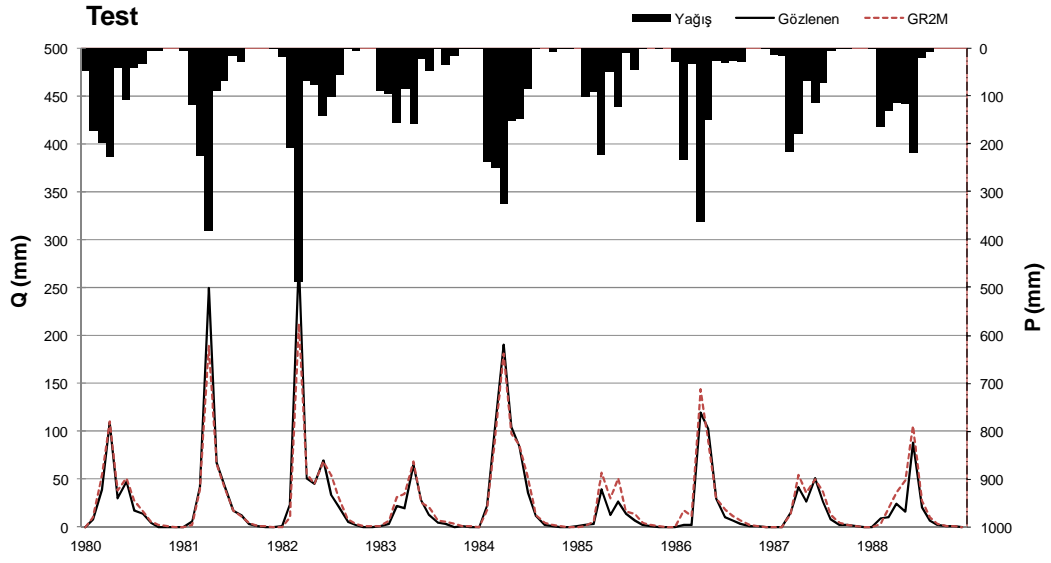


(b)

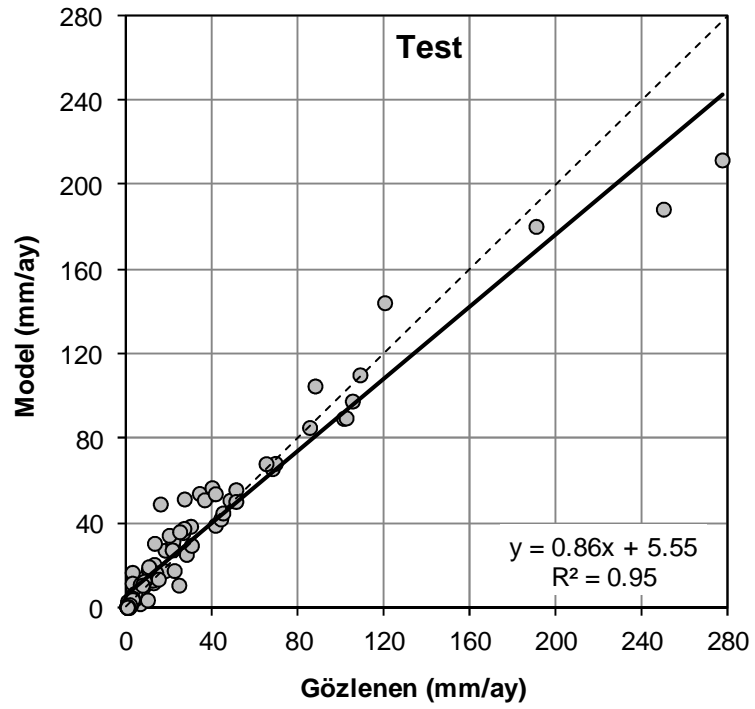


Şekil 4.43 GR2M modelinin kalibrasyon dönemi hidrografi (a) ve saçılım diyagramı (b)

(a)



(b)



Şekil 4.44 GR2M modelinin test dönemi hidrografı (a) ve saçılım diyagramı (b)

4.6.2 Yağış-Akış Modellerine Ait Parametrelerin Duyarlılık Analizi

Yağış-akış modellerinin kalibrasyonundan sonra model parametrelerinin model çıktıları (akışlar) üzerindeki etkilerini açıklamak amacıyla, modellere ait parametrelerin duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Duyarlılık analizi, bir modelin çıktılarındaki değişimin niteliksel veya niceliksel olarak değişebilirlik faktörlerine göre nasıl dağıldığını incelemek ve model parametrelerini model tahminlerindeki hata paylarına göre sıralamak amacıyla yapılan çalışmalardır (McCuen, 1973; Johnston ve Pilgrim, 1976; Haan, 2002). Çalışmada *klasik (lokal) nispi duyarlılık analizi yöntemi* uygulanmıştır. Bu yöntemde, parametrelerden biri oransal olarak değiştirilirken, diğerleri ortalamasal değerlere eşit (sabit) tutulmaktadır (McCuen, 1973). Çalışmada gerçekleştirilen duyarlılık analizlerinde, kalibre edilmiş modellerin P gibi bir parametresindeki oransal değişime ($\partial P/P$) karşılık, ortalama model akımlarındaki oransal değişimler (Denklem 4.5) ve hata kareler ortalamalarındaki oransal değişimler (Denklem 4.6) hesaplanarak, akımlar üzerinde en etkili model parametreleri nümerik olarak belirlenmiştir.

$$S_Q = \frac{\partial Q}{Q} \bigg/ \frac{\partial P}{P} \quad (4.5)$$

$$S_{HKO} = \frac{\partial HKO}{HKO} \bigg/ \frac{\partial P}{P} \quad (4.6)$$

Bu maksatla, modellere ait parametreler -%20 ile +%20 değişim aralığında; $\Delta P/P = \%5$ 'lik nispi artımlarla değiştirilerek ortalama akım değerlerindeki ve hata kareler ortalamalarındaki nispi değişimler incelenmiştir. Su bütçesi, PMS ve GR2M modellerinin $\partial Q/Q$ ve $\partial HKO/HKO$ değerlerine bağlı olarak oluşturulan lokal nispi duyarlılık eğrileri sırasıyla Şekil 4.45, Şekil 4.46 ve Şekil 4.47'de gösterilmiştir.

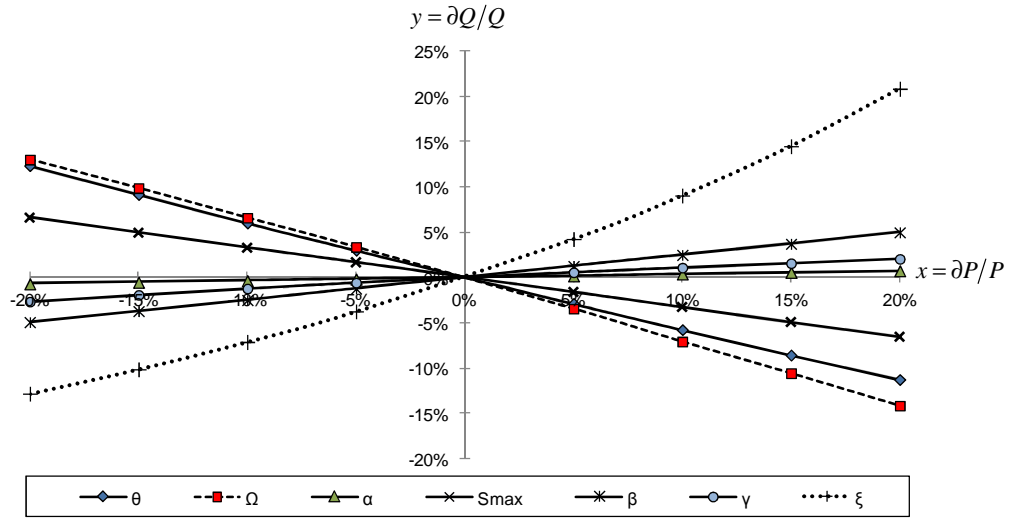
Şekil 4.45'de görüldüğü gibi, su bütçesi modelinin en hassas parametresi yeraltısuyu aktif depolama katsayısı (ξ), en hassas olmayan parametresi ise yüzeysel akış (α) parametresidir. Modelin ikinci hassas parametresinin ise, potansiyel evapotranspirasyon katsayısı (Ω) olduğu görülmektedir. Örneğin ξ parametresindeki

%10'luk bir artış hata kareler ortalamasında yaklaşık %5'lik, %10'luk bir azalış ise hata kareler ortalamasında yaklaşık %3.5'lik bir artışa neden olurken diğer parametrelerdeki değişimler önemli farklılıklar yaratmamaktadır.

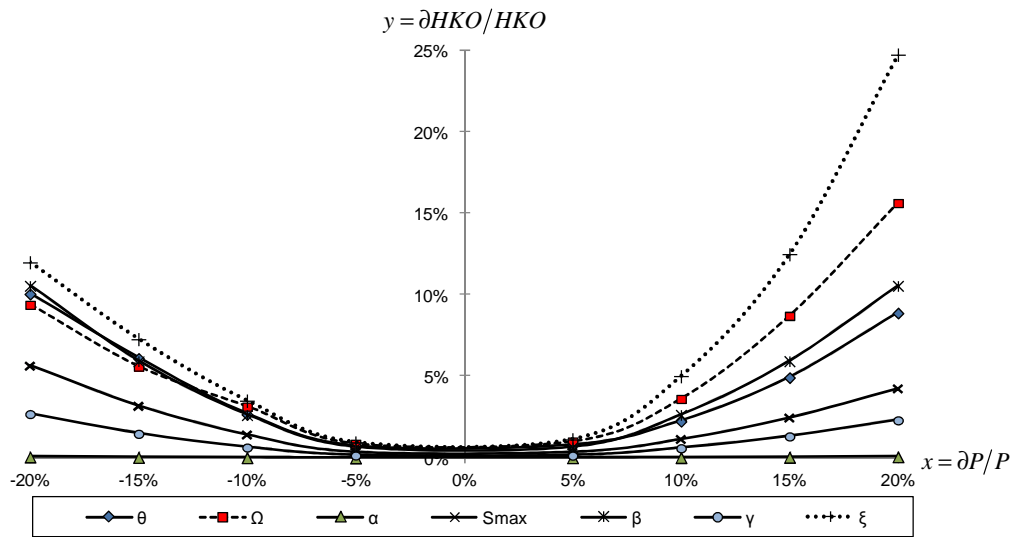
Şekil 4.46 incelendiğinde ise PMS modelinin en hassas parametresinin Q_1 ve Q_2 debi bileşenlerinin toplamını model akışına dönüştüren X_5 katsayısı olduğu görülmektedir. Modelin ikinci hassas parametresi ise su bütçesi modelinde olduğu gibi Ω potansiyel evapotranspirasyon katsayısıdır. X_5 parametresindeki %10'luk bir artış hata kareler ortalamasında yaklaşık %2.5'luk, %10'luk bir azalış ise hata kareler ortalamasında yaklaşık %12'lik bir artışa sebep olmuştur. Parametredeki %20 oranında bir azalış ise hata kareler ortalamasında %37'lik bir artış yaratmaktadır. X_2 , X_3 ve X_4 parametrelerinin atılmasından sonra elde edilen GR2M modelinde de en hassas parametrenin X_5 parametresi olduğu görülebilmektedir (Şekil 4.47). Ancak GR2M modelinde bu parametre PMS modeline göre daha hassas olup %10'luk bir azalış hata kareler ortalamasında %29'luk bir artışa neden olabilmektedir.

Özetle modellerin tahmin performanslarının, yüzey altındaki akışı ve evapotranspirasyonu kontrol eden parametreleri dışında diğer parametrelerin değişiminden önemli ölçüde etkilenmedikleri görülmektedir. Bu bakımdan su bütçesi modelinin diğer iki modele kıyasla parametrelerin değişimine karşı daha az hassas olduğu sonucu çıkarılabilir. Diğer bir ifadeyle, bu modele ait parametrelerin hassas olarak belirlenememesi akım tahmin performansını daha az etkilemektedir. Bu sonuç yağış-akış modeli çalışmalarında istenen bir durumdur (Fistikoglu ve Harmancioglu, 2002).

(a)

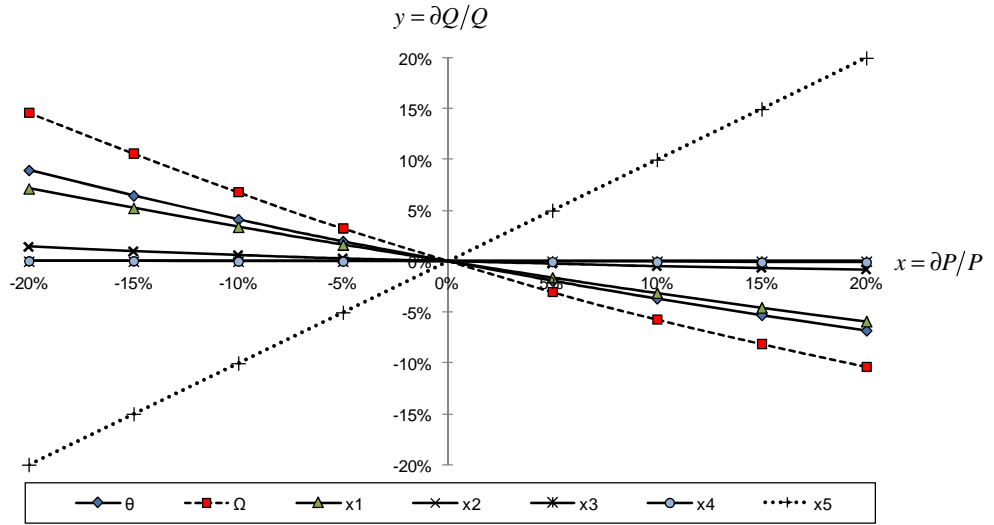


(b)

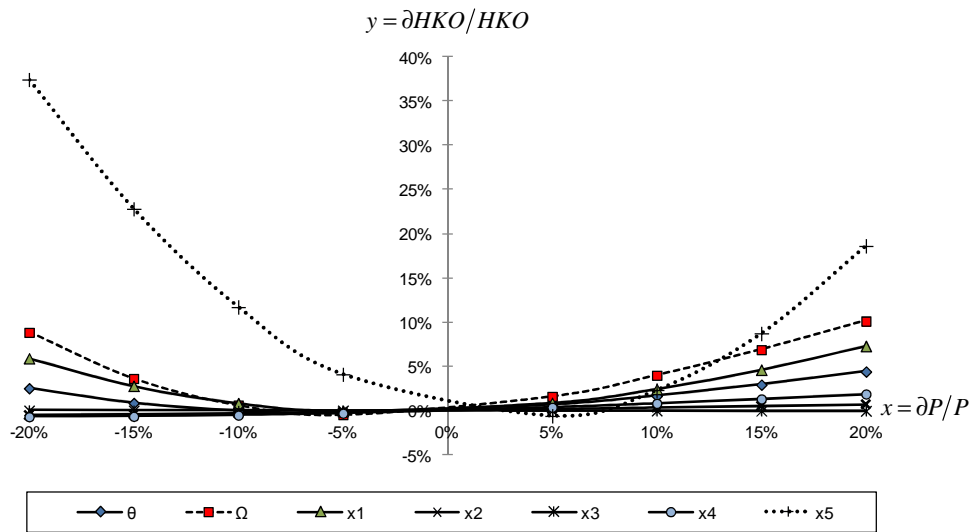


Şekil 4.45 Su bütçesi modelinin (a) Q model çıktıları ve (b) model hata kareler ortalaması için lokal nispi duyarlılık eğrileri

(a)

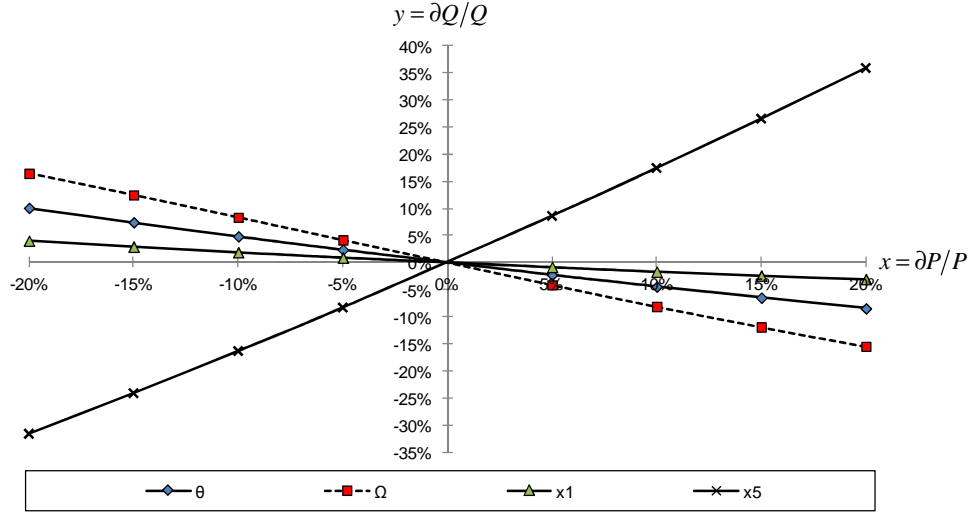


(b)

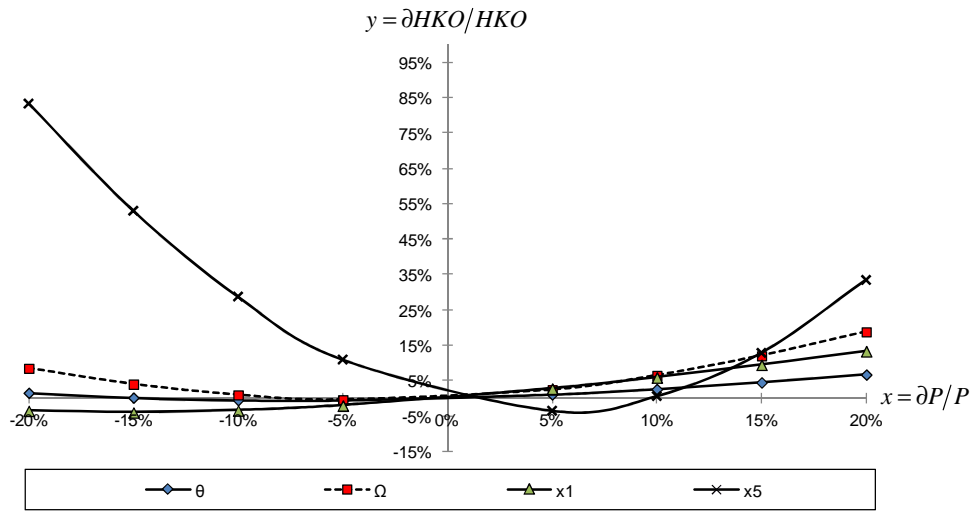


Şekil 4.46 PMS modelinin (a) Q model çıktıları ve (b) model hata kareler ortalaması için lokal nispi duyarlılık eğrileri

(a)



(b)



Şekil 4.47 GR2M modelinin (a) Q model çıktıları ve (b) model hata kareler ortalaması için lokal nispi duyarlılık eğrileri

4.6.3 Yağış ve Sıcaklık Senaryoları Altında Akımların Türetilmesi

Kalibre edilen yağış-akış modelleri yardımıyla, çalışma havzasının iklim modellerine ait senaryolar altındaki akımlarının türetilmesi çalışmaları, iki aşama halinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların birinci aşamasında, 20C3M senaryo akımları ile kıyaslayabilmek amacıyla 1948-2008 dönemindeki gözlenmiş yağış ve sıcaklık girdileri ile aynı döneme ait akımlar türetilirken; ikinci aşamada iklim modellerinin 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryo akımları türetilmiştir. Birinci aşamada türetilen akımların 1950-1999 dönemini kapsayan değerleri ile ikinci aşamada türetilen 1950-1999 dönemindeki 20C3M senaryo akımları ile karşılaştırılarak, indirgenmiş iklim modeli koşullarının gözlenmiş koşulları ne ölçüde yansıttığı, doğrudan akımlar üzerinden irdelenmiştir.

4.6.3.1 1948-2008 Dönemi Akımlarının Türetilmesi

Hem hazne performansının sınanması aşamasında kullanmak hem de iklim modellerinin günümüz iklimini temsil eden 20C3M senaryo akımları ile kıyaslamak amacıyla, havzanın gözlenmiş yağış ve sıcaklık girdileri, üç farklı yağış-akış modeli yardımı ile akımlara dönüştürülmüştür. Bu şekilde türetilen parametrik model akımlarının temel istatistikleri Tablo 4.64'te verilmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde, PMS ve GR2M modellerinden türetilen akımların temel istatistiklerinin birbirine oldukça yakın olduğu göze çarpmaktadır. Su bütçesi modeli ile türetilen akımların ise daha farklı istatistiklere sahip olduğu görülmektedir. Örneğin, kış aylarına ait ortalama değerler su bütçesi ile yaklaşık 6 mm fazla tahmin edilmesine rağmen ortalama ve standart sapma istatistiklerinde Mayıs-Eylül ayları dışında çok büyük farklılıklar olmadığı söylenebilir. Ancak su bütçesi modelinden türetilen 1948-2008 akımlarına ait çarpıklık ve basıklık istatistikleri (bazı değerler negatif) birkaç ayın dışında farklılık göstermektedir. Yıllık ortalama, standart sapma ve dolayısıyla değişkenlik katsayısı istatistikleri ise üç model için de birbirine oldukça yakındır.

Tablo 4.64 Tahtalı havzasının 1948-2008 dönemi gözlenmiş yağış ve sıcaklık girdilerinden türetilen parametrik model akımlarının temel istatistikleri

Yağış-Akış Modeli	İstatistik	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık	
Su Bütçesi	Ortalama (mm)	65.939	65.145	48.410	23.335	9.137	3.008	0.991	0.371	0.624	1.793	8.453	42.095	22.442	
	S.Sapma (mm)	45.990	41.455	30.671	16.629	7.083	2.289	0.803	0.319	1.066	2.860	14.968	45.832	10.172	
	Değişkenlik	0.697	0.636	0.634	0.713	0.775	0.761	0.810	0.860	0.860	1.709	1.595	1.771	1.089	0.453
	Çarpıklık	0.562	0.548	0.223	0.989	2.201	2.292	2.092	1.871	3.887	5.733	3.434	1.557	1.557	0.120
	Basıklık	-0.282	-0.292	-1.154	1.602	8.970	10.040	8.077	4.790	19.284	39.373	12.859	2.518	2.518	-0.163
PM5	Ortalama (mm)	58.111	59.475	48.265	29.513	18.462	8.653	4.692	2.938	2.280	2.733	8.467	36.992	23.382	
	S.Sapma (mm)	44.543	41.623	26.863	15.338	10.806	3.644	1.343	0.637	1.345	4.094	12.089	40.477	8.980	
	Değişkenlik	0.767	0.700	0.557	0.520	0.585	0.421	0.286	0.217	0.590	1.498	1.428	1.094	0.384	
	Çarpıklık	1.076	1.149	0.571	1.612	2.256	2.212	1.307	0.979	6.710	5.036	3.592	2.226	0.413	
	Basıklık	0.787	0.804	-0.683	3.971	6.018	6.269	1.401	0.542	49.418	25.271	16.099	6.014	6.014	0.122
GR2M	Ortalama (mm)	58.124	57.932	46.251	27.707	16.157	6.062	2.248	0.912	0.690	1.583	8.066	38.143	21.989	
	S.Sapma (mm)	43.538	39.757	25.374	14.361	10.082	3.143	0.946	0.348	1.361	4.671	13.377	40.780	8.838	
	Değişkenlik	0.749	0.686	0.549	0.518	0.624	0.518	0.421	0.382	1.972	2.951	1.659	1.069	0.402	
	Çarpıklık	1.051	1.152	0.547	1.646	2.356	2.397	1.382	0.960	7.256	5.102	3.593	2.078	0.425	
	Basıklık	0.717	0.815	-0.768	4.322	6.633	7.600	1.618	0.159	55.004	25.814	16.114	5.211	5.211	0.135

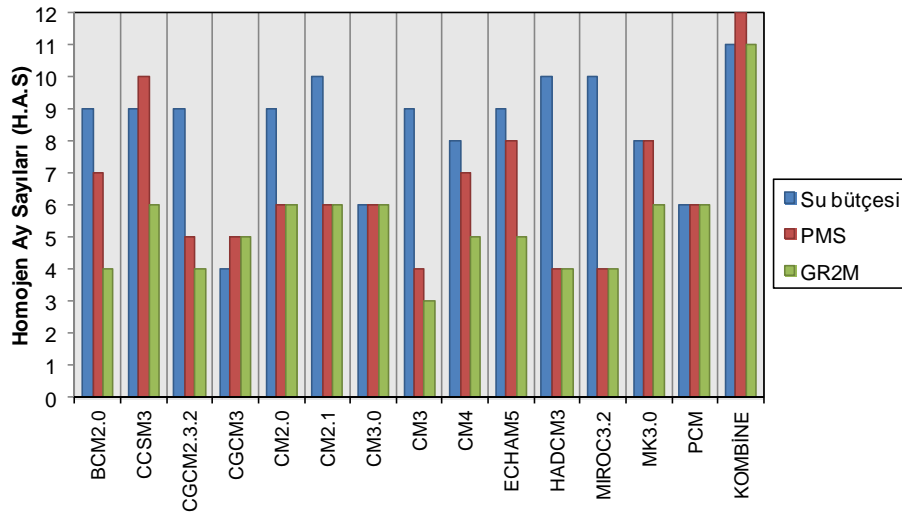
4.6.3.2 İklim Modellerinin 20C3M Senaryosuna Ait Akımlarının Türetilmesi

Tahtalı havzası ölçeğine indirgenen iklim modellerinin 20C3M senaryosuna ait yağış ve sıcaklık değerleri, üç farklı parametrik yağış-akış modelinde girdi olarak kullanılarak havzanın 20C3M iklim senaryosuna ait akımlar türetilmiştir. İklim modellerinin 20C3M senaryosu altındaki aylık ve yıllık akımlarının temel istatistikleri hesaplanmış ve tıpkı yağış ve sıcaklık değerlerinde olduğu gibi birbirinden farklı istatistikler elde edilmiştir. Tez kapsamında bu istatistiklerin doğrudan verilmesi yerine, bu istatistiklerin günümüz iklim koşullarını temsil edebilme performansı üzerinde durulmuştur. Bu maksatla, havzanın 1950-1999 dönemini temsil eden ve üç farklı parametrik model ile türetilen 20C3M senaryo akımları, aynı döneme ait gözlenmiş yağış ve sıcaklık değerlerinden elde edilen parametrik model akımlarıyla birlikte Mann-Whitney U homojenlik testine tabii tutularak, akım dizileri arasındaki homojenlikler sınanmıştır. Mann-Whitney U homojenlik testlerine ait sonuçlar su bütçesi, PMS ve GR2M yağış-akış modelleri için sırasıyla Tablo 4.65, Tablo 4.66 ve Tablo 4.67’de verilmiştir.

Su bütçesi modeli ile türetilen akımlara ait homojenlik analizi incelendiğinde, iklim modellerinin geneli Eylül, Ekim ve Kasım ayları için olumlu sonuç vermemiştir. CM3.0 ve PCM iklim modelleri dışında tüm iklim modelleri ise yıllık homojenliği sağlamıştır. Homojen ay sayısı en az olan iklim modeli CGCM3, en fazla olanlar ise HADCM3, MIROC3.2 ve CM2.1 iklim modelleridir. Tez kapsamında önerilen *Kombine iklim modeli ise, Eylül ayı dışında aylık ve yıllık homojenliği tam olarak sağlamıştır*. Modelin özellikle Ekim, Kasım, Aralık ve Şubat gibi sulak ayları diğer iklim modellerine göre daha iyi temsil edebildiği görülebilmektedir. Bunun temel sebebi, Kombine iklim modelinin yağışlar ve sıcaklıklar için kurgulanan günümüz iklimine ait istatistikleri daha iyi temsil etmesidir.

PMS modeli ile türetilen akımlara ait homojenlik analizi incelendiğinde, su bütçesi modelinde en fazla homojen ay sayısına sahip HADCM3 ve MIROC3.2 gibi modellerin PMS modeliyle elde edilen akımlara göre en az homojen ay sayısına sahip iklim modelleri olduğu göze çarpmaktadır. En fazla homojen ay sayısına sahip

iklim modeli CCSM3 olmasına rağmen bu iklim modeli yıllık homojenliği sağlayamamıştır. Kombine iklim modeli ise tüm aylar için homojenliği sağlamış ve özellikle Eylül-Kasım dönemi ve Şubat ayı için en iyi sonuçları vermiştir. GR2M modelinden türetilen akımlara ait homojenlik analizi incelendiğinde, diğer iki yağış-akış modeli sonuçlarına göre homojen ay sayılarının düştüğü gözlemlenmiştir. Kombine iklim modeli dâhil olmak üzere tüm iklim modellerinde GR2M modelinden türetilen akımların Ekim ayı için homojenliği sağlamadığı görülmüştür. En düşük homojen ay sayısına sahip iklim modelinin CM3 iklim modeli olduğu, en başarılı iklim modellerinin ise en fazla 6 adet homojen ay sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Tez kapsamında önerilen Kombine iklim modeli ise Ekim ayı dışında tüm aylar için homojenliği sağlamış ve PMS yağış-akış modelinden türetilen akımlarda olduğu gibi Eylül-Kasım dönemi için en iyi sonuçları vermiştir. Şekil 4.48'de homojen ay sayılarının (H.A.S) parametrik yağış-akış modellerine ve iklim modellerine göre değişimi özetlenmiştir.



Şekil 4.48 Homojen ay sayılarının yağış-akış modellerine ve iklim modellerine göre değişimi

Şekil 4.48 incelendiğinde, CCSM3 ve CGCM3 dışında tüm iklim modellerine ait 20C3M senaryo yağış ve sıcaklık girdilerini su bütçesi modelinin akımlara daha homojen karakterde dönüştürülebildiği anlaşılmaktadır. Tüm yağış-akış modelleri için genel bir değerlendirme yapıldığında, Kombine iklim modeli ile birlikte CCSM3 iklim modelinin en iyi, CGCM3 iklim modelinin ise en olumsuz sonuçları verdiği söylenebilir.

Tablo 4.65 Su Bütçesi modeli ile türetilen 1950-1999 dönemi 20C3M senaryo akımları ile gözlenmiş yağış ve sıcaklık değerlerinden elde edilen akımlar arasındaki Mann-Whitney U homojenlik analizi sonuçları

İklim Modelleri	H.A.S	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	9	0.283	1.675	0.055	0.910	1.599	0.965	0.903	0.448	3.778	3.923	3.530	0.227	0.090
CCSM3	9	0.669	1.344	0.641	0.710	0.414	0.655	0.083	1.544	4.081	3.371	2.771	1.013	1.551
CGCM2.3.2	9	0.820	0.552	0.607	1.262	1.075	0.827	0.565	0.620	2.930	2.206	3.316	1.351	1.241
CGCM3	4	2.723	1.310	0.372	2.847	3.095	3.109	2.447	2.447	2.633	1.792	0.186	2.558	1.848
CM2.0	9	1.530	0.221	0.455	0.062	0.007	0.779	0.889	0.717	2.744	3.054	0.276	2.206	1.186
CM2.1	10	0.793	0.159	0.710	1.096	0.931	1.331	1.234	1.737	4.509	3.040	0.862	0.979	0.117
CM3.0	6	1.427	1.365	2.247	2.192	2.695	0.910	0.331	0.600	4.846	5.081	2.427	0.393	2.123
CM3	9	1.620	1.751	0.262	0.338	0.951	0.159	0.034	1.744	3.516	3.612	2.847	1.041	0.986
CM4	8	1.655	1.379	0.641	0.379	1.000	0.876	0.572	2.254	4.171	3.971	3.757	1.779	1.896
ECHAM5	9	0.731	2.006	0.400	0.317	0.779	0.600	0.524	1.344	3.530	2.530	1.951	0.689	1.124
HADCM3	10	0.703	0.972	1.165	1.344	1.186	1.275	1.110	1.089	3.240	3.461	1.916	0.531	0.269
MIROC3.2	10	0.910	1.296	0.496	0.807	1.517	1.151	0.489	0.483	3.240	3.923	1.386	0.724	0.393
MK3.0	8	1.785	1.144	0.352	0.448	0.924	0.931	0.448	2.240	4.460	3.385	2.723	1.310	1.599
PCM	6	1.599	0.800	1.744	2.565	3.261	2.937	2.330	0.352	3.585	4.474	1.027	0.820	2.089
KOMBİNE	11	0.393	0.069	0.338	0.703	0.903	1.172	0.896	0.869	2.854	1.703	0.021	0.193	0.303

H.A.S: homojen ay sayısı

Tablo 4.66 PMS modeli ile türetilen 1950-1999 dönemi 20C3M senaryo akımları ile gözlenmiş yağış ve sıcaklık değerlerinden elde edilen akımlar arasındaki Mann-Whitney U homojenlik analizi sonuçları

İklim Modelleri	H.A.S	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	7	1.200	2.496	0.007	1.599	3.019	0.669	0.234	0.324	1.475	4.178	4.853	2.571	0.910
CCSM3	10	1.268	1.565	0.641	1.110	1.055	1.951	1.689	1.744	1.799	3.426	3.798	1.944	2.213
CGCM2.3.2	5	1.200	1.386	1.206	3.137	2.330	2.716	2.096	1.944	1.641	2.144	3.681	2.034	2.013
CGCM3	5	1.544	0.400	0.593	3.406	3.378	4.364	3.764	3.785	3.530	3.337	0.944	1.055	0.538
CM2.0	6	0.903	0.510	0.717	0.469	0.159	2.303	2.371	2.468	3.144	3.978	2.337	0.724	0.062
CM2.1	6	0.083	1.006	0.813	1.820	0.910	2.358	2.440	2.606	3.192	4.088	2.351	0.255	0.882
CM3.0	6	0.676	0.393	2.427	1.386	2.558	0.152	1.420	2.123	3.516	6.149	5.032	1.282	0.751
CM3	4	2.523	2.199	0.593	0.290	1.489	1.503	2.178	2.895	3.275	4.536	4.253	2.840	2.330
CM4	7	2.261	1.592	0.331	1.448	1.944	0.641	0.276	0.965	2.482	5.088	5.191	3.219	2.544
ECHAM5	8	1.096	2.247	0.234	0.214	0.345	1.255	1.599	1.834	2.096	3.199	3.054	0.524	1.675
HADCM3	4	0.076	1.779	1.434	2.172	2.254	3.419	3.302	3.219	3.350	4.571	3.206	0.924	1.668
MIROC3.2	4	0.324	0.393	0.227	2.454	4.040	4.474	3.902	3.764	3.619	4.695	3.233	1.641	1.131
MK3.0	8	2.234	1.613	0.365	0.179	1.889	1.393	0.227	0.290	0.903	3.192	3.764	2.695	2.275
PCM	6	0.765	0.152	1.765	2.544	4.026	2.971	2.406	1.124	1.117	3.640	2.985	1.137	1.227
KOMBINE	12	0.200	0.124	0.062	0.362	0.041	0.496	0.427	0.372	0.338	1.703	0.676	0.710	0.090

H.A.S: homojen ay sayısı

Tablo 4.67 GR2M modeli ile türetilen 1950-1999 dönemi 20C3M senaryo akımları ile gözlenmiş yağış ve sıcaklık değerlerinden elde edilen akımlar arasındaki Mann-Whitney U homojenlik analizi sonuçları

İklim Modelleri	H.A.S	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
BCM2.0	4	1.227	2.482	0.110	1.220	1.710	2.261	3.426	4.033	4.481	4.626	4.860	2.585	1.337
CCSM3	6	1.227	1.592	0.655	1.186	1.365	2.275	1.882	1.979	2.930	3.640	3.867	2.061	2.371
CGCM2.3.2	4	1.165	1.262	1.124	3.040	2.399	3.171	2.640	2.213	1.916	2.254	3.681	2.027	1.965
CGCM3	5	1.344	0.262	0.648	3.516	3.895	5.784	5.880	5.887	4.860	3.192	0.889	0.876	0.269
CM2.0	6	0.820	0.524	0.758	0.489	0.255	2.447	2.689	2.723	3.385	4.116	2.385	0.586	0.021
CM2.1	6	0.048	1.020	0.793	1.896	1.151	2.847	3.068	3.095	3.861	4.357	2.509	0.324	1.006
CM3.0	6	0.586	0.414	2.496	1.434	2.489	0.414	1.779	2.944	4.329	6.363	5.157	1.420	0.476
CM3	3	2.585	2.275	0.462	0.028	0.455	3.709	4.812	5.667	5.377	4.722	4.164	2.868	2.668
CM4	5	2.275	1.599	0.379	1.172	1.096	1.055	2.165	3.357	4.626	5.412	5.239	3.240	2.806
ECHAM5	5	1.200	2.275	0.331	0.338	0.069	2.075	2.785	3.350	3.730	3.516	3.082	0.696	1.827
HADCM3	4	0.097	1.765	1.386	2.337	2.758	4.577	4.784	4.522	4.357	4.557	3.206	0.979	1.792
MIROC3.2	4	0.331	0.496	0.014	2.392	4.026	4.529	3.654	3.102	3.337	4.729	3.344	1.606	1.020
MK3.0	6	2.261	1.606	0.255	0.379	0.820	0.552	1.723	2.654	3.419	3.895	3.847	2.661	2.509
PCM	6	0.738	0.131	1.737	2.406	3.633	2.075	0.986	0.669	2.944	4.509	3.116	1.372	0.972
KOMBİNE	11	0.172	0.138	0.110	0.372	0.083	0.662	0.834	0.689	1.310	2.041	0.745	0.745	0.145

H.A.S: homojen ay sayısı

4.6.3.3 İklim Modellerinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 Senaryolarına Ait Gelecek Dönem Akımlarının Türetilmesi

Bölüm 4.6.3.2’de, kalibre edilen yağış-akış modelleri kullanılarak türetilen 20C3M senaryo akımları ile aynı döneme ait gözlenmiş alansal ortalama yağış ve sıcaklık değerlerinden elde edilen model akımlarının karşılaştırılmalarına yer verilmiştir. Homojenlik analizine dayanan karşılaştırmalara göre, su bütçesi modeli ile türetilen 20C3M senaryo akımları, diğer iki yağış-akış modeli ile türetilen akımlara kıyasla günümüz akım şartlarını daha iyi temsil edebilmektedir. Ayrıca, yağış-akış modellerinin genelleme yeteneğinin sınındığı test (verifikasyon) dönemi verileri kullanılarak gerçekleştirilen Mann-Whitney U homojenlik testine göre de su bütçesi modeli daha başarılı bulunmuştur. Hem istatistiksel testler hem de parametre duyarlılık analizi sonuçlarına göre su bütçesi modelinin havzaya ait senaryo akışlarını türetmede diğer iki modele kıyasla daha uygun olduğu düşünülmüştür. Bu gerekçeden hareketle, Tahtalı havzasına indirgenen iklim modellerinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim senaryolarına ilişkin yağış ve sıcaklık değerleri, parametrik su bütçesi modelinde girdi olarak kullanılarak, iklim modellerinin ortak gelecek dönemi olan 2001-2099 dönemine ait akımlar türetilmiştir. Çalışmada gelecek dönem senaryoları için su bütçesi modeli ile türetilen akımların 20’şer yıllık ortalama istatistikleri, 20C3M senaryosu ile kıyaslamalı olarak Tablo 4.68-Tablo 4.81’de verilmektedir.

Bölüm 4.2’de küresel iklim modellerinin 20C3M dönemi yıllık istatistikleri referans alınarak SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarına ait yağış ve sıcaklık tahminlerinin 20C3M istatistiklerine kıyasla ne ölçüde farklılıklar taşıdığı araştırılmış ve bu kapsamda M-W, f ve t testlerinden yararlanılmıştır. Benzer analizler, su bütçesi modeli ile türetilen akımlar için de gerçekleştirilmiştir. Kalibre edilen PMS ve GR2M yağış-akış modelleriyle de iklim modellerine ait senaryo akımları türetilmiş ancak sonuçlarına ait detaylar tez kapsamına alınmamıştır. Sonuçlar incelendiğinde istatistiksel açıdan anlamlı değişimlerin farklılıklar taşıyabildiği ancak genel olarak benzer dönemlerde yaşanabileceği saptanmıştır.

Tablo 4.68 BCM2.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	71.01	75.41	48.57	20.00	7.13	2.55	0.82	0.37	0.72	2.33	10.19	42.49	23.47
	2001-2019	60.94	71.90	44.56	18.04	6.41	2.23	0.87	0.49	0.48	2.31	11.30	48.16	22.31
	2020-2039	65.72	79.95	51.26	21.94	7.86	2.59	1.07	0.44	0.45	2.62	10.86	44.55	24.11
	2040-2059	68.72	76.56	56.53	23.76	8.36	2.68	1.63	0.98	0.34	2.08	8.55	31.20	23.45
	2060-2079	58.28	59.19	42.45	17.03	6.04	1.89	1.18	0.90	0.71	2.11	8.75	44.68	20.27
SRES-A1B	2080-2099	68.95	71.63	40.97	16.96	6.11	1.93	1.06	0.51	0.78	1.85	9.76	36.16	21.39
	2001-2019	58.07	65.15	54.45	21.70	7.68	2.62	0.98	0.47	0.53	2.54	9.43	32.63	21.35
	2020-2039	78.15	74.03	48.81	20.88	7.47	2.45	1.05	0.46	0.75	2.06	10.60	49.59	24.69
	2040-2059	70.90	78.47	53.97	22.72	7.97	2.63	1.22	0.86	0.68	2.09	8.29	41.76	24.30
	2060-2079	76.45	80.10	48.66	18.59	6.53	2.02	1.18	0.64	0.52	1.95	8.52	42.34	23.96
SRES-A2	2080-2099	58.60	56.57	40.44	16.45	5.83	1.82	0.84	0.19	1.06	2.02	15.58	35.69	19.59
	2001-2019	75.70	62.96	41.19	17.93	6.53	2.17	0.80	0.49	0.44	1.82	12.02	53.40	22.96
	2020-2039	89.71	75.87	50.53	20.75	7.34	2.57	0.79	0.42	0.62	1.62	26.79	64.87	28.49
	2040-2059	76.79	68.97	48.13	20.12	7.08	2.36	0.77	0.33	0.49	2.28	24.84	53.65	25.48
	2060-2079	26.91	41.59	32.97	15.54	6.14	2.12	0.69	0.45	0.29	1.53	3.37	10.80	11.87
SRES-B1	2080-2099	25.76	34.13	29.25	14.83	5.67	1.92	0.70	0.29	0.36	1.52	3.41	15.38	11.10

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-14.18	-4.66	-8.25	-9.78	-10.10	-12.47	6.05	31.46	-33.34	-0.90	10.94	13.35	-4.93
	2020-2039	-7.44	6.02	5.54	9.68	10.31	1.84	29.72	17.74	-37.86	12.53	6.59	4.85	2.74
	2040-2059	-3.22	1.52	16.39	18.82	17.25	5.21	97.44	165.88	-52.98	-11.00	-16.04	-26.56	-0.07
	2060-2079	-17.92	-21.51	-12.61	-14.85	-15.24	-25.90	43.02	141.78	-2.35	-9.45	-14.13	5.16	-13.63
	2080-2099	-2.90	-5.02	-15.64	-15.20	-14.28	-24.13	29.11	37.16	7.98	-20.47	-4.18	-14.88	-8.84
SRES-A2	2001-2019	-18.22	-13.60	12.12	8.51	7.68	2.90	18.33	26.73	-26.83	9.03	-7.44	-23.20	-9.00
	2020-2039	10.06	-1.84	0.50	4.42	4.76	-3.81	27.36	23.37	3.14	-11.62	4.02	16.72	5.22
	2040-2059	-0.16	4.06	11.13	13.60	11.82	3.38	48.50	131.99	-6.83	-10.51	-18.69	-1.71	3.54
	2060-2079	7.67	6.22	0.19	-7.05	-8.46	-20.54	42.76	73.35	-27.85	-16.34	-16.39	-0.33	2.10
	2080-2099	-17.47	-24.99	-16.73	-17.76	-18.20	-28.42	1.52	-47.59	45.85	-13.26	52.90	-15.99	-16.51
SRES-B1	2001-2019	6.61	-16.51	-15.18	-10.36	-8.41	-14.69	-2.82	32.59	-38.77	-22.02	18.01	25.69	-2.17
	2020-2039	26.33	0.61	4.04	3.73	2.96	1.02	-4.33	12.71	-15.13	-30.54	162.90	52.70	21.41
	2040-2059	8.14	-8.54	-0.91	0.60	-0.61	-7.45	-6.94	-10.56	-31.78	-2.05	143.78	26.28	8.60
	2060-2079	-62.10	-44.85	-32.12	-22.29	-13.82	-16.87	-15.85	20.34	-60.63	-34.29	-66.97	-74.58	-49.43
	2080-2099	-63.73	-54.75	-39.78	-25.84	-20.49	-24.47	-14.92	-21.51	-50.83	-34.85	-66.51	-63.80	-52.69

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.69 CCSM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	78.14	79.54	54.20	26.02	9.73	3.32	1.03	0.43	0.70	2.35	18.01	48.63	26.84
	2001-2019	94.21	91.17	57.15	25.15	9.44	2.91	0.98	0.61	0.66	1.88	3.80	53.33	28.44
	2020-2039	60.04	71.91	44.87	20.27	7.55	2.29	1.04	0.94	0.62	2.43	12.59	38.36	21.91
	2040-2059	55.72	66.09	47.86	19.13	6.74	2.12	0.91	1.18	0.64	4.05	11.55	41.16	21.43
	2060-2079	57.93	66.43	47.52	20.26	7.32	2.33	0.94	1.27	1.14	1.34	10.37	47.27	22.01
2080-2099	64.77	89.21	83.08	36.70	12.75	4.22	1.79	1.37	0.51	1.33	10.05	39.86	28.80	19.56
SRES-A2	2001-2019	5.05	5.63	2.19	0.54	0.17	0.06	0.02	0.01	0.11	0.54	1.49	2.01	1.48
	2020-2039	62.40	79.61	44.23	17.48	6.48	2.06	0.81	1.05	0.48	2.25	19.98	43.93	23.40
	2040-2059	64.16	72.20	59.32	28.66	10.31	3.38	1.20	1.22	0.48	1.00	4.87	34.02	23.40
	2060-2079	77.26	68.32	57.01	25.43	8.85	2.93	1.21	0.85	0.64	1.78	11.74	50.68	25.56
	2080-2099	62.73	62.53	36.81	16.23	5.75	1.86	0.58	0.24	1.26	1.56	8.33	36.80	19.56
SRES-B1	2001-2019	64.36	50.88	43.58	21.32	8.19	2.48	1.10	1.03	0.55	2.19	15.34	40.94	21.00
	2020-2039	70.57	82.58	55.28	30.32	11.44	3.75	1.54	1.06	0.53	2.11	5.81	41.58	25.55
	2040-2059	69.73	77.80	62.03	27.01	10.19	3.27	1.19	1.06	1.10	1.69	14.39	42.80	26.02
	2060-2079	49.94	62.54	48.45	22.09	8.28	2.45	0.97	1.03	0.80	1.69	6.03	33.30	19.80
	2080-2099	77.39	68.70	51.97	24.86	9.07	2.87	1.36	1.07	0.61	1.86	7.01	48.43	24.60
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	20.56	14.62	5.44	-3.36	-2.99	-12.38	-4.63	41.15	-5.30	-19.79	-78.87	9.68	5.96
	2020-2039	-23.17	-9.59	-17.21	-22.09	-22.40	-30.92	1.10	118.49	-11.48	3.56	-30.07	-21.12	-18.38
	2040-2059	-28.69	-16.92	-11.70	-26.47	-30.78	-36.24	-12.07	174.36	-8.16	72.51	-35.83	-15.36	-20.17
	2060-2079	-25.86	-16.48	-12.33	-22.15	-24.82	-29.80	-8.85	194.91	63.68	-43.12	-42.40	-2.80	-18.00
	2080-2099	-17.12	12.15	53.29	41.04	30.99	27.14	73.29	218.25	-27.22	-43.44	-44.18	-18.04	7.30
SRES-A2	2001-2019	-93.54	-92.92	-95.96	-97.94	-98.28	-98.32	-98.19	-97.35	-84.75	-77.08	-91.75	-95.87	-94.48
	2020-2039	-20.15	0.08	-18.38	-32.84	-33.39	-37.87	-21.85	144.07	-30.90	-4.25	10.95	-9.65	-12.84
	2040-2059	-17.89	-9.23	9.45	10.13	5.89	16.20	183.28	-30.96	-8.68	-57.45	-72.94	-30.04	-12.81
	2060-2079	-1.12	-14.10	5.19	-2.29	-9.11	-11.67	17.78	98.15	80.44	-24.08	-34.82	4.22	-4.78
	2080-2099	-19.73	-21.39	-32.08	-37.63	-40.91	-43.99	-43.66	-44.47	80.44	-33.61	-53.75	-24.32	-27.14
SRES-B1	2001-2019	-17.64	-36.03	-19.59	-18.07	-15.86	-25.12	6.34	140.68	-21.36	-6.69	-14.82	-15.80	-21.77
	2020-2039	-9.70	3.81	1.99	16.53	17.49	13.03	49.02	146.39	-23.39	-10.29	-67.73	-14.49	-4.82
	2040-2059	-10.76	-2.19	14.45	3.80	4.69	-1.47	15.00	145.86	57.95	-28.19	-20.08	-11.98	-3.06
	2060-2079	-36.10	-21.37	-10.60	-15.11	-14.98	-26.26	-6.07	139.52	14.99	-28.05	-66.49	-31.52	-26.24
	2080-2099	-0.97	-13.63	-4.11	-4.46	-6.82	-13.37	32.32	149.30	-12.84	-20.66	-61.06	-0.40	-8.35

