

**TRAKYA BÖLGESİ'NDE İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNİN YÜZEY SU
KAYNAKLARI, TOPRAK NEMİ ve BİTKİ
VERİMİNE ETKİSİNİN MODELLENMESİ**

**Huzur DEVECİ
Doktora Tezi**

**Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Fatih KONUKCU**

2015

T.C.

NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**TRAKYA BÖLGESİ'NDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YÜZEY SU
KAYNAKLARI, TOPRAK NEMİ ve BİTKİ VERİMİNE ETKİSİNİN
MODELLENMESİ**

Huzur DEVECİ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

TEKİRDAĞ - 2015

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Fatih KONUKCU danışmanlığında, Huzur DEVECİ tarafından hazırlanan “Trakya Bölgesi’nde İklim Değişikliğinin Yüzey Su Kaynakları, Toprak Nemi ve Bitki Verimine Etkisinin Modellenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı (Tarımsal Yapılar ve Sulama Doktora Programı)’nda Doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet İSTANBULLUOĞLU (Jüri Başkanı) *İmza:*

Prof. Dr. Ramazan TOPAK (Üye) *İmza:*

Prof. Dr. Selçuk ALBUT (Üye) *İmza:*

Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO (Üye) *İmza:*

Prof. Dr. Fatih KONUKCU (Danışman) *İmza:*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

Bu tez, Namık Kemal Üniversitesi BAP tarafından (NKUBAP.00.24.AR.12.02) desteklenmiştir.

ÖZET

Doktora Tezi

TRAKYA BÖLGESİ'NDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YÜZEY SU KAYNAKLARI,
TOPRAK NEMİ ve BİTKİ VERİMİNE ETKİSİNİN MODELLENMESİ

Huzur DEVECİ

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Hızlı nüfus artışı, gelişen sanayi, yanlış arazi kullanımı ve plansız şehirleşme sonucu son yıllarda Trakya Bölgesi su kaynakları üzerindeki baskı giderek artmaktadır. Bu baskı yanında iklim değişikliğinin de su kaynakları ve tarımsal üretimi önemli derecede etkilemesi beklenmektedir. İklim değişikliğinin su kaynakları ve tarımsal üretime etkisinin tahmin edilerek, iklim değişikliğine karşı hassasiyetin azaltılması bölge ve Türkiye açısından önem arz etmekte olup, Trakya Bölgesi'nde konu ile ilgili bilimsel çalışmalar son derece kısıtlıdır. Bu çalışmanın amacı, Trakya Bölgesi'nde pilot bölge olarak seçilen Çorlu Pınarbaşı Havzası için olası iklim değişikliğini, iklim değişikliğinin su kaynaklarına, toprak nemine ve bölgenin iki önemli bitkisi olan buğday ve ayçiçeği verimine olan etkilerini modellemektir. İklim değişikliğinin tahmininde RegCM3 Bölgesel İklim Modeli, referans ve A2 senaryosu çıktıları kullanılmıştır. 1970-1990 yılları için araştırma alanından ölçülen sıcaklık ve yağış verileri ile model referans verileri karşılaştırılarak 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için sıcaklık ve yağış değişimi tahmin edilmiştir. İklim değişikliğinin yüzey su kaynakları üzerine etkisinin belirlenmesinde SWMHMS Hidrolojik Modeli kullanılarak, araştırma alanında 1989-2007 yılları arası ölçülen ve modellenen akım değerleri karşılaştırılarak model kalibre edilmiş ve gelecek üç dönem için akım değerleri tahmin edilmiştir. Araştırma alanında iklim değişikliğinin toprak nemi ve verim üzerine etkilerini tespit etmek için sırasıyla SWAP Model ve AquaCrop Model kullanılmıştır. Her iki modelde de 2012 yılı içinde ölçülen toprak profili nem değerleri ve verim değerleri, modellenen değerler ile kalibre edilmiş, daha sonra gelecek yıllar için toprak nem profili ve verim değerleri kestirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre araştırma alanında, 1970-1990 yıllarına göre, 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arasında sıcaklıkların sırası ile 0,12 °C, 1,43 °C, 3,05 °C artacağı, yağışların ise 2016-2025 yılları arasında %9 artacağı, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arasında ise sırası ile %14 ve %12 azalacağı tahmin edilmiştir. İklim değişikliğine bağlı olarak, akım miktarında %57'ye varan azalmaların olacağı tahmin edilmiştir. Ayçiçeği ve buğday gelişme dönemleri dikkate alındığında iklim değişikliğinin verimi etkileyecek düzeyde toprak nem değişimine neden olmayacağı belirlenmiştir. İklim değişikliği ile birlikte, 2012 yılına göre ortalama ETo değerlerinin 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arasında sırasıyla %7, %20 ve %33 artacağı tahmin edilirken; ayçiçeği veriminde önce %9,4'e kadar artış daha sonra %22'ye kadar azalma; buğday veriminde ise vejetasyon dönemi kısılmı dikkate alınmadan %50'nin üzerinde verim artışları gözleneceği tahmin edilmiştir.

Anahtar kelimeler: İklim Değişikliği, SWMHMS Model, SWAP Model, AquaCrop Model, Türkiye

2015, 210 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

MODELLING THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON SURFACE WATER RESOURCES, SOIL WATER PROFILE AND PLANT YIELD IN THRACE REGION

Huzur DEVECİ

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

The pressure on water resources in the Thrace Region has been increasing recently due to rapid population growth, developing industry, land uses beyond their capacities and unsystematic urbanisation. In addition to these, climate change is also expected to affect water resources and agricultural production significantly. To decrease the vulnerability against climate change by estimating its effects on water resources and agricultural production is crucial for the region and Turkey, and studies related to the subject in the Thrace Region are very limited. The aim of this study is to predict the potential climate change and its effects on water resources, soil water profile and the yield of both wheat and sunflower, the two vital plants for the region, for a pilot area of Çorlu Pınarbaşı sub-basin in the Thrace Region. RegCM3 Regional Climate Model, reference and A2 scenario outputs were used in the estimation of climate change. The changes in temperature and precipitation were estimated for the future period of 2016-2025, 2046-2055 and 2076-2085 by comparing temperature and precipitation data measured in the study area for the period of 1970-1990 and model reference data. To model the effect of climate change on runoff, the SWMHMS Hydrological Model was calibrated with measured run off data in the study area between 1989 and 2007 and then runoff values for the futures periods were simulated. In order to determine the effects of climate change on soil water profile and yield in the research area SWAP Model and AquaCrop Model were used, respectively. Having tested the models with the measured data of soil water profiles and yields for 2012, the models were run for the future periods. Temperature rises of 0,12 °C, 1,43 °C, 3,05°C were forecasted for the future periods of 2016-2025, 2046-2055 and 2076-2085, respectively when compared with the data between 1970 and 1990 whereas a 9% increase during 2016-2025 and 14% and 12% decrease for the periods of 2046-2055 and 2076-2085, respectively, were predicted. The climate changes in the future were estimated to decrease the surface water resources up the 57%. However, the soil water profiles during the wheat and sunflower growing period were not affected significantly by the climate changes. While it was estimated that the average ETo values in 2016-2025, 2046-2055 and 2076-2085 increase 7%, 20% and 33% respectively by climate change, sunflower yield first increased up to 9,4% and then decreased up to 22%; wheat yield increased up to 50% without taking vegetation period shortage into consideration when compared to the measured data of 2012. It may be concluded that the Thrace Region is vital to ensure food safety of Turkey with this increase in wheat yield.

Keywords: Climate Change, SWMHMS Model, SWAP Model, AquaCrop Model, Turkey

2015, 210 pages

TEŞEKKÜR

Tez konumu belirleyerek bilgi ve tecrübelerini her zaman aktaran danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fatih KONUKCU'ya, bütün aşamalarda katkılarını koyan tez izleme komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Selçuk ALBUT ve Sayın Prof. Dr. Süreyya MERİÇ PAGANO'ya, arazi çalışmaları, modelleme ve verilerin elde edilip düzenlenmesi aşamalarında her türlü desteği sağlayan Öğr. Gör. Bahadır ALTÜRK'e, SWMHMS Hidrolojik Modelin temin edilmesi ve kullanımı ile ilgili olarak Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürü Dr. Fatih BAKANOĞULLARI'na, pekçok konuda yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Hüseyin T. GÜLTAŞ ve Yrd. Doç. Dr. Erhan GEZER'e, havzanın modellenmesi aşamasında yardımcı olan Doç. Dr. Murat ÖZYAVUZ ve Yrd. Doç. Dr. Cüneyt BAĞDATLI'ya, RegCM3 Bölgesel İklim Modeli verilerini elde etmeme yardımcı olan Dr. Deniz BOZKURT'a, doktora boyunca bölüm içindeki anlayışlarıyla bölüm arkadaşlarım Öğr. Gör. M. Barış EKMEKYAPAR ve Öğr. Gör. Ahmet BAL'a, proje desteği için Namık Kemal Üniversitesi BAP birimine ve en önemlisi doktora tezimin bütün aşamasında yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen değerli eşim Doç. Dr. Murat DEVECİ'ye, biricik kızım Elif DEVECİ'ye ve canım aileme canı gönülden teşekkür ederim.

Ocak, 2015

İnşaat Yüksek Mühendisi
Huzur DEVECİ

| İÇİNDEKİLER | Sayfa No |
|---|-----------------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| İÇİNDEKİLER..... | iv |
| SİMGELER DİZİNİ..... | vii |
| KISALTMALAR DİZİNİ..... | xi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xiv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | xx |
| 1.GİRİŞ..... | 1 |
| 2.KAYNAK ÖZETLERİ..... | 4 |
| 2.1. İklim ve İklim Değişikliği..... | 4 |
| 2.2. İklim Değişikliğinin Nedenleri..... | 7 |
| 2.3. İklim Değişikliği Senaryoları..... | 8 |
| 2.4. İklim Değişikliği Tahmin Modelleri..... | 10 |
| 2.5. İklim Değişikliğinin Etkileri..... | 14 |
| 2.5.1. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkisi..... | 15 |
| 2.5.2. İklim Değişikliğinin Yüzey Akışı Üzerine Etkisinin Modellenmesi..... | 20 |
| 2.5.3. İklim Değişikliğinin Toprak Nemine Etkisi..... | 23 |
| 2.5.4. İklim Değişikliğinin Bitki Verimine Etkisi..... | 26 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM..... | 33 |
| 3.1. MATERYAL..... | 33 |
| 3.1.1. Araştırma Alanı..... | 33 |
| 3.1.2. Araştırma Alanının İklimi..... | 33 |
| 3.1.3. Yağış Akış Gözlem İstasyonları..... | 34 |
| 3.1.4. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri..... | 34 |
| 3.1.5. Havza Karakteristiklerinin Modellenmesi: ArcGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı..... | 37 |
| 3.1.6. İklim Değişikliği Tahmin Modeli: RegCM3..... | 38 |
| 3.1.7. Yağış Akış Modeli: SWMHMS..... | 38 |
| 3.1.8. Toprak Nemi Tahmin Modeli: SWAP..... | 45 |
| 3.1.9. ETo Calculator (ETo Hesaplayıcı)..... | 50 |
| 3.1.10. Verim Tahmin Modeli: AquaCrop..... | 51 |

| | |
|---|------------|
| 3.2. YÖNTEM..... | 56 |
| 3.2.1. Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi..... | 56 |
| 3.2.2. İklim Değişikliğinin Modellenmesi..... | 63 |
| 3.2.3. Yağış ve Akışın Modellenmesi..... | 63 |
| 3.2.4. Toprak Neminin Modellenmesi..... | 67 |
| 3.2.5. ETo Calculator ile ETo Hesaplanması..... | 74 |
| 3.2.6. Verim Tahmininin Modellenmesi..... | 84 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA..... | 103 |
| 4.1. Havza Karakteristikleri | 103 |
| 4.1.1. Eş Yükselti Eğrileri Haritasının Oluşturulması..... | 103 |
| 4.1.2. TIN (Triangulated Irregular Network) Arazi Modelinin Oluşturulması..... | 104 |
| 4.1.3. Havzanın Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması..... | 106 |
| 4.1.4. Havzanın Eğim Haritasının Oluşturulması..... | 108 |
| 4.1.5. Havzanın Bakı Haritasının Oluşturulması..... | 108 |
| 4.1.6. Havzanın 3 Boyutlu Arazi Modelinin Oluşturulması..... | 108 |
| 4.1.7. Havzanın Arazi Profillerinin Oluşturulması..... | 112 |
| 4.1.8. Havza ve Akarsu Karakteristiklerinin Belirlenmesi..... | 113 |
| 4.1.9. Havzanın Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi..... | 113 |
| 4.2. Pınarbaşı Havzası Olası İklim Değişikliği Sonuçları | 119 |
| 4.2.1. 1970-1990 Yılları Arası Referans Sıcaklık ve Yağış Değerleri..... | 119 |
| 4.2.2. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları Arası Sıcaklık ve Yağış Değerlerinin Modellenmesi..... | 124 |
| 4.3. Yağış Akış Modeli Sonuçları..... | 124 |
| 4.3.1. 1989-2007 Yılları Arası Ölçülen ve Tahmin Edilen Akım Değerleri..... | 125 |
| 4.3.2. 1989-2007 Yılları Arası Pınarbaşı Havzası Simülasyon Sonuçları..... | 125 |
| 4.3.3. 1989-2007 Yılları Arası Pınarbaşı Havzası Hassaslık Analizi Sonuçları..... | 127 |
| 4.3.4. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları için Yağış ve Akışın Modellenmesi..... | 127 |
| 4.4. Toprak Nemi Tahmini Model Sonuçları..... | 130 |
| 4.4.1. 2012 Yılı Ölçülen ve Tahmin Edilen Toprak Nemi Değerleri..... | 130 |
| 4.4.2. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları için Toprak Neminin Modellenmesi..... | 138 |

| | |
|--|------------|
| 4.5. Verim Tahmini Sonuçları..... | 153 |
| 4.5.1. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları ETo Sonuçları..... | 153 |
| 4.5.2. 2012 Yılı Ölçülen ve Tahmin Edilen Verim Değerleri..... | 154 |
| 4.5.3. Ayçiçek Veriminin 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları için Simülasyonu..... | 154 |
| 4.5.4. Buğday Veriminin 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları için Simülasyonu..... | 157 |
| 5. SONUÇ ve ÖNERİLER..... | 165 |
| KAYNAKLAR..... | 170 |
| EKLER..... | 179 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 210 |

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|------------------------|--|
| ppm | : Milyonda bir kısım |
| ppb | : Milyarda bir kısım |
| CN | : Yüzey akış eğri numarası |
| CNI | : Kuru topraklardaki hidrolojik toprak örtü numarası |
| SMX | : Kuru şartlar altında maksimum yağış tutulması (mm) |
| TWC | : Toprağın toplam su kapasitesi (mm) |
| AW | : Toprak profilindeki mevcut su miktarı (mm) |
| RUNOFF | : Günlük yüzey akım (mm) |
| RAINFALL | : Günlük yağış değeri (mm) |
| IRA | : Başlangıç yağış tutulması (mm) |
| S | : Yağış tutulması (mm) |
| IRAC | : Başlangıçtaki yağış tutulma katsayısı (0–1) |
| INFIL | : Günlük toprak infiltrasyonu (mm) |
| INTCP | : Günlük yüzey/vejetatif tutulma (mm) |
| MONTEMP _{I,K} | : Ortalama aylık sıcaklık (°C) |
| CK _I | : Aylık bitki su tüketim katsayısı |
| CP _I | : Aylık güneşli saatler yüzdesi |
| DPET _{I,K} | : Toprakta günlük potansiyel evapotranspirasyon (mm) |
| MPET _{I,K} | : Toprakta aylık potansiyel evapotranspirasyon (mm) |
| ZZ _I | : Ay içindeki günlerin sayısı |
| AWP | : Topraktaki elverişli su yüzdesi |
| AWC | : Toprak profilinin elverişli su tutma kapasitesi (mm) |
| F | : Evapotranspirasyon katsayısı |
| AET | : Gerçek günlük toprak evapotranspirasyonu (mm) |
| PERC | : Günlük toprak perkolasyonu (mm) |
| PERCCOEF | : Perkolasyon katsayısı (0–1) |
| BSFL | : Yüzey altı akım/yeraltı suyu depolamasından günlük taban akım (mm) |
| IGS _{J-1} | : Bir önceki gündeki depolamadaki mevcut su miktarı (mm) |
| TRUNOFF | : Toplam günlük yüzey akım (mm) |
| θ | : Toprağın volumetrik su içeriği (cm ³ cm ⁻³) |
| t | : Zaman (gün) |

| | |
|--------------------------------|--|
| K, | : Toprağın hidrolik iletkenliği (cm gün ⁻¹) |
| h | : Toprak suyu basınç yüksekliği (cm) |
| z | : Toprak profilindeki herhangi bir derinlik (cm) |
| S _a | : Bitki kökleri tarafından toprak su çekme oranı (cm ³ cm ⁻³ gün ⁻¹) |
| S _d | : Toprakta doymuş bölgede drenaj deşarjından alınan su (gün ⁻¹) |
| S _m | : Toprakta makrapor değişim oranı (gün ⁻¹) |
| ET _o | : Referans evapotranspirasyon (mm gün ⁻¹) |
| R _n | : Net radyasyon (Mj m ⁻² gün ⁻¹) |
| G | : Toprağın ısı iletkenliği (Mj m ⁻² gün ⁻¹) |
| T | : 2 m yükseklikteki hava sıcaklığı (°C) |
| U ₂ | : 2 m yükseklikteki rüzgâr hızı (m s ⁻¹) |
| e _s | : Havanın doymuş buhar basıncı (kPa) |
| e _a | : Gerçek buhar basıncı (kPa) |
| e _s -e _a | : Buhar basınç açığı (kPa) |
| Δ | : Buhar basınç eğimi (kPa °C ⁻¹) |
| γ | : Psikometrik sabite (kPa °C ⁻¹) |
| Y _x | : Maksimum verimi (t ha ⁻¹) |
| Y _a | : Gerçek verimi (t ha ⁻¹) |
| k _y | : Bağlı verim kaybının bağlı evapotranspirasyona olan oranı |
| ET _x | : Maksimum evapotranspirasyon (mm gün ⁻¹) |
| ET _a | : Gerçek evapotranspirasyon (mm gün ⁻¹) |
| B | : Biyokütle (ton ha ⁻¹) |
| WP | : Su verimlilik parametresi (g m ⁻²) |
| Tr | : Bitkiden olan terleme (mm) |
| Y | : Verim (ton ha ⁻¹) |
| HI | : Hasat indeksi (%) |
| GD | : Büyüme derecesi (Growing degree) |
| B | : Biçim katsayısı |
| L | : Ana akarsu kolu uzunluğu (km) |
| A | : Havza alanı (km ²) |
| K | : Gravelius katsayısı |
| P | : Havza çevresi (km) |
| Ç | : Havza ile aynı alana sahip daire çevresi (km) |

| | |
|------------------|--|
| S | : Schumm katsayısı |
| R | : Havza ile aynı alana sahip daire çapı (km) |
| L | : Ana akarsu kolu uzunluğu (km) |
| L _a | : Dikdörtgenin uzunluğu (km) |
| L _b | : Dikdörtgenin genişliği (km) |
| D _o | : Dairesellik oranı |
| A _ç | : Havza ile aynı çevre uzunluğuna sahip daire alanı (km ²) |
| S _h | : Havza ortalama eğimi (%) |
| d | : İki eş yükselti eğrisi arasındaki kot farkı (km) |
| M | : Havza sınırı içinde kalan eş yükselti eğrilerinin toplam uzunluğu (km) |
| h _{max} | : Havza maksimum yüksekliği (m) |
| h _{min} | : Havza minimum yüksekliği (m) |
| r | : Havza röliyefi (m) |
| r _n | : Havza nisbi röliyefi (m) |
| r, | : Korelasyon katsayısı |
| n | : Toplam gözlem sayısı |
| x _i | : Ölçülen değer |
| y _i | : Tahmin edilen değer |
| x _{ort} | : Ölçülen değerlerin ortalaması |
| y _{ort} | : Tahmin edilen değerlerin ortalaması |
| RE | : Mutlak sapma |
| RMSE | : Standart hata |
| NSME | : Nash-Sutcliffe model etkinlik katsayısı |
| NRMSE | : Normalize edilmiş standart hata |
| ME | : Model etkinlik katsayısı |
| CC _o | : Filizlenmenin %90'ının tamamlandığı zamandaki bitki örtüsü (m ² m ⁻²) |
| CGC | : Bitki gelişim katsayısı |
| CDC | : Bitki zayıflama katsayısı |
| BDG | : Büyüme derece gün |
| Kcb | : Bitkiden olan terleme katsayısı |
| Ke | : Nemli toprak yüzeyinden olan buharlaşma katsayısı |
| PWP | : Solma noktası (%) |
| FC | : Tarla kapasitesi (%) |

| | |
|---------------------------|---|
| SAT | : Doygunluk yüzdesi (%) |
| TAW | : Kök bölgesindeki toplam kullanılabilir su miktarı (mm m^{-1}) |
| Ksat | : Doymuş hidrolik iletkenlik (mm gün^{-1}) |
| tau | : Drenaj katsayısı |
| REW | : Kolayca buharlaşan su değeri |
| θ_{FC} | : Tarla kapasitesindeki birim hacimde bulunan su miktarı ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) |
| $\theta_{\text{air dry}}$ | : Kuru havada birim hacimde bulunan su miktarı ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) |
| $Z_{e,\text{surf}}$ | : Buharlaşmanın olduğu toprak yüzeyinin kalınlığı (m) |
| θ_{PWP} | : Solma Noktasındaki toprak su içeriği ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) |
| θ_{res} | : Kalıcı nem içeriği ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) |
| θ_{sat} | : Doygun nem içeriği ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) |
| α | : Ana kuruma eğrisi alfa katsayısı |
| LAI | : Yaprak alan indeksi |

KISALTMALAR

| | |
|------------|---|
| IPCC | : Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli |
| ICCAP | : Impact of Climatic Change on Agricultural Production in Arid Areas (Kurak Alanlarda İklim Değişiminin Tarımsal Üretime Etkisi) |
| GAP | : Güneydoğu Anadolu Projesi |
| PRECIS | : Providing Regional Climates for Impacts Studies (Etkilerin Çalışılabilmesi için Bölgesel İklim Değişikliğinin Sağlanması) |
| RIHN | : Research Institute for Humanity and Nature (İnsan ve Doğa Araştırma Enstitüsü) |
| SRES | : Emisyon Senaryoları Özel Raporu |
| SWAP | : Soil Water Atmosphere Plant (Toprak Su Atmosfer Bitki) |
| SWMHMS | : Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System (Küçük Havza Aylık Hidrolojik Modelleme Sistemi) |
| TÜİK | : Türkiye İstatistik Kurumu |
| TÜMAS | : Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi |
| HCFC | : Hidrokloroflorokarbon |
| TÜBİTAK | : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu |
| UNFCCC | : United Nations Framework Convention on Climate Change (İklim Değişikliği Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi) |
| TERCH-RAMS | : Terrestrial Environment Research Center- Regional Atmospheric Modeling System (Karasal Çevre Araştırma Merkezi-Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi) |
| RegCM3 | : Third-Generation Regional Climate Model (Üçüncü Nesil Bölgesel İklim Modeli) |
| HSPF | : Hydrologic Simulation Program-Fortran (Hidrolojik Simülasyon Programı-Fortran) |
| GCM | : General Circulation Model (Genel Sirkülasyon Modeli) |
| KAMAG | : Kamu Araştırmaları Destek Grubu |
| ARMA | : Autoregression and Moving Average (Oto regresyon ve Hareketli Ortalama) |
| HEC-HMS | : Hydrologic Modeling System (Hidrolojik Modelleme Sistemi) |

| | |
|----------|--|
| PRMS | : The Precipitation-Runoff Modeling System (Yağış-Akış Modelleme Sistemi) |
| EPIC | : The Environmental Policy Integrated Climate (Entegre İklim Çevre Politikası) |
| APEX | : The Agricultural Policy/Environmental Extender Model (Tarım Politikası/Çevre Extender Modeli) |
| AGNPS | : An Agricultural Nonpoint Source Model (Tarımsal Yaygın Kaynak Modeli) |
| CREAMS | : Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems (Kimyasallar, Akış, Erozyon ve Tarımsal Yönetim Sistemleri) |
| SWRRB | : Simulator for Water Resources in Rural Basins (Kırsal Havzalarında Su Kaynakları için Simülâtör) |
| GLEAMS | : Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems (Tarımsal Yönetim Sistemlerinin Yeraltı Suyuna Etkileri) |
| WMS | : Watershed Modelling System (Havza Modelleme Sistemi) |
| ANSWERS | : Areal Nonpoint Source Watershed Environmental Simulation (Alansal Yaygın Kaynak Havza Çevre Simülasyonu) |
| TDR | : Time-Domain Reflectometer (Zaman-Mekan Reflektometresi) |
| WaSiM | : The Water Balance-Simulation Model (Su Dengesi-Simülasyon Modeli) |
| SWAT | : The Soil Water Assessment Tool (Toprak Su Değerlendirme Aracı) |
| MNM | : Modified Newhall Model (Modifiye Edilmiş Newhall Model) |
| NSM | : The Newhall Simulation Model (Newhall Simülasyon Modeli) |
| CERES | : Crop Environment Resource Synthesis (Bitki Çevre Kaynak Sentezi) |
| DSSAT | : Decision Support System for Agrotechnology Transfer (Tarım Teknolojileri Transferi için Karar Destek Sistemi) |
| SIMWASER | : Simulation Von Wasser und Ertrag (Su ve Verim Simülasyonu) |
| CropSyst | : Cropping Systems Simulation Model (Bitki Sistemleri Simülasyon Modeli) |
| WOFOST | : World Food Studies (Dünya Gıda Çalışmaları) |
| CRU | : Climatic Research Unit (İklim Araştırma Birimi) |
| CBS | : Coğrafi Bilgi Sistemi |
| TIN | : Düzensiz Üçgenler Ağı (Triangulated Irregular Network) |

| | |
|---------|---|
| SYM | : Sayısal Yükseklik Modeli |
| BTG | : Büyük Toprak Grupları |
| ERZ | : Erozyon Dereceleri |
| AKK | : Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması |
| SQR | : Karelerinin Farklarının Toplamı (Sum of Squared Differences) |
| ABS | : Mutlak Değerlerinin Farklarının Toplamı (Sum of Absolute Difference) |
| PET | : Potansiyel evapotranspirasyon |
| AET | : Gerçek toprak buharlaşması |
| MINF | : Toprak infiltrasyonu |
| MBSFL | : Taban akım |
| MINT | : Yüzey ve vejetatif tutulma |
| PRDFLOW | : Tahmin edilen aylık ortalama akım |
| FAO | : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of United Nations) |
| RETC | : Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils (Doymamış Toprakların Hidrolik Fonksiyonlarını Ölçmek için Kod) |
| PTF | : Pedo-Transfer Functions (Pedo-Transfer Fonksiyonlar) |
| SOILPAR | : Soil Parameters Estimate (Toprak Parametrelerinin Tahmini) |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa No |
|--|---------------------|
| Şekil 1.1. 0-2005 yılları için sera gazı konsantrasyonları (ton CO ₂ eşd./kişi) (Forster ve ark. 2007, Blasting 2008)..... | 8 |
| Şekil 3.1. Pınarbaşı Havzası'nın konumu | 33 |
| Şekil 3.2. SWMHMS Model akış diyagramı (Allred ve Haan 1996)..... | 40 |
| Şekil 3.3. SWAP Model etki alanı ve taşınım süreçleri (Kroes ve ark. 2008)..... | 47 |
| Şekil 3.4. Eşitlik 3.21.'in şematik gösterimi (Raes ve ark. 2009a)..... | 52 |
| Şekil 3.5. AquaCrop Model akış şeması (Raes ve ark. 2009a)..... | 53 |
| Şekil 3.6. SWAP Model örnek meteoroloji veri dosyası..... | 68 |
| Şekil 3.7. ETo Calculator açılış penceresi..... | 75 |
| Şekil 3.8. İklim verilerinin Excel dosyasından not defterine dönüştürülmesi..... | 75 |
| Şekil 3.9. Veri alma ekranı (Data import menu)..... | 76 |
| Şekil 3.10. Meteoroloji istasyonu ekranı (Climatic station)..... | 77 |
| Şekil 3.11. Meteorolojik veri ekranı (Meteorological data)..... | 77 |
| Şekil 3.12. İklim parametreleri ekranı (Climatic parameters)..... | 78 |
| Şekil 3.13. Veri aralıkları güncelleme ekranı (Update data range)..... | 79 |
| Şekil 3.14. Ana menü ekranı (Main menu)..... | 79 |
| Şekil 3.15. Giriş verileri tanımlama ekranı (Input data description)..... | 80 |
| Şekil 3.16. 2010 yılı hesaplanmış ETo değerlerinin görüntülenmesi..... | 81 |
| Şekil 3.17. 2012 yılı hesaplanmış ETo değerlerinin grafik olarak görüntülenmesi. | 81 |
| Şekil 3.18. Sonuç çıkarma ekranı (Export results)..... | 82 |
| Şekil 3.19. CorluETo.REP dosyasının ekranda görüntülenmesi..... | 83 |
| Şekil 3.20. CorluETo.ET0 dosyasının ekranda görüntülenmesi..... | 83 |
| Şekil 3.21. CorluETo.TMP dosyasının ekranda görüntülenmesi..... | 84 |
| Şekil 3.22. AquaCrop Model 4.0 açılış ekranı görüntüsü..... | 85 |
| Şekil 3.23. Ana menü ekranı (main menü)..... | 86 |
| Şekil 3.24. İklim verileri tanımlama ekranı (Climatic data description)..... | 86 |
| Şekil 3.25. 2010-2012 yılları arası günlük yağış (mm) değerleri..... | 87 |
| Şekil 3.26. 2010-2012 yılları arası ETo (mm) değerleri..... | 87 |
| Şekil 3.27. 2010-2012 yılları arası maksimum ve minimum sıcaklık (°C) değerleri..... | 88 |
| Şekil 3.28. IPCC:SRES A2 senaryosu yıllık atmosferik CO ₂ konsantrasyon (ppm) değerleri..... | 88 |

| | |
|--|-----|
| Şekil 3.29. Bitki dosyası oluşturulması ekranı (Create crop file)..... | 90 |
| Şekil 3.30. Bitki parametreleri ekranı (Display crop parameters)..... | 90 |
| Şekil 3.31. Başlangıç bitki örtüsü ekran (Initial canopy cover)..... | 91 |
| Şekil 3.32. Bitki yoğunluğu tahmin ekranı (Estimate plant density)..... | 92 |
| Şekil 3.33. Bitki örtüsünün gelişimi ekranı (Canopy development)..... | 93 |
| Şekil 3.34. Çiçeklenme ve verim formasyonu ekranı (Flowering and yield formation)..... | 93 |
| Şekil 3.35. Kök derinliği ekranı (Root deepening)..... | 94 |
| Şekil 3.36. Sıcaklıklar ekranı (Temperatures)..... | 95 |
| Şekil 3.37. Toprak su stresi ekranı (Soil Water Stresses)..... | 97 |
| Şekil 3.38. Toprak profili oluşturma ekranı (Create soil profile file)..... | 99 |
| Şekil 3.39. Toprak katmanlarının karakteristikleri ekranı (Characteristics of soil horizons)..... | 99 |
| Şekil 3.40. Toprak yüzeyi ekranı (Soil surface)..... | 101 |
| Şekil 4.1. Araştırma alanı eş yükselti eğrileri..... | 103 |
| Şekil 4.2. Pınarbaşı Havzası TIN arazi modeli..... | 104 |
| Şekil 4.3. Alt havzalara ait TIN arazi modeli..... | 105 |
| Şekil 4.4. Pınarbaşı Havzası SYM..... | 106 |
| Şekil 4.5. Alt havzalar SYM..... | 107 |
| Şekil 4.6. Pınarbaşı Havzası eğim haritası..... | 109 |
| Şekil 4.7. Pınarbaşı Havzası bakı haritası..... | 110 |
| Şekil 4.8. Pınarbaşı Havzası'nın üç boyutlu görüntüsü..... | 111 |
| Şekil 4.9. Konusal haritaların üç boyutlu görüntüsü..... | 111 |
| Şekil 4.10. Pınarbaşı Havzası ve alt havzalar Güney-Batı/Kuzey-Doğu arazi profilleri..... | 112 |
| Şekil 4.11. Pınarbaşı Havzası BTG sınıflandırması..... | 115 |
| Şekil 4.12. Pınarbaşı Havzası erozyon dereceleri sınıflandırması..... | 116 |
| Şekil 4.13. Pınarbaşı Havzası arazi kullanım kabiliyet sınıflandırması..... | 118 |
| Şekil 4.14. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli minimum sıcaklık (°C) değerleri..... | 120 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 4.15. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli maksimum sıcaklık (°C) değerleri..... | 120 |
| Şekil 4.16. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ortalama sıcaklık (°C) değerleri..... | 121 |
| Şekil 4.17. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli yağış (mm) değerleri..... | 121 |
| Şekil 4.18. 1989-2007 yılları arası ölçülen ve tahmin edilen aylık ortalama akımlar | 126 |
| Şekil 4.19. 19 yıllık ölçülen ve tahmin edilen akım değerlerinin aylar bazında dağılımı..... | 126 |
| Şekil 4.20. Pınarbaşı Havzası 2016-2025 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama yağış değerleri (mm)..... | 131 |
| Şekil 4.21. Pınarbaşı Havzası 2046-2055 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama yağış değerleri (mm)..... | 131 |
| Şekil 4.22. Pınarbaşı Havzası 2076-2085 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama yağış değerleri (mm)..... | 132 |
| Şekil 4.23. Pınarbaşı Havzası 2016-2025 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama akım değerleri (mm)..... | 132 |
| Şekil 4.24. Pınarbaşı Havzası 2046-2055 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama akım değerleri (mm)..... | 133 |
| Şekil 4.25. Pınarbaşı Havzası 2076-2085 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama akım değerleri (mm)..... | 133 |
| Şekil 4.26. Pınarbaşı Havzası 2016-2025 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)..... | 134 |
| Şekil 4.27. Pınarbaşı Havzası 2046-2055 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)..... | 134 |
| Şekil 4.28. Pınarbaşı Havzası 2076-2085 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)..... | 135 |
| Şekil 4.29. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 yılı ölçülen toprak nemi değerleri ile model sonuçlarının karşılaştırılması..... | 136 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 4.30. Akıncılar buğday tarlası 2012 yılı ölçülen toprak nemi değerleri ile model sonuçlarının karşılaştırılması | 137 |
| Şekil 4.31. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 140 |
| Şekil 4.32. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 140 |
| Şekil 4.33. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 141 |
| Şekil 4.34. Sofular ayçiçek tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 141 |
| Şekil 4.35. Sofular ayçiçek tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 142 |
| Şekil 4.36. Sofular ayçiçek tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 142 |
| Şekil 4.37. Çövenli ayçiçek tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 143 |
| Şekil 4.38. Çövenli ayçiçek tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 143 |
| Şekil 4.39. Çövenli ayçiçek tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 144 |
| Şekil 4.40. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 144 |
| Şekil 4.41. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 145 |
| Şekil 4.42. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 145 |
| Şekil 4.43. Sofular buğday tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 146 |
| Şekil 4.44. Sofular buğday tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 146 |
| Şekil 4.45. Sofular buğday tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 147 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 4.46. Çövenli buğday tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 147 |
| Şekil 4.47. Çövenli buğday tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 148 |
| Şekil 4.48. Çövenli buğday tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri..... | 148 |
| Şekil 4. 49. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2025 yılları toprak nemi değerleri... | 150 |
| Şekil 4.50. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2055 yılları toprak nemi değerleri... | 150 |
| Şekil 4.51. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2085 yılları toprak nemi değerleri... | 151 |
| Şekil 4.52. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2025 yılları toprak nemi değerleri... | 151 |
| Şekil 4.53. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2055 yılları toprak nemi değerleri... | 152 |
| Şekil 4.54. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2085 yılları toprak nemi değerleri... | 152 |
| Şekil 4.55. Pınarbaşı Havzası 2012 yılı ETo (mm gün ⁻¹) değerleri..... | 155 |
| Şekil 4.56. Pınarbaşı Havzası 2016-2025 yılları arası ETo (mm gün ⁻¹) değerleri... | 155 |
| Şekil 4.57. Pınarbaşı Havzası 2046-2055 yılları arası ETo (mm gün ⁻¹) değerleri... | 156 |
| Şekil 4.58. Pınarbaşı Havzası 2076-2085 yılları arası ETo (mm gün ⁻¹) değerleri... | 156 |
| Şekil 4.59. Akıncılar alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da ⁻¹), yağış (mm yıl ⁻¹), ETo (mm yıl ⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri..... | 159 |
| Şekil 4.60. Sofular alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da ⁻¹), yağış (mm yıl ⁻¹), ETo (mm yıl ⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri..... | 159 |
| Şekil 4.61. Çövenli alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da ⁻¹), yağış (mm yıl ⁻¹), ETo (mm yıl ⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri..... | 160 |
| Şekil 4.62. Akıncılar alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da ⁻¹), yağış (mm yıl ⁻¹), ETo (mm yıl ⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri..... | 163 |
| Şekil 4.63. Sofular alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da ⁻¹), yağış (mm yıl ⁻¹), ETo (mm yıl ⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri..... | 163 |

Şekil 4.64. Çövenli alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da^{-1}), yağış (mm yıl^{-1}), ETo (mm yıl^{-1}) ve sıcaklık (GD) değerleri..... 164

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa No |
|---|---------------------|
| Çizelge 3.1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları (1970–2011)..... | 35 |
| Çizelge 3.2. Araştırma alanındaki toprakların bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri..... | 36 |
| Çizelge 3.3. Aylık bitki su tüketim katsayıları (k_c) ve aylık güneşlenme oranları (P)..... | 64 |
| Çizelge 3.4. CN değerleri (Raes ve ark. 2009b)..... | 100 |
| Çizelge 4.1. Pınarbaşı Havzası eğim derecesi alan ve yüzde değerleri | 108 |
| Çizelge 4.2. Pınarbaşı Havzası havza ve akarsu karakteristikleri..... | 113 |
| Çizelge 4.3. Pınarbaşı Havzası büyük toprak grupları alan ve yüzde değerleri..... | 114 |
| Çizelge 4.4. Pınarbaşı Havzası arazi kullanım kabiliyet sınıfları alan ve yüzde değerleri..... | 117 |
| Çizelge 4.5. 1970-1990 yılları Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ortalama sıcaklıklarının ($^{\circ}\text{C}$) karşılaştırılması..... | 122 |
| Çizelge 4.6. 1970-1990 yılları Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli aylık ortalama yağışın (mm) karşılaştırılması..... | 123 |
| Çizelge 4.7. Hassaslık Analizi Katsayıları..... | 127 |
| Çizelge 4.8. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları SWMHMS Model sonuçları..... | 127 |
| Çizelge 4.9. 2012 yılı ve gelecek yıllar ortalama toprak nemi değerleri..... | 139 |
| Çizelge 4.10. 2012 yılı ile 2025, 2055 ve 2085 yılları ortalama toprak nemi değerleri..... | 149 |
| Çizelge 4.11. Ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri..... | 154 |
| Çizelge 4.12. Gelecek yıllar ayçiçek ortalama verim, yağış ve sıcaklık değerleri ile 2012 yılından sapma miktarları..... | 158 |
| Çizelge 4.13. Gelecek yıllar buğday ortalama verim, yağış ve sıcaklık değerleri ile 2012 yılından sapma miktarları..... | 158 |

1. GİRİŞ

Su, yüzyıllar boyunca tüm medeniyetler için çok önemli bir doğal kaynak olmuş, bütün büyük uygarlıklar su kenarında kurulmuştur. Teknolojinin ilerlemesi ile sudan faydalanma şekil ve oranlarının artması, su kaynaklarının içme-kullanma, sulama suyu, enerji üretimi gibi pek çok amaç için geliştirilebilmesi, ülkelerin ekonomik kalkınmasında suyun vazgeçilmez bir yer edinmesinde büyük rol oynamıştır (Akkaya ve ark. 2006).

Yerküresindeki $1,384 \times 10^9$ km³ suyun, % 97,39'unu deniz ve okyanuslar, % 2,01'ini kutup buzulları ve % 0,60'ını da başta yeraltı suları olmak üzere göller ve akarsular gibi tatlı su kaynakları oluşturmaktadır (Postel 2000). Her yıl karalar üzerine düşen 110 bin km³ suyun 70 bin km³'ü buharlaşma ile kaybolmakta, 26 bin km³'ü ise sel olarak denizlere dökülmektedir. Geriye kalan 14 bin km³ su, kullanılabilir su miktarı olup, bunun da önemli bir kısmı sulak alanların, deltaların, göllerin ve nehirlerin korunması ve su kalitesinin muhafaza edilmesi için doğal akışa bırakılmalıdır (Postel 2000). Kişi başına ortalama olarak yaklaşık 8000 m³ su düşmektedir. Bu ortalama dikkate alındığında, insanlığın suya olan talebi, henüz her yıl yenilenebilen miktarın çok altında görülmektedir. Ancak bu bir yanılgıdır çünkü zaman ve yer açısından eşit bir su dağılımı söz konusu değildir (Konukcu ve ark. 2007).

İklim değişikliğinin su kaynaklarına, tarıma, ormanlara, insan sağlığına, kıyı alanlarına, deniz ve sahil çevresine, kara ve deniz ekosistemlerine, deniz seviyesi yükselmesine, v.b. olmak üzere birçok etkisi bulunmaktadır. Özellikle küresel ısınma sonucu, su kaynaklarında azalma, orman yangınları ve kuraklık ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar olacağı öngörülmektedir. Akarsu havzalarındaki yıllık akımlarda meydana gelecek azalma sonucunda kentlerde su sıkıntıları başlayacak; tarımsal ve kentsel su gereksinimi artacaktır. İklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarındaki azalma, tarımsal üretim üzerinde olumsuz etki yapacaktır. Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak, yıllık ortalama sıcaklığın artması, çölleşmeyi, tuzlanmayı ve erozyonu arttıracaktır. Mevsimlik kar ve kar örtüsünün kapladığı alan azalacak, karla örtülü dönem kısıllacaktır. Kar erimesinden kaynaklanan akış zamanı ve hacmindeki değişiklik, su kaynakları, tarım, ulaştırma ve enerji sektörlerini olumsuz etkileyecektir. Bunlara ek olarak, küresel ısınma, buzulların erimesi, deniz düzeyinin yükselmesi, iklim kuşaklarının kayması gibi değişikliklere de neden olacaktır (Türkeş ve ark. 2000).

Yıllardan beri bilinen ve tartışılan iklim değışikliği günümüzde en büyük tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel ısınmanın önemli oranda insan kaynaklı sera gazları tarafından gerçekteğiği, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) son toplantısında da tartışmalara yer bırakmayacak şekilde vurgulanmıştır. Türkiye ise bugüne kadar insan kaynaklı iklim değışikliği ile ilgili çalışmalarını küresel ölçekte incelemiş, bunların ülkemiz coğrafyasına etkilerini değerlendirmede ise yetersiz kalmıştır. İklim değışikliği senaryolarının küresel ölçekte iklim modelleri yoluyla bölgesel ölçeye indirgenmesi ve sonuçlarının incelenmesi, ülkemizin, enerji, tarım ve su kaynakları yönetimi gibi alanlardaki gelecekle ilgili planlamalarını yakından ilgilendirmektedir (Önol ve ark. 2009).

İklim değışikliğinden birçok sektörün etkileneceği tahmin edilmektedir. Dolayısı ile iklim değışikliğinin sektörler üzerine etkilerini azaltmak ve önlemek için yerel, bölgesel, ulusal veya uluslar arası düzeyde çalışmalar yapılması gerekmektedir. Her sektör, bölgesel bazda alması gereken önlemleri bilmek ve gerekenleri yapmak zorundadır.

İklim değışikliğinin etkilerini azaltmak amacıyla küresel, bölgesel ve yerel ölçekte çalışmalar yapılmaktadır. İklim değışikliği ile ilgili olarak yapılan çalışmalar, Türkiye’de çok sınırlı olup, henüz Trakya Bölgesi üzerinde yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Trakya Bölgesi için kullanılabilir su varlığı 4 km³ olup, bunun 2,9 km³’ü yerüstü, 0,7 km³’ü dış kaynaklı (Meriç nehri) ve 0,4 km³’ü ise yer altı suyudur. Türkiye’de kişi başına düşen su miktarı 1600 m³, Trakya Bölgesi’nde ise 500 m³’tür. Dünya’da ise 8000 m³’dür. Dünya su konseyine göre kişi başına düşen yıllık su miktarı 1000-2000 m³ arasında olan ülkeler “su sıkıntısıyla karşı karşıya olan ülkeler” olarak tanımlanmıştır. Bu durumda susuzluk gıda üretimi, ekonomik gelişme ve doğal hayatın korunması hususunda ciddi sorunların yaşanacağı anlamına gelmektedir. Günümüz Türkiye’sinde uygulamada toplam 40 km³ su kullanıldığı dikkate alınırsa kişi başına tüketilen su miktarı 550 m³ olmaktadır. Oysa bu rakam Trakya Bölgesi’nde tüm su kaynaklarının kullanılması halinde elde edilen rakamdan bile yüksektir. Ancak Trakya Bölgesi’ndeki bu su yetersizliği bölge tarım alanlarının sulanmaması yani çok su kullanan tarım sektörünün devre dışı kalması nedeni ile fark edilmemektedir (İstanbuluoğlu ve ark. 2007). Trakya Bölgesi’nin ekonomik olarak sulanabilir nitelikteki tarım topraklarının bir kısmının bile sulanması, artan sanayileşme ve şehirleşme ile kirlenen su kaynakları ve bölgede yer alan İstanbul kentinin 1 km³’ü aşan bugünkü su ihtiyacının 2030 yılında 3 km³ olacağı hesaplanmaktadır (Konukcu ve ark. 2004), (Albut ve ark. 2007). Yine bölgenin sulanabilir alanlarının tümünün sulanması halinde 8,5 km³ suya ihtiyacı vardır (İstanbuluoğlu ve ark. 2005). Yapılan bu çalışmalar gelecekte bölgede büyük bir su krizi ile karşılaşılacağını göstermektedir.

Tarım açısından önemli bir bölge olan Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin su kaynaklarına, tarıma ve tarımsal üretimde direk etkiye sahip olan toprak nemi üzerine etkisi tespit edilebilirse, bu etkilere dayanarak tarım sektörü içinde verim tahminlerine kadar gidilebilecektir. Bu güne kadar bu bölgede iklim değişikliğinin su kaynaklarına, tarıma ve verime etkisi modellenmemiştir. Bu çalışmanın genel amacı Trakya Bölgesi'nde pilot bölge olarak seçilen Çorlu Pınarbaşı Havzasında olası iklim değişikliği, iklim değişikliğinin su kaynaklarına, toprak nemine ve dolayısı ile tarımsal üretime olan etkisini modellenmektir. Araştırmanın hedefleri ise şunlardır:

- Çorlu Pınarbaşı Havzasının karakteristikleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında modellenecektir.
- “Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları” projesinin RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen referans (1961-1990) verilerinin, 1970-1990 yılları için araştırma alanından ölçülen sıcaklık ve yağış verileri ile uyumu değerlendirilecek ve araştırma alanında 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları A2 SRES senaryosu çıktılarının sıcaklık ve yağış değişimleri tahmin edilecektir.
- İklim değişikliğinin yüzey su kaynakları üzerine etkisini belirlemek (yağış akış ilişkisi) amacı ile araştırma alanında 1989-2007 yılları arası ölçülen ve modellenen akım verileri karşılaştırılarak SWMHMS Modeli ile kalibre edilecek, daha sonra 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için akım değerleri tahmin edilecektir.
- İklim değişikliğinin toprak nemine etkisini belirlemek için, 2012 yılı içinde ölçülen toprak profili nem değerleri ile SWAP Model ile modellenen nem değerleri kalibre edilecek daha sonra 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için toprak nem profili ayçiçeği ve buğday ekili alanlar için tahmin edilecektir.
- İklim değişikliğinin ayçiçeği ve buğday verimine olan etkisini belirlemek amacıyla 2012 yılı için ayçiçeği ve buğday tarlalarından elde edilen verim değerleri, AquaCrop Model ile modellenen verim değerleri kalibre edilecek, daha sonra RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen iklim verileri kullanılarak 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için verim değerleri tahmin edilecektir.

Elde edilen sonuçlara dayanarak, iklim değişikliğinin su kaynaklarına (yüzey sularına), bitkisel üretimde en önemli parametrelerden biri olan ve direkt bitki gelişimi ve verimini etkileyen toprak nemine ve tarımsal üretime yani verime etkileri değerlendirilerek yerel yönetimlere, araştırmacılara ve ileriye dönük karar vericilere veri sağlanacaktır. İklim değişikliğine karşı hassasiyetin azaltılması ile gelecek yıllara projeksiyon tutulacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. İklim ve İklim Değişikliği

İklim, “yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama durumu” olarak tanımlanmaktadır. İklim tanımı, aşırı olayları, sıklık dağılımlarını, olasılıkları ve değişkenliği de içermek zorundadır. Bu yüzden son yıllarda iklimi tanımlarken, “hava olaylarının ya da koşullarının ortalama durumu” yerine, “hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen sentezi” yaklaşımı seçilmektedir (Türkeş 1997). İklim değişikliği ise, “nedeni ne olursa olsun, iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler” biçiminde tanımlanmaktadır (Türkeş 1997). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change) “karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik” biçiminde tanımlanmıştır (Türkeş 2007).

İklim değişikliği, bugün Dünya’da karşılaştığımız küresel ölçekte en büyük çevre sorunlarından birisi olarak kabul edilmektedir. Bugün gelinen nokta itibariyle iklim değişikliği; fiziksel ve doğal çevre, şehir hayatı, kalkınma ve ekonomi, teknoloji, tarım ve gıda, temiz su ve sağlık olmak üzere hayatımızın her safhasını etkilemekte ve ülkelerin bu konularda çözüm çabalarını arttırmalarını zorunlu kılmaktadır. Ülkeler bu konuda ortak hareket edebilmek amacıyla, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ni geliştirmişlerdir. Sözleşme, ülkelerin 2000 yılına kadar olan yükümlülüklerini kapsamaktadır. Kyoto Protokolü ile 2008-2012 dönemi için yükümlülükler düzenlenmiştir. 2005 yılında başlayan ve 2009 yılında sonuçlandırılan süreçte, 2012 sonrası için iklim değişikliğiyle mücadele hedefleri belirlenmiştir (Anonim 2008a).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile sanayileşmiş ülkelerin sera gazı salımlarını stabilize etmeleri yönünde bağlayıcı olmayan bir yükümlülük tanımlamışken, Kyoto Protokolü sanayileşmiş ülke taraflarına bağlayıcı sera gazı salım sınırlama ve azaltım yükümlülükleri getirmiştir. 2008-2012 yılları arasını kapsayan ilk yükümlülük döneminde toplam sera gazı salımlarını 1990 yılının %5 altına indirmelerini öngören, toplu bir hedef veya tavan koymuştur. Sözleşmenin nihai amacı, atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir

düzeyde durdurmaktadır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi bir çerçeve sözleşme olarak genel kuralları, esasları ve yükümlülükleri tanımlamaktadır. Sözleşme, iklim sisteminin bütünlüğü, başta endüstri ve diğer sektörlerden kaynaklı karbondioksit ve öteki sera gazı salımlarından etkilenebilecek, ortak bir varlık olduğunu kabul etmektedir (Anonim 2014a). Türkiye, resmen 24 Mayıs 2004 tarihinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ve 26 Ağustos 2009 tarihinde de Kyoto Protokolü'ne taraf olmuştur.

Türkiye'deki iklim değişikliğine bakıldığında konum olarak Türkiye subtropikal kuşakta kıtaların batı bölümünde oluşan ve Akdeniz iklimi olarak adlandırılan bir büyük iklim bölgesinde yer almaktadır. Üç yanı denizlerle çevrili ve ortalama yüksekliği yaklaşık 1100 m olan Türkiye'de, birçok alt iklim tipi belirlemiştir. İklim tiplerindeki bu çeşitlilik, Türkiye'nin yıl boyunca, orta enlem/polar ve tropikal kuşaklardan kaynaklanan çeşitli basınç sistemleri ve hava tiplerinin etki alanına giren bir geçiş bölgesi üzerinde yer almasıyla bağlantılıdır. Buna, topografik özelliklerinin karmaşıklığı ve kısa mesafelerde değişme eğiliminde olması vb. fiziki coğrafya etmenleri de eklenebilir (Türkeş ve ark. 2000). Bu özellikleri nedeniyle, Türkiye'nin farklı bölgeleri iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik derecelerde etkilenecektir. Örneğin, sıcaklık artışından daha çok çölleşme tehdidi altında bulunan Güney Doğu ve İç Anadolu gibi, kurak ve yarı kurak bölgelerle, yeterli suya sahip olmayan yarı nemli Ege ve Akdeniz bölgeleri daha fazla etkilenmiş olacaktır (Öztürk 2002). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change) 4. Değerlendirme Raporu'nda, Akdeniz Havzası'nda genel sıcaklık artışının 1-2 °C'ye ulaşacağı, kuraklığın geniş bölgelerde hissedileceği ve özellikle iç kesimlerde sıcak hava dalgalarının ve aşırı sıcak günlerin sayısının artacağı ifade edilmektedir. Türkiye'de ise yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5 °C- 4 °C artacağı, Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde 4 °C'yi, iç bölgelerinde ise bu artışın 5 °C'yi bulacağı tahmin edilmektedir (IPCC 2007).

İklim değişikliği ile ilgili olarak Türkiye'de de bir takım çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan ilki ICCAP (Impact of Climatic Change on Agricultural Production in Arid Areas) projesidir. ICCAP, kurak alanlarda küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişiminin tarımsal üretim üzerine etkilerini araştıran, çok uluslu bir bilimsel projedir. Proje, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu)-Türkiye ile RIHN (Research Institute for Humanity and Nature)-Japonya tarafından 5 yıl süre ile (2002-2007) yürütülmüştür. Çalışmada, iklim ve tarımsal sistemler arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Proje iklim değişikliğinin Seyhan Havzası su kaynakları genelinde bir azalmaya neden olacağını ve yüzeysuyu kaynakları, kar depolaması ve yeraltısuyu potansiyelinde %30'a varan önemli

düşüşler gerçekleşeceğini göstermektedir. Diğer bir çalışma Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İklim Değişikliği Şube Müdürlüğü tarafından 2005-2006 yılları arasında yapılan “Türkiye'nin İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildiriminin Hazırlanması” adlı çalışmadır. İklim değişikliğine uyumun Türkiye'nin ulusal planlarına entegrasyonu, iklim değişikliği risklerinin yönetimi için kurumsal kapasitenin geliştirilmesi, Seyhan Nehri Havzası'nda toplum esaslı uyum kapasitesinin geliştirilmesi ve iklim değişikliğine uyumun Türkiye'deki Birleşmiş Milletler programlama çerçevesine entegrasyonu amacıyla 2008 yılında “Türkiye'nin İklim Değişikliğine Uyum Kapasitesinin Geliştirilmesi Projesi” başlatılmıştır (Anonim 2014b). Ekim 2008'de ise ülke önceliklerinin belirlenerek küresel çevre anlaşmalarına (iklim değişikliği, biyoçeşitliliğin korunması ve çölleşme ile mücadele) yönelik kapasite geliştirmek için “Küresel Çevre Anlaşmalarının Yönetiminde Ulusal Kapasitenin Değerlendirilmesi Projesi” ve 31.12.2008'de ise Türkiye'nin uluslararası iklim değişikliği müzakerelerine etkin katılımının sağlanması ve gönüllü karbon piyasalarında daha iyi deneyimler elde ederek Kyoto Protokolü'nün esneklik mekanizmalarından yararlanması yönünde kapasitenin geliştirilmesi amacı ile “İklim Değişikliği ile Mücadele İçin Kapasitelerin Artırılması Projesi” başlamıştır (Anonim 2014c). 2009 yılında “Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planının Geliştirilmesi Projesi, HCFC (Hidrokloroflorokarbon) Sonlandırma Yönetim Planının Hazırlanması Projesi, Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Bertarafı Projesi ve Kurumsal Kapasite Geliştirme Projesi” başlatılmıştır (Anonim 2014c). 2010 yılında ise “Köpük Sektörüne Yönelik Pilot Proje Uygulaması” ve ardından Türkiye'nin İklim Değişikliği İkinci Ulusal Bildiriminin Hazırlanması” adlı proje çalışması başlatılmıştır (Anonim 2014c). Ayrıca TÜBİTAK tarafından “İklim Değişikliğinin Baraj Haznelerinin Arz Güvenilirliklerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi” adlı araştırma projesi, “Merkezi Gerçek Zamanlı Nehir İzleme ve Kirlilik Kontrol Sistemi” ve “Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları” adlı TÜBİTAK KAMAG (Kamu Araştırmaları Destek Grubu) projeleri gerçekleştirilmiştir. Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları Projesi kapsamında, insan kökenli etkiler sonucu oluşmuş ve oluşacak iklim değişikliklerinin Türkiye ve bölgesine nasıl yansıtacağı araştırılmış, proje ile küresel iklim modelleriyle üretilen iklim projeksiyonlarının dinamik yöntemler yardımıyla ölçeklerinin küçültülmesi ve bu yolla, özellikle iklim değişikliğinin etkilerini ve iklim değişikliklerine uyum çalışmalarının temel girdisini oluşturacak uzaysal ayrıntılı bölgesel projeksiyonlar elde edilmiştir (Anonim 2014d).

İklim değişikliğinin etkileri tüm Dünya'da olduğu gibi Türkiye'de de şimdiden gözlenmektedir ve gelecekte de daha etkin bir şekilde hissedilecektir. Tüm ülkeler ortak

stratejiler belirleyip, uygulayarak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirebileceklerdir.

2.2. İklim Değişikliğinin Nedenleri

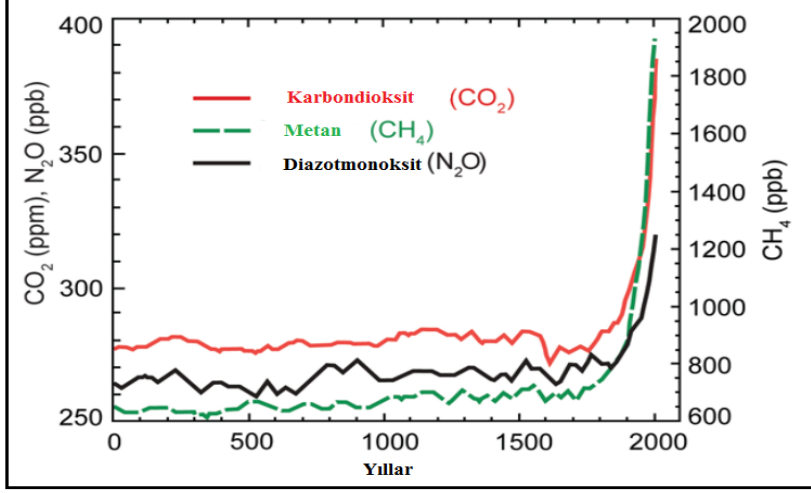
İklim, yerkürenin oluşumundan itibaren sürekli bir değişim eğilimi göstermiştir. Bu değişimin bir kısmı doğal etkiler sonucunda oluşabilmesine karşılık, 19. yüzyılın ortasında sanayi devriminden günümüze bu doğal değişime ek olarak insan etkilerinin de iklimi etkilediği yeni bir sürece girilmiştir. IPCC'nin yayınladığı 4. Değerlendirme Raporu ile bu gerçekler bilimsellik kazanmıştır. Son dönemdeki sıcaklık artışlarının sorumlusu olarak insan kaynaklı sera gazları gösterilmiştir (Topçu 2000).

Küresel ısınmaya sebep olan 35 çeşit gaz vardır. Ancak bu gazlardan 4 tanesi küresel ısınmaya doğrudan katkıda bulunurlar. Bunlar diazot oksit (N₂O), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), kloroflorokarbonlar (CFC)'dir. Küresel ısınmaya neden olan bu gazlar diğer bir kirletici olan partiküller ile birleşerek yapay bir atmosferik tabaka oluştururlar. Güneşin dünyamıza gönderdiği mor ötesi ışınlar yeryüzünü ısıtır ve bir kısmı kızıl ötesi ışınlar olarak geriye döner. Yeryüzünden yansıyan kızıl ötesi ışınları tutarak bitkileri yetiştirme amacı ile kullanılan seralar gibi işlev gören ve dünyada ısı artışına sebep olan atmosferik tabakanın sebep olduğu olay bu yüzden sera etkisi olarak adlandırılır (Topçu 2000).

Fosil ve biyokütle yakıtlarının kullanılması, insan kaynaklı sera gazı salımlarının en büyük kaynağını oluşturmaktadır. Çimento üretimi ile karbondioksit; tarımsal işlevler ve katı atık depolama sahaları ile metan gazı; gübre kullanımı ve naylon üretimi ile diazot monoksit; buzdolabı ile soğutucular ise florine gazı salmaktadır. Arazi kullanımındaki değişiklikler de iklim sistemini önemli ölçüde etkilemektedir. Tarım amaçlı kullanım için arazi açılması, koyu renkli yüzeyi genişleterek güneş radyasyonunun emilmesine neden olmaktadır. Ayrıca, çayır-meraların açılması, ormanların tahrip edilmesi, karbon yutak alanlarını azaltarak, salımları artırmaktadır. Enerji santrallerinin çalışması, orman yangınlarının ve anız yakılmasının sonucu ortaya çıkan dumanlardan üretilen sülfür ve kükürt dioksit gazı da iklimin değişmesini etkilemektedir. Çölleşme, atmosfere geçen toz miktarını artırdığından, güneşten gelen enerjiyi azaltarak, küresel ısınmayı yavaşlatmaktadır. Şehirleşme, şehir ısı adalarının, oluşmasına yol açarak sera etkisini kuvvetlendirmekte ve yerkürenin ısınmasına neden olmaktadır (Kapur 2010).

IPCC 4. Değerlendirme Raporuna göre; CO₂ konsantrasyonu, sanayi öncesi yaklaşık 280 ppm iken 2005 yılında 379 ppm düzeyine ulaşmıştır. Yıllık ortalama CO₂ artışına

bakıldığında 155 yılda (1850-2005 yılları arası) 0,65 ppm yıl⁻¹, son 10 yıldaki (1995-2005 yılları arası) artış ise 1,90 ppm yıl⁻¹ olmuştur. CH₄ konsantrasyonu sanayi öncesi (1850 yılı) yaklaşık 715 ppb iken 1990'lı yıllarda ortalama 1732 ppb, 2005 yılında ise 1774 ppb olmuştur. N₂O konsantrasyonu; sanayi öncesi (1850) yaklaşık 270 ppb iken 2005 yılında ise 319 ppb olmuştur (Şekil 1.1) (IPCC 2007).



Şekil 1.1. 0-2005 yılları için sera gazı konsantrasyonları (ton CO₂ eşd./kişi) (Forster ve ark. 2007, Blasting 2008)

Türkiye’de ise 1990-2011 sera gazı emisyon envanterine göre 2011 yılında toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 422,4 milyon ton olarak tahmin edilmiştir. 2011 yılı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %71 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %13 ile endüstriyel işlemler, %9 ile atık ve %7 ile tarımsal faaliyetler takip etmiştir. CO₂ eşdeğeri olarak 2011 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %124 artış göstermiştir. 1990 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3,42 ton/kişi olarak hesaplanırken, bu değer 2011 yılında 5,71 ton/kişi olarak hesaplanmıştır (TUİK 2013).

2.3. İklim Değişikliği Senaryoları

İklim değişikliğinin sonuçlarına hazırlıklı olunması ve olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için iklimde gözlenen değişikliklerin ve eğilimlerin gelecekte nasıl olacağını tahmin edilmesi ve bu değişikliklerin doğal ve insan sistemlerine etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Gözlenen ve geçmiş iklimi anlamak ve gelecekteki iklimi öngörmek için, iklim sisteminin bileşenlerinin, bunlar arasındaki etkileşimlerin ve geri beslemelerin matematiksel gösterimi olan modellerden yararlanılmaktadır. Modeller vasıtasıyla elde edilen geleceğe yönelik iklim öngörülerinde değişik senaryolar kullanılmaktadır. Bu senaryolar, IPCC tarafından hazırlanmıştır ve Emisyon Senaryoları Özel Raporu (SRES) olarak

yayımlanmıştır. Senaryolarda, gelecek için sera gazı emisyonları hesaplanırken, nüfus artışı, enerji kullanımı, ekonomiler, teknolojik gelişmeler, tarım ve arazi kullanımındaki değişiklikleri için değişik kabuller kullanılarak dört ana senaryo ailesi (A1, A2, B1 ve B2) ve bunlar da kendi içlerinde farklı senaryolara ayrıştırılarak 40 kadar senaryo üretilmiştir (Anonim 2013).

A1 senaryosu: IPCC (2007) raporunda bildirildiğine göre bu senaryo nüfus artışı ve ekonomik büyümenin devamı ile daha homojen ve küresel bir dünya kabulüne dayanmaktadır. Nüfus 2050 civarı en yüksek seviyesine ulaşacak (9 milyar insan) ve daha sonra giderek azalacaktır. Gelecekte daha etkin, gelişmiş ve yenilenmiş bir teknoloji söz konusudur. Dünya genelinde yoğun sosyal ve kültürel etkileşimler olacaktır. Bu senaryonun çıktısı olarak karbondioksit konsantrasyonunun 380 ppm'den (2000 yılı) 800 ppm'e ulaşacağı (2080 yılı) ve buna bağlı olarak sıcaklık artışı ortalamasının 21. yüzyıl sonlarına doğru 3 °C'nin üzerinde olacağını öngörülmektedir (Özkan 2010).

A2 senaryosu: Thuiller ve ark. (2005) göre bölgesel ekonomik gelişmeye dayanan yerel kimliklerin korunduğu heterojen bir dünya söz konusudur. Diğer senaryolara göre kişi başı ekonomik gelir ve teknolojik değişiklik yavaş seyredecektir. Nüfus artışı devam edecektir. 2000 yılında 380 ppm olan karbondioksit miktarı 2080 de 700 ppm değerine yükselecektir ve sıcaklık 2,8 °C artacaktır. IPCC (2007) raporunda sıcaklık artış öngörüsü 21. yüzyıl sonlarına doğru 3,4 °C (minimum 2 °C ve maksimum 5,4 °C) olarak öngörülmektedir (Özkan 2010).

B1 Senaryosu: IPCC (2007) raporunda bildirildiğine göre bu senaryo, hızlı bir ekonomik büyümenin gerçekleşeceği, hizmet sektöründe ve bilgi ekonomisinde olumlu yönde köklü değişikliklerin olacağı kabulüne dayanmaktadır. Dünya gelecekte daha fazla bütünleşmiş olacaktır. Gelecekte kirlenici kaynaklarda azalma ve ekolojik sistemlere daha korumacı ve geliştirici bir yaklaşım söz konusudur. Senaryoya göre nüfus 2050 de en yüksek seviyesine ulaşacak (9 milyar insan) daha sonra giderek azalacaktır. Daha düzenli bir dünya doğal olarak daha adil bir dünya anlamına gelecektir. Bu senaryonun çıktısı olarak karbondioksit konsantrasyonunun 380ppm'den (2000) 580 ppm'e ulaşacağı (2080) ve buna bağlı olarak sıcaklık artış ortalamasının 1,8 °C (minimum 1,1 °C ve maksimum 2,9 °C) olacağı tahmin edilmektedir (Özkan 2010).

B2 Senaryosu: Thuiller ve ark. (2005) göre bu senaryo, sosyo ekonomik ve çevresel yaşanılabilirlikte yerel çözümlerin ağırlıkta olduğu, dünya nüfusunun A2'den daha az oranda da olsa devamlı artış göstereceği varsayımına dayanmaktadır. Bu senaryoda ekonomik gelişme B1 ve A1 arasında olup, teknolojik gelişme hızı B1 ve A1'den daha yavaş ama daha yoğun olacaktır. 2000 yılında 380 ppm olan karbondioksit miktarı 2080 de 550 ppm değerine

yükselecektir ve sıcaklık 2,1 °C artacaktır. IPCC (2007) raporunda sıcaklık artışı 21. yüzyıl sonlarına doğru 2,4 °C (minimum 1,4 °C ve maksimum 3,8 °C) olarak öngörülmektedir (Özkan 2010).

2.4. İklim Değişikliği Tahmin Modelleri

Dünya üzerindeki iklim sistemiyle ilgili olarak farklı çözünürlük ve kabullere dayanan birçok model kullanılmaktadır. Bu modeller kullanıldıkları amaca göre farklılıklar göstermektedir. Küresel öngörülerde çözünürlüğü 200 km civarında olan genel dolaşım modelleri kullanılmaktadır. Bunların dışında, daha yüksek çözünürlüğe sahip bölgesel iklim modelleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel dolaşım modellerinin bölgesel ihtiyaçlara cevap verememesi bölgesel iklim modellerinin başlıca çıkış noktasıdır. Artık sadece iklimsel ortalamalar insanlığın ihtiyaçlarına yetmemektedir. Sayısal hava tahmin modelleri ile 10 güne kadar kabul edilebilir nitelikte hava tahminleri yapılabilmektedir. Genel dolaşım modelleri ile 50-100 yıllık simülasyonlar yapılabilmektedir. Ancak çözünürlükler çok az (200 km) olduğundan yerel anlamda istenilen verim alınamamaktadır. Genel dolaşım modelleri ve sayısal hava tahmin modelleri yerine lokal etkileri içine alarak uzun dönemlerde iklimi simüle edebilen bölgesel iklim modelleri geliştirilmiştir. Çözünürlüğü sayısal hava tahminlerine yakın bu modeller bugün artık dünyanın değişik iklimsel özelliklerine sahip bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Önal 2001).

Dünya’da ve Türkiye’de pek çok araştırmacı tarafından kullanılan bölgesel iklim modellerinden bazıları; İngiltere’deki Meteoroloji Servisi Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies), İtalya’daki Uluslararası Teorik Fizik Merkezi’nin geliştirilen RegCM3 (Third-Generation Regional Climate Model), Colorado Devlet Üniversitesin’de çok yönlü sayısal atmosfer fiziği yasalarıyla oluşturulmuş ve Japonya’da Tsukuba Üniversitesinde geliştirilen TERCH-RAMS (Terrestrial Environment Research Center-Regional Atmospheric Modeling System) ve Amerika’daki Amerika Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi-İklim Araştırması Birimi (NCAR–CRU) tarafından geliştirilen MAGICC/SCENGEN’dir. Bu modellerin Dünya’da ve Türkiye’de farklı iklime sahip bölgeler için uygulamaları mevcuttur.

Demir ve ark. (2007) “Türkiye ve Bölgesi için PRECIS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları” adlı çalışmada, geçmiş simülasyonlar için Avrupa Orta Vadeli Tahminler Merkezi (ECMWF)’inin reanaliz veri seti (ERA40) ve gelecek simülasyonlar için Hadley Merkezi’nin Atmosferik Genel Dolaşım Modeli, HadAMP3’ün A2 senaryosu çıktılarını

kullanmışlardır. Geçmiş 30 yıllık çalışmaların sonuçları, küresel kara gözlem ağından elde edilen gözlem verileri ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. 2071-2080 dönemi maksimum, minimum, ortalama yüzey sıcaklık değerlerinin ve yağış miktarının, 1961-1990 dönemi ortalamalarına göre yıllık ve mevsimlik değişimleri değerlendirilmiştir. Ortalama sıcaklıklarda Türkiye genelinde 2071-2080 yılları için 4-5 °C artış öngörülmüştür. Aynı dönemde, ortalama maksimum sıcaklık artış oranı, Türkiye'nin doğusunda 5-6 °C, diğer alanlarda ise 4-5 °C'dir. Sıcaklıkların mevsimlik değerlendirmelerinde, en yüksek artışlar yaz mevsimindedir. Yıllık toplam yağış miktarında değişim öngörüsü ise, Türkiye genelinde azalma eğilimi şeklinde kendini göstermiştir. Özellikle kış mevsiminde, Toros Dağları boyunca yağışlarda belirgin düşüşler dikkati çekmektedir, bununla birlikte, Akdeniz kıyı şeridinde ve Doğu Karadenizde yer yer yağışlarda artışlar söz konusu olmuştur.

Demir ve ark. (2008a) "PRECIS Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye için İklim Öngörüsü: HaDAMP3 Sres A2 Senaryosu" adlı çalışmada İngiltere Meteoroloji Servisi Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen Bölgesel İklim Modeli, PRECIS'i kullanarak, Hadley Merkezi'nin Atmosferik Genel Dolaşım Modeli, HadAMP3 çıktıları ile çalıştırmışlar ve referans dönem (1961-1990) simülasyonları ile gelecek dönem (2071-2100) A2 senaryosu simülasyonlarını iklim değişikliğini belirlemek için karşılaştırmışlardır. Simülasyon sonuçlarında, Türkiye'de kıyı bölgeleri dışında ortalama sıcaklıklarda 5-6 °C'lik artışlar öngörülmüştür. Kış mevsiminde sıcaklıklar doğuda 4-6 °C, buna karşılık yaz mevsiminde batıda 6-7 °C daha fazla artacaktır. Maksimum, yani gündüz en yüksek sıcaklıklarda değişim, genel olarak artış yönünde olacaktır. Yaz mevsiminde, geniş ölçekli 8 °C'yi bulan yüksek artışlar göze çarpmaktadır. Minimum gece en düşük sıcaklıkları, kış mevsiminde doğu bölgelerinde 5-6 °C ve yaz mevsiminde Ege Bölgesinin iç bölümlerinde daha fazla 7-8 °C artacaktır. Yağış rejimindeki değişikliklerde, doğudan batıya doğru gidildikçe %40 azalma dikkati çekmektedir. Kış mevsiminde güney ve batı bölümlerde yağışlarda düşüşler olacaktır. Yaz mevsiminde ise tersi söz konusudur. Su bütçesi bakımından kar kalınlığı gelecekte, Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz'de azalacaktır. Yağıştaki azalma ve sıcaklıklardaki artışa paralel olarak buharlaşmadaki artış sonucunda, su kaybının da artması beklenmektedir. 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 görülmektedir.

Demir ve ark. (2008b) yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ve yağış dizilerini, uzun süreli değişikliklerin ve eğilimlerin

belirlenmesi amacıyla çözümlenmişlerdir. Buna göre Türkiye ortalama sıcaklıklarının, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarına benzer şekilde artış eğiliminde olduğunu, yıllık maksimum sıcaklık dizilerindeki değişimlerin de genelde artış yönünde olduğunu ve Akdeniz, Güney Doğu Anadolu ile Doğu Anadolu'nun güney kesimlerinde ısınma eğilimlerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu belirlemişlerdir. Minimum sıcaklık dizilerinde ise kış mevsimi dışında artış eğilimi belirlemişler, yağış dizilerindeki belirgin değişikliklerin daha çok kış mevsiminde gözlemlendiğini ayrıca sonbahar mevsimindeki yağışların ise Türkiye'nin önemli bir bölümünde artış göstereceği sonucuna varmışlardır.

Şen ve ark. (2008) "Seyhan Havzasında İklim Değişikliğinin Tarımsal Su Kullanımına Etkileri" adlı çalışmalarında bölgesel iklim modeli RegCM3'ü kullanarak Doğu Akdeniz Bölge'sinde yer alan Seyhan Havzası'nda 2071-2100 yılları arasındaki olası maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar ile yıllık toplam yağış ve bunlara bağlı olarak tarımsal su gereksinimini tahmin etmişlerdir. RegCM3 Modeli 1961-1990 yılları arası referans verileriyle ve küresel iklim modeli olan HadCM3H'nin A2 senaryosu ve gelecek 2071-2100 dönemi için çalıştırılmıştır. Öngörülen iklim bilgileri doğrultusunda bölgedeki su kaynakları ve kullanımındaki değişimi kestirmede önemli iki faktör olan etkin yağış ve referans evapotranspirasyon değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Seyhan Havzası'nda etkin yağışlarda ve dolayısıyla su kaynaklarında azalma buna karşın bitki su gereksiniminde artış olacağı öngörülmüştür.

Önol ve ark. (2009)'nın, "İklim Değişimi Senaryosunun Türkiye Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi" adlı çalışmasında Bölgesel İklim Modeli (RegCM3) kullanılarak günümüz (1961-1990, RF) ve gelecek (2071-2100, A2) simülasyonları için, IPCC tarafından belirlenmiş sera gazları emisyon senaryoları dikkate alınmıştır. A2 ve RF simülasyonlarının sıcaklık ve yağış için yapılan mevsimsel analizleri Türkiye'nin iklimsel bölgeleri üzerinde alansal ortalama alınarak ayrı ayrı incelenmiştir. A2 simülasyonuna göre, Türkiye üzerinde sıcaklıklardaki en dramatik değişim, yaz mevsiminde Ege Bölgesi üzerindeki 5 ila 6 °C'ler arasındaki artıştır. Kış ayları dışındaki mevsimlerde artış, 3-4 °C arasında değişmektedir. Gelecek simülasyonundaki minimum artış, kış mevsiminden 2-3 °C olarak hesaplanmıştır. Yine A2 simülasyonunda, Doğu Karadeniz dağları boyunca uzanan bölgede kış yağışlarındaki artış, rüzgâr paterninin değişmesiyle orografik etkinin güçlenmesine bağlıdır. Türkiye'nin güneyi üzerinde de rüzgâr paterninin değişimine bağlı olarak kış yağışlarında çok ciddi azalmalar (%34) model sonuçlarında ortaya çıkmıştır. Sonbahar mevsiminde ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yağışlarda %50'lere varan artışlar görülmüştür.

Şen (2009) “Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresi’nde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi” adlı doktora çalışmasında bölgesel iklim modeli RegCM’yi kullanarak Çukurova Yöresi’nde 2071-2100 yılları arasındaki iklimi kestirmek ve iklim değişikliğinin 1. ve 2. ürün mısır verimine etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada RegCM Modelinin Türkiye için kullanılabilirliği çeşitli test ve doğrulama çalışmalarıyla denenmiştir. Yağış benzeşim sonuçlarının tutarlılığının topoğrafik yapıyla yakından ilgili olduğu belirlenmiş ayrıca 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 ve 3,3–8,5 (°C) arasında değişen artışlar öngörülmüştür.

Demir ve ark. (2010) Türkiye ve bölgesi için gelecekte sıcaklık ve yağış değişimlerinin belirlenmesi amacıyla İngiltere Meteoroloji Servisi Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi’nin PRECIS ve İtalya’daki Uluslararası Teorik Fizik Merkezi’nin RegCM3 Bölgesel İklim Modelinin sonuçları kullanılmıştır. HadAM3P küresel modelinin referans (1961–1990) ve gelecek A2 senaryosunun (2071–2100) Türkiye ve bölgesini kapsayan alan için çözünürlüğünün artırılmasında PRECIS modeli 25 km yatay çözünürlükte, RegCM3 ise aynı bölge için 27 km yatay çözünürlükte ECHAM5 referans (1961–1990) ve gelecek B1 senaryosu (2071–2099) ile çalıştırılmıştır. Her iki modelin farklı küresel model çıktılarına ait A2 ve B1 senaryolarına göre Türkiye ve bölgesinde sıcaklıkların yüzyılın sonunda artacağı öngörülmektedir. Söz konusu artış Türkiye üzerinde kötümser senaryoya göre 4-6 °C, iyimser senaryoya göre ise 1-3,5 °C olarak belirlenmiştir. Ayrıca her iki senaryoya göre en yüksek sıcaklık artışının yaz mevsiminde gerçekleşeceği beklenmektedir. Yağış miktarındaki en önemli azalmanın kış mevsiminde gerçekleşeceği öngörülmektedir. Bu azalma oranları bölgesel ve alansal olarak farklılık göstermekle birlikte genelde %10-40 arasında değişmektedir. İlkbahar mevsiminde kötümser senaryoya (A2) göre ülke genelinde azalma beklenirken, iyimser senaryoya (B1) göre ise güney ve doğu bölgeleri dışında kalan alanlar için artış beklenmektedir.

Biberoğlu (2011) “Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye Yağış ve Sıcaklıkları Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi” adlı yüksek lisans çalışmasında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin 2007 yılında hazırladığı Dördüncü Değerlendirme Raporu kapsamındaki 23 iklim modelinden seçilen 9 tanesinin (BCM2.0, CGCM3.1(T63), CNRM-CM3, ECHAM/MPI-OM, GFDL-CM2.1, GISSER, INM-CM3.0, MIROC3.2(medres), UKMO-HadCM3) Türkiye üzerindeki tahminlerini parametrik Korelasyon Katsayısı t-testi ve parametrik olmayan Spearman’s Rho Testi ile Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi ile analiz

etmiş ve çalışma sonucunda, küresel iklim modellerinin 1971-2000 dönemindeki Türkiye yağış ve sıcaklık tahminlerinin, İklim Araştırma Birimi (CRU)'den temin edilen gözlenmiş yağış ve sıcaklık değerlerinden önemli ölçüde farklı olduğunu; bunun yanında tahminler ile gözlenmiş değerlerin eğilim yapılarının da büyük farklılıklar gösterdiğini belirlemiştir.

Bozkurt ve ark. (2012) “Değişik Model ve Senaryolara Göre İklim Değişikliğinin Fırat-Dicle Havzasına Olan Etkileri” adlı çalışmalarında gelecek iklim değişikliğinin havzadaki hidro-iklimsel etkilerini araştırmak için değişik küresel sirkülasyon modeli (ECHAM5, CCSM3 ve HadCM3) ve emisyon (A1FI, A2, B1) çıktılarının dinamik ölçek yöntemi ile küçültmüş yüksek çözünürlüklü projeksiyonları kullanmışlardır. Farklı modellerin farklı emisyon senaryo çıktıları kullanılarak yapılan analizlerinde, havzada kış yüzey sıcaklıklarının artacağını ve bu artışın havzanın yüksek yerlerinde daha fazla olacağını bulmuşlardır. Tüm simülasyonlarda, kış yağışının havzanın dağlık alanlarında ve kuzey kesimlerinde azaldığı, havzanın güney kesimlerinde arttığı yönünde genel bir uyumluluk olduğu görülmüştür.

Demir ve ark. (2013) CMIP5 projesi kapsamında kullanılan RCP4.5 konsantrasyon senaryosu ile üretilen HadGEM2-ES küresel dolaşım modeli çıktıları kullanmıştır. Bu çıktılarından RegCM4.3.4 Bölgesel İklim Modeli kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemi ile ülkemiz ve bölgesi için 20 km çözünürlükte 2013-2099 yılları için sıcaklık ve yağış projeksiyonları üretilmiştir. Elde edilen çıktılarına göre 2099'a kadar ilk periyotta sıcaklık artışı (1-1,5 °C) sınırlıyken özellikle son periyotta (2070-2099) Kıyı Ege ve Güney Doğu Anadolu'da yaz sıcaklıklarında artış (4-5 °C) dikkat çekmiştir. Yağışlarda ise, ilk periyotta Marmara, Kıyı Ege ve Batı Akdeniz'de sonbahar ve kış yağışlarında artışlar gözlenirken, özellikle son periyotta Doğu Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun güneyinde kış ve ilkbahar yağışlarında azalmalar gözlenmiştir.

2.5. İklim Değişikliğinin Etkileri

İklim değişikliğinin su kaynaklarına, tarıma, ormanlara, insan sağlığına, kıyı alanlarına, deniz ve sahil çevresine, kara ve deniz ekosistemlerine, deniz seviyesi yükselmesine, v.b. olmak üzere birçok etkisi bulunmaktadır. Özellikle küresel ısınma sonucu, su kaynaklarında azalma, orman yangınları ve kuraklık ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar olacağı öngörülmektedir. Akarsu havzalarındaki yıllık akımlarda meydana gelecek azalma sonucunda kentlerde su sıkıntıları başlayacak; tarımsal ve kentsel su gereksinimi artacaktır. İklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarındaki azalma, tarımsal üretim üzerinde olumsuz etki

yapacaktır. Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak, yıllık ortalama sıcaklığın artması, çölleşmeyi, tuzlanmayı ve erozyonu arttıracaktır. Mevsimlik kar ve kar örtüsünün kapladığı alan azalacak, karla örtülü dönem kısalmaktadır. Kar erimesinden kaynaklanan akış zamanı ve hacmindeki değişiklik, su kaynakları, tarım, ulaştırma ve enerji sektörlerini olumsuz etkileyecektir. Bunlara ek olarak, küresel ısınma, buzulların erimesi, deniz düzeyinin yükselmesi, iklim kuşaklarının kayması gibi değişikliklere de neden olacaktır (Türkeş ve ark. 2000). Burada sadece iklim değişikliğinin su kaynaklarına, toprak nemine ve verime etkisi incelenmiştir.

2.5.1. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkisi

Su, yüzyıllar boyunca tüm medeniyetler için çok önemli bir doğal kaynak olmuş, bütün büyük uygarlıklar su kenarında kurulmuştur. Teknolojinin ilerlemesi ile sudan faydalanma şekil ve oranlarının artması, su kaynaklarının içme-kullanma, sulama suyu, enerji üretimi gibi pek çok amaç için geliştirilebilmesi, ülkelerin ekonomik kalkınmasında suyun vazgeçilmez bir yer edinmesinde büyük rol oynamıştır (Akkaya ve ark. 2006)

Yerküresindeki $1,384 \cdot 10^9$ km³ suyun, %97,39'unu deniz ve okyanuslar, %2,01'ini kutup buzulları ve %0,60'ını da başta yeraltı suları olmak üzere göller ve akarsular gibi tatlı su kaynakları oluşturmaktadır (Postel 2000). Her yıl karalar üzerine düşen 110 bin suyun 70 bin km³'ü buharlaşma ile kaybolmakta 26 bin km³'ü ise sel olarak denizlere dökülmektedir. Geriye kalan 14 bin km³ su kullanılabilir su miktarı olup, bunun da önemli bir kısmı sulak alanların, deltaların, göllerin ve nehirlerin korunması ve su kalitesinin muhafaza edilmesi için doğal akışa bırakılmalıdır (Postel 2000). Kişi başına ortalama olarak yaklaşık 8000 m³ su düşmektedir. Bu ortalama dikkate alındığında, insanlığın suya olan talebi, henüz her yıl yenilenebilen miktarın çok altında görülmektedir. Ancak bu bir yanılgıdır çünkü zaman ve yer açısından eşit bir su dağılımı söz konusu değildir (Konukcu ve ark. 2007).

Hızlı nüfus artışı, şehirleşme, iklim değişiklikleri, ekonomik gelişme ve küreselleşme özellikle suyu kıt olan bölgelerde su kaynakları üzerindeki baskıyı giderek artırmaktadır. Halen dünya nüfusunun %40'ını barındıran bir kısmında su krizi yaşanmakta, 15 yıl içinde dünya nüfusunun %60'ını etkileyeceği beklenmektedir (Konukcu ve ark. 2007).

Yağmur sularının çoğu sellerle akıp gitmekte, ya kullanılmayacak kadar uzağa düşmekte, ya da ekosistemdeki denge için gereklidir. Bunun yanında pek çok yerde kirlenme, kullanılabilir su kaynaklarını hızla yok etmektedirler. Susuzluk sinyali veren ana gıda üretim bölgeleriyle birçok büyük şehre bakıldığında, dünyadaki besin üretimi ve ekonomik yaşamın

tehlikeye girdiği görülmektedir. Bunun yanında sera gazlarından kaynaklanan küresel ısınma, tarım ve kentler için hayati önem taşıyan yağış düzenini değiştirdiğinden, bölgesel su sorununun daha da karmaşık ve ciddi bir sorun haline gelmesi beklenmektedir (Konukcu ve ark. 2007).

İklim değişikliği ile birlikte yağış dağılımı, miktarı ve sıcaklık değerlerinin büyük ölçüde değişeceği öngörülmektedir (Demir ve ark. 2007, Demir ve ark. 2008a, Demir ve ark. 2008b, Şen ve ark. 2008, Öno1 ve ark. 2009, Şen 2009, Demir ve ark. 2010, Biberoglu 2011). Bununla birlikte iklim değişikliğinin sıcaklığa, yağışa, su kaynaklarına, akışa, buharlaşmaya, toprak nemine, yeraltı suyuna, yüzeysel sulara, sel oluşumuna, kar ve buza, su kalitesine ve aşınmaya (erozyon) olan etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

İklim değişikliğinin su kaynaklarına olabilecek tesirleri değişik raporlarda ve IPCC (2007) tarafından sıralanmıştır (Şen 2009a):

- Yağışların uzun yıllar boyunca alışlagelmiş ortaya çıkma yerlerinde, zamanlamalarında farklılıklar ile daha yoğun yağışlar olabilecektir.
- Yapılan genel dolaşım modellemelerine göre sıcaklıkta 1,5 °C ila 4,5 °C'ye kadar olan değişimler yağış miktarlarında %3 ila %15'e varan artışlara sebep olacaktır.
- Bölgesel dağılımında belirsizlikler olabilmesine karşılık yağışlar genel olarak yüksek enlemlerde özellikle de kış aylarında artacaktır.
- Yağışların artma temeyyülüne karşılık artan sıcaklık dolayısı ile yüksek buharlaşma oranları sonucunda su dengesine göre akışlarda azalmalar olabilecektir.
- Yüksek enlemlerde fazla yağışlar sonucunda artan akışlar olabilecektir. Düşük enlemlerin bazı yörelerinde ise bir taraftan azalan yağışlar diğer taraftan da çoğalan buharlaşma etkileri ile akışlarda azalmalar olabilecektir.
- Gerçek evapotranspirasyon, sıcaklık artmasına rağmen zemin nemi ve yer altı suyu seviyesi durumuna göre artabilir veya azalabilir.
- Küresel ısınma ile beraber yağışlar sonrasında taşkın miktarlarında artışlar beklenebilir. Bazı bölgelerde taşkınlar alışlagelmişten daha az miktarlarda ve sıklıkta olabilir.
- Kuraklık alanlarında ve sürelerinde azalan yağış, artan sıcaklık, azalan yağış sıklığı ve artan evapotranspirasyon sonucunda daha da etkili olacağı sonucuna varılabilir.
- Özellikle kıraç, kurak ve yarı-kurak olan bölgelerde su sıkıntıları daha da fazlalaşır ve kuraklık alanı ile süre kapsamı artar.
- Dağlık bölgelerde sıcaklık artması sonucunda yağışlarda fazlalıklar ortaya çıkacağından kar yağışları azalır. Kar yağışları olsa bile gelecek olan yağmurlar dolayısı ile yeryüzünde

fazla kalmazlar ve bu sebeple de ilkbahar aylarında ortaya çıkan kar erimesi yüzeysel su beslemelerinde azalmalar olur.

- Genel olarak akışların miktarlarında ortaya çıkabilecek azalmalar sonucunda bunların su kalitelerinde de kötüleşmeler beklenmelidir.
- Beklenen iklim değişikliğinin araştırılmasına yönelik ana yaklaşım küresel dolaşım modellerini hidrolojik modellerle eşleştirmektir.

İklim değişikliğinin su kaynakları ve havza hidrolojisi üzerindeki etkileri pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Liu ve ark. 2013, Cozzetto ve ark. 2013, Ramos ve ark. 2013, Jeuland ve ark. 2013, Cheo ve ark. 2013). İklim değişikliği ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar sıcaklık, yağış ve akışların önemli ölçüde değişeceğini göstermektedir. Bununla birlikte su kaynaklarında, yüzey suyu kaynakları, kar depolaması ve yer altı suyu potansiyelinde önemli değişiklikler meydana gelecektir. Dolayısı ile bitkilerin doğal ve tarımsal su gereksinimlerinde değişiklikler oluşacak buna bağlı olarak da sulama yönetimi de değişiklik gösterecektir. Bu durumda sektörler arası su dağılımı, su arıtımı, su talep yönetimi, su kullanımının denetimi, gözlem ağının genişletilmesi, büyük hacimli depolama yapılarının artırılması gibi konular öncelikli olarak değerlendirilmeye alınması gündeme gelecektir. Bunun yanı sıra ortaya çıkabilecek iklim değişiklikleri ile pek çok endemik canlı türünün yok olabileceği, tarımsal faaliyetlerde bitki türlerinde bir takım değişiklikler meydana gelebileceği, hidroloji ve su kaynakları bakımından önemli sorunların ortaya çıkabileceği, topraklarda tuzluluk sorunlarının oluşabileceği tahmin edilmektedir (Kanber ve ark. 2008).

Ülkemiz açısından iklim değişikliğinin su kaynaklarına olabilecek olumsuz yönleri şunlardır (Şen 2009b):

- Özellikle Güneydoğu Bölgesi'nde etkisi fazlaca olabilecek iklim değişikliği dolayısı ile buradaki su kaynaklarının hacimlerinde, kalitelerinde ve yenilenme sürelerinde azalmalar olacaktır.
- İklim değişikliği sonucunda su ekolojisinde de değişimler olabilecek ve su ürünlerinde azalmalar meydana gelebilecek, balık üretiminde de azalmalar olabilecektir.
- İklim değişikliği dolayısı ile ülkemizin genel olarak daha kurak bir iklim etkisi altına girmesi, tarım hasatlarında azalmalara ve türlerinde de değişimlere sebep olabilecektir.
- Özellikle ülkemiz açısından önemli olan su kaynaklarında üretilen su enerjisi (hidroelektrik) azalmaları beklenmelidir.
- Daha uzun sıcak mevsimlerin etkisine girmesi mümkün olan ülkemizde piknik imkânlarında da azalmalar beklenmelidir.

- Ülkemizde ortaya çıkabilecek kuraklıklar sebebi ile biriktirme haznelerine gelen taşınım maddesi (sedimantasyon) daha fazla ve erozyonda fazla olabilecektir.
- Sahil şeritlerinde olabilecek deniz seviyesi yükselmesi dolayısı ile özellikle kıyılara yakın ve yeraltı suyu ile beslenen yerleşim alanlarımızın su kaynakları daralacaktır. Bunun sebebi, her 1 m deniz seviyesi yükselmesine karşılık yaklaşık 40 m kadar daha içerilere doğru deniz suyunun girerek tatlı su kaynaklarını tuzlandırmasıdır.
- Kişi başına düşecek yıllık su miktarında ortaya çıkacak azalmalar sonucunda ülkemiz daha da hissedilir bir şekilde su fakiri ülkeleri arasına girecektir.
- İklim değişikliği komşu ülkelerde de özellikle güney komşularımızda ve onlarında komşularında daha şiddetli bir şekilde ortaya çıkacağından, Türkiye'nin yüzeysel suları daha kritik biçimde uluslararası su sorunlarına yol açacak yönde azalacaktır.
- Suyun azalması ile çokça su tüketimi isteyen tarım mahsullerinin yerini daha az su sarfiyatına gerek duyan bitkilerin getirilmesi sonucunda, Türkiye tarımında bir değişiklik beklenebilecektir.

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkisi ile ilgili olarak Özkul ve ark. (2008), Gediz ve Büyük Menderes havzalarında gözlenmiş yağış, sıcaklık ve akım dizileri üzerinde eğilim analizi yapmışlardır. Daha sonra ise, GCM'ler (Genel Sirkülasyon Modeli) yardımıyla iki farklı emisyon senaryosu altında farklı projeksiyon yılları için olası yağış ve sıcaklık değişimlerini belirlemişler ve parametrik yağış-akış modeli ile bu değişimlerden etkilenen evapotranspirasyon ve akım gibi hidrolojik süreçlerdeki olası değişimleri tahmin etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, 2030, 2050 ve 2100 yıllarında sırasıyla, sıcaklıklarda 1,2 °C, 2 °C ve 4,4 °C'ye varan artışlar, yağışlarda ise %5,8, %10,2 ve %23,8'e ulaşan azalmalar öngörülmektedir. Bir başka deyişle, bu sonuçlar, yazların daha sıcak, kışların ise daha ılık geçeceğini; yağışların ise özellikle bahar aylarında daha fazla olmak üzere tüm yıl boyunca azalacağını göstermektedir. Su bütçesi modelinin öngörülen iklim değişikliği senaryoları altındaki simülasyon sonuçları ise, akımların yaklaşık olarak 2030 yılında %20, 2050 yılında %35 ve 2100 yılında ise %50'nin üzerinde azalabileceğini göstermektedir. Çalışma sonuçları, bitki su ihtiyaçlarının (potansiyel evapotranspirasyon) 2030, 2050 ve 2100 yılları için sırasıyla yaklaşık olarak %10, %15 ve %30 oranında artacağını göstermektedir. Sonuç olarak bu çalışmada, Gediz ve Büyük Menderes Havzalarının 1960 ve 2000 yılları arasındaki gözlenmiş yağış, sıcaklık ve akım serileri üzerinde eğilim analizleri yapılmış ve doğal akımların bu süre içerisinde anlamlı ölçüde azaldığını ayrıca Gediz ve Büyük Menderes havzalarında iklim

değişikliğinin beklenen etkisi olarak, havzalarda zaten mevcut olan su kıtlığı ve su tahsisi problemlerinin, kapsam ve boyut açısından, daha da artacağını belirlemişlerdir.

