

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Burak ŒEN

DOKTORA TEZİ

**BÖLGESEL İKLİM MODELLERİ KULLANILARAK ÇUKUROVA
YÖRESİ'NDE İKLİM DEĞİŒİKLİĞİNİN 1. VE 2. ÜRÜN MİSİR VERİMİNE
OLASI ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2009

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÖLGESEL İKLİM MODELLERİ KULLANILARAK ÇUKUROVA
YÖRESİ'NDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN 1. VE 2. ÜRÜN MISIR
VERİMİNE OLASI ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

BURAK ŞEN
DOKTORA TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**Bu Tez 13/03/2009 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.**

İmza..... Prof. Dr. Sevilay TOPÇU DANIŞMAN	İmza..... Prof. Dr. Rıza KANBER ÜYE	İmza..... Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ ÜYE
İmza..... Prof. Ahmet Can ÜLGER ÜYE	İmza..... Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN ÜYE	

Bu tez, Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Kod No

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

**Bu Çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından
Desteklenmiştir.**

Proje No: ZF2006D2

• Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
DOKTORA TEZİ

**BÖLGESEL İKLİM MODELLERİ KULLANILARAK ÇUKUROVA YÖRESİ'NDE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN 1. VE 2. ÜRÜN MISIR VERİMİNE OLASI
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

BURAK ŞEN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

Danışman: Prof. Dr. Sevilay TOPÇU

Yıl: 2009 Sayfa: 308

Jüri: Prof. Dr. Sevilay TOPÇU

: Prof. Dr. Rıza KANBER

: Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ

: Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER

: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Çukurova Yöresi ülke ekonomisine önemli katkı yapan başlıca tarımsal üretim bölgelerinden biridir. Kuraklık, sel gibi ekstrem hava olaylarının yanı sıra iklim değişikliği nedeniyle daha az ve şiddetli yağışların artan sıcaklıkla birleşmesi tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada bölgesel iklim modeli RegCM kullanılarak Çukurova Yöresi'nde 2071-2100 yılları arasındaki iklimi kestirmek ve iklim değişikliğinin 1. ve 2. ürün mısır verimine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada RegCM modelinin Türkiye için kullanılabilirliği çeşitli test ve doğrulama çalışmalarıyla denenmiş ve modelin referans dönemi için ortalama, ortalama maksimum, ortalama minimum, maksimum, minimum sıcaklıkları sırasıyla 2.8 ile -4.3, 9.2 ile -7.5, 14.6 ile -4.3, 8 ile -8.3, 14.3 ile -5.4 (°C) arasında değişen aralıklarda farklı benzeştirdiği gözlenmiştir. Yağış benzeşim sonuçlarının tutarlılığının topoğrafik yapıyla yakından ilgili olduğu belirlenmiştir. Gelecek dönemlere ilişkin yapılan kestirimler sonucunda günümüz koşullarına göre ortalama, ortalama maksimum, yıllık maksimum, ortalama minimum, yıllık minimum sıcaklıklarda sırasıyla 3.0 – 4.5, 2.9 - 4.7, 3.1 – 6.2, 3.0 – 4.5, 3.3 – 8.5 (°C) arasında değişen artışlar öngörülmüştür. Araştırmada iklim değişikliğinin yöredeki başat ürünlerden mısır verimine olan etkilerini belirlemek amacıyla WOFOST bitki büyüme modeli kullanılmış ve modelin uyumluluğu duyarlılık ve ayarlama testleriyle irdelenmiştir. WOFOST bitki büyüme modeli ile kestirilen 1. ve 2. ürün mısır dane verimleri gözlenenlerden sırasıyla % 4.5 ve % -5.0 farklılık göstermiştir. Gelecekte uygulanabilecek değişik kısıntılı sulama uygulamalarının mısır bitkisinin gelişimi ve verimine olası etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda Çukurova Yöresi'nde sulama suyunun kısıtlı olması durumunda 1. ve 2. ürün mısır veriminde % 58 ve % 43.4 oranlarında azalma öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *RegCM, WOFOST, bölgesel iklim modeli, bitki büyüme modeli, mısır verimi,*

ABSTRACT
PhD THESIS

**ASSESSING THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON 1st AND 2nd CROP
CORN YIELDS IN THE ÇUKUROVA DISTRICT USING REGIONAL
CLIMATE MODELS**

BURAK ŞEN

**DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor: Prof. Dr. Sevilay TOPÇU

Yıl: 2009 Sayfa: 308

Jury: Prof. Dr. Sevilay TOPÇU

: Prof. Dr. Rıza KANBER

: Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ

: Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER

: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Çukurova region is one of the major agricultural production regions in Turkey. In addition to extreme weather conditions, such as drought and flood, lower and/or severe rainfall along with increased temperature due to global climate change affects agricultural production. The aim of this study is to predict the climate of Çukurova Region for the period between 2071 and 2100 and determine the effects of climate change on the first and second crop corn yields, using the regional climate model, RegCM. Model applicability was tested by means of some test studies and verification processes. The RegCM model predicts mean maximum, mean minimum, maximum, and minimum temperatures with deviations ranging from 2.8 to -4.3, 9.2 to -7.5, 14.6 to -4.3, 8 to -8.3 and 14.3 to -5.4 °C respectively compared to the observations for the reference period. Thus, RegCM has been found to be appropriate for climate change predictions in the Cukurova District. The results of rainfall simulation were closely related to topography. The mean, mean maximum, yearly maximum, mean minimum and yearly minimum temperatures may experience some increases ranging from 3.0 to 4.5, 2.9 to 4.7, 3.1 to 6.2, 3.0 to 4.5, and 3.3 to 8.5 (°C) in the future period compared with the current conditions. The plant growth model WOFOST was used to determine the effect of climate change on the growth and yield of the first and second crop corn. WOFOST simulated the yield with 4.5% and -5.0% accuracy for 1st and 2nd crop corn, respectively. However in future water shortage conditions, first and second crop corn yields are expected to decrease by 58% and 43.4%, , respectively, compared to the present.

Keywords: *RegCM, WOFOST, regional climate model, plant growth model, maize yield,*

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçilmesinde ve yürütülmesinde beni yönlendiren ve çalışmanın her aşamasında yakın ilgi ve büyük desteğini gördüğüm danışmanım Sayın Prof. Dr. Sevilay TOPÇU'ya en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Değerli eleştirileri ve bilimsel katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ'e, tez izleme komitesinde yer alıp tezin yürütülmesi esnasındaki değerli katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Rıza KANBER'e, iklim modeli çalıştırması aşamasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım DMİ Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü'ndeki mesai arkadaşlarım Fatih KOCAMAN, Emin Galip KANIT ve Tayfun DALKILIÇ'a, tezin yazım aşamasındaki yardımlarından dolayı kardeşim Bora ŞEN'e ve eşim Fatma ŞEN'e teşekkür ederim.

Doktora süresince beni her zaman destekleyen sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. İklim Değişikliği.....	4
2.1.1. Mevcut Durum	4
2.1.1.1. İklim Değişikliğine Neden Olan Etmenler.....	5
2.1.1.2. Dünya İkliminde Gözlenen Değişiklikler.....	7
2.1.1.3. Türkiye İkliminde Gözlenen Değişiklikler.....	8
2.1.2. Geleceğe Yönelik Öngörüler.....	13
2.1.2.1. Küresel-Bölgesel İklim Modelleri ve İklim Senaryoları.....	13
2.1.2.2. Gelecek Yüzyıl İçin Öngörülen Önemli Küresel İklim Değişiklikleri.....	24
2.1.2.3. Türkiye İçin Öngörülen Önemli İklim Değişiklikleri.....	31
2.2. İklim Değişikliğinin Etkileri.....	35
2.3. Mısır Bitkisi.....	50
3. VERİ ve YÖNTEM	58
3.1. Veri	58
3.1.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri	58
3.1.2. İklimsel Özellikler	58
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Gözlem Verileri ve Özellikleri	61
3.1.4 Gözlem Verilerinin Düzenlenmesi, Kontrolü ve Eksik Verilerin Tamamlanması	65
3.1.5. RegCM Bölgesel İklim Modeli	65
3.1.5.1. Model Eşitlikleri	66

3.1.5.1.(1) Momentum Eşitliği	66
3.1.5.1.(2) Süreklilik ve Sigmadot Eşitlikleri	68
3.1.5.1.(3) Termodinamik Eşitlik ve Omega (ω)	68
3.1.5.1.(4) Hidrostatik Eşitlik	69
3.1.5.2. Parametrizasyon	70
3.1.5.3. Model Projeksiyonu ve Grid Yapısı	72
3.1.6. Yardımcı Programlar	74
3.1.6.1. RegCM Out Put Dosyasının Okunması	74
3.1.6.2. Grid Değerlerinin Bulunması	75
3.2. Yöntem	76
3.2.1. Doğrulama	76
3.2.1.1. A2 Senaryo Verisi ile Referans Verisinin Karşılaştırılması...	76
3.2.2. Haritaların Çizimi	77
3.2.2.1. Enterpolasyon Yöntemleri	77
3.2.2.1.(1) Mesafenin Tersine Göre Ağırlıklı Enterpolasyon	79
3.2.2.1.(2) Kriging Yöntemiyle Enterpolasyon	80
3.2.2.2. En Uygun Gridleme Yönteminin Belirlenmesi.....	80
3.2.3. İklimsel Verilerin Analizinde Kullanılan Yöntemler	82
3.2.3.1. Ortalama Hata	83
3.2.3.2. Kök Hata Kareler Ortalaması (RMSE)	83
3.2.3.3. İki Ortalama Arasındaki Farkın Anlamlılığı İçin Student t Testi.....	84
3.2.3.4. Dizisel İlişkilerin Belirlenmesi.....	86
3.2.3.4.(1) Pearson Ürün Momenti Korelasyon Katsayısı	87
3.2.3.4.(2) Spearman Korelasyon Katsayısı	87
3.2.3.4.(3) Değişim (Varyasyon) Katsayısı (CV)	88
3.2.4. RegCM Bölgesel İklim Modeli.....	88
3.2.4.1. RegCM Modelinin Çalıştırılması	88
3.2.4.2. RegCM Modelinin Çıktıları.....	90
3.2.5. Bitki Büyüme Modeli (WOFOST)	91
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	98

4.1. RegCM Bölgesel İklim Modeli	98
4.1.1. RegCM Bölgesel İklim Modeli Çalıştırma Denemeleri.....	98
4.1.2. Uzun Dönem İklim Modeli Benzeşim Çalışmaları.....	110
4.1.2.1. RegCM Model Sonuçlarının Gözlem Değerleri ile Doğrulaması	112
4.1.2.2. Öngörülen Değişiklikler (A2 Senaryo Verisi İle Referans	
Verisinin Karşılaştırılması	134
4.2. WOFOST Bitki Büyüme Modeli	143
4.2.1. WOFOST Duyarlılık Çalışmaları.....	145
4.2.1.1. TSUM1 (Çıkıştan Tozlaşmaya Kadar Termal Zaman).....	146
4.2.1.2. TSUM2 (Tozlaşmadan Olgunluğa Kadar Termal Zaman).....	147
4.2.1.3. AMAXTB (Maksimum Yaprak CO ₂ Asimilasyon Oranı).....	148
4.2.1.4. CVL (Asimilasyonu Yapraklara Taşıma Etkinliği).....	149
4.2.1.5. CVO (Asimilasyonu Depo Organlarına Taşıma Etkinliği)..	149
4.2.1.6. CVR (Asimilasyonu Köklere Taşıma Etkinliği).....	150
4.2.1.7. CVS (Asimilasyonu Gövdeye Taşıma Etkinliği).....	151
4.2.1.8. RGRLAI (Yaprak Alanı İndeksinde Maksimum Artış İlgisi)...	151
4.2.1.9. SLATB (Gelişim Seviyesinin Bir Fonksiyonu Olarak Özgül	
Yaprak Alanı)	152
4.2.1.10. SPAN (35 C° de Yaşam Süresi)	153
4.2.1.11. TDWI (Başlangıç Ürün Kuru Ağırlığı)	154
4.2.2. Bitki Büyüme Modelinin (WOFOST) Ayarlaması ve Doğrulaması	155
4.2.3. Bitki Büyüme Modeli Benzeşim (WOFOST) Sonuçları.....	165
4.2.3.1. 1. Ürün Mısır Senaryo 1 (Potansiyel A2-Potansiyel RF)	166
4.2.3.2. 1. Ürün Mısır Senaryo 2 (Su Kısıntılı A2-Potansiyel RF)	170
4.2.3.3. 2. Ürün Mısır Senaryo 1 (Su Kısıntılı A2-Potansiyel RF).....	174
4.2.3.4. 2. Ürün Mısır Senaryo 2 (Su Kısıntılı A2-Potansiyel RF).....	177
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	181
KAYNAKLAR.....	199
ÖZGEÇMİŞ.....	229
EKLER.....	230

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Bölgesel iklim benzeşimlerinin karşılaştırılması projesi (PIRCS)’nde kullanılan modeller ve özellikleri	29
Çizelge 3.1. Türkiye’nin yağış rejimi bölgeleri ve temel özellikleri	60
Çizelge 3.2. Çalışma alanına ilişkin meteorolojik değişkenlerin 1966-1990 dönemi yıllık ortalama değerleri	61
Çizelge 3.3. Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonları.....	63
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan RegCM modeline ilişkin fiziksel parametreler	100
Çizelge 4.2. RegCM modelinde seçilen alan ve veri setleri.....	101
Çizelge 4.3. İklim parametrelerinin maksimum, minimum ve ortalama değerleri ve farkları.....	142
Çizelge 4.4. Duyarlılık testleri genel sonuçları.....	155
Çizelge 4.5. Gözlem ve model benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması.....	157
Çizelge 4.6. Model parametrelerinin ayarlama yapılan değerleri (Adana 1. ürün, Adana 2. ürün, Tarsus 2. ürün mısır için)	158
Çizelge 4.7. Değişik sulama sayısı benzeşim sonuçları	163
Çizelge 4.8. Değişik ilk sulama tarihine ilişkin benzeşim sonuçları.....	164
Çizelge 4.9. Değişik sulama aralığı, sulama sayısı ve bir sulamada uygulanan sulama suyu miktarına ilişkin deneme sonuçları.....	164
Çizelge 4.10. 1.Ürün (2071-2100) potansiyel koşullar WOFOST sonuçları ortalaması	168
Çizelge 4.11. 1.Ürün (1961-1990) potansiyel koşullar WOFOST sonuçları ortalaması.....	168
Çizelge 4.12. 1.Ürün potansiyel A2 ve potansiyel RF WOFOST sonuçları birimsel karşılaştırması	169
Çizelge 4.13. 1.Ürün potansiyel A2ve potansiyel RF WOFOST sonuçları yüzdesel karşılaştırması	169
Çizelge 4.14. 1. Ürün 2071-2100 su-kısıntılı WOFOST sonuçları ortalaması (su-kısıntılı)	172

Çizelge 4.15. 1. Ürün A2 (su-kısıntılı) ve RF (potansiyel) WOFOST sonuçları birimsel karşılaştırması.....	172
Çizelge 4.16. 1. Ürün A2 (su-kısıntılı) ve RF (potansiyel) WOFOST sonuçları yüzdesel karşılaştırması	173
Çizelge 4.17. 2.Urun (2071-2100) potansiyel WOFOST sonuçları ortalaması...	174
Çizelge 4.18. 2.Urun (1961-1990) potansiyel WOFOST sonuçları ortalaması...	175
Çizelge 4.19. 2.Ürün potansiyel A2 ve potansiyel RF WOFOST sonuçları birimsel karşılaştırması	175
Çizelge 4.20. 2.Ürün potansiyel A2 ve potansiyel RF WOFOST sonuçları yüzdesel karşılaştırması	176
Çizelge 4.21. 2. Ürün 2071-2100 su-kısıntılı WOFOST sonuçları ortalaması (su-kısıntılı)	177
Çizelge 4.22. 2.Ürün A2 (su-kısıntılı) ve RF (potansiyel) WOFOST sonuçları birimsel karşılaştırması	178
Çizelge 4.23. 2.Ürün A2 (su-kısıntılı) ve RF (potansiyel) WOFOST sonuçları yüzdesel karşılaştırması	178

Şekil 2.1. Küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1856-2004 dönemindeki değişimleri	8
Şekil 2.2. İklim modellerinin tarihi gelişimi.....	14
Şekil 2.3. Tipik bir iklim modeli öğelerinin şematik gösterimi	15
Şekil 2.4. Küresel ölçekten bölgesel ölçeğe geçiş.....	17
Şekil 2.5. Örnek ‘Birleştirilmiş Bölgesel Yer Sistem Modeli’ şematik gösterimi..	19
Şekil 2.6. Atmosferdeki aylık ortalama CO ₂ konsantrasyonları.....	20
Şekil 2.7. SRES senaryoları.....	21
Şekil 2.8. SRES senaryolarına göre 1990-2100 CO ₂ salımları (a) ve konsantrasyonları (b)	22
Şekil 2.9. Çeşitli sera gazı salım senaryolarına göre 2100 yılına kadar öngörülen sıcaklık değişimleri	23
Şekil 2.10. Makul bir iklim geleceği vadeden karbon salımı	24
Şekil 2.11. Kişi başına düşen yıllık karbon salımları	25
Şekil 2.12. Çoklu model ortalamalarına göre kış (a) ve yaz (b) yağışlarında öngörülen değişimler	27
Şekil 2.13. Avrupa da tahıl veriminde öngörülen değişim.....	41
Şekil 3.1. Çalışma alanı	58
Şekil 3.2. Türkiye’nin yağış rejimi bölgeleri	60
Şekil 3.3. Devlet Meteoroloji İşleri’ne bağlı gözlem istasyonlarının çeşitleri ve dağılımları	62
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan istasyonlar ve bu istasyonlarda ortalama, maksimum, minimum sıcaklık (°C), bağıl nem (%) ve yağış (mm) verilerinin gözlem süreleri (1990 yılına kadar)	64
Şekil 3.5. Harita Projeksiyonları (a.Merkator b.Lambert Conformal c.Polar Stereografik)	73
Şekil 3.6. Model grid yapısı (Arakawa B)	74
Şekil 3.7. Yüzey haritalama ve konturlama programının (Surfer) kullanımı.....	77
Şekil 3.8. Çalışma alanında gözlem istasyonları ve model grid noktalarının	

yerleşimi	78
Şekil.3.9. Dört grid değerinin bir noktaya enterpolasyonu.....	79
Şekil 3.10. İki örneklem ortalamasının karşılaştırılmasında izlenecek akış diyagramı	86
Şekil 3.11. RegCM modelinin koşturulmasının şematik gösterimi.....	89
Şekil 3.12. Gelişme faktörlerinin hiyerarşik sıralaması, üretim durumları ve birleştirilmiş üretim seviyeleri	95
Şekil 3.13. WOFOST modelinde başlıca ürün gelişim süreçleri ve ilişkilerinin genel şeması	95
Şekil 4.1. RegCM modeli 1998 yaz ayları ortalama sıcaklık kestirimleri	99
Şekil 4.2. DMİ 1998 yaz ayları ortalama sıcaklık gözlemleri	100
Şekil 4.3. Aylık ortalama sıcaklık (Ağustos 1998, NNRP2 veri seti)	102
Şekil 4.4. Aylık ortalama sıcaklık (Ağustos 1998, ERA40 veri seti)	102
Şekil 4.5. Aylık ortalama sıcaklık (Ağustos 2098, ECH5OM A2 senaryo veri seti)	103
Şekil 4.6. Aylık ortalama sıcaklık dağılımı (Ağustos 1998, DMİ gözlem)	104
Şekil 4.7. Aylık ortalama sıcaklık dağılımı (Ağustos 1998, CRU veri seti)	104
Şekil 4.8. RegCM (NNRP2, ERA40), CRU ve DMİ aylık ortalama sıcaklık verilerinin (Ağustos 1998) karşılaştırılması.	105
Şekil 4.9. Kestirilen aylık sıcaklık farkları (2098 Ağustos-1998 Ağustos)	107
Şekil 4.10. Kestirilen aylık toplam yağış (Ağustos-2098, ECH5OM A2) ...	107
Şekil 4.11. Toplam yağış değerleri için kestirilen farklar (2098 Ağustos-1998 Ağustos)	108
Şekil 4.12. Türkiye için RegCM konvektif yağış parametizasyon uygunluk denemeleri	109
Şekil 4.13. Türkiye için RegCM Grell konvektif yağış parametizasyon uygunluk denemeleri	110
Şekil 4.14. 1966-1990 dönemi ortalama sıcaklık değerleri farkları (model-gözlem)	113
Şekil 4.15. 1966-1990 dönemi yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerleri farkları (model-gözlem)	115

Şekil 4.16. MM5 modelinin 24 saat sonrası için maksimum sıcaklık kestirimlerinin gözlemlerle doğrulaması (RMSE değerleri)	116
Şekil 4.17. RegCM modelinin 1966-1990 dönemi ortalaması maksimum sıcaklık kestirimlerinin gözlemlerle doğrulaması (RMSE değerleri).	116
Şekil 4.18. 1966-1990 dönemi maksimum sıcaklık farkları (model-gözlem)	117
Şekil 4.19. 1966-1990 dönemi yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda model ve gözlem değerleri farkları.....	118
Şekil 4.20. MM5 modelinin 24 saat sonrası için minimum sıcaklık kestirimlerinin gözlemlerle doğrulaması (RMSE değerleri)	119
Şekil 4.21. RegCM modelinin 1966-1990 period ortalaması minimum sıcaklık kestirimlerinin gözlemlerle doğrulaması (RMSE değerleri)	120
Şekil 4.22. 1966-1990 dönemi minimum sıcaklıkların model ve gözlem değerleri farkları	120
Şekil 4.23. 1966-1990 döneminde yıllık toplam yağış farkları (model-gözlem)..	123
Şekil 4.24. DMİ büyük klima istasyonlarının yüksekliklerine göre dağılımı.....	123
Şekil 4.25. RegCM model topografyası.....	124
Şekil 4.26. Gözlem ve model sonucu yıllık toplam havza yağışlarının yıllar arası değişimi.....	125
Şekil 4.27. Ortalama nem model-gözlem farkı (ME)	127
Şekil 4.28. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon ortalama sıcaklıklarının karşılaştırmaları.....	128
Şekil 4.29. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon maksimum sıcaklıklarının karşılaştırmaları.....	129
Şekil 4.30. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon minimum sıcaklıklarının karşılaştırmaları.....	130
Şekil 4.31. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon oransal nem değerleri karşılaştırmaları.....	131
Şekil 4.32. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon yağış değerleri karşılaştırmaları.....	132
Şekil 4.33. 10 yıllık periyotlarda RegCM ve RAMS modellerinin aylık	

maksimum-minimum sıcaklık ve aylık toplam yağış ortalama değerlerinin Adana için gözlem değerleriyle kıyaslanması.....	133
Şekil 4.34. Ortalama sıcaklık değerlerinde kestirilen değişiklik (A2-RF).....	136
Şekil 4.35. Ortalama maksimum sıcaklık değerlerinde kestirilen değişiklik (A2-RF).....	137
Şekil 4.36. Yıllık maksimum sıcaklıklarda (30 yıllık ortalamalar) kestirilen değişiklik (A2-RF)	138
Şekil 4.37. Ortalama minimum sıcaklık değerlerinde değişim (A2-RF farkı)....	139
Şekil 4.38. Yıllık minimum sıcaklıkların 30 yıllık ortalamalarının A2-RF fark ..	140
Şekil 4.39. 2071-2100 döneminde için yıllık toplam yağışlarında öngörülen değişimler (A2-RF)	141
Şekil 4.40. 2071-2100 dönemi için ortalama nispi nem değişimi (A2-RF)	141
Şekil 4.41. Adana 1. Ürün mısır için TAGP (kg/ha) gözlem ve benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması.....	159
Şekil 4.42. Adana 1. Ürün mısır için LAI (m ² /m ²) gözlem ve benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması.	160
Şekil 4.43. 1993 yılı Adana 1. ürün mısır için TAGP-Gün sayısı grafiği.....	160
Şekil 4.44. 1993 yılı Adana 1. ürün mısır için LAI-Gün sayısı grafiği.....	161
Şekil 4.45. 1. Ürün mısır benzeşimi “Genel” koşulları.....	167
Şekil 4.46. 1. Ürün mısır benzeşimi “Genel” koşulları (su-kısıntılı).....	171

1. GİRİŞ

Çukurova Yöresi uygun iklim ve toprak faktörlerinin etkisiyle Türkiye'nin önde gelen tarımsal üretim bölgeleri arasında yer alır. Bölgede özellikle 1960'lı yıllardan başlayarak sulu tarım alanlarındaki hızlı gelişmelere paralel olarak ürün deseni çeşitlilik kazanmış, mevcut ürünlerde verim ve üretim bakımından önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Çukurova Yöresi toplam 3.9 milyon hektar yüzölçümü ve yaklaşık 1.1 milyon ha tarım toprağı ile Türkiye tarım topraklarının % 5'ini oluşturmaktadır. Bu alanın yarısını ise Adana ili tarım toprakları oluşturmaktadır. Çukurova'da sulu tarım yapılan alanlar, 1956 yılında Seyhan barajının yapımından sonra giderek artmıştır. Bugün 1.1 milyon ha dolaylarında olan Çukurova Yöresi ekilebilir tarım topraklarının yaklaşık %39'u sulanabilmektedir. Türkiye için aynı oran %14.4 dolaylarında olup, sulanan bu alanların da %13.6'sı bölgede bulunmaktadır. Bölgede 2000 yılı itibariyle fiilen sulanan alanlarda yaygın olarak tarımı yapılan ürünlerin başında pamuk (%33.8) ve mısır (%26.5) gelmektedir. Bu ürünleri %11.6 ile soya, %8.9 ile turunçgiller izlemektedir. Son 15 yılda, sulanan alanlarda pamuk ekilişi %75'lerden %20-30'lara kadar gerilerken, başta mısır ve soya olmak üzere, turunçgil ve sebze alanlarında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Yıllardan yıla değişmekle birlikte, yaklaşık % 40 ile 50'sini buğday ekim alanları oluşturmaktadır. Birinci ürün mısırın yanı sıra bölgede buğdaydan sonra ikinci ürün olarak mısır üretimi hızla yaygınlaşmaktadır ve her ne kadar yine yıldan yıla hastalık-zararlı ve taban fiyatlara bağlı olarak değişmekle birlikte, 1. ve 2. ürün mısır ekim alanlarının 2000 yılından günümüze pamuk alanlarını geçtiği kaydedilmektedir. Tüm bu gelişmeler sonucunda Çukurova Yöresi 1980 yılında Türkiye mısır üretiminin % 1'ini sağlarken, günümüzde bu değer % 50'ye ulaşmıştır.

Tarımsal üretim iklim ve hava koşulları ile doğrudan ilintilidir ve son yıllarda iklimdeki değişiklik ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz Bölgesi'nde tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Yağış rejimindeki değişiklikler ve artan sıcaklıklar tarımda su gereksinimini artırırken, su kaynaklarında da azalmaya neden olmaktadır. Artan nüfusun gıda, giyim ve enerji gereksinimini sağlayan tarımsal üretimin sürdürülebilirliği sadece iklim değişikliğinin belirlenmesine değil aynı zamanda

etkilerinin azaltılması ve uyum stratejilerinin geliştirilmesine bağlıdır. Bu bağlamda özellikle yüksek çözünürlükteki bölgesel iklim modelleri iklim değişikliğinin belirlenmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Türkiye’de iklim değişikliğinin tarıma etkileri ile ilgili diğer gelişmiş ülkelere kıyasla daha az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genellikle küçük ölçekli olmakla birlikte Dellal ve ark., (2004) tarafından gerçekleştirilen ve iklim değişikliğinin Türk tarımı üzerine etkisini belirlemeye yönelik “Türkiye Tarımsal Sektör Modeli” (TASM)’nin geliştirildiği büyük ölçekli sosyo-ekonomik analiz çalışmaları da yapılmıştır. Anılan çalışmada HadCM’nin 2050 yılı projeksiyonları kullanılarak öngörülen iklimin Türkiye’de (7 coğrafik bölgede) buğday, arpa, mısır, pamuk ve ayçiçeği bitkilerinin verimlerine, ekim alanına, üretimine ve genel olarak bölgelerdeki üretim desenine olası etkileri araştırılmış ve üretici ve tüketici refahı ile fiyatlarda meydana gelebilecek değişiklikler hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre Türkiye genelinde verimlilikte %2 ile %13 arasında azalma olabileceği, bunun da ekim alanı ve üretim desenini değiştireceği belirlenmiştir. Verimlilikte oluşan düşme nedeniyle üretimin gerileyeceği, bunun sonucunda fiyatların yükselmesiyle üretici refahında artış, tüketici refahında ise düşüş olacağı öngörülmüştür. Yerel düzeyde ise iklimde oluşacak değişimin Türk tarımı üzerine potansiyel etkileri (Şaylan ve Çaldağ, 2000), Trakya Bölgesi’nde, buğday verimine etkileri (Çaldağ ve Şaylan, 2004) bitki-iklim modelleri kullanılarak çalışılmıştır. Kadioğlu ve ark., (1998) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada iklim değişikliğinin Türkiye’deki bitki gelişme dönemlerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca iklimsel ısınmanın Karadeniz’deki balık varlığına ve ekolojik rejime etkileri Oğuz (2003) ve Oğuz ve ark., (2003) tarafından araştırılmıştır. Diğer bir çalışmada da küresel ısınma sonucunda Türkiye’yi çevreleyen denizlerdeki deniz seviyesinin 1 m yükselmesi durumunda Türkiye kıyılarında olası etkilenmeler incelenmiş, özellikle yerleşim alanlarına ve ekonomiye yansımaları irdelenmiştir. Bu düzeyde bir deniz seviyesi yükselmesinin Gayri Safi Milli Hâsılaya etkisinin yaklaşık %10 olabileceği belirtilmiştir (Karaca ve Ünal, 2003).

Yukarıda belirtilen çalışmalarda genellikle küresel iklim modelleri kullanılmıştır. Yüksek çözünürlükteki bölgesel iklim modelleri diğer özelliklerine ek

olarak arazi kullanımı ve topoğrafik özellikleri de göz önünde bulundurmaları nedeniyle küresel modellere kıyasla daha doğru kestirimler yapabilmektedir. Türkiye’de henüz bölgesel iklim modellerinin kullanılarak iklim değişikliğinin belirlendiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte iklim değişikliğinin tarımsal üretime etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar da oldukça sınırlıdır. Bu nedenle bölgesel ölçekli bir iklim modeli kullanarak Türkiye’nin güneyinde yer alan ve ülkenin önemli tarım potansiyellerinden biri olan Çukurova Yöresi’nde gelecekteki iklimi kestirmek ve bölgesel iklim modeliyle öngörülen iklim değişikliğinin bölgedeki başat tarımsal ürünlerden mısır (1. ve 2. ürün) gelişimi ve verimi üzerine olası etkilerinin belirlenmesi bu çalışmanın amacını oluşturmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. İklim Değişikliği

2.1.1. Mevcut Durum

Çok genel bir yaklaşımla iklim değişikliği, “nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler” olarak tanımlanabilir (Türkeş, 1997a). Yerkürenin 4.5 milyar yıllık jeolojik tarihi boyunca iklim sisteminde milyonlarca yıldan on yıllık dönemlere kadar değişen aralıklarla değişiklikler olmuştur. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler yoluyla yalnızca dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı etkiler oluşturmıştır. Örneğin, günümüzden yaklaşık 140-165 milyon yıl önce II. jeolojik Zamanın (Mesozoik) Kretase döneminde, küresel iklimin bugüne kıyasla 10-15 °C daha sıcak ve atmosferdeki karbondioksit (CO₂) birikiminin 4-8 kat daha yüksek olduğu bilinmektedir. Etkileri jeomorfolojik ve klimatolojik olarak en iyi bilinen en son ve en önemli doğal iklim değişiklikleri ise yaklaşık 2.5 milyon yıl sürmüş olan 4. Zamandaki buzul ve buzul arası dönemlerde oluşmuştur. Aynı zamanda insanın ortaya çıktığı zaman olduğu için Antropozoik adı da verilen 4. Zamanın günümüzden yaklaşık 12.000-100.000 yıl önce hüküm süren son buzul çağında yerküre’nin ortalama sıcaklığı bugüne kıyasla 5 °C daha soğuktu. Öte yandan iklim sistemi yaklaşık 10.000 yıldan beri içinde bulunduğu kabul edilen Holosen buzul arası döneminde önceki buzul çağlarına göre daha az değişkenlik göstermiştir. Son araştırma sonuçlarına göre, küresel ortalama sıcaklıkların geçen 10.000 yıldaki herhangi bir yüzyılda 1°C’den daha fazla değişmiş olması olası görülmemektedir. Bu dönemde atmosferdeki CO₂ birikimi ise yaklaşık 280 ±10 ppm dolayında değişen bir dalgalanma göstermiştir (Türkeş, 2001c). Ancak 19. yüzyılın ortalarından (sanayi devriminden) günümüze iklimdeki doğal değişebilirliğe ek olarak ilk kez insan etkinliklerinin de iklimi etkilediği yeni bir döneme girilmiştir. Özellikle fosil yakıtların kullanılması, arazi kullanımındaki değişiklikler,

ormansızlaşma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleri sonucunda atmosferdeki sera gazı birikimleri hızla artış göstermiştir. Bu nedenle günümüzde iklim değişikliği sera gazı birikimlerini artıran insan etkinlikleri dikkate alınarak da tanımlanabilmektedir. Örneğin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (İDÇS) “Karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan yada dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik” biçiminde tanımlanmıştır (Türkeş, 2008a).

2.1.1.1 İklim Değişikliğine Neden Olan Etmenler

Küresel ısınma; sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, tarımsal etkinlikler ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan etkinlikleri ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzünde ve atmosferin alt katmanlarında (alt ve orta troposfer) saptanan sıcaklık artışı” olarak tanımlanabilir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi, insan kaynaklı iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya yol açan sera gazları; çoğunlukla *fosil yakıtların yakılması* (enerji ve çevrim), *sanayi* (enerji ilişkili; kimyasal süreçler ve çimento üretimi, vb. enerji dışı), *ulaştırma*, *arazi kullanımı değişikliği*, *atık yönetimi* ve *tarımsal* (enerji ilişkili; anız yakma, çeltik üretimi, hayvancılık ve gübreleme vb. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanır (Türkeş, 2008b).

Küresel ısınmaya neden olan etmenler genel olarak doğal sera etkisi, hızlandırılmış sera etkisi, sülfat parçacıklarının küresel iklim üzerindeki etkileri ve güneş ışınlamadaki değişiklikler olarak dört ana sınıfta incelenebilir. Atmosferdeki gazların gelen güneş ışınlamına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınlamına karşı ise çok daha az geçirgen olması nedeniyle yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen bu doğal süreç *sera etkisi* olarak adlandırılmaktadır. Ortalama koşullarda, yerküre/atmosfer sistemine giren kısa dalgalı güneş enerjisi ile geri salınan uzun dalgalı yer ışınlamı dengededir. Güneş ışınlamı ile yer ışınlamı arasındaki bu dengeyi ya da enerjinin

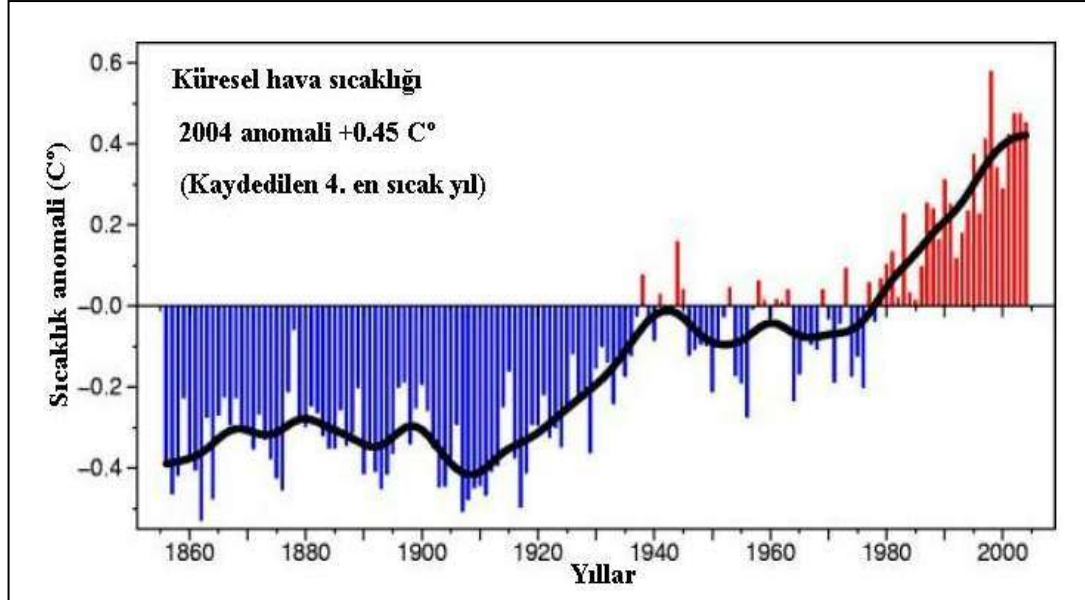
atmosferdeki ve atmosfer ile kara ve deniz arasındaki dağılışını değiştiren herhangi bir etmen iklimi de etkileyebilir. Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir. Başlıca sera gazlarının H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O ve O_3 arasında CO_2 , özellikle atmosferdeki birikimi ve yaşam süresi dikkate alındığında küresel ısınmada diğerlerinden daha önemli olmaktadır. Sera gazı birikimlerindeki artışlar, yerküre'nin uzun dalgalı ısıtım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, onu daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışımsal zorlamanın oluşmasını sağlamaktadır. Yerküre/atmosfer ortak sisteminin enerji dengesine yapılan bu pozitif katkı *kuvvetlenmiş sera etkisi* olarak adlandırılır. Troposferdeki insan kaynaklı aerosoller ve özellikle fosil yakıtların yanmasından çıkan kükürtdioksit (SO_2) kaynaklı sülfat parçacıkları, güneş ışımasını yeryüzüne ulaşmadan tutar ve uzaya yansıtır. Aerosollerin birikimlerindeki değişiklikler, bulut miktarını ve bulutun yansıtma özelliğini değiştirebilir. Genel olarak troposferdeki parçacıklarda gözlenen artışlar, iklimi soğutma eğilimindeki bir negatif ışımsal zorlama oluştururlar. Ancak yaşam süreleri on yıllardan yüzyıllara değişen sera gazlarından farklı olarak aerosollerin yaşam süreleri sadece birkaç gün ve birkaç hafta ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle anılan aerosollerin atmosferdeki birikimleri, salımlardaki değişikliklere çok daha hızlı bir biçimde yanıt verebilmektedir. Ancak volkanik etkinlikler sonucunda salınan kül parçacıklarının da yeryüzünün ve troposferin soğumasına neden olabildiği bilinmektedir. Güneş enerjisindeki doğrudan değişiklikler, oldukça iyi bilinen 11 yıllık döngülerle ve daha uzun süreli değişimlerle gerçekleşmektedir. Bununla birlikte anılan döngülerdeki değişimlerin katkısının % 0.1 gibi küçük bir oranda olduğu öngörülmektedir. Yerküre'nin ekseninde on yıllardan bin yıllara değişen bir zaman ölçeğinde gerçekleşen yavaş değişim ise güneş ışımasının zamansal (mevsimlik) ve kuşaksal (enlemler boyunca) değişikliklerini yine uzun bir zaman ölçeğinde yönlendirir. Anılan değişiklikler Yerküre'nin jeolojik geçmişindeki iklim değişimlerinin oluşmasında ve kontrolünde önemli bir görev üstlenmiştir (Türkeş, 2001c, 2008b).

2.1.1.2 Dünya İkliminde Gözlenen Değişiklikler

Yerküre iklim sisteminde bir kısmı insan etkileriyle de ilintili olan küresel ve bölgesel ölçekte değişiklikler gözlenmektedir (WMO, 1999; IPCC, 2001a, 2007; Türkeş ve ark., 2001; Türkeş, 2000, 2001a, 2001b, 2003a, 2004). Küresel ortalama yüzey sıcaklığı 20. Yüzyılın başından günümüze değin yaklaşık olarak 0.7°C artmıştır. Küresel olarak, 1990' lı ve 2000' li yıllar aletli gözlem kayıtlarındaki en sıcak yıllar; 1998 ise $+0.58^{\circ}\text{C}$ 'lik anomali ile en sıcak yıl olmuştur. (WMO, 1999; Türkeş, 2003a) (Şekil 2.1). En düşük gece sıcaklıklarında yaklaşık her on yılda 0.2°C artış olduğu saptanmış ve bu artışın en yüksek gündüz sıcaklıklarındaki artıştan yaklaşık iki kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) son değerlendirmeleri de, iklim sistemindeki ısınmanın kuvvetlendiğini göstermiştir. Örneğin, IPCC'ye (2007) göre, geçen 12 yılın (1995-2006) 11'i, 1850'den beri yapılmakta olan aletli küresel yüzey sıcaklığı ölçüm kayıtlarındaki en sıcak 12 yılın arasında yer almıştır. Küresel ortalama yüzey sıcaklıkları için güncellenen 100 yıllık (1906-2005) doğrusal eğilimin büyüklüğü ise, 0.74°C 'ye ulaşmıştır. ($0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$). Bu değer Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli tarafından hazırlanan Üçüncü Değerlendirme Raporunda (TAR) belirtilen ve 1901-2000 dönemi için $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanan doğrusal ısınma eğiliminden daha büyüktür. Doğrusal ısınma eğilimi, son 50 yıllık dönemde geçen 100 yıllık dönemin yaklaşık iki katı olmuştur ($0.13^{\circ}\text{C}/10$ yıl). Kentsel ısı adasının etkisi, daha çok yerel düzeydedir ve sıcaklık değerleri üzerindeki etkilerinin (karalar üzerinde $0.006^{\circ}\text{C}/10$ yıl'dan daha küçük ve okyanuslar üzerinde sıfır) göz ardı edilebilir düzeyde olduğu kabul edilmiştir (Türkeş, 2008b).

20. yüzyılda sıcaklıklarda gözlenen bu ısınma geçen 1000 yılın herhangi bir dönemindeki artıştan daha büyüktür. Atmosferin en alt 8 kilometrelik bölümündeki hava sıcaklıkları son 40 yıllık dönemde artmıştır. Orta enlem ve kutupsal kar örtüsü, kutupsal kara ve deniz buzları ile orta enlemlerin dağ buzulları 20. yüzyılda azalmıştır. Küresel ortalama deniz seviyesi 20. yüzyılda yaklaşık 0.17 m (0.12 - 0.22 m arasında) yükselmiş ve okyanusların ısı içerikleri artmıştır (IPCC, 2001a, 2007). Yağışlar kuzey yarımkürenin orta ve yüksek enlem bölgelerinde her on yılda

yaklaşık % 0.5 ile % 1 arasında artarken, subtropikal karaların (Akdeniz Havzası'nı da içerir) önemli bir bölümünde her on yılda yaklaşık % 3 azalmıştır (Türkeş, 2001c).



Şekil 2.1. Küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1856-2004 dönemindeki değişimleri (Jones and Palutikof, 2005)

Paleoiklim çalışmalarından elde edilen yeni bulgulara dayanan son değerlendirmelere göre (IPCC, 2007), geçen yarım yüzyıldaki ısınma, en azından önceki 1,300 yıla kıyasla olağan dışıdır. Polar bölgelerin en son anlamlı düzeyde günümüzden daha sıcak oluşu, yaklaşık 125,000 yıl öncesine uzanır ve o dönemde polar buzun hacmindeki azalmalar deniz seviyesinde 4-6 metre arasında değişen yükselmelere yol açmıştır.

2.1.1.3 Türkiye İkliminde Gözlenen Değişiklikler

Bölge veya şehirler bazında sıcaklık veya yağış gibi tek iklim etmeninin uzun süreli değişimlerine ilişkin çalışmalara (Türkeş, 1999; Kadioğlu, 1997; Şen, 2002; Demir ve ark., 2008) sıkça rastlamak mümkün olmakla birlikte genel ve kapsamlı bir biçimde Türkiye ikliminde gözlenen uzun süreli değişimler az sayıda araştırmacı (Türkeş, 2001c; Türkeş ve ark., 2002a ve 2002b; Türkeş ve Sümer 2004) tarafından

incelenmiştir. Uzun süreli sıcaklık değişikliklerini ve eğilimlerini ortaya çıkarmayı amaçlayan bu çalışmalara göre, özellikle ilkbahar ve yaz mevsimi minimum (gece en düşük) hava sıcaklıkları Türkiye'nin pek çok kentinde istatistiksel ve klimatolojik açıdan önemli bir ısınma eğilimi göstermektedir. Aşağıda Türkeş (2003b) tarafından yapılan kapsamlı çalışmada belirtilen Türkiye ikliminde sıcaklık ve yağış parametrelerindeki değişim ve gidişler maddeler halinde özetlenmiştir.

1) Yıllık, kış ve ilkbahar ortalama sıcaklıkları, özellikle Türkiye'nin güney bölgelerinde artma eğilimi göstermesine karşın, yaz ve özellikle sonbahar ortalama sıcaklıkları, kuzeyde ve karasal iç bölgelerde azalmaktadır.

2) Yaz mevsimi gece en düşük hava sıcaklıklarındaki ısınma, ilkbahar ve sonbahar gece sıcaklıklarının ısınma oranlarından genel olarak daha büyüktür. İlkbahar ve yaz gece sıcaklıklarındaki ısınma oranları ise, ilkbahar ve yaz maksimum (gündüz en yüksek) sıcaklıklarındakilerden genel olarak daha kuvvetlidir.

3) Gece en düşük hava sıcaklıklarında saptanan ısınma eğilimleri, Türkiye'nin pek çok kentinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Türkiye'nin sıcaklık rejimindeki daha ılıman ve/veya daha sıcak iklim koşullarına yönelik değişiklikler, ilkbahar ve yaz mevsimlerindeki anlamlı gece ısınmasıyla daha kuvvetli açıklanmaktadır.

4) Gece hava sıcaklıklarındaki belirgin ısınma eğiliminin oluşmasında, küresel ısınmanın genel ve uzun süreli etkisine ek olarak, Türkiye'deki hızlı nüfus artışına ve kentsel alanlara yönelik büyük göçe bağlı yaygın ve hızlı kentleşmenin de etkisi vardır.

5) Gece en düşük hava sıcaklıklarındaki belirgin ısınmayla karşılaştırıldığında, gündüz en yüksek sıcaklıkların bazı istasyonlarda zayıf bir ısınma ve bazılarında ise zayıf bir soğuma sergilediği görülmektedir.

6) Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları, kış mevsiminde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır.

1970'li yılların başı ile 1990'lı yılların başı arasındaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu bölümleri etkilenmiştir (Türkeş, 1996, 1998a, 2003a, 2003b). Kış mevsimindeki yağış değişiklikleri dikkate alındığında, kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanlarının, 1973, 1974, 1983, 1989,

1990, 1996 ve 2001 yıllarında oluştuğu görülür (Türkeş ve Erhat, 2003, 2005). Bu yıllarda oluşan uzun süreli ortalamanın çok altındaki yağış koşullarına bağlı meteorolojik kuraklıkların bir sonucu olarak, Türkiye’de tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar da ortaya çıkmıştır. Su açığı ve sıkıntısı, yalnız tarım ve enerji üretimi açısından değil, sulamayı, içme suyunu, öteki hidrolojik sistemleri ve etkinlikleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaşmıştır. Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip iç bölgelerdeki bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışlarında ve yıllık kuraklık indislerinde ise bir artış eğilimi, diğer bir ifadeyle daha nemli koşullara doğru bir gidiş gözlenmiştir (Türkeş, 1998a, 1998b ve 1999). Türkiye’nin karasal iç ve doğu bölgelerinin önemli bir bölümü ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi, iklim etmenleri ve bitki örtüsü de dikkate alınarak, çölleşmeye eğilimli araziler olarak değerlendirilmektedir. Türkeş ve Erhat (2003, 2005, 2006) çalışmalarının sonucunda Doğu Akdeniz Havzası’nın ve Türkiye’nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında gözlenen önemli azalma eğilimlerini, bu bölgede egemen olan cephesel orta enlem ve Akdeniz basınçlarının özellikle kışın gözlenen azalma ile yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Türkiye’deki şiddetli ve geniş alanlı kış kuraklıklarının önemli bir bölümü, Azorlar bölgesi üzerindeki subtropikal yüksek basınç ile Grönland ve İzlanda üzerindeki orta enlem alçak basıncı arasındaki geniş ölçekli atmosferik basınç dalgalanması olarak tanımlanan Kuzey Atlantik Salınımı (NOA) kuvvetli pozitif anomali indisi dönemlerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) kapsamında faaliyet gösteren 4 mareograf istasyonunun 18-19 yıllık deniz seviyesi değerlerindeki ortalama deniz seviyesi değişimleri incelenmiş ve mareograf istasyonlarının tümünde de lokal (bağıl) 3-10 mm/yıl oranında bir deniz seviyesi yükselme trendi bulunmuştur (Yıldız ve ark., 2003).

Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi’nde (Anonymous, 2007a) belirtilen mevcut iklimdeki değişimlerden bazıları aşağıdaki paragrafta belirtilmiştir.

Türkiye’de hem kış hem de sonbahar yağışlarında önemli değişikliklerin gözlenmiş ve anılan değişiklikler ile gerçekleştiği alanlar tutarlılık göstermiştir. Türkiye’nin batı illerindeki kış yağışları son elli yılda önemli ölçüde azalmıştır. Öte

yandan, genellikle İç Anadolu'nun kuzey kısımlarında bulunan istasyonlarda sonbahar yağışları artış göstermiştir. Diğer mevsimlerde (ilkbahar ve yaz), istatistiki açıdan anlamlı değişikliklerin meydana geldiği yalnızca birkaç istasyon bulunmakta ancak bu istasyonlar da tutarlı bir bölgesel davranış sergilememektedir. 1951 ve 2004 yılları arasında mevsimlere göre ortalama yıllık sıcaklık serilerine Mann-Kendall trend analizi uygulanmış, yaz sıcaklıklarında yaygın artış eğilimi olduğu belirlenmiştir. Yaz sıcaklıklarında Türkiye'nin çoğunlukla batı ve güney batı kısımlarında artış belirlenmiştir. Kentsel ısı adası çalışmaları (Ezber ve ark., 2006 ve Karaca ve ark., 1995; Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi'nden) kentleşmeye bağlı sıcaklığın en çok Akdeniz şehirlerinde, bölge yüksek basınç etkisi altına girdiğinde, belirgin olduğunu göstermiştir. Bundan ötürü, Türkiye'nin batı istasyonlarındaki yaygın artışın bu olguyla ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Türkiye'de kış sıcaklıklarının genel bir düşüş eğiliminde olduğu belirlenmiştir. En önemli düşüşler çoğunlukla kıyı istasyonlarda gözlenmiştir. Geçiş mevsimlerinde önemli eğilimler sergileyen istasyonların genellikle doğası itibarıyla nadir olup tutarlı bir bölgesel davranış göstermediği bildirilmiştir.

Türkiye'nin batı illerindeki kış yağışları son elli yılda önemli ölçüde azalmıştır. Öte yandan, genellikle İç Anadolu'nun kuzey kısımlarında bulunan istasyonlarda sonbahar yağışlarında artış belirlenmiştir. Yirminci yüzyılda ve özellikle 1970'li yılların başlarında mevsimsel ve yıllar arası değişimlerine (Türkeş ve Tatlı, 2009) ek olarak yağışlarda uzun süreli ve kayda değer değişimler saptanmıştır. Bu değişimlerin bazıları Kuzey Atlantik Salınımı gibi büyük ölçekli dolaşımlarla yakından ilişkilidir (Türkeş ve Erhat, 2003, 2005, 2006; Tatlı, 2006). Türkeş (1996, 1998a) 1930-1993 devresi için yıllık ve kış yağışlarında Türkiye'nin önemli bir kısmında 1970'lerden sonra düşmelerin olduğunu ve uzun yıllık azalış eğiliminin ise Akdeniz Bölgesi'nde önemli düzeyde gerçekleştiğini belirtmiştir. Aynı çalışma kapsamında yaz yağışlarında ise Orta Anadolu ile Akdeniz Bölgesi'nin iç kısımlarında önemli artış eğilimleri belirlenmiştir. Yıllık ve kış yağış serilerinin incelenmesi sonucunda 1940'lı ve 1960'lı yıllar ile 1970'li yılların sonları, 1980'li yılların başları ve 1990'ların ortalarında genellikle ıslak (yağışlı) dönemler görülürken, 1930'ların ortaları, 1970'lerin başından 1980'lerin ortasına dek olan

süre, 1990'lı yılların başları ve özellikle 1999/2000 yıllarında Türkiye'nin büyük bir bölümünde kuru koşulların (az yağışlı) hüküm sürdüğü belirlenmiştir (Türkeş, 1998, 2003). Acar ve Şenocak (2008), çalışmalarında Türkiye'de 46 yağış istasyonundan elde edilen kısa süreli yağışların eğilim analizlerini yapmışlardır. 13 istasyonda pozitif, 2 istasyonda ise negatif eğilim belirlemişlerdir. Pozitif eğilim belirlenen istasyonların Türkiye'nin batı, kuzey doğu ve güney batısında yer aldığı belirtilmiştir. Yine son yıllarda yapılan diğer bir araştırmada yağışlarda uzun süreli zamansal değişkenliğin kış yağışları toplamı için azalma eğilimi gösterirken, ilkbahar, yaz ve sonbahar yağışları dikkate alındığında zamansal değişkenlikte genel bir artış eğilimi belirlenmiştir. Yağışlardaki artış eğiliminin ise Nisan, Ağustos ve Ekim aylarında daha belirginleştiği gözlenmiştir (Türkeş ve ark., 2008).

1951 ve 2004 yılları arasında mevsimlere göre ortalama yıllık sıcaklık serilerine Mann-Kendall trend analizi uygulanmış, yaz sıcaklıklarında yaygın artış eğilimi olduğu belirlenmiştir. Yaz sıcaklıklarında Türkiye'nin çoğunlukla batı ve güney batı kısımlarında artış belirlenmiştir. Kentsel ısı adası çalışmaları (Ezber ve ark., 2006 ve Karaca ve ark., 1995; Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi'nden) kentleşmeye bağlı sıcaklığın en çok Akdeniz şehirlerinde, bölge yüksek basınç etkisi altına girdiğinde, belirgin olduğunu göstermiştir. Bundan ötürü, Türkiye'nin batı istasyonlarındaki yaygın artışın bu olguyla ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Türkiye'de kış sıcaklıklarının genel bir düşüş eğiliminde olduğu belirlenmiştir. En önemli düşüşler çoğunlukla kıyı istasyonlarda gözlenmiştir. Geçiş mevsimlerinde önemli eğilimler sergileyen istasyonların genellikle doğası itibarıyla nadir olup tutarlı bir bölgesel davranış göstermediği bildirilmiştir.

Ceylan ve Kömüşçü (2008), çalışmalarında Türkiye de dolu, fırtına, sel ve orman yangınları gibi meteorolojik karakterli doğal afetlerin uzun yıllar bazında gösterdiği değişimleri inceleyerek mevcut eğilimlerin varlığını araştırmışlardır. Çalışmalarında ayrıca sözkonusu doğal afetlerin bölgesel ve mevsimsel dağılımlarını da incelemişlerdir. Buna göre, 1940-2006 döneminde meteorolojik karakterli doğal afetler açısından yaklaşık 20 yılda bir yinelenen 3 farklı artış dönemi ve yine 20 yılda bir yinelenen 3 farklı azalış dönemi belirlemişlerdir. 2000'li yıllardan itibaren doğal afet sayısında açık bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Sel olaylarının mevsimsel

dağılımında, kış sellerinin büyük çoğunluğunun Ege ve Marmara Bölgelerinde, yaz sellerinin ise Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerinde meydana geldiğini belirtmişlerdir. Sel olaylarının meydana gelme sayısında Antalya-İzmir kuşağı ile Marmara bölgesinin en yüksek değere sahip olduğunu belirlemişlerdir. Dolu hadiselerinde ise kış aylarında Akdeniz Bölgesi yaz aylarında ise İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölge'lerinin öne çıktığını bildirmişlerdir.

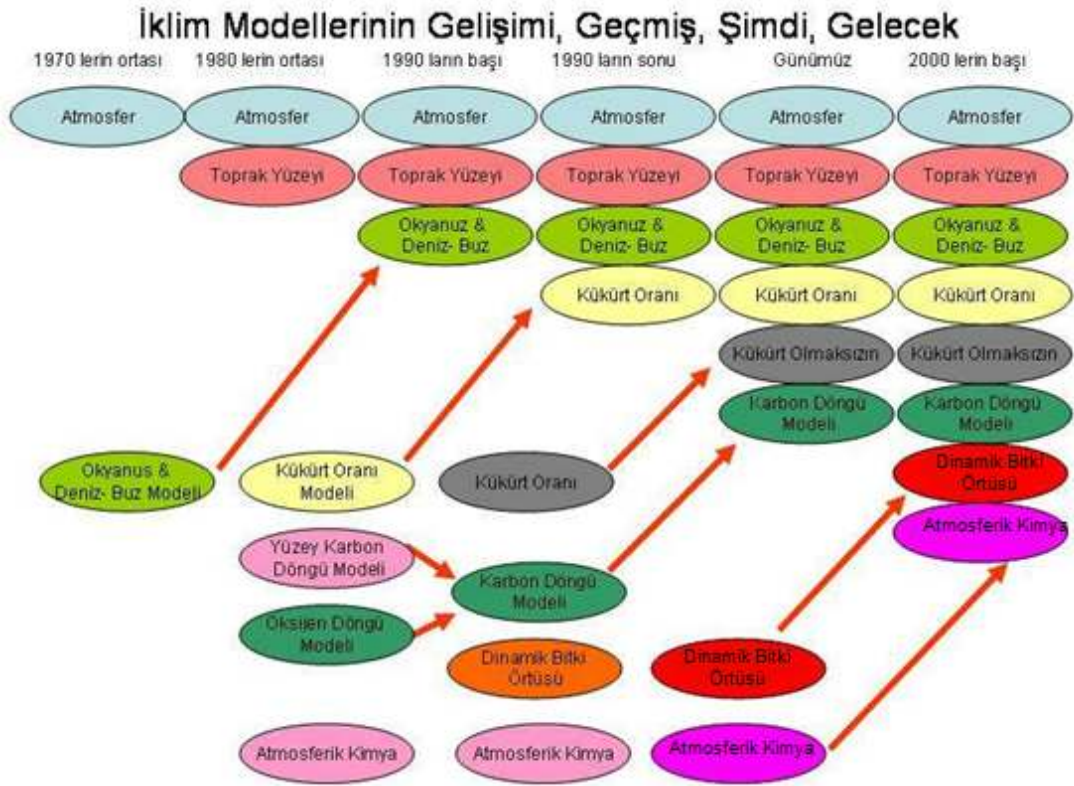
Son on yılda sıcak dalgaları Avrupa'da önemli ölümlere de sebep olmuştur. Ölüm oranları sıcaklıkların konfor düzeyinden uzaklaşmasıyla birlikte artmaktadır. 2003 yılı haziran ayında Avrupa'da görülen ve beş gün devam eden sıcak dalga sonucu yaklaşık 70,000 ölüm olayı gerçekleşmiştir. Amerika'da 22 yıllık verilerin değerlendirildiği bir araştırma sonucunda 4780 kişinin aşırı sıcaklıkların neden olduğu rahatsızlıklardan dolayı, 1203 kişinin ise hipotermiye bağlı olarak hayatını kaybettiği belirlenmiştir (Curriero et al., 2002: Çelik ve ark., 2008'den).

2.1.2. Geleceğe Yönelik Öngörüler

Bu bölümde ilk olarak küresel ve bölgesel boyutta iklim değişikliğinin belirlenmesinde kullanılan modeller ve iklim senaryoları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Daha sonra anılan modellerin kullanılması sonucunda elde edilen küresel, ülkesel ve bölgesel iklim projeksiyonları özetlenmiştir.

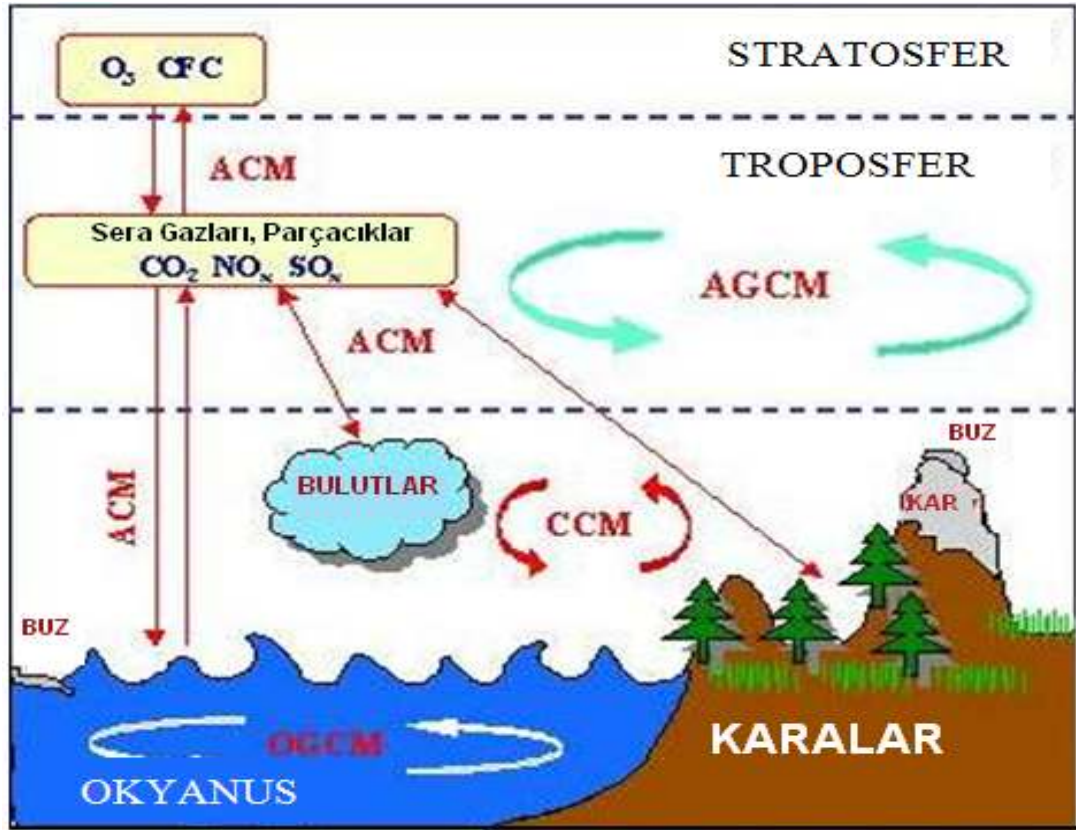
2.1.2.1 Küresel - Bölgesel İklim Modelleri ve İklim Senaryoları

Günümüzde iklim sistemini anlamak ve geleceğe ilişkin öngörüler yapmak bilimin uğraştığı en büyük gelişmelerden biridir. Dünya üzerindeki iklimbilimciler son 40 yıl boyunca bu yenilikte ilerleme sağlamak için çok çeşitli karmaşık modeller geliştirmişler ve bu sayede iklim sistemi hakkında mantıklı görüşler sunmuşlardır. Bu modellerin çözünürlüğünde kullanılan araçlar geliştikçe model sonuçlarının doğruluğu da artmıştır. Bugün dünya üzerinde iklim sistemiyle ilgili birçok model kullanılmaktadır. Bu modeller kullanıldıkları amaca göre farklılıklar göstermektedirler Şekil 2.2'de iklim modellerinin tarihi gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. İklim modellerinin tarihi gelişimi (IPCC, 2001c)

İlk modeller tek boyutlu, yüzey sıcaklığını enlemlere göre hesaplayan enerji dengesi modelleriydi. Daha sonra yine tek boyutlu radyatif-konvektif modeller ortaya çıktı. Bunlar da sadece düşey sıcaklık profilini hesaplıyorlardı. İki boyutlu istatistik-dinamik modellerden sonra 1970'lerin başında 3-boyutlu genel dolaşım modelleri (GCM) kullanılmaya başlandı. GCM'lerinden sonra da sayısal hava kestiriminde kullanılan sınırlı alan modelleri (LAM) günümüze kadar geldi (Henderson-Sellers, 1987). Şekil 2.3'te kapsamlı bir iklim modeli gösterilmiştir. Günümüzde 3 gün sonrasında oluşacak hava olayları büyük bir doğrulukla öngörülebilmektedir. Yine küresel ölçekteki modellerin kullanılmasıyla 100 yıl sonrası için yorumlar yapmak mümkün olabilmektedir (Giorgi ve Mearns, 1999).



Şekil 2.3. Tipik bir iklim modeli öğelerinin şematik gösterimi (AGCM= Atmosferik Küresel Dolaşım Modeli; OGCM= Okyanus Küresel Dolaşım Modeli; ACM= Atmosferik Kimya Modeli; CCM=Karbon Dönüşüm Modeli. Her bir model içeriği diğeriyle ve kara ve deniz-buz yüzeyleriyle bağlıdır)

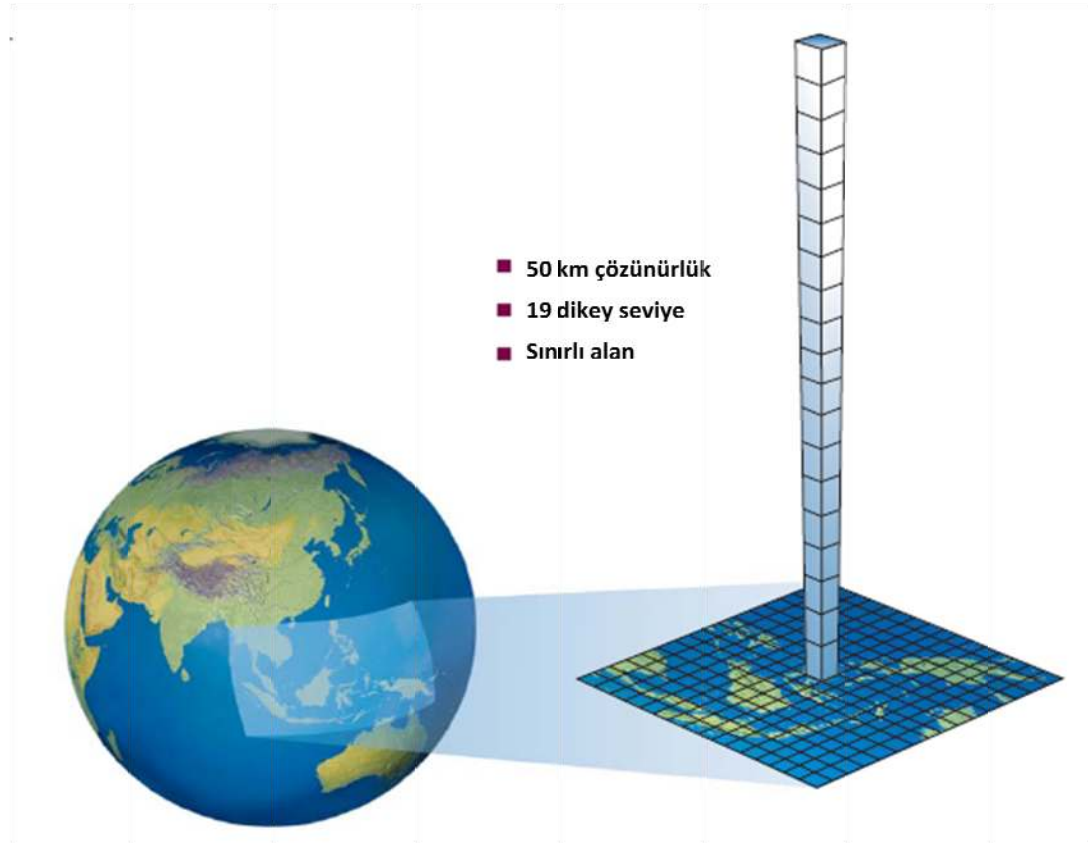
Büyük ölçekte yapılan öngörülerde genel dolaşım modelleri kullanılmaktadır. Çözünürlüğü 200 km civarında olan genel dolaşım modellerinin dışında daha yüksek çözünürlüğe sahip bölgesel iklim modelleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Orta-ölçek modelleri gibi sınırlı alan modelleri de bugünün hesaplama olanaklarıyla aylar ve hatta yıllar düzeyindeki benzeşimlere ve birkaç on kilometre düzeyindeki çözünürlüğe izin vermektedir (Giorgi ve Mearns, 1999). Sınırlı alan modellerinin bölgesel iklim modellemesinde kullanılması düşüncesi ilk kez Dickinson ile ark. (1989) ve Giorgi (1990) tarafından ortaya atılmıştır. Buradaki temel düşünce, tek yönlü yuvalanma diğeri bir ifadeyle küresel dolaşım modellerinin yüksek çözünürlükteki sınırlı alan model (LAM) benzeşimlerine başlangıç ve zamanla değişen meteorolojik yanal sınır koşulları sağlaması, bunun yanı sıra sınırlı alan modelinden küresel dolaşım modeline bilgi akışının olmamasıdır. Bölgesel iklim

modelleri için bu tekniğin altında yatan strateji küresel dolaşımdaki büyük-ölçek zorlamaları sağlaması ve bunların da yuvalanmış sınırlı alan modelleri içinde yerel etkilerini görebilmek için kullanılmasıdır. Dickinson ve ark. (1989) ve Giorgi'den (1990) önce yuvalanmış model tekniği yaygın olarak nümerik hava öngörülerinde kullanılmakta ve sınırlı alan modelleri sadece birkaç gün için çalıştırılmaktaydı. Giorgi (1990) yuvalanmış LAM'ı ilk kez 1 aylık bir süre boyunca çalıştırmıştır. Daha sonraki yıllarda ise anılan modeller birkaç yıl boyunca çalıştırılabilmiştir (Giorgi ve Mearns, 1999).

1990'ların başlarında bölgesel iklim modelleri ile ilgili ampirik yaklaşım, yarı ampirik yaklaşım ve model yaklaşımı olmak üzere 3 temel yöntem belirlenmiştir. Ampirik yaklaşım, geçmiş iklim benzerliklerinden sağlanan bilginin kullanılmasıyla yapılan yaklaşımdır. Yarı ampirik yaklaşım küresel iklim model (GCM) alanlarındaki istatistiksel indirgeme ile ilişkilidir. Model yaklaşımında ise fiziksel modellerden yararlanılır. Amerikan Ulusal Atmosferik Araştırmalar Merkezi (NCAR)'nin bölgesel iklim modeli, MM4 (orta-ölçek model 4) orijinelidir. Dünya üzerinde de pek çok kez değişik bölgeler ve şartlar için kullanılmış ve test edilmiştir. Günümüz olanaklarıyla zamana bağımlı meteorolojik yanal sınır koşullarıyla çalıştırılan bölgesel modellerden, uzun süreli (birkaç yıldan, 10 yıllar düzeyindeki bir aralıkta) çok iyi benzeşimlerin yapılması mümkün olmuştur (Giorgi ve Mearns, 1999).

Küresel iklim modellerinin (GCM) bölgesel ihtiyaçlara cevap verememesi bölgesel iklim modellerinin başlıca çıkış noktasıdır, zira sadece iklimsel ortalamalar bu konudaki gereksinimleri karşılamamaktadır. Bu nedenle değerlendirmeler, bölgesel modellerin daha kısa zaman aralıkları (1-10 yıl) için çalıştırılmasıyla yapılmaktadır. Sayısal hava tahmin modelleri 10 güne kadar kabul edilebilir nitelikte benzeşimler yapabilmektedirler. GCM'lerle ise 50 hatta 100 yıllık benzeşimler yapmak mümkündür. Ancak GCM'lerde çözünürlükler çok az (200 km) olduğundan yerel anlamda istenilen verim alınamamaktadır. İşte bu iki modelin yapılmasına izin vermediği benzeşimleri, yani hem lokal etkileri içine alma hem de daha uzun dönemlerde iklimi kestirme işlevini, bölgesel iklim modelleri üstlenmektedir. Çözünürlüğü sayısal hava tahminlerine yakın bu modeller bugün artık dünyanın

değişik iklimsel özelliklerine sahip bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Değişik iklim bileşenlerine karşı kabul edilebilir yanıtlar verebilmeleri nedeniyle anılan modellerin kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır (Önol, 2001). Modellerde küresel ölçekten bölgesel ölçeğe geçiş şematik olarak Şekil 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Küresel ölçekten bölgesel ölçeğe geçiş (PRECIS, 2001)

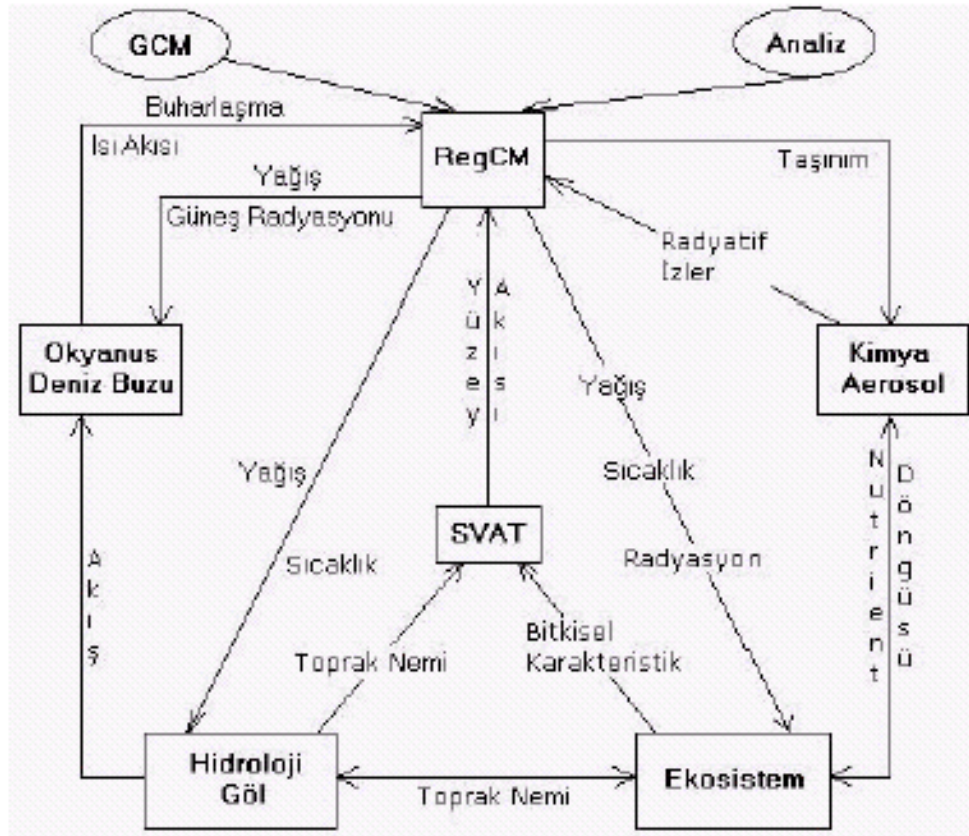
Yuvalanmış bölgesel modeller orta ölçekteki iklim değişikliği çalışmalarını için etkili araçlar olabilirler. Örneğin seçilen bölge için atmosferdeki CO₂ oranının iki katına çıkarılmasıyla bölgenin ikliminde oluşacak değişim test edilebilir. Giorgi ve ark., (1997) Alp Dağları için yaptıkları bir çalışmada topoğrafya ve iklim ilişkisini ortaya koymuşlardır. Hostetler ve ark., (1994) çalışmasında olduğu gibi, orografik etkiyle dağlık alanlardaki yağış durumu ve ayrıca göl etkisinin 18000 yıl önce hidrolojik döngü üzerindeki etkileri gibi bir çok değişik çalışma için bölgesel iklim modellerinden yararlanılmaktadır.

Küresel iklim değişimi tartışmalarında bölgesel iklim modellerinin kullanımı bölgesel farklılık (fiziki coğrafya) ve etmenlerinin (topografya, göller, karalar, bitkilerin dağılımı) küresel iklim sinyali ile olan etkileşiminin gözlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bugün bölgesel modelleme genişleyen bir bakış açısıyla ilerlemektedir. Bu çalışma alanının geleceği “Bölgesel Yer Sistem Modeli” kavramı ile ilişkilendirilmektedir. Bu kavram, bölgesel atmosfer modelinin kimya/aerosol, biyosfer/tarım, hidroloji ve göl/okyanus/deniz buzu gibi diğer iklim sistemi bileşenleri ile etkileşerek birleştirilmesiyle oluşmuştur. Bunlara örnek olarak arktik bölgeler için bölgesel atmosfer modelinin okyanus ve deniz buzu modeliyle birleştirilmesi (Lynch ve ark., 1995), okyanus ve göl modellerinin birleştirilmesi (Hostetler ve ark., 1993), radyatif olarak aktif aerosollerin RegCM modeli içine yerleştirilmesi (Qian ve Giorgi, 1999) örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmaların popüler olmasının en büyük nedeni, atmosferin çok karmaşık bir yapıya sahip olduğunun bilinmesinin yanı sıra bu yapıyı çözmek için sadece bir kaç bileşenden fazlasının gerekliliğinin anlaşılmasıdır. Bu modeller bölgesel ölçekteki çevresel olayların incelenmesi ve araştırılmasında araştırmacılara çok yardımcı olacaktır. Şekil 2.5’te bu tip modellerin genel yapısı gösterilmektedir (Giorgi ve Mearns, 1999).

Giorgi ve Shields (1999), Amerika kıtasını kapsayan model alanı üzerinde 3 yıllık benzeşimler kullanarak basitleştirilmiş açık nem alt modelinin ve üç ayrı kümülüs konveksiyon alt modelinin (Kuo-type, Grell, CCM3) performanslarını incelemişlerdir. Model mevsimsel aylık zaman ölçeği içinde özellikle Grell alt modeli kullanıldığında yüzey klimatolojisinin benzeşiminde çok iyi performans göstermiştir. Modelin taraflılığı ve benzeşimlerini iyileştirmek için değişmesi gerekli parametreler belirlenmiştir. Bununla birlikte CCM3 (Topluluk İklim Modeli) modelinin yeni sürümlerinin kullanılması bazı önemli sorunlara neden olmuştur. Giorgi ve ark. (1993) Doğu Asya alanı üzerinde çalıştıkları modelde radyatif transfer işlemleriyle birlikte bulut işlemlerine odaklanmışlardır. Ancak, Grell alt modelinin kullanılması nedeniyle modelin Muson sezonu boyunca Doğu Asya üzerinde çok az konvektif yağış üretmesi ve basitleştirilmiş açık nem modelinin çok ince ve çok yüksek bulutlar üretmesinden dolayı model performansı zayıf kalmıştır. Qian ve ark. (1999) ise yeni esnek grid denkleminin teorik çatısını oluşturmuşlardır.

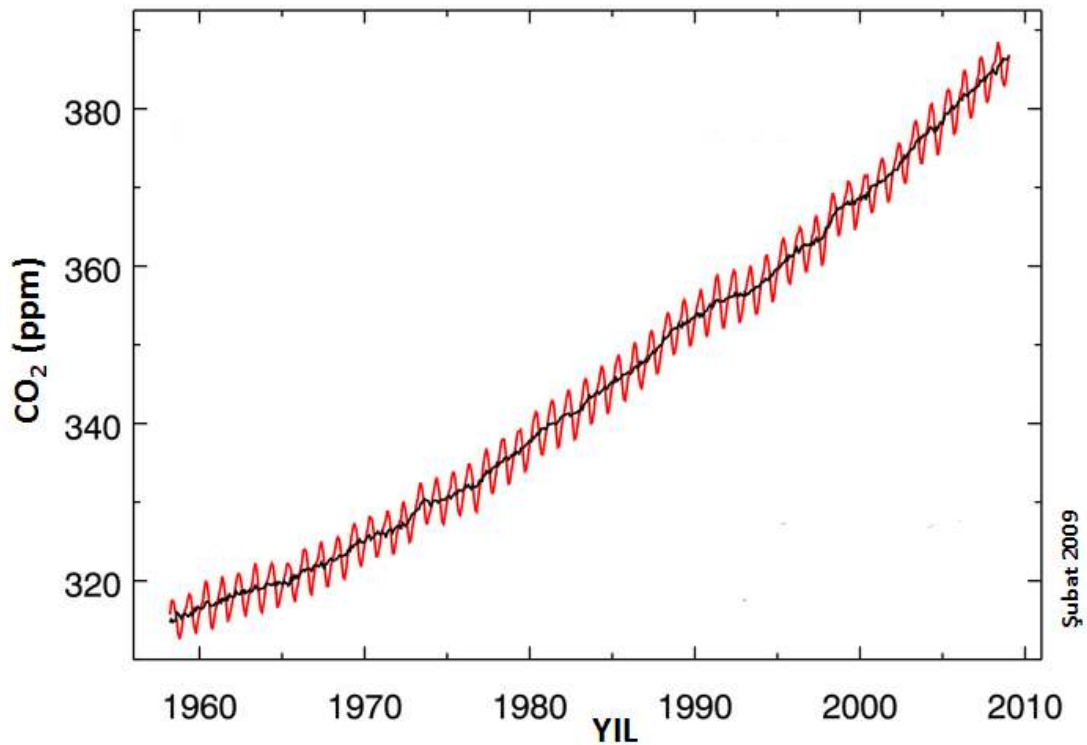
Modelin adyabatik uyarlanması ilk testlerinin umut verici olmasına karşın, işlevselliğinin ve avantajlarının tamamen belirlenmesi açısından bu konuda daha çok test yapılması gerekmektedir (Önol, 2001).

Yüksek çözünürlükteki model performansı analizleri de yeni bir araştırma konusudur. RegCM modeli genellikle 50 km veya daha düşük çözünürlükte çalıştırılmıştır. Yüksek çözünürlük denemeleri model performansının yatay çözünürlüğe özellikle de fırtına olayı yapısına ve yağış benzeşimlerine duyarlı olduğunu göstermiştir (Giorgi ve Mearns, 1999). Topoğrafik özelliklerin daha iyi temsil edilebilmesi genellikle yağış desenlerinin benzeşimlerinin gelişimine öncülük eder. Bununla birlikte Giorgi ve ark. (1996) yağışın doğrudan, alt modellerin çözünürlüğüne duyarlı olduğunu göstermiştir.



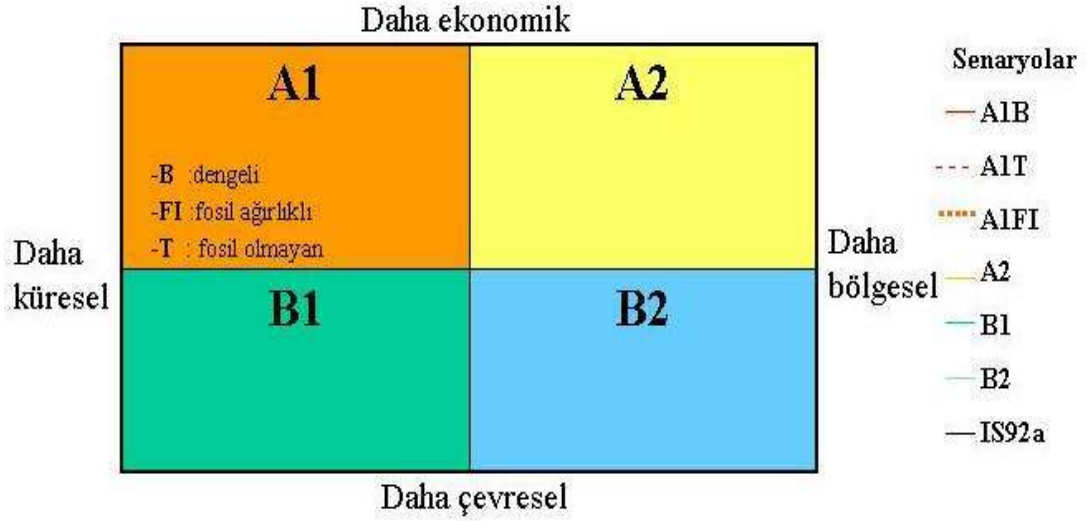
Şekil 2.5. Örnek “Birleştirilmiş Bölgesel Yer Sistem Modeli” şematik gösterimi (Giorgi ve Mearns, 1999)

Atmosferdeki sera gazları miktarı (başta karbondioksit olmak üzere) son yüz yıldan bu yana, insan faaliyetinin bir sonucu olarak, hızlanarak artmaktadır. Çok büyük bir kısmı fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan insan kaynaklı karbon salımları 1850’lerde senelik 50 milyon metrik ton seviyesinden 2000’de yıllık 6.5 milyar ton seviyesine ulaşmıştır. En yüksek ısı hapsedme kapasitesine sahip olan temel seragazı karbondioksitin atmosferdeki miktarı ise endüstri çağı öncesindeki 290 ppmv seviyesinden 2004’te 377 ppmv seviyesine ulaşmıştır (Keeling, et al., 2005). Aşağıdaki grafik (Şekil 2.6) bu gelişmeyi güncel olarak resmetmektedir. Üstelik IPCC’nin (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) 2001 tarihli üçüncü değerlendirme raporuna göre günümüzdeki karbondioksit miktarları son 420 000 seneden beri ve belki de son 20 milyon seneden beri aşılmamıştır.



Şekil 2.6. Atmosferdeki aylık ortalama CO₂ konsantrasyonları (Mauna Loa / Hawaii) (www.esrl.noaa.gov)

IPCC 1. Çalışma gurubu tarafından Mart 2000 de kabul edilen ‘Salım Senaryoları Özel Raporu’ senaryoları (IPCC SRES, 2000), A1, A2, B1, B2 olmak üzere 4 ana grupta toplamıştır (Şekil 2.7). Bu sınıflandırmada;



Şekil 2.7. SRES senaryoları (IPCC, 2000)

A1 (A1F1, A1T, A1B) senaryo ailesi gelecek dünyada çok hızlı bir ekonomik büyüme, küresel nüfusun yüzyılın ortasında en yüksek düzeyine ulaştığını ve ondan sonra azaldığını, yeni ve etkin teknolojilerin hızlı bir giriş yaptığını varsayar. Ana temalar bölgeler arasındaki yakınsallık, kapasite geliştirme ve artan kültürel ve sosyal etkileşim ile kişi başına yıllık gelirlerde bölgesel farklılıkların önemli ölçüde azalmasıdır. A1 senaryo ailesi enerji sistemindeki teknolojik değişimin alternatif yönlerine göre 3 gruba ayrılır. Üç A1 grubu teknolojik önemlerine göre ayrılırlar: fosil ağırlıklı (A1FI), fosil olmayan enerji kaynakları (A1T) veya tüm enerji kaynaklarının dengede olduğu (A1B).

A2 senaryo ailesi oldukça heterojen bir dünyayı temsil eder. Bu senaryoda kişisel güven ve bölgesel kimliklerin korunacağı varsayılmaktadır. Verimlilik örnekleri nüfusun sürekli artması nedeniyle bölgeler arasında oldukça yavaş yönelim gösterir. Ekonomik gelişme öncelikle bölgesel kaynaklı olup kişi başına kapital ekonomik gelişme ve teknolojik değişim daha parçalı ve daha yavaştır diğer senaryolara göre.

B1 senaryo ailesi küresel nüfus artışını A1 senaryosu gibi yüzyılın ortasında en yüksek düzeye ulaşmasını ve daha sonrasında azalmasını öngörmektedir. Fakat ekonomik yapıda hızlı bir değişimle temiz ve yeniden kazanım-etkin teknolojilerin girişiyle ve maddesel yoğunluğun azaltılmasıyla hizmet ve bilgi ekonomisine

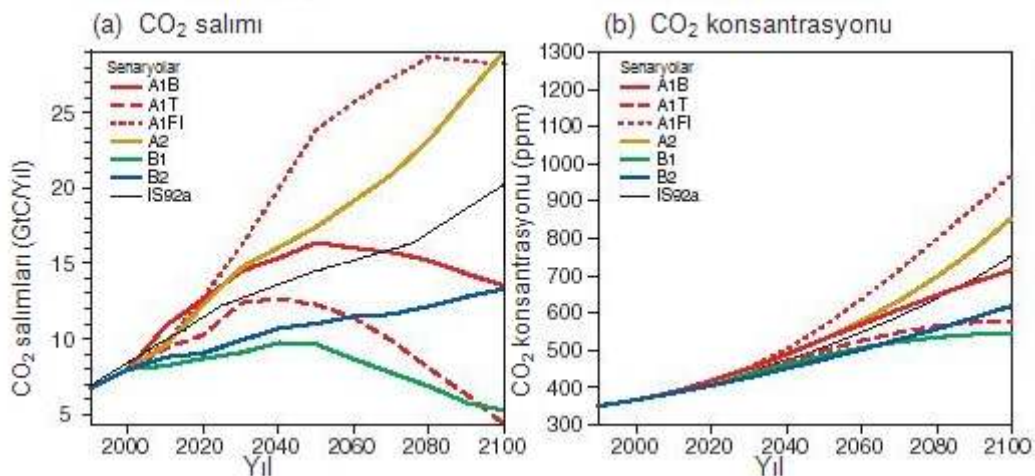
yönelmiştir. Ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe küresel çözümlere adaletin geliştirilmesinin yanı sıra iklim insiyatifinde eklenmesini vurgulamaktadır.

B2 iklim senaryo ailesi ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğe bölgesel çözümlerin vurgulandığı bir dünya tanımlamaktadır. Bu dünyada A2 senaryosunda öngörülen daha düşük oranda sürekli artan bir dünya nüfusu, ortalama bir ekonomik gelişme ve A1 ve B1 senaryolarındakinden daha çok çeşitli ve daha az hızlı teknolojik değişim öngörülmekte. Senaryo çevresel korumaya ve sosyal adalete doğru yönelirken mahalli ve bölgesel seviyelere odaklanmıştır.

SRES senaryolarına göre 1990-2100 yılları arasında öngörülen CO₂ salımları ve konsantrasyonları Şekil 2.8’de gösterilmiştir.

SRES senaryoları kümülatif CO₂ salımına göre dört grupta sınıflandırılmaktadır (IPCC 2000). CO₂ salımının 1990-2100 yılları arasında kümülatif toplamalarına göre;

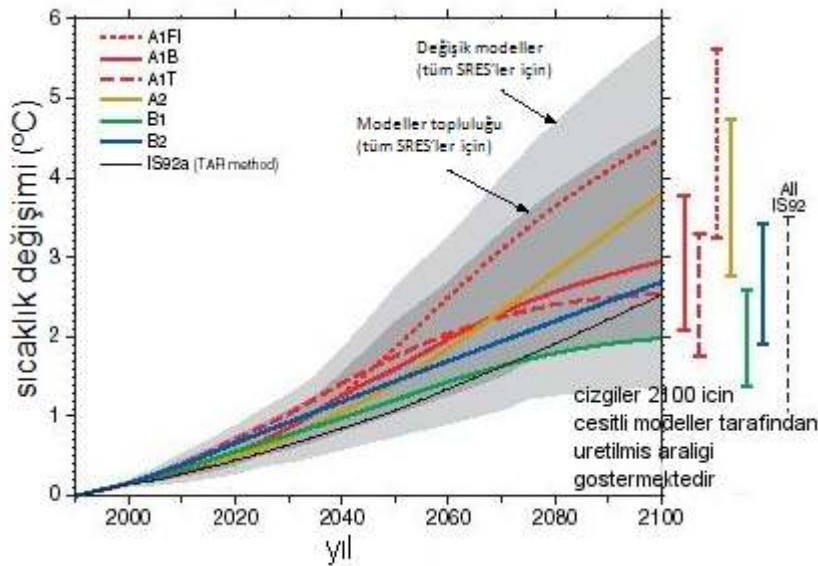
- 1100 GtC dan az = Düşük
- 1100 ile 1450 GtC arası= Orta -Düşük
- 1450 ile 1800 GtC arası= Orta-Yüksek
- 1800 GtC fazla =Yüksek olarak nitelendirilmektedir.



Şekil 2.8. SRES senaryolarına göre 1990-2100 CO₂ salımları (a) ve konsantrasyonları (b) (IPCC, 2000).

IPCC’nin geleceğe dair kestirimleri dikkate alındığında ortaya çok daha ciddi bir tablo çıkmaktadır. Önümüzdeki yüzyıl içerisinde, farklı (iyimser ve kötümser)

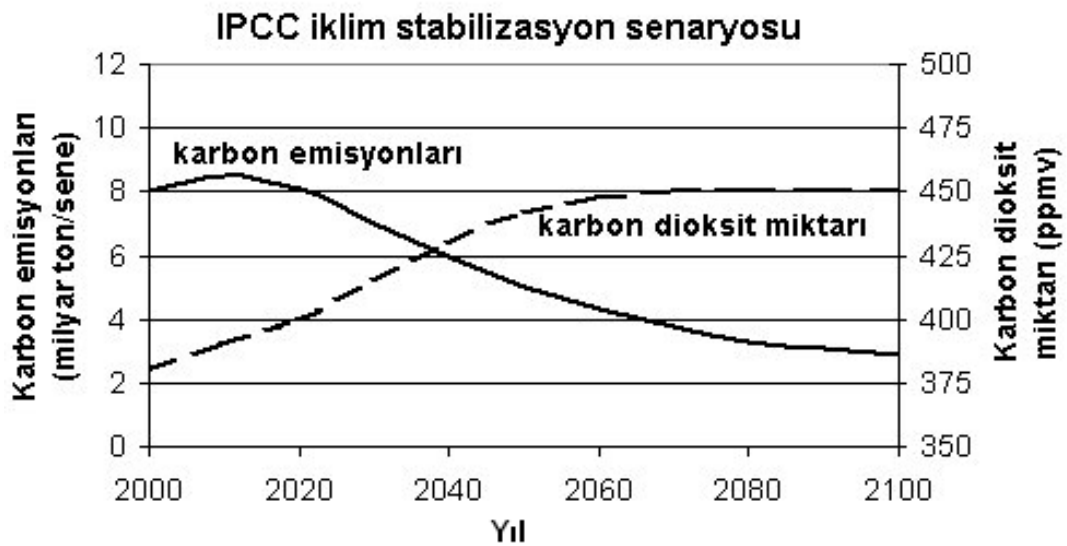
karbon salım senaryolarına bağlı olarak beklenen sıcaklık artışı 1.4 ila 5.8 °C arasındadır. Son buzul çağında dünya ortalama sıcaklığı bugüne göre yaklaşık 6 °C daha soğuktu. Bu noktada en iyimser karbon senaryosu ve ona karşılık gelen 1.4 ile 2.5 °C aralığındaki sıcaklık artış beklentisi üzerinde durulabilir (Şekil 2.9, yeşil eğriler): Bu senaryo ekonomik toplumsal ve çevresel sürdürülebilirlik için küresel çözümlerin üretildiğini, küresel adalet yolunda adımların atıldığını varsayar. Buna bağlı olarak küresel karbon salımları derhal azalmaya başlar, bu azalma 2040’lardan itibaren hız kazanır ve yüzyıl sonu salım değerleri bugünkü değerlerin yaklaşık dörtte birine kadar geriler. İşte bu radikal değişim senaryosunun ürettiği iklim değişimi dahi (ortalama 2 °C sıcaklık artışı) güvenli bir atmosfer vaat etmemektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Çeşitli sera gazı salım senaryolarına göre 2100 yılına kadar öngörülen sıcaklık değişimleri (IPCC,2000).

Eğer uygarlık zaman yitirmeksizin günümüzdeki küresel karbon salım değerlerini yüzyıl içinde yaklaşık $\frac{1}{4}$ seviyesine indirecek şekilde güçlü bir enerji dönüşümü yaşarsa bu senaryoda öngörülen hedefler başarılabılır. Bununla birlikte burada üç süredurum sorunuyla karşı karşıya kalınmaktadır. Birincisi, böylesi bir enerji dönüşümü nasıl ve hangi sürede başarılabılır ki bu durum küresel adalet perspektifiyle ele alınması gereken politik bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Zira, halen Kyoto protokolü altında bile küresel karbon salım değerleri artmaya devam etmektedir. İkincisi, atmosferik sera gazları temel dinamiğiyle ilgili bir durumdur.

Pek çok kişinin zannettiğinin aksine, küresel karbon salımları azaldığında atmosferdeki karbondioksit miktarı da azalmamaktadır. Atmosferdeki karbondioksit miktarının azalabilmesi için karbon salımlarının karbon soğurulmasından (atmosferdeki karbondioksitin okyanuslar ve bitkiler tarafından alınması, soğurulması süreci) daha aşağı seviyelere çekilmesi gerekmektedir. Üçüncüsü ise atmosferdeki sera gazı miktarı sabitlendiğinde dahi, iklimin kendisini bu miktara adapte etmesi belki bir yüzyıl kadar daha sürebilecektir. Çünkü güneşten alınan kısa dalga ısıma ve uzaya yansıyan uzun dalga ısıma arasında dengenin yeniden kurulabilmesi için yerküre ısınmaya bir süre daha devam edecektir (Saysel, 2005). Şekil 2.10 söz konusu değişimin nasıl gerçekleşmesi gerektiğini göstermektedir.

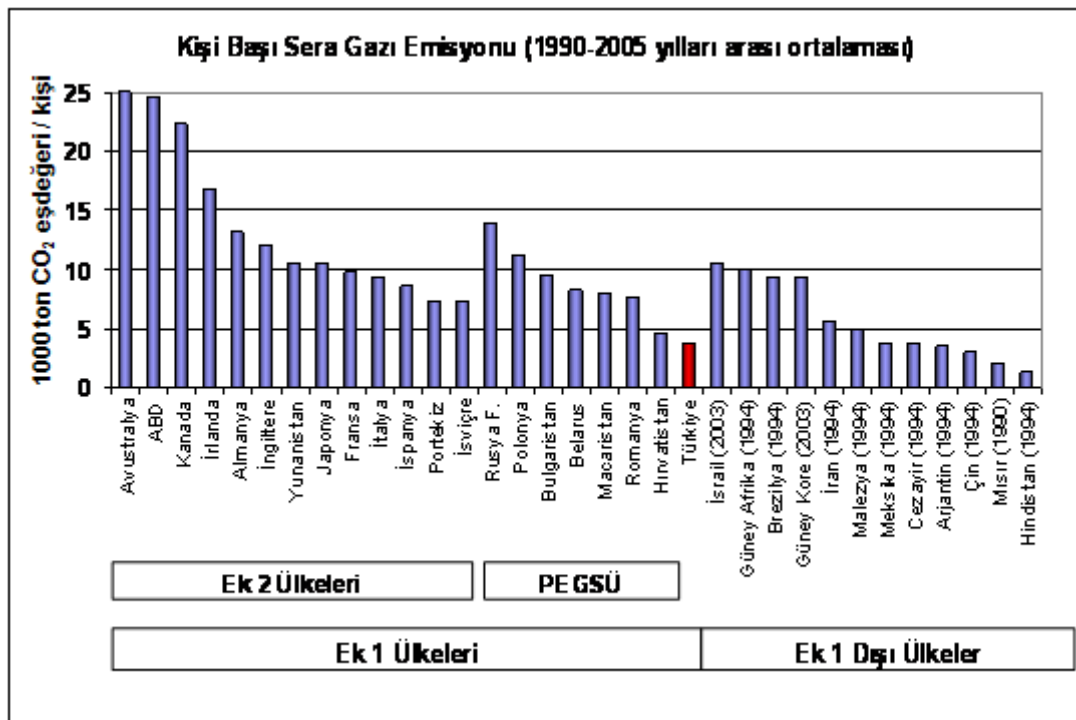


Şekil 2.10. Makul bir iklim geleceği vadeden karbon salımı (IPCC, 2000: Saysel 2005'ten)

Dünya genelinde ekonomik büyüme, endüstrileşme ve zenginlik fosil yakıt tüketimi ve karbon salımlarıyla güçlü bir korelasyon taşımaktadır. Dünya ekonomisi büyüdükçe buna bağlı olarak daha fazla karbon atmosfere salınmıştır. Tüketim, enerji tüketimi, GSMH (Gayri Safi Milli Hasıla) ve karbon salım değerleri, hepsi son 150 yıl içerisinde üstel olarak büyümüştür. (Saysel, 2005).

Yıllık dünya karbon salımı ortalaması 2005 yılı itibariyle 1 ton civarındadır. Bu rakam ABD (Amerika Birleşik Devletleri) için 5 ton/yıl, Japonya ve Batı Avrupa için ise 2 ile 5 ton/yıl arasındadır. Güney Yarımküre ülkeleri için bu rakamın

ortalaması 0.6 iken, 50'den fazla kalkınmakta olan ülke için ise 0.2'den azdır (Şekil 2.11). Toplam nüfusun bu yüzyılın sonunda 10 milyar seviyesinde sabitlenebildiği bir dünyada atmosferdeki sera gazı miktarının büyük felaketleri tetiklemeyecek makul bir seviyede dengeye oturtulabilmesi için dünya ortalamasının zaman yitirilmeden aşamalı olarak 0.3 ton/yıl/kişi değerine düşürülmesi gerekmektedir (TOBB, 2005).



Şekil 2.11. Kişi başına düşen yıllık karbon salımları (<http://www.tobb.org.tr>)

2.1.2.2. Gelecek Yüzyıl İçin Öngörülen Önemli Küresel İklim Değişiklikleri

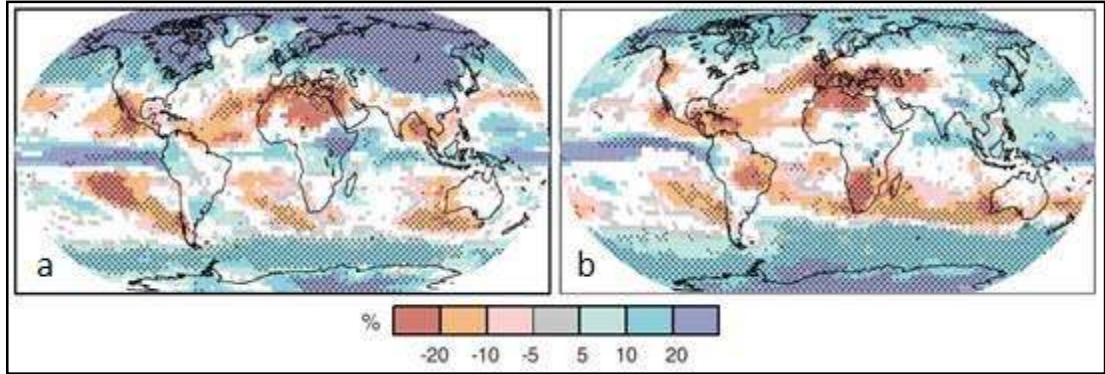
IPCC Üçüncü Değerlendirme Raporu'nda temel alınan tüm salım senaryoları ve projeksiyonları, atmosferik karbondioksit birikimlerinin, yüzey sıcaklıklarının ve deniz seviyesinin 21. yüzyıl süresince yükseleceğini, kara ve deniz buzlarının ve buzullarının alansal ve hacimsel olarak azalacağını öngörmektedir (IPCC, 1996, 2000, 2001a ve 2001b). Anılan raporda 1990-2100 döneminde, küresel ortalama yüzey sıcaklığının 1.4 ile 5.8 °C arasında artacağı öngörülmektedir. Öngörülen ısınma oranı 20. yüzyılda gözlenen değişikliklerden daha büyüktür ve eski iklim

verilerine dayanarak, büyük bir olasılıkla bunun en azından son 10,000 yıl boyunca bir benzeri de yoktur (Türkeş 2001, 2003).

Son küresel benzeşim modeli sonuçlarına göre hemen hemen tüm kara alanlarının, özellikle soğuk mevsimde yüksek kuzey enlemlerindeki karaların daha hızlı ısınabileceği öngörülmektedir. Yine aynı şekilde model çalışmalarının sonucunda küresel ortalama su buharı birikimi ve yağış miktarının 21. yüzyıl süresince artacağı kestirilmektedir. Bazı kurak ve yarı-kurak alanların kuraklaşmasıyla birlikte yağışlarda mevsimlik ve enlemsel kaymalar olacağı öngörülmektedir. Model hesaplamaları iklim ısındığında buharlaşmanın artacağını, küresel ortalama yağış miktarında ve şiddetli yağış olaylarının sıklığında bir artış olacağını göstermektedir. Buna karşılık, bazı alanlarda yağış artışı olurken, başka alanlarda yağış azalışları yaşanacağı, hatta yağışlarda artış olan kara alanlarında artan buharlaşma yüzünden akışlarda ve toprak neminde azalışlar olabileceği öngörülmektedir. Yağışta mevsimlik kaymalar olabileceği de öngörülmektedir. Genel olarak, yağış yüksek enlemlerde yaz ve kış mevsimlerinde artabilecektir. Kışın, orta enlemler, tropikal Afrika ve Antarktika'da yağışların artacağı, yazın ise, güney ve doğu Asya'da yağışlarda bir artış olacağı öngörülmektedir. Avustralya, Orta Amerika ve güney Afrika'nın kış yağışlarında ise sürekli bir azalma beklenmektedir. IPCC modellerinde özel olarak Akdeniz havzası için önemli bir yağış değişikliğinden söz edilmemekle birlikte, Hadley Centre'in iklim modellerine (UKMO/DETR, 1999) ve diğer model sonuçlarına göre, özellikle Doğu Akdeniz havzası ve Orta Doğu için, yağışlarda, su kaynaklarında ve akımlarda gelecek yüzyıl için önemli azalmalar beklenmektedir (Şekil 2.12). Yağış projeksiyonları arasındaki model tutarlılıkları dünyanın birçok bölgesi için görece olarak zayıftır (Türkeş, 2001).

Modeller ekstrem hava ve iklim olaylarının sıklığında ve etkisinde artış olacağını öngörmektedir. İklim modelleri sıcak günlerin sayısında, sıcak dalgalarında, kuvvetli yağış olaylarında, taşkınlarda, kuraklıklarda, yangınlarda, zararlıların yayılışında, orta enlem yaz mevsimi toprak nemi açığında, artan tropikal siklon maksimum rüzgâr hızında ve yağış şiddetinde bir artış, buna karşılık soğuk günlerin sayısında ve don olaylarında bir azalış olacağını öngörmektedir. Bunun dışında, El-Niño benzeri koşulların, gelecekte tropikal ve subtropikal kuşakların

birçok bölümlerinde taşkınların ve kuraklıkların etkisinde bir artışa yol açabileceği beklenmektedir. Ancak orta enlem fırtınalarının şiddetinde bir artış olup olmayacağı belirsizliğini korumaktadır (Türkeş 2001).



Şekil 2.12. Çoklu model ortalamalarına göre kış (a) ve yaz (b) yağışlarında öngörülen değişimler (RF periodu 1980-1999, A1B senaryo periodu 2090-2099) (IPCC, 2007)

RegCM modelinin dünyada farklı iklime sahip bölgeleri için de uygulamaları mevcuttur. Bu çalışmalarda değişik bölgelerdeki yıllararası değişimin benzeşiminde model performansı incelenmiştir. Bütün bu çalışmalarda model, gözlenmiş değerlerin analizleri kullanılarak çalıştırılmış ve özellikle de yağış benzeşimlerine odaklanmıştır. Genel olarak bu çalışmalar sonucunda RegCM modelinin bölgesel ölçekteki yıllar arası değişimin ana özelliklerini yakalamayı başardığı saptanmıştır. Bununla birlikte model performansı mevsimlere ve bölgenin konumunun yağış miktarını belirleyen hava kütlelerinin dolaşımıyla olan ilişkisine bağlı olarak değişmiştir (Giorgi ve Mearns, 1999). Small et al. (1999) RegCM modelini yarı kurak bir iklimin baskın olduğu Orta Asya ile Doğu Afrika gibi iki farklı iklimsel karaktere sahip bölgede kullanmışlardır. Model sonuçları her iki bölge için de kabul edilebilir derecede iyi performans göstermişlerdir. Anılan çalışmada model ortalamayı iyi kestirirken, değişkenliklerin benzeşiminde aynı başarıyı gösterememiştir.

Her modelin duyarlılığı farklıdır ve bu nedenle modellerin karşılaştırılarak hangi koşullarda hangi modelin daha iyi-doğru kestirimler verebildiğinin belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla yapılan çalışmalardan en geniş kapsamlısı “Bölgesel İklim Benzeşimlerinin Karşılaştırılması Projesi (PIRCS) başlıklı projedir.

Anılan çalışmada sekiz ayrı bölgesel iklim modeli (RSM-NCEP, RSM-Scripps, MM-5, RegCM2, DARLAM, HIRHAM4, ClimRAMS, ISU RAMS) kullanılarak 1988 yılında Amerika Birleşik Devletlerinin orta bölümünde meydana gelen kuraklık kestirimleri (projede kullanılan modellerin hem birbirleriyle hem de gerçek gözlem değerleriyle olmak üzere) karşılaştırılmıştır. Modellerin her biri farklı grid yapısına, çözünürlüğe, basınç seviyelerine, dinamik denklemlere, konveksiyon modellerine ve yanal sınır koşullarına sahiptir. Bu özellikler Çizelge 1.'de gösterilmiştir (Takle ve ark., 1999). Büyük ölçekteki sirkülasyonların yaz mevsiminde daha zayıf olması nedeniyle deneme için yaz mevsimi (15 Mayıs-15 Temmuz) seçilmiştir. Bununla birlikte yaz aylarında yerel (mezo) ölçekteki sirkülasyon bölgesel iklim üzerinde daha etkin rol oynamaktadır. Ayrıca 15 Mayıs - 15 Temmuz 1988 gibi orta Amerika için kurak bir devrenin seçilmesi bölge üzerindeki sonuçlarda konvektif parametrisasyonun etkisinin en aza indirilmesini ve farklı modellerin kullandıkları konvektif parametrisasyonun etkisinin küçük olmasını sağlamıştır. Ayrıca seçilen dönem modellerin ekstrem koşullardaki performansını göstermek için de oldukça uygun bir zaman dilimidir. Bölgenin seçilme nedeni anılan bölgedeki orta-ölçek özelliklerin varlığı ve model benzeşimlerinin küresel modeldekinden farklı olarak yerel özellikleri yakalayabilme özelliğinin araştırılması olmuştur. Ayrıca bölgenin yoğun meteorolojik veri gözlem ağı ile örülü olması model performanslarının ölçülmesi bakımından da önemli bir ölçüttür. 500 hPa jeopotansiyel yükseklik alanları için iki farklı istatistik yöntem kullanılarak model sonuçları ve re-analizler karşılaştırılmıştır. Genel olarak sınır şartlarına uygulanan reanaliz verileri yukarı seviye jeopotansiyel yükseklik değişimlerini temsil etmekte yeterli bulunmuştur. Bütün modeller 500 hPa seviyesindeki zamansal değişimi iyi benzeştirmiştir. Ayrıca modeller fırtına izleri gibi genel desenleri oldukça iyi yansıtmışlardır. Başlangıç koşullarındaki en büyük sorun toprak nemidir. Zira toprak nemi düzenli olarak ölçülmemekte ve dolaylı yoldan hesaplanarak elde edilmektedir. Bu nedenle toprak nemi için modelin dengelenme süresi bir ayı geçebilmektedir ve bu nedenle modellerin çalıştırma devreleri iki ay olarak seçilmiştir (Takle ve ark., 1999: Öno1 2001'den).

Çizelge 2.1. Bölgesel iklim benzeşimlerinin karşılaştırılması projesi (PIRCS)'nde kullanılan modeller ve özellikleri (Takle ve ark., 1999)

Model	Grid	Seviye	Dinamik	Konveksiyon Modeli	Yanal Sınır Şartları
RSM-NCEP	PS	28	HYD	Grell	EXP/10
RSM-Scripps	MER	28	HYD	A-S	EXP/10
MM5	LB	32	NON	Grell	LIN/4
RegCM2	LB	14	HYD	Grell	EXP/10
DARLAM	PS	18	HYD	Modifiye A-S	EXP/9
HIRHAM4	MER	19	HYD	MF	EXP/10
ClimRAMS	PS	20	NON	K-A	PAR/10
ISU RAMS	PS	24	NON	K-A	PAR/8
HYD (Hidrostatik); NON (Hidrostatik değil). Grid Tipi: MER (Merkator; Enlem-Boylam); PS (Polar Stereografik); LB (Lambert Benzeşimi). Konveksiyon Modeli: A-S (Arakawa-Shubert); MF (Mass Flux Modeli); K-A (Kuo). Yanal Sınır Koşulları: LIN (Bölgenin merkezine doğru lineer azalma); EXP (Eksponansiyel azalma); PAR (Parabolik azalma)					

Yukarıda anılan proje sonucunda modellerin yağış benzeşimlerinin, dinamik zorlamaların büyüklüklerine göre, çeşitlilik gösterdiği belirlenmiştir. Yağış benzeşimlerinin değerlendirilmesinde Amerikan Ulusal İklimsel Veri Merkezi'nin (NCDC) verileri kullanılmıştır. Bu veriler Kanada, Meksika ve okyanus üzerini kapsamamaktadır. Modeller ABD'nin çeşitli bölgeleri için hemen hemen aynı sonuçları verirken, bazı bölgelerde genel özellikler için "model taraflılığı (bias)" zayıf bulunmuştur. Bütün modellerin hesapladıkları yağış değerleri birbirinden farklıdır. Bununla birlikte modeller sinoptik zorlama ile oluşan yağışların genel frekansını yakalamışlardır. Hidrolojik önem gözönünde bulundurularak bütün modellerin kurak devreyi kabul edilebilir ölçülerde kestirebildiği söylenebilir. Kuzey Batı Pasifik Bölgesi için bütün modeller de yağışın zamansal trendi iyi benzeşim yapılmışken, yağış miktarı kestiriminde o kadar başarı sağlanamamıştır. Diğer bölgeler için de durum farklı değildir (Takle ve ark., 1999). En soğuk maksimum sıcaklık MM5-BATS ve HIRHAM modellerinde en küçük Bowen oranı ile birlikte oluşmuş, en sıcak maksimum sıcaklık ise DARLAM'da en büyük Bowen oranında oluşmuştur. Maksimum sıcaklıktaki değişimler büyük ölçekli hareketlerin kontrolü

altındaki sinoptik akımların ve yüzey enerji dengesinin yerel etkilerini birlikte göstermektedir. Model sonuçlarıyla gözlenmiş değerler arasındaki fark minimum sıcaklıklarda maksimum sıcaklıklara göre daha küçük olmuştur. Karşılaştırılan bölgesel iklim modellerindeki genel davranış, günlük minimum sıcaklığın maksimuma göre daha tutarlı benzeşimidir (Önol, 2001). Modeller yağış dışındaki değişkenleri iyi benzeştirmişlerdir. Anılan projede kullanılan modellerin bazı kısıtlılık ve üstünlükleri birbiriyle örtüşmektedir. Ancak bütün karşılaştırmalar sonucunda hiçbir model tek başına öne çıkmamıştır. (Takle ve ark., 1999: Önol 2001'den).

Önol ve Semazzi (2008) çalışmalarında RegCM bölgesel iklim modelini NASA-Finite Volume GCM (NASA-FvGCM) veri setleriyle referans (1961-1990) ve senaryo (2071-2100, A2) dönemleri için çalıştırarak Doğu Akdeniz Bölgesi için iklim değişikliğini tesbit etmeye çalışmışlardır. Model Sonuçlarına göre Doğu Akdeniz'in kuzey bölgelerinde yağışlarda artış belirlemişlerdir. Model, Karpatya Dağlarında, Karadeniz'in doğu kıyıları boyunca, Kaçkar ve Kafkas Dağları üzerinde % 10 - % 50 arasında kış yağışlarında artış öngörmüştür. Türkiye'nin güney ve güney doğusunda ve Akdeniz'in doğu kıyısında % 20 - % 60 arasında yağış azalışı öngörmüşlerdir. Sıcaklıklarda kışın Doğu Akdeniz de kışın 2 - 5 °C, ilkbaharda 2 - 4 °C, yazın 2 - 8 °C ve sonbaharda 3 - 5 °C artış olacağını öngörmüşlerdir. En fazla ısınmayı 8 °C ile Balkan devletlerinde ve 6 °C ile Türkiye'nin batı kesimlerinde öngörmüşlerdir. En düşük sıcaklık artışı İskenderun Körfezi ve çevresinde görülmüş, bunu da deniz suyu sıcaklığında görece olarak değişimin daha az olmasına bağlamışlardır. Sıcaklık artışlarının % 5 önem düzeyinde istatistiki açıdan da önemli olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar RegCM modelinin doğrulama çalışmalarında, kış ayları için çalışma alanının (Doğu Akdeniz) kuzey kesimleriyle Kafkaslar da yaz ayları için güney kesimlerinde modelin 2-4 °C daha sıcak öngördüğünü belirtmişlerdir. Yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde ise CRU değerlerinden 2 °C daha yüksek kestirimde bulunduğunu belirtmişlerdir. Model sonuçlarının istasyon gözlemleriyle karşılaştırılmasında ise yaz mevsimi haricinde tüm mevsimlerde modelin yıllık ortalama sıcaklıkları 1-3 °C daha düşük kestirdiği ve yaz mevsiminde diğer mevsimlerden daha iyi uyum gösterdiğini belirtmişlerdir. Kış sıcaklığında

Küresel Tarihi İklim Ağı (GHCN) dahilindeki istasyonların sadece 3 ünde 3 °C altında fark bulunurken, en yüksek fark Montenegro’da ve 4.3 °C olarak belirlenmiştir. Ermenistan’da ilkbaharda fark 7 °C olarak belirtilmiştir. En küçük farkların Ortadoğu bölgesi hariç olmak üzere yaz mevsiminde görüldüğünü ve Suriye, Irak ile Ürdün de bu farkların diğer ülkelerin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Referans çalışmasının yağış sonuçları CRU değerleriyle iyi uyum gösterdiğini, RegCM modelinin tüm mevsimlerde genel yağış dağılımını gerçekçi olarak yansıttığını bildirmişlerdir. RegCM kış ve ilkbahar yağışlarını Dalmaçya kıyıları, Karadeniz kıyısının doğusunda ve Türkiye’nin güneybatı kıyılarında olduğundan yüksek kestirmiştir. Modelin yaz yağışlarında ise daha düşük kestirimler yaptığını bunun yanı sıra Türkiye, Romanya ve Gürcistan üzerinde daha gerçekçi kestirimlerde bulunduğunu bildirmişlerdir.