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyal hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.70 CGCM2.3.2 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	77.25	69.55	52.41	27.12	10.47	3.41	1.08	0.38	0.49	1.85	16.89	50.66	25.96
	2001-2019	58.38	52.64	40.45	19.15	7.22	2.26	0.71	0.24	0.38	2.16	23.12	60.03	22.23
	2020-2039	67.44	59.72	41.01	20.42	7.34	2.37	0.81	0.28	0.38	1.66	6.18	38.30	20.49
	2040-2059	58.28	57.58	33.84	15.65	6.00	1.88	0.65	0.40	0.18	1.35	12.91	41.19	19.16
	2060-2079	49.20	56.46	45.21	18.71	6.44	1.94	0.90	0.53	0.17	1.13	8.57	24.31	17.80
2080-2099	60.38	62.21	40.77	19.02	6.92	2.05	1.10	0.78	0.12	1.49	10.63	41.22	20.56	
SRES-A2	2001-2019	76.14	59.62	43.96	21.30	7.82	2.44	0.78	0.27	0.33	2.22	14.55	55.78	23.77
	2020-2039	74.74	69.49	46.38	24.28	8.93	2.82	1.00	0.32	0.28	1.68	7.87	44.64	23.54
	2040-2059	49.39	56.68	43.65	23.84	9.03	2.73	1.03	0.44	0.34	2.12	10.09	33.75	19.42
	2060-2079	39.34	46.45	33.44	14.93	5.61	1.60	0.78	0.40	0.19	1.60	3.67	13.98	13.50
	2080-2099	48.08	59.60	38.44	16.93	5.95	1.80	0.78	0.70	0.15	1.31	5.07	25.03	16.99
SRES-B1	2001-2019	73.72	67.29	56.94	28.68	10.63	3.42	1.10	0.38	0.34	2.13	24.36	58.25	27.27
	2020-2039	70.23	62.95	47.39	23.88	8.89	2.82	0.93	0.33	0.26	1.76	21.71	47.20	24.03
	2040-2059	58.79	58.29	39.46	18.56	6.95	2.15	0.83	0.27	0.22	3.82	21.14	49.52	21.67
	2060-2079	77.83	85.94	54.71	23.52	8.47	2.66	1.04	0.43	0.21	2.56	18.62	48.05	27.00
	2080-2099	75.32	64.32	43.81	24.37	9.18	2.82	1.36	0.51	0.29	1.72	4.13	50.33	23.18
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-24.43	-24.32	-22.83	-29.37	-31.09	-33.75	-34.35	-37.03	-21.73	16.60	36.86	18.49	-14.39
	2020-2039	-12.71	-14.13	-21.75	-24.69	-29.89	-30.53	-24.97	-24.42	-21.52	-10.61	-63.39	-24.40	-21.07
	2040-2059	-24.56	-17.21	-35.43	-42.27	-42.68	-44.90	-40.16	7.07	-62.62	-27.38	-23.54	-18.70	-26.21
	2060-2079	-36.32	-18.82	-13.73	-31.00	-38.53	-43.01	-17.04	40.62	-66.18	-38.78	-49.24	-52.01	-31.45
	2080-2099	-21.84	-10.56	-22.21	-29.88	-33.91	-39.91	1.94	107.58	-74.67	-19.39	-37.07	-18.63	-20.82
SRES-A2	2001-2019	-1.44	-14.28	-16.13	-21.46	-25.30	-28.59	-28.08	-28.26	-32.13	19.75	-13.84	10.10	-8.46
	2020-2039	-3.25	-0.09	-11.52	-10.48	-14.75	-17.25	-7.27	-14.57	-41.91	-9.62	-53.38	-11.88	-9.35
	2040-2059	-36.07	-18.51	-16.72	-12.07	-13.79	-19.88	-4.27	17.80	-29.85	14.19	-40.28	-33.38	-25.19
	2060-2079	-49.07	-33.21	-36.21	-44.96	-46.46	-53.21	-27.95	6.36	-60.67	-13.94	-78.27	-72.41	-48.01
	2080-2099	-37.77	-14.30	-26.66	-37.59	-43.15	-47.27	-27.48	87.20	-68.63	-29.49	-69.99	-50.60	-34.58
SRES-B1	2001-2019	-4.58	-3.25	8.64	5.76	1.47	0.17	1.94	1.15	-31.06	15.10	44.23	14.97	5.03
	2020-2039	-9.09	-9.49	-9.58	-11.95	-15.13	-17.29	-13.37	-12.90	-46.60	-5.20	28.55	-6.84	-7.45
	2040-2059	-23.89	-16.19	-24.72	-31.57	-33.59	-36.94	-23.24	-29.08	-55.21	106.01	25.15	-2.25	-16.55
	2060-2079	0.75	23.56	4.38	-13.27	-19.10	-21.94	-3.49	13.47	-56.84	37.96	10.23	-5.16	4.00
	2080-2099	-2.50	-7.52	-16.42	-10.13	-12.37	-17.40	25.86	36.08	-40.92	-7.35	-75.53	-0.66	-10.73

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyal hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.71 CGCM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	45.69	54.85	50.76	33.22	13.54	4.56	1.39	0.49	0.49	1.83	9.05	26.54	20.20
	2001-2019	42.10	45.85	40.50	28.61	12.03	3.98	1.24	0.42	0.27	1.18	5.33	22.53	17.00
	2020-2039	29.88	30.63	30.36	19.52	8.58	2.63	0.91	0.45	0.33	0.79	3.34	12.58	11.67
	2040-2059	35.99	44.48	40.03	22.48	8.91	2.62	1.21	0.58	0.15	1.28	4.45	14.18	14.69
	2060-2079	18.45	39.06	50.30	24.97	9.57	2.98	1.75	1.08	0.25	0.99	2.37	9.33	13.43
2080-2099	27.91	38.20	29.21	18.62	10.00	3.26	1.77	1.35	0.29	1.00	3.24	7.34	11.85	
SRES-A2	2001-2019	35.54	43.59	41.56	27.59	11.64	3.71	1.21	0.40	0.33	1.72	9.69	20.44	16.45
	2020-2039	45.00	41.63	40.76	28.08	13.02	4.18	1.42	0.53	0.29	0.89	11.47	35.85	18.59
	2040-2059	29.16	31.06	31.43	18.16	8.20	2.48	1.11	0.60	0.39	1.21	2.75	7.43	11.17
	2060-2079	20.17	23.24	23.91	16.00	6.89	2.12	1.50	1.02	0.23	0.51	2.50	9.92	9.00
	2080-2099	22.82	20.05	21.18	11.72	4.18	1.45	0.83	0.65	0.89	0.31	2.23	11.62	8.16
SRES-B1	2001-2019	46.02	44.23	46.47	28.75	11.18	3.78	1.24	0.39	0.42	1.29	17.45	32.54	19.48
	2020-2039	44.86	59.55	55.48	32.98	16.81	5.63	1.80	0.63	0.34	1.32	8.49	24.44	21.03
	2040-2059	32.05	48.95	42.34	21.82	8.71	2.88	0.98	0.44	0.24	1.58	3.89	13.43	14.78
	2060-2079	35.35	44.89	39.03	21.29	9.41	2.91	1.14	0.54	0.19	1.04	2.68	10.92	14.11
	2080-2099	32.93	32.50	27.84	20.39	9.00	2.69	1.19	0.78	0.19	0.91	2.85	11.13	11.87

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-7.84	-16.41	-20.21	-13.88	-11.14	-12.83	-11.19	-13.27	-44.85	-35.32	-41.18	-15.14	-15.83
	2020-2039	-34.60	-44.15	-40.19	-41.23	-36.63	-42.40	-34.60	-8.30	-32.02	-56.71	-63.16	-52.59	-42.24
	2040-2059	-21.23	-18.90	-21.14	-32.34	-34.20	-42.65	-13.57	18.28	-68.90	-30.25	-50.90	-46.59	-27.26
	2060-2079	-59.62	-28.78	-0.91	-24.84	-29.35	-34.62	25.75	122.69	-49.28	-45.65	-73.83	-64.85	-33.54
	2080-2099	-38.91	-30.35	-42.45	-43.94	-26.18	-28.46	26.99	178.08	-40.45	-45.57	-64.20	-72.34	-41.34
SRES-A2	2001-2019	-22.22	-20.53	-18.12	-16.94	-14.06	-18.76	-13.09	-17.30	-33.65	-6.15	7.06	-23.01	-18.57
	2020-2039	-1.51	-24.10	-19.71	-15.48	-3.83	-8.29	2.16	8.64	-41.68	-51.28	26.69	35.06	-7.96
	2040-2059	-36.18	-43.38	-38.08	-45.33	-39.41	-45.63	-20.41	23.56	-20.07	-34.03	-69.58	-72.00	-44.73
	2060-2079	-55.86	-57.63	-52.90	-51.85	-49.13	-53.54	7.45	108.75	-52.29	-71.90	-72.44	-62.65	-55.45
	2080-2099	-50.05	-63.45	-58.28	-64.72	-69.10	-68.22	-40.39	33.24	81.92	-83.23	-75.40	-56.22	-59.60
SRES-B1	2001-2019	0.74	-19.36	-8.45	-13.45	-17.44	-17.20	-10.87	-20.55	-14.22	-29.60	92.75	22.58	-3.57
	2020-2039	-1.81	8.58	9.29	-0.71	24.16	23.36	29.20	28.97	-31.35	-28.00	-6.23	-7.93	4.09
	2040-2059	-29.85	-10.75	-16.58	-34.29	-35.69	-29.45	-9.33	-50.82	-13.48	-18.48	-57.01	-49.39	-26.85
	2060-2079	-22.63	-18.17	-23.12	-35.91	-30.54	-36.23	-18.12	11.60	-62.17	-43.19	-70.43	-58.85	-30.13
	2080-2099	-27.91	-40.74	-45.16	-38.60	-33.56	-40.95	-14.73	59.51	-62.33	-50.04	-66.57	-58.06	-41.26

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.72 CM2.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	58.97	79.10	55.98	24.63	9.35	3.47	1.14	0.47	1.01	3.12	9.90	30.73	23.16
	2001-2019	49.94	45.77	44.18	24.86	9.66	3.33	1.03	0.40	0.55	2.04	7.59	33.37	18.56
	2020-2039	46.22	57.99	41.39	19.33	7.20	2.77	0.92	0.35	0.96	3.16	14.38	30.21	18.74
	2040-2059	39.05	52.38	42.38	19.64	7.29	2.24	1.26	0.79	0.62	0.96	2.09	15.98	15.39
	2060-2079	38.73	43.77	38.27	19.86	7.39	2.83	1.54	0.72	0.55	0.81	4.46	25.31	15.35
2080-2099	47.89	46.45	43.62	17.30	6.07	2.38	0.78	0.66	0.42	0.76	10.06	25.50	16.82	
SRES-A2	2001-2019	48.61	51.64	39.78	18.66	6.93	2.58	1.05	0.38	0.48	2.16	12.88	26.44	17.63
	2020-2039	48.15	57.08	39.54	18.84	7.07	2.60	1.28	0.50	1.05	1.81	4.58	29.79	17.69
	2040-2059	67.36	60.28	49.42	21.12	7.80	2.78	1.28	0.84	0.38	1.13	11.24	45.37	22.42
	2060-2079	42.22	54.20	36.09	16.66	7.62	2.92	1.46	1.09	0.44	0.91	2.30	28.01	16.16
	2080-2099	35.76	40.32	36.92	17.98	6.63	2.64	0.83	0.24	1.45	0.94	1.47	13.37	13.21
SRES-B1	2001-2019	55.87	63.89	43.74	22.34	9.16	3.41	1.03	0.42	0.61	3.16	6.63	37.72	20.67
	2020-2039	51.86	48.59	45.55	21.99	8.30	2.89	1.03	0.51	1.04	4.44	5.67	30.72	18.55
	2040-2059	46.95	50.42	39.55	16.30	6.36	2.34	1.16	0.48	0.25	2.23	6.73	23.08	16.32
	2060-2079	60.20	63.50	49.64	21.17	8.21	2.66	1.21	0.67	0.67	2.28	4.15	26.93	20.09
	2080-2099	53.14	57.86	48.28	23.16	9.32	3.07	1.16	0.82	0.25	2.14	7.16	27.13	19.46
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-15.31	-42.14	-21.08	0.91	3.30	-3.99	-9.91	-16.19	-45.44	-34.57	-23.31	8.60	-19.85
	2020-2039	-21.62	-26.68	-26.06	-21.53	-23.00	-20.10	-19.36	-26.57	-5.02	1.17	45.31	-1.70	-19.07
	2040-2059	-33.78	-33.78	-24.29	-20.27	-22.06	-35.37	11.15	67.92	-38.21	-69.16	-78.92	-48.02	-33.53
	2060-2079	-34.33	-44.66	-31.62	-19.39	-20.99	-18.36	35.76	53.10	-45.96	-74.03	-54.91	-17.64	-33.69
	2080-2099	-18.80	-41.27	-22.08	-29.77	-35.06	-31.50	-31.52	39.08	-58.15	-75.48	1.63	-17.01	-27.34
SRES-A2	2001-2019	-17.58	-34.72	-28.93	-24.25	-25.91	-25.63	-7.47	-18.79	-52.39	-30.61	30.16	-13.95	-23.85
	2020-2039	-18.35	-27.84	-29.36	-23.50	-24.31	-25.19	12.15	6.71	4.15	-42.09	-53.71	-3.07	-23.60
	2040-2059	14.21	-23.79	-11.70	-14.26	-16.58	-20.02	12.19	78.39	-62.73	-63.68	13.56	47.65	-3.19
	2060-2079	-28.40	-31.48	-35.52	-32.39	-18.47	-15.89	28.66	130.27	-56.51	-70.75	-76.76	-8.86	-30.21
	2080-2099	-39.37	-49.02	-34.03	-27.01	-29.02	-23.91	-27.04	-49.99	44.21	-69.86	-85.16	-56.49	-42.93
SRES-B1	2001-2019	-5.27	-19.22	-21.86	-9.33	-2.01	-1.70	-9.06	-11.21	-39.91	1.43	-33.00	22.76	-10.75
	2020-2039	-12.06	-38.57	-18.63	-10.71	-11.18	-16.66	-9.86	9.05	3.28	42.20	-42.76	-0.05	-19.89
	2040-2059	-20.40	-36.26	-29.34	-33.83	-32.01	-32.59	2.16	1.93	-75.36	-28.64	-32.05	-24.90	-29.52
	2060-2079	2.09	-19.72	-11.31	-14.07	-12.21	-23.34	6.33	7.94	-33.15	-26.89	-58.07	-12.38	-13.22
	2080-2099	-9.89	-26.85	-13.75	-6.00	-0.27	-11.43	2.01	74.55	-74.90	-31.35	-27.68	-11.72	-15.97

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyal hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.73 CM2.1 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	63.07	74.22	56.05	27.56	10.21	3.50	1.16	0.48	0.84	3.22	9.57	39.02	24.07
SRES-A1B	2001-2019	64.67	62.40	49.59	26.96	10.20	3.46	1.28	0.43	0.54	1.84	9.47	28.73	21.63
	2020-2039	69.29	67.09	51.99	24.23	8.92	2.98	1.20	0.65	0.51	2.02	8.39	37.64	22.91
	2040-2059	67.08	68.05	50.19	29.39	10.81	3.55	1.70	1.07	0.53	2.03	4.65	34.57	22.80
	2060-2079	31.89	59.24	55.59	23.39	8.21	2.95	1.29	0.54	0.80	1.02	2.07	10.94	16.49
SRES-A2	2001-2019	68.03	75.76	50.13	21.65	8.10	3.19	1.14	0.36	0.80	1.70	16.28	37.75	23.74
2020-2039	66.03	76.06	53.14	23.37	8.41	2.84	1.21	0.72	0.87	0.87	2.04	10.30	26.29	22.61
2040-2059	39.82	52.30	50.09	23.14	8.36	2.78	1.72	0.86	0.57	0.57	6.59	9.05	29.96	18.77
2060-2079	56.16	53.57	48.61	23.79	8.40	2.85	1.27	0.64	0.68	0.68	2.77	7.97	34.03	20.06
SRES-B1	2001-2019	67.47	56.12	48.81	26.48	10.55	3.54	1.24	0.64	0.59	5.68	6.58	28.86	21.38
2020-2039	62.00	67.09	50.38	25.95	9.61	3.38	1.40	0.59	0.68	0.68	1.49	10.94	48.09	23.47
2040-2059	59.66	56.42	41.88	23.64	9.04	3.09	1.34	0.82	0.76	0.76	1.29	14.85	40.50	21.11
2060-2079	53.08	63.00	52.07	23.37	8.49	2.89	1.20	0.76	0.74	0.74	1.00	16.32	19.73	20.22
SRES-B2	2001-2019	67.72	64.33	47.40	21.20	8.07	2.62	1.33	0.73	0.81	1.80	6.57	14.97	17.29

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	2.54	-15.93	-11.52	-2.20	-0.13	-1.13	10.24	-11.09	-36.17	-42.93	-1.02	-26.37	-10.16
	2020-2039	9.86	-9.61	-7.24	-12.08	-12.62	-14.63	3.87	34.30	-39.25	-37.10	-12.29	-3.54	-4.84
	2040-2059	6.36	-8.31	-10.44	6.63	5.85	1.50	46.75	122.62	-36.89	-36.73	-51.37	-11.40	-5.28
	2060-2079	-49.44	-20.19	-0.81	-15.14	-19.65	-15.68	11.66	11.87	-4.53	-68.28	-78.40	-71.97	-31.49
	2080-2099	-25.60	-31.34	-26.06	-40.04	-45.48	-42.84	-43.92	-17.76	35.30	-84.29	53.18	-39.86	-29.31
SRES-A2	2001-2019	7.86	2.08	-10.56	-21.44	-20.71	-8.87	-1.94	-25.04	-4.67	-47.01	70.11	-3.28	-1.39
	2020-2039	4.69	2.48	-5.18	-15.21	-17.69	-18.76	4.54	49.46	3.26	-36.53	7.64	-32.63	-6.10
	2040-2059	-36.86	-29.54	-10.63	-16.06	-18.19	48.79	79.21	-31.82	104.75	-5.46	-23.23	-22.04	-22.04
	2060-2079	-10.96	-27.82	-13.27	-13.68	-17.77	-18.38	9.60	33.46	-18.90	-13.95	-16.75	-12.81	-16.67
	2080-2099	-14.20	-48.57	-40.27	-39.45	-43.87	-33.81	-48.78	-54.27	57.16	-57.59	-57.11	-33.82	-36.34
SRES-B1	2001-2019	6.98	-24.38	-12.91	-3.93	3.28	1.27	7.12	33.18	-29.99	76.61	-31.21	-26.04	-11.19
	2020-2039	-1.70	-9.61	-10.11	-5.84	-5.88	-3.42	20.55	22.89	-19.52	-53.80	14.35	23.24	-2.53
	2040-2059	-5.40	-23.98	-25.28	-14.22	-11.51	-11.57	15.96	70.10	-9.95	-59.86	55.21	3.79	-12.32
	2060-2079	-15.84	-15.11	-7.09	-15.21	-16.84	-17.44	3.84	57.27	-11.42	-68.76	70.60	-49.44	-16.00
	2080-2099	-40.19	-13.32	-15.43	-23.10	-21.01	-25.13	14.75	51.22	-3.83	-43.96	-31.31	-61.64	-28.16

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyal hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.74 CM3.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	56.80	58.14	38.50	18.70	6.85	3.19	1.29	0.54	1.31	4.04	14.44	37.28	20.10
	2001-2019	51.90	53.89	29.56	14.22	5.11	1.81	0.62	0.42	1.51	2.31	8.42	43.23	17.75
	2020-2039	46.47	39.82	25.04	10.30	3.74	1.26	0.58	0.42	0.98	3.68	12.65	31.67	14.72
	2040-2059	50.24	40.71	25.27	13.35	4.74	1.44	0.63	0.29	1.47	4.12	6.09	26.03	14.53
	2060-2079	31.98	41.52	25.55	9.96	3.89	1.22	0.55	0.36	1.36	1.63	5.20	24.17	12.28
SRES-A1B	2080-2099	48.33	43.45	20.19	8.10	3.22	1.03	0.45	0.45	1.13	3.72	12.08	33.34	14.62
	2001-2019	59.86	47.78	30.00	12.98	4.72	1.59	0.53	0.37	1.17	6.41	19.76	41.72	18.91
	2020-2039	44.09	46.32	28.29	11.13	4.35	1.37	0.50	0.19	1.56	3.12	4.18	32.16	14.77
	2040-2059	57.20	54.11	30.91	12.86	5.64	1.97	0.74	0.32	1.39	1.93	3.08	27.93	16.51
	2060-2079	28.26	33.00	18.96	7.53	2.69	0.96	0.27	0.15	1.37	3.43	3.25	13.62	9.46
SRES-A2	2080-2099	28.20	29.25	16.43	6.36	2.47	0.79	0.26	0.07	1.08	2.89	2.44	18.55	9.07
	2001-2019	70.20	58.91	46.31	19.37	6.95	2.32	0.95	0.29	0.97	2.97	15.93	45.05	22.52
	2020-2039	61.87	60.40	40.35	16.09	5.72	1.95	0.73	0.32	1.52	3.26	11.05	47.25	20.88
	2040-2059	48.13	46.79	35.29	15.06	5.35	1.66	0.76	0.57	1.62	3.32	8.92	30.59	16.51
	2060-2079	34.67	47.65	27.66	13.68	4.83	1.44	0.65	0.39	1.14	3.05	2.39	26.58	13.68
SRES-B1	2080-2099	49.49	44.16	30.88	12.19	4.58	1.71	0.59	0.60	1.13	2.32	5.74	32.87	15.52
	2001-2019	70.20	58.91	46.31	19.37	6.95	2.32	0.95	0.29	0.97	2.97	15.93	45.05	22.52
	2020-2039	61.87	60.40	40.35	16.09	5.72	1.95	0.73	0.32	1.52	3.26	11.05	47.25	20.88
	2040-2059	48.13	46.79	35.29	15.06	5.35	1.66	0.76	0.57	1.62	3.32	8.92	30.59	16.51
	2060-2079	34.67	47.65	27.66	13.68	4.83	1.44	0.65	0.39	1.14	3.05	2.39	26.58	13.68
(b)	2001-2019	-8.62	-7.31	-23.21	-23.98	-25.38	-43.38	-52.22	-23.43	14.96	-42.85	-41.66	15.64	-11.69
	2020-2039	-18.19	-31.50	-34.95	-44.91	-45.33	-60.60	-54.77	-23.17	-25.62	-8.90	-12.37	-15.28	-26.77
	2040-2059	-11.54	-29.97	-34.35	-28.62	-30.81	-54.77	-51.60	-47.60	11.94	1.91	-57.84	-30.37	-27.70
	2060-2079	-43.69	-28.58	-33.63	-46.75	-43.15	-61.72	-57.03	-33.49	3.90	-59.64	-64.02	-35.35	-38.88
	2080-2099	-14.91	-25.26	-47.55	-56.70	-53.03	-67.73	-65.12	-17.21	-13.76	-7.94	-16.33	-10.81	-27.24
SRES-A1B	2001-2019	5.40	-17.82	-22.08	-30.61	-31.11	-50.22	-58.90	-31.49	-11.21	58.75	36.85	11.60	-5.93
	2020-2039	-22.38	-20.32	-26.51	-40.47	-36.44	-57.11	-61.43	-65.42	18.76	-22.72	-71.06	-13.97	-26.50
	2040-2059	0.71	-6.92	-19.70	-31.21	-17.57	-38.42	-43.03	-41.22	6.01	-52.22	-78.64	-25.27	-17.86
	2060-2079	-50.25	-43.23	-50.75	-59.73	-60.77	-69.88	-79.03	-71.76	4.65	-15.01	-77.47	-63.55	-52.94
	2080-2099	-50.35	-49.68	-57.33	-65.97	-63.99	-75.33	-80.22	-87.94	-17.69	-28.43	-83.10	-50.37	-54.90
SRES-A2	2001-2019	23.60	1.34	20.29	3.59	1.50	-27.47	-26.11	-45.97	-26.11	-26.60	10.32	20.51	12.04
	2020-2039	8.94	3.90	4.82	-13.94	-16.39	-38.87	-43.56	-40.45	15.84	-19.34	-23.47	26.41	3.88
	2040-2059	-15.26	-19.51	-8.35	-19.47	-21.91	-48.15	-40.89	4.43	23.13	-17.74	-38.21	-18.15	-17.88
	2060-2079	-38.95	-18.04	-28.15	-26.83	-29.40	-54.82	-49.97	-29.09	-13.00	-24.58	-83.43	-28.89	-31.94
	2080-2099	-12.87	-24.05	-19.78	-34.82	-33.10	-46.52	-54.23	9.76	-13.71	-42.54	-60.23	-12.06	-22.77

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyal hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.75 CM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	83.87	78.52	48.45	22.61	8.25	3.00	0.99	0.49	0.68	2.39	12.12	47.27	25.72
SRES-A1B	2001-2019	88.78	77.47	43.79	18.87	6.77	2.32	1.30	0.73	0.46	2.39	5.55	36.16	23.72
	2020-2039	76.55	80.89	47.34	21.48	7.78	2.50	1.69	1.06	0.90	4.28	8.68	48.16	25.11
	2040-2059	68.08	68.34	47.97	19.26	6.60	2.11	1.89	1.10	0.97	1.88	9.77	26.06	21.17
	2060-2079	71.14	79.96	52.59	20.02	6.72	2.19	1.68	1.01	0.61	1.96	5.21	39.01	23.51
SRES-A2	2001-2019	74.97	62.25	33.43	14.09	4.94	1.73	1.09	0.66	0.49	2.52	10.25	59.02	22.12
2020-2039	83.68	74.63	47.05	19.69	7.01	2.33	1.63	1.03	0.91	0.94	1.96	18.60	54.34	26.06
2040-2059	83.47	74.67	47.31	18.46	6.32	2.08	2.16	1.29	1.29	1.28	2.58	12.92	47.11	24.97
2060-2079	62.44	60.16	34.89	13.10	4.44	1.54	1.34	1.36	1.36	1.20	1.52	6.77	30.03	18.23
SRES-B1	2001-2019	68.84	89.16	56.73	23.73	8.28	2.74	1.44	0.87	0.99	2.27	16.88	62.86	27.90
2020-2039	64.10	76.73	46.97	18.78	6.48	2.14	1.33	0.83	1.08	1.08	2.28	15.07	36.98	22.73
2040-2059	79.20	71.45	45.17	18.45	6.42	2.12	1.87	1.05	0.77	0.77	2.37	11.21	42.24	23.53
2060-2079	70.67	70.92	52.11	23.05	8.10	2.63	2.24	1.13	0.67	0.67	2.56	11.92	44.86	24.24
SRES-B2	2001-2019	76.72	74.12	56.12	22.78	7.78	2.54	2.14	1.20	0.79	2.65	12.25	42.50	25.13

(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	5.85	-1.34	-9.82	-16.52	-17.94	-22.70	30.69	48.16	-32.07	0.19	-54.25	-23.50	-7.79
2020-2039	-8.73	3.02	-2.28	-5.01	-5.69	-16.67	70.46	114.41	31.45	79.19	-28.40	1.87	-2.38	
2040-2059	-18.83	-12.96	-0.98	-14.80	-20.03	-29.61	90.33	122.54	42.05	-21.37	-19.37	-44.87	-17.69	
2060-2079	-15.18	1.83	8.56	-11.46	-18.54	-26.86	68.59	105.26	-10.81	-17.95	-57.06	-17.48	-8.60	
SRES-A2	2001-2019	-37.22	-13.50	-10.57	-26.75	-34.24	-39.55	17.51	86.31	58.49	-24.43	73.97	-13.45	-17.49
2020-2039	-10.62	-20.72	-31.01	-37.68	-40.18	-42.19	9.31	33.22	-28.57	5.45	-15.45	24.85	-14.01	
2040-2059	-0.23	-4.95	-2.89	-12.93	-15.05	-22.39	64.44	84.77	37.68	-17.81	53.43	14.96	1.34	
2060-2079	-0.48	-4.89	-2.35	-18.37	-23.49	-30.42	116.89	161.54	87.76	8.16	6.60	-0.34	-2.91	
SRES-B1	2001-2019	-17.92	13.56	17.10	4.98	0.33	-8.57	44.72	75.98	45.24	-5.01	39.25	32.98	8.47
2020-2039	-23.58	-2.27	-3.05	-16.93	-21.51	-28.65	33.58	68.93	58.80	-4.36	24.32	-21.77	-11.62	
2040-2059	-5.57	-8.99	-6.77	-18.37	-22.21	-29.22	87.77	112.61	12.75	-7.56	-7.56	-10.64	-8.53	
2060-2079	-15.74	-9.68	7.56	1.93	-1.92	-12.24	125.65	129.66	-1.14	7.12	-1.69	-5.09	-5.76	
SRES-B2	2001-2019	-8.52	-5.60	15.83	0.77	-5.77	-15.39	115.22	143.56	15.93	10.96	1.03	-10.10	-2.29

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyal hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.76 CM4 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	96.97	90.19	61.71	24.70	8.72	2.98	1.00	0.63	0.97	2.41	16.92	57.36	30.38
	2001-2019	74.92	64.53	48.17	18.82	6.61	2.24	0.80	0.76	1.30	3.37	14.28	57.81	24.47
SRES-A1B	2020-2039	65.97	53.99	27.35	11.19	3.97	1.33	0.48	0.98	1.39	3.21	13.45	54.00	19.78
	2040-2059	93.55	82.84	39.14	14.69	5.13	1.72	1.03	1.04	1.11	3.53	27.01	79.39	29.18
SRES-A1B	2060-2079	66.53	43.72	22.27	8.37	2.80	1.00	0.98	0.30	0.96	2.95	25.94	53.42	19.11
	2080-2099	68.09	60.87	31.86	12.50	4.21	1.60	0.77	0.14	1.41	2.96	30.53	47.19	21.84
SRES-A2	2001-2019	101.14	114.55	52.81	19.83	7.06	2.34	0.80	0.79	1.23	2.99	25.00	50.77	31.61
	2020-2039	73.85	73.20	42.30	16.57	5.88	1.94	0.75	1.05	1.30	3.79	13.59	49.03	23.60
SRES-A2	2040-2059	88.02	67.00	32.67	12.32	4.24	1.36	0.94	0.80	0.99	3.05	15.38	58.64	23.78
	2060-2079	64.66	54.23	30.65	12.02	4.09	1.40	1.00	0.31	0.97	3.14	7.97	55.52	19.66
SRES-A2	2080-2099	52.09	38.86	22.75	8.43	2.90	1.24	0.48	0.15	0.92	2.02	6.02	20.26	13.01
	2001-2019	94.26	71.91	61.01	24.10	8.17	2.73	0.93	0.61	0.94	2.80	19.49	74.10	30.09
SRES-B1	2020-2039	87.94	74.43	43.19	16.63	5.84	1.90	0.74	1.23	0.62	3.58	24.33	75.84	28.02
	2040-2059	87.19	74.82	36.13	13.36	4.70	1.48	0.82	0.80	1.29	2.43	22.63	49.75	24.62
SRES-B1	2060-2079	100.20	77.65	41.99	16.13	5.52	1.75	1.05	0.89	1.04	2.96	14.60	75.57	28.28
	2080-2099	66.20	51.34	38.79	16.51	5.62	1.92	1.21	0.61	1.46	2.65	21.02	54.47	21.82
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-22.74	-28.45	-21.95	-23.80	-24.17	-24.70	-19.13	20.06	33.23	39.95	-15.63	0.79	-19.46
	2020-2039	-31.97	-40.14	-55.69	-54.69	-54.47	-55.44	-51.49	54.69	43.11	33.25	-20.52	-5.86	-34.91
	2040-2059	-3.53	-8.14	-36.58	-40.54	-41.15	-42.21	3.24	64.45	14.15	46.60	59.60	38.41	-3.95
	2060-2079	-31.39	-51.52	-63.91	-66.10	-67.89	-66.46	-1.19	-52.34	-1.10	22.52	53.30	-6.86	-37.11
	2080-2099	-29.78	-32.51	-48.37	-49.38	-51.73	-46.22	-23.12	-77.49	44.65	22.98	80.38	-17.73	-28.10
SRES-A2	2001-2019	4.30	27.02	-14.43	-19.74	-19.00	-21.53	-19.45	24.42	25.93	23.99	47.72	-11.48	4.04
	2020-2039	-23.84	-18.84	-31.46	-32.92	-32.62	-34.67	-24.42	65.60	33.38	57.28	-19.72	-14.53	-22.31
	2040-2059	-9.23	-25.71	-47.07	-50.11	-51.40	-54.45	-5.61	25.89	2.02	26.47	-9.13	2.23	-21.71
	2060-2079	-33.32	-39.87	-50.34	-51.34	-53.14	-52.83	0.60	-50.84	0.10	30.51	-52.91	-3.21	-35.27
	2080-2099	-46.29	-56.92	-63.13	-65.89	-66.71	-58.40	-51.55	-75.85	-5.15	-15.97	-64.40	-64.68	-57.17
SRES-B1	2001-2019	-2.79	-20.26	-1.13	-2.45	-6.27	-8.32	-6.99	-3.13	-3.78	16.41	15.17	29.19	-0.96
	2020-2039	-9.31	-17.47	-30.01	-32.67	-33.06	-36.17	-25.98	94.82	-36.34	48.70	43.79	32.21	-7.76
	2040-2059	-10.08	-17.04	-41.46	-45.92	-46.16	-50.12	-17.67	26.68	32.17	0.95	33.75	-13.27	-18.97
	2060-2079	3.33	-13.90	-31.96	-34.72	-36.73	-41.15	5.59	40.97	6.35	23.02	-13.76	31.75	-6.92
	2080-2099	-31.73	-43.07	-37.15	-33.19	-35.54	-35.60	21.45	-4.40	49.62	10.01	24.22	-5.04	-28.19

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.77 ECHAM5 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	80.04	84.21	52.65	22.77	8.33	2.83	0.95	0.40	0.62	2.12	15.31	41.02	25.94
	2001-2019	62.46	63.11	40.63	17.70	6.59	2.11	0.77	0.30	0.48	1.65	8.11	40.65	20.38
	2020-2039	73.06	58.85	37.28	17.74	6.46	2.11	0.88	0.36	0.29	1.38	6.71	35.17	20.02
	2040-2059	63.85	61.94	33.61	15.95	5.82	1.95	1.22	0.67	0.28	1.34	4.39	34.58	18.80
	2060-2079	62.26	50.46	31.85	15.32	5.37	1.88	0.86	0.41	0.64	1.44	8.06	32.09	17.55
SRES-A1B	2080-2099	37.35	34.68	24.42	9.61	3.12	1.48	0.50	0.32	1.16	1.13	7.50	18.08	11.61
	2001-2019	89.76	75.51	52.44	23.15	8.47	2.88	1.03	0.46	0.49	2.23	9.96	50.56	26.41
	2020-2039	78.28	69.92	53.54	29.15	10.75	3.58	1.31	0.60	0.52	1.98	14.77	61.66	27.17
	2040-2059	47.97	63.90	42.07	17.83	7.01	2.26	1.08	0.57	0.35	1.23	14.88	28.19	18.95
	2060-2079	48.08	57.57	47.16	18.85	6.33	2.37	1.13	0.53	0.49	1.16	8.40	38.79	19.24
SRES-A2	2080-2099	58.70	56.97	35.51	13.60	4.46	1.84	0.57	0.30	0.81	1.41	4.18	24.32	16.89
	2001-2019	66.16	60.70	44.37	19.57	7.11	2.39	0.89	0.38	0.52	1.20	13.98	37.14	21.20
	2020-2039	65.15	63.04	44.66	20.01	7.14	2.39	0.93	0.39	0.39	2.27	17.43	39.14	21.91
	2040-2059	73.23	76.72	48.72	19.86	7.09	2.29	1.11	0.55	0.45	1.13	6.87	34.35	22.70
	2060-2079	69.73	63.39	36.52	14.40	5.12	1.66	1.05	0.57	0.50	1.20	10.16	37.40	20.14
SRES-B1	2080-2099	56.86	61.75	32.89	12.88	4.43	1.59	0.88	0.69	0.52	1.04	17.33	40.10	19.25
	2001-2019	-21.96	-25.06	-22.83	-22.28	-20.83	-25.46	-18.77	-26.07	-23.31	-21.95	-47.01	-0.92	-21.43
	2020-2039	-8.71	-30.12	-29.20	-22.11	-22.39	-25.44	-7.17	-10.99	-53.12	-34.81	-56.18	-14.26	-22.80
	2040-2059	-20.22	-26.44	-36.16	-29.94	-30.13	-31.29	28.65	67.15	-54.23	-36.92	-71.35	-15.71	-27.52
	2060-2079	-22.21	-40.08	-39.51	-32.72	-35.55	-33.67	-8.93	1.40	3.33	-31.82	-47.32	-21.78	-32.32
SRES-A1B	2080-2099	-53.33	-58.82	-53.63	-57.80	-62.50	-47.67	-46.81	-21.12	86.12	-46.50	-51.03	-55.92	-55.23
	2001-2019	12.15	-10.33	-0.40	1.67	1.79	1.51	8.12	13.41	-20.72	5.33	-34.93	23.26	1.83
	2020-2039	-2.19	-16.97	1.68	27.98	29.18	26.39	38.51	48.10	-17.04	-6.40	-3.51	50.32	4.76
	2040-2059	-40.06	-24.12	-20.10	-21.73	-15.82	-20.31	14.25	42.66	-43.22	-41.70	-2.77	-31.28	-26.96
	2060-2079	-39.93	-31.64	-10.44	-17.22	-24.01	-16.43	19.08	31.53	-20.47	-45.19	-45.12	-5.43	-25.83
SRES-A2	2080-2099	-26.66	-32.35	-32.55	-40.30	-46.41	-35.12	-39.47	-24.38	30.29	-33.22	-72.72	-40.72	-34.88
	2001-2019	-17.33	-27.91	-15.74	-14.05	-14.57	-15.71	-6.51	-5.39	-16.33	-43.18	-8.66	-9.47	-18.26
	2020-2039	-18.60	-25.14	-15.19	-12.14	-14.29	-15.83	-1.59	-3.33	-37.60	7.09	13.86	4.58	-15.53
	2040-2059	-8.50	-8.90	-7.47	-12.79	-14.81	-19.25	17.27	36.17	-27.61	-46.45	-55.13	-16.27	-12.49
	2060-2079	-12.87	-24.73	-30.64	-36.77	-38.52	-41.36	10.33	41.22	-19.64	-43.32	-33.65	-8.82	-22.35
SRES-B1	2080-2099	-28.95	-26.67	-37.53	-43.46	-46.85	-43.76	-7.41	70.84	-17.18	-50.85	13.24	-2.25	-25.80

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.78 HADCM3 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	62.36	74.35	57.38	27.49	10.32	3.47	1.14	0.39	0.63	2.26	10.15	38.21	24.01
	2001-2019	65.77	76.92	59.97	29.43	10.99	3.61	1.23	0.47	0.68	2.02	7.88	29.67	24.05
SRES-A1B	2020-2039	73.74	87.18	62.33	28.67	10.39	3.33	1.30	0.46	0.47	1.68	6.38	26.03	25.17
	2040-2059	75.09	88.27	51.28	22.46	8.13	2.46	0.96	0.42	0.32	1.57	11.32	41.71	25.33
SRES-A1B	2060-2079	53.58	59.79	43.01	17.38	6.09	1.89	0.74	0.33	0.25	1.53	7.06	30.70	18.53
	2080-2099	44.13	60.20	41.10	16.64	5.54	1.81	0.56	0.19	0.32	1.31	3.50	26.61	16.83
SRES-A2	2001-2019	76.11	80.30	53.56	29.76	11.44	3.78	1.28	0.45	0.53	1.82	8.69	58.77	27.21
	2020-2039	62.86	72.62	51.48	23.31	8.62	2.78	1.02	0.36	0.54	2.01	15.69	43.60	23.74
SRES-A2	2040-2059	50.15	75.01	55.52	27.85	10.06	3.21	1.24	0.42	0.83	1.18	6.86	19.25	20.96
	2060-2079	62.52	55.64	38.13	16.76	6.50	2.03	0.75	0.27	0.33	1.78	5.05	27.61	18.11
SRES-A2	2080-2099	75.05	70.40	42.82	18.29	6.19	2.05	0.65	0.22	0.43	1.10	8.01	37.83	21.92
	2001-2019	87.41	88.90	57.56	26.44	9.65	3.19	1.15	0.38	0.55	2.55	16.49	59.15	29.45
SRES-B1	2020-2039	57.16	63.76	50.70	25.42	9.27	3.02	1.10	0.43	0.29	2.40	7.86	26.68	20.68
	2040-2059	57.18	61.54	37.42	18.73	7.08	2.21	0.91	0.34	0.41	1.31	5.80	37.31	19.19
SRES-B1	2060-2079	77.61	60.94	45.44	19.95	7.14	2.21	0.76	0.38	0.36	2.22	16.65	38.62	22.68
	2080-2099	44.82	65.78	45.24	21.28	7.48	2.33	1.09	0.46	0.30	1.60	6.73	18.38	17.96
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	5.47	3.45	4.51	7.05	6.49	3.89	8.20	21.44	8.09	-10.60	-22.40	-22.37	0.16
	2020-2039	18.25	17.26	8.63	4.30	0.63	-4.08	13.90	20.39	-24.84	-25.61	-37.13	-31.88	4.80
	2040-2059	20.40	18.72	-10.63	-18.29	-21.25	-29.07	-15.74	7.92	-48.90	-30.76	11.47	9.15	5.49
	2060-2079	-14.08	-19.58	-25.03	-36.77	-41.02	-45.55	-35.16	-15.22	-60.06	-32.60	-30.47	-19.66	-22.84
	2080-2099	-29.24	-19.03	-28.37	-39.46	-46.34	-47.93	-50.53	-51.18	-48.93	-41.93	-65.51	-30.37	-29.93
SRES-A2	2001-2019	22.05	8.01	-6.66	8.27	10.82	8.98	12.18	16.69	-14.97	-19.36	-14.42	53.78	13.31
	2020-2039	0.80	-2.33	-10.28	-15.21	-16.50	-19.83	-10.57	-6.07	-14.30	-10.96	54.57	14.10	-1.13
	2040-2059	-19.58	0.89	-3.24	1.30	-2.54	-7.57	8.42	7.80	31.61	-47.92	-32.39	-49.63	-12.70
	2060-2079	0.26	-25.16	-33.55	-39.02	-37.06	-41.44	-34.21	-30.86	-47.92	-21.22	-50.22	-27.76	-24.56
	2080-2099	20.35	-5.31	-25.38	-33.48	-40.03	-41.07	-43.37	-44.12	-32.28	-51.57	-21.14	-1.01	-8.73
SRES-B1	2001-2019	40.17	19.57	0.31	-3.84	-6.56	-8.00	0.58	-1.84	-12.78	12.78	62.39	54.78	22.64
	2020-2039	-8.34	-14.25	-11.64	-7.53	-10.17	-12.88	-3.52	10.12	-53.43	6.21	-22.56	-30.18	-13.90
	2040-2059	-8.30	-17.23	-34.78	-31.85	-31.45	-36.48	-11.24	-19.94	-35.48	-42.15	-42.86	-2.38	-20.10
	2060-2079	24.46	-18.03	-20.80	-27.44	-30.78	-36.39	-33.35	-26.76	-42.47	-1.68	63.96	1.07	-5.54
	2080-2099	-28.13	-11.52	-21.15	-22.60	-27.55	-32.86	-4.75	18.20	-51.88	-29.44	-33.73	-51.92	-25.22

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.79 MIROC3.2 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	61.01	56.43	46.36	26.52	11.58	3.98	1.21	0.43	0.65	2.59	15.35	46.00	22.68
	2001-2019	69.16	69.84	50.51	25.03	9.74	2.96	0.97	0.36	0.25	2.00	10.17	53.90	24.58
SRES-A1B	2020-2039	76.73	65.13	40.97	23.62	9.30	2.83	1.04	0.64	0.63	2.05	23.70	43.39	24.17
	2040-2059	52.04	61.97	45.71	23.85	8.79	2.77	0.94	0.73	0.46	1.57	3.26	29.58	19.30
SRES-A1B	2060-2079	69.35	59.51	36.01	15.89	5.93	1.75	0.62	0.44	0.71	1.59	9.35	42.91	20.34
	2080-2099	56.52	53.40	35.25	17.27	6.22	1.92	0.62	0.31	1.21	1.61	8.09	25.34	17.31
SRES-A2	2001-2019	60.27	58.43	40.64	22.14	10.16	3.24	1.10	0.53	0.62	2.57	11.46	32.93	20.34
	2020-2039	70.99	64.82	49.81	23.32	8.71	2.75	0.88	0.48	0.31	2.11	8.87	35.23	22.36
SRES-A2	2040-2059	58.79	62.26	37.91	18.21	6.89	2.10	0.80	0.42	0.58	1.64	19.60	25.26	19.54
	2060-2079	54.32	62.02	40.75	18.81	6.91	2.15	0.69	0.36	0.64	1.36	9.98	27.85	18.82
SRES-A2	2080-2099	42.57	51.27	33.79	14.67	5.25	1.65	0.50	0.19	1.08	0.91	5.44	27.19	15.38
	2001-2019	62.85	60.81	52.96	26.01	10.40	3.49	1.06	0.39	0.75	3.24	13.97	38.42	22.86
SRES-B1	2020-2039	42.48	56.04	39.69	18.58	8.28	2.55	0.87	0.36	0.22	1.67	16.52	36.57	18.65
	2040-2059	46.55	49.74	34.81	18.38	6.99	2.05	0.82	0.67	0.36	2.13	5.57	35.59	16.97
SRES-B1	2060-2079	50.69	63.59	43.97	21.94	8.05	2.43	0.99	0.67	0.34	2.11	19.24	38.37	21.03
	2080-2099	65.03	61.30	37.64	16.06	6.06	1.84	0.92	0.89	0.46	2.16	11.65	38.83	20.24
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	13.35	23.77	8.95	-5.62	-15.90	-25.67	-19.86	-15.36	-6.2.26	-22.77	-33.74	17.17	8.37
	2020-2039	25.76	15.41	-11.63	-10.94	-19.68	-28.94	-14.48	48.50	-4.52	-21.10	54.37	-5.67	6.57
SRES-A1B	2040-2059	-14.71	9.81	-1.39	-10.05	-24.14	-30.48	-22.59	69.15	-30.33	-39.59	-78.76	-35.70	-14.87
	2060-2079	13.66	5.45	-22.32	-40.06	-48.82	-55.96	-48.90	1.49	8.80	-38.55	-39.10	-6.72	-10.31
SRES-A2	2080-2099	-7.37	-5.37	-23.96	-34.86	-46.32	-51.76	-48.97	-27.56	84.18	-37.87	-47.28	-44.92	-23.66
	2001-2019	-1.21	3.55	-12.34	-16.50	-12.27	-18.55	-9.60	24.55	-5.77	-0.68	-25.35	-28.41	-10.30
SRES-A2	2020-2039	16.35	14.86	7.44	-12.04	-20.77	-31.03	-27.56	12.10	-53.41	-18.69	-42.26	-23.41	-1.42
	2040-2059	-3.65	10.33	-18.22	-31.31	-40.54	-47.21	-33.86	-2.09	-11.77	-36.72	27.63	-45.08	-13.84
SRES-A2	2060-2079	-10.97	9.90	-12.10	-29.08	-40.36	-45.95	-43.28	-15.12	-2.44	-47.68	-35.00	-39.47	-17.01
	2080-2099	-30.22	-9.15	-27.11	-44.66	-54.68	-58.70	-58.42	-54.78	65.42	-64.99	-64.57	-40.90	-32.20
SRES-B1	2001-2019	3.02	7.77	14.23	-1.92	-10.20	-12.35	-12.28	-8.66	15.00	24.97	-8.98	-16.48	0.82
	2020-2039	-30.37	-0.70	-14.38	-29.94	-28.54	-36.01	-28.25	-16.70	-65.77	-35.55	7.60	-20.51	-17.75
SRES-B1	2040-2059	-23.70	-11.86	-24.91	-30.69	-48.45	-48.45	-32.57	55.69	-44.65	-17.71	-63.69	-22.64	-25.16
	2060-2079	-16.91	12.69	-5.16	-17.27	-30.49	-39.07	-18.53	56.74	-48.16	-18.68	25.32	-16.59	-7.26
SRES-B1	2080-2099	6.58	8.62	-18.80	-39.42	-47.64	-53.74	-24.41	107.74	-29.73	-16.60	-24.12	-15.59	-10.76