İklim değişikliğinin etkileri ile birlikte, suyun stratejik öneminin arttığı günümüzde hidrolojik bileşenlerin dağılımı, miktarı ve potansiyelinin belirlenebilmesi için klasik yöntemler ile birlikte hidrolojik modellerin kullanımı ülkemizde de gündeme gelmiştir. Üstün (2008) “İklim Değişiminin Su Kaynakları Üzerine Etkisi” adlı doktora çalışmasında Işıklı Gölü üzerinde ARMA Modelini içinde barındıran hibrid modeli kullanarak gölün beslenme ve boşalma kaynaklarını belirlemiş, göle olan yüzeysel akışları modelleyip, ileriye yönelik üç yıllık dönem için tahmin etmiştir. Yağış ve buharlaşma verileri modellendikten sonra tahminler iklim değişiminin sıcaklık artışları ve yağış miktarında düşüşler getireceği göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Bu modellere dayanarak göl bilânçosu oluşturulmuş ve göl işletme modeli kurulmuştur. Yapılan model çalışmaları sonucunda iklim değişiminin Işıklı Gölü üzerinde olumsuz etkileri olacağı ve ileriye yönelik üç yıllık dönemde sulanması planlanan tarım arazileri için yeterli suyun havzada biriktirilemeyeceği belirlenmiştir.

Bozkurt ve ark. (2012) değişik küresel sirkülasyon modeli (ECHAM5, CCSM3 ve HadCM3) ve emisyon (A1FI, A2, B1) çıktıları kullanarak dağlık bölgelerde kar-su eşdeğerlerinde %55 (düşük emisyon) ile %87 (yüksek emisyon) arasında değişen ve istatistiksel olarak anlamlı azalmalar öngörmüşlerdir. Ana su kaynaklarının olduğu bölgede ise yıllık yüzey akışı değerlerinde %25 ve %55 arası (istatistiksel olarak anlamlı) azalmalar öngörülmüştür. Ayrıca, ana su kaynaklarının olduğu bölgede, yüzey akışlarının tepe zamanlarında ciddi bir şekilde erkene kaymalar (kullanılan senaryoya göre 18 ve 39 gün arası kadar) tahmin edilmiştir. Tüm senaryolarda tahmin edilen yıllık yüzey akış değişimlerine göre, ciddi azalmaların öngörüldüğü havzanın Türkiye ve Suriye toprakları, iklim değişikliğine karşı en kırılgan bölgeler olarak belirlenmiştir. Bu yüzden havzadaki önemli hidro-iklimsel değişiklikler, havzadaki baraj ve hidro-elektrik santrallerin yönetimi ile ilgili zorlukların artmasına neden olabileceği gibi havzanın biyolojik ve fizyolojik ekosistem bileşenleri üzerinde daha fazla etkilere yol açabilecektir.

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkisi gelişmiş veya gelişmekte olan bütün ülkeler için önemli bir problemdir. Bu problemin acil olarak çözülmesi gerekmektedir. Çünkü bu durum giderek çok ciddi bir hal olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu gidişata göre acil önlem alınması ve su kaynakları ile ilgili önemli çalışmalar yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

2.5.2. İklim Değişikliğinin Yüzey Akışı Üzerine Etkisinin Modellenmesi

Hidrolojik modellemeye genelde iki nedenden ötürü ihtiyaç duyulmaktadır (Fıstıkoğlu 1999):

- İlgi duyulan sistemin nasıl işlediğini, süreç mekanizmalarını tanımlayıp açıklamak,
- Modellenen sistemin farklı girdiler ve koşullar altında vereceği cevapları önceden kestirmektir (senaryo üretimi).

İklim değişikliği ve etkilerinin anlaşılabilmesi, sınırlı olan su kaynaklarının verimli olarak kullanılabilmesinin amaçlandığı modelleme çalışmaları sırasında; hidrolojik süreçlerde yer alan yağış, akış, sızma, evapotranspirasyon, v.b. gibi olayları ayrı ayrı veya birleşik olarak açıklayan modeller geliştirilmiştir. Böylece su kaynakları yönetiminde karşılaşılan sorunlara hidrolojik modeller yardımı ile çözüm üretilebilmektedir (Bayat 2011).

Yağış akış rejimini tahmin etmede kullanılan pek çok model vardır. Bunlara örnek olarak HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), SWMHMS (Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System), HSPF (Hydrological Simulation Program-Fortran), PRMS (The Precipitation-Runoff Modeling System), EPIC (The Environmental Policy Integrated Climate) & APEX (The Agricultural Policy/Environmental eXtender) Model, AGNPS (An Agricultural Nonpoint Source Model), CREAMS (Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems), SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins), GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems), WMS (Watershed Modelling System), ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environmental Simulation) ve ARMA (Autoregressive Moving Average) modelleri verilebilir. Dünya’da da birçok araştırmacı tarafından farklı hidrolojik modeller kullanılarak son zamanlarda yapılan denemeler ile güvenilir doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir. Bunlara örnek olarak AGNPS Model (Babel ve ark. 2004), HEC-HMS Model (Haberlandt ve Radtke 2013), SWMM Model ve Bulanık Mantık Modeli (Wang ve Altunkaynak 2012), HEC-HMS Model ve HEC-RAS Model (Tahmasbinejad ve ark. 2012) çalışmaları verilebilmektedir.

Allred ve Haan (1996) geliştirdikleri SWMHMS Modelini A.B.D.’nin farklı bölgelerindeki değişik iklim ve arazi kullanımına sahip 6 havzada test etmişler ve modelin aylık akım miktarlarında büyük kar yağışları dışında oldukça güvenilir sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Modelde kullanılan havza parametreleri içinde aylık akımları hesaplamada en hassas olanın CN (eğri numarası) olduğunu vurgulamışlar ve bu sonuçların kırsal havzalarda su yönetimi kararlarında SWMHMS Modelinin önemli oranda faydalı olabileceğini ifade etmişlerdir. Altı havzada yaptıkları çalışmada karelerinin farklarının toplamı değerlerinin

daha uygun sonuçlar verdiğini, bu havzalarda korelasyon katsayısının 0,60 ile 0,95 arasında değiştiğini bulmuşlardır. SWMHMS Modelini bu modele göre daha kompleks bir model olan ve aylık akım hesaplamasında aynı eşitliği kullanan CREAMS Modelinin kullanıldığı 4 havzada test etmişler ve bu havzalar için ortalama korelasyon katsayısını 0,77 bulmuş iken CREAMS Modelinin bu havzalar için ortalama korelasyon katsayısını 0,74 olarak hesapladığını belirtmişlerdir. Bu da modelin korelasyon yönüyle karşılaştırıldığında simüle edilen akımlar ile ölçülen akımlar arasında tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

İklim değişikliğinin etkileri ile birlikte, suyun stratejik öneminin arttığı günümüzde hidrolojik bileşenlerin dağılımı, miktarı ve potansiyelinin belirlenebilmesi için klasik yöntemler ile birlikte hidrolojik modellerin kullanımı ülkemizde de gündeme gelmiştir.

Bakanoğulları (2002) doktora çalışmasında Kumdere Havzasında SWMHMS Modeli uygulamıştır. 16 yıllık verilere göre ölçülen ortalama aylık yağışı 50,0 mm, ortalama aylık akım değeri 1,5 mm, havza yıllık su verimi 18,0 mm olarak bulunmuştur. Havza için bulunan hidrolojik parametreler ile SWMHMS Modeli kullanılarak yapılan simülasyon neticesinde ortalama aylık akım 1,91 mm, yıllık havza su verimi 22,9 mm, simüle ile ölçülen akımın korelasyon katsayısı 0,79 olarak hesaplanmıştır. Havzada bulunan hidrolojik parametreler için SWMHMS Modeli kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. Optimizasyon sonucunda elde edilen havza hidrolojik parametreleri ile yeniden simülasyon yapılmış; aylık ortalama akım 1,26 mm, yıllık su verimi 15,15 mm, korelasyon katsayısı 0,84 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar SWMHMS Modelinin her iki simülasyon sonuçlarına göre Kumdere Havzasında uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Ayrıca Bakanoğulları ve ark. (2011) Trakya Bölgesi'nde yer alan Damlıca ve Vize deresi havzalarında yaptıkları çalışmada ölçülen uzun yıllar yağış, akım ve meteorolojik verileri, havzalar için bulunan hidrolojik parametreler ile birlikte SWMHMS Modele girerek çalıştırmışlar, simülasyon, optimizasyon ve hassalık analizi yapmışlardır. Sonuçta gözlenen ve tahmin edilen akımlar karşılaştırılmış, havza hidrolojik parametreleri bulunan havzalarda bazı hidrolojik yapıların boyutlandırılması için gereken verilerin belirlenmesinde bu modelin kullanılmasının tatminkâr sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Ankara-Yenimahalle-Güvenç havzasında 1989-1997 yılları arası yapılan gözlemlere göre ortalama 464,4 mm yağış sonucu 100,0 mm akım, 29,6 mm yüzey akış gözlenmiştir. SWRRB Model ile 39,8 mm akım, AGNPS Model ile 48,5 mm ve GLEAMS ile 34,5 mm yüzey akış olacağı tahmin edilmiştir. Yıllık ortalama sediment verimi 3,6 t ha⁻¹ olan havzada, AGNPS Modeli ortalama 19,9 t ha⁻¹ (en az 5,5 ve en fazla 33,0 t ha⁻¹), SWRRB Modeli ortalama 19,8 t ha⁻¹ (en az 0,1 ve en fazla 63,9 t ha⁻¹) ve GLEAMS Modeli ise ortalama 1,3 t

ha⁻¹ (en az 0,2 ve en fazla 2,2 t ha⁻¹) sediment verimi tahmin edilmiştir (Apaydın ve Öztürk 2003).

Öztürk ve ark. (2003) AGNPS Modeli Bilecik-Pazaryeri-Kurukavak deresi su toplama havzasında 1994-1996 yılları verileri ile denemişler, model değerlerinin gözlem değerleri üzerine etkinliğinin homojen olduğunu diğer bir ifade ile aynı popülasyona ait olduğunu ve model değerlerinin gözlem değerlerini temsil edebileceği kanısına varmışlardır. Aynı modeli Aydın ve Yıldırım (2003) Şanlıurfa Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü havzalarından biri olan Harabe Deresi havzası verilerini esas alarak uygulamışlar, 1992-1996 yılları arasında düşen ve 25,4 mm'den büyük olan yağışlar sonucu ortaya çıkan yüzey akışları AGNPS Modeli ile tahmin etmişlerdir. Sonuçta, yöre koşullarında mart ve mayıs ayları arasındaki dönemde yüzey akış tahminlerinde AGNPS Modelinin kullanılabileceği belirlenmiştir.

Göncü (2005) "İklim Değişikliğinin Su Havzalarına Etkisinin HSPF Modeli ile İncelenmesi" adlı doktora çalışmasında hipotetik havzalar oluşturulup bunlar üzerinde iklim değişikliğinin ne gibi etkiler oluşturabileceğini HSPF Model programı kullanarak incelemiştir. Böylece gelecekteki koşullara uygun planlar için öngörüler yapabilmiş ve çalışma sonucunda, iklim değişikliği ile havzadaki akarsu debilerinde yaz aylarında %70'lere varan azalma, kış aylarında %140'lara varan artışların olabileceğini ayrıca göl hacimlerinde ise yaz aylarında %13'lere varan azalma, sonbahar ve kış aylarında ise %20'lere varan artışlar olabileceğini belirlemiştir.

Moriasi ve ark. (2012) hidrolojik ve su kalitesi (H/WQ) modellerinin giderek toprak ve su kaynaklarının miktar ve kalite, arazi kullanımı, arazi ve ürün yönetim uygulamaları ve iklim etkilerini değerlendirmek için kullanıldığını ve bu modellerin kalibrasyon ve doğrulama araştırmalarının kullanılmadan önce mutlaka yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Birçok (22) araştırma makalesi ile 25 H/WQ modellerini (ADAPT, BASINS/HSPF, CREAMS/GLEAMS, CoupModel, Daisy, DRAINMOD, EPIC and APEX, HYDRUS, KINEROS/AGWA, MACRO, MIKE-SHE, MT3DMS, RZWQM, SHAW, STANMOD, SWAT, SWIM, TOUGH2, VS2DT, WAM, WARMF, WEPP) karşılaştırmışlar temel yönlerini tanıtmış ve özetlemişlerdir. 25 H/WQ modellerinin alansal olarak ölçeğin ne olduğu, değişkenlerin günlük, aylık ya da saatlik mi girildiği, referans yayınların neler olduğu, modellere ulaşılacak kaynakların adresleri, coğrafi bilgi sistemleri ara yüzünün olup olmadığı, modeller için kullanıcı desteği ve durumu ayrıca bunlara erişim adresleri, geliştiriciler tarafından önerilen kalibrasyon ve validasyon yaklaşımlarının ve son olarak da performans

değerlendirme yöntem ve kriterlerinin neler olduğu belirtilmiştir. Böylece bu çalışma ile model kullanıcıları kendi çalışma alanlarına uyacak modeli kolayca seçebileceklerdir.

Perazzoli ve ark. (2012) SWAT hidrolojik modeli güney Brezilya Concórdia Nehri drenaj havzasında uygulamıştır. Akış ve sediment üretimini analiz ederek iklim senaryolarını uygulamışlardır. Akış ve sediment üretimi referans dönem (1961-1990) ile karşılaştırılmış ve IPCC iklim senaryoları A2 ve B2 döneminde 2071-2100 yılları boyunca simüle edilmiştir. Akış ve sediment verimi referans yıllar için Nash-Sutcliffe katsayıları ile aylık olarak test edilmiş ve sırasıyla 0,82 ve 0,83 bulunarak iyi bir uyum göstermiştir. A2 ve B2 senaryoları için simülasyonlar yapıldığında akışta sırasıyla %39,2 ve %41,2 azalma görülmüştür. Günlük değerlere ve ekstrem durumlara bakıldığında A2 senaryosunda daha çok uç değerler gözlenmiştir. A2 senaryosu maksimum değerler göstermesine rağmen yağış serisinde önemli sapmalar görülmemiştir. Sediment üretimi akım ile aynı değişimi göstermiştir.

Cornelissen ve ark. (2013) Batı Afrika Havzasında WaSiM (The Water balance-Simulation Model), SWAT (The Soil Water Assessment Tool), UHP-HRU hidrolojik modeli ve GR4J yağış akış modelini, üç adet arazi kullanım senaryosu ve iki adet A1B ve B1 iklim senaryoları ile 1998-2001 ve 2003-2004 yılları için kalibre ederek, gelecek 2001-2010, 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 ve 2041-2050 yılları için toplam deşarj, yağış, potansiyel evapotranspirasyon, gerçek evapotranspirasyon ve akış katsayısını hesaplamıştır. Arazi kullanım senaryoları karşılaştırıldığında bu modellerin arazi kullanımı değerlendirmek için uygun olduğu belirlenmiştir. Tüm modellerin (WaSiM modelin dışında) toplam deşarj için uygun olduğu hatta bu çalışma için UHP-HRU modelin en uygun olduğu görülmüştür.

Narsimlu ve ark. (2013), Yukarı Sind Nehri havzasında iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkisini incelemişlerdir. 1992-2000 yılları arasında aylık gözlenen akımlar ile SWAT Model kullanılarak simüle edilen akımlar arasında p faktörü, d faktörü, korelasyon katsayısı ve Nash-Sutcliffe katsayısı ile sırası ile 0,73, 0,42, 0,82, 0,80 ve 2001-2005 yılları arasında ise sırası ile 0,42, 0,36, 0,96 ve 0,93 oranında uyum elde etmişlerdir. PRECIS Model ile Hint koşullarında A1B senaryosu altında yıllık akım miktarında 2021-2050 yılları arasında %16,4 ve 2071-2098 yılları arasında %93,5 artış olabileceği sonucuna varmışlardır.

2.5.3. İklim Değişikliğinin Toprak Nemine Etkisi

Toprak su içeriği, bitki gelişimini, bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından alınımı, yarayışlılığını ve toprak profili boyunca dağılımını, toprak havalanmasını, toprak sıcaklığını, infiltrasyonu, buharlaşmayı, yeraltı suyu beslenmesini ve yüzey akışı doğrudan

etkiler. Toprak nem miktarındaki değişimlerin, toprak tuzluluğunu da etkileyeceği öngörülmektedir. Kömüşçü ve ark. (1998) iklim değişmesinin Güneydoğu Anadolu'daki toprak nem mevcudiyeti için doğabilecek olasılıklı sonuçları irdeleyip, yaz aylarında önemli düşüşler tespit etmiş bulunmaktadırlar (Şen 2005).

Toprak nem rejimi modelleri arasında MNM (Modified Newhall Model) Model, NSM (The Newhall Simulation Model) Model, EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator Model) Model, SWAP (Soil Water Atmosphere Plant) Model ve SALTMED gibi modeller yer almaktadır. Geliştirilen bu modeller ile ilgili çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Tsiros ve ark. (1998) toprak su rejimini tanımlamak için agrometeorological simülasyon modellerinde kullanılan iki yöntemi tek bir saha çalışması için karşılaştırmışlardır. Birinci yöntem Richard's denkleminin numerik çözümüne dayanmaktadır, diğer yöntem ise toprak su kapasitesi şartlarına dayanmaktadır. Sonuçlar grafiksel ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Buna göre Richard's denkleminin numerik çözümüne dayanan yöntem, üst ve alt toprak bölgelerinin her ikisi için de daha doğru sonuç vermiştir. Diğer yöntem ise, üst toprak profilinde düşük performans göstermesine rağmen alt toprak profilinde doğru sonuç vermiştir.

Elmaloglou ve Malamos (2000) Gembloux Belçika'da toprak nem içeriğini SWAP93'ü kullanılarak simüle etmişlerdir. Bitki kökleri tarafından su çekme oranı S_{max} iki koşulda incelenmiştir. Birincisinde S_{max} 'ın derinlikle lineer olarak değiştiği, ikincisinde ise derinlikle S_{max} 'ın homojen bir dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Simülasyon sonuçları karşılaştırmada istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Toprak profili boyunca S_{max} 'ın homojen dağılım gösterdiği kabulde, toprak nem içeriğinin daha doğru olarak belirlendiği tespit edilmiştir. 30 cm'den büyük toprak derinliklerinde ölçülen ve simüle edilen toprak nem değerlerinin daha doğru sonuç verdiği ve 30 cm'den küçük toprak derinliğinde ise sapmalar meydana geldiği görülmüştür. Bunun nedeni olarak toprak üstünde çatlakların, solucan deliklerinin ve buralardan su kayıplarının olması gösterilmiştir.

Eitzinger ve ark. (2004) Avusturya Marchfeld'da Çernozem, kumlu Çernozem ve fluvisol olmak üzere üç toprak tipinde 2 m derinlikte yaygın olarak kullanılan CERES, SWAP ve WOFOST Modelleri ile toprak nem içeriklerini belirlemişlerdir. Günlük toprak nem içerikleri 30 cm'de bir TDR problemleri ile ölçülmüştür. Ölçümler 2000-2001 yılları boyunca kışlık buğday ve yazlık arpa için yapılmıştır. Ayrıca kök büyüme hızları ve verim de simüle edilmiştir. CERES ve SWAP, WOFOST'un aksine verimi daha iyi kestirmişlerdir. Her üç model toprak su içeriğini benzer sonuçlarla tahmin etmişlerdir. Toprak su içeriği toprak

türüne bağlı olarak arpa için %0,71-4,67 ve buğday için %2,32-6,77 hata ile tahmin edilmiştir. Toplam su içeriğini hiçbir model önemli ölçüde daha iyi tahmin edememiş fakat toprak su tükenmesini abartılı olarak hesaplama eğilimini her üç model de göstermiştir. CERES ve SWAP toprak su içeriği dinamiklerini 0,30 m'de benzer şekilde iyi hesaplamışlardır. Bu sonuçlar SWAP ve CERES'in kök gelişimi ve kökler tarafından toprak su alımı için tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca kuraklık etkisi, verim tahmini ve iklim değişikliği etkisinin belirlenmesi gibi çalışmalarda model kullanımının düşünülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Taparauskiene ve Heng (2008) Litvanya iklim şartlarında 0-30 cm toprak tabakası içinde 2001, 2002 ve 2003 yılları için SWAP Model ile toprak nemini çilek ekili alanda simüle etmişler ve bu modelin toprak nemini belirlemek için uygulanabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Jhorar ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada CROPWAT, FAIDS, CERES ve SWAP modelleri kumlu tınlı, tınlı ve kumlu killi tınlı 3 farklı toprak tipinde uygulayarak buğday bitkisi için gerçek bitki su tüketimini yaklaşık olarak eşit hesaplamışlardır. İlk üç model SWAP Modeldeki buharlaşma sürecine uygun olarak yeniden formüle edilmiş ve SWAP Modeline göre kalibre edilmiştir. Buna göre CERES Modeli diğer modellere kıyasla SWAP Modele en yakın tahminde bulunmuştur. Sulama planlaması için yapılan modelleme yaklaşımlarında bu modellerin kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

Hernádi ve ark. (2009) Macar çernozem topraklarında A2 ve B2 iklim değişikliği senaryosu altında toprak su rejimini tahmin etmişlerdir. MARTHA toprak veri tabanından toplam 49 toprak profili seçilmiştir. Bu profiller kumlu tınlı, tınlı ve killi tınlı olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Toprak su tutma eğrileri üç toprak grubunun her biri için ayrı ayrı ölçekleme faktörü kullanılarak ölçeklenmiştir. Hadley referans (1961-1990) ve gelecek yıllar A2 ve B2 senaryoları için (2070-2100) iklim verileri günlük olarak elde edilmiştir. 9 tane referans yıl (1988, 1960, 1985, 1987, 1990, 1973, 1966, 1975, 1961) seçilmiş ve referans yıllar, A2 ve B2 gelecek yıllar olmak üzere üç senaryo durumu incelenmiştir. Sonuçlar toprak nem rejiminin iklim hassaslık göstergesi olarak kullanılabileceğini ve çernozem alt toprak su rejiminin hassas bir iklim göstergesi olduğunu göstermiştir.

Júnior ve ark. (2010) Brezilya'daki çok killi Latosol toprak profillerini SWAP Modelde test ve kalibre etmek için kullanmışlardır. Aralık 2007 ve Ekim 2007 tarihleri arasında 900 m² soya fasulyesi ekili deneme tarlasında 8 defa toprak profil örneği olarak test etmişlerdir. Kalibre edilmemiş toprak su tutma eğrileri 0-10 cm toprak derinliğinde hemen hemen tüm örnekleme tarihleri için oldukça doğru sonuçlar vermiştir. Toprak su tutma eğrileri

kalibre edildikten sonra da ölçülen ve simüle edilen değerler arasında oldukça iyi bir uyum sağlanmıştır.

Bonfante ve ark. (2010) çalışmalarında Richards' denkleminin çözümüne dayalı SWAP, MACRO and CropSyst adlı üç tanınmış modelin performansını mısır ekili kumlu ve tınlı arazide değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Modeller 2 yıldan fazla 10 farklı derinlikte TDR ile ölçüm yapılan değerler ile karşılaştırılmıştır. 0-0,15 m, -0,4 m ve -1,0 m olmak üzere üç farklı toprak derinliğinde, farklı tabanlara dayanan istatistiksel yöntemler ile test edilmişlerdir. Sonuç olarak en iyi performansı SWAP, sonra CropSyst ve MACRO göstermiştir.

Huo ve ark. (2012) SWAP Modeli toprak su içeriği değerleri ve su tablasında ölçülen su akı değerleri kullanılarak kalibre etmişlerdir. Ölçümleri yer altı su derinliğinin ve sulama uygulama miktarının kontrol edildiği bir alanda gerçekleştirmişlerdir. Kalibre edilmiş model ile toprak su içeriği ve su tablasındaki akılar, farklı yer altı suyu seviyeleri ve sulama koşulları altında simüle edilmiştir. Bitkilerin su ihtiyacını karşılamak için derin olmayan yeraltı suyunun çok önemli bir su kaynağı olduğunu ve uygulamada, sulama sıklığı ve miktarının yer altı şartlarına göre değişiklik göstereceğini vurgulamışlardır.

2.5.4. İklim Değişikliğinin Bitki Verimine Etkisi

Bitkilerin büyüme ve gelişmelerini etkileyen pek çok etken vardır. Bunların en başında iklim ile ilgili veriler gelmektedir. İklim parametrelerinden özellikle sıcaklık, yağış ve CO₂ salınımındaki değişikliklerin bitkiler üzerindeki etkilerini belirleyebilmek, gelecekte bitki dane verimlerini tahmin etmek için çok önemlidir. Çünkü nüfusun hızla artması ile birlikte su ve besin maddelerine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bunun yanı sıra su kaynaklarının kısıtlı olmasıyla birlikte daha verimli bir şekilde kullanılması gündeme gelmektedir. Bitkilerin geleceğe yönelik çeşitli senaryolar ile iklim, bitki, toprak ve çevre faktörlerinin de dikkate alınarak, verim tahminlerinin yapılabilmesi için modelleme çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Bunun için Türkiye'de ve Dünya'da pek çok bitki için bitki iklim simülasyon modelleri kullanılarak çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Verim tahmin etme çalışmalarında CERES (Crop Environment Resource Synthesis) Modeller gurubu içinde yer alan CERES-Rice, CERES-Maize ve CERES-Wheat Modelleri, DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), SIMWASER (Simulation von Wasser und Ertrag), CropSyst (Cropping Systems Simulation Model), WOFOST (World Food Studies), CROPGRO ve AquaCrop gibi modeller kullanılmaktadır. Geliştirilen bu

modeller ile ilgili önemli ve son yıllarda yürütülen çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Çaldağ (2000) çalışmasında; Türkiye’de ve Dünya’da en önemli besin kaynağı olan buğday bitkisinin gelişimine meteorolojik faktörlerin ve bu faktörlerde meydana gelmesi muhtemel değişikliklerin yapacağı etkileri tarımsal meteorolojik açıdan araştırmıştır. Çalışma Kırklareli Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü’nde uygulamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmada, buğday bitkisinin 1997-1998 ve 1998-1999 gelişme dönemlerinde ölçülen meteorolojik, toprak ve bitki gelişimi ile ilgili veriler kullanılmıştır. Modelleme kapsamında gerçekleştirilen benzetimlerde açıklamalı bitki-iklim modellerinden CERES-Wheat ve SIMWASER modelleri kullanılarak her iki ölçüm dönemi için bitki gelişimi meteorolojik faktörlerin etkisi altında analiz edilmiştir. Uygulanan benzeşimlerin sonuçları, bitki gelişimi, kuru madde miktarı, verim ve buharlaşma değişkenleri açısından ele alınmış ve bu model sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sonuçta açıklamalı modellerin bitki gelişimi ve verimi üzerinde oldukça tatmin edici ön tahminler gerçekleştirebildikleri ortaya çıkmıştır. CERES-Wheat modeli 98-99 döneminde 1 °C sıcaklık senaryosunda dikkate değer bir ürün miktarı değişimi öngörmemiştir. Ancak sıcaklığın 2°C değişimi durumunda verimin yaklaşık % 9 oranında sapacağı belirlenmiştir. Tüm benzetimlerde bitki gelişiminin en hassas olduğu parametre güneş radyasyonu olarak tespit edilmiştir. Yine çalışmanın yapıldığı 97-98 gelişme dönemi için, güneş radyasyonunda gerçekleşmesi muhtemel % 20 oranındaki değişimin, ürün miktarında % 20 ile % 30 arasında artış veya azalış şeklinde yansıtacağı SIMWASER modeli tarafından tahmin edilmiştir. CERES-Wheat modeli ile karbondioksit (CO₂) değişimlerine yönelik benzetimlerde gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. CO₂’nin özellikle radyasyon parametresi ile birlikte dikkate alındığı senaryoların bitki gelişimini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir.

Mor (2005) tarafından yapılan çalışmada ise DSSAT V4 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4) bitki-iklim modelinin, Bursa’da yetiştirilen Gönen, Pehlivan ve Köksal-2000 ekmeklik buğday çeşitlerinin farklı su uygulama düzeylerinde, kimi verim parametrelerinin tahmin edilmesinde, kullanım olanağı araştırılmıştır. Bu amaçla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinde, 2001-2002 ve 2002-2003 yıllarında, anılan çeşitlere ilişkin tarla denemeleri kurulmuş, susuz, 25 mm, 50 mm, 100 mm sulama suyu uygulanmış, elde edilen verim parametreleri, model sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü her iki yılda da, model sonuçları ile arazi sonuçları büyük benzerlik göstermiş, ilk yılda sırasıyla 6613 kg ha⁻¹-6240 kg ha⁻¹, ikinci yılda ise 3517 kg ha⁻¹-3447 kg ha⁻¹ çeşitler ortalaması olarak elde edilmiştir. Her iki yılda da

tane verimi, hasat indeksi, biomas ve vejetatif ağırlık değerleri, gerçek değerlere yakın olduğundan, bu parametrelerin model ile tahmin edilebileceği, birim tane ağırlığının ise gerçek değerlerden düşük olması nedeniyle, özellikle ikinci yıl, 50 mm ve 100 mm su uygulama düzeyleri için tahmin edilemeyeceği söylenmiştir.

Şimşek ve ark. (2007) AgroMetShell Modeli kullanarak “Türkiye’de Buğdayın Verim Tahmini” adlı çalışmayı yapmışlar ve sonuçta 2005 ve 2006 yılları için il bazında verim tahminlerini elde etmişlerdir. Daha sonra TÜİK’ten alınan istatistik verim değerleri ile modelin 2005, 2006 verim tahmini değerlerini kullanarak haritalar oluşturmuşlardır. Tahmin edilen verim değerleri ile gerçekleşen değerler arasında $R^2=0,9067$ düzeyinde bir ilişki tespit etmişlerdir. Buna göre en yüksek verim değerlerine sahip olan iller Hatay, İstanbul, Tekirdağ ve Kırklareli’dir. Verimi en düşük olan iller Kars, Siirt, Van, Erzurum, Ordu, Tunceli, Muş, Giresun ve Bayburt’tur. Verim tahminleri normalleri ile kıyaslandığında %77,7’lik artışla ilk sırada Iğdır ili, ikinci sırada %74,7’lik artışla Şanlıurfa, üçüncü sırada ise %60,4’lük artışla Karaman gelmektedir. % 30’un üzerinde artışa sahip iller Elazığ (%54,4), Ardahan (%51,2), Aksaray (%45,2), Çorum (%37,7), Ankara (%35,7), Mardin (%35,5), Bartın (%31,1), ve Bayburt (%30,0) olarak sıralanabilir. % 1’den daha az değişim gösteren iller Çanakkale, Tunceli, Kayseri ve Kahramanmaraş’tır. En büyük verim düşüşü ise % 31,8’lik düşüşle Siirt ilinde görülmüştür. % 26,1’lik düşüşle Kars ikinci, % 19,2’lik düşüşle İzmir üçüncü sırada verim düşüşü yaşamıştır. 2006 verim tahminleri ile gerçekleşmeleri arasındaki farkları karşılaştırdığımızda, 2005 yılına göre en yüksek verim artışı %43,5’lik değerle Mardin ilinde meydana gelmiştir. % 39,0’lık artış değeriyle Ardahan ikinci, %30,5’lik artışla ise Bolu üçüncü sırada yer almıştır. En büyük düşüş % 50,5 değeri ile Siirt ilinde gerçekleşmiştir. İkinci en büyük düşüş % 33,6’lık değerle Kilis ilinde, % 31,4’lük değerle Amasya ilinde gerçekleşmiştir. Tekirdağ ise 2006 yılı verim tahmini ile ortalama arasındaki fark %0,01-%20 arasındaki iller arasındadır.

Kapur ve ark. (2007) “Çukurova Bölgesi’nde Küresel İklim Değişikliği ve Buğday Verimliliği Üzerine Etkilerine Genel Bir Yaklaşım” adlı çalışmalarında akdeniz iklimi koşullarını yansıtan Çukurova’da buğday yetiştirilen alanlarındaki artan CO₂’in ve iklim değişiminin olası etkilerinin değerlendirmesini yapmışlardır. Gelecekte öngörülen iklimin oluşturulması için TERCH-RAMS adlı bölgesel iklim modeli koşularak iklim değişimi senaryosu oluşturulmuş ve bu sonuçlar doğrultusunda öngörülen değişikliğin buğday üzerine etkileri genel olarak değerlendirilmiştir. Tarımsal adaptasyon stratejileri kısa-dönem ve uzun dönem olarak belirlenmiştir.

Şen (2009) “Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresi’nde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi” adlı doktora çalışmasında bölgesel iklim modeli RegCM’yi kullanarak Çukurova Yöresi’nde 2071-2100 yılları arasındaki iklimi kestirmiş ve iklim değişikliğinin yöredeki başat ürünlerden mısır verimine olan etkilerini belirlemek amacıyla WOFOST bitki büyüme modeli kullanmış ve modelin uyumluluğu duyarlılık ve ayarlama testleriyle irdelemiştir. WOFOST bitki büyüme modeli ile kestirilen 1. ve 2. ürün mısır dane verimleri gözlenenlerden sırasıyla %4,5 ve %-5,0 oranında 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.

Çaldağ (2009) tarafından yapılan “Trakya Bölgesi’nin Tarımsal Meteorolojik Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı diğer tez çalışmasında meteorolojik faktörlerin Trakya Bölgesi’nde buğday ve çeltik gelişimine ve verimine olası etkileri bitki iklim modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Öncelikle modellerin sıcaklık, yağış, toplam güneş radyasyonu ve CO₂’deki değişimlere karşı hassasiyeti, CERES-Wheat ve CERES-Rice modelleri kullanılarak araştırılmıştır. Bu adımı, RegCM3 Bölgesel İklim Modelinin IPCC A2 senaryosuna göre 2071-2100 arası dönem için verdiği değişimlerden bitkilerin etkilenme derecesinin incelenmesi izlemiştir. Bölgesel iklim modelinin günlük çıktıları 2071-2100 yılları arasında olası en kurak ve en sıcak gelişme dönemlerinin belirlenmesi için düzenlenmiş ve bitkilerin (buğday, çeltik) gelişme ile verim durumlarının ekstrem meteorolojik koşullardan etkilenme durumu ortaya konmuştur. 1975-2005 arası gerçekleşen verim değerleri ile modellerin çıktıları karşılaştırılmıştır. En iyi model yaklaşımının %3,14 oranında bağıl hata ile Kırklareli-Buğday için CERES-Wheat Modeli ile elde edildiği simülasyonlarda Edirne-Buğday için bağıl hata, %14,83’e yükselmiştir. Bağıl hatalar Tekirdağ buğdayı için %9,33 olarak gerçekleşmiştir. Modellere uygulanan meteorolojik parametre değişim analizleri ile modellerin hassasiyetleri de ortaya konmuştur. Bu noktada öncelikle meteorolojik değişkenlerin tek başına ve ikili kombinasyonlar halinde değişimleri incelenmiş, örneğin Kırklareli’nde buğdayın, (Rg+%30;CO₂x4) kombinasyonuna %67’nin üzerinde dane verimi artış tepkisi vereceği öngörülmüştür. Hassasiyet analizleri, kışlık buğdayın özellikle yağış azalışına olumsuz verim tepkileri vereceği belirlenmiştir. Söz konusu azalış, başka değişkenlerle olan kombinasyonlarda şiddetini arttırmakta olup, (T+5;P- %40) kombinasyonu Tekirdağ’da dane veriminin %57 oranında düşmesine sebebiyet verecektir. Küresel CO₂ artışları, birçok hassasiyet uygulamasının dikkat çekici sonuçlarına kaynak teşkil etmiştir.

Edirne’de kışlık buğday verimi (T-1;CO₂x4) uygulamasına %75’e varan bir dane verimi artışı tepkisi vermiştir. Hassasiyet analiz simülasyonları, 3 ve 4 meteorolojik faktörün birlikte değiştiği kombinasyonlar için de sırasıyla uygulanmıştır. Genelde sıcaklığın 3°C’den fazla arttığı durumlar yağış azalışı ile birleştiğinde özellikle buğday veriminde önemli düşmelerin yaşanabileceği görülmüştür. Bununla birlikte 1975-2005 arasında en düşük dane verimine sahip olan Edirne, (T+4;Rg+%40;P-%40;CO₂x4) simülasyonu neticesinde dane verimi açısından Kırklareli’ni ve Tekirdağ’ı geride bırakabilecektir. Bu verim yükselişinde en önemli rolü, CO₂ artışı oynamaktadır. Kırklareli’nde ve Edirne’de kışlık buğday veriminin sırasıyla ortalama %9 ve %30 artış göstereceği, Tekirdağ’da ise %13 oranında azalacağı belirlenmiştir. Edirne’de çeltik veriminin de yaklaşık %53 azalacağı öngörülmüştür. (Çaldağ ve Şaylan 2010).

Kapur (2010) “Artan CO₂ ve Küresel İklim Değişikliğinin Çukurova Bölgesi’nde Buğday Verimliliği Üzerine Etkileri” adlı diğer doktora tez çalışmasında bölgesel ölçekli TERCH-RAMS iklim modelini kullanarak Çukurova için gelecek iklimi kestirmiş; sonra da tam kontrollü koşullar altında öngörülen atmosferik karbondioksit konsantrasyonu (CO₂), sıcaklık ve yağış değişikliğinin bölgede en önemli tarımsal ürün olan Adana-99 buğday çeşidinin büyüme-gelişme ve verimi üzerine etkileri incelenmiştir. Gelecek kestirimlerde ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 3 °C’lik bir artış, yağışlarda ise %25 ile %40 arasında azalma saptanmıştır. İki farklı (CO₂) (400 ppm ve 700 ppm), iki sıcaklık (17/11 °C ve 20/14 °C) ve iki sulama (tam ve kısıtlı) rejiminde incelenen Adana-99 buğday çeşidinde sıcaklıktaki 1 °C artış için çiçeklenmeye dek geçen sürenin 5, olgunluğa dek geçen sürenin ise 9 gün kısaldığı gözlenmiştir. Artan (CO₂) kardeş ve başak sayısını %69 ve %15 artırmıştır. (CO₂) artması ile vejetatif organlarda özellikle de köklerde önemli ağırlık artışları saptanmıştır. (CO₂) artışı ile dane veriminde kısıtlı sulanan sıcak koşullarda hiç değişim olmazken; kısıtlı sulanan normal sıcaklık koşullarında %13, tam sulanan normal sıcaklık koşullarında %17, tam sulanan sıcak koşullarda ise %34 oranında artış gerçekleşmiştir.

Baydar ve Kanber (2012) Aşağı Seyhan Ovasında gelecek yıllarda olası iklim değişikliğinin etkilerinin pamuk bitkisinin verimine, fizyolojik özelliklerine, sulamasına ve artan CO₂ ile sıcaklığın meydana getirebileceği olumlu veya olumsuz etkilerin belirleyip, Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Model sonuçları kullanılarak gelecek koşullardaki iklim belirlenmiş ve DSSAT versiyon 4.0.2 paket programı içerisinde bulunan Cropgro bitki benzeşim modeli gelecek yıllar için koşullar pamuk bitkisinin iklim değişikliklerine karşı tepkisi kestirilmiştir. 2070-2079 yılları arasında artan sıcaklıklar ve CO₂ miktarlarına bağlı olarak pamuk bitkisinin verimi %5 azalarak 3,578 kg ha⁻¹ olacağı, biyokütlenin %8’lik bir

artış ile 13,979 kg ha⁻¹ olacağı ve gelecek koşullarda hasat indeksinin ise %15 azalacağı belirlenmiştir.

Özdere (2012), AquaCrop Modelin 3.1 versiyonunu kullanarak yağışın, sıcaklık artışının, farklı fenolojik safhalardaki yağış eksiklerinin ve sulamanın 2010 yılında Kırklareli iline ekilen ayçiçeği bitkisinin gelişimine olan etkilerini analiz etmiştir. Her bir fenolojik safhadaki yağışları ayrı ayrı kaldırarak, yağışın hangi fenolojik safhalarda önemli olduğunu araştırmıştır. Model, ekimden çimlenmeye kadar geçen dönemde ve çiçeklenme safhalarında yağış eksikliği sonucunda ayçiçeği bitkisi için verimde ve biyokütlede azalmalar göstermiştir. Ayçiçeği için ekimden hasata kadar yağış almadığında ve sulama yapılmadığında verimin % 63 oranında ve ayrıca çiçeklenme safhasında yağış almayan ve sulama yapılmayan durumda da yaklaşık aynı oranda (% 62) düşüş gözlemlenmiştir. Sıcaklık artışı senaryolarında, topraktan olan buharlaşmanın arttığını dolayısıyla modelin bu durumda sıcaklık artışlarının verim ve biyokütle miktarında azalmaya neden olarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyeceğini tahmin etmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, sıcaklığın ayçiçeği gelişimi ve verimi üzerindeki etkilerinin sulamanın ya da yağışın kadar büyük olmamakla birlikte göz ardı da edilemeyeceğine dikkat çekmiştir.

Kale ve Tarı (2012) AquaCrop Modeli İç Anadolu Bölgesi Bala Tarım İşletmesinde arazi şartlarında sulu ve susuz koşullar altında elde edilen buğday verilerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Model tarafından tahmin edilen ve arazide ölçülen değerleri istatistiksel olarak karşılaştırmışlardır. Ortalama sapma (α), standart hata (RMSE) ve model etkinlik katsayısını (E) sırasıyla, biyokütle için 1,16, 1,17 ve 0,67 ve verim için ise 0,32, 0,326 ve 0,83 olarak bulmuşlardır. Model tarafından kök bölgesindeki toprak nemi, bitki örtü yüzdesi ve dane verimi değerleri doğru bir şekilde tahmin edilirken, biyokütle değerleri yüksek bulunmuştur.

Dünya çapında da pek çok araştırmacı farklı ürünler için ve farklı koşullarda AquaCrop Modeli denemişler ve güvenilir doğrulukta sonuçlar elde etmişlerdir Bunlara örnek olarak arpa (*Hordeum vulgare*) (Araya ve ark. 2010a); teff (*Eragrostis tef*) (Araya ve ark. 2010b); pamuk (*Gossypium hirsutum*) (Baumhardt ve ark. 2009); quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Geerts ve ark. 2009a), (Geerts ve ark. 2009b), (Geerts ve ark. 2010); mısır (*Zea mays* L.) (Heng ve ark. 2009), (Hsiao ve ark. 2009), (Abedinpoura ve ark. 2012), (Zinyengere ve ark 2011); patates (*Solanum tuberosum* L.) (Vanuytrecht ve ark. 2011) ve kanola (*Brassica napus* L.) (Zeke ve ark. 2011) bitkileri verilebilmektedir.

Ayçiçeği ve buğday bitkileri için de farklı koşullarda AquaCrop Model ile simülasyonlar yapılmıştır. Stricevic ve ark. (2011) sulama yapılmamış doğal koşullarda ve

sulama yapılmış, yeterli miktarda ek besin verilmiş koşullarda mısır, şeker pancarı ve ayçiçeğinin gelişimini AquaCrop Model ile inceleyerek verim ve sulama suyu kullanım randımanını simüle etmişlerdir. Sulama için su kaynaklarının stratejik planlanmasında ve su yönetiminde kullanılabilir olduğunu ayrıca farklı iklim koşulları altında verim, biyokütle ve su gereksinim simülasyonları için modelin uygulanabilir olduğunu belirtmişler, modelin veri girişinin ve kullanımının kolay olduğunu vurgulamışlardır.

İran'da Andarzian ve ark. (2011) tarafından yapılmış olan bir çalışmada yeterli miktarda sulanmış ve kuraklık etkisine maruz bırakılmış buğday bitkisinin üretimi AquaCrop Model ile test edilmiştir. Sulama uygulaması bitki gelişim dönemlerinde ve farklı derinliklere su uygulaması yapılması şeklinde iki farklı senaryo şeklinde uygulanmıştır. Kök bölgesindeki toprak su içeriği, bitkisel biyokütle ve tane verimi simüle edilerek %10'dan daha az bir hata ile doğru sonuçlar elde edilmiştir.

Mkhabela ve ark. (2012) Kanada topraklarında buğday verimini ve toprak nemini simüle etmişlerdir. Verim değerlerinde gözlenen ve ölçülen değerler arasında %3'lük bir fark ve toprak neminde ise %2'lik fark gözlemlenmiştir. AquaCrop Modelin sonuçlarının kabul edilebilir doğrulukla Kanada topraklarında buğday verimini ve toprak nemini belirlemede kullanılabileceğini göstermiştir.

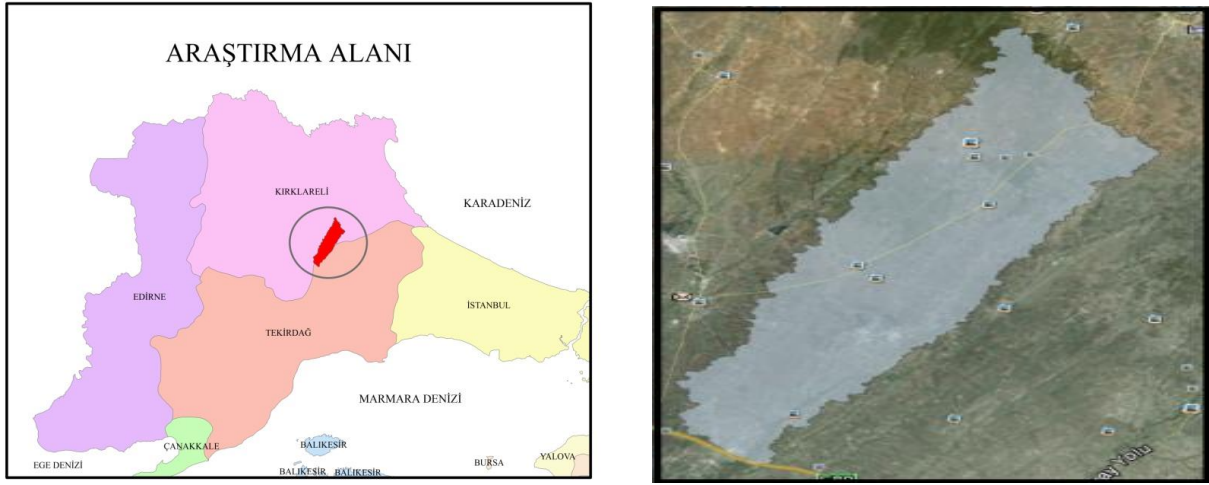
Singh ve ark. (2013), Hindistan'ın batı Bengal bölümünde 10 çeşit buğdayda (DBW 17, RAJ 4120, PBW 621, K 0307, HD 2733, HD 2687, CBW 38, DBW 39, HD 2985 ve PBW 343) Nisan-Aralık döneminde 2008-2009 ve 2009-2010 yılları arası verim değerlerini simüle edilmiştir. 2008-2009 yıllarında buğday veriminin gerçek değeri 410 kg ha⁻¹ iken simüle edilen değeri 416 kg ha⁻¹ olarak model tarafından hesaplanmıştır. 2009-2012 yıllarında ise buğday veriminin gerçek değeri 390 kg ha⁻¹ iken simüle edilen değeri 401 kg ha⁻¹ olarak bulunmuştur. AquaCrop Modelin minimum veri girişi ile sade ve kullanıcı dostu bir model olduğu belirtilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanı

Araştırma yeri, Trakya Bölgesi'nde Meriç-Ergene Ana Havzası içerisinde yer alan Tekirdağ-Çorlu Pınarbaşı Havzasıdır. Havza alanı 119,61 km² olmak üzere Harita Genel Komutanlığı'ndan bilgisayar ortamında temin edilen ve uygulama alanına isabet eden beş adet 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik paftaları (E19d3, E19c4, F19a1, F19a2, F19a4) içinde kalmaktadır. Denizden yüksekliği 85-268 m'ler arasında olan havza, UTM/UPS 35N projeksiyonunda, Batı 548285,708548 m, Doğu 563270,708548 m, Kuzey 4602318,717398 m ve Güney 4579428,717398 m koordinatları arasında yer almaktadır. Havza kendi içerisinde farklı büyüklüklere sahip dört alt havzayı içermektedir. Bunlar Topçu, Çövenli, Sofular ve Akıncılar alt havzalarıdır. Araştırma alanının konumu Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Pınarbaşı Havzası'nın konumu

3.1.2. Araştırma Alanının İklimi

Araştırma alanı, Marmara Denizi kıyı şeridi boyunca görülen Karadeniz-Akdeniz ve iç kesimlerde görülen karasal iklimler etkisi altındadır. Kışları serin ve yağışlı, yazları kurak ve sıcaktır. Çizelge 3.1'deki uzun yıllar (1970-2011) ortalamasına bakıldığında yıllık ortalama sıcaklık 12,8 °C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 3,5 °C ile Ocak, en sıcak ay ise 22,7 °C ile Temmuz aylarıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 47,7 mm'dir. Yağışın

büyük bir kısmı Ekim ile Mayıs ayları arasındaki dönemde gerçekleşmektedir. Yıllık ortalama oransal nem %77,2'dir. Yıllık ortalama rüzgâr hızının 2 m yükseklikteki değeri 3,5 m s⁻¹'dir (Anonim 2012).

3.1.3. Yağış ve Akış Gözlem İstasyonları

Pınarbaşı Havzasının Topçu alt havzasında üç adet ağırlıklı tip plüviyograf (yağış ölçer) bulunmaktadır. Ayrıca bu havzanın çıkış noktasına bir üçgen savak ve bunun üzerinden geçen debinin ölçümü için bir limnigraf (akış ölçer) kurulmuştur. Plüviyograf ve limnigraftan 1985-2007 yılları arasında sürekli yağış ve akış ölçümleri yapılmıştır. Şu an ölçüm yapılmamaktadır.

3.1.4. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri

Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de 19.06.2012 tarihinde birer adet profil çukuru açılmıştır. Bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm'lik katmanlardan alınıp, laboratuarda analize uygun hale getirilerek tarla kapasitesi, solma noktası, toprağın bünyesi, bünye sınıfı, birim hacim ağırlık, su ile doyumluk, toplam tuz ve pH değerlerinin belirlenmesi için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'ne gönderilmiştir. Burada yapılan analiz sonuçları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları (1970–2011) (Anonim 2012)

| Uzun Yıllar İklim Verileri | Aylar | | | | | | | | | | | | Yıllık Ortalama |
|--|-------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|-----------------|
| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | |
| Ortalama sıcaklık (°C) | 3,5 | 4,0 | 6,5 | 11,2 | 16,1 | 20,6 | 22,7 | 22,3 | 18,6 | 14,0 | 9,1 | 5,4 | 12,8 |
| Ortalama max. sıcaklık (°C) | 6,8 | 7,9 | 11,1 | 16,7 | 22,0 | 26,7 | 29,0 | 28,8 | 24,9 | 19,1 | 13,3 | 8,7 | 17,9 |
| Ortalama min. sıcaklık (°C) | 0,6 | 0,9 | 2,8 | 6,8 | 10,9 | 15,0 | 16,9 | 16,7 | 13,6 | 10,0 | 5,7 | 2,4 | 8,5 |
| Ortalama bağıl nem (%) | 85,3 | 82,1 | 79,4 | 75,2 | 73,2 | 69,8 | 68,6 | 71,8 | 73,9 | 79,2 | 83,0 | 85,1 | 77,2 |
| Ortalama rüzgâr hızı* (m s ⁻¹) | 3,9 | 4,0 | 3,7 | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 3,5 | 3,6 | 3,3 | 3,5 | 3,3 | 3,8 | 3,5 |
| Yağış (mm) | 55,6 | 52,1 | 51,0 | 44,6 | 48,4 | 36,7 | 27,9 | 18,6 | 34,1 | 58,9 | 72,5 | 71,9 | 47,7 |

* 2 m yükseklikte ölçülen değerdir.

Çizelge 3.2. Araştırma alanındaki toprakların bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri

| Numunenin Alındığı Yer | Derinlik (cm) | Su ile Doygunluk (%) | pH | Toplam Tuz (%) | BÜNYE | | | Bünye Sınıfı | Tarla Kapasitesi (% Ağırlık) | Solma Noktası (% Ağırlık) | Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³) |
|------------------------|---------------|----------------------|------|----------------|---------|----------|---------|-----------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| | | | | | Kil (%) | Silt (%) | Kum (%) | | | | |
| Akıncılar | 0-30 | 55 | 7,62 | 0,06 | 27,08 | 16,67 | 56,25 | Kumlu Killi Tın | 23,20 | 14,33 | 1,57 |
| Akıncılar | 30-60 | 55 | 7,66 | 0,05 | 29,17 | 10,42 | 60,42 | “ | 21,97 | 15,62 | 1,72 |
| Akıncılar | 60-90 | 55 | 7,66 | 0,05 | 29,17 | 10,42 | 60,42 | “ | 28,05 | 16,40 | 1,71 |
| Sofular | 0-30 | 60 | 7,54 | 0,08 | 33,33 | 12,50 | 54,17 | “ | 33,97 | 23,09 | 1,53 |
| Sofular | 30-60 | 63 | 7,57 | 0,07 | 29,17 | 14,58 | 56,25 | “ | 32,86 | 22,78 | 1,53 |
| Sofular | 60-90 | 60 | 7,65 | 0,08 | 37,50 | 12,50 | 50,00 | Kumlu Kil | 30,02 | 23,15 | 1,46 |
| Çövenli | 0-30 | 66 | 7,59 | 0,09 | 25,00 | 20,83 | 54,17 | Kumlu Killi Tın | 44,47 | 20,43 | 1,35 |
| Çövenli | 30-60 | 67 | 7,56 | 0,09 | 41,67 | 14,58 | 43,75 | Kil | 47,39 | 26,60 | 1,38 |
| Çövenli | 60-90 | 68 | 7,61 | 0,09 | 39,58 | 14,58 | 45,89 | Kumlu Killi Tın | 37,96 | 27,54 | 1,37 |

3.1.5. Havza Karakteristiklerinin Modellenmesi: ArcGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı

Araştırma alanının akarsu ve havza karakteristiklerinin, toprak özelliklerinin belirlenmesi ve havzanın 3 boyutlu arazi modelinin oluşturulması için ArcGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı kullanılmıştır. ARCGIS™ 9.3 sistemi, entegre bir coğrafi bilgi sistemidir. CBS yazılım bileşenlerinin ortak kütüphanesi ArcObjects üzerine kurulmuş bir sistemdir. ArcGIS 9.3 Desktop, Engine, Server, IMS olarak 4 anahtar bölüm içerir (Küpcü 2004).

ArcGIS Desktop: İleri düzeyde CBS uygulamalarının bütünüdür.

ArcGIS Engine: C++, COM, NET ve Java programlama dilleri kullanarak uygulama yazılımları oluşturmak için CBS geliştirici araçları sağlar.

ArcGIS Server: Ortak CBS yazılım objeleri kütüphanesidir. Sunucu tarafından bütün CBS uygulamalarını, SOAP tabanlı web servislerini ve web uygulamalarını gerçekleştirmek için kullanılır.

ArcIMS: İnternet üzerinden haritaların, verilerin ve meta verilerin sunumu için kullanılan CBS hizmetleridir.

ArcGIS Desktop, çok çeşitli kullanıcı tiplerinin gereksinimlerini yerine getirebilmek amacıyla ölçeklendirilmiştir. Bunlar ArcInfo, ArcView ve ArcEditor'dür. Hepsi, içerisinde bütünleşik olarak gelen ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe ve Model Builder arayüzleri ile haritalama, coğrafi analizler, veri düzenleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerini gerçekleştirebileceğiniz entegre bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır. Bu üç tip ArcGIS Desktop'u kullanımlarına göre tanımlanabilmektedir. ArcView, çok kapsamlı veri kullanımı, haritalama ve analizler üzerine odaklanır. ArcEditor, ArcView yazılım özelliklerine ek olarak, gelişmiş coğrafi düzenleme ve veri üretimi sağlar. ArcInfo ise çok kapsamlı CBS fonksiyonları ve çok zengin coğrafi işlemler içeren profesyonel bir yazılımdır (Küpcü 2004).

ArcGIS Desktop Extensions (Modüller) kullanılarak bütün yazılımlara yeni yetenekler eklenebilir. Kullanıcılar ArcObjects (ArcGIS yazılım bileşenleri kütüphanesi) kullanarak kendilerine özel modüller geliştirebilirler. Ayrıca, Visual Basic, .NET, Java, Visual C++ gibi standart Windows programlama arayüzleri kullanılarak yeni modüller ve özel araçlar da geliştirilebilir (Küpcü 2004).

3.1.6. İklim Değişikliği Tahmin Modeli: RegCM3

Bu çalışmada iklim değişikliğini tahmin etmek için Amerikan Atmosferik Araştırmalar Ulusal Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilen RegCM Version 3.1 Bölgesel İklim Modeli sonuçları kullanılmıştır. İklim değişikliğinin modellenmesinde kullanılan iklim verileri İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nden elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar 2008 yılında Dalfes ve arkadaşlarının TÜBİTAK tarafından desteklenerek ve RegCM3 Bölgesel İklim Modelini kullanarak yaptıkları “Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları” projesinin çıktılarıdır. RegCM3 Bölgesel İklim Modelinin çalıştırılması başlangıçta iki temel adıma dayanmaktadır. Birincisi model alanının topografyasının ve arazi kullanımının RegCM3 gridlerinde oluşturulmasıdır. Diğer adım ise başlangıç ve sınır koşullarının belirlenmesidir. RegCM3 model çıktıları temel olarak dört ana grupta toplanmıştır. Bunlar sırasıyla atmosfer, radyasyon, yüzey ve kimya değişkenleridir. Bu çalışmada kullanılmak üzere elde edilen veriler ECHAM5 Genel Dolaşım Modelinin referans (1961-1990) ve gelecek A2 SRES senaryosu çıktılarının RegCM3 Bölgesel İklim Modeli kullanılarak elde edilen günlük, yüzey çıktıları verileridir. Bu veriler gelecek 2000-2099 yılları ve referans 1961-1990 yılları günlük, minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{K}$), maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{K}$), rüzgâr hızı (m s^{-1}), yağış (mm) ortalama nem (%) ve global güneş radyasyonu (W cm^{-2}) değerlerini kapsamaktadır.

3.1.7. Yağış Akış Modeli: SWMHMS

Bu çalışmada yağış ve akışın modellenmesi amacıyla daha önce Trakya Bölgesi'nde yer alan Damlıca ve Vize Deresi Havzaları (Bakanoğulları ve ark. 2011) ile Edirne Kumdere Havzasında (Bakanoğulları 2002) kullanılan ve başarılı sonuçlar elde edilen SWMHMS Hidrolojik Modeli seçilmiştir. Allred ve Haan (1995) tarafından Oklahoma Devlet Üniversitesinde geliştirilen SWMHMS Model yüzey/vegetatif tutulma, yüzey akım, toprak infiltrasyonu, toprak katmanlarında tutulma, buharlaşma, evapotranspirasyon, toprak perkolasyonu, yeraltı akışı/yeraltı suyu göllenmesi ve taban akımı göz önünde bulundurarak toplam akımı hesaplamaktadır (Şekil 3.2). Bu hesaplamalar günlük değerler üzerinden yapılmaktadır. Aylık değerler, günlük tahmin edilen değerlerin toplamından bulunmaktadır. SWMHMS Modeli simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizi de yapabilmektedir. Model simülasyon ve optimizasyon yaparken iki istatistiksel yöntem olan karelerinin farklarının toplamı (SQR) ve Mutlak değerlerinin farklarının toplamı (ABS) fonksiyonlarını

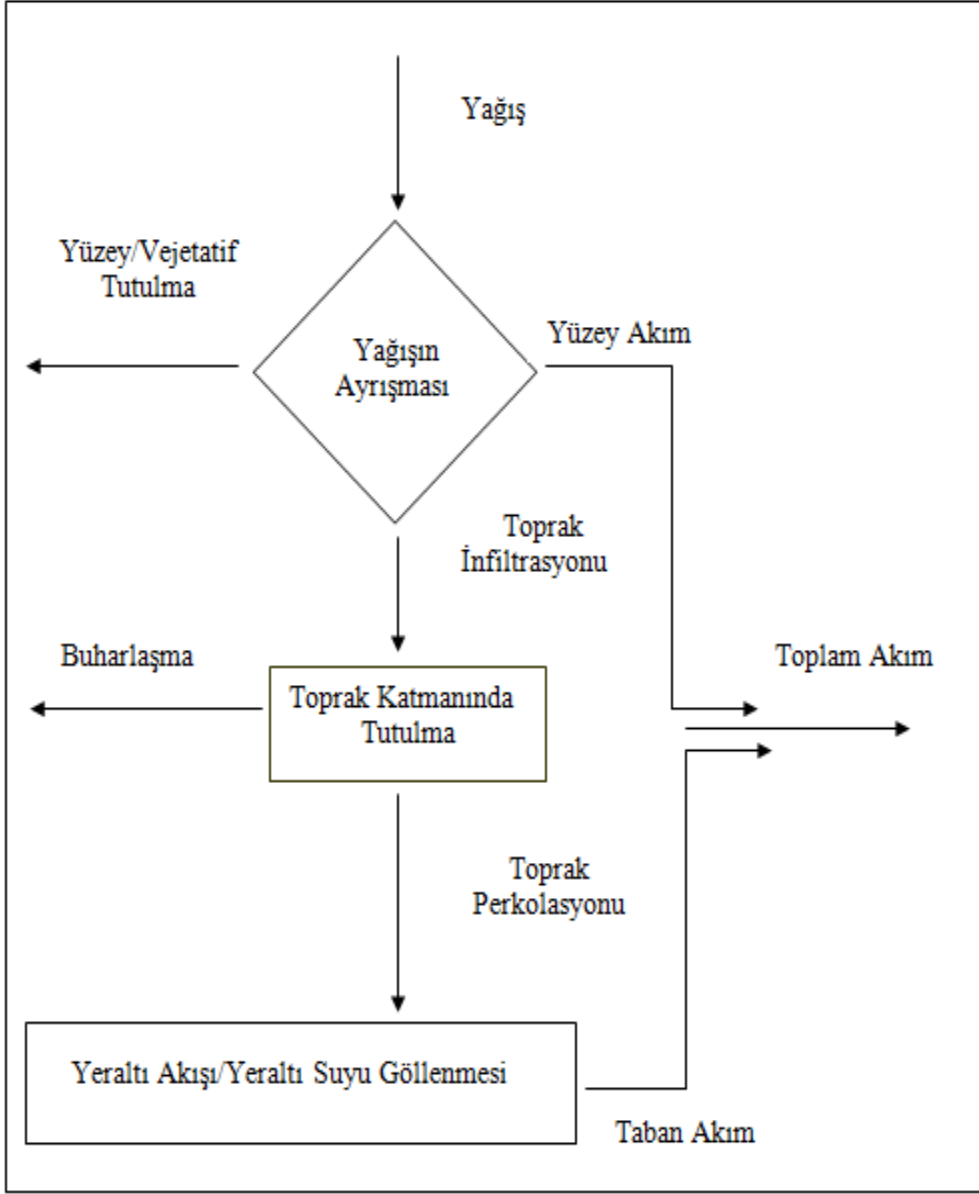
kullanılmaktadır. Simülasyon yaparak havzanın aylık ortalama akımlarını tahmin etmekte, optimizasyon ve hassaslık analizleri ile de altı adet havza hidrolojik parametresini değerlendirmektedir.

Modelin çalışması için gerekli olan iklim verileri günlük yağış (inch), aylık ortalama sıcaklık (°F), aylık bitki su tüketim katsayıları (k_c), aylık güneşlenme oranları (P) ve aylık akım (inch) değerleridir. Modele girilmesi gereken diğer bilgiler havza alanı (akre), başlangıçta yeraltına katılan su miktarı (inch), ölçülen akımların başlangıç ve bitiş tarihleri ve simülasyon yapılacak tarih aralığı ile bundan bir önceki yıldır. Ayrıca modelin çalışması için havza hidrolojik parametrelerinin de modele girilmesi gerekmektedir. Bu parametreler şunlardır:

- CN** : Yüzey akış eğri numarası (0–100)
AWC : Toprak profilinin elverişli su tutma kapasitesi (inch)
SYC : Toprak profilinin spesifik verim kapasitesi (inch)
SC : Taban akım katsayısı (0–1)
PERCCOEF : Perkolasyon katsayısı (0–1)
IRAC : Başlangıçtaki yağış tutulma katsayısı (0–1)

Model çıktı olarak simülasyon sonuç dosyasında tahmin edilen aylık ortalama akım (PRDFLOW), potansiyel evapotranspirasyon (PET), gerçek toprak buharlaşması (AET), toprak infiltrasyonu (MINF), taban akım (MBSFL), yüzey ve vejetatif tutulma (MINT) değerlerini vermektedir. Ayrıca simülasyon sonucunun istatistiksel değerlendirilmesi de bu kısımda yer almaktadır. Optimizasyon sonucunda model altı adet havza hidrolojik parametresinin havza için en uygun değerlerini belirlemektedir. Optimizasyon sonuç dosyasında havzaya ait altı hidrolojik parametre için birinci optimizasyonda kaba bir sonuç, ikinci optimizasyonda ise daha hassas bir sonuç yer almaktadır. Hassaslık analizi sonuç dosyasında ise havza hidrolojik parametrelerinden hangisinin simülasyon hesaplamalarını ne kadar etkilediği belirlenmektedir.

Şekil 3.2’de model akış diyagramındaki şematik olarak verilen işlemlerin modelin kullanım kitapçığında (Allred ve Haan 1995) yer alan matematiksel ifadeleri sırasıyla aşağıda verilmiştir (Bakanoğulları 2002).



Şekil 3.2. SWMHMS Model akış diyagramı (Allred ve Haan 1996)

Yüzeysel Akım

Yüzeysel akım Amerikan Toprak Muhafaza Servisi tarafından (1972) geliştirilmiş olan prosedür kullanılarak belirlenmektedir. Aşağıdaki üç denklem yağış tutulmasını (S) hesaplamak için kullanılmaktadır.

$$CNI = -16,91 + (1,348 * CN) - (0,01379 * CN^2) + (0,0001177 * CN^3) \quad (3.1)$$

$$SMX = \frac{1000}{CNI} - 10 \quad (3.2)$$

$$S = SMX * \frac{(TWC-AW)}{TWC} \quad (3.3)$$

CN: Yüzey akış eğri numarası

CNI: Kuru topraklardaki hidrolojik toprak örtü numarası

SMX: Kuru şartlar altında maksimum yağış tutulması (inch)

S: Yağış tutulması (inch)

TWC: Toprağın toplam su kapasitesi (inch)

AW: Toprak profilindeki mevcut su miktarı (inch)

Eşitlik 3.1’de kuru topraklardaki hidrolojik toprak örtü numarasını belirlemek için Smith ve Williams (1980) tarafından tarif edilen CNI eşitliği kullanılmıştır. CN ise standart çizelgelerden bulunan yüzey akış eğri numarasıdır ve ortalama toprak nemi şartlarını göstermektedir. CNI eşitliği ile kuru topraklar için yani şart I’ e çevrilerek hesaplanmaktadır. Eşitlik 3.2’deki SMX, kuru şartlar altında maksimum yağış tutulmasıdır. TWC ise toprağın toplam su kapasitesidir. TWC başka bir ifade ile elverişli su tutma kapasitesi (AWC) ile spesifik verim kapasitesinin (SYC) toplamına eşittir. AW ise herhangi bir zamanda toprak profilindeki mevcut su miktarıdır. Eşitlik 3.3’deki S değeri toprak nemi şartlarına bağlıdır. Başlangıçtaki yağış tutulması (IRA), $0,2*S$ değerine eşittir, yağış bu değerden az olduğu zaman akım oluşmayacaktır. Yağış IRA değerinden daha büyük ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak günlük yüzey akım hesaplanmaktadır.

$$RUNOFF = \frac{(RAINFALL-IRA)^2}{RAINFALL+(0,8*S)}$$

(3.4)

RUNOFF: Günlük yüzey akım (inch)

RAINFALL: Günlük yağış değeri (inch)

IRA: Başlangıç yağış tutulması (inch)

S: Yağış tutulması (inch)

Yüzey/Vejetatif Tutulma

Herhangi bir yağmur olayında bir miktar yağış yüzeydeki çukurluklarda ve bitkilerin yaprak ve saplarında tutulur ve depolanır. Aşağıda kurulan eşitlikler bu modelde tutulma kayıplarını hesaplamak için kullanılan eşitliklerdir.

$$\text{RAINFALL} > \text{IRA}, \quad \text{INTCP} = (1-\text{IRAC}) * \text{IRA} \quad (3.5)$$

$$\text{RAINFALL} \leq \text{IRA}, \quad \text{INTCP} = (1-\text{IRAC}) * \text{RAINFALL} \quad (3.6)$$

RAINFALL: Günlük yağış değeri (inch)

IRA: Başlangıç yağış tutulması (inch)

IRAC: Başlangıçtaki yağış tutulma katsayısı (0–1)

Eşitliklerdeki IRAC yüzey/vejetatif tutulma ve toprak infiltrasyonu arasında başlangıçtaki yağmur kısmının katsayısıdır.

Toprak İnfiltrasyonu

Yağmurun yüzey akım ve tutulma dışında kalan kısmı toprak içine infiltre olacaktır. Günlük toprak infiltrasyonu aşağıdaki biçimde belirlenmektedir.

$$\text{RAINFALL} > \text{IRA}, \quad \text{INFIL} = (\text{RAINFALL} - \text{RUNOFF}) - \text{INTCP} \quad (3.7)$$

$$\text{RAINFALL} \leq \text{IRA}, \quad \text{INFIL} = \text{IRAC} * \text{RAINFALL} \quad (3.8)$$

INFIL: Günlük toprak infiltrasyonu (inch)

RAINFALL: Günlük yağış değeri (inch)

IRA: Başlangıç yağış tutulması (inch)

IRAC: Başlangıçtaki yağış tutulma katsayısı (0–1)

RUNOFF: Günlük yüzey akım (inch)

INTCP: Günlük yüzey/vejetatif tutulma (inch)

Buharlaşma

Modelde aylık potansiyel ET (evapotranspirasyon) Blaney ve Criddle'ın (1950) geliştirdiği eşitlik kullanılarak tahmin edilmektedir.

$$\text{MPET}_{I,K} = \text{MONTEMP}_{I,K} * \text{CK}_I * \frac{\text{CP}_I}{100} \quad (3.9)$$

MONTEMP_{I,K}: Ortalama aylık sıcaklık (°F)

CK_I: Aylık bitki su tüketim katsayısı

CP₁: Aylık güneşli saatler yüzdesi

Aylık bitki tüketim katsayısı Blaney (1959) tarafından tarif edilen yöntem kullanılarak bulunmaktadır. Günlük potansiyel evapotranspirasyonun tarifi aşağıdaki eşitlikle verilmiştir.

$$DPET_{I,K} = \frac{MPET_{I,K}}{ZZ_1} \quad (3.10)$$

DPET_{I,K}: Toprakta günlük potansiyel evapotranspirasyon (inch)

MPET_{I,K}: Toprakta aylık potansiyel evapotranspirasyon (inch)

ZZ₁: Ay içindeki günlerin sayısı

Aktüel günlük toprak ET değeri aşağıda takip eden eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$AWP = \frac{AW}{AWC} * 100 \text{ veya } AWP = 100 \text{ if } \frac{AW}{AWC} > 1 \quad (3.11)$$

$$F = \ln \frac{AWP+1}{\ln 101} \quad (3.12)$$

$$AET = F * (DPET_{I,K} - INTCP) \quad (3.13)$$

AWP: Topraktaki elverişli su yüzdesi

AW: Toprak profilindeki mevcut su miktarı (inch)

AWC: Toprak profilinin elverişli su tutma kapasitesi (inch)

F: Evapotranspirasyon katsayısı

AET: Gerçek günlük toprak evapotranspirasyonu (inch)

DPET_{I,K}: Toprakta günlük potansiyel evapotranspirasyon (inch)

INTCP: Günlük yüzey/vejetatif tutulma (inch)

Toprak Perkolasyonu

Toprak katmanından yeraltı suyuna suyun perkolasyonu $TWC \geq AW \geq AWC$ koşulunda toprak nemi şartları altında oluşur. Bu durum olduğu zaman, perkolasyon aşağıdaki eşitlikle tarif edilmektedir. PERCCOEF toprak katmanından suyun tahliye oranını göstermektedir.

$$PERC = PERCCOEF * (AW - AWC) \quad (3.14)$$

AW: Toprak profilindeki mevcut su miktarı (inch)

AWC: Elverişli su tutma kapasitesi (inch)

PERC: Günlük toprak perkolasyonu (inch)

PERCCOEF: Perkolasyon katsayısı (0–1)

Toprak Katmanı Su Dengesi

Toprak katmanı rezervuarındaki su miktarı infiltrasyon süresince artmakta ve evapotranspirasyon ve perkolasyonun her ikisi ile birlikte azalmaktadır. Bu yüzden, günlük toprak katmanı su dengesi aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$AW_J = AW_{J-1} + INFIL - AET - PERC \quad (3.15)$$

AW_J : Toprak profilindeki mevcut su miktarı (inch)

AW_{J-1} : Bir önceki gün elverişli toprak suyu miktarı (inch)

INFIL: Günlük toprak infiltrasyonu (inch)

AET: Gerçek günlük toprak evapotranspirasyonu (inch)

PERC: Günlük toprak perkolasyonu (inch)

Taban Akım

SWMHMS Modelinde yüzey altı akım ve yer altı suyu depolanmasının her ikisi de hidrolojik bileşen olarak taban akım altında toplanmıştır. Program küçük havzalarda aylık akımı tahmin etmek için kullanıldığından, geniş zaman aralığında olduğu göz önünde bulundurulduğunda toplam taban akım geçerlidir. Günlük taban akım aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. Burada SC katsayısı yüzey altı akım/yeraltı suyu depolamasında (IGS) suyun tahliyesini düzenleyen bir katsayıdır.

$$BSFL = SC * IGS \quad (3.16)$$

BSFL: Yüzey altı akım/yeraltı suyu depolamasından günlük taban akım (inch)

SC: Taban akım katsayısı (0–1)

IGS: Yüzey altı akım/yeraltı suyu depolanan su miktarı (inch)

Yüzeyaltı Akım/Yeraltı Suyu Rezervuar Depolaması

Bu rezervuarda suyun depolanması perkolasyon tarafından arttırılırken, taban akım tarafından azaltılmaktadır. Bu rezervuardaki su dengesi aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$IGS_j = IGS_{j-1} + PERC - BSFL \quad (3.17)$$

IGS_j : Yüzey altı akım/yeraltı suyu depolanan su miktarı (inch)

IGS_{j-1} : Bir önceki gündeki depolamadaki mevcut su miktarı (inch)

PERC: Günlük toprak perkolasyonu (inch)

BSFL: Yüzey altı akım/yeraltı suyu depolamasından günlük taban akım (inch)

Toplam Akım

Model sonuç olarak, taban akım ve yüzey akım toplamını havzanın günlük toplam akım değerini belirlemek için kullanılmaktadır.

$$TRUNOFF = RUNOFF + BSFL \quad (3.18)$$

TRUNOFF: Toplam günlük yüzey akım (inch)

RUNOFF: Günlük yüzey akım (inch)

BSFL: Yüzey altı akım/yeraltı suyu depolamasından günlük taban akım (inch)

3.1.8. Toprak Nemi Tahmin Modeli: SWAP

Bu çalışmada toprak neminin tahmin edilmesi amacıyla SWAP (Soil Water Atmosphere Plant) Model (Version 3.2) kullanılmıştır. SWAP Modeli, sulama ve drenajı da içeren farklı tiplerdeki sınır koşulları altında, üzerinde bitki bulunan bir topraktaki su ve eriyik dengesini ele alan bir simülasyon modelidir. Bu model SWATR(E), SWACROP, SWAP 93 ve SWAP 3.0.3 gibi agrohidrolojik modellere dayanılarak Wageningen Agricultural University'den Feddes ve ark. (1978) tarafından geliştirilmiş ve birçok araştırmacı tarafından çeşitli alanlarda uygulanmıştır (Runhaar ve ark. 1997, Knotters ve ark. 1999, Droogers ve ark. 2000, Kroes ve ark. 2000, Jansen ve ark. 2000, Van Dam ve ark. 2008). SWAP Model, toprak, su, atmosfer ve bitki interaksiyonunu modeller. Modelle;

- Tarla bazında su ve tuzluluk yönetimi,

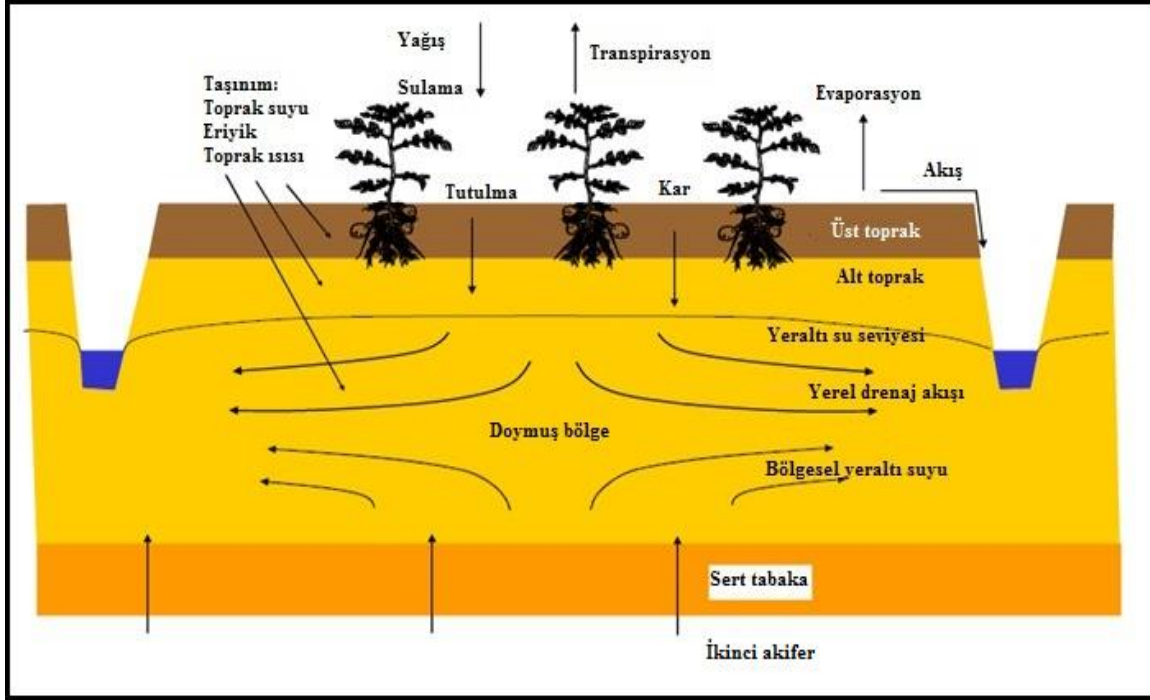
- Sulama programlaması,
- Kararsız akış şartlarında drenaj,
- Su ve tuzluluğun bitki gelişimine etkisi,
- Yüzey ve yer altı sularının pestisit karışımı,
- Üst topraktan farklı yüzey suyu sistemlerine bölgesel drenaj,
- Bölgesel drenaj, yüzey su yönetiminin optimizasyonu,
- Toprak heterojenitesinin sulama yönetimine etkisi gibi çok sayıda konunun çalışılması mümkündür (Kroes ve ark. 2008).

Modelin çalışması için gerekli olan iklim verileri günlük minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), ortalama buhar basıncı (kPa), rüzgâr hızı (m s^{-1}), yağış (mm) ve global güneş radyasyonu (kJ m^{-2}) değerleridir. Toprak verileri olarak toprak profilinin geometrisi, pedotransfer fonksiyonlar yani kalıcı nem içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), doymuş nem içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), doymuş hidrolik iletkenlik (cm gün^{-1}), toprak tekstürü ile ilgili katsayıların (α , n ve m) modele girilmesi gerekmektedir. Ayrıca başlangıç nem durumunun belirlenerek, sulama ve drenajın, göllenme ve akış durumunun, ıslanma ve kurumanın, makrapor akışının, kar ve don durumunun, ısı ve eriyik iletiminin olup olmayacağını belirtmesi gerekir. Bitki ile ilgili olarak da hangi bitkinin ekildiği, ekim ve hasat tarihleri, bitki gelişimi, maksimum köklenme derinliği, kök gelişim fonksiyonu, bitki yüksekliği, bitkinin toprağı kaplama oranı, su alım fonksiyonu ve verim etmeni gibi değişkenler girdi olarak kullanılmaktadır.

Model çıktı olarak su ve eriyik dengesi bileşenleri, derinliğin fonksiyonu olarak toprak sıcaklıkları ve nem içeriği, basınç yükü, evapotranspirasyon, eriyik konsantrasyonu, toprak profili üzerindeki sıcaklık dağılımı, drenaj akımları, yüzey su sisteminin nem dengesi ve yüzey suyu yönetimi bilgisi değerlerini vermektedir.

Dikey yönde SWAP Modelin etki alanı yaprak örtüsü üzerindeki bir düzlemden sığ zemin suyu düzlemine kadar uzanmaktadır (Şekil 3.3) Bu bölgede taşınım süreçleri büyük oranda dikeydir ve bu nedenle SWAP tek boyutlu dikey yönlü bir modeldir. Zemin suyu seviyesinin altındaki akış yatay drenaj akışları içerebilir ve bunlar da analitik drenaj formülleri kullanılarak sisteme dâhil edilebilir. Model toprak profilinin alt ve üstündeki veri girdileri konusunda oldukça esnekler. Üst kısımda genel hava durumunu göz önüne almak yeterlidir. Kuzey enlemlerinin şartları için basit bir kar örtüsü modülü eklenmiştir. Daha özelleşmiş araştırmalarda buharlaşma-terleme ve yağış verileri daha detaylı olarak belirlenebilir. Alt kısımda değişik sıcaklık ve akıya bağlı şartlar incelenebilir.

Yatay yönde SWAP'ın ana odak noktası tarla bazındadır. Burada birçok taşınım süreci deterministik olarak tanımlanabilmektedir. Çünkü tarla, bir mikro iklim, bir bitki türü, bir toprak türü ve bir drenaj şartı ile temsil edilebilir. Ayrıca çoğu tarım çalışması tarla bazındadır. SWAP Model ile daha geniş araştırmalar için coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak, tarla bazından bölge bazındaki araştırmalara geçiş mümkündür.



Şekil 3.3. SWAP Model etki alanı ve taşınım süreçleri (Kroes ve ark. 2008)

SWAP Modelin kullandığı modelleme kavramları ve teorik altyapı konu başlıklarına göre aşağıda özetlenmiştir (Van Dam ve ark. 1997).

Toprak suyu hareketi

SWAP, toprak profilindeki su hareketini tanımlamak için Richards denklemini kullanmaktadır. Modelin toprak su içeriğini kestirmede kullandığı eşitlik Richards eşitliği olarak bilinmektedir. Bu eşitlik Darcy eşitliğinin süreklilik denklemi ile kombine edilmesiyle elde edilmiştir. Bu eşitlik toprağın hidrolik fonksiyonlarına ilişkin veri tabanının kullanılmasına ve her çeşit senaryo analizinin simülasyonuna olanak sağlamaktadır.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial [K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right)]}{\partial z} - S_a(h) - S_d(h) - S_m(h) \quad (3.19)$$

θ : Volumetrik su içeriği ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

t: Zaman (gün)

K: Hidrolik iletkenlik (cm gün⁻¹)

h: Toprak suyu basınç yüksekliği (cm)

z: Toprak profilindeki herhangi bir derinlik (cm)

S_a: Bitki kökleri tarafından toprak su çekme oranı (cm³ cm⁻³ gün⁻¹)

S_d: Doymuş bölgede drenaj deşarjından alınan su (gün⁻¹)

S_m: Makrapor değişim oranı (gün⁻¹)

Modelde bu eşitlik numerik çözüm tekniğine göre çözülmüştür. Eşitliğin çözümü için toprak su ilişkilerini tanımlayan analitik fonksiyonların tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla matrik potansiyelin bir fonksiyonu olarak hidrolik iletkenlik ve matrik potansiyelin bir fonksiyonu olarak su içeriği için sırasıyla Van Genuchten (1980) ve Maulem (1976) modelleri kullanılmıştır. Tutulma fonksiyonun çift yönlü etkisi, Scott (1983)'e ait ölçek modeliyle ele alınmıştır. Kök bölgesinde çeşitli derinliklerdeki su alımı, potansiyel transpirasyon, kök yoğunluğu ve ıslak-kuru ya da tuzlu koşullara göre oluşan olası azalmalardan hesaplanmaktadır. Richards denkleminin sayısal çözümü doymuş ve doymuş olmayan katmanlardaki değişen su kapasitesinin doğrusal olmayan eğimi minimize ederek, su dengesine ilişkin hataların azaltılması ve toprak yüzeyinde oluşan toprak suyu akımlarının daha doğru hesaplanması amacıyla Belmans (1983) tarafından tanımlandığı gibi farklı durumlar için uyarlanmıştır. Üst toprak katmanlarındaki sınır koşulları, akış hesaplamalarını geliştirmek ve değişken yeraltı su tablası ile yüzey göllenmesini incelemek amacıyla genişletilmiştir. Kullanıcı, toprak profilinin doymuş veya doymuş olmayan daha alt katmanlarındaki sınırlılık koşullarında, topraktaki su akısını, basınç yükünü, yeraltı su seviyesinin fonksiyonu olan akışı ve drenaj koşullarını belirtebilmektedir.

Günlük Evapotranspirasyon

SWAP, günlük evapotranspirasyonu hesaplamak için iki aşamalı bir yaklaşım sunar. İlk aşama, Penman-Monteith'e göre potansiyel transpirasyonun hesaplanmasını gerektirmektedir. Bilindiği gibi bu eşitlik, hava sıcaklığı, solar radyasyon, rüzgâr hızı ve nispi nemi kullanmakta, ayrıca, minimum kanopi direnci ve gerçek hava dirençlerine ilişkin minimum değerleri de istemektedir. İkinci aşamada ise, gerçek evapotranspirasyon oranı; su ve tuz stresine bağlı olarak kök su alımındaki azalma ile maksimum buharlaşmaya bağlı azalmaları kullanarak elde edilmektedir. Penman- Monteith için hesaplama prosedürü Smith (1991)'den türetilmiştir. Buna göre, Penman-Monteith için gerekli verilerin yerine, toprağın tam olarak kaplanmasında kullanılan bitki faktörü ile birlikte, referans potansiyel

evapotranspirasyon oranı da veri olarak girilebilir. Potansiyel evapotranspirasyon oranının, potansiyel transpirasyon ve potansiyel evaporasyon oranlarına ayrılması, hem yaprak alan indeksi hem de toprağı kaplama oranı üzerine dayandırılmıştır. Yağış kesilmesinde ise, Von Hoyningen-Hüne (1983) ve Braden (1985)'in çalışmaları dikkate alınmıştır. Potansiyel evaporasyon, Darcy'ye uygun olarak, maksimum buharlaşma ile sınırlandırılmıştır. Buna ek olarak topraktan olan buharlaşmayı sınırlamak için Black ve ark. (1969) yada Boesten ve Stroosnijder (1986) tarafından geliştirilen kavramlar da seçebilmektedir.

Bitki gelişimi

SWAP, üç farklı bitki gelişim döngüsü (rutini) içermektedir. Bunlar detaylı bitki modeli (WOFOST), aynı modele uyarlanmış çim simülasyonu ve basit bitki modelidir. WOFOST, gelen radyasyonun ve bitki yaprak alanının fonksiyonu olarak, bitki örtüsü tarafından absorbe edilen radyasyon enerjisini hesaplar. Absorbe edilen radyasyonu kullanarak ve fotosentetik yaprak özelliklerini de dikkate alarak, toplam potansiyel fotosentez hesaplanmaktadır. Fotosentetik yaprak karakteristikleri, su ve/veya tuzluluk stresine bağlı olarak indirgenir. Bilindiğı gibi, üretilmiş olan karbonhidratların bir kısmı, mevcut canlı kütle için enerji sağlamak amacıyla kullanılmakta, geri kalan karbonhidratlar ise yapısal maddeye çevrilmektedir. Bu çevrimde ağırlığın bir kısmı, gelişme respirasyonu olarak kaybolmaktadır. Üretilen kuru madde ise, fenolojik gelişme aşamalarının bir fonksiyonu olan ayrışma etmenleri kullanılarak, kök, yaprak, gövde ve depolama organları arasında paylaştırılmaktadır. Özellikle yapraklara paylaştırılma oranı, yaprak alanının gelişimini ve buna bağlı olarak ışık kesilmesinin (light interception) dinamiklerini belirlemektedir. Bitki organlarının kuru ağırlıkları, onların zaman içindeki gelişme hızlarıyla uyumlu olarak elde edilirler. Ayrıca, bitkinin gelişimi süresince, yaşayan canlı kütle için bir kısmı, yaşlanma nedeniyle ölür.

Sulama ve drenaj

SWAP Modelde sulama, sabit zaman aralıkları için belirtilmekte yada birçok kritere bağlı olarak programlanmaktadır. Programlama seçeneğı, alternatif sulama stratejilerinin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Zamanlama kriterleri; izin verilebilir günlük stres, kök bölgesindeki elverişli nemde ve toplam kullanılabilir nemde izin verilen azalmalar ve kritik basınç yükü yada belirli bir derinlikteki su içeriğini kapsamaktadır. Tarla drenajı ise, lineer akış-yeraltı su seviyesi

ilişkisi, tablo akış değerleri ile yeraltı su ilişkisi yada Hooghoudt (1940) ve Ernst (1956, 1962)'e ait drenaj eşitlikleri yoluyla hesaplanabilir. Bu drenaj eşitliklerinin kullanımı, drenaj sistemlerinin dizaynına veya değerlendirilmesine de imkan vermektedir.

3.1.9. ETo Calculator (ETo Hesaplayıcı)

Verim tahmin modelinin kullanılabilmesi için referans evapotranspirasyonun hesaplanması gerekmektedir. Çalışmada bu amaçla ETo Calculator kullanılmıştır.

ETo Calculator'a girdi olarak günlük olarak toplam güneşlenme süresi (sa), minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), günlük ortalama nem (%) ve rüzgâr hızı (m sec⁻¹) verileri ayrıca meteoroloji istasyonunun adı, yeri, konumu, enlem, boylam ve deniz seviyesinden yükseklik değerleri girilmekte ve çıktı olarak referans evapotranspirasyon (mm) değerleri hesaplanmaktadır.

Evapotranspirasyon topraktan olan buharlaşma ile yapraktan olan terlemenin toplamıdır. 8-15 cm boyunda, geniş bir yüzey alana sahip, eşit boylu, aktif olarak büyüyen, tamamen yeri gölgeleyen ve su stresinden uzak çim bitkisi ile kaplı alandan meydana gelen su tüketimine referans evapotranspirasyon denir (İşcan ve ark. 2004). Referans evapotranspirasyon ETo ile gösterilir. ETo'ı hesaplamak için meteorolojik verilerden faydalanılır. Bunun için de çok sayıda amprik ve yarı amprik denklemler geliştirilmiştir. Birçok araştırmacı farklı yerler için değişik hesaplama yöntemlerinin performanslarını analiz etmişler ve FAO Penman-Monteith yöntemi ETo hesaplamada standart yöntem olarak tavsiye edilmiştir (Allen ve ark. 1998).

$$ETo = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (3.20)$$

ETo: Referans evapotranspirasyon (mm gün⁻¹)

R_n: Net radyasyon (Mj m⁻² gün⁻¹)

G: Toprağın ısı iletkenliği (Mj m⁻² gün⁻¹)

T: 2 m yükseklikteki hava sıcaklığı (°C)

U₂: 2 m yükseklikteki rüzgâr hızı (m s⁻¹)

e_s: Doymuş buhar basıncı (kPa)

e_a: Gerçek buhar basıncı (kPa)

e_s-e_a: Buhar basınç açığı (kPa)

Δ : Buhar basınç eğimi (kPa °C⁻¹)

γ : Psikometrik sabite (kPa °C⁻¹)

3.1.10. Verim Tahmin Modeli: AquaCrop

Bu çalışmada verim tahmini yapmak amacıyla Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilmiş bir bitki iklim modeli olan AquaCrop (Version 4.0) kullanılmıştır.

Modelde girdi olarak iklim, bitki, toprak, yönetim (sulama, toprak işleme) ve başlangıç su içeriği değerleri kullanılmaktadır. Model çıktı olarak verim, transpirasyon, evaporasyon, potansiyel ve gerçek biyokütle, toprak su bileşenleri dengesi ayrıca derinliğin bir fonksiyonu olarak toprak su içeriği değerlerini vermektedir.

AquaCrop Model, suyun verime olan etkisini belirlemek için Doorenbos and Kassam'ın 1979 yılında ortaya koydukları eşitliği esas almıştır (Raes ve ark. 2009a).

$$\left(\frac{Y_x - Y_a}{Y_x}\right) = k_y \left(\frac{ET_x - ET_a}{ET_x}\right) \quad (3.21)$$

Y_x : Maksimum verimi (t ha⁻¹)

Y_a : Gerçek verimi (t ha⁻¹)

k_y : Bağlı verim kaybının bağlı evapotranspirasyona olan oranı

ET_x : Maksimum evapotranspirasyon (mm gün⁻¹)

ET_a : Gerçek evapotranspirasyon (mm gün⁻¹)

AquaCrop Doorenbos ve Kassam'ın (1979) yaklaşımını evapotranspirasyonu (ET) topraktan olan buharlaşmaya (E) ve bitkiden olan terlemeye (Tr) ayrıca verimi (Y) de biyokütle (B) ve hasat indeksine (HI) ayrıştırarak geliştirmiştir. Böylece eşitlik 3.22 elde edilmiştir (Raes ve ark. 2009a).

$$B = WP * \Sigma Tr \quad (3.22)$$

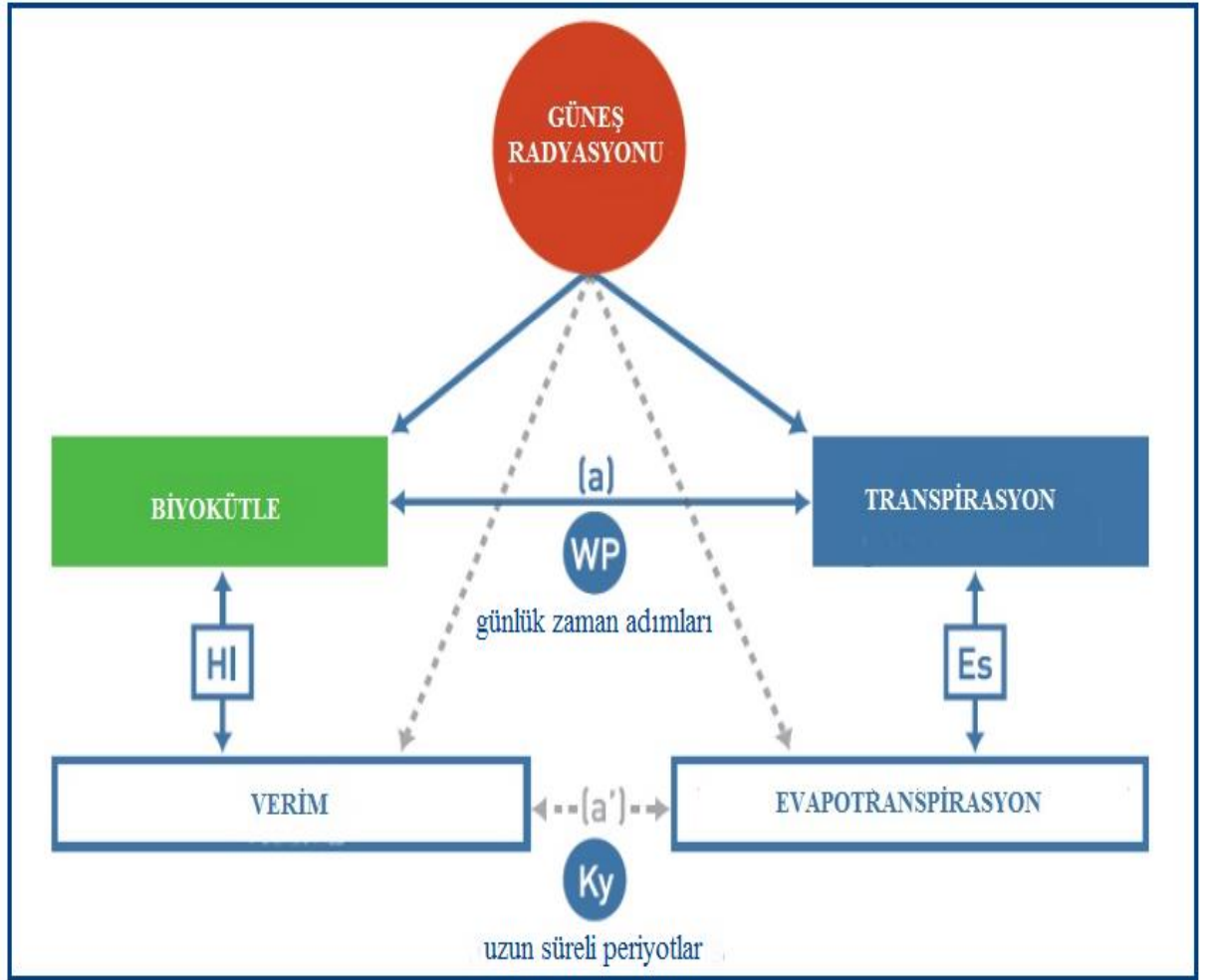
B: Biyokütle (ton ha⁻¹)

WP: Su verimlilik parametresi (g m⁻²)

Tr: Bitkiden olan terleme (mm)

Bu iki eşitlik modelin sağlam temellere oturmasını sağlamıştır. AquaCrop Modelin gelişimi Şekil 3.4'de gösterilmiştir (Raes ve ark. 2009a).