Kimi araştırmacılar tarafından RegCM modelinin kurak bölgelerde gözlemlerden daha yüksek sıcaklık kestirimleri yaptığı bildirilmiştir (Pal ve ark. 2007, Kirchak ve ark., 2007, Önal ve Semazzi 2008). Pal ve ark. (2007) RegCM modelini ERA40 veri seti ile çalıştırdıkları denemede Irak ve Arab yarımadasında +4 °C fark bulmuşlardır. Önal ve Semazzi (2008) bu bölge için küresel iklim modeli (FvGCM) sonuçlarının bölgesel iklim modeli (RegCM) sonuçlarından CRU değerleriyle kıyaslamada daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

2.1.2.3. Türkiye İçin Öngörülen Önemli İklim Değişiklikleri

İklim modellerinin çoğundan elde edilen kestirimlere bakıldığında genel olarak Akdeniz Havzası’na ya da Türkiye ve bölgesine ilişkin sıcaklık öngörülerinin, kuzey yarımkürenin orta ve yüksek enlemlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. IPCC Üçüncü ve Dördüncü Değerlendirme Raporlarında da kullanılan çeşitli iklim modellerine göre Türkiye üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıklarda 2050 yılına kadar sadece sera gazlarındaki artışlar dikkate alındığında 1-3 °C arasında, sera gazlarındaki ve sülfat parçacıklarındaki değişimler birlikte dikkate alındığında ise 1-2 °C arasında bir artış olacağı öngörülmektedir (IPCC, 2001a ve 2007; Türkeş 2001 ve 2003). İngiltere’deki Hadley İklim Tahmin ve

Araştırma Merkezi'nin 1999 yılında yayımladığı iklim değişikliği ve etkileriyle ilgili sonuçları bölgesel olarak değerlendirilerek, insan kaynaklı iklim değişikliğinin Türkiye'nin sıcaklık ve yağış koşulları üzerine etkileri Türkeş (2001, 2003) tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir. Atmosferdeki CO₂ gazı birikimini (insan etkinlikleri sonucunda atmosfere verilen salımlarla ilişkili fazla birikimler) azaltmak için hiç önlemin alınmadığını kabul eden senaryoya göre, 2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıklarda (1961-1990 normaliyle karşılaştırıldığında) yaklaşık 3-4 °C artış olması beklenmektedir. CO₂ birikimlerini 750 ppm'de durdurmayı öngören senaryoya göre yıllık ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 2-3 °C, 550 ppm'de durduran senaryoya göre ise yaklaşık 1-2 °C artış olacağı öngörülmektedir. Salımların kontrol edilmediği senaryoya göre 2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yıllık ortalama yağışlarda yaklaşık 0 ile -1 mm/gün değişiklik (azalma) beklenirken, CO₂ birikimlerini 750 ve 550 ppm'de durdurmayı öngören senaryolara göre ise 2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yıllık ortalama yağışlarda yaklaşık 0 ile -0.5 mm/gün değişiklik (azalma) olacağı kestirilmektedir. Salımların kontrol edilmediği senaryo altında, Türkiye akarsularının yıllık akımlarında yaklaşık % 20-50 azalma, CO₂ birikimlerini 550 ve 750 ppm'de durduran senaryolara göre ise sırasıyla yaklaşık % 0-15 ile % 5-25 azalma öngörülmektedir. Salımların kontrol edilmediği senaryo ile CO₂ birikimlerini 750 ve 550 ppm'de durduran sera gazı salımları senaryolarına göre Türkiye ve Orta Doğu bölgesi, dünyanın su stresinde artış beklenen stresli ya da su sıkıntısı çeken alanları arasında değerlendirilmiştir.

Yukarıda da değinildiği gibi Türkiye'nin iklim değişikliğine duyarlılığının belirlenmesine ilişkin çalışmalarda son birkaç yıl öncesine kadar genellikle dünyanın diğer ülkelerinde yapılan araştırmalar ışığında değerlendirmeler yapılmıştır. Türkiye iklimindeki kısa ve uzun vadeli olası değişimlerin kestirimine yönelik gerçek gözlem değerleri ve bölgesel iklim modelleri kullanılarak yapılan çok az sayıdaki çalışmalar sadece son birkaç yıldan beri yürütülmektedir. Bunlar, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Çukurova Üniversitesi bünyesinde genel dolaşım modellerinin küresel ölçek boyutu ile yerel ölçek arasındaki boşluğu ortadan kaldıracak istatistiksel ve dinamik ölçek küçültme çalışmalarıyla sınırlıdır (Önol, 2004; Tatlı, 2004; Tatlı ve ark.,

2004a; Tatlı ve ark., 2004b; Tatlı ve Türkeş 2008; Giorgi ve ark 2004a ve 2004b; Raisanen ve ark. 2004, Gao ve ark. 2006, Gao ve Giorgi 2007, ICCAP, 2007; Beniston ve ark. 2007, Alpert ve ark. 2008, Krichak ve ark. 2008, Önal ve Semazzi 2008, Önal ve ark. 2008, Demir ve ark. 2007, 2008b, 2008c). Bu çalışmalarda bölgesel iklim modeli olarak PRECIS, Terc-RAMS, RegCM ve MM5 modelleri kullanılmaktadır. Bir diğer çalışmada ise Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında bölgede oluşacak arazi kullanımı ve yüzey karakteristiklerindeki olası değişimlerin iklim üzerine etkileri incelenmiştir (Ünal ve ark., 2001).

Demir ve arkadaşları (2008b) çalışmalarında, İngiltere Meteoroloji Servisi Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen Bölgesel İklim Modeli, PRECIS (**P**roviding **R**egional **C**limates for **I**mpacts **S**tudies) kullanarak, Türkiye için bölgesel düzeyde ayrıntılar içeren iklim değişikliği öngörülerinde bulunmuşlardır. Modeli, Hadley Merkezi'nin Atmosferik Genel Dolaşım Modeli, HadAMP3 çıktıları ile çalıştırmışlar ve referans dönem (1961-1990) benzeşimleri ile gelecek dönem (2071-2100) A2 senaryosu benzeşimlerini iklim değişikliğini belirlemek için karşılaştırmışlardır. Benzeşim sonuçlarına göre Türkiye'de kıyı bölgeleri dışında ortalama sıcaklıklarda 5-6 °C'lik artışlar öngörmüşlerdir. Kış mevsiminde sıcaklıkların doğuda 4-6 °C, buna karşılık yaz mevsiminde batıda 6-7 °C yükseleceğini belirtmişlerdir. Maksimum sıcaklıklarda değişimin, genel olarak artış yönünde olacağını bildirildiği çalışmaları sonucunda yaz mevsiminde 8 °C'yi bulan yüksek artışlar tesbit etmişlerdir. Minimum sıcaklıkların kış mevsiminde doğu bölgelerinde 5-6 °C ve yaz mevsiminde Ege Bölgesinin iç bölümlerinde 7-8 °C artacağını öngörmüşlerdir. Yağış rejimindeki değişikliklerde, doğudan batıya doğru gidildikçe yüzde olarak artan (% 40) azalmalara dikkat çekmişlerdir. Kış mevsiminde güney ve batı bölümlerde yağışlarda düşüşler olacağını, yaz mevsiminde ise tersi bir durum olacağını belirtmişlerdir. Su bütçesi bakımından kar kalınlığını gelecekte, Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz'de azalacağı yönünde tesbitte bulunmuşlardır. Yağıştaki azalma ve sıcaklıklardaki artışa paralel olarak buharlaşmadaki artış sonucunda, su kaybında artacağını belirtmişlerdir. Yağış ve buharlaşma arasındaki farklılıklarda ise, gelecekte Türkiye genelinde alansal olarak geniş ölçekli belirgin değişiklikler göze çarpmamakla birlikte, Güney Marmara, Ege, Doğu Karadeniz,

Güneydoğu Anadolu'nun kuzeyi ve Toros Dağları hattında azalmalar öngörmüşlerdir. Demir ve arkadaşları (2008b) diğer bir çalışmalarında PRECIS modelini günümüz koşullarını temsilen Avrupa Orta Vadeli Tahmin Merkezi (ECMWF)'in reanaliz veri seti (ERA40) ve gelecek dönem benzeşimler için HadAMP3'ün A2 senaryo veri setiyle çalıştırarak karşılaştırmışlardır. Geçmiş 30 yıllık çalıştırmaların sonuçları, küresel kara gözlem ağından elde edilen İklim Araştırma Birimi (CRU) gözlem verileriyle karşılaştırarak doğrulamasını yapmışlardır. 1961-1990 dönemi için modelin ürettiği yıllık ortalamalarda maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar ile gözlem verileri arasında çok iyi bir uyum olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşılık, mevsimsel ortalamalarda yaz mevsimi ortalama maksimum sıcaklıkları, gözlemlere göre Ege kıyılarında 2-3 °C daha sıcak ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ise bazı yerlerde 2-3 °C daha soğuk bulmuşlardır. Ayrıca kış mevsiminde minimum sıcaklıklarda Doğu Anadolu'nun kuzey batısında gözlemlere göre model ile kestirilen sıcaklıklar gözlenenlere kıyasla 2-3 °C daha soğuk bulunmuştur. Yıllık toplam yağış miktarlarında ise Doğu Karadeniz ve Akdeniz kıyıları ile Güneydoğu Anadolu'yu takip eden dalgalı bir hat üzerinde, bazı yerlerde modelin gözlemlere göre daha fazla yağış gösterdiğini belirtmişlerdir. Mevsimlik ortalamalar dikkate alındığında ise kış mevsiminde, model yağışlarının, gözlemlere göre özellikle topografyanın yükseldiği alanlarda fazla olduğunu belirtmişlerdir. Gelecek dönem karşılaştırmalarına göre ise; ortalama sıcaklıklarda Türkiye genelinde 4-5 °C artış öngörmüşlerdir. Ortalama maksimum sıcaklıklarda Türkiye'nin doğusunda 5-6 °C, diğer alanlarda 4-5 °C artış belirlemişlerdir. Sıcaklıkların mevsimsel değerlendirmelerine göre en yüksek artışların yaz mevsiminde olacağı öngörülmüştür. Yıllık toplam yağış miktarlarında değişim öngörülerinde ise Türkiye genelinde azalma belirtmişlerdir. Özellikle kış mevsiminde Toros Dağları boyunca yağışlarda belirgin düşüşler olacağını bildirmişlerdir. Bununla birlikte Akdeniz kıyı şeridinde ve Doğu Karadeniz'de yer yer yağışlarda artmalar olacağını öngörmüşlerdir.

Önol ve ark., (2008) bölgesel iklim modeli RegCM'in çalışma sahası büyüklüğü, çözünürlük, kümülüs ve konvektif yaklaşım parametrelerinin duyarlılığını Türkiye alanı üzerinde test etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda büyük

ve küçük çalışma alanları için yağış dağılımının ve şiddetinin benzer olduğunu belirtmişlerdir. Çözünürlük duyarlılık çalışmalarında denedikleri 60, 30 ve 15 km çözünürlüklerinde, 60 km çözünürlükten 30 km çözünürlüğe inince model sonuçlarında önemli iyileşmeler olduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak modelle yapılan yağış kestirimlerinin gözlenenlerden daha yüksek olduğunu belirtip, 30 km sonuçlarındaki model ile gözlem arasındaki farkın 15 km de elde edilen sonuçlara kıyasla daha az olduğunu vurgulamışlardır. Yağış parametrelerinde her iki parametrenin de (Grell ve Emanuel) dağlar üzerinde yüksek yağış kestiriminde bulunduğunu ve Arakawa-Schubert yaklaşımının ise gözlemlerle en iyi uyumu gösterdiğini belirtmişlerdir.

Yukarıda özetlenen çalışmaların ortak yanı gelecekte Türkiye için Doğu Karadeniz kıyıları için yağış artışı, buna karşı özellikle Türkiye'nin güney ve batı kesimleri ile Güneydoğu Anadolu bölgesi başta olmak üzere genelinde yağışlarda azalma öngörülmesidir. Sıcaklıklarda ise en çok batı bölgelerinde olmak üzere 2 ile 6 °C arasında değişen artışlar öngörülmektedir.

2.2. İklim Değişikliğinin Etkileri

İklim değişikliğinin karalar, denizler ve buzullar üzerine etkilerini araştıran çalışmalar tüm dünyada küresel ve bölgesel ölçekte yapılmaktadır. Su, toprak ve hava gibi doğal kaynakların günden güne ve hızla değişen iklimden etkilenme durumu ile anılan doğal kaynaklardaki değişimin tarım başta olmak üzere, sanayi, kentleşme, turizm, sağlık ile diğer birçok toplumsal ve yaşamsal faaliyetler üzerine etkileri son 20 yılda bilim adamları tarafından incelenmektedir. Ülkelerin bugün ve gelecekle ilgili politikalarında iklim değişimi ve olası etkilerini gözardı etmelerinin gelecekte ciddi sorunlara neden olabileceği bilim insanları tarafından sürekli vurgulanmaktadır.

Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi'nde (Anonymous, 2007a) belirtildiğine göre kıyı şeridinde yer alan turistik şehirler özellikle tehdit altındadır. Türkiye'nin güney batı sahillerinde yer alan Phaselis ve Patara gibi antik şehirler de olduğu gibi deniz seviyesinin yükselmesi sonucunda pek çok "önemli" kültürel sit

alanının zarar görme ya da yıkılma olasılığı bulunmaktadır. Bu önemli sit alanlarından bazıları artan dalga faaliyetlerinden zarar görebilir, ya da diğer taraftan giderek artan kumul hareketlerinden dolayı kum tepeciklerinin altında kalabilir. Örneğin Akdeniz kıyısındaki Pompeipolis antik kenti kumullar ile örtülmüş durumdadır. Türkiye'nin bu bölgesi tarihi kalıntılar açısından çok zengin olduğundan, kalıntıların yerini değiştirmek pratik anlamda imkansızdır.

İklim değişikliğinin bir diğer olumsuz etkisi de insan sağlığı üzerinedir. Çevre sıcaklığı yükseldiği zaman, vücut ısısı da yükselmektedir. Bu durum daha fazla hastalıklara, ölümlere, kalp rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Avrupa ülkelerinin yer aldığı iklim değişimi ve insan sağlığına etkileri konulu projelerde yapılan kestirimlere göre 2071–2100 yılında sıcaklığın yaklaşık 3 °C derece artacağı ve buna bağlı olarak her yıl fazladan 86,000 ölüm olayı gerçekleşeceği kestirilmektedir (Çelik ve ark., 2008).

Türkiye de ise 1957 yılında Ankara da Hatip Çayı'nın taşması sonucunda 185 kişi hayatını kaybetmiştir. 1995 yılı kasım ayının ilk günlerinde İzmir'de Yamanlar Deresi'nin taşması sonucunda meydana gelen sel felaketinde 61 kişi hayatını yitirmiştir. 1998 Mayıs ayında Batı Karadeniz Bölgesinde meydana gelen şiddetli sel sonucunda 28, aynı şekilde 2006 yılının kasım ayında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde meydana gelen şiddetli yağış ve sel sonucunda da 42 kişi hayatını kaybetmiştir. 19 Haziran 2004 tarihinde Ankara'nın Çubuk İlçesi'nin Söğüt Köyü'nde meydana gelen hortumda ise 4 kişi hayatını kaybetmiştir (Çelik ve ark., 2008).

Üzerinde çalışılan havzalardaki yüzey sularının neredeyse % 20'sinin 2030 tarihinde kaybedileceği kestirilmektedir. Bu oran 2050 ve 2100 yıllarında sırasıyla % 35 ve % 50 olarak öngörülmektedir. Havzalardaki yüzey suyu potansiyelinde yaşanması olası azalmalar su kullanıcıları açısından özellikle tarım, konut ve sanayi sektörlerindeki su tüketicileri açısından önemli su sıkıntılarına sebep olacaktır. Buna ek olarak bitkilerde yaşanan buharlaşma yoluyla su kayıplarının artması (2030 ve 2100 yılları için sırasıyla % 10 ve % 54) sulama suyu gereksinimini ciddi boyutlarda artıracaktır. Su sıkıntısı sorunlarına ek olarak, arazi kullanımı ve havzalardaki arazi

örtüsünün de iklim değişikliği sonuçlarından önemli ölçüde etkilenmesi beklenmektedir.

Ayrıca iklimsel ısınmanın Karadeniz'deki balık varlığına ve ekolojik rejime etkileri Oğuz (2003) ve Oğuz ve ark., (2003) tarafından araştırılmıştır. Diğer bir çalışmada da küresel ısınma sonucunda Türkiye'yi çevreleyen denizlerdeki deniz seviyesinin 1 m yükselmesi durumunda, Türkiye kıyılarında olası etkilenmeler incelenmiş, özellikle yerleşim alanlarına ve ekonomiye yansımaları irdelenmiştir. Bu düzeyde bir deniz seviyesi yükselmesinin Gayri Safi Milli Hasıla'ya etkisinin yaklaşık % 10 olabileceği belirtilmiştir (Karaca ve Ünal, 2003). Tezcan ve arkadaşları (2007), küresel ısınma sonucu meydana gelecek olan iklimsel değişikliklerin Türkiye'deki su kaynaklarına olan etkilerinin kestirilebilmesine yönelik olarak su kaynakları sistemlerinin bu tür değişimlere karşı gösterebilecekleri tepkileri denetleyen parametreleri tanımlayarak, duyarlılıklarını Seyhan Nehri Havzası için ortaya koymaya çalışmışlardır. Bunun için yüzeysuyu kaynağı olarak Seyhan Nehri ve kollarını kapsayan havza ile yeraltısuyu kaynağı olarak alüvyon akiferi incelemişlerdir. Yüzey suyu sistemini Seyhan Nehri Havzası'nın hidrolojik modeli (MIKE-SHE) ile yer altı suyu sistemini ise alüvyon akiferin matematiksel modeli (SEAWAT-2000) ile benzeştirmişlerdir. Kavramsal modellerle matematiksel modellerin kalibrasyonları tamamlandıktan sonra, iklim değişikliklerinin başlangıç ve sınır koşullarında ortaya çıkaracağı etkilerin sistemde yaratacağı tepkiler konum (x,y,z) ve zaman (t) boyutlarında kestirilmiştir. Modellerle kestirilen tepkilerin niteliği ve büyüklüğü, sistem parametrelerinin iklimsel değişimlere karşı duyarlılık dereceleri açısından değerlendirilmiştir. İki farklı iklim modelini (MRI ve CCSR) 8 km çözünürlükte, 1993-2004 ve 2070-2080 dönemleri için çalıştırarak sıcaklık, yağış, potansiyel buharlaşma terleme değerleri için elde edilen öngörülerini MIKE-SHE ve SEAWAT-2000 modellerinde kullanmışlardır. Sonuç olarak sırasıyla (MRI, CCSR) yağışta % 29.4-34.7, gerçek evapotranspirasyonda % 16.9-16.9 ve nehir akımında % 37.5-46.4 değişim tesbit etmişlerdir. Bu durumda bölgedeki pek çok kaynağın yeraltısuyu seviyesinin altında kalacağı ve dolayısıyla kuruyacağı tespitinde bulunmuşlardır.

Kuraklık genel olarak su eksikliğine neden olabilecek derecede yağışta azalmalar olarak tanımlanmaktadır. Ortalama yağışlardan daha az yağış düşmesi durumunda hafif şekilde etkili olabileceği gibi kısa ve uzun süreli ekstrem iklim olayları şeklinde de görülebilir ve bu durumda suya bağlı sektörler ve toplumlar üzerinde çok önemli zararlanmalara neden olabilir. Yağışta azalmaların yüksek sıcaklık ve rüzgar hızı ile düşük nem gibi diğer meteorolojik etmenlerle birlikte meydana gelmesi potansiyel ile gerçek bitki su tüketimi arasındaki farkın büyümesine ve toprak suyu eksikliğine neden olmaktadır. Tarımsal kuraklık olarak tanımlanan bu durum, tarımsal üretimi sınırlamanın ötesinde kıtlık gibi toplumları sosyo-ekonomik olarak etkileyebilen büyük boyutlarda doğal afetlere yol açabilmektedir. Kuraklığın şiddeti ve etkisi, kurak devrenin uzunluğu, su ve nem eksikliğinin derecesi, etki alanının büyüklüğünün yanısıra toplumların ekonomik ve sosyal ile diğer çeşitli çevresel etmenlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Kuraklık tarımsal üretimi toprak su içeriğinde azalma ve yüksek bitki su tüketimi nedeniyle kısa sürede etkileyebilirken, azalan yağış ve değişen yağış rejimi ile artan yağış şiddeti, yükselen sıcaklıklar sonucu artan buharlaşma gibi iklimsel değişiklikler yüzey ve yeraltı su kaynaklarının beslenmesini ise daha uzun sürede ve olumsuz yönde etkilemektedir.

Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz ve Ortadoğu Bölgelerine ek olarak Avrupa ve Amerika Kıtaları da 20. yüzyılda kuraklıktan önemli derecelerde etkilenmişlerdir (Wilhite, 2000; Lloyd-Hughes ve Saunders, 2002). Yağışlardaki azalma ve artan sıcaklıklar nedeniyle ülkemizin tarımsal üretim merkezlerinden olan Orta ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri yüksek kuraklık riski altındadır (Kömüscü ve ark., 1998). Nitekim 1970'li yıllardan itibaren görülen kuraklık sadece tarımsal üretim ile enerji üretimini değil aynı zamanda büyük şehirlerde içme ve kullanma suyu ile sulama suyu sıkıntısının da artmasına neden olmuştur (Türkeş, 1998a, 1999, 2003; Kömüscü, 2003; Türkeş ve Erhat 2003 ve 2005). Türkeş, (1999, 2000) Türkiye'nin güneydoğusu ve karasal iç bölgelerinin iklim etmenleri ve bitki örtüsü nedeniyle çölleşmeye eğilimli kurak alanlar olduğunu belirtmektedir. Araştırmacı, Akdeniz ve Ege Bölgeleri'ni ise yüksek ve parçalı yeryüzü şekilleri, tarım arazilerinin son 20-30 yıldaki tarım dışı ve sürdürülebilir olmayan fiili kullanımları,

ormanların kentleşme ve turizm amaçlı yapılaşmaya terk edilmesi ile doğal ve/veya kasıtlı yangınlar nedeniyle yok olması gibi etkenlerle gelecekte çölleşme sürecinden daha fazla etkilenebilecek yarı nemli bölgeler olarak tanımlamaktadır.

Altan ve ark. (2007), Seyhan Nehri Havzasındaki doğal bitki örtüsünü analiz ederek olası iklim değişikliği ve havzanın üst kesimlerinde yürütülen soysa-ekonomik çalışmalara dayanan ve insan etkisini gözönünde bulunduran geleceğe yönelik olası vejetasyon değişimi senaryolarını değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda üç varsayımda bulunmuşlardır. Birincisinde 2070’lerde 1.87 °C lik sıcaklık artışının bölgedeki bitki örtüsünde önemli bir değişiklik yaratmayacağını, ikincisinde ise bugünkü güncel bitki örtüsünün 2070’lerden sonra değişerek yeniden şekilleneceğini, üçüncüsünde ise iklim değişikliğinin bitki örtüsü üzerindeki etkisine, alan kullanımlarının insan etkisiyle oluşan baskılar da eklenerek 2. varsayımdan daha hızlı bir bitki örtüsü değişimi olacağını öngörmüşlerdir.

Küresel gıda gereksiniminin karşılanmasında tarımsal üretim iklim değişimi ve atmosferik CO₂ artışından önemli derecede etkilenebilecek, insanlık için önemli sektörlerden biridir (Rosenzweig ve Hillel, 1998). Bununla birlikte iklim değişiminin başta tarımsal üretim olmak üzere birçok sektör ve doğal kaynaklar üzerine etkilerinin detaylı bir şekilde saptanmasıyla ilgili çalışmalar ise yok denecek kadar azdır. Oysa iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirme çalışmaları hangi stratejilerin gelecekte başarılı değişim sağlayabileceğini ve hangi özel iklim koşullarının adaptasyon için eşik temsil edebileceğini göstermeleri yönünden çok önemlidir. İklim değişikliğine ve artan CO₂ konsantrasyonuna tarımsal ürünlerin tepkisini belirlemekte kullanılan pek çok yöntem vardır. Bu amaçla bitki büyümesini ve verimini benzeştiren modeller gelecekteki iklim değişimine tarımsal ürünlerin tepkisinin belirlenmesi ve gerekli uyum stratejilerinin analiz edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İzleyen kısımlarda yaygın olarak kullanılan bitki büyüme modelleri ve özellikle bu çalışmada kullanılan WOFOST modeli ile yapılan çalışmalar incelenmiştir. Aynı zamanda tez çalışmasında iklim değişikliğinin 1. ve 2. ürün mısır verimine etkilerinin araştırılması nedeniyle mısır bitkisine yönelik araştırma sonuçlarına ağırlık verilmiştir.

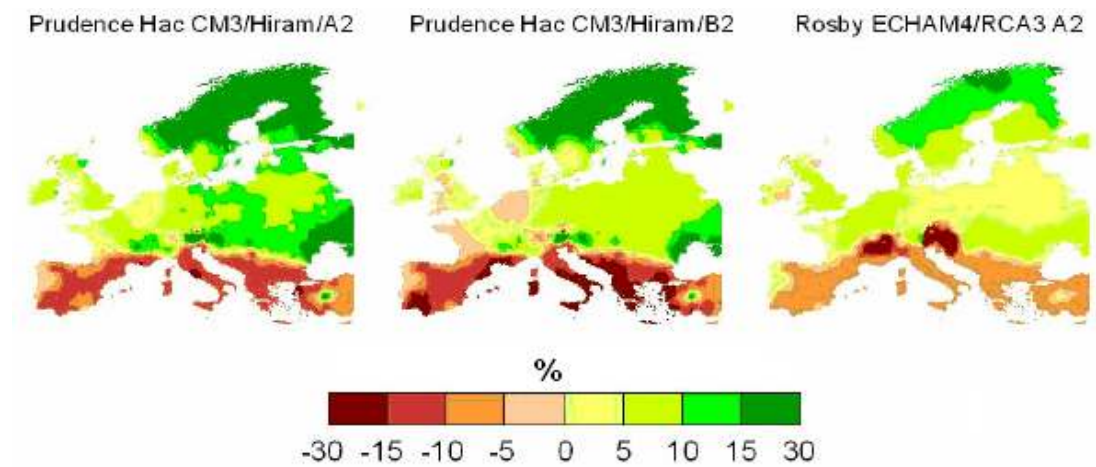
Genel olarak tarımsal üretimde verimliliğin ürün tipine, büyüme mevsimine, sıcaklık rejimindeki değişikliklere ve yağışın mevsimselliğine bağlı olarak, sıcaklıktaki küçük değişiklikler için orta ve yüksek enlemlerde artacağı öngörülmektedir. Buna karşılık, 2-3 °C'nin üzerindeki sıcaklık değişikliklerinde, orta enlemlerin tarımsal üretiminde azalma olacağı beklenmektedir. Ancak, tropikal ve subtropikal bölgelerde bazı ürünlerin kendi maksimum sıcaklık toleransına yakın olduğu yerlerde ve kurak arazilerin ve sulama yapılmayan tarımsal uygulamaların egemen olduğu yerlerde, ürün rekolteleri sıcaklıktaki küçük artışlarda bile, özellikle Afrika'da azalabilecektir. Ayrıca tüm tarımsal üretkenliğin % 30 dolayında azaldığı Afrika ve Latin Amerika için, üretkenlikteki azalmanın gelecek yüzyıl boyunca süreceği öngörülmektedir.

Tarımsal sistemlerin iklim değişimine tepkisi önemli oranda çeşit, su ve besin elementi uygulamaları gibi teknik ve kültürel önlemlere ve programlara bağlıdır. Bitkiler verim yönünden artan CO₂ konsantrasyonuna suyun kısıtlı olduğu koşullarda tam sulama koşullarına kıyasla daha olumlu tepki verirler (Chaudhuri ve ark., 1990; Kimball ve ark., 1995). Buna karşın azotun kısıtlayıcı faktör olması durumunda ise artan CO₂ konsantrasyonu verimde düşmeye neden olur (Sionit ve ark., 1981; Mitchell ve ark., 1993). Bazı araştırmacılar gelecekteki iklim değişikliği ile mevcut koşullar karşılaştırıldığında tarımsal üretim sistemlerinde geniş ölçüde iklim değişimine adaptasyon olabileceği, verimlilikte değişimin olmayacağı ve hatta bazı ürünlerin veriminde artışlar olabileceğini belirtmektedirler. Bunun da ötesinde çiftçiler çevresel koşullardaki değişimlere daha seçkin ürünlere yönelerek, uygun kültürel önlemleri kullanarak ve ekim sistemleri seçerek uyum sağlayabilirler (Tubiello ve ark., 2000).

Genel dolaşım modelleriyle sıcaklıklardaki öngörülen artışlar ve yağışlardaki değişimler de fotosentezi, bitki gelişim oranını tarladaki su ve besin bütçesi kadar etkileyebilecektir (Long, 1991). Son olarak artan CO₂ oranı ve iklim değişiminin tarımsal verime net etkisi yerel koşullara bağlı olacaktır. Örneğin, daha sıcak ilkbahar–yaz hava sıcaklıkları büyüme mevsimlerinin uzunluğunu artıracak ve kuzey enlemlerinde ürün verimi için faydalı olabilecektir. Buna karşın artan sıcaklıklar, yüksek yaz sıcaklıkları ve su stresinin tarımsal üretimde sınırlayıcı bir

faktör olduğu Akdeniz gibi bölgelerde olumsuz etkide bulunabilecektir (Rosenzweig ve Tubiello, 1997).

Avrupada yürütülen ve iklim değişikliğinin tahıl verimine etkilerinin araştırıldığı PESEDA projesi kapsamında, dokuz tarımsal-iklim bölgesinde 2020 ve 2080’lerde tahıl verimiyle ilgili öngörülerde Kuzey Avrupa bölgesinde % 2.8 ile % 70 arasında değişen oranlarda artış, güney kesimlerinde ise % 1.9 ile 22.4 oranlarında azalma olabileceği belirtilmiştir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Avrupa da tahıl veriminde öngörülen değişim (HadCM3/HIRLAM; RF-A2,B2 ve ECHAM4/RCA3; RF-A2)(Anonymous, 2007b)

Bazı araştırmacılar küresel iklim modeli çıktılarını bitki büyüme modelleri içinde kullanarak iklim değişikliğinin tarımsal üretime etkilerini belirlemede öncülük etmişlerdir (Rosenzweig ve Parry, 1994; Wolf ve Van Diepen, 1995). Bu amaçla kullanılan modeller ve yapılan çalışmalar arasında CropSyst bitki büyüme modeli mısır, soya, sorgum ve buğday için (Pala ve ark., 1996; Stockle ve ark., 1997; Donatelli ve ark., 1997; Pannkuk ve ark., 1998), WOFOST modeli arpa ve buğday için (Alexandrov ve Eitzinger 2002; Eitzinger ve ark., 2004), CERES-Wheat ve CERES-Maize sırasıyla buğday (Lal ve ark., 1998; Attri and Rathore 2003; Trnka ve ark., 2004b; Dubrovsky ve ark., 2004) ve mısır için (Dubrovsky ve ark., 2004), CERES-sorghum modeli sorgum için (Gangadhar Rao ve ark., 1995; Chatterjee, 1998), APSIM-N-wheat buğday için (Asseng ve ark., 2004), SOYGRO ve GOSSYM modelleri sırasıyla soya ve pamuk için (Reddy ve ark., 2002) ile CROPGRO soya için Lal ve ark. (1999), Mall ve ark. (2004), CROPGRO-chickpea modeli nohut için

(Mandal 1998), WTGROWS buğday için (Aggarwal ve Kalra, 1994), ORYZA1 modeli pirinç ile (Mohandass ve ark., 1995; Aggarwal ve Mall 2002), CERES-rice modeli pirinç için (Saseendran ve ark., 2000; Rathore ve ark., 2001; Lal ve ark., 1998; Aggarwal ve Mall 2002) yer almaktadır. Anılan modellerin büyük bir bölümü toprak-bitki-atmosfer sürecinde su ve azot hareketi, bitki fizyolojisinde gelişme, kuru madde birikimi ve ürün verimini hesaplamakta ve tarımsal üretim sistemlerinin çok yıllık ardışık benzeşimlerine olanak tanımaktadır.

Grant ve ark. (1989), geliştirdiği bitki büyüme modeliyle elde ettiği sonuçları bir çok bölgede mısırın gözlenen kuru madde miktarı, dane verimi, dane sayısı, dane ağırlığı ve yaprak alan indeksi değerleriyle karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmada, model sonuçları ile gözlenen sonuçlar arasında % 20'lik bir fark olduğu görülmüştür. Mısır gelişimini daha doğru kestirebilmek için toprak ve iklim ile ilgili ayrıntılı bilgiye gereksinim olduğu kadar, bitkinin temel gelişim aşamalarını etkileyen çevre etmenlerinin de bilinmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu gibi modellerin üstünlüğü toprak, iklim ve işletim değerlerini girdi olarak kullanması, kısıtı ise model sonuçlarının yalnızca mevsimlik gözlenen sonuçlar ile kıyaslanabilmesidir. Stockle ve ark. (1991), Washington'da yağmurlama yöntemi ile sulanan mısırın dane verimini değerlendirmek için bir benzeşim çalışması yapmışlardır. Yetiştirme mevsimi suresince konulardaki su dağılımına toprağın su tutma kapasitesine ve atmosferin buharlaşma istemine bağlı olarak model, günlük evapotranspirasyonu sürekli % 15 eksik kestirmiş, mısır verimi de % 1-7 arasında daha düşük sezinlenmiştir. Köksal (1995), Çukurova koşullarında CERES-Maize bitki büyüme modelinin yöreye uyumluluğunu test etmiş, modelin su kısıntısına karşı duyarlı olduğunu ve gerçek değerlerden daha düşük kestirimler yaptığını belirlemiştir. Ayrıca, CERES-Maize bitki büyüme modeline bazı katsayılar eklenerek, ikinci ürün mısır bitkisinde farklı öğelerin kestiriminde de kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Gençdoğan (1996), 1. ürün mısırın Çukurova koşullarında CERES-Maize modeliyle benzeşimlerinin tarla denemeleriyle uyumluluğunu test etmiştir. CERES-Maize bitki büyüme modelinin tarla kapasitesi, solma noktası su içeriklerine ve sulama randımanına duyarlı olduğu, bazı konularda verim ve verim unsurlarını tam olarak kestiremediğini belirtmiştir. Kenya da iki çeşit mısır ile yapılan başka bir model çalışmasında

CERES-maize modeli kullanılarak farklı ekim tarihlerinin verime etkisi araştırılmıştır (Abigail Amissah-Arthur, 2005). Çalışma sonucunda ortalama verimin geçici çeşitte 2142 kg ha⁻¹ ile 90 kg ha⁻¹, erkenci çeşitte 2419 kg ha⁻¹ ile 86 kg ha⁻¹ arasında değiştiği belirtilmiştir.

Tubiello ve ark. (2000) çalışmalarında iklim değişikliği ve artan CO₂ konsantrasyonunun İtalya'daki iki bölgede bitkisel üretim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmanın amacı belirlenen herhangi bir iklim için tarımsal üretim sisteminin CropSyst bitki büyüme modeli kullanılarak ürün verimliliğine etkilerini belirlemektir. İki küresel iklim modelinin çıktıları bitki büyüme modeli CropSyst'in iklim dosyasına giriş verisi olarak kullanılmıştır. Kullanılan Genel Dolaşım Modellerinden biri NASA uzay çalışmaları yürüten Goddard Enstitüsü tarafından geliştirilen GISS modeli (Hansen ve ark., 1988), diğeri ise Princeton Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı tarafından geliştirilen GFDL modeli (Manabe ve Weatherland, 1987)' dir. Her iki model de atmosferik sirkülasyon ve deniz-yüzey sıcaklıklarının sınır koşullar olarak belirtildiği toprak-yüzey dinamiklerini benzeştirmektedir. Her iki modeldeki sayısal çözünürlük 4° enlem ve 5° boylam (her bir model grid kutusunun ortalama doğrusal boyutu yaklaşık 500 km'dir) ile 9 dikey atmosfer tabakasıdır. Çalışma sonuçları artan CO₂ ve iklim değişiminin birleşik etkisinin mevcut kültürel önlemlerde değişikliğe gidilmediği takdirde tarımsal üretimi düşüreceğini göstermiştir. Özellikle öngörülen yüksek hava sıcaklıkları, bitki fenolojisini hızlandırmakta, kuru madde birikiminde ve ürün veriminde % 10-40 arasında azalmaya neden olmaktadır. Adaptasyon stratejileri araştırmalarıyla her iki bölgede de sonbahar-yaz ürünlerinin erken ekimi ve yavaş olgunlaşan kışlık tahılların birlikte ekim nöbetinde yer alması ile başlıca ürün verimlerinin korunabileceği belirlenmiştir. Modena'da sulu mısır ve soya için dane veriminde bugünkü seviyeyi koruyabilmek için %60-90 oranında daha fazla sulama suyuna ihtiyaç duyulacağı sonucuna varılmıştır.

Trnka ve ark., (2004a) batı ve orta Avrupa da en önemli tahıllarından baharlık arpa bitkisinde karbondioksit konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak büyüme ve gelişmedeki değişimi ve uygulanabilecek adaptasyon stratejilerini CERES-Barley modeli ile araştırmışlardır. Çalışmada stokastik iklim üretici "stochastic weather

generator” ile oluşturulan günlük iklim verileri ile kısıntılı ve potansiyel üretim seviyelerinde çok yıllık bitki büyüme benzeşimleri incelenmiştir. Benzeşimlerde CO₂ in iki katına çıkması ve küresel iklim modellerinden elde edilen 4 farklı senaryo sonuçları temel alınmıştır. Model doğrulamasının da bitki büyüme benzeşimleri ile tarla denemeleri arasında 0.88’lik ilişki katsayısı bulunmuştur. Uygulanan iklim senaryolarına bağlı olarak değişen iklim koşullarına göre üretimde % -19 ile % +5 arasında değişim öngörülmüştür. Karbondioksit konsantrasyonunun iki katına çıkarılmasının mevcut iklim şartlarında kısıntılı üretim koşullarında üretime etkisi % 35-55 arasında artış şeklinde olurken, gelecek iklim koşullarında bu etki % 25-65 arasında olmuştur. Karbondioksit artışının doğrudan ve dolaylı etkileri beraber göz önüne alındığında üretime etkisi % 13-52 arasında olduğu öngörülmüştür. Potansiyel üretimde ise bu etki % -1 ile % -9 ile % +31 ile % +33 arasında bulunmuştur. İki kat CO₂ koşullarında erken ekim uygulaması yapıldığında (60 güne kadar çıkabildiği belirtilmiştir) üretimdeki artışın % 15-22 arasında olacağı öngörülmüştür. Daha uzun büyüme periyodu öngörülerinde normal büyüme periyoduna göre ekstra her bir gün için % 1.5 üretim artışı belirlenmiştir. Ekimde toprak su içeriğinde % 1’lik artışın üretimde 54-101 kg ha⁻¹’lık artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Eitzinger ve ark. (2002) Avusturya’da yaptıkları çalışmada WOFOST, SWAP ve EPIC modellerini ile Penman, Penman-Monteith, Hargreaves, Priestley-Taylor evapotranspirasyon yöntemlerini 1999 ve 2000 yıllarında buğday ve arpa ekili alanda lizimetre ölçümleriyle karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Gerçek evapotranspirasyon değerlerinde lizimetre ölçümlerine en yakın sonuçları FAO Penman-Monteith metodu ve SWAP’ın verdiğini belirlemişlerdir.

CERES, WOFOST ve SWAT modellerinin farklı toprak koşullarında ve yetiştirme periyodunda toprak su içeriğini kestirme yeteneklerinin karşılaştırmalı olarak araştırıldığı bir çalışma sonucunda modeller arasında önemli bir fark bulunmadığını belirlemişlerdir (Eitzinger ve ark., 2004).

Van Dijck ve ark. (2005) çalışmalarında Fas için MUGCM model sonuçlarını MM5 modeli ile dinamik olarak daha küçük ölçeğe indirgemiş ve sonuçlarını yeraltı suyundaki değişiklikleri araştırmasında kullanmışlardır. Çalışmalarında referans periyodu olarak 1990’ları senaryo dönemi olarak 2050’leri baz almışlardır.

WOFOST modeli sonuçlarına göre yıllık yağışlardan yer altı suyuna deşarj olan miktarda % 40-68 oranında azalma öngörmüşlerdir

Wolf ve van Diepen (1995) çalışmalarında Avrupa Birliği'nde ekilebilir alanlarda tarihi iklim bilgelerini ve ortalama toprak verilerini kullanarak WOFOST modeli ile mısır üretimini hesaplamışlardır. Modelin iklim değişkenlerine karşı duyarlılığını belirlemişlerdir. İklim değişikliği senaryolarına bağlı olarak artan CO₂ in doğrudan ve dolaylı üretime etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Ayrıca değişen iklimin ürün yönetimine etkisini hesaplamışlardır. İklim değişikliği senaryolarına göre mısır veriminde Avrupa Birliğinin kuzey kesimlerinde artma, orta kesimlerinde küçük azalışlar ve güney kesimlerinde daha büyük azalışlar belirlemişlerdir. Yönetim analizlerinde mevcut ve senaryo iklim verilerinde en yüksek verim artışı erken dane dolumu sağlayan çeşitlerde olduğu belirlenmiştir. Avrupa Birliğinde potansiyel mısır üretimi için gerek duyulan ortalama sulama suyu ihtiyacının artacağını belirlemişlerdir. Ayrıca mevcut ve senaryo iklim koşullarında mümkün olduğunca erken ekim uygulaması yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Wolf ve van Diepen (1995) model kalibrasyonunun sınanması (validasyon) çalışmalarında mısırdaki model benzeşimleriyle tarla denemeleri kuru madde miktarında Hollanda'nın Wageningen kenti için +3100 ile -2200 kg ha⁻¹, Fransa'nın Toulouse kenti için ise +600 ile -600 kg ha⁻¹ arasında değişen sapmalar tespit etmişlerdir.

Govindarajan ve arkadaşları (2008), SWAP ve SWAT-WOFOST modellerini kullanarak su verimliliği değerlerini hesaplamışlardır. Çalışmada Hindistan'da farklı sulama rejimlerinin (salma, kuru-ıslak rotasyonlu, doygün toprak kültürü) pirinç üretiminde su verimliliğine etkisi araştırılmıştır. Transpirasyon, evapotranspirasyon, sızma gibi hidro-meteorolojik değişkenler ile kuru madde ve dane verimi gibi bio-fiziksel değişkenleri hesaplamak için SWAP ve SWAT-WOFOST modelleri kullanılmıştır. En yüksek su verimliliği salma sulama uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca çalışmalarında derin taban suyu seviyesinin ve yüksek sıcaklıkların verimi azalttığını belirlemişlerdir. Yüzey akışının % 66 sının taban suyuna sızdığını ve SWAP ile SWAT-WOFOST modellerinin su verimliliği indikatörlerinin belirlenmesinde iyi bir uyum gösterdiklerini belirtmişlerdir.

Hindistan'ın Sirsa bölgesinde uygulanan WATPRO (WATER PRODUCTIVITY study) projesiyle su verimliliğinin geliştirilmesi için en uygun senaryoları belirlemek, bölgesel ölçekten tarla ölçeğine kadar ölçeklendirmeyi sağlamak, araştırmalara uzaktan algılama, bitki ve toprak modellerini ve GIS uygulamalarının entegrasyonu ve uygulanması amaçlanmıştır. Proje kapsamında bölge için buğday, pamuk ve pirinç için 2001-2002 yıllarına ait tarla denemelerine göre SWAP-WOFOST modeli kalibre edilerek verimlilik ve evapotranspirasyonun belirlenmesinde kullanılmıştır (Dam ve ark., 2003). Kalibrasyonda tarla denemelerinden elde edilen yaprak alanı indeksi (LAI) ile yaprak, depo ve toprak üstü organlarının kuru ağırlıkları değerleri kullanılmıştır. Kalibrasyon sırasında başlangıç kuru madde miktarı, LAI gelişim oranı, yaprak yaşam süresi, spesifik yaprak alanı, asimilasyonda etkili sıcaklık, farklı organların kuru madde miktarları, başlangıç ışık kullanım verimliliği, maksimum asimilasyon oranı, su stresine bağlı olarak yaprak ölüm oranı, kök yoğunluğu dağılımı, kritik tuz seviyesi ile oransal kök dağılımı gibi çok sayıda fizyolojik parametreyi kullanmışlardır. Ölçülenlerle kestirilen değerler arasında ilişki katsayıları buğdayda $R^2 = 0.25-0.33$ (TDM), pirinçte $R^2 < 0.35$, pamukta $R^2 = 0.08-0.38$ olarak bulunmuştur.

Utset ve arkadaşları (2007) İspanya'da yaptıkları çalışmada SWAP modeli ile Akdeniz koşullarında şeker kamışı bitkisinin su kullanımını kestirmeye çalışmışlardır. Araştırmacılar, SWAP modelinin verimi ölçülen değerler çok yakın kestirdiğini, ölçülenle kestirilen evapotranspirasyon arasında ilişki katsayısının 0.75 olduğunu, ortalamalar açısından farkın istatistikî olarak önemsiz olduğunu vurgulamışlardır.

Droogers ve Kite (1999) Gediz havzasında tarla, sulanan alan ve havza ölçeğinde su dengesinin ve su verimliliğinin belirlenmesinde SWAP modelini kullanmışlar ve modelin iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Droogers ve ark., (2000) Gediz havzasında buğday ve pamuk ekili alanlarda toprak su içeriğini belirlemekte SWAP modelini kullanmışlardır. Modelin uygunluk testi sonucunda ilişki katsayısının pamuk bitkisi için 0.85, buğday için ise 0.67 olduğu bildirilmiştir.

Mantel ve Van Engelen (1999) çalışmalarında Kenya da mısır üretimine su erozyonunun etkisini belirlemede mevcut ve senaryo koşullarında mısırın gelişiminin

ve veriminin belirlenmesinde WOFOST v4.1 modelini kullanmışlardır. Model ile su kısıntılı üretim koşullarında 5000 kg.ha⁻¹ ve üzerinde verim kestirilirken, mısır ekim alanının 63343 km²'den 20 yıl erozyona uğradığı senaryoya göre 41380 km² lik bir alana düştüğünü belirlemişlerdir.

Dobermann ve arkadaşları (2000), bitki benzeşim modelleri WOFOST 7.1 ve ORYZA1 ile 1968-1991 periyodunda gözlenen günlük iklim verilerini kullanarak IR72 tipi pirincin Filipinler de potansiyel ürün verimlerini uzun süreli mübadelesiz ekim şartlarında belirlemeye çalışmışlardır. Model ayarlamasının sınanmasında WOFOST modeli ile elde edilen verim kestirimlerinin ORYZA1 modeliyle elde edilenlerden 1 t ha⁻¹ daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Gözlem değerleriyle karşılaştırılırken iki model ortalamasını kullanarak modelle elde edilen değerlerin ölçülen değerlerden sapmalarının kuru sezonda 0.54 ila 1.62 t ha⁻¹, nemli sezonda ise -.93 ile 1.47 t ha⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir.

Kodesova ve Brodsky (2006), kök bölgesinde su dengesinin benzeşiminde CGMS-WOFOST and HYDRUS-1D model sonuçlarını Çekoslovakya'da seçilen bir bölge için karşılaştırmışlardır. Toprak yüzeyinden 250 cm aşağıda toprak su içeriği değerlerinde HYDRUS-1D modelinin sonuçlarının CGMS-WOFOST modelinin sonuçlarından daha iyi olduğunu belirlemişlerdir. Xie ve arkadaşları (2007) Çin'in Jinhua bölgesinde yaptıkları bir çalışmada iki hibrit pirinç çeşidinde potansiyel verimin hesaplanmasında WOFOST modelini kullanmışlardır. Araştırmacılar modeli 1999-2002 yılları için kalibre ederek Shanyou63 çeşidi için 12 t ha⁻¹, Xieyou46 çeşidi içinse 10 t ha⁻¹ potansiyel verim hesaplamışlar ve bu değerlerin tarla denemeleriyle çok iyi örtüştüğünü belirtmişlerdir.

Yuping ve arkadaşları (2008) Çin'in kuzeyinde Huabei ovasında yaptıkları çalışmada MODIS uydu verisini WOFOST bitki büyüme modelinde kullanarak bölgede kışlık buğday için potansiyel üretim seviyesini belirlemeye ve bölgesel ölçekte modelin benzeşim performansını geliştirmeye çalışmışlardır. Model kalibrasyonunun sınanmasında fenolojik gelişim parametrelerinden çiçeklenme ve olgunluk dönemi için benzeşim ile ölçüm RMSE değerleri 5.0 ve 3.4 gün olarak bulunmuştur. Çiçeklenme ve olgunluk dönemleri için benzeşimle gözlem arasında korelasyon katsayısı 0.951 ve 0.976 bulunmuştur.

De Wit ve arkadaşları (2005) çalışmalarında Almanya ve Fransa da bölgesel ve yerel (50*50 km’lik gridlerde) ölçeklerde ürün verim kestiriminde yağış ve radyasyondaki belirsizliklerin ürün benzeşimlerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında kışlık buğday ve mısır bitkilerinin bitki gelişim takip sisteminde (CGMS) klasik meteoroloji istasyonlarından elde edilen yağış ve radyasyon verisi ile Avrupa Toprak Veri Asimilasyon Sistemi (ELDAS) tarafından sağlanan yağış ve radyasyon değerleriyle benzeştirilmesiyle arasında fark olup olmadığını incelemişlerdir. Ayrıca CGMS sisteminde çözünürlük artışının benzeşim performansına etkisini de incelemişlerdir. Bu araştırmalarında bitki büyümesini benzeştirme yapmak için WOFOST 7.1 modelini kullanmışlardır. Benzeşim sonuçları ile Avrupa İstatistik Kurumu (EUROSTAT) verileri arasında (1990-1999) ilişki katsayısını (R^2) Fransa için kışlık buğdayda 0.550, mısırdaki 0.731, Almanya için kışlık buğdayda 0.756, mısır için 0.745 olarak belirlemişlerdir.

Supit ve Van der Goot (1999) çalışmalarında Fransa’nın ülkesel buğday üretim kestiriminin de öngörü seviyeleriyle ilgili yaptıkları çalışmada WOFOST bitki büyüme modelini kullanmışlardır.

Lawless ve Semenov (2005) çalışmalarında Avrupa da ve Yeni Zelanda’da farklı bölgelerde ve farklı çeşitlerde buğday gelişim süresinin kestiriminde bitki büyüme modeli Sirius’u kullanmışlardır. LARS-WG stokastik iklim üretici (stochastic weather generator) ile oluşturdukları iklim verileriyle bitki büyüme modelini çalıştırarak iklim değişkenliğinin verime ve yetiştirme süresine etkisini araştırmışlardır. Bölge ve çeşit farklılığının yetiştirme süresine verime etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Mall ve arkadaşları (2006) bitki büyüme modellerinin tarımsal üretim ve gıda güvenliğine iklim değişikliğinin etkileri araştırmakta yaygın bir şekilde kullanıldığını belirtmişlerdir. Benzeşim modeli çıktıları ürün yönetiminde karar almada ve tarımsal sistemde alternatif seçenekleri belirlemede çiftçilere ve planlayıcılara destek olduğunu belirtmişlerdir. Sıcaklık ve karbondioksit oranındaki artış ile yağıştaki belirsizlik küresel ısınmaya bağlı olarak bir araya geldiğinde tarımsal üretim üzerinde doğrudan veya dolaylı ciddi sonuçları olabilecektir. Bundan dolayı gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için çeşitli ürünlerin özellikle tahılların küresel ısınmadan etkilenme derecelerinin belirlenmesi gerekir. Mekanistik ürün

benzeşim modelleri iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde aynı ürün için pek çok sayıda farklı benzeşim modeli iklim değişikliğinin etkisini belirlemede kullanılabilmektedir. Tarımsal ürün modelleri genel olarak zirai meteoroloji, toprak fiziki, toprak kimyası, bitki fizyolojisi, bitki yetiştiriciliği ve agronomi gibi değişik disiplinlerden elde edilen mevcut bilgilerin tarımsal ürünlerin yetiştirme, büyüme ve verimlerini kestirimi için matematiksel eşitliklere entegre edilmesiyle oluşturulmuştur. Pek çok iklim değişikliği uygulamasında uzun süreli geçmişe yönelik iklim verisi bitki büyüme modellerinde girdi olarak kullanılmıştır. Genel olarak ta son 30 yılın iklim verisinin yıllık iklim değişkenliğini temsil ettiği kabul edilmekte ve farklı iklim değişkenliği senaryoları bu veriler üzerine uygulanmaktadır. En basit yaklaşım iklim değişikliğini sabit olarak kabul edip 1, 2, 3 °C gibi sabit sayılarla artırıp azaltarak mevcut verileri modifiye ederek kullanmaktır. Benzer şekilde yağış ve güneş radyasyonu da % 5, % 10, % 20 gibi artırılıp azaltılabilir. Bu değişiklikler günlük iklim verilerine uygulanıp modifiye edilen veriler bitki büyüme modellerinde girdi olarak kullanılmaktadır. Daha gerçekçi bir yaklaşım olarak genel sirkülasyon model (GCMs) sonuçları geçmiş iklim verilerinin modifikasyonunda kullanılmaktadır (Lal et al., 1998; Hoogenboom, 2000; Mall et al., 2004; Mall et al.2006). Hundal ve Kaur (1996) CERES-wheat, CERES-rice, CERES-maize, PNUTGRO ile bugday, mısır ve yerfıstığı Hindistan da 1, 2, 3 derecelik artışlarda bugdayda % 8.1, 18.7 ve 25.7, pirinçte % 5.4, 7.4 ve 25.1, mısırdaki % 10.4, 14.6 ve 21.4 ve yerfıstığı veriminde % 8.7, 23.2 ve 36.2'lik azalma öngörmüşlerdir. Sahoo (1999), CERES-maize ile mısır verimini araştırmış 4 derecelik sıcaklık artışında % 30 verimde azalma (CO₂ nin 350 ppm kaldığında) IPCC senaryolarından birine göre Hindistanda 1.8 °C sıcaklık artışında (CO₂ nin 425 ppm) 2030 yılları için potansiyel verimde % 18 azalma öngörmüştür.

Hansen ve Indeje (2004), çalışmalarında Kenya için ECHAM genel dolaşım modelinin 1961-1999 periyodunu kapsayan verilerini ölçek küçülterek CERES-maize modelinde yarı kurak alanlarda sulamasız yetişen mısır bitkisinin gelişiminin benzeşiminde kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçları gözlem istasyonundan elde edilen günlük iklim verileriyle karşılaştırılan CERES-maize sonuçlarıyla

karşılaştırmışlardır. Verim de % 28-33 arasında sapma belirlemişlerdir. İklim değişikliği ve tarımsal üretime etkilerine karşı strateji ve önlemleri belirlemeye yönelik benzer bir çalışmada Attri and Rathore (2003) adaptasyon olarak ekim tarihlerini ve genotipleri değiştirmeyi önermiştir. Mall ve ark. (2004) de soya fasulyesinde Hindistan’da ekim tarihini geciktirmeyi önermiştir.

Özekici ve arkadaşları (2007), çalışmalarında iklim değişikliğinin sulanır alanlar üzerindeki etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Ünlü ve arkadaşları (2007) çalışmalarında mevcut koşullarda ve küresel/bölgesel iklim değişikliği altında Seyhan Ovası’nda toprak özelliklerinin, su rejiminin ve iklim parametrelerinin bitki gelişmesi ve verimi üzerindeki etkilerini benzeşim modelleri ile belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla 1. ve 2. ürün mısır ve buğday bitkilerinin SWAP modeli ile 1994-2003 ve 2070-2079 dönemleri için benzeşimlerini yapmışlardır. Gelecek ve geçmiş dönem için yaptıkları benzeşim sonuçlarına göre sırası ile buğday ve mısırdaki, yetişme dönemindeki yağışta % 4 ve % 47,6 azalma, evapotranspirasyonda % 10.9 ve %1.7 azalma, sulama miktarında % 9.9 azalma ve % 3.3 artma, kuru madde ağırlığında % 13.1 ve % 25.1 azalma, verimde % 5.5 ve % 31.0 azalma, yetişme döneminde % 8.7 ve % 8.1 azalma tespit etmişlerdir. 2080’li yıllara kadar Türkiye’nin tarım ürünleri üretimindeki değişikliklerin ise salımların kontrol edilmediği senaryoya göre yaklaşık % 0 ile -2.5 arasında bir azalma, CO₂ birikimlerini 750 ve 550 ppm’de durdurmaya sağlayan salım senaryolarına göre ise yaklaşık % 0-2.5 arasında bir artış yönünde olması beklenmektedir. Sıcaklıkta herhangi bir artış olması durumunda, tarımsal verimliliğin Türkiye’nin bir bölümünün yer aldığı tropik ve subtropik bölgelerdeki ülkelerde azalacağı, buna karşın sıcaklıktaki birkaç derecelik artış için orta ve yüksek enlemlerde verimlilikte artış olacağı öngörülmektedir.

2.3. Mısır Bitkisi

Tez çalışmasında iklim değişikliğinin mısır bitkisinin (1. ve 2. ürün) verimine etkilerinin araştırılması nedeniyle bu bölümde, mısır üretimi, yetiştiriciliği ve sulaması gibi konularda daha önce yapılmış çalışmalar özetlenmiştir.

Mısır (*Zea mays L.*) bitkisinin ortaya konmuş yabani formu bulunmadığından orijini henüz tam olarak saptanamamıştır. Günümüzde üretimi yapılan hibrit çeşitler ilk olarak Amerika’da yapılan ıslah çalışmaları sonucunda elde edilmiş ve 1800’lü yıllarda Avrupa’ya, Güney Amerika’ya, Afrika’ya ve Avustralya’ya götürülmüştür.

Mısır, sahip olduğu zengin besin maddeleri nedeniyle hem insan, hem de hayvan beslenmesi bakımından çok değerli ve kullanım çeşitliliği olan bir üründür. Zira gerek doğrudan insan beslenmesinde gerekse nişasta glukoz, yağ ve yem sanayinde hammadde olarak kullanılmaktadır.

Dünyada 157.8 milyon ha alanda yetiştiriciliği yapılan mısır bitkisinin toplam dünya üretimi 784.8 milyon tona ulaşmıştır ve özellikle son 10 yılda ekim alanları ve üretimin yanısıra verimde de artış kaydedilmiştir. Roetter ve Keulen (2007), çalışmalarında son 40 yılda gelişen tarım teknikleri ve tohumlarla Avrupa Birliği mısır veriminin 2326 kg.ha⁻¹ dan 8140 kg.ha⁻¹ (1962=2326, 1982=6336, 2002= 8140 kg.ha⁻¹) çıktığını belirtmişlerdir.

Ülkemizde önemli ölçüde ikinci ürün olarak da yetiştiriciliği yapılan ve Türkiye tahıl üretiminde buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer alan mısırın ekiliş alanı son 2-3 yılda 500-600 bin hektar arasında değişirken, üretim miktarı 2007 yılı istatistiklerine göre yaklaşık 3.5 milyon tondur. Türkiye’de de son 20 yılda ekim alanında önemli bir değişme olmamasına karşın, mısır üretiminde iki katına yakın artış gerçekleşmiştir. Bu gelişme, özellikle yeni melez çeşitlerin kullanımının yaygınlaşması, üretim kestirimlerinin ve mekanizasyonun iyileşmesi ile yükselen verim düzeyinden kaynaklanmaktadır. Nitekim 1980’li yılların başlarında hektara 2 ton civarında olan ortalama verim, günümüzde 4 tona yükselmiştir. Başta Adana olmak üzere bazı üretim bölgelerinde ise verim düzeyi ülke ortalamasının çok üzerinde bulunmaktadır.

Doorenbos ve Kassam (1979) mısırın, gelişme dönemi boyunca günlük ortalama sıcaklığın 15 °C’nin üstünde olduğu ve don olayının görülmediği koşullarda, ılımandan tropiğe dek değişen iklim kuşaklarının tümünde yetiştirildiğini belirtmişlerdir. Mısırın yetiştirme mevsimi süresince, günlük ortalama sıcaklık 20 °C’den yüksek olduğunda, erkenci çeşitler 80-110 gün, orta erkenci çeşitlerde ise 110-140 gün arasında olgunlaşmaktadır. Günlük ortalama sıcaklık 20 °C’nin altında

ise, çeşide bağlı olarak sıcaklıktaki her 0.5 °C'lik düşüş için olgunlaşma süresi 10-20 gün uzamakta ve sıcaklık 15 °C olduğunda ise hasada gelmesi 200-300 güne kadar çıkmaktadır. Günlük ortalama sıcaklığın 10-15 °C olduğu soğuk koşullarda bitki dane bağlayamadığından genellikle silajlık olarak yetiştirilmektedir. Mısır tohumlarının çimlenmesi için optimum sıcaklığın 18-20 °C arasında olduğu saptanmıştır. Mısır bitkisinin en iyi geliştiği bölgeler en az 120 donsuz güne ve ortalama 2100-2200 Günlük Gelişme Derecesine sahip yörelerdir (Doorenbos ve Kassam, 1979).

Çukurova yöresi uygun iklim ve toprak etmenlerinin etkisiyle Türkiye'nin önde gelen tarımsal üretim bölgeleri arasında yer almaktadır. Bölgede özellikle 1960'lı yıllardan başlayarak sulu tarım alanlarındaki hızlı gelişmelere paralel olarak ürün deseni çeşitlilik kazanmış, mevcut ürünlerde verim ve üretim bakımından önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Çukurova yöresi toplam 3,9 milyon hektar yüzölçümü ve yaklaşık 1.1 milyon ha tarım toprakları ile Türkiye tarım topraklarının % 5'ini oluşturmaktadır. Bu alanın yarısını ise Adana ili tarım toprakları oluşturmaktadır.

Çukurova'da sulu tarım yapılan alanlar, 1956 yılında Seyhan barajının yapımından sonra giderek artmıştır. Bugün 1,1 milyon ha dolaylarında olan Çukurova yöresi ekilebilir tarım topraklarının yaklaşık % 39'u sulanabilmektedir. Türkiye için aynı oran % 14.4 dolaylarında olup, sulanan bu alanların da % 13.6'sı bölgede bulunmaktadır. Bölgede yıldan yıla değişmekle birlikte son on yılda fiilen sulanan alanlarda yaygın olarak (% 45-50) mısır tarımı yapılmaktadır bunu sırasıyla turunçgiller ve pamuk izlemektedir. Son 15 yılda, sulanan alanlarda pamuk ekilişi % 75'lerden % 10-20'lere kadar gerilerken, başta mısır ve soya olmak üzere, turunçgil ve sebze alanlarında önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan bölgelerde optimum bitki gelişimi yönünden yağışın yetersiz ve dağılışının düzensiz oluşu, mısır tarımı için büyük bir risk oluşturmakta ve sulamayı en önemli verim etmeni durumuna getirmektedir. Ancak, sulamanın öneminin her geçen gün biraz daha artmasına karşılık, dünyanın birçok bölgesinde, tarımsal amaçla kullanılan su kaynaklarının giderek azalması sorunu yaşanmaktadır. Artan dünya nüfusunun su kullanımı ve

endüstriyel gereksinimleri de bu azalmayı belirli ölçüde hızlandırmaktadır (Guitjens, 1982; Topçu ve Kırdı, 2005, Kırdı ve ark., 2005). Uygulanacak su miktarı ve uygulama zamanı; yörenin iklim koşulları, bitki türü ve gelişme dönemi, toprağın su tutma kapasitesi, bitki kök derinliği ile ilgilidir (Burman ve ark., 1980; Kanber, 2002).

Çukurova’da mısır ekiliş, alanlarının giderek artması anılan bitkinin su ve gübre gereksiniminin yüksek olması üreticilerin gelecekte su kısıntısıyla karşı karşıya kalmalarını kaçınılmaz kılacaktır. Tarımsal amaçlı sulamada kullanılan su miktarı ve daha da önemlisi düşük sulama randımanı, iklim değişikliğinin etkilerinden bağımsız olarak bölgenin yarı kurak olması, tarım dışı kullanılması ve çevre kirliliği gibi nedenlerle giderek azalmaktadır. Bu durum su ve toprak kaynaklarının optimum kullanılması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Mısır yetiştiriciliğinde ekim zamanı, ekim derinliği ve ekim sıklığı önemlidir. Ekim zamanı genel olarak yetiştiricilik yapılacak yörenin yükseltisine göre değişmektedir ve Çukurova gibi alçak bölgelerde en uygun ekim zamanı Nisan ayı başlarıdır. Bununla birlikte son yıllarda kış yağışlarındaki anomaliler ile hava ve toprak sıcaklıklarına bağlı olarak ekim tarihi değişkenlik göstermektedir.

Cesurer ve ark. (1999) tarafından Kahramanmaraş koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen TTM 815, Tambre, Rx 770 ve P. 3394 hibrid mısır çeşitlerinde verim ve verim parametreleri üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Anılan araştırmada tepe püskülü çıkış süresi, ilk koçan yüksekliği, bitki boyu, bitkide koçan sayısı, tek koçan ağırlığı, dane oranı (%), bin dane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve dane verim parametreleri irdelenmiştir. Araştırma sonucunda bin dane ağırlığı, bitkideki koçan sayısı ve tek koçan ağırlığının dane verimine önemli etkide bulunduğu bildirilmiştir. Sulu koşullarda mısır köklerinin kuru ağırlıklarının % 40’ının ilk 30 cm’de veya % 92’sinin 90 cm’de; kuru koşullarda ise % 39’unun ilk 30 cm’de veya % 70’inin 90 cm’lik toprak profilinde bulunduğu belirlenmiştir. Bu da kuru koşullarda yetiştirilen mısır köklerinin daha çok derinlere gittiğini göstermektedir. (Novak, 1987; Kırdı ve ark., 2005).

Sulamalarda genel uygulama, sulama zamanı belirlendikten sonra, kök bölgesi su içeriğinin tarla kapasitesine gelinceye dek ıslatılmasıdır. Uygun sulama

zamanının seçimi çok önemli olduğundan bitkinin su stresine duyarlı olduğu dönemde, sulama geciktirildiğinde, bir sonraki sulamada fazla su uygulansa bile verim düşmektedir. Sulama aralığını bir takvime veya sabit bir sulama programına bağlama yerine bitki gelişim dönemlerine göre değişen bitki su gereksinimlerini karşılama esnekliği gösterebilen sulama zamanı ve sulama miktarı saptanmalıdır (Doorenbos ve Pruitt, 1977, Kanber 2002). Mısır bitkisinin vegetatif gelişme döneminde oluşabilecek su eksikliğinin verim için en büyük risk olduğu yapılan bir araştırma ile bildirilmiştir (Moser ve ark., 2006). Sulanmış mısırın kuru bırakılmış mısıra oranla N (azot) uygulamasıyla birlikte maksimum verime ulaştığı da ifade edilmiştir. Anılan araştırma sonucunda değişik sulama programlarına mısır çeşitlerinin tepkilerinin de farklı olduğu belirlenmiştir.

Dağdelen ve ark., (2006) tarafından bitki verimi, su kullanım randımanı, kuru madde üretimi ve yaprak alanı indeksi ile birlikte su stresinin etkisini değerlendirmeye yönelik bir araştırma yapılmıştır. Kontrol konusunda, kök bölgesinde elverişli toprak su içeriğinin yaklaşık % 50'sinin tüketilmesiyle sulama uygulamalarına başlanmıştır. Kontrol konusu ile birlikte, kontrol konusuna verilen sulama suyu miktarının % 70, % 50, % 30 ve % 0 verildiği toplam beş sulama konusu ele alınmış ve tüm sulama uygulamaları aynı gün yapılmıştır. Yetiştirme mevsimi boyunca ele alınan sulama konuları için ortalama su kullanım değerleri mısır bitkisinde 174 mm ile 558 mm arasında değişmiştir. Buna paralel olarak mısır dane verimleri 2.88 t ha^{-1} ile 11.34 t ha^{-1} arasında değişim göstermiştir. En yüksek verim kontrol denemesinden elde edilmiştir. Su stresi altında yaprak büyüklüğünün azalması sonucu yaprak alanı indeksi değerinin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca % 16 verim azalmasına karşın, sulama suyu miktarının % 70'nin uygulandığı konu özellikle suyun kısıntılı olduğu yarı kurak bölgeler için önerilmiştir.

Igbadun ve ark. (2006) mısır bitkisinde bitki su verimliliğini belirlemeye yönelik çalışmalar yapmışlardır. Sulama konuları, mısır bitkisinin bazı gelişme dönemleri ve haftalık sulama sıklıkları şeklinde oluşturulmuştur. Bitki su verimliliği bitki su kullanımı, uygulanan su ve ekonomik kazanımlara göre hesaplanmıştır. Uygulanan suya karşılık elde edilen verim değerleri 0.40 ile 0.55 kg m^{-3} arasında değişmiştir. Birçok gelişme döneminde sulama uygulaması yapılmayarak elde edilen

en yüksek bitki su kullanım randımanı değerlerine karşın, verimde önemli azalmaların olduğu bildirilmiştir.

Kang ve ark. (1998, 2001) farklı sulama tekniklerinin mısır verimine etkilerini araştırmışlar ve kurak alanlarda su tasarrufu sağlamak için ardışık karık sulamasının, mısır üretiminde bir çözüm olabileceğini belirtmişlerdir. Chaffey (2001), Kang ve ark. (2001, 2002, 2003), Ekici (2002), Stikic ve ark. (2003), Topçu ve ark. (2003), Kırdı ve ark. (2004, 2005, 2006), Zegbe ve ark. (2003, 2004), Nakajima ve ark. (2004), Gençdoğan ve ark. (2006), Kaman ve ark. (2006), Kaman (2007) çeşitli bitkilerle sulama-verim ilişkisinin araştırıldığı denemeler sonucunda “Yarı Islatmalı Sulama (YIS)” yönteminin su tasarrufu sağlanması ve azot kullanım randımanının daha yüksek olması nedeniyle çevre dostu olması nedeniyle su kısıntılı bölgelerde bir çözüm alternatifi sağlaması bakımından önermişlerdir.

Kuraklık stresinin fotosentez, ışık kullanım verimliliği ve hasat indisinde azalmalara neden olması sonucu diğer daneli bitkilerde olduğu gibi mısır bitkisinde de verimi düşürdüğü bildirilmiştir (Earl ve Davis, 2003). Çakır (2004) tarafından, mısır bitkisinin vegetatif gelişimi dane verimi ve diğer verim parametreleri üzerine farklı gelişme dönemlerinde uygulanan sulama ve su stresinin etkilerini belirlemeye yönelik 3 yıl süreli bir araştırma yapılmıştır. Püskül ve koçan oluşum dönemlerinde sulama yapılmaması sonucu toprakta oluşan su eksikliği, vegetatif gelişimi ve verim parametrelerini önemli oranda etkilemiştir. Vegetatif ve püskül dönemlerinde oluşan su stresi yaprak alanı gelişimi ve bitki boyunu azaltmıştır. En yüksek verim değeri dört gelişme döneminde de sulama uygulamalarının yapıldığı kontrol konusundan elde edilmiştir. Kontrol konusuna ortalama 495.3 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sulama uygulamalarının püskül, koçan başağı oluşumu ve süt olum dönemlerinde yapıldığı konudan elde edilen verim değerlerinden farklı bulunmamıştır.

Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırın su-verim ilişkilerini saptamak amacıyla Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde yürütülen çalışmada sulama suyu gereksinimi 290 - 427.8 mm, mevsimlik su tüketimi ise 474.2 - 530.9 mm arasında değişmiştir. En yüksek tüketim ise Ağustos ve Eylül aylarında gözlenmiştir. Sulama suyu, mevsimlik su tüketimi, dane verim arasında doğrusal ilişkiler

bulunmuştur. Uygun sulama programı seçildiğinde sulama suyu yeterinden az olsa da su kullanım randımanının arttığı gözlenmiştir (Kanber ve ark., 1990a).

Köksal (1995), II. ürün mısır bitkisinin suya bağlı üretim fonksiyonlarının belirlenmesi amacıyla Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde tınlı ve tınlı-kumlu bünyeli toprakta çizgi kaynaklı yağmurlama sulama tekniğini kullanarak bir çalışma yürütmüştür. Anılan araştırmacı, sulama konularını hem farklı su düzeylerini hem de farklı sulama sayılarını içerecek biçimde düzenlemiş ve bitki gelişiminin farklı dönemlerinde su uygulamıştır. Konulara ve sulama düzeylerine bağlı olarak, 11-599 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik ortalama su tüketiminin, 723-631 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Büyüme mevsimi boyunca, tam su alan konuda, çizgi kaynağına en yakın sulama düzeyinde (I_1), 788.4 kg/da ile en yüksek ortalama verimi; susuz konudan ise (166 kg/da) en düşük verim elde etmiştir. Yaprak alan indeksi değerlerinin, sulama programlarına bağlı olarak, ekimden 50-70 gün sonra 4.9-5.7 ile en yüksek değere ulaştığı saptanmıştır. Su kısıntısının, yaprak alanının maksimum değere ulaşmasını geciktirdiği belirlenmiştir. Araştırmada, tam sulama koşullarında tüketilen suyun büyük bir bölümünün toprağın ilk 90 cm'lik katmanından alındığı da belirlenmiştir.

Gençoğlu (1996) I. ürün mısır bitkisinde su-verim ilişkileri, su kısıntısının verim ve verim unsurları ile kök dağılımına etkilerini araştırmıştır. Araştırmada sulama konuları her 10 günde bir 120 cm toprak profili içerisinde kullanılan suyun % 100, % 80, % 60, % 40, % 20 ve % 0 uygulamaları şeklinde ele alınmıştır. Sulama suyu kullanım randımanlarının 1.0 ile 2.43 kg da⁻¹ mm⁻¹ arasında, su kullanım randımanının 0.22 ile 1.2543 kg da⁻¹ mm⁻¹ arasında değiştiğini belirtmiştir. Sulama suyundan yapılan kısıntılarla bağlı olarak verimde düşüşler meydana geldiğini bildirmiştir. Mısır köklerinin su stresi artışıyla toprak profilinde daha derinlere doğru gittiğini gözlemlemiştir. Mısır köklerinin toprak yüzeyinden itibaren 40 cm derinlik içerisinde yoğunlaştığını belirtmiştir.

Bitki büyüme modelleri de su-verim fonksiyonlarının elde edilmesinde kullanılabilir. Yalnız modellerde kullanılan kabullerin temeli, deneysel üretim fonksiyonlarına göre daha basittir (Howell ve ark., 1990, Kanber ve ark., 1994). Aynı zamanda bitki büyüme modelleri farklı çevresel değişkenlerin bitki gelişimi ve

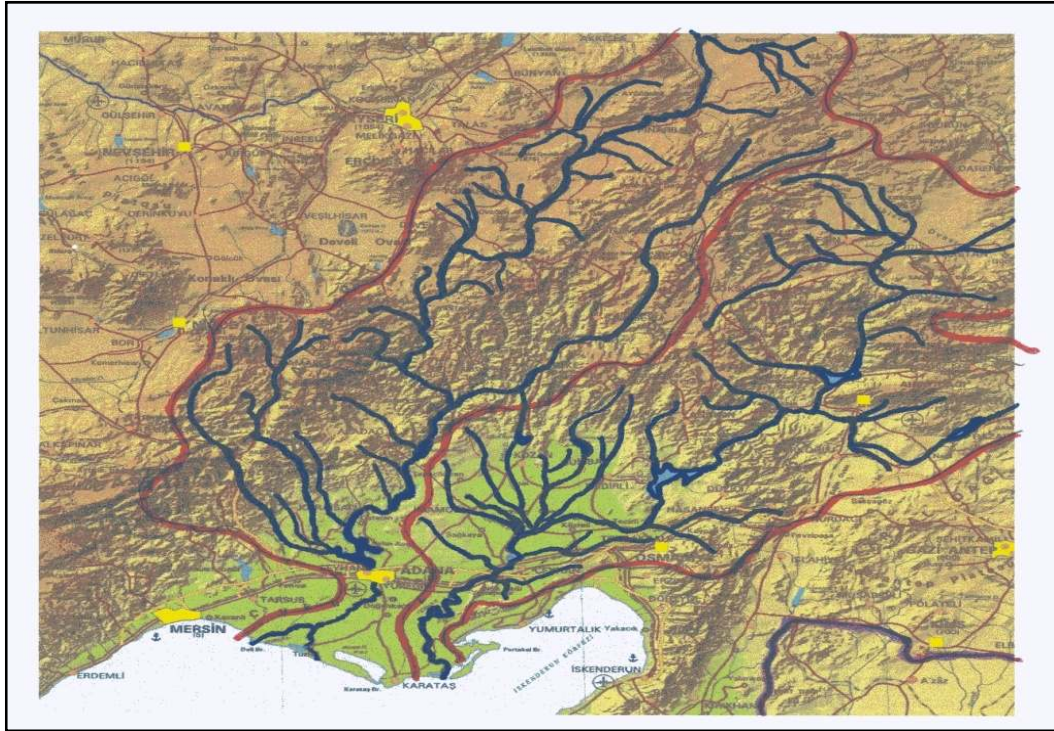
verimi üzerine etkilerinin belirlenmesinde oldukça yaygın ve sıkça yararlanılan araçlardandır. Türkiye’de iklim değişiminin tarıma etkileri ile ilgili diğer gelişmiş ülkelere kıyasla daha az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genellikle küçük ölçekli olmakla birlikte Dellal ve ark., (2004) tarafından gerçekleştirilen ve iklim değişikliğinin Türk tarımı üzerine etkisini belirlemeye yönelik “Türkiye Tarımsal Sektör Modeli” (TASM)’nin geliştirildiği büyük ölçekli sosyo-ekonomik analiz çalışmaları da yapılmıştır. Anılan çalışmada HadCM’nin 2050 yılı projeksiyonları kullanılarak öngörülen iklimin Türkiye’de (7 coğrafi bölgede) buğday, arpa, mısır, pamuk ve ayçiçeği bitkilerinin verimlerine, ekim alanına, üretimine ve genel olarak bölgelerdeki üretim desenine olası etkileri araştırılmış ve üretici ve tüketici refahı ile fiyatlarda meydana gelebilecek değişiklikler hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre Türkiye genelinde verimlilikte % 2 ile % 13 arasında azalma olabileceği, bunun da ekim alanı ve üretim desenini değiştireceği belirlenmiştir. Verimlilikte düşme ile üretimin gerileyeceği, bunun sonucunda da fiyatların yükselerek, üretici refahının artıracak ancak tüketici refahını ise azalacağı saptanmıştır. Yerel düzeyde ise iklimde oluşacak değişimin türk tarımı üzerine potansiyel etkileri (Şaylan ve Çaldağ, 2000), Trakya Bölgesi’nde, buğday verimine etkileri (Çaldağ ve Şaylan, 2004) bitki-iklim modeli kullanılarak çalışılmıştır. Kadioğlu ve ark., (1998) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada iklim değişikliğinin Türkiye’deki bitki gelişme dönemlerine etkileri incelenmiştir. Seyhan Havzası’nda yapılan ve iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir çalışma sonucunda ortaya çıkan bazı bulgulara göre Seyhan Havzası’nda ortalama sıcaklığın 2.3°C artacağı yıllık toplam yağış miktarının 470 mm’den 360 mm’ye düşeceği belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca mısır ve buğday veriminde azalma görüleceği belirtilmiştir (ICCAP, 2007a, b).

3. VERİ ve YÖNTEM

3.1. Veri

3.1.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

Çalışma Doğu Akdeniz'in coğrafik olarak 36° 33' ve 39° 12' kuzey enlemleri ile 34° 24' ve 37° 43' doğu boylamları arasında yer alan Seyhan ve Ceyhan akarsu havzaları bölgesinde Şekil 3.1'de belirtilen ve Adana, Mersin, Osmaniye, Kahramanmaraş, Niğde ile komşu iller Kayseri ve Hatay'ın sulu tarım yapılan alanlarını kapsamaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

3.1.2. İklimsel Özellikler

Türkiye'nin üzerindeki yere yakın hava akımları, kış aylarında Doğu Avrupa'ya kadar yayılan geniş alanlı Sibiryantisiklonu ve polar cephe

depresyonları ile Akdeniz depresyonları tarafından kontrol edilir. Batı ve kuzeybatı yönlü akımlar polar cephe depresyonlarından doğu ve kuzeydoğu yönlü akımlar da Sibirya antisiklonundan kaynaklanmaktadır. Kuzeyli akımlar ise bazen Doğu Avrupa'dan doğrudan güneye inen polar cephe depresyonları ile bazen de Avrupa üzerine yerleşen bir antisiklonun doğu kenarından kaynaklanan sirkülasyonla ilgilidir. Güneybatılı ve güneyli hava akımları, genellikle doğu ve kuzeydoğu yönünde ilerleyen Akdeniz cephesi depresyonları ile birlikte gözlenir. Güneydoğulu akımlar, Türkiye'nin doğusunda yerleşen bir antisiklonla ya da doğuya ilerleyen bir depresyonun sıcak cephesiyle bağlantılı olabilir (Türkeş, 1996). Bununla birlikte, Türkiye iklimi Kuzeydoğu Atlantik ve Akdeniz kaynaklı cephesel depresyonların, subtropikal antisiklonların (yüksek basınçların) ve Muson alçak basıncının Orta Doğuya doğru uzantısını oluşturan Basra alçak basınç alanının mevsimsel yer değiştirmelerin bir ürünüdür. Bazı yıllarda, özellikle kışın bu basınç sistemlerine Türkiye'ye Doğu Avrupa-Rusya platolarından ve Batı Sibirya ovalarından karasal polar hava kütleleri taşıyan Sibirya antisiklonu da eklenir (Türkeş, 1999).

Türkiye yağış rejimi bölgeleri haritasına (Şekil 3.2) göre de, kıyı ve orta kesimlerde Akdeniz, doğu kesimlerinde Karasal Akdeniz ve kuzey uç kesimlerinde Karasal İç-Doğu Anadolu iklimi özelliği göstermektedir. Bölge mevsimsel kış ve bahar yağışlarına karşın oldukça sıcak ve kurak geçen yaz ayları ile yarı-kurak subtropikal iklim özelliklerine sahiptir (Çizelge 3.1).

Çalışma alanında enlem ve coğrafik yükseklikten dolayı sıcaklık kuzeyden güneye doğru inildikçe artmaktadır. Çalışma alanına ilişkin başlıca meteorolojik değişkenler 1966-1990 dönemi için; ortalama sıcaklık, ortalama maksimum ve minimum sıcaklık ile 25 yıllık en maksimum ve en minimum sıcaklıklar, ortalama bağıl nemin ile yıllık toplam yağışların ortalama (mm) değerleri hesaplanmış ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Türkiye'nin yağış rejimi bölgeleri (Türkeş, 1998).

Çizelge 3.1. Türkiye'nin yağış rejimi bölgeleri ve temel özellikleri. Türkeş (1996)'e göre düzenlenmiştir.

Yağış rejimi bölgesi

Karadeniz (KARD): En yüksek yağışı sonbaharda olan, her mevsim yağışlı; ılıman.

Marmara (Akdeniz'den Karadeniz'e) Geçiş (MARG): Sıcak ve az yağışlı bir yaz mevsimi ile birlikte, her mevsim oldukça yağışlı.

Akdeniz (AKD): Çok yağışlı ılık bir kış ve sıcak kurak bir yaz mevsimi ile birlikte, gerçek mevsimsel; nemli ve yarınemli subtropikal.

Karasal Akdeniz (KAKD): Orta yağışlı bir kış/ilkbahar ve çok sıcak kurak bir yaz mevsimi ile birlikte, oldukça mevsimsel; yarıkurak ve kurak-yarınemli subtropikal.

Akdeniz (Akdeniz'den İç Anadolu'ya) Geçiş (AKDG): Orta yağışlı bir kış ve ilkbahar.

Karasal İç Anadolu (KİAN): Orta yağışlı soğuk bir ilkbahar/kış ve az yağışlı sıcak bir yaz mevsimi ile birlikte, yarıkurak ve kurak-yarınemli bozkır.

Karasal Doğu Anadolu (KDAN): Orta yağışlı bir ilkbahar/ilk yaz ve kar yağışlı çok soğuk bir kış mevsimi ile birlikte, kurak-yarınemli ve yarınemli bozkır ve yüksek arazi.

Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere bölgede yıllık ortalama sıcaklık 19.9°C ile en yüksek İskenderun'da, en düşük 7.5°C ile Sarız'da olmuştur. Yıllık maksimum sıcaklıkların 25 yıllık ortalama değerlerine göre ise en yüksek 41.6°C ile Kozan, 32.9°C ile en düşük Sarız'dadır. Yıllık minimum sıcaklıkların 25 yıllık ortalama

değerlerine göre ise en yüksek sıcaklık 1.9 °C ile İskenderun'da kaydedilirken, aynı dönem için en düşük minimum sıcaklık değeri Göksun 'da -25.7 °C olarak saptanmıştır. Yıllık ortalama bağıl nemin 25 yıllık ortalamasında % 80 ile Göksun en yüksek, % 59 ile de Karaisalı en düşük değere sahip olmuştur. Yıllık toplam yağış ortalaması açısından ise 913 mm ile Karaisalı birinci, 313 mm ile Ulukışla son sırada yer almaktadır. Bölgede seçilen istasyonlara göre 1966-1990 döneminde görülen en yüksek sıcaklık 45.4 °C (İslahiye), en düşük sıcaklık ise 32.6 °C (Göksun)' dir.

Çizelge 3.2. Çalışma alanına ilişkin meteorolojik değişkenlerin 1966-1990 dönemi yıllık ortalama değerleri

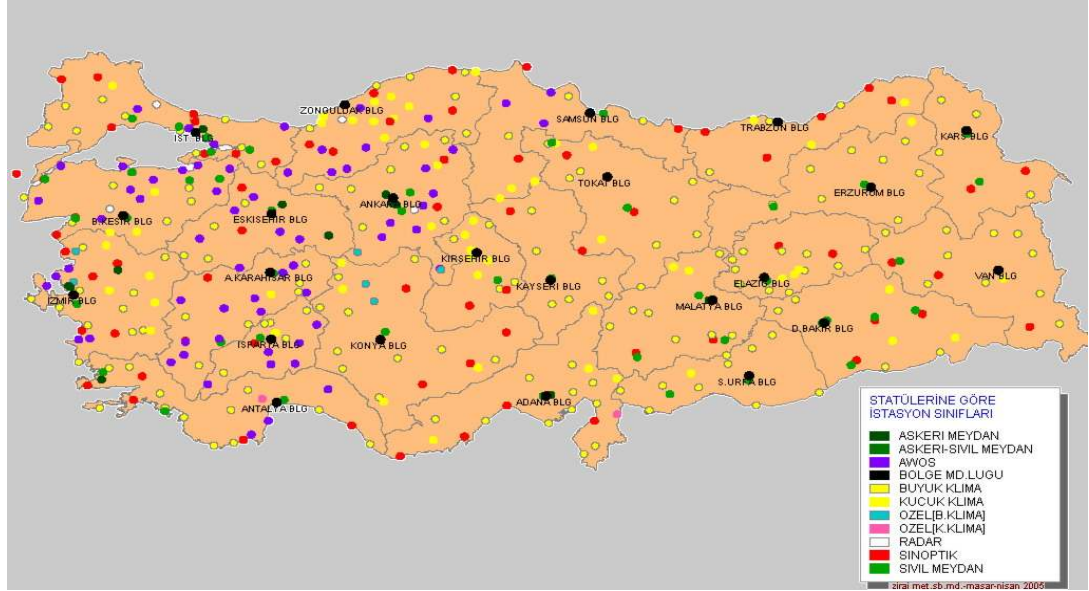
Ist_adı	T _{ort} °C	RH %	Yağış mm	Ort. T _{maks} °C	Ort. T _{min} °C	T _{eks.maks} °C	T _{eks.min} °C
K.Maraş	16.2	70	714	40.6	-5.5	44.3	-9.0
Mersin	17.6	69	588	34.4	-0.7	38.2	-4.5
Adana	19.0	67	681	39.8	-1.6	44.0	-4.2
İskenderun	19.9	66	723	36.1	1.9	41.6	-1.1
Pınarbaşı	8.8	78	434	34.0	-22.7	41.0	-29.6
Develi	10.5	72	361	35.5	-16.7	38.4	-22.2
Tomarza	8.0	75	404	34.8	-24.9	39.6	-31.6
Sarız	7.5	69	531	32.9	-23.5	35.6	-31.5
Göksun	8.9	80	627	--	-25.7	--	-32.6
Elbistan	10.4	75	407	37.2	-22.3	40.0	-31.5
Ulukışla	10.3	78	313	33.9	-18.2	37.5	-23.3
Kozan	19.1	60	850	41.6	-0.9	44.8	-5.0
Karaisalı	18.2	59	913	39.9	-0.4	45.0	-4.8
Ceyhan	17.9	67	676	40.0	-3.8	44.0	-8.2
İslahiye	16.5	72	843	39.7	-4.7	45.4	-8.3
Yumurtalık	18.7	67	791	37.4	-0.4	40.0	-3.1
Karataş	18.8	69	771	36.6	-0.7	40.4	-4.0

T_{ort}: Ortalama sıcaklık; % RH: Bağıl Nem; Ort. T_{maks}: Ortalama maksimum sıcaklık; Ort. T_{min}: Ortalama minimum sıcaklık; T_{maks}: Maksimum sıcaklık, T_{min}: Minimum sıcaklık.

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Gözlem Verileri ve Özellikleri

Bölgesel iklim modeli RegCM sonuçlarının doğrulaması için havza alanları içerisinde ve çevresinde bulunan Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait meteorolojik gözlem istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Öncelikle Şekil 3.3'de Türkiye genelinde dağılımı görülen 300 den fazla meteoroloji istasyonundan çalışma

alanında bulunan 22 istasyon (Şekil 3.4) belirlenerek, bu istasyonlar gözlem verileri ve süreleri bakımından incelenmiştir.

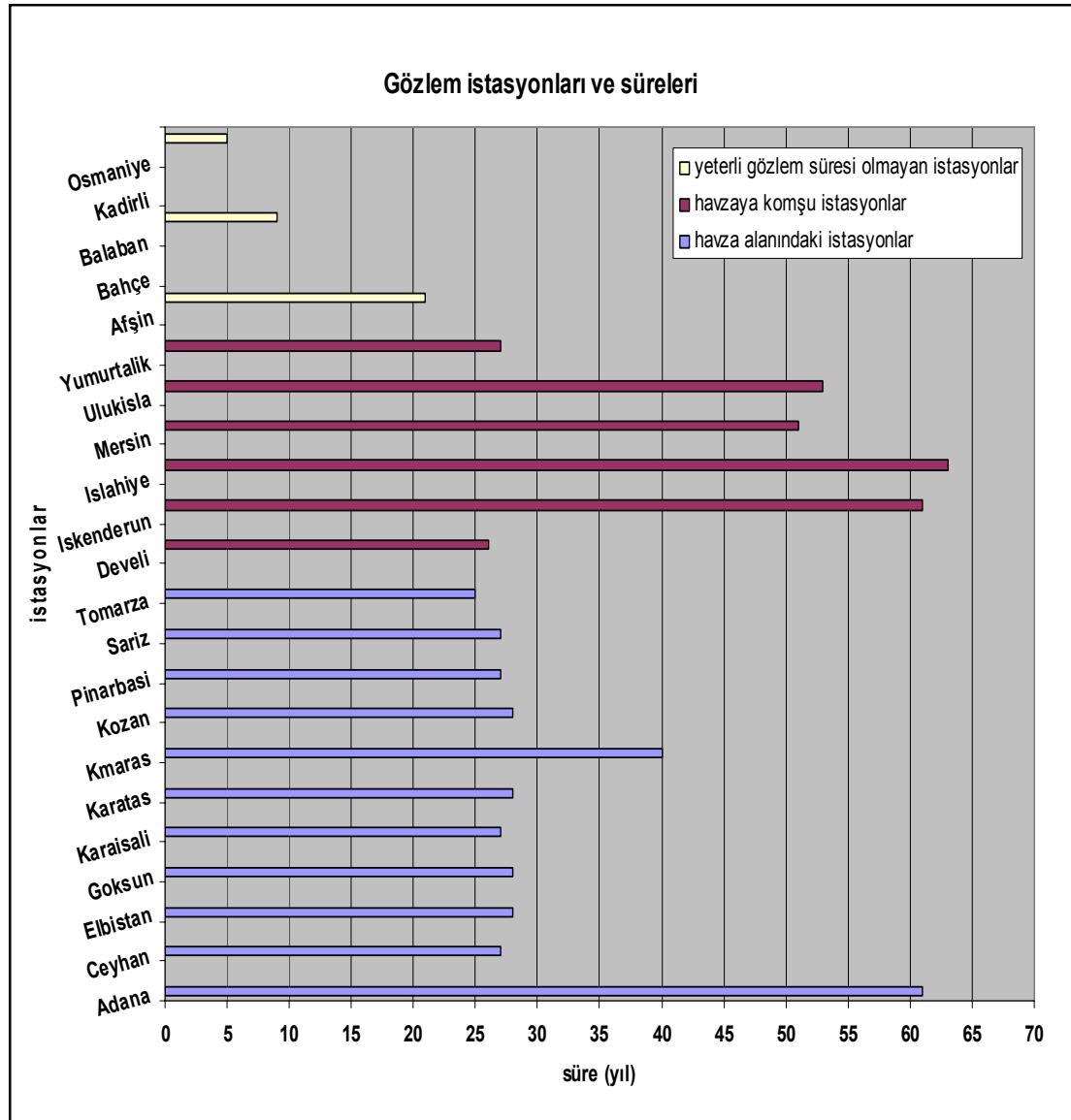


Şekil 3.3. Devlet Meteoroloji İşleri'ne bağlı gözlem istasyonlarının çeşitleri ve dağılımları (DMİ, Zirai Meteoroloji Şube Müdürlüğü)

Yapılan inceleme sonucunda ortak gözlem süresine sahip 11'i Seyhan ve Ceyhan nehir havzaları alanında, 6' s'ı havzaya komşu toplam 17 istasyon, model sonuçlarının doğrulaması için seçilmiştir. Model referans verilerinin 1961-1990 yıllarını kapsamasına rağmen, 1966-1990 dönemi doğrulama için mümkün olan en çok istasyonu ve en uzun süreyi içermesi nedeniyle belirlenmiştir. Sonuç olarak Çizelge 3.3'de istasyon adı, numarası, yüksekliği ve çalışma süresi verilen ve 25 yıllık gözlem süresine sahip 17 istasyon verileri kullanılarak doğrulama çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonları

İstasyon Adı	İstasyon No	Yükseklik m	T _{ort} , T _{maks} , T _{min} , RH ve Yağış Kayıt Başlangıcı	Rüzgar Kayıt Başlangıcı
Adana	17351	27	1930	1963
Ceyhan	17960	30	1964	1975
Elbistan	17870	1137	1963	1967
Göksun	17866	1344	1963	1967
Karaisali	17936	241	1964	1966
Karataş	17981	22	1963	1974
K.Maraş	17255	572	1951	1964
Kozan	17908	109	1963	1993
Pınarbaşı	17802	1500	1964	1987
Sarız	17840	1500	1964	1987
Tomarza	17837	1397	1966	1986
Develi	17836	1180	1965	1967
İskenderun	17370	4	1940	1963
İslahiye	17964	518	1938	1963
Mersin	17340	3	1940	1963
Ulukışla	17906	1453	1938	1969
Yumurtalık	17979	27	1964	1983



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan istasyonlar ve bu istasyonlarda ortalama, maksimum, minimum sıcaklık (°C), bağıl nem (%) ve yağış (mm) verilerinin gözlem süreleri (1990 yılına kadar)

Çalışmada kullanılmak üzere aylık ortalama, aylık maksimum, aylık minimum sıcaklık (°C), aylık ortalama bağıl nem (%), aylık yağış miktarı (mm), aylık ortalama rüzgar hız (m/s) değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden şifreli metin formatında (DAT) ve PRU dosyası olarak Çizelge Ek 1'de belirtilen biçimde alınmıştır.

3.1.4. Gözlem Verilerinin Düzenlenmesi, Kontrolü ve Eksik Verilerin Tamamlanması

Çalışmada DMİ'den şifreli metin formatında (DAT) ve PRU dosyası olarak alınan aylık ortalama, aylık maksimum, aylık minimum sıcaklık (°C), aylık ortalama nem (%), aylık yağış miktarı (mm), değerleri Excel dosyalarına çevrilerek eksik veri olup olmadığı kontrol edilmiştir. Daha sonra Çizelge 3.2' de belirtilen 17 istasyon için, gözlem alet ve cihaz arızası ve/veya personel yetersizliği gibi nedenlerle ölçüm yapılamayan ve 1 ay ile 2 yıl arasında değişen gözlem verisi eksiklikleri giderilmiştir. Eksik veri tamamlanmasında süreye bağlı olarak farklı yöntemler izlenmiştir (Türkeş 1996, 1998a, 1999, Türkeş ve ark., 2002b). Örneğin, 1 aylık eksik gözlem verisi olan istasyonlarda aynı yıla ait kendinden önceki ve sonraki ayların ortalaması alınırken, 2 ve 3 aylık süreler için eksik veri olması durumunda kendinden önceki yılın aylık değerleri eksik verinin yerine konarak tamamlanmıştır. Böylece o yılın iklimsel karakteristiğinin kaybetmemesi sağlanmıştır. Eksik veri süresinin 3 aydan fazla olması durumunda ise kendinden önceki ve sonraki yılların ortalama değeri eksik yılın tamamı için kullanılmıştır. Düzeltilen aylık değerlerden yıllık ortalama sıcaklık, yıllık ortalama maksimum ve minimum sıcaklık, yıllık maksimum ve minimum sıcaklık, yıllık ortalama bağıl nem ve yıllık toplam yağış değerleri oluşturulmuştur.

3.1.5. RegCM Bölgesel İklim Modeli

RegCM modelinin kökeni, Amerikan Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi çıkışlı MM4 modeline dayanmaktadır. Modelin dinamik bileşenleri olan sıkıştırılabilir, hidrostatik denge ile grid nokta modeli ve düşey σ -koordinatları temel olarak aynı kalmıştır. Farklı olarak RegCM'de dik topografik gradyanların varlığındaki açık formda ayrıştırılmış zaman integrasyonu alt modeli ile azalan yatay difüzyon algoritması kullanılmaktadır. İklim çalışmalarındaki MM4 uygulamaları için öncelikli olarak birinci nesil RegCM uygulamalarında da kullanılan fiziksel parametrizasyon radyatif transfer ve kara yüzeyi fiziği

değiştirilmiştir (Dickinson et al. 1989, Giorgi 1990). Birinci nesil RegCM, yüzey işlemi temsili için Biyosfer-Atmosfer Transfer Modelini (BATS), radyatif transfer için Topluluk İklim Modelini (CCM) (NCAR ‘National Center for Atmospheric Research’), orta ölçek yerel gezegensel çözünürlük sınır tabaka modelini, Kuo-tipi kümülüs konveksiyon alt modeli (Anthes, 1977) ve açık nem modelini (Hsie ve ark., 1984) alt modeller olarak kullanmıştır. RegCM2’nin fiziği NCAR CCM2 (Hack ve ark., 1993) ve orta ölçek modelden MM5 (Grell ve ark., 1994) alınmıştır. Radyasyon hesaplarında CCM2 modelinin radyatif transfer paketi (Briegleb, 1992) ve yerel olmayan sınır tabaka alt modeli (Holtlag ve ark., 1990) kullanılmıştır. Ayrıca kütle akısı kümülüs alt modeli (Grell, 1993) eklenmiş ve BATS modelinin son uygulaması da modele dahil edilmiştir. Son yıllarda da yeni fiziksel gelişmeler RegCM modeli için kullanıma uygun hale getirilerek CCM2 radyatif transfer paketi yerine modelde CCM3 (Kiehl ve ark., 1996) kullanılmıştır. Model alanının içine doğru gidildikçe model çözünürlüğü de artmaktadır. Bunun dışında göl modelleriyle olan birleştirmeler ve iz gazların radyatif etkileşime girmesinin model içinde hesaplanması da RegCM modelinin önemli bir üstünlüğüdür (Giorgi ve Mearns, 1999).

Bölgesel iklim modeli RegCM’in aşamaları 4 ana başlıkla belirtilebilir: 1) Model eşitlikleri, 2) Parametrizasyon, 3) Model projeksiyonu ve grid yapısı ve 4) Modelin koşturulması. Anılan aşamalar ve özellikle tez çalışmasında seçilen yöntemler aşağıda özetle açıklanmıştır.

3.1.5.1. Model Eşitlikleri

RegCM modeli atmosferdeki temel fiziksel olayları aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplamaktadır.

3.1.5.1.(1). Momentum Eşitliği

İki momentum ve süreklilik denklemi, bilinen sınır şartı doğrultusunda seçilen fiziksel alan içinde herhangi bir noktadaki hız unsurlarını ve basınç değerini

hesaplamak için yeterlidir. Sıcaklık ise enerji denkleminin çözümlemesi ile bulunabilir.

Modelin düşey koordinatı, yüzeyi takip eden sigma (σ) koordinatıdır.

$$\sigma = \frac{p - p_t}{p_s - p_t} \quad (3.1)$$

Denklemde p istenilen seviyedeki basınç, p_s yüzey basıncı ve p_t ise model atmosferin en üst noktasındaki basınçtır. Bu sistem için hareket denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\frac{\partial p^* u}{\partial t} = -m^2 \left(\frac{\partial p^* uu/m}{\partial x} + \frac{\partial p^* vu/m}{\partial y} \right) - \frac{\partial p^* u \dot{\sigma}}{\partial \sigma} \quad (3.2)$$

$$- mp^* \left[\frac{RT_v}{(p^* + p_t/\sigma)} \frac{\partial p^*}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial x} \right] + f p^* v + F_H u + F_v u$$

$$\frac{\partial p^* v}{\partial t} = -m^2 \left(\frac{\partial p^* uv/m}{\partial x} + \frac{\partial p^* vv/m}{\partial y} \right) - \frac{\partial p^* v \dot{\sigma}}{\partial \sigma} \quad (3.3)$$

$$- mp^* \left[\frac{RT_v}{(p^* + p_t/\sigma)} \frac{\partial p^*}{\partial y} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \right] + f p^* u + F_H v + F_v v$$

Denklemde u ile v ; hızın doğuya ve kuzeye doğru olan bileşenlerini, T_v ; virtüel sıcaklığı, ϕ ; jeopotansiyeli, f ; coriolis parametresini, R ; kuru havanın gaz sabitini, m ; Polar Stereografik, Lambert Benzeşim ya da Merkator Harita projeksiyonu için harita ölçek faktörünü, $\sigma = \frac{d\sigma}{dt}$, F_H ve F_v ise yatay ve düşey difüzyon etkilerini gösteren değişkenlerdir. Eşitlikteki p^* ,

$$p^* = p_s - p_t \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

3.1.5.1.(2). Süreklilik ve Sigmadot Eşitlikleri

Süreklilik eşitliği,

$$\frac{\partial p^*}{\partial t} = -m^2 \left(\frac{\partial p^* u/m}{\partial x} + \frac{\partial p^* v/m}{\partial y} \right) - \frac{\partial p^* \dot{\sigma}}{\partial \sigma} \quad (3.5)$$

şeklinde yazılabilir.

Eşitlik (5)'in düşey integrali ise modeldeki yüzey basıncının zamansal değişimini vermektedir.

$$\frac{\partial p^*}{\partial t} = -m^2 \int_0^1 \left(\frac{\partial p^* u/m}{\partial x} + \frac{\partial p^* v/m}{\partial y} \right) \partial \sigma \quad (3.6)$$

Yüzey basınç değişimi $\frac{\partial p^*}{\partial t}$ nin hesaplanmasından sonra sigma (σ^*) koordinatlarındaki düşey hız, 5 nolu denkleminin düşey integralinden her bir seviye için aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$\dot{\sigma} = -\frac{1}{p^*} \int_0^{\sigma} \left[\frac{\partial p^*}{\partial t} + m^2 \left(\frac{\partial p^* u/m}{\partial x} + \frac{\partial p^* v/m}{\partial y} \right) \right] d\sigma' \quad (3.7)$$

bu denklemde σ' integrasyonun geçici değişkenidir ve $\sigma^* (\sigma = 0) = 0$ dır.

3.1.5.1.(3). Termodinamik Eşitlik ve Omega (ω)

Termodinamik eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial p^* T}{\partial t} = -m^2 \left(\frac{\partial p^* u T / m}{\partial x} + \frac{\partial p^* v T / m}{\partial y} \right) - \frac{\partial p^* T \dot{\sigma}}{\partial \sigma} \\ + \frac{RT_v \omega}{c_{pm} (\sigma + p_i / p^*)} + \frac{p^* Q}{c_{pm}} + F_H T + F_v T \end{aligned} \quad (3.8)$$

Denklemden c_{pm} , sabit basınçta nemli hava için özgül ısı, Q ise adiyabatik ısınma olarak tanımlanmıştır. $F_H T$, yatay difüzyon etkilerini, $F_v T$, düşey karışma ile kuru konvektif faaliyetleri ifade etmektedir. ω ise,

$$\omega = p^* \dot{\sigma} + \sigma \frac{dp^*}{dt} \quad (3.9)$$

şeklinde tanımlanır ve bu denklemdeki $\frac{\partial p^*}{\partial t}$

$$\frac{dp^*}{dt} = \frac{\partial p^*}{\partial t} + m \left(u \frac{\partial p^*}{\partial x} + v \frac{\partial p^*}{\partial y} \right) \quad (3.10)$$

olarak ifade edilir c_{pm} ise,

$$c_{pm} = c_p (1 + 0.8 q_v) \quad (3.11)$$

şeklinde hesaplanır. (3.11) denkleminde c_p , kuru hava için sabit basınçtaki özgül ısı, q_v ise su buharının karışma oranıdır.

3.1.5.1.(4). Hidrostatik Eşitlik

Hidrostatik eşitlik, virtüel sıcaklık $k T_v$ den, jeopotansiyel yüksekliği hesaplayabilmek için kullanılmaktadır ve,

$$\frac{\partial \phi}{\partial \ln(\sigma + p_t/p^*)} = RT_v \left[1 + \frac{q_c + q_r}{1 + q_v} \right]^{-1} \quad (3.12)$$

şeklinde ifade edilir. (12) denkleminde verilen virtüel sıcaklık T_v ,

$$T_v = T(1 + 0.608q_v) \quad (3.13)$$

şeklinde hesaplanır. Denklem 12'deki q_c ve q_r sırasıyla, bulut ve yağmur suyu karışma oranlarını ifade etmektedir.

3.1.5.2. Parametrizasyon

Atmosfer modellerinde atmosferik olayların oluşumlarını açıklamak için farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş çok sayıda bilimsel olarak kanıtlanmış veya henüz teorik düzeyde olan fiziksel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Atmosferik benzeşimlerde bu yaklaşımların farklı birleşimler şeklindeki paketler halinde kullanılmasına parametrizasyon adı verilmektedir. RegCM Modelinde otuzun üzerinde fiziksel parametre ve bunlara bağlı yaklaşık altmış seçenek ile çalışmak mümkündür. Anılan parametrelerden bazıları bölgesel uygunluğun sağlanması için tez çalışması kapsamında denenmiştir. Bu bölümde sadece bölgesel uygunluk için çalışılan parametrelerden kümülüs alt programı ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Yapılan deneme model koşturmalarında kümülüs alt programı olarak Grell ve ark. (1994) tarafından geliştirilmiş kümülüs parametresinin Arakawa ve Schubert alt programı yaklaşımı seçilmiştir. Grell alt modelinde bulutlar, aşağı ve yukarı yönlü hava hareketlerinin sebep olduğu denge hal dolaşımı olarak resmedilmekte ve bulutların tepe ve tabanları haricinde bulut havası çevre havası ile doğrudan karışmadığı varsayılmaktadır. Yukarı ve aşağı yönlü hava akımlarının kütle akılarının (sırasıyla m_b , m_o) yükseklikle sabit olduğunu kabul eden, basitleştirilmiş bir bulut modeli kullanılır. Yukarı ile aşağı yönlü hava akımlarının başlangıç seviyesinin sırayla maksimum ve minimum nemli statik enerji seviyeleri olduğu

kabul edilmektedir. Grell kümülüs parametrizasyonu, nemli konveksiyonun başladığı seviyede parsel yukarı yönlü hava hareketiyle yükseltildiği zaman aktif hale geçerken yukarı yönlü hava akımındaki yoğunlaşma, doymuş parselin kaldırılmasından faydalanılarak ve bulutun yanal sınırlarından hiç kütle alışverişinin olmadığı varsayımıyla hesaplanmaktadır. Aşağı yönlü hava akımının kütle akısı, β parametresi ile yukarı yönlü hava akımının kütle akısına orantılı hale getirilir. β yukarı yönlü hava akımının yoğunlaşma yayılımı olarak tanımlanır ki, aynı zamanda, aşağı yönlü hava akımında da bulunur. Bundan dolayı, $1-\beta$ yağış verimi olarak tanımlanır. Bu durumda yağmur,

$$R = I_1 m_b (1 - \beta) \quad (3.14)$$

ile ifade edilir. Burada I_1 , yukarı yönlü hava akımının derinliği boyunca integrali alınmış yoğunlaşma miktarıdır. Geniş ölçekteki ısınma ve nem alışverişi geri besleme mekanizmaları, karşılanmış kütle akısı ile bulut taban ve tavan noktalarındaki akımların çıkışları ile belirlenir. Alt programa nemli, konvektif, aşağı yönlü akımların soğuma etkileri de dahildir. Alt programı tamamlamak için Giorgi tarafından test edilmiş farklı kabuller kullanılır (Önol, 2001). Doktora tez çalışması kapsamında yapılan denemelerde kullanılan sürümde Arakawa ve Schubert'in kabulleri adapte edilmektedir ve bahsedilen m_b ,

$$m_b = \frac{ABE'' - ABE}{\Delta t N A} \quad (3.15)$$

şeklinde ifade edilir. Burada, ABE'' Δt zamanı boyunca, geniş ölçekteki hareket tarafından sağlanan uygun kaldırma enerjisi; ABE ise bulut çevresindeki uygun kaldırma enerjisidir. 15 nolu eşitlikteki ifade, geniş ölçek hareketinden dolayı üretilen aşırı kaldırma enerjisinin, kümülüs çevresine belirli bir zaman adımıyla taşındığını gösterir. Burada tartışılan deney için, düşey rüzgar kaymasının fonksiyonu olarak kabul edilen β değeri 0.25 ile 0.5 arasında değişir. Giorgi ve ark. (1993) β 'nın değişimiyle bu alt modelin duyarlılığını tartışmışlardır. Orta enlemlerde

Arakawa-Shubert yaklaşımı yağışları diğer yaklaşımlara kıyasla daha iyi benzeştirmektedir, bu nedenle de anılan yaklaşım RegCM modelinin oluşumunda kullanılmıştır. (Giorgi ve Sheilds, 1999).

3.1.5.3. Model Projeksiyonu ve Grid Yapısı

Modelde üç tip harita projeksiyonu diğer bir ifadeyle haritada kullanılan izdüşüm sistemi kullanılabilmektedir (Şekil 3.5). Bunlar;

- Kutupsal (Polar) Stereografik
- Merkator Silindirik Projeksiyonu
- Lambert Projeksiyonu'dur.

Kutupsal (Polar) Stereografik genel olarak küre ya da biraz daha fazlasının çizimi, Merkator Silindirik Projeksiyon ise özellikle Ekvatoryal band için uygundur. Lambert Projeksiyonunun orta enlemler için uygun olması nedeniyle doktora tez çalışması için anılan harita projeksiyonu kullanılmıştır.

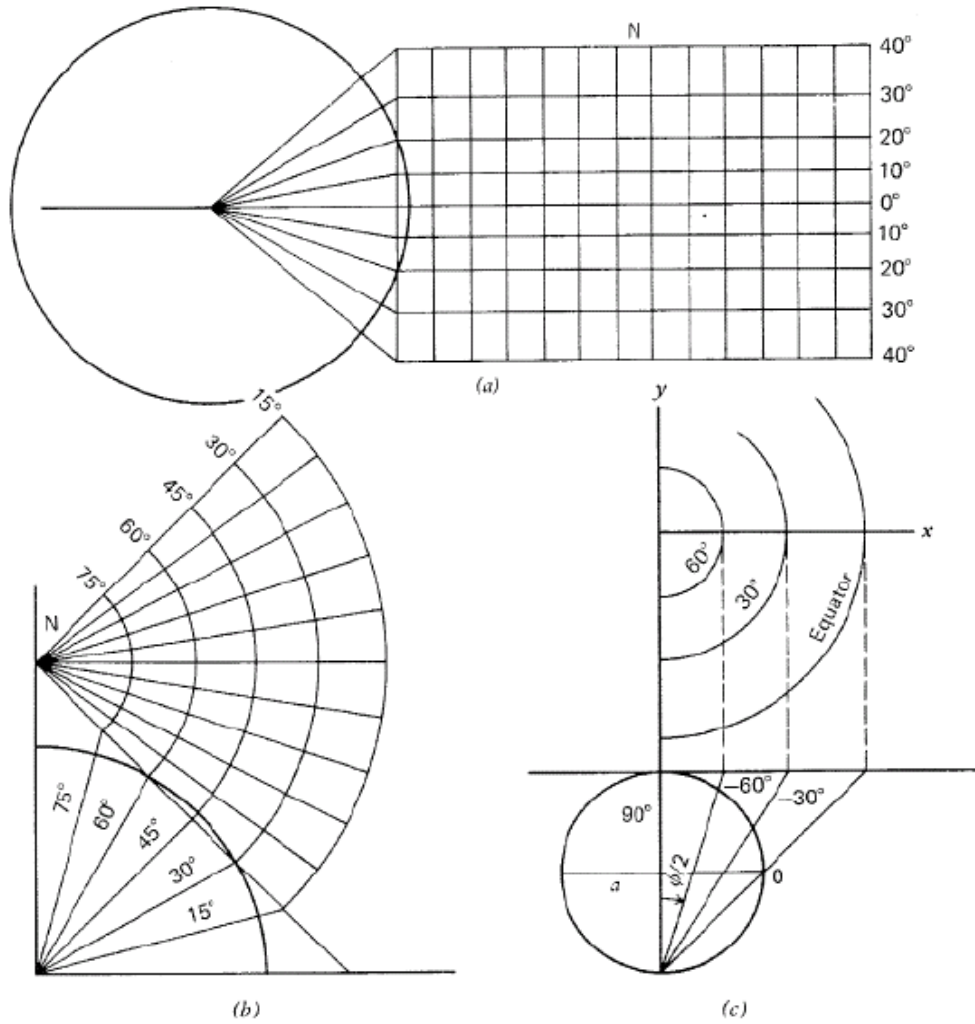
Lambert benzeşim projeksiyonu aşağıdaki eşitlikler ile tanımlanır:

$$r = r_0 \left[\tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \right]^{-K} \quad \theta = K(\lambda - \lambda_0) \quad (3.16)$$

Denklemde, r_0 ve K sabitleri, projeksiyonu φ_1 ve φ_2 enlemleri için doğrulamak için kullanılabilir ve bu durumda denklem (16);

$$r = (a/K) m(\varphi) \cos \varphi \quad \theta = K(\lambda - \lambda_0) \quad (3.17)$$

şeklinde yazılabilir.



Şekil 3.5. Harita Projeksiyonları (a.Merkator b.Lambert Conformal c.Polar Stereografik) (Haltiner ve Williams, 1980)

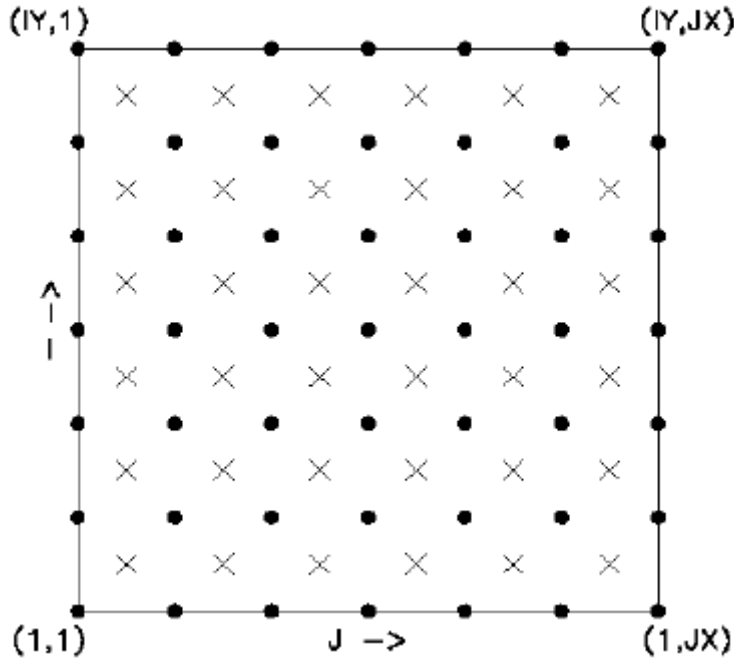
Denklem (17)'deki m ve K parametreleri ise aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$m(\varphi) = \left(\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_1} \right) (K - 1) \left(\frac{1 + \sin \varphi_1}{1 + \sin \varphi} \right) K \quad (3.18)$$

$$K = \ln \left(\frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} \right) \div \ln \left[\frac{\tan[(\pi/4) - (\varphi_1/2)]}{\tan[(\pi/4) - (\varphi_2/2)]} \right] \quad (3.19)$$

Modelde Arakawa B grid yapısı kullanılmaktadır. Kaydırılmış gridin bir çeşidi olan B gridin yapısı Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Bu grid sisteminde model

noktalarda (.) u ve v rüzgar bileşenlerini, x ile gösterilen yerlerde ise diğer tüm değişkenleri (T, q, p, vb.) hesaplamaktadır.



Şekil 3.6. Model grid yapısı (Arakawa B) (RegCM 3.0 User Guide, 2004)

3.1.6. Yardımcı Programlar

Model sonuçlarının okunabilmesi, değerlendirilebilmesi ve üzerinde işlem yapılabilmesi için birçok dosya dönüşümünün ve hesaplama işleminin yapılması gerekmektedir. Bu işlemler onbinlerce işlem sayısına denk gelmektedir. Anılan işlemlerin FORTRAN ve C gibi programlama dilleri kullanılarak hazırlanan programlarla yapılması mümkündür. Bu amaçla aşağıda da açıklanan kısımlar için çeşitli programlar yazılmış ve gerekli işlemler gerçekleştirilmiştir.

3.1.6.1. Regcm Out Put Dosyasının Okunması

RegCM modelinin işlenmiş Surface output dosyaları (A2 senaryo çalışması) SRF2071a2-dlyAVG.DAT, SRF2072a2-dlyAVG.DAT,..., şeklinde günlük verileri içinde bulunduran yıllık dosyalar halindedir. Bu dosyalar binary dosyalar olup,

gözlem değerleriyle karşılaştırabilmeleri için anılan çıktı dosyalarının dönüşümlerinin yapılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra batıda İspanya, doğuda Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nin yer aldığı geniş domain alanından tez çalışma alanının ve bu alana ilişkin yine tez kapsamında çalışılması öngörülen verilerin alınması ve bu dosyalardan farklı formatta yeni dosyaların oluşturulması gerekmiştir. Bu amaçla FORTRAN programlama dilinde kod bir yazılmıştır. Bu kod aracılığıyla 25 elemanlı 133 x 238'lik bir matris şeklindeki model çıktı dosyasından çalışma alanı olan ($i=202,216;j=59,73$) matrisi seçilmiş, buradaki değerlerden toplam yağış, yüzey akışı ve konvektif yağış parametrelerinin yıllık toplamaları, diğer parametrelerin ise yıllık ortalamaları 1500 ayrı metin dosyaları (1990_yy_25.txt) formatında yazdırılmıştır. Ayrıca yıl içerisindeki en düşük ve en yüksek sıcaklıklar "1990_max/min.txt" şeklinde 120 ayrı dosya olarak hazırlanmıştır. Böylece model sonuçları Excel veya Word gibi yazı editörlerince okunabilecek formatlara dönüştürülmüştür.

