İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAKYA BÖLGESİ'NİN TARIMSAL METEOROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Barış ÇALDAĞ

Anabilim Dalı : Meteoroloji Müh.

Programı : Meteoroloji Müh.

AĞUSTOS 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAKYA BÖLGESİ'NİN TARIMSAL METEOROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ
Barış ÇALDAĞ
(511002201)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Şubat 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 07 Ağustos 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Levent ŞAYLAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. H. Nüzhet DALFES (İTÜ)
Prof. Dr. Zafer ASLAN (BLMYO)
Doç. Dr. Yurdanur S. ÜNAL (İTÜ)
Doç. Dr. Doğanay TOLUNAY (İÜ)

AĞUSTOS 2009

ÖNSÖZ

Tarım ve ormancılık faaliyetleri, meteorolojik parametrelerin uzun vadeli seyrindeki değişimlere oldukça hassastır. Meteorolojik faktörlerin ortaya koyduğu koşulların türlere etkilerinin belirlenmesi özellikle geleceğe yönelik araştırmalarda, önemi artan bir ihtiyaçtır. Söz konusu ihtiyacın karşılanması amacıyla yapılan güncel araştırmaların sayısı da uluslararası alanda hızla artmaktadır.

Bu çalışmada tarım potansiyeli yüksek olan Trakya Bölgesi'nde ekilen başlıca bitkilerin fenoloji, Büyüme Derece Gün, vernalizasyon gibi özellikleri, karşılaştırmalı olarak ortaya konmuştur. Bitki gelişimi ve veriminin uzun yıllık durumu, iklim değişiminden etkilenme olasılığı ile birlikte modellenerek incelenmiştir. Uydu verisi kullanımı ve kuraklık indeksi hesaplamalarıyla, orman alanları da incelemelere eklenmiştir. Tarımsal meteoroloji alanında Türkiye'nin belirli bir bölgesindeki ilk uygulamaları içeren tezin sonuçlarının karar vericilere destek sağlayacağı umulmaktadır.

Çalışma boyunca fikir ve emek katkılarında süreklilik sağlayarak bu noktaya gelinmesinde büyük pay sahibi olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Levent ŞAYLAN'a;

Tezin yapı ve içerik yönünden zenginleşmesine samimi ilgisi ve katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. H. Nüzhet DALFES'e;

Tez çalışmasının amaçlarına ulaşabilmesine yönelik yapıcı eleştirileri ve ayırdığı zaman için Sayın Doç Dr. Yurdanur S. ÜNAL'a;

Tezin özellikle uzaktan algılama ile ilgili kısmına yönelik önemli katkılarından ve önerilerinden dolayı Sayın Prof. Dr. Zafer ASLAN'a;

Teze yönelik önerilerine ek olarak, orman alanları ile ilgili eksikliklerin giderilmesine katkıları nedeniyle Sayın Doç. Dr. Doğanay TOLUNAY'a;

teşekkürlerimi sunarım.

Bir dönem tez danışmanlığıma vekalet eden; bu dönemin sonrasında da fikir desteğini sürdüren Sayın Doç. Dr. Kasım KOÇAK'a; model simulasyonlarına uygulanan senaryolara katkılarından dolayı Dr. Barış ÖNOL'a; orman alanlarının belirlenmesine yardımları sebebi ile Sayın Prof. Dr. Doğan KANTARCI'ya; Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne; Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürü Dr. Fatih BAKANOĞULLARI'na; Trakya Bölgesi'ne yapılan seyahatlerde bilgi desteği sağlayan kişilere ve kurumlara teşekkür ederim.

Manevi desteğini daima hissettiğim aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ağustos 2009

Barış Çaldağ

Meteoroloji Yük. Müh.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ... **iii**
İÇİNDEKİLER ... **v**
KISALTMALAR. ... **vii**
ÇİZELGE LİSTESİ ... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ... **xi**
ÖZET ... **xvii**
SUMMARY. ... **xix**
1. GİRİŞ. ... **1**
1.1 Tezin Amacı ... 2
1.2 Literatür Özeti ... 5
1.2.1 Bitki iklim modelleri ... 7
1.2.2 Büyüme derece gün (BDG) ... 23
1.2.3 Normalleştirilmiş vejetasyon indeksi (NDVI) ... 24
1.2.4 Kuraklık ve kuraklık indeksleri ... 31
2. ARAŞTIRMA ALANLARININ ÖZELLİKLERİ ... **35**
2.1 Trakya Bölgesi'nin İklim ve Tarım Özellikleri ... 35
2.2 Verisi İncelenen Meteoroloji İstasyonları ve NDVI Alanları ... 38
3. YÖNTEM ... **47**
3.1 CERES-Wheat ve CERES-Rice Modelleri ... 47
3.1.1 Modellerin girdileri ve çıktıları ... 52
3.1.1.1 Toprak ile ilgili girdiler ... 52
3.1.1.2 Bitki ile ilgili girdiler ... 53
3.1.1.3 Meteorolojik girdiler ... 54
3.2 Büyüme Derece Gün (BDG) ... 57
3.3 Normalleştirilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI) ... 61
3.4 Kuraklık İndeksleri ... 65
4. METEOROLOJİK VERİLERİN ANALİZİ ... **67**
4.1 Meteorolojik Verilerin Zaman Serileri ve Bazı İstatistikleri ... 67
4.2 Yağış Verilerinin Analizi ... 68
4.3 Bitkilerin Fenolojik Özellikleri ... 71
4.4 Gelişme Dönemlerindeki Meteoroloji Verilerinin Trend Testi ... 72
5. MODELLERİN UYGULANMASI ... **75**
5.1 Hassasiyet Analizleri ... 76
5.1.1 Buğday bitkisi için hassasiyet analizi ... 78
5.1.1.1 Kırklareli-Buğday ... 81
5.1.1.2 Tekirdağ-Buğday ... 86
5.1.1.3 Edirne-Buğday ... 90
5.1.1.4 Meteorolojik faktörlerin birlikte etkileri ... 95
5.1.2 Çeltik bitkisi için hassasiyet analizi ... 100
5.1.2.1 Meteorolojik faktörlerin birlikte etkileri ... 104

6. İKLİM DEĞİŞİMİNİN BİTKİ GELİŞİMİNE OLASI ETKİLERİ 109
6.1 Senaryolar 109
6.2 İklim Değişiminin Buğday Bitkisine Etkileri 115
6.2.1 En kurak ve en sıcak yılların buğday gelişimine olası etkileri 118
6.3 İklim Değişiminin Çeltik Bitkisine Etkileri 125
6.3.1 En kurak ve en sıcak yılların çeltik gelişimine olası etkileri 127
7. NDVI VERİSİNİN ANALİZİ 129
7.1 Buğday Bitkisinin NDVI Değişimi 132
7.2 Çeltik Bitkisinin NDVI Değişimi 133
7.3 Kayın ve Meşe Ormanlarında NDVI Değişimi 135
7.4 Kızılçam Ormanında NDVI Değişimi 136
7.5 Orman Alanlarının NDVI Değerlerinin İncelenmesi 139
8. KURAKLIK İNDEKSLERİNİN HESAPLANMASI 143
8.1 Aylık NY, z ve SYİ İndekslerinin Karşılaştırmalı Analizi 146
8.1.1 İndeksler arası korelasyon analizi 172
9. BÜYÜME DERECE GÜN DEĞERLERİNİN ANALİZİ 173
9.1 Buğdayın BDG Değerleri 173
9.2 Çeltiğin BDG Değerleri 183
9.3 Ayçiçeğinin BDG Değerleri 186
9.4 Buğday için Vernalizasyon Hesabı 189
10. NDVI-KURAKLIK İNDEKSİ İLİŞKİLERİ 193
10.1 NDVI-SYİ İlişkisinin İncelenmesi 193
10.2 NDVI-Yağış İlişkisinin İncelenmesi 198
10.3 NDVI-BDG İlişkisinin İncelenmesi 201
11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 207
KAYNAKLAR 213
EKLER 229
ÖZGEÇMİŞ 257

KISALTMALAR

°C : Sıcaklık (Celcius)
DG : Derece Gün
BDG : Büyüme Derece Gün
IDG : Isıtma derece gün
SDG : Soğutma derece gün
NDVI : Normalised Difference Vegetation Index
GCM : General Circulation Model
CERES : Crop Environment Resource Synthesis
LAI : Leaf Area Index
CO_2 : Karbondioksit
ENWATBAL : Energy and Water Balance
IBSNAT : International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer
FAO : Food and Agricultural Organisation
WMO : World Meteorological Organisation
SUCROS : Simple and Universal Crop Growth Simulator
WATCROS : Water Balance and Crop Production Simulation
SIMWASER : Simulation von Wasser und Ertrag
GIS : Geographic Information Systems
GOAL : General Optimal Allocation of Land Use
NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration
AVHRR : Advanced Very High Resolution Radiometer
ENSO : El Niño Southern Oscillation
ET : Evapotranspirasyon
VCI : Vegetation Condition Index
VF : Vegetation Fraction
GIS : Geographic Information Systems
Landsat TM : Landsat Thematic Mapper
DMİ : Devlet Meteoroloji İşleri
SOYGRO : Soybean Growth
PNUTGRO : Peanut Growth
BEANGRO : Bean Growth
EVI : Enhanced Vegetation Index
MODIS : Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer
T : Sıcaklık
P : Yağış
R_g : Global Güneş Radyasyonu
CO_2 : Karbondioksit
SWAT : Soil and Water Assessment Tool
SYİ : Standart Yağış İndeksi
IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change
IPCC-SRES : IPCC Special Report on Emission Scenarios
SUCROS : Simple and Universal Crop Growth Simulator
M : Net Radyasyon

M_G **:** Toprak Isı Akısı Yoğunluğu
PAR **:** Fotosentetik Aktif Radyasyon
KATSKAE **:** Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü
NY **:** Normalin Yüzdesi
ICARDA **:** International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Türkiye'de ve Trakya'da arazi kullanım durumu..... 37
Çizelge 2.2 : Trakya'nın illere göre arazi kullanım durumu 37
Çizelge 2.3 : Trakya'nın illere göre yağış ve sıcaklık ortalamaları..... 38
Çizelge 2.4 : Trakya Bölgesi'nde incelenen tarım ve orman arazilerine örnekler 39
Çizelge 3.1 : CERES toprak girdi dosyaları içinde yer alan parametreler 53
Çizelge 3.2 : CERES modellerinin bitki ile ilgili girdileri 53
Çizelge 3.3 : Modellerin meteorolojik girdileri..... 54
Çizelge 4.1 : 1975-2005 Gelişme Dönemleri Boyunca Trakya Bölgesi'nde Buğdayın Fenolojik Aşamaları..... 72
Çizelge 4.2 : 1975-2005 Gelişme Dönemleri Boyunca Edirne'de Çeltik Bitkisinin Fenolojik Aşamaları..... 72
Çizelge 4.3 : Kırklareli-buğday arazisinde gelişme dönemleri boyunca olası trendler..... 72
Çizelge 4.4 : Tekirdağ-buğday arazisinde gelişme dönemleri boyunca olası trendler..... 72
Çizelge 4.5 : Edirne-buğday arazisinde gelişme dönemleri boyunca olası trendler.. 73
Çizelge 4.6 : Edirne-çeltik arazisinde gelişme dönemleri boyunca olası trendler..... 73
Çizelge 5.1 : CERES Toprak girdi dosyaları içinde yer alan parametreler..... 77
Çizelge 5.2 : CERES-Rice ve CERES-Wheat modellerinin mutlak ve bağıl hata değerleri 78
Çizelge 5.3 : Kırklareli'nde Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Dane Verimi Değişim Yüzdeleri)..... 83
Çizelge 5.4 : Kırklareli'nde Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Toplam Biyokütle Değişim Yüzdeleri) 84
Çizelge 5.5 : Kırklareli'nde Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri)..... 85
Çizelge 5.6 : Kırklareli'nde Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Maksimum LAI Değişim Yüzdeleri)..... 86
Çizelge 5.7 : Tekirdağ'da Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Dane Verimi Değişim Yüzdeleri)..... 87
Çizelge 5.8 : Tekirdağ'da Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Toplam Biyokütle Değişim Yüzdeleri) 88
Çizelge 5.9 : Tekirdağ'da Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri)..... 89
Çizelge 5.10 : Tekirdağ'da Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Maksimum LAI Değişim Yüzdeleri)..... 90
Çizelge 5.11 : Edirne'de Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Dane Verimi Değişim Yüzdeleri)..... 91
Çizelge 5.12 : Edirne'de Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Toplam Biyokütle Değişim Yüzdeleri) 93

Çizelge 5.13 : Edirne'de Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri) 94
Çizelge 5.14 : Edirne'de Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Maksimum LAI Değişim Yüzdeleri) 94
Çizelge 5.15 : Edirne'de Çeltik için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Dane Verimi Değişim Yüzdeleri) 101
Çizelge 5.16 : Edirne'de Çeltik için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri) 102
Çizelge 5.17 : Edirne'de Çeltik için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri) 103
Çizelge 5.18 : Edirne'de Çeltik için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Maksimum LAI Değişim Yüzdeleri) 104
Çizelge 6.1 : 2071-2100 Yılları Arası Dikkate Alınarak Bitki Gelişme Dönemi Boyunca Uygulanan Senaryolar 110
Çizelge 7.1 : Kışlık buğdayın fenolojik gelişimi ve NDVI değerleri 132
Çizelge 7.2 : Çeltik bitkisinin fenolojik gelişimi ve NDVI değerleri 134
Çizelge 7.3 : Kızılçam, meşe ve kayın ormanlarında NDVI değişimi 142
Çizelge 8.1 : Yıllık toplam yağış değerlerine ait bazı istatistikler 144
Çizelge 8.2 : Aylık yağışların ortalama değerleri (1975-2005) 145
Çizelge 8.3 : Trakya Bölgesi'nde Ocak aylarına ait indeks değerleri 148
Çizelge 8.4 : Trakya Bölgesi'nde Şubat aylarına ait indeks değerleri 149
Çizelge 8.5 : Trakya Bölgesi'nde Mart aylarına ait indeks değerleri 151
Çizelge 8.6 : Trakya Bölgesi'nde Nisan aylarına ait indeks değerleri 153
Çizelge 8.7 : Trakya Bölgesi'nde Mayıs aylarına ait indeks değerleri 155
Çizelge 8.8 : Trakya Bölgesi'nde Haziran aylarına ait indeks değerleri 157
Çizelge 8.9 : Trakya Bölgesi'nde Temmuz aylarına ait indeks değerleri 159
Çizelge 8.10 : Trakya Bölgesi'nde Ağustos aylarına ait indeks değerleri 161
Çizelge 8.11 : Trakya Bölgesi'nde Eylül aylarına ait indeks değerleri 163
Çizelge 8.12 : Trakya Bölgesi'nde Ekim aylarına ait indeks değerleri 165
Çizelge 8.13 : Trakya Bölgesi'nde Kasım aylarına ait indeks değerleri 167
Çizelge 8.14 : Trakya Bölgesi'nde Aralık aylarına ait indeks değerleri 169
Çizelge 8.15 : Kuraklık indeksleri arasındaki doğrusal ilişki katsayıları 172
Çizelge 9.1 : Kırklareli-Buğday İçin 1975-2005 arası dönemin BDG istatistikleri 175
Çizelge 9.2 : Tekirdağ-Buğday İçin 1977-2005 arası dönemin BDG istatistikleri . 178
Çizelge 9.3 : Edirne-Buğday için 1975-2005 arası dönemin BDG istatistikleri 180
Çizelge 9.4 : Trakya Bölgesi'nde kışlık buğday için gelişme dönemlerinin BDG ekstremleri 182
Çizelge 9.5 : Edirne-Çeltik için 1975-2005 arası dönemlerin BDG istatistikleri 184
Çizelge 9.6 : 1975-2005 gelişme dönemlerinde Trakya Bölgesi'nde (Edirne) ayçiçeği'nin fenolojik aşamaları 186
Çizelge 9.7 : Edirne-Ayçiçeği için 1975-2005 gelişme dönemlerinin BDG istatistikleri 188

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Bitki Yapısının Tanımlamalı Modellerle Ele Alınması 8
Şekil 1.2 : Bitki yapısının tanımlamalı modellerle ele alınması 8
Şekil 1.3 : Kuzey Çin'de yıllık NDVI salınımları ve fenolojik aşamalar 29
Şekil 1.4 : Yıllık NDVI Değerlerinden elde edilen fenolojik aşama değişimlerinin karşılaştırılması 30
Şekil 1.5 : Belirli bir noktada gözlenen ve NDVI ile belirlenen fenolojik aşamaların karşılaştırılması 30
Şekil 2.1 : Türkgeldi tarım işletmesi uydu görüntüsü 40
Şekil 2.2 : Türkgeldi tarım işletmesi arazisi üzerinde seçilen buğday ekili alan 40
Şekil 2.3 : Kırklareli-Demirköy'de ormanlık araziden seçilen parsel 41
Şekil 2.4 : Kırklareli ili Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Arazisi'nde model uygulaması için belirlenen parsel 41
Şekil 2.5 : Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü çeltik arazisinde koordinat tespiti 42
Şekil 2.6 : Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde ayçiçeği parseli 42
Şekil 2.7 : Edirne/İpsala'da çeltik arazisi üzerinde koordinat tespiti 43
Şekil 2.8 : Kırklareli/Demirköy'de kayın ormanlık alanından bir görünüm 44
Şekil 2.9 : Kırklareli/Demirköy'de meşe ormanlık alanıdan bir görünüm 44
Şekil 2.10 : Edirne/Keşan'daki kızılçam alanından bir görünüm 45
Şekil 2.11 : Çanakkale/Eceabat Milli Parkı kızılçam alanı 45
Şekil 3.1 : DSSAT içinde gerçekleştirilen hesaplamalar 49
Şekil 3.2 : Modellerin toprak girdi dosyası kesitine örnek 54
Şekil 3.3 : Modellerin bitki girdi dosyası kesitine örnek 55
Şekil 3.4 : Modellerin meteoroloji girdi dosyası kesitine örnek 56
Şekil 3.5 : DSSAT yapısında CERES-Wheat'i içeren tahıllar kısmına giriş 56
Şekil 3.6 : Yüzey bitki örtüsünün dalga boyuna bağlı güneş ışınımı yansıtma özellikleri 63
Şekil 4.1 : Trakya Bölgesi'nin buğday gelişme dönemleri boyunca ortalama sıcaklıkları 67
Şekil 4.2 : Trakya Bölgesi'nin buğday gelişme dönemleri boyunca ortalama toplam yağış miktarları 68
Şekil 4.3 : Kırklareli yağış verilerinin homojenlik seyri 69
Şekil 4.4 : Lüleburgaz yağış verilerinin homojenlik seyri 69
Şekil 4.5 : Edirne yağış verilerinin homojenlik seyri 69
Şekil 4.6 : Kırklareli'nde Ocak ayları yağış verisinin dağılımı 70
Şekil 4.7 : Lüleburgaz'da Ocak ayları yağış verisinin dağılımı 70
Şekil 4.8 : Çorlu'da Ocak ayları yağış verisinin dağılımı 71
Şekil 4.9 : Edirne'de Ocak ayları yağış verisinin dağılımı 71
Şekil 5.1 : Trakya Bölgesi'nde incelenen bitkilerin gerçek ve modellenmiş dane verimleri 79
Şekil 5.2 : Trakya Bölgesi'nde buğdayın verim ve buharlaşma miktarları 80

Şekil 5.3 : Trakya Bölgesi'nde buğdayın verim, biyokütle ve buharlaşma değerlerinin ortalama gelişme dönemleri boyunca seyri 81
Şekil 5.4 : 3'lü meteorolojik kombinasyonların hassasiyet analiz sonuçları (buğday biyokütlesi)..... 96
Şekil 5.5 : 3'lü Meteorolojik kombinasyonların hassasiyet analiz sonuçları (buğday dane verimi) 97
Şekil 5.6 : 4'lü Meteorolojik kombinasyonların hassasiyet analiz sonuçları (buğday dane verimi) 98
Şekil 5.7 : 4'lü meteorolojik kombinasyonların hassasiyet analiz sonuçları (buğday dane verimi) 99
Şekil 5.8 : 3'lü meteorolojik kombinasyonların hassasiyet analiz sonuçları (Edirne-Çeltik) 105
Şekil 5.9 : 4'lü meteorolojik kombinasyonların hassasiyet analiz sonuçları (Edirne-Çeltik) 106
Şekil 6.1 : Meteorolojik değişkenlerin uzun yıllık ortalamaları ile iklim değişimi senaryo değerlerinin karşılaştırılması (Kırklareli-buğday) 111
Şekil 6.2 : Meteorolojik değişkenlerin uzun yıllık ortalamaları ile iklim değişimi senaryo değerlerinin karşılaştırılması (Tekirdağ-buğday) 112
Şekil 6.3 : Meteorolojik değişkenlerin uzun yıllık ortalamaları ile iklim değişimi senaryo değerlerinin karşılaştırılması (Edirne-buğday) 113
Şekil 6.4 : Meteorolojik değişkenlerin uzun yıllık ortalamaları ile iklim değişimi senaryo değerlerinin karşılaştırılması (Edirne-çeltik) 114
Şekil 6.5 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerleri (2071-2100)..... 116
Şekil 6.6 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim, biyokütle ve buharlaşma değerlerinin gelişme dönemleri boyunca zaman serisi (2071-2100)..... 117
Şekil 6.7 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerleri (2071-2100-ekstrem sıcak sezonlar) 118
Şekil 6.8 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerlerinin gelişme dönemleri boyunca zaman serisi (ekstrem sıcak sezonlar)..... 120
Şekil 6.9 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerleri (2071-2100-ekstrem kurak sezonlar) 121
Şekil 6.10 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerlerinin gelişme dönemleri boyunca zaman serisi (ekstrem kurak sezonlar)..... 124
Şekil 6.11 : Trakya Bölgesi'nde ortalama çeltik verim değerlerinin gelişme dönemleri boyunca zaman serisi (1975-2005) 125
Şekil 6.12 : Trakya Bölgesi'nde ortalama çeltik verim değerlerinin gelişme dönemleri boyunca zaman serisi (2071-2100) 126
Şekil 6.13 : Trakya Bölgesi'nde ortalama çeltik verim değerlerinin ekstrem sıcak gelişme dönemi boyunca zaman serisi (2099)..... 127
Şekil 6.14 : Trakya Bölgesi'nde ortalama çeltik verim değerlerinin ekstrem sıcak gelişme dönemi boyunca zaman serisi (2076) 128
Şekil 7.1 : Lüleburgaz-Türkgeldi'de NDVI değerlerinin zaman serisi 130
Şekil 7.2 : Kırklareli'nde NDVI değerlerinin zaman serisi 130
Şekil 7.3 : Edirne'de NDVI değerlerinin zaman serisi 131
Şekil 7.4 : Buğday ve çeltik bitkilerinin NDVI değerlerinin değişimi (1995-2002)134
Şekil 7.5 : Demirköy-Kadıkule'de seçilen kayın bölgesi'nin 2002 Yılı NDVI değişimi 135
Şekil 7.6 : Demirköy-Kadıkule'deki meşe alanının NDVI değişimi (2002) 136
Şekil 7.7 : Keşan'da kızılçam'ın 2002 yılındaki NDVI değişimi (1. Nokta) 136

Şekil 7.8 : Keşan'da kızılçam'ın 2002 yılındaki NDVI değişimi (2. Nokta) 137
Şekil 7.9 : Çanakkale'de incelenen bölgenin NDVI değişimi (2002, Kızılçam)..... 138
Şekil 7.10 : Ormanlık alanların NDVI değerlerinin değişimi (1995-2002)..... 141
Şekil 7.11 : Ormanlık alanların aylık ortalama NDVI değerleri (1995-2002) 142
Şekil 8.1 : Kuraklık indeksi hesabında kullanılan yağış verisinin yıllara göre dağılımı 144
Şekil 8.2 : Trakya Bölgesi'nde Ocak ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 146
Şekil 8.3 : Trakya Bölgesi'nde Şubat ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 148
Şekil 8.4 : Trakya Bölgesi'nde Mart ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 150
Şekil 8.5 : Trakya Bölgesi'nde Nisan ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 152
Şekil 8.6 : Trakya Bölgesi'nde Mayıs ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 154
Şekil 8.7 : Trakya Bölgesi'nde Haziran ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 156
Şekil 8.8 : Trakya Bölgesi'nde Temmuz ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 158
Şekil 8.9 : Trakya Bölgesi'nde Ağustos ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 160
Şekil 8.10 : Trakya Bölgesi'nde Eylül ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 162
Şekil 8.11 : Trakya Bölgesi'nde Ekim ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 164
Şekil 8.12 : Trakya Bölgesi'nde Kasım ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 166
Şekil 8.13 : Trakya Bölgesi'nde Aralık ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri 168
Şekil 8.14 : Aylık ortalama yağışların ortalama, minimum ve maksimum değerleri.....170
Şekil 8.15 : SYİ değerlerinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri 171
Şekil 9.1 : BDG değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Kırklareli)174
Şekil 9.2 : Taban sıcaklık (T_{baz}=0°C) için Kırklareli'nde kışlık buğdayın BDG istatistikleri 175
Şekil 9.3 : Kırklareli-Buğday için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=0°C ve T_{baz}=3°C) 176
Şekil 9.4 : BDG değerlerinin fenolojik aşamalara bağlıortalama seyri (Tekirdağ) . 177
Şekil 9.5 : Taban sıcaklık (T_{baz}=0°C) için Tekirdağ'da kışlık buğdayın BDG istatistikleri 178
Şekil 9.6 : Tekirdağ-Buğday için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=0°C ve T_{baz}=3°C) 179
Şekil 9.7 : BDG değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Edirne).... 180
Şekil 9.8 : Taban sıcaklık (T_{baz}=0°C) için Edirne'de kışlık buğdayın BDG istatistikleri 181
Şekil 9.9 : Edirne-Buğday için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=0°C ve T_{baz}=3°C) 181
Şekil 9.10 : BDG Değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Edirne). 184
Şekil 9.11 : Taban sıcaklık (T_{baz}=8°C) için Edirne'de çeltiğin BDG istatistikleri .. 185

Şekil 9.12 : Edirne-Çeltik için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=8°C ve T_{baz}=10°C) 185
Şekil 9.13 : BDG değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Edirne).. 187
Şekil 9.14 : Taban sıcaklık (T_{baz}=8°C) için Edirne'de çeltiğin BDG istatistikleri 188
Şekil 9.15 : Edirne-Ayçiçeği için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=4°C ve T_{baz}=6°C) 189
Şekil 9.16 : Kırklareli buğday vernalizasyon değerleri 190
Şekil 9.17 : Tekirdağ'da buğday için hesaplanmış vernalizasyon değerleri..... 190
Şekil 9.18 : Edirne'de buğday için hesaplanmış vernalizasyon değerleri 191
Şekil 10.1 : Çanakkale-kızılçam bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi 193
Şekil 10.2 : Çanakkale-kızılçam Bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi (1999)..... 194
Şekil 10.3 : Keşan-kızılçam bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi (1996) 195
Şekil 10.4 : Demirköy-kayın bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi (1999)..... 195
Şekil 10.5 : Demirköy-meşe bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi (1999)..... 196
Şekil 10.6 : Kırklareli-buğday için NDVI-SYİ ilişkisi 196
Şekil 10.7 : Kırklareli-buğday için NDVI-SYİ ilişkisi (1995). 197
Şekil 10.8 : Edirne-çeltik için NDVI-SYİ ilişkisi (1999). 197
Şekil 10.9 : Çanakkale-kızılçam için NDVI-yağış ilişkisi (2002) 198
Şekil 10.10 : Keşan-kızılçam için NDVI-yağış ilişkisi (1996)..... 199
Şekil 10.11 : Demirköy-kayın için NDVI-yağış ilişkisi (1996)..... 199
Şekil 10.12 : Demirköy-meşe için NDVI-yağış ilişkisi (1996) 200
Şekil 10.13 : Edirne-çeltik için NDVI-yağış ilişkisi (1999) 200
Şekil 10.14 : Kırklareli-buğday için NDVI-yağış ilişkisi (1999) 201
Şekil 10.15 : Kırklareli-kayın için NDVI-BDG ilişkisi..... 202
Şekil 10.16 : Kırklareli-meşe için NDVI-BDG ilişkisi..... 202
Şekil 10.17 : Çanakkale-kızılçam için NDVI-BDG ilişkisi..... 203
Şekil 10.18 : Keşan-kızılçam için NDVI-BDG ilişkisi..... 204
Şekil 10.19 : Kırklareli-buğday için NDVI-BDG ilişkisi..... 205
Şekil 10.20 : Edirne-çeltik için NDVI-BDG ilişkisi..... 205
Şekil A.1 : Kırklareli-kışlık buğday için hassasiyet analizleri..... 230
Şekil A.2 : Tekirdağ-kışlık buğday için hassasiyet analizleri..... 231
Şekil A.3 : Edirne-kışlık buğday için hassasiyet analizleri. 232
Şekil A.4 : Edirne-çeltik için hassasiyet analizleri. 233
Şekil A.5 : Ocak aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri 234
Şekil A.6 : Şubat aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri 235
Şekil A.7 : Mart aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri..... 236
Şekil A.8 : Nisan aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri 237
Şekil A.9 : Mayıs aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri..... 238
Şekil A.10 : Haziran aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri..... 239
Şekil A.11 : Temmuz aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri 240
Şekil A.12 : Ağustos aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri 241
Şekil A.13 : Eylül aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri..... 242
Şekil A.14 : Ekim aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri..... 243
Şekil A.15 : Kasım aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri 244
Şekil A.16 : Aralık aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri 245
Şekil A.17 : NY indeksinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri 246
Şekil A.18 : z değerlerinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri..... 247
Şekil A.19 : Alternatif taban sıcaklık (T_{baz}=3°C) için Kırklareli'nde kışlık buğdayın BDG değişimi..... 248

Şekil A.20 : Kırklareli-kışlık buğday için BDG istatistikleri 249
Şekil A.21 : Alternatif taban sıcaklık (T_{baz}=3°C) için Tekirdağ'da kışlık buğdayın BDG değişimi 250
Şekil A.22 : Tekirdağ-kışlık buğday için BDG istatistikleri 251
Şekil A.23 : Alternatif taban sıcaklık (T_{baz}=10°C) için Edirne'de çeltiğin BDG değişimi 252
Şekil A.24 : Edirne-çeltik için BDG istatistikleri 253
Şekil A.25 : Alternatif taban sıcaklık (T_{baz}=6°C) için Edirne'de ayçiçeğinin BDG değişimi 254
Şekil A.26 : Edirne-ayçiçeği için BDG istatistikleri 255

TRAKYA BÖLGESİ'NİN TARIMSAL METEOROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

CO_2 gibi sera gazlarının konsantrasyonundaki artışların küresel ısınmaya ve iklim değişimine neden olacağı, birçok araştırmada öngörülmüştür. Küresel ısınmanın ekosistem üzerinde en önemli sonuçları arasında doğal afetlerden olan kuraklık bulunmaktadır. İklim değişimi, özellikle Türkiye gibi yarı kurak olan ve tarımı çoğunlukla yağışın miktar ve dağılımına bağlı olan ülkelerin ekonomilerine önemli etkilerde bulunabilir. Bu sebeple, iklim değişiminin tarım vb. alanlara yapacağı etkilerin önceden tahmini, karar vericiler için önemlidir. Kuraklık son yıllarda birçok ülkenin tarımsal üretimini ve su kaynaklarını da etkilemektedir. Tarım alanlarının büyük bir çoğunluğu teknik altyapı ve su kaynağı yetersizliğinden dolayı sulanamamaktadır. Kuraklığın ve iklim değişiminin etkilerinin birlikte izlenmesi ve belirlenmesinin önemi böylece ortaya çıkmaktadır.

Trakya, Türkiye'nin kuzey batısında yer alan ve ülke tarımsal üretiminde önemli paya sahip bir bölgedir. Bölge Türkiye'de özellikle ayçiçeği ve çeltik üretiminin büyük bir kısmını karşılamaktadır. Buğday da bölgede Türkiye ortalamasının üzerinde bir verimle yetiştirilmektedir. Bölge içinde bağcılık ta oldukça popülerdir. Buna rağmen bölgenin tarımsal meteorolojik özellikleri (büyüme derece gün gibi vejetasyon dinamiği parametreleri) kuraklık durumu ve iklim değişiminin bölge tarıma olası etkileri üzerine ise yeterli sayıda ve nitelikte araştırma bulunmamaktadır. Bölgede bulunan orman alanlarının gelişme durumu ve meteorolojik faktörlerle etkileşimleri de, tarım ve orman meteorolojisi açısından incelenmeye ihtiyaç duymaktadır.

Bu amaçla, tez çalışmasında Trakya'da geniş arazilerde yetiştirilen tarla bitkileri (buğday, çeltik ve ayçiçeği) ile orman alanlarının (kızılçam, meşe ve kayın) kuraklık durumu 1975-2005 yılları arasını kapsayacak biçimde bitkilerin gelişme dönemleri boyunca normalin yüzdesi, standart yağış ve z indeksleri hesaplanarak yorumlanmıştır. Sürekliliği az ve hafif şiddetli kurak dönemlerin ağırlıkta olduğu saptanmıştır. Tarla bitkilerinin Büyüme Derece Gün (BDG) ve vernalizasyon değerleri de yine bitki gelişme dönemleri için belirlenmiştir. Kışlık buğday 1975-2005 arası ortalama gelişme döneminde bölgede gelişimini ortalama 2750 BDG ile tamamlamıştır. Buğdayın bölgede ayrıca ortalama 70 ve üzeri vernalizasyonlu güne ihtiyaç duyduğu saptanmıştır. Ek olarak, 1995-2002 yılları arası için temin edilen uydu verisi ile tarım ve orman alanlarındaki NDVI değişimi incelenmiş olup, bu değişimin BDG ve kuraklık indeksleri arasındaki ilişkisi de ayrıca araştırılmıştır. Gelişme dönemleri boyunca en yüksek ortalama NDVI değerlerinin 0.45 (buğday) ve 0.50 (çeltik) ile bitkilerin çiçeklenme döneminde kaydedildiği anlaşılmıştır. Orman alanlarında ise Haziran ayları kızılçam için 0.4, kayın ve meşe için ise 0.65 ortalama NDVI ile en yüksek yansıtım değerlerinin kaydedildiği dönem olmuştur. SYİ ile

NDVI arasında, bazı yıllarda ortaya çıkan doğrusal ilişkilerin, tüm yılların gelişme dönemleri dikkate alındığında mevcut olmadığı görülmüştür. Öte yandan NDVI ile BDG arasında doğrusal olmayan, yüksek korelasyonlar belirlenmiştir.

Dinamik ve karmaşık yapıda olan bitki gelişimi, kontrol edilemeyen birçok faktörün etkisi altındadır. Söz konusu faktörler arasında en önemli rolü oynayan meteorolojik faktörlerin Trakya Bölgesi'nde buğday ve çeltik gelişimine ve verimine olası etkileri de tez çalışmasında bitki iklim modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Öncelikle modellerin sıcaklık, yağış, toplam güneş radyasyonu ve CO_2'deki değişimlere karşı hassasiyeti, CERES-Wheat ve CERES-Rice modelleri kullanılarak araştırılmıştır. Bu adımı, RegCm3 bölgesel iklim 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. 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.

Trakya Bölgesi gibi tarım ve orman faaliyetlerinin baskın olduğu bölgelerde kuraklık durumunun ve iklim değişiminin üretime olası etkilerinin bilinmesi, üreticiler ve karar vericiler açısından önemlidir. Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, belirtilen etkilerin bölgede ilk kez ortaya konduğu örnekleri temsil etmektedir. Bu sebepten tez sonuçlarının üreticilerle tarım ve orman meteorolojisi alanında karar verici konumda olan kişilere/kurumlara yararlı olması ümit edilmektedir.

DETERMINATION OF THE AGROMETEOROLOGICAL PROPERTIES OF THE THRACE REGION

SUMMARY

Increasing concentrations of the greenhouse gases like CO_2 cause global warming in the Earth's atmosphere. Being one of the natural disasters, the drought is the most important consequence of the global warming among the many on our ecosystem. Climate change particularly affects the economies of semi-arid countries like Turkey, in which the agricultural activities generally depend on the precipitation amount and distribution. Hence, predicting the effects of climate change on agriculture and related areas is very important for decision makers. In recent years, drought has serious influences on agricultural production and water resources in many countries. Most of the agricultural areas cannot be irrigated due to the lack of technical foundations and water resources. This fact clearly shows that the drought and the climate change parameters should be monitored and determined together.

Located in the northwestern part of Turkey, the Thrace has a considerable portion in the country's agricultural production. The region is responsible especially for the main part of the sunflower and rice production in Turkey. In addition, the winter wheat production rate in Thrace is generally higher than that in the rest of Turkey. Furthermore, vineyard is popular in particular areas of the region. However, despite of this important role and impact on Turkey's economy, there is not enough qualified study on the agrometeorological properties of the region (parameters of the vegetation dynamics such as growing degree days, etc.), drought and the possible effects of climate change on the region's agriculture. In addition, the interactions between the expansion of the forest areas and the atmospheric parameters are to be investigated for the region from the point of view of agricultural and forest meteorology.

In this study, three drought indices, namely the percentage of normal, z score and standardized precipitation indices have been calculated and interpreted for seasonal field crops (wheat, rice and sunflower) and forests (pine, oak and beech) during the years between 1975 and 2005 to take a first step for filling the gaps in the desired drought related research in the region. In general, dry periods were determined with low severities and continuities. Growing Degree Day (GDD) and vernalization calculations for the field crops have been applied additionally. Among the average growing seasons, the winter wheat collected 2750 GDD's. In addition it has been calculated that the winter wheat needs 70 and more vernalization days to complete it's average growth. Furthermore, variations in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) on the agricultural and forest areas were estimated by using the satellite data from 1995 to 2002. Possible correlations with the GDD's drought indices were also investigated. Highest average NDVI values were calculated for the flowering periods of wheat (NDVI=0.45) and rice (NDVI=0.50), consequently. June showed the highest mean NDVI's for pine (NDVI=0.4), oak and beech (NDVI=0.65) when the forest areas were considered. Some growing periods

showed nearly linear correlations between SPI and NDVI while this was not the case when the whole growing period were considered. On the other hand, very good nonlinear relationships between NDVI and GDD were estimated for both field crops and trees.

It is very well known that the dynamics and complex structure of the plant growth are under the influence of many factors which are out of our control. Meteorological parameters are the dominant ones among these factors. Using crop growth simulation models, they have been handled by their possible effects on wheat and rice development and yield. At first, model sensitivities to temperature, precipitation, global radiation and CO_2 have been done by using the CERES-Wheat and CERES-Rice models. This was followed by the investigation of the development and yield reactions of the crops to the IPCC A2 scenarios from 2071 to 2100. To achieve this, model database used daily output from the RegCm3 Regional Climate Model by considering the associated field coordinates. Future winter wheat grain yields were calculated as %9 and %30 increases for Kırklareli and Edirne where a decrease of 13% is expected for Tekirdağ. Furthermore, the rice yield in Edirne is expected to show a decrease of nearly %53. Additional RegCm3 data were arranged and adapted into CERES meteorology files to enable model runs for the hottest and driest growing seasons for the time interval of 2071-2100.

Reliable information on the drought and the effects of climate change on the agricultural production is very crucial for the farmers and decision makers in the agricultural and forestry regions like the Thrace. The results of this study represent the first examples of the above mentioned effects for the region. In this connection, it is hoped that the results of this thesis will be useful for the interested persons and organizations.

1. GİRİŞ

Canlı hayatını kontrol altında tutan çevresel etkenler arasında meteorolojik faktörler önemli rol oynamaktadır. Tarımsal üretim açısından bakıldığında, üretim girdilerinin optimizasyonundan, verim parametrelerinin niceliğine kadar tüm süreçlerin yine atmosfer koşullarının ortaya koyduğu sınırlamalar altında gerçekleştiği görülecektir. Gündelik hayatını yaşadığı bölgenin iklimine ve hava durumundaki anlık değişimlere göre ayarlayan tarım ile uğraşanlar, bir yandan da arazisine ektiği bitkiden maksimum verimi elde etmesini sağlayacak müdahalelere, yine atmosferik koşulların yönlendirmesi altında karar vermektedir. Söz konusu ilaçlama, sulama, ekim, hasat gibi faaliyetlerin niteliğindeki ve niceliğindeki ayarlamalar en başta meteorolojik faktörlere bağlıdır. Tarımsal faaliyetlerle birlikte ormancılık da kontrol altında tutulamayan meteorolojik değişkenlerin etkisi altındadır. Bitki gelişimine ve verimine meteorolojik etkilerinin araştırıldığı bilim dalı olan Tarım ve Orman Meteorolojisi'nin önemi de, bu noktada ortaya çıkmaktadır.

Tarım ve Orman Meteorolojisi alanında çalışan araştırmacılar, özellikle son yıllarda tartışılan iklim değişikliği kavramı üzerine yoğunlaşmaktadır. Sıcaklıkta meydana gelebilecek 1°C bir artışın dahi, bitkinin gelişme aşamasına, verimine, kalitesine, adaptasyonuna, agro-ekolojik zonların değişimine ve de genel olarak ekosisteme etkileri düşünüldüğünde tarım ve orman meteorolojisi alanındaki çalışmaların önemi daha iyi anlaşılır. Bu sebepten, özellikle gelişmiş ülkelerde tarım ve orman meteorolojisi alanında yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, doğal afetlerin meydana geldiği yerlerde ve zamanlarda, tarımsal üretimle ilgili sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Sonuçta, meteoroloji biliminin uygulamadaki önemli dallarından biri olan tarım ve orman meteorolojisinin esasları, Dünyadaki uygulamaları, bu alandaki problemler ve çözüm yolları araştırılarak, Türkiye için de tatbik edilmelidir. Tarımsal meteorolojik faktörlerin bitki gelişim ve verim değişkenlerine etkisinin analizi, öncelikle seçilen bitki türleri için sözkonusu faktörlerin belirlenmesini gerektirmektedir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada, sırasıyla Türkiye için tarım potansiyeli yüksek bir bölgenin (Trakya Bölgesi) seçilmesi, ardından da ilgili bölgenin tarımsal meteorolojik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılacak yöntemlerin seçilerek uygulanması üzerinde durulmuştur. İzlenen yolda, bitki gelişiminin potansiyel iklim değişiminden etkilenme durumunun takibinde güncel seçeneklerden olan bir Bitki-İklim Modeli kullanılmıştır. Meteorolojik faktörler arasında özellikle gelişme dönemi boyunca bitkinin maruz kaldığı sıcaklık toplamının gelişme ve verim için dolaylı olarak belirleyici olduğu temel düşüncesinden hareketle, Büyüme Derece Gün (BDG) değerleri de seçilen bitkiler için belirlenmiştir. Ek olarak, uydu verilerinin bitki gelişme aşamalarının takibinde kullanıldığı da dikkate alınmış ve bu amaçla son yıllarda geliştirilen vejetasyon indekslerinden biri (Normalised Difference Vegetation Index, Normalleştirilmiş Vejetasyon İndeksi, NDVI) temin edilerek kullanılmıştır. Son olarak kuraklık durumu, ilgili indeksler yardımıyla analiz edilerek ortaya konmuştur. Seçilen araziler, Türkiye'de özellikle belirli bitkilerin ticari üretimi açısından anlam taşıyan Trakya Bölgesi'nde ve bölgenin iklimini temsil eden alanlarda yer almaktadır.

Trakya, tarımsal potansiyelinin yüksek olması ve sanayi bölgelerine yakınlığı nedeniyle fenolojik özellikleri ve kuraklık bakımından araştırılması gerekli bölgelerimiz arasındadır. Bu çalışmada bölgenin tarımsal meteorolojik özelliklerinin (fenolojik aşamaların değişimi, NDVI) belirlenmesi, NDVI-kuraklık ilişkisi, bölgenin kuraklık durumu, BDG değerlerinin incelenmesi ve BDG değerleri ile NDVI arasındaki ilişkiler ve iklimde olası değişikliklerin dikkate alınan bölgedeki bitkilerin gelişimini ve verimini nasıl etkileyeceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Özellikle NDVI verileri ile bölgenin vejetasyon dinamiği tarımsal meteorolojik açıdan ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Bir bölgede tarımsal üretimin yapılıp yapılamayacağını yönlendiren önemli etkenlerin çoğu meteorolojiktir. Radyasyon, sıcaklık, nem, buharlaşma, yağış vb. meteorolojik faktörlerin yanı sıra hava kirliliği, yağış suyunun kalitesi kısa, orta ve uzun dönemde bitkisel üretimi, dolayısıyla da vejetasyon dinamiklerini etkileyen önemli unsurlardır. Örneğin sıcaklığın belirli bir değere yükselmemesi durumunda bitki gelişimi başlamayacağı gibi, bazı bitkilerde de sıcaklığın belirli bir sıcaklığın

altında bir süre geçirmemesi, yine tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle Dünya'da uzun yıllardır bitkilerin gelişmeleri için gerekli olan sıcaklık toplamları ile ilgili yapılan çalışmalar, BDG kavramının gelişmesine neden olmuştur. Söz konusu yöntem ile bir bölgede belirli bir bitki çeşidinin gelişimi için uygun sıcaklık şartlarının mevcut olup olmadığı tespit edilmektedir. Bunun yanı sıra, gün uzunluğu ve BDG değerlerinden yararlanılarak bitki gelişimi için gerekli radyasyon toplamının olup olmadığı da araştırılmaktadır. Tarımsal meteoroloji için son derece önemli bir faktör olan yağış ve buharlaşmanın trendi, gelecekte sıcaklık ile bu faktörlerin iklim değişiminden nasıl etkileneceği ve ortaya çıkabilecek tarımsal sonuçlar üzerinde son yıllarda önemle durulmaktadır.

Tarımsal meteorolojik özelliklerden bir başkası, yağış eksikliğinin bir göstergesi olan kuraklık olayıdır. Kuraklığın tespiti, izlenmesi, etkileri ve alınması gerekli olan önlemler, önde gelen tarımsal meteorolojik araştırma konuları arasındadır. Özellikle Türkiye için eksikliği hissedilen önemli bir tarımsal meteorolojik özellik ise, fenolojidir. Bitki fenolojisindeki değişimler büyük oranda meteorolojik faktörlerin etkisi altında bulunduğundan, fenolojik değişimlerin en iyi yansıtıldığı parametreler de meteorolojik olmaktadır. Bu nedenle, bir bölgede yetişen bitkilerin fenolojilerindeki değişimin ortaya konulması hem kuraklığın, hem de iklim değişiminin sonuçlarının anlaşılması ve yorumlanabilmesi bakımından son derece önemlidir. Fenolojik veriler, düzenli olarak kayıtları tutulan, bitki gelişimine ait gözlemlerdir. Gelişen teknoloji ile birlikte, son yıllarda uzaktan algılama yöntemleri ile özellikle geniş yapraklı bitkilerde gelişme ve vejetasyon süreleri ve fenoloji belirleme çalışmaları artmıştır. Böylece hem iklim değişiminin etkileri, hem de kuraklık gibi meteorolojik kaynaklı doğal afetlerin bitkisel gelişime etkileri belirlenmekte olup, elde edilen sonuçlar incelenen bölgenin tarımsal meteorolojik özelliklerinin tespiti bakımından son derece yararlıdır. Aynı şekilde don olaylarının meydana gelme zamanlarının ve bunların değişimlerinin saptanması, önleme yöntemlerinin ortaya konulması gibi faaliyetler de tarımsal meteorolojik özellikler arasında değerlendirilebilir. Bu çalışmada Trakya Bölgesi'nin aşağıdaki Tarımsal Meteorolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerinde durulmuştur:

- BDG değerlerinin farklı bitkiler için belirlenmesi ve vejetasyon dönemlerinin ortaya konması;
- NDVI ile BDG arasındaki ilişkinin belirlenmesi;

- Kuraklığın farklı kuraklık indeksleri ile belirlenmesi;
- Kuraklık durumunun NDVI verileri ile ilişkisinin ortaya konulması;
- İklim değişiminin Trakya Bölgesi tarımsal üretimine gelecekte yapacağı etkilerin Bitki-İklim Modelleri vasıtasıyla belirlenmesi.

Bitki-Toprak-Atmosfer arasındaki karmaşık ilişkiye dayanan bitki gelişimi, kontrol edilemeyen meteorolojik faktörlerin sürekli etkisi altında gerçekleşmekte, bu etkilerin de belirlenmesi gereken sonuçları olmaktadır. Tarımda özellikle meteorolojinin etkisini belirlemek üzere dünyada son yıllarda Tarımsal Meteorolojik araştırmalarda iklimin bitki gelişimine (vejetasyon periyoduna), tarımsal üretime, yağışların miktarındaki değişimlerin ve kimyasal özelliklerinin bitkilerin niteliğine ve verimine yaptığı etkiler araştırılmaya başlanmıştır. Yağışların zamansal ve yersel dağılımı, tarımsal üretimi etkileyen önemli hususlar arasındadır. Zira meteorolojik olarak kurak olan bir yıl, tarımsal açıdan kurak olmayabilir. Bunun yanı sıra, özellikle değişik kaynaklardan gelen hava kirleticileri, yağışların kimyasal özelliklerinin değişmesine neden olmakta, bu da insan, bitki ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu nedenle Dünyada yağışın yersel ve zamansal değişimi, kuraklık, yağışın kimyasal bileşimindeki değişiklikler ve bunların bitki gelişimine etkileri üzerinde çok sayıda çalışma mevcuttur. Meteorolojik gözlemlerden fenolojik veriler ile ilgili Türkiye'de hemen hemen hiç araştırma yoktur. Günümüzde iklim değişimi ve etkileri ile ilgili araştırmaların yoğunlaştığı noktalardan biride bitkinin vejetasyon dinamiklerinde meydana gelen değişimlerin tespitidir. Bu amaçla, uzaktan algılama teknikleri ve NDVI verileri kulanılmaktadır. Bu çalışma ile Türkiye'de ilk defa Trakya Bölgesi'nde 8 yıllık bir dönemde (1995-2002) NDVI verilerinden yararlanılarak bitkilerin vejetasyon periyotları, değişimleri ve bunların gerçek gözlemler ile karşılaştırmaları üzerinde durulmuştur. Kuraklığın bölgedeki olası etkileri de NDVI verisinin kullanımıyla değerlendirilmiştir. Özellikle gelecekteki olası iklim değişiminden Trakya Bölgesi'nde buğday ve çeltik gelişimlerinin, verimlerinin nasıl etkileneceği bu çalışmada bitki iklim modelleri kullanılarak belirlenmiştir. Bitki gelişimini kontrol eden önemli değişkenlerden biri, sıcaklıktır. Sıcaklık belirli bir sınır değerin üzerine çıkmadığında toprağa atılan tohum gelişmeye başlamadığından, ileri fenolojik aşamalara ulaşması da mümkün olmaz. Böylece bitki fenolojisi, iklim değişimine bitkinin tepkisini yansıtan önemli göstergelerden biri olmaktadır. Sıcaklığın artması

genelde bitkinin gelişme aşamalarına erken ulaşmasına, yani ihtiyaç duyduğu BDG toplamını daha erken edinmesine neden olur. Bu sebepten çalışmada iklim değişimi ve kuraklık etkilerinin model sonuçlarına ek olarak BDG ile birlikte ele alınması üzerinde durulmuştur.

1.2 Literatür Özeti

Bitki gelişimini idare eden süreçlerin hem bitki içinde, hem de gelişimin sürdüğü çevre etkileri ile karşılıklı değerlendirilmesinin önemine önceki kısımda değinilmiştir. Bu amaca hizmet eden modeller, geçimini tarımsal ürün ticaretinden sağlayan üreticiler ile karar vericileri yönlendirici bilgi altyapısının kurulması amacına hizmet etmektedir. Böylece, ekim, sulama, ilaçlama vb. müdahalelerin yüksek verimde ve ekonomik olarak yapılacağı zamanların öngörülmesi mümkün olacaktır. Kısa dönemde sezonluk bitki verimine olumlu yansıyabilecek bu tecrübe, orta ve uzun vadede ise eldeki araziye ekilecek uygun kültürtiplerine yönelinmesi ve bununla birlikte gelecek nitel, nicel başlangıç parametrelerinin belirlenmesine yarayacaktır. Temelde bilgisayar yazılımcılarının birer eseri olarak görülen bitki-iklim modelleri, gerçekte alt alanları ile birlikte tarım, meteoroloji, biyoloji gibi alanlarda uzmanlaşmış araştırmacıların ortak ürünleri olup, yukarıda belirtilen üretim tedbirleri için tarımcılara yönlendirici hizmet sunmaktadır.

Derece-gün takibi, bitki gelişimini düzenleyecek bir insan müdahalesinin zamanını tam olarak vermemekle birlikte, örneğin bir bitki zararlısının aktif hale geçebileceği dönem başlangıcını yaklaşık olarak sunabilir.

İklim sisteminin bileşenlerinin (hidrosfer, biyosfer...) ortak etkileri, yeryüzeyinin özellikleri konusunda bilgi verici olmalarıdır. Atmosfer ise, içerdiği aerosoller ve gazlar ile sisteme giren güneş ışınımı, sistemin enerji içeriği ve bunları kontrol eden bulutluluk özellikleri hakkında belirleyicidir.

Günümüzde iklim değişimi ve etkileri, Genel Dolaşım Modelleri (General Circulation Models, GCM's) vasıtasıyla analiz edilmektedir. Bu modeller, iklim değişimini (ve bunlardan türetilen akı değerlerini) üç boyutlu sonuçlar (sıcaklık, basınç, deniz seviyesi yüksekliği,...) verecek biçimde zamana bağlı olarak, belirli çözünürlüklerde modelleyerek tahmin edebilmektedir. Belirsizliğin ortadan

kaldırılması için, zamansal ve uzaysal bakımdan (saatler mertebesinde ve yüksek çözünürlükte) daha hassas ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

Yeryüzeyi üzerindeki bitkiler, oksijen temini, kıyafet, boya, tıbbi malzeme, gıda, mobilya gibi çok çeşitli ürünler halinde insanlığa hizmet etmektedir. Herhangi bir türü ya da türleri temsil eden bir örtünün insan kaynaklı ya da doğal (kuraklık) hadiseler nedeniyle ortadan kalkması, Dünya üzerindeki doğal yaşamı da etkilemektedir. Örneğin Güney Amerika yağmur ormanlarında yoğun biçimde sürdürülen ağaç kesimi, son yıllarda aralarında ilaç hammaddesi olma özelliği de taşıyan birçok türün ortadan kalkma tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına neden olmuştur.

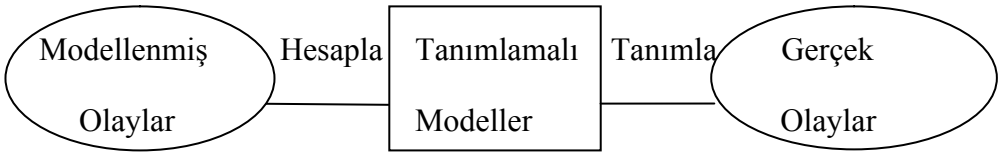
1970'lerin sonunda bilim adamları, net fotosentezin bitkiler tarafından absorblanan fotosentetik aktif radyasyon miktarıyla doğru orantılı olarak değiştiğini belirlemiştir. Böylelikle bir bitkinin gelişme dönemi boyunca görünür bölgede maruz kaldığı ışınım miktarı arttıkça, aynı bitkinin fotosentez miktarının ve dolayısıyla hasad aşamasındaki veriminin artacağı kanıtlanmıştır. Bu senaryoların her biri, belirli bir zaman aralığında belirli bir bölgede üretimi yapılan bir bitki türünün NDVI değerlerinde kendisini göstermektedir. Bu bağlamda gelişme dönemi boyunca bitki için belirlenen NDVI değerleri yardımıyla bitkinin tam gelişme göstermesi için gerekli büyüme koşullarının sağlanıp sağlanmadığı ortaya konabilmektedir. Böylece yılın belirli bir döneminde belirlenen NDVI değerlerinin, aynı bölgede aynı dönemin uzun yıllık ortalama NDVI değerleri ile karşılaştırıldığı sonuçlar (NDVI anomalileri) elde edilmiştir. Bitki gelişimi çoğu iklim koşulları için su stresi tarafından sınırlandığından, NDVI anomalileri tarımsal kuraklığın iyi bir göstergesi sayılmaktadır.

Yakın geçmişte meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik sonuçları ortaya çıkan kuraklık olayı, gerçekte kendini çok daha önceden hissettirmiş olsa da, son zamanlarda üzerinde durulan bir konu haline gelmiştir. Bugün Trakya'da tarım, kuru tarım olarak yürütülmekte, bu çerçevede bitkiler genelde sulama yapılmaksızın yağışın miktar ve dağılımına bağlı olarak gelişmelerini sürdürmektedir. Kuraklığın tespiti için çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Söz konusu sınıflandırmaların avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bazı sınıflandırma yöntemlerinin kullanılması ise, ilgili kuraklık indislerinin belirlenmesi için gerekli verilerin sağlanmasındaki güçlükle ilişkilidir. Kuraklık sınıflandırmaları yapılırken geliştirilen

yöntemlerin çıkış noktası genelde su dengesidir. Burada girdi olarak ana bileşen, yağıştır. Çıktılar ise buharlaşma, yüzey akışı, derine sızma ve toprak su içerindeki değişimlerdir. Bu amaçla geliştirilen ilk sınıflandırma Köppen'in kuraklık sınıflandırması olup, söz konusu sınıflandırma yağış ve hava sıcaklığı değişkenlerini temel almaktadır. Daha sonra de Martonne tarafından geliştirilen ve aynı adı taşıyan sınıflandırmada da yine hava sıcaklığı ve yağış miktarı bu kez farklı bir bakış açısı ile kuraklık sınıflandırmasında kullanılmıştır. Ardından Thornthwaite tarafından geliştirilen eşitlik, potansiyel evapotranspirasyon değerini sınıflandırmada kullanılan bir faktör olarak dikkate almıştır. Budyko-Lettau tarafından geliştirilen kuraklık indisi net radyasyon, yağış ve buharlaşma gizli ısısı faktörlerini dikkate almıştır. Dünyada günümüzde kuraklık sınıflandırması amacıyla geliştirilen indeksler arasında normalin yüzdesi indeksi, Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi, yüzey su sağlama indeksi, standart yağış indeksi ve bitki nem indeksi sayılabilir. Ülkemizde de kuraklık sınıflandırılması için geliştirilen ve yağış ile buharlaşmaya dayanan Erinç Kuraklık İndeksi kullanılmaktadır (Sırdaş, 2003).

1.2.1 Bitki iklim modelleri

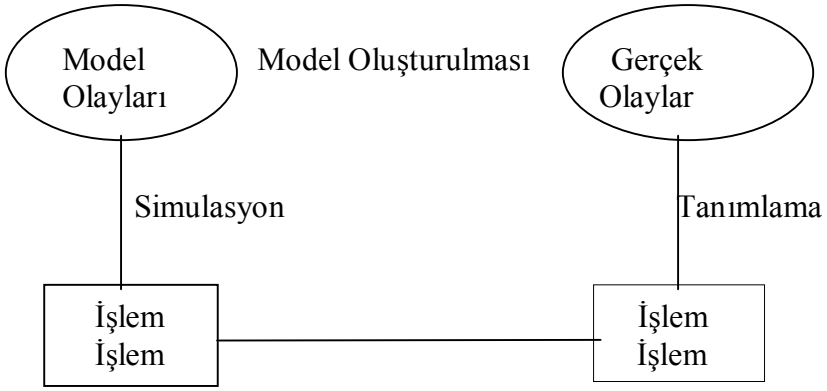
Gelişen bilgisayar teknolojisi, tarımcıya idaresi dâhilinde bulunan her tür bitki ve arazi müdahalesine yönelik zamanlama ve miktar öngörüsü yapma lüksünü tanır. Bu amaçla geliştirilen modeller, temel algoritmalardan yola çıkarak gerçekte meydana gelen süreçlerin benzerlerini ortaya koyar ve amaç "eğer..…… olursa, ne olur?" sorusuna yanıt bulmaktır (Pennig de Vries ve diğ., 1989). Bitki-iklim simulasyon modelleri genel olarak iki ana sınıfta ele alınabilir: Tanımlamalı modeller ve açıklamalı modeller (Penning de Vries ve diğ., 1989; WMO,1990). Tanımlamalı model tipinde bitki gelişimini idare eden temel süreçler arasından biri ya da birkaçı seçilerek bitki gelişimi ve verimi tahmin edilir. Örnek olarak yaprak alanında kaydedilen genişlemenin sadece güneş radyasyonu ile ilişkilendirilmesi verilebilir. Benzer şekilde artan bitkisel biyokütlenin de zamanın fonksiyonu olarak ele alınması söz konusu olabilir. Karmaşık olan bitki gelişimi söz konusu olduğunda tanımlamalı model yaklaşımlarının geçerliliği çoğu zaman sadece incelemenin gerçekleştiği arazi üzeri ile sınırlı kalmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 : Bitki yapısının tanımlamalı modellerle ele alınması (Penning de Vries ve diğ., 1989).

Açıklamalı Modeller; yukarıda tanıtılan tanımlamalı modellerin eksiği olan bitki gelişme aşamaları içinde gerçekleşen ara süreçlerin karşılıklı olarak ele alınması imkanını sunan yeni bir model türüne duyulan ihtiyaç sonunda ortaya çıkmıştır. Atılan adımlar sonunda, her biri birer tanımlamalı model olabilecek marematiksel ifadelerin karşılıklı olarak açıklanarak değerlendirilmesi avantajı elde edilmiştir. Bu noktada giderilmesi gereken başlıca sorun, ihtiyaç duyulan miktarda girdiyi içinde barındıracak veri tabanlarının mevcudiyetidir. Zira açıklamalı modellerin yukarıdaki avantajları sunabilmesi için kök gelişimi, su alımı, fotosentez, evapotranspirasyon gibi tüm ara aşamaları temsil eden eşitliklerin düzenli ve sürekli ölçümlerle desteklenmesi, önemlidir.

Açıklamalı bir modelin tasarlanma, geliştirilme ve son kullanıcıya hazır duruma getirilme aşamalarının her biri bünyesinde çok sayıda tanımlamalı modeli barındırmaktadır (Şekil 1.2). Amaç, başlıca yönlendirici parametre olan atmosferin davranışının bitki gelişimine etkilerini incelemek ve makul sürede öngörmek olduğundan, elde edilen denklem ve girdi altyapısı bilgisayarlara aktarılarak model kullanımıyla süratlice değerlendirilmektedir.



Şekil 1.2 : Açıklamalı Modellerde Genel Çalışma Döngüsü (Penning de Vries ve diğ., 1989).

Model uygulamasına yönelen araştırmacılar, veri tabanı mevcudiyetine öncelik vermelidir. Bu amaçla eldeki ya da temin edilebilme olasılığı olan verinin niteliği ve

niceliği, kullanılacak model(ler)in seçiminde ön plana alınmalıdır. Böylelikle çok sayıda model arasından kullanım amacına ve eldeki imkanlara uygun model(ler)in süzülmesine yönelik ilk adım atılmış olacaktır (Çaldağ, 2000). Modellerin sunduğu çıktıların da kullanıcının arzu ettikleri ile örtüşme bakımından bu elemede ayrıca dikkate alınmalıdır. Kabullerin artırılması; girdi verilerinin tamamının ya da bir kısmının karşılanamaması durumunda da model kullanımını mümkün kılacaktır; ancak bu durumda hesaplanan çıktıların gerçekleşenlerle karşılaştırılması yoluyla bir modelin geçerliliğinin sınanması da tartışılır hale gelecektir. Model seçiminde rol oynayan bir sonraki aşama, başta verim olmak üzere sunulacak çıktıların, simulasyonlara etkisi olmasa dahi kullanıcıdan talep edilip edilmemesidir. Bu noktada, simulasyon hassasiyeti bakımından kullanıcıdan çok sayıda veri istemesi doğal olan bir modelin yine de mümkün mertebe sade olması gerektiği; yani etkisi az olan girdilere fazla ihtiyaç duymadan, etkin şekilde çalışabilmesinin önemi üzerinde durulmuştur. Bununla birlikte, açıklamalı modellerden söz edildiğinde, dinamik yapısı gereği daha simulasyon öncesinde karmaşık olan bitki gelişiminin analizi zorlaştırıcı ayrıntılarını da kabullenmek gerekir; çünkü model sistem yorumuna ilave olarak kendi çıktılarını da üretmek için yine karmaşıklığı artıran bir süreci takip edecektir.

Model geliştirme araştırmalarında geçen zamanla birlikte artan tecrübe ve son kullanıcıların taleplerinin de yeni sürümler tasarlanırken dikkate alınması, olumlu sonuçlar vermektedir. Buna özellikle son yıllarda bazı modeller için son kullanıcıların da yazılım bileşenlerine geri besleme müdahaleleri yapmasının önünün açılması da dahildir. Bitki-İklim Modellerinin kullanım sahasının geliştirildikleri bölgeler ile sınırlı kalmaması, teori-pratik ayrılığını indirgeyen bu gibi imkanlarla kolaylaşacaktır.

Günümüzdeki model geliştirme çalışmaları, bitki fenolojik aşamalarının ve veriminin tahmini kadar, verim değerlerinin yükseltilmesi üzerine de yoğunlaşmaktadır. Çıkış noktası, tarımda giderek sınırlanan araziler ve buna ters hareket eden küresel nüfus değişimidir. Gerçekte 20. yüzyılın erken döneminde temelleri atılan bitki gelişimi öngörü çalışmalarını başlangıçta sadece verim ile sınırlayan olgu, gelişme aşamalarının bunların ve karşılıklı etkileşimlerinin ayrıntılı analizine henüz imkan tanımayan bilgisayar teknolojisidir. Son yıllarda tarım politikalarını önce noktasal, zamanla bölgesel, sonunda ise ülke çapında yönlendirici hale gelen modeller,

teknolojik gelişmeye bağlı olarak bu aşamaya gelinceye kadar çok sayıda yazılım ve donanım müdahalesine maruz kalmıştır. Belirli bir bölgede ürün miktar tahmininden, en uygun kültürtiplerine, hatta farklı bitki türlerine geçişe uzanmanın yolu, bitki-iklim modellerinin kullanımı yoluyla arazi çalışmalarının yönlendirilmesinden geçmektedir. Mevcut bitki türlerinin gelecekte de aynı araziler üzerinde yetiştirileceği durumlarda da en azından olası iklim değişiminin sonuçları hakkında fikri sahibi olunabilir ve gereken önlemler alınabilir. Test aşamasını Dünya üzerinde farklı bölgelerde de uygulanacak şekilde geride bırakan bir model, verim değişkenlerine ek olarak zamanla bitki fizyolojisi ve fenolojisi hakkında da yorum yapabilme kabiliyetine ulaşabilir.

Dünya üzerinde geniş alanlarda ekilen önemli besin kaynaklarından olmaları sebebiyle buğday ve çeltik için simulasyon yapabilen çok sayıda tanımlamalı ve açıklamalı model geliştirilmiştir. Güncel sürümlerin artan girdi ihtiyacının karşılandığı bölgelerde, gerçekleşen ve gerçekleşmesi beklenen verim değerlerine oldukça makul yaklaşımlar getirilebilmektedir.

Kontrol dışı etkenlerin bitki verimine etkisinin incelendiği araçlara ve yöntemler bütününe modern örnekleri temsil eden bitki-iklim modelleri konusunda çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Köklerin su alımı, evapotranspirasyon ve fotosentez gibi süreçler kuru madde artışı ile ilişkilendirildiğinde, meteorolojik etkenlerin verim üzerinde oynadığı önemli rolün anlaşılması da kolaylaşmaktadır. Söz konusu rolün öneminin anlaşılmasının, çoğu durumda bitki gelişimini yönlendiren süreçlerin verimle bağdaştırılarak analiz edilmesinin kolaylaştığı anlamına gelmediği de bu noktada vurgulanmalıdır. Yine de güncel modelleme imkanları, toprak-bitki-atmosfer sisteminin davranışının bir bütün olarak incelenmesinde olumlu adımlar atılmasını sağlamıştır (van Keulen ve Seligman, 1987).

Model çalışmalarını tetikleyen merak, geride bıraktığımız yüzyılın ikinci yarısından itibaren ivmelenen küresel nüfus artışının ortaya çıkardığı gıda ihtiyacı artışı ile birlikte düşünüldüğünde, aslında bir zorunluluğun bilimsel amaçlı dışavurumu olarak değerlendirilebilir. Bu dönemde süratle sanayileşme sürecine giren ülkeler, attıkları teknolojik adımların tarım sektörüne yansımaları üzerinde durmuş, elde ettikleri ürünleri de zamanla gelişmekte olan ülkelerle paylaşma yoluna gitmiştir.

Bitki-iklim model çalışmalarının ilk ürünleri 1970'li yıllarda ortaya çıkmıştır. İlk bitki-iklim modeli ise, Brouwer ve de Wit tarafından 1969'da tamamlanan modeldir. Kişisel çabaların ön planda olduğu bu ilk dönem model çalışmalarının ardından bilgisayar teknolojinin gelişmesine paralel olarak üniversiteler ve araştırma merkezleri de bitki-iklim simulasyon çalışmalarına ağırlık vermiştir (Çaldağ ve Şaylan, 2005). Bunlara örnek olarak Newman'ın 1974 yılında, bitkinin verim değerlerini iklimsel değişkenlere bağlı açıklamaya çalışan basit model denemesi ve yine Haun'un (1974), buğday için verimi sıcaklık ve nemle ilişkilendirme çabası verilebilir. Sıcaklığın bu kez yağışla birlikte ele alındığı bir model ise Jensen (1975) tarafından yapılmıştır

Modellerin kullandığı matematiksel eşitliklerin temelleri, gerçekte daha eskilere dayanmaktadır. Örneğin Pengra (1952), yağışı buğday veriminin tahmininde kullanmış, ancak gerçek değere yaklaşım %40'ın dahi altında kalmıştır. Tanımlamalı modellerin ilk örneklerinden sayılabilecek bu denemenin ardından çalışmalara devam edilmiş ve Staple ve Lehane, 1954'te yine buğday üzerine Kanada'da yaptıkları modelleme denemelerinde yağışın verime etkisini inceleyerek gerçek verim değerlerine %36'dan %62'ye varan oranlarda yaklaşabilmiştir. Army (1959) ise, yaptığı tanımlamalı modelleme çalışmalarında daima %50'nin üzerinde sonuç elde ederek, en iyi yaklaşımı %66 ile yakalamıştır. İstatistiksel yaklaşımların yağışa uygulandığı ve buğday veriminin %75'lik bir oranda tahmin edilebildiği bir çalışma Gangopadhyaya ve Sarker tarafından 1965'te gerçekleştirilmiştir. Bölgesel yağış verisi aynı yıl Kanada'da yapılan bir araştırmada çoklu regresyona tabi tutularak gerçek verim %89 oranında simule edilmiştir (Williams ve Robertson, 1965). Sonuçta özellikle kuraklığın hüküm sürdüğü bölgelerde yapılan ve sadece yıllık toplam yağışın incelendiği çoğu regresyon analizinde, yağış ve verim arasında önemli bir ilişki olduğu görülmüştür. Baier ve Robertson (1968), toprak nemini temel alan çoklu bir regresyon modeli üzerinde durmuştur. Kanada'da buğdaya yönelik yürütülen araştırmada toprak nemi, günlük olarak yağış ve buharlaşma gibi meteorolojik değişkenlerin fonksiyonu olarak elde edilmiştir. Sonuçta oluşturulan istatistiksel model, sıcaklığa ve yağışa bağlı olarak toprak neminin yüksek oranlarında buğday veriminin azalacağını göstermiştir. Söz konusu çalışma toprak nemliliğindeki değişimin minimum sıcaklık dönemleriyle ilişkisi de incelemeye alınmıştır. Model, söz konusu sonraki yıllarda geliştirilen ve söz konusu bölgeye de

uygulanan bazı açıklamalı modellerden daha iyi sonuç vermesi ile dikkat çekmiştir. Böylece, kullanım amacına yönelik basit eşitliklerin, son kullanıcıdan çok sayıda ve çeşitte girdi verisi talep eden sistemlerden avantajlı olabildiği de anlaşılmıştır. Yine de bu tür çalışmaları temsil eden matematiksel ifadelerin çoğu basit olmakla birlikte, geçerliliği genellikle geliştirildikleri alanlarla sınırlı olan eşitliklerdir (Çaldağ, 2000).

70'li yıllar incelendiğinde, model araştırmalarının sayılarını artırarak devam ettikleri görülebilir. Lomas (1972), ana bileşenler analizi yöntemi ile Hindistan'da yürüttüğü araştırmada, verimin yağış tarafından açıklanma düzeyinin düşük olduğunu belirlemiştir. Lomas'ın Shashouha (1973) ile yaptığı bir başka çalışmada ise, yine yağışın tek başına verimi %79'a varacak biçimde açıklayabildiği görülmüştür. Verime yine tek değişkenin etkisini dikkate alan araştırmacılardan Goudriaan (1977, 1986), bitki gelişimini doğrudan kontrol edan meteorolojik parametrelerden fotosentetik aktif radyasyon ile bitkinin özümsediği toplam radyasyon arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çok sayıda değişkenin verime etkisinin incelendiği çalışmalar ise bu dönemin sonlarına yoğunlaşmış olup, örneğin Baier (1978), birden fazla meteorolojik değişkeni kullanarak buharlaşma ile fotosentezi elde eden denklemler geliştirmiştir.

Tanımlamalı modellerin yerini yavaş yavaş açıklamalı modellere bıraktığı dönem, kişisel bilgisayar döneminin egemenliğini kurmaya başladığı 80'li yıllardır. İlk versiyonu 1984 yılında Ritchie ve Otter tarafından geliştirilen CERES-Wheat, bu model tipinin sonraki dönemde yaygınlaşacak bir örneğine karşılık gelmekte olup, bu tez çalışmasında da tercih edilmiştir. 80'li yıllar, model tasarımcılarına birden fazla bitki için genel verim çıktılarının hesabı yerine, seçilen bir bitki türü için giderek artan hassasiyette ve gelişme aşamalarının da incelenebildiği model sürümlerinin ortaya konması imkanını vermiştir.

CERES (Crop Environment Resource Synthesis) Modellerinin kullanımına verilebilecek çok sayıda örnek arasında Rosenzweig'ın (1989) çalışması, küresel anlamda artan CO_2 konsantrasyonlarının mısırın ve buğdayın gelişimine etkilerini inceleyen ilk çalışmalardan olması bakımından önemlidir. Lahrouni ve Ledent (1990), CERES-Maize ile gerçekleştirdikleri simulasyonlar neticesinde fenolojik dönemler boyunca mısırın değişen güneş radyasyonu ve sıcaklık hassasiyetlerini ortaya koymuştur. Daha yakın dönem çalışmaları arasında ise Chipanshi ve diğ. (1997) tarafından Kanada'da yürütülen araştırma çalışması dikkat çekmektedir.

Çalışmada CERES-Wheat Modeli'nin geçmiş dönem atmosferik verisini kullanarak aynı dönem verim değerlerini temsil kabiliyeti incelenmiş olup, gerçek ve simule edilen değerler arasında tatmin edici bir ilişki olduğu görülmüştür. Rinaldi (2004), İtalya'nın güneyinde günlük meteorolojik kayıtların 48 yıllık ortalamalarını kullanarak durum buğdayının verimini CERES-Wheat Modeli ile simule etmiştir. Araştırmacı gelişme döneminin başlangıcındaki toprak su içeriği değerinin verim için belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. İncelenen arazi için çevresel ve ekonomik şartların da dikkate alınması ile bitkinin ihtiyaç duyduğu optimum azotlı gübre miktarı ise 100 kg/ha olarak simule edilmiştir.