Eşitlik 3.22'ye bağlı olarak gelişen modelin işlevsel olması için modelin ek bileşenlerinin eksiksiz girilmesi gerekmektedir. AquaCrop Modelin de diğer birçok modelde olduğu gibi yapısı toprak, bitki, atmosfer bileşenlerinin ilişkisine dayanmakta ve bunlar arasında bağlantı kurmaktadır. AquaCrop, bu yapıyı oluşturan bileşenlerin toprak bileşeninden su dengesini; bitki bileşeninden bitkinin büyümesini, gelişimini ve verim sürecini; atmosfer bileşeninden termal dengeyi, buharlaşmayı, yağışı ve CO₂ konsantrasyonunu ayrıca toprak, bitki, atmosfer bileşenlerinin yanı sıra bu bileşenleri ve verimi etkileyen sulama, gübreleme gibi tarımsal faaliyetleri de yapısına katar. Fakat model yabancı otların, hastalık ve zararlıların verime olası etkilerini dikkate almamıştır. Modelin yapısını oluşturan bileşenler ve verimi etkileyen diğer tarımsal faaliyetler arasındaki ilişkiler Şekil 3.5'te verilmiştir (Raes ve ark. 2009a).

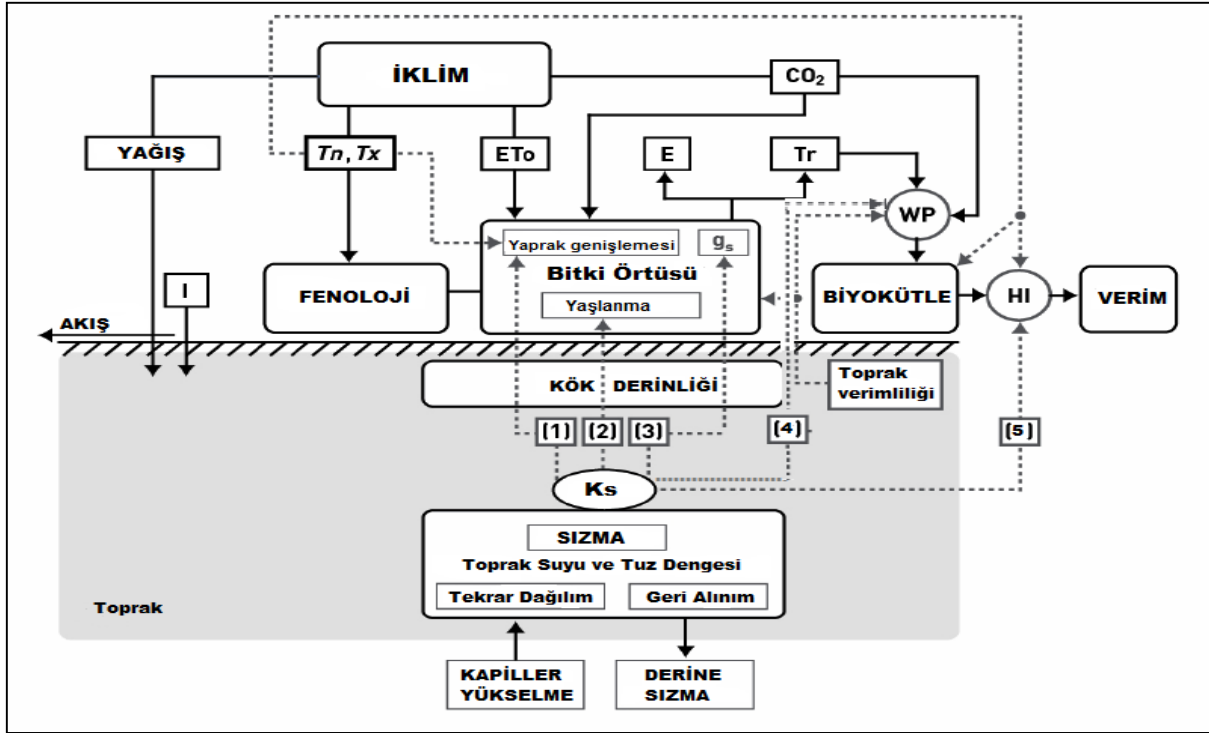


Şekil 3.4. Eşitlik 3.21.'in şematik gösterimi (Raes ve ark. 2009a)

Şekil 3.5'te görüldüğü gibi sıcaklık parametresi fenolojiiyi etkiler, CO₂ konsantrasyonu ve ETo bitki örtüsünün gelişimini etkiler. CO₂ konsantrasyonu ayrıca su

verimlilik parametresi olan WP'yi de etkiler. Diğer yandan meteorolojik parametrelerden yağış, bitkinin kök bölgesindeki su dengesini etkiler (Raes ve ark. 2009a).

Su verimlilik parametresine bağlı olarak çalışan model WP sayesinde biyokütle artışıyla ilgili olan aradaki bazı işlem basamaklarını kullanmaz. WP parametresi iklime göre değiştirilebilir. Biyokütle WP yardımıyla bulunarak hasat indeksi ile çarpılırsa verimlilik hesaplanır. Hasat indeksi (HI) su eksikliği ve bitkinin gelişimi boyunca değişen su stresi şiddetine göre değişebilir (Raes ve ark. 2009a).



| | |
|-------------------------------|---|
| Tn: Minimum sıcaklık | Tx: Maksimum sıcaklık |
| E: Gerçek toprak evaporasyonu | Tr: Gerçek bitki transpirasyonu |
| I: Sulama | WP: Su verimlilik parametresi |
| gs: Stoma iletkenliği | HI: Hasat İndeksi |
| Ks: Su stres katsayısı | CO ₂ : Atmosferik CO ₂ konsantrasyonu |

Şekil 3.5. AquaCrop Model akış şeması (Raes ve ark. 2009a)

Bitki gelişimi boyunca su stresi ile karşılaşırsa bitki örtüsünün gelişimi zayıf olur, yaşlılık dönemi hızlanır, bitkinin gözenekleri kapanır ve bitki erken ölür. Ayrıca su stresi su verimlilik parametresini ve hasat indeksini de etkiler (Şekil 3.5). Hasat indeksi ve biyokütle kullanılarak biyokütlenin hasat edilebilir kısmı (Y) eşitlik 3.23 yardımıyla hesaplanır (Raes ve ark. 2009a).

$$Y=B*HI \quad (3.23)$$

Y: Verim (ton ha⁻¹)

B: Biyokütle (ton ha⁻¹)

HI: Hasat indeksi (%)

AquaCrop Modelin alt bölümleri aşağıda özetlenmiştir (Raes ve ark. 2009a).

İklim

İklim ile ilgili olarak girilmesi gereken veriler minimum ve maksimum sıcaklık (°C), ETo Calculator ile hesaplanan referans evapotranspirasyon (mm), yağış (mm) ve yıllık olarak atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu (ppm)'dur. Bu veriler günlük olarak girilebileceği gibi on günlük ve aylık olarak da oluşturulabilir.

Bitki

AquaCrop Modelde bitki bölümü 5 ana kısımdan oluşur. Bunlar; bitki gelişme dönemleri, toprak üstü bitki örtüsü, kök derinliği, biyokütle ve hasattır. Model termal sıcaklığı büyüme derece gün ile hesaplar. Model, meyve ve tahıl için ekilen bitkiler, yumru kök bitkileri, sebze (yapraklı) bitkileri ve yem bitkileri olarak bitkileri 4 grupta inceler. Bu bitkilerin hasat edilebilen kısımları ve bitkilerin gelişme aşamaları da birbirlerinden farklıdır.

Birçok modelin bitki örtüsü gelişimi yaprak alan indeksine (LAI) bağlıken, AquaCrop Modelde bitki örtüsü gelişimi diğer modellerin aksine bitki örtüsünün kapladığı alana bağlıdır. Kök sistemi, etkin kök derinliği ve su alma kapasitesine göre modellenir. Etkin kök derinliği, bitkinin kökleri tarafından alınan suyun büyük bir çoğunluğunun bulunduğu toprak derinliğidir.

Toprak

Toprak girdi verilerinin olduğu kısımda derinliklerine göre alınan toprak parçaları modele tanıtılarak ve her bir toprak örneğinin hidrolik karakteristiği (solma noktası, tarla kapasitesi, su ile doygunluk yüzdesi) girilerek ya da modelin içerdiği USDA üçgeninde bulunan toprak çeşitlerinin genel toprak yapısı ve hidrolik karakteristiği seçilerek çalıştırılabilir. Ayrıca yeraltı suyu seviyesi seçilebilir ya da yeniden oluşturulabilir.

Tarımsal faaliyetler

Tarımsal faaliyetler girdi olarak bu bölümde tanımlanabilir. Toprağın gübre durumu, malçlama yapılıp yapılmadığı, topraktan yüzey akışının olup olmadığı ile ilgili bilgiler bu bölüme girilir.

Sulama

Sulama kısmında sulama yapılıp yapılmadığı, yapıldıysa sulamanın yapıldığı yöntem (yağmurlama, damla sulama, karık sulama, salma sulama), sulamanın zamanı ve miktarı modele girilir. Model otomatik olarak sabit aralıklarla, sabit derinliğe sulama programlaması yapabilmektedir. Kullanıcı sulama dosyasını eğer sulama yapıldıysa kendisi oluşturarak kullanabilmektedir.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi

ArcGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı yardımıyla havza karakteristiklerinin belirlenmesi sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

Havza ve Alt Havza Sınırlarının Belirlenmesi

ArcGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı ile havza modellenirken ilk olarak havza ve alt havza sınırları belirlenmiştir. Bunun için 2009 yılında İstanbulluoğlu ve ark. tarafından yapılan “Trakya Bölgesi Havza Su Yönetimi: Çorlu-Pınarbaşı Alt Havzası Pilot Projesi” çalışması kapsamında Watershed Modeling System (WMS) adlı havza modelleme programı ile oluşturulan havzanın şekli Watershed Modeling System 7.1 versiyonunda açılarak .shp formatına dönüştürülmüş ve Çorlu Pınarbaşı Havzasının ARCGIS 9.3 programı ortamında açılması sağlanmıştır. Açılan bu dosya şekil olarak ARCGIS 9.3 programı ortamında bulunmaktadır, fakat poligon olarak gelen Pınarbaşı Havzası’dır. Alt havzaların sadece sınır çizgileri gelmiştir. Alan ve havza hidrolojik parametrelerini oluşturabilmek için alt havzaları da poligona çevirmek gerekmektedir. Bu işlem bütün alt havzalar için yapılarak alt havzalar poligon haline getirilmiştir. ArcGIS 9.3 ortamında “Geodatabase” klasörü oluşturularak Pınarbaşı Havzası ve alt havzaların alanları ve çevre uzunlukları belirlenmiştir.

Havza Eş Yükselti Eğrileri Haritasının Oluşturulması

Araştırmanın bu kısmında Harita Genel Komutanlığı’ndan dijital ortamında temin edilen ve uygulama alanına isabet eden beş adet 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik paftaları (E19d3, E19c4, F19a1, F19a2, F19a4), ARCGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programında açılarak yükseklik haritası oluşturulmuştur.

Havzanın TIN (Triangulated Irregular Network) Arazi Modelinin Oluşturulması

TIN boyut ve oranları değişkenlik gösteren üst üste çakışmayan üçgenler kümesinden oluşmaktadır. TIN verisinde yüzeye ait yükseklik, eğim ve bakı bilgileri mevcuttur. 3D Analyst modülü içindeki “Surface Analiz” fonksiyonu kullanılarak, TIN verisinden yükseklik, eğim (slope), bakı (aspect), kontur (contour), kabartma (hillshade)

harita, görüş alanı (viewshed) ve hacim/dolgu (cut/fill) veri setleri ile haritalar üretilmektedir. 3D Analyst modülü içindeki “Convert” fonksiyonu ile TIN verileri vektör veya raster veriye dönüştürülebilmekte ve yükseklik bilgisini kullanarak fonksiyonel yüzeylerden üç boyutlu yüzeyler oluşturabilmektedir (Kol ve Küpcü, 2008). Ayrıca TIN verileri arazi kesit ve profillerinin çıkarılmasında kullanılmaktadır. Burada eş yükselti eğrileri haritasından Pınarbaşı Havzasının TIN arazi modeli oluşturulmuştur.

Havzanın Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması

Bu kısımda TIN veri setinden araziye kabartma olarak göstermek için kullanılan sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur.

Havzanın Eğim Haritasının Oluşturulması

ArcGIS Spatial Analiz modülünde yer alan Surface Analysis fonksiyonu kullanılarak mevcut TIN verisinden eğim analizi yapılmıştır. Eğim analizi yapılırken Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuatına göre eğim sınıfları esas alınmıştır. Fakat bu sınıflandırmaya göre yapılan sınıflamada eğim yüzdesi aralıkları fazla olduğundan (0-2, 2-6, 6-12, 12-20, 20-30, 30-45 ve 45+) araştırma alanında eğim sınıflaması çok anlamlı olmamıştır. Bunun için sınıf aralıkları daraltılarak eğim grupları oluşturulmuştur. Daraltılan eğim aralıkları 0-1, 1-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 ve 10-12 olarak alınmıştır.

Havzanın Bakı Haritasının Oluşturulması

Bakı yüzeyin kuzeyle yaptığı coğrafik açı değeridir. TIN veri seti kullanılarak ArcGIS Spatial Analiz modülünde yer alan Surface Analysis fonksiyonu kullanılarak havzanın bakı haritası oluşturulmuştur.

Havzanın 3 Boyutlu Arazi Modelinin Oluşturulması

Havzanın 3D modellemesinin yapılabilmesi için ArcGIS 3D Analyst modülü ile birlikte gelen “ArcScene” kullanılmıştır. ArcMap’te oluşturulan Pınarbaşı Havzası ve alt havzalar TIN veri setleri ArcScene’de sıfır düzleminde açılmıştır. Yani, herhangi bir yükseklik girdisi tanımlanmamıştır. O yüzden veriye yükseklik bilgisinin tanımlanması gereklidir. Bunun için “Vertical Exaggeration” (Dikey Abartı Faktörü) 100 yapılarak haritanın dikey düzlemde 100 kat abartılması sağlanmıştır.

Havzanın Arazi Profillerinin Oluşturulması

Pınarbaşı Havzası ve alt havzaların arazi profilinin oluşturulması için havzanın eğiminin olduğu yönde yani güneybatı/kuzeydoğu yönünde doğrultu alınarak arazi profilleri çıkarılmıştır.

Havza ve Akarsu Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Havza ve akarsu karakteristiklerinden havza alanı, havza çevre uzunluğu, havza maksimum ve minimum yüksekliği, havza yöneyi ve ana akarsu kolu uzunluğu ARCGIS 9.3 programı ortamında belirlenmiştir. Biçim katsayısı, Gravelius katsayısı Schumm katsayısı, eşdeğer dikdörtgenin boyutları, dairesellik oranı, havzanın ortalama eğimi, havza rölyefi ve havza nisbi rölyefi aşağıda anlatıldığı şekilde hesaplanmıştır.

Havza Alanı

Havza alanı havzanın büyüklüğüdür. Bir akarsu için belli bir kesitin üzerinde kalan ve aldığı yağışın tamamı yüzey akış olarak o kesitten geçen alana, bu akarsuyun o çıkış noktası için akarsu havzası alanı (su toplama havzası, drenaj havzası) denir (İstanbuluoğlu, 2008). Pınarbaşı Havzası ve alt havza alanları, ARCGIS 9.3 Coğrafı Bilgi Sistemleri Paket Programı ortamında havza sınırları belli olduğundan öznitelik tablosundan elde edilmiştir.

Havza Çevre Uzunluğu

Çıkış noktasından başlayarak, havzayı komşu havzalardan ayıran ve arazideki en yüksek noktalardan geçtiği kabul edilen sınıra havza çevresi (su ayırım çizgisi, perimetre) denir (İstanbuluoğlu 2010). ARCGIS 9.3 Coğrafı Bilgi Sistemleri Paket Programı ortamında Pınarbaşı Havzası ve alt havzaların çevre uzunlukları havza sınırları belirlenmiş olduğundan öznitelik tablosundan elde edilmiştir.

Havzanın Biçimi (Şekli)

Akarsu havzaları çeşitli biçimlerde olabilmektedir. Havzanın biçimi hidrografın şeklini ve pik debisini etkilediği için önemlidir. Havzanın biçimini belirlemek için çeşitli boyutsuz büyüklükler kullanılabilir (İstanbuluoğlu 2010). Bunlar Horton biçim katsayısı, gravelius katsayısı (sıkışıklık indisi), schumm katsayısı, eşdeğer dikdörtgenin boyutları ve dairesellik oranıdır.

Horton biçim katsayısı havza ana akarsu kolunun talveg (yatağın en derin noktalarını birleştiren çizgi) boyunca ölçülen uzunluğunun karesini, havza alanına oranlayarak hesaplanmıştır. Bu katsayının değerinin büyük olması havzanın uzun ve dar olduğunu göstermektedir. Genellikle büyük havzalarda biçim katsayısı daha büyük değerler almaktadır (İstanbulluoğlu 2010).

$$B = \frac{L^2}{A} \quad (3.24)$$

B: Biçim katsayısı

L: Ana akarsu kolu uzunluğu (km)

A: Havza alanı (km²)

Gravelius katsayısı (sıkışıklık indisi) havzanın çevre uzunluğunun, havza ile aynı alanda bir dairenin çevre uzunluğuna oranlanması ile elde edilmiştir. Aynı katsayı 3.26' daki formülle de hesaplanabilmektedir. Bu katsayının değeri büyüdükçe havzanın biçimi daireden uzaklaşmaktadır (İstanbulluoğlu 2010).

$$K = \frac{P}{C} \quad (3.25)$$

veya

$$K = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3.26)$$

K: Gravelius katsayısı

P: Havza çevresi (km)

C: Havza ile aynı alana sahip daire çevresi (km)

A: Havza alanı (km²)

Schumm katsayısı havza ile aynı alanda bir dairenin çapının, ana akarsu kolu uzunluğuna oranlanması ile elde edilmiştir. Formül 3.28 ile de bu katsayı hesaplanabilmektedir. Bu katsayının değeri 0,6-1,0 arasında değişmekte ve dağlık havzalarda küçük değerler almaktadır (İstanbulluoğlu 2010).

$$S = \frac{R}{L} \quad (3.27)$$

veya

$$S = \frac{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L} \quad (3.28)$$

S: Schumm katsayısı

R: Havza ile aynı alana sahip daire çapı (km)

L: Ana akarsu kolu uzunluğu (km)

A: Havza alanı (km²)

Eşdeğer dikdörtgenin boyutları havza ile alanı ve çevre uzunluğu aynı olan bir dikdörtgenin kenar uzunluklarıdır. Eşdeğer dikdörtgen havza ile aynı hipsometrik eğriye, Gravelius katsayısına, drenaj yoğunluğuna ve bitki örtüsüne sahip bir dikdörtgendir (İstanbuluoğlu 2010). Bu dikdörtgenin kenar uzunlukları aşağıdaki formülleri kullanarak hesaplanmıştır.

$$L_a = \frac{K\sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K}\right)^2} \right] \quad (3.29)$$

$$L_a = \frac{K\sqrt{A}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K}\right)^2} \right] \quad (3.30)$$

L_a: Dikdörtgenin uzunluğu (km)

L_b: Dikdörtgenin genişliği (km)

K: Gravelius katsayısı

A: Havza alanı (km²)

Dairesellik oranı havza alanının, havza çevresine eşit çevredeki dairenin alanına oranlanarak hesaplanmıştır (İstanbuluoğlu 2010).

$$D_0 = \frac{A}{A_c} \quad (3.31)$$

D₀: Dairesellik oranı

A: Havza alanı (km²)

A_c: Havza ile aynı çevre uzunluğuna sahip daire alanı (km²)

Havzanın Ortalama Eğimi

Havza ortalama eğiminin hesaplanması, havza sınırları içinde kalan eş yükselti eğrilerinin toplam uzunluklarının, iki eş yükselti eğrisi arasındaki kot farkı ile çarpılıp, tüm havza alanına bölünmesiyle elde edilmektedir. Aşağıdaki eşitlikle ifade edilen havza ortalama eğimi değeri, genel olarak havza dairesellik oranı ile de ilişkilidir. Havza ortalama eğimi çalışmada 3.33'deki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$S_h = \frac{d * \sum M}{A} * 100 \quad (3.32)$$

veya

$$S_h = \frac{h_{max} - h_{min}}{\sqrt{A} * 100} \quad (3.33)$$

S_h : Havza ortalama eğimi (%)

d : İki eş yükselti eğrisi arasındaki kot farkı (km)

M : Havza sınırı içinde kalan eş yükselti eğrilerinin toplam uzunluğu (km)

A : Havza alanı (km²)

h_{max} : Havza maksimum yüksekliği (m)

h_{min} : Havza minimum yüksekliği (m)

Ana Akarsu Kolu Uzunluğu

Debisi daha büyük veya boyu daha uzun veya kaynağı daha yüksekte olan akarsu kolunun, havzayı terk ettiği nokta itibariyle boyuna ana akarsu kolu uzunluğu (L) denir (İstanbulluoğlu 2010). ARCGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı ortamında Pınarbaşı Havzasının ana akarsu kolu uzunluğu hesaplanmıştır.

Maksimum ve Minimum Yükseklik

Bir havzanın maksimum yükseklik değerini bulmak için, ya mevcut olan en büyük yükseklik kabul edilir; ya da alan-yükseklik eğrisinden yararlanılarak bir değer bulunur. Genellikle %90 veya %95'e karşılık gelen yükseklikler daha iyi sonuçlar vermektedir. Minimum yükseklik değerini bulmak için akımın havzayı terk ettiği yükseklik alınır. Genellikle %5 veya %10'a karşılık gelen yükseklikler daha iyi sonuçlar vermektedir (İstanbulluoğlu 2010). ARCGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı ortamında

Pınarbaşı Havzası ve alt havzaların maksimum ve minimum yükseklikleri öznitelik tablosundan elde edilmiştir.

Havza Röliyefi ve Nisbi Röliyef

Havza röliyefi, havza maksimum ve minimum yükseklik farkıdır. Nisbi röliyef ise havza maksimum ve minimum yükseklik farkının, havza çevre uzunluğuna oranıdır (İstanbulluoğlu 2010). Havza röliyefi ve nisbi röliyefi aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$r = h_{\max} - h_{\min} \quad (3.34)$$

$$r_n = (h_{\max} - h_{\min}) * 100 / P \quad (3.35)$$

r: Havza röliyefi (m)

h_{\max} : Havza maksimum yüksekliği (m)

h_{\min} : Havza minimum yüksekliği (m)

r_n : Havza nisbi röliyefi

P: Havza çevresi (m)

Yöney

Yöney, genel anlamda ana akarsu kolunun akım yönüdür. Dikdörtgen kabul edilebilen havzalarda yöney maksimum yükseklikten minimum yüksekliğe olan yön olarak tarif edilmektedir (İstanbulluoğlu 2010). Havza yöneyi buna göre belirlenmiştir.

Havzanın Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden bilgisayar ortamında temin edilen ve uygulama alanına isabet eden 1/25000 ölçekli Kırklareli ve Tekirdağ sayısal toprak haritaları ile havzanın toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ARCGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı ArcMap ortamında açılarak büyük toprak grupları (BTG), Erozyon Dereceleri (ERZ) ve Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması (AKK) toprak sınıflandırmaları yapılmıştır.

3.2.2. İklim Değişikliğinin Modellenmesi

İklim değişikliğinin modellenmesinde kullanılan iklim verileri İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nden elde edilmiştir. Bu veriler RegCM3 Bölgesel İklim Modeli kullanarak yapılan "Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları" adlı projenin çıktılarıdır. Elde edilen veriler referans 1961-1990 ve gelecek 2000-2099 yılları arasında kapsamaktadır. Pınarbaşı Havzası için havza çok küçük olduğundan havzaya isabet eden grid bulunamamıştır. Bundan dolayı havzaya en yakın 4 gridin verileri elde edilmiştir. İklim değişikliğinin modellenmesi aşamasında referans ve gelecek yıllar için günlük olarak, minimum sıcaklık (°K), maksimum sıcaklık (°K), rüzgâr hızı ($m s^{-1}$), yağış (mm) ortalama nem (%) ve global güneş radyasyonu ($W cm^{-2}$) değerleri için ayrı ayrı 4 gridin ortalaması alınmıştır. Ayrıca bu verileri SWMHMS, SWAP, ETo Calculator ve AquaCrop modellerinin kullanacağı hale getirebilmek için birim dönüşümleri yapılmıştır. Verilerde günlük minimum sıcaklık (°K) ve maksimum sıcaklık (°K) değerleri Celsius ve Fahrenheit'e, global güneş radyasyonu $W cm^{-2}$ 'den $kJ m^{-2}$ 'ye ortalama nem (%) ortalama buhar basıncına (kPa) çevrilmiş, yağış (mm) ve rüzgâr hızı ($m s^{-1}$) değerlerinde herhangi bir birim çevirme işlemi yapılmamıştır.

Ölçülen ve Tahmin Edilen İklim Verilerinin İstatistiksel Analizi

Çorlu Meteoroloji İstasyonundan ölçülen 1970-1990 yılları verileri TÜMAS'dan (Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi) elde edilerek, RegCM3 Bölgesel İklim Modeli 1970-1990 yılları referans sıcaklık ve yağış verileri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken SPSS 18 Programında (Statistical Package for the Social Science) bağımsız iki grup arası farkların t testi (independent samples "t" test) yapılmıştır. T testi ile iki grubun ortalamaları karşılaştırılarak, aradaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak anlamlı mı olduğu belirlenmiştir.

3.2.3. Yağış ve Akışın Modellenmesi

Çalışmanın bu bölümünde İklim değişikliğinin yağış akışa etkisinin modellenmesi aşamasında Topçuköy alt havzasında 1989-2007 yılları arası ölçülen akım verileri ile SWMHMS Model ile 1989-2007 yılları arası için hesaplanan akım verileri karşılaştırılarak kalibre edilmiş ve daha sonra ise RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen iklim

verileri ile 2016-2025 yılları, 2046-2055 yılları ve 2076-2085 yılları arası akım değerleri tahmin edilmiştir.

Modelin Çalıştırılması

Araştırma alanı ile ilgili 1989-2007 yılları ölçülen aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama yağış verileri TÜMAS'dan, aylık ortalama akım verileri, havza alanı, CN, AWC ve SYC değerleri, havzadaki hâkim bitkilerin ekiliş oranları doğrultusunda hesaplanan havza ortalama aylık bitki su tüketim katsayıları (k_c) ve aylık (P) güneşlenme oranları (Çizelge 3.3) Bakanoğulları ve ark. (2011) tarafından yapılan “Trakya Bölgesi Damlıca ve Vize Deresi Kırsal Havzalarında Aylık Akımların Hidrolojik Model Kullanarak Belirlenmesi” adlı çalışmadan alınmıştır (Bakanoğulları ve ark. 2011). Yağış ve akım verileri milimetreden inche, sıcaklık verileri ise fahrenheitte çevrilerek SWMHMS Hidrolojik Modelin kullanılacağı hale dönüştürülmüştür.

Çizelge 3.3. Aylık bitki su tüketim katsayıları (k_c) ve aylık güneşlenme oranları (P)

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|-------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| k_c | 0,46 | 0,52 | 0,76 | 0,94 | 1,04 | 1,15 | 1,07 | 0,73 | 0,62 | 0,45 | 0,53 | 0,40 |
| P | 6,68 | 6,68 | 8,31 | 8,96 | 10,07 | 10,16 | 10,29 | 9,59 | 8,39 | 7,72 | 6,68 | 6,47 |

SWMHMS Hidrolojik Modeli ana dosyasında ilk olarak havzanın adı ve yeri belirtilmiştir. Programın 2. satırına SWMHMS programını çalıştırmak için gerekli ay, gün, yıl olarak 5 tane tarih girilmiştir. Bu tarihlerden birinci ve ikinci tarih değerleri havzadaki mevcut verilerin başlangıç ve bitiş tarihleridir ve bunlar 1.1.1988 ve 12.31.2007'dir. Üçüncü tarih simülasyon, optimizasyon ve hassalık analizi yapılacak tarihlerden bir önceki yıl yani 1.1.1988'dir. Dördüncü ve beşinci tarihler ise 1.1.1989 ve 12.31.2007 olup simülasyon, optimizasyon ve hassalık analizlerinin yapılacağı tarih aralıklarıdır. 3. satırdaki veriler havza alanı ve havzaya ait hidrolojik parametre değerlerini içermektedir. Sırası ile bunlar havza alanı (1146,56), CN (79,20), AWC (5,4), SYC (10,60), SC, PERCCOEF, IRAC tekrar AWC (5,40) ve son değer ise başlangıçta yeraltı suyuna katılan su miktarı (1,0)'dır. Bu değer modelin kabulleri arasında yer alan başlangıç değeridir ve genellikle 1,0 inch olarak alınır. Bu kısımda SC, PERCOEF ve IRAC değerleri yerine ölçülen akım değerleri ile SWMHMS Hidrolojik Modeli ile hesaplanan akım değerlerinin uygunluk gösterdiğinin belirlendiği simülasyonda kullanılan değerler girilmiştir. Sonraki değerler 1988-2007 yılları arası aylık ortalama sıcaklık değerleri (°F)'dir. Sıcaklık değerleri her bir satırda Ocak ayından başlayarak Aralık ayına kadar olmak üzere 12 aylık değerler olarak yazılmıştır. 24. ve 25. satırda ise yine

Ocak ayından başlayarak Aralık ayına kadar olan aylık bitki su tüketim katsayı (k_c) ve aylık güneşlenme oranları (P) girilmiştir. 26. satırda kaç tane yağışlı gün var ise sayı olarak (1202) yazılır. Sonraki satırlara ise ölçülen günlük yağışlı gün (ay/gün/yıl) ve yağış (inch) değerleri girilmiştir. Bir sonraki kısımda ise havzada ölçülmüş akım değerleri olduğundan ve modele girileceğinden Y harfi ile belirtilmiş ve havzada ölçülmüş akım değerlerinin sayısı (276) yazılmıştır. Devamında havzada ölçülmüş akım değerlerinin aylık yada günlük olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada bu satır aylık akım değerleri bulunduğu (M) olarak yazılmıştır. Bundan sonraki kısımda ise akımın ölçüldüğü tarih (ay/yıl) ve aylık akım (inch) değerleri girilmiştir. Bundan sonraki satırda ise ölçülmüş akım değerleri girildiği için bunu belirten evet anlamında “Y” harfi girilmiştir. Son bölümde ise sırasıyla modelin optimizasyon için kullanacağı havza parametrelerinin CN (50,0-100,0), AWC (0,0-10,0), SYC (0,0-15,0), SC (0,0-1,0), PERCCOEF (0,0-1,0) ve IRAC (0,0-1,0) alt ve üst limitleri girilmiştir. Son iki satırda da SWMHMS programı için önemli olan istatistiksel fonksiyonlardan SQR yada ABS'den biri seçilerek, modelin hangi işlemi yapacağını belirten simülasyon ise “SIM”, optimizasyon ise “OPT”, hassaslık analizi ise “SEN” ifadeleri yazılarak simülasyonlar, optimizasyon ve hassaslık analizi yapılmıştır.

Ölçülen ve Tahmin Edilen Akımların Kalibrasyonu

SWMHMS Hidrolojik Modelde ölçülen akımlar ile tahmin edilen akımların kalibrasyonunda SC, PERCCOEF ve IRAC katsayıları kullanılmıştır. Bu katsayılar 0 ile 1 arasında değişen, hesaplanması zor değerler olduğundan, katsayılara 0 ile 1 aralığında çeşitli değerler verilerek simülasyonlar yapılmıştır. 1989-2007 yıllarında ölçülmüş akım değerleri bulunduğu modelin hesapladığı ortalama aylık akım değerleri ile ölçülmüş akım değerleri birbirine yaklaştırılmaya çalışılmıştır. Bu simülasyonlar sonucunda elde edilen sonuçlar, ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır. En yakın sonuçlar elde edildiğinde kullanılan 3 havza hidrolojik parametresi belirlenmiştir. SQR ve ABS fonksiyonlarının her ikisi de kullanılarak SC (0,80), PERCCOEF (0,10) ve IRAC (0,70) katsayıları aynı değerler olarak bulunmuştur. Buna göre oluşturulan SWMHMS Modeli ana dosyası EK 1'de ve sonuç dosyası ise EK 2'de gösterilmiştir. Ayrıca hassaslık analizi de (EK 3) yapılmıştır.

Ölçülen ve Tahmin Edilen Akımların İstatistiksel Analizi

SWMHMS Hidrolojik Modelinin kalibrasyonunda korelasyon katsayısı kullanılmaktadır. Model kendi içinde ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi

korelasyon katsayısı ile otomatik olarak hesaplanmaktadır. Korelasyon katsayısını hesaplamada kullanılan eşitlik şu şekilde tanımlanmıştır.

$$r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{ort})(y_i - y_{ort})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{ort}) \sum_{i=1}^n (y_i - y_{ort})}} \quad (3.36)$$

r: Korelasyon katsayısı

n: Toplam gözlem sayısı

x_i : Ölçülen değer

y_i : Tahmin edilen değer

x_{ort} : Ölçülen değerlerin ortalaması

y_{ort} : Tahmin edilen değerlerin ortalaması

İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek amacıyla r katsayısı kullanılmaktadır. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Katsayı -1'e yaklaştığında değişkenler arasında ters yönlü, +1'e yaklaştığında ise aynı yönlü ilişki olduğu, 0 değerini aldığı anda ise değişkenler arasında önemli bir ilişki olmadığı varsayılmaktadır.

Bu çalışmada ayrıca SWMHMS Modelin kalibrasyonunda aşağıda formülleri verilen mutlak sapma (RE), standart hata (RMSE) ve model etkinlik katsayısı (NSME) da kullanılmıştır (Nash ve Sutcliffe 1970).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - M_i)^2} \quad (3.37)$$

$$RE = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \left| \frac{S_i - M_i}{M_i} \right| \right) \quad (3.38)$$

$$NSME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (S_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2} \quad (3.39)$$

Bu eşitlikte n, toplam gözlem sayısını, M_i ölçülen ve S_i de modellenen akım değerlerini, \bar{M} ise ölçülen değerlerin ortalamasını ($i=1$ 'den n 'ye kadar) ifade etmektedir. NSME değeri $-\infty$ ile 1 arasında değişmektedir. NSME değerinin 0,5 ile 1,0 arasında olması gerekmektedir. Burada $NSME=1$ ifadesi, model ile ölçülen değerler arasında mükemmel bir uyum olduğunu, $NSME=0$ ifadesi, model ile ölçülen değerlerin ortalamalarının çok yakın

olduğunu $NSME < 0$ ifadesi ise model ile ölçülen değerin birbirinden oldukça uzak değerler olduğunu göstermektedir (Nash and Sutcliffe 1970).

İklim Değişikliğinin Yağış-Akışa Etkisinin Modellenmesi

İklim değişikliğinin yağış ve akışa etkisinin modellenmesi aşamasında, çeşitli simülasyonlar yapılarak bulunan SC (0,80), PERCCOEF (0,10) ve IRAC (0,70) katsayıları ile diğer havza hidrolojik parametreleri CN (79,20), AWC (5,4) ve SYC (10,6) ve hâkim bitkilerin ekiliş oranları doğrultusunda havza için hesaplanan aylık bitki su tüketim katsayıları (k_c), bu yıl da hâkim bitkilerin ekiliş oranlarının değişmediği kabul edilerek “Trakya Bölgesi Damlıca ve Vize Deresi Kırsal Havzalarında Aylık Akımların Hidrolojik Model Kullanarak Belirlenmesi” adlı çalışmadan alınmıştır (Bakanoğulları ve ark. 2011). RegCM3 Bölgesel İklim Modeli A2 senaryo sonuçlarından elde edilen aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}F$) ve günlük yağış (inch) değerleri SWMHMS Hidrolojik Modelin kullanacağı hale dönüştürülerek 2016-2025 (EK 4), 2046-2055 (EK 5), 2076-2085 (EK 6) yılları için girilmiş ve model ana dosyaları oluşturulmuştur. Sonrasında model çalıştırılarak 2016-2025 (EK 7), 2046-2055 (EK 8), 2076-2085 (EK 9) yılları arası akım değerleri tahmin edilmiştir. Böylece havza su verimi ve iklim değişikliğinin yüzey su kaynaklarına miktar olarak etkisi belirlenmiştir.

3.2.4. Toprak Neminin Modellenmesi

İklim değişikliğinin toprak nemine etkisinin modellenmesi aşamasında Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarından 2012 yılı içinde ayçiçeği ve buğday tarlalarından 30.04.2012, 15.05.2012, 31.05.2012, 19.06.2012, 05.07.2012, 17.07.2012, 07.08.2012 ve 31.08.2012 tarihlerinde, 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerden alınan örneklerden elde edilen toprak nemi değerleri ile 2012 yılı için SWAP Modelin hesapladığı toprak nemi değerleri karşılaştırılarak kalibre edilmiş ve daha sonra ise RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen iklim verileri ile 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için toprak nemi değerleri hesaplanmıştır.

Modelin Çalıştırılması

SWAP Modeli çalıştırırken; meteoroloji, bitki ve ana veri dosyalarının oluşturulması zorunludur. Meteoroloji ve bitki dosyaları Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarında ortaktır. Fakat ana veri dosyası her bir alt havza için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Burada örnek

olarak Akıncılar alt havzasında ayçiçeği bitkisinin bulunduğu tarladaki toprak nemlerinin belirlenmesi için yapılan simülasyon dosyasının oluşturulması anlatılmıştır.

SWAP Modelde Meteoroloji Veri Dosyasının Oluşturulması

Toprak nemi tahmin modelinde kullanılan iklim verileri meteoroloji veri dosyasına günlük olarak girilmiştir. Bu veriler 2012 yılı için günlük olarak alınan minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ortalama buhar basıncı (kPa), rüzgâr hızı (m s⁻¹), günlük yağış (mm), toplam global güneş radyasyonu (kJ m⁻²) ve referans evapotranspirasyon (mm) verileridir. Referans evapotranspirasyon verilerini model tarafından hesaplanacağı için girdi dosyasında -99.9 olarak gösterilmiştir. Bu veriler ile oluşturulan örnek dosya Şekil 3.6'da verilmiştir.

| Station | DD nr | MM nr | YYYY nr | RAD kJ/m2 | Tmin C | Tmax C | HUM kPa | WIND m/s | RAIN mm | ETref mm |
|---------|-------|-------|---------|-----------|--------|--------|---------|----------|---------|----------|
| 'corlu' | 1 | 1 | 2012 | 2290.2 | -0.5 | 5.3 | 0.61 | 3.4 | 0.2 | -99.9 |
| 'corlu' | 2 | 1 | 2012 | 6024.8 | -2.2 | 5.6 | 0.52 | 1.1 | 0.0 | -99.9 |
| 'corlu' | 3 | 1 | 2012 | 6142.0 | 1.5 | 8.2 | 0.74 | 1.0 | 0.0 | -99.9 |
| 'corlu' | 4 | 1 | 2012 | 5120.5 | 2.0 | 8.0 | 0.84 | 1.1 | 0.0 | -99.9 |
| 'corlu' | 5 | 1 | 2012 | 4802.3 | 4.6 | 9.0 | 0.91 | 1.7 | 0.0 | -99.9 |
| 'corlu' | 6 | 1 | 2012 | 1256.0 | 7.7 | 12.4 | 0.93 | 4.2 | 0.2 | -99.9 |
| 'corlu' | 7 | 1 | 2012 | 1733.3 | 2.9 | 10.2 | 0.91 | 2.9 | 4.6 | -99.9 |
| 'corlu' | 8 | 1 | 2012 | 1226.7 | 1.4 | 3.4 | 0.67 | 2.6 | 11.2 | -99.9 |
| 'corlu' | 9 | 1 | 2012 | 3797.4 | -0.1 | 3.9 | 0.63 | 1.4 | 1.0 | -99.9 |
| 'corlu' | 10 | 1 | 2012 | 4735.3 | -1.3 | 5.1 | 0.57 | 2.9 | 0.0 | -99.9 |
| 'corlu' | 11 | 1 | 2012 | 2382.3 | 0.7 | 2.7 | 0.56 | 5.2 | 1.6 | -99.9 |
| 'corlu' | 12 | 1 | 2012 | 4894.4 | -1.1 | 5.0 | 0.55 | 1.9 | 0.2 | -99.9 |
| 'corlu' | 13 | 1 | 2012 | 6648.6 | -0.4 | 7.4 | 0.63 | 1.3 | 0.0 | -99.9 |
| 'corlu' | 14 | 1 | 2012 | 703.4 | -1.3 | 4.7 | 0.61 | 1.3 | 0.0 | -99.9 |

Şekil 3.6. SWAP Model örnek meteoroloji veri dosyası

SWAP Modelde Bitki Veri Dosyasının Oluşturulması

SWAP Modelin ilave verilerinin olduğu bölümde bitki dosyalarının içinde fasulye, mısır, patates, arpa, pancar, soya fasulyesi, ayçiçeği ve buğday bitki dosyaları vardır. Modelde bitki dosyaları iki ana bölüme ayrılmaktadır. Bunlar bitki büyüme ve sulama planlama bölümleridir. Bitki büyüme bölümü bitki faktörü ve bitki yüksekliği, bitki gelişimi, başlangıç değerleri, yeşil yaprak alanı, özümleme, asimilatların biyokütleye dönüşümü, solunum, bitki bölümlerinin gelişimi, ölüm oranı, bitki su kullanımı, tuzluluk stresi, tutulma, kök yoğunluk

dağılımı ve kök büyüme alt bölümlerinden, sulama bölümü ise genel bilgiler, sulama zamanı ve derinliği alt bölümlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada ayçiçeği ve buğday bitkileri için bitki veri dosyaları ilave verilerinin olduğu bölümden alınarak kullanılmıştır. Bitki dosyasına örnek olarak buğday dosyası EK 10'da verilmiştir.

SWAP Modelde Ana Veri Dosyasının Oluşturulması

SWAP Modelin ana veri girdi dosyası genel bilgiler bölümü, meteoroloji bölümü, bitki bölümü, toprak su bölümü, drenaj bölümü, alt sınır koşulları bölümü, ısı iletimi bölümü ve eriyik iletimi bölümü olmak üzere 8 bölümden oluşmaktadır.

Genel Bilgiler Bölümü

SWAP Modelde genel bilgiler bölümü 4 kısımdan oluşmaktadır. İlk bölümde proje ismi, meteoroloji, bitki ve drenaj dosyalarının nereden alınacağı belirlenir. Daha sonra simülasyon yapılırken yapılan hesaplamaların, su dengesi hesabının ve gün numaralarının ekranda görüntülenip görüntülenmeyeceği belirlenir. Ayrıca simülasyon akışı sırasında hata bulunduğu ekranda görüntülenip görüntülenmeyeceği de bu bölümde belirlenir. Bu kısımda meteoroloji, bitki ve drenaj dosyalarının nereden alınacağı gösterilmiş, su dengesi hesabını ve simülasyon akışı sırasında bulunan hatayı göster şeklinde modelin akışı yönlendirilmiştir.

İkinci bölümde simülasyon akışının başlangıç ve bitiş tarihi yer alır. Bu çalışmada simülasyon tarihleri ayçiçeği ve buğday için 01.Kasım.2011 ile 31.Ağustos.2012 olarak alınmıştır.

Üçüncü bölüm model çıktılarının tarih aralıklarının düzenlenmesini kapsar. Çıktıların saatlik mi, günlük mü yoksa aylık mı olacağı, belirlenen özel günler için çıktı istenilip istenilmediği burada belirtilir. Bu çalışmada arazide toprak neminin takip edildiği 30.04.2012, 15.05.2012, 31.05.2012, 19.06.2012, 05.07.2012, 17.07.2012, 07.08.2012 ve 31.08.2012 tarihleri burada belirtilerek çıktı dosyasında bu tarihlerdeki değerlerin görüntülenmesi sağlanmıştır. Ayrıca bu bölüm .BAL (gerçek su ve eriyik dengesi bileşenleri) ve .BLC (ayrıntılı su dengesi bileşenleri) uzantılı çıktı dosyalarının her yıl aynı tarihte mi olacağının yoksa özel belirtilen tarihlerde mi olacağının belirlendiği bölümdür. Burada her yıl aynı tarihte seçeneği işaretlenmiştir.

Dördüncü bölüm ise öncelikle çıktı dosyalarının adının, çıktı dosyalarında her dönemin başında ana başlığın yazılıp yazılmayacağı belirlendiği bölümdür. Ayrıca bu bölümde;

- Nem, eriyik ve sıcaklık profillerinin çıktıları,
- Detaylı yıllık su dengesi ile ilgili çıktılar,
- Toprak sıcaklık profilleri ile ilgili çıktılar,
- Sadece makropor akışı için su akıları ile ilgili çıktılar,
- Sadece genişletilmiş drenaj için drenaj akılarının çıktıları,
- Genişletilmiş drenaj için yüzey suyu rezervuarının çıktıları için evet yada hayır seçenekleri işaretlenir.

Formatlanmış ve formatlanmamış hidrolojik veri ile ilgili çıktı dosyalarının hangilerinin oluşturulacağı da bu bölümde belirlenir. Su denge periyodu boyunca kritik sapma değeri 0,00001 cm olarak buraya girilmiştir.

Meteoroloji Bölümü

Bu bölümde öncelikle meteorolojik verilerin düzenlendiği dosyanın adı belirtilmiştir. Şekil 3.6'da gösterilen dosyanın adı yazılır. Referans evapotranspirasyon değerleri iklim dosyasına girilmediği için model kendi hesaplasın seçeneği işaretlenir. Meteoroloji istasyonunun enlemi, yüksekliği, rüzgar hızının yükseklik değerleri modele girilmiştir. Ayrıca evapotranspirasyon ve yağış verilerinin ikisinin de içinde bulunduğu ayrıntılı meteorolojik verilerin kullanılıp kullanılmayacağı bu bölümde belirtilmiştir.

Bitki Bölümü

Bitki bölümü iki bölümden oluşur. Birinci bölüm simülasyon periyodu boyunca hangi bitkinin, ne zaman ekildiği ve hasat edildiği, oluşturulan bitki veri dosyalarının isminin ve bitki dosyasının detaylı bitki modeli, çim simülasyonu veya basit bitki modellerinden hangisi ile modellendiğinin belirtildiği dosyadır. Bu çalışmada ayçiçeği ve buğday için detaylı bitki dosyası kullanılmıştır. Akıncılardaki ayçiçeği bitkisi için ekim ve hasat tarihi 11.04.2012 ve hasat tarihi 04.08.2012 alınmıştır. İkinci bölüm ise sulama planlamasının yapılıp yapılmadığının belirlendiği bölümdür. Ayçiçeği ve buğday için sulama yapılmadığından sulama yapılmamıştır seçeneği işaretlenerek programın analizde sulama planlaması ile ilgili bölümleri dikkate almaması sağlanmıştır.

Toprak Su Bölümü

Bu bölüm onbir alt bölümden oluşmaktadır. İlk alt bölüm başlangıç nem durumunun belirtildiği bölümdür. Burada aşağıda belirtilen üç seçenek mevcuttur. Bu dosyada 2. seçenek seçilmiştir.

1. Derinliğin bir fonksiyonu olarak basınç yüksekliği girilir.
2. Seçilen her noktadaki basınç yükü, başlangıç yeraltı su tablasıyla dengeli olarak hesaplanır. Yeraltı su seviyesinin başlangıç değeri girilir.
3. En son hesaplanan SWAP simülasyon çıktıları olan basınç yükleri hesap değeri olarak alınır ve bu dosyanın yeri programda gösterilir.

İkinci bölüm göllenme ve akışın belirtildiği bölümdür. Programın kabul ettiği değerler araştırma alanı için de geçerli kabul edilmiştir. Üçüncü bölüm ise topraktan buharlaşma ile ilgili bölümdür. Toprakta buharlaşma hesabı için seçenekler mevcuttur. Bunlar azalma yok, Black ve ark. (1969)'a göre azalma ve Boesten ve Stroosnijder (1986)'ya göre azalma hesaplama seçenekleridir. Bu seçeneklerden Black ve ark. (1969) seçilmiştir. Dördüncü bölümde toprak profilinin geometrisi belirlenir. Katman ve kompartman derinlik ve sayıları oluşturulur. Bu kısımda toprak 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliğinde 3 katmana ayrılmıştır. 1, 4 ve 1 cm'lik kompartmanlar oluşturulmuştur. Beşinci bölüm toprak hidrolik fonksiyonlarının hesaplanıp belirtildiği bölümdür. Toprak profilinde tanımlanan her toprak katmanı için, toprak suyu basınç yükü, toprak nem içeriği ve doymuş olmayan koşullarda hidrolik geçirgenlik arasındaki ilişkiler belirtilmelidir. SWAP bu ilişkilerin tanımlanması için ya bir tablo yada Mualem-Van Genuchten formülünün kullanılmasına olanak tanır. Eğer tablo kullanılacaksa bu tablo dosyasının yeri belirtilir. Mualem-Van Genuchten formülü kullanılacaksa bu formülle hesaplanan değerler belirtilir. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan bazı programlar mevcuttur. Bu programlara örnek olarak RETC (Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils), PTF (Pedo-Transfer Functions), SOILPAR (Soil Parameters Estimate) örnek olarak verilebilir. Programların çalışma prensipleri birbirine çok yakındır. Toprak ile ilgili kil, silt, kum oranı, birim hacim ağırlık, organik madde miktarı, alt toprak üst toprak durumu gibi değerler girildiğinde toprağın hidrolik parametreleri hesaplanabilmektedir. Mualem-Van Genuchten Modelinin parametreleri θ_{res} (kalıcı nem içeriği), θ_{sat} (doymuş nem içeriği), K_{sat} (doymuş hidrolik iletkenlik), α (ana kuruma eğrisi alfa katsayısı) ve n parametresi değerleridir. Bu bölümde bu programlardan elde edilen Mualem-Van Genuchten parametreleri oluşturulan her bir katman için ayrı ayrı hesaplanarak ana veri dosyasının bu kısmına girilmiştir. Altıncı bölümde

ıslanma ve kurumunun var olup olmadığı sorulmaktadır. İlk seçenek ıslanma kuruma yok, ikinci seçenek başlangıç koşulu ıslanma ve üçüncü seçenek başlangıç koşulu kuruma seçenekleridir. Bu bölümde ıslanma kurumunun olmadığı kısım seçilmiştir. Yedinci bölüm maksimum köklenme derinliğinin belirtildiği bölümdür. Bu çalışmada 150 cm alınmıştır. Sekizinci bölüm Van Genuchten eğrisinin ölçeklenmesi ile ilgili bölümdür. Islanma kuruma yok seçeneği seçildiğinde ölçekleme de dikkate alınmaz. Dokuzuncu bölüm makropora göre tercihli akışın belirlendiği bölümdür. Bu bölümde makropor akışının olup olmadığı seçilir. Makropor akışı yok seçeneği belirtilmiştir. Onuncu bölüm kar ve donun dikkate alınıp alınmayacağı belirlendiği bölümdür. Kar birikmesi ve erime için hesaplama yapıp yapılmayacağı belirlendiği bu bölümde hesaplama yapılmasın durumu seçilmiştir. Don ile ilgili kısımda ise donma durumunda toprak su akışının azaltılıp azaltılmayacağı sorulmaktadır. Donma durumunda toprak su akışının azaltma kısmı işaretlenmiştir. On birinci bölüm ise Richards'ın denklemini numerik çözmek için kullanılan rakamsal sistemle ilgili parametrelerin olduğu bölümdür.

Lateral Drenaj Bölümü

Lateral drenaj simülasyonu ile ilgili kısımda drenajın simülasyonu yok, basit drenaj döngüleri ile simülasyon ve genişletilmiş drenaj döngüleri ile simülasyon seçenekleri mevcuttur. Drenaj yapılmadığı için drenaj simülasyonu yok seçeneği işaretlenmiştir.

Alt Sınır Koşulları Bölümü

Alt sınır koşulları ile ilgili kısımda ise öncelikle alt sınır koşullarının bu dosyada yani SWAP Model ana dosyasında mı yoksa ayrı bir dosyada mı belirtildiği sorulmaktadır. Eğer ana dosyada belirtildiyse alt sınır koşulu olarak;

1. Yer altı su seviyesini kullanma,
2. Bölgesel alt akımı kullanma,
3. Alt akımı dip akiferden hesaplama,
4. Alt akımı yer altı su seviyesinin fonksiyonu olarak hesaplama,
5. Alt kompartmanların basınç yükünü kullanma,
6. Alt akımı sifıra eşitleme
7. Toprak profilinde serbest drenaj,
8. Toprak hava arasında serbest akış,

seçeneklerinden birinin belirtilmesi gerekir. 6, 7 ve 8 seçeneklerinden birinin seçilmesi

halinde ilave veri girişine gerek kalmamaktadır. Alt sınır koşulu olarak simülasyonlarda toprak profilinde serbest drenaj koşulu seçilmiştir.

Isı İletimi Bölümü

Isı iletimi bölümünde öncelikle simülasyonun ısı iletimi içerip içermeyeceği belirtilir. Eğer ısı iletimi hesaba katılacaksa hesaplamanın analitik mi yoksa numerik metotla mı hesaplanacağı belirtilir. Bu simülasyonda ısı iletimi hesaplara dahil edilmemiştir.

Eriyik İletimi Bölümü

Eriyik iletimi bölümünde ise yine simülasyonda eriyik iletiminin olup olmayacağını belirtmesi gerekmektedir. Bu simülasyonda eriyik iletimi dikkate alınmamıştır.

SWAP Model ana dosyasının veri girişi bu açıklamalar doğrultusunda hazırlanmış ve EK 11’de gösterilmiştir.

Ölçülen ve Tahmin Edilen Toprak Nemi Değerlerinin Kalibrasyonu

SWAP Modelin kalibrasyonu Akıncılar, Sofular ve Çövenli’de ayçiçeği ve buğday bitkileri için 2012 yılında yapılmıştır. 2012 yılında ölçülen toprak nemi değerleri ile SWAP Model ile simüle edilen toprak nemi değerleri birbirine yaklaştırılmaya çalışılmıştır. Bu yaklaştırma işlemi yapılırken toprak ile ilgili olan θ_{res} , θ_{sat} , K_{sat} , α ve n parametrelerinin değiştirilmiştir. Bu parametrelerin hesaplanmasında RETC ve PTF programları kullanılmıştır. Mualem-Van Genuchten parametreleri 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinlikleri için ayrı ayrı bulunarak ana veri dosyasına girilmiştir. Örneğin Akıncılar’daki ayçiçeği tarlası için Mualem-Van Genuchten Modelinin parametreleri 0-30 cm için θ_{res} (0,00), θ_{sat} (0,38), K_{sat} (46,53), α (0,065) ve n (1,162) ve 30-60 cm ve 60-90 cm için θ_{res} (0,00), θ_{sat} (0,33), K_{sat} (8,565), α (0,064) ve n (1,111) değerleri alınmıştır.

Ölçülen ve Tahmin Edilen Toprak Nemi Değerlerinin İstatistiksel Analizi

Modelin geçerliliğinin istatistiksel değerlendirilmesi 2012 yılında ölçülmüş ve tahmin edilmiş toprak nemi değerlerinin karşılaştırılması ile yapılmıştır. SWAP Modelin kalibrasyonunda ilk olarak regresyon analizi (r^2) yapılmıştır. Gözlenen ve modellenen değerler arasında 0 ile 1 arasında değişen r^2 değeri doğrusal regresyon kurmakta ve modelin regresyon eğrisine uygunluğunu ifade etmektedir. Sonrasında ise normalize edilmiş standart

hata (NRMSE) ve model etkinlik katsayısı (ME) hesaplanarak değerlendirme yapılmıştır (Júnior ve ark. 2010).

$$\text{NRMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{n \bar{O}}} \quad (3.40)$$

$$\text{ME} = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (3.41)$$

Bu eşitlikte n, toplam gözlem sayısını, O_i ölçülen ve S_i de modellenen toprak nemi değerlerini, \bar{O} ise ölçülen değerlerin ortalamasını ($i=1$ 'den n 'ye kadar) ifade etmektedir. ME değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. ME değerinin 0,5 ile 1,0 arasında olması gerekmektedir. Burada ME=1 ifadesi, model ile ölçülen değerler arasında mükemmel bir uyum olduğunu, ME=0 ifadesi ise model ile ölçülen değerlerin birbirinden oldukça uzak değerler olduğunu göstermektedir (Júnior ve ark. 2010).

İklim Değişikliğinin Toprak Nemine Etkisinin Modellenmesi

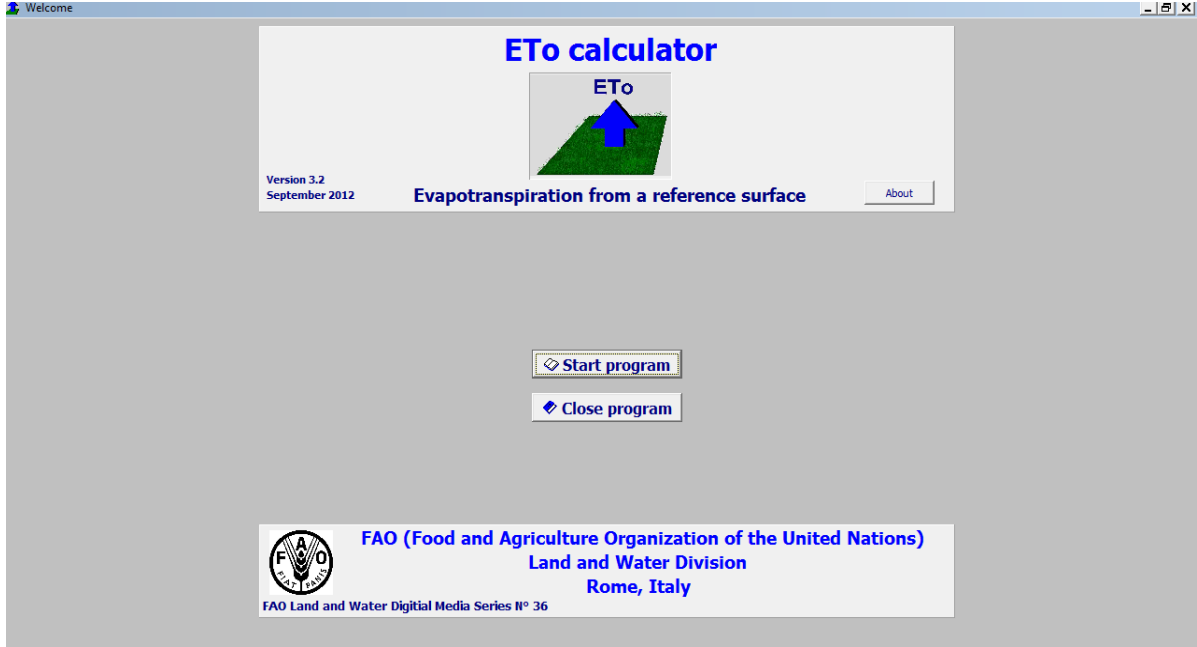
İklim değişikliğinin toprak nemine etkisinin modellenmesi aşamasında, RegCM3 Bölgesel İklim Modeli A2 senaryo sonuçlarından elde edilen günlük minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), ortalama buhar basıncı (kPa), rüzgâr hızı (m s^{-1}), günlük yağış (mm) ve toplam global güneş radyasyonu (kJ m^{-2}) değerleri SWAP Modele girilerek ayçiçeği ve buğday bitkileri için Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarında 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri tahmin edilmiştir. Böylece iklim değişikliğinin toprak nemine etkisi belirlenmiştir.

3.2.5. ETo Calculator ile Referans ETo Hesaplanması

2012 yılı içinde Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzaları ayçiçeği ve buğday tarlalarından elde edilen verim değerlerinin AquaCrop Model ile kalibre edilebilmesi için öncelikle ETo değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu kısımda 2012 yılı için ETo değerleri hesaplanmıştır.

ETo Calculatorun Çalıştırılması

Bu çalışmada yardımcı program ETo Calculator (Version 3.2) kullanılmıştır (Şekil 3.7).



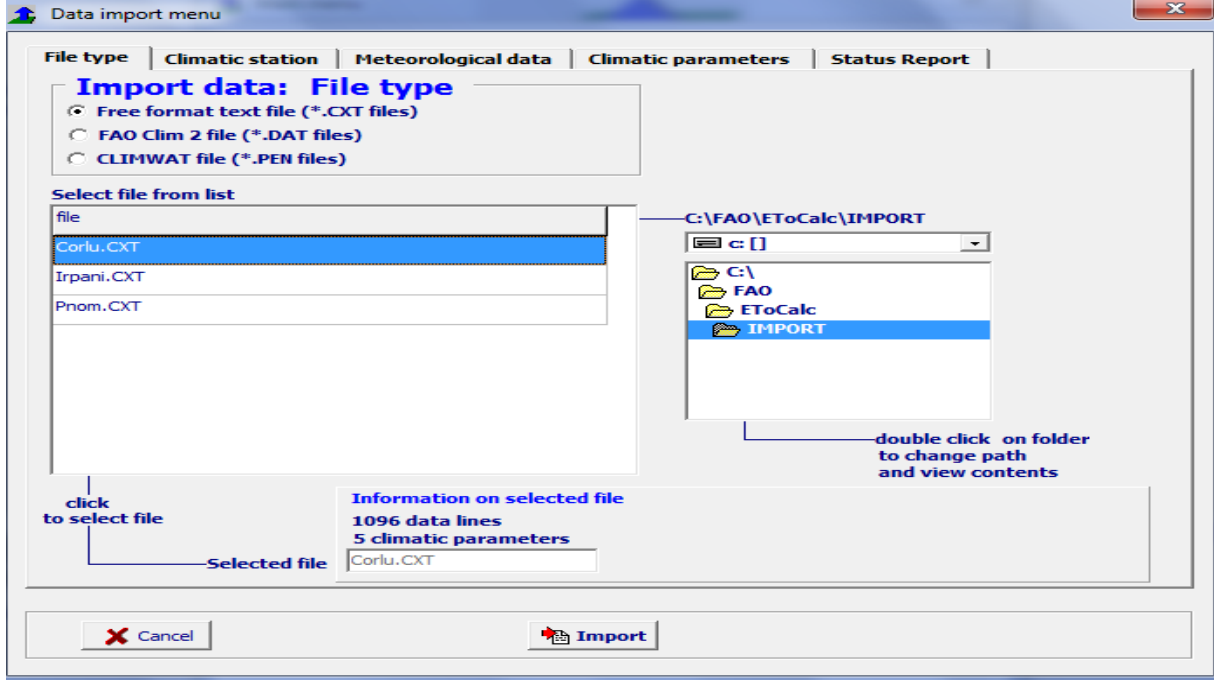
Şekil 3.7. ETo Calculator açılış penceresi

ETo'nun hesaplanması için öncelikle bir excel dosyasına toplam güneşlenme süresi (sa), minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), ortalama nem (%) ve rüzgâr hızı (m s^{-1}) verileri beş sütun halinde günlük olarak alt alta girilmiştir. Girilen bu değerler excel dosyasında .CXT uzantılı biçimli metin olarak farklı kaydedilerek, not defterine dönüştürülmüştür (Şekil 3.8). Böylece iklim verilerinin ETo Calculator'un okuyabileceği dosya formatına dönüşmesi sağlanmıştır.

| | A | B | C | D | E | F |
|----|------|------|------|------|-----|---|
| 1 | 3,40 | 10,3 | 19,4 | 72,3 | 2,9 | |
| 2 | 5,00 | 10,6 | 15,0 | 77,0 | 2,0 | |
| 3 | 2,60 | 0,2 | 11,0 | 99,0 | 3,2 | |
| 4 | 0,30 | -1,6 | 1,2 | 80,0 | 1,6 | |
| 5 | 3,20 | -0,9 | 6,1 | 75,0 | 1,6 | |
| 6 | 2,80 | 6,0 | 14,3 | 77,0 | 2,7 | |
| 7 | 4,60 | 9,4 | 15,4 | 82,7 | 1,6 | |
| 8 | 0,20 | 9,4 | 14,8 | 80,7 | 2,3 | |
| 9 | 0,60 | 10,9 | 14,6 | 67,0 | 1,2 | |
| 10 | 0,00 | 10,4 | 16,4 | 76,7 | 1,2 | |
| 11 | 0,10 | 7,5 | 12,2 | 75,3 | 1,6 | |
| 12 | 2,10 | 6,8 | 12,4 | 87,7 | 2,0 | |
| 13 | 6,20 | 3,2 | 7,6 | 99,0 | 3,8 | |
| 14 | 0,00 | 2,5 | 5,2 | 96,7 | 5,5 | |
| 15 | 0,00 | 1,1 | 5,4 | 86,3 | 4,8 | |
| 16 | 0,10 | 0,4 | 3,6 | 87,7 | 5,4 | |
| 17 | 0,40 | 1,2 | 6,3 | 93,3 | 4,5 | |
| 18 | 0,00 | 2,2 | 6,7 | 99,0 | 4,2 | |
| 19 | 0,00 | -3,2 | 2,2 | 99,0 | 2,3 | |
| 20 | 0,00 | -4,4 | -1,5 | 98,3 | 2,4 | |
| 21 | 0,40 | -4,8 | 1,0 | 93,7 | 3,0 | |
| 22 | 0,10 | -5,2 | 0,4 | 98,3 | 8,4 | |

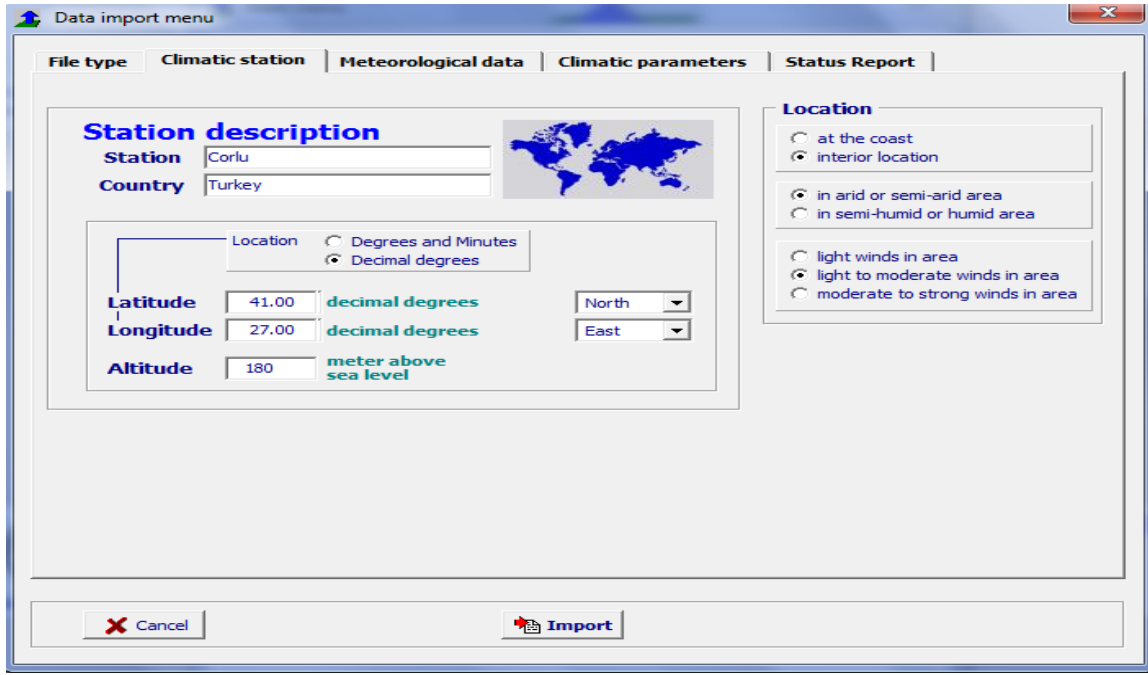
Şekil 3.8. İklim verilerinin Excel dosyasından not defterine dönüştürülmesi

ETo Calculator'da "start program" yapılarak "main menu" açılmıştır. Bu kısımda "Import Climatic Data from File" yapılarak "data import menu" penceresi açılmıştır. Burada Corlu.CXT iklim verileri dosyası işaretlenmiş ve bu dosyanın "selected file" bölümünde adının görüntülenmesi sağlanmıştır (Şekil 3.9).

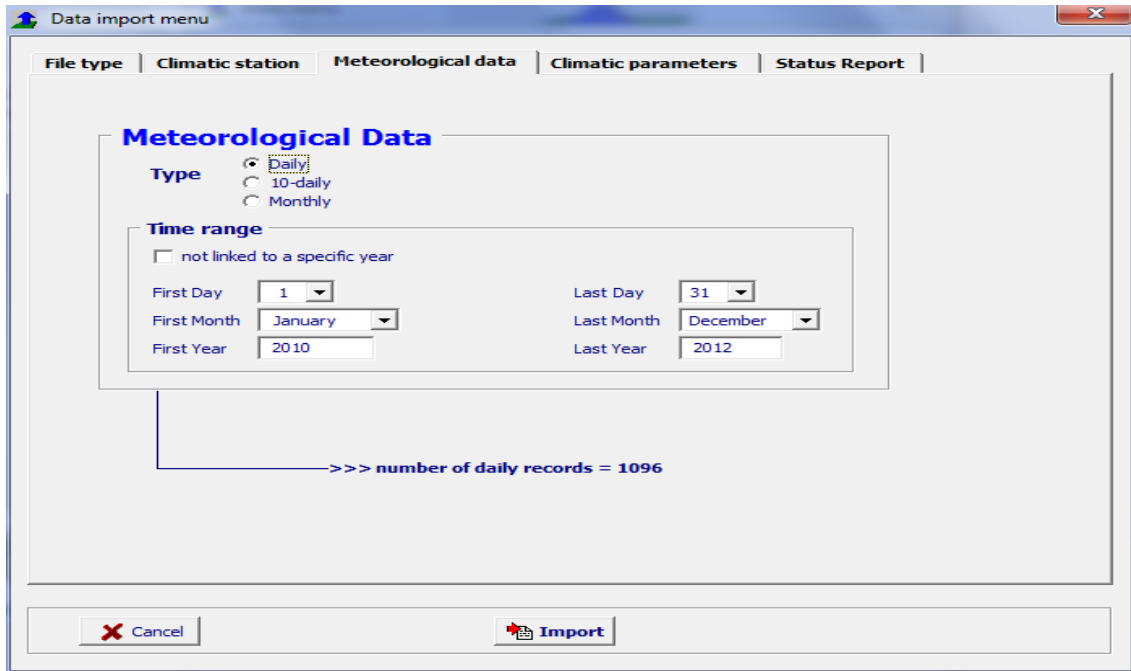


Şekil 3.9. Veri alma ekranı (Data import menu)

Bir sonraki kısımda "Climatic station" butonu seçilerek meteoroloji istasyonunun adı, yeri, enlemi, boylamı ve denizden yüksekliği gibi bilgiler bu bölümde tanımlanmıştır (Şekil 3.10). "Meteorological data" ekranında ise meteorolojik verilerin günlük, aylık yada 10 günlük verilerden hangisinin olduğu işaretlenmiş ve verilerin tarih aralıkları belirlenmiştir (Şekil 3.11).



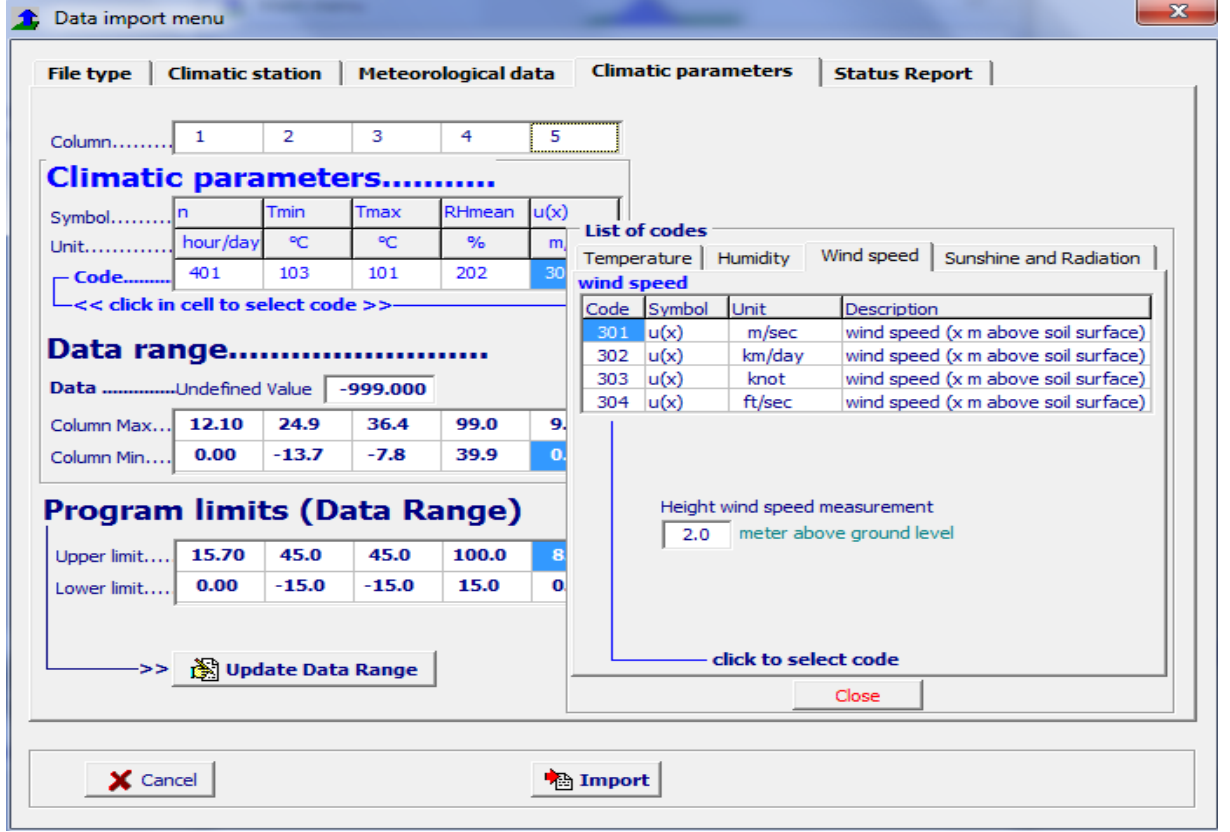
Şekil 3.10. Meteoroloji istasyonu ekranı (Climatic station)



Şekil 3.11. Meteorolojik veri ekranı (Meteorological data)

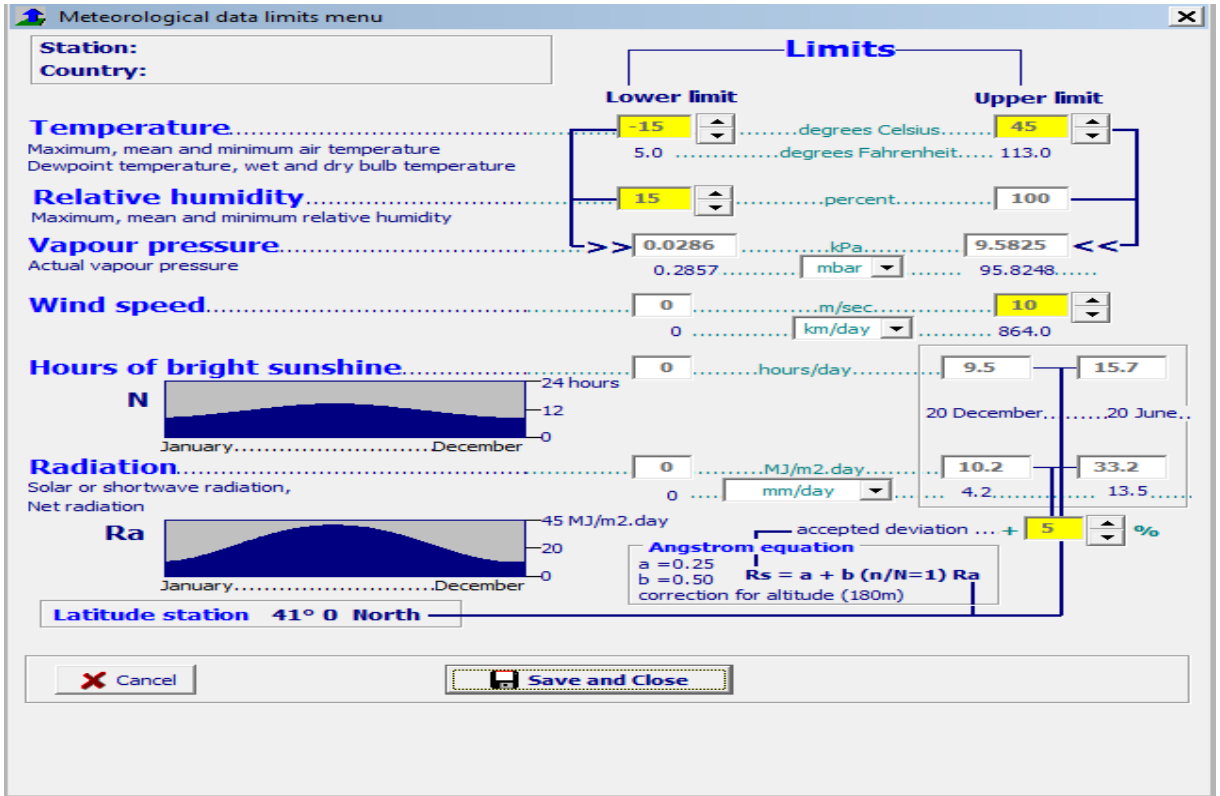
“Climatic parameters” butonu işaretlendiğinde Şekil 3.12’de verilen pencere açılır. Bu bölümde daha önce oluşturulmuş olan Corlu.CXT iklim verileri dosyasında hangi sütunda hangi verilerin olduğu kodlanarak Corlu.CXT dosyasında sütunlar halinde bulunan iklim verilerinin parametre olarak tanımlanması yapılmış olur. Kod listesinden toplam güneşlenme süresi (sa), minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ortalama nem (%) ve rüzgâr hızı

(m s⁻¹) verilerine karşılık hangi kodlar uyuyorsa seçim yapılır. Burada günlük toplam güneşlenme süresi (sa) için 401, minimum sıcaklık (°C) için 103, maksimum sıcaklık (°C) için 101, günlük ortalama nem (%) için 202 ve rüzgâr hızı (m s⁻¹) için 301 kodları seçilmiştir.

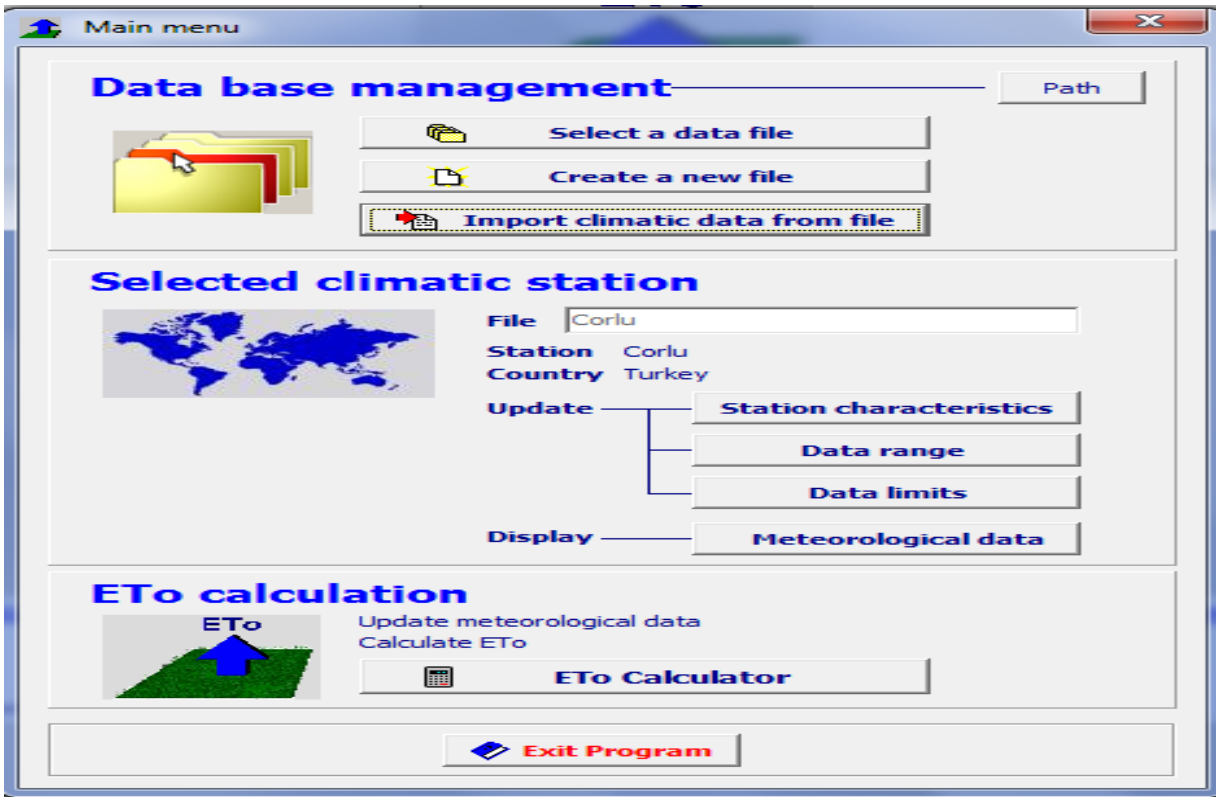


Şekil 3.12. İklim parametreleri ekranı (Climatic parameters)

“Status report” butonu işaretlenerek oluşturulan veri dosyasında bir hata olup olmadığı kontrol edilir. Eğer hata var ise “Climatic parameters” bölümünde yer alan “update data range” butonundan düzeltilebilir (Şekil 3.13) ve eğer hata yok ise ETo hesaplama kısmına geçilir. Bunun için “File name” kısmından bir dosya adı verilerek import butonuna basılır. Böylece “main menü” kısmına dönmüş olunur (Şekil 3.14).



Şekil 3.13. Veri aralıkları güncelleme ekranı (Update data range)



Şekil 3.14. Ana menü ekranı (Main menu)

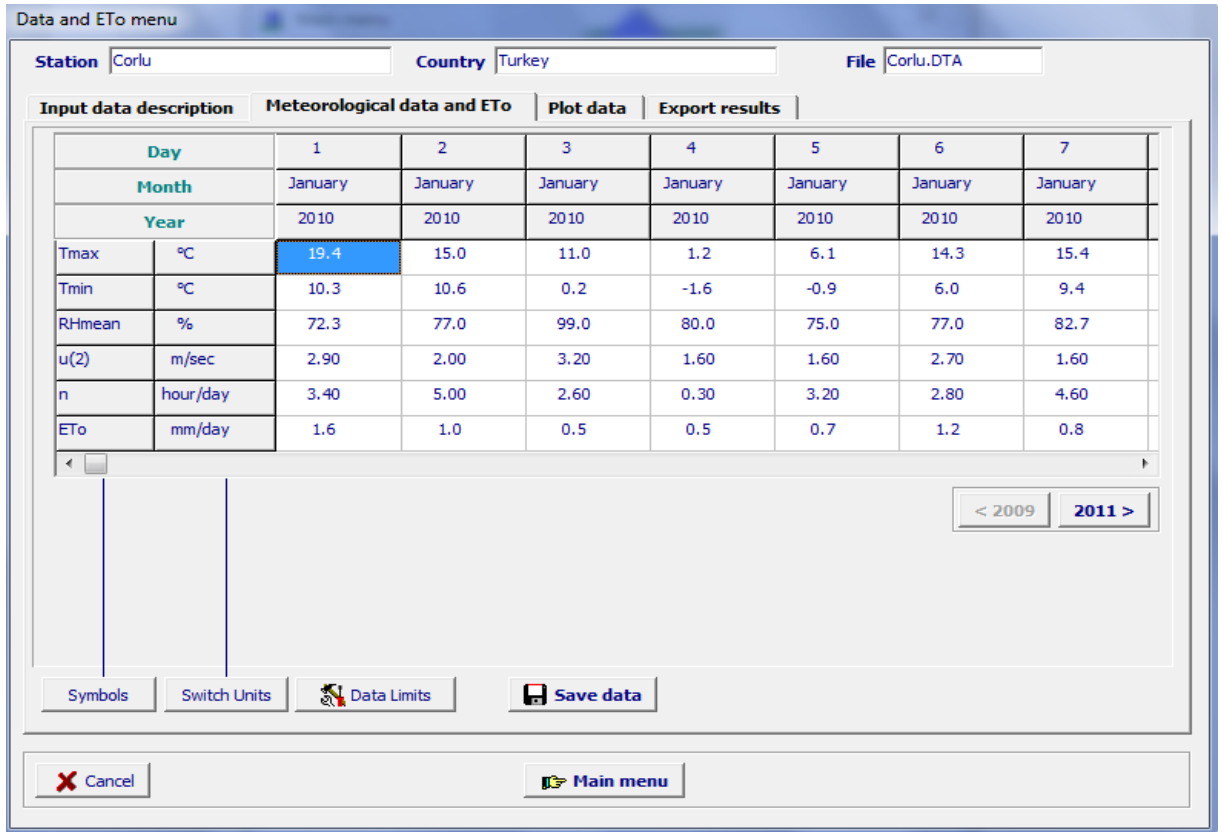
“Main menu” penceresinde ETo Calculator işaretlenerek ETo’ın hesaplanması sağlanır ve Şekil 3.15’deki pencere açılır. Bu pencerede “input data description” bölümüne girilerek meteorolojik parametreler kontrol edilip doğrulanmıştır.

The screenshot shows the 'Data and ETo menu' window. The 'Station' is 'Corlu' and 'Country' is 'Turkey'. The 'Input data description' tab is selected. The 'Air temperature' section has 'Celsius' selected and 'Minimum and Maximum temperature' checked. The 'Air humidity' section has 'Mean Relative Humidity' checked. The 'Psychrometric data' section has 'Natural ventilated' selected and a coefficient of 0.000800. The 'Wind speed' section has 'Mean wind speed' checked and a height of 2.0 meters. The 'Sunshine and Radiation' section has 'Hours of bright sunshine (n)' checked. The 'IF missing wind speed' section shows U2 = 2.0 m/sec. The 'IF missing radiation' section shows Rs = 0.16 x SQRT(Tmax - Tmin) x Ra. At the bottom, there are 'Cancel' and 'Main menu' buttons.

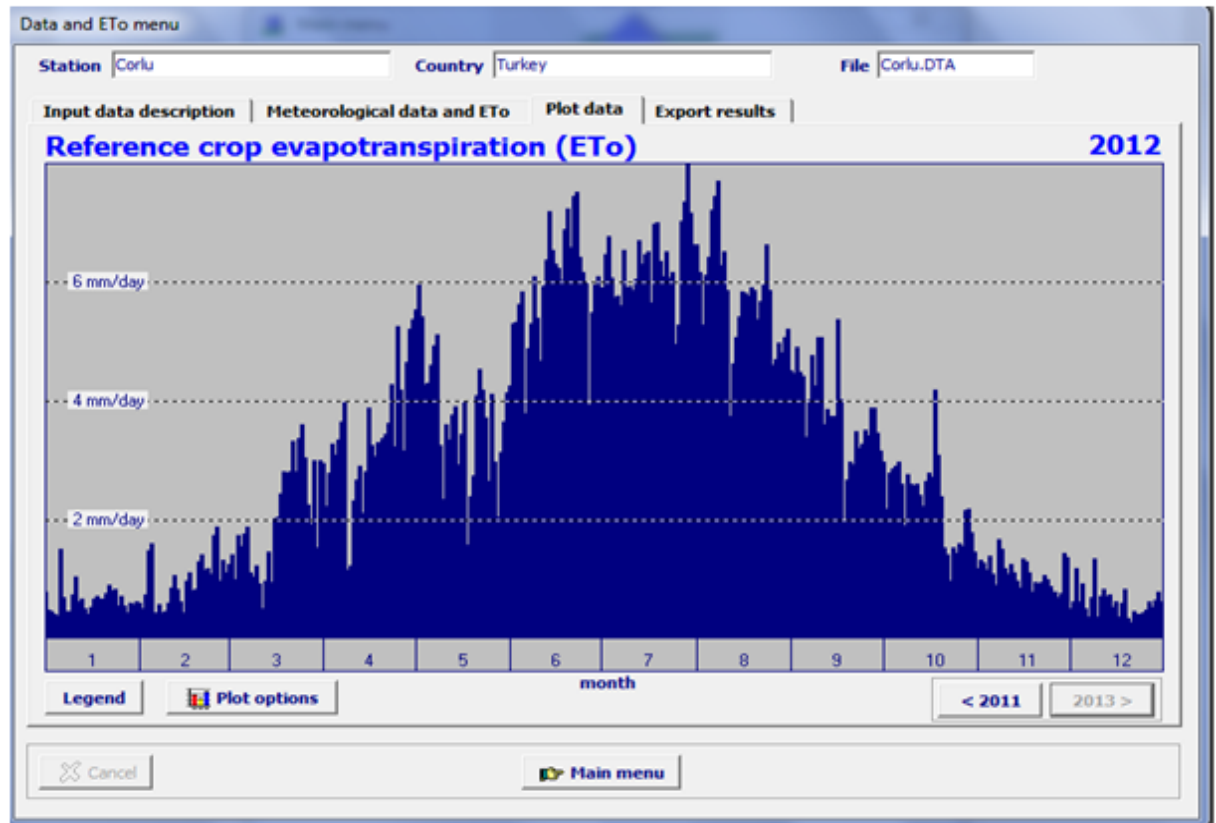
Şekil 3.15. Giriş verileri tanımlama ekranı (Input data description)

Doğrulama yapıldıktan sonra “Meteorological data and ETo” işaretlenir. Şekil 3.16’da 2010-2012 yılları arası ETo değerlerinin hesaplanmış olduğu görülmektedir. Yılların üzeri işaretlenerek günlük ETo değerleri, girilen yıllar için görüntülenmektedir.

“Plot data” bölümünde ise eğer istenirse günlük olarak yıllık periyotta Şekil 3.17’de görüldüğü gibi grafik olarak çıktı alınabilmektedir. Buradaki grafikte 2012 yılı günlük ETo değerleri görülmektedir.

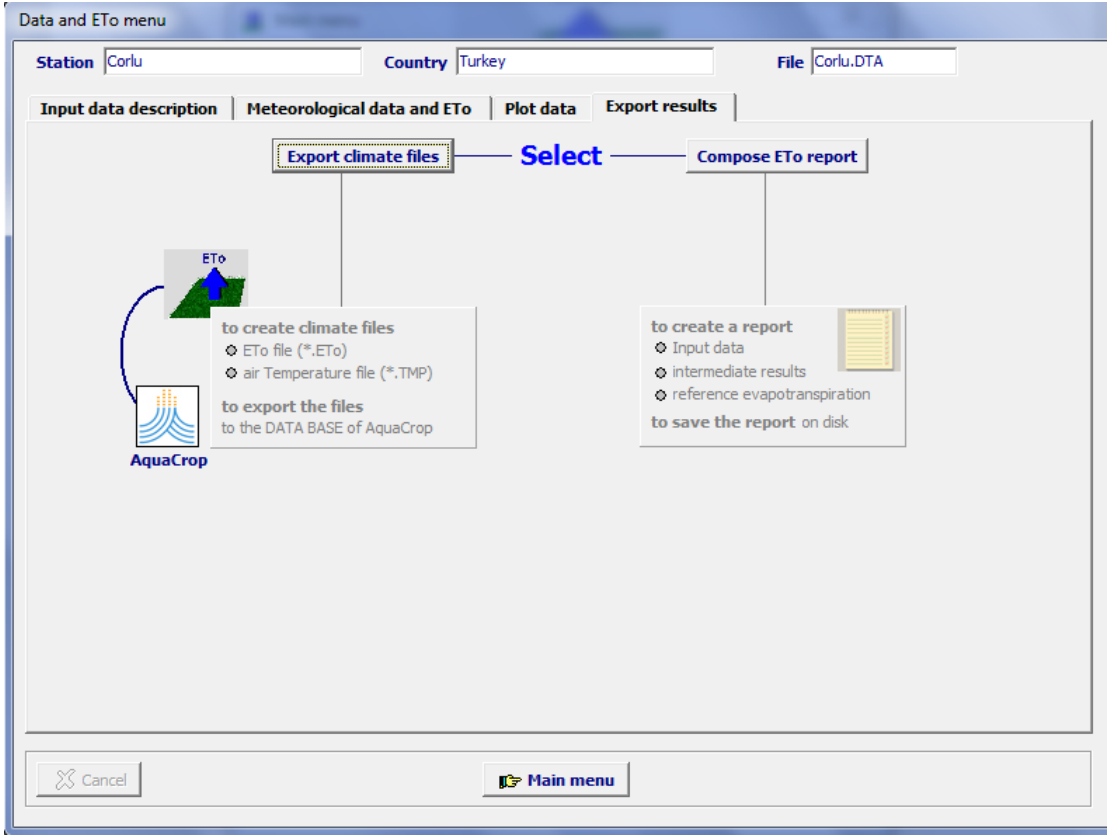


Şekil 3.16. 2010 yılı hesaplanmış ETo değerlerinin görüntülenmesi



Şekil 3.17. 2012 yılı hesaplanmış ETo değerlerinin grafik olarak görüntülenmesi

“Export results” kısmında ise “export climate files” ve “compose ETo report” olarak iki seçenek halinde sonuçları rakamsal olarak almak mümkündür (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Sonuç çıkarma ekranı (Export results)

“Compose ETo report” kısmından elde edilen CorluETo.REP dosyasında Şekil 3.19’da görüldüğü gibi günlük olarak girilen toplam güneşlenme süresi (sa), minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), günlük ortalama nem (%) ve rüzgâr hızı ($m s^{-1}$) değerleri ve hesaplanan ETo ($mm gün^{-1}$) değerleri yer almaktadır.