3.1.6.2. Grid Değerlerinin Bulunması

Çalışma alanı modelde 225 gridden oluşmuştur ve gridlerin havzadaki yerleşimi Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Doğrulama çalışması için iklim istasyonlarından elde edilen gözlemlerle model sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için modelin istasyon noktalarına en yakın 4 grid noktasından istasyon noktasına enterpolasyonla model istasyon değerleri oluşturulması gerekmektedir. Bu işlem için öncelikle her bir grid noktasının iklim değerleri C bilgisayar programlama dilinde yazılmış 4 ayrı kodla 1. aşamada oluşturulan 1620 dosyadan veri okunarak 1.dat, 2.dat, ..., 225.dat şeklinde 1100 adet yeni veri dosyası oluşturulmuştur. Gridlere ayrılan veriler Excel de açılıp, gözlem mesafesinin tersine göre ağırlıklı enterpolasyon yöntemiyle istasyon noktalarındaki model değerleri bulunmuştur.

3.2. Yöntem

3.2.1. Doğrulama

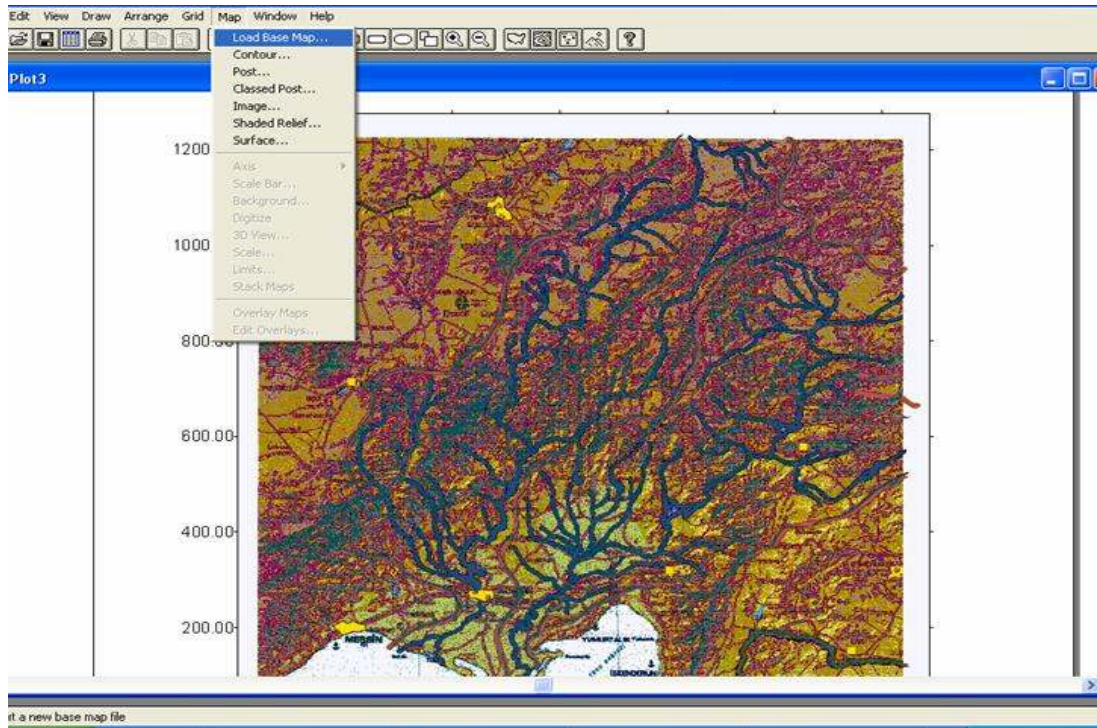
Doğrulama için iklim istasyon noktalarında model değerleri ile gözlem değerlerinin farklarının ve RMSE değerlerinin hesaplanması iki şekilde yapılmıştır. Ortalama sıcaklık, ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklar, yıllık toplam yağış ile bağıl nem değerleri için Excel programı kullanılarak RegCM modeliyle iklim istasyonlarından elde edilen gözlem verilerinin farkları bulunmuş ve RMSE değerleri hesaplanmıştır. Yıl içerisindeki maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin RMSE hesapları ise yine C programlama diliyle yazılan bir kodla mesafenin tersine göre ağırlıklı enterpolasyon yöntemine göre hesaplanmış daha sonra istasyon noktalarındaki model değerleri adana.dat, mersin.dat, vb. şeklinde istasyon dosyalarına yazdırılmıştır.

3.2.1.1. A2 Senaryo Verisi ile Referans Verisinin Karşılaştırılması

RegCM modelinin A2 Senaryo Verisi (A2) ve Referans Verisi (RF) kullanılarak koşturulmasından elde edilen sonuçların karşılaştırılması amacıyla çalışma alanındaki her bir grid (225 adet) için farkların bulunmuş ve bu farkların istatistiksel anlamda önemliliği f ve t testleri yardımıyla sınanmıştır. Ortalama sıcaklık, ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklar, yıllık toplam yağış ile bağıl nem değerleri için bu işlem C bilgisayar programlama dilinde hazırlanan bir kodla yapılmıştır. Yıl içerisindeki maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin hesapları ise yine C ile yazılan başka bir kodla yapılmıştır. Hazırlanan kodla her grid için 30 ar yıllık ortalamalar, bu ortalamaların farkları, her iki ortalamanın varyansı, f ve t testlerinin sonuçları ve gridlerin Surfer programına göre koordinatları bir dosyaya yazdırılmaktadır. Bu dosya aynı zamanda Surfer programı ile farkların harita şeklinde görüntülenmesinde kullanılmaktadır.

3.2.2. Haritaların Çizimi

Çalışma sırasında gerek RegCM modelinin doğrulaması (model değerleri ile gözlem değerlerinin karşılaştırılması) gerekse iklim değişikliğinin ortaya konması örneğin gelecek senaryo verileri ile referans verilerinin karşılaştırılması aşamalarında 3 boyutlu yüzey haritalama ve konturlama programı (Surfer) paket programı kullanılmıştır (Şekil 3.7).



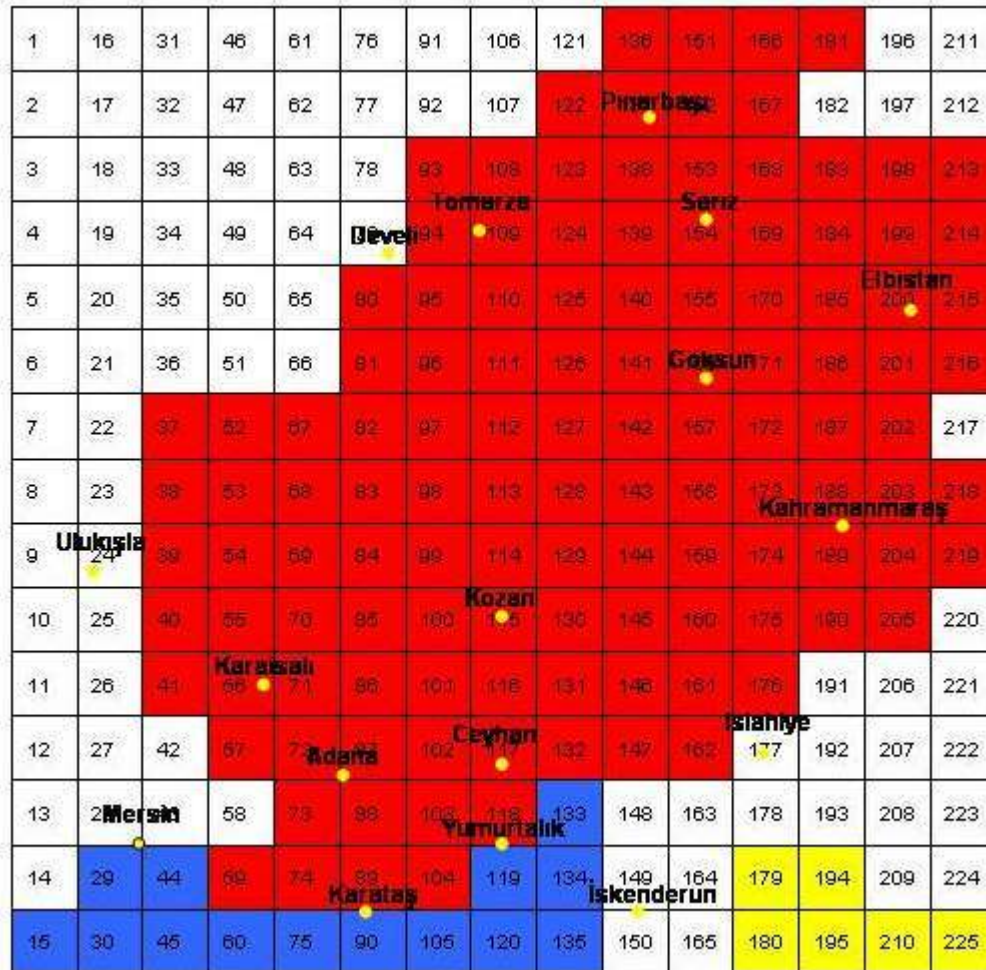
Şekil 3.7. Yüzey haritalama ve konturlama programının (Surfer) kullanımı

3.2.2.1. Enterpolasyon Yöntemleri

Enterpolasyon, referans noktalarındaki ölçme değerlerinden, ölçülmeyen noktalardaki ölçü büyüklüklerinin kestirimidir. Çalışmada iki kısımda enterpolasyon işlemi iki farklı yöntem ile (mesafenin tersine göre ağırlıklı enterpolasyon yöntemi ve kriging yöntemi) kullanılmıştır.

Öncelikle model sonuçlarının gözlem değerleri ile doğrulaması için model ve istasyon değerlerinin aynı noktaya taşınması gerekmiştir. ECMWF 2005 raporunda

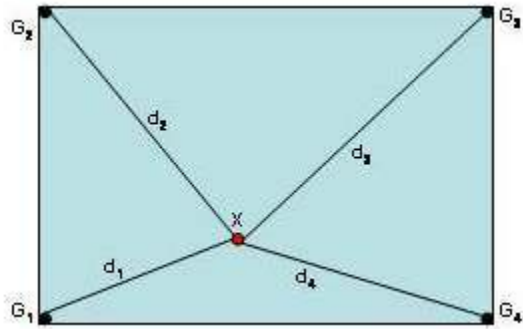
da belirtildiği gibi eğer gözlem değerleri model değerlerinden daha yüksek çözünürlüğe sahipse istasyon değerleri model gridlerine taşınır, değilse yani model gridlerinin yatay mesafe değişimi ve yoğunluğu, gözlem istasyonlarının arasındaki mesafeden ve yoğunluğundan yüksekse bu durumda model grid değerleri istasyonlara taşınır. Şekil 3.8 de temsil edilen $9 \times 10^4 \text{ km}^2$ 'lik çalışma alanında kullanılabilir gözlem verisi bakımından 17 istasyona karşılık (ortalama 73 km aralıklı) 225 grid noktasının (model grid aralığının 20 km) bulunması nedeniyle model değerleri gözlem değerleri noktalarına mesafenin tersine göre ağırlıklı enterpolasyon yöntemiyle taşınmıştır.



Şekil 3.8. Çalışma alanında gözlem istasyonları ve model grid noktalarının yerleşimi

3.2.2.1.(1) Mesafenin Tersine Göre Ağırlıklı Enterpolasyon

Mesafenin tersine göre ağırlıklı enterpolasyon yönteminin oldukça hızlı ve nispeten basit bir matematiksel algoritması vardır. Kuvvet parametreleri, bir grid köşesinden uzaklık artarken ağırlık etkisinin nasıl azaldığını gösterir. Küçük bir kuvvet için ağırlıklar, referans noktaları arasında daha düzgün bir şekilde dağılır, daha büyük bir kuvvet için yakın referans noktaları ortalama ağırlığın daha büyük bir kesri olarak verilir. Belirli bir grid köşesi hesaplandığı zaman, bir referans noktasına verilen ağırlık, grid köşesinden gözlemlenen belirtilmiş kuvvete olan mesafenin tersiyle orantılıdır. Bir grid köşesi hesaplandığında, hesaplanan ağırlıklar kesirlidir ve toplamaları 1'e eşittir. Eşitlik 20 ve 21'de fonksiyonun eşitlikleri verilmiştir.



Şekil 3.9. Dört grid değerinin bir noktaya enterpolasyonu (Taştan,1998)

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n G_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (3.20)$$

X = Enterpolasyon yapılan noktanın değeri

G_i = i'inci referans noktasının değeri

P_i = i'inci referans noktasının ağırlığı

$$P_i = \frac{1}{d_i^n} \quad (3.21)$$

d_i = referans noktası ile enterpolasyon yapılacak nokta arasında ki mesafe
 n =mesafenin kuvveti. 1, 2, 3, veya 4 olabilir. Genel olarak 2 seçilmektedir.
Mesafenin az olduğu "cone-like" durumlarında ise 1 olarak seçilir.

3.2.2.1.(2) Kriging Yöntemiyle Enterpolasyon

İkinci enterpolasyon yöntemi **kriging yöntemiyle enterpolasyon**, gözlem noktalarına enterpole edilen model değerleri ile gözlem değerleri arasındaki farkların tüm çalışma alanı üzerinde alansal dağılımının şekilsel olarak görülebilmesi için Surfer Programı ile tüm alana enterpole edilerek haritalanmasında kullanılmıştır. Benzer şekilde iklim modelinin A2 senaryo değerleri ile Referans değerlerini karşılaştırarak farkların tüm alana enterpole edilerek gösterilmesinde Surfer ve Surfer'in enterpolasyon fonksiyonları kullanılmıştır

Surfer 3.2 programındaki enterpolasyon yöntemleri şunlardır (Soycan ve Soycan., 2002):

- Mesafenin Tersine Göre Enterpolasyon
- Kriging Yöntemiyle Enterpolasyon
- Minimum Eğrilik Yöntemiyle Enterpolasyon
- Polinomal Regresyon Yöntemiyle Enterpolasyon
- Radyal Temel Fonksiyonlar Yöntemiyle Enterpolasyon
- En Yakın Komşu Yöntemiyle Enterpolasyon
- Shepards Yöntemiyle Enterpolasyon
- Lineer enterpolasyonla triangülasyon yöntemi

3.2.2.2. En Uygun Gridleme Yönteminin Belirlenmesi

Surfer programında birçok gridleme yöntemi bulunmaktadır. Farklı gridleme metotlarıyla farklı sonuçlar üretilir. Soycan ve Soycan (2002) tarafından verilere en uygun gridleme yöntemi olarak aşağıda özellikleri belirtilen farklı yaklaşımlardan birinin kullanılabileceği belirtilmektedir.

- a) **Mesafenin tersi yöntemi**, hızlıdır fakat dayanak noktaları etrafındaki eğrilerin ‘bull’s eye’ modellerini ortak bir merkezde genelleştirme eğilimindedir.
- b) **Kriging yöntemi**, oldukça esnek metotlardan biridir ve dayanak nokta gruplarının hemen hemen tüm çeşitlerinin gridlenmesi için uygundur. Çoğu dayanak nokta gruplarıyla, lineer bir variogramla Kriging oldukça etkilidir ve bu nedenle tercih edilir. Daha geniş dayanak nokta grupları için ise oldukça yavaş sayılabilir.
- c) **Minimum eğrilik yöntemi**, düzgün yüzeyler üretir ve çoğu dayanak nokta grubu için hızlıdır.
- d) **En yakın komşuluk yöntemi**, düzenli olarak X,Y,H uzaysal dayanak noktaları dosyalarını Surfer grid dosyalarına dönüştürmek için kullanılır. Ya da dayanak noktalarının gridlenmesi hemen hemen tamam, ancak bazı eksik boşluklar varsa, bu metoda boşlukları doldurmak için uygundur veya mevcut dayanak noktalarının olmadığı böyle yerlerde yetersiz değerlerle bir grid dosyası oluşturmakta kullanılır.
- e) **Polinomal regresyon yöntemi**, dayanak noktalarının değerlendirilmesini ve böylece altında yatan büyük ölçek trendlerin ve modellerinin gösterilmesini sağlar. Bu model, yüzey analizi trendi için uygundur. Polinomal regresyon, her sayıdaki dayanak noktaları için çok hızlıdır fakat, dayanak noktalarındaki bölgesel detaylar üretilmiş griddede bulunmaz.
- f) **Radyal temel fonksiyonlar yöntemi**, Kriging metodu gibi oldukça esnektir, elde edilen sonuç, çoğu dayanak nokta gruplarının yorumlanması konusunda en iyi yöntemlerden biridir. Bu yöntem, tamamen Kriging’e benzer sonuçlar vermektedir.
- g) **Shepard’s yöntemi**, mesafenin tersi yöntemine benzerdir. Fakat, özellikle yumuşatma faktörü kullanıldığı zaman “bull’s eye” modellerini genelleştirmek gibi bir eğilimi yoktur.
- h) **Lineer enterpolasyonla triangülasyon yöntemi**, bütün dayanak nokta gruplarında kullanımı kolay ve hızlıdır. Triangülasyonun bir diğer avantajı ise

yeterli dayanak noktalarıyla triangülasyon bir dayanak noktası içindeki kırık hatların korunabilmesidir.

Yukarda da belirtildiği gibi tüm yöntemlerin kullanılabilir olmalarına karşı veri tipine göre bazıları diğerlerine göre üstünlük sağlayabilmektedir (Anonim, 1999b, You et al., 2004, Isam et al., 2002, Erol ve Çelik, 2004, Fencík, ve Vajsáblova, 2006, Yang et al., 2004, Soycan ve Soycan, 2002).

Kriging, bir çok alanda yaygın ve yararlı olduğu kanıtlanmış jeostatistiksel bir gridleme yöntemidir. Bu yöntemde düzensiz arazi dayanak noktalarından görsel yüzey çizimi ve uygun eş yükseklik eğrileri oluşturur. Kriging çok esnek bir gridleme metodudur. Kriging enterpolasyon yöntemi özgün iklim değişkenleri ve onların istatistiksel sonuçlarını, yağış verileri de dahil olmak üzere, uygun bölgeler üzerinde alansal dağılım şekillerinin daha iyi yorumlanmasını sağlar (Türkeş ve ark., 2002). Surfer Programının içinde kriging, kullanıcının belirlediği parametrelere bağlı olarak hem mutlak hem de düz bir enterpolasyon yöntemi olarak kullanılabilir.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (3.22)$$

3.2.3. İklimsel Verilerin Analizinde Kullanılan Yöntemler

Model sonuçlarının bölgeyi temsil edebilirliği diğer bir deyişle model doğrulaması için model sonuçları gözlem sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Objektif bir doğrulama için model değerlerinin gözlem değerlerinden farkına, *Ortalama Hata* (ME) ve *kök hata kareler ortalaması* (RMSE) değerlerine bakılmıştır (ECMWF, Report 2005). Subjektif doğrulama içinse model, gözlem değerleri, ortalama hata değerleri 3 boyutlu yüzey haritalama ve konturlama programı (Surfer) veya grid analiz ve gösterim sistemi (GrADS) programında verilerin eş değer konturları veya değerlerin çalışma alanı üzerinde harita gösterimi şeklinde yapılmıştır.

İklim parametrelerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla model önce referans verileriyle 1961-1990 dönemi için, daha sonra da A2 senaryo verileriyle

2071-2100 dönemi için koşturulmuştur. Her iki dönemde 30'ar yıllık koşturmadan elde edilen model kestirim verileri arasındaki farkı istatistiksel olarak Sanders (1995) tarafından belirtilen iki örnekleme ortalamasının karşılaştırılmasında takip edilecek prosedür kullanılarak değerlendirilmiştir (Şekil 10).

3.2.3.1. Ortalama Hata

$$\text{Ortalama Hata} = (1/n)\Sigma(X_{\text{model}} - X_{\text{gözlem}}) \quad (3.23)$$

Ortalama Hata = Model ile gözlem değeri arasındaki fark

n = Gözlem sayısı

x_{model} = Model değeri

$x_{\text{gözlem}}$ = Gözlem değeri

Ortalama hata, verilen iklim değişkenlerinin yerel davranışları hakkında oldukça yararlı bilgiler veren en basit ve çok yaygın kullanılan bir değerdir. Ortalama hata aralığı negatif sonsuzdan, pozitif sonsuza kadardır ve anılan değerin sıfır olması model kestiriminin % 100 doğru olduğu, diğer bir ifadeyle gözlem ve kestirim değerleri arasında mükemmel bir uyum olduğunu gösterir (ECMWF, Report 2005).

3.2.3.2. Kök Hata kareler Ortalaması (RMSE)

Doğrulama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan diğer bir ölçüm metodu *Kök hata kareler ortalaması* (RMSE) diğer bir ifadeyle hata miktarı karelerinin ortalamasının kök değeridir. RMSE hata karelerini dikkate alması nedeniyle büyük kestirim hatalarına karşı ortalama hataya göre daha duyarlıdır (ECMWF, Report 2005).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_{\text{model}} - x_{\text{gözlem}})^2} \quad (3.24)$$

3.2.3.3. İki Ortalama Arasındaki Farkın Anlamlığı İçin Student t Testi

Şekil 3.10'da görüleceği gibi iki örnekleme ortalamasının karşılaştırılmasında 4 yöntem izlenmektedir:

- **Yöntem 1:** Populasyonları normal dağılım gösteren iki bağımlı örnek olması durumunda *eşleştirilmiş t testi* uygulanır.
- **Yöntem 2:** Her iki gözlem sayısı 30 dan büyükse veya σ_1 ve σ_2 biliniyorsa, populasyonlar normal dağılım gösteriyorsa ve örnek grupları birbirinden bağımsız ise *z dağılım fonksiyonu* uygulanır.
- **Yöntem 3:** Eğer σ_1 ve σ_2 bilinmiyorsa ve örnek sayısı 30 dan büyük değilse, $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ hipotezinin F testi sınaması sonucunda, belirtilen H_0 hipotezinin kabul edilmemesi (varyanslar eşit değil) durumunda yöntem 3'te belirtilen student t dağılım fonksiyonu uygulanır.
- **Yöntem 4:** Eğer σ_1 ve σ_2 bilinmiyorsa ve örnek sayısı 30 dan büyük değilse ve F testi sonucu $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ hipotezi kabul edilirse (varyanslar eşit) yöntem 4'te belirtilen student t dağılım fonksiyonu uygulanır.

Örnek gruplarının birbirinden bağımsız olmaları, her bir örnek grubunun örnekleme büyüklüğünün 30 dan küçük veya eşit olması ($n_1, n_2 \leq 30$) nedeniyle ve populasyonun normal dağılım özellikleri gösterdiği varsayılarak istatistiksel analiz *student t dağılım* test istatistiği uygulanarak yapılmıştır (Sanders 1995). Bu teste ilişkin eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$H_0 : \bar{x}_1 = \bar{x}_2$$

$$H_1 : \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$$

$$s^2 = (\sum_{i=1}^n x_i^2 - n * \bar{x}) / (n - 1) \quad (3.25)$$

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^n x_i) / n \quad (3.26)$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (3.27)$$

ve

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2(n_1-1) + s_2^2(n_2-1)}{n_1 + n_2 - 2}} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (3.28)$$

Burada sırası ile alt grupların,

$\bar{x}_1$ ve $\bar{x}_2$: ortalamalarını,

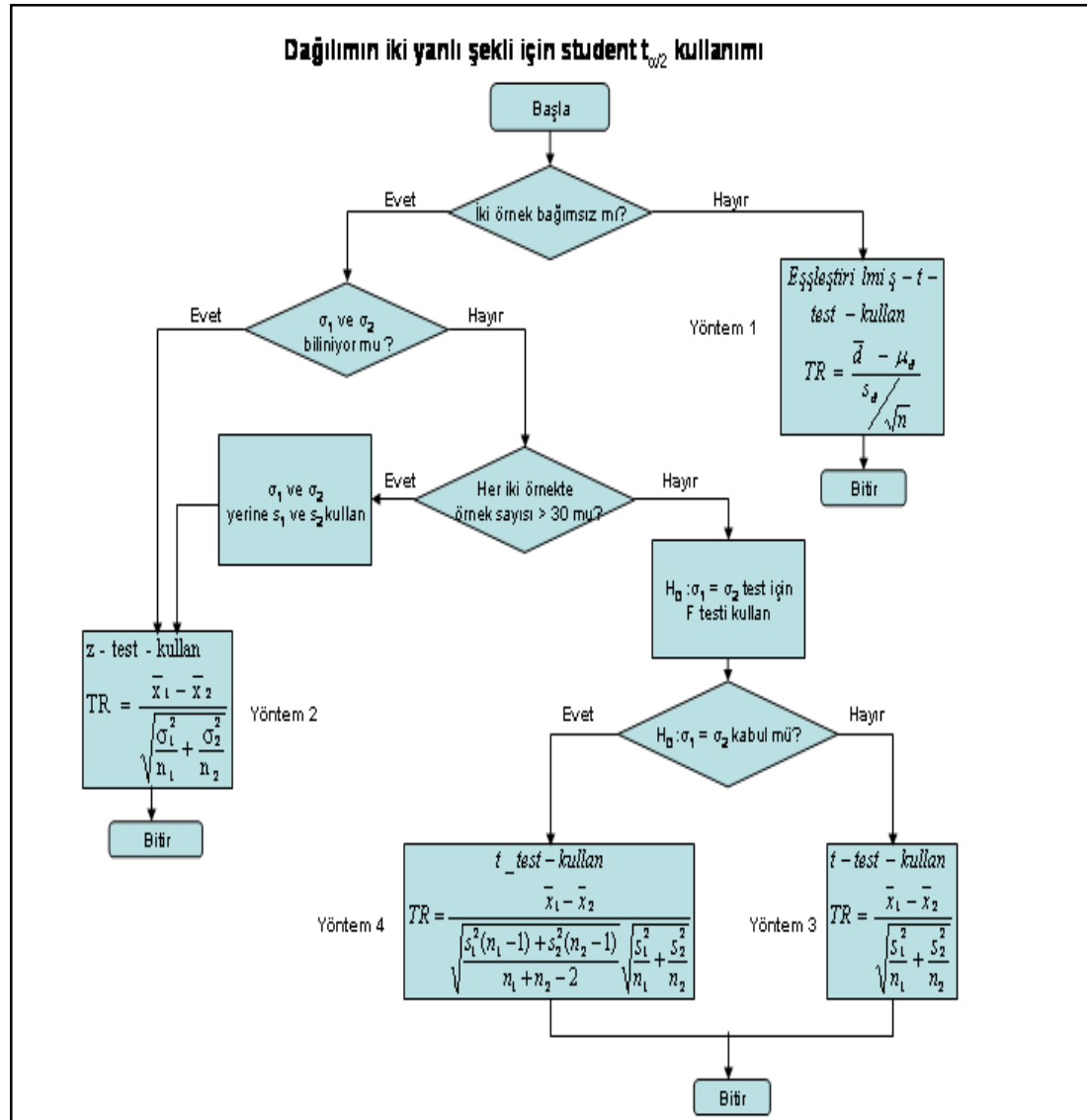
s_1^2 ve s_2^2 : varyanslarını,

n_1 ve n_2 : gözlem sayılarını göstermektedir.

Yöntem 3 için serbestlik derecesi; “ n_1-1 ” veya “ n_2-1 ” değerlerinden küçük olanıdır.

Yöntem 4 için serbestlik derecesi; “ n_1+n_2-2 ” dir.

H_0 hipotezini kabul veya reddetmek için % 5 yada % 1 anlamlılık düzeyindeki student t kritik değeri hesaplanan student t sınama örneklem değeri ile karşılaştırılır. Sonuçların dağılımın iki yanlı şekline göre sınındığı durumlarda, $t_{\text{cetvel}, \alpha/2} < t_{\text{hesap}} < t_{\text{cetvel}, 1-\alpha/2}$ koşulu sağlanırsa, H_0 hipotezini kabul edilerek ortalamaların birbirinden farklı olmadığına karar verilir. (Sanders 1995).



Şekil 3.10. İki örneklem ortalamasının karşılaştırılmasında izlenecek akış diyagramı (Sanders 1995)

3.2.3.4. Dizisel İlişkilerin Belirlenmesi

Diziler arası ilişkileri belirlemek için parametrik Pearson çarpım moment korelasyon katsayısını ve anlamlılığı ile parametrik olmayan Spearman korelasyon katsayısı ve anlamlılığı sınamaları uygulanacaktır. Dizilerin kendi içlerindeki değişkenliği ise değişim katsayısı ile belirlenecektir. Değişim katsayısı, değişkenin etkilendiği düşünülen faktöre karşı duyarlılığının bir ölçüsü olarak incelenmesinin

yanı sıra değişim katsayılarının karşılaştırılmasıyla diziler arasında fark olup olmadığı belirlenecektir.

3.2.3.4.(1) Pearson ürün momenti korelasyon katsayısı

Pearson çarpım moment korelasyon katsayısını verir; -1,0 ile 1,0 arasında (dahil) boyutsuz bir indis olan ve iki veri kümesi arasındaki doğrusal bir ilişkinin kapsamını yansıtır. Pearson ürün momenti korelasyon katsayısı r değerinin formülü:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (3.29)$$

Anlamlılığı ise;

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{N-2}}{1-r^2} \quad (3.30)$$

3.2.3.4.(2) Spearman korelasyon katsayısı

Spearman korelasyon katsayısı $r_s(\rho)$ değerinin formülü:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)} \quad (3.31)$$

Anlamlılığı ise;

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{N-2}}{1-r^2} \quad (3.32)$$

ile belirlenir (Sanders, 1995).

3.2.3.4.(3) Değişim (Varyasyon) katsayısı (CV)

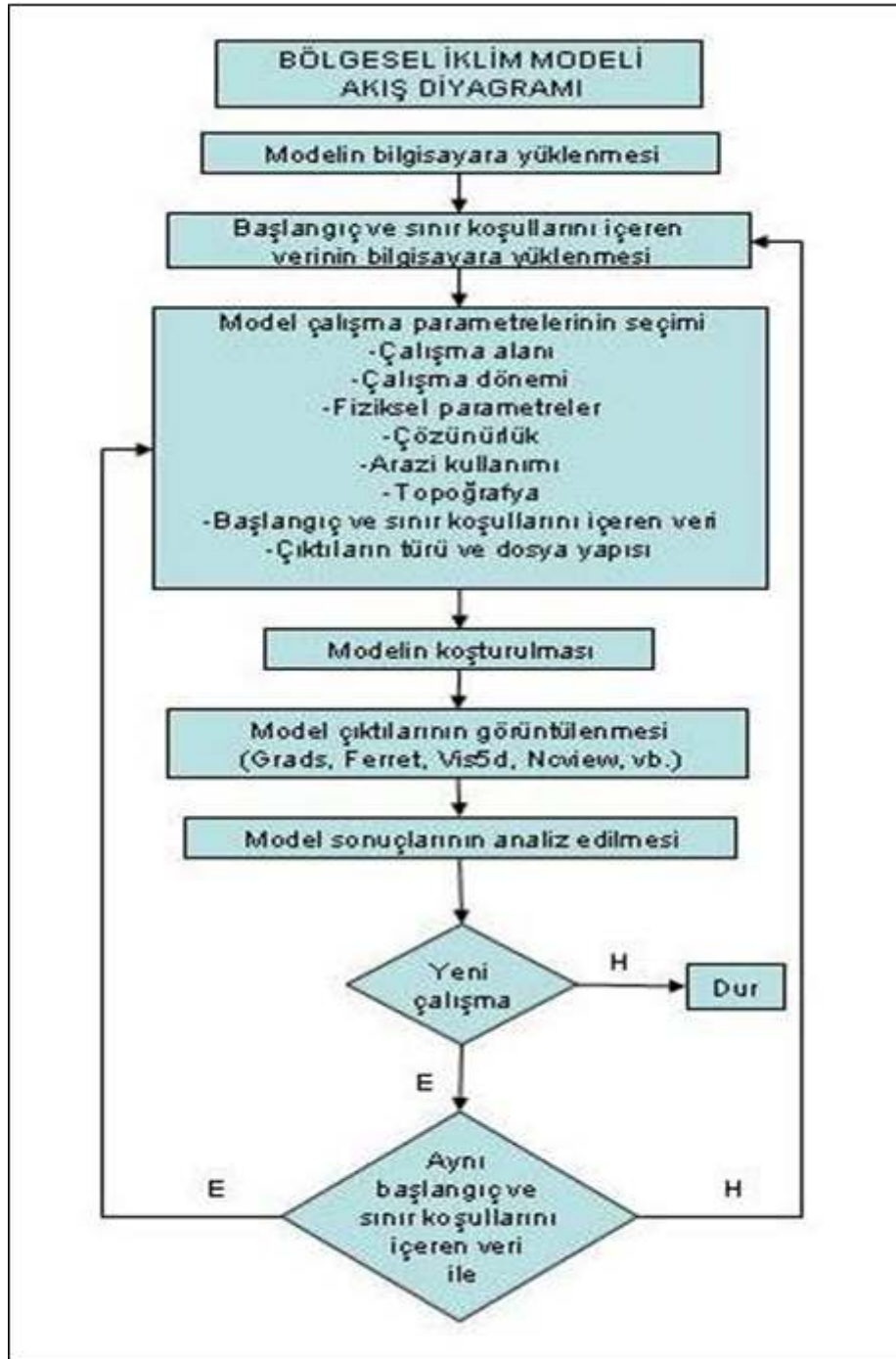
Standart sapmanın ortalamaya oranıdır. Standart sapma, ortalamaya göre büyük ise dağılım yaygın; küçük ise, verilerin önemli bir bölümü ortalamaya yakın kümelenme göstermiş demektir.

$$CV = (\text{Standart sapma} / \text{Aritmetik ortalama}) \cdot 100 \quad (3.33)$$

3.2.4. RegCM Bölgesel İklim Modeli

3.2.4.1. RegCM Modelinin Çalıştırılması

RegCM modelinin koşturulması için öncelikle modelin kullandığı verilerin hazırlanması gerekmektedir. Bu veriler çok çeşitli koşullar için farklı kurumlar tarafından oluşturulan veri setlerinden alınmaktadır. Örneğin, başlangıç ve sınır koşullarını (Initial and Boundary Conditions-ICBC) içeren Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) tarafından hazırlanan veri seti olan ERA40, Amerikan Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi (NCAR) ile Amerikan Ulusal Çevre Projeksiyon Merkezi (NCEP) tarafından hazırlanan veri setleri NNRP1 ve NNRP2 (Reanalysis Product, V.1,2) gibi yer, uydu, radar, ravisonde gözlemlerinin asimile edilmesiyle elde edilen veri setleri ile HadCM, ECHAM, ECHAOM, FvGCM gibi küresel iklim modellerinin *Referans* ve *Senaryo* veri setleri bu amaçla kullanılabilen veri setleridir. Ayrıca modellerde Amerikan Jeolojik Araştırmalar Kurumu'nun (US Geological Survey-USGS) çeşitli çözünürlüklerde (60, 30, 15, 10, 5, 2 dakikalık) topografya ve arazi kullanım verileri kullanılmaktadır. Şekil 3.11'de RegCM modelinin çalışma şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.11. RegCM modelinin koşturulmasının şematik gösterimi

Bu çalışmada kullanılan RegCM modeli yukarıda belirtilen veri setlerinden test amaçlı olarak NNRP2 ve ECH5OM, uzun süreli olarak ta HadAM3H kullanılarak çalıştırılmıştır.

HadAM3H küresel modeli yatay çözünürlüğü 2.5°, boylamda 3.75° olan HadAM3'ün anılan çözünürlüklerinin 2 kat iyileştirilmesi sonucunda elde edilmiştir. HadAM3H modeli hidrostatik, dikey koordinatlarda hibrit ve grid noktalı bir modeldir. Pronostik bulut fonksiyonu olarak Gregory ve Morris (1996) in modelin birincil değerlerinden toplam nem ve potansiyel sıcaklıkta sıvı haldeki sudan, bulut buzu, bulut suyu ve bulut miktarını hesaplayan yaklaşımı kullanılmıştır. Sınır tabaka işlemleri Smith (1990, 1993) tarafından basitleştirilmiş versiyonu olan sadece lokal dikey karışmayı içeren (Pope ve ark., 2000) fonksiyonuna göre yapılmıştır. Radiative transfer fonksiyonu Edwards ve Slingo (1996) ve Cusack ve ark. (1999) de tanımlanmış ve sırasıyla GHG, bulut ve sülfat aerosollerinin etkilerini içermektedir. Son olarak ta toprak tabaka modülü, bitki modülü ve kar/toprak hidroloji modülleriyle toprak yüzeyi işlemleri Cox et al (1999) tanımlanan fonksiyonla hesaplanmıştır (Giorgi et al. 2004a, 2004b).

3.2.4.2. RegCM Modelinin Çıktıları

RegCM modelinin çıktıları için büyük bilgisayar belleği gerekmektedir. Bu nedenle model çıktıları ikilik düzende saklanmaktadır. Ancak yine de bilgisayar belleği zaman zaman sorun oluşturabilmektedir. Modelin çıktılarını 5 ayrı grup altında toplamak ve incelemek mümkündür. Bunlar sırasıyla atmosfer, yüzey, radyasyon, göl ve iz gazlarının etkileridir.

Bitki büyüme modeli WOFOST için bunların sadece yüzey çıktıları (SRF dosyaları) yeterli olmakta ve bu çıktılar günlük olarak elde edilebilmektedir. WOFOST bitki büyüme modelinde kullanılmak üzere elde edilecek yüzey değişkenleri aşağıda belirtilmiştir.

- 2 m'de alansal rüzgar (m/s)
- Yüzey çekme stresi (si)
- Yüzey sıcaklığı (K)
- Bitki yüzey sıcaklığı (K)
- 2 m'de hava sıcaklığı (K)
- 2 m'de özgül nem (kg/kg)

- Üst seviyede toprak nemi (mm)
- Kök bölgesinde toprak nemi (mm)
- Toplam yağış (mm/gün)
- Bitki su tüketimi (mm/gün)
- Yüzey akışı (mm/gün)
- Kar kalınlığı (mm H₂O)
- Hissedilir ısı (W/m²)
- Net uzun dalgalı ışıınım (W/m²)
- Yüzeyce soğurulan net güneş enerjisi (W/m²)
- Aşağı yönlü uzun dalga (W/m²)
- Güneş enerjisi akısı (W/m²)
- Konvektif yağış (mm/gün)
- Yer seviyesi basıncı (hPa)
- PBL (gezegensel sınır katmanı) yüksekliği (m)
- Nem statik enerjisi (m²/ s²)
- Bağlı nem (%)
- Maksimum sıcaklık (2 m'de) (K)
- Minimum sıcaklık (2 m'de) (K)

3.2.5. Bitki Büyüme Modeli (WOFOST)

Bitki büyüme modeli WOFOST (WOrld FOod STudy), MARS projesinin (Monitoring Agriculture with Remote Sensing) Avrupa Ürün Gelişim İzleme Sistemi (European Crop Growth Monitoring System, CGMS) ile birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. CGMS WOFOST, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve ORACLE veri tabanıyla bağlantılıdır. CGMS'de WOFOST modeli, her farklı toprak koşulu için, bitki gelişiminin belirlenmesi amacıyla kullanılır. Bitki gelişimi ve verimi gibi göstergeler, iklimsel gridlerle ya da bölgelerle birleştirilmiştir. Bunlar mevcut tarımsal mevsimin özellikleriyle geçmiş mevsimlerin özelliklerini karşılaştırmada ve her bölge ve ülkedeki verimin sayısal olarak kestiriminde kullanılabilmektedir.

WOFOST, Wageningen Tarım Üniversitesi'nde, C.T. de Wit Okulu'nun geliştirdiği modeller ailesinin bir üyesidir. Model dünya gıda güvenliği ve dünya gıda üretimi potansiyeli üzerine çok çeşitli bilim dallarının ortaklaşa çalışması çerçevesinde oluşmuştur. Mevcut versiyonu DLO – Tarımsal Biyoloji Araştırma ve Toprak Verimliliği Merkezi (Center for Agrobiological Research and Soil Fertility, AB-DLO) ile Teorik Üretim Ekolojisi Bölümü'nün (Department of Theoretical Production Ecology, WAU-TPE) işbirliği çerçevesinde oluşturulmuştur.

Wageningen Üniversitesi tarımsal-ekoloji araştırma projeleri çerçevesinde tarımsal ürün modellerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik önemli deneyim ve bilgi birikimine sahiptir. Çalışmaları 1960-1970 lerdeki C.T. de Wit ve yardımcılarının yürüttüğü araştırma faaliyetlerinin temel alınmasıyla oluşturulup günümüze kadar geliştirilerek devam etmiştir. Model bileşenlerinin geliştirilen ekipman ve tarla denemeleriyle değerlendirilmesiyle geliştirilen ilk modelleri BACROS (De Wit et al., 1978; Goudriaan, 1977; Van Keulen, 1975; Penning de Vries et al., 1974; M.K. van Ittersum, 2003 den), modelleme yaklaşımıyla dünyada modelleme gruplarının temel ve ilham kaynağı olmuştur. Bu modeli 1980 lerde potansiyel üretim seviyesinin belirlenmesi için geliştirilen genel tarımsal ürün modeli SUCROS (Van Keulen et al., 1982; Van Laar et al., 1997; M.K. van Ittersum, 2003 den) takip etmiştir. SUCROS modeli de kendinden sonra geliştirilen WOFOST (Van Keulen ve Wolf, 1986; Boogaard et al., 1998), MACROS (Penning de Vries et al., 1989) ve ORYZA (Bouman et al., 2001)'nın temellerini oluşturmuştur. Monteith (1977) tarafından ortaya atılan ışık kullanım etkinliğini (LUE) temel alarak Spitters ve Schapendonk (1990) LINTUL modelinde kuru madde birikimini açıklayan basit bir yaklaşım geliştirmişlerdir. ARID CROP, SAHEL ve PAPRAN (Van Keulen et al., 1981; Seligman ve Van Keulen, 1981) modellerinin geliştirilmesiyle SUCROS modeline su ve azot kısıntılı üretim koşulu bileşenleri eklenmiştir.

Bu gelişmeler ışığında bitki büyüme modelleri karışık ekim, nöbetleşe ekim, iklim değişikliği etkileri, verim azalış, su ve azot yönetimi çalışmalarında geniş bir kullanım alanına sahip olmuşlardır. 1990'lardan itibaren yüzey kullanım sistemlerinde geniş alanların belirlenmesinde kullanılmıştır. En son olarak ta

bölgesel ve küresel ölçekte gıda üretim limitlerinin belirlenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır.

WOFOST Bitki büyüme modeli, tarımsal ürün üretimi kestiriminde, verim değişkenliğinin belirlenmesinde, iklim değişikliğinin veya toprak verimliliğindeki değişimlerinin etkilerinin hesaplanmasında kullanılabilir. WOFOST seçilen hava ve toprak koşullarında belirlenen tarımsal ürünün günlük gelişimini öngörür. Her benzeşim için, bitki büyüme dönemini ve toprak suyu ve besin durumunu içeren özel sınır koşulları seçilmelidir. Anılan model, su ve bitki besin elementleri yönünden potansiyel ve sınırlı koşullar arasındaki farklılığı gözetir ve CO₂ asimilasyonu modelde büyümeyi ve dolayısıyla da verimi kontrol eden bir faktördür.

Modelde yetiştirme faktörlerine göre 3 grup tanımlanmaktadır.

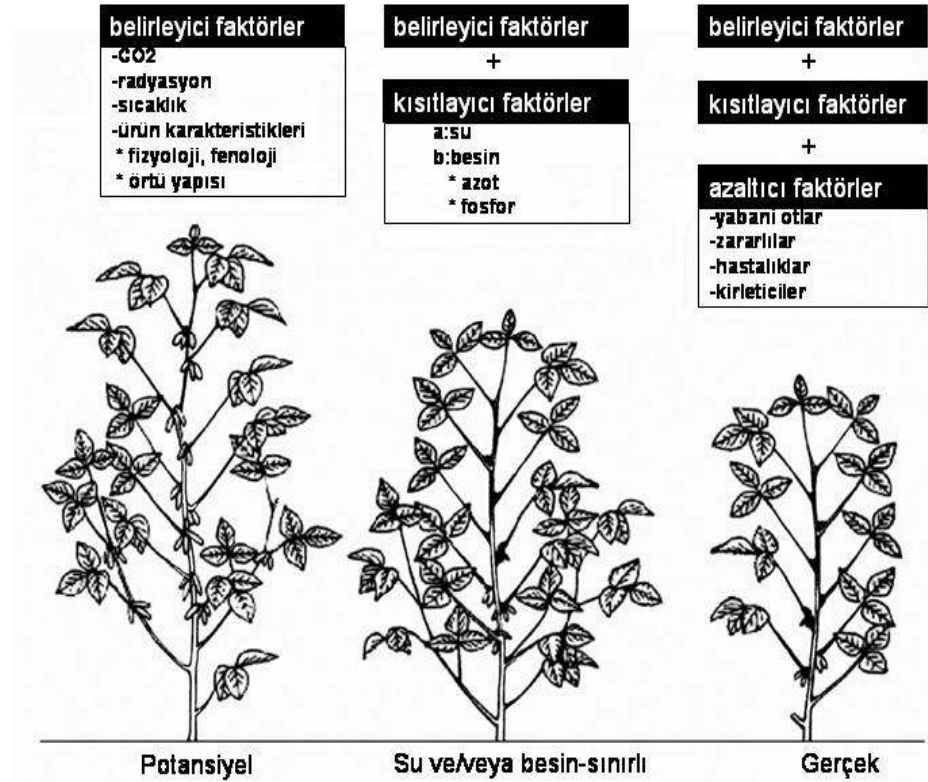
Potansiyel üretim, verilen fiziksel çevrede belirlenen bitki türü için maksimum üretimin gerçekleştirilebileceği üretim seviyesini gösterir. Radyasyon yoğunluğu, karbondioksit konsantrasyonu, sıcaklık ve bitki karakteristikleri büyümeyi belirleyen en önemli faktörlerdir. Bunların yönetimi en azından açık alanlarda (çevresel faktörlerin kontrol edilemediği) ekim tarihi, ekim sıklığı, yetiştirme gibi taktik kararlarla mümkündür. Potansiyel üretimi gerçekleştirebilmek için bitkiye su ve azot optimum düzeyde sağlanmalı ve bitki, verimde düşmeye neden olabilecek hastalık, zararlı, yabancı ot gibi faktörlere karşı tamamen korunmalıdır.

Büyümeyi sınırlayan faktörler, su ve besin elementleri ile belirlenen fiziksel çevrede su veya besin kısıntılı üretim seviyesini kapsar. Burada su ve besin kullanımının kontrollü bir yönetimiyle verim potansiyel seviyesine doğru artırılabilir. Büyümeyi sınırlayıcı faktörler, büyümeyi azaltan veya engelleyen yabancı ot, zararlı, hastalık gibi biyotik etkenler ile kirletici ve alüminyum toksitesisi gibi abiyotik etkenlerdir.

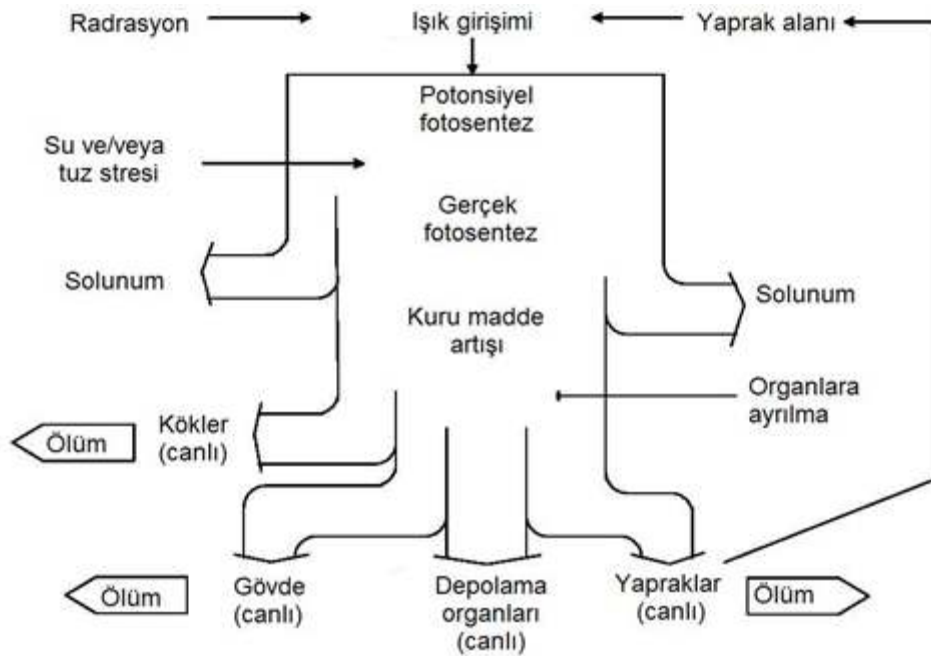
Gerçek üretim seviyesinde ise üretim, büyümeyi sınırlayan ve azaltıcı faktörlerin birleşimi sonucu olarak gerçekleşmektedir (Şekil 3.12).

Şekil 3.13 detaylandırılmış ürün modülünde yer alan ana süreçleri ve ilişkileri göstermektedir. Tutulan radyasyon enerjisi, gelen radyasyon ve yaprak alanı indeksinin bir ifonksiyonudur (LAI). WOFOST sadece yaprak yüzeyine gelen

fotosentetik aktif radyasyonu günün belirlenen üç anında hesaplamaktadır. Sonuçların Gaussian integrali (entegrasyonu) günlük potansiyel CO_2 ($\text{kg} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) özümleme (fotosentez) oranını belirler. Bu potansiyel su ve/veya tuzluluk stresine bağlı olarak azalabilir. Gerçek T ve potansiyel T oranı, T_a/T_p , azaltma katsayısı olarak kullanılır. Üretilen özümlemenin bir kısmı, her organ ve sıcaklık için hesaplanan oransal onarıma ki bu yaşayan çeşitli bitki organlarındaki kuru madde (DM) miktarına bağlı olarak değişir, enerji sağlamada kullanılır. Geriye kalan özümleme bitkinin fenolojik gelişim evresine (DVS) bağlı olarak kökler, yapraklar ve depolama organları (SO) arasında paylaşılır (*Spitters et al.*, 1989). Daha sonra yapısal DM (kuru maddeye) dönüşüm gerçekleşir ve özümleme bölümü büyüme solunumu şeklinde harcanır. Yapraklardaki yapısal DM deki net artış ve spesifik yaprak alanı ($\text{ha} \cdot \text{kg}^{-1}$) yaprak alanı gelişimini belirler, başlangıç evresi dışında, ışık tutulma dinamiği, yaprakların ortaya çıkma oranı ve yaprakların son boyutu özümlemenin sağlanmasından çok sıcaklıkla sınırlanır. Bitki organlarının kuru ağırlığı, büyüme oranları ve zaman içerisinde ölüm oranının integrali ile elde edilir. Kök ve gövde ölüm oranı DVS işlevi ile ilişkilidir. Yaprakların ölümü; su stresi, gölgede kalma (yüksek LAI) ve yaşam süresi aşımına bağlı olarak gerçekleşir. Maksimum fotosentez ve solunum oranı gibi bazı bitki büyüme süreçleri sıcaklıktan etkilenir. Özümlemenin paylaştırılması veya bitki dokusunun çürümesi (bozulması) gibi diğer süreçler DVS tarafından yönlendirilir veya diğer ifadeyle DVS tarafından belirlenir. Gelişim oranları çiçeklenme döneminden önceki devrede gün uzunluğu ve/veya sıcaklıkla kontrol edilir. Çiçeklenmeden sonraki devrede ise gelişim oranı sadece sıcaklıktan etkilenir. Bitkinin çıkışından, çiçeklenmeye kadar olan dönemde ise sıcaklık toplamına ($TSUM$) bölünen günlük ortalama sıcaklık fonksiyonu yani günlük etkin olarak toplanan sıcaklık oranı, fenolojik gelişim evresini belirler. (*van Dam et al.*, 1997). Bitkinin su alımı, kök derinliği, kök yoğunluk dağılımı, ıslak ve kuru koşullarda toprak su içeriği gibi etmenlerden etkilenir. Toprak-su içeriğinin elektriksel iletkenliği, eşik bitki olarak seçilen buğdayın belirli kritik tuzluluk düzeyinden yüksek olduğunda T azalmaktadır.



Şekil 3.12. Gelişme faktörlerinin hiyerarşik sıralaması, üretim durumları ve birleştirilmiş üretim seviyeleri (Ittersum et al., 2003)



Şekil 3.13. WOFOST modelinde başlıca ürün gelişim süreçleri ve ilişkilerinin genel şeması (Supit ve ark., 1994)

Model mısır bitkisi dışında, arpa, buğday, soya, patates, fasulye, ayçiçeği, pirinç, şeker kamışı, tütün bitkileri için de kullanılabilir. Modelin iklim verilerine ilişkin girdi dosyasında gereksinim duyulan değişkenler radyasyon, hava sıcaklığı, yağış, hava nemi, rüzgâr hızı'dır. İklim değişkenlerinin günlük ortalamalar şeklinde girilmesi gerekir zira model bitki büyümesini günlük ölçeğe dinamik olarak kestirmektedir. Toprak ile ilgili bilgiler ise toprak verileri girdi dosyasına girilmekte ve anılan veriler genel olarak toprak bünyesi, başlangıçtaki kullanılabilir su düzeyi, maksimum kök derinliği, başlangıç kök derinliğinde toprak su içeriği, yeraltı suyu etkisi, drenaj derinliği ve infiltrasyon ile ilgili bilgileri içermektedir. Bitki besin elementlerinden ise azot, fosfor ve potasyum konsantrasyonları girdi olarak modele eklenebilmektedir.

Verime etki eden en önemli iklim faktörleri solar radyasyon, yağış ve hava sıcaklığıdır. Genel olarak tahıllar sıcaklık artışına fenolojik safhalarının kısılmasına bağlı olarak verimde bitki gelişim evresine bağlı olarak azalış şeklinde tepki vermektedir (Trnka ve ark.(2004) dan; Nonhebel, 1996, Batts ve ark., 1997, Brown ve Rosenberg, 1997). Solar radyasyonun artması yaprak asimilasyonunu, dolayısıyla da verimi arttırmaktadır (Wolf ve van Diepen, 1995, Hall, 2001; Brown ve Rosenberg, 1997). Fakat solar radyasyon ve sıcaklık artışı aynı zamanda evapotranspirasyonda da artışa neden olmasından dolayı suyun yeterli olmadığı koşullarda su stresini daha da artırmakta ve verimi düşürmektedir. Yağış, su stresini azaltması nedeniyle pozitif etkinin yanı sıra şiddetli yağışlarda azot alımını engellemesi veya topraktaki oksijeni azaltması nedeniyle negatif etkide bulunabilir.

WOFOST modelinin koşturulması sonucunda elde edilen çıktıların özet veya ayrıntılı olmak üzere iki şekilde alınması mümkündür. Fenolojik dönemler, yaprak alanı, fotosentez, kuru madde gelişimi, verim ve verim öğeleri modelin önemli çıktıları arasındadır.

Tüm tarımsal üretimin matematiksel modellerinde olduğu gibi WOFOST modeli de gerçek durumu basitleştirmektedir. Gerçekte bitki verimi ekolojik, kültürel ve sosyo-ekonomik faktörlerin birbirleriyle etkileşmesi sonucu oluşmaktadır. WOFOST modelinde sadece ekolojik faktörler göz önüne alınmakta ve gerekli kültürel önlemlerin optimum düzeyde uygulandığı varsayılmaktadır. Tek boyutlu ve

mekanistik bir model olan WOFOST'un başarısı, seçilen temsil noktalarının tüm bölge veya ilgi kurulacak alanı temsil edebilmesine bağlıdır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. RegCM Bölgesel İklim Modeli

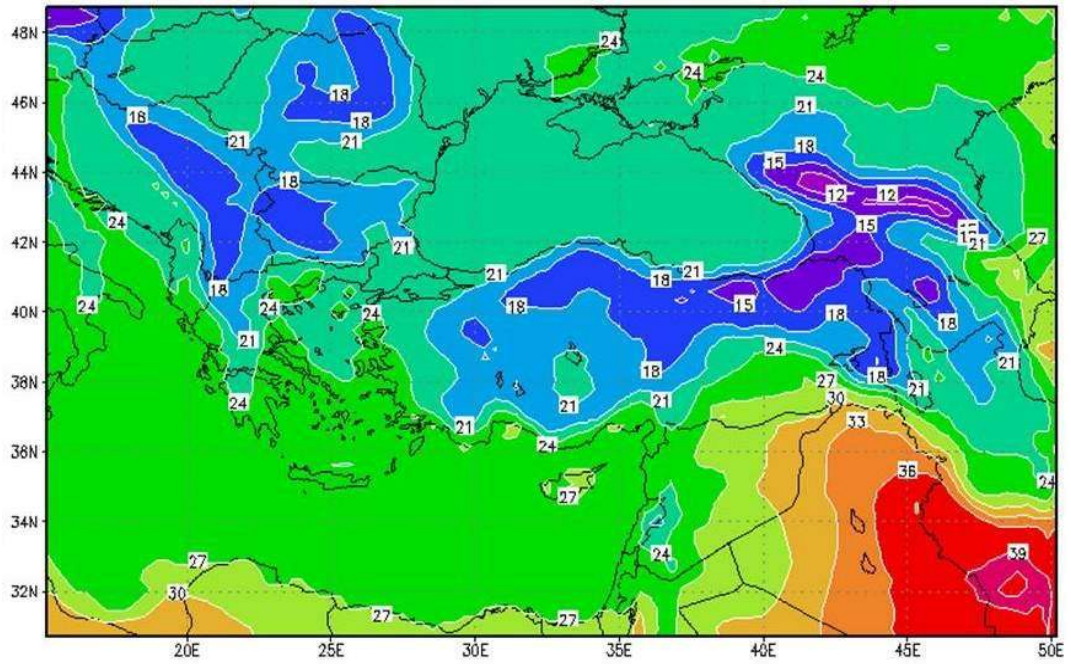
Bu bölümde öncelikle iklim değişikliğinin kestirilmesinde kullanılan RegCM modelinin farklı başlangıç ve sınır koşulları kullanılarak yapılan parametrisasyon denemelerine ilişkin bulgular irdelenmiştir. Daha sonra RegCM bölgesel modelinde kullanılan yanal ve sınır koşulların sağlandığı küresel iklim modeli HadAM3H ile bölgesel iklim modeli RegCM için seçilen diğer parametreler ve seçilen yanal ve sınır koşullar verilmiştir. Bunu izleyen bölümde ise RegCM iklim modelinin kestirim yeteneğinin saptanması amacıyla yürütülen gözlem verileri ile model sonuçlarının karşılaştırıldığı doğrulama çalışması sonuçları irdelenmiştir. Son olarak gelecekte Çukurova Yöresi iklimine ilişkin bölgesel iklim modeli RegCM’ün kestirimleri verilmiş ve tartışılmıştır.

4.1.1. RegCM Bölgesel İklim Modeli Çalıştırma Denemeleri

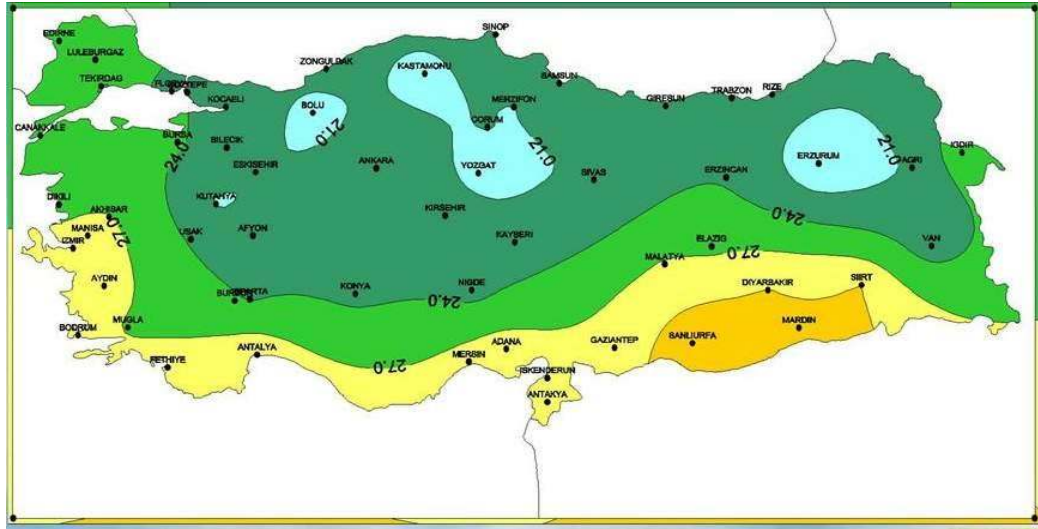
RegCM bölgesel iklim modeli ile ilk çalışmalara Eylül 2005 tarihinde başlanmıştır. Bu amaçla model, öncelikle NNRP2 veri setinin 1998 yılı başlangıç ve sınır koşullarını içeren verileri kullanılarak çalıştırılmıştır. Seçilen alansal ve fiziksel parametreler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de sunulmuştur. RegCM bölgesel iklim modelinin çıktı dosyaları ‘Grads’ görüntüleme yazılım programı ile, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’ne (DMİ) ait istasyonlardan elde edilen gözlem değerleri ise SURFER çizim programı ile görüntülenmiştir. Elde edilen model görüntüleri ile gözlem görüntüleri daha sonra gözle subjektif bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

RegCM modelinin başlangıç ve sınır koşulları olarak NNRP2 veri setiyle 1998 yılı yaz ayları için çalıştırılması sonucunda elde edilen ortalama sıcaklık değerleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekil 4.2’de ise DMİ istasyonları kayıtlarından elde edilen aynı döneme (1998 yaz ayları) ilişkin ortalama sıcaklık değerleri gösterilmiştir. Model deneme çalıştırmaları için kurak ve sıcak geçen 1998 yılının

yaz ayları özellikle seçilmiştir. Genel olarak model benzeşim sonuçları (Şekil 4.1) ile gözlem değerlerinin (Şekil 4.2) yaklaşık aynı dağılım desenini gösterdiği gözlenmiştir. Bununla birlikte objektif bir değerlendirme için modelin en az 2-3 yıllık çalıştırmalarla sınanması gerekir ki böylece modelin dengelenmesi de mümkün olacaktır. Zira 4-5 ay gibi kısa çalışma sürelerinin bağımsız süreler gibi değerlendirilmesi diğer bir ifadeyle model çalışma süresi öncesindeki iklimsel oluşumların etkilerinin kısa dönemlik çalıştırmalarda dikkate alınamaması model sonuçlarının uygunluğunun zayıflamasına neden olmaktadır. Modelin çalışma denemeleri 4 aylık çalıştırmalar olduğu için istatistiksel değerlendirme yapılmamıştır.



Şekil 4.1. RegCM modeli 1998 yaz ayları ortalama sıcaklık kestirimleri



Şekil 4.2. DMİ 1998 yaz ayları ortalama sıcaklık gözlemleri

İlk deneme çalışmalarını takiben Ekim ve Kasım 2005'te Uluslararası Kuramsal Fizik Merkezi'nde (ICTP-Trieste) RegCM modelinin yeni versiyonu kullanılarak yine deneme amaçlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. ICTP'de bu çalışma için tahsis edilen bilgisayarlarla, süre ve donanım koşulları da göz önüne alınarak ERA40 (ECMWF Reanalysis), ECHOM5 modeli *referans verileriyle* 1998 yaz ayları ve ECHOM5 modeli *A2 senaryo verisi* kullanılarak 2098 yaz mevsimi için çalışmalar yapılmıştır. Çalıştırmalarda dengelenme süresi 1 ay olarak düşünülmüş ve bu amaçla model çalıştırmaları Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için yapılmıştır. Çalıştırmalarda Çizelge 4.1'de gösterilen fiziksel parametre seçenekleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan RegCM modeline ilişkin fiziksel parametreler

Fiziksel parametre	Parametre Tipi
Yanal sınır koşulları	Relaxation,
Kümüls programı	Grell,
Grell programının konvektif yaklaşım programı	Arakawa ve Schubert
Okyanus akısı parametrisasyon programı	Zeng
Basınç gradyan programı	0 (normal)
Göl modeli	0 (yok)

Çalıştırmalarda seçilen alan ve kullanılan veriler Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Çalıştırmalar; 30 km çözünürlükte merkezi Ankara olmak üzere y

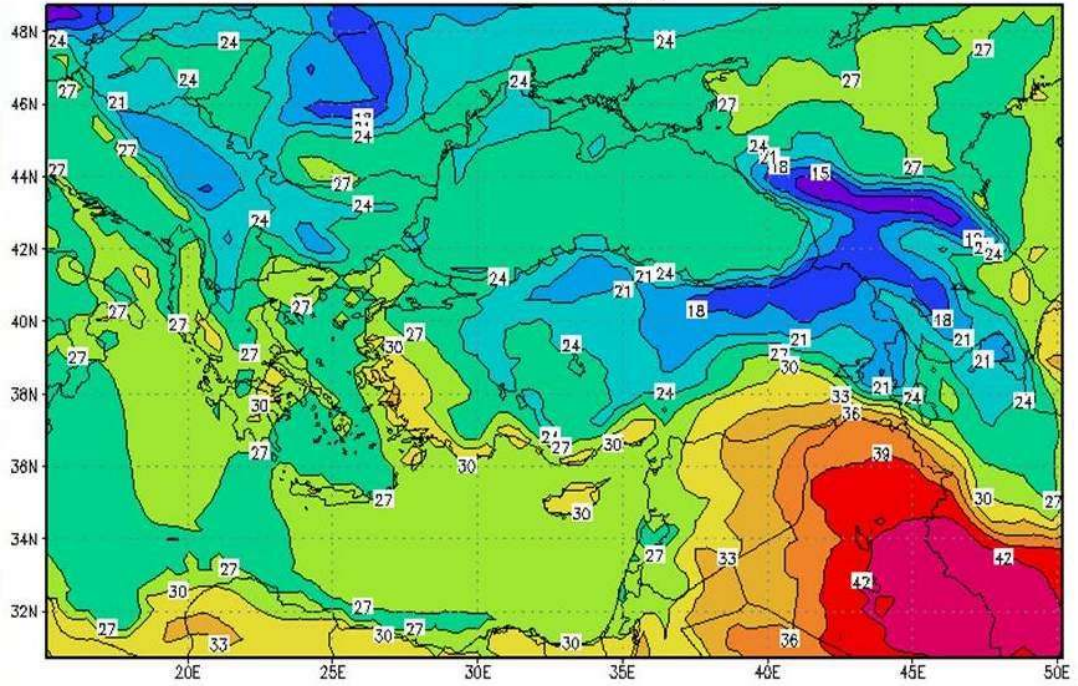
yönünde 68, x yönünde 105 grid noktası seçilerek 01 Mayıs 1998-01 Eylül 1998 ve 01 Mayıs 2098-01 Eylül 2098 tarihleri arasında yapılmıştır.

Çizelge 4.2. RegCM modelinde seçilen alan ve veri setleri

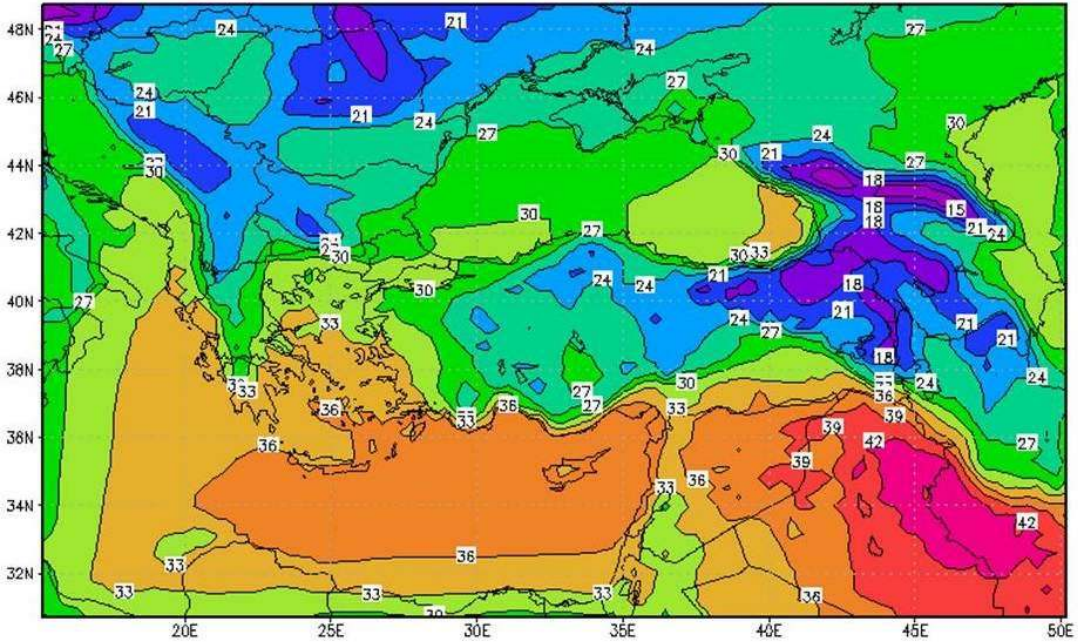
Alan ve Veri Parametreleri	1. Çalıştırma	2. Çalıştırma	3. Çalıştırma
Grid aralığı (km)	30	30	30
Merkez enlemi (+kuzey)	39.50	39.50	39.50
Merkez boylamı (+doğu)	32.50	32.50	32.50
Y yönünde grid sayısı (i)	68	68	68
X yönünde grid sayısı (j)	105	105	105
Başlangıç zamanı (idate0)	1998050100	1998050100	2098050100
Bitiş zamanı (idate1)	1998090100	1998090100	2098090100
Başlangıç ve sınır koşulları (ICBC)	NNRP2	ERA40	EH5OM
Deniz suyu sıcaklığı	OISST	OISST	EH5A2
Arazi kullanımı	USGS	USGS	USGS

RegCM modelinin 1998 yılı Ağustos ayına ait çalıştırma sonuçları ICTP'den modeli geliştiren uzmanların da katıldığı bir toplantıda değerlendirilmiştir. Çalıştırmalara ilişkin sonuçlar çalıştırma sırasıyla Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5'de sunulmuştur.

Modelin NNRP2 başlangıç ve sınır koşullarıyla çalıştırılmasından elde edilen sonuçlara (Şekil 4.3) göre 1998 yılı Ağustos ayının sıcaklık ortalamasında Türkiye'nin kuzeydoğusunda sıcaklıkların 18 °C'ye kadar düştüğü görülmektedir. Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nin kıyı kesimlerinde ve Kıbrıs'ta ise sıcaklıkların 30 °C'ye ulaşması öngörülmektedir. ERA40 veri seti ile çalışıldığında ise yine aynı ayın ortalama sıcaklık değerlerinin (Şekil 4.4) NNRP2 veri seti kullanılarak elde edilen benzeşim sonuçlarından yaklaşık 3 °C daha yüksek olduğu belirlenmiş ve deniz üzerinde Orta ve Doğu Akdeniz'de 36 °C sıcaklıklar kestirilmiştir. Genel olarak sıcaklık dağılım deseni açısından her iki benzeşim sonucu birbirine yakın olmuştur.

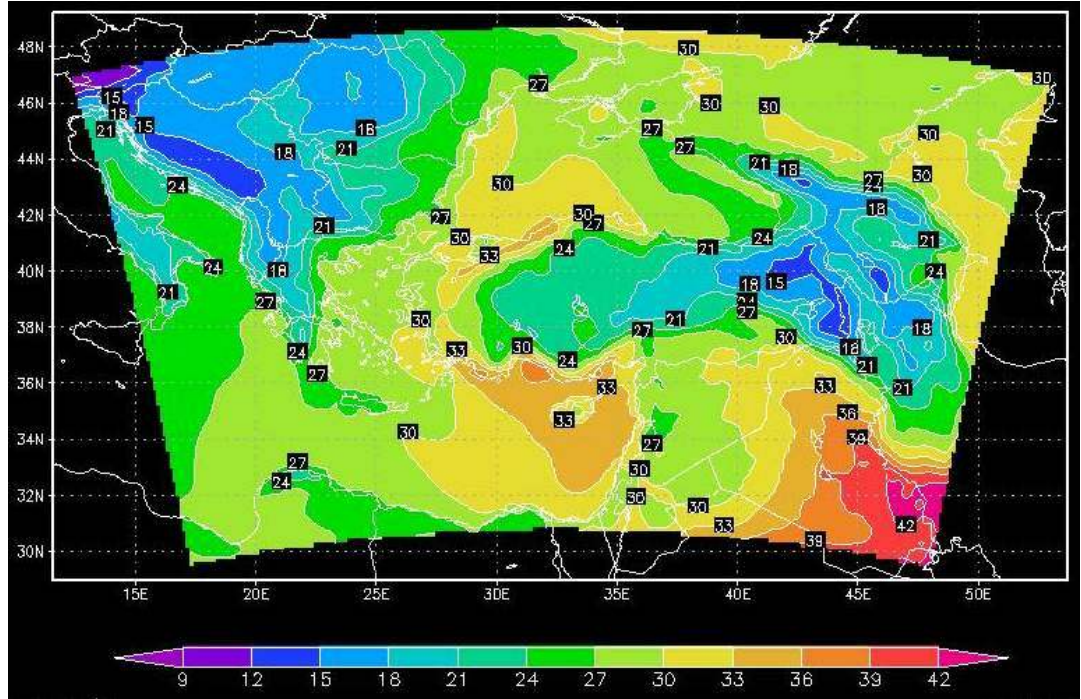


Şekil 4.3. Aylık ortalama sıcaklık (Ağustos 1998, NNRP2 veri seti)



Şekil 4.4. Aylık ortalama sıcaklık (Ağustos 1998, ERA40 veri seti)

RegCM modeli başlangıç ve sınır koşulları olarak ECH5OM A2 senaryo veri setiyle çalıştırıldığında ise model 2098 Ağustos ayı için Türkiye'nin doğusunda en düşük 15 °C sıcaklık değerleri kestirim yapılmıştır (Şekil 4.5).

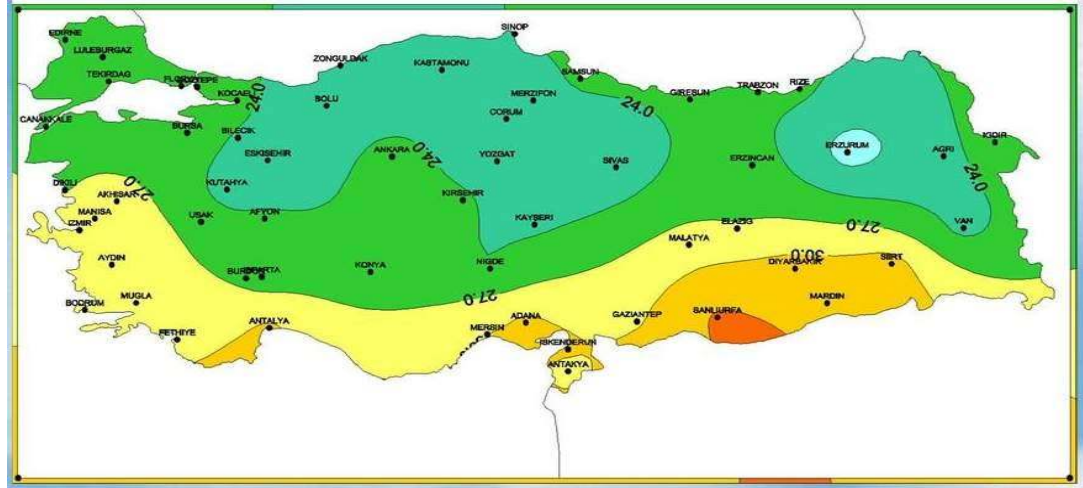


Şekil 4.5. Aylık ortalama sıcaklık (Ağustos 2098, ECH5OM A2 senaryo veri seti)

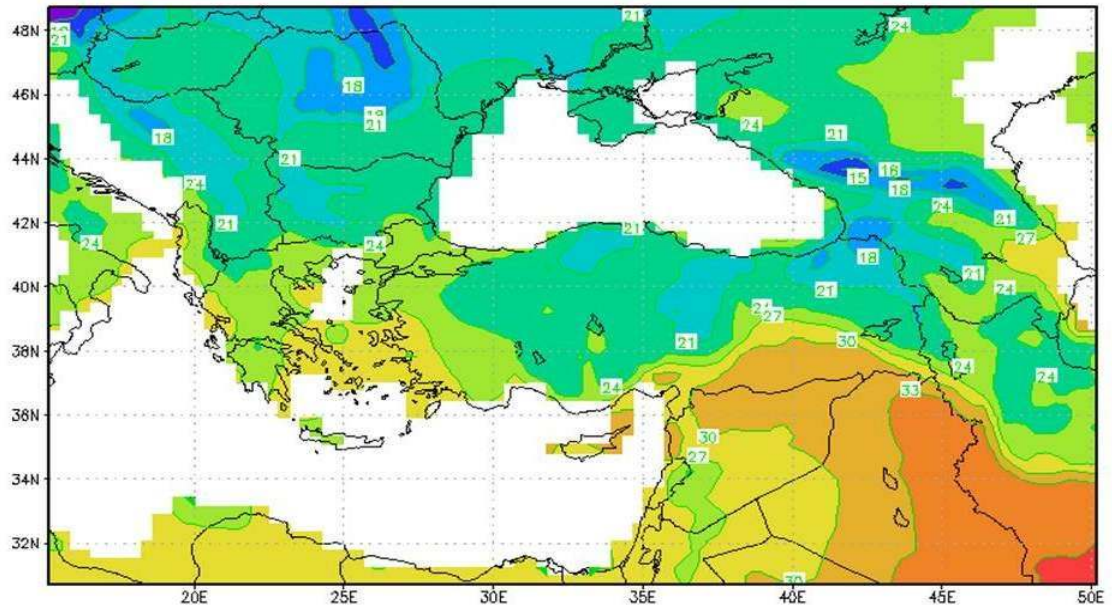
DMİ iklim gözlem istasyonlarından alınan Ağustos 1998'e ait aylık ortalama sıcaklıkları Şekil 4.6'de, Doğu Anglia Üniversitesi Çevre Bilimleri Okulu İklim Araştırma Birimi'nin (CRU) küresel iklim dosyasının 1998 Ağustos ayına ilişkin ortalama sıcaklık verileri ise Şekil 4.7'de sunulmuştur. Modelde NNRP2 kullanılarak öngörülen sıcaklıkların CRU sıcaklık değerlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8). DMİ istasyonlarının yakın çevrelerinde zaman içinde oluşan yoğun şehirleşme, fabrikalaşma gibi değişimler lokal iklimde değişime neden olabilmekte ve bu nedenle iklim gözlem istasyonlarının temsil yetenekleri zayıflayabilmektedir. Bu nedenle doğrulama değerlendirmelerinde bu durum sürekli gözönünde bulundurulması gerekir.

NNRP2 ve ERA40 verileriyle elde edilen kestirimler ile CRU ve DMİ gözlem verileri birlikte Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Burada NNRP2 ve ERA40 verilerinin birbirlerinden ve CRU verisinden fazla bir farklılık göstermediği görülmektedir. Genel olarak model kestirim verilerinin gözlem verileriyle benzeştiği söylenebilir. Bununla birlikte, gözlemlerin noktasal bazlı ve yukarıda açıklandığı gibi çevresel

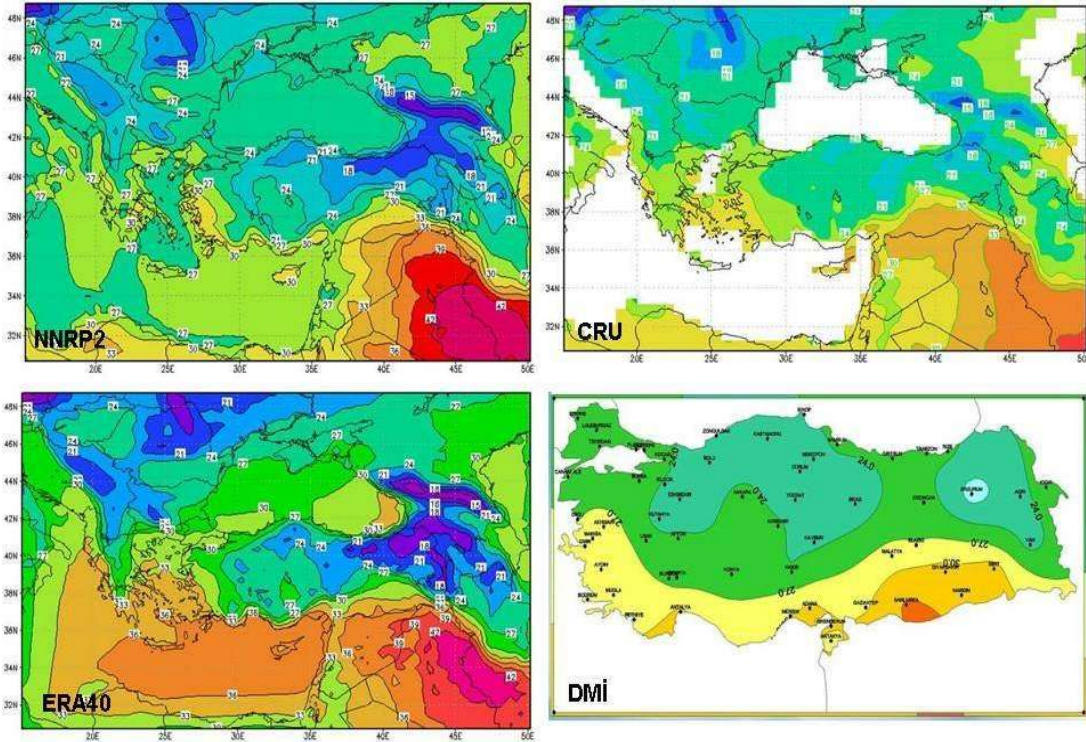
etmenlerden etkilenebilirliği muhtemel, model sonuçlarının ise grid bazında ve 30 km çözünürlükte olduklar unutulmamalıdır.



Şekil 4.6. Aylık ortalama sıcaklık dağılımı (Ağustos 1998, DMİ gözlem)



Şekil 4.7. Aylık ortalama sıcaklık dağılımı (Ağustos 1998, CRU veri seti)



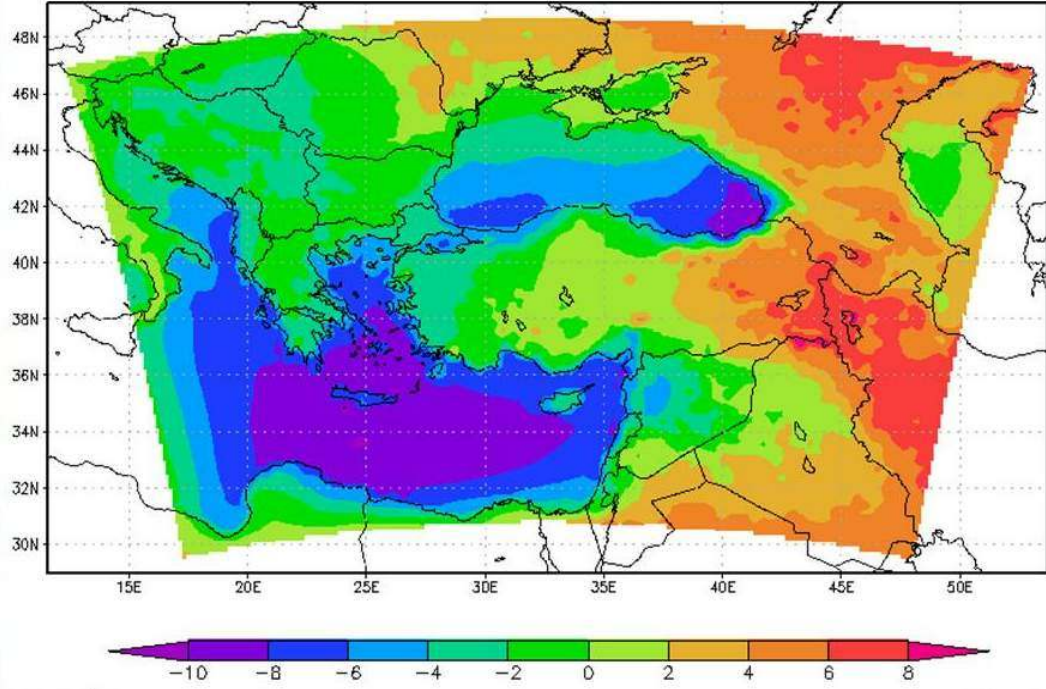
Şekil 4.8. RegCM (NNRP2, ERA40), CRU ve DMI aylık ortalama sıcaklık verilerinin (Ağustos 1998) karşılaştırılması.

RegCM modelinin Max Planck Enstitüsü tarafından geliştirilen küresel iklim modeli olan ECHOM'un veri seti ile çalıştırılması sonucunda elde edilen 2098 Ağustos ayı ortalama sıcaklık verisi ile ERA40 veri serisi kullanılarak öngörülen 1998 Ağustos ortalama sıcaklık verisinin karşılaştırılması (2098-1998 °C) Şekil 4.9'da verilmiştir. RegCM modelinin ECHOM modeli A2 senaryo verileri kullanılarak öngördüğü 2098 Ağustos ayına ilişkin ortalama sıcaklık değerleri, ERA40 (ECMWF) 1998 Ağustos sıcaklık benzeşim verileriyle kıyaslandığında Türkiye'nin doğu kesimlerinin 2-8 °C arasında ısınacağı, buna karşın kıyı bölgelerinin -2 ile -6 °C arasında soğuyacağı görülmektedir (Şekil 4.9). Özellikle Akdeniz'de deniz üzerinde gözlenen -10 dereceye kadar olan soğuma oldukça dikkat çekicidir. Yukarıda sonuçları sunulan modelin deneme çalıştırmaları sadece çeşitli başlangıç ve sınır koşulları verileriyle (ICBC) modelin çalıştırılması ve modelin farklı ICBC setlerini kullanarak elde edilen benzeşim sonuçlarının hem birbirleriyle hem de gözlenen değerler ile karşılaştırılmasının öğrenilmesi amacıyla yapılmıştır. Bununla birlikte, 4 aylık süreler için yapılan çalıştırmaların iklim özelliklerini

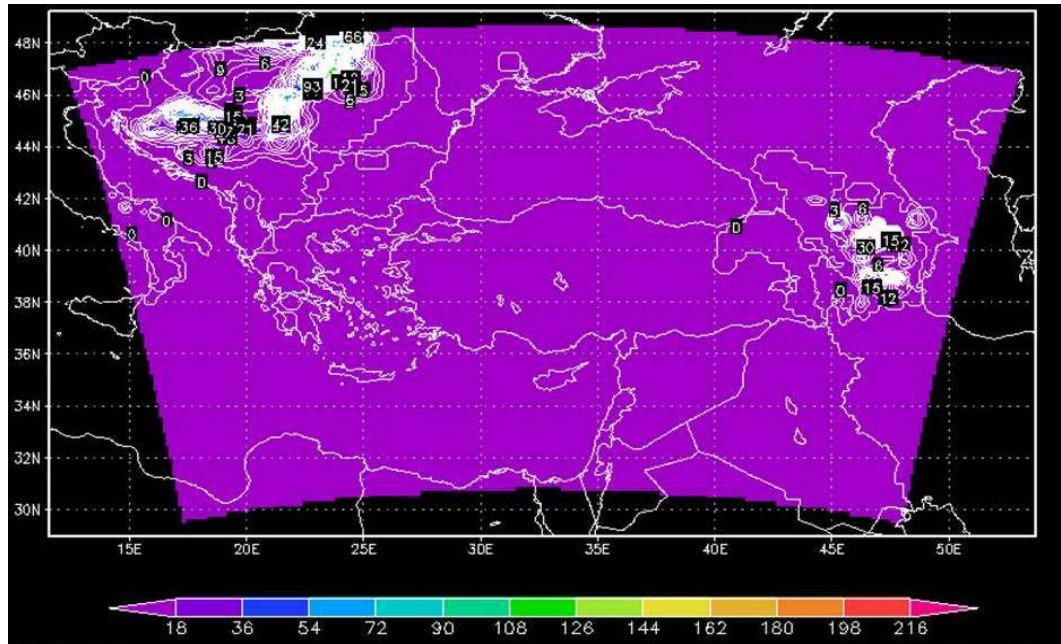
yansıtmaktan uzak olacağı ve seçilen okyanus akı parametresinin bu bölge için uygunluk göstermeyebileceği gibi ayrıntılar da göz önünde bulundurulmalıdır. Takle ve ark., (1999) RegCM'in de aralarında bulunduğu bir dizi bölgesel modeli kullanarak 1988 yılında Amerika Birleşik Devletlerinin orta bölümünde meydana gelen kuraklığı kestirmeye yönelik yürüttükleri çalışmada büyük ölçekteki sirkülasyonların yaz mevsiminde daha zayıf olması nedeniyle kısa dönem deneme çalıştırmaları için yaz mevsimini (15 Mayıs-15 Temmuz) seçmişlerdir. Yaz aylarında yerel (mezo) ölçekteki sirkülasyon bölgesel iklim üzerinde daha etkin rol oynamaktadır ve araştırmacılar 15 Mayıs - 15 Temmuz 1988 gibi orta Amerika için kurak bir devrenin seçilmesinin bölge üzerindeki sonuçlarda konvektif parametrisasyonun etkisinin minimize edilmesini ve farklı modellerin kullandıkları konvektif parametrisasyonun etkisinin küçük olmasını sağladığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlar da göstermektedir ki seçilen dönem, modellerin ekstrem koşullardaki performansını göstermek için de oldukça önemlidir ve yapılacak değerlendirmeye bağlı olarak kısa dönem çalıştırma denemeleri için belirli özellikteki dönemlerin seçilmesi modellerin kestirim yeteneklerinin farklı açılardan test edilmesinde yararlı olmaktadır. Öte yandan karşılaştırmanın (Şekil 4.9) RegCM modelinde ECHOM modelinin referans verilerinin başlangıç ve sınır koşulları olarak kullanılması sonucunda elde edilen öngörülerle yapılmadığı unutulmamalıdır. Bu çalışmalar esnasında ayrıca model yazılımındaki bazı hatalar (bug) belirlenmiş ve bunlar düzeltilerek modelin tekrar çalıştırılması sağlanmıştır.

Şekil 4.10 ve 4.11 de sırasıyla RegCM modelinin ECHOM A2 verisiyle benzeşimi sonucu 2098 yılı Ağustos aylık toplam yağış verisinin gösterimi ile bu verilerin RegCM modelinin ERA40 verisi ile benzeşimi sonucu elde edilen 1998 yılının Ağustos ayına ilişkin aylık toplam yağış değerlerinden farkı gösterilmiştir. Denemelerde kısa süreler için çalıştırmalar yapıldığı için modelin dengelenme süresini (spin up time) azaltmak için kar örtüsünün ve toprak neminin en az olduğu Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ayları seçilmiştir. Model ülke genelinde yaz aylarında 18 mm den daha az yağış öngörmüştür ve Türkiye'de birçok bölgede yaz ayları genel olarak yağışsız geçmektedir. RegCM modeli 2098 yılı Ağustos ayı

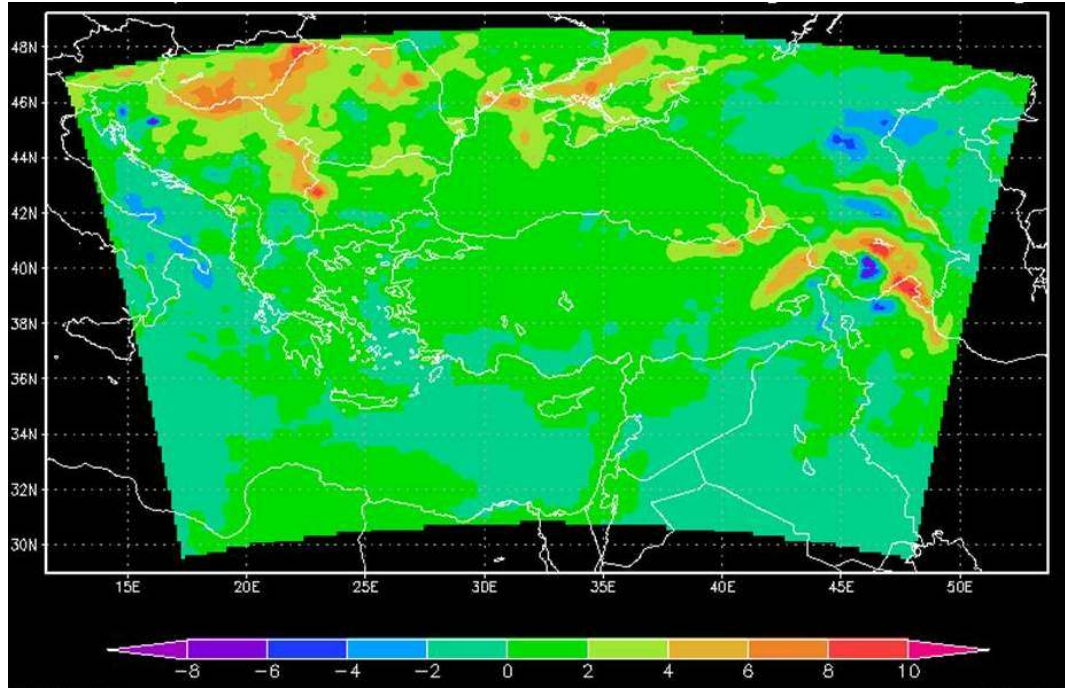
yağışlarında 1998 yılının aynı ayına ilişkin yağışlara kıyasla Türkiye'nin tüm güney şeridinde 2 mm civarında azalma öngörmüştür.



Şekil 4.9. Kestirilen aylık sıcaklık farkları (2098 Ağustos-1998 Ağustos)



Şekil 4.10. Kestirilen aylık toplam yağış (Ağustos-2098, ECH5OM A2)



Şekil 4.11. Toplam yağış değerleri için kestirilen farklar A2-RF (2098 Ağustos-1998 Ağustos)

RegCM modelinin parametizasyon denemeleri çerçevesinde konvektif yağış seçeneklerinin bölgeye uygunluğu belirlenmeye çalışılmıştır. RegCM modelinden konvektif yağış parametizasyonu kısmında 3 seçenek bulunmaktadır. Bunlar Anthes-Kou, MIT-Emanuel ve Grell (a-Arakawa ve Schubert, b-Fritsch ve Chappell) parametreleridir. Türkiye coğrafik konumu nedeniyle konvektif yağışlar açısından duyarlı bir bölgededir. Bu nedenle model bütün konvektif yağış parametreleriyle 1 yıl spin up time olarak hesaplanarak 2 yıllık dönem için (1997-1998) çalıştırılmış ve 1998 yılı yağış değerleri CRU (Climatic Research Unit) verileriyle kıyaslanmıştır. Şekil 12’de Anthes-Kou, MIT-Emanuel ve Grell (Arakawa ve Schubert) sonuçlarının CRU ile karşılaştırmaları verilmiştir. Buna göre MIT-Emanuel diğer iki parametreye göre yıllık ortalama yağışları daha yüksek kestirim yapmaktadır. Her 3 parametrede Doğu Karadeniz ve Kafkaslardaki şiddetli yağışları gözleme göre daha yüksek kestirim yapmaktadır. Aynı şekilde İç Anadolu bölgesinde CRU gözlem değerleri her 3 parametreye göre daha düşüktür. Kış yağışları deseni 3 parametre içinde benzer olup Batı ve Doğu Anadolu Bölgeleri’nde CRU değerlerinden düşük olup İç Anadolu bölgesinde CRU değerlerinden yüksektir. Yaz aylarında MIT-Emanuel diğer iki

parametreye göre özellikle Batı ve Orta Karadeniz kıyı kesimlerinde yağışları daha yüksek kestirim yapmaktadır. Diğer bölgelerde ise önemli bir fark görülmemektedir.



Şekil 12. Türkiye için RegCM konvektif yağış parametizasyon uygunluk denemeleri (DMİ Teknik sunumlar 2006)

Türkiye alanı için uygun görülen Grell konvektif yağış parametresinin iki seçeneğinin uygunluk deneme sonucu aşağıda Şekil 13'te verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi Arakawa&Schubert ve Fritsch&Chappell parametreleri arasında Türkiye alanı üzerinde önemli bir fark görülmemektedir.



Şekil 13. Türkiye için RegCM Grell konvektif yağış parametizasyon uygunluk denemeleri (DMİ Teknik sunumlar 2006)

4.1.2. Uzun Dönem İklim Modeli Benzeşim Çalışmaları

Yukarıda belirtilen kısa dönem model çalıştırmalarında yürütülen parametrisasyon denemelerinden elde edilen sonuçlar da göz önünde bulundurularak bölgesel iklim modeli geçmiş ve geleceğe yönelik çalıştırmalar için hazırlamıştır. Modelin geçmiş ve gelecek 30'ar yıllık iki dönem için çalıştırılması büyük kapasitede bilgisayar gücü ve depolama alanını gerektirmektedir. Test denemesine göre 200*280 gridden oluşan bir model alanı için çözünürlük 20 km seçildiğinde P4 2.8 Ghz'lik bir bilgisayarda 30 yıllık çalıştırma 52.5 ayda tamamlanmakta ve sonuç olarak ta 3924 GB'lık veri üretilmektedir. Doktora projesi ve DMİ'nin mevcut bilgisayar donanımlarının öngörülen çalışmanın tamamlanması için yetersizliği göz önünde bulundurularak, ICTP ile yapılan görüşmelerde anılan kurumun teknik ve veri alt yapılarının kullanılmasına karar verilmiştir.

Kullanılan RegCM modeli, daha önce veri ve yöntem bölümünde de açıklandığı şekilde İngiltere'deki Hadley Center tarafından geliştirilen yüksek yatay çözünürlüklü küresel iklim modeli HadAM3H'nin başlangıç ve sınır koşullarıyla 50 km (Giorgi ve ark. 2004a, 2004b) yatay çözünürlükte çalıştırılmıştır. Bu çalıştırmadan elde edilen sonuçlar kullanılarak yine RegCM modeliyle bu kez 20 km (Gao ve ark., 2006) yatay çözünürlük için iklim kestirimleri gerçekleştirilmiştir.

Benzeştirme dönemleri günümüz koşullarını temsilen 1961-1990 (referans çalıştırması) ve IPCC A2 emisyon senaryosu (2100 yılı için CO₂ salımlarının ortalama 29.1 GtC, CO₂ konsantrasyonunun yaklaşık 850 ppm öngörüldüğü) koşulları altında gelecek koşullarını temsilen ise 2071-2100 (A2 senaryo çalıştırması) olarak belirlenmiştir.

Referans benzeşimi 30 yıllık dönemi içeren 1961-1990 yıllarını kapsamaktadır. Birincil 50 km yatay çözünürlüğe sahip RegCM çalışması için HadAM3H benzeşimi, Hadley Center HadISST veri setinden (Rayner ve ark. 2003) elde edilen gözlenmiş deniz suyu sıcaklıkları (SST) ve deniz-buz dağılımı değerleri kullanılmıştır. Hadley Centre dan (Johns ve ark.2001) atmosferdeki sera gazlarının (CO₂, CH₄, N₂O ve CFCs) alansal ve zamansal değişimi (10 yıllık aralıklarla) 1961-1990 dönemi için kullanılmıştır. HadAM3H ayrıca zamanla değişen DMS ve SO₂ salımlarını kullanan, sülfat aerosol birikimlerinin zamanla gelişen alanlarında, üç boyutlu hesaplama yapan sülfür dönüşüm modülü de içermektedir. Modül ayrıca sülfat aerosollerinin kaynakları, taşınımı, kimyasal dönüşümleri ve taşınımları olduğu kadar doğrudan ve dolaylı radyatif (ışınımsal) etkilerini de içermektedir (Johns ve ark. 2001).

RegCM modeli çalışması için gerekli rüzgar bileşenleri, sıcaklık, su buharı karışma oranı ve yüzey basıncı değerlerini içeren, başlangıç ve zamanla gelişen yanıl sınır koşullarına ihtiyaç duymaktadır. Bunlar modelin yanıl tampon alanına (12 grid noktalı) 6'şar saat aralıklarla HadAM3H modelinden alınmıştır. Ayrıca benzeşim boyunca deniz yüzeyi su sıcaklığı (SST), deniz buzı ve sera gazları konsantrasyonuna ve başlangıç toprak suyuna ve toprak sıcaklığına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değerler HadAM3H modelinden enterpole edilerek modelde kullanılmıştır. Son olarak, benzeşim sülfat aerosollarını da içermektedir. Her ne

kadar RegCM insan kaynaklı sülfür fonksiyonuna (Giorgi ve ark. 2002, 2003) sahip olsa da, HadAM3H ‘ın üç boyutlu sülfür konsantrasyonuna sahip olması nedeniyle doğrudan RegCM’e altışar saat aralıklarla enterpolasyon yoluyla elde edilmiştir. RegCM radyasyon taşınım fonksiyonu Giorgi ve ark., (2002)’de tanımlanan doğrudan sülfat radyasyon etkilenmesinin belirlenmesinde üç boyutlu sülfat konsantrasyonu dikkate alınmaktadır. Model dikey konfigürasyonunda; standart 14 sigma seviyesi, 80 hPa zirve seviyesinde ve 1500 m’nin altında 5 seviyede ayarlanmıştır. Yüzey bitki örtüsü ve toprak kullanım tipi, uydu bilgileriyle oluşturulan ABD Jeoloji Kurumu (United States Geological Survey, USGS) küresel veri setinden elde edilmiştir.

Modelin 20 km yatay çözünürlükte çalıştırılmasında modelin 50 km çözünürlükte kullanılan tüm fiziksel parametreleri aynı tutularak, topografya ve arazi kullanım özellikleri iyileştirilmiştir. Model gelecek koşullarını temsilen IPCC’nin CO₂ gazının atmosferdeki birikiminin 2100 yılı itibariyle 850 ppm değerine yükseleceği öngörülen A2 senaryo koşulunda HadAM3H dan elde edilen yanal ve sınır koşulları altında referans çalışmasındaki gibi çift yuvalanmış “double nested” olarak yani 50 ve 20 km de çalıştırılarak 2071-2100 dönemi için benzeşim yapılmıştır. Model sonuçlarının geçerliliği için DMI’den alınan gözlem istasyonu verileri kullanılmıştır.

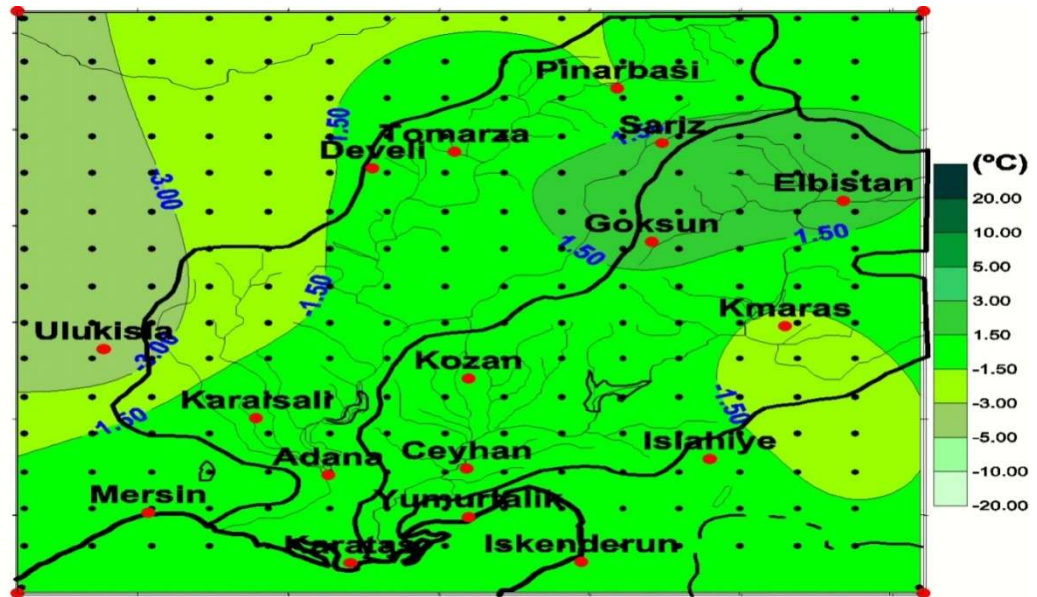
Aşağıdaki alt bölümde öncelikle modelin kestirim yeteneğinin saptanması amacıyla yürütülen gözlem verileri ile model sonuçlarının karşılaştırıldığı doğrulama çalışması sonuçları irdelenmiştir. Daha sonraki alt bölümde ise modelin gelecekte Çukurova Yöresi iklimine ilişkin verdiği kestirim sonuçları ve değerlendirmeleri yer almaktadır.

4.1.2.1. RegCM Model Sonuçlarının Gözlem Değerleri ile Doğrulaması

RegCM modeli sonuçları gözlem sonuçlarıyla doğrulama amaçlı olarak havza ve istasyon ölçeğinde olmak üzere 2 farklı ölçekte karşılaştırılmıştır. Öncelikle havza ölçeğinde karşılaştırmalar daha sonra ise istasyon bazındaki karşılaştırmalar değerlendirilerek aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

a) Havza ölçeğinde doğrulama çalışmaları

Model, ortalama sıcaklık değerlerinde gözlem değerlerine göre 2.8 °C ile -4.3 °C arasında değişen aralıkta sapmayla kestirim yapmaktadır (Şekil 4.14). Ancak şekilden de görüleceği gibi istasyonların tamamına yakını (Ulukışla hariç) 3 °C'den daha az fark göstermektedir. Buradan da anlaşıldığı gibi model, 25 yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin kestiriminde iyi bir performans göstermektedir. Ortalama sıcaklık değerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 2'de verilmiştir. Buna göre gözlem ve model değerlerinin varyansları %5 anlam düzeyinde Ceyhan, Göksun, Mersin, Pınarbaşı ve Ulukışla'da eşit değildir ve ortalamalar arasındaki fark Mersin istasyonu haricinde tüm istasyonlarda %5 anlam düzeyinde önemlidir. Gözlenen ve hesaplanan diziler arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre ise sadece Ceyhan, Karataş ve Yumurtalık istasyonlarına ait değerlerin %5 anlam düzeyinde ilgili olduğu belirlenmiştir. Değişim katsayılarında anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir.

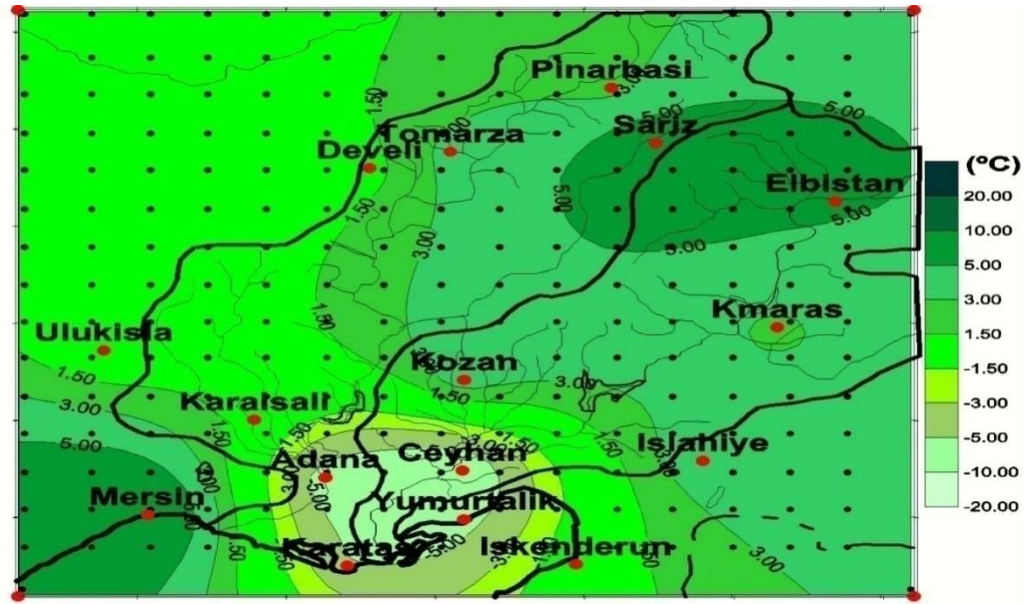


Şekil 4.14. 1966-1990 dönemi ortalama sıcaklık değerleri farkları (model-gözlem)

Bu çalışmada model ile gözlem değerleri olarak karşılaştırması yapılan maksimum sıcaklıkların oluşturulmasında iki yöntem izlenmiştir. Bu nedenle yıllık ortalama maksimum sıcaklık ve maksimum sıcaklık terimleri kullanılmıştır. Yıllık

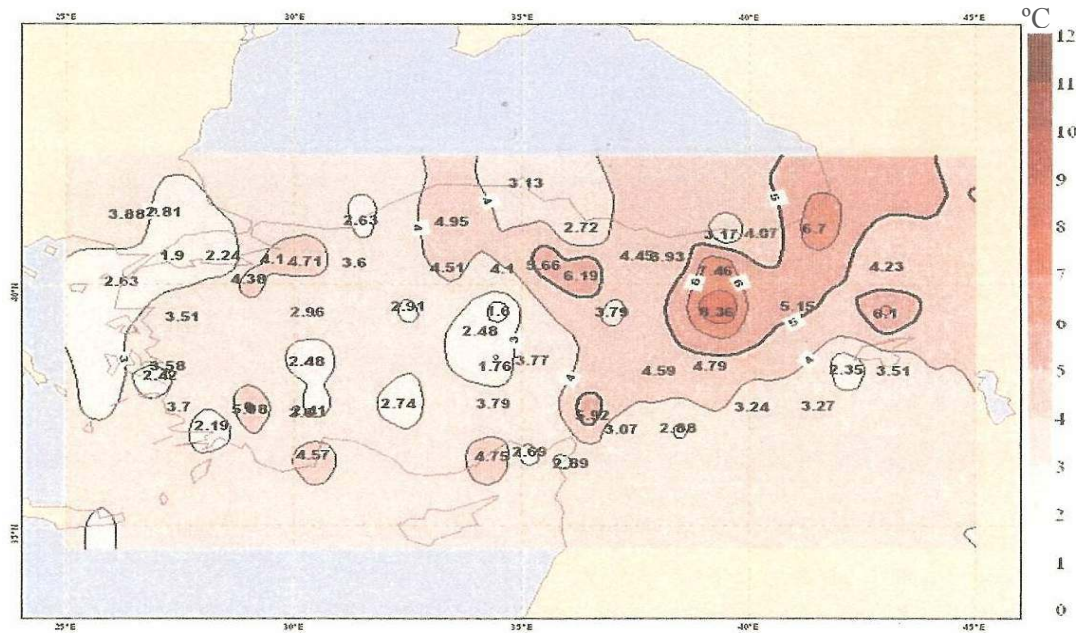
ortalama maksimum sıcaklık terimi 1966-1990 yıllarını kapsayan dönemde model ve gözlem verilerinin yıllık maksimum değerlerinin 25 yıl için ortalaması için kullanılmıştır. Maksimum sıcaklık terimi ise 1966-1990 döneminin ölçülen ve kestirilen en yüksek sıcaklıklar için kullanılmıştır.

Şekil 4.15'te belirtildiği gibi 25 yıllık ortalama maksimum sıcaklıklarda model değerlerinin gözlem değerlerinden sapması 9.2 °C ile -7.5 °C arasında değişmektedir. Model Seyhan ve Ceyhan nehirleri deltasında (Adana, Ceyhan, Yumurtalık, Karataş istasyonları) belirgin bir şekilde maksimum sıcaklıkları daha düşük, buna karşın havzanın güney batı (Mersin) ve kuzey doğu kesimlerinde (Sarız, Elbistan) daha yüksek kestirim yapmaktadır. Havzanın diğer kısımlarında (Ulukışla, Develi, Karaisalı, İskenderun) ise hata sapması 1.5 °C'den daha az bulunmuştur. Ortalama maksimum sıcaklık değerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 3'te verilmiştir. Buna göre gözlem ve model değerlerinin varyansları %5 anlam düzeyinde Karataş ve Pınarbaşı'nda eşit değildir ve ortalamalar arasındaki fark İskenderun ve Ulukışla istasyonları haricinde tüm istasyonlarda %5 anlam düzeyinde önemlidir. Gözlenen ve hesaplanan diziler arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre ise sadece Adana, Elbistan ve Tomarza istasyonlarına ait değerlerin %5 anlam düzeyinde ilgili olduğu belirlenmiştir. Değişim katsayıları arasında anlamlı bir bağıntı kurulamamıştır.

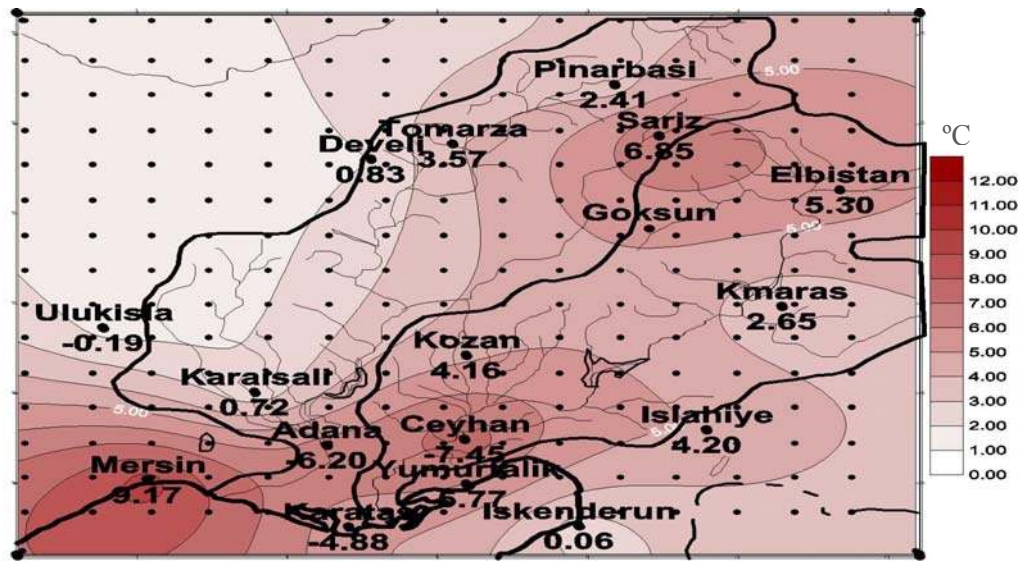


Şekil 4.15. 1966-1990 dönemi yıllık ortalama maksimum sıcaklık değerleri farkları (model-gözlem)

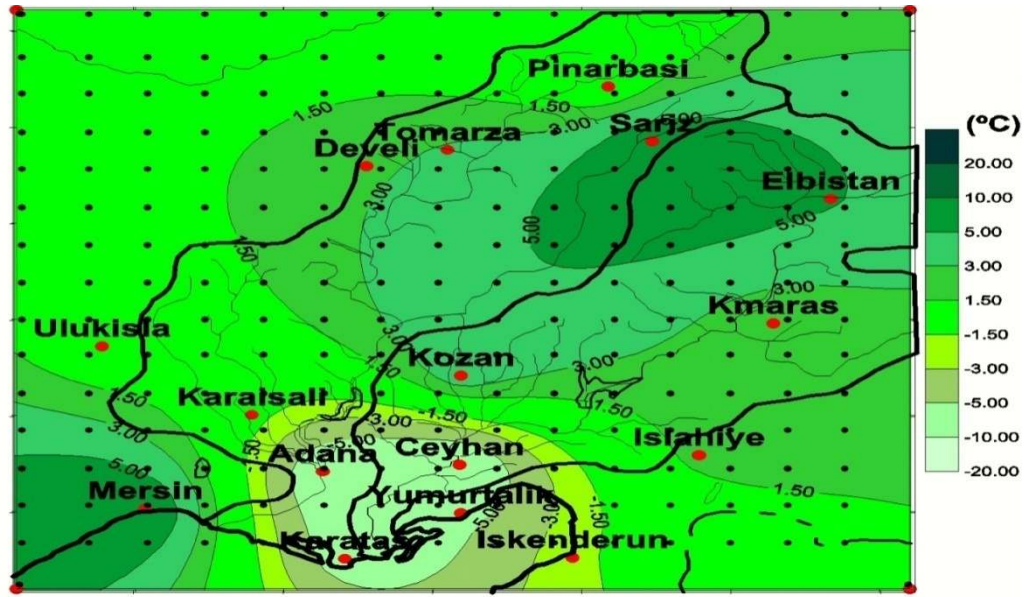
Model benzeşim sonuçları ile gözlem değerleri arasındaki 7-9 °C sıcaklık farkları çok fazla gibi görünmekle birlikte, model çalışmalarında bu tür farklılıklarının normal olduğu unutulmamalıdır. Aşağıda Şekil 4.16’te de görüldüğü gibi, kısa ve orta süreli sinoptik hava kestiriminde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nce operasyonel olarak kullanılan MM5 modelinin 2004 yılı doğrulama sonuçları da bu durumu kanıtlamaktadır. MM5 modeli bir sonraki gün için yaptığı kestirimde Mersin için 4.75, Kahramanmaraş için 5.92 ve Adana için 2.69 RMSE değeri vermektedir (Şekil 4.16). Bu tür sapma değerleri göz önüne alındığında RegCM modelinin referans dönemi (1966-1990) için çalıştırılmasından elde edilen ortalama maksimum sıcaklık RMSE değerleri (Mersin 9.17, Kahramanmaraş 2.65, Adana 6.20) kabul edilebilir değerler olarak yorumlanabilir (Şekil 4.17).



Şekil 4.16. MM5 modelinin 24 saat sonrası için maksimum sıcaklık kestirimlerinin gözlemlerle doğrulaması (RMSE değerleri) (ECMWF, 2005)



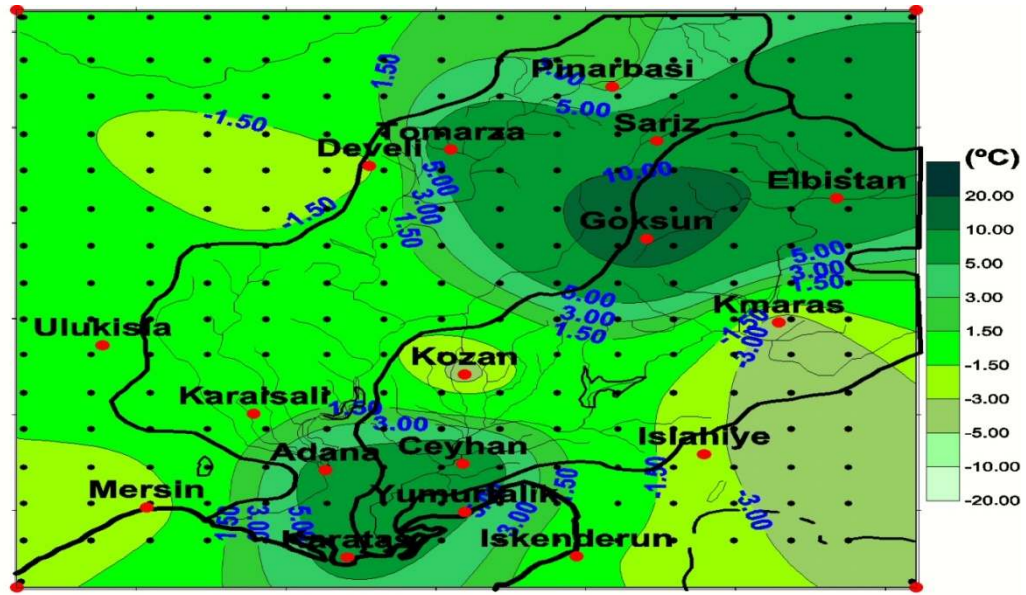
Şekil 4.17. RegCM modelinin 1966-1990 dönemi ortalaması maksimum sıcaklık kestirimlerinin gözlemlerle doğrulaması (RMSE değerleri)



Şekil 4.18. 1966-1990 dönemi maksimum sıcaklık farkları (model-gözlem)

1966-1990 döneminin yıllık maksimum sıcaklıklar içinden elde edilen en yüksek sıcaklıklar *maksimum sıcaklık* olarak tanımlanmıştır. Modelin referans verileriyle çalıştırılmasından elde edilen maksimum sıcaklık değerleri ile gözlem istasyonlarından elde edilen maksimum sıcaklık değerleri arasındaki fark, haritalama programıyla yapılan enterpolasyon sonucu farkların alansal dağılımları Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Anılan şekilde görüldüğü gibi model çalışma alanının kuzey doğu ve güney batısında olmak üzere iki bölgede maksimum sıcaklıkları daha yüksek kestirim yapmaktadır. Buna karşın Adana, Ceyhan, Yumurtalık ve Karataş dörtgeninde maksimum sıcaklıkların belirgin bir şekilde daha düşük kestirim yapıldığı gözlenmiştir. Sonuç olarak maksimum sıcaklıklar için model sonuçları ile gözlem değerleri arasındaki en büyük farklar 8 °C ile Mersin istasyonunda ve -8.3 °C ile de Ceyhan istasyonunda görülmektedir.