Stewart ve Dwyer (1990), 70'lerde buğday verimine atmosfer değişkenlerinin etkisinin incelenmesine yönelik geliştirilmiş olan bazı basit eşitlikleri (Williams, 1973; Williams ve diğ., 1975), kendi tasarladıkları açıklamalı modellere girdi olarak almıştır. Önceki dönemlerde yapılan tanımlamalı modellerin bir kısmının, bu yeni tip modellere önemli girdi kaynağı olma özelliği taşıdığı da bu son örnekten anlaşılmaktadır. İstatistiksel yaklaşımların ağırlıkta olduğu bitki-iklim modeli çalışmaları, hemen hemen tüm bitki türleri ve kültürtipleri için tanımlamalı modellere daha yakındır. Açıklamalı modeller ise, ampirik eşitliklere gelişimi temsil eden bitki içi süreçleri de eklemektedir. Zaban (1981), İsrail'de üzerinde buğday tarımı yapılan yarıkurak bir arazide gerçekleştirdiği model simulasyonlarına ana girdi olarak aylık transpirasyon (terleme) miktarlarını kullanmıştır. Transpirasyon, başta kap evaporasyonu olmak üzere bitki nemine ve toprak su içeriğine bağlı olarak hesaplanmıştır. Arazide ardışık yıllar boyunca buğdayın ardından yazlık bir bitki ekildiğinde kışlık buğday verimine makul yaklaşımlar yapabilen modelin, aynı özelliği peş peşe buğday ekimi ve nadas durumlarında göstermediği belirlenmiştir. Bu araştırmada atılan son adım, arazi ölçümlerinin analiz edilmesi yoluyla, verimle ilgili eşitliklerin regresyon katsayılarının düzeltilmesi olmuştur. Bu süreç sonunda, özellikle ardışık yıl sayısının küçük değerleri için hesaplanan verimin gerçeğe yaklaşmakta olduğu görülmüştür.

Maas ve diğin (1980), buğday gelişiminin incelenmesinde dönemine göre önemli sayılabilecek ek adımlar atmış ve arazi kullanım şekli ile vernalizasyon gibi müdahaleleri de toprak-bitki-atmosfer sistemi içine modelleme gayesiyle dahil etmiştir. Böylece ara yazılımlardan (alt modellerden) oluşan bir ana yapı, açıklamalı bir modeli temsil edecek biçimde ortaya çıkmıştır. Ara aşamalarda fotoperiyod ve

vernalizasyon yoluyla vejetatif dönem uzunluğunun belirlenmesi, sıcaklıktan ve toprak su içeriğinden yola çıkarak yaprak alan indeksinin hesaplanması sayılabilir. Gereken hesaplamalardan çimlenme, toprağın sıcaklığı ve nemi kullanılarak elde edilirken, vernalizasyon sıcaklığın bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Dolaylı olarak belirlenen yaprak alan indeksi (Leaf Area Index, LAI) de, hesabı yapılan değişkenler arasında olup, modelin kullandığı günlük meteorolojik parametreler arasında yağış, maksimum ve minimum sıcaklıklar, toplam radyasyon ve kar tabakası derinliği yer almaktadır. Model özellikle don olayına karşı LAI'nin hassasiyetini dikkate almak amacıyla minimum sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadır. Hochman (1978), yarıkurak arazilerde buğdaya uygulanan su stresinin sonuçlarını incelemek amacıyla yaptığı araştırmasını, Akdeniz Bölgesi'ni kapsayan ve potansiyel verim değerlerinin belirlenmesine yönelik olan geniş ölçekli bir çalışmanın parçası olarak yürütmüştür (van Keulen ve diğ., 1983). Araştırma sonunda, bitki su stresinin verim hakkında doğrudan belirleyici olabildiği, erken dönemde su stresine maruz bırakılan bitkide gelişme döneminin geri kalan kısmındaki koşullar uygun olsa dahi düşük verim değerleri elde edileceği görülmüştür. Oluşturulan modelde kuru madde kazanımı CO_2 asimilasyonu ile ilişkilendirilmiş olup, bu değer enlem, transpirasyon, toplam radyasyon ve LAI kullanılarak hesaplanmıştır.

Viyana Bodenkultur Universitesi Meteoroloji ve Fizik Enstitüsü içinde bulunan bir araştırma gurubu tarafından 3 bitki türü (bakla, soya, mısır), 3 yıl boyunca bitki-iklim model kullanımı yardımıyla incelenmiştir (Dirmhirn ve diğ., 1993). Sonuçta incelenen bitkiler için Avusturya'ya yönelik karar verme desteğine katkı sağlanmıştır. Verimin yanı sıra bitki gelişimi boyunca yüzeyde meydana gelen ara aşamaların da ele alındığı çıktıları veren tanınmış bir model olan ENWATBAL (Energy and Water Balance), toprak-bitki arasındaki su ve enerji değişimi çıktılarını vermektedir (Lascano ve diğ., 1987). Model bu amaçla aralarında buharlaşma ve toprak su dengesi ile ilgili kabullerin de yer aldığı girdiler yardımıyla infiltrasyon, toprak sıcaklık profili gibi spesifik çıktılar sunabilmektedir. Bu modelin pratik kullanımına örnek olarak Zeng ve Heilman (1997) tarafından küresel CO_2 artışının bitki verimine olası tesirinin incelenmesi verilebilir. Ewert ve diğ. (2002), küresel CO_2 artışı etkilerinin analizinde, tahmini zor olan atmosferik koşulların ve bitki su kullanım olanaklarının da CO_2 ile birlikte değiştiğini, bu durumun ise araştırmaları zorlaştırdığını vurgulayarak, bitki-iklim modellerinin kullanımının önemini

vurgulamıştır. Araştırmacılar yürüttükleri çalışmada yazlık buğday için üç farklı modeli çalıştırarak, sonuçları gözlemlerle karşılaştırmalı olarak yorumlamıştır. Araştırma, Almanya ve A.B.D. de bulunan iki arazi için iki yıllık dönem boyunca yürütülmüştür. Aynı modeller 1987-1999 arasını kapsayan bir veri tabanı için İspanya'da da uygulanmıştır. Sonuçta modellerin biyokütle ve toplam evapotranspirasyon yaklaşımlarının tatmin edici olduğu görülmüştür. Bununla birlikte A.B.D.'de bulunan araziye ait sonuçların Almanya'dakine nazaran gerçeği daha iyi temsil ettiği de belirlenmiştir. İspanya'da bulunan araziden elde edilen sonuç ise, iki katına çıkan CO_2 için verimin %30-%65 arasında artış göstereceği olmuştur. Modellerin sonuçları incelendiğinde varılan sonuç, verim tahmininde başarılı olunmasına karşın, CO_2 artışı ile birlikte olası bir kuraklığın da dikkate alınması denendiğinde, giderilmesi gereken belirsizliklerin de arttığı olmuştur. Ludwig ve Asseng (2006), olası CO_2 ve sıcaklık artışlarını farklı yağış azalış senaryoları ile birlikte değerlendirerek Güneydoğu Avustralya için kışlık buğday verimini CERES-Wheat Modeli ile simule etmiştir. Sonuçta bitki verimi ile yukarıdaki meteorolojik faktörler arasında doğrusal olmayan; toprak tipi ile bölgeye özgü farklılıklardan da etkilenen ilişkiler bulunmuştur. Araştırmacıların inceledikleri arazilerin tümünde, artan CO_2 konsantrasyonlarının buğdayın protein içeriğini olumsuz etkilediği, azalan yağış değerlerinin ise bu değeri yükselttiği ayrıca belirlenmiştir. Sıcaklık artışlarının etkisi ise araziden araziye değişmiştir. Araştırmacılar %15 oranında yağış azalışının neden olabileceği verim azalmasının, ortalama sıcaklık ve CO_2 değerlerinde sırasıyla 2°C'lik ve %50'lik artışlarla dengeleneceğini belirlemiştir.

Kanada'da kışlık buğdaya ait iki kültür tipinin serin iklim koşullarına tepkisini yapay sinir ağları ile inceleyen ve yedi yıl süren bir araştırma gerçekleştirilmiştir (Hayhoe ve diğ., 2002). Araştırma arazisi üzerinde sel ve buzlanma dönemleri yaşanmıştır. Arazi yakınındaki bir istasyondan edinilen (toplam yağış, yüzeyin karla kaplı olduğu gün sayısı, minimum hava sıcaklığı gibi) meteorolojik veri, sonbahar sonunda ekilen kışlık buğdayın sert kış döneminin ardından ilkbahara ulaşabilmesi için gereken minimum amosfer şartlarının modellenmesinde kullanılmıştır. Sonuçta seçilen kültür tipine, arazinin deniz seviyesinden yüksekliğine ve altı meteorolojik parametreye bağlı olarak buğdayın kış dönemindeki gelişme değişimi % 89'luk bir yaklaşımla temsil edilmiştir. Mo ve Liu (2001) yaptıkları çalışmada su, enerji ve CO_2 akılarını

belirleyecek bir toprak bitki-atmosfer modeli geliştirmiştir. Model, dört adet alt modelden oluşmaktadır. Bunlar radyatif transfer, bitki iletkenliği-fotosentez, toprak-bitki enerji dengesi ve toprak suyu ile ısı transferi alt modelleridir. Uygulama iki ayrı gelişme dönemi için (1992 ve 1998) Kuzey Çin'de kışlık buğday üzerine yapılmıştır. Enerji dağılımı, yüzey sıcaklığı, kök bölgesinin toprak nemi ve fotosentez için simulasyonlarla ölçümler arasında makul bir uyuşma olduğu saptanmıştır. Buna ek olarak arazide lizimetre ve Bowen Oranı Yöntemi kullanılarak yapılan direkt buharlaşma ölçüm sonuçları da simulasyon sonuçları tarafından iyi temsil edilmiştir. Çalışmada, geliştirilen modelin avantajları ve dezavantajları başka modellerle karşılaştırmalı olarak ele alınmış ve hassasiyet analizi yapılmıştır. Probert ve Keating (2000), agro-ekolojik model çalışmalarının, değişen iklimsel koşullara bağlı olarak uzun vadeli verim tahmini yapılmasında kolaylık sağladığını vurgulamıştır. Böylelikle arazi üzerinde masraflı ve zaman harcatıcı faaliyetler de aza indirgenebilecektir. Bunun için özellikle toprağın ekim başlangıcındaki nitelikleri modellere girilen başlangıç koşulları arasında önem taşımaktadır. Daha hassas sonuçlara ulaşmak amacıyla modelin başlangıç girdilerinin niteliğini ve niceliğini arttırmanın, model işleyişini ve sonuçların yorumlanmasını karmaşıklaştırdığı da araştırmacılar tarafından bu çalışmada görülmüştür. Bu durumda, tasarlanacak bir modelin toprakla ilgili girdilerinin, sadece hasat aşamasındaki verimi önemli ölçüde etkileyebilecek olanlar arasından seçilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu çalışmada, APSIM isimli bir modelin geliştirilme aşamaları değerlendirilmiş ve sonuçta bitki gelişimini idare eden toprak girdileri olarak toprak yapısı, tuzluluğu, asitliği ve fosfor içeriği yeterli görülmüştür. Şaylan ve Çaldağ (2002), Kırklareli'nde buğdayın sezonluk CO_2 değişimlerine hassasiyetini farklı tahminler için modellemiştir. Lobell ve diğ. (2005), Meksika'da 15 yıllık gelişme dönemleri boyunca iki farklı bölge için verim değerlerini gerçek verim değerleri ile karşılaştırmış ve r=0.87 ile r=0.72 gibi oldukça yüksek ilişkiler bulmuştur.

Meteorolojik faktörlerin pirinç gelişimini yönlendirici etkilerini inceleyen bazı araştırmacılar (Xin ve diğ., 2002), bitki-iklim modellerinde sabit kabul edilen parametrelerin zamana bağlı değişiminin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Sonuçta modelin Yangzte Nehri'nde (Çin) gerçekleştirilen pirinç tarımı için ekim tarihi, gelişme aşaması, güneş radyasyonu ve sıcaklık girdilerine dayanarak, pirinç biomasının değişimini %96.6 ya varan doğrulukta öngörebildiği

belirlenmiştir. Mahmood ve diğ. (2004), Bangladeş'te yaptıkları denemelerde kurak sezonlar için farklı ekim zamanlarında çeltik veriminin su stresinden etkilenme durumunu CERES-Rice Modeli ile incelemiştir. Ekim tarihi kuraklığın şiddetlendiği döneme doğru ötelendikçe potansiyel verimin düşeceği belirlenmiştir. Çalışmada özellikle çiçeklenme ve olgunlaşma aşamalarındaki su stresinin, modellenen potansiyel verimleri %70'in üzerinde aşağı çekeceği görülmüştür.

Yakın döneme ait modern bitki-iklim modeli tasarım ve geliştirme çalışmaları daha çok bu amaca yönelik oluşturulan merkezlerde yürütülmektedir. Söz konusu merkezlere örnek olarak Hollanda'nın Wageningen kentinde bulunan CABO Araştırma Merkezi verilebilir. MACROS-CSMP modellerinin tüm sürümleri Wageningen Üniversitesi ile birlikte faaliyet gösteren bu merkezde gerçekleştirilmektedir. Burada özellikle pirinç üzerine yapılan çalışmalar noktasal olmayıp, Filipinlere yönelik model tasarımları dahi ortaya çıkarılmıştır (Penning de Vries ve diğ., 1991). Franzini (1993), bu merkezde geliştirilen modellerin Avrupa Birliği'nin tarımsal politikalarını yönlendiren karar vericiler tarafından dikkate alındığını belirtmiştir. CABO, soya bitkisi için simulasyon yapan SOYCROS ve FABEAN modelleri ile de bu alanda söz sahibidir.

Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen ve bitki gelişimini idare eden eşitlikler, burada da modellerin altyapısını oluşturmaktadır. IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) Projesi, son yıllarda sayıları artmakta olan bu tip merkezlerin tanınmışlarına bir başka örnek olarak verilebilir (IBSNAT, 1986). Bu merkezde de ağırlıklı olarak Dünya üzerinde geniş alanlarda ekimi yapılan buğday, mısır ve soya bitkilerinin gelişimini inceleyen deneyler yapılmaktadır. Başta Hawaii Üniversitesi olmak üzere birçok araştırma biriminde yapılan modelleme çalışmaları sonucunda ortaya çıkan genel yapı, IBSNAT Projesi içinde belirlenen formatlara uyacak biçimde değerlendirilmektedir. IBSNAT içinde son olarak, model tasarım çalışmalarının yürütülmediği ülkelerle tarım teknolojisi transferi kapsamında bu modellerin paylaşılması söz konusudur. Bu aşamaların her biri, hemen hemen sürekli bir döngü içindedir. Yapılan çalışmalar sonunda araştırmacılar modellerde kullanılan temel kavramların birbirine önemli ölçüde benzerlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu nedenle modellerde belirli bir aşamadan sonra sadece kullanım amacına ve kültür tipine özgü kombinasyonların gerçekleştirilmesi üzerine yoğunlaşılmıştır (Çaldağ, 2000).

Üniversitelere ek olarak Birleşmiş Milletler de FAO (Food and Agricultural Organisation) vasıtasıyla başlıca besin kaynağı niteliği taşıyan 11 bitki tipini belirleyerek bunların gelişmekte olan ülkelerde yetiştirilme potansiyellerinin belirlenmesi çalışmalarına başlamıştır (FAO, 1978, Dumanski ve Stewart, 1983; Stewart, 1983; Stewart ve diğ., 1984). Bootsma ve diğ. (1993), FAO içinde geliştirilen modellerin bölgesel ölçeğe uyarlanarak daha gerçekçi sonuçlar vermesine yönelik araştırmalar yapmıştır. Dünya Meteoroloji Teşkilatı (World Meteorological Organisation, WMO) bünyesinde yer alan tarımsal meteorolojik araştırma grubu içinde de olası iklim değişimlerinin tarımsal meteorolojik açıdan ele alındığı model çalışmaları mevcuttur.

Yukarıda görüldüğü gibi, bitki gelişimine atmosferik değişkenlerin etkisi öncelikle noktasal ölçekte başlamış, zamanla bölgesel ölçeğe geçiş yapılmış, konu ile ilgili uzmanları barındıran merkezlerle birlikte Dünya çapında faaliyet gösteren FAO gibi kurumlar sayesinde de küresel ölçekte sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır.

Bitki-İklim Modeli geliştirme konusunda başı çeken birçok ülkeyi içinde bulunduran Avrupa Kıtası'nın bu özelliğini zorunlu kılan sebep, yüzölçümü bakımından nispeten küçük olan Avrupa'nın tarıma ayırdığı alanların da kısıtlı olmasıdır. Bu nedenle söz konusu kıta üzerinde yürütülen tarımsal faaliyetlerdeki dikey gelişmenin önemi daha da artmaktadır. İklim değişiminin özellikle bu kıtadaki tarımsal meteorolojik etkilerinin incelenmesi amacıyla geliştirilen modellere örnek olarak, AFRC verilebilir. Model, buğday için simulasyon yapmakta ve başlıca girdi olarak sıcaklığı ve bu parametreye dayanan BDG kavramını kullanmaktadır. AFRC Modeli'nin buğday fenolojisini izlemede kullanışlı olduğunu belirleyen araştırmacılar, zamanla Avrupa içinde noktasal çalışmalarla modele katkı yaparak yazılımı geliştirmiştir (Goudriaan ve diğ., 1990; Morison ve Butterfield, 1990). AFRC Modeli'nde sıcaklık etkisinin bulutluluk ile birlikte incelendiği bir çalışma da Mitchell (1990) tarafından yapılmıştır. Çalışmada model, sıcaklıkta gerçekleşecek 1.5°C'lik bir artışın verime %15 oranında olumlu yansıyacağını, %12'lik bulutluluk artışının ise güneş radyasyonunu azaltarak söz konusu verim yükselişinin sıfırlayacağını öngörmüştür.

Genel sirkülasyon modellerinin ve bölgesel iklim modellerinin çoğu, gelecekte küresel ısınmaya bağlı olarak yüksek enlem iklimlerinin ılımanlaşacağını, günümüzde ılıman olan alçak enlem bölgelerinin ise yarıkurak ya da kurak iklimleri tecrübe edeceğini göstermektedir. Bu amaçla, bir bölgede ekilen kültürtiplerinin

gelecekteki verimlerinin tahmininin yanı sıra, incelenen bölgeye aynı bitkilerin ekimine devam edilip edilmeyeceği de ekonomik açıdan ele alınmalıdır. Bu konuda yönlendirici olacak araştırmalar, yine model simulasyonları ile desteklenmelidir. Habjorg, 1990'da Norveç'te yaptığı çalışmada, ülkenin kuzeyinde yetiştirilen bazı bitkileri güney kısımlarda yetiştirmeyi denemiştir. Araştırmacı bu durumda genelde giderek azalan verim değerleriyle karşılaşmıştır. Araştırmanın yapıldığı Norveç, özellikle iç kısımlarında yüksek yaz-kış sıcaklık farkları gösteren bir ülkedir. Bunun yanı sıra ülkenin kuzeyinde yetiştirilen bitkiler, genellikle 10°C-12°C ortalama sıcaklık aralığına uyum gösterirken, ülkenin güneyi için bu aralık 15°C-17°C' dir. Ortalama gelişme dönemleri ise kuzey ve güney için sırasıyla 2 ay ve 7 aydır. Habjorg'un çalışması, Kuzey Avrupa'nın arktik bitki örtüsünün sıfırın üzerine meyleden kış sıcaklıkları sebebiyle yok olabileceğini ortaya koymuştur.

Unsworth (1990), artan sıcaklıkların bitki fenolojisine etkisini inceleyen çalışmasında, gelişme dönemlerini kısaltan bu durumun bitki hastalık ve zararlıları açısından da olumsuz bir seyir arz edeceğini görmüştür. Düşük sıcaklıklar nedeni ile kışın ortadan kalkması gereken bazı hastalık kaynaklarının küresel ısınma sayesinde kışı hayatta geçirdiklerini, böylelikle de ilkbaharda generatif dönemde bitkiye etkiyerek düşük verim değerlerine neden olduğunu gören araştırmacı, çalışmasını İngiltere'de ortalamanın üzerinde sıcak geçen 1988-1989 kış sezonunda yürütmüştür.

Bu tez çalışmasına yönelik literatür taraması boyunca, küresel iklim değişiminin buğdayla ve çeltikle birlikte çok sayıda farklı bitki türüne etkisinin de incelendiği görülmüştür. Söz konusu çalışmalar daneli bitkilerden havuca ve domatese uzanan geniş bir yelpazeyi kapsamakadır. Bu noktada örnek olarak, küresel CO_2 artışının domates bitkisinin verimine etkisinin modellendiği birkaç çalışmaya değinilmiştir (Strain ve Cure, 1985; Nonhebel, 1993). Araştırmacılar, olası CO_2 artışının, domatesin optimum fotosentez sıcaklığında da artışa neden olacağını belirlemiştir. Bu durumda yaprak alanı başına ortalama fotosentetik aktif radyasyon da azalmakta ve CO_2 artışının verime doğrudan olumlu etkisi düşmektedir. Tao ve diğ. (2008), IPCC raporlarında öngörülen meteorolojik parametre değişim tahminlerini sıcaklık için Çin'de dikkate almış ve sıcaklıklarda olası 1°C, 2°C, 3°C değerlerindeki artışların çeltik verimini düşürme olasılığının yüksek olduğunu istatistiksel olarak saptamıştır. Olası verim düşmelerinin miktarlarının hesaplanmasında ise

CERES-Rice Modeli kullanılmıştır. Araştırmacılar CO_2 katkısının dikkate alındığı simulasyonlarda da verimin düşeceğini belirlemiştir.

Artan CO_2 değerlerinin buğday verimine etkisinin incelenmesi amacıyla geliştirilen bir başka model olan SUCROS (Simple and Universal Crop Growth Simulator), (Spitters ve diğ., 1989; Nonhebel, 1990), iki temel üzerine kurulmuştur. Bunlar küresel CO_2 artışının gelişen bitkinin fotosentezini tetiklediği ve bitkide genel anlamda su ihtiyacının arttığıdır (Strain and Cure, 1985). Bu model de artan CO_2 konsantrasyonları ile birlikte artması beklenen sıcaklığın, bitki gelişimini hızlandırarak toplam gelişme dönemi süresini kısaltacağını öngörmüştür. Ürün miktarında ise artış eğilimi söz konusu olmuştur. Hollanda'da yürütülen bu çalışmada arazi üzerinde kurulu meteoroloji istasyonundan temin edilen veriler test amacıyla şehir merkezine yakın bir noktadaki istasyonun verileri ile yer değiştirilmiş ve sonuçların önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. Benzer sonuç, Eitzinger ve Şaylan (1995) çalışmasında da ortaya çıkmıştır. Bu durum, arazi üzerinde kurulu sistemlerin bitki gelişiminin modellenmesine yönelik alyapı için vazgeçilmez olduğunun bir kez daha anlaşılmasını sağlamıştır. Mearns ve diğ., (1992), Kansas'ta farklı nem ve sıcaklık koşullarına sahip iki arazide kışlık buğday gelişimine sıcaklık, yağış ve CO_2 varyasyonlarının etkisini araştırmıştır. Yapılan modelleme çalışması sonunda bölgede yetiştirilen kışlık buğdayın özellikle sıcaklığın ve CO_2'nin birlikte değiştiği senaryolara ciddi verim değişimi tepkileri verdiğini, bitkinin yağış azlığına hassasiyetinin ise düşük olduğunu belirlenmiştir. Sıcaklığın kışlık buğday verimine etkisini Danimarka'da seçili tarım arazilerinde araştıran Mitchell (1990), çalışmasında buğdayın 0.5°C-1.0°C arasında gerçekleşecek sıcaklık artışlarına %15 oranında verim artışı tepkisi vereceğini öngörmüştür. Sıcaklık yükselmesinin 1.5°C'ye ulaşması, modellenen verimde yine artışa işaret etmekte, ancak bu artışın yüzdesi düşmektedir. Araştırmacı son olarak sıcaklığın 2.5°C arttığı simulasyonlar üzerinde durmuş ve öteki çevresel faktörler sabit kalmak koşuluyla buğday veriminin bu noktadan itibaren mevcudun altına ineceğini görmüştür.

İklim değişiminin buğday fenolojisine olası etkilerinin incelenmesinde GCM sonuçlarının dikkate alındığı bitki-iklim model araştırmalarına örnek olarak sıcaklığın, yağışın ve CO_2'nin olası varyasyonlarının ele alındığı bir çalışma verilebilir. Çalışmada CERES-Wheat Modeli kullanılmış olup, gelişme dönemi boyunca ortalama sıcaklıkların 1.5°C yükselmesi durumunda buğdayın gelişimini

uzun yıllık ortalamadan 8 gün erken tamamlayacağı görülmüştür. 4.5°C değerinde bir sıcaklık artışı ise gelişme dönemini 24 gün kısaltacaktır (Mearns ve diğ., 1992).

İklim değişiminin bitki gelişimine ve verimine etkisinin incelenmesinde toprak-bitki-atmosfer yapısının bir sistem olarak ele alınması gerektiği, bu amaçla kullanılan bitki-iklim modellerinin de yine sistematik ve karşılıklı kullanılarak sonuçların yorumlanmasının önemli olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir (Squire ve Unsworth, 1988; Porter, 1990; Şaylan ve Çaldağ, 1999). Bu sebepten araştırmacılar elde ettikleri sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amacıyla birden fazla açıklamalı bitki-iklim modeli kullanma yoluna da gitmiştir. Örnek olarak Olesen (1989, 1990), Aslyng ve Hansen tarafından 1982'de geliştirilen WATCROS (Water Balance and Crop Production Simulation) Modeli'ni Hansen (1986) tarafından geliştirilen HEJMDAL Modeli ile birlikte kullanma yoluna gitmiştir. WATCROS, bitki su tüketimini ayrıntılı ele alan bir modelken HEJMDAL, daha ziyade bitki fizyolojisini ön planda tutmaktadır. Sıcaklık, yağış ve güneş radyasyonu parametrelerindeki değişimlerin verime etkisinin incelendiği simulasyonlar sonunda özellikle WATCROS'un yağış değişimlerinin olası etkisinin incelenen araziler için düşük olacağını öngördüğü anlaşılmıştır. Verim salınımları aynı senaryolar için HEJMDAL Modeli tarafından da düşük şekilde simule edilmiştir. Çaldağ (2000), Türkiye'de Kırklareli İli üzerinde seçili bir buğday arazisine ardışık iki yıl boyunca CERES-Wheat ve SIMWASER (Simulation von Wasser und Ertrag) modellerini uygulamayı denemiştir. Sonuçta, CERES-Wheat'in özellikle CO_2 ve güneş radyasyonu değişimlerine hassas simulasyonlar gerçekleştirdiği, yeraltı suyunu önemli bir girdi olarak dikkate alan SIMWASER için ise kışlık buğdayın veriminde yağışın belirleyici rol oynadığı anlaşılmıştır (Şaylan ve Çaldağ, 2005).

Artan ortalama CO_2 değerlerinin etkisinin sıcaklıkla birlikte değerlendirildiği bir çalışmada asimilasyon-fotosentez ilişkisi üzerinde durulmuştur (Karvonen ve Peltonen-Sainio, 1990). Günlük hesaplanan asimilasyondan, fotosentez değeri türetilmekte ve bu değer bitki organlarının (yaprak, gövde, kök vb.) her biri için model tarafından günlük toplam kuru madde kazanımı olarak kaydedilmektedir. Simulasyonlar neticesinde sıcaklık artışının, yüksek enlemlere yabancı bazı bitkilerin orta ve uzun dönemde Finlandiya'da da yetiştirilebileceği tahmini yapılmıştır. CO_2 artışı ise bitkide fotosentez eğilimini tetiklediğinden kuru madde kazanımının da artmasını sağlayacaktır.

İklimde meydana gelen değişimler, ülkelerin yürüttükleri tarım politikalarına gelecekte ne şekilde yön vereceklerinin belirlenmesi konusunun önemini arttırmaktadır. Birçok araştırmada, tarımsal üretimin atmosferik şartlara ve dolayısıyla iklime karşı son derece hassas olduğu vurgulanmakla birlikte, iklimsel değişikliklerin global tarım üretimini ciddi biçimde sınırladığına dair somut kanıtların eksikliğinin hissedildiği de belirtilmektedir (Çaldağ, 2000).

Yukarıda değinilen ve çoğu Avrupa'da geliştirilmiş olan modeller, bitki türüne göre kıtanın potansiyel verimli alanlarının belirlenmesi amacıyla farklı modellerle bütünleşik hizmet vermeye başlamıştır. Bunlar arasında genel olarak coğrafi bilgi sistemleri (Geographic Information Systems, GIS); özelde ise GOAL Modeli (General Optimal Allocation of Land Use) sayılabilir (Veeneklaas, 1990). Özellikle GIS yardımıyla elde edilen haritalar, bitki-iklim modeli uygulamalarına uygun arazilerin seçiminde kolaylık sağlamaktadır. GIS, bitki-iklim model simulasyonlarına göre olası verim değerlerinin haritalanması amacına da hizmet etmektedir.

Türkiye'de günümüze kadar bitki-iklim modeli uygulama ve geliştirme konusunda yapılan çalışmalar sınırlıdır. Buğday üzerinde Benli ve diğ., (1990) çalışmasında Türkiye buğday üretiminin tahmini için aşamalı regresyon tekniğini kullanmışlar ve farklı meteorolojik parametreler ile verim arasındaki ilişkiyi tespit etmeye çalışmışlardır. Şaylan (1993, 1994, 1995(a), 1995(b), 1996) tarafından yapılan çalışmalarla, farklı modellerin tarımsal meteorolojide nasıl kullanılabileceği, ayrıntılı olarak vurgulanmıştır. Şaylan ve diğ. (1994), yaptıkları bir çalışmada, modellerin tarımsal kuraklığın analizinde kullanılma imkanlarını belirlemiştir. Yine Şaylan ve diğ. (1995) yaptığı bir diğer çalışmada küresel ısınmanın etkileri bitki-iklim modelleri ile tespit edilmiştir. Eitzinger ve Şaylan (1995) tarafından modellerde kullanılacak olan verilerin ölçüm noktalarının sonuçlarına etkileri araştırılmıştır. Sezen (1993) ve Sezen ve diğ. (1998) CERES-Wheat modelini su-verim ilişkilerinin tespiti amacıyla Çukurova şartlarında test etmiştir. Köksal (1995), aynı şartlarda Mısır bitkisinin gelişimine yağış eksikliğinin etkilerini CERES-Maize modeli ile belirlemiştir. Evsahibioğlu ve Benli (1998), EPIC simulasyon modelinin bitki veriminin tahmininde kullanılmasını açıklamışlardır. Durak ve Şaylan (1997, 1998) tarafından CRPSM ile CERES-Maize modelleri kullanılarak özellikle iklim değişimi sonucu meydana gelebilecek farklı sıcaklık değişimi senaryoları için mısır bitkisinin verimine etkileri tahmin edilmiştir. Şaylan ve Özen (1997) tarafından yapılan bir

çalışma ile özellikle çevresel değişimin tarımsal meteorolojik etkilerinin modellerle nasıl belirleneceği ortaya konmuştur. Şaylan ve diğ. (1998), Dünya'da ve Türkiye'de bitki iklim modelleri ve bu alanda ülkemizde yapılabilecekleri vurgulamıştır. Durak ve Şaylan (1998), Avusturya'da ölçülen verileri kullanarak, iklim değişiminin tarımsal meteorolojik etkilerinin modellerle nasıl belirlenebileceğini açıklamışlardır. Şaylan ve diğ., (1998) yaptıkları çalışmada, Avusturya'da mısır bitkisindeki gelişime iklim değişiminin etkilerini CRPSM Modeli ile tespit etmiştir. Yakın dönemde ise Çaldağ ve Şaylan (2005), Kırklareli'nde birden fazla gelişme dönemi boyunca buğday gelişimini farklı modeller vasıtasıyla karşılaştırmalı ve uygulamalı olarak incelemiştir. Mor (2005), farklı su uygulama düzeylerini buğday için bitki iklim modeli kullanımıyla incelemiştir.

1.2.2 Büyüme derece gün (BDG)

Derece Gün (DG) kavramı bitkisel gelişim sürecinin tespitinin yanı sıra, ısıtma-soğutma sistemlerinin ve binaların tasarımında da dikkate alınmaktadır (Erbs ve diğ., 1985). Bu konuda yapılmış ilk çalışmalar arasında kış mevsiminde seralardaki ısıtma ihtiyacının belirlenmesi sayılabilir (Close, 1944). Daha sonraları yapılan istatistiksel analizlerle, DG hesap eşitlikleri geliştirilmiştir (Thom, 1962; Lehman, 1987). Sonuçta günümüzde yaygın olarak kullanılan ısıtma, soğutma, büyüme, erime ve donma derece-gün kavramları ortaya çıkmıştır.

Isıtma derece gün (IDG), incelenen ortam sıcaklığının taban sıcaklığın altına düşmesi durumunda meydana gelen konfor açığını kapatmak amacına hizmet etmektedir. Soğutma derece gün (SDG) ise, konforun sona erdiği taban sıcaklığın üzerindeki değerler için hesaplanmaktadır (Gültekin, 2001). Günümüzün modern binaları dış iklim değişimlerinden en az etkilenecek şekilde inşa edildiğinden, henüz tasarım aşamasında iç şartların daima konfor bölgesinde tutulması amacıyla IDG ve SDG analizi yapılmaktadır (Gülferi, 1996).

Dağsöz (1995), Türkiye için 67 il üzerinde 10 yıllık bir zaman dilimi boyunca IDG ve SDG araştırması yapmıştır. Çalışmada IDG, 12 ve 18^{o}C taban sıcaklıklarına göre hesaplanırken, SDG için 24^{o}C değeri taban sıcaklık olarak dikkate alınmıştır. Bazı araştırmacılar, DG yöntemi içinde nem faktörünün de değerlendirilmesi gerektiğini önermiştir (Özkarahan, 1954; Kadıoğlu ve Kara, 1992; Asker, 1993). Şen ve Kadıoğlu (1998), kurak bölgeler için IDG araştırmasını yüzey şekillerindeki değişimi

de dikkate alarak incelemiştir. Gültekin (2001), Türkiye genelinde 253 istasyona ait minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık verilerini kullanarak, IDG ve SDG değerlerini hesaplamıştır. Araştırmacılar, kullanım amaçlarına göre IDG ve SDG hesabında farklı taban sıcaklıklarından yola çıkabilirler. Genelleme yapılmasının en zor olduğu DG ler ise, BDG' ler dir. Burada her bitkinin, hatta her kültür tipinin (ekildikleri bölge koşulları da dikkate alınarak) kendine özgü BDG'ler arzettiğinin belirtilmesi önemlidir. Amerika'da mısırın ortalama taban sıcaklığı 10^{o}C, bezelyenin 4.4^{o}C ve pamuğun ise 15.6^{o}C' dir.

Büyüme derece-gün kavramı, bitkilerin gelişme dönemi boyunca ihtiyaç duydukları ısı enerjisinin tahmini amacıyla kullanılmaktadır. Dünyada derece-gün hesabına yönelik çalışmaların ilk örnekleri de yine bitki gelişimi araştırmalarına aittir. Burada büyüme derece-günler, incelenen organizmanın gelişimini tamamlaması için gerekli sıcaklık koşullarının sağlandığı günlerden elde edilmekte olup, her bitki, gelişimini sürdürmek ve tamamlamak için belirli bir BDG değerine ihtiyaç duymaktadır (Lutgens ve Tarbuck, 1979). Hussain ve Mudasser (2007), 25 yıllık iklim verisini deniz seviyesinden farklı yüksekliklerde yetiştirilen buğday için istatistiksel yöntemlerle analiz etmiştir. Araştırmacılar her iki arazi için gelişme dönemleri boyunca kazanılan BDG değerlerinde artış eğilimi gözlemiş, gelişme dönemi uzunluklarında ise azalma belirlemiştir. Yağışta gerçekleşebilecek artışların verime etkisinin ihmal edilebilecek düzeyde olduğu, sıcaklıklarda 3°C'lik bir artışın ise verimi incelenen iki bölgede de yaklaşık %24 oranında düşüreceği tahmin edilmiştir.

1.2.3 Normalleştirilmiş vejetasyon indeksi (NDVI)

Bitki fenolojik aşamaları tarımsal üretimin hesaplanması, yönetimi, planlanması ve kararların alınması bakımından son derece gereklidir. Bu sebeple bitki gelişme dönemi uzunluğunun hesaplanması bitki-iklim modellerinde en önemli parametrelerden biridir. Bu parametre ya arazideki gerçek gözlemlerden, ya termal birim (BDG) hesaplamalarından, ya da uzaktan algılama yöntemlerinden bulunmaktadır (Daughtry ve diğ., 1984; Groten, 1993).

Bitki fenolojisinin uzaktan algılama ile izlenmesi 1979'da Tucker ve diğ. tarafından önerilmiştir. Bu araştırmacılar vegetasyon indeksleri ile bitkilerin gelişimi arasındaki ilişkiyi el tipi radyometreler ile açıklamışlardır. Daha sonraki yıllarda Badhwar (1980), Hendrickson ve Durkin (1986), Gallo ve Flesh (1989) Reed ve diğ. (1994),

Duchemin ve Courrier (1999) ve Schwartz ve Reed (1999) uydu verileri vasıtasıyla bitki gelişme dönemlerini farklı bitki türleri için gelişme aşamalarının gerçekleşme tarihlerini NOAA-AVHRR veri tabanını kullanan vejetasyon indisleri ile belirlemişlerdir.

Yeterli yüzey verisinin bulunduğu durumlarda NDVI, ürün değerlerinin tahmin edilmesi, yüzeydeki hakim bitki türünün belirlenmesi gibi amaçlara da hizmet edebilir (Ricotta ve Avena, 1999, Oesterheld ve DiBella, 1998, Paruelo ve Epstein, 1997, Peters ve Eve, 1997, Diallo ve Diouf, 1991). NDVI, yağış (Schmidt ve Karnieli, 2000) ve El Niño Güney Salınımı (El Niño Southern Oscillation, ENSO) gibi iklimsel hadiselere bağlı olarak önemli değişimler göstermektedir (Li ve Kafatos 2000; Boone ve Galvin, 2000).

Berger (2001) çalışmasında, uydu verileri yardımıyla yeryüzeyinin enerji akılarının belirlenmesine yönelik bir yöntem geliştirmiştir. Çalışmada konuyla ilgili model çalışmaları değerlendirilmiş, incelenen akılara bulutluluğun alansal ve zamansal etkileri de birlikte dikkate alınmıştır. Yüzeydeki (LAI gibi) özellikler de ısı akılarının hesabında ayrıca dikkate alınmıştır. Bunlar vasıtasıyla ısı akısı yoğunlukları (hissedilir+gizli) ile evapotranspirasyon (ET, potansiyel+gerçek) değerleri yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Uzaktan algılama, yeryüzeyi üzerindeki bitki karakteristiklerinin belirlenmesinin yanı sıra, yüzeyin başka birçok özelliğinin ortaya konması amacına da hizmet etmektedir. Örneğin, Yeryüzeyinin enerji dengesinin belirlenmesinde uzaktan algılama verileri dikkate alınmaktadır. Elde edilen veriler ilk olarak güvenilirlikleri bakımından ön işlemeden geçirilmektedir. Bu veriler, uydu verilerinin analizinde, model geliştirilmesinde ve model sonuçlarının yorumlanmasında ya da ilgili küresel verilerin değerlendirilmesinde kullanılabilir. İlgili çalışmalarda tüm güneş spektrumundan ve ayrı ayrı uydu kanallarından alınan veriler yardımıyla yüzey karakteristiklerine bağlı olarak değişen yansıtma oranları elde edilmektedir. Ardından bu yansıtma değerleri kullanılarak yüzey için dolaylı yoldan NDVI, LAI ve sürtünme uzunluğu parametreleri hesaplanabilir (Berger, 2001). Farklı termal kanallara ait NDVI ve yüzey yansıtması verileri ile, atmosferik pencerenin (8-14 mikron arası) yayma özellikleri de ayrıca belirlenebilir.

NDVI, yüzey özelliklerinde meydana gelen insan faktörlü değişimin iklimsel sonuçlarının incelenmesinde kullanılabileceği gibi (Potter ve Brooks, 1998), sadece yüzeyin doğal özelliklerindeki mevsimsel değişimin takibinde de dikkate alınabilir

(Roy ve diğ., 1997). NDVI verileri, küresel ve bölgesel araştırmalarda daha hassas sonuç verebilen yeni bir indeksin (Vegetation Condition Index, VCI) türetilmesinde de kullanılmıştır:

$$VCI=(NDVI-NDVI_{min})/(NDVI_{mak}-NDVI_{min})*100 \quad \textbf{(1.1)}$$

VCI vasıtasıyla bir bölgenin maksimum NDVI değerinin dikkate alınması, bölgesel etkilerin azalmasına ve kontrastın artarak yorumun kolaylaşmasına hizmet etmektedir. Arazi kullanımına ait yüksek çözünürlükte sınıflandırma görüntülerinin elde edilmesi, bitki gelişimi ile sıcaklık ve yağış gibi meteorolojik parametreler arasındaki ilişkinin ayrıntılı analizini mümkün kılmaktadır. Ulaşılan sonuçlar, bölgesel su ve enerji miktarına yönelik çalışmalara tamamlayıcı bilgi sağlamaktadır.

NDVI değerleri, yüzey bitki örtüsü tarafından kaplanan alan (Eastwood ve diğ., 1997), yaprak alan indeksi (Carlson ve Ripley, 1997) gibi parametrelerin türetilmesini de mümkün kılmaktadır.

Tüm güneş spektrumunun yansıtma durumunun ortaya konması için dar kanal geniş kanal dönüşümünün gerçekleştirildiği ampirik bir fonksiyon kullanılmaktadır. NOAA-AVHRR nin her iki kanalını kullanan fonksiyon, aşağıdaki gibidir:

$$\rho=c_1R_1+c_2R_2+d \quad \textbf{(1.2)}$$

Burada R_1 ve R_2 sırasıyla NOAA 1. Kanalının ve 2. Kanalının yansıtma değerlerini göstermektedir. c_1, c_2 ve d, ampirik katsayıları temsil etmektedir Katsayılardan, ilgili spektral aralıktan yansıtma değerleri elde edilebilir. Katsayılar, NDVI değerleri ile belirlenebilir. Bu yöntemin çıkış noktası, farklı arazi özelliklerinin yine farklı yansıtma özellikleri göstermesidir. Bu farklılık ise NDVI değerlerinde kendisini göstermektedir:

$$c_1=0.494NDVI^2-0.329NDVI+0.372 \quad \textbf{(1.3)}$$

$$c_2=-1.439NDVI^2+1.209NDVI+0.587 \quad \textbf{(1.4)}$$

Burada c_1 ve c_2, yine yukarıda söz edilen ampirik katsayılardır. Dar banttan geniş banda dönüşüm sürecinde ağırlık faktörleri, NDVI'a bağlıdır. Dar kanal albedo

değerlerinde 2. Kanalın ağırlığı, 1. Kanalınkinden yüksektir. NDVI=0.4 durumunda 2. Kanalın ağırlığı en yüksektir.

Kustas ve diğ. (1993); toprak ısı akısı yoğunluğunu (M_G), doğrudan net radyasyonun (M) ve NDVI değerinin fonksiyonu olarak elde etmiştir:

$$M_G=(0.4-0.33NDVI)M \quad \textbf{(1.5)}$$

Moran ve diğ., (1996), 2 m seviyesi sıcak verisi ile yüzey sıcaklığı arasındaki farkı kullanarak yüzeyin nemlilik derecesini belirlemiş ve buradan hareketle toprak durumuna göre ayarlanmış vejetasyon indeksi (Soil Adjusted Vegetation Index, SAVI) elde edilmiştir.

Yüzey direnci r_s ile, yaprak alan indeksi (LAI) arasındaki ilişki Maidment (1993) tarafından aşağıdaki şekilde elde edilmiştir:

$$r_s=(200/LAI) \quad \textbf{(1.5)}$$

Bu noktadan hareketle araştırmacılar ampirik yöntemler vasıtasıyla LAI değerinin NDVI'dan elde edilmesi üzerinde durmuştur. Asrar ve diğ. (1985), çim yüzeyleri için, Nemani ve Running (1989) ise ormanlık araziler için LAI-NDVI ilişkisini temsil eden ifadeler ortaya koymuştur. Söz konusu çalışmalar arasında Friedl'ın (1996), çim yüzeyleri üzerine yaptığı araştırma ile Carlson ve Ripley (1997) tarafından geliştirilen radyatif transfer modeli uygulaması da sayılabilir.

NDVI verileri kullanılarak fotosentetik aktif radyasyonun (PAR), incelenen bitki için hesaplanmasına örnek olarak, Chang ve Wetzel'in 1997 tarihli çalışması verilebilir:

$$NDVI=0.087+0.798*PAR \quad \textbf{(1.6)}$$

İlave olarak fotosentetik aktif radyasyona ait absorbsiyon miktarları da LAI değerlerinden aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir:

$$PAR=93.5(1.0exp(-0.90*LAI)) \quad \textbf{(1.7)}$$

Araştırmacılar, NDVI ile LAI arasında yaklaşık doğrusal ilişki belirlemekle birlikte, 2-3 arasındaki LAI değerlerinden itibaren NDVI'ın LAI'ya olan hassasiyetinin azaldığını görmüşlerdir. Bu LAI aralığında, artan LAI değerlerine NDVI asimptotik

tepkiler vermekte olup, birçok araştırmacı bu aralıkta yüzey alanının artık tamamen yapraklarla kaplı olduğu kabulünü yapmaktadır (Curran, 1983). Söz konusu ilişki, LAI değerine bağlı olarak NDVI'da meydana gelen değişimlerin, yüzey üzerindeki bitki örtüsü alanındaki değişimle açıklanabileceğini göstermektedir. Yüzeyin toprak türü, bitki örtüsünün tipi ve kapladığı alan, yukarıda belirtilen 2-3 aralığını değiştirmektedir.

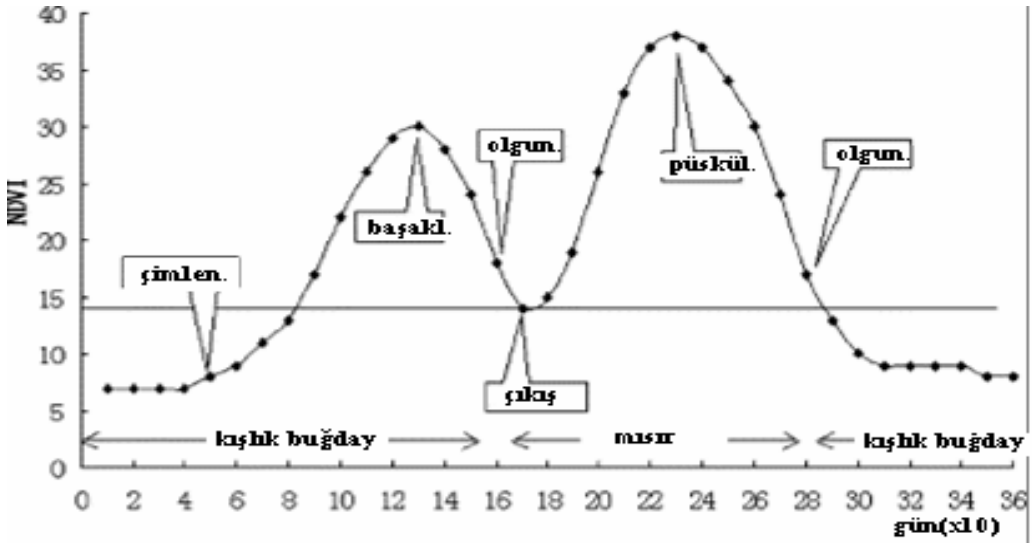
Gitelson ve diğ. (2002), spektrumun görünür ve yakın kızılötesi kısmında buğdayın spektral özelliklerini incelemiş ve yüzeyin bitki ile kaplı kısmında (Vegetation Fraction, VF) meydana gelen değişimlerin tahminine yönelik bir yöntem oluşturmaya çalışmıştır. Sonuçta, incelenen yüzeyin %60'ının bitki ile örtülü olduğu durumda yakın kızılötesi yansıtımının azaldığı, VF değerinin ise arttığı saptanmıştır. Ja-Ha ve diğ. (2001), AVHRR verilerinden yararlanarak NDVI, LAI ve deniz yüzey sıcaklığının zamanla değişimini Kore için incelemiştir. Araştırmacılar çalışma sonunda düşük NDVI değerlerinin gerçekleştiği bölgelerde yıllık yüzey sıcaklık değişimlerinin de az olduğunu belirlemiştir. Bunun yanı sıra, LAI değişimlerinin doğrudan NDVI değerlerine bağlı olarak değişmesi ihtimalinin düşük olduğu da yine bu çalışmada belirtilmiştir. Okçu (1999); NDVI verisi ile meteorolojik parametreler (yağış, sıcaklık ve türbülanslı gizli ısı akısı) arasındaki doğrusal ilişkileri Türkiye geneli için incelemiştir. Bitki gelişiminin izlenmesinde önem taşıyan NDVI ile vejetasyon dinamiğini büyük oranda etkileyen LAI değişimlerinin birlikte incelenmesinin önemi, Cihlar ve diğ. (1991) tarafından vurgulanmıştır. GIS (Geographic Information Systems) içinde LAI'nin modellenmesine yönelik bir eşitlik, Zhangshi ve Williams (1997) tarafından geliştirilmiştir. Buna göre:

$$LAI_i=LAI_{mak}*(NDVI_i-NDVI_{min})/(NDVI_{mak}-NDVI_{min}) \quad \textbf{(1.8)}$$

Eşitlikte i; incelenen zaman aralığını temsil eden bir işarettir.

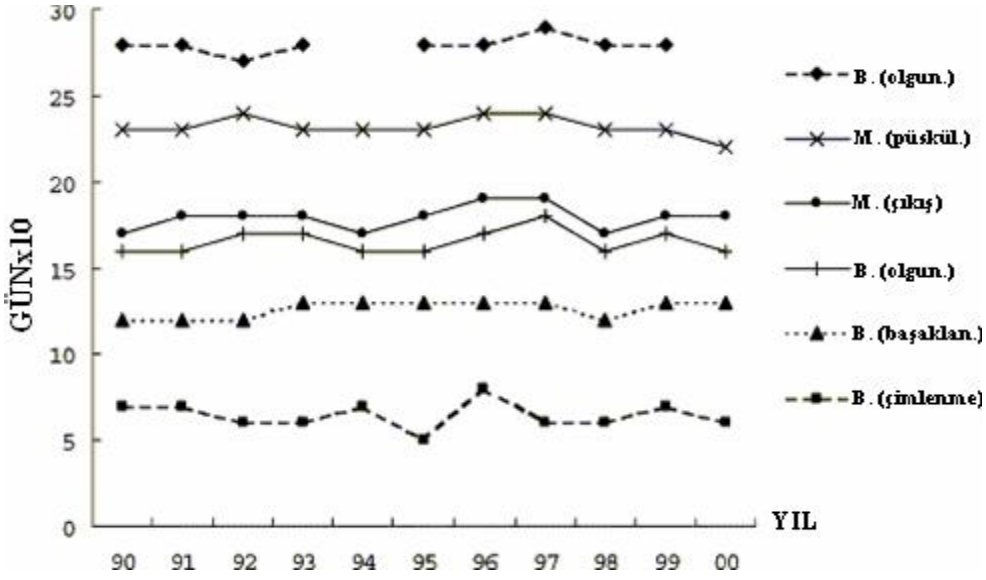
Mandal ve diğ. (2003), belirli bir toprak tipi için pirinç ve buğday bitkilerinin gelişme dönemleri boyunca NDVI değerlerini takip etmiştir. Çalışmada her iki bitki için de gelişme dönemi başlangıcından itibaren NDVI'ın artarak bir maksimuma ulaştığı, gelişme döneminin sonlarında ise, NDVI'ın giderek azaldığı saptanmıştır. Örneğin, mısır bitkisi için ekimden 62 gün sonra maksimum NDVI değerinin gerçekleştiği, buğday bitkisi için ise, ekimden sonraki 90. günde bu durumun ortaya çıktığı görülmüştür. Uydu ölçümleri ile yeryüzeyi üzerinde yapılan fenolojik

ölçümlerin uzun yıllar için birbirini tamamlayıcı şekilde ele alınması, özellikle ilkbaharda artan fotosentetik aktivite ile iklim değişimi arasındaki ilişkinin ortaya konmasına yardımcı olmaktadır. Bu amaçla Schwartz (1998), bir model kullanarak yeşil bitki örtüsündeki değişimin aynı dönemdeki iklimsel değişimlere olan paralelliğini 1900'lü yılların başına kadar ortaya koymuştur. Xin ve diğ. (2002), Çin'in kuzeyi için kışlık buğday ve yazlık mısırın fenolojik aşamalarını NOAA/AVHRR verileri yardımıyla izeyerek haritalamıştır. Araştırmada buğday hasadından hemen sonra araziye mısır ekilmiş ve 1990-2000 arası dönemde her bir tür için altı adet fenolojik aşama, değişen NDVI değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir (Şekil 1.3). Fenolojik aşamaların gerçekleşme salınımları da on yıllık inceleme dönemi için elde edilmiştir (Şekil 1.4). Bunun yanı sıra, onar günlük periyotlarda alınan NDVI verilerindeki değişim, arazi üzerinde yapılan fenolojik gözlemlerle de karşılaştırılmış ve sonuçların oldukça iyi uyuştuğu görülmüştür (Şekil 1.5).

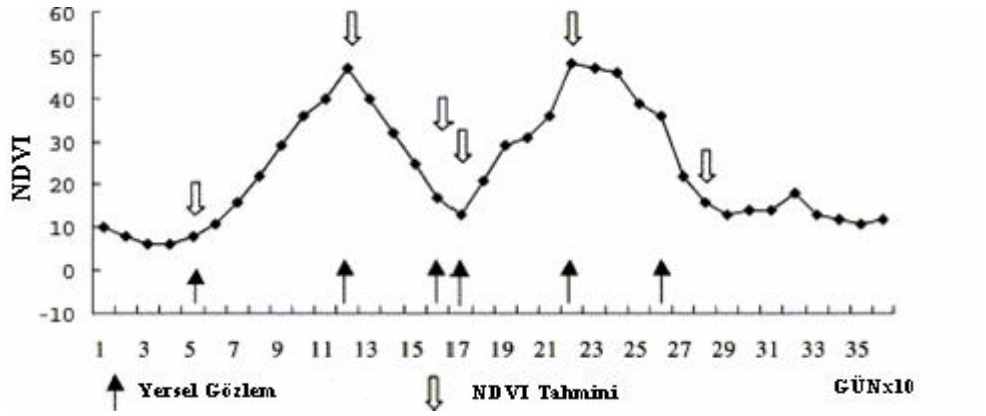


Şekil 1.3 : Kuzey Çin'de yıllık NDVI salınımları ve fenolojik aşamalar (Xin ve diğ., 2002)*.

*NDVI değerleri 100 ile çarpılmıştır.



Şekil 1.4 : Yıllık NDVI Değerlerinden Elde Edilen Fenolojik Aşama Değişimlerinin Karşılaştırılması (Xin ve diğ., 2002)*.



Şekil 1.5 : Belirli Bir Noktada Gözlenen ve NDVI ile Belirlenen Fenolojik Aşamaların Karşılaştırılması (Xin ve diğ., 2002)*.

*NDVI değerleri 100 ile çarpılmıştır.

Güneş ışınımının yüzeye geliş açısının bitkinin spektral özelliklerine etkisinin dikkate alındığı bir çalışma, Asrar ve diğ. (1985) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada bir regresyon eşitliği ve bir de dolaylı yöntem kullanılarak buğdayın farklı kültürtipleri için LAI değerleri tahmin edilmiştir. Turner ve diğ. (1999), bitki gelişiminin, veriminin, evapotranspirasyonun ve yüzey enerji dengesinin izlenmesinde ve tahmininde LAI değerlerinin yol gösterici olduğunu vurgulamıştır. Araştırmacılar bu noktadan hareketle Landsat TM spektral vejetasyon indisleri ile LAI arasındaki ilişkiyi üç farklı sıcaklık bölgesi için ele almıştır. Çalışmada toprak koşullarına göre ayarlanmış vejetasyon indeksi de (Huete ve diğ., 1997) kullanılmıştır. Sonuçta yüksek LAI'ların yaşlı orman arazilerinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Nisbeten genç bitki örtüsüne sahip alanlarda ise LAI değerinin biraz daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Ferrio ve diğ. (2005), 5 farklı arazide 25 farklı durum buğdayı kültürtipi için 400nm-1000nm arası bitki yüzeyi yansıtım değerleri ile verim arasındaki ilişkiyi araştırmış ve sonuçta düşük ilişkiler belirlemiştir. Mirik ve diğ. (2007), buğday yaprak bitinin bitkiye verdiği zararın bitki yüzeyi yansıtım değerleri ile ilişkilendirilebileceğini, r^2=0.91'e varan oranlarda hesaplamıştır.

1.2.4 Kuraklık ve kuraklık indeksleri

Kuraklık ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda, kuraklığın kurak ve yarıkurak bölgelerin doğal iklimi olarak kabul edildiği görülmüştür (Gbeckor-Kove, 1989). Erinç (1965), geliştirdiği indekste kuraklık sınıflarını, incelenen yılın toplam yağışı ile sıcaklıkları birbirine oranlayarak belirlemiştir. Çalışmada yağış, buharlaşma, toplam su miktarı, toplam su eksikliği, toprak nemi kullanımı ve toprak nemi değerleri Türkiye için haritalar üzerinde elde edilmiştir. Kuraklığın şiddeti ile frekansının belirlenmesi ve şiddetli kuraklıkların tesirine en fazla maruz kalan bölgelerin ortaya çıkarılması gerektiği üzerinde durulmuştur. Araştırmalar sonunda Türkiye için Güneydoğu, Akdeniz, Ege, İç Anadolu Bölgeleri yılın 6-7 ayı kurak, Marmara ve Doğu Anadolu Bölgeleri 5-6 ay kurak, Doğu Anadolu, Doğu ve Batı Karadeniz Bölgeleri 2-4 ay kurak, özel olarak Of ve civarı ise, sürekli sulak olarak belirlenmiştir.

Erinç, kuraklığın sebepleri arasında ise ormanlık alanların yok edilmesini ve genellikle buna bağlı olarak yüzey akışının artmasını, taşkın, sel olaylarını göstermiştir. Palutikof (1986), kuraklığa meyleden iklim koşullarına sahip bölgelerde

regresyon analizi gibi istatistiksel yöntemlerle ve su dengesi modeli ile kısa ve uzun vadeli tahminler yapılmasını tavsiye etmiştir.

Sharma (1997), olasılık yoğunluk fonksiyonu vasıtasıyla kuraklığın sıklık analizini yapmayı denemiştir. Çalışmada ekstrem kuraklık süresinin belirlenmesi amacıyla öncelikle kuraklık serisi standartlaştırılarak dağılım normal dağılıma uydurulmuş, ardından kesme seviyesi belirlenenerek sonuca gidilmiştir. Yağışın modellenmesi amacıyla model parametrelerindeki mevsimsel değişikliklerin tarifinde Fourier katsayıları kullanılmaktadır. Woolhiser ve Pegram (1979) tarafından yapılan çalışmada, Fourier katsayılarının maksimum olasılık tahmini, nümerik optimizasyon teknikleri vasıtasıyla tahmin edilmiştir. Elde edilen katsayı değerleri harita üzerinde yağışa bağlı olarak iklimin temsil edilmesini sağlamıştır. Stern (1980), Nijerya'da günlük yağış verileri için stokastik bir model incelemesi yapmış ve bu amaçla Markov Zinciri'ni kullanmıştır.

Kuraklığın araştırıldığı çalışmaların Türkiye'deki ilk örneklerinden biri, Tümertekin (1955) tarfından yapılmıştır. Çalışmada De Martonne İndeksi kullanılmış ve 1930-1951 yılları arasını kapsayan dönemde her yıl için 22 harita elde edilmiştir. Haritalar, kurak alanların yıllık ortalama dağılımını ve bu alanların büyüklüklerinde meydana gelen değişimleri göstermektedir. Sonuçta, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri başta olmak üzere Ege'nin ve Çukurova'nın da kurak bölgelere karşılık geldiği balirlenmiştir. Yine Tümertekin (1956) tarafından yapılan bir çalışmada, De Martonne ve Thornthwaite eşitlikleri yardımıyla Türkiye'de kurak ayların sayısı araştırılmış ve ülkemizde kuraklık süresinin coğrafi dağılışına bir yaklaşım sağlanması denenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda Türkiye'de ortalama kurak devrenin 3-6 ay arasında değiştiği, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Bodrum ve Marmaris çevreleri ile Çukurova'da ise en uzun kurak dönemlerin tecrübe edildiği görülmüştür. Karadeniz Bölgesi'nin kıyıya paralel dağ kuşağı boyunca yıl içinde hiç bir kurak evrenin var olmadığı da ayrıca tespit edilmiştir. Erinç (1969), Türkiye'nin kurak, yarıkurak ve nemli bölgelerinin belirlenmesi amacıyla çok sayıda istasyona ait uzun yıllık veriyi dikkate almıştır. Sezer (1988), Türkiye için bir yağış etkinliği indeksi önermiştir. Bu indeks, belirli bir gelişme dönemi boyunca altı aylık, mevsimlik ve yıllık sonuçlar vermektedir. Yıllık indeks, çalışmada buharlaşma rasadının yapıldığı 57 adet meteoroloji istasyona uygulanmış ve sonuçta ülkemizin %17.5'inin yarı kurak, %51'inin yarı nemli, %26.3'ünün nemli ve %5.3'ünün ise çok

nemli olduğu sonucuna varılmıştır. Erdoğan (1989), 1938-1988 arası su yılı verilerini incelemiş ve 1973 dışında hiçbir yılda Türkiye'deki tüm nehirlerin birden su eksikliği göstermediğini belirtmiştir. Çalışmada birbirini takip eden dört ve daha fazla sayıda yıl boyunca akım değerlerinin ortalamanın altında gerçekleşmesinin sürekli kuraklık olacağı kabulü yapılmıştır. 1954-1955, 1960-1961 ve 1972-1973 dönemlerinde Türkiye'de geniş çaplı kuraklık meydana gelmiş ve son dönemdeki kuraklık ülkenin tamamına yayılmıştır. Araştırmacı, ele aldığı 50 yıl için sürekli su eksikliğinin 1970'li yılların ilk yarısında söz konusu olduğunu sonuç olarak vurgulamıştır.

Dünya'da iklim değişiminin belirlenmesi amacıyla trend analiz çalışmaları yapılmaktadır. Meteorolojik faktörlerin trend analizleri konusunda, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümünde de değişik bölgeler için araştırma çalışmaları yapılmıştır. Kadıoğlu ve Şen (1998) tarafından yağışın zamansal ve yersel dağılımının tespiti amacıyla çalışmalar yürütülmüştür. 1998 yılında yapılan bir çalışma ile Türkiye'nin Harmonik analiz yöntemi ile yağışın durumu tespit edilmeye çalışılmıştır (Kadıoğlu ve diğ., 1999). Özellikle Tarımsal açıdan önemli olan ve sıcaklığın bir fonksiyonu olan büyüme derece gün değerlerinin Türkiye'deki trendinin tespiti ile ilgili çalışmalar Kadıoğlu ve Şaylan (2001) tarafından yapılmıştır. Buna göre Türkiye'de dikkate alınan istasyon sayısına bağlı olarak bitki gelişme dönemlerinin trendinin yersel ve zamansal dağılımı tespit edilmiştir. Şen (1989, gidişler teorisi ile kuraklığı tahmin etme çalışmaları yapmıştır.

Küresel iklim değişimi ile ilgili bazı tahminlere göre ülkemizinde içinde bulunduğu enlemlerde hava sıcaklığı artacak, yağışlar ise kışın artarken yazın azalacaktır. Bu durum bilhassa suyun tarımsal üretimde önemli bir girdi olduğu ülkemizde kuraklık sorunu ile gelecekte karşı karşıya kalabileceğimizi göstermektedir. Doğal afetlerin en sinsilerinden biri olan kuraklığın bu araştırma alanında takip edilmesi son derece yararlı olacaktır. Kuraklık ve etkileri ile iklim değişiminin tarımsal meteorolojik etkilerinin belirlenmesi konusunda İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümünde de özellikle son 10 yıllık dönemde çalışmalar yapılmıştır (Çaldağ ve diğ., 2004; Şaylan ve diğ., 1995, Şaylan ve diğ., 2003; Şaylan ve Özen, 1997; Durak ve Şaylan, 1998). Şaylan ve Çaldağ (2000), kışlık buğday tarımı yapılan bir arazide birbirini izleyen iki sezon için iki farklı bitki iklim modelini arazi uygulamalarından sağlanan verilerle destekleyerek çalıştırmış ve

gelişme dönemlerinin yağış değişimine karşı kültürtiplerinin hassasiyetini araştırmıştır. Şaylan ve diğ. (2003), Trakya Bölgesi'nde yağışın rejimini ve kimyasal niteliklerini ortaya koyan bir araştırma çalışması yapmıştır. Narasimhan ve Srinivasan (2005), buğday yetiştirilen araziler üzerinde SWAT Modeli kullanımıyla toprak su içeriği ve evapotranspirasyon simulasyonları yapmış, bu değerlerden yola çıkarak ise toprak su içeriği açığı ve evapotranspirasyon açığı indekslerini elde etme yoluna gitmiştir. Sonuçta buğday gelişim miktarı ile bu iki indeks arasında bazı gelişme aşamalarında yüksek ilişkiler (r=0.75) ortaya çıkmıştır. Özkoca ve diğ. (2008), Edirne için uzun yıllık kuraklık durumu araştırmasını ile ait kayıtlardan hidrolojik döngü bileşenlerini de elde ederek gerçekleştirmiştir.

2. ARAŞTIRMA ALANLARININ ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada Trakya Bölgesi içinde buğday ve çeltik tarımı yapılan illerdeki arazilerin yanı sıra, birden fazla türe ait homojen orman arazileri de ele alınmıştır. Öncelikle bölgenin tarımsal meteorolojik özelliklerinin belirlenmesini gerektiren mevcut genel iklimsel ve tarımsal yapısı kısaca tanıtılmıştır.

2.1 Trakya Bölgesi'nin İklim ve Tarım Özellikleri

Tez çalışmasında incelenen Trakya Bölgesi, Türkiye'nin kuzey batısında yer almakta ve 40°-42^{o} kuzey enlemleri ile 26°-29^{o} doğu boylamları arasında Edirne, Tekirdağ, Kırklareli illerinin tamamı ile İstanbul ve Çanakkale illerinin Avrupa tarafında kalan kısmını kapsamaktadır. Bölgenin toplam alanı yaklaşık 2.5 milyon ha'dır ve bu değer Türkiye yüzölçümünün %3.1'ini oluşturmaktadır (Çizelge 2.1). Bu arazinin %60'ı tarım arazisi (1.4 milyon hektar, ha), %30'u orman (843000 ha), %5'i çayır-mera (125000 ha), kalanı yerleşim yerleri ve su yüzeyleridir. Bölgede 105 adet sulama göleti ve 10 adet sulama barajı mevcuttur. Sürülebilir arazilerin %88'inde (1.2 milyon ha) kuru tarım, %12'sinde (160 bin ha) ise sulu tarım yapılmaktadır.

Bölgede tarımı yapılan ürünlerin başında buğday (*Triticum aestivum* L.), ayçiçeği (*Helianthus annus* L.) ve çeltik (*Oryza sativa* L.) gelmektedir. İstanbul'un 3 ilçesi ile Kırklareli, Edirne, Tekirdağ ve Gelibolu'da tarım arazilerinin %48'i hububat (500000 ha, ülke ekiliş alanının %0.4'ü, üretiminin %2'si), %26'sı ayçiçeği tarımı (375000 ha, ülke ekiliş alanının %75'i ve üretiminin %80'i), %2.5'i çeltik (30000 ha, ülke ekiliş alanının %45'i ve üretiminin %50'si) amacıyla işlenmektedir. Tekirdağ'da ilave olarak bağcılık (bağ ve bahçe arazileri yaklaşık 10000 ha), şeker pancarı, mısır ve virjinya tütün (9000 ha) tarımı da yapılmaktadır (Bakanoğulları, 1998). Trakya'da, Türkiye buğday ekim alanının yaklaşık %5'i (630.000ha) kadar bir alanda buğday tarımı yapıldığı halde üretimin %15'i (2.574.832 ton) karşılanmaktadır (Bakanoğulları, 1998).

Çeltik (pirinç) Türkiye'de en fazla Marmara Bölgesi'nde yetiştirilmektedir. Bu durumu Karadeniz Bölgesi izlemektedir. Pirinç üretimi bakımından kendine yeter durumda olmayan Türkiye'de en yüksek çeltik üretimi Edirne ilindedir ve yılda 83000 ton'a yakın bir üretim vardır. Edirne'yi üretim bakımından Samsun ili yaklaşık 24000 ton/yıl ile takip etmektedir. Ülkemizin ortalama çeltik verimi ise 366.1kg/da'dır (Bakanoğulları, 1998). Edirne'de bulunan Trakya Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü'nde 1980'li yıllar ile 2002 arasında Baldo ve Rocco türü çeltik üzerinde yapılan araştırma çalışmaları kayıtlarına göre ortalama verim 700 kg/da'dır. Yine 2002 yılında Türkiye'nin yıllık çeltik üretimi 400000 ton olarak kaydedilirken, pirinç üretimi ise 240000 ton olarak gerçekleşmiştir (http://www.aeri.org.tr/pdf/bks/3-15.pdf).

Yaklaşık 6000 yıllık bir yerleşim bölgesi olan Trakya'da özellikle Yıldız Dağları'nın Karadeniz'e bakan yamaçları sık bir orman örtüsü ile kaplıdır. Kısmen Kırklareli ormanlarını temsil eden bu bölgenin nemli orman alanının orta bölümü sık bir orman altı florasına sahip, kayın ormanları ile kaplıdır. Bu sahanın etek kesimlerinde ise meşe ye gürgen Ormanları yayılmaktadır. Kuzey yamaç boyunca 300 m.den sahile doğru olan saha meşelerle kaplıdır. Karasal ekosistem içinde Yıldız Dağları ve burada yer alan Longos ormanları, biyolojik çeşitliliğin en fazla olduğu bölgelerdir (http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/kirklareli05.pdf). Tekirdağ ormanlık alan bakımından ülke ortalamasının altında olup, il ormanlarının %61'i meşe baltalığıdır. Edirne'de başta Keşan, Enez, İpsala ilçelerinde olmak üzere geniş orman alanlarının ibreli ağaç türleri arasında kızılçam baskınken, geniş yapraklı ağaçların homojen dağıldığı alanlarda meşe başı çekmektedir. Trakya'nın orman varlığının ekonomik önemi ve bölgenin özellikle ibreli ağaçlara sahip ormanlarının yüksek verim gücünde yetişme ortamı koşullarına sahip olduğu, çok sayıda çalışmada vurgulanmıştır (Tolunay, 1996; Makineci, 1997). 1963-1995 yılları arasını kapsayan bir araştırmanın sonuçlarına göre bölgenin orman alanları (m^2) azalırken, ağaç serveti (m^3) artmıştır (Makineci, 1997). Trakya'nın genel toprak yapısı da çeşitlilik göstermekte olup, kahverengi orman toprağı, podzolik topraklar, rendzinalar ve grumusoller ile temsil edilmektedir (http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari-/edirneicd2007.pdf; http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/tekirdagicd2007.pdf).

2000 yılı nüfus sayımı sonuçlarına göre Trakya'nın İstanbul dışında kalan kesiminde yaklaşık 1.3 milyon insan yaşamakta olup, bu miktar ülke nüfusunun yaklaşık %2'si

ile temsil edilmektedir (TKB, 2005). Trakya Bölgesinin kentsel alanında km^2'ye 51 kişi düşerken, bu değerin Türkiye ortalaması ise 59 kişidir. Kırsal alanda bölge ortalaması 49 kişi/km^2, ülke ortalaması 41 kişi/km^2'dir. Köyden kente göç oldukça azdır. Trakya'da kişi başına düşen alan ülke ortalamasının üzerindedir. Bölgede nüfusun %83'ü kendi arazisini işlemekte, nüfusun %17'si ise kiraladığı arazileri işlemektedir. Aşağıdaki Çizelge 2.1, arazi kullanımı bakımından Trakya Bölgesi'nin Türkiye içindeki durumunu yansıtmaktadır.

Çizelge 2.1 : Türkiye'de ve Trakya'da Arazi Kullanım Durumu (Bakanoğulları, 1998).

Arazi Kullanımı	Ülke (ha)	%	Trakya (ha)	%	Ülkeye göre %
1- Yüzölçümü	77.796.000	-	2.476.000	-	3.1
2- Tarım arazisi	27.699.000	35.6	1.385.000	55.9	5.0
a. Kuru tarım	23.699.000	85.6	1.225.000	88.4	5.1
b. Sulu tarım	4.000.000	14.5	160.000	11.6	4.0
3- Orman	23.350.000	30.0	670.000	27.0	2.8
4- Çayır-Mer'a	21.746.000	28.0	127.000	5.1	0.6

Trakya Bölgesi'nde illere göre arazi kulllanım durumu, aşağıdaki Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Trakya'nın İllere Göre Arazi Kullanım Durumu (Bakanoğulları, 1998).

İl	Toplam Alan (ha)	Tarım Arazileri (ha)	Çayır+ Mera (ha)	Orman+ Funda (ha)
Kırklareli	655.036	324.122	31.506	294.511
Edirne	627.595	446.115	32.930	107.989
Tekirdağ	621.788	468.865	44.996	127.870
İstanbul(Avrupa Y.)	297.394	132.238	15.899	149.257
İstanbul(Anadolu Y.)	259.606	17.762	4.101	106.743
İstanbul(Toplam)	557.000	150.000	20.000	256.000
Gelibolu ve Eceabat	129.600	58.125	1.118	57.206
TOPLAM	2.591.019	1.312.000	130.550	843.576

Trakya'nın ikliminde bölgeyi güneyden ve kuzeyden sınırlayan dağ sıraları ile denizlerin konumu etkindir (Irmak ve diğ., 1980). Kuzeyde Yıldız dağları 'nın oluşturduğu yükselti Karadeniz'in etkisinin içeriye sokulmasını önlemekte, güneyde ise Işık ve Koru Dağları Ege Denizi etkisinin İç Trakya'ya ulaşmasının önüne geçmektedir (Ege Denizi'nin etkisi ancak Meriç ve Ergene Vadilerinden iç kesimlere sokulur). Bölgede Kırklareli 232 m, Edirne 48 m, Tekirdağ 10 m, İstanbul 10 m, Gelibolu 10 m rakımındadır. Bu illere ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri aşağıdaki Çizelge 2.3'te gösterilmiştir:

Çizelge 2.3 : Trakya'nın illere göre yağış ve sıcaklık ortalamaları (1975-2005).