“Export climate files” bölümünden export edilen dosyalar ise .ETO ve.TMP uzantılı dosyalardır. ETo uzantılı dosyada Şekil 3.20’de görüldüğü gibi günlük olarak hesaplanan ETo değerleri yer almaktadır. TMP uzantılı dosyada (Şekil 3.21) ise minimum ve maksimum sıcaklıklar günlük olarak yer almaktadır. Sonuç olarak AquaCrop Modelin formatına uygun olarak kullanılmak üzere direk olarak CorluETo isimli .ETO ve.TMP uzantılı veri dosyaları elde edilmiştir.

| CorluETO - Not Defteri | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|------------|------------|-------------|---------------|---------------|---------------|--|
| Dosya | Düzen | Biçim | Görünüm | Yardım | | | | | |
| Corlu (Turkey) - daily data: 1 January 2010 - 31 December 2012 | | | | | | | | | |
| Day | Month | Year | Tmax °C | Tmin °C | RHmean % | u(x) m/sec | n hour/day | ETo mm/day | |
| 1 | 1 | 2010 | 19.4 | 10.3 | 72.3 | 2.90 | 3.40 | 1.6 | |
| 2 | 1 | 2010 | 15.0 | 10.6 | 77.0 | 2.00 | 5.00 | 1.0 | |
| 3 | 1 | 2010 | 11.0 | 0.2 | 99.0 | 3.20 | 2.60 | 0.5 | |
| 4 | 1 | 2010 | 1.2 | -1.6 | 80.0 | 1.60 | 0.30 | 0.5 | |
| 5 | 1 | 2010 | 6.1 | -0.9 | 75.0 | 1.60 | 3.20 | 0.7 | |
| 6 | 1 | 2010 | 14.3 | 6.0 | 77.0 | 2.70 | 2.80 | 1.2 | |
| 7 | 1 | 2010 | 15.4 | 9.4 | 82.7 | 1.60 | 4.60 | 0.8 | |
| 8 | 1 | 2010 | 14.8 | 9.4 | 80.7 | 2.30 | 0.20 | 1.0 | |
| 9 | 1 | 2010 | 14.6 | 10.9 | 67.0 | 1.20 | 0.60 | 1.1 | |
| 10 | 1 | 2010 | 16.4 | 10.4 | 76.7 | 1.20 | 0.00 | 0.9 | |
| 11 | 1 | 2010 | 12.2 | 7.5 | 75.3 | 1.60 | 0.10 | 0.9 | |
| 12 | 1 | 2010 | 12.4 | 6.8 | 87.7 | 2.00 | 2.10 | 0.7 | |
| 13 | 1 | 2010 | 7.6 | 3.2 | 99.0 | 3.80 | 6.20 | 0.3 | |
| 14 | 1 | 2010 | 5.2 | 2.5 | 96.7 | 5.50 | 0.00 | 0.3 | |
| 15 | 1 | 2010 | 5.4 | 1.1 | 86.3 | 4.80 | 0.00 | 0.7 | |
| 16 | 1 | 2010 | 3.6 | 0.4 | 87.7 | 5.40 | 0.10 | 0.6 | |
| 17 | 1 | 2010 | 6.3 | 1.2 | 93.3 | 4.50 | 0.40 | 0.5 | |
| 18 | 1 | 2010 | 6.7 | 2.2 | 99.0 | 4.20 | 0.00 | 0.3 | |
| 19 | 1 | 2010 | 2.2 | -3.2 | 99.0 | 2.30 | 0.00 | 0.3 | |
| 20 | 1 | 2010 | -1.5 | -4.4 | 98.3 | 2.40 | 0.00 | 0.3 | |
| 21 | 1 | 2010 | 1.0 | -4.8 | 93.7 | 3.00 | 0.40 | 0.4 | |
| 22 | 1 | 2010 | 0.4 | -5.2 | 98.3 | 8.40 | 0.10 | 0.2 | |
| 23 | 1 | 2010 | -4.7 | -8.8 | 95.0 | 5.00 | 0.00 | 0.3 | |
| 24 | 1 | 2010 | -6.4 | -9.3 | 83.0 | 4.60 | 0.00 | 0.4 | |
| 25 | 1 | 2010 | -7.8 | -12.9 | 71.0 | 3.60 | 1.80 | 0.5 | |
| 26 | 1 | 2010 | -3.5 | -13.7 | 91.3 | 2.60 | 6.20 | 0.4 | |
| 27 | 1 | 2010 | 1.2 | -9.9 | 84.7 | 1.10 | 3.70 | 0.5 | |
| 28 | 1 | 2010 | 1.8 | -3.7 | 98.7 | 1.10 | 0.00 | 0.4 | |
| 29 | 1 | 2010 | 4.2 | 0.3 | 99.0 | 2.30 | 0.00 | 0.4 | |
| 30 | 1 | 2010 | 9.0 | 0.3 | 99.0 | 1.30 | 0.00 | 0.5 | |
| 31 | 1 | 2010 | 11.8 | 5.6 | 93.0 | 1.90 | 0.20 | 0.7 | |
| 1 | 2 | 2010 | 12.8 | 4.8 | 89.0 | 2.90 | 0.30 | 0.9 | |
| 2 | 2 | 2010 | 4.8 | -2.8 | 93.7 | 6.50 | 3.40 | 0.6 | |
| 3 | 2 | 2010 | -1.0 | -4.1 | 93.7 | 2.20 | 0.00 | 0.4 | |
| 4 | 2 | 2010 | 3.0 | -4.7 | 79.7 | 1.70 | 5.80 | 0.7 | |
| 5 | 2 | 2010 | 1.9 | -4.3 | 74.7 | 1.50 | 1.50 | 0.7 | |

Şekil 3.19. CorluETo.REP dosyasının ekranda görüntülenmesi

| CorluETO - Not Defteri | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|---------|--------|--|--|--|--|--|
| Dosya | Düzen | Biçim | Görünüm | Yardım | | | | | |
| Corlu (Turkey) - daily data: 1 January 2010 - 31 December 2012 | | | | | | | | | |
| 1 : Daily records (1=daily, 2=10-daily and 3=monthly data) | | | | | | | | | |
| 1 : First day of record (1, 11 or 21 for 10-day or 1 for months) | | | | | | | | | |
| 1 : First month of record | | | | | | | | | |
| 2010 : First year of record (1901 if not linked to a specific year) | | | | | | | | | |
| Average ETo (mm/day) | | | | | | | | | |
| ===== | | | | | | | | | |
| 1.6 | | | | | | | | | |
| 1.0 | | | | | | | | | |
| 0.5 | | | | | | | | | |
| 0.5 | | | | | | | | | |
| 0.7 | | | | | | | | | |
| 1.2 | | | | | | | | | |
| 0.8 | | | | | | | | | |
| 1.0 | | | | | | | | | |
| 1.1 | | | | | | | | | |
| 0.9 | | | | | | | | | |
| 0.9 | | | | | | | | | |
| 0.7 | | | | | | | | | |
| 0.3 | | | | | | | | | |
| 0.3 | | | | | | | | | |
| 0.7 | | | | | | | | | |
| 0.6 | | | | | | | | | |
| 0.5 | | | | | | | | | |
| 0.3 | | | | | | | | | |
| 0.3 | | | | | | | | | |
| 0.3 | | | | | | | | | |
| 0.3 | | | | | | | | | |
| 0.4 | | | | | | | | | |
| 0.2 | | | | | | | | | |
| 0.3 | | | | | | | | | |
| 0.4 | | | | | | | | | |
| 0.5 | | | | | | | | | |
| 0.4 | | | | | | | | | |
| 0.5 | | | | | | | | | |
| 0.4 | | | | | | | | | |

Şekil 3.20. CorluETo.ET0 dosyasının ekranda görüntülenmesi

| CorluET0 - Not Defteri | | | | |
|--|-------|--|---------|--------|
| Dosya | Düzen | Biçim | Görünüm | Yardım |
| Corlu (Turkey) - daily data: 1 January 2010 - 31 December 2012 | | | | |
| 1 | : | Daily records (1=daily, 2=10-daily and 3=monthly data) | | |
| 1 | : | First day of record (1, 11 or 21 for 10-day or 1 for months) | | |
| 1 | : | First month of record | | |
| 2010 | : | First year of record (1901 if not linked to a specific year) | | |
| Tmin (C) | | TMax (C) | | |
| 10.3 | | 19.4 | | |
| 10.6 | | 15.0 | | |
| 0.2 | | 11.0 | | |
| -1.6 | | 1.2 | | |
| -0.9 | | 6.1 | | |
| 6.0 | | 14.3 | | |
| 9.4 | | 15.4 | | |
| 9.4 | | 14.8 | | |
| 10.9 | | 14.6 | | |
| 10.4 | | 16.4 | | |
| 7.5 | | 12.2 | | |
| 6.8 | | 12.4 | | |
| 3.2 | | 7.6 | | |
| 2.5 | | 5.2 | | |
| 1.1 | | 5.4 | | |
| 0.4 | | 3.6 | | |
| 1.2 | | 6.3 | | |
| 2.2 | | 6.7 | | |
| -3.2 | | 2.2 | | |
| -4.4 | | -1.5 | | |
| -4.8 | | 1.0 | | |
| -5.2 | | 0.4 | | |
| -8.8 | | -4.7 | | |
| -9.3 | | -6.4 | | |
| -12.9 | | -7.8 | | |
| -13.7 | | -3.5 | | |
| -9.9 | | 1.2 | | |
| -3.7 | | 1.8 | | |
| 0.3 | | 4.2 | | |
| 0.3 | | 9.0 | | |
| 5.6 | | 11.8 | | |
| 4.8 | | 12.8 | | |

Şekil 3.21. CorluET0.TMP dosyasının ekranda görüntülenmesi

İklim Değişikliğinin ETo'ya Etkisinin Belirlenmesi:

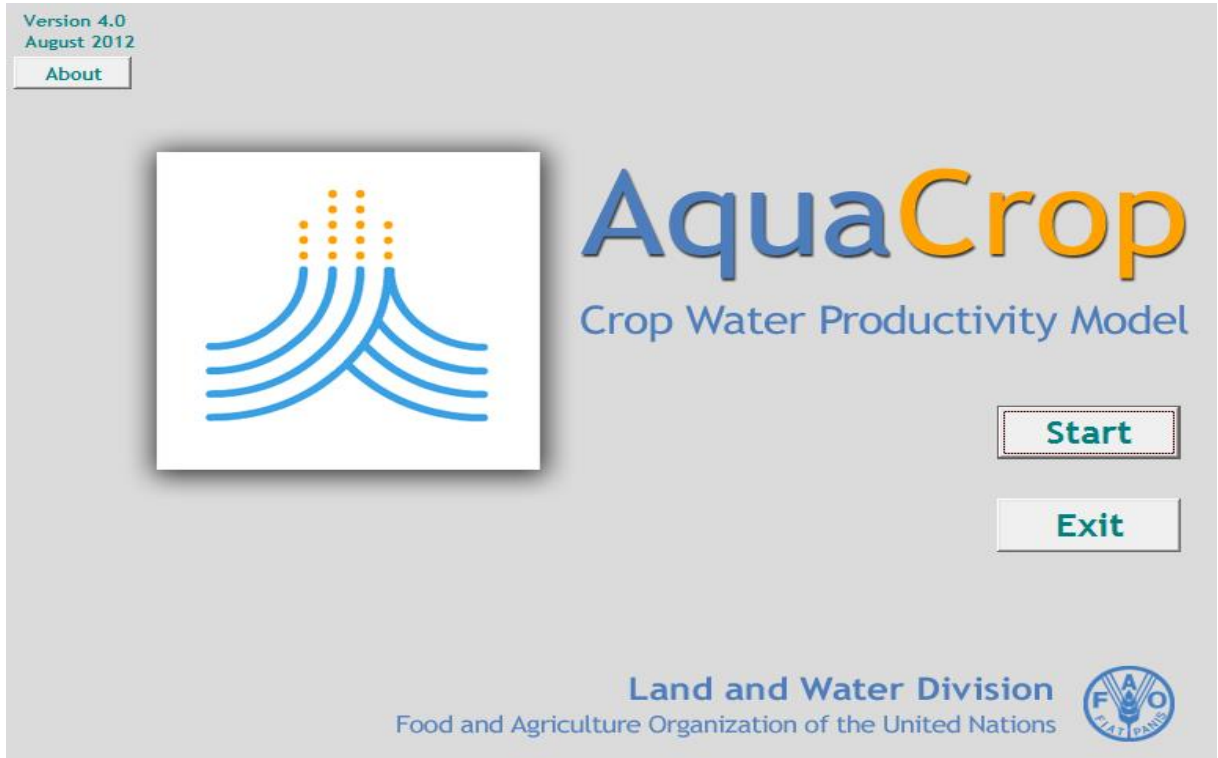
İklim değişikliğinin ETo'ya etkisinin belirlenebilmesi için RegCM3 Bölgesel İklim Modeli A2 senaryo sonuçlarından elde edilen günlük minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), ortalama nem (%) ve rüzgâr hızı (m s^{-1}) verileri ile ETo Calculator çalıştırılmış ve 2016-2025 yılları, 2046-2055 yılları ve 2076-2085 yılları arası için ETo hesaplanmıştır.

3.2.6. Verim Tahmininin Modellenmesi

İklim değişikliğinin verime etkisinin modellenmesi aşamasında Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarında 2012 yılı için ölçülen verim değerleri ile AquaCrop Model ile 2012 yılı için hesaplanan verim değerleri karşılaştırılarak kalibre edilmiş ve daha sonra ise ayçiçek ve buğday bitkileri için Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarında 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arası verim değerleri tahmin edilmiştir.

AquaCrop Modelin Çalıştırılması

Bu çalışmada AquaCrop Modelin 4.0 versiyonu kullanılmıştır (Şekil 3.22). AquaCrop Model çalıştırıldıktan sonra ana menü ekranında (Şekil 3.23), çevre ve bitki ile ilgili verilerin girildiği bölüm, simülasyonun yapıldığı bölüm ayrıca proje ve alan verilerinin girildiği bölüm yer almaktadır. Modelin çevre ve bitki bölümü; iklim verileri, bitki verileri, tarımsal faaliyet verileri ve toprak verileri olmak üzere dört kısımdan oluşmaktadır.

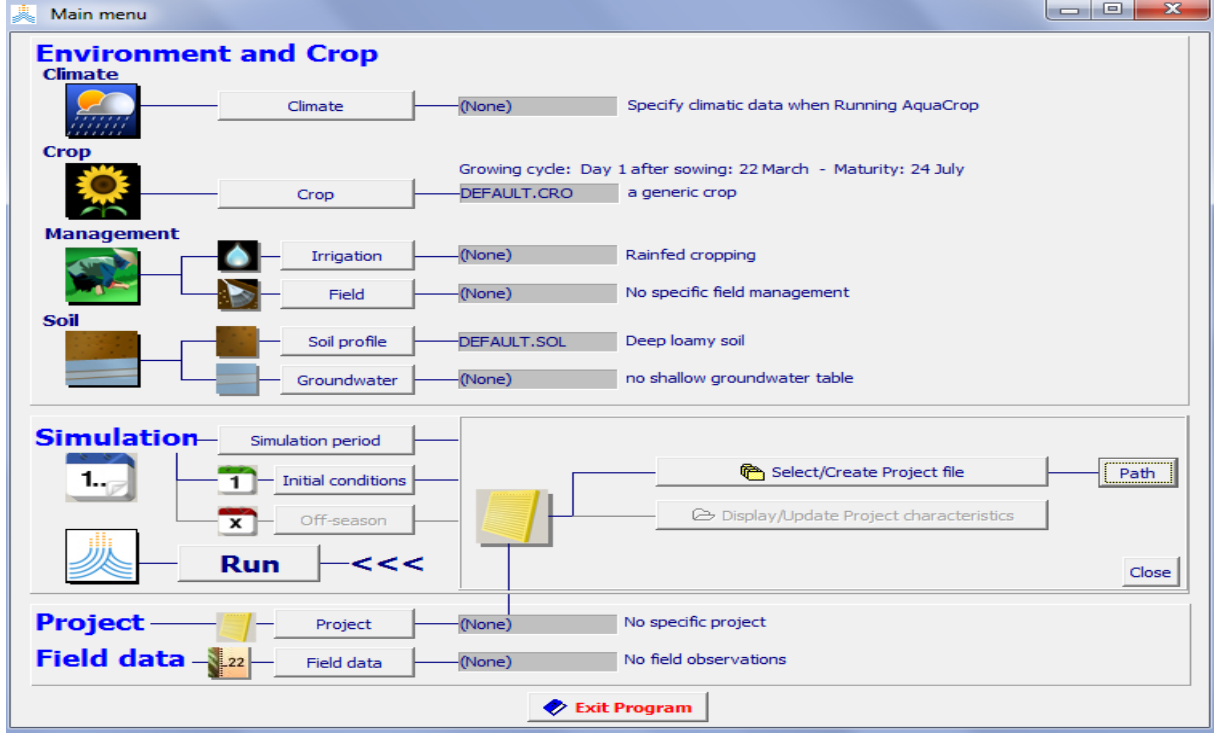


Şekil 3.22. AquaCrop Model 4.0 açılış ekranı görüntüsü

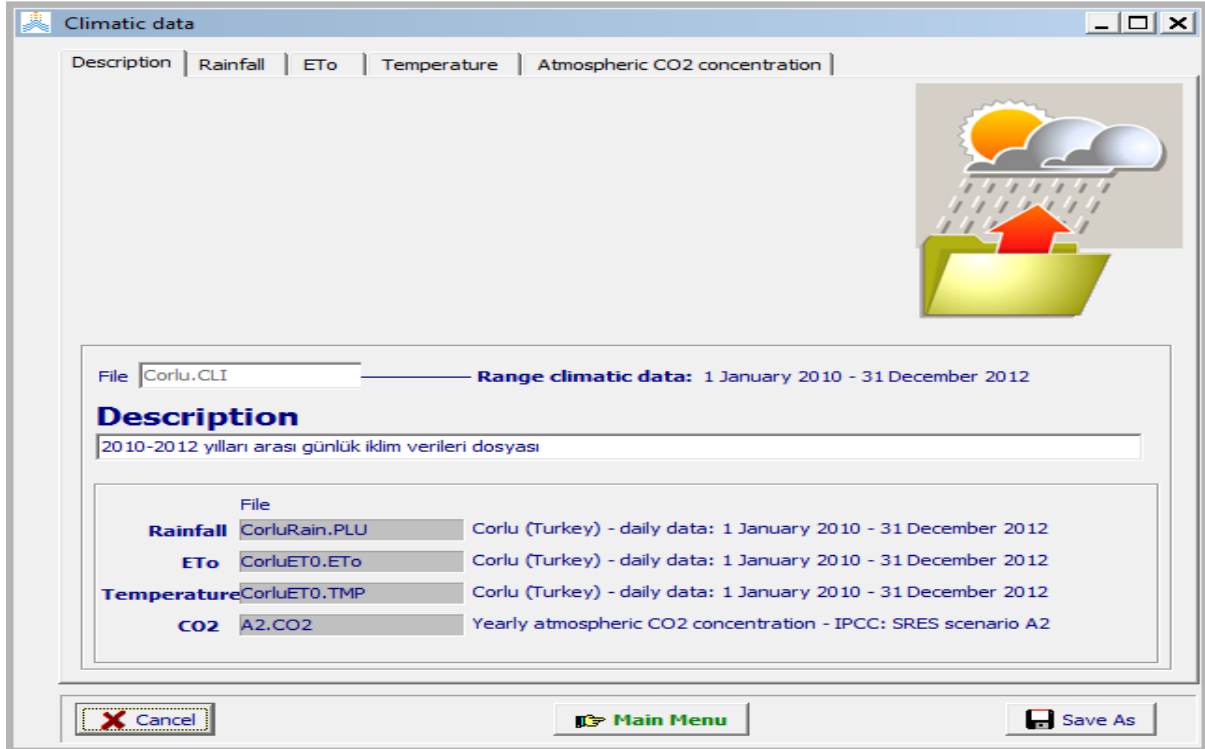
AquaCrop Modelde İklim Veri Dosyasının Oluşturulması

İklim verileri aylık, 10 günlük ve günlük olarak düzenlenebilmektedir. Öncelikle iklim bölümünde .CLI uzantılı yeni bir iklim dosyası oluşturulması gerekmektedir. Burada dosya adı verildikten ve dosya adı ile ilgili tanımlama yapıldıktan sonra yağış, ETo, sıcaklık ve CO₂ dosyalarının oluşturulup seçilmesi gerekmektedir. ETo Calculator tarafından oluşturulan CorluETo.ET0 ile minimum ve maksimum sıcaklığın yer aldığı sıcaklık CorluETo.TMP dosyaları programın “Data” klasörüne atılıp, bu bölümde çağrılarak geri getirilmiştir. Yağış ile ilgili dosya için günlük olarak yağış verileri excel dosyasında oluşturulduktan sonra .PLU uzantılı biçimli metin olarak “Data” klasörüne farklı kaydedilerek, not defterine dönüştürülmüştür. Yağış bölümünde data klasöründen bu dosya çağrılarak eklenmiştir. Son olarak ise CO₂ dosyası eklenmiştir. Bu dosyalar A1B, A2, B1, B2,

GlobalAverage ve IPCC-Bern_A1B olmak üzere programın içinde yer alan “Data” klasöründe bulunan dosyalardır. Bu çalışmada atmosferdeki CO₂ konsantrasyon miktarı dosyası A2 seçilmiştir. Böylece isim vererek belirlediğimiz Corlu.CLI dosyası oluşturulmuştur (Şekil 3.24).

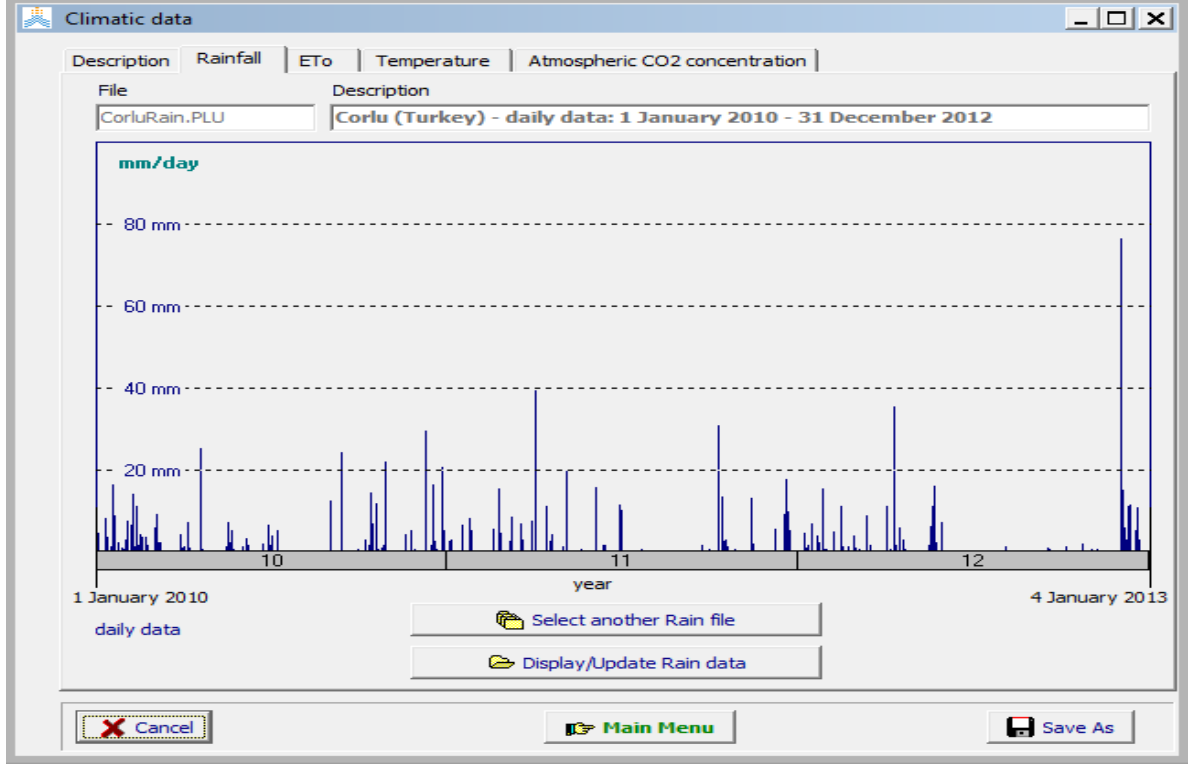


Şekil 3.23. Ana menü ekranı (main menü)

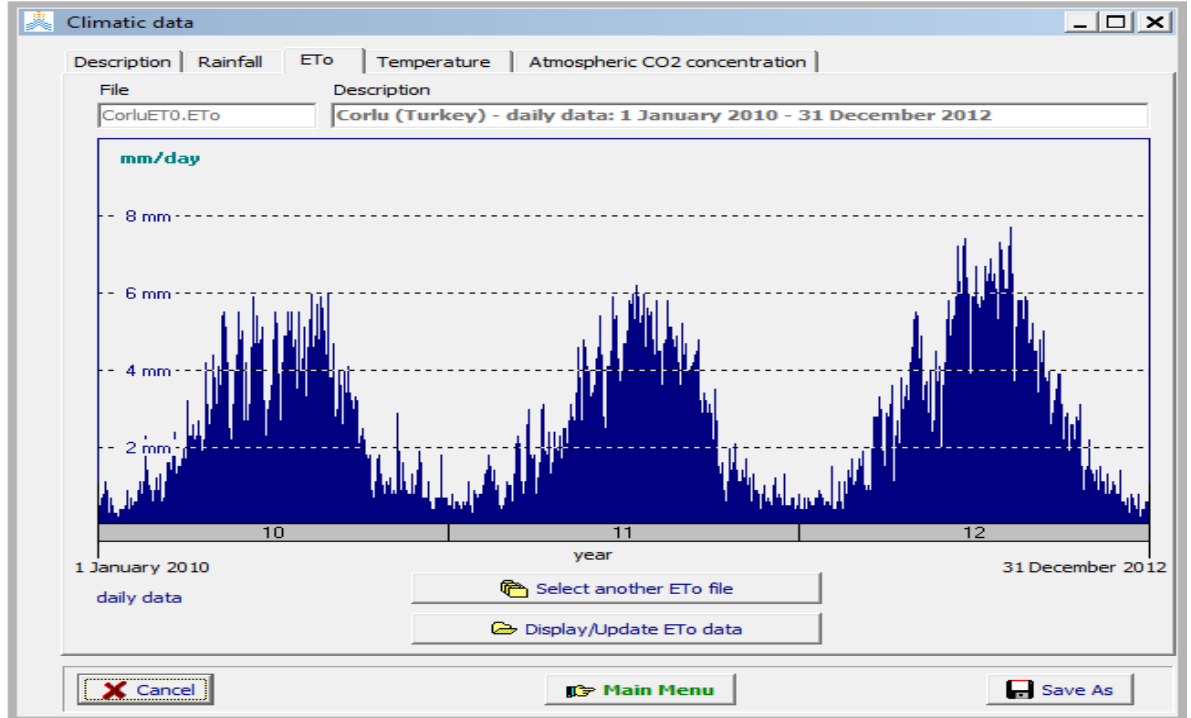


Şekil 3.24. İklim verileri tanımlama ekranı (Climatic data description)

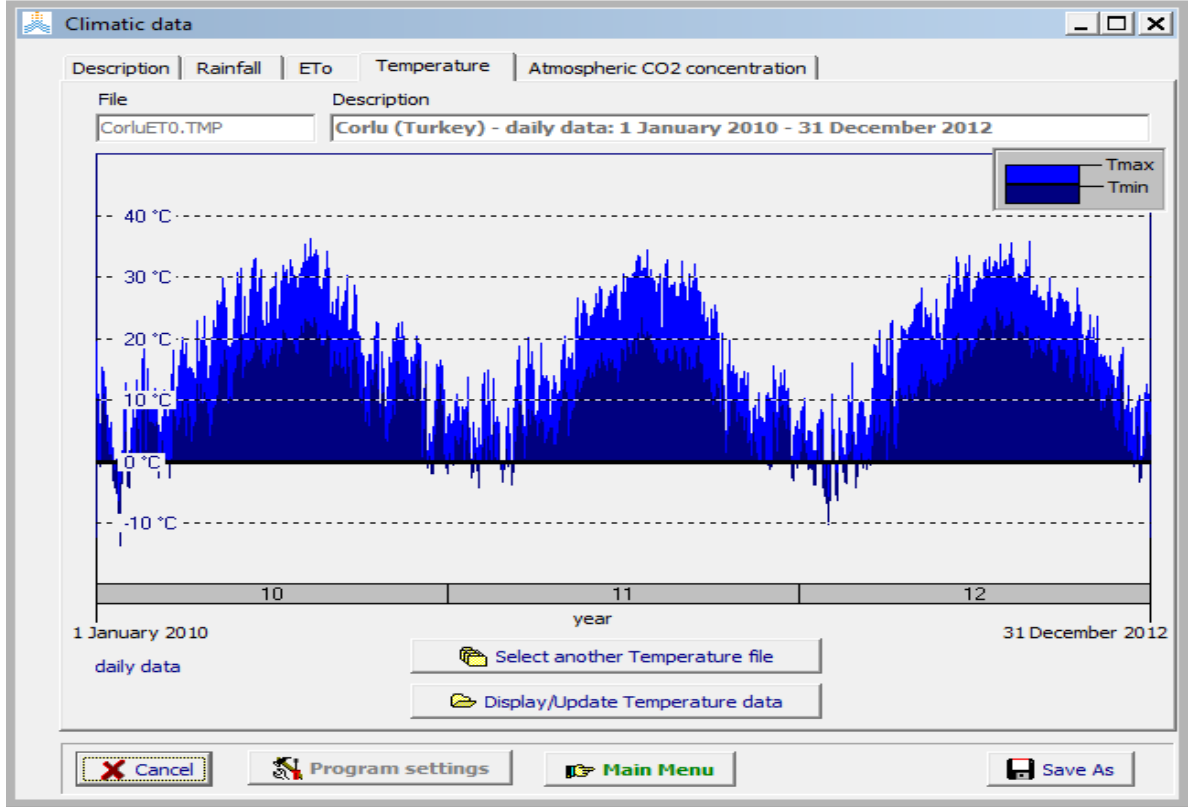
İklim verileri dosyasının diğer sekmelerine bakıldığında sırasıyla 2010-2012 yılları arası için yağış (Şekil 3.25), ETo (Şekil 3.26), maksimum minimum sıcaklık (Şekil 3.27) ve 1902 ve 2099 yılları arası atmosferik karbondioksit konsantrasyonu (Şekil 3.28) görülmektedir.



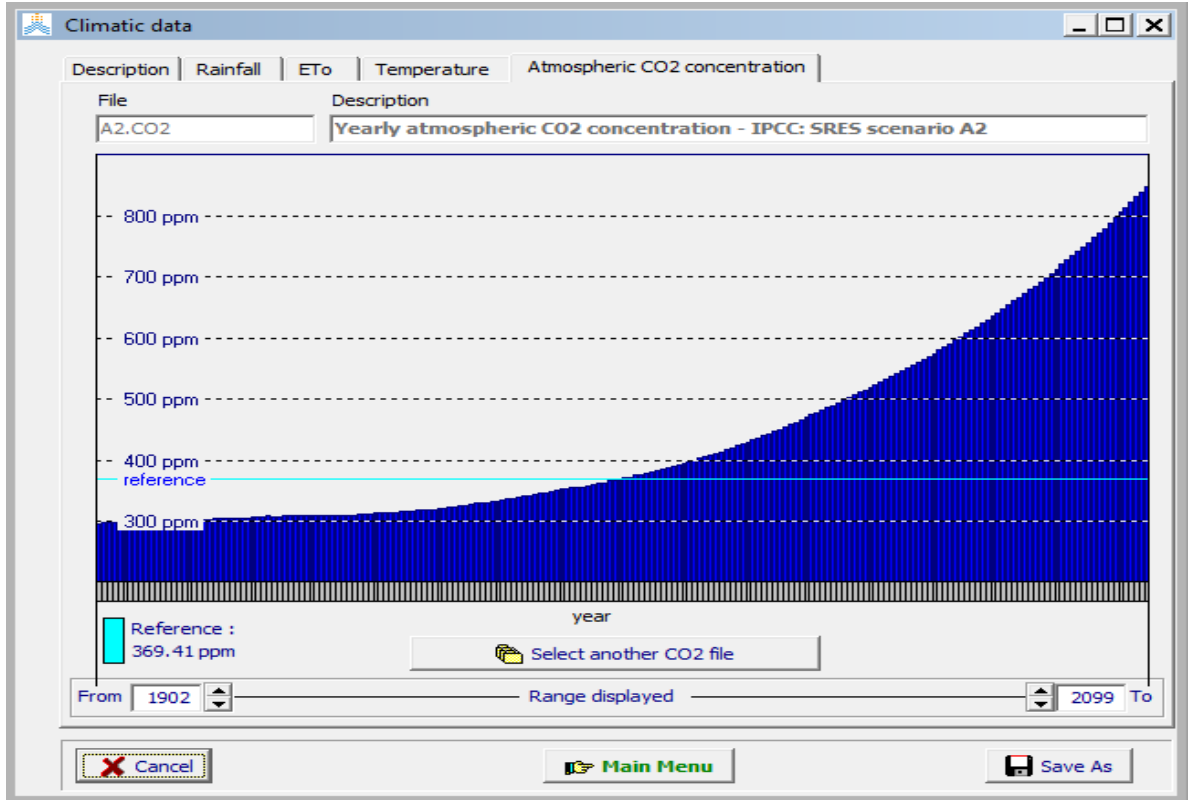
Şekil 3.25. 2010-2012 yılları arası günlük yağış (mm) değerleri



Şekil 3.26. 2010-2012 yılları arası ETo (mm) değerleri



Şekil 3.27. 2010-2012 yılları arası maksimum ve minimum sıcaklık (°C) değerleri



Şekil 3.28. IPCC:SRES A2 senaryosu yıllık atmosferik CO₂ konsantrasyon (ppm) değerleri

AquaCrop Modelde Bitki Dosyasının Oluşturulması

AquaCrop Modelin içinde mevcut olarak pamuk, ayçiçeği, mısır, domates, patates, buğday, v.b. bitki dosyaları bulunmaktadır. Bu dosyalardan seçim yapılabildiği gibi yeni bir bitki dosyası da bölge koşullarına göre oluşturulabilmektedir. Bu çalışmada bitki ile ilgili Aycicek.CRO ve Bugday.CRO dosyaları oluşturulmuştur. Burada örnek olarak Akıncılar için ayçiçeği dosyasının oluşturulması anlatılmıştır. Sofular ve Çövenli için ayçiçeği bitki dosyaları benzer şekilde hazırlanmıştır. Ayrıca bitki verileri ile ilgili olarak hazırlanan FAO tarafından basılmış olan AquaCrop Model kullanıcı el kitabında mısır, patates, pirinç, domates, soya fasulyesi, pamuk, buğday, ayçiçeği, v.b. gibi çeşitli bitkiler için ek bilgiler verilmiştir. Modelin ayçiçeği ve buğday bitkisi için kabul ettiği genel girdi değerleri bu kitapçıktan alınmıştır (Raes ve ark. 2009d).

Ayçiçeği için Bitki Dosyasının Oluşturulması

Akıncılar, Sofular ve Çövenli alanına ekilen ayçiçeği bitkisi Tunca kültürtipidir. Bu çalışmada ayçiçeği bitkisine ait Tunca kültürtipinin verim değeri AquaCrop Model ile simüle edilmiştir. Bitkinin tohumu mibzerle sıraya 4-5 cm derinliğe ekilmiştir. Sıra arası mesafe 70 cm ve sıra üzeri mesafe de 35 cm'dir. Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de 11.04.2012'de ekim yapılmıştır. Tunca erkenci çeşit olup bitkinin ekiminden hasadına kadar Akıncılar ve Çövenlide 116 gün, Sofularda ise 113 gün geçmiştir.

AquaCrop Modelde bitki dosyasının oluşturulması için ilk olarak bitkinin adının ve tanımının yapılması gerekmektedir. Daha sonra meyve veya tahıl üreten bitkiler, yapraklı sebze bitkileri, yumru kök bitkileri ve yem bitkileri bitki tiplerinden, yapraklı sebze bitkileri seçilmiştir. C3 ve C4 bitki gruplarından C3 belirlendikten sonra dikim metoduna göre ekim veya şaşırtma (transplanting) seçeneklerinden ekim seçilip, ekimden bir sonraki gün ve büyüme döngüsünün uzunluğu girilmiş ve yeni bir bitki dosyası oluşturulmuştur (Şekil 3.29). Bundan sonra gelen Şekil 3.30'daki pencerede ise bitki ile ilgili verilerin sınırlı sayıda mı girileceği, yoksa tümünün mü girileceği belirlenip, bitki ile ilgili parametrelerin girilmesine devam edilmiştir. Bu kısımda bitki ile ilgili olarak bitki gelişimi, ET, üretim, su, sıcaklık, tuzluluk, etkiler ve takvim ana bölümleri ile ilgili veri girişlerinin yapılması gerekmektedir.

Modelde bitki ile ilgili genel tanımlamalar yapıldıktan ve tüm bitki parametrelerinin girileceği seçenek işaretlendikten sonra bitki gelişimi ile ilgili Şekil 3.31'deki pencere açılır. Model bitki gelişim parametrelerini başlangıç bitki örtüsü gelişimi, bitki örtüsü gelişimi,

çiçeklenme ve verim oluşumu, köklenme derinliği ve sıcaklık olmak üzere beş bölümde inceler (Raes ve ark. 2009b).

File Name: Aycicek | CRO

Description: Corlu Aycicek

Crop Type

- Fruit/Grain producing crops
- Leafy vegetable crops
- Root and Tuber crops
- Forage crops
- C3 crop
- C4 crop

Planting method

- Sowing
- Transplanting

Cropping period..... From 11 April 2011 ...day 1 after sowing
To....7 September 2011crop maturity

Length of growing cycle
from day 1 after sowing to crop maturity 113 days

Cancel Create

Şekil 3.29. Bitki dosyası oluşturulması ekranı (Create crop file)

Crop characteristics

Description | Development | ET | Production | Water | Temperature | Salinity | Effects | Calendar

Display crop parameters

- Limited set
Crop development and production parameters (mainly phenology and life cycle length)
- Full set
All crop parameters

File description | Type of edit fields (cells)

File Name : AycicekP.CRO

Crop Type : Fruit/Grain producing crop

Description
Pinarbasi

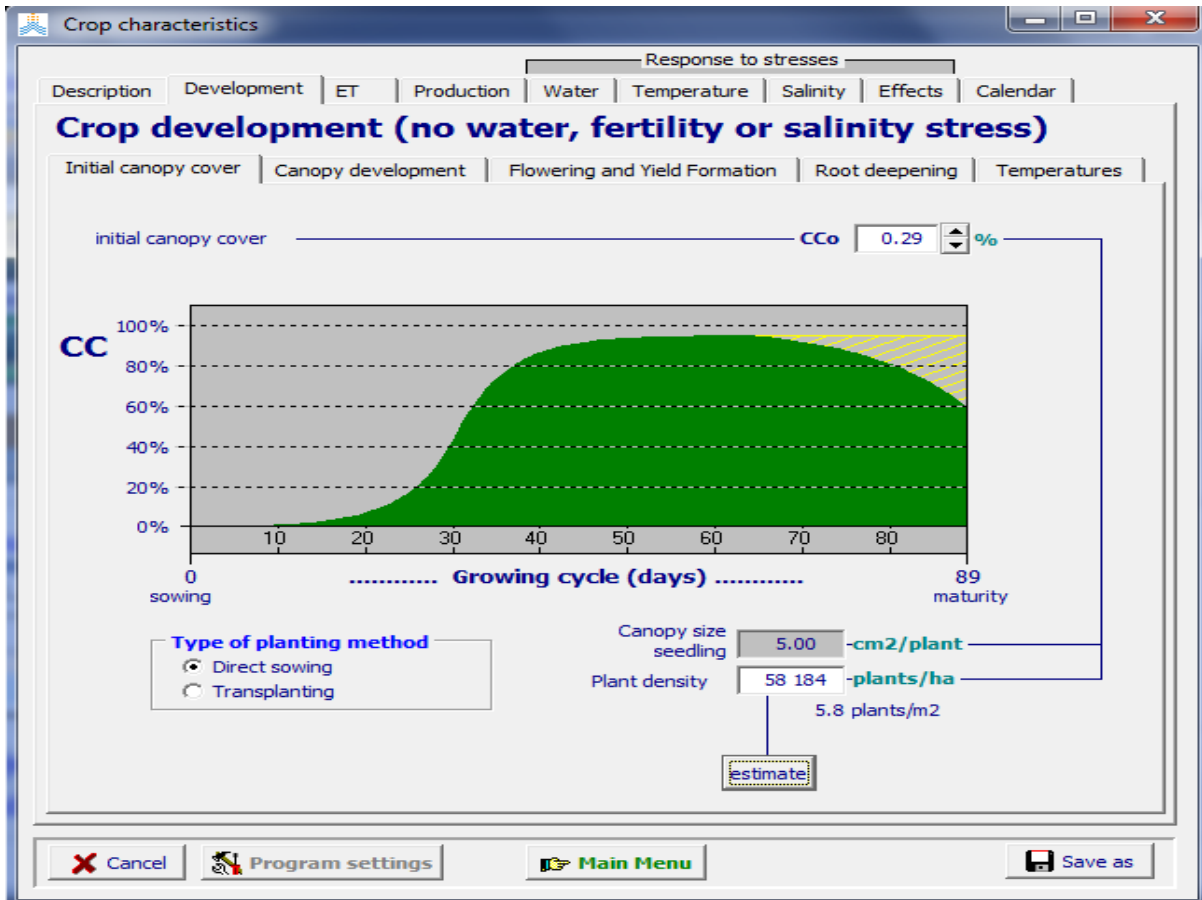
Cancel Program settings Main Menu Save as

Şekil 3.30. Bitki parametreleri ekranı (Display crop parameters)

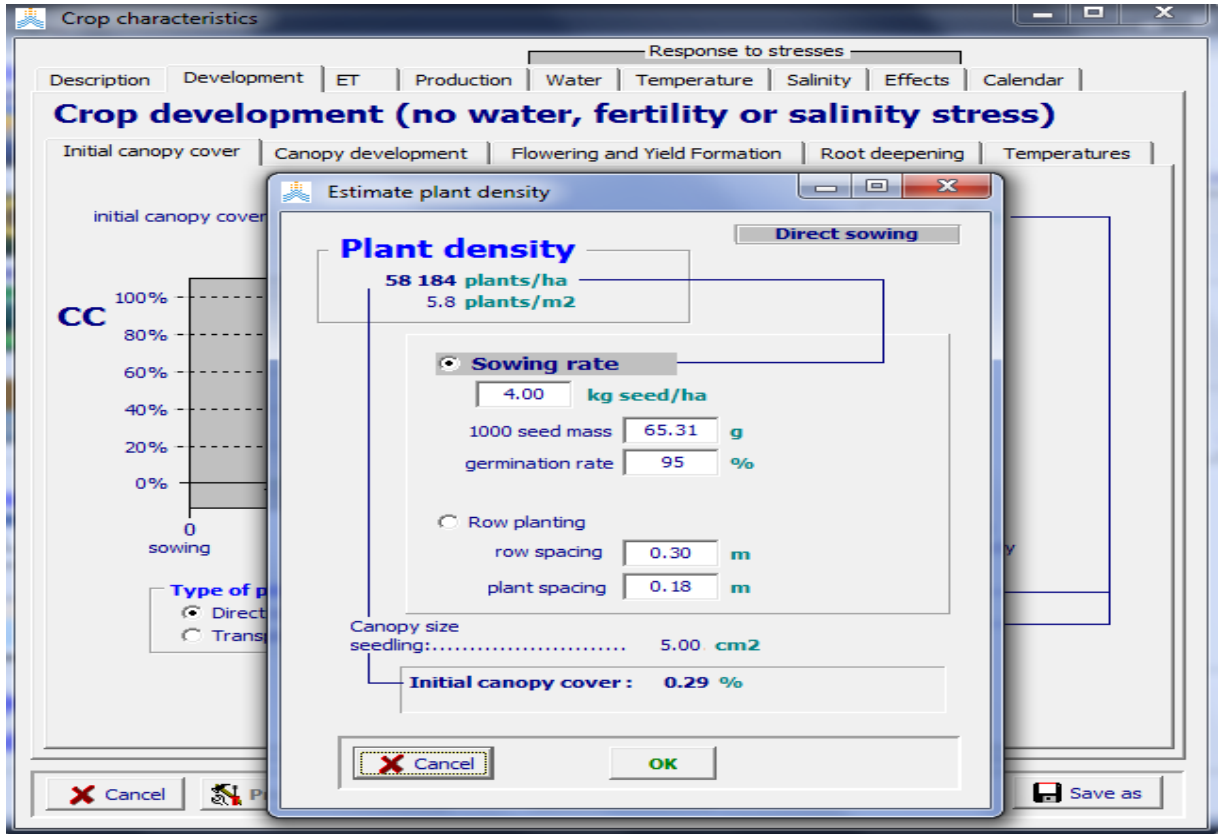
Gelişim Bölümü

1. Başlangıç bitki örtüsü gelişimi

Model bu bölümde, yeşil bitki örtüsünün kapladığı alanın başlangıçtaki değerini (CC_0) hesaplar. CC_0 parametresi filizlenmenin %90'ının tamamlandığı zamandaki bitki örtüsüdür. Model bu parametreyi hesaplarken öncelikle bitki yoğunluğunun tahmin edilmesi gerekir. Bunun için Şekil 3.32'deki ekrana hektara düşen tohum miktarının kg cinsinden değeri, bitki tohumunun gram cinsinden 1000 tane ağırlığı ve çimlenme oranı girilerek CC_0 değeri hesaplanır. Hektara düşen tohum miktarının kg cinsinden değeri 4 kg, bitki tohumunun gram cinsinden 1000 tane ağırlığı 65,31 gr ve çimlenme oranı %95 girilerek CC_0 değeri model tarafından 0,29 olarak hesaplanmış ve bitki yoğunluğu ise yine model tarafından 58184 bitki ha^{-1} olarak belirlenmiştir. Bitki yoğunluğunun sınır değerleri model tarafından 50000-70000 bitki ha^{-1} olarak verilmiştir. Bu pencerede ayrıca ekim metodunun da belirtilmesi gerekmektedir. Burada direk ekim seçeneği işaretlenerek ekim metodu da belirlenmiştir.



Şekil 3.31. Başlangıç bitki örtüsü ekran (Initial canopy cover)



Şekil 3.32. Bitki yoğunluğu tahmin ekranı (Estimate plant densitiy)

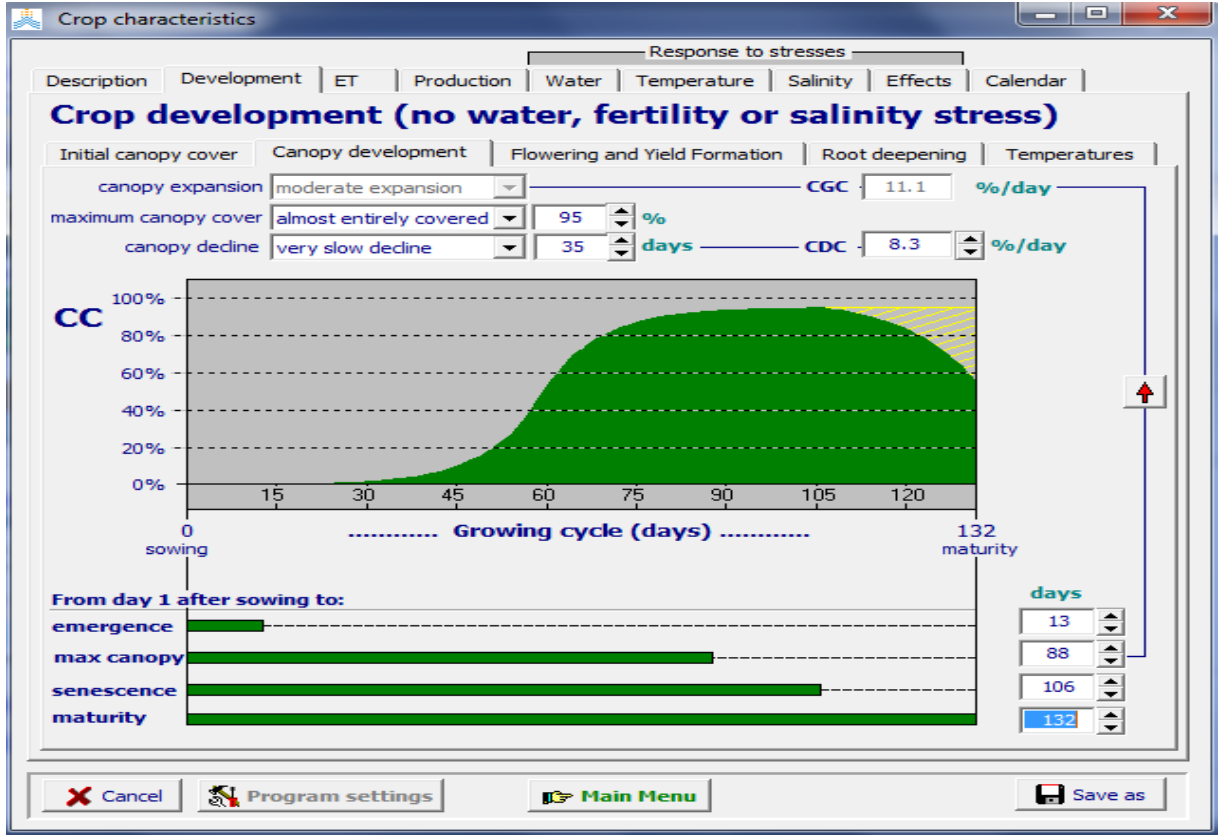
2. Bitki örtüsü gelişimi

Şekil 3.33’de bitkinin ekiminden çıkışına kadar geçen gün sayısı (emergence), bitki örtüsünün kapladığı alanın bitkinin ekiminden sonra maksimuma ulaşması için geçen gün sayısı (max canopy), yaşlılık (senescence) ve olgunluğa ulaştığındaki gün sayısı (maturity) modele girilmiştir ayrıca maksimum bitki örtüsü genişlemesi %95 olarak belirlenmiştir. Bitki örtüsündeki zayıflama kısmında ise çok yavaş, yavaş, orta, hızlı ve çok hızlı seçenekleri vardır. Burada çok yavaş seçeneği işaretlenmiştir. Bitki gelişme katsayısı (CGC) maksimum bitki örtüsüne göre model tarafından hesaplanarak belirlenmiştir. Bitki zayıflama katsayısı (CDC) ise bitkinin yaşlanması için gerekli olan gün sayısından elde edilmiştir.

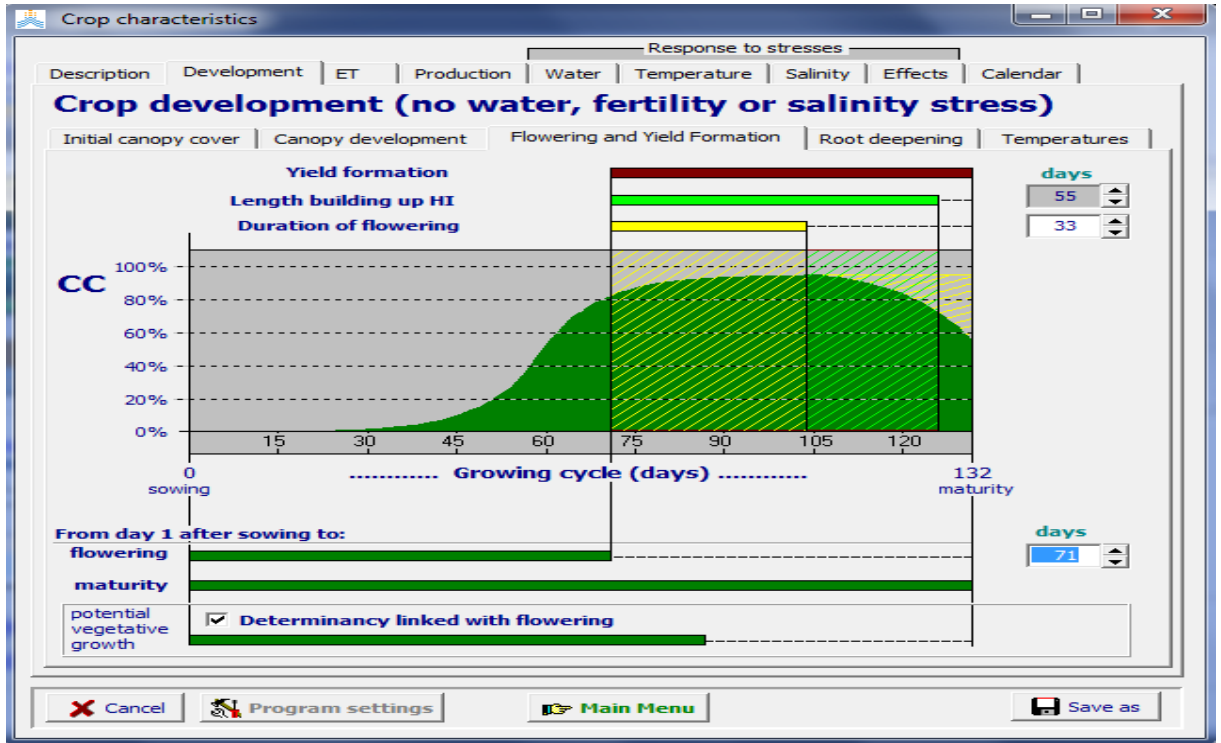
3. Çiçeklenme ve verim oluşumu

Şekil 3.34’de çiçeklenme dönemi ve verim ile ilgili bölüm yer almaktadır. Çiçeklenme dönemi bitkinin verimi için çok önemlidir. Model, bitkinin çiçeklenme dönemi gün sayısını ve çiçeklenme döneminin başladığı gün sayısını girdi olarak alır. Daha sonra bu verileri kullanarak hasat indeksinin gelişmesi için geçen gün sayısını hesaplar. Burada

bitkinin çiçeklenme dönemi gün sayısı 33 ve çiçeklenme döneminin başladığı gün sayısı 71 alınmış ve hasat indeksinin gelişmesi için geçen gün sayısı 55 olarak hesaplanmıştır.



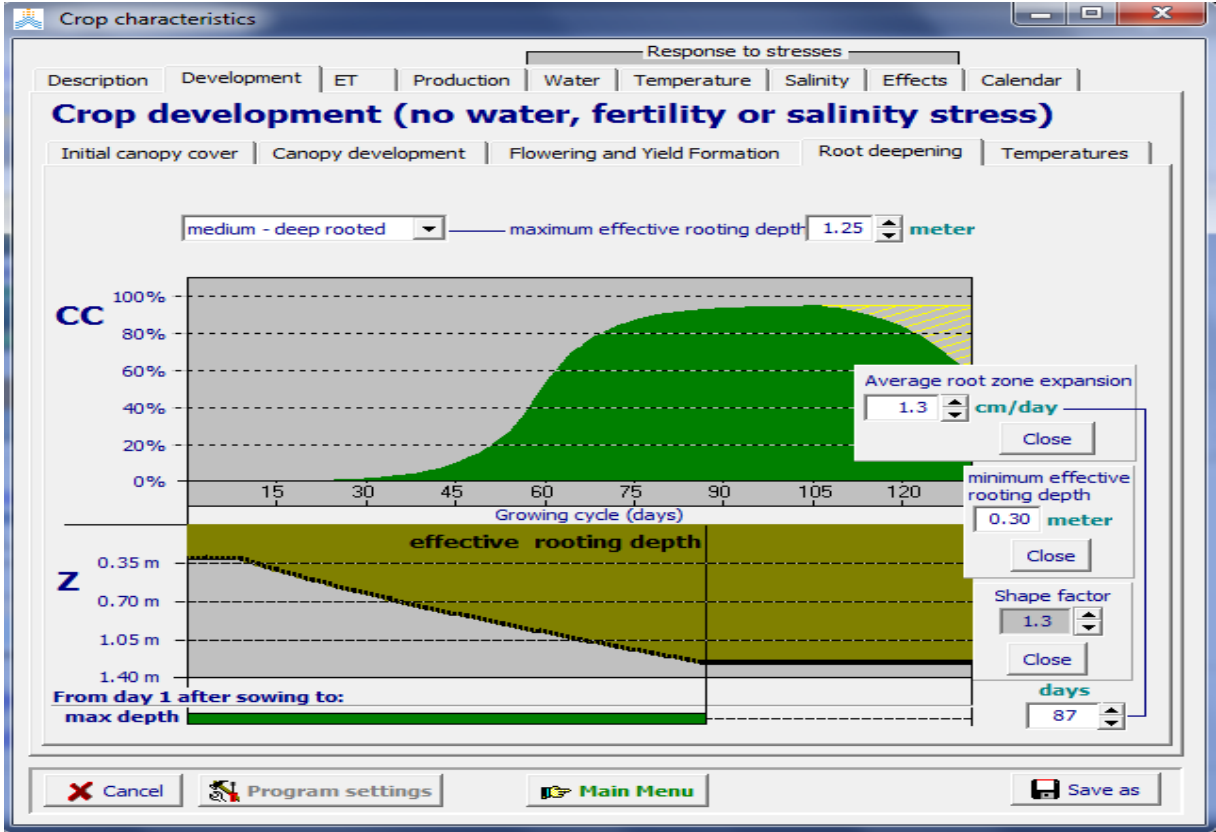
Şekil 3.33. Bitki örtüsünün gelişimi ekranı (Canopy development)



Şekil 3.34. Çiçeklenme ve verim formasyonu ekranı (Flowering and yield formation)

4. Köklenme derinliği

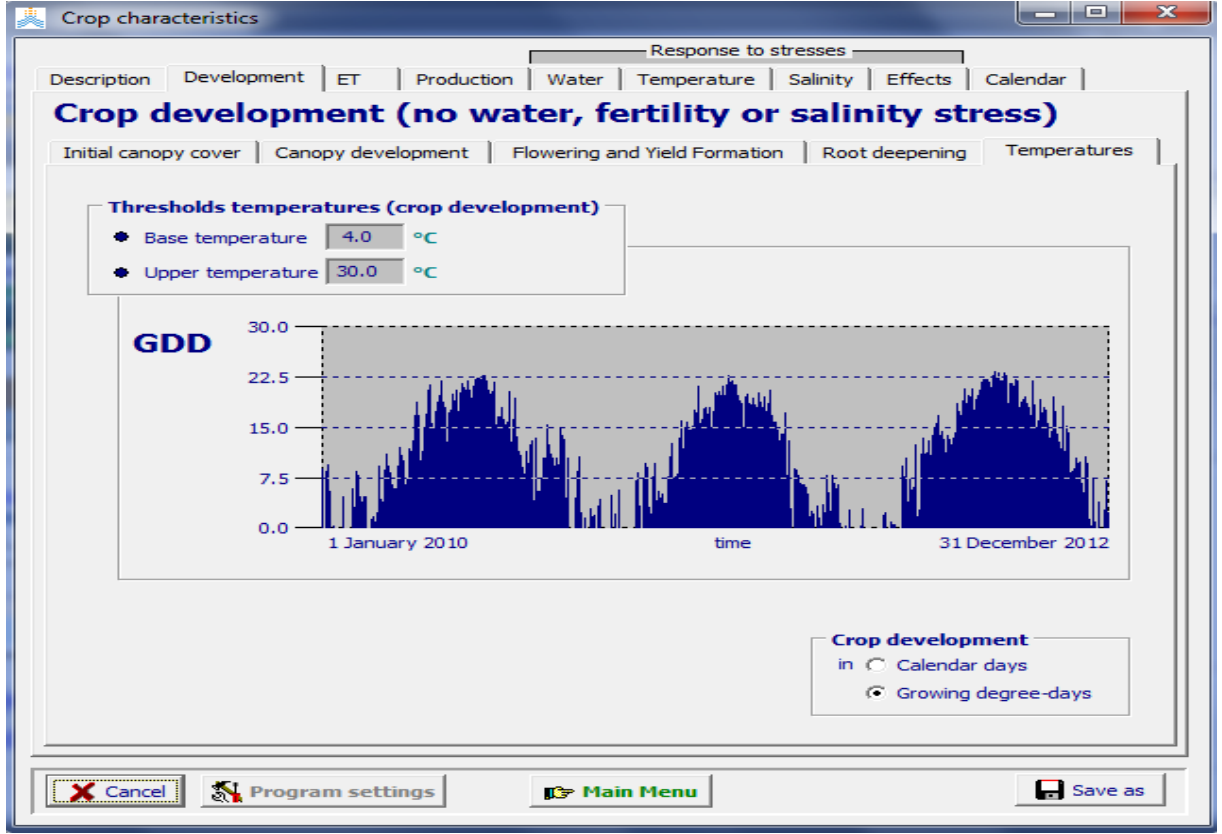
Köklenme derinliği bölümünde ise modele girilen maksimum kök derinliği, ekimden 87 gün sonra 1,30 metre olarak kabul edilerek modele girilmiştir. AquaCrop Model kullanıcı el kitabı ayçiçeği bitkisi için minimum etkili kök derinliğini 0,30 m, şekil faktörü 1,3 olarak belirlediğinden bu değerler alınmıştır (Raes ve ark. 2009d). Kök derinliğinin günlük ortalama büyüme ve gelişme değeri 1,3 cm gün⁻¹ kabul edilmiştir (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Kök derinliği ekranı (Root deepening)

5. Sıcaklıklar

Sıcaklık bölümünde büyüme derece gün (BDG) hesaplaması için taban sıcaklık ve üst sıcaklık girilmesi gerekmektedir. Burada bitki büyümesi ile ilgili alt ve üst eşik sıcaklık değerleri AquaCrop Model kullanıcı el kitabında ayçiçeği bitkisi için 4°C ve 30°C olarak belirtildiğinden bu değerler girilmiştir (Raes ve ark. 2009d). Ayrıca bitki gelişiminde takvim gününün mü esas alınacağı yoksa BDG seçeneğinin mi esas alınacağını belirlemek gerekmektedir. BDG seçeneği işaretlenerek bitki gelişimi ile ilgili girilmesi gereken parametreler bu kısımda tamamlanmıştır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Sıcaklıklar ekranı (Temperatures)

ET Bölümü

Bu bölümde evapotranspirasyon ile ilgili bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Evapotranspirasyon bölümü katsayılar ve köklerle su alımı bölümünden oluşur. Katsayılar bölümünde bitkiden olan terleme katsayısının (K_{cb}) ve nemli toprak yüzeyinden olan buharlaşma katsayısının (K_e) girilmesi gerekmektedir. Bu değerler için AquaCrop Modelin kullanıcı el kitabının ekinde yer alan ayçiçeği bitkisi için verilen genel değerler girilmiştir (Raes ve ark. 2009d). Köklerle su alımı kısmında ise maksimum kök su alımı, maksimum kök derinliği değerine göre model tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır. Köklerle su alım yüzdelerini kullanıcı isteğe bağlı olarak değiştirebilmektedir.

Üretim bölümü

Üretim bölümü bitki su üretimi ve hasat indeksi (HI) olmak üzere ikiye ayrılır. Biyokütle ve verimi simüle etmek için normalize edilmiş CO_2 ve ETo değerlerini kullanılır. AquaCrop Model kullanıcı el kitabı ayçiçeği bitkisi için verilen genel değer olarak su verimlilik parametresi (WP) değerini 18 g m^{-2} ve %60 olarak belirtildiğinden burada bu

değerler kullanılmıştır (Raes ve ark. 2009d). HI bölümünde ise genel ayçiçeği bitkisi için verilen değer 35 olduğundan bu değer kabul edilmiştir.

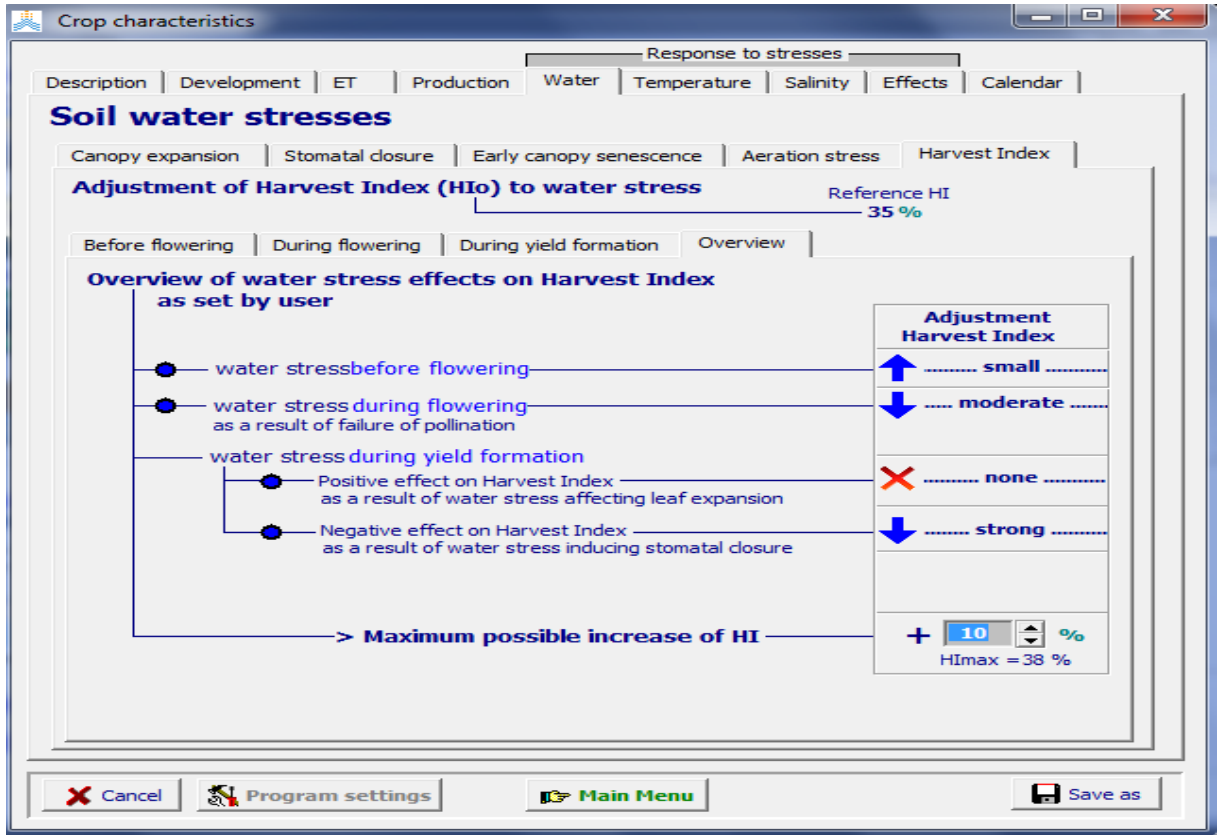
Su bölümü

Su bölümü bölümünün içinde su stresinin bitki gelişimine etkisi, stoma kontrolüne etkisi, erken yaşlanmaya etkisi, hava ile temas halindeki toprağın etkisi ve hasat indeksi bölümleri yer almaktadır. Su stresi hasat indeksini etkilemektedir. Bitki gelişimi bölümünde model ayçiçeği bitkisinin gelişiminin su stresine olan toleransını az (sensitive tolerant) olarak kabul eder. AquaCrop Model kullanıcı el kitabı ayçiçeği bitkisi gelişimi için toprak su tüketimi üst eşik değeri 0,15 alt eşik değeri 0,65 ve şekil faktörünü de 2,5 olarak belirttiğinden modele bu değerler girilmiştir (Raes ve ark. 2009d). Stoma kontrolü bölümünde model ayçiçeği bitkisinin stoma kontrolünün su stresine olan toleransını orta derece (moderately tolerant) olarak kabul eder. AquaCrop Model kullanıcı el kitabı ayçiçeği bitkisi stoma kontrolü için toprak su tüketimi üst eşik değerini 0,60 ve şekil faktörünü de 2,5 olarak belirttiğinden modele bu değerler girilmiştir (Raes ve ark. 2009d). Su stresinin bitkinin erken yaşlanmasına olan etkisinin belirlendiği bölümünde ise model ayçiçeği bitkisinin stoma kontrolünün su stresine olan toleransını orta derece (moderately tolerant) olarak kabul eder. Su stresine giren bitki stomalarını kapatır. AquaCrop Model kullanıcı el kitabı ayçiçeği bitkisi için verilen stoma kontrolü için toprak su tüketimi üst eşik değerini 0,70 ve şekil faktörünü de 2,5 olarak belirttiğinden modele bu değerler girilmiştir (Raes ve ark. 2009d). Havayla temas halinde olan toprağın su stresinin belirlendiği kısımda ise model, bitkinin bu aşamasında havayla temas halinde olan toprağın su stresi değerini de orta derecede (moderately tolerant to water logging) hassas kabul eder ve saturasyon %5 olarak ekranda görüntülenmektedir. Su stresinin hasat indeksine olan etkisini model çiçeklenmeden önce, çiçekleme esnasında ve çiçeklenmeden sonra olmak üzere üç kısımda inceler. Çiçeklenmeden önceki su stresi HI'ya pozitif etkisi hiçbir, küçük, normal, güçlü ve çok güçlü olmak üzere sınıflandırılmıştır. AquaCrop Model kullanıcı el kitabında ayçiçeği bitkisi için küçük seçeneği kabul edildiğinden bu seçenek işaretlenmiştir (Raes ve ark. 2009d). Çiçeklenme esnasında ise su stresi ile tozlaşmanın başarısız olması AquaCrop Model kullanıcı el kitabında ayçiçeği bitkisi için “moderately tolerant to water stres” olarak gösterilmiştir (Raes ve ark. 2009d). Çiçeklenmeden sonraki su stresinin HI'ya pozitif etkisi AquaCrop Model kullanıcı el kitabında hiçbir ve negatif etkisi güçlü olarak belirlenmiştir (Raes ve ark. 2009d). Kullanıcı el kitabında belirtilen bu değerler ayçiçeği için genel kabul görmüş değerler olduğundan bu

değerlerde değişim yapılamamıştır (Raes ve ark. 2009d). Şekil 3.37'deki genel ekran görüntüsünde ise HI için girilen değerlerin genel görüntüsü yer almaktadır. Bundan sonraki kısım olan hava sıcaklığı ve topraktaki besin maddesi (gübre) stresi göz ardı edilmiştir.

Tuzluluk bölümü

Bitki dosyası ile ilgili olarak girilmesi gereken en son kısım ise tuzluluk stresi ile ilgili olan kısımdır. Bu bölüme AquaCrop Model kullanıcı el kitabında belirtilen doymun toprağın elektriksel iletkenlik alt eşik değeri 2 ds m⁻¹ ve üst eşik değeri 12 ds m⁻¹ olarak belirtildiğinden bu değerler modele girilmiştir (Raes ve ark. 2009d).



Şekil 3.37. Toprak su stresi ekranı (Soil Water Stresses)

Buğday için Bitki Dosyasının Oluşturulması

AquaCrop Model ile buğday bitkisi için de verim değeri simüle edilmiştir. Akıncılar ve Sofular alanına ekilen buğday bitkisi Esperia, Çövenli'ye ekilen Pehlivan kültür tipidir. Akıncılar'da 31.10.2011, Sofular'da 27.10.2011 ve Çövenli'de ise 05.11.2011 tarihinde ekim yapılmıştır. Buğday bitkisi için AquaCrop Model kullanıcı el kitabında belirtilen sabit parametreler EK 12'de verilmiştir (Raes ve ark. 2009d). Hektara düşen tohum miktarının kg cinsinden değeri, bitki tohumunun gram cinsinden 1000 tane ağırlığı ve çimlenme oranı

modele girilerek ve EK 12'deki sabit parametreler kullanılarak bitki dosyası ayçiçeği bitkisinde açıklandığı şekilde oluşturulmuştur.

AquaCrop Modelde Tarımsal Faaliyetler Dosyasının Oluşturulması

Tarımsal faaliyetler bölümü kendi içerisinde tarla ve sulama olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Tarla bölümünde toprakta, gübreleme, malçlama veya organik malçlama yapılıp yapılmadığı, topraktan yüzey akışın olup olmadığı ve değişik boyutta seddelerin yapılıp yapılmadığının belirlenmesi gerekmektedir. Sulama kısmında ise, hangi yöntemle sulama yapıldığı, sulama zamanının, miktarının ve derinliğinin ne olduğu gibi bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada tarla ile ilgili olarak herhangi bir işlem yapılmadığından veri girişi yapılmamış ve sulamanın yapılmadığı seçenek işaretlenmiştir.

AquaCrop Modelde Toprak Dosyasının Oluşturulması

Toprak verilerinin girildiği bölüm de kendi içerisinde toprak ve yer altı suyu olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

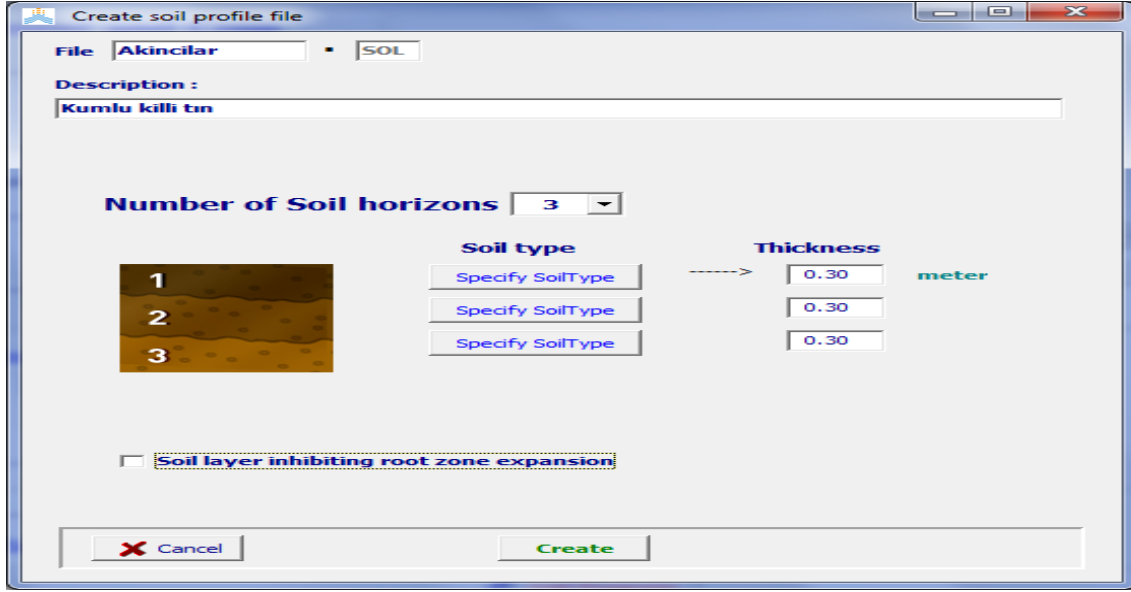
Toprak Profili Dosyasının Oluşturulması

Bu bölümde mevcut olarak kum, tınlı kum, tın, kumlu tın, kumlu killi tın, siltli tın, silt, kil, siltli killi tın, killi tın, kumlu kil ve siltli kil toprak dosyaları bulunmaktadır. Bu dosyalardan seçim yapılabildiği gibi yeni bir toprak dosyası da oluşturulabilmektedir. Bu çalışmada üç adet alt havzada çalışıldığından ve toprak ile ilgili analizler mevcut olduğundan Akincilar.SOL, Covenli.SOL ve Sofular.SOL olmak üzere üç adet toprak dosyası oluşturulmuştur. Burada örnek olarak Akincilar.SOL dosyasının oluşturulması anlatılmıştır. Diğer dosyalar benzer şekilde hazırlanmıştır.

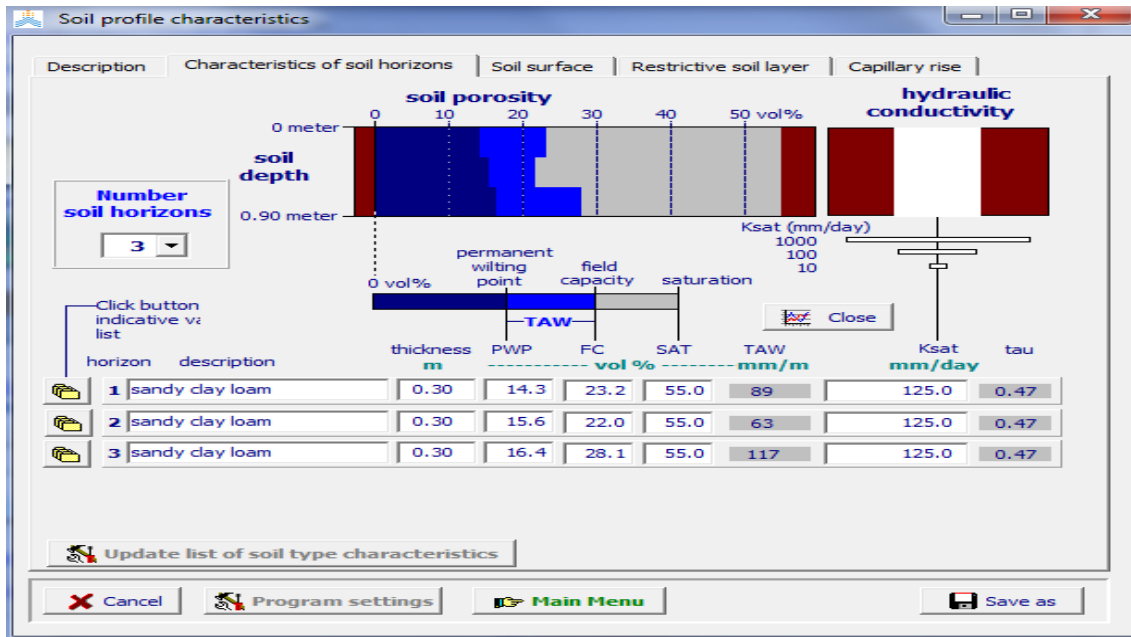
Bunun için ilk olarak toprağın adının ve tanımının yapılması gerekmektedir. Daha sonra Akincilar, Sofular ve Çövenli'de 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm'lik katmanlar için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'nde tarla kapasitesi, solma noktası, saturasyon yüzdesi, toprağın bünyesi, bünye sınıfı belirlendiğinden modelin bu bölümüne bu bilgilerden faydalanılarak öncelikle toprak tipi ve derinlikleri girilerek Akincilar.SOL adında toprak dosyası oluşturulmuştur (Şekil 3.38).

Daha sonra Şekil 3.39'da görüldüğü gibi toprak katmanlarının karakteristiklerinin girileceği pencere ekrana gelmiştir. Bunlar her bir katman için solma noktası (PWP), tarla

kapasitesi (FC), su ile doymuluk yüzdesi (SAT) ve doymun hidrolik iletkenlik (K_{sat}) değerleridir. Model burada otomatik olarak kullanılabilir su miktarını (TAW) tarla kapasitesinden solma noktasını çıkararak hesaplar. TAW bitkinin kök bölgesiyle topraktan çekebileceği su miktarıdır. Hidrolik iletkenlik (K) toprağın suyu iletebilme lsdr. Doymun hidrolik iletkenlik değerleri SWAP Model için hazırlanan dosyadan, tarla kapasitesi, solma noktası ve saturasyon yüzdesi değerleri ise analiz sonuçlarından alınarak modele girilmiştir. Drenaj katsayısı (tau) ise model tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır.



şekil 3.38. Toprak profili oluşturma ekranı (Create soil profile file)



şekil 3.39. Toprak katmanlarının karakteristikleri ekranı (Characteristics of soil horizons)

Şekil 3.40’da görüldüğü gibi modelin toprak yüzeyi bölümünde CN’nin ve kolayca buharlaşan su değerinin (REW) girilmesi gerekmektedir. CN için Çizelge 3.4’de K_{sat} değerine göre karşılık gelen CN değerleri verilmiştir. Burada 125 mm gün⁻¹ K_{sat} değeri için çizelgeden CN 75 alınmıştır. Ayrıca model tarafından da bu değer “default value” olarak şekildeki pencerede gözükmektedir.

Çizelge 3.4. CN değerleri (Raes ve ark. 2009b)

| Doymuş Hidrolik İletkenlik (K_{sat}) mm gün ⁻¹ | Eğrilik Numarası Değeri (CN) |
|---|------------------------------|
| >250 | 65 |
| 250 - 50 | 75 |
| 50 - 10 | 80 |
| <10 | 85 |

Kolayca buharlaşan su değeri (REW) 40 mm toprak yüzeyinden olan buharlaşmanın mm cinsinden ifadesidir ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$REW=1000(\theta_{FC}-\theta_{air\ dry})Z_{e,surf} \quad (3.42)$$

θ_{FC} : Tarla kapasitesindeki birim hacimde bulunan su miktarı (m³ m⁻³)

$\theta_{air\ dry}$: Kuru havada birim hacimde bulunan su miktarı (m³ m⁻³)

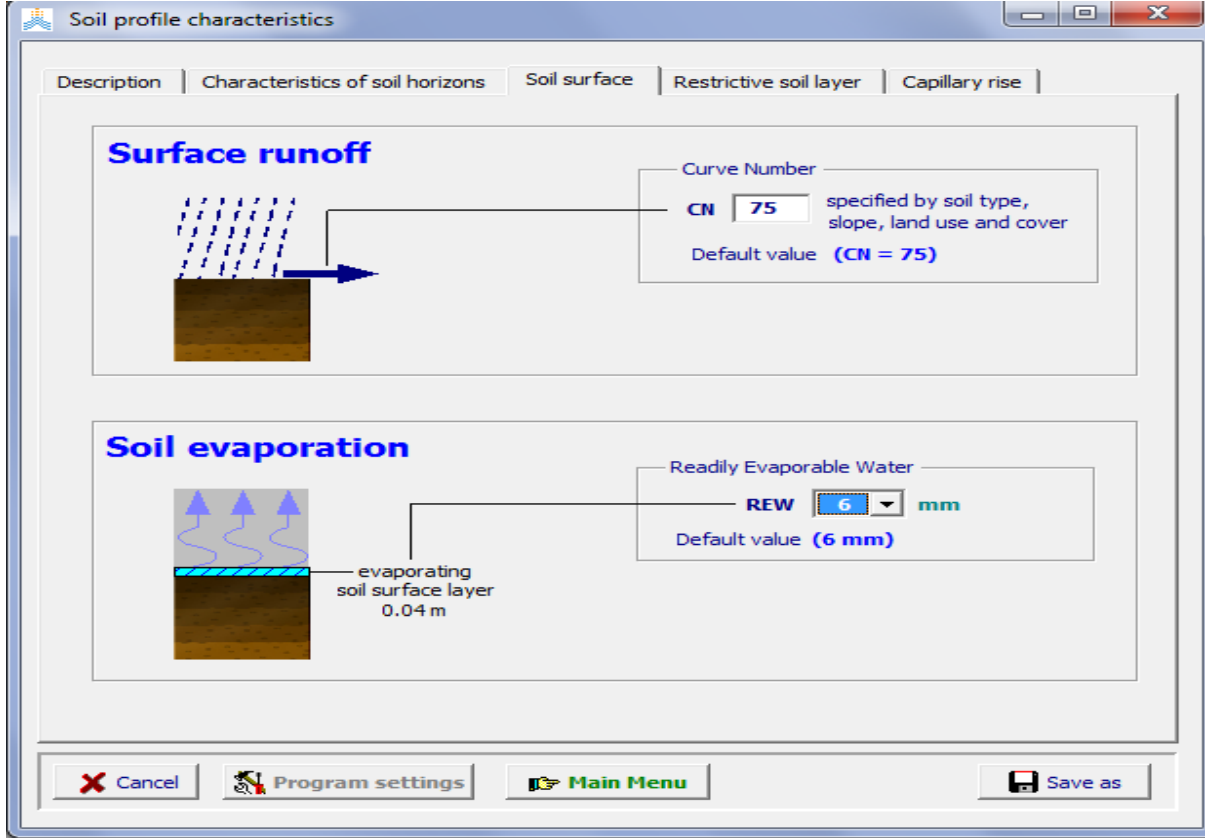
$Z_{e,surf}$: Buharlaşmanın olduğu toprak yüzeyinin kalınlığı (m)

Raes ve ark. (2009c) AquaCrop V 3.1 kullanıcı el kitabı Bölüm 3’te $\theta_{air\ dry}$ değeri, solma noktasındaki toprak su içeriğinin (θ_{PWP}) yarısı kadar olduğu belirtilmiştir ($\theta_{air\ dry} \sim 0,5 \theta_{PWP}$). Bu çalışmada REW değeri model tarafından ortalama olarak 6 mm olarak hesaplanmıştır.

En son kısımda ise kök bölgesinin genişlemesini engelleyen kısıtlayıcı bir toprak tabakasının olup olmadığı belirtilir. Burada böyle bir tabakanın olmadığı belirtilerek toprak dosyası oluşturulmuştur.

Yeraltı Suyu Dosyasının Oluşturulması

Bu bölümde mevcut olarak yer altı suyunun 2 m ve tuzluluğun 2 dS m⁻¹ olduğu bir dosya, yer altı suyunun olmadığı işaretlenebileceği bir dosya ayrıca yer altı suyunun ve tuzluluğun zamanla ve derinlikle değişiminin ayarlandığı bir dosya bulunmaktadır. Bu dosyalardan seçim yapılabildiği gibi yeni bir yer altı suyu dosyası da oluşturulabilmektedir.



Şekil 3.40. Toprak yüzeyi ekranı (Soil surface)

Ölçülen ve Tahmin Edilen Verim Değerlerinin Kalibrasyonu

AquaCrop Modelin kalibrasyonu Akıncılar, Sofular ve Çövenli’de ayçiçeği ve buğday bitkileri için 2012 yılında yapılmıştır. Modele iklim, bitki, tarımsal faaliyet ve toprak verilerinin girilmesi gerekmektedir. Modelin ayçiçeği ve buğday bitkisi için değişmez olarak kabul ettiği bazı girdi değerleri modelin kullanıcı el kitabında belirtilmiştir. Bu verilere ilave olarak ölçülen ve genel olarak kabul edilmiş girdi değerleri, dikkate alınan bitki, yer ve zaman için AquaCrop Modele girilerek model çalıştırılmıştır. Modelin değişmez kabul ettiği girdi verileri değiştirilmeden, bitki örtüsünün fenolojik safhalara göre değişimi, maksimum kök uzunluğu, hasat indeksi v.b. değerleri değiştirilerek 2012 yılı için modelin kalibrasyonu yapılmıştır. Ayrıca ayçiçeği ve buğday bitkisi için hava sıcaklığı ve topraktaki besin maddesi (gübre) stresi göz ardı edilirken, su stresinin etkisi göz önüne alınmıştır.

Ölçülen ve Tahmin Edilen Verim Değerlerinin İstatistiksel Analizi

Modelin geçerliliğinin istatistiksel değerlendirilmesi 2012 yılında Akıncılar, Sofular ve Çövenli için ölçülmüş ve tahmin edilmiş ayçiçeği ve buğday verim değerlerinin

karşılaştırılmıştır. AquaCrop Modelin kalibrasyonunda ölçülen değerden sapma miktarına bakılarak kalibrasyon yapılmıştır.

Verim Değerlerinin Gelecek Yıllar için Modellenmesi

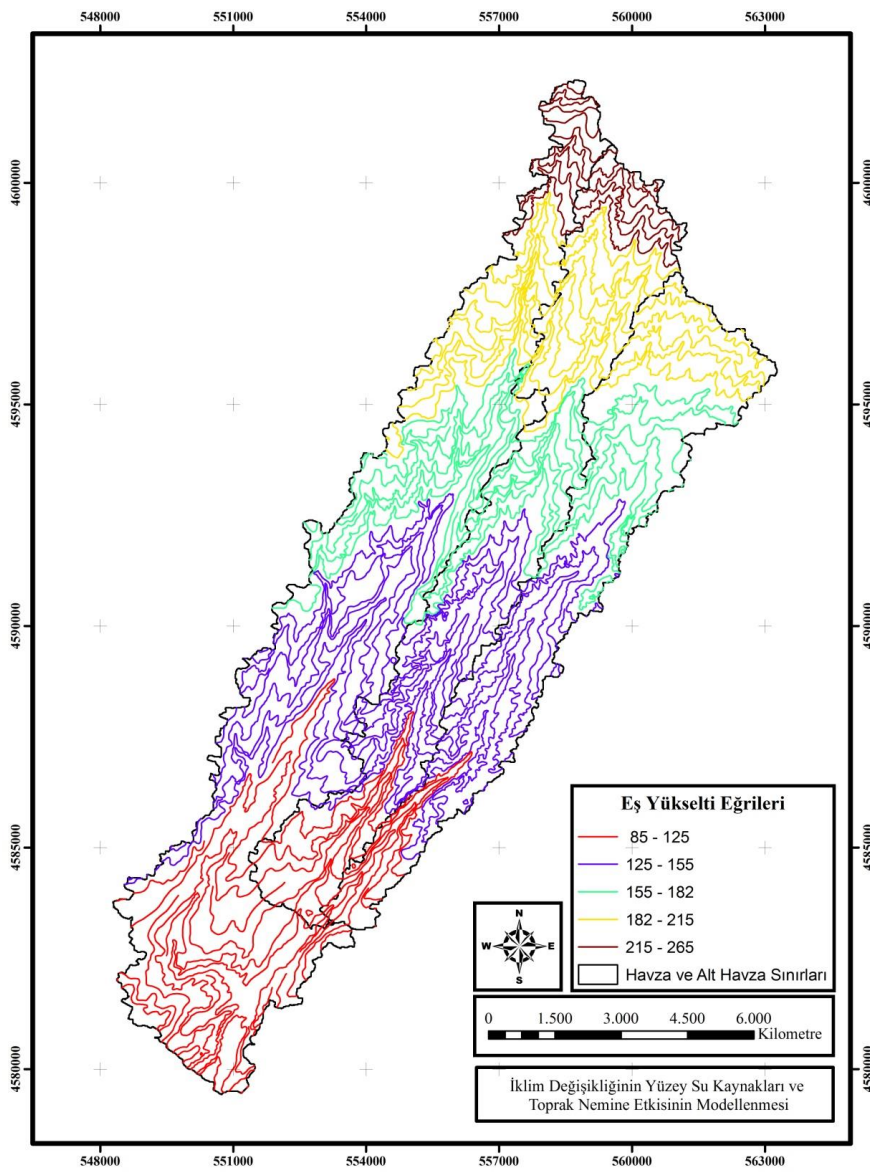
Verim tahmininin gelecek yıllar için modellenmesi aşamasında, RegCM3 Bölgesel İklim Modeli A2 senaryo sonuçlarından elde edilen günlük min. ve max. sıcaklık (°C), ortalama nem (%), rüzgâr hızı ($m s^{-1}$) ve yağış (mm) değerleri ETo Calculator'a girilmiş ve ETo değerleri hesaplatılmıştır. AquaCrop Modeline min. ve max. sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verileri ile birlikte ETo (mm) değerleri 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için girilmiş ve bu yıllar için verim değerleri tahmin edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Havza Karakteristikleri

4.1.1. Eş Yükselti Eğrileri Haritasının Oluşturulması

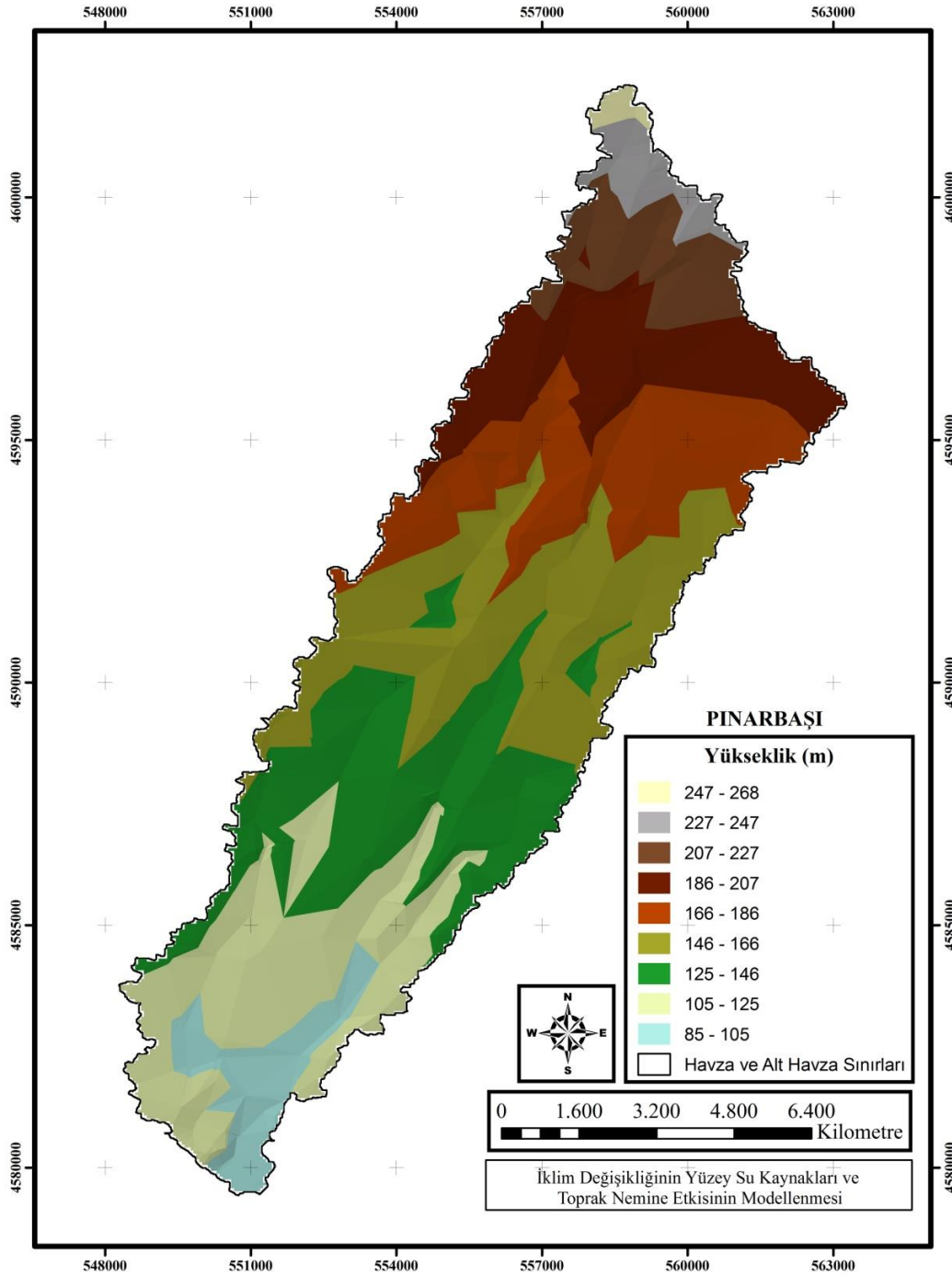
Arazinin doğal yapısını ortaya koymak amacı ile yükseklik haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Haritada görüldüğü gibi güneyden kuzeye doğru gidildikçe yükseklik artmaktadır.