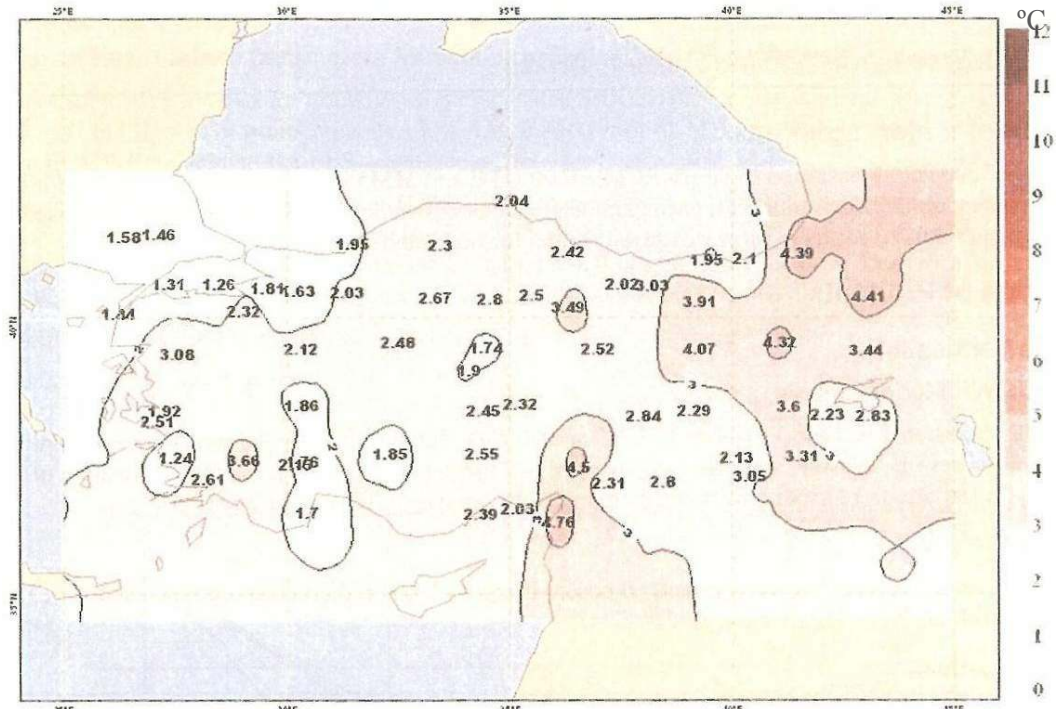
Model sonuçları ile gözlenen değerlerinin karşılaştırması yapılan minimum sıcaklıkların oluşturulmasında da maksimum sıcaklıklarda olduğu gibi iki yöntem izlenmiş ve bunun sonucunda yıllık ortalama minimum sıcaklık ve minimum sıcaklık terimleri kullanılmıştır. Yıllık ortalama minimum sıcaklık terimi 1966-1990 yıllarını kapsayan dönemde model ve gözlem verilerinin yıllık minimum değerlerinde 25 yılın ortalaması için kullanılmıştır. Minimum sıcaklık terimi ise 1966-1990 döneminin ölçülen veya kestirim yapılan en düşük sıcaklıklar için kullanılmıştır.



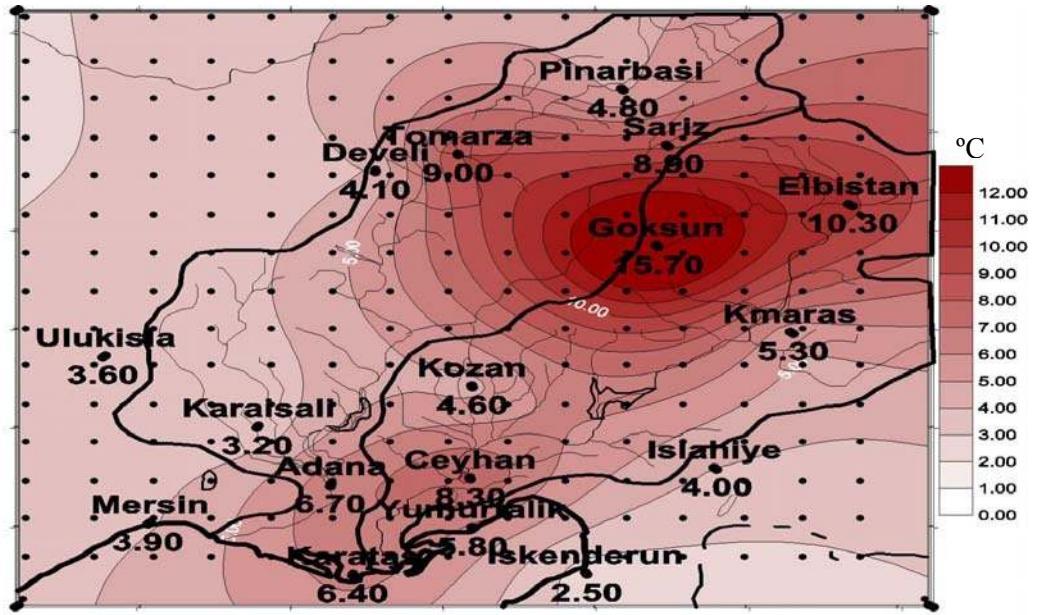
Şekil 4.19. 1966-1990 dönemi yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda model ve gözlem değerleri farkları

Şekil 4.19'da belirtilen 25 yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda model değerlerinden gözlem değerlerinin gösterdiği hata değeri 14.6 °C (Gökşun) ile -4.3 °C (Kahramanmaraş) arasında değişmektedir. Büyük farkların yanı sıra modelin 0.13 °C gibi çok küçük farklarla da iyi performans gösterdiği bazı alanlar (Karaisalı) bulunmaktadır. Bölgenin kuzey doğusunda (Gökşun, Sarız, Elbistan) ve güneyinde (Adana, Ceyhan, Yumurtalık ve Karataş) model belirgin olarak sıcaklıkları yüksek kestirim yapmıştır. Buna karşın Mersin, Develi, İslâhiye ve Kozan'da ise yıllık ortalama minimum sıcaklıkları daha düşük kestirim yaptığı belirlenmiştir. Ortalama minimum sıcaklık değerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 4'te verilmiştir. Buna göre gözlem ve model değerlerinin varyansları %5 anlam düzeyinde Elbistan, Gökşun ve Tomarza'da eşit değildir ve ortalamalar arasındaki fark İskenderun, Karaisalı ve Ulukışla istasyonları haricinde tüm istasyonlarda %5 anlam düzeyinde önemlidir. Gözlenen ve hesaplanan diziler arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre ise hiçbir istasyon da gözlem ve model verileri arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Aşağıda Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de yıllık ortalama maksimum sıcaklıklarda yapıldığı gibi minimum sıcaklıklarda da sırasıyla MM5 ve RegCM modellerinin gözlenen değerlerle karşılaştırılması sonucunda elde edilen RMSE

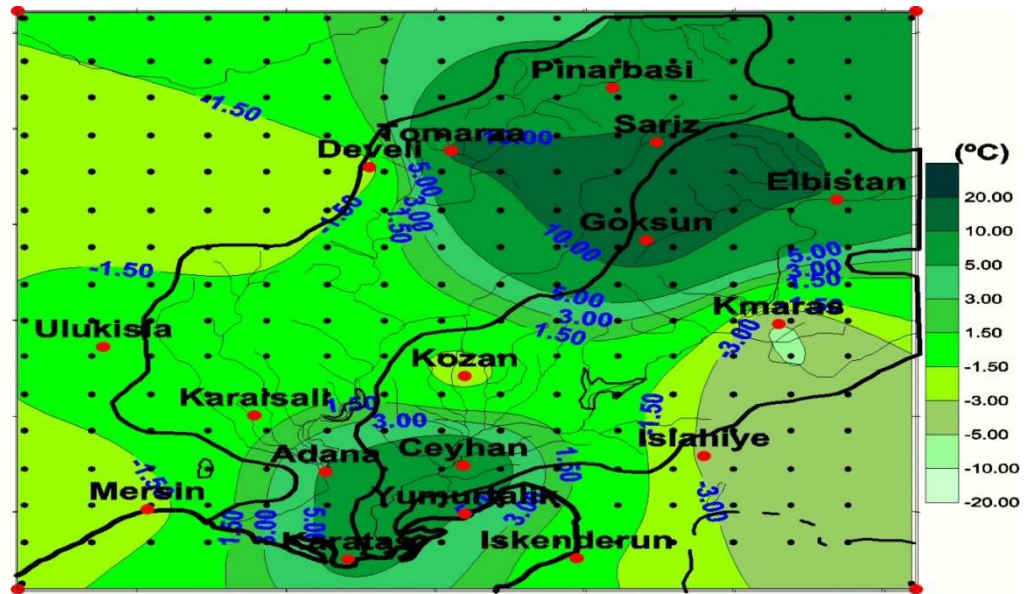
değerlendirmelerine ilişkin haritalar verilmiştir. MM5 modeliyle bir gün sonrası için yapılan hava kestirimlerinin gözlenen değerlerden olan kök hata kareler ortalaması (RMSE) değerlerinin Mersin için 2.39, Kahramanmaraş için 4.5 ve Adana için ise 2.03 olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.20). Bu değerler göz önüne alındığında RegCM modelinin referans verileriyle çalıştırılmasından elde edilen 1966-1990 dönemi ortalama minimum sıcaklıklara ilişkin RMSE değerlerinin Mersin için 3.9, Kahramanmaraş için 5.30 ve Adana için 6.7 olmasının kabul edilebilir olduğu söylenebilir (Şekil 4.21). Burada üzerinde önemle durulması gereken başka bir konu ise gözlem değerlerinin elde edildiği istasyonların kuruluş yerlerinin özellikleridir. Zira gözlem istasyonlarının zamanla şehirleşme gibi çevresel etmenlerden etkilendikleri bilinen bir durumdur.



Şekil 4.20. MM5 modelinin 24 saat sonrası için minimum sıcaklık kestirimlerinin gözlemlerle doğrulaması (RMSE değerleri) (ECMWF, 2005)



Şekil 4.21. RegCM modelinin 1966-1990 dönem ortalaması minimum sıcaklık kestirimlerinin gözlemlerle doğrulaması (RMSE değerleri)



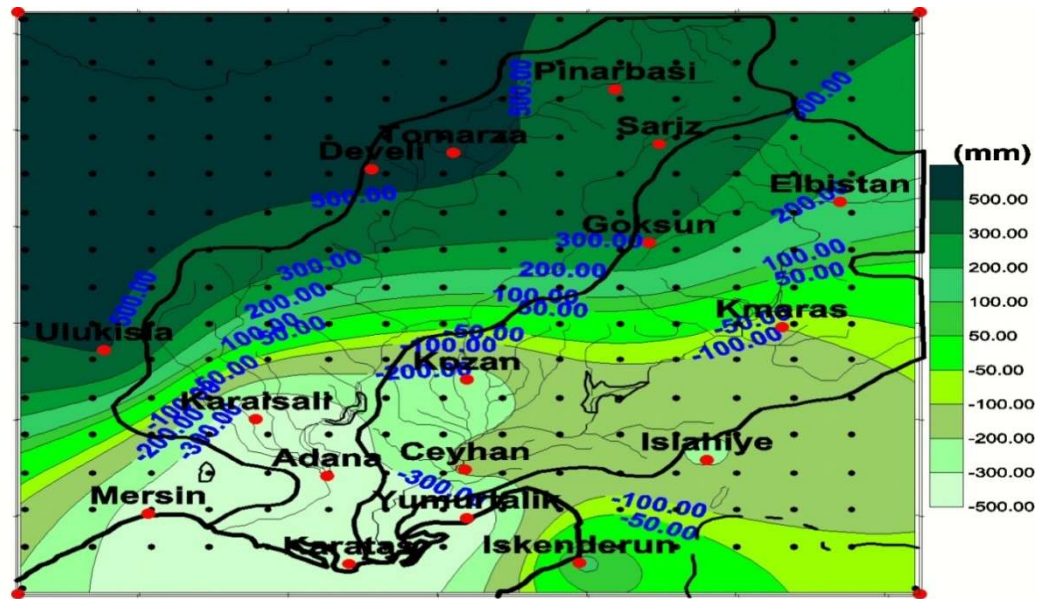
Şekil 4.22. 1966-1990 dönemi minimum sıcaklıkların model ve gözlem değerleri farkları

Yıllık ortalama minimum sıcaklık terimi 1966-1990 yıllarını kapsayan dönemde model ve gözlem verilerinin yıllık minimum değerlerinin 25 yıl için ortalamasını tanımlarken, minimum sıcaklık terimi ise 1966-1990 döneminin ölçülen veya kestirim yapılan en düşük sıcaklıkları tanımlamak için kullanılmıştır.

25 yıllık dönem için modelle kestirim yapılan ve gözlemlenen yıllık minimum sıcaklıklara ilişkin en düşük sıcaklık farklarının haritalama programında enterpole edilerek alansal dağılımı Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Yıllık minimum sıcaklıklar (Şekil 4.22) ile ortalama minimum sıcaklıklar (Şekil 4.19) birbirine çok benzer bir dağılım göstermiştir. Minimum sıcaklıkların alansal dağılımında ortalama minimum sıcaklıkların dağılımında da görüldüğü gibi sıcaklığın modelle daha yüksek kestirim yapıldığı iki alan ve bu alanların dışında noktasal bazlı daha soğuk kestirim yapılan alanların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu değer için en büyük farkların 14.3 °C (Göksun) ile (-5.4) °C (Kahramanmaraş) arasında olduğu görülmektedir. Tüm alan göz önüne alındığında ise genel olarak sıcaklık farkının 3 °C den daha az olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte ekstrem değerler için bu farklılıklar model çalışmalarında olağan sayılmaktadır. Takle ve ark., (1999) tarafından yürütülen ve farklı bölgesel modellerin sınıandığı bir çalışmada en soğuk maksimum sıcaklık değerlerinin MM5-BATS ve HIRHAM modellerinde en küçük Bowen oranı ile birlikte oluştuğu belirtilmiştir. Anılan çalışmada model sonuçlarıyla gözlenmiş değerler arasındaki fark, minimum sıcaklıklarda maksimum sıcaklıklara göre daha küçük bulunmuştur. Araştırmacılar karşılaştırılan bölgesel iklim modellerindeki genel davranışı, günlük minimum sıcaklığın maksimuma göre daha tutarlı benzeşim olarak açıklamışlardır. Önoğlu ve Semazzi (2008) çalışmalarında RegCM bölgesel iklim modelinin NASA-Finite Volume GCM (NASA-FVGCM) veri setleriyle Doğu Akdeniz Bölgesi için doğrulamasını yaptıkları bir çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Kış ayları için çalışma alanının (Doğu Akdeniz) kuzey kesimleriyle Kafkaslar’da yaz ayları için güney kesimlerinde modelin 2-4 °C daha sıcak kestirim yaptığını belirtmişlerdir. Yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde ise CRU değerlerinden 2 °C daha yüksek kestirimde bulunduğunu belirtmişlerdir. Model sonuçlarının istasyon gözlemleriyle karşılaştırılmasında ise yaz mevsimi haricinde tüm mevsimlerde modelin 1-3 °C daha soğuk kestirim yaptığını ve yaz mevsiminde diğer mevsimlerden daha iyi uyum gösterdiğini belirtmişlerdir. Anılan değerler büyük bir alanın ortalamaları olup bu çalışmadaki Çukurova Yöresi için bulunan ortalama değerlerle örtüşmektedir. Bunun yanı sıra CRU değerlerinin gözlem değerlerine kıyasla daha sağlıklı bir doğrulamaya olanak sağladığı da söylenebilir.

zira bazı istasyonların yerlerindeki uygun olmayan durumların gözlem değerlerine etkileri CRU değerleri için söz konusu değildir. Yine aynı çalışmada kış sıcaklığında Türkiye'nin komşularını da içine alan geniş bölgede Küresel Tarihi İklim Ağı (GHCN) dahilindeki istasyonların sadece 3 ünde 3 °C altında fark bulunurken, en yüksek fark Montenegro'da ve 4.3 °C olarak belirlenmiştir. Ermenistan'da ilkbaharda fark 7 °C olarak belirtilmiştir (Önol ve Semazzi, 2008). RegCM modelinin kurak bölgelerde gözlemlerden daha yüksek sıcaklık kestirimleri yaptığı değişik araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Pal ve ark. 2007, Kirchak ve ark., 2007, Önol ve Semazzi 2008). Pal ve ark. (2007) RegCM modelini ERA40 veri seti ile çalıştırdıkları denemede Irak ve Arab yarımadasında +4 °C fark bulmuşlardır.

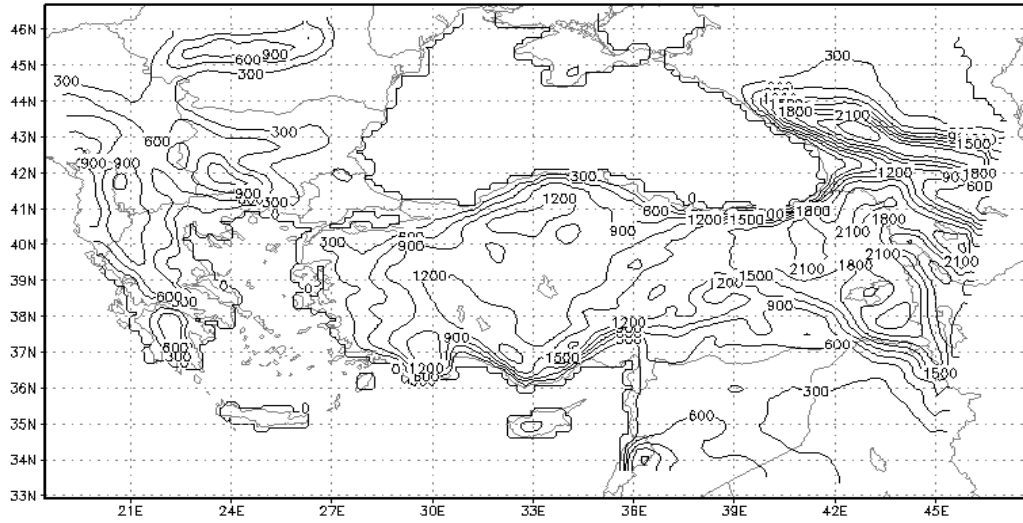
Modelle kestirim yapılan ve gözlenen yağış değerleri farkları (Şekil 4.23) topografyaya (Şekil 4.24 ve 4.25) paralel bir dağılım göstermektedir. RegCM modeli şekilde kırmızı olarak belirlenen yüksekliği 500 m'nin altındaki istasyonlarda yağışı düşük, sarı ile belirtilen ve yüksekliği 1000-1500 m olan istasyonlar içinse daha yüksek kestirim yapmaktadır. Model ile gözlem değerlerinin birbirine yakın olduğu Şekil 4.24'teki haritada mavi ile belirtilen istasyonlar ise genellikle 500-1000 m (özellikle 400-700 m bandında) yüksekliktedir. Yağış değerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 5'te verilmiştir. Buna göre gözlem ve model değerlerinin varyansları % 5 anlam düzeyinde Ceyhan, İskenderun, İslahiye, Kahramanmaraş ve Kozan'da eşit ve ortalamalar arasındaki fark tüm istasyonlarda % 5 önem düzeyinde önemlidir. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen (gözlenen) ve RegCM model sonucu (hesaplanmış) diziler arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre ise sadece Ceyhan, Develi, Göksun, İskenderun, İslahiye, Kahramanmaraş, Ulukışla, Yumurtalık istasyonlarına ait değerlerin % 5 anlam düzeyinde ilgili olduğu belirlenmiştir. Gözlem değerlerinin değişim katsayılarının model verilerinin değişim katsayılarından daha küçük olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.23. 1966-1990 döneminde yıllık toplam yağış farkları (model-gözlem)



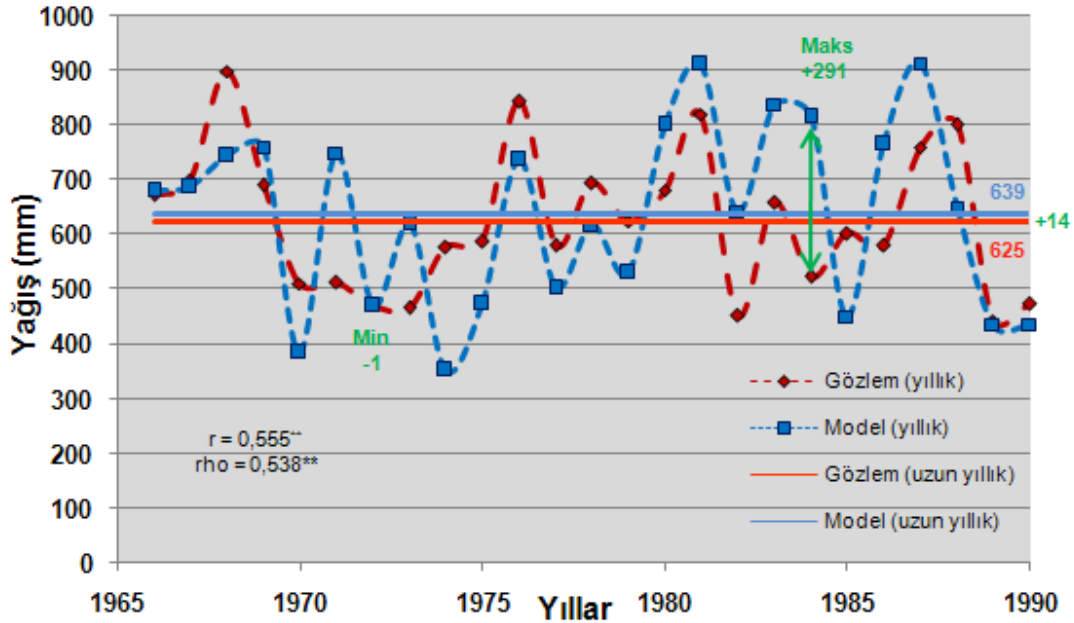
Şekil 4.24. DMİ büyük klimatoloji istasyonlarının yüksekliklerine göre dağılımı



Şekil 4.25. RegCM model topografyası

Yağış parametresinin farklı açılardan değerlendirilmesi amacıyla havza geneline düşen yağış miktarı i) istasyonlar ortalaması ve ii) yıllar ortalaması şeklinde olmak üzere iki türde incelenmiştir. Birinci tür değerlendirme sonucunda RegCM modelinin genellikle gözlem istasyonlarında elde edilen değerlerle benzer değişimler gösterdiği görülmüştür. Diğer bir ifadeyle model, gözlem değerlerinin artış gösterdiği yıllarda artma, düşük gözlem değerleri olan yıllarda da yağış değerlerinde azalma öngörmektedir. Sadece 1971, 1973, 1974, 1985 ve 1988 yıllarında bir önceki yıla göre gözlem değeri artarken model değeri azalma veya gözlem değeri azalırken model değeri artma şeklinde benzeşimde bulunmuştur. 25 yıllık değerlendirme döneminin 20 yılında model gözlemlerle aynı yönde benzeşimde bulunmuştur. İkinci tür değerlendirmede ise 25 yıllık ortalama havza yağış değeri kullanılmıştır. Ortalama havza yağış değeri çalışma alanı içerisindeki iklim istasyonlarının modelin kestirim yaptığı ve gözlemlerden elde edilen yıllık toplam yağış değerlerinin toplanarak istasyon sayısına bölünmesiyle bulunmuştur. Bu değerlendirme sonucunda ortalama havza yağış parametresinde, model değerinin (639 mm) gözlem ortalamasından (625 mm) yıllık 14 mm'lik çok küçük bir sapma gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.26). Havza genelinde gözlenen ve hesaplanan yıllık toplam yağış dizileri arasındaki ilişki pearson korelasyon katsayısı (r) ve spearman korelasyon katsayısı (ρ) değerlerine göre %1 anlamlılık düzeyinde manidardır. Bu

da RegCM modelinin ortalamaların yanısıra gözlenen yağışlardaki yıllar arası değişkenliği başarılı bir şekilde benzeştirdiğini göstermektedir.

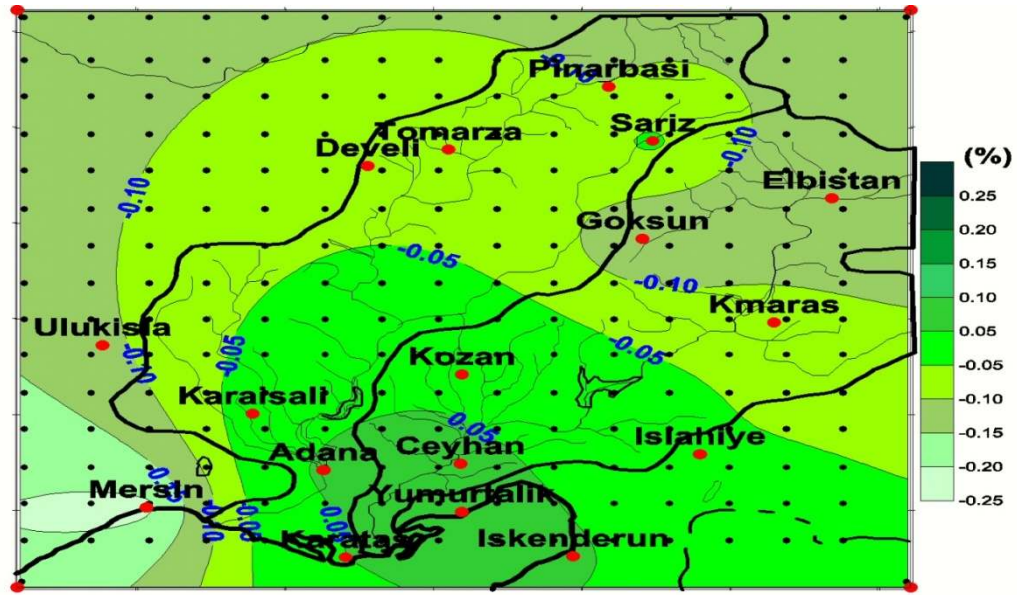


Şekil 4.26. Gözlem ve model sonucu yıllık toplam havza yağışlarının yıllar arası değişimi ve uzun yıllık ortalamaları

Türkiye’yi de içine alan geniş bir alanda daha düşük çözünürlükte yapılan bir başka çalışmada yağış değerlerinde CRU verilerinin kullanılmasının gerçek gözlem değerlerine kıyasla daha sağlıklı bir doğrulamaya olanak sağladığı belirtilmiştir. Bu şekilde CRU ve model kestirimleri arasındaki farkların daha küçüldüğü belirtilmektedir. Bununla birlikte RegCM modelinin tüm mevsimlerde genel yağış paternini gerçekçi olarak yansıttığı bildirilmiştir (Önol ve Semazzi, 2008). Bu saptama bu çalışma kapsamında bulunan sonuçlarla uyumludur. Önol ve Semazzi (2008) RegCM modelinin kış ve ilkbahar yağışlarını Dalmaçya kıyıları, Karadeniz kıyısının doğusunda ve Türkiye’nin güneybatı kıyılarında olduğundan yüksek kestirim yaptığı saptamıştır. Araştırmacılar modelin yaz yağışlarında ise daha az kestirimde bulunduğunu bunun yanı sıra Türkiye, Romanya ve Gürcistan üzerinde daha gerçekçi kestirimlerde bulunduğunu bildirmişlerdir. Seyhan Havzası’nda TERCH-RAMS bölgesel iklim modeli kullanılarak yapılan başka bir çalışma (Fujihara ve ark., 2008) sonuçları TERCH-RAMS modelinin yağış değerlerini fark

düzeltilmesi yapılması durumunda az bir sapma ile kestirdiğini, fark düzeltilmesinin yapılmadığı durumlarda ise benzeşim sonuçlarının bu çalışmada RegCM ile elde edilen sonuçlarla benzerlik içinde olduğunu göstermektedir.

Model ortalama bağıl nem değerlerini gözlem değerlerine göre % 8 ile % -21 arasında değişen sapmalarla kestirim yapmaktadır. Bununla birlikte şekil 4. 27'den de görüleceği gibi istasyonların tamamına yakını (Mersin, Elbistan ve Göksun hariç) % 10'dan daha az fark göstermektedir. Mersin istasyonundaki belirgin negatif fark diğer bir ifadeyle model tarafından nispi nemin gözlenenden çok daha düşük kestirim yapılması model hatası olarak yorumlanmakla birlikte anılan hatanın nedeni bu çalışma kapsamında belirlenememiştir. Bağıl nem fark dağılımı incelendiğinde (denizden karaya doğru nemli havanın yükseltiye uygun olarak kıyıda iç kesime azalarak taşınması) modelin atmosferik hava hareketlerini ve buna bağlı etkileri iyi temsil ettiği görülmektedir. Bağıl nem değerlerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 6'da verilmiştir. Buna göre gözlem ve model değerlerinin varyansları % 5 anlam düzeyinde Develi, Elbistan, Göksun, Karaisalı, Mersin, Pınarbaşı ve Tomarza'da eşittir ve ortalamalar arasındaki fark tüm istasyonlarda % 5 anlam düzeyinde önemlidir. Gözlem ve model (hesaplanmış) dizileri arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre ise hiçbir istasyon da gözlem ve model verileri arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir.



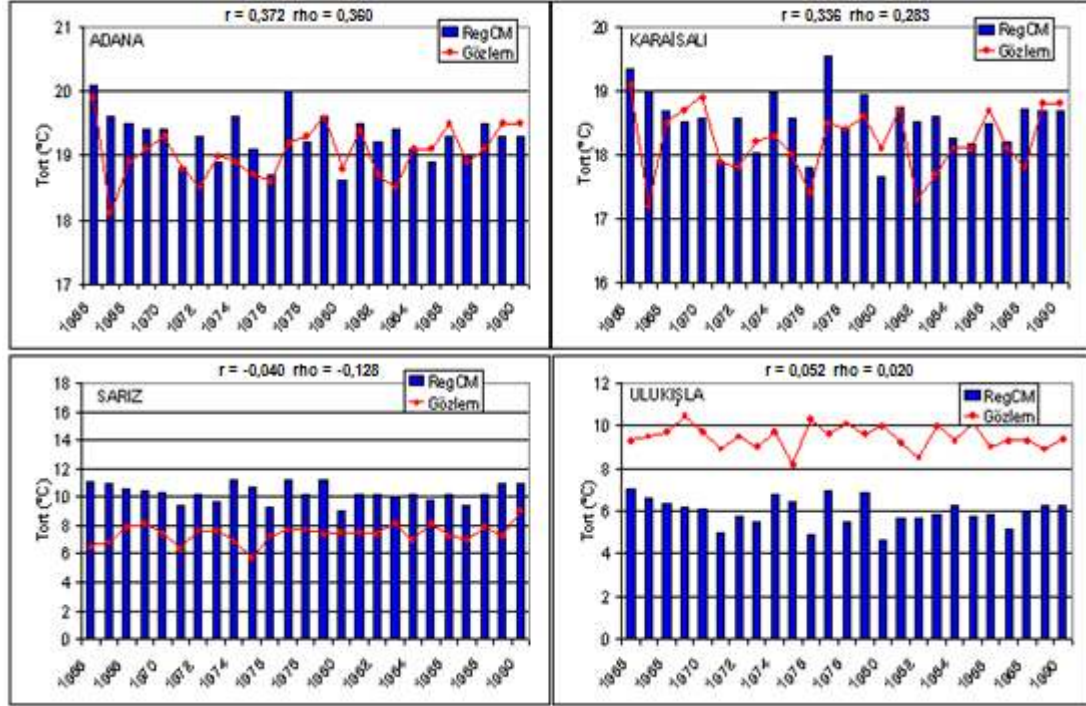
Şekil 4.27. Ortalama bağıl nem model-gözlem farkı (ME)

b) İstasyon ölçüğünde doğrulama çalışmaları

Atmosferik modeller gerek atmosferik olayların matematiksel denklemlerle çözümlendiği model yapısında kullanılan izafi topografyadan gerekse yağış oluşumu gibi çok karmaşık ve pek çok konunun birbiri ile bağlantılı bir şekilde gerçekleşmesi sonucu oluşan olayların çözümünde kullanılan denklemlerin yeterince iyi matematiksel olarak ifade edilememesinin vermiş olduğu kısıtlamalar nedeniyle gerçek durumları birebir yansıtamayabilmektedir. Özellikle nokta bazlı ölçümlerin yapıldığı istasyon gözlemlerinde model sonuçlarıyla kıyaslandığında farklılıklar olabilmektedir. Bu nedenle bu bölümde çalışma alanında yer alan sırasıyla Adana istasyonunun yanı sıra model sonuçlarıyla büyük oranda uyumlu, model sonuçlarının gözlem sonuçlarından yüksek olduğu ve model sonuçlarının gözlem sonuçlarından düşük olduğu birer istasyon örnek temsil etmesi bakımından seçilerek değerlendirilmiştir.

Aşağıda Şekil 4.28 da belirtildiği gibi yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde modelin iyi kestirim yaptığı Adana ve Karaisalı istasyonlarında gözlemlerden sapma 1966-1990 yılları arasında ortalama 0.24 ve 0.38 °C olmaktadır. Yıllara göre değerlendirildiğinde ise en yüksek sapma ± 1.5 °C olabilmektedir. Modelin gözlem değerlerine göre yüksek sıcaklık değerleri ürettiği Sarız istasyonunda ortalama fark 2.8 °C olurken, kestirilen ve gözlenen arasındaki maksimum sıcaklık farkı 4.1 °C ile

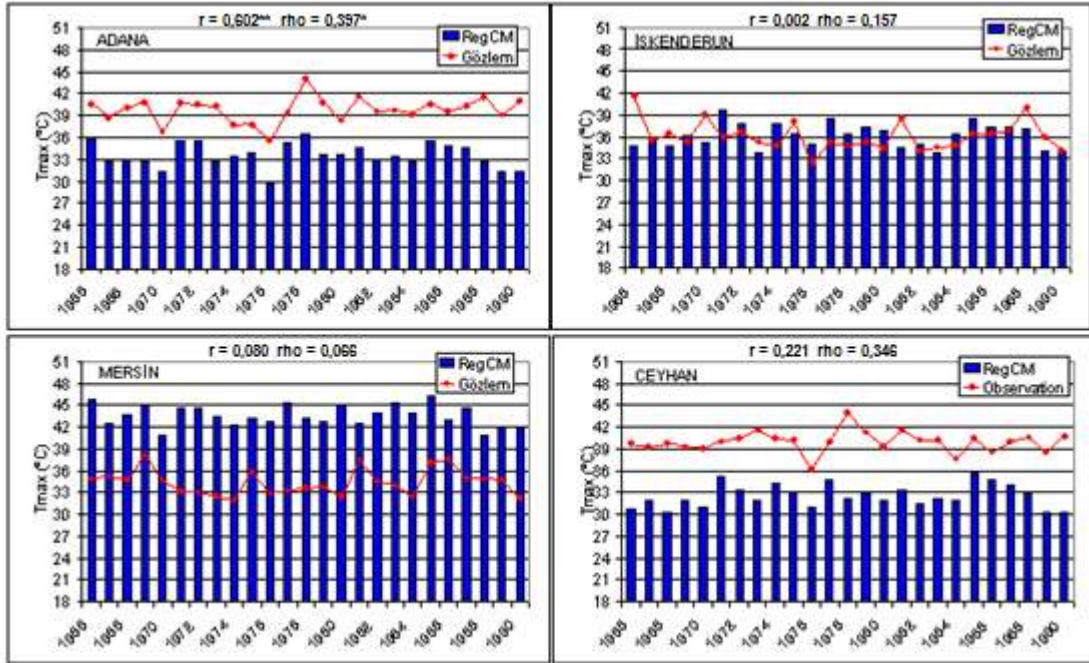
1974 yılında gerçekleşmiştir. Model Ulukışla istasyonunda sıcaklıkları ölçülen sıcaklık değerlerinden ortalama olarak 4.3 °C daha düşük kestirim yapmıştır. En yüksek sapma 1976 yılında ve 5.4 °C olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.28. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon ortalama sıcaklıklarının karşılaştırmaları

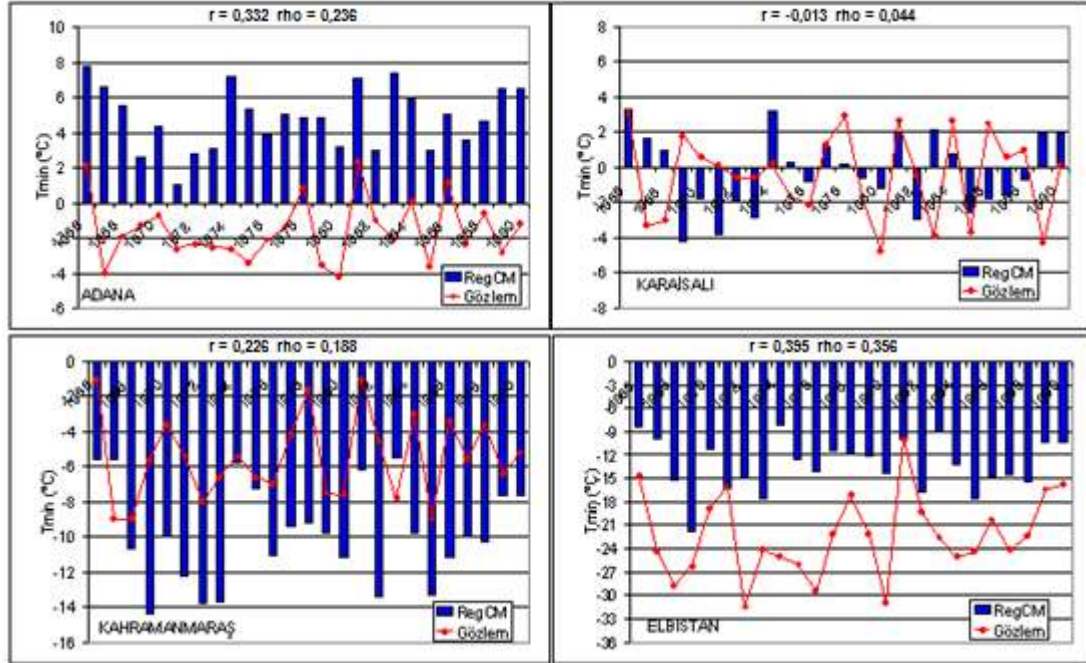
Maksimum sıcaklıkların istasyon bazında karşılaştırıldığında İskenderun istasyonu model tarafından iyi temsil edilen bir gözlem istasyonu olarak belirlenmiştir. 1966-1990 yılları maksimum sıcaklık ortalamalarında model kestirimleri gözlem değerlerinden sadece 0.06 °C daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.29). Aynı istasyonda maksimum sapma ise 1966 yılında ve 6.98 °C olmuştur. RegCM modeli Mersin istasyonu gözlem değerleriyle kıyaslandığında maksimum sıcaklıkları yüksek benzeşim yapmaktadır. Mersin istasyonu ikliminin kestirilmesinde maksimum sıcaklıklar model ile ortalama 9.17 °C (uzun yıllar ortalama sapması) sapma belirlenmiştir. Aynı istasyondaki sıcaklık değerleri için maksimum sapma 12.66 °C olarak belirlenmiştir. Adana ve Ceyhan istasyonları için ise model gözlem verilerine göre düşük kestirim değerleri üretmektedir. Ceyhan istasyonunda gözlemlerde uzun yıllar maksimum sıcaklık ortalamasının model

kestiriminden farkı 7.45 °C olurken, maksimum yıllık fark 1978 yılında ve 11.78 °C olarak bulunmuştur.



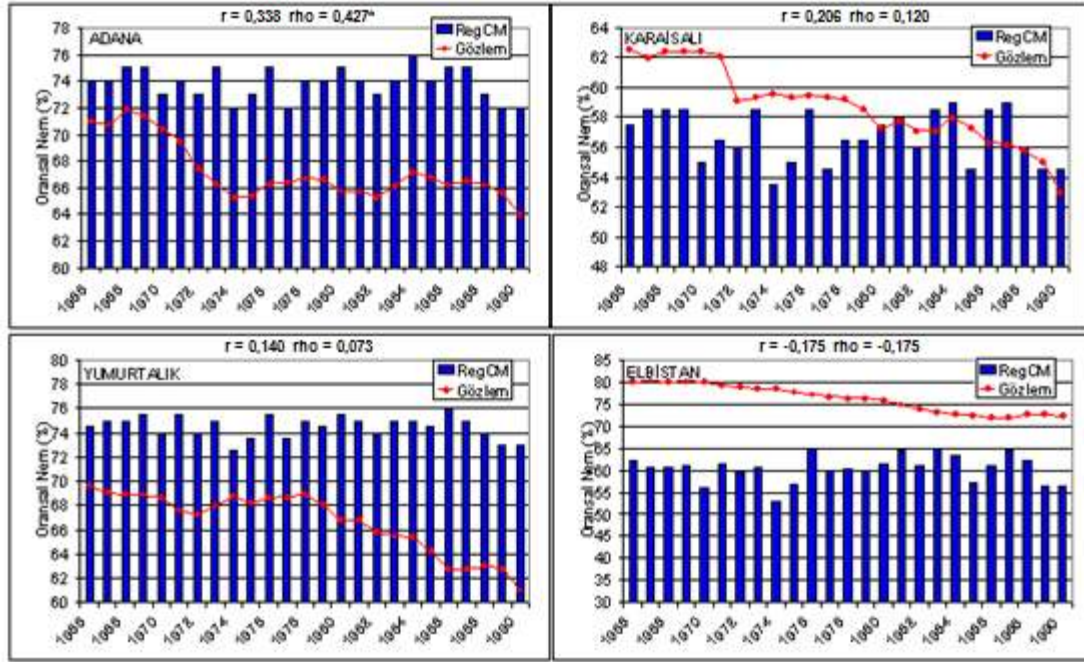
Şekil 4.29. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon maksimum sıcaklıklarının karşılaştırmaları

Yıllık minimum sıcaklıklar değerlendirildiğinde modelin Karaisalı istasyonunda gözlem değerlerine benzer, Kahramanmaraş istasyonunda gözlenenlerden düşük, Adana ve Elbistan istasyonlarında ise yüksek kestirimler yaptığı belirlenmiştir (Şekil 4.30). Gözlemlerden sapmalar uzun yıllar ortalamalarında Karaisalı istasyonunda 0.1 °C, Kahramanmaraş istasyonunda -4.26 °C, Adana ve Elbistan’da ise sırasıyla 6.4 ve 9.1 ° olarak bulunmuştur. Gözlemlerden maksimum sapmalar ise Karaisalı da 6.3 °C (1989), Kahramanmaraş ta 8.84 °C (1982), Adana ve Elbistan da 10.6 °C (1967) ve 16.9 °C (1974) olmuştur.



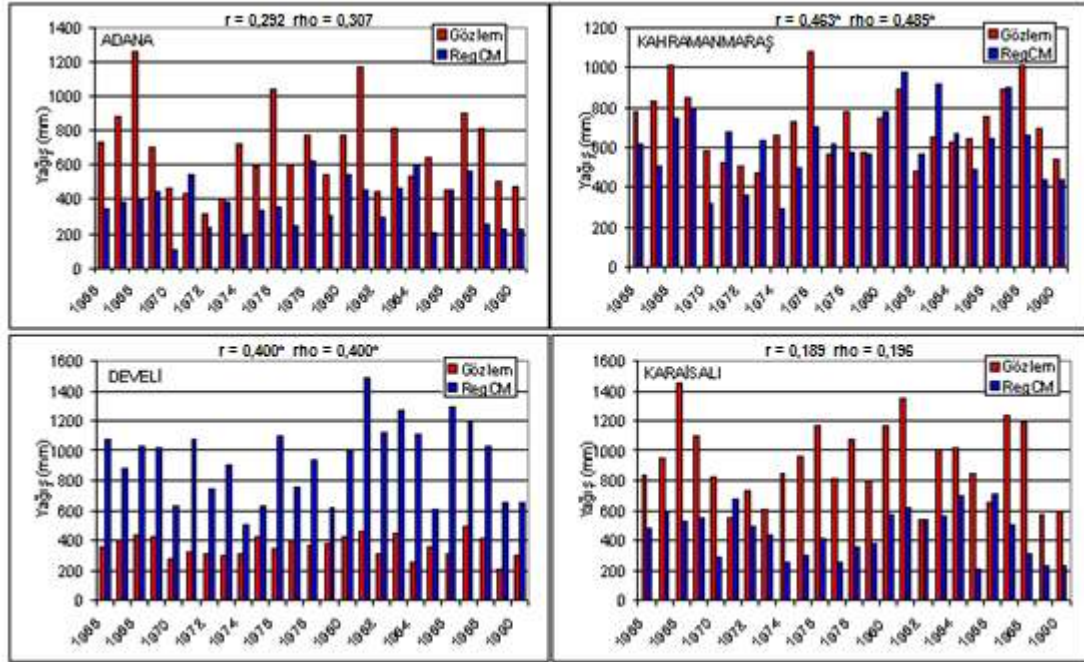
Şekil 4.30. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon minimum sıcaklıklarının karşılaştırmaları

Bağıl nem kestirimlerinde model Karaisalı istasyonunda iyi bir performans gösterirken, Adana ve Yumurtalık istasyonlarında kestirimler gözlenen değerlerden yüksek, Elbistan istasyonunda ise gözlemlerden bulunmuştur (Şekil 4.31). Karaisalı istasyonunun benzeşim sonuçları uzun yıllar ortalama bağıl nem gözlem değerlerinden % 2 daha düşüktür. Adana ve Yumurtalık bağıl nem (uzun yıllar ortalaması) model benzeşim sonuçları gözlemlerden % 7 ve % 8 daha yüksek olmuştur. Elbistan ise kestirimler gözlemlerden % 15 daha düşüktür. Adana, Karaisalı, Yumurtalık ve Elbistan istasyonlarında maksimum sapmalar sırasıyla % 9 (1980), % 7 (1970), % 13 (1986) ve % 26 (1974) olduğu belirlenmiştir. Bu arada 4 istasyondaki gözlem değerlerinde belirgin bir azalma eğilimi varken model benzeşim değerlerinde azalma görülmemiştir.



Şekil 4.31. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon bağıl nem değerleri karşılaştırmaları

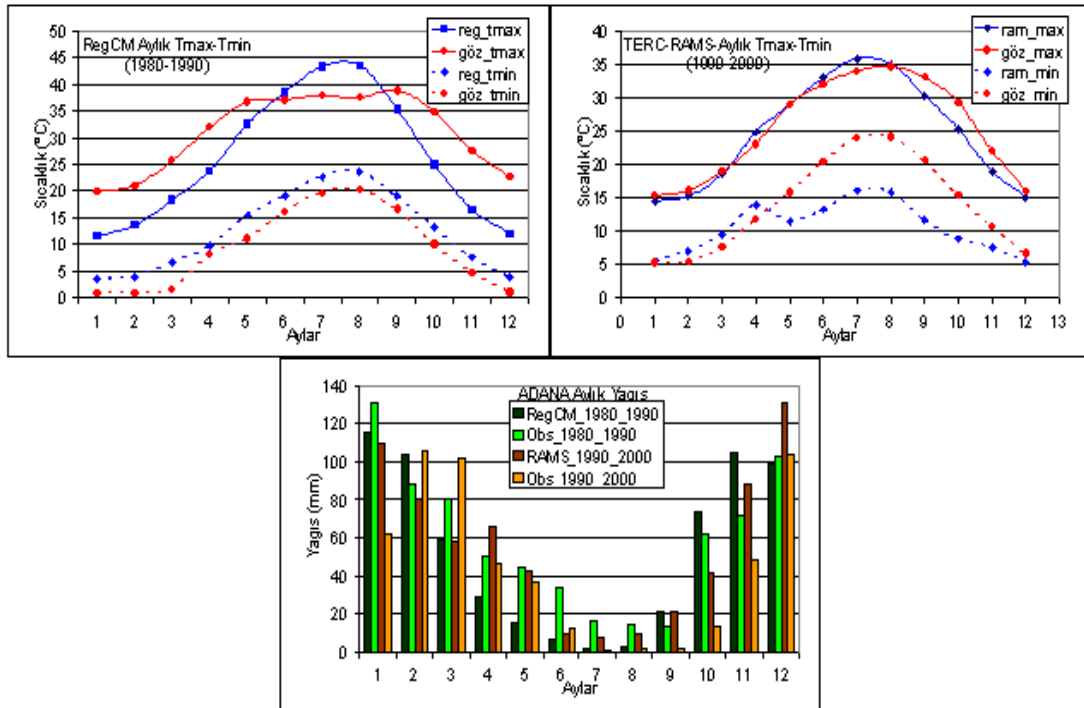
Gözlenen ve kestirilen yıllık toplam yağış değerlerinin istasyon ölçeğinde karşılaştırılması sonucunda modelin Kahramanmaraş istasyonunda iyi bir performans gösterdiği belirlenmiştir. RegCM toplam yağışları Develi istasyonunda yüksek kestirim yaparken, Adana ve Karaisalı istasyonları için düşük benzeşim yapmıştır (Şekil 4.32). Kahramanmaraş, Develi, Adana ve Karaisalı istasyonlarının uzun yıllar ortalamalar dikkate alındığında model ile yapılan kestirimlerin gözlemlerden sırası ile -99 mm, 569 mm, -312 mm, -468 mm farklı olduğu bulunmuştur. Kahramanmaraş, Develi, Adana ve Karaisalı istasyonlarının yıllık toplam yağış değerlerine ilişkin RegCM kestirimleri gözlem değerlerinden maksimum sapmaları ise sırası ile -378 mm (1976), 1023 mm (1981), -859 mm (1968), -923 mm (1968) olmuştur.



Şekil 4.32. RegCM ve gözlem değerlerinde istasyon yağış değerleri karşılaştırmaları

İstasyon bazında elde edilen model kestirimleri incelendiğinde RegCM modelinin gerek yıllık maksimum ve minimum sıcaklıklar gerekse yıllık toplam yağış miktarlarını istasyon bazında büyük hata paylarıyla temsil ettiği düşünülebilir. Bununla birlikte, bölgenin coğrafik yapısı nedeniyle kıyı bölgesinde bulunması, denizden 20-30 km sonrasında 600-1000 m yüksekliklere çıkılması, iç bölgelere açılan boğazların bulunması, ayrıca Akdeniz'den gelen nemli hava kütlelerinin meydana getirdiği konvektif yağışların bölgedeki toplam yağış içerisinde payının yüksek olması gibi özel durumlar atmosfer modellerinin bölgede uyumlu çalışmasını güçleştirmektedir. Nitekim bölgede uygulanan diğer bir iklim modeli (Terch-Rams) (ICCAP, Watanabe, 2004; Fujihara ve ark., 2008) benzeşimleri ile RegCM modeli benzeşimlerinin gözlemlerle kıyaslanma sonuçları arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. Şekil 4.33 yıllık dönemlerde RegCM ve RAMS modellerinin aylık maksimum ve minimum sıcaklıklar ile aylık toplam yağış ortalama değerlerinin Adana istasyonu için gözlem değerleriyle kıyaslanması gösterilmiştir. Bu amaçla hazırlanan verilerde, 1980-1990 dönemi için aylık maksimum ve minimumların 10 yıllık ortalamaları alınmış, 1990-2000 dönemi için ise aylık ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinden 10'ar yıllık ortalamalar hesaplanmıştır. Dönemler

ve veri tiplerinde farklılık olmasına karşın bu değerlendirme modellerin aynı nokta için tepkilerini göstermek amacıyla yapılmıştır. RegCM modelinin maksimum sıcaklıklarda gözlemlerden olan sapması en yüksek 11. ayda ve 11.1 °C fark ile gerçekleşmiştir (Şekil 4.33). RAMS modelinin ise en yüksek olarak 10. ayda 3.9 °C fark ile gösterdiği görülmekte. Minimum sıcaklıklarda ise RegCM modeli Mart ayında 5.1 °C fark ile gösterirken RAMS modeli 9. ayda 8.9 °C daha soğuk benzeştirmektedir. Aylık yağış değerlerinde en yüksek sapmayı RAMS modeli 1. ayda 43 mm olarak gösterirken RegCM modeli 11. ayda 33 mm olarak göstermektedir. 10 yıllık dönemlerde RegCM yıllık toplam yağış ortalamasını gözlemlerden 77 mm daha düşük kestirim yaparken RAMS modeli 132 mm yüksek kestirim yapmıştır.



Şekil 4.33. 10 yıllık dönemlerde RegCM ve RAMS modellerinin aylık maksimum-minimum sıcaklık ve aylık toplam yağış ortalama değerlerinin Adana için gözlem değerleriyle kıyaslanması

Genel olarak model performansını değerlendirildiğinde RegCM modeli; genel atmosfer hareketlerine bağlı olan, içeriği daha iyi belirlenen/bilinen ve mevcut bilgiler dâhilinde iyi formüle edilebilen parametrelerde (ortalama sıcaklık gibi), parametrenin oluşmasında etkisi olduğu bilinen/bilinmeyen ve hesaba katılmayan

veya formüle edilemeyen daha karmaşık süreçlere (yağış gibi) göre gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir. Ayrıca model sonuçları genelleştirildikçe (istasyon bazından havza bazına, anlık veya kısa dönem ortalama uzun dönem ortalamalara yönelmek gibi) sapma miktarları verilerin doğası itibarıyla azalmaktadır.

Mevcut standartlar ve kabuller ölçüsünde, bunların da ötesinde olanaklar çerçevesinde ve diğer bölgesel iklim modelleri arasındaki yaygın kullanımı nedeniyle RegCM modeli tez çalışması için uygun bulunmuştur. RegCM ile gerçekleştirilen ve yukarıda ayrıntıları verilen bulguların irdelenmesi sonucunda Çukurova Yöresi'nde anılan bölgesel iklim modelinin iklim değişikliği ve etkilerini belirlemeyi amaçlayan tez çalışmasında kullanılmak için yeterli güvenilirliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

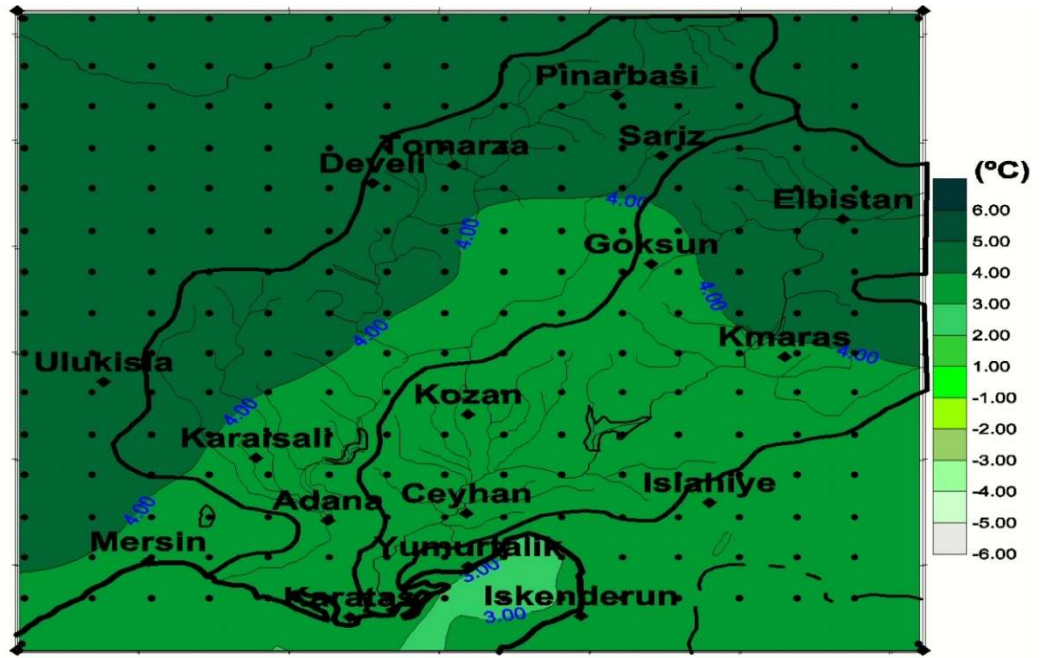
4.1.2.2. Öngörülen Değişiklikler (A2 Senaryo Verisi ile Referans Verisinin Karşılaştırılması)

Çalışmada 1961-1990 yılları günümüz koşulları olarak kabul edilerek, mevcut gözlem ve analiz verileri küresel iklim modeli HadCM3H için başlangıç ve sınır koşulları olarak alınmıştır. Daha sonra HadCM3H modelinden elde edilen sonuçlar RegCM modeli için başlangıç ve sınır koşulları olarak alınmış ve böylece RegCM modelinin çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçlar **referans koşulları** olarak adlandırılmıştır. IPCC'nin CO₂ gazının 2100 yılı itibarıyla 850 ppm değerine yükseleceğini öngören A2 senaryo koşullarında küresel iklim modeli HadCM3H modelinden sağlanan başlangıç ve sınır koşulları ile çalıştırılan RegCM modeli sonuçları ise **A2 senaryo koşulları** olarak adlandırılmıştır. Bu iki sonuç arasındaki fark, belirlenen senaryo altında gelecekte meydana gelmesi öngörülen değişikliği yansıtmaktadır. Çalışmada iklimi oluşturan başlıca parametrelerdeki değişimlerin incelenmesi nedeniyle sonuçlar iklim değişikliği adı altında anılacaktır.

A2 senaryo verilerinin Referans verileri ile karşılaştırılmalarında, Referans (RF) ve Gözlem değerlerinin karşılaştırılmasından farklı olarak; öncelikle günümüz koşullarını temsilen 1961-1990 yıllarını kapsayan 30 yıllık dönem kullanılmıştır. İkinci olarak ta sonuçların istatistiksel analizinde A2 ve Referans ortalamalarının

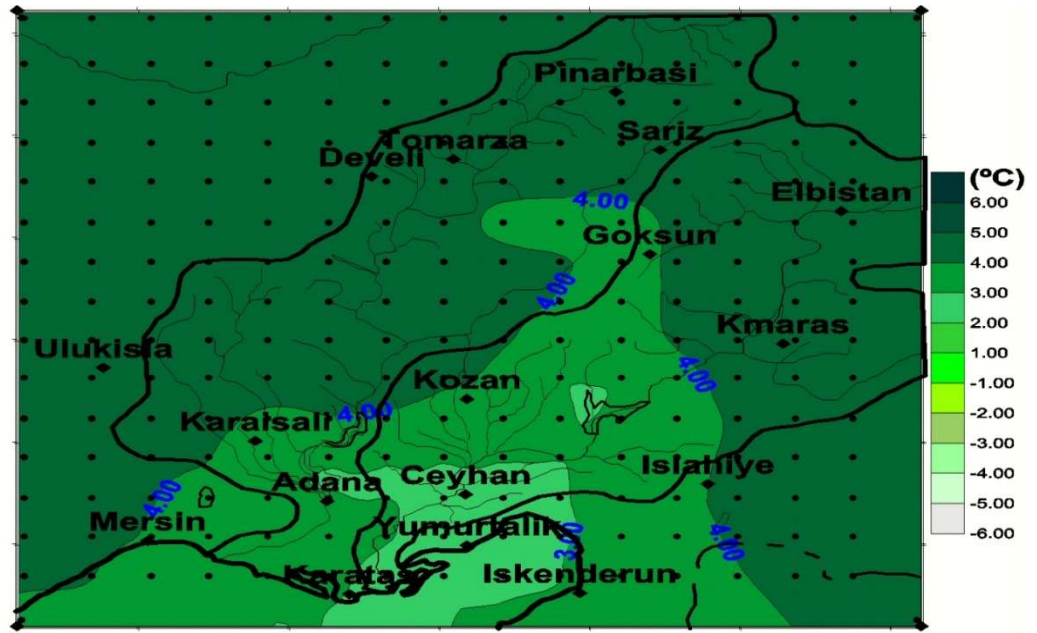
birbirinden farkı ve bu farklılığının istatistiksel olarak önemli olup olmadığının analizi t testi kullanılarak yapılmıştır.

RegCM modeli A2 senaryo koşullarında 2071-2100 dönemi için günlük ortalama sıcaklık değerlerinin (günlük ortalama sıcaklıkların yıllık ortalamalarının 30 yıllık ortalamasının alınmasıyla elde edilmiştir) referans değerlerine (RF) kıyasla 3 °C ile 4.5 °C arasında artacağını öngörmektedir. Şekil 4.34'te de görüleceği gibi yükseltinin daha fazla olduğu (yaklaşık 500 m) istasyonlarda sıcaklık artışının 4 °C'nin üzerinde olması beklenirken, yükseltinin yaklaşık 500 m altında olan bölgelerde daha düşük (3-4 °C arasında) bir sıcaklık artışı beklenmektedir. Fujihara ve ark. (2008) tarafından Seyhan nehir havzasında iki farklı modelle ve 10 yıllık dönem kullanılarak yapılan bir çalışma sonucunda yıllık ortalama sıcaklıklarının 2 ile 2.7 °C arasında artmasının beklendiği belirtilmiştir. Havzadaki en yüksek ortalama sıcaklık değerinin 19.7 °C'den 22.7 °C'ye, en düşük ortalama sıcaklık değerinin ise 5.4 °C'den 9.8 °C'ye çıkması öngörülmektedir (Çizelge Ek 7). Bu sonuçların istatistiksel değerlendirmesinde çift yönlü F testine göre % 2 önem düzeyinde A2 ve RF değerlerinin varyanslarının birbirine eşit olduğu, seçilen t testine göre de tüm grid noktalarındaki bu sıcaklık artışlarının % 0.1 önem düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($t_{\alpha/2, 0,01}=2.66$, $t_{hesap_min}=21.19$). Türkiye'yi de kapsayan daha düşük çözünürlükte yapılan bir çalışmada sıcaklıklarda Doğu Akdeniz de kışın 2 - 5 °C, ilkbaharda 2 - 4 °C, yazın 2 - 8 °C ve sonbaharda 3 - 5 °C artış olacağı kestirilmiştir. Anılan çalışmada Türkiye genelinde en fazla ısınmanın 6 °C ile Türkiye'nin batı kesimlerinde olacağı öngörülmüştür. En düşük sıcaklık artışı İskenderun Körfezi ve çevresinde beklenirken, bu durumun deniz suyu sıcaklığında görece olarak değişimin daha az olmasından kaynaklanabileceği vurgulanmıştır (Önol ve Semazzi, 2008).



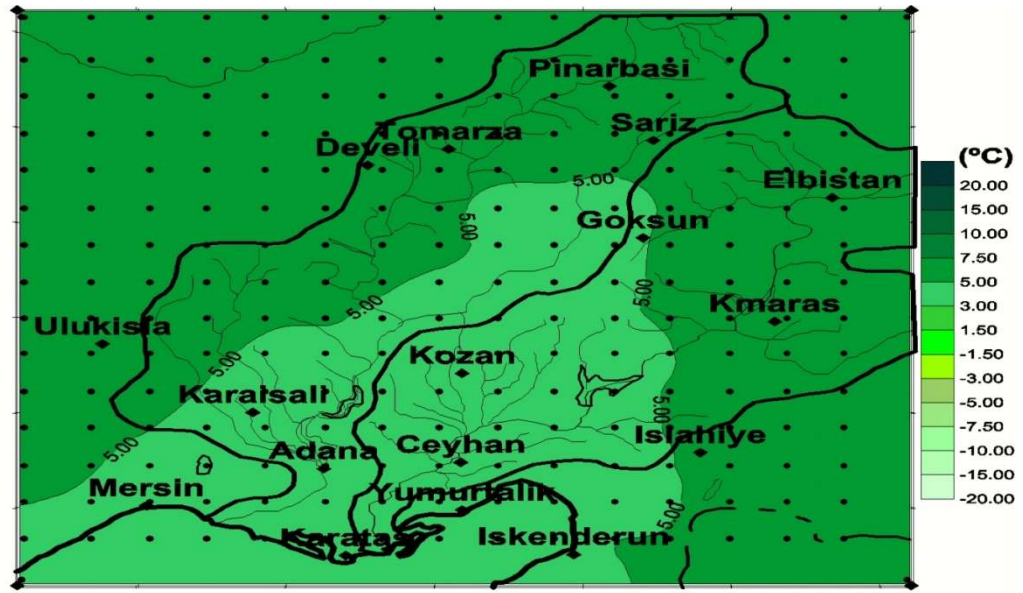
Şekil 4.34. Ortalama sıcaklık değerlerinde kestirilen değişiklik (A2-RF)

Bölgesel iklim modeli benzeşimleri sonucunda ortalama maksimum sıcaklıkların (günlük maksimum sıcaklıkların yıllık ortalamalarının 30 yıllık ortalama sıcaklık değerleri) A2 senaryosu uyarınca 2071-2100 döneminde RF değerlerine (1961-1990) göre 2.9 °C ile 4.7 °C arasında artacağı kestirimi yapılmıştır. Yükseltinin daha fazla olduğu (yaklaşık 300 m) istasyonlarda ortalama maksimum sıcaklıklarda beklenen artışların 4 °C'nin üzerinde, yükseltinin yaklaşık 500 m altında olan bölgeler için ise 2.9 ile 4 °C arasında olabileceği belirlenmiştir (Şekil 4.35). Anılan dönemde havzadaki en yüksek ortalama maksimum sıcaklık değerinin 25.3 °C'den 29.2 °C'ye, en düşük ortalama maksimum sıcaklığın ise 12.4 °C'den 17 °C'ye çıkması öngörülmüştür (Çizelge Ek 8). Tüm grid noktalarındaki bu sıcaklık artışları % 0.1 önem düzeyinde istatistiksel anlamda önemli ($t_{\alpha/2, 0.01}=2.66$, $t_{hesap_min}=17.73$) bulunmuştur.



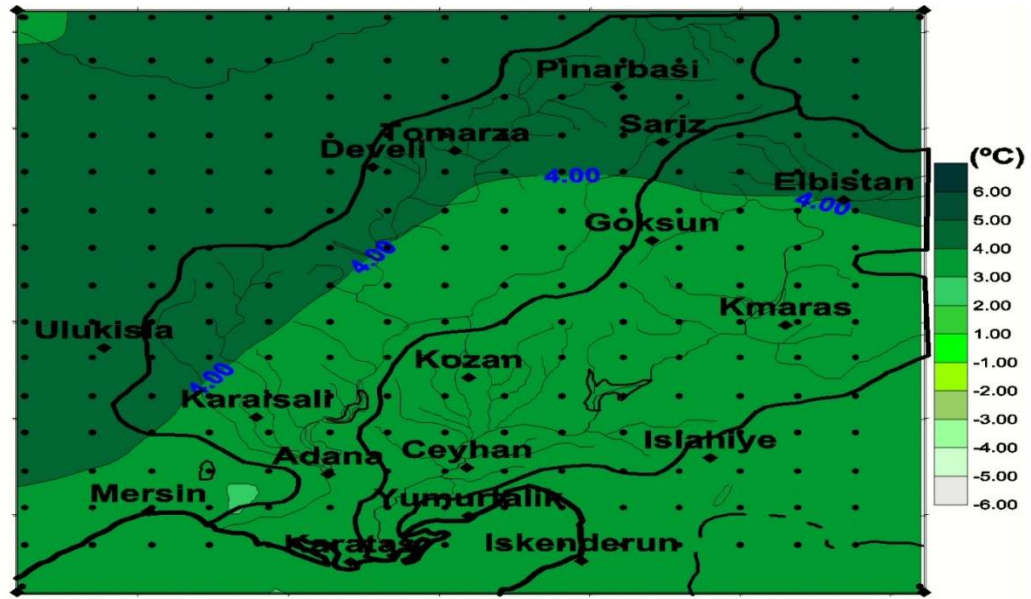
Şekil 4.35. Ortalama maksimum sıcaklık değerlerinde kestirilen değişiklik (A2-RF)

Yıllık maksimum sıcaklıkların 2071-2100 döneminde 3.1 °C ile 6.2 °C arasında artacağı öngörülmüştür. Ova kesimindeki istasyonlarda artışın (Göksun da dahil olmak üzere) 3-5 °C arasında, yükseltinin yaklaşık 300 m üstünde olduğu bölgelerde ise 5 °C'nin üzerinde olması beklenmektedir (Şekil 4.36). Tahminen havzadaki en yüksek maksimum sıcaklık değeri 47.1 °C'den 51.6 °C'ye, en düşük maksimum sıcaklık değeri ise 31.4 °C'den 35.1 °C'ye çıkacaktır (Çizelge Ek 9). Yıllık maksimum sıcaklık değerlerinde öngörülen artışın alanın tamamında %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge Ek 9).



Şekil 4.36. Yıllık maksimum sıcaklıklarda (30 yıllık ortalamalar) kestirilen değişim (A2-RF)

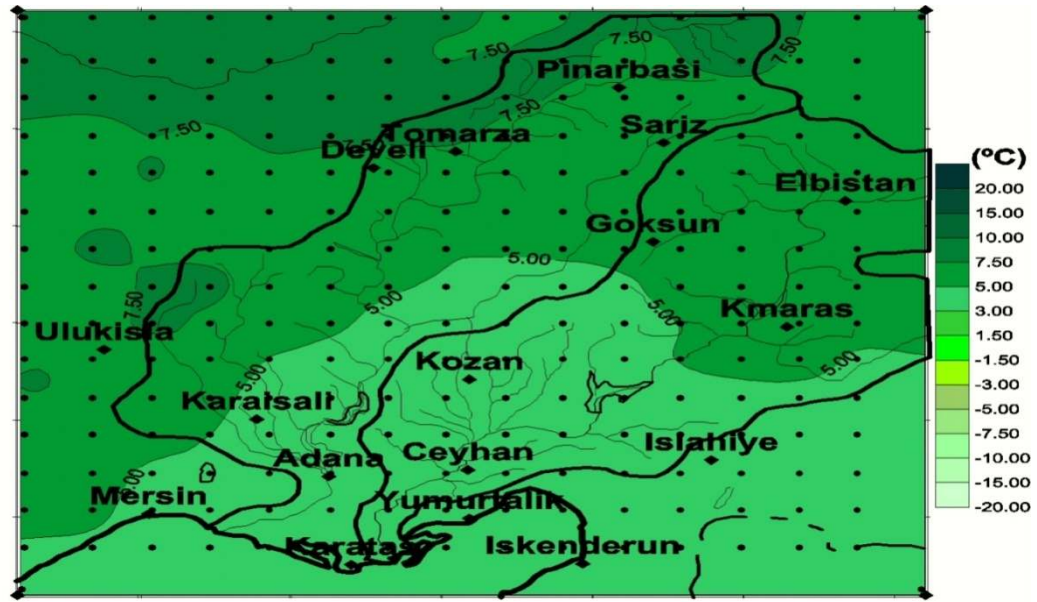
Ortalama minimum sıcaklık değerlerinde ise gelecekteki aynı dönem için 3.0 °C ile 4.5 °C arasında artış öngörülmüştür (Şekil 4.37). Şekilde havzanın kuzey kesimlerinde 4-4.5 °C, güney kesimlerinde ise 3-4 °C arasında sıcaklık artışı beklenmektedir. Havzadaki en yüksek ortalama minimum sıcaklık değerinin 18 °C den 21 °C ye, en düşük ortalama minimum sıcaklık değerinin ise eksi değerden artı değere (-1 °C den 3.5 °C'ye) çıkması öngörülmüştür (Çizelge Ek 10). Anılan sıcaklık artışları tüm grid noktalarında % 0.1 önem düzeyinde önemli çıkmaktadır (Çizelge Ek 10).



Şekil 4.37. Ortalama minimum sıcaklık değerlerinde değişim (A2-RF farkı)

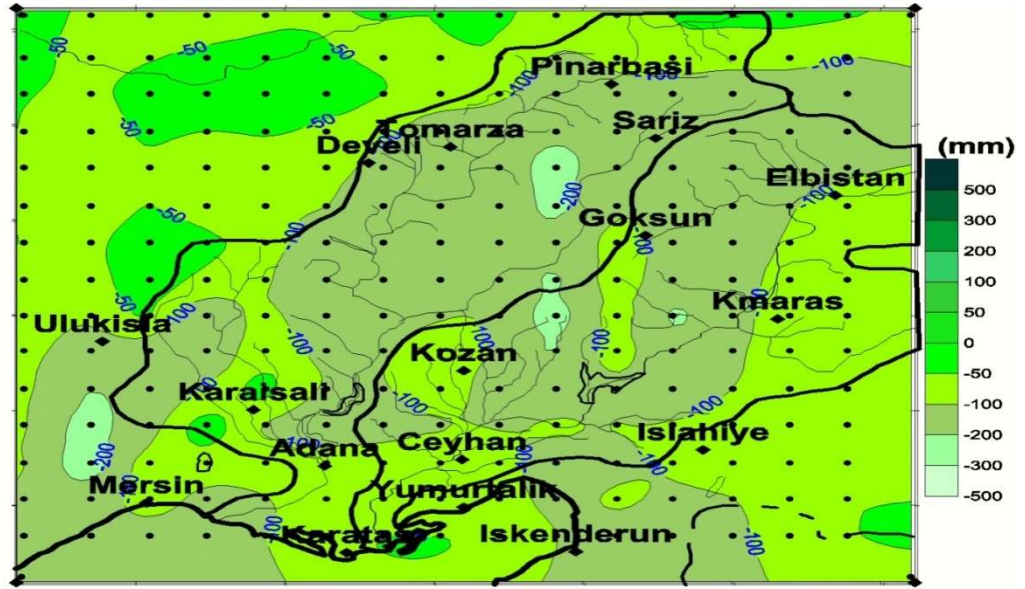
Yıllık minimum sıcaklıklarda beklenen artışın 3.3 °C ile 8.5 °C arasında gerçekleşmesi öngörülmektedir (Şekil 4.38). Havzanın kuzey kesimlerinde 4 °C'nin üzerinde ve hatta 8.5 °C'lere ulaşan bir sıcaklık artışı öngörülmürken, güney kesimlerinde ise minimum sıcaklıkların 3-4 °C arasında artması beklenmektedir. Havzadaki en yüksek ve en düşük minimum sıcaklık değerlerinin sırasıyla 5.8 den 10.6 °C ye, -22.8 °C den -15.1 °C ye çıkması olasıdır (Çizelge Ek 11). Yıllık minimum sıcaklıklardaki artışlar da diğerleri gibi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Demir ve ark. (2008b) tarafından bölgesel iklim modeli PRECIS ile yapılan iklim değişikliği kestirimlerinde Türkiye kıyı şeridinde 6 °C'ye varan sıcaklık artışlarının olması öngörülmüştür. Maksimum sıcaklıklarda değişimin, genel olarak artış yönünde olacağını bildirildiği çalışma sonucunda araştırmacılar yaz mevsiminde 8 °C'yi bulan yüksek sıcaklık artışları tesbit etmişlerdir. Minimum sıcaklıkların kış mevsiminde doğu bölgelerinde 5-6 °C ve yaz mevsiminde Ege Bölgesi'nin iç bölümlerinde 7-8 °C artacağını öngörmüşlerdir.



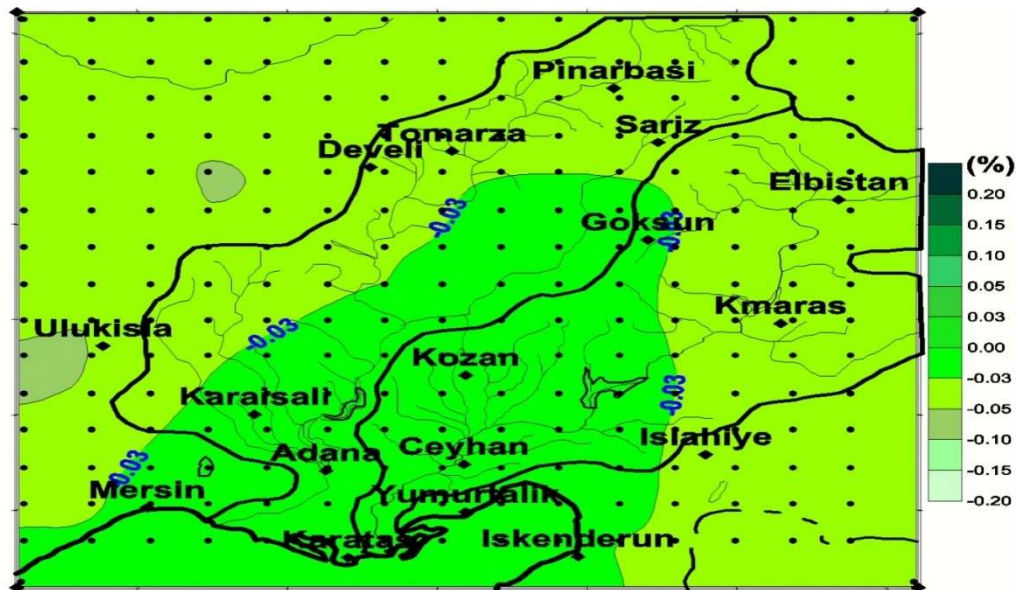
Şekil 4.38. Yıllık minimum sıcaklıkların 30 yıllık ortalamalarının A2-RF fark

Model 2071-2100 döneminin yıllık toplam yağışlarında 15 ile 254 mm arasında değişen bir azalma kestirim yapmaktadır. Şekil 4.39'da da görüldüğü gibi havzanın su toplama alanlarında 100-250 mm azalış beklenmektedir. Havzadaki en yüksek toplam yağış değeri 1618 mm den 1371 mm'ye, en düşük toplam yağış değeri 163 mm den 133 mm'ye düşmüştür (Çizelge Ek 12). Yapılan istatistiksel analiz sonucunda sadece bir grid noktasında anılan fark önemli bulunmaz iken diğer tüm alanda yağışlarda belirlenen azalma anlamlı bulunmuştur. Türkiye genelinde PRECIS modeli ile yapılan başka bir çalışma sonucunda yağışların azalacağı öngörülmüştür (Demir ve ark. 2008b). Yağışlarda azalmanın Türkiye'nin doğu bölgelerinden batısına doğru gidildikçe belirginleşeceği ve % 40 oranında azalmaların beklendiği belirtilmektedir. Nitekim Ege Bölgesi'nde son 20-30 yılda yağışlarda önemli bir azalma eğiliminin olduğu farklı araştırmacılar tarafından da vurgulanmaktadır. Kış mevsiminde güney ve batı bölümlerde yağışlarda düşüşler olacağının, yaz mevsiminde ise tersi bir durumla karşılaşılabileceğinin belirtildiği başka bir çalışmada özellikle kış mevsiminde Toros Dağları boyunca yağışlarda belirgin düşüşler olacağı belirtilmiştir (Demir ve ark., 2008a).



Şekil 4.39. 2071-2100 döneminde için yıllık toplam yağışlarında öngörülen değişimler (A2-RF)

Yağış değerlerinde olduğu gibi yıllık ortalama bağıl nem değerinin de azalacağı (% 1 - % 5 arasında) öngörülmektedir (Şekil 4.40). Havzadaki en yüksek ortalama bağıl nem değeri % 76'dan % 75'e, düşerken, en düşük ortalama bağıl nem değerinde bir değişiklik olması beklenmemektedir (Çizelge Ek 13).



Şekil 4.40. 2071-2100 dönemi için ortalama bağıl nem değişimi (A2-RF)

Analizi yapılan ortalama sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama yağış ve ortalama bağıl nem değerlerine göre bölge; açık bir şekilde mevcut koşullara göre çok daha sıcak ve kurak iklim koşullarına sahip olacaktır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. İklim parametrelerinin maksimum, minimum ve ortalama değerleri ve farkları

Veri	Grid	A2	RF	Fark (A2-RF)
	maks	29,24	25,29	4,72
Ort maks sic	min	17,04	12,44	2,95
(°C)	ort	22,87	18,69	4,18
Maks sic	maks	51,57	47,08	6,24
(°C)	min	35,08	31,37	3,12
	ort	44,14	38,97	5,17
Ort min. sic	maks	21,02	17,98	4,55
(°C)	min	3,46	-0,99	2,98
	ort	10,61	6,72	3,89
Min sic	maks	10,59	5,81	8,54
(°C)	min	-15,15	-22,83	3,33
	ort	-5,38	-11,51	6,13
Ort. sic	maks	22,77	19,72	4,52
(°C)	min	9,79	5,36	2,98
	ort	16,41	12,44	3,97
Ort. Bağıl	maks	74,60	75,60	0,00
nem (%)	min	0,43	0,43	-0,05
	ort	0,62	0,65	-0,03
	maks	1370,5	1617,9	-254,3
Top. yağ	min	133,3	162,6	-14,7
(mm)	ort	541,7	639,6	-98,0

Genel olarak değerlendirildiğinde, ortalama sıcaklık değerinin havza ortalaması göz önüne alındığında 3 - 4 °C artacağı öngörülmektedir. Nagano ve ark., 2007, Watanabe (2007) ve Fujihara ve ark. (2008) yaptıkları çalışmalarda Seyhan

Havzası için 2070'lerde ortalama sıcaklıkta 2-2.7 °C, Kimura ve ark. (2007) 2.0-3.5 °C (2080-2100 döneminde) artış öngörmüşlerdir. Avrupa Birliği komisyon raporunda HIRLAM modeli ile A2 senaryosuna göre yıllık ortalama sıcaklıklarda bölgede 5-6 °C artış belirtilmiştir (Anonymous, 2007b). Kjellström ve ark. (2007) çeşitli modellerle yaptıkları çalışmada bölge için kış sıcaklıklarında RegCM ile 5-7 °C, REMO ve CLM ile 3-5, RCAO ile 1.5-3 °C, HIRHAM-DK ile 4-6 °C, HadRM3H ile 4-5.5 °C sıcaklık artışı öngörmüşlerdir. Aynı araştırmacılar yaz sıcaklıkları için RegCM ve HadRM3H ile 3.5-6 °C, REMO ile 3-4.5 °C, CLM ile 3-4 °C, RCAO ile 3-6 °C, HIRHAM-DK ile 4-7 °C artış öngörmüşlerdir. Önal ve Semazzi (2008) ise Çukurova bölgesinde kış sıcaklıklarında 2.5-3.5 °C, yaz sıcaklıklarında 3-4 °C artışlar öngörmüşlerdir. Ekstrem sıcaklıklar açısından bölgede görülen en yüksek sıcaklık olan 47.1 °C değeri ise 51.6 °C'ye çıkmaktadır. Alpert ve ark. (2006 ve 2008) ortalama maksimum sıcaklıklarda Seyhan Havzası için A2 ve B2 senaryolarına göre sırası ile 3.5 ila 5.5 °C ve 2.5 ila 3.5 °C arasında değişen artışlar öngörmüşlerdir. Tez çalışması sonucunda minimum sıcaklıkta da 6.1 °C'lik artış öngörülmektedir. Yıllık toplam yağışlarda havza genelinde ortalama değer olan 640 mm'nin 542 mm'ye düşeceği kestirimi yapılmaktadır. Diğer araştırmacılar da bölgede yıllık yağış toplamında 150-180 mm arasında azalma öngörmüşlerdir (Nagano ve ark., 2007; Watanabe, 2007; Fujihara ve ark., 2008). Yapılan çalışmalarda kış yağışlarında Kimura ve ark. (2007) 10-40 mm/ay, Kitoh (2007) 0.5 mm/gün, Alpert ve ark. (2008) 45-75 mm/3ay (A2 senaryosuna göre), Önal ve Semazzi (2008) 100-200 mm/3ay gibi benzer azalmalar öngörmüşlerdir. Bağıl nem değerlerindeki azalış istatistiki olarak önemli bulunmakla birlikte havza ortalamasında nispi nemin % 65 den % 62 düşmesinin önemli bir olumsuz sonucu olmayacağı düşünülmektedir.

4.2. WOFOST Bitki Büyüme Modeli

Bu bölümde iklim değişikliğinin 1. ve 2. ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinin verimine olası etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların sonuçları irdelenmiştir. İklim değişikliğinin bitkisel üretime etkilerinin belirlenmesinde mısır

bitkisinin gelişimi ve verimini benzeştiren WOFOST bitki büyüme modelinden yararlanılmıştır. Model ile ilgili ayrıntılı bilgi veri ve yöntem bölümünde verilmiştir. Bitki büyüme modellerinin çevre koşullarındaki değişimlerin bitki gelişimi ve verimine etkilerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmalarından önce o yöre için uygunluklarının test edilmesi dolayısıyla ayarlamalarının ve doğrulamalarının yapılması gerekir. Ayarlama önemle dikkat edilmesi gereken konulardan biri de modelin ayarlama parametrelerine olan duyarlılığının belirlenmesidir. Aşağıda öncelikle modelin ayarlamasında kullanılan parametrelerinin duyarlılık analizleri, daha sonra ayarlama ve doğrulama sonuçları irdelenmiştir. WOFOST modeli herhangi bir gelişmeyi sınırlandırıcı etkenin olmadığı koşullar için (potansiyel koşullar) ve su ve besin etmenlerinin tek tek veya birlikte sınırlayıcı olduğu koşullar için (kısıtlı koşullar) bitki gelişimini benzeşim yapabilmektedir. Bu çalışmada benzeştirmeler, potansiyel koşulların yanı sıra, iklim değişikliğinin su kaynaklarına olası olumsuz etkisini de değerlendirebilmek amacıyla kısıtlı su koşullarını sağlayan model seçeneği kullanılarak yapılmıştır. Bu şekilde 1) ileride su kaynaklarında azalma olsa bile su tasarrufu sağlayan teknik ve yöntemlerin yaygın olarak kullanılacağı ve uygulanacağı, dolayısıyla tarımda su kullanım randımanının yükseltileceği, daha az su gereksinimi olan bitkilerin seçileceği ve sonuç olarak çiftçilerin bitkiye gereksinim duyduğu suyu uygulayacağını öngören “potansiyel koşullar” ile 2) nüfus artışına ek olarak tarım dışındaki sektörlerin su taleplerinin artacağı buna karşın yağış (kar ve yağmur) miktarındaki azalmalara bağlı olarak yüzey ve yeraltı su kaynaklarında azalma olacağı, sıcaklıklarda gerçekleşmesi beklenen artışlara bağlı olarak ta buharlaşma kayıplarının ve bitki su gereksiniminin artacağını öngören “su kısıntılı koşullar” gibi iki farklı ana senaryo koşullarında iklim değişikliğinin Çukurova Yöresi’nde 1. ve 2. ürün mısır bitkisine etkileri kestirilmeye çalışılmıştır. Su kısıntısı öngörülen senaryoda farklı iklim değişikliği çalışmaları sonuçları göz önünde bulundurularak su kaynaklarında % 25-40 oranlarında azalma olacağı ve dolayısıyla bitki kök bölgesine uygulanacak suyun da yaklaşık bu oranlarda azalacağı varsayılmıştır. Çok sayıdaki ön deneme sonucunda kısıntılı su koşullarında 1. ve 2. ürün için ürün mısır bitkileri için sırasıyla 370 mm ve 330 mm toplam sulama suyu uygulanmasının iklimin değişmesi durumunda

gelecekte ürün verimine etkileri araştırılmış ve izleyen bölümlerde bu araştırmaların sonuçları irdelenmiştir. Su kısıntısı uygulamaları farklı şekillerde gerçekleştirilebilir ve böylece bitki gelişimi ve verimini en az etkileyen sulama stratejisi geliştirilerek su kıtlığı durumunda da bitkisel üretimin optimizasyonu sağlanabilir. Bu nedenle bu çalışmada toplam sulama suyu sabit tutularak sulama sayısı, sulama aralığı, ilk ve son sulama tarihleri gibi çok değişik uygulama seçenekleri denenmiş ve bunlara ilişkin sonuçlar bu bölümde tartışılmıştır.

4.2.1. WOFOST Duyarlılık Çalışmaları

WOFOST bitki büyüme modelinin ayarlama çalışmalarında 3 farklı tarla denemesinden ve 3 farklı mısır çeşidi için elde edilen veriler kullanılmıştır. Dolayısıyla her bir mısır çeşidi için ayrı ayarlama yapılarak üç ayrı WOFOST bitki dosyası (cab file) hazırlanmıştır. Ayarlama çalışması yapabilmek için bitki genotipine bağlı değişkenlerin duyarlılıklarının belirlenmesi gerekmektedir. WOFOST modelinde bitki özelliklerini içeren girdi dosyasında 62 adet değişken bulunmaktadır. Ön çalışmalar sonucunda anılan değişkenlerden 11 tanesinin ayarlama için duyarlılık derecelerinin araştırılmasının gerekli olduğu belirlenmiştir. Bunlar; ürün gelişim seviyesinin fonksiyonu olarak maksimum yaprak CO₂ asimilasyon oranı (AMAXTB), asimilasyonu yapraklara taşıma etkinliği (CVL), asimilasyonu depo organlarına taşıma etkinliği (CVO), asimilasyonu köklere taşıma etkinliği (CVR), asimilasyonu gövdeye taşıma etkinliği (CVS), yaprak alanı indeksinde maksimum artış ilgisi (RGRLAI), gelişim seviyesi fonksiyonu olarak özgül yaprak alanı (SLATB), 35 °C de yaşam süresi (SPAN), başlangıç ürün kuru ağırlığı (TDWI), çıkıştan tozlaşmaya kadar termal zaman (TSM1), tozlaşmadan olgunluğa kadar termal zaman (TSM2) parametreleridir.

Duyarlılık analizlerinde seçilen parametrelerin yaprak alan indeksi (LAI), toplam toprak üstü aksamın verimi (TAGP), canlı yaprak, depolama organları ve gövde kuru ağırlıkları (WLV, WSO, WST) gibi değerlere etkileri incelenmiştir. Duyarlılık analizlerinde 1993 yılında Adana 1. ürün mısır bitkisinin sulaması ile ilgili yürütülen bir tarla denemesinden elde edilen gözlem verileri temel alınmıştır

(Gençoğlu, 1996). Aşağıda WOFOST modelinde belirlenen değişkenlere ait duyarlılık testlerine ilişkin değerlendirmeler verilmiştir.

4.2.1.1. TSUM1 (Çıkıştan Tozlaşmaya Kadar Termal Zaman)

TSUM1 parametresi bitkinin ekimden sonra çıkış tarihi ile tozlaşma tarihi arasında ihtiyaç duyduğu toplam sıcaklık isteğini belirtir. Denemelerde TSUM1 değeri olarak 994 °C (1993 yılında gözlem değerlerinde 125. günden 180. güne kadar ortalama sıcaklık toplamı) temel olarak alınmış ve bu değer $\pm\%$ 30'a kadar % 10'luk dilimler halindeki değişimlerin LAI, TAGP, WSO, WST, WLW değerlerine etkileri belirlenmiştir.

Şekil Ek 1'de farklı TSUM1 değerleri için canlı depolama organı kuru ağırlığı (WSO), canlı gövde kuru ağırlığı (WST) ve canlı yaprak kuru ağırlığı (WLW) değerlerinde meydana gelen değişimlerin grafiklenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi modele göre TSUM1 değeri ne kadar küçük olursa mısır bitkisinde o kadar erken dane oluşumu öngörülmektedir. Testler belirli hasat tarihine göre (fixed end day) yapıldığı için TSUM1 değerinin artması çıkıştan tozlaşmaya kadar geçen süreyi artırmakta dolayısıyla TSUM1'in yüksek değerleri için yeterli olgunlaşma süresi kalmamaktadır. Buna bağlı olarak dane verimi düşük kestirim yapmaktadır. Bununla birlikte model TSUM1 değerinde artışa karşılık maksimum gövde ağırlığında artışla tepki vermektedir. Bu durum 180. günden sonra oluşmaktadır. 155. gün ile 170. günler arasında ise model tam tersi küçük TSUM1 değerleri için daha yüksek WST miktarı kestirim yapmaktadır. 155. günden önceki dönemde ise önemli bir fark görülmemektedir. Temel TSUM1 değerinin altındaki TSUM1 değerlerinde WST miktarı artış oranı temel TSUM1 değerinin üstündeki TSUM1 değerlerinde WST miktarı artış oranından daha yüksek olmuştur. Ayrıca temel TSUM1 değerinden düşük değerler için gelişme süresinin kısalmakta olduğu belirlenmiştir. Kestirim yapılan canlı yaprakların kuru ağırlıkları (WLW) ise TSUM1 değeri arttıkça yükselmiştir. TSUM1 değerinin düşük oranlarda artırılması sonucunda canlı yaprakların kuru ağırlıkları maksimum değerlere ulaştıktan sonra sabit kalmaktadır. Ancak TSUM1 değerindeki % 20'lik artış, WLW değerinin maksimuma ulaştıktan

sonra düşme trendine girmesine neden olmaktadır, bu da yaşlanma olayının bir sonucu olarak yorumlanmıştır.

Şekil Ek 2’de farklı TSUM1 değerleri için yaprak alanı indeksi (LAI) ve toplam toprak üstü verim (TAGP) değerlerinde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi TSUM1 değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi değeri doğru orantılı olarak artmaktadır. TSUM1 değerindeki artış oranı % 20 ve üzerinde olduğunda 200. günden sonra model tarafından kestirilen LAI değerleri arasındaki fark azalmaktadır. Ayrıca düşük TSUM1 değerleri gelişme süresinin kısalmasına neden olmaktadır. Ayrıca TSUM1 değerinde yapılan azaltmalar TAGP değerlerinin de doğrusal orantılı olarak azalması sonucunu doğurmaktadır. Aynı zamanda TSUM1 değerlerindeki azalma gelişme sürelerinin de kısalması sonucunu doğurmaktadır. Sonuç olarak TSUM1 değerlerinde yapılan artışlara paralel olarak TAGP değerlerin de önemli miktarlarda olmamakla birlikte bir azalma belirlenmiştir.

4.2.1.2. TSUM2 (Tozlaşmadan Olgunluğa Kadar Termal Zaman)

TSUM2 parametresi bitkinin ekimden sonra tozlaşma ile olgunluk tarihleri arasında ihtiyaç duyduğu toplam sıcaklık isteğini belirtir. Denemelerde TSUM2 değeri olarak 1376 °C (1993 yılında gözlem değerlerinde 181. günden 239.güne kadar ortalama sıcaklık toplamı) temel olarak alınmış ve bu değer % 10’luk dilimler halinde ($\pm$ % 30’a kadar) LAI, TAGP, WSO, WST, WLW değerlerine etkileri sınanmıştır. TSUM2 değerinin artması gelişim süresini artırmaktadır.

Şekil Ek 3’te farklı TSUM2 değerleri için canlı yaprak kuru ağırlığı (WLW), canlı gövde kuru ağırlığı (WST), canlı depo organları kuru ağırlığı (WSO) değerlerinde meydana gelen zamansal değişimler gösterilmiştir. Model sonuçlarına göre TSUM2 değerleri yükseldikçe kestirilen WLW değerleri de yüksek olmaktadır. TSUM2 değerindeki artışlar maksimum WST değerinin de yükselmesine neden olmaktadır. TSUM2 değeri küçüldükçe WSO değeri az miktarda da olsa artmakta birlikte gelişim süresi TSUM2 değerindeki artışa paralel olarak uzamaktadır.

Farklı TSUM2 değerleri için yaprak alanı indeksi (LAI) ve toplam toprak üstü üretim (TAGP) değerlerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde (Şekil Ek 4) TSUM2 değerindeki değişimlere karşı LAI değerlerinde herhangi bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca TSUM2 değerindeki değişimlere karşı TAGP değerlerinde TSUM2 değerinin temel değerinden düşük değerler için gelişim süresinin kısalmasından dolayı daha düşük TAGP değerleri öngörülmüştür. Bunun haricinde zamana bağlı TAGP değerinin artışında değişiklik saptanmamıştır.

4.2.1.3. AMAXTB (Maksimum Yaprak CO₂ Asimilasyon Oranı)

AMAXTB; modelde ürün gelişim seviyesinin fonksiyonu olarak maksimum yaprak CO₂ asimilasyon oranını ifade eden bir değişkendir. AMAXTB, bitki gelişim evresi (DVS)'e göre farklı değerler almaktadır. Duyarlılık çalışmasında temel olarak DVS'in 0.00-1.25 dereceleri arası 80 olarak alınmış ve modelin bu değerlerde yapılan artış ve azalışlara (60, 70, 80, 90, 100 değerleri için) verdiği tepkiler belirlenmiştir.

Şekil Ek 5'te farklı AMAXTB değerleri için canlı depolama organı kuru ağırlığı (WSO), canlı gövde kuru ağırlığı (WST) ve canlı yaprak kuru ağırlığı (WLV) değerlerinde meydana gelen değişimler gösterilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi AMAXTB değeri arttıkça gelişim sürecinde WST ve WLV değerleri düşük AMAXTB değerine kıyasla artış göstermektedir. Canlı depolama organları kuru ağırlığı (WSO) değerlerinde ise herhangi bir değişim olmadığı görülmektedir.

Şekil Ek 6'da farklı AMAXTB değerleri için yaprak alanı indeksi (LAI), toplam toprak üstü verim (TAGP) değerlerinde zaman içinde meydana gelen değişimler grafiklenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi hem maksimum yaprak alan indeksi hem de gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değeri AMAXTB değerindeki artışlara bağlı olarak doğru orantılı bir şekilde yükselmektedir. AMAXTB değeri arttıkça gelişim sürecinde TAGP değeri düşük AMAXTB değerine göre artış göstermektedir.

4.2.1.4. CVL (Asimilasyonu Yapraklara Taşıma Etkinliği)

CVL değişkeni modelde asimilasyonu yapraklara değiştirme etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Birim olarak kg kg^{-1} olarak ifade edilmektedir. Temel olarak 0.68 değeri alınmış ve 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 değerleri içinde modelin LAI, TAGP, WSO, WST, WLWV değerlerindeki tepkileri incelenmiştir.

Şekil Ek 7’de farklı CVL değerleri için canlı depolama organları kuru ağırlığı (WSO), canlı gövde kuru ağırlığı (WST) ve canlı yaprak kuru ağırlığı (WLWV) değerlerinde meydana gelen gösterilmiştir. CVL değerindeki artışlara bağlı olarak WST ve WLWV değerleri doğru orantılı olarak artmaktadır. CVL değerinde yapılan değişiklikler kuru ağırlığında (WSO) önemli değişikliğe neden olmamakla birlikte anılan değerin 0.40’a düşmesi durumunda canlı depolama organlarının kuru ağırlıklarının azaldığı saptanmıştır.

CVL değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmaktadır (Şekil Ek 8). Ayrıca şekilde de görüldüğü gibi CVL değeri arttıkça gelişim sürecinde TAGP değeri düşük CVL değerine göre artış göstermektedir.

4.2.1.5. CVO (Asimilasyonu Depo Organlarına Taşıma Etkinliği)

CVO değişkeni modelde asimilasyonu depo organlarına taşıma etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Birim olarak kg kg^{-1} olarak ifade edilmektedir. Temel olarak 0.70 değeri alınmış ve 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 0.90 değerleri içinde modelin LAI, TAGP, WSO, WST, WLWV değerlerinde gösterdiği tepkileri incelenmiştir. CVO değişkeni depo organıyla ilgili bir parametre olması nedeniyle mısırdaki tozlaşmadan sonraki (koçan oluşumundan sonra) aşamalarda etkilidir. Tozlaşmadan önceki dönemlerde herhangi bir etkisi yoktur.

Canlı gövde kuru ağırlığı (WST), canlı yaprak kuru ağırlığı (WLWV) ve canlı depolama organları kuru ağırlığı (WSO) değerlerinin farklı CVO değerlerine gösterdikleri tepkiler Şekil Ek 9’da verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi CVO değeri arttıkça tozlaşmadan sonraki gelişim sürecinde WSO değeri artmaktadır. CVO

değerinde yapılan değişikliklere karşılık WST ve WLW değerlerinde belirlenen değişim oldukça düşük gerçekleşmiştir.

Farklı CVO değerleri için yaprak alanı indeksi (LAI) ve toplam toprak üstü üretim (TAGP) değerlerinde meydana gelen değişimlerin sıranması sonucunda CVO değerinde yapılan değişikliklerin LAI değerlerinde değişime neden olmadığı belirlenmiştir (Şekil Ek 10). Bununla birlikte CVO değeri arttıkça tozlaşmadan sonraki gelişim sürecinde TAGP değeri artış göstermektedir.

4.2.1.6. CVR (Asimilasyonu Köklere Taşıma Etkinliği)

CVR değişkeni modelde asimilasyonu köklere taşıma etkinliği olarak tanımlanmakta ve kg kg^{-1} olarak ifade edilmektedir. CVR değişkeni kök organıyla ilgili bir parametre olması nedeniyle mısırdaki tüm aşamalarda etkilidir. Bu çalışmada CVR değeri 0.69 olarak alınmıştır. CVR'nin 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 değerleri için modelin LAI, TAGP, WSO, WST, WLW değerlerindeki tepkileri incelenmiştir. Şekil Ek 11'de farklı CVR değerleri için depolama organları kuru ağırlığı (WSO), canlı gövde kuru ağırlığı (WST) ve canlı yaprak kuru ağırlığı (WLW) değerlerinde meydana gelen değişimlerin gösterilmiştir. Şekilde CVR değerine göre WSO değerlerinde 0.40 lık CVR değeri haricinde değişim olmadığı görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi CVR değerindeki artışlara bağlı olarak WST ve WLW değerleri doğru orantılı olarak artmaktadır.

Şekil Ek 12'de farklı CVR değerleri için toplam toprak üstü üretim (TAGP) ve yaprak alanı indeksi (LAI) değerlerinde meydana gelen değişimler grafiklenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi CVR değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmıştır. CVR değeri arttıkça gelişim sürecinde TAGP değeri düşük CVR değerine göre artış göstermektedir. TAGP'deki artış oranı CVR'nin 0.40'tan 0.90 değerlerine yaklaşırken azalmaktadır.

4.2.1.7. CVS (Asimilasyonu Gövdeye Taşıma Etkinliği)

CVS değişkeni modelde asimilasyonu gövdeye taşıma etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Birim olarak kg kg^{-1} olarak ifade edilmektedir. Temel olarak 0.66 değeri alınmış ve 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 değerleri içinde modelin LAI, TAGP, WSO, WST, WLV değerlerindeki tepkileri incelenmiştir.

Şekil Ek 13'te farklı CVS değerleri için depolama organı kuru ağırlığı (WSO) canlı gövde kuru ağırlığı (WST) ve canlı yaprak kuru ağırlığı (WLV) değerlerinde meydana gelen zamansal değişimler gösterilmiştir. Önemli olmamakla birlikte CVS değerinde yapılan değişiklikler WSO değerinde azalmaya neden olmaktadır. Buna karşın CVS değerindeki artışlara bağlı olarak WST ve WLV değerleri doğru orantılı olarak artmaktadır.

CVS değerlerindeki değişimin toplam toprak üstü verim (TAGP) ve yaprak alanı indeksi (LAI) değerlerinde meydana getirdiği değişimler Şekil Ek 14'te gösterilmiştir. CVS değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değerleri doğru orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca CVS değeri arttıkça gelişim sürecinde TAGP değeri düşük CVS değerine göre artış göstermektedir. TAGP deki artış oranı CVS'in 0.40 tan 0.90 değerlerine yaklaştığında azalmaktadır.

4.2.1.8. RGRLAI (Yaprak Alanı İndeksinde Maksimum Artış)

RGRLAI değişkeni modelde yaprak alanı indeksinde maksimum artış olarak tanımlanmaktadır. Birim olarak kg kg^{-1} olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada temel olarak 0.035 değeri alınmış ve 0.010, 0.020, 0.030, 0.040, 0.50 değerleri için modelin LAI, TAGP, WSO, WST, WLV değerlerindeki değişimleri incelenmiştir. RGRLAI değişkeni yaprak organıyla ilgili bir parametre olması nedeniyle mısırdaki tüm gelişim aşamalarında etkilidir.

Şekil Ek 15 ve Ek 16'da farklı RGRLAI değerleri için WSO, WST, WLV, LAI, TAGP değerlerinde meydana gelen zamansal değişimler verilmiştir. RGRLAI değerinde yapılan değişikliklerin LAI, TAGP, WSO, WST, WLV üzerine etkilerinin

olmadığı ve sonuç olarak RGRLAI parametresinin modelin duyarlı parametrelerinden biri olmadığı belirlenmiştir.

4.2.1.9. SLATB (Gelişim Seviyesinin Bir Fonksiyonu Olarak Özgül Yaprak Alanı)

SLATB değişkeni modelde gelişim seviyesinin bir fonksiyonu olarak özgül yaprak alanı olarak tanımlanmaktadır. Birim olarak $ha\ kg^{-1}$ olarak ifade edilmektedir. Bu değişken bitki gelişiminin farklı seviyeleri için değişmektedir ve burada duyarlılık analizleri vejetatif gelişme döneminin başlangıcı için yapılmıştır. Bu değişkene karşı modelle kestirilen LAI, TAGP, WSO, WST, WLW değerleri incelenmiştir. SLATB değişkeni yaprak ile ilgili bir parametre olması nedeniyle mısırdaki yaprak gelişiminin etkilendiği tüm aşamalarda etkilidir.

Şekil Ek 17’de farklı SLATB değerleri için depo organı kuru ağırlığı (WSO), canlı gövde organı kuru ağırlığı (WST) ve canlı yaprak organı kuru ağırlığı (WLW) değerlerinde meydana gelen zamansal değişimler grafiklenmiştir. Şekilde SLATB değerine göre depo organları kuru ağırlığı değerlerinde 0.0015’lik SLATB değeri haricinde değişim olmadığı görülmektedir. SLATB değeri arttıkça gelişim sürecinde WST ve WLW değerleri düşük SLATB değerine göre artış göstermektedirler. WST ve WLW deki artış oranı SLATB’nin 0.0015 tan 0.0040 değerlerine yaklaşırken azalmaktadır.

Şekil Ek 18’de de görüldüğü gibi SLATB değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve ilgili gelişim süreci ($DVS= 0-0.78$, ~170. gün) boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmaktadır. Eğer bu değer yeterince büyük olursa belirlenen gelişim süreci içerisinde maksimum yaprak alanına ulaşmakta ve daha sonra yaşlanma öngörülmektedir. Eğer düşük değer de kalırsa yaprak gelişimi tam olarak sağlanamadığından yaşlanma etkisi belirgin olmamaktadır. SLATB değerindeki artışa bağlı olarak TAGP değeri doğru orantılı olarak artmaktadır. SLATB’nin düşük değerleri için modelin kestirdiği artışların da büyük farklılıklar göstermesinin nedeni yetersiz yaprak gelişimi nedeniyle gövde ve

depo organlarının yeterince gelişmemesi ve bu organların toplam ağırlık içinde ağırlıklarının yüksek oluşudur.

4.2.1.10. SPAN (35 °C’de Yaşam Süresi)

SPAN değişkeni modelde 35 °C de yaşam süresi olarak tanımlanmaktadır ve birimi gündür. Temel olarak 68 değeri alınmış ve 40, 50, 60, 70, 80, 90 değerleri içinde modelin LAI, TAGP, WSO, WST, WLV değerlerindeki tepkileri incelenmiştir. SPAN değişkeni sıcaklığa dayanıklılıkla ilgili bir parametre olması nedeniyle mısır bitkisinde belirli bir aşamadan sonra etkisini gösteren bir değişkendir.

Şekil Ek 19’da farklı SPAN değerleri için canlı depo organı kuru ağırlığı (WSO), canlı gövde organı kuru ağırlığı (WST) ve canlı yaprak organı kuru ağırlığı (WLV) değerlerinde meydana gelen değişimler verilmiştir. Şekilde SPAN değerine göre WSO değerlerinde 60’lık SPAN değerinden sonra değişim olmadığı görülmektedir. WST değeri içinse, SPAN’ın 40-80 değerleri arasında WST değerine bir etkisinin olmadığı görülmektedir. SPAN değerindeki artışlara bağlı olarak LAI değerlerinde olduğu gibi belirlenen SPAN değerine ulaşılan kadar geçen gelişim süreci boyunca canlı yaprak kuru ağırlığı değerleri değişmemektedir. SPAN değerine ulaşıncı mısır yaprakları ölmekte ve hızla azalan bir eğim göstermektedir.

Şekil Ek 20’de farklı SPAN değerleri için yaprak alanı indeksi (LAI) ve toplam toprak üstü üretim (TAGP) değerlerinde meydana gelen zamansal değişimler gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi SPAN değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve SPAN değerine ulaşılan kadar geçen gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değerleri değişmemektedir. SPAN değerine ulaşıncı mısır yaprakları canlılıklarını yitirmekte ve hızla azalan bir eğim göstermektedir. Yine aynı şekilde SPAN değerine göre TAGP değerinde 60’lık SPAN değerinden sonra değişim olmadığı görülmektedir.

4.2.1.11. TDWI (Başlangıç Kuru Ağırlığı)

WOFOST modelinde TDWI başlangıç ürün kuru ağırlığını ifade eden bir değişkendir. Birimi kg ha^{-1} olarak ifade edilmektedir. Duyarlılık çalışmasında temel olarak 22 değeri alınmış ve bu değerden artış ve azalışlara (10, 20, 30, 40, 50 değerleri için) bazı parametrelerin verdiği tepkiler belirlenmiştir.

Farklı TDWI değerleri için canlı depo organı kuru ağırlığı (WSO), canlı gövde kuru ağırlığı (WST) ve canlı yaprak kuru ağırlığı (WLV) değerlerinde meydana gelen değişimler Ek 21’de verilen şekilde gösterilmiştir. TDWI değerine göre WST ve WLV değerlerinde 10’luk TDWI değerinde diğer değerlere nazaran çok daha düşük değerler öngörüldüğü, diğer TDWI değerlerinde ise orantılı bir şekilde artış olduğu gözlenmiştir. TDWI değerine göre WSO değerlerinde 10’luk TDWI değerinden sonra önemli bir değişim olmadığı görülmektedir.

TDWI değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmaktadır (Şekil Ek’22). Şekilde TDWI değerine göre TAGP değerlerinde 10’luk TDWI değerinden sonra önemli bir değişim olmadığı görülmektedir.

Yukarıda ayrı ayrı açıklanan testlerin sonuçlarını özetlemek için Çizelge 4.4’te duyarlılık testleri için seçilen model bitki girdi değişkenlerinin (Çizelge 4.4’de 1. sütun) bitki elemanlarına (Çizelge 4.4’de 1. satır) yaptıkları etkiler verilmiştir.

Çizelge 4.4. Duyarlılık testleri genel sonuçları

	<i>WLV</i> <i>kg/ha</i>	<i>WST</i> <i>kg/ha</i>	<i>WSO</i> <i>kg/ha</i>	<i>TAGP</i> <i>kg/ha</i>	<i>LAI</i> <i>m²/m²</i>
TSUM1	+	-, +	-	>O<	+
TSUM2	+	+	-, >O<	N, >O<	N
SPAN	N, +	N	N, +(<60)	N, +(<60)	N, +
TDWI	+(>40)	+(>40)	N	N(10)	+
RGRLAI	N(0.010)	N(0.010)	N(0.010)	N(0.010)	N(0.010)
CVL	+	+	N(0.40)	+	+
CVO	N(+)	N(+)	+	+	+
CVR	+	+	N(0.40)	+	+
CVS	+	+	N(>O<)	+	+
AMAXTB	+	+	N	+	+
SLATB	+, >0.0030<	+	N(0.0015)	+	+

1) " x_1, x_2 " = ", " ile gelişim sürecinin ilk evresinde x_1 etkisi, ikinci evresinde x_2 etkisi göstermekte, 2) "+" = model bitki girdi değişkeninin değeri artırıldıkça bitki elemanı değeri artmakta, 3) "-" = model bitki girdi değişkeninin değeri artırıldıkça bitki elemanı değeri azalmakta, 4) "N" = model bitki girdi değişkeninin değeri artırıldıkça bitki elemanı değeri değişmemekte veya değişim miktarı çok küçük olmakta, 5) "N(+)" = model bitki girdi değişkeninin değeri artırıldıkça bitki elemanı değeri değişim miktarı çok küçük olmakta ve bu değişim model bitki girdi değişkeninin değeri artırıldıkça bitki elemanı değeri artmakta şeklinde, 6) " $x(y)$ " = y değeri dışında gelişim evresi süresinde x etkisi göstermekte, 7) ">y<" = model bitki girdi değişkeninin değeri y değerine kadar artırıldıkça bitki elemanı değeri artmakta, y değerinden sonra azalmakta, "O" = Optimum değer

4.2.2. Bitki Büyüme Modelinin (WOFOST) Ayarlaması ve Doğrulaması

Bitki büyüme modeli WOFOST'un yöreye uygunluğunun belirlenmesi, ayarlaması ve doğrulaması bölgede daha önceki yıllarda yapılmış ayrıntılı arazi çalışmalarından elde edilen veriler ışığında yapılmıştır. 1. Ürün mısır için 1993 ve 1994 yıllarında Adana da Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanında TTM-815 mısır çeşidi ile yürütülen çalışmanın verileri esas alınmıştır (Gençoğlu, 1996). 2. Ürün mısır için 2004 ve 2005 yıllarında yine Adana da Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanında yürütülen Tietar mısır çeşidi ile yürütülen çalışma (Kaman, 2007 ve Sarımehtetoğlu, 2008) ile 1991 ve 1992 yıllarında Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü merkez araştırma arazilerinde Pioneer 3377 hibrit mısır çeşidi ile yürütülen arazi denemesi (Köksal, 1995) verileri esas alınmıştır. İkişer yıllık denemelerde ilk yıllara ilişkin veriler ayarlama, ikinci yıllara ilişkin veriler ise doğrulama amaçlı

kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmalardaki CERES-Maize bitki büyüme modeli sonuçları karşılaştırma amacıyla değerlendirmelere dahil edilmiştir (Çizelge 4.5). Gözlem ve model benzeşim sonuçları karşılaştırılırken maksimum yaprak alanı indeksi (LAI), mısır dane verimi (WSO), toplam kuru madde miktarı (TAGP), fizyolojik olgunluk tarihi (YGS) değerleri göz önüne alınmıştır.

Araştırma alanlarına ilişkin toprak özellikleri ve mısır bitkisinin çeşitlerine bağlı olarak değişen genotip özellikleri gibi yöre ve bitkiye uygun parametrelerin seçilmesinden sonra yapılan ayarlama çalışmasından (1993 yılı) sonra WOFOST modeli ile maksimum yaprak alanı indeksini gözlenenenden % 13 daha düşük kestirim yapmıştır. Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere dane ve kuru madde miktarları ise model tarafından sırasıyla % 3 ve % 17 oranlarında daha düşük kestirim yapılmıştır. Gençdoğan (1996) tarafından yürütülen doktora çalışmasında CERES-Maize bitki büyüme modeli kullanılarak aynı gözlemler yani maksimum LAI, dane verimi ve kuru madde miktarı sırasıyla -% 9, +%15 ve -% 10 oranında sapmalarla kestirilmiştir. Ayarlama yapılan WOFOST bitki büyüme modelinin aynı lokasyonda ve aynı çeşitle yürütülen 1994 yılı deneme gözlem verileri kullanılarak yapılan doğrulama sonucunda ise maksimum yaprak alanı indeksi değerlerinin bu kez % 10 oranında daha yüksek kestirim yapıldığı belirlenmiştir. Aynı parametre CERES modeli ile gözlenene kıyasla % 7 daha düşük kestirim yapılmıştır (Gençdoğan, 1996). Kestirilen dane verimi ve kuru madde miktarı WOFOST modeli ile sırasıyla % 6 ve % 14 daha düşük benzeşim yapılmıştır. Dane verimlerinde -% 6 (CERES % 12), kuru madde miktarı değerlerinde -% 14 (CERES -% 17) lik sapmayla temsil etmiştir. WOFOST modelinin ayarlama amaçlı çalıştırmalarında fizyolojik olgunluk süresi gözlemlerden elde edilen sıcaklık isteğine bağlı olarak ayarlandığı için gözlemlerle aynı değerlerde alınmıştır.

Çizelge 4.5. Gözlem ve model benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması

Tarsus 2. ürün mısır	91			92		
	Gözlem	WOFOST	CERES	Gözlem	WOFOST	CERES
Maks. yaprak alan indeksi	4,84	5,34	4,63	5,70	5,2	5,21
Dane verim kg ha-1	8081	8828	8516	7750	7696	8641
Kuru madde miktarı kg ha-1	15325	17699	14,881	15776	15993	16025
Fizyolojik olgunluk tarihi	286	286	284	284	284	280
Adana 1. ürün mısır	93			94		
	Gözlem	WOFOST	CERES	Gözlem	WOFOST	CERES
Maks. yaprak alan indeksi	5,03	4,38	4,60	5,35	5,88	5,00
Dane verim kg ha-1	12440	12029	14255	12530	11744	14028
Kuru madde miktarı kg ha-1	26350	21934	23712	29000	24865	23941
Fizyolojik olgunluk tarihi	239	239	-	234	234	-
Adana 2. ürün mısır	2004			2005		
	Gözlem	WOFOST	-	Gözlem	WOFOST	-
Maks. yaprak alan indeksi	5,60	5,58	-	3,50	4,52	-
Dane verim kg ha-1	9120	8871	-	11080	10342	-
Kuru madde miktarı kg ha-1	20140	21407	-	23780	21619	-
Fizyolojik olgunluk tarihi	304	304	-	314	314	-

WOFOST modelinin yine aynı lokasyonda (Adana) ancak 2. ürün mısır bitkisinin maksimum yaprak alanı indeksini gözlenen değerle aynı kestirdiği ve kuru madde miktarı ile verim değerlerinin de model tarafından başarıyla kestirim yapıldığı belirlenmiştir (dane verimi gözlenenden sadece % 3 daha düşük, kuru madde miktarı ise gözlenen değerlerden % 6 daha yüksek). Doğrulama çalışması sonucunda ise maksimum yaprak alanı indeksi dışında gözlenen ve kestirilen diğer iki verim bileşeninin uyumlu oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Yine Çizelge 4.5'te belirtildiği gibi WOFOST modeli Tarsus 2. üründe ayarlama denemesinde (1991) maksimum yaprak alanı indeksini % 10, dane verimini % 9 ve kuru madde miktarını ise % 15 daha yüksek öngörmüştür. Ancak model doğrulamasının yapıldığı 2. yılda ise gözlem değerleri ile benzeşim değerleri arasındaki fark önemli derecede azalmış ve model başarılı bir performans ile bitki gelişimi ve verimini kestirim yapmıştır. Aynı yıllarda ve aynı lokasyonda farklı genotip ve farklı bitki büyüme modeli (CERES) ile yapılan çalışmadan elde edilen model kestirimleri yukarıda belirtilen değerlerden daha yüksek olmuştur.