Aylar	KIRKLARELİ		EDİRNE		TEKİRDAĞ		ÇANAKKALE	
	Yağış (mm)	Sıc. (°C)	Yağış (mm)	Sıc. (°C)	Yağış (mm)	Sıc. (°C)	Yağış (mm)	Sıc. (°C)
1	51.5	3.4	51.5	3.1	66.4	5.3	91.7	6.4
2	38.8	4.2	45.1	4.6	50.4	5.3	62.7	6.4
3	42.1	7.3	48.0	8.1	51.8	7.5	63.6	8.3
4	44.9	12.2	48.1	13.1	47.6	11.8	52.5	12.5
5	50.5	17.2	55.9	17.9	41.6	16.2	34.3	17.4
6	50.3	21.5	38.4	22.3	37.8	20.7	20.3	22.4
7	25.7	24.1	31.1	24.4	26.3	22.9	12.9	25.0
8	23.1	24.8	28.0	24.0	18.8	23.3	4.3	24.7
9	24.8	19.9	34.0	20.3	31.0	20.0	16.7	20.8
10	47.9	13.2	50.1	14.8	57.7	14.9	45.6	16.1
11	73.4	9.2	74.1	9.0	74.2	10.8	93.0	11.4
12	65.5	5.0	67.9	4.5	80.3	7.1	105.1	8.1
Ort.	**538.5**	**13.5**	**572.3**	**13.8**	**583.9**	**13.8**	**602.7**	**15.0**

2.2 Verisi İncelenen Meteoroloji İstasyonları ve NDVI Alanları

Tez çalışmasında Trakya Bölgesi'nde Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü'ne ve Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü'ne (KATSKAE) ait meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılmıştır. İstasyonlar arasında ortak periyodluluğun sağlanması amacıyla 1975-2005 arası verilere sahip meteoroloji istasyonlarının verileri çalışmada değerlendirilmiştir. NDVI verileri, National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer'e (NOAA/AVHRR) ait olup, bu veriler Alman Uzaktan Algılama Merkezi'nden Dresden Teknik Üniversitesi Meteoroloji Bölümü vasıtasıyla sağlanmıştır. NDVI verileri 1995 yılından 2002 yılına kadar temin edilmiştir. 2002-2005 arası döneme ait NDVI verisi de TÜBİTAK'tan (BİLSAT) temin edilmiş, ancak çalışmada dikkate alınan koordinatlara ait verilerin önemli derecede eksik olması nedeniyle kullanılamamıştır.

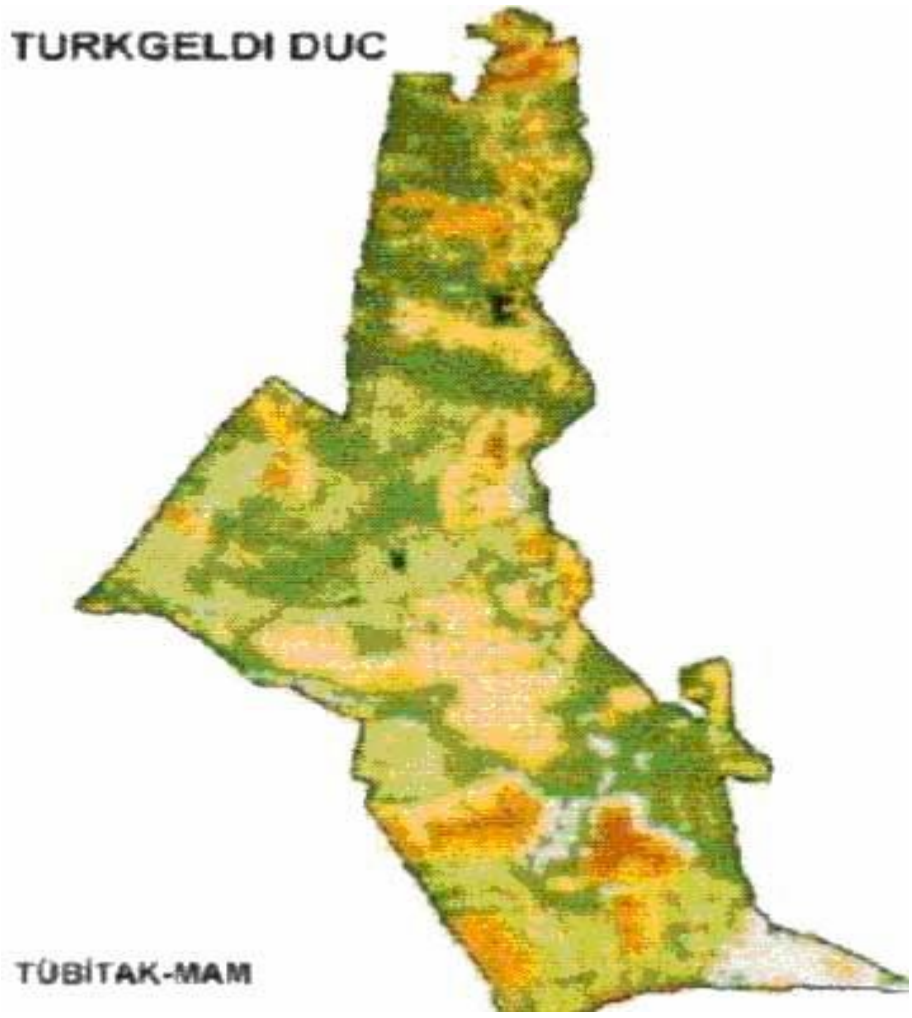
Öncelikle Trakya Bölgesi'nin bitki dokusunun incelenmesi, araştırmanın yapılacağı arazinin seçilmesi ve tarımsal bilgi veri tabanının oluşturulması için Trakya Bölgesi'nde bir inceleme yapılması üzerinde durulmuştur. Trakya Bölgesi'ne çeşitli tarihlerde yapılan seyahatlerle, NDVI ile ilgili çalışmanın yürütüleceği yerlerin tespit edilmiş bu amaçla en uygun yerlerin belirlenmesi için uzmanlarla görüşülmüş ve araziler gezilerek koordinatlar alınmıştır. İlgili yerlerin belirlenmesinde dikkat edilen bir diğer önemli husus da arazinin genişliği, bitki örtüsünün homojenliği ve yeterli

fenolojik-meteorolojik veri tabanının mevcudiyetidir. Bu amaçla bölgede koordinatları belirlenen tarım ve orman alanları ile ilgili aşağıdaki Çizelge 2.4 verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Trakya Bölgesi'nde incelenen tarım ve orman arazilerine örnekler.

BÖLGE	ENLEM	BOYLAM	BİTKİ TÜRÜ
Lüleburgaz	41º 22' 34''	27º 18' 29''	Ayçiçeği/Buğday
İpsala (Paşaköy)	40º 52' 19''	26º 17' 50''	Çeltik
Kırklareli	41º 42' 09''	27º 12' 36''	Buğday
Edirne	41º 38' 23''	26º 35' 58''	Çeltik
Edirne	41º 38' 54''	26º 35' 55''	Ayçiçeği/Buğday
Demirköy	41º 48' 27''	27º 43' 04''	Kayın
Demirköy	41º 50' 16''	27º 43' 04''	Meşe
Keşan (Karadağ)	40º 42' 25''	26º 46' 03''	Kızılçam
Keşan (Karadağ)	40º 40' 23''	26º 43' 08''	Kızılçam
Çanakkale	40º 15' 38''	26º 19' 12''	Kızılçam

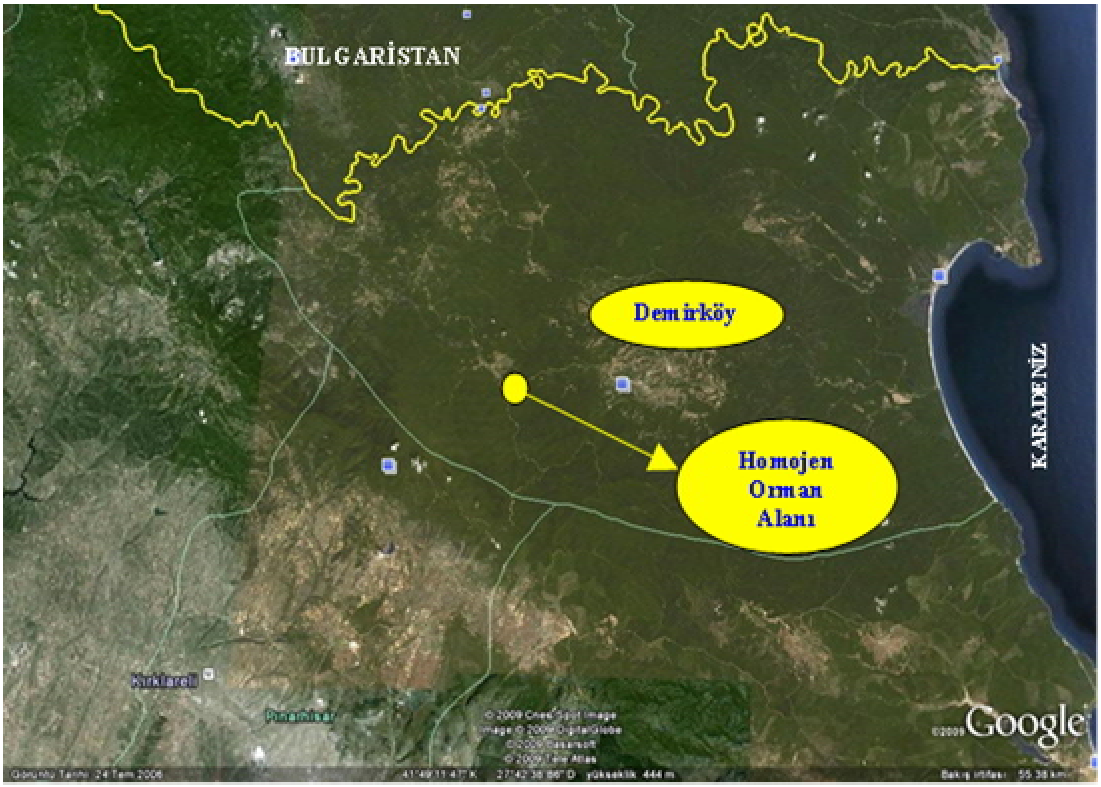
Buğday için Kırklareli ili Lüleburgaz ilçesinde bulunan Türkgeldi Tarım İşletmesi'nde uzun yıllardır buğday bitkisinin geniş alanlarda ekildiği bölge seçilmiştir. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2, sırasıyla ilgili işletmenin krokisini ve işletme arazisi üzerinde belirlenen buğday ekili bir parseli göstermektedir. Aynı şekilde Kayın ve Meşe ormanları, Kırklareli ili merkezine bağlı ve Demirköy ilçesine bağlı ormanlık alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 2.3). Tarım ve Köy işleri bakanlığına bağlı Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Arazisi bitki model çalışması için belirlenmiş ve NDVI için koordinatlar alınmıştır (Şekil 2.4). Edirne ili İpsala ilçesinde geniş çeltik alanlarının bulunduğu bölgede NDVI çalışması için gerekli koordinatlar arazide ölçülmüştür (Şekil 2.7 ve Şekil 2.8).



Şekil 2.1 : Türkgeldi tarım işletmesi uydu görüntüsü (http://www.mam.gov.tr).



Şekil 2.2 : Türkgeldi tarım işletmesi arazisi üzerinde seçilen buğday ekili alan.



Şekil 2.3 : Kırklareli-Demirköy'de ormanlık araziden seçilen parsel (http://earth.google.com; Kantarcı, 2004).



Şekil 2.4 : Kırklareli ili Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Arazisi'nde model uygulaması için belirlenen parsel.

Edirne'de Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde buğday, çeltik ve ayçiçeği için mevcut fenolojik veriler alınmış ve NDVI için gerekli koordinatlar ölçülmüştür (Şekil 2.5 ve Şekil 2.6).



Şekil 2.5 : Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü çeltik arazisinde koordinat tespiti.



Şekil 2.6 : Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde ayçiçeği parseli.

Yine Edirne/İpsala'da uygun çeltik arazilerinin araştırılması ve kordinatlarının belirlenmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Edirne/İpsala'da çeltik arazisi üzerinde koordinat tespiti.

Trakya Bölgesi'ne çeşitli tarihlerde araştırma alanlarının tespiti amacıyla gidilmiştir. Bunun sonucunda tez çalışması ile ilgili NDVI verisinin temin edileceği koordinatların ölçülmesi tamamlanmıştır. Koordinat tespitinde, yukarıda belirtildiği gibi en uygun yerlerin belirlenmesi için uzmanlarla görüşülmüş ve arazinin genişliği, bitki örtüsünün homojenliği ve yeterli fenolojik-meteorolojik veri tabanının mevcudiyeti dikkate alınmıştır.

Bitki gelişiminin özellikle kurak dönemlerdeki davranışının karşılaştırmalı olarak ele alınması amacıyla tarım arazileri üzerinde belirlenen NDVI değerleri, seçilen orman arazileri için de elde edilmiştir. Bu amaçla:

- Kırklareli İli Demirköy mevkiinde bulunan ormanlık alanda homojen meşe ve kayın arazileri seçilerek koordinat tespiti gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.8, Şekil 2.9).
- Edirne'nin Keşan ilçesinde bulunan Orman İşletme müdürlüğü ziyaret edilerek uygun orman arazileri araştırılmıştır. Sonuçta 1967'den bu yana ağaçlandırmaya tabi tutulan Karadağ mevkiinde kızılçam için koordinatlar ölçülmüştür (Şekil 2.10).
- Çanakkale ili Eceabat Orman İşletme Şefliği ziyaret edilerek bölgedeki milli park içindeki uygun arazi seçilmiş ve yine Kızılçam için koordinatlar belirlenmiştir. Arazi seçiminde yüzeyin NDVI değişimi hakkında çarpıcı

sonuçlar verebileceği düşünülerek 1994 yılında yangına maruz kalmış bölge ele alınmıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2.8 : Kırklareli/Demirköy'de kayın ormanlık alanından bir görünüm.



Şekil 2.9 : Kırklareli/Demirköy'de meşe ormanlık alanından bir görünüm.



Şekil 2.10 : Edirne/Keşan'daki kızılçam alanından bir görünüm.



Şekil 2.11 : Çanakkale/Eceabat Milli Parkı kızılçam alanı.

3. YÖNTEM

3.1 CERES-Wheat ve CERES-Rice Modelleri

Tez çalışmasında kullanılan ve CERES (Crop Environment Resource Synthesis) Modeller gurubu içinde yer alan CERES-Rice ve CERES-Wheat Modelleri, 1982 yılında başlayan ve sürekli güncellenen IBSNAT (International Benchmark Sites for Agrotechnology Transfer) Projesinin alt birimlerindendir (IBSNAT, 1986; Hoogenboom ve diğ., 1994; Tsuji ve diğ., 1994). IBSNAT temelinde, ticari üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği arazilerde gelişme dönemleri boyunca meydana gelebilecek toprak-bitki-atmosfer değişimlerinin olumlu ve olumsuz etkilerinin ortaya konarak gerekli tedbirlerin alınması amaçlanmıştır. Bu noktada projenin en önemli fayda gerekçesi, zaman ve masraf kaynağı arazi deneylerini özellikle gelişmekte olan ülke arazilerinde aza indirgeyen çözümler sunmaktır. Bitki-iklim modelleri söz konusu çözümlerin dayanağını temsil etmekte olup, seçilen modeller IBSNAT içindeki DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) yapısında bir araya getirilmiştir (Çaldağ, 2000). Üretim tedbirlerinin niteliği, niceliği ve zamanlaması, DSSAT yapısını meydana getiren araştırmalar bütününün inceleme konusudur. Bu amaçla aralarında araziye ekilecek kültürtipinin belirlenmesi, sulama, ilaçlama, gübreleme, hasad tarihi seçimi gibi müdahalelerin bulunduğu çok sayıda işlem için uzun vadeli deneyler yürütülmüş ve ilgili yazılımlar ortaya konmuştur. Elde edilecek sonuçların tarımcılarla başlayıp tarımsal politik karar alma yetkisine sahip kişi ve kurumlara da uzanan bir yelpazede destek sağlaması ihtiyacı, söz konusu modellerin değişmesi beklenen koşullara paralel olarak sürekli güncellenmesini gerektirmektedir. Güncelleme çalışmaları zamanla coğrafi bilgi sistemlerini de içerecek hale gelmiştir. Böylece iklim değişimi gibi sonuçları küresel olabilecek süreçlerin tarım alanları üzerine etkilerinin de noktasal temelden bölgesel kapsama ulaşması ve konu ile ilgili yapılan ekonomik analizlerin doğruluğunun yukarı taşınması ihtiyacının karşılanması amaçlanmıştır.

DSSAT, geçmiş ve gelecekteki gelişme dönemlerine ait bazı verim parametrelerinin tahminine yönelik bir yapıdır. Bu amaçla geliştirilen arayüzey, kullanıcıya elindeki veriyi en iyi kullanabileceği modeli seçme, veri tabanını gereken formatta düzenleme ve uygulama seçeneklerini sunmaktadır. Elde edilen sonuçların güvenilirliği için öncelik, seçilen modellerin uygulama arazileri koşullarına göre ayarlanmasına (kalibre edilmesi) verilmektedir. DSSAT içinde gerçekleştirilen güncellemeler incelenmiş ve bu tez çalışmasında kullanılmak üzere DSSAT v3.5 sürümü, modelin geliştirildiği Hawaii Üniversitesi'nden temin edilmiştir.

Farklı türde birçok bitki için geliştirilen ve geliştirilmekte olan modeller, DSSAT içinde sınıflandırılarak dinamik bir dış yapı sağlanmıştır. Mısırı, buğdayı, darıyı ve arpayı içeren tahıl gurubu, tez çalışmasında faydalanılan CERES ana model yapısına dahildir. Bu yapı içinde yukarıdaki bitkileri temsil eden beş adet model mevcuttur. Yerfıstığı, soya fasulyesi ve kuru fasulye için simulasyon yapan baklagillerle ilgili modeller de ayrı bir ana model yapısı içindedir. Her gurubun veri girişine ve analizine yönelik ortak fonksiyonları, merkezi bir yapıdan idare edilmektedir.

DSSAT v3.5'in kullanıcı arayüzeyine ulaşıldığında beş seçenekle karşılaşılır:

Veriler: Model girdilerinin yapısal olarak düzenlendiği kısım

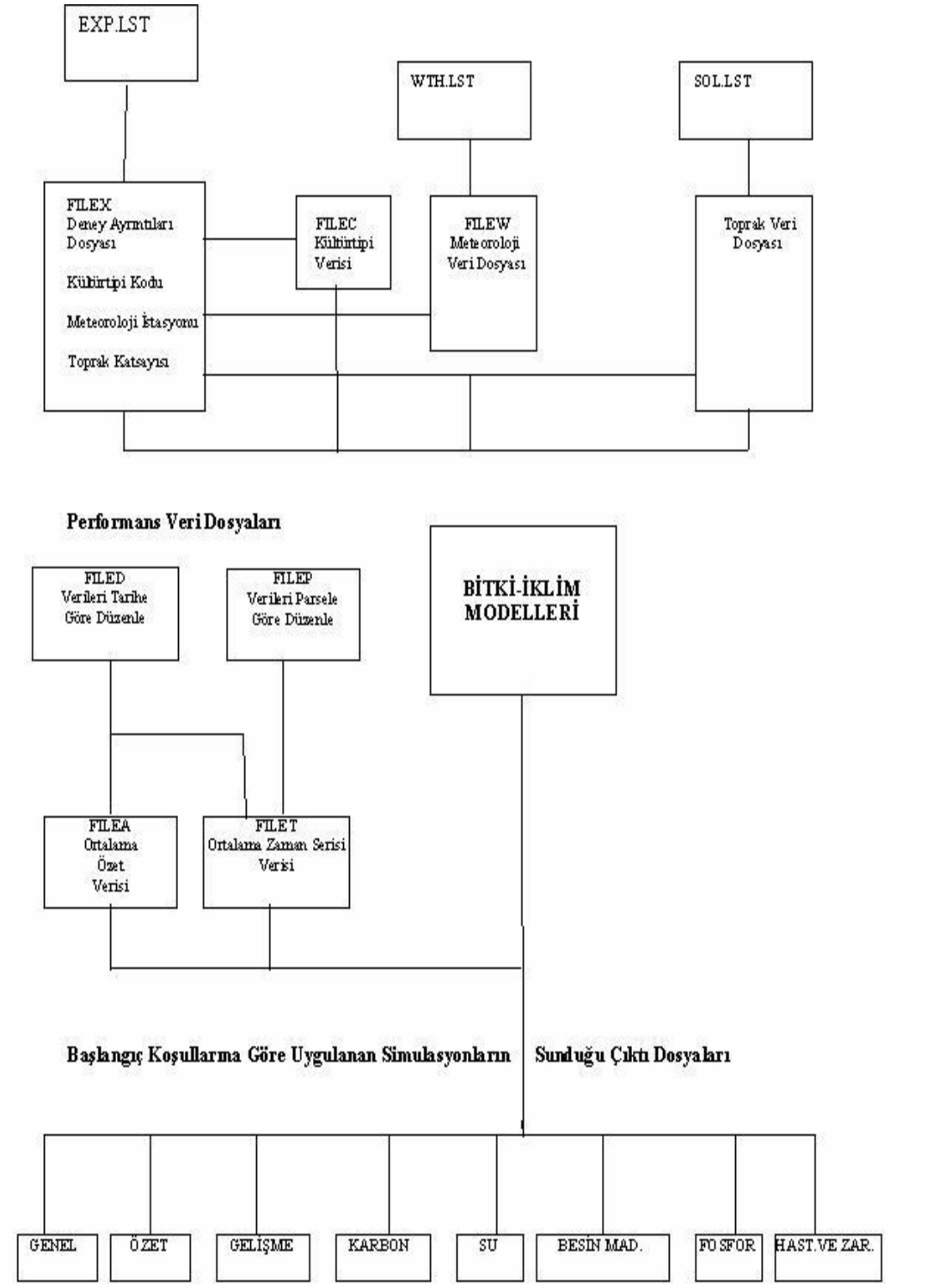
Modeller: Kullanılacak modelin gereksinimlerine ve seçimine imkan tanıyan, kalibre etme, veri değerlendirilmesi gibi uygulama birimlerini içeren kısım

Analizler: Yapılacak simulasyonlara özgü ek müdahalelerin gerçekleştirildiği kısım

Gereçler: Sisteme girişi, çıkışı idare eden ve modellerin dışında, ancak model girdilerini kullanabilen destekleyici seçenekleri içeren kısım

DSSAT yapısı, yukarıda belirtilen tahıllara ve baklagillerle ek olarak patates, domates, ayçiçeği gibi bitkilerle darı gibi yem bitkileri için de simulasyon imkanı vermektedir.

Aşağıdaki Şekil 3.1'de DSSAT içinde gerçekleştirilen hesaplamaları gösteren bir akış diyagramı yer almaktadır (Çaldağ, 2000):



Şekil 3.1 : DSSAT içinde gerçekleştirilen hesaplamalar (IBSNAT, 1986; Tsuji ve diğ, 1994).

DSSAT, yapısı içinde yer alan fonksiyonların çoğu için ara menüler içermektedir. Örnek olarak sistemin arşivi ile birlikte gelen ve önceden gerçekleştirilmiş uygulamaların tarla bilgilerini içeren tarla menüsü verilebilir. İnceleme işlemi, yeni kullanıcıya mevcut arşiv verisinden yararlanma ve formata uygun veri girme

konularında tecrübelenme imkanı sağlamaktadır. Kodlar, arazinin fiziksel özellikleri ve ekim döneminde araziye uygulanan işlemlerle ilgili kısaltmalar halinde ilgili dosya içinde bulunmaktadır. Bitki ara menü seçeneği özellikle bitki tipleri ve katsayıları ile ilgili bilgilere ulaşılmasını, gerekirse bunların yeniden hesaplanmasını içermektedir. Meteorolojik değişkenlerin ele alındığı menü seçeneğinde tüm atmosferik verinin uygun formatta ve birimde dosyalara girilmesi, eksik veri tamamlama gibi yönetim şıkları bulunmaktadır. Modeller meteorolojik değişkenlere ilave olarak dosya ismi, bölge ismi, iklim zonu, yıl, enlem, boylam, deniz seviyesinden yükseklik, yıllık ortalama sıcaklık gibi verileri içermektedir. Atmosfer dosyaları günlük verileri içermektedir. Ayrıca iklim dosyaları da mevcut olup, bu dosyalar günlük verilerin elde olmadığı durumlarda aylık ortalamalardan türetilmesi seçeneğini içermektedir. Atmosfer ara menüsü, meteorolojik verinin yönetimi ile ilgili müdahaleleri yapmaya imkan tanımaktadır. Bunların arasında dosyaya veri girilmesi, eksik verilerin tamamlanması, veri yorumuna yardımcı olan grafiksel gösterim ve bazı istatistiksel hesaplama seçeneklerinin sunulması sayılabilir. Toprak girdileri ile ilgili menü seçeneğinde, DSSAT modellerinin gerektirdiği toprak girdi tipi kodlarına ulaşılabilir. Benzer şekilde simulasyon arşivlerindeki toprak profili verisi de bu menüde incelenebilir. Kullanılacak modelde yeni bir toprak profili tanımlanacaksa toprakla ilgili olarak yapı, derinlik bilgileri ve coğrafi bilgiler girilmektedir. Toprakla ilgili eldeki girdiler yeni bir profilin tanımlanması için yeterli değilse, araştırma bölgesininkini temsil edebilecek bir toprak tipi kullanılabilmektedir. Bu kısımda pratikte toprakla ilgili profil girdileri, eğim, geçirgenlik, derinlik, kum, kil, silt içeriği gibi parametreler girilmektedir. Sonuçta kullanıcıların DSSAT yapısı içinde ihtiyaç duyduğu veri tiplerinin tamamı için arşiv dosyalarından faydalanma seçeneğinin olduğu görülmektedir

CERES-Wheat ve CERES-Rice modelleri, DSSAT genel yapısından bağımsız olarak incelendiğinde, bitki gelişimini yönlendiren süreçlerin temsil edildiği altı adet alt model içermektedir (Godwin ve diğ.., 1989). Alt modeller (programlar), bitkinin toplam kuru madde kazanımı ile sonuçlanan karmaşık reaksiyonların basit matematiksel ifadelere ayrıştırılarak zincirleme olarak hesaplanması üzerinde durmaktadır. Örneğin bitkinin potansiyel kuru madde üretimi fotosentetik aktif radyasyonun doğrusal bir fonksiyonudur. Fotosentetik aktif radyasyon ise, tamamen yaprak alan indeksine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Kontrol edilen ve edilemeyen

tüm çevre faktörlerinin kuru madde miktarına yapacağı etkilerin ayrıca dikkate alındığı da bu noktada vurgulanmalıdır. Örneğin kuru koşullarda yetiştirilen buğday inceleniyorsa, yetersiz yağıştan kaynaklanan su stresinin modelde verimi azaltıcı etkisi söz konusu olacaktır (Çaldağ, 2000).

Yukarıda değinilen alt programların isimleri ve bunların her birinde yapılan işlemler genel olarak aşağıdaki gibidir:

PROGRI: Tüm değişkenlere ait başlangıç verilerinin okunarak modellere tanıtılması ve dosyalarda ilgili kısımlara yerleştirilmesi ile ilgili birim.

SOILRI: Toprak su içeriği miktarları için başlangıç değerlerini hesaplayan, ayrıca yağışı ve toprak tabakaları ile ilgili veriyi okuyan birim.

WATBAL: Toplam su içeriğini günlük olarak hesaplayan birim. Potansiyel evapotranspirasyon, bu kısımda hesaplanan değişkenlerdendir (Tsuji, 1994):

İncelenen günün maksimum sıcaklık değeri 5°C ile 35°C arasında ise:

$$ETP=1.1*(R_g*(2.04*10^{-4}-1.83*10^{-4}*ALB)*(T_{ort}+29)) \quad \textbf{(3.1)}$$

İncelenen günün maksimum sıcaklık değeri 35 °C'den büyük ise:

$$ETP= (R_g*(2.04*10^{-4}-1.83*10^{-4}*ALB)*(T_{ort} +29))*((T_{mak}-35)*0.05+1.1) \quad \textbf{(3.2)}$$

İncelenen günün maksimum sıcaklık değeri 5 °C'den küçük ise:

$$ETP=(R_g *(2.04*10^{-4}-1.83*10^{-4}*ALB)*(T_{ort}+29))*0.01*e^{0.18(T_{mak}+20)} \quad \textbf{(3.3)}$$

Eşitliklerde ETP, potansiyel evapotranspirasyonu (mm); R_g, toplam güneş radyasyonunu (MJ/m^2gün); ALB, yüzey albedosunu; $T_{ort,}$ günlük ortalama hava sıcaklığını (°C) ve T_{mak}, günlük maksimum hava sıcaklığını (°C) göstermektedir. Bu alt programda potansiyel evapotranspirasyonun yanı sıra aktüel evaporasyon, tabakalar arası toprak su akışı ve dağılımı gibi hesaplamalar da yapılmaktadır.

CALDAT: Dosyalara girilen müdahale tarihlerinin takvim gününe dönüştürüldüğü birim.

PHENOL: Gün uzunluğu verisini öteki alt modellerden gelen ara çıktılarla birlikte kullanarak bitkinin içinde bulunduğu gelişme aşamasını hesaplayan birim.

GROSUB: Her bir gelişme aşaması için hesaplanan bitki gelişme değerlerinin birleştirildiği birim. Bu amaçla PAR, varsa sıcaklık stresi, LAI değişimi, dane dolum oranı, dane kütlesinin toplam biyokütleye oranı gibi değişkenler hesaplanarak birlikte değerlendirilmektedir.

WRITE: Su dengesi için toprağa ve bitkiye yönelik ayrı ayrı gerçekleştirilen hesap işlemlerinin sonuçlarının düzenlendiği alt birim.

Alt modellerin evapotranSYİrasyon hesabı için kullandığı üç seçenek mevcuttur: Penman Yöntemi, Priestly-Taylor Yöntemi ve enerji dengesi yöntemi. Bunların arasında hassasiyeti yüksek olan Penman Yöntemi, bağıl nem ve rüzgar şiddeti verilerinin günlük olarak elde bulunması halinde kullanılabilmektedir.

Karbondioksit (CO_2); fotosentezi, su tüketimini ve gözeneksel iletkenliğe birinci dereceden etki eden bir atmosfer paremetresi olup, bu parametrenin bitki gelişimini yönlendirici etkisi tüm DSSAT modellerinde ele alınmıştır. Ayrıca belirli bir arazide hasat edilen en son bitki türünün bitiş koşullarının, aynı araziye yeni ekilecek bitkinin başlangıç koşullarına etkisi de modellerde simulasyon girdisi olarak değerlendirilebilmektedir.

3.1.1 Modellerin girdileri ve çıktıları

CERES-Wheat ve CERES-Rice Modelleri, çeşitli girdi verileri gerektirmekte ve girilen verilerin niceliğine bağlı olarak kullanıcıya bunlara karşılık gelen çıktıları sunmaktadır. Toprak-bitki-atmosfer sisteminde gerçekleşen bitki gelişimi dikkate alınarak söz konusu girdiler aynı başlıklara sahip olacak biçimde sınıflandırılmıştır.

3.1.1.1. Toprak ile ilgili girdiler

Toprak profilleri boyunca bitki gelişimini ilgilendiren su, azot, fosfor, kök gelişimi vb. etkenlere yönelik hesaplar için daha önce kısaca tanıtılan toprak girdi dosyasına bazı başlangıç verilerinin verilmesi gerekmektedir. Dosyaya en başta araziye ait ülke, bölge, enlem, boylam, toprak özellikleri ile ilgili kodlar girilmektedir. Aşağıdaki Çizelge 3.1'de ise daha ziyade toprağın kimyasal içeriğini belirlemeye yarayan ve doğrudan arazi üzerinde yapılan denemelerden elde edilen girdiler verilmiştir.

Çizelge 3.1 : CERES toprak girdi dosyaları içinde yer alan parametreler.

TANIM	PARAMETRE	BİRİM
SCOM	Toprak renk ve nem kodu	-
SALB	Albedo	-
SLU1	Evaporasyon sınırı	cm
SLDR	Drenaj oranı	1/gün
SLRO	Akış eğri numarası	-
SMPX	Değişebilir fosfor belirleme yön. Kodu	-
SMKE	Potasyum belirleme yön. Kodu	-
SLB	Toprak tabakasının taban derinliği	cm
SLMH	Ana horizon	-
SLLL	Akışın gerçekleştiği alt sınır	Cm^3/ cm^3
SDUL	Akışın gerçekleştiği üst sınır	Cm^3/ cm^3
SSAT	Toprağın doygunluğu	Cm^3/ cm^3
SRGF	0-1 arası kök gelişme faktörü	-
SSKS	Hidrolik iletkenlik	cm/h
SBDM	Toprağın hacim ağırlığı	g/cm^3
SLOC	Organik karbon içeriği	%
SLCL	Kil içeriği (r<0.002mm)	%
SLSI	Silt içeriği (0.002mm<r<0.05mm)	%
SLCF	Büyük danelerin oranı (r>2mm)	%
SLNI	Toplam azot içeriği	%
SLHW	Toprak suyunun pH değeri	-

3.1.1.2. Bitki İle İlgili Girdiler

DSSAT modellerinin tümü, analiz edilecek bitkilere yönelik hesaplanan ve ayrıntılı arazi ölçüm sonuçlarını gerektiren bir bitki girdi dosyasına sahiptir. Burada modellerin ana deney dosyasına söz konusu hesaplamaların ardından girilecek değerlerin bir kısmı verilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 : CERES modellerinin bitki ile ilgili girdileri.

TANIM	PARAMETRE
CG	Bitki türünü tanımlayıcı kod
CR	Kültürtipine özgü tanımlayıcı kod
INGENO	Kültürtipini araştırma bölgesine göre tanımlayan kod
CNAME	Kültürtipinin uluslararası adı

Deney ayrıntıları dosyası, modellerin toprak, bitki ve atmosferle ilgili girdi dosyalarına girilecek verilere ek olarak; sulama, gübreleme, topraktaki artık maddeler, toprağın işlenmesi, kimyasal madde uygulaması, çevresel değişimler ve hasat ayrıntıları ile ilgili parametreleri de kullanıcıdan talep etmektedir. Dosya bu

parametreleri, çağrılan toprak, bitki ve atmosfer dosyaları ile birlikte uygulayarak simulasyon sürecini kontrol altında tutmaktadır (Çaldağ, 2000).

3.1.1.3. Meteorolojik Girdiler

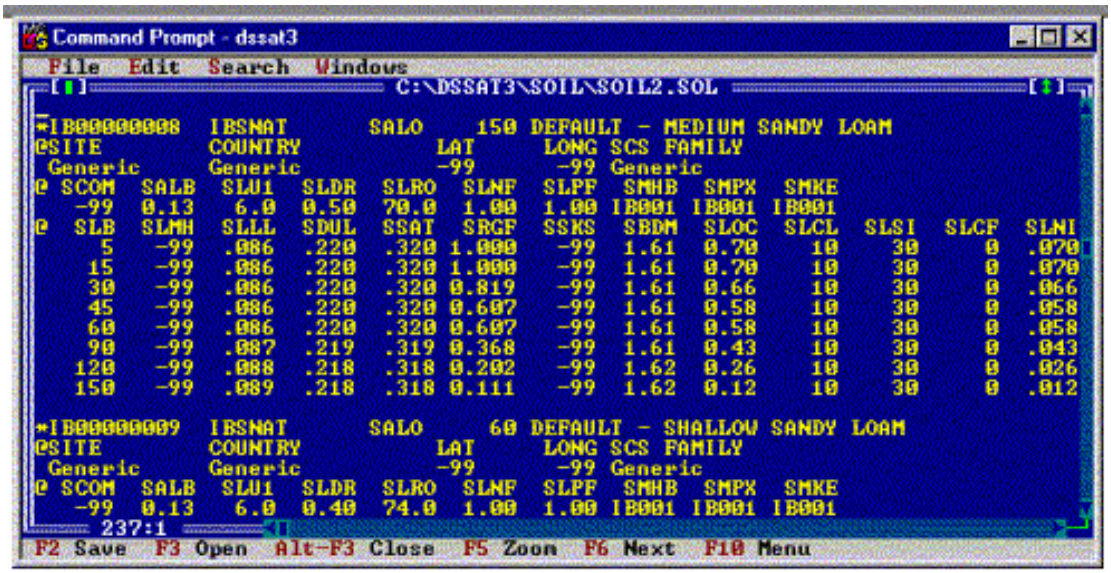
Meteorolojik girdiler, toprak ve bitki ile ilgili olanlardan farklı şekilde, gelişme döneminin tamamı için günlük girilmektedir. Modeller ele alınan sezonlar için ekimden önceki ve hasattan sonraki dönemleri de mümkünse en az birer hafta boyunca kullanıcıdan talep etmektedir. Amaç, ekim dönemindeki toprak koşullarının hesaplanmasına katkı sağlamak ve simulasyon hassasiyetini arttırmaktır. Verilerin günlük girilmesi zorunluluğu, meteoroloji dosyasını tüm modeller için boyutu en büyük dosyalar haline sokmaktadır. Çizelge 3.3, modellerin meteoroloji dosyalarındaki girdileri göstermektedir.

Çizelge 3.3 : Modellerin meteorolojik girdileri.

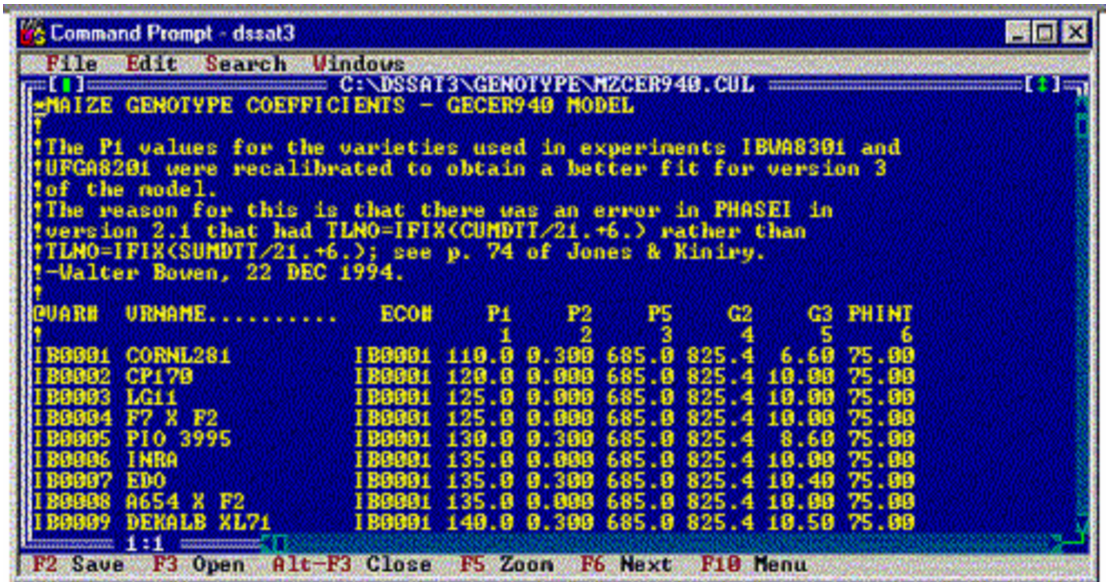
TANIM	PARAMETRE	BİRİM
INSI	Enstitü tanıtıcı kod	-
LAT	Enlem	-
LONG	Boylam	-
ELEV	Araştırma bölgesinin deniz seviyesinden yüksekliği	M
TAV	Bölgenin aylık ortalama sıcaklık değeri	$^{\circ}$C
REFHT	Sıcaklık verilerinin ölçüldüğü referans seviyesi	M
WINDHT	Rüzgar verilerinin ölçüldüğü referans seviyesi	M
DATE	Tarih (yıl +gün)	-
SRAD	Güneş radyasyonu	MJ/m^{2}gün
TMAK	Maksimum hava sıcaklığı	$^{\circ}$C
TMIN	Minimum hava sıcaklığı	$^{\circ}$C
RAIN	Yağış	Mm
*DEWP	Çiğ noktası sıcaklığı	$^{\circ}$C
*PAR	Fotosentetik aktif radyasyon	Mol/m^{2}gün

Aşağıdaki Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4, sırasıyla Çizelge 3.1'de, Çizelge 3.2'de ve Çizelge 3.3'te belirtilen girdilerin modellerin kullanıcı arayüzeyindeki dosyalar içindeki konumlarını genel olarak vermektedir.

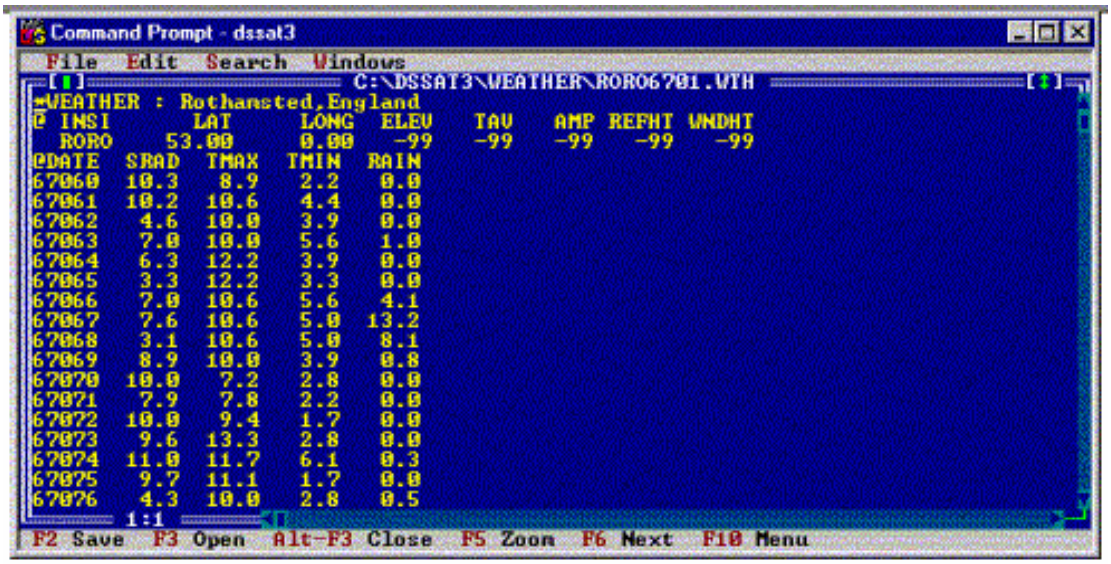
*Girilmesi önerilen ancak zorunlu olmayan, simulasyon hassasiyetini artırabilecek türde veri.



Şekil 3.2 : Modellerin toprak girdi dosyası kesitine örnek.

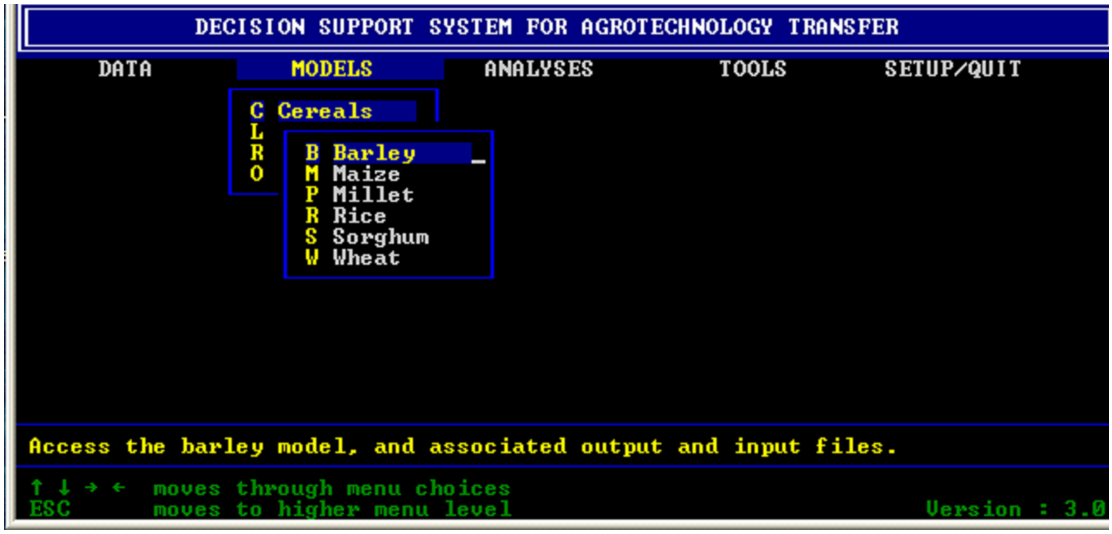


Şekil 3.3 : Modellerin bitki girdi dosyası kesitine örnek.



Şekil 3.4 : Modellerin meteoroloji girdi dosyası kesitine örnek.

Bu dosyalara modelin ana kullanıcı arayüzeyi vasıtasıyla girilmektedir. Arayüzeyde, mevcut simulasyon veritabanları içinde değişiklikler yapılabileceği gibi, yeni bir deneme de ortaya konabilmektedir. Şekil 3.5'te verilen kısım, DSSAT yapısı içinde CERES-Wheat'in de içinde bulunduğu tahıllar kısmında arpa, mısır, pirinç ve sorgum için de simulasyon yapabilmektedir. Gerekli veri tabanı sağlandığında arayüzeyde baklagiller ve kök bitkileri için de gelişme ve verim modellenebilmektedir.



Şekil 3.5 : DSSAT yapısında CERES-Wheat'i içeren tahıllar kısmına giriş.

Bazı durumlarda modeller için gereken girdi dosyalarının dışarıdan editör yardımıyla hazırlanması söz konusudur. Ancak girdi dosyaları, içerdikleri değişkenlerin her biri için spesifik kodlara sahip olduğundan, dosyalara formata uygun biçimde veri girilmesi daha ziyade arayüzeyin yönlendirdiği konumlarda yapılmalıdır.

3.2 Büyüme Derece Gün (BDG)

Her tarımsal bitkinin, ekimden hasada kadarki dönemde belirli bir sıcaklık toplamına ihtiyacı vardır ve bu toplam, bitkinin türüne göre değişir. Bu durumu temsil eden fizyolojik zaman, genellikle derece-gün olarak isimlendirilen birimler vasıtasıyla açıklanmaktadır. Bitkinin her bir gelişme aşaması da kendine özgü bir sıcaklık toplamına, yani toplam derece-gün değeri ihtiyacına sahiptir. Gelişme durumları, incelenen dönem boyunca sıcaklık (gelişme) sınırları arasındaki toplam derece-günler yardımıyla tahmin edilebilmektedir. Belirli bir başlangıç zamanından itibaren toplanmaya başlanan derece-günler, bitkinin içinde bulunduğu gelişme aşamasını ne zaman tamamlayacağı konusunda fikir verici olacaktır. Derece-gün takibi, bitki gelişimini düzenleyecek bir insan müdahalesinin zamanını tam olarak vermemekle birlikte, örneğin bir bitki zararlısının aktif hale geçebileceği dönem başlangıcını yaklaşık olarak sunabilir. BDG kavramı açıklanmadan önce bu aşamada Derece Gün (DG) kavramının kısaca ortaya konması üzerinde durulmuştur.

Geniş bir kullanım alanına sahip olan derece-günler; yapıların tesisat donanımı, bitki gelişimi, enerji üretimi ve dağıtımı gibi çok sayıda uygulama alanına sahiptir. Yöntemi idare eden meteorolojik parametre, sıcaklıktır. Sıcaklık, birçok canlı organizmanın gelişme durumunu kontrol etmektedir. Bitkiler, yaşam döngüleri içinde bir gelişme aşamasından bir sonrakine geçmek için belirli miktarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Söz konusu enerjinin toplam değeri, "fizyolojik zaman" olarak adlandırılmaktadır. Teoride fizyolojik zaman, organizmaların gelişimi için ortak bir referans sağlamaktadır. Belirli bir organizmanın gelişimini tamamlaması için ihtiyaç duyduğu toplam sıcaklık miktarı sabittir; yani sıcaklık ile zaman kombinasyonu daima aynı olmaktadır. Ele alınan fizyolojik zamanlar çoğu zaman "Derece-Gün" (DG) adı verilen birim altında açıklanarak incelenmektedir.

BDG'lerde günlük ortalama sıcaklık toplamları dikkate alınmakta olup, bu değerler sıcaklığa bağlı olarak gelişim durumunun tahminine imkan tanımaktadır. Örnek

olarak, ortalama sıcaklığın, bitkinin gelişmeye başlaması için gerekli temel sıcaklığın 1^oC üzerinde gerçekleştiği bir günden, bir derece-gün elde edilmiş demektir.

BDG hesaplamalarının gerçekleştirildiği eşitlik, genel çevre bilgisi temel alınarak geliştirilmiştir. Her bitki türü, kendi gelişimini başlatacağı bir temel sıcaklık aralığına sahiptir. 24 saatlik bir zaman dilimi için BDG hesabı:

$$BDG = \sum((T_{mak}+T_{min})/2-T_{baz}) \quad \textbf{(3.4)}$$

şeklinde yapılır.

Eşitlikte, T_{mak}, günlük maksimum hava sıcaklığını (°C), T_{min}, günlük minimum hava sıcaklığını (°C) ve T_{baz}, bitkinin gelişmeye başlaması için temel sıcaklığı (°C) göstermektedir.

Buna göre, baz sıcaklığı 15°C olan bir bitki için belirli bir tarihte T_{mak}=30°C ve T_{min}=10°C ise BDG=(30+10)/2=40/2=20°C ve 20°C-15°C=5 BDG olacaktır. Ortalama sıcaklık, baz sıcaklığına eşit ya da bu değerden küçükse, ilgili gün için BDG=0 kabulü yapılır. Özetlenen bu teorinin işleyişi, bitkilerin gelişme dönemi boyunca T_{mak} ve T_{min} değerlerinin düzenli olarak ölçülerek kaydedilmesine ya da günlük ortalama sıcaklık değerlerinin bilinmesine bağlıdır. BDG hesaplamalarında birçok yöntem bulunmakla birlikte, kültürtiplerinin dayanabileceği ekstrem sıcaklıkların belirlenmesine yönelik çalışmaların yetersizliği, söz konusu yöntemlerin kullanım alanını sınırlamaktadır. Kışlık buğday için örnek verildiğinde gelişme döneminin başlangıcında BDG'lerdeki artış yavaş olurken, ilerleyen gelişme aşamalarında artan sıcaklıklarla birlikte hesaplanan BDG değerleri de daha süratli artması beklenir.

Bitkilerin biyolojik gelişimini tahmin etmek amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu amaçla gelişmenin izlenmesine başlangıç tarihinin tahmini için, çeşitli seçenekler vardır. Söz konusu yöntemler arasında en çok kullanılanları takvim, fenolojik yöntemler ve BDG'dir. Takvim yöntemi, geçmiş tecrübelere dayanan, geleneksel özelliktedir. Bitki gelişme aşamalarının geçmiş yıllarda meydana geldiği dönemlerin, içinde bulunulan yılda da yaklaşık olarak aynı döneme denk geleceği tahminine dayanır. İlkbahar başlangıcı ile birlikte ivmelenen bitki gelişimi incelendiğinde, başlangıç tarihi, birbirine yakın bölgeler için dahi farklılık arz edebileceğinden, bu yöntem bitki gelişimini kontrolde yeterli doğrulukta sonuç vermez.

Bitki gelişimi, gelişme dönemi boyunca bitkinin kazandığı enerji ile de ilişkilendirilebilir. Ekim, çimlenme, çiçeklenme, meyve oluşumu ve hasad olgunluğu gibi gelişme aşamaları, incelenen bitkinin gelişimini kontrol eden meteorolojik faktörlerle yakından ilgilidir. Bununla birlikte, gün uzunluğu gibi çevresel etkenler, bir bitkinin yaşam döngüsü içindeki süreçleri etkilediğinden, fenolojik yöntemlerle bitki gelişimini tahmin etmek de yeter hassasiyette sonuç vermemektedir. Yine de elde edilen sonuçlar takvim yönteminin verdiklerinden daha doğrudur.

Yukarıda belirtildiği gibi, bitkinin gelişme durumu, gelişme dönemi boyunca bitkinin absorbladığı toplam ısı enerjisi (dolayısı ile sıcaklık toplamı) miktarından tahmin edilebilmektedir. Absorblanan ısı miktarı, derece-gün olarak bilinen bir nicelikle isimlendirilmektedir. Böylece 1 derece-gün, 1 ısı birimi şeklinde de ifade edilmektedir. Bitki gelişimine yönelik tahminler, gelişme dönemi boyunca ölçülen toplam BDG sayısına dayanmaktadır.

Derece gün kavramı kullanılırken üç ana bilgiye ihtiyaç vardır: 1-) Çalışmada derece-günlerin toplanmaya başlanacağı başlangıç günü, 2-) Biyolojik gelişmenin başlayacağı temel sıcaklık (incelenen canlının gelişimini sürdürebileceği minimum sıcaklık değeri) (T_{baz}), ve 3-) Toplam derece-günlerle bitki gelişimi arasındaki ilişki. Belirtilen bu üç temel elemanın her biri, incelenen bitki türüne ve gelişmenin gerçekleştiği bölgeye özgüdür. Örneğin Minnesota'da şekerpancarı için ekim ile çıkış arasında geçen dönemde toplam 237 BDG söz konusudur. Indiana'da mısırın hasad olgunluğuna erişmesi için gereken toplam BDG sayısı ise 2000 ila 3000 arasında değişmektedir.

Gelişme dönemi boyunca herhangi bir gün için ortalama günlük sıcaklık, temel sıcaklığın altında kalırsa, yukarıdaki 3.4 Eşitliği'nden hesaplanan BDG değeri negatif olacaktır. Bu durumlarda temel sıcaklığın altında bitki gelişimi gerçekleşmeyeceği kabulü altında, ilgili gün için hesaplanan negatif değer, sıfıra eşitlenmektedir. Bazı derece-gün uygulamalarında, biyolojik gelişmenin gerçekleşebileceği maksimum sıcaklığı temsil eden üst sıcaklık sınırları da dikkate alınmakta olup, bu konuda yeterli sayıda çalışma mevcut değildir. Benzer şekilde burada da bir günde ortalama hava sıcaklığı ilgili bitki türü için belirlenmiş olan üst sınırı aştığında, o günkü DG, sıfır kabul edilmektedir. Böylece Eşitlik 3.4'te hesaplanan derece-gün değerleri genellikle "ısınma derece-gün" olarak isimlendirilir; çünkü bu büyüklükler ortalama sıcaklığın temel sıcaklığın üzerinde seyrettiği,

dolayısıyla bitkinin ısındığı ilkbahar ve yaz günlerine uygulanmaktadır. Aynı kavram, bitkinin üşümeye maruz kaldığı sonbahar ve kış günlerine de uygulanabilmektedir. Soğuk günlerde ortalama sıcaklıklar temel sıcaklığın altında gerçekleştiğinden, bu durumlarda hesaplanan derece günlerin toplamı da "üşüme derece gün" olarak isimlendirilir. Üşüme derece gün kavramı kullanıldığında, temel (baz) sıcaklık, üst sınır olarak dikkate alınır ve ortalama sıcaklığın bu temel sıcaklığın üzerinde gerçekleştiği günler için herhangi bir değer hesaplanmaz. Bitkilerin gelişme aşamalarının tahmin edilmesi için üşüme derece gün kavramını kullanan modeller mevcuttur.

Eşitlik 3.4 içinde yer alan ortalama günlük sıcaklık hesabı, sadece günlük maksimum ve minimum sıcaklıkların temin edilebildiği eski meteoroloji istasyonlarına ait verilere uygulanmaktadır. Bu yöntem, T_{ort}'un T_{min}'den ve T_{mak}'tan hesaplanması için çok kullanılan bir yöntem olmakla birlikte, en doğru sonuç vereni değildir. Günümüzde modern meteoroloji istasyonlarından alınan günlük ortalama hava sıcaklığı verisi için bu yöntemlerin uygulanmasına gerek yoktur, zira derece-gün hesabında kullanılacak günlük ortalama sıcaklık verisinin standart bir meteoroloji istasyonundan temini artık genellikle mümkündür.

Hassas biçimde yürütülen laboratuar ve arazi deneyleri sonucunda çeşitli bitkiler için gelişmenin gerçekleştiği üst ve alt sınırlar belirlenmiştir. Sınır değerleri, incelenen bitkinin türüne bağlı olarak değişmektedir. Alt gelişme sınırı, organizmanın gelişmesini sürdürebildiği minimum sıcaklık değerini temsil etmekte olup, bitkinin fizyolojisi tarafından belirlenmektedir. Bu sınır değeri, BDG hesabında kullanılan yöntemden bağımsızdır. Üst gelişme sınırı ise, bitkinin gelişmesinin yavaşladığı, hatta tamamen durduğu maksimum sıcaklık sınırına karşılık gelmektedir. Belirli bir bitkinin her gelişme aşamasının, kendine özgü ısı enerjisi gereksinimi vardır. Gelişme durumu, gelişme dönemi boyunca sıcaklık sınırları arasında kalan toplam BDG'lerin gösterdiği değer ile tahmin edilmektedir. Her bir tür, kendi gelişmesini tamamlayabilmek için ötekilerinkinden farklı toplam BDG değerlerine ihtiyaç duymaktadır. Belirli bir aşamadaki toplam BDG, bitkinin bir sonraki gelişme aşamasına ne zaman geçebileceğinin öngörülmesine yardımcı olacaktır. BDG'lerin toplanmaya başlanacağı tarih de, ele alınan türe bağlı olarak değişmektedir. Bu tarihler, bitki için ekim, çimlenme ve çiçeklenme gibi çeşitli gelişme aşamalarının başlangıç tarihleri olabilir. Bitki zararlısı inceleniyorsa zararlının ilk ortaya çıktığı

tarih seçilebilir. Burada en büyük zorluk, bitki türlerinin farklılığının dikkate alınarak baz sıcaklığın belirlenmesidir. Günlük minimum ve maksimum sıcaklıklar yardımıyla derece-günlerin tahmin edilmesine yönelik çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin hepsinde, verilen bir günlük sıcaklık dizisi için gerçek BDG değerlerine ve gelişme aşaması sınırlarına yaklaşımlar gerçekleştirilmektedir. Yapılan araştırmalar, gelişme aşamalarının daha hassas takip edilmesi için bazı durumlarda derece-saat değerlerinin dikkate alınması gerektiğini göstermiştir. Bu durumda günlük minimum ve maksimum sıcaklık değerlerinden ziyade, saatlik sıcaklık kayıtlarına ihtiyaç duyulacaktır. BDG hesaplama yöntemleri, karmaşıklıklarına göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Bunun yanı sıra, incelenen mevsim ve bölgenin iklimsel özellikleri, kullanılan yöntemin gerçek derece-günleri ne derece doğru yansıttığına etkimektedir. Bitkinin gelişme durumu ile sıcaklık arasında doğrusal bir ilişki varsayıldığından, sözü edilen tüm BDG yöntemleri, doğrusal yöntemlerdir. Belirli bir alt sıcaklık eşiğinin üzerinde bitki gelişiminin süreklilik kazanacağı çıkış noktası, BDG hesaplamalarında genelde kullanılan, bu tez çalışmasında da tercih edilen bir temel düşüncedir. Bunun yanı sıra, üst sıcaklık eşiğinin aşıldığı durumlarda organizma gelişiminin durduğu ya da sabit bir değerde devam ettiği kabulünün yapıldığı BDG yöntemleri de kullanılmaktadır. Üst eşiğin aşıldığı durumlarda gelişimin yavaşladığı, ancak tamamen durmadığını kabul eden BDG yaklaşımları da bulunmaktadır. Söz konusu yöntemler matematiksel olarak, üst eşiğin üzerinde bulunan alanla alt eşiğin üzerindeki alanın farkına dayanmaktadır.

3.3 Normalleştirilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI)

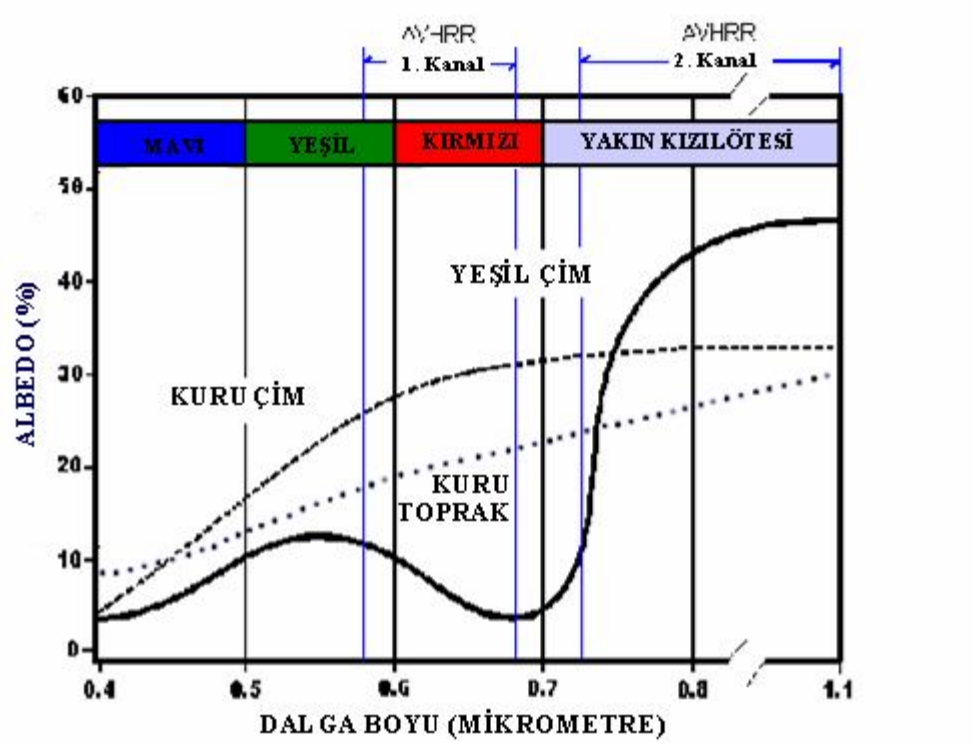
NDVI değerleri yardımıyla bitkinin tam gelişme göstermesi için gerekli büyüme koşullarının sağlanıp sağlanmadığı ortaya konabilmektedir. NDVI, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$NDVI=(\rho_{NIR}-\rho_{VIS})/(\rho_{NIR}+\rho_{VIS}) \quad \textbf{(3.5)}$$

NDVI, iki uydu kanalından elde edilen verilerin bir eşitlikte değerlendirilmesi yoluyla elde edilmektedir. Kanallardan biri görünür bölgeye (ρ_{VIS}, AVHRR 1. Kanal), öteki ise yakın kızılötesi bölgeye ($\rho_{NIR,}$ AVHRR 2. Kanal) karşılık gelmektedir. NOAA-AVHRR'den elde edilen ρ_{NIR} ve ρ_{VIS} değerleri ile, bu değerlerden türetilen NDVI, bir AVHRR uydu görüntüsü içindeki her bir nokta için

arazi kullanım durumunun ortaya konmasını sağlamaktadır. Bulunan NDVI değerleri, basit sınır şartları altında değerlendirilerek arazi sınıflandırılması yapılmaktadır. Genellikle NDVI<0.075 durumu için yüzeyin bitki örtüsü ile kaplanmamış olduğu kabul edilmektedir. ρ_2 kanalının albedo değeri 0.25'ten büyük olduğunda, NDVI>0.075 durumu, yüzeyin çimle kaplı olduğu anlamına gelmektedir. NDVI>0.075 durumu, ρ_2 albedo değeri 0.25'ten küçük olduğunda gerçekleştiğinde ise, incelenen yüzeyin ormanlık araziye ait olduğu sonucuna varılır. Karla kaplı yüzeyler için NDVI<0 olmaktadır.

NDVI verisinin kullanılmasının temelinde, sağlıklı bitki örtüsü tarafından spektrumun yakın kızılötesi bölümünde oldukça iyi yansıtma yapması yatmaktadır. Yeşil yapraklı bitkiler 0.5μm-0.7μm bölgesinde (yeşilden kırmızıya) %20 civarında, 0.7-1.3μm bölgesinde (yakın kızılötesi) ise %60 civarında yansıtma yapabilmektedir (Kidwell, 1990). Bu durumun temelinde, 1. Kanalda gelen ışınımın, fotosentezde kullanılmak üzere klorofil pigmenti tarafından önemli miktarda absorbe edilmesi, 2. Kanalda ise gözenekli yaprak mezofilleri tarafından kuvvetli yansıtma yapılmasıdır. Belirli bir bitkinin sahip olduğu yaprak sayısı arttıkça, gelen ışınımın ilgili aralıktaki etkilenme oranı da artmaktadır. Böylece, yeşil yaprakların yakın kızılötesi bölgede görünür bölgedekine nazaran daha kuvvetli yansıtma yaptıkları söylenebilir. Her iki kanaldan elde edilen ışınım miktarları arasında kolay yoruma imkan tanıyan büyük fark, NDVI verisinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Görünür bölgede bitki örtüsü ile kaplı alanlar oldukça karanlık olurken, çöl gibi çıplak araziler aydınlıktır. Yakın kızılötesi bölgede ise bitki örtüsü nispeten aydınlık olup, çıplak alanların görüntüsü görünür bölgedekine benzerdir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : Yüzey bitki örtüsünün dalga boyuna bağlı güneş ışınımı yansıtma özellikleri (ivm.cr.usgs.gov/gifs/AvhrSpec.gif)

Şekil 3.6'nın üst kısmında (görünür bölge), çıplak alanlar ile bitki örtüsü ile kaplı olan alanlar kolaylıkla ayırdedilebilmektedir. Aşağıda ise yakın kızılötesi bölge görülmektedir.

NOAA'daki AHVRR, toplam beş adet dedektöre sahip olup, bunlardan ikisi 0.55μm –0.70μm ve 0.73μm–1.0μm arası dalgaboylarına hassastır. Bu detektörler yardımıyla araştırmacılar yüzeyden görünür ve yakın kızılötesi dalgaboylarında yayımlanan ışınım miktarlarını mukayese ederek belirli bir piksel için bitkinin fotosentez kapasitesini hesaplayabilirler. Bir piksel, AVHRR için 1 km^2 ye karşılık gelmektedir. Genel bir yaklaşım olarak, bir pikselden yansıyan ışınımın yakın kızılötesi aralık için görünür aralıktaki ışınımdan fazla olması, sözkonusu pikselde bitki örtüsünün yoğun olduğunu ve pikselin bir orman örtüsüne ait olduğunu düşündürmektedir. Görünür ve yakın kızılötesi ışınım yoğunlukları arasındaki fark azaldıkça bitki örtüsü seyrekleşmekte ve sağlıksız bitki örtüsüne ya da çim, tundra, çöl gibi alanlara ait olmaktadır. Sağlıklı bitki örtüsü, üzerine gelen görünür ışınımın çoğunu absorblamakta, yakın kızılötesinin ise çoğunu geri yansıtmaktadır. Sağlıksız ya da seyrek bitki örtüsü ise, görünür bölge ışınımın daha çoğunu ve yakın kızılötesi ışınımın daha azını yansıtmaktadır.

Elde edilen değerler, aydınlanmanın ve yüzey eğiminin devre dışı bırakılması amacıyla normalizasyona tabi tutulduktan sonra -1≤NDVI≤1 olacak şekilde yorum yapılır. Su stresi, hastalık gibi durumlarda yapraklar daha sarı bir görünüm almakta ve yakın kızılötesi bölgede daha az yansıtma yapmaktadırlar. Bulut, su ve kar, görünür bölgede yakın kızılötesine nazaran görünür bölgede yansıtma yaparlar (negatif NDVI); çıplak toprak yüzeyi ve kayalıklar için ise NDVI değerleri sıfıra yakındır.

NDVI, bitki örtüsünün ve bitki sağlığının zamanla değişiminin izlenmesini sağlayan iyi bir göstergedir. Yukarıda belirtildiği gibi, olası değerler -1 ile 1 arasında değişmekle birlikte, pratikte genellikle -0.1 (yakın kızılötesi ışınım<görünür bölge ışınımı, yani pek yeşil olmayan bir alan) ve 0.6 (oldukça yeşil bir alan) arasında değerler elde edilmektedir. Toz ve sis kaynaklı saçılma, bulutluluk ve büyük zenit açısı etkenleri, hesaplanan NDVI değerlerinin gerçektekinden düşük çıkmasına sebep olmaktadır; çünkü bu durumlarda 1. Kanaldan elde edilen değerler, 2. Kanaldan elde edilenlere baskın çıkmaktadır.

Sonuç olarak, yüksek NDVI değerlerinin sağlıklı ve yoğun bitki örtüsünün göstergesi olduğu, düşük değerlerin ise tam tersi durmu gösterdiği söylenebilir. Ancak, düşük değerlerin elde edildiği durumlarda bulutluluk ve kar örtüsü kavramlarının da göz önüne alınması gerekmektedir. İncelenenen zaman aralığı kısaltılarak (5 günlük, 9 günlük periyotlar gibi) ve her bir aralığın maksimum değerleri dikkate alınarak daha iyi sonuçların elde edilmesi mümkündür.

Aşağıdaki uydu alıcılarından, NDVI hesaplamaları için gereken veri temin edilmektedir:

- Landsat MSS–5. (0.6µm-0.7µm) ve 6. (0.7µm-0.8µm) bantlar
- Landsat TM–3. (0.63µm-0.69 µm) ve 4. (0.76µm-0.90µm) bantlar
- Landsat ETM–3. (0.63µm-0.69 µm) ve 4. (0.75µm-0.90µm) bantlar
- NOAA AVHRR–1. (0.58µm-0.68 µm) ve 2. (0.72µm-1.0µm) bantlar
- Terra MODIS–1. (0.62µm-0.67µm) ve 2. (0.84µm-0.88µm) bantlar

NOAA tarafından sağlanan NDVI verileri yardımıyla bir bölgede potansiyel sel, kuraklık, fenoloji ile orman yangını olaylarının izlenmesi ve öngörülmesi mümkün olmaktadır (Johnston, 1994). Uydular, fotosentetik aktif radyasyonun (ışınımın) bitki örtüsü tarafından hangi oranda absorblandığının belirlenmesine yardımcı

olduğundan, NDVI verileri özellikle bu konuya yönelik analizler yardımıyla kuraklığın belirlenmesi ve izlenmesi amaçlarına hizmet edebilmektedir. A.B.D.'de uzaktan algılama teknolojisinde atılan adımlar, günümüzde NDVI yönteminin daha hassas olarak değerlendirilmesine izin veren EVI (Enhanced Vegetation Index) yönteminin ortaya çıkmasını sağlamıştır. EVI, 1999'da geliştirilen Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sisteminin bir ürünüdür. MODIS ile alansal çözünürlük 250 metreye kadar (AVHRR'ninkinden yüksek) yükselmiştir. Bunun yanı sıra MODIS, bir piksel için AVHRR ile aynı zaman aralığında görüntü sağlayabilmektedir. EVI, NDVI ile aynı temelde hesaplanmakta ve yansıyan ışınımı etkileyen partiküllerle yüzeydeki bitki örtüsünün altındaki özellikleri ele alan bazı ek düzeltmelere sahip olmaktadır. EVI ve NDVI verilerinden elde edilen haritalar yüzey üzerindeki bitki örtüsünün zamanla değişiminin yanı sıra değişik bitki örtüleri arasında sınıflandırma yapılmasını da sağlamaktadır.

NDVI verileri, yüzeyin farklı özelliklerinin ortaya konmasını da sağlamaktadır. Örneğin yapılan bazı araştırmalar, Penman ve enerji dengesi yöntemleri ile hesaplanan evapotranSYİrasyon değerleri ile NDVI değişimleri arasındaki ilişkinin ortaya konmasını sağlamıştır. Bunun yanı sıra NDVI ile hava sıcaklığı arasındaki ilişkinin de kuvvetli olduğu görülmüştür.

3.4 Kuraklık İndeksleri

Bu çalışmada kuraklık, normalin yüzdesi**,** z ve standart yağış indeksleri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Normalin Yüzdesi İndeksi (NY), bölgeye ve mevsime bağlı olarak uygulanabilen, anlaşılması kolay bir yöntemdir. Genel olarak gerçek yağışın ortalama yağışa oranına karşılık gelmektedir. Daha ziyade küçük alan ve zaman dilimleri için iyi sonuç vermektedir. Aylık ve mevsimlik yağış değerlerinin normal dağılıma uymaması, bu yöntemin dezavantajıdır.

$$NY=(P_i/P_{ort})*100 \quad \textbf{(3.6)}$$

Eşitlikte NY, normalin yüzdesi değerini; P_i, i zaman aralığının yağışını (mm); ve P_{ort}, ortalama toplam yağışı (mm) göstermektedir.

z-değerleri, standart sapmalar cinsinden ifade edilen ve belirli bir veri setindeki her değerin ortalamadan sapmalarının istatistiksel ifadesini yansıtan bir kavram olup, bu

çalışmada yağış verisine uygulanmıştır. Standart yağış indeksi (SYİ), McKee ve diğ.adaşları tarafından 1993 yılında geliştirilmiştir. SYİ, yağış serilerine en uygun olasılık dağılım fonksiyonu olarak gama dağılımını dikkate almıştır. SYİ, kurak ayları aynı amaca hizmet eden indekslerden Palmer İndeksi'ne nazaran daha çabuk gösterebilmekte ve farklı zaman dilimleri için de hesaplama yapabilmektedir. SYİ, Palmer Indeksi'ne oranla daha basit ve zamana karşı daha esnek olduğundan, kuraklıkla ilgili politikaların geliştirilmesine de daha uygun görülmektedir.

Kuraklığın frekansı, ivmesi, yoğunluğu tamamıyla veya kısmen zaman aralığına bağlıdır. Kuraklığın tanımlanmasında kullanılan bir parametre de standart yağıştır. Standart yağış belirli bir zaman aralığı için bulunan ortalama yağışın, standart sapmaya oranıdır. Burada ortalama ve standart sapma geçmiş yılların verilerinden elde edilir. Bu metodun dezavantajı, yağışın 12 ay veya daha az bir süre için normal dağılım göstermemesidir. İlgili hesaplama ve temsil özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

- i aylık zaman aralıkları için ortalama dönemler belirlenir. Yağış olasılığı ilişkisi geçmişteki verilerden bulunur. Olasılık veya gözlenen yağış veri noktası hesaplanır ve yağışın standart sapmadan farkı belirlenir.
- SYİ, aylardaki zaman aralıklarında ortalama yağışın yüzdesini hesaplamak için yağış verisini kullanır.
- SYİ, kurak periyotları izlemek için kullanılabilir.

SYİ, dağılımı gama dağılımından normal dağılıma uyarlanmış veri setlerine aşağıda Eşitlik 3.7 ile verilen ilişki ile hesaplanarak elde edilmektedir:

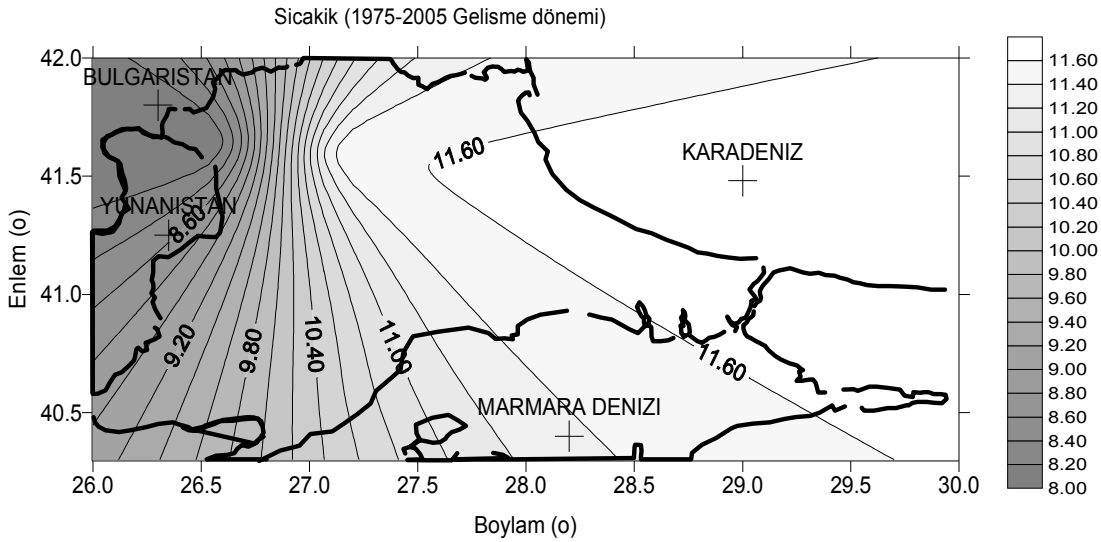
$$SYİ = (N-OY)/SS \quad \textbf{(3.7)}$$

İlişkide; N, yağışı, OY, dikkate alınan zaman aralığındaki ortalama yağışı ve SS, standart sapmayı göstermektedir. SYİ<0 ise kuraklık başlar, SYİ<-1 ise kuraklık yoğunlaşır. SYİ>0 ise, "kuraklık yoktur" denir. SYİ değerlerinden yararlanarak kurak ve sulak sürelerin tayini de mümkündür. Buna göre kurak süre, SYİ değerinin negatif olduğu süreye karşılık gelmektedir. Daha ayrıntılı sınıflandırmada SYİ değerlerine göre kuraklık 4 kategoriye ayrılmıştır. Hafif kurak olan kategoride SYİ değeri 0 ile -0.99 arasında değişmektedir. Orta kuraklıkta ise SYİ değeri -1 ile -1.49 arasında bulunmaktadır. SYİ değeri -1.5 ile -1.99 arasında ise, şiddetli bir kuraklık vardır denilebilir. SYİ değeri -2'den küçük ise, çok şiddetli kuraklık söz konusudur.