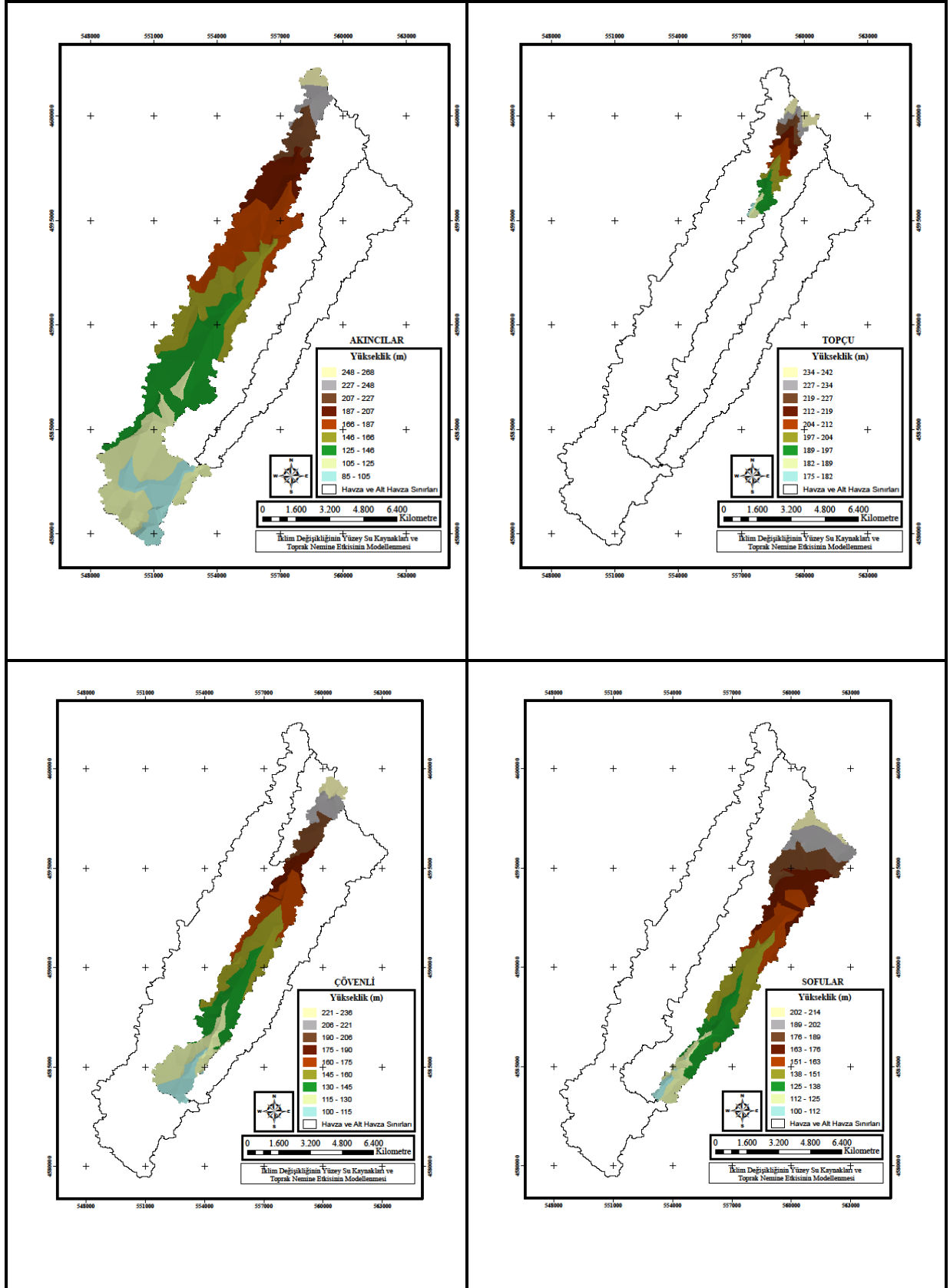
Şekil 4.1. Araştırma alanı eş yükselti eğrileri

4.1.2. TIN (Triangulated Irregular Network) Arazi Modelinin Oluşturulması

Yükseklik bilgisini kullanarak fonksiyonel yüzeylerden üç boyutlu yüzeyler oluşturabilmek amacıyla oluşturulan Pınarbaşı ve alt havzalara ait TIN arazi modeli Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



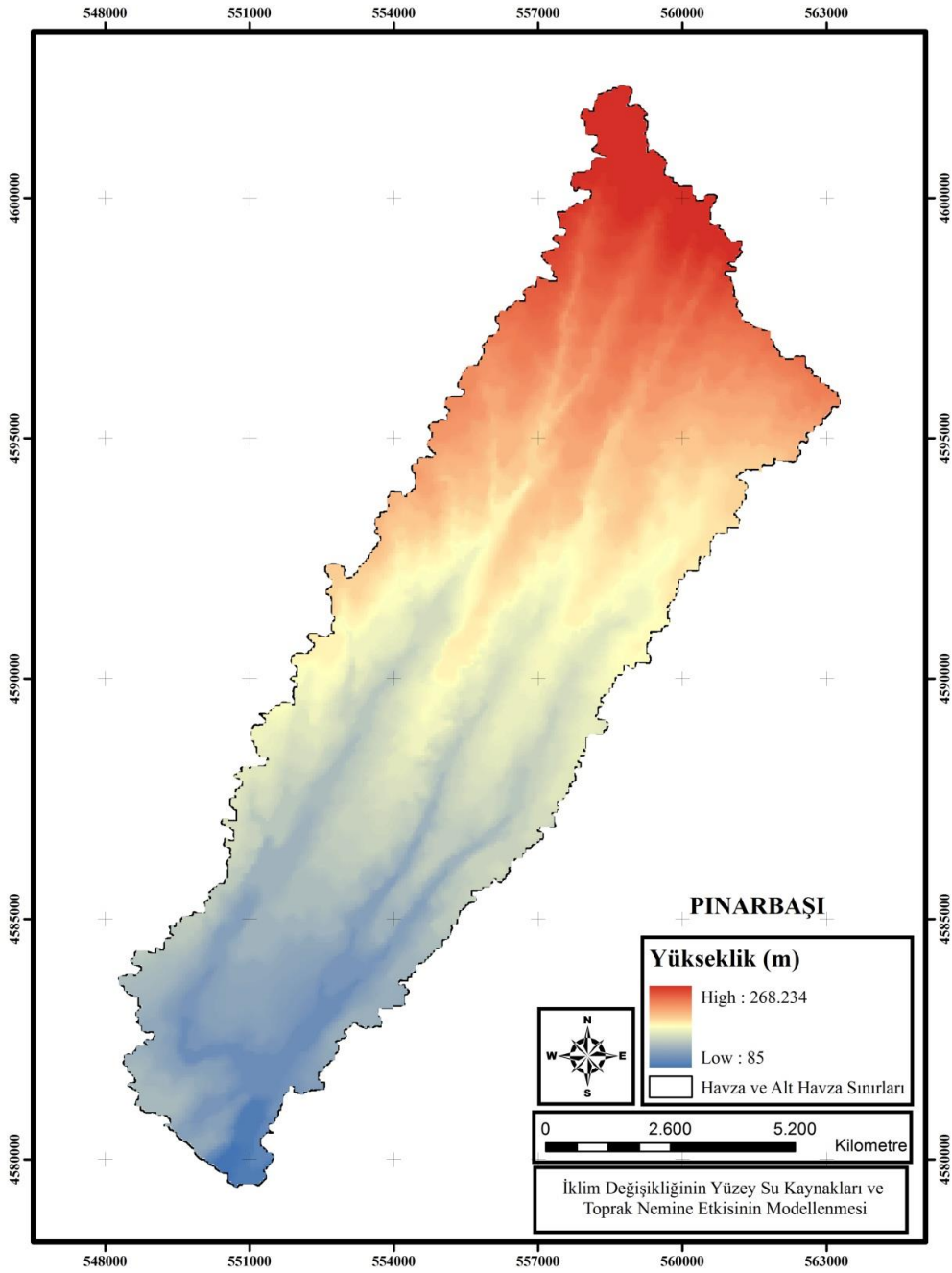
Şekil 4.2. Pınarbaşı Havzası TIN arazi modeli



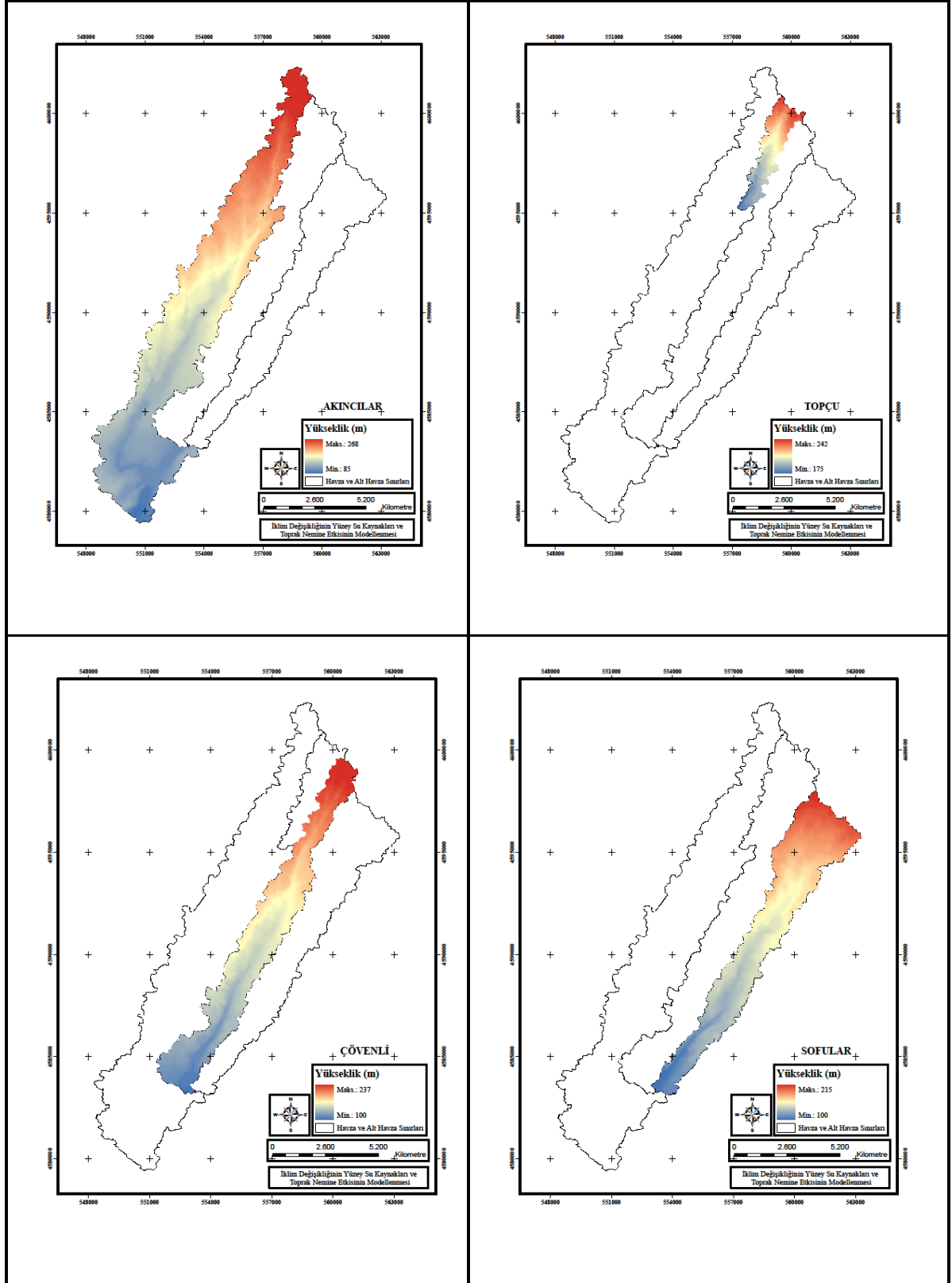
Şekil 4.3. Alt havzalara ait TIN arazi modeli

4.1.3. Havzanın Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması

Çorlu Pınarbaşı havzasına ve alt havzalara ait SYM Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Oluşturulan SYM'leri ile ana havza ve alt havzaların maksimum ve minimum yükseklikleri belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Pınarbaşı Havzası SYM



Şekil 4.5. Alt havzalar SYM

4.1.4. Havzanın Eğim Haritasının Oluşturulması

Pınarbaşı Havzası eğim haritası Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Eğim haritasına göre eğim grubu %0-1, %1-2 ve %2-4 olan alanların çoğunluğu yani Çizelge 4.1'den 112,8 km²'lik bir bölümü oluşturduğu görülmektedir. Havza alanının 119,61 km² olduğu düşünüldüğünde eğim grubu %4-6, %6-8, %8-10 ve %10-12 olan çok az alan kalmaktadır. Havza alanının en büyük kısmını eğim grubu %1-2 olan alanlar oluşturmaktadır (Çizelge 4.1). Sonra sırasıyla %2-4 ve %0-1 eğime sahip alanlar gelmektedir. Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuatına göre %0-2 düz ve düze yakın, %2-6 hafif eğimli olarak tanımlanmaktadır. Buna göre Pınarbaşı havzası düz ve düze yakın ve hafif eğimli alanlardan oluşmaktadır.

Çizelge 4.1. Pınarbaşı Havzası eğim derecesi alan ve yüzde değerleri

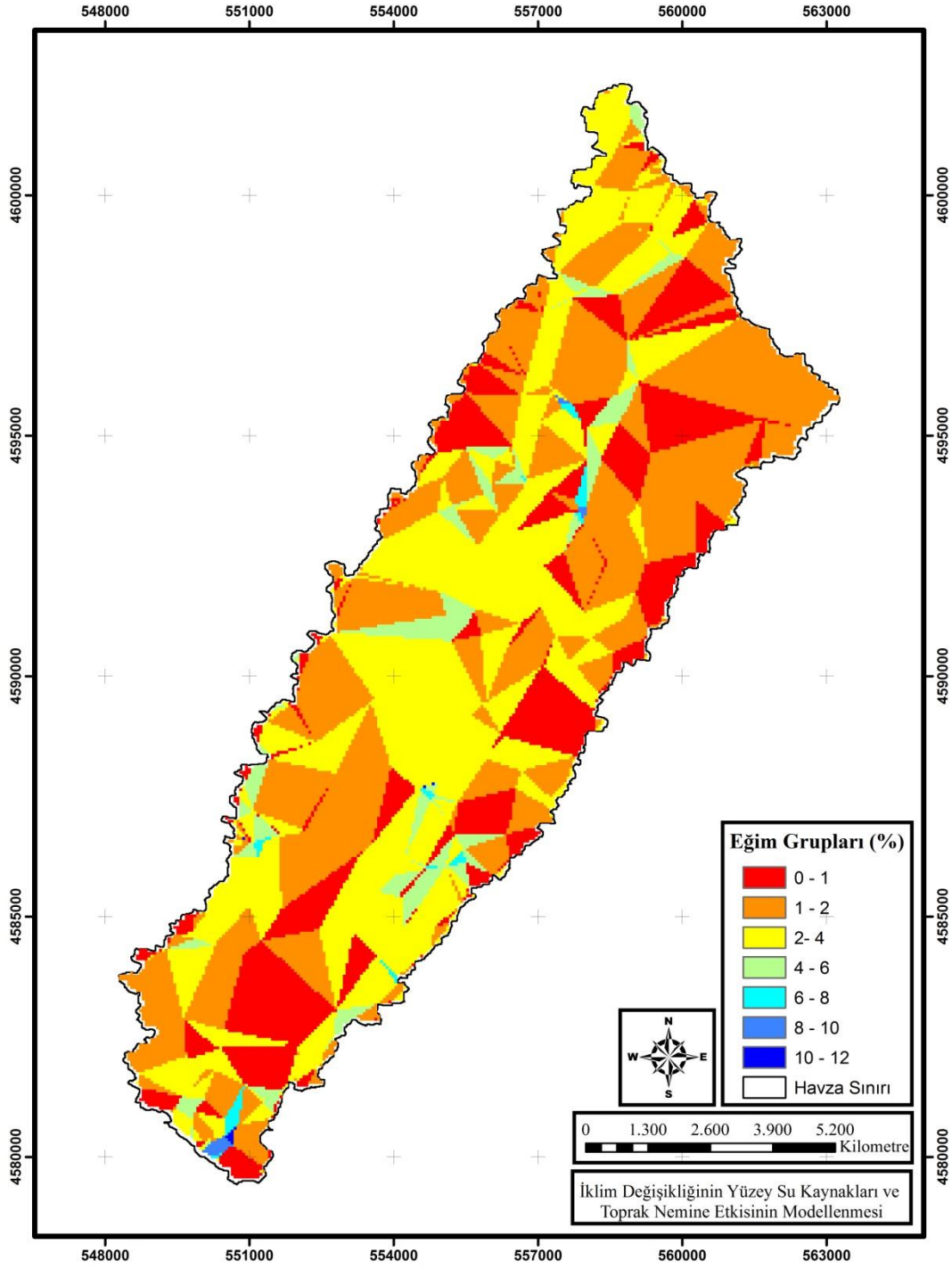
| Eğim Derecesi (%) | 0-1 | 1-2 | 2-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 |
|-------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| Alan (km ²) | 22,43 | 47,85 | 42,52 | 5,80 | 0,62 | 0,21 | 0,05 |
| Oran (%) | 18,77 | 40,05 | 35,59 | 4,86 | 0,52 | 0,18 | 0,04 |

4.1.5. Havzanın Bakı Haritasının Oluşturulması

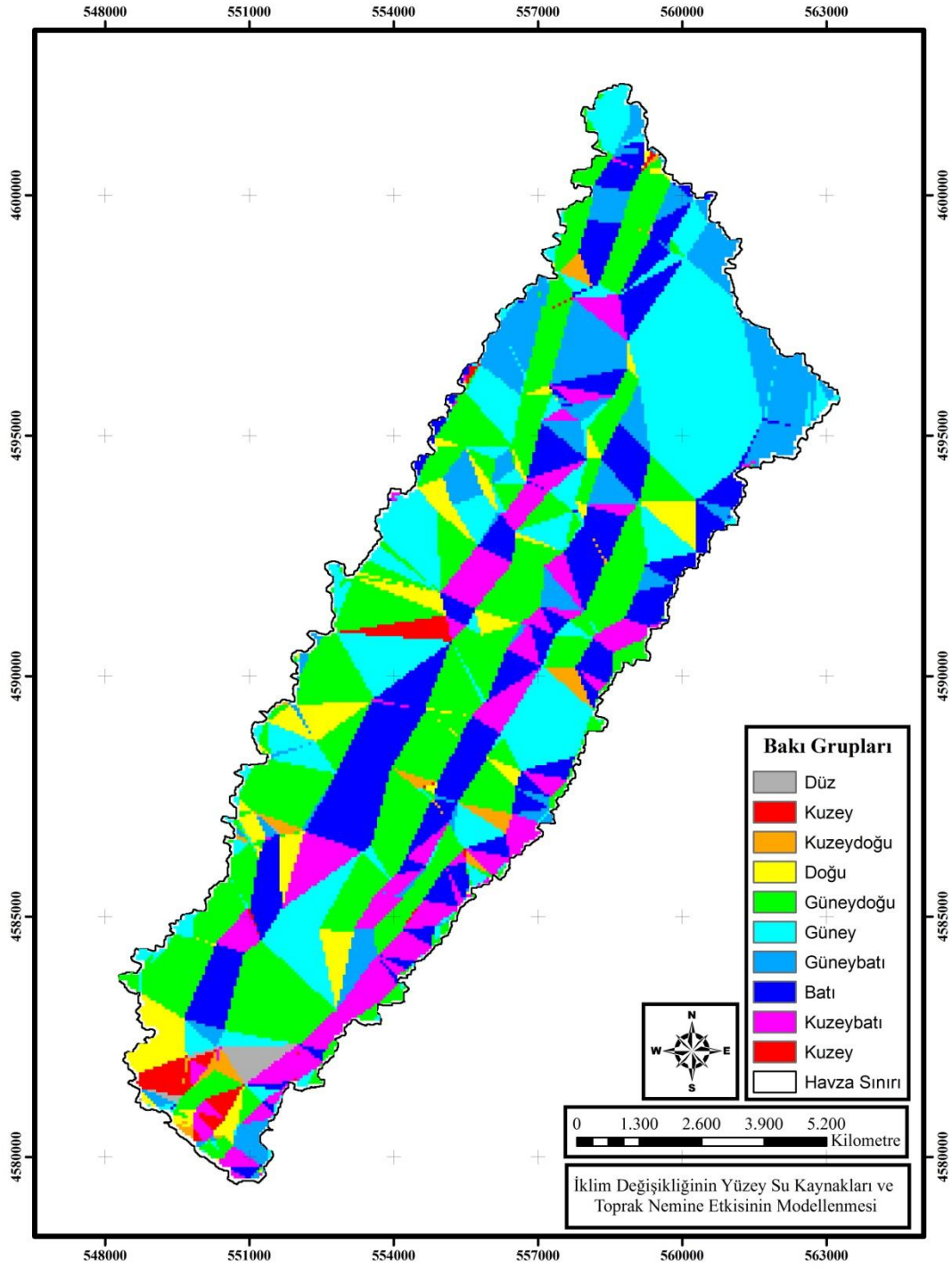
Pınarbaşı Havzasının bakı haritası Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Bakı haritasına göre havza güneye, güney batıya ve güney doğuya bakmaktadır.

4.1.6. Havzanın 3 Boyutlu Arazi Modelinin Oluşturulması

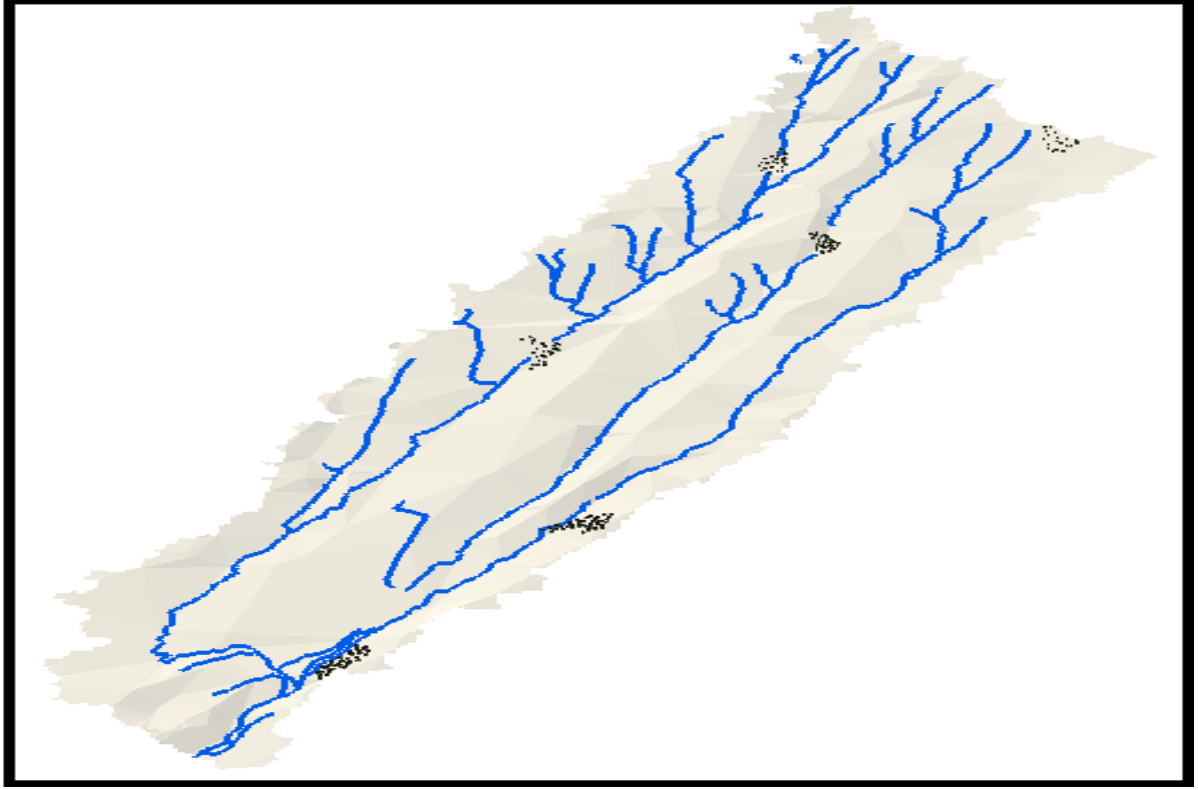
Havzanın 3D modellemesi görsel açıdan havzanın daha net ve güzel gözükmesi ayrıca algılanabilirliğinin artması için yapılmıştır. Şekil 4.8'de Pınarbaşı Havzası'nın 3D modellemesi ayrıca Şekil 4.9'da konusal haritaların yükselti olarak hazırlanmış 3 boyutlu haritaları gösterilmiştir.



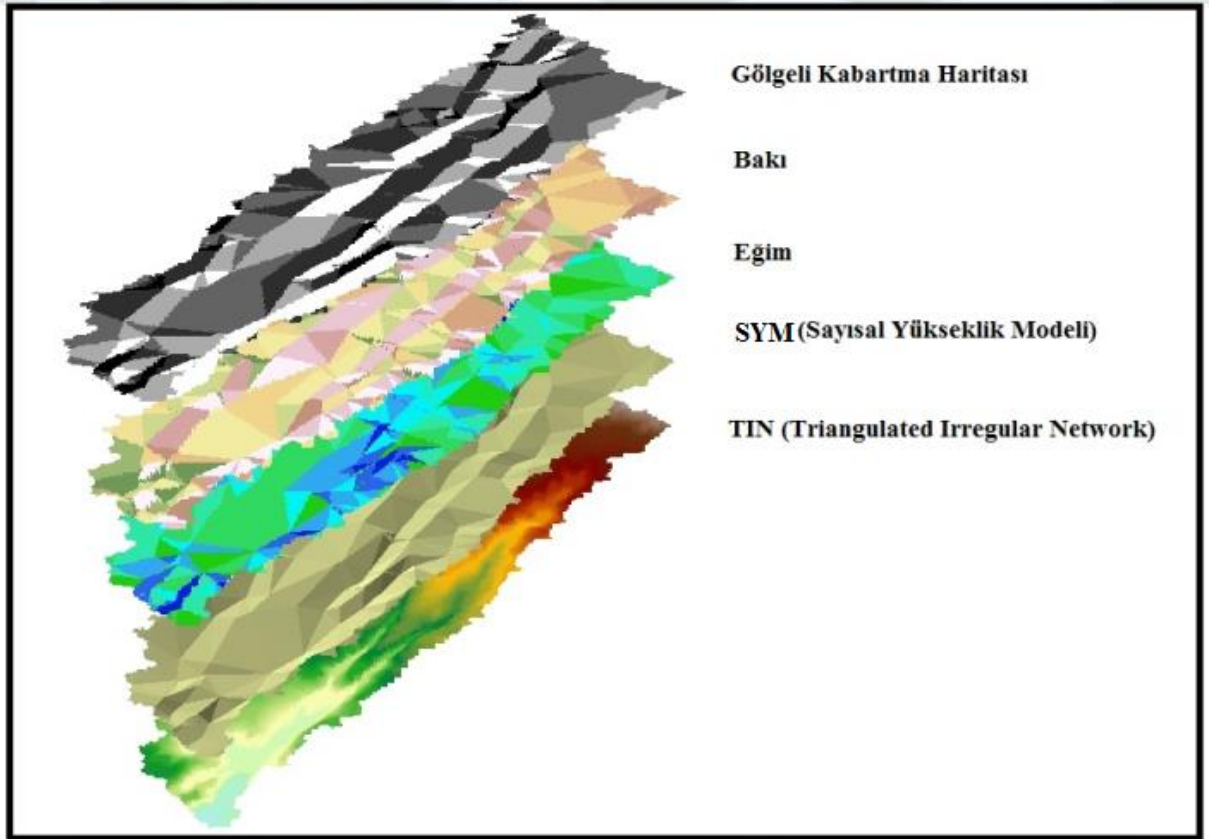
Şekil 4.6. Pınarbaşı Havzası eğim haritası



Şekil 4.7. Pınarbaşı Havzası bakı haritası



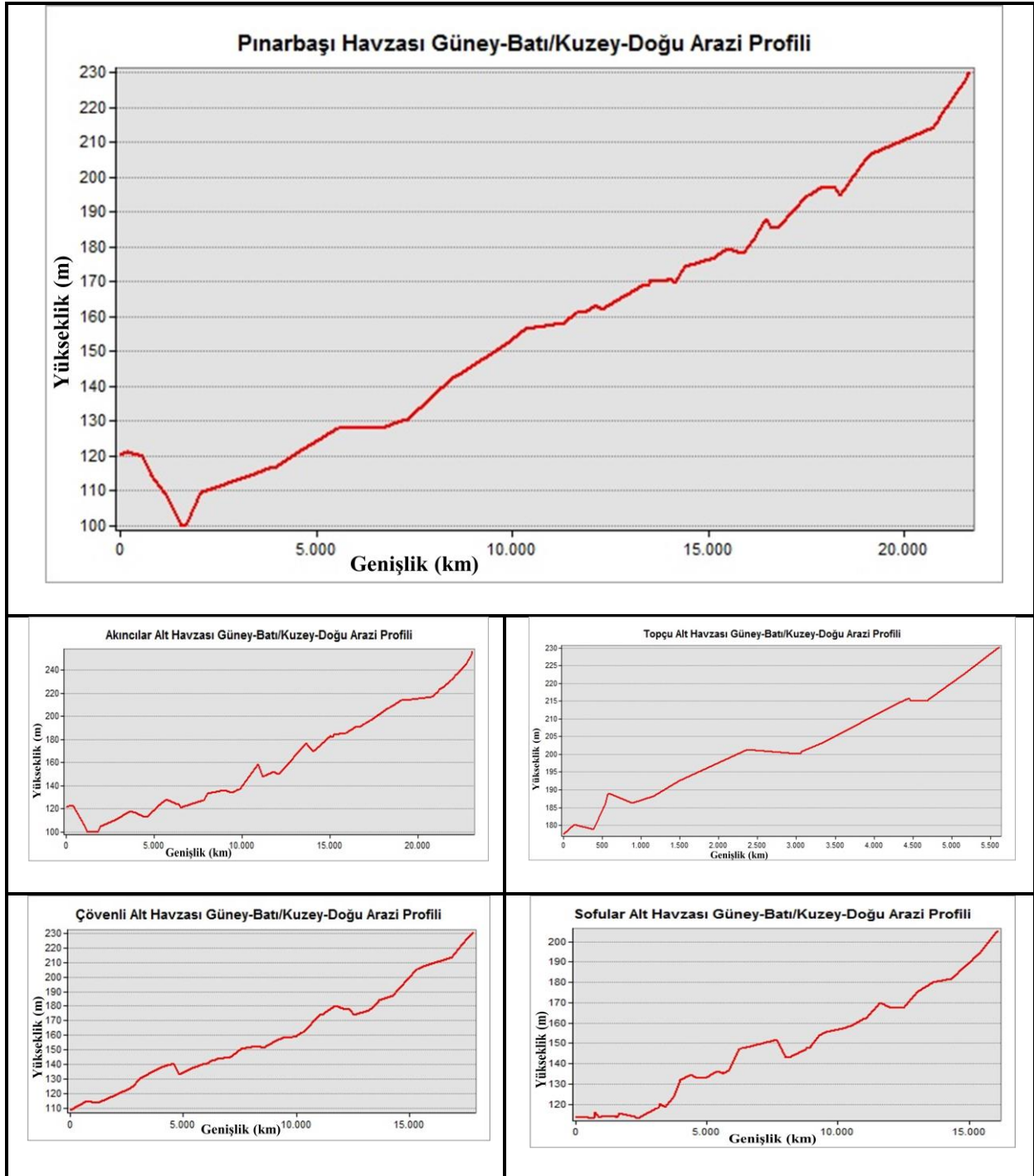
Şekil 4.8. Pınarbaşı Havzası'nın üç boyutlu görüntüsü



Şekil 4.9. Konusal haritaların üç boyutlu görüntüsü

4.1.7. Havzanın Arazi Profillerinin Oluşturulması

Pınarbaşı Havzası ve alt havzaların güneybatı/kuzeydoğu yönünde doğrultu alınarak çıkarılan arazi profilleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Pınarbaşı Havzası ve alt havzalar Güney-Batı/Kuzey-Doğu arazi profilleri

4.1.8. Havza ve Akarsu Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Pınarbaşı Havzası akarsu ve havza karakteristikleri hesaplanarak Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Pınarbaşı Havzası havza ve akarsu karakteristikleri

| Havza ve Akarsu Karakteristikleri | Havzalar | | | | |
|---|-----------|-------|---------|---------|-----------|
| | Akıncılar | Topçu | Çövenli | Sofular | Pınarbaşı |
| Havza alanı km ² (A) | 58,46 | 5,79 | 26,92 | 28,44 | 119,61 |
| Havza çevre uzunluğu km (P) | 107,151 | 24,97 | 70,09 | 62,66 | 104,87 |
| Biçim katsayısı (B) | 10,03 | 5,73 | 11,89 | 9,78 | 4,90 |
| Gravelius katsayısı (K) | 3,92 | 2,91 | 3,78 | 3,29 | 2,68 |
| Schumm katsayısı (S) | 0,36 | 0,47 | 0,33 | 0,36 | 0,51 |
| Eşdeğer dikdörtgenin boyutları km (L _a) | 52,46 | 12,00 | 34,26 | 30,39 | 50,04 |
| Eşdeğer dikdörtgenin boyutları km (L _b) | 1,11 | 0,48 | 0,79 | 0,94 | 2,39 |
| Dairesellik oranı (D _o) | 0,06 | 0,12 | 0,07 | 0,09 | 0,14 |
| Havzanın ortalama eğimi % (S _h) | 2,39 | 2,78 | 2,64 | 2,16 | 1,67 |
| Ana akarsu kolu uzunluğu km (L) | 24,21 | 5,76 | 17,89 | 16,68 | 24,21 |
| Havza maksimum yüksekliği m (h _{max}) | 268 | 242 | 237 | 215 | 268 |
| Havza minimum yüksekliği m (h _{min}) | 85 | 175 | 100 | 100 | 85 |
| Havza rölyefi m (r) | 183 | 67 | 137 | 115 | 183 |
| Havza nisbi rölyefi % (r _n) | 0,17 | 0,27 | 0,20 | 0,18 | 0,17 |
| Havza yöneyi | Kd-Gb | Kd-Gb | Kd-Gb | Kd-Gb | Kd-Gb |

4.1.9. Havzanın Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Pınarbaşı Havzası büyük toprak grupları (BTG), Erozyon Dereceleri (ERZ) ve Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması (AKK) toprak sınıflandırmaları yapılmıştır.

Havzanın Büyük Toprak Grupları

Pınarbaşı Havzası’nda Şekil 4.11 ve Çizelge 4.3’te görüldüğü gibi büyük toprak grupları sınıflandırması yapıldığında genel olarak vertisol toprak (%41), kireçsiz kahverengi orman toprağı (%34) ve kireçsiz kahverengi topraktan (%25) oluştuğu görülmüştür. Alt havzalara bakıldığında ise en küçük alt havza olan Topçu’da kireçsiz kahverengi orman toprağı görülmüş, Sofular, Akıncılar ve Çövenlide ise bu üç toprak grubuna da rastlanmıştır. Bu topraklar T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel

Müdürlüğü tarafından 2008 yılında çıkarılan Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat'a göre şu şekilde tanımlanmaktadır (Anonim 2008b):

Vertisoller: Daha önce Grumusol olarak adlandırılan bu topraklar, kurak mevsimde büzülen, yağışlı mevsimde genişleyen koyu renkli ve çok killi topraklardır. Yüzeyleri ondüleli ve çatlaklıdır. Bu topraklar esas olarak 300 rakımının altında görülür. Bazıları az eğimli yerlerde gelişirken, çoğu Vertisoller çöküntülerde oluşur. İşlenme periyotları çok kısa, geçirgenlikleri düşüktür. Çatlamalar sırasında ince kökler kırılır ve ürün zarar görür. Sulama yapılırsa bile, yetiştirilen ürünlerin sayısı sınırlıdır. Eğimli arazilerde her zaman erozyon tehlikesi mevcuttur. Yağışlı mevsimlerde çukurluklardaki Vertisollerin çoğu su altında kalır. Arazi drenajı hemen hemen imkânsızdır.

Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar: Bu topraklarda üstte koyu renkli bir kat ve altta bundan biraz farklı bir kat bulunur. Topraklar kireçsizdir ve reaksiyon asit, nötr veya kalevidir. Doğal verimlilikleri fazla değildir.

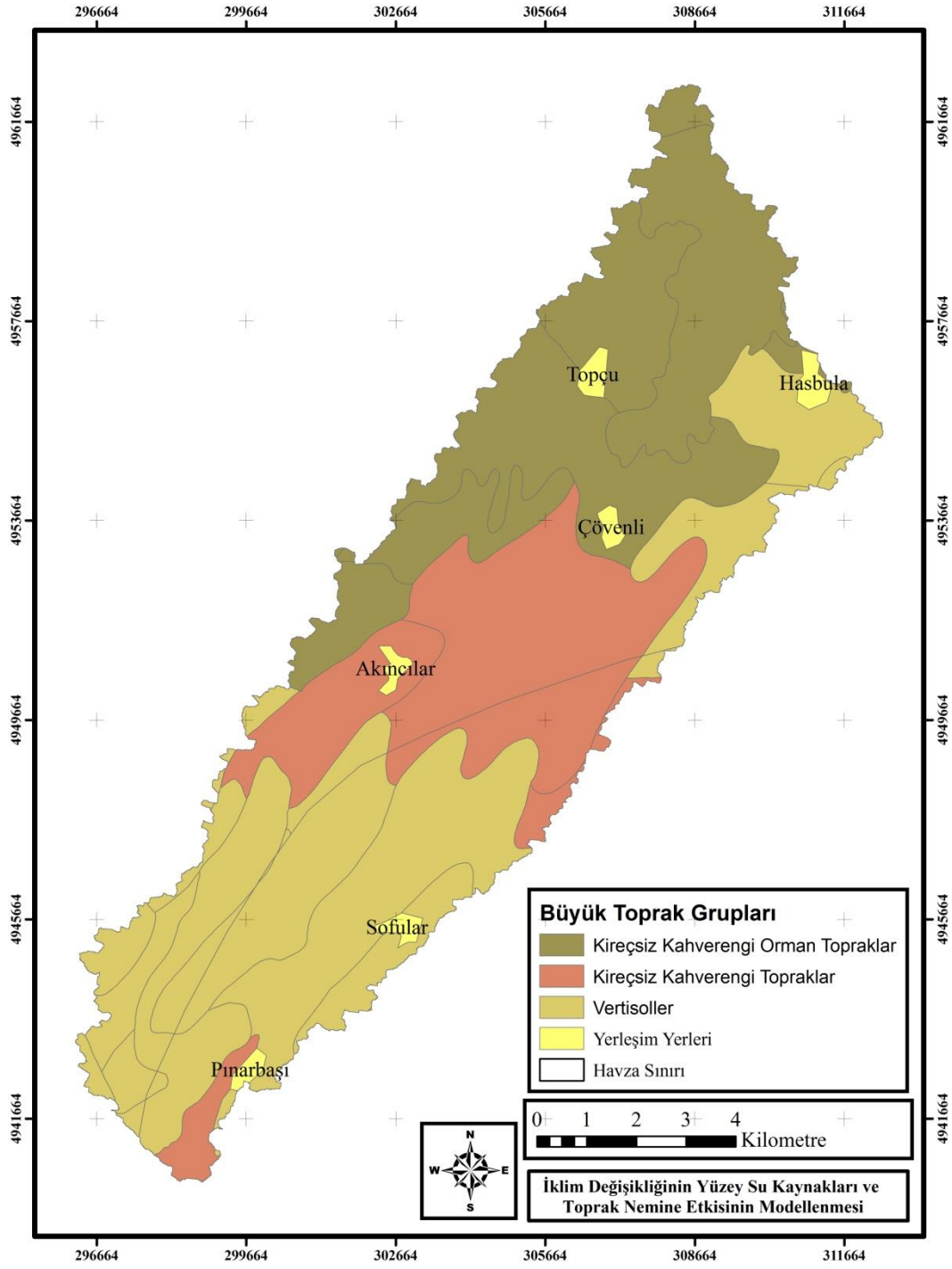
Kireçsiz Kahverengi Topraklar: Üst toprak yumuşak veya biraz sıkıdır. Alt toprak daha ağır bünyeli ve daha serttir. Kireç yikanmasına rağmen, reaksiyon nötr veya alkalidir. Doğal drenaj iyidir. Doğal bitki örtüsü çalı ve otlar ile karışık orman veya fundalıktır.

Çizelge 4.3. Pınarbaşı Havzası büyük toprak grupları alan ve yüzde değerleri

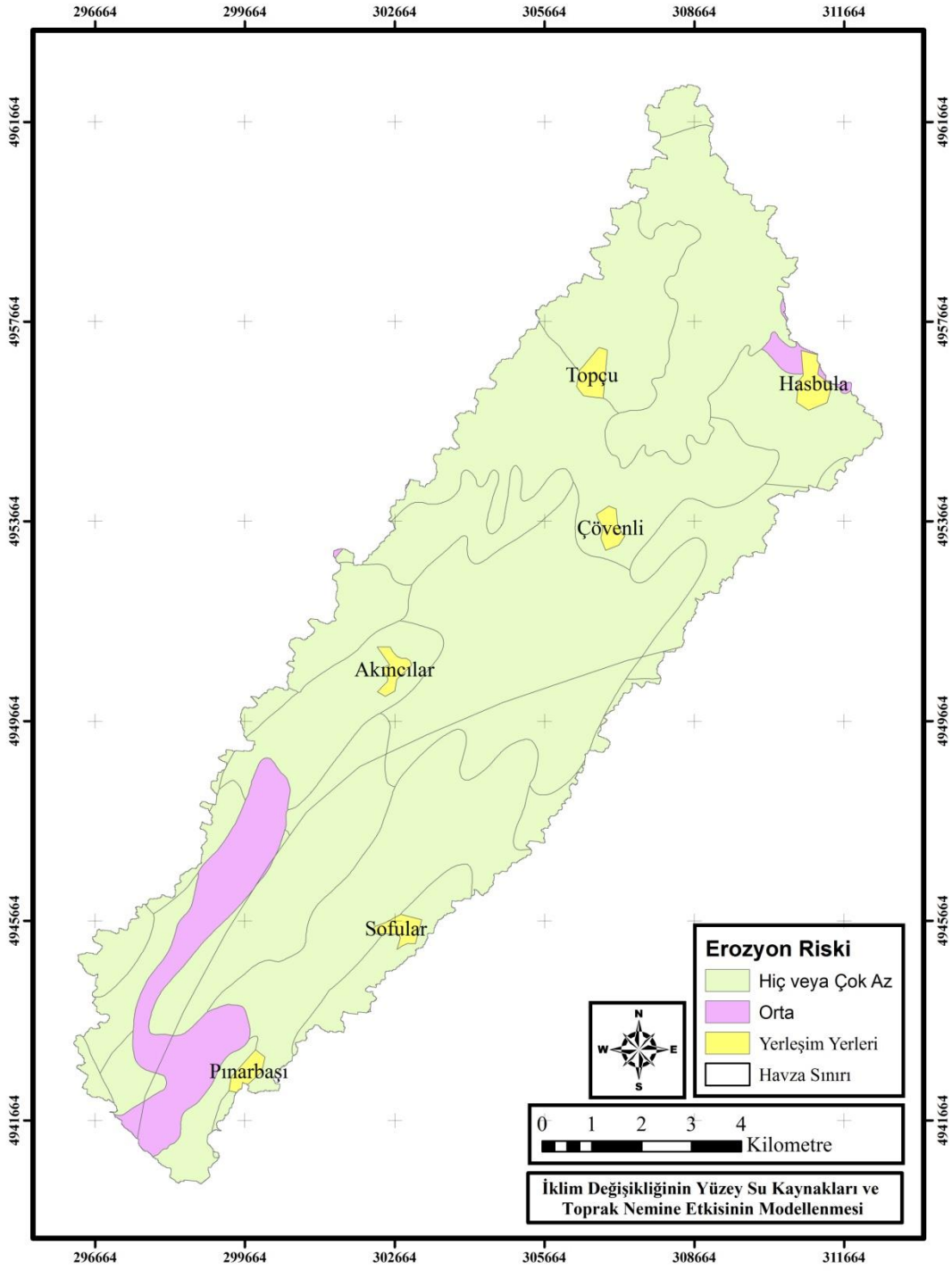
| Toprak Türü | Vertisoller | Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar | Kireçsiz Kahverengi Topraklar |
|-------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Alan (km ²) | 48,40 | 40,43 | 28,85 |
| Oran (%) | 41 | 34 | 25 |

Havzanın Erozyon Dereceleri

Erozyon dereceleri su erozyonu ve rüzgâr erozyonu olarak iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Su erozyonu zayıf bir bitki örtüsüne sahip veya örtüsüz, eğimli toprak yüzeyinden geçerken akan suyun aşındırması ile oluşur. Su erozyonu 1 (hiç veya çok az), 2 (orta), 3 (şiddetli) ve 4 (çok şiddetli) olarak sınıflandırılmaktadır. Rüzgâr erozyonu toprağın rüzgârla aşınıp taşınmasıdır. Rüzgâr erozyonu ise su erozyonunun 1 olduğu yerde R1 (hafif), 2 olduğu yerde R2 (orta), 3 ve 4 olduğu yerde ise R3 (şiddetli) olarak sınıflandırılmaktadır (Anonim 2008b). Şekil 4.12'de görüldüğü gibi Pınarbaşı Havzası'nın %93'ünün 1 yani hiç veya çok az su erozyonuna ve hafif rüzgar erozyonuna maruz kalabileceği ayrıca %7'sinin ise orta, su ve rüzgar erozyonuna maruz kalabileceği görülmüştür.



Şekil 4.11. Pınarbaşı Havzası BTG sınıflandırması



Şekil 4.12. Pınarbaşı Havzası erozyon dereceleri sınıflandırması

Havzanın Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması

Araziler kullanma kabiliyetine göre, üzerinde erozyona sebep olunmadan en iyi, en kolay ve en ekonomik bir şekilde tarım yapılabilen birinci sınıf ile hiç bir tarıma elverişli olmayan, çayır veya ormanlık olarak dahi kullanılamayan, ancak doğal hayata ortam teşkil edebilen veya insanlar tarafından dinlenme yerleri ve milli park olarak kullanılabilen sekizinci sınıf arasında yer alırlar (Anonim 2008b). Arazi kullanım kabiliyet sınıflaması toprak işlemeli tarıma elverişli araziler (I-II-III-IV), toprak işlemeli tarıma elverişsiz araziler (V-VI-VII), tarıma elverişsiz araziler (VIII) şeklinde yapılmaktadır. Pınarbaşı Havzası Şekil 4.13'te görüldüğü gibi toprak işlemeli tarıma elverişli araziler (I-II-III)'den oluşmaktadır. Havza içinde I. sınıf arazinin 12,72 km² (%11), II. sınıf arazinin 96,35 km² (%82) ve III. sınıf arazinin ise 8,62 km² (%7) alan kapladığı görülmektedir (Çizelge 4.4). Pınarbaşı Havzasında görülen I, II, ve III. sınıf arazilere ait genel tanımlar aşağıda verilmiştir (Anonim 2008b).

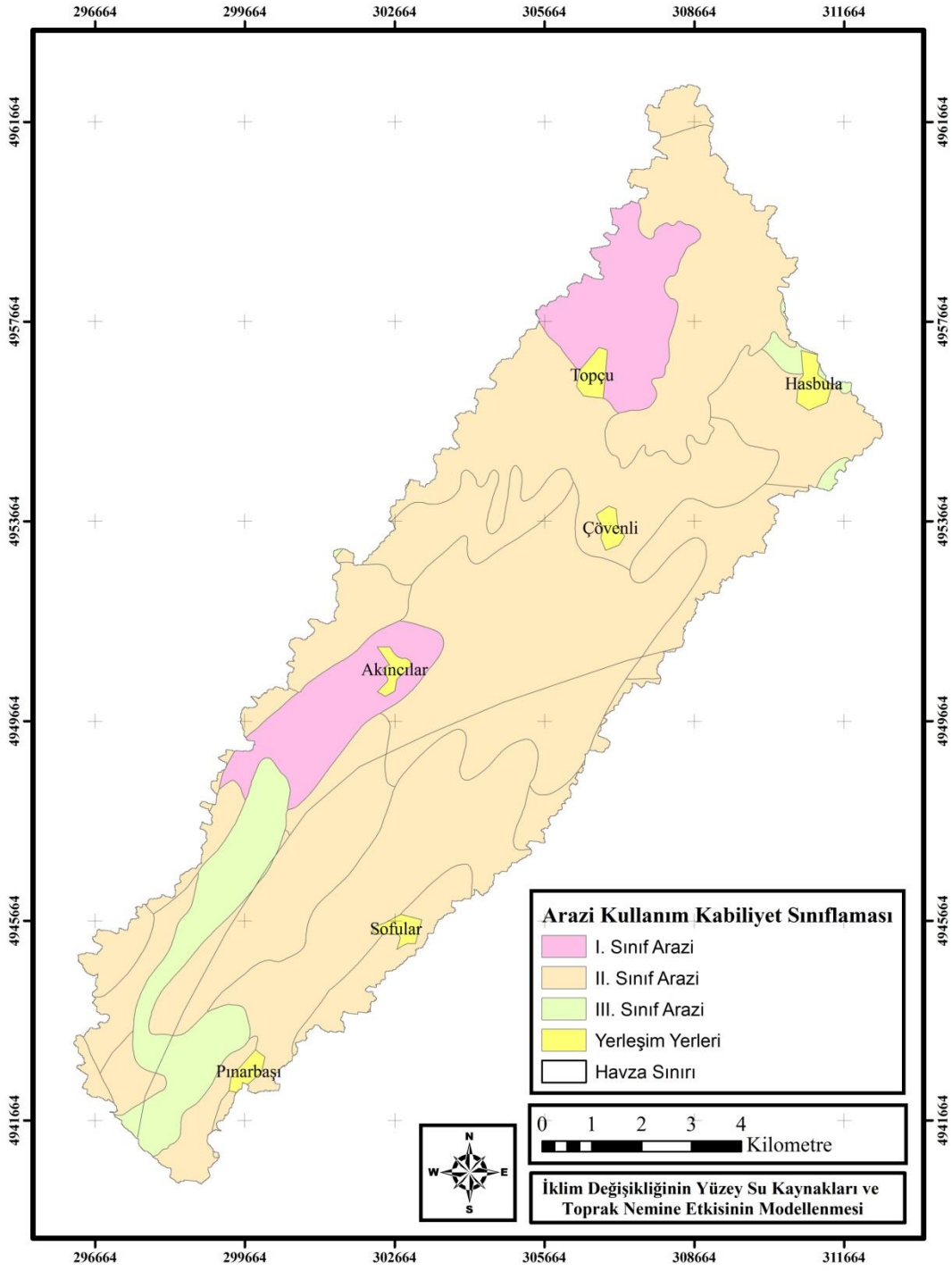
I. Sınıf Arazi: Birinci sınıf arazi; alışılmış ziraat metotları uygulanabilen düz veya düze yakın, derin, verimli ve kolayca işlenebilen toprakları ihtiva eden arazidir. Bu sınıf arazide pek az su ve rüzgar erozyonu olabilir. Topraklar iyi drenaja sahiptirler, su taşkın zararlarına maruz değildirler. Çapa bitkileri ve diğer entansif yetiştirilen ürünlere uygundur. Yağışların az olduğu yerlerde sulanan birinci sınıf araziler %1 den az meyilli, derin, tınlı yapılı, iyi su tutma kapasitesi olan, orta derecede geçirgen topraklara sahip arazilerdir.

II. Sınıf Arazi: İkinci sınıf arazi ancak bazı özel tedbirler alınmak suretiyle kolayca işlenebilen iyi bir arazidir. Bunun birinci sınıf araziden farkları, hafif meyillilik, orta derecede erozyona maruz kalmak, orta derecede kalın toprağa sahip olmak, ara sıra orta derecede taşkınlara uğramak ve kolayca izole edilebilecek orta derecede ıslaklık ihtiva etmek gibi sınırlayıcı faktörlerden bir veya bir kaç olabilir.

III. Sınıf Arazi: Üçüncü sınıf arazi, üzerinde iyi bir bitki münavebesi kullanılmak ve uygun ziraat metotları tatbik edilmek suretiyle fazla gelir getiren çapa bitkileri için orta derecede iyi bir arazidir. Orta derecede meyillilik, erozyona fazla hassasiyet, fazla ıslaklık, yüzlek toprak, taban taşının varlığı, fazla kumluluk veya çakıllılık, düşük su tutma kapasitesi ve az verimlilik bu sınıf araziye ait olan özelliklerdir.

Çizelge 4.4. Pınarbaşı Havzası arazi kullanım kabiliyet sınıfları alan ve yüzde değerleri

| Arazi Sınıfı | I. Sınıf Arazi | II. Sınıf Arazi | III. Sınıf Arazi |
|-------------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Alan (km ²) | 12,72 | 96,35 | 8,62 |
| Oran (%) | 11 | 82 | 7 |



Şekil 4.13. Pınarbaşı Havzası arazi kullanım kabiliyet sınıflandırması

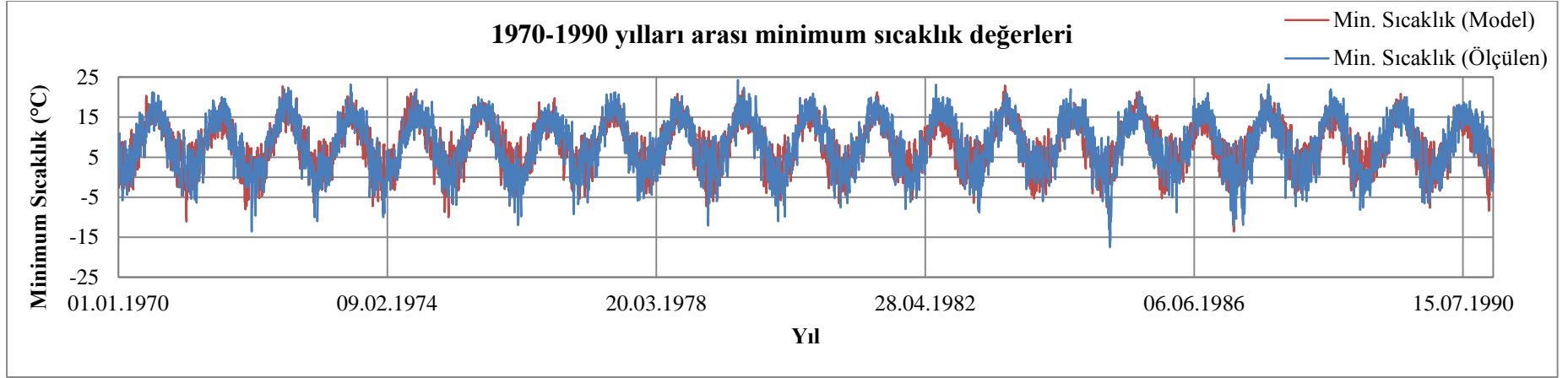
4.2. Pınarbaşı Havzası Olası İklim Değişikliği Sonuçları

Pınarbaşı Havzası olası iklim değişikliği belirlenirken öncelikle referans 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonuna ait TUMAS'dan elde edilen ölçülmüş iklim verileri ile RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen veriler karşılaştırılarak havza için kullanılabilirliğine bakılmış, daha sonra ise 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arası olası iklim değişikliği tahmin edilerek elde edilen sonuçlara aşağıda yer verilmiştir.

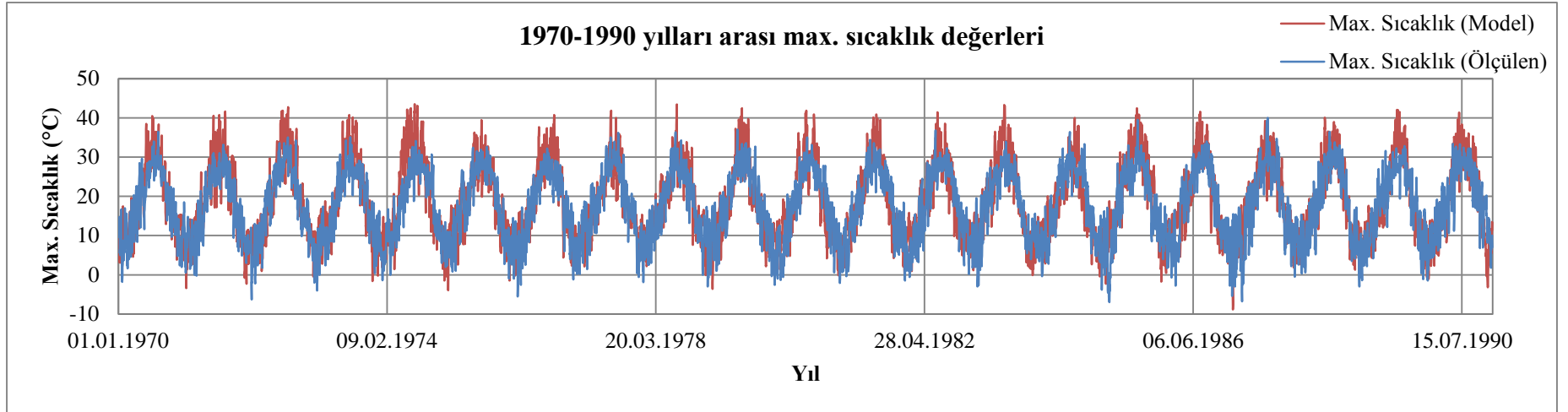
4.2.1. 1970-1990 Yılları Arası Referans Sıcaklık ve Yağış Değerleri

1970-1990 yılları arası ölçülen ve RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve yağış verileri sırasıyla Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da karşılaştırılarak gösterilmiştir. Buna göre ortalama sıcaklık verileri 1970-1990 yılları arasında model referans verileri ile 12,97 °C ve Çorlu Meteoroloji İstasyonu ölçülen verileri ile 12,57 °C dolayısıyla 0,4 °C'lik bir sapma ile ve ortalama yağış verileri ise 1970-1990 yılları arasında model referans verileri ile 55 mm ve Çorlu Meteoroloji İstasyonu ölçülen verileri ile 47 mm dolayısıyla 8 mm'lik bir sapma ile tahmin edilmiştir (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). Ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık değerlerinin t testinin "Sig.(2-tailed)" değeri 0,887>0,05 olduğundan ve yağış değerlerinin t testinin "Sig.(2-tailed)" değeri 0,359>0,05 olduğundan her iki testte de %95 güvenle ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık ve yağış değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. Ayrıca Kapur ve ark. (2007), TERCH-RAMS adlı bölgesel iklim modeli ile Çukurova Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada ortalama sıcaklıkta 0,82 °C ve toplam yağışta 96 mm farkla tahmin yaparak benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Yağış verilerinde model sonuçları ile gözlenen değerler arasında fark fazla gibi görünse de model çalışmalarında bu tür farklılıklar normal olarak değerlendirilmektedir.

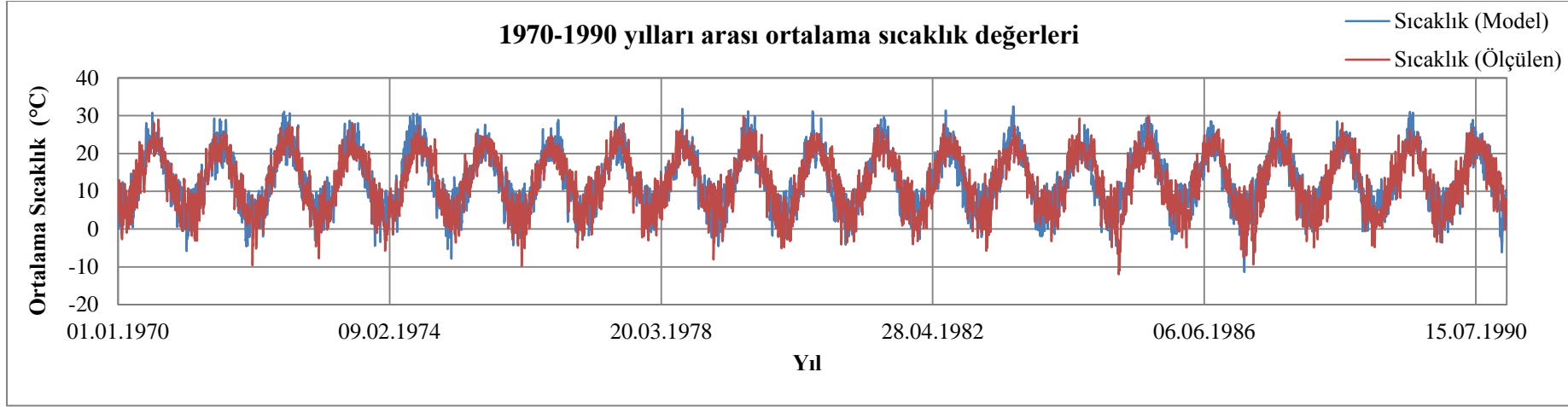
Bu sonuçlar doğrultusunda gelecek yıllar için yapılan tahminlerde havza için RegCM3 Bölgesel İklim Modeli iklim verileri, sonuçlarının kullanılmasının uygun olduğu, modelin iyi bir performans gösterdiği görülmüştür.



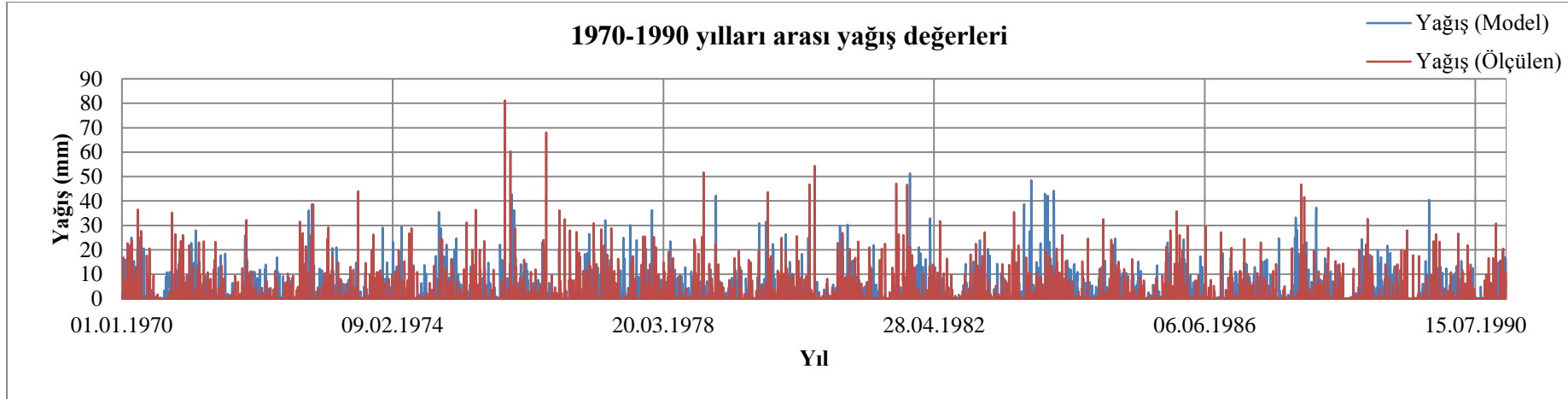
Şekil 4.14. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli minimum sıcaklık (°C) değerleri



Şekil 4.15. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli maksimum sıcaklık (°C) değerleri



Şekil 4.16. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ortalama sıcaklık (°C) değerleri



Şekil 4.17. 1970-1990 yılları arası Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli yağış (mm) değerleri

Çizelge 4.5. 1970-1990 yılları Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ortalama sıcaklıklarının (°C) karşılaştırılması

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ortalama |
|--|------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|----------|
| Çorlu Meteoroloji İstasyonu Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri (1970-1990) | 3,37 | 3,90 | 6,32 | 11,28 | 15,77 | 20,22 | 22,18 | 21,51 | 18,39 | 13,50 | 8,89 | 5,48 | 12,57 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri (1970-1990) | 4,73 | 6,35 | 8,36 | 11,60 | 16,06 | 20,84 | 23,07 | 21,86 | 17,42 | 11,90 | 8,06 | 5,40 | 12,97 |
| Çorlu Meteoroloji İstasyonu ile RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Farkı (1970-1990) | 1,36 | 2,45 | 2,04 | 0,32 | 0,29 | 0,62 | 0,89 | 0,35 | -0,97 | -1,60 | -0,83 | -0,08 | -0,40 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri (2016-2025) | 5,02 | 5,58 | 7,93 | 12,03 | 16,22 | 21,07 | 23,65 | 22,33 | 17,52 | 12,63 | 7,56 | 5,59 | 13,09 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Farkı (1970-1990 ile 2016-2025) yılları arası | 0,29 | -0,77 | -0,43 | 0,43 | 0,16 | 0,23 | 0,58 | 0,47 | 0,10 | 0,73 | -0,50 | 0,19 | 0,12 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri (2046-2055) | 6,23 | 7,17 | 9,19 | 12,93 | 17,41 | 23,30 | 25,32 | 23,16 | 18,56 | 13,95 | 9,02 | 6,54 | 14,40 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Farkı (1970-1990 ile 2046-2055) yılları arası | 1,50 | 0,82 | 0,83 | 1,33 | 1,35 | 2,46 | 2,25 | 1,30 | 1,14 | 2,05 | 0,96 | 1,14 | 1,43 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri (2076-2085) | 8,16 | 8,35 | 10,44 | 13,90 | 19,23 | 24,45 | 26,85 | 25,37 | 22,43 | 15,34 | 9,45 | 8,24 | 16,02 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Sıcaklık (°C) Farkı (1970-1990 ile 2076-2085) yılları arası | 3,43 | 2,00 | 2,08 | 2,30 | 3,17 | 3,61 | 3,78 | 3,51 | 5,01 | 3,44 | 1,39 | 2,84 | 3,05 |

Çizelge 4.6. 1970-1990 yılları Çorlu Meteoroloji İstasyonu ve RegCM3 Bölgesel İklim Modeli aylık ortalama yağışın (mm) karşılaştırılması

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ortalama | Toplam |
|---|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|----------|--------|
| Çorlu Meteoroloji İstasyonu Ortalama Yağış (mm) Değerleri (1970-1990) | 63 | 46 | 50 | 44 | 48 | 39 | 26 | 17 | 26 | 53 | 77 | 70 | 47 | 559 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Değerleri (1970-1990) | 92 | 77 | 60 | 61 | 69 | 32 | 23 | 14 | 26 | 55 | 79 | 72 | 55 | 660 |
| Çorlu Meteoroloji İstasyonu ile RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Farkı (1970-1990) | 29 | 31 | 10 | 17 | 21 | -7 | -3 | -3 | 0 | 2 | 2 | 2 | 8 | 101 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Değerleri (2016-2025) | 97 | 67 | 76 | 67 | 53 | 44 | 22 | 20 | 25 | 40 | 114 | 94 | 60 | 720 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Farkı (1970-1990 ile 2016-2025) yılları arası | 5 | -10 | 16 | 6 | -16 | 12 | -1 | 6 | -1 | -15 | 35 | 22 | 5 | 60 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Değerleri (2046-2055) | 70 | 64 | 63 | 61 | 51 | 21 | 10 | 14 | 24 | 41 | 89 | 61 | 47 | 569 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Farkı (1970-1990 ile 2046-2055) yılları arası | -22 | -13 | 3 | 0 | -18 | -11 | -13 | 0 | -2 | -14 | 10 | -11 | -8 | -91 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Değerleri (2076-2085) | 116 | 63 | 55 | 59 | 48 | 22 | 14 | 10 | 12 | 36 | 76 | 73 | 49 | 582 |
| RegCM3 Bölgesel İklim Modeli Ortalama Yağış (mm) Farkı (1970-1990 ile 2076-2085) yılları arası | 24 | -14 | -5 | -2 | -21 | -10 | -9 | -4 | -14 | -19 | -3 | 1 | -6 | -78 |

4.2.2. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları Arası Sıcaklık ve Yağış Değerlerinin Modellenmesi

Pınarbaşı Havzası gelecek yıllar olası iklim değişikliği için RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen sonuçlar için Çizelge 4.5'e bakıldığında 2016-2025 yılları arası model referans yıllarına göre ortalama 0,12 °C, 2046-2055 yılları arası ortalama 1,43 °C ve 2076-2085 yılları arası ise ortalama 3,05 °C sıcaklık farkı olacağı tahmin edilmiştir. Sıcaklık değerlerinin referans yıllara göre artma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. IPCC'nin 2007 yılında yayınladığı raporda Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5 °C- 4 °C artacağı tahmin edilmektedir. Önol ve ark. (2009) RegCM3 Bölgesel İklim modeli ile A2 simülasyonuna göre, Türkiye üzerinde sıcaklıklardaki en dramatik değişimin, yaz mevsiminde Ege Bölgesi üzerindeki 5 ila 6 °C'ler arasındaki artış olacağını, kış ayları dışındaki mevsimlerde artışın 3-4 °C arasında değişeceğini ve gelecek simülasyonundaki minimum artışın kış mevsiminden 2-3 °C olacağını hesaplamışlardır. Ayrıca Demir ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada Türkiye ve bölgesinde sıcaklıkların yüzyılın sonunda artacağını öngörmüşlerdir. Söz konusu artışı Türkiye üzerinde kötümser senaryoya göre 4-6 °C, iyimser senaryoya göre ise 1-3,5 °C olarak belirlenmiştir. Yapılan araştırmalarda öngörülen tahminlerle aynı doğrultuda tahminlerde bulunulmuştur.

Pınarbaşı Havzası gelecek yıllar olası iklim değişikliği için RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen sonuçlar için Çizelge 4.6'ya bakıldığında 2016-2025 yılları arası model referans yıllarına göre toplam yağışın 60 mm artacağı (%9), 2046-2055 yılları arası toplam yağışın 91 mm azalacağı (%14) ve 2076-2085 yılları arası toplam yağışın 78 mm azalacağı (%12) tahmin edilmiştir. Demir ve ark. (2010) bölgesel ve alansal olarak farklılık göstermekle birlikte yağışlarda genelde %10-40 arasında azalma olacağını tahmin etmişlerdir. 2016-2025 yılları arası toplam yağışın %9 artacağı gözükse de bu durumun en yakın gelecek periyot olmasından kaynaklandığı ve 10'ar yıllık tüm dönemler analiz edildiğinde eğilimin azalan yönde olacağı tahmin edilmektedir.

4.3. Yağış Akış Modeli Sonuçları

İklim değişikliğinin yağış akışa etkisinin modellenmesi aşamasında Topçuköy alt havzasında 1989-2007 yılları arası ölçülen akım verileri ile SWMHMS Model ile 1989-2007 yılları arası için hesaplanan akım verileri karşılaştırılarak kalibre edilmiş ve daha sonra ise

RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen iklim verileri için 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arası akım değerleri tahmin edilerek elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

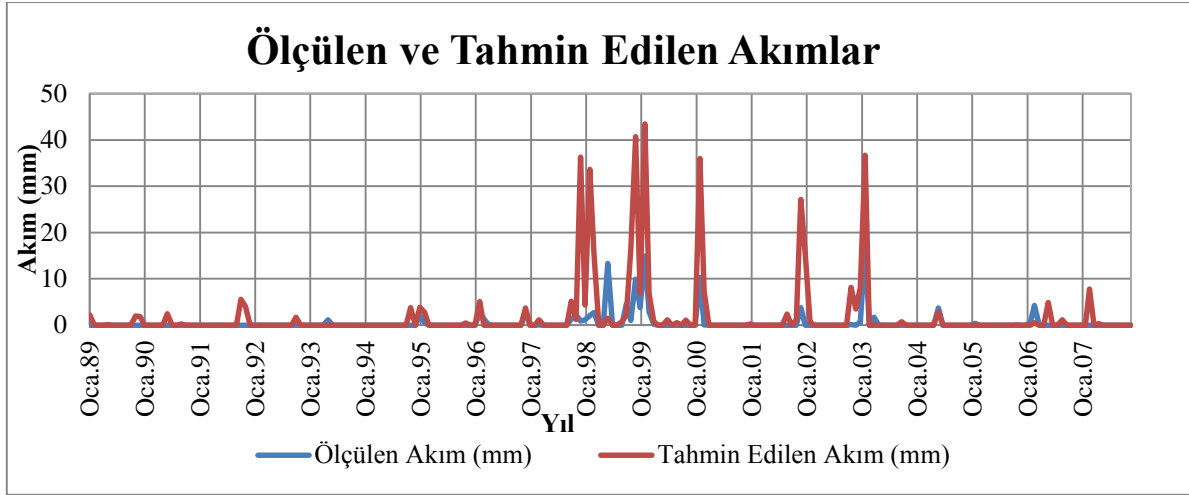
4.3.1. 1989-2007 Yılları Arası Ölçülen ve Tahmin Edilen Akım Değerleri

Bu çalışmada CN, AWC ve SYC parametreleri Trakya Bölgesi'nde yer alan Damlıca ve Vize Deresi Havzaları adlı çalışmadan elde edilmiş olup (Bakanoğulları ve ark. 2011), SC, PERCOEF ve IRAC parametreleri 0 ile 1 arasında değişen değerler olduğundan bu üç parametrenin değiştirilmesi ile optimizasyon yapılmıştır. Bu denemelerin sonunda 1989-2007 yılları arası gözlenen ve tahmin edilen aylık ortalama akım değerleri için SWMHMS Hidrolojik Modelinde korelasyon katsayısı EK 2'deki sonuç dosyasında görüldüğü gibi 0,72 olarak bulunmuştur. Buna göre gözlenen aylık ortalama akım değerleri ile tahmin edilen aylık ortalama akım değerleri arasında önemli bir ilişki olduğu görülmektedir. Allred ve Haan (1996) altı havzada yaptıkları çalışmada korelasyon katsayısının 0,60 ile 0,95 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Bakanoğulları (2002) doktora çalışmasında simüle ile ölçülen akımlar arasındaki korelasyon katsayısını 0,79 olarak bulmuştur. Ayrıca SWMHMS Modeli ile 1989-2007 yılları arası ölçülen ve simüle edilen değerler arasındaki uyuma bakmak için Nash-Sutcliffe katsayısı hesaplanmış ve bu değer 0,80 olarak bulunmuştur. Perazzoli ve ark. (2012) SWAT Hidrolojik Modeli akış ve sediment veriminde referans yıllar için Nash-Sutcliffe katsayıları ile aylık olarak test etmişler ve sırasıyla bu katsayıları 0,82 ve 0,83 bularak iyi bir uyum olduğunu gözlemlemişlerdir. Böylece bu çalışmada kalibrasyon aşamasında ölçülen aylık ortalama akım değerleri ile simüle edilen aylık ortalama akım değerlerinin SC, PERCCOEF ve IRAC'ın sırası ile 0,80, 0,10 ve 0,70 değerleri için istatistiksel olarak anlamlı bir uyumluluk gösterdiği görülmüştür.

4.3.2. 1989-2007 Yılları Arası Pınarbaşı Havzası Simülasyon Sonuçları

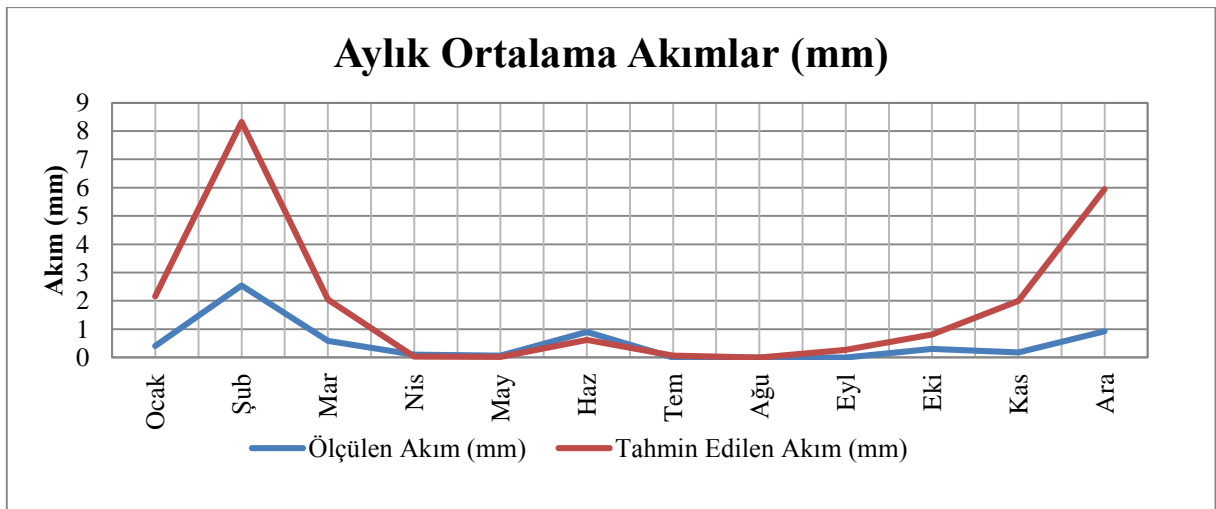
1989-2007 yılları için oluşturulan SWMHMS Hidrolojik Modeli ana dosyasında yapılan simülasyonlarda modelin hesapladığı ortalama aylık akım 1989-2007 yıllarında SC'nin 0,80, PERCCOEF'in 0,10 ve IRAC'ın 0,70 değerleri için 1,86 mm tahmin edilmiştir. Havzanın ölçülmüş aylık ortalama akımı 0,50 mm'dir. 1989-2007 yılları arası ölçülen ortalama aylık akımlar ile tahmin edilen ortalama aylık akımlar Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Burada görüldüğü gibi ölçülen akım ile tahmin edilen akım değerlerinin eğilimine

bakıldığında akımlar arasında artış ve azalmaların birbiri ile paralellik gösterdiği fakat modelin ölçülen değerlere göre biraz daha fazla tahmin etme eğiliminde olduğu gözükmektedir. Bu nedenle havzanın tahmin edilen aylık ortalama akım değeri ölçülen aylık ortalama akım değerinden daha yüksektir.



Şekil 4.18. 1989-2007 yılları arası ölçülen ve tahmin edilen aylık ortalama akımlar

Şekil 4.19'a bakıldığında ölçülen aylık ortalama akımlar ile simüle edilen aylık ortalama akımların birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Şubat ve Aralık aylarında model ölçülen akımlara göre fazla akım tahmin etmiştir. Bunun nedeni, kış aylarında kar yağışlarının modele yağış olarak girilmesi ve kar yağışlarının havzada depolanması daha sonra depolanan karın eriyerek akıma geçmesi ile birlikte modele bu durumun akım olarak yansımaları olarak düşünülmüştür. Bu nedenle modelin kurak aylarda ölçülen akım değerleri ile tahmin edilen akım değerlerini daha yakın olarak tahmin ettiği, yağışlı aylarda ise gözlenen akım ile tahmin edilen akımlar arasında fark oluştuğu gözlenmiştir.



Şekil 4.19. 19 yıllık ölçülen ve tahmin edilen akım değerlerinin aylar bazında dağılımı

4.3.3. 1989-2007 Yılları Arası Pınarbaşı Havzası Hassaslık Analizi Sonuçları

Hassaslık analizinin amacı hangi havza hidrolojik parametrelerinin daha hassas olduğunun belirlenmesidir. Bu amaçla yapılan hassaslık analizi sonuçları EK 3 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir. Model ölçülen ve simüle edilen değerler arasındaki uyumu değiştiren en büyük katsayıyı 5,25 olarak CN için hesaplamıştır. Dolayısı ile ölçülen ve simüle edilen değerler arasındaki uyum için tepkiyi yüksek hassasiyetle CN, düşük hassasiyetle ise SC değiştirmektedir. Buna göre en hassas hesaplanması gereken yani simülasyonlar sırasında en etkin parametre CN iken, ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki uyumu yani korelasyon katsayısını en az değiştiren parametre ise SC parametresidir. CN’den sonra sırası ile IRAC, AWC, PERCOEF, SYC ve SC değerleri gelmektedir.

Çizelge 4.7. Hassaslık Analizi Katsayıları

| | CN | AWC | SYC | SC | PERCCOEF | IRAC |
|--------------------------------------|------|------|------|------|----------|------|
| Hassaslık Analizi Katsayıları | 5,25 | 1,66 | 0,15 | 0,04 | 0,21 | 2,92 |

4.3.4. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları için Yağış ve Akışın Modellenmesi

Yağış ve akışın gelecek yıllar için modellenmesi aşamasında öncelikle 1985-2007 yılları arası ölçülen ortalama aylık akım ile tahmin edilen ortalama aylık akım değerleri kalibre edilmiş sonra RegCM3 Bölgesel İklim Modeli A2 senaryo sonuçlarından elde edilen aylık ortalama sıcaklık (°F) ve günlük yağış (inch) değerleri SWMHMS Hidrolojik Modeli ana dosyasına girilerek 2015-2025, 2045-2055 ve 2075-2085 yılları arası akım değerleri tahmin edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları SWMHMS Model sonuçları

| SWMHMS Model Sonuçları | Ölçülen Değerler | Tahmin Edilen Değerler | | | |
|-------------------------------|------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1989-2007 | 2016-2025 | 2046-2055 | 2076-2085 |
| Yıllık Ortalama Yağış (mm) | 42,41 | - | 59,83 | 47,29 | 49,34 |
| Yıllık Ortalama Akım (mm) | 0,50 | 1,86 | 6,91 | 2,96 | 4,56 |
| Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C) | 13,79 | - | 13,09 | 14,4 | 16,02 |

Çizelge 4.8’e bakıldığında 1989-2007 yılları arası ölçülen aylık ortalama yağışa göre 2016-2025 yılları arasında yağış miktarının %41, 2046-2055 yıllarında %11 ve 2076-2085 yılları arasında ise %16 oranında arttığı görülmüştür. Bu artış tamamen ölçüm yapılan 1989-

2007 döneminden kaynaklanmaktadır. Seçilen bu dönemde tesadüfi olarak oldukça düşük yağış ve akım miktarı gözlenmiştir ve referans 1970-1990 dönemini temsil etmemektedir. Çünkü referans 1970-1990 yıllarında ortalama 55 mm yağış gözlenirken (Çizelge 4.3), 1989-2007 yılları arasında 42,41 mm yağış gözlenmektedir. Ayrıca referans 1970-1990 yıllarına oranla yağışta 2016-2025 yıllarında %9 artma, 2046-2055 ve 2076-2085 yıllarında ise Çizelge 4.6'ya göre sırasıyla %14 ve %12 azalma olacağı tahmin edilmiştir. 2016-2025 yıllarına oranla yağış miktarında 2046-2055 yıllarında 59,83 mm'den 47,29 mm'ye %21 azalma ve 2076-2085 yıllarında 59,83 mm'den 49,34 mm'ye %18'lik bir azalma söz konusudur. 10'ar yıllık üç dönemde de 1989-2007 yıllarına oranla aylık ortalama yağış miktarında artış olduğu, fakat bu üç dönemin kendi içinde karşılaştırılması halinde ise yakın dönemden uzak döneme doğru gidildikçe yağış miktarının azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durumda iklim değişikliğinin araştırma alanı için modellenmesi ile bulunan sonuçlar paralellik göstermektedir. 10'ar yıllık üç dönemin kendi içinde karşılaştırılmasında azalma eğiliminin 2000-2099 yılları boyunca 100 yıllık 10 ayrı dönemde düzgün (lineer) bir azalma olmayacağı bu azalmanın düzensiz bir azalma olacağı düşünülmektedir. Ayrıca Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22' ye ve Çizelge 4.6'ya bakıldığında en yağışlı dönemin 2016-2025 yılları arasında olduğu ve en kurak dönemin ise 2046-2055 yılları arası olduğu görülmektedir.

Aylık ortalama akım değerlerine bakıldığında bu değerlerin aylık ortalama yağış değerleri ile paralellik gösterdiği Çizelge 4.8'de görülmektedir. 2016-2025 yılları arasında akım miktarının en yüksek (6,91 mm) değerinde olduğu, 2046-2055 yılları arasında ise en düşük miktarda olduğu (2,96 mm) gözlenmiştir. 1989-2007 yılları arasına oranla gelecek dönemlerde yağışların artmasından dolayı akımlar da artmıştır. Fakat bu üç dönem kendi içinde karşılaştırıldığında 2016-2025 yıllarına oranla 2046-2055 yıllarında akım miktarı 6,91 mm'den 2,96 mm'ye %57'lik ve 2076-2085 yıllarında 6,91 mm'den 4,56 mm'ye %34'lük bir azalma söz konusudur. Bu durumda yağışlar arttıkça akım miktarı artmakta, yağışlar azaldıkça ise akım miktarı azalmaktadır. Dolayısıyla yağış miktarı ile akım miktarı doğru orantılı olarak değişmektedir. Ayrıca Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'teki akım dağılımları karşılaştırıldığında model 2016-2025 yılları arasında düzenli olarak her yıl belirli miktar akım hesaplamıştır. 2046-2055 yılları arasında ise diğer dönemlere oranla yağış miktarı düşük olmasına rağmen akım miktarı yağış ile orantılı olarak dağılımlı azalma göstermiştir. 1976-1985 yılları arasında ise akım miktarı dağılımı belirli yıllara aşırı toplanmış, diğer yıllarda ise neredeyse yok denecek kadar az hesaplanmış yada hiç akım hesaplanmamıştır. Bunun sebebi ise uzak periyoda doğru gidildikçe yağış dağılımının değişmesi, düzensizleşmesi ve belirli yıllarda oluşan yağışların o yıllara fazla akım olarak

yansıması olarak düşünülmüştür. Dolayısı ile akım miktarı diğer iki döneme göre daha düzensiz olarak grafiğe yansımıştır. Şen (2009) da yağışların uzun yıllar boyunca alışlagelmiş ortaya çıkma yerlerinde, zamanlarında farklılıklar ile daha yoğun yağışlar olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca iklim bilimciler geleceğe yönelik yaptıkları çeşitli tahminlerde yağış ve sıcaklıklardaki belirgin değişikliklerin yüzyılın sonlarına doğru olacağını belirtmişlerdir (Demir ve ark. 2007, Önal ve ark. 2009, Demir ve ark. 2010). Bu çalışma da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Sıcaklık değerleri açısından Çizelge 4.8 incelendiğinde 1989-2007 yıllarına göre 2016-2025 yılları arası aylık ortalama sıcaklık miktarının 0,7 °C azaldığı, 2046-2055 yılları arası 0,61 °C ve 2076-2085 yılları arasında ise 2,23 °C arttığı görülmüştür. Sıcaklık grafiklerine (Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28) bakıldığında ise özellikle 2076-2085 yılları arasında ortalama aylık sıcaklık değerlerinin 2016-2025 ve 2046-2055 yıllarına oranla tüm dönem boyunca 5 °C'nin altına hiç düşmediği ve 25 °C'nin üzerinde seyrettiği hatta ortalama olarak bazı yıllarda 30 °C'ye yaklaştığı net bir şekilde gözükmektedir.

Çizelge 4.5'e bakıldığında 2016-2025 yılları arası model referans yıllarına göre ortalama 0,12 °C, 2046-2055 yılları arası ortalama 1,43 °C ve 2076-2085 yılları arası ise ortalama 3,05 °C sıcaklık farkı olacağı tahmin edilmiştir. Sıcaklık değerlerinin referans yıllara göre artma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.8'de ise 1989-2007 yılları arasına göre 2016-2025 yılları arası ortalama sıcaklığın 0,7 °C azalacağı, 2046-2055 yılları arası 1,31 °C ve 2076-2085 yılları arası ise 2,93 °C artacağı görülmektedir. Gelecek 3 dönem kendi içinde karşılaştırıldığında 2016-2025 yıllarına oranla 2046-2055 yılları arasında ortalama aylık sıcaklık arttığından ve ortalama aylık yağış azaldığından akım miktarı en az (2,96 mm) tahmin edilmiştir. 2076-2085 yılları arasında ise sıcaklık ve yağış 2046-2055 yıllarına oranla daha fazla arttığından aylık ortalama akım da daha fazla (4,56 mm) tahmin edilmiştir. Buradan da akım üzerinde sıcaklığa göre yağışın daha etkili bir parametre olduğu gözlenmiştir.

Özkul ve ark. (2008) elde ettikleri sonuçlara göre, 2030, 2050 ve 2100 yıllarında sırasıyla, sıcaklıklarda 1,2 °C, 2 °C ve 4,4 °C'ye varan artışlar, yağışlarda %5,8, %10,2 ve %23,8'e ulaşan azalmalar ve akımlarda ise %20, %35 ve %50'nin üzerinde azalmalar olabileceğini tahmin etmişler, Gediz ve Büyük Menderes havzalarında iklim değişikliğinin beklenen etkisi olarak, havzalarda zaten mevcut olan su kıtlığı ve su tahsisi problemlerinin, kapsam ve boyut açısından, daha da artacağını belirlemişlerdir. Şen (2009) Güneydoğu Bölgesi'nde etkisi fazlaca olabilecek iklim değişikliği dolayısı ile buradaki su kaynaklarının hacimlerinde, kalitelerinde ve yenilenme sürelerinde azalmalar olacağını belirtmiştir. Şen ve

ark. (2008) Seyhan Havzası'nda etkin yağışlarda ve dolayısıyla su kaynaklarında azalma buna karşın bitki su gereksiniminde artış olacağını öngörmüşlerdir. Yapılan bu çalışmalar ile araştırma alanlarının ve gelecek dönemlerin farklı olmasına rağmen eğilim olarak yağış, sıcaklık ve akım değerlerinde benzer sonuçlar gözlenmiştir.

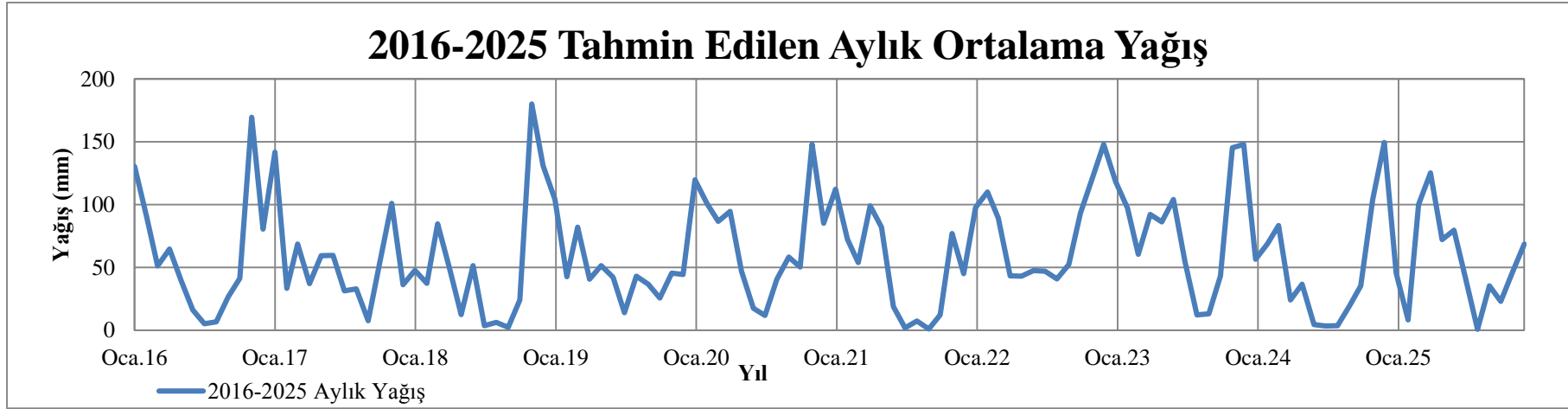
Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında bu çalışmada gelecek üç dönem kendi içinde karşılaştırıldığında yağış miktarının azalmasından dolayı akım miktarının 2016-2025 yıllarına göre 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arasında azalacağı düşünülmektedir. Çünkü yağış miktarının akım üzerinde sıcaklığa göre çok daha etkili bir parametre olduğu gözlenmiştir. Ayrıca 2076-2085 yıllarına doğru gidildikçe yağış rejiminin dağılımının ve düzeninin oldukça değişeceği, onar yıllık dönemler göz önüne alındığında 2000-2100 yılları arasında azalmanın düzensiz bir azalma olacağı, meydana gelen bir yağışta çok miktar kaydedileceği, bu yağışların belirli dönemlerde taşkınlara neden olacağı, belki de uzun dönemlerde kuraklıklara sebep olacağı veya yüzey akış olarak seller oluşturacağı ve oluşacak olan yağışların tarım açısından faydalı bir yağış olmayacağı öngörülmüştür.

4.4. Toprak Nemi Tahmini Model Sonuçları

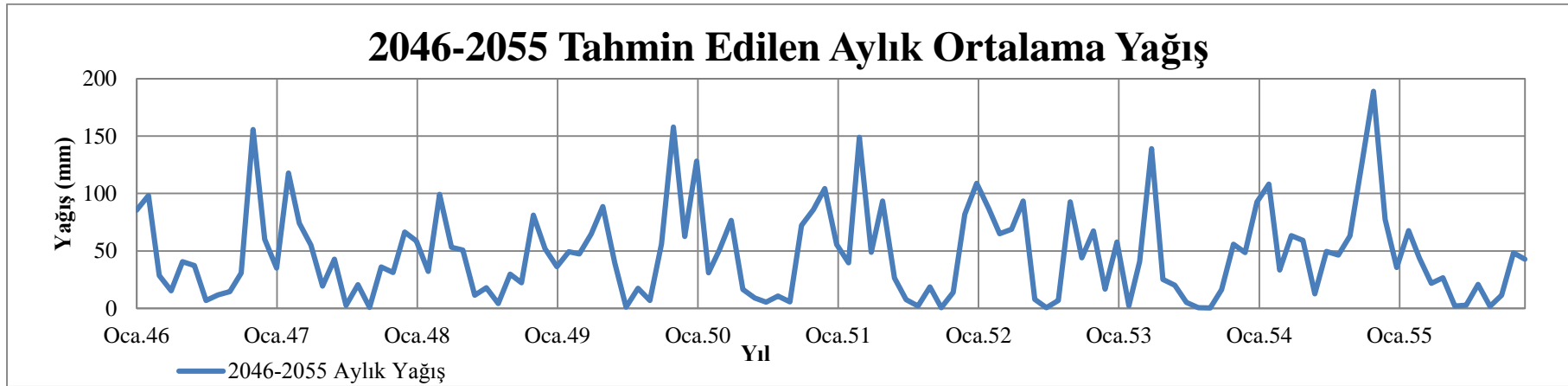
İklim değişikliğinin toprak nemine etkisinin modellenmesi aşamasında Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarından 2012 yılı içinde ayçiçeği ve buğday tarlalarından 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerinden alınan toprak örneklerinden elde edilen toprak nemi değerleri ile 2012 yılı için SWAP Modelin hesapladığı toprak nemi değerleri karşılaştırılarak kalibre edilmiş ve daha sonra ise RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen iklim verileri ile 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için toprak nemi değerleri hesaplanarak sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

4.4.1. 2012 Yılı Ölçülen ve Tahmin Edilen Toprak Nemi Değerleri

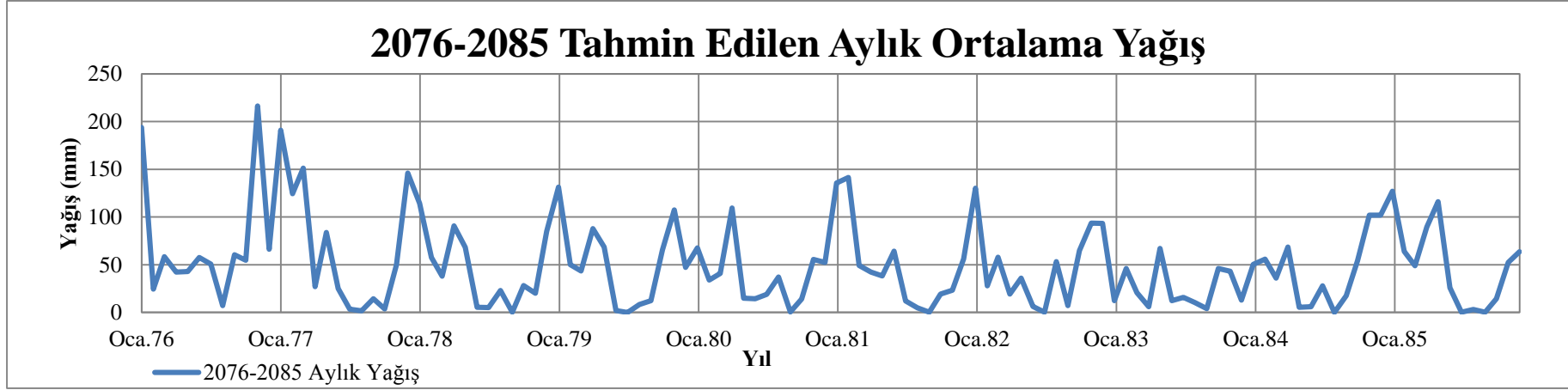
Ayçiçeği ve buğday bitkisinin ekili olduğu tarlalardaki toprak nemi değerleri 2012 yılı içinde arazide ölçülüp SWAP Modelle hesaplanan toprak nemi değerleri ile karşılaştırılmış ve Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'daki değerler elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve tahmin edilen toprak nemi değerlerinin istatistiksel olarak oldukça uyumlu olduğu Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da görülmektedir.