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.80 MK3.0 küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	86.15	75.97	46.88	21.38	8.06	2.73	1.03	0.45	0.74	3.33	16.60	55.93	26.60
	2001-2019	76.80	75.35	55.07	23.97	8.49	2.87	1.21	0.62	0.58	1.75	7.54	53.72	25.66
SRES-A1B	2020-2039	90.38	79.63	47.35	19.23	6.88	2.26	0.80	0.37	0.83	2.22	16.84	49.87	26.39
	2040-2059	85.96	87.31	49.78	20.20	7.34	2.34	1.16	0.86	0.48	2.19	12.65	73.25	28.63
SRES-A1B	2060-2079	98.20	74.19	39.19	15.85	5.77	1.71	0.95	1.03	0.38	1.89	14.99	67.49	26.80
	2080-2099	90.23	68.00	33.19	12.60	4.50	1.33	0.76	0.88	0.42	1.78	20.71	60.67	24.59
SRES-A2	2001-2019	84.67	71.85	39.82	17.80	6.56	2.13	0.94	0.57	0.58	2.05	7.73	53.41	24.01
	2020-2039	71.87	65.46	44.48	20.66	7.20	2.33	0.90	0.74	0.50	1.91	6.61	41.06	21.98
SRES-A2	2040-2059	88.35	89.61	49.50	19.41	6.63	2.16	1.03	0.81	0.49	1.78	12.92	63.25	28.00
	2060-2079	89.42	71.34	38.39	14.12	4.95	1.51	0.59	0.42	0.34	1.29	12.79	59.04	24.52
SRES-A2	2080-2099	49.02	40.06	22.71	8.57	3.01	0.84	0.33	0.18	0.67	1.53	10.24	43.91	15.09
	2001-2019	79.01	64.82	40.85	17.67	6.34	2.12	0.93	0.60	0.67	5.01	20.71	66.83	25.46
SRES-B1	2020-2039	88.25	79.19	44.95	19.71	7.30	2.35	1.18	0.61	0.50	1.63	14.11	66.23	27.17
	2040-2059	73.57	66.71	46.25	20.74	7.32	2.41	1.17	0.81	0.64	4.93	11.48	51.56	23.96
SRES-B1	2060-2079	99.97	78.48	52.06	20.86	7.25	2.42	1.47	0.90	0.39	3.69	21.61	77.26	30.53
	2080-2099	72.51	78.44	47.77	18.95	6.74	2.16	1.17	0.81	0.37	2.41	16.83	40.06	24.02
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-10.85	-0.82	17.48	12.10	5.24	4.92	17.71	36.52	-21.86	-47.45	-54.59	-3.95	-3.54
	2020-2039	4.91	4.81	1.00	-10.06	-14.62	-17.41	-21.98	-17.45	11.74	-33.48	1.43	-10.83	-0.82
	2040-2059	-0.22	14.93	6.19	-5.55	-9.02	-14.52	13.40	88.79	-35.13	-34.40	-23.81	30.97	7.59
	2060-2079	13.99	-2.35	-16.40	-25.85	-28.45	-37.31	-7.48	126.70	-48.19	-43.37	-9.69	20.66	0.74
	2080-2099	4.74	-10.49	-29.20	-41.05	-44.16	-51.29	-25.90	94.93	-43.05	-46.64	24.76	8.47	-7.57
SRES-A2	2001-2019	-1.71	-5.42	-15.05	-16.77	-18.72	-22.05	-8.01	24.56	-21.89	-38.63	-53.42	-4.51	-9.76
	2020-2039	-16.57	-13.84	-5.11	-3.38	-10.69	-14.92	-12.37	61.98	-31.96	-42.73	-60.17	-26.59	-17.40
	2040-2059	2.56	17.95	5.59	-9.23	-17.76	-20.80	0.87	78.92	-33.53	-46.51	-22.18	13.09	5.23
	2060-2079	3.80	-6.10	-18.10	-33.96	-38.61	-44.91	-42.78	-6.35	-53.60	-61.24	-22.97	5.56	-7.85
	2080-2099	-43.10	-47.27	-51.55	-59.93	-62.63	-69.18	-67.78	-59.90	-9.16	-54.00	-38.30	-21.49	-43.28
SRES-B1	2001-2019	-8.28	-14.67	-12.86	-17.34	-21.35	-22.51	-9.32	31.22	-9.85	50.39	24.73	19.48	-4.29
	2020-2039	2.44	4.23	-4.11	-7.82	-9.48	-13.89	15.20	35.06	-31.91	-51.06	-15.01	18.41	2.12
	2040-2059	-14.60	-12.19	-1.34	-3.00	-9.28	-11.88	13.89	77.94	-13.96	47.74	-30.87	-7.82	-9.93
	2060-2079	16.04	3.30	11.05	-2.42	-10.13	-11.56	43.32	98.27	-46.72	10.78	30.14	38.13	14.75
	2080-2099	-15.82	3.25	1.89	-11.37	-16.39	-21.14	14.24	79.19	-49.34	-27.62	1.37	-28.37	-9.72

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Tablo 4.81 PCM küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	56.14	62.14	39.37	15.75	5.54	1.97	0.70	0.45	0.76	2.56	7.74	35.37	19.06
	2001-2019	39.37	42.81	35.38	16.10	5.78	1.91	0.68	0.35	0.96	1.91	4.07	21.04	14.18
SRES-A1B	2020-2039	45.29	62.59	48.70	19.14	6.45	2.14	0.87	0.40	0.73	2.58	5.60	28.72	18.60
	2040-2059	52.58	43.43	31.13	12.12	4.34	1.32	0.72	0.42	0.55	2.36	11.80	38.06	16.57
SRES-A1B	2060-2079	37.42	41.18	31.42	13.32	4.65	1.37	0.92	0.42	0.85	1.84	5.76	29.91	14.09
	2080-2099	55.18	60.47	40.09	16.00	5.66	1.69	0.81	0.61	0.76	1.08	4.27	31.73	18.20
SRES-A2	2001-2019	51.73	57.26	29.08	11.90	4.20	1.43	0.50	0.38	0.61	2.27	10.33	34.77	17.04
	2020-2039	50.58	48.12	36.69	15.62	5.38	1.83	0.80	0.46	0.80	1.67	4.16	18.94	15.42
SRES-A2	2040-2059	59.82	48.66	38.67	15.52	5.37	1.66	0.93	0.52	0.87	1.65	5.22	46.74	18.80
	2060-2079	43.08	56.78	32.09	12.88	4.64	1.32	0.75	0.48	0.58	1.83	3.43	28.60	15.54
SRES-A2	2080-2099	46.81	43.41	27.82	11.21	3.94	1.21	0.76	0.27	1.10	0.77	3.14	34.41	14.57
	2001-2019	56.93	52.51	34.55	13.85	4.98	1.67	0.67	0.47	1.17	1.23	4.12	23.15	16.27
SRES-B1	2020-2039	37.98	40.20	32.30	14.42	5.33	1.71	0.66	0.33	0.97	1.39	3.65	20.71	13.30
	2040-2059	28.12	31.23	22.68	9.81	3.51	1.06	0.64	0.38	0.43	1.25	4.39	13.09	9.72
SRES-B1	2060-2079	21.77	29.49	19.48	8.31	2.96	0.92	0.42	0.31	0.76	1.47	2.84	10.69	8.28
	2080-2099	45.16	44.47	29.76	12.28	4.34	1.56	0.57	0.54	0.45	1.33	10.05	29.23	14.98
(b)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
SRES-A1B	2001-2019	-29.88	-31.10	-10.14	2.28	4.27	-3.31	-1.94	-23.27	-21.50	-25.22	-47.43	-40.53	-25.60
	2020-2039	-19.33	0.73	23.70	21.57	16.41	8.30	25.79	-11.61	-24.52	0.67	-27.57	-18.82	-2.40
	2040-2059	-6.34	-30.10	-20.93	-23.04	-21.65	-33.19	3.84	-7.49	-42.43	-7.64	52.49	7.58	-13.05
	2060-2079	-33.34	-33.72	-20.18	-15.40	-16.07	-30.55	31.92	-5.75	-12.26	-27.94	-25.57	-15.45	-26.07
	2080-2099	-1.70	-2.69	1.83	1.60	2.15	-14.18	16.13	35.90	-20.65	-57.83	-44.74	-10.29	-4.51
SRES-A2	2001-2019	-7.86	-7.84	-26.13	-24.42	-24.24	-27.53	-27.75	-14.86	-36.72	-11.16	33.58	-1.70	-10.59
	2020-2039	-9.90	-22.55	-6.80	-0.81	-2.91	-7.36	14.78	1.33	-16.50	-34.81	-46.25	-46.45	-19.08
	2040-2059	6.56	-21.69	-1.79	-1.44	-3.10	-15.58	34.07	16.45	-9.43	-35.49	-32.47	32.14	-1.33
	2060-2079	-23.25	-8.63	-18.48	-18.19	-16.27	-33.09	7.49	7.21	-39.72	-28.53	-55.72	-19.14	-18.46
	2080-2099	-16.63	-30.14	-29.34	-28.79	-28.96	-38.62	9.07	-40.96	13.75	-69.89	-59.46	-2.73	-23.55
SRES-B1	2001-2019	1.41	-15.49	-12.23	-12.06	-10.24	-15.52	-4.30	4.09	20.98	-51.98	-46.78	-34.55	-14.61
	2020-2039	-32.35	-35.31	-17.95	-8.40	-3.76	-13.26	-5.19	-26.68	0.57	-45.58	-52.84	-41.45	-30.18
	2040-2059	-49.91	-42.39	-42.39	-37.72	-36.61	-46.31	-8.65	-14.80	-54.89	-51.31	-43.30	-63.01	-49.02
	2060-2079	-61.23	-52.54	-50.52	-47.22	-46.55	-53.24	-40.25	-32.05	-21.37	-42.75	-63.34	-69.79	-56.53
	2080-2099	-19.55	-28.43	-24.40	-22.02	-21.79	-21.11	-18.31	20.66	-53.04	-48.17	29.98	-17.35	-21.40

* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.

Sonuçlar senaryolar bazında yirmişer yıllık dönemler halinde incelenerek su bütçesi modeli ile türetilmiş yıllık akım ortalamaları ve homojenlikleri açısından şu yorumlar yapılmıştır:

SRES-A1B senaryosu sonuçlarına göre, BCM2.0 ve MK3.0 iklim modellerinde herhangi bir dönemde istatistiksel açıdan anlamlı bir değişim öngörülmemektedir. Öte yandan CCSM3 iklim modelinde 2020-2079 döneminde ortalama %18.8, CGCM2.3.2, CGCM3 ve CM3.0 iklim modellerinde 2020-2099 döneminde sırasıyla ortalama %24.9, %36 ve %30.1 oranlarında öngörülen anlamlı azalışlar dikkat çekicidir. CM2.0 iklim modelinin SRES-A1B senaryosuna göre 2040-2099 döneminde %31.5 oranında azalış öngörülürken, 2060-2099 döneminde CM2.1, CM4 ve HADCM3 iklim modellerine göre sırasıyla %30.4, %32.6 ve %26.4 oranlarında azalışlar öngörülmektedir. CM3 iklim modelinde yalnızca 2040-2059 döneminde, MIROC3.2 iklim modelinde ise yalnızca 2080-2099 döneminde anlamlı istatistiksel değişimler tespit edilmiş olup bu değişimler ortalama akımlarda sırasıyla %17.7 ve %23.7 oranlarında azalışlar şeklindedir. PCM iklim modelinde ise hem 2001-2019 döneminde %25.6 oranında, hem de 2060-2079 döneminde %26.1 oranında azalışlar hesaplanmıştır. ECHAM5 iklim modelinde ise 2001-2099 dönemini içeren yirmişer yıllık tüm dönemlerde anlamlı azalışlar öngörülmektedir. Buna göre, 2001-2099 dönemi için ortalama %32 oranında bir azalış hesaplanmıştır.

SRES-A2 senaryosu sonuçlarına göre, PCM iklim modelinde herhangi bir dönemde istatistiksel açıdan anlamlı bir değişim öngörülmemektedir. BCM2.0, CCSM3, CM2.1, MIROC3.2 ve MK3.0 iklim modellerine göre sonuncu yirmişer yıllık periyot olan 2080-2099 döneminde sırasıyla %16.5, %27.1, %36.3, %32.2 ve %43.3 oranlarında azalışlar öngörülmektedir. 2001-2019 döneminde ise CCSM3 iklim modeline göre öngörülen %94.5 oranında bir azalış dikkat çekicidir. Aynı dönem için CGCM3 iklim modeline göre akımlarda %18.6 oranında bir azalma öngörülmesine karşın diğer iklim modellerine göre bu dönemde anlamlı bir değişim öngörülmemektedir. CGCM3, CGCM2.3.2 ve ECHAM5 iklim modellerine ait sonuçlar ise 2040-2099 döneminde sırasıyla %53.3, %36 ve %29.2 oranlarında azalışları işaret etmektedir. CM2.0, CM3.0, CM3 ve CM4 gibi iklim modellerinin ise

2060-2099 dönemini kapsayan ve sırasıyla %36.6, %54, %36.1 ve %32.6 oranlarında anlamlı azalış öngörülürü bulunmaktadır. HADCM3 iklim modelinin öngörülerine göre ise sadece 2060-2079 dönemini içeren %24.6 oranında anlamlı bir azalış hesaplanmıştır.

SRES-B1 senaryosu sonuçları da aynı şekilde incelenmiştir. Buna göre, CM2.0, CM3 ve MK3.0 iklim modellerinde herhangi bir döneme ait anlamlı bir değişime rastlanmamıştır. 2020-2039 dönemi için BCM2.0 iklim modeli tarafından öngörülen %21.4 ve 2001-2019 dönemi için HADCM3 iklim modeli tarafından öngörülen %22.6 oranlarında yıllık akımlardaki anlamlı artışların dışında diğer iklim modellerinin genelinde anlamlı/anlamlı olmayan azalışlar tespit edilmiştir. Öte yandan, BCM2.0 ve ECHAM5 iklim modellerine göre 2060-2099 döneminde sırasıyla %51 ve %24.1 oranlarında azalışlar öngörülmektedir. 2001-2019 döneminde ise yalnızca CCSM3 iklim modeline göre anlamlı bir azalış öngörülmüş olup bu oran %21.8 şeklindedir. CCSM3 ve CM3.0 iklim modellerine göre 2060-2079 döneminde öngörülen %26.2 ve %31.9 oranlarında azalışlara ilaveten CGCM2.3.2, HADCM3 ve MIROC3.2 iklim modellerine göre 2040-2059 dönemi için sırasıyla %16.6, %20.1 ve %25.2 oranlarında öngörülen azalışlar göze çarpmaktadır. CGCM3 iklim modeline göre 2040-2099 dönemini kapsayan %37.7 ve PCM iklim modeline göre 2020-2079 dönemini kapsayan %45.2 oranlarında öngörülen anlamlı seviyedeki uzun dönem azalışlar dikkat çekicidir. CM2.1 ve CM4 gibi iklim modelleri ise yalnızca sonuncu yirmi yıllık periyot olan 2080-2099 döneminde anlamlı azalmalar öngörmüş olup bu oranlar iki modelde de yaklaşık %28 civarındadır.

Su bütçesi modeli ile türetilen akımlara ait varyanslar için de benzer incelemeler *f* testi ile yapılmış ve iklim modellerinin genelinde yıllık istatistiğin ortalama kadar anlamlı derecede değişmediği görülmüştür. Özellikle CGCM2.3.2, HADCM3 ve MK3.0 gibi modellere göre herhangi bir dönemde ve senaryo kapsamında anlamlı bir değişim öngörülmemiştir.

SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryo istatistiklerinin 20C3M dönemine göre homojenlikleri ile ortalama ve varyans durağanlılıkları incelendiğinde, yıllık ortalama akımlar bakımından MK3.0 iklim modelinin ele alınan on dört iklim modeli içinden *en az değişiklik öngören iklim modeli* olduğu görülmektedir. Değişikliğin en fazla öngörüldüğü iklim modelleri ise CGCM3, CM3.0, CM2.0, ECHAM5, CM4 ve PCM iklim modelleridir. Özellikle CGCM3 iklim modelinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryosu sonuçları kapsamında havzanın gelecekteki akım potansiyeli bakımından *en kötümser sonuçları öngördüğü* görülmüştür.

4.6.3.4 Kombine İklim Modelinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 Senaryolarına Ait Gelecek Dönem Akımlarının Türetilmesi

Çalışmada Tahtalı havzası yağışları ve sıcaklıkları için kurgulanan Kombine iklim modellerinin senaryo sonuçları su bütçesi modelinde girdi olarak kullanılarak havzanın 20C3M (1950-1999) ve SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 akışları türetilmiştir. Gelecek dönem SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryoları için türetilen aylık akımların yirmişer yıllık ortalama istatistikleri, 20C3M senaryosuyla kıyaslamalı olarak Tablo 4.82’de sunulmaktadır. Akımların yıllık gidiş grafikleri ise Şekil 4.49’da verilmektedir.

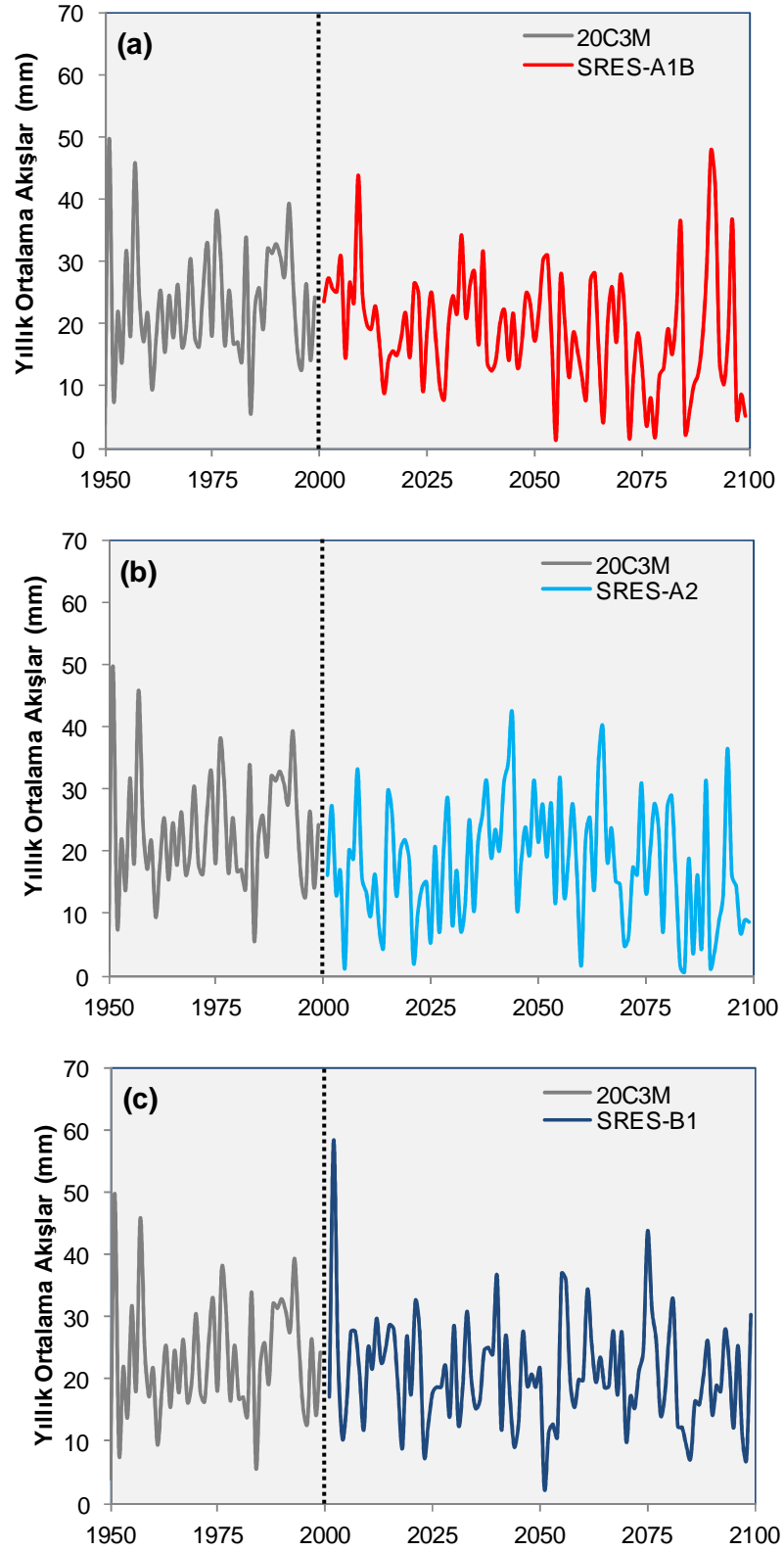
Tahtalı havzası için elde edilen gelecek döneme ait akım değişimleri, Bölüm 4.4’te Kombine model kapsamında verilen yağış ve sıcaklık değerlerindeki değişimler ile birlikte box-plot grafikleri olarak sunulmaktadır (Şekil 4.50-Şekil 4.52)

Diğer iklim modellerinde gerçekleştirildiği gibi, Kombine iklim modelinin de 20C3M dönemi yıllık istatistikleri referans alınarak SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarına ait türetilen akımların 20C3M istatistiklerine kıyasla ne ölçüde farklılıklar taşıdığı M-W, f ve t testleriyle incelenmiştir. M-W ve t testleri kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 4.82 üzerinde ayrıca vurgulanmıştır.

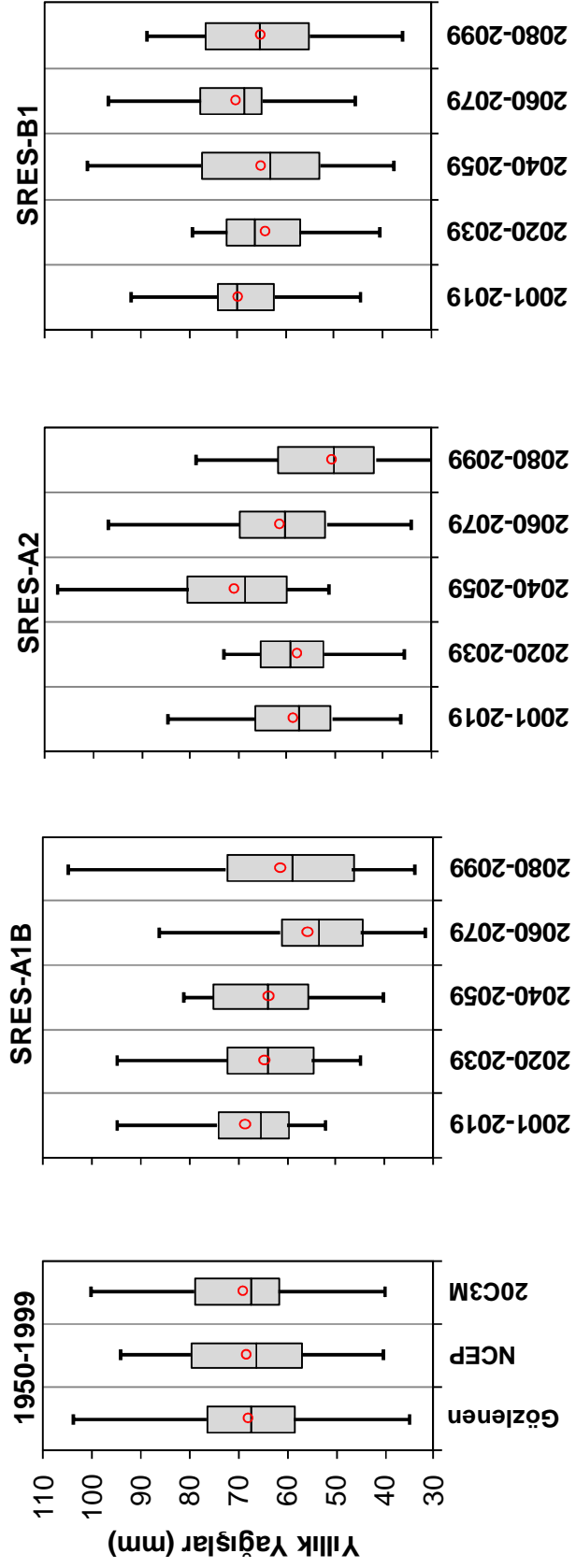
Tablo 4.82 Kombine iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak parametrik su bütçesi modeli ile türetilmiş (a) aylık akım ortalamaları ve (b) 20C3M dönemine göre % değişimleri

(a)														
Senaryo	Periyot	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
20C3M	1950-1999	69.18	67.57	47.65	22.16	8.42	2.74	0.92	0.31	0.60	1.81	7.79	45.34	22.88
	2001-2019	65.06	54.48	41.03	19.05	7.41	2.21	0.82	0.33	0.63	1.16	6.10	61.90	21.68
	2020-2039	58.14	64.44	41.76	16.97	6.52	1.91	0.85	0.32	0.42	0.78	9.24	45.72	20.59
	2040-2059	64.86	46.11	37.44	18.22	6.96	2.04	0.82	0.37	0.31	1.27	2.09	45.47	18.83
	2060-2079	45.05	38.81	31.81	12.34	4.67	1.29	0.56	0.27	0.23	0.98	3.20	33.52	14.39
SRES-A1B	2080-2099	51.22	50.76	46.41	18.77	6.72	2.04	0.67	0.22	0.33	0.98	9.52	32.66	18.36
	2001-2019	57.44	59.57	23.42	8.93	3.55	1.08	0.42	0.16	0.44	1.68	11.04	37.40	17.09
	2020-2039	54.26	48.27	30.15	11.55	4.47	1.34	0.57	0.21	0.49	0.86	3.36	35.72	15.94
	2040-2059	76.90	54.58	49.96	20.84	7.62	2.22	0.93	0.32	0.79	1.20	9.18	56.91	23.46
	2060-2079	50.63	47.53	46.81	18.60	7.01	2.04	0.77	0.27	0.33	0.51	2.59	48.77	18.82
SRES-A2	2080-2099	50.59	42.37	27.25	10.56	3.84	1.15	0.35	0.12	0.39	0.31	1.45	22.18	13.38
	2001-2019	73.85	60.30	47.06	19.49	7.73	2.31	0.89	0.29	0.52	1.27	3.14	64.80	23.47
	2020-2039	64.27	51.27	41.87	16.72	6.35	1.90	0.75	0.31	0.25	1.27	2.80	53.94	20.14
	2040-2059	59.34	44.94	45.25	18.59	7.10	2.01	0.89	0.33	0.40	1.58	4.96	45.14	19.21
	2060-2079	78.25	51.88	40.87	18.86	7.41	2.13	0.72	0.36	0.36	1.03	2.94	66.05	22.56
SRES-B1	2080-2099	60.70	45.89	38.71	15.40	6.36	2.02	0.90	0.39	0.28	0.90	4.27	42.79	18.22
	2001-2019	-5.96	-19.38	-13.89	-14.01	-11.98	-19.42	-10.90	5.70	4.83	-35.68	-21.73	36.53	-5.21
	2020-2039	-15.97	-4.64	-12.36	-23.41	-22.54	-30.22	-7.47	0.86	-30.02	-56.63	18.49	0.85	-9.99
	2040-2059	-6.25	-31.77	-21.43	-17.76	-17.30	-25.47	-11.12	17.94	-49.44	-29.79	-73.24	0.29	-17.69
	2060-2079	-34.89	-42.57	-33.24	-44.28	-44.49	-53.00	-39.07	-14.46	-61.72	-46.02	-58.97	-26.07	-37.08
SRES-A1B	2080-2099	-25.97	-24.88	-2.59	-15.30	-20.19	-25.67	-27.59	-28.77	-44.96	-45.77	22.11	-27.97	-19.75
	2001-2019	-16.98	-11.85	-50.85	-59.70	-57.78	-60.60	-54.38	-47.76	-27.39	-6.88	41.59	-17.51	-25.27
	2020-2039	-21.57	-28.57	-36.73	-47.88	-46.92	-50.97	-38.83	-32.84	-19.26	-52.64	-56.85	-21.21	-30.33
	2040-2059	11.16	-19.23	4.86	-5.93	-9.44	-18.90	1.12	0.48	31.30	-33.37	17.75	25.51	2.54
	2060-2079	-26.82	-29.67	-1.76	-16.07	-16.66	-25.78	-16.42	-12.59	-45.44	-71.56	-66.78	7.56	-17.72
SRES-A2	2080-2099	-26.88	-37.30	-42.82	-52.33	-54.42	-57.91	-61.80	-62.42	-34.97	-83.10	-81.34	-51.07	-41.51
	2001-2019	6.74	-10.76	-1.23	-12.03	-8.15	-15.64	-4.12	-7.02	-14.11	-29.68	-59.68	42.93	2.61
	2020-2039	-7.10	-24.12	-12.12	-24.53	-24.51	-30.84	-19.13	-2.09	-58.09	-29.63	-64.13	18.97	-11.95
	2040-2059	-14.23	-33.50	-5.02	-16.11	-15.66	-26.87	-4.22	6.24	-33.43	-12.83	-36.31	-0.43	-16.02
	2060-2079	13.10	-23.22	-14.21	-14.90	-11.96	-22.29	-21.58	-13.66	-40.83	-43.01	-62.25	45.67	-1.36
SRES-B1	2080-2099	-12.27	-32.10	-18.75	-30.49	-24.47	-26.42	-2.68	25.55	-53.42	-50.06	-45.18	-5.63	-20.36

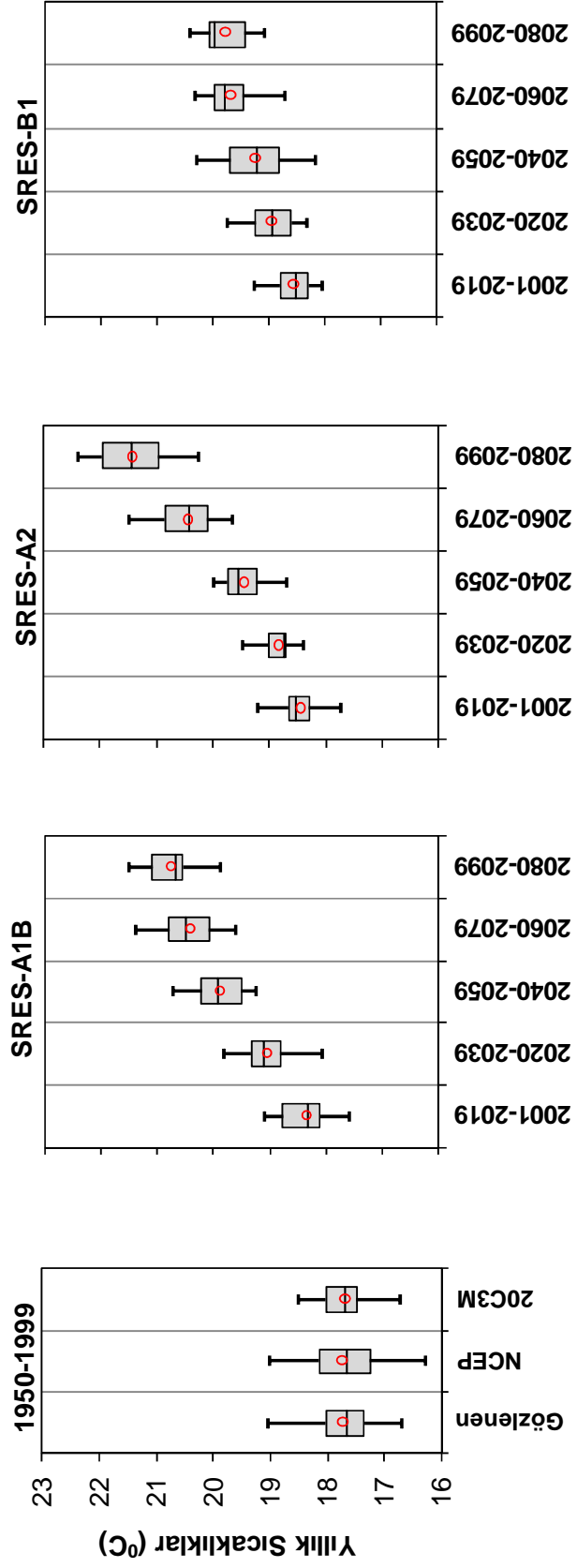
* $\alpha=0.05$; koyu hücreler t testine göre ortalamadaki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler M-W testine göre homojen olmayan değerleri göstermektedir.



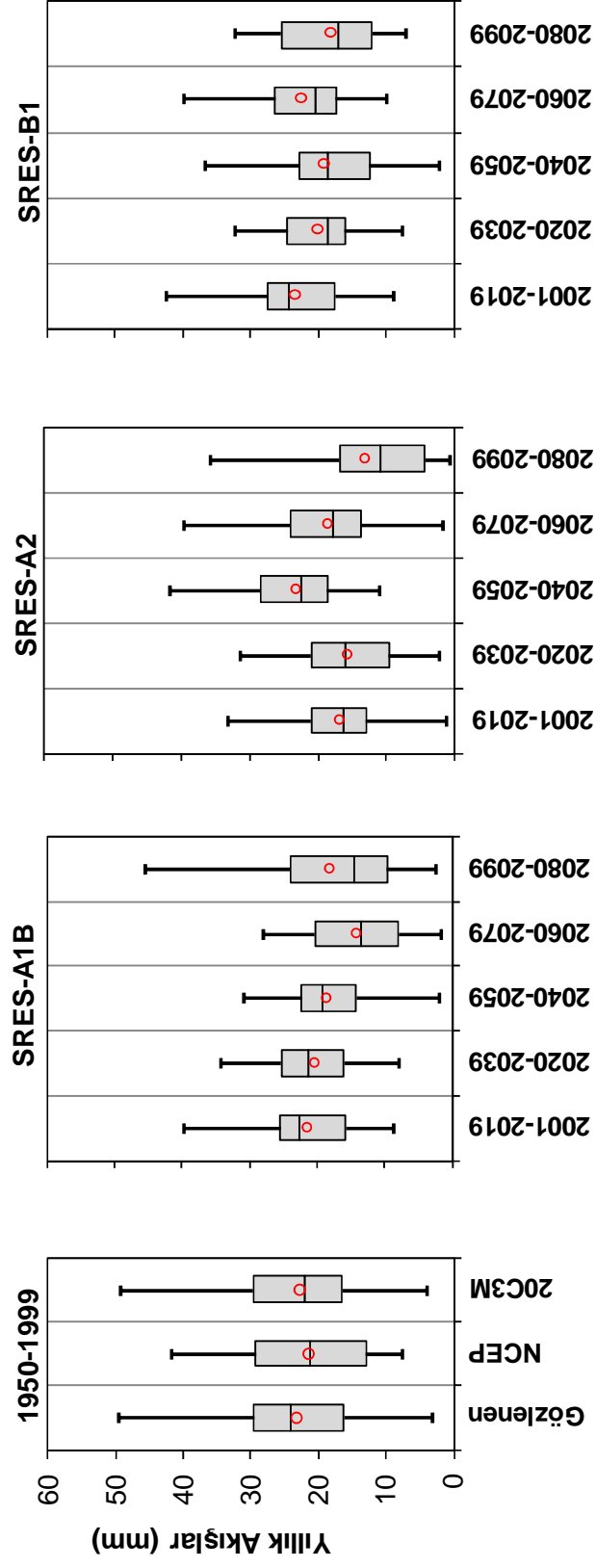
Şekil 4.49 Tahtalı havzasının 20C3M ve SRES-A1B (a), SRES-A2 (b) ve SRES-B1 (c) senaryo akımlarının (mm/yıl) gidişleri



Şekil 4.50 Tahtalı havzasını temsil eden Kombine iklim modeline ait yıllık senaryo yağışlarının box-plot gösterimleri



Şekil 4.51 Tahtalı havzasını temsil eden Kombine iklim modeline ait yıllık senaryo sıcaklıklarının box-plot gösterimleri



Şekil 4.52 Tahtalı havzasını temsil eden Kombine iklim modeline ait yıllık senaryo akışlarının box-plot gösterimleri

Benzer analizler yirmişer yıllık dönemleri kapsayacak şekilde incelenerek Kombine iklim modeline ait türetilmiş yıllık senaryo akım ortalamalarındaki değişimler ve bu değişimlerin anlamlılığı aşağıda yorumlanmıştır.

SRES-A1B senaryosuna göre, 20C3M referans dönem ortalama akımlarına kıyasla her bir yirmişer yıllık dönemde azalışların olacağı öngörülmektedir. 2001-2099 dönemi düşünüldüğünde bu oranın yaklaşık %18 civarında olabileceği; ancak, anlamlı değişimlerin 2060-2099 döneminde görüleceği belirlenmiştir. Özellikle 2060-2079 döneminde öngörülen %37.1 mertebesindeki azalış oranı dikkat çekicidir.

SRES-A2 senaryosuna göre, 2040-2059 dönemini içeren %2.5 oranında öngörülen anlamlı olmayan artışın dışında tüm dönemlerde öngörülen azalışlar göze çarpmaktadır. 2001-2099 dönemi düşünüldüğünde ise yaklaşık %22.5 civarında bir azalış olabileceği öngörülmektedir. Anlamlı azalışların göze çarptığı 2001-2019, 2020-2039 ve 2080-2099 dönemlerinde bu oranların sırasıyla %25.3, %30.3 ve %41.5 civarında olduğu görülebilmektedir. Yıllık gidiş grafiğine bakıldığında, akımların 2050'li yıllarından itibaren daha da azalma eğilimine gireceği hatta 2080-2090 döneminde oldukça kurak bir döneme rastlanabileceği öngörülmektedir.

SRES-B1 senaryosuna göre ise, 2001-2019 dönemi dışında ortalama akımlar açısından azalışlar öngörülmekte; ancak, tüm bu değerler istatistiksel açıdan anlamlı değişimleri işaret etmemektedirler. Bu senaryo için 2001-2099 döneminde toplam %9.5 oranında bir azalış hesaplanmıştır.

Görüldüğü gibi, mevcut senaryolar içinde SRES-A2 senaryo sonuçlarının en kötümser, SRES-B1 senaryo sonuçlarının ise en iyimser gelecek dönem tahminlerini içerdiği yorumu yapılabilmektedir. Box-plot gösterimleri incelendiğinde, özellikle SRES-A1B ve SRES-A2 senaryoları kapsamında genellikle üst %25'lik (yüksek akımlar) dilimlerdeki ve bazı dönemlerde de alt %25'lik (düşük akımlar) dilimlerdeki azalmalar göze çarpmaktadır. Ayrıca f testinin uygulanmasıyla yıllık varyans değerlerinde üç senaryo için anlamlı bir değişim öngörülmediği saptanmıştır.

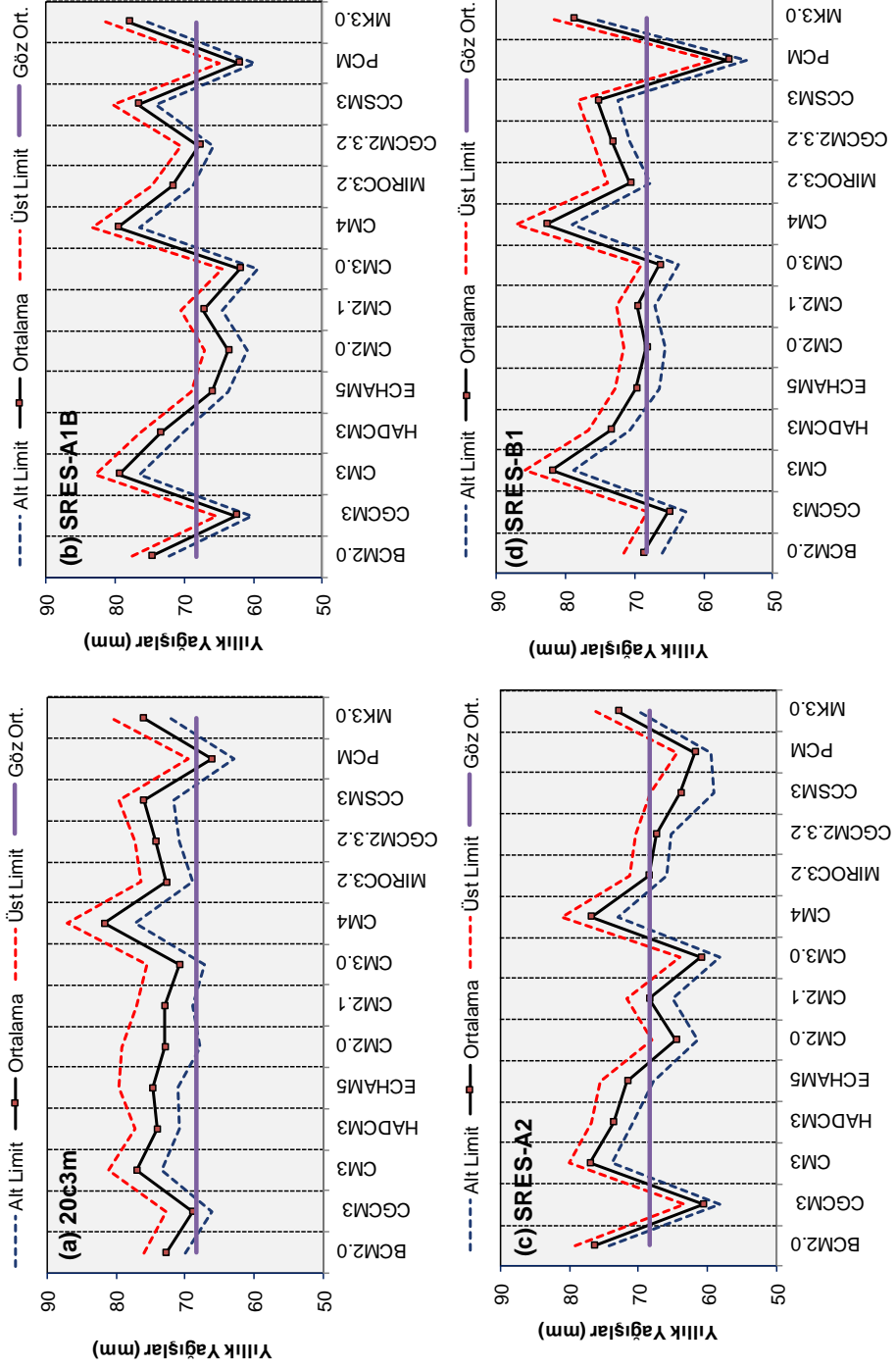
4.7 Türetilen Yağış, Sıcaklık ve Akımların Bootstrap Güven Aralıklarının Belirlenmesi

Çalışmada iklim modellerinin havza ölçeğine indirgenen yağış, sıcaklık ve bu değerlerden türetilen akım tahminlerine ait yıllık ortalama istatistiklerinin örnekleme dağılımları oluşturulmuş ve bu sayede ortalama istatistiğinin standart hatası ve güven aralıkları belirlenebilmiştir. Bu kapsamda detayları Bölüm 2.3.6'da verilen Bootstrap yaklaşımından yararlanılmıştır. Basit bir işleyişinin olması ve verilerin dağılımı ile ilgili herhangi bir dağılım varsayımına ihtiyaç duymaması, yöntemin tez kapsamında tercih edilmesinin temel gerekçeleridir. Tez çalışmasında, güven aralıklarının belirlenmesinde parametrik olmayan tahminleme dikkate alınarak Sapması Düzeltilmiş ve Hızlandırılmış (BCA) güven aralığı yaklaşımı kullanılmıştır. Analizler MATLAB ortamında hazırlanan bir kod vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yıllık istatistiklerin yanı sıra aylık tahminlere ait Bootstrap güven aralıkları da hesaplanmış ancak tez kapsamında sunulmamıştır.

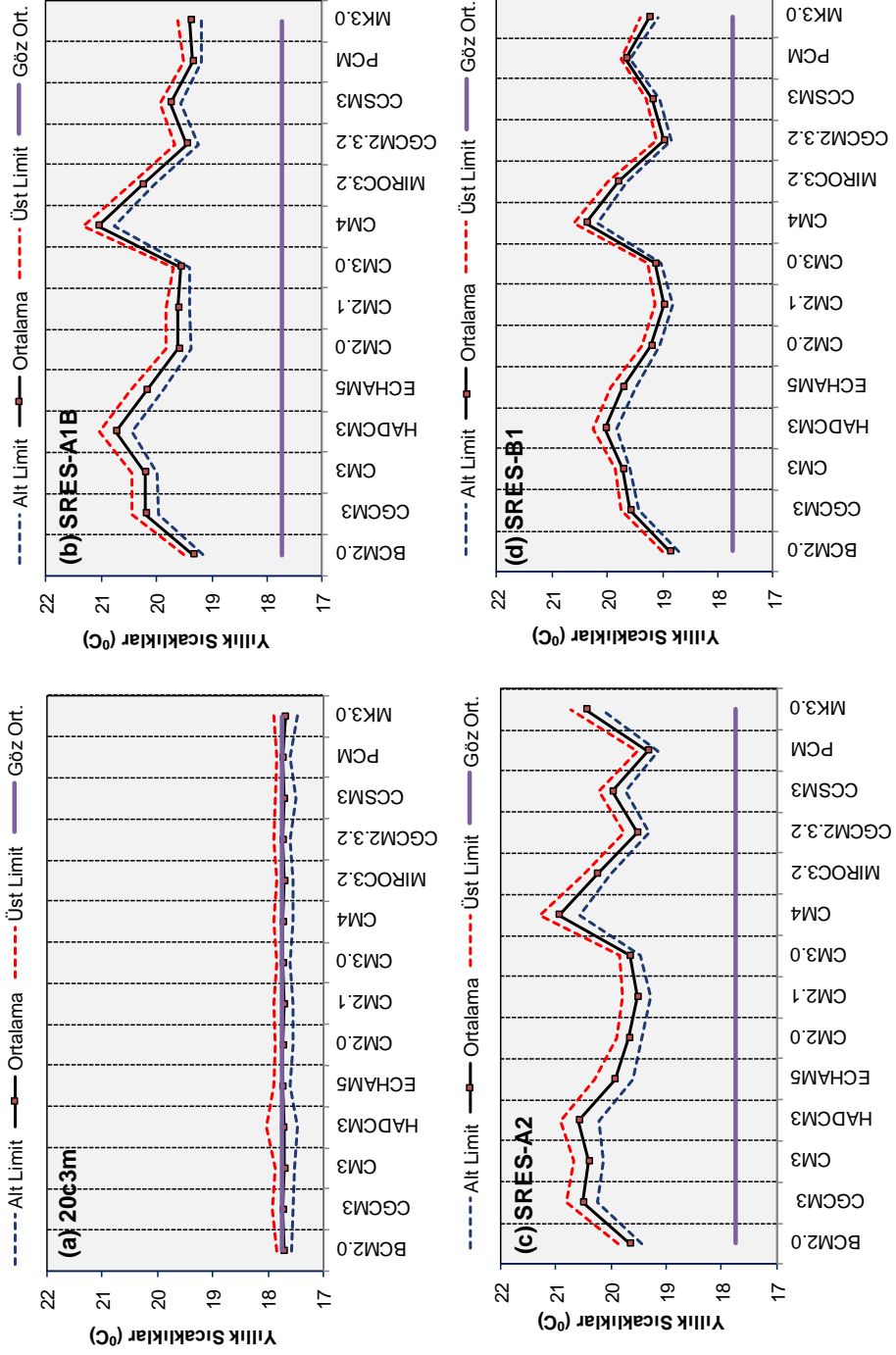
İklim modellerine ait yıllık ortalama yağış, sıcaklık ve akım değerlerine ait Bootstrap güven limitleri sırasıyla Şekil 4.53, Şekil 4.54 ve Şekil 4.55'te verilmiştir. Elde edilen grafikleri analitik yolla da vurgulayabilmek için iklim modellerinin gelecek dönem senaryolarına ait yıllık ortalama yağış, sıcaklık ve akış değerlerinin 20C3M ortalamalarına göre değişim aralıkları Tablo 4.83 - Tablo 4.85'te sunulmuştur. Böylece gelecek dönem senaryo tahminlerinin (SRES), günümüz iklimini temsil eden 20C3M istatistiklerine göre hangi olası oranlar veya farklar dâhilinde değişkenlik gösterebileceği belirlenebilmiştir. Bootstrap yöntemi esas alınarak elde edilen %95 olasılıklı güven aralıkları, yağış ve akım değerleri için Denklem 4.7, sıcaklık için Denklem 4.8 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\left[\left(\frac{\mu_{\text{SRES,alt limit}}}{\mu_{\text{20C3M,üst limit}}} - 1 \right) 100, \left(\frac{\mu_{\text{SRES,üst limit}}}{\mu_{\text{20C3M,alt limit}}} - 1 \right) 100 \right] \quad (4.7)$$

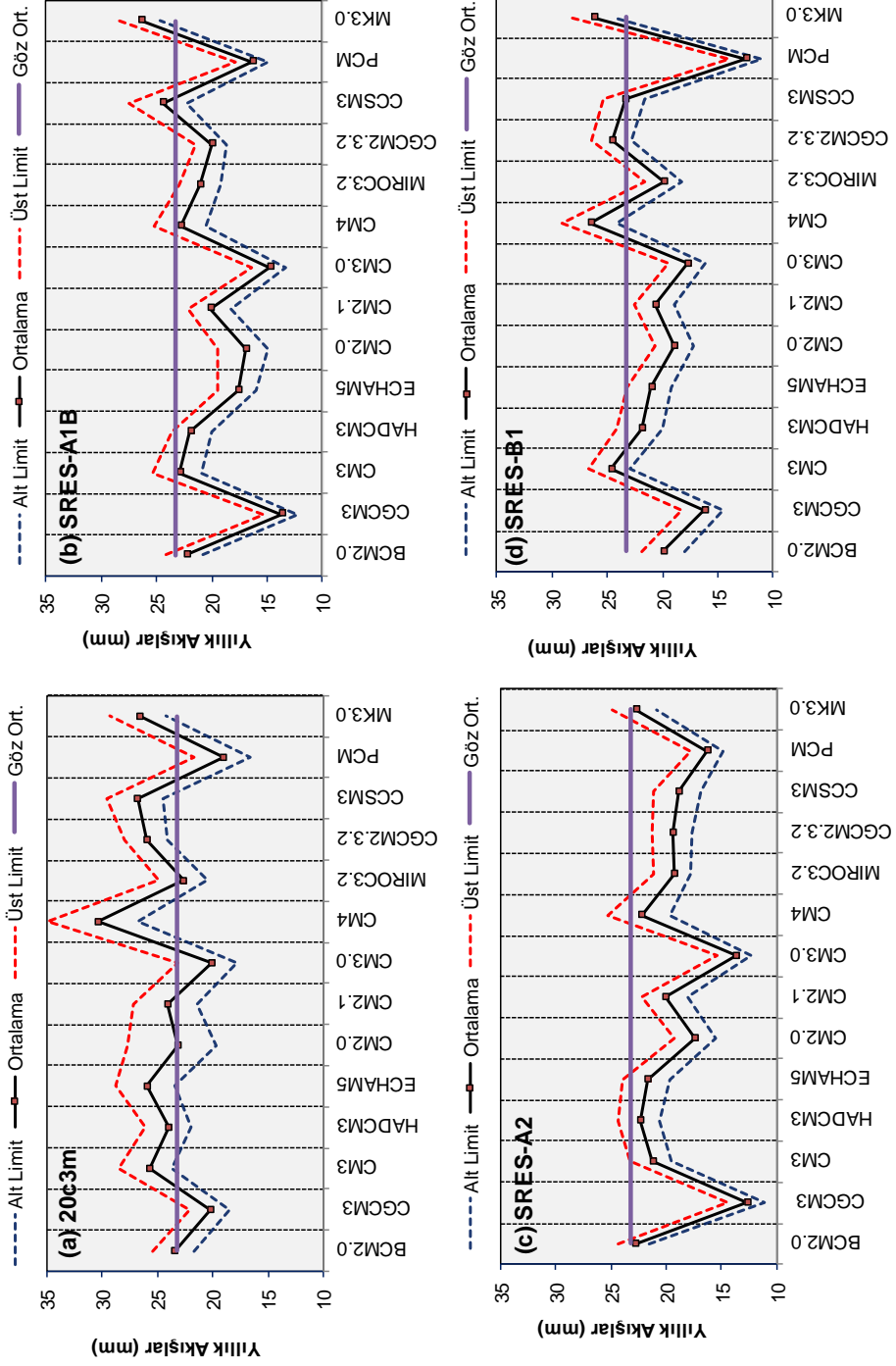
$$\left[\left(\mu_{\text{SRES,alt limit}} - \mu_{\text{20C3M,üst limit}} \right), \left(\mu_{\text{SRES,üst limit}} - \mu_{\text{20C3M,alt limit}} \right) \right] \quad (4.8)$$