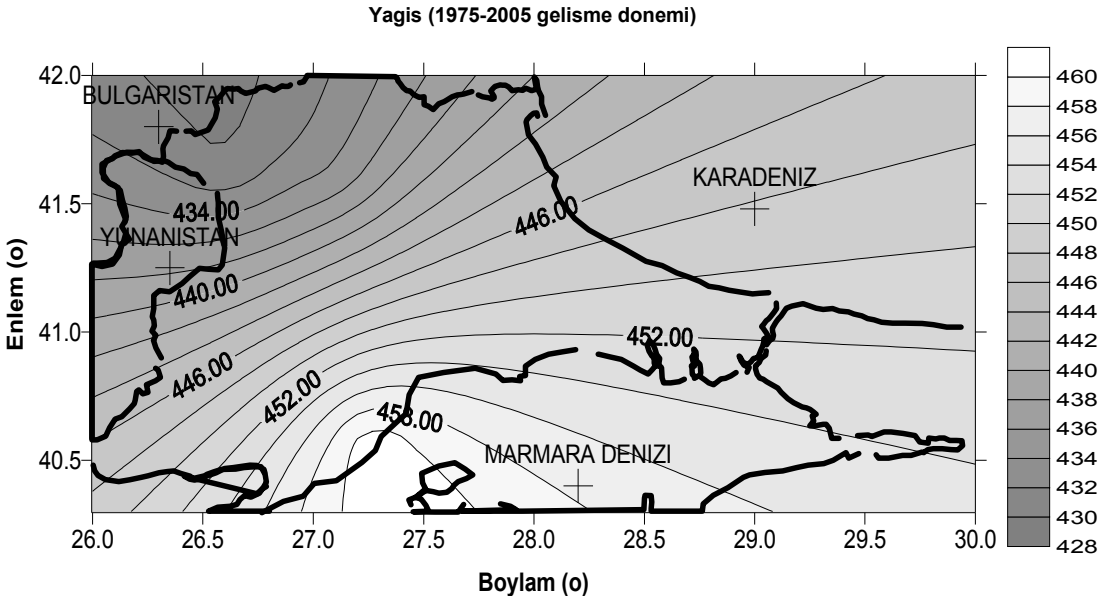
4. METEOROLOJİK VERİLERİN ANALİZİ

4.1 Meteorolojik Verilerin Zaman Serileri ve Bazı İstatistikleri

Tez çalışmasında, incelenen tarla bitkilerinin ve ağaç türlerinin ortalama gelişme dönemlerine ait bazı yönlendirici meteorolojik değişkenlerin seyri de ele alınmıştır. Kışlık buğdayın Trakya'daki gelişme döneminde (ortalama olarak Kasım-Temmuz arası) en yüksek ortalama sıcaklığın 11.6°C ile Kırklareli'nde olduğu hesaplanmıştır. Buradaki ortalama sıcaklık Edirne'ye göre yaklaşık %44 ve Tekirdağ'a göre %7.5 daha fazladır (Şekil 4.1). Toplam güneş radyasyonunda da en yüksek ortalama 13.96 MJ/m^2 gün ile Kırklareli'ndedir. Bu değer kışlık buğday gelişme dönemleri boyunca Edirne'nin toplam radyasyon miktarından %34 fazla iken, Tekirdağ'ınkini de %27 oranında aşmaktadır. Toplam yağış ortalamalarında Tekirdağ 461.2mm ile en yüksek değere sahiptir. Edirne ve Kırklareli'nin yağışları (sırası ile 434.8mm ve 430.2mm) birbirine oldukça yakındır.



Şekil 4.1 : Trakya Bölgesi'nin buğday gelişme dönemleri boyunca ortalama sıcaklıkların dağılımı.



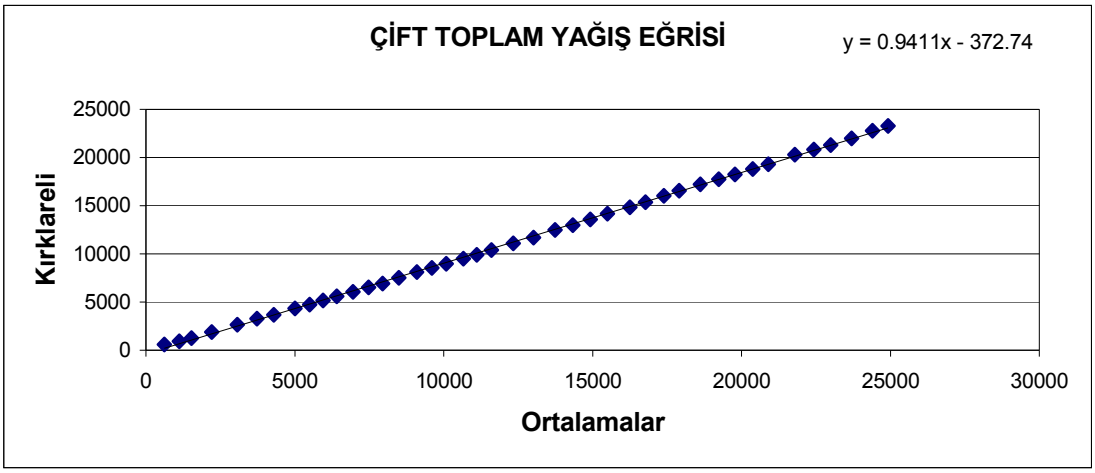
Şekil 4.2 : Trakya Bölgesi'nin buğday gelişme dönemleri boyunca ortalama toplam yağış miktarları.

Çeltik bitkisinin ortalama gelişme dönemi Mayıs ortalarından başlayıp Eylül ayı son haftasına kadar sürmektedir. 1975-2005 arası gelişme dönemlerinde çeltik bitkisinin maruz kaldığı ortalama global radyasyon 16.72 MJ/m^2 gün, ortalama hava sıcaklığı 22.3°C ve toplam yağış 161.1mm'dir. Buğdaya göre daha az yağışlı dönemde yetişen çeltik, yüksek su ihtiyacı nedeniyle sulamaya gereksinim duymaktadır.

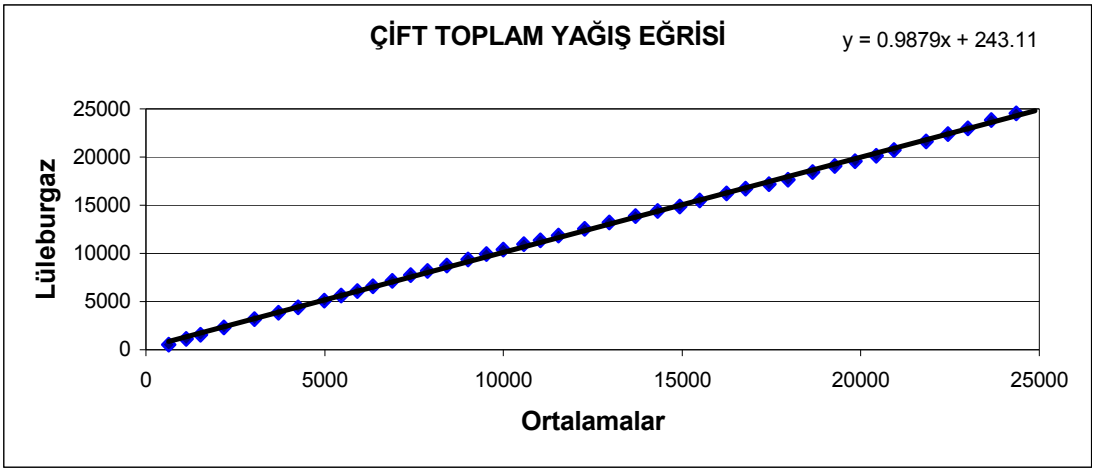
4.2 Yağış Verilerinin Analizi

Bu çalışmada Trakya Bölgesi'nde öncelikle kuraklık indeksi hesaplamalarında kullanılan yağış verilerinin homojenlik analizi, çift toplam yağış eğrisi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde bir eksene incelenen bölgedeki bütün ölçeklerin yıllıktoplam yağışlarının ortalaması konurken, ikinci eksende ise homojenliğinden şüphe edilen ölçekteki yıllık toplam yağış değerleri yer alır. Verilerin düzenlenmesi, her eksen için zaman içinde geriye gidilerek, her bir yılın yağışının öncekilerin toplamına katılmasından ibarettir. Böylece işaretlenen noktalara uydurulan doğrunun eğiminde meydana gelebeilecek kırıklık, homojenliğin bozulduğu yıla işaret edecektir. Sonuçta hesaplanan değerlere uydurulan trend çizgisinin, tüm istasyonlarda söz konusu değerlere oldukça yakın seyrettiği görülmüştür. Dolayısı ile homojenliğin bozulduğu yılın (trend çizgisinin eğiminde meydana gelebilecek değişimin) ayırdedilebilir olmadığı, böylece Trakya Bölgesi'nde incelenen noktaların homojen yağış verilerine sahip oldukları anlaşılmıştır. Burada örnek olarak

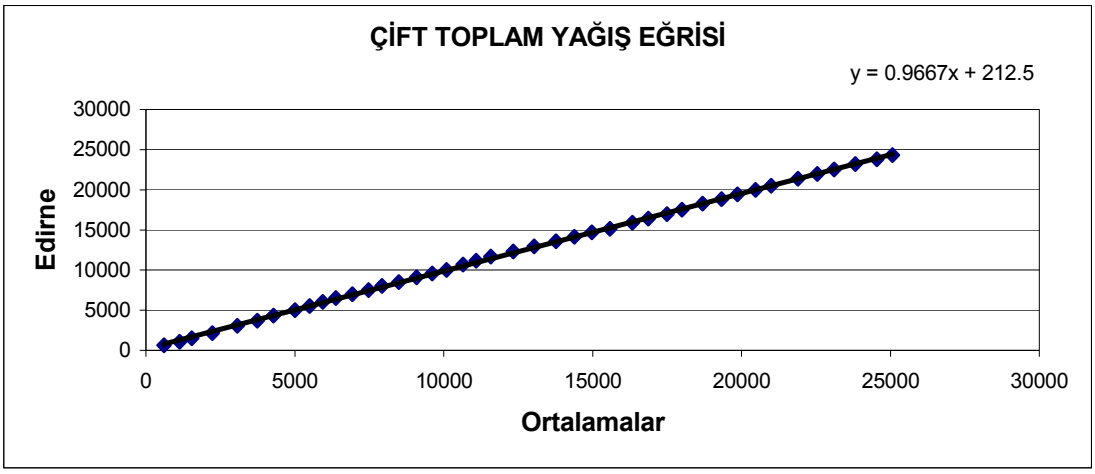
Kırklareli, Lüleburgaz ve Edirne illerindeki uzun yıllık yağış verilerine uygulanan homojenlik analizi sonuçları gösterilmiştir (Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).



Şekil 4.3 : Kırklareli yağış verilerinin homojenlik seyri.

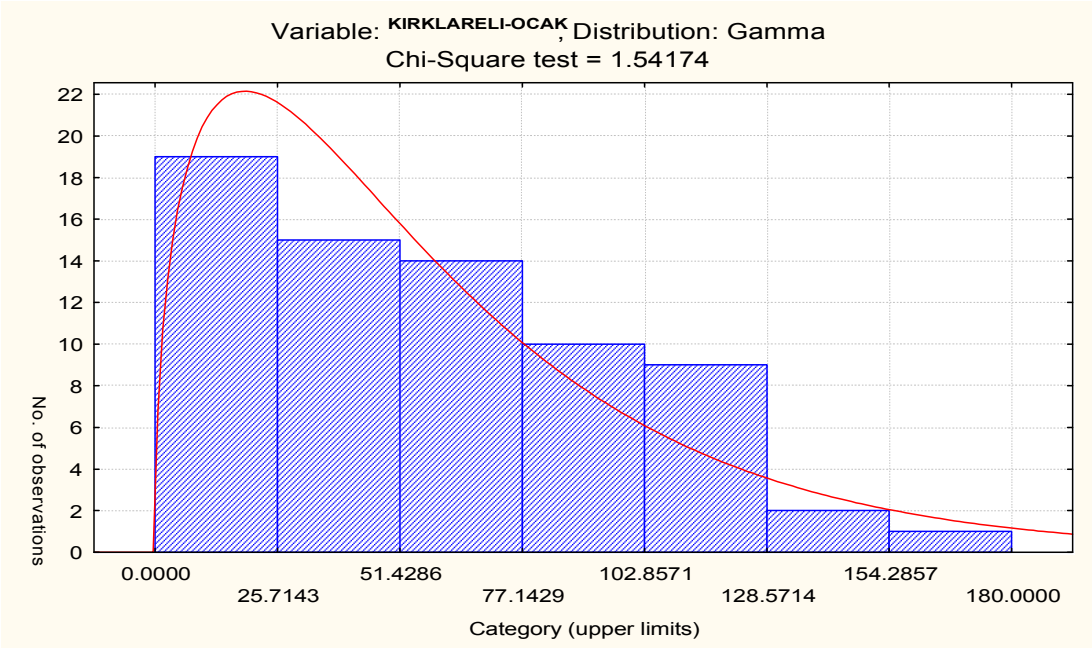


Şekil 4.4 : Lüleburgaz yağış verilerinin homojenlik seyri.

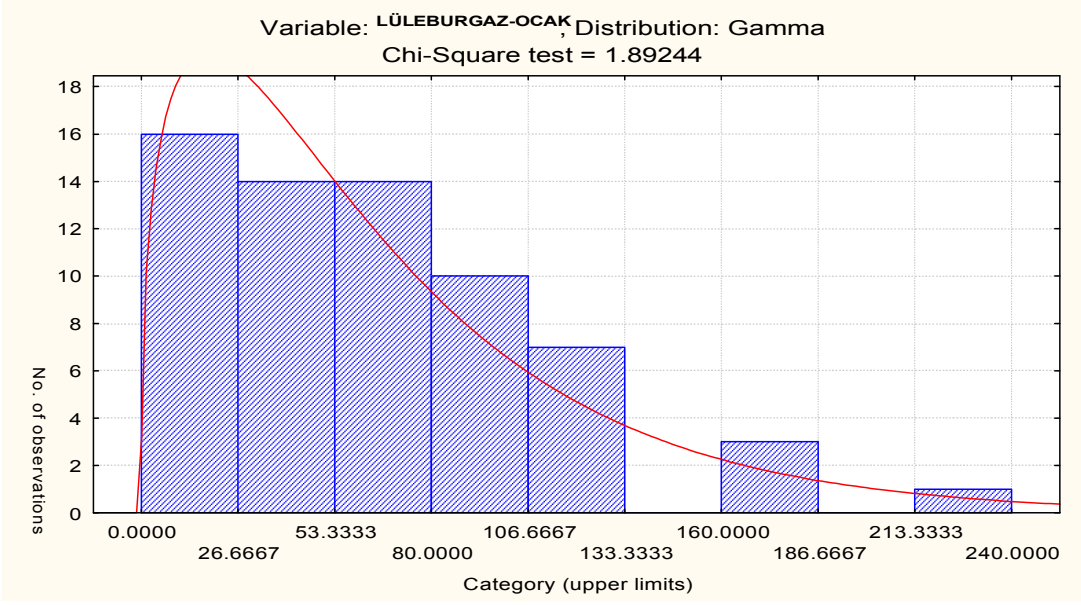


Şekil 4.5 : Edirne yağış verilerinin homojenlik seyri.

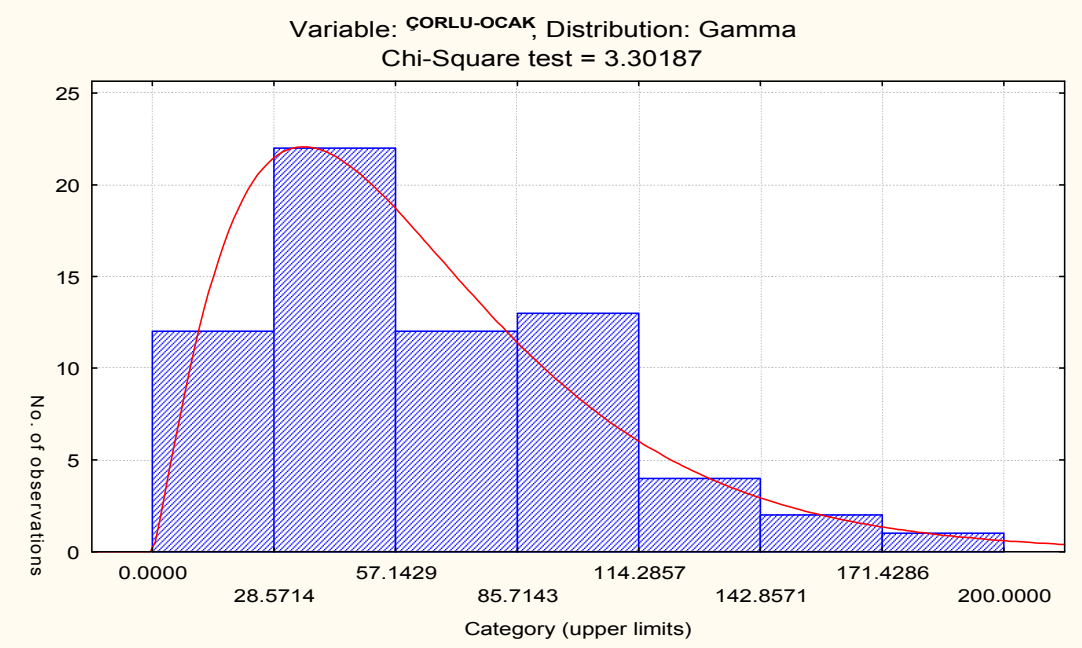
Çift toplam yağış eğrilerinin elde edilmesinde, tüm istasyonların verileri ortak periyodu temsil edecek olan istasyonun veri aralığına, yani en dar veri aralığına sahip istasyonunkine indirgenmiştir. Böylece karşılıklı olarak veri yorumlanması imkanı sağlanmıştır. Öte yandan, SYİ hesaplanmadan önce verilerin gamma dağılımına uyup uymadığı da incelenmiş olup, istasyonlarda ağırlıklı olarak gamma dağılımına uyumluluk görülmüştür. Aşağıdaki Şekil 4.6, Kırklareli ilindeki yağış verilerinin dağılım testi sonuçlarını en yağışlı aylar arasından örnek olarak seçilen Ocak Ayı için göstermektedir.



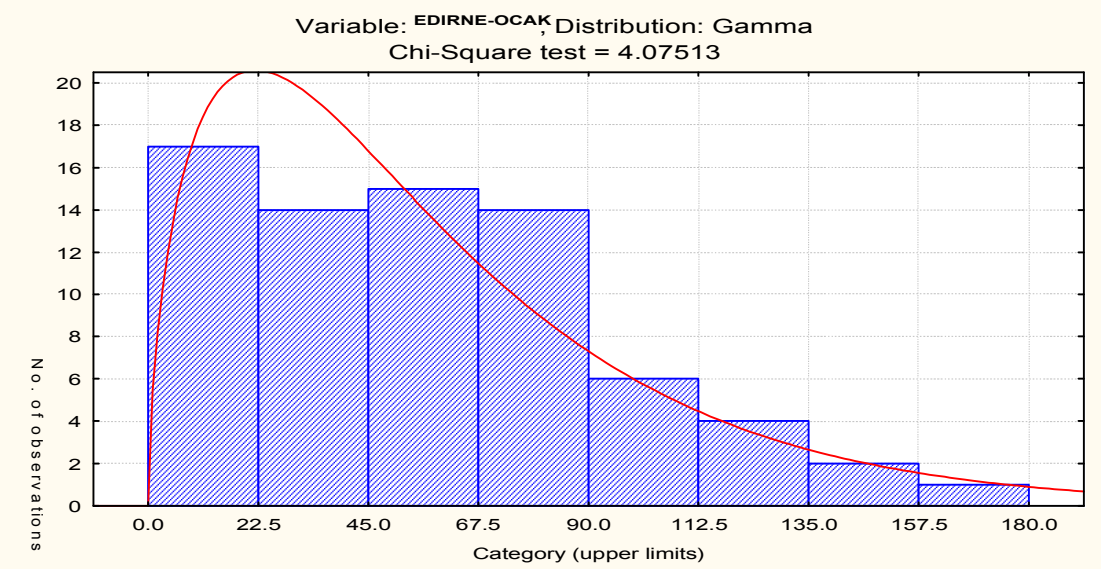
Şekil 4.6 : Kırklareli'nde Ocak ayları yağış verisinin dağılımı.



Şekil 4.7 : Lüleburgaz'da Ocak ayları yağış verisinin dağılımı.



Şekil 4.8 : Çorlu'da Ocak ayları yağış verisinin dağılımı.



Şekil 4.9 : Edirne'de Ocak ayları yağış verisinin dağılımı.

4.3 Bitkilerin Fenolojik Özellikleri

Trakya Bölgesi'nde Buğday ve çeltik bitkilerine yönelik 1975-2005 arası gelişme dönemleri boyunca gerçekleştirilen fenolojik kayıtlar yardımıyla hesaplanan ortalama gelişme aşaması tarihleri aşağıdaki Çizelge 4.1'de ve Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : 1975-2005 Gelişme Dönemleri Boyunca Trakya Bölgesi'nde Buğdayın Fenolojik Aşamaları.

İller	Ekim	Çimlen.	3. Yaprak	Filizlen.	Kardeşlen.	Başaklan.	Çiçeklen.	Olgunlaş.	Hasad
Kırklareli	3 Kasım	22 Kasım	31 Ocak	8 Mart	6 Nisan	29 Nisan	16 Mayıs	7 Haziran	22 Temmuz
Tekirdağ	22 Ekim	21 Kasım	12 Mart	3 Nisan	25 Nisan	12 Mayıs	23 Mayıs	14 Haziran	1 Temmuz
Edirne	17 Ekim	9 Kasım	23 Aralık	19 Ocak	16 Şubat	28 Nisan	15 Mayıs	13 Haziran	29 Haziran

Çizelge 4.2 : 1975-2005 Gelişme Dönemleri Boyunca Edirne'de Çeltik Bitkisinin Fenolojik Aşamaları.

Fenoloji	Ekim	Çimlen.	3. Yaprak	5. Yaprak	Filizlen.	Başaklan.	Çiçeklen.	Meyve Bağ.	Hasad
Tarih	10 Mayıs	22 Mayıs	6 Haziran	16 Haziran	1 Temmuz	24 Temmuz	8 Ağustos	24 Ağustos	21 Eylül

4.4 Gelişme Dönemlerindeki Meteoroloji Verilerinin Trend Testi

Bir önceki kısımda belirtilen fenolojik aşamaların başlangıç ve bitiş tarihleri arasını kapsayan meteorolojik verinin trend durumu, Mann-Kendall Trend Analizi Yöntemi ile araştırılmıştır. Veri setinin dağılımından bağımsız olma avantajı sağlaması, trend analizinde bu yöntemin seçilmesinin nedenidir. Veriler, bitki iklim modellerinin ihtiyaç duyduğu meteorolojik parametreler arasından seçilmiştir. Böylece non parametrik olarak sadece ortalama bitki gelişme dönemlerini yansıtan analiz sonuçları ortaya konmuştur. Aşağıdaki Çizelge 4.3, Kırklareli-kışlık buğday için 1975-2005 arası gelişme dönemlerinin trend durumunu yansıtmaktadır.

Çizelge 4.3 : Kırklareli-buğday arazisinde gelişme dönemleri boyunca olası trendler.

DEĞİŞKEN	TREND	Z
T	Var (Artma)	0.63
R_g	Var (Artma)	0.74
P	Var (Azalma)	-0.14

Bu kısımda uygulanan trend analizleri %95 güven aralığına karşılık gelen sonuçları içermektedir. Test sonucuna göre Kırklareli kışlık buğdayı 1975-2005 arası gelişme dönemleri boyunca sıcaklık ve güneş radyasyonu bakımından önemli bir artış trendi yakalarken yağışta hafif bir düşme eğilimi meydana gelmiştir. Çizelge 4.4, yine kışlık buğday için bu kez Tekirdağ'daki durumu yansıtmaktadır.

Çizelge 4.4 : Tekirdağ-buğday arazisinde gelişme dönemleri boyunca olası trendler.

DEĞİŞKEN	TREND	Z
T	Var (Artma)	0.40
R_g	Var (Artma)	0.73
P	Var (Azalma)	-0.24

Tekirdağ, kışlık buğday gelişme dönemleri boyunca güneş radyasyonu artış trendi bakımından Kırklareli'ndekine benzer bir manzara sergilemiştir. Sıcaklığın artış eğilimi ise daha düşüktür. Buna karşılık yağış, kışlık buğday için Tekirdağ'da Kırklareli'ninkine oranla daha kısıtlı olma eğilimindendir. Kışlık buğday gelişiminin incelendiği son bölge olan Edirne için hesaplanan değerler, aşağıda Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5 : Edirne-buğday arazisinde gelişme dönemleri boyunca olası trendler.

DEĞİŞKEN	TREND	Z
T	Var (Artma)	0.49
R_g	Var (Artma)	0.70
P	Yok	$-3.1x10^{-2}$

Edirne'de de kışlık buğday gelişme dönemleri için sıcaklık ve güneş radyasyonunda artış eğilimi belirlenmiş, bu eğilimin Kırklareli ve Tekirdağ'da olduğu gibi güneş radyasyonunda daha belirgin olduğu anlaşılmıştır. 1975-2005 arası yağışta hesaplanan çok küçük azalma eğilimi, istatistiksel bakımından anlamlılık taşımamaktadır. Son olarak çeltik gelişme dönemleri boyunca yine Edirne'de ortaya çıkan Mann Kendall Trend Analizi sonuçları, aşağıdaki Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Edirne-çeltik arazisinde gelişme dönemleri boyunca olası trendler.

DEĞİŞKEN	TREND	Z
T	Var (Artma)	0.27
R_g	Var (Azalma)	-0.14
P	Var (Azalma)	-0.23

Çeltik gelişme dönemindeki toplam güneş radyasyonu, Edirne'de kışlık buğdayınkinden farklı olarak azalan bir eğilim göstermiştir. Gelişme dönemi bakımından yılın daha düşük toplam güneş radyasyon kazanımı olan kısmında önemli bir zamana sahip olan kışlık buğdayın, güneş radyasyonu salınımlarından daha çok etkilenmesi, beklenen bir durumdur. Çeltik, yağışta gösterdiği azalma eğiliminin tersini sıcaklık için göstererek, bu bakımdan kışlık buğdaya benzerlik sergilemiştir. Sıcaklık artış trendinin buğdayınkilere nazaran düşük olması, yukarıda güneş radyasyonuna getirilen yaklaşımla açıklanabilir.

5. MODELLERİN UYGULANMASI

Bu çalışmada CERES-Wheat (buğday modeli) ve CERES-Rice (çeltik modeli) modelleri kullanılarak bitki gelişimi benzetilmiş (simule edilmiş) ve bu gelişime meteorolojik faktörlerdeki (T, P, R_g, CO_2) değişimlere karşı modellerin hassasiyet analizi yapılmıştır. Bunlara ek olarak 2071-2100 yılları için, dikkate alınan illerdeki iklim değişimi senaryoları bahsi geçen modellerde kullanılarak çeltik ve buğday bitkilerinin gelişimine gelecekte olası iklim değişimi etkileri incelenmiştir.

CERES-Rice Modeli, çeltik bitkisinin gelişmeye başlaması için gerekli taban sıcaklığını 9^oC olarak alıp, bitkinin fenolojik aşamalarını bu değere göre hesaplamaktadır. Eldeki fenolojik kayıtların incelenmesi sonunda çeltiğin Edirne'de ortalama durumda Mayıs ayının 10'unda ekildiği anlaşılmıştır. Ekimden hemen önce tarlada bitkinin ekilmesi için gerekli tarımsal hazırlıklar yapılmaktadır. Örneğin $1m^2$ alana 75 bitki ekilmektedir. Bunların ancak 25 adedi çıkışa geçebilmektedir. Bitki sıra aralığı 20cm olup, ekim 5cm derinliğe yapılmaktadır. Ekimden hemen önce ve ekimden 60 gün sonra filizlenme ve başaklanma aşamaları arasında toprağa toplam 80 kg/ha amonyum sülfat gübresi uygulanmaktadır. Aynı şekilde ilk gelişme aşamasının başlangıcında 20 kg/ha triple süper fosfat gübresi de atılmaktadır. Bitkinin gelişmesi için en uygun toprak gurubu, tınlı topraktır. CERES-Rice Modeli'nde Trakya'da kullanılan Baldo ve Rocco çeltik çeşitleri için gerekli bitki katsayıları bulunmadığından, bu katsayılar model dökümantasyonunda tanımlanan biçimde farklı fenolojik aşamalarda BDG, gün uzunluğu, dane ağırlığı gibi kültürtipine özgü değerler hesaplanarak belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra modelin ihtiyaç duyduğu girdi dosyaları oluşturulmuş ve meteorolojik faktörlerdeki değişime karşılık çeltik bitkisinin gelişiminin bundan nasıl etkilendiği hassasiyet analizleri ile tespit edilmiştir. İlave olarak, gelecekte bu ilde olası iklim değişimi senaryoları kullanılarak bitkinin gelişiminin bundan etkilenme derecesi incelenmiştir.

Buğday bitkisi için tez çalışmasında Kırklareli, Tekirdağ ve Edirne illeri incelenmiştir. Böylece buğday için elde edilen sonuçların karşılaştırmalı olarak analiz imkanı elde edilmiştir.

Trakya; 570000 ha Buğday ekim alanı ve yıllık $1.670x10^6$ ton üretimi ile ülkemizin buğday ekim alanlarının %6.1'ine, üretiminin ise %9.3'üne sahiptir (Bilgin ve Korkut, 2005). 2005 yılına kadar uzun yılların Buğday üretimi ortalaması Kırklareli'nde 2741 kg/ha, Edirne'de 2880 kg/ha ve Tekirdağ'da 3290 kg/ha'dır. Bu veriler bölgedeki ortalama verimi, farklı buğday türleri için yansıtmaktadır. Buğdayın bazı türleri son yıllarda bu değerlerin üzerine çıkan verim değerlerine ulaşabilmektedir. Ancak her arazide ve her dönemde aynı buğday türü ekilmediğinden ve ekim alanları ile verim değerlerine göre toplam üretim belirlendiğinden, verim bazı yıllarda 6500 kg/ha ile 7000 kg/ha'a kadar çıkmakla birlikte, ortalama değer düşük kalmaktadır. Türkiye buğday ortalama veriminin yaklaşık 2000 kg/ha olduğu düşünüldüğünde Trakya Bölgesi ortalamasının Türkiye ortalamasına göre yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

5.1 Hassasiyet Analizleri

Buğday ve çeltik bitkileri üzerinde iklim değişimi sonucunda ortaya çıkabilecek etkileri, CERES-Wheat ve CERES-Rice modelleri ile incelemek amacıyla aşağıdaki Çizelge 5.1'de verilen hassasiyet analizleri kullanılmıştır. Bu senaryolara göre gelecekte iklim değişiminin Trakya'da Kırklareli, Edirne, Tekirdağ illerinde buğday verimine ve gelişimine etkileri araştırılmıştır. Edirne'de çeltik verimi ve gelişimi de incelemelere dahil edilmiştir. Bu analizlerde modeller için gerekli olan veriler 1975 ile 2005 yılları arasındaki kayıtlar kullanılmak suretiyle elde edilmiştir. Toprak girdileri için bölgede yapılan araştırmalardan elde edilen verilerden ve buğday ile çeltik ekiminde inceleme alanında yaygın olan toprak tiplerinden faydalanılmıştır. Tüm simulasyonlara toprağın bitki gelişme dönemi başlangıcında tarla kapasitesinde olduğu koşulu altında başlanmıştır. Çeltik, bitkiye sürekli su sağlayan tavalarda yetiştirilirken, buğday gelişimi sulama yapılmayan kuru tarım koşulları altında, yani doğal yağışın yönlendirdiği şartlarda incelenmiştir. Modellerin ihtiyaç duyduğu bitki girdileri için bölgede yapılan araştırma sonuçlarından yararlanılmıştır.

Çizelge 5.1 : CERES-Rice ve CERES-Wheat modelleri ile gerçekleştirilen analizler.

Hassasiyet analizleri	**Tanım**
T, R_g, P, CO_2	Hava sıcaklığı, güneş radyasyonu, yağış, karbondioksit
T	Hava sıcaklığı
T+1	Hava sıcaklığında 1^oC artma
T+2	Hava sıcaklığında 2^oC artma
T+3	Hava sıcaklığında 3^oC artma
T+4	Hava sıcaklığında 4^oC artma
T+5	Hava sıcaklığında 5^oC artma
T-1	Hava sıcaklığında 1^oC azalma
P-%10	Yağışta %10 azalma
P-%20	Yağışta %20 azalma
P-%30	Yağışta %30 azalma
P-%30	Yağışta %40 azalma
R_g+%10	Toplam güneş radyasyonunda %10 artma
R_g+%20	Toplam güneş radyasyonunda %20 artma
R_g+%30	Toplam güneş radyasyonunda %30 artma
CO_2x1.5	Karbondioksit konsantrasyonunun 1.5 katına çıkması
CO_2x2	Karbondioksit konsantrasyonunun 2 katına çıkması
CO_2x3	Karbondioksit konsantrasyonunun 3 katına çıkması
CO_2x4	Karbondioksit konsantrasyonunun 4 katına çıkması

Bu çalışmada Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde belirlenen alanlarda toprak, bitki ve atmosfer verileri kullanılarak, yukarıda bahsi geçen hassasiyet analizleri ve senaryolar için buğday ile çeltik bitkilerinin verim ve biyokütle gibi değerlerindeki değişimler belirlenmiştir. İklim verileri için 1975-2005 tarihleri arasındaki veriler kullanılmıştır. Günlük veriler önce CERES-Wheat ve CERES-Rice'ın gerektirdiği birim ve format dönüşümlerinden geçirilmiş, ardından arazi koordinatları ve gelişme dönemlerinin her bir günü için ayrı ayrı ortalamalar hesaplanarak elde edilen değerler CERES meteoroloji dosyalarına yerleştirilmiştir. Bitki ile ilgili verilerden fenolojik kayıtlar DMİ ile ilgili illerdeki Tarım ve Köy İşleri Bakanlığına Bağlı Araştırma Enstitülerinden sağlanmıştır. Benzer şekilde toprak verileri, ilgili araştırma enstitülerinde yapılmış olan araştırma çalışmalarından sağlanmıştır. Bu çalışmada çeltik ile ilgili verim ve bitki gelişimi tahmini çalışmaları Edirne ve Edirne ili İpsala

ilçesinde (NDVI kayıtlarının alındığı alanlar için) modellenerek yürütülmüştür. Buğday verimi ve gelişimindeki değişim ise Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerindeki araştırma alanları için hesaplanmıştır.

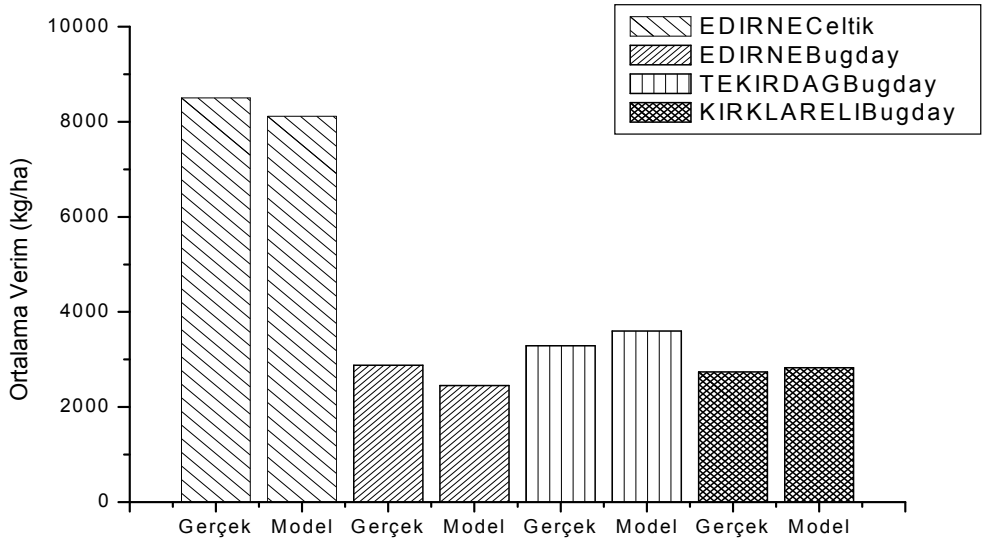
5.1.1 Buğday bitkisi için hassasiyet analizi

CERES-Wheat modeli ile 1975-2005 yılları arasındaki iklim verilerine dayanılarak buğday bitkisinin Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerindeki dane verimi değerleri ile model sonucunda belirlen dane verim değerleri arasında mutlak ve bağıl hata değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.2). Mutlak hata, gerçek verim değeri ile modellenmiş verim değeri arasındaki farkın mutlak değeri ile temsil edilmektedir. Bağıl hata ise, mutlak hatanın gerçek verim değeri içindeki yüzdelik ifadesidir. Görüleceği üzere Kırklareli ilinde modellenen dane verimi ve gerçek dane verimi arasındaki mutlak hata 86 kg/ha ve bağıl hata değeri %3.14'tür. Tekirdağ ilinde ise mutlak hata 307 kg/ha ve bağıl hata %9.33 olarak hesaplanmıştır. Edirne ilinde buğday bitkisi için mutlak ve bağıl hata değerleri de sırasıyla 427 kg/ha ve %14.83 şeklinde hesaplanmıştır. Son olarak yine Edirne'de çeltik için yapılan model çalışmasının 1975-2005 arasına yönelik verdiği simulasyon sonucu ile gerçek miktar karşılaştırılarak mutlak ve bağıl hata değerleri sırasıyla 385 kg/ha ve %4.53 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2 : CERES-Rice ve CERES-Wheat modellerinin mutlak ve bağıl hata değerleri.

	Mutlak hata (kg/ha)	Bağıl Hata (%)	Verim (Gerçek) (kg/ha)	Verim (Model) (kg/ha)
Çeltik (Edirne)	385	4.53	8500	8115
Buğday (Kırklareli)	86	3.14	2741	2827
Buğday (Tekirdağ)	307	9.33	3290	3597
Buğday (Edirne)	427	14.83	2880	2453

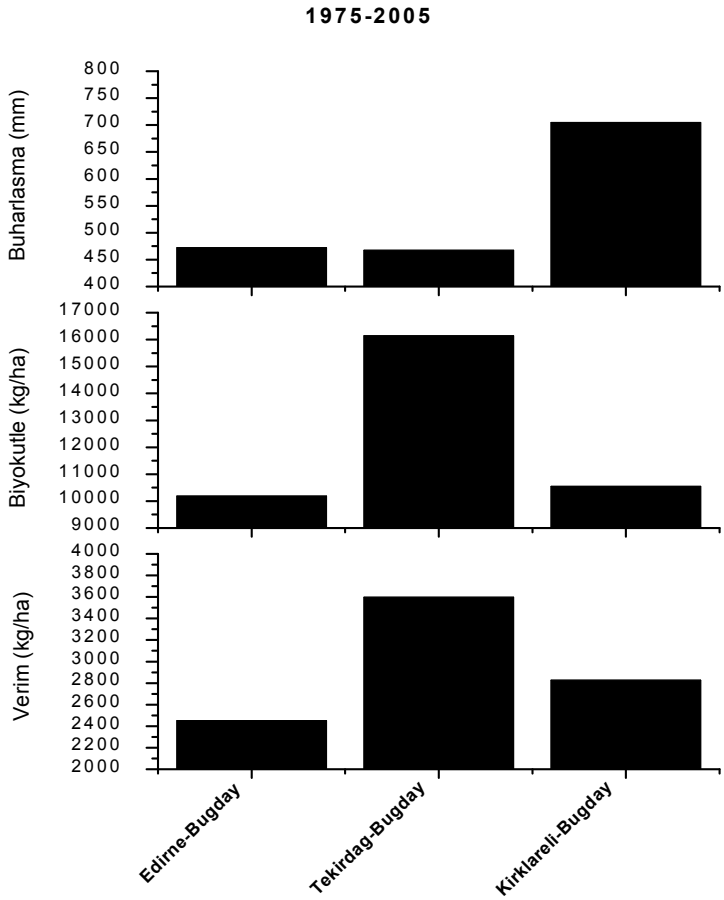
Yukarıdaki Çizelge 5.2'ye ilave olarak gerçek ve modellenmiş dane verimlerinin karşılaştırılması, aşağıda Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 : Trakya Bölgesi'nde incelenen bitkilerin gerçek ve modellenmiş dane verimleri.

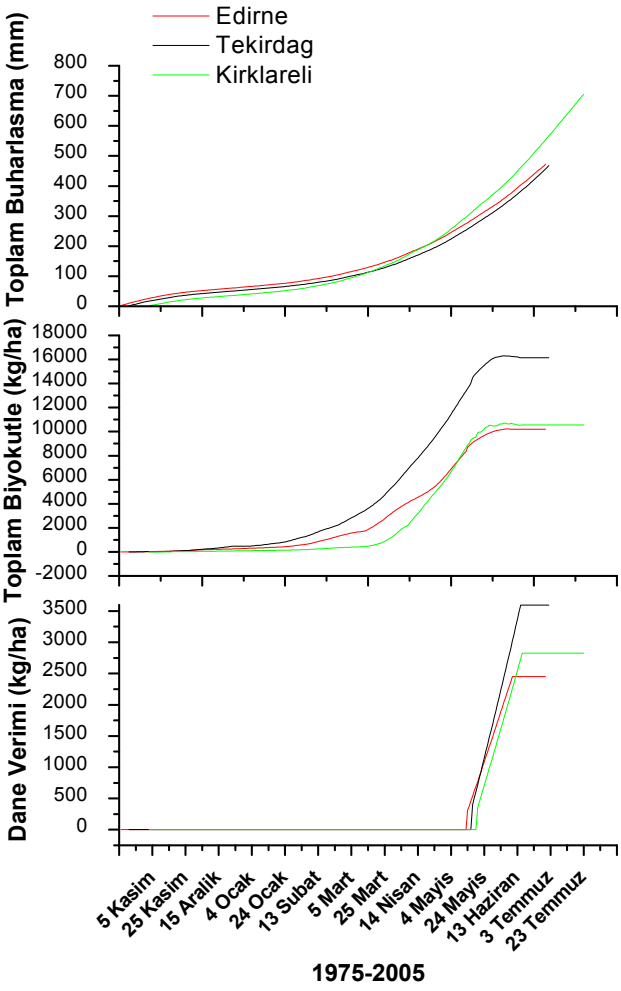
Çeltik veriminin gerçeğin oldukça yakınında, ancak biraz altında tahmin edildiği, Şekil 5.1'de görülmektedir. Modellenen verimin gerçeğin altında hesaplanması durumu, Edirne'de buğday için de geçerlidir. Kırklareli ve Tekirdağ için ise model verimleri, gerçek değerlerin üzerinde yer almıştır.

Meteorolojik faktörlerdeki değişime model hassasiyetini incelemek amacıyla, yukarıda değinilen hassasiyet analizleri sonucunda buğday için elde edilen verim ve biyokütle değerlerindeki değişimlerin aynı grafikte sunulduğu Şekil 5.2 elde edilmiştir. Bitki gelişme dönemi boyunca kaydedilen toplam evapotranspirasyon miktarlarına da grafikte yer verilmiştir.



Şekil 5.2 : Trakya Bölgesi'nde buğdayın verim ve buharlaşma miktarları.

Çalışmada dikkate alınan iller; modellenmiş verim, buharlaşma ve biyokütle bakımından karşılaştırıldığında en düşük buğday veriminin Edirne'de, en yüksek verimin ise Tekirdağ'da gerçekleştiği, toplam evapotranspirasyon miktarında ise Kırklareli ilinin başı çektiği anlaşılmıştır. Verimin, biyokütlenin ve evapotranspirasyonun bahsi geçen illerde gelişme dönemleri boyunca değişimi de aşağıdaki Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3 : Trakya Bölgesi'nde buğdayın verim, biyokütle ve buharlaşma değerlerinin ortalama gelişme dönemleri boyunca seyri.

Aşağıda bu illerde olası sıcaklık, yağış, toplam güneş radyasyonu ve CO_2 değişimlerine karşı modelin öngördüğü bitki gelişme ve verim değerlerindeki değişimler incelenmiştir. Böylece olası iklim değişimi kombinasyonlarının verim değişkenlerine etkisi araştırılmıştır.

5.1.1.1 Kırklareli-Buğday

Kırklareli için 1975-2005 arası ortalama dane verimi CERES-Wheat Modeli tarafından 2827 kg/ha olarak hesaplanmıştır. Model sıcaklık artışlarına verim azalışı öngörürken; 1°C'lik sıcaklık azalışı, verimi de artırmaktadır. Bu durum, bitkinin ele alınan arazide ve dönemde ortalama optimum sıcaklık koşullarının aşıldığını düşündürmektedir. Dane verimi azalışı T+5 uygulaması için %22'yi bulmaktadır. Dane verim azalışlarında T+3 ve T+4 simulasyonlarında görülen düşmeler yine bitki

gelişme döneminin sıcaklık artışı ile birlikte kısalarak ihtiyaç duyulan zamanlarda yağışlara maruz kalınmaması veya bitkinin tam gelişmesini sağlayamaması, yeterli vernalizasyona maruz kalmaması olarak açıklanabilir. Bu özel durumun T+5 ile şiddetlenerek süreceği, model tarafından öngörülmüştür. Bitki, yağış azalmalarına belirgin ve sürekli dane verimi azalışı tepkileri verecektir (Çizelge 5.3). P-%40 analizine kadar yağıştaki her %10'luk azalmaya dane veriminde de yaklaşık olarak %5'lik azalma tepkileri görülmüştür. Verim azalışı, ekstrem yağış azalış uygulaması olan P-%40 için önemli bir sıçrama göstererek %38.4'ü bulmaktadır. Bu durum Kırklareli'nde buğday gelişiminin ve veriminin yağışa bağımlılığının ve gelecekte olası kuraklık durumunda ne derecede olumsuz etkilenebileceğinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Buğdayın Kırklareli'nde toplam güneş radyasyonu artışı durumlarında da (yağış azalmalarındaki gibi) verim düşmesi göstereceği anlaşılmıştır. Toplam güneş radyasyonunda meydana gelmesi olası her %10'luk artış, dane verimine yaklaşık %9 azalma olarak yansımakta ve Rg+%30 uygulamasının sonucunda dane verimi azalışının %27'yi aşacağı görülmektedir. Bitki, incelenen öteki arazilerde olduğu gibi Kırklareli'nde de CO_2 artışlarına en olumlu tepkiyi göstermiştir. Ortalama CO_2 değerinin (330 ppm) 2 katından 3 katına çıkarılması durumunda verim artışı çarpıcı biçimde %10.5'ten %62.9'a sıçramaktadır (Çizelge 5.3). CO_2x3 ve CO_2x4 analizlerinin verdiği sonuçlar karşılaştırıldığında, bitkinin CO_2x3 durumunda artık CO_2 açısından doygunluk seviyesine çıktığı görülecektir. Bu durum bitkinin fotosentezi ve CO_2 arasındaki ilişkinin normal bir göstergesidir. CO_2 artışları belirli bir seviyeye kadar fotosentezi olumlu etkilerken, bu eşiğin aşılması durumunda fotosentez olumsuz etkilenmektedir. T+5;P-%40 kombine senaryosu, %63'ü geçen azalma oranıyla Kırklareli'nde buğday dane verimi için en olumsuz durumu öngörmüştür. Sıcaklık artışı ile gelişme döneminde meydana gelmesi beklenen kısalma dolayısı ile buğday gelişiminin optimumu aşan ivmesi, senaryolarda sıcaklık artışı ile görülen kararlı dane verimi azalışlarının olası sebebidir. Buğday, CO_2 geri beslemesinin ekstrem örneği olan CO_2x4;R_g+%30 ile birlikte maksimum dane verimi yükselişini vermekte (%67.1); bu durum, ortalama sıcaklık ve yağış koşulları korunursa bitkinin dane verimi açısından karbondioksit ve global radyasyon artışlarına olumlu fotosentez tepkisi verme eğiliminde olacağını düşündürmektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : Kırklareli'nde Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Dane Verimi Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)			Hassasiyet Analizleri																			
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0.0	-3.9	-7.0	-9.1	-12.0	-22.0	5.3	0.0	-5.4	-9.0	-15.7	-38.4	0.0	-8.2	-17.7	-27.7	0.0	7.8	10.5	62.9	62.8
T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.4	-9.0	-15.7	-38.4	0.0	-8.2	-17.7	-27.7	0.0	7.8	10.5	62.9	62.8
T+1	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.9	-9.4	-16.3	-24.5	-43.1	-3.9	-12.9	-22.2	-28.9	-3.9	6.4	33.1	58.2	57.0
T+2	-7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.0	-9.4	-16.3	-32.3	-48.4	-7.0	-13.2	-19.6	-28.9	-7.0	2.2	5.8	49.0	48.0
T+3	-9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.1	-10.0	-23.5	-41.2	-52.3	-9.1	-14.4	-21.0	-30.4	-9.1	0.9	3.5	42.9	43.2
T+4	-12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.0	-20.6	-32.2	-46.6	-55.9	-12.0	-26.9	-24.9	-31.7	-12.0	-3.8	-0.1	34.6	34.1
T+5	-22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.0	-36.8	-44.7	-51.8	-63.1	-22.0	-34.8	-39.8	-32.4	-22.0	-0.8	7.3	17.1	17.1
T-1	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	7.0	3.5	-5.8	-29.7	5.3	-1.2	-9.9	-16.2	5.3	11.5	13.6	65.5	66.2
P	0.0	0.0	-3.9	-7.0	-9.1	-12.0	-22.0	5.3	0.0	-5.4	-9.0	-15.7	-38.4	0.0	-8.2	-17.7	-27.7	0.0	7.8	10.5	62.9	62.8
P-%10	-5.4	-5.4	-9.4	-9.4	-10.0	-20.6	-36.8	7.0	-5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.4	-12.9	-23.1	-31.7	-5.4	6.9	14.1	64.5	64.6
P-%20	-9.0	-9.0	-16.3	-16.3	-23.5	-32.2	-44.7	3.5	-9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.0	-18.6	-21.8	-34.8	-9.0	6.1	13.5	64.6	65.6
P-%30	-15.7	-15.7	-24.5	-32.3	-41.2	-46.6	-51.8	-5.8	-15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.7	-31.7	-37.5	-42.3	-15.7	1.1	12.4	64.5	64.7
P-%40	-38.4	-38.4	-43.1	-48.4	-52.3	-55.9	-63.1	-29.7	-38.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-38.4	-42.9	-48.2	-51.6	-38.4	-12.0	3.9	21.6	27.9
Rg	0.0	0.0	-3.9	-7.0	-9.1	-12.0	-22.0	5.3	0.0	-5.4	-9.0	-15.7	-38.4	0.0	-8.2	-17.7	-27.7	0.0	7.8	10.5	62.9	62.8
Rg+%10	-8.2	-8.2	-12.9	-13.2	-14.4	-26.9	-34.8	-1.2	-8.2	-12.9	-18.6	-31.7	-42.9	-8.2	0.0	0.0	0.0	-8.2	3.1	46.3	67.0	65.4
Rg+%20	-17.7	-17.7	-22.2	-19.6	-21.0	-24.9	-39.8	-9.9	-17.7	-23.1	-21.8	-37.5	-48.2	-17.7	0.0	0.0	0.0	-17.7	-7.4	50.7	65.4	66.9
Rg+%30	-27.7	-27.7	-28.9	-28.9	-30.4	-31.7	-32.4	-16.2	-27.7	-31.7	-34.8	-42.3	-51.6	-27.7	0.0	0.0	0.0	-27.7	12.7	42.2	57.3	67.1
CO2	0.0	0.0	-3.9	-7.0	-9.1	-12.0	-22.0	5.3	0.0	-5.4	-9.0	-15.7	-38.4	0.0	-8.2	-17.7	-27.7	0.0	7.8	10.5	62.9	62.8
CO2x1.5	7.8	7.8	6.4	2.2	0.9	-3.8	-0.8	11.5	7.8	6.9	6.1	1.1	-12.0	7.8	3.1	-7.4	12.7	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x2	10.5	10.5	33.1	5.8	3.5	-0.1	7.3	13.6	10.5	14.1	13.5	12.4	3.9	10.5	46.3	50.7	42.2	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x3	62.9	62.9	58.2	49.0	42.9	34.6	17.1	65.5	62.9	64.5	64.6	64.5	21.6	62.9	67.0	65.4	57.3	62.9	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x4	62.8	62.8	57.0	48.0	43.2	34.1	17.1	66.2	62.8	64.6	65.6	64.7	27.9	62.8	65.4	66.9	67.1	62.8	0.0	0.0	0.0	0.0

CERES-Wheat Modeli'ne göre buğday, toplam biyokütle bakımından sıcaklık artışlarına kayda değer bir artış ya da azalış tepkileri vermemektedir. Ekstrem hassasiyet uygulamasını temsil eden T+5 durumunda bile %3'ün altında biyokütle azalışları görülebilecektir. Sıcaklık azalışına bitkinin gösterdiği hassasiyet ise dane veriminde olduğu gibi olumlu şekilde sürmektedir (Çizelge 5.4). P-%10 ve P-%20 yağış azalış uygulamaları için buğday, toplam biyokütlesini oransal olarak istikrarlı biçimde düşürmekte, yağış azaltım uygulamasının %30 olarak gerçekleştiği simulasyon ise %16 gibi dikkate değer bir biyokütle azalmasına işaret etmektedir. P-%40 uygulaması ise, buğdayın toplam biyokütlesinin yaklaşık dörtte birini kaybedebileceğini öngörmüştür. Buğday biyokütlesi, dane veriminde olduğu gibi toplam güneş radyasyonundaki artışlara olumsuz tepki vermektedir. Rg+%30 simulasyonu, toplam biyokütledeki azalışın %14.1'e ulaşacağına dikkat çekmektedir (Çizelge 5.4). Biyokütle, CO_2 artışına önemli olumlu tepkiler vermektedir. CO_2x1.5 ile CO_2x3 uygulamaları arasındaki 1 kat CO_2 artışına verilen biyokütle artış tepkisi, %16.5'ten %62.7'ye ulaşan ciddi bir sıçrama ile temsil edilmiştir. Aynı oransal sıçrama sağlanmamakla birlikte bitki, CO_2x4 uygulamaları için de sırasıyla %66.9 oranında biyokütle artışı göstermiştir. Güneş radyasyonundaki artışın yağış azalışıyla birlikte ele alındığı senaryolar, biyokütle azalışlarının da ekstremleştiği örnekleri temsil etmektedir. Örneğin Rg+%30;P-%40 kombinasyonu, Kırklareli buğdayının biyokütlesinde yaklaşık %30'u aşan oranda bir azalışa neden olmaktadır (Çizelge 5.4). Sıcaklık azalışının maksimum CO_2 artışı ile desteklendiği simulasyon

ise yine maksimum toplam biyokütle değerlerini ortaya koymuştur. Bu bağlamda T-1; CO_2x4 kombinasyonunun toplam biyokütleye olumu etkisi %75'e yaklaşmıştır (Çizelge 5.4). Buğdayın Kırklareli'nde fotosentez için ihtiyaç duyduğu uzun yıllık ortalama toplam güneş radyasyonunun yeterli olduğu, buna karşın biyokütle artırımı için daha yüksek CO_2 konsantrasyonlarına ihtiyaç duyduğu anlaşılmaktadır. Özellikle radyasyon yönünden optimum şartların olması bu bölgede yetiştirilen bitkilerin iklim şartlarına adaptasyonundan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.4 : Kırklareli'nde Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Toplam Biyokütle Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)		Hassasiyet Analizleri																			
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0.0	-0.5	1.5	0.0	-0.9	-2.6	2.0	0.0	-3.9	-7.6	-16.0	-24.5	0.0	-4.3	-8.7	-14.1	0.0	8.6	16.5	62.7	66.9
T	0.0	0.0	-0.5	1.5	0.0	-0.9	-2.6	2.0	0.0	-3.9	-7.6	-16.0	-24.5	0.0	-4.3	-8.7	-14.1	0.0	8.6	16.5	62.7	66.9
T+1	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5	-3.6	-7.4	-14.7	-22.5	-0.5	-5.2	-8.8	-13.2	-0.5	8.6	31.9	63.1	63.4
T+2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	-2.2	-5.5	-10.8	-18.2	1.5	-2.2	-5.4	-10.2	1.5	10.8	19.0	60.7	61.1
T+3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.8	-5.8	-11.2	-18.7	0.0	-2.8	-5.8	-10.6	0.0	9.7	17.4	56.4	58.9
T+4	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9	-3.3	-6.6	-10.4	-17.7	-0.9	-0.4	-7.0	-10.1	-0.9	8.6	16.6	53.6	58.2
T+5	-2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.6	-0.7	-4.3	-12.6	-22.0	-2.6	1.2	0.4	13.2	-2.6	30.5	50.0	65.5	71.4
T-1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	-0.8	-6.0	-12.2	-27.0	2.0	-2.2	-6.4	-10.0	2.0	11.3	20.0	67.3	74.0
P	0.0	0.0	-0.5	1.5	0.0	-0.9	-2.6	2.0	0.0	-3.9	-7.6	-16.0	-24.5	0.0	-4.3	-8.7	-14.1	0.0	8.6	16.5	62.7	66.9
P-%10	-3.9	-3.9	-3.6	-2.2	-2.8	-3.3	-0.7	-0.8	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.9	-7.9	-12.4	-16.9	-3.9	5.7	14.7	59.8	67.9
P-%20	-7.6	-7.6	-7.4	-5.5	-5.8	-6.6	-4.3	-6.0	-7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.6	-11.2	-13.9	-19.0	-7.6	3.6	11.9	53.4	63.9
P-%30	-16.0	-16.0	-14.7	-10.8	-11.2	-10.4	-12.6	-12.2	-16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-16.0	-17.1	-20.5	-24.0	-16.0	-1.0	7.8	46.1	55.8
P-%40	-24.5	-24.5	-22.5	-18.2	-18.7	-17.7	-22.0	-27.0	-24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-24.5	-26.9	-27.2	-31.1	-24.5	-6.9	2.5	16.6	28.1
Rg	0.0	0.0	-0.5	1.5	0.0	-0.9	-2.6	2.0	0.0	-3.9	-7.6	-16.0	-24.5	0.0	-4.3	-8.7	-14.1	0.0	8.6	16.5	62.7	66.9
Rg+%10	-4.3	-4.3	-5.2	-2.2	-2.8	-0.4	1.2	-2.2	-4.3	-7.9	-11.2	-17.1	-26.9	-4.3	0.0	0.0	0.0	-4.3	4.5	34.3	62.3	70.0
Rg+%20	-8.7	-8.7	-8.8	-5.4	-5.8	-7.0	0.4	-6.4	-8.7	-12.4	-13.9	-20.5	-27.2	-8.7	0.0	0.0	0.0	-8.7	-1.4	36.2	56.9	66.7
Rg+%30	-14.1	-14.1	-13.2	-10.2	-10.6	-10.1	13.2	-10.0	-14.1	-16.9	-19.0	-24.0	-31.1	-14.1	0.0	0.0	0.0	-14.1	11.0	33.5	49.4	61.6
CO2	0.0	0.0	-0.5	1.5	0.0	-0.9	-2.6	2.0	0.0	-3.9	-7.6	-16.0	-24.5	0.0	-4.3	-8.7	-14.1	0.0	8.6	16.5	62.7	66.9
CO2x1.5	8.6	8.6	8.6	10.8	9.7	8.6	30.5	11.3	8.6	5.7	3.6	-1.0	-6.9	8.6	4.5	-1.4	11.0	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x2	16.5	16.5	31.9	19.0	17.4	16.6	50.0	20.0	16.5	14.7	11.9	7.8	2.5	16.5	34.3	36.2	33.5	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x3	62.7	62.7	63.1	60.7	56.4	53.6	65.5	67.3	62.7	59.8	53.4	46.1	16.6	62.7	62.3	56.9	49.4	62.7	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x4	66.9	66.9	63.4	61.1	58.9	58.2	71.4	74.0	66.9	67.9	63.9	55.8	28.1	66.9	70.0	66.7	61.6	66.9	0.0	0.0	0.0	0.0

Sap ağırlığı çıktısının meteorolojik faktörlerdeki değişimlere verdiği tepkiler, sıcaklık artışları için toplam biyokütleninkilerle farklılık arz etmektedir. Burada dikkat çekici olan, bitki sap ağırlığının ekstrem negatif senaryoya bağlı potansiyel kaybının, ekstrem pozitif senaryonun öngördüğü sonucun yanında oldukça küçük kalmasıdır. Buğday, tek başına sıcaklığın azalması ve artması durumlarında sap ağırlığında önemli bir değişme tepkisi vermemiştir. T+5 uygulamasının sap verimine olumlu etkisi ancak %4.5'i bulmaktadır. Yağış azaltım uygulamalarına Kırklareli buğday sap ağırlıkları sürekli azalış reaksiyonları vermiş, P-%40 simulasyonunun sonucunda ise bitki sap ağırlığı %19.5 oranında düşmeye uğramıştır. Biyokütlede olduğu gibi sap ağırlıklarında da olası güneş radyasyonu artışları verim düşüşünü beraberinde getirmektedir. Burada da CO_2 artış uygulamalarının olumlu sonuçları dikkat çekicidir. Örneğin CO_2x2 ve CO_2x3 uygulamaları arasında sap ağırlığı yaklaşık 3.5 katına çıkmaktadır. CERES-Wheat, öteki tüm meteorolojik

parametrelerin ortalama gelişme dönemi boyunca sabit kalması koşulu ile CO_2x4 durumunda sap veriminin %68.4 oranında artışa maruz kalacağını öngörmektedir (Çizelge 5.5). T-1;P-%40 kombinasyonunun olumsuz sonucu %26'lık sap ağırlığı azalması iken, T+5; CO_2x4 artış eşleşmesi, sap verimini yaklaşık iki katına taşıyabilecektir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 : Kırklareli'nde Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)		Hassasiyet Analizleri																			
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0.0	0.7	4.6	3.3	3.1	4.5	0.8	0.0	-3.3	-7.1	-16.1	-19.5	0.0	-2.8	-5.5	-9.1	0.0	8.9	18.7	62.6	68.4
T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.3	-7.1	-16.1	-19.5	0.0	-2.8	-5.5	-9.1	0.0	8.9	18.7	62.6	68.4
T+1	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	-1.5	-4.1	-11.0	-15.0	0.7	-2.4	-3.9	-7.4	0.7	9.3	31.4	64.9	65.8
T+2	4.6	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.5	-1.5	-3.0	-7.2	4.6	1.8	-0.2	-3.4	4.6	14.0	23.8	65.0	65.8
T+3	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	-0.1	0.7	-0.2	-6.4	3.3	1.5	-0.2	-3.3	3.3	12.9	22.4	61.4	64.6
T+4	3.1	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	3.0	2.7	2.9	-3.8	3.1	9.2	-0.4	-2.1	3.1	13.2	22.7	60.6	67.0
T+5	4.5	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	12.5	10.5	1.7	-7.0	4.5	14.3	15.1	29.9	4.5	42.0	65.7	83.2	91.2
T-1	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	-3.7	-9.4	-14.6	-26.0	0.8	-2.6	-5.1	-7.7	0.8	11.2	22.4	68.0	76.8
P	0.0	0.0	0.7	4.6	3.3	3.1	4.5	0.8	0.0	-3.3	-7.1	-16.1	-19.5	0.0	-2.8	-5.5	-9.1	0.0	8.9	18.7	62.6	68.4
P-%10	-3.3	-3.3	-1.5	0.5	-0.1	3.0	12.5	-3.7	-3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-3.3	-6.0	-8.5	-11.5	-3.3	5.3	15.0	58.1	69.2
P-%20	-7.1	-7.1	-4.1	-1.5	0.7	2.7	10.5	-9.4	-7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.1	-8.5	-10.9	-13.3	-7.1	2.7	11.3	49.3	63.2
P-%30	-16.1	-16.1	-11.0	-3.0	-0.2	2.9	1.7	-14.6	-16.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-16.1	-11.8	-14.3	-17.4	-16.1	-1.8	6.1	39.4	52.5
P-%40	-19.5	-19.5	-15.0	-7.2	-6.4	-3.8	-7.0	-26.0	-19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-19.5	-21.0	-19.5	-23.6	-19.5	-5.1	2.0	14.8	28.1
Rg	0.0	0.0	0.7	4.6	3.3	3.1	4.5	0.8	0.0	-3.3	-7.1	-16.1	-19.5	0.0	-2.8	-5.5	-9.1	0.0	8.9	18.7	62.6	68.4
Rg+%10	-2.8	-2.8	-2.4	1.8	1.5	9.2	14.3	-2.6	-2.8	-6.0	-8.5	-11.8	-21.0	-2.8	0.0	0.0	0.0	-2.8	5.0	29.9	60.5	71.7
Rg+%20	-5.5	-5.5	-3.9	-0.2	-0.2	-0.4	15.1	-5.1	-5.5	-8.5	-10.9	-14.3	-19.5	-5.5	0.0	0.0	0.0	-5.5	0.7	30.8	53.7	66.6
Rg+%30	-9.1	-9.1	-7.4	-3.4	-3.3	-2.1	29.9	-7.7	-9.1	-11.5	-13.3	-17.4	-23.6	-9.1	0.0	0.0	0.0	-9.1	10.4	30.4	46.5	59.6
CO2	0.0	0.0	0.7	4.6	3.3	3.1	4.5	0.8	0.0	-3.3	-7.1	-16.1	-19.5	0.0	-2.8	-5.5	-9.1	0.0	8.9	18.7	62.6	68.4
CO2x1.5	8.9	8.9	9.3	14.0	12.9	13.2	42.0	11.2	8.9	5.3	2.7	-1.8	-5.1	8.9	5.0	0.7	10.4	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x2	18.7	18.7	31.4	23.8	22.4	22.7	65.7	22.4	18.7	15.0	11.3	6.1	2.0	18.7	29.9	30.8	30.4	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x3	62.6	62.6	64.9	65.0	61.4	60.6	83.2	68.0	62.6	58.1	49.3	39.4	14.8	62.6	60.5	53.7	46.5	62.6	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x4	68.4	68.4	65.8	65.8	64.6	67.0	91.2	76.8	68.4	69.2	63.2	52.5	28.1	68.4	71.7	66.6	59.6	68.4	0.0	0.0	0.0	0.0

Gelişme dönemi boyunca herhangi bir güne ait tek bir değerle temsil edilen maksimum LAI değişkeninin sıcaklık varyasyonlarına verdiği değişken tepkiler, aşağıdaki Çizelge 5.6'da görülebilir. Sıcaklık artışlarına başlangıçta verilen azalış tepkileri zamanla ortadan kalkarak T+5 durumu için %17.5'lik bir artışa ulaşılmıştır. Yağış azalışlarında P-%20 ve P-%30 uygulamaları arasında maksimum LAI değerinde azalış anlamında önemli bir sıçrama gözlenmiştir. Ele alınan yağış azalış senaryolarının en şiddetlisi olan P-%40 için minimum değerine inen maksimum LAI, bu uygulamada %25.4'lük bir azalmaya maruz kalmıştır. Maksimum LAI, güneş radyasyonu artışlarına çok hafif olumlu tepkiler vermekte, tüm verim çıktıları içinde artışın en olumlu sonuçları doğurduğu CO_2'nin ise maksimum LAI artışına katkısı CO_2x4 için dahi %12.9 olarak öngörülmektedir (Çizelge 5.6). Tüm verim bileşenlerini olumlu etkileyen CO_2, T-1;CO_2x1.5 kombinasyonu ile %66.6 oranında bir maksimum LAI artışı sağlayabilecek, aynı oran R_g+%30;T+5 kombinasyonu için de tekrarlanacaktır. Bu kısımda çizelgeler halinde verilen oransal değişimlerin miktar karşılıklarının birlikte verildiği grafik, Ek Şekil A.1'de sunulmuştur.

Çizelge 5.6 : Kırklareli'nde Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Maksimum LAI Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)		Hassasiyet Analizleri																				
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0.0	-5.5	-7.1	-2.2	0.0	17.5	-0.8	0.0	2.2	-2.7	-22.5	-25.2	0.0	3.6	5.2	5.5	0.0	2.7	4.7	12.9	12.9
T		0.0	-5.5	-7.1	-2.2	0.0	17.5	-0.8	0.0	2.2	-2.7	-22.5	-25.2	0.0	3.6	5.2	5.5	0.0	2.7	4.7	12.9	12.9
T+1	-5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.5	-2.5	-3.6	-14.2	-14.2	-5.5	-6.0	-2.2	-4.9	-5.5	-4.9	-4.9	12.9	7.1
T+2	-7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.1	-7.9	-5.8	1.6	2.7	-7.1	-6.6	-6.6	-6.0	-7.1	-5.2	-9.9	6.6	3.3
T+3	-2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.2	-3.3	8.8	14.0	18.6	-2.2	0.0	0.3	1.1	-2.2	-5.8	-2.2	2.2	3.3
T+4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	21.6	26.8	31.0	0.0	24.4	6.3	7.1	0.0	4.9	6.0	12.9	11.2
T+5	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5	44.7	47.9	38.4	39.2	17.5	48.8	57.5	66.6	17.5	**66.6**	63.6	64.7	63.6
T-1	-0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	-9.3	-17.8	-20.5	-32.1	-0.8	3.6	7.9	10.1	-0.8	6.8	11.5	23.0	27.7
P	0.0	0.0	-5.5	-7.1	-2.2	0.0	17.5	-0.8	0.0	2.2	-2.7	-22.5	-25.2	0.0	3.6	5.2	5.5	0.0	2.7	4.7	12.9	12.9
P-%10	2.2	2.2	-2.5	-7.9	-3.3	12.1	44.7	-9.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.8	5.2	7.1	2.2	4.1	6.3	18.6	18.4
P-%20	-2.7	-2.7	-3.6	-5.8	8.8	21.6	47.9	-17.8	-2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-2.7	2.5	-11.8	9.3	-2.7	4.4	12.3	18.4	20.8
P-%30	-22.5	-22.5	-14.2	1.6	14.0	26.8	38.4	-20.5	-22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-22.5	-9.0	1.1	4.7	-22.5	0.0	6.6	15.9	16.4
P-%40	-25.2	-25.2	-14.2	2.7	18.6	31.0	39.2	**-32.1**	-25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-25.2	-21.9	-8.5	-4.7	-25.2	-13.7	4.7	15.1	16.7
Rg	0.0	0.0	-5.5	-7.1	-2.2	0.0	17.5	-0.8	0.0	2.2	-2.7	-22.5	-25.2	0.0	3.6	5.2	5.5	0.0	2.7	4.7	12.9	12.9
Rg+%10	3.6	3.6	-6.0	-6.6	0.0	24.4	48.8	3.6	3.6	0.8	2.5	-9.0	-21.9	3.6	0.0	0.0	0.0	3.6	4.7	4.4	23.6	26.6
Rg+%20	5.2	5.2	-2.2	-6.6	0.3	6.3	57.5	7.9	5.2	5.2	-11.8	1.1	-8.5	5.2	0.0	0.0	0.0	5.2	6.0	13.7	30.4	26.8
Rg+%30	5.5	5.5	-4.9	-6.0	1.1	7.1	**66.6**	10.1	5.5	7.1	9.3	4.7	-4.7	5.5	0.0	0.0	0.0	5.5	2.7	19.5	34.8	33.7
CO2	0.0	0.0	-5.5	-7.1	-2.2	0.0	17.5	-0.8	0.0	2.2	-2.7	-22.5	-25.2	0.0	3.6	5.2	5.5	0.0	2.7	4.7	12.9	12.9
CO2x1.5	2.7	2.7	-4.9	-5.2	-5.8	4.9	66.6	6.8	2.7	4.1	4.4	0.0	-13.7	2.7	4.7	6.0	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x2	4.7	4.7	-4.9	-9.9	-2.2	6.0	63.6	11.5	4.7	6.3	12.3	6.6	4.7	4.7	4.4	13.7	19.5	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x3	12.9	12.9	12.9	6.6	2.2	12.9	64.7	23.0	12.9	18.6	18.4	15.9	15.1	12.9	23.6	30.4	34.8	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x4	12.9	12.9	7.1	3.3	3.3	11.2	63.6	27.7	12.9	18.4	20.8	16.4	16.7	12.9	26.6	26.8	33.7	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0

5.1.1.2 Tekirdağ-Buğday

Tekirdağ ilinde de sıcaklık artışları dane verimini olumsuz etkilemiştir. Buna göre gelişme dönemi ortalama sıcaklığının 1°C artması (T+1), dane veriminin %1.5 azalmasına neden olacaktır. Sıcaklığın 5°C'ye kadar her 1°C'lik artışı, dane verimine azalma olarak yansıyacaktır. Tekirdağ ve Edirne kışlık buğdaylarının sıcaklığa farklı tepki vermesinin sebepleri arasında, bitkilerin farklı fenolojik dönemler boyunca gelişimlerini tamamlaması ve bu fenolojik dönemlerde maruz kaldıkları atmosferik şartların farklı olması sayılabilir. Bu aşamada kışlık buğday gelişimi ve verimi açısından Tekirdağ'ın 1975-2005 arasında optimum koşullara sahip olduğu söylenebilir. Olası sıcaklık artışları Tekirdağ'da kışlık buğdayın gelişmesi boyunca dayanabileceği maksimum sıcaklık eşiğine yaklaşılmasına neden olmaktadır. CERES-Wheat Modeli, gelişme dönemleri boyunca ortalama sıcaklıklardaki aşırı artışların, yağış azalmaları ile birlikte gerçekleşmesi durumunda mevcut verimin önemli düşüşler göstereceğini öngörmektedir (Çizelge 5.7). Söz konusu azalma, T+5; P-%40 ekstrem senaryosu için %57'yi bulmaktadır. Yağışta herhangi bir kısıt olmaması durumunda güneş radyasyonunun ve CO_2'nin pozitif geri beslemesi ise, tersi bir olumlu durumu temsil etmektedir. Bu simulasyonların ekstrem kombinasyonunu temsil eden Rg+%30;CO_2x4 eşleşmesinden model ile elde edilen dane verimi artışı, %53.3 olmuştur (Çizelge 5.7). Model genel anlamda dane verimi açısından ortalama uzun yıllık koşulların optimum olduğunu öngörmüştür. Yağışta

%10'luk bir azalmanın önce verimi %0.8 arttırdığı, ilerleyen yağış azalması simulasyonlarında ise verimin azaldığı belirlenmiştir. Toplam güneş radyasyonu artışları Edirne'de olduğu gibi verimde artışa neden olmaktadır. CO_2 seviyesindeki artışlar Edirne'deki buğday bitkisinin verdiği tepkiler ile karşılaştırıldığında ise, Tekirdağ'da buğdayın veriminde daha az bir artış meydana geldiği söylenebilir. Bu durumun sebebi ayrıca araştırılması gereken ve bitki fenolojisini, genetik özelliklerini, toprak ve iklim şartlarındaki farklı özellikleri kapsayan unsurlar olabilir.