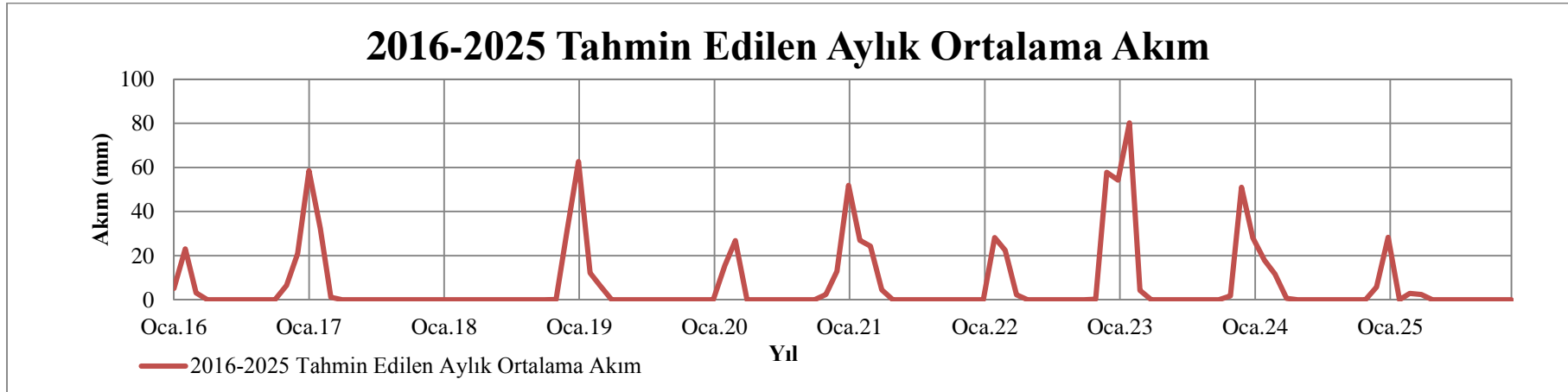
Şekil 4.20. Pınarbaşı Havzası 2016-2025 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama yağış değerleri (mm)



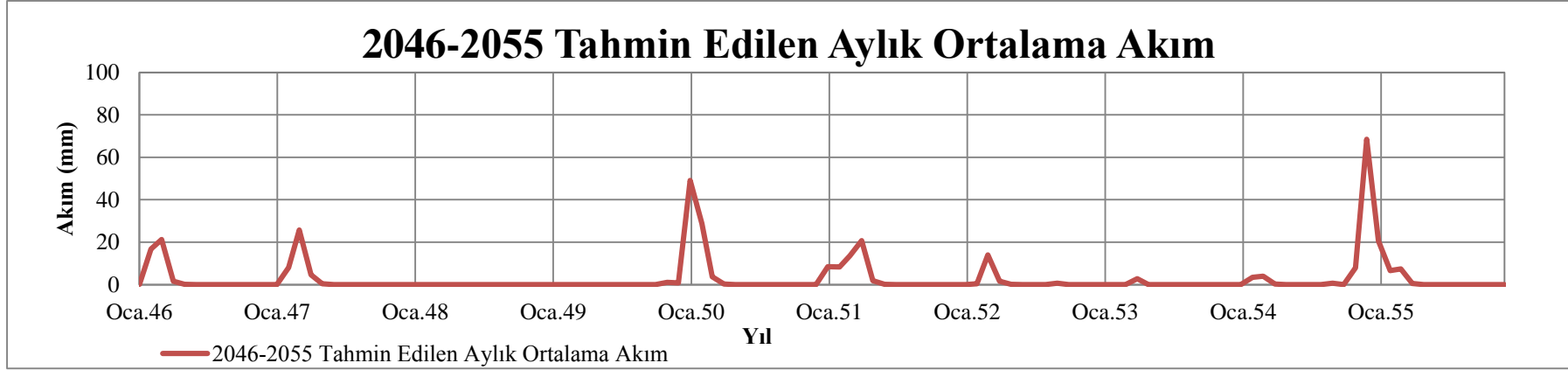
Şekil 4.21. Pınarbaşı Havzası 2046-2055 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama yağış değerleri (mm)



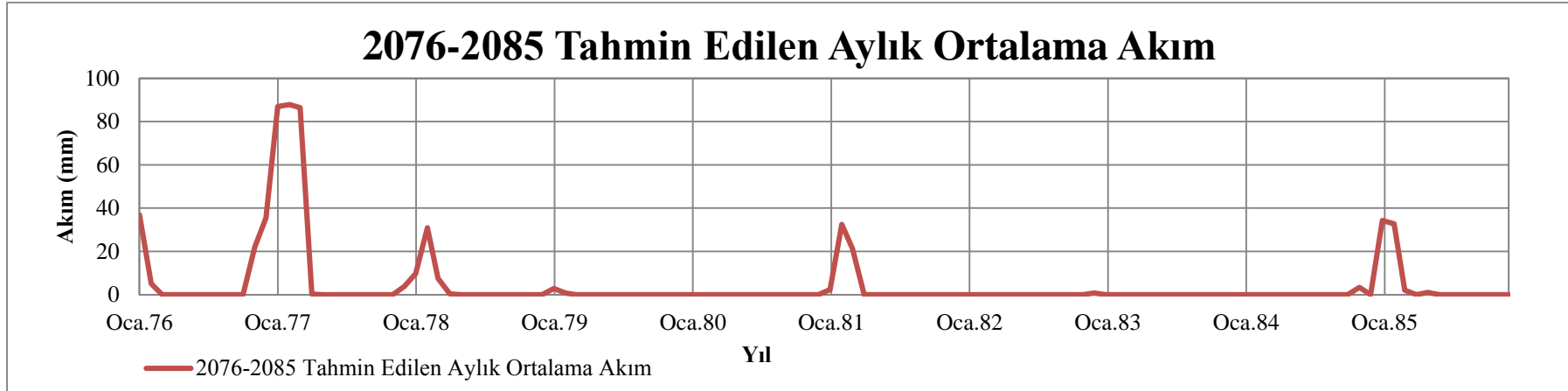
Şekil 4.22. Pınarbaşı Havzası 2076-2085 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama yağış değerleri (mm)



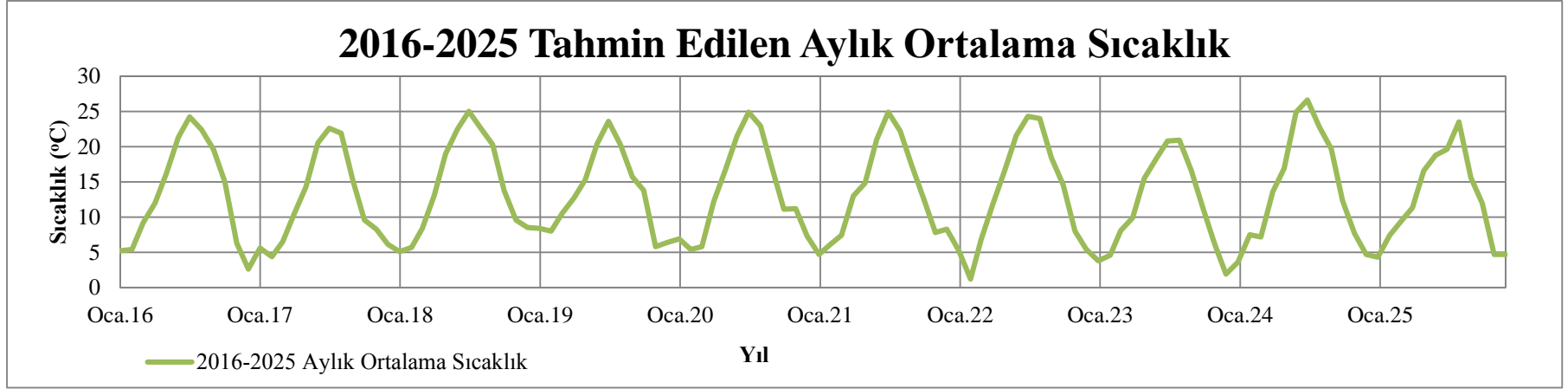
Şekil 4.23. Pınarbaşı Havzası 2016-2025 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama akım değerleri (mm)



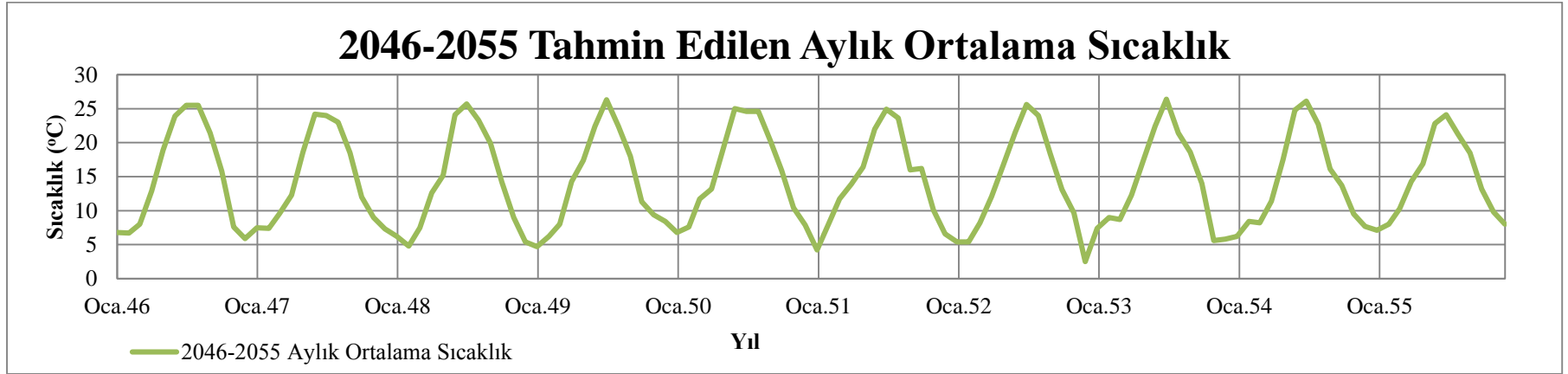
Şekil 4.24. Pınarbaşı Havzası 2046-2055 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama akım değerleri (mm)



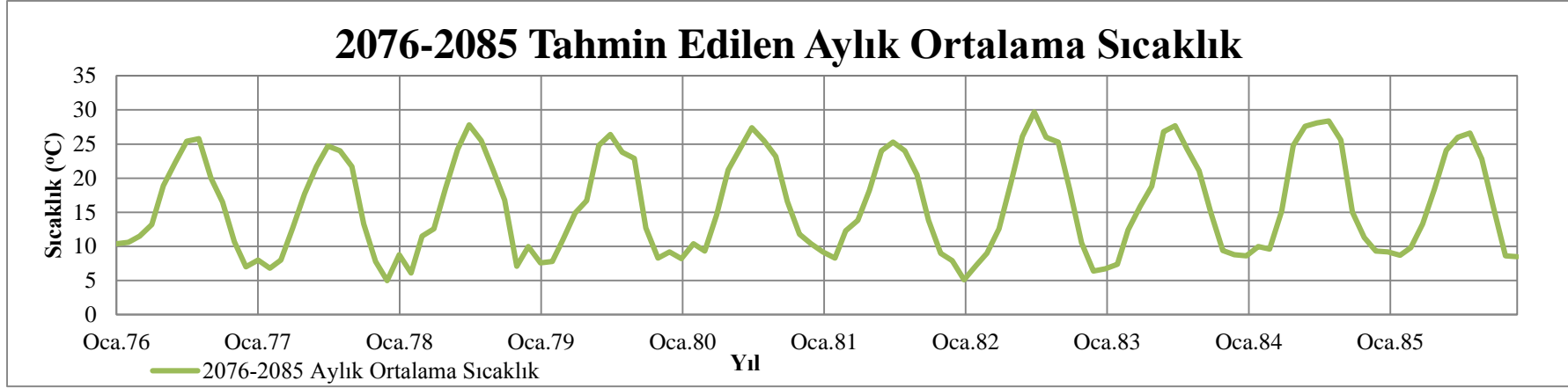
Şekil 4.25. Pınarbaşı Havzası 2076-2085 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama akım değerleri (mm)



Şekil 4.26. Pınarbaşı Havzası 2016-2025 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

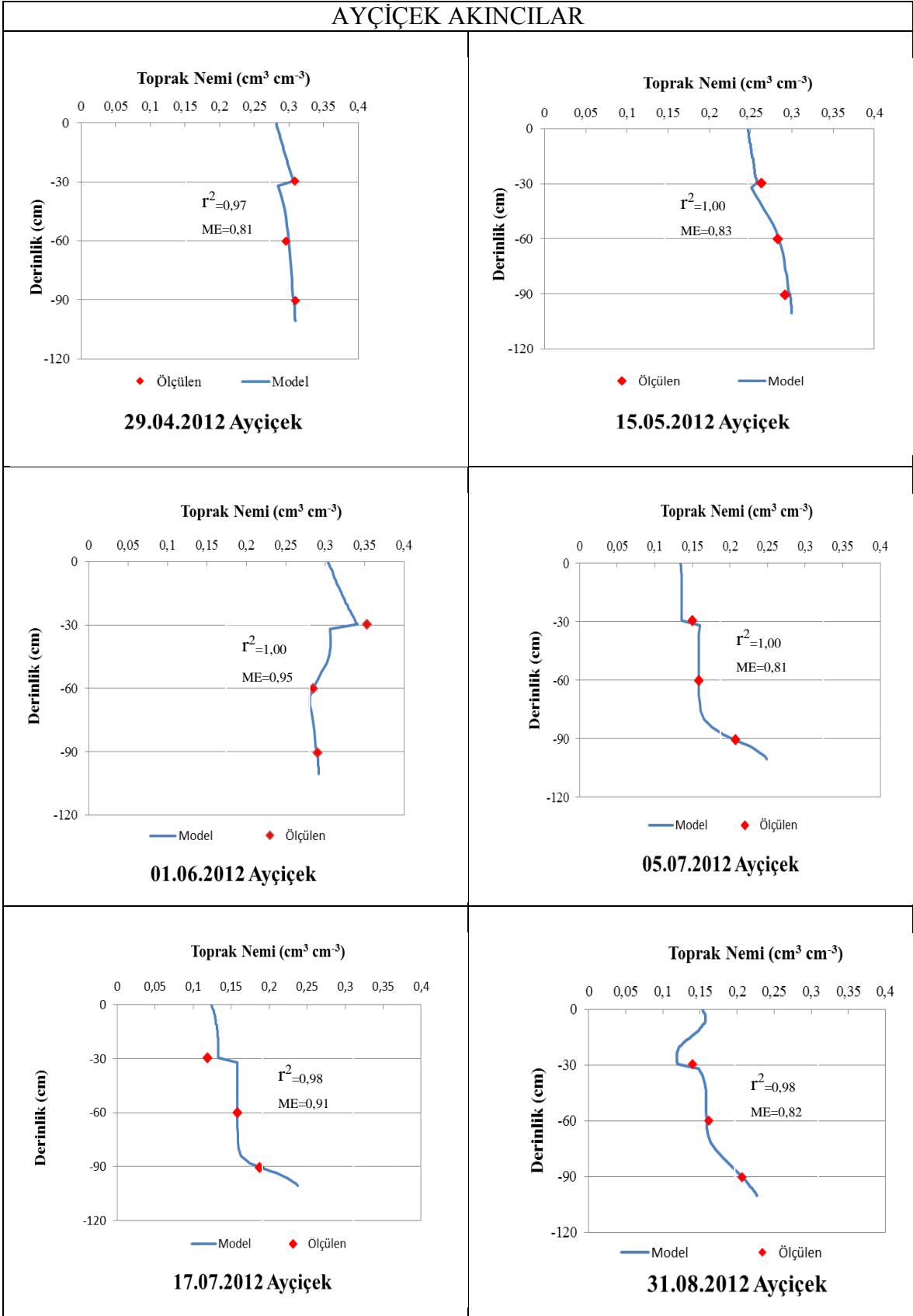


Şekil 4.27. Pınarbaşı Havzası 2046-2055 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)



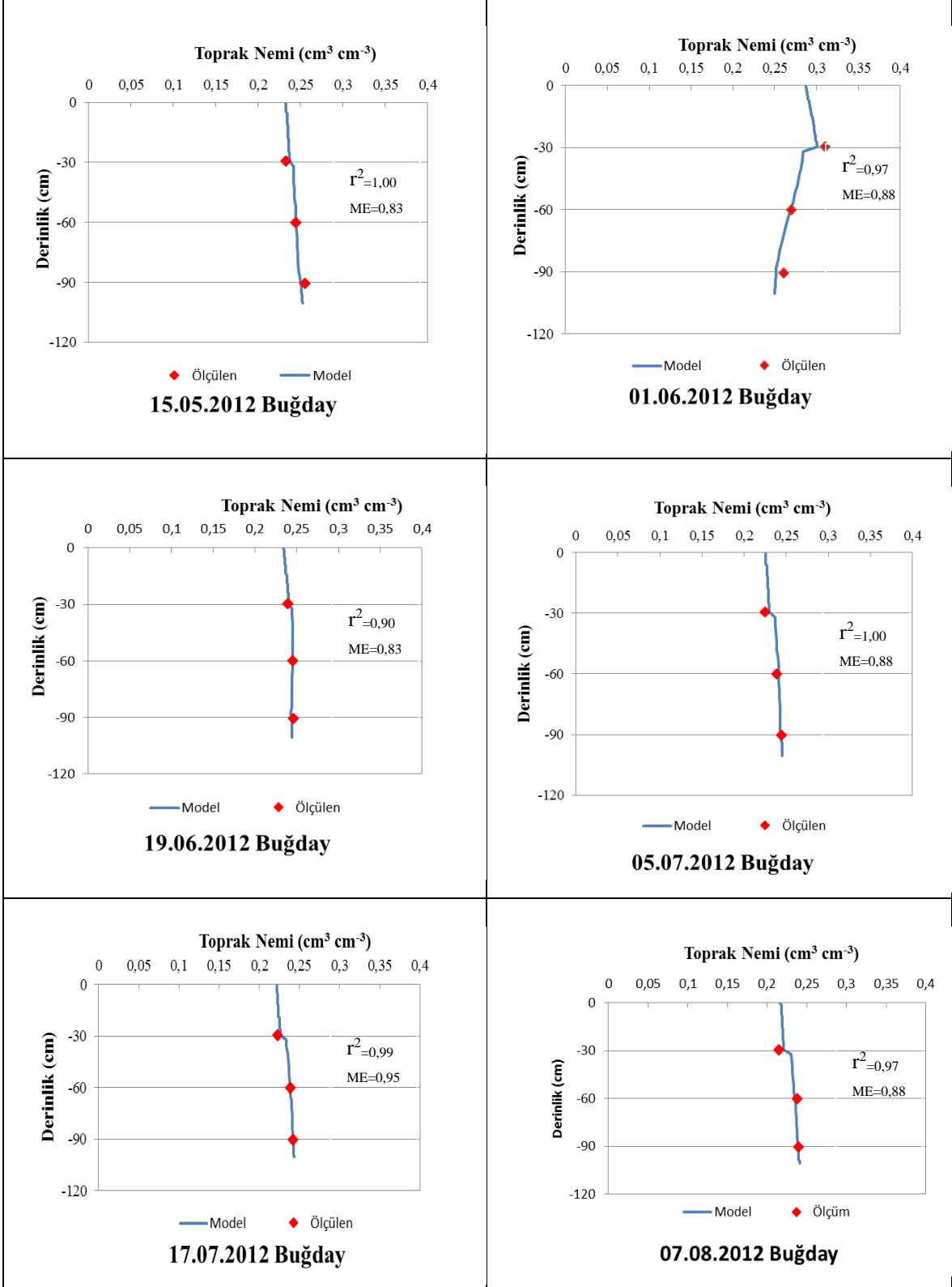
Şekil 4.28. Pınarbaşı Havzası 2076-2085 yılları arası tahmin edilen aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

AYÇİÇEK AKINCILAR



Şekil 4.29. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 yılı ölçülen toprak nemi değerleri ile model sonuçlarının karşılaştırılması

BUĞDAY AKINCILAR



Şekil 4.30. Akıncılar buğday tarlası 2012 yılı ölçülen toprak nemi değerleri ile model sonuçlarının karşılaştırılması

4.4.2. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları için Toprak Neminin Modellenmesi

Çalışma kapsamında toprak nemi sonuçları dört başlık altında incelenerek aşağıda açıklanmıştır.

Zaman bazında toprak profillerine göre nem analizi

Ayçiçeği ve buğday için Akıncılar, Sofular ve Çövenli’de ölçülen toprak nemi değerleri ile modellenen toprak nemi değerleri Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da karşılaştırılmıştır. Örnek olarak Akıncılar’daki ayçiçeği tarlasında r^2 ve ME değerleri sırasıyla 0,97-1,00 ve 0,81-0,95 değerleri arasında değişmektedir. İstatistiksel olarak fark yoktur ve model bunu doğru olarak tahmin etmiştir. Tsiros ve ark. (1998) toprak su rejimini Richard’s denkleminin numerik çözümüne dayandırmışlar ve buna göre Richard’s denkleminin numerik çözümüne dayanan yöntemin üst ve alt toprak bölgelerinin her ikisi için de daha doğru sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir. Dolayısı ile bu çalışmada kullanılan SWAP Model de Richard’s denklemini esas aldığından bulunan sonuçlar Tsiros ve ark. (1998) ‘nın yaptıkları çalışma ile benzer bir şekilde uyum göstermektedir. Ancak araştırmada 90 cm’den toprak yüzeyine doğru gidildikçe toprak nemi değerlerinde model ile ölçülen değerler arasındaki uyumunun zayıflamakta olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin 30 cm toprak derinliğinin yani üst yüzeyin yağış ve sıcaklığa direk maruz kalması olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle üst toprak dinamik bir yapıya sahip olduğundan toprak neminin tahmin edilmesi oldukça zordur. Bu en önemli sonuçlardan biridir ve bu durum Elmaloglou ve Malamos (2000) tarafından da teyid edilmiştir. Sofular ve Çövenli’de de benzer sonuçlar gözlenmiştir.

Zaman bazında toprak nemi eğilim analizi

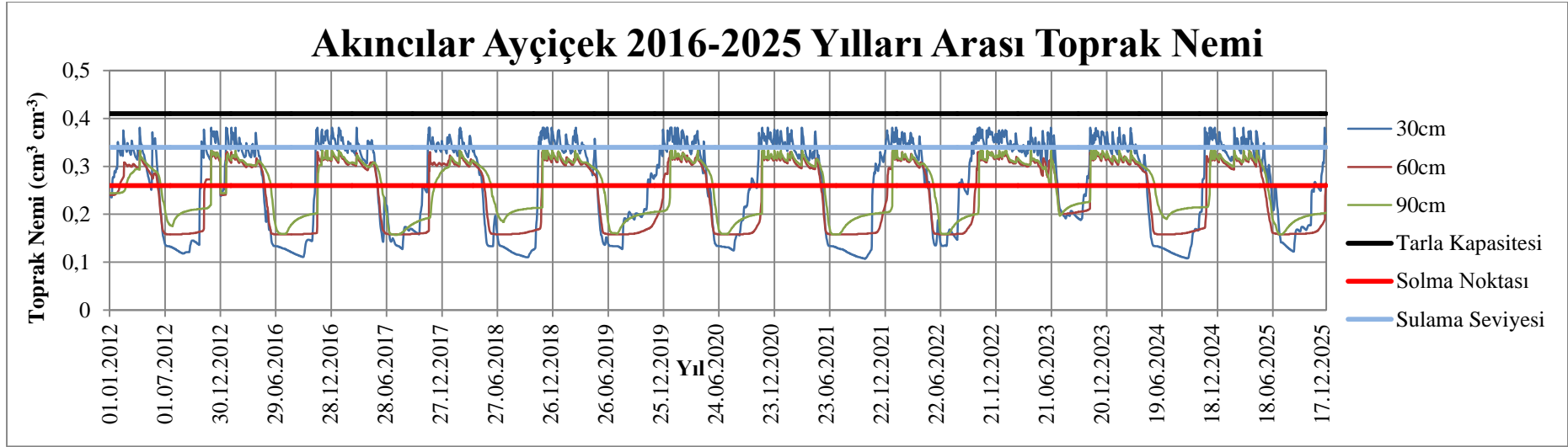
Akıncılar, Sofular ve Çövenli’de ayçiçeği ve buğday tarlalarında toprak nemi grafiklerine bakıldığında 2012 yılına göre 2016-2025 yılları arası, 2046-2055 yılları arası ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri genel eğilim olarak birbirine benzer ve uyumludur. Fakat bazı yıllarda RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ile yapılan tahminlerde yağışlarda ve sıcaklıklarda aşırı artma ve azalmalar tahmin edildiğinden toprak nemi miktarında genel eğilime göre değişiklikler gözlenmiştir. Örneğin Akıncılar, Sofular ve Çövenli’deki ayçiçeği tarlalarında 2023 (Şekil 4.31, Şekil 4.34, Şekil 4.37), 2054 (Şekil 4.32, Şekil 4.35, Şekil 4.38) ve 2084 (Şekil 4.33, Şekil 4.36, Şekil 4.39) yıllarında, buğday

tarlalarında ise 2016, 2018 ve 2024 (Şekil 4.40, Şekil 4.43, Şekil 4.46), 2046, 2053 ve 2055 (Şekil 4.41, Şekil 4.44, Şekil 4.47), 2082, 2083 ve 2084 (Şekil 4.42, Şekil 4.45, Şekil 4.48) yıllarında genel eğilime göre farklılıklar gözlenmiştir. Her üç yerde de aynı yıllarda değişiklik gözlenmesinin nedeni ise geleceğe yönelik tahminlerde aynı iklim verilerinin kullanılmış olmasıdır. Ayrıca özellikle buğday ekili alanlarda genel eğilime göre gözlenen farklılıklar sulama açısından bu dönemlerde destek sulaması yapılabileceği şeklinde değerlendirilmiştir.

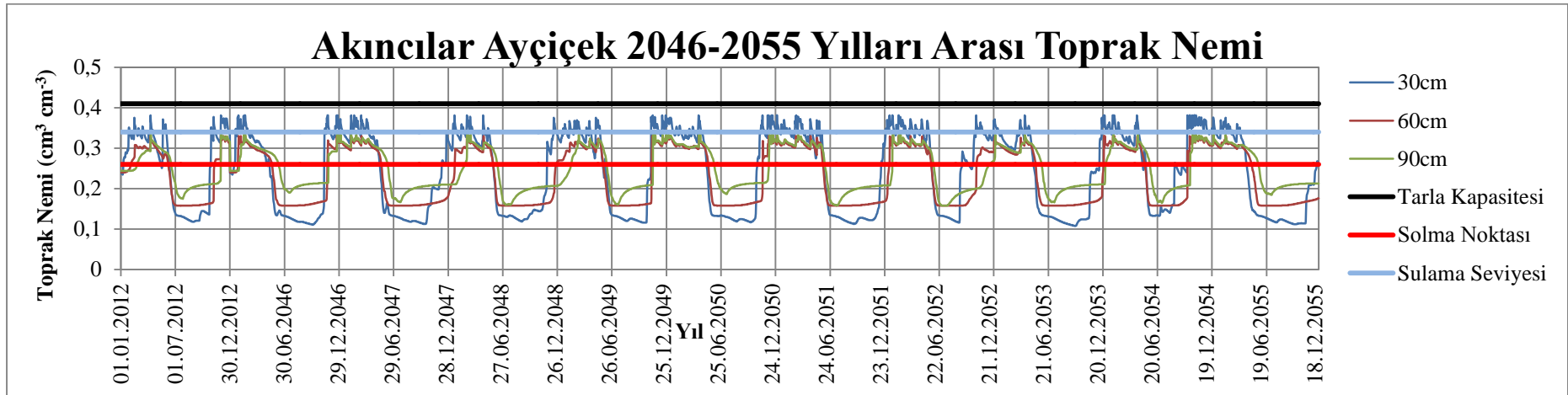
Ortalama olarak toprak nemi değerlerinde zaman bazında 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arasında Çizelge 4.9'a bakıldığında çok büyük farklılıklar gözlenmemiştir. Toprak nemi grafiklerine bakıldığında 30 cm toprak derinliğinde kurak dönemlerde toprağın oldukça kurduğu ve yağışlı dönemlerde ise oldukça nemli olduğu gözlenmiştir. Bu durumda iyi bir stabiliteye sahip olan toprak derinliğinin beklenildiği gibi 90 cm olduğu görülmüştür. Aynı grafiklerde 60 cm'deki toprak nemi değerleri 30 cm ve 90 cm'deki nem değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Sonuç olarak zaman serisi bakımından tarla kapasitesi ve solma noktası dışındaki değerler bitki yetiştiriciliği için oldukça önemli olduğundan iklim değişikliği ile birlikte toprak nem değişim sonuçları, özellikle yetiştirme periyodu ve yetiştirilen bitkiler bakımından dikkate alındığında genel olarak verimi etkileyecek düzeyde gözlenmemiştir.

Çizelge 4.9. 2012 yılı ve gelecek yıllar ortalama toprak nemi değerleri

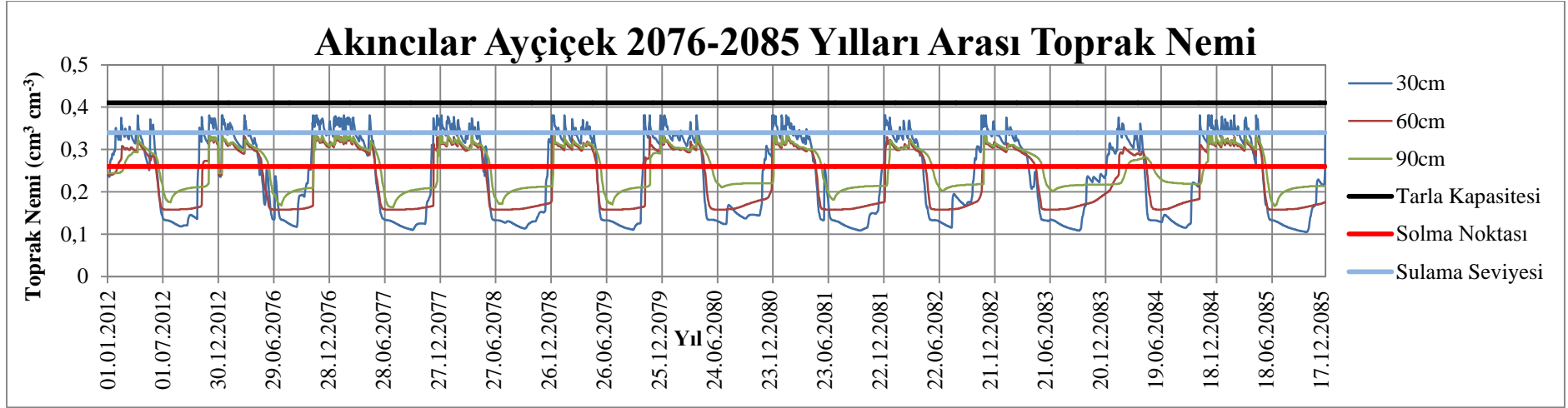
| | | Ortalama Toprak Nemi Değerleri (cm ³ cm ⁻³) | | | | |
|---------|-----------|--|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | Derinlik (cm) | 2012 yılı | 2016-2025 yılları arası | 2046-2055 yılları arası | 2076-2085 yılları arası |
| Ayçiçek | Akıncılar | 30 | 0,25 | 0,26 | 0,24 | 0,23 |
| | | 60 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,23 |
| | | 90 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| | Sofular | 30 | 0,29 | 0,29 | 0,27 | 0,26 |
| | | 60 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,26 |
| | | 90 | 0,34 | 0,32 | 0,32 | 0,32 |
| | Çövenli | 30 | 0,29 | 0,29 | 0,26 | 0,26 |
| | | 60 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,32 |
| | | 90 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,35 |
| Buğday | Akıncılar | 30 | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,28 |
| | | 60 | 0,27 | 0,28 | 0,27 | 0,27 |
| | | 90 | 0,27 | 0,28 | 0,27 | 0,27 |
| | Sofular | 30 | 0,32 | 0,33 | 0,31 | 0,31 |
| | | 60 | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,33 |
| | | 90 | 0,38 | 0,38 | 0,37 | 0,36 |
| | Çövenli | 30 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,35 |
| | | 60 | 0,40 | 0,41 | 0,40 | 0,39 |
| | | 90 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,38 |



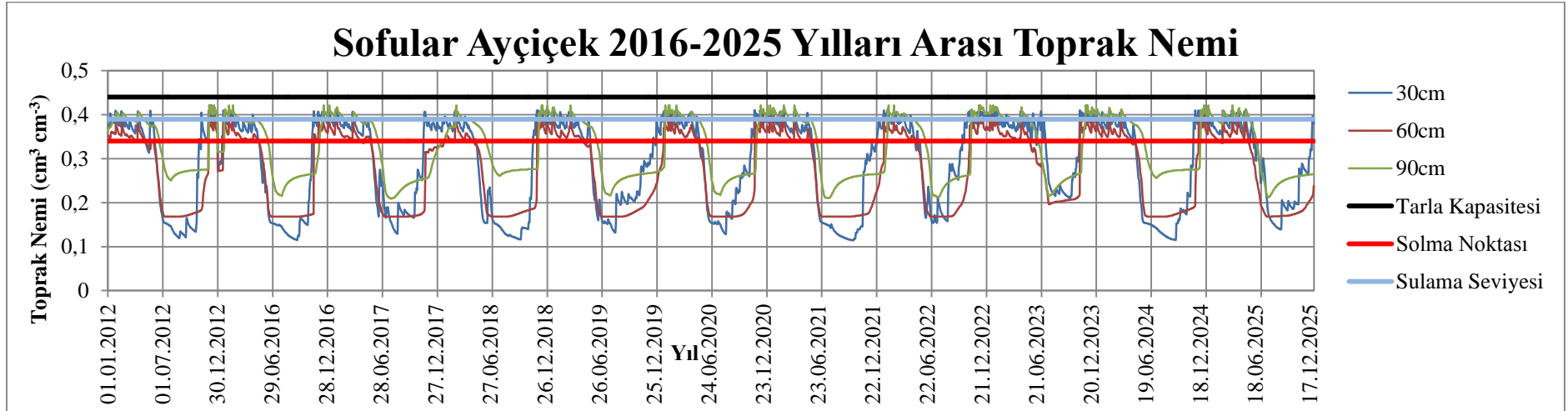
Şekil 4.31. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri



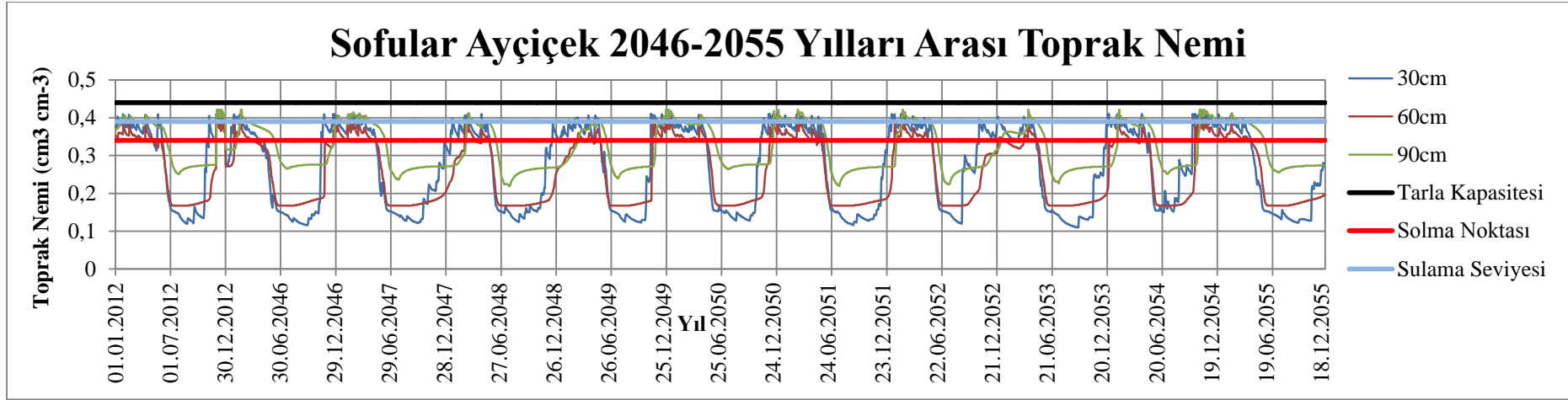
Şekil 4.32. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri



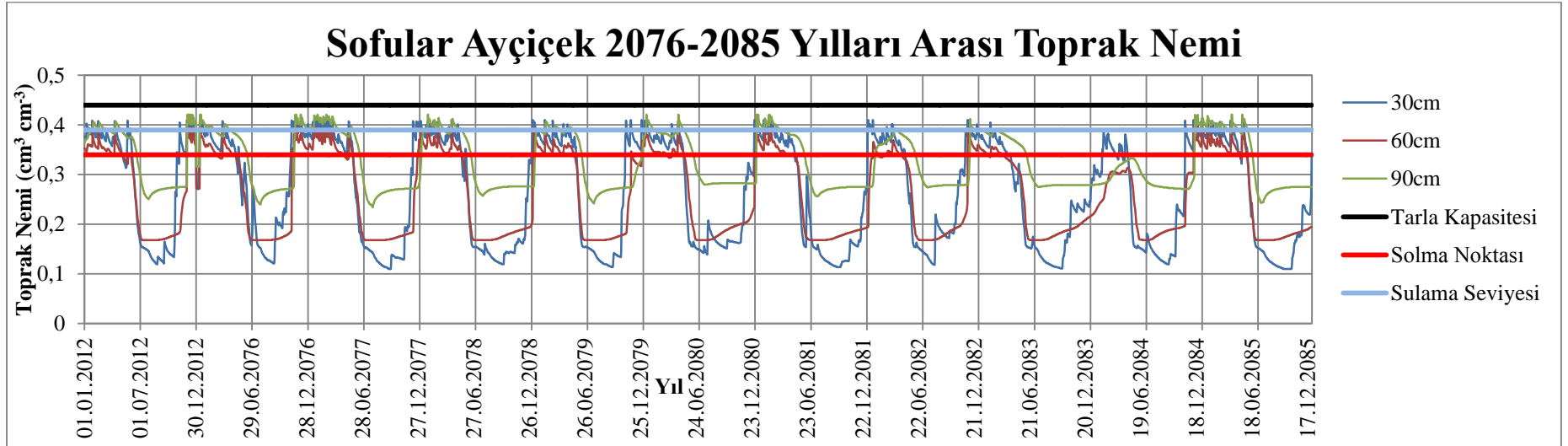
Şekil 4.33. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri



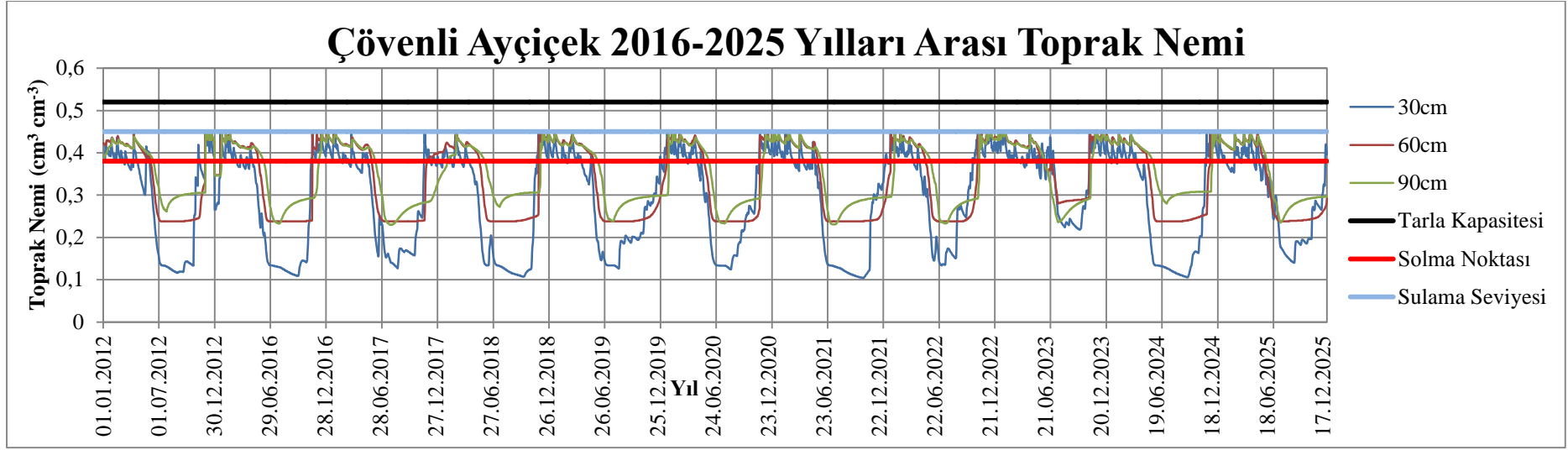
Şekil 4.34. Sofular ayçiçek tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri



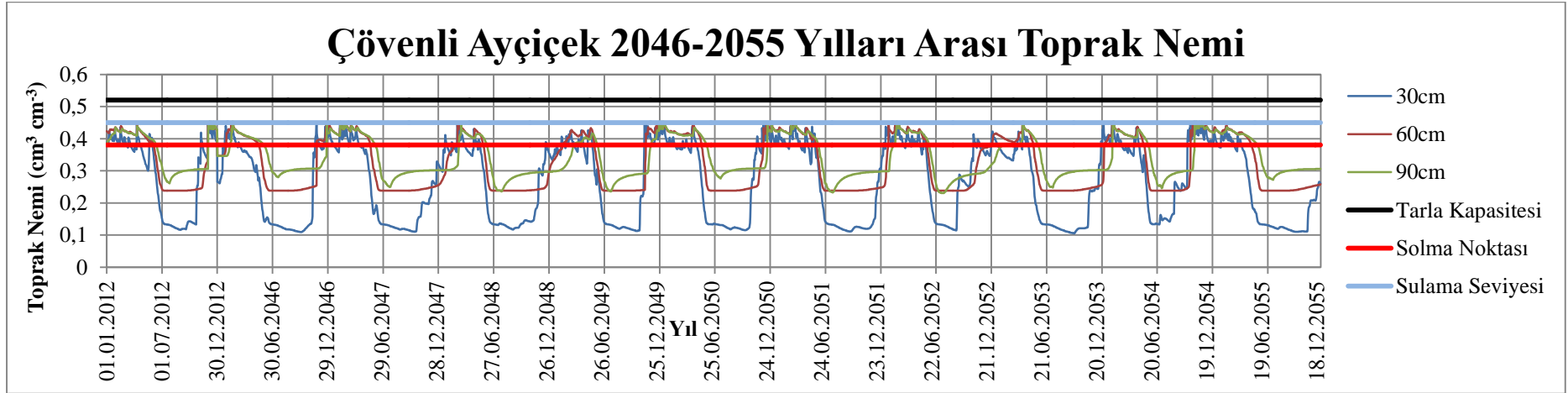
Şekil 4.35. Sofular ayçiçek tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri



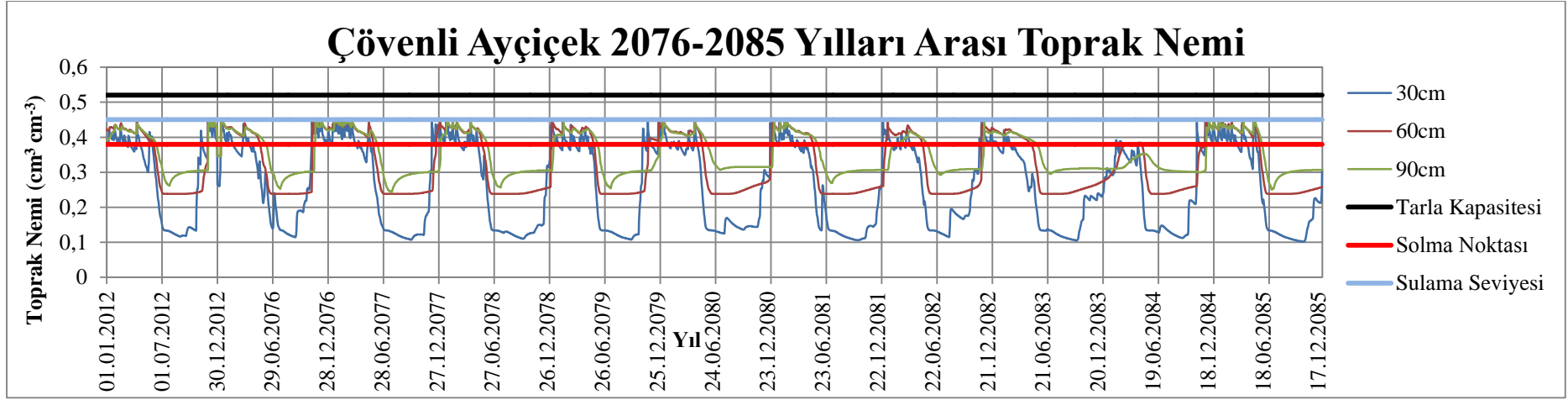
Şekil 4.36. Sofular ayçiçek tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri



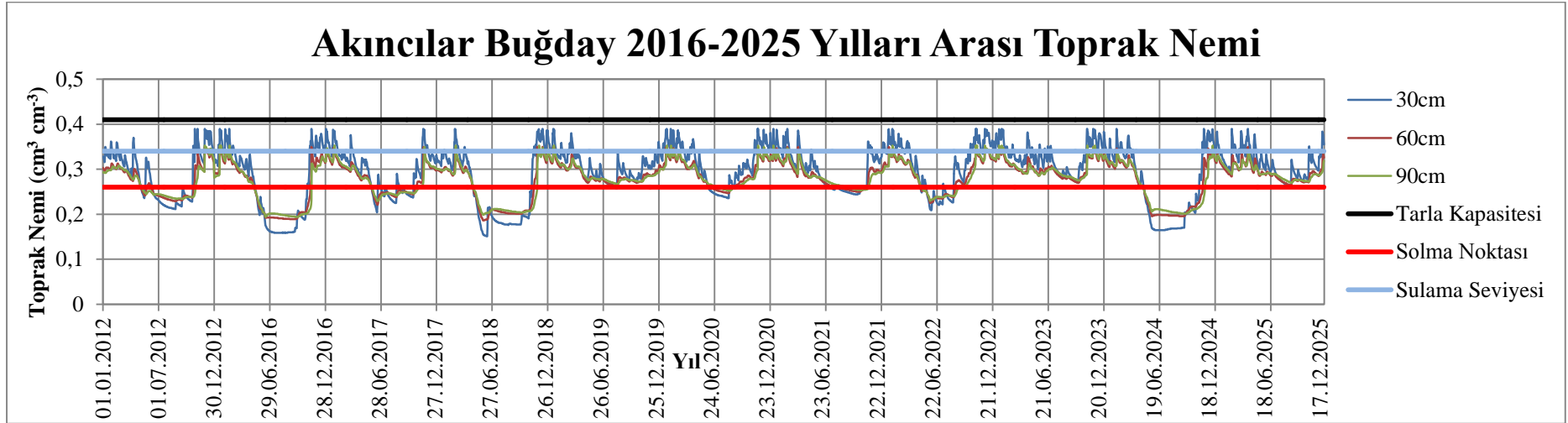
Şekil 4.37. Çövenli ayçiçek tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri



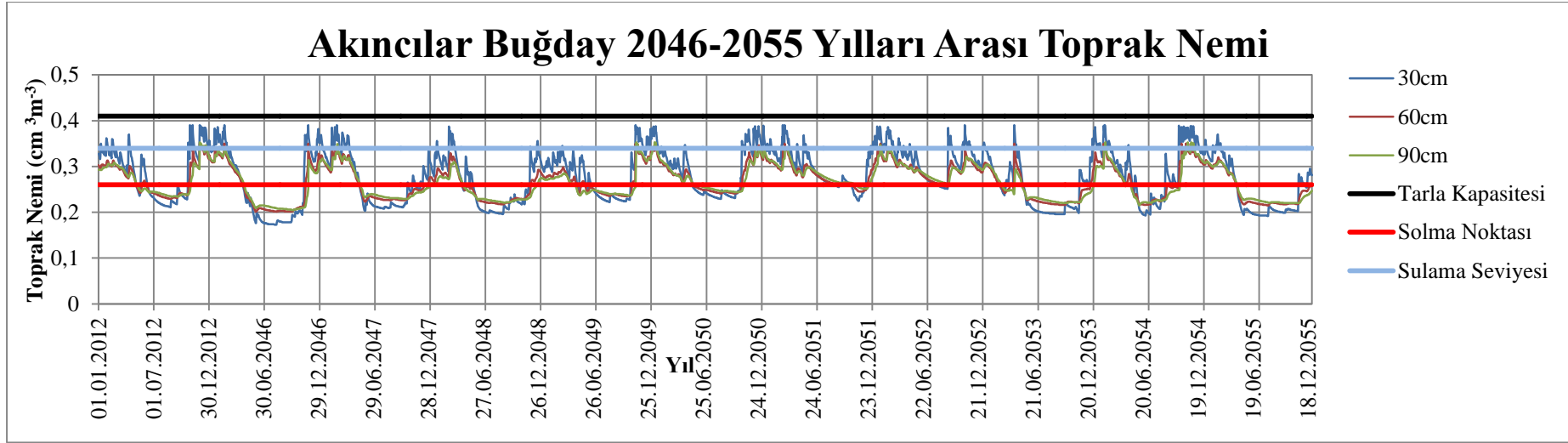
Şekil 4.38. Çövenli ayçiçek tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri



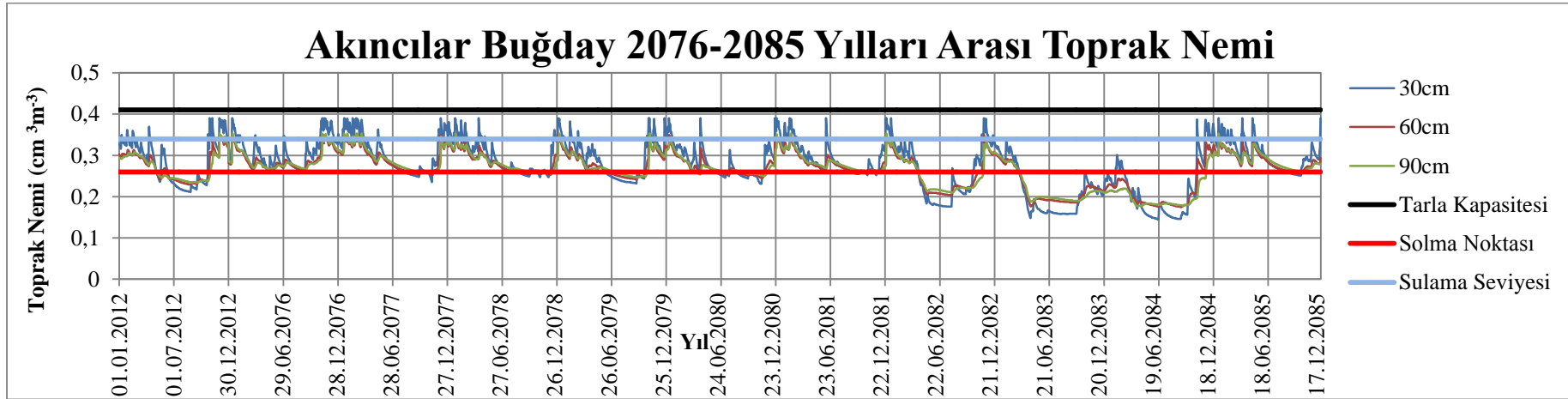
Şekil 4.39. Çövenli ayçiçek tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri



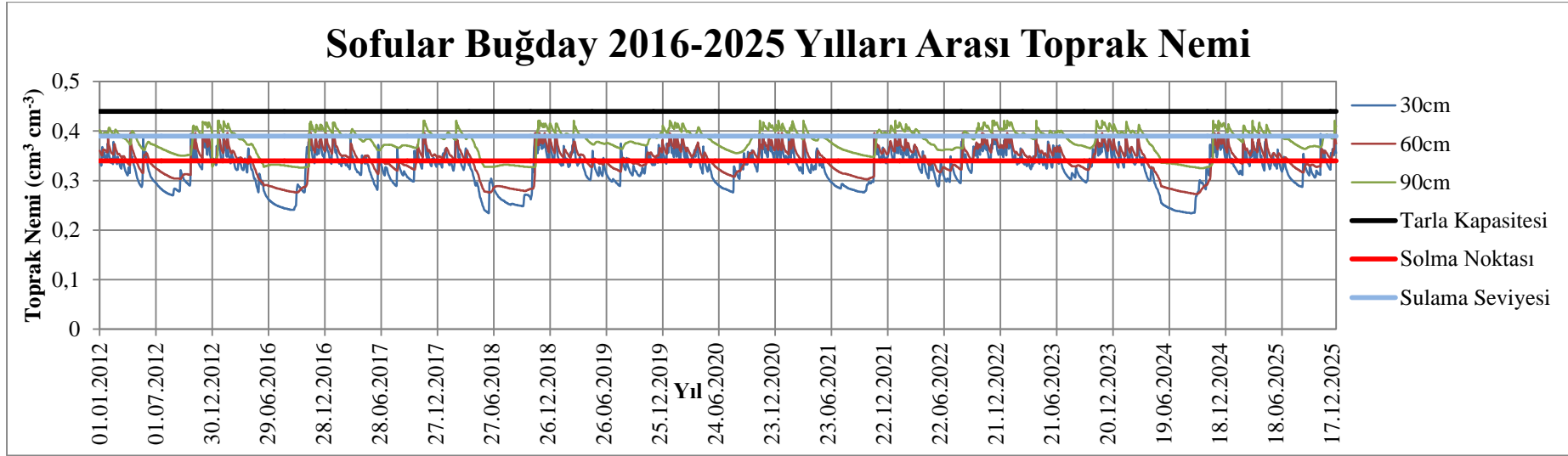
Şekil 4.40. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri



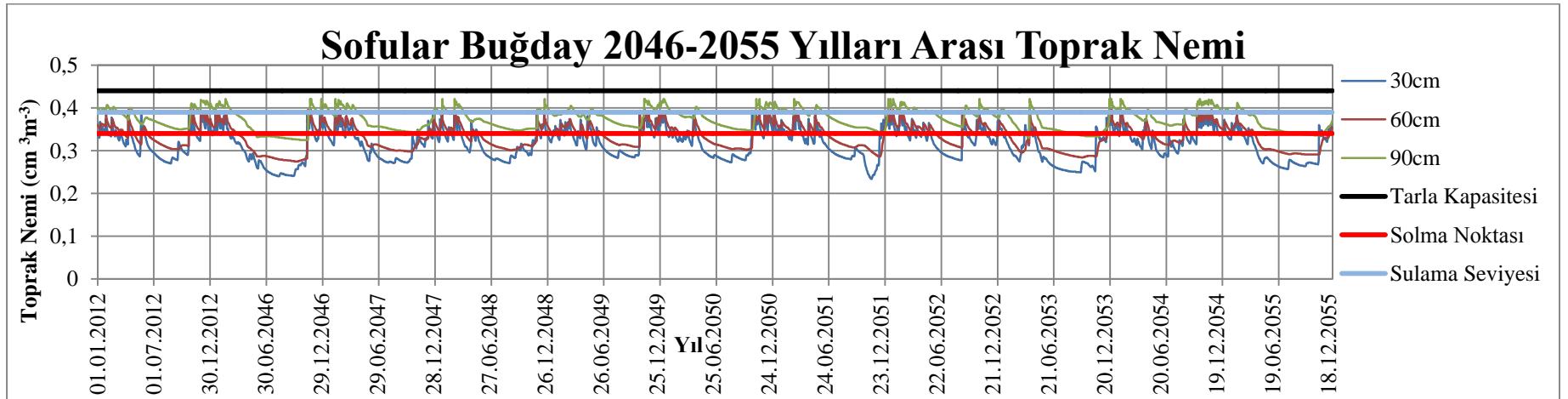
Şekil 4.41. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri



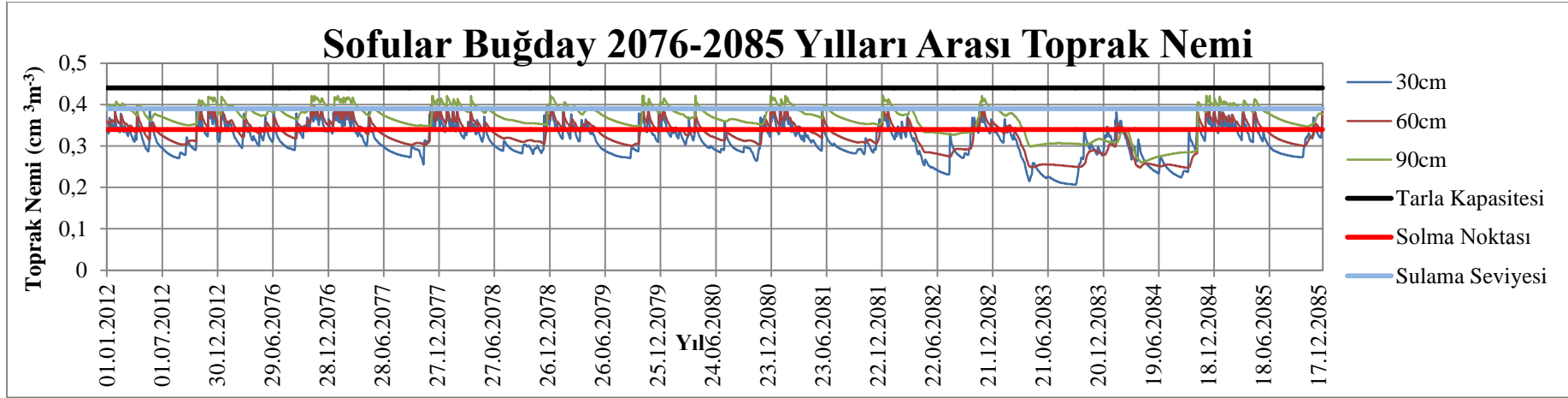
Şekil 4.42. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri



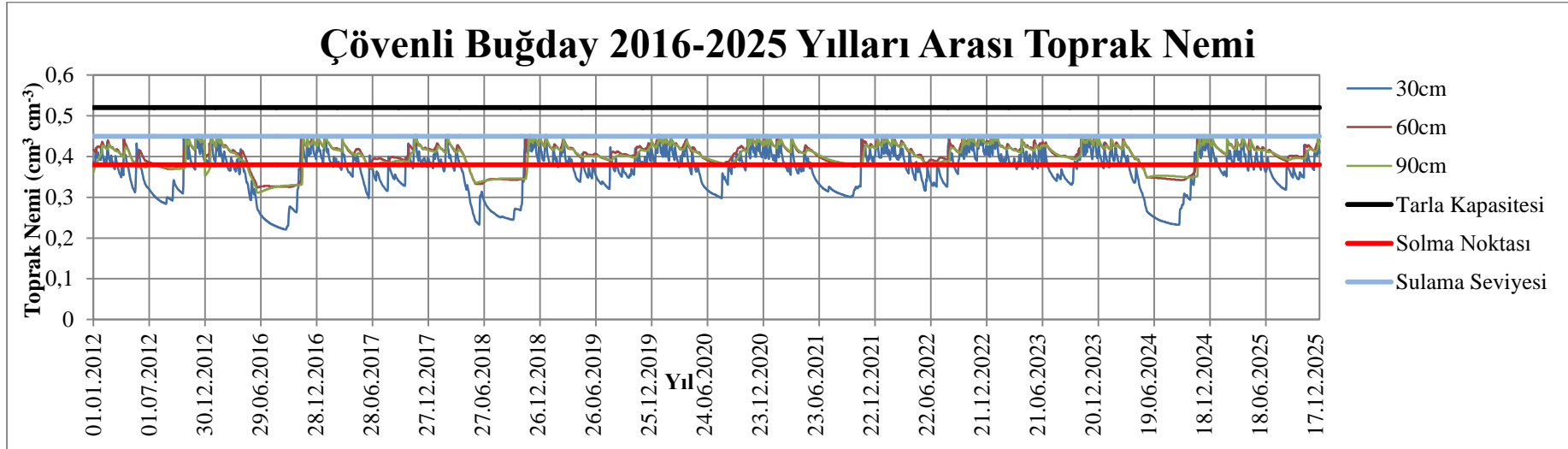
Şekil 4.43. Sofular buğday tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri



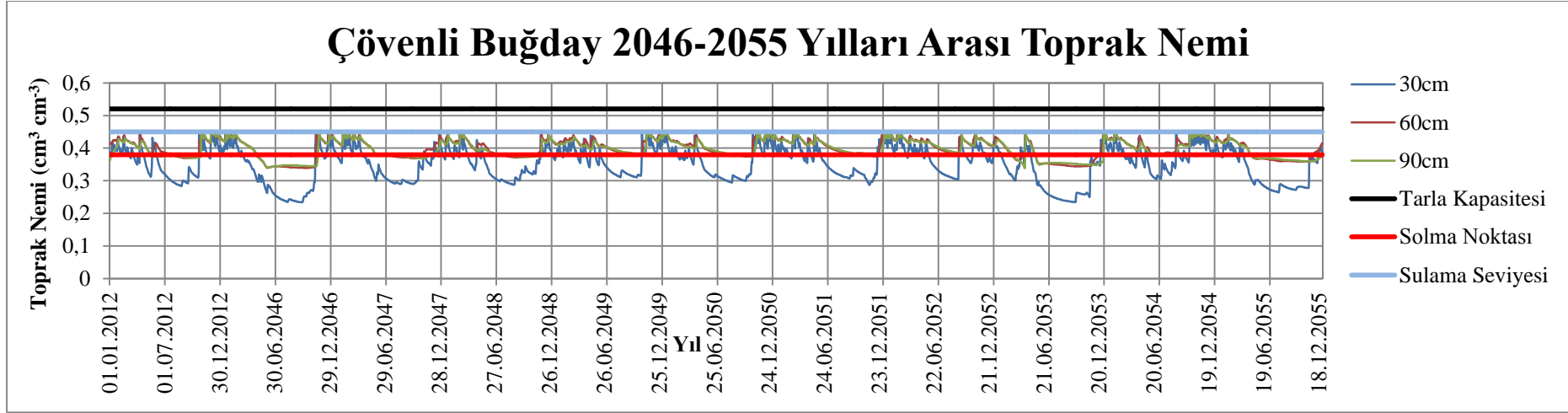
Şekil 4.44. Sofular buğday tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri



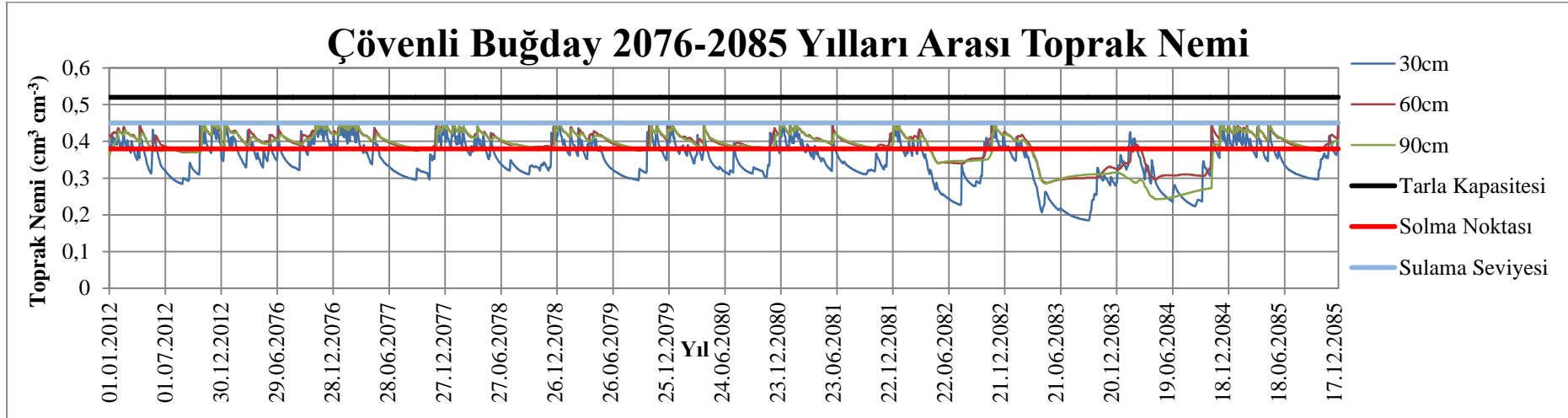
Şekil 4.45. Sofular buğday tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri



Şekil 4.46. Çövenli buğday tarlası 2012 ve 2016-2025 yılları arası toprak nemi değerleri



Şekil 4.47. Çövenli buğday tarlası 2012 ve 2046-2055 yılları arası toprak nemi değerleri



Şekil 4.48. Çövenli buğday tarlası 2012 ve 2076-2085 yılları arası toprak nemi değerleri

Yer bazında toprak nemi analizi

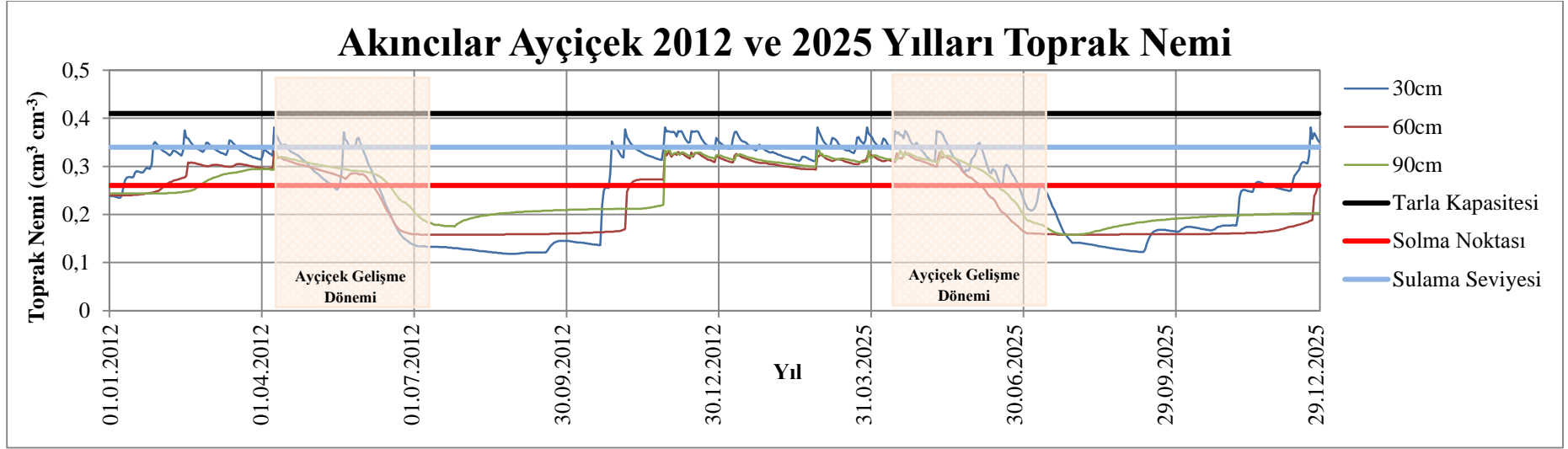
Ortalama toprak nemi oranları için Çizelge 4.9'a bakıldığında buğday ve ayçiçeği tarlalarının her ikisinde de Akıncılar ve Sofular'a oranla Çövenli'de yüksek toprak nemi oranları elde edilmiştir. Çövenli ile ilgili toprak verilerine bakıldığında 60 cm toprak tabakasının killi topraktan oluştuğu, killi toprağın ise su tutma özelliğinden dolayı özellikle 60 cm ve 90 cm toprak derinliklerinde ortalama toprak nemi değerlerinin Akıncılar ve Sofular'a göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolayısı ile toprağın bünye sınıfına göre nem tutma özelliğinin değiştiği gözlenmektedir.

2012 yılı ile 2025, 2055 ve 2085 yılları toprak neminin karşılaştırılması

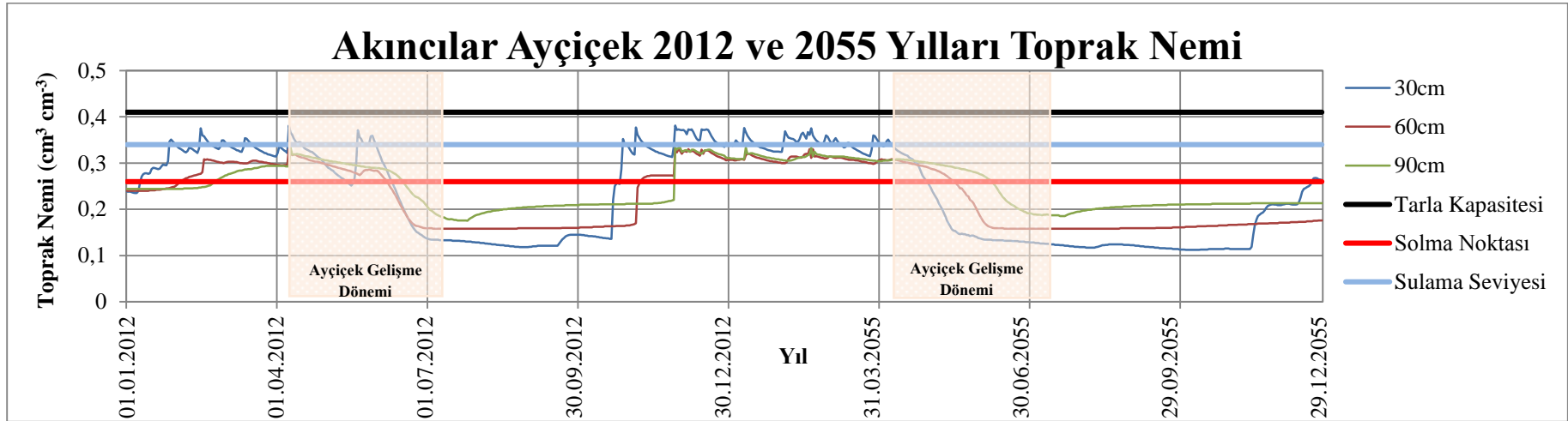
Toprak nemi değerleri bakımından Akıncılar alt havzasında 2012 yılı ile 2025, 2055 ve 2085 yılları karşılaştırıldığında Çizelge 4.10'daki değerler elde edilmiştir. Buna göre yakın orta ve gelecek yıl periyodunda toprak nemi bakımından verimi etkileyecek biçimde değişiklikler gözlenmeyecektir. Şekil 4.49, Şekil 4.50, Şekil 4.51, Şekil 4.52, Şekil 4.53 ve Şekil 4.54 bitki bazında toprak nemi bakımından değerlendirildiğinde ayçiçeği ve buğday bitkilerinde bitki büyüme periyodu içinde toprak nemi yeterli gözükmemektedir. Her iki bitki için hasat dönemine yakın toprak nemi solma noktasının altına düşse de bitkilerin ciddi bir su istekleri olmadığından çok büyük sorun teşkil etmemektedir.

Çizelge 4.10. 2012 yılı ile 2025, 2055 ve 2085 yılları ortalama toprak nemi değerleri

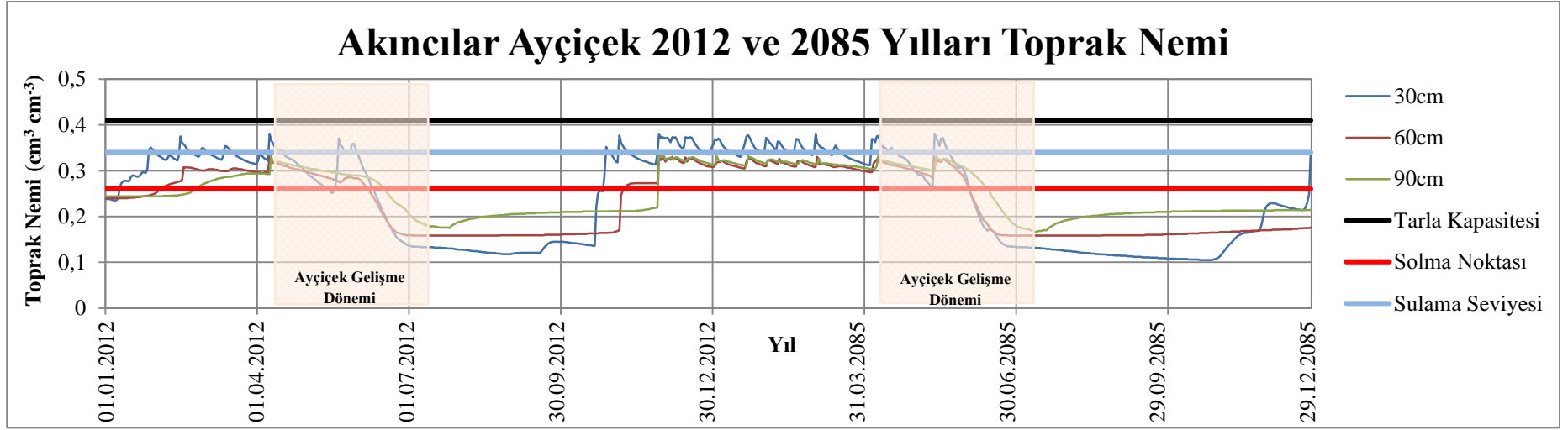
| Akıncılar | Derinlik (cm) | Ortalama Toprak Nemi Değerleri (cm ³ cm ⁻³) | | | |
|-----------|---------------|---|-----------|-----------|-----------|
| | | 2012 yılı | 2025 yılı | 2055 yılı | 2085 yılı |
| Ayçiçek | 30 | 0,25 | 0,26 | 0,21 | 0,23 |
| | 60 | 0,25 | 0,23 | 0,22 | 0,23 |
| | 90 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Buğday | 30 | 0,29 | 0,31 | 0,25 | 0,30 |
| | 60 | 0,27 | 0,29 | 0,25 | 0,29 |
| | 90 | 0,27 | 0,29 | 0,25 | 0,29 |



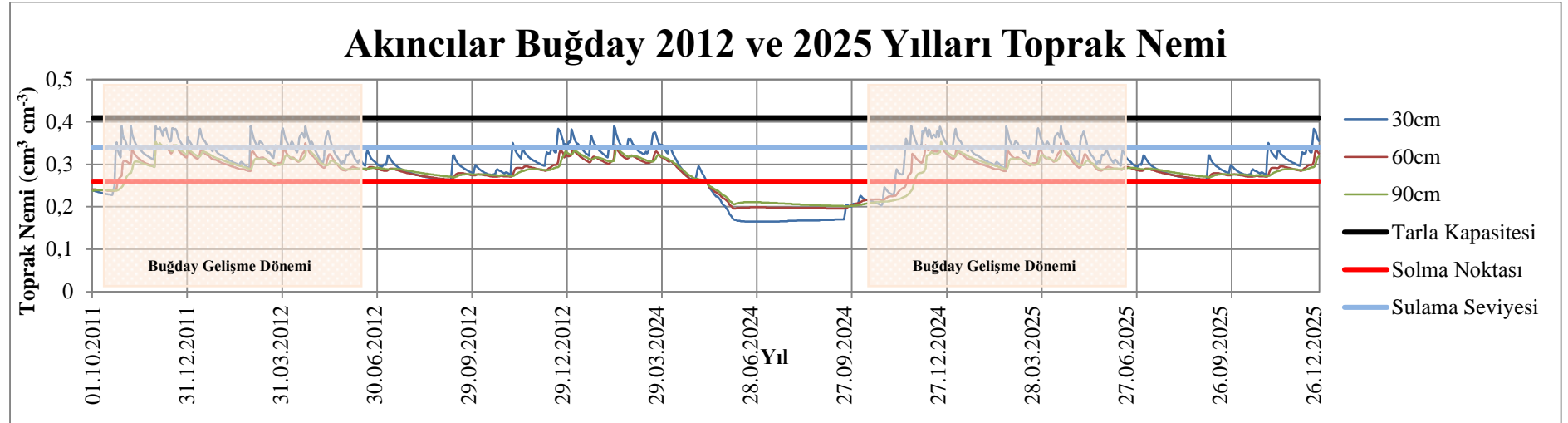
Şekil 4. 49. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2025 yılları toprak nemi değerleri



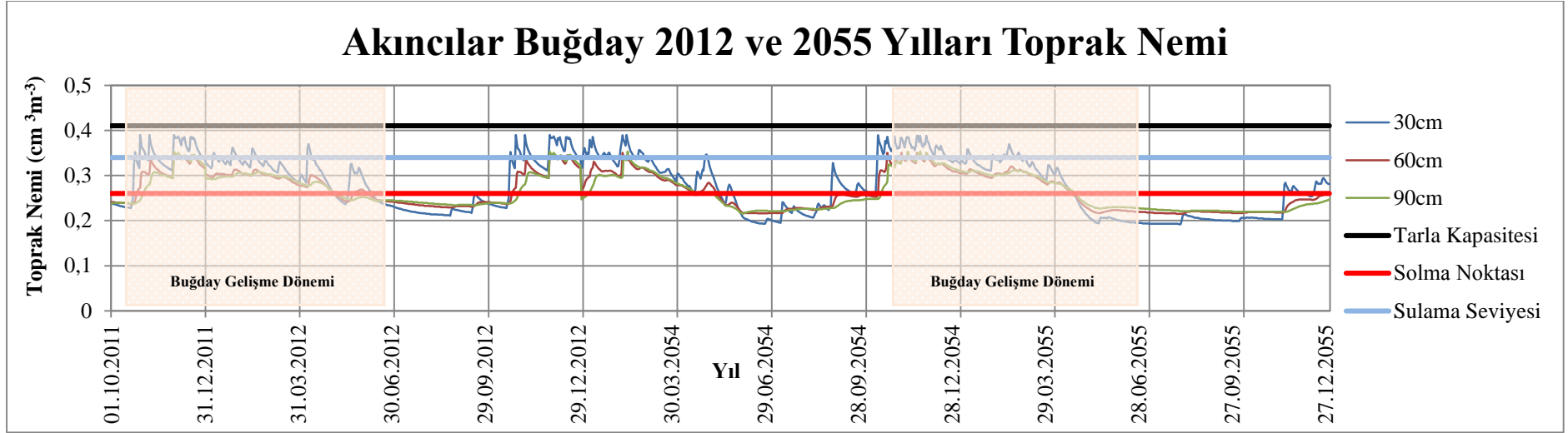
Şekil 4.50. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2055 yılları toprak nemi değerleri



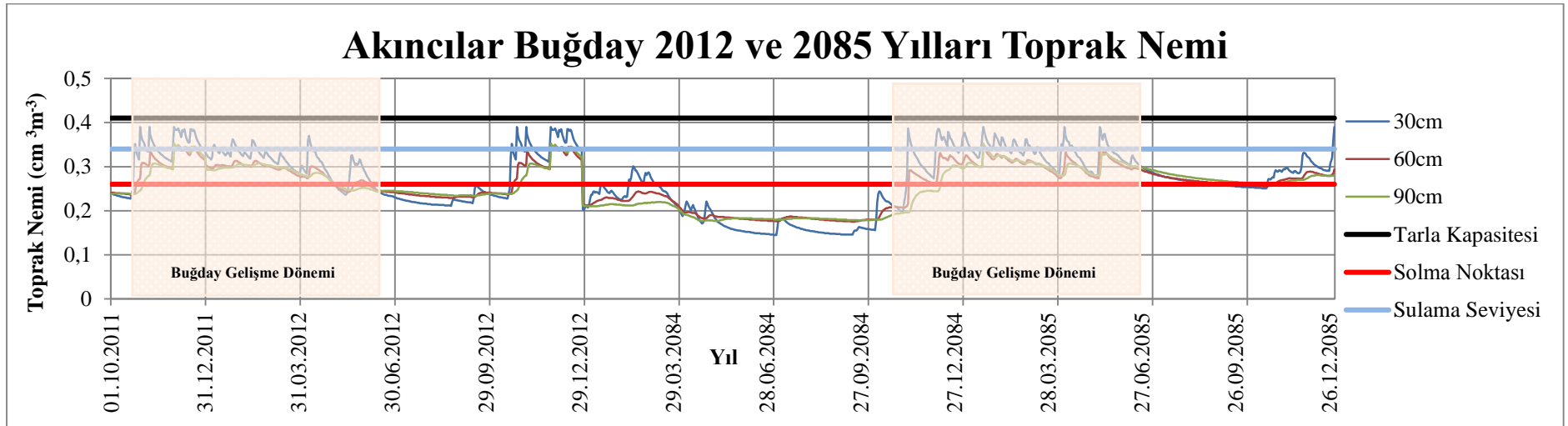
Şekil 4.51. Akıncılar ayçiçek tarlası 2012 ve 2085 yılları toprak nemi değerleri



Şekil 4.52. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2025 yılları toprak nemi değerleri



Şekil 4.53. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2055 yılları toprak nemi değerleri



Şekil 4.54. Akıncılar buğday tarlası 2012 ve 2085 yılları toprak nemi değerleri

4.5. Verim Tahmini Sonuçları

İklim değişikliğinin verime etkisinin AquaCrop Model ile modellenebilmesi için öncelikle 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarında ayçiçeği ve buğday tarlalarında ETo değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu kısımda öncelikle 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için ETo değerleri hesaplanmış ve sonuçlar verilmiştir. Ayrıca AquaCrop Model ile 2012 yılı için hesaplanan verim değerleri karşılaştırılarak kalibre edilmiş ve devamında ise ayçiçek ve buğday bitkileri için Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarında 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arası verim değerleri tahmin edilerek sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

4.5.1. 2012, 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları ETo Sonuçları

2012 yılı ETo değerleri Şekil 4.55’de gösterilmiştir. Buna göre 2012 yılı ortalama ETo değeri 3 mm’dir. 2012 yılı en düşük ETo değeri 21.12.2012 tarihinde 0,2 mm, en yüksek ETo değeri 29.07.2012 tarihinde 8,1 mm olarak hesaplanmıştır. 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arası minimum ETo değerlerinin her üç dönemde de 0,3 mm olacağı tahmin edilmiştir. 2016-2025 yılları arası en düşük ETo değeri 22.12.2023, 23.12.2023 ve 29.12.2013 tarihlerinde, 2046-2055 yılları arası 11.01.1952 tarihinde ve 2076-2085 yılları arasında da 19.12.2081 tarihinde gerçekleşecektir. 2016-2025 yılları arası ortalama ETo değeri 3,2 mm, 2046-2055 yılları arası ETo değeri 3,6 mm ve 2076-2085 yılları arası ortalama ETo değeri 4 mm olarak tahmin edilmiştir. Şekil 4.56, Şekil 4.57 ve Şekil 4.58’deki maksimum ETo değerlerine bakıldığında ise 12.07.2021 tarihinde 15,5 mm, 26.06.2047 tarihinde 13,8 mm ve 14.06.1984 tarihinde 16,2 mm olacağı görülmüştür. Pınarbaşı Havzası 1970-1990 yılları arası sıcaklık verilerine göre RegCM3 Bölgesel İklim Modeli ile yapılan tahminlerde ortalama sıcaklıkların 2016-2025 yılları arası 0,12 °C, 2046-2055 yılları arası 1,43 °C ve 2076-2085 yılları arası ise 3,05 °C artacağı ve toplam yağışların 2016-2025 yılları arası %9 artacağı ve 2046-2055 yılları arası %14 ve 2076-2085 yılları arası ise %12 azalacağı tahmin edilmiştir. Dolayısıyla iklim değişikliği ile birlikte sıcaklığın artması ve yağış değerlerinin azalması ile ETo değerleri ilişkili olduğundan, 2012 yılında ortalama ETo değerlerinin 3mm’den, 2016-2025 yılları arası 3,2 mm’ye (%7), 2046-2055 yılları arası 3,6 mm’ye (%20) ve 2076-2085 yılları arası ise 4,0 mm’ye (%33) çıkacağı tahmin edilmektedir. Özkul ve ark. (2008) Gediz ve Büyük Menderes havzalarında yaptıkları çalışmalarında bitki su ihtiyaçlarının (potansiyel

evapotranspirasyonun) 2030, 2050 ve 2100 yılları için sırasıyla yaklaşık olarak %10, %15 ve %30 oranında artacağını tahmin etmişlerdir. Benzer şekilde Şen ve ark. (2008) Seyhan Havzası'nda etkin yağışlarda ve dolayısıyla su kaynaklarında azalma buna karşın bitki su gereksiniminde artış olacağını öngörmüşlerdir.

4.5.2. 2012 Yılı Ölçülen ve Tahmin Edilen Verim Değerleri

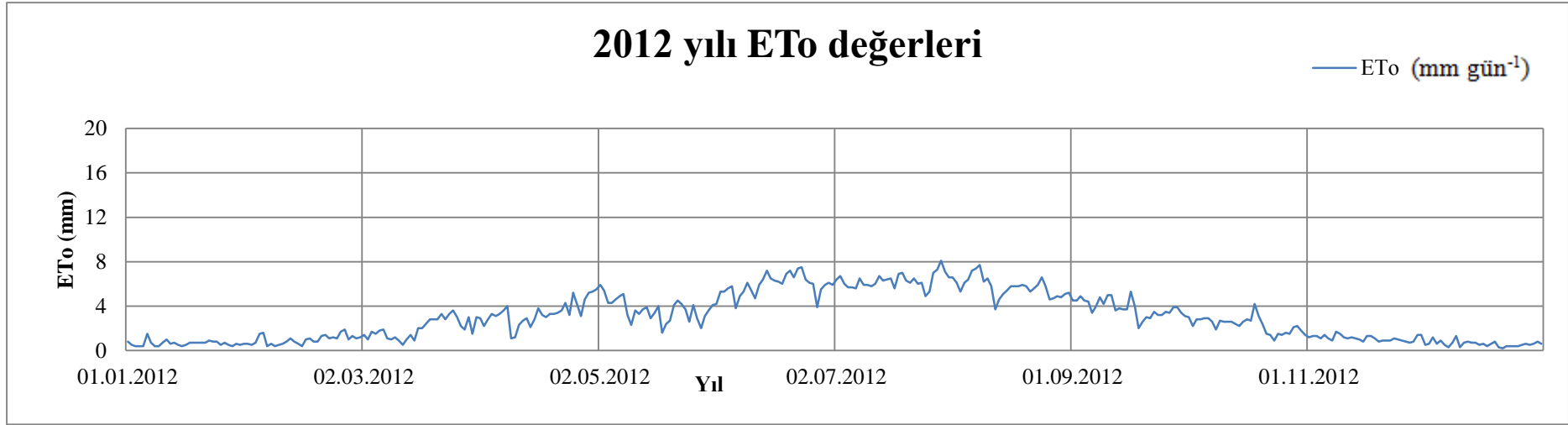
Ayçiçeği ve buğday bitkisi için verim değerinin gelecek yıllar için modellenmesi aşamasında öncelikle 2012 yılı ölçülen verim ile tahmin edilen verim değerleri karşılaştırılmış ve Çizelge 4.11'deki değerler elde edilmiştir. Buna göre ölçülen ve tahmin edilen verim değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu ve en fazla %2,6'lık bir sapma ile tahmin edildiği görülmüştür.

Çizelge 4.11. Ölçülen ve tahmin edilen verim değerleri

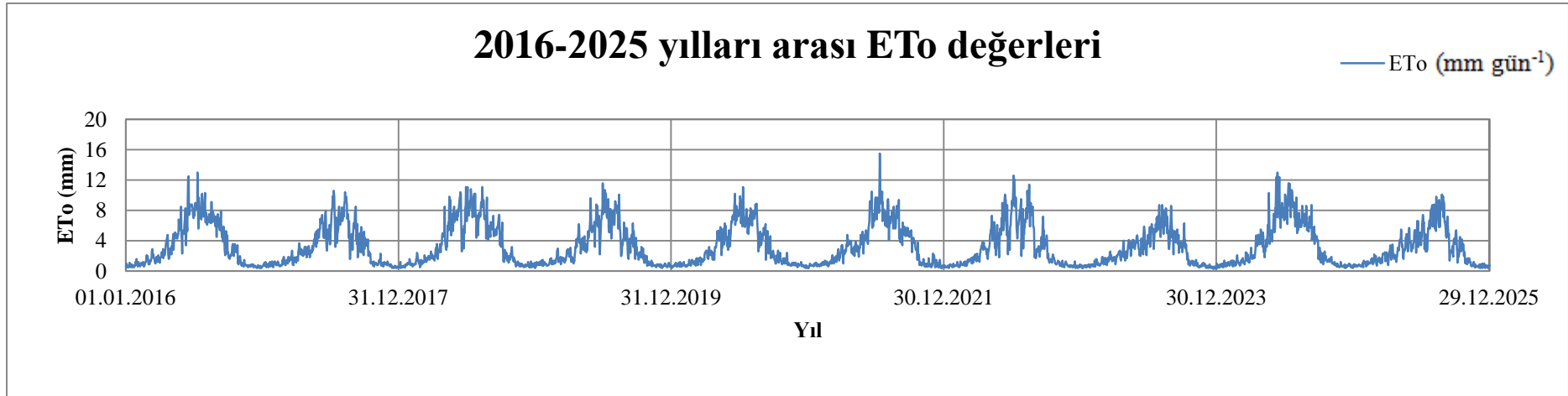
| | | Ölçülen Verim Değerleri (kg da ⁻¹) | Tahmin Edilen Verim Değerleri (kg da ⁻¹) | Tahmin Derecesi (Sapma) (%) |
|---------|-----------|--|--|-----------------------------|
| Ayçiçek | Akıncılar | 240 | 234 | -2,6 |
| | Sofular | 193 | 190 | -1,3 |
| | Çövenli | 249 | 251 | 0,6 |
| Buğday | Akıncılar | 500 | 502 | 0,4 |
| | Sofular | 575 | 576 | 0,2 |
| | Çövenli | 660 | 663 | 0,5 |

4.5.3. Ayçiçek Veriminin 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları için Simülasyonu

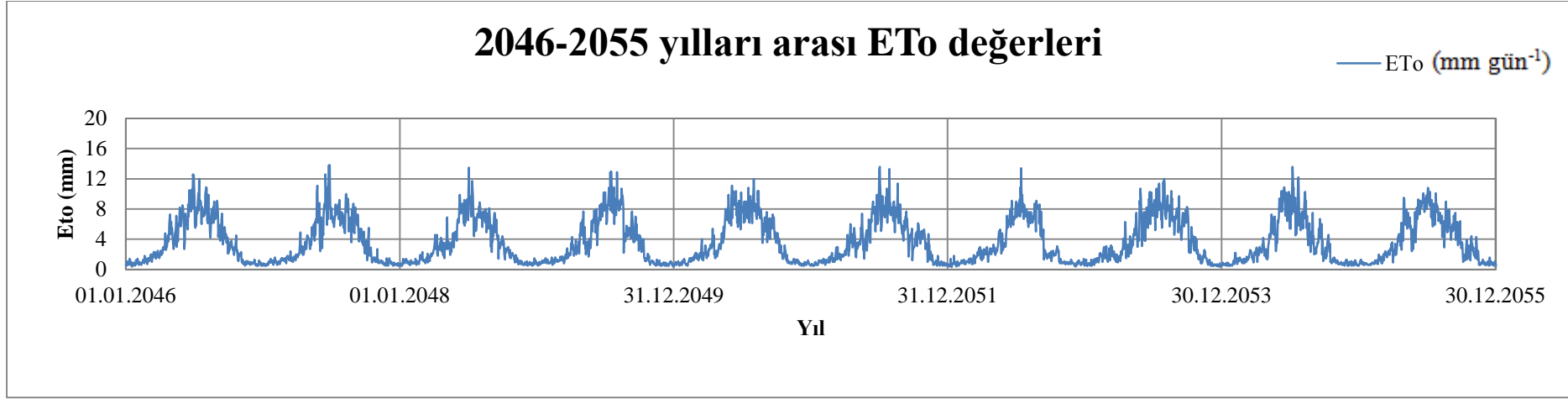
Ayçiçek için Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de AquaCrop Model ile 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arası verim tahminleri yapılarak Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Akıncılar, Sofular ve Çövenli'deki 2016-2025 yılları (Şekil 4.59), 2046-2055 yılları (Şekil 4.60) ve 2076-2085 yılları arası (Şekil 4.61) grafiklere bakıldığında verim ile yağış eğrisinin sıcaklığa oranla daha paralel gittiği görülmüştür. Yani verim ile yağış doğru orantılı olarak değişmiştir. Verim üzerine etki eden iklim parametrelerinden yağışın sıcaklığa oranla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu değerlendirme Özdere'nin 2012 yılında Kırklareli'de yaptığı çalışma ile aynı doğrultudadır.



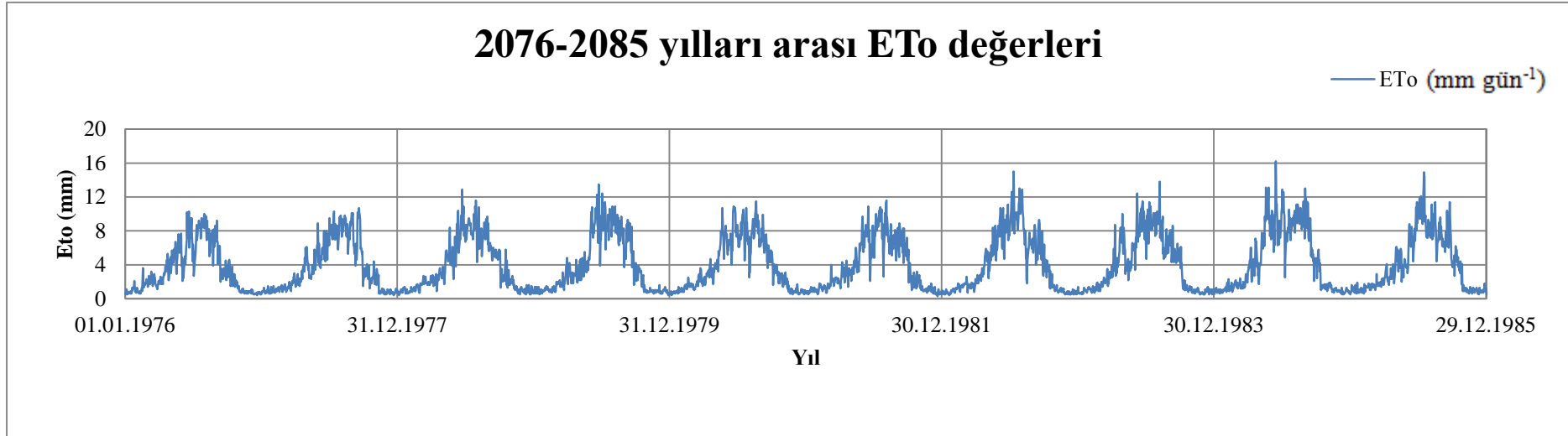
Şekil 4.55. Pınarbaşı Havzası 2012 yılı ETo (mm gün⁻¹) değerleri



Şekil 4.56. Pınarbaşı Havzası 2016-2025 yılları arası ETo (mm gün⁻¹) değerleri



Şekil 4.57. Pınarbaşı Havzası 2046-2055 yılları arası ETo (mm gün⁻¹) değerleri



Şekil 4.58. Pınarbaşı Havzası 2076-2085 yılları arası ETo (mm gün⁻¹) değerleri

Çizelge 4.12'ye bakıldığında ayçiçeği bitkisi için Akıncılar, Sofular ve Çövenli'deki 10'ar yıllık ortalama verim tahminlerinde en düşük verimin 2046-2055 yılları arasında Sofular'da, en yüksek verimin ise 2016-2025 yılları arasında %9,4'lük bir artışla yine Sofular'da olacağı tahmin edilmiştir. Kısa orta ve uzun dönemde en değişken verim değerleri Sofular'da gözlenecektir.

Akıncılar, Sofular ve Çövenli'deki ayçiçeği için yapılan verim tahminlerinde 2016-2025 yılları arasında %0,0 ile %9,4 arasında artış olacağı, 2046-2055 yılları arasında ise verim değerlerinde %9,8 ile %22,1 arasında bir azalma olacağı söz konusudur. 2076-2085 yılları arasında ise verim değerlerinde çok fazla değişkenlik gözlenmeyecektir. Bu durum 2046-2055 ve 2076-2085 yıllarında yağışların oldukça düzensizleşmesi ve bitkinin gelişme döneminde gereken yağışı alamamasıyla açıklanmıştır. 2016-2025 yılları arasında verim değerlerindeki en hızlı artış aynı yıllar içerisinde yağış değerlerinin %56,8-60,00 oranında artması ile açıklanmıştır (Çizelge 4.12). Özdere (2012) Kırklareli'deki ayçiçeği bitkisi için ekimden hasata kadar yağış almadığında ve sulama yapılmadığında verimin %63 oranında ve ayrıca çiçeklenme safhasında yağış almayan ve sulama yapılmayan durumda da yaklaşık aynı oranda (%62) verimde düşüşler gözlemlenmiştir.

Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzaları kendi içinde incelendiğinde Şekil 4.59, Şekil 4.60 ve Şekil 4.61'de görüldüğü gibi 2024, 2050 ve 2080 yıllarında yağış miktarı minimuma düştüğünden verim de doğru orantılı olarak azalmış ve 2023, 2025, 2049, 2051, 2076 ve 2085 yıllarında yağış maksimuma çıktığından verim de maksimuma çıkmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada olası iklim değişikliğinin ayçiçeği verimine etkisi değerlendirildiğinde önce %9,4'e kadar artış daha sonra ise %22'ye kadar azalmalar görüleceği tahmin edilmiştir.

4.5.4. Buğday Veriminin 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 Yılları için Simulasyonu

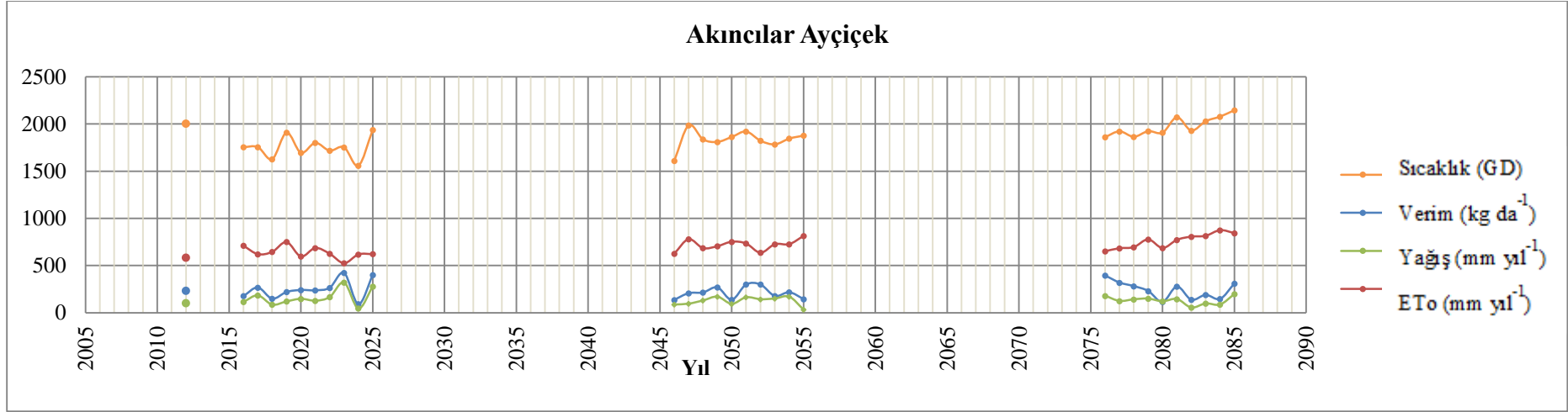
Buğday için Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de AquaCrop Model ile 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları arası verim tahminleri yapılarak Çizelge 4.13'te gösterilmiştir. Akıncılar, Sofular ve Çövenli'deki 2016-2025 yılları (Şekil 4.62), 2046-2055 yılları (Şekil 4.63) ve 2076-2085 yılları arası (Şekil 4.64) grafiklere bakıldığında verim ile yağış değerlerinin birbirine paralel gittiği, verim üzerinde yağışın sıcaklıktan daha etkili olduğu ayçiçeğinden sonra buğdayda da gözlenmiştir. Ayrıca Kapur ve ark. (2007) yağışın toprak neminin birincil kaynağı olup; kurak bölgelerde bitki verimine etki eden en önemli etken olduğunu vurgulamışlardır.

Çizelge 4.12. Gelecek yıllar ayçiçeği ortalama verim, yağış ve sıcaklık değerleri ile 2012 yılından sapma miktarları

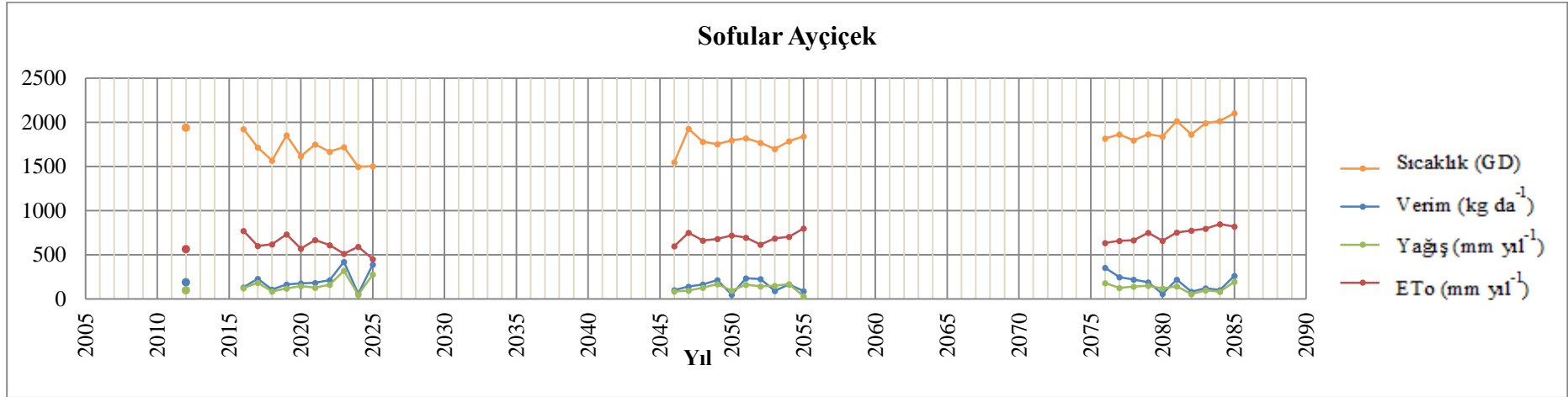
| Ayçiçek | Verim (kg da ⁻¹) | | | | 2012 yılına göre sapma (%) | | |
|------------------|------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| | 2012 | 2016-2025 | 2046-2055 | 2076-2085 | 2016-2025 | 2046-2055 | 2076-2085 |
| Akıncılar | 234 | 248 | 211 | 241 | 6,0 | -9,8 | 3,0 |
| Sofular | 190 | 208 | 148 | 187 | 9,4 | -22,1 | -1,6 |
| Çövenli | 251 | 251 | 203 | 248 | 0,0 | -19,1 | -1,2 |
| Yağış (mm) | | | | 2012 yılına göre sapma (%) | | | |
| Akıncılar | 102 | 160 | 124 | 131 | 56,8 | 21,5 | 28,4 |
| Sofular | 100 | 160 | 124 | 131 | 60,0 | 24,0 | 31,0 |
| Çövenli | 100 | 160 | 124 | 131 | 60,0 | 24,0 | 31,0 |
| Sıcaklık (GD) | | | | 2012 yılına göre sapma (%) | | | |
| Akıncılar | 2005 | 1752 | 1837 | 1974 | -12,1 | -8,4 | -1,5 |
| Sofular | 1939 | 1682 | 1773 | 1918 | -13,2 | -8,6 | -1,1 |
| Çövenli | 1939 | 1776 | 1840 | 1976 | -8,4 | -5,1 | 1,9 |

Çizelge 4.13. Gelecek yıllar buğday ortalama verim, yağış ve sıcaklık değerleri ile 2012 yılından sapma miktarları

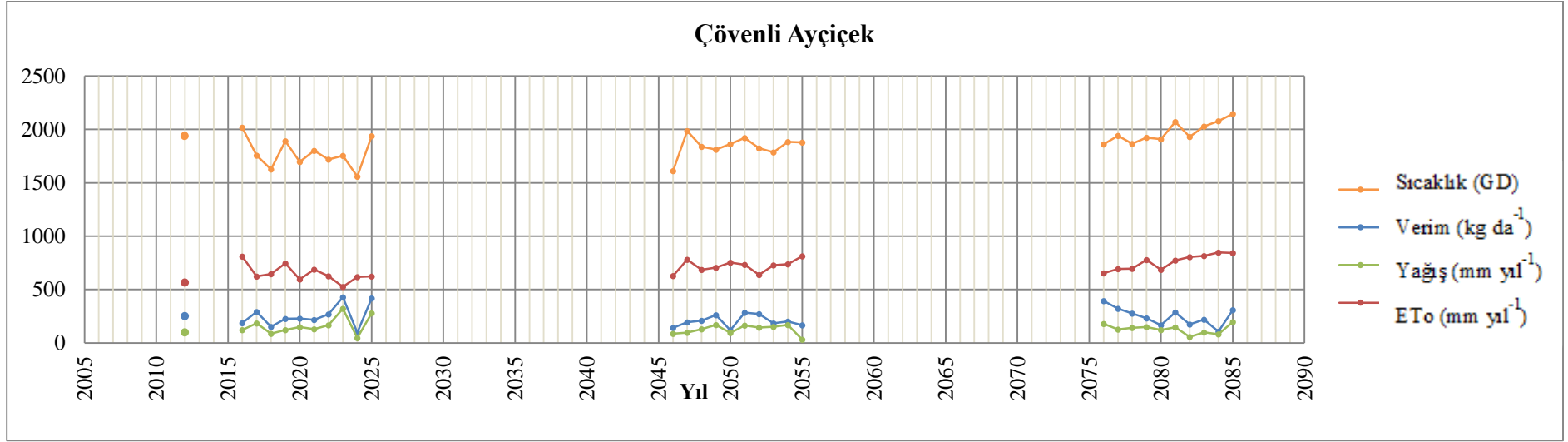
| Buğday | Verim (kg da ⁻¹) | | | | 2012 yılına göre sapma (%) | | |
|------------------|------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| | 2012 | 2016-2025 | 2046-2055 | 2076-2085 | 2016-2025 | 2046-2055 | 2076-2085 |
| Akıncılar | 502 | 907 | 801 | 951 | 80,6 | 59,6 | 89,4 |
| Sofular | 576 | 906 | 808 | 941 | 57,3 | 40,3 | 63,4 |
| Çövenli | 663 | 815 | 815 | 933 | 22,9 | 22,9 | 40,7 |
| Yağış (mm) | | | | 2012 yılına göre sapma (%) | | | |
| Akıncılar | 351 | 613 | 490 | 520 | 74,5 | 39,6 | 48,1 |
| Sofular | 352 | 618 | 499 | 525 | 75,6 | 41,8 | 49,1 |
| Çövenli | 350 | 606 | 479 | 565 | 73,1 | 36,9 | 61,4 |
| Sıcaklık (GD) | | | | 2012 yılına göre sapma (%) | | | |
| Akıncılar | 2503 | 1752 | 1827 | 1974 | -30,0 | -27,0 | -21,1 |
| Sofular | 2457 | 1682 | 1773 | 1918 | -31,5 | -27,8 | -21,9 |
| Çövenli | 2476 | 1776 | 1840 | 1976 | -28,3 | -25,6 | -20,1 |



Şekil 4.59. Akıncılar alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da⁻¹), yağış (mm yıl⁻¹), ETo (mm yıl⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri



Şekil 4.60. Sofular alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da⁻¹), yağış (mm yıl⁻¹), ETo (mm yıl⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri



Şekil 4.61. Çövenli alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da⁻¹), yağış (mm yıl⁻¹), ETo (mm yıl⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri

Çizelge 4.13'e bakıldığında buğday bitkisi için Akıncılar, Sofular ve Çövenli'deki 10'ar yıllık ortalama verim tahminlerinde en düşük verim artışının Çövenli'de, en yüksek verim artışının ise Akıncılar'da olacağı tahmin edilmiştir.

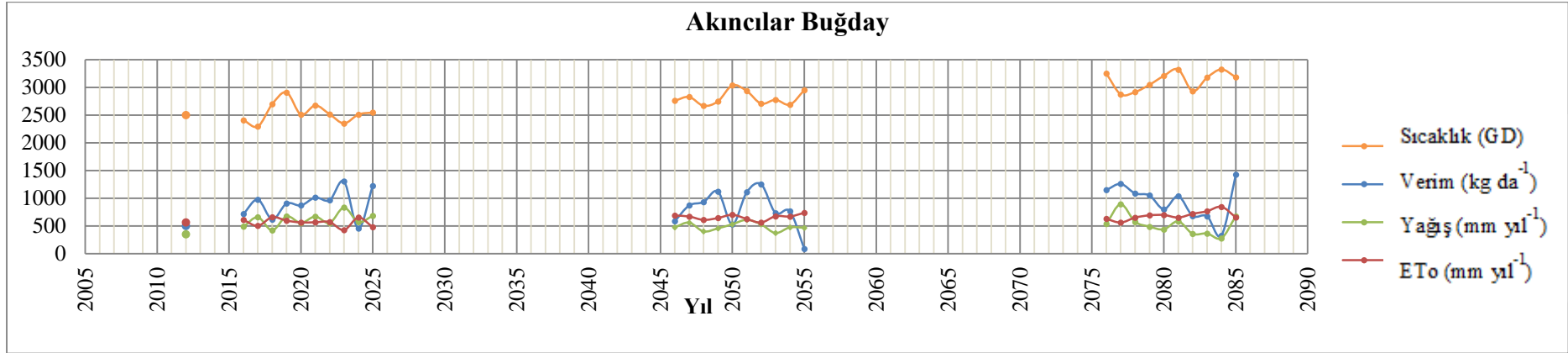
Akıncılar, Sofular ve Çövenli'deki buğday için yapılan verim tahminlerinde 2016-2025 yılları arasında %22,9 ile %80,6 oranında, 2046-2055 yılları arasında %22,9 ile %59,6 oranında ve 2076-2085 yılları arasında ise verim değerlerinde %40,7 ile %89,4 oranında artış olacağı söz konusudur. Her ne kadar buğday için verim artışı yüksek gibi görünse de Trakya Bölgesi'nde buğday verimi bazı yıllarda dekara 670 kg ile 700 kg kadar çıkmaktadır (Çaldağ 2009). Ayrıca Çaldağ (2009) yaptığı "Trakya Bölgesi'nin Tarımsal Meteorolojik Özelliklerinin Belirlenmesi" adlı doktora tez çalışmasında öncelikle meteorolojik değişkenlerin tek başına ve ikili kombinasyonlar halinde değişimlerini incelemiştir. Buna göre örneğin Kırklareli'nde buğdayın, (Rg+%30;CO₂x4) kombinasyonuna yani güneş radyasyonunun %30 ve CO₂ miktarının 4 kat arttığı durumda dane veriminin %67'nin üzerinde artış tepkisi vereceğini öngörmüştür. Hassasiyet analizleri, kışlık buğdayın özellikle yağış azalışına olumsuz verim tepkileri vereceğini göstermiştir. Söz konusu azalış, başka değişkenlerle olan kombinasyonlarda şiddetini arttırmakta olup, (T+5;P- %40) kombinasyonu yani sıcaklığın 5 derece artması ve yağışın %40 azalması durumunda Tekirdağ'da dane veriminin %57 oranında düşmesine sebebiyet vereceğini öngörmüştür. Küresel CO₂ artışları, birçok hassasiyet uygulamasının dikkat çekici sonuçlara kaynak teşkil etmiştir. Edirne'de kışlık buğday verimi (T-1;CO₂x4) kombinasyonu yani sıcaklığın 1 derece düşmesi ve CO₂ miktarının 4 kat arttığı durumda %75'e varan bir dane verimi artış tepkisi verdiği tahmin edilmiştir. Çizelge 4.13'te yıllara göre yağış dağılımı incelendiğinde baz aldığımız 2012 yılında buğdayın yetişme dönemi boyunca 3 alt havzada da ortalama yağış miktarı 350 mm'dir. RegCM3'ün geleceğe yönelik yağış verilerinin AquaCrop Modele girilmesi ile ilk dönem olan 2016-2025 yılları arasında Akıncılar, Sofular ve Çövenli'de buğdayın yetişme dönemi boyunca yağışlar ortalama 610 mm'ye çıkarak yaklaşık ortalama %75 oranında artış göstermiştir. Buna göre çalışmada yağışların %75 oranında arttığı ve CO₂ miktarının A2 senaryosuna göre 2 kat arttığı göz önüne alındığında, araştırma alanında oldukça yüksek verim artışlarının görülmesi normal olarak değerlendirilmiştir.

Çaldağ (2009), 2071-2100 yılları arasında CERES-Wheat Modelini kullanarak Kırklareli'de ve Edirne'de kışlık buğday veriminin sırasıyla ortalama %9 ve %30 artacağını, Tekirdağ'da ise %13 oranında azalacağını belirlemiştir. Bu çalışmada 1975-2005 yılına kadar uzun yılların buğday üretimi ortalamasını Kırklareli'de 274,1 kg da⁻¹, Edirne'de 288,0 kg da⁻¹ ve Tekirdağ'da 329,0 kg da⁻¹ almış ve bu değerleri CERES-Wheat Modelinin çıktılarını ile

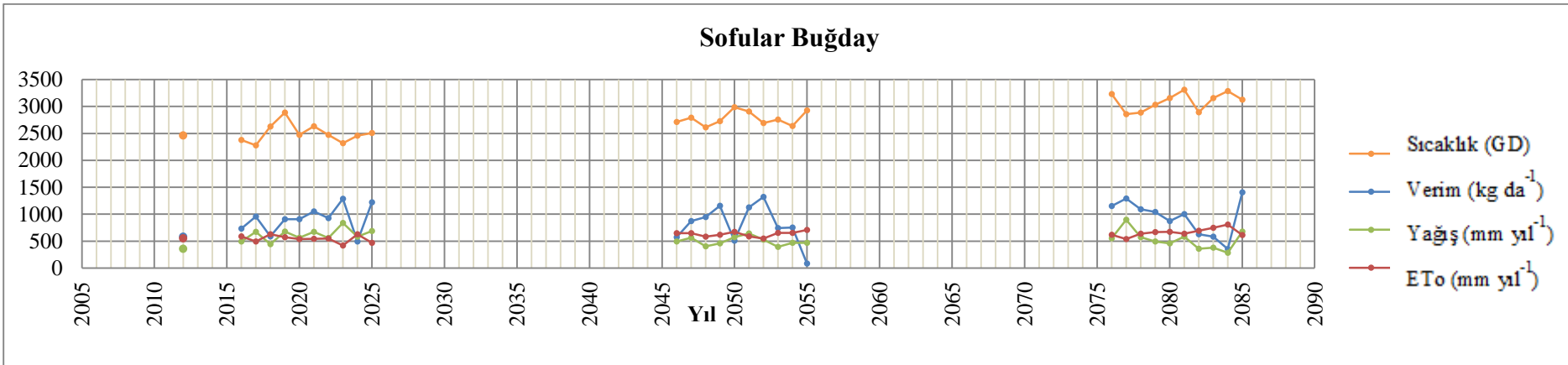
karşılaştırarak Kırklareli için (282,7 kg da⁻¹) %3,14, Edirne için (245,3 kg da⁻¹) %14,83 ve Tekirdağ için (359,7 kg da⁻¹) %9,33 oranında bağıl hata ile tahmin yapmıştır.

Kapur 2010 yılında yaptığı çalışmada Adana-99 buğday çeşidi için sıcaklıktaki 1 °C artış için çiçeklenmeye dek geçen sürenin 5, olgunluğa dek geçen sürenin ise 9 gün kısaldığını gözlemlemiştir. Bu çalışmada gelecek dönem tahminlerinde vejetasyon dönemi kısılamı dikkate alınmamış ve 2012 yılı yetiştirme dönemi baz alınmıştır. Bu nedenle verim değerlerinde %90'lara varan artışlar görülmesi bekleneni bir dahilindedir. Ayrıca özellikle 2046-2055 ve 2076-2085 döneminde olası iklim değişikliği ile sıcaklık değerinin sırasıyla 1,43 °C ile 3,05 °C arttığı göz önüne alındığında buğday için yetiştirme dönemi kısılacak ve verim değerlerinin de yüzde olarak daha az artış gösterebileceği ihtimal dahilinde olacaktır. Ayrıca Kapur ve ark. (2007) bitki verimliliği için yağışın mevsimsel dağılımının bozulmasının, toplam yağışın azalmasından daha da etkili olabileceğini belirtmişlerdir. Bu doğrultuda 2076-2085 yıllarında diğer yıllara göre yağış rejiminin oldukça düzensizleşmesinden dolayı en büyük verim artışlarının bu dönemde oluşması normal olarak değerlendirilmiştir.

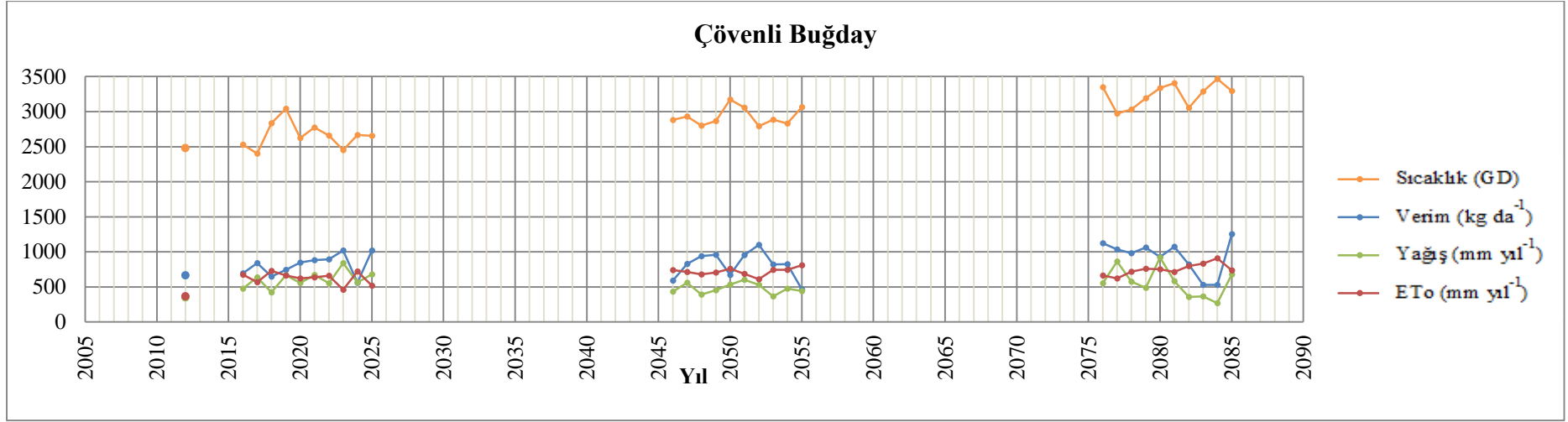
Sonuç olarak buğday veriminde vejetasyon dönemi kısılamı dikkate alınmadan Akıncılar ve Sofulara %50'nin üzerinde, Çövenli'de ise yaklaşık %23 ile %41 oranlarında verim artışları gözleneceği tahmin edilmiştir.



Şekil 4.62. Akıncılar alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da⁻¹), yağış (mm yıl⁻¹), ETo (mm yıl⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri



Şekil 4.63. Sofular alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da⁻¹), yağış (mm yıl⁻¹), ETo (mm yıl⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri



Şekil 4.64. Çövenli alt havzasında (2016-2025), (2056-2055) ve (2076-2085) yılları arası verim (kg da⁻¹), yağış (mm yıl⁻¹), ETo (mm yıl⁻¹) ve sıcaklık (GD) değerleri

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma ile RegCM3 Bölgesel İklim Modeli kullanılarak Trakya Bölgesi'nde Meriç-Ergene Ana Havzasında yer alan Tekirdağ-Çorlu Pınarbaşı Havzasında 2015-2025, 2045-2055, 2075-2085 yılları iklim değişimi tahmini yapılmış, olası iklim değişikliğinin yüzey su kaynaklarına, toprak profili nem değişimine ve ayçiçeği ile buğday bitkilerinin verimine etkisi modellenmiştir. Ayrıca coğrafi bilgi sistemleri ortamında, ArcGIS 9.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri Paket Programı kullanılarak, havzanın hidrolojik modellerde kullanılabilecek bir veri tabanı da oluşturulmuştur.

Yapılan bu çalışma ile bu havzada çalışmak isteyen diğer araştırmacılar için bir altlık oluşturulmuştur. Araştırmacılar dijital ortamdaki verilere kolay ve hızlı bir şekilde ulaşabilecek, böylece hazırlanan haritalar ve yapılan her türlü çalışmalar coğrafi bilgi sistemleri ortamına aktarılıp istenilen amaca yönelik olarak kullanılabilecektir. Bu çalışmaların ileride tüm havza ve alt havzalar için yapılması gerekmektedir.

İklim değişikliğinin modellenmesi aşamasında elde edilen ECHAM5 Genel Dolaşım Modelinin referans (1961-1990) ve gelecek A2 SRES senaryosu çıktıları Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi'nden elde edilen Çorlu Meteoroloji İstasyonu ölçülen 1970-1990 yılları sıcaklık ve yağış verileri ile t testi kullanılarak analiz edilmiş ve aralarında fark olup olmadığı ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olup olmadığı değerlendirilerek, bölge için elde edilen değerlerin ölçülen değerler ile istatistiksel olarak uyumlu olduğu belirlenmiştir. 2016-2025 yılları arası model referans yıllarına göre ortalama 0,12 °C, 2046-2055 yılları arası ortalama 1,43 °C ve 2076-2085 yılları arası ise ortalama 3,05 °C sıcaklık artışı olacağı tahmin edilmiştir. Ayrıca 2016-2025 yılları arası toplam yağışın 60 mm artacağı (%9), 2046-2055 yılları arası toplam yağışın 91 mm azalacağı (%14) ve 2076-2085 yılları arası toplam yağışın 78 mm azalacağı (%12) tahmin edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile araştırma alanının da iklim değişikliğinden gelecek yıllar boyunca etkileneceği öngörülmüştür. Geçmiş yıllara oranla gelecek dönemlerde sıcaklıkların artacağı ve özellikle uzak yıllarda ise yağışların azalacağı sonucuna varılmıştır. İklim değişikliğinin etkileri tüm dünyada olduğu gibi araştırma alanında da şimdiden gözlenmektedir ve gelecekte de daha etkin bir şekilde hissedilecektir. İlgili makamlarca kısa, orta ve uzun vadede ortak stratejiler belirlenip, uygulanarak, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek, iklim değişikliğine karşı hassasiyeti azaltmak ana amaç olarak belirlenmelidir.

Pınarbaşı Havzasında 2015-2025, 2045-2055, 2075-2085 yılları için iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine (yüzey sularına) etkisini belirlemek (yağış akış ilişkisi) amacı ile SWMHMS Hidrolojik Modeli kullanılarak Topçuköy alt havzasında 1989-2007 yılları arası ölçülen akım verileri ile modellenen akım verileri karşılaştırılarak kalibre edilmiştir. Ölçülen ve tahmin edilen değerler için 1989-2007 yılları arası istatistiksel olarak korelasyon katsayısı ve Nash ve Sutcliffe model etkinlik katsayısı hesaplanmış ve sırası ile 0,79 ve 0,80 olarak bulunmuştur. 1989-2007 yılları arası ölçülen aylık ortalama yağışa göre 2016-2025 yılları arasında yağış miktarının %41, 1946-1955 yıllarında %11 ve 2076-2085 yılları arasında ise %16 oranında arttığı görülmüştür. Bu artış tamamen ölçüm yapılan 1989-2007 döneminden kaynaklanmaktadır. Seçilen bu dönemde tesadüfi olarak oldukça düşük yağış ve akım miktarı gözlenmiştir ve referans 1970-1990 dönemini temsil etmemektedir. Çünkü referans 1970-1990 yıllarında ortalama 55 mm yağış gözlenirken, 1989-2007 yılları arasında 42,41 mm yağış gözlenmektedir. Fakat bu üç dönem kendi içinde karşılaştırıldığında 2016-2025 yıllarına oranla yağış miktarında 2046-2055 yıllarında 59,83 mm'den 47,29 mm'ye %21'lik ve 2076-2085 yıllarında 59,83 mm'den 49,34 mm'ye %18'lik bir azalma ayrıca akım miktarlarında 2016-2025 yıllarına oranla 2046-2055 yıllarında 6,91 mm'den 2,96 mm'ye %57'lik ve 2076-2085 yıllarında 6,91 mm'den 4,56 mm'ye %34'lük bir azalma söz konusudur.

Gelecek dönem iklim öngörülerine göre yağışların azalmasından dolayı akım miktarının da azalması beklenmektedir. Dolayısı ile gelecek dönemler kendi içinde kıyaslandığında zaten akım miktarının yakın gelecekte uzak geleceğe doğru azaldığı gözükmemektedir. Fakat gelecek 100 yıl göz önüne alındığında 10'ar yıllık dönemlerde bu azalmanın lineer bir azalma olmayıp düzensiz bir şekilde azalma olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca meydana gelen bir yağışta çok miktar yağış kaydedileceği, bu yağışların belirli dönemlerde taşkınlara neden olacağı, belki de uzun dönemlerde kuraklıklara sebep olacağı veya yüzey akış olarak seller oluşturacağı ve oluşacak olan yağışların tarım açısından faydalı bir yağış olmayacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla iklim değişikliği ile birlikte sıcaklıkların artması, yağışların ve akımların azalması, nüfusun artması, şehirleşme, ekonomik gelişme ve küreselleşme su kaynaklarında kısıtlayıcı bir rol oynayacaktır. Suyun büyük bir kısmı tarım sektöründe kullanıldığından su artırımı ve su kullanım etkinliğinin yükselmesini sağlayan sulama sistemlerinin geliştirilmesi gerekebilecektir. Bu nedenle su kaynaklarının planlamasında ve yönetiminde iklim değişikliğinin potansiyel etkileri göz önünde bulundurulmalı toplum ve ilgili makamlarlar üzerlerine düşen görevleri yapmalıdır.

Günümüz koşullarında akım değerlerinin ölçümleri çok daha hassas ve teknolojik sistemlerle yapılmalıdır. Hidrolojik modellerle akım tahminleri modelleme çalışmalarında da farklı modellerin kullanılarak denenmesi sağlanmalıdır. Hatta kullanılan modellerin coğrafi bilgi sistemleri tabanında çalışan modeller olması, sonuçların güvenilirliği bakımından tercih edilmelidir.

İklim değişikliğinin toprak profili nem değişimine etkisinin belirlenmesi için SWAP Model kullanılmıştır. Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarından 2012 yılı içinde ayçiçeği ve buğday tarlalarından alınan toprak örnekleri nem değerleri, tahmin edilen toprak nemi değerleri ile kalibre edilmiş ve daha sonra ise RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen iklim verileri ile 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için toprak nemi değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmada iklim değişikliğinin toprak nemine etkisi zaman bazında toprak profillerine göre nem analizi, zaman bazında toprak nemi eğilim analizi, yer bazında toprak nemi analizi ve 2012 yılı ile 2025, 2055 ve 2085 yılları toprak nemlerinin karşılaştırılması şeklinde incelenmiştir. Zaman bazında toprak profillerine göre nem analizinde araştırmada 90 cm'den toprak yüzeyine doğru gidildikçe toprak nemi değerlerinde model ile ölçülen değerler arasındaki uyumun zayıflamakta olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin 30 cm toprak derinliğinin yani üst yüzeyin yağış ve sıcaklığa direk maruz kalması olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle üst toprak dinamik bir yapıya sahip olduğundan toprak neminin tahmin edilmesi oldukça zor olduğu gözlenmiştir. Zaman bazında toprak nemi eğilim analizinde, toprak nemi grafiklerinde 30 cm toprak derinliğinde kurak dönemlerde toprağın oldukça kuruduğu ve yağışlı dönemlerde ise oldukça nemli olduğu gözlenmiştir. Bu durumda iyi bir stabiliteye sahip olan toprak derinliğinin beklenildiği gibi 90 cm olduğu görülmüştür. Aynı zamanda 60 cm'deki toprak nemi değerleri 30 cm ve 90 cm'deki nem değerleri arasında değişkenlik göstermektedir. Sonuç olarak zaman serisi bakımından tarla kapasitesi ve solma noktası dışındaki değerler bitki yetiştiriciliği için oldukça önemli olduğundan iklim değişikliği ile birlikte toprak nem değişim sonuçları, özellikle yetiştirme periyodu ve yetiştirilen bitkiler bakımından dikkate alındığında genel olarak verimi etkileyecek düzeyde gözlenmemiştir. Yer bazında toprak nem analizinde ise buğday ve ayçiçeği tarlalarının her ikisinde de Akıncılar ve Sofular'a oranla Çövenli'de yüksek toprak nemi oranları elde edilmiştir. Çövenli ile ilgili toprak verilerine bakıldığında 60 cm toprak tabakasının killi topraktan oluştuğu, killi toprağın ise su tutma özelliğinden dolayı özellikle 60 cm ve 90 cm toprak derinliklerinde ortalama toprak nemi değerlerinin Akıncılar ve Çövenli'ye göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolayısı ile toprağın bünye sınıfına göre nem tutma özelliğinin de değiştiği gözlenmektedir. 2012 yılı

ile 2025, 2055 ve 2085 yılları toprak neminin karşılaştırılması aşamasında bitki bazında toprak nemi bakımından değerlendirildiğinde ayçiçeği ve buğday bitkisinde bitki büyüme periyodu içinde toprak nemi yeterli gözükmemektedir. Her iki bitki için hasat dönemine yakın toprak nemi solma noktasının altına düşse de bitkilerin ciddi bir su istekleri olmadığından çok büyük sorun teşkil etmemektedir.

Toprak nemi modelleme çalışmalarında arazide toprak nem takibinin sürekli olarak yapılması modelin kalibrasyonu aşamasında kullanıcılara kolaylık sağlayacaktır.

İklim değişikliğinin tarımsal üretime etkisinin belirlenmesi kapsamında, AquaCrop Model ile verim tahminlerinin yapılabilmesi için öncelikle ETo Calculator ile ETo değerleri hesaplanmıştır. İklim değişikliği ile birlikte sıcaklığın artması ve yağış değerlerinin azalması ile ETo değerleri ilişkili olduğundan, 2012 yılında ortalama ETo değerlerinin 3mm'den 2016-2025 yılları arası 3,2 mm'ye (%7), 2046-2055 yılları arası 3,6 mm'ye (%20) ve 2076-2085 yılları arası ise 4,0 mm'ye (%33) çıkacağı tahmin edilmektedir. AquaCrop Model ile verim tahminleri yapabilmek için ayrıca Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarındaki toprak örneği alınan ayçiçeği ve buğday tarlalarının sahiplerinden 2012 yılı için verim değerleri elde edilmiştir. 2012 yılı içinde Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzaları ayçiçeği ve buğday tarlalarından AquaCrop modelde hesaplanan verim değerleri ile elde edilen verim değerleri karşılaştırılarak kalibre edilmiştir. Buna göre 2012 yılı ölçülen ve tahmin edilen verim değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu ve en fazla %2,6'lık bir sapma ile tahmin edildiği görülmüştür. Daha sonra ise Ayçiçek ve buğday bitkileri için Akıncılar, Sofular ve Çövenli alt havzalarında RegCM3 Bölgesel İklim Modelinden elde edilen iklim verileri ile 2016-2025, 2046-2055 ve 2076-2085 yılları için verim değerleri tahmin edilmiştir.

Ayçiçek ve buğday verim değerleri üzerine etki eden iklim parametrelerinden yağışın sıcaklığa oranla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayçiçekte en yüksek %7,7 artış ile ve en düşük %23,3 azalış ile verim tahmin değerleri açısından değişkenlik yaşanan yer Sofular olarak belirlenmiştir. Dönem olarak 2016-2025 yılları arasında %0,0 ile %9,4 arasında artış olacağı, 2046-2055 yılları arasında ise verim değerlerinde %9,8 ile %22,1 arasında bir azalma olacağı söz konusudur. 2076-2085 yılları arasında ise verim değerlerinde çok fazla değişkenlik gözlenmeyeceği belirlenmiştir. Buğdayda ise en düşük verim artışının Çövenli'de, en yüksek verim artışının ise Akıncılar'da olacağı tahmin edilmiştir. Akıncılar, Sofular ve Çövenli'deki buğday için yapılan verim tahminlerinde 2016-2025 yılları arasında %22,9 ile %80,6 oranında, 2046-2055 yılları arasında %22,9 ile %59,6 oranında ve 2076-2085 yılları arasında ise verim değerlerinde %40,7 ile %89,4 oranında artış olacağı söz konusudur. Her ne kadar verim artış miktarları çok gibi gözükse de, çalışmada yağışların %75

oranında arttığı ve CO₂ miktarının A2 senaryosuna göre 2 kat arttığı göz önüne alındığında, araştırma alanındaki verim artışları normal olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada gelecek dönem tahminlerinde vejetasyon dönemi kısılmı dikkate alınmamış ve 2012 yılı yetiştirme dönemi baz alınmıştır ve dolayısıyla verim değerlerinde %90'lara varan artışlar görülmesi beklenti dahilindedir. Özellikle 2046-2055 ve 2076-2085 döneminde olası iklim değişikliği ile sıcaklık değerinin sırasıyla 1,43 °C ile 3,05 °C arttığı göz önüne alındığında buğday için yetiştirme dönemi kısılacak ve verim değerlerinin de yüzde olarak daha az artış gösterebileceği ihtimal dahilinde olacaktır. Bunlara ilave olarak 2076-2085 yıllarında diğer yıllara göre yağış rejiminin oldukça düzensizleşmesinden dolayı da en büyük verim artışlarının bu dönemde oluşması normal olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada olası iklim değişikliğinin ayçiçeği verimine etkisi değerlendirildiğinde önce %9,4'e kadar artış daha sonra ise %22'ye kadar azalmalar gözleneceği ve buğday veriminde vejetasyon dönemi kısılmı dikkate alınmadan Akıncılar ve Sofularda %50'nin üzerinde, Çövenli'de ise yaklaşık %23 ile %41 oranlarında verim artışları gözleneceği tahmin edilmiştir. Bu durumda günümüz koşullarında tarım arazilerinin sanayileşme, konutlaşma gibi nedenlerle gittikçe azalması ile birlikte nüfusun da ne oranda artacağı önemlidir. Çünkü nüfusun hızla artması ile birlikte su ve besin maddelerine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Ayrıca Trakya Bölgesi şu haliyle buğday ve ayçiçeğinde potansiyele yakın verim elde edilen ender tarım arazilerine sahiptir. İklim değişikliğinden de çok fazla etkilenmeden Türkiye için stratejik bir bölge olarak önemini arttıracığı düşünülmektedir. Dolayısıyla arazi kullanım değişikliğinin engellenmesi ile birlikte tarım arazilerinin diğer sektörlere kaydırılmasına şiddetle karşı çıkılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abedinpoura M, Sarangib M. A, Rajput T. B. S, Singh M, Pathak H ve Ahmad T (2012). Performance evaluation of AquaCrop Model for Maize Crop in a Semi-Arid Environment. *Agricultural Water Management*. 110 55-66.
- Albut, S, İstanbulluoğlu A, Konukçu F ve Kocaman İ (2007). Probable Water Crisis In Thrace And Istanbul in the Near Future And Sustainable Strategies To Overcome. *Water International*. 32, 4, 590-603.
- Allen R, Pereira L. S, Raes D ve Smith M (1998). *Crop Evapotranspiration–Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper. No: 56. Rome.
- Andarzian B, Bannayan M, Steduto P, Mazraeh H, Barati M. E, Barati M. A ve Rahnama A (2011). Validation and Testing of the AquaCrop Model Under Full and Deficit Irrigated Wheat Production in Iran. *Agricultural Water Management*. 100: 1-8.
- Akkaya C, Efeoğlu A ve Yeşil N (2006). Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği. “TMMOB Su Politikaları Kongresi”. 195-204, Ankara.
- Allred, B. ve Haan C. T (1995). *Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System Users Manual*. Oklahoma State University. (Basılmamış)
- Allred B ve Haan C. T (1996). SWMHMS-Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System. *Journal of the American Water Resources Association*. 32 (3): 541-552.
- Anonim (2008a). İklim Değişikliği ve Yapılan Çalışmalar, Çevre ve Orman Bakanlığı. 103. Ankara.
- Anonim (2008b). Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. 150, Ankara.
- Anonim (2012). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Tekirdağ İl Müdürlüğü Veri Bankası.
- Anonim (2013). <http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?k=B>, (erişim tarihi 31.08.2013).
- Anonim (2014a). <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/AnaSayfa/Kyoto.aspx?sflang=tr>, (erişim tarihi 02.01.2014).
- Anonim (2014b). http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/turkiyenin_iklim_degisikligine_uyum_kapasitesinin_gelistirilmesi_projesi.pdf?sfvrsn=2, (erişim tarihi 20.08.2014).
- Anonim (2014c). <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/AnaSayfa/Projeler.aspx?sflang=tr>, (erişim tarihi 20.08.2014).
- Anonim (2014d). <http://www.dmi.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?k=C>, (erişim tarihi 20.08.2014).
- Apaydın H ve Öztürk F (2003). Yüzey Akış ve Sediment Modellerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Uygulanması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(4): 381-389.

- Araya A, Habtu S, Hadgu K. M, Kebede A ve Dejene T (2010a). Test of AquaCrop Model in Simulating Biomass and Yield of Water Deficient and Irrigated Barley (*Hordeum Vulgare*). *Agricultural Water Management*. 97: 1838-1846.
- Araya A, Keesstra S. D ve Stroosnijder L (2010b). Simulating Yield Response to Water of Teff (*Eragrostis tef*) with FAO's AquaCrop Model. *Field Crops Research*. 116, 196-204.
- Aydın C ve Yıldırım Y. E (2003). Harabe Deresi Havzasında yağış akış ilişkisinin AGNPS modeliyle değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(2): 243-248.
- Babel M. S, Najim M. M. M, ve Loof R (2004). Assessment of Agricultural NonPoint Source Model for a Watershed in Tropical Environment. *Journal of Environmental Engineering*, 1032-1041.
- Baumhardt R. L, Staggenborg, S. A, Gowda, P. H, Colaizzi P. D ve Howell T. A (2009). Modelling Irrigation Management Strategies to Maximize Cotton Lint Yield And Water Use Efficiency. *Agronomy Journal*. 101 (3): 460-468.
- Bakanoğulları F (2002). Edirne-Merkez-Kumdere Havzasında Aylık Akımların ve Havza Su Veriminin Belirlenmesinde SWMHMS Modelini Uygulama Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Bakanoğulları F, İstanbulluoğlu A, Konukcu F, Şener M ve Günay S (2011). Trakya Bölgesi Damlıca ve Vize Deresi Kırsal Havzalarında Aylık Akımların Hidrolojik Model Kullanarak Belirlenmesi. Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Kırklareli.
- Bayat M. M (2011). Hidrolojik Model Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi. Celal Bayer Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Baydar A ve Kanber R (2012). İklimsel Değişikliklerin Pamuk Üretimine Etkilerinin İncelenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 1: 47-53.
- Belmans C, Wesseling J. G ve Feddes R. A (1983). Simulation of the Water Balance of a Cropped Soil: SWATRE. *Journal Hydrolic*. 63: 271-286.
- Biberoğlu E (2011). Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye Yağış ve Sıcaklıkları Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi. 9 Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Black, T.A, Gardner W. R. ve Thurtell G. W (1969). The Prediction of Evaporation, Drainage, and Soil Water Storage for A Bare Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 33, 655-660.
- Blaney H. F ve Criddle W. D (1950). Determining Water Requirments in Irrigated Areas from Climatological and Irrigation Data. USDA Div. of Irrigation and Water Conserv. SCS TP-96.
- Blaney H. F (1959). Montly Consumptive Use Requirments for Irrigated Crops. *ASCE Journal of the Irrigation and Drainage Division*. 85 (1): 1-12.
- Blasing T. J (2008). Recent Greenhouse Gas Concentrations.
- Boesten J. J. T. I. ve Stroosnijder L (1986). Simple Model for Daily Evaporation From Fallow Tilled Soil Under Spring Conditions in A Temperate Climate. *Neth. J. Agric. Sci.*, 34, 75-90.

- Bonfante A, Basile A, Acutis M, Mascellis R, Manna P, Perego A ve Terribile F (2010). SWAP, CropSyst and MACRO comparison in two contrasting soils cropped with maize in Northern Italy. *Agricultural Water Management*. 97: 1051-1062.
- Bozkurt D, Turunçoğlu U, Şen . L, nol B ve Dalfes H. N (2012). Downscaled Simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3 Global Models for the Eastern Mediterranean–Black Sea Region: Evaluation of the Reference Period. *Clim. Dyn.* 39: 207-225.
- Braden H (1985). Ein Energiehaushalts-und Verdunstungsmodell for Wasser und Stoffhaushaltsuntersuchungen Landwirtschaftlich Genutzer Einzugsgebiete. *Mittelungen Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft*. 42: 294-299.
- Cheo E. A, Voigt H-J ve Mbua R. L (2013). Vulnerability of water resources in northern Cameroon in the context of climate change. *Environ Earth Sci*. 70: 1211-1217.
- Cornelissen T, Diekkrger B ve Giertz S (2013). A comparison of Hydrological Models for Assessing the Impact of Land Use and Climate Change on Discharge in a Tropical Catchment. *Journal of Hydrology*. 498: 221-236.
- Cozzetto K, Chief K, Dittmer K, Brubaker K, Gough R, Souza K, Ettawageshik F, Wotkyns S, Opitz-Stapleton S, Duren S ve Chavan P (2013). Climate change impacts on the water resources of American Indians and Alaska Natives in the U.S. *Climatic Change*. 120: 569-584.
- Çaldağ B (2000). Meteorolojik Faktörlerin Bitki Gelişimine Etkilerinin Bitki İklim Modelleri ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çaldağ B (2009). Trakya Bölgesi'nin Tarımsal Meteorolojik zelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çaldağ B ve Şaylan L (2010). İklim Değişikliğinin Buğday Verimine Etkilerinin İncelenmesi: Kırklareli rneği. *İTÜ Dergisi*, 9 (5): 107-112.
- Dalfes N, Karaca M, Şen . L, Kindap T, nol B, Turunçoğlu U. U, Bozkurt D, Fer İ, Akın H. S, ankur R,Ural D, Kılıç G, CoŐkun M ve Demir İ (2008). Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları,TÜBİTAK. Proje No:105G015 (<http://gaia.itu.edu.tr/>).
- Demir İ, Kılıç G ve CoŐkun M (2007).Türkiye ve Bölgesi için PRECIS Bölgesel İklim Modeli alıŐmaları. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi TİGDEK-2007, 251-261, İstanbul.
- Demir İ, Kılıç G ve CoŐkun M (2008a). PRECIS Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye için İklim ngrleri: HaDAMP3 Sres A2 Senaryosu. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, İstanbul.
- Demir İ, Kılıç G, CoŐkun M ve Sümer U. M (2008b). Türkiye'de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları ile Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler ve Eğilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Ankara.
- Demir İ, Kılıç G, Alan D, Tvan A ve DemirbaŐ H (2010). Bölgesel İklim Modeli Projeksiyonları ve nemi, 1.Meteoroloji Sempozyumu. 195-208, Ankara.
- Demir , Atay H, Eskioğlu O, Tuvan A, Demircan M ve Akçakaya A (2013). RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye'de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi TİGDEK-2013, İstanbul.
- Doorenbos J ve Kassam A. H (1979). Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper. No. 33. FAO, 193, Rome.

- Droogers P, Bastiaanssen W. G. M, Beyazgül M, Kayam Y, Kite G. W ve Murray-Rust H (2000). Distributed Agro-Hydrological Modeling of an Irrigation System in Western Turkey. *Agric. Water Manage.*43(2): 183-202.
- Eitzinger J, Trnka M, Hösch Z, Žalud Z ve Dubrovský M (2004). Comparison of CERES, WOFOST and SWAP Models in Simulating Soil Water Content During Growing Season Under Different Soil Conditions. *Ecological Modelling.* 171: 223-246.
- Elmaloglou S ve Malamos N (2000). Simulation of Soil Moisture Content of a Prairie Field with SWAP93. *Agricultural Water Management.* 43: 139-149.
- Ernst L. F (1956). Calculation of the Steady Flow of Groundwater in Vertical Crosssections. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 4, 126-131.
- Feddes, R. A, Kowalik P. J ve Zaradny H (1978). Simulation of Field Water Use and Crop Yield. *Simulation Monographs.* Pudoc. 189, Wageningen.
- Fıstıkoğlu O (1999). Hidrolojik Modeller. “Türkiye İnşaat Mühendisliği 15. Teknik Kongre ve Sergisi”, 799-809, Ankara.
- Forster P, Ramaswamy V, Artaxo P, Bernsten T, Betts R. A, Fahey D. W, Haywood J, Lean J, Lowe D. C ve Myhre G (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In *Climate Change 2007: The Physical Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Vol.129-234.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Miranda R, Cusicanqui J. A, Taboada C, Mendoza J, Huanca R, Mamani A, Condori O, Mamani J., Morales B, Osco V ve Steduto P (2009a). Simulating Yield Response of Quinoa to Water Availability with AquaCrop. *Agronomy Journal.* 101 (3): 499-508.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Taboada C, Miranda R, Cusicanqui J. A, Mhizha T ve Vacher J, (2009b). Modeling the potential for closing quinoa yield gaps under varying water availability in the Bolivian Altiplano. *Agricultural Water Management.* 96: 1652-1658.
- Geerts S, Raes D ve Garcia M (2010). Using AquaCrop to Derive Deficit Irrigation Schedules. *Agricultural Water Management.* 98: 213-216.
- Göncü S (2005). İklim Değişikliğinin Su Havzalarına Etkisinin HSPF Modeli ile İncelenmesi. Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Haberlandt U. ve Radtke I (2013). Derived Flood Frequency Analysis Using Different Model Calibration Strategies Based on Various Types of Rainfall–Runoff Data—A Comparison, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 10, 10379–10417.
- Heng L. K, Hsiao T, Evett S, Howell T ve Steduto P (2009). Validating the FAO AquaCrop Model for Irrigated and Water Deficient Field Maize. *Agronomy Journal.* 101 (3): 488-498.
- Hernádi H, Farkas C, Makó A ve Máté F (2009). Climate sensitivity of soil water regime of different Hungarian Chernozem soil subtypes. *Biologia.* 64 (3): 496-501.
- Hooghoudt, S. B (1940). Algemene Beschouwing Van Het Probleem Van De Detailontwatering En De Infiltratie Door Middel Van Parallel Lopende Drains, Greppels, Sloten En Kanalen. *Versl. Landbouwk. Onderz.*, 46, B, 193.

- Hsiao T. C, Heng L, Steduto P, Rojas-Lara B, Raes D ve Fereres E (2009). AquaCrop – The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: III. Parameterization and Testing for Maize. *Agronomy Journal*. 101 (3): 448-459.
- Huo Z, Feng S, Dai X, Zheng Y ve Wang Y (2012). Simulation of Hydrology Following Various Volumes of Irrigation to Soil with Different Depths to the Water Table. *Soil Use and Management*. 28: 229-239.
- IPCC (2007). Fourth Assessment Report. Summary of Policymakers and Technical Report. <http://ipcc.ch/>
- İstanbuluoğlu A, Konukcu F ve Kocaman I (2005). Determination of the Project Parameters for the Small Earth Reservoirs to be Built in the Sub-Basins of Thrace Region, International Symposium on Water for Development Worldwide, General Directorate of State Hydraulic Works (DSI), Istanbul, 24-35.
- İstanbuluoğlu A, Yüksel A. N, Konukcu, F, Albut S ve Kocaman İ (2007). Trakya Bölgesi Toprak Su Kaynakları. 22 Mart Dünya Su Günü Etkinlikleri, Küresel Su Krizinin Boyutları, Türkiye ve Trakya Perspektifi. SUSED Yayın No: 1. Tekirdağ, 24-49.
- İstanbuluoğlu A, Konukcu F, Kocaman İ, Albut S, Şener M ve Sağlam M (2009). Trakya Bölgesi Havza Su Yönetimi: Çorlu-Pınarbaşı Alt Havzası Pilot Projesi. Trakya Üniversitesi. Edirne.
- İstanbuluoğlu A (2010). Hidroloji Ders Notları. Namık Kemal Üniversitesi, 454, Tekirdağ.
- İşcan S, Tepeli E, Uyan A, Yaşar M ve Çavdar A (2004). Sulamanın Temel Esasları I. Adana Ziraî Üretim İşletmesi ve Personel Eğitim Merkezi, 209, Adana.
- Jansen P. C, Runhaar J, Witte J. P. M ve van Dam J. C (2000). Wetness Indication of Grass Vegetations in Relation to the Moisture Status of Soils. Report 057, Alterra Green World Research, Wageningen, 59. (in Dutch).
- Jeuland M, Harshdeep N ve Ecurra J (2013). Implications of Climate Change for Water Resources Development in the Ganges Basin. *Water Policy*. 15: 26-50.
- Jhorar R. K, Smit A. A. M. F. R ve Roest C. W. J (2009). Effect of Model Selection on Computed Water Balance Components. *Irrigation and Drainage*. 58: 492-506.
- Júnior R. P. S, Silva J. P ve Rigitano R. L. O (2010). Simulation of Moisture Profiles in a Latosol in Dourados Region, in the State of Mato Grosso Do Sul, Brazil. *Eng. Agríc*. 30(1): 22-32.
- Kale S ve Tarı A. F (2012). Sulu ve Kuru Koşullar Altında Kışlık Buğday için FAO-AQUACROP Modelinin Performansının Değerlendirilmesi. *Toprak Su Dergisi*, 2: 119-131.
- Kanber R, Kapur B, Ünlü M, Tekin S ve Koç L, D (2008). İklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: ICCAP Projesi. “TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi”, 83-94, Ankara.
- Kapur B, Topaloğlu F ve Özfıdaner M (2007), Çukurova Bölgesi’nde Küresel İklim Değişikliği ve Buğday Verimliliği Üzerine Etkilerine Genel Bir Yaklaşım. “Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Sempozyumu”, 35-45, Konya.
- Kapur B (2010). Artan CO₂ ve Küresel İklim Değişikliğinin Çukurova Bölgesi’nde Buğday Verimliliği Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Knotters M ve Gooijer de J. G (1999). TARSO Modeling of Water Table Depths. *Water Resour. Res.* 35:695-705.
- Kol Ç ve Küpcü S (2008). ArcGIS 3D Analiz. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Müh. ve Eğtm. Ltd. Şti., 180, Ankara.
- Konukcu F, İstanbulluoğlu A ve Kocaman İ (2004). Social and Technical Strategies to Overcome a Possible Water Crisis in the Thrace Region and Istanbul in the Near Future. *International Symposium on Water Resources Management: Risks and Challenges for the 21ST Century*, EWRA, Vol. II, 531-543. İzmir.
- Konukcu F, İstanbulluoğlu A, Albut S, Kocaman İ ve Gezer E (2007). Küresel Su Krizi: Bu Günü, Geleceği ve Önlenebilir İmkânları. *SUSED Sulama Sektörü Der. 22.Mart Dünya Su Günü Etkinlikleri. Küresel Su Krizinin Boyutları, Türkiye ve Dünya Perspektifi. SUSED Yayın No:1, 24-49, Tekirdağ.*
- Kömüşçü A. U, Erkan A ve Oz S (1998). Possible Impacts of Climate Change on Soil Moisture Availability in the Southeast Anatolia Development Project Region (GAP): an Analysis from an Agricultural Drought Perspective. *Climatic Change*, 40: 519-545.
- Kroes J. G, Wesseling J. G ve Van Dam J. C (2000). Integrated Modelling of the Soil-Water-Atmosphere-Plant System Using the Model SWAP 2.0 an Overview of Theory and an Application. *Hydrol.Process.* 14, 1993-2002.
- Kroes J. G, Van Dam J. C, Groenendijk P, Hendriks R. F. A ve Jacobs G. M. J (2008). SWAP Version 3.2. Theory Description And User Manual. 262, Wageningen.
- Küpcü S (2004). ArcGIS 9 Uygulama Dökümanları: İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları. 207. Ankara.
- Liu Y, Zhang J, Wang G, Liu J, He R, Wang H, Liu C ve Junliang J (2013). Assessing the Effect of Climate Natural Variability in Water Resources Evaluation Impacted by Climate Change. *Hydrological Processes.* 27: 1061-1071.
- Mkhabela M. S ve Bullock P. R (2012). Performance of the FAO AquaCrop Model for Wheat Grain Yield and Soil Moisture Simulation in Western Canada. *Agricultural Water Management* 110: 16-24.
- Mor A (2005). Bitki İklim Modeli (DSSAT) Kullanılarak Bursa'da Buğday için Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Analizi. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Moriasi D. N, Wilson B. N, Douglas-Mankin K. R, Arnold J. G ve Gowda P. H (2012). Hydrologic and Water Quality Models: Use, Calibration, and Validation. *American Society of Agricultural and Biological Engineers.* 55 (4): 1241-1247.
- Mualem Y(1976). A New Model for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Porous Media. *Water Resources Research.* 12: 513-522.
- Narsimlu B, Gosain A. K ve Chahar B. R (2013). Assessment of Future Climate Change Impacts on Water Resources of Upper Sind River Basin, India Using SWAT Model. *Water Resour Manage.* 27: 3647-3662.
- Nash J. E ve Sutcliffe J. V (1970) River Flow Forecasting Through Conceptual Models; Part I-A Discussion of Principles; *Journal of Hydrology*; No. 10, 282–290.

- Önal B (2001). Türkiye ve Civarı İkliminin Bölgesel Bir İklim Modeliyle Simülasyonu: Yüzeysel Koşullarına Duyarlılık. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Önal B, Ünal Y. S ve Dalfes H. N (2009). İklim Değişimi Senaryosunun Türkiye Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi. İTÜ Dergisi, 8 (5): 169-177.
- Özdere R (2012). Tarımsal Kuraklığın Ayçiçeği Bitkisine Olan Etkilerinin AquaCrop Modeliyle Analizi. Bitirme Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- Özkan K (2010). Küresel İklim Değişikliği Senaryoları. Orman Mühendisliği Dergisi, 47 (1,2,3): 12-17.
- Özkul S, Fıstıkoğlu O ve Harmancıoğlu N (2008). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Büyük Menderes ve Gediz Havzaları Örneğinde Değerlendirilmesi. "TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi", 309-322, Ankara.
- Öztürk F, Sönmez F. K, Yıldırım Y. E, Bayramın İ, Apaydın H ve Kardeş E (2003). Kurukavak Deresi Havzasında Yüzeysel Akış ve Sediment Miktarının AGNPS Modeli ile Tahmini. Tarım Bilimleri Dergisi, 9(3): 344-351.
- Öztürk K (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22 (1): 47-65.
- Perazzoli M, Pinheiro A ve Kaufmann V (2012). Assessing the Impact of Climate Change Scenarios on Water Resources in Southern Brazil. Hydrological Sciences Journal. 58 (1): 77-87.
- Postel S (2000). Son Vaha (Last Oasis) (Çeviri: Sözer Ş.). Tübitak-Tema Vakfı yayınları, 218, Ankara.
- Raes D, Steduto P, Hsiao T. C ve Fereres E (2009a). Reference Manual. Chapter One: AquaCrop version 3.1.-The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water. FAO, Land and Water Development Division, Rome. 1-10.
- Raes D, Steduto P, Hsiao T. C ve Fereres E (2009b). Reference Manual. Chapter Two: Users Guide, FAO, Land and Water Development Division, Rome. 1-115.
- Raes D, Steduto P, Hsiao T. C ve Fereres E (2009c). Reference Manual. Chapter Three: Calculation Procedures, FAO, Land and Water Development Division, Rome, 1-83.
- Raes D, Steduto P, Hsiao T. C ve Fereres E (2009d). Reference Manual. Annexes. Rome.
- Ramos P, Petisco E, Martín J. M ve Rodríguez E (2013). Downscaled Climate Change Projections Over Spain: Application To Water Resources. International Journal of Water. 29 (2): 201-218.
- Ritchie, J.T (1972). Model for Predicting Evaporation from a Row Crop with Incomplete Cover. Water Resources Research 8(5): 1204-1213.
- Runhaar J, Witte J. P. M ve Verburg P. H (1997). Groundwater Level, Moisture Supply and Vegetation in The Netherlands. Wetlands. 17: 528-538.
- Scott, P. S, Farquhar G. J ve Kouwen N (1983). Hysteretic Effects on Net Infiltration. 'In Advances in Infiltration', American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich, 163-170.
- Smith R. E ve Williams J. R (1980). Simulation of the Surface Water Hydrology. In: CREAMS: A Field-Scale Model for Chemical, Runoff, and Erosion from

- Agricultural Management Systems, Conservation Research Report No. 29. USDA, Washington D. C. 13-35.
- Smith M (1991). Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements. FAO. 60. Rome.
- Singh A, Saha S ve Mondal S (2013). Modelling Irrigated Wheat Production Using The FAO AquaCrop Model in West Bengal, India, For Sustainable Agriculture. Irrigation and Drainage. 62: 50-56.
- Stricevic R, Cosic M, Djurovic N, Pejic B ve Maksimovic L (2011). Assessment of the FAO AquaCrop Model in the Simulation of Rainfed and Supplementally Irrigated Maize, Sugar Beet and Sunflower. Agricultural Water Management. 98: 1615-1621.
- Şen B, Topçu S, Giorgi F, Xunqiang B, Kanit E. G ve Dalkılıç T (2008). Seyhan Havzasında İklim Değişikliğinin Tarımsal Su Kullanımına Etkileri. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 71-82, Ankara.
- Şen B (2009). Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresi'nde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Şen Z (2005). İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi. http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/iklim_degisikliginin_su_kaynaklar%C4%B1na_etkisi.pdf?sfvrsn=2, (erişim tarihi, 10.10.2013).
- Şen Z (2009a). İklim Değişikliği Tatlı Su Kaynakları ve Türkiye. Su Vakfı Yayınları, 272, İstanbul.
- Şen Z (2009b). 2100 Yılına Kadar Türkiye Su Potansiyeli Değerlendirmesi. İnşaat Mühendisleri Odası. İstanbul.
- Şimşek O, Mermer A, Yıldız H, Özyayın K. A ve Çakmak B (2007). Türkiye'de Buğdayın Verim Tahmini. Tarım Bilimleri Dergisi, 13 (3): 299-307.
- Tahmasbinejad H, Feyzolahpour M, Mumipour M ve Zakerhoseini F (2012). Rainfall-runoff Simulation and Modeling of Karun River Using HEC-RAS and HEC-HMS Models, Izeh District, Iran. Journal of Applied Sciences. 12(18):1990-1908.
- Taparauskiene L ve Heng L. K (2008). Adaptation of Swap Model For Simulation of Soil Moisture Dynamic in Strawberry Field. "Environmental Engineering the 7th International Conference", Lithuania.
- Topçu S (2000). Tarım Mühendisliğinde Çevre Sorunları. Çukurova Üniversitesi, 269, Adana.
- Tsiros J. X, Elmaloglou S ve Ambrose R. B (1998). A Comparative Study of Two Methods for Modeling Soil Water Regime in Agricultural Fields. Water Resources Management. 12: 285-293.
- TUİK. (2013). <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=13482>. (erişim tarihi 31.08.2013).
- Türkeş M (1997). Hava ve İklim Kavramları Üzerine. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 36-37.
- Türkeş M, Sümer U. M ve Çetiner G (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 7-24, Ankara.

- Türkeş M (2007). Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007, 38-53, İstanbul.
- Üstün H. G (2008). İklim Değişiminin Su Kaynakları Üzerine Etkisi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Van Dam J. C, Huygen J, Wesseling JG, Feddes RA, Kabat P, Van Walsum PEV, Groenendijk P ve Van Diepen CA (1997). SWAP Version 2.0, Theory. Simulation of Water Flow, Solute Transport and Plant Growth in The Soil-Water-Atmosphere-Plant Environment.167, Wageningen.
- Van Dam J. C, Groenendijk P, Hendriks R. F. A ve Kroes J. G (2008). Advances of Modeling Water Flow in Variably Saturated Soils with SWAP. Vadose Zone J. 7 (2): 640-653.
- Van Genuchten M.T (1980). A Closed Form Equation for Predicting The Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. Soil Science Society of America Journal. 44: 892-898.
- Vanuytrecht E, Raes D ve Willems P (2011). Considering Sink Strength to Model Crop Production Under Elevated Atmospheric CO₂. Agricultural and Forest Meteorology. 151: 1753-1762.
- Von Hoyningen-Hüne J (1983). Die Interception des Niederschlags in Landwirtschaftlichen Beständen. Schriftreihe des DVWK. 57:1-53.
- Wang Keh-Han ve Altunkaynak A (2012). Comparative Case Study of Rainfall-Runoff Modeling between SWMM and Fuzzy Logic Approach. Journal of Environmental Engineering, 283-291.
- Zelege K. T, Luckett D ve Cowley R (2011). Calibration and Testing of the FAO AquaCrop Model for Canola. Agronomy Journal. 103 (6): 1610-1618.
- Zinyengere N, Mhizha T, Mashonjowa E, Chipindu B, Geerts S ve Raes D (2011). Using Seasonal Climate Forecasts to Improve Maize Production Decision Support in Zimbabwe. Agricultural Forest Meteorology. 151: 1792-1799.

EK 1 1989-2007 yılları için hazırlanan SWMHMS Model ana dosyası

TOPCUKOY WATERSHED VIZE-KIRKLARELI

1 1 1988 12 31 2007 1 1 1988 1 1 1989 12 31 2007
1146.56 79.20 5.40 10.60 0.80 0.10 0.70 5.40 1.0
39.6 37.4 43.2 48.4 60.3 69.3 75.7 72.9 65.1 53.1 39.9 37.9
32.9 39.6 47.5 57.0 58.3 65.8 70.7 72.3 64.9 53.2 43.3 39.7
34.7 41.5 46.2 53.4 59.2 68.2 73.2 71.8 63.3 56.3 52.9 43.9
36.3 37.9 42.3 50.4 58.5 70.2 73.9 72.9 66.6 58.1 49.3 33.4
35.6 35.2 43.7 52.9 58.5 69.6 70.2 74.7 63.9 62.4 47.8 36.9
34.5 33.3 42.4 52.0 61.0 69.8 73.2 73.9 67.3 61.9 45.5 45.5
43.3 41.0 46.6 57.0 65.5 71.2 77.9 79.0 74.5 61.3 45.3 40.8
41.2 45.7 47.7 53.8 63.3 75.6 75.9 74.1 65.5 53.6 42.1 41.2
34.5 36.5 35.8 48.0 65.3 70.0 73.8 72.9 63.3 53.2 46.8 43.2
36.9 36.3 39.6 45.5 63.3 72.1 76.6 70.9 62.2 54.9 49.5 41.5
40.3 44.4 45.1 60.3 66.0 74.8 78.1 79.2 69.3 61.7 50.2 38.8
42.1 40.3 48.9 59.9 67.1 76.6 80.4 80.4 71.6 64.0 52.5 50.4
37.9 46.0 50.2 63.7 68.7 77.5 80.4 69.3 64.0 52.3 47.8 40.5
39.4 38.7 48.9 50.2 59.7 68.7 77.7 75.7 67.5 57.2 44.2 28.2
34.5 44.8 47.1 51.3 62.8 74.3 80.4 76.6 68.4 59.2 51.4 39.7
44.4 34.5 40.5 51.1 67.8 77.5 81.1 81.5 68.9 62.2 52.2 44.1
40.6 44.1 48.4 55.2 63.9 74.7 77.5 78.6 72.9 66.6 53.4 46.8
43.5 41.7 49.6 59.0 69.3 73.9 81.9 82.4 73.9 60.6 51.3 45.0
39.4 43.9 52.2 60.4 63.1 69.8 71.8 75.4 64.2 56.8 44.4 36.7
42.1 42.6 45.5 50.4 64.6 73.9 77.5 77.5 66.0 59.0 46.9 38.3
0.46 0.52 0.76 0.94 1.04 1.15 1.07 0.73 0.62 0.45 0.53 0.40
6.68 6.68 8.31 8.96 10.07 10.16 10.29 9.59 8.39 7.72 6.68 6.47
1202
01/01/1988 0.10
01/11/1988 0.16
01/30/1988 1.18
02/01/1988 0.39
02/07/1988 0.20
.....
12/10/2007 0.02
12/11/2007 0.56
12/12/2007 0.06
12/15/2007 0.03
12/31/2007 0.01
Y
276
M
01/1985 0.023
02/1985 0.003
03/1985 0.000
04/1985 0.000
05/1985 0.000
.....
08/2007 0.000
09/2007 0.000
10/2007 0.000
11/2007 0.000
12/2007 0.000
Y
50.0 100.0
0.0 10.0
0.0 15.0
0.0 1.0
0.0 1.0
0.0 1.0

SQR
SIM

EK 2 1989-2007 yılları arası simülasyon sonuçları

MODEL SIMULATION RUN

TOPCUKOY WATERSHED VIZE-KIRKLARELİ

WATERSHED AREA = 1146.56 ACRES

WATERSHED PARAMETER VALUES

SCS CURVE NUMBER = 79.20
AVAILABLE SOIL WATER CAPACITY = 5.40 INCHES
SPECIFIC YIELD CAPACITY = 10.60 INCHES
BASEFLOW SEEPAGE CONSTANT = .80
SOIL ZONE PERCOLATION CONSTANT = .10
INITIAL RAINFALL ABSTRACTION CONSTANT = .70

INITIAL WATERSHED CHARACTERISTIC VALUES

RAINFALL ABSTRACTION - S = 4.00 INCHES
AVAILABLE SOIL WATER = 5.63 INCHES
AVAILABLE WATER PERCENTAGE = 100.00
INTERFLOW-GROUNDWATER STORAGE = .03 INCHES

MONTHLY WATERSHED DATA USED IN EVAPOTRANSPIRATION (ET) CALCULATIONS

| MONTH | YEAR | CROP COEF | % DAY HRS | MON TEMP F | MON PET IN |
|-------|------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1 | 1989 | .460 | 6.680 | 32.900 | 1.011 |
| 2 | 1989 | .520 | 6.680 | 39.600 | 1.376 |
| 3 | 1989 | .760 | 8.310 | 47.500 | 3.000 |
| 4 | 1989 | .940 | 8.960 | 57.000 | 4.801 |
| 5 | 1989 | 1.040 | 10.070 | 58.300 | 6.106 |
| 6 | 1989 | 1.150 | 10.160 | 65.800 | 7.688 |
| 7 | 1989 | 1.070 | 10.290 | 70.700 | 7.784 |
| 8 | 1989 | .730 | 9.590 | 72.300 | 5.062 |
| 9 | 1989 | .620 | 8.390 | 64.900 | 3.376 |
| 10 | 1989 | .450 | 7.720 | 53.200 | 1.848 |
| 11 | 1989 | .530 | 6.680 | 43.300 | 1.533 |
| 12 | 1989 | .400 | 6.470 | 39.700 | 1.027 |
| 1 | 1990 | .460 | 6.680 | 34.700 | 1.066 |
| 2 | 1990 | .520 | 6.680 | 41.500 | 1.442 |
| 3 | 1990 | .760 | 8.310 | 46.200 | 2.918 |
| 4 | 1990 | .940 | 8.960 | 53.400 | 4.498 |
| 5 | 1990 | 1.040 | 10.070 | 59.200 | 6.200 |
| 6 | 1990 | 1.150 | 10.160 | 68.200 | 7.968 |
| 7 | 1990 | 1.070 | 10.290 | 73.200 | 8.060 |
| 8 | 1990 | .730 | 9.590 | 71.800 | 5.027 |
| 9 | 1990 | .620 | 8.390 | 63.300 | 3.293 |
| 10 | 1990 | .450 | 7.720 | 56.300 | 1.956 |
| 11 | 1990 | .530 | 6.680 | 52.900 | 1.873 |
| 12 | 1990 | .400 | 6.470 | 43.900 | 1.136 |
| 1 | 1991 | .460 | 6.680 | 36.300 | 1.115 |
| 2 | 1991 | .520 | 6.680 | 37.900 | 1.316 |
| 3 | 1991 | .760 | 8.310 | 42.300 | 2.671 |
| 4 | 1991 | .940 | 8.960 | 50.400 | 4.245 |
| 5 | 1991 | 1.040 | 10.070 | 58.500 | 6.127 |
| 6 | 1991 | 1.150 | 10.160 | 70.200 | 8.202 |
| 7 | 1991 | 1.070 | 10.290 | 73.900 | 8.137 |
| 8 | 1991 | .730 | 9.590 | 72.900 | 5.104 |
| 9 | 1991 | .620 | 8.390 | 66.600 | 3.464 |
| 10 | 1991 | .450 | 7.720 | 58.100 | 2.018 |
| 11 | 1991 | .530 | 6.680 | 49.300 | 1.745 |
| 12 | 1991 | .400 | 6.470 | 33.400 | .864 |
| 1 | 1992 | .460 | 6.680 | 35.600 | 1.094 |
| 2 | 1992 | .520 | 6.680 | 35.200 | 1.223 |

| | | | | | |
|----|------|-------|--------|--------|-------|
| 3 | 1992 | .760 | 8.310 | 43.700 | 2.760 |
| 4 | 1992 | .940 | 8.960 | 52.900 | 4.455 |
| 5 | 1992 | 1.040 | 10.070 | 58.500 | 6.127 |
| 6 | 1992 | 1.150 | 10.160 | 69.600 | 8.132 |
| 7 | 1992 | 1.070 | 10.290 | 70.200 | 7.729 |
| 8 | 1992 | .730 | 9.590 | 74.700 | 5.230 |
| 9 | 1992 | .620 | 8.390 | 63.900 | 3.324 |
| 10 | 1992 | .450 | 7.720 | 62.400 | 2.168 |
| 11 | 1992 | .530 | 6.680 | 47.800 | 1.692 |
| 12 | 1992 | .400 | 6.470 | 36.900 | .955 |
| 1 | 1993 | .460 | 6.680 | 34.500 | 1.060 |
| 2 | 1993 | .520 | 6.680 | 33.300 | 1.157 |
| 3 | 1993 | .760 | 8.310 | 42.400 | 2.678 |
| 4 | 1993 | .940 | 8.960 | 52.000 | 4.380 |
| 5 | 1993 | 1.040 | 10.070 | 61.000 | 6.388 |
| 6 | 1993 | 1.150 | 10.160 | 69.800 | 8.155 |
| 7 | 1993 | 1.070 | 10.290 | 73.200 | 8.060 |
| 8 | 1993 | .730 | 9.590 | 73.900 | 5.174 |
| 9 | 1993 | .620 | 8.390 | 67.300 | 3.501 |
| 10 | 1993 | .450 | 7.720 | 61.900 | 2.150 |
| 11 | 1993 | .530 | 6.680 | 45.500 | 1.611 |
| 12 | 1993 | .400 | 6.470 | 45.500 | 1.178 |
| 1 | 1994 | .460 | 6.680 | 43.300 | 1.331 |
| 2 | 1994 | .520 | 6.680 | 41.000 | 1.424 |
| 3 | 1994 | .760 | 8.310 | 46.600 | 2.943 |
| 4 | 1994 | .940 | 8.960 | 57.000 | 4.801 |
| 5 | 1994 | 1.040 | 10.070 | 65.500 | 6.860 |
| 6 | 1994 | 1.150 | 10.160 | 71.200 | 8.319 |
| 7 | 1994 | 1.070 | 10.290 | 77.900 | 8.577 |
| 8 | 1994 | .730 | 9.590 | 79.000 | 5.531 |
| 9 | 1994 | .620 | 8.390 | 74.500 | 3.875 |
| 10 | 1994 | .450 | 7.720 | 61.300 | 2.130 |
| 11 | 1994 | .530 | 6.680 | 45.300 | 1.604 |
| 12 | 1994 | .400 | 6.470 | 40.800 | 1.056 |
| 1 | 1995 | .460 | 6.680 | 41.200 | 1.266 |
| 2 | 1995 | .520 | 6.680 | 45.700 | 1.587 |
| 3 | 1995 | .760 | 8.310 | 47.700 | 3.013 |
| 4 | 1995 | .940 | 8.960 | 53.800 | 4.531 |
| 5 | 1995 | 1.040 | 10.070 | 63.300 | 6.629 |
| 6 | 1995 | 1.150 | 10.160 | 75.600 | 8.833 |
| 7 | 1995 | 1.070 | 10.290 | 75.900 | 8.357 |
| 8 | 1995 | .730 | 9.590 | 74.100 | 5.188 |
| 9 | 1995 | .620 | 8.390 | 65.500 | 3.407 |
| 10 | 1995 | .450 | 7.720 | 53.600 | 1.862 |
| 11 | 1995 | .530 | 6.680 | 42.100 | 1.491 |
| 12 | 1995 | .400 | 6.470 | 41.200 | 1.066 |
| 1 | 1996 | .460 | 6.680 | 34.500 | 1.060 |
| 2 | 1996 | .520 | 6.680 | 36.500 | 1.268 |
| 3 | 1996 | .760 | 8.310 | 35.800 | 2.261 |
| 4 | 1996 | .940 | 8.960 | 48.000 | 4.043 |
| 5 | 1996 | 1.040 | 10.070 | 65.300 | 6.839 |
| 6 | 1996 | 1.150 | 10.160 | 70.000 | 8.179 |
| 7 | 1996 | 1.070 | 10.290 | 73.800 | 8.126 |
| 8 | 1996 | .730 | 9.590 | 72.900 | 5.104 |
| 9 | 1996 | .620 | 8.390 | 63.300 | 3.293 |
| 10 | 1996 | .450 | 7.720 | 53.200 | 1.848 |
| 11 | 1996 | .530 | 6.680 | 46.800 | 1.657 |
| 12 | 1996 | .400 | 6.470 | 43.200 | 1.118 |
| 1 | 1997 | .460 | 6.680 | 36.900 | 1.134 |
| 2 | 1997 | .520 | 6.680 | 36.300 | 1.261 |
| 3 | 1997 | .760 | 8.310 | 39.600 | 2.501 |
| 4 | 1997 | .940 | 8.960 | 45.500 | 3.832 |
| 5 | 1997 | 1.040 | 10.070 | 63.300 | 6.629 |
| 6 | 1997 | 1.150 | 10.160 | 72.100 | 8.424 |
| 7 | 1997 | 1.070 | 10.290 | 76.600 | 8.434 |
| 8 | 1997 | .730 | 9.590 | 70.900 | 4.963 |
| 9 | 1997 | .620 | 8.390 | 62.200 | 3.236 |
| 10 | 1997 | .450 | 7.720 | 54.900 | 1.907 |

| | | | | |
|---------|-------|--------|--------|-------|
| 11 1997 | .530 | 6.680 | 49.500 | 1.752 |
| 12 1997 | .400 | 6.470 | 41.500 | 1.074 |
| 1 1998 | .460 | 6.680 | 40.300 | 1.238 |
| 2 1998 | .520 | 6.680 | 44.400 | 1.542 |
| 3 1998 | .760 | 8.310 | 45.100 | 2.848 |
| 4 1998 | .940 | 8.960 | 60.300 | 5.079 |
| 5 1998 | 1.040 | 10.070 | 66.000 | 6.912 |
| 6 1998 | 1.150 | 10.160 | 74.800 | 8.740 |
| 7 1998 | 1.070 | 10.290 | 78.100 | 8.599 |
| 8 1998 | .730 | 9.590 | 79.200 | 5.545 |
| 9 1998 | .620 | 8.390 | 69.300 | 3.605 |
| 10 1998 | .450 | 7.720 | 61.700 | 2.143 |
| 11 1998 | .530 | 6.680 | 50.200 | 1.777 |
| 12 1998 | .400 | 6.470 | 38.800 | 1.004 |
| 1 1999 | .460 | 6.680 | 42.100 | 1.294 |
| 2 1999 | .520 | 6.680 | 40.300 | 1.400 |
| 3 1999 | .760 | 8.310 | 48.900 | 3.088 |
| 4 1999 | .940 | 8.960 | 59.900 | 5.045 |
| 5 1999 | 1.040 | 10.070 | 67.100 | 7.027 |
| 6 1999 | 1.150 | 10.160 | 76.600 | 8.950 |
| 7 1999 | 1.070 | 10.290 | 80.400 | 8.852 |
| 8 1999 | .730 | 9.590 | 80.400 | 5.629 |
| 9 1999 | .620 | 8.390 | 71.600 | 3.724 |
| 10 1999 | .450 | 7.720 | 64.000 | 2.223 |
| 11 1999 | .530 | 6.680 | 52.500 | 1.859 |
| 12 1999 | .400 | 6.470 | 50.400 | 1.304 |
| 1 2000 | .460 | 6.680 | 37.900 | 1.165 |
| 2 2000 | .520 | 6.680 | 46.000 | 1.598 |
| 3 2000 | .760 | 8.310 | 50.200 | 3.170 |
| 4 2000 | .940 | 8.960 | 63.700 | 5.365 |
| 5 2000 | 1.040 | 10.070 | 68.700 | 7.195 |
| 6 2000 | 1.150 | 10.160 | 77.500 | 9.055 |
| 7 2000 | 1.070 | 10.290 | 80.400 | 8.852 |
| 8 2000 | .730 | 9.590 | 69.300 | 4.851 |
| 9 2000 | .620 | 8.390 | 64.000 | 3.329 |
| 10 2000 | .450 | 7.720 | 52.300 | 1.817 |
| 11 2000 | .530 | 6.680 | 47.800 | 1.692 |
| 12 2000 | .400 | 6.470 | 40.500 | 1.048 |
| 1 2001 | .460 | 6.680 | 39.400 | 1.211 |
| 2 2001 | .520 | 6.680 | 38.700 | 1.344 |
| 3 2001 | .760 | 8.310 | 48.900 | 3.088 |
| 4 2001 | .940 | 8.960 | 50.200 | 4.228 |
| 5 2001 | 1.040 | 10.070 | 59.700 | 6.252 |
| 6 2001 | 1.150 | 10.160 | 68.700 | 8.027 |
| 7 2001 | 1.070 | 10.290 | 77.700 | 8.555 |
| 8 2001 | .730 | 9.590 | 75.700 | 5.300 |
| 9 2001 | .620 | 8.390 | 67.500 | 3.511 |
| 10 2001 | .450 | 7.720 | 57.200 | 1.987 |
| 11 2001 | .530 | 6.680 | 44.200 | 1.565 |
| 12 2001 | .400 | 6.470 | 28.200 | .730 |
| 1 2002 | .460 | 6.680 | 34.500 | 1.060 |
| 2 2002 | .520 | 6.680 | 44.800 | 1.556 |
| 3 2002 | .760 | 8.310 | 47.100 | 2.975 |
| 4 2002 | .940 | 8.960 | 51.300 | 4.321 |
| 5 2002 | 1.040 | 10.070 | 62.800 | 6.577 |
| 6 2002 | 1.150 | 10.160 | 74.300 | 8.681 |
| 7 2002 | 1.070 | 10.290 | 80.400 | 8.852 |
| 8 2002 | .730 | 9.590 | 76.600 | 5.363 |
| 9 2002 | .620 | 8.390 | 68.400 | 3.558 |
| 10 2002 | .450 | 7.720 | 59.200 | 2.057 |
| 11 2002 | .530 | 6.680 | 51.400 | 1.820 |
| 12 2002 | .400 | 6.470 | 39.700 | 1.027 |
| 1 2003 | .460 | 6.680 | 44.400 | 1.364 |
| 2 2003 | .520 | 6.680 | 34.500 | 1.198 |
| 3 2003 | .760 | 8.310 | 40.500 | 2.558 |
| 4 2003 | .940 | 8.960 | 51.100 | 4.304 |
| 5 2003 | 1.040 | 10.070 | 67.800 | 7.101 |
| 6 2003 | 1.150 | 10.160 | 77.500 | 9.055 |

| | | | | | |
|----|------|-------|--------|--------|-------|
| 7 | 2003 | 1.070 | 10.290 | 81.100 | 8.929 |
| 8 | 2003 | .730 | 9.590 | 81.500 | 5.706 |
| 9 | 2003 | .620 | 8.390 | 68.900 | 3.584 |
| 10 | 2003 | .450 | 7.720 | 62.200 | 2.161 |
| 11 | 2003 | .530 | 6.680 | 52.200 | 1.848 |
| 12 | 2003 | .400 | 6.470 | 44.100 | 1.141 |
| 1 | 2004 | .460 | 6.680 | 40.600 | 1.248 |
| 2 | 2004 | .520 | 6.680 | 44.100 | 1.532 |
| 3 | 2004 | .760 | 8.310 | 48.400 | 3.057 |
| 4 | 2004 | .940 | 8.960 | 55.200 | 4.649 |
| 5 | 2004 | 1.040 | 10.070 | 63.900 | 6.692 |
| 6 | 2004 | 1.150 | 10.160 | 74.700 | 8.728 |
| 7 | 2004 | 1.070 | 10.290 | 77.500 | 8.533 |
| 8 | 2004 | .730 | 9.590 | 78.600 | 5.503 |
| 9 | 2004 | .620 | 8.390 | 72.900 | 3.792 |
| 10 | 2004 | .450 | 7.720 | 66.600 | 2.314 |
| 11 | 2004 | .530 | 6.680 | 53.400 | 1.891 |
| 12 | 2004 | .400 | 6.470 | 46.800 | 1.211 |
| 1 | 2005 | .460 | 6.680 | 43.500 | 1.337 |
| 2 | 2005 | .520 | 6.680 | 41.700 | 1.448 |
| 3 | 2005 | .760 | 8.310 | 49.600 | 3.133 |
| 4 | 2005 | .940 | 8.960 | 59.000 | 4.969 |
| 5 | 2005 | 1.040 | 10.070 | 69.300 | 7.258 |
| 6 | 2005 | 1.150 | 10.160 | 73.900 | 8.634 |
| 7 | 2005 | 1.070 | 10.290 | 81.900 | 9.017 |
| 8 | 2005 | .730 | 9.590 | 82.400 | 5.769 |
| 9 | 2005 | .620 | 8.390 | 73.900 | 3.844 |
| 10 | 2005 | .450 | 7.720 | 60.600 | 2.105 |
| 11 | 2005 | .530 | 6.680 | 51.300 | 1.816 |
| 12 | 2005 | .400 | 6.470 | 45.000 | 1.165 |
| 1 | 2006 | .460 | 6.680 | 39.400 | 1.211 |
| 2 | 2006 | .520 | 6.680 | 43.900 | 1.525 |
| 3 | 2006 | .760 | 8.310 | 52.200 | 3.297 |
| 4 | 2006 | .940 | 8.960 | 60.400 | 5.087 |
| 5 | 2006 | 1.040 | 10.070 | 63.100 | 6.608 |
| 6 | 2006 | 1.150 | 10.160 | 69.800 | 8.155 |
| 7 | 2006 | 1.070 | 10.290 | 71.800 | 7.905 |
| 8 | 2006 | .730 | 9.590 | 75.400 | 5.279 |
| 9 | 2006 | .620 | 8.390 | 64.200 | 3.340 |
| 10 | 2006 | .450 | 7.720 | 56.800 | 1.973 |
| 11 | 2006 | .530 | 6.680 | 44.400 | 1.572 |
| 12 | 2006 | .400 | 6.470 | 36.700 | .950 |
| 1 | 2007 | .460 | 6.680 | 42.100 | 1.294 |
| 2 | 2007 | .520 | 6.680 | 42.600 | 1.480 |
| 3 | 2007 | .760 | 8.310 | 45.500 | 2.874 |
| 4 | 2007 | .940 | 8.960 | 50.400 | 4.245 |
| 5 | 2007 | 1.040 | 10.070 | 64.600 | 6.765 |
| 6 | 2007 | 1.150 | 10.160 | 73.900 | 8.634 |
| 7 | 2007 | 1.070 | 10.290 | 77.500 | 8.533 |
| 8 | 2007 | .730 | 9.590 | 77.500 | 5.426 |
| 9 | 2007 | .620 | 8.390 | 66.000 | 3.433 |
| 10 | 2007 | .450 | 7.720 | 59.000 | 2.050 |
| 11 | 2007 | .530 | 6.680 | 46.900 | 1.660 |
| 12 | 2007 | .400 | 6.470 | 38.300 | .991 |