Şekil 4.53 İklim modellerine ait yıllık ortalama yağışlar ve Bootstrap güven limitleri



Şekil 4.54 İklim modellerine ait yıllık ortalama sıcaklıklar ve Bootstrap güven limitleri



Şekil 4.55 İklim modellerine ait yıllık ortalama akımlar ve Bootstrap güven limitleri

Tablo 4.83 İklim modellerinin gelecek dönem senaryolarına ait yıllık ortalama yağışların 20C3M ortalamalarına göre Bootstrap yüzde değişim aralıkları

	BCM2.0	CGCM3	CM3	HADCM3	ECHAM5	CM2.0	CM2.1
SRES-A1B	-4.96% ~ 10.88%	-17.01% ~ -1.19%	-5.75% ~ 12.99%	-9.06% ~ 7.83%	-19.98% ~ -2.71%	-23.15% ~ -0.97%	-16.29% ~ 2.49%
SRES-A2	-2.51% ~ 13.36%	-20.05% ~ -4.42%	-9.12% ~ 9.01%	-8.50% ~ 8.50%	-14.83% ~ 6.26%	-22.56% ~ 0.25%	-15.70% ~ 3.93%
SRES-B1	-13.16% ~ 2.53%	-13.80% ~ 2.77%	-2.83% ~ 16.97%	-8.63% ~ 8.37%	-16.42% ~ 2.78%	-17.23% ~ 5.44%	-12.99% ~ 5.53%
	CM3.0	CM4	MIROC3.2	CGCM2.3.2	CCSM3	PCM	MK3.0
SRES-A1B	-21.37% ~ -3.74%	-12.31% ~ 8.01%	-9.90% ~ 8.63%	-15.04% ~ -0.71%	-7.02% ~ 12.02%	-14.17% ~ 3.50%	-6.75% ~ 12.47%
SRES-A2	-23.12% ~ -4.81%	-16.46% ~ 4.96%	-13.85% ~ 3.49%	-15.75% ~ -0.93%	-25.94% ~ -4.93%	-14.64% ~ 2.47%	-13.62% ~ 5.21%
SRES-B1	-15.82% ~ 2.90%	-9.41% ~ 12.93%	-11.41% ~ 7.33%	-8.66% ~ 7.39%	-9.03% ~ 9.06%	-22.88% ~ -6.36%	-5.96% ~ 13.36%

Tablo 4.84 İklim modellerinin gelecek dönem senaryolarına ait yıllık ortalama sıcaklıkların 20C3M ortalamalarına göre Bootstrap Δt ($^{\circ}\text{C}$) değişim aralıkları

	BCM2.0	CGCM3	CM3	HADCM3	ECHAM5	CM2.0	CM2.1
SRES-A1B	1.31 ~ 1.94	2.04 ~ 2.90	2.10 ~ 2.93	2.43 ~ 3.58	2.01 ~ 2.89	1.51 ~ 2.27	1.52 ~ 2.30
SRES-A2	1.58 ~ 2.30	2.31 ~ 3.25	2.26 ~ 3.17	2.19 ~ 3.47	1.71 ~ 2.70	1.55 ~ 2.34	1.38 ~ 2.25
SRES-B1	0.86 ~ 1.42	1.51 ~ 2.20	1.70 ~ 2.34	1.80 ~ 2.81	1.60 ~ 2.35	1.18 ~ 1.81	0.94 ~ 1.60
	CM3.0	CM4	MIROC3.2	CGCM2.3.2	CCSM3	PCM	MK3.0
SRES-A1B	1.57 ~ 2.11	2.87 ~ 3.78	2.19 ~ 2.94	1.36 ~ 2.06	1.70 ~ 2.44	1.35 ~ 1.90	1.28 ~ 2.16
SRES-A2	1.62 ~ 2.24	2.69 ~ 3.74	2.16 ~ 2.95	1.43 ~ 2.15	1.85 ~ 2.72	1.31 ~ 1.91	2.26 ~ 3.26
SRES-B1	1.17 ~ 1.66	2.30 ~ 3.06	1.80 ~ 2.44	0.95 ~ 1.52	1.18 ~ 1.81	1.74 ~ 2.15	1.17 ~ 1.93

Tablo 4.85 İklim modellerinin gelecek dönem senaryolarına ait yıllık ortalama akımların 20C3M ortalamalarına göre Bootstrap yüzde değişim aralıkları

	BCM2.0	CGCM3	CM3	HADCM3	ECHAM5	CM2.0	CM2.1
SRES-A1B	-17.99% ~ 10.84%	-44.33% ~ -16.86%	-26.73% ~ 7.04%	-23.62% ~ 7.77%	-44.36% ~ -16.48%	-46.17% ~ -1.14%	-32.93% ~ 3.47%
SRES-A2	-15.54% ~ 11.78%	-49.51% ~ -21.79%	-31.86% ~ -1.99%	-21.15% ~ 10.80%	-31.86% ~ 2.47%	-44.14% ~ -1.77%	-33.49% ~ 3.14%
SRES-B1	-29.33% ~ 0.90%	-33.90% ~ -1.17%	-19.77% ~ 12.87%	-23.55% ~ 10.07%	-33.09% ~ -0.93%	-38.11% ~ 5.36%	-30.27% ~ 5.10%
	CM3.0	CM4	MIROC3.2	CGCM2.3.2	CCSM3	PCM	MK3.0
SRES-A1B	-42.60% ~ -7.48%	-41.29% ~ -5.78%	-22.77% ~ 11.71%	-33.16% ~ -10.86%	-24.84% ~ 11.86%	-31.35% ~ 7.78%	-15.74% ~ 17.33%
SRES-A2	-47.23% ~ -13.05%	-43.79% ~ -5.60%	-28.88% ~ 2.78%	-36.76% ~ -11.64%	-43.41% ~ -13.80%	-31.88% ~ 7.01%	-28.93% ~ 2.52%
SRES-B1	-30.45% ~ 10.11%	-30.83% ~ 8.42%	-26.82% ~ 5.57%	-18.33% ~ 9.94%	-27.07% ~ 3.49%	-48.93% ~ -15.77%	-16.53% ~ 16.87%

SRES-A1B senaryosuna göre, gelecek dönem yağışları CM2.0 iklim modelinin yıllık ortalama istatistiği ve güven limitleri düşünüldüğünde %23.15 azalış gösterebilecektir. Bu değer diğer iklim modellerine ait sonuçlar içerisinde en büyük değerdir. Aynı senaryoya ve iklim modeline göre yağışlar 1950-1999 dönemine kıyasla 2001-2099 dönemi boyunca %0.97 oranında bir azalış da gösterebilecektir. Hesaplanan bu iki değişik oran arasındaki aralık ise yaklaşık %22.2 civarındadır. Yağış potansiyeli açısından kötümser değişim oranlarına sahip diğer iklim modellerine örnek olarak CM3.0, ECHAM5, CGCM3, CGCM2.3.2 ve CM2.1 modelleri verilebilir. 2001-2099 dönemini kapsayan gelecek dönemde artış öngörülebilir ve yağış potansiyeli açısından iyimser değişim oranlarına sahip olabilecek iklim modelleri ise CM3, MK3.0, CCSM3ve BCM2.0 modelleridir. Örneğin CM3 iklim modelinin 20C3M ortalamasına göre, 2001-2099 döneminde yağışlar %5.75 oranında azalabileceği gibi %12.99 oranında artış da gösterebilecektir. SRES-A1B senaryosuna göre, CGCM3, ECHAM5, CM2.0, CM3.0 ve CGCM2.3.2 gibi iklim modelleri ise hem alt hem de üst limitler açısından 2001-2099 döneminde azalışlar olabileceğini işaret etmektedir.

SRES-A2 senaryosuna göre, en fazla azalış oranını öngören iklim modeli ise CCSM3 modelidir. CCSM3 iklim modeli CGCM3, CM3.0 ve CGCM2.3.2 iklim modelleri ile birlikte hem alt hem de üst limitler bakımından gelecek dönemde azalış olabileceğini öngörmektedir. Yağış potansiyeli açısından en iyimser değişim oranına sahip olan iklim modeli ise BCM2.0 modelidir.

SRES-B1 senaryosuna göre ise, %22.9 ile PCM en fazla azalış oranını öngören iklim modelidir. SRES-B1 senaryosu sonuçlarına göre PCM iklim modeli aynı zamanda üst limit bakımından azalış öngören tek iklim modelidir. Öte yandan CM3 iklim modeline göre gelecek dönem yağışları yaklaşık %17 oranında artabilecektir.

Her üç senaryoya ait Bootstrap güven limitleri değerlendirildiğinde, herhangi bir iklim modelinin 2001-2099 gelecek döneminde yağış potansiyelinde azalış öngörülebileceği gibi artış da öngörülebilmektedir. Ancak, iklim modellerinin genelinde artış oranlarının azalış oranları kadar istatistiksel bir anlam taşımadığı ve

mutlak değerce azalış oranlarından daha küçük olduğu görülebilmektedir. Ayrıca alt ve üst limit değerleri açısından en büyük ve en küçük aralıkların sırasıyla CM2.0 ve CGCM2.3.2 iklim modelleri tarafından öngörüldüğü de söylenebilmektedir.

Benzer değerlendirmeler gelecek dönem yıllık sıcaklık tahminleri için de yapılmıştır. Sonuçlara göre bütün iklim modelleri her üç senaryo kapsamında da alt ve üst limitler açısından gelecek dönem sıcaklıklarında artış öngörmektedir. SRES-A1B senaryosu sonuçlarına göre, alt ve üst limitler bakımından en fazla artışı öngören iklim modeli CM4 modeli olup gelecek dönem ile günümüz dönemi sıcaklıkları arasında 2.87°C ile 3.78°C arasında değişebilecek farklar dikkat çekicidir. CM4 iklim modelini 2.43°C ile 3.58°C değişim aralığı ile HADCM3 iklim modeli takip etmektedir. Benzer şekilde, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarında da CM4 ve HADCM3 iklim modellerinin en fazla artışı öngören iklim modelleri olduğu görülebilmektedir. HADCM3 iklim modeli alt ve üst limitler açısından büyük değerler öngörse de, gelecek dönem senaryolarında tahmin aralığının 1°C 'den büyük olduğu tespit edilmiştir. Diğer iklim modellerinin tamamında alt ve üst limit arasındaki bu değişim aralığı 1°C 'den küçüktür. BCM2.0, CM2.0, CM2.1, CM3.0, CGCM2.3.2 ve PCM gibi iklim modelleri ise nispeten alt ve üst limitler bakımından en düşük artışları öngören modellerdir. Bunlardan PCM iklim modelinde alt ve üst limit arasındaki değişim aralığı diğer iklim modellerine kıyasla en küçük olup yaklaşık 0.5°C civarındadır.

İndirgenmiş yağış-sıcaklık verileri ve kalibre edilen su bütçesi modeli kullanılarak türetilen akımlar da güven limitleri bakımından değerlendirilmiştir. SRES-A1B senaryosuna ait sonuçlar değerlendirildiğinde, CGCM3, ECHAM5, CM2.0, CM3.0, CM4 ve CGCM2.3.2 iklim modellerinin gelecek dönem akım ortalamalarının 20C3M ortalamalarına göre hem alt ve hem de üst limitler bakımından azalabileceği yorumu getirilebilir. SRES-A1B senaryosu kapsamında, özellikle CGCM3 iklim modeli havzanın akım potansiyeli açısından en kötümser sonuçları öngörmektedir. İklim modellerinin genelinde, gelecek dönem tahminlerinin alt limitleri esas alınarak belirlenmiş azalış oranları istatistiksel açıdan anlamlı seviyedir. Buna göre, CGCM3, ECHAM5, CM2.0, CM3.0 ve CM4 gibi iklim modellerinde %40'ın üzerinde azalış

oranları öngörülürken, MK3.0 ve BCM2.0 iklim modellerinde ise sırasıyla %15.7 ve %18 civarında azalışlar öngörülmektedir. Bunlardan MK3.0 iklim modeline göre akımlarda gelecek dönemde %15.7 oranında bir azalış beklenebileceği gibi, %17.3 oranında bir artış da yaşanabilecektir. %17.3'lük bu oran aynı zamanda havza açısından en iyimser değişimi göstermektedir.

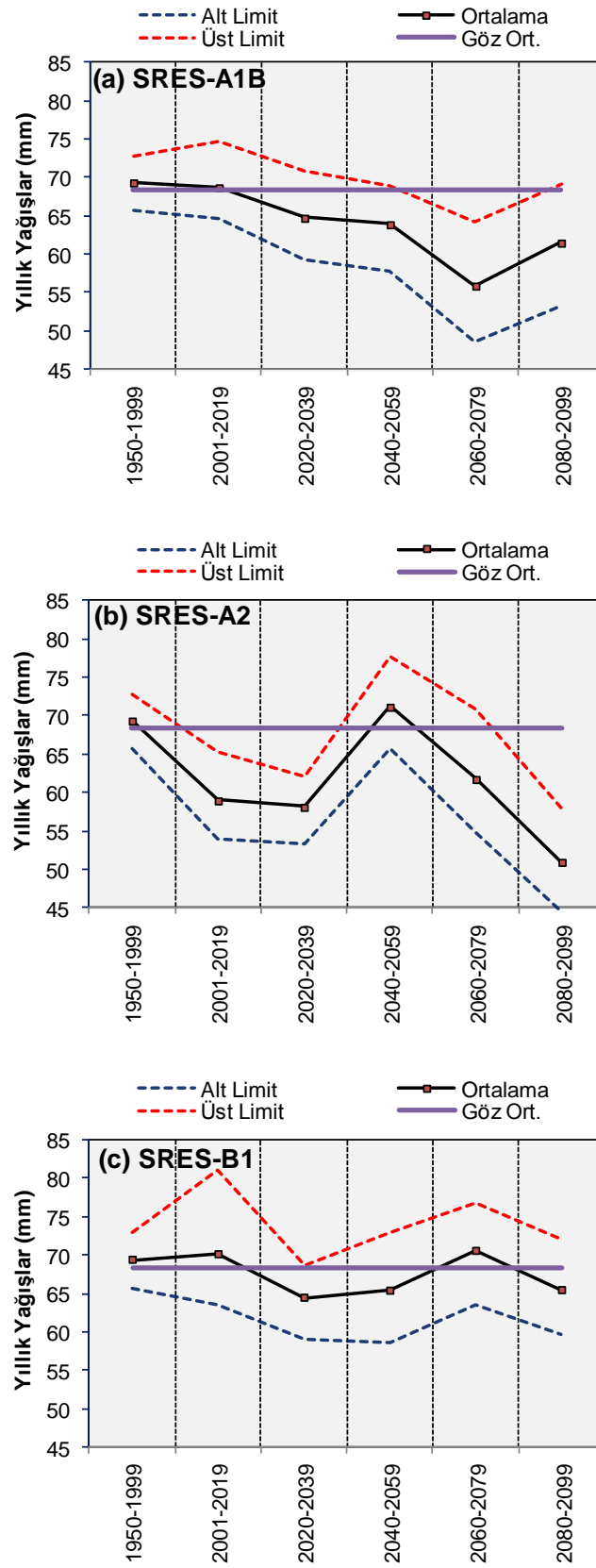
SRES-A2 senaryosuna ait bir değerlendirme yapıldığında ise, hem alt ve hem de üst limitler bakımından daha fazla sayıda iklim modelinin gelecek dönem akım ortalamalarında azalmayı işaret ettiği görülmüştür. SRES-A1B senaryosunda olduğu gibi SRES-A2 senaryosunda da %49.51 azalış öngörüsü ile CGCM3 iklim modeli havzanın su potansiyeli bakımından en kötümser tahminine sahiptir. BCM2.0 iklim modeli dışında iklim modellerinin genelinde, gelecek dönem tahminlerinin alt limitleri esas alınarak belirlenmiş azalış oranları istatistiksel açıdan anlamlı seviyede olup bu oranların hepsi %20'den büyüktür. BCM2.0 ve HADCM3 iklim modelleri, istatistiksel açıdan çok da anlamlı olmayan ancak SRES-A2 senaryosuna göre 2001-2099 dönemi akımlarında yaklaşık %11~12 civarında artışların olabileceğini öngören iklim modelleridir.

SRES-B1 senaryosu sonuçlarına göre, hem alt ve hem de üst limitler bakımından diğer iki senaryoya kıyasla daha az sayıda iklim modelinin gelecek dönem akım ortalamalarında azalmayı işaret ettiği görülmüştür. Bu iklim modelleri içersinden PCM iklim modeli, akımların 2001-2099 döneminde %16 ile %49 oranları arasında azalabileceğini işaret etmektedir. CM3, HADCM3, CM3.0 ve MK3.0 gibi iklim modellerinin ise gelecek dönem akımlarında istatistiksel açıdan çok da anlamlı olmayan ancak %10-%17 arasında değişebilen artış öngörülerini olmaktadır.

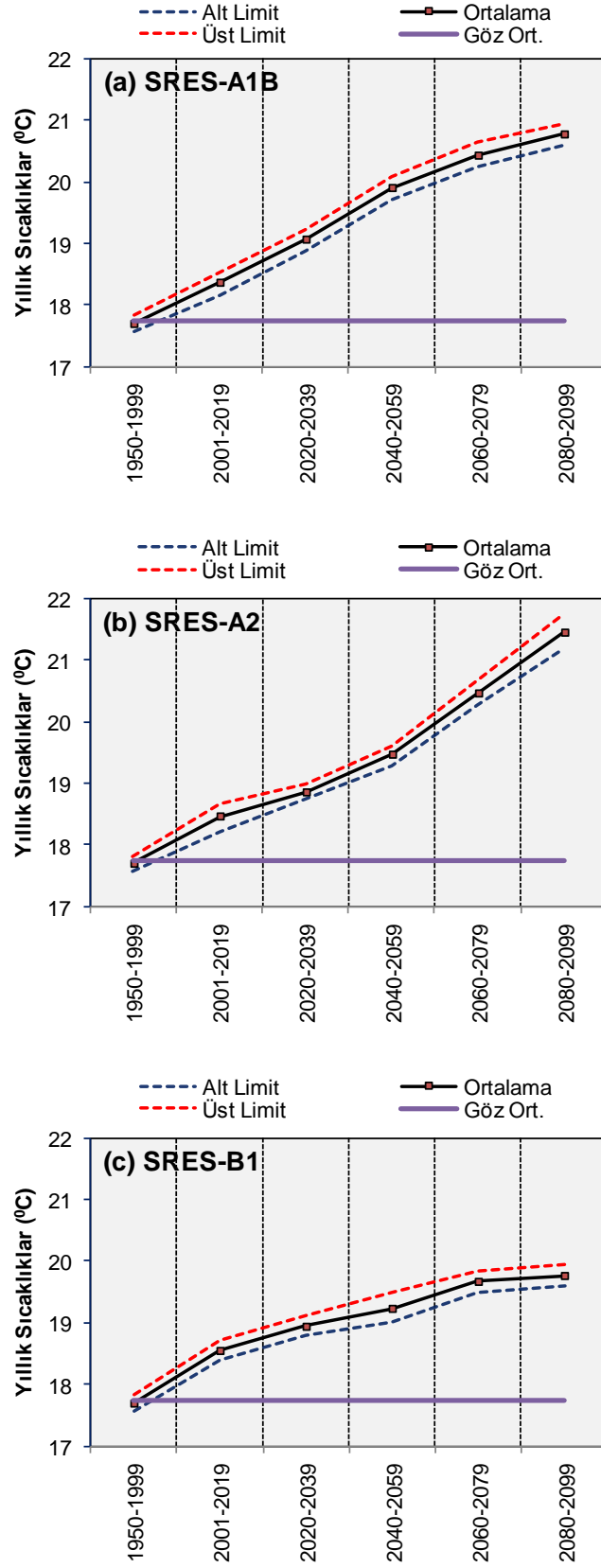
Tüm senaryo sonuçları için, akımların alt ve üst limit değerleri açısından en büyük ve en küçük aralıklar sırasıyla CM2.0 ve CGCM2.3.2 iklim modelleri tarafından öngörülmektedir. Bu iklim modelleri yağışlar için yapılan genel değerlendirmede de alt ve üst limit değerleri açısından en büyük ve en küçük aralıkları içermektedir. Ayrıca, iklim modellerinin genelinde öngörülen azalış oranlarının anlamlı düzeyde olduğu; ancak, öngörülen artış oranlarının çok da anlamlı olmadığı yorumu

yapılabilmektedir. Genel olarak, iklim modelleri gelecekte havza su potansiyelinin azalacağı yönünde sonuçlar vermektedir.

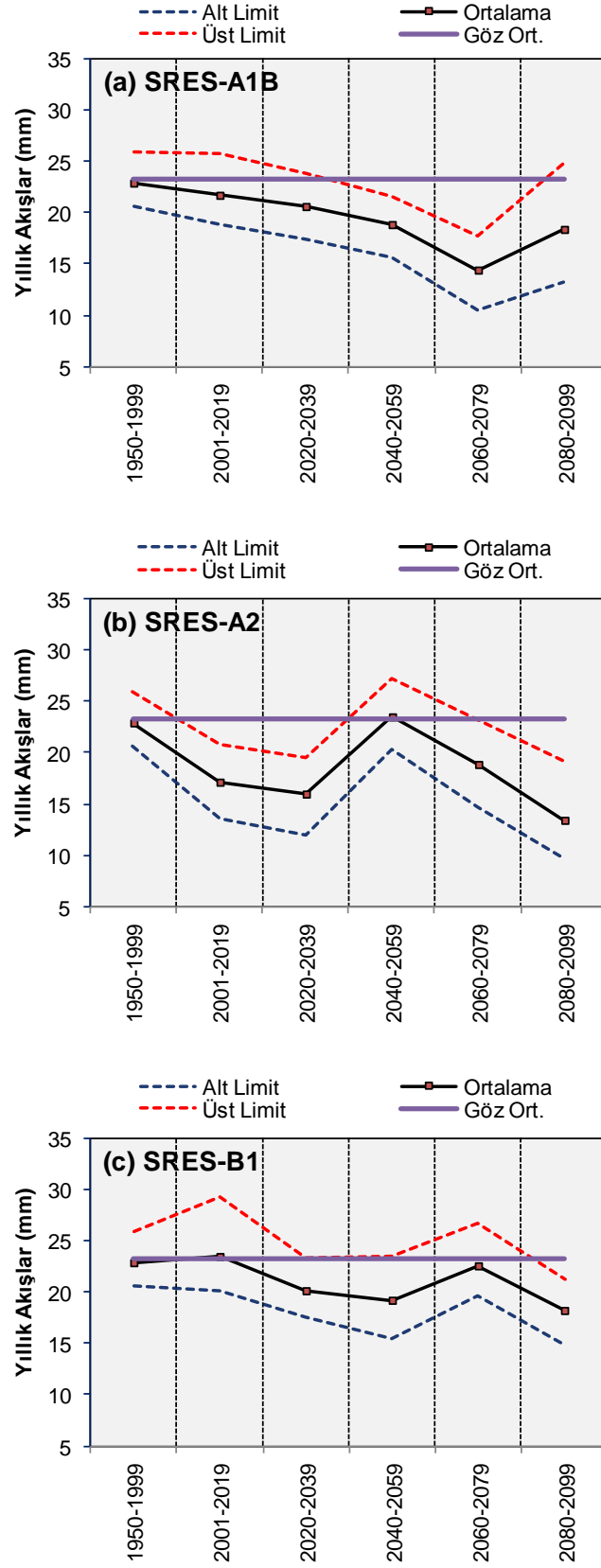
Tez kapsamında önerilen Kombine iklim modellerine ait yıllık ortalama yağış, sıcaklık ve akım değerlerine ait güven limitleri sırasıyla Şekil 4.56, Şekil 4.57 ve Şekil 4.58’de sunulmaktadır. Gelecek dönem senaryolarına ait yıllık yirmişer yıllık ortalama yağış, sıcaklık ve akış değerlerinin günümüz koşullarını temsil eden 20C3M ortalamalarına göre değişim aralıkları Tablo 4.86-Tablo 4.88’de gösterilmektedir.



Şekil 4.56 Kombine iklim modeline ait yıllık ortalama yağışlar ve Bootstrap güven limitleri



Şekil 4.57 Kombine iklim modeline ait yıllık ortalama sıcaklıklar ve Bootstrap güven limitleri



Şekil 4.58 Kombine iklim modeline ait yıllık ortalama akışlar ve Bootstrap güven limitleri

Tablo 4.86 Kombine iklim modelinin gelecek dönem senaryolarına ait yıllık ortalama yağışların 20C3M ortalamalarına göre Bootstrap % değişim aralıkları

	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
SRES-A1B	-11.35% ~ 13.76%	-18.64% ~ 7.77%	-20.74% ~ 4.91%	-33.19% ~ -2.24%	-26.81% ~ 5.37%
SRES-A2	-25.99% ~ -0.54%	-26.84% ~ -5.57%	-9.86% ~ 18.28%	-24.73% ~ 7.82%	-38.93% ~ -11.66%
SRES-B1	-12.65% ~ 23.26%	-18.95% ~ 4.58%	-19.63% ~ 11.14%	-12.85% ~ 16.84%	-18.09% ~ 9.62%

Tablo 4.87 Kombine iklim modelinin gelecek dönem senaryolarına ait yıllık ortalama sıcaklıkların 20C3M ortalamalarına göre Bootstrap Δt değişim aralıkları

	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
SRES-A1B	0.34 ~ 0.98	1.05 ~ 1.66	1.89 ~ 2.52	2.41 ~ 3.10	2.77 ~ 3.39
SRES-A2	0.39 ~ 1.10	0.92 ~ 1.44	1.45 ~ 2.05	2.45 ~ 3.11	3.37 ~ 4.18
SRES-B1	0.56 ~ 1.15	0.97 ~ 1.56	1.17 ~ 1.93	1.65 ~ 2.28	1.76 ~ 2.38

Tablo 4.88 Kombine iklim modelinin gelecek dönem senaryolarına ait yıllık ortalama akımların 20C3M ortalamalarına göre Bootstrap % değişim aralıkları

	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
SRES-A1B	-27.37% ~ 25.36%	-32.63% ~ 15.95%	-39.41% ~ 5.09%	-59.22% ~ -13.64%	-48.57% ~ 20.57%
SRES-A2	-47.43% ~ 1.15%	-53.80% ~ -4.87%	-21.22% ~ 32.52%	-43.15% ~ 12.52%	-62.70% ~ -6.98%
SRES-B1	-22.48% ~ 42.40%	-32.28% ~ 13.55%	-40.23% ~ 13.78%	-23.98% ~ 29.42%	-42.71% ~ 3.54%

Yağışlar için önerilen Kombine iklim modelinin SRES-A1B senaryosuna ait sonuçlar değerlendirildiğinde, 2060-2079 dönemi yağış ortalamalarının 20C3M senaryosu yağış ortalamalarına göre hem alt ve hem de üst limitler bakımından azalabileceği öngörülmektedir. Üst limitler açısından ele alındığında, diğer yirmişer yıllık dönemlerde yağışlarda artış gözlenebilecektir. Ancak elde edilen bu artış oranları istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde değillerdir. Alt limitler açısından bir değerlendirilme yapıldığında ise 2020 yılından itibaren anlamlı azalışların görülmesi olasıdır. Sonuçlar SRES-A2 senaryosu bakımından incelenirse, alt limitler esas alınarak 2040-2059 dönemi dışında her bir yirmişer yıllık dönem için anlamlı düzeyde azalışların gerçekleşebileceği yorumu yapılabilir. SRES-B1 senaryosu sonuçlarının ise diğer iki senaryoya kıyasla yağış potansiyeli bakımından daha iyimser olduğu söylenebilir. Yağışların üst limitler bakımından 2001-2019 ve 2060-2079 dönemlerinde anlamlı artış, alt limitler bakımında ise 2020-2059 ve 2080-2099 dönemlerinde anlamlı azalış göstermesi olasıdır.

Sıcaklıklar için önerilen Kombine iklim modelinin gelecek dönem tahminleri şöyle yorumlanabilir: Sonuçlara göre bütün yirmişer yıllık dönemlerde her üç senaryo kapsamında da alt ve üst limitler açısından sıcaklık ortalamalarında artışlar ve artış yönünde eğilimler göze çarpmaktadır. Özellikle 2080-2099 dönemi sıcaklıklarının günümüz istatistiklerine kıyasla, SRES-A1B senaryosuna göre 2.77 °C ile 3.39 °C, SRES-A2 senaryosuna göre 3.37 °C ile 4.18 °C ve SRES-B1 senaryosuna göre 1.76 °C ile 2.38 °C değerleri arasında değişebileceği öngörülmektedir.

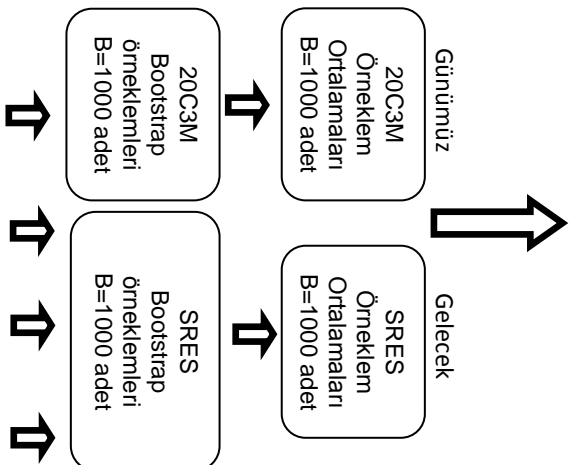
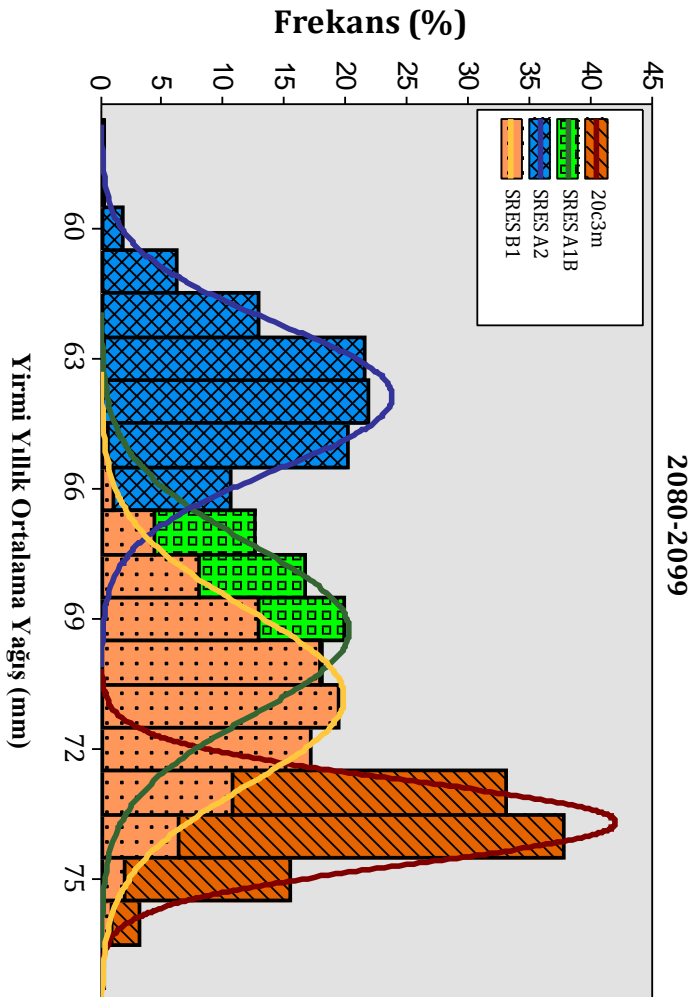
Yağış ve sıcaklıklar için önerilen kombine iklim modellerine ait değerler kullanılarak türetilen akımlar da güven limitleri bakımından incelenmiştir. SRES-A1B senaryosuna ait sonuçlar değerlendirildiğinde, 2060-2079 dönemi yağışlarına benzer bir şekilde bu döneme ait akım ortalamalarının da hem alt ve hem de üst limitler bakımından azalabileceği öngörülmektedir. Alt limitler dikkate alındığında, 2001-2019 döneminde %27.3, 2020-2039 döneminde %32.6, 2040-2059 döneminde %39.4, 2060-2079 döneminde %59.2 ve 2080-2099 döneminde ise %48.6 oranlarında gerçekleşebileceği öngörülen istatistiksel olarak anlamlı azalışlar göze

çarpmaktadır. Ancak üst limitler dikkate alındığında, 2001-2019 ve 2080-2099 dönemlerinde sırasıyla %25.36 ve %20.5 oranlarında anlamlı artışlar gözlemlenebilecektir. Diğer dönemler için hesaplanan artışlar ise istatistiksel açıdan anlamlı değildir.

SRES-A2 senaryosuna ait alt limitler dikkate alındığında ise, 2001-2019 döneminde %47.4, 2020-2039 döneminde %53.8, 2040-2059 döneminde %21.2, 2060-2079 döneminde %43.15 ve 2080-2099 döneminde ise %32.7 oranlarında gerçekleşme olasılığı bulunan anlamlı düzeydeki azalışlar dikkat çekicidir. 2040-2059 dönemi dışında üst limitler esas alınarak hesaplanan artış oranları ise anlamlı seviyede değildir. 2040-2059 döneminde akımlarda günümüz koşullarına göre %21.2 oranında azalış gözlemlenebileceği gibi %32.5 oranında artış da beklenebilir.

SRES-B1 senaryosu sonuçlarının ise diğer iki senaryoya kıyasla havzanın su potansiyeli bakımından daha iyimser olduğu söylenebilir. Akımlarda, üst limitler bakımından 2001-2019 ve 2060-2079 dönemlerinde anlamlı artışlar, alt limitler bakımından ise tüm yirmişer yıllık dönemlerde anlamlı azalışlar gözlemlenebilecektir. Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, SRES-A1B senaryosuna göre 2020-2079, SRES-A2 senaryosuna göre 2001-2039 ve 2060-2099, SRES-B1 senaryosuna göre ise 2020-2059 ve 2080-2099 dönemlerinde Tahtalı havzası su potansiyeli bakımından sorunlar yaşayabilecektir.

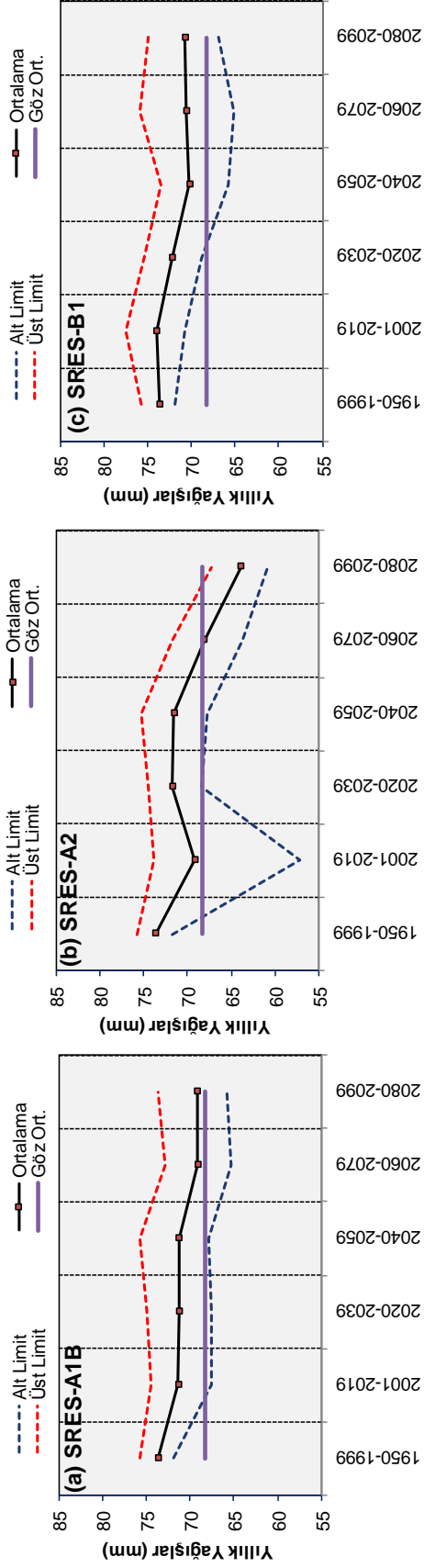
Bu bölümde, dört senaryo altında iklim modellerinden türetilen yağış, sıcaklık ve akım gibi değişkenlerin *ortalamalarının* güven aralıklarının iklim modellerine göre değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Yapılan analizleri takiben, iklim modellerince türetilen sonuçların rastgeleliğinden hareketle, her bir modelin ürettiği seriye ait ortalama istatistiklerinin örnekleme dağılımları oluşturulmuştur. Böylece havzayı temsil ettiği düşünülen gridlerde yer alan on dört küresel iklim modeli tahminlerinin ortalamalarının frekans dağılımı ve güven limitleri hakkında bilgi edinilmiştir. 20C3M dönemi ve gelecek dönem SRES senaryolarının yirmişer yıllık ortalama istatistikleri kullanılarak uygulanan strateji 2080-2099 dönemi yağış tahminleri ile örneklendirilerek Şekil 4.59'da özetlenmiştir.



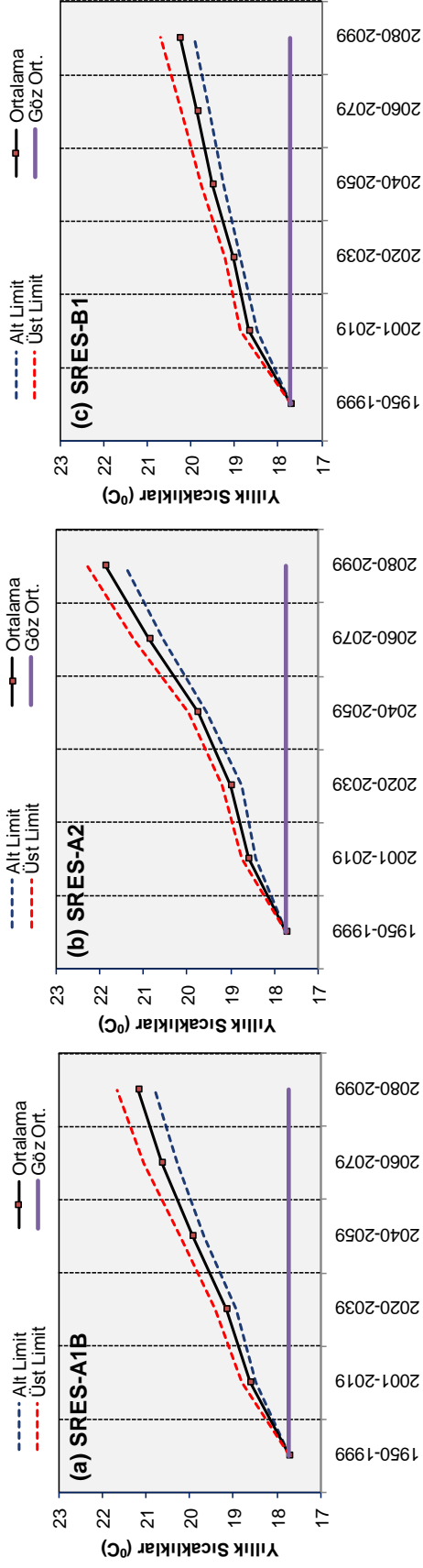
	20C3M (1950-1999)	SRES-A1B (2080-2099)	SRES-A2 (2080-2099)	SRES-B1 (2080-2099)
	mm	mm	mm	mm
BCM	72.82	75.25	74.69	58.38
CCSM3	76.08	81.63	68.81	77.96
CGCM2.3.2	74.29	72.30	66.10	73.65
CGCM3	68.94	62.52	54.01	59.93
CM2.0	72.92	60.77	55.33	69.64
CM2.1	72.99	59.08	59.82	67.53
CM3.0	70.82	62.82	55.32	65.33
CM3	77.02	76.51	67.05	84.36
CM4	81.70	79.22	63.30	80.07
ECHAM5	74.74	61.05	68.99	69.73
HADCM3	74.07	67.02	73.12	71.67
MIROCC3.2	72.72	67.69	63.48	73.39
MK3.0	76.10	78.34	64.78	78.80
PCM	66.19	64.86	60.15	60.08

İklim Modelleri

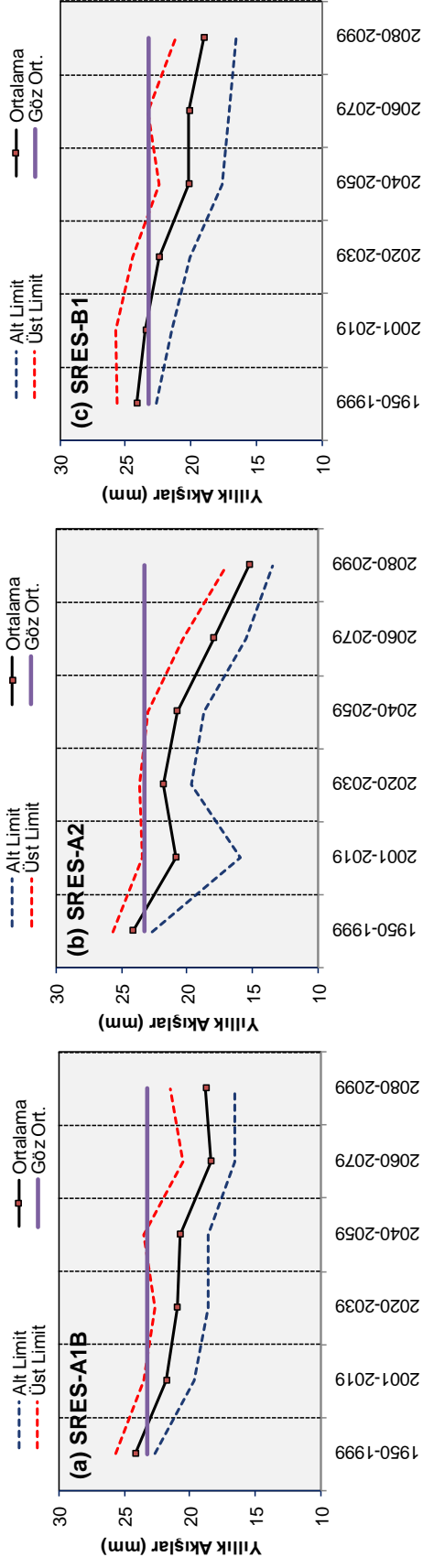
Şekil 4.59 İklim modellerinin ortalama istatistiğinin örnekleme dağılımları



Şekil 4.60 Tüm iklim modellerine ait yıllık ortalama yağışların farklı senaryolara göre değişimi ve bu ortalamaların Bootstrap güven limitleri



Şekil 4.61 Tüm iklim modellerine ait yıllık ortalama sıcaklıkların farklı senaryolara göre değişimi ve bu ortalamaların Bootstrap güven limitleri



Şekil 4.62 Tüm iklim modellerine ait yıllık ortalama akışların farklı senaryolara göre değişimi ve bu ortalamaların Bootstrap güven limitleri

Şekil 4.60, Şekil 4.61 ve Şekil 4.62’de sırasıyla tüm iklim modellerine ait yıllık yağış, sıcaklık ve akımların ortalamaları ile bu ortalamaların Bootstrap güven limitleri görülmektedir.

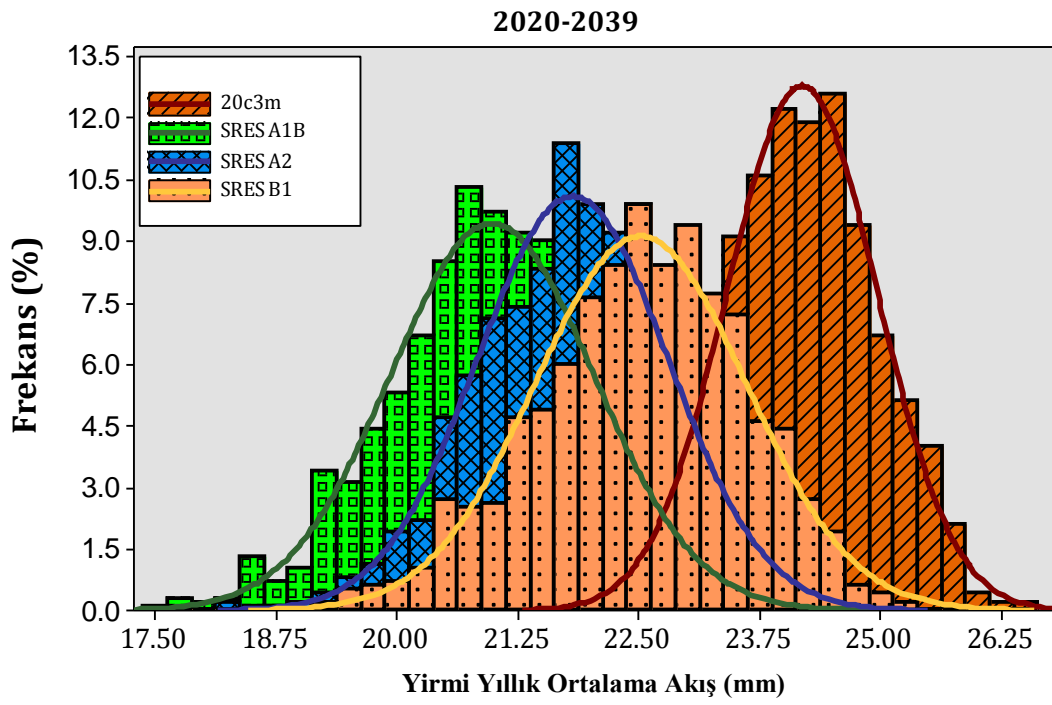
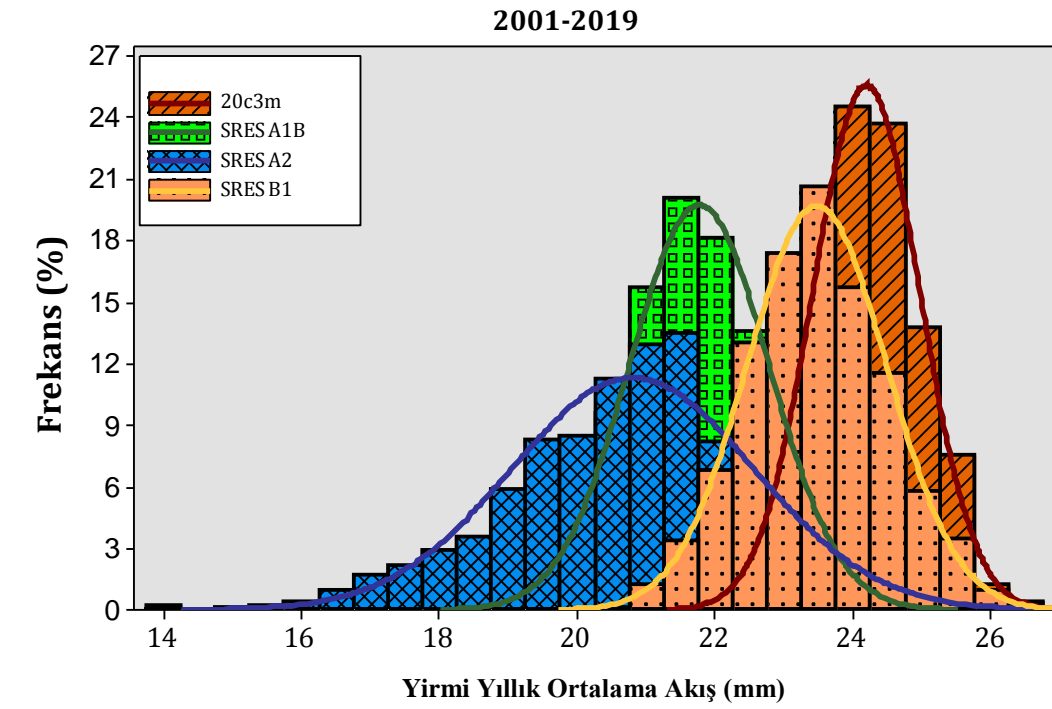
Şekil 4.60’a göre on dört küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş yağışlarının ortalamaları ele alındığında, SRES-A2 senaryosu için alt ve üst limitlerce hesaplanan değişimlerin diğer senaryolara kıyasla daha anlamlı seviyede olduğu saptanmıştır.

Şekil 4.61’e göre on dört küresel iklim modelinin havza ölçeğine indirgenmiş sıcaklıklarının ortalamaları ele alındığında, yirmişer yıllık dönemler boyunca ortalamalara paralel olarak güven aralıklarının tüm senaryolar için arttığı görülmektedir. 2001-2019 döneminde yaklaşık olarak 0.35°C olan bu aralıklar, 2080-2099 döneminde 0.85°C mertebelerine yükselmiştir. Özellikle 2080-2099 dönemi sıcaklıklarının günümüz istatistiklerine kıyasla, SRES-A1B senaryosuna göre 3.09°C ile 3.97°C , SRES-A2 senaryosuna göre 3.74°C ile 4.58°C ve SRES-B1 senaryosuna göre 2.21°C ile 3.00°C değerleri arasında değişebileceği öngörülmektedir.