Çizelge 5.7 : Tekirdağ'da Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Dane Verimi Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)			Hassasiyet Analizleri																			
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	-1,5	-4,8	-12,5	-18,0	-23,8	-2,7	0,0	0,8	-2,9	-7,8	-14,2	0,0	5,2	9,0	11,5	0,0	8,0	13,3	18,9	18,4
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	-2,9	-7,8	-14,2	0,0	5,2	9,0	11,5	0,0	8,0	13,3	18,9	18,4
T+1	-1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,5	-1,4	-2,1	-3,9	-11,4	-1,5	4,1	9,5	14,5	-1,5	10,1	21,2	24,5	34,9
T+2	-4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,8	-4,8	-4,8	-5,9	-16,0	-4,8	0,9	6,3	11,6	-4,8	7,2	18,8	33,1	32,9
T+3	-12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-12,5	-12,5	-29,0	-15,5	-28,9	-12,5	-7,3	-2,4	2,5	-12,5	-1,5	9,2	24,1	24,3
T+4	-18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-18,0	-18,0	-19,2	-28,0	-41,8	-18,0	-13,1	-8,5	-5,5	-18,0	-7,8	2,7	16,5	16,7
T+5	-23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,8	-23,8	-29,6	-43,1	-57,0	-23,8	-19,3	-16,2	-16,7	-23,8	-14,0	-4,2	9,7	9,9
T-1	-2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,7	-13,8	-11,7	-5,9	-28,2	-2,7	-33,3	2,5	2,2	-2,7	1,8	6,3	35,9	37,1
P	0,0	0,0	-1,5	-4,8	-12,5	-18,0	-23,8	-2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	9,0	11,5	0,0	8,0	13,3	18,9	18,4
P-%10	0,8	0,8	-1,4	-4,8	-12,5	-18,0	-23,8	-13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	6,4	10,6	7,7	0,8	11,6	16,6	33,5	32,8
P-%20	-2,9	-2,9	-2,1	-4,8	-29,0	-19,2	-29,6	-11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,9	-13,3	-16,8	-12,2	-2,9	5,8	15,5	21,6	22,2
P-%30	-7,8	-7,8	-3,9	-5,9	-15,5	-28,0	-43,1	-5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,8	-12,1	-23,5	-39,2	-7,8	-2,7	0,9	32,3	33,6
P-%40	-14,2	-14,2	-11,4	-16,0	-28,9	-41,8	-57,0	-28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-14,2	-27,5	-44,0	-54,5	-14,2	0,3	4,6	33,4	33,6
Rg	0,0	0,0	-1,5	-4,8	-12,5	-18,0	-23,8	-2,7	0,0	0,8	-2,9	-7,8	-14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	13,3	18,9	18,4
Rg+%10	5,2	5,2	4,1	0,9	-7,3	-13,1	-19,3	-33,3	5,2	6,4	-13,3	-12,1	-27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	12,0	16,9	22,1	21,6
Rg+%20	9,0	9,0	9,5	6,3	-2,4	-8,5	-16,2	2,5	9,0	10,6	-16,8	-23,5	-44,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	15,0	19,7	49,7	49,3
Rg+%30	11,5	11,5	14,5	11,6	2,5	-5,5	-16,7	2,2	11,5	7,7	-12,2	-39,2	-54,5	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	17,9	21,8	52,2	53,3
CO2	0,0	0,0	-1,5	-4,8	-12,5	-18,0	-23,8	-2,7	0,0	0,8	-2,9	-7,8	-14,2	0,0	5,2	9,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	8,0	8,0	10,1	7,2	-1,5	-7,8	-14,0	1,8	8,0	11,6	5,8	-2,7	0,3	8,0	12,0	15,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	13,3	13,3	21,2	18,8	9,2	2,7	-4,2	6,3	13,3	16,6	15,5	0,9	4,6	13,3	16,9	19,7	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	18,9	18,9	24,5	33,1	24,1	16,5	9,7	35,9	18,9	33,5	21,6	32,3	33,4	18,9	22,1	49,7	52,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	18,4	18,4	34,9	32,9	24,3	16,7	9,9	37,1	18,4	32,8	22,2	33,6	33,6	18,4	21,6	49,3	53,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tekirdağ'da iklim değişimine buğday gelişiminin toplam biyokütle açısından vermesi olası hassasiyet sonuçları da aşağıdaki Çizelge 5.8'de sunulmuştur. Sıcaklığın 1°C artması durumunda biyokütle açısından optimum sıcaklık değerine ulaşılmakta, sıcaklıkta artışın devam etmesi ise önce biyokütledeki artış oranının azalmasına, sonra da biyokütle azalmasına neden olmaktadır. Buğday, 2°C'lik sıcaklık artışlarına kadar hafif biyokütle artışları göstermekte, artışın devamı durumunda ise biyokütle çıktısı olumsuz sonuçları işaret etmektedir. Örnek olarak T+5 uygulamasının toplam biyokütleyi yaklaşık %10 oranında azaltması beklenmektedir. Yağış azaltımının biyokütleye olumsuz etkisi özellikle P-%30 durumu için belirginleşmektedir. T-1 ve T-2 için sırasıyla %1.7 ve %7.5 oranlarında öngörülen azalmalar, söz konusu T-3 simulasyonu için %20.4 gibi önemli bir sıçrama göstermiştir. Bitkinin 1975-2005 arasında güneş radyasyonu açısından

optimuma yakın koşullara sahip olduğu, bu parametreye verilen düşük biyokütle artışları ile kendini göstermiştir. Rg+%30 hassasiyet uygulaması ise biyokütlede artık düşüşlerin başladığı bir simulasyona örnek olmuştur. CO_2 gübrelemesinin biyokütleye olumlu etkisi, CO_2x3 uygulamasına kadar çarpıcı biçimde gerçekleşmiştir (%21.2 oranında artış). CERES-Wheat, CO_2x4 durumunda buğdayın CO_2'nin fotosentezi artırıcı etkisine artık doyacağını öngörmüştür.

Çizelge 5.8 : Tekirdağ'da Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Toplam Biyokütle Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)		Hassasiyet Analizleri																				
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	3,6	0,7	-2,5	-4,5	-9,8	-10,9	0,0	-1,7	-7,5	-20,4	-24,8	0,0	1,4	0,8	-0,4	0,0	8,9	15,3	21,2	20,7
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,7	-7,5	-20,4	-24,8	0,0	1,4	0,8	-0,4	0,0	8,9	15,3	21,2	20,7
T+1	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	1,6	-1,7	-6,4	-11,3	3,6	6,9	9,2	10,2	3,6	18,0	30,5	33,5	43,6
T+2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	-1,2	-3,9	-7,4	-12,3	0,7	5,7	10,3	13,5	0,7	19,0	34,8	50,5	50,2
T+3	-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,5	-4,8	-30,7	-11,7	-16,4	-2,5	2,5	6,9	11,1	-2,5	15,6	33,2	54,7	**54,9**
T+4	-4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,5	-7,3	-10,3	-14,9	-19,5	-4,5	0,4	4,8	8,4	-4,5	13,3	29,3	51,4	53,3
T+5	-9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,8	-12,6	-16,1	-20,7	-25,7	-9,8	-5,4	-1,8	1,1	-9,8	6,6	22,5	46,5	49,5
T-1	-10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-10,9	-22,2	-23,4	-27,2	-41,4	-10,9	**-42,2**	-13,5	-15,8	-10,9	-4,2	1,5	20,5	21,7
P	0,0	0,0	3,6	0,7	-2,5	-4,5	-9,8	-10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,8	-0,4	0,0	8,9	15,3	21,2	20,7
P-%10	-1,7	-1,7	1,6	-1,2	-4,8	-7,3	-12,6	-22,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,7	-0,9	-0,6	-2,4	-1,7	10,4	16,5	29,6	29,2
P-%20	-7,5	-7,5	-1,7	-3,9	-30,7	-10,3	-16,1	-23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,5	-21,4	-24,1	-16,7	-7,5	-3,7	7,9	18,2	19,8
P-%30	-20,4	-20,4	-6,4	-7,4	-11,7	-14,9	-20,7	-27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-20,4	-23,6	-27,3	-30,7	-20,4	-13,6	-8,2	16,8	22,6
P-%40	-24,8	-24,8	-11,3	-12,3	-16,4	-19,5	-25,7	-41,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-24,8	-27,8	-31,3	-35,6	-24,8	-16,5	-10,8	13,4	19,2
Rg	0,0	0,0	3,6	0,7	-2,5	-4,5	-9,8	-10,9	0,0	-1,7	-7,5	-20,4	-24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	15,3	21,2	20,7
Rg+%10	1,4	1,4	6,9	5,7	2,5	0,4	-5,4	-42,2	1,4	-0,9	-21,4	-23,6	-27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	9,3	15,3	22,8	23,2
Rg+%20	0,8	0,8	9,2	10,3	6,9	4,8	-1,8	-13,5	0,8	-0,6	-24,1	-27,3	-31,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	8,0	13,8	38,1	42,3
Rg+%30	-0,4	-0,4	10,2	13,5	11,1	8,4	1,1	-15,8	-0,4	-2,4	-16,7	-30,7	-35,6	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4	6,0	11,5	37,8	42,7
CO2	0,0	0,0	3,6	0,7	-2,5	-4,5	-9,8	-10,9	0,0	-1,7	-7,5	-20,4	-24,8	0,0	1,4	0,8	-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	8,9	8,9	18,0	19,0	15,6	13,3	6,6	-4,2	8,9	10,4	-3,7	-13,6	-16,5	8,9	9,3	8,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	15,3	15,3	30,5	34,8	33,2	29,3	22,5	1,5	15,3	16,5	7,9	-8,2	-10,8	15,3	15,3	13,8	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	21,2	21,2	33,5	50,5	54,7	51,4	46,5	20,5	21,2	29,6	18,2	16,8	13,4	21,2	22,8	38,1	37,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	20,7	20,7	43,6	50,2	54,9	53,3	49,5	21,7	20,7	29,2	19,8	22,6	19,2	20,7	23,2	42,3	42,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Buğday sap ağırlıkları Tekirdağ'da yağış azalmasına olumsuz, CO_2 artışlarına olumlu reaksiyon vermektedir (Çizelge 5.9). Bitki, sap verimini artırabilmek için ortalama 1°C sıcaklık artışına ihtiyaç duymakta olup, bu durumda da söz konusu artış %5 civarında seyretmektedir. Benzer biçimde, ekstremleşen sıcaklık artış senaryolarına verilen sap ağırlığı artış tepkileri azalmakta, T+4 durumundan itibaren ise bu çıktıda verim azalışının başladığı görülmektedir. Azalış, T+5 durumunda %5.8 olacaktır. Bununla birlikte buğday sap ağırlığının olası sıcaklık azalışlarından da olumsuz etkilenebileceği yine Çizelge 5.9'dan anlaşılmaktadır. Sonuçta buğday sıcaklık bağlamında sadece T+1 durumu için belirgin bir olumlu tepki vermekte, T-1 için de verim azalışı %13'ü geçmektedir. Sap ağırlığı, yağış azalışlarına paralel bir azalma eğilimi göstermektedir. P-%20 için %8.8 olan sap ağırlığı azalması, P-%30 uygulaması ile verilen %24.1 azalışı ile birlikte azalmada önemli bir sıçramanın gerçekleştiği bir simulasyon sonucunu temsil etmektedir. Tersi duruma örnek, CO_2

artışlarının sap ağırlığına olumlu yansımaları ile karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte bitki sap ağırıklarında CO_2x3 ve CO_2x4 uygulamaları arasında oldukça küçük farklar bulunması, sap gelişimi açısından CO_2x3'ün bir doyum noktasını teşkil ettiğini göstermektedir. Buğday sap ağırlığı özellikle CO_2'nin 4 katına çıktığı ve sıcaklığın da 2°C arttığı kombinasyon için önemli bir sıçrama göstermektedir (%21.6'dan %46.1'e). Olumsuz senaryolar arasında ise sıcaklık azalmasının uygulanan maksimum yağış azalması ile birlikte simule edildiği analiz yer almaktadır. Bu durumda buğdayın sap ağırlığının ortalamanın yaklaşık yarısını kaybedeceği (%45.1 oranında azalma) anlaşılmaktadır. Yağış azalışının ekstremleştiği P-%40 durumunun neden olduğu sap ağırlığı azalışının güneş radyasyonu parametresindeki artışlarla dahi karşılanamadığı, Çizelge 5.9'da görülmektedir.

Çizelge 5.9 : Tekirdağ'da Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)			Hassasiyet Analizleri																			
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	5,1	2,2	0,4	-0,7	-5,8	-13,2	0,0	-2,4	-8,8	-24,1	-27,9	0,0	0,4	-1,5	-3,9	0,0	9,2	15,9	21,9	21,4
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,4	-8,8	-24,1	-27,9	0,0	0,4	-1,5	-3,9	0,0	9,2	15,9	21,9	21,4
T+1	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	2,5	-1,5	-7,1	-11,3	5,1	7,7	9,1	9,0	5,1	20,3	33,2	36,1	46,1
T+2	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	-0,2	-3,6	-7,9	-11,2	2,2	7,2	11,4	14,0	2,2	22,4	39,4	55,4	55,2
T+3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	-2,6	-25,6	-10,6	-12,8	0,4	5,4	9,6	13,6	0,4	20,6	40,1	63,5	63,7
T+4	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,7	-4,2	-7,8	-11,2	-13,1	-0,7	4,3	8,6	12,4	-0,7	19,4	37,0	61,3	63,7
T+5	-5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,8	-9,4	-12,2	-14,2	-16,7	-5,8	-1,4	2,4	6,2	-5,8	12,6	30,2	57,0	60,9
T-1	-13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-13,2	-24,6	-26,7	-33,3	-45,1	-13,2	-44,7	-18,1	-21,0	-13,2	-5,9	0,2	16,1	17,3
P	0,0	0,0	5,1	2,2	0,4	-0,7	-5,8	-13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	-1,5	-3,9	0,0	9,2	15,9	21,9	21,4
P-%10	-2,4	-2,4	2,5	-0,2	-2,6	-4,2	-9,4	-24,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,4	-3,0	-3,8	-5,3	-2,4	10,1	16,5	28,4	28,2
P-%20	-8,8	-8,8	-1,5	-3,6	-25,6	-7,8	-12,2	-26,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-8,8	-23,7	-26,2	-17,9	-8,8	-6,4	5,7	17,2	19,2
P-%30	-24,1	-24,1	-7,1	-7,9	-10,6	-11,2	-14,2	-33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-24,1	-26,9	-28,4	-28,2	-24,1	-16,8	-10,8	12,4	19,4
P-%40	-27,9	-27,9	-11,3	-11,2	-12,8	-13,1	-16,7	-45,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-27,9	-27,9	-27,6	-30,1	-27,9	-21,3	-15,2	7,7	15,0
Rg	0,0	0,0	5,1	2,2	0,4	-0,7	-5,8	-13,2	0,0	-2,4	-8,8	-24,1	-27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	15,9	21,9	21,4
Rg+%10	0,4	0,4	7,7	7,2	5,4	4,3	-1,4	-44,7	0,4	-3,0	-23,7	-26,9	-27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,6	14,8	23,0	23,7
Rg+%20	-1,5	-1,5	9,1	11,4	9,6	8,6	2,4	-18,1	-1,5	-3,8	-26,2	-28,4	-27,6	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,5	6,0	12,1	34,7	40,4
Rg+%30	-3,9	-3,9	9,0	14,0	13,6	12,4	6,2	-21,0	-3,9	-5,3	-17,9	-28,2	-30,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,9	2,5	8,6	33,6	39,6
CO2	0,0	0,0	5,1	2,2	0,4	-0,7	-5,8	-13,2	0,0	-2,4	-8,8	-24,1	-27,9	0,0	0,4	-1,5	-3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	9,2	9,2	20,3	22,4	20,6	19,4	12,6	-5,9	9,2	10,1	-6,4	-16,8	-21,3	9,2	8,6	6,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	15,9	15,9	33,2	39,4	40,1	37,0	30,2	0,2	15,9	16,5	5,7	-10,8	-15,2	15,9	14,8	12,1	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	21,9	21,9	36,1	55,4	63,5	61,3	57,0	16,1	21,9	28,4	17,2	12,4	7,7	21,9	23,0	34,7	33,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	21,4	21,4	46,1	55,2	63,7	63,7	60,9	17,3	21,4	28,2	19,2	19,4	15,0	21,4	23,7	40,4	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Buğday, Tekirdağ'da maksimum LAI çıktısı için sıcaklık artışlarına olumlu tepki vermekte, artış oranının maksimumu ise %7.4 ile T+4 uygulaması için söz konusu olmaktadır. Sıcaklık azalış uygulamasına ise bitki çok hassas olup, T-1'e dahi %23'ü aşan bir maksimum LAI düşme tepkisi vermektedir. Yağış azalış simulasyonuna P-%20'den başlayarak istikrarlı bir düşme tepkisi gösteren maksimum LAI; T-1;R_g+%10 kombinasyonu için yarıdan fazlasını kaybederken, T+5;CO_2x4 kombinasyonuna ise yarıya yakın artış tepkisi vermektedir (Çizelge 5.10). Bu çıktı için buğdayda özellikle yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Öteki

verim bileşenlerinden farklı olarak bitki CO_2 artışlarına belirgin maksimum LAI artış tepkileri vermemektedir. Yağış azalışının sıcaklık azalışı ile birlikte simule edildiği senaryolar da ciddi maksimum LAI düşüşlerine işaret etmektedir. Bu kısımda çizelgeler halinde verilen oransal değişimlerin miktar karşılıklarının birlikte verildiği grafik, Ek Şekil A.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.10 : Tekirdağ'da Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Maksimum LAI Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)		Hassasiyet Analizleri																				
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	6,2	6,0	6,9	7,4	7,1	-23,4	0,0	0,7	-1,1	-16,3	-17,2	0,0	0,7	3,2	4,3	0,0	4,8	4,8	3,0	2,1
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	-1,1	-16,3	-17,2	0,0	0,7	3,2	4,3	0,0	4,8	4,8	3,0	2,1
T+1	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	6,4	5,0	6,2	6,0	6,2	4,6	6,7	6,6	6,2	7,1	6,4	7,8	14,0
T+2	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	6,0	5,7	5,1	4,8	6,0	5,7	5,7	7,4	6,0	6,7	4,8	14,4	13,7
T+3	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	6,9	-17,4	6,7	5,9	6,9	7,1	6,7	8,2	6,9	8,0	5,9	19,1	19,1
T+4	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	5,3	6,0	7,6	6,9	7,4	7,3	8,2	11,7	7,4	5,1	22,9	34,0	34,4
T+5	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	7,1	5,9	5,9	6,7	7,1	6,9	17,2	25,7	7,1	18,1	36,9	49,1	**49,5**
T-1	-23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,4	-31,6	-27,7	-36,0	-44,5	-23,4	**-51,1**	-19,9	-19,9	-23,4	-21,3	-20,6	-19,9	-18,4
P	0,0	0,0	6,2	6,0	6,9	7,4	7,1	-23,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,2	4,3	0,0	4,8	4,8	3,0	2,1
P-%10	0,7	0,7	6,4	6,0	6,9	5,3	7,1	-31,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	5,0	5,1	7,8	0,7	5,3	5,9	4,1	4,3
P-%20	-1,1	-1,1	5,0	5,7	-17,4	6,0	5,9	-27,7	-1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,1	-14,7	-11,7	-6,2	-1,1	-11,5	-4,3	-2,7	-3,9
P-%30	-16,3	-16,3	6,2	5,1	6,7	7,6	5,9	-36,0	-16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-16,3	-15,6	-16,1	-15,2	-16,3	-16,0	-16,1	-13,3	-10,8
P-%40	-17,2	-17,2	6,0	4,8	5,9	6,9	6,7	-44,5	-17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-17,2	-19,5	-16,1	-15,4	-17,2	-15,6	-16,3	-8,5	-8,7
Rg	0,0	0,0	6,2	6,0	6,9	7,4	7,1	-23,4	0,0	0,7	-1,1	-16,3	-17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	4,8	3,0	2,1
Rg+%10	0,7	0,7	4,6	5,7	7,1	7,3	6,9	-51,1	0,7	5,0	-14,7	-15,6	-19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	6,9	5,3	6,0	4,4
Rg+%20	3,2	3,2	6,7	5,7	6,7	8,2	17,2	-19,9	3,2	5,1	-11,7	-16,1	-16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	6,9	5,3	6,6	9,0
Rg+%30	4,3	4,3	6,6	7,4	8,2	11,7	25,7	-19,9	4,3	7,8	-6,2	-15,2	-15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	7,1	5,3	6,4	8,3
CO2	0,0	0,0	6,2	6,0	6,9	7,4	7,1	-23,4	0,0	0,7	-1,1	-16,3	-17,2	0,0	0,7	3,2	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	4,8	4,8	7,1	6,7	8,0	5,1	18,1	-21,3	4,8	5,3	-11,5	-16,0	-15,6	4,8	6,9	6,9	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	4,8	4,8	6,4	4,8	5,9	22,9	36,9	-20,6	4,8	5,9	-4,3	-16,1	-16,3	4,8	5,3	5,3	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	3,0	3,0	7,8	14,4	19,1	34,0	49,1	-19,9	3,0	4,1	-2,7	-13,3	-8,5	3,0	6,0	6,6	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	2,1	2,1	14,0	13,7	19,1	34,4	49,5	-18,4	2,1	4,3	-3,9	-10,8	-8,7	2,1	4,4	9,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

5.1.1.3 Edirne-Buğday

Hassasiyet analizlerinde buğdayın, verim açısından anlam taşıma sırasına göre, dane verimi, toplam biyokütlesi, sap ağırlığı ve LAI değerleri Edirne ilinde de ele alınmıştır. Edirne, buğday üretimi bakımından da Trakya Bölgesi'nin önemli illerinden biri olup, belirlenen arazide CERES-Wheat Modeli tarafından buğdayın 1975-2005 yılları arası dane verimi 2453 kg/ha, toplam biyokütlesi 10191 kg/ha, sap ağırlığı ise 7738 kg/ha olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin meteorolojik parametrelerdeki olası değişimlere tepkileri, aşağıdaki Çizelge 5.11'de verilmektedir.

Çizelge 5.11 : Edirne'de Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Dane Verimi Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)			Hassaslık Analizi ve Senaryolar																			
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	15,4	21,4	10,8	7,5	-1,4	3,5	0,0	5,5	7,7	10,4	12,0	0,0	5,5	8,1	8,2	0,0	7,1	46,8	60,3	59,1
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	7,7	10,4	12,0	0,0	5,5	8,1	8,2	0,0	7,1	46,8	60,3	59,1
T+1	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	-2,2	2,0	4,9	-3,1	15,4	20,1	23,0	27,1	15,4	22,4	29,6	50,5	47,2
T+2	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	21,6	16,6	-1,1	-9,1	21,4	29,1	36,1	42,4	21,4	37,1	51,1	70,4	70,6
T+3	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	10,8	10,9	6,7	-17,8	10,8	18,1	24,9	31,0	10,8	26,0	40,0	59,1	59,2
T+4	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	7,5	7,3	3,3	-17,9	7,5	14,5	21,1	27,1	7,5	34,4	35,7	55,3	55,6
T+5	-1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,4	-1,4	-3,1	-10,1	**-33,2**	-1,4	5,0	11,1	16,6	-1,4	12,1	24,6	42,7	43,0
T-1	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	17,0	15,7	18,1	17,9	3,5	6,4	23,2	25,9	3,5	22,8	27,3	73,6	**74,8**
P	0,0	0,0	15,4	21,4	10,8	7,5	-1,4	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	8,1	8,2	0,0	7,1	46,8	60,3	59,1
P-%10	5,5	5,5	-2,2	21,6	10,8	7,5	-1,4	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	8,3	8,8	11,3	5,5	10,1	46,0	62,8	63,7
P-%20	7,7	7,7	2,0	16,6	10,9	7,3	-3,1	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	10,2	11,7	10,8	7,7	11,6	45,9	64,7	64,2
P-%30	10,4	10,4	4,9	-1,1	6,7	3,3	-10,1	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	12,1	11,3	2,5	10,4	14,0	18,7	68,9	66,6
P-%40	12,0	12,0	-3,1	-9,1	-17,8	-17,9	-33,2	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	9,0	0,6	-12,1	12,0	15,5	19,1	69,5	69,0
Rg	0,0	0,0	15,4	21,4	10,8	7,5	-1,4	3,5	0,0	5,5	7,7	10,4	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	46,8	60,3	59,1
Rg+%10	5,5	5,5	20,1	29,1	18,1	14,5	5,0	6,4	5,5	8,3	10,2	12,1	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	37,7	55,4	61,3	62,9
Rg+%20	8,1	8,1	23,0	36,1	24,9	21,1	11,1	23,2	8,1	8,8	11,7	11,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	47,0	61,1	64,5	64,1
Rg+%30	8,2	8,2	27,1	42,4	31,0	27,1	16,6	25,9	8,2	11,3	10,8	2,5	-12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	54,6	63,2	65,6	66,4
CO2	0,0	0,0	15,4	21,4	10,8	7,5	-1,4	3,5	0,0	5,5	7,7	10,4	12,0	0,0	5,5	8,1	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	7,1	7,1	22,4	37,1	26,0	34,4	12,1	22,8	7,1	10,1	11,6	14,0	15,5	7,1	37,7	47,0	54,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	46,8	46,8	29,6	51,1	40,0	35,7	24,6	27,3	46,8	46,0	45,9	18,7	19,1	46,8	55,4	61,1	63,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	60,3	60,3	50,5	70,4	59,1	55,3	42,7	73,6	60,3	62,8	64,7	68,9	69,5	60,3	61,3	64,5	65,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	59,1	59,1	47,2	70,6	59,2	55,6	43,0	74,8	59,1	63,7	64,2	66,6	69,0	59,1	62,9	64,1	66,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Çizelge 5.11'de görüleceği üzere, sıcaklığın 1^{o}C artması (T+1) durumunda (öteki meteorolojik faktörlerde bir değişimin olmadığı kabulüne göre), buğday bitkisinin dane verimi Edirne ilinde %15.4 artış gösterecektir. Sıcaklığın 2^{o}C arttırılması (T+2) uygulaması, verim artışını %21.4 ile en yüksek seviyeye çıkarmaktadır. Ancak sıcaklığın 2°C'tan sonra her 1°C artışı verimdeki bu artışı azaltmakta ve sıcaklığın 5°C artması halinde ise verim, %1.4 azalmaktadır. Bu durum, sıcaklık ile bitki gelişimi arasındaki ilişkinin açık bir göstergesidir. Elde edilen sonuçlar sıcaklığın 2°C artması halinde ortaya çıkan iklim şartlarının, bu ilde bitki gelişimi için optimum sıcaklığın bulunduğu seviyeyi temsil ettiğini göstermektedir. 2°C'yi aşan artışlar Edirne'de kışlık buğday açısından dayanılabilir maksimum sıcaklık sınırının zorlanabileceği anlamını taşımaktadır. T+5 halinde bitki yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenmekte ve verimini düşürmektedir. Tek başına yağışta %10'luk azalma durumunda verimin %5.5 artması beklenmektedir. Her bir %10'luk yağış azalmasının verimde yaklaşık %2 azalmaya neden olabileceği, yine CERES-Wheat tarafından öngörülmektedir. Toplam güneş radyasyonunda olası %10'luk bir artış verimi %5.5 kadar attırırken, bu artışın %20'den %30'a çıkması durumunda önemli bir değişme beklenmemektedir. Yağıştaki azalmalara karşı verimde beklenmedik artışların meydana gelmesi, bu bölgede yağışın bitki gelişme döneminde, miktarının olduğu kadar dağılımının da bitki gelişimi açısından arzu edilen seviyenin üstünde olduğunun bir göstergesi olabilir. Dane verimi artmasına karşın, biyokütle değerleri

azalma göstermiştir. Bu durum da bitki fotosentezi ile radyasyon arasındaki ilişkinin bir göstergesidir; zira belirli bir radyasyon değerinden sonraki artışlar bitki gelişimine olumlu bir etki yapmazlar. CO_2'nin %50 artması durumunda verimde %7.1 artış beklenirken, $2xCO_2$ durumu oldukça önemli bir dane verimi artışına (%46.8) neden olacaktır. Bu, karbondioksit gübrelemesi olarak tanımlanan ve bitkide fotosentezi arttırıcı etki yapan, olağan bir durumdur. Bu noktada unutulmaması gereken, yukarıda tek başına değişimleri dikkate alınan bu faktörlerin doğada öteki faktörleri de etkileyerek değiştirebileceğidir. Tez çalışmasında hassasiyet analizleri yapılırken yukarıda değinilen T, Rg, P ve CO_2 deki değişimlerin birlikte (kombine) etkilerinin de incelenmiş olmasının sebebi, budur. Çizelgelerde ekstrem sonuçlar koyu renkte gösterilmiş olup, yukarıdaki Çizelge 5.11'de Edirne-Buğday için T+5 ve P-%40 hassasiyet analizlerinin birlikte uygulandığı durum, ekstrem örneği temsil etmektedir. Buğday, Edirne'de seçili arazi üzerinde ortalama sıcaklık artışlarına T+5 uygulamasına kadar dane verimi açısından olumlu tepki vermekte; T+5 ise, artan sıcaklıkların bitki gelişimini olumsuz etkilemeye başladığı bir değeri temsil etmektedir. Hassasiyet analizlerinde seçilen uygulamalar gerek tek başlarına, gerekse kombinasyonlar halinde gelecekte gerçekleşmesi olası senaryolar arasından seçilmiştir. Bu sebepten, ortalama sıcaklık artışlarında 1^oC'den başlayarak 5^oC'ye kadar simulasyonlar yapılırken, sıcaklık azalış uygulaması olarak sadece T-1'in dikkate alınması söz konusu olmuştur. Dane verimi ele alındığında T+5; P-%40 kombinasyonu, buğday verimini minimize eden (%33 oranında) bir hassasiyet analiz sonucunu ortaya koymaktadır (Çizelge 5.11). Çeltiğin aksine buğday, bölgede sulama uygulanmaksızın, tamamen doğal yağış koşulları altında (kuru tarım) yetiştirilmektedir. Bu durum göz önüne alındığında T-1;$4xCO_2$ kombinasyonu, bitkinin ortalama su tüketiminde bir kısıtlamaya gidilmeksizin sıcaklıktaki 1^oC'lik bir azalışın ortalama CO_2 değerinin 4 katına çıkmasıyla maksimum dane verimi sonucunu ortaya çıkaracağını göstermektedir. Çeltikte olduğu gibi buğday da Edirne'de CO_2 artışlarına olumlu tepki vermekte, söz konusu tepkinin oranı ise CO_2x3-CO_2x4 arasında düşme göstermektedir. CERES-Wheat, Edirne buğdayının ortalama sıcaklıklardaki 1^oC'lik azalmalar neticesinde uzayacak gelişme dönemi nedeniyle daha uzun süre fotosentez yapabilecek olmasının, (ya da daha az su stresine girecek olmasının) verimi az da olsa artırabileceğini öngörmektedir. Sıcaklık artışlarının daha dikkat çekici oranlarda dane verimi artışı sonucu vermesinin temelinde ise, kısalmayla birlikte ivmelenen bitki gelişimi boyunca bitkinin daha çok

ihtiyaç duyduğu fenolojik aşamalara doğru yağışın çekilmesinin yattığı söylenebilir. Ancak burada unutulmaması gereken nokta bu değişimlerin buğday dane verimine kalite bakımından yapabileceği etkinin dikkate alınmadığıdır. Aşağıda verilen Çizelge 5.12, Edirne kışlık buğdayının toplam biyokütle açısından hassasiyet analiz sonuçlarını içermektedir.

Çizelge 5.12 : Edirne'de Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Toplam Biyokütle Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)		Hassaslık Analizi ve Senaryolar																				
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	22,9	30,7	22,8	19,2	12,6	-3,1	0,0	1,0	-0,5	-3,0	-6,6	0,0	1,9	2,2	0,2	0,0	4,6	34,0	45,1	45,5
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	-0,5	-3,0	-6,6	0,0	1,9	2,2	0,2	0,0	4,6	34,0	45,1	45,5
T+1	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,9	0,7	-0,1	-4,1	-10,1	22,9	25,0	25,6	25,8	22,9	30,6	35,6	44,8	42,4
T+2	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7	27,5	20,2	-2,8	-9,1	30,7	37,2	41,5	45,6	30,7	49,9	65,0	83,9	84,0
T+3	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,8	20,1	17,5	11,2	-10,2	22,8	30,0	36,8	46,0	22,8	48,5	69,1	91,1	91,2
T+4	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	16,5	12,8	9,1	0,8	19,2	26,7	33,4	40,0	19,2	48,8	64,7	92,5	**92,7**
T+5	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	9,9	6,4	2,3	-4,8	12,6	20,0	26,6	33,1	12,6	35,1	58,2	88,4	88,7
T-1	-3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,1	-0,5	1,2	-0,6	-4,6	-3,1	-0,8	5,3	5,0	-3,1	7,3	11,7	39,9	41,2
P	0,0	0,0	22,9	30,7	22,8	19,2	12,6	-3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	2,2	0,2	0,0	4,6	34,0	45,1	45,5
P-%10	1,0	1,0	0,7	27,5	20,1	16,5	9,9	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,1	-0,6	-1,6	1,0	6,7	31,6	47,7	48,2
P-%20	-0,5	-0,5	-0,1	20,2	17,5	12,8	6,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-1,6	-3,0	-5,6	-0,5	6,9	31,0	49,0	49,1
P-%30	-3,0	-3,0	-4,1	-2,8	11,2	9,1	2,3	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,0	-4,6	-6,7	-10,4	-3,0	5,1	11,8	50,5	50,1
P-%40	-6,6	-6,6	-10,1	-9,1	-10,2	0,8	-4,8	-4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,6	-9,3	-12,5	-16,2	-6,6	1,8	9,0	48,8	51,7
Rg	0,0	0,0	22,9	30,7	22,8	19,2	12,6	-3,1	0,0	1,0	-0,5	-3,0	-6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	34,0	45,1	45,5
Rg+%10	1,9	1,9	25,0	37,2	30,0	26,7	20,0	-0,8	1,9	1,1	-1,6	-4,6	-9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	24,5	40,7	48,4	48,9
Rg+%20	2,2	2,2	25,6	41,5	36,8	33,4	26,6	5,3	2,2	-0,6	-3,0	-6,7	-12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	31,9	44,0	51,4	51,2
Rg+%30	0,2	0,2	25,8	45,6	46,0	40,0	33,1	5,0	0,2	-1,6	-5,6	-10,4	**-16,2**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	34,8	46,9	53,1	53,5
CO2	0,0	0,0	22,9	30,7	22,8	19,2	12,6	-3,1	0,0	1,0	-0,5	-3,0	-6,6	0,0	1,9	2,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	4,6	4,6	30,6	49,9	48,5	48,8	35,1	7,3	4,6	6,7	6,9	5,1	1,8	4,6	24,5	31,9	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	34,0	34,0	35,6	65,0	69,1	64,7	58,2	11,7	34,0	31,6	31,0	11,8	9,0	34,0	40,7	44,0	46,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	45,1	45,1	44,8	83,9	91,1	92,5	88,4	39,9	45,1	47,7	49,0	50,5	48,8	45,1	48,4	51,4	53,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	45,5	45,5	42,4	84,0	91,2	92,7	88,7	41,2	45,5	48,2	49,1	50,1	51,7	45,5	48,9	51,2	53,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Edirne'de buğday bitkisinin toplam biyokütlesinin, dane veriminden farklı olarak güneş radyasyonu artışı ve yağış azalışı kombinasyonuna en olumsuz tepkiyi vereceği, Çizelge 5.12'de görülmektedir. T+4;CO_2x4 kombinasyonu ise, ortalama yağış ve güneş radyasyonu değerleri sabit kalmak koşuluyla buğday biyokütlesinde %90'ı aşan artışlar meydana gelebileceğini ifade etmektedir. Burada da CO_2 ve T için verime olumlu etki için kritik değerler, sıcaklık için T+4 ile, CO_2 için ise CO_2x4 ile temsil edilmektedir. Söz konusu değerleri aşan simulasyon uygulamaları için model, biyokütle artış oranlarında azalma öngörmektedir. Buğday sap ağırlığı da hassasiyet analizlerine dahil edilen model çıktılarından olup, Edirne'de kışlık buğday için bu parametrenin göstermesi olası tepkiler, aşağıda Çizelge 5.13'te verilmiştir.

Çizelge 5.13 : Edirne'de Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)			Hassaslık Analizi ve Senaryolar																				
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	25,2	33,7	26,6	23,0	17,1	-5,3	0,0	-0,4	-3,2	-7,2	-12,4	0,0	0,8	0,3	-2,3	0,0	3,8	30,0	40,3	41,2
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4	-3,2	-7,2	-12,4	0,0	0,8	0,3	-2,3	0,0	3,8	30,0	40,3	41,2
T+1	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	1,7	-0,8	-7,0	-12,4	25,2	26,5314	26,5	25,3	25,2	33,2	37,5	43,0	40,9
T+2	33,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,7	29,4	21,3	-3,3	-9,1	33,7	39,7777	43,3	46,6	33,7	53,9	69,3	88,2	88,2
T+3	26,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	23,0	19,6	12,6	-7,8	26,6	33,8201	40,6	50,8	26,6	55,6	78,3	101,2	101,4
T+4	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	19,3	14,5	10,9	6,7	23,0	30,5635	37,3	44,2	23,0	53,4	73,9	104,3	**104,5**
T+5	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	13,4	9,4	6,2	4,2	17,1	24,7609	31,5	38,3	17,1	42,4	68,8	102,8	103,2
T-1	-5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,3	-2,5	-3,4	-6,6	-11,7	-5,3	-3,0499	-0,3	-1,6	-5,3	2,3	6,7	29,2	30,5
P	0,0	0,0	25,2	33,7	26,6	23,0	17,1	-5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,3	-2,3	0,0	3,8	30,0	40,3	41,2
P-%10	-0,4	-0,4	1,7	29,4	23,0	19,3	13,4	-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4	-1,2	-3,6	-5,6	-0,4	5,6	27,0	43,0	43,3
P-%20	-3,2	-3,2	-0,8	21,3	19,6	14,5	9,4	-3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,2	-5,3	-7,6	-10,8	-3,2	5,4	26,4	44,0	44,2
P-%30	-7,2	-7,2	-7,0	-3,3	12,6	10,9	6,2	-6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,2	-9,9	-12,4	-14,4	-7,2	2,2	9,6	44,6	44,9
P-%40	-12,4	-12,4	-12,4	-9,1	-7,8	6,7	4,2	-11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-12,4	-15,0	-16,6	**-17,5**	-12,4	-2,5	5,8	42,3	46,2
Rg	0,0	0,0	25,2	33,7	26,6	23,0	17,1	-5,3	0,0	-0,4	-3,2	-7,2	-12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	30,0	40,3	41,2
Rg+%10	0,8	0,8	26,5	39,8	33,8	30,6	24,8	-3,0	0,8	-1,2	-5,3	-9,9	-15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	20,4	36,0	44,3	44,4
Rg+%20	0,3	0,3	26,5	43,3	40,6	37,3	31,5	-0,3	0,3	-3,6	-7,6	-12,4	-16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	27,1	38,6	47,2	47,1
Rg+%30	-2,3	-2,3	25,3	46,6	50,8	44,2	38,3	-1,6	-2,3	-5,6	-10,8	-14,4	-17,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,3	28,5	41,7	49,2	49,4
CO2	0,0	0,0	25,2	33,7	26,6	23,0	17,1	-5,3	0,0	-0,4	-3,2	-7,2	-12,4	0,0	0,8	0,3	-2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	3,8	3,8	33,2	53,9	55,6	53,4	42,4	2,3	3,8	5,6	5,4	2,2	-2,5	3,8	20,4	27,1	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	30,0	30,0	37,5	69,3	78,3	73,9	68,8	6,7	30,0	27,0	26,4	9,6	5,8	30,0	36,0	38,6	41,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	40,3	40,3	43,0	88,2	101,2	104,3	102,8	29,2	40,3	43,0	44,0	44,6	42,3	40,3	44,3	47,2	49,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	41,2	41,2	40,9	88,2	101,4	104,5	103,2	30,5	41,2	43,3	44,2	44,9	46,2	41,2	44,4	47,1	49,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Edirne'de buğdayın sap ağırlığının olası iklim değişimlerine reaksiyonu, toplam biyokütleninki ile benzerlik göstermektedir. Bu benzerlik, en olumsuz sap ağırlığı değişiminin -%17.5 ile Rg+%30;P-%40 kombinasyonuna verilmesi ile belirginleşmektedir. Yine benzer biçimde, T+4;CO_2x4 kombinasyonu buğdayın sap ağırlığının iki katından fazlaya çıkacağını (%104.5) öngörmektedir. Buğday sap ağırlığı genel olarak modelin ele aldığı tüm meteorolojik değişkenlerdeki artışlara olumlu tepki vermektedir.

Çizelge 5.14 : Edirne'de Buğday için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Maksimum LAI Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)			Hassaslık Analizi ve Senaryolar																				
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	36,3	58,9	53,2	54,7	52,3	-9,4	0,0	-6,3	-5,1	-3,6	-5,1	0,0	-2,7	-1,5	-1,8	0,0	-1,5	13,3	22,1	23,3
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,3	-5,1	-3,6	-5,1	0,0	-2,7	-1,5	-1,8	0,0	-1,5	13,3	22,1	23,3
T+1	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,3	15,1	14,5	6,9	6,3	36,3	44,4	45,0	44,7	36,3	41,7	44,7	33,8	32,0
T+2	58,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,9	63,7	61,6	31,1	25,1	58,9	73,7	82,5	77,9	58,9	83,7	80,7	80,4	80,4
T+3	53,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,2	52,6	57,4	58,0	37,8	53,2	68,3	83,4	78,2	53,2	83,7	81,9	79,2	79,2
T+4	54,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7	54,4	59,5	58,9	60,1	54,7	69,8	83,4	81,9	54,7	81,6	81,6	81,9	82,2
T+5	52,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,3	52,6	52,3	57,4	56,5	52,3	65,0	79,2	80,1	52,3	81,3	79,5	83,1	**83,7**
T-1	-9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,4	**-10,0**	-9,1	-8,8	-7,3	-9,4	-6,9	-2,7	-2,1	-9,4	-3,0	-2,7	4,8	6,6
P	0,0	0,0	36,3	58,9	53,2	54,7	52,3	-9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,7	-1,5	-1,8	0,0	-1,5	13,3	22,1	23,3
P-%10	-6,3	-6,3	15,1	63,7	52,6	54,4	52,6	-10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,3	-1,8	0,0	1,2	-6,3	0,9	10,6	25,1	25,4
P-%20	-5,1	-5,1	14,5	61,6	57,4	59,5	52,3	-9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,1	-4,2	-0,3	1,2	-5,1	-0,9	10,0	26,3	27,2
P-%30	-3,6	-3,6	6,9	31,1	58,0	58,9	57,4	-8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,6	-3,3	-1,8	1,5	-3,6	-0,3	-1,8	28,7	27,5
P-%40	-5,1	-5,1	6,3	25,1	37,8	60,1	56,5	-7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,1	-3,0	-2,4	-3,9	-5,1	-0,9	0,9	29,3	30,2
Rg	0,0	0,0	36,3	58,9	53,2	54,7	52,3	-9,4	0,0	-6,3	-5,1	-3,6	-5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,5	13,3	22,1	23,3
Rg+%10	-2,7	-2,7	44,4	73,7	68,3	69,8	65,0	-6,9	-2,7	-1,8	-4,2	-3,3	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,7	6,3	19,9	24,5	22,4
Rg+%20	-1,5	-1,5	45,0	82,5	83,4	83,4	79,2	-2,7	-1,5	0,0	-0,3	-1,8	-2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,5	12,1	18,7	25,1	25,4
Rg+%30	-1,8	-1,8	44,7	77,9	78,2	81,9	80,1	-2,1	-1,8	1,2	1,2	1,5	-3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,8	17,8	23,3	26,0	25,7
CO2	0,0	0,0	36,3	58,9	53,2	54,7	52,3	-9,4	0,0	-6,3	-5,1	-3,6	-5,1	0,0	-2,7	-1,5	-1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	-1,5	-1,5	41,7	83,7	83,7	81,6	81,3	-3,0	-1,5	0,9	-0,9	-0,3	-0,9	-1,5	6,3	12,1	17,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	13,3	13,3	44,7	80,7	81,9	81,6	79,5	-2,7	13,3	10,6	10,0	-1,8	0,9	13,3	19,9	18,7	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	22,1	22,1	33,8	80,4	79,2	81,9	83,1	4,8	22,1	25,1	26,3	28,7	29,3	22,1	24,5	25,1	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	23,3	23,3	32,0	80,4	79,2	82,2	83,7	6,6	23,3	25,4	27,2	27,5	30,2	23,3	22,4	25,4	25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

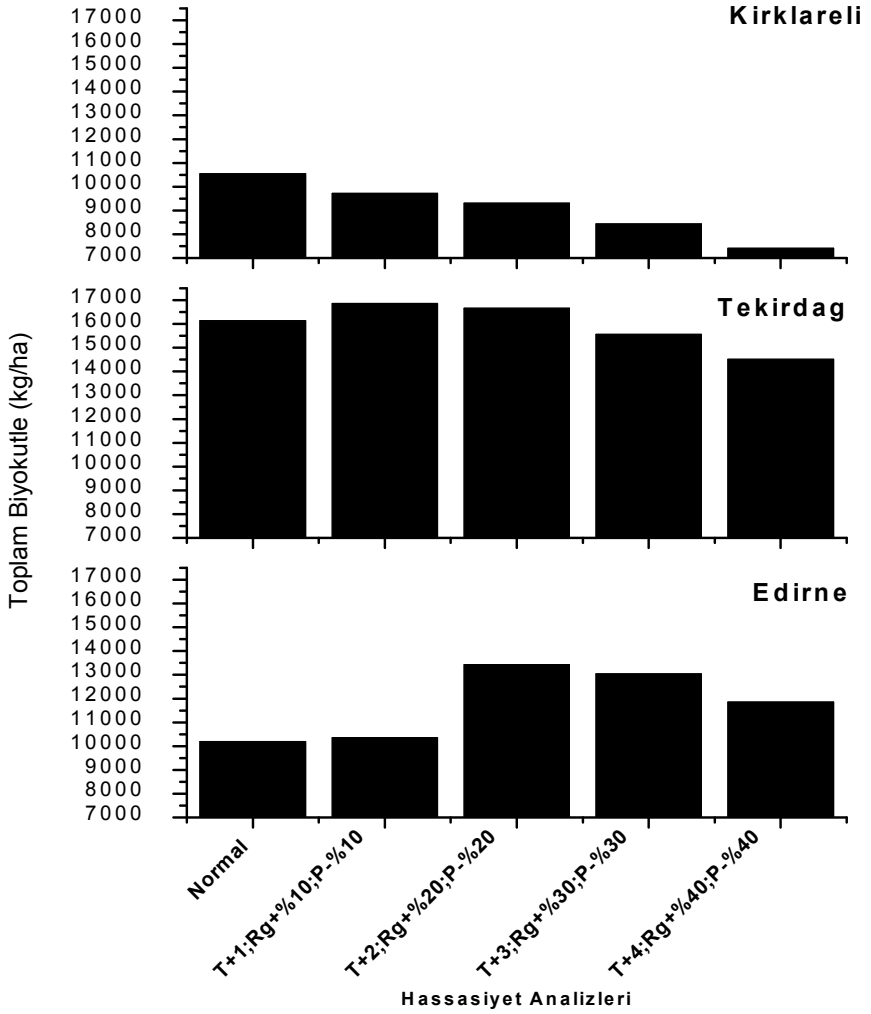
Maksimum LAI, gelişme dönemi boyunca tek bir gün tarafından temsil edilen bir değer olması itibari ile bitki gelişimi ve verimi açısından, dane ağırlığı ile toplam biyokütle ile karşılaştırıldığında ikincil öneme sahiptir.

Meteorolojik değişkenlerdeki artışlara verilen tepkinin, azalışlara verilen tepkilerden genel anlamda daha büyük olduğu, Çizelge 5.14'te görülmektedir. Bu durum, en olumsuz senaryo olarak simule edilen T-1;P-%10 kombinayonu (%10 oranında maksimum LAI azalması) ile en olumlu senaryo sonucu olan T+5;CO_2+%40 (%83.7 oranında artma) arasındaki fark ile kendini göstermektedir.

CERES-Wheat Modeli'nin hassasiyet analizinde ele alınan öteki çıktılardan farklı olarak, maksimum LAI, Edirne'de buğday için artışını T+5 için de devam ettirebilmiştir. Bu kısımda çizelgeler halinde verilen oransal değişimlerin miktar karşılıklarının birlikte verildiği grafik, Ek Şekil A.3'te sunulmuştur.

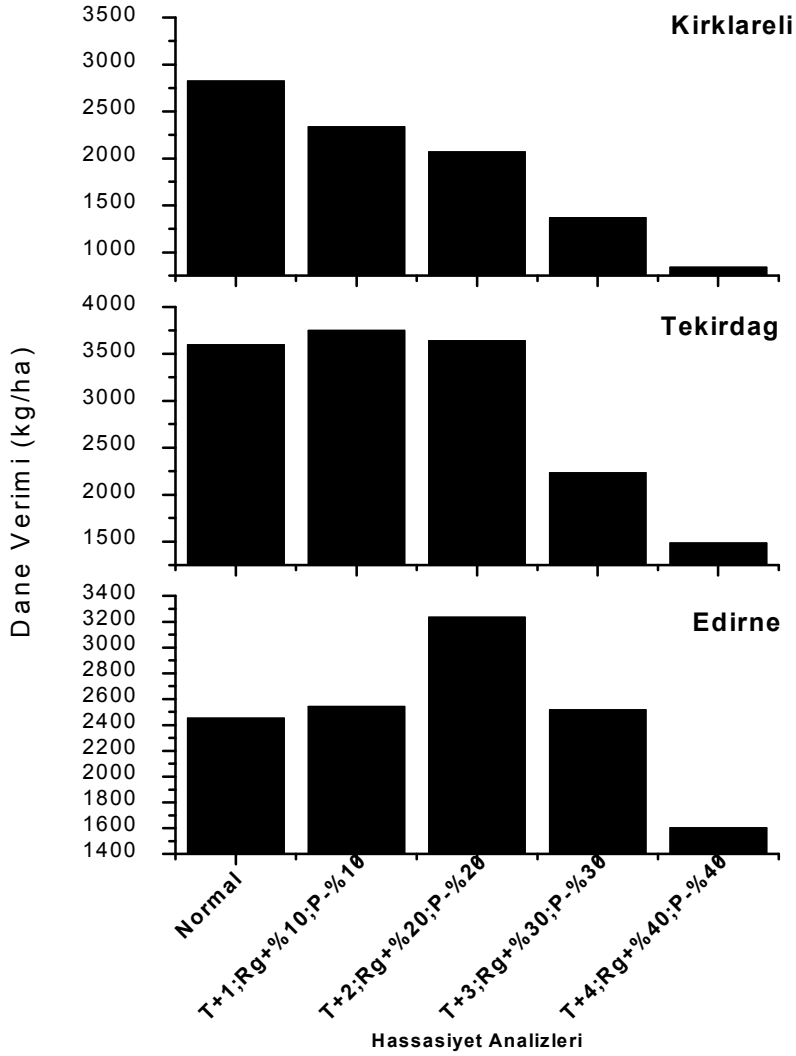
5.1.1.4 Meteorolojik faktörlerin birlikte etkileri

Yukarıda verilen çizelgelerdeki hassasiyet analizlerine ek olarak, Trakya Bölgesi'nde bitki gelişimini etkileyen meteorolojik faktörlerin birlikte değişimlerinin (kombinasyonlarının) ortaya koyacağı sonuçlar da simulasyonlara dahil edilmiştir. Şekil 5.4'ten görüleceği gibi, CERES-Wheat tarafından, buğday toplam biyokütlesi "normal" ifadesi ile belirtilen 1975-2005 arası dönemde, Edirne'de ve Kırklareli'nde yaklaşık olarak aynı miktarlarda simule edilmiş olup, söz konusu değerler sırasıyla 10191 kg/ha (Edirne) ve 10552 kg/ha (Kırklareli) şeklinde hesaplanmıştır. En yüksek biyokütle verimi ise Tekirdağ'da 16140 kg/ha olarak elde edilmiştir.



Şekil 5.4 : Meteorolojik kombinasyonların hassasiyet analiz sonuçları (buğday biyokütlesi).

İlk kombinasyon kademesi olan (T+1;Rg+%10;P-%10) uygulaması, Kırklareli dışındaki bölgelerde buğday veriminin çok az artış göstereceğine dikkat çekmektedir. Biyokütle Edirne'de, artış şiddetinin bir sonraki kademesinde (T+2;Rg+%20;P-%20) üst düzeye ulaşmakta, üçüncü kademede ise (T+3;Rg+%30;P-%30) yerini artış oranında azalmaya bırakmaktadır. Tekirdağ'da azalışlar (T+2;Rg+%20;P-%20) uygulamasından itibaren başlamakta, Kırklareli'nde ise tüm simulasyon aşamaları biyokütlede azalışla sonuçlanmaktadır. Üçlü kombinasyonların ekstrem örneği olan (T+4;Rg+%40;P-%40) için Edirne'de toplam biyokütle 11860 kg/ha (%16 artış) iken, bu değerler Tekirdağ ve Kırklareli için sırasıyla 14514 kg/ha (%10 azalış) ve 7410 kg/ha (%30 azalış) olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.4). Ortalama gelişme dönemleri boyunca buğday dane veriminin atmosferik parametrelerin aynı kombinasyonlarına verdiği tepkiler ise, aşağıdaki Şekil 5.5'te görülebilir.

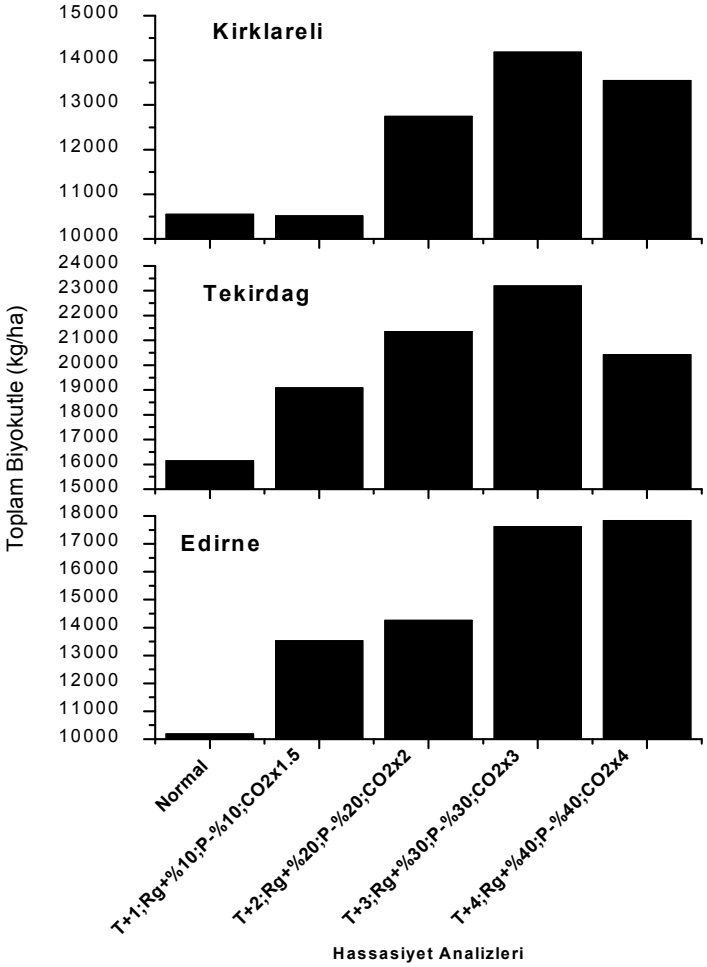


Şekil 5.5 : Meteorolojik Kombinasyonların Hassasiyet Analiz Sonuçları (Buğday Dane Verimi).

Şekil 5.5 incelendiğinde, ilk seviye kombinasyonun Edirne ve Tekirdağ'da yaklaşık %4 oranında dane verimi artışları ile sonuçlanacağı, Kırklareli'nde ise %18 oranında bir verim azalışı ile karşılaşılacağı anlaşılmaktadır. İkinci kademe simulasyon (T+2;Rg+%20;P-%20) ise, incelenen üç arazide de oldukça farklı sonuçlar doğurmuştur. Bu simulasyon Edirne'de %32'yi bulan bir verim artışı ile sonuçlanırken, Tekirdağ'da verim değeri normalle hemen hemen aynı kalmış (%1 oranında artış), Kırklareli'nde ise 2020 kg/ha değerine ulaşabilmiş, yani %17 oranında bir düşme göstermiştir. Sıcaklıkta ve güneş radyasyonunda artışı, yağışta ise azalışı öngören bu hassasiyet analizlerine en olumlu tepkiyi veren Edirne de üçüncü kademede (T+3;Rg+%30;P-%30) 2517 kg/ha ile ancak %3 oranında bir verim artışı gösterebilmekte, Tekirdağ'da ve Kırklareli'nde meydana gelebilecek verim azalışları ise sırasıyla %38 ve %52 şeklinde öngörülmektedir (Şekil 5.5).

Nihayet (T+4;Rg+%40;P-%40) simulasyonu her üç ilde de dane veriminde düşüşler olacağına işaret etmiş; Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli için sırasıyla 1602 kg/ha, 1484 kg/ha ve 840 kg/ha olarak hesaplanan bu değerler bu iç il için yine sırasıyla %35, %59 ve %70 oranında düşüşlere karşılık gelmiştir.

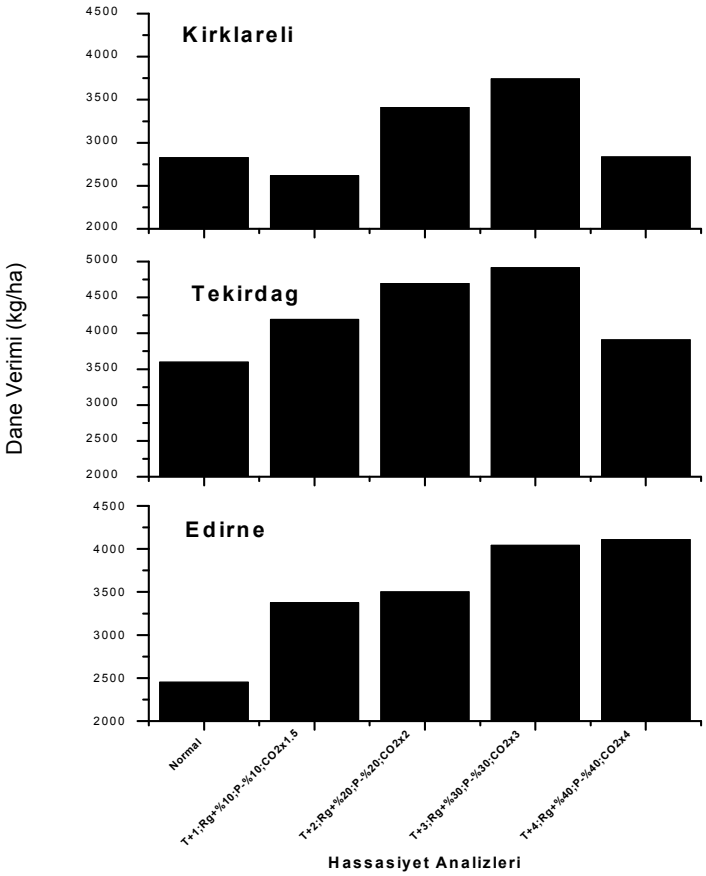
CERES-Wheat Modeli, temel girdi parametreleri olarak günlük biçimde ihtiyaç duyduğu ve yukarıda kombine simulasyon sonuçlarına örnekler verilen değişkenlere ek olarak CO_2'nin verim çıktılarına etkilerini de simule edebilmektedir. Böylece bitki fotosentezinin önemli bir girdisi olan bu değişkenin dane gelişimine ve verimine katkısını da ortaya koyan simulasyon sonuçları elde edimiştir. 330 ppm olarak kabul edilen ortalama CO_2 değerinde gelişme dönemi boyunca gerçekleşmesi beklenen artışların buğday biyokütlesine etkisinin sonuçları, aşağıdaki Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6 : Meteorolojik Kombinasyonların Hassasiyet Analiz Sonuçları (Buğday Biyokütlesi).

(T+1;Rg+%10;P-%10;CO_2x1.5) kombinasyonu, Edirne'de biyokütlenin %33'lük bir yükselişle 13532 kg/ha değerine ulaşacağını öngörmüş, Tekirdağ'da ise %18'lik bir

artış simule edilmiştir. Kırklareli için kayda değer bir artışa ya da azalışa rastlanmamıştır. (T+2;Rg+%20;P-%20;CO_2x2) uygulamasında üç nokta için de artışlar kaydedilmekte, bir sonraki adım olan (T+3;Rg+%30;P-%30;CO_2x3) için ise toplam biyokütle Tekirdağ'da 23000 kg/ha değerini aşmaktadır. Bu simulasyonun en büyük oransal artış değerini %73 ile Edirne vermiştir. Son ve en ekstrem kombinasyon (T+4;Rg+%40;P-%40;CO_2x4), Kırklareli'nde ve Tekirdağ'da buğday biyokütlesinde gerçekleşmesi muhtemel artışların miktarının düşmeye başladığı durumu temsil etmektedir. Edirne'de ise 17623 kg/ha değerinden 17825 kg/ha ulaşan ve %73'ten %75'e %2'lik bir artışa karşılık gelen bir sonuçla karşılaşılmıştır. Tekirdağ'da (T+3;Rg+%30;P-%30;CO_2x3) ile (T+4;Rg+%40;P-%40;CO_2x4) uygulamaları arasında 23193 kg/ha'dan 20421 kg/ha'ya inen toplam biyokütle değeri, artış oranında da %44'ten %27'ye bir inmeye karşılık gelmiştir. Benzer durum aynı kombinasyonlar için Kırklareli'nde 14183 kg/ha'dan 13552 kg/ha değerine inme ile kendini göstermiştir (Şekil 5.6). 4'lü kombinasyonların buğday dane verimi üzerine hassasiyet analizi sonuçları, aşağıdaki Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7 : Meteorolojik kombinasyonların hassasiyet analiz sonuçları (buğday dane verimi).

Ortalama gelişme dönemleri boyunca incelenen illerden en yüksek dane verimini 3597 kg/ha ile Tekirdağ vermiştir. Tekirdağ (T+1;Rg+%10;P-%10;CO_2x1.5) kombinasyonu için gösterdiği 4194 kg/ha değeri ile incelenen bölgeler arasında yine en yüksek dane verim miktarını temsil etmiştir. Oransal artış bakımından bu kombinasyonda en yüksek sıçramayı %38 ile Edirne vermiştir (3375 kg/ha). Kırklareli'nde %8 seviyesinde bir olası verim azalışı simule edilmiştir (2618 kg/ha). Kombine simulasyonların bir sonraki adımında (T+2;Rg+%20;P-%20;CO_2x2) ise tüm noktalarda artışlar kaydedilerek Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri için sırası ile 3502 kg/ha, 3409 kg/ha ve 4664 kg/ha olarak simulasyon sonuçlarına ulaşılmıştır. Üçüncü adımda (T+3;Rg+%30;P-%30;CO_2x3) da verim artış eğilimi sürmekte ve Tekirdağ 4913 kg/ha ile yine başı çekmektedir. Edirne ili buğday dane veriminin bu kombinasyonda gösterdiği oransal artış %65'i bulmaktadır. Edirne'nin dane veriminde göstermesi beklenen artış (T+4;Rg+%40;P-%40;CO_2x4) kombinasyonunda da sürmekte, ulaşılan 4107 kg/ha değeri ile iki kombinasyon adımı arasındaki oransal verim artışı yükselmesi ise %2'ye inmektedir (%67'lik verim artışı). Tekirdağ'da 3909 kg/ha ile verimin artışında azalma söz konusu olmaktadır. Kırklareli'nde ise dane veriminde artık önemli bir artış ya da azalışın olmayacağı, 2835 kg/ha olarak simule edilen miktarla anlaşılmaktadır. Bu aşamada dikkat çekici olan, 1975-2005 arası dönemde en düşük dane verimine sahip olan Edirne'nin kombinasyonlara verdiği istikrarlı verim artış tepkileri neticesinde (T+4;Rg+%40;P-%40;CO_2x4) durumu için en yüksek dane verimine işaret etmesidir.

5.1.2 Çeltik bitkisi için hassasiyet analizi

Edirne ilinde 1975-2005 arası ortalama çeltik dane verimi 8115 kg/ha olarak simule edilmiştir. CERES-Rice, bitkinin sıcaklık azalış senaryosu olan T-1 durumunda dane gelişimini ortalamanın %20.2 altında kalacak şekilde tamamlayabileceğini öngörmekte, bununla birlikte çeltiğin sıcaklık artış simulasyonlarına da verimde düşme tepkisi vereceğine dikkat çekmektedir. Tüm hassasiyet simulasyonlarında ve senaryolarda çeltiğin gelişme dönemleri boyunca su stresine maruz kalmadığı kabulü düşünüldüğünde, bitkinin Edirne'de 1975-2005 arası dönemde optimum sıcaklık koşullarına sahip olduğu söylenebilir. Verim azalışları sıcaklık düşmelerine daha hassas olup, T-1 için öngörülen dane verimi azalması, ancak T+4 ve T+5 uygulamalarında aşılmaktadır (Çizelge 5.15.). Yine Çizelge 5.15'ten görüleceği üzere, çeltiğin bölgede sürekli olarak su ile dolu alanlarda yetiştirilmesi, bitkinin

yağış azalış durumlarına hassasiyet göstermediği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Güneş radyasyonu artışları çeltik dane gelişimine olumlu etkilemekte, uygulanan her %10'luk artış simulasyonu için yaklaşık %7 oranında bir artış gösteren verimin, Rg+%30 uygulamasına verdiği olumlu tepkinin oranı %21.1 olmaktadır. Buğday arazilerinde olduğu gibi Edirne-çeltik simulasyon sonuçları da CO_2 konsantrasyonundaki artışların bitki verimini olumlu etkilediğini göstermiştir. CO_2x3 ve CO_2x4 simulasyonları arasındaki düşük verim artışı, (%48'den %48.3'e), bitkinin CO_2x3 durumunda CO_2 gübrelemesine doyduğu sonucunu doğurmaktadır.

Çizelge 5.15 : Edirne'de Çeltik için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Dane Verimi Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)			Hassasiyet Analizleri																			
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	-7,4	-13,9	-17,6	-21,4	-23,1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	14,3	21,1	0,0	14,2	28,2	48,0	48,3
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	14,3	21,1	0,0	14,2	28,2	48,0	48,3
T+1	-7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	2,0	8,6	15,0	-7,4	8,5	21,7	40,5	40,8
T+2	-13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-13,9	-13,9	-13,9	-13,9	-13,9	-13,9	-4,3	2,1	8,2	-13,9	2,0	14,6	32,2	32,5
T+3	-17,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-17,6	-17,6	-17,6	-17,6	-17,6	-17,6	-9,1	-2,7	3,5	-17,6	-2,8	9,9	27,6	27,8
T+4	-21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-21,4	-21,4	-21,4	-21,4	-21,4	-21,4	-14,7	-6,2	-0,1	-21,4	-0,1	6,3	23,8	24,1
T+5	-23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,1	-23,1	-23,1	-23,1	-23,1	-23,1	-16,2	-8,1	-1,9	-23,1	-8,1	4,6	22,2	22,5
T-1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-20,2	-20,2	-20,2	-20,2	-20,2	-20,2	-26,3	-21,3	-16,6	-20,2	-21,3	-11,7	2,2	2,5
P	0,0	0,0	-7,4	-13,9	-17,6	-21,4	-23,1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	14,3	21,1	0,0	14,2	28,2	48,0	48,3
P-%10	0,0	0,0	-7,4	-13,9	-17,6	-21,4	-23,1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	14,3	21,1	0,0	14,2	28,2	48,0	48,3
P-%20	0,0	0,0	-7,4	-13,9	-17,6	-21,4	-23,1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	14,3	21,1	0,0	14,2	28,2	48,0	48,3
P-%30	0,0	0,0	-7,4	-13,9	-17,6	-21,4	-23,1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	14,3	21,1	0,0	14,2	28,2	48,0	48,3
P-%40	0,0	0,0	-7,4	-13,9	-17,6	-21,4	-23,1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	14,3	21,1	0,0	14,2	28,2	48,0	48,3
Rg	0,0	0,0	-7,4	-13,9	-17,6	-21,4	-23,1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	28,2	48,0	48,3
Rg+%10	7,3	7,3	2,0	-4,3	-9,1	-14,7	-16,2	-26,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	22,8	37,0	58,0	58,3
Rg+%20	14,3	14,3	8,6	2,1	-2,7	-6,2	-8,1	-21,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	30,0	45,5	67,7	68,0
Rg+%30	21,1	21,1	15,0	8,2	3,5	-0,1	-1,9	-16,6	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	37,5	53,8	77,0	77,4
CO2	0,0	0,0	-7,4	-13,9	-17,6	-21,4	-23,1	-20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	14,3	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	14,2	14,2	8,5	2,0	-2,8	-0,1	-8,1	-21,3	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	22,8	30,0	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	28,2	28,2	21,7	14,6	9,9	6,3	4,6	-11,7	28,2	28,2	28,2	28,2	28,2	28,2	37,0	45,5	53,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	48,0	48,0	40,5	32,2	27,6	23,8	22,2	2,2	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	58,0	67,7	77,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	48,3	48,3	40,8	32,5	27,8	24,1	22,5	2,5	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	58,3	68,0	77,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Çizelge 5.15 incelendiğinde Edirne'de çeltiğin özellikle Rg+%10,T-1 durumunda minimum verime sahip olacağı anlaşılmaktadır. Buna karşılık maksimum dane verimine Rg+%30, CO_2x4 senaryosu ile ulaşılacağına, yine CERES-Rice Modeli tarafından işaret edilmektedir. Güneş radyasyonu artışı durumunda bitki sıcaklık azalışına olumsuz tepki verirken, aynı parametredeki artışa CO_2 artışının gösterdiği maksimum verim tepkisi, CO_2 konsantrasyon artışlarının dane verimini artırıcı etkisini ortaya çıkarmaktadır. Çizelge 5.15'te verilen seri simulayon sonuç listesi incelendiğinde, çeltiğin 1975-2005 arası dönemde Trakya Bölgesi'nde yaklaşık olarak optimum sıcaklık koşulları altında yetiştirildiği söylenebilir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken, çeltiğin bölgede genellikle tava sulama yöntemiyle, yani bitkiyi su stresine bırakmayacak biçimde yetiştirildiğidir. Bu durum, yağışta

meydana gelebilecek değişimlerin bitki gelişimine ve verimine etkisinin simule edilmesini güçleştirici bir etkendir. Sıcaklık artışı, tüm kombinasyonlar için T+3 uygulamasına kadar verim artışı ile sonuçlanmakta, artışın sürmesi halinde verim artışı önce durmakta, T+5 durumunda ise dane verimi azalışa geçmektedir. Şekilde verimi en olumlu etkileyen faktör olarak görülen CO_2 katkısı CO_2x4 senaryosuna kadar sürmekte, CO_2x5 durumunda ise verim artışı hemen hemen sona ermektedir.

Toplam biyokütle açısından çeltik, öteki meteorolojik parametrelerin değişmediği durumda, sıcaklık azalmasına önemli bir tepki vermemekte, aynı koşularda sıcaklık artış uygulamalarına ise, toplam biyokütlede düşme sonucunu göstermektedir. T+5 uygulamasının ortalama biyokütlede dörtte biri aşan (%25.8) bir azalma ile sonuçlanacağı, CERES-Rice tarafından simule edilmiştir. Bitkinin gelişme dönemleri boyunca su sıkıntısında olmayacağı kabulü, tüm verim çıktılarında olduğu gibi toplam biyokütlede de yağış simulasyonlarının etkisinin değerlendirilme imkanını ortadan kaldırmaktadır. Güneş radyasyonundaki artış uygulamaları biyokütleye de artış şeklinde yansıyacaktır (Çizelge 5.16). Rg+%30 uygulamasının toplam biyokütle üzerindeki olumlu sonucu %23.6'ya denk gelen bir artış şeklinde simule edilmiştir. CO_2, dane veriminde sağladığı olumlu simulasyon sonuçlarını toplam biyokütle söz konusu olduğunda da sürdürmektedir. CO_2x1.5 simulasyonunun %16.2 oranında biyokütle artışı vermesi ile başlayan bu olumlu etki, CO_2x3 ve CO_2x4 uygulamalarında sırasıyla %53.3 ve %53.6 değerlerine ulaşmaktadır.

Çizelge 5.16 : Edirne'de Çeltik için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Toplam Biyokütle Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)		Hassasiyet Analizleri																			
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0.0	-4.5	-10.0	-17.5	-23.6	-25.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.3	23.6	0.0	16.2	31.5	53.3	53.6
T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.3	23.6	0.0	16.2	31.5	53.3	53.6
T+1	-4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	3.1	10.5	18.4	-4.5	10.4	25.9	46.9	47.2
T+2	-10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-2.6	4.5	11.4	-10.0	4.4	18.6	39.6	39.9
T+3	-17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.5	-17.5	-17.5	-17.5	-17.5	-17.5	-10.0	-3.1	3.6	-17.5	-3.1	10.6	29.9	30.2
T+4	-23.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-23.6	-16.1	-9.0	-2.5	-23.6	-9.0	4.3	24.7	24.9
T+5	-25.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-25.8	-25.8	-25.8	-25.8	-25.8	-25.8	-18.5	-11.8	-5.4	-25.8	-11.8	1.3	19.8	20.1
T-1	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	10.7	18.5	26.1	2.6	18.4	34.1	56.5	56.8
P	0.0	0.0	-4.5	-10.0	-17.5	-23.6	-25.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.3	23.6	0.0	16.2	31.5	53.3	53.6
P-%10	0.0	0.0	-4.5	-10.0	-17.5	-23.6	-25.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.3	23.6	0.0	16.2	31.5	53.3	53.6
P-%20	0.0	0.0	-4.5	-10.0	-17.5	-23.6	-25.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.3	23.6	0.0	16.2	31.5	53.3	53.6
P-%30	0.0	0.0	-4.5	-10.0	-17.5	-23.6	-25.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.3	23.6	0.0	16.2	31.5	53.3	53.6
P-%40	0.0	0.0	-4.5	-10.0	-17.5	-23.6	-25.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.3	23.6	0.0	16.2	31.5	53.3	53.6
Rg	0.0	0.0	-4.5	-10.0	-17.5	-23.6	-25.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	31.5	53.3	53.6
Rg+%10	8.0	8.0	3.1	-2.6	-10.0	-16.1	-18.5	10.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	25.0	41.2	64.3	64.6
Rg+%20	16.3	16.3	10.5	4.5	-3.1	-9.0	-11.8	18.5	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3	33.5	50.6	75.0	75.3
Rg+%30	23.6	23.6	18.4	11.4	3.6	-2.5	-5.4	26.1	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	0.0	0.0	0.0	0.0	23.6	41.7	59.6	85.3	85.6
CO2	0.0	0.0	-4.5	-10.0	-17.5	-23.6	-25.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	16.3	23.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x1.5	16.2	16.2	10.4	4.4	-3.1	-9.0	-11.8	18.4	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	25.0	33.5	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x2	31.5	31.5	25.9	18.6	10.6	4.3	1.3	34.1	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	41.2	50.6	59.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x3	53.3	53.3	46.9	39.6	29.9	24.7	19.8	56.5	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	64.3	75.0	85.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO2x4	53.6	53.6	47.2	39.9	30.2	24.9	20.1	56.8	53.6	53.6	53.6	53.6	53.6	53.6	64.6	75.3	85.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Modelin toplam biyokütle parametresi çıktıları da dane verimininkine benzer biçimde sıcaklık için mevcut ortalama durumun optimum düzeyde olduğunu göstermektedir. Özellikle sıcaklık artışının 5°C'yi bulduğu senaryo, maksimum biyokütle azalışına işaret etmektedir. CO_2 artışına her uygulama için önemli düzeyde olumu tepki veren toplam biyokütle çıktısı, CO_2x4 uygulamasında gösterdiği küçük sıçrama ile bitkinin artık bu parametredeki artışlara doyduğunu göstermektedir. Rg+%30 ve CO_2x4 kombinasyonu, %85.6'lık artış oranıyla çeltik toplam biyokütlesinin en olumlu simulasyon çıktısını temsil etmiştir. Çeltik sap ağırlıklarının meteorolojik faktörlerdeki değişime gösterebileceği hassasiyetler, aşağıdaki Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.17 : Edirne'de Çeltik için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Sap Ağırlığı Değişim Yüzdeleri).