Ayarlama ve duyarlılık testlerinin sonucunda WOFOST bitki büyüme modelinde mısır bitki dosyası ayarlama yapılarak Adana 1. ürün mısır için (TTM-

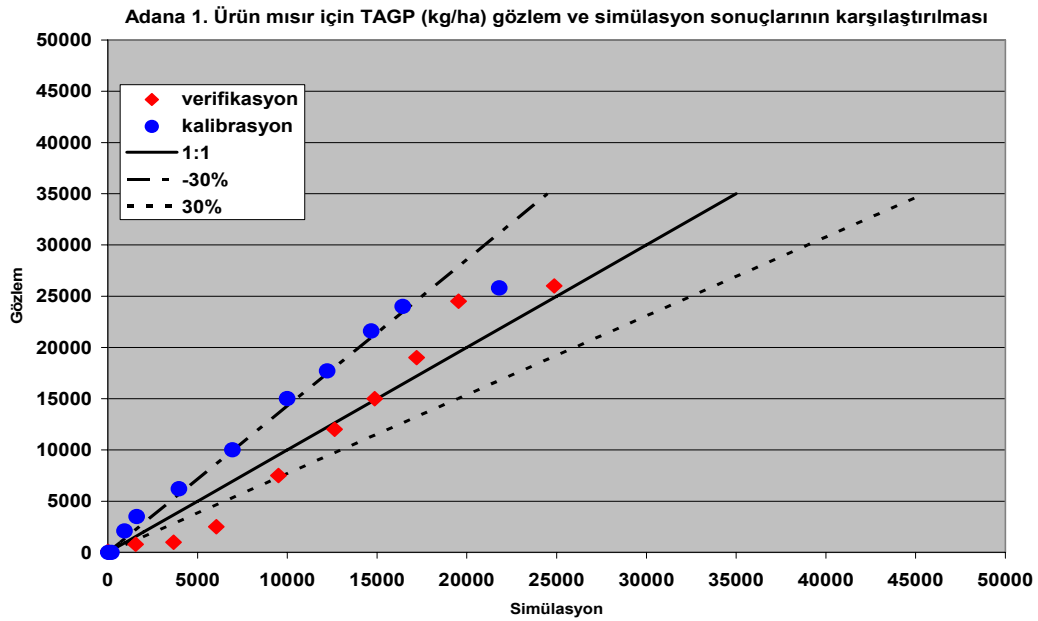
815 mısır çeşidi) “Grain maize 993, Adana, Turkey”, Adana 2. ürün mısır için (Tietar mısır çeşidi) “Grain maize 005, Adana, Turkey”, Tarsus 2. ürün mısır için (Pioneer 3377 hibrit mısır çeşidi) “Grain maize 991, Tarsus, Turkey” dosyaları oluşturulmuştur (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Model parametrelerinin ayarlama yapılan değerleri (Adana 1. ürün, Adana 2. ürün, Tarsus 2. ürün mısır için)

Değişkenler	Mısır	Adana I	Adana II	Tarsus II
TSUM1	935	1055	1201	789
TSUM2	920	1225	1547	1114
TDWI	50	22	22	22
RGR LAI	0.0294	0.035	0.035	0.035
SLATB (00)	0.0026	0.0025	0.0025	0.0024
SPAN	33	63	63	63
AMAXTB (00)	70.0	80.0	85.0	80.0
TMPFTB (36)	0.95	0.97	0.97	0.97
(42)	0.56	0.70	0.70	0.70
CVL	0.680	0.680	0.740	0.700
CVO	0.671	0.700	0.800	0.650
CVR	0.690	0.690	0.740	0.660
CVS	0.658	0.660	0.760	0.620
FRTB (0.00)	0.40	0.40	0.35	0.35
(0.50)	0.23	0.23	0.20	0.20
FLTB (0.00)	0.62	0.62	0.62	0.62
(0.33)	0.62	0.62	0.40	0.40
(0.88)	0.15	0.15	0.10	0.10
FSTB (0.00)	0.38	0.38	0.38	0.38
(0.33)	0.38	0.38	0.60	0.60
(0.88)	0.85	0.85	0.90	0.90
FOTB (0.95)	0.00	0.00	0.00	0.00
(1.10)	0.50	0.50	0.10	0.10
(1.20)	1.00	1.00	0.60	0.64

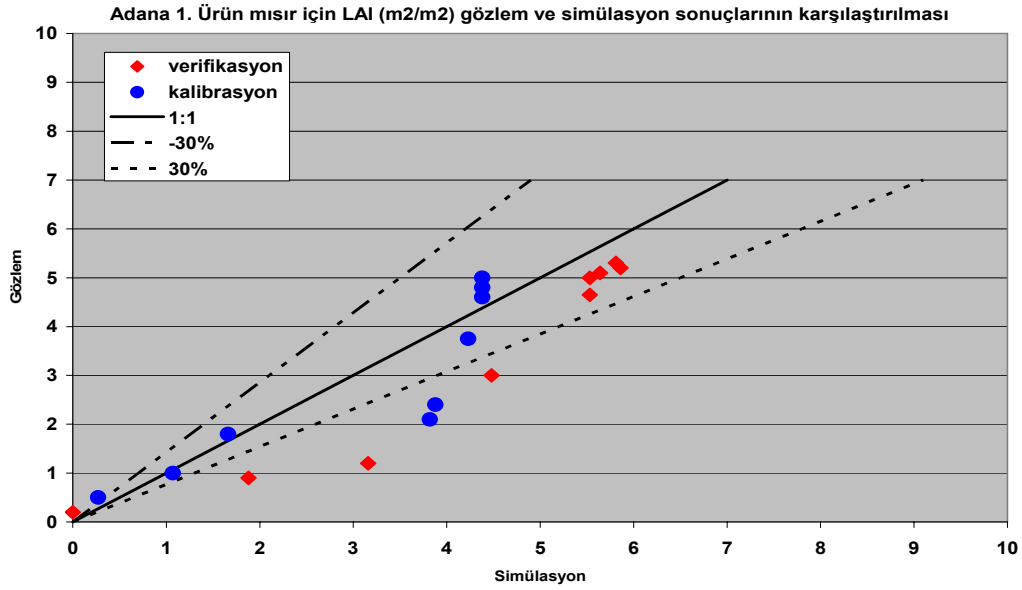
Şekil 4.41’de Adana 1. ürün mısır toplam kuru madde miktarı (TAGP) için 1993 (ayarlama) ve 1994 (doğrulama) yıllarına ait gözlem ve WOFOST benzeşim sonuçlarının uyumu ve 1/1 doğrusundan sapmaları gösterilmiştir. Model kestirimlerinin gözlemlerden en çok $\pm$ % 30 oranında sapma göstermesinin kabul edilebilir olduğu düşünülerek model ve gözlem değerleri arasındaki doğrusal ilişki bu alt ve üst sınırlar içinde değerlendirilmiştir. Diğer bir ifade ile 1/1 hattı gözlem değeri ile benzeşim değerinin aynı olduğunu, -% 30 hattı benzeşim değerinin gözlemden % 30 daha az olduğunu, % 30 hattı ise benzeşim değerinin gözlem

değerinden % 30 daha yüksek olduğunu ifade etmektedir. Şekil 4.40'da görüldüğü gibi 1993 yılı için yapılan ayarlama sonucunda model kestirimleri % 30 sınırları dahilinde kalmıştır. Doğrulamanın yapıldığı ikinci yılda ise model ile gözlenen değerlere çok daha yakın kestirimler gerçekleştirilmiştir. İkinci ürün mısır için kuru madde miktarına ilişkin gözlem ve benzeşim sonuçları Şekil Ek 23'te verilmiştir.

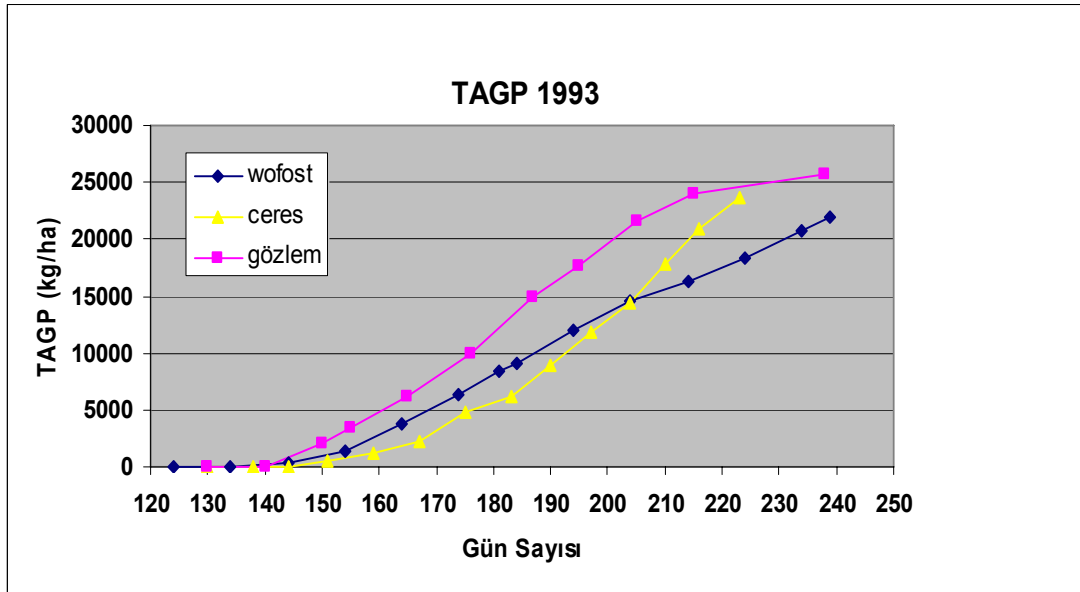


Şekil 4.41. Adana 1. Ürün mısır için TAGP (kg ha^{-1}) gözlem ve benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 4.42'de Adana 1. ürün mısır için yaprak alanı indeksi (LAI) için 1993 (ayarlama) ve 1994 (doğrulama) yıllarına ait gözlem ve WOFOST benzeşim sonuçlarının karşılıklı grafiklenmesi ile 1/1 hattı ve $\pm\% 30$ hatları gösterilmektedir. Model yaprak alanlarını gözlemlere çok yakın değerlerde kestirim yapmıştır. Özellikle maksimum yaprak alanı değerlerine ulaşıldığı olgunlaşma dönemi ve sonrasındaki dönem dikkate alındığında modelin doğrulama yılında da aynı başarıyı gösterdiği saptanmıştır. İkinci ürün mısır (Adana ve Tarsus) için LAI değerleri gözlem ve benzeşim sonuçları Şekil Ek'24 ve Şekil Ek 25'te verilmiştir.



Şekil 4.42. Adana 1. Ürün mısır için LAI (m²/m²) gözlem ve benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması.

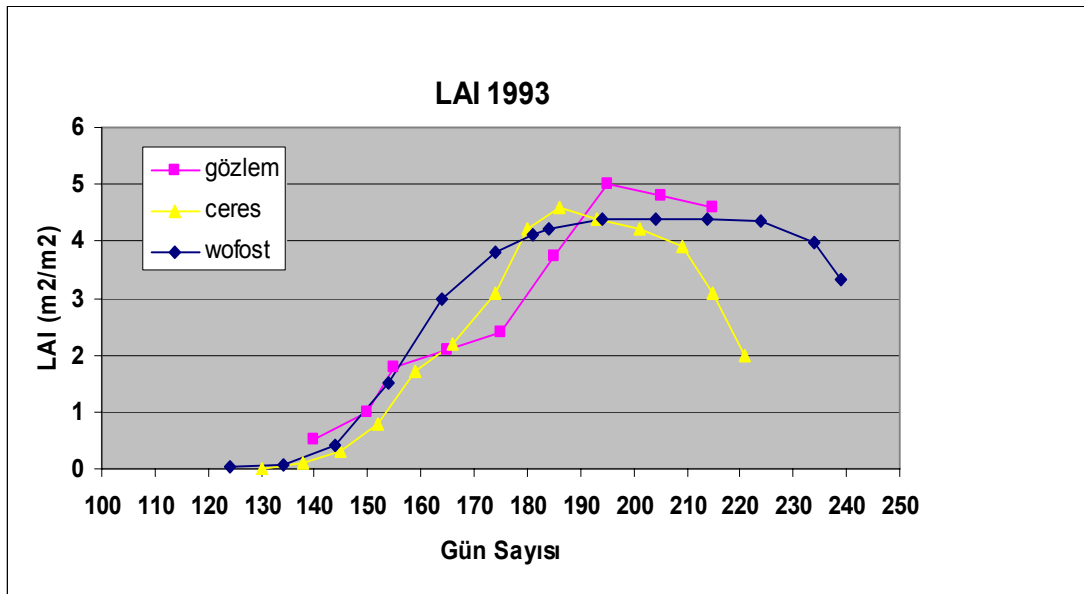


Şekil 4.43. 1993 yılı Adana 1. ürün mısır için TAGP-Gün sayısı

Şekil 4.43’de Adana 1. ürün mısır bitkisinin 1993 yılı ekimden hasat zamanına kadar gelişim sürecinde gözlem ve modellerin benzeşim sonuçlarına göre toplam kuru madde ağırlığının değişimi verilmiştir. 1994, 2004, 2005 yıllarına ait TAGP-Gün sayısı grafikleri Şekil Ek 26-28’de verilmiştir. WOFOST modelinin TAGP değerlerinde daha doğrusal bir gelişim gösterdiği bu nedenle gözlem

sonuçlarının da doğrusal artış gösterdiği evrelerde gözlemlere daha yakın değerler verdiği, gözlemlerin ani yükseliş gösterdiği evrede (205-235. günler arasında) ise sapma payının arttığı belirlenmiştir.

Şekil 4.44'te Adana 1. ürün mısırın 1993 yılı ekimden sonra hasat zamanına kadar gelişim sürecinde gözlem ve modellerin benzeşim sonuçlarına göre yaprak alan indeks (LAI) değerlerindeki değişimi verilmiştir. 1994, 2004, 2005, 1991, 1992 yıllarına ait LAI-Gün sayısı grafikleri Şekil Ek 29-33'te verilmiştir. WOFOST modelinin 160-220. günler arasında LAI değerlerini daha yüksek kestirim yaptığı belirlenmiştir. Bu durum gözlemlerde alınan bitki örneklerinin sayısının azlığı ve seçilen örneklerin arazinin tümünü temsilde zayıf kalması ile de açıklanabilir. Bununla birlikte genel gelişim model tarafından gözlenen değerlere yakın kestirim yapılmıştır.



Şekil 4.44. 1993 yılı Adana 1. ürün mısır için LAI-Gün sayısı grafiği

WOFOST modelinin ayarlama ve doğrulama çalışmalarında kullanılan yaprak alanı indis (LAI) ve toplam kuru ağırlık (TAGP) değerleri gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 14'te verilmiştir. Buna göre gözlem ve model değerlerinin varyansları %5 anlam düzeyinde 2005 yılı LAI değerleri haricinde tüm denemelerde eşittir ve ortalamalar arasındaki fark 1991 LAI, 1994 LAI ve 1993 TAGP verilerinde %1 anlam düzeyinde önemlidir. Alan

denemelerinden elde edilen (gözlenen) ve WOFOST model sonucu (hesaplanmış) diziler arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre ise 2004 ve 2005 LAI haricinde tüm gözlem ve model verileri arasında yüksek derecede (%1) anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. 2005 LAI gözlem ve model verileri arasında %5 anlam derecesinde anlamlı bir ilişki belirlenirken 2004 LAI verileri arasında ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Genel olarak gözlem verilerinin değişim katsayılarının model verilerinin değişim katsayılarından yüksek olduğu görülmüştür.

Genel olarak model ayarlama ve modelin kestirim yeteneği değerlendirildiğinde WOFOST bitki büyüme modelinin 1. ürün mısır bitkisinde dane verimini gözlemlere kıyasla oransal olarak % 3-6, miktar olarak 411-786 kg ha⁻¹ negatif sapmayla kestirdiği belirlenmiştir. Grand ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada model sonuçlarıyla gözlem sonuçları arasında verimde % 20 fark olduğunu belirtirken, benzer bir çalışmada Stockle ve ark. (1991) anılan oranı % 1-7 olarak belirtmişlerdir. Hansen ve İndeje (2004) uzun dönem model kestirimlerinde model benzeşim sonuçlarının gözlemlerden farkının mısır verimi için % 28-33 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Amissah (2005) yaptığı çalışmada bu farkı 80 ila 2400 kg ha⁻¹ olarak açıklarken, Wolf ve van Diepen (1995) mısır verimi kestiriminde kestirilen ve gözlenen arasındaki farkın Hollanda da 3100 ila -2200 kg ha⁻¹, Fransa da ± 600 ha⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Köksal (1995) ve Gençdoğan (1996) da model kestirimleriyle gözlemler arasında fark olduğunu bildirmişlerdir. Dobermann ve ark. (2000) WOFOST ve ORZA1 modelleriyle pirinç için yaptıkları kestirimlerde verimde kestirimlerinin gözlemlerden farkını -0.93 ile 1.62 t ha⁻¹ olarak bulmuşlardır.

Sulu tarımda su miktarı kadar sulama tarihlerinin de belirlenmesi kısıntılı koşullarda uzmanlık gerektiren bir durumdur. Çalışmada modelin sulama yönetimi için su kısıntısına verdiği tepkilerin belirlenmesi ve gelecekte su kısıntılı üretim koşullarında optimum su yönetimi sağlamak için sulama tarihlerinin belirlenmesi amacıyla WOFOST bitki büyüme modeliyle farklı kısıntılı sulama programlarının verim ve bitki gelişimine etkileri araştırılmıştır.

Kısıntılı sulama programlarının etkilerinin araştırıldığı benzeşim denemelerinde Adana için öngörülen 2075 yılı iklim verileri temel alınmıştır. Sulama suyu miktarı olarak 2005 arazi denemelerinde tam sulama koşullarında uygulanan su

miktarının yaklaşık % 35 azaltılmasıyla belirlenen 330 mm (Sarımehmetoğlu, 2007) uygulanmıştır. Denemelerde toplam sulama suyu miktarı sabit tutularak sulama tarihleri, sulama sıklığı ve buna bağlı olarak farklı sulama miktarı uygulayarak modelin uygulamalara tepkisi ve sonucunda en iyi kısıntılı koşullar için su yönetimi belirlenmeye çalışılmıştır. Denemeler 3 farklı konu olarak düzenlenmiştir. 1. denemede bitki büyüme modelinde sabit sulama aralığında sulama sayısının değiştirilmesinin etkisi araştırılmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 de belirtilen sonuçlara göre model aynı su miktarının daha az miktarda ama daha fazla sayıda verilmesi durumunda verimde artış olacağını öngörmektedir. En yüksek sulama sayısı ile en düşük sulama sayısı arasında en düşük sayıya göre % 35 verim artışı olması beklenmektedir. Sık sulamalar verimde artışa neden olmaktadır.

Çizelge 4.7. Değişik sulama sayısı benzeşim sonuçları

Sulama Konuları									
1A12S4		1A12S5		1A12S6		1A12S7		1A12S8	
gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar
174	30	174	30	174	25	174	20	174	20
179	40	179	40	179	40	179	42	179	40
196	65	196	50	196	45	196	40	196	40
208	65	208	50	208	45	208	38	208	35
220	65	220	50	220	45	220	38	220	35
232	65	232	50	232	45	232	38	232	35
		244	50	244	45	244	38	244	35
				256	45	256	38	256	35
						268	38	268	35
								280	20
2632		2816		3151		3517		3566	
Verim (kg ha ⁻¹)									

2. benzeşim denemesi ise sulama aralıkları ve her sulamada uygulanan sulama miktarları aynı ancak ilk suyun uygulanma tarihi değişecek şekilde uygulanmıştır. Bu şekilde önemli kritik dönemlerden olan vejetatif dönemde en uygun ilk sulama zamanının (sulamalar sırası ile ekimden sonra 26., 35., 38., 48. ve 53. günlerde uygulanmıştır) belirlenmesi amaçlanmıştır. Çizelge 4.8’de listelenen sonuçlardan da görüldüğü gibi kısıntılı sulama koşullarında ilk sulama tarihinin geciktirilmesi verimde artışı beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte ilk

sulamanın ekimden 44 günden daha geç uygulanmasının verimde düşmeye neden olduğu da belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Değişik ilk sulama tarihine ilişkin benzeşim sonuçları

Sulama Konuları									
2A12S7E26		2A12S7E35		2A12S7E38		2A12S7E48		2A12S7E53	
gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar
174	20	174	20	174	20	174	20	174	20
180	42	180	42	180	42	180	42	180	42
199	40	208	40	211	40	218	40	223	40
211	38	220	38	223	38	230	38	235	38
223	38	232	38	235	38	242	38	247	38
235	38	244	38	247	38	254	38	259	38
247	38	256	38	259	38	266	38	271	38
259	38	268	38	271	38	278	38	283	38
271	38	280	38	283	38	290	38	295	38
3960		4881		5283		5442		5333	
Verim (kg ha ⁻¹)									

Çizelge 4.9. Değişik sulama aralığı, sulama sayısı ve bir sulamada uygulanan sulama suyu miktarlarına ilişkin deneme sonuçları

Sulama Konuları									
3A12S4E28		3A10S4E40		3A7S4E49		3A10S5E35		3A7S6E35	
gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar	gün	miktar
174	30	174	30	174	30	174	30	174	30
180	40	180	40	180	40	180	40	180	40
201	65	213	65	222	65	208	50	208	43
213	65	223	65	229	65	218	50	215	43
225	65	233	65	236	65	228	50	222	43
237	65	243	65	243	65	238	55	229	43
						243	55	236	43
								243	45
3705		6149		7090		5188		4866	
Verim (kg ha ⁻¹)									

3. deneme konusu Çukurova Yöresinde sulu tarım alanlarında günümüzde uygulanan gerçek koşullar da dikkate alınarak ve daha önce yapılan araştırmalardan elde edilen bilgiler ışığında şekillendirilmiştir. Bunlara göre son sulama tarihi 31 Ağustos olarak belirlenmiş ve bu koşul altında sulama aralığının (12, 10, 7) ve sulama sayısının (4, 5, 6) verime etkisi araştırılmıştır. Çizelge 4.8’de de görüldüğü gibi model en düşük verimi sulamanın erken bittiği koşulda vermektedir (3A12S4E28). Aynı sulama sayısı uygulandığında ve son sulama tarihi olarak 31

Ağustos'un belirlendiği koşullarda düşük sulama aralığında (7) daha yüksek verim alınacağı öngörülmektedir (3A7S4E49). Bu değer hemen hemen 2075 yılı için WOFOST modelinin “potansiyel koşullar” altında kestirim yaptığı verim değerine (7850 kg ha^{-1}) ulaşmaktadır. Sulamanın başlangıç ve bitiş tarihleri sınırlandırılıp sulama sıklığı ve buna bağlı olarak her sulamada uygulanan sulama suyu miktarı değiştirildiğinde model düşük sulama sayısı (5) ve özellikle son dönemde yüksek sulama suyu miktarında daha yüksek verim kestirimi yapmaktadır (3A10S5E35).

Sonuç olarak sabit toplam sulama suyunun (330 mm) ekim tarihi 22 Haziran da olan 2. ürün mısır ve sulama için son sulamanın 31 Ağustosta verilmesi gerektiği koşullarda en uygun sulama programının 3A10S5E35 denemesindeki gibi yani sulama aralığının 10 gün, sulama sayısının 5 ve ilk sulamanın ekimden 35 gün sonra yapılmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

4.2.3. Bitki Büyüme Modeli Benzeşim (WOFOST) Sonuçları

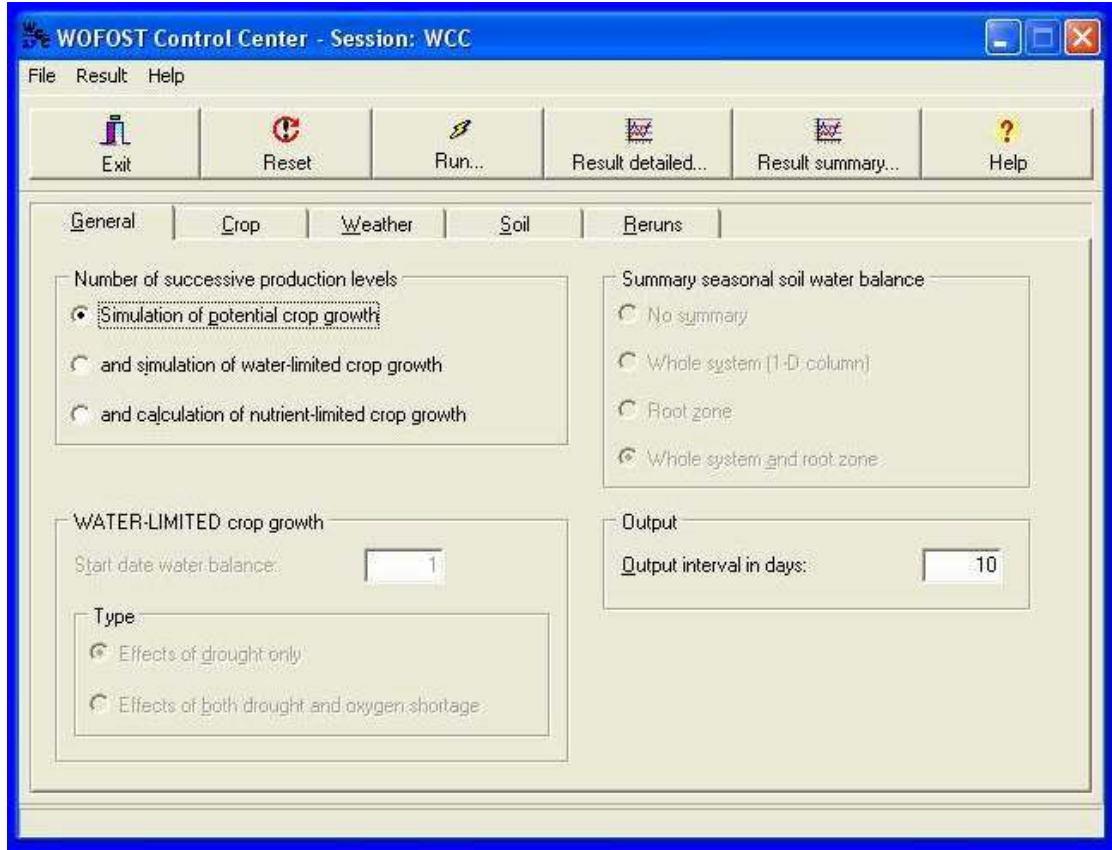
Bitki büyüme modeli (WOFOST) benzeşimleri 2 senaryo çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryo, 1. ve 2. ürün mısırdaki günümüzde (1961-1990) ve gelecekte (2071-2100) Çukurova çiftçisinin maksimum ürün için iyi tohumluk kullanacağı, sulama, gübreleme ve tarımsal savaşımı optimum şekilde uygulayacağını varsayarak maksimum üretimi hedefleyen modelde potansiyel üretim (Potential Growth) olarak belirlenen durumdur. Bu senaryoda gelecekte sadece iklim koşullarının değişeceği ancak çiftçinin potansiyel koşullarda üretim yapmaya devam edeceği öngörülmüştür. İkinci senaryoda ise gelecekte iklimin değişmesiyle birlikte su kaynaklarının da azalacağı ve bu nedenle çiftçilerin mısır (1. ve 2. ürün olarak) üretimine devam etmekle birlikte su kısıntısı uygulamak zorunda kalacağı öngörülmüştür. Bu durumu yansıtmak için model kısıntılı (water limited) koşullarda çalıştırılmıştır.

Benzeşimlerde model geçmiş ve gelecek için günlük değerler içeren iklim dosyalarıyla yıllık olarak çalıştırılmıştır. Daha sonra yıllık sonuçların 30'ar yıllık ortalamaları hesaplanmıştır. 30'ar yıllık ortalamalar birbirleriyle kıyaslanarak

sonuçlar değerlendirilmiştir. Senaryolara göre benzeşim ayrıntıları aşağıda verilmiştir;

4.2.3.1. 1. Ürün mısır Senaryo 1 (Potansiyel A2-Potansiyel RF)

Bu senaryoda Çukurova Yöresi'nde 1. ürün mısır yetiştiriciliğinde genel olarak uygulanan kıstaslar temel alınarak model; genel özelliklerde potansiyel bitki gelişimi benzeşimi ve 10 günlük çıktı aralıklarıyla çalıştırılmıştır (Şekil 4.45). Modelin ürün (Crop) kısmında mısır bitki dosyasının ayarlama ve doğrulama kısmında ayrıntılı olarak açıklanan işlemler sonucunda ayarlaması gerçekleştirilerek oluşturulan “Grain maize 994, Adana, Turkey” dosyası seçilmiştir. Yine “Crop” bölümünün “Start Day” kısmında belirli ekim tarihi (Fixed sowing date), “End Day” kısmında olgunluk (Maturity), maksimum süre (Maximum duration) olarak ta 160 gün seçilmiştir (Şekil Ek 34). Modelin “Weather” bölümünde iklim formatı (Weather format) “COBE format weather”, uygun istasyonlar (Available stations) kısmında iklim modeli çıktılarından elde edilen geçmiş (RF) dönem Adana için oluşturulan “TR2, Turkey” dosyaları ve çalıştırılmak istenen yıl seçilmiştir (Şekil Ek 35). Modelin toprak (Soil) bölümünde Adana'nın toprak özellikleri dikkate alınarak ayarlama yapılarak yeni oluşturulan “Adana” dosyası seçilmiştir (Şekil Ek 36).



Şekil 4.45. 1. Ürün mısır benzeşimi “Genel” koşulları

Yukarıda açıklandığı gibi seçilen opsiyonlarla model 1. ürün mısır için 1960-1990 ve 2071-2100 dönemleri için her bir yıl için ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Örnek olarak 2070 yılı benzeşim sonucu Çizelge Ek 15’de verilmiştir.

Daha sonra geçmiş ve gelecek dönemlerin yıllık sonuçlarının 30’ar yıllık ortalamaları hesaplanmıştır (Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11). Sadece gelecekteki iklim koşullarının mısır üretimine etkisinin ortaya konulması amacıyla A2 senaryo koşullarında elde edilen benzeşim ortalamalarının Referans ortalamalarına göre birimsel ve yüzde olarak farkları hesaplanmıştır (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13). Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’te DVS ve TSUM değerleri gelecekte sıcaklıkların artmasından dolayı pozitif fark göstermektedir. Çıkıştan sonra bitki gelişim süresi (IDSEM) 122 günden 108 güne düşmesi yani mısırın daha erken tarihte hasada gelmesi öngörülmekte. Mısır veriminde 897 kg ha^{-1} (% 6.7)’lık bir azalma öngörülmektedir. Kuru-madde miktarında da 4055 kg ha^{-1} (% 13) civarında bir azalma olabileceği belirlenmiştir. Maksimum yaprak alanı indeksi 7.67 den 6.55’e

(% 14.6) gerilemiştir. Maksimum canlı yaprak kuru ağırlığı % 8.4, maksimum canlı gövde kuru ağırlığı ise % 14.7 azalma göstermiştir.

Çizelge 4.10. 1.Ürün (2071-2100) potansiyel koşullar WOFOST sonuçları ortalaması
PTS

A2	IDSEM	DVS	TSUM	WLW	WST	WSO	TAGP	LAI
			degrd	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	m2/m2
0		0,00	0	8	5	0	13	0,02
10		0,15	164	89	55	0	143	0,21
20		0,32	338	678	416	0	1094	1,42
30		0,50	529	2185	1644	0	3829	4,09
40		0,69	731	3586	3800	0	7421	6,10
50		0,89	941	4194	6552	0	11020	6,55
56		1,00	1065	4316	8184	67	13014	6,49
60		1,08	1160	4381	9057	474	14472	6,43
70		1,26	1386	4290	9673	2818	17580	6,10
80		1,45	1620	4141	9661	5371	20133	5,82
90		1,65	1856	4048	8396	7589	22351	5,65
100		1,84	2097	3990	6860	9999	24760	5,54
108		2,00	2295	3956	5803	12427	27189	5,47
108		2,01	2300	3956	5778	12488	27250	5,47

Çizelge 4.11. 1.Ürün (1961-1990) potansiyel koşullar WOFOST sonuçları ortalaması

PTS	IDSEM	DVS	TSUM	WLW	WST	WSO	TAGP	LAI
RF			degrd	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	m2/m2
0		0,00	0	8	5	0	13	0,02
10		0,13	135	89	54	0	143	0,21
20		0,27	284	698	428	0	1125	1,50
30		0,42	444	2385	1565	0	3951	4,69
40		0,59	619	3987	3478	0	7616	7,17
50		0,76	801	4683	5931	0	11305	7,67
60		0,94	995	4782	8792	7	14856	7,25
64		1,01	1073	4772	9818	125	16189	7,06
70		1,11	1203	4737	10941	881	18302	6,77
80		1,28	1414	4516	11341	3309	21228	6,27
90		1,46	1629	4324	11277	5722	23641	5,93
100		1,64	1846	4205	9832	7832	25751	5,72
110		1,81	2062	4130	8037	10146	28065	5,59
120		1,98	2261	4083	6636	12792	30711	5,50
122		2,01	2300	4075	6373	13386	31305	5,49

Çizelge 4.12. 1.Ürün potansiyel A2 ve potansiyel RF WOFOST sonuçları birimsel karşılaştırması

PTS A2-RF	DVS	TSUM degrd	WLTV kg/ha	WST kg/ha	WSO kg/ha	TAGP kg/ha	LAI m ² /m ²
	0,0	0	0	0	0	0	0,00
	0,0	29	0	0	0	0	0,00
	0,1	54	-20	-12	0	-31	-0,09
	0,1	85	-200	79	0	-122	-0,60
	0,1	112	-402	323	0	-195	-1,07
	0,1	140	-489	621	0	-285	-1,12
	0,1	70	-466	-608	60	-1842	-0,76
	0,1	88	-392	-761	349	-1716	-0,63
	0,1	183	-447	-1268	1937	-722	-0,67
	0,2	207	-376	-1680	2063	-1095	-0,46
	0,2	227	-276	-2881	1867	-1290	-0,28
	0,2	251	-216	-2972	2167	-991	-0,18
	0,2	233	-174	-2235	2282	-876	-0,11
	0,0	39	-127	-858	-303	-3461	-0,03
	0,0	0	-120	-595	-897	-4055	-0,02

Çizelge 4.13. 1.Ürün potansiyel A2 ve potansiyel RF WOFOST sonuçları yüzdesel karşılaştırması

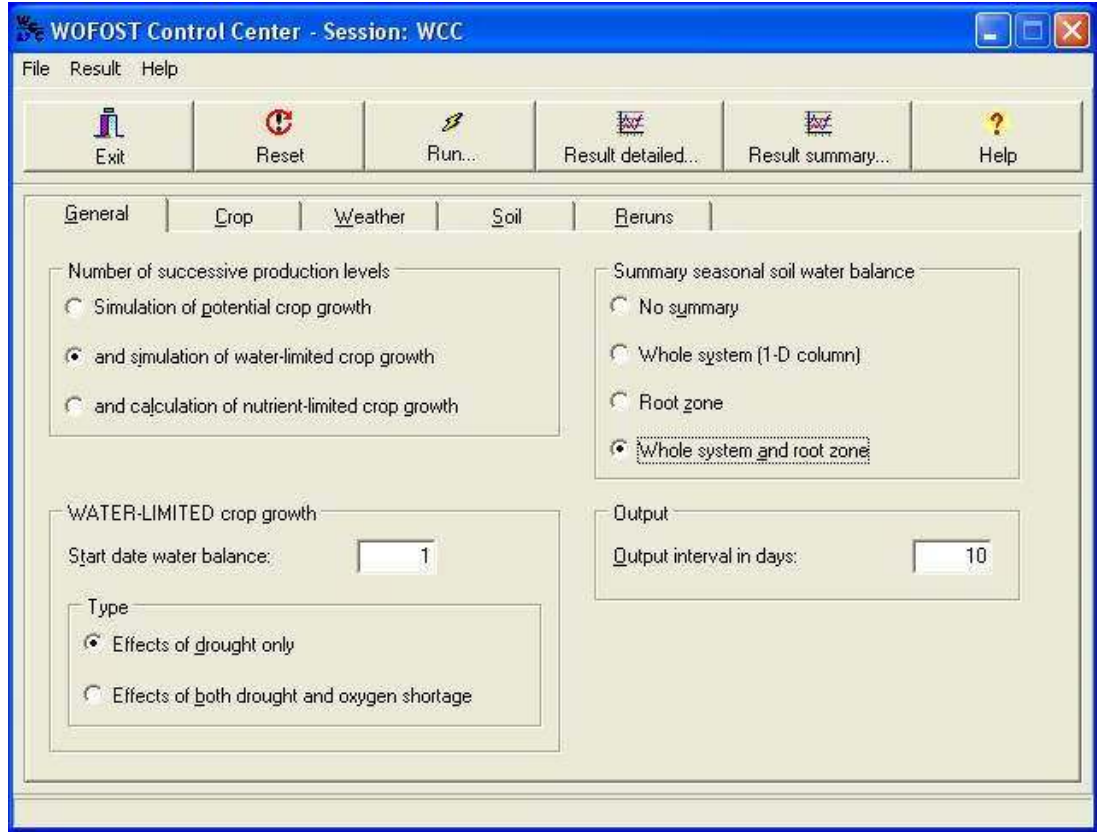
PTS A2-RF	DVS %	TSUM %	WLTV %	WST %	WSO %	TAGP %	LAI %
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	20,8	21,3	0,3	0,4	0,0	0,3	-1,0
	19,2	19,0	-2,8	-2,8	0,0	-2,8	-5,8
	19,3	19,3	-8,4	5,0	0,0	-3,1	-12,7
	18,4	18,1	-10,1	9,3	0,0	-2,6	-15,0
	17,4	17,4	-10,4	10,5	0,0	-2,5	-14,6
	6,1	7,0	-9,8	-6,9	921,4	-12,4	-10,5
	7,1	8,2	-8,2	-7,8	278,3	-10,6	-8,9
	13,4	15,2	-9,4	-11,6	219,8	-3,9	-9,9
	13,2	14,6	-8,3	-14,8	62,3	-5,2	-7,3
	12,8	13,9	-6,4	-25,5	32,6	-5,5	-4,8
	12,5	13,6	-5,1	-30,2	27,7	-3,8	-3,2
	10,4	11,3	-4,2	-27,8	22,5	-3,1	-2,0
	1,5	1,7	-3,1	-12,9	-2,4	-11,3	-0,6
	0,0	0,0	-2,9	-9,3	-6,7	-13,0	-0,3

Birinci ürün mısır üretiminde potansiyel koşullarda referans (RF) ve A2 senaryo (A2) iklim koşullarına göre WOFOST sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 16'da verilmiştir. Buna göre kuru yaprak ağırlığı ve yaprak alanı indis değerlerinin varyansları %5 anlamlılık düzeyinde eşit değildir. Varyansların eşit olmaması gelecek dönemde iklim koşullarındaki değişmelere bağlı

olarak mısır değişkenlerinin ortalamalardan sapmalarında (değişkenliğinde) farklılaşmanın olduğunu göstermektedir. Ortalamalar arasındaki fark ise, tüm değişkenlerde %1 anlamlılık düzeyinde önemlidir. Bu sonuç bize, başta dane verimi olmak üzere bitki değişkenlerinde öngörülen azalışların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu gösterir. Potansiyel üretim koşullarında referans dönemi ve senaryo dâhilinde gelecek dönem için WOFOST model sonuç dizileri arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre, tüm bitki değişkenlerinde RF ve A2 senaryo koşulları arasında anlamlı bir ilişki orta çıkmamıştır (ya da kısaca yoktur). Bu da bize gelecekte üretim tutarlarındaki azalış yönündeki değişimlerin anlamlı olacağının bir göstergesidir. Referans dönemi değerlerinin değişim katsayılarının senaryo dönemi değerlerinin değişim katsayılarından daha küçük olması, gelecekte üretimin iklimsel değişkenliğe karşı daha duyarlı olabileceğinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

4.2.3.2. 1. Ürün Mısır Senaryo 2 (Su Kısıntılı A2 - Potansiyel RF)

Bu senaryoda model ilkinden farklı olarak modelin genel bölümünde ki üretim seviyesinde su kısıntılı ürün yetiştirme benzeşimi (and simulation of water-limited crop growth), etki kısmında sadece kuraklık etkisi (Effects of drought only), mevsimsel toprak su dengesi özeti kısmında tüm sistem ve kök bölgesi (Whole system and root zone) opsiyonları seçilerek çalıştırılmıştır (Şekil 4.46). Modelde su kısıntılı çalışmalarda gelecekte yağış miktarındaki azalış, evapotranspirasyonda ki artış ve nüfus artışı, endüstriyel ve kentsel su talebinde artış öngörülerek bu ihtiyaçları karşılamaya yönelik yeterli çözüm üretilmediği varsayılarak çiftçinin mısır üretiminde sulamada % 40-45 su kısıntısı uygulamak zorunda kalacağı öngörülmüştür. Sulama suyu miktarı % 40-45 su kısıntısı uygulandığında arazi denemelerinde tam sulamamada verilen su miktarından (Gençoğlu, 1996) 370 mm olarak hesaplanmıştır. Sulamalar ekimde (104. gün) 30 mm, çıkışta (113. gün) 40 mm, 152., 166. ve 180. günlerde 100 mm olacak şekilde uygulanmıştır. Diğer opsiyonlar değiştirilmeden model gelecek dönem için çalıştırılmıştır.



Şekil 4.46. 1. Ürün mısır benzeşimi “Genel” koşulları (su-kısıntılı)

Çizelge 4.13-15’de görüldüğü gibi hasat tarihinin (Gün) 242. günden 226. güne düşmesi öngörülmektedir. Mısır veriminde 7767 kg ha^{-1} (% 58)’lık bir azalma öngörülmektedir. Kuru-madde miktarında da 11889 kg ha^{-1} (% 38) azalma belirlenmiştir. Maksimum yaprak alanı indeksi 7.67 den 6.00’a (% 21.8) gerilemiştir. Maksimum canlı yaprak kuru ağırlığı % 14.9, maksimum canlı gövde kuru ağırlığı % 18.9 azalma göstermiştir.

Çizelge 4.14. 1. Ürün 2071-2100 su-kısıntılı WOFOST sonuçları ortalaması (su-kısıntılı)

Gün	WLV kg/ha	WST kg/ha	WSO kg/ha	TAGP kg/ha	LAI
118	8	5	0	13	0,02
128	88	54	0	143	0,21
138	674	414	0	1088	1,41
148	1947	1461	0	3453	3,66
158	2952	3189	0	6294	5,02
168	3731	5981	0	9946	5,84
174	3939	7657	69	11993	5,94
178	4066	8559	491	13501	6,00
188	4068	9194	2921	16718	5,83
198	3942	9182	5367	19164	5,59
208	3431	7985	5618	19416	4,62
218	2731	6524	5618	19416	3,40
226	2193	5516	5618	19416	2,56
226	2181	5492	5618	19416	2,54

Çizelge 4.15. 1. Ürün A2 (su-kısıntılı) ve RF (potansiyel) WOFOST sonuçları birimsel karşılaştırması (a2_lmt-rf_pts)

Gün	WLV	WST	WSO	TAGP	LAI
120	0	0	0	0	0,000
130	0	0	0	0	-0,003
140	-24	-14	0	-37	-0,095
150	-438	-104	0	-497	-1,031
160	-1035	-289	0	-1322	-2,151
170	-952	51	0	-1359	-1,834
180	-844	-1135	62	-2863	-1,313
184	-706	-1259	366	-2687	-1,064
191	-669	-1747	2040	-1584	-0,940
201	-574	-2159	2058	-2063	-0,689
211	-893	-3292	-103	-4225	-1,310
221	-1474	-3308	-2213	-6335	-2,320
231	-1937	-2521	-4527	-8649	-3,032
240	-1902	-1144	-7173	-11295	-2,967
242	-1894	-881	-7767	-11889	-2,954

Çizelge 4.16. 1. Ürün A2 (su-kısıntılı) ve RF (potansiyel) WOFOST sonuçları yüzdesel karşılaştırması (a2_lmt-rf_pts)

Gün	WLV	WST	WSO	TAGP	LAI
	%	%	%	%	%
120	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
130	-0,1	0,0	0,0	0,0	-1,4
140	-3,4	-3,3	0,0	-3,3	-6,3
150	-18,4	-6,7	0,0	-12,6	-22,0
160	-26,0	-8,3	0,0	-17,4	-30,0
170	-20,3	0,9	0,0	-12,0	-23,9
180	-17,6	-12,9	950,5	-19,3	-18,1
184	-14,8	-12,8	291,5	-16,6	-15,1
191	-14,1	-16,0	231,5	-8,7	-13,9
201	-12,7	-19,0	62,2	-9,7	-11,0
211	-20,6	-29,2	-1,8	-17,9	-22,1
221	-35,1	-33,6	-28,3	-24,6	-40,6
231	-46,9	-31,4	-44,6	-30,8	-54,3
240	-46,6	-17,2	-56,1	-36,8	-53,9
242	-46,5	-13,8	-58,0	-38,0	-53,8

Birinci ürün mısır üretiminde potansiyel koşullarda referans (RF) ve su kısıntılı A2 senaryosu iklim koşullarına göre, WOFOST sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 17’de verilmiştir. Buna göre kuru yaprak ağırlığı ve yaprak alanı indis değerlerinin varyansları %5 anlam düzeyinde eşit değildir ve ortalamalar arasındaki fark tüm değişkenlerde %1 anlam düzeyinde önemlidir. Bu da bize başta dane verimi olmak üzere bitki değişkenlerindeki öngörülen azalışların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve bitkisel üretimdeki değişkenliğin değişebileceğini göstermektedir. WOFOST modeli ile kestirilen bitki değişkenleri dizileri arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre tüm bitki değişkenlerinde RF ve A2 senaryo koşulları arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Bu da bize gelecekte üretim miktarlarındaki azalış yönündeki değişimlerin önemli olacağının bir göstergesidir. Su kısıntılı senaryo dönemi değerlerinin değişim katsayılarının potansiyel koşullardaki senaryo dönemi değerlerinin değişim katsayılarından daha büyük olması gelecekte üretimin iklim koşullarına daha duyarlı

olacağının yanı sıra su kısıntısına karşı üretiminde daha duyarlı olduğunun bir göstergesidir.

4.2.3.3. 2. Ürün Mısır Senaryo 1 (Potansiyel A2 - Potansiyel RF)

Bu senaryoda model 1. ürün mısır Potansiyel A2 ve Potansiyel RF çalışmalarındaki uygulanan koşullarda ve sadece bitki dosyası (“Grain maize 005, Adana, Turkey”) değiştirilerek çalıştırılmıştır. Ayrıca ekim tarihi 173 (22 Haziran), maksimum yetiştirme süresi 200 gün olarak seçilmiştir. 2. ürün mısır için yapılan model A2 ve RF çalışmalarının ortalama sonuçları Çizelge 4.17 ve 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.19 ve 4.20’de DVS ve TSUM değerleri 1. ürün mısırdaki olduğu gibi gelecekte sıcaklıkların artmasından dolayı pozitif fark göstermektedir. Çıkıştan sonra bitki gelişim süresi (IDSEM) 147 günden 118 güne düşmesi yani mısırın 29 gün daha erken tarihte hasada gelmesi öngörülmektedir. Mısır veriminde 2986 kg ha⁻¹ (% 27.8)’lık bir azalma öngörülmektedir. Kuru-madde miktarında da 6096 kg ha⁻¹ (% 21.2)’lük azalma belirlenmiştir. Maksimum yaprak alanı indeksi 7.07 den 6.28’e (% 11.1) gerilemiştir. Maksimum canlı yaprak kuru ağırlığı % 6.7, maksimum canlı gövde kuru ağırlığı % 16.3 azalma göstermiştir.

Çizelge 4.17. 2.Ürün (2071-2100) potansiyel WOFOST sonuçları ortalaması

Gün	IDSEM	DVS	TSUM degrd	WLV kg/ha	WST kg/ha	WSO kg/ha	TAGP kg/ha	LAI m ² /m ²
180	0	0,00	0	9	5	0	14	0,02
190	10	0,21	228	139	120	0	259	0,35
200	20	0,42	462	821	1127	0	1948	2,05
210	30	0,64	698	1834	3572	0	5406	4,58
220	40	0,86	940	2467	6678	0	9178	6,04
226	47	1,00	1099	2618	8711	11	11456	6,23
230	50	1,05	1183	2682	9612	62	12514	6,28
240	60	1,21	1425	2791	11399	760	15254	6,22
250	70	1,36	1662	2746	11680	2649	17502	5,98
260	80	1,51	1890	2676	11511	4246	19127	5,78
270	90	1,64	2106	2625	9603	5440	20335	5,63
280	100	1,78	2316	2496	7850	6360	21264	5,30
290	110	1,91	2518	1884	6416	7170	22077	3,77
297	118	2,00	2665	1297	5474	7719	22624	2,30
298	118	2,01	2673	1275	5417	7756	22660	2,24

Çizelge 4.18. 2.Ürün (1961-1990) potansiyel WOFOST sonuçları ortalaması

Gün	IDSEM	DVS	TSUM degrd	WLV kg/ha	WST kg/ha	WSO kg/ha	TAGP kg/ha	LAI m2/m2
180	0	0,00	0	9	5	0	14	0,02
190	10	0,19	202	145	121	0	266	0,36
200	20	0,38	412	907	1149	0	2056	2,27
210	30	0,58	628	2078	3597	0	5675	5,20
220	40	0,77	844	2803	6650	0	9577	6,96
230	50	0,97	1060	2946	9791	3	13149	7,07
233	53	1,01	1124	2960	10640	42	14136	7,01
241	61	1,12	1293	2990	12580	345	16620	6,80
251	71	1,25	1496	2978	13815	1578	19300	6,47
261	81	1,38	1692	2872	13947	3580	21525	6,11
271	91	1,50	1876	2781	13685	5295	23268	5,86
281	101	1,61	2051	2720	11783	6540	24530	5,69
291	111	1,71	2213	2678	9633	7636	25638	5,57
301	121	1,81	2361	2593	7873	8574	26583	5,35
311	131	1,89	2488	2487	6483	9445	27457	5,08
320	139	1,95	2593	2262	5412	10174	28188	4,51
326	146	2,00	2656	2062	4775	10636	28651	4,01
328	147	2,00	2670	2014	4630	10733	28748	3,89
328	147	2,00	2671	2011	4619	10742	28757	3,89

Çizelge 4.19. 2.Ürün potansiyel A2 ve potansiyel RF WOFOST sonuçları birimsel karşılaştırması

	DVS	TSUM degrd	WLV kg/ha	WST kg/ha	WSO kg/ha	TAGP kg/ha	LAI m2/m2
180	0,00	0	0	0	0	0	0,00
190	0,02	26	-6	-1	0	-7	-0,02
200	0,05	51	-86	-22	0	-107	-0,21
210	0,06	71	-244	-25	0	-269	-0,61
220	0,09	96	-336	28	0	-398	-0,92
230	0,03	40	-329	-1080	8	-1693	-0,84
233	0,04	59	-278	-1028	20	-1622	-0,73
241	0,09	132	-199	-1181	415	-1366	-0,58
251	0,11	166	-232	-2135	1070	-1797	-0,49
261	0,13	198	-196	-2437	666	-2398	-0,34
271	0,15	230	-155	-4082	145	-2933	-0,22
281	0,17	265	-224	-3932	-179	-3266	-0,39
291	0,20	304	-795	-3217	-467	-3561	-1,81
301	0,20	304	-1296	-2400	-855	-3958	-3,05
311	0,12	184	-1212	-1066	-1689	-4796	-2,84
320	0,05	79	-987	6	-2419	-5528	-2,27
326	0,01	16	-787	642	-2881	-5991	-1,77
328	0,00	2	-739	788	-2978	-6088	-1,65
328	0,00	1	-736	799	-2986	-6096	-1,64

Çizelge 4.20. 2.Ürün potansiyel A2 ve potansiyel RF WOFOST sonuçları yüzdesel karşılaştırması

	DVS	TSUM	WLV	WST	WSO	TAGP	LAI
	%	%	%	%	%	%	%
180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
190	13,2	12,8	-4,3	-0,7	0,0	-2,6	-4,2
200	12,4	12,3	-9,5	-1,9	0,0	-5,2	-9,4
210	11,2	11,3	-11,8	-0,7	0,0	-4,7	-11,8
220	11,6	11,4	-12,0	0,4	0,0	-4,2	-13,3
230	2,9	3,7	-11,2	-11,0	0,0	-12,9	-11,9
233	3,9	5,3	-9,4	-9,7	46,2	-11,5	-10,4
241	7,8	10,2	-6,7	-9,4	120,3	-8,2	-8,5
251	8,6	11,1	-7,8	-15,5	67,8	-9,3	-7,6
261	9,3	11,7	-6,8	-17,5	18,6	-11,1	-5,5
271	9,8	12,3	-5,6	-29,8	2,7	-12,6	-3,8
281	10,6	12,9	-8,2	-33,4	-2,7	-13,3	-6,8
291	11,4	13,7	-29,7	-33,4	-6,1	-13,9	-32,4
301	10,9	12,9	-50,0	-30,5	-10,0	-14,9	-57,0
311	6,4	7,4	-48,7	-16,4	-17,9	-17,5	-55,8
320	2,7	3,1	-43,6	0,1	-23,8	-19,6	-50,3
326	0,6	0,6	-38,2	13,5	-27,1	-20,9	-44,1
328	0,2	0,1	-36,7	17,0	-27,7	-21,2	-42,4
328	0,2	0,0	-36,6	17,3	-27,8	-21,2	-42,3

İkinci ürün mısır üretiminde potansiyel koşullarda referans (RF) ve A2 senaryo (A2) iklim koşullarına göre WOFOST sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 18’de verilmiştir. Buna göre kuru yaprak ağırlığı, kuru gövde ağırlığı ve yaprak alanı indis değerlerinin varyansları %5 anlam düzeyinde eşit değildir ve ortalamalar arasındaki fark tüm değişkenlerde %1 anlam düzeyinde önemlidir. 2. Ürün için WOFOST modeli ile kestirilen bitki değişkenleri dizileri arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre tüm bitki değişkenlerinde RF ve A2 senaryo koşulları arasında anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Bu da bize gelecekte üretim miktarlarındaki azalış yönündeki değişimlerin 1. üründe olduğu gibi 2. ürün mısırdaki da önemli olacağının bir göstergesidir. Referans dönemi değerlerinin değişim katsayılarının senaryo dönemi

değerlerinin değişim katsayılarından daha büyük olması gelecekte üretimin iklim koşullarına bağlı olarak önemli oranda azalmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.3.4. 2. Ürün Mısır Senaryo 2 (Su Kısıntılı A2-Potansiyel RF)

Bu senaryoda model 1. ürün mısır su-kısıntılı A2 ve Potansiyel RF çalışmalarındaki uygulanan koşullarda sadece bitki dosyası (“Grain maize 005, Adana, Turkey”) değiştirilerek çalıştırılmıştır. Ayrıca ekim tarihi 173 (22 Haziran), maksimum yetiştirme süresi 200 gün olarak seçilmiştir. 2. ürün mısır için yapılan model A2 çalışmasının ortalama sonucu Çizelge 4.21 de verilmiştir.

Çizelge 4.21. 2. Ürün 2071-2100 su-kısıntılı WOFOST sonuçları ortalaması

Gün	WLV kg/ha	WST kg/ha	WSO kg/ha	TAGP kg/ha	LAI
180	9	5	0	14	0,02
190	89	77	0	166	0,22
200	431	598	0	1042	1,08
210	770	1570	0	2413	1,92
220	1261	3954	0	5304	3,05
226	1480	5869	11	7449	3,43
230	1575	6729	59	8459	3,56
240	1823	8559	757	11246	3,84
250	1907	8867	2834	13718	3,91
260	1914	8737	4632	15546	3,89
270	1813	7283	5475	16400	3,63
280	1591	5952	5756	16684	3,07
290	1307	4864	5941	16870	2,36
297	1087	4155	6066	16994	1,81
298	1083	4116	6082	17010	1,80

Çizelge 4.20 ve 4.17’de görüldüğü gibi 2. ürün mısırdaki hasat tarihinin gelecekte su-kısıntısı uygulanan koşullarda geçmişteki potansiyel koşullarla kıyaslandığında (Gün) 328. günden 298. güne düşmesi öngörülmektedir. Mısır veriminde ise 4660 kg ha⁻¹ (% 43.4)’lık bir azalma kestirimi yapılmaktadır. Kuru-madde miktarında ise 11747 kg ha⁻¹ (%40.8)’lık azalma beklenmektedir. Maksimum yaprak alanı indeksi 7.07 den 3.91’e (%44.7) düşmesi muhtemeldir. Maksimum canlı yaprak kuru ağırlığı %36, maksimum canlı gövde kuru ağırlığının ise %36.4 azalma göstermesi beklenmektedir (Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23).

Çizelge 4.22. 2.Ürün A2 (su-kısıntılı) ve RF (potansiyel) WOFOST sonuçları birimsel karşılaştırması

	WLV a2-rf	WST a2-rf	WSO a2-rf	TAGP a2-rf	LAI a2-rf
180	0	0	0	0	0,00
190	-56	-44	0	-99	-0,14
200	-476	-551	0	-1014	-1,19
210	-1308	-2027	0	-3262	-3,27
220	-1542	-2696	0	-4273	-3,91
230	-1467	-3922	8	-5700	-3,65
233	-1385	-3911	16	-5677	-3,45
241	-1167	-4021	412	-5374	-2,96
251	-1071	-4948	1256	-5582	-2,57
261	-958	-5211	1052	-5979	-2,22
271	-968	-6402	181	-6868	-2,23
281	-1129	-5831	-783	-7846	-2,62
291	-1371	-4769	-1695	-8768	-3,21
301	-1505	-3718	-2509	-9588	-3,54
311	-1404	-2367	-3363	-10447	-3,28
320	-1179	-1296	-4092	-11178	-2,71
326	-979	-659	-4555	-11641	-2,21
328	-931	-513	-4652	-11738	-2,09
328	-928	-503	-4660	-11747	-2,09

Çizelge 4.23. 2. Ürün A2 (su-kısıntılı) ve RF (potansiyel) WOFOST sonuçları yüzdesel karşılaştırması

	WLV %	WST %	WSO %	TAGP %	LAI %
180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
190	-38,8	-36,4	0,0	-37,4	-38,6
200	-52,5	-47,9	0,0	-49,3	-52,5
210	-63,0	-56,3	0,0	-57,5	-63,0
220	-55,0	-40,5	0,0	-44,6	-56,2
230	-49,8	-40,1	243,0	-43,3	-51,6
233	-46,8	-36,8	38,9	-40,2	-49,3
241	-39,0	-32,0	119,6	-32,3	-43,6
251	-36,0	-35,8	79,6	-28,9	-39,7
261	-33,4	-37,4	29,4	-27,8	-36,3
271	-34,8	-46,8	3,4	-29,5	-38,1
281	-41,5	-49,5	-12,0	-32,0	-46,0
291	-51,2	-49,5	-22,2	-34,2	-57,6
301	-58,1	-47,2	-29,3	-36,1	-66,1
311	-56,4	-36,5	-35,6	-38,0	-64,5
320	-52,1	-23,9	-40,2	-39,7	-60,1
326	-47,5	-13,8	-42,8	-40,6	-55,1
328	-46,2	-11,1	-43,3	-40,8	-53,8
328	-46,1	-10,9	-43,4	-40,8	-53,7

İkinci ürün mısır üretiminde potansiyel koşullarda referans (RF) ve su kısıntılı koşullarda A2 senaryo (A2) iklim verileri ile WOFOST sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge Ek 19'da verilmiştir. Buna göre kuru gövde ağırlığı, toplam kuru ağırlığı ve yaprak alanı indis değerlerinin varyansları %5 anlam düzeyinde eşit değildir ve ortalamalar arasındaki fark tüm değişkenlerde %1 anlam düzeyinde önemlidir. 2. Ürün için WOFOST modeli ile öngörülen bitki değişkenleri dizileri arasındaki ilişki katsayılarının istatistiksel sınamalarına göre tüm bitki değişkenlerinde RF ve A2 senaryo koşulları arasında anlamlı bir ilişki ortaya çıkmamıştır. Referans dönemi değerlerinin değişim katsayılarının senaryo dönemi değerlerinin değişim katsayılarından daha küçük olması su kısıntısına karşı mısırın çok daha duyarlı olduğunun bir göstergesidir.

WOFOST ile yapılan sulama testleri sonuçlarına göre belirlenen sulama programına göre geçmiş ve gelecek dönemler için potansiyel ve su kısıntılı koşullarda mısır verim kestirimleri genel olarak değerlendirildiğinde; 1. ürün mısırdaki potansiyel ve su kısıntılı üretimde sırası ile verimde % 6.7 - 58.0, toplam kuru madde ağırlığında % 13.0 - 38, yaprak alanı indeksi değerinde % 14.6 – 21.1, 2. ürün mısır da potansiyel ve su kısıntılı üretimde sırası ile verimde % 27.8 – 43.4, toplam kuru madde ağırlığında % 21.2 – 40.8, yaprak alanı indeksi değerinde % 11.1 – 44.7 oranlarında azalma öngörülmüştür. Yano ve ark. (2007) ile Ünlü ve ark. yaptıkları çalışmalarda Adana ve Yöresi için mısırdaki 3 °C lik sıcaklık artışı ve karbondioksit artışının göz önüne alındığı kestirimlerde kuru madde ağırlığı ve verim de sırasıyla % 20 - 24, 5 °C sıcaklık artışında ise % 31- 38 azalış öngörmüşlerdir. Hundal ve Kaur (1996) Hindistan da 3 °C sıcaklık artışında mısır bitkisi için % 21.4 verim azalışı öngörmüşlerdir. Küresel iklim modelleri ile Türkiye geneli için yapılan tarımsal üretim kestirimlerinde Dellal ve ark. (2004) mısır üretiminde % 11 azalış, Parrya ve ark. (2004) küresel ölçekte yaptıkları değerlendirmede ise Türkiye için potansiyel tahıl üretiminde % 2.5-5 azalma öngörmüşlerdir. Türkiye'ye komşu ülkelerden Bulgaristan için Alexandrov ve Hoogenboom (2000) çeşitli küresel iklim modelleriyle ECHAM4, HadCM2, CGCM1, CSIRO-Mk2b ile sırasıyla % 10 -19, % 9 - 28, % 14 – 22 ve % 7 – 14 arasında değişen verim azalışları öngörmüşlerdir. Anılan çalışmalarla doktora tezi kapsamında bulunan sonuçlar gelecek iklim

koşullarında mısır veriminde azalma öngörölmesi ve miktarları bakımından uyum göstermektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma da bölgesel ölçekli bir iklim modeli kullanarak Türkiye'nin güneyinde yer alan ve ülkenin önemli tarım potansiyeline sahip olan Çukurova Yöresi'nde gelecekteki iklimi kestirmek ve bölgesel iklim modeliyle öngörülen iklim değişikliğinin bölgedeki başat tarımsal ürünlerden mısır (1. ve 2. ürün) gelişimi ve verimi üzerine olası etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikli olarak bölgesel iklim modeli RegCM ile ilgili deneme ve uzun süreli çalıştırmalar yapılmıştır. Daha sonra mısır bitkisinin gelişimi ve verimini benzeştiren WOFOST bitki büyüme modeli ile iklim modelinden elde edilen iklim verileri kullanılarak yapılmıştır.

İklim Modeli Sonuçları

RegCM bölgesel iklim modelinin başlangıç ve sınır koşulları olarak NNRP2, ERA40 (ECMWF Reanalysis), ECHOM5 modeli *referans verileriyle* 1998 yaz ayları ve ECHOM5 modeli *A2 senaryo verisi* kullanılarak 2098 yaz mevsimi için çalıştırmalar yapılmıştır. Deneme çalıştırmaları için 1998 yılının seçilmesinde anılan yılın diğer yıllara kıyasla çok daha sıcak ve kurak olması da rol oynamıştır. Veri setleriyle 1998 yılı yaz ayları için koşturulması sonucunda elde edilen ortalama sıcaklık değerleri DMİ istasyonları kayıtlarından elde edilen aynı döneme (1998 yaz ayları) ilişkin ortalama sıcaklık değerleri ile yaklaşık aynı dağılım desenini gösterdiği gözlenmiştir.

Çalışma için seçilen RegCM modelinin uzun dönem çalıştırmaları yüksek yatay çözünürlüklü küresel iklim modeli HadAM3H'nin başlangıç ve sınır koşullarıyla “çift yuvalanmış-double nested” olarak 50 ve 20 km yatay çözünürlükte çalıştırılmıştır. Benzeşim dönemleri günümüz koşullarını temsilen 1961-1990 (referans çalıştırması) ve IPCC A2 salım senaryosu koşulları (daha ekonomik ve bölgesel) altında gelecek koşullarını temsilen 2071-2100 (A2 senaryo çalıştırması) olarak belirlenmiştir.

RegCM modeli sonuçları gözlem sonuçlarıyla doğrulama amaçlı olarak havza ve istasyon ölçekli olmak üzere 2 farklı ölçekte karşılaştırılmıştır. Aşağıda önce

havza bazındaki karşılaştırmaların ve daha sonra istasyon bazındaki karşılaştırmaların sonuçları değerlendirilerek sunulmuştur.

Model, ortalama sıcaklık değerlerinde gözlem değerlerine göre 2.8 °C (Sarız) ile -4.3 °C (Ulukışla) arasında değişen aralıkta sapmayla öngörülmüştür. 25 yıllık ortalama maksimum sıcaklıklarda model değerlerinin gözlem değerlerinden sapması 9.2 °C (Mersin) ile -7.5 °C (Ceyhan) arasında değişmiştir. Model Seyhan ve Ceyhan nehirleri deltasında (Adana, Ceyhan, Yumurtalık ve Karataş istasyonları) belirgin bir şekilde maksimum sıcaklıkları daha düşük, buna karşın havzanın güney batı (Mersin) ve kuzey doğu kesimlerinde (Sarız ve Elbistan) daha yüksek tahmin etmiştir. Havzanın diğer kısımlarında (Ulukışla, Develi, Karaisalı ve İskenderun) ise hata sapması 1.5 °C'den daha az bulunmuştur. RegCM modelinin referans çalıştırmasında elde edilen 1966-1990 dönemi ortalama maksimum sıcaklık RMSE değerleri (Mersin 9.17, Kahramanmaraş 2.65, Adana 6.20) makul değerler olarak yorumlanmıştır. Model çalışma alanının kuzey doğu ve güney batısında olmak üzere iki bölgede maksimum sıcaklıkları daha yüksek tahmin etmiştir. Buna karşın Adana, Ceyhan, Yumurtalık ve Karataş dörtgeninde maksimum sıcaklıkların belirgin bir şekilde daha düşük tahmin edildiği gözlenmiştir. Sonuç olarak maksimum sıcaklıklar için model sonuçları ile gözlem değerleri arasındaki en büyük farklar 8 °C ile Mersin istasyonunda ve -8.3 °C ile de Ceyhan istasyonunda görülmüştür.

Ortalama minimum sıcaklıklarda model değerlerinden gözlem değerlerinin gösterdiği hata değeri 14.6 °C (Göksun) ile -4.3 °C (Kahramanmaraş) arasında değişmiştir. Büyük farkların yanı sıra modelin 0.13 °C gibi çok küçük farklarla da iyi performans gösterdiği bazı alanlar (Karaisalı) bulunmaktadır. Bölgenin kuzey doğusunda (Göksun, Sarız, Elbistan) ve güneyinde (Adana, Ceyhan, Yumurtalık ve Karataş) model belirgin olarak sıcaklıkları yüksek tahmin etmiştir. Buna karşın Mersin, Develi, İslâhiye ve Kozan'da ise yıllık ortalama minimum sıcaklıkları daha düşük tahmin ettiği belirlenmiştir. 1966-1990 dönemi ortalama minimum sıcaklıklara ilişkin RMSE değerlerinin Mersin için 3.9, Kahramanmaraş için 5.30 ve Adana için 6.7 olarak bulunmuştur. Yıllık minimum sıcaklıklar ile ortalama minimum sıcaklıkların birbirine çok benzer bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Modelle kestirilen ve gözlenen yağış değerleri farklarının paralel bir dağılım gösterdiği saptanmıştır. RegCM modeli yüksekliği 500 m'nin altındaki istasyonlarda yağışı düşük, yüksekliği 1000-1500 m olan istasyonlar için ise daha yüksek tahmin etmektedir. Model ile gözlem değerlerinin birbirine yakın olduğu belirtilen istasyonlar ise genellikle topografyanın etkisinin orta düzeyde olduğu 500-1000 m (özellikle 400-700 m bandında) yükseklikte olduğu belirlenmiştir. Yağış parametresinin farklı açılardan değerlendirilmesi amacıyla havza geneline düşen yağış miktarı 1) istasyonlar ortalaması ve 2) yıllar ortalaması şeklinde olmak üzere iki türde incelenmiştir. Birinci tür değerlendirme sonucunda RegCM modelinin genellikle gözlem istasyonlarında elde edilen değerlerle benzer yıllararası değişim özelliği gösterdiği görülmüştür. Diğer bir ifadeyle model, gözlem değerlerinin artış gösterdiği yıllarda artma, düşük gözlem değerleri olan yıllarda da yağış değerlerinde azalma öngörmektedir. Gözlenen ve hesaplanan yıllık yağış dizileri arasında dizisel ilişkinin %1 anlamlılık seviyesinde önemli olması ($r = 0.555^{**}$, $\rho = 0.538^{**}$) bu değerlendirmeyi doğrulamaktadır. İkinci tür değerlendirmede ise 25 yıllık ortalama havza yağış değeri kullanılmıştır. Ortalama havza yağış parametresinde, model değerinin (639 mm) gözlem ortalamasından (625 mm) yıllık 14 mm'lik çok küçük bir sapma gösterdiği görülmüştür.

Model ortalama nem değerlerini gözlem değerlerine göre % 8 ile % -21 arasında değişen sapmalarla tahmin etmektedir. Bununla birlikte istasyonların tamamına yakını (Mersin, Elbistan ve Göksun hariç) % 10'dan daha az fark göstermektedir. Mersin istasyonundaki belirgin negatif fark diğer bir ifadeyle model tarafından bağıl nemin gözlenenden çok daha düşük tahmin edilmesi model hatası olarak yorumlanabilir. Modelde Mersin istasyonu için sıcaklığın ve buna bağlı olarak doymuş su buharı karışma oranının doğru bir şekilde kestirilememiş olduğu tahmin edilmektedir. Bunun sonucunda model bu istasyonda düşük bağıl nem hesaplamaktadır. Bununla birlikte, nem fark dağılımı incelendiğinde (denizden karaya doğru nemli havanın yükseltiye uygun olarak kıyıda iç kesime azalarak taşınması) modelin atmosferik hava hareketlerini ve buna bağlı etkileri iyi temsil ettiği görülmüştür.

Bölgesel iklim modeli sonuçları ile gözlem değerlerinin karşılaştırıldığı istatistiksel değerlendirmeler sonucunda genel olarak varyansların eşit olduğu ama ortalamalarda modelin iyi sonuç vermediği belirlenmiştir. Genel olarak gözlem ve model dizileri arasında dizisel ilişki sınamalarında düşük ilişki katsayısı bulunmuştur. İlişki katsayılarının önemli olduğu bazı serilerde ortalamaların birbirinden farklı olması veya ta ortalamaların birbirine çok yakın olduğu halde dizisel ilişkinin bulunmaması kimi yerlerde modelin yıllar arası değişkenlikleri iyi yakaladığını kimi yerlerde ise yakalayamadığını göstermektedir. Bu durumda değerlendirme yapılırken model sonuçlarının sadece ortalamalar arası farka bakmayıp dizisel ilişkinin de olup olmadığına bakılmasının gerekli olduğu belirlenmiştir.

İstasyon ölçeğinde doğrulama çalışmaları kapsamında çalışma alanında yer alan sırasıyla Adana istasyonunun yanı sıra model sonuçlarıyla büyük oranda uyumlu, model sonuçlarının gözlem sonuçlarından yüksek olduğu ve model sonuçlarının gözlem sonuçlarından düşük olduğu birer istasyon örnek temsil etmesi bakımından seçilerek değerlendirilmiştir.

Yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde modelin iyi tahmin ettiği Adana ve Karaisalı istasyonlarında gözlemlerden sapma 1966-1990 yılları arasında ortalama 0.24 ve 0.38 °C olmaktadır. Yıllara göre değerlendirildiğinde ise en yüksek sapma ± 1.5 °C olabilmektedir. Modelin gözlem değerlerine göre yüksek sıcaklık değerleri tahmin ettiği Sarız istasyonunda ortalama fark 2.8 °C, maksimum fark 4.1 °C ile 1974 yılında gerçekleşmiştir. Model Ulukışla istasyonunda ölçülen sıcaklık değerlerinden ortalama olarak 4.3 °C daha düşük sıcaklık tahmin etmektedir. En yüksek sapma 1976 yılında 5.4 °C'dir. Maksimum sıcaklıkların istasyon bazında karşılaştırıldığında İskenderun istasyonu model tarafından iyi temsil edilen bir gözlem istasyonu olarak belirlenmiştir. 1966-1990 yılları maksimum sıcaklık ortalamalarında model sonucu gözlem değerlerinden sadece 0.06 °C daha yüksektir. Maksimum sapmayı ise 1966 yılında 6.98 °C ile göstermiştir. RegCM modeli Mersin istasyonu gözlem değerleriyle kıyaslandığında maksimum sıcaklıkları yüksek benzeşim yapmaktadır. Uzun yıllar ortalama sapması 9.17 °C, maksimum sapması 12.66 °C olarak belirlenmiştir. Adana ve Ceyhan istasyonları için ise model gözlem verilerine göre

düşük tahmin değerleri üretmektedir. Ceyhan istasyonunda gözlemlerde uzun yıllar maksimum sıcaklık ortalamasının model tahmininden fark 7.45 °C maksimum yıllık fark 1978 yılında 11.78 °C'dir. Yıllık minimum sıcaklıklar değerlendirildiğinde modelin Karaisalı istasyonunda iyi, Kahramanmaraş istasyonunda düşük, Adana ve Elbistan istasyonlarında yüksek sıcaklık değerleri verdiği saptanmıştır. Gözlemlerden sapmalar uzun yıllar ortalamalarında Karaisalı da 0.1 °C, Kahramanmaraş ta -4.26 °C, Adana ve Elbistan'da 6.4 ve 9.1 °C'dir. Gözlemlerden maksimum sapmalar ise Karaisalı da 6.3 °C (1989), Kahramanmaraş ta 8.84 °C (1982), Adana ve Elbistan'da 10.6 °C (1967) ve 16.9 °C (1974)'dir. Oransal nem parametresinin değerlendirilmesinde Karaisalı istasyonunda iyi, Adana ve Yumurtalık istasyonlarında yüksek, Elbistan istasyonunda gözlemlere göre düşük benzeşim değerleri elde edilmiştir. Karaisalı istasyonun benzeşim sonuçları uzun yıllar ortalama oransal nem gözlem değerlerinden % 2 daha düşüktür. Adana ve Yumurtalık oransal nem benzeşim sonuçları uzun yıllar ortalamasında gözlemlerden % 7 ve % 8 daha yüksektir. Elbistan ise % 15 daha düşüktür. Adana, Karaisalı, Yumurtalık ve Elbistan istasyonlarında maksimum sapmalar sırasıyla %9 (1980), %7 (1970), % 13 (1986) ve % 26 (1974) olduğu belirlenmiştir. Bu arada 4 istasyondaki gözlem değerlerinde belirgin bir azalma eğilimi varken model benzeşim değerlerinde azalma görülmemiştir. Yıllık toplam yağış değerleri karşılaştırmalarında gözlem değerlerine göre Kahramanmaraş'ta iyi, Develi'de yüksek, Adana ve Karaisalı'da düşük yağış miktarı öngörmüştür. Kahramanmaraş, Develi, Adana ve Karaisalı istasyonlarının uzun yıllar ortalamalarında gözlemlerden farkları sırası ile -99 mm, 569 mm, -312 mm, -468 mm dir. Kahramanmaraş, Develi, Adana ve Karaisalı istasyonlarının yıllık toplam yağışlarda gözlemlerden maksimum farkları sırası ile -378 mm (1976), 1023 mm (1981), -859 mm (1968), -923 mm (1968) olarak belirlenmiştir. Bu değerler yağış miktarına karşı duyarlı iklim değişikliği çalışmalarının güvenilir bir şekilde yapılması için çok büyük farklardır. Bu tür çalışmalarda yıllık değerlerdeki büyük oranlı sapmaların olumsuz etkilerini önlemek için gözlemlerle kestirimler arasında daha küçük sapmalar gösteren uzun yıllar ortalamaları ve/veya havza ortalamaları kullanılmalıdır.

Genel olarak model performansı değerlendirildiğinde model; genel atmosfer hareketlerine bağlı olan, içeriği daha iyi belirlenen/bilinen ve mevcut bilgiler dâhilinde iyi kurgulanan değişkenlerde (ortalama sıcaklık gibi), değişkenin oluşmasında etkisi olduğu bilinen/bilinmeyen ve hesaba katılmayan veya formüle edilemeyen daha karmaşık süreçlere (yağış gibi) göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ayrıca model sonuçları genelleştirildikçe (istasyon ölçeğinden havza ölçeğine, anlık veya kısa dönem ortalamadan uzun dönem ortalamalara yönelmek gibi) sapma miktarları ve dağılımında verilerin doğası itibarıyla (yükselti, bakı vb.) azaldığı görülmüştür. Yağış oluşumunda topoğrafyanın yanısıra bölgesel ölçekli dolaşım ve basınç koşulları etkisi ve mevsimsel değişimleri de çok önemlidir. Nitekim Türkeş ve ark., (2008) ile Türkeş ve Tatlı (2009) Türkiye yağışlarının yüksek mevsimsellik ve yıllarası değişkenlik gösterdiğini, genellikle kuru ve ıslak (yağışlı) devreleri içerdiğini vurgulamışlardır. Anılan çalışmalarda ıslak devrelerin genellikle seyrek görüldüğü, kısa sürdüğü ve zayıf olduğu buna karşın kuru devrelerin daha sık gerçekleştiği, uzun sürdüğü ve güçlü etkide olduğu belirtilmektedir.

A2 senaryo verilerinin Referans verileri ile karşılaştırılmalarında, Referans (RF) ve Gözlem değerlerinin karşılaştırılmasından farklı olarak; öncelikle günümüz koşullarını temsilen 1961-1990 yıllarını kapsayan 30 yıllık dönem kullanılmıştır. İkinci olarak ta sonuçların istatistik'i analizinde A2 ve Referans ortalamalarının birbirinden farkı ve bu farklılığının istatistiksel olarak önemli olup olmadığının analizi t testi kullanılarak yapılmıştır.

RegCM modeli A2 senaryo koşullarında 2071-2100 dönemi için günlük ortalama sıcaklık değerlerinin referans değerlerine (RF) kıyasla 3 °C ile 4.5 °C arasında artış tahmin etmektedir. Yükseltinin daha fazla olduğu (yaklaşık 500 m) istasyonlarda 4 °C'nin üzerinde, yükseltinin yaklaşık 500 m altında olan bölgeler için ise 3-4 °C arasında bir sıcaklık artışı olacağı belirlenmiştir. Havzadaki en yüksek ortalama sıcaklık değeri 19.7 °C'den 22.7 °C'ye, en düşük ortalama sıcaklık değeri ise 5.4 °C'den 9.8 °C'ye çıkmıştır.

Ortalama maksimum sıcaklıkların A2 senaryosu uyarınca 2071-2100 döneminde RF değerlerine göre 2.9 °C ile 4.7 °C arasında artacağı tahmin edilmiştir.

Yükseltinin yaklaşık 500 m ve üzerinde olduğu istasyonlarda 4 °C'nin üzerinde, yükseltinin yaklaşık 500 m altında olan bölgeler için ise 2.9 ile 4 °C arasında sıcaklık artışı olabileceği belirlenmiştir. Anılan dönemde havzadaki en yüksek ortalama maksimum sıcaklık değerinin 25.3 °C'den 29.2 °C'ye, en düşük ortalama maksimum sıcaklığın da 12.4 °C'den 17 °C'ye çıkması tahmin edilmiştir.

Yıllık maksimum sıcaklıkların 2071-2100 döneminde 3.1 °C ile 6.2 °C arasında artacağı tahmin edilmiştir. Ova kesimindeki istasyonlarda artışın (Göksun da dahil olmak üzere) 3-5 °C arasında, yükseltinin yaklaşık 300 m üstünde olan bölgelerde ise 5 °C'nin üzerinde olması beklenmektedir. Tahminen havzadaki en yüksek maksimum sıcaklık değeri 47.1 °C'den 51.6 °C'ye, en düşük maksimum sıcaklık değeri ise 31.4 °C'den 35.1 °C'ye çıkacağı öngörülmüştür.

Ortalama minimum değerlerinde ise aynı dönem için 3.0 °C ile 4.5 °C arasında artış tahmin edilmiştir. Havzanın kuzey kesimlerinde 4-4.5 °C, güney kesimlerinde ise 3-4 °C arasında sıcaklık artışı beklenmektedir. Havzadaki en yüksek ortalama minimum sıcaklık değerinin 18 °C den 21 °C ye, en düşük ortalama minimum sıcaklık değerinin ise eksi değerden artı değere (-1 °C den 3.5 °C'ye) çıkması öngörülmüştür.

Yıllık minimum sıcaklıklarda beklenen artışın ise 3.3 °C ile 8.5 °C arasında gerçekleşmesi öngörülmektedir. Havzanın kuzey kesimlerinde 4 °C'nin üzerinde ve hatta 8.5 °C'lere ulaşan, güney kesimlerinde ise 3-4 °C arasında bir sıcaklık artışı beklenmektedir. Havzadaki en yüksek ve en düşük minimum sıcaklık değerlerinin sırasıyla 5.8 den 10.6 °C ye, -22.8 °C den -15.1 °C ye çıkması olasıdır.

Model 2071-2100 döneminin yıllık toplam yağışlarında 15 ile 254 mm arasında değişen bir azalma tahmin etmiştir. Havzanın su toplama alanlarında 100-250 mm azalış beklenmektedir. Havzadaki en yüksek toplam yağış değeri 1618 mm den 1371 mm'ye, en düşük toplam yağış değeri 163 mm den 133 mm'ye düşeceği tahmin edilmiştir.

Yıllık ortalama bağıl nem değerinin de % 1 - % 5 arasında azalacağı tahmin edilmiştir. Havzadaki en yüksek ortalama nem değeri % 76'dan % 75'e düşerken, en düşük ortalama nem değerinde bir değişim belirlenmemiştir.

Analizi yapılan ortalama sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama yağış ve ortalama bağıl nem değerlerine göre gelecekte Çukurova Yöresi'nin; açık bir şekilde mevcut koşullara göre çok daha sıcak ve kurak iklim koşullarına sahip olacağı öngörülmüştür. Bu sonuçların buharlaşma ve terlemeyi artıracığı, buna bağlı olarak da toprak nem dengesinin bozulacağı (kuruyacağı) dikkate alınmalıdır. Toprak nemindeki azalmalar ekimin gecikmesine ve bitki gelişimi ile ürün verim ve kalitesinin sulamaya bağımlı olmasına neden olacaktır. Seyhan Nehri'nin son yıllardaki akım değerlerinde düşmeler gözlenmiştir ve Aşağı Seyhan Ovası'nda halen sulamaya açılması planlanan alanlar bulunmaktadır. Bu durum dikkate alındığında ileride ovada sulama suyunda da önemli kısıtlılıklarla karşılaşılacağı anlaşılmaktadır.

Ortalama sıcaklık değerinin havza ortalaması göz önüne alındığında 3- 4 °C artacağı öngörülmektedir. Ekstrem sıcaklıklar açısından bölgede görülen en yüksek sıcaklık olan 47.1 °C değeri ise 51.6 °C'ye çıkmaktadır. Bu değer bazı canlıların hayatlarını sürdürebilmeleri için dayanabilecekleri maksimum sıcaklık sınırının üzerinde olabilir. Yüksek sıcaklıkların uzun süreli ve vejetatif ile generatif dönem arasında ve süresinde oluşması, mısır bitkisinde çiçek dökümüne ve dölleme sorunlarına neden olabilecek ve dolayısıyla verimi bu yönde de etkileyebilecektir. Aynı şekilde minimum sıcaklıkta da 6.1 °C'lik artış öngörülmektedir. Bu artışın hem olumlu, hem de olumsuz sonuçları olabilecektir. Örneğin narenciye yetiştiriciliği için -6 dereceye kadar don görülen bölgelerde artık don olmayacak, dolayısıyla narenciye ekim alanları genişleyebilecektir. Öte yandan kışın belirli bir soğuklanma isteği olan sert çekirdekli bitkiler için soğuklanma ihtiyaçlarının karşılanamaması gibi bir sorun ortaya çıkabilecektir. Bu tip bitkilerin ekim alanları daha kuzey bölgelere kayabileceği gibi üretim alanların da azalma olabilecektir. Yıllık toplam yağışlarda havza genelinde ortalama değer olan 640 mm'nin 542 mm'ye düşeceği tahmin edilmektedir. Yağışlardaki yaklaşık 100 mm'lik bu azalışla birlikte, artan sıcaklığa bağlı olarak topraktan buharlaşmanın, bitkilerden terlemenin artmasıyla sulama suyuna olan gereksinim artacaktır. Buharlaşmadaki artış ve yağışlardaki azalış su kaynaklarının azalmasına yol açacağından, tarım ve diğer su kullanan sektörlerin (evsel ve endüstriyel amaçlı) su ihtiyacının karşılanması büyük bir problem

oluşturacaktır. Bağlı nem deki azalış istatistiksel olarak önemli bulunmakla birlikte havza ortalamasında bağlı nemin % 65 den % 62 düşmesinin önemli bir olumsuz sonucu olmayacağı tahmin edilmektedir.

Bitki Büyüme Modeli Sonuçları

WOFOST bitki büyüme modelinin ayarlama çalışmalarında 3 farklı tarla denemesinden ve 3 farklı mısır çeşidi için elde edilen veriler kullanılmıştır. WOFOST'ta bitki verisi girdi dosyasındaki değişkenlerden 11 tanesinin (AMAXTB, CVL, CVO, CVR, CVS, RGRLAI, SLATB, SPAN, TDWI, TSUM1, TSUM2) ayarlama için duyarlılık derecelerinin bulunmasının gerekli olduğu belirlenmiştir.

Duyarlılık analizleri için seçilen parametrelerin yaprak alanı indeksi (LAI), toplam toprak üstü verim (TAGP), canlı yaprak, depo ve gövde organlarının kuru ağırlıkları (WLV, WSO, WST) değerlerine etkileri incelenmiştir. Duyarlılık analizlerinde 1993 yılında Adana 1. ürün tarla denemelerinden elde edilen gözlem verileri temel alınmıştır. Aşağıda WOFOST modelinde belirlenen değişkenlere ait duyarlılık analizlerine ilişkin değerlendirmeler verilmiştir.

Çıkıştan tozlaşmaya kadar geçen termal zaman (TSUM1) değerleri için yapılan değerlendirmede, modele göre TSUM1 değeri küçüldükçe mısırdan dane oluşumunun daha erken olacağı öngörülmektedir. Testler belirli hasat tarihine göre (fixed end day) yapıldığı için TSUM1 değerinin artması çıkıştan tozlaşmaya kadar geçen süreyi arttırmakta dolayısıyla TSUM1'in yüksek değerleri için yeterli olgunlaşma süresi kalmamaktadır. Buna bağlı olarak dane verimi düşük benzeşim yapmakta olduğu belirlenmiştir. Model TSUM1 değerinde artışa maksimum gövde ağırlığında artışla tepki vermektedir. Bu durum 180. günden sonra oluşmaktadır. 155. gün ile 170. günler arasında ise tam tersi olarak küçük TSUM1 değerleri için daha yüksek WST miktarı kestirilmektedir. 155. günden önceki dönem de ise önemli bir fark görülmemektedir. Temel TSUM1 değerinin altındaki TSUM1 değerlerinde WST miktarı artış oranı temel TSUM1 değerinin üstündeki TSUM1 değerlerinde WST miktarı artış oranından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca temel TSUM1 değerinden düşük değerler için gelişme süresinin kısalmakta olduğu belirlenmiştir. Canlı yaprak kuru ağırlıkları (WLV) nın değişiminin gösterildiği grafikte ise model

TSUM1 değeri arttıkça daha yüksek kuru yaprak ağırlığı öngörmektedir. Temel TSUM1 değerinin +% 20 üzerinde TSUM1 değerlerinde yaşlanma etkisi sonucu maksimum WLWV değerinden sonra WLWV değerleri diğerlerinde değişmezken bu değerlerde zamanla azalmaktadır. TSUM1 değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi değeri doğru orantılı olarak artmakta. TSUM1 değerindeki artış oranı % 20 ve üzerinde olduğu değerler için 200. günden sonra LAI değerleri birbirlerine yaklaşmakta olduğu gözlenmiştir. Ayrıca düşük değerler için gelişme süresinin kısalmakta olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan temel TSUM1 değerinden düşük değerler için toplam toprak üstü aksamın verimi (TAGP) doğru orantılı bir şekilde azalış göstermekte, aynı zamanda gelişme süreleri de kısalmakta olduğu belirlenmiştir. Temel TSUM1 değerinde artış oldukça TAGP değeri önemli bir miktar olmamakla birlikte azalma gösterdiği belirlenmiştir. Tozlaşmadan olgunluğa kadar olan termal zaman (TSUM2) değerindeki değişimlere karşı LAI değerlerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır. Ayrıca TSUM2 değerindeki değişimlere karşı TAGP değerlerinde TSUM2 değerinin temel değerinden düşük değerler için gelişim süresinin kısalmasından dolayı daha düşük TAGP değerleri öngörülmüştür. Bunun haricinde zamana bağlı TAGP değerinin artışında değişiklik olmamıştır. WLWV değerlerinde önemli bir değişim olmamakla birlikte büyük TSUM2 değerleri için WOFOST modeli daha yüksek WLWV değeri öngörmektedir. Yine TSUM2 değeri arttıkça maksimum ve gelişim sürecinde gövde kuru ağırlığı (WST) değeri düşük TSUM2 değerine göre artış göstermektedir. TSUM2 değeri küçüldükçe az miktarda da olsa WSO değeri gelişim evresi sürecinde artmakta. Buna karşı TSUM2 değeri arttıkça bitki gelişme dönemi de artmaktadır.

Maksimum yaprak CO₂ asimilasyon oranı AMAXTB değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmaktadır. AMAXTB değeri arttıkça gelişim sürecinde TAGP değeri düşük AMAXTB değerine göre artış göstermektedir. AMAXTB değeri arttıkça gelişim sürecinde WST ve WLWV değerleri düşük AMAXTB değerine göre artış göstermektedir, canlı depo organı kuru ağırlığı (WSO) değerlerinde ise herhangi bir değişim olmadığı görülmektedir.

Asimilasyonu yapraklara değiştirme etkinliği (CVL) değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca CVL değeri arttıkça gelişim sürecinde TAGP değeri düşük CVL değerine göre artış göstermektedir. CVL değerindeki artışlara bağlı olarak WST ve WLW değerleri doğru orantılı olarak artmaktadır. CVL değerine göre WSO değerlerinde ise 0.40'lık CVL değeri haricinde değişim olmadığı görülmektedir. Asimilasyonu depo organlarına taşıma etkinliği olan CVO değerine göre LAI değerlerinde değişim olmadığı görülmüştür. Ayrıca CVO değeri arttıkça tozlaşmadan sonraki gelişim sürecinde TAGP değeri düşük CVO değerine göre artış göstermektedirler. CVO değeri arttıkça tozlaşmadan sonraki gelişim sürecinde WSO değeri düşük CVO değerine göre artış göstermiştir. CVO değerine göre WST ve WLW değerlerinde değişimin çok küçük oranda olduğu belirlenmiştir.

Asimilasyonu köklere taşıma etkinliği olarak tanımlan CVR değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değerinin doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. CVR değeri arttıkça gelişim sürecinde TAGP değeri düşük CVR değerine göre artış göstermiştir. TAGP deki artış oranı CVR'nin 0.40 tan 0.90 değerlerine yaklaşırken azalmıştır. CVR değerine göre WSO değerlerinde 0.40'lık CVR değeri haricinde değişim olmadığı görülmüştür. CVR değerindeki artışlara bağlı olarak WST ve WLW değerleri doğru orantılı olarak artmıştır. Asimilasyonu gövdeye taşıma etkinliği (CVS) değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmıştır. Ayrıca CVS değeri arttıkça gelişim sürecinde TAGP değeri düşük CVS değerine göre artış göstermiştir. TAGP deki artış oranı CVS'in 0.40'tan 0.90 değerlerine yaklaşırken azalmıştır. Önemli bir miktar olmamakla birlikte modele göre temel değerinden uzaklaştıkça WSO değeri azalmıştır. Buna karşın CVS değerindeki artışlara bağlı olarak WST ve WLW değerleri doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir.

Yaprak alanı indeksinde maksimum artış (RGRLAI değerleri) için LAI, TAGP, WSO, WST, WLW değerlerinde RGRLAI'nin 0.020-0.050 değerleri arasında

bakılan değerlere bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Gelişim seviyesinin bir fonksiyonu olarak özgül yaprak alanı (SLATB) değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve ilgili gelişim süreci ($DVS = 0-0.78$, ~170. gün) boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmıştır. Eğer yeterince büyük olursa maksimum yaprak alanına belirlenen gelişim süreci içerisinde ulaştığı ve sonra yaşlanma etkisi görüldüğü belirlenmiştir. Eğer düşük değer de kalırsa yaprak gelişimi tam olarak sağlanamadığından yaşlanma etkisi belirgin olmamıştır. SLATB değerindeki artışa bağlı olarak TAGP değeri doğru orantılı olarak artmıştır. Farklı SLATB değerine göre depo organı kuru ağırlığı değerlerinde 0.0015'lik SLATB değeri haricinde değişim olmadığı görülmüştür. SLATB değeri arttıkça gelişim sürecinde WST ve WLW değerleri düşük SLATB değerine göre artış göstermektedirler. WST ve WLW deki artış oranı SLATB'nin 0.0015 tan 0.0040 değerlerine yaklaşırken azalmaktadır.

Bitkilerin 35 °C de yaşam süresini gün olarak tanımlayan SPAN değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve SPAN değerine ulaşılan kadar geçen gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeksi değerleri değişmemiştir. SPAN değerine göre TAGP değerinde 60'lik SPAN değerinden sonra değişim olmadığı gözlenmiştir. SPAN değerine göre WSO değerlerinde 60'lik SPAN değerinden sonra değişim olmadığı görülmüştür. WST değeri içinse, SPAN'ın 40-80 değerleri arasında WST değerine bir etkisinin olmadığı görülmüştür. SPAN değerindeki artışlara bağlı olarak LAI değerlerinde olduğu gibi belirlenen SPAN değerine ulaşılan kadar geçen gelişim süreci boyunca canlı yaprak kuru ağırlığı değerleri değişmemiştir. SPAN değerine ulaşıncı mısır yapraklarının öldüğü ve hızla azalan bir eğim gösterdiği belirlenmiştir. TDWI değerindeki artışlara bağlı olarak maksimum yaprak alan indeksi ve tüm gelişim süreci boyunca yaprak alanı indeks değeri doğru orantılı olarak artmakta olduğu belirlenmiştir. TDWI değerine göre TAGP değerlerinde 10'luk TDWI değerinden sonra önemli bir değişim olmadığı görülmüştür. TDWI değerindeki değişimlere göre WSO değerlerinde TDWI değerinde yapılan 10'luk artışın üzerindeki tüm artışların WSO değerleri üzerine önemli etkilerinin olmadığı görülmüştür.

Bitki büyüme modeli WOFOST'un yöreye uygunluğu bölgede yapılmış alan çalışmalarıyla karşılaştırılarak ayarlama ve doğrulama yapılmıştır. 1. Ürün mısır için 1993 ve 1994 yıllarında Adana da Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanında TTM-815 mısır çeşidi ile yürütülen çalışmanın verileri esas alınmıştır (Gençoğlu, 1996). 2. Ürün mısır için 2004 ve 2005 yıllarında yine Adana da Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanında yürütülen Tietar mısır çeşidi ile yürütülen çalışma (Kaman, 2007, Sarımeahmetoğlu, 2008) ile 1991 ve 1992 yıllarında Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü merkez araştırma arazilerinde Pioneer 3377 hibrit mısır çeşidi ile yürütülen çalışmanın verileri (Köksal, 1995) temel alınmıştır. İkişer yıllık denemelerde ilk yıllar doğrulama için seçilirken, ikinci yıllara ilişkin veriler doğrulama amaçlı kullanılmıştır. Gözlem ve model benzeşim sonuçları karşılaştırılırken maksimum yaprak alanı indeksi (LAI), mısır dane verimi (WSO), toplam kuru madde miktarı (TAGP), fizyolojik olgunluk tarihi (YGS) değerleri göz önüne alınmıştır.

WOFOST modeli Adana 1. üründe doğrulama denemesinde (1993) maksimum yaprak alanı indeksi değerlerini -% 13, dane verimlerini -% 3 ve kuru madde miktarı değerlerini ise -% 17'lik sapmayla temsil etmiştir. Doğrulama denemesinde (1994) ise maksimum yaprak alanı indeksi değerlerinde % 10, dane verimlerinde -% 6, kuru madde miktarı değerlerinde -% 14'lük sapmayla temsil etmiştir. WOFOST ta fizyolojik olgunluk için benzeşimler gözlemlerden elde sıcaklık isteğine bağlı olarak ayarlandığı için gözlemlerden farklı olmamıştır.

WOFOST modeli Adana 2. üründe ayarlama denemesinde (2004) maksimum yaprak alanı indeksi değerlerinde % 0, dane verimlerinde -% 3, kuru madde miktarı değerlerinde % 6 lık sapmayla temsil etmiştir. Doğrulama denemesinde (2005) ise maksimum yaprak alanı indeksi değerlerinde % 29, dane verimlerinde -% 7, kuru madde miktarı değerlerinde -% 9 luk sapmayla temsil etmiştir.

WOFOST modeli Tarsus 2. üründe ayarlama denemesinde (1991) maksimum yaprak alanı indeksi değerlerinde % 10, dane verimlerinde % 9, kuru madde miktarı değerlerinde % 15'lik sapmayla temsil etmiştir. Doğrulama denemesinde (1992) ise maksimum yaprak alanı indeksi değerlerinde -% 9, dane verimlerinde -% 1, kuru madde miktarı değerlerinde % 1'lik sapmayla temsil etmiştir.

WOFOST modelinin ayarlanması ve doğrulanması için oluşturulan gözlem ve model dizileri diziler arası ilişkilerin istatistiksel sınamalarında yüksek ilişki katsayıları bulunmuştur ($r_{ort}=0.93$, $\rho_{ort}=0.91$). Bu sonuçlar modelin bölgeye ve mısır çeşidine göre doğru ayarlandığını göstermiştir. Aynı şekilde istatistiksel olarak varyansların eşit olması ve 1991 LAI, 1994 LAI ve 1993 TAGP serileri haricinde ortalamaların farklı olmaması WOFOST modelinin bölge için yüksek bir güven aralığında kullanılabileceğini göstermiştir.

Gelecekte yağışların azalması, sıcaklığın artması, buharlaşma ve terlemenin kuvvetlenmesi ve tüm bunlara bağlı olarak toprak neminin (su içeriğinin) azalması su yönetimini de daha önemli kılacaktır. Sulu tarımda su miktarı kadar sulama tarihlerinin de belirlenmesi kısıntılı koşullarda uzmanlık gerektiren bir durumdur. Çalışmada modelin sulama yönetimi için su kısıntısına verdiği tepkilerin belirlenmesi ve gelecekte su kısıntılı üretim koşullarında optimum su yönetimi sağlamak için sulama tarihlerinin belirlenmesi amacıyla bitki büyüme modeliyle sulama denemeleri yapılmıştır. Denemelerde toplam sulama suyu miktarı sabit tutularak sulama tarihleri, sulama sıklığı ve buna bağlı olarak farklı sulama miktarı uygulayarak modelin uygulamalara tepkisi ve sonucunda en iyi su yönetimi belirlenmeye çalışılmıştır. Denemeler 3 farklı konu olarak düzenlenmiştir. 1 denemede bitki büyüme modelinde sabit sulama aralığında sulama sayısının değiştirilmesinin etkisi araştırılmıştır. Model aynı su miktarının daha az miktarda ama daha fazla sayıda verilmesini verim artışı için uygun olarak görmektedir. En yüksek sulama sayısı ile en düşük sulama sayısı arasında en düşük sayıya göre % 35 verim artışı öngörülmektedir. Sulama sıklığı artırıldıkça verimin arttığı belirlenmiştir. 2. Deneme konusunda sabit sulama aralığı ve dolayısıyla sabit sulama miktarı uygulamasında sulamaya başlama tarihinin değiştirilmesine (daha geç sulamaya başlama tarihi) modelin tepkisi araştırılmıştır. Sulamalar sırası ile ekimden sonra 26., 35., 38., 48. ve 53. günlerde uygulanmıştır. Model kısıntılı sulama koşullarında ilk sulama tarihinin geciktirilmesine verim artışı yönünden pozitif tepki göstermektedir.

3. deneme konusu Çukurova Yöresi'nde günümüzde uygulanan gerçek koşullarda dikkate alınarak ve ilk iki denemeden elde edilen bilgiler ışığında şekillendirilmiştir. Bunlara göre son sulama tarihi 31 Ağustos olarak belirlenmiş ve

bu koşul altında sulama aralığının (12, 10, 7) ve sulama sıklığının (4, 5, 6) verime etkisi araştırılmıştır. Modelin en düşük verimi sulamanın erken bittiği koşulda vermekte olduğu belirlenmiştir. Aynı sulama sayısı uygulandığında (son sulama için 31 Ağustos belirlendiği koşullarda) düşük sulama aralığında daha yüksek verim öngörülmektedir. Sulamanın başlangıç ve bitiş tarihleri sınırlandırılıp sulama sıklığı ve buna bağlı olarak her sulamada uygulanan sulama suyu miktarı değiştirildiğinde model düşük sulama sıklığında (5) ve özellikle son dönemde yüksek sulama suyu miktarında daha yüksek verim tahmin etmektedir.

Bitki büyüme modeli (WOFOST) benzeşimleri 2 senaryo çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryo, 1. ve 2. ürün mısırdaki günümüzde (1961-1990) ve gelecekte (2071-2100) Çukurova çiftçisinin maksimum ürün için iyi tohumluk kullanacağı, sulama, gübreleme ve tarımsal savaşımı optimum şekilde uygulayacağı varsayılarak maksimum üretimi hedefleyen modelde potansiyel üretim olarak belirlenen durumdur. Bu senaryoda gelecekte sadece iklim koşullarının değişeceği ancak çiftçinin potansiyel koşullarda üretim yapmaya devam edeceği öngörülmüştür. İkinci senaryoda ise gelecekte iklimin değişmesiyle birlikte su kaynaklarının da azalacağı ve bu nedenle çiftçilerin mısır (1. ve 2. ürün olarak) üretimine devam etmekle birlikte su kısıntısı uygulamak zorunda kalacağı öngörülmüştür. Bu durumu yansıtmak için model kısıntılı koşullarda çalıştırılmıştır.

Benzeşimlerde model geçmiş ve gelecek için günlük değerler içeren iklim dosyalarıyla yıllık olarak çalıştırılmıştır. Daha sonra yıllık sonuçların 30'ar yıllık ortalamaları hesaplanmıştır. 30'ar yıllık ortalamalar birbirleriyle kıyaslanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

1. Ürün mısır için potansiyel referans, potansiyel A2 ve su kısıntılı A2 benzeşim sonuçlarında hasat günü değerinin standart sapma ve varyasyon katsayısı değerinde önemli bir değişiklik belirlenmemiştir. Buna karşın referans döneminin standart sapması ve varyasyon katsayısı değerleri diğer iki benzeşim sonucundan yüksek bulunmuştur.

Potansiyel referans “RF (PT)” ve potansiyel “A2 (PT)” benzeşimleri kıyaslandığında, hasat tarihi (Gün) 242. günden 226. güne düşmesi yani mısırın daha erken tarihte hasada gelmesi öngörülmektedir. Mısır veriminde 897 kg/ha (% 6.7)'lık

bir azalma öngörülmektedir. Kuru-madde miktarında da 4055 kg/ha (% 13)'lük azalma belirlenmiştir. Maksimum yaprak alanı indeksi 7.67 den 6.55'e (% 14.6) gerilemiştir. Maksimum canlı yaprak kuru ağırlığı % 8.4, maksimum canlı gövde kuru ağırlığı % 14.7 azalma göstermiştir.

Potansiyel referans "RF (PT)" ve su kısıntılı "A2 (WL)" benzeşimleri kıyaslandığında hasat tarihi (Gün) 242. günden 226. güne düşmesi öngörülmüştür. Mısır veriminde 7767 kg/ha (% 58)'lık bir azalma öngörülmektedir. Kuru-madde miktarında da 11889 kg/ha (% 38)'lık azalma belirlenmiştir. Maksimum yaprak alanı indeksi 7.67 den 6.00'e (% 21.8) gerilemiştir. Maksimum canlı yaprak kuru ağırlığı %14.9, maksimum canlı gövde kuru ağırlığı % 18.9 azalma göstermiştir.

2. Ürün mısır için potansiyel referans değerine göre, potansiyel A2 ve su kısıntılı A2 benzeşim sonuçlarında hasat günü değerinin standart sapma ve varyasyon katsayısı değeri azalmıştır. 2. ürün mısır için potansiyel referans "RF (PT)" ve potansiyel "A2 (PT)" benzeşimleri kıyaslandığında, hasat tarihinin (Gün) 328. günden 298. güne düşmesi yani mısırın 29 gün daha erken tarihte hasada gelmesi öngörülmektedir. Mısır veriminde 2986 kg/ha (% 27.8)'lık bir azalma öngörülmektedir. Kuru-madde miktarında da 6096 kg/ha (% 21.2)'lük bir azalma belirlenmiştir. Maksimum yaprak alanı indeksi 7.07 den 6.28'e (% 11.1) gerilemiştir. Maksimum canlı yaprak kuru ağırlığı % 6.7, maksimum canlı gövde kuru ağırlığı % 16.3 oranında azalma göstermiştir. 2. ürün mısır için potansiyel referans "RF(PT)" ve su kısıntılı "A2 (WL)" benzeşimleri kıyaslandığında hasat tarihi (Gün) 328. günden 298. güne düşmesi öngörülmüştür. Mısır veriminde 4660 kg/ha (% 43.4)'lık bir azalma belirlenmiştir. Kuru-madde miktarında da 11747 kg/ha civarında (% 40.8) bir azalma belirlenmiştir. Maksimum yaprak alanı indeksi 7.07 den 3.91'e (% 44.7) gerilemiştir. Maksimum canlı yaprak kuru ağırlığı % 36, maksimum canlı gövde kuru ağırlığı % 36.4 oranında bir azalma göstermiştir.

Günümüz ve gelecekteki iklim koşullarına göre mısır üretimindeki olası değişimlerin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada öngörülen senaryo doğrultusunda gelecekteki iklim koşullarından 1. ve 2. ürün mısır üretimi olumsuz yönden etkilenmektedir. Ortalamaların farklılaşması ve dizisel ilişkinin bulunmaması

bunun bir göstergesidir. Mısır verim bileşenlerinin değişim katsayılarındaki artış, mısırın su kısıntısına iklim değişiminden daha hassas olduğunu göstermiştir.

Araştırma sonuçlarına göre Çukurova Yöresi'nde benzer iklim koşullarına sahip orta enlemlerin güney kesimlerindeki ve özellikle Akdeniz Çanağı'ndaki diğer ülkelerle birlikte sıcaklık artışına ve yağış miktarında azalışlara bağlı olarak mısır bitkisinin verimi ve üretiminde düşüşler yaşanabilecektir. İnsan kaynaklı iklim değişikliğinin önlenmesi çalışmalarının yanı sıra mevcut ve öngörülen iklim değişikliklerine adaptasyon çalışmalarının da beraber yürütülmesi gerekmektedir.

Artan su sıkıntısı ve tarımsal ürün kaybı sorunlarını dengelemek için uygulanabilecek adaptasyon çalışmaları bölgenin sosyo ekonomik ve diğer çevresel koşullarına bağlı olarak çok çeşitlidir. Bununla birlikte aşağıda belirtilen adımlar Çukurova Yöresi'nde sulu tarım alanlarında uygulanabilecek adaptasyon önlemlerinden bazıları olarak belirtilebilir.

- Havza ölçeğinde sulama yönetiminin iyileştirilmesi, su iletim kayıplarının azaltılarak havza su kullanım randımanlarının artırılması
- Tarla bazında su tasarrufu sağlayan sulama teknik ve teknolojilerinin kullanılarak tarla sulama randımanları ve su verimliliğinin yükseltilmesi
- Düşük kaliteli suların (sulamadan dönen sular, atık sular vb.) tarımda kullanımının yaygınlaştırılması
- Orta ve uzun vadeli hava tahmin raporlarının tutarlılığının artırılarak dinamik sulama programlarının oluşturulması ve uygulanması
- Toprak nemini muhafaza edici uygulamalara (su hasadı, malçlama, minimum toprak işleme vb.) önem verilmesi ve geliştirilmesi
- Kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklı yeni bitki tür ve çeşitlerinin geliştirilmesi
- Yöreye uygun alternatif ürünlerin belirlenmesi
- Çiftçi eğitimine önem verilerek, bilinçli ve doğru sulama yapmasının sağlanması
- Tarımda destekleme politikalarının iklim değişikliği ve olası etkilerini azaltacak ve uyumu kolaylaştıracak şekilde yeniden düzenlenmesi

Ayrıca gelecekteki iklim değişikliğini belirlemede bölgesel iklim modeli kullanımı çalışmalarında sağlıklı ve güvenilir bulgular elde edebilmek için model sonuçlarıyla gözlem sonuçları arasında farkları azaltıcı veya düzeltici teknikler ve yöntemlerin geliştirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Model topografyasıyla gerçek topografya arasında farkların belirlenerek model çıktılarına yükselti düzeltmesi uygulanması ve fark düzeltmesi (bias correction) gibi istatistiksel yöntemlerin uygulanması sonuçları daha güvenilir kılabilir.

Küresel ve bölgesel ölçekli iklim modellerinin birbirlerine kıyasla üstünlük ve kısıtları gözönünde bulundurularak aynı modellerin farklı parametrizasyonları ile farklı modellerin aynı parametrizasyonlarla yine aynı bölgede çalıştırılması ve sonuçların birlikte değerlendirilmesi son yıllarda rağbet gören yaklaşımlardan biridir. Böylece bir bölgenin gelecekteki ikliminin kestirilmesinde farklı özelliklerdeki modeller topluluğu kullanılarak daha gerçekçi kestirimler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- ACAR, R., ŞENOCAK, S., 2008.** Türkiye’deki Kısa Süreli Yağışların Trend Analizi. İklim Değişikliği Ve Çevre, Su Vakfı, 1:33-33.
- AGGARWAL, P. K. ve KALRA, N., 1994.** Simulating The Effect Of Climatic Factors, Genotype And Management On Productivity Of Wheat In India, Indian Agricultural Research Institute Publication, New Delhi, India, Pp. 156.
- AGGARWAL, P. K. ve MALL, R. K., 2002.** ‘Climate Change And Rice Yields In Diverse Agro-Environments Of India. II. Effect Of Uncertainties In Scenarios And Crop Models On Impact Assessment’. Climatic Change, 52(3), 331–343.
- ALEXANDROV, V. ve EITZINGER, J., 2002.** Potential Climate Change Impact On Winter Wheat And Spring Barley In Austria. Global Change Biol. 8 4, Pp. 372–389.
- ALEXANDROV, V. A., HOOGENBOOM, G., 2000.** The Impact Of Climate Variability And Change On Crop Yield In Bulgaria. Agricultural And Forest Meteorology, 2000. 104; 315–327.
- ALI, T., ANWAR, S., SHAH, W. A. ve AHMAD, B., 2004.** Response Of Maize Hybrids/Cultivars To Various Levels Of Potassium And Irrigation Frequencies. J. Agron., 3(3): 201-207.
- ALPERT, P., KRICHAK, S. O., DAYAN, M. ve SHAFIR H., 2006.** Climatic Trends Over The Eastern Mediterranean: Past And Future Projections, CLIVAR Exchanges, 11, 2, 12-13, April 2006.
- ALPERT, P., KRICHAK, S. O., SHAFIR, H., HAIM, D., OSETINSKY, I., 2008.** Climatic Trends To Extremes Employing Regional Modeling And Statistical Interpretation Over The E. Mediterranean. Global And Planetary Change, V. 63, İss. 2-3, P. 163-170.
- ALTAN, T., ATMACA, M., AKTOKLU, E., KAPLAN, K., ATİK, M., ARTAR, M., GÜZELMANSUR, A., ÇİNÇİNOĞLU, A., BÜYÜKAŞIK, Y., 2007.** Seyhan Havzası Bitki Örtüsünün Floristik Ve Vejetasyon Açısından Araştırılması. ICCAP Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları. Mart, 2007. 43-64

- AMISSAH, A. ARTHUR., 2005.** Value Of Climate Forecasts For Adjusting Farming Strategies In Sub-Saharan Africa. *Geojournal* (2005) 62: 181–189.
- ANONYMOUS, 1999a.** Türkiye İstatistik Yıllığı, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. Ankara, s287.
- ANONYMOUS, 1999b.** *Golden Software, Surfer 8, User's Guide: Contouring And 3D Surface Mapping For Scientist And Engineers*, Colorado, USA.
- ANONYMOUS, 2007a.** Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi (editör G. Apak ve B. Ubay, Ocak,2007. s274.
- ANONYMOUS, 2007b.** Limiting Global Climate Change to 2 Degrees Celsius The Way Ahead For 2020 And Beyond Impact Assessment, EU Commission Staff Working Document, Brussels, 10.1.2007, s57
- ANTHES, R. A., 1977.** A Cumulus Parameterization Scheme Utilizing a One-Dimensional Cloud Model, *Mon. Weather Rev.*, 117, 1423-1438.
- ASSENS, S., JAMIESON, P. D., KIMBALL, B., PINTER, P., SAYRE, K., BOWDEN, J. W., HOWDEN, S. M., 2004.** Simulated Wheat Growth Affected By Rising Temperature, Increased Water Deficit And Elevated Atmospheric CO₂. *Field Crops Research* 85 (2004) 85–102
- ATTRI, S. D. ve RATHORE, L. S., 2003.** Simulation Of Impact Of Projected Climate Change On Wheat In India, *Int. Journal Of Climatology* 23, 693–705.
- BENISTON, M., STEPHENSON, D. B., CHRISTENSEN, O. B., FERRO, C. A. T., FREI C., GOYETTE, S., HALSNAES, K., HOLT, T., JYLHÄ, K., KOFFI, B., PALUTIKOF, J., SCHÖL, R., SEMMLER, T., WOTH, K., 2007.** Future Extreme Events In European Climate: An Exploration Of Regional Climate Model Projections. *Climatic Change* (2007) 81:71–95.
- BOOGAARD, H. L., VAN DIEPEN, C. A., ROTHER, R. P., CABRERA, J. C. M. A., VAN LAAR, H. H., 1998.** WOFOST 7.1 User Guide For The WOFOST 7.1 Crop Growth Simulation Model And WOFOST Control Center 5.1. Techn. Doc. 52, Alterra, WUR, Wageningen, The Netherlands, Pp. 144.
- BOUMAN, B. A. M., KROPFF, M. J., TUONG, T. P., WOPEREIS, M. C. S., TEN BERGE, H. F. M., VAN LAAR, H. H., 2001.** ORYZA2000:

Modeling Lowland Rice (ISBN 971-22- 0171-6). International Rice Research Institute/Wageningen University And Research Centre, Los Banos (Philippines)/Wageningen, s235.

BRIEGLEB, B. P., 1992. Delta-Eddington Approximation For Solar Radiation In The Near Community Climate Model, *J. Geophys. Res.*, 97, 7603-7612.

BURMAN, R. D., NIXON, P. R., WRIGHT, J. L., PRUITT, W. O., 1980. Water Requirments. In Jensen, M.E (Ed.), Desing And Operation Of Farm Irrigation Systems, Amer. Soc. Agric. Eng. Monograph 3, Pp. 189-232.

CESURER, L., AKKAYA, A., ÇİÇEK, A., YÜRÜRDURMAZ, C. ve DEMİRBAĞ, V., 1999a. İkinci Ürün Bazı Hibrid Mısır Çeşitlerinde Verim Ve Verim Unsurları Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları Ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Posterler: Hububat Islahı Ve Çeşitler, 8-11 Haziran 1999, Konya, 640-644.

CESURER, L., ÇÖLKESEN, M., DOKUYUCU, T., ve ÇİÇEK, A., 1999b. Kahramanmaraş Koşullarında Uygun Erkenci ve Yüksek Verimli İkinci Ürün Hibrid Mısır Çeşitlerinin Belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Posterler: Hububat Islahı ve Çeşitler, 8-11 Haziran 1999, Konya, 635-639.

CEYLAN, A., KÖMÜŞCÜ, A. Ü., 2008. Meteorolojik Karakterli Doğal Afetlerin Uzun Yıllar Ve Mevsimsel Dağılımları. İklim Değişikliği Ve Çevre, Su Vakfı, 1:7-20.

CHAFFEY, N., 2001. Restricting Water Supply Enhances Crop Growth. Trends Plant Sci., 6(8): 346.

CHALLINOR, A. J., WHEELER, T. R., CRAUFURD, P. Q., SLINGO, J. M., GRIMES, D. I. F., 2004. Design And Optimisation Of A Large-Area Processbased Model For Annual Crops. Agric. Forest Meteorol. 124 (1-2), 99-120.

CHATTERJEE, A., 1998. Simulating The Impact Of Increase In Temperature And CO₂ On Growth And Yield Of Maize And Sorghum, M.Sc. Thesis (Unpublished), Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.

- CHAUDHURI, U. N., KIRKHAM, M. B., KANEMASU, E. T., 1990.** Root Growth Of Winter Wheat Under Elevated Carbon Dioxide And Drought. *Crop Science*, **30**, 853–857.
- COX P. M., BETTS R. A., BUNTON C. B., ESSERY R. L. H., ROWNTREE P. R., SMITH J., 1999.** The Impact Of New Land Surface Physics On The GCM Simulation Of Climate And Climate Sensitivity. *Clim Dyn* 15: 183–203.
- CUSACK, S., EDWARDS, J. M., CROWTHER, J. M., 1999.** Investigating K-Distribution Methods For Parametrizing Gaseous Absorption In The Hadley Centre Climate Model. *J Geophys Res* 104: 2051–2057.
- ÇAKIR, R., 2004.** Effects Of Water Stres At Different Development Stages On Vegetative And Reproductive Growth Of Corn. *Field Crop Res.*, 89(1): 1-16.
- ÇALDAĞ, B. ve ŞAYLAN, L., 2004.** ‘Sensitivity Analysis Of The CERES-Wheat Model For Variations In CO₂ And Meteorological Factors In Northwest Turkey’, *Int. J. Environment And Pollution*, (In Press).
- ÇELİK, S., BACANLI. H., GÖRGEÇ H., 2008.** Küresel İklim Değişikliği Ve İnsan Sağlığına Etkileri. www.dmi.gov.tr. Kasım, 2008. s31.
- ÇULLU, M.A., ÜLGER, A.C., GÜZEL, N. ve ORTAŞ, İ., 1999.** Bazı Melez Mısır Çeşitlerinin Artan Azot Dozlarına Tepkkilerinin Saptanması. *Turk J. Agric. For.*, 23(1): 115-124.
- DAĞDELEN, N., YILMAZ, E., SEZGİN, F. ve GÜRBÜZ, T., 2006.** Water-Yield Relation And Water Use Efficiency Of Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) And Second Crop Corn (*Zea Mays* L.) In Western Turkey. *Agr. Water Manage.*, 82: 63-85.
- DE WIT, A.J.W., BOOGAARD, H.L., VAN DIEPEN, C.A., 2005.** “Spatial Resolution Of Precipitation And Radiation: The Effect On Regional Crop Yield Forecasts”. *Agricultural And Forest Meteorology* 135 (2005) 156–168.
- DELLAL İ., BUTT, T., MCCARL, B., DYKE, P., 2004.** ‘İklim Değişikliğinin Türk Tarımı Üzerine Ekonomik Etkileri’, Ankara İklim Konferansı, Ankara.