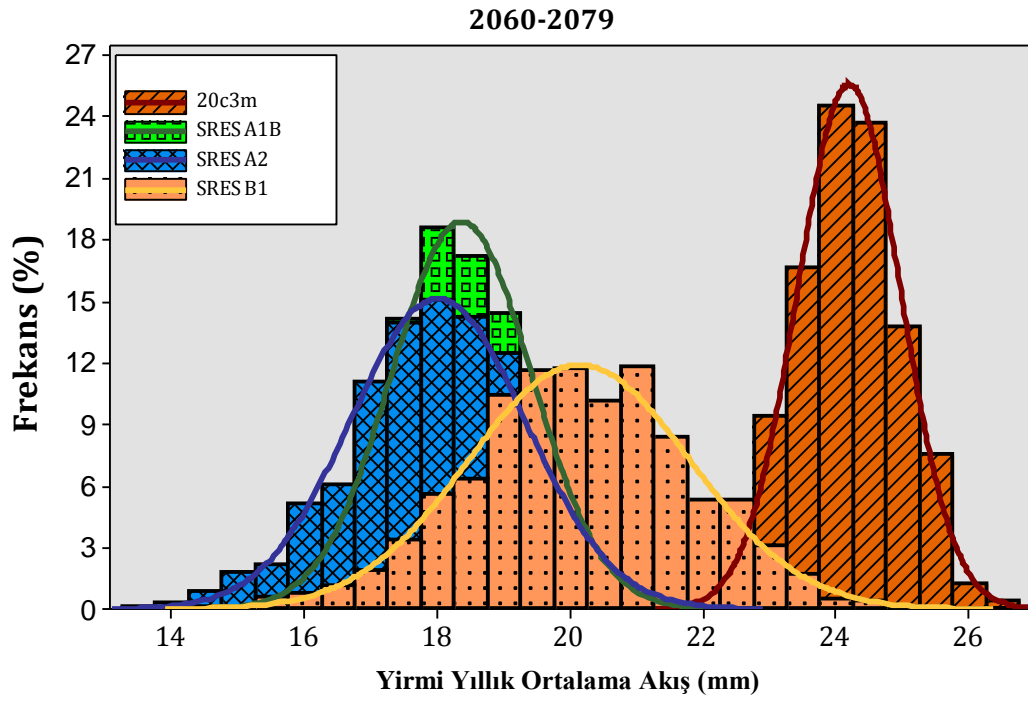
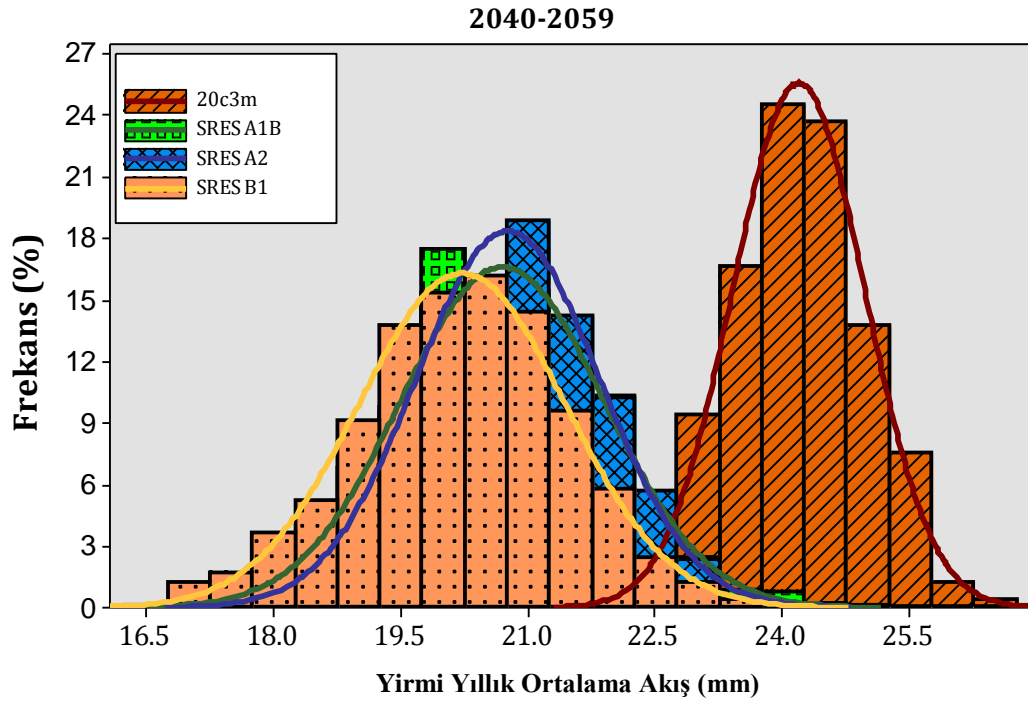
Şekil 4.62’ye bakıldığında, yağışlardaki azalma ve sıcaklıklardaki büyük artışların sonucu olarak, havzanın ortalama akım potansiyelinin gelecek dönemlerde azalacağı görülebilmektedir. Alt limitler dikkate alındığında, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarına göre havza su potansiyelinde 2001-2099 döneminde sırasıyla ortalama %30, %35 ve %27 civarında azalmalar öngörülmektedir. Üst limitlere göre hesaplanan oranlar ise anlamlı olmayan seviyelerdedir. Akımlardaki bu değişimler Tablo 4.89’da özetlenmiştir. Yirmişer yıllık dönemler için elde edilen frekans histogramları ise Şekil 4.63’te sunulmuştur.

Tablo 4.89 Tüm iklim modellerine ait yıllık akımların ortalamalarının Bootstrap % değişim aralıkları

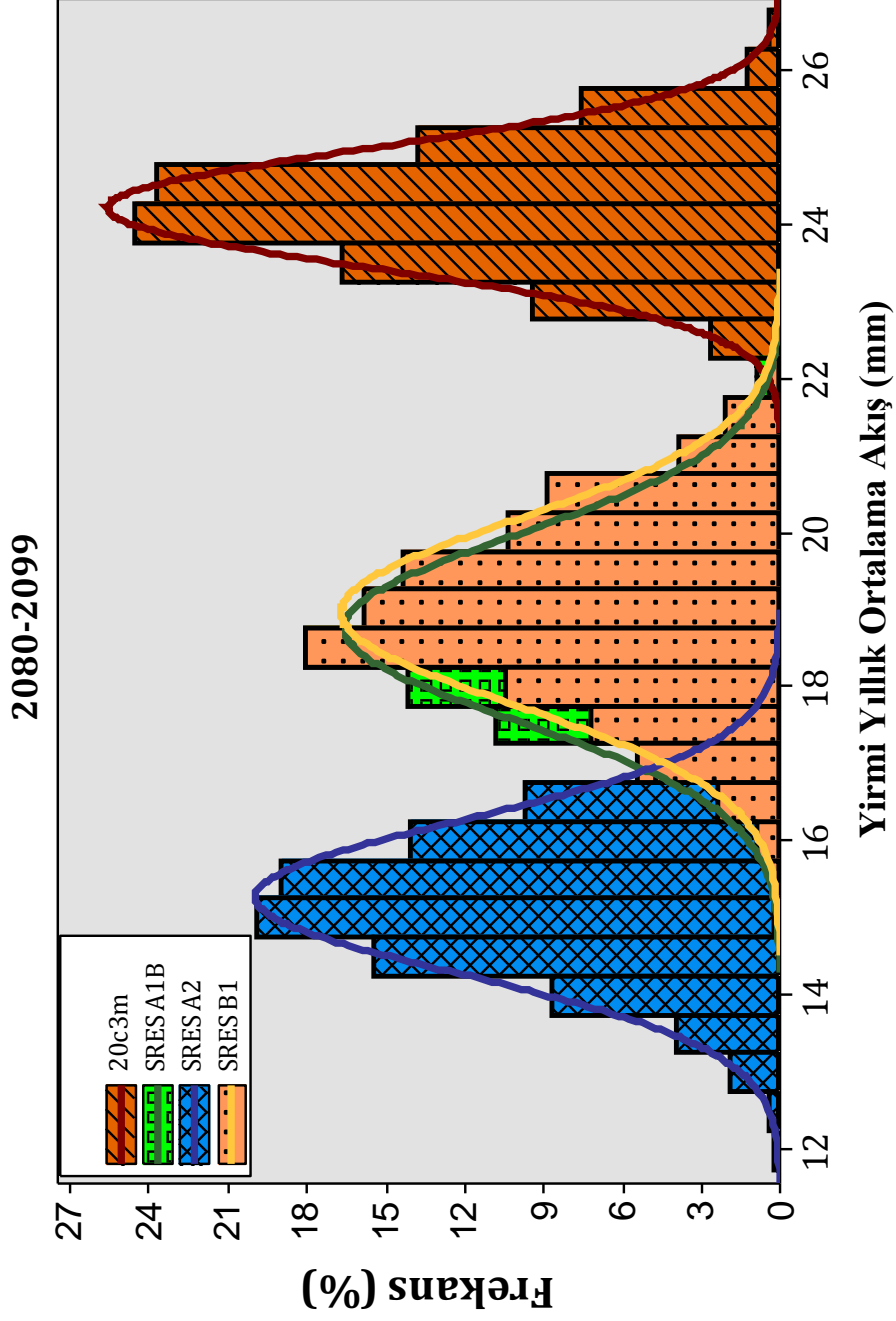
	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099
SRES-A1B	-23.36% ~ 4.04%	-27.72% ~ 0.09%	-27.73% ~ 3.81%	-35.73% ~ -9.12%	-35.34% ~ -5.10%
SRES-A2	-37.88% ~ 3.68%	-23.51% ~ 4.41%	-27.09% ~ 1.47%	-39.76% ~ -10.10%	-47.58% ~ -24.79%
SRES-B1	-16.27% ~ 13.75%	-21.74% ~ 7.94%	-31.29% ~ -0.70%	-33.50% ~ 3.07%	-35.42% ~ -6.54%



Şekil 4.63 Yirmişer yıllık dönemlerdeki ortalama akışların frekans histogramları



Şekil 4.63 (devam) Yirmişer yıllık dönemlerdeki ortalama akışların frekans histogramları



Şekil 4.63 (devam) Yirmişer yıllık dönemlerdeki ortalama akışların frekans histogramları

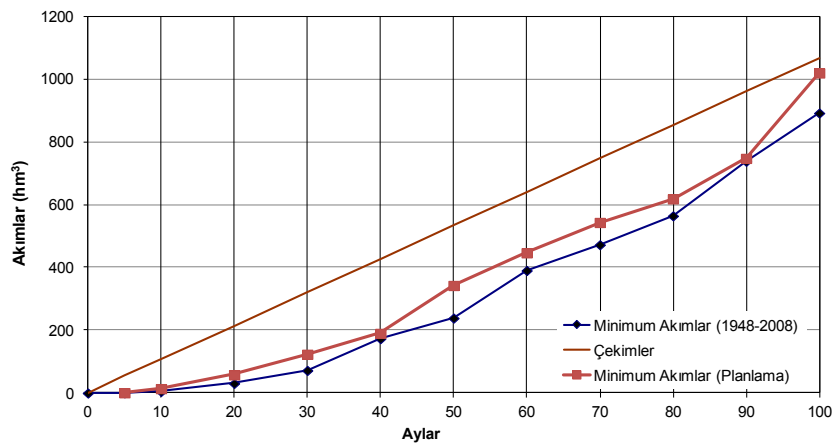
4.8 Hazne Performansının Değerlendirilmesi

4.8.1 Minimum Akımlar Yöntemiyle Akımların Kritik Dönem Uzunluklarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında, gelecek dönem yağış ve sıcaklık değişimlerinden etkilenen Tahtalı barajı akımları, farklı hazne teorileri ile değerlendirilerek haznenin iklim değişikliği altındaki performansı sınanmıştır. Bu sınamalarda, minimum akımlar yönteminden, klasik hazne işletme çalışmasının yapılabildiği aylık su bütçesinden ve Gould olasılık matrisi yönteminden yararlanılmıştır.

Bu yöntemlerden minimum akımlar yöntemi ile barajın planlama döneminde esas alınan düzenleme oranı için ($D=0.88$) akımların kritik dönem uzunluklarının gelecekteki değişimleri irdelenmiştir.

Tahtalı havzasının 1948-2008 dönemi gözlenmiş yağış ve sıcaklık dizilerinden türetilen su bütçesi modeli akımlarının ve gözlenmiş planlama dönemi akımlarının minimum akımlar yöntemi ile değerlendirilmesi sonucu kritik dönem uzunlukları planlama dönemi için 40 ay, 1948-2008 dönemi modellenmiş akımları için ise 50 ay olarak belirlenmiştir (Şekil 4.64).



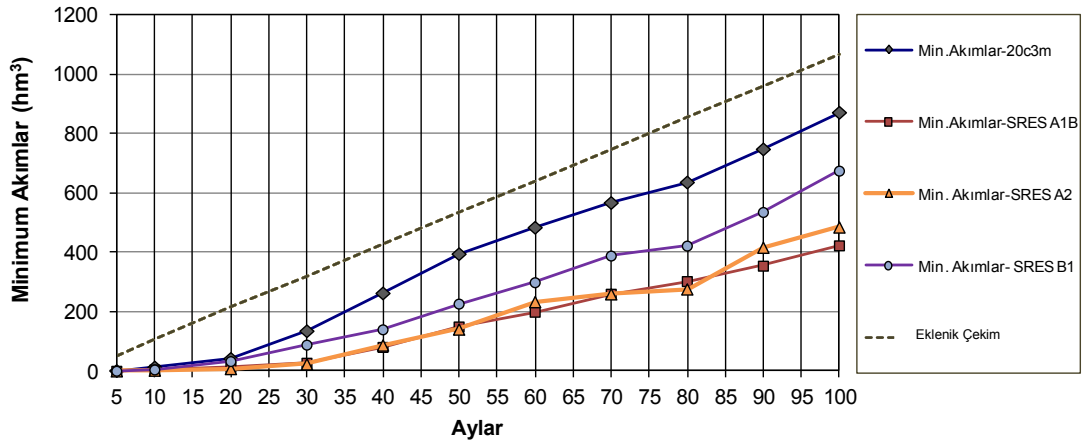
Şekil 4.64 Planlama dönemi ve 1948-2008 dönemi akımlarının kritik dönem uzunlukları

İklim modellerinin Tahtalı havzasına indirgenen 1950-1999 ve 2001-2099 dönemi yağış ve sıcaklık dizilerinden türetilen su bütçesi modeli akımları da minimum akımlar yöntemi yardımı ile değerlendirilmiş ve senaryolara göre kritik dönem uzunlukları Tablo 4.90'da sunulmuştur.

Tablo 4.90 İklim modellerine ait senaryo akımlarının kritik dönem uzunlukları

GDM	20C3M	SRES-A1B	SRES-A2	SRES-B1
	ay	ay	ay	ay
BCM2.0	40	100	100	100
CCSM3	30	80	100	70
CGCM2.3.2	30	80	100	60
CGCM3	100	100	100	100
CM2.0	90	90	100	90
CM2.1	80	100	100	100
CM3.0	100	100	100	100
CM3	30	90	100	80
CM4	30	100	100	40
ECHAM5	70	100	80	90
HADCM3	80	100	50	80
MIROC3.2	70	90	100	100
MK3.0	80	30	100	30
PCM	80	100	100	100
KOMBİNE	80	100	100	80

Örnek olarak Kombine iklim modeli senaryolarına ait minimum akım eğrileri Şekil 4.65'te gösterilmiştir.



Şekil 4.65 Kombine iklim modeli senaryolarına ait minimum akımlar

Analiz sonuçlarına göre, iklim modellerinin genelinde gelecek dönem senaryolarına ait kritik dönem uzunluklarının günümüz iklimini temsil eden 20C3M senaryosuna ait kritik dönem uzunluklarına nazaran önemli artışlar gösterdiği

görülebilmektedir. Özellikle SRES-A2 senaryosuna ait kritik dönem uzunlukları iklim modellerinin genelinde 100 ay olarak hesaplanmıştır. Kritik dönem uzunlukları bakımından SRES-A2 senaryosunu sırasıyla SRES-A1B ve SRES-B1 senaryosu takip etmektedir.

4.8.2 Aylık Su Bütçesi ile Hazne Performansının İrdelenmesi

Aktif düzenleme kapasitesi belli (C_{akt}) olan bir haznenin Q_d gibi uniform bir aylık su talebini işletme süresince tam olarak karşılayamama olasılığı, Denklem 4.9 eşitliği ile tanımlanmaktadır (McMahon ve Mein, 1986).

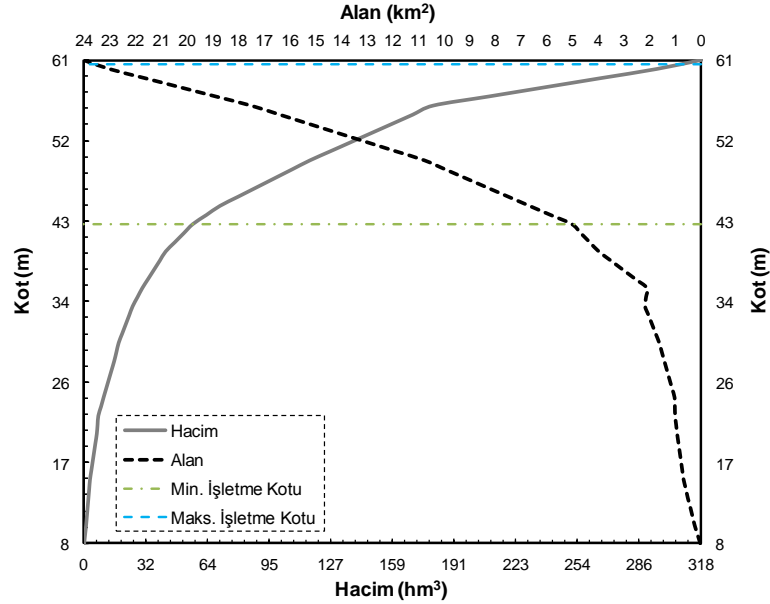
$$PRF(Q_d) = P_r(Q_v < Q_d | V_H = C_{akt}) = \frac{Q_v < Q_d \text{ durumundaki toplam ay sayısı}}{\text{işletme süresindeki toplam ay sayısı}} \quad (4.9)$$

Bu eşitlikte Q_v talebin tam olarak karşılanmadığı aylarda haznedeki verilebilen aylık su miktarlarıdır ($0 \leq Q_v < Q_d$). Haznenin yetersiz kalma sıklığını (frekansını) temsil eden ve literatürde *arz performansı* diye de isimlendirilen PRF oranı, kapasitesi sabit bir haznedeki Q_d 'nin artan bir fonksiyonudur (McMahon ve Mein, 1986).

Çalışmada, Tahtalı baraj havzası için yağış-akış modelleri vasıtasıyla türetilen aylık akımlar, baraj haznesi işletme çalışmalarında kullanılarak haznenin bu akım koşullarında, değişik içme suyu taleplerini karşılayıp karşılamadığı sınırlanmıştır. Talebin bazı aylarda tam olarak karşılanmadığı durumlarda hangi oranlarda eksikler oluştuğu (arz açığı) ve haznenin işletme süresinde ne kadar süre ile görevini tam olarak yerine getiremediği (yetersiz kalma sıklığı) belirlenmiştir.

Farklı su talepleri için belirlenen arz performansları her bir koşul için değerlendirilerek arz-performans eğrileri oluşturulmuştur. Bu eğriler yardımıyla, seçilen bir performans düzeyi için haznedeki çekilebilecek su miktarı da belirlenebilecektir. Aylık zaman aralıkları için gerçekleştirilen hazne işletme çalışmaları ile ilgili detaylar Bölüm 2.6.3'te anlatılmıştır. Hazne işletme çalışmalarında her ay değişen hazne su kotlarının sınır değerleri olarak planlama

raporlarındaki minimum ve maksimum işletme kotları esas alınmıştır. DSI 2.Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiş kot-alan-hacim eğrileri Şekil 4.66'da verilmektedir.

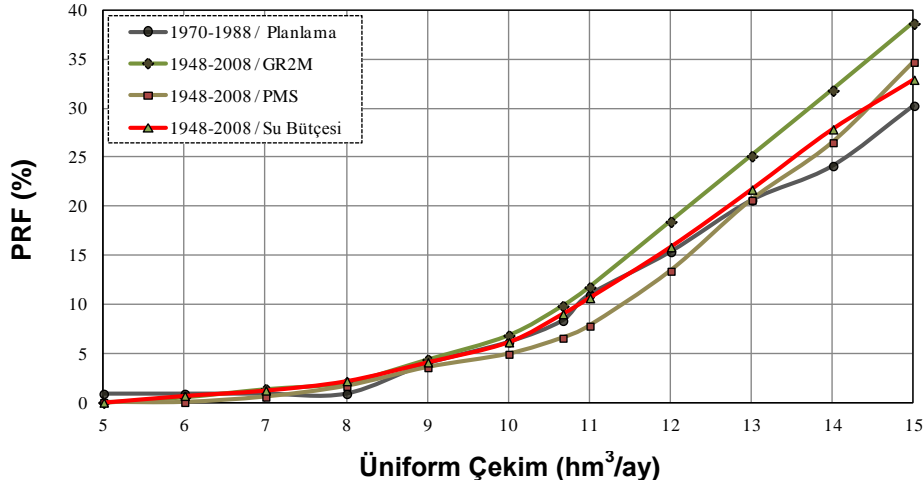


Şekil 4.66 Tahtalı barajı kot-hacim-alan eğrileri

Tahtalı barajının hazne işletme çalışmaları; planlama dönemi (1970-1988) akımlarıyla, 1948-2008 dönemi modellenmiş akımlarıyla, iklim modellerinin 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryo akımlarıyla olmak üzere toplam altı farklı akım koşulunda gerçekleştirilmiştir. Analizlerde ölçülmüş sıcaklık ve buharlaşma değerlerine dayanan bağıntıdan faydalanılarak, havzanın 1948-2008, 20C3M (1950-1999) ve gelecek dönemleri için türetilen tava buharlaşmaları kullanılmıştır. Aylık brüt buharlaşmalar $E_{brüt,t}=EP_{tava,t} \cdot C_{tava}$ eşitliğinden hesaplanmış ($C_{tava} \approx 0.7$), bu değerlerden aylık yağış (P_t) çıkarılarak baraj gölü yüzeyinden aylık net buharlaşmalara ($E_{net,t}=E_{brüt,t} - P_t$) geçilmiştir.

Sadece içmesuyu amaçlı bir baraj olan Tahtalı barajının işletme çalışmalarında aylık çekimler üniform kabul edilmiş; 5 hm³/ay'dan 15 hm³/ay'a kadar 1'er hm³/ay'lık artımlarla farklı çekimler denenmiştir. Toplam 11 çekim değerine ek olarak, barajın planlama raporunda öngörülen toplam 128 hm³/yıl (10.67 hm³/ay) çekim değeri için de işletme çalışmaları yapılmıştır. Sonuç olarak, Tahtalı barajı 6 tür akım koşulu altında, 12 farklı aylık çekim değeri için işletilmiştir. Barajın, planlama

raporunda yer alan gözlenen akım değerleri ve üç farklı yağış-akış modeli ile türetilen 1948-2008 dönemine ait akım değerleri kullanılarak gerçekleştirilen aylık su bütçesi analizleri sonucunda elde edilen arz-performans eğrileri Şekil 4.67'de sunulmaktadır.



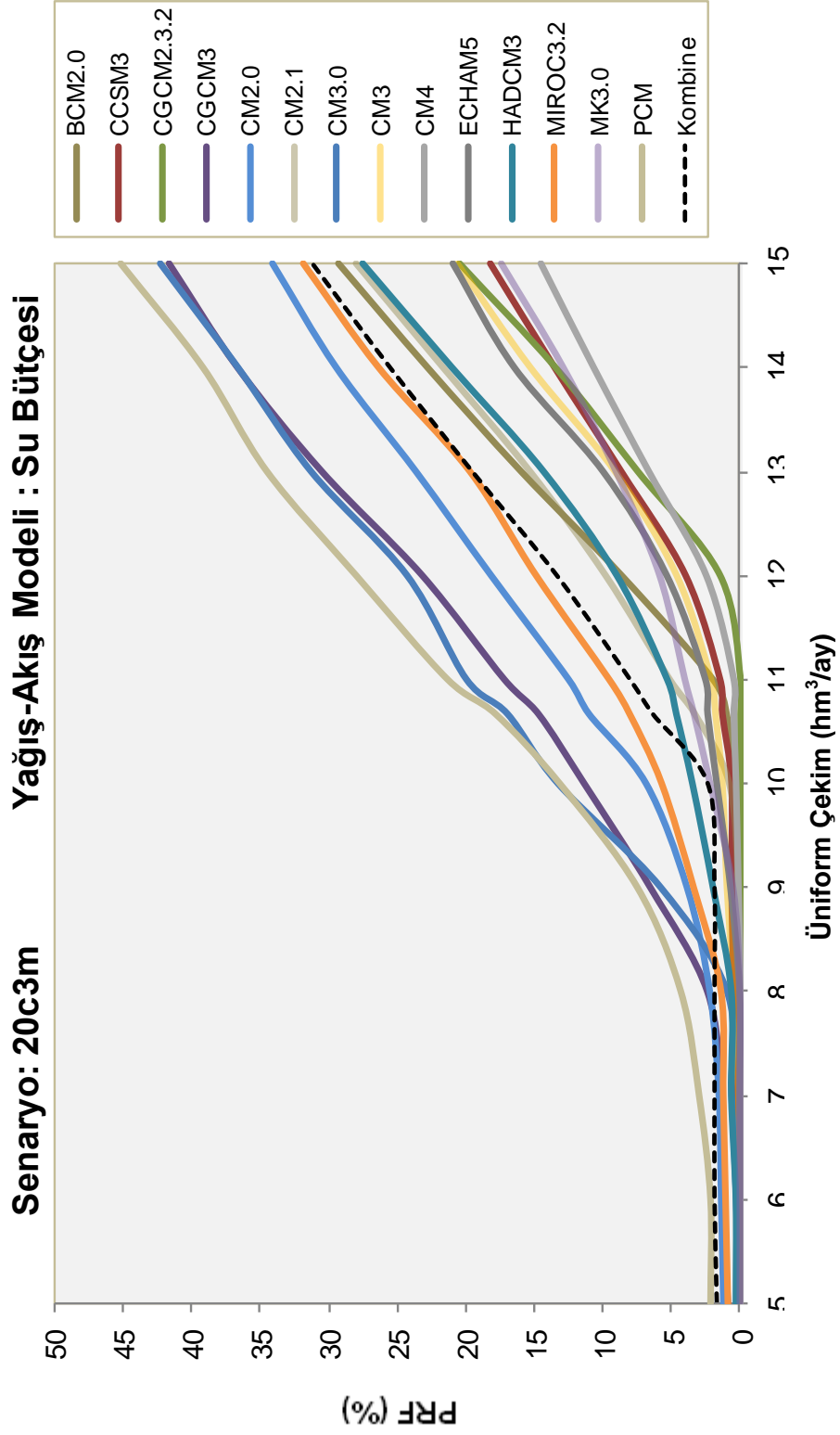
Şekil 4.67 Gözlenmiş ve 1948-2008 dönemi için parametrik modellerden türetilmiş akımlar ile gerçekleştirilen işletme çalışmaları sonucunda elde edilen Tahtalı Barajı arz-performans eğrileri

Şekil 4.67 incelendiğinde, hem 1970-1988 planlama dönemi gözlenmiş akımlarıyla hem de 1948-2008 dönemi için su bütçesi ve GR2M modelleri ile türetilmiş akımlar ile gerçekleştirilen işletme çalışmaları sonucunda, barajın 250.65 milyon m³ olan aktif hazne hacminin, planlama raporunda öngörülen 10.67 milyon m³/ay içmesuyu çekilmesi halinde, yaklaşık olarak zamanın %9'unda yetersiz kaldığı görülebilmektedir. 1948-2008 dönemi için PMS modeli ile türetilen akımlar ile gerçekleştirilen hazne işletme çalışmasında ise baraj haznesinin zamanın %6.6'sında yetersiz kaldığı hesaplanmıştır. Yapılan yağış-akış modeli performans sınamaları dikkate alındığında su bütçesi modeli akımları ile gerçekleştirilen hazne işletme çalışmalarının daha güvenilir olduğu söylenebilir.

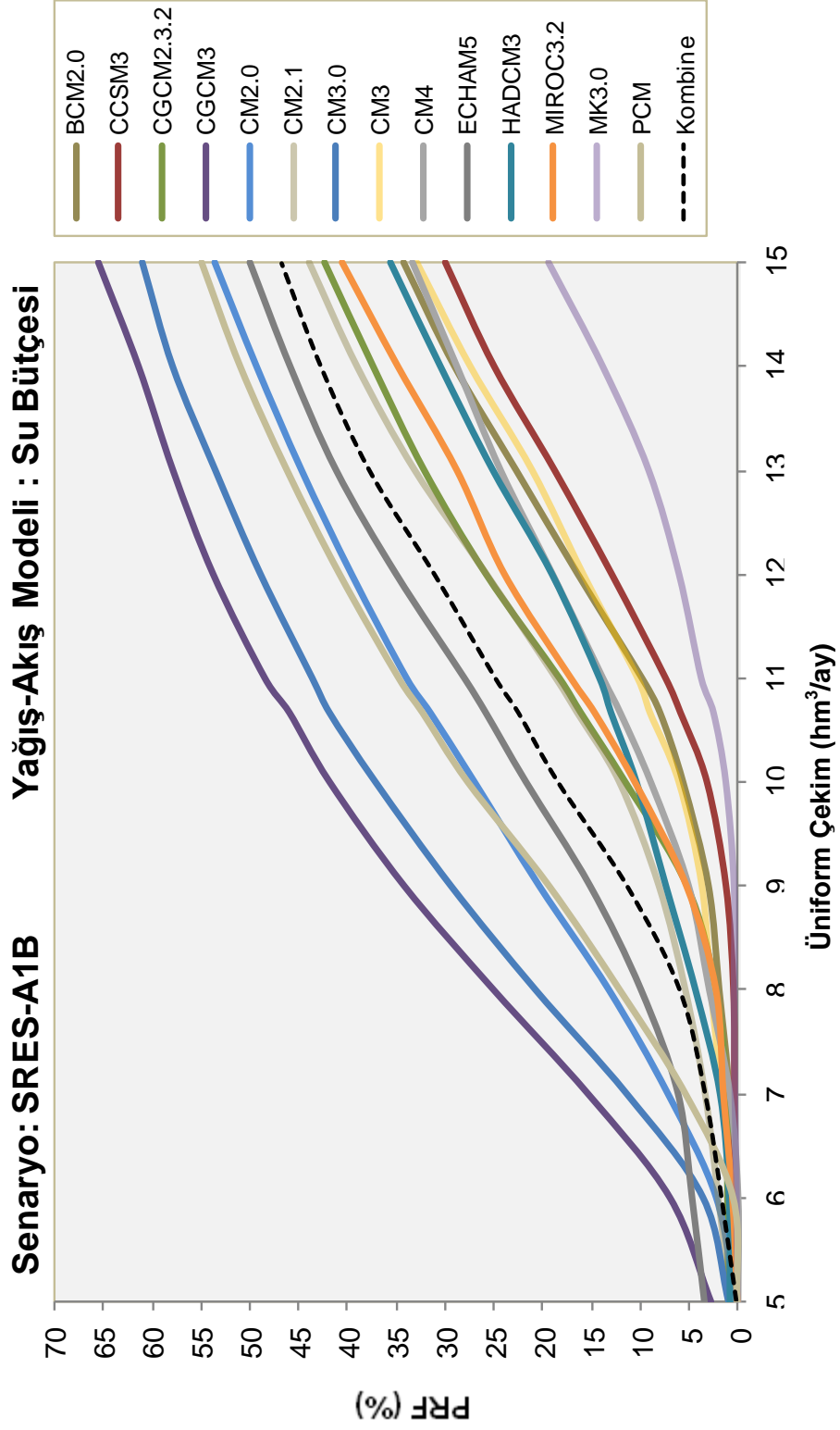
Pratikte baraj haznelerinde, talebin karşılanamama sıklığı olarak %3 - %5 gibi değerler uygun görülürken (McMahon ve Mein, 1986; Bayazıt, 1997); bu değer in Tahtalı barajında yaklaşık olarak %9 civarında olması, planlamada öngörülenden

daha az bir hacmin çekilmesi sonucunu doğurmaktadır. Gerçektende de Tahtalı barajından, inşa edildiğinden bu yana en fazla 6 milyon m³/ ay su çekilebilmesi ve barajın hiç tam dolu hale gelememesi yukarıdaki bulguları doğrulamaktadır.

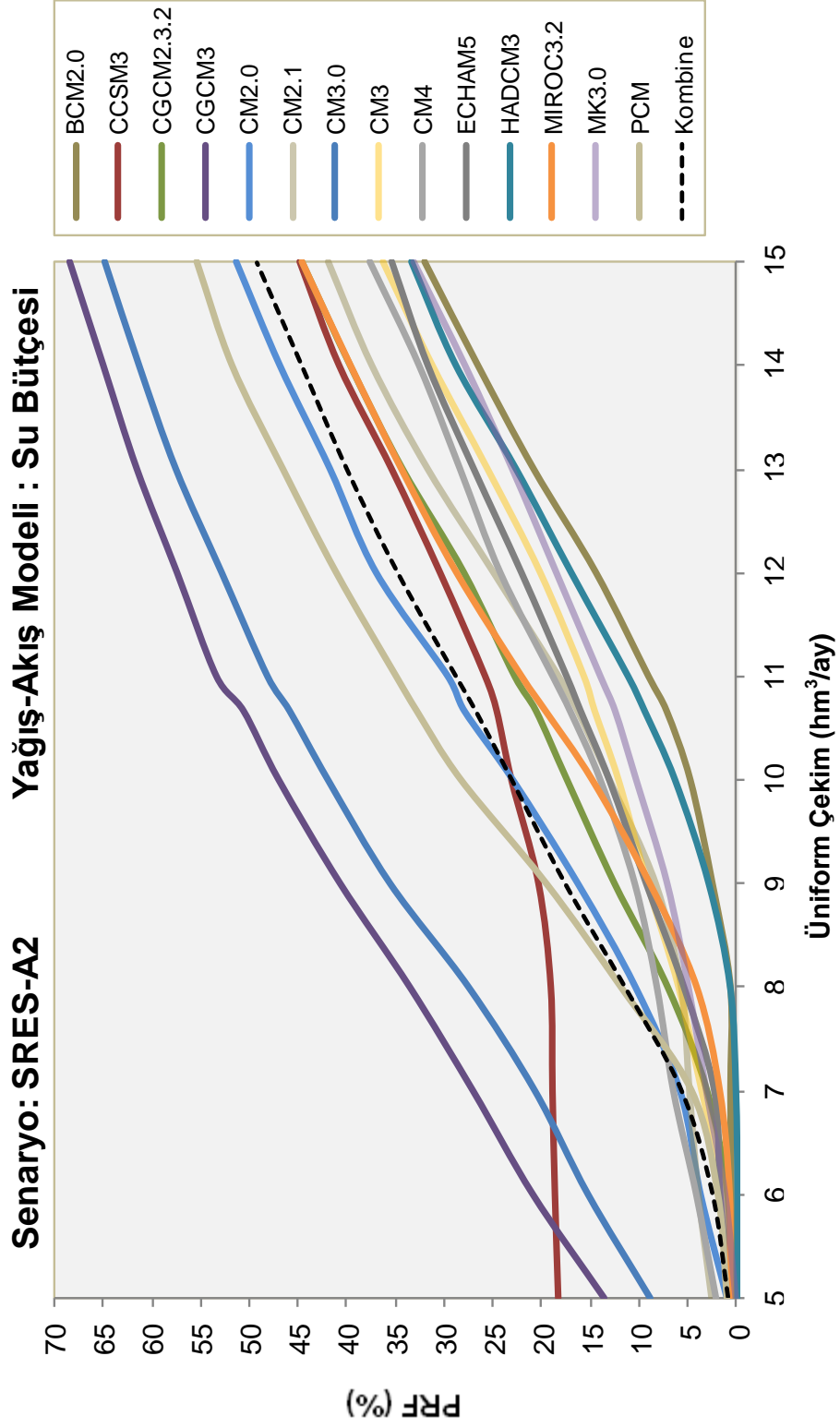
Planlama dönemi akımları ve su bütçesi modeli ile türetilmiş 1948-2008 akımları ile hazne işletildiğinde, talebi karşılayamama sıklığının %3, %5 ve %10 değerlerine karşılık gelen, haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimleri yaklaşık olarak sırasıyla 8.5 milyon m³/ay, 9.5 milyon m³/ay ve 10.9 milyon m³/ay hesaplanmıştır. Tahtalı baraj haznesi iklim modellerinin su bütçesi ile türetilmiş 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryo akımlarıyla farklı içmesuyu çekim değerleri için de işletilerek, Şekil 4.68-Şekil 4.71’de sunulan arz-performans eğrileri elde edilmiştir. Bu grafiklerden 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında haznenin ihtiyacı zamanın %3, %5 ve %10’unda karşılayamama oranları için barajdan çekilebilecek üniform aylık içmesuyu hacimleri belirlenmiş ve Tablo 4.91’de verilmiştir. İklim modellerinin günümüz iklim koşullarını temsil eden 20C3M senaryo sonuçları referans alınarak, iklim modellerinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryoları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki yüzdesel (nispi) değişim oranları ise Tablo 4.92’de sunulmuştur.



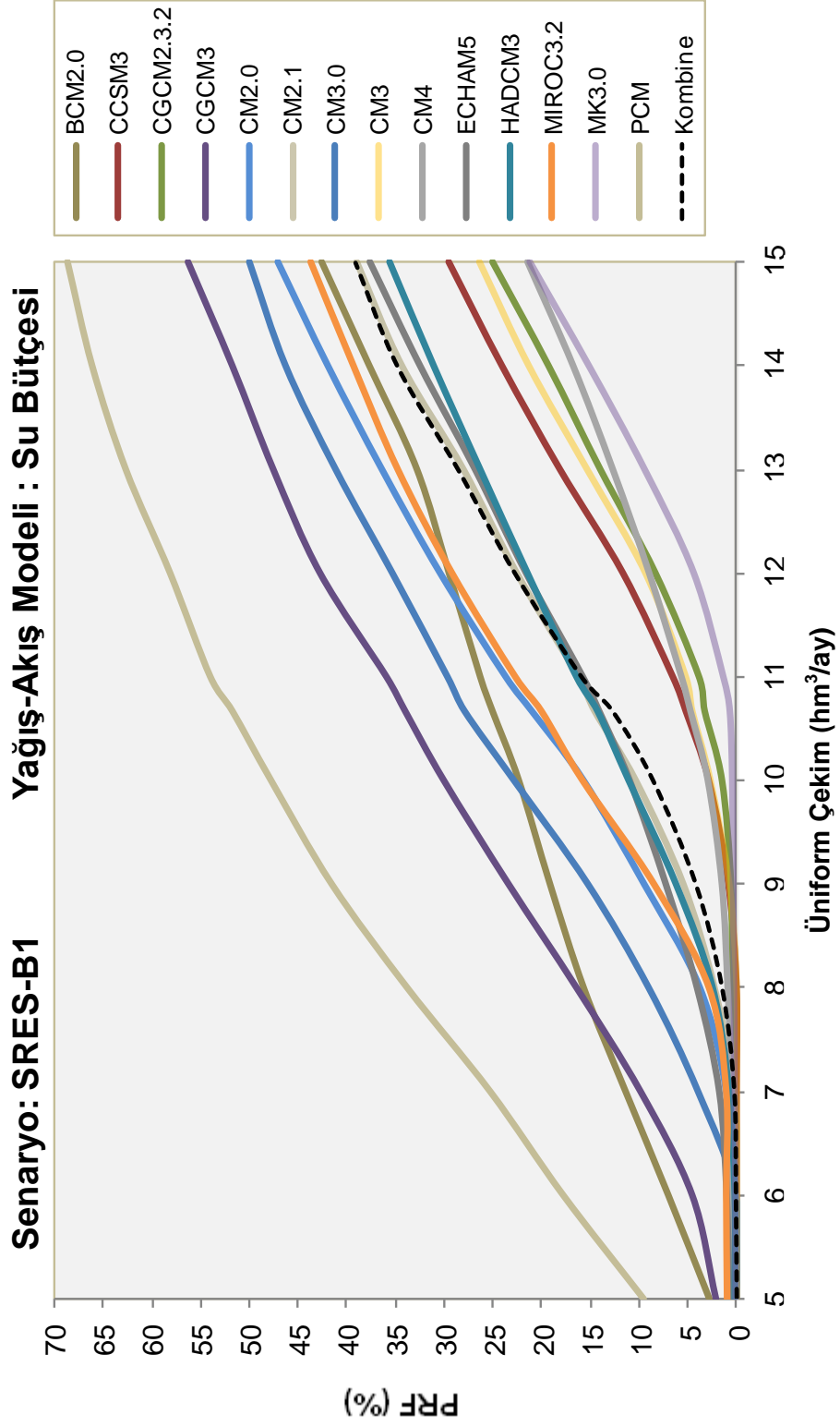
Şekil 4.68 Tahtalı Barajının iklim modellerinin 1950-1999 dönemi 20C3M senaryo akımlarıyla işletilmesi ve farklı içmesuyu çekimleri için elde edilen arz-performans eğrileri



Şekil 4.69 Tahtalı Barajının iklim modellerinin 2001-2099 dönemi SRES-A1B senaryo akımlarıyla işletilmesi ve farklı içmesuyu çekimleri için elde edilen arz-performans eğrileri



Şekil 4.70 Tahtalı Barajının iklim modellerinin 2001-2099 dönemi SRES-A2 senaryo akımlarıyla işletilmesi ve farklı içmesuyu çekimleri için elde edilen arz-performans eğrileri



Şekil 4.71 Tahtalı Barajının iklim modellerinin 2001-2099 dönemi SRES-B1 senaryo akımlarıyla işletilmesi ve farklı içmesuyu çekimleri için elde edilen arz-performans eğrileri

Tablo 4.91 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryoları altında haznedeki işletme süresinde talebin %3, %5 ve %10'unun karşılanamaması durumlarına karşı gelen aylık üniform içmesuyu çekimleri (arızlar)

(a) 20C3M iklim koşulları altında haznedeki farklı ihtiyacı karşılayamama oranları için çekilebilecek içmesuyu hacimleri																
İhtiyacı Karşılayamama Oranı (%)		İhtiyacı Karşılayamama Oranı için Çekilebilecek İçmesuyu Hacmi (milyon m ³ /ay)														
		BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCM3	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%		11.15	11.60	12.25	8.16	8.50	10.58	8.41	11.33	12.12	11.18	9.67	8.83	10.48	7.00	10.11
5.0%		11.45	12.21	12.58	8.64	9.39	10.97	8.83	12.07	12.60	11.88	10.83	9.71	11.55	8.21	10.44
10.0%		12.18	13.28	13.42	9.72	10.51	12.03	9.56	13.14	13.83	13.00	12.19	11.09	13.26	9.44	11.38
(b) SRES-A1B iklim koşulları altında haznedeki farklı ihtiyacı karşılayamama oranları için çekilebilecek içmesuyu hacimleri																
İhtiyacı Karşılayamama Oranı (%)		İhtiyacı Karşılayamama Oranı için Çekilebilecek İçmesuyu Hacmi (milyon m ³ /ay)														
		BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCM3	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%		8.97	9.85	8.25	5.07	6.16	6.67	5.79	8.24	7.99	-	7.49	8.27	10.81	6.51	6.78
5.0%		9.75	10.43	8.93	5.55	6.57	7.77	6.19	9.55	8.94	6.14	8.23	8.93	11.57	6.92	7.63
10.0%		11.02	11.46	9.76	6.37	7.47	9.45	6.83	10.93	10.21	8.00	9.88	9.90	13.19	7.69	8.75
(c) SRES-A2 iklim koşulları altında haznedeki farklı ihtiyacı karşılayamama oranları için çekilebilecek içmesuyu hacimleri																
İhtiyacı Karşılayamama Oranı (%)		İhtiyacı Karşılayamama Oranı için Çekilebilecek İçmesuyu Hacmi (milyon m ³ /ay)														
		BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCM3	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%		9.21	-	7.01	-	5.71	5.29	-	6.74	5.49	7.21	9.02	7.52	6.98	6.43	6.17
5.0%		10.06	-	7.51	-	6.58	7.14	-	7.59	6.41	7.85	9.60	8.18	8.05	7.06	6.80
10.0%		11.17	-	8.55	-	7.90	9.35	5.19	9.28	8.84	9.17	10.76	9.18	9.92	7.75	7.75
(d) SRES-B1 iklim koşulları altında haznedeki farklı ihtiyacı karşılayamama oranları için çekilebilecek içmesuyu hacimleri																
İhtiyacı Karşılayamama Oranı (%)		İhtiyacı Karşılayamama Oranı için Çekilebilecek İçmesuyu Hacmi (milyon m ³ /ay)														
		BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCM3	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%		5.05	10.04	10.53	5.37	7.74	8.20	6.75	10.08	9.98	7.51	8.17	8.04	11.57	-	8.52
5.0%		5.53	10.61	11.23	6.09	8.23	8.83	7.21	10.85	10.74	8.27	8.70	8.39	12.14	-	9.16
10.0%		6.69	11.67	12.28	7.02	9.09	9.91	8.16	12.10	12.27	9.72	9.79	9.22	13.11	5.05	10.22

Tablo 4.92 20C3M iklim koşulları esas alındığında SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki yüzdesel değişimler

(a) 20C3M iklim koşulları esas alındığında SRES-A1B iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler															
Haznedeki Çekilebilecek İçmesuyu Hacimlerindeki Değişimler															
İhtiyacı Karşılayamama Oranı (%)	BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCM3	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%	-19.5%	-15.1%	-32.7%	-37.8%	-27.5%	-37.0%	-31.1%	-27.3%	-34.1%	-	-22.5%	-6.4%	3.2%	-7.0%	-32.9%
5.0%	-14.8%	-14.6%	-29.1%	-35.8%	-30.1%	-29.2%	-29.9%	-20.9%	-29.1%	-48.3%	-24.0%	-8.1%	0.2%	-15.7%	-27.0%
10.0%	-9.5%	-13.7%	-27.3%	-34.5%	-28.9%	-21.4%	-28.6%	-16.8%	-26.2%	-38.5%	-18.9%	-10.7%	-0.5%	-18.6%	-23.1%
(b) 20C3M iklim koşulları esas alındığında SRES-A2 iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler															
Haznedeki Çekilebilecek İçmesuyu Hacimlerindeki Değişimler															
İhtiyacı Karşılayamama Oranı (%)	BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCM3	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%	-17.4%	-	-42.7%	-	-32.9%	-50.0%	-	-40.6%	-54.7%	-35.5%	-6.7%	-14.8%	-33.3%	-8.2%	-38.9%
5.0%	-12.2%	-	-40.3%	-	-30.0%	-34.9%	-	-37.2%	-49.1%	-33.9%	-11.4%	-15.8%	-30.2%	-14.0%	-34.9%
10.0%	-8.3%	-	-36.3%	-	-24.8%	-22.2%	-45.6%	-29.3%	-36.1%	-29.4%	-11.7%	-17.2%	-25.2%	-17.9%	-31.9%
(c) 20C3M iklim koşulları esas alındığında SRES-B1 iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler															
Haznedeki Çekilebilecek İçmesuyu Hacimlerindeki Değişimler															
İhtiyacı Karşılayamama Oranı (%)	BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCM3	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%	-54.7%	-13.5%	-14.1%	-34.2%	-9.0%	-22.5%	-19.7%	-11.1%	-17.7%	-32.8%	-15.5%	-9.0%	10.5%	-	-15.7%
5.0%	-51.7%	-13.2%	-10.7%	-29.6%	-12.4%	-19.5%	-18.4%	-10.1%	-14.8%	-30.4%	-19.7%	-13.6%	5.1%	-	-12.3%
10.0%	-45.1%	-12.1%	-8.5%	-27.8%	-13.5%	-17.6%	-14.6%	-7.9%	-11.3%	-25.2%	-19.7%	-16.9%	-1.1%	-46.5%	-10.2%

herhangi bir değer içermeyen hitlerler interpolasyon yapılamayan ihtiyaç karşılayamama oranlarını sembolize etmektedir.

Tablo 4.91 ve Tablo 4.92’de haznenin zamanın %5’inde öngörülen ihtiyacı karşılayamama oranı için hesaplanmış olan çekimler esas alınarak aşağıdaki yorumlar yapılmıştır.

20C3M iklim koşulları esas alınıp SRES-A1B iklim koşulları altında hazneden çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler incelendiğinde, BCM2.0, CCSM3 ve PCM iklim modellerine göre 2001-2099 gelecek dönemi için hazneden çekilebilecek içmesuyu hacminin %15 civarında azalabileceği öngörülmektedir. CGCM2.3.2, CM2.0, CM2.1, CM3.0, CM3, CM4, HADCM3 ve Kombine iklim modelleri ise hazneden çekilebilecek içmesuyu hacminin gelecek dönemde %20-%30 oranlarında azalabileceğini öngörmektedirler. MIROC3.2 iklim modeli ise gelecekte hazneden çekilebilecek içmesuyu hacminin %8 oranında azalacağını öngörürken, MK3.0 iklim modeline göre gelecek dönemde çekilebilecek su miktarında önemli bir değişim olmayacaktır. CGCM3 ve ECHAM5 gibi iklim modellerinde ise gelecekte baraj haznesinden çekilebilecek içmesuyu hacminin sırasıyla %36 ve %48 oranlarında azalması beklenmektedir.