Değişim (%)		Hassasiyet Analizi ve Senaryolar																				
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x	CO2x	CO2x3	CO2x4
		0,0	-0,9	-5,1	-17,3	-26,5	-29,1	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	18,7	26,9	0,0	18,5	35,6	59,9	60,3
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	18,7	26,9	0,0	18,5	35,6	59,9	60,3
T+1	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	4,5	12,9	22,6	-0,9	12,8	31,1	54,8	55,2
T+2	-5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,1	-5,1	-5,1	-5,1	-5,1	-5,1	-0,5	7,5	15,3	-5,1	7,4	23,6	48,8	49,1
T+3	-17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-17,3	-17,3	-17,3	-17,3	-17,3	-17,3	-11,1	-3,5	3,7	-17,3	-3,6	11,4	32,8	33,1
T+4	-26,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-26,5	-26,5	-26,5	-26,5	-26,5	-26,5	-17,8	-12,4	-5,5	-26,5	-12,5	1,7	25,7	26,0
T+5	-29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**-29,1**	-29,1	-29,1	-29,1	-29,1	-29,1	-21,5	-16,4	-9,7	-29,1	-16,5	-2,7	16,8	17,1
T-1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	17,1	17,1	17,1	0,0	41,9	52,3	62,5	0,0	52,1	73,5	103,4	103,8
P	0,0	0,0	-0,9	-5,1	-17,3	-26,5	-29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	18,7	26,9	0,0	18,5	35,6	59,9	60,3
P-%10	0,0	0,0	-0,9	-5,1	-17,3	-26,5	-29,1	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	18,7	26,9	0,0	18,5	35,6	59,9	60,3
P-%20	0,0	0,0	-0,9	-5,1	-17,3	-26,5	-29,1	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	18,7	26,9	0,0	18,5	35,6	59,9	60,3
P-%30	0,0	0,0	-0,9	-5,1	-17,3	-26,5	-29,1	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	18,7	26,9	0,0	18,5	35,6	59,9	60,3
P-%40	0,0	0,0	-0,9	-5,1	-17,3	-26,5	-29,1	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	18,7	26,9	0,0	18,5	35,6	59,9	60,3
Rg	0,0	0,0	-0,9	-5,1	-17,3	-26,5	-29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	35,6	59,9	60,3
Rg+%10	8,9	8,9	4,5	-0,5	-11,1	-17,8	-21,5	41,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	28,4	46,4	72,2	72,6
Rg+%20	18,7	18,7	12,9	7,5	-3,5	-12,4	-16,4	52,3	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7	37,8	56,9	84,1	84,5
Rg+%30	26,9	26,9	22,6	15,3	3,7	-5,5	-9,7	62,5	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	47,0	67,0	95,6	96,0
CO2	0,0	0,0	-0,9	-5,1	-17,3	-26,5	-29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	18,7	26,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	18,5	18,5	12,8	7,4	-3,6	-12,5	-16,5	52,1	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	28,4	37,8	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	35,6	35,6	31,1	23,6	11,4	1,7	-2,7	73,5	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	46,4	56,9	67,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	59,9	59,9	54,8	48,8	32,8	25,7	16,8	103,4	59,9	59,9	59,9	59,9	59,9	59,9	72,2	84,1	95,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	60,3	60,3	55,2	49,1	33,1	26,0	17,1	**103,8**	60,3	60,3	60,3	60,3	60,3	60,3	72,6	84,5	96,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Gelişimi süresince su stresine maruz kalmayan çeltiğin sap ağırlığının da yağış değişimlerinden etkilenmeyeceği, model tarafından Çizelge 5.17'de görüldüğü gibi öngörülmüştür. Sıcaklık artışlarından sap ağırlığı da olumsuz etkilenmekte ve söz konusu azalma T+5 durumunda %30 seviyesine yaklaşmaktadır. Maksimum sap ağırlığı ise, T-1 ve CO_2x4 kombinasyonuna ait olup, bu durumda sap verimi uzun yıllık ortalamanın iki katını geçmektedir (%103.8). Böylece sap veriminin Trakya çeltiği için dane veriminden farklı olarak güneş radyasyonundan ziyade sıcaklık değişimine hassasiyet gösterdiği anlaşılmıştır. Buna karşılık, CO_2 artışının sap verimine olumlu tepkisi danede olduğu gibi özellikle CO_2x1,5; CO_2x2 ve CO_2x3

artışlarında önemli sıçramalarla temsil edilmekte, CO_2x4 durumu için ise artışın oranı azalmaktadır. Sap verimi çıktısı bağlamında çeltiğin 1975-2005 arası için 1°C kadar sıcaklık düşüşüne ihtiyaç duyduğu söylenebilir. Bu görüş, sap çıktısı tarafından tüm sıcaklık artış senaryolarına olumuz tepki verildiği sonucu ile yine Çizelge 5.17'nin incelenmesiyle desteklenmektedir.

Çizelge 5.18 : Edirne'de Çeltik için Uygulanan Hassasiyet Analiz Sonuçları (Maksimum LAI Değişim Yüzdeleri).

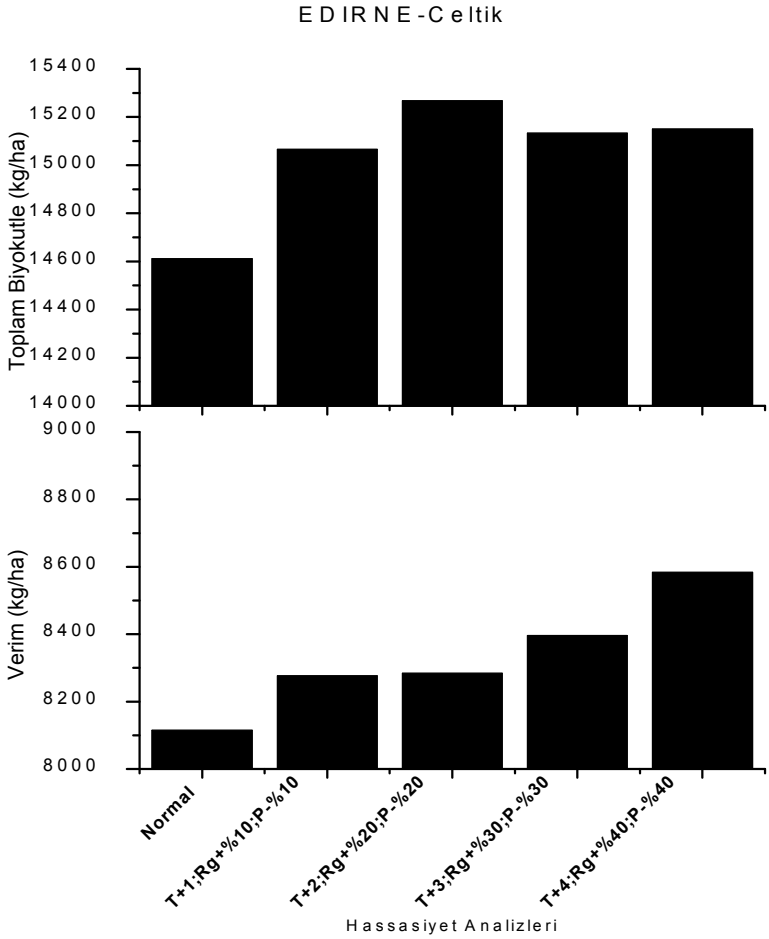
Değişim (%)		Hassasiyet Analizleri																				
		T	T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T-1	P	P-%10	P-%20	P-%30	P-%40	Rg	Rg+%10	Rg+%20	Rg+%30	CO2	CO2x1.5	CO2x2	CO2x3	CO2x4
		0,0	-0,8	-3,7	-12,9	-20,4	-25,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	9,8	13,8	0,0	9,8	17,4	26,0	26,2
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	9,3	13,4	0,0	9,3	17,2	26,0	26,2
T+1	-0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	4,6	9,3	13,4	-0,8	9,3	17,2	26,0	26,2
T+2	-3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,7	-3,7	-3,7	-3,7	-3,7	-3,7	2,4	7,6	12,0	-3,7	7,5	16,2	26,0	26,2
T+3	-12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-12,9	-12,9	-12,9	-12,9	-12,9	-12,9	-5,9	-0,1	4,9	-12,9	-0,1	9,7	20,8	21,0
T+4	-20,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-20,4	-20,4	-20,4	-20,4	-20,4	-20,4	-12,8	-6,3	-0,8	-20,4	-6,5	4,4	16,5	16,6
T+5	-25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-25,7	-25,7	-25,7	-25,7	-25,7	-25,7	-17,7	-11,1	-5,5	-25,7	-11,3	0,0	12,4	12,7
T-1	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	8,2	12,0	15,2	3,5	11,8	18,3	25,6	25,7
P	0,0	0,0	-0,8	-3,7	-12,9	-20,4	-25,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	9,8	13,8	0,0	9,8	17,4	26,0	26,2
P-%10	0,0	0,0	-0,8	-3,7	-12,9	-20,4	-25,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	9,8	13,8	0,0	9,8	17,4	26,0	26,2
P-%20	0,0	0,0	-0,8	-3,7	-12,9	-20,4	-25,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	9,8	13,8	0,0	9,8	17,4	26,0	26,2
P-%30	0,0	0,0	-0,8	-3,7	-12,9	-20,4	-25,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	9,8	13,8	0,0	9,8	17,4	26,0	26,2
P-%40	0,0	0,0	-0,8	-3,7	-12,9	-20,4	-25,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	9,8	13,8	0,0	9,8	17,4	26,0	26,2
Rg	0,0	0,0	-0,8	-3,7	-12,9	-20,4	-25,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	17,4	26,0	26,2
Rg+%10	5,3	4,6	4,6	2,4	-5,9	-12,8	-17,7	8,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	14,3	21,5	29,7	29,7
Rg+%20	9,8	9,3	9,3	7,6	-0,1	-6,3	-11,1	12,0	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	18,3	25,0	32,8	32,9
Rg+%30	13,8	13,4	13,4	12,0	4,9	-0,8	-5,5	15,2	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	21,7	28,1	35,6	35,7
CO2	0,0	0,0	-0,8	-3,7	-12,9	-20,4	-25,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	9,8	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x1.5	9,8	9,3	9,3	7,5	-0,1	-6,5	-11,3	11,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	14,3	18,3	21,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x2	17,4	17,2	17,2	16,2	9,7	4,4	0,0	18,3	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	21,5	25,0	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x3	26,0	26,0	26,0	26,0	20,8	16,5	12,4	25,6	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	29,7	32,8	35,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO2x4	26,2	26,2	26,2	26,2	21,0	16,6	12,7	25,7	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	29,7	32,9	35,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Gelişme dönemi boyunca bitkinin maksimum LAI değeri de, CERES-Rice Modeli tarafından simule edilen çıktılar arasındadır. Gelişme boyunca tek bir günün gösterdiği bir değer olmakla birlikte maksimum LAI, verim için bir gösterge olabildiğini dane verimi, toplam biyokütle ve sap ağırlığı parametrelerininkine benzer tepkiler vererek göstermektedir. Bu değişken için de sıcaklık artışının olumsuz etkisi görülmekte, özellikle güneş radyasyonu ve CO_2 artışlarının ise önemli LAI artışları ile temsil edileceği, yukarıdaki Çizelge 5.18'den anlaşılmaktadır. Bu kısımda çizelgeler halinde verilen oransal değişimlerin miktar karşılıklarının birlikte yer aldığı grafik, Ek Şekil A.4'te sunulmuştur.

5.1.2.1 Meteorolojik Faktörlerin Birlikte Etkileri

Edirne'de çeltik üretiminin 1975-2005 arasında toplam biyokütle ve dane verimi için sırasıyla 8115 kg/ha ve 14611 kg/ha olarak simule edildiği, Şekil 5.8'de görülebilir. Üçlü kombinasyon uygulamalarının ilk ayağı olan (T+1;Rg+%10;P-%10), biyokütle için 15066 kg/ha değeri ile, dane verimi ise 8277 kg/ha değeri ile sonuçlanmakta, bu

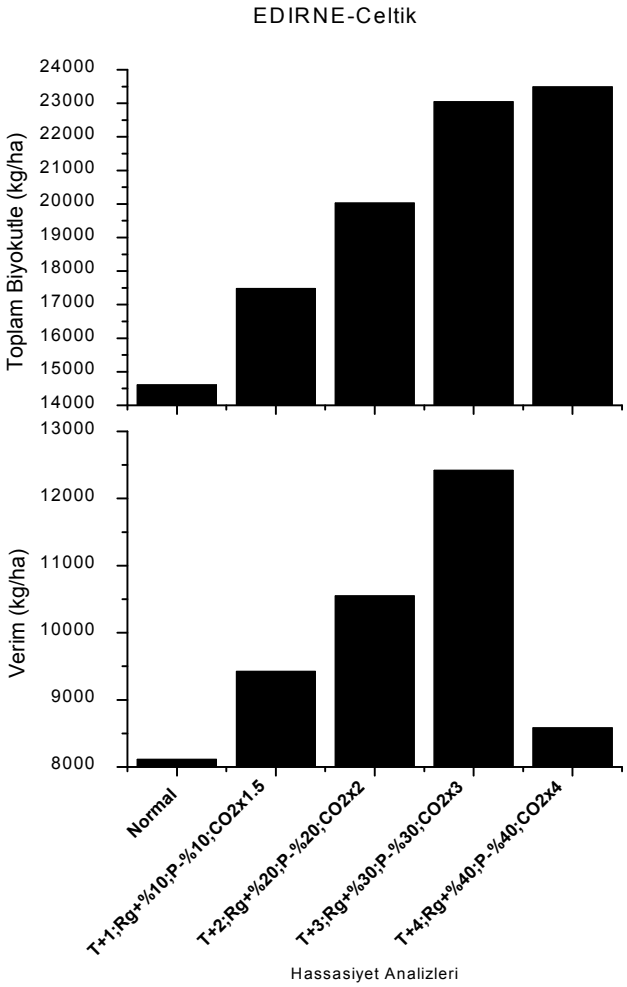
miktarlar ise biyokütle için %3, dane için %2 oranında artışlara işaret etmektedir. Verim çıktıları, (T+2;Rg+%20;P-%20) simulasyonu ile de ciddi bir artma göstermemektedir. Biyokütle verim artışı %1'lik ek artışla %4'e yükselmekte, dane veriminin oransal değeri ise hemen hemen değişmemektedir. (T+3;Rg+%30;P-%30) uygulamasının sonuçları ise dane veriminde %1 seviyesinde küçük artış verirken, bu kez biyokütle değeri çok az bir düşme göstermekte, ancak oransal artışı %4'te kalmayı sürdürmektedir. Üçlü kombinasyonların son ve ekstrem örneği olan (T+4;Rg+%40;P-%40) ile 15150 kg/ha değerine ulaşan çeltik biyokütlesi, buna karşılık gelen %4 oranındaki artışı yine aşamamaktadır. Dane verimi ise çok küçük bir sıçrama ile 8584 kg/ha sonucunu ve %6'lık bir artışı ifade etmektedir.



Şekil 5.8 : Meteorolojik Kombinasyonların Hassasiyet Analiz Sonuçları (Edirne-Çeltik).

Buğdayda olduğu gibi sezonluk CO_2 değişimlerinin bitki gelişimine yapması muhtemel olumlu etkinin araştırılması amacıyla çeltik için de bu parametredeki

artışların etkisi ayrıca dikkate alınmıştır. Aşağıdaki Şekil 5.9, bu hassasiyet analizlerine ilişkin simulasyon sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 5.9 : Meteorolojik Kombinasyonların Hassasiyet Analiz Sonuçları (Edirne-Çeltik).

Ele alınan en düşük şiddetli değişimleri temsil eden (T+1;Rg+%10;P-%10;CO_2x1.5) uygulaması, CO_2 etkisinin dikkate alınmadığı (T+1;Rg+%10;P-%10) simulasyon sonuçlarından farkını, bu ilk aşamada çarpıcı biçimde ortaya koymaktadır. Dane verimi ve toplam biyokütle için sırası ile 9424 kg/ha ve 17483 kg/ha olarak simule edilen verim çıktılarının artışları yine sırası ile %16 ve %20 olmaktadır. Her iki çıktının üçlü kombinasyonlardaki artışı ise %5'in altında kalmıştır (Şekil 5.8).

(T+2;Rg+%20;P-%20;CO_2x2) uygulaması da yaklaşık olarak ilk uygulama kadar verim üzerine ilave artış potansiyeli sağlamış olup, dane verimi için %30'a, toplam biyokütle için ise %37'ye varan artışlara işaret etmiştir. (T+3;Rg+%30;P-%30;CO_2x3), Edirne çeltiğinde özellikle dane verimi açısından en olumlu

kombinasyonu temsil etmesi bakımından önemlidir. Bu uygulama sonucunda çeltik dane verimi 12422 kg/ha ile %53'ü bulan bir artış göstermekte, biyokütle artışı ise 23051 kg/ha ile %58'e ulaşmaktadır. Son adım olan (T+4;Rg+%40;P-%40;CO_2x4), CO_2 etkisinin de dikkate alındığı bu dörtlü kombinasyonlarda incelenen değişimlerin şiddetine çeltiğin toplam biyokütle açısından artık doygunluk noktasına ulaşacağını göstermektedir. Bu simulasyonun ilave biyokütle artış katkısı %3'le sınırlı kalmaktadır (toplamda %61 oranında artış). Dane verimi ise (T+3;Rg+%30;P-%30;CO_2x3) analizi sonucu ile karşılaştırıldığında (T+4;Rg+%40;P-%40;CO_2x4) uygulamasından olumsuz etkilenecek, verimdeki artış oranı %6'ya inecektir (8584 kg/ha) (Şekil 5.9).

6. İKLİM DEĞİŞİMİNİN BİTKİ GELİŞİMİNE OLASI ETKİLERİ

Bitki gelişimi ve verimi incelenirken, gelecekte gerçekleşmesi beklenen iklimsel koşul değişimlerine yönelik olası çıkarımların değerlendirildiği simulasyonlara (hassasiyet analizleri) yukarıdaki kısımda değinilmiştir.

Trakya Bölgesi'nde incelenen buğday ve çeltik bitkileri için çeşitli verim çıktılarının bu koşul değişimlerinden etkilenme durumlarının daha net ortaya konması amacıyla Önol (2007) çalışmasından elde edilen bölgesel iklim modelinin çıktıları kullanılmıştır. Söz konusu modelin (RegCm3) ele alınan arazilerin koordinatları için verdiği çıktılar 1960-1990 (kontrol simulasyonu dönemi) ve 2071-2100 (gelecek projeksiyonu) arası dönemler için günlük olarak temin edilmiş, gerekli hesaplamaların (birim ve format dönüşümleri, her gelişme dönemi için günlük ortalama değerlerin elde edilmesi vs.) ardından CERES-Wheat ve CERES-Rice bitki-iklim modellerinin meteoroloji girdi dosyalarını temsil edecek biçimde düzenlenmiştir. Bunlara ilave olarak, simulasyonlarda 2071-2100 arası dönemin en kurak ve en sıcak gelişme dönemleri her arazi için ayrı ayrı bulunarak, bunlara ait meteoroloji dosyaları da oluşturulmuş ve simulasyon sonuçları yorumlanmıştır.

6.1. SENARYOLAR

Modellerin geleceğe yönelik iklim senaryoları için öngördüğü bitki gelişimi ve verim tepkilerini incelemek amacıyla, IPCC-A2 senaryoları, 2071-2100 arası dönemin aylık ortalamaları cinsinden dikkate alınmıştır. IPCC, iklim değişimi modellerinde kullanılan gaz salınımı senaryolarını 1996 yılında yenilemeye başlamış, sonuçta ortaya çıkan 4 senaryo gurubunu (A1, A2, B1, B2) içeren IPCC-SRES yayınlanarak uygulamaya konmuştur (http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr).

Her gurupta, sera gazlarının gelecekteki etkileri nüfus, teknoloji ve ekonomi boyutları ile birlikte farklı olarak değerlendirilmektedir. Tez çalışmasında dikkate alınan A2; ekonomik ve teknolojik gelişmelerin sınırlı ve nüfus artışına oranla yavaş olduğu heterojen bir Dünya kabulü ile öteki senaryolardan ayrılmaktadır.

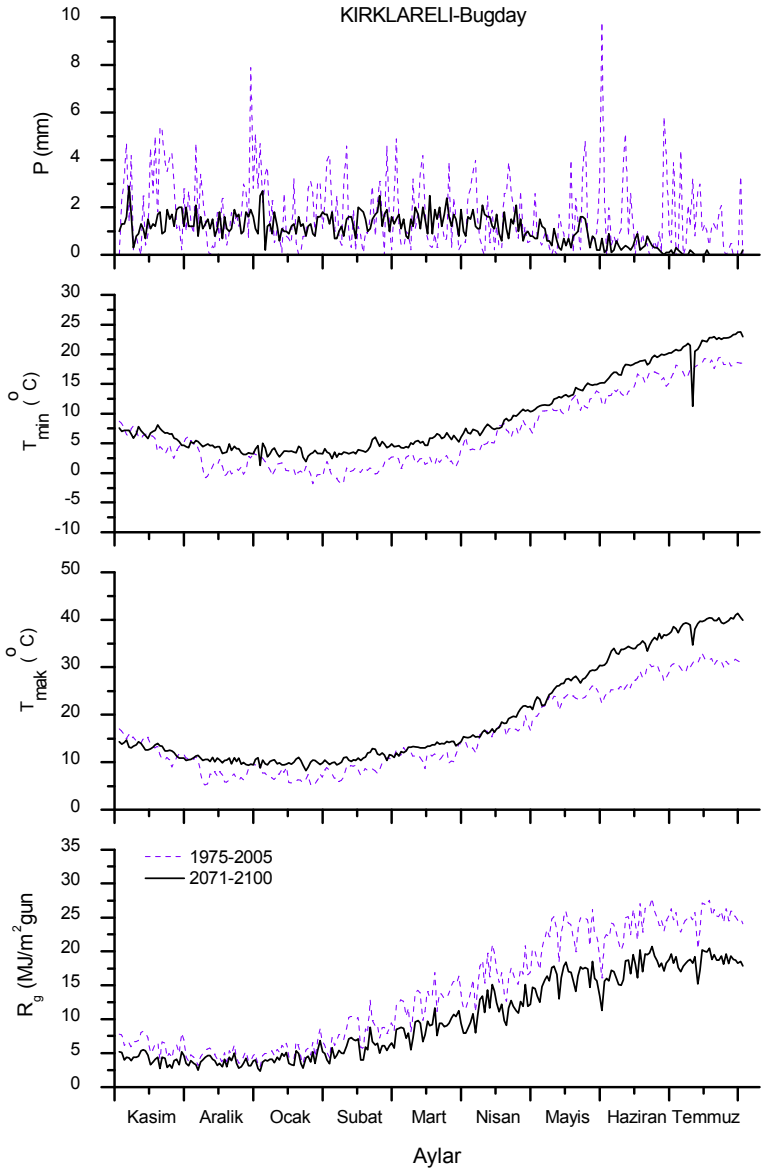
Sırasıyla Edirne (Çeltik), Kırklareli (Buğday) ve Tekirdağ (Buğday) için, ekim yapılan koordinatlara düşen bölgesel iklim modeli tahmin sonuçları ile bitki-iklim modellerinden elde edilen ortalama meteoroloji dosyasının girdileri arasında ortaya çıkan farklar, uygulanacak senaryoları temsil etmiştir (Çizelge 6.1). 1960-1990 arası kontrol simulasyon sonuçlarının aynı dönemdeki gerçek verileri temsil etme oranı, gelecek senaryolarının belirlenmesinde ayrıca dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.1 : 2071-2100 Yılları Arası Dikkate Alınarak Bitki Gelişme Dönemi Boyunca Uygulanan Senaryolar.

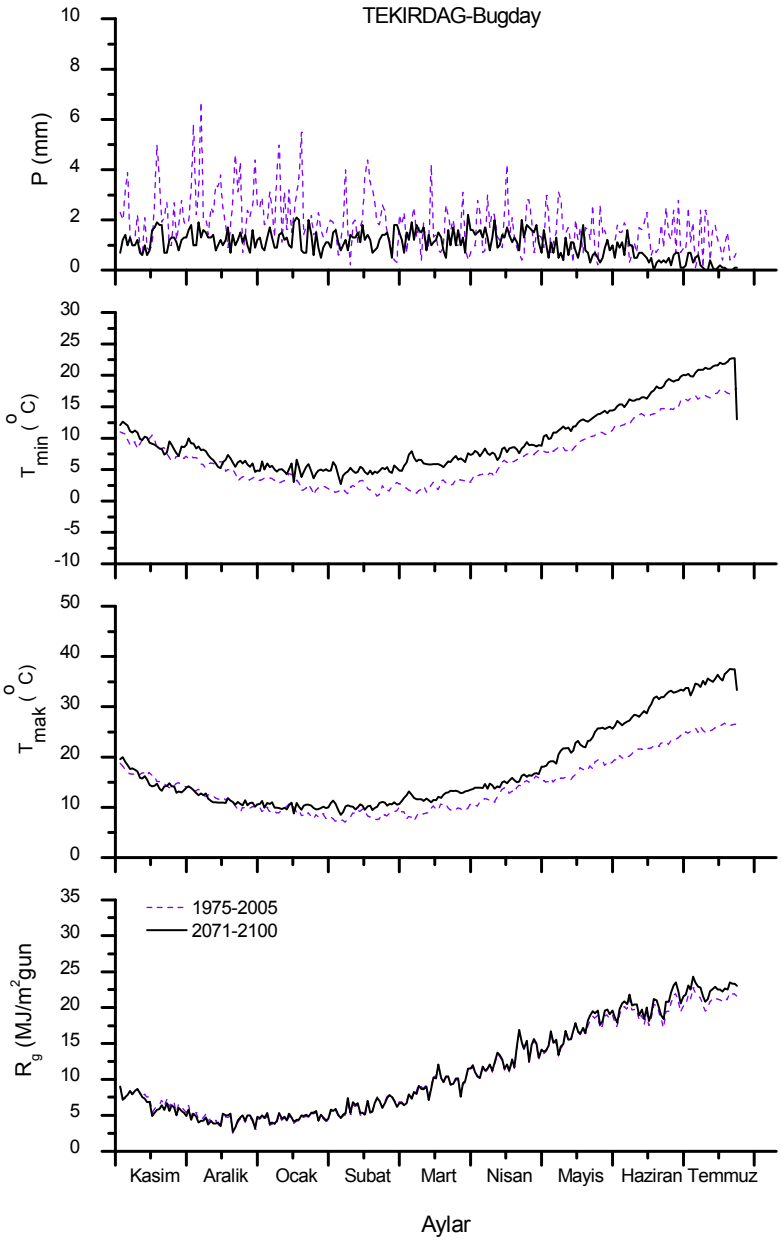
Bölge	**Uygulanan Senaryo**
Edirne (Çeltik)	R_g*0.86; P*0.43; T_{max}+1.17; T_{min}+1.31
Kırklareli (Buğday)	R_g*1.05; P*0.63; T_{max}+3.14; T_{min}+2.61
Tekirdağ (Buğday)	R_g*1.06; P*0.49; T_{max}+3.28; T_{min}+2.64
Edirne (Buğday)	R_g*1.04; P*0.91; T_{max}+1.22; T_{min}+1.41

Çizelge 6.1'de yağış ve güneş radyasyonunda gerçekleşmesi muhtemel değişimlerin mevcut uzun yıllık ortalamalara oranı dikkate alınmış olup, maksimum ve minimum sıcaklık parametreleri için ise A2 senaryo sonuçları ile ortalamaların farkı incelenmiştir. Aşağıdaki Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4; Çizelge 6.1'de ifade edilen ortalama değerlerin gelişme dönemleri boyunca seyrini içermektedir.

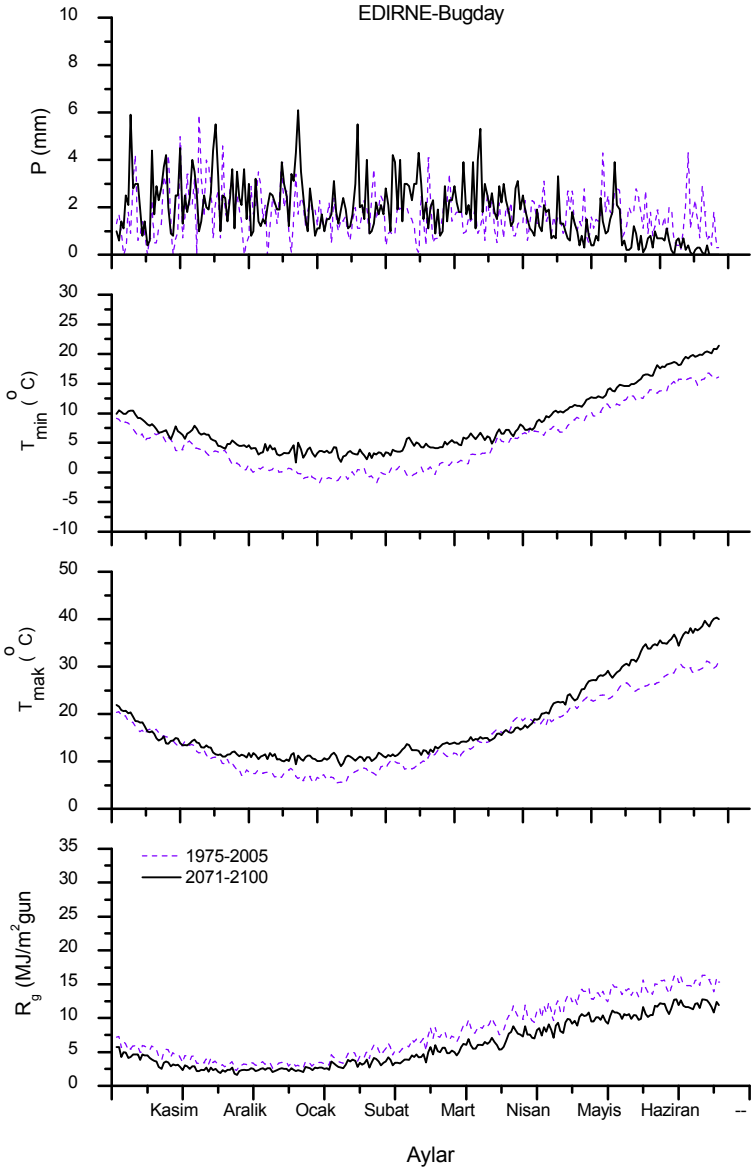
Kırklareli, bitki-iklim modelinin kullandığı 1975-2005 arası meteorolojik parametre değerleri bakımından, aşağıdaki Şekil 6.2'de görülen Tekirdağ'ın sadece yağış değişkeninde gerisinde kalmaktadır. 2071-2100 arası gelişme dönemleri için ise Tekirdağ, güneş radyasyonu ve minimum sıcaklıklara ek olarak özellikle maksimum sıcaklıklarda Kırklareli'nden yüksek değerler göstermekte ve bu durum gelişme dönemi ortalamalarında 2.1 °C ile temsil edilmektedir.



Şekil 6.1 : Meteorolojik değişkenlerin uzun yıllık ortalamaları ile iklim değişimi senaryo değerlerinin karşılaştırılması (Kırklareli-buğday).

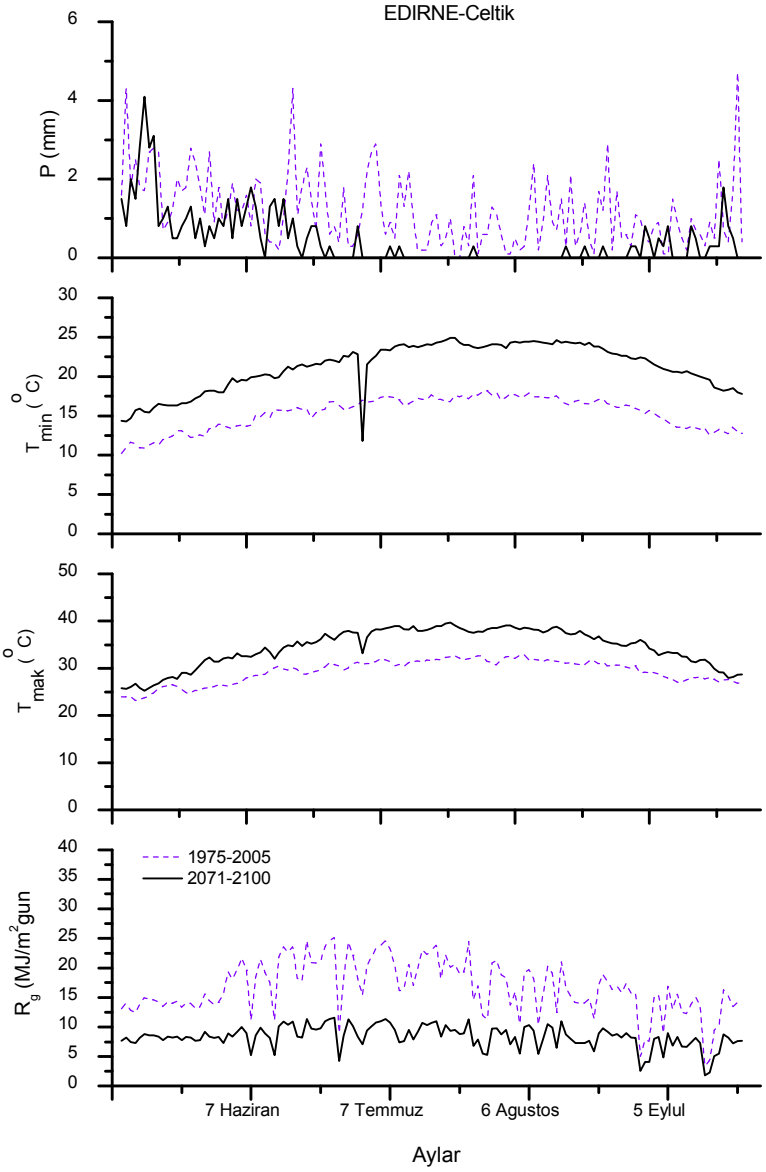


Şekil 6.2 : Meteorolojik değişkenlerin uzun yıllık ortalamaları ile iklim değişimi senaryo değerlerinin karşılaştırılması (Tekirdağ-buğday).



Şekil 6.3 : Meteorolojik değişkenlerin uzun yıllık ortalamaları ile iklim değişimi senaryo değerlerinin karşılaştırılması (Edirne-buğday).

Edirne-Buğday zaman serilerinin incelenmesinde dikkat çeken nokta ise, 1975-2005 ortalama gelişme döneminde bu ilin güneş radyasyonu ve minimum sıcaklık bakımından kışlık buğdayın yetiştirildiği öteki noktaların oldukça gerisinde yer alması, yağışta ise tersi durumun söz konusu olmasıdır. İncelenen iller arasında kışlık buğday gelişme döneminin en erken başlayıp yine en erken sona erdiği ilin Edirne olması, bu durumun başlıca sebebidir. 2071-2100 arası ortalama gelişme dönemi yağışlarında Tekirdağ ve Kırklareli yaklaşık 1mm/gün değerini verirken, bu değer Edirne için 1.8 mm/gün'e ulaşmaktadır. Maksimum sıcaklıklarda ise Edirne, Tekirdağ'ın önünde, Kırklareli'nin gerisindedir.



Şekil 6.4 : Meteorolojik değişkenlerin uzun yıllık ortalamaları ile iklim değişimi senaryo değerlerinin karşılaştırılması (Edirne-çeltik).

Kışlık buğday gelişme dönemleri boyunca global radyasyon bakımından en düşük değere sahip olan Edirne, Mayıs-Eylül arasını kapsayan çeltik gelişme dönemi için buğdayınkinin 3 katından fazla toplam güneş radyasyonuna maruz kalmıştır. Doğal olarak bu dönemin sıcaklık değerleri buğday gelişme döneminkilerinin tamamının üzerinde bulunurken, yağış parametresi 0.2 mm'lik ortalama ile en sonda yer almıştır.

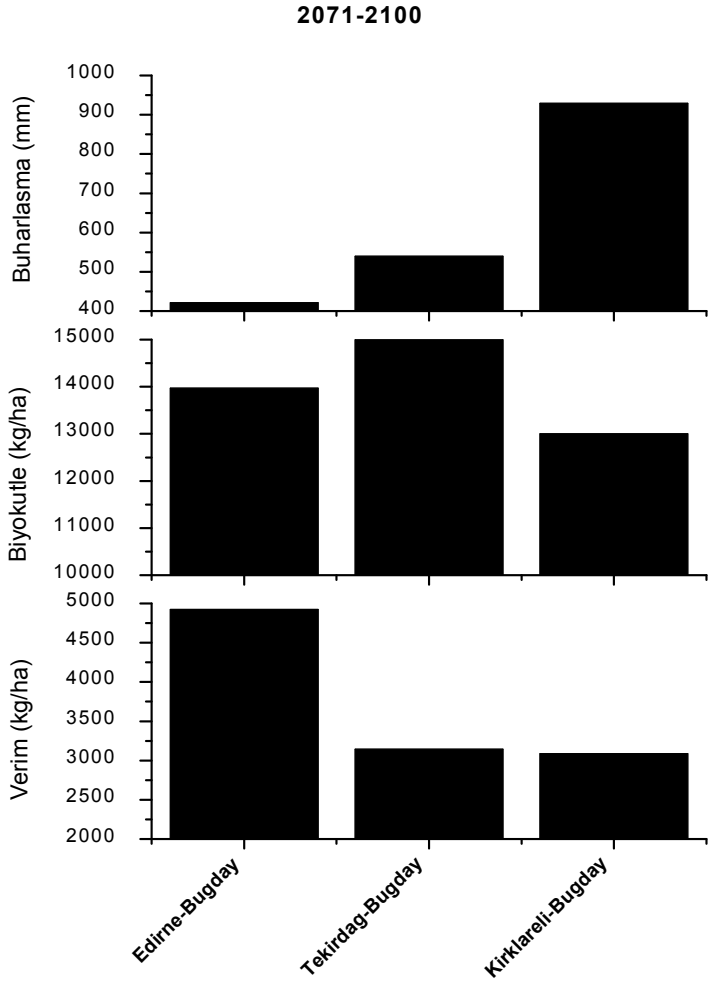
6.2 İklim Değişiminin Buğday Bitkisine Etkileri

Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli için 4 farklı döneme ait senaryo simulasyonları yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Dönemler her arazi için 1975-2005, 2071-2100, 2071-2100 (ekstrem kurak) ve 2071-2100 (ekstrem sıcak) dönemlerdir.

Uzun yıllık ortalama değerler incelendiğinde Tekirdağ'ın toplam biyokütle ve dane verimi açısından en yüksek değerleri verdiği (biyokütle:16140 kg/ha, dane verimi:3597 kg/ha), görülmektedir. Dane verimi açısından Tekirdağ'ı Kırklareli 2827 kg/ha ile izlemekte, son sırada ise 2453 kg/ha ile Edirne ili bulunmaktadır. Toplam biyokütlede Edirne 10191 kg/ha ile Kırklareli'ni geride bırakmakta, Kırklareli'nin toplam biyokütle değeri 10552 kg/ha olmaktadır. Gelişme dönemlerinin toplam buharlaşma miktarları incelendiğinde ise Kırklareli bu kez ilk sırada bulunmakta (705 mm), birbirine yakın değerlere sahip olan Edirne ve Tekirdağ için de sırasıyla 472.3 mm ve 467.6 mm toplam buharlaşma miktarları söz konusu olmaktadır (Şekil. 5.2, Şekil 5.3).

Modelin dane oluşum başlangıcı için başaklanma döneminin ortasını dikkate aldığı söylenebilir. Bu aşamadan itibaren çiçeklenme dönemini de içerecek biçimde hızla artan dane ağırlıkları, olgunlaşma aşamasının başında maksimum değerlerine ulaşarak hemen hemen sabitlenmektedir. Toplam biyokütle ise, olgunlaşma aşamasına geçişte maksimum değerine ulaşmakta olup, hasad olgunluğuna kadar arazi üzerinde sararırken buğdayın neminin bir kısmını kaybetmesine paralel olarak küçük düşmeler göstererek sabitlenmektedir. Gelişme dönemlerinin sonlarına denk gelen aynı aşamaların sürekli artış gösteren potansiyel evapotranspirasyon değerleri ile de bu durum açıklık kazanmaktadır (Şekil 6.5).

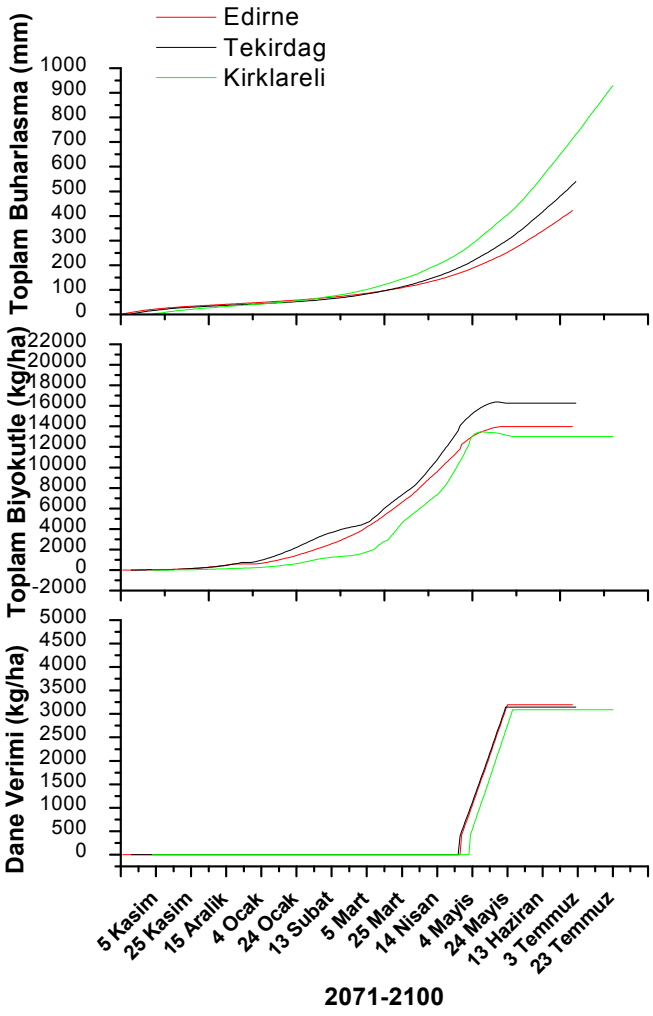
Buğdayın 2071-2100 arası dönem için CERES-Wheat tarafından simule edilen buharlaşma ve verim değerleri, aşağıdaki Şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.5 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerleri (2071-2100).

Şekil 6.5'in verim açısından en çarpıcı sonucu, öteki illerle kıyaslandığında 1975-2005 arası dönemde dane verimi açısından en düşük miktarı veren Edirne'nin, 2071-2100 arasında ortalama dane verimini 3194 kg/ha'a çıkartarak incelenen iller arasında ilk sıraya yükselmesidir. Bu değer, Edirne'de dane veriminin %30'dan fazla artış gösterceği anlamını taşımaktadır. Tekirdağ ve Kırklareli buğday verimlerinin ise sırasıyla %13 azalma ve %9 artma göstereceği ve sırasıyla 3144 kg/ha ve 3088 kg/ha olarak gerçekleşeceği simule edilmiştir. 1975-2005 arasının en yüksek ortalama dane verimini veren Tekirdağ'ın 2071-2100 arası için simule edilen bu verim azalışı sonucunda, incelenen iller arasında ikinci sıraya düşeceği söylenebilir. Toplam biyokütle miktarları da tüm illerde artış göstermekte, bu artışta ilk sırayı dane veriminde olduğu gibi yine Edirne almaktadır (13970 kg/ha, %37 artış). Kırklareli'nin buğday biyokütlesi %23'lük artışla 13003 kg/ha olmakta, Tekirdağ buğdayı ise, çok düşük bir artışla 16260 kg/ha'a ulaşmaktadır. Potansiyel

evapotranspirasyon çıktısına bakıldığında, 1975-2005 arasında ilk sırada yer alan Kırklareli'nin 929.2 mm (%32 artış) ile bu özelliğini sürdüreceği anlaşılmaktadır. Edirne için simule edilen buharlaşma %11 azalırken, Tekirdağ için %15 oranında artış hesaplanmıştır. Söz konusu çıktıların ortalama gelişme dönemleri boyunca seyri aşağıdaki Şekil 6.6'da verilmektedir.



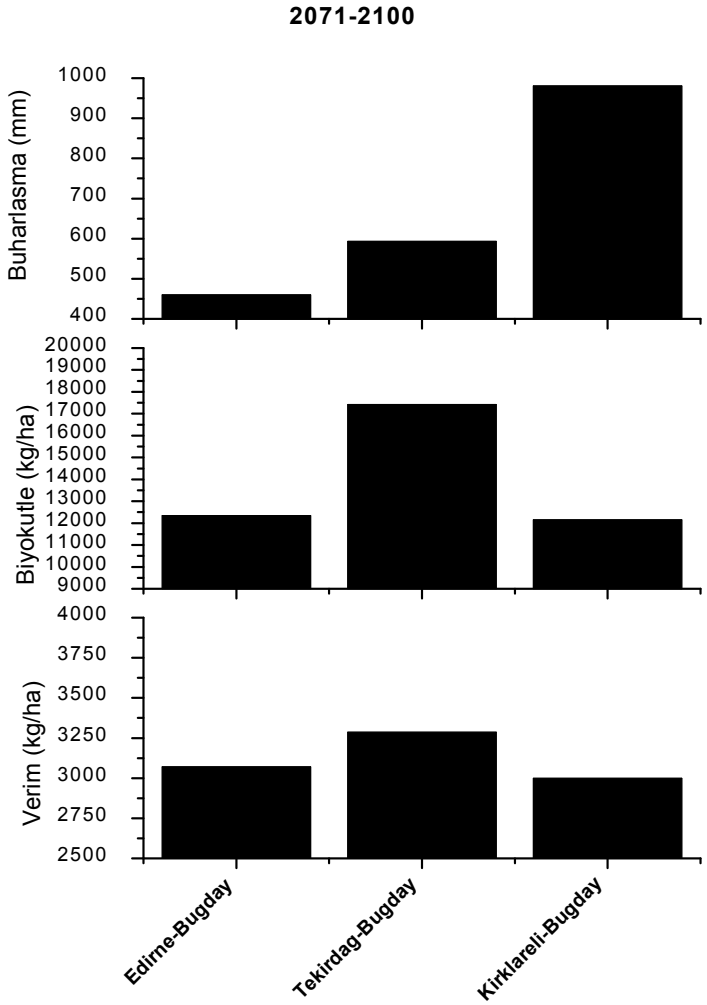
Şekil 6.6 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim, biyokütle ve buharlaşma değerlerinin gelişme dönemleri boyunca zaman serisi (2071-2100).

Dane dolumunun, kışlık buğdayın yetiştirildiği üç ilde de hemen hemen Nisan ayının son haftası içinde başlayacağı öngörülmektedir (Şekil 6.6). Sadece ortalama olarak ekim tarihi en geç olan Kırklareli buğdayı 1 Mayıs'ta dane dolumuna başlamaktadır. Dane dolumunun sona ermesi tüm illerde Mayıs'ın son 10 günlük döneminde, yani çiçeklenme aşamasında meydana gelecektir. Mayıs ayının ilk yarısı içinde üç ilde de kışlık buğdayın toplam biyokütlesi maksimum değerlere ulaşacaktır (başaklanma aşaması sonu). Toplam potansiyel evapotranspirasyon eğrisinin eğimi, filizlenme

aşaması ile belirgin biçimde artmaya başlamakta, olgunlaşma dönemi içinde ise sabitlenmektedir.

6.2.1 En kurak ve en sıcak yılların buğday gelişimine olası etkileri

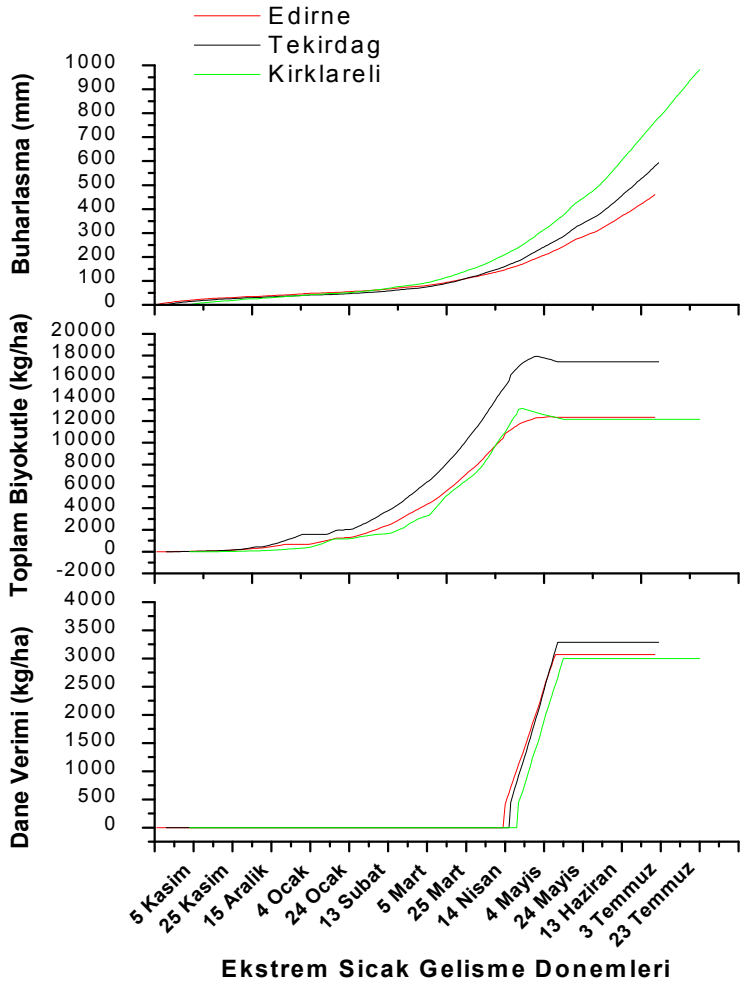
2071-2100 dönemi için IPCC-A2 senaryosunun Trakya Bölgesi için öngördüğü meteorolojik parametrelerin ortaya koyduğu iklim koşulları, söz konusu aralık için en sıcak yılların kapsadığı gelişme dönemleri için de ele alınmıştır (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerleri (2071-2100-ekstrem sıcak sezonlar).

IPCC-A2 senaryo çıktıları incelenirken, en sıcak ve en kurak yılların, gelişme dönemlerini kapsayacak biçimde ağırlıklı maksimum ortalama sıcaklık ve minimum toplam yağış aralıkları belirlenerek dikkate alınmıştır. Buna göre en sıcak gelişme dönemleri buğday için Edirne'de, Tekirdağ'da ve Kırklareli'nde 2099-2100 olarak belirlenmiştir. 2099-2100 döneminde kışlık buğday gelişme dönemlerinin ortalama

sıcaklıkları Edirne'de 15.9°C, Tekirdağ'da 16.3°C, Kırklareli'nde ise 17.3°C olarak öngörülmüştür. İlave olarak, IPCC-A2 senaryo çıktılarının incelenmesi sonucunda 2071-2100 arası dönemde günümüz ortalamasının 2.1 katı şeklinde simule edilen küresel ortalama CO_2 konsantrasyonunun, en sıcak gelişme dönemi olarak belirlenen 2099-2100 döneminde ortalamanın 2.4 katına ulaşacağı anlaşılmıştır. Sonuçlar dane verimi açısından analiz edildiğinde, buğdayın 3070 kg/ha değeri ile Edirne'nin uzun yıllık döneminin %25 üzerinde bir sonuç vereceğini, bu değerin 2071-2100 arası ortalama dönem verimi ile hemen hemen aynı olacağı görülmektedir. Benzer manzara, 3286 kg/ha ile 1975-2005 arası ortalamanın %9 kadar altında kalacak olan Tekirdağ dane verimi için de söz konusudur. Kırklareli ise, ekstrem sıcak gelişme döneminin hafif olumsuz etkisi altında kalacak olup, 3000 kg/ha değeri ile 2071-2100 arası ortalama veriminin %3 altında sonuç verecektir. Bu değer, aynı ilde 1975-2005 arası için simule edilen 2827 kg/ha'ın %6 üzerindedir. 2099-2100 gelişme dönemi için toplam biyokütle değerlerine bakıldığında en yüksek değerin 17429 kg/ha ile Tekirdağ için geçerli olacağı görülmektedir. Bu değer, 16140 kg/ha olarak simule edilmiş olan 1975-2005 arası mevcut ortalamanın %8 üstünde olmakla birlikte, 2071-2100 arası için model tarafından hesaplanmış olan 16260 kg/ha'ın hafif altındadır. Böylece Tekirdağ buğdayının IPCC-A2 senaryosunun ortaya koyduğu koşullardan olumlu etkileneceği, söz konusu olumlu etkinin ekstrem sıcak sezonda biraz düşme göstereceği anlaşılmıştır. Edirne'de elde edilen 12344 kg/ha'lık toplam biyokütle değeri, 10191 kg/ha olan 1975-2005 dönemi ortalama biyokütle miktarının %21 üzerindedir; 2071-2100 arası dönem için simule edilen ortalamanın ise %12 azını temsil etmektedir. Kırklareli buğdayı, 12153 kg/ha'a karşılık gelen biyokütle değeri ile 1975-2005 ortalamasının %15 üzerine çıkacaktır; 2071-2100 ortalamasının (13003 kg/ha) ise altında kalacaktır. Böylece Kırklareli, ekstrem sıcak sezonda biyokütle açısından olumlu bir buğday tepkisini verecektir. Ekstrem sıcak dönemde dikkate alınan illerdeki bitki gelişiminin değişimi aşağıdaki Şekil 6.8'de verilmektedir.

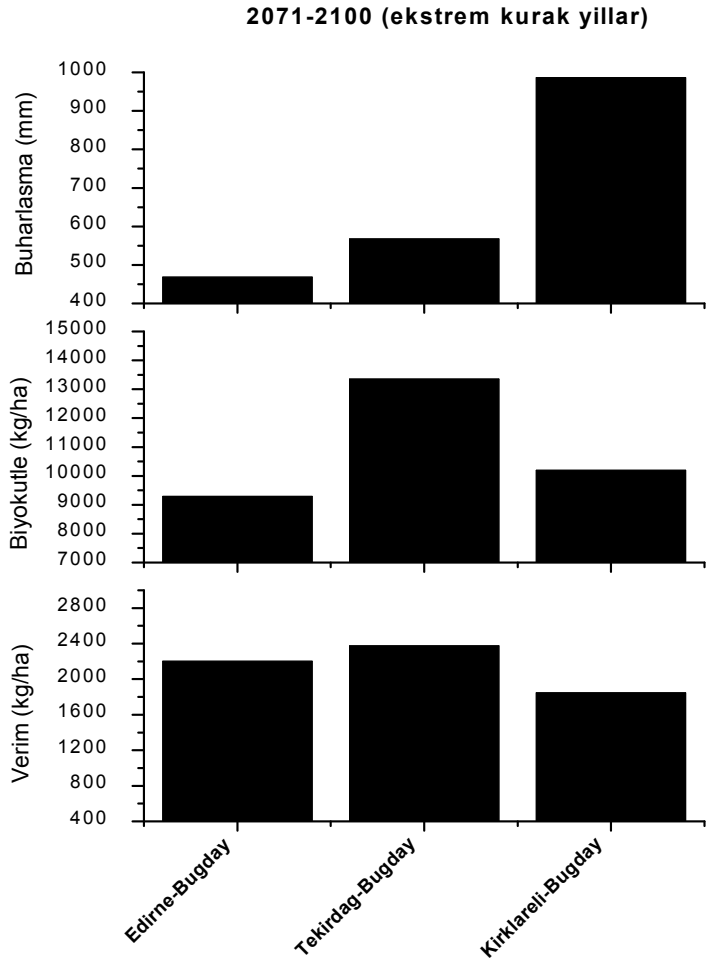


Şekil 6.8 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerlerinin gelişme dönemleri boyunca zaman serisi (ekstrem sıcak sezonlar).

Şekil 6.8 incelendiğinde, ekstrem atmosferik sıcaklıklar altında buğday danelerinin kütle kazanımının Nisan Ayının 2. ve 3. haftaları içinde başlayacağı, Mayıs Ayının ilk yarısı içinde ise sona ereceği görülebilir. Dane dolum başlangıcı Kırklareli ve Edirne'de kardeşlenme aşamasına denk gelirken, Tekirdağ'da filizlenme içinde yer almaktadır. 2071-2100 arası ortalama dönemle karşılaştırıldığında dane dolumu başlangıcının her ilde birer gelişme aşaması kadar geriye kayacağı anlaşılmaktadır. Toplam biyokütle her üç ilde de maksimum değerine Mayıs'ın ilk haftası içinde ulaşmaktadır. Kırklareli ve Edirne için kardeşlenme aşamalarına denk gelen bu durum, Tekirdağ'da filizlenme sonunda gerçekleşmektedir (Edirne:12344 kg/ha, Tekirdağ:17429 kg/ha, Kırklareli:12153 kg/ha). Edirne'de kardeşlenme aşamasında, Kırklareli'nde filizlenme döneminde gerçekleşen buharlaşma sıçraması, Tekirdağ'da 3. yaprak aşamasında gerçekleşmektedir. Bu eğrinin eğiminin sabitlenmesi ise 2071-2100 ortalamasındaki gibi olgunlaşma aşamasında değil, daha erken olan

çiçeklenme döneminde söz konusu olmaktadır. Aşırı sıcakların bitki gelişimini ivmelendirici etkisine böylece Trakya Bölgesi'nde yetiştirilen buğday için bir örnek daha ortaya çıkmıştır.

Aşağıdaki Şekil 6.9, IPCC-A2 senaryolarına göre RegCm3 bölgesel iklim modeli çıktılarının CERES-Wheat bitki iklim modeline entegrasyonu neticesinde ortaya çıkan durumu göstermektedir. Şekilde 2071-2100 yılları arasında gerçekleşmesi beklenen en kurak yılın bitki gelişimine yapabileceği etki sunulmuştur.



Şekil 6.9 : Trakya Bölgesi'nde ortalama buğday verim ve buharlaşma değerleri (2071-2100-ekstrem kurak sezonlar).

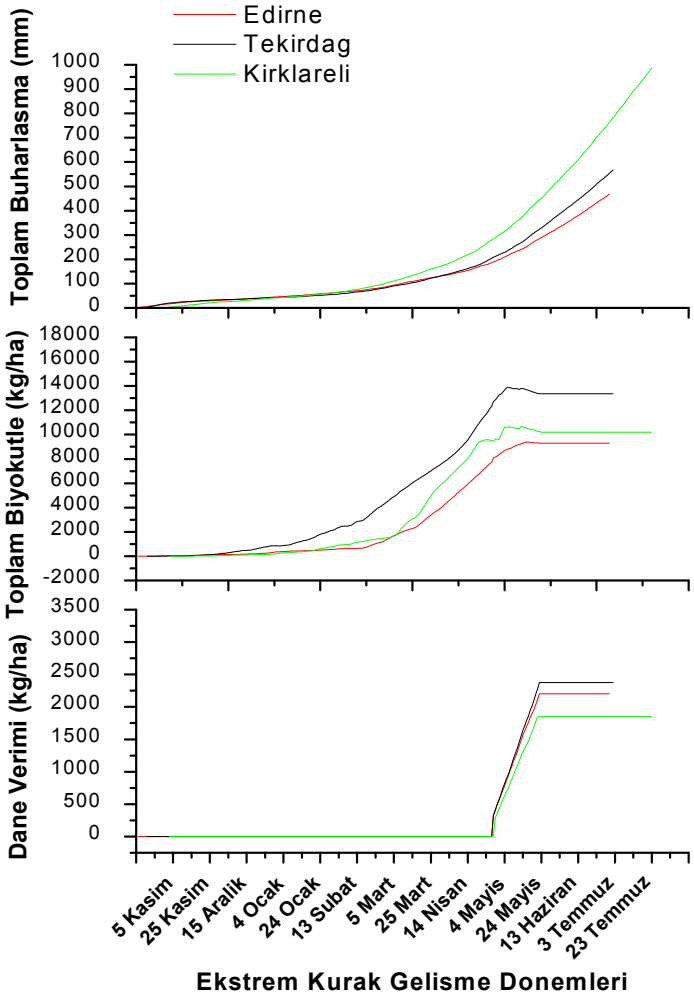
2202 kg/ha olarak simule edilen Edirne buğdayı, en kurak sezonunda (2076-2077) 1975-2005 ortalamasının %11 altında dane verimine işaret etmektedir. Tekirdağ da yağış azalışından olumsuz etkilenerek, mevcut ortalama veriminde %34'lük bir azalma gösterecektir (2376 kg/ha). Tekirdağ'da bu durum, ilin en kurak gelişme dönemi olarak belirlenen 2085-2086 için söz konusu olmuştur. Dane veriminin olası kuraklıktan en olumsuz etkilendiği il ise, 2000 kg/ha'ın altına düşen verim

simulasyonu ile Kırklareli olmuş ve ilin en 2071-2100 arası için en kurak dönemi olarak belirlenen 2085-2086 gelişme döneminde bu çıktı için ulaşılabilen verim değeri 1848 kg/ha şeklinde hesaplanmıştır. Bu değer, 1975-2005 arası uzun yıllık dönemin dane veriminin ancak %65'ine karşılık gelmektedir. 2071-2100 ortalaması için elde edilen simulasyon sonuçları ile bu sonuçlar karşılaştırıldığında ise, üç ilin tamamında en kurak gelişme dönemleri boyunca dane veriminin düşeceği anlaşılmıştır. Düşme oranları Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli için sırasıyla %31, %25 ve %40 olmaktadır. Kışlık buğdayın bölgede yağış eksikliğine gösterdiği olumsuz verim tepkisi, ekstrem sıcaklığa verilen tepki ile kıyaslandığında Edirne hariç oldukça yüksektir. Toplam biyokütle açısından en kurak sezonlar incelendiğinde, tüm illerin ekstrem kurak sezonda uzun yıllık ortalamadan (1975-2005) küçük biyokütle azalışları gösterecekleri anlaşılmaktadır. Edirne, en kurak sezon olarak simule edilen 2076-2077 gelişme döneminde toplam biyokütlesini %9 oranında azaltmaktadır. Tekirdağ ve Kırklareli için de sırasıyla %8'e ve %4'e karşılık gelen biyokütle azalmaları tahmin edilmektedir. Üç ilin en kurak sezonları biyokütle için 2071-2100 ortalaması ile karşılaştırıldığında ise, tüm arazilerin biyokütle toplamlarında önemli azalmalar meydana gelebileceği öngörülmüştür. Bu biyokütle miktarları ve bunların 2071-2100 dönemine kıyasla karşılık geldiği azalma oranları Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli için sırasıyla 9294 kg/ha (%34 azalma), 13351 kg/ha (%18 azalma) ve 10198 kg/ha (%22 azalma) olmuştur. Biyokütlede ekstrem sıcak sezonların verimleri, ekstrem kurak sezonlarınkinden tüm illerde oldukça yüksek çıkmıştır. Bu artış oranları Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli için yine sırasıyla %25, %24 ve %16 olmuştur. Böylelikle ekstrem sıcak sezonların tüm noktalarda buğday biyokütlesini azaltıcı sonuç verdiği, ekstrem kurak sezonların da her noktada verim düşmesi ile sonuçlandığı anlaşılmıştır. Özellikle hassasiyet analizlerinde küresel CO_2 etkisi hariç ve birlikte dikkate alınarak yapılan simulasyonların arasındaki verim farkları, CO_2 konsantrasyon artışlarının çoğu durumda oldukça çarpıcı etkisinin olacağını göstermiştir. Benzer yol bu tez çalışması sırasında 2071-2100 arası senaryolarda da başlangıçta izlenmiş olup, gelecekte 330 ppm değeri sabit kalacak biçimde yapılan simulasyonların verim parametrelerinde çoğu durumda düşmelerle sonuçlanacağı görülmüştür. IPCC-A2 çıktılarına CO_2 etkisinin de eklenmesi yoluyla gerçekleştirilen ve burada değerlendirilen uygulamalar ise Trakya Bölgesi'nde kışlık buğday için çoğu örnekte verim bileşenlerinde artma sonucu vermiştir. Böylece küresel ortalama CO_2 konsantrasyonlarında gerçekleşebilecek küçük artışlara dahi

kışlık buğdayın hassas olduğu CERES-Wheat tarafından öngörülmüş bulunmaktadır. Ekstrem sıcak sezonların verimlerinin ekstrem kurak yıllarınkinden daha yüksek çıkmasının bir sebebi de ekstrem sıcaklıkların hüküm sürdüğü gelişme dönemlerinin tüm illerde ele alınan 2071-2100 arası veri setinin sonunda (2099-2100) yer alması, dolayısı ile aynı dönemin en yüksek küresel CO_2 değerleri altında simulasyonların yapılmasıdır.

Ekstrem kurak gelişme dönemlerinin toplam potansiyel evapotranspirasyonları 1975-2005 arası değerlerle karşılaştırıldığında özellikle Tekirdağ ve Kırklareli için hafif buharlaşma artışları görülmekte, Edirne'de ise bir önemli bir değişim söz konusu olmamaktadır. Edirne 2076-2077 gelişme dönemi sonunda toplam evapotranspirasyon 468.7 mm olurken, Tekirdağ'da bu değer 567.7 mm (%21 artma), Kırklareli'nde ise 986.4 mm (%40 artma) olacaktır. Ekstrem kurak sezonun artan buharlaşma değerleri vermesi, bitki su tüketimi açısından kışlık buğdayın ihtiyacı ve olası su stresi hakkında fikir vericidir.

Aşağıdaki Şekil 6.10, ekstrem kurak sezonlara karşılık gelen gelişme dönemleri boyunca incelenen üç ilin kışlık buğday verim çıktılarını ve toplam potansiyel evapotranspirasyonlarını göstermektedir. Şekil 6.10, dane verimi dikkate alınarak incelendiğinde, ekstrem kurak gelişme dönemleri içinde dane dolum işleminin tüm illerde Nisan'ın son haftası içinde başlayacağı görülmüştür. Kırklareli ve Edirne illerinde başaklanma aşaması başına denk gelen bu dönem, Tekirdağ'da kardeşlenme içinde yer almaktadır. Bu durum, ekstrem sıcak sezona kıyasla ortalama 1 haftalık bir gecikme anlamını taşımaktadır. 1975-2005 arası dönemle kıyaslama yapıldığında ise, ekstrem kurak sezonları boyunca dane dolum başlangıcının daha erken gerçekleşeceği sonucuna varılabilir.



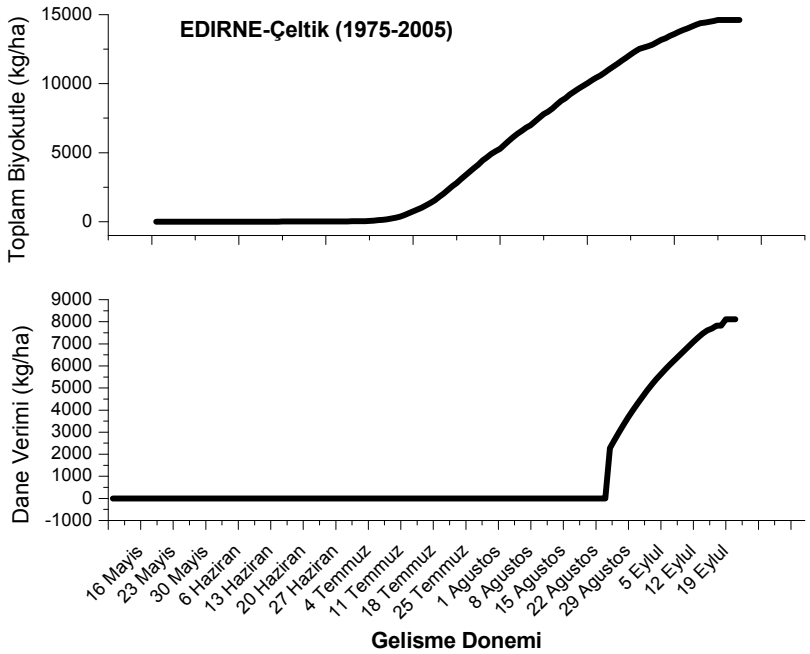
Şekil 6.10 : Trakya Bölgesi'nde Ortalama Buğday Verim ve Buharlaşma Değerlerinin Gelişme Dönemleri Boyunca Zaman Serisi (ekstrem kurak sezonlar).

Ekstrem kurak sezonların dane kütlesi maksimum değerine Edirne ve Tekirdağ'da aynı tarihte (20 Mayıs) ulaşmakta, Kırklareli için bu tarih 17 Mayıs olmaktadır. Fenolojik açıdan bu tarihler Edirne'de ve Kırklareli'nde çiçeklenme aşamasına denk gelirken, Tekirdağ'da ise başaklanma sonunda bulunmaktadır. Ekstrem kurak sezonların maksimum toplam biyokütle miktarlarının gerçekleşme dönemi Mayıs sonu (çiçeklenme dönemi) olup, ilgili tarihler Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli için sırası ile 23 Mayıs 2077, 23 Mayıs 2086 ve 24 Mayıs 2086 şeklinde simule edilmiştir. Trakya Bölgesi'nde kışlık buğdayın biyokütlesi, dane verimi gibi nihai değerine Mayıs Ayının son 10 günlük dönemi içinde ulaşarak, hasad olgunluğuna kadar sabit kalmaktadır. Buharlaşma miktarları Mart'ın ilk haftasından Mayıs ortasına kadar (filizlenme-çiçeklenme arası) artan bir ivmeye sahip olup, Mayıs sonu ile birlikte (çiçeklenme sonu) bu artışın oranı hemen hemen sabitlenmektedir. En

kurak sezonların toplam buharlaşma değerleri 1975-2005 arasında aynı sezonlar boyunca elde edilen toplamlarla karşılaştırıldığında Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli için sırasıyla %1 azalma, %21 artma ve %40 artma şeklinde ortaya çıkmaktadır. En kurak sezonların buharlaşmaları, 2071-2100 arası için en sıcak olarak simule edilen sezon için hesaplanan değerlerin de çok az üstündedir. Oransal olarak bu artışlar kışlık buğday için yine Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli illerinde sırayla %11, %5 ve %6 şeklinde elde edilmiştir. Edirne hariç en sıcak sezonların tamamında (düşük de olsa) en kurak sezonların toplam potansiyel evapotranspirasyon miktarlarından yüksek değerler elde edilmiş, en büyük fark ise %4 ile Tekirdağ'da simule edilmiştir.

6.3 İklim Değişiminin Çeltik Bitkisine Etkileri

Bu çalışmada Trakya Bölgesi üzerinde çeltik bitkisinin gelişiminin ve veriminin izlendiği il olan Edirne için 1975-2005 arası ortalama verim çıktılarının seyri, aşağıdaki Şekil 6.11'de görülmektedir.

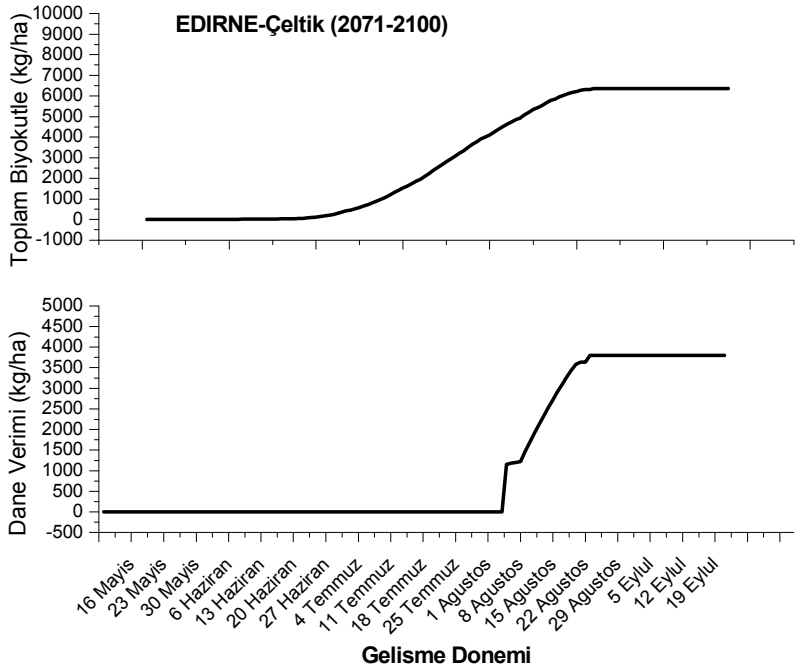


Şekil 6.11 : Trakya Bölgesi'nde Ortalama Çeltik Verim Değerlerinin Gelişme Dönemleri Boyunca Zaman Serisi (1975-2005).

Gelişimini ortalama koşullarda 10 Mayıs-21 Eylül tarihleri arasında tamamlayan Edirne çeltiğinin fenolojik seyri Şekil 6.11 ile birlikte dikkate alındığında, bitkinin meyve bağlama aşamasına geçişi ile birlikte dane dolumuna başladığı anlaşılmaktadır. Çeltiğin sezon sonu ortalama dane verimi, 8115 kg/ha olarak simule

edilmiştir. Toplam biyokütle ise gelişme aşamalarının başından itibaren kaydedilmekle birlikte, 100 kg/ha sınırını Temmuz ayı başında, yani filizlenme aşamasına geçerken aşabilmektedir. Çeltiğin ortalama gelişme dönemi incelendiğinde, meyve bağlama dışındaki tüm fenolojik aşamaların 1.5-2 hafta içinde tamamlanacağı, meyve bağlama aşamasının ise yaklaşık 1 ay süreceği anlaşılmaktadır. Bitkinin biyokütlesindeki artışlar çimlenme aşaması ile birlikte belirginleşmekle birlikte, bu dönemdeki günlük kütle kazanımları 1-2 kg/ha ile sınırlı kalmaktadır. Kütle kazanımının en çarpıcı ivmeyi kazandığı dönem ise, 5. Yaprak sonu ile filizlenmenin başıdır. Filizlenme ile birlikte çeltiğin günlük kütle artışı meyve bağlama aşamasının sonuna kadar 100 kg/ha değerinin altına düşmemektedir. Günlük biyokütle kazanımının maksimum olduğu değer, başak oluşumunun başladığı 23-24 Temmuz arasında kaydedilen 309 kg/ha olmuştur. Hasad aşamasının ortalama toplam biyokütle miktarı Edirne'de çeltik için 14611 kg/ha olmaktadır.