MONTHLY WATERSHED CALCULATIONS
-VALUES ARE IN INCHES-

| MONTH | YEAR | MPREC | PRDFLOW | OBSFLOW | MAET | MINF | MBSFL | MINT |
|-------|------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 1989 | .160 | .087 | .000 | .967 | .112 | .087 | .048 |
| 2 | 1989 | .000 | .000 | .000 | 1.293 | .000 | .000 | .000 |
| 3 | 1989 | 2.340 | .000 | .000 | 2.227 | 1.638 | .000 | .702 |
| 4 | 1989 | .550 | .000 | .000 | 3.091 | .385 | .000 | .165 |
| 5 | 1989 | 2.290 | .005 | .000 | 1.703 | 1.651 | .000 | .634 |
| 6 | 1989 | 2.140 | .000 | .000 | 1.583 | 1.498 | .000 | .642 |
| 7 | 1989 | 1.380 | .000 | .000 | .966 | .966 | .000 | .414 |
| 8 | 1989 | .470 | .000 | .000 | .329 | .329 | .000 | .141 |

| | | | | | | | | |
|----|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|
| 9 | 1989 | 1.420 | .000 | .000 | .879 | .994 | .000 | .426 |
| 10 | 1989 | 1.420 | .000 | .000 | .670 | .994 | .000 | .426 |
| 11 | 1989 | 3.610 | .077 | .000 | .740 | 2.665 | .000 | .868 |
| 12 | 1989 | 2.810 | .071 | .000 | .745 | 2.095 | .000 | .644 |
| 1 | 1990 | .000 | .000 | .000 | .950 | .000 | .000 | .000 |
| 2 | 1990 | .970 | .000 | .000 | 1.077 | .679 | .000 | .291 |
| 3 | 1990 | .940 | .000 | .000 | 2.035 | .658 | .000 | .282 |
| 4 | 1990 | 2.010 | .000 | .000 | 2.023 | 1.407 | .000 | .603 |
| 5 | 1990 | .360 | .000 | .000 | .457 | .252 | .000 | .108 |
| 6 | 1990 | 5.470 | .097 | .000 | 3.515 | 3.979 | .000 | 1.394 |
| 7 | 1990 | .350 | .000 | .000 | .873 | .245 | .000 | .105 |
| 8 | 1990 | .860 | .000 | .000 | .606 | .602 | .000 | .258 |
| 9 | 1990 | 3.070 | .010 | .000 | 1.330 | 2.212 | .000 | .848 |
| 10 | 1990 | 1.320 | .000 | .000 | 1.182 | .924 | .000 | .396 |
| 11 | 1990 | 2.230 | .000 | .000 | 1.022 | 1.561 | .000 | .669 |
| 12 | 1990 | 4.520 | .000 | .000 | .727 | 3.164 | .000 | 1.356 |
| 1 | 1991 | 1.430 | .000 | .000 | .896 | 1.001 | .000 | .429 |
| 2 | 1991 | .820 | .000 | .000 | 1.104 | .574 | .000 | .246 |
| 3 | 1991 | .780 | .000 | .000 | 2.025 | .546 | .000 | .234 |
| 4 | 1991 | 1.640 | .000 | .000 | 2.248 | 1.148 | .000 | .492 |
| 5 | 1991 | 2.060 | .000 | .000 | 1.858 | 1.442 | .000 | .618 |
| 6 | 1991 | .000 | .000 | .000 | .181 | .000 | .000 | .000 |
| 7 | 1991 | 1.720 | .000 | .000 | .742 | 1.204 | .000 | .516 |
| 8 | 1991 | .240 | .000 | .000 | .630 | .168 | .000 | .072 |
| 9 | 1991 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 10 | 1991 | 3.710 | .219 | .000 | 1.249 | 2.751 | .000 | .739 |
| 11 | 1991 | 3.460 | .158 | .000 | 1.323 | 2.581 | .000 | .721 |
| 12 | 1991 | .670 | .000 | .000 | .642 | .469 | .000 | .201 |
| 1 | 1992 | .080 | .000 | .000 | .862 | .056 | .000 | .024 |
| 2 | 1992 | 1.370 | .000 | .000 | .797 | .959 | .000 | .411 |
| 3 | 1992 | .070 | .000 | .000 | 1.729 | .049 | .000 | .021 |
| 4 | 1992 | 1.530 | .000 | .000 | 1.313 | 1.071 | .000 | .459 |
| 5 | 1992 | .220 | .000 | .000 | .173 | .154 | .000 | .066 |
| 6 | 1992 | .970 | .000 | .000 | .630 | .679 | .000 | .291 |
| 7 | 1992 | 1.510 | .000 | .000 | 1.108 | 1.057 | .000 | .453 |
| 8 | 1992 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 9 | 1992 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 10 | 1992 | 3.410 | .066 | .000 | .775 | 2.518 | .000 | .827 |
| 11 | 1992 | 1.660 | .000 | .000 | 1.191 | 1.162 | .000 | .498 |
| 12 | 1992 | 1.150 | .000 | .000 | .679 | .805 | .000 | .345 |
| 1 | 1993 | .280 | .000 | .000 | .727 | .196 | .000 | .084 |
| 2 | 1993 | .040 | .000 | .000 | .722 | .028 | .000 | .012 |
| 3 | 1993 | 1.300 | .000 | .000 | .799 | .910 | .000 | .390 |
| 4 | 1993 | .510 | .000 | .000 | 1.082 | .357 | .000 | .153 |
| 5 | 1993 | 1.960 | .000 | .044 | 1.376 | 1.377 | .000 | .583 |
| 6 | 1993 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 7 | 1993 | .230 | .000 | .000 | .161 | .161 | .000 | .069 |
| 8 | 1993 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 9 | 1993 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 10 | 1993 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 11 | 1993 | .500 | .000 | .000 | .305 | .350 | .000 | .150 |
| 12 | 1993 | .790 | .000 | .000 | .308 | .553 | .000 | .237 |
| 1 | 1994 | .430 | .000 | .000 | .447 | .301 | .000 | .129 |
| 2 | 1994 | 1.540 | .000 | .000 | .441 | 1.078 | .000 | .462 |
| 3 | 1994 | .000 | .000 | .000 | .780 | .000 | .000 | .000 |
| 4 | 1994 | .580 | .000 | .000 | .403 | .406 | .000 | .174 |
| 5 | 1994 | .000 | .000 | .000 | .003 | .000 | .000 | .000 |
| 6 | 1994 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 7 | 1994 | .670 | .000 | .000 | .469 | .469 | .000 | .201 |
| 8 | 1994 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 9 | 1994 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 10 | 1994 | .980 | .000 | .000 | .491 | .686 | .000 | .294 |
| 11 | 1994 | 3.610 | .148 | .000 | .992 | 2.679 | .000 | .783 |
| 12 | 1994 | 2.580 | .000 | .000 | .670 | 1.806 | .000 | .774 |
| 1 | 1995 | 4.930 | .150 | .084 | .945 | 3.714 | .000 | 1.066 |
| 2 | 1995 | .000 | .107 | .020 | 1.553 | .000 | .107 | .000 |
| 3 | 1995 | 1.850 | .000 | .000 | 2.330 | 1.295 | .000 | .555 |
| 4 | 1995 | .920 | .000 | .000 | 3.163 | .644 | .000 | .276 |

| | | | | | | | | |
|----|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 5 | 1995 | .560 | .000 | .000 | .965 | .392 | .000 | .168 |
| 6 | 1995 | 1.680 | .000 | .000 | .671 | 1.176 | .000 | .504 |
| 7 | 1995 | 1.070 | .000 | .000 | 1.255 | .749 | .000 | .321 |
| 8 | 1995 | .620 | .000 | .000 | .115 | .434 | .000 | .186 |
| 9 | 1995 | 2.440 | .000 | .000 | 1.301 | 1.708 | .000 | .732 |
| 10 | 1995 | .300 | .000 | .000 | .828 | .210 | .000 | .090 |
| 11 | 1995 | 4.780 | .018 | .000 | .911 | 3.430 | .000 | 1.332 |
| 12 | 1995 | 1.680 | .000 | .000 | .782 | 1.176 | .000 | .504 |
| 1 | 1996 | .440 | .000 | .000 | .820 | .308 | .000 | .132 |
| 2 | 1996 | 3.770 | .200 | .096 | .914 | 2.777 | .000 | .793 |
| 3 | 1996 | 2.820 | .000 | .052 | 1.647 | 1.974 | .000 | .846 |
| 4 | 1996 | .990 | .000 | .001 | 3.417 | .693 | .000 | .297 |
| 5 | 1996 | .160 | .000 | .000 | 2.087 | .112 | .000 | .048 |
| 6 | 1996 | .140 | .000 | .000 | .098 | .098 | .000 | .042 |
| 7 | 1996 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 8 | 1996 | .430 | .000 | .000 | .298 | .301 | .000 | .129 |
| 9 | 1996 | .820 | .000 | .000 | .517 | .574 | .000 | .246 |
| 10 | 1996 | .360 | .000 | .000 | .157 | .252 | .000 | .108 |
| 11 | 1996 | 2.920 | .000 | .000 | .410 | 2.044 | .000 | .876 |
| 12 | 1996 | 4.100 | .145 | .117 | .619 | 3.007 | .000 | .948 |
| 1 | 1997 | .340 | .000 | .000 | .985 | .238 | .000 | .102 |
| 2 | 1997 | 1.340 | .000 | .000 | 1.029 | .938 | .000 | .402 |
| 3 | 1997 | 2.490 | .044 | .001 | 1.948 | 1.850 | .000 | .597 |
| 4 | 1997 | 1.610 | .000 | .000 | 2.829 | 1.127 | .000 | .483 |
| 5 | 1997 | .870 | .000 | .000 | 2.040 | .609 | .000 | .261 |
| 6 | 1997 | .560 | .000 | .000 | .501 | .392 | .000 | .168 |
| 7 | 1997 | .510 | .000 | .000 | .357 | .357 | .000 | .153 |
| 8 | 1997 | .870 | .000 | .000 | .563 | .609 | .000 | .261 |
| 9 | 1997 | .000 | .000 | .000 | .046 | .000 | .000 | .000 |
| 10 | 1997 | 6.390 | .203 | .051 | .961 | 4.824 | .000 | 1.363 |
| 11 | 1997 | 2.400 | .049 | .089 | 1.448 | 1.785 | .000 | .566 |
| 12 | 1997 | 4.650 | 1.427 | .034 | .783 | 3.382 | 1.376 | 1.217 |
| 1 | 1998 | 1.680 | .169 | .044 | 1.084 | 1.176 | .169 | .504 |
| 2 | 1998 | 2.820 | 1.324 | .080 | 1.374 | 2.072 | 1.082 | .506 |
| 3 | 1998 | 3.330 | .602 | .107 | 2.518 | 2.547 | .443 | .624 |
| 4 | 1998 | .990 | .000 | .000 | 3.978 | .693 | .000 | .297 |
| 5 | 1998 | 3.650 | .000 | .000 | 3.154 | 2.555 | .000 | 1.095 |
| 6 | 1998 | 3.570 | .059 | .525 | 3.292 | 2.627 | .000 | .884 |
| 7 | 1998 | 1.370 | .000 | .000 | .959 | .959 | .000 | .411 |
| 8 | 1998 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 9 | 1998 | 2.550 | .028 | .000 | .519 | 1.886 | .000 | .636 |
| 10 | 1998 | 6.250 | .088 | .178 | 1.349 | 4.687 | .000 | 1.475 |
| 11 | 1998 | 3.690 | .645 | .039 | 1.312 | 2.701 | .497 | .841 |
| 12 | 1998 | 3.030 | 1.602 | .392 | .786 | 2.169 | 1.594 | .853 |
| 1 | 1999 | 2.410 | .272 | .149 | 1.176 | 1.798 | .177 | .517 |
| 2 | 1999 | 3.320 | 1.711 | .588 | 1.037 | 2.362 | 1.708 | .955 |
| 3 | 1999 | 3.390 | .268 | .113 | 2.427 | 2.447 | .246 | .921 |
| 4 | 1999 | 1.970 | .025 | .007 | 4.177 | 1.379 | .025 | .591 |
| 5 | 1999 | 2.130 | .000 | .000 | 3.495 | 1.491 | .000 | .639 |
| 6 | 1999 | .890 | .000 | .000 | 1.019 | .623 | .000 | .267 |
| 7 | 1999 | 2.300 | .044 | .000 | .567 | 1.729 | .000 | .526 |
| 8 | 1999 | .000 | .000 | .000 | 1.163 | .000 | .000 | .000 |
| 9 | 1999 | 1.760 | .020 | .000 | 1.321 | 1.321 | .000 | .418 |
| 10 | 1999 | 1.990 | .000 | .000 | .771 | 1.393 | .000 | .597 |
| 11 | 1999 | 4.030 | .041 | .000 | .943 | 2.973 | .000 | 1.016 |
| 12 | 1999 | 4.810 | .000 | .000 | .779 | 3.367 | .000 | 1.443 |
| 1 | 2000 | 1.130 | .002 | .000 | 1.059 | .814 | .000 | .314 |
| 2 | 2000 | 4.290 | 1.417 | .404 | 1.220 | 3.216 | 1.084 | .741 |
| 3 | 2000 | 1.900 | .286 | .001 | 2.792 | 1.336 | .286 | .563 |
| 4 | 2000 | 2.350 | .000 | .000 | 3.917 | 1.645 | .000 | .705 |
| 5 | 2000 | 2.830 | .000 | .000 | 3.531 | 1.981 | .000 | .849 |
| 6 | 2000 | .520 | .000 | .000 | .709 | .364 | .000 | .156 |
| 7 | 2000 | .040 | .000 | .000 | .028 | .028 | .000 | .012 |
| 8 | 2000 | .320 | .000 | .000 | .224 | .224 | .000 | .096 |
| 9 | 2000 | .400 | .000 | .000 | .278 | .280 | .000 | .120 |
| 10 | 2000 | 1.340 | .000 | .000 | .507 | .938 | .000 | .402 |
| 11 | 2000 | 1.400 | .000 | .000 | .489 | .980 | .000 | .420 |
| 12 | 2000 | 1.290 | .000 | .000 | .561 | .903 | .000 | .387 |

| | | | | | | | | |
|----|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 2001 | 3.410 | .009 | .000 | .611 | 2.445 | .000 | .956 |
| 2 | 2001 | .910 | .000 | .000 | 1.006 | .637 | .000 | .273 |
| 3 | 2001 | 1.590 | .000 | .000 | 2.203 | 1.113 | .000 | .477 |
| 4 | 2001 | 3.440 | .000 | .000 | 2.604 | 2.408 | .000 | 1.032 |
| 5 | 2001 | 1.240 | .000 | .000 | 2.314 | .868 | .000 | .372 |
| 6 | 2001 | .930 | .000 | .000 | .651 | .651 | .000 | .279 |
| 7 | 2001 | 1.290 | .000 | .000 | .903 | .903 | .000 | .387 |
| 8 | 2001 | .790 | .000 | .000 | .472 | .553 | .000 | .237 |
| 9 | 2001 | 2.250 | .095 | .000 | .477 | 1.724 | .000 | .430 |
| 10 | 2001 | .440 | .000 | .000 | 1.139 | .308 | .000 | .132 |
| 11 | 2001 | 4.550 | .039 | .000 | .784 | 3.352 | .000 | 1.159 |
| 12 | 2001 | 5.860 | 1.068 | .148 | .325 | 4.186 | .637 | 1.244 |
| 1 | 2002 | .900 | .604 | .000 | .957 | .630 | .604 | .270 |
| 2 | 2002 | 1.850 | .026 | .000 | 1.371 | 1.333 | .022 | .513 |
| 3 | 2002 | 1.600 | .000 | .000 | 2.474 | 1.120 | .000 | .480 |
| 4 | 2002 | 1.030 | .000 | .000 | 3.367 | .721 | .000 | .309 |
| 5 | 2002 | 1.930 | .000 | .000 | 1.698 | 1.351 | .000 | .579 |
| 6 | 2002 | .850 | .000 | .000 | 1.545 | .595 | .000 | .255 |
| 7 | 2002 | 1.540 | .000 | .000 | .783 | 1.078 | .000 | .462 |
| 8 | 2002 | 2.910 | .000 | .000 | 2.155 | 2.037 | .000 | .873 |
| 9 | 2002 | 3.870 | .000 | .000 | 1.387 | 2.709 | .000 | 1.161 |
| 10 | 2002 | 2.540 | .000 | .000 | 1.310 | 1.778 | .000 | .762 |
| 11 | 2002 | 5.370 | .319 | .005 | 1.286 | 3.967 | .000 | 1.084 |
| 12 | 2002 | 2.560 | .137 | .000 | .728 | 1.792 | .137 | .768 |
| 1 | 2003 | 2.170 | .321 | .027 | 1.021 | 1.519 | .321 | .651 |
| 2 | 2003 | 2.430 | 1.443 | .674 | .907 | 1.781 | 1.410 | .616 |
| 3 | 2003 | .830 | .000 | .000 | 2.213 | .581 | .000 | .249 |
| 4 | 2003 | 3.090 | .000 | .067 | 3.193 | 2.163 | .000 | .927 |
| 5 | 2003 | .620 | .000 | .000 | 2.988 | .434 | .000 | .186 |
| 6 | 2003 | .040 | .000 | .000 | .029 | .028 | .000 | .012 |
| 7 | 2003 | .600 | .000 | .000 | .226 | .420 | .000 | .180 |
| 8 | 2003 | .000 | .000 | .000 | .196 | .000 | .000 | .000 |
| 9 | 2003 | .370 | .000 | .000 | .259 | .259 | .000 | .111 |
| 10 | 2003 | 3.580 | .028 | .000 | .657 | 2.605 | .000 | .947 |
| 11 | 2003 | .450 | .000 | .000 | 1.275 | .315 | .000 | .135 |
| 12 | 2003 | 1.790 | .000 | .000 | .643 | 1.253 | .000 | .537 |
| 1 | 2004 | 2.080 | .000 | .000 | .738 | 1.456 | .000 | .624 |
| 2 | 2004 | .420 | .000 | .000 | 1.124 | .294 | .000 | .126 |
| 3 | 2004 | 1.970 | .000 | .000 | 1.859 | 1.379 | .000 | .591 |
| 4 | 2004 | .970 | .000 | .000 | 1.677 | .679 | .000 | .291 |
| 5 | 2004 | 2.370 | .000 | .000 | 1.385 | 1.659 | .000 | .711 |
| 6 | 2004 | 6.560 | .112 | .147 | 4.202 | 4.771 | .000 | 1.677 |
| 7 | 2004 | .260 | .000 | .000 | 1.033 | .182 | .000 | .078 |
| 8 | 2004 | 1.490 | .000 | .000 | .996 | 1.043 | .000 | .447 |
| 9 | 2004 | .030 | .000 | .000 | .068 | .021 | .000 | .009 |
| 10 | 2004 | .650 | .000 | .000 | .446 | .455 | .000 | .195 |
| 11 | 2004 | .420 | .000 | .000 | .255 | .294 | .000 | .126 |
| 12 | 2004 | 1.560 | .000 | .000 | .344 | 1.092 | .000 | .468 |
| 1 | 2005 | 3.010 | .000 | .000 | .629 | 2.107 | .000 | .903 |
| 2 | 2005 | 3.590 | .000 | .016 | .747 | 2.513 | .000 | 1.077 |
| 3 | 2005 | 1.680 | .000 | .000 | 2.544 | 1.176 | .000 | .504 |
| 4 | 2005 | .870 | .000 | .000 | 3.026 | .609 | .000 | .261 |
| 5 | 2005 | 1.910 | .000 | .000 | 1.500 | 1.337 | .000 | .573 |
| 6 | 2005 | 1.510 | .000 | .000 | 1.125 | 1.057 | .000 | .453 |
| 7 | 2005 | 1.440 | .000 | .000 | 1.033 | 1.008 | .000 | .432 |
| 8 | 2005 | .610 | .000 | .000 | .427 | .427 | .000 | .183 |
| 9 | 2005 | .460 | .000 | .000 | .318 | .322 | .000 | .138 |
| 10 | 2005 | .610 | .000 | .000 | .428 | .427 | .000 | .183 |
| 11 | 2005 | 3.610 | .001 | .000 | .459 | 2.552 | .000 | 1.057 |
| 12 | 2005 | 2.770 | .000 | .000 | .698 | 1.939 | .000 | .831 |
| 1 | 2006 | .610 | .000 | .000 | .907 | .427 | .000 | .183 |
| 2 | 2006 | 2.600 | .000 | .020 | .997 | 1.820 | .000 | .780 |
| 3 | 2006 | 4.290 | .021 | .167 | 2.376 | 3.079 | .011 | 1.200 |
| 4 | 2006 | .230 | .000 | .000 | 3.989 | .161 | .000 | .069 |
| 5 | 2006 | 1.210 | .000 | .000 | 1.391 | .847 | .000 | .363 |
| 6 | 2006 | 5.550 | .191 | .000 | 3.700 | 4.085 | .000 | 1.274 |
| 7 | 2006 | 1.330 | .000 | .000 | 1.316 | .931 | .000 | .399 |
| 8 | 2006 | .890 | .000 | .000 | .408 | .623 | .000 | .267 |

| | | | | | | | | |
|----|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|
| 9 | 2006 | 3.040 | .044 | .000 | .512 | 2.246 | .000 | .750 |
| 10 | 2006 | .560 | .000 | .000 | 1.280 | .392 | .000 | .168 |
| 11 | 2006 | 2.030 | .000 | .000 | .992 | 1.421 | .000 | .609 |
| 12 | 2006 | .570 | .000 | .000 | .611 | .399 | .000 | .171 |
| 1 | 2007 | 1.410 | .000 | .000 | .775 | .987 | .000 | .423 |
| 2 | 2007 | 1.740 | .000 | .000 | .919 | 1.218 | .000 | .522 |
| 3 | 2007 | 4.740 | .305 | .000 | 1.843 | 3.570 | .000 | .864 |
| 4 | 2007 | .220 | .000 | .000 | 3.167 | .154 | .000 | .066 |
| 5 | 2007 | 4.780 | .013 | .000 | 2.705 | 3.421 | .000 | 1.346 |
| 6 | 2007 | .590 | .000 | .000 | 1.635 | .413 | .000 | .177 |
| 7 | 2007 | .010 | .000 | .000 | .007 | .007 | .000 | .003 |
| 8 | 2007 | .340 | .000 | .000 | .224 | .238 | .000 | .102 |
| 9 | 2007 | 1.150 | .000 | .000 | .812 | .805 | .000 | .345 |
| 10 | 2007 | 1.860 | .000 | .000 | .559 | 1.302 | .000 | .558 |
| 11 | 2007 | 4.030 | .000 | .000 | .867 | 2.821 | .000 | 1.209 |
| 12 | 2007 | 1.700 | .000 | .000 | .720 | 1.190 | .000 | .510 |

OBJVAL = 10.579 SQUARE INCHES

MASSBAL = -2.505 INCHES

SIMULATION STATISTICS

MEAN OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.67 INCHES

STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.48 INCHES

SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.06

MEAN OBSERVED MONTHLY RUNOFF = .02 INCHES

STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF = .08 INCHES

SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF = 5.80

MEAN PREDICTED MONTHLY RUNOFF = .07 INCHES

STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF = .26 INCHES

SKEWNESS COEFFICIENT OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF = 4.74

PREDICTED/OBSERVED RUNOFF CORRELATION COEFFICIENT = .72

PREDICTED RUNOFF = 2.29 X OBSERVED RUNOFF + (.03)

STD. ERROR OF PREDICTED/OBSERVED RUNOFF REGRESSION LINE = .18 INCHES

MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL ET = 1.15 INCHES

STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL ET = .95 INCHES

MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION = 1.20 INCHES

STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION = 1.08 INCHES

MEAN PREDICTED MONTHLY BASEFLOW = .05 INCHES

STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY BASEFLOW = .24 INCHES

MEAN PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .45 INCHES

STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .37 INCHES

EK 3 Hassaslık Analizi Sonuçları

SENSITIVITY ANALYSIS RESULTS

TOPCUKOY WATERSHED VIZE-KIRKLARELİ

INITIAL PARAMETER VALUES

CN = 79.200
 AWC = 5.400
 SYC = 10.600
 SC = .800
 PERCCOEF = .100
 IRAC = .700

VALUES OF PARAMETERS CHANGED FOR SENSITIVITY ANALYSIS

| | -50% | -25% | -10% | -5% | -2% | -1% |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| CN | 39.60 | 59.40 | 71.28 | 75.24 | 77.62 | 78.41 |
| AWC | 2.70 | 4.05 | 4.86 | 5.13 | 5.29 | 5.35 |
| SYC | 5.30 | 7.95 | 9.54 | 10.07 | 10.39 | 10.49 |
| SC | .40 | .60 | .72 | .76 | .78 | .79 |
| PERCCOEF | .05 | .08 | .09 | .09 | .10 | .10 |
| IRAC | .35 | .52 | .63 | .66 | .69 | .69 |
| | +1% | +2% | +5% | +10% | +25% | +50% |
| CN | 79.99 | 80.78 | 83.16 | 87.12 | 99.00 | 100.00 |
| AWC | 5.45 | 5.51 | 5.67 | 5.94 | 6.75 | 8.10 |
| SYC | 10.71 | 10.81 | 11.13 | 11.66 | 13.25 | 15.90 |
| SC | .81 | .82 | .84 | .88 | 1.00 | 1.00 |
| PERCCOEF | .10 | .10 | .11 | .11 | .13 | .15 |
| IRAC | .71 | .71 | .74 | .77 | .88 | 1.00 |

SUM OF SQUARED DIFFERENCES IN SIMULATED RUNOFF DUE TO % PARAMETER CHANGE

| | -50% | -25% | -10% | -5% | -2% | -1% |
|----------|-------|------|------|------|--------|--------|
| CN | 2.03 | 1.98 | 1.11 | .40 | .08 | .02 |
| AWC | 22.52 | 4.91 | .79 | .20 | .03 | .01 |
| SYC | .24 | .03 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| SC | .05 | .01 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| PERCCOEF | .63 | .10 | .01 | .00 | .00 | .00 |
| IRAC | 14.50 | 9.65 | 1.55 | .39 | .06 | .02 |
| | +1% | +2% | +5% | +10% | +25% | +50% |
| CN | .02 | .09 | .69 | 4.23 | 259.55 | 438.08 |
| AWC | .01 | .03 | .16 | .63 | 3.59 | 9.46 |
| SYC | .00 | .00 | .00 | .00 | .01 | .04 |
| SC | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 |
| PERCCOEF | .00 | .00 | .00 | .01 | .06 | .19 |
| IRAC | .02 | .06 | .39 | 1.52 | 8.71 | 15.72 |

RELATIVE SENSITIVITY COEFFICIENTS

CN = 5.2474
 AWC = 1.6553
 SYC = .1516
 SC = .0352
 PERCCOEF = .2092
 IRAC = 2.9242

EK 4 2016-2025 yılları için hazırlanan SWMHMS Model ana dosyası

TOPCUKOY WATERSHED VIZE-KIRKLARELI

1 1 2015 12 31 2025 1 1 2015 1 1 2016 12 31 2025
1146.56 79.20 5.40 10.60 0.80 0.10 0.70 5.40 1.0
45.0 44.2 47.4 53.8 59.5 65.3 66.7 67.6 63.1 54.2 43.0 36.5
41.3 41.7 48.5 53.7 61.2 70.4 75.5 72.3 67.3 59.1 43.3 36.7
42.1 39.9 43.8 51.1 57.7 68.9 72.8 71.4 59.2 49.3 47.0 42.9
41.2 42.3 47.0 55.6 66.3 72.5 77.0 72.7 68.5 56.9 49.3 47.3
47.2 46.4 50.9 54.8 59.5 68.7 74.6 68.5 60.2 56.8 42.5 43.4
44.4 41.7 42.5 53.9 62.1 70.8 76.9 73.2 62.3 52.0 52.1 45.1
40.4 43.2 45.4 55.4 58.7 69.7 76.8 71.9 63.2 54.9 46.1 47.0
41.5 34.2 44.3 53.4 61.9 70.8 75.7 75.1 65.2 58.2 46.4 41.7
38.8 40.3 46.6 49.8 60.0 64.8 69.5 69.7 61.9 52.6 43.2 35.4
38.5 45.6 45.0 56.5 62.5 76.8 79.8 73.0 67.4 54.1 45.8 40.5
39.7 45.3 48.8 52.4 61.8 65.8 67.3 74.3 60.1 53.5 40.4 40.5
0.46 0.52 0.76 0.94 1.04 1.15 1.07 0.73 0.62 0.45 0.53 0.40
6.68 6.68 8.31 8.96 10.07 10.16 10.29 9.59 8.39 7.72 6.68 6.47
2075
01/01/2015 0.77
01/02/2015 0.90
01/03/2015 0.06
01/04/2015 0.35
01/05/2015 0.77
.....
12/24/2025 0.07
12/25/2025 0.61
12/26/2025 0.45
12/27/2025 0.19
12/28/2025 0.18
Y
276
M
01/1985 0.023
02/1985 0.003
03/1985 0.000
04/1985 0.000
05/1985 0.000
.....
08/2007 0.000
09/2007 0.000
10/2007 0.000
11/2007 0.000
12/2007 0.000
N
50.0 100.0
0.0 15.0
0.0 10.0
0.0 1.0
0.0 1.0
0.0 1.0
SQR
SIM

EK 5 2046-2055 yılları için hazırlanan SWMHMS Model ana dosyası

TOPCUKOY WATERSHED VIZE-KIRKLARELI

1 1 2045 12 31 2055 1 1 2045 1 1 2046 12 31 2055
1146.56 79.20 5.40 10.60 0.80 0.10 0.70 5.40 1.0
40.8 40.2 41.9 53.2 60.1 65.3 75.0 72.3 65.9 48.1 42.1 44.8
44.2 44.1 46.4 55.3 66.1 75.1 78.0 77.9 70.5 60.4 45.7 42.6
45.5 45.3 49.3 54.2 65.5 75.5 75.1 73.5 65.3 53.7 48.3 45.1
43.2 40.7 45.5 54.7 59.4 75.4 78.2 73.9 67.9 57.5 48.2 41.7
40.5 43.2 46.5 57.7 63.4 72.3 79.3 72.3 64.4 52.4 48.9 47.1
44.2 45.7 53.1 55.7 66.4 77.0 76.3 76.2 68.6 60.6 50.8 46.2
39.5 46.6 53.1 57.1 61.6 71.5 76.8 74.4 60.8 61.1 50.1 43.9
41.8 41.8 46.8 53.7 62.1 70.7 78.1 75.1 64.9 55.7 49.5 36.5
45.3 48.2 47.7 54.1 63.1 72.2 79.5 70.5 65.5 57.2 42.1 42.5
43.2 47.2 46.7 52.6 63.5 76.7 79.0 72.9 60.9 56.7 49.1 45.8
44.7 46.4 50.5 57.8 62.3 73.0 75.3 70.2 65.3 55.8 49.7 46.4
0.46 0.52 0.76 0.94 1.04 1.15 1.07 0.73 0.62 0.45 0.53 0.40
6.68 6.68 8.31 8.96 10.07 10.16 10.29 9.59 8.39 7.72 6.68 6.47
1845
01/01/2045 0.16
01/02/2045 0.35
01/03/2045 0.14
01/05/2045 0.30
01/06/2045 0.04
...
12/24/2055 0.28
12/25/2055 0.02
12/26/2055 0.01
12/29/2055 0.06
12/31/2055 0.06
Y
276
M
01/1985 0.023
02/1985 0.003
03/1985 0.000
04/1985 0.000
05/1985 0.000
...
08/2007 0.000
09/2007 0.000
10/2007 0.000
11/2007 0.000
12/2007 0.000
N
50.0 100.0
0.0 15.0
0.0 10.0
0.0 1.0
0.0 1.0
0.0 1.0
SQR
SIM

EK 6 2076-2085 yılları için hazırlanan SWMHMS Model ana dosyası

TOPCUKOY WATERSHED VIZE-KIRKLARELI

1 1 2075 12 31 2085 1 1 2075 1 1 2076 12 31 2085
1146.56 79.20 5.40 10.60 0.80 0.10 0.70 5.40 1.0
40.2 49.2 50.3 58.4 61.3 75.6 76.2 77.1 70.7 63.4 54.5 42.8
50.7 51.1 52.8 55.8 66.1 72.1 77.8 78.5 68.0 61.7 51.3 44.5
46.3 44.3 46.3 54.9 63.8 71.1 76.5 75.2 71.1 55.9 46.0 41.1
47.9 42.9 52.8 54.7 65.4 75.6 82.0 77.9 70.2 62.2 44.8 50.0
45.7 46.0 51.8 58.9 62.0 76.6 79.6 74.8 73.2 54.9 46.9 48.5
46.8 50.7 48.7 58.2 70.1 75.9 81.4 77.9 73.7 61.9 53.3 50.7
48.5 47.0 54.2 56.9 64.7 75.3 77.5 75.2 68.9 56.8 48.2 46.2
41.1 45.0 48.3 54.8 66.4 78.9 85.4 78.7 77.5 64.9 50.9 43.5
44.0 45.4 54.4 60.5 65.9 80.3 81.9 75.5 70.0 58.8 48.9 47.9
47.4 50.0 49.2 59.4 76.6 81.6 82.5 83.1 78.2 59.0 52.3 48.7
48.5 47.6 49.6 56.0 65.1 75.3 78.7 79.9 73.0 60.0 47.5 47.2
0.46 0.52 0.76 0.94 1.04 1.15 1.07 0.73 0.62 0.45 0.53 0.40
6.68 6.68 8.31 8.96 10.07 10.16 10.29 9.59 8.39 7.72 6.68 6.47
1636
01/01/2075 0.02
01/03/2075 0.03
01/10/2075 0.01
01/11/2075 0.03
01/19/2075 0.02
...
12/26/2085 0.01
12/27/2085 0.43
12/29/2085 0.25
12/30/2085 0.71
12/31/2085 0.60
Y
276
M
01/1985 0.023
02/1985 0.003
03/1985 0.000
04/1985 0.000
05/1985 0.000
...
08/2007 0.000
09/2007 0.000
10/2007 0.000
11/2007 0.000
12/2007 0.000
N
50.0 100.0
0.0 15.0
0.0 10.0
0.0 1.0
0.0 1.0
0.0 1.0
SQR
SIM

EK 7 2016-2025 yılları arası gözlenen ve tahmin edilen akım ile gözlenen yağış değerleri

| NUMBER | MPREC | PRDFLOW | OBSFLOW | NUMBER | MPREC | PRDFLOW | OBSFLOW |
|--------|-------|---------|---------|--------|-------|---------|---------|
| 1 | 5,13 | 0,201 | 0 | 61 | 4,42 | 2,044 | 0 |
| 2 | 3,57 | 0,91 | 0 | 62 | 2,85 | 1,06 | 0 |
| 3 | 2,02 | 0,125 | 0 | 63 | 2,12 | 0,956 | 0 |
| 4 | 2,55 | 0 | 0 | 64 | 3,9 | 0,178 | 0 |
| 5 | 1,56 | 0 | 0 | 65 | 3,23 | 0 | 0 |
| 6 | 0,64 | 0 | 0 | 66 | 0,74 | 0 | 0 |
| 7 | 0,21 | 0 | 0 | 67 | 0,08 | 0 | 0 |
| 8 | 0,27 | 0 | 0 | 68 | 0,29 | 0 | 0 |
| 9 | 1,05 | 0 | 0 | 69 | 0,04 | 0 | 0 |
| 10 | 1,63 | 0 | 0 | 70 | 0,48 | 0 | 0 |
| 11 | 6,67 | 0,257 | 0 | 71 | 3,03 | 0 | 0 |
| 12 | 3,17 | 0,824 | 0 | 72 | 1,78 | 0 | 0 |
| 13 | 5,58 | 2,306 | 0 | 73 | 3,85 | 0 | 0 |
| 14 | 1,32 | 1,272 | 0 | 74 | 4,33 | 1,109 | 0 |
| 15 | 2,7 | 0,046 | 0 | 75 | 3,52 | 0,885 | 0 |
| 16 | 1,46 | 0 | 0 | 76 | 1,71 | 0,09 | 0 |
| 17 | 2,34 | 0 | 0 | 77 | 1,7 | 0 | 0 |
| 18 | 2,35 | 0 | 0 | 78 | 1,87 | 0 | 0 |
| 19 | 1,24 | 0 | 0 | 79 | 1,85 | 0 | 0 |
| 20 | 1,3 | 0 | 0 | 80 | 1,61 | 0 | 0 |
| 21 | 0,3 | 0 | 0 | 81 | 2,06 | 0 | 0 |
| 22 | 2,13 | 0 | 0 | 82 | 3,67 | 0 | 0 |
| 23 | 3,98 | 0 | 0 | 83 | 4,77 | 0,009 | 0 |
| 24 | 1,43 | 0 | 0 | 84 | 5,82 | 2,274 | 0 |
| 25 | 1,88 | 0 | 0 | 85 | 4,66 | 2,136 | 0 |
| 26 | 1,47 | 0 | 0 | 86 | 3,83 | 3,16 | 0 |
| 27 | 3,34 | 0 | 0 | 87 | 2,38 | 0,168 | 0 |
| 28 | 1,94 | 0 | 0 | 88 | 3,63 | 0 | 0 |
| 29 | 0,49 | 0 | 0 | 89 | 3,4 | 0 | 0 |
| 30 | 2,03 | 0 | 0 | 90 | 4,1 | 0 | 0 |
| 31 | 0,15 | 0 | 0 | 91 | 2,14 | 0 | 0 |
| 32 | 0,25 | 0 | 0 | 92 | 0,48 | 0 | 0 |
| 33 | 0,09 | 0 | 0 | 93 | 0,52 | 0 | 0 |
| 34 | 0,95 | 0 | 0 | 94 | 1,71 | 0 | 0 |
| 35 | 7,09 | 0,003 | 0 | 95 | 5,72 | 0,071 | 0 |
| 36 | 5,16 | 1,242 | 0 | 96 | 5,82 | 2,01 | 0 |
| 37 | 4,1 | 2,466 | 0 | 97 | 2,23 | 1,103 | 0 |
| 38 | 1,68 | 0,48 | 0 | 98 | 2,71 | 0,708 | 0 |
| 39 | 3,23 | 0,245 | 0 | 99 | 3,28 | 0,458 | 0 |
| 40 | 1,6 | 0 | 0 | 100 | 0,95 | 0,025 | 0 |
| 41 | 2,03 | 0 | 0 | 101 | 1,45 | 0 | 0 |
| 42 | 1,66 | 0 | 0 | 102 | 0,18 | 0 | 0 |
| 43 | 0,55 | 0 | 0 | 103 | 0,14 | 0 | 0 |
| 44 | 1,7 | 0 | 0 | 104 | 0,15 | 0 | 0 |
| 45 | 1,45 | 0 | 0 | 105 | 0,76 | 0 | 0 |
| 46 | 1,01 | 0 | 0 | 106 | 1,39 | 0 | 0 |
| 47 | 1,79 | 0 | 0 | 107 | 4,09 | 0 | 0 |
| 48 | 1,75 | 0 | 0 | 108 | 5,88 | 0,226 | 0 |
| 49 | 4,71 | 0 | 0 | 109 | 1,79 | 1,114 | 0 |
| 50 | 3,98 | 0,614 | 0 | 110 | 0,33 | 0 | 0 |
| 51 | 3,41 | 1,057 | 0 | 111 | 3,94 | 0,115 | 0 |
| 52 | 3,73 | 0 | 0 | 112 | 4,93 | 0,093 | 0 |
| 53 | 1,85 | 0 | 0 | 113 | 2,84 | 0 | 0 |
| 54 | 0,69 | 0 | 0 | 114 | 3,14 | 0 | 0 |
| 55 | 0,47 | 0 | 0 | 115 | 1,62 | 0 | 0 |
| 56 | 1,6 | 0 | 0 | 116 | 0,03 | 0 | 0 |
| 57 | 2,3 | 0 | 0 | 117 | 1,39 | 0 | 0 |
| 58 | 1,98 | 0 | 0 | 118 | 0,91 | 0 | 0 |
| 59 | 5,83 | 0,094 | 0 | 119 | 1,84 | 0 | 0 |
| 60 | 3,35 | 0,508 | 0 | 120 | 2,7 | 0 | 0 |

EK 8 2046-2055 yılları arası gözlenen ve tahmin edilen akım ile gözlenen yağış değerleri

| NUMBER | MPREC | PRDFLOW | OBSFLOW | NUMBER | MPREC | PRDFLOW | OBSFLOW |
|--------|-------|---------|---------|--------|-------|---------|---------|
| 1 | 3,36 | 0,004 | 0 | 61 | 2,19 | 0,333 | 0 |
| 2 | 3,87 | 0,659 | 0 | 62 | 1,56 | 0,328 | 0 |
| 3 | 1,12 | 0,837 | 0 | 63 | 5,86 | 0,536 | 0 |
| 4 | 0,6 | 0,065 | 0 | 64 | 1,92 | 0,818 | 0 |
| 5 | 1,6 | 0,005 | 0 | 65 | 3,68 | 0,071 | 0 |
| 6 | 1,47 | 0 | 0 | 66 | 1,04 | 0,005 | 0 |
| 7 | 0,27 | 0 | 0 | 67 | 0,3 | 0 | 0 |
| 8 | 0,46 | 0 | 0 | 68 | 0,08 | 0 | 0 |
| 9 | 0,57 | 0 | 0 | 69 | 0,73 | 0 | 0 |
| 10 | 1,21 | 0 | 0 | 70 | 0,02 | 0 | 0 |
| 11 | 6,13 | 0 | 0 | 71 | 0,54 | 0 | 0 |
| 12 | 2,37 | 0 | 0 | 72 | 3,22 | 0 | 0 |
| 13 | 1,38 | 0 | 0 | 73 | 4,29 | 0 | 0 |
| 14 | 4,64 | 0,315 | 0 | 74 | 3,43 | 0,017 | 0 |
| 15 | 2,92 | 1,013 | 0 | 75 | 2,56 | 0,55 | 0 |
| 16 | 2,17 | 0,184 | 0 | 76 | 2,71 | 0,065 | 0 |
| 17 | 0,76 | 0,018 | 0 | 77 | 3,68 | 0,005 | 0 |
| 18 | 1,68 | 0,001 | 0 | 78 | 0,31 | 0 | 0 |
| 19 | 0,1 | 0 | 0 | 79 | 0,02 | 0 | 0 |
| 20 | 0,81 | 0 | 0 | 80 | 0,27 | 0 | 0 |
| 21 | 0,03 | 0 | 0 | 81 | 3,65 | 0,024 | 0 |
| 22 | 1,42 | 0 | 0 | 82 | 1,73 | 0 | 0 |
| 23 | 1,23 | 0 | 0 | 83 | 2,65 | 0 | 0 |
| 24 | 2,61 | 0 | 0 | 84 | 0,66 | 0 | 0 |
| 25 | 2,31 | 0 | 0 | 85 | 2,27 | 0 | 0 |
| 26 | 1,27 | 0 | 0 | 86 | 0,09 | 0 | 0 |
| 27 | 3,91 | 0 | 0 | 87 | 1,61 | 0 | 0 |
| 28 | 2,09 | 0 | 0 | 88 | 5,47 | 0,109 | 0 |
| 29 | 2 | 0 | 0 | 89 | 0,99 | 0 | 0 |
| 30 | 0,45 | 0 | 0 | 90 | 0,79 | 0 | 0 |
| 31 | 0,71 | 0 | 0 | 91 | 0,2 | 0 | 0 |
| 32 | 0,16 | 0 | 0 | 92 | 0,02 | 0 | 0 |
| 33 | 1,17 | 0 | 0 | 93 | 0,01 | 0 | 0 |
| 34 | 0,88 | 0 | 0 | 94 | 0,64 | 0 | 0 |
| 35 | 3,19 | 0 | 0 | 95 | 2,2 | 0 | 0 |
| 36 | 2,04 | 0 | 0 | 96 | 1,91 | 0 | 0 |
| 37 | 1,43 | 0 | 0 | 97 | 3,65 | 0 | 0 |
| 38 | 1,94 | 0 | 0 | 98 | 4,26 | 0,136 | 0 |
| 39 | 1,86 | 0 | 0 | 99 | 1,31 | 0,156 | 0 |
| 40 | 2,55 | 0 | 0 | 100 | 2,49 | 0,012 | 0 |
| 41 | 3,49 | 0 | 0 | 101 | 2,33 | 0,001 | 0 |
| 42 | 1,56 | 0 | 0 | 102 | 0,5 | 0 | 0 |
| 43 | 0,04 | 0 | 0 | 103 | 1,95 | 0 | 0 |
| 44 | 0,69 | 0 | 0 | 104 | 1,83 | 0 | 0 |
| 45 | 0,27 | 0 | 0 | 105 | 2,48 | 0,025 | 0 |
| 46 | 2,21 | 0 | 0 | 106 | 4,9 | 0 | 0 |
| 47 | 6,21 | 0,04 | 0 | 107 | 7,44 | 0,312 | 0 |
| 48 | 2,46 | 0,034 | 0 | 108 | 3,05 | 2,697 | 0 |
| 49 | 5,05 | 1,932 | 0 | 109 | 1,4 | 0,81 | 0 |
| 50 | 1,22 | 1,132 | 0 | 110 | 2,66 | 0,261 | 0 |
| 51 | 2 | 0,146 | 0 | 111 | 1,72 | 0,291 | 0 |
| 52 | 3,01 | 0,011 | 0 | 112 | 0,86 | 0,023 | 0 |
| 53 | 0,65 | 0,001 | 0 | 113 | 1,05 | 0,002 | 0 |
| 54 | 0,35 | 0 | 0 | 114 | 0,08 | 0 | 0 |
| 55 | 0,21 | 0 | 0 | 115 | 0,11 | 0 | 0 |
| 56 | 0,42 | 0 | 0 | 116 | 0,82 | 0 | 0 |
| 57 | 0,22 | 0 | 0 | 117 | 0,07 | 0 | 0 |
| 58 | 2,84 | 0 | 0 | 118 | 0,45 | 0 | 0 |
| 59 | 3,38 | 0 | 0 | 119 | 1,9 | 0 | 0 |
| 60 | 4,11 | 0 | 0 | 120 | 1,68 | 0 | 0 |

EK 9 2076-2085 yılları arası gözlenen ve tahmin edilen akım ile gözlenen yağış değerleri

| NUMBER | MPREC | PRDFLOW | OBSFLOW | NUMBER | MPREC | PRDFLOW | OBSFLOW |
|--------|-------|---------|---------|--------|-------|---------|---------|
| 1 | 7,64 | 1,45 | 0 | 61 | 5,34 | 0,091 | 0 |
| 2 | 0,96 | 0,199 | 0 | 62 | 5,57 | 1,28 | 0 |
| 3 | 2,3 | 0 | 0 | 63 | 1,94 | 0,843 | 0 |
| 4 | 1,66 | 0 | 0 | 64 | 1,66 | 0 | 0 |
| 5 | 1,69 | 0 | 0 | 65 | 1,51 | 0 | 0 |
| 6 | 2,27 | 0 | 0 | 66 | 2,53 | 0,003 | 0 |
| 7 | 1,99 | 0 | 0 | 67 | 0,47 | 0 | 0 |
| 8 | 0,28 | 0 | 0 | 68 | 0,19 | 0 | 0 |
| 9 | 2,38 | 0 | 0 | 69 | 0,01 | 0 | 0 |
| 10 | 2,15 | 0 | 0 | 70 | 0,76 | 0 | 0 |
| 11 | 8,52 | 0,867 | 0 | 71 | 0,92 | 0 | 0 |
| 12 | 2,61 | 1,398 | 0 | 72 | 2,21 | 0 | 0 |
| 13 | 7,52 | 3,423 | 0 | 73 | 5,13 | 0 | 0 |
| 14 | 4,9 | 3,459 | 0 | 74 | 1,1 | 0 | 0 |
| 15 | 5,95 | 3,403 | 0 | 75 | 2,28 | 0 | 0 |
| 16 | 1,06 | 0,012 | 0 | 76 | 0,76 | 0 | 0 |
| 17 | 3,3 | 0 | 0 | 77 | 1,42 | 0 | 0 |
| 18 | 0,99 | 0 | 0 | 78 | 0,25 | 0 | 0 |
| 19 | 0,13 | 0 | 0 | 79 | 0,01 | 0 | 0 |
| 20 | 0,06 | 0 | 0 | 80 | 2,1 | 0 | 0 |
| 21 | 0,57 | 0 | 0 | 81 | 0,28 | 0 | 0 |
| 22 | 0,15 | 0 | 0 | 82 | 2,55 | 0 | 0 |
| 23 | 1,97 | 0 | 0 | 83 | 3,69 | 0 | 0 |
| 24 | 5,75 | 0,146 | 0 | 84 | 3,67 | 0,03 | 0 |
| 25 | 4,5 | 0,381 | 0 | 85 | 0,49 | 0 | 0 |
| 26 | 2,27 | 1,217 | 0 | 86 | 1,81 | 0 | 0 |
| 27 | 1,49 | 0,298 | 0 | 87 | 0,81 | 0 | 0 |
| 28 | 3,57 | 0,016 | 0 | 88 | 0,23 | 0 | 0 |
| 29 | 2,69 | 0 | 0 | 89 | 2,64 | 0 | 0 |
| 30 | 0,21 | 0 | 0 | 90 | 0,49 | 0 | 0 |
| 31 | 0,2 | 0 | 0 | 91 | 0,62 | 0 | 0 |
| 32 | 0,91 | 0 | 0 | 92 | 0,4 | 0 | 0 |
| 33 | 0,01 | 0 | 0 | 93 | 0,16 | 0 | 0 |
| 34 | 1,11 | 0 | 0 | 94 | 1,81 | 0 | 0 |
| 35 | 0,79 | 0 | 0 | 95 | 1,7 | 0 | 0 |
| 36 | 3,34 | 0 | 0 | 96 | 0,51 | 0 | 0 |
| 37 | 5,17 | 0,115 | 0 | 97 | 1,98 | 0 | 0 |
| 38 | 1,97 | 0,031 | 0 | 98 | 2,2 | 0 | 0 |
| 39 | 1,71 | 0 | 0 | 99 | 1,41 | 0 | 0 |
| 40 | 3,46 | 0 | 0 | 100 | 2,7 | 0 | 0 |
| 41 | 2,7 | 0 | 0 | 101 | 0,21 | 0 | 0 |
| 42 | 0,08 | 0 | 0 | 102 | 0,23 | 0 | 0 |
| 43 | 0 | 0 | 0 | 103 | 1,1 | 0 | 0 |
| 44 | 0,33 | 0 | 0 | 104 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 0,48 | 0 | 0 | 105 | 0,69 | 0 | 0 |
| 46 | 2,58 | 0 | 0 | 106 | 2,13 | 0 | 0 |
| 47 | 4,23 | 0 | 0 | 107 | 4,02 | 0,132 | 0 |
| 48 | 1,86 | 0 | 0 | 108 | 4,01 | 0 | 0 |
| 49 | 2,66 | 0 | 0 | 109 | 5 | 1,351 | 0 |
| 50 | 1,34 | 0 | 0 | 110 | 2,52 | 1,289 | 0 |
| 51 | 1,61 | 0 | 0 | 111 | 1,93 | 0,082 | 0 |
| 52 | 4,31 | 0 | 0 | 112 | 3,53 | 0 | 0 |
| 53 | 0,59 | 0 | 0 | 113 | 4,57 | 0,042 | 0 |
| 54 | 0,57 | 0 | 0 | 114 | 1,02 | 0 | 0 |
| 55 | 0,75 | 0 | 0 | 115 | 0,01 | 0 | 0 |
| 56 | 1,46 | 0 | 0 | 116 | 0,12 | 0 | 0 |
| 57 | 0,02 | 0 | 0 | 117 | 0,01 | 0 | 0 |
| 58 | 0,55 | 0 | 0 | 118 | 0,56 | 0 | 0 |
| 59 | 2,19 | 0 | 0 | 119 | 2,06 | 0 | 0 |
| 60 | 2,06 | 0 | 0 | 120 | 2,51 | 0 | 0 |

EK 10 SWAP Model örnek buğday bitkisi dosyası

```

*****
* Filename: WWheatD.CRP
* Contents: SWAP 3.2 - Data for detailed crop model
*****
*Winter wheat ( Tritium aestivum L.)
*****
*** PLANT GROWTH SECTION ***
*****
* Part 1: Crop factor or crop height

    SWCF = 1 ! choice between crop factor [=1] or crop height [=2]
* Choose crop factor if ETref is used, either from meteo input file (SWETR = 1) or with
Penman-Monteith
* Choose crop height if Penman-Monteith should be used with actual crop height, albedo and
resistance

* If SWCF = 1, list crop factor CF [0.5..1.5, R], as function of dev. stage DVS [0..2 -,R]:
* If SWCF = 2, list crop height CH [0..1000 cm, R], as function of dev. stage DVS [0..2 -,R]:
* (maximum 36 records)

    DVS      CH      CF
    0.0      0.0     1.0
    1.0      0.0     1.1
    2.0      0.0     1.1
* End of Table

* If SWCF = 2, list crop specifi values for:
ALBEDO = 0.23 ! crop reflection coefficient [0..1.0 -, R]
RSC    = 70.0 ! Minimum canopy resistance [0..10^6 s/m, R]
RSW    = 0.0 ! Canopy resistance of intercepted water [0..10^6 s/m, R]
*****
* Part 2 : Crop development
*
IDSL   = 0 ! Switch:
*           0 = Crop development before anthesis depends on temperature only
*           1 = Crop development before anthesis depends on daylength only
*           2 = Crop development before anthesis depends on both
*
* If IDSL = 1 or 2, specify:
DLO    = 14.0 ! Optimum daylength for crop development [0..24 h, R]
DLC    = 8.0  ! Minimum daylength, [0..24 h, R]
*
* If IDSL = 0 or 2 specify:
TSUMEA = 1255.00 ! Temperature sum from emergence to anthesis, [0..10000 C, R]
TSUMAM = 909.00 ! Temperature sum from anthesis to maturity [0..10000 C, R]
*
* List increase in temperature sum [0..60 C, R] as function of daily average temp. [0..100 C,
R]
*
    TAV  DTSM      (maximum 15 records)
DTSMTB =
    0.00  0.00
    30.00 30.00
    45.00 30.00
* End of Table
*
DVSEND = 2.00 ! development stage at harvest [-]
*****
* Part 3: Initial values
*
TDWI   = 210.000 ! Initial total crop dry weight [0..10000 kg/ha, R]
LAIEM  = 0.1370 ! Leaf area index at emergence [0..10 m2/m2, R]
RGRLAI = 0.00700 ! Maximum relative increase in LAI [0..1 m2/m2/d, R]
*****
* Part 4: Green surface area
*
* List specific leaf area [0..1 ha/kg, R] as function of devel. stage [0..2, R]
*
    DVS  SLA      (maximum 15 records)
SLATB =
    0.00 0.0020
    2.00 0.0020
* End of Table
*
SPA    = 0.0000 ! Specific pod area [0..1 ha/kg, R]
SSA    = 0.0000 ! Specific stem area [0..1 ha/kg, R]

```

```

SPAN = 35.00 ! Life span under leaves under optimum conditions, [0..366 d, R]
TBASE = 0.00 ! Lower threshold temperature for ageing of leaves, [-10..30 C, R]
*****
* Part 5: Assimilation
*
KDIF = 0.60 ! Extinction coefficient for diffuse visible light, [0..2 -, R]
KDIR = 0.75 ! Extinction coefficient for direct visible light, [0..2 -, R]
EFF = 0.45 ! Light use efficiency for real leaf [0..10 kg/ha/hr/(Jm2s), R]
*
* List max CO2 assimilation rate [0..100 kg/ha/hr, R] as function of development stage [0..2 -
, R]
*
DVS    AMAX    (maximum 15 records)
AMAXTB =
    0.00 40.000
    1.00 40.000
    2.00 20.000
* End of table
*
* List reduction factor of AMAX [-, R] as function of average day temp. [-10..50 C, R]
*
TAVD   TMPF   (maximum 15 records)
TMPFTB =
    0.00 0.010
    10.00 0.600
    15.00 1.000
    25.00 1.000
    35.00 0.000
* End of table
*
* List reduction factor of AMAX [-, R] as function of minimum day temp. [-10..50 C, R]
*
TMNR    TMNF   (maximum 15 records)
TMNFTB =
    0.00 0.000
    3.00 1.000
* End of table
*****
* Part 6: Conversion of assimilates into biomass
*
CVL = 0.6850 ! Efficiency of conversion into leaves, [0..1 kg/kg, R]
CVO = 0.7090 ! Efficiency of conversion into storage organs, [0..1 kg/kg, R]
CVR = 0.6940 ! Efficiency of conversion into roots, [0..1 kg/kg, R]
CVS = 0.6620 ! Efficiency of conversion into stems, [0..1 kg/kg, R]
*****
* Part 7: Maintenance respiration
*
Q10 = 2.0000 ! Rel. increase in respiration rate with temperature, [0..5 /10 C, R]
RML = 0.0300 ! Rel. maintenance respiration rate of leaves, [0..1 kgCH2O/kg/d, R]
RMO = 0.0100 ! Rel. maintenance respiration rate of st. org., [0..1 kgCH2O/kg/d, R]
RMR = 0.0150 ! Rel. maintenance respiration rate of roots, [0..1 kgCH2O/kg/d, R]
RMS = 0.0150 ! Rel. maintenance respiration rate of stems, [0..1 kgCH2O/kg/d, R]
*
* List reduction factor of senescence [-, R] as function of dev. stage [0..2 -, R]
*
DVS    RFSE   (maximum 15 records)
RFSETB =
    0.00 1.00
    2.00 1.00
* End of table
*****
* Part 8: Partitioning
*
* List fraction of total dry matter increase partitioned to the roots [kg/kg, R]
* as function of development stage [0..2 -, R]
*
DVS    FR     (maximum 15 records)
FRTB =
    0.00 0.50
    0.10 0.50
    0.20 0.40
    0.35 0.22
    0.40 0.17
    0.50 0.13
    0.70 0.07
    0.90 0.03
    1.20 0.00
    2.00 0.00
* End of table
*
* List fraction of total above ground dry matter incr. part. to the leaves [kg/kg, R]
* as function of development stage [0..2 -, R]

```



```

*      DVS      FL      (maximum 15 records)
FLTb =
      0.00    0.65
      0.10    0.65
      0.25    0.70
      0.50    0.50
      0.70    0.15
      0.95    0.00
      2.00    0.00
* End of table
*
* List fraction of total above ground dry matter incr. part. to the stems [kg/kg, R]
* as function of development stage [0..2 -, R]
*      DVS      FS      (maximum 15 records)
FSTb =
      0.00    0.35
      0.10    0.35
      0.25    0.30
      0.50    0.50
      0.70    0.85
      0.95    1.00
      1.05    0.00
      2.00    0.00
* End of table
*
* List fraction of total above ground dry matter incr. part. to the st. organs [kg/kg, R]
* as function of development stage [0..2 -, R]
*      DVS      FO      (maximum 15 records)
FOTb =
      0.00    0.00
      0.95    0.00
      1.05    1.00
      2.00    1.00
* End of table
*****
* Part 9: Death rates
*
PERDL = 0.030 ! Maximum rel. death rate of leaves due to water stress [0..3 /d, R]
*
* List relative death rates of roots [kg/kg/d] as function of dev. stage [0..2 -, R]
*      DVS      RDRR      (maximum 15 records)
RDRRTb =
      0.0000  0.0000
      1.5000  0.0000
      1.5001  0.0200
      2.0000  0.0200
* End of table
*
* List relative death rates of stems [kg/kg/d] as function of dev. stage [0..2 -, R]
*      DVS      RDRS      (maximum 15 records)
RDRSTb =
      0.0000  0.0000
      1.5000  0.0000
      1.5001  0.0200
      2.0000  0.0200
* End of table
*****
* Part 10: Crop water use
swroottyp = 1          ! Switch for type root water extraction [1,2 -, I]
*                  ! (1 = Feddes et al., 1978; 2 = De Jong van Lier et al., 2006)
* if swroottyp=1 then enter HLIM1 - ADCRL
* if swroottyp=2 then enter wiltpoint, rootradius, rootcoefa
*
HLIM1 = -10.0 ! No water extraction at higher pressure heads, [-100..100 cm, R]
HLIM2U = -25.0 ! h below which optimum water extr. starts for top layer, [-1000..100 cm,
R]
HLIM2L = -25.0 ! h below which optimum water extr. starts for sub layer, [-1000..100 cm,
R]
HLIM3H = -320.0 ! h below which water uptake red. starts at high Tpot, [-10000..100 cm,
R]
HLIM3L = -600.0 ! h below which water uptake red. starts at low Tpot, [-10000..100 cm, R]
HLIM4 = -8000.0 ! No water extraction at lower pressure heads, [-16000..100 cm, R]
ADCRH = 0.5 ! Level of high atmospheric demand, [0..5 cm/d, R]
ADCRL = 0.1 ! Level of low atmospheric demand, [0..5 cm/d, R]
*****
* Part 11: salt stress

```

```

* only when solutes are simulated (SWSOLU=1 in SWP-file)

* relation between ECsat and crop reduction
ECMAX =      6.0 ! ECsat level at which salt stress starts, [0..20 dS/m, R]
ECSLOP =     7.1 ! Decline of rootwater uptake above EMAX [0..40 %/dS/m, R]

* relation between concentration and ECsat
C2ECa =      4.21 ! coefficient a to convert concentration to EC [0.0..1000.0 -, R]
C2ECb =      0.763 ! exponent b to convert concentration to EC [0.0..10.0 -, R]
* Switch to enter factor f (SWC2ECF ) per profile or per soil layer/horizon [1,2 -, I]
*   if SWC2ECF = 1 then enter one C2ECf-value for whole model profile
*   if SWC2ECF = 2 then enter one C2ECf-value for each model/soil layer/horizon
SWC2ECF = 1
* factor f to convert concentration to EC [0.0..10.0 -, R];
*   dependent on SWC2ECF one value for model profile or a value for each soil horizon
C2ECf = 1.7
*****
* Part 12: Interception
*
COFAB =      0.25 ! Interception coefficient Von Hoyningen-Hune and Braden, [0..1 cm, R]
*****
* Part 13: Root density distribution and root growth
*
* List relative root density [0..1 -, R], as function of rel. rooting depth [0..1 -, R]:
*   RD      RDC      (maximum 11 records)
RDCTB =
      0.00   1.00
      1.00   1.00
* End of table
*
RDI  = 10.00 ! Initial rooting depth, [0..1000 cm, R]
RRI  =  1.20 ! Maximum daily increase in rooting depth, [0..100 cm/d, R]
RDC  = 125.00 ! Maximum rooting depth crop/cultivar, [0..1000 cm, R]
*
*****
*** IRRIGATION SCHEDULING SECTION ***
*****
* Part 1: General

SCHEDULE = 0 ! Switch for application irrigation scheduling [Y=1, N=0]

* If SCHEDULE = 0, no more information is required in this input file!
* If SCHEDULE = 1, continue ....

STARTIRR = 30 3 ! Specify day and month after which irrigation scheduling is allowed [dd mm]
ENDIRR   = 31 12 ! Specify day and month after which irrigation scheduling is NOT allowed [dd
mm]
CIRRS = 0.0      ! solute concentration of scheduled irrig. water, [0..100 mg/cm3, R]
ISUAS = 1        ! Switch for type of irrigation method:
                  ! 0 = sprinkling irrigation
                  ! 1 = surface irrigation

* Specify pressure head at field capacity
* required for timing options TCS = 2, 3, or 4 and depth option DCS = 1, else dummy
phFieldCapacity = -100.0 ! soil hydraulic pressure head [-1000.0 .. 0.0, cm, R]
*****
* Part 2: Irrigation time criteria

*** Choose one of the following 5 timing options:
TCS = 1 ! Switch, timing criterion [1..6, I]
!      TCS = 1 : Daily Stress
!      TCS = 2 : Depletion of Readily Available Water
!      TCS = 3 : Depletion of Totally Available Water
!      TCS = 4 : Depletion Water Amount
!      TCS = 5 : Pressure head or moisture content
!      TCS = 6 : Fixed weekly irrigation, rootzone to field capacity

*** Daily stress criterion (TCS = 1)
* If TCS = 1, specify minimum of ratio actual/potential transpiration Trel [0..1, R],
* as function of development stage DVS_tcl [0..2, R], maximum 7 records:
DVS_tcl Trel
      0.0 0.95
      2.0 0.95
* End of table

*** Depletion of Readily Available Water (TCS = 2)

```

```

* If TCS = 2, specify minimal fraction of readily available water RAW [0..1, R],
* as function of development stage DVS_tc2 [0..2, R], maximum 7 records:
  DVS_tc2  RAW
    0.0  0.95
    2.0  0.95
* End of table

*** Depletion of Totally Available Water (TCS = 3)
* If TCS = 3, specify minimal fraction of totally available water TAW [0..1, R],
* as function of development stage DVS_tc3 [0..2, R], maximum 7 records:
  DVS_tc3  TAW
    0.0  0.50
    2.0  0.50
* End of table

*** Depletion Water Amount (TCS = 4)
* If TCS = 4, specify maximum amount of water depleted below field cap. DWA [0..500 mm, R],
* as function of development stage DVS_tc4 [0..2, R], maximum 7 records:
  DVS_tc4  DWA
    0.0  40.0
    2.0  40.0
* End of table

*** Pressure head or Moisture content (TCS = 5)
* If TCS = 5, specify:
  PHORMC = 0  ! Switch, use pressure head (PHORMC=0) or water content (PHORMC=1)
  DCRIT = -30.0! Depth of the sensor [-100..0 cm, R]
* Also specify critical pressure head [-1.d6..-100 cm, R] or moisture content
* [0..1.0 cm3/cm3, R], as function of development stage DVS_tc5 [0..2, R]:
  DVS_tc5  Value_tc5
    0.0  -1000.0
    2.0  -1000.0
* End of table

*** Fixed weekly irrigation, rootzone to field capacity (TCS = 6)
* If TCS = 6, specify:
* Threshold for weekly irrigation; only irrigate when deficit is higher than threshold
  irgthreshold = 1.0      ! threshold value [0.0..20.0 mm, R]

*** Select (optional) fixed time interval:
  tcsfix = 0  ! Switch, fixed timing criterion [0 or 1, I]
* If tcsfix = 1, specify:
  irgdayfix = 7      ! length of interval (number of days) [1..365, I]

*****
* Part 3: Irrigation depth criteria

*** Choose one of the following 2 options for irrigation depth:
* Next line is required for Swap303 - swap3177
  DCS = 1      ! Switch, depth criterion [1..2, I]
!           DCS = 1 : Back to Field Capacity
!           DCS = 2 : Fixed Irrigation Depth

*** Back to Field Capacity (DCS = 1)
* If DCS = 1, specify amount of under (-) or over (+) irrigation dI [-100..100 mm, R],
* as function of development stage DVS_dc1 [0..2, R], maximum 7 records:
  DVS_dc1  dI
    0.0  10.0
    2.0  10.0
* End of table

*** Fixed Irrigation Depth (DCS = 2)
* If DCS = 2, specify fixed irrigation depth FID [0..400 mm, R],
* as function of development stage DVS_dc2 [0..2, R], maximum 7 records:
  DVS_dc2  FID
    0.0  60.0
    2.0  60.0
* End of table

*** Select (optional) limitations of irrigation depth:
  dcslim = 0  ! Switch, limited irrigation depth [0=No, 1=Yes] [0..1, I]
* If dcslim = 1, specify:
  irgdepmin = 0.0  ! minimum irrigation depth [0.0d0 .. 100.0d0, mm, I]
  irgdepmax = 0.0  ! maximum irrigation depth [irgdepmin .. 1.0d7, mm, I]
* End of .crp file !

```

EK 11 SWAP Model örnek ana dosyası

```
*****
* Filename: pinarbasi.swp
* Contents: Main input data
*****
* Comment area:
* Case: Water and solute transport in the Pinarbasi area,
*       a catchment in the eastern part of the Netherlands
*       This case is described as example in the SWAP user guide
*****
* The main input file .swp contains the following sections:
*   - General section
*   - Meteorology section
*   - Crop section
*   - Soil water section
*   - Lateral drainage section
*   - Bottom boundary section
*   - Heat flow section
*   - Solute transport section
*** GENERAL SECTION ***
*****
* Part 1: Environment
PROJECT = 'Swap'           ! Project description, [A80]
PATHWORK = ' '            ! Path to work folder, [A80]
PATHATM = 'Data\Weather\' ! Path to folder with weather files, [A80]
PATHCROP = 'Data\Crops\'  ! Path to folder with crop files, [A80]
PATHDRAIN = 'Data\Drainage\' ! Path to directory with drainage files, [A80]
SWSCRE = 1                ! Switch, display progression of simulation run:
                          ! SWSCRE = 0: no display to screen
                          ! SWSCRE = 1: display water balance to screen
                          ! SWSCRE = 2: display daynumber to screen
SWERROR = 1               ! Switch for printing errors to screen [Y=1, N=0]
*****
* Part 2: Simulation period
TSTART = 01-nov-2011 ! Start date of simulation run, give day-month-year, [dd-mmm-yyyy]
TEND = 31-aug-2012 ! End date of simulation run, give day-month-year, [dd-mmm-yyyy]
*****
* Part 3: Output dates
* Number of output times during a day
NPRINTDAY = 1           ! Number of output times during a day, [1..1000, I]
* If NPRINTDAY = 1, specify dates for output of state variables and fluxes
SWMONTH = 0             ! Switch, output each month, [Y=1, N=0]
* If SWMONTH = 0, choose output interval and/or specific dates
PERIOD = 0              ! Fixed output interval, ignore = 0, [0..366, I]
SWRES = 0               ! Switch, reset output interval counter each year, [Y=1, N=0]
SWODAT = 1              ! Switch, extra output dates are given in table, [Y=1, N=0]
* If SWODAT = 1, list specific dates [dd-mmm-yyyy], maximum MAOUT dates:
OUTDATINT =
29-Apr-2012
15-May-2012
01-Jun-2012
19-Jun-2012
05-Jul-2012
17-Jul-2012
07-Aug-2012
31-Aug-2012
* End of table
* Output times for overall water and solute balances in *.BAL and *.BLC file
* Output can be provided at a fixed date in a year or at different dates:
SWYRVAR = 0             ! SWYRVAR = 0: each year output of balances at the same date
                          ! SWYRVAR = 1: output of balances at different dates
* If SWYRVAR = 0 specify fixed date:
DATEFIX = 31 12        ! Specify day and month for output of yearly balances, [dd mm]
* If SWYRVAR = 1 specify all output dates [dd-mmm-yyyy], maximum MAOUT dates:
OUTDAT =
15-May-2011
31-dec-2012
* End of table
*****
* Part 4: Output files
* General information
OUTFIL = 'Result'      ! Generic file name of output files, [A16]
SWHEADER = 0           ! Print header at the start of each balance period, [Y=1, N=0]
* Optional files
SWVAP = 1              ! Switch, output profiles of moisture, solute and temperature, [Y=1, N=0]
SWBLC = 0              ! Switch, output file with detailed yearly water balance, [Y=1, N=0]
```

```

SWATE = 0          ! Switch, output file with soil temperature profiles, [Y=1, N=0]
SWBMA = 0          ! Switch, output file with water fluxes, only for macropore flow, [Y=1, N=0]
SWDRF = 0          ! Switch, output of drainage fluxes, only for extended drainage, [Y=1, N=0]
SWSWB = 0          ! Switch, output surface water reservoir, only for extended drainage,
[Y=1, N=0]
* Output for water quality models (PEARL, ANIMO) or other specific use (SWAFO to DZNEW)
* Optional output files
  SWAFO = 0          ! Switch, output file with formatted hydrological data
                    ! SWAFO = 0: no output
                    ! SWAFO = 1: output to a file named *.AFO
                    ! SWAFO = 2: output to a file named *.BFO
  SWAUN = 0          ! Switch, output file with unformatted hydrological data
                    ! SWAUN = 0: no output
                    ! SWAUN = 1: output to a file named *.AUN
                    ! SWAUN = 2: output to a file named *.BUN
* Critical deviation of water balance; in case of larger deviation, an error file is created
(*.DWB.CSV)
CRITDEVMSBAL = 0.00001 ! Critical Deviation in water balance during PERIOD [0.0..1.0 cm, R]
* If SWAFO = 1 or 2, or SWAUN = 1 or 2: fine vertical discretization can be lumped
SWDISCRVERT = 0      ! SWDISCRVERT = 0: no conversion
                    ! SWDISCRVERT = 1: convert vertical discretization,
* If SWDISCRVERT = 1 then specify:
  NUMNODNEW = 6      ! New number of nodes [1..macp, I, -]
* List thickness of each compartment, total thickness should correspond to Soil Water Section,
part 4
  DZNEW = 10.0 10.0 10.0 20.0 30.0 50.0 ! thickness of compartments [1.0d-6..5.0d2, cm, R]
*****
*** METEOROLOGY SECTION ***
*****
* General data
* File name
  METFIL = 'Corlu' ! File name of meteorological data without extension .YYY, [A200]
                    ! Extension is equal to last 3 digits of year, e.g. 003 denotes year 2003
* Use of reference evapotranspiration data from meteorological file instead of basic data
  SWETR = 0          ! Switch, use reference ET values of meteo file [Y=1, N=0]
* If SWETR = 0, specify:
  LAT = 41.0         ! Latitude of meteo station, [-60..60 degrees, R, North = +]
  ALT = 180.0        ! Altitude of meteo station, [-400..3000 m, R]
  ALTW = 10.0        ! Altitude of wind speed measurement (10 m is default) [0..99 m, R]
* Use of detailed meteorological records for both ET and rainfall (< 1 day) in stead of daily values
  SWMETDETAIL = 0    ! Switch, use detailed meteorological records of both ET and rainfall
[Y=1, N=0]
* In case of detailed meteorological weather records (SWMETDETAIL = 1), specify:
  NMETDETAIL = 10    ! Number of weather data records per day, [1..96 -, I]
* In case of daily meteorological weather records (SWMETDETAIL = 0):
  SWETSINE = 0       ! Switch, distribute daily Tp and Ep according to sinus wave [Y=1, N=0]
  SWRAIN = 0         ! Switch for use of actual rainfall intensity (only if SWMETDETAIL = 0):
                    ! SWRAIN = 0: Use daily rainfall amounts
                    ! SWRAIN = 1: Use daily rainfall amounts + mean intensity
                    ! SWRAIN = 2: Use daily rainfall amounts + duration
                    ! SWRAIN = 3: Use short time rainfall intensities, as supplied in
separate file
* If SWRAIN = 1, then specify mean rainfall intensity RAINFLUX [0.d0..1000.d0 mm/d, R]
* as function of time TIME [0..366 d, R], maximum 30 records
  TIME    RAINFLUX
    1.0    20.0
   360.0   20.0
* End of table
* If SWRAIN = 3, then specify file name of file with detailed rainfall data
  RAINFIL = 'WagRain' ! File name of detailed rainfall data without extension .YYY, [A200]
                    ! Extension is equal to last 3 digits of year, e.g. 003 denotes year 2003
*****
*** CROP SECTION ***
*****
* Part 1: Crop rotation scheme during simulation period
* Specify information for each crop (maximum MACROP):
* CROPSTART = date of crop emergence, [dd-mmm-yyyy]
* CROPEND   = date of crop harvest, [dd-mmm-yyyy]
* CROPNAME  = crop name, [A40]
* CROPFIL   = name of file with crop input parameters without extension .CRP, [A40]
* CROPTYPE  = type of crop model: simple = 1, detailed general = 2, detailed grass = 3
  CROPSTART  CROPEND   CROPNAME  CROPFIL  CROPTYPE
  10-apr-2012 04-aug-2012 'Sunflow' 'SunflowD' 2
  10-may-1981 29-sep-1981 'Potato'  'PotatoD' 2
  01-may-1982 15-oct-1982 'Maize'  'MaizeS' 1
* End of table
*****
* Part 2: Fixed irrigation applications

```

```

* Switch for fixed irrigation applications
SWIRFIX = 0      ! SWIRFIX = 0: no irrigation applications are prescribed
                ! SWIRFIX = 1: irrigation applications are prescribed
* If SWIRFIX = 1, specify:
* Switch for separate file with fixed irrigation applications
SWIRGFIL = 0    ! SWIRGFIL = 0: data are specified in the .swp file
                ! SWIRGFIL = 1: data are specified in a separate file
* If SWIRGFIL = 0 specify information for each fixed irrigation event (max. MAIRG):
* IRDATE = date of irrigation, [dd-mmm-yyyy]
* IRDEPTH = amount of water, [0.0..100.0 cm, R]
* IRCONC = concentration of irrigation water, [0.0..1000.0 mg/cm3, R]
* IRTYPE = type of irrigation: sprinkling = 0, surface = 1
      IRDATE  IRDEPTH  IRCONC  IRTYPE
05-jan-1980   0.5     1000.0    1
* end of table
* If SWIRGFIL = 1, specify name of file with data of fixed irrigation applications:
IRGFIL = 'testirri'      ! File name without extension .IRG [A16]
*****
*** SOIL WATER SECTION ***
*****
* Part 1: Initial soil moisture condition
SWINCO = 2 ! Switch, type of initial soil moisture condition:
          ! 1 = pressure head as function of depth is input
          ! 2 = pressure head of each compartment is in hydrostatic equilibrium
          !       with initial groundwater level
          ! 3 = read final pressure heads from output of previous Swap simulation
* If SWINCO = 1, specify (maximum MACP):
* ZI = soil depth, [-10000..0 cm, R]
* H = initial soil water pressure head, [-1.d10..1.d4 cm, R]
      ZI      H
      -0.5    -93.0
      -195.0  120.0
* End of table
* If SWINCO = 2, specify:
GWL1 = -300.0 ! Initial groundwater level, [-10000..100 cm, R]
* If SWINCO = 3, specify:
INIFIL = 'result.end' ! name of final with extension .END [a200]
*****
* Part 2: Ponding, runoff and runon
* Ponding
PONDIX = 0.0 ! In case of ponding, minimum thickness for runoff, [0..1000 cm, R]
* Runoff
RSRO = 0.5 ! Drainage resistance for surface runoff [0.001..1.0 d, R]
RSROEXP = 1.0 ! Exponent in drainage equation of surface runoff [0.1..10.0 -, R]
* Runon
* Specify whether runon data are provided in extra input file
SWRUNON = 0 ! 0 = No input of runon data
          ! 1 = Runon data are provided in extra input file
* If SWRUNON = 1, specify name of file with runon input data
* This file may be an output *.inc file (with only 1 header) of a previous Swap-simulation
RUFIL = 'runon.inc' ! File name with extension [A80]
*****
* Part 3: Soil evaporation
* SWCFBS = 0 ! Switch for use of soil factor CFBS to calculate Epot from ETref
          ! 0 = CFBS is not used
          ! 1 = CFBS is used
* If SWCFBS = 1, specify soil factor CFBS:
CFBS = 1.0 ! Coefficient to derive Epot from ETref [0.1..1.5 -, R]
SWREDU = 2 ! Switch, method for reduction of potential soil evaporation:
          ! 0 = reduction to maximum Darcy flux
          ! 1 = reduction to maximum Darcy flux and to maximum Black (1969)
          ! 2 = reduction to maximum Darcy flux and to maximum Bo/Str. (1986)
COFRED = 0.35 ! Soil evaporation coefficient of Black, [0..1 cm/dl/2, R],
            ! or Boesten/Stroosnijder, [0..1 cml/2, R]
RSIGNI = 0.5 ! Minimum rainfall to reset method of Black [0..1 cm/d, R]
*****
* Part 4: Vertical discretization of soil profile
* Specify the following data (maximum MACP lines):
* ISOILLY = number of soil layer, start with 1 at soil surface, [1..MAHO, I]
* ISUBLAY = number of sub layer, start with 1 at soil surface, [1..MACP, I]
* HSUBLAY = height of sub layer, [0.0..1000.0 cm, R]
* HCOMP = height of compartments in this layer, [0.0..1000.0 cm, R]
* NCOMP = number of compartments in this layer (= HSUBLAY/HCOMP), [1..MACP, I]
ISOILLY  ISUBLAY  HSUBLAY  HCOMP  NCOMP
  1        1       30.0    1.0    30
  2        2       60.0    4.0    15
  3        3       90.0    1.0    90

```

```

* end of table
*****
* Part 5: Soil hydraulic functions
* Switch for Mualem - van Genuchten parameters or detailed tables:
  SWSOPHY = 0 ! 0 = Mualem - van Genuchten parameters
             ! 1 = Detailed tables
* If SWSOPHY = 0, specify for each soil layer (maximum MAHO):
* ISOILLAY1 = number of soil layer, as defined in part 4 [1..MAHO, I]
* ORES = Residual water content, [0..0.4 cm3/cm3, R]
* OSAT = Saturated water content, [0..0.95 cm3/cm3, R]
* ALFA = Shape parameter alfa of main drying curve, [0.0001..1 /cm, R]
* NPAR = Shape parameter n, [1..4 -, R]
* KSAT = Saturated vertical hydraulic conductivity, [1.d-5..1000 cm/d, R]
* LEXP = Exponent in hydraulic conductivity function, [-25..25 -, R]
* ALFAW = Alfa parameter of main wetting curve in case of hysteresis, [0.0001..1 /cm, R]
* H_ENPR = Air entry pressure head [-40.0..0.0 cm, R]
  ISOILLAY1  ORES  OSAT  ALFA  NPAR  KSAT  LEXP  ALFAW  H_ENPR  KSATEXM
    1      0.00  0.38  0.0650  1.162  46.532  -4.368  0.0650  0.0  46.532
    2      0.00  0.33  0.0640  1.111  08.565  -5.185  0.0660  0.0  08.565
    3      0.00  0.33  0.0640  1.111  08.565  -5.185  0.0660  0.0  08.565
*    1      0.00  0.38  0.0650  1.162  46.53  -4.368  0.0650  0.0  46.53
*    2      0.00  0.33  0.0645  1.112  08.46  -5.150  0.0645  0.0  08.46
* --- end of table
* If SWSOPHY = 1, specify names of input files [A80] with soil hydraulic tables for each soil layer:
  FILENAMESOPHY = 'topsoil_sand_B2.csv', 'subsoil_sand_O2.csv'
*****
* Part 6: Hysteresis of soil water retention function
* Switch for hysteresis:
  SWHYST = 0 ! 0 = no hysteresis
             ! 1 = hysteresis, initial condition wetting
             ! 2 = hysteresis, initial condition drying
* If SWHYST = 1 or 2, specify:
  TAU = 0.2 ! Minimum pressure head difference to change wetting-drying, [0..1 cm, R]
*****
* Part 7: Maximum rooting depth
  RDS = 150.0 ! Maximum rooting depth allowed by the soil profile, [1..5000 cm, R]
*****
* Part 8: Similar media scaling of soil hydraulic functions
  SWSCAL = 1 ! Switch for similar media scaling [Y=1, N=0]; no hysteresis is allowed
             ! in case of similar media scaling (SWHYST = 0)
* If SWSCAL = 1, specify:
  NSCALE = 3 ! Number of simulation runs, [1..MASCALE, I]
* Supply the scaling factors for each simulation run and each soil layer:
  RUN  SOIL1  SOIL2
    1   0.5   2.0
    2   1.0   1.0
    3   2.0   0.5
    4   1.0   1.0
    5   3.0   3.0
* End of table
*****
* Part 9: Preferential flow due to macropores
  SWMACRO = 0 ! Switch for macropore flow, [0..2, I]:
             ! 0 = no macropore flow
             ! 1 = macropore flow
*****
* Part 10: Snow and frost
* Snow
  SWSNOW = 0 ! Switch, calculate snow accumulation and melt, [Y=1, N=0]
* If SWSNOW = 1, specify:
  SNOWINCO = 22.0 ! Initial snow water equivalent, [0.0..1000.0 cm, R]
  TEPRRAIN = 2.0 ! Temperature above which all precipitation is rain, [0.0..5.0 °C, R]
  TEPRSNOW = -2.0 ! Temperature below which all precipitation is snow, [-5.0..0.0 °C, R]
  SNOWCOEF = 0.3 ! Snowmelt calibration factor, [0.0..10.0 -, R]
* Frost
  SWFROST = 0 ! Switch, in case of frost: reduce soil water flow, [Y=1, N=0]
* If SWFROST = 1, then specify soil temperature to start end end flux-reduction
  tfroststa = 0.0 ! Soil temperature (°C) where reduction of water fluxes starts [-
10.0,5.0, oC, R]
  tfrostend = -1.0 ! Soil temperature (°C) where reduction of water fluxes ends [-
10.0,5.0, oC, R]
*****
* Part 11 Numerical solution of Richards' equation
  DTMIN = 1.0d-6 ! Minimum timestep, [1.d-7..0.01 d, R]
  DTMAX = 0.2 ! Maximum timestep, [0.01..0.5 d, R]
  GWLCONV = 100.0 ! Maximum dif. groundwater level between iterations, [1.d-5..1000 cm, R]

```

```

CritDevh1Cp = 1.0d-2      ! Maximum relative difference in pressure heads per compartment,
[1.0d-10..0.1 -, R]
CritDevh2Cp = 1.0d-1      ! Maximum difference in pressure heads per compartment, [1.0d-10..1.0 cm, R]
CritDevPondDt = 1.0d-4    ! Maximum water balance error of ponding layer, [1.0d-6..0.1 cm, R]
MaxIt      = 30           ! Maximum number of iteration cycles, [5..100 -, I]
MaxBackTr  = 3           ! Maximum number of back track cycles within an iteration cycle, [1..10 -,I]
* Switch for mean of hydraulic conductivity, [1..4 -, I]:
* 1 = unweighted arithmetic mean; 2 = weighted arithmetic mean
* 3 = unweighted geometric mean; 4 = weighted geometric mean
SWkmean = 1
* Switch for explicit/implicit solution Richards equation with hydraulic conductivity, [1..2 -, I]:
SWkImpl = 0      ! 0 = explicit solution
           ! 1 = implicit solution
*****
*** LATERAL DRAINAGE SECTION ***
*****
SWDRA = 0      ! Switch, simulation of lateral drainage:
           ! 0 = No simulation of drainage
           ! 1 = Simulation with basic drainage routine
           ! 2 = Simulation with extended drainage routine (includes surface water man.)
* If SWDRA = 1 or SWDRA = 2 specify name of file with drainage input data:
DRFIL = 'Hupsel' ! File name with drainage input data, no extension [A16]
*****
*** BOTTOM BOUNDARY SECTION ***
*****
* Bottom boundary condition
SWBBCFILE = 0      ! Switch for file with bottom boundary conditions:
           ! SWBBCFILE = 0: data are specified in the .swp file
           ! SWBBCFILE = 1: data are specified in a separate file
* If SWBBCFILE = 1 specify name of file with bottom boundary conditions:
BBCFIL = ' '      ! File name without extension .BBC [A16]
* If SWBBCFILE = 0, select one of the following options:
           ! 1 Prescribe groundwater level
           ! 2 Prescribe bottom flux
           ! 3 Calculate bottom flux from hydraulic head of deep aquifer
           ! 4 Calculate bottom flux as function of groundwater level
           ! 5 Prescribe soil water pressure head of bottom compartment
           ! 6 Bottom flux equals zero
           ! 7 Free drainage of soil profile
           ! 8 Free outflow at soil-air interface
SWBOTB = 7      ! Switch for bottom boundary [1..8,-,I]
* Options 6,7 and 8 require no additional bottom input data
*****
* SWBOTB = 1 Prescribe groundwater level
* specify DATE [dd-mmm-yyyy] and groundwater level [cm, -10000..1000, R]
      DATE1      GWLEVEL      ! (max. MABBC records)
01-jan-1981      -95.0
31-dec-1983      -95.0
* End of table
*****
* SWBOTB = 2 Prescribe bottom flux
* Specify whether a sine or a table are used to prescribe the bottom flux:
SW2 = 2      ! 1 = sine function; 2 = table
* In case of sine function (SW2 = 1), specify:
SINAVE = 0.1 ! Average value of bottom flux, [-10..10 cm/d, R, + = upwards]
SINAMP = 0.05 ! Amplitude of bottom flux sine function, [-10..10 cm/d, R]
SINMAX = 91.0 ! Time of the year with maximum bottom flux, [1..366 d, R]
* In case of table (SW2 = 2), specify date [dd-mmm-yyyy] and bottom flux QBOT2
* [-100..100 cm/d, R, positive = upwards]:
      DATE2      QBOT2      ! (maximum MABBC records)
01-jan-1980      0.1
30-jun-1980      0.2
23-dec-1980      0.15
* End of table
*****
* SWBOTB = 3 Calculate bottom flux from hydraulic head in deep aquifer
* Switch to suppress vertical hydraulic resistance between model bottom and groundwater level
SWBOTB3RESVERT = 0 ! 0 = Include vertical hydraulic resistance
                 ! 1 = Suppress vertical hydraulic resistance
* Switch for numerical solution of bottom flux: 0 = explicit, 1 = implicit
SWBOTB3IMPL = 0 ! 0 = explicit solution (choose always when SHAPE < 1.0)
              ! 1 = implicit solution
* Specify:
SHAPE = 0.79 ! Shape factor to derive average groundwater level, [0.0..1.0 -, R]
HDRAIN = -110.0 ! Mean drain base to correct for average groundwater level, [-10000..0 cm, R]
RIMLAY = 500.0 ! Vertical resistance of aquitard, [0..10000 d, R]
* Specify whether a sine function or a table are used to prescribe hydraulic head of deep aquifer:

```



```

SW3      = 1          ! 1 = sine function; 2 = table
* In case of sine function (SW3 = 1), specify:
AQAVE = -140.0 ! Average hydraulic head in underlying aquifer, [-10000..1000 cm, R]
AQAMP = 20.0 ! Amplitude hydraulic head sinus wave, [0..1000 cm, R]
AQTMAX = 120.0 ! First time of the year with maximum hydraulic head, [1..366 d, R]
AQPER = 365.0 ! Period hydraulic head sinus wave, [1..366 d, I]
* In case of table (SW3 = 2), specify date [dd-mmm-yyyy] and average hydraulic head
* HAQUIF in underlying aquifer [-10000..1000 cm, R]:
      DATE3      HAQUIF          ! (maximum MABBC records)
01-jan-1980      -95.0
30-jun-1980      -110.0
23-dec-1980      -70.0
* End of table
* An extra groundwater flux can be specified which is added to above specified flux
SW4      = 1          ! 0 = no extra flux; 1 = include extra flux
* If SW4 = 1, specify date [dd-mmm-yyyy] and bottom flux QBOT4 [-100..100 cm/d, R,
* positive = upwards]:
      DATE4      QBOT4          ! (maximum MABBC records)
01-jan-1980      1.0
30-jun-1980      -0.15
23-dec-1980      1.2
* End of table
*****
* SWBOTB = 4      Calculate bottom flux as function of groundwater level
* Specify whether an exponential relation or a table is used to calculate the bottom flux
* from the groundwater level:
SWQHBOT = 2          ! 1 = exponential relation; 2 = table
* In case of an exponential relation (SWQHBOT = 1),
* specify coefficients of relation qbot = A exp (B*abs(groundwater level))
COFQHA = 0.1 ! Coefficient A, [-100..100 cm/d, R]
COFQHB = 0.5 ! Coefficient B [-1..1 /cm, R]
* In case of a table (SWQHBOT = 2),
* specify groundwaterlevel Htab [-10000..1000, cm, R] and bottom flux QTAB [-100..100 cm/d, R]
* Htab is negative below the soil surface, Qtab is negative when flux is downward.
      HTAB      QTAB
-0.1      -0.35
-70.0     -0.05
-125.0    -0.01
*****
* SWBOTB = 5      Prescribe soil water pressure head of bottom compartment
* Specify DATE [dd-mmm-yyyy] and bottom compartment pressure head HBOT5 [-1.d10..1000 cm, R]:
      DATE5      HBOT5          ! (maximum MABBC records)
01-jan-1980      -95.0
30-jun-1980      -110.0
23-dec-1980      -70.0
* End of table
*****
*** HEAT FLOW SECTION ***
*****
* Part 1: Specify whether simulation includes heat flow
SWHEA = 0 ! Switch for simulation of heat transport, [Y=1, N=0]
*****
* Part 2: Heat flow calculation method
SWCALT = 2 ! Switch for method: 1 = analytical method, 2 = numerical method
*****
* Part 3: Analytical method
* If SWCALT = 1 specify the following heat parameters:
TAMPLI = 10.0 ! Amplitude of annual temperature wave at soil surface, [0..50 C, R]
TMEAN = 15.0 ! Mean annual temperature at soil surface, [5..30 C, R]
TIMREF = 90.0 ! Time in the year with top of sine temperature wave [1..366 d, R]
DDAMP = 50.0 ! Damping depth of temperature wave in soil, [0..500 cm, R]
*****
* Part 4: Numerical method
* If SWCALT = 2 specify the following heat parameters:
* Specify for each soil type the soil texture (g/g mineral parts)
* and the organic matter content (g/g dry soil):
      ISOILLAY5  PSAND  PSILT  PCLAY  ORGMAT          ! (maximum MAHO records)
1              0.80   0.15   0.05   0.100
2              0.80   0.15   0.05   0.100
* End of table
* If SWINCO = 1 or 2, list initial temperature TSOIL [-20..40 C, R] as function of
* soil depth ZH [-1.0d5..0 cm, R]:
      ZH      TSOIL          ! (maximum MACP records)
-10.0      15.0
-40.0      12.0
-70.0      10.0
-95.0      9.0

```

```

* End of table
* Define top boundary condition:
SwTopbHea = 1      ! 1 = use air temperature of meteo input file as top boundary
                ! 2 = use measured top soil temperature as top boundary
* If SwTopbHea = 2, specify name of input file with soil surface temperatures
TSOILFILE = 'Haarweg' ! File name without extension .TSS, [A16]
* Define bottom boundary condition:
SwBotbHea = 1      ! 1 = no heat flux; 2 = prescribe bottom temperature
* If SwBotbHea = 2, specify a tabel with dates and temperatures at bottom boundary
DATET      TBOT      ! (maximum MABBC records)
01-jan-1980    -15.0
30-jun-1980    -20.0
23-dec-1980    -10.0
* End of table
*****
*** SOLUTE SECTION ***
*****
* Part 1: Specify whether simulation includes solute transport
SWSOLU = 0 ! Switch for simulation of solute transport, [Y=1, N=0]
*****
* Part 2: Top boundary and initial condition
CPRE = 0.0 ! Solute concentration in precipitation, [1..100 mg/cm3, R]
* If SWINCO = 1 or 2, list initial solute concentration CML [1..1000 mg/cm3, R]
* as function of soil depth ZC [-10000..0 cm, R], max. MACP records:
      ZC      CML
      -10.0    0.0
      -95.0    0.0
* End of table
*****
* Part 3: Miscellaneous parameters as function of soil depth
* Specify for each soil layer (maximum MAHO)
* ISOILLAY6 = number of soil layer, as defined in soil water section (part 4) [1..MAHO, I]
* LDIS      = dispersion length, [0..100 cm, R]
* KF        = Freundlich adsorption coefficient, [0..100 cm3/mg, R]
* BDENS     = dry soil bulk density, [500..3000 mg/cm3, R]
* DECPOT    = potential decomposition rate, [0..10 /d, R]
ISOILLAY6  LDIS      KF      BDENS  DECPOT
1          5.00    0.0001389  1315.00  0.0
2          5.00    0.0001378  1318.00  0.0
* --- end of Table
*****
* Part 4: Diffusion constant and solute uptake by roots
DDIF = 0.0 ! Molecular diffusion coefficient, [0..10 cm2/day, R]
TSCF = 0.0 ! Relative uptake of solutes by roots, [0..10 -, R]
*****
* Part 5: Adsorption
SWSP = 0 ! Switch, consider solute adsorption, [Y=1, N=0]
* In case of adsorption (SWSP = 1), specify:
FREXP = 0.9 ! Freundlich exponent, [0..10 -, R]
CREF = 1.0 ! Reference solute concentration for adsorption, [0..1000 mg/cm3, R]
*****
* Part 6: Decomposition
SWDC = 0 ! Switch, consideration of solute decomposition, [Y=1, N=0]
* In case of solute decomposition (SWDC = 1), specify:
GAMPAR = 0.0 ! Factor reduction decomposition due to temperature, [0..0.5 /°C, R]
RTHETA = 0.3 ! Minimum water content for potential decomposition, [0..0.4 cm3/cm3, R]
BEXP = 0.7 ! Exponent in reduction decomposition due to dryness, [0..2 -, R]
* List the reduction of pot. decomposition for each soil type, [0..1 -, R]:
ISOILLAY7  FDEPTH      ! (maximum MAHO records)
1          1.00
2          0.65
* End of table
*****
* Part 7: Solute residence in the saturated zone
SWBR = 0 ! Switch, consider mixed reservoir of saturated zone [Y=1, N=0]
* Without mixed reservoir (SWBR = 0), specify:
CDRAIN = 0.1 ! solute concentration in groundwater, [0..100 mg/cm3, R]
* In case of mixed reservoir (SWBR = 1), specify:
DAQUIF = 110.0 ! Thickness saturated part of aquifer, [0..10000 cm, R]
POROS = 0.4 ! Porosity of aquifer, [0..0.6 -, R]
KFSAT = 0.2 ! Linear adsorption coefficient in aquifer, [0..100 cm3/mg, R]
DECSAT = 1.0 ! Decomposition rate in aquifer, [0..10 /d, R]
CDRAINI = 0.2 ! Initial solute concentration in groundwater, [0..100 mg/cm3, R]
*****
* End of the main input file .SWP!

```

EK 12 Buğday için kullanılan sabit parametreler (Raes ark. 2009b)

| 1. Bitki Fenolojisi | | |
|--|--|--------------------------------------|
| Sembol | Tanım | Ortalama Değerler |
| 5.5. Hava sıcaklığı eşik değerleri | | |
| T _{base} | Alt eşik sıcaklık değeri (°C) | 0,0 |
| T _{upper} | Üst eşik sıcaklık değeri (°C) | 26,0 |
| 5.6. Yeşil bitki örtüsünün gelişimi | | |
| CC ₀ | %90 çıkış olduğunda örtü kaplama (cm ² /plant) | 1,5 |
| | Hektara gelen bitki sayısı | 2.000.000-7.000.000 |
| | Ekimden ilk çıkışa kadar geçen zaman (GDD) | 100-250 |
| CGC | Bitki gelişme katsayısı | 0,005-0,007 |
| CC _x | Maksimum örtü yüzdesi | 80-99 % |
| | Ekimden yaşlılığa kadar geçen süre (GDD) | 1000-2000 |
| CDC | Bitki zayıflama katsayısı | 0,004 |
| | Ekimden olgunluğa kadar geçen zaman (GDD) | 1500-2900 |
| 5.7. Çiçeklenme | | |
| | Ekimden çiçeklenmeye kadar geçen zaman (GDD) | 1000-1300 |
| | Çiçeklenme döneminin uzunluğu (GDD) | 150-280 |
| | Çiçeklenme ile bitkinin belirlenmesi | Evet |
| 5.8. Kök gelişimi | | |
| Z _n | Minimum etkili kök derinliği (m) | 0,30 |
| Z _x | Maksimum etkili kök derinliği (m) | 2,4'e kadar |
| | Kök bölgesi genişlemesi şekil faktörü | 1,5 |
| 6. Bitki Transpirasyonu | | |
| K _{cTr,x} | %100 örtü düzeyinde transpirasyon için bitki katsayısı | 1,10 |
| | Yaşlanma sonucunda bitki katsayısı (%/gün) | 0,15 |
| | Son dönemde toprak buharlaşması azaldığında yeşil bitki örtüsünün etkisi | 50 |
| 7. Biyokütle üretimi ve verim oluşumu | | |
| 7.5. Bitki su üretimi | | |
| WP* | ET _o ve CO ₂ 'den normalize edilmiş su verimlilik katsayısı (gram/m ²) | 15,0 |
| | ET _o ve CO ₂ 'den normalize edilmiş su verimlilik katsayısı (%) | 100 |
| 7.6. Hasat İndeksi | | |
| HI ₀ | Referans hasat indeksi (%) | 45-50 |
| | Çiçeklenme öncesi su stresi nedeniyle HI'ndeki olası artış (%) | Küçük |
| | Potansiyel meyve fazlası (%) | Orta |
| | HI verim oluşumu sırasında kısıtlı vejetatif büyümenin olumlu etkisi açıklayan katsayısı | Küçük |
| | HI verim oluşumu sırasında stoma kapanması olumsuz etkisi açıklayan katsayısı | Orta |
| | HI'nde izin verilen maksimum artış (%) | 15 |
| 8. Stres | | |
| 8.5. Toprak su stresi | | |
| P _{exp,lower} | Bitki gelişimi için toprak su tüketimi üst eşik değeri | 0,20 |
| P _{exp,upper} | Bitki gelişimi için toprak su tüketimi alt eşik değeri | 0,65 |
| | Bitki gelişimi katsayısı şekil faktörü | 5,0 |
| p _{sto} | Stoma kontrolü için toprak su tüketimi üst eşik değeri | 0,65 |
| | Stomatal stres katsayısı şekil faktörü | 2,5 |
| p _{sen} | Sararma stres katsayısı p-üst | 0,70 |
| | Sararma stres katsayısı eğim şekli | 2,5 |
| p _{pol} | Tozlaşmada başarısızlık olduğu andaki su tüketim üst eşiği | 0,85 (tahmin edilen) |
| | Anaerobiotic noktada % hacim (doyunluk ile birlikte) | moderately tolerant to water logging |
| 8.6. Hava sıcaklık stresi | | |
| | Tozlaşmanın başarısız olduğu andaki minimum sıcaklık (Soğuk stresi) (°C) | 5,0 (tahmin edilen) |
| | Tozlaşmanın başarısız olduğu andaki maksimum sıcaklık (Isı stresi) (°C) | 35,0 (tahmin edilen) |
| | Tam biyokütle üretimi için gerekli minimum büyüyen derece (°C - gün) | 13,0-15,0 (tahmin edilen) |
| 8.7. Tuzluluk stresi | | |
| EC _{en} | Doğgun toprağın elektriksel iletkenlik alt eşik değeri | 6,0 |
| EC _x | Doğgun toprağın elektriksel iletkenlik üst eşik değeri | 20,1 |

EK 13 Sıcaklık değerleri t testi (independent samples "t" test) sonuçları

T-Test (Sıcaklık)

Group Statistics

| VAR00002 | | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|----------|---|----|---------|----------------|-----------------|
| VAR00001 | 1 | 12 | 12,5675 | 7,00728 | 2,02283 |
| | 2 | 12 | 12,9708 | 6,67246 | 1,92617 |

Independent Samples Test

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | |
|----------|-----------------------------|---|------|------------------------------|--------|
| | | F | Sig. | t | df |
| VAR00001 | Equal variances assumed | ,058 | ,813 | -,144 | 22 |
| | Equal variances not assumed | | | -,144 | 21,947 |

Independent Samples Test

| | | t-test for Equality of Means | | |
|----------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------|
| | | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| VAR00001 | Equal variances assumed | ,887 | -,40333 | 2,79320 |
| | Equal variances not assumed | ,887 | -,40333 | 2,79320 |

Independent Samples Test

| | | t-test for Equality of Means | |
|----------|-----------------------------|---|---------|
| | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | Lower | Upper |
| VAR00001 | Equal variances assumed | -6,19608 | 5,38941 |
| | Equal variances not assumed | -6,19688 | 5,39021 |

EK 14 Yağış değerleri t testi (independent samples "t" test) sonuçları

T-Test (Yağış)

Group Statistics

| VAR00002 | | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|----------|---|----|-------|----------------|-----------------|
| VAR00001 | 1 | 12 | 46,58 | 18,053 | 5,211 |
| | 2 | 12 | 55,00 | 25,316 | 7,308 |

Independent Samples Test

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | |
|----------|-----------------------------|---|------|------------------------------|--------|
| | | F | Sig. | t | df |
| VAR00001 | Equal variances assumed | 2,160 | ,156 | -,938 | 22 |
| | Equal variances not assumed | | | -,938 | 19,889 |

Independent Samples Test

| | | t-test for Equality of Means | | |
|----------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------|
| | | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| VAR00001 | Equal variances assumed | ,359 | -8,417 | 8,976 |
| | Equal variances not assumed | ,360 | -8,417 | 8,976 |

Independent Samples Test

| | | t-test for Equality of Means | |
|----------|-----------------------------|---|--------|
| | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | Lower | Upper |
| VAR00001 | Equal variances assumed | -27,032 | 10,198 |
| | Equal variances not assumed | -27,147 | 10,314 |

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında, Kütahya'nın Simav ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Simav'da tamamladı. Lisans eğitimini 1994-1998 yıllarında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde, yüksek lisans eğitimini 2001-2004 yıllarında Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde tamamladı. 2008 yılında doktora eğitimine Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünde başladı. Halen Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Yapı Denetimi Programında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.