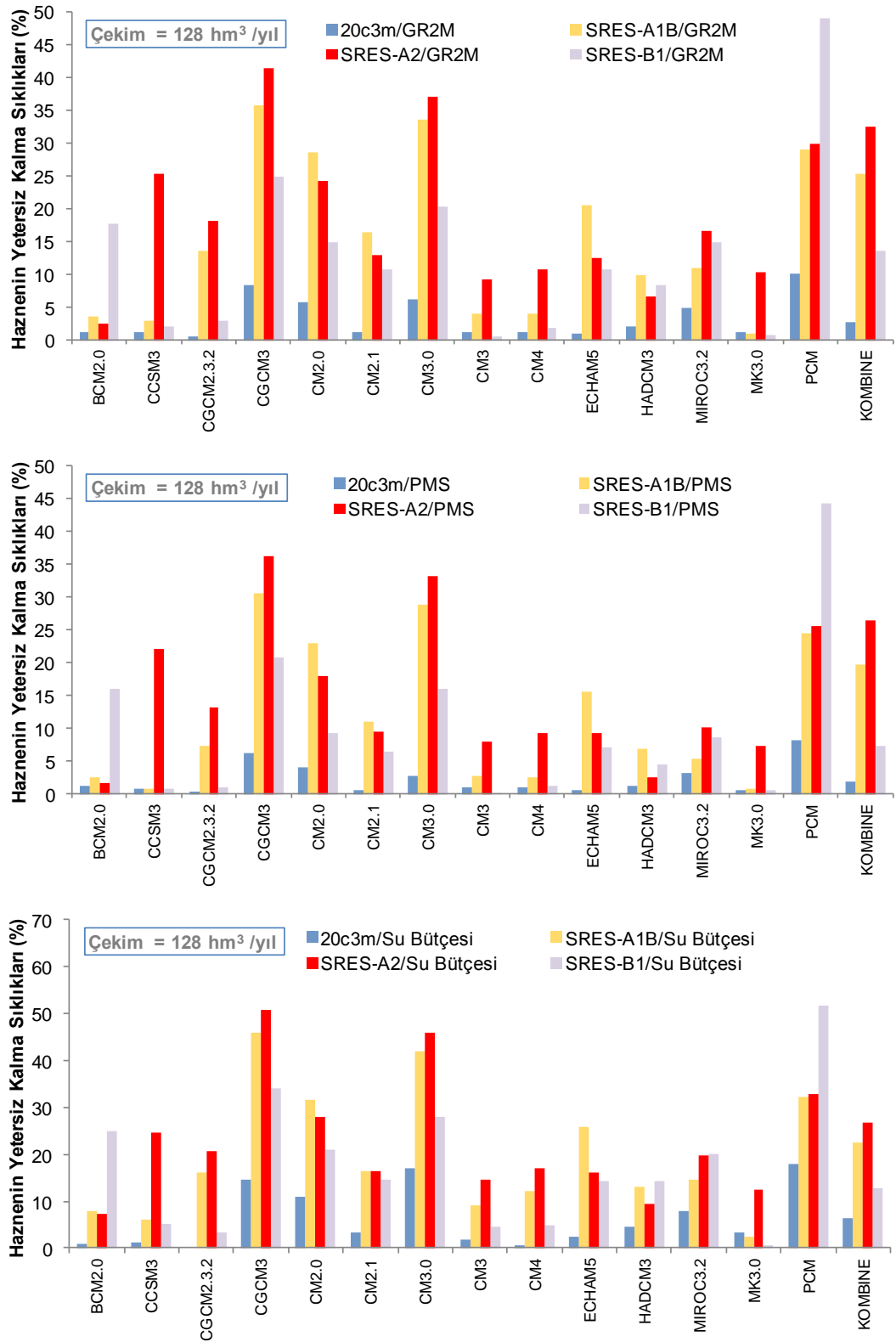
20C3M iklim koşulları esas alınıp SRES-A2 iklim koşulları altında hazneden çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler incelendiğinde, BCM2.0, HADCM3, MIROC3.2 ve PCM iklim modellerine göre 2001-2099 gelecek dönemi için hazneden çekilebilecek içmesuyu hacminin %11-%16 civarında azalabileceği öngörülmektedir. CM2.0, CM2.1, CM3, ECHAM5, MK3.0 ve Kombine iklim modelleri ise 2001-2099 gelecek döneminde baraj haznesinden çekilebilecek içmesuyu miktarının %30-%37 oranlarında azalabileceğini öngörülmektedir. CGCM2.3.2 ve CM4 iklim modellerinde ise gelecek dönemde baraj haznesinden çekilebilecek içmesuyu hacminin sırasıyla %40 ve %49 mertebelerinde azalması beklenmektedir. Bunlarla birlikte, CCSM3, CGCM3 ve CM3.0 iklim modelleri için istenen ihtiyacı karşılayamama oranına bağlı hazneden çekilebilecek içmesuyu hacimleri grafiklerden elde edilememektedir. Bunun nedeni hazneden 5 milyon m³/ay başlangıç değeri ile çekim yaptırıldığında yetersiz kalma sıklıklarının CCSM3, CGCM3 ve CM3.0 iklim modelleri için sırasıyla %18.4, %13.6 ve %8.8 olarak hesaplanması olup bu değerler %5’ten daha büyük değerlerdir. Diğer bir deyişle, bu

iklim modellerine ait senaryo akımlarına göre mevcut Tahtalı Barajı hazne kapasitesi $5 \text{ hm}^3/\text{ay}$ gibi küçük bir çekimi dahi düzenleyemeyecek kadar yetersizdir

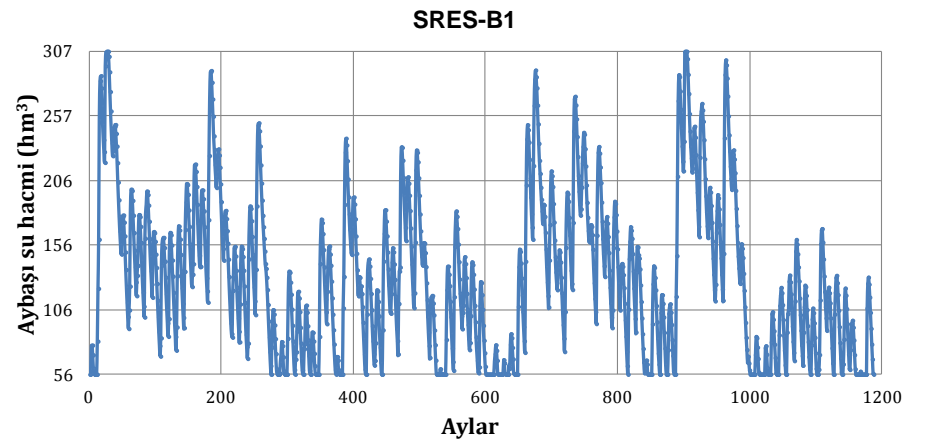
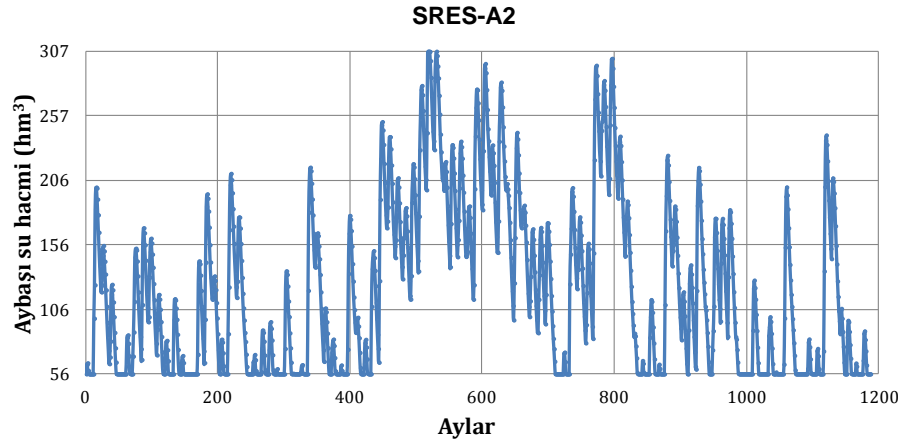
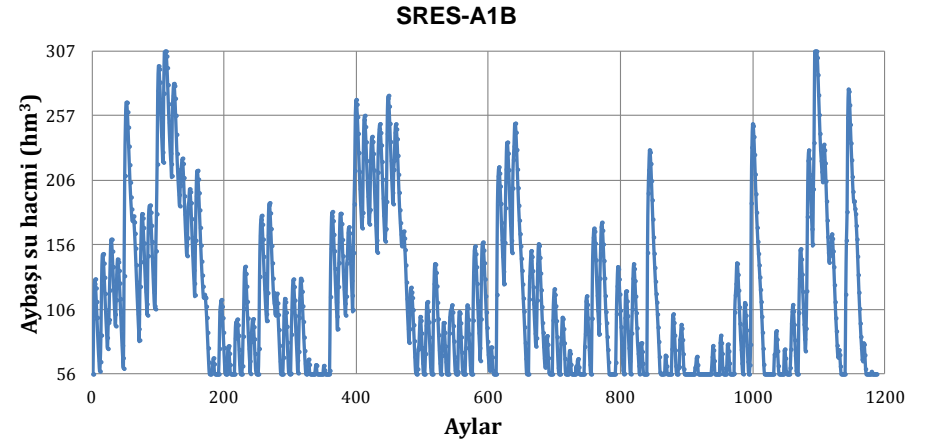
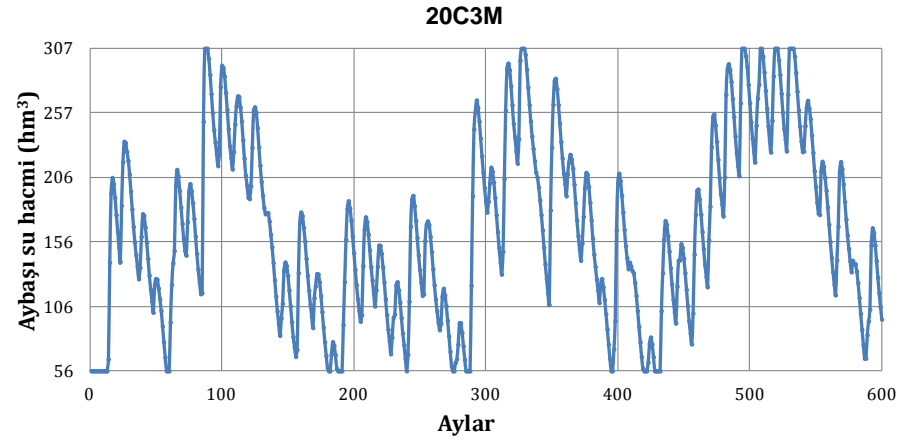
20C3M iklim koşulları referans alındığında, CCSM3, CGCM2.3.2, CM2.0, CM2.1, CM3.0, CM3, CM4, HADCM3, MIROC3.2 ve Kombine iklim modellerine göre 2001-2099 döneminde hazneden zamanın %5'inde tam olarak karşılanamayan içmesuyu çekiminin %10-%20 civarında azalabileceği öngörülmektedir. Öte yandan, MK3.0 iklim modeli sonuçlarına göre aynı dönemde hazneden çekilebilecek içmesuyu arzının %5 artacağı öngörülmektedir. BCM2.0, CGCM3 ve ECHAM5 iklim modellerinde ise gelecek dönemde baraj haznesinden çekilebilecek içmesuyu hacminin sırasıyla %51.7, %29.6 ve %30.4 oranlarında azalması beklenmektedir. Ayrıca hazneden $5 \text{ milyon m}^3/\text{ay}$ üniform başlangıç değeri ile çekim yaptırıldığında dahi haznenin yetersiz kalma sıklığının PCM iklim modeli için $\% 9.6 > \% 5$ olmasından ötürü %5 ihtiyacı karşılayamama oranına karşı gelen içmesuyu arzı mevcut grafikten edilememektedir.

Tahtalı haznesinden planlama raporunda öngörülen $Q_d = 10.67 \text{ hm}^3/\text{ay}$ ($128 \text{ hm}^3/\text{yıl}$) üniform içmesuyunun çekilmesi halinde haznenin yetersiz kalma sıklıklarının yağış-akış modellerine, senaryolara ve iklim modellerine göre değişimi Şekil 4.72'de görsel olarak sunulmuştur. Ayrıca, örnek olarak $10.67 \text{ hm}^3/\text{ay}$ çekim dikkate alınarak tez çalışmasında önerilen Kombine iklim modeli için elde edilen aybaşındaki su hacmi-zaman grafikleri ise Şekil 4.73'te sunulmuştur.

Her ne kadar planlama raporunda öngörülen $10.67 \text{ hm}^3/\text{ay}$ civarında bir içmesuyu çekimi barajın inşasından bu yana gerçekleşmemiş ise de, bu çekim hedefi esas alındığında, iklim modellerinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında Tahtalı haznesinden çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki yüzdesel değişim oranları Tablo 4.93'te gösterilmektedir.



Şekil 4.72 Planlama raporunda öngörülen 128 hm³/yıl (10.67 hm³/ay) içmesuyu çekilmesi halinde haznenin yetersiz kalma sıklıklarının senaryolara ve iklim modellerine göre değişimi



Şekil 4.73 $Q_d=10.67$ milyon m^3 aylık çekim esas alınarak Kombine iklim modeli için elde edilen aybaşı su hacmi-zaman grafikleri (2001-2099 dönemi)

Tablo 4.93 Tahtalı Barajı planlama raporunda öngörülen aylık içmesuyu çekimi ($Q_d = 10.67 \text{ hm}^3/\text{ay}$) esas alındığında SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki yüzdesel değişimler

(a) Planlama raporunda öngörülen 10.67 milyon m^3/ay içmesuyu çekimi esas alındığında SRES-A1B iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler															
İhtiyacı Karşılamama		Haznedeki Çekilebilecek İçmesuyu Hacimlerindeki Değişimler													
Oranı (%)	BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCMS	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%	-15.9%	-7.6%	-22.7%	-52.5%	-42.2%	-37.5%	-45.7%	-22.8%	-25.2%	-	-29.8%	-22.5%	1.4%	-39.0%	-36.4%
5.0%	-8.6%	-2.3%	-16.3%	-48.0%	-38.5%	-27.2%	-42.0%	-10.5%	-16.3%	-42.4%	-22.8%	-16.3%	8.4%	-35.1%	-28.5%
10.0%	3.3%	7.4%	-8.6%	-40.3%	-30.0%	-11.4%	-36.0%	2.4%	-4.3%	-25.1%	-7.4%	-7.2%	23.6%	-28.0%	-18.0%
(b) Planlama raporunda öngörülen 10.67 milyon m^3/ay içmesuyu çekimi esas alındığında SRES-A2 iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler															
İhtiyacı Karşılamama		Haznedeki Çekilebilecek İçmesuyu Hacimlerindeki Değişimler													
Oranı (%)	BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCMS	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%	-13.7%	-	-34.3%	-	-46.5%	-50.4%	-	-36.9%	-48.6%	-32.5%	-15.5%	-29.5%	-34.5%	-39.8%	-42.1%
5.0%	-5.8%	-	-29.6%	-	-38.4%	-33.1%	-	-28.9%	-40.0%	-26.4%	-10.1%	-23.3%	-24.5%	-33.8%	-36.3%
10.0%	4.7%	-	-19.9%	-	-25.9%	-12.3%	-51.3%	-13.0%	-17.1%	-14.0%	0.9%	-13.9%	-7.1%	-27.3%	-27.4%
(c) Planlama raporunda öngörülen 10.67 milyon m^3/ay içmesuyu çekimi esas alındığında SRES-B1 iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler															
İhtiyacı Karşılamama		Haznedeki Çekilebilecek İçmesuyu Hacimlerindeki Değişimler													
Oranı (%)	BCM2.0	CCSM3	CGCM2.3.2	CGCM3	CM2.0	CM2.1	CM3.0	CM3	CM4	ECHAM5	HADCMS	MIROC3.2	MK3.0	PCM	KOMBİNE
3.0%	-52.6%	-5.9%	-1.3%	-49.7%	-27.5%	-23.1%	-36.7%	-5.5%	-6.5%	-29.7%	-23.4%	-24.7%	8.5%	-	-20.1%
5.0%	-48.2%	-0.6%	5.3%	-43.0%	-22.9%	-17.3%	-32.5%	1.7%	0.7%	-22.5%	-18.5%	-21.3%	13.8%	-	-14.1%
10.0%	-37.3%	9.4%	15.1%	-34.2%	-14.8%	-7.1%	-23.5%	13.4%	15.0%	-8.9%	-8.3%	-13.6%	22.9%	-52.7%	-4.3%

herhangi bir değer içermeyen hitreler interpolasyon yapılmama oranlarını karşılamama oranlarını sembolize etmektedir.

4.8.3 Olasılık Matris Yöntemi ile Hazne Performansının İrdelenmesi

Çalışmanın bu aşamasında, geçiş olasılıkları matrisini oluşturabilmek için su bütçesi modeli ile türetilen akımların öncelikle yıllık değişkenlik katsayıları incelenmiş ve bu değerlerin senaryo ve iklim modelleri kapsamında yaklaşık olarak 0.3 ile 0.6 arasında değiştiği görülmüştür. Bilindiği üzere analiz aşamasında $C_v \leq 0.5$ koşulu için t anındaki hazne hacminin (V_t) 10 dilime, $0.5 \leq C_v \leq 1.0$ için ise 20 dilime ayrılması önerilmektedir. Buna göre türetilen akımların bir kısmı için 10, bir kısmı için ise 20 dilim seçilmesi gerekmektedir. Özkul (2010) tarafından yapılan bir çalışmada Çağlayan barajı hazne hacminin 5, 10 ve 20 dilimli halleri için elde edilen sonuçlar incelendiğinde, haznenin yetersiz kalma sıklıkları sırasıyla %11, %6 ve %5 olarak belirlenmiştir. Dikkate alınan dilim sayısı yeterince artırıldığında işlem süresinin uzadığı ancak elde edilen yetersiz kalma sıklıklarının fazla değişmediği görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında da analizlerde bir özdeşlik sağlamak amacıyla çalışmada 0.3-0.5 arasında değişkenliğe sahip türetilmiş akımlar için de dilim sayısının 20 alınması uygun görülmüştür. Böylece mevcut hazne hacmi ilki minimum, sonuncusu ise maksimum seviyeye karşılık gelen 20 dilime ayrılmıştır.

Daha sonra, haznenin 60 farklı başlangıç hacmi için türetilmiş aylık akımlar ile 12 ay boyunca süreklilik denklemi uygulanmış ve n adet yılın her biri için yılsonu hacimleri elde edilmiştir. Çalışmada, 20C3M senaryosu için 60 başlangıç durumu x 50 yıl = 3000 adet, gelecek dönem senaryoları (SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1) için 60 başlangıç durumu x 99 yıl=5940 adet, planlama dönemi için ise 60 başlangıç durumu x 19 yıl=1140 adet aylık su bütçesi analizi gerçekleştirilmiştir. Önceki bölümde olduğu gibi Gould olasılık matris yöntemi uygulanırken de aylık çekimler sabit olarak ele alınmış ve planlamada öngörülen çekimin ($Q_d = 10.67 \text{ hm}^3/\text{ay}$) yanı sıra, $5 \text{ hm}^3/\text{ay}$ 'dan $15 \text{ hm}^3/\text{ay}$ 'a kadar 1'er hm^3 'lük artımlarla farklı çekimler denenmiştir.

Elde edilen $60 \times n$ adet su bütçesi sonucu değerlendirilmiş, belirlenen sınıf aralıklarına göre hesaplanan mutlak frekanslar 20×20 boyutundaki matrislere işlenmiştir. Daha sonra sıklık değerleri o dilimdeki toplam deneme sayılarına

oranlanarak geçiş olasılıkları matrisleri oluşturulmuştur. Örnek olarak Kombine iklim modelinin SRES-A2 senaryosuna ait akımlar ve planlama raporunda öngörülen 10.67 milyon m³/ay içmesuyu çekimi esas alınarak elde edilmiş geçiş olasılığı matrisi Tablo 4.94'te sunulmuştur. Buna göre, haznenin döneme minimum seviyede başlayıp minimum seviyede tamamladığı "0" numaralı dilimde 2 farklı başlangıç hacmi ile 99 yıl için toplam 198 farklı işletme yapılmış olup, 94'ünde hazne dönemi minimum seviyede tamamlamış ve geçiş olasılığı $94/198=0.47$ (%47) olarak belirlenmiştir. Haznenin döneme 63 ile 69 hm³ arasındaki bir hacimle (1 numaralı dilim) başlayıp, dönem sonunda hacmin 63 hm³'ün altına düşmesi yani yaklaşık olarak minimum seviyelere düşmesi olasılığı $(91/198)$ 0.46'dır. Elde edilen geçiş olasılıkları matrisleri, haznenin ilk sene başı için kabul edilen durum vektörü ile çarpılarak birinci sene sonundaki durum vektörüne, her seneye ait durum vektörü geçiş olasılıkları matrisi ile ardışık çarpılarak kararlı durum vektörüne ulaşılmıştır (Şekil 4.74- Tablo 4.95'te I sütunu). Analizlerde, hazne ilk senenin başında dolu kabul edilmiştir. Bu durumda, 1. sene başı durum vektöründe haznenin dolu olma olasılığı 1, diğer durumlarda bulunma olasılığı ise 0 olmaktadır. Şekil 4.74'te görüldüğü üzere mevcut hazne işletme koşullarında, ilk seneye dolu başlayan haznenin dönemi minimum seviyede tamamlama olasılığı birinci sene %0, ikinci sene %1.9, üçüncü sene %12.3 olarak hesaplanmıştır.

Kombine/SRES-A2, Çekim: 10.67 hm ³ /ay				
0	0.000	0.019	0.123	0.359
0	0.000	0.009	0.030	0.059
0	0.000	0.028	0.060	0.111
0	0.000	0.036	0.062	0.100
0	0.000	0.047	0.063	0.074
0	0.000	0.054	0.071	0.077
0	0.000	0.060	0.071	0.064
0	0.003	0.070	0.067	0.039
0	0.031	0.079	0.066	0.030
0	0.048	0.080	0.063	0.023
0	0.082	0.082	0.060	0.020
0	0.119	0.078	0.053	0.013
0	0.248	0.128	0.077	0.013
0	0.163	0.079	0.047	0.007
0	0.061	0.054	0.031	0.005
0	0.112	0.036	0.020	0.003
0	0.051	0.033	0.018	0.002
0	0.054	0.014	0.007	0.001
0	0.027	0.016	0.009	0.001
1	0.000	0.001	0.000	0.000
1.Sene başı durum vektörü	1.Sene sonu durum vektörü	2.Sene sonu durum vektörü	3.Sene sonu durum vektörü	Kararlı hal

Şekil 4.74 Kararlı hal çözümünün elde edilmesi (hazne başlangıçta tam dolu)

Tablo 4.94 Geçiş olasılığı matrisinin oluşturulması (Kombine iklim modeli-SRES-A2 senaryosu- 10.67 hm³ aylık çekim)

		t anındaki hazne hacmi (V _t) (hm ³)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
t+1 anındaki hazne hacmi (V _{t+1}) (hm ³)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
0	0.47	0.46	0.43	0.38	0.33	0.26	0.22	0.20	0.20	0.14	0.10	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	0.12	0.12	0.11	0.12	0.13	0.13	0.12	0.05	0.05	0.05	0.08	0.05	0.05	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	0.12	0.10	0.10	0.09	0.10	0.11	0.10	0.12	0.09	0.06	0.03	0.07	0.05	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.10	0.09	0.11	0.11	0.07	0.04	0.07	0.06	0.05	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	0.07	0.10	0.09	0.09	0.07	0.06	0.09	0.11	0.10	0.10	0.11	0.08	0.04	0.06	0.05	0.04	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	
6	0.06	0.03	0.06	0.07	0.09	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.08	0.04	0.07	0.06	0.04	0.05	0.03	0.00	0.00	
7	0.01	0.04	0.04	0.04	0.05	0.07	0.04	0.05	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.04	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.00	
8	0.01	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.07	0.05	0.05	0.05	0.08	0.09	0.10	0.11	0.07	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05	0.03	
9	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.03	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	0.09	0.09	0.10	0.08	0.05	0.05	0.07	0.04	0.05	
10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.08	0.09	0.10	0.10	0.09	0.06	0.05	0.09	0.08	
11	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.04	0.04	0.04	0.07	0.05	0.04	0.07	0.09	0.09	0.10	0.12	0.09	0.07	0.12	
12	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05	0.04	0.08	0.13	0.18	0.20	0.22	0.27	0.27	0.25	
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.06	0.08	0.08	0.09	0.11	0.11	0.12	0.15	0.16	
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.04	0.06	0.05	0.06	0.08	0.09	0.07	0.06	0.06	
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05	0.09	0.10	0.11	0.11	
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.06	0.05	0.05	
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.05	0.05	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
	Minimum	69	69	82	96	109	122	135	148	148	162	175	188	201	214	227	241	254	267	280	293	
	Maksimum	69	69	82	96	109	122	135	148	148	162	175	188	201	214	227	241	254	267	280	293	293

İlgili Kombine iklim modeline ait senaryo örneğinde ardışık çözümlerle ulaşılan kararlı hal vektörüne göre, haznenin 99 yıllık gelecek işletme dönemi içinde minimum seviyede kalması olasılığı %35.9, maksimum seviyede (tam dolu) kalması olasılığı ise %0'dır. Çalışmada diğer yandan işletme çalışmaları kapsamında, her bir başlangıç koşulu için hazne hacminin minimum seviyede kaldığı ayların sayıları da kaydedilmiştir. Bu aşamada, haznenin döneme minimum seviyede başladığı 0. dilimde ve bir sonraki dilim olan 1. dilimde iki, 6. ve 12. dilimlerde dört ve geri kalan tüm dilimlerde ise üç farklı başlangıç hacmi denenmiş olup, işletme çalışmaları sırasıyla 2376 ayı, (iki farklı başlangıç hacmi için), 3564 ayı (üç farklı başlangıç hacmi için) ve 4752 ayı (dört farklı başlangıç hacmi için) kapsamaktadır. Örneğin işletme dönemi içerisinde haznenin, 0. dilimde 967 ay, 1. dilimde 851 ay, 2. dilimde 1045 ay ve 3. dilimde 814 ay minimum seviyede kaldığı hesaplanmıştır. Daha sonra bu ve diğer dilimlerdeki değerler ilgili dilimlerdeki toplam ay sayılarına oranlanarak (967/2376, 851/2376, 1045/3564 ve 814/3564) haznenin koşullu başarısızlık olasılığı vektörü (F) elde edilmiştir (Tablo 4.95'te II sütunu).

Tablo 4.95 Gould olasılık matris yöntemine göre haznenin yetersiz kalma olasılığının hesaplanması

Dilim	Z_t	V_t (hm ³)	Geçiş olasılıkları kararlı hal vektörü (I)	Koşullu başarısızlık olasılığı vektörü (F) x (II)	Toplam boş kalma olasılığındaki paylar (%) = (III)
1	$C_{min}=56$	- 63	0.359	0.407	14.598
2	63	- 69	0.059	0.358	2.119
3	69	- 82	0.111	0.293	3.246
4	82	- 96	0.100	0.228	2.285
5	96	- 109	0.074	0.171	1.262
6	109	- 122	0.077	0.126	0.974
7	122	- 135	0.064	0.084	0.537
8	135	- 148	0.039	0.048	0.186
9	148	- 162	0.030	0.027	0.081
10	162	- 175	0.023	0.015	0.034
11	175	- 188	0.020	0.004	0.009
12	188	- 201	0.013	0.000	0.000
13	201	- 214	0.013	0.000	0.000
14	214	- 227	0.007	0.000	0.000
15	227	- 241	0.005	0.000	0.000
16	241	- 254	0.003	0.000	0.000
17	254	- 267	0.002	0.000	0.000
18	267	- 280	0.001	0.000	0.000
19	280	- 293	0.001	0.000	0.000
20	293.0	- $C_{mak}=307$	0.000	0.000	0.000

Σ 25.3308

Geçiş olasılıkları matrisi (Tablo 4.94), başlangıç durum vektörü ile ardışık çarpılarak kararlı hal çözümüne (Şekil 4.74-Tablo 4.95'te (I) sütunu) ulaşılmıştır. Tablo 4.95'te gösterilen I ve II sütunlarının çarpımı ile toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar (Tablo 4.95'te III sütunu) hesaplanmıştır. Buna göre Kombine iklim modelinin gelecek dönem SRES-A2 senaryosu akımları için, haznede 188 hm^3 hacimden daha büyük bir hacimle döneme başlanması halinde hiç kuruma gözlenmeyecektir. Haznenin bu yöntemle belirlenen yetersiz kalma olasılığı ise %25.33'tür. Çalışmada planlama dönemi ve tüm iklim modellerinin senaryo akımları için aylık çekimlere bağlı olarak belirlenen haznenin yetersiz kalma olasılıkları ve her bir dilime karşılık gelen toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar elde edilmiştir.

Bu değerler içinde küçük paya sahip olan değerler dikkate alınmamış ve haznenin yetersiz kalma olasılığının hangi başlangıç hacmi ile azalabileceği irdelenmiştir. Planlama dönemi aylık çekim değeri olan $10.67 \text{ hm}^3/\text{ay}$ esas alınarak şu yorumlar yapılmıştır. İklim modellerinin 20C3M dönemi akımları ile analizler gerçekleştirildiğinde BCM2.0, CGCM3, CM2.1, HADCM3 ve MK3.0 iklim modellerine göre haznede 122 hm^3 hacimden daha büyük bir hacimle döneme başlanması halinde hazne yetersiz kalmamaktadır. CM2.0 ve CM3.0 iklim modelleri için bu sınır değer 135 hm^3 , MIROC3.2 ve tez kapsamında önerilen Kombine iklim modeli için ise 148 hm^3 şeklindedir. Diğer iklim modellerine göre ise bu değer 82 ile 109 hm^3 arasında değişkenlik göstermektedir. BCM2.0, CGCM2.3.2, CM2.1, CM3, CM3.0, MIROC3.2 ve PCM iklim modellerinin SRES-A1B senaryosu akımları ile analizler gerçekleştirildiğinde 148 hm^3 hacimden daha büyük bir hacimle döneme başlanması halinde haznenin yetersiz kalmayacağı öngörülmektedir. CCSM3 ve CGCM3 iklim modelleri için bu sınır değer 135 hm^3 , CM2.0, ECHAM5, HADCM3 ve Kombine iklim modelleri için ise 162 hm^3 şeklinde hesaplanmıştır. MK3.0 iklim modelinde ise bu sınır değer diğer iklim modellerine kıyasla daha az öngörülmüş olup yaklaşık 122 hm^3 civarındadır. Diğer taraftan, CM4 iklim modeli SRES-A1B akımları ile bu değer 175 hm^3 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.96 Kombine iklim modeli 20C3M senaryo akımları için aylık çekimlere bağlı olarak belirlenen haznenin yetersiz kalma olasılıkları ve her bir dilime karşılık gelen toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar

Dilim	V_t (hm ³)	Aylık çekimlere bağlı olarak hesaplanan toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar (%)													
		5 hm ³	6 hm ³	7 hm ³	8 hm ³	9 hm ³	10 hm ³	10.67 hm ³	11 hm ³	12 hm ³	13 hm ³	14 hm ³	15 hm ³		
1	$C_{min}=56$ - 63	0.000	0.000	0.003	0.031	0.217	0.985	2.050	2.704	5.146	8.579	11.667	14.596		
2	63 - 69	0.000	0.000	0.001	0.007	0.053	0.177	0.401	0.681	1.988	2.765	3.668	5.302		
3	69 - 82	0.000	0.000	0.002	0.023	0.156	0.681	1.257	1.569	2.260	3.439	4.759	5.544		
4	82 - 96	0.000	0.000	0.002	0.018	0.078	0.331	0.608	0.783	1.290	1.685	2.016	1.635		
5	96 - 109	0.000	0.000	0.002	0.017	0.081	0.218	0.374	0.496	0.865	1.083	1.043	1.432		
6	109 - 122	0.000	0.000	0.001	0.011	0.056	0.183	0.281	0.334	0.531	0.893	1.168	1.105		
7	122 - 135	0.000	0.000	0.000	0.005	0.037	0.150	0.240	0.292	0.383	0.403	0.474	0.447		
8	135 - 148	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.060	0.098	0.121	0.149	0.153	0.114	0.147		
9	148 - 162	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.046	0.052	0.082	0.073	0.082	0.058		
10	162 - 175	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.016	0.033	0.044	0.037	0.054		
11	175 - 188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.017	0.036	0.033		
12	188 - 201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.009	0.008		
13	201 - 214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002		
14	214 - 227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
15	227 - 241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
16	241 - 254	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
17	254 - 267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
18	267 - 280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
19	280 - 293	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
20	293.0 - $C_{mak}=307$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
Σ		0.0000	0.0006	0.0110	0.1115	0.6872	2.8004	5.3626	7.0483	12.7380	19.1401	25.0738	30.3644		

Tablo 4.97 Kombine iklim modeli SRES-A1B senaryo akımları için aylık çekimlere bağlı olarak belirlenen hazinenin yetersiz kalma olasılıkları ve her bir dilime karşılık gelen toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar

Dilim	V_t (hm ³)	Aylık çekimlere bağlı olarak hesaplanan toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar (%)													
		5 hm ³	6 hm ³	7 hm ³	8 hm ³	9 hm ³	10 hm ³	10.67 hm ³	11 hm ³	12 hm ³	13 hm ³	14 hm ³	15 hm ³		
1	$C_{min}=56$ -	63	0.006	0.068	0.436	1.735	4.629	8.948	12.264	13.840	18.229	22.188	26.248	29.440	
2	63 -	69	0.002	0.023	0.162	0.557	1.310	1.746	1.659	1.630	2.191	2.955	3.013	3.386	
3	69 -	82	0.004	0.035	0.183	0.584	1.067	1.953	2.507	2.788	3.245	3.957	4.209	4.091	
4	82 -	96	0.004	0.025	0.122	0.364	0.828	1.332	1.637	1.707	2.114	2.706	3.431	4.502	
5	96 -	109	0.003	0.022	0.091	0.269	0.661	1.053	1.373	1.573	1.975	1.944	1.888	1.427	
6	109 -	122	0.001	0.016	0.070	0.195	0.378	0.621	0.720	0.747	0.950	1.001	1.074	1.325	
7	122 -	135	0.000	0.003	0.036	0.103	0.182	0.230	0.281	0.311	0.285	0.350	0.464	0.496	
8	135 -	148	0.000	0.000	0.002	0.040	0.089	0.120	0.118	0.122	0.132	0.199	0.196	0.227	
9	148 -	162	0.000	0.000	0.000	0.003	0.041	0.061	0.066	0.070	0.080	0.063	0.064	0.092	
10	162 -	175	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.020	0.028	0.028	0.030	0.019	0.044	0.026	
11	175 -	188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.012	0.011	0.020	0.013	0.012	
12	188 -	201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.007	0.005	0.004	
13	201 -	214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	
14	214 -	227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
15	227 -	241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
16	241 -	254	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
17	254 -	267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
18	267 -	280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
19	280 -	293	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	293.0 -	$C_{mak}=307$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Σ	0.0203	0.1919	1.1024	3.8492	9.1884	16.0368	20.6597	22.8275	29.2501	35.4109	40.6500	45.0290	

Tablo 4.98 Kombine iklim modeli SRES-A2 senaryo akımları için aylık çekimlere bağlı olarak belirlenen haznenin yetersiz kalma olasılıkları ve her bir dilime karşılık gelen toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar

Dilim	V_t (hm ³)	Aylık çekimlere bağlı olarak hesaplanan toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar (%)													
		5 hm ³	6 hm ³	7 hm ³	8 hm ³	9 hm ³	10 hm ³	10.67 hm ³	11 hm ³	12 hm ³	13 hm ³	14 hm ³	15 hm ³		
1	$C_{min}=56$ -	63	0.053	0.329	1.319	3.449	7.202	11.637	14.598	16.006	20.724	24.735	27.971	31.994	
2	63 -	69	0.015	0.091	0.307	0.827	1.124	1.787	2.119	2.164	1.907	2.347	3.325	3.664	
3	69 -	82	0.024	0.138	0.501	1.093	1.937	2.710	3.246	3.617	4.814	5.926	6.411	6.054	
4	82 -	96	0.018	0.094	0.328	0.739	1.282	1.766	2.285	2.380	2.619	2.116	2.221	2.636	
5	96 -	109	0.013	0.068	0.218	0.444	0.744	0.970	1.262	1.400	1.642	1.989	1.748	1.588	
6	109 -	122	0.004	0.042	0.131	0.330	0.581	0.963	0.974	0.981	1.320	1.315	1.488	1.884	
7	122 -	135	0.000	0.007	0.065	0.172	0.315	0.390	0.537	0.561	0.390	0.420	0.610	0.471	
8	135 -	148	0.000	0.000	0.006	0.062	0.121	0.187	0.186	0.195	0.243	0.234	0.127	0.062	
9	148 -	162	0.000	0.000	0.000	0.007	0.045	0.065	0.081	0.085	0.090	0.082	0.047	0.027	
10	162 -	175	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.024	0.034	0.038	0.031	0.024	0.016	0.010	
11	175 -	188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.009	0.011	0.011	0.010	0.007	0.005	
12	188 -	201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.004	0.003	0.001	
13	201 -	214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	
14	214 -	227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
15	227 -	241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
16	241 -	254	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
17	254 -	267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
18	267 -	280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
19	280 -	293	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	293.0 -	$C_{mak}=307$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Σ	0.1280	0.7707	2.8740	7.1225	13.3546	20.5017	25.3308	27.4384	33.7967	39.2017	43.9731	48.3967	

Tablo 4.99 Kombine iklim modeli SRES-B1 senaryo akımları için aylık çekimlere bağlı olarak belirlenen hazinenin yetersiz kalma olasılıkları ve her bir dilime karşılık gelen toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar

Dilim	V_t (hm ³)	Aylık çekimlere bağlı olarak hesaplanan toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar (%)													
		5 hm ³	6 hm ³	7 hm ³	8 hm ³	9 hm ³	10 hm ³	10.67 hm ³	11 hm ³	12 hm ³	13 hm ³	14 hm ³	15 hm ³		
1	$C_{min}=56$ -	63	0.000	0.000	0.013	0.179	1.076	3.433	5.436	6.392	9.506	12.646	15.913	18.748	
2	63 -	69	0.000	0.000	0.003	0.037	0.161	0.559	1.030	1.286	2.559	4.212	4.856	5.493	
3	69 -	82	0.000	0.000	0.009	0.111	0.556	1.535	2.293	2.653	3.543	3.910	4.965	5.712	
4	82 -	96	0.000	0.000	0.006	0.084	0.467	1.208	1.972	2.268	2.953	3.448	3.437	3.845	
5	96 -	109	0.000	0.000	0.004	0.049	0.271	0.728	0.941	1.099	1.416	1.705	2.228	2.239	
6	109 -	122	0.000	0.000	0.002	0.025	0.126	0.364	0.550	0.646	0.874	1.139	1.326	1.586	
7	122 -	135	0.000	0.000	0.001	0.011	0.050	0.132	0.202	0.238	0.311	0.316	0.222	0.280	
8	135 -	148	0.000	0.000	0.000	0.004	0.019	0.038	0.058	0.067	0.085	0.086	0.096	0.080	
9	148 -	162	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.017	0.019	0.022	0.027	0.042	0.040	0.033	
10	162 -	175	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.009	0.008	0.009	0.010	0.012	0.014	
11	175 -	188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005	0.007	
12	188 -	201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	
13	201 -	214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
14	214 -	227	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	
15	227 -	241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
16	241 -	254	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
17	254 -	267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
18	267 -	280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
19	280 -	293	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	293.0 -	$C_{mak}=307$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		Σ	0.0000	0.0015	0.0384	0.4998	2.7320	8.0172	12.5103	14.6809	21.2875	27.5196	33.1016	38.0389	

CCSM3, CM2.1, CM3 ve CM4 iklim modellerinin SRES-A2 senaryosu akımları ile analizler gerçekleştirildiğinde 175 hm^3 hacimden daha büyük bir hacimle döneme başlanması halinde haznenin yetersiz kalmayacağı öngörülmektedir. BCM2.0, CGCM3 ve CM3.0 iklim modelleri için bu değer 135 hm^3 ; CGCM2.3.2, CM2.0, ECHAM5, MK3.0 ve Kombine iklim modelleri için 162 hm^3 ; HADCM3, MIROC3.2 ve PCM iklim modelleri için ise 148 hm^3 olarak belirlenmiştir. SRES-B1 senaryosu akımları ile gerçekleştirilen analizler neticesinde, bu sınır değerinin iklim modellerinin genelinde 122 ile 162 hm^3 arasında değişkenlik gösterebileceği öngörülmektedir.

Çalışmada Kombine iklim modeli 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryo akımları için aylık çekimlere bağlı olarak belirlenen haznenin yetersiz kalma olasılıkları ve her bir dilime karşılık gelen toplam yetersiz kalma olasılığındaki paylar örnek olarak Tablo 4.96- Tablo 4.99'da sunulmuştur.

Gould olasılık matris yöntemi kullanılarak elde edilen analiz sonuçlarından aylık su bütçesi yöntemi uygulamasında olduğu gibi 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında haznenin farklı ihtiyacı karşılayamama oranları (%3, %5 ve %10) için barajdan çekilebilecek içmesuyu hacimleri belirlenmiştir. Ancak tez kapsamında yalnızca Kombine iklim modeline ait değerlendirmelere yer verilmiş olup Tablo 4.100'de sunulmaktadır.

Tablo 4.100 Kombine iklim modelinin 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında üç farklı ihtiyacı karşılayamama oranı için haznedeki çekilebilecek içmesuyu arzları

İhtiyacı Karşılayamama Oranı (%)	20C3M (hm³/ay)	SRES-A1B (hm³/ay)	SRES-A2 (hm³/ay)	SRES-B1 (hm³/ay)
3.0%	10.05	7.69	7.03	9.05
5.0%	10.57	8.22	7.50	9.43
10.0%	11.52	9.12	8.46	10.29

Kombine iklim modelinin günümüz iklim koşullarını temsil eden 20C3M senaryo sonuçları dikkate alındığında, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki yüzdesel değişim oranları için şu yorumlar yapılabilmektedir.

20C3M iklim koşulları esas alındığında Kombine iklim modelinin SRES-A1B iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler incelendiğinde, toplam dönemde %3 yetersiz kalma oranına göre 2001-2099 gelecek dönemi için haznedeki çekilebilecek içmesuyu arzının %24 civarında azalabileceği öngörülmektedir. İhtiyacı karşılayamama oranının %5 ve %10 seçilmesi durumunda ise gelecek dönemde bu arzların sırasıyla %22 ve %21 mertebelerinde azalabileceği öngörülmektedir. Kombine iklim modelinin SRES-A2 senaryosu iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu arzlarındaki değişimler incelendiğinde, toplam dönemde aynı yetersiz kalma oranlarına göre 2001-2099 gelecek dönemi için haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacminin sırasıyla %30, %29 ve %27 mertebelerinde azalabileceği öngörülmektedir. SRES-B1 senaryosu sonuçlarına göre ise gelecek dönemde haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacminin aynı yetersiz kalma oranları için yaklaşık %10-%11 arasında azalabileceği öngörülmektedir.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

İklim değişikliğinin, havzaların su potansiyelleri üzerindeki etkilerinin incelendiği araştırmalara bakıldığında çalışmaların genellikle gelişmiş ülkelerdeki su idareleri, enstitüler ve araştırmacılar tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir (Arnell ve ark., 2001; Fowler ve Kilsby, 2007; Bates ve ark., 2008). Gelecek dönemlerde su potansiyellerinde artış görülmesi beklenen bu ülkelerde, risk değerlendirmeleri yapılırken, su potansiyelinde azalış beklenen Türkiye gibi yarı-kurak ve kurak iklimlerin yaşandığı ülkelerde henüz bu çalışmaların tam anlamıyla yapılmamış olması, gerek ulusal gerekse uluslararası literatürdeki eksikliği ortaya koymaktadır. Bu gerekçelerden hareketle hazırlanan tez çalışmasında, öncelikle yöntem olarak kapsamlı bir stratejinin geliştirilmesi amaçlanmıştır; iklim değişikliğinin İzmir kentinin en önemli içmesuyu kaynağı olan Tahtalı Barajı'nın su potansiyeli ve performansı üzerindeki muhtemel etkileri çeşitli bilimsel yöntemler çerçevesinde değerlendirilmiştir.

5.1 Gözlenmiş Havza Akış, Yağış ve Sıcaklıklarında Eğilim Analizleri

Çalışmada öncelikle, havzanın gözlenmiş akış, alansal ortalama yağış ve ortalama sıcaklık verilerindeki olası eğilimleri belirlemek için eğilim testleri uygulanmıştır. 1970-1988 dönemi akışlarına ait eğilim analizi sonuçlarına göre Eylül ayında anlamlı bir azalış eğilimi yaşanırken, bazı aylarda istatistiksel açıdan anlamlı olmayan azalış eğilimleri göze çarpmaktadır. Mevsimsel ve yıllık akış değerlerinde ise herhangi bir anlamlı eğilime rastlanmamıştır. 1948-2008 dönemine ait alansal ortalama yağışlar için gerçekleştirilen eğilim analizi sonuçları incelendiğinde Mayıs ayında anlamlı bir azalış eğilimi gözlenirken, bazı aylarda anlamlı olmayan azalış eğilimleri, bazı aylarda ise anlamlı olmayan artış eğilimleri tespit edilmiştir. Mevsimsel sonuçlar değerlendirildiğinde ise yaz yağışlarında anlamlı, kış ve ilkbahar yağışlarında ise anlamlı düzeyde olmayan azalış eğilimleri saptanmıştır. Sonbahar yağışlarında ise anlamlı olmayan bir artış eğilimi gözlenmiş olup tüm bu değişimler sonucu yıllık yağışlarda anlamlı bir eğilim tespit edilmemiştir.

Aynı döneme ait ortalama sıcaklık verileri için de eğilim analizleri gerçekleştirilmiş olup Şubat, Kasım ve Aralık ayları dışında tüm aylarda bir artış eğilimi saptanmıştır. Özellikle Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında anlamlı düzeyde olan artışlara ilaveten, ilkbahar ve yaz dönemlerine ait anlamlı ve sonbahar dönemindeki anlamlı olmayan artış eğilimleri yıllık sıcaklıklara da yansımıştır. Kış sıcaklıklarında ise anlamlı bir değişime rastlanmamıştır.

5.2 Tahminleyici NCEP/NCAR Değişkenlerinde Eğilim Analizleri

Çalışmada bölgesel atmosferik tahminleyici olarak kullanılan NCEP/NCAR re-analiz değişkenlerindeki olası aylık ve mevsimlik eğilimler belirlenmiştir. Buna göre, atmosferin 200 hPa seviyesindeki hava sıcaklığı için kış döneminde; 500 hPa seviyesinde seviyesindeki hava sıcaklığı içinse ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde artış eğilimi tespit söz konusudur. 850 hPa seviyesinde ve yüzey hava sıcaklıklarında ise ilkbahar ve yaz dönemi sıcaklıklarının artma eğiliminde olduğu göze çarpmaktadır. Sıcaklık artışlarının aksine rölatif nem değerleri atmosferin üst katmanlarında tüm mevsimlerde; yüzeye yakın bölgelerde ise, kış ve ilkbahar dönemlerinde azalma eğilimindedir. Bunlara ilaveten, 200, 500 ve 850 hPa seviyelerindeki geopotansiyel yükseklik değerleri tüm dönemlerde artış eğilimindedir. Aynı dönemde, yüzey yağışlarında kış ve ilkbahar mevsimlerindeki eğilim azalma, sonbahar döneminde ise artış yönündedir.

5.3 Yapay Sinir Ağları Tabanlı Ölçek İndirgeme Modeli

Yüzey hava sıcaklığı ve yağış değerlerinin havza ölçeğine indirgenmesi işlemi ise yapay sinir ağlarına (YSA) dayanan bir ölçek indirgeme modeli ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada iklim modellerinin günümüz iklimini temsil eden 20C3M dönemi indirgenmiş yağış ve sıcaklık tahminlerinin gözlem dönemine ait istatistikleri korumasını sağlamak amacıyla en etkin ve optimum sayıda NCEP/NCAR değişkeni kullanılmıştır. Bu yaklaşımla, iklim modellerinin taraflı tahmin yapma olasılıkları ve model belirsizlikleri olabildiğince azaltılmıştır. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda, *yüzey yağışı (prate)*, *850 mb seviyesindeki hava sıcaklığı (air850)* ve *200 mb seviyesindeki geopotansiyel yükseklik (hgt200)*

değişkenlerinin aylık alansal ortalama yağış tahminleyicileri olarak; *yüzeysel hava sıcaklığı (air)* değişkeninin ise aylık alansal ortalama sıcaklık tahminleyicisi olarak kullanılması uygun ve yeterli görülmüştür. Belirlenen bu NCEP/NCAR tahminleyicileri YSA tabanlı ölçek indirgeme modellerinin kurulumu aşamasında girdi olarak kullanılmıştır. Tüm istatistiksel performans ölçütleri kurulan ölçek indirgeme modellerinin başarılı olduğunu göstermiştir.

5.4 Havza Ölçeğine İndirgenmiş Yağış ve Sıcaklıkların İrdelenmesi

Tahminleyicilerin belirlenmesinden sonra, küresel iklim modellerinin (GDM) gelecek dönem senaryolarına ait değişkenler, ilgili iklim modellerinin 20C3M senaryosu istatistikleri ile normalize edildikten sonra NCEP/NCAR re-analiz verileriyle kurulan YSA tabanlı ölçek indirgeme modellerinin yeni girdileri olarak kullanılmışlardır. Böylece küresel iklim modellerinin günümüz iklimini temsil eden 20C3M ve 2001-2099 gelecek dönem iklimini temsil edeceği düşünülen SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarının havza ölçeğindeki yağış ve sıcaklık değerleri türetilmiştir.