Çeltiğin 2071-2100 arası ortalama gelişim seyri, aşağıdaki Şekil 6.12'de görülmektedir.



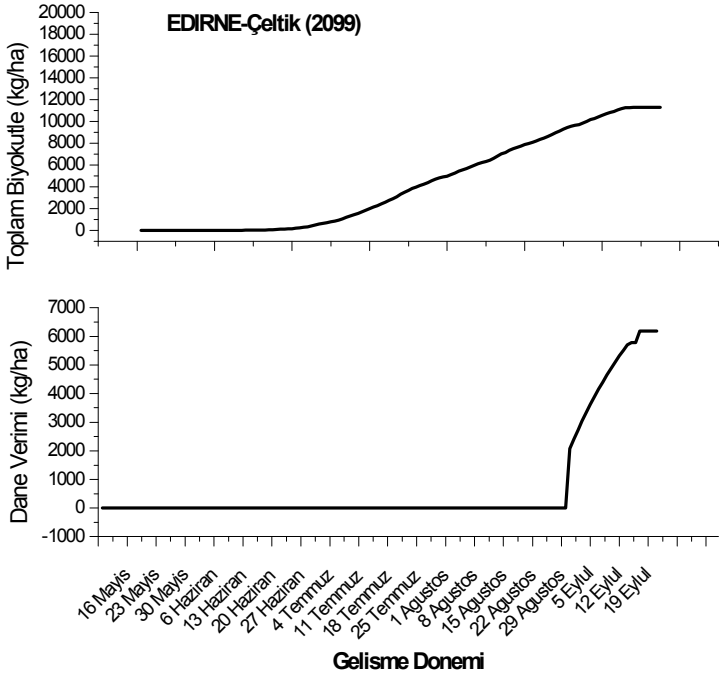
Şekil 6.12 : Trakya Bölgesi'nde Ortalama Çeltik Verim Değerlerinin Gelişme Dönemleri Boyunca Zaman Serisi (2071-2100).

Şekil 6.12'de hasad aşaması için inceleme yapıldığında dane verimi ve toplam biyokütle için sırasıyla görülen 3801 kg/ha ve 6852 kg/ha değerleri, 1975-2005 arası döneme oranla dane veriminin %53, toplam biyokütlenin de %57 oranlarında azalışa

uğrayacağı anlamına gelmektedir. Bu simulasyon için de günlük kütle kazanımının maksimum değerleri 200 kg/ha civarı ile Temmuz sonunda filizlenme-başaklanma geçişine isabet etmektedir. Dane dolumu açısından kritik tarihler, çiçeklenmenin ve meyve bağlamanın ilk haftalarıdır. Model, çeltik dane dolumunu çiçeklenme dönemi içinde başlayacak biçimde simule etmektedir. Çeltik dane kütlesi, meyve bağlama döneminde biyokütleyi 5 gün kadar geriden takip ederek sabit değerini almaktadır.

6.3.1 En kurak ve en sıcak yılların çeltik gelişimine olası etkileri

2071-2100 arası ekstrem sıcak sezonun (10 Mayıs 2099-21 Eylül 2099) Edirne'de çeltik gelişimine yönelik akışı, aşağıdaki Şekil 6.13'te verilmiştir. Çeltiğin verim ve biyokütle artışları değerlendirilirken, gelecek projeksiyonlarının ortaya koyduğu manzaradan bağımsız olarak bitkinin gelişme dönemleri boyunca su stresi altında bulunmadığı kabulü, unutulmamalıdır.

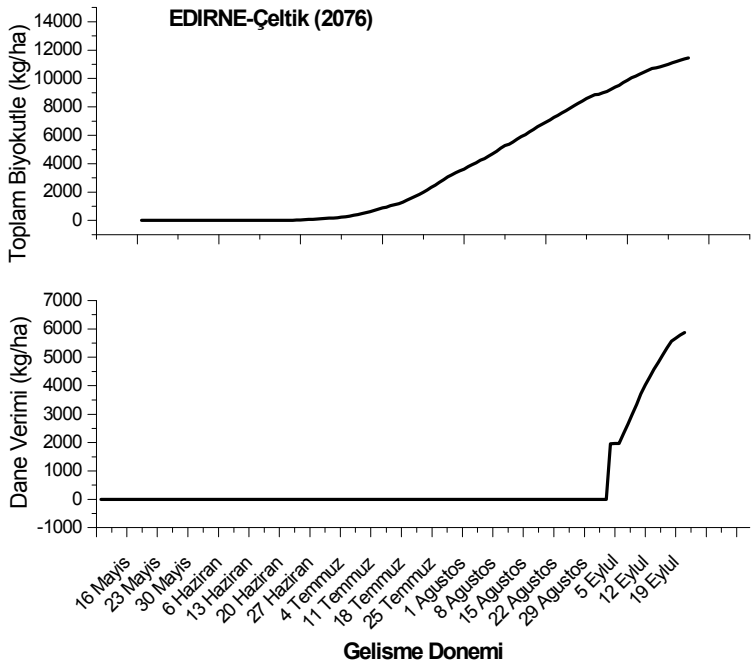


Şekil 6.13 : Trakya Bölgesi'nde ortalama çeltik verim değerlerinin ekstrem sıcak gelişme dönemi boyunca zaman serisi (2099).

Biyokütle, çeltiğin günlük kütle kazanımının 100 kg/ha'ı geride bıraktığı 18 Haziran tarihinden başlayarak Şekil 6.13'te görülen dikkat çekici ivmelenmeye sahip olmaktadır. Çiçeklenmenin başında 10 Ağustos 2099, ekstrem sıcak gelişme dönemi içinde Edirne çeltiğinde en yüksek sıçramanın gerçekleşeceği tarih olarak CERES-Rice tarafından modellenmiştir. Dane verimi için 6185 kg/ha, biyokütle için ise 11291 kg/ha olarak hesaplanan 2099 gelişme dönemi verim değerleri, 1975-2005

arası değerlerin sırası ile %24 ve %23 altında yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar, 2071-2100 arası ortalamalarla karşılaştırıldığında ise, artış sağlamaktadır (dane veriminde %63, biyokütlede %78).

Ekstrem kurak sezonun (2076) çeltik için sonuçları Edirne'de aşağıdaki Şekil 6.14'ün incelenmesi ile anlaşılabilir.

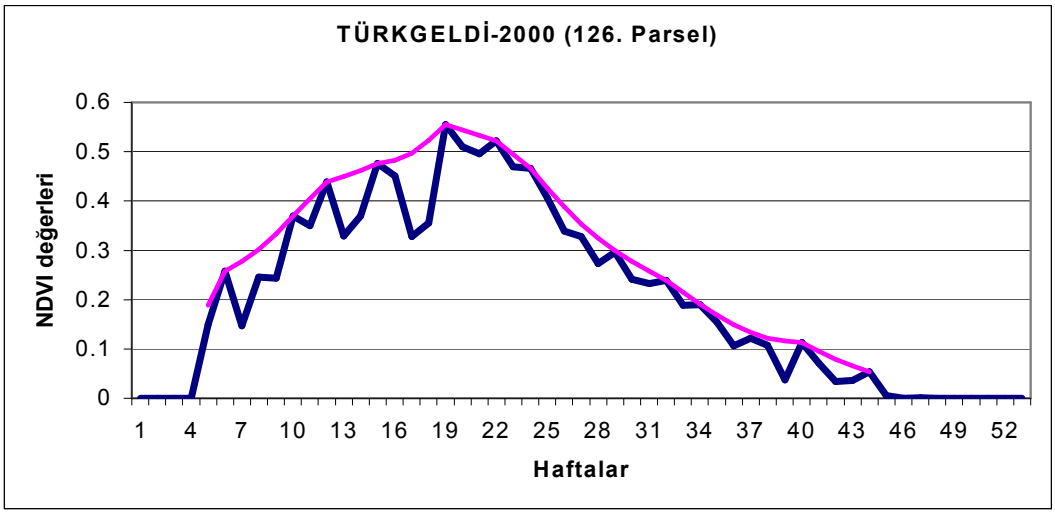


Şekil 6.14 : Trakya Bölgesi'nde ortalama çeltik verim değerlerinin ekstrem kurak gelişme dönemi boyunca zaman serisi (2076).

Edirne'de çeltik için en kurak yıl olan 2076 yılı gelişme dönemi içinde toplam dane verimi 5877 kg/ha iken, toplam biyokütle 11455 kg/ha olmuştur. Böylece 1975-2005 arası döneme oranla dane verimi azalışının %28, biyokütledeki azalışın ise %22 olacağı öngörülmektedir. Bu miktarlar, en kurak sezonu da içeren 2071-2100 arası dönemin ortalama verim değerleri ile karşılaştırıldığında, dane verimi ve toplam biyokütle için sırasıyla %55'e ve %80'e karşılık gelen artışlar ortaya çıkmaktadır. Ekstrem kurak sezonun (2076) dane verimi, ekstrem sıcak sezonun (2099) dane veriminin %5 altında kalırken, aynı sezonların toplam biyokütleleri arasında önemli bir fark simule edilmemiştir. Başaklanma sonlarında ortalama 200 kg/ha ile en kurak sezonun en büyük biyokütle kazanımının kaydedileceği bir dönemin gerçekleşebileceği anlaşılmıştır.

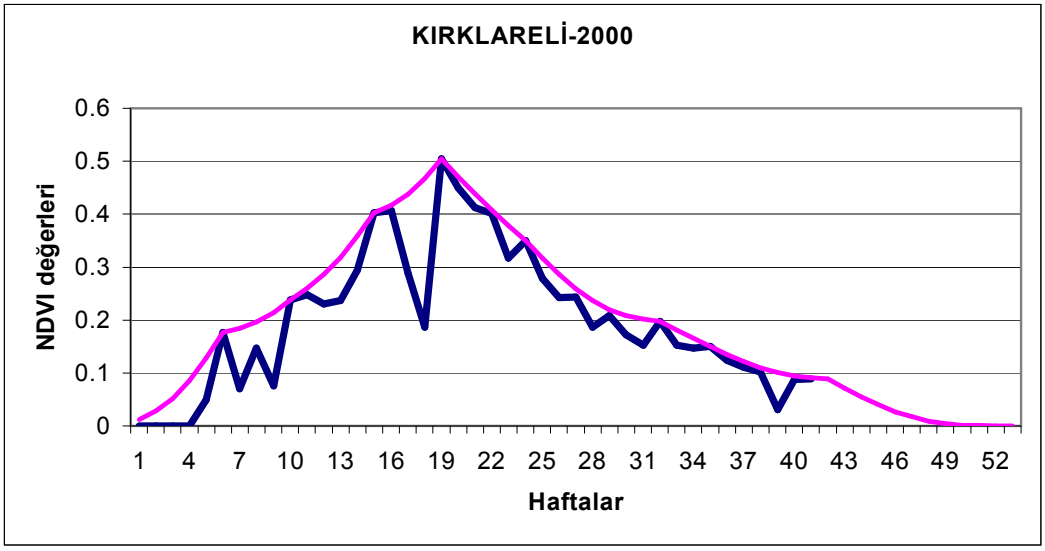
7. NDVI VERİSİNİN ANALİZİ

Trakya Bölgesi'nin tamamı için alınan NDVI verisi, koordinatları belirlenen parseller için ayıklanmış ve bölgede belirlenen arazilere gidilerek tarım, orman alanlarının olduğu yerlerden koordinatlar alınmıştır. Belirlenen tarım/orman alanlarıyla ilgili koordinatlar ve seçilen arazilerle ilgili genel bilgi, Bölüm 2'de verilmiştir. Koordinat tespitini eldeki verinin zamana göre değişiminin analizi izlemiştir. Öncelikle meteorolojik veride olduğu gibi NDVI verileri düzenlenerek, zaman serileri elde edilmiştir. Aşağıdaki Şekil 7.1, Şekil 7.2 ve Şekil 7.3'te sırasıyla 2000 yılı için Türkgeldi (Lüleburgaz), Kırklareli ve Edirne'de belirlenen tarım alanlarındaki NDVI değişimleri verilmiştir. Tarımsal ürünler her yıl aynı tarım alanında yetiştirilmeyebildiğinden, koordinatların ekim yapılan alanlara göre değişiklik göstermesi sorun yaratabilmektedir. Bu nedenle tarım alanlarında hangi yıllarda hangi alanlara hangi bitkilerin ekildiği ile ilgili kayıtlar alınmıştır. Lüleburgaz daki Türkgeldi Tarım İşletmesi arazilerinden 126 nolu parselde 2000 yılında buğday ekildiği, Şekil 7.1'den anlaşılmaktadır. Kış aylarında bulutluluk nedeniyle NDVI değerleri elde edilememiş ancak Ocak ayından sonra, NDVI verileri alınabilmiştir. Bu tarihten sonra buğday bitkisinin NDVI verileri Mayıs ayı ortalarına kadar artarken, maksimum 0.55 değerine kadar ulaşmıştır. Bitkinin maksimum gelişme düzeyine ulaştığı bu dönemden sonra NDVI değerleri düşmeye başlamıştır. Şekilde koyu ve kalın sürekli çizgi ile gösterilen değerler haftalık NDVI verileridir. Bu veriler içinde haftalar ilerledikçe ve NDVI değeri yükselme eğiliminde iken meydana gelen düşmeler, bulutluluk vb. nedenlerden dolayı yeterli yansıtmanın kaydedilmemesindendir. Bu nedenle NDVI'ın düşme ve yükselme eğiliminde olduğu bu dönemlerde bu düşen değerler ihmal edilir. Böylece aşağıdaki Şekil 7.1, Şekil 7.2 ve Şekil 7.3 içinde ince ve sürekli çizgiyle verilen değerler NDVI değişimini daha iyi temsil etmesi söz konusudur.



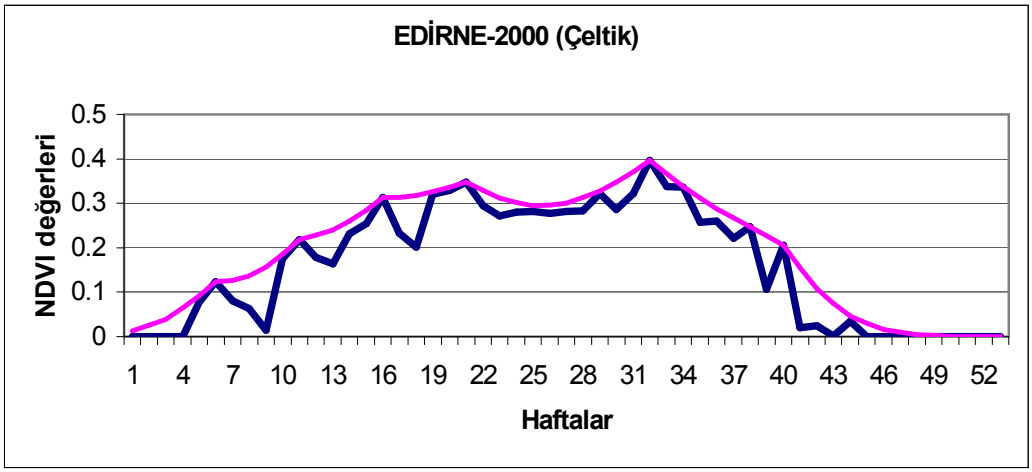
Şekil 7.1 : Lüleburgaz-Türkgeldi'de NDVI değerlerinin zaman serisi.

Şekil 7.1 incelendiğinde Kırklareli ilinde 2000 yılında NDVI değerlerinin Şubat ayından itibaren artmaya başladığı ve Şubat ayı ortalarında yaklaşık NDVI'ın 0.18'e ulaştığı görülmektedir. Mayıs ayı ortalarında buğday bitkisi maksimum gelişme aşamasına ulaşmıştır. Lüleburgaz NDVI'ı maksimum 0.55 değerine ulaşmıştır. Aynı tarihte Kırklareli şehir merkezine yakın arazideki buğdayın NDVI değeri ise, 0.5'tir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2 : Kırklareli'nde NDVI değerlerinin zaman serisi.

Edirne Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazilerinde 2000 yılında yetiştirilen çeltik bitkisinin haftalık NDVI değerlerinin değişimi, aşağıdaki Şekil 7.3'te verilmiştir.



Şekil 7.3 : Edirne'de NDVI değerlerinin zaman serisi.

Yukarıdaki Şekillerin elde edilmesi için öncelikle seçilen alanlar üzerinde GPS kullanımı ile koordinatları belirlenen noktaların, eldeki NDVI verilerinin hangileri tarafından en iyi temsil edildiğinin belirlenmesi üzerinde durulmuştur. Bu amaca ulaşma süreci, aşağıda maddelenmiştir:

- Öncelikle eldeki aylık veriler her yıl için hesap ortamına aktarılmıştır.
- Belirlenen koordinatlar bu dosyaya aktarılarak veriler enleme ve boylama göre ayrı ayrı iki kez sıralanarak süzülmüştür.
- Kalan veriler grafik ortama aktarılarak (x ekseni boylam, y ekseni ise enlem olacak şekilde) eldeki noktanın, uydu tarafından verisi alınan noktalar arasındaki konumu saptanmıştır. Nokta ayıklama işlemi bu grafikteki değişim düzenli olarak kontrol edilerek sürdürülmüştür.
- İlk süzme aşamasından geriye kalan noktalar için bu kez haftalık NDVI değerlerini içeren dosyalar açılmış ve bu noktaların koordinatlarına karşılık gelen NDVI değerleri ayıklanarak yeni bir dosyaya aktarılmıştır.
- Her bir nokta için dosyalardaki haftalık verilerin ortalamaları alınmış ve 1995-2002 arası dönemde NDVI değişiminin zaman serileri ortaya konmuştur.
- Son olarak NDVI değerlerinin maksimumlarını birleştiren bir eğri elde edilmiştir.

7.1 Buğday Bitkisinin NDVI Değişimi

Buğdayın NDVI değerleri incelenirken, arazi boyutlarının geniş olması bakımından Lüleburgaz/Kırklareli'nde bulunan Türkgeldi Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne ait tarım alanları tercih edilmiştir; zira bu bölgedeki tarım alanlarının boyutları 800 da'a kadar ulaşmaktadır. Ölçüm dönemi içinde en yüksek NDVI, 2002 yılı Mayıs ayında 0.59 ile ölçülmüştür. Buğday bu bölgede ekim yapıldıktan sonra Kasım ayında çimlenmektedir. Bu aşamayı Ocak ayı sonlarına doğru 3. yaprak aşaması, Mart ayı ilk haftalarında filizlenme, bundan bir ay sonra da kardeşlenme aşamaları izlemektedir. Ekim ayı için 8 yıllık dönemin ortalama NDVI değeri 0.14'tür. Kasım ayı sonunda (çimlenmenin gerçekleşme zamanında) NDVI=0.11'dir. Ocak'ta gerçekleşen 3. yaprak aşamasında NDVI, 0.15 değerine çıkmaktadır. 3. yaprak oluşumu başlangıcından filizlenme aşamasına kadar olan dönemde NDVI değeri yaklaşık %100 artış göstererek 0.33'e ulaşmaktadır (Çizelge 7.1). Başaklanma aşamasının NDVI'ı 0.43'e kadar yükselmiştir. Mayıs ayının ortalarında meydana gelen çiçeklenme aşamasında NDVI değeri önemli bir artış göstermemekle birlikte 0.45'e ulaşmıştır. NDVI, Haziran ayı ilk haftalarında meydana gelen olgunlaşma aşamasında 0.40'a gerilemiştir. Temmuz'daki hasad aşamasında süren azalma eğilimi sonunda NDVI, 0.34'e kadar düşmüştür. 2000 ve 2001 yıllarındaki düşük NDVI değerleri, kuraklığın bir etkisi olarak değerlendirilebilir. Aşağıdaki Çizelge 7.1, buğday bitkisinin dikkate alınan yıllardaki ortalama NDVI değerlerini yukarıda değinilen gelişme aşamalarına bağlı olarak, göstermektedir.

Çizelge 7.1 : Kışlık buğdayın fenolojik gelişimi ve NDVI değerleri.

Fenolojik Aşama	NDVI	St.Sp. (NDVI)
Çimlenme	0.11	0.11
3. yaprak	0.15	0.07
Filizlenme	0.33	0.05
Başaklanma	0.43	0.07
Çiçeklenme	0.45	0.08
Olgunlaşma	0.40	0.09
Hasad	0.34	0.08

Gelişme döneminin kışlık buğday için genel NDVI dağılımını gösteren Çizelge 7.1'deki değerlerin Dünya'da yapılan benzer çalışmaların sonuçlarına yakınlık gösterebildiği görülmüştür. Örnek olarak Çizelge 7.1'de 3. yaprak aşaması ortalarında meydana gelmesi muhtemel 0.2<NDVI<0.3 durumunun, ekimden 93 gün sonrasında (yine aynı fenolojik aşama içinde) sağlandığı çalışma verilebilir (ICARDA, 2008). Aynı çalışmada, Çizelge 7.1'de kardeşlenmeye doğru gerçekleşmesi beklenen 0.3<NDVI<0.4 durumunun da gerçekleştiği görülmektedir. Bunun yanı sıra Çin'de 7 farklı arazi üzerinde kışlık buğdayın 10 yıllık uydu verisinin incelenmesi sonucunda, bitkinin NDVI maksimumunun genelde çiçeklenme aşaması başında olduğu görülmüştür. Söz konusu durum yukarıda Edirne kışlık buğdayı için de geçerli olup, buna karşılık gelen NDVI=0.45 değeri ile de uyuşmaktadır (Uchida, 2004).

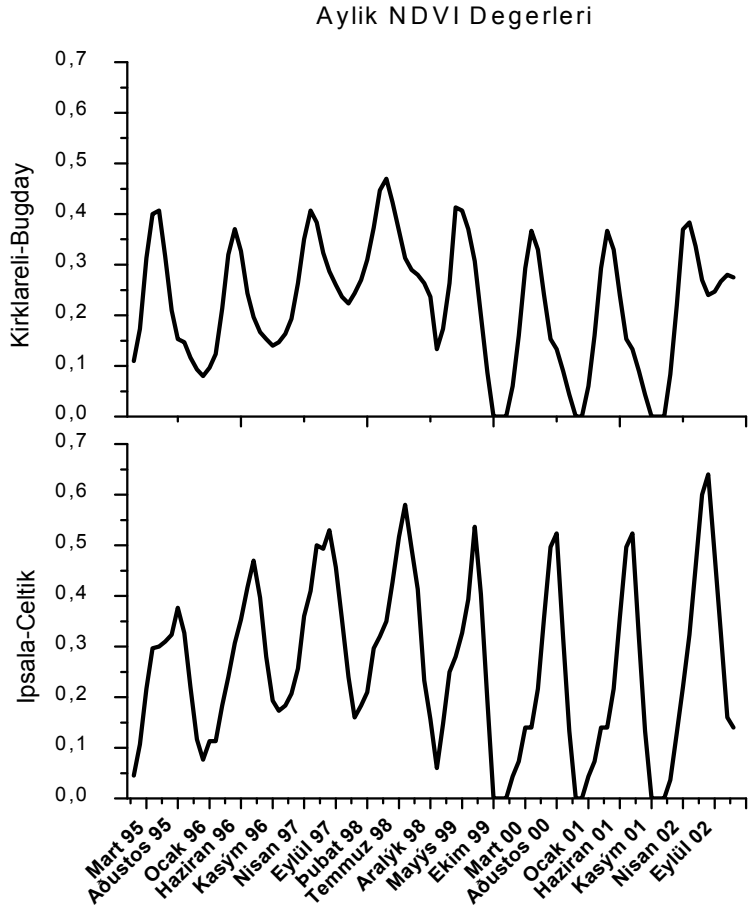
7.2 Çeltik Bitkisinin NDVI Değişimi

Çeltik bitkisinin dikkate alınan 8 yıllık dönemde en yüksek NDVI değerine 2002 yılında ulaştığı belirlenmiştir. 2002 yılında 0.64 olarak gerçekleşen söz konusu NDVI, Ağustos ayında çeltiğin çimlenmesi ile meyve bağlama döneminde kaydedilmiştir. 2002 yılı yağış verisi incelendiğinde bu yılın incelenen yıllar arasında en fazla yağışa sahip yıl olduğu görülmektedir. Bu durumda herhangi bir yağış kısıtı olmaması halinde, NDVI=0.31 değerinin, çeltiğin çimlenme aşamasına geçişinin bir göstergesi olduğu söylenebilir. (Şekil 7.4). Çimlenme, Mayıs ayında olmaktadır. Kurak yıllarda (2000 ve 2001) NDVI'ın 0.2'lere kadar düştüğü belirlenmiştir. 2000 ve 2001 yıllarına göre daha fazla yağış alan yıllarda çimlenme dönemi NDVI değeri ise yaklaşık 0.3'tür. Bitki gelişiminin ivmelenmesi ile birlikte çeltik bitkisinin NDVI değeri 3. ve 5. yaprak döneminde (Haziran) ortalama 0.4 değerine ulaşmaktadır. Çeltiğin filizlenme ve başaklanma aşamalarında ise ortalama NDVI değeri 0.49 olmaktadır. 2002 yılının incelenen yıllar arasında en yağışlı yıl olmasının da etkisiyle NDVI, bu yılın filizlenme ve başaklanma aşamalarında 0.6'ya kadar çıkabilmiştir. Çiçeklenme ve meyve bağlama aşamaları ise NDVI'ın ortalama 0.51 olduğu zamanda gerçekleşmektedir. Hasad aşamasının meydana geldiği Eylül ayı sonlarına kadar olan dönemde NDVI değeri 0.41'e kadar azalmaktadır (Ekim ayında hasattan sonra NDVI değerlerindeki düşüş sürmektedir). Kurak olan yıllarda bu değer 0.13 olarak tespit edilmiştir. Aşağıdaki Çizelge 7.2, çeltik bitkisinin incelenen yıllara ait gelişme dönemleri boyunca ortalama NDVI değerlerini içermektedir.

Çizelge 7.2 : Çeltik bitkisinin fenolojik gelişimi ve NDVI değerleri.

Fenolojik Aşama	NDVI	St.Sp.(NDVI)
Çimlenme	0.31	0.06
3. ve 5. yaprak	0.37	0.08
Filizlenme ve Başaklanma	0.49	0.08
Çiçeklenme ve Meyve Bağlama	0.51	0.09
Hasad	0.41	0.12

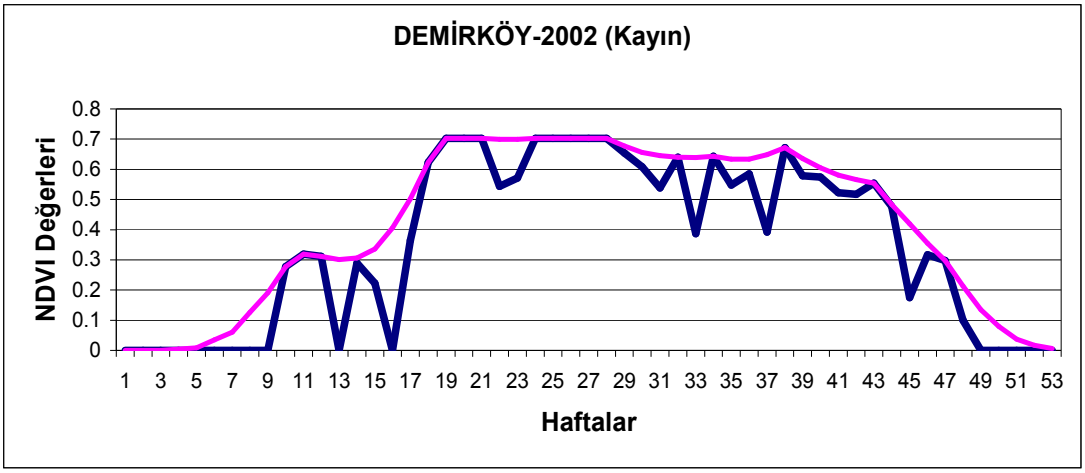
Akdeniz Bölgesi'nde sulama uygulanan bitkilerin gelişme dönemi dinamiklerinin araştırıldığı bir çalışmada, çeltik için özellikle gelişme dönemi başlangıcına ve bitimine ait NDVI değerlerinin, yukarıda Çizelge 7.2'de verilen değerlere yakın seyrettiği görülmüştür (Serra and Pons, 2008). Söz konusu araştırmanın NDVI veri seti 2002-2005 yılları arasına ait olup, tez çalışmasında incelenen dönemin NDVI analizi bakımından bölgesel ve zamansal olarak genel anlamda yansıtılması konusunda tamamlayıcı öneme sahiptir. Aşağıdaki Şekil 7.4 ise, Kırklareli-Buğday ve Edirne-Çeltik için 1995-2002 arası aylık NDVI zaman serilerini sunmaktadır.



Şekil 7.4 : Buğday ve çeltik bitkilerinin NDVI değerlerinin değişimi (1995-2002).

7.3 Kayın ve Meşe Ormanlarında NDVI Değişimi

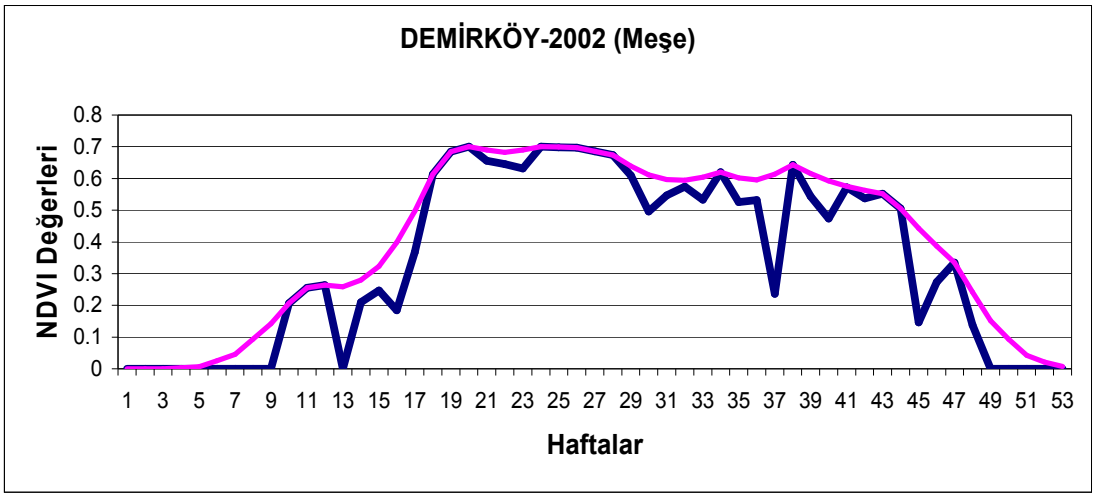
Haftalık NDVI verisinin eldeki ölçüm dönemi boyunca değişim grafikleri, kayın ve meşe dokusuna sahip homojen alanlar için de Trakya Bölgesi'nde elde edilmiştir. Aşağıdaki Şekil 7.5, Demirköy-Kadıkule Bölgesi'ndeki Kayın alanının 2002 yılındaki NDVI değişimini göstermektedir. Söz konusu alan, Kadıkule İşletme Şefliği'nin denetimindeki 38. ve 39. Bölgelerin sınırında yer almaktadır. Tüm noktalar için, GPS ile belirlenen koordinatlara en yakın noktalara karşılık gelen NDVI verisinin ortalama değerleri üzerinden çalışılmıştır.



Şekil 7.5 : Demirköy-Kadıkule'de seçilen kayın bölgesi'nin 2002 Yılı NDVI değişimi.

Şekil 7.5 incelendiğinde, uydu verisinin mevcut olmadığı haftalar (1-9 ve 49-53 arası, ayrıca 13. ve 16. haftalar) dışında ağaçların fotosentez sürecinin NDVI değerlerine yansıdığı, dolayısı ile de arazi üzerindeki fotosentez aktivitesinin arttığı anlaşılmaktadır. Nisan Ayı ortasında (14. hafta) NDVI=0.3 değeri ile başlayan yükselme eğilimi, 19. haftada, yani Mayıs Ayı ortasında NDVI=0.7 değerini aşarak, Temmuz ortasına kadar bu durumunu yaklaşık olarak muhafaza etmiştir. Demirköy-Kadıkule'de seçilen alan için 2002 yılında son olarak 49. haftada (Kasım sonu) veri alınmıştır. Kayın için görünür bölgede yüksek absorbsiyonun gerçekleştiği dönemin iki ayı aşkın sürdüğü (Mayıs ortası-Temmuz ortası) anlaşılmıştır.

Aşağıdaki Şekil 7.6'da, yine Demirköy'de bu sefer Meşe ile kaplı alanın NDVI seyri, 2002 yılı için görülmektedir. Bu bölge, İkiztepe Mevkii olarak bilinen yerdeki 5. ve 6. bölgelerin sırt kısmına karşılık gelmektedir.

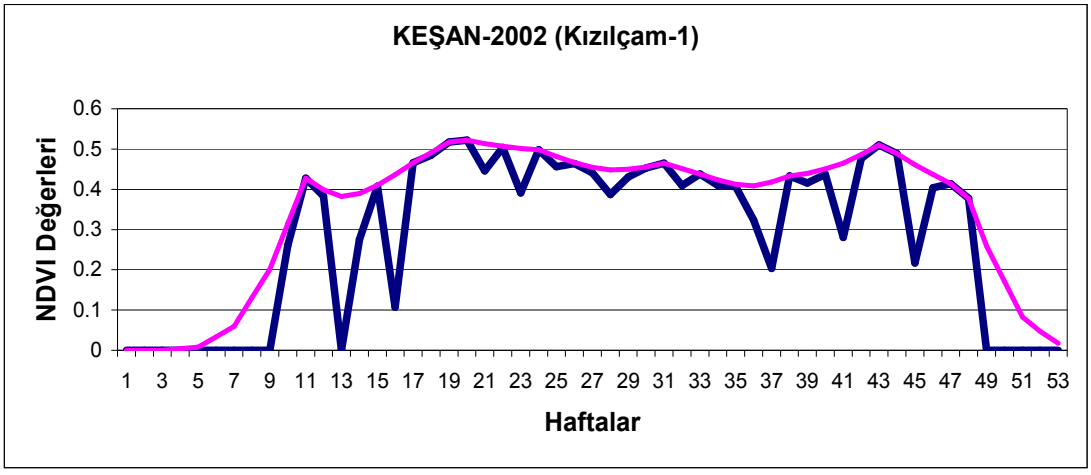


Şekil 7.6 : Demirköy-Kadıkule'deki meşe alanının NDVI değişimi (2002).

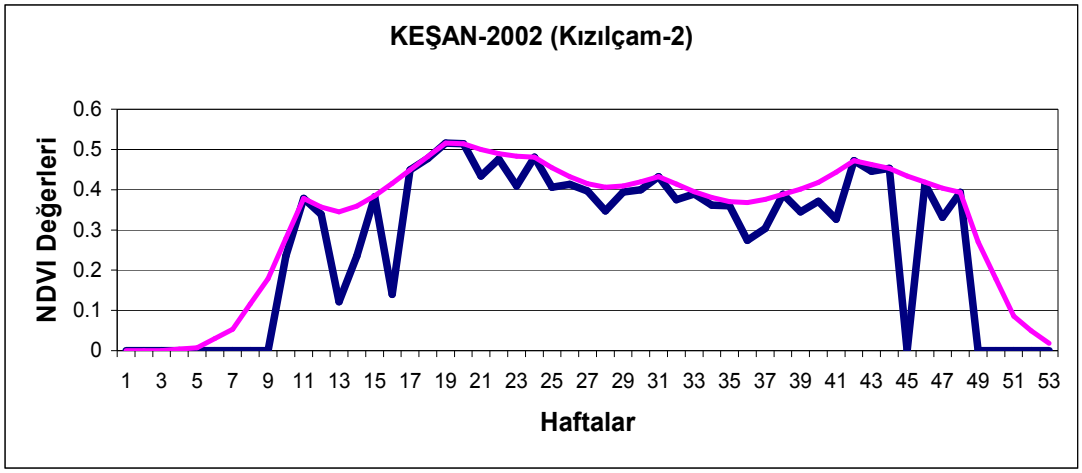
Demirköy'deki Meşe Ormanı'na ait NDVI verileri, 2002 yılının 10.-48. haftalar arasında (Mart'ın ilk haftası-Kasım sonu) süreklilik göstermiştir. Mart sonunda alınan 0.26'lık NDVI değeri, Mayıs ayının ikinci yarısına kadar yükseliş göstererek bu tarihten Ekim başına kadar 0.6-0.7 arasında yer almıştır. Bu alandan alınan son veri, 0.14 değeri ile Kasım ayının son haftasına (48. hafta) ait olmuştur.

7.4 Kızılçam Ormanında NDVI Değişimi

Keşan'ın Karadağ Bölgesindeki Kızılçam alanlarının incelenmesi için iki farklı noktadan NDVI amaçlı koordinat tespiti yapılmış ve zamansal değişim belirlenerek sonuçlar yorumlanmıştır (Şekil 7.7 ve Şekil 7.8). Bu bölge 1967 yılında ağaçlandırılmış, 1986'daki yangının ardından 1987'de tekrar ağaçlandırmaya tabi tutulmuştur.

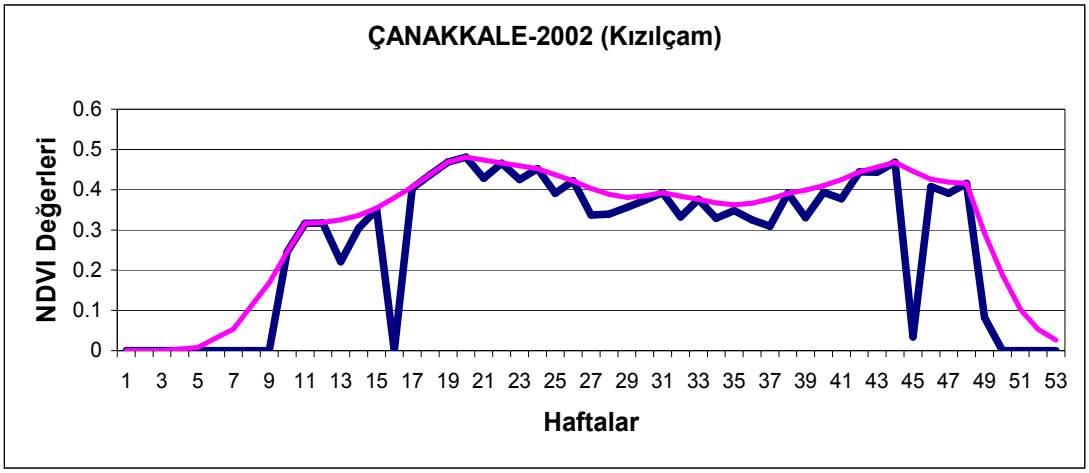


Şekil 7.7 : Keşan'da kızılçam'ın 2002 yılındaki NDVI değişimi (1. Nokta).



Şekil 7.8 : Keşan'da kızılçam'ın 2002 yılındaki NDVI değişimi (2. Nokta).

Yukarıda aynı bölge ve bitki örtüsü tipi için birbirine yakın noktalardan alınan koordinatlara ait NDVI verileri incelendiğinde, her iki bölgede de 19. haftada olmak üzere en yüksek NDVI değerine ulaşılmıştır. 42. hafta (Ekim ortası), yaklaşık 0.47'lik NDVI değeri ile her iki noktada da yaprakların yakın kızılötesi yansıtma değerlerinin düşüşe başladığı dönem olmuştur. Kızılçam, geniş yapraklı ağaçlardan farklı (yaprağını dökmeyen) bir yapıya sahip olduğundan, kış dönemlerinde veri alınamaması, tamamen bulutluluktan kaynaklanmaktadır. Kızılçam'ın maksimum fotosentez yaptığı dönemin yaklaşık 0.5 NDVI değeri ile 19. haftada olduğu söylenebilir. Bu dönemden sonra fotosentez miktarındaki azalma eğilimi, yaz aylarındaki NDVI düşüşü ile net olarak görülmektedir. Artan radyasyon, yetersiz yağış, yüksek sıcaklık ve (dolayısıyla) kuraklık, söz konusu dönemde Kızılçam ormanını su stresi altına sokmaktadır. Ağustos ayının ardından kaydedilen yağışlar, bitkinin NDVI değerine artış olarak yansımıştır. Bu dönemde her iki kızılçam alanında da ağaçların NDVI değerleri 0.4 civarından 0.47'ye ve 0.51`e kadar yükselmiştir. Son olarak aşağıdaki Şekil 7.9'da, kızılçam örtüsünün Çanakkale-Eceabat'ta 2002 içindeki değişimi verilmiştir.



Şekil 7.9 : Çanakkale'de İncelenen Bölgenin NDVI Değişimi (2002, Kızılçam).

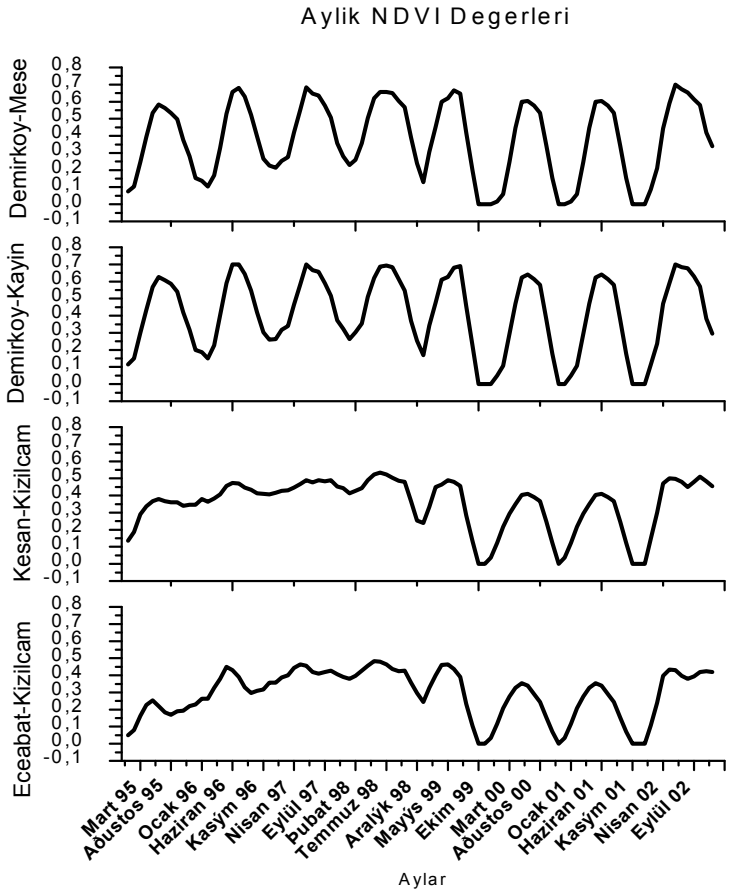
Şekil 7.9'da incelenen bölge, 1994 yılında meydana gelen yangından sonra yeniden ağaçlandırılmıştır. Bu sebepten, incelenen öteki Kızılçam alanlarından daha genç bir bitki örtüsüne sahiptir. Kızılçam, Çanakkale'de de Keşan'daki gibi 20. haftada maksimum NDVI değerine ulaşmıştır. Daha sonra bir miktar düşüşle birlikte Ekim'in son haftasına kadar istikrarlı biçimde 0.3'ün üzerinde bulunan NDVI değerleri, son olarak Kasım sonunda 0.083'e kadar inmiş ve bu değer, ölçüm döneminden alınabilen son veri olmuştur.

Ormanlık alanlardan elde edilen bu veriler karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, Demirköy'deki Kayın ve Meşe örtüsünün 17.-27. Haftalar arasını 0.7'yi aşabilen NDVI değerleri ile geçirdiği görülmüştür. Keşan'da ise 19.ve 43. haftalar arası yansıtma oranları en yüksek olup, bu aralıkta Kızılçam'ın ulaştığı en yüksek NDVI değeri, 0.5'i ancak ve nadiren geçebilmiştir. Kızılçam'ın aynı dönemde Çanakkale'de verdiği yakın kızılötesi yansıtma tepkisi ise 0.5 değerine dahi ulaşmamıştır. Kayın ve meşe ormanlarında da maksimum NDVI değerine ulaşılan dönemden sonra yağışlardaki azalma ve sıcaklık artışları, kızılçamdakine benzer bir şekilde NDVI değerlerinde gözükmektedir. Sonbahar başında yağışların artması ve sıcaklığın düşme eğilimine girmesi ile kayında ve meşede bir miktar NDVI artışı olmuş, ancak bu türler yaprak döken bitkiler olduğundan bu artış kızılçamınki kadar yüksek gerçekleşmemiştir.

7.5 Orman Alanlarının NDVI Değerlerinin İncelenmesi

Ormanlardaki fenolojik gelişim ile ilgili yeterli yazılı kayıt bulunmamaktadır. Bu nedenle NDVI değerleri ile Kızılçam, Meşe ve Kayın ağaçlarının fenolojik gelişimi arasındaki ilişki değerlendirilirken, konuyla ilgili uzmanlardan yararlanılarak orman alanlarının fenolojisi yorumlanmıştır (Tolunay, 2009). Yaprağını döken meşe ve kayın ağaçlarının yıllık ortalama NDVI değerleri sırasıyla 0.38 ve 0.41'dir. Meşe ağacının aynı yükseltide ve aynı iklime sahip olmasına karşın daha düşük ortalama NDVI değeri göstermesi, yaprakların alanları ve şekillerindeki farklılıktan kaynaklanabilir. İğne yapraklı çam ağaçlarında ise yıllık ortalama NDVI Çanakkale'de 0.29 ve Keşan/Edirne'de ise 0.35 olarak belirlenmiştir. Geniş yapraklı ve yaprağını döken meşe ve Kayın ağaçlarının yaprak alan indekslerinin fazla olması, infrared bölge yansıtmalarının (görünür bölge absorbsiyonlarının) da yüksek olmasına neden olmaktadır. Meşe ve kayın ağaçlarında genellikle Mart ile Nisan aylarında yeni sürgün oluşumu meydana gelirken, Mayıs ayında yaprak olgunluğa ulaşmaktadır. Bu nedenle en yüksek NDVI değerleri genellikle Mayıs aylarında belirlenmiştir. Kurak yılların Ağustos ayında, nemli yıllarda ise Ekim ayından itibaren yapraklarda sararma başlamaktadır. Bu durum, Demirköy/Kırklareli'ndeki meşenin ve kayın'ın NDVI değerlerindeki değişimde de görülmektedir. Kızılçam'da ise, Çanakkale'deki değerlerin Edirne'deki değerlere göre daha düşük olmasının nedeni Çanakkale/Eceabat'taki orman alanının 1994 yılında yangın geçirmiş ve tamamen yok olduktan sonra, takriben 1 yıl içinde yeniden ağaçlandırılmış olmasıdır. Dolayısıyla Çanakkale/Eceabat kızılçamı 1995 yılında 2 yaşındadır (2002'de 9 yaşında). Keşan'daki ağaçlar ise Eceabat'takilere göre daha yaşlıdır (23 yaş). İncelenen bölge 1986 yılında yangın geçirmiş ve 1987 yılında yeniden ağaçlandırılmıştır. Kapalılık durumu %100'dür. 1995 ile 2002 yılları arasında aralama (seyreltme) işlemi yapılmamıştır. Kızılçam ağaçlarında Meşe ve Kayın ağaçlarında olduğu gibi NDVI değerlerindeki dağılıma benzer bir değişim yoktur. Özellikle kızılçamın yaprağını dökmeyen bir ağaç olması, bu durumda etkili olmaktadır. Kızılçam ağaçlarının bulunduğu Eceabat/Çanakkale'deki alanda özellikle diri örtü mevcudiyetinden kaynaklanabilecek NDVI artışları da ayrıca dikkate alınmalıdır (Tolunay, 2009). Meşe ve kayın ağaçlarının NDVI değerleri yıldan yıla değişmekle birlikte normal dağılıma benzer bir dağılım gösterirken, Eceabat/Çanakkale'deki kızılçam; yeni dikilmiş olması, diri örtü ve yıldan yıla hızlı

gelişim özellikleri nedeniyle NDVI'ını sürekli arttırmıştır. Bununla birlikte Trakya'da şiddetli kuraklığın olduğu 2000 ve 2001 yıllarında ormanlarda ölçülen NDVI değerlerindeki düşüşler de dikkat çekici olup, söz konusu düşüşler NDVI ile kuraklığın etkileşiminin görülmesi bakımından iyi birer örnektir. Kızılçam, Çanakkale'de genç olmasının da etkisi ile ortalama durumda Mayıs ayında en yüksek değeri 0.41 ile gösterirken, gelişiminin en az olduğu Aralık ve Ocak aylarında 0.22 NDVI değerine sahip olmuştur. Keşan/Edirne'deki kızılçam ise Haziran ayında 0.46 ile en yüksek ortalama NDVI değerine ulaşmaktadır. Burada da Aralık ve Ocak ayları, en düşük NDVI kaydedilen dönemlerdir. Kızılçamın yaprak gelişiminin Şubat, Mart ve Nisan aylarında ivmelendiği, NDVI değerlerindeki paralel artışlarla kendini hissettirmektedir. Ekstrem kurak yılların NDVI değerleri kızılçam, meşe ve kayın ağaçları için oldukça düşüktür. Bu yıllar dışındaki yıllara ait NDVI değerleri farklı aylarda yaklaşık %50 ile %300 arasında değişen oranlarda artış salınımı gösterebilmektedir. Aşağıdaki Şekil 7.10'da görüleceği üzere kayın ağacı meşe'ye göre yüksek NDVI değerlerine sahiptir. Özellikle Şubat ayından sonra NDVI değerindeki hızlı artış eğilimi Şekil 7.10'dan açıkça görülmektedir. Kasım ayında meşe ve kayın ağaçlarının yaprağını dökmesinin sonucu NDVI değerlerinin birbirine eşit denecek duruma geldiği görülmüştür. Edirne/Keşan'daki kızılçamın daha genç olan Çanakkale/Eceabat kızılçamına oranla yüksek NDVI değerleri gösterdiği anlaşılmıştır. Kayın ağacının Kırklareli/Demirköy'de Aralık ve Ocak aylarındaki düşük sıcaklığın ve fotosentezin etkisi ile gelişiminin yavaşladığı ve Mart, Nisan, Mayıs aylarında artan sıcaklığın ve yapraklanma ile birlikte artan fotosentezin etkisi ile hızlı bir gelişme gösterdiği; yine ilgili NDVI değerlerindeki hızlı artış ile açıklanabilmektedir. Meşe ağacında en düşük ortalama NDVI değeri 0.12 ile Ocak ayında belirlenmiştir. Meşe'de kayın ağacında olduğu gibi artan sıcaklık, radyasyon ve fotosentezin etkisi ile NDVI, Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek değerlerine çıkmıştır. Temmuz ayından sonra ise yüksek seyreden sıcaklıklara karşın yetersiz toprak rutubeti ve azalan yağışların olası etkisinden dolayı NDVI, azalmıştır. Ağustos ayından sonra bölgede yağışlar artışa geçmesine karşın sıcaklığın düşmesi, radyasyonun azalması ve gün uzunluğunun kısalması, fotosentezin de azalmasına neden olmuş; sonuçta yaprak dökümünün gerçekleştiği sonbahar mevsiminde NDVI değerleri azalma eğilimine girmiştir (Şekil 7.10).



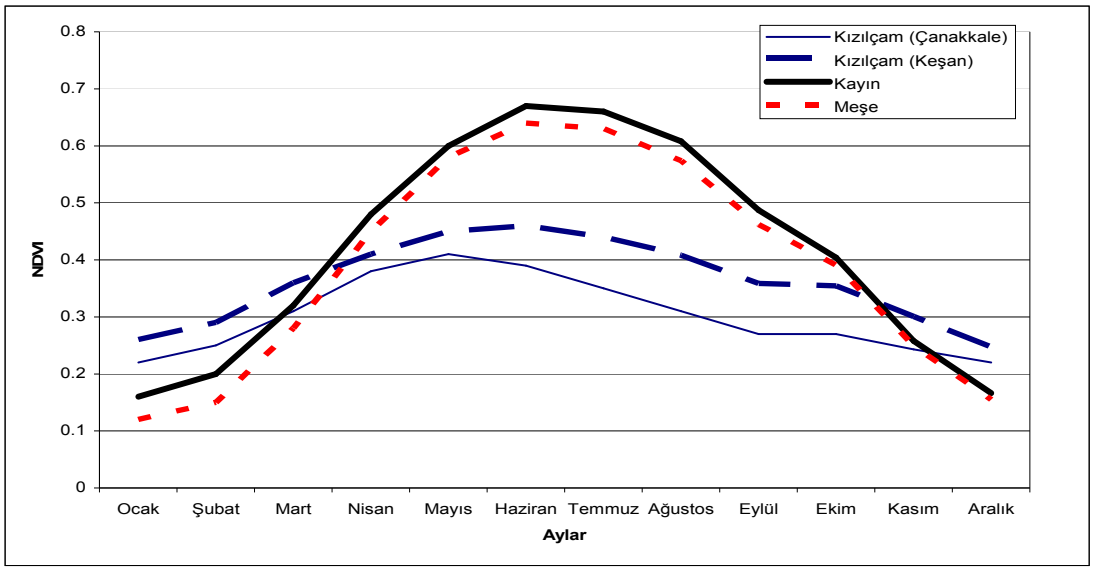
Şekil 7.10 : Ormanlık alanların NDVI değerlerinin değişimi (1995-2002).

Kızılçam ormanlarında Şubat ayından sonra diri örtünün canlanması NDVI değerlerine etki yapabilecek bir diğer kaynak olarak değerlendirilmiştir (Tolunay, 2009). Yukarıda sayılanlara ek olarak Trakya Bölgesi'nde incelenen orman alanlarına ait ağaçların yaşı, kapalılık durumu ve aralama (seyreltme) durumu ile özellikle Çanakkale/Eceabat'ta diri örtü mücadelesi (bakım) çalışmalarının NDVI üzerine etkileri olabileceğini de değerlendirmek gerekmektedir. Aşağıdaki Çizelge 7.3'te kızılçam için Çanakkale/Eceabat'ta ve Edirne/Keşan'da; Meşe ve Kayın için ise Kırklareli/Demirköy'deki NDVI değerlerinin 1995 ile 2002 yılları arasındaki değişimi görülmektedir.

Çizelge 7.3 : Kızılçam, meşe ve kayın ormanlarında NDVI değişimi.

Aylar	Kızılçam (Eceab.)	St.Sp. (Eceab.)	Kızılçam (Keşan)	St.Sp. (Keşan)	Kayın (Demir.)	St.Sp. (Demir.)	Meşe (Demir.)	St.Sp. (Demir.)
Ocak	0.22	0.13	0.26	0.14	0.16	0.09	0.12	0.09
Şubat	0.25	0.12	0.29	0.11	0.20	0.10	0.15	0.10
Mart	0.31	0.09	0.36	0.07	0.32	0.08	0.28	0.09
Nisan	0.38	0.08	0.41	0.06	0.48	0.06	0.45	0.08
Mayıs	0.41	0.08	0.45	0.05	0.60	0.02	0.58	0.04
Haziran	0.39	0.09	0.46	0.05	0.67	0.03	0.64	0.04
Temmuz	0.35	0.09	0.44	0.06	0.66	0.04	0.63	0.05
Ağustos	0.31	0.10	0.41	0.08	0.61	0.07	0.57	0.08
Eylül	0.27	0.13	0.36	0.14	0.49	0.15	0.46	0.15
Ekim	0.27	0.16	0.35	0.17	0.40	0.17	0.39	0.18
Kasım	0.25	0.18	0.30	0.21	0.25	0.17	0.24	0.18
Aralık	0.25	0.16	0.25	0.20	0.17	0.14	0.16	0.14

Aşağıdaki Şekil 7.11, Çizelge 7.3'te verilen 1995-2002 arası aylık NDVI ortalamalarının görsel ifadesini temsil etmektedir.



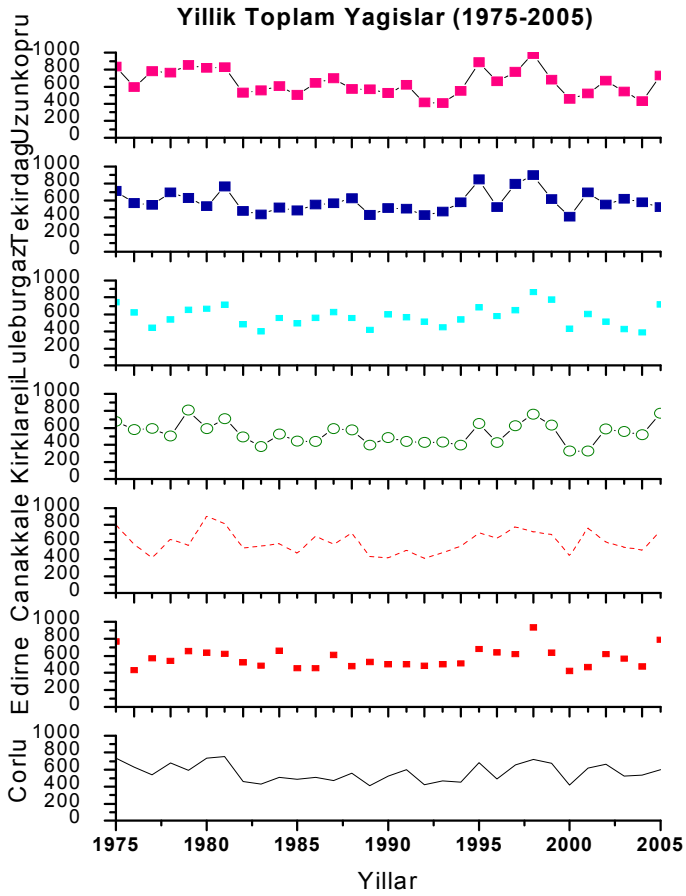
Şekil 7.11 : Ormanlık alanların aylık ortalama NDVI değerleri (1995-2002).

8. KURAKLIK İNDEKSLERİNİN HESAPLANMASI

Trakya Bölgesi'nde kuraklığın tarımsal meteorolojik açıdan incelenmesi amacıyla üç tür indeksin aylık değerleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Söz konusu indeksler, yağış parametresini girdi olarak kabul eden Normalin Yüzdesi (NY), z değerleri ve Standart Yağış İndeksi'dir (SYİ). İndeks sonuçlarının hesaplanması için geride bırakılan aşamalar sırasıyla aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir:

- Trakya Bölgesi'ndeki DMİ'ye ait meteoroloji istasyonlarının mevcut olan günlük toplam yağış verileri DMİ'den alınmıştır.
- Veriler aylık toplam yağış değerlerine dönüştürülmüştür.
- Aylık toplam yağışların seyri, (istasyonların ölçüme başladığı yıldan itibaren) ortaya konmuştur.

Kuraklık indekslerinin karşılıklı yorumlanması, bu indekslerin hesap başlangıç ve bitiş dönemlerinin aynı sınırlara sahip olmasını (ortak periyodu) zorunlu kılmaktadır. Yağış veri setlerinde çoğu istasyonun ölçüme başladığı tarihlerin birbirinden farklı olması ise, ortak periyotta hesaplanması gereken indeksler için dikkate alınması gereken bir durumdur. Bu noktada verilerin düzenliliği (sürekliliği) dikkate alınarak her istasyon için 1975-2005 yılları arasını kapsayacak 30 yıllık yağış verisinin işlemlere katılması uygun görülmüştür. Sonuçta Trakya Bölgesi'nde toplam 7 istasyonun yağış verisinin belirtilen şartlara önemli ölçüde uyum sağladığı anlaşılmış ve bu istasyonların verisi analizler için seçilmiştir. Aşağıdaki Şekil 8.1, Trakya Bölgesi'nde yağış verisi incelenerek kuraklık indeksi hesabı yapılan istasyonların uzun yıllık yağış durumlarını göstermektedir.



Şekil 8.1 : Kuraklık indeksi hesabında kullanılan yağış verisinin yıllara göre dağılımı.

Aşağıdaki Çizelge 8.1, Şekil 8.1'de yer verilen istasyonlara ait yağış verisi için bazı istatistikleri içermektedir.

Çizelge 8.1 : Yıllık toplam yağış değerlerine ait bazı istatistikler.

	Maksimum (mm)	**Minimum**	**Ortalama (mm)**	**SS**
Çorlu	753.8	411.7	566.6	105.2
Edirne	933.1	419.0	572.3	116.2
Çanakkale	902.4	406.7	602.7	133.6
Kırklareli	806.8	326.6	538.5	127.8
Lüleburgaz	859.3	388.9	572.7	117.7
Tekirdağ	896.3	308.0	410.1	123.4
Uzunköprü	984.8	408.2	646.4	150.1

Uzunköprü'nün, ortalama 646.4mm'lik yıllık toplam yağış değeri ile, incelenen istasyonlar arasında en yüksek değerle temsil edildiği, Çizelge 8.1'den anlaşılmaktadır. Benzer biçimde Uzunköprü, maksimum yağış miktarı (984.8mm, 1998 yılı) ve standart sapma (dolayısı ile yağış salınımı) bakımından da, 7 istasyon arasında ilk sırada bulunmaktadır. Minimum yıllık toplam yağışların ekstrem değeri ise, 308mm ile Tekirdağ ili için 1977 yılında elde edilmiştir (Şekil 8.1, Çizelge 8.1).

Yağış verisinin ve bu veriden türetilen indeks değerlerinin tarımsal meteorolojik açıdan yorumlanabilmesi, bu değişkenlerin bitki gelişme aşamaları boyunca ortaya koyacağı kuraklık durumlarının incelenmesini gerektirmektedir. Bu sebepten, indeks hesabında aylık toplam yağışlar elde edilerek hesaplamalara dahil edimiştir. Aşağıdaki Çizelge 8.2, tüm istasyonlar için aylık yağışların 1975-2005 arasındaki ortalama değerlerini göstermektedir.

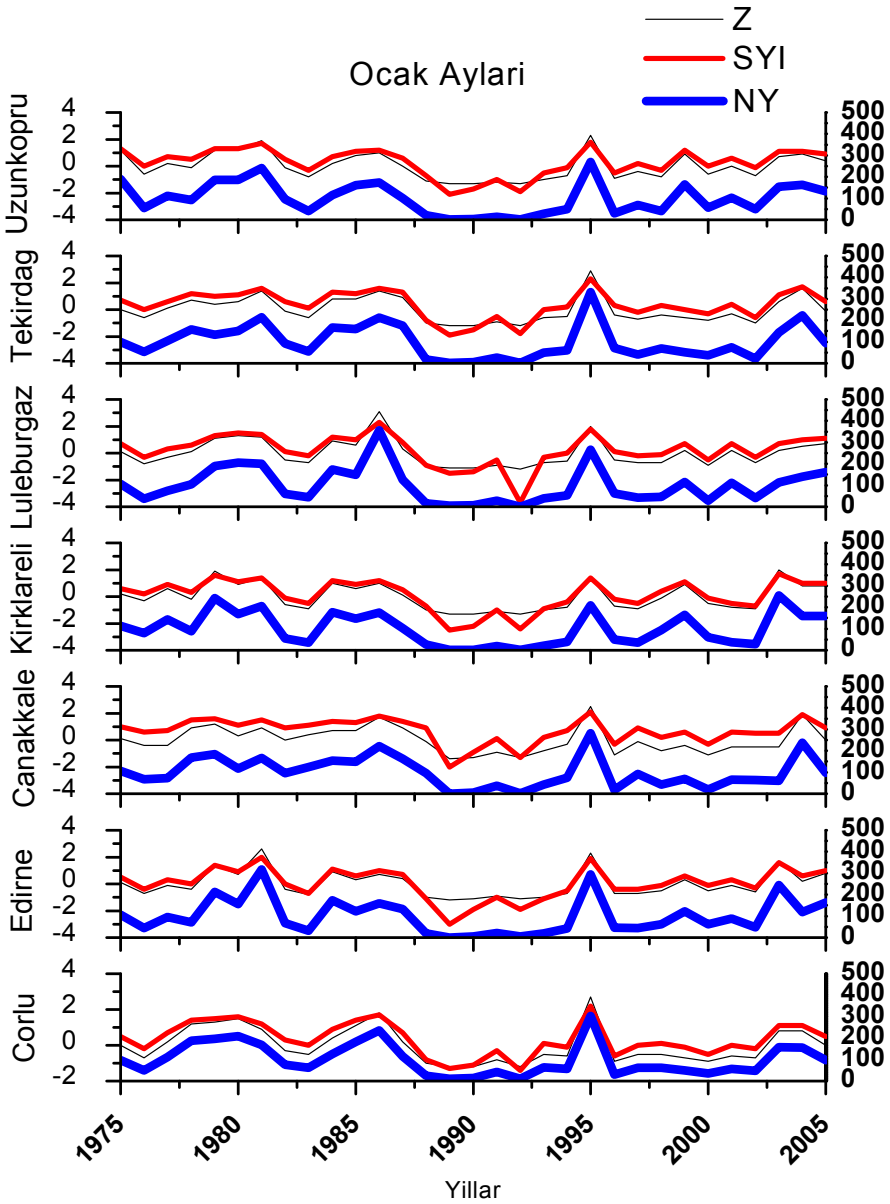
Çizelge 8.2 : Aylık yağışların ortalama değerleri (1975-2005).

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
Kırklareli	51.5	38.8	42.1	44.9	50.5	50.3	25.7	23.1	24.8	47.9	73.4	65.5
Lüleburgaz	61.0	42.5	49.6	47.5	44.8	39.9	32.5	15.1	25.8	58.2	77.3	78.7
Çanakkale	91.7	62.7	63.6	52.5	34.3	20.3	12.9	4.3	16.7	45.6	93.0	105.1
Çorlu	59.8	48.4	46.4	47.3	45.8	36.2	27.9	21.3	30.8	54.2	71.3	77.2
Edirne	51.5	45.1	48.0	48.1	55.9	38.4	31.1	28.0	34.0	50.1	74.1	67.9
Uzunköprü	67.7	55.9	65.8	48.1	40.1	43.9	25.1	21.0	29.7	62.5	94.9	91.7
Tekirdağ	66.4	50.4	51.8	47.6	41.6	37.8	26.3	18.8	31.0	57.7	74.2	80.3

Çizelge 8.2 incelendiğinde, en kurak ve en sulak ortalama aylık toplam yağışların Çanakkale'de kaydedildiği anlaşılmaktadır. Söz konusu aylardan en kurak olanı, 4.3mm toplam ortalama yağış ile Ağustos'a aitken, en sulak ay, 105.1mm'lik ortalama toplam ile Aralık için elde edilmiştir. Ağustos ayı dikkate alınan bu istasyonlarda en kurak dönemdir ve bu dönemde Trakya Bölgesi'nde kışlık buğday arazide ekili vaziyette bulunmamaktadır. Çeltik açısından ise Çizelge 4.2 yardımıyla ortalama koşullarda Ağustos'un bitkinin çiçeklenme aşamasının tamamını, meyve bağlama aşamasının ise ilk haftasını kapsaması bakımından önemli olduğu görülebilir. Bu nedenle Ağustos Ayı ve civarında Edirne ilindeki akarsu debileri önemli çeltiğin sulanması bakımından önemli olmaktadır.

8.1 Aylık NY, z ve SYİ İndekslerinin Karşılaştırmalı Analizi

Trakya'da kuraklık durumu gelişme dönemlerini de kapsayan her ay için indeksler vasıtasıyla incelenmiştir. Aşağıdaki Şekil 8.2, Ocak aylarına ait NY, z ve SYİ değerlerini göstermektedir. Şekilde yatay eksen yılları, soldaki düşey eksen SYİ ve z değerlerini gösterirken, sağdaki düşey eksen NY (%) değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 8.2 : Trakya Bölgesi'nde Ocak ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

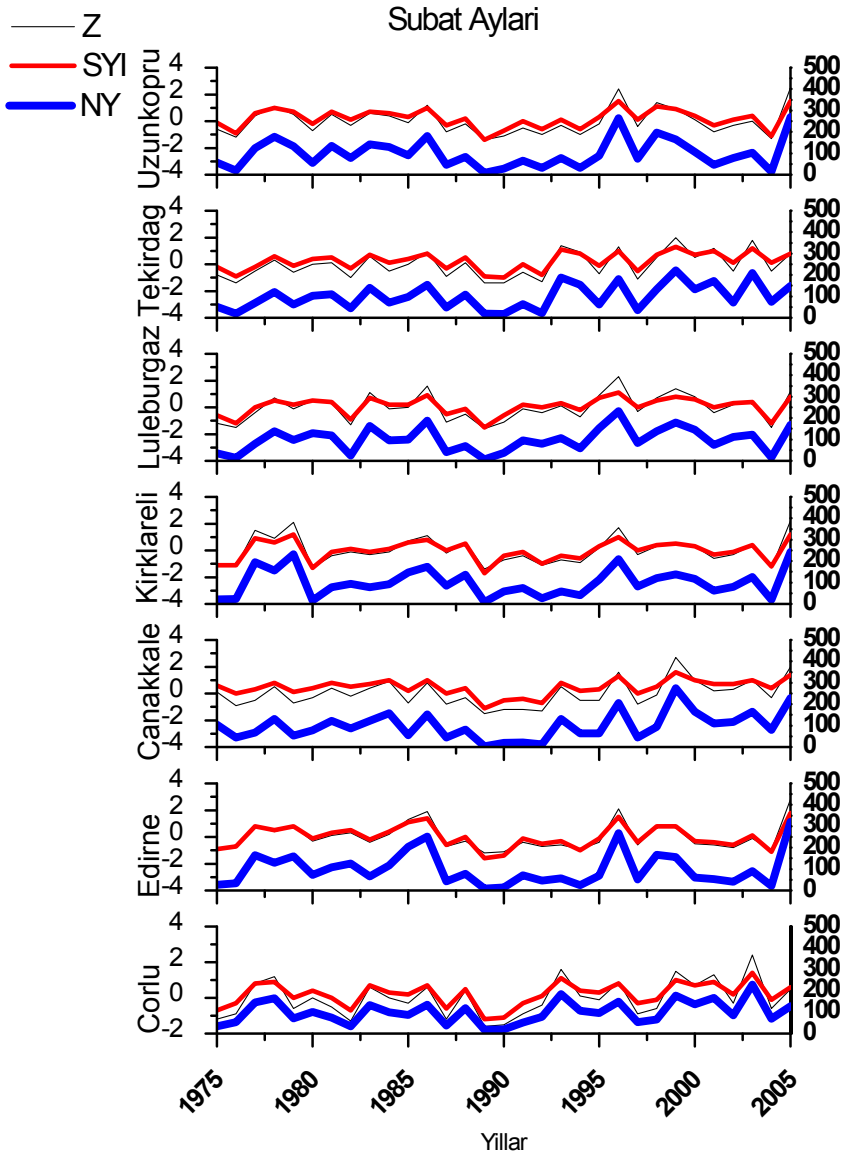
Yukarıda Şekil 8.2 ile verilen istasyonların indeks değeri kombinasyonlarına ek olarak, aynı istasyonların aylık indeks verilerinin tek başına ele alındığı grafikler, aylık yağışların seyrini içeren grafiklerle desteklenerek Ek 1'de sunulmuştur. Ek Şekil A.5 incelendiğinde, NY değerlerinin tümü için ortalamanın beklendiği

şekilde 100 olduğu görülebilir. Benzer şekilde z değerleri için de ortalama 0 olarak hesaplanmıştır. SYİ hesabında ise veri setinin ihtiyaç duyduğu çarpıklık=0 ve eğrilik=3 koşulları öncelikli olarak yerine getirilmekte (verinin dağılımı gamma dağılımından normal dağılıma dönüştürülmekte) olup, bu indekse ait değerlerin ortalamasının 0, standart sapmasının ise 1 olması zorunluluğu yoktur (Türkeş ve Tatlı, 2008). Ocak ayı, tez çalışmasında incelenen bitkilerden buğday için çimlenme dönemi içinde yer almaktadır ve ortalama yağış değeri 64.2mm'dir. Ocak Ayı, 1995 senesinde ortalama 180.5mm'lik maksimum toplam yağışla temsil edilmiştir. 1989 Ocak Ayı'nın bölgede minimum değeri verdiği (1.9mm) dikkat çekici olmuştur. 1975-2005 arası dönemde z değerlerinin maksimuma ulaştığı bölge, 1986 Ocağı'nda kaydedilen 3.1 değeri ile Lüleburgaz'dır. Lüleburgaz, 1986 Ocak Ayını aşırı sulak geçirmiştir. Minimum z değerlerinin ekstremi ise 1989 Ocağı'nda Çanakkale'de kaydedilmiştir (z=-1.4). Ele alınan 7 istasyonun tamamında ekstrem kurak ayların z değerleri -1.2 ile -1.4 arasında değişmiştir. Bu durumda z değerleri açısından değerlendirme yapılacak olursa, en kurak Ocakların dahi bölgede orta şiddette kuraklıkla açıklandığı anlaşılmaktadır. NY değerleri Ocak ayları boyunca analiz edildiğinde, Lüleburgaz için 1992 yılında NY=0 durumu ile karşılaşıldığı, yani söz konusu ayda bu istasyonda yağış kaydedilmediği dikkat çekmiştir. Maksimum NY değerleri incelendiğinde ise 1986 yılında 355.6 değeri, Lüleburgaz Ocak Ayı için elde edilmiştir. SYİ için de yine Lüleburgaz Ocak Ayı için 2.3 değeri elde edilmiştir. Söz konusu 2.3 değeri, Ocak Ayları boyunca hesaplanan ekstrem maksimum SYİ değeri olup, bu değer Tekirdağ'da 1995 yılında tekrarlanmıştır. Sonuçta hesaplanan tüm indeks değerleri, Ocak Ayları boyunca ekstrem sulak yıl ve bölge için 1986 Ocağı ve Lüleburgaz'a işaret etmektedir. Ocak Aylarına ait en yüksek ortalamanın Çanakkale'de kaydedildiği, en düşük ortalama değere ise Çorlu'nun sahip olduğu, Çizelge 8.3'te görülmektedir. Ocak aylarının zaman serilerinin indeksler için karşılaştırmalı incelenmesini sağlayan grafik, Ek Şekil A.5'te sunulmuştur. Aşağıdaki Çizelge 8.3'te verilen SYİ değerleri incelendiğinde, Ocak Ayları boyunca bir kez yağış kaydedilmeyen Lüleburgaz (1992 Ocağı) için -3.7'ye karşılık gelen ekstrem minimum, dikkat çekmektedir. Ortalama SYİ değerleri ise Ocak Aylarının Trakya Bölgesi'nde hafif sulak geçtiğini göstermektedir.

Aşağıdaki Şekil 8.3, incelenen 7 istasyonda Şubat Ayları için hesaplanan indeks değerlerine ait ortalama, minimum ve maksimum istatistiklerini içermektedir.