- DEMİR, İ., KILIÇ, G., COŞKUN, M., 2007.** Türkiye ve Bölgesi için PRECIS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiri Kitabı, s252-261, İstanbul.
- DEMİR, İ., KILIÇ, G., COSKUN, M., SÜMER, U.M. 2008a.** Türkiye’de Maksimum, Minimum Ve Ortalama Hava Sıcaklıkları İle Yağış Dizilerinde Gözlenen Degisiklikler Ve Egilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 69-84. TMMOB Adına TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 13-14 Mart 2008, Ankara.
- DEMİR, İ., KILIÇ, G., COŞKUN, M. 2008b.** PRECIS Bölgesel İklim Modeli İle Türkiye İçin İklim Öngörülleri: HadAMP3 SRES A2 Senaryosu, IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 365-373. İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
- DEMİR, İ., KILIÇ, G., COŞKUN, M. 2008c.** Türkiye Ve Bölgesi İçin PRECIS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları. İklim Değişikliği Ve Çevre, Su Vakfı, 1:21-31.
- DICKINSON, R. E., ERRICO, R.M., GIORGI, F., BATES, G. T., 1989.** A Regional Climate Model For The Western United States, *Climate Change*, 15, 383-422.
- DICKINSON R. E., HENDERSON-SELLERS, A., KENNEDY, P. J., 1993.** Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (BATS) Version 1e as coupled to the NCAR Community Climate Model, NCAR Technical Note, NCAR/TN-387+STR, pp 72.
- DOBERMANN, A., DAWE, D., ROETTER, R. P., ve CASSMAN, K. G., 2000.** Reversal Of Rice Yield Decline In A Long-Term Continuous Cropping Experiment. *Agron. J.* 92:633–643 (2000).
- DONATELLI, M., STOCKLE, C.O., CEOTTO, E., RINALDI, M., 1997.** Evaluation Of Cropsyst For Cropping Systems At Two Locations Of Northern And Southern Italy. *Eur. J. Agron.* 6, 35–45.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H., 1979.** Yield Response To Water. United Nations FAO. Pub. 33, ROME, (193) S.

- DOORENBOS, J., PRUITT, W. O., 1977.** Guidelines For Predicting Crop Water Requirements. Irrigation And Drainage Paper 24. Food And Agriculture Organization The United Nations, ROMA. Italy, p144.
- DROOGERS, P., BASTIAANSEN, W. G. M., BEYAZGÜL, M., KAYAM, Y., KITE, G. W., MURRAY-RUST, H., 2000.** Distributed Agro-Hydrological Modeling Of An Irrigation System In Western Turkey. *Agricultural Water Management* 43 (2000) 183-202.
- DROOGERS, P., KITE, G., 1999.** Water Productivity From Integrated Basin Modeling. *Irrigation And Drainage Systems* 13: 275–290, 1999.
- DUBROVSKY, M., TRNKA, M., ZALUD, Z., SEMERADOVA, D., 2004.** Estimating the Crop Yield Potential of the Czech Republic in Present and Changed Climates. In *Proceedings of the 5th European Conference on Applied Climatology*, Nice, France, Sept 27-30, 2004; pp. 315.
- EARL, H. J. ve DAVIS, R. F., 2003.** Effect Of Drought Stress On Leaf And Whole Canopy Radiation Use Efficiency And Yield Of Maize. *Drought Stress. Agron. J.*, 95: 688-696.
- ECMWF., 2005.** Verification Of ECMWF Products In Member States And Co-Operating States Report 2005, August 2005.
- EDWARDS J. M., SLINGO A., 1996.** Studies With A Flexible New Radiation Code. I: Choosing A Configuration For A Large Scale Model. *Q J R Meteorol Soc* 122: 689–719.
- EITZINGER, J., MARINKOVIC, D., HÖSCH, J., 2002.** Sensitivity Of Different Evapotranspiration Calculation Methods In Different Crop-Weather Models. In: Rizzoli, A. E., Jakeman, A. J. (Eds.) : Integrated Assessment And Decision Support; Proc., 1st Biennial Meeting Of The International Environmental Modelling And Software Society, Iemss 2002, 24-27 June 2002, Lugano, Switzerland, Vol. 2, 395-400
- EITZINGER, J., TRNKA, M., HÖSCH, J., Z. ZALUD, DUBROVSKY, M., 2004.** Comparison Of CERES, WOFOST And SWAP Models In Simulating Soil Water Content During Growing Season Under Different Soil Conditions, *Ecological Modelling* 171 (2004) 223–246.

- EKİCİ, B., 2002.** Sera Domates Yetiştiriciliğinde Kısmi Kök Kuruluğu (Partial Rootzone Drying) Sulama Tekniğinin Bitki Büyümesi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Adana.
- ELGUINDI, N., BI, X., GIORGI, F., NAGARAJAN, B., PAL, J., SOLMON, F., 2004.** Regcm Version 3 User's Guide. Physics Of Weather And Climate Group. The Abdus Salam International Centre For Theoretical Physics. Trieste, Italy.
- ENGLISH, M. ve RAJA, S. N., 1996.** Perspectives On Deficit Irrigation. Agr. Water Manage., 32: 1-14.
- EROL B., ÇELİK R. N., 2004.** Modelling Local Gps/Levelling Geoid With The Assesment Of Inverse Distance Weighting And Geostatistical Kriging Methods.
- FENCİK R., VAJSABLOVÁ M., 2006.** Parameters Of Interpolation Methods Of Creation Of Digital Model Of Landscape Poster Presented At The 9th AGILE Conference On Geographic Information Science, Visegrád, Hungary, 2006.
- FUJIHARA Y., TANAKA K., WATANABE T., NAGANO T., KOJIRI T., 2008.** Assessing The Impacts Of Climate Change On The Water Resources Of The Seyhan River Basin In Turkey: Use Of Dynamically Downscaled Data For Hydrologic Simulations. Journal Of Hydrology, Volume 353, Issues 1-2, 20 May 2008, Pages 33-48
- GANGADHAR RAO, D., KATYAL, J. C., SINHA, S. K. ve SRINIVAS, K., 1995.** Impacts Of Climate Change On Sorghum Productivity In India: Simulation Study, American Society Of Agronomy, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA, Climate Change And Agriculture: Analysis Of Potential International Impacts. ASA Spacial Publ. No. 59. Pp. 325–337.
- GAO X., J. S. PAL, F. GIORGI., 2006.** Projected Changes In Mean And Extreme Precipitation Over The Mediterranean Region From A High Resolution Double Nested RCM Simulation, Geophys. Res. Lett., 33, L03706.

- GAO, X. J., GIORGI, F., 2007.** Increased Aridity In The Mediterranean Region Under Greenhouse Gas Forcing Estimated From High Resolution Regional Climate Model Projections, Submitted To Global And Planetary Change.
- GENÇOĞLAN, C., 1996.** Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımları ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uygunluğunun İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- GENÇOĞLAN, C., ALTUNBEY, H. ve GENÇOĞLAN, S., 2006.** Response Of Green Bean ; (*P. Vulgaris* L.) To Subsurface Drip Irrigation And Partial Rootzone-Drying Irrigation. *Agr. Water Manage.*, 84(3): 274-280.
- GIORGI, F., 1990.** Simulation Of Regional Climate Using A Limited Area Model Nested In A General Circulation Model, *Journal Of Climate*, 3, 941-964.
- GIORGİ, F., MARINUCCI, M. R. VE BATES, G. T., 1993.** Development Of A Second Generation Regional Climate Model (Regcm2), Boundary Layer And Radiative Transfer Processes, *Mon. Weather Rev.*, 121, 2794-2813.
- GIORGI F., MEARNs O. L., SHIELDS C., MAYER L., 1996.** A Regional Model Study Of The Importance Of Local Versus Remote Controls Of The 1988 Drought And The 1993 Flood Over The Central United States, *J. Climate*, 1150-1162.
- GIORGI, F., HURRELL, J. W., MARINUCCI, M. R. ve BENISTON, M., 1997.** Elevation Signal in Surface Climate Change: A Model Study, *J. Clim.*, 10, 288-296.
- GIORGI, F., VE MEARNs, L.O., 1999.** Introduction To Special Section: Regional Climate Modeling Revisited, *J Geophys Res-Atmos*, 104, 6335-6352.
- GIORGI, F., VE SHIELDS, C., 1999.** Tests Of Precipitation Parametrizations Available In Latest Version Of NCAR Regional Climate Model (Regcm) Over Continental United States, *J Geophys Res-Atmos*, 104, 6353-6375.
- GIORGI, F., BI X., QIAN, Y., 2002.** Direct Radiative Forcing And Regional Climatic Effects Of Anthropogenic Aerosols Over East Asia: A Regional Coupled Climate-Chemistry/Aerosol Model Study. *J Geophys Res* 107: Art No 4439, Doi:10.1029/2001JD001066.

- GIORGI, F., BI X., QIAN, Y., 2003.** Indirect Versus Direct Effects Of Anthropogenic Sulfate On The Climate Of East Asia As Simulated With A Regional Coupled Climate-Chemistry/Aerosol Model. *Climchange* 58: 345–376.
- GIORGI, F., X. BI, ve J. S. PAL., 2004a.** Mean, Interannual Variability And Trends In A Regional Climate Change Experiment Over Europe. Part I: Present Day Climate (1961–1990), *Clim. Dyn.*, 22, 733– 756.
- GIORGI, F., BI, X. ve PAL, J. S., 2004b.** Mean, Interannual Variability And Trends In A Regional Climate Change Experiment Over Europe. Part II: Future Climate Scenarios (2071– 2100), *Clim. Dyn.*, 23, 839– 858.
- GOVINDARAJAN, S., AMBUJAM, N., KARUNAKARAN, K., 2008.** Estimation Of Pad Dy Water Productivity (WP) Using Hydrological Model: An Experimental Study. *Paddy And Water Environment*, Volume 6, Number 3, September 2008, pp. 327-339(13)
- GÖZÜBENLİ, H., KONUŞKAN, Ö. ve ŞENER, O., 2001.** Hatay Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Bazı Melez Mısır (*Zea mays* L.) Çeşitlerinde Verim ve Verimle İlişkili Özellikler. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ, 201-205.
- GRANT, R. F., JACKSON, B. S., KINIRY, J. R. ve ARKIN, G. F., 1989.** Water Deficit Timing Effects On Yield Components In Maize. *Agron. J.* 81:61–65.
- GREGORY D., MORRIS D., 1996.** The Sensitivity Of Climate Simulations To The Specification Of Mixed Phase Clouds. *Clim Dyn* 12: 641–651.
- GRELL, G. A., 1993.** Prognostic Evaluation of Assumptions Used by Cumulus Parameterizations, *Mon. Weather Rev.*, 121, 764-787.
- GRELL, G. A., DUDHIA, J. ve STAUFFRE, D. R., 1994.** Description Of The Fifth Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5), *NCAR Tech. Note*, 121.
- GUITJENS, .C., 1982.** Models Of Alfalfa Yield And Evaptranspiration. *ASCE*, Vol.108, No.1R3, P 212-222.
- GÜZEL, N., ÜLGER, A. C, İNCE, A., ÇAKIR, B., AKINCI, İ., TEZEL, M. ve YÜCEL, C., 1999.** Mısır Bitkisinde Kök Sökülme Direnci Ölçümü ve Bazı

Tarımsal Özellikler ile İlişkilerinin Saptanması. Turk J. Agric. For., 23(1): 33-41.

HACK, J. J., BOVILLE, B. A., BRIEGLEB, B. P., KIEHL, J. T., RASCH, P. J. ve WILLIAMSON, D. L., 1993. Description of the NCAR Community Climate Model (CCM2), *NCAR Tech. Note*, 108.

HALTINER, G.J. VE WILLIAMS, R.T., 1980. Numerical Prediction And Dynamic Meteorology, John Wiley & Sons, Inc., Usa.

HENDERSON-SELLERS, A. ve MCGUFFIE, K., 1987. A Climate Modelling Primer, John Wiley & Sons, Inc., USA.

HANSEN, J., FUNG, I., RIND, D., LEBEDEFF, S., RUEDY, R., RUSSEL, G., 1988. Global Climate Changes As Forecast By The Goddard Institute For Space Studies Three-Dimensional Model. J. Geophys. Res. 93 (D8), 9341–9364.

HANSEN, J. W., INDEJE, M., 2004. Linking Dynamic Seasonal Climate Forecasts With Crop Simulation For Maize Yield Prediction In Semi-Arid Kenya. Agricultural And Forest Meteorology 125 (2004) 143–157.

HOLTSLAG, A.A.M., DE BRUIJN, E.I.F. VE PAN, H.L., 1990. A High Resolution Air Mass Transformation Model for Short-Range Weather Forecasting, *Mon. Weather Rev.*, 118, 1561-1575.

HOOGENBOOM, G., 2000. Contribution Of Agrometeorology To The Simulation Of Crop Production And Its Applications, *Agric. Forest Meteorology* 103, 137–157.

HOSTETLER, S.W., BATES, G.T., GIORGI, F., 1993. Interactive Nesting Of A Lake Thermal Model Within A Regional Climate Model For Climate Change Studies, *J. Geophys. Res.*, 98, 5045-5057.

HOSTETLER, S.W., GIORGI, F., BATES, G.T., ve BARTLEIN, P.J., 1994. The Role Of Lake Atmosphere Feedbacks In Sustaining Paleolakes Bonneville And Lahontan 18,000 Years Ago, *Science*, 263, 665-668.

HOWELL, T.A., CUENCA, H.A., SOLOMON, K.H., 1990. Crop Yield Response. ‘Management Of Farm Irrigation Systems Edited By J.Hoffman And Ark. ‘Asae Monograph Chap S. Usa.

- HSIE, E.Y., ANTHES, R.A. VE KEYSER, D., 1984.** Numerical Simulation Of Frontogenesis In A Moist Atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, 41, 2581-2594.
- HUNDAL, S. S. ve KAUR, P., 1996.** Climate Change And Its Impact On Crop Productivity In The Punjab, India', In Climate Variability And Agriculture (Abrol, Y. P., Gadgil, G. And Pant, G. B. Eds.), New Delhi, India, Pp. 410.
- ICCAP., 2007a.** The Final Report Of ICCAP Project. The Research Project On The Impact Of Climate Changes On Agricultural Production System In Arid Areas (ICCAP). Research Institute For Humanity And Nature (RIHN); The Scientific And Technological Research Council Of Turkey (TÜBİTAK). Edit By Research Team For Thr ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 10, March 2007(A), 343 P.
- ICCAP., 2007b.** Iccap Project: Turkish Group Final Reports. Impact Of Climate Changes On Agricultural Production System In Arid Areas (ICCAP). Kurak Alanlarda İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretim Sistemlerine Etkisi. Research Institute For Humanity And Nature (Rihn); The Scientific And Technological Research Council Of Turkey (TÜBİTAK). Edit By Research Team For Thr ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 11, March 2007(B), 188 P.
- IGBADUN, H. E., MAHOO, H. F., TARIMO, A. K. P. R. ve SALIM, B. A., 2006.** Crop Water Productivity Of An Irrigated Maize Crop In Mkoji Sub-Catchment Of The Great Ruaha River Basin, Tanzania. *Agr. Water Manage.*, 85(1-2): 141-150.
- ISAM S. M., HAKAN B., PETTERSSON L., SIVERTUN A. ve LUND E., 2002** Spatial Correlation Between Radon (^{222}Rn) In Groundwater And Bedrock Uranium (^{238}U): GIS And Geostatistical Analyses *J. Of Spatial Hydrology* Vol.2 No.2., Fall 2002.
- IPCC. 1996.** Climate Change 1995: The Science Of Climate Change. Contribution Of Working Group I To The Second Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change, Houghton J, T., Et Al., Eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- IPCC. 2000.** Special Report On Emissions Scenarios – A Special Report Of Working Group III Of The Intergovernmental Panel On Climate Change

(IPCC) (Nakićenović, Et Al., Lead Authors), Cambridge University Press, New York.

IPCC. 2001a. Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution Of Working Group I To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC) (Houghton J, T., Et Al., Eds.), Cambridge University Press, Cambridge.

_____, **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) (Mccarthy, J. J., Et Al., Eds.), Cambridge University Press, Cambridge.

_____, **2001c.** Climate Change 2001: Synthesis Report - Contribution Of Working Groups I, II And III To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc) (Watson R.T., Et Al., Eds.), Cambridge University Press, Cambridge.

_____, **2007.** Climate Change 2007: The Physical Sycience Basis: Summary For Policymakers – Contribution Of Working Group I To Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC), IPCC Secretariat, WMO, Geneva.

İSTANBULLUOĞLU, A., KOCAMAN, İ. ve KONUKÇU, F., 2002. Water Use-Production Relationship Of Maize Under Tekirdağ Conditions In Turkey. Pak. J. Biol. Sci., 5(3): 287-291.

JOHNS TC., GREGORY JM., INGRAM WJ., JOHNSON CE., JONES A., MITCHELL JFB., ROBERTS DL., SEXTON DMH., STEVENSON DS., TETT SFB., WOODAGE MJ., 2001. Anthropogenic Climate Change For 1860 To 2100 Simulated With The HadCM3 Model Under Updated Emission Scenarios. Hadley Centre Technical Note 22 Pp 62.

JONES, P. ve PALUTİKOF, J., 2005. Global temperature records. University of East Anglia, Climatic Research Unit Information sheets. <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/>

KADIOĞLU, M. 1997. Trends In Surface Air Temperature Data Over Turkey. International Journal Of Climatology, 17: 511-520.

- KADIOĞLU, M., ŞAYLAN, L. ve ŞEN Z., 1998.** Effect of climate change on the growing season in Turkey, Second Trabzon Int. Energy and Environment Symposium, July 27-29,
- KAMAN, H., 2007.** Geleneksel Kısıntılı Ve Yarı Islatmalı Sulama Uygulamalarına Bazı Mısır Çeşitlerinin Verim Tepkimeleri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 127s
- KAMAN, H., KIRDA, C., ÇETİN, M. ve TOPÇU, S., 2006.** Salt Accumulation In The Root Zones Of Tomato And Cotton Irrigated With Partial Root-Drying Technique. Irrig. Drain., 55: 533-544.
- KANBER, R., 2002.** Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: A-52, Adana, 530s.
- KANBER, R., YAZAR, A., EYLEN, M., 1990a.** Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen İkinci Ürün Mısırın Su-Verim ilişkisi. Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 173. Rapor serisi No: 108, TARSUS.77 S.
- KANBER, R., BAŞTUĞ, R., KÖKSAL, H., BAYTORUN, N., 1990b.** Yields And Comperative Performance Of Different Crop Prodiction Functions Of Cotton As Influenced By Deficit Irrigation. Doğa Tr.J. F Agriculture And Forestry 14: 533-547.
- KANBER, R., KÖSAL, H., GÜNGÖR, H., ÖNDER, S., ÜNLÜ, M., ÖĞRETİR, K., 1993.** Su Tüketiminde Tasarruf Sağlayan Yöntem ve Teknikler, (editör S. ŞENER), Slama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 76, TARSUS.
- KANBER, R., KIRDA, C., 1994.** Evaluation Of Deficit Irrigatio Programmes Of Cotton, Maize, Wheat And Soybea. International Conference On Land And Water Resources Management In The Mediterranean Region. Volume V. Istituto Agronomico Mediterraneo Valenzano Bari İtaly. 4-8 September 1994. P:117-133
- KANBER, R., YAZAR, A., ÖZEKİCİ, B., DİKER, K., SEZEN, S.M., ÜNLÜ, M., 1994.** Bitki Üretim Fonkiyonlarının Eldesinde Çizgi Kaynaklı Yağmurlama Sistemlerinin Kullanılması. Ç.Ü.Z.F. Dergisi, 9, (1): 134-148

- KANG, S., LIANG, Z., HU, W. ve ZHANG, J., 1998.** Water Use Efficiency Of Controlled Alternate Irrigation On Root-Divided Maize Plants. *Agr. Water Manage.*, 38: 69-76.
- KANG, S., ZHANG, L., HU, X., LI, Z. ve JERIE, P., 2001.** And Improved Water Use Efficiency for Hot Pepper Grown Under Controlled Alternate Drip Irrigation on Partial Roots. *Sci. Hortic.*, 89: 257-267.
- KANG, S., HU, X., GOODWIN, I. ve JERIE, P., 2002.** Soil Water Distribution, Water Use, And Yield Response To Partial Root Zone Drying Under A Shallow Groundwater Table Condition In A Pear Orchard. *Sci. Hortic.*, 92: 277-291.
- KANG, S., HU, X., JERIE, P. ve ZHANG, J., 2003.** The Effects Of Partial Rootzone Drying On Root, Trunk Sap Flow And Water Balance In An Irrigated Pear (*Pyrus Communis* L.) Orchard. *J. Hydrol.*, 280: 192-206.
- KARACA M. ve ÜNAL Y.S., 2003.** Potential Implications Of Accelerated Sea-Level Rise For Turkey, *Journal Coastal Research* (In Publish).
- KEELING, C. D. ve WHORF T. P., 2005.** Atmospheric CO₂ Records From Sites In The SIO Air Sampling Network. In *Trends: A Compendium Of Data On Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department Of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- KESKİNB., YILMAZ, İ.H. ve ARVAS, Ö., 2005.** Determination Of Some Yield Characters Of Grain Corn In Eastern Anatolia Region Of Turkey. *J. Agron.*, 4(1): 14-17.
- KEULEN, H. VAN, LAAR, H. H. VAN., 1986.** The Relation Between Water Use And Crop Production. In: Keulen, H. Van, Wolf, J. (Eds.), *Modelling Of Agricultural Production: Weather, Soils And Crops*. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen, pp. 117–152
- KEULEN, H. VAN, SELIGMAN, N. G., BENJAMIN, R. W., 1981.** Simulation Of Water Use And Herbage Growth In Arid Regions. A Re-Evaluation And Further Development Of The Model ‘Arid Crop’. *Agricultural Systems* 6, 159_ 193.

- KJELLSTRÖM, E., BARRING, L., JACOB, D., JONES, R. J., LENDERINK, G. ve SCHAR, C., 2007.** Modelling Daily Temperature Extremes: Recent Climate And Future Changes Over Europe . Climatic Change (2007) 81:249–265
- KIMBALL, B.A., 1983.** Carbon Dioxide And Agricultural Yield: An Assemblage And Analysis Of 430 Prior Observation. Agron. J. 75, 779–786.
- KIMBALL, B. A., PINTER, P. J. JR, GARCIA, R. L., LAMORTE, R. L., WALL, G. W., HUNSAKER, D. J., WECHSUNG, G., WECHSUNG, F., KARTSCHALL, T., 1995.** Roductivity And Water Use Of Wheat Under Free-Air CO2 Enrichment. Global Change Biol. 1, 429–442.
- KIMURA F., KITO A., SUMI A., ASANUMA J., YATAGAI A., 2007.** Downscaling Of The Global Warming Projections To Turkey. The Final Report Of ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 10, March 2007(A), 21-32.
- KITO A., 2007.** Future Climate Projections Around Turkey By Global Climate Models. The Final Report Of ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 10, March 2007(A), 39-42.
- KIRDA, C., ÇETİN, M., DAŞGAN, Y., TOPÇU, S., KAMAN, H., EKİCİ, B., DERİCİ, M. R. ve ÖZGÜVEN, A. İ., 2004.** Yield Response Of Greenhouse Grown Tomato To Partial Root Drying And Conventional Deficit Irrigation. Agr. Water Manage., 69: 191-201.
- KIRDA, C., TOPÇU, S., KAMAN, H., ÜLGER, A. C., YAZICI, A., ÇETİN, M. ve DERİCİ, M.R., 2005.** Grain Yield Response And N-Fertiliser Recovery Of Mazie Under Deficit Irrigation. Field Crop Res., 93: 132-141.
- KIRDA, C., TOPÇU, S., ÇETİN, M., KAMAN, H., TOPALOĞLU, F., DERİCİ, M. R. ve DAŞGAN, Y., 2006.** Partial Root Drying And Conventional Deficit Irrigation For Increasing Irrigation-Water Use Efficiency Of Major Crops In The Mediterranean Region. 18th International Soil Meeting (ISM) On “Soils Sustaining Life On Earth, Managing Soil And Technology”, Proceedings Volume I, May 22-26, 2006, Şanlıurfa, Turkey, 272-278.
- KIRTOK, Y., 1986.** TAB-406 Sıcak İklim Tahılları. Ç.Ü.Ziraat Fak. Ders Notu Yayınları No:19.Adana

- KIEHL, J. T., HACK, H. H., BONAN, G. B., BOVILLE, B. A., BRIEGLEB, B. P., WILLIAMSON, D. L. ve RASCH, P. J., 1996.** Description Of The NCAR Community Climate Model (CCM3), NCAR Tech. Note,152.
- KODESOVA, R., VE BRODSKY, L., 2006.** Comparison Of CGMS-WOFOST And HYDRUS-1D Simulation Results For One Cell Of CGMS-GRID50. Soil & Water Res., 1, 2006 (2): 39–48.
- KÖKSAL, H., 1995.** Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi. 199 S.
- KRICHAK, S. O., ALPERT, P., BASSAT K. ve KUNIN, P., 2007.** The Surface Climatology Of The Eastern Mediterranean Region Obtained In A Three-Member Ensemble Climate Change Simulation Experiment, Adv. Geosci.,12, 67-80.
- KÖMÜŞCÜ, A. Ü., 2003.** Weather Modification Activites in Turkey. Proceedings of Eight WMO Scientific Conference on Weather Modification., Casablanca, Morocco. WMO Report No. 29, Geneve, Switzerland, pp. 39-42.
- LAL, M., SINGH, K. K., SRINIVASAN, G., RATHORE, L. S. ve SASEENDRAN, A. S., 1998.** Vulnerability Of Rice And Wheat Yields In NW-India To Future Change In Climate, Agric. Forest Meteorology 89, 101–114.
- LAL, M., SINGH, K. K., SRINIVASAN, G., RATHORE, L. S., NAIDU, D. ve TRIPATHI, C. N., 1999.** Growth And Yield Response Of Soybean In Madhya Pradesh, India To Climate Variability And Change, Agr. And Forest Meteorology, 93, 53–70.
- LAWLESS, C., SEMENOV, M. A., 2005.** Assessing Lead-Time For Predicting Wheat Growth Using A Crop Simulation Model. Agricultural And Forest Meteorology, 135 (2005) 302–313.
- LLOYD-HUGHES, B. ve SAUNDERS, M., 2002.** A Drought Climatology For Europe, Int. J. Climatol. 22, 1571-1592.

- LONG, S. P., 1991.** Modification Of The Response Of Photosynthetic Productivity To Rising Temperature By Atmospheric CO₂ Concentrations: Has Its Importance Been Underestimated? *Plant Cell Env.* 14 (8), 729–739.
- LYNCH, A.H., CHAPMAN, W.L., WALSH, J.E., WELLER, G., 1995.** Development Of A Regional Climate Model Of The Western Arctic, *J. Climate*, 1555-1570.
- MALL, R. K., LAL, M., BHATIA, V. S., RATHORE, L. S. ve SINGH, R., 2004.** Mitigating Climate Change Impact On Soybean Productivity In India: A Simulation Study, *Agricultural And Forest Meteorology*, 121 (1–2), pp. 113–125.
- MALL, R. K., SINGH, R., GUPTA, A., SRINIVASAN, G. ve RATHORE, L. S., 2006.** Impact Of Climate Change On Indian Agriculture:A Review. *Climatic Change* (2006) 78: 445–478.
- MANABE, S., WEATHERLAND, R. B., 1987.** The Effects Of Doubling The CO₂ Concentration On The Climate Of A General Circulation Model. *J. Atmos. Sci.* 44, 1211–1235.
- MANDAL, N., 1998.** Simulating The Impact Of Climatic Variability And Climate Change On Growth And Yield Of Chickpea And Pigeonpea Crops, M.Sc. Thesis (Unpublished), Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
- MANTEL, S. ve VAN ENGELEN, V. W. P. I., 1999.** Assessment Of The Impact Of Water Erosion On Productivity Of Maize In Kenya: An Integrated Modelling Approach., *Land Degradation & Development* 10, 577-592 (1999).
- MITCHELL, R. A. C., MITCHELL, V. J., DRISCOLL, S. P., FRANKLIN, J., LAWLOR, D. W., 1993.** Effects Of Increased CO₂ Concentration And Temperature On Growth And Yield Of Winter Wheat At Two Levels Of Nitrogen Application. *Plant Cell Env.* 16, 521–529.
- MOHANDASS, S., KAREEM, A. A., RANGANATHAN, T. B. ve JEYARAMAN, S., 1995.** Rice Production In India Under Current And Future Climates, In Matthews R. B., Kropff M. J, Bachelet D. And Laar Van H. H.(Eds.), *Modeling The Impact Of Climate Change On Rice Production In Asia*, CAB International, U.K. Pp. 165–181.

- MONTEITH, J. L., 1977.** Climate And The Efficiency Of Crop Production In Britain. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 281, 277_ 294.
- MOSER, S. B., FEIL, B., JAMPATONG, S. ve STAMP, P., 2006.** Effects Of Pre-Anthesis Drought, Nitrogen Fertilizer Rate, And Variety On Grain Yield, Yield Components, And Harvest Index Of Tropical Maize. Agr. Water Manage., 81: 41-58.
- NAGANO T., FUJİHARA Y., TANAKA K., UMETSU C., HOSHIKAWA K., KUME T., KIMURA, F., WATANABE T., 2007.** Generated Social Scenarios And Basin Conditions Fort He Final Integration. The Final Report Of ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 10, March 2007(A), 15-20.
- NAKAJIMA, H., BEHBOUDIAN, M.H., GEREVEN, M. ve ZEGBE-DOMÍNGUEZ, J.A., 2004.** Mineral Contents Of Grape, Olive, Apple, And Tomato Under Reduced Irrigation. Short Communication. J. Plant Nutr. Soil Sci., 167: 91-92.
- NOVAK, W., 1987.** Estimation Of Soil-Water Extraction Patterns By Roots. Agri. Water. Man. 12 : 271-278.
- OĞUZ, T., 2003.** Climatic Warming Impacting Pelagic Fish Stocks In The Black Sea Due To An Ecological Regime Shift During Mid-1990s, Globec International Newsletter Vol.9, No.2, Pp.18-20.
- OĞUZ, T., ÇOKACAR, T., MALANOTTE-RIZZOLİ P., VE DUCKLOW, H. W., 2003.** Climatic Warming And Accompanying Changes In The Ecological Regime Of The Black Sea During 1990s. Global Biogeochem. Cycles, 17(3), 1088, Doi:10.1029/2003 GB002031.
- ORTA, A. H., İSTANBULLUOĞLU, A. ve ALBUT, S., 1997.** Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su Tüketimi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi J. Agric. Sci., 3(2): 38-43.
- ÖNDER, S., 1994.** Çukurova Koşullarında Fasilalı (Surge) ve Sürekli Karık Sulama Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi, 273 S.

- ÖNOL B. 2001.** Türkiye Ve Cıvırı İkliminin Bölgesel Bir İklim Modeliyle Simülasyonu: Yüzey Koşullarına Duyarlılık, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul.
- _____, **2004.** Dynamic Downscaling, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ (devam ediyor)
- ÖNOL, B., UNAL, Y. S., KAHRAMAN, A., 2008.** Sensitivity Analysis Of Regional Climate Model (Regcm3) Over Turkey. Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008-A-07703, 2008.
- ÖNOL, B., SEMAZZİ F., 2008.** Regionalization Of Climate Change Simulations Over Eastern Mediterranean. Journal Of Climate: In Press.
- ÖZEKİCİ B., DONMA. S., ÖNDER S., NAGANO T., 2007.** Seyhan Havzası Sulanır Alanlarında Olası İklim Değişikliklerinin Etkilerinin İncelenmesi. Iccap Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları. Mart, 2007. 27-39.
- PAL, J. S., SMALL, E. E. ve ELTAHIR, E. A. B., 2000.** Simulation Of Regional-Scalewater And Energy Budgets: Representation Of Subgrid Cloud And Precipitation Processes Within Regcm, J. Geophys. Res., 105, D24, 29 579–29 594, 2000.
- PAL J. S., F. GIORGI, BI X., ELGUINDI N., SOLMON F., GAO X., RAUSCHER S. A., FRANCISCO R., ZAKAY A., WINTER J., ASHFAQ M., SYED F. S., BELL J. L., DIFENBAUGH N. S., KARMACHARYA J., KONARE A., MARTINEZ D., ROCHA R. P., SLOAN L. C., STEINER, A., 2007.** Regional Climate Modeling For The Developing World: The ICTP Regcm3 And Regcnet Bull. Am. Meteorol. Soc. 88 1395–409.
- PALA, M., STOCKLE, C. O., HARRIS, H. C., 1996.** Simulation Of Durum Wheat (Triticum Durum) Growth Under Differential Water And Nitrogen Regimes In A Mediterranean Type Of Environment Using CropSyst. Agric. Syst. 51, 47–163.
- PANDEY, R. K., MARANVILLE, J. W. ve ADMOU, A., 2000a.** Deficit Irrigation And Nitrogen Effects On Maize In A Sahelian Environment I. Grain Yield And Yield Components. Agr. Water Manage., 46: 1-13.

- PANDEY, R. K., MARANVILLE, J. W. ve CHETIMA, M. M., 2000b.** Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize in a Sahelian Environment II. Shoot Growth, Nitrogen Uptake and Water Extraction. *Agr. Water Manage.*, 46: 15-27.
- PANNKUK, C.D., STOCKLE, C.O., PAPENDICK, R.I., 1998.** Validation Of Cropsyst For Winter And Spring Wheat Under Different Tillage And Residue Management Practices In A Wheat-Fallow Region. *Agric. Syst.* 57, 121–134.
- PARRYA, M. L., ROSENZWEIGB, C., IGLESIASC, A., LIVERMORED M., FISCHER, G., 2004.** Effects Of Climate Change On Global Food Production Under SRES Emissions And Socio-Economic Scenarios. *Global Environmental Change* 14 (2004) 53–67.
- PENNING, DE VRIES, F.W.T., JANSEN, D.M., TEN BERGE, H.F.M., BAKEMA, A., 1989.** Simulation Of Ecophysiological Processes Of Growth In Several Annual Crops 29. *Simulation Monographs*, 29. Pudoc/IRRI, Wageningen/Los Banos, P. 271.
- POPE, V. D., GALLANI, M. L., ROWNTREE, P. R., STRATTON, R. A., 2000.** The Impact Of New Physical Parametrisations In The Hadley Centre Climate Model. *Climate Dynamics*, 16, 123-146.
- PRECIS, 2001.** The Hadley Centre Regional Climate Modelling System Precis (Providing Regional Climates For Impacts Studies) Brochure, Produced For The Conference Of The Parties To The Unfcc (Cop7) Meeting In Marrakech In 2001, P20.
- QIAN, Y. ve GIORGI, F., 1999.** Interactive Coupling Of Regional Climate And Sulfate Aerosol Models Over Eastern Asia, *J. Geophys. Res.*, 140.
- QIAN, Y., GIORGI, F. ve FOX-RABINOVITZ, M., 1999.** Regional Stretched Grid Generation And Its Application To The NCAR Regcm, *J. Geophys. Res.*, 140.
- RAISANEN, J. U., HANSSON, A. ULLERSTIG, R. DOASCHER, L. P. GRAHAM, C., JONES, H. E. M., MEIER, P., SAMUELSSON, U. W., 2004.** European Climate In The Late Twenty-₁st Century: Regional Simulations With Two Driving Global Models And Two Forcing Scenarios. *Clim. Dyn.*, 22:13-31

- RATHORE, L. S., SINGH, K. K. SASEENDRAN, S. A. ve BAXLA, A. K., 2001.**
Modelling The Impact Of Climate Change On Rice Production In India,
Mausam 52(1).
- RAYNER, N. A., PARKER, D. E., HORTON, E. B., FOLLAND C. K.,
ALEXANDER, L. V., ROWELL D. P., KENT E. C., KAPLAN A., 2003.**
Global Analyzes Of SST, Sea Ice, And Night Marine Air Temperature Since
The Late Nineteenth Century. J Geophys Res 108: 4407, doi:
10.1029/2002JD002670.
- REDDY, K. R., DOMA P. R., MEARNS L, O., HODGES, H. F.,
RICHARDSON, A. G., BOONE, M. Y. L., KAKANI, V. G., 2002.**
Simulating The Impacts Of Climate Change On Cotton Production In The
Mississippi Delta. Clim. Res. 22:271–281.
- ROBERTSAN, W. R., HAMMOND, L. C., JOHNSON, J. T., BOOTE, K. J.,
1980.** Effects Of Plant-Water Stress On Root Distribution Of Corn, Soybeans
And Peanuts In Sandy Soil. Agron. J. 7:548-550.
- ROETTER, R. P., VAN KEULEN, H.: (2007).** Food Security In: Science For
Agriculture And Rural Development In Low-Income Countries / Roetter,
R.P., Van Keulen, H., Kuiper, M., Verhagen, J., Van Laar, H.H., Dordrecht :
Springer, - P. 27 - 56.
- ROSENZWEIG, C., PARRY, M. L., 1994.** Potential Impact Of Climate Change
On World Food Supply. Nature 367, 133–138.
- ROSENZWEIG, C., TUBIELLO, F. N., 1997.** Impacts Of Future Climate Change
On Mediterranean Agriculture: Current Methodologies And Future
Directions. Mitig. Adapt. Strategies Clim. Change 1, 219–232.
- ROSENZWEIG, C., HILLEL, D., 1998.** Climate Change And The Global Harvest.
Oxford University Press, Oxford, UK.
- SAHOO, S. K., 1999.** Simulating Growth And Yield Of Maize In Different Agro-
Climatic Regions, M.Sc. Thesis (Unpublished), Indian Agricultural Research
Institute, New Delhi.
- SANDERS, H. D., 1995.** Statistics: A First Course, 5th Edition, Mc Graw-Hill: New
York.

- SASEENDRAN, A. S., K., SINGH, K. K., RATHORE, L. S., SINGH, S. V. ve SINHA, S. K., 2000.** ‘Effects Of Climate Change On Rice Production In The Tropical Humid Climate Of Karala, India’, Climatic Change 44, 495–514.
- SAYSEL A. K., 2005.** Küresel Ekolojik Kriz Ve İklim Değişimi. <http://www.bgst.org/keab/aks130105.php>. Ocak, 2005.
- SELIGMAN, N.G., VAN KEULEN, H., 1981.** PAPRAN: A Simulation Model Of Annual Pasture Production Limited By Rainfall And Nitrogen. In: Frissel, M.J., Van Veen, J.A. (Eds.), Simulation Of Nitrogen Behaviour Of Soil-Plant Systems. Pudoc, Wageningen, The Netherlands, Pp. 192_ 220.
- SEZER, İ. ve GÜLÜMSER, A., 1999.** Çarşamba Ovasında Ana Ürün Olarak Yetiştirilebilecek Mısır Çeşitlerinin (*Zea mays* L. *indentata*) Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Sunulu Bildiri, Cilt I, Genel ve Tahıllar, 15-18 Kasım 1999, Adana, 275-280.
- SIONIT, N., MORTENSEN, D.A., STRAIN, B.R., HELLMERS, H., 1981.** Growth Response Of Wheat To CO₂ Enrichment And Different Levels Of Mineral Nutrition. Agron. J. 73, 1023–1027.
- SMALL, E.E., GIORGI, F. ve SLOAN, L.C., 1999.** Regional Climate Model Simulation Of Precipitation In Central Asia: Mean And Interannual Variability, J.Geophys. Res., 140.
- SMITH, R. N. B., 1990.** A Scheme For Predicting Layer Clouds And Their Water Content In A General Circulation Model. Q J R Meteorol Soc 116: 435–460.
- SMITH, R. N. B., 1993.** Experience And Developments With The Layer Cloud And Boundary Layer Mixing Schemes In The UK Meteorological Office Unified Model. In: Proc ECMWF/GCSS Workshop On Parametrization Of The Cloud-Topped Boundary Layer, 8–11 June 1993, ECMWF, Reading, UK.
- SOYCAN, A., SOYCAN M., 2002.** Yol Projelerinde Sayısal Arazi Modellerinin Kullanılması. Selçuk Üniversitesi Jeodezi Ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya
- SPITTERS, C. J. T., VAN KEULEN, H., VAN KRAALINGEN, DWG., (1989).** A Simple And Universal Crop Growth Simulator: SUCROS87. In: Rabbinge R, Ward SA, Van Laar HH (Eds) Simulation And Systems Management In

Crop Protection. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp 147–181.

SPITTERS, C.J.T., SCHAPENDONK, A.H.C.M., 1990. Evaluation Of Breeding Strategies For Drought Tolerance In Potato By Means Of Crop Growth Simulation. *Plant And Soil* 123, 193_ 203.

STIKIC, R., POPOVIC, S., SRDIC, M., SAVIC, D., JOVANOVIC, Z., PROKIC, L. ve ZDRAVKOVIC, J., 2003. Partial Root Drying (PRD): A New Technique For Growing Plants That Saves Water And Improves The Quality Of Fruit. *Bulg. J. Plant Physiol.*, Special Issue, 164-171.

STOCKLE, C. O., JAMES L. G., BASSETT D. L., SAXTON K. E., 1991. Effect Of Evapotranspiration Underprediction On Irrigation Scheduling And Yield Of Corn: A Simulation Study *Agricultural Water Management*, Volume 19, Issue 2: March, 1991. Pages:167-179.

STOCKLE, C.O., CABELGUENNE, M., DEBAEKE, P., 1997. Validation Of Cropsyst For Water Management At A Site In Southern France Using Submodels Of Different Complexity. *Eur. J.Agron.* 7, 89–98.

SUPIT, I., HOOIJER, A.A., DIEPEN, C.A. VAN (EDS.), 1994. System Description Of The WOFOST 6.0 Crop Simulation Model Implemented In CGMS. Volume 1: Theory And Algorithms. Joint Research Centre Of The European Commission, Luxembourg: Office For Official Publications Of The European Communities, EUR 15956, 146 P.

SUPIT, I., VAN DER GOOT, E., 1999. National Wheat Yield Prediction Of France As Affected By The Prediction Level. *Ecological Modelling*, 116 (1999), 203–223.

ŞAYLAN, L. VE ÇALDAĞ B., 2000, Potential Impacts Of Climate Change On Agriculture, 2nd International Symposium On New Technologies For Environmental Monitoring And Agro-Applications, AGROENVIRON-2000, 18-20 October 2000, Tekirdağ.

ŞEN, B., 2002. İklim Değişiminin Belirlenmesinde Uzman Programlarının Geliştirilmesi ve GAP Alanında Uygulanması. Çukurova Üniversitesi Fen

Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Adana.

- TAKLE E. S., GUTOWSKI W. J., ARRITT R. W., PAN, Z., ANDERSON C. J., DA SILVA, R. R., CAYA, D., CHEN, S.C., GIORGI, F., CHRISTENSEN, J. H., HONG, S.Y., JUANG, H. M. H, KATZFEY, J., LAPENTA, W. M., LAPRISE, R., LISTON, G. E., LOPEZ, P., MCGREGOR, J., PIELKE, R. A. ve PIELKE SR. R. A., 1999.** Project to Intercompare Regional Climate Simulations (PIRCS).
- TAŞTAN, F., 1998.** Grid bazındaki verilerin enterpolasyonu ve verifikasyonu. TC. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Araştırma Şube Müdürlüğü. 1998, Ankara, sy.:75.
- TATLI, H., 2004.** Statistical Downscaling Methods For General Circulation Model Simulations: Case Studies Over Turkey, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- TATLI, H., DALFES H. N., MENTEŞ Ş. S., 2004a.** A Statistical Downscaling Method For Monthly Total Precipitation Over Turkey. International Journal Of Climatology 24: 161-180.
- TATLI, H., DALFES, H. N., MENTEŞ, Ş. S., 2004b.** Near-Surface Air Temperature Variability Over Turkey And Its Connection To The Large-Scale Upper Air Circulations Via Multivariate Techniques. International Journal Of Climatology (Basımda).
- TATLI, H. ve TÜRKEŞ, M., 2008.** Türkiye'deki 2006/2007 kuraklığı ile geniş ölçekli atmosferik değişkenler arasındaki bağlantının lojistik regresyonla belirlenmesi. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 516-527. İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
- TEZCAN, L., EKMEKÇİ M., ATILLA Ö., GÜRKAN D., YALÇINKAYA O., NAMKHAİ O., SOYLU M. E., DONMA S., YILMAZER D., AKYATAN A., PELEN, N., TOPALOĞLU, F., İRVEM, A., 2007.** Seyhan Nehri Havzasında Tarım Güvenliği İçin Su Kaynakaları Sistemlerinin İklim

Değişikliklerine Karşı Duyarlılıklarının Araştırılması. ICCAP Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları. Mart, 2007. 1-24.

TOPÇU, S., KIRDA, C., ÇETİN, M., YAZICI, A., KAMAN, H., DAŞGAN, Y. ve DERİCİ, R., 2003. Kısıntılı Sulama Koşullarında Domates Bitkisi Gübre Kullanım Etkinliği. 2. Ulusal Sulama Kon., 16-19 Ekim, Kuşadası, 391-399.

TOPÇU, S. ve KIRDA, C., 2005. *Irrigation: Environmental Effects*. In Encyclopedia Of Soils In The Environment, Editor-In-Chief: Daniel Hillel, Elsevier Ltd., Oxford, U.K., 267-273.

TRNKA, M., DUBROVSKY, M., ve ZALUD, Z.: 2004a. “Climate Change Impacts And Adaptation Strategies In Spring Barley Production In The Czech Republic”, Climatic Change 64: 227–255, 2004. Kluwer Academic Publishers. Printed In The Netherlands.

TRNKA, M., DUBROVSKY, M., SEMERADOVA, D., ZALUD Z., 2004b. Projections Of Uncertainties In Climate Change Scenarios Into Expected Winter Wheat Yields. *Theoretical And Applied Climatology*, 30 March, 2004. 77, 229–249.

TÜFEKÇİ, A. ve KARAALTIN, S., 1999. Kahramanmaraş Koşullarında I. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde Farklı Azot Dozlarının I. Fizyolojik Özellikler ve Verime Etkisi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Poster Bildiri, Cilt I, Genel ve Tahıllar, 15-18 Kasım 1999, Adana, 429-433.

TÜRKEŞ, M., 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 15:1057-1076.

_____, **1997a.** Hava Ve İklim Kavramları Üzerine, TÜBİTAK Bilim Ve Teknik Dergisi, 355, 36-37, Ankara.

_____, **1998a.** Influence Of Geopotensial Heights, Cyclone Frequency And Southern Oscillation On Rainfall Variation In Turkey. *International Journal Of Climatology*, 18:649-680.

_____, **1998b.** İklimsel Değişebilirlik Açısından Türkiye’de Çölleşmeye Eğilimli Alanlar. DMİ/İTÜ II. Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 45-57, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

- _____, **1999.** Vulnerability Of Turkey To Desertification With Respect To Precipitation And Aridity Conditions. Tr. J. Of Engineering And Environmental Science, 23:363-380.
- _____, **2000.** Küresel Isınma: Yeni Rekorlara Doğru, Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi, 673, 20-21.
- _____, **2001a.** Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları Ve Küresel Isınma, T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1, 187-205, Ankara.
- _____, **2001b.** Küresel İklim Değişikliği Son Raporu, Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi, 736.
- _____, **2001c.** Küresel İklim Değişikliği: Tarım Ve Su Kaynakları Üzerindeki Olası Etkiler. İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerine Etkileri Paneli, Bildiriler Kitabı, 91-128, Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı, Kkgm, Ankara.
- _____, **2003a.** Spatial And Temporal Variations In Precipitation And Aridity Index Series Of Turkey. In: Mediterranean Climate – Variability And Trends, Hans-Jürgen Bolle, (Ed.), Regional Climate Studies. Springer Verlag, Heidelberg, Pp. 181-213.
- _____, **2003b.** 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması: Gelecekteki İklimimiz Paneli, Bildiriler Kitabı, 12-37, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- _____, **2004.** Küresel İklim Değişikliği ve Olası Sonuçları. Hava Kuvvetleri Dergisi, 348: 70-77.
- _____, **2008a.** Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen Ve Öngörülen Değişiklikler. İklim Değişikliği Ve Çevre, Su Vakfı, 1:45-64.
- _____, **2008b.** İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme (E. Karakaya editör). Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi. Bağlam Yayıncılık, 2008. İstanbul. 21-59.

- TÜRKES, M., ERLAT E., 2003.** Precipitation Changes And Variability In Turkey Linked To The North Atlantic Oscillation During The Period 1930-2000. *International Journal Of Climatology*, 23: 1771-1796.
- TÜRKES, M., 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.
- TÜRKES, M., ERLAT E., 2006.** Influences Of The North Atlantic Oscillation On Precipitation Variability And Changes In Turkey. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics And Space Physics* 29: 117-135.
- TÜRKES, M., SÜMER, U. M., 2004.** Spatial And Temporal Patterns Of Trends And Variability In Diurnal Temperature Ranges Of Turkey. *Theoretical And Applied Climatology* 77: 195-227.
- TÜRKES, M., SÜMER, U. M. ve ÇETİNER, G. 2000.** Küresel İklim Değişikliği Ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- TÜRKES M., SÜMER U.M., DEMİR İ., 2002a.,** Türkiye'nin Günlük Ortalama, Maksimum Ve Minimum Hava Sıcakları İle Sıcaklık Genişliğindeki Eğilimler Ve Değişiklikler. *Klimatoloji Çalıştayı 2002 Bildiri Özetleri*, 25-29. Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı 2002, Ege Üniversitesi Coğrafya Bölümü, 11-13 Nisan 2002, İzmir.
- TÜRKES, M., SÜMER U.M., DEMİR İ., 2002b.,** Re-Evaluation Of Trends And Changes In Mean, Maximum And Minimum Temperatures Of Turkey For The Period 1929-1999. *International Journal Of Climatology* 22: 947-977
- TÜRKES, M., SÜMER U. M., KILIÇ G. 2002.** Persistence And Periodicity In The Precipitation Series Of Turkey And Associations With 500 Hpa Geopotential Heights. *Climate Research* 21: 59-81.
- TÜRKES, M., KOÇ, T., SARIŞ, F., 2008.** Spatiotemporal Variability of Precipitation Total Series Over Turkey. *Int. J. Of Climatol* (2008).

- TÜRKEŞ, M. ve TATLI, H., 2009.** Use Of The Standardized Precipitation Index (SPI) And A Modified SPI For Shaping The Drought Probabilities Over Turkey. *Int. J. Of Climatol* (2009).
- UKMO/DETR., 1999.** Climate Change And Its Impacts, Stabilisation Of CO2 In The Atmosphere, United Kingdom Meteorological Office And Department Of The Environment, Transport And The Regions (UKMO/DETR), The Hadley Centre For Climate Prediction And Research, Bracknell.
- USLU, Ö.S., ve KARAALTIN, S., 1999.** Farklı Azot Dozlarının Kahramanmaraş Şartlarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea Mays* L.) Bitkisinde I. Fizyolojik Özellikler Ve Verime Etkisi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Poster Bildiri, Cilt I, Genel Ve Tahıllar, 15-18 Kasım 1999, Adana, 434-439.
- UTSET, A., VELICIA, H., DEL RIO, B., MORILLO, R., CENTENO, J.A., MARTINEZ, J. C., 2007.** Calibrating And Validating An Agrohydrological Model To Simulate Sugarbeet Water Use Under Mediterranean Conditions. *Agricultural Water Management* 94 (2007) 11–21.
- ÜNLÜ M., BARUTÇULAR C., KOÇ M., KOÇ D. L., KAPUR B., TEKİN S., AYDIN M., KANBER R., 2007.** Çukurova Koşullarında, İklim Değişiminin Buğday ve Mısır Bitkisinde Evapotranspirasyon, Gelişme Ve Verim Üzerine Etkileri. ICCAP Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları. Mart, 2007. 89-101.
- VAN DAM, JC., HUYGEN, J., WESSELING, JG., FEDDES RA., KABAT P., VAN WALSUM, PEV., GROENENDIJK, P., VAN DIEPEN, CA., 1997.** Technical Document 45. Theory Of SWAP Version 2.0. Wageningen Agriculture University And DLO Winand Staring Centre, The Netherlands
- VAN DAM, J.C., ve MALIK, R.S. (EDS.), 2003.** Water Productivity Of Irrigated Crops In Sirsa District, India. Integration Of Remote Sensing, Crop And Soil Models And Geographical Information Systems. WATPRO Final Report, Including CD-ROM. ISBN 90-6464-864-6. 173 Pp.
- VAN DIJCK, S.J.E., LAOUINA, A., CARVALHO, A.V., LOOS S., SCHIPPER A. M., VAN DER KWAST H., NAFAA, R., ANTARI M., ROCHA A., BORREGO, C., RITSEMA C.J., (2005).** Desertification In Northern Morocco Due To Effects Of Climate Change On Groundwater Recharge. In:

- Kepner W.G., Rubio J.L., Mouat D.A. & Pedrazzini F. *Desertification In The Mediterranean Region. A Security Issue*. NATO Security Through Science Series 3, Pp. 549-577.
- VAN ITTERSUM, M. K., LEFFELAAR, P. A., VAN KEULEN, H., KROPFF, M.J., BASTIAANS, L., GOUDRIAAN, J., 2003.** On Approaches And Applications Of The Wageningen Crop Models. *Europ. J. Agronomy* 18 (2003) 201-234.
- WALDREN, R.P., 1982.** Corn.Crop-Water Relations. Edited By I.D. Teare And M.M. Reet JOHN WILEY And SONS. New York.
- WATANABE, T., 2007.** Summary Of ICCAP –Framework, Outcomes And Implication Of The Project. The Final Report Of ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 10, March 2007(A), 1-14.
- WEN-XIA, X., GUANG-HUO, W., QI-CHUN, Z., 2007.** Potential Production Simulation And Optimal Nutrient Management Of Two Hybrid Rice Varieties In Jinhua, Zhejiang Province, China. *J Zhejiang Univ Sci B* 2007 8(7):486-492.
- WILHITE, D. A., 2000.** Drought as a natural hazard: Concepts and definitions, Chapter 1, In: D. A. Wilhite (ed), *Drought: A Global Assessment*, Natural Hazards and Disasters Series, Routledge Publishers, UK.
- WMO, 1999.** WMO Statement On The Status Of The Global Climate In 1998, WMO-No; 896, World Meteorological Organization, Geneva.
- WOLF, J. ve VAN DIEPEN, C. A., 1995.** Effects Of Climate Change On Grain Maize Yield Potential In The European Community, *Clim. Change* 29, 299–331.
- XUEJIE, G., JEREMY, S. P., ve FILIPPO, G., 2006.** Projected Changes In Mean And Extreme Precipitation Over The Mediterranean Region From A High Resolution Double Nested RCM Simulation. *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, L03706, Doi:10.1029/2005GL024954, 2006.
- YANG C. S., KAO S.-P., LEE F.-B., HUNG, P.-S., 2004** Twelve Different Interpolation Methods: A Case Study Of Surfer 8.0. XXTH ISPRS CONGRESS, 12-23 July 2004 Istanbul.

- YANO T., KORIYAMA M., HARAGUCHI T., AYDIN M., 2007.** Simulation of Crop Productivity for Evaluating Climate Change Effects. The Final Report of ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 10, March 2007(a), 181-184.
- YILDIZ, H., DEMİR C., GÜRDAL, M.A., AKABALI, O.A., DEMİRKOL, E.Ö., AYHAN, M.E. VE TÜRKOĞLU, Y., 2003.** Antalya-II, Bodrum-II, Erdek Ve Menteş Mareograf İstasyonlarına Ait 1984-2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi Ve Jeodezik Ölçülerin Değerlendirilmesi, Harita Dergisi Özel Sayı No:17, Ankara.
- YOU J., HUBBARD, G. K, GODDARD, S.,2004.** Comparison Of Air Temperature Estimates From Spatial Regression And Inverse Distance Method Submitted To J. Atmos. Oceanic Tech. June 29, 2004.
- YUPING, M., SHILI, W., LI, Z., YINGYU, H., LIWEI, Z., YANBO, H., FUTANG, W., 2008.** Monitoring Winter Wheat Growth In North China By Combining A Crop Model And Remote Sensing Data. International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation 10 (2008) 426–437.
- ZEGBE-DOMINGUEZ, J.A., BEHBOUDIAN, M.H., LANG, A., CLOTHIER, B.E., 2003.** Deficit Irrigation And Partial Rootzone Drying Maintain Fruit Dry Mass And Enhance Fruit Quality In ‘Petopride’ Processing Tomato (*Lycopersicon Esculentum*, Mill.). Sci. Hortic., 98: 505-510.
- ZEGBE-DOMINGUEZ, J.A., BEHBOUDIAN, M.H. ve CLOTHIER, B.E., 2004.** Partial Rootzone Drying Is A Feasible Option For Irrigation Processing Tomatoes. Agr. Water Manage., 68: 195-206.

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Mersin’de doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Mersin’de tamamladım. Lise eğitimimi Ankara’da 1993 yılında Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesini bitirerek tamamladım. 1993 yılında istidlalci olarak Silifke Meteoroloji Müdürlüğünde memuriyete başladım. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’ne girdim ve 1997 yılında mezun oldum. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında 1998-2002 yıllarında yüksek lisans öğrenimimi tamamladım. 1998 yılında kısa dönem olarak askerliğimi yaptım. 2003 yılında aynı bölümde doktora çalışmasına başladım. Silifke Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü, Incirlik Meteoroloji Meydan Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Şube Müdürlüğünde istidlalci, ekip şefi, mühendis olarak görev yaptım. Halen Meteoroloji Genel Müdürlüğü Hava Tahminleri Dairesi Başkanlığı Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğünde mühendis olarak görev yapmaktayım. Evli ve bir çocuk babasıyım.

EKLER

Çizelge Ek 1. DMİ gözlem verileri dosyalarının açıklaması

Veri Tipi	Dosyanın İçeriği
AYLIK MAKSİMUM SICAKLIK (°C)	Dosya ismi = anscxxdr.dat Dosya içeriği= AYLIK MAKSİMUM SICAKLIK (°C) İst. no = 5 Karakter Yıl = 5 Karakter Ay = 3 Karakter Değer = 8 Karakter (Değeri 10'a bölünüz) 17300 1999 1 201 17300 1999 2 216
AYLIK MİNİMUM SICAKLIK (°C)	Dosya ismi = anscnndr.dat Dosya içeriği= AYLIK MİNİMUM SICAKLIK (°C) İst. no = 5 Karakter Yıl = 5 Karakter Ay = 3 Karakter Değer = 8 Karakter (Değeri 10'a bölünüz) 17300 1999 1 26 17300 1999 2 2
AYLIK ORTALAMA SICAKLIK (°C)	Dosya ismi = anscoodr.dat Dosya içeriği= AYLIK ORTALAMA SICAKLIK (°C) İst.no = 5 Karakter Yıl = 5 Karakter Ay = 3 Karakter Değer = 8 Karakter (Değeri 10'a bölünüz) 17300 1999 1 112 17300 1999 2 110
	Dosya ismi = anygtimm.dat Dosya içeriği= AYLIK TOPLAM YAĞIŞ(mm) istno = 5 Karakter

AYLIK TOPLAM YAĞIŞ (mm)	Yıl = 5 Karakter Ay = 3 Karakter Değer = 8 Karakter (Değeri 10'a bölünüz) 17300 1999 1 2614 17300 1999 2 1895
AYLIK ORTALAMA RÜZGAR (m/sec)	Dosya ismi = anrzooms.dat Dosya içeriği= AYLIK ORTALAMA RÜZGAR (m/sec) istno = 5 Karakter Yıl = 5 Karakter Ay = 3 Karakter Değer = 8 Karakter (Değeri 10'a bölünüz) 17300 1999 1 26 17300 1999 2 32
AYLIK ORTALAMA NEM (%)	Dosya ismi = annmooyd.dat Dosya içeriği= AYLIK ORTALAMA NEM (%) istno = 5 Karakter Yıl = 5 Karakter Ay = 3 Karakter Değer = 8 Karakter (Değeri 10'a bölünüz) 17300 1999 1 677 17300 1999 2 617

Çizelge Ek 2. Ortalama sıcaklık değerlerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Tort	İstatistikler											
İstasyonlar	μ_G	σ_G	μ_M	σ_M	r	p_r	ρ	p_{ρ}	p_f	p_{st}	CV_G	CV_M
adana	19.0	0.4	19.3	0.4	.372	.067	.360	.077	0.619	0.009	2.123	1.891
ceyhan	17.9	0.6	19.3	0.4	.569**	.003	.497*	.012	0.035	0.000	3.251	1.932
develi	10.6	0.6	9.3	0.6	.040	.850	-.012	.953	0.969	0.000	5.994	6.894
elbistan	10.4	0.9	12.8	0.6	.297	.149	.244	.240	0.086	0.000	8.863	5.064
goksun	8.9	0.9	11.5	0.6	.328	.110	.274	.184	0.031	0.000	10.230	5.028
iskenderun	19.9	0.5	18.7	0.4	.349	.087	.189	.365	0.392	0.000	2.351	2.090
islahiye	16.5	0.6	15.3	0.5	-.123	.557	-.276	.181	0.424	0.000	3.405	3.106
karaisali	18.2	0.5	18.5	0.4	.336	.101	.283	.171	0.552	0.006	2.742	2.383
karatas	18.8	0.4	19.6	0.3	.460*	.021	.350	.086	0.299	0.000	2.270	1.756
kmaras	16.5	0.5	13.9	0.5	.328	.110	.388	.055	0.938	0.000	3.319	3.867
kozan	19.1	0.5	17.6	0.5	.380	.061	.371	.068	0.759	0.000	2.419	2.799
mersin	18.3	1.0	18.6	0.5	-.209	.315	-.393	.052	0.001	0.264	5.675	2.673
pinarbasi	8.0	1.9	7.2	0.6	.151	.471	.179	.391	0.000	0.048	23.313	8.953
sariz	7.4	0.7	10.3	0.6	-.040	.848	-.128	.540	0.824	0.000	8.946	6.142
tomarza	8.2	0.8	9.0	0.6	-.048	.820	.040	.849	0.274	0.000	9.946	7.177
ulukisla	9.7	1.4	6.0	0.6	.052	.803	-.020	.926	0.000	0.000	14.444	10.792
yumurtalik	18.7	0.4	19.5	0.4	.488*	.013	.403*	.046	0.783	0.000	1.988	1.803

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, r =Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), M = Model, G = Gözlem, * = korelasyon %5 anlamlılık düzeyinde var, ** = korelasyon %1 anlamlılık düzeyinde var

Çizelge Ek 3. Ortalama maksimum sıcaklık değerlerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Tmaks	İstatistikler											
İstasyonlar	μ_G	σ_G	μ_M	σ_M	r	p_r	ρ	p_{ρ}	p_f	p_{st}	CV_G	CV_M
adana	39.8	1.7	33.6	1.7	.602**	.001	.397*	.049	0.894	0.000	4.298	4.953
ceyhan	40.0	1.5	32.5	1.6	.221	.288	.346	.091	0.697	0.000	3.656	4.869
develi	35.5	1.3	36.4	1.7	.242	.243	.289	.161	0.226	0.041	3.775	4.741
elbistan	37.2	1.2	42.5	1.1	.275	.184	.408*	.043	0.692	0.000	3.339	2.693
iskenderun	36.1	2.0	36.2	1.7	.002	.994	.157	.453	0.317	0.913	5.642	4.579
islahiye	39.7	2.2	44.0	2.1	.158	.450	.061	.771	0.898	0.000	5.420	4.773
karaisali	39.9	2.0	40.6	1.5	.258	.214	.157	.452	0.136	0.106	5.008	3.607
karatas	36.6	2.0	31.7	1.3	.321	.118	.310	.132	0.034	0.000	5.370	3.974
kmaras	40.6	1.6	43.3	1.6	.135	.520	.102	.626	0.955	0.000	3.819	3.626
kozan	41.6	1.6	45.8	1.8	.052	.804	-.094	.656	0.622	0.000	3.952	3.979
mersin	34.4	1.8	43.6	1.5	.080	.703	.066	.754	0.374	0.000	5.178	3.402
pinarbasi	34.0	2.3	36.4	1.4	.073	.728	.080	.705	0.029	0.000	6.657	3.930
sariz	32.9	1.1	39.7	1.2	.225	.281	.262	.206	0.654	0.000	3.450	3.132
tomarza	34.8	1.6	38.4	1.6	.469*	.018	.517**	.008	0.898	0.000	4.523	4.213
ulukısla	33.9	1.3	33.8	1.4	.154	.464	.188	.369	0.846	0.597	3.904	4.086
yumurtalik	37.4	1.4	31.7	1.4	.332	.105	.304	.140	0.885	0.000	3.631	4.424

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, r =Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), M = Model, G = Gözlem, * = korelasyon %5 anlamlılık düzeyinde var, ** = korelasyon %1 anlamlılık düzeyinde var

Çizelge Ek 4. Ortalama minimum sıcaklık değerlerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Tmin	İstatistikler											
İstasyonlar	μ_G	σ_G	μ_M	σ_M	r	p_r	ρ	p_{ρ}	p_f	p_{st}	CV_G	CV_M
adana	-1.6	1.8	4.8	1.8	0.332	.105	.236	.257	0.931	0.000	-113.748	36.610
ceyhan	-3.8	1.9	4.2	1.8	0.389	.055	.274	.184	0.787	0.000	-49.047	41.891
develi	-16.7	3.2	-18.9	2.3	0.202	.332	.190	.362	0.114	0.005	-18.944	-12.073
elbistan	-22.3	5.4	-13.3	3.3	0.395	.051	.356	.080	0.023	0.000	-24.001	-25.086
goksun	-25.7	4.8	-11.2	3.1	-0.056	.790	-.073	.728	0.038	0.000	-18.667	-27.877
iskenderun	1.9	2.1	1.0	1.5	.224	.282	.130	.536	0.142	0.052	108.613	156.896
islahiye	-4.7	2.2	-7.4	2.6	.191	.361	.159	.449	0.458	0.000	-46.795	-34.960
karaisali	-0.4	2.4	-0.3	2.2	-.013	.950	.044	.833	0.569	0.839	-561.699	-723.943
karatas	-0.7	1.6	5.5	1.8	.359	.078	.389	.055	0.668	0.000	-235.242	32.292
kmaras	-5.5	2.4	-9.8	2.8	.226	.278	.188	.367	0.446	0.000	-43.628	-28.768
kozan	-0.9	1.9	-4.9	1.9	.192	.357	.165	.431	0.983	0.000	-208.257	-38.767
mersin	-0.7	2.3	-3.6	2.1	.218	.295	.183	.382	0.701	0.000	-310.381	-59.555
pinarbasi	-22.7	3.7	-20.2	2.5	.158	.450	.174	.404	0.062	0.006	-16.348	-12.454
sariz	-23.5	3.2	-15.3	2.6	.254	.220	.258	.214	0.319	0.000	-13.728	-17.149
tomarza	-24.9	4.1	-17.1	2.3	.107	.612	.095	.651	0.009	0.000	-16.307	-13.698
ulukisla	-18.2	3.1	-17.2	2.7	.243	.243	.310	.132	0.499	0.179	-16.763	-15.407
yumurtalik	-0.4	1.9	4.9	1.8	.269	.193	.210	.313	0.743	0.000	-474.012	35.826

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, r = Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), M = Model, G = Gözlem, * = korelasyon %5 anlamlılık düzeyinde var, ** = korelasyon %1 anlamlılık düzeyinde var

Çizelge Ek 5. Yağış değerlerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

YAGIŞ	İstatistikler											
İstasyonlar	μ_G	σ_G	μ_M	σ_M	r	p_r	ρ	p_{ρ}	p_f	p_{st}	CV_G	CV_M
adana	681	242	368	141	0.292	0.157	0.307	0.136	0.010	0.000	35.594	38.189
ceyhan	676	156	493	109	.410*	0.042	.422*	0.035	0.088	0.000	23.082	22.185
develi	361	70	930	256	.400*	0.048	.400*	0.048	0.000	0.000	19.484	27.500
elbistan	407	94	588	174	0.364	0.073	0.359	0.078	0.003	0.000	23.004	29.658
goksun	627	138	934	263	.641**	0.001	.608**	0.001	0.003	0.000	22.057	28.132
iskenderun	723	180	850	214	.481*	0.015	.566**	0.003	0.407	0.005	24.942	25.176
islahiye	843	200	628	173	.654**	0.000	.621**	0.001	0.485	0.000	23.660	27.493
karaisali	913	259	445	159	0.189	0.365	0.196	0.348	0.020	0.000	28.310	35.632
karatas	771	236	306	113	0.305	0.138	0.286	0.166	0.001	0.000	30.591	36.864
kmaras	714	173	615	179	.463*	0.020	.485*	0.014	0.867	0.012	24.188	29.103
kozan	850	188	599	189	0.225	0.280	0.240	0.249	0.975	0.000	22.065	31.528
mersin	588	181	216	77	0.154	0.463	0.181	0.386	0.000	0.000	30.820	35.752
pinarbasi	434	83	806	220	0.219	0.294	0.174	0.406	0.000	0.000	19.069	27.253
sariz	531	96	924	261	0.143	0.496	0.251	0.227	0.000	0.000	18.084	28.261
tomarza	404	72	980	279	0.235	0.257	0.272	0.189	0.000	0.000	17.813	28.462
ulukisla	313	67	831	207	0.269	0.193	.420*	0.037	0.000	0.000	21.328	24.956
yumurtalik	791	201	349	117	.397*	0.049	0.379	0.062	0.011	0.000	25.369	33.649

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, r = Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), M = Model, G = Gözlem, * = korelasyon %5 anlamlılık düzeyinde var, ** = korelasyon %1 anlamlılık düzeyinde var

Çizelge Ek 6. Oransal nem değerlerinde gözlem ve model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Nem	İstatistikler											
	μ_G	σ_G	μ_M	σ_M	r	p_r	ρ	p_{ρ}	p_f	p_{st}	CV_G	CV_M
İstasyonlar												
adana	67.2	2.2	73.8	1.1	.338	.098	.427*	.033	0.002	0.000	3.283	1.548
ceyhan	67.8	4.2	74.9	1.0	.007	.973	-.059	.778	0.000	0.000	6.137	1.298
develi	72.8	2.2	64.9	3.1	-.156	.456	-.100	.633	0.115	0.000	3.072	4.779
elbistan	76.2	3.1	60.4	3.0	-.175	.401	-.175	.403	0.969	0.000	4.028	5.040
goksun	79.4	1.9	66.0	2.8	-.175	.402	-.088	.677	0.060	0.000	2.343	4.175
iskenderun	63.3	2.8	71.7	1.3	.085	.687	.059	.780	0.000	0.000	4.450	1.855
islahiye	72.2	1.4	67.9	2.4	.541**	.005	.525**	.007	0.006	0.000	1.884	3.594
karaisali	58.7	2.6	56.8	1.7	.206	.323	.120	.567	0.064	0.002	4.369	3.072
karatas	69.4	3.2	74.0	0.9	-.021	.920	.089	.674	0.000	0.000	4.610	1.191
kmaras	69.4	2.0	63.5	3.0	-.094	.655	-.004	.984	0.040	0.000	2.826	4.753
kozan	59.3	1.2	62.8	2.4	.564**	.003	.530**	.006	0.001	0.000	1.982	3.831
mersin	70.7	2.2	48.0	2.2	-.128	.543	-.070	.739	0.922	0.000	3.175	4.580
pinarbasi	78.0	4.1	67.8	2.9	.100	.635	.060	.775	0.087	0.000	5.313	4.273
sariz	69.7	0.9	65.4	2.9	.012	.955	-.012	.955	0.000	0.000	1.275	4.441
tomarza	74.0	3.5	67.3	3.0	-.180	.388	-.214	.305	0.459	0.000	4.732	4.464
ulukisla	78.5	1.6	67.1	3.0	.092	.663	.068	.748	0.003	0.000	2.060	4.533
yumurtalik	66.6	2.5	74.5	0.9	.140	.504	.073	.730	0.000	0.000	3.802	1.217

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, r = Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), $p_f = f$ testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), M = Model, G = Gözlem, * = korelasyon %5 anlamlılık düzeyinde var, ** = korelasyon %1 anlamlılık düzeyinde var

Çizelge Ek 7. Ortalama sıcaklık test sonuçları

X	Y	Ort_Sic A2	"Ort_Sic Rf"	Fark_Sic (A2-Rf)	S ² _A2	S ² _Rf	F_Test	T ₁ _Test	T ₂ _Test
43,73	1243,41	13,84	9,71	4,14	0,651	0,475	1,37	21,345	21,345
43,73	1152,53	13,60	9,40	4,21	0,654	0,493	1,325	21,522	21,522
43,73	1075,51	13,28	9,02	4,27	0,647	0,494	1,311	21,866	21,865
43,73	993,81	13,00	8,68	4,32	0,629	0,494	1,274	22,342	22,342
43,73	916,58	13,34	8,96	4,38	0,614	0,484	1,27	22,917	22,917
43,73	834,87	14,01	9,67	4,34	0,602	0,459	1,312	23,088	23,088
43,73	755,51	14,19	9,88	4,31	0,6	0,457	1,313	22,96	22,96
43,73	676,15	13,51	9,13	4,38	0,605	0,487	1,243	22,938	22,938
43,73	598,93	12,20	7,75	4,44	0,594	0,46	1,292	23,7	23,7
43,73	524,05	11,43	6,92	4,51	0,6	0,451	1,333	24,079	24,079
43,73	442,34	11,43	6,92	4,51	0,6	0,451	1,333	24,079	24,079
43,73	365,11	14,13	9,69	4,44	0,611	0,473	1,292	23,341	23,341
43,73	283,62	16,96	12,76	4,20	0,649	0,401	1,619	22,442	22,442
43,73	206,39	18,71	14,67	4,04	0,638	0,355	1,797	22,206	22,205
43,73	127,03	21,17	17,33	3,84	0,503	0,301	1,669	23,44	23,44
134,40	1243,41	13,56	9,35	4,22	0,656	0,491	1,335	21,558	21,558
134,40	1152,53	13,25	9,04	4,21	0,645	0,5	1,29	21,538	21,538
134,40	1075,51	12,51	8,22	4,29	0,639	0,491	1,301	22,094	22,094
134,40	993,81	11,90	7,53	4,37	0,619	0,469	1,321	22,929	22,929
134,40	916,58	12,40	7,97	4,43	0,621	0,468	1,326	23,273	23,272
134,40	834,87	13,14	8,75	4,39	0,595	0,465	1,278	23,375	23,375
134,40	755,51	12,92	8,49	4,43	0,616	0,477	1,291	23,219	23,219
134,40	676,15	11,44	6,98	4,46	0,635	0,429	1,48	23,684	23,684
134,40	598,93	10,15	5,69	4,45	0,57	0,411	1,388	24,625	24,625
134,40	524,05	10,27	5,80	4,47	0,534	0,396	1,346	25,371	25,371
134,40	442,34	12,15	7,66	4,48	0,593	0,391	1,515	24,74	24,74
134,40	365,11	15,00	10,63	4,37	0,615	0,408	1,506	23,666	23,666
134,40	283,62	17,70	13,60	4,10	0,622	0,366	1,7	22,603	22,603
134,40	206,39	19,76	15,80	3,96	0,572	0,311	1,839	23,103	23,103
134,40	127,03	21,17	17,33	3,84	0,503	0,301	1,669	23,44	23,44
213,76	1243,41	13,17	8,91	4,26	0,648	0,507	1,277	21,723	21,723
213,76	1152,53	12,75	8,48	4,27	0,621	0,503	1,233	22,077	22,077
213,76	1075,51	12,17	7,88	4,29	0,623	0,491	1,269	22,269	22,269
213,76	993,81	11,52	7,17	4,35	0,632	0,479	1,318	22,607	22,607
213,76	916,58	11,63	7,22	4,42	0,636	0,462	1,378	23,101	23,101
213,76	834,87	12,11	7,66	4,46	0,622	0,453	1,374	23,539	23,539
213,76	755,51	11,59	7,15	4,44	0,621	0,428	1,453	23,733	23,733
213,76	676,15	10,53	6,09	4,44	0,591	0,416	1,422	24,242	24,242
213,76	598,93	10,31	5,90	4,41	0,511	0,403	1,269	25,282	25,282
213,76	524,05	11,82	7,46	4,36	0,495	0,385	1,287	25,466	25,466
213,76	442,34	14,85	10,52	4,33	0,61	0,436	1,398	23,163	23,163
213,76	365,11	17,88	13,74	4,13	0,602	0,401	1,503	22,613	22,612
213,76	283,62	20,61	16,71	3,89	0,511	0,321	1,59	23,375	23,375
213,76	206,39	22,51	18,72	3,80	0,44	0,302	1,458	24,143	24,143
213,76	127,03	22,39	19,30	3,08	0,183	0,168	1,091	28,477	28,477
290,99	1243,41	12,67	8,37	4,30	0,624	0,495	1,26	22,258	22,258
290,99	1152,53	12,47	8,16	4,31	0,61	0,495	1,234	22,461	22,46

290,99	1075,51	12,05	7,76	4,30	0,627	0,489	1,284	22,268	22,268
290,99	993,81	11,05	6,68	4,37	0,645	0,457	1,41	22,78	22,78
290,99	916,58	10,56	6,09	4,47	0,63	0,433	1,455	23,742	23,742
290,99	834,87	10,93	6,44	4,49	0,6	0,421	1,424	24,319	24,319
290,99	755,51	11,09	6,64	4,45	0,587	0,406	1,446	24,456	24,456
290,99	676,15	11,31	6,88	4,43	0,606	0,401	1,513	24,202	24,202
290,99	598,93	12,50	8,10	4,40	0,55	0,383	1,437	24,95	24,95
290,99	524,05	14,96	10,72	4,24	0,602	0,394	1,528	23,257	23,257
290,99	442,34	18,54	14,50	4,04	0,59	0,363	1,626	22,683	22,683
290,99	365,11	20,90	17,03	3,87	0,493	0,337	1,464	23,294	23,294
290,99	283,62	22,32	19,21	3,11	0,209	0,186	1,124	27,073	27,073
290,99	206,39	22,77	19,69	3,09	0,19	0,175	1,087	27,991	27,991
290,99	127,03	22,73	19,70	3,03	0,17	0,161	1,055	28,827	28,827
370,35	1243,41	12,02	7,69	4,33	0,637	0,464	1,373	22,589	22,589
370,35	1152,53	12,07	7,72	4,35	0,614	0,46	1,335	22,972	22,971
370,35	1075,51	11,59	7,26	4,33	0,621	0,445	1,397	22,94	22,94
370,35	993,81	10,28	5,93	4,36	0,613	0,41	1,495	23,599	23,599
370,35	916,58	9,79	5,36	4,44	0,575	0,396	1,453	24,663	24,663
370,35	834,87	10,79	6,33	4,46	0,56	0,405	1,382	24,858	24,858
370,35	755,51	12,18	7,79	4,39	0,557	0,438	1,271	24,113	24,113
370,35	676,15	13,80	9,47	4,33	0,575	0,428	1,343	23,676	23,676
370,35	598,93	16,09	11,84	4,25	0,592	0,417	1,42	23,145	23,145
370,35	524,05	19,60	15,64	3,96	0,537	0,388	1,385	22,562	22,562
370,35	442,34	22,02	18,35	3,67	0,416	0,317	1,313	23,489	23,489
370,35	365,11	22,00	18,94	3,06	0,204	0,19	1,075	26,725	26,724
370,35	283,62	22,36	19,33	3,03	0,178	0,173	1,028	27,97	27,97
370,35	206,39	22,62	19,59	3,03	0,169	0,164	1,029	28,776	28,776
370,35	127,03	22,71	19,69	3,02	0,165	0,154	1,066	29,328	29,328
452,05	1243,41	11,32	6,97	4,35	0,622	0,427	1,456	23,257	23,257
452,05	1152,53	11,48	7,11	4,38	0,588	0,417	1,409	23,9	23,9
452,05	1075,51	11,09	6,74	4,35	0,573	0,404	1,42	24,124	24,124
452,05	993,81	10,26	5,90	4,36	0,562	0,379	1,483	24,607	24,607
452,05	916,58	10,48	6,08	4,40	0,527	0,373	1,411	25,367	25,367
452,05	834,87	12,21	7,83	4,38	0,538	0,427	1,262	24,446	24,446
452,05	755,51	14,47	10,16	4,31	0,532	0,432	1,233	24,074	24,074
452,05	676,15	16,84	12,63	4,21	0,58	0,414	1,4	23,117	23,117
452,05	598,93	19,24	15,20	4,04	0,621	0,47	1,322	21,191	21,191
452,05	524,05	21,05	17,21	3,83	0,532	0,415	1,284	21,558	21,558
452,05	442,34	21,64	17,96	3,69	0,437	0,37	1,181	22,459	22,459
452,05	365,11	22,12	19,07	3,05	0,186	0,191	0,974	27,253	27,253
452,05	283,62	22,42	19,38	3,04	0,168	0,17	0,993	28,649	28,649
452,05	206,39	22,63	19,60	3,04	0,163	0,16	1,023	29,261	29,261
452,05	127,03	22,73	19,70	3,02	0,162	0,151	1,076	29,596	29,596
529,07	1243,41	11,00	6,63	4,37	0,591	0,424	1,393	23,752	23,751
529,07	1152,53	11,14	6,74	4,40	0,566	0,42	1,346	24,234	24,234
529,07	1075,51	11,10	6,72	4,37	0,546	0,393	1,39	24,706	24,706
529,07	993,81	11,20	6,85	4,35	0,505	0,373	1,353	25,437	25,437
529,07	916,58	12,35	8,00	4,34	0,524	0,399	1,313	24,754	24,754
529,07	834,87	14,60	10,31	4,30	0,545	0,447	1,22	23,623	23,623
529,07	755,51	17,20	13,02	4,18	0,572	0,461	1,241	22,511	22,511

529,07	676,15	19,38	15,36	4,02	0,53	0,413	1,282	22,677	22,677
529,07	598,93	20,84	16,98	3,86	0,516	0,397	1,299	22,138	22,138
529,07	524,05	21,28	17,54	3,74	0,46	0,329	1,4	23,086	23,086
529,07	442,34	21,12	17,46	3,66	0,421	0,315	1,334	23,357	23,356
529,07	365,11	21,92	18,85	3,07	0,175	0,184	0,955	28,057	28,057
529,07	283,62	22,44	19,39	3,05	0,161	0,168	0,962	29,149	29,149
529,07	206,39	22,66	19,63	3,03	0,16	0,158	1,01	29,483	29,483
529,07	127,03	22,73	19,72	3,01	0,159	0,15	1,063	29,7	29,699
606,29	1243,41	10,77	6,38	4,39	0,597	0,436	1,369	23,649	23,649
606,29	1152,53	10,91	6,51	4,39	0,567	0,422	1,344	24,187	24,187
606,29	1075,51	11,45	7,07	4,38	0,557	0,437	1,272	24,051	24,05
606,29	993,81	12,53	8,17	4,36	0,519	0,413	1,256	24,74	24,74
606,29	916,58	14,41	10,12	4,29	0,514	0,456	1,126	23,873	23,873
606,29	834,87	16,75	12,58	4,16	0,533	0,437	1,22	23,159	23,159
606,29	755,51	19,20	15,14	4,05	0,617	0,466	1,325	21,32	21,32
606,29	676,15	20,51	16,60	3,90	0,572	0,397	1,44	21,717	21,717
606,29	598,93	21,08	17,28	3,80	0,515	0,335	1,536	22,556	22,556
606,29	524,05	21,21	17,51	3,71	0,44	0,293	1,502	23,707	23,707
606,29	442,34	21,09	17,50	3,59	0,373	0,293	1,274	24,089	24,089
606,29	365,11	22,05	18,99	3,06	0,164	0,181	0,907	28,561	28,56
606,29	283,62	22,51	19,48	3,04	0,157	0,165	0,947	29,31	29,31
606,29	206,39	22,66	19,64	3,02	0,157	0,153	1,028	29,695	29,695
606,29	127,03	22,70	19,70	3,00	0,157	0,145	1,079	29,889	29,888
685,65	1243,41	10,33	5,92	4,41	0,584	0,44	1,329	23,867	23,867
685,65	1152,53	10,79	6,37	4,43	0,559	0,422	1,325	24,475	24,475
685,65	1075,51	11,89	7,47	4,41	0,539	0,452	1,194	24,278	24,277
685,65	993,81	13,40	9,05	4,35	0,52	0,454	1,147	24,132	24,132
685,65	916,58	15,71	11,51	4,20	0,573	0,443	1,294	22,823	22,823
685,65	834,87	16,61	13,02	3,59	0,325	0,277	1,173	25,332	25,332
685,65	755,51	19,83	15,93	3,90	0,566	0,357	1,585	22,228	22,228
685,65	676,15	20,46	16,69	3,77	0,559	0,31	1,801	22,136	22,136
685,65	598,93	20,90	17,18	3,72	0,497	0,28	1,772	23,136	23,135
685,65	524,05	21,47	17,81	3,65	0,406	0,286	1,419	24,055	24,055
685,65	442,34	21,45	17,92	3,53	0,342	0,267	1,279	24,749	24,749
685,65	365,11	22,27	19,23	3,03	0,158	0,171	0,923	28,949	28,949
685,65	283,62	22,54	19,53	3,02	0,154	0,156	0,984	29,675	29,675
685,65	206,39	22,56	19,56	3,00	0,153	0,146	1,053	30,06	30,06
685,65	127,03	22,59	19,61	2,98	0,152	0,142	1,074	30,09	30,09
762,67	1243,41	10,08	5,64	4,45	0,569	0,422	1,349	24,457	24,457
762,67	1152,53	10,79	6,32	4,47	0,545	0,413	1,322	25	24,999
762,67	1075,51	11,95	7,50	4,45	0,536	0,42	1,277	24,904	24,904
762,67	993,81	13,41	9,05	4,36	0,535	0,439	1,218	24,201	24,201
762,67	916,58	15,67	11,49	4,18	0,551	0,422	1,305	23,213	23,213
762,67	834,87	16,58	13,02	3,56	0,33	0,277	1,194	25,042	25,042
762,67	755,51	19,20	15,44	3,76	0,507	0,328	1,546	22,564	22,563
762,67	676,15	19,53	15,92	3,61	0,493	0,285	1,727	22,424	22,423
762,67	598,93	19,91	16,45	3,47	0,446	0,279	1,597	22,309	22,309
762,67	524,05	22,02	18,97	3,05	0,173	0,189	0,913	27,712	27,711
762,67	442,34	22,10	19,03	3,06	0,171	0,167	1,027	28,847	28,847
762,67	365,11	21,98	18,95	3,03	0,163	0,156	1,045	29,458	29,458

762,67	283,62	22,13	19,11	3,02	0,161	0,151	1,062	29,65	29,65
762,67	206,39	22,21	19,22	2,99	0,155	0,143	1,085	30,064	30,064
762,67	127,03	22,41	19,41	3,00	0,156	0,143	1,09	29,994	29,994
844,37	1243,41	10,78	6,34	4,45	0,563	0,42	1,34	24,558	24,558
844,37	1152,53	11,35	6,91	4,44	0,551	0,415	1,327	24,754	24,754
844,37	1075,51	12,33	7,89	4,44	0,531	0,404	1,315	25,176	25,176
844,37	993,81	13,74	9,39	4,35	0,526	0,445	1,184	24,185	24,185
844,37	916,58	15,38	11,22	4,16	0,522	0,41	1,274	23,6	23,6
844,37	834,87	15,42	11,88	3,54	0,322	0,267	1,206	25,249	25,249
844,37	755,51	16,50	13,04	3,46	0,299	0,248	1,208	25,641	25,641
844,37	676,15	17,03	13,63	3,40	0,282	0,246	1,149	25,631	25,631
844,37	598,93	19,24	15,66	3,58	0,428	0,337	1,271	22,429	22,429
844,37	524,05	21,40	18,37	3,03	0,182	0,174	1,046	27,837	27,837
844,37	442,34	19,25	16,07	3,18	0,223	0,189	1,18	27,114	27,114
844,37	365,11	18,30	15,11	3,19	0,233	0,193	1,205	26,778	26,778
844,37	283,62	18,25	15,09	3,15	0,231	0,181	1,276	26,881	26,881
844,37	206,39	19,63	16,48	3,15	0,228	0,183	1,25	26,919	26,918
844,37	127,03	21,39	17,90	3,49	0,325	0,23	1,415	25,639	25,639
919,25	1243,41	11,90	7,43	4,47	0,546	0,426	1,281	24,806	24,806
919,25	1152,53	12,00	7,55	4,45	0,55	0,42	1,309	24,732	24,732
919,25	1075,51	12,96	8,53	4,43	0,521	0,434	1,201	24,812	24,812
919,25	993,81	14,50	10,15	4,35	0,515	0,449	1,149	24,267	24,267
919,25	916,58	15,56	11,39	4,17	0,508	0,412	1,233	23,83	23,83
919,25	834,87	16,06	12,08	3,98	0,487	0,365	1,335	23,593	23,593
919,25	755,51	16,52	12,59	3,93	0,484	0,35	1,384	23,555	23,555
919,25	676,15	16,65	12,79	3,86	0,536	0,361	1,484	22,352	22,351
919,25	598,93	17,13	13,39	3,75	0,477	0,335	1,424	22,77	22,77
919,25	524,05	17,95	14,33	3,62	0,397	0,308	1,292	23,596	23,596
919,25	442,34	18,66	15,09	3,57	0,415	0,3	1,385	23,095	23,095
919,25	365,11	18,79	15,19	3,60	0,398	0,265	1,5	24,194	24,194
919,25	283,62	19,03	15,41	3,62	0,372	0,258	1,44	24,954	24,954
919,25	206,39	19,54	15,96	3,58	0,378	0,266	1,423	24,453	24,453
919,25	127,03	19,76	16,23	3,53	0,372	0,274	1,358	24,034	24,034
1000,75	1243,41	12,30	7,82	4,47	0,53	0,445	1,191	24,813	24,813
1000,75	1152,53	12,28	7,81	4,48	0,534	0,447	1,194	24,752	24,752
1000,75	1075,51	13,32	8,84	4,48	0,513	0,446	1,151	25,077	25,077
1000,75	993,81	15,05	10,63	4,41	0,515	0,477	1,079	24,262	24,262
1000,75	916,58	16,33	12,06	4,28	0,576	0,48	1,199	22,8	22,8
1000,75	834,87	16,60	12,44	4,16	0,564	0,423	1,334	22,915	22,915
1000,75	755,51	16,75	12,65	4,10	0,539	0,389	1,386	23,317	23,317
1000,75	676,15	16,96	12,93	4,03	0,539	0,357	1,509	23,325	23,325
1000,75	598,93	17,49	13,55	3,94	0,523	0,358	1,462	23,01	23,01
1000,75	524,05	18,14	14,28	3,86	0,502	0,339	1,479	23,055	23,055
1000,75	442,34	18,59	14,85	3,75	0,461	0,295	1,56	23,602	23,602
1000,75	365,11	19,22	15,49	3,73	0,429	0,265	1,62	24,505	24,505
1000,75	283,62	19,31	15,59	3,72	0,392	0,247	1,588	25,49	25,49
1000,75	206,39	18,94	15,24	3,70	0,382	0,248	1,542	25,519	25,519
1000,75	127,03	18,71	15,06	3,64	0,384	0,276	1,392	24,572	24,572
1077,97	1243,41	12,05	7,58	4,47	0,518	0,464	1,118	24,694	24,694
1077,97	1152,53	12,43	7,94	4,49	0,513	0,459	1,117	24,945	24,945

1077,97	1075,51	13,69	9,19	4,50	0,506	0,465	1,087	25,034	25,033
1077,97	993,81	15,53	11,06	4,46	0,512	0,491	1,043	24,399	24,399
1077,97	916,58	16,64	12,33	4,30	0,526	0,467	1,126	23,664	23,663
1077,97	834,87	17,04	12,83	4,22	0,528	0,434	1,216	23,534	23,533
1077,97	755,51	17,24	13,09	4,16	0,516	0,389	1,326	23,934	23,934
1077,97	676,15	17,62	13,56	4,06	0,501	0,36	1,39	23,953	23,952
1077,97	598,93	18,24	14,28	3,97	0,499	0,34	1,465	23,72	23,72
1077,97	524,05	18,66	14,79	3,87	0,426	0,33	1,292	24,395	24,395
1077,97	442,34	19,27	15,45	3,81	0,469	0,302	1,552	23,783	23,783
1077,97	365,11	19,63	15,84	3,78	0,423	0,275	1,54	24,822	24,822
1077,97	283,62	19,59	15,80	3,79	0,393	0,26	1,51	25,651	25,651
1077,97	206,39	19,17	15,41	3,76	0,392	0,266	1,473	25,399	25,399
1077,97	127,03	18,81	15,11	3,71	0,401	0,265	1,514	24,884	24,884
1154,99	1243,41	12,09	7,60	4,49	0,512	0,458	1,118	24,97	24,97
1154,99	1152,53	13,20	8,69	4,52	0,504	0,471	1,07	25,048	25,048
1154,99	1075,51	14,88	10,36	4,52	0,503	0,479	1,05	24,961	24,961
1154,99	993,81	16,43	11,95	4,48	0,509	0,495	1,029	24,498	24,498
1154,99	916,58	17,16	12,82	4,34	0,52	0,456	1,14	24,062	24,062
1154,99	834,87	17,37	13,12	4,26	0,514	0,426	1,206	24,056	24,056
1154,99	755,51	17,43	13,26	4,17	0,466	0,372	1,252	24,938	24,938
1154,99	676,15	18,10	14,01	4,09	0,488	0,369	1,323	24,201	24,201
1154,99	598,93	18,71	14,71	4,00	0,485	0,356	1,364	23,888	23,888
1154,99	524,05	19,11	15,20	3,91	0,479	0,339	1,412	23,685	23,685
1154,99	442,34	19,44	15,57	3,87	0,455	0,312	1,458	24,183	24,183
1154,99	365,11	19,82	15,98	3,85	0,408	0,295	1,383	25,128	25,128
1154,99	283,62	19,84	15,99	3,85	0,382	0,279	1,37	25,918	25,918
1154,99	206,39	19,47	15,67	3,80	0,396	0,28	1,416	25,317	25,317
1154,99	127,03	19,23	15,47	3,76	0,411	0,259	1,587	25,152	25,152

Çizelge Ek 8. Ortalama maksimum sıcaklık test sonuçları

X	Y	Ort Max Sic A2	Ort Max Sic Rf''	Fark (A2-Rf)	S² A2	S² Rf	F Test	T₁ Test	T₂ Test
43,73	1243,41	21,44	16,88	4,56	1,073	0,796	1,348	18,266	18,266
43,73	1152,53	21,31	16,76	4,55	0,978	0,745	1,314	18,975	18,975
43,73	1075,51	20,76	16,19	4,56	0,949	0,706	1,345	19,432	19,432
43,73	993,81	20,33	15,77	4,56	0,921	0,707	1,302	19,58	19,58
43,73	916,58	20,79	16,17	4,62	0,889	0,725	1,226	19,933	19,933
43,73	834,87	21,61	16,93	4,68	0,895	0,724	1,237	20,129	20,129
43,73	755,51	21,77	17,13	4,63	0,862	0,699	1,233	20,316	20,316
43,73	676,15	20,99	16,39	4,60	0,798	0,665	1,2	20,807	20,807
43,73	598,93	19,50	14,90	4,60	0,795	0,626	1,271	21,112	21,112
43,73	524,05	18,73	14,10	4,63	0,789	0,628	1,256	21,319	21,319
43,73	442,34	18,73	14,10	4,63	0,789	0,628	1,256	21,319	21,319
43,73	365,11	21,27	16,62	4,65	0,859	0,714	1,203	20,293	20,293
43,73	283,62	23,98	19,50	4,48	0,894	0,678	1,319	19,563	19,562
43,73	206,39	25,65	21,35	4,30	0,897	0,585	1,534	19,365	19,365
43,73	127,03	27,23	23,20	4,03	0,674	0,399	1,689	21,316	21,316
134,40	1243,41	21,39	16,84	4,56	0,989	0,749	1,319	18,925	18,925
134,40	1152,53	20,57	16,00	4,58	0,98	0,743	1,32	19,096	19,096
134,40	1075,51	19,95	15,39	4,56	0,934	0,695	1,345	19,568	19,568
134,40	993,81	19,22	14,63	4,59	0,913	0,704	1,297	19,785	19,785
134,40	916,58	19,90	15,25	4,65	0,904	0,724	1,249	19,964	19,964
134,40	834,87	20,67	15,97	4,70	0,901	0,714	1,262	20,267	20,267
134,40	755,51	20,61	15,96	4,65	0,864	0,657	1,315	20,648	20,648
134,40	676,15	18,83	14,22	4,60	0,858	0,583	1,472	20,989	20,989
134,40	598,93	17,14	12,56	4,58	0,744	0,559	1,33	21,976	21,976
134,40	524,05	17,14	12,58	4,56	0,705	0,525	1,343	22,519	22,519
134,40	442,34	19,13	14,51	4,62	0,815	0,562	1,45	21,57	21,57
134,40	365,11	21,74	17,21	4,52	0,843	0,598	1,411	20,643	20,643
134,40	283,62	23,91	19,61	4,30	0,937	0,563	1,663	19,234	19,234
134,40	206,39	26,19	21,97	4,22	0,9	0,494	1,822	19,58	19,58
134,40	127,03	27,23	23,20	4,03	0,674	0,399	1,689	21,316	21,316
213,76	1243,41	20,95	16,38	4,57	0,966	0,749	1,289	19,114	19,114
213,76	1152,53	20,47	15,89	4,58	0,912	0,735	1,241	19,55	19,55
213,76	1075,51	19,79	15,22	4,57	0,915	0,706	1,295	19,67	19,67
213,76	993,81	19,01	14,41	4,60	0,917	0,71	1,291	19,747	19,747
213,76	916,58	19,16	14,53	4,63	0,912	0,699	1,304	19,997	19,997
213,76	834,87	19,80	15,13	4,67	0,889	0,668	1,331	20,478	20,478
213,76	755,51	19,27	14,65	4,63	0,852	0,608	1,401	20,961	20,961
213,76	676,15	18,00	13,39	4,61	0,766	0,596	1,285	21,631	21,631
213,76	598,93	17,27	12,69	4,58	0,666	0,575	1,159	22,541	22,541
213,76	524,05	18,55	14,04	4,52	0,677	0,54	1,254	22,431	22,43
213,76	442,34	21,13	16,62	4,52	0,928	0,697	1,331	19,407	19,407
213,76	365,11	23,91	19,60	4,32	0,919	0,625	1,471	19,031	19,031
213,76	283,62	26,48	22,39	4,09	0,744	0,455	1,635	20,455	20,455
213,76	206,39	28,93	25,03	3,90	0,539	0,383	1,407	22,253	22,253
213,76	127,03	23,96	20,82	3,15	0,24	0,162	1,482	27,175	27,175
290,99	1243,41	20,42	15,84	4,58	0,923	0,716	1,29	19,592	19,592
290,99	1152,53	20,31	15,71	4,60	0,916	0,713	1,285	19,746	19,746

290,99	1075,51	19,82	15,24	4,58	0,921	0,682	1,351	19,8	19,8
290,99	993,81	18,54	13,93	4,61	0,908	0,643	1,412	20,279	20,279
290,99	916,58	17,97	13,30	4,67	0,87	0,645	1,348	20,795	20,795
290,99	834,87	18,39	13,73	4,66	0,844	0,619	1,365	21,112	21,112
290,99	755,51	18,60	13,99	4,61	0,783	0,595	1,316	21,49	21,49
290,99	676,15	18,16	13,53	4,63	0,844	0,598	1,413	21,121	21,121
290,99	598,93	18,90	14,36	4,54	0,775	0,562	1,379	21,517	21,517
290,99	524,05	20,99	16,70	4,30	0,897	0,581	1,543	19,363	19,363
290,99	442,34	24,46	20,19	4,26	0,933	0,544	1,716	19,216	19,216
290,99	365,11	26,75	22,70	4,05	0,719	0,497	1,445	20,126	20,126
290,99	283,62	24,25	21,02	3,22	0,281	0,202	1,391	25,389	25,389
290,99	206,39	24,37	21,22	3,16	0,246	0,182	1,354	26,414	26,414
290,99	127,03	24,06	21,00	3,06	0,211	0,165	1,279	27,342	27,342
370,35	1243,41	19,67	15,07	4,60	0,948	0,686	1,382	19,716	19,716
370,35	1152,53	19,93	15,30	4,63	0,905	0,672	1,348	20,187	20,187
370,35	1075,51	19,37	14,77	4,60	0,913	0,64	1,427	20,214	20,214
370,35	993,81	17,69	13,12	4,57	0,868	0,6	1,448	20,661	20,661
370,35	916,58	17,04	12,44	4,60	0,806	0,594	1,356	21,293	21,293
370,35	834,87	18,05	13,46	4,59	0,771	0,61	1,264	21,384	21,384
370,35	755,51	19,00	14,43	4,57	0,804	0,695	1,156	20,425	20,425
370,35	676,15	20,45	15,92	4,53	0,888	0,653	1,36	19,99	19,99
370,35	598,93	22,60	18,16	4,44	0,957	0,697	1,374	18,896	18,896
370,35	524,05	25,83	21,62	4,21	0,863	0,626	1,378	18,91	18,91
370,35	442,34	28,95	25,13	3,82	0,582	0,486	1,197	20,259	20,259
370,35	365,11	24,09	20,98	3,11	0,264	0,201	1,31	24,987	24,987
370,35	283,62	24,20	21,11	3,09	0,234	0,185	1,267	26,137	26,137
370,35	206,39	24,11	21,05	3,06	0,214	0,174	1,229	26,92	26,92
370,35	127,03	23,95	20,92	3,03	0,199	0,161	1,235	27,642	27,642
452,05	1243,41	18,87	14,28	4,59	0,922	0,649	1,421	20,061	20,061
452,05	1152,53	19,21	14,59	4,62	0,892	0,65	1,371	20,371	20,371
452,05	1075,51	18,78	14,18	4,60	0,857	0,61	1,405	20,792	20,791
452,05	993,81	17,59	13,03	4,56	0,802	0,563	1,424	21,372	21,372
452,05	916,58	17,65	13,12	4,54	0,722	0,549	1,314	22,029	22,029
452,05	834,87	18,86	14,32	4,54	0,803	0,668	1,202	20,502	20,502
452,05	755,51	20,97	16,51	4,46	0,86	0,625	1,377	20,025	20,025
452,05	676,15	23,32	18,91	4,42	0,966	0,642	1,505	19,08	19,08
452,05	598,93	26,07	21,72	4,35	0,964	0,709	1,359	18,398	18,398
452,05	524,05	27,77	23,55	4,22	1,041	0,665	1,566	17,71	17,71
452,05	442,34	28,69	24,72	3,97	0,804	0,567	1,418	18,569	18,569
452,05	365,11	23,97	20,94	3,03	0,223	0,199	1,121	25,54	25,54
452,05	283,62	23,99	20,96	3,04	0,207	0,175	1,182	26,938	26,938
452,05	206,39	23,95	20,92	3,03	0,196	0,167	1,173	27,571	27,571
452,05	127,03	23,87	20,86	3,01	0,186	0,156	1,196	28,179	28,179
529,07	1243,41	18,60	13,99	4,61	0,882	0,663	1,33	20,326	20,325
529,07	1152,53	18,80	14,17	4,63	0,875	0,658	1,331	20,49	20,49
529,07	1075,51	18,68	14,11	4,58	0,829	0,613	1,352	20,871	20,871
529,07	993,81	18,60	14,08	4,52	0,742	0,574	1,293	21,577	21,577
529,07	916,58	19,16	14,60	4,56	0,847	0,676	1,252	20,232	20,232
529,07	834,87	21,24	16,74	4,50	0,922	0,683	1,35	19,442	19,442
529,07	755,51	23,85	19,43	4,42	1,008	0,749	1,345	18,274	18,274

529,07	676,15	26,42	22,05	4,37	0,955	0,687	1,39	18,683	18,683
529,07	598,93	28,49	24,26	4,22	0,892	0,62	1,438	18,804	18,804
529,07	524,05	29,05	24,92	4,13	0,945	0,555	1,701	18,466	18,466
529,07	442,34	28,64	24,72	3,92	0,846	0,509	1,662	18,458	18,458
529,07	365,11	23,72	20,69	3,02	0,199	0,192	1,038	26,452	26,452
529,07	283,62	23,85	20,84	3,01	0,187	0,173	1,082	27,506	27,506
529,07	206,39	23,86	20,85	3,00	0,184	0,164	1,121	27,895	27,895
529,07	127,03	23,81	20,82	2,99	0,179	0,155	1,156	28,34	28,34
606,29	1243,41	18,36	13,74	4,62	0,891	0,687	1,297	20,156	20,156
606,29	1152,53	18,50	13,88	4,62	0,862	0,669	1,289	20,448	20,448
606,29	1075,51	18,57	14,00	4,57	0,902	0,73	1,235	19,604	19,604
606,29	993,81	19,58	15,02	4,56	0,881	0,679	1,296	19,991	19,99
606,29	916,58	21,23	16,75	4,48	0,864	0,693	1,246	19,681	19,68
606,29	834,87	23,50	19,12	4,38	0,92	0,707	1,301	18,819	18,819
606,29	755,51	26,52	22,13	4,39	1,043	0,767	1,36	17,865	17,865
606,29	676,15	28,36	24,11	4,26	1,032	0,644	1,602	18,007	18,007
606,29	598,93	29,24	25,11	4,13	0,969	0,568	1,707	18,23	18,23
606,29	524,05	29,18	25,16	4,02	0,933	0,522	1,788	18,262	18,262
606,29	442,34	28,33	24,53	3,80	0,773	0,473	1,634	18,622	18,622
606,29	365,11	23,68	20,67	3,00	0,187	0,19	0,981	26,786	26,786
606,29	283,62	23,80	20,81	2,99	0,173	0,172	1,006	27,876	27,876
606,29	206,39	23,80	20,81	2,98	0,17	0,161	1,054	28,379	28,379
606,29	127,03	23,75	20,78	2,97	0,169	0,154	1,096	28,605	28,604
685,65	1243,41	17,84	13,23	4,61	0,85	0,682	1,247	20,397	20,397
685,65	1152,53	18,31	13,70	4,62	0,802	0,664	1,208	20,879	20,879
685,65	1075,51	18,96	14,34	4,62	0,875	0,738	1,185	19,918	19,917
685,65	993,81	20,36	15,78	4,58	0,883	0,7	1,261	19,938	19,938
685,65	916,58	22,22	17,84	4,37	0,949	0,694	1,367	18,691	18,691
685,65	834,87	22,38	18,73	3,65	0,468	0,391	1,199	21,545	21,545
685,65	755,51	27,64	23,36	4,27	1,202	0,682	1,763	17,055	17,055
685,65	676,15	28,56	24,45	4,11	1,222	0,587	2,082	16,732	16,732
685,65	598,93	28,86	24,81	4,05	1,097	0,513	2,138	17,491	17,491
685,65	524,05	29,19	25,29	3,89	0,827	0,467	1,772	18,739	18,739
685,65	442,34	28,01	24,30	3,71	0,689	0,377	1,826	19,683	19,683
685,65	365,11	23,75	20,77	2,99	0,172	0,179	0,964	27,604	27,604
685,65	283,62	23,80	20,84	2,97	0,162	0,169	0,963	28,246	28,246
685,65	206,39	23,73	20,77	2,96	0,161	0,16	1,009	28,645	28,645
685,65	127,03	23,69	20,75	2,95	0,159	0,155	1,026	28,816	28,816
762,67	1243,41	17,62	13,00	4,62	0,772	0,639	1,208	21,312	21,312
762,67	1152,53	18,30	13,67	4,63	0,733	0,628	1,167	21,721	21,721
762,67	1075,51	19,14	14,54	4,60	0,812	0,673	1,206	20,681	20,68
762,67	993,81	20,17	15,62	4,56	0,841	0,669	1,257	20,305	20,305
762,67	916,58	21,98	17,63	4,35	0,868	0,663	1,309	19,237	19,237
762,67	834,87	22,30	18,68	3,62	0,509	0,397	1,283	20,843	20,843
762,67	755,51	26,83	22,70	4,13	1,027	0,62	1,655	17,629	17,629
762,67	676,15	27,03	23,08	3,95	1,061	0,53	2,002	17,137	17,137
762,67	598,93	26,96	23,24	3,73	0,883	0,455	1,94	17,638	17,638
762,67	524,05	23,56	20,56	3,00	0,2	0,193	1,033	26,207	26,207
762,67	442,34	23,58	20,55	3,03	0,186	0,172	1,079	27,737	27,737
762,67	365,11	23,42	20,43	3,00	0,178	0,166	1,069	27,976	27,976

762,67	283,62	23,56	20,57	2,99	0,171	0,161	1,058	28,419	28,419
762,67	206,39	23,62	20,64	2,98	0,166	0,156	1,064	28,779	28,778
762,67	127,03	23,69	20,72	2,98	0,166	0,153	1,084	28,835	28,835
844,37	1243,41	18,49	13,86	4,63	0,763	0,684	1,115	21,058	21,058
844,37	1152,53	18,80	14,16	4,64	0,797	0,68	1,172	20,929	20,929
844,37	1075,51	19,81	15,21	4,60	0,791	0,657	1,204	20,952	20,952
844,37	993,81	20,62	16,05	4,57	0,843	0,734	1,148	19,933	19,933
844,37	916,58	21,95	17,58	4,37	0,881	0,72	1,224	18,893	18,893
844,37	834,87	21,03	17,46	3,57	0,485	0,401	1,209	20,785	20,785
844,37	755,51	22,60	19,00	3,60	0,471	0,371	1,27	21,468	21,468
844,37	676,15	23,06	19,48	3,57	0,438	0,347	1,26	22,082	22,081
844,37	598,93	26,09	22,25	3,85	0,781	0,526	1,486	18,432	18,432
844,37	524,05	22,88	19,83	3,05	0,212	0,184	1,153	26,522	26,522
844,37	442,34	24,36	21,22	3,14	0,294	0,229	1,283	23,752	23,752
844,37	365,11	23,60	20,35	3,25	0,316	0,243	1,299	23,77	23,769
844,37	283,62	23,55	20,36	3,19	0,311	0,238	1,31	23,552	23,552
844,37	206,39	25,09	21,93	3,16	0,279	0,222	1,258	24,438	24,438
844,37	127,03	28,00	24,28	3,72	0,652	0,391	1,666	19,945	19,945
919,25	1243,41	19,98	15,31	4,67	0,772	0,715	1,08	20,979	20,979
919,25	1152,53	20,00	15,36	4,65	0,782	0,694	1,127	20,957	20,956
919,25	1075,51	20,36	15,71	4,65	0,801	0,712	1,126	20,718	20,718
919,25	993,81	21,68	17,13	4,55	0,835	0,712	1,172	20,033	20,033
919,25	916,58	22,65	18,26	4,39	0,909	0,698	1,303	18,972	18,972
919,25	834,87	23,20	18,96	4,24	0,924	0,65	1,422	18,527	18,527
919,25	755,51	23,86	19,61	4,25	0,941	0,653	1,439	18,455	18,455
919,25	676,15	23,58	19,36	4,22	0,959	0,619	1,549	18,405	18,405
919,25	598,93	23,73	19,66	4,07	0,894	0,574	1,559	18,404	18,404
919,25	524,05	24,58	20,75	3,83	0,776	0,537	1,445	18,302	18,302
919,25	442,34	25,32	21,50	3,82	0,893	0,556	1,606	17,37	17,37
919,25	365,11	25,70	21,83	3,87	0,849	0,496	1,713	18,292	18,291
919,25	283,62	26,00	22,10	3,91	0,747	0,493	1,514	19,217	19,217
919,25	206,39	26,28	22,44	3,85	0,734	0,467	1,573	19,214	19,214
919,25	127,03	26,34	22,54	3,80	0,747	0,497	1,503	18,662	18,662
1000,75	1243,41	20,63	15,95	4,68	0,726	0,727	0,999	21,274	21,274
1000,75	1152,53	20,43	15,75	4,68	0,744	0,721	1,032	21,177	21,177
1000,75	1075,51	21,15	16,46	4,69	0,75	0,725	1,033	21,133	21,133
1000,75	993,81	22,74	18,09	4,65	0,812	0,767	1,058	20,251	20,251
1000,75	916,58	23,95	19,34	4,62	0,969	0,874	1,109	18,617	18,617
1000,75	834,87	24,50	19,94	4,55	0,969	0,81	1,197	18,704	18,704
1000,75	755,51	24,77	20,23	4,54	0,941	0,761	1,237	19,045	19,044
1000,75	676,15	24,86	20,40	4,46	0,963	0,712	1,353	18,886	18,886
1000,75	598,93	25,15	20,83	4,32	0,968	0,688	1,408	18,391	18,391
1000,75	524,05	25,71	21,53	4,19	0,948	0,633	1,498	18,232	18,232
1000,75	442,34	26,09	22,05	4,04	0,957	0,603	1,588	17,694	17,694
1000,75	365,11	27,11	23,06	4,06	0,863	0,535	1,612	18,785	18,785
1000,75	283,62	27,34	23,28	4,06	0,7	0,481	1,456	20,463	20,463
1000,75	206,39	26,58	22,55	4,04	0,704	0,461	1,527	20,482	20,481
1000,75	127,03	25,92	21,95	3,98	0,745	0,511	1,459	19,445	19,445
1077,97	1243,41	20,21	15,55	4,66	0,713	0,732	0,973	21,23	21,23
1077,97	1152,53	20,33	15,67	4,66	0,73	0,727	1,004	21,168	21,168

1077,97	1075,51	21,31	16,62	4,69	0,749	0,748	1,002	20,991	20,99
1077,97	993,81	23,04	18,33	4,70	0,802	0,777	1,033	20,503	20,503
1077,97	916,58	24,18	19,56	4,62	0,929	0,834	1,114	19,062	19,062
1077,97	834,87	25,16	20,53	4,63	0,9	0,846	1,063	19,21	19,21
1077,97	755,51	25,36	20,78	4,59	0,87	0,761	1,144	19,666	19,666
1077,97	676,15	25,43	21,00	4,43	0,933	0,717	1,301	18,901	18,901
1077,97	598,93	25,95	21,64	4,31	0,941	0,684	1,375	18,512	18,512
1077,97	524,05	26,52	22,33	4,19	0,771	0,607	1,27	19,565	19,565
1077,97	442,34	27,23	23,08	4,15	0,943	0,623	1,515	18,159	18,159
1077,97	365,11	27,92	23,78	4,15	0,825	0,569	1,449	19,227	19,227
1077,97	283,62	27,99	23,85	4,15	0,696	0,514	1,353	20,642	20,642
1077,97	206,39	27,19	23,07	4,12	0,69	0,518	1,332	20,526	20,526
1077,97	127,03	26,49	22,42	4,07	0,715	0,537	1,331	19,91	19,91
1154,99	1243,41	19,99	15,32	4,67	0,693	0,732	0,947	21,418	21,417
1154,99	1152,53	20,85	16,19	4,67	0,714	0,714	1	21,394	21,394
1154,99	1075,51	22,36	17,67	4,69	0,747	0,711	1,051	21,288	21,287
1154,99	993,81	23,97	19,25	4,72	0,786	0,774	1,016	20,719	20,719
1154,99	916,58	24,79	20,13	4,66	0,915	0,82	1,115	19,388	19,388
1154,99	834,87	25,40	20,76	4,64	0,835	0,804	1,038	19,844	19,844
1154,99	755,51	25,23	20,69	4,54	0,801	0,715	1,121	20,204	20,204
1154,99	676,15	25,84	21,40	4,45	0,883	0,729	1,211	19,186	19,186
1154,99	598,93	26,54	22,19	4,35	0,906	0,724	1,252	18,651	18,651
1154,99	524,05	27,03	22,76	4,28	0,933	0,692	1,348	18,384	18,384
1154,99	442,34	27,58	23,33	4,24	0,879	0,637	1,379	18,882	18,882
1154,99	365,11	28,36	24,15	4,21	0,693	0,577	1,2	20,454	20,454
1154,99	283,62	28,45	24,22	4,22	0,656	0,565	1,161	20,941	20,941
1154,99	206,39	27,62	23,45	4,17	0,738	0,584	1,265	19,852	19,852
1154,99	127,03	27,21	23,09	4,12	0,707	0,551	1,282	20,123	20,123