Küresel iklim modellerinin günümüz iklimini temsil eden 20C3M dönemi istatistikleri referans alınarak, ölçek indirgeme modelleri ile türetilmiş SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 yıllık senaryo tahminlerinin 20C3M dönemi sonuçlarına kıyasla ne ölçüde farklılıklar taşıdığı non-parametrik Mann Whitney U (M-W) ve parametrik *t* testleri ile değerlendirilerek Tablo 5.1-Tablo 5.6'da özetlenmiştir. 20C3M istatistiklerine göre elde edilen değişimler Şekil 5.1-Şekil 5.6'da ayrıca vurgulanmıştır.

Bulgulara göre, SRES-A1B senaryosuna göre iklim modellerinin yarısında yıllık yağışlarda istatistiksel açıdan anlamlı bir değişim öngörülmemektedir. İklim modellerinin diğer yarısında ise farklı dönemlerde %8-%19 arasında değişebilen oranlarda anlamlı azalışlar belirlenmiştir. Ayrıca bu oranlar ile iklim modellerinin yirmişer yıllık dönemler arasında direk bir ilişki bulunmamaktadır. Örneğin SRES-A1B senaryosuna ait 2080-2099 döneminde bir iklim modeli en büyük azalış oranını

öngörürken, bir başka iklim modeli en büyük azalış oranını 2020-2039 döneminde öngörebilmektedir.

SRES-A2 senaryosu sonuçlarına göre, ECHAM5, HADCM3 ve PCM iklim modellerinde herhangi bir dönemde anlamlı bir değişim öngörülmemektedir. 2001-2019 döneminde CCSM3 iklim modelince öngörülen %68.5 oranında azalış ise ölçek indirgeme modeli girdilerinden biri olan air850 değişkeninden kaynaklanmaktadır. Değişken, ilgili dönemde diğer dönemlere göre daha yüksek ortalamaya sahip olduğundan bu duruma rastlanmış ve bu durumun iklim modeline ait bir model hatası olduğu düşünülmüştür. Öte yandan bu senaryo için anlamlı düzeydeki azalışların çoğunluğu 2080-2099 döneminde öngörülmekte olup bu oranlar yaklaşık %11-%24 arasında değişebilmektedir.

SRES-B1 senaryosu sonuçlarına göre, CCSM3, CGCM2.3.2, CM2.0, CM2.1, CM3, CM4, ECHAM5 ve MIROC3.2 iklim modellerinde herhangi bir dönemde anlamlı bir değişim öngörülmemektedir. HADCM3 ve MK3.0 iklim modellerinin belli dönemlerdeki artışların haricinde kalan iklim modelleri farklı dönemlerde anlamlı azalışlar öngörmektedir. Görüldüğü üzere, SRES-B1 senaryosu yağış potansiyeli açısından SRES-A1B ve SRES-A2 senaryolarına göre daha iyimser tahminler öngörmektedir.

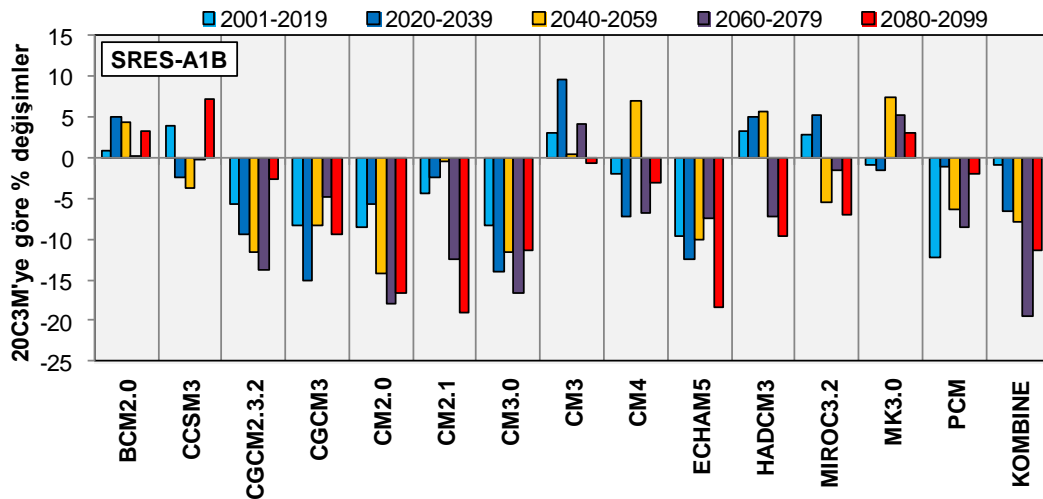
Günümüz yağışlarını temsil eden 20C3M senaryosuna göre türetilen yağışların varyansları ile gelecek dönem yağışlarının dönemsel varyanslarına uygulanan varyans durağanlığı testleri sonucunda, iklim modellerinin genelinde gelecekte yıllık varyansların anlamlı ölçüde değişmediği hipotezi çoğunlukla kabul görmüştür.

Genel bir değerlendirme yapılırsa, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryo istatistiklerinin, 20C3M senaryosuna göre değişimleri incelendiğinde yıllık ortalama yağışlar bakımından **CM4**, **MK3.0** ve **MIROC3.2** iklim modellerinin ele alınan on dört iklim modeli içinden en az değişiklik öngören iklim modelleri olduğu görülebilmektedir. Değişikliğin en fazla öngörüldüğü iklim modelleri ise **CGCM3** ve **CM3.0** iklim modelleridir. Özellikle CGCM3 iklim modelinin havzanın

gelecekteki yağış potansiyeli bakımından en kötümser tahminlere sahip olduğu düşünülmektedir.

Tablo 5.1 İklim modellerinin SRES-A1B senaryosu yıllık yağış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

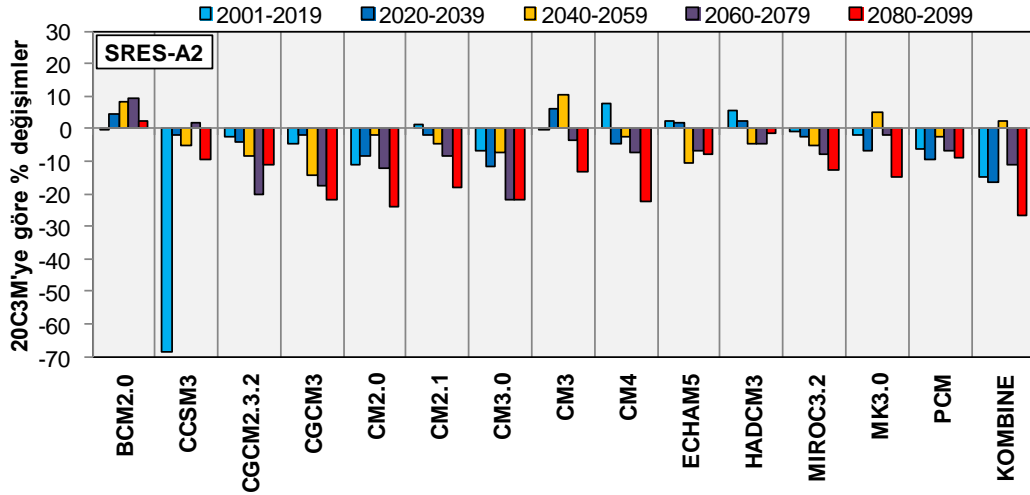
GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	0.94	5.09	4.45	0.07	3.34	2.80
CCSM3	3.93	-2.49	-3.77	-0.08	7.29	0.95
CGCM2.3.2	-5.60	-9.41	-11.51	-13.71	-2.68	-8.61
CGCM3	-8.34	-15.16	-8.30	-4.85	-9.32	-9.20
CM2.0	-8.53	-5.70	-14.25	-17.86	-16.66	-12.64
CM2.1	-4.36	-2.32	-0.43	-12.50	-19.05	-7.77
CM3.0	-8.32	-13.98	-11.54	-16.58	-11.29	-12.38
CM3	3.01	9.53	0.36	4.21	-0.66	3.29
CM4	-1.94	-7.19	7.02	-6.87	-3.04	-2.41
ECHAM5	-9.53	-12.36	-10.02	-7.36	-18.32	-11.54
HADCM3	3.22	4.99	5.59	-7.29	-9.52	-0.64
MIROC3.2	2.72	5.28	-5.58	-1.58	-6.91	-1.25
MK3.0	-0.97	-1.56	7.34	5.28	2.94	2.64
PCM	-12.35	-1.20	-6.41	-8.58	-2.00	-6.04
KOMBINE	-0.92	-6.64	-7.85	-19.38	-11.31	-9.30



Şekil 5.1 İklim modellerinin SRES-A1B senaryosu yıllık yağış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimleri

Tablo 5.2 İklim modellerinin SRES-A2 senaryosu yıllık yağış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

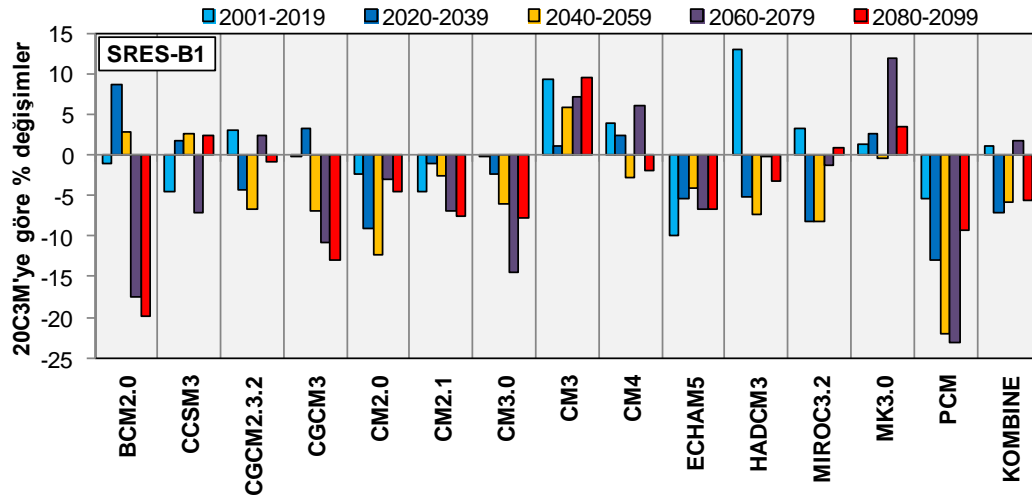
GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	-0.28	4.42	8.18	9.52	2.56	4.93
CCSM3	-68.50	-2.08	-4.99	2.07	-9.56	-16.09
CGCM2.3.2	-2.71	-3.84	-8.28	-20.04	-11.02	-9.24
CGCM3	-4.76	-2.04	-14.13	-17.45	-21.66	-12.08
CM2.0	-11.17	-8.24	-1.95	-12.06	-24.12	-11.51
CM2.1	1.30	-1.68	-4.46	-8.17	-18.04	-6.28
CM3.0	-6.57	-11.82	-7.38	-22.02	-21.89	-14.01
CM3	-0.24	6.37	10.47	-3.76	-12.95	-0.02
CM4	7.73	-4.58	-2.40	-7.04	-22.53	-5.90
ECHAM5	2.36	1.86	-10.48	-6.88	-7.69	-4.23
HADCM3	5.80	2.21	-4.60	-4.62	-1.28	-0.56
MIROC3.2	-0.57	-2.66	-4.87	-7.89	-12.71	-5.79
MK3.0	-2.05	-6.82	4.93	-2.06	-14.88	-4.20
PCM	-5.98	-9.36	-2.29	-6.50	-9.12	-6.66
KOMBINE	-14.98	-16.19	2.60	-10.97	-26.53	-13.20



Şekil 5.2 İklim modellerinin SRES-A2 senaryosu yıllık yağış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimleri

Tablo 5.3 İklim modellerinin SRES-B1 senaryosu yıllık yağış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	-1.07	8.56	2.73	-17.47	-19.83	-5.46
CCSM3	-4.46	1.82	2.63	-7.08	2.47	-0.89
CGCM2.3.2	3.09	-4.25	-6.73	2.45	-0.86	-1.31
CGCM3	-0.32	3.30	-6.93	-10.77	-13.06	-5.61
CM2.0	-2.40	-9.07	-12.32	-3.00	-4.50	-6.30
CM2.1	-4.52	-1.04	-2.60	-6.87	-7.47	-4.50
CM3.0	-0.08	-2.33	-5.98	-14.54	-7.75	-6.20
CM3	9.38	1.06	5.76	7.10	9.52	6.54
CM4	3.78	2.28	-2.80	6.03	-2.00	1.43
ECHAM5	-10.00	-5.45	-4.12	-6.63	-6.70	-6.55
HADCM3	12.94	-5.18	-7.24	-0.04	-3.25	-0.69
MIROC3.2	3.31	-8.20	-8.30	-1.20	0.93	-2.75
MK3.0	1.19	2.53	-0.53	11.92	3.54	3.75
PCM	-5.30	-12.97	-22.07	-23.19	-9.23	-14.65
KOMBINE	1.04	-7.12	-5.80	1.67	-5.69	-3.22



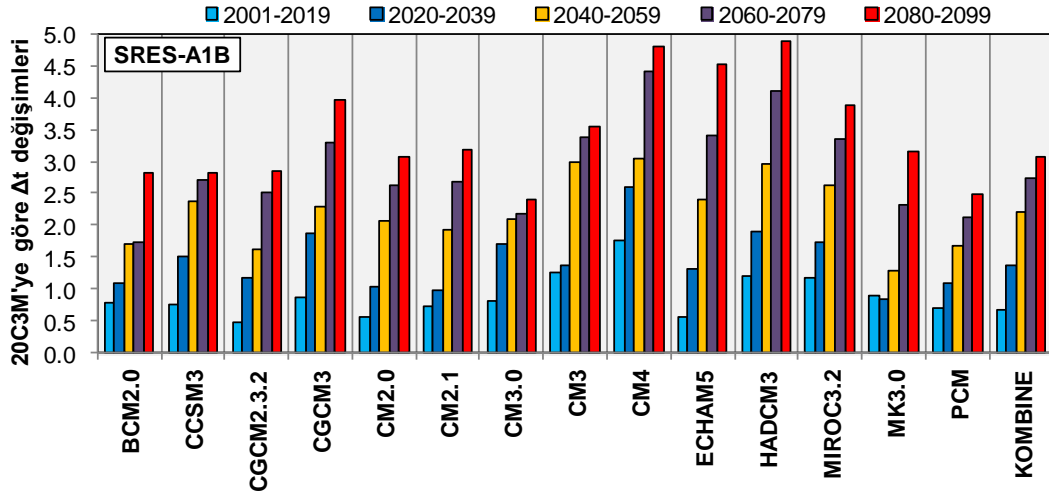
Şekil 5.3 İklim modellerinin SRES-B1 senaryosu yıllık yağış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimleri

Yağışlardakine benzer şekilde, iklim modellerine ait indirgenmiş sıcaklıklar da senaryolar kapsamında sınırlanmıştır. ECHAM5 iklim modelinin SRES-A2 senaryosu 2001-2019 dönemi dışında bütün iklim modellerinde tüm senaryo ve dönemler için

ortalama sıcaklıklarda anlamlı değişimler öngörülmektedir. Tüm model ve senaryolar için her yirmi yıllık dönemde sıcaklık ortalamalarının giderek artacağı öngörülmektedir. Genel değerlendirme neticesinde, **HADCM3** ve **CM4** iklim modellerinin 20C3M günümüz dönem istatistiklerine göre ortalama sıcaklıklar açısından en fazla artış öngören iklim modelleri olduğu göze çarpmaktadır. Özellikle CM4 ve HADCM3 iklim modellerinin SRES-A2 senaryosu sonuçlarına göre 2080-2099 dönemi için öngörülen 5 °C'den fazla sıcaklık artışı öngörülerini dikkat çekmektedir. Tüm senaryolar düşünöldüğünde ise, **BCM2.0** ve **CGCM2.3.2** gibi iklim modellerinin diğer modellere kıyasla artış miktarları daha düşük seviyededir. Yıllık varyans istatistikleri incelendiğinde ise iklim modellerinin genelinde bu istatistiğin anlamlı derece değişime uğramayacağı öngörülmektedir. Sıcaklıklar bakımından genel bir değerlendirme yapılacak olursa, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryolarının küresel ısınmanın uygulama havzası üzerindeki kötümser ve nispeten iyimser tahminlerini yansıtan senaryolar olduğu sonucuna varılabilir. Diğer yandan, SRES-A1B senaryosunun sıcaklıklar açısından bu iki senaryo arasında istatistikler öngören ara bir senaryo olduğu yorumu yapılabilir.

Tablo 5.4 İklim modellerinin SRES-A1B senaryosu yıllık sıcaklık tahminlerinin 20C3M dönemine göre sıcaklık farkı (Δt) değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

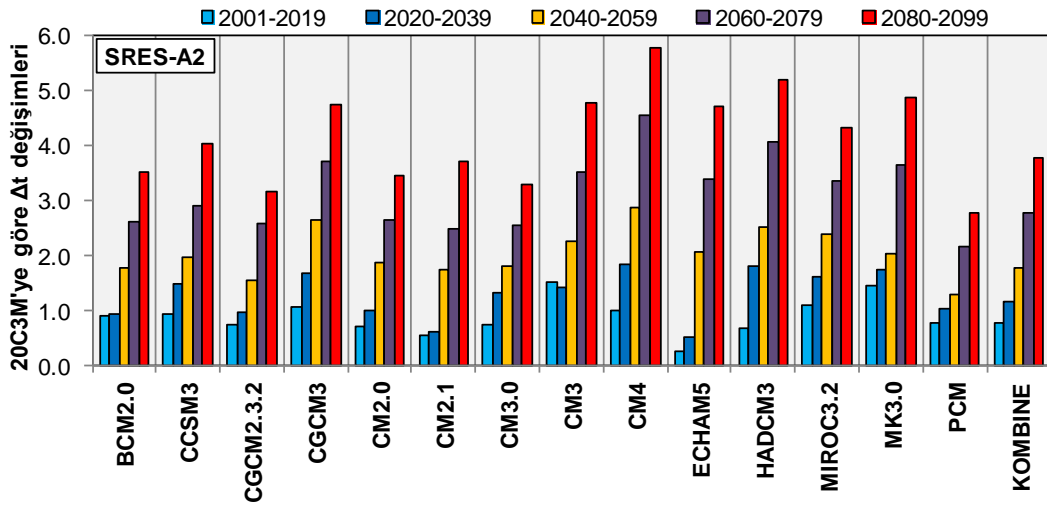
GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	0.78	1.09	1.71	1.74	2.81	1.63
CCSM3	0.76	1.51	2.37	2.71	2.83	2.05
CGCM2.3.2	0.47	1.16	1.62	2.52	2.84	1.73
CGCM3	0.87	1.87	2.29	3.31	3.98	2.48
CM2.0	0.55	1.03	2.07	2.63	3.07	1.88
CM2.1	0.73	0.96	1.93	2.69	3.18	1.91
CM3.0	0.82	1.69	2.10	2.17	2.40	1.85
CM3	1.27	1.36	2.98	3.38	3.56	2.52
CM4	1.75	2.59	3.05	4.41	4.82	3.34
ECHAM5	0.57	1.31	2.39	3.42	4.52	2.46
HADCM3	1.19	1.90	2.96	4.12	4.88	3.03
MIROC3.2	1.17	1.73	2.62	3.35	3.88	2.56
MK3.0	0.89	0.85	1.28	2.32	3.15	1.70
PCM	0.70	1.09	1.67	2.12	2.50	1.63
KOMBINE	0.67	1.37	2.21	2.73	3.08	2.03



Şekil 5.4 İklim modellerinin SRES-A1B senaryosu yıllık sıcaklık tahminlerinin 20C3M dönemine göre sıcaklık farkı (Δt) değişimleri

Tablo 5.5 İklim modellerinin SRES-A2 senaryosu yıllık sıcaklık tahminlerinin 20C3M dönemine göre sıcaklık farkı (Δt) değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

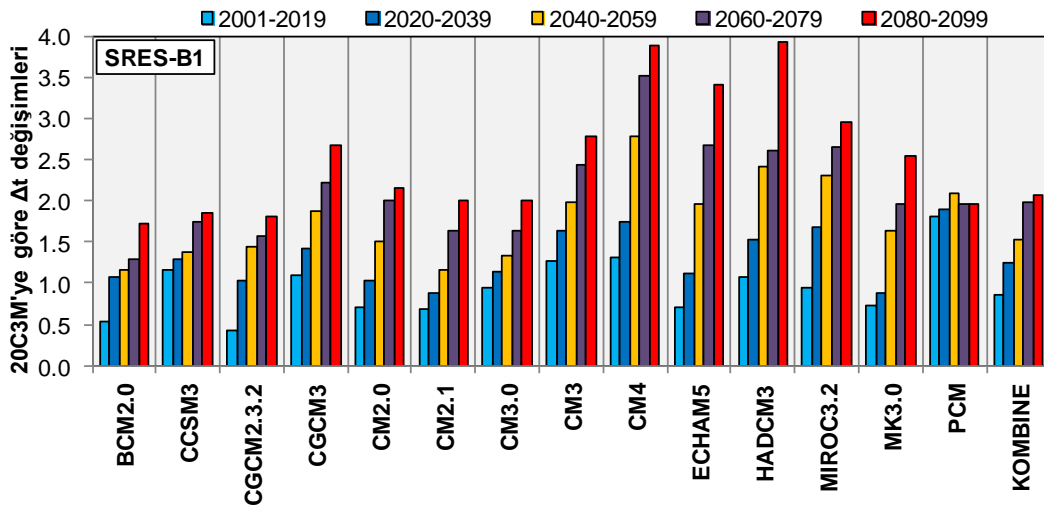
GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	0.89	0.92	1.76	2.60	3.50	1.95
CCSM3	0.92	1.46	1.97	2.88	4.01	2.26
CGCM2.3.2	0.73	0.96	1.54	2.56	3.15	1.80
CGCM3	1.06	1.68	2.63	3.69	4.75	2.78
CM2.0	0.71	1.01	1.86	2.64	3.45	1.95
CM2.1	0.52	0.59	1.72	2.47	3.69	1.81
CM3.0	0.72	1.30	1.78	2.53	3.27	1.93
CM3	1.51	1.42	2.26	3.51	4.76	2.70
CM4	0.99	1.84	2.85	4.54	5.77	3.22
ECHAM5	0.25	0.52	2.06	3.39	4.69	2.20
HADCM3	0.67	1.79	2.50	4.04	5.19	2.86
MIROC3.2	1.07	1.61	2.36	3.35	4.30	2.55
MK3.0	1.45	1.72	2.03	3.63	4.87	2.75
PCM	0.75	1.01	1.28	2.14	2.75	1.60
KOMBINE	0.77	1.16	1.77	2.77	3.75	2.06



Şekil 5.5 İklim modellerinin SRES-A2 senaryosu yıllık sıcaklık tahminlerinin 20C3M dönemine göre sıcaklık farkı (Δt) değişimleri

Tablo 5.6 İklim modellerinin SRES-B1 senaryosu yıllık sıcaklık tahminlerinin 20C3M dönemine göre sıcaklık farkı (Δt) değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	0.54	1.08	1.17	1.28	1.73	1.16
CCSM3	1.15	1.29	1.38	1.74	1.84	1.48
CGCM2.3.2	0.42	1.02	1.43	1.57	1.80	1.26
CGCM3	1.10	1.42	1.88	2.22	2.67	1.87
CM2.0	0.71	1.02	1.52	2.00	2.15	1.49
CM2.1	0.69	0.88	1.16	1.64	1.99	1.28
CM3.0	0.94	1.15	1.33	1.65	1.99	1.42
CM3	1.27	1.64	1.98	2.44	2.78	2.03
CM4	1.31	1.75	2.78	3.51	3.87	2.66
ECHAM5	0.70	1.12	1.96	2.68	3.42	1.99
HADCM3	1.08	1.53	2.41	2.61	3.92	2.32
MIROC3.2	0.94	1.68	2.31	2.65	2.95	2.12
MK3.0	0.73	0.88	1.64	1.96	2.55	1.56
PCM	1.80	1.89	2.08	1.96	1.95	1.94
KOMBINE	0.85	1.25	1.54	1.98	2.07	1.54



Şekil 5.6 İklim modellerinin SRES-B1 senaryosu yıllık sıcaklık tahminlerinin 20C3M dönemine göre sıcaklık farkı (Δt) değişimleri

5.5 Kombine İklim Modeline Göre Farklı Senaryo Yağış ve Sıcaklıklarında Öngörülen Değişimler

Yukarıdaki bulgular, iklim modellerinin yerel ölçekte birbirinden çok farklı sıcaklık ve yağış tahminleri türetebildiğini göstermektedir. Bu farklılıkların yıl içindeki dağılımını irdelemek amacıyla, iklim modellerinin günümüz koşullarını temsil eden 20C3M senaryo tahminleri ve 1950-1999 döneminde yerel ölçekte gözlenen değerler farklı istatistiksel testler yardımıyla irdelenmiştir.

Yararlanılan istatistiksel sınamalar sonucunda, %95 güven düzeyinde 14 iklim modelinin aylık gözlemsel örnek istatistiklerini temsil edebilme yetenekleri araştırılmış; testlerin tamamında ya da tamamına yakın kısmında homojenlik varsayımını gerçekleyen iklim modelleri arasından en uygun olanları belirlenmiştir. Buna göre, CM2.0 iklim modeli Ocak, Mayıs ve Kasım ayı yağışlarını, PCM iklim modeli Şubat ve Haziran ayı yağışlarını, CCSM3 iklim modeli Mart ayı yağışlarını, CM3.0 iklim modeli Nisan ayı yağışlarını, HADCM3 iklim modeli Temmuz, Ağustos ve Eylül ayı yağışlarını, CGCM3 iklim modeli Ekim ayı yağışlarını ve CM4 iklim modeli Aralık ayı yağışlarını oldukça iyi temsil edebilmektedir. Diğer yandan, CM2.0 iklim modelinin uygulama havzasının Ocak, Mart, Nisan ve Haziran ayı sıcaklıklarını, HADCM3 iklim modelinin Şubat ayı sıcaklıklarını, CM3.0 iklim modelinin Mayıs ve Kasım ayı sıcaklıklarını, CM2.1 iklim modelinin Temmuz ve Ekim ayı sıcaklıklarını, CCSM3 iklim modelinin Ağustos ve Eylül ayı sıcaklıklarını ve CGCM2.3.2 iklim modelinin Aralık ayı sıcaklıklarını oldukça iyi temsil ettiği görülmüştür.

Bu sonuçlardan hareketle, çalışma kapsamında ele alınan 14 iklim modeline ek olarak yağış ve sıcaklıklar için günümüz iklimine ait istatistiklerin yıl içindeki değişimini daha iyi temsil edebilen iklim modellerinin karışımından oluşan yeni bir iklim modeli gündeme getirilmiş ve bu modele *Kombine İklim Modeli* denmiştir. Tez çalışmasının özgün bulgularından biri de önerilen kombine model yaklaşımıdır.

Tez kapsamında küresel iklim modellerinde olduğu gibi, Kombine iklim modelinin de 20C3M dönemi yıllık istatistikleri referans alınarak SRES-A1B, SRES-

A2 ve SRES-B1 senaryolarına ait tahminlerin günümüz iklimine göre ne ölçüde farklılıklar içerdiği istatistik testlerle kontrol edilmiştir.

Bu bulgulara göre, Kombine iklim modelinin SRES-B1 senaryosuna ait yıllık ortalama yağışların gelecekteki herhangi bir yirmi yıllık periyotta ve 2001-2099 periyodunun tamamında istatistiksel açıdan anlamlı değişime uğramayacağı öngörülmektedir (Tablo 5.3). SRES-A1B senaryosu kapsamında ise, tüm dönemlerde azalışlar hâkimdir. Ancak, bu azalışlar yalnızca 2060-2079 ve 2080-2099 dönemlerinde anlamlı düzeylerde olup, sırasıyla %19.4 ve %11.3 oranlarındadır. 2001-2099 döneminin tamamını kapsayan azalış oranı da %9.3 hesaplanmış olup bu değer istatistiksel açıdan anlamlı seviyededir (Tablo 5.1). SRES-A2 senaryosuna göre ise, 2040-2059 dönemi dışındaki tüm dönemlerde %11~%26.5 oranları aralığında değişen azalış öngörülürü bulunmaktadır (Tablo 5.2). Hesaplanan bu oranlar neticesinde, üç senaryo içinde ortalama yağışlarda *en fazla değişimin öngörüldüğü senaryonun SRES-A2 senaryosu* olduğu söylenebilir.

Kombine iklim modeline ait yıllık ortalama yağışların varyansları için de gerekli testler gerçekleştirilmiştir. Analizlere göre, Kombine iklim modelinin yıllık varyans değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı değişimler öngörülmemektedir.

Aylık ortalama sıcaklık tahminleri için kurgulanan Kombine iklim modeline ait mevsimsel ve yıllık istatistikler de ele alınmıştır. Test sonuçları değerlendirildiğinde, genel olarak tüm yirmi yıllık dönemlerde ve tahmin döneminin tamamında anlamlı değişimler belirlenmiştir. İstisnai bir durum olarak, SRES-A1B senaryosunun 2001-2019 dönemi ilkbahar sıcaklıklarında ve SRES-A2 senaryosunun yine 2001-2019 dönemi sonbahar sıcaklıklarında öngörülen artışlar anlamlı düzeyde değildir. Her üç senaryo sonucu dikkate alındığında, Kombine iklim modeline ait yıllık ve mevsimsel sıcaklık ortalamalarının genel olarak yirmişer yıllık dönemlerde giderek artacağı öngörülmektedir (Tablo 5.4-Tablo 5.6). 14 küresel iklim modelinde olduğu gibi, Kombine iklim modelinde de ortalama sıcaklıklarda en fazla artış SRES-A2 senaryosundadır. Bilhassa bu senaryoya ait 2080-2099 dönemi için öngörülen ve 20C3M dönemine göre kış mevsiminde 4.1 °C, ilkbahar mevsiminde 3.0 °C, yaz

mevsiminde 3.7°C ve sonbahar mevsiminde 4.3°C şeklinde hesaplanan sıcaklık artışları dikkat çekmektedir. Buna göre 2080-2099 dönemi için en fazla artışın sonbahar mevsiminde gerçekleşebileceği öngörülmektedir. Senaryoya göre yıllık ortalamalarda ise aynı dönem için 3.8°C artış hesaplanmıştır. Mevsimsel ve yıllık senaryo varyanslarındaki değişimlerin anlamlı düzeyde olmadıkları saptanmıştır.

Çalışmada ayrıca, gelecekteki eğilim yapılarını anlayabilmek adına, Kombine iklim modeline ait 2001-2099 dönemi aylık yağış ve sıcaklık serilerine Mann Kendall eğilim testi uygulanmıştır. Buna göre SRES-A1B ve SRES-A2 senaryolarına göre yaz ve sonbahar mevsimleri ile yıllık genel toplamda, SRES-B1 senaryosunda ise sadece sonbahar mevsiminde anlamlı azalış eğilimleri saptanmıştır. Sıcaklıklar için değerlendirme yapıldığında ise, her üç senaryo için de tüm mevsimlerde ve yıllık ortalamada anlamlı artış eğilimleri göze çarpmaktadır. Modelin 20C3M sonuçları ile gözlenmiş dönem arasındaki eğilim yapıları ise her iki değişken için de oldukça uyumludur.

5.6 Parametrik Yağış-Akış Modelleri ve Tahmin Performansları

Ölçek indirgeme çalışmalarını takiben, tahmini yağış ve sıcaklık süreçlerindeki değişimlerin baraj yerindeki akımlar üzerindeki etkileri su bütçesi, PMS ve GR2M yağış-akış modelleri aracılığı ile araştırılmıştır. Bu modeller yardımıyla, iklim modellerinin günümüzü ve gelecek dönemi temsil eden senaryo yağış ve sıcaklıkları aylık akımlara dönüştürülmüştür. Kalibrasyon ve verifikasyon performanslarına göre, yağış-akış modellerinin havzanın gözlenmiş akışlarını başarıyla temsil edebildikleri yani havza akışlarını türetmede kullanılabileceği gösterilmiştir. Bu işlemleri takiben, havza ölçeğine indirgenen iklim modellerinin 20C3M senaryosuna ait yağış ve sıcaklık değerleri, üç farklı parametrik yağış-akış modelinde girdi olarak kullanılarak havzanın 1950-1999 dönemi 20C3M iklim senaryosuna ait akımlar türetilmiştir. Havzanın 1950-1999 dönemini temsil eden ve üç farklı parametrik yağış-akış modeli ile türetilen 20C3M senaryo akımları, aynı döneme ait gözlenmiş yağış ve sıcaklık değerlerinden elde edilen parametrik model akımlarıyla karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırmalar sonucunda, *su bütçesi modeli* (Fıstıkoğlu ve Okkan, 2010) ile türetilen 20C3M senaryo akışlarının, PMS ve GR2M modelleri (Mouelhi ve ark., 2006) ile türetilen akışlara kıyasla günümüz akım şartlarını daha iyi temsil ettiği söylenebilmektedir. Yağış-akış modellerinin genelleme yeteneğinin sınındığı test dönemi verileri kullanılarak gerçekleştirilen homojenlik testine göre de su bütçesi modeli daha başarılı bulunmuştur. Hem istatistiksel testler hem de gerçekleştirilen parametre duyarlılık analizlerine göre su bütçesi modelinin havzaya ait senaryo akışlarını türetmede diğer iki modele kıyasla daha uygun olduğu düşünülmüştür. Bu sebeple, iklim modellerinin SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim senaryolarına ilişkin indirgenmiş yağış ve sıcaklık değerleri, *su bütçesi modelinde* girdi olarak kullanılarak, iklim modellerinin ortak gelecek dönemi olan 2001-2099 dönemine ait akımları türetilmiştir.

5.7 Su Bütçesi Modelinden Türetilen Gelecek Dönem Senaryo Akımları

Küresel iklim modellerinin günümüz iklimini temsil eden istatistikleri ele alınarak, su bütçesi modelinden türetilmiş SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 yıllık akış tahminlerinin 20C3M tahminlerine kıyasla ne ölçüde farklılıklar içerdiği değerlendirilerek Tablo 5.7-Tablo 5.9’da özetlenmiştir. 20C3M tahminlerine göre elde edilen bu değişimler Şekil 5.7-Şekil 5.9’da ayrıca vurgulanmıştır.

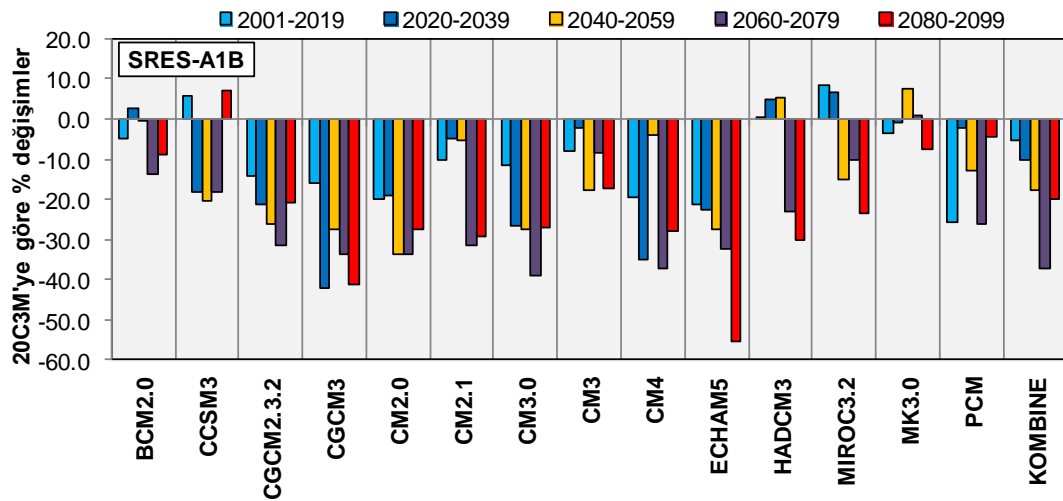
SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryo istatistiklerinin 20C3M dönemi istatistikleri ile karşılaştırılması sonucunda, yıllık ortalama akımlar bakımından **MK3.0** iklim modeli tahminlerinin ele alınan on dört iklim modeli içinden en az değişiklik öngören iklim modeli tahminleri olduğu görülmektedir. Değişikliğin en fazla öngörüldüğü gelecek dönem tahminleri ise **CGCM3**, **CM3.0**, **CM2.0**, **ECHAM5**, **CM4** ve **PCM** iklim modellerine ait tahminlerdir. Özellikle CGCM3 iklim modeli SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryosu sonuçları kapsamında havzanın gelecekteki akım potansiyeli bakımından en kötümser tahminleri öngörmektedir.

Öte yandan, mevcut senaryolar içinde SRES-A2 senaryo sonuçlarının genel olarak kötümser, SRES-B1 senaryo sonuçlarının ise nispeten iyimser akım tahminlerini

içerdiği söylenebilmektedir. Özellikle SRES-A2 senaryosu için 2001-2099 toplam dönemini kapsayan bir değerlendirme yapıldığında, BCM2.0, HADCM3 ve PCM iklim modelleri dışında tüm iklim modelleri gelecekte anlamlı düzeyde ve %15 ile %37 arasında değişen azalışlar olabileceğini işaret etmektedir.

Tablo 5.7 İklim modellerinin SRES-A1B senaryosu yıllık akış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

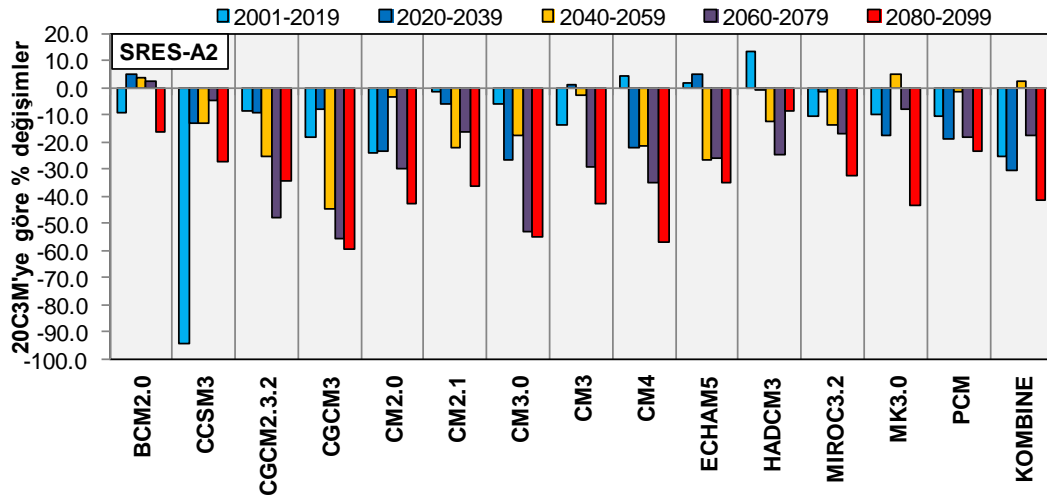
GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	-4.93	2.74	-0.07	-13.63	-8.84	-4.95
CCSM3	5.96	-18.38	-20.17	-18.00	7.30	-8.80
CGCM2.3.2	-14.39	-21.07	-26.21	-31.45	-20.82	-22.87
CGCM3	-15.83	-42.24	-27.26	-33.54	-41.34	-32.21
CM2.0	-19.85	-19.07	-33.53	-33.69	-27.34	-26.77
CM2.1	-10.16	-4.84	-5.28	-31.49	-29.31	-16.28
CM3.0	-11.69	-26.77	-27.70	-38.88	-27.24	-26.61
CM3	-7.79	-2.38	-17.69	-8.60	-17.49	-10.82
CM4	-19.46	-34.91	-3.95	-37.11	-28.10	-24.76
ECHAM5	-21.43	-22.80	-27.52	-32.32	-55.23	-31.96
HADCM3	0.16	4.80	5.49	-22.84	-29.93	-8.55
MIROC3.2	8.37	6.57	-14.87	-10.31	-23.66	-6.93
MK3.0	-3.54	-0.82	7.59	0.74	-7.57	-0.69
PCM	-25.60	-2.40	-13.05	-26.07	-4.51	-14.21
KOMBINE	-5.21	-9.99	-17.69	-37.08	-19.75	-18.07



Şekil 5.7 İklim modellerinin SRES-A1B senaryosu yıllık akış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimleri

Tablo 5.8 İklim modellerinin SRES-A2 senaryosu yıllık akış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

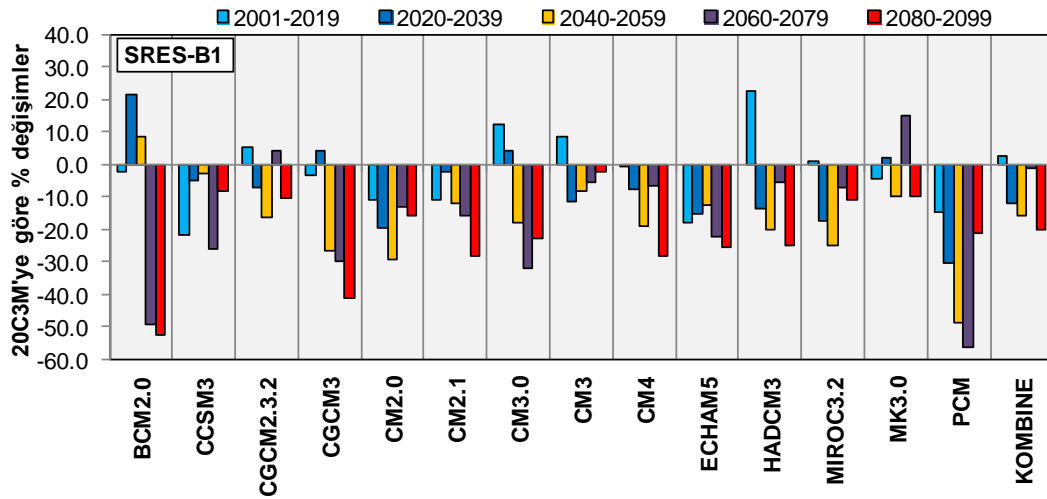
GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	-9.00	5.22	3.54	2.10	-16.51	-2.87
CCSM3	-94.48	-12.84	-12.81	-4.78	-27.14	-29.76
CGCM2.3.2	-8.46	-9.35	-25.19	-48.01	-34.58	-25.29
CGCM3	-18.57	-7.96	-44.73	-55.45	-59.60	-37.45
CM2.0	-23.85	-23.60	-3.19	-30.21	-42.93	-24.77
CM2.1	-1.39	-6.10	-22.04	-16.67	-36.34	-16.66
CM3.0	-5.93	-26.50	-17.86	-52.94	-54.90	-31.88
CM3	-14.01	1.34	-2.91	-29.12	-43.04	-17.58
CM4	4.04	-22.31	-21.71	-35.27	-57.17	-26.79
ECHAM5	1.83	4.76	-26.96	-25.83	-34.88	-16.40
HADCM3	13.31	-1.13	-12.70	-24.56	-8.73	-6.96
MIROC3.2	-10.30	-1.42	-13.84	-17.01	-32.20	-15.00
MK3.0	-9.76	-17.40	5.23	-7.85	-43.28	-14.66
PCM	-10.59	-19.08	-1.33	-18.46	-23.55	-14.64
KOMBINE	-25.27	-30.33	2.54	-17.72	-41.51	-22.43



Şekil 5.8 İklim modellerinin SRES-A2 senaryosu yıllık akış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimleri

Tablo 5.9 İklim modellerinin SRES-B1 senaryosu yıllık akış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimlerinin irdelenmesi ($\alpha=0.05$; koyu değerler 20C3M dönemine göre ortalama istatistiğindeki anlamlı değişimleri, gri boyalı hücreler ise 20C3M istatistiklerine göre homojen olmayan dönemleri sembolize etmektedir)

GDM	2001-2019	2020-2039	2040-2059	2060-2079	2080-2099	2001-2099
BCM2.0	-2.17	21.41	8.60	-49.43	-52.69	-14.99
CCSM3	-21.77	-4.82	-3.06	-26.24	-8.35	-12.76
CGCM2.3.2	5.03	-7.45	-16.55	4.00	-10.73	-5.24
CGCM3	-3.57	4.09	-26.85	-30.13	-41.26	-19.71
CM2.0	-10.75	-19.89	-29.52	-13.22	-15.97	-17.94
CM2.1	-11.19	-2.53	-12.32	-16.00	-28.16	-14.07
CM3.0	12.04	3.88	-17.88	-31.94	-22.77	-11.57
CM3	8.47	-11.62	-8.53	-5.76	-2.29	-4.07
CM4	-0.96	-7.76	-18.97	-6.92	-28.19	-12.68
ECHAM5	-18.26	-15.53	-12.49	-22.35	-25.80	-18.89
HADCM3	22.64	-13.90	-20.10	-5.54	-25.22	-8.74
MIROC3.2	0.82	-17.75	-25.16	-7.26	-10.76	-12.15
MK3.0	-4.29	2.12	-9.93	14.75	-9.72	-1.39
PCM	-14.61	-30.18	-49.02	-56.53	-21.40	-34.55
KOMBINE	2.61	-11.95	-16.02	-1.36	-20.36	-9.54



Şekil 5.9 İklim modellerinin SRES-B1 senaryosu yıllık akış tahminlerinin 20C3M dönemine göre yüzdesel değişimleri

5.8 Kombine İklim Modeline Göre Farklı Senaryo Akımlarında Öngörülen Değişimler

Tez kapsamında önerilen Kombine iklim modelinin SRES-A1B senaryosuna göre, 20C3M referans dönem ortalama akımları ile karşılaştırıldığında her bir yirmişer yıllık dönemde azalışlar öngörülmektedir. 2001-2099 döneminin tamamı düşünüldüğünde bu oranın yaklaşık %18 civarında olabileceği ancak anlamlı değişimlerin 2060-2099 dönemini kapsayabileceği öngörülmektedir. Özellikle 2060-2079 döneminde %37.1 oranında azalış öngörülmektedir (Tablo 5.7). Kombine iklim modelinin SRES-A2 senaryo istatistikleri incelendiğinde, 2040-2059 dönemini içeren %2.5 oranında öngörülen anlamlı olmayan artışın dışında tüm dönemlerde öngörülen azalışlar göze çarpmaktadır. 2001-2099 döneminin tamamı düşünüldüğünde yaklaşık %22.5 civarında anlamlı bir azalış öngörülmektedir. Sözü edilen azalışlar 2001-2019, 2020-2039 ve 2080-2099 dönemlerinde de anlamlı seviyede olup bu oranlar sırasıyla %25.3, %30.3 ve %41.5 şeklinde hesaplanmıştır (Tablo 5.8). Kombine iklim modelinin de SRES-B1 senaryosuna ait istatistikler değerlendirilmiştir. Buna göre, 2001-2019 dönemi dışında tüm dönemlerde yıllık ortalama akımlar açısından azalışlar öngörülmektedir. Ancak bu oranlar istatistiksel açıdan anlamlı seviyede değildir. Tüm bu değişimlerle birlikte SRES-B1 senaryosu tahminleri için toplam dönemde %9.5 oranında anlamlı düzeyde olmayan bir azalış öngörülebileceğini söylemek mümkündür (Tablo 5.9).

Kombine iklim modeli örneği için oluşturulan Box-plot grafikleri incelendiğinde ise, özellikle SRES-A1B ve SRES-A2 senaryoları kapsamında çoğunlukla üst %25'lik (yüksek akımlar) dilimlerde ve bazı dönemlerde de alt %25'lik (düşük akımlar) dilimlerde öngörülen azalmalar dikkat çekmektedir. Gelecekteki eğilim yapılarını anlayabilmek adına, Kombine iklim modeline ait 2001-2099 türetilmiş akımlara da Mann Kendall eğilim testi uygulanmıştır. Buna göre, SRES-A1B senaryosu için ilkbahar dönemi dışındaki tüm dönemlerde ve yıllık toplamda azalış, SRES-A2 ve SRES-B1 senaryoları içinse sonbahar mevsiminde ve yıllık toplamda azalış eğilimleri öngörülmektedir. Su bütçesi modeli ile türetilen akımlara ait standart sapma istatistiği için de benzer sınamalar gerçekleştirilmiş ve iklim modellerinin

genelinde ve Kombine iklim modelinde bu istatistiğin ortalama kadar anlamlı derecede değişmediği görülmüştür.

5.9 Ortalama Yağış, Sıcaklık ve Akım Tahminlerinin Bootstrap Güven Limitleri

Çalışmada ayrıca Bootstrap yaklaşımından yararlanılarak, iklim modellerinin havza ölçeğine indirgenen yağış, sıcaklık ve bu değerlerden türetilen akım tahminlerine ait genel ortalamaların güven limitleri belirlenmiştir. Böylece, gelecek dönem tahminlerinin günümüz iklimini temsil eden 20C3M ortalama tahminlerin alt ve üst güven limitlerine göre hangi olası oranlar (yağış ve akış için) veya farklar (sıcaklık için) dâhilinde değişkenlik gösterebileceği araştırılmıştır. Kombine iklim modeline ait sonuçların daha tutarlı olduğu düşüncesiyle 20C3M dönemi senaryo sonuçlarına göre belirlenen değişimler Tablo 5.10'da özetlenmiştir.

Tablo 5.10 Kombine iklim modeline göre gelecekte beklenen değişimler ve olası tahmin aralıkları

Senaryolar	20C3M dönemine göre değişen yağış (%)		20C3M dönemine göre değişen sıcaklık (°C)		20C3M dönemine göre değişen akım (%)	
	Ortalama Tahmin	Olası Aralık	Ortalama Tahmin	Olası Aralık	Ortalama Tahmin	Olası Aralık
A1B	-9.3	-22.3 - 5.8	2.03	1.71 - 2.34	-18.1	-41.6 - 10.5
A2	-13.2	-25.3 - 1.7	2.06	1.73 - 2.39	-22.4	-45.6 - 6.9
B1	-3.2	-16.5 - 13.0	1.54	1.23 - 1.87	-9.5	-32.4 - 20.3

5.10 İklim Değişikliğinin Kritik Kurak Dönem Özelliklerine ve Hazne Performansına Etkileri

Tez çalışmasının son aşamasında, gelecek dönem yağış ve sıcaklık değişimlerinden etkileneceği varsayılan Tahtalı barajı akımları, farklı yaklaşımlarla değerlendirilerek, baraj haznesinin iklim değişikliği altındaki performansı irdelenmiştir. Bu kapsamda, minimum akımlar, aylık su bütçesi (behaviour analysis) ve Gould olasılık matrisi yöntemleri uygulanmıştır.