Çizelge Ek 9. Maksimum sıcaklık test sonuçları

X	Y	Max Sıc A2	Max Sıc Rf"	Fark (A2-Rf)	S² A2	S² Rf	F Test	T₁ Test	T₂ Test
43,73	1243,41	46,00	40,26	5,74	3,678	3,201	1,149	11,994	11,994
43,73	1152,53	45,39	39,57	5,82	3,726	3,101	1,202	12,198	12,198
43,73	1075,51	44,51	38,75	5,77	3,699	2,655	1,393	12,529	12,529
43,73	993,81	43,72	37,93	5,79	3,584	2,561	1,4	12,79	12,79
43,73	916,58	43,97	38,19	5,78	3,532	2,314	1,527	13,103	13,103
43,73	834,87	44,62	38,81	5,81	3,286	2,204	1,491	13,586	13,586
43,73	755,51	44,60	38,76	5,85	3,32	2,201	1,509	13,632	13,632
43,73	676,15	43,64	37,70	5,94	3,001	2,104	1,426	14,393	14,393
43,73	598,93	41,91	35,95	5,97	3,207	2,166	1,481	14,095	14,095
43,73	524,05	40,84	34,97	5,87	3,368	2,324	1,449	13,469	13,469
43,73	442,34	40,84	34,97	5,87	3,368	2,324	1,449	13,469	13,469
43,73	365,11	42,66	36,90	5,76	3,574	2,53	1,412	12,762	12,762
43,73	283,62	45,19	40,00	5,19	4,063	2,35	1,729	11,217	11,217
43,73	206,39	46,85	41,83	5,02	2,92	1,712	1,706	12,765	12,765
43,73	127,03	46,65	42,09	4,56	5,546	1,834	3,025	9,192	9,192
134,40	1243,41	45,61	39,67	5,94	3,463	3,467	0,999	12,365	12,365
134,40	1152,53	45,01	39,22	5,79	3,372	2,94	1,147	12,614	12,614
134,40	1075,51	43,59	37,70	5,89	4,008	2,552	1,571	12,596	12,596
134,40	993,81	42,56	36,78	5,79	3,454	2,553	1,353	12,93	12,93
134,40	916,58	42,97	37,06	5,91	3,431	2,4	1,43	13,405	13,405
134,40	834,87	43,52	37,65	5,87	3,148	2,052	1,534	14,102	14,102
134,40	755,51	43,38	37,40	5,97	3,183	2,138	1,489	14,178	14,178
134,40	676,15	41,31	35,26	6,05	3,186	2	1,593	14,543	14,543
134,40	598,93	39,29	33,61	5,68	2,803	2,082	1,346	14,072	14,072
134,40	524,05	39,04	33,39	5,65	2,661	2,704	0,984	13,354	13,354
134,40	442,34	40,56	34,85	5,71	3,781	2,116	1,786	12,878	12,877
134,40	365,11	42,91	37,57	5,33	4,191	1,976	2,121	11,763	11,763
134,40	283,62	45,89	40,83	5,06	2,954	1,68	1,758	12,876	12,876
134,40	206,39	47,74	42,87	4,87	3,55	1,478	2,402	11,896	11,896
134,40	127,03	46,65	42,09	4,56	5,546	1,834	3,025	9,192	9,192
213,76	1243,41	45,07	39,08	5,98	3,496	3,258	1,073	12,612	12,612
213,76	1152,53	44,30	38,36	5,94	3,61	2,776	1,3	12,865	12,865
213,76	1075,51	43,24	37,44	5,80	3,655	2,497	1,464	12,805	12,805
213,76	993,81	42,16	36,42	5,75	3,413	2,629	1,298	12,8	12,8
213,76	916,58	42,05	36,23	5,82	3,139	2,335	1,344	13,627	13,627
213,76	834,87	42,48	36,62	5,86	2,891	1,885	1,534	14,694	14,694
213,76	755,51	41,83	35,96	5,86	3,103	2,168	1,431	13,988	13,988
213,76	676,15	40,22	34,44	5,78	2,952	2,164	1,364	13,993	13,993
213,76	598,93	39,23	33,48	5,75	3,368	2,558	1,317	12,939	12,939
213,76	524,05	40,24	34,61	5,63	3,782	1,704	2,22	13,16	13,16
213,76	442,34	43,15	37,73	5,42	3,349	1,862	1,798	12,991	12,991
213,76	365,11	45,67	40,64	5,03	3,007	1,81	1,661	12,562	12,562
213,76	283,62	47,13	42,60	4,53	3,724	2,212	1,684	10,182	10,182
213,76	206,39	48,19	43,85	4,35	4,078	2,594	1,572	9,217	9,217
213,76	127,03	37,87	33,89	3,98	4,517	1,832	2,466	8,645	8,645
290,99	1243,41	44,35	38,43	5,92	3,664	3,159	1,16	12,408	12,408
290,99	1152,53	43,91	38,09	5,82	3,396	2,689	1,263	12,927	12,927

290,99	1075,51	43,15	37,40	5,75	3,261	2,488	1,311	13,137	13,137
290,99	993,81	41,60	35,79	5,81	3,068	2,243	1,368	13,818	13,818
290,99	916,58	40,77	34,84	5,93	2,805	2,005	1,399	14,819	14,819
290,99	834,87	40,99	34,98	6,01	3,371	1,839	1,833	14,421	14,421
290,99	755,51	40,88	35,21	5,67	3,101	2,015	1,539	13,731	13,73
290,99	676,15	41,14	35,07	6,07	3,728	3,893	0,958	12,033	12,033
290,99	598,93	41,53	35,59	5,94	3,309	3,009	1,1	12,938	12,938
290,99	524,05	43,31	37,66	5,64	3,781	2,554	1,48	12,277	12,277
290,99	442,34	46,14	41,25	4,89	3,174	1,882	1,687	11,922	11,922
290,99	365,11	47,39	42,92	4,47	3,119	2,4	1,3	10,413	10,413
290,99	283,62	39,72	35,94	3,78	4,617	2,232	2,069	7,91	7,91
290,99	206,39	38,42	34,73	3,69	4,723	1,937	2,439	7,833	7,832
290,99	127,03	36,83	33,32	3,51	5,626	2,116	2,659	6,915	6,915
370,35	1243,41	43,46	37,58	5,89	3,431	3,042	1,128	12,668	12,668
370,35	1152,53	43,43	37,56	5,87	3,178	2,378	1,336	13,64	13,64
370,35	1075,51	42,65	36,84	5,81	3,156	2,232	1,414	13,707	13,707
370,35	993,81	40,73	34,94	5,79	2,858	1,992	1,435	14,395	14,395
370,35	916,58	39,89	33,93	5,97	3,352	2,454	1,366	13,561	13,561
370,35	834,87	40,60	34,60	5,99	3,3	2,46	1,341	13,68	13,68
370,35	755,51	42,05	36,30	5,74	3,289	2,622	1,255	12,935	12,935
370,35	676,15	43,09	37,88	5,21	3,258	1,972	1,652	12,477	12,477
370,35	598,93	44,77	39,54	5,23	3,07	1,865	1,646	12,905	12,905
370,35	524,05	46,75	42,30	4,46	3,327	2,547	1,307	10,076	10,076
370,35	442,34	48,84	45,48	3,36	5,519	2,399	2,301	6,534	6,534
370,35	365,11	39,71	36,03	3,68	5,638	2,729	2,066	6,974	6,974
370,35	283,62	38,59	34,93	3,66	5,167	2,676	1,931	7,153	7,153
370,35	206,39	37,24	33,79	3,44	5,924	2,855	2,075	6,362	6,362
370,35	127,03	36,16	32,66	3,50	6,131	1,864	3,289	6,783	6,783
452,05	1243,41	42,51	36,70	5,82	3,019	2,566	1,177	13,479	13,479
452,05	1152,53	42,65	36,79	5,87	2,957	1,961	1,508	14,489	14,489
452,05	1075,51	41,97	36,23	5,75	3,002	1,864	1,61	14,266	14,266
452,05	993,81	40,77	34,88	5,90	3,096	2,172	1,425	14,071	14,071
452,05	916,58	40,53	34,64	5,89	3,114	2,032	1,533	14,225	14,224
452,05	834,87	42,09	36,19	5,90	3,689	4,217	0,875	11,49	11,49
452,05	755,51	43,94	38,49	5,45	3,246	2,401	1,352	12,552	12,552
452,05	676,15	45,90	40,68	5,22	3,237	1,469	2,204	13,17	13,17
452,05	598,93	47,83	42,58	5,25	3,593	2,647	1,357	11,512	11,512
452,05	524,05	49,10	44,97	4,13	3,533	3,236	1,092	8,701	8,701
452,05	442,34	49,24	45,84	3,40	5,66	2,878	1,967	6,373	6,373
452,05	365,11	38,39	34,84	3,55	6,737	3,03	2,223	6,221	6,221
452,05	283,62	37,35	33,83	3,52	6,403	3,213	1,993	6,214	6,214
452,05	206,39	36,46	33,10	3,36	6,484	2,591	2,502	6,108	6,108
452,05	127,03	35,80	32,15	3,65	6,209	2,079	2,986	6,944	6,944
529,07	1243,41	42,23	36,35	5,88	2,603	2,104	1,237	14,849	14,849
529,07	1152,53	42,29	36,41	5,87	2,76	2,027	1,361	14,698	14,698
529,07	1075,51	41,99	36,18	5,81	2,64	2,009	1,314	14,767	14,767
529,07	993,81	41,87	35,89	5,99	2,742	2,227	1,232	14,706	14,706
529,07	916,58	42,74	36,92	5,82	3,124	3,45	0,905	12,44	12,439
529,07	834,87	44,53	39,02	5,52	3,199	2,799	1,143	12,335	12,335
529,07	755,51	46,65	41,45	5,20	2,999	1,727	1,737	13,094	13,094

529,07	676,15	48,84	43,78	5,05	2,994	2,276	1,316	12,059	12,059
529,07	598,93	50,31	45,51	4,80	3,21	2,76	1,163	10,749	10,749
529,07	524,05	50,58	46,53	4,05	3,543	3,038	1,166	8,654	8,654
529,07	442,34	49,32	45,75	3,58	6,39	3,258	1,962	6,305	6,305
529,07	365,11	37,89	33,94	3,95	6,897	3,16	2,183	6,83	6,83
529,07	283,62	36,76	33,15	3,61	6,946	3,236	2,146	6,201	6,201
529,07	206,39	36,04	32,47	3,57	6,538	2,755	2,373	6,416	6,416
529,07	127,03	35,57	31,81	3,76	6,214	2,547	2,44	6,961	6,961
606,29	1243,41	41,94	36,09	5,85	2,509	1,971	1,273	15,133	15,133
606,29	1152,53	41,93	36,11	5,83	2,515	1,979	1,271	15,055	15,055
606,29	1075,51	42,89	36,65	6,24	2,477	3,312	0,748	14,203	14,203
606,29	993,81	43,67	37,60	6,07	2,871	3,283	0,874	13,412	13,411
606,29	916,58	44,88	39,37	5,52	3,389	2,472	1,371	12,482	12,482
606,29	834,87	46,76	41,55	5,20	2,711	1,678	1,615	13,603	13,603
606,29	755,51	48,82	43,52	5,30	4,154	2,735	1,519	11,052	11,052
606,29	676,15	50,60	45,72	4,88	3,91	3,105	1,259	10,09	10,09
606,29	598,93	51,42	46,56	4,86	3,176	3,352	0,948	10,424	10,424
606,29	524,05	51,17	47,08	4,10	3,948	3,364	1,174	8,298	8,298
606,29	442,34	49,59	45,75	3,84	6,801	3,334	2,04	6,601	6,601
606,29	365,11	37,45	33,71	3,74	8,534	3,872	2,204	5,823	5,823
606,29	283,62	36,50	32,77	3,73	6,968	4	1,742	6,17	6,17
606,29	206,39	35,87	32,18	3,70	6,552	3,272	2,002	6,457	6,457
606,29	127,03	35,36	31,67	3,69	6,599	2,566	2,571	6,668	6,668
685,65	1243,41	41,25	35,52	5,73	2,306	1,81	1,274	15,464	15,464
685,65	1152,53	41,66	35,84	5,82	2,287	1,725	1,326	15,92	15,92
685,65	1075,51	42,99	36,82	6,17	2,578	2,657	0,97	14,771	14,771
685,65	993,81	44,16	38,48	5,68	3,079	2,421	1,272	13,263	13,263
685,65	916,58	45,51	40,27	5,24	2,224	1,958	1,136	14,036	14,036
685,65	834,87	42,47	37,75	4,72	2,177	1,142	1,907	14,183	14,183
685,65	755,51	50,54	45,72	4,82	3,279	2,547	1,287	10,928	10,928
685,65	676,15	51,57	46,87	4,70	3,317	3,165	1,048	10,115	10,115
685,65	598,93	51,40	46,94	4,46	3,309	3,856	0,858	9,132	9,132
685,65	524,05	50,86	46,54	4,32	5,582	4,224	1,321	7,561	7,561
685,65	442,34	48,99	44,69	4,31	9,334	4,697	1,987	6,296	6,296
685,65	365,11	37,13	33,35	3,79	8,706	3,623	2,403	5,906	5,906
685,65	283,62	36,17	32,47	3,70	7,723	2,797	2,761	6,246	6,246
685,65	206,39	35,66	31,90	3,75	6,977	2,721	2,564	6,601	6,601
685,65	127,03	35,08	31,37	3,71	6,953	2,337	2,976	6,668	6,668
762,67	1243,41	40,83	35,19	5,64	2,12	1,749	1,212	15,716	15,716
762,67	1152,53	41,43	35,58	5,85	2,259	2,362	0,957	14,903	14,903
762,67	1075,51	42,43	36,38	6,05	2,621	2,442	1,073	14,727	14,727
762,67	993,81	44,05	38,30	5,75	3,042	2,988	1,018	12,823	12,823
762,67	916,58	45,31	39,82	5,49	2,45	2,076	1,18	14,133	14,133
762,67	834,87	41,92	37,52	4,40	2,765	1,861	1,486	11,202	11,202
762,67	755,51	50,25	45,21	5,04	3,406	3,334	1,021	10,633	10,633
762,67	676,15	50,57	45,65	4,92	3,479	4,241	0,82	9,694	9,694
762,67	598,93	48,75	44,34	4,41	6,334	5,142	1,232	7,135	7,135
762,67	524,05	38,30	35,18	3,12	7,001	4,16	1,683	5,114	5,114
762,67	442,34	37,24	33,89	3,36	7,574	4,212	1,798	5,352	5,352
762,67	365,11	36,40	32,67	3,73	8,77	3,369	2,603	5,869	5,869

762,67	283,62	36,05	31,95	4,10	8,121	2,95	2,753	6,746	6,745
762,67	206,39	35,63	31,70	3,92	8,272	2,673	3,094	6,496	6,496
762,67	127,03	35,43	31,52	3,91	8,266	2,558	3,231	6,509	6,509
844,37	1243,41	41,63	36,00	5,64	2,22	1,632	1,36	15,73	15,73
844,37	1152,53	42,14	36,35	5,78	2,279	1,694	1,345	15,883	15,883
844,37	1075,51	42,85	36,96	5,89	2,838	2,388	1,188	14,113	14,113
844,37	993,81	44,41	38,87	5,54	3,024	2,37	1,276	13,062	13,062
844,37	916,58	45,22	40,08	5,14	2,658	2,118	1,255	12,871	12,871
844,37	834,87	41,01	36,45	4,56	3,424	3,287	1,042	9,634	9,634
844,37	755,51	41,84	37,25	4,59	4,219	4,044	1,043	8,743	8,743
844,37	676,15	42,26	37,82	4,44	3,445	4,408	0,782	8,676	8,676
844,37	598,93	47,92	43,12	4,80	5,102	4,424	1,153	8,519	8,519
844,37	524,05	37,85	34,68	3,17	7,268	5,69	1,277	4,826	4,826
844,37	442,34	41,33	37,30	4,04	17,492	4,664	3,75	4,696	4,696
844,37	365,11	40,99	36,78	4,21	11,751	6,187	1,899	5,439	5,439
844,37	283,62	41,27	37,12	4,15	12,292	5,486	2,24	5,389	5,389
844,37	206,39	42,06	37,98	4,08	15,409	5,747	2,681	4,863	4,863
844,37	127,03	48,71	43,62	5,09	12,188	7,32	1,665	6,314	6,314
919,25	1243,41	43,16	37,55	5,61	2,285	1,578	1,448	15,645	15,645
919,25	1152,53	43,18	37,45	5,73	2,364	1,733	1,365	15,499	15,499
919,25	1075,51	44,23	38,30	5,93	2,661	2,291	1,161	14,594	14,594
919,25	993,81	45,33	39,97	5,36	2,725	1,675	1,627	14	14
919,25	916,58	46,37	40,94	5,43	3,021	1,916	1,577	13,389	13,389
919,25	834,87	46,63	41,48	5,15	3,28	3,228	1,016	11,055	11,055
919,25	755,51	47,14	41,77	5,37	3,762	3,743	1,005	10,727	10,727
919,25	676,15	45,79	40,31	5,48	5,318	4,391	1,211	9,629	9,629
919,25	598,93	45,90	40,56	5,34	6,055	5,083	1,191	8,759	8,759
919,25	524,05	47,39	42,43	4,97	7,472	5,832	1,281	7,457	7,457
919,25	442,34	48,15	42,89	5,27	7,007	7,078	0,99	7,687	7,687
919,25	365,11	48,55	43,40	5,15	6,451	5,863	1,1	8,044	8,044
919,25	283,62	48,45	43,47	4,98	6,139	5,515	1,113	7,983	7,983
919,25	206,39	48,22	43,33	4,89	7,346	5,654	1,299	7,434	7,434
919,25	127,03	48,65	43,55	5,10	7,16	6,711	1,067	7,499	7,499
1000,75	1243,41	43,79	38,19	5,60	2,283	1,667	1,369	15,438	15,438
1000,75	1152,53	43,56	37,82	5,74	2,422	1,739	1,393	15,415	15,415
1000,75	1075,51	44,11	38,28	5,83	2,9	1,643	1,765	14,981	14,981
1000,75	993,81	45,51	39,94	5,57	2,893	1,654	1,749	14,304	14,304
1000,75	916,58	46,97	40,97	6,00	3,606	2,185	1,651	13,654	13,654
1000,75	834,87	47,54	41,57	5,96	3,71	2,539	1,461	13,067	13,067
1000,75	755,51	47,66	41,76	5,91	4,049	2,717	1,49	12,434	12,434
1000,75	676,15	47,66	41,94	5,72	4,764	3,347	1,423	10,996	10,996
1000,75	598,93	47,92	42,28	5,64	5,097	3,857	1,322	10,329	10,329
1000,75	524,05	48,54	43,12	5,43	4,809	4,371	1,1	9,808	9,807
1000,75	442,34	49,72	44,36	5,35	4,483	4,687	0,957	9,684	9,684
1000,75	365,11	50,16	45,01	5,14	4,894	4,203	1,164	9,341	9,341
1000,75	283,62	49,90	44,66	5,24	5,325	4,836	1,101	9,006	9,006
1000,75	206,39	49,41	43,89	5,52	5,623	5,646	0,996	9,004	9,004
1000,75	127,03	48,69	43,09	5,59	6,182	6,056	1,021	8,757	8,757
1077,97	1243,41	43,30	37,69	5,61	2,351	1,652	1,423	15,359	15,359
1077,97	1152,53	43,31	37,63	5,68	2,613	1,768	1,478	14,861	14,861

1077,97	1075,51	44,26	38,46	5,80	2,898	1,638	1,769	14,903	14,903
1077,97	993,81	45,93	40,16	5,78	2,686	1,455	1,846	15,547	15,547
1077,97	916,58	47,84	42,16	5,68	2,938	1,624	1,809	14,553	14,553
1077,97	834,87	48,33	42,38	5,95	3,678	2,222	1,655	13,409	13,409
1077,97	755,51	48,46	42,57	5,89	3,606	2,104	1,714	13,502	13,502
1077,97	676,15	48,78	43,30	5,48	3,583	1,938	1,848	12,782	12,782
1077,97	598,93	49,21	43,99	5,22	4,397	2,131	2,063	11,182	11,182
1077,97	524,05	49,17	43,86	5,31	4,642	2,884	1,61	10,599	10,599
1077,97	442,34	50,62	45,29	5,33	4,586	3,331	1,377	10,381	10,381
1077,97	365,11	50,95	45,59	5,37	4,759	3,378	1,409	10,304	10,304
1077,97	283,62	50,75	45,17	5,58	5,044	3,644	1,384	10,371	10,371
1077,97	206,39	50,01	44,42	5,60	5,355	3,785	1,415	10,138	10,138
1077,97	127,03	49,51	43,79	5,72	5,44	5,143	1,058	9,631	9,631
1154,99	1243,41	42,98	37,37	5,61	2,353	1,633	1,441	15,399	15,399
1154,99	1152,53	43,71	38,06	5,65	2,433	1,649	1,475	15,324	15,324
1154,99	1075,51	45,20	39,54	5,66	2,491	1,476	1,688	15,57	15,569
1154,99	993,81	46,97	41,24	5,73	2,639	1,434	1,84	15,539	15,539
1154,99	916,58	48,48	42,87	5,61	2,533	1,299	1,951	15,688	15,688
1154,99	834,87	48,75	42,84	5,91	3,1	1,639	1,892	14,869	14,869
1154,99	755,51	48,84	43,26	5,58	3,239	1,408	2,3	14,168	14,168
1154,99	676,15	49,26	43,80	5,46	3,537	1,599	2,211	13,196	13,196
1154,99	598,93	49,82	44,48	5,35	4,135	1,77	2,335	12,047	12,047
1154,99	524,05	50,25	44,94	5,31	4,742	2,57	1,845	10,751	10,751
1154,99	442,34	50,74	45,41	5,33	4,746	2,499	1,899	10,848	10,848
1154,99	365,11	51,14	45,64	5,50	4,699	2,921	1,609	10,909	10,909
1154,99	283,62	51,20	45,61	5,59	4,606	3,061	1,505	11,051	11,051
1154,99	206,39	50,77	45,18	5,59	4,511	2,836	1,591	11,29	11,29
1154,99	127,03	50,36	44,77	5,59	4,775	2,857	1,671	11,09	11,09

Çizelge Ek 10. Ortalama minimum sıcaklık test sonuçları

X	Y	Ort Min Sıc A2	Ort Min Sıc Rf"	Fark (A2-Rf)	S ² A2	S ² Rf	F Test	T ₁ Test	T ₂ Test
43,73	1243,41	6,67	2,77	3,90	0,444	0,441	1,006	22,701	22,7
43,73	1152,53	6,52	2,48	4,04	0,477	0,502	0,95	22,35	22,35
43,73	1075,51	6,45	2,33	4,12	0,479	0,524	0,914	22,528	22,528
43,73	993,81	6,36	2,11	4,25	0,484	0,511	0,947	23,318	23,318
43,73	916,58	6,53	2,24	4,29	0,472	0,493	0,959	23,91	23,909
43,73	834,87	6,95	2,81	4,14	0,443	0,467	0,948	23,775	23,775
43,73	755,51	7,12	3,00	4,11	0,459	0,455	1,008	23,561	23,561
43,73	676,15	6,62	2,33	4,29	0,514	0,534	0,961	22,932	22,932
43,73	598,93	5,53	1,09	4,44	0,512	0,51	1,005	24,054	24,054
43,73	524,05	4,95	0,41	4,55	0,542	0,488	1,111	24,539	24,538
43,73	442,34	4,95	0,41	4,55	0,542	0,488	1,111	24,539	24,538
43,73	365,11	8,08	3,72	4,37	0,483	0,437	1,104	24,931	24,931
43,73	283,62	10,78	6,73	4,05	0,496	0,299	1,66	24,9	24,9
43,73	206,39	12,50	8,61	3,89	0,474	0,267	1,774	24,734	24,734
43,73	127,03	15,29	11,58	3,71	0,408	0,279	1,464	24,525	24,525
134,40	1243,41	6,38	2,33	4,05	0,484	0,494	0,979	22,423	22,423
134,40	1152,53	6,36	2,35	4,02	0,473	0,526	0,898	22,016	22,016
134,40	1075,51	5,74	1,55	4,20	0,491	0,538	0,913	22,654	22,654
134,40	993,81	5,28	0,95	4,33	0,499	0,504	0,992	23,663	23,663
134,40	916,58	5,65	1,25	4,40	0,493	0,47	1,049	24,574	24,574
134,40	834,87	6,25	1,99	4,26	0,447	0,497	0,901	24,032	24,032
134,40	755,51	5,89	1,51	4,38	0,515	0,548	0,94	23,241	23,241
134,40	676,15	4,70	0,22	4,48	0,574	0,486	1,181	23,83	23,83
134,40	598,93	3,86	-0,64	4,50	0,55	0,443	1,239	24,707	24,707
134,40	524,05	4,28	-0,25	4,53	0,51	0,401	1,271	25,956	25,956
134,40	442,34	6,17	1,68	4,49	0,512	0,363	1,412	26,274	26,274
134,40	365,11	9,20	4,90	4,30	0,487	0,375	1,297	25,382	25,382
134,40	283,62	11,95	8,00	3,95	0,451	0,286	1,577	25,196	25,196
134,40	206,39	13,69	9,94	3,75	0,418	0,246	1,697	25,181	25,181
134,40	127,03	15,29	11,58	3,71	0,408	0,279	1,464	24,525	24,525
213,76	1243,41	6,06	1,92	4,14	0,484	0,541	0,895	22,375	22,375
213,76	1152,53	5,69	1,53	4,16	0,491	0,549	0,894	22,335	22,335
213,76	1075,51	5,23	1,04	4,20	0,49	0,539	0,91	22,663	22,663
213,76	993,81	4,77	0,48	4,29	0,504	0,52	0,969	23,232	23,232
213,76	916,58	4,90	0,51	4,39	0,501	0,476	1,051	24,352	24,352
213,76	834,87	5,22	0,79	4,43	0,505	0,489	1,034	24,363	24,362
213,76	755,51	4,69	0,23	4,45	0,566	0,479	1,183	23,856	23,856
213,76	676,15	3,90	-0,56	4,46	0,596	0,445	1,339	23,951	23,951
213,76	598,93	4,14	-0,25	4,39	0,499	0,388	1,285	25,51	25,51
213,76	524,05	5,90	1,56	4,34	0,439	0,352	1,247	26,698	26,698
213,76	442,34	9,22	5,03	4,20	0,46	0,336	1,37	25,769	25,769
213,76	365,11	12,33	8,33	4,00	0,451	0,321	1,406	24,928	24,928
213,76	283,62	15,00	11,22	3,77	0,402	0,278	1,443	25,061	25,061
213,76	206,39	16,38	12,65	3,73	0,386	0,282	1,369	24,989	24,989
213,76	127,03	20,11	17,09	3,01	0,154	0,186	0,826	28,299	28,299
290,99	1243,41	5,63	1,42	4,21	0,484	0,547	0,884	22,693	22,692
290,99	1152,53	5,32	1,10	4,22	0,494	0,557	0,886	22,551	22,551

290,99	1075,51	4,99	0,79	4,20	0,507	0,555	0,914	22,314	22,314
290,99	993,81	4,30	0,00	4,30	0,542	0,512	1,059	22,949	22,949
290,99	916,58	3,99	-0,47	4,46	0,539	0,458	1,177	24,454	24,454
290,99	834,87	4,39	-0,13	4,51	0,535	0,441	1,213	25,023	25,023
290,99	755,51	4,55	0,06	4,49	0,558	0,417	1,338	24,919	24,919
290,99	676,15	5,16	0,79	4,38	0,549	0,382	1,437	24,846	24,846
290,99	598,93	6,80	2,49	4,31	0,465	0,336	1,384	26,371	26,37
290,99	524,05	9,43	5,27	4,16	0,453	0,356	1,272	25,343	25,342
290,99	442,34	13,04	9,16	3,87	0,436	0,299	1,457	24,727	24,727
290,99	365,11	15,40	11,64	3,76	0,374	0,299	1,252	25,142	25,142
290,99	283,62	19,85	16,82	3,03	0,174	0,19	0,912	27,508	27,508
290,99	206,39	20,67	17,62	3,04	0,162	0,177	0,911	28,606	28,606
290,99	127,03	20,87	17,86	3,01	0,154	0,164	0,935	29,236	29,236
370,35	1243,41	5,12	0,84	4,28	0,508	0,512	0,991	23,191	23,191
370,35	1152,53	4,94	0,67	4,28	0,511	0,523	0,977	23,026	23,026
370,35	1075,51	4,54	0,29	4,25	0,539	0,52	1,037	22,618	22,618
370,35	993,81	3,64	-0,70	4,34	0,568	0,456	1,246	23,496	23,496
370,35	916,58	3,46	-0,99	4,45	0,54	0,401	1,348	25,127	25,127
370,35	834,87	4,54	0,05	4,49	0,517	0,391	1,324	25,799	25,799
370,35	755,51	6,16	1,83	4,33	0,459	0,379	1,211	25,872	25,872
370,35	676,15	7,91	3,71	4,20	0,433	0,379	1,142	25,523	25,523
370,35	598,93	10,34	6,24	4,10	0,429	0,329	1,304	25,811	25,811
370,35	524,05	14,09	10,26	3,83	0,42	0,311	1,353	24,537	24,537
370,35	442,34	15,78	12,15	3,64	0,344	0,272	1,264	25,377	25,377
370,35	365,11	19,51	16,44	3,07	0,183	0,186	0,983	27,658	27,658
370,35	283,62	20,16	17,14	3,02	0,161	0,168	0,956	28,803	28,803
370,35	206,39	20,66	17,63	3,03	0,157	0,161	0,977	29,442	29,442
370,35	127,03	20,93	17,90	3,03	0,154	0,154	1,004	29,852	29,852
452,05	1243,41	4,55	0,23	4,33	0,52	0,459	1,132	23,944	23,944
452,05	1152,53	4,55	0,19	4,36	0,503	0,456	1,104	24,385	24,385
452,05	1075,51	4,21	-0,15	4,35	0,539	0,449	1,2	23,985	23,985
452,05	993,81	3,77	-0,59	4,36	0,552	0,417	1,326	24,239	24,239
452,05	916,58	4,26	-0,15	4,41	0,506	0,365	1,384	25,863	25,863
452,05	834,87	6,36	2,03	4,34	0,443	0,368	1,206	26,373	26,373
452,05	755,51	8,78	4,57	4,21	0,408	0,387	1,055	25,847	25,847
452,05	676,15	11,14	7,10	4,04	0,415	0,338	1,229	25,474	25,474
452,05	598,93	13,44	9,61	3,83	0,426	0,354	1,204	23,749	23,749
452,05	524,05	15,33	11,72	3,61	0,358	0,325	1,101	23,908	23,908
452,05	442,34	15,59	11,95	3,64	0,324	0,318	1,02	24,874	24,874
452,05	365,11	19,71	16,63	3,08	0,175	0,182	0,962	28,166	28,166
452,05	283,62	20,38	17,31	3,07	0,159	0,167	0,949	29,403	29,403
452,05	206,39	20,76	17,70	3,06	0,156	0,16	0,971	29,781	29,781
452,05	127,03	20,98	17,94	3,04	0,156	0,152	1,024	30,001	30
529,07	1243,41	4,21	-0,14	4,35	0,516	0,455	1,135	24,175	24,175
529,07	1152,53	4,32	-0,07	4,39	0,494	0,454	1,088	24,718	24,718
529,07	1075,51	4,37	-0,02	4,39	0,508	0,42	1,208	24,964	24,964
529,07	993,81	4,74	0,38	4,37	0,485	0,376	1,29	25,797	25,797
529,07	916,58	6,31	2,05	4,26	0,422	0,349	1,211	26,547	26,547
529,07	834,87	8,78	4,61	4,18	0,398	0,39	1,021	25,771	25,771
529,07	755,51	11,43	7,44	4,00	0,401	0,359	1,117	25,108	25,107

529,07	676,15	13,37	9,59	3,79	0,359	0,313	1,147	25,293	25,293
529,07	598,93	14,45	10,82	3,63	0,34	0,308	1,105	24,73	24,73
529,07	524,05	14,80	11,21	3,59	0,324	0,277	1,17	25,389	25,389
529,07	442,34	14,76	11,11	3,64	0,312	0,284	1,1	25,831	25,831
529,07	365,11	19,41	16,32	3,09	0,167	0,184	0,905	28,588	28,587
529,07	283,62	20,44	17,35	3,10	0,157	0,168	0,935	29,757	29,757
529,07	206,39	20,84	17,78	3,07	0,156	0,158	0,986	29,977	29,977
529,07	127,03	21,02	17,98	3,04	0,156	0,15	1,037	30,093	30,093
606,29	1243,41	3,99	-0,38	4,38	0,522	0,451	1,159	24,289	24,289
606,29	1152,53	4,21	-0,20	4,41	0,508	0,44	1,156	24,795	24,795
606,29	1075,51	5,05	0,67	4,39	0,47	0,413	1,138	25,563	25,563
606,29	993,81	6,29	1,97	4,33	0,411	0,384	1,071	26,581	26,581
606,29	916,58	8,42	4,22	4,19	0,386	0,429	0,899	25,44	25,44
606,29	834,87	10,87	6,86	4,01	0,38	0,357	1,065	25,601	25,6
606,29	755,51	13,00	9,20	3,80	0,399	0,331	1,206	24,369	24,369
606,29	676,15	13,90	10,24	3,66	0,349	0,293	1,192	24,994	24,994
606,29	598,93	14,28	10,67	3,62	0,333	0,268	1,241	25,538	25,538
606,29	524,05	14,54	10,93	3,61	0,309	0,255	1,21	26,351	26,351
606,29	442,34	14,86	11,25	3,61	0,296	0,289	1,026	25,873	25,873
606,29	365,11	19,65	16,56	3,09	0,155	0,191	0,81	28,803	28,803
606,29	283,62	20,59	17,50	3,09	0,156	0,168	0,927	29,72	29,72
606,29	206,39	20,85	17,80	3,05	0,158	0,152	1,035	30,043	30,043
606,29	127,03	20,96	17,93	3,03	0,155	0,147	1,056	30,189	30,189
685,65	1243,41	3,67	-0,77	4,44	0,531	0,447	1,187	24,555	24,555
685,65	1152,53	4,22	-0,24	4,46	0,515	0,43	1,197	25,106	25,106
685,65	1075,51	5,61	1,21	4,40	0,456	0,427	1,069	25,616	25,616
685,65	993,81	7,31	3,04	4,27	0,406	0,443	0,916	25,393	25,393
685,65	916,58	9,93	5,82	4,11	0,42	0,394	1,065	24,947	24,947
685,65	834,87	11,50	7,89	3,61	0,293	0,265	1,104	26,48	26,48
685,65	755,51	13,22	9,55	3,67	0,35	0,274	1,276	25,463	25,463
685,65	676,15	13,62	10,01	3,62	0,352	0,256	1,379	25,396	25,396
685,65	598,93	14,15	10,54	3,61	0,33	0,254	1,3	25,866	25,866
685,65	524,05	14,90	11,30	3,60	0,283	0,261	1,083	26,754	26,754
685,65	442,34	15,67	12,14	3,53	0,262	0,286	0,916	26,138	26,138
685,65	365,11	20,06	16,99	3,07	0,155	0,179	0,87	29,069	29,069
685,65	283,62	20,59	17,53	3,06	0,157	0,159	0,987	29,772	29,772
685,65	206,39	20,64	17,61	3,03	0,154	0,144	1,069	30,432	30,432
685,65	127,03	20,75	17,73	3,01	0,153	0,14	1,096	30,515	30,515
762,67	1243,41	3,47	-0,99	4,45	0,543	0,426	1,273	24,779	24,779
762,67	1152,53	4,29	-0,21	4,50	0,527	0,424	1,245	25,275	25,275
762,67	1075,51	5,72	1,27	4,45	0,476	0,42	1,134	25,751	25,751
762,67	993,81	7,51	3,20	4,31	0,42	0,427	0,984	25,645	25,645
762,67	916,58	10,05	5,95	4,09	0,394	0,378	1,042	25,528	25,528
762,67	834,87	11,45	7,87	3,58	0,29	0,275	1,051	26,101	26,1
762,67	755,51	12,89	9,31	3,58	0,327	0,277	1,18	25,218	25,218
762,67	676,15	13,34	9,86	3,48	0,323	0,268	1,207	24,824	24,824
762,67	598,93	13,98	10,53	3,45	0,325	0,294	1,107	24,026	24,026
762,67	524,05	19,80	16,73	3,07	0,165	0,196	0,841	27,993	27,993
762,67	442,34	19,79	16,70	3,09	0,173	0,167	1,034	29,064	29,064
762,67	365,11	19,79	16,72	3,06	0,166	0,156	1,059	29,565	29,565

762,67	283,62	19,87	16,83	3,04	0,165	0,149	1,102	29,708	29,708
762,67	206,39	19,90	16,89	3,02	0,159	0,141	1,131	30,128	30,128
762,67	127,03	20,22	17,19	3,02	0,155	0,143	1,084	30,297	30,297
844,37	1243,41	4,01	-0,43	4,45	0,562	0,402	1,399	24,807	24,807
844,37	1152,53	4,85	0,43	4,42	0,51	0,405	1,26	25,298	25,298
844,37	1075,51	5,95	1,49	4,46	0,498	0,387	1,289	25,944	25,944
844,37	993,81	7,80	3,51	4,29	0,428	0,414	1,033	25,571	25,571
844,37	916,58	9,66	5,59	4,07	0,379	0,346	1,095	26,19	26,19
844,37	834,87	10,34	6,73	3,62	0,29	0,266	1,092	26,552	26,551
844,37	755,51	11,14	7,69	3,45	0,277	0,26	1,066	25,774	25,774
844,37	676,15	11,83	8,46	3,37	0,282	0,27	1,042	24,842	24,842
844,37	598,93	13,41	9,95	3,46	0,325	0,329	0,986	23,441	23,441
844,37	524,05	19,16	16,17	2,98	0,169	0,174	0,974	27,897	27,897
844,37	442,34	14,43	11,14	3,29	0,264	0,232	1,138	25,571	25,57
844,37	365,11	13,46	10,22	3,24	0,277	0,239	1,159	24,674	24,674
844,37	283,62	13,40	10,20	3,21	0,263	0,21	1,255	25,54	25,539
844,37	206,39	14,62	11,38	3,24	0,262	0,221	1,185	25,52	25,52
844,37	127,03	15,62	12,25	3,37	0,275	0,249	1,105	25,512	25,512
919,25	1243,41	4,80	0,34	4,46	0,533	0,4	1,332	25,283	25,283
919,25	1152,53	5,04	0,60	4,44	0,54	0,413	1,31	24,891	24,891
919,25	1075,51	6,49	2,13	4,36	0,477	0,418	1,142	25,24	25,24
919,25	993,81	8,34	4,04	4,29	0,403	0,427	0,946	25,819	25,818
919,25	916,58	9,50	5,39	4,11	0,368	0,367	1,001	26,245	26,245
919,25	834,87	9,91	6,03	3,89	0,346	0,33	1,047	25,876	25,876
919,25	755,51	10,17	6,42	3,75	0,34	0,302	1,128	25,653	25,653
919,25	676,15	10,62	6,96	3,66	0,361	0,31	1,165	24,484	24,484
919,25	598,93	11,40	7,83	3,58	0,334	0,297	1,124	24,681	24,68
919,25	524,05	12,23	8,70	3,53	0,324	0,281	1,154	24,864	24,864
919,25	442,34	12,88	9,45	3,43	0,312	0,264	1,179	24,755	24,755
919,25	365,11	12,81	9,39	3,42	0,289	0,23	1,257	26,006	26,006
919,25	283,62	13,05	9,63	3,42	0,286	0,231	1,243	26,075	26,075
919,25	206,39	13,82	10,40	3,42	0,277	0,245	1,131	25,93	25,93
919,25	127,03	14,23	10,86	3,37	0,27	0,255	1,06	25,485	25,485
1000,75	1243,41	4,93	0,46	4,47	0,53	0,439	1,207	24,894	24,894
1000,75	1152,53	5,14	0,69	4,46	0,535	0,451	1,186	24,579	24,579
1000,75	1075,51	6,64	2,21	4,44	0,458	0,421	1,088	25,92	25,92
1000,75	993,81	8,59	4,24	4,35	0,401	0,434	0,926	26,077	26,077
1000,75	916,58	9,87	5,76	4,11	0,41	0,37	1,107	25,492	25,492
1000,75	834,87	9,87	5,92	3,95	0,412	0,338	1,217	24,972	24,972
1000,75	755,51	9,89	6,06	3,84	0,39	0,315	1,24	25,027	25,026
1000,75	676,15	10,26	6,51	3,76	0,366	0,287	1,276	25,439	25,439
1000,75	598,93	11,01	7,30	3,71	0,36	0,275	1,309	25,504	25,504
1000,75	524,05	11,72	8,05	3,68	0,355	0,27	1,315	25,503	25,503
1000,75	442,34	12,12	8,57	3,55	0,333	0,232	1,434	25,895	25,895
1000,75	365,11	12,35	8,85	3,51	0,329	0,229	1,435	25,723	25,723
1000,75	283,62	12,38	8,90	3,48	0,319	0,229	1,392	25,752	25,752
1000,75	206,39	12,44	8,98	3,46	0,298	0,231	1,29	26,017	26,017
1000,75	127,03	12,64	9,22	3,43	0,284	0,247	1,153	25,764	25,764
1077,97	1243,41	4,82	0,34	4,48	0,526	0,448	1,175	24,85	24,85
1077,97	1152,53	5,52	1,04	4,48	0,506	0,438	1,155	25,216	25,216

1077,97	1075,51	7,16	2,71	4,45	0,444	0,421	1,056	26,229	26,229
1077,97	993,81	9,18	4,83	4,36	0,396	0,439	0,901	26,129	26,129
1077,97	916,58	10,09	5,98	4,11	0,391	0,381	1,026	25,601	25,6
1077,97	834,87	10,01	6,06	3,95	0,399	0,337	1,184	25,241	25,241
1077,97	755,51	10,18	6,31	3,87	0,395	0,305	1,296	25,351	25,351
1077,97	676,15	10,78	7,00	3,78	0,356	0,292	1,218	25,738	25,738
1077,97	598,93	11,52	7,80	3,72	0,358	0,265	1,35	25,799	25,799
1077,97	524,05	11,96	8,28	3,68	0,322	0,262	1,228	26,359	26,359
1077,97	442,34	12,32	8,73	3,59	0,336	0,242	1,39	25,869	25,869
1077,97	365,11	12,35	8,80	3,54	0,331	0,234	1,413	25,833	25,833
1077,97	283,62	12,24	8,70	3,53	0,329	0,231	1,427	25,876	25,876
1077,97	206,39	12,25	8,74	3,51	0,313	0,233	1,342	26	26
1077,97	127,03	12,25	8,78	3,47	0,312	0,224	1,392	25,952	25,952
1154,99	1243,41	5,12	0,65	4,48	0,506	0,426	1,188	25,396	25,396
1154,99	1152,53	6,56	2,08	4,49	0,476	0,423	1,126	25,912	25,912
1154,99	1075,51	8,47	4,03	4,44	0,427	0,431	0,991	26,273	26,273
1154,99	993,81	10,01	5,65	4,36	0,398	0,434	0,917	26,172	26,172
1154,99	916,58	10,46	6,33	4,13	0,4	0,367	1,09	25,845	25,845
1154,99	834,87	10,34	6,33	4,01	0,407	0,328	1,241	25,594	25,594
1154,99	755,51	10,48	6,57	3,90	0,367	0,308	1,193	26,03	26,03
1154,99	676,15	11,22	7,39	3,83	0,36	0,285	1,262	26,082	26,082
1154,99	598,93	11,77	8,02	3,75	0,359	0,269	1,336	25,916	25,916
1154,99	524,05	12,08	8,42	3,67	0,35	0,254	1,381	25,842	25,842
1154,99	442,34	12,27	8,65	3,62	0,342	0,247	1,384	25,828	25,828
1154,99	365,11	12,27	8,67	3,60	0,338	0,245	1,381	25,821	25,821
1154,99	283,62	12,22	8,65	3,57	0,328	0,232	1,413	26,129	26,129
1154,99	206,39	12,33	8,80	3,54	0,333	0,238	1,397	25,639	25,638
1154,99	127,03	12,30	8,79	3,51	0,336	0,218	1,536	25,813	25,813

Çizelge Ek 11. Minimum sıcaklık test sonuçları

X	Y	Min Sıc A2	Min Sıc Rf"	Fark (A2-Rf)	S² A2	S² Rf	F Test	T₁ Test	T₂ Test
43,73	1243,41	-9,07	-17,07	8,00	7,479	12,17	0,615	9,889	9,889
43,73	1152,53	-10,05	-18,12	8,07	5,776	13,379	0,432	10,098	10,098
43,73	1075,51	-10,72	-18,56	7,84	5,916	11,754	0,503	10,22	10,22
43,73	993,81	-11,79	-19,14	7,36	6,769	10,962	0,617	9,568	9,568
43,73	916,58	-11,70	-18,82	7,12	7,305	11,634	0,628	8,961	8,961
43,73	834,87	-10,60	-17,64	7,04	6,73	10,944	0,615	9,165	9,165
43,73	755,51	-10,47	-17,48	7,01	9,127	10,769	0,848	8,603	8,603
43,73	676,15	-11,98	-19,04	7,06	7,434	12,552	0,592	8,651	8,651
43,73	598,93	-13,34	-20,46	7,12	5,516	12,34	0,447	9,224	9,224
43,73	524,05	-13,45	-20,94	7,49	4,805	9,58	0,502	10,81	10,81
43,73	442,34	-13,45	-20,94	7,49	4,805	9,58	0,502	10,81	10,81
43,73	365,11	-9,22	-16,17	6,94	4,266	7,4	0,577	11,135	11,135
43,73	283,62	-5,05	-11,22	6,17	3,468	6,425	0,54	10,742	10,742
43,73	206,39	-2,94	-8,47	5,53	2,668	4,37	0,61	11,426	11,426
43,73	127,03	0,28	-4,44	4,71	1,403	4,458	0,315	10,658	10,658
134,40	1243,41	-10,11	-18,46	8,34	7,549	11,051	0,683	10,596	10,595
134,40	1152,53	-10,43	-18,40	7,97	7,303	9,533	0,766	10,643	10,643
134,40	1075,51	-11,98	-19,79	7,80	6,959	10,938	0,636	10,101	10,101
134,40	993,81	-13,18	-20,41	7,23	7,069	10,4	0,68	9,469	9,469
134,40	916,58	-12,78	-19,98	7,20	6,985	10,448	0,669	9,45	9,45
134,40	834,87	-11,93	-19,25	7,32	5,969	10,998	0,543	9,728	9,728
134,40	755,51	-12,90	-20,60	7,70	6,901	12,247	0,563	9,642	9,642
134,40	676,15	-15,01	-22,23	7,22	4,856	10,892	0,446	9,963	9,963
134,40	598,93	-15,08	-22,31	7,23	3,624	9,042	0,401	11,132	11,132
134,40	524,05	-13,97	-21,32	7,36	3,742	8,655	0,432	11,445	11,445
134,40	442,34	-11,57	-18,90	7,33	4,776	7,663	0,623	11,384	11,384
134,40	365,11	-7,62	-14,38	6,75	4,531	7,785	0,582	10,541	10,541
134,40	283,62	-4,12	-10,11	5,99	3,601	6,479	0,556	10,334	10,334
134,40	206,39	-1,59	-6,91	5,32	1,954	5,015	0,39	11,036	11,036
134,40	127,03	0,28	-4,44	4,71	1,403	4,458	0,315	10,658	10,658
213,76	1243,41	-10,76	-19,28	8,52	8,2	9,547	0,859	11,083	11,083
213,76	1152,53	-11,85	-20,10	8,25	6,793	10,002	0,679	11,02	11,02
213,76	1075,51	-12,56	-20,49	7,93	6,947	11,38	0,61	10,148	10,148
213,76	993,81	-13,61	-21,13	7,53	6,4	12,181	0,525	9,565	9,564
213,76	916,58	-13,35	-20,94	7,59	5,845	11,715	0,499	9,919	9,919
213,76	834,87	-13,29	-20,72	7,43	5,822	11,702	0,498	9,718	9,718
213,76	755,51	-14,04	-21,44	7,40	5,625	9,613	0,585	10,381	10,381
213,76	676,15	-14,59	-22,14	7,56	4,568	7,739	0,59	11,795	11,795
213,76	598,93	-13,72	-21,39	7,66	3,851	7,799	0,494	12,297	12,297
213,76	524,05	-11,66	-18,61	6,95	3,167	7,814	0,405	11,485	11,485
213,76	442,34	-7,86	-14,37	6,52	3,252	9,334	0,348	10,061	10,061
213,76	365,11	-4,24	-9,89	5,66	3,642	6,337	0,575	9,807	9,807
213,76	283,62	-1,08	-5,54	4,46	1,621	5,391	0,301	9,227	9,227
213,76	206,39	0,94	-3,48	4,41	2,4	4,758	0,504	9,035	9,035
213,76	127,03	9,29	4,67	4,62	1,706	3,409	0,501	11,176	11,176
290,99	1243,41	-11,73	-20,27	8,54	7,966	8,983	0,887	11,359	11,359
290,99	1152,53	-12,38	-20,90	8,52	7,091	10,069	0,704	11,266	11,266

290,99	1075,51	-13,07	-21,23	8,16	6,499	11,054	0,588	10,672	10,672
290,99	993,81	-14,43	-21,75	7,31	5,52	11,198	0,493	9,798	9,798
290,99	916,58	-14,36	-21,63	7,26	6,453	9,892	0,652	9,842	9,842
290,99	834,87	-13,73	-20,91	7,18	5,381	8,418	0,639	10,588	10,588
290,99	755,51	-13,35	-20,65	7,31	5,189	6,298	0,824	11,805	11,805
290,99	676,15	-12,67	-20,41	7,74	4,338	6,959	0,623	12,609	12,609
290,99	598,93	-10,52	-17,77	7,26	4,397	6,96	0,632	11,792	11,792
290,99	524,05	-7,87	-15,23	7,36	4,641	8,778	0,529	11,008	11,008
290,99	442,34	-3,24	-8,93	5,69	2,687	6,798	0,395	10,123	10,123
290,99	365,11	-0,39	-5,34	4,96	1,741	5,782	0,301	9,902	9,902
290,99	283,62	9,40	4,50	4,90	1,509	3,082	0,49	12,526	12,526
290,99	206,39	10,15	5,41	4,74	1,498	3,153	0,475	12,037	12,037
290,99	127,03	10,50	5,80	4,70	1,588	3,15	0,504	11,832	11,832
370,35	1243,41	-12,97	-20,86	7,89	6,016	10,463	0,575	10,641	10,641
370,35	1152,53	-13,16	-21,33	8,17	7,783	11,174	0,697	10,281	10,281
370,35	1075,51	-13,86	-22,04	8,18	7,676	9,424	0,814	10,837	10,837
370,35	993,81	-15,15	-22,83	7,68	4,993	8,676	0,575	11,384	11,383
370,35	916,58	-14,52	-21,95	7,44	4,557	8,125	0,561	11,435	11,435
370,35	834,87	-13,11	-20,29	7,18	5,05	6,927	0,729	11,367	11,367
370,35	755,51	-11,14	-18,47	7,33	4,931	7,183	0,687	11,534	11,534
370,35	676,15	-9,15	-16,11	6,96	4,096	8,425	0,486	10,771	10,771
370,35	598,93	-6,02	-12,81	6,79	3,859	7,651	0,504	10,966	10,966
370,35	524,05	-2,40	-7,16	4,76	3,521	5,757	0,612	8,554	8,554
370,35	442,34	-0,47	-4,37	3,90	2,568	5,699	0,451	7,436	7,436
370,35	365,11	8,67	3,98	4,69	1,497	3,433	0,436	11,567	11,567
370,35	283,62	9,91	5,03	4,88	1,385	3,34	0,415	12,292	12,292
370,35	206,39	10,35	5,53	4,83	1,353	3,218	0,42	12,363	12,363
370,35	127,03	10,59	5,81	4,78	1,403	3,173	0,442	12,236	12,236
452,05	1243,41	-13,77	-21,56	7,80	5,278	7,89	0,669	11,768	11,768
452,05	1152,53	-13,54	-21,26	7,72	6,377	7,95	0,802	11,176	11,176
452,05	1075,51	-14,10	-22,02	7,92	7,594	7,552	1,006	11,153	11,153
452,05	993,81	-14,48	-22,16	7,68	5,452	6,474	0,842	12,183	12,183
452,05	916,58	-13,53	-20,70	7,18	5,094	6,447	0,79	11,569	11,569
452,05	834,87	-11,10	-18,18	7,08	5,83	7,321	0,796	10,694	10,693
452,05	755,51	-8,19	-15,20	7,01	4,144	7,658	0,541	11,179	11,178
452,05	676,15	-4,94	-11,41	6,47	3,922	6,869	0,571	10,79	10,79
452,05	598,93	-2,49	-8,05	5,56	2,292	5,953	0,385	10,601	10,601
452,05	524,05	-0,99	-5,10	4,11	3,127	8,027	0,39	6,738	6,738
452,05	442,34	-0,36	-4,67	4,31	2,719	6,018	0,452	7,982	7,982
452,05	365,11	8,93	4,23	4,70	1,567	3,332	0,47	11,638	11,638
452,05	283,62	9,79	4,93	4,86	1,367	3,193	0,428	12,462	12,461
452,05	206,39	10,18	5,32	4,86	1,373	3,12	0,44	12,549	12,549
452,05	127,03	10,41	5,65	4,76	1,396	3,102	0,45	12,303	12,303
529,07	1243,41	-14,09	-21,74	7,65	4,768	7,409	0,644	12,014	12,014
529,07	1152,53	-13,77	-21,46	7,69	5,286	7,365	0,718	11,843	11,843
529,07	1075,51	-13,50	-21,20	7,71	6,001	6,647	0,903	11,868	11,868
529,07	993,81	-12,67	-20,33	7,66	6,293	5,668	1,11	12,127	12,127
529,07	916,58	-10,91	-18,01	7,10	6,003	6,016	0,998	11,22	11,22
529,07	834,87	-7,93	-14,77	6,84	4,668	6,634	0,704	11,147	11,147
529,07	755,51	-4,49	-10,89	6,40	4,064	6,776	0,6	10,64	10,64

529,07	676,15	-2,61	-7,93	5,32	3,649	8,679	0,42	8,291	8,291
529,07	598,93	-2,05	-6,13	4,08	3,261	6,98	0,467	6,98	6,98
529,07	524,05	-1,24	-5,52	4,28	2,772	5,842	0,474	7,981	7,981
529,07	442,34	-1,09	-5,31	4,22	1,746	4,86	0,359	8,993	8,993
529,07	365,11	8,49	3,66	4,83	1,393	2,782	0,501	12,959	12,959
529,07	283,62	9,49	4,59	4,90	1,3	2,99	0,435	12,962	12,962
529,07	206,39	9,98	5,14	4,84	1,345	3,125	0,43	12,546	12,546
529,07	127,03	10,27	5,49	4,78	1,334	3,124	0,427	12,399	12,399
606,29	1243,41	-14,52	-22,17	7,64	4,539	7,871	0,577	11,881	11,881
606,29	1152,53	-14,17	-21,59	7,42	4,299	7,415	0,58	11,879	11,879
606,29	1075,51	-12,57	-20,44	7,87	5,136	6,08	0,845	12,877	12,877
606,29	993,81	-10,81	-18,59	7,78	5,498	6,337	0,868	12,392	12,392
606,29	916,58	-8,22	-15,26	7,04	5,265	6,435	0,818	11,269	11,269
606,29	834,87	-5,12	-11,59	6,47	4,278	6,618	0,646	10,743	10,743
606,29	755,51	-2,80	-7,94	5,14	3,656	8,438	0,433	8,099	8,099
606,29	676,15	-2,02	-6,79	4,77	2,442	8,753	0,279	7,802	7,802
606,29	598,93	-1,67	-6,08	4,41	2,066	6,026	0,343	8,491	8,491
606,29	524,05	-1,32	-5,58	4,27	1,604	4,352	0,369	9,574	9,574
606,29	442,34	-1,15	-5,43	4,28	1,076	4,233	0,254	10,181	10,181
606,29	365,11	8,39	3,52	4,87	1,515	2,816	0,538	12,809	12,809
606,29	283,62	9,45	4,54	4,91	1,476	3,163	0,467	12,485	12,485
606,29	206,39	9,89	5,07	4,82	1,337	3,219	0,415	12,355	12,354
606,29	127,03	10,17	5,38	4,79	1,247	2,996	0,416	12,734	12,734
685,65	1243,41	-14,90	-22,33	7,43	4,051	8,346	0,485	11,562	11,562
685,65	1152,53	-14,04	-21,55	7,52	4,559	6,397	0,713	12,437	12,437
685,65	1075,51	-12,04	-19,90	7,86	5,021	6,609	0,76	12,618	12,618
685,65	993,81	-9,91	-17,12	7,22	5,036	8,081	0,623	10,911	10,911
685,65	916,58	-6,34	-13,23	6,89	4,072	6,681	0,609	11,515	11,515
685,65	834,87	-3,46	-9,35	5,89	3,936	7,022	0,56	9,748	9,748
685,65	755,51	-2,07	-7,21	5,14	2,178	10,423	0,209	7,924	7,924
685,65	676,15	-1,67	-6,41	4,73	1,638	8,011	0,205	8,344	8,344
685,65	598,93	-1,22	-5,92	4,69	1,385	5,886	0,235	9,534	9,534
685,65	524,05	-0,22	-4,60	4,38	1,536	3,839	0,4	10,336	10,336
685,65	442,34	0,31	-3,90	4,21	1,771	3,264	0,543	10,283	10,283
685,65	365,11	8,79	3,85	4,94	1,463	3,094	0,473	12,679	12,679
685,65	283,62	9,58	4,70	4,88	1,38	3,185	0,433	12,503	12,503
685,65	206,39	9,84	5,02	4,83	1,246	2,964	0,42	12,883	12,883
685,65	127,03	9,96	5,14	4,82	1,126	2,65	0,425	13,586	13,585
762,67	1243,41	-15,05	-22,51	7,47	3,904	7,217	0,541	12,262	12,262
762,67	1152,53	-13,96	-21,58	7,62	4,532	6,719	0,674	12,437	12,437
762,67	1075,51	-12,11	-19,56	7,44	5,352	8,008	0,668	11,152	11,152
762,67	993,81	-9,90	-16,87	6,97	5,461	8,359	0,653	10,271	10,271
762,67	916,58	-6,49	-13,40	6,91	3,937	7,843	0,502	11,026	11,026
762,67	834,87	-3,58	-9,38	5,80	3,737	11,476	0,326	8,15	8,15
762,67	755,51	-2,37	-7,65	5,28	1,65	11,133	0,148	8,09	8,09
762,67	676,15	-2,15	-6,70	4,55	1,516	7,832	0,194	8,15	8,15
762,67	598,93	-1,68	-6,45	4,77	1,377	7,009	0,196	9,03	9,03
762,67	524,05	8,28	3,36	4,93	1,64	3,848	0,426	11,518	11,518
762,67	442,34	8,62	3,85	4,77	1,297	3,168	0,409	12,375	12,375
762,67	365,11	8,88	4,02	4,86	1,215	2,755	0,441	13,365	13,365

762,67	283,62	9,14	4,35	4,80	1,218	2,771	0,439	13,148	13,148
762,67	206,39	8,87	4,32	4,55	0,909	2,536	0,359	13,428	13,428
762,67	127,03	8,80	4,35	4,46	0,887	2,327	0,381	13,613	13,613
844,37	1243,41	-14,18	-21,95	7,77	3,892	6,059	0,642	13,494	13,494
844,37	1152,53	-13,32	-20,62	7,30	5,001	7,702	0,649	11,218	11,218
844,37	1075,51	-11,78	-19,27	7,49	6,276	7,592	0,827	11,017	11,017
844,37	993,81	-9,55	-16,36	6,81	5,588	7,512	0,744	10,31	10,31
844,37	916,58	-6,99	-13,63	6,65	5,064	9,387	0,539	9,574	9,574
844,37	834,87	-4,51	-10,86	6,35	4,193	11,283	0,372	8,835	8,835
844,37	755,51	-3,41	-9,04	5,63	1,885	10,22	0,184	8,869	8,869
844,37	676,15	-3,21	-7,83	4,62	1,619	8,931	0,181	7,787	7,787
844,37	598,93	-2,52	-6,91	4,39	2,266	8,29	0,273	7,393	7,393
844,37	524,05	8,29	3,56	4,73	1,399	3,75	0,373	11,417	11,417
844,37	442,34	-0,12	-3,46	3,33	1,409	2,253	0,625	9,541	9,541
844,37	365,11	-1,51	-5,38	3,87	1,376	4,376	0,314	8,848	8,848
844,37	283,62	-1,16	-4,92	3,76	1,364	4,413	0,309	8,572	8,572
844,37	206,39	-0,36	-3,69	3,33	1,785	2,866	0,623	8,462	8,462
844,37	127,03	-0,39	-3,92	3,53	2,125	3,249	0,654	8,336	8,336
919,25	1243,41	-13,69	-21,13	7,44	7,144	6,545	1,091	11,014	11,014
919,25	1152,53	-13,13	-20,64	7,51	7,394	6,623	1,116	10,986	10,986
919,25	1075,51	-11,42	-18,67	7,25	6,9	7,121	0,969	10,602	10,602
919,25	993,81	-9,36	-15,91	6,56	6,728	8,159	0,825	9,306	9,306
919,25	916,58	-7,56	-14,35	6,78	6,01	10,122	0,594	9,251	9,251
919,25	834,87	-6,04	-13,04	7,00	5,754	12,561	0,458	8,963	8,963
919,25	755,51	-5,01	-12,01	7,01	3,267	10,25	0,319	10,435	10,435
919,25	676,15	-4,92	-11,08	6,16	2,088	10,952	0,191	9,339	9,339
919,25	598,93	-4,22	-9,24	5,02	2,704	9,056	0,299	8,014	8,014
919,25	524,05	-2,78	-7,90	5,12	1,747	7,902	0,221	9,031	9,031
919,25	442,34	-2,34	-6,92	4,58	1,44	7,275	0,198	8,488	8,488
919,25	365,11	-2,62	-7,24	4,61	1,466	7,57	0,194	8,408	8,408
919,25	283,62	-2,46	-6,74	4,29	1,571	6,478	0,243	8,272	8,272
919,25	206,39	-2,01	-5,88	3,88	1,58	5,059	0,312	8,238	8,238
919,25	127,03	-1,52	-5,31	3,79	1,514	4,668	0,324	8,34	8,34
1000,75	1243,41	-13,55	-21,23	7,68	9,392	8,877	1,058	9,842	9,842
1000,75	1152,53	-13,01	-20,86	7,86	9,586	8,96	1,07	9,993	9,993
1000,75	1075,51	-11,40	-18,65	7,25	8,952	8,911	1,005	9,394	9,394
1000,75	993,81	-9,16	-16,05	6,89	7,693	8,763	0,878	9,309	9,309
1000,75	916,58	-7,18	-13,92	6,74	6,129	11,804	0,519	8,711	8,711
1000,75	834,87	-6,29	-13,29	7,00	6,247	13,739	0,455	8,58	8,58
1000,75	755,51	-5,62	-12,66	7,04	3,949	12,227	0,323	9,587	9,587
1000,75	676,15	-5,00	-11,75	6,76	2,288	9,185	0,249	10,926	10,926
1000,75	598,93	-4,19	-10,39	6,20	1,74	8,368	0,208	10,683	10,683
1000,75	524,05	-3,59	-8,86	5,26	2,047	9,992	0,205	8,307	8,307
1000,75	442,34	-3,24	-7,98	4,74	1,426	8,615	0,165	8,199	8,199
1000,75	365,11	-3,01	-7,84	4,84	1,169	7,544	0,155	8,977	8,977
1000,75	283,62	-3,37	-7,47	4,10	1,44	5,693	0,253	8,403	8,403
1000,75	206,39	-3,36	-7,53	4,16	1,418	6,129	0,231	8,303	8,303
1000,75	127,03	-2,91	-7,47	4,56	1,349	7,023	0,192	8,639	8,639
1077,97	1243,41	-13,98	-21,48	7,50	9,541	10,341	0,923	9,218	9,218
1077,97	1152,53	-12,96	-20,34	7,38	8,528	8,606	0,991	9,763	9,763

1077,97	1075,51	-11,11	-18,20	7,09	8,96	9,269	0,967	9,092	9,092
1077,97	993,81	-8,54	-15,34	6,80	6,76	8,631	0,783	9,499	9,499
1077,97	916,58	-6,89	-13,71	6,82	5,293	11,987	0,442	8,982	8,982
1077,97	834,87	-6,11	-13,13	7,01	5,479	12,646	0,433	9,023	9,023
1077,97	755,51	-5,52	-12,15	6,63	4,068	10,981	0,37	9,36	9,36
1077,97	676,15	-4,57	-11,18	6,60	2,591	7,955	0,326	11,137	11,137
1077,97	598,93	-3,86	-9,40	5,53	1,586	8,209	0,193	9,684	9,684
1077,97	524,05	-3,08	-8,58	5,50	1,373	9,558	0,144	9,11	9,11
1077,97	442,34	-2,95	-7,56	4,61	1,417	8,347	0,17	8,083	8,083
1077,97	365,11	-2,85	-7,33	4,47	1,077	6,177	0,174	9,098	9,098
1077,97	283,62	-3,59	-7,50	3,92	1,251	4,721	0,265	8,775	8,775
1077,97	206,39	-3,74	-7,85	4,11	1,335	5,491	0,243	8,606	8,606
1077,97	127,03	-3,50	-7,90	4,40	1,481	5,888	0,251	8,882	8,882
1154,99	1243,41	-13,63	-21,04	7,40	7,948	8,06	0,986	10,136	10,136
1154,99	1152,53	-12,00	-18,93	6,93	7,279	8,34	0,873	9,609	9,609
1154,99	1075,51	-9,80	-16,48	6,69	7,663	9,387	0,816	8,869	8,869
1154,99	993,81	-7,54	-14,28	6,74	4,708	8,312	0,566	10,23	10,23
1154,99	916,58	-6,48	-13,31	6,83	5,152	11,297	0,456	9,223	9,223
1154,99	834,87	-5,80	-12,86	7,07	3,925	10,928	0,359	10,045	10,045
1154,99	755,51	-5,20	-12,05	6,85	3,338	9,925	0,336	10,307	10,307
1154,99	676,15	-4,28	-10,75	6,47	1,988	7,976	0,249	11,218	11,218
1154,99	598,93	-3,68	-9,10	5,42	1,321	7,984	0,165	9,732	9,732
1154,99	524,05	-3,28	-8,09	4,81	1,187	7,993	0,148	8,702	8,702
1154,99	442,34	-2,91	-7,50	4,59	1,195	7,793	0,153	8,384	8,384
1154,99	365,11	-3,06	-7,33	4,27	1,243	5,852	0,212	8,776	8,776
1154,99	283,62	-3,52	-7,34	3,82	1,17	4,741	0,247	8,595	8,595
1154,99	206,39	-3,48	-7,58	4,10	1,319	5,016	0,263	8,918	8,918
1154,99	127,03	-3,34	-7,53	4,19	1,458	5,256	0,277	8,853	8,853

Çizelge Ek 12. Toplam yağış test sonuçları

X	Y	Yağış A2	Yağış Rf"	Fark (A2-Rf)	S ² A2	S ² Rf	F Test	T ₁ Test	T ₂ Test
43,73	1243,41	328,35	369,95	-41,59	6525,608	7223,19	0,903	-1,943	-1,943
43,73	1152,53	353,14	389,53	-36,39	7084,979	6504,286	1,089	-1,71	-1,71
43,73	1075,51	375,24	421,11	-45,87	7089,796	6641,272	1,068	-2,144	-2,144
43,73	993,81	450,00	500,25	-50,25	10385,07	13169	0,789	-1,793	-1,793
43,73	916,58	425,41	480,77	-55,36	8985,187	12531,05	0,717	-2,067	-2,067
43,73	834,87	304,85	355,42	-50,57	5072,889	8029,079	0,632	-2,42	-2,42
43,73	755,51	276,94	326,32	-49,38	3519,619	6605,208	0,533	-2,688	-2,688
43,73	676,15	330,80	390,17	-59,36	4734,453	9664,645	0,49	-2,71	-2,71
43,73	598,93	391,92	454,89	-62,97	7633,365	11554,77	0,661	-2,49	-2,49
43,73	524,05	428,53	500,12	-71,59	15546,61	14336,67	1,084	-2,268	-2,268
43,73	442,34	428,53	500,12	-71,59	15546,61	14336,67	1,084	-2,268	-2,268
43,73	365,11	532,60	611,51	-78,91	53896,49	37859,92	1,424	-1,427	-1,427
43,73	283,62	386,63	471,21	-84,58	20640,41	23361,17	0,884	-2,208	-2,208
43,73	206,39	413,46	525,67	-112,21	24577,95	29965,78	0,82	-2,632	-2,632
43,73	127,03	371,56	500,45	-128,89	23974,32	25418,29	0,943	-3,176	-3,176
134,40	1243,41	361,24	413,82	-52,58	7382,38	8203,173	0,9	-2,307	-2,307
134,40	1152,53	391,93	453,08	-61,15	7483,973	7134,392	1,049	-2,77	-2,77
134,40	1075,51	434,05	488,75	-54,70	11425,91	7548,91	1,514	-2,175	-2,175
134,40	993,81	496,05	569,70	-73,65	13169,78	17715,33	0,743	-2,295	-2,295
134,40	916,58	435,38	512,70	-77,32	12558,16	14030,89	0,895	-2,597	-2,597
134,40	834,87	336,81	414,54	-77,72	8225,65	10724,29	0,767	-3,092	-3,092
134,40	755,51	384,41	445,80	-61,38	8057,353	8727,396	0,923	-2,595	-2,595
134,40	676,15	527,69	606,41	-78,72	23317,84	17984,4	1,297	-2,122	-2,122
134,40	598,93	640,14	736,92	-96,78	40684,89	27079,37	1,502	-2,036	-2,036
134,40	524,05	729,76	862,52	-132,77	53943,88	45013,42	1,198	-2,312	-2,312
134,40	442,34	721,92	924,21	-202,29	59658,75	87114,66	0,685	-2,892	-2,892
134,40	365,11	678,35	916,86	-238,51	61441,21	79892,95	0,769	-3,475	-3,475
134,40	283,62	632,59	886,87	-254,28	42891,75	66644,48	0,644	-4,208	-4,208
134,40	206,39	528,56	697,74	-169,18	35309,71	35855,43	0,985	-3,474	-3,473
134,40	127,03	371,56	500,45	-128,89	23974,32	25418,29	0,943	-3,176	-3,176
213,76	1243,41	397,51	466,75	-69,24	7503,795	9000,28	0,834	-2,952	-2,952
213,76	1152,53	416,35	471,13	-54,77	7014,019	7201,891	0,974	-2,516	-2,516
213,76	1075,51	407,73	445,90	-38,17	8342,784	5435,135	1,535	-1,781	-1,781
213,76	993,81	440,04	481,03	-40,99	10997,25	9876,457	1,113	-1,554	-1,554
213,76	916,58	397,08	446,44	-49,36	10566,07	8671,503	1,218	-1,949	-1,949
213,76	834,87	353,01	402,31	-49,30	10303,83	7316,247	1,408	-2,034	-2,034
213,76	755,51	430,72	457,91	-27,19	15587,53	9085,837	1,716	-0,948	-0,948
213,76	676,15	590,12	604,85	-14,73	33813,78	15479,5	2,184	-0,363	-0,363
213,76	598,93	731,86	773,57	-41,71	57599,49	48805,58	1,18	-0,7	-0,7
213,76	524,05	683,78	802,62	-118,84	60801,78	56623	1,074	-1,9	-1,9
213,76	442,34	546,23	711,45	-165,23	31247,96	51003,46	0,613	-3,155	-3,155
213,76	365,11	471,53	601,59	-130,06	29780,32	35132,23	0,848	-2,796	-2,796
213,76	283,62	239,06	294,00	-54,94	10615,33	7070,928	1,501	-2,263	-2,263
213,76	206,39	156,05	202,50	-46,45	6280,533	5962,51	1,053	-2,299	-2,299
213,76	127,03	368,72	535,58	-166,86	22394,97	36663,53	0,611	-3,761	-3,761
290,99	1243,41	433,12	498,69	-65,57	6741,717	7134,89	0,945	-3,049	-3,049
290,99	1152,53	394,95	440,29	-45,34	8114,4	6983,095	1,162	-2,021	-2,021

290,99	1075,51	387,11	412,26	-25,15	9615,867	5531,292	1,738	-1,119	-1,119
290,99	993,81	460,00	508,58	-48,59	14929,42	10311,01	1,448	-1,675	-1,675
290,99	916,58	462,66	548,75	-86,09	15197,61	16561,53	0,918	-2,646	-2,646
290,99	834,87	488,03	558,58	-70,55	20309,14	15313,65	1,326	-2,047	-2,047
290,99	755,51	624,54	667,36	-42,83	35631,59	22376,94	1,592	-0,974	-0,974
290,99	676,15	830,43	894,06	-63,63	62803,42	43046,86	1,459	-1,071	-1,071
290,99	598,93	924,16	1080,18	-156,02	75927,85	70481,02	1,077	-2,233	-2,233
290,99	524,05	952,00	1137,13	-185,13	109527,1	105783,9	1,035	-2,185	-2,185
290,99	442,34	511,77	602,04	-90,28	34280,49	29555,96	1,16	-1,957	-1,957
290,99	365,11	321,92	345,18	-23,26	39469,7	15463,29	2,552	-0,544	-0,544
290,99	283,62	209,88	282,85	-72,97	12990,32	10854,4	1,197	-2,588	-2,588
290,99	206,39	518,04	650,60	-132,56	46342,87	60274,12	0,769	-2,224	-2,224
290,99	127,03	421,45	586,92	-165,47	25793,37	47821,51	0,539	-3,34	-3,34
370,35	1243,41	473,55	527,39	-53,85	12869,18	8258,693	1,558	-2,029	-2,029
370,35	1152,53	390,13	434,28	-44,15	8742,33	5757,028	1,519	-2,008	-2,008
370,35	1075,51	446,67	480,71	-34,04	10437,44	7145,754	1,461	-1,406	-1,406
370,35	993,81	643,36	684,82	-41,46	32620,4	17109,5	1,907	-1,018	-1,018
370,35	916,58	669,92	753,10	-83,18	41304,21	38948,7	1,06	-1,608	-1,608
370,35	834,87	623,92	713,01	-89,09	31516,17	43622,67	0,722	-1,78	-1,78
370,35	755,51	700,75	757,93	-57,18	40086	41683,06	0,962	-1,095	-1,095
370,35	676,15	639,94	726,47	-86,53	48768,74	36893,29	1,322	-1,619	-1,619
370,35	598,93	464,42	545,19	-80,77	28456	32235,88	0,883	-1,796	-1,796
370,35	524,05	278,77	323,28	-44,51	15527,31	12829,14	1,21	-1,448	-1,448
370,35	442,34	133,30	162,60	-29,29	7184,832	4366,662	1,645	-1,493	-1,493
370,35	365,11	594,35	704,03	-109,67	101624,6	72753,75	1,397	-1,439	-1,439
370,35	283,62	358,04	431,86	-73,82	35353,52	23596,84	1,498	-1,665	-1,665
370,35	206,39	365,39	472,95	-107,56	26173,1	30070,29	0,87	-2,484	-2,484
370,35	127,03	250,56	349,29	-98,72	10755,26	18506,58	0,581	-3,161	-3,161
452,05	1243,41	545,91	597,51	-51,60	16827,81	10310,09	1,632	-1,715	-1,715
452,05	1152,53	483,20	530,50	-47,30	11603,02	8966,818	1,294	-1,806	-1,806
452,05	1075,51	593,86	622,35	-28,49	18100,41	9987,064	1,812	-0,931	-0,931
452,05	993,81	858,62	916,83	-58,21	63618,13	31664,38	2,009	-1,033	-1,033
452,05	916,58	899,87	975,41	-75,53	92977,97	54831,79	1,696	-1,076	-1,076
452,05	834,87	846,21	940,50	-94,30	77755,8	72589,88	1,071	-1,332	-1,332
452,05	755,51	812,50	963,63	-151,13	80517,48	78716,8	1,023	-2,074	-2,074
452,05	676,15	663,04	850,18	-187,15	72129,46	64797,75	1,113	-2,77	-2,77
452,05	598,93	561,13	708,63	-147,50	68068,51	65649,3	1,037	-2,209	-2,209
452,05	524,05	554,34	680,39	-126,06	89278,66	66155,58	1,35	-1,751	-1,751
452,05	442,34	506,83	612,12	-105,30	90528,69	49039,12	1,846	-1,544	-1,544
452,05	365,11	756,95	907,34	-150,40	95418,66	86504,28	1,103	-1,931	-1,931
452,05	283,62	305,92	352,63	-46,71	23776,4	19813,85	1,2	-1,225	-1,225
452,05	206,39	263,05	344,37	-81,31	12718,39	17274,47	0,736	-2,572	-2,572
452,05	127,03	223,44	296,78	-73,34	7833,512	13665,96	0,573	-2,739	-2,739
529,07	1243,41	515,79	562,93	-47,14	18434,45	9437,927	1,953	-1,546	-1,546
529,07	1152,53	498,86	559,80	-60,94	15921,31	13012,46	1,224	-1,962	-1,962
529,07	1075,51	630,48	677,06	-46,58	33376,2	24923,98	1,339	-1,057	-1,057
529,07	993,81	862,60	943,73	-81,13	76718,28	57530,71	1,334	-1,213	-1,213
529,07	916,58	841,45	962,40	-120,95	69194,02	70589,44	0,98	-1,772	-1,772
529,07	834,87	736,63	883,39	-146,76	60597,57	78673,51	0,77	-2,154	-2,154
529,07	755,51	605,68	755,24	-149,56	48393,92	57330,79	0,844	-2,519	-2,519

529,07	676,15	464,78	602,96	-138,18	37361,54	34260,78	1,091	-2,828	-2,828
529,07	598,93	412,99	533,20	-120,21	35711,49	28145,98	1,269	-2,605	-2,605
529,07	524,05	397,87	502,74	-104,87	34913,26	26112,48	1,337	-2,325	-2,325
529,07	442,34	415,16	520,73	-105,57	39602,69	38329,42	1,033	-2,071	-2,071
529,07	365,11	513,24	643,44	-130,20	48555,51	52841,44	0,919	-2,24	-2,24
529,07	283,62	264,81	318,86	-54,06	17545,11	17187,56	1,021	-1,589	-1,589
529,07	206,39	257,44	331,25	-73,82	13976,8	17302,91	0,808	-2,286	-2,286
529,07	127,03	230,52	277,36	-46,84	11082,24	11931,74	0,929	-1,691	-1,691
606,29	1243,41	510,48	559,77	-49,29	14721,15	11290,28	1,304	-1,674	-1,674
606,29	1152,53	569,71	627,89	-58,18	25980,23	18476,21	1,406	-1,511	-1,511
606,29	1075,51	709,11	779,47	-70,36	47910,63	41665,14	1,15	-1,288	-1,288
606,29	993,81	778,17	913,11	-134,94	56715,38	73836,45	0,768	-2,046	-2,046
606,29	916,58	784,34	984,03	-199,69	59095,49	92495,48	0,639	-2,809	-2,809
606,29	834,87	725,14	929,44	-204,31	63707,84	91608,09	0,695	-2,839	-2,839
606,29	755,51	632,71	799,35	-166,64	51617,59	58737,71	0,879	-2,748	-2,747
606,29	676,15	558,70	690,64	-131,94	44809,91	42566,6	1,053	-2,445	-2,445
606,29	598,93	519,33	623,52	-104,19	51756	35150,05	1,472	-1,936	-1,936
606,29	524,05	434,02	514,91	-80,89	38452,55	29938,77	1,284	-1,694	-1,694
606,29	442,34	450,88	520,24	-69,35	34792,14	35080,52	0,992	-1,437	-1,437
606,29	365,11	453,22	557,94	-104,72	33999,71	33956,31	1,001	-2,2	-2,2
606,29	283,62	311,73	373,98	-62,25	22005,5	16202,82	1,358	-1,744	-1,744
606,29	206,39	261,01	332,31	-71,30	13422,18	17419,9	0,771	-2,224	-2,224
606,29	127,03	253,55	301,90	-48,35	14681,23	14356,38	1,023	-1,554	-1,554
685,65	1243,41	517,50	551,36	-33,86	15640,36	12929,76	1,21	-1,097	-1,097
685,65	1152,53	558,58	612,38	-53,80	20614,39	18652,29	1,105	-1,487	-1,487
685,65	1075,51	630,80	710,62	-79,82	38399,59	40871,09	0,94	-1,553	-1,553
685,65	993,81	671,42	802,54	-131,12	41756,73	52267,62	0,799	-2,342	-2,342
685,65	916,58	712,72	862,31	-149,59	55759,4	65067,66	0,857	-2,357	-2,357
685,65	834,87	634,43	767,64	-133,21	49243,44	53824,86	0,915	-2,273	-2,273
685,65	755,51	554,04	686,99	-132,95	39644,35	44966,18	0,882	-2,503	-2,503
685,65	676,15	545,34	646,60	-101,26	37262,72	40902,5	0,911	-1,984	-1,984
685,65	598,93	505,52	616,16	-110,65	42816,7	40446,5	1,059	-2,1	-2,1
685,65	524,05	442,28	545,26	-102,98	32143,17	33811,59	0,951	-2,196	-2,196
685,65	442,34	624,77	757,04	-132,26	47765,72	54793,51	0,872	-2,262	-2,262
685,65	365,11	658,40	761,80	-103,40	39863,96	40567,72	0,983	-1,997	-1,997
685,65	283,62	419,26	478,80	-59,54	22693,7	15250,41	1,488	-1,674	-1,674
685,65	206,39	288,67	347,15	-58,48	12833,7	13376,67	0,959	-1,978	-1,978
685,65	127,03	270,54	327,14	-56,60	12316,93	14507,74	0,849	-1,893	-1,893
762,67	1243,41	552,06	634,24	-82,18	33091,36	27941,63	1,184	-1,822	-1,822
762,67	1152,53	630,11	734,06	-103,96	42037,28	35285,97	1,191	-2,048	-2,048
762,67	1075,51	744,56	887,28	-142,71	61097,16	59419,32	1,028	-2,252	-2,252
762,67	993,81	880,74	1067,69	-186,95	70965,12	100031	0,709	-2,476	-2,476
762,67	916,58	911,44	1148,05	-236,62	90221,3	116978,6	0,771	-2,847	-2,847
762,67	834,87	831,08	1057,69	-226,61	76780,27	99918,97	0,768	-2,953	-2,953
762,67	755,51	875,82	1083,46	-207,63	80927,03	100835,4	0,803	-2,667	-2,667
762,67	676,15	1051,43	1271,34	-219,91	127401,7	135684,8	0,939	-2,348	-2,348
762,67	598,93	1370,52	1617,89	-247,36	224119,8	233916,7	0,958	-2,002	-2,002
762,67	524,05	1020,11	1231,55	-211,44	115966,2	128049,5	0,906	-2,344	-2,344
762,67	442,34	874,62	1040,21	-165,59	70749,81	70594,33	1,002	-2,412	-2,412
762,67	365,11	606,08	688,58	-82,50	46802,71	26637,77	1,757	-1,667	-1,667

762,67	283,62	830,31	994,87	-164,56	64784,75	64178	1,009	-2,51	-2,51
762,67	206,39	724,11	847,17	-123,06	43275,49	53994,32	0,801	-2,161	-2,161
762,67	127,03	591,33	686,09	-94,76	30424,1	35384,7	0,86	-2,023	-2,023
844,37	1243,41	533,49	604,16	-70,68	26675,7	29514,33	0,904	-1,633	-1,633
844,37	1152,53	617,34	701,87	-84,53	39552,63	38558,54	1,026	-1,657	-1,657
844,37	1075,51	701,40	815,18	-113,78	44553,93	49812,88	0,894	-2,029	-2,029
844,37	993,81	778,70	927,46	-148,76	54742,7	78916,23	0,694	-2,229	-2,229
844,37	916,58	740,69	883,78	-143,09	59843,79	69904,92	0,856	-2,176	-2,176
844,37	834,87	639,33	744,82	-105,49	39490,34	44756,77	0,882	-1,991	-1,991
844,37	755,51	533,62	587,71	-54,09	28831,17	33351,11	0,864	-1,188	-1,188
844,37	676,15	510,34	559,50	-49,16	28598,07	33283,6	0,859	-1,082	-1,082
844,37	598,93	534,51	592,15	-57,64	26873,41	35493,59	0,757	-1,264	-1,264
844,37	524,05	284,63	334,19	-49,56	7703,014	12203,88	0,631	-1,924	-1,924
844,37	442,34	626,44	724,88	-98,43	49176,16	37816,97	1,3	-1,828	-1,828
844,37	365,11	828,04	926,41	-98,37	97789,34	43658,07	2,24	-1,433	-1,433
844,37	283,62	593,37	703,55	-110,18	38964,43	42277,62	0,922	-2,117	-2,117
844,37	206,39	431,63	513,29	-81,66	24995,25	28203,86	0,886	-1,939	-1,939
844,37	127,03	832,44	1001,24	-168,80	65227,07	80787,53	0,807	-2,419	-2,419
919,25	1243,41	434,52	483,13	-48,60	20738,47	22591,32	0,918	-1,279	-1,279
919,25	1152,53	534,18	589,73	-55,56	31701,12	28682,38	1,105	-1,238	-1,238
919,25	1075,51	615,09	750,24	-135,15	37308,22	51168,22	0,729	-2,489	-2,489
919,25	993,81	686,13	851,25	-165,11	55705,79	65518,78	0,85	-2,597	-2,597
919,25	916,58	745,50	898,77	-153,27	69067,96	78218,59	0,883	-2,187	-2,187
919,25	834,87	756,13	897,37	-141,24	70997,8	76920,91	0,923	-2,011	-2,011
919,25	755,51	754,21	900,74	-146,53	69670,06	72081,78	0,967	-2,132	-2,132
919,25	676,15	881,71	1041,71	-160,00	92569,81	82002,03	1,129	-2,097	-2,097
919,25	598,93	992,45	1212,99	-220,54	95170,66	116936,6	0,814	-2,623	-2,623
919,25	524,05	871,30	1063,18	-191,87	78409,59	100526,1	0,78	-2,484	-2,484
919,25	442,34	1059,21	1225,44	-166,23	125449,4	124966,5	1,004	-1,819	-1,819
919,25	365,11	775,49	866,33	-90,83	83167,27	52964,29	1,57	-1,348	-1,348
919,25	283,62	521,76	621,08	-99,32	31096,27	35462,07	0,877	-2,109	-2,109
919,25	206,39	608,59	719,05	-110,46	34357,6	46422,46	0,74	-2,129	-2,129
919,25	127,03	857,81	1013,22	-155,41	62843,16	80345,34	0,782	-2,249	-2,249
1000,75	1243,41	355,86	397,87	-42,01	12090,81	15553,62	0,777	-1,384	-1,384
1000,75	1152,53	458,08	532,63	-74,55	21058,5	26795,98	0,786	-1,867	-1,867
1000,75	1075,51	537,76	675,09	-137,33	27118,19	38532,07	0,704	-2,936	-2,936
1000,75	993,81	585,48	747,53	-162,05	36145,82	48134,18	0,751	-3,057	-3,057
1000,75	916,58	598,31	758,69	-160,38	37522,28	57544,49	0,652	-2,849	-2,849
1000,75	834,87	587,99	738,04	-150,05	36386,7	52709,66	0,69	-2,753	-2,753
1000,75	755,51	573,14	711,59	-138,45	30305,08	43201,82	0,701	-2,797	-2,797
1000,75	676,15	595,63	725,25	-129,62	31195,15	40672,45	0,767	-2,648	-2,648
1000,75	598,93	594,25	718,32	-124,07	34747,55	45732,73	0,76	-2,395	-2,395
1000,75	524,05	588,42	699,20	-110,78	39827,88	53412,65	0,746	-1,987	-1,987
1000,75	442,34	660,51	757,09	-96,58	41398,26	62635,8	0,661	-1,64	-1,64
1000,75	365,11	437,16	493,25	-56,09	19046,87	23409,85	0,814	-1,491	-1,491
1000,75	283,62	374,31	445,70	-71,39	15224,47	19174,58	0,794	-2,108	-2,108
1000,75	206,39	500,03	604,10	-104,07	27753,39	32402,11	0,857	-2,324	-2,324
1000,75	127,03	679,47	794,34	-114,87	42867,28	53985,37	0,794	-2,022	-2,022
1077,97	1243,41	400,79	435,24	-34,45	13148,74	16830,2	0,781	-1,09	-1,09
1077,97	1152,53	503,66	580,80	-77,15	29069,63	27505,96	1,057	-1,776	-1,776

1077,97	1075,51	547,74	672,60	-124,86	34681,96	37326,17	0,929	-2,549	-2,549
1077,97	993,81	529,16	687,38	-158,22	31169,33	42177	0,739	-3,2	-3,2
1077,97	916,58	493,54	627,75	-134,22	25519,41	41292,95	0,618	-2,844	-2,844
1077,97	834,87	474,22	578,08	-103,86	22910,85	34519,86	0,664	-2,374	-2,374
1077,97	755,51	461,67	552,87	-91,20	21474,03	26284,48	0,817	-2,286	-2,286
1077,97	676,15	444,36	517,87	-73,51	18643,31	25891,4	0,72	-1,908	-1,908
1077,97	598,93	446,01	514,05	-68,05	20139,62	28267,05	0,712	-1,694	-1,694
1077,97	524,05	447,85	518,83	-70,98	19221,09	32062,74	0,599	-1,717	-1,717
1077,97	442,34	465,19	532,57	-67,38	17825,47	31849,37	0,56	-1,656	-1,656
1077,97	365,11	354,68	408,22	-53,54	11888,62	15181,67	0,783	-1,782	-1,782
1077,97	283,62	358,90	424,15	-65,26	14294,56	15677,62	0,912	-2,065	-2,065
1077,97	206,39	434,57	507,05	-72,48	20239,37	26144,58	0,774	-1,843	-1,843
1077,97	127,03	522,90	593,46	-70,56	22979,58	33502,5	0,686	-1,626	-1,626
1154,99	1243,41	461,24	502,11	-40,87	23977,1	21421,69	1,119	-1,051	-1,051
1154,99	1152,53	518,13	615,31	-97,19	34122,52	36359,47	0,938	-2,005	-2,005
1154,99	1075,51	536,54	668,44	-131,90	36513,11	42905,93	0,851	-2,564	-2,564
1154,99	993,81	506,55	650,70	-144,15	29275,93	42397,46	0,691	-2,949	-2,949
1154,99	916,58	461,47	572,03	-110,56	23661,05	31949,48	0,741	-2,568	-2,568
1154,99	834,87	457,79	536,46	-78,67	21918,15	24730,79	0,886	-1,995	-1,995
1154,99	755,51	430,73	502,72	-71,99	17080,38	20270,65	0,843	-2,04	-2,04
1154,99	676,15	399,83	468,28	-68,44	15814,27	21866,46	0,723	-1,931	-1,931
1154,99	598,93	414,52	475,11	-60,59	18142,38	25490,96	0,712	-1,589	-1,589
1154,99	524,05	417,95	481,35	-63,40	15476,49	27245,52	0,568	-1,68	-1,68
1154,99	442,34	418,40	481,27	-62,87	13800,72	24560,59	0,562	-1,758	-1,758
1154,99	365,11	350,47	405,97	-55,50	11167,96	16198,5	0,689	-1,837	-1,837
1154,99	283,62	342,36	404,99	-62,64	12419,95	16400,52	0,757	-2,021	-2,021
1154,99	206,39	394,41	446,59	-52,19	14916,76	20116,78	0,742	-1,527	-1,527
1154,99	127,03	398,16	449,42	-51,26	13043,37	20504,19	0,636	-1,533	-1,533

Çizelge Ek 13. Ortalama nispi nem test sonuçları

X	Y	Ort Nem A2	Ort Nem Rf	Fark (A2-Rf)	S ² A2	S ² Rf	F Test	T ₁ Test	T ₂ Test
43,73	1243,41	0,62	0,655	-0,035	0,001	0,001	1,945	-4,322	-4,322
43,73	1152,53	0,609	0,646	-0,036	0,001	0,001	1,742	-4,607	-4,607
43,73	1075,51	0,607	0,647	-0,04	0,001	0,001	1,849	-5,005	-5,005
43,73	993,81	0,603	0,645	-0,042	0,001	0,001	1,58	-5,183	-5,183
43,73	916,58	0,589	0,631	-0,042	0,001	0,001	1,49	-5,038	-5,038
43,73	834,87	0,571	0,614	-0,043	0,001	0,001	1,694	-5,358	-5,358
43,73	755,51	0,558	0,599	-0,041	0,001	0,001	1,712	-5,263	-5,263
43,73	676,15	0,558	0,6	-0,041	0,001	0,001	1,312	-5,231	-5,231
43,73	598,93	0,577	0,624	-0,047	0,001	0,001	1,344	-5,738	-5,738
43,73	524,05	0,588	0,64	-0,052	0,001	0,001	1,461	-6,04	-6,04
43,73	442,34	0,588	0,64	-0,052	0,001	0,001	1,461	-6,04	-6,04
43,73	365,11	0,533	0,577	-0,044	0,002	0,001	1,415	-4,506	-4,506
43,73	283,62	0,494	0,527	-0,033	0,002	0,001	1,445	-3,238	-3,238
43,73	206,39	0,494	0,522	-0,028	0,002	0,001	1,467	-2,914	-2,914
43,73	127,03	0,506	0,529	-0,022	0,001	0,001	1,546	-2,702	-2,702
134,40	1243,41	0,615	0,651	-0,036	0,001	0,001	1,869	-4,681	-4,681
134,40	1152,53	0,623	0,66	-0,037	0,001	0,001	1,931	-4,535	-4,535
134,40	1075,51	0,62	0,658	-0,038	0,001	0,001	1,742	-4,969	-4,969
134,40	993,81	0,623	0,669	-0,046	0,001	0,001	1,61	-5,528	-5,528
134,40	916,58	0,601	0,649	-0,047	0,001	0,001	1,648	-5,639	-5,639
134,40	834,87	0,583	0,627	-0,044	0,001	0,001	1,68	-5,396	-5,396
134,40	755,51	0,578	0,623	-0,045	0,001	0,001	1,569	-5,594	-5,594
134,40	676,15	0,602	0,65	-0,048	0,001	0,001	1,698	-5,878	-5,878
134,40	598,93	0,625	0,675	-0,05	0,001	0,001	1,493	-6,036	-6,036
134,40	524,05	0,622	0,672	-0,05	0,001	0,001	1,483	-5,698	-5,698
134,40	442,34	0,58	0,628	-0,048	0,002	0,001	1,489	-5,145	-5,145
134,40	365,11	0,53	0,567	-0,037	0,002	0,001	1,618	-3,864	-3,864
134,40	283,62	0,52	0,552	-0,031	0,002	0,001	1,817	-3,003	-3,003
134,40	206,39	0,511	0,538	-0,028	0,002	0,001	1,931	-2,76	-2,76
134,40	127,03	0,506	0,529	-0,022	0,001	0,001	1,546	-2,702	-2,702
213,76	1243,41	0,619	0,657	-0,038	0,001	0,001	1,719	-5,002	-5,002
213,76	1152,53	0,62	0,659	-0,039	0,001	0,001	1,653	-5,253	-5,253
213,76	1075,51	0,623	0,662	-0,039	0,001	0,001	1,736	-5,07	-5,07
213,76	993,81	0,627	0,671	-0,045	0,001	0,001	1,633	-5,557	-5,557
213,76	916,58	0,613	0,658	-0,045	0,001	0,001	1,69	-5,421	-5,421
213,76	834,87	0,596	0,642	-0,046	0,001	0,001	1,748	-5,442	-5,442
213,76	755,51	0,607	0,654	-0,047	0,001	0,001	1,698	-5,652	-5,652
213,76	676,15	0,625	0,675	-0,05	0,001	0,001	1,608	-5,976	-5,976
213,76	598,93	0,629	0,675	-0,046	0,001	0,001	1,425	-5,409	-5,408
213,76	524,05	0,595	0,636	-0,041	0,002	0,001	1,631	-4,548	-4,548
213,76	442,34	0,542	0,579	-0,038	0,002	0,001	1,675	-3,601	-3,601
213,76	365,11	0,489	0,518	-0,028	0,002	0,001	1,59	-2,724	-2,724
213,76	283,62	0,467	0,488	-0,02	0,001	0,001	1,607	-2,343	-2,343
213,76	206,39	0,461	0,475	-0,014	0,001	0,001	1,41	-1,953	-1,953
213,76	127,03	0,69	0,701	-0,011	0	0	2,177	-2,87	-2,87
290,99	1243,41	0,626	0,666	-0,04	0,001	0,001	1,7	-5,349	-5,349
290,99	1152,53	0,622	0,662	-0,04	0,001	0,001	1,853	-5,358	-5,358

290,99	1075,51	0,622	0,662	-0,039	0,001	0,001	1,675	-5,013	-5,013
290,99	993,81	0,634	0,681	-0,047	0,001	0,001	1,913	-5,853	-5,853
290,99	916,58	0,635	0,686	-0,051	0,001	0,001	1,637	-6,117	-6,117
290,99	834,87	0,624	0,674	-0,05	0,001	0,001	1,781	-5,803	-5,803
290,99	755,51	0,625	0,672	-0,047	0,001	0,001	1,637	-5,385	-5,385
290,99	676,15	0,637	0,684	-0,047	0,002	0,001	1,622	-5,017	-5,017
290,99	598,93	0,611	0,655	-0,044	0,002	0,001	1,759	-4,545	-4,545
290,99	524,05	0,566	0,598	-0,032	0,002	0,001	1,791	-3,002	-3,002
290,99	442,34	0,49	0,512	-0,022	0,002	0,001	1,983	-2,274	-2,274
290,99	365,11	0,455	0,468	-0,013	0,002	0,001	1,714	-1,421	-1,421
290,99	283,62	0,667	0,676	-0,01	0	0	2,143	-2,06	-2,06
290,99	206,39	0,682	0,693	-0,011	0	0	2,23	-2,712	-2,712
290,99	127,03	0,712	0,723	-0,011	0	0	1,966	-3,032	-3,032
370,35	1243,41	0,636	0,678	-0,043	0,001	0,001	1,941	-5,378	-5,378
370,35	1152,53	0,626	0,67	-0,043	0,001	0,001	1,814	-5,728	-5,728
370,35	1075,51	0,633	0,676	-0,043	0,001	0,001	1,862	-5,543	-5,543
370,35	993,81	0,657	0,702	-0,045	0,001	0,001	1,942	-5,788	-5,788
370,35	916,58	0,658	0,708	-0,049	0,001	0,001	1,588	-5,973	-5,973
370,35	834,87	0,631	0,68	-0,048	0,001	0,001	1,601	-5,514	-5,514
370,35	755,51	0,619	0,66	-0,041	0,002	0,001	1,587	-4,264	-4,264
370,35	676,15	0,586	0,625	-0,039	0,002	0,001	1,905	-3,906	-3,906
370,35	598,93	0,529	0,559	-0,03	0,002	0,001	1,789	-2,854	-2,854
370,35	524,05	0,468	0,485	-0,017	0,002	0,001	1,636	-1,845	-1,845
370,35	442,34	0,432	0,433	-0,001	0,001	0,001	1,363	-0,172	-0,172
370,35	365,11	0,691	0,696	-0,005	0	0	2,057	-0,945	-0,945
370,35	283,62	0,713	0,72	-0,007	0	0	2,213	-1,551	-1,551
370,35	206,39	0,718	0,73	-0,012	0	0	1,974	-3,044	-3,044
370,35	127,03	0,724	0,736	-0,012	0	0	1,966	-3,464	-3,464
452,05	1243,41	0,651	0,694	-0,043	0,001	0,001	2,105	-5,591	-5,591
452,05	1152,53	0,643	0,686	-0,043	0,001	0,001	2,162	-5,553	-5,553
452,05	1075,51	0,652	0,696	-0,044	0,001	0,001	2,017	-5,758	-5,758
452,05	993,81	0,67	0,715	-0,046	0,001	0,001	2,058	-5,848	-5,848
452,05	916,58	0,653	0,699	-0,047	0,001	0,001	1,898	-5,529	-5,529
452,05	834,87	0,624	0,667	-0,042	0,002	0,001	1,725	-4,185	-4,185
452,05	755,51	0,58	0,614	-0,034	0,002	0,001	1,898	-3,328	-3,328
452,05	676,15	0,544	0,575	-0,031	0,002	0,001	2,086	-3,01	-3,01
452,05	598,93	0,493	0,514	-0,021	0,002	0,001	1,615	-2,053	-2,053
452,05	524,05	0,511	0,526	-0,015	0,002	0,001	1,752	-1,47	-1,47
452,05	442,34	0,523	0,534	-0,01	0,002	0,001	1,606	-1,051	-1,051
452,05	365,11	0,718	0,723	-0,005	0	0	1,789	-1,108	-1,108
452,05	283,62	0,728	0,737	-0,01	0	0	1,861	-2,489	-2,489
452,05	206,39	0,726	0,738	-0,012	0	0	2,239	-3,27	-3,27
452,05	127,03	0,726	0,738	-0,012	0	0	2,738	-3,635	-3,635
529,07	1243,41	0,657	0,701	-0,044	0,001	0,001	2,096	-5,562	-5,562
529,07	1152,53	0,651	0,697	-0,046	0,001	0,001	1,97	-5,793	-5,793
529,07	1075,51	0,658	0,701	-0,043	0,001	0,001	1,914	-5,48	-5,48
529,07	993,81	0,66	0,702	-0,042	0,001	0,001	1,852	-5,135	-5,135
529,07	916,58	0,642	0,684	-0,041	0,002	0,001	1,747	-4,171	-4,171
529,07	834,87	0,593	0,628	-0,034	0,002	0,001	1,843	-3,232	-3,232
529,07	755,51	0,545	0,572	-0,027	0,002	0,001	1,902	-2,503	-2,503

529,07	676,15	0,523	0,548	-0,025	0,002	0,001	1,77	-2,389	-2,389
529,07	598,93	0,516	0,53	-0,014	0,002	0,001	1,525	-1,42	-1,42
529,07	524,05	0,559	0,574	-0,016	0,002	0,001	1,752	-1,667	-1,667
529,07	442,34	0,572	0,585	-0,013	0,002	0,001	1,783	-1,344	-1,344
529,07	365,11	0,739	0,747	-0,008	0	0	2,068	-1,735	-1,735
529,07	283,62	0,735	0,744	-0,009	0	0	2,066	-2,357	-2,357
529,07	206,39	0,728	0,74	-0,012	0	0	2,24	-3,279	-3,279
529,07	127,03	0,728	0,739	-0,012	0	0	2,177	-3,42	-3,42
606,29	1243,41	0,655	0,7	-0,045	0,001	0,001	1,793	-5,715	-5,715
606,29	1152,53	0,655	0,701	-0,046	0,001	0,001	1,807	-5,592	-5,592
606,29	1075,51	0,664	0,705	-0,041	0,002	0,001	1,778	-4,392	-4,392
606,29	993,81	0,65	0,689	-0,04	0,002	0,001	1,904	-4,119	-4,119
606,29	916,58	0,615	0,649	-0,034	0,002	0,001	2,026	-3,318	-3,318
606,29	834,87	0,584	0,612	-0,028	0,002	0,001	1,785	-2,672	-2,672
606,29	755,51	0,538	0,563	-0,024	0,002	0,001	1,726	-2,279	-2,279
606,29	676,15	0,546	0,566	-0,02	0,002	0,001	1,602	-1,962	-1,962
606,29	598,93	0,562	0,579	-0,017	0,002	0,001	1,606	-1,698	-1,698
606,29	524,05	0,591	0,61	-0,02	0,002	0,001	1,798	-2,084	-2,084
606,29	442,34	0,606	0,623	-0,016	0,002	0,001	1,758	-1,799	-1,799
606,29	365,11	0,745	0,753	-0,008	0	0	1,737	-2,047	-2,047
606,29	283,62	0,736	0,745	-0,009	0	0	2,367	-2,408	-2,408
606,29	206,39	0,733	0,742	-0,009	0	0	2,153	-2,694	-2,694
606,29	127,03	0,732	0,741	-0,009	0	0	2,131	-2,866	-2,866
685,65	1243,41	0,656	0,702	-0,046	0,001	0,001	1,578	-5,546	-5,546
685,65	1152,53	0,65	0,696	-0,046	0,001	0,001	1,68	-5,53	-5,53
685,65	1075,51	0,642	0,685	-0,043	0,002	0,001	1,631	-4,46	-4,46
685,65	993,81	0,63	0,668	-0,038	0,002	0,001	1,965	-3,923	-3,923
685,65	916,58	0,594	0,623	-0,029	0,002	0,001	1,865	-2,584	-2,584
685,65	834,87	0,675	0,685	-0,01	0,001	0	1,665	-1,469	-1,469
685,65	755,51	0,581	0,604	-0,024	0,002	0,001	1,961	-2,228	-2,228
685,65	676,15	0,599	0,621	-0,022	0,002	0,001	2,155	-2,224	-2,224
685,65	598,93	0,598	0,62	-0,022	0,002	0,001	2,123	-2,216	-2,216
685,65	524,05	0,6	0,619	-0,019	0,001	0,001	1,869	-2,231	-2,231
685,65	442,34	0,628	0,643	-0,015	0,001	0,001	2,253	-1,919	-1,918
685,65	365,11	0,743	0,749	-0,007	0	0	2,09	-1,652	-1,652
685,65	283,62	0,736	0,744	-0,008	0	0	2,326	-2,31	-2,31
685,65	206,39	0,736	0,746	-0,009	0	0	2,199	-2,748	-2,748
685,65	127,03	0,737	0,745	-0,007	0	0	2,252	-2,289	-2,288
762,67	1243,41	0,654	0,702	-0,047	0,001	0,001	1,584	-5,75	-5,75
762,67	1152,53	0,644	0,691	-0,047	0,001	0,001	1,61	-5,665	-5,665
762,67	1075,51	0,63	0,675	-0,045	0,002	0,001	1,535	-4,719	-4,719
762,67	993,81	0,631	0,67	-0,04	0,002	0,001	1,602	-4,011	-4,011
762,67	916,58	0,607	0,635	-0,028	0,002	0,001	1,766	-2,619	-2,619
762,67	834,87	0,685	0,694	-0,009	0,001	0	1,843	-1,353	-1,353
762,67	755,51	0,615	0,638	-0,022	0,002	0,001	2,097	-2,342	-2,342
762,67	676,15	0,639	0,659	-0,02	0,002	0,001	2,746	-2,224	-2,224
762,67	598,93	0,635	0,649	-0,014	0,002	0,001	2,272	-1,573	-1,573
762,67	524,05	0,736	0,742	-0,007	0	0	2,012	-1,551	-1,551
762,67	442,34	0,735	0,744	-0,009	0	0	2,109	-2,031	-2,031
762,67	365,11	0,746	0,755	-0,009	0	0	2,299	-2,121	-2,121

762,67	283,62	0,746	0,755	-0,009	0	0	2,414	-2,371	-2,37
762,67	206,39	0,745	0,753	-0,009	0	0	2,408	-2,352	-2,352
762,67	127,03	0,738	0,748	-0,009	0	0	1,935	-2,561	-2,561
844,37	1243,41	0,639	0,686	-0,047	0,001	0,001	1,57	-5,631	-5,631
844,37	1152,53	0,638	0,682	-0,044	0,002	0,001	1,777	-4,964	-4,964
844,37	1075,51	0,619	0,663	-0,044	0,001	0,001	1,566	-4,925	-4,925
844,37	993,81	0,622	0,662	-0,039	0,002	0,001	1,679	-3,999	-3,999
844,37	916,58	0,615	0,644	-0,03	0,002	0,001	2,021	-2,844	-2,844
844,37	834,87	0,709	0,718	-0,008	0,001	0	1,922	-1,218	-1,218
844,37	755,51	0,704	0,716	-0,011	0,001	0	1,84	-1,8	-1,8
844,37	676,15	0,705	0,718	-0,013	0,001	0	1,714	-2,226	-2,226
844,37	598,93	0,608	0,626	-0,018	0,002	0,001	1,471	-1,959	-1,959
844,37	524,05	0,746	0,754	-0,008	0	0	2,15	-1,676	-1,676
844,37	442,34	0,722	0,727	-0,006	0,001	0	2,005	-1,053	-1,053
844,37	365,11	0,733	0,744	-0,011	0,001	0	2,045	-1,848	-1,848
844,37	283,62	0,745	0,756	-0,011	0,001	0	1,839	-1,934	-1,934
844,37	206,39	0,724	0,735	-0,011	0,001	0	1,714	-2,082	-2,082
844,37	127,03	0,637	0,664	-0,027	0,001	0,001	2,284	-3,303	-3,303
919,25	1243,41	0,619	0,661	-0,043	0,001	0,001	1,628	-5,125	-5,125
919,25	1152,53	0,626	0,669	-0,043	0,001	0,001	1,607	-5,127	-5,127
919,25	1075,51	0,625	0,666	-0,041	0,002	0,001	1,694	-4,274	-4,274
919,25	993,81	0,607	0,645	-0,037	0,002	0,001	1,955	-3,778	-3,778
919,25	916,58	0,615	0,646	-0,031	0,002	0,001	2,09	-3,113	-3,113
919,25	834,87	0,632	0,658	-0,026	0,002	0,001	2,563	-2,563	-2,563
919,25	755,51	0,633	0,66	-0,027	0,002	0,001	2,239	-2,574	-2,574
919,25	676,15	0,631	0,662	-0,031	0,002	0,001	1,999	-2,822	-2,822
919,25	598,93	0,644	0,673	-0,029	0,002	0,001	2,092	-2,828	-2,828
919,25	524,05	0,636	0,663	-0,027	0,002	0,001	1,844	-2,679	-2,679
919,25	442,34	0,661	0,687	-0,026	0,002	0,001	1,899	-2,532	-2,532
919,25	365,11	0,668	0,697	-0,029	0,002	0,001	2,083	-2,983	-2,983
919,25	283,62	0,66	0,69	-0,031	0,002	0,001	1,959	-3,231	-3,231
919,25	206,39	0,656	0,689	-0,033	0,002	0,001	1,808	-3,569	-3,569
919,25	127,03	0,666	0,697	-0,031	0,002	0,001	2,254	-3,363	-3,363
1000,75	1243,41	0,613	0,655	-0,042	0,001	0,001	1,659	-5,199	-5,199
1000,75	1152,53	0,622	0,665	-0,043	0,001	0,001	1,627	-5,075	-5,075
1000,75	1075,51	0,602	0,646	-0,043	0,002	0,001	1,624	-4,808	-4,808
1000,75	993,81	0,577	0,614	-0,037	0,002	0,001	1,769	-3,959	-3,959
1000,75	916,58	0,573	0,609	-0,036	0,002	0,001	1,914	-3,511	-3,511
1000,75	834,87	0,593	0,627	-0,034	0,002	0,001	1,926	-3,372	-3,372
1000,75	755,51	0,598	0,636	-0,038	0,002	0,001	1,995	-3,625	-3,625
1000,75	676,15	0,605	0,642	-0,038	0,002	0,001	2,049	-3,653	-3,653
1000,75	598,93	0,603	0,639	-0,036	0,002	0,001	1,784	-3,302	-3,301
1000,75	524,05	0,608	0,644	-0,036	0,002	0,001	1,694	-3,275	-3,275
1000,75	442,34	0,64	0,671	-0,03	0,002	0,001	1,843	-2,895	-2,895
1000,75	365,11	0,627	0,659	-0,033	0,002	0,001	2,075	-3,449	-3,449
1000,75	283,62	0,616	0,649	-0,033	0,002	0,001	1,835	-3,658	-3,658
1000,75	206,39	0,633	0,668	-0,035	0,002	0,001	2,066	-3,861	-3,861
1000,75	127,03	0,645	0,682	-0,037	0,002	0,001	2,007	-3,877	-3,877
1077,97	1243,41	0,617	0,659	-0,042	0,001	0,001	1,6	-5,063	-5,063
1077,97	1152,53	0,613	0,657	-0,044	0,001	0,001	1,601	-4,95	-4,95

1077,97	1075,51	0,587	0,629	-0,043	0,002	0,001	1,506	-4,669	-4,669
1077,97	993,81	0,555	0,595	-0,04	0,002	0,001	1,76	-4,209	-4,209
1077,97	916,58	0,571	0,608	-0,037	0,002	0,001	2,096	-3,637	-3,637
1077,97	834,87	0,571	0,608	-0,037	0,002	0,001	1,796	-3,589	-3,589
1077,97	755,51	0,577	0,615	-0,038	0,002	0,001	1,855	-3,611	-3,611
1077,97	676,15	0,586	0,624	-0,038	0,002	0,001	1,82	-3,523	-3,523
1077,97	598,93	0,587	0,624	-0,037	0,002	0,001	2,041	-3,399	-3,398
1077,97	524,05	0,589	0,624	-0,035	0,002	0,001	1,634	-3,434	-3,434
1077,97	442,34	0,609	0,641	-0,032	0,002	0,001	1,903	-3,032	-3,032
1077,97	365,11	0,604	0,637	-0,033	0,002	0,001	1,897	-3,443	-3,443
1077,97	283,62	0,604	0,638	-0,033	0,002	0,001	1,912	-3,693	-3,693
1077,97	206,39	0,617	0,654	-0,037	0,002	0,001	1,869	-4,044	-4,044
1077,97	127,03	0,632	0,669	-0,037	0,002	0,001	1,85	-4,035	-4,035
1154,99	1243,41	0,615	0,658	-0,043	0,001	0,001	1,588	-5,099	-5,099
1154,99	1152,53	0,586	0,631	-0,045	0,002	0,001	1,642	-4,891	-4,891
1154,99	1075,51	0,555	0,595	-0,04	0,002	0,001	1,851	-4,324	-4,324
1154,99	993,81	0,533	0,573	-0,039	0,002	0,001	1,769	-4,095	-4,095
1154,99	916,58	0,555	0,593	-0,038	0,002	0,001	1,868	-3,701	-3,701
1154,99	834,87	0,557	0,595	-0,038	0,002	0,001	1,839	-3,644	-3,644
1154,99	755,51	0,575	0,613	-0,039	0,002	0,001	1,932	-3,708	-3,708
1154,99	676,15	0,566	0,605	-0,039	0,002	0,001	1,88	-3,584	-3,584
1154,99	598,93	0,57	0,607	-0,037	0,002	0,001	1,816	-3,469	-3,469
1154,99	524,05	0,579	0,615	-0,037	0,002	0,001	1,697	-3,564	-3,564
1154,99	442,34	0,591	0,626	-0,035	0,002	0,001	1,732	-3,455	-3,455
1154,99	365,11	0,582	0,617	-0,034	0,002	0,001	1,561	-3,764	-3,764
1154,99	283,62	0,586	0,622	-0,036	0,002	0,001	1,633	-3,929	-3,929
1154,99	206,39	0,604	0,642	-0,038	0,002	0,001	1,838	-4,063	-4,063
1154,99	127,03	0,61	0,649	-0,039	0,002	0,001	1,568	-4,182	-4,182

Çizelge Ek 14. WOFOST modelinin kalibrasyonu ve verifikasyonu için model (M) sonuçları ile gözlem (G) sonuçlarının karşılaştırılması

Kalibrasyon		İstatistikler										
Denemeler	μ_G	σ_G	μ_M	σ_M	r	p_r	ρ	p_{ρ}	p_f	p_{st}	CV_G	CV_M
2004_LAI	4.4	0.9	4.9	0.9	0.759	0.137	0.500	0.391	0.963	0.140	20.198	17.688
2005_LAI	3.4	0.3	3.5	1.0	.884*	0.046	0.821	0.089	0.035	0.676	8.727	28.702
1991_LAI	2.3	1.8	3.2	2.0	.987**	0.002	1.000**	.	0.784	0.004	79.415	64.057
1992_LAI	3.3	2.2	3.1	2.6	.963**	0.008	.975**	0.005	0.638	0.532	67.233	82.397
1993_LAI	2.9	1.7	3.1	1.6	.929**	0.000	.873**	0	0.923	0.422	58.934	52.586
1994_LAI	3.4	2.1	4.2	2.1	.976**	0.000	.938**	0	0.993	0.004	61.929	49.783
2004_TAGP	10400	7600	8783	4818	.988**	0.000	.998**	0	0.399	0.275	72.739	54.857
2005_TAGP	12800	9564	9446	5070	.982**	0.000	1.000**	.	0.246	0.203	74.980	53.675
1993_TAGP	11400	9801	8076	7486	.956**	0.000	.979**	0	0.409	0.002	85.633	92.693
1994_TAGP	9855	10011	9991	8495	.876**	0.002	.983**	0	0.613	0.850	101.586	85.027

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, r =Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), M = Model, G = Gözlem, * = korelasyon %5 anlamlılık düzeyinde var, ** = korelasyon %1 anlamlılık düzeyinde var

Çizelge Ek 15. Wofost 2070 yılı potansiyel koşullarda benzeşim sonucu

RUNNAM:	WCC
YEAR:	2070
RAIN:	
WEATHER:	TR3, turkey (..\meteo\cabowe\tr3.)
RAIN:	belonging to weather station
CROP:	Grain maize 994, Adana, Turkey (..\cropd\mag994.cab)
SOIL:	texture 4-fine, AWC=190 mm, adana
START:	fixed sowing date
sowing date:	103
emergence	118

DAY	IDSEM	DVS	TSUM degrd	WLV kg/ha	WST kg/ha	WSO kg/ha	TAGP kg/ha	LAI m2/m2	TRA mm/d	GASS CH2O	MRES CH2O	DMI kg/ha/d
118	0	0	0	8	5	0	13	0,02	0,04	9,2	0,4	6
128	10	0,16	165	92	56	0	148	0,21	0,56	92,6	3,8	60,2
138	20	0,32	335	682	418	0	1101	1,43	3,05	456,6	32,5	287,3
148	30	0,51	533	2224	1667	0	3891	4,17	4,61	768,1	100,6	449,8
158	40	0,69	727	3646	3851	0	7537	6,2	5,75	849,1	209,4	428,4
168	50	0,88	932	4241	6574	0	11115	6,62	6,72	875,4	290,8	388,5
174	56	1	1058	4376	8361	57	13279	6,56	6,71	873,4	333,7	361,1
178	60	1,07	1147	4426	9203	400	14632	6,48	6,3	878,2	375,5	340,9
188	70	1,25	1367	4339	9890	2742	17826	6,14	6,85	857,4	393,8	324,6
198	80	1,43	1589	4181	9890	5526	20610	5,84	6,89	799,1	441,3	250,5
208	90	1,62	1822	4083	8761	7703	22788	5,66	6,77	740,9	396,1	241,3
218	100	1,81	2054	4021	7158	10138	25222	5,55	6,64	670,8	283,4	271,2
228	110	2	2286	3981	5849	13113	28197	5,47	5,67	583,6	123,2	322,3

Çizelge Ek 16. 1. Ürün için gelecek dönemde A2 iklim senaryosu verileri ve potansiyel üretim koşulları (A2PT) ile referans dönemi iklim verileri ve potansiyel üretim koşullarında (RFPT) elde edilen WOFOST sonuçlarının karşılaştırılması

İstatistikler	Değişkenler				
	A2PT_WLV	A2PT_WST	A2PT_WSO	A2PTTAGP	A2PT_LAI
μ	3956	5778	12500	27200	5.47
σ	43	210	679	903	0.03
N	30	30	30	30	30
	RFPT_WLV	RFPT_WST	RFPT_WSO	RFPTTAGP	RFPT_LAI
μ	4075	6373	13400	31300	5.49
σ	30	214	813	827	0.01
N	30	30	30	30	30
r	-0.016	-0.249	0.053	-0.014	0.203
p_r	0.934	0.185	0.779	0.941	0.283
ρ	-0.036	-0.261	0.067	0.040	0.299
ρ_{rho}	0.851	0.163	0.724	0.834	0.108
p_f	0.048	0.914	0.337	0.639	0.001
p_{st}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
CV_{RF}	0.734	3.357	6.072	2.642	0.238
CV_{A2}	1.099	3.629	5.434	3.313	0.468

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, N = Değişken sayısı, r = Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, ρ_{rho} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), A2 = SRES A2 senaryo iklim koşulları, RF= Referans dönemi iklim koşulları, PT = Potansiyel üretim koşulları, WLW = Canlı yaprak kuru ağırlığı, WST = Canlı gövde kuru ağırlığı, WSO = Canlı depolama organı kuru ağırlığı, TAGP = Toplam toprak üstü verim, LAI = Yaprak alanı indisi

Çizelge Ek 17. 1. Ürün için gelecek dönemde A2 iklim senaryosu verileri ve su kısıntılı üretim koşulları (A2WL) ile referans dönemi iklim verileri ve potansiyel üretim koşullarında (RFPT) elde edilen WOFOST sonuçlarının karşılaştırılması

İstatistikler	Değişkenler				
	A2WL_WLV	A2WL_WST	A2WL_WSO	A2WL_TAGP	A2WL_LAI
μ	2181	5492	5618	19400	2.54
σ	104	280	699	576	0.19
N	30	30	30	30	30
	RFPT_WLV	RFPT_WST	RFPT_WSO	RFPTTAGP	RFPT_LAI
μ	4075	6373	13400	31300	5.49
σ	30	214	813	827	0.01
N	30	30	30	30	30
r	-0.100	-0.244	0.063	-0.080	0.200
p_r	0.597	0.194	0.741	0.675	0.289
ρ	-0.044	-0.239	0.148	-0.062	0.183
p_{ρ}	0.819	0.203	0.435	0.744	0.333
p_f	0.000	0.152	0.423	0.056	0.000
p_{st}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CV_{RF}	0.734	3.357	6.072	2.642	0.238
CV_{A2}	4.763	5.104	12.447	2.966	7.323

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, N = Değişken sayısı, r = Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), A2 = SRES A2 senaryo iklim koşulları, RF= Referans dönemi iklim koşulları, PT = Potansiyel üretim koşulları, WL= Su kısıntılı üretim koşulları, WLW = Canlı yaprak kuru ağırlığı, WST = Canlı gövde kuru ağırlığı, WSO = Canlı depolama organı kuru ağırlığı, TAGP = Toplam toprak üstü verim, LAI = Yaprak alanı indisi

Çizelge Ek 18. 2. Ürün için gelecek dönemde A2 iklim senaryosu verileri ve potansiyel üretim koşulları (A2PT) ile referans dönemi iklim verileri ve potansiyel üretim koşullarında (RFPT) elde edilen WOFOST sonuçlarının karşılaştırılması

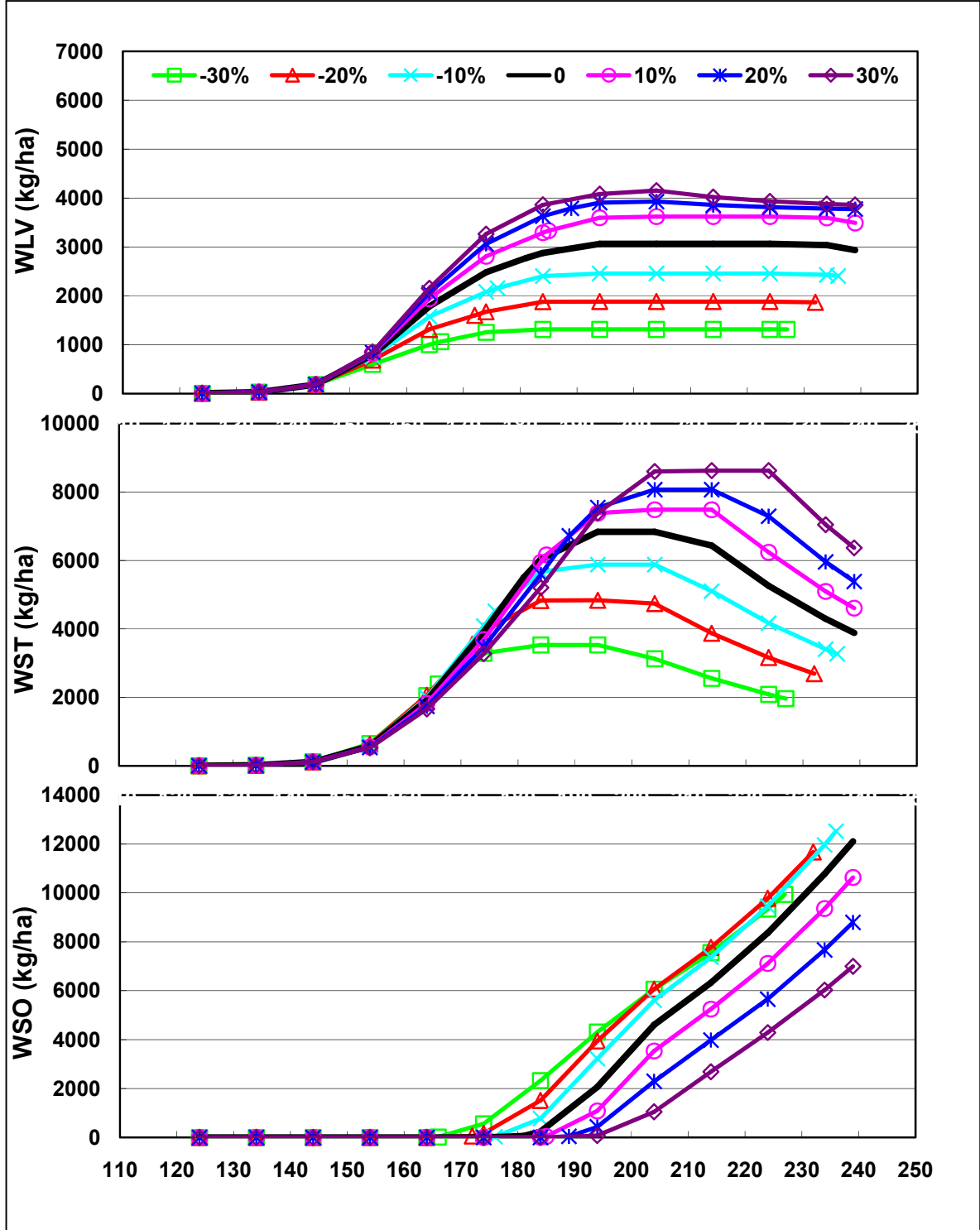
İstatistikler	Değişkenler				
	A2PT_WLV	A2PT_WST	A2PT_WSO	A2PTTAGP	A2PT_LAI
μ	1275	5417	7756	22700	2.24
σ	102	237	826	1032	0.24
N	30	30	30	30	30
	RFPT_WLV	RFPT_WST	RFPT_WSO	RFPTTAGP	RFPT_LAI
μ	2011	4619	10700	28800	3.89
σ	212	462	999	1334	0.51
N	30	30	30	30	30
r	-0.096	-0.106	0.083	0.009	-0.087
p_r	0.612	0.577	0.663	0.962	0.646
ρ	-0.042	-0.160	-0.053	0.064	-0.018
p_{ρ}	0.827	0.398	0.779	0.737	0.923
p_f	0.000	0.001	0.311	0.172	0.000
p_{st}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CV_{RF}	10.563	9.994	9.302	4.640	13.007
CV_{A2}	7.976	4.371	10.649	4.553	10.580

μ = Ortalama, σ = Standart sapma, N = Değişken sayısı, r = Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), A2 = SRES A2 senaryo iklim koşulları, RF= Referans dönemi iklim koşulları, PT = Potansiyel üretim koşulları, WLW = Canlı yaprak kuru ağırlığı, WST = Canlı gövde kuru ağırlığı, WSO = Canlı depolama organı kuru ağırlığı, TAGP = Toplam toprak üstü verim, LAI = Yaprak alanı indisi

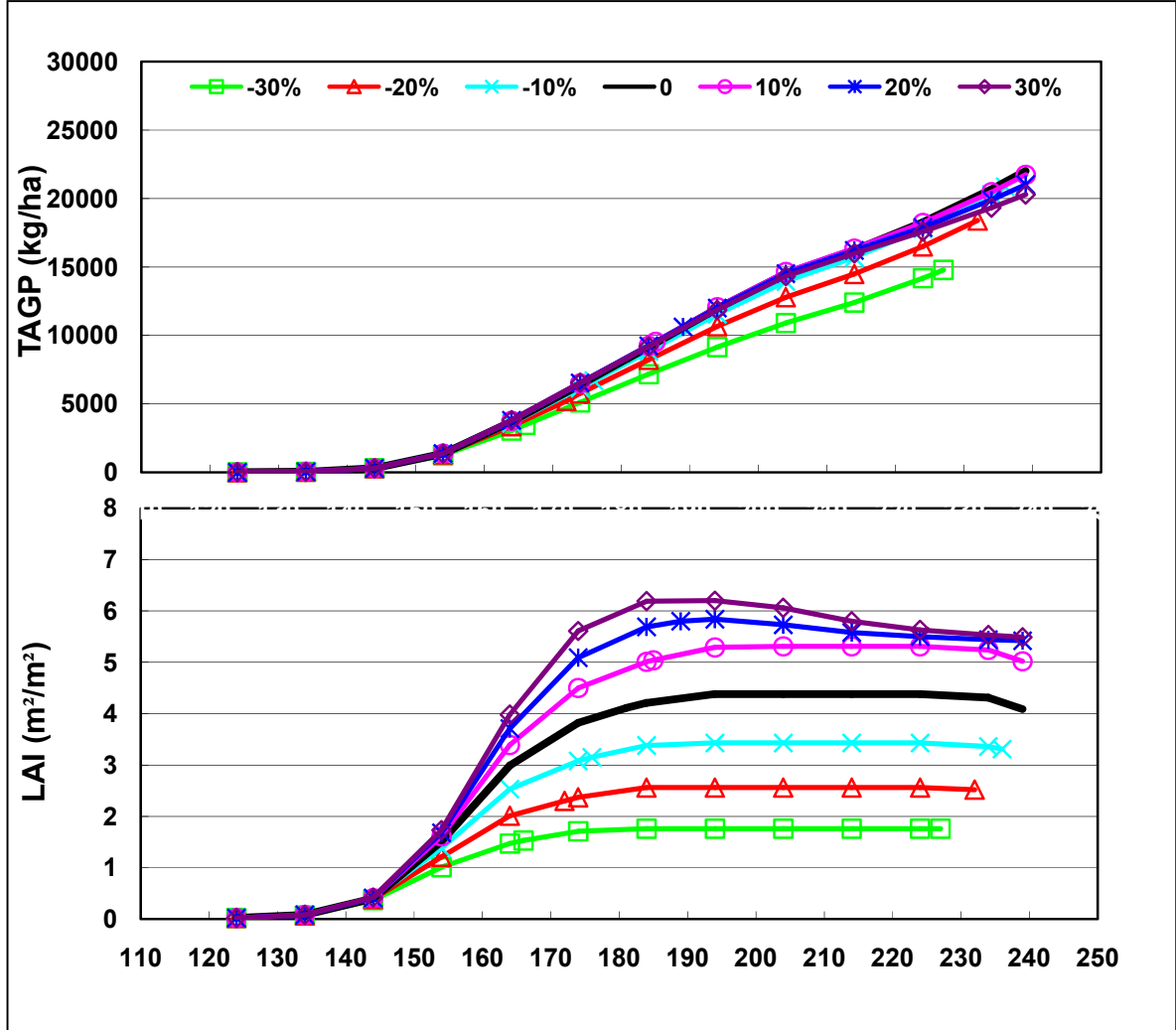
Çizelge Ek 19. 2. Ürün için gelecek dönemde A2 iklim senaryosu verileri ve su kısıntılı üretim koşulları (A2WL) ile referans dönemi iklim verileri ve potansiyel üretim koşullarında (RFPT) elde edilen WOFOST sonuçlarının karşılaştırılması

İstatistikler	Değişkenler				
	A2WL_WLV	A2WL_WST	A2WL_WSO	A2WL_TAGP	A2WL_LAI
μ	1083	4116	6082	17000	1.80
σ	163	810	1101	1978	0.33
N	30	30	30	30	30
	RFPT_WLV	RFPT_WST	RFPT_WSO	RFPTTAGP	RFPT_LAI
μ	2011	4619	10700	28800	3.89
σ	212	462	999	1334	0.51
N	30	30	30	30	30
r	-0.170	0.232	0.110	-0.157	-0.155
p_r	0.368	0.217	0.561	0.408	0.414
ρ	-0.125	0.140	0.114	-0.126	-0.134
p_{ρ}	0.509	0.460	0.550	0.507	0.480
p_f	0.161	0.003	0.605	0.038	0.029
p_{st}	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
CV_{RF}	10.563	9.994	9.302	4.640	13.007
CV_{A2}	15.058	19.673	18.103	11.628	18.546

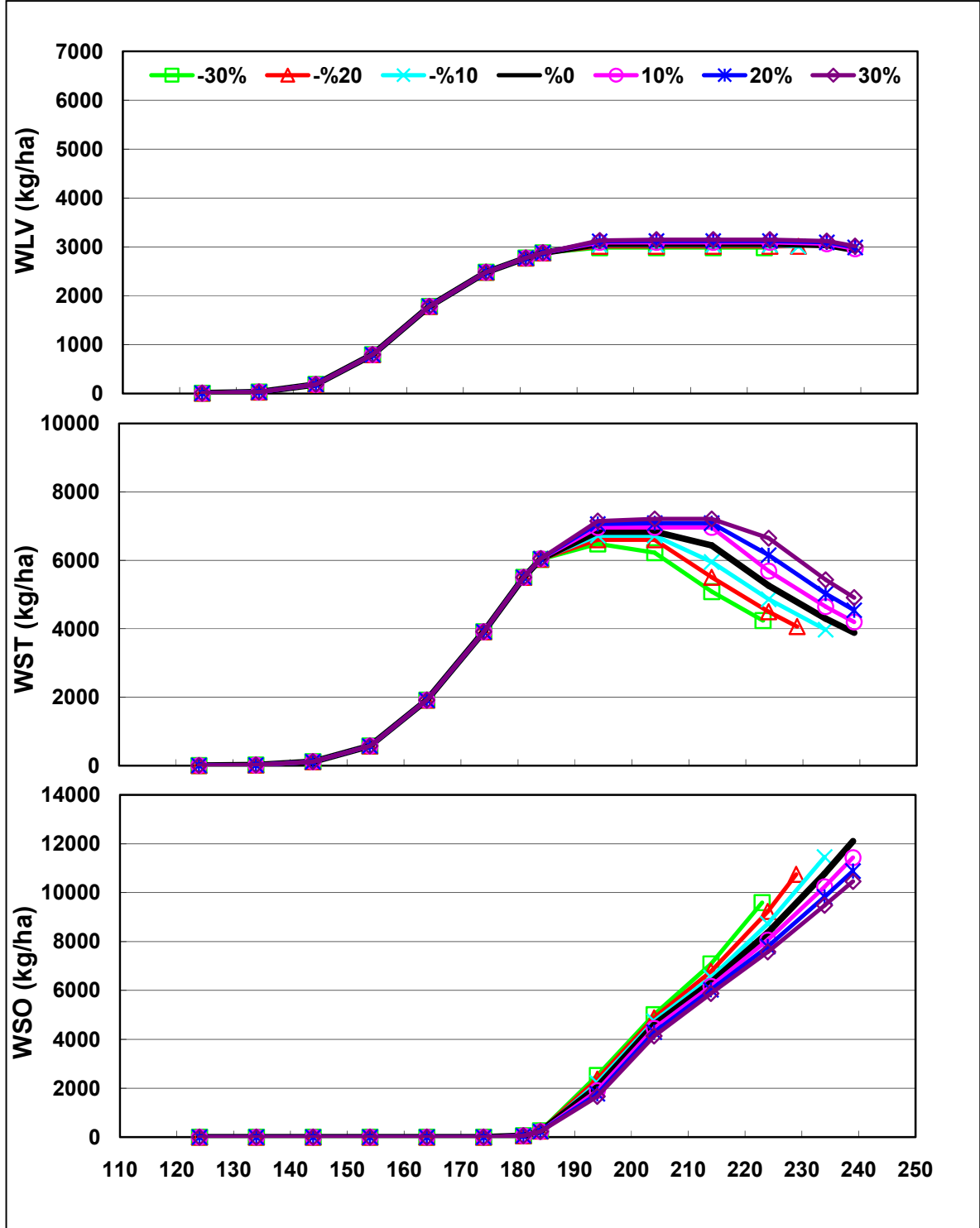
μ = Ortalama, σ = Standart sapma, N = Değişken sayısı, r = Pearson korelasyon katsayısı, p_r = Pearson korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), ρ = Spearman korelasyon katsayısı, p_{ρ} = Spearman korelasyon katsayısı anlamlılık sınaması (%), p_f = f testi (%), p_{st} = Student t testi (%), CV = Değişim katsayısı (%), A2 = SRES A2 senaryo iklim koşulları, RF= Referans dönemi iklim koşulları, PT = Potansiyel üretim koşulları, WL= Su kısıntılı üretim koşulları, WLW = Canlı yaprak kuru ağırlığı, WST = Canlı gövde kuru ağırlığı, WSO = Canlı depolama organı kuru ağırlığı, TAGP = Toplam toprak üstü verim, LAI = Yaprak alanı indisi



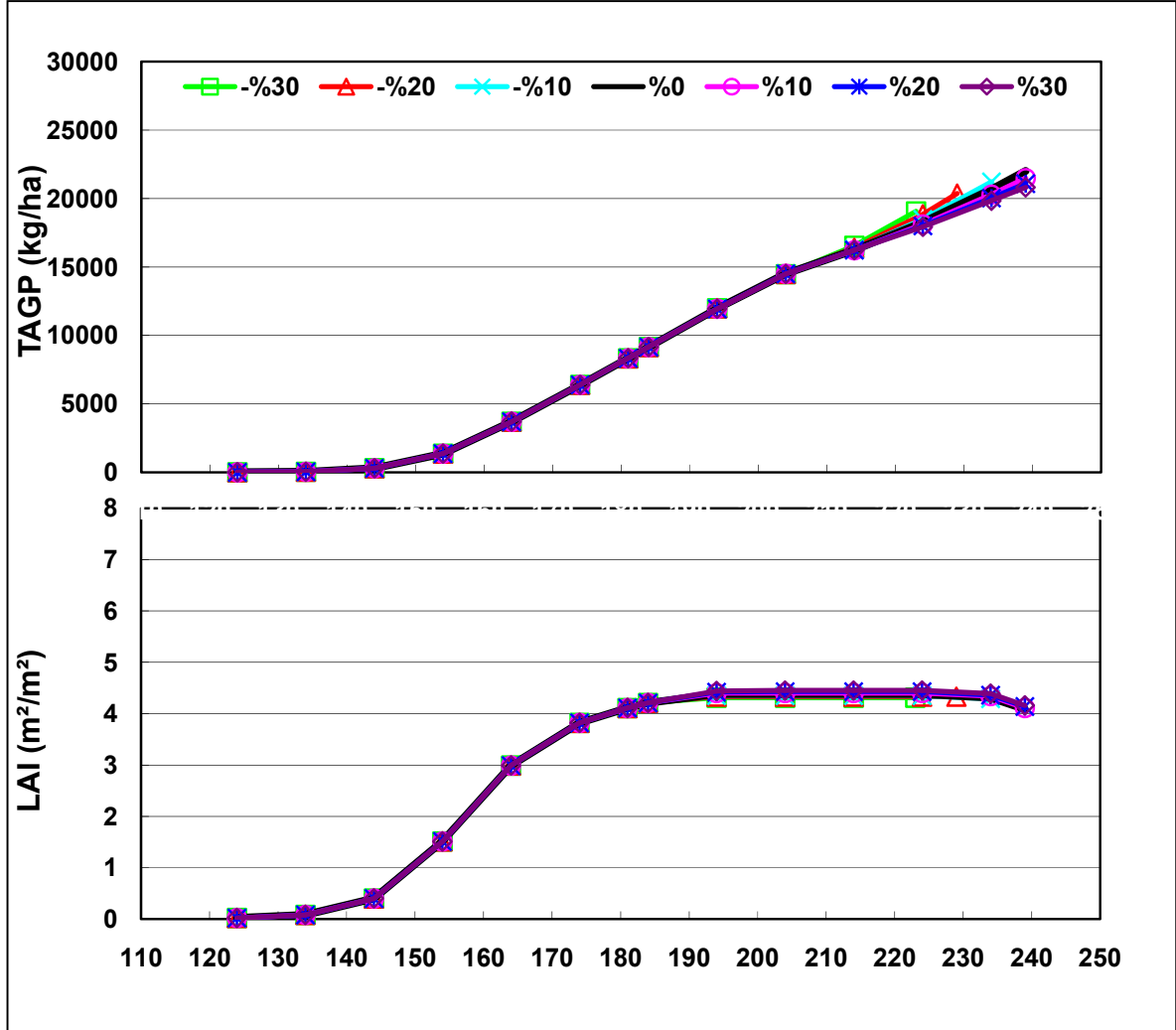
Şekil Ek 1. Tsum1 değışkininin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



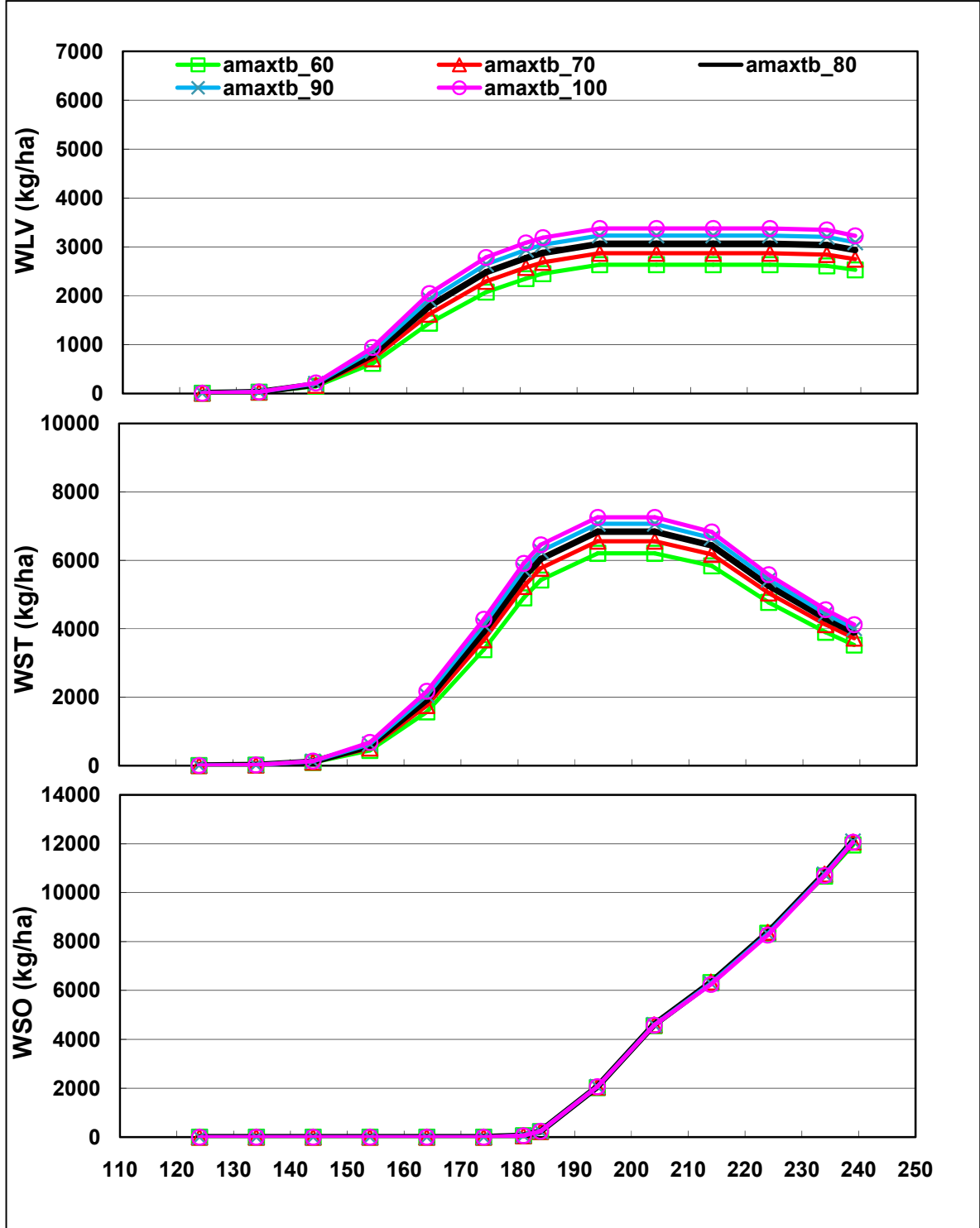
Şekil Ek 2. Tsum1 değişiminin TAGP ve LAI değerlerine etkisi



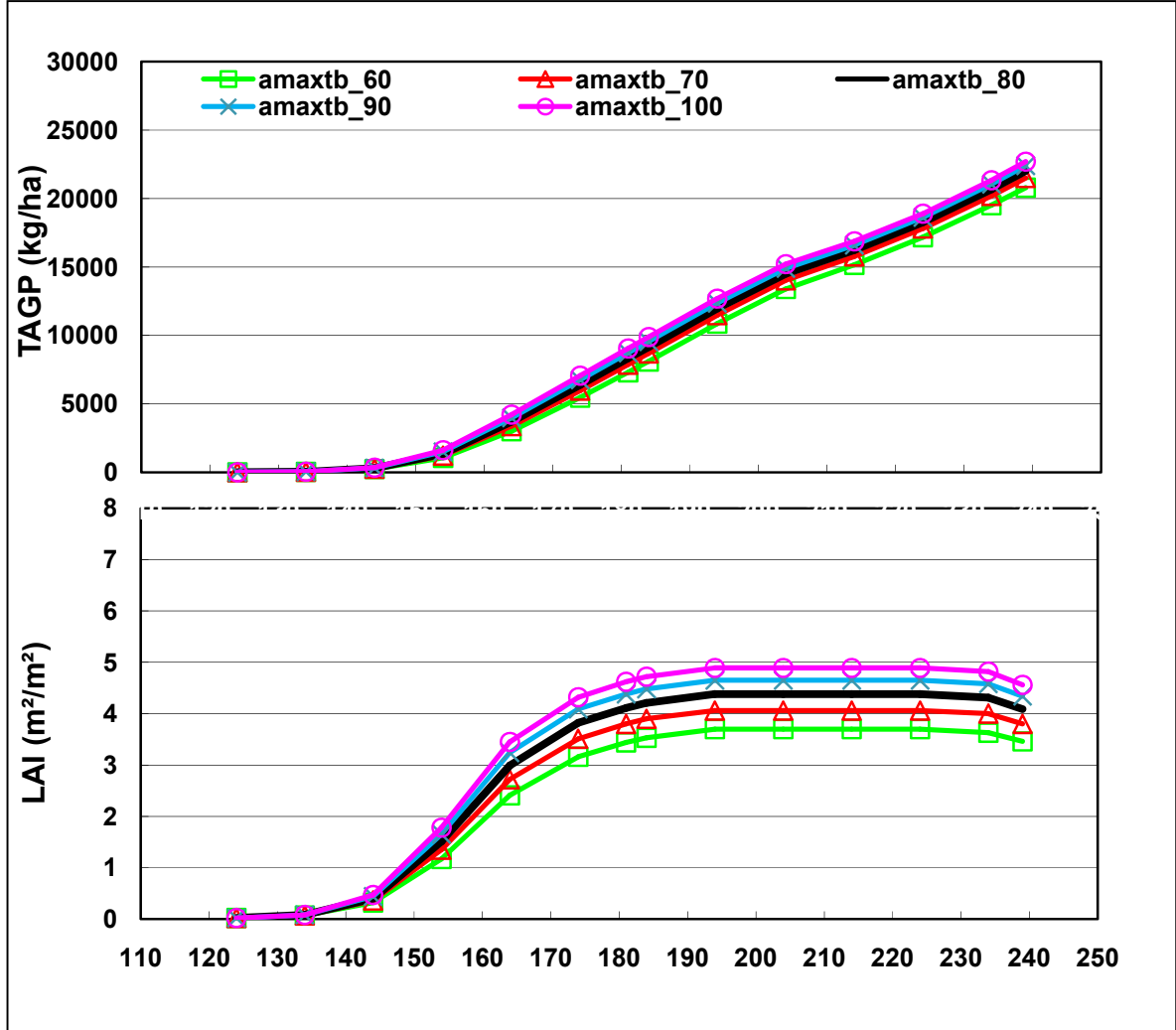
Şekil Ek 3. Tsum2 değişkeninin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



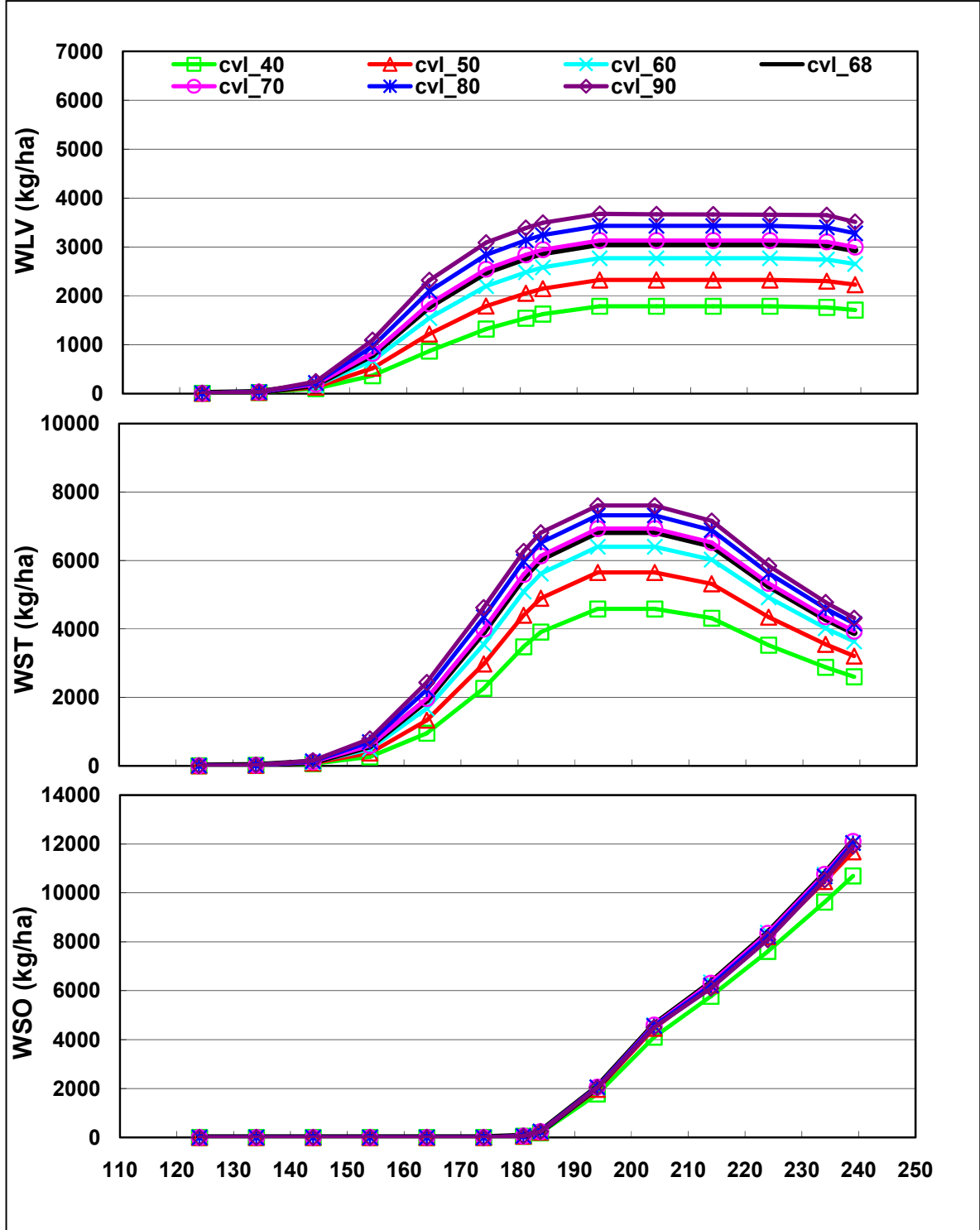
Şekil Ek 4. TSUM2 değişiminin TAGP ve LAI değerlerine etkisi



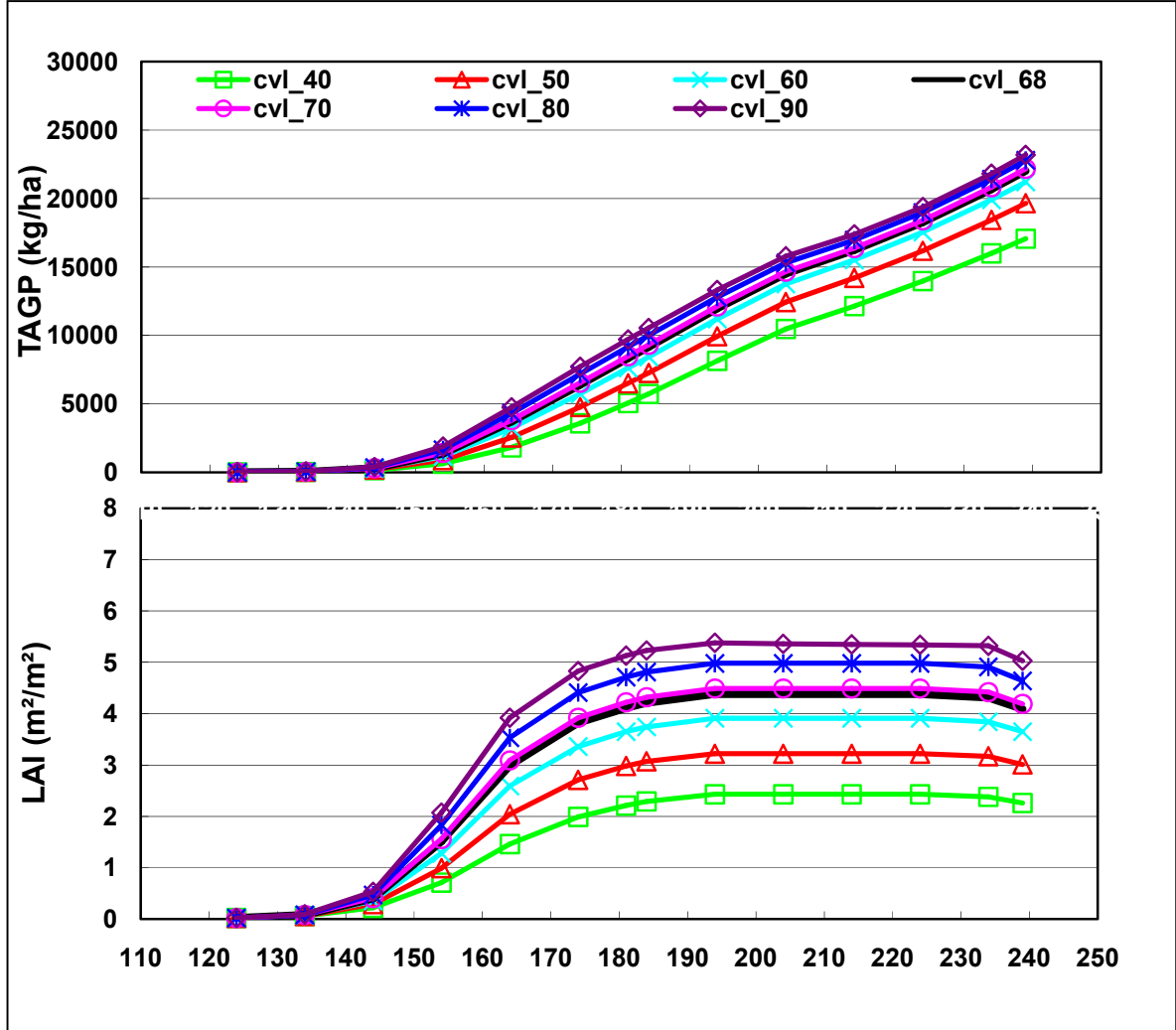
Şekil Ek 5. AMAXTB değişkeninin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



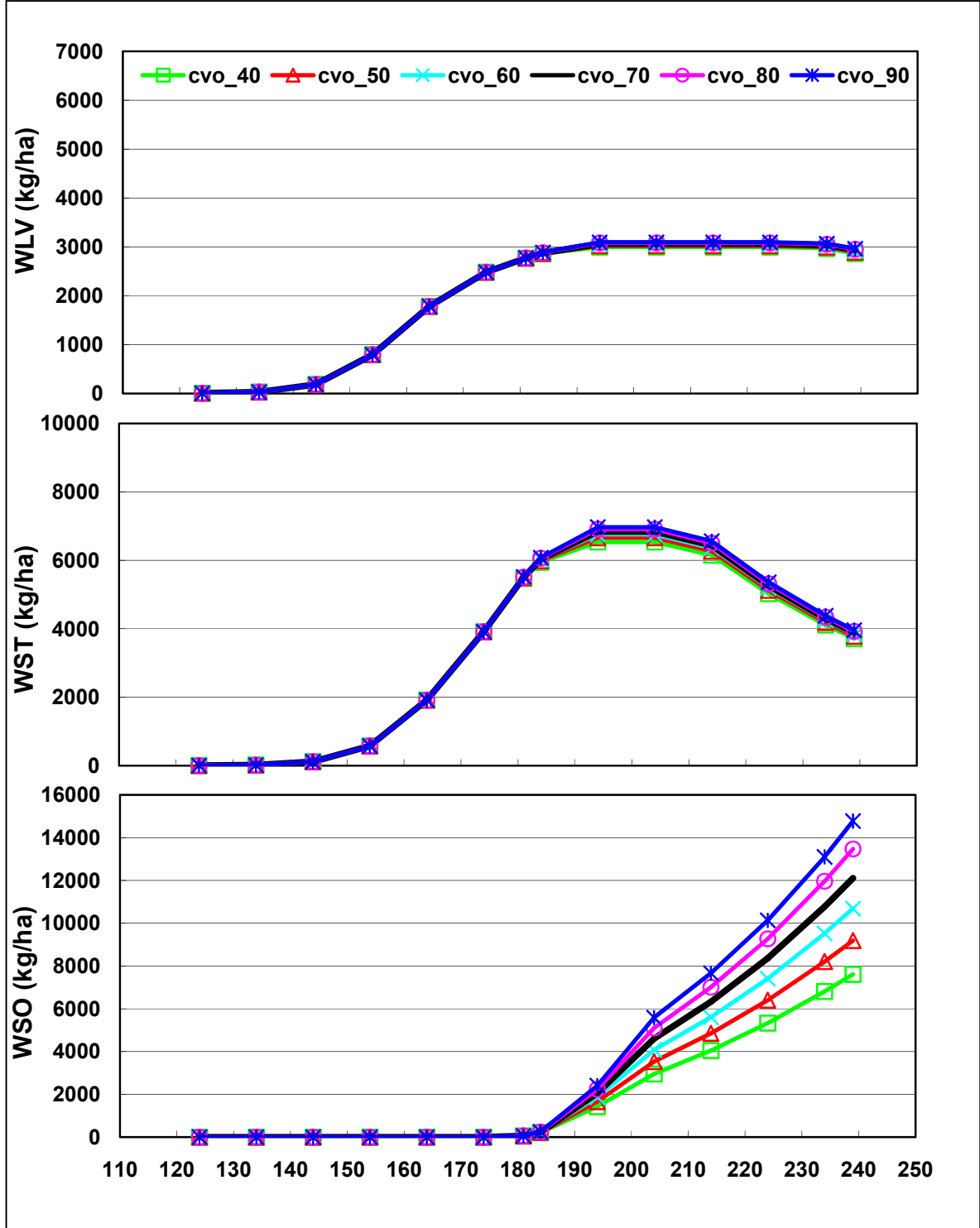
Şekil Ek 6. AMAXTB değişiminin TAGP ve LAI değerlerine etkisi



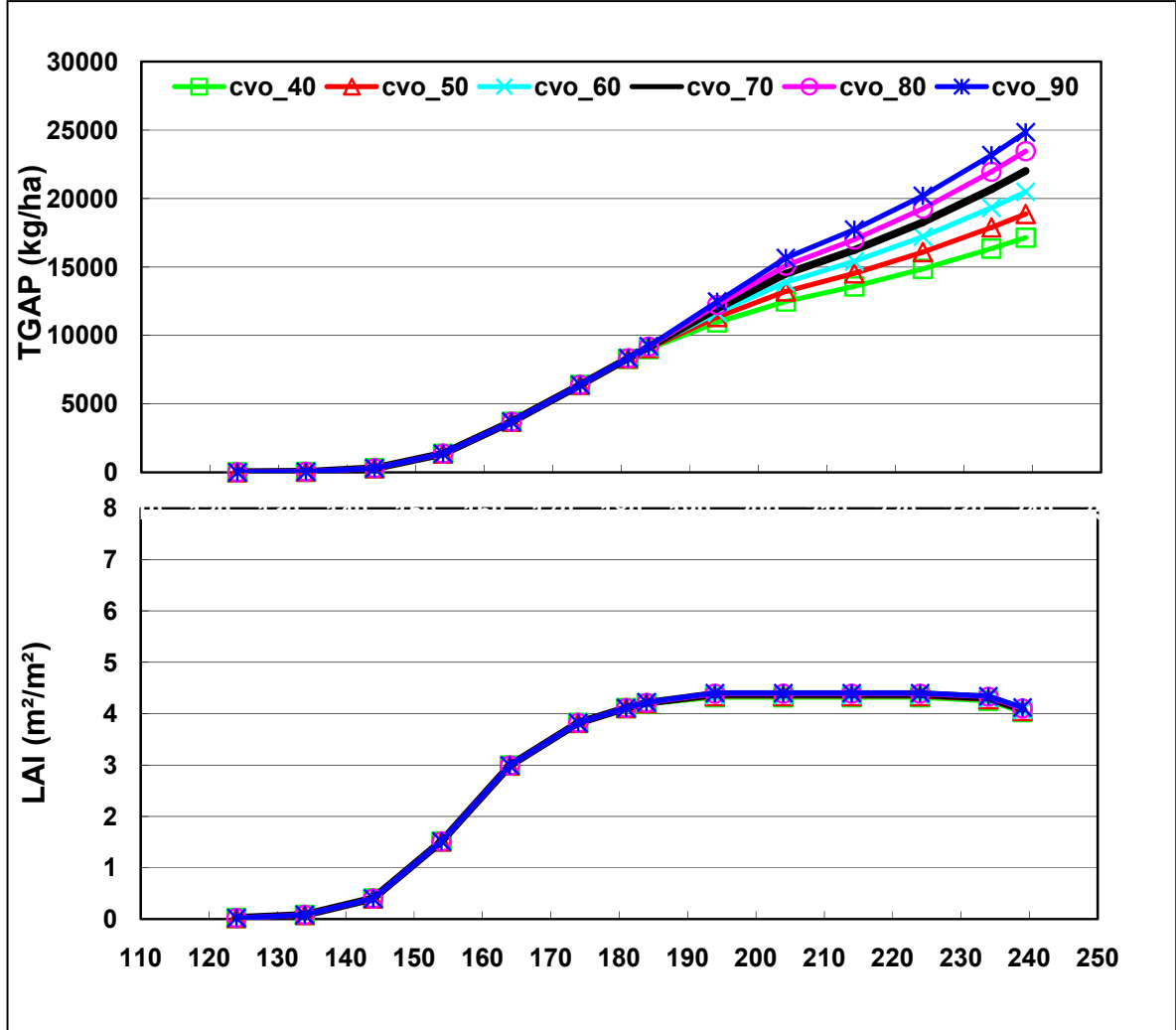
Şekil Ek 7. CVL değişiminin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



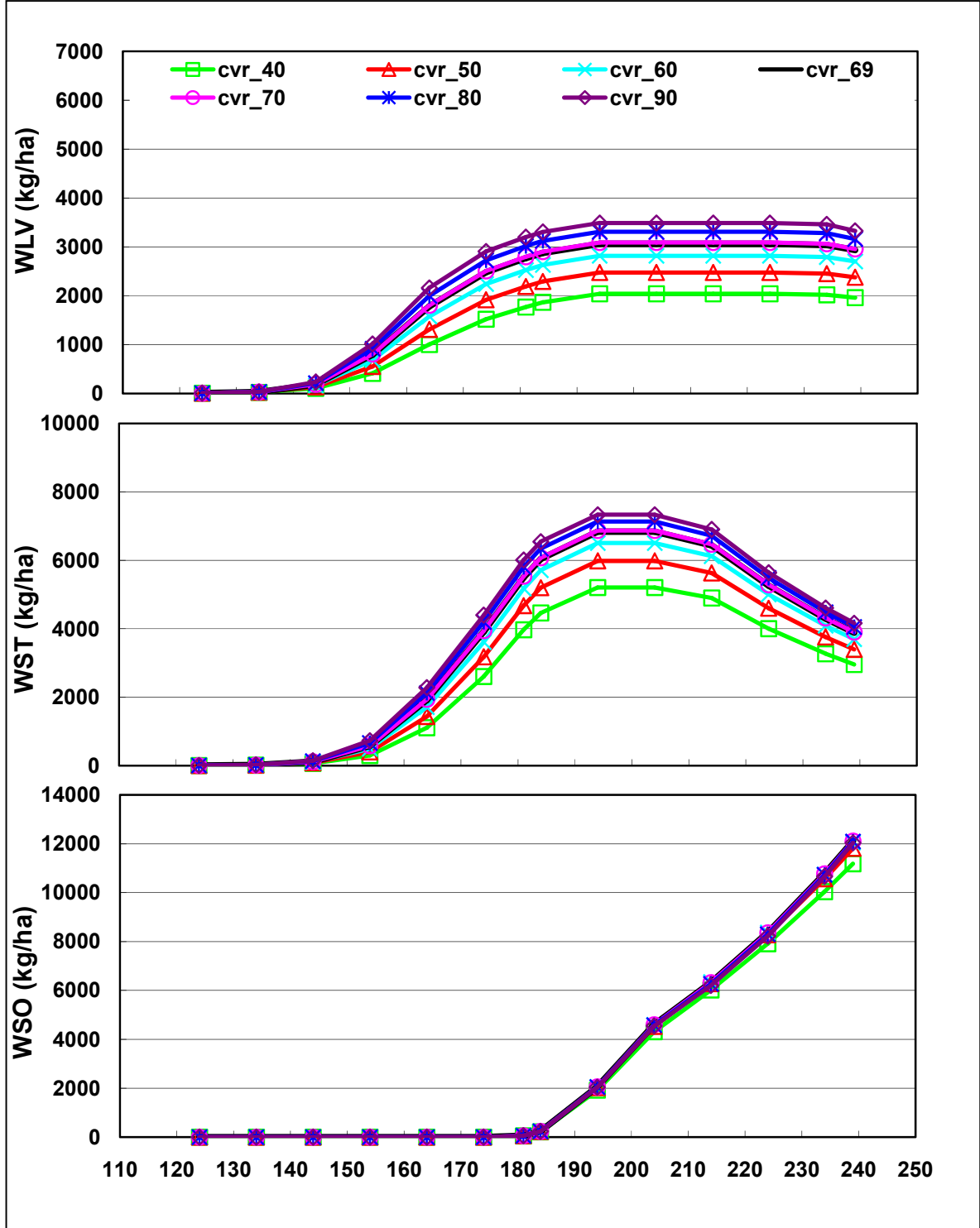
Şekil Ek 8. CVL değışkininin TAGP ve LAI değerlerine etkisi



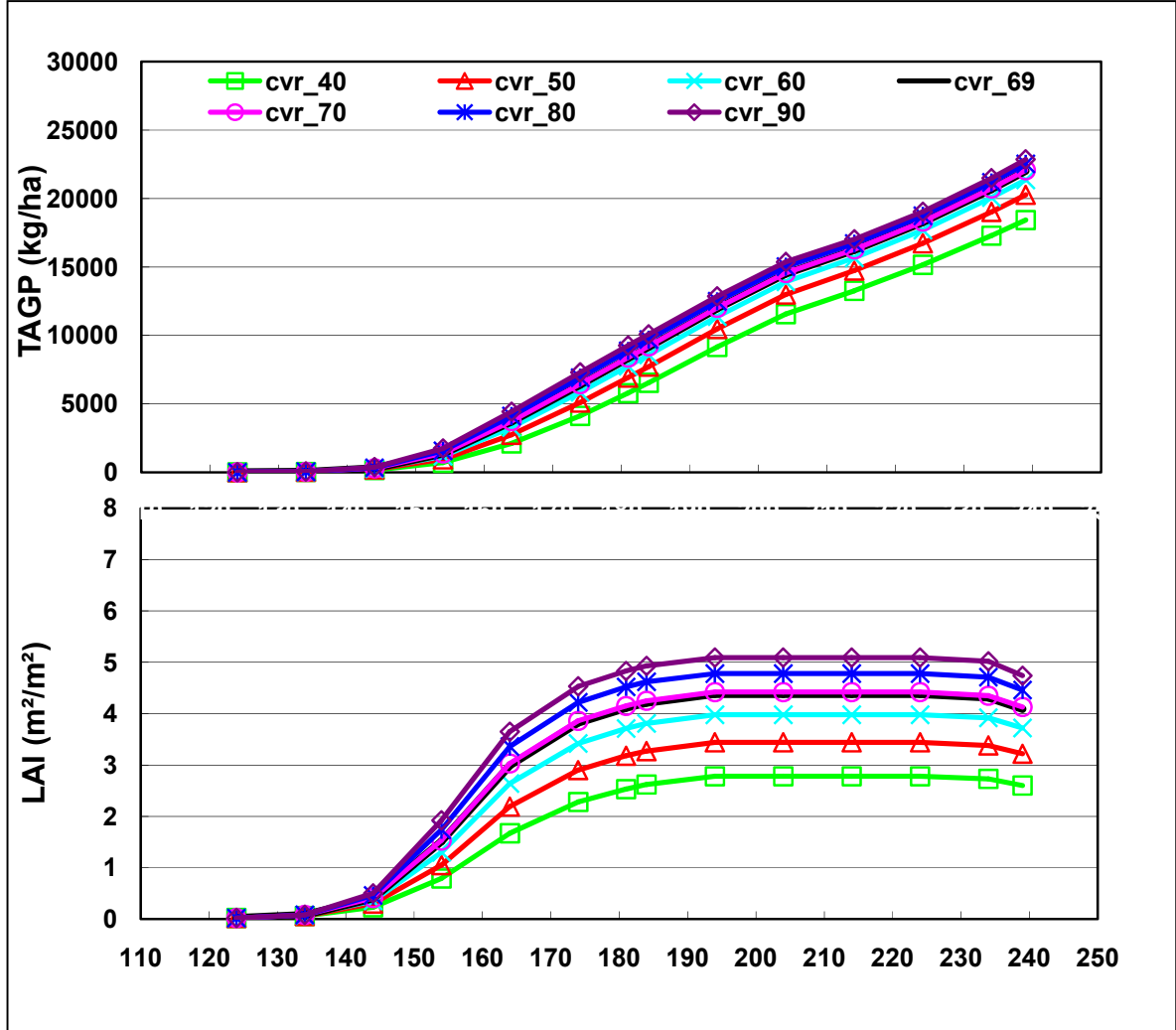
Şekil Ek 9. CVO değişiminin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



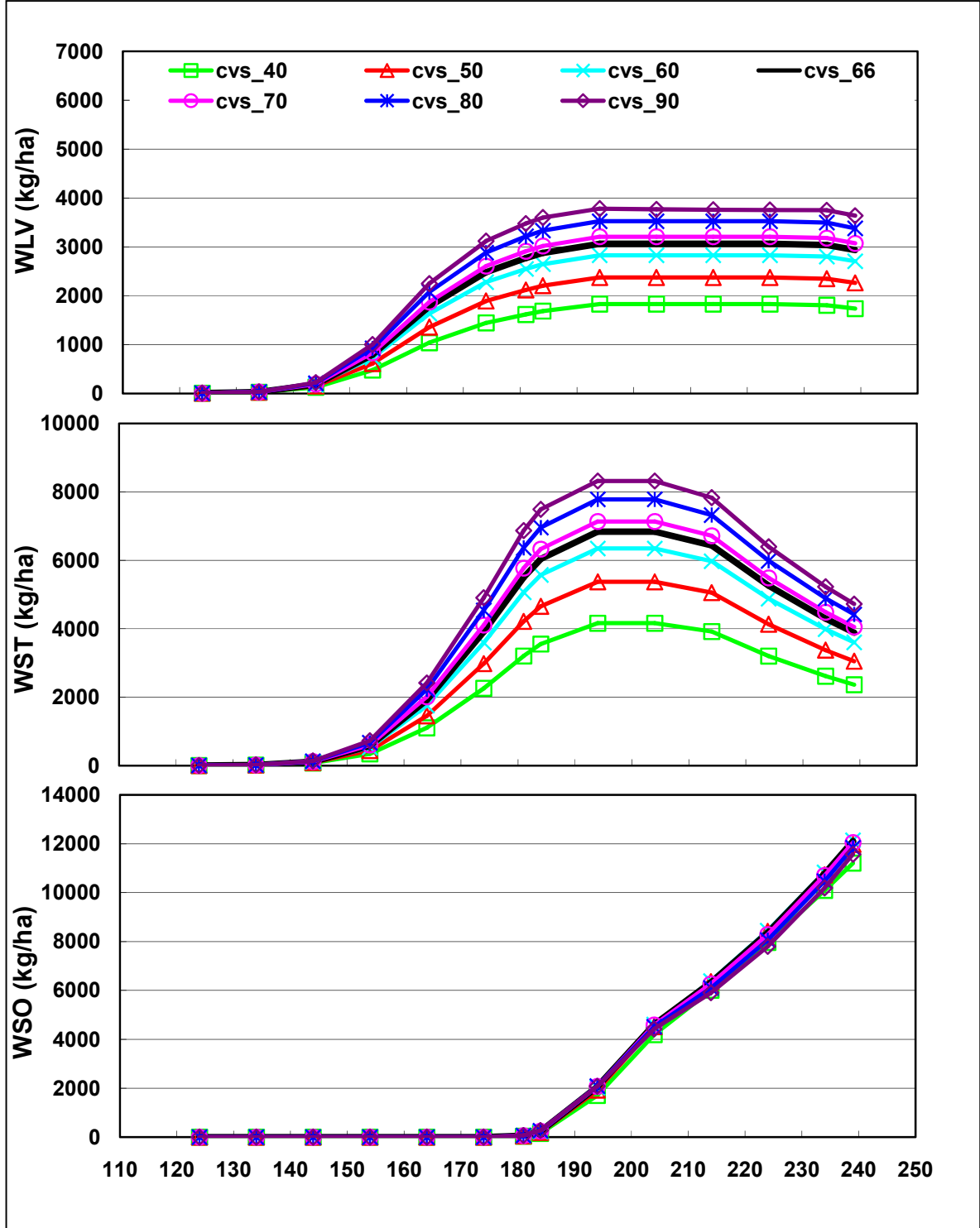
Şekil Ek 10. CVO değışkininin TAGP ve LAI değęerlerine etkisi



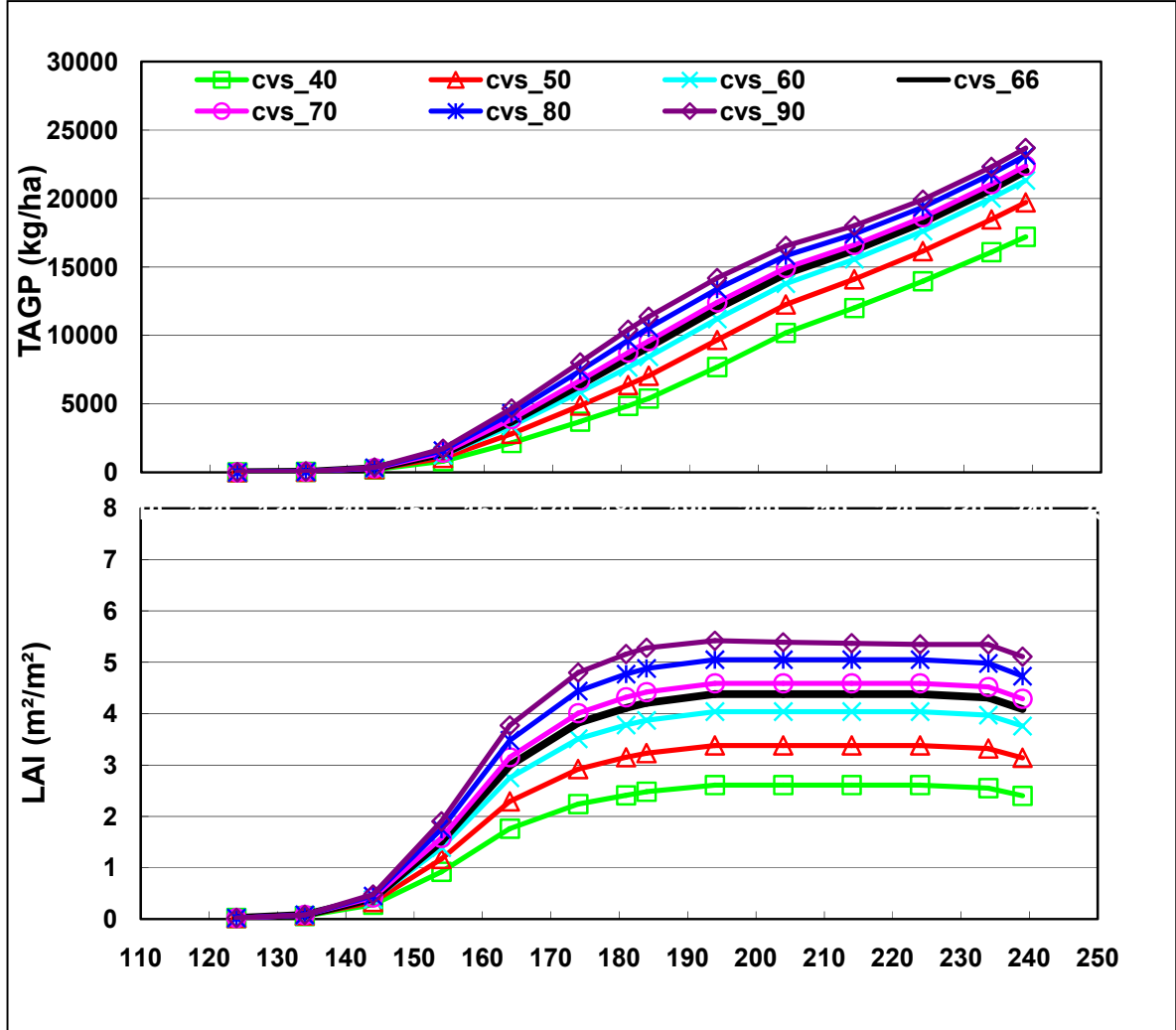
Şekil Ek 11. CVR değişiminin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



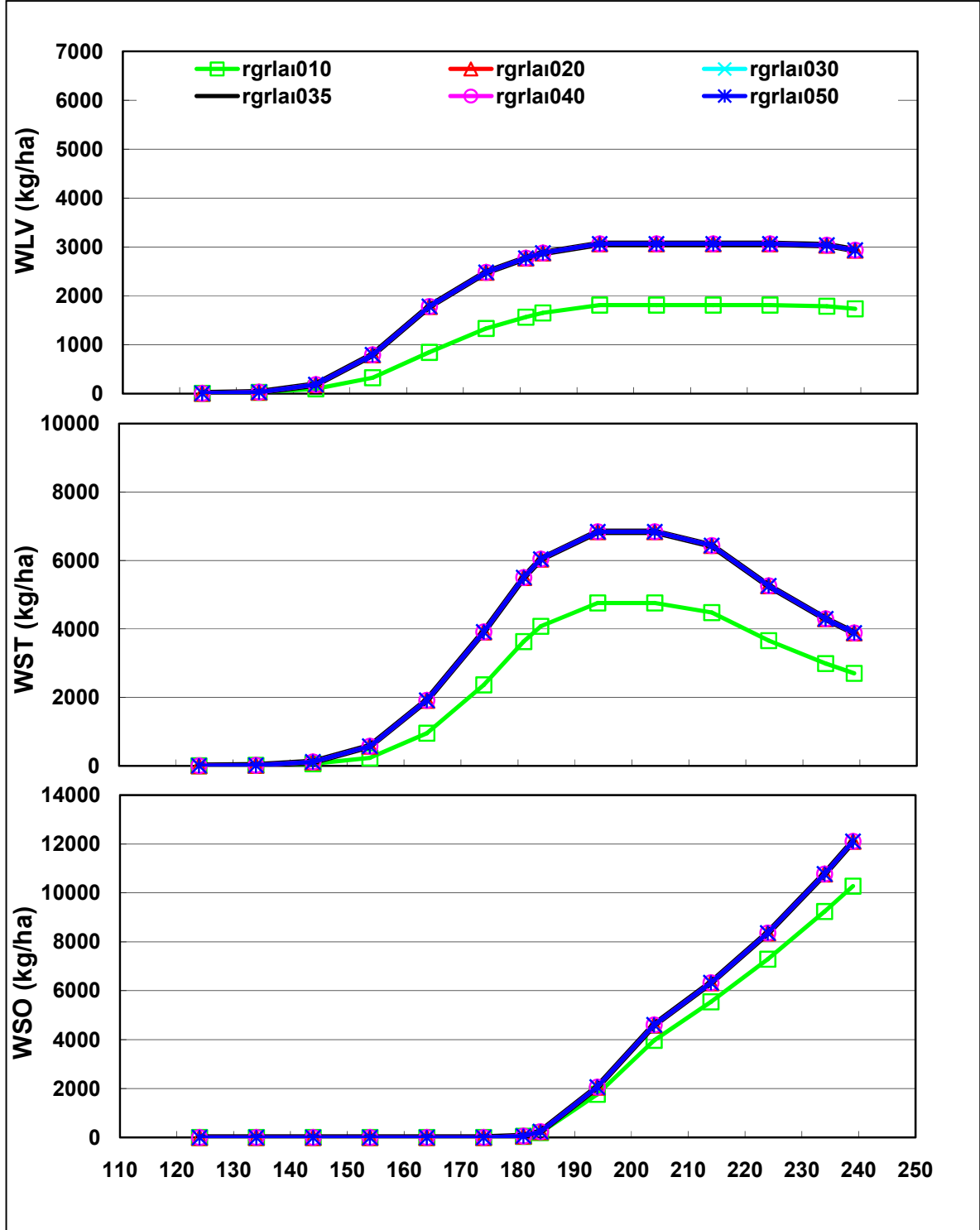
Şekil Ek 12. CVR değışkininin TAGP ve LAI değęlerine etkisi



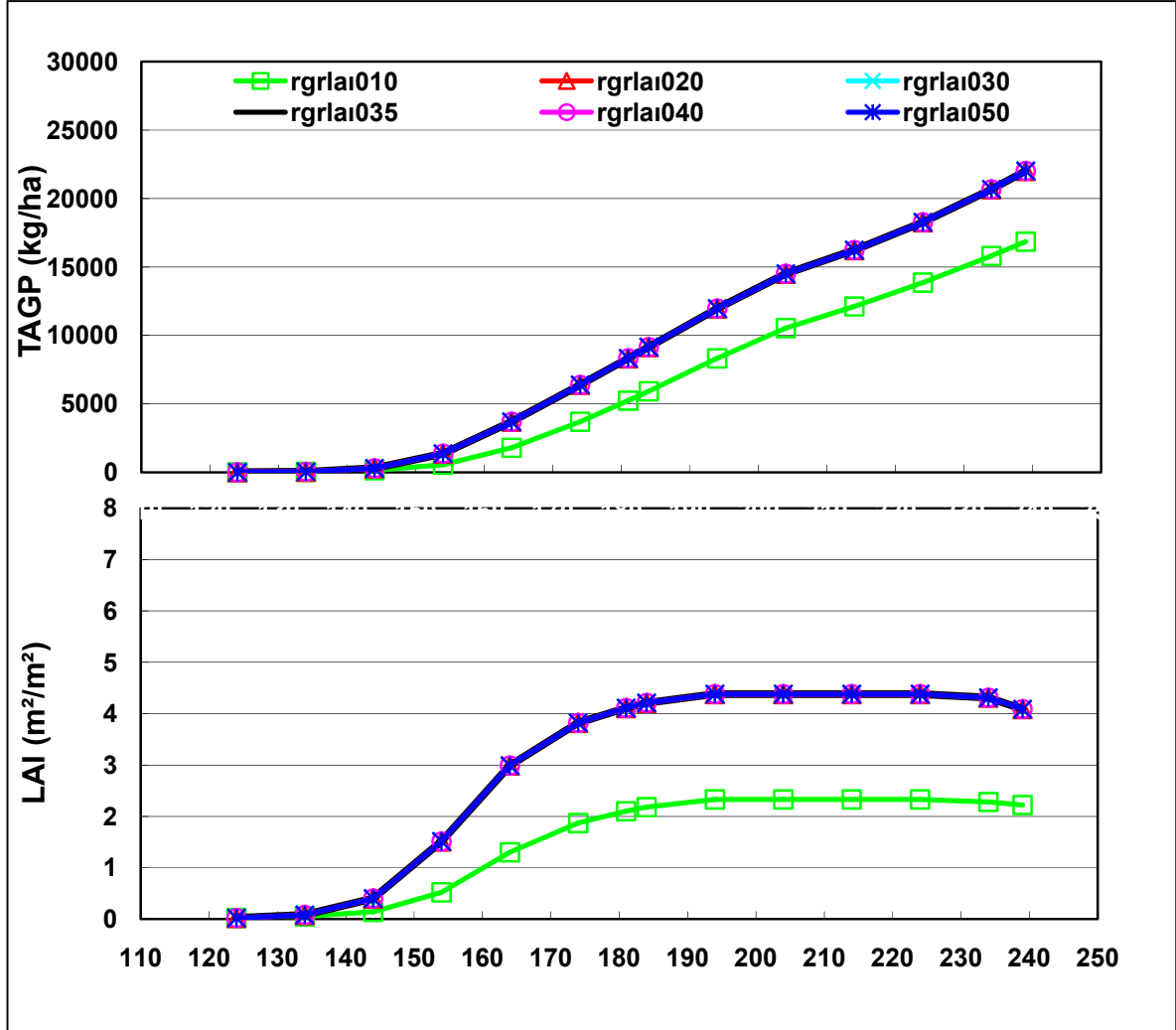
Şekil Ek 13. CVS değışkininin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



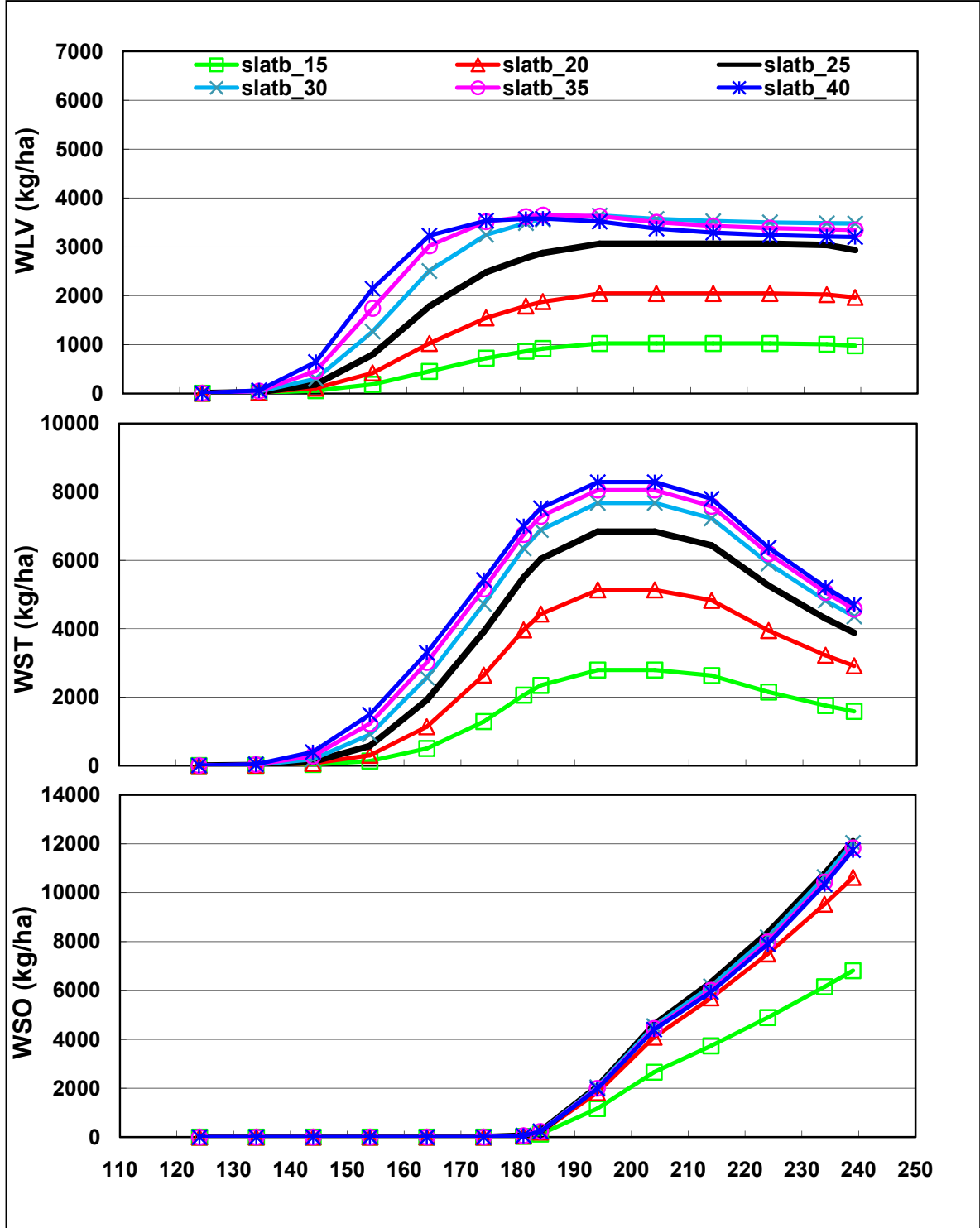
Şekil Ek 14. CVS değışkininin TAGP ve LAI değerlerine etkisi



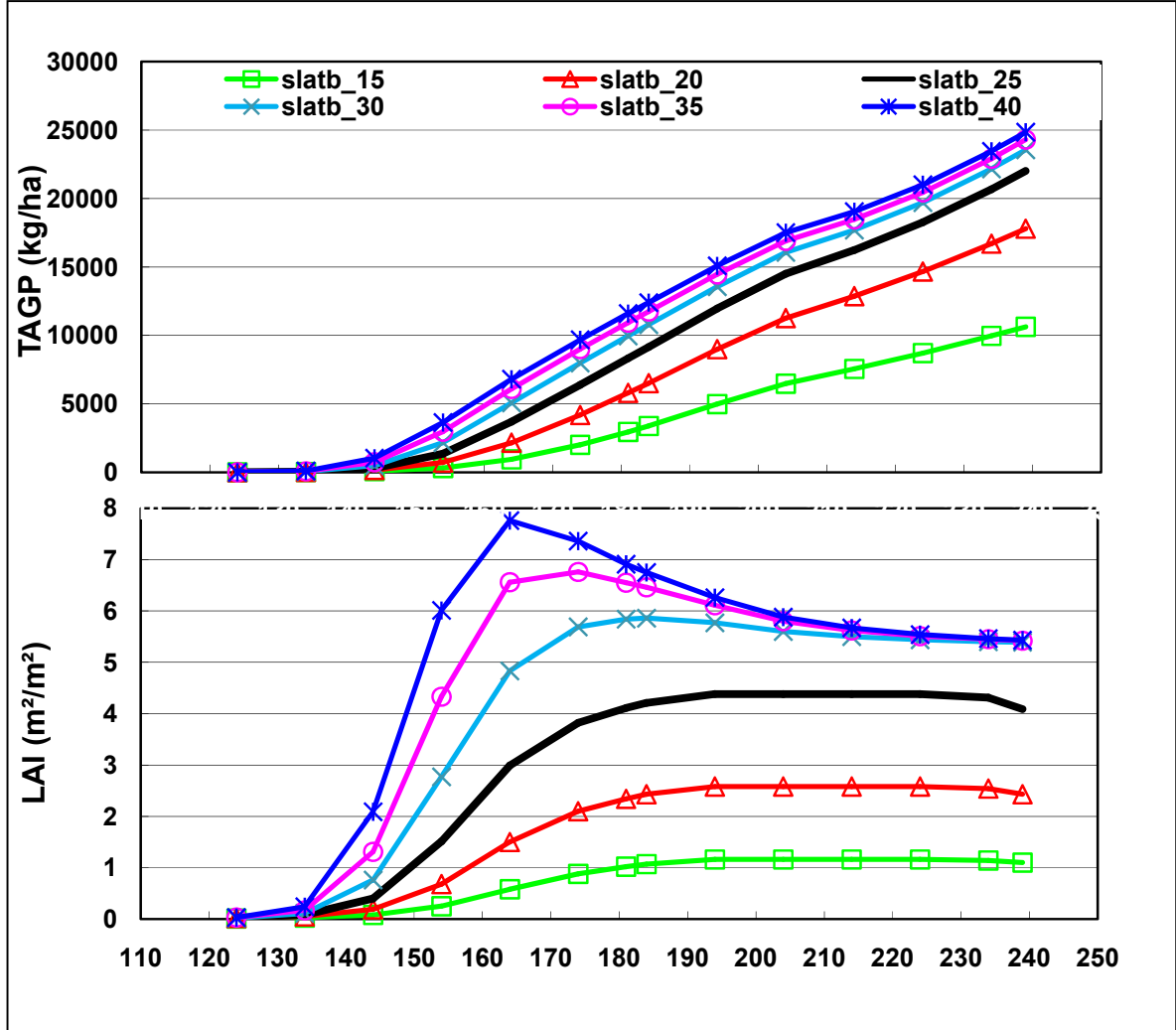
Şekil Ek 15. RGLAI değışkininin WLV, WST ve WSO değęerlerine etkisi



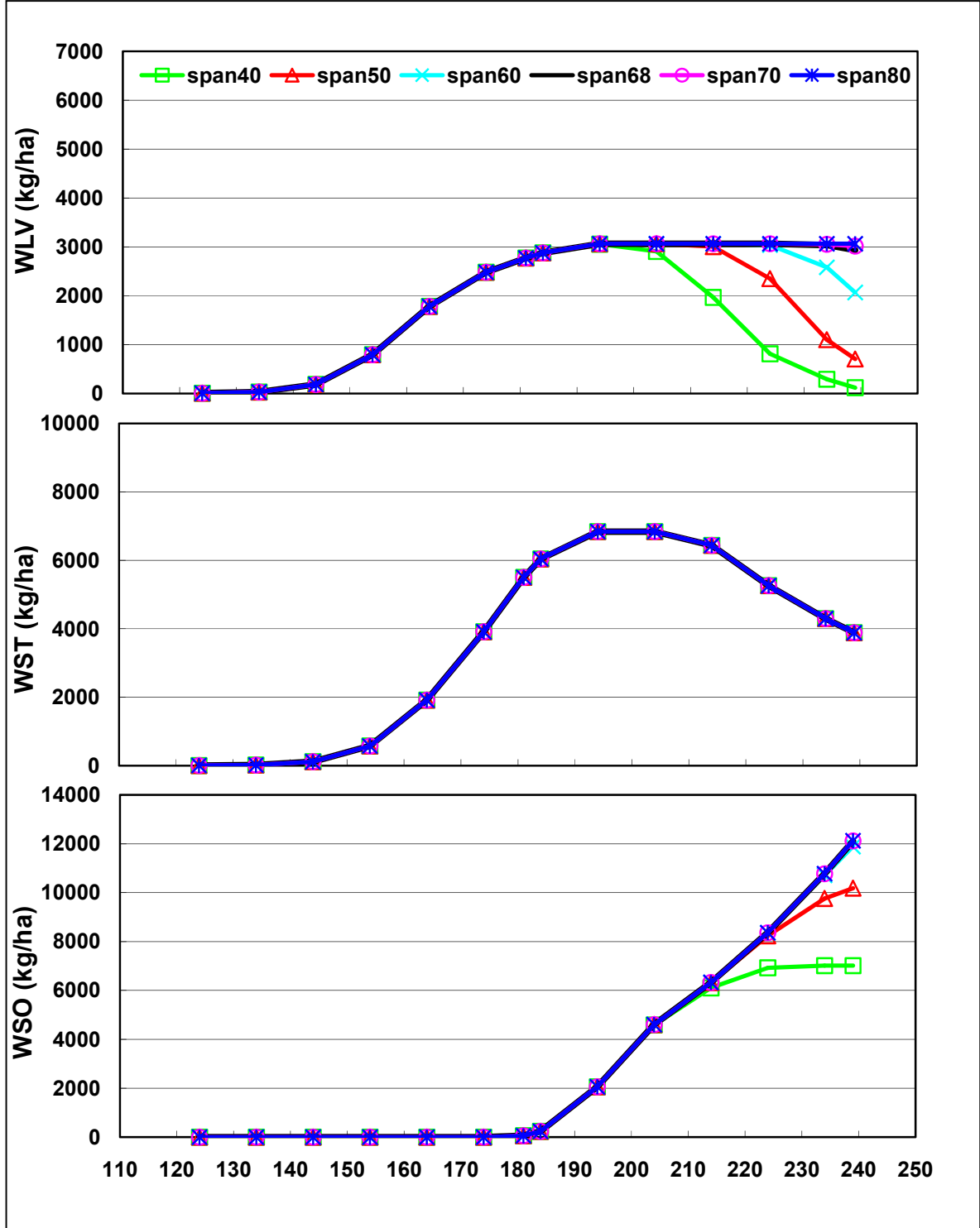
Şekil Ek 16. RGRlai değışkininin TAGP ve LAI değerlerine etkisi



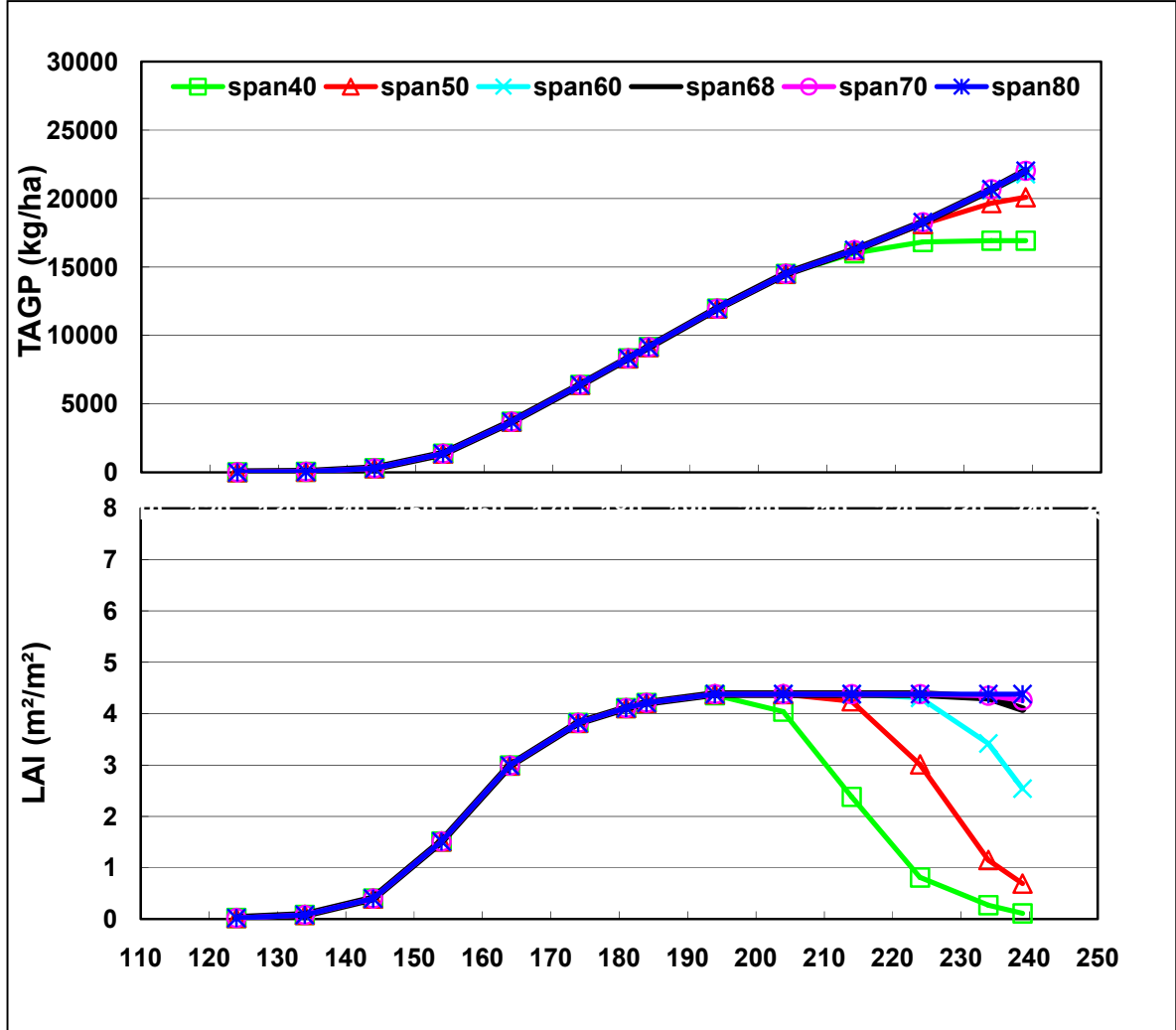
Şekil Ek 17. SLATB değışkininin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



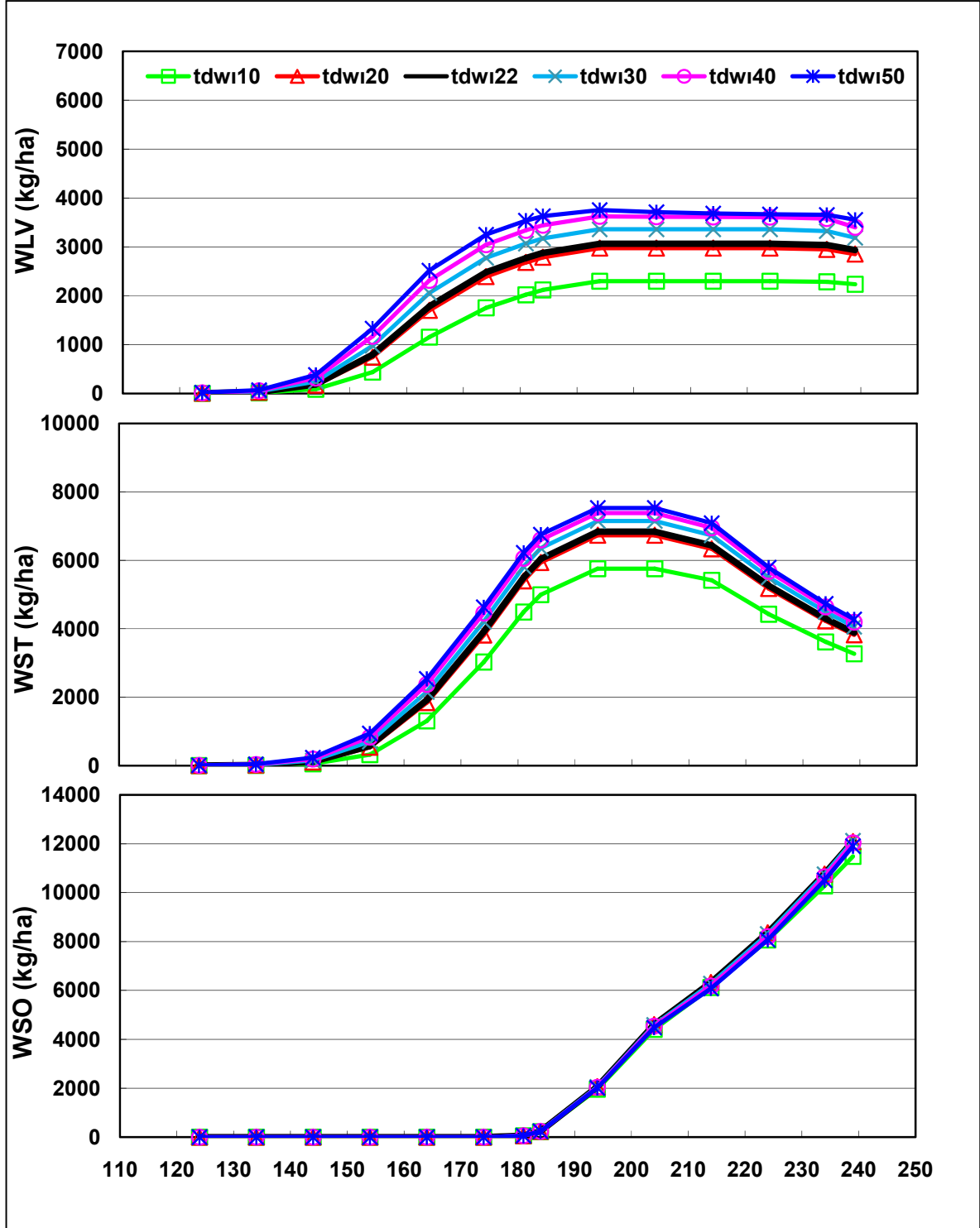
Şekil Ek 18. SLATB değışkininin TAGP ve LAI değęerlerine etkisi



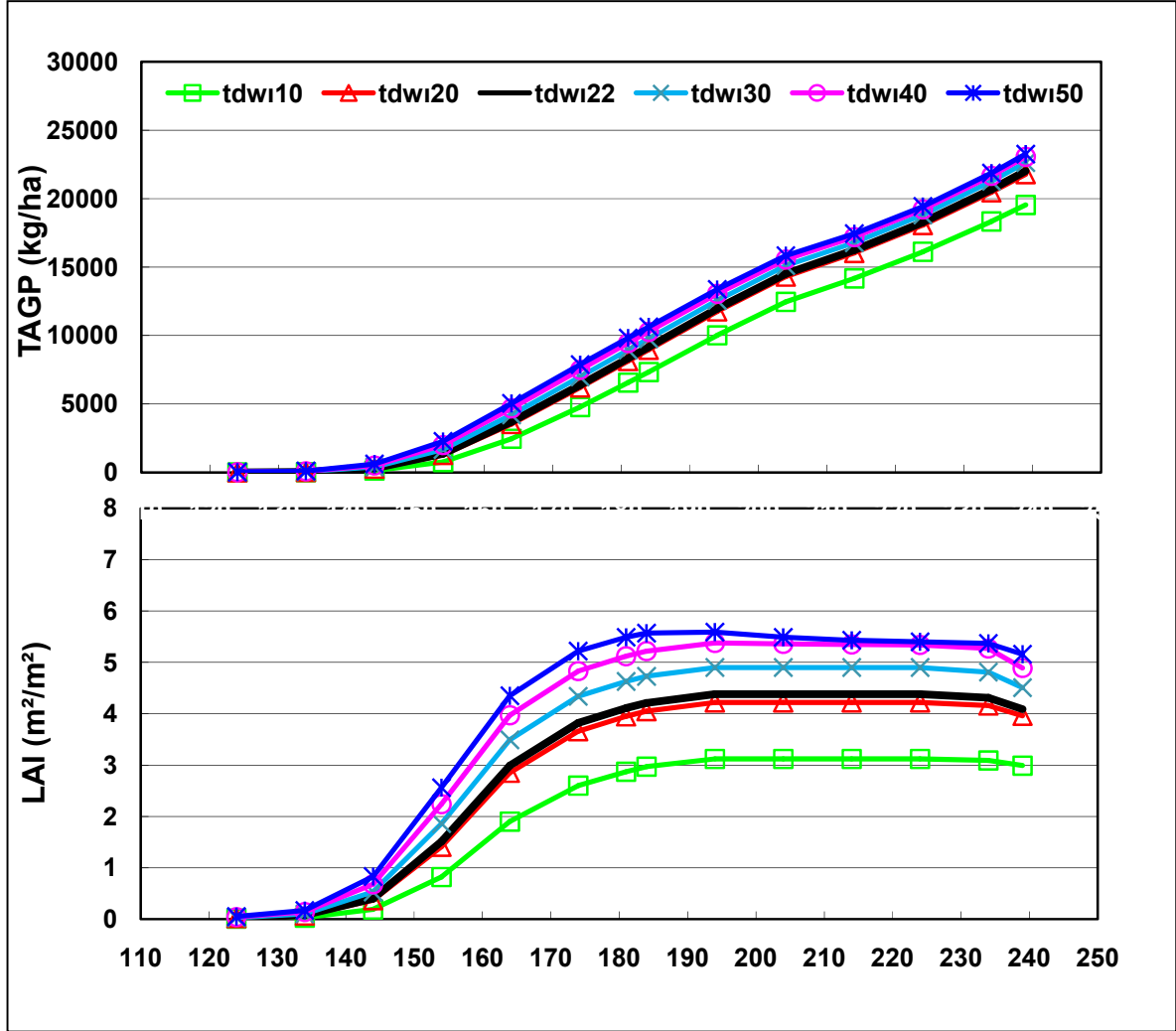
Şekil Ek 19. SPAN değişiminin WLV, WST ve WSO değerlerine etkisi



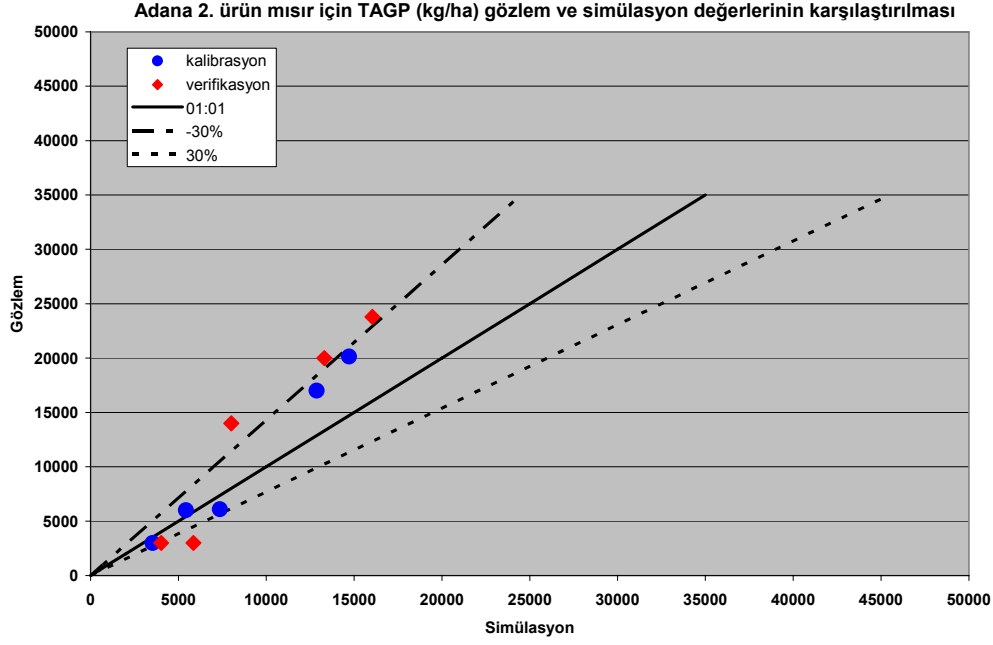
Şekil Ek 20. SPAN değışkininin TAGP ve LAI değerlerine etkisi



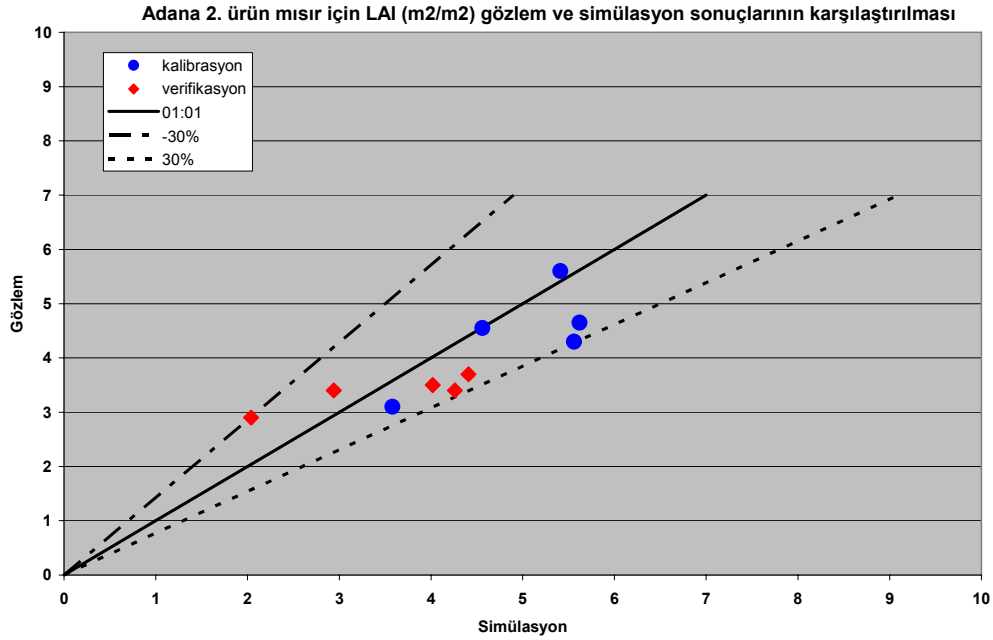
Şekil Ek 21. TDWI değışkininin WLV, WST ve WSO değęlerine etkisi



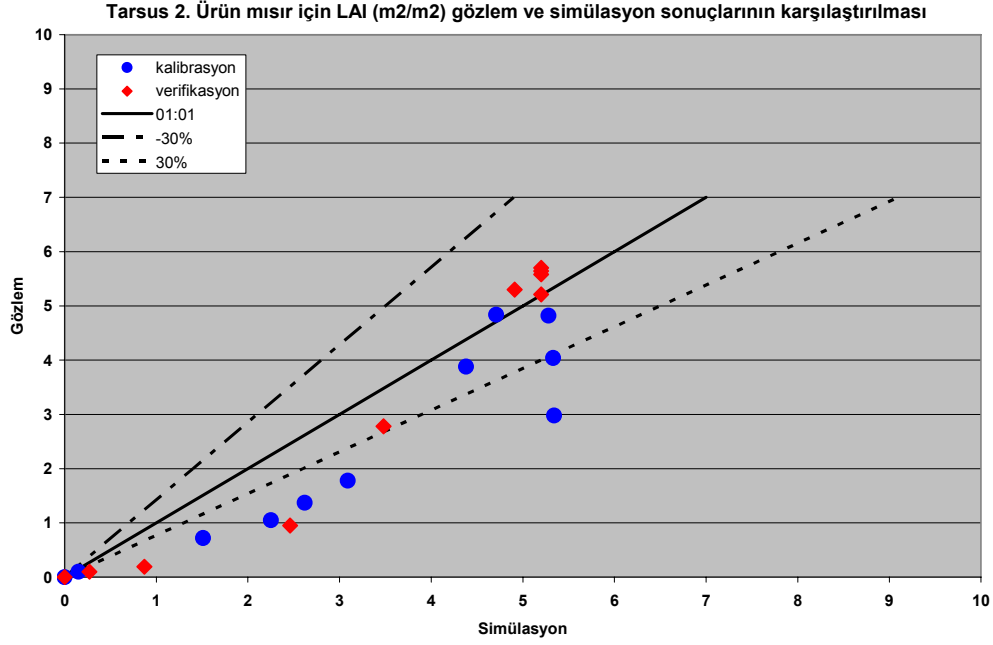
Şekil Ek 22. TDWI değışkininin TAGP ve LAI değerlerine etkisi



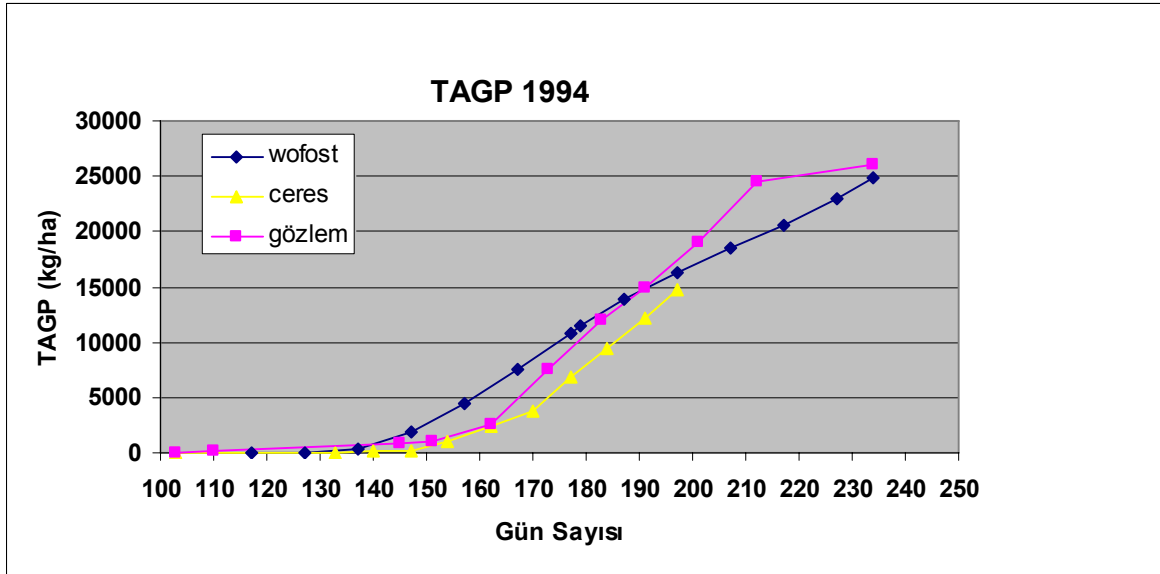
Şekil Ek 23. Adana 2. Ürün mısır için TAGP (kg/ha) gözlem ve benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması



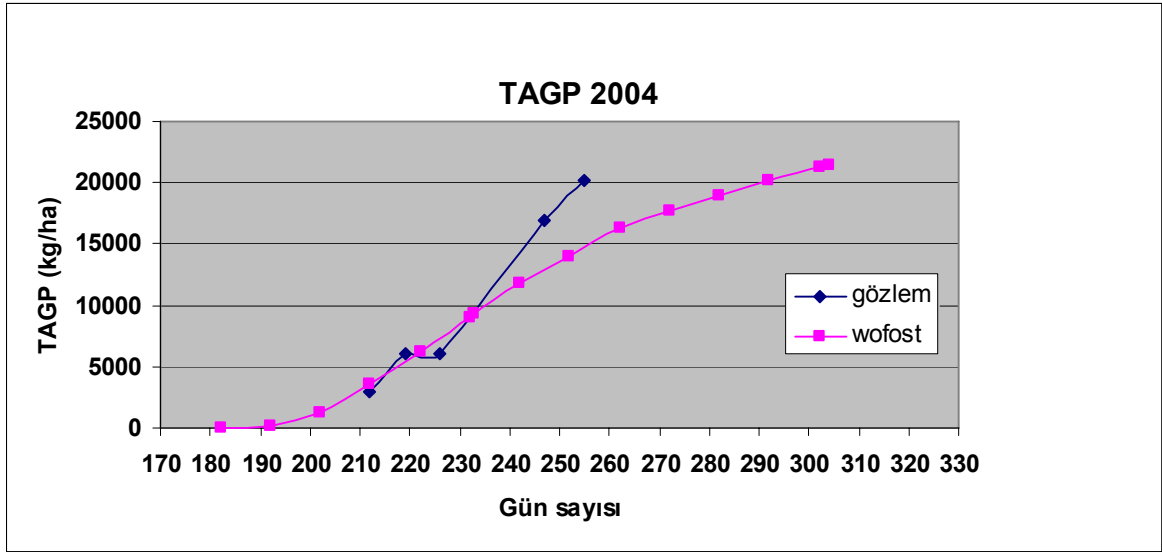
Şekil Ek 24. Adana 2. Ürün mısır için LAI (m2/m2) gözlem ve benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması



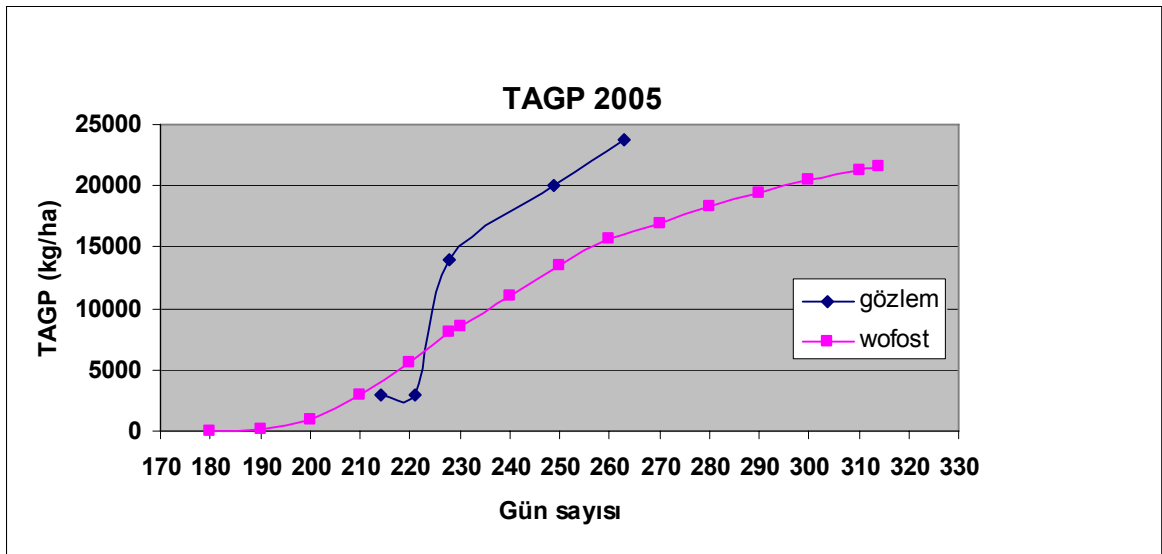
Şekil Ek25. Tarsus 2. Ürün mısır için LAI (m²/m²) gözlem ve benzeşim sonuçlarının karşılaştırılması



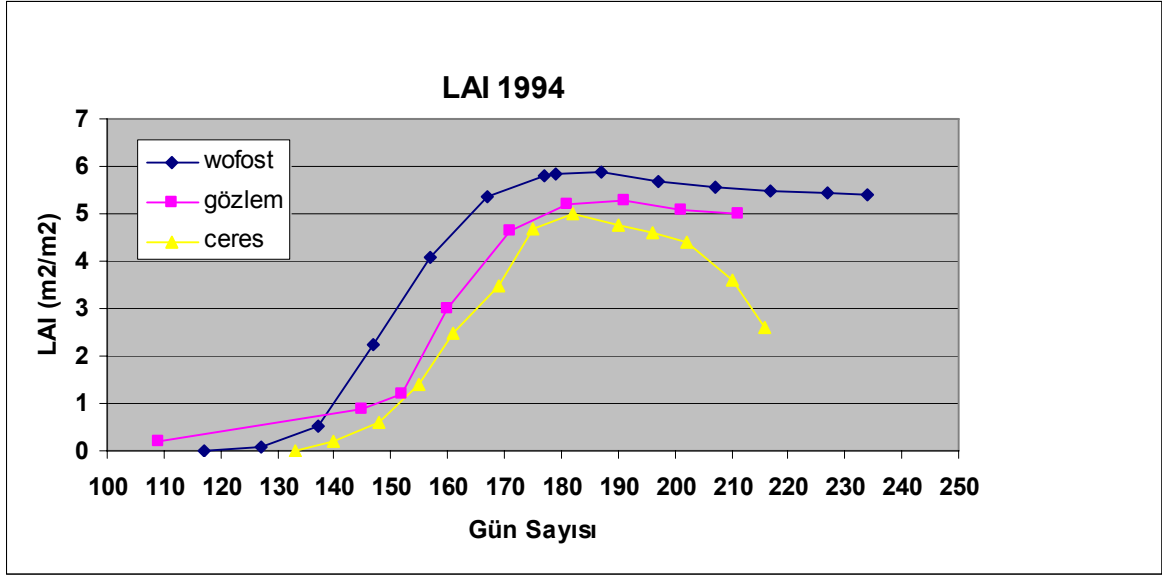
Şekil Ek 26. 1994 yılı Adana 1. ürün mısır için TAGP-Gün sayısı grafiği



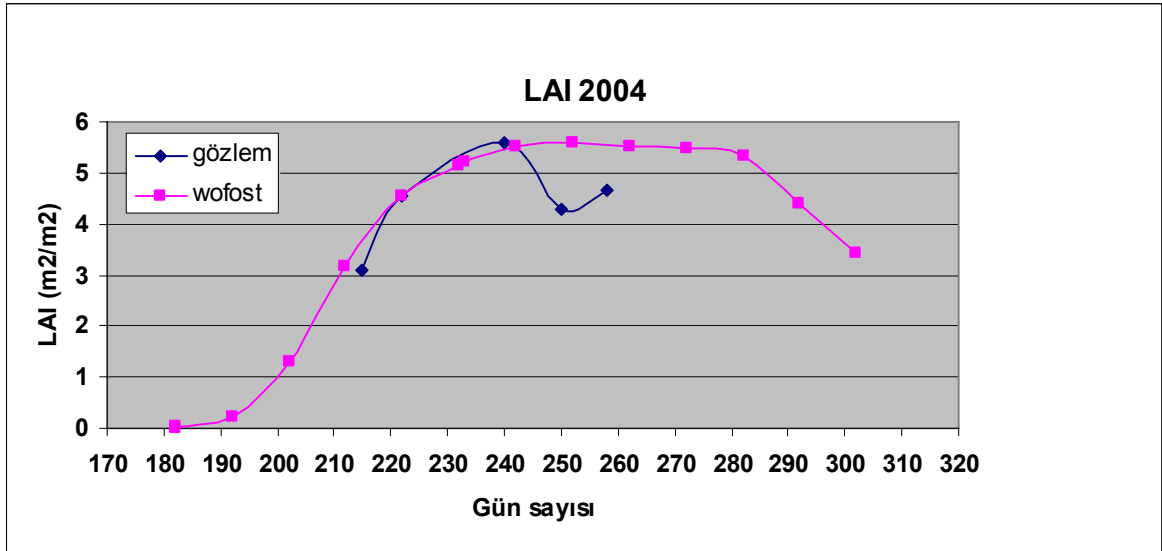
Şekil Ek 27. 2004 yılı Adana 2. ürün mısır için TAGP-Gün sayısı grafiği



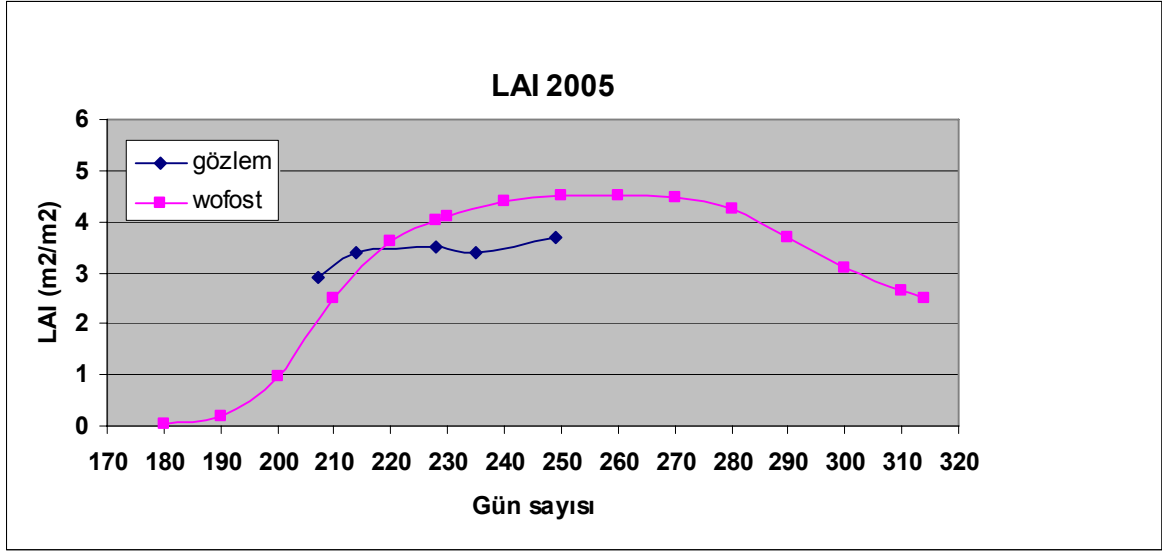
Şekil Ek 28. 2005 yılı Adana 2. ürün mısır için TAGP-Gün sayısı grafiği



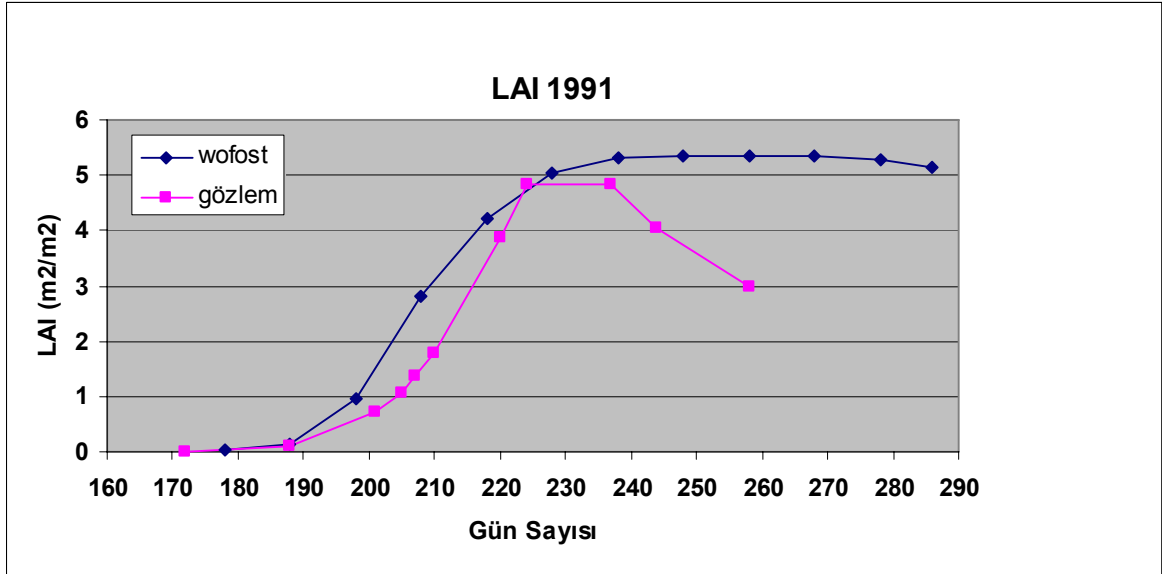
Şekil Ek 29. 1994 yılı Adana 1. ürün mısır için LAI-Gün sayısı grafiği



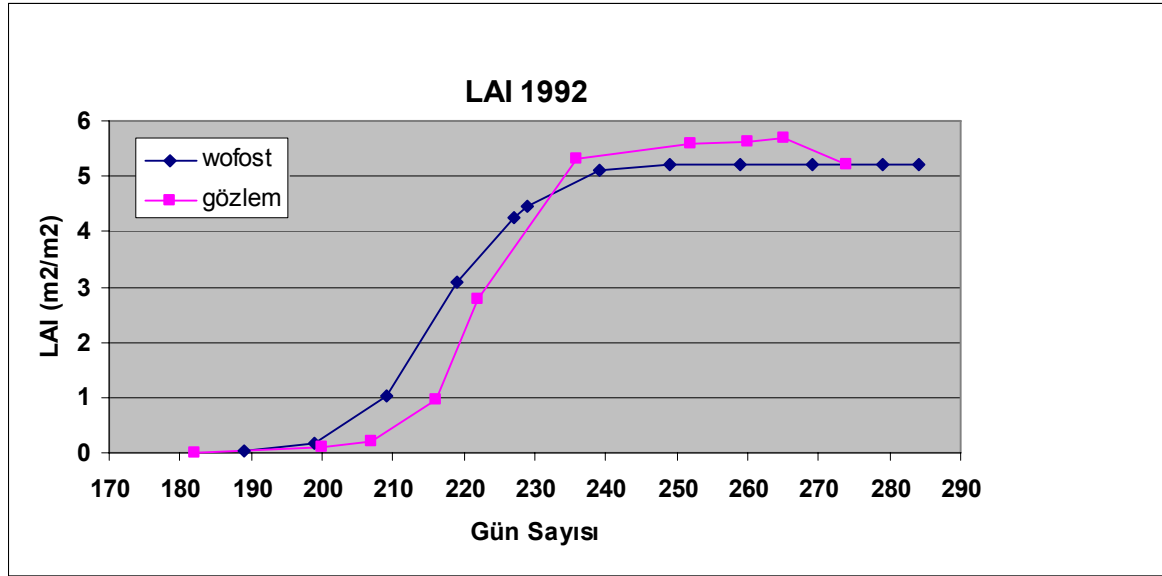
Şekil Ek 30. 2004 yılı Adana 2. ürün mısır için LAI-Gün sayısı grafiği



Şekil Ek 31. 2005 yılı Adana 2. ürün mısır için LAI-Gün sayısı grafiği



Şekil Ek 32. 1991 yılı Tarsus 2. ürün mısır için LAI-Gün sayısı grafiği



Şekil Ek 33. 1992 yılı Tarsus 2. ürün mısır için LAI-Gün sayısı grafiği

WOFOST Control Center - Session: WCC

File Result Help

Exit Reset Run... Result detailed... Result summary... Help

General Crop Weather Soil Beruns

Available crops:

- Groundnut,(Van Heemst, 1988)
- Grain maize 004, Adana, Turkey
- Grain maize 005, Adana, Turkey
- Grain maize 201, N-Germany, Luxembourg
- Grain maize 202, S-Germany, N-France
- Grain maize 203, Central France, N-Italy
- Grain maize 204, S-France, N-Italy, Spain, Portugal
- Grain maize 205, Greece, S-Italy, S-Spain
- Grain maize 991, Tarsus, Turkey
- Grain maize 992, Tarsus, Turkey
- Grain maize 993, Adana, Turkey
- Grain maize 994, Adana, Turkey
- Maize,(Van Heemst, 1988)
- Millet,bulrush,(original W41)
- Mungbean,(Van Heemst, 1988)
- Pigeonpea,(original W41)
- Potato 701, N-EC
- Potato 702, S-France
- Potato 703, Central and N-Italy
- Potato 704, S-Fr

Start Day

☐ Fixed emergence date

☒ Fixed sowing date

☐ Variable sowing date

End Day

☐ Fixed end date

☒ Maturity (<= max duration)

☐ Earliest of both dates

Fixed Emergence: 1

Fixed Sowing: 103

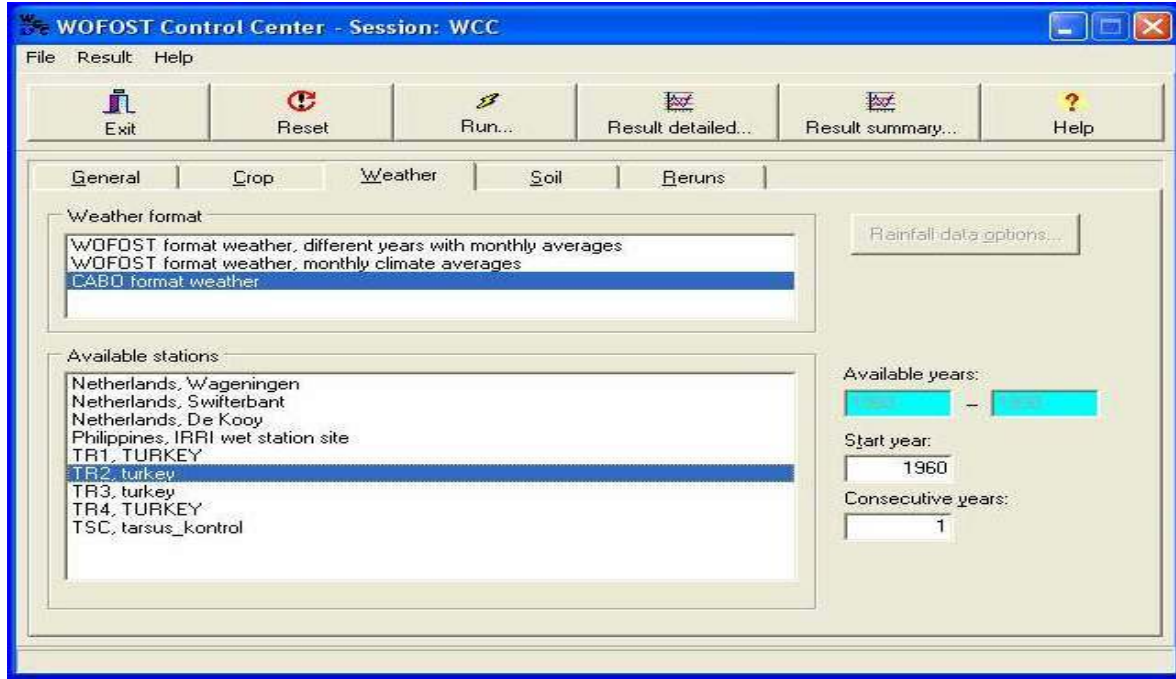
Earliest Sowing: 100

Ultimate Sowing: 140

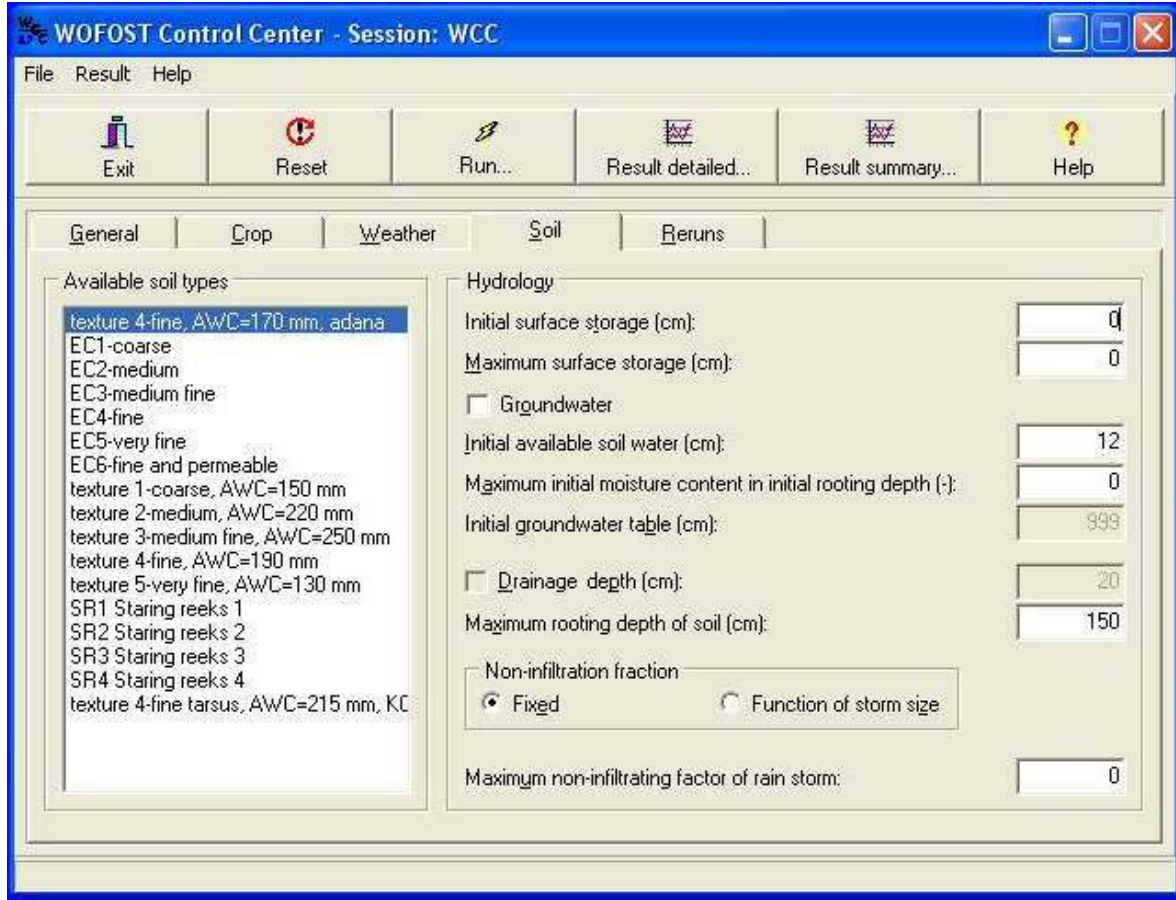
Fixed end date: 270

Maximum duration: 160

Şekil Ek 34. 1.Ürün mısır benzeşimi “Ürün” koşulları



Şekil Ek 35. 1. Ürün mısır benzeşimi “İklim” koşulları



Şekil Ek 36. 1.Ürün mısır benzeşimi “Toprak” koşulları