Minimum akımlar yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre, iklim modellerinin genelinde gelecek dönem senaryolarına ait kritik dönem uzunluklarının (bilhassa SRES-A2 senaryosu için) günümüz iklimini temsil eden 20C3M senaryosuna ait kritik dönem uzunluklarına göre artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Minimum akımlar yönteminin uygulanmasını takiben, iklim modelleri ve değişik senaryolar için su bütçesi yağış-akış modelinden türetilen aylık akımlarla hazne işletme çalışmaları yapılarak mevcut haznenin öngörülen iklim değişikliği koşullarında içmesuyu taleplerini karşılayabilme performansı incelenmiştir. İşletme süresindeki açıklar (arz açıkları) ve haznenin ne kadar süre boyunca görevini yerine getiremediği belirlenmiştir. İşletme çalışmalarında farklı sabit çekimler için arz-performans eğrileri oluşturulmuş ve bu eğrilerden 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında mevcut haznenin %3, %5 ve %10 yetersiz kalma sıklıkları ile düzenleyebildiği çekim hedefleri belirlenmiştir. için barajdan çekilebilecek içmesuyu hacimleri belirlenmiştir. Uygulamada genellikle bir tasarım kriteri olarak da kullanılan haznenin işletme süresinin %5'inde ihtiyacı tam olarak karşılayamaması özel durumuna ilişkin bulgular aşağıda özetlenmiştir.

20C3M iklim koşullarına göre, SRES-A1B iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacimlerindeki değişimler incelenirse, BCM2.0, CCSM3 ve PCM iklim modellerince 2001-2099 döneminde haznedeki çekilebilecek içmesuyu miktarının yaklaşık %15 oranında azalabileceği öngörülmektedir. CGCM2.3.2, CM2.0, CM2.1, CM3.0, CM3, CM4, HADCM3 ve Kombine iklim modellerine göre ise gelecek dönemde arzın %20-%30 oranlarında azalabileceği öngörülmektedir. MIROC3.2 iklim modeli gelecekte arzın %8 oranında azalması beklenirken, MK3.0 iklim modeline göre gelecek dönemde çekilebilecek su miktarında önemli bir değişim olmayacaktır. CGCM3 ve ECHAM5 gibi iklim modellerine göre, gelecekte arzın sırasıyla %36 ve %48 oranlarında azalabileceği öngörülmektedir.

SRES-A2 iklim koşulları için sonuçlar değerlendirildiğinde, BCM2.0, HADCM3, MIROC3.2 ve PCM iklim modellerine göre haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacminin %11-%16 civarında azalabileceği öngörülmektedir. CM2.0, CM2.1, CM3, ECHAM5, MK3.0 ve Kombine iklim modelleri ise gelecekte baraj haznesinden çekilebilecek içmesuyu miktarının %30-%37 oranlarında azalabileceğini öngörülmektedir. CGCM2.3.2 ve CM4 iklim modellerinde ise gelecek dönemde baraj haznesinden çekilebilecek içmesuyu miktarının sırasıyla %40 ve %49 mertebelerinde azalması beklenmektedir. Bunlarla birlikte, CCSM3, CGCM3 ve

CM3.0 iklim modelleri için ihtiyacı karşılayamama oranına bağlı haznedeki çekilebilecek içmesuyu miktarları diğer modellere nazaran oldukça azdır.

SRES-B1 iklim koşulları altında sonuçlar değerlendirildiğinde, CCSM3, CGCM2.3.2, CM2.0, CM2.1, CM3.0, CM3, CM4, HADCM3, MIROC3.2 ve Kombine iklim modellerine göre gelecekte haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacminin %10-%20 civarında azalabileceği öngörülmektedir. Öte yandan, MK3.0 iklim modeli sonuçlarına göre gelecek dönemde haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacminin %5 artabileceği öngörülmektedir. BCM2.0, CGCM3 ve ECHAM5 iklim modellerinde ise gelecek dönemde baraj haznesinden çekilebilecek içmesuyu hacminin sırasıyla %51.7, %29.6 ve %30.4 oranlarında azalması beklenmektedir.

Senaryolar genelinde bir değerlendirme yapıldığında, havzanın akım potansiyeli açısından kötümser tahminler öngören CGCM3 ve ECHAM5 gibi iklim modelleri ile aynı zamanda baraj haznesinden çekilebilecek içmesuyu miktarları için de kötümser sonuçlar elde edilmiştir.

Tez çalışmasında, hazne performansının iklim değişikliği senaryolarından nasıl ve ne ölçüde etkilenebileceği Gould olasılık matris yöntemi ile de araştırılmıştır. Bu yöntemin uygulanmasının temel sebebi, mevcut haznenin yetersiz kalma olasılıklarının başlangıçtaki doluluk oranı için yapılan kabulden bağımsız olması ve akımlardaki mevsimselliğin ve içsel bağımlılık etkisinin de dikkate alınabilmesidir.

Aylık su bütçesi yöntemi uygulamasında olduğu gibi bu yöntemde de 20C3M, SRES-A1B, SRES-A2 ve SRES-B1 iklim koşulları altında haznenin farklı ihtiyacı karşılayamama oranları için barajdan çekilebilecek içmesuyu miktarlarını belirleyebilmek mümkündür. Örneğin, 20C3M iklim koşulları esas alındığında, tez kapsamında önerilen Kombine iklim modelinin SRES-A1B iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu miktarlarındaki değişimler incelenmiştir. Buna göre, toplam dönemde %3 yetersiz kalma oranı için 2001-2099 gelecek döneminde haznedeki çekilebilecek içmesuyu hacminin %24 civarında azalabileceği öngörülmektedir. İhtiyacı karşılayamama oranının %5 ve %10 seçilmesi durumunda ise, bu miktarın gelecek dönemde sırasıyla %22 ve %21 mertebelerinde azalabileceği

öngörülmektedir. Kombine iklim modelinin SRES-A2 senaryosu iklim koşulları altında haznedeki çekilebilecek içmesuyu miktarındaki değişimler incelendiğinde, toplam dönemde %3, %5 ve %10 yetersiz kalma oranlarına göre gelecekte haznedeki çekilebilecek içmesuyu miktarının sırasıyla %30, %29 ve %27 mertebelerinde azalabileceği öngörülmektedir. SRES-B1 senaryosu sonuçlarına göre ise gelecek dönemde haznedeki çekilebilecek içmesuyu miktarının aynı yetersiz kalma oranları esas alındığında yaklaşık %10-%11 arasında azalması beklenmektedir.

5.11 Genel Değerlendirme

Özetle tez çalışmasında, öncelikle örnek baraj havzasında gelecek dönem yağışlarının ve sıcaklıklarının ne ölçüde değişebileceği araştırılmış ve Kombine iklim modeli sonuçları dikkate alındığında yağışların iyimser tahminle %3, kötümser tahminle %13 azalabileceği öngörülmüştür. Diğer yandan sıcaklıklar iyimser tahminle 1.5 °C, kötümser tahminle 2.1 °C artabilecektir. Ardından değişen yağışlardan ve sıcaklıklardan akımların nasıl etkilenebileceği irdelenmiş ve Kombine iklim modeli sonuçlarına göre gelecekte akımların iyimser tahminle %9, kötümser tahminle %22 azalabileceği öngörülmüştür. Çalışmanın son aşamasında ise yeni iklim koşullarına göre mevcut hazne performansının nasıl etkilenebileceği tartışılmıştır. Kombine iklim modeline ait iklim koşulları değerlendirildiğinde, gelecek dönemde barajdan çekilebilecek içmesuyu miktarlarının iyimser tahminle %11, kötümser tahminle %35 mertebelerinde azalabileceği ve buna bağlı olarak bölgede önemli arz açıkları oluşabileceği öngörülmektedir. Gelecekte artan nüfus ve su ihtiyaçları düşünüldüğünde, havza için öngörülen bu arz açıklarını karşılayabilmek için mevcut su kaynağının yeterli olmayacağı ve alternatif kaynaklara ihtiyaç duyulacağı düşünülmektedir. Denizden su arıtımı, havzalar arası su transferi gibi yöntemler de bulunmasına karşın asıl kaynağın, biriktirme yeteneği sayesinde değişen akım koşullarını düzenleyebilen yeni baraj hazneleri olacağı öngörülmektedir.

Geleceğe yönelik tüm iklim değişikliği senaryoları, küresel iklim modellerindeki diğer bir deyişle genel dolaşım modellerindeki çeşitli öngörmelere dayanmaktadır. Tez çalışmasında, 14 farklı iklim modelinin “Dördüncü Değerlendirme Raporu

(AR4)” kapsamındaki iklim öngörülerini dikkate alınmıştır. Farklı modellerin yağış, sıcaklık ve bu değerler yardımı ile türetilen akış tahminleri arasındaki farklılıklar ve dolayısıyla bu modellerin belirsizlikleri araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. İklim modellerindeki belirsizlikler araştırmacıların halen üzerinde çalışmakta olduğu güncel bir konudur. Bu çalışmaları organize eden IPCC, 2013-2014 yıllarında yayınlamayı planladığı “Beşinci Değerlendirme Raporu (AR5)” kapsamında, farklı iklim modellerinin tahminleri arasındaki belirsizlikleri irdeleyen çeşitli faaliyetler yürütmektedir. Bu tez çalışması kapsamında önerilen Kombine iklim modelinden söz konusu belirsizliklerin en aza indirilmesinde ve geleceğe yönelik daha tutarlı hidrometeorolojik tahminler üretilmesinde yararlanılabileceği umulmaktadır.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, iklimin kendi doğal değişkenliği açısından Akdeniz ikliminin olağan bir karakteristiği olan yaz mevsimi kuraklığı ile diğer mevsimlerde hava anomalilerinin yağışlarda sebep olduğu rastgele değişkenliklerin ve kurak periyotların, Türkiye’de su kaynakları üzerindeki en büyük baskıyı ortaya koyduğu söylenebilir. Bu bakımdan, iklimdeki olumsuz değişikliklerin, içmesuyu ve tarım havzaları üzerindeki etkilerini giderek şiddetlendirmesi ve Türkiye’nin diğer önemli havzalarında da akış rejimi ve su kaynakları potansiyeli açısından olumsuz etkilere yol açması beklenmektedir. Bunun yanı sıra, kurak dönem uzunluğundaki artışlara bağlı olarak çölleşme, orman yangınları, ekolojik dengelerin bozulması gibi olayların sıklığı, etki alanı ve süresi artabilecek; tarımsal ve kentsel su ihtiyaçları ile ilgili gelecekte ciddi sorunlar doğabilecektir. Bu nedenle, iklim değişikliğinden kaynaklanabilecek sorunlara karşı, ulusal ölçekte planlama yapılması ve bu sorunları en aza indirgeyecek önlemlerin şimdiden alınması gerekmektedir. Tez kapsamında geliştirilen yöntemlerin ve elde edilen sonuçların, iklim değişiminden kaynaklanacak risklerin belirlenmesi, gerekli önlemlerin alınması ve muhtemel etkilerinin yönetilebilmesi için alternatif stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanmasına ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acatay, T. (1996). *Sulama mühendisliği* (1. Baskı). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Vakfı.
- Aksoy, H., Unal, N.E., Alexandrov, V., Dakova, S., ve Yoon, J., (2008). Hydrometeorological analysis of northwestern Turkey with links to climate change. *International Journal of Climatology*, 28(8), 1047-1060.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., ve Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements, *FAO Irrigation and drainage paper* 56. Retrieved November 20, 2011, from http://www.engr.scu.edu/~emaurer/classes/ceng140_watres/handouts/FAO_56_Evapotranspiration.pdf.
- Alley, W.M. (1984). The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, 1100-1109.
- Alley, W.M. (1985). Water balance models in one-month-ahead stream flow forecasting. *Water Resources Research*, 21(4), 597–606.
- Anandhi, A., Srinivas, V. V., Nanjundiah, S. R., ve Kumar, N. D., (2008). Downscaling precipitation to river basin in India for IPCC SRES scenarios using support vector machine. *International Journal of Climatology*, 28, 401-420.
- Annan, J.D., ve Hargreaves, J.C. (2010). Reliability of the CMIP3 ensemble. *Geophysical Research Letters*, 37, doi:10.1029/2009gl041994.
- Apak, G. ve Ubay, B. (Ed.) (2007). *Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı Yayını.

- Arnall, N. W. (1992). Factors controlling the effects of climate change on river flow regimes in a humid temperate environment. *Journal of Hydrology*, 132, 321–342.
- Arnell, N. W. (1998). Climate change and water resources in Britain. *Climatic Change* 39, 83–110.
- Arnell, N. W., Liu, R., Compagnucci, L., da Cunha, K., Hanaki, C., Howe, G., ve ark. (2001). *Hydrology and water resources. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, 191-234.
- Bacanlı, Ü., Özkul, S. ve Baran, T., (2003). Dicle Havzası Botan Çayı örneğinde farklı yöntemlerle biriktirme haznelerinin tasarımı. *I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 389-402.
- Bardossy, A., Bogardi, I., ve Matyasovszky, I. (2005). Fuzzy rule-based downscaling of precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*, 82, 116–119.
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., ve Palutikof, J.P. (Eds.). (2008). *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 210.
- Bayazıt, M. (1997). *Biriktirme haznelerinin tasarımı ve işletilmesi* (1. Baskı). İstanbul: İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Bayazıt, M. (1998). *Hidrolojik modeller* (1. Baskı). İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B. (1985). *Mühendisler için istatistik* (1. Baskı). İstanbul: Birsen Yayın Evi.

- Benestad, R.E., Hanssen-Bauer, I., ve 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(5), 649–655.
- Bergstrom, S., Carlsson, B., ve Gardelin, M. (2001). Climate change impacts on runoff in Sweden—assessments by global climate models, dynamical downscaling and hydrological modeling. *Climate Research*, 16 (2), 101–112.
- Bostan, A. ve Akyürek, Z., (2007). Türkiye'nin yıllık ve mevsimsel ortalama yağış ve sıcaklık değerlerinin trend analizi. V. *Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı* içinde (83-92). Ankara.
- Budyko, M. I. (1958). *The heat balance of the earth's surface*. Trs. Nina. A. Stepanova. U.S. Dept. Of Commerce, Washington.
- Burger, G. (1996). Expanded downscaling for generating local weather scenarios. *Climate Research*, 7, 111-128.
- Burger, G., ve Chen, Y. (2005). Regression-based downscaling of spatial variability for hydrologic applications. *Journal of Hydrology*, 96, 299–317.
- Butts, M.B., Payne, J.T., Kristensen, M., ve Madsen, M. (2004). An evaluation of the impact of model structure and complexity on hydrological modelling uncertainty for streamflow prediction. *Journal of Hydrology*, 298, 242–266.
- Caballero, Y., Voirin-Morel, S., Habets, F., Noilhan, J., LeMoigne, P., Lehenaff, A., ve ark. (2007). Hydrological sensitivity of the Adour-Garonne river basin to climate change. *Water Resources Research*, 43 (7), W07448.
- Canadell, J.G., Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E.T., Ciais, P., ve ark. (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from

- economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (47), 18866-18870.
- Chang, H., Evans, B.M., ve Easterling, D.R., (2001). The effects of climate change on streamflow and nutrient loading. *Journal of American Water Resources Association*, 37, 4, 863–985.
- Chen, D., ve Chen, Y. (2003). Association between winter temperature in China and upper air circulation over East Asia revealed by canonical correlation analysis. *Global and Planetary Change*, 37, 315–325.
- Chen, X., ve Chen, Y.Q. (2001) Downscaling of daily precipitation using a stochastic weather generator. *Journal of Hydraulic Engineering*, 4, 47–52.
- Chen, Y.D., Chen, X., Xu, C-Y., ve Shao, Q. (2006). Downscaling of daily precipitation with a stochastic weather generator for the subtropical region in South China. *Hydrology and Earth System Sciences (Discussion)*, 3, 1145–1183.
- Christensen, J.H., Hewitson, B., ve Busuioc, A. (2007). Regional climate projections. In Solomon S, Qin D, Manning M ve ark. (eds) *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Cigizoglu, H.K., Bayazit, M., ve Onoz, B. (2005). Trends in the maximum mean and low flows of Turkish rivers. *Journal of Hydrometeorology*, 6, 280–290.
- Cigizoglu, H.K., ve Kisi, O. (2005). Flow prediction by three back propagation techniques using k-fold partitioning of neural network training data. *Nordic Hydrology*, 36(1), 49-64.

- Cohen, S.J. (1986). Impacts of CO₂- induced climatic change on water resources in the Great Lakes Basin. *Climatic Change*, 8, 135-153.
- Coker, A.M, Thompson, P.M., Smith, D.I., ve Penning-Rowsell, E.C., (1989). The impact of climate change on coastal zone management in Britain: a preliminary analysis. *In: Conference on climate and water, vol 2*. The Publications of the Academy of Finland, 148-160.
- Coulibaly, P., Anctil, F., ve Bobee, B. (2000). Daily reservoir inflow forecasting using temporal neural networks. *Journal of Hydrology*, 230, 244–257.
- Crane, R.G., ve Hewitson, B.C., (1998). Doubled CO₂ precipitation changes for the Susquehanna basin: downscaling from the GENESIS general circulation model. *International Journal of Climatology*, 18, 65-76.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, (2008). *İklim değişikliği ve yapılan çalışmalar raporu* içinde (9-100). İstanbul.
- Davison, A.C., ve Hinkley, D.V., (1994). *Bootstrap methods and their application* (1th ed.), Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics, Cambridge University Press.
- Demir, İ., Kılıç, G. ve Coşkun, M. (2007). Türkiye ve bölgesi için PRECIS bölgesel iklim modeli çalışmaları. *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiri Kitabı* içinde (252-261). İstanbul.
- Demir, İ., Kılıç, G. ve Coşkun, M. (2008). PRECIS bölgesel iklim modeli ile Türkiye için iklim öngörülleri: HadAMP3 SRES A2 senaryosu, *IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı* içinde (365-373). İstanbul.

- Dibike, Y.B., ve Coulibaly, P. (2005). Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: comparison of downscaling methods and hydrologic models. *Journal of Hydrology*, 307, 145–163.
- Dibike, Y.B., ve Coulibaly, P. (2006). Temporal neural networks for downscaling climate variability and extremes. *Neural Networks*, 19(2), 135–144.
- DiCiccio, T.J., ve Efron, B., (1996). Bootstrap confidence intervals (with discussion). *Statistical Science*, 11, 189–228.
- DiCiccio, T.J., ve Romano, J.P., (1988). A review of bootstrap confidence intervals. *Journal of the Royal Statistical Society*, 50(3), 338-354.
- Dooge, J. C. I. (1977). Problems and methods of rainfall runoff modeling, in: Ciriani, T. A., Maione, U. ve Wallis, J. R. (Eds.), *Mathematical Models for Surface Water Hydrology*, Wiley, New York, 71–108.
- DSI, IZSU, DOLSAR (2009). *İzmir içme suyu uygulama projelerinin hazırlanması işi*. İzmir.
- Efron, B. (1979a). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Annals of Statistics*, 7, 1-26.
- Efron, B. (1979b). Computers and the theory of statistics: thinking the unthinkable. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 21, 460-480.
- Efron, B. (1981). Nonparametric estimates of standard error: the jackknife, the bootstrap, and other resampling methods. *Biometrika*, 68, 589-599.
- Efron, B. (1992). Jackknife-after-bootstrap standard errors and influence functions (discussion included). *Journal of the Royal Statistical Society*, 54(1), 83-111.

- Efron, B. ve Tibshirani, R.J. (1986). Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals and other measures of statistic accuracy. *Statistical Science*, 1(1), 54-77.
- Efron, B. ve Tibshirani, R.J. (1993). *An introduction to the bootstrap*, Chapman ve Hall, Inc., New York.
- Elci, A., Karadas, D., ve Fistikoglu, O. (2010). The combined use of Modflow and precipitation-runoff modeling to simulate groundwater flow in a diffuse-pollution prone watershed. *Water Science & Technology*, 62 (1), 180-188.
- Elmas, Ç. (2003). *Yapay Sinir Ağları: Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama* (1. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Erinç, S. (1965). *Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis* (1. Baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları.
- Faulkner, D.S., ve Jones, D.A. (1999). The FORGEX method of rainfall growth estimation III: Examples and confidence intervals, *Hydrology and Earth System Sciences*, 3(2), 205-212.
- Fıstıkoğlu, O. ve Harmancıoğlu, N. (2001). Yukarı Gediz havzasında aylık su bütçesi modeli uygulaması. *III. Ulusal Hidroloji Kongresi Kitabı* içinde (269-278). SUMER, İzmir.
- Fıstıkoğlu, O., (1999). Hidrolojik modeller. *Türkiye İnşaat Mühendisliği 15. Teknik Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı* içinde (799-809). Ankara.
- Fıstıkoğlu, O. ve Okkan, U. (2010). Tahtalı havzası için aylık su bütçesi. *VI. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı* içinde (546-554). Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

- Fistikoglu, O. (2002). Development of integrated tools for river basin management. Ph.D. Thesis, Dokuz Eylul University, *Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Izmir, Turkey.
- Fistikoglu, O. ve Harmancioglu, N. (2002). Development of a cell-based parsimonious catchment model integrated assessment and decision support. Proceedings of the First Biennial Meeting of the IEMS, Lugano.
- Fistikoglu, O. ve 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), 157-164.
- Fowler, H.J., Ekström, M., Kilsby, C.G., ve Jones, P.D. (2005). New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations. 1. Assessment of control climate. *Journal of Hydrology*, 300, 212–233.
- Fowler, H.J., ve Kilsby, C.G. (2007). Using regional climate model data to simulate historical and future river flows in northwest England. *Climatic Change*, 80 (3-4), 337-367.
- Frei, C., Christensen, J.H., D'equ'e M, Jacob D, Jones, R.G, ve Vidale, P.L. (2003). Daily precipitation statistics in regional climate models: evaluation and intercomparison for the European Alps. *Journal of Geophysical Research* 108(D3), 4124, DOI: 10.1029/2002JD002287.
- Frei, C., Scholl, R., Fukutome, S., Schmidli, J., ve Vidale, P.L., (2006). Future change of precipitation extremes in Europe: an intercomparison of scenarios from regional climate models. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*. 111, D06105, DOI: 10.1029/2005JD005965.

- Gabos, A., ve Gasparri, L. (1983). Monthly runoff model for regional planning, *Water International*. 8, 42–45.
- Gan, T.Y., Dlamini, E.M., ve Biftu, G.F. (1997). Effects of model complexity and structure, data quality and objective function on hydrologic modeling. *Journal of Hydrology*. 32, 3513-3524.
- Gardner, M.W., ve Dorling, S.R. (1998). Artificial neural networks (the multi layer perceptron)-A review of applications in the atmospheric sciences. *Atmospheric Environment* 32, 2627–2636.
- Gedney, N., Cox, P.M., Betts, R.A., Boucher, O., Huntingford, C. ve Stott, P.A. (2006). Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature*, 439, 7078, 835–838.
- Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E., ve Goodess, C.M. (2009). Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. *Global and Planetary Change*, 68 (3), 209-224.
- Gibbs, W., ve Maher, J.V. (1967). Rainfall deciles as drought indicators. *Bureau of Meteorology Bulletin*, Commonwealth of Australia, Melbourne.
- Gleckler, P.J., Taylor, K.E., ve Doutriaux, C. (2008). Performance metrics for climate models. *Journal of Geophysical Research*, 113, D06104, doi:10.1029/2007JD008972.
- Gleick, P.H. (1987). The development and testing of a water balance model for climate impacts assessment: modeling the Sacramento Basin. *Water Resources Research*, 23(6), 1049-1061.

- Gleick, P.H. (1986). Methods for evaluating the regional hydrologic impacts of global climatic changes. *Journal of Hydrology*, 88, 97–116.
- Goudie, A.S., (2006). *The human impact on the natural environment: past, present, and future* (6th ed.). John Wiley & Sons, UK.
- Gould, B.W. (1961). Statistical methods for estimating the design capacity of dams. *Jour. Inst. Eng. Australia*, 33, 405-416.
- Graham, L.P. (2004). Climate change effects on river flow to the Baltic Sea. *Ambio*, 33 (4–5), 235-241.
- Graham, L.P., Hagemann, S., Jaun, S., ve Beniston, M., (2007). On interpreting hydrological change from regional climate models. *Climatic Change*, 81, 97–122.
- Haan, C.T. (2002). *Statistical Methods in Hydrology* (2nd. ed.). John Wiley & Sons, UK.
- Hagan, M.T. ve Menhaj, M.B. (1994). Training feed forward techniques with the Marquardt algorithm. *IEEE Trans. Neural Networks*, 5(6), 989-993.
- Halden, E. ve Özkul, S. (2004). Kritik dönem yöntemleri ile hazne hacminin belirlenmesi. *DEU Mühendislik Dergisi*, 6, 99-113.
- Hall, P. (1988). Theoretical comparison of bootstrap confidence intervals. *Annals of Statistics*, 16(3), 927-953.
- Hall, P. (1993). On edgeworth expansion and the bootstrap confidence bands in nonparametric curve estimation. *Journal of Royal Statistical Society*, 55(1), 291-304.

- Ham, F. ve Kostanic, I. (2001). *Principles of neurocomputing for science and engineering* (1th ed.). USA: Macgraw-Hill.
- Hamlet, A.F. ve Lettenmaier, D.P. (1999) Effects of climate change on hydrology and water resources in the columbia river basin. *Journal of the American Water Resources Association*, 35(6), 1597-1623.
- Harvey, R. L. (1994). *Neural network principles* (1th ed.). New Jersey: *Prentice-Hall Inc.*
- Haykin, S. (1994). *Neural networks: a comprehensive foundation* (1th ed.). New York: McMillan.
- Hirsch, R. M., Slack, J. R. ve Smith, R. A., (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, 18 (1), 107-121.
- Holt, C.P. ve Jones, A.A. (1996). Equilibrium and transient global warming scenario implications for water resources in Wales. *Water Resources Bulletin*, 32, 711-722.
- Houghton, J.T., Ding, Y. ve Griggs, D.J. (2001). *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. New York: Cambridge University Press.
- Hu, T.S., Lam, K.C., ve Ng, S.T., (2001). River flow time series prediction with a range-dependent neural network. *Hydrological Sciences Journal*, 46 (5), 729–745.
- Huang, J., Zhang, J., Zhang, Z., Xu, C.Y., Wang, B., ve Yao, J. (2011). Estimation of future precipitation change in the Yangtze River basin by using statistical downscaling method. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25, 781–792.

- IPCC. (2001a). *Climate Change 2001: The Scientific Basic - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (edited by Houghton, J. T. ve ark.). Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2001b). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (edited by McCarthy, J. J. ve ark.). Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The scientific basic. contribution of working group i to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Summary for policy makers.*
- Johnston, P., ve Pilgrim, D (1976). Parameter optimization for watershed models. *Water Resources Research*, 12, 477-486.
- Jones, J.A.A., Liu, C.M., Woo, M.K., ve Kung, H. T. (1996). Regional hydrological response to climate change. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, The Netherlands.
- Jones, J.A.A. (1999). Climate change and sustainable water resources: placing the threat of global warming in perspective. *Hydrological Sciences Journal*, 44(4), 541–557.
- Kahya, E. ve Kalayci, S.,(2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289, 128–144.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., ve ark.. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437–471.

- Karamouz, M., Fallahi, M., Nazif, S., ve Farahani, M.R. (2009). Long lead rainfall prediction using statistical downscaling and artificial neural network modeling. *Scientia Iranica (Transaction A: Civil Engineering)*, 16(2), 165-172.
- Kaser, G., Juen, I., Georges, C., Gomez, J., ve Tamayo, W., (2003). The impact of glaciers on the runoff and the reconstruction of mass balance history from hydrological data in the tropical Cordillera Blanca, Peru. *Journal of Hydrology*, 282, 130–144.
- Katz, R.W., (1996). Use of conditional stochastic models to generate climate change scenarios. *Climatic Change*, 32, 237-255.
- Katz, R.W., ve Parlange, M.B., (1998). Overdispersion phenomenon in stochastic modeling of precipitation. *Journal of Climate*, 11, 591-601.
- Khan, M.S., Coulibaly, P., ve Dibike, Y. (2006). Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. *Journal of Hydrology*, 319, 357–382.
- Kisi, O. (2004). Multi-layer perceptrons with Levenberg-Marquardt training algorithm for suspended sediment concentration prediction and estimation. *Hydrological Sciences Journal*, 49(6), 1025-1040.
- Knutti, R. (2008). Should we believe model predictions of future climate change? *Philosophical Transactions of Royal Society A*, 366, 4647-4664.
- Knutti, R., Furrer, R., Tebaldi, C., Cermak, J. ve Meehl, G. A. (2010a). Challenges in combining projections from multiple models. *Journal of Climate*, 23, 2739-2756.
- Knutti, R., Abramowitz, G., Collins, M., Eyring, V., Gleckler, P.J., Hewitson, B. ve ark., (2010b). Good practice guidance paper on assessing and combining multi model climate projections. *Meeting Report of the Intergovernmental Panel on*

- Climate Change Expert Meeting on Assessing and Combining Multi Model Climate Projections* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern, Bern, Switzerland.
- Kottegoda, N.T. (1980). *Stochastic water resources technology* (1th ed.). London: the McMillan Press.
- Köppen, W. (1918). Klassifikation der klimate nach temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. *Petermanns Mitt.*, 64, 193-203.
- Krepper, C.M., Garcia, N.O., ve Jones, P.D., (2003). Interannual variability in the Uruguay river basin. *International Journal of Climatology*, 23 (1), 103–115.
- Kuczera, G. (1982). On the relationship between the reliability of parameter estimates and hydrologic time series data used in calibration. *Water Resources Research*, 18(1), 146–154.
- Labat, D., Godd ris, Y., Probst, J. L., ve Guyot, J. L. (2004). Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources*, 27(6), 631-642.
- Lall, U., ve Sharma, A. (1996). A nearest neighbor bootstrap for resampling hydrologic time series. *Water Resources Research*, 32(3), 679-693.
- Landman, W.A., Mason, S.J., Tyson, P.D., ve Tennant, W.J., (2001). Statistical downscaling of GCM simulations to streamflow. *Journal of Hydrology*, 252 (1–4), 221–236.
- Lawler, D.M., McGregor, G.R., ve Phillips, I.D., (2003). Influence of atmospheric circulation changes and regional climate variability on river flow and suspended sediment fluxes in southern Iceland. *Hydrological Processes* 17 (16), 3195–3223.

- Leavesley G.H. (1994). Modeling the effects of climate change on water resources—a review. *Climatic Change*, 28, 159–177.
- Lehner, B., Henrichs, T., Döll, P., ve Alcamo, J. eds. (2001). *EuroWasser – Model-based assessment of European water resources and hydrology in the face of global change*. *Kassel World Water Series*, 5, 124 pp. Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany.
- Lettenmaier D.P., ve Gan, T.Y. (1991). Hydrologic sensitivities of the Sacramento-San Joaquin River Basin, California, to global warming. *Water Resources Research*, 26, 69-86.
- Lettenmaier, D.P., Wood, A.W., Palmer, R.N., Wood, E.F., ve Stakhiv, E.Z. (1999). Water resources implications of global warming: A U.S. regional perspective. *Climatic Change*, 43, 537-579.
- Leung, R.L., Mearns, L.O., Giorgi, F., ve Wilby, R.L. (2003). Regional climate research: Needs and opportunities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84, 89–95.
- Liao, Y.M., Zhang, Q., ve Chen, D.L. (2004). Precipitation simulation in China with a weather generator. *Acta Geographica Sinica*, 59(5), 689–698.
- Lindstrom, G., ve Bergstrom, S. (2004). Runoff trends in Sweden 1807–2002. *Hydrological Sciences Journal*, 49 (1), 69–83.
- Lorenz, E.N. (1969). Atmospheric predictability as revealed by naturally occurring analogues. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 26, 636-646.
- Lunneborg, C. (2000). *Data analysis by resampling* (1th ed.). USA: Duxbury Press.

- Maheras, P., Tolika, K., Anagnostopoulou, C., Vafiadis, M., Patrikas, I., ve Flocas, H. (2004). On the relationships between circulation types and changes in rainfall variability in Greece. *International Journal of Climatology*, 24, 1695–1712.
- Makhlouf, Z., ve Michel, C., (1994). A two-parameter monthly water balance model for French watersheds. *Journal of Hydrology*, 162, 299–318.
- Mann, H.B., ve Whitney, D.R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 18, 50-60.
- Marquardt, D., (1963). An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 11 (2), 431–441.
- McCuen, R. (1973). The role of sensitivity analysis in hydrologic modelling. *Journal of Hydrology*, 18, 37-53.
- McMahon, T. A., ve Mein R.G. (1986). *River and Reservoir Yield* (1th ed.). Australia: Water Resources Publ.
- McMullen C.P., ve Jabbour, J., (2009). *Climate Change Science Compendium 2009*. United Nations Environment Programme, Nairobi, EarthPrint.
- McKee, T.B., Doesken, N. J., ve Kliest, J., (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*, American Meteorological Society, 179-184.
- Mearns. L.O., Bogardi, I., Giorgi, F., Matyasovszky,I., ve Palecki, M. (1999). Comparison of climate change scenarios generated from regional climate model experiments and statistical downscaling. *Journal of Geophysical Research*, 104, 6603-6621.

- Middelkoop, H., Daamen, K., ve Gellens, D. (2001). Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine Basin. *Climatic Change*, 49,1-2, 105-128.
- Milly P.C.D., Dunne, K.A., ve Vecchia, A.V. (2005). Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, 438, 7066, 347–350.
- Mimikou, M.A., Baltas, E., Varanou, E., ve Pantazis, K. (2000). Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators. *Journal of Hydrology*, 234, 95–109.
- Molnár, P., ve Ramírez, J.A. (2001). Recent trends in precipitation and streamflow in the Rio Puerco Basin. *Journal of Climate*, 14 (10), 2317–2328.
- Mooney, C.Z., ve Duvall, R.D.(1993). Bootstrapping A Nonparametric Approach to Statistical Inference, *Sage University Publ.*
- Moran, P.A.P. (1955). A probability theory of dam and storage systems: modifications of the release rules. *Australian Journal of Applied Science*, 6,117.
- Moran, P.A.P. (1959). *The theory of storage*, Great Britain: Butler & Taner Ltd.
- Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., ve Veith, T.L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 50, 885–900.
- Morrison, J., Quick, M.C., ve Foreman, M.G.G. (2002). Climate change in the Fraser River watershed: flow and temperature projections. *Journal of Hydrology*, 263, 230-244.

- Mouelhi, S., Michel, C., Perrin, C., ve Andreassian, V. (2006). Stepwise development of a two-parameter monthly water balance model. *Journal of Hydrology*, 318, 200–214.
- Murphy, J.M. (1999). An evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate. *Journal of Climate*, 12, 2256-2284.
- Najafi, M.R., Moradkhani, H., ve Wherry, S.A. (2011). Statistical downscaling of precipitation using machine learning with optimal predictor selection. *Journal of Hydrologic Engineering*, 16(8), 650-664.
- Nakicenovic, N., ve Swart, R. (2000). Special report on emissions scenarios, IPCC.
- Nash, J.E, ve Sutcliffe, I.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models. *Journal of Hydrology*, 273, 282-290.
- Nayak, P.C., Sudheer, K.P., Rangan, D.M., ve Ramasastri, K.S. (2005). Short-term flood forecasting with a neurofuzzy model. *Water Resources Research*, 41, W04004. DOI: 10.1029/2004WR003562.
- Okkan, U. (2009). Aylık yağış ve sıcaklık değişimlerinin izmir içmesuyu havzalarının akımlarına etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Okkan, U. (2011). Application of Levenberg-Marquardt optimization algorithm based multilayer neural networks for hydrological time series modeling. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications*, 1(1), 53-63.
- Okkan, U. ve Fistikoglu, O. (2012). Downscaling of precipitation to Tahtali watershed in Turkey for climate change scenarios, *10th International Congress on Advances in Civil Engineering* .

- Okkan, U., Bilgin, Ş., ve İrtem, E. (2012). Aktif Baraj Hazne Hacminin Farklı Tasarım Yöntemleriyle İrdelenmesi: Demirköprü Barajı Örneği. *Uluslararası Katılımlı III. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu*, 271-281.
- Orlowsky, B., Bothe, O., Fraedrich, K., Gerstengarbe, F-W., ve Zhu, X. (2010). Future climates from bias-bootstrapped weather analogs: An application to the Yangtze river basin. *Journal of Climate*, 23, 3509–3524.
- Ozkul, S. (2009). Assessment of climate change effects in Aegean river basins: the case of Gediz and Buyuk Menderes Basins. *Climatic Change*, 97, 253–283.
- Özkul, S. (2010). Çağlayan barajı aktif hazne hacminin olasılık matris yöntemleriyle irdelenmesi. *DSİ Teknik Bülten*. 107, 27-38.
- Öztemel, E. (2003). *Yapay sinir ağları* (1. Baskı). İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Palutikof, J.P., Goodess, C.M., Watkins, S.J., ve Holt, T. (2002). Generating rainfall and temperature scenarios at multiple sites, examples from the Mediterranean. *Journal of Climate*, 15, 3529-3548.
- Parry, M., Arnell, N., Fisher, G., Iglesias, A., Kovats, S., Livermore, M., ve ark. (2001) Millions at risk: defining critical climate change threats and targets. *Global Environmental Change*, 11, 181-183.
- Partal, T., ve Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*. 20, 2011–2026.
- Perrin, C., Michel, C., ve Andreassian, V. (2001). Does a large number of parameters enhance model performance? Comparative assessment of common catchment model structures on 429 catchments. *Journal of Hydrology*. 242, 275-301.

- Perrin, C., Michel, C., ve Andreassian, V. (2003). Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *Journal of Hydrology* 279, 275–289.
- Peterson, I. (1991). Pick a sample. *Science News*, 140, 56-57.
- Pfeffer, W.T. (2007). A simple mechanism for irreversible tidewater glacier retreat. *Journal of Geophysical Research (Earth Surface)* 112, F3.
- Phillips, I.D., McGregor, G.R., Wilson, C.J., Bower, D., ve Hannah, D.M. (2003). Regional climate and atmospheric circulation controls on the discharge of two British rivers, 1974–1997. *Theoretical and Applied Climatology*, 76 (3), 141–164.
- Prudhomme, C., Reynard, N., ve Crooks, S., (2002). Downscaling of global climate models for flood frequency analysis: where are we now?. *Hydrological Processes*, 16 (6), 1137–1150.
- Quenouille, M. (1949). Approximation tests of correlation in time series. *Journal of the Royal Statistical Society*, 11(1), 68-84.
- Raupach, M.R., Marland, G., Ciais, P., Le Quéré, C., Canadell, J.G., Klepper, G., ve ark.(2007). Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (24), 10288-10293.
- Reichler, T., ve Kim, J. (2008) How well do coupled models simulate today's climate? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89, 303-311.
- Rong, Y.S., Wang, W., Wang, P., ve Wei, L.S. (2010) Downscaling extreme precipitation in Dongjiang river basin of China based on SDSM. Sciencepaper online in China.
- Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., ve Williams, R.J. (1986). Learning representations by backpropagation errors. *Nature*, 323, 533-536.

- Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V., ve Lane, W.L., (1980). *Applied Modeling of Hydrologic Time Series* (1th ed.). Water Resources Publications, Colorado, USA.
- Salathe, 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), 887–901.
- Schaake, J. C., ve Liu, C. (1989). Development and application of simple water balance models to understand the relationship between climate and water resources. *Proceedings of the Baltimore Symposium, IAHS*, 181, 343-352.
- Schmidli, J., Christoph, F., ve Pier, L.V. (2006). Downscaling from GCM precipitation: a benchmark for dynamical and statistical downscaling methods. *International Journal of Climatology*, 26(5), 679–689.
- Schoof, J.T., Pryor, S.C., ve Robeson S.M. (2007). Downscaling daily maximum and minimum temperatures in the midwestern USA: a hybrid empirical approach. *International Journal of Climatology*, 27 (4), 439–454.
- Sene, K.J., Tate, E.L., ve Farquharson, F.A.K. (2001). Sensitivity studies of the impacts of climate change on White Nile flows. *Climatic Change*, 50 (1-2), 177-208.
- Sırdaş, S. (2002). Meteorolojik kuraklık modellenmesi ve Türkiye uygulaması. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Singh, V.P., ve Frevert, D.K. (2002). Mathematical models of small watershed hydrology. Water Resources Publications, Colorado, USA.
- Skapura, D. M. (1996). *Building Neural Networks* (1th ed.). New York: Addison-Wesley.

- Smith, J.B., Schneider, S.H., Oppenheimer, M., Yohe, G.W., Haref, W., Mastrandrea, M.D. ve ark. (2009). Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) “reasons for concern”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 4133–4137.
- Smith, D.I., Hutchinson, M.F., ve McArthur, R.J. (1993). Australian climatic and agricultural drought: payments and policy. *Drought Network News*, 5(3), 11-12.
- Stedinger, J. (1983) Confidence intervals for design events. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109, 13-27.
- Struglia, M.V., Mariotti, A., ve Filogrosso, A., (2004). River discharge into the mediterranean sea: climatology and aspects of the observed variability. *Journal of Climate*, 17 (24), 4740–4751.
- Şen, Z. (1998). Probabilistic formulation of spatio-temporal drought pattern. *Theoretical and Applied Climatology*, 61, 197-206.
- Şen, Z. (2009). *Kuraklık, afet ve modern hesaplama yöntemleri* (1. Baskı). İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Tatlı, H, Dalfes, N.H. ve Menteş, S.Ş. (2006). Yeni istatistiksel ölçek küçültme yöntemleri ve Türkiye için uygulamalar. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 5, 269-280.
- Tatlı, H., Dalfes, H.N., ve Menten, S. (2004). A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey. *International Journal of Climatology*, 24(2), 161–180.
- Tatlı, H., Dalfes, H.N., ve Menten, S. (2005). Surface air temperature variability over Turkey and its connection to large-scale upper air circulation via multivariate techniques. *International Journal of Climatology*, 25, 161–180.

- Tayfur, G. (2012). *Soft computing methods in water resources engineering* (1th ed.). WIT Press: Southampton, UK.
- Tercan, A.E. (2002). Global rezerv kestirimine ilişkin güven aralıklarının uzaklık bağımlı bootstrap yöntemi ile belirlenmesi, *Madencilik*, 41(3), 35-42.
- Thornthwaite, G.W., (1948). An Approach Toward A Rational Classification of Climate, *Geographical Review*, 38, 55-94.
- Thornthwaite, G.W., ve Mather, J. R. (1955). The Water Balance. *Drexel Inst. Technol. Publication in Climatology, Laboratory of Climatology*, 7(1).
- Thornthwaite, G.W., ve Mather, J.R. (1957). Instructions and tables for computing the potential evapotranspiration and the water balance. *Drexel Inst. Technol. Publication in Climatology Laboratory of Climatology*, 10(3), 185-311.
- Thorsten, W., ve Gupta, V.H. (2005). Model identification for hydrological forecasting under uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 19, 378–387.
- Timbal, B., Dufour, A., ve McAvaney, A. (2003). An estimate of future climate change for western France using a statistical downscaling technique. *Climate Dynamics*, 20, 807–823.
- Tolika, K., Maheras, P., Flocas, H.A., ve Papadimitriou, A.A. (2006). An evaluation of a general circulation model (GCM) and the NCEP–NCAR reanalysis data for winter precipitation in Greece. *International Journal of Climatology*, 26, 1376–1385.
- Topaloglu, F. (2006). Regional trend detection of Turkish river flows. *Nordic Hydrology*, 37, 2, 165-182.

- Tripathi, S., Srinivas, V.V., ve Nanjundiah, R.S. (2006). Downscaling of precipitation for climate change scenarios: a support vector machine approach. *Journal of Hydrology*, 330 (3-4), 621-640.
- Turkes, M., (2002). *Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey*. In: Bolle H-J (ed) *Mediterranean climate variability and trends, regional climate studies*. Springer, Heidelberg, 181–213.
- Turkes, M., ve Erlat, E. (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 45-69.
- Turkes, M., ve Erlat, E. (2009). Winter mean temperature variability in Turkey associated with the North Atlantic Oscillation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 105, 211–225.
- Turkes, M., Sumer, U., ve Kilic, G. (1995). Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability. *International Journal of Climatology*, 15, 557–569.
- Turkes, M., ve Sumer, U. M. (2004). Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 77, 195-227.
- Turkes, M., ve Tatli, H. (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29, 2270–2282.
- Türkeş, M. (1996a). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.

- Türkeş, M. (1996b). Meteorological drought in Turkey: A historical perspective, 1930-1993. *Drought Network News, University of Nebraska*, 8, 17-21.
- Türkeş, M. (2000). Küresel ısınma: yeni rekorlara doğru. *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, 673, 20-21.
- Türkeş, M. (2008a). Gözlenen iklim değişiklikleri ve kuraklık: Nedenleri ve geleceği. *Toplum ve Hekim*, 23, 97-107.
- Türkeş, M. (2008b). İnsanın küresel iklim üzerindeki etkileri, gözlenen ve öngörülen iklim değişkenliği ve değişiklikleri ile sonuçları. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (Ed., Ünal Akkemik), 19-30. Türkiye Ormancılar Derneği Marmara Şubesi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 13-14 Aralık 2007, Bahçeköy –İstanbul.
- UN/FCCC. (1996). Ministerial Declaration, United Nations Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, Second Session. Geneva.
- Unal, Y., Kindap, T., ve Karaca, M. (2003). Redefining climate zones for Turkey using cluster analysis. *International Journal of Climatology*, 23, 1045-1055.
- Viner, D. (2009). Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK. Retrieved May 21, 2009, from http://www.cccsn.ca/Help_and_Contact/Downscaling_html_m5385e5b8.jpg
- von Storch, H., Zorita E., ve Cubasch, U. (1993). Downscaling of global climate change estimates to regional scales: An application to Iberian rainfall in wintertime. *Journal of Climate*, 6 , 1161-1171.
- Waite, F.W.F. (1945). Studies of droughts in the Sydney catchment areas. *Journal of the Institution of Engineers, Australia*, 17 (4-5), 90-97.

- Wang Y.Q., Leung L.R., McGregor J.L., Lee D.K., Wang W.C., Ding Y.H., ve ark. (2004). Regional climate modeling: progress, challenges, and prospects. *Journal of the Meteorological society of Japan*, 82, 1599–1628.
- Wetterhall, F., Halldin, S., ve Xu, C-Y. (2005). Statistical precipitation downscaling in central Sweden with the analogue method. *Journal of Hydrology*, 306, 136–174.
- White, D.H., ve O’Meagher, B. (1995). Coping with exceptional droughts in Australia. *Drought Network News*, 7(2), 13-17.
- Wilby, R. L. (1994). Stochastic weather type simulations for regional climate change impact assessment. *Water Resources Research*, 30, 3395-3403.
- Wilby, R.L., Hay, L.E., ve Leavesley, G.H. (1999). A comparison of downscaled and raw GCM output: implications for climate change scenarios in the San Juan River basin, Colorado. *Journal of Hydrology* 225 (1–2), 67–91.
- Wilby, R.L., Dawson, C.W., ve Barrow, E.M. (2002). SDSM – a decision support tool for the assessment of climate change impacts. *Environmental Modeling & Software*, 17, 147–159.
- Wilby, R.L., Tomlinson, O.J., ve Dawson C.W. (2003). Multi-site simulation of precipitation by conditional resampling. *Climate Research*, 23, 183-194.
- Wilks, D. S., ve Wilby, R. L. (1999). The weather generation name: A review of stochastic weather models. *Progress in Physical Geography*, 23, 329-357.
- Wit, M. J. M., van den Hurk, B., Warmerdam, P. M. M., Torfs, P. J. J. F., Roulin, E., ve van Deursen, W. P. A. (2007). Impact of climate change on low-flows in the river Meuse. *Climatic Change*, 82, 351–372.

- WMO. (1998). WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1997, *WMO-No. 877, World Meteorological Organization*, Geneva.
- WMO. (1999). WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1998, *WMO-No. 896, World Meteorological Organization*, Geneva.
- Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, J.F., Luterbacher, J., ve Wanner, H. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of largescale dynamics and trends. *Climate Dynamics*, 23, 63–78.
- Xu, C-Y, ve Singh, V.P. (1986). A review on monthly water balance models for water resources investigations. *Water Resources Management*, 12, 31-50.
- Xu, C-Y. (1999). From GCMs to river flow: a review of downscaling methods and hydrologic modelling approaches. *Progress in Physical Geography*, 23(2), 229–249.
- Xu, C-Y. (2000). Modelling the effects of climate change on water resources in central Sweden. *Water Resources Management*, 14, 177–189.
- Xu, C-Y., ve Vandewiele, G. L. (1995). Parsimonious monthly rainfallrunoff models for humid basins with different input requirements. *Advances in Water Resources*, 18, 39–48.
- Ye, H., Yang, D., Zhang, T., Zhang, X., Ladochy, S., ve Ellison, M. (2004). The impact of climatic conditions on seasonal river discharges in Siberia. *Journal of Hydrometeorology*, 5 (2), 286–295.
- Yevjevich, V. (1972). *Probability and statistics in hydrology* (1th ed.). Water Resources Publications, Colorado, USA.

- Yu, Y.S., Zou, S., ve Whittemore, D. (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150, 61-80.
- Yue, S., ve Pilon, P. (2004). A comparison of the power of the t test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection. *Hydrological Sciences Journal*, 49(1), 21-37.
- Yue, S., Pilon, P., ve Cavadias, G. (2002). Power of the Mann-Kendall and Spearman's Rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 259 (1), 254-271.
- Zucchini, W., ve Adamson, P.T. (1989). Bootstrap confidence intervals for design storms from exceedance series. *Hydrological Sciences Journal*, 34(1), 41-48.