Çizelge 8.3 : Trakya Bölgesi'nde Ocak aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	59.8	51.5	91.7	51.5	61.0	66.4	67.7	
minimum	6.1	0.2	0.2	0.6	0.0	1.2	0.9	**(YAĞIŞ)**
maksimum	181.7	163.2	258.0	131.5	216.8	220.0	182.3	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	10.2	0.4	0.2	1.2	0.0	1.8	1.3	**(NY)**
maksimum	303.9	317.0	281.4	255.3	355.6	331.3	269.1	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.2	-1.2	-1.4	-1.3	-1.2	-1.2	-1.3	**(Z)**
maksimum	2.7	2.6	2.5	2.0	3.1	2.9	2.3	
ortalama	0.3	0.1	0.7	0.1	0.2	0.4	0.3	
minimum	-1.4	-3.0	-2.0	-2.5	-3.7	-1.9	-2.1	**(SYİ)**
maksimum	2.2	2.0	2.1	1.7	2.3	2.3	1.8	



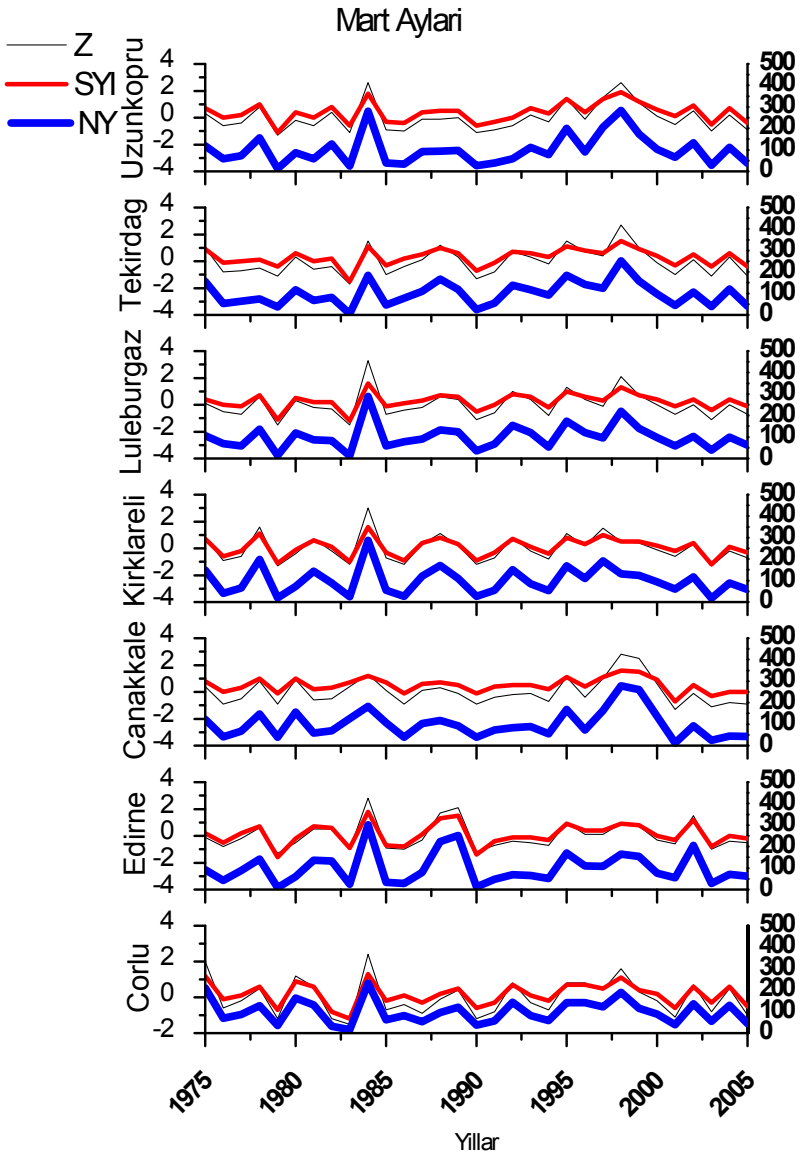
Şekil 8.3 : Trakya Bölgesi'nde Şubat ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

Şubat Ayı, Kırklareli'nde 3. yaprak aşaması içinde yer almakta, Tekirdağ'da ise çimlenme aşamasında bulunmaktadır. Tekirdağ, incelenen bölgeler arasında çimlenme aşaması en uzun süren bölgedir. Bölge için Şubat Aylarının ortalama yağışı 49.1mm olarak hesaplanmıştır. İncelenen yıl aralığının son yılı olan 2005, ortalama aylık toplamlar bakımından Trakya Bölgesi Şubat Ayları'nın maksimumunu (105.9mm) temsil etmektedir. Tersi özelliğe sahip Şubat Ayı ise, 1989 Yılı'na aittir (5.1mm). Edirne, 2004 Şubatı için verdiği 320.7'lik maksimum NY değeri ile, maksimum NY indekslerinin bu aydaki ekstremini temsil etmiştir. z değerleri incelendiğinde, 1989 Şubatı'nda Lüleburgaz ve Çorlu için şiddetli kuraklık eşiğinin aşıldığı (z=-1.6) ortaya çıkmaktadır. Bu, minimum z değerinin Şubat ayları için bölgedeki ekstremi olmuştur. Bölgede Şubat aylarının ekstrem minimum z değerleri şiddetli kuraklık sınıfı içinde yer alırken, maksimum z değerlerinin tamamı aşırı şiddetli sulak Şubatlara dikkat çekmiştir (Ek Şekil 2). z=2.8 ile bu parametrenin ekstremine 2005 yılında Edirne sahip olmuştur. SYİ değerleri, 1989 Şubatı'nda Edirne'de -1.6 gibi aşırı şiddette kuraklığa işaret etmektedir. 2005 yılı Şubatının yine Edirne'de şiddetli sulak (SYİ=1.8) geçirmesi ve bu değerin sulak SYİ'lerin ekstremini temsil etmesi ise dikkat çekici olmuştur. SYİ, 1975-2005 arası için Şubat Aylarının bölgede hafif sulak geçtiğini göstermiştir. Aşağıdaki Çizelge 8.4, incelenen istasyonlarda Şubat ayları için hesaplanan yağış ve indeks değerlerinin ortalama, minimum ve maksimum istatistiklerini içermektedir. Şubat Aylarında en yüksek yağışa Çanakkale'nin sahip olduğu, en düşük yağış ise Kırklareli'nde kaydedilmiştir. Şubat aylarının zaman serilerinin indeksler için karşılaştırmalı grafiği, Ek Şekil A.6'da sunulmuştur.

Çizelge 8.4 : Trakya Bölgesi'nde Şubat aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	48.4	45.1	62.7	38.8	42.5	50.4	55.9	
minimum	8.3	4.3	2.7	3.2	3.2	8.6	4.5	**(YAĞIŞ)**
maksimum	110.4	144.7	172.0	94.1	98.5	111.4	150.6	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	17.2	9.5	4.3	8.2	7.5	17.0	8.1	**(NY)**
maksimum	228.2	320.7	274.2	242.4	232.0	220.8	269.5	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.6	-1.2	-1.5	-1.4	-1.6	-1.4	-1.4	**(Z)**
maksimum	2.4	2.8	2.7	2.2	2.3	2.0	2.5	
ortalama	0.2	0.0	0.5	0.0	0.1	0.2	0.2	
minimum	-1.2	-1.6	-1.1	-1.7	-1.5	-1.0	-1.4	**(SYİ)**
maksimum	1.4	1.8	1.6	1.2	1.1	1.3	1.5	

Mart ayları, ortalama gelişme dönemleri dikkate alındığında kışlık buğdayın gelişiminin izlendiği her üç arazide de farklı gelişme aşamaları içinde yer almıştır. Edirne'de kardeşlenme aşamasında bulunan bu ay, Kırklareli'nde 3. yaprak aşamasının sonunu ve kardeşlenmenin başını, filizlenmenin ise tamamını kapsamaktadır. Tekirdağ'da da çimlenme sonu ile 3. yaprak aşamasının tamamına yakını, Mart'ta gerçekleşmektedir. Mart ayları için hesaplanan indeks değerlerinin seyri, aşağıdaki Şekil 8.4'te görülmektedir.



Şekil 8.4 : Trakya Bölgesi'nde Mart ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

Mart Aylarının 1975-2005 arası ortalama yağış değeri incelenen istasyonlar için 52.5mm olarak elde edilmiştir. 1984 Mart Ayı, ortalama 130.4mm'lik yağış değeri ile 1975-2005 arası dönem için Trakya Bölgesi'nde maksimum olarak belirginlik

kazanmıştır. Buna karşılık 1979 Mart'ı incelenen istasyonlar için sadece 12.9mm'lik bir ortalama toplam yağışa sahiptir. Mart Aylarının en yüksek ortalamasına sahip bölgesi, 65.8mm ile Uzunköprü olmuştur. Uzunköprü'yü 63.6mm ile Çanakkale izlemektedir. Bu ayın en az ortalama yağışı ise 42.1mm ile Kırklareli'nde kaydedilmiştir. Ekstrem düşük yağış, 1983 Mart'ında Tekirdağ'da (3.2mm) söz konusu olmuştur. Mart Aylarının ekstrem yüksek yağışı, 186.1mm ile Uzunköprü'de gerçekleşmiştir (1998 yılı). NY değerlerinin ekstrem minimumuna 1983 Yılı Mart Ayı'nda Tekirdağ, NY=6.2 ile sahip olmuştur. Bu özellik, yukarıda değinilen yağış parametresi için de geçerliliğini korumuştur. Edirne, 1984 Mart'ında NY=301 ile ekstrem maksimuma sahip olmuştur. Aşağıdaki Çizelge 8.5, hesaplanan tüm indekslerin Mart Ayları için durumunu ortya koymaktadır. Mart aylarının zaman serilerinin indeksler için karşılaştırmalı incelenmesini sağlayan grafik, Ek Şekil A.7'de sunulmuştur.

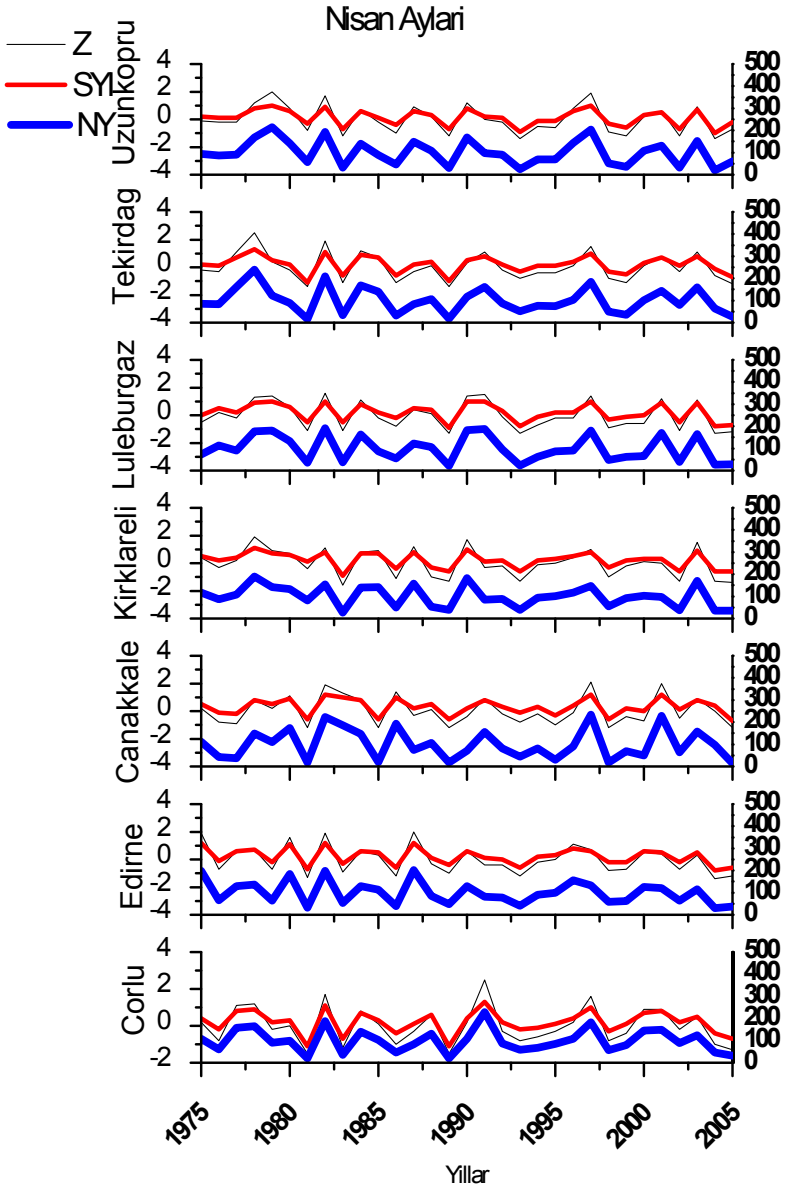
Çizelge 8.5 : Trakya Bölgesi'nde Mart aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	46.4	48.0	63.6	42.1	49.6	51.8	65.8	
minimum	7.4	4.4	7.7	7.3	6.0	3.2	8.4	**(YAĞIŞ)**
maksimum	108.1	144.4	176.6	121.0	143.0	130.3	186.1	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	15.9	9.2	12.1	17.3	12.1	6.2	12.8	**(NY)**
maksimum	232.9	301.0	277.7	287.3	288.5	251.4	282.9	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.5	-1.3	-1.3	-1.3	-1.5	-1.7	-1.3	**(Z)**
maksimum	2.4	2.8	2.8	3.0	3.3	2.7	2.6	
ortalama	0.2	0.1	0.5	0.1	0.3	0.3	0.4	
minimum	-1.2	-1.6	-0.7	-1.2	-1.2	-1.5	-1.1	**(SYİ)**
maksimum	1.3	1.8	1.6	1.6	1.6	1.5	1.9	

Çizelge 8.5'ten görüleceği üzere Tekirdağ, -1.7 ile z değerleri bakımından ekstrem minimuma sahip olmuş, bu durum ise 1983 senesinde gerçekleşmiştir. z değerleri Mart ayları boyunca incelendiğinde, ekstrem minimumların her noktada şiddetli kuraklıkla temsil edildiği anlaşılmaktadır (-1.3>z>-1.7). Ekstrem sulak Martlar ise çok şiddetli sulak sınırı aşmaktadır (2.4<z<3.3). Son olarak SYİ değerlerine bakıldığında şiddetli sulak Martların ekstreminin SYİ=1.9 ile Uzunköprü'de (1998) söz konusu olacağı görülmüştür. Oysa Uzunköprü, z değerlerinin ekstremleri arasında ise sondan 2. sırada yer almaktadır (Çizelge 8.5). z değerleri, kurak ve sulak ayları genelde SYİ'ye oranla daha şiddetli tahmin etme eğilimindedir. Şiddetli

kuraklıkların ekstremi de Edirne'de SYİ=-1.6 ile 1979 yılında gözlenmiştir (Çizelge 8.5, Ek Şekil A.7).

1975-2005 arası Nisan Aylarının olası kuraklık durumunu gösteren Şekil 8.5, aşağıda verilmiştir. Bu ay, kışlık buğday açısından Kırklareli ve Edirne için kardeşlenme dönemini ve başaklanma döneminin bir kısmını kapsamakta, Tekirdağ'da ise filizlenme dönemini ve başaklanmanın ilk evresini içine almaktadır.



Şekil 8.5 : Trakya Bölgesi'nde Nisan ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

Trakya Bölgesi'nde ortalama Nisan Yağışları 48mm şeklinde hesap edilmiştir. 1982 Nisan Ayı, bölgede en yüksek ortalama yağışa sahip olan Nisan ayı olma özelliğini ortalama 93.5mm ile kazanmıştır. Aynı aylara ait en düşük değerin kaydedildiği yıl

ve miktar ise sırasıyla 1989 ve 13.2mm'dir. Bölgede Nisan yağışlarının 50mm sınırını geçtiği tek nokta, Çanakkale (52.5mm) olmuştur (Şekil 8.5, Çizelge 8.6). NY İndeksinin verdiği sonuçlara göre Tekirdağ'da 1978 Nisan'ında gerçekleşen 114.1mm'lik yağış, NY=239.5 değeri ile bu ay için uzun yıllık ortalamanın en fazla aşıldığı miktara karşılık gelmiştir. Ortalama yağışın bu ayda en yüksek seviyede seyrettiği Çanakkale ise, ölçüm döneminin son yılı olan 2005 Yılı Nisan Ayını sadece 14.7 NY değerine ulaşarak ekstrem minimum NY ile kapatmıştır (Ek Şekil A.8). z değerlerinin seyri incelendiğinde NY İndeksinde olduğu gibi Tekirdağ'ın 1978 Nisan Ayı için 2.5 ile maksimum z değerlerinin ekstremini verdiği, ancak bu değerin Çorlu tarfaından da 1991 Nisan Ayı için tekrarlandığı görülmektedir. Ekstrem sulak ayların z değerlerinin ($1.6<z<2.5$) ekstrem kurak aylarınkini ($-1.2>z>-1.6$) geride bırakması durumu, Nisan Ayı'nda da kendini göstermektedir (Çizelge 8.6). Nisan aylarının zaman serilerinin indeksler için karşılaştırmalı incelenmesini sağlayan grafik de, Ek Şekil A.8'de sunulmuştur.

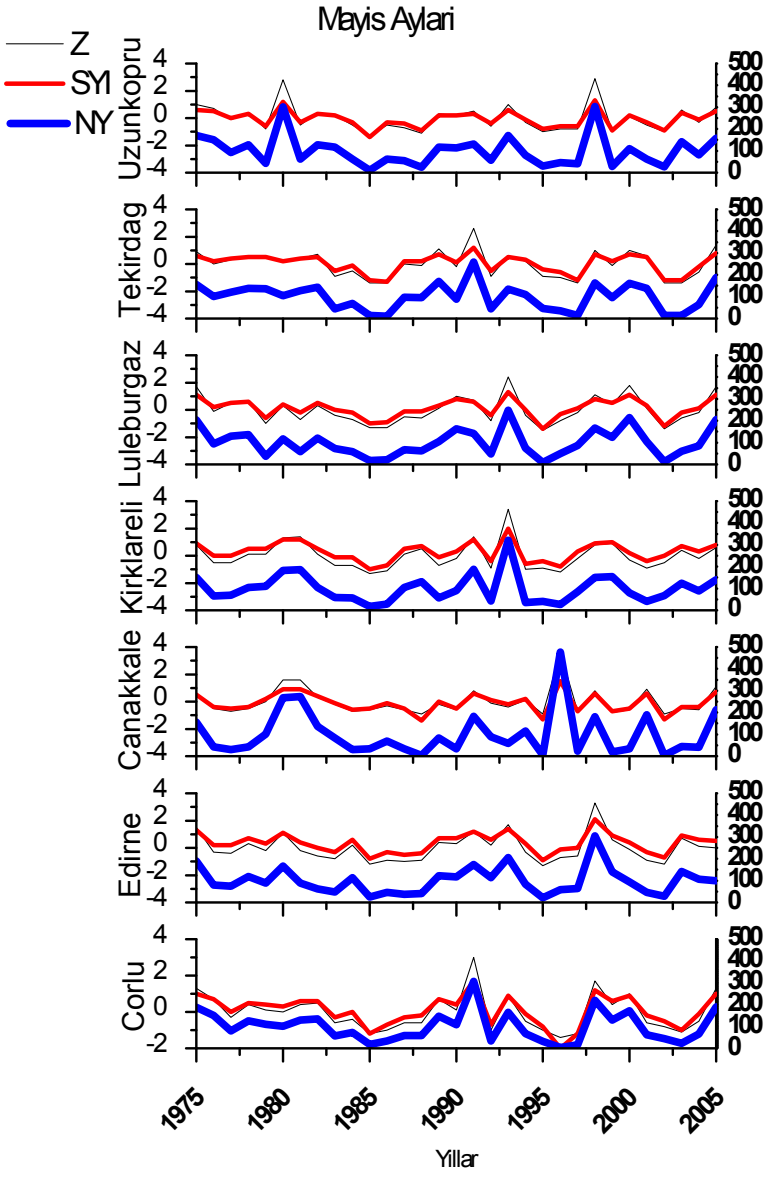
Çizelge 8.6 : Trakya Bölgesi'nde Nisan aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	47.3	48.1	52.5	44.9	47.5	47.6	48.1	
minimum	9.3	14.6	7.7	11.7	10.4	7.3	9.2	**(YAĞIŞ)**
maksimum	108.4	97.2	123.4	85.1	91.1	114.1	103.3	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	19.7	30.3	14.7	26.1	21.9	15.3	19.1	**(NY)**
maksimum	229.4	202.1	234.9	189.5	191.7	239.5	214.7	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.5	-1.4	-1.2	-1.6	-1.3	-1.4	-1.4	**(Z)**
maksimum	2.5	2.0	2.1	1.9	1.6	2.5	2.0	
ortalama	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	
minimum	-1.1	-0.8	-0.7	-0.9	-0.9	-1.1	-1.0	**(SYİ)**
maksimum	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.3	1.0	

z değerleri, SYİ sonuçları ile karşılaştırıldığında, incelenen önceki aylarda olduğu gibi Nisan aylarında da kurak ve sulak evre tahminlerinin önemli ölçüde uyuştuğu, kuraklık (sulaklık) şiddetlerinde ise z değerlerinin SYİ'yi geride bıraktığı görülmüştür (Çizelge 8.6, Şekil 8.5, Ek Şekil A.8). Bu duruma örnek olarak SYİ'nin incelenen 7 istasyon verisinin 5'i için ekstrem kurak Nisanların hafif kuraklıkla geçildiğine işaret etmesi, z değerlerinin ise tüm istasyonlar için orta şiddette kuraklığa dikkat çekmesi, verilebilir.

Trakya Bölgesi'nin Mayıs Ayları boyunca kuraklık durumunun incelenmesi amacıyla aşağıdaki Şekil 8.6, Çizelge 8.7 ve Ek Şekil A.9 sunulmuştur. Mayıs Ayı,

kışlık buğday için Kırklareli'nde ve Tekirdağ'da genel olarak başaklanma döneminin tamamına ve çiçeklenmenin ilk evresine karşılık gelmektedir. Edirne'de bu ay, başaklanma sonu ile çiçeklenmenin hemen hemen tamamını karşılamaktadır. Tez çalışmasında incelenen bitkilerden çeltik için ise Mayıs, gelişme döneminin başlangıç ayı olup, bitkinin çimlenme aşaması da bu ay içinde önemli ölçüde tamamlanmaktadır.



Şekil 8.6 : Trakya Bölgesi'nde Mayıs ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

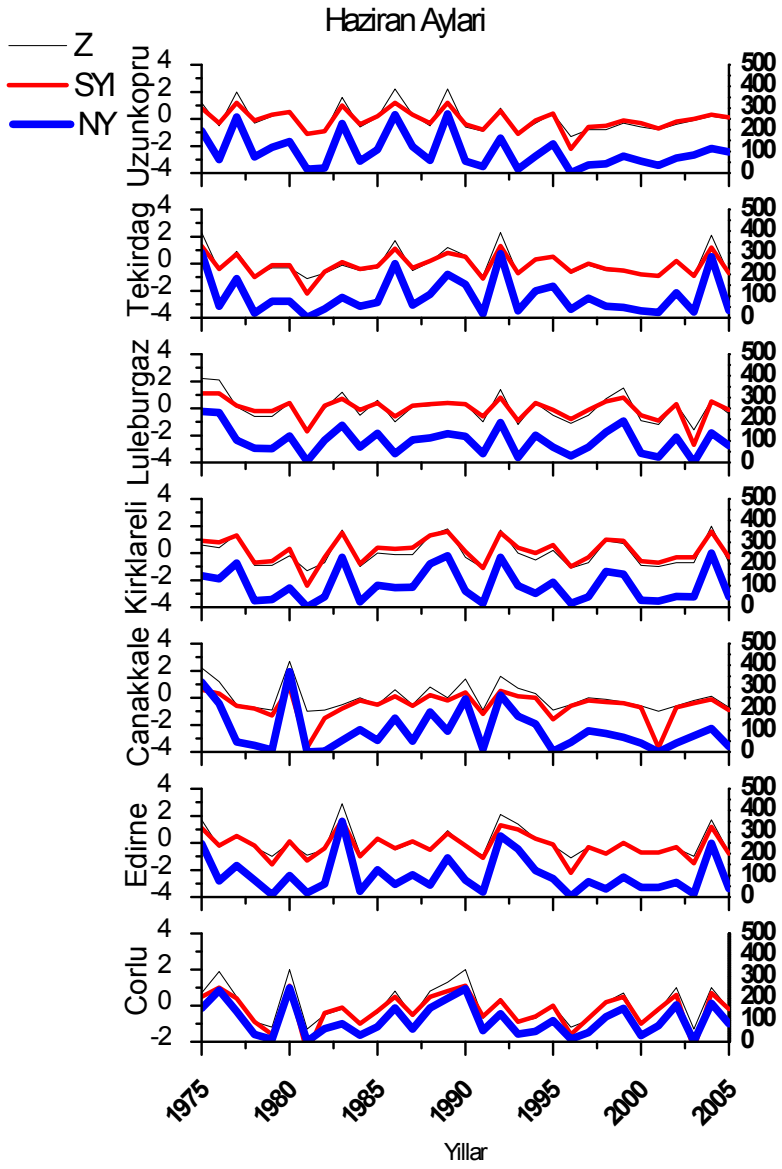
Çizelge 8.7 : Trakya Bölgesi'nde Mayıs aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	45.8	55.9	34.3	50.5	44.8	41.6	40.1	
minimum	1.9	11.8	1.4	9.4	4.0	4.5	4.6	**(YAĞIŞ)**
maksimum	140.1	170.5	163.3	161.7	111.4	107.8	121.3	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	4.1	21.1	4.1	18.6	8.9	10.8	11.5	**(NY)**
maksimum	306.0	304.9	476.4	320.2	248.8	259.2	302.4	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.4	-1.3	-0.9	-1.3	-1.5	-1.4	-1.3	**(Z)**
maksimum	3.0	3.3	3.6	3.4	2.4	2.6	2.9	
ortalama	0.1	0.3	-0.1	0.3	0.1	0.0	-0.1	
minimum	-2.0	-0.9	-1.4	-1.0	-1.4	-1.3	-1.4	**(SYİ)**
maksimum	1.7	2.1	1.5	2.0	1.3	1.2	1.3	

Trakya Bölgesi'nde 1975-2005 arası için ortalama Mayıs yağışı, 44.7mm'dir. 1998 Yılı Mayıs'ı, Trakya Bölgesi'nde 1975-2005 arasında kaydedilen en yüksek aylık ortalama yağış miktarına sahiptir (96.1mm). Tersi durum, 8.7mm'lik ortalama toplam yağış ile 1985 Mayıs'ında yaşanmıştır. Trakya Bölgesi'nde incelenen noktalarda Mayıs aylarının en yüksek ortalama yağışına 55.9mm ile Edirne ili sahip olmuştur. Çanakkale, 34.3mm ortalama toplam yağış ile bu ay için en düşük değere sahiptir (Ek Şekil A.9). Yukarıdaki Şekil 8.6 ve Çizelge 8.7, Ek Şekil A.9 ile birlikte dikkate alındığında, Mayıs aylarının maksimum NY değerlerinin iki istasyon (Lüleburgaz ve Tekirdağ) dışında tüm noktalarda 300 sınırını geçtiği, bu parametrenin ekstrem değerini ise NY=476.4 ile Çanakkale'nin temsil ettiği görülebilir. Bu durum, ekstrem yağış kayıtlarının ortalaması en düşük olan istasyona etkisinin fazlalığının doğal bir sonucudur. Söz konusu NY değerini veren yağış toplamına, Çanakkale'de 1996 Mayısında 163.3mm ile ulaşılmıştır. Aynı yılın Mayıs Ayı, Çorlu için ekstrem kurak geçmiş (NY=4.1), bu ekstrem minimum değer, yine Çanakkale tarafından 1988 Mayısı için de kaydedilmiştir (Çizelge 8.7). z değerleri, maksimum kurak Mayıs aylarının ekstremi için 1995 Mayıs'ına ve Lüleburgaz'a dikkat çekmektedir (z=-1.5). Öteki noktaların ekstrem kurak Mayısları da orta şiddetli kuraklık sınıfı içinde yer almaktadır. Ekstrem sulak Mayıslar için tamamı için ise çok şiddetli sulak mayıslar gerçekleşmiştir. Bu değişkenin zirvesini, z=3.6 ile Çanakkale 1996 yılında temsil etmiştir. Bu durum, NY değerlerinin sonuçları ile de uyumludur. Çanakkale, ekstrem kurak Mayıs ayını da en hafif şiddetle kuraklıkla geçirmiş ve bu duruma karşılık gelen z=-0.9 değeri 1975-2005 arası gelişme dönemlerinde 3 kez tekrarlanmıştır. SYİ değerlerinin genel seyri, kurak evreler için

z değerlerine önemli ölçüde uyum sağlamakta, sulak Mayısların şiddeti ise nisbeten düşük olmaktadır (Şekil 8.6). SYİ sonuçları, Edirne ve Kırklareli dışında çok şiddetli sulaklık sınırının Mayıs için aşılmadığını göstermektedir. Mayıs aylarının zaman serilerinin indeksler için karşılaştırmalı incelenmesini sağlayan grafik de, Ek Şekil A.9'da sunulmuştur.

Haziran Aylarının 30 yıllık kuraklık durumu için hesaplanan NY, z ve SYİ değerleri, aşağıdaki Şekil 8.7'de görülmektedir.



Şekil 8.7 : Trakya Bölgesi'nde Haziran ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

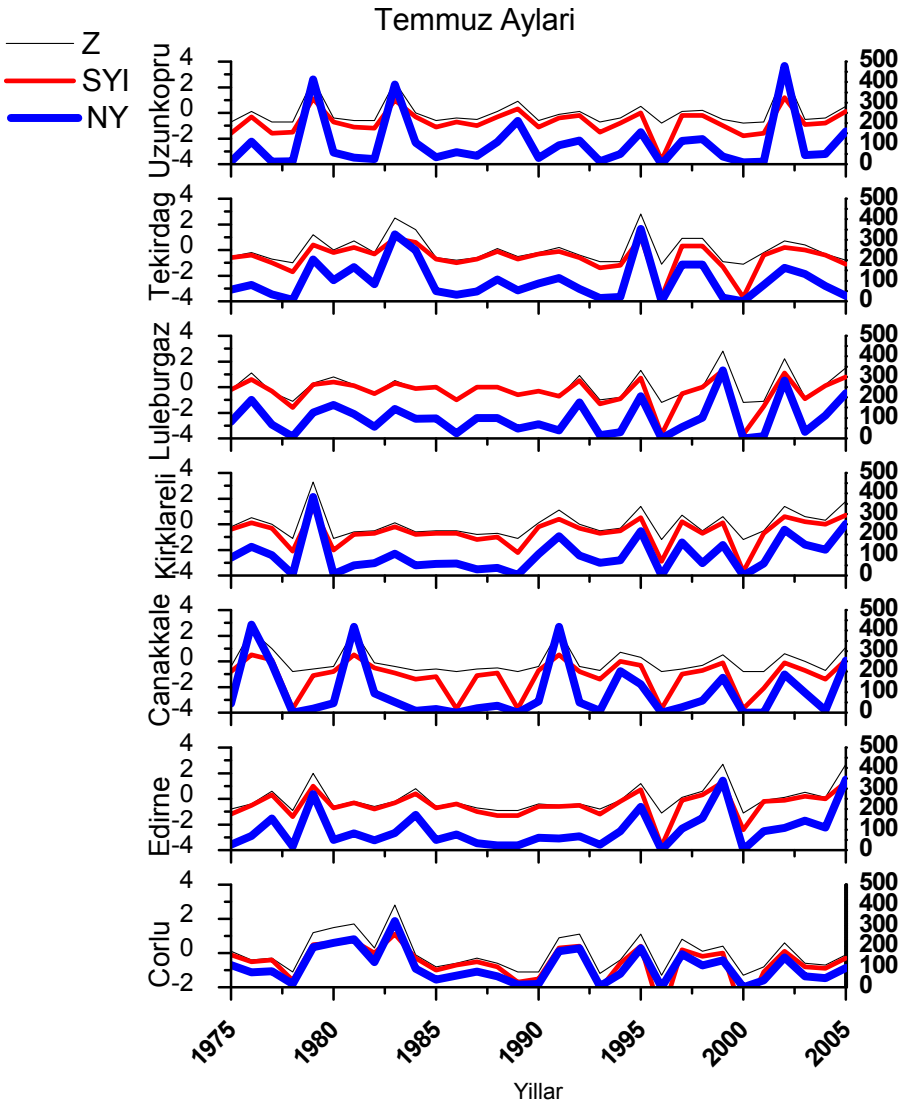
Haziran aylarının Trakya Bölgesi için hesaplanan ortalama yağış değeri, 38.1mm olmuştur. Ölçüm döneminin ilk yılı olan 1975'e ait Haziran ayı, 83.3mm'lik ortalama toplam yağış değeri ile bölgenin 30 yıllık maksimumunu temsil etmektedir. 1981 Yılı Haziranı'nda ise ortalama toplam ancak 2.8mm'ye erişebilmiştir. Şekil 8.7'de görülen indeks değerlerinin hesaplandığı yağış verisinin 1975-2005 arası dönemde en yüksek ortalaması 50.3mm ile Kırklareli iline aittir. Aynı ayın en düşük ortalaması ise 20.3mm ile Çanakkale için hesaplanmıştır. Çanakkale sırasıyla 1981 ve 2001 yıllarında Haziran Ayları boyunca hiç yağış almamıştır. Bu ay, özellikle çeltik bitkisinin erken gelişme dönemleri açısından anlamlıdır. Edirne'de çeltik için Haziran ayı, çimlenmenin sonunu, 3. yaprak ve 5. yaprak aşamalarının ise tamamını kapsayan, yani üç gelişme aşamasına uzanan bir aydır. Kışlık buğday açısından Haziran, çiçeklenme sonu ve olgunluk aşamalarını kapsamakta, Edirne buğdayı için hasad aşamasına kadar uzanmaktadır. NY değerleri dikkate alındığında, Haziran Ayı'nın en düşük ortalama yağışına sahip istasyonu olan Çanakkale'nin maksimum NY'lerin ekstremine 1980 yılı Haziranında NY=371.3 ile ulaştığı görülmektedir (Şekil 8.7, Ek Şekil A.10). Bu ayın en düşük NY değerinin ekstremi ise, 1981 ve 2001 yıllarının haziranlarını yağışsız geçirdiği için yine Çanakkale'ye (NY=0) aittir. Ortalama yağışın düşük değerlerinin, yağış verisini salınımlara hassas hale getirdiği, Çanakkale'nin Haziran ayları yağış verisinin incelenmesi sonunda anlaşılmıştır. Birbirine yakın seyreden z ve SYİ değerlerinin Haziran ayları boyunca ilginç özelliği, kuraklık için z değerlerinin, sulaklık için ise SYİ değerlerinin ekstremliğinin ön plana çıkmasıdır (Şekil 8.7, Çizelge 8.8). Aşağıdaki Çizelge 8.8'in incelenmesi, bu durumu daha anlaşılır kılacaktır.

Çizelge 8.8 : Trakya Bölgesi'nde Haziran aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	36.2	38.4	20.3	50.3	39.9	37.8	43.9	
minimum	0.5	1.4	0.0	0.8	0.2	0.7	0.8	**(YAĞIŞ)**
maksimum	89.5	134.2	75.4	125.9	94.4	113.8	119.9	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	1.4	3.6	0.0	1.6	0.5	1.9	1.8	**(NY)**
maksimum	247.4	349.5	371.3	250.5	236.6	300.9	273.0	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.3	-1.1	-1.0	-1.3	-1.6	-1.1	-1.3	**(Z)**
maksimum	2.0	2.9	2.7	2.0	2.2	2.3	2.2	
ortalama	-0.2	-0.2	-0.6	0.2	0.0	-0.1	-0.1	
minimum	-2.6	-2.2	-3.7	-2.4	-2.7	-2.2	-2.2	**(SYİ)**
maksimum	1.1	1.7	0.8	1.6	1.1	1.3	1.2	

Çizelge 8.8'den görülebileceği gibi, z değerleri ekstrem sulaklık için şiddetli sulak Haziranlara işaret etmekte, SYİ ise orta şiddette sulaklık sınırının ötesine geçmemektedir. En sulak Haziran her iki indeks için de Edirne'de (z=2.9; SYİ=1.7) 1983 Haziranı için hesaplanmıştır. 1981 Haziranını yağışsız geçiren Çanakkale, bu özelliği ile SYİ=-3.7 değerine, aşırı kuraklığı temsil edecek biçimde ulaşmıştır (Ek Şekil A.10). z değerlerinin ekstrem minmumu ise Lüleburgaz için -1.6 olarak hesaplanmıştır (2003 Haziranı). Haziran aylarının zaman serilerinin indeksler için karşılaştırmalı incelenmesini sağlayan grafik için, Ek Şekil A.10'da bakılabilir.

Temmuz Aylarının indeks değerlerinin genel durumu, aşağıdaki Şekil 8.8'de sunulmuştur.



Şekil 8.8 : Trakya Bölgesi'nde Temmuz ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

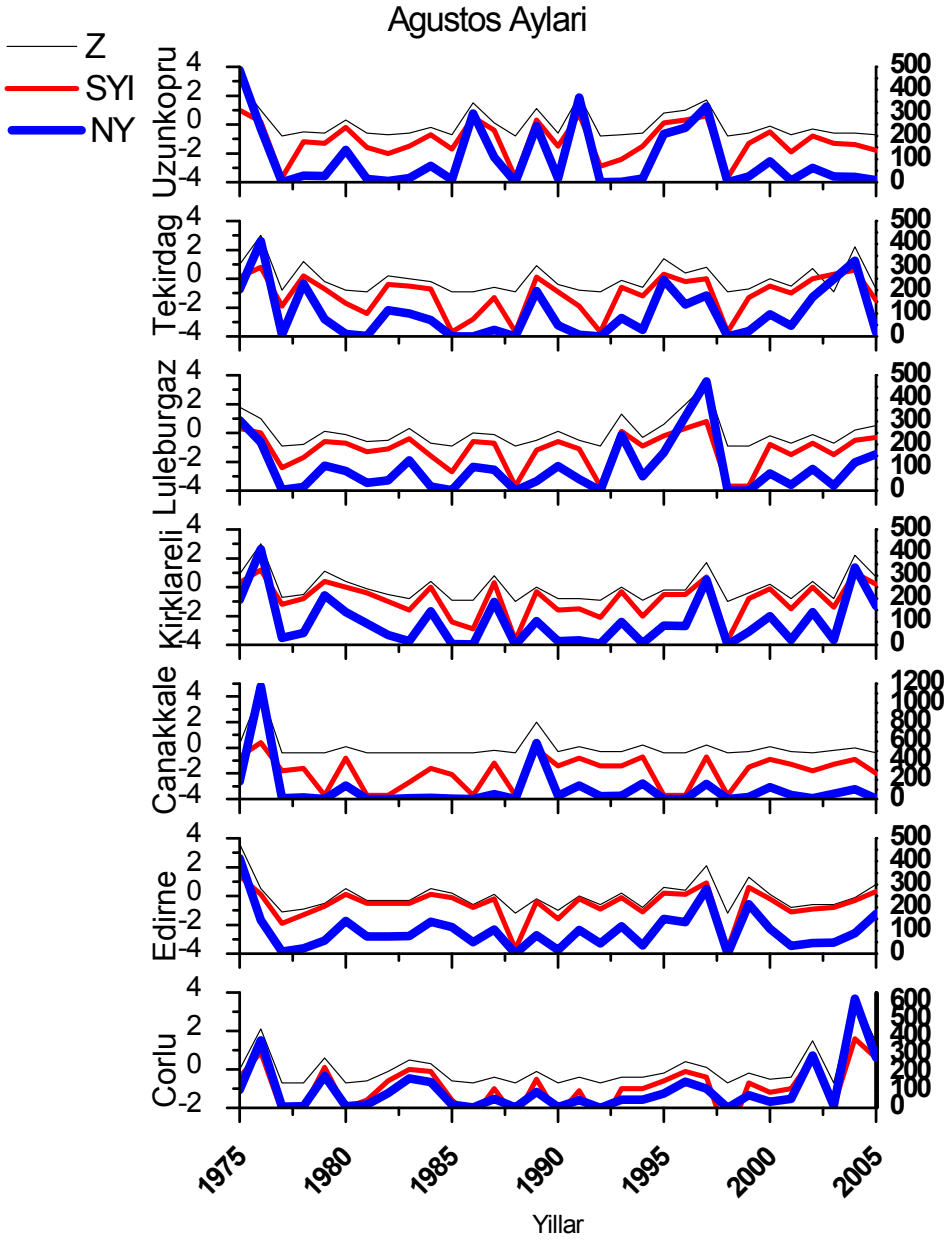
Temmuz Aylarının bölgedeki ortalama yağış değeri, 25.9mm olmuştur. 1979 Temmuz Ayı, Trakya Bölgesi'nde 62.6mm'ye karşılık gelen toplam değeri ile maksimumu temsil etmiştir. 2000 Yılı Temmuz'u ise ancak 0.4mm ortalama ile ekstrem minimuma karşılık gelmiştir. Şekil 8.8 incelendiğinde, Temmuz Ayları boyunca Trakya Bölgesi'nde incelenen her istasyon için en az bir Temmuz'un tamamen yağışsız geçildiği anlaşılmaktadır. Özellikle 1996 Temmuz Ayı, 7 istasyonun 6'sında tamamen yağışsız geçmiş, sadece Kırklareli için 0.2mm'lik bir aylık toplam yağış kaydedilebilmiştir. 30 yıllık dönem boyunca Temmuz Aylarının 100 mm ve üstü aylık toplamlara ulaşması incelenen 7 istasyonun tamamı için sadece 5 kez gerçekleşebilmiş, bu durumun ekstreminde de Uzunköprü 120mm ile 2002 yılında yer edinmiştir (Şekil 8.8, Ek Şekil A.11, Çizelge 8.9). Bu özellik, ekstrem minimum yağış ve NY değerlerinin tamamında 0 (sıfır) değerinin her istasyon için hesaplanmış olması ile ortaya çıkmaktadır. Ortalama Temmuz yağışlarının Trakya Bölgesi'ndeki minimumu (Çanakkale, 12.9mm) ile maksimumu (Lüleburgaz, 32.5mm) arasında büyük fark olduğu saptanmıştır. Temmuz Ayı, Trakya Bölgesi'nde Kırklareli'nde ortalama kışlık buğday gelişiminin son bulduğu hasat aşamasının gerçekleştiği aydır. Tekirdağ'da 1 Temmuz'da gerçekleşen ortalama hasad, Edirne'de ise Haziran sonunda yapılmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 8.9, bölge için Temmuz Aylarına yönelik hesaplanan indeks değerlerini içermektedir. Temmuz aylarının zaman serilerinin indeksler için karşılaştırmalı incelenmesini sağlayan grafik ise, Ek Şekil A.11'de verilmiştir.

Çizelge 8.9 : Trakya Bölgesi'nde Temmuz aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	27.9	31.1	12.9	25.7	32.5	26.3	25.1	
minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**(YAĞIŞ)**
maksimum	89.7	106.9	55.3	98.2	107.5	92.8	120.0	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**(NY)**
maksimum	321.9	343.6	429.3	382.7	331.2	353.3	478.7	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.3	-1.1	-0.8	-1.2	-1.2	-1.1	-0.8	**(Z)**
maksimum	2.8	2.7	2.4	3.3	2.8	2.8	3.1	
ortalama	-0.6	-0.5	-1.1	-0.6	-0.4	-0.6	-0.7	
minimum	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	**(SYİ)**
maksimum	1.1	1.3	0.5	1.3	1.3	1.0	1.2	

NY İndeksi, Temmuz Ayları boyunca ekstrem maksimumuna Uzunköprü'de NY=478.7 ile ulaşmıştır. z değerleri bölgede incelenen istasyonlarda orta şiddette kuraklık sınırının aşılmayacağını gösterirken, SYİ, özellikle yağış kaydedilmeyen aylar için çok şiddetli kuraklığa dikkat çekmiştir (Çizelge 8.9, Ek Şekil A.11).

Ağustos ayları için hesaplanan kuraklık indeksi ile ilgili grafik, aşağıda Şekil 8.9 ile temsil edilmiştir.



Şekil 8.9 : Trakya Bölgesi'nde Ağustos ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

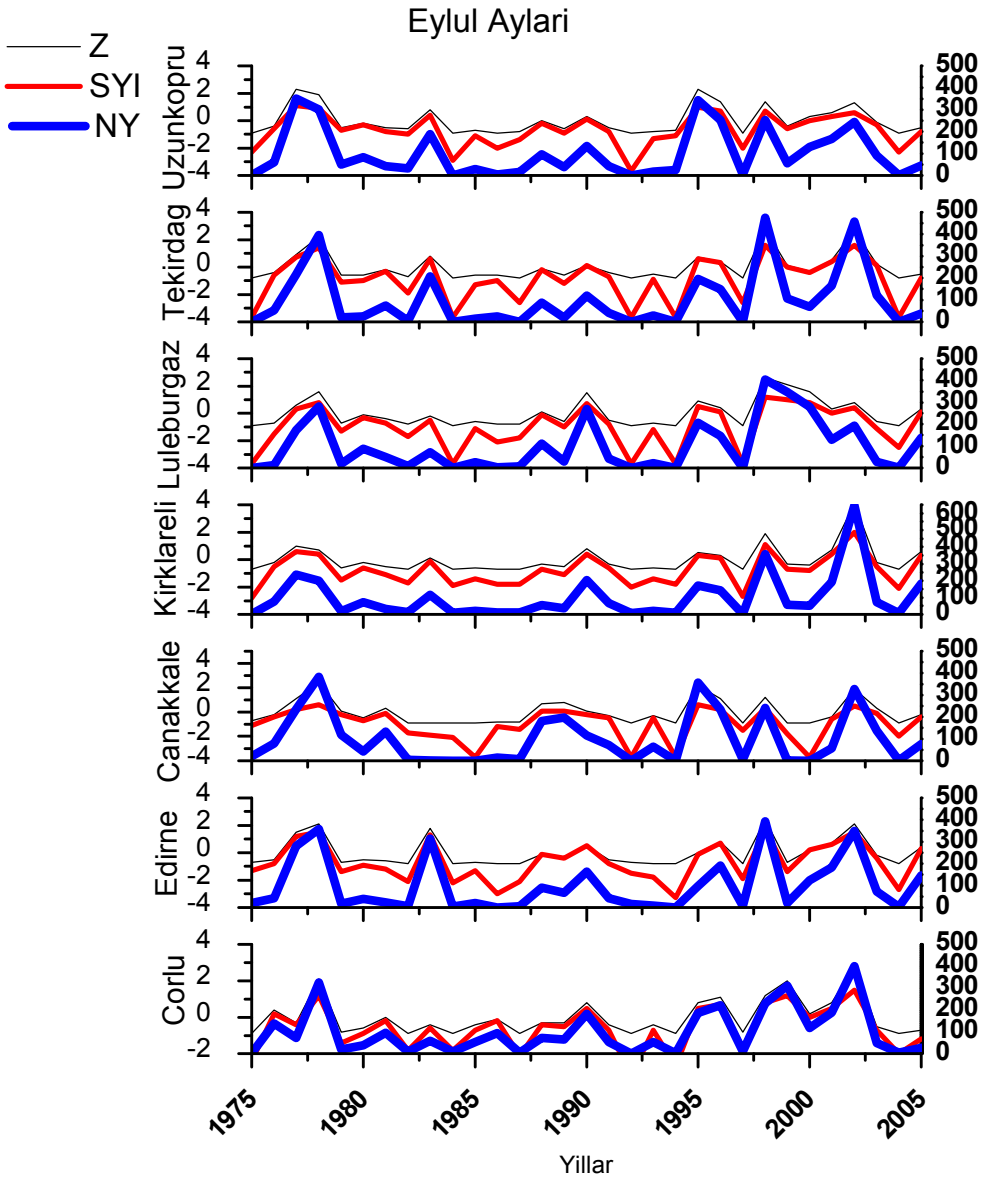
Yılın en kurak dönemlerinden birini temsil eden Ağustos ayları için Trakya Bölgesi'ne yönelik ortalama yağış verisi hesabı, incelenen 7 istasyon için 18.8mm değerini vermiştir. Trakya Bölgesi'nde 1976 Yılı Ağustos'unda ulaşılan 60.8mm'lik ortalama toplam, ölçüm döneminin maksimumudur. Minimum yağışlı Ağustos ise, incelenen 7 istasyonun tamamında yağış kaydedilmeyen 1998 Yılına aittir. Ağustos Ayı, Edirne'de yetiştirilen çeltik için çiçeklenme döneminin tamamını ve meyve bağlama aşamasının ilk haftasını kapsamaktadır. Kışlık buğday ise bu ayda arazide bulunmamaktadır. Yılın en kurak dönemlerinden birine karşılık gelen bu ayda da, incelenen her istasyon için en az bir kez 0 (sıfır) yağışın gerçekleştiği görülmüştür. 1998 Ağustosunun Trakya Bölgesi'nin tamamında sıfır yağışla geride bırakılması dikkat çekicidir (Ek Şekil A.12). Aşağıdaki Çizelge 8.10, bölgenin ağustos aylarına ait bazı indeks istatistiklerini içermektedir.

Çizelge 8.10 : Trakya Bölgesi'nde Ağustos aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	21.3	28.0	4.3	23.1	15.1	18.8	21.0	
minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**(YAĞIŞ)**
maksimum	131.5	115.8	50.1	96.1	71.4	77.5	102.1	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**(NY)**
maksimum	616.1	413.0	1173.9	415.6	473.2	413.2	486.0	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-0.7	-1.2	-0.4	-1.0	-0.9	-0.9	-0.8	**(Z)**
maksimum	3.8	3.6	4.5	3.0	3.4	3.0	2.9	
ortalama	-1.0	-0.6	-1.9	-0.8	-1.2	-1.1	-1.1	
minimum	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	**(SYİ)**
maksimum	1.6	1.4	0.4	1.2	0.8	0.8	1.0	

Çizelge 8.10 incelendiğinde, Çanakkale'nin 1976 yılı Ağustosunda tecrübe ettiği 50.1mm'lik maksimum yağışın, bu aya ait ortalaması en düşük (4.3mm) olan aynı ilde NY=1173.9 sonucunu verdiği görülmektedir. Çorlu da NY=616.1 değeri ile dikkat çekmekte olup, öteki noktaların ekstrem maksimum NY'lerinin de 400'ün üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Kurak dönemlerde kaydedilen yağışların etkisi böylece ortaya çıkmaktadır. Özellikle Çanakkale için hesaplanan NY değeri, incelenen tüm istasyonlar ve aylar arasında ilk sırada yer almakta, dolayısı ile de bölge için rekor olma özelliği taşımaktadır. Çizelge 8.10, Çanakkale'nin Ağustos Aylarında şidddetli kuraklık-çok şiddetli kuraklık sınırında yer aldığını (SYİ=-1.9) göstermektedir. Maksimum sulak Ağustosların ekstremi için NY ve z değerlerinin aksine SYİ, 2004 Ağustos'unu ve Çorlu'yu işaret etmektedir (SYİ=1.6).

Aşağıdaki Şekil 8.10, Eylül Ayı için aynı indekslerin hesaplanmış değerlerini içermektedir.



Şekil 8.10 : Trakya Bölgesi'nde Eylül ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

Eylül Ayı, Trakya Bölgesi'nde ortalama 27.6mm'lik bir yağış değerine sahiptir. 2002 Eylül'ü, ölçüm dönemi boyunca bölgede aylık yağışların ortalama 100mm sınırını geçtiği tek Eylül ayıdır (103.2 mm). En düşük ortalama yağışa sahip Eylül ise, 0.7mm ile 2004 Yılı'na aittir. Eylül Ayları'nın 1975-2005 arasında genel eğiliminin hafif şiddette kuraklık yönünde olduğu, Şekil 8.10'da görülmektedir. Bu dönem, Edirne'de çeltiğin meyve bağlama aşamasının ¾'ünü ve gelişimin tamamlandığı hasad aşamalarını kapsamaktadır. Kışlık buğday, Trakya Bölgesi'nde bu ayda da arazide yer almamaktadır. Aşağıdaki Çizelge 8.11 incelendiğinde, ele

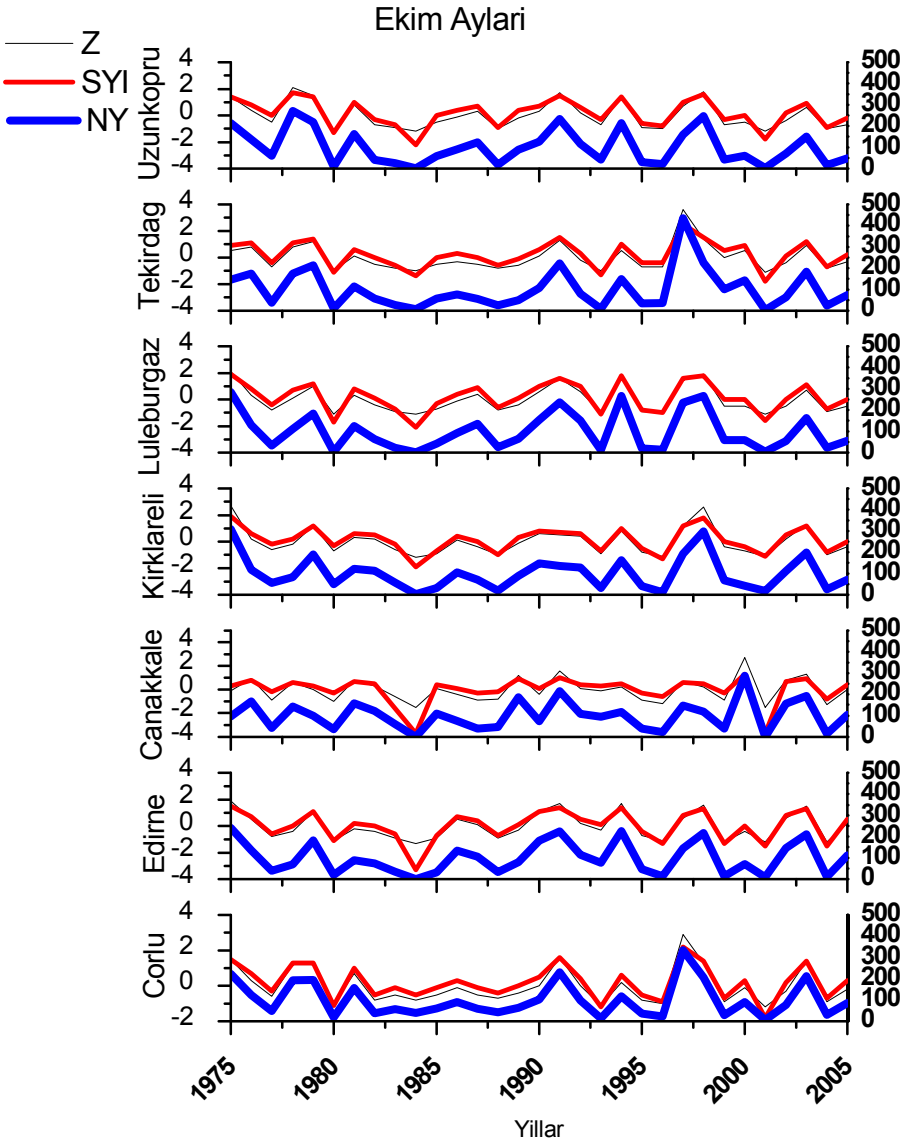
alınan istasyonların yarısından fazlasında Eylül Ayları boyunca hiç yağış kaydedilmediği görülmektedir. Eylül aylarının zaman serilerinin indeksler için karşılaştırmalı incelenmesini sağlayan grafik ise, Ek Şekil A.13'te verilmiştir.

Çizelge 8.11 : Trakya Bölgesi'nde Eylül aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	30.8	34.0	16.7	24.8	25.8	31.0	29.7	
minimum	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	**(YAĞIŞ)**
maksimum	123.5	133.8	63.9	160.7	104.0	147.1	104.6	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	0.3	0.3	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	**(NY)**
maksimum	400.6	393.0	382.1	648.3	403.5	474.8	351.7	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-0.9	-0.8	-0.9	-0.7	-0.9	-0.8	-0.9	**(Z)**
maksimum	2.8	2.4	2.4	4.1	2.6	2.8	2.3	
ortalama	-0.6	-0.7	-1.0	-0.8	-1.0	-0.9	-0.7	
minimum	-3.2	-3.3	-3.7	-2.8	-3.7	-3.7	-3.7	**(SYİ)**
maksimum	1.5	1.7	0.6	2.0	1.2	1.6	1.1	

Şekil 8.10, Çizelge 8.11 ve Ek Şekil A.13; sulak aylarda z değerlerinin, kurak aylarda ise SYİ değerlerinin daha ekstrem olduğunu göstermektedir. Yağış verisi, en yağışsız Eylüllerin Çanakkale'de (16.7mm) yaşandığını, en çok yağışın ise Edirne'de kaydedildiğini (34.0mm) göstermektedir. Toplam ortalama yağış bakımından 7 istasyon arasında sondan 2. sırada bulunan Kırklareli, minimum ve maksimum NY değerlerinin en büyük değerlerine sahiptir (Çizelge 8.11). 2002 Eylül Ayında Kırklareli'nde kaydedilen 160.7mm'lik yağış, bu ay için maksimum NY'lerin ekstremini (648.3) ortaya çıkarmıştır. Bu sonuç, z ve SYİ değerlerine de aynı yıl için yine ekstrem maksimumları temsil edecek biçimde sırasıyla z=4.1 ve SYİ=2.0 olarak yansımıştır. Hiç yağış kaydedilmeyen Eylül aylarının SYİ sonucu, çok şiddetli kuraklık sınıfına girmekte, aynı dönemler z değerleri tarafından ise hafif şiddette kuraklık olarak yorumlanmaktadır.

Edirne'de kışlık buğday tarlaya Ekim Ayı'nın ortasında (17 Ekim) ekilmekte, Tekirdağ'da ise bu aşama aynı ayın son haftasına girilirken (22 Ekim) gerçekleşmektedir. Bu ay, bitkinin çimlenme aşamasına geçebilmesi açısından önemlidir. Ekim aylarında Kırklareli buğdayı ortalama koşullarda araziye ekilmemiş olup, bu ay Edirne çeltiğinin gelişme döneminin de dışındadır. Ekim aylarına ait yağış verisi kullanılarak hesaplanan indekslerin seyri, aşağıdaki Şekil 8.11'de görülebilir.



Şekil 8.11 : Trakya Bölgesi'nde Ekim ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

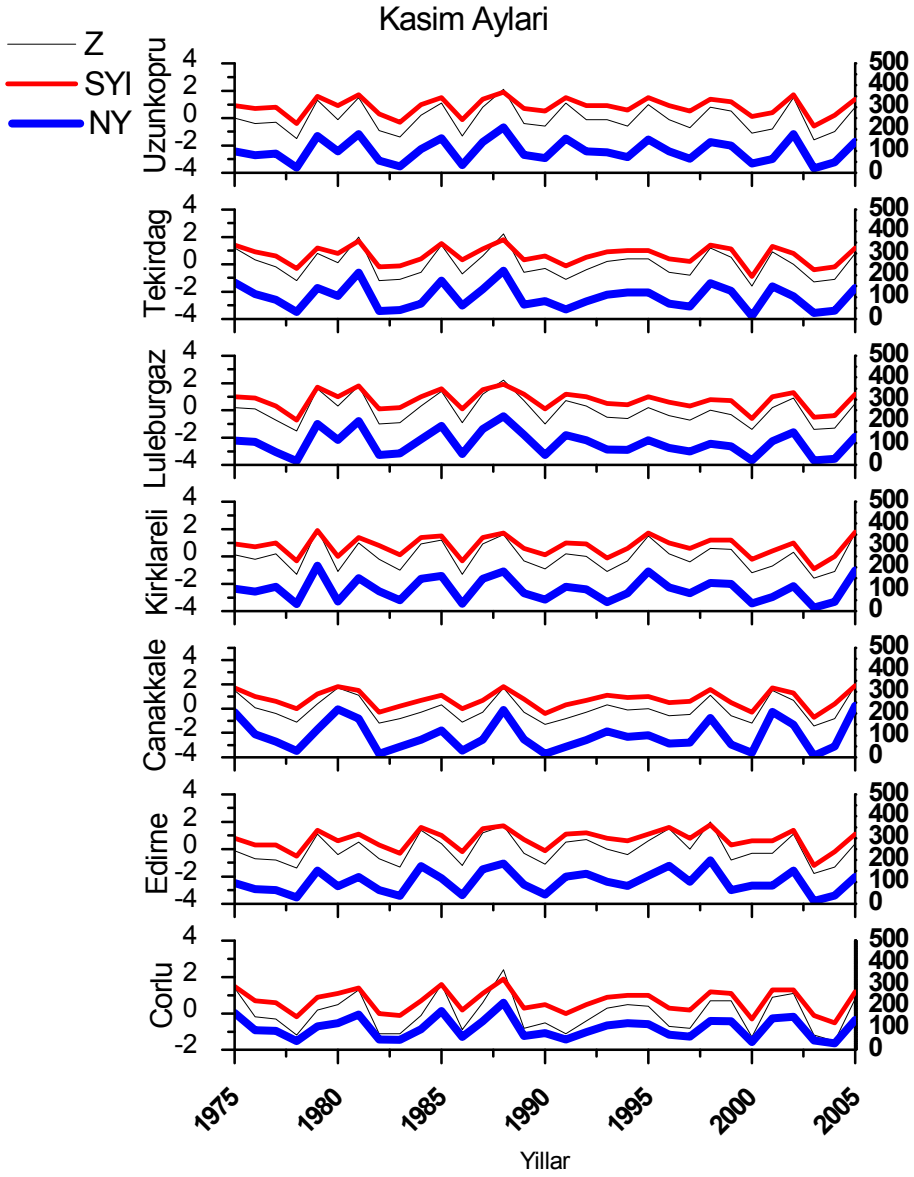
1975-2005 arası dönemde Ekim ayları boyunca ortalama yağış, 53.7mm olarak hesaplanmıştır. 1997 Ekim ayı, 128.7mm'ye varan ortalama toplam yağış değeri ile, ölçüm döneminin bu aylar için maksimumunu yansıtmaktadır. 2001 Ekim'i ise, sadece 3.2'lik ortalama yağışla birlikte minimum yağışa sahip Ekim Ayı olma özelliğini kazanmıştır. Çoğu uygulamada yağışlı dönemin, dolayısı ile su yılının başlangıcı kabul edilen Ekim Ayı ile birlikte Çanakkale'de 1984 ve 2001 yıllarının Ekimleri dışında ayın tamamının yağışsız geçtiği istasyon kalmamıştır (Ek Şekil A.14, Çizelge 8.12). Bu ayın en yüksek ortalama yağışı 62.5mm ile Uzunköprü'de kaydedilmiş, ekstrem yağış miktarına ise 1997 Ekimi'nde Tekirdağ (250.3mm) sahip olmuştur. Ekim Ayı ortalama yağış değerleri istasyonların tamamı için 45mm'nin üstünde yer almıştır (Çizelge 8.12).

Çizelge 8.12 : Trakya Bölgesi'nde Ekim aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	54.2	50.1	45.6	47.9	58.2	57.7	62.5	
minimum	3.1	0.1	0.0	2.1	1.0	1.5	0.8	**(YAĞIŞ)**
maksimum	181.8	121.0	131.1	147.5	165.7	250.3	169.1	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	5.7	0.2	0.0	4.4	1.7	2.6	1.3	**(NY)**
maksimum	335.7	241.8	287.7	308.2	284.8	433.8	270.6	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.2	-1.3	-1.5	-1.2	-1.1	-1.1	-1.2	**(Z)**
maksimum	2.9	1.9	2.7	2.7	2.1	3.6	2.1	
ortalama	0.2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	
minimum	-1.8	-3.3	-3.7	-1.9	-2.1	-1.8	-2.2	**(SYİ)**
maksimum	2.2	1.5	1.3	1.9	1.9	2.5	1.7	

Tekirdağ'ın 1997 Ekim ayında verdiği 250.3mm'lik maksimum yağış, NY değerlerine de benzer biçimde yansımıştır (NY=433.8). Çanakkale, bu ayda da en düşük ortalama toplam yağış değerine (45.6mm) sahip olmuştur. Tekirdağ'ın NY için ulaştığı en yüksek değer, aynı yıl ve aynı ay için z ile SYİ değerlerine de yansımıştır. Her iki indeks de 1997 Ekim Ayı'nın Tekirdağ'da şiddetli sulak geçtiğini göstermiştir. Ortalama durumda sürekli kurak (sulak) Ekimlerden söz edilmesi, güçtür. En şiddetli kuraklığa sahip Ekim ayları da NY değerlerinde olduğu gibi z (-1.5) ve SYİ (-3.7) değerleri için de 1984 ve 2001 yıllarında Çanakkale'de yaşanmıştır (Şekil 8.11, Çizelge 8.12, Ek Şekil A.14).

Kasım Aylarının aylık kuraklık indeksi değerleri, aşağıda Şekil 8.12 ile sunulmaktadır.



Şekil 8.12 : Trakya Bölgesi'nde Kasım ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

1988 Kasım ayı, 165.7mm'lik ortalama yağışla ölçüm dönemi maksimumuna karşılık gelmiştir. Kasım Ayı, kışlık buğdayın çimlenme dönemi içinde yer almaktadır. Bu ayın bölgedeki ortalama yağışı 79.8mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer Uzunköprü için 94.9 mm'ye ulaşmakta, Çorlu için ise 71.3mm'de kalmaktadır. 93mm ortalama yağış değeri ile incelenen 7 istasyon arasında 2. sırada bulunan Çanakkale, buna rağmen inceleme döneminin minimum Kasım ayı yağış toplamı miktarını 2003 yılında 6.9mm ile vermiştir. Yine Çanakkale, 2005 Yılı Kasım'ında bu kez 218.8mm'lik maksimum yağışa sahip olan nokta olması itibarı ile dikkat çekmiştir. 2003 yılı, 16.1mm ortalama ile tüm istasyonlar arasında da en yağışsız Kasım Ayına sahip olmuştur (Ek Şekil A.15). 1988 yılında ise bölgede 165.7mm olarak

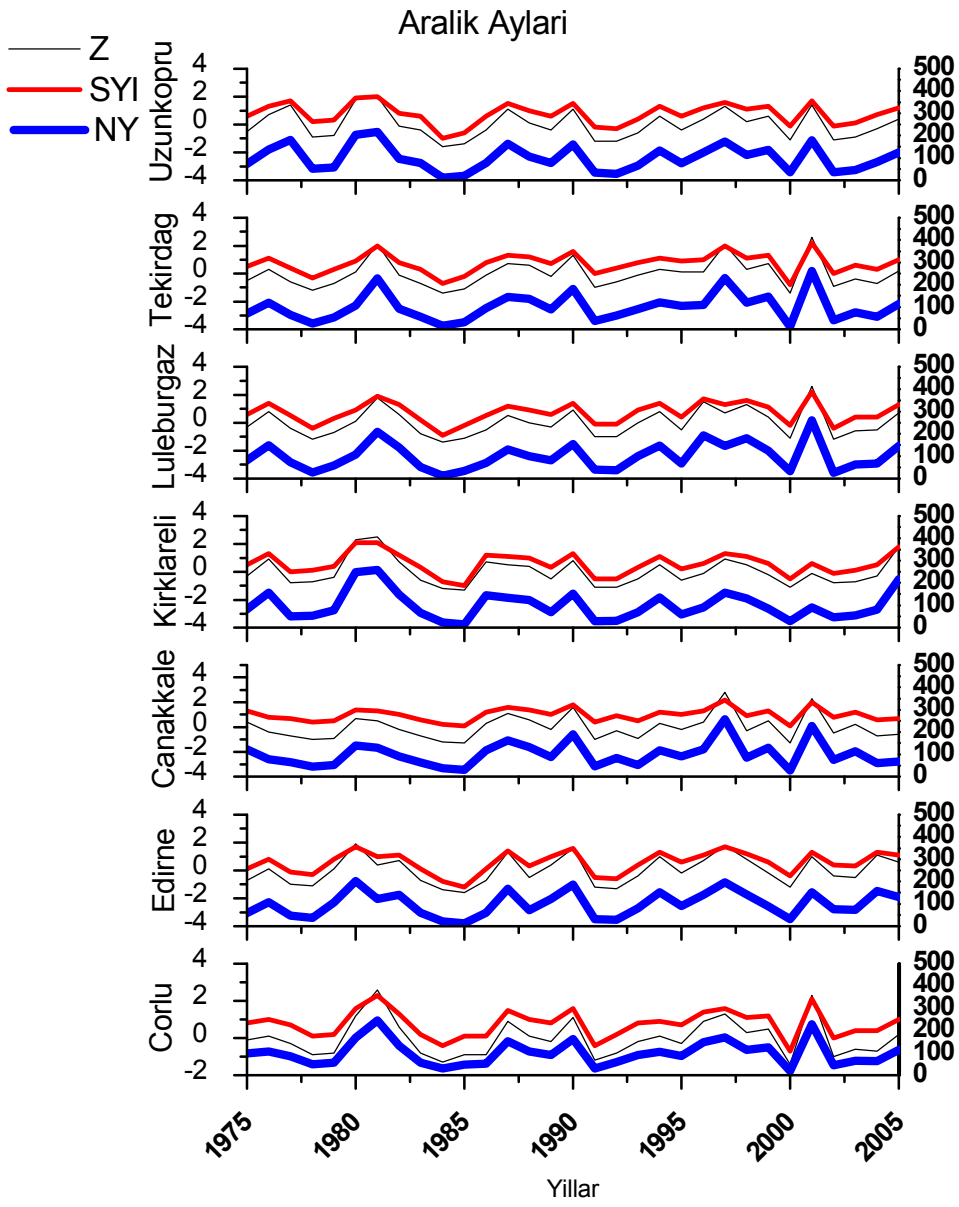
gerçekleşen Kasım Ayı ortalaması, maksimumu temsil etmiştir. Hesaplanan indeks değerlerine ait bazı istatistikler, aşağıdaki Çizelge 8.13'te verilmiştir.

Çizelge 8.13 : Trakya Bölgesi'nde Kasım aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	71.3	74.1	93.0	73.4	77.3	74.2	94.9	
minimum	21.0	8.7	6.9	11.8	13.8	9.2	17.8	**(YAĞIŞ)**
maksimum	153.8	147.0	218.8	151.7	172.8	163.7	197.2	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	29.4	11.7	7.4	16.1	17.8	12.4	18.8	**(NY)**
maksimum	215.6	198.3	235.2	206.7	223.5	220.7	207.9	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.5	-1.8	-1.4	-1.6	-1.5	-1.6	-1.6	**(Z)**
maksimum	2.4	2.0	1.9	2.0	2.2	2.2	2.1	
ortalama	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	
minimum	-0.5	-1.2	-0.7	-0.9	-0.7	-0.9	-0.6	**(SYİ)**
maksimum	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	

Çanakkale'de 2003 yılında kaydedilen ekstrem düşük yağış, bu ilin NY değerine de aynı yılın Kasım Ayı için en düşük değere sahip olma özelliğini vermiştir (NY=7.4). Bununla birlikte yukarıda değinilen 2005 Kasımına ait ekstrem yağış, bu indeksin maksimumunun da yine Çanakkale'de tecrübe edilmesini sağlamıştır (NY=235.2). z değerleri genel olarak kurak ve sulak ay şiddetlerini SYİ değerlerine nazaran yüksek tahmin etmiştir. Ekstrem kurak kasımlar için SYİ genellikle hafif şiddette kuraklık gösterirken, bu ayların tamamı z değerlerinde orta şiddette kuraklık sınıfına girmiştir. Maksimum SYİ değerleri 1.8-1.9 dar aralığında yer alırken, z değerleri için bu durum 1.9-2.4 şeklinde gerçekleşmiştir. NY sonuçlarından farklı olarak z değerleri açısından ekstrem kurak Kasım Edirne'ye ait olmuştur (z=-1.8, 2003 yılı). z değerleri ekstrem sulak nokta ve Kasım Ayı için ise z=2.4 ile Çorlu'yu ve 1988 Kasımı'nı işaret etmektedir.

Son olarak Şekil 8.13, Aralık ayları için hesaplanan indeks değerlerini göstermektedir. Bu ay, Kırklareli ve Tekirdağ kışlık buğdayları için çimlenme aşaması içinde bulunurken, Edirne'de 3. yaprak aşamasının ilk haftasını da kapsamaktadır.



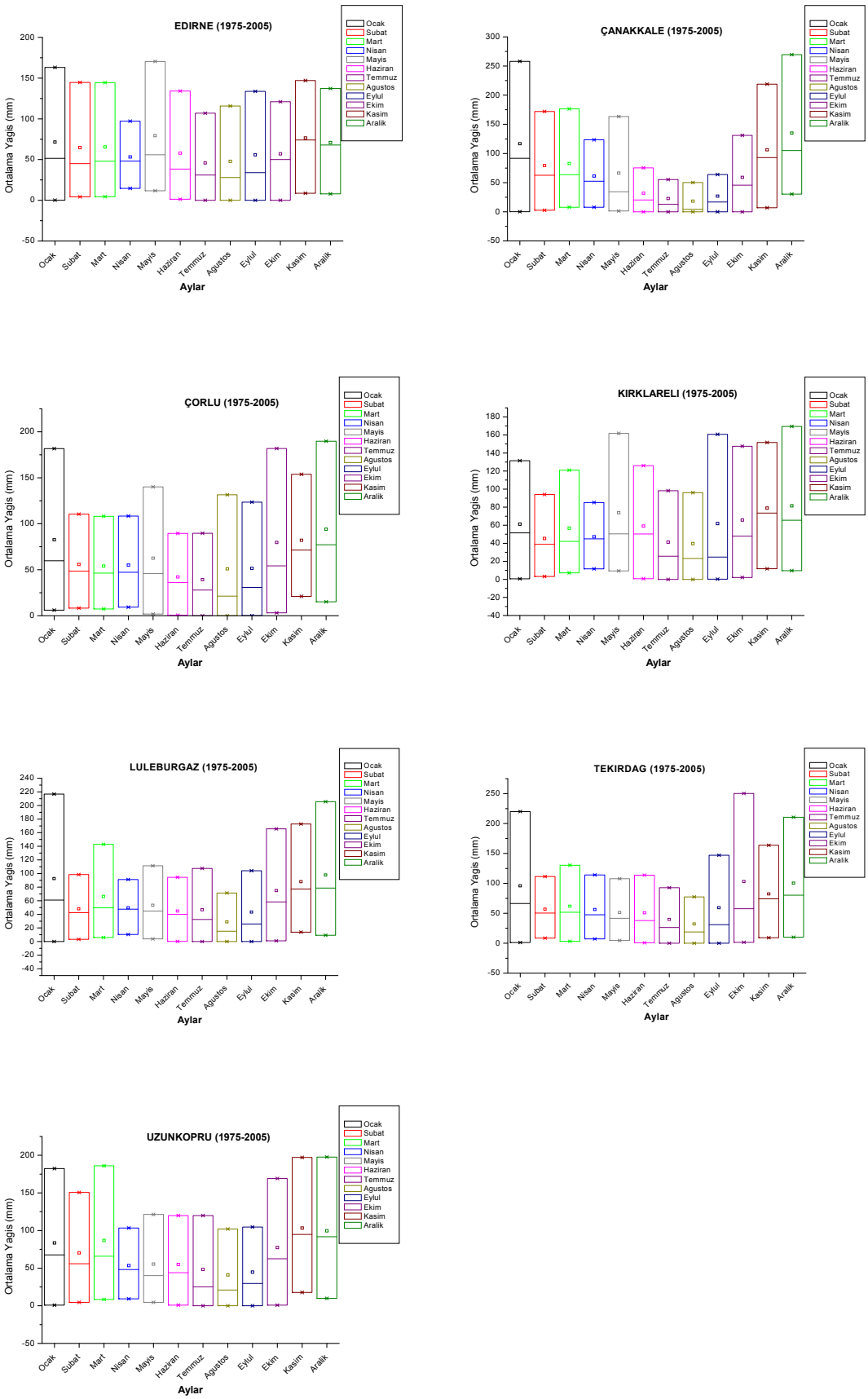
Şekil 8.13 : Trakya Bölgesi'nde Aralık ayı için hesaplanan kuraklık indeksi değerleri.

Aralık Ayları'nda verisi incelenen istasyonlardan elde edilen sonuçlara göre Trakya Bölgesi'ne 80.9mm ortalama yağış düşmektedir. 2001 Aralık Ayı'nda kaydedilen ortalama 165.5mm, bu aya ait en yüksek değeri temsil ederken, 1984 Aralık Ayı ortalaması, en düşük (17.5mm) olarak gerçekleşmiştir. Tüm istasyonlar arasında ekstrem minimumu ise Edirne, 7.9mm ile 1985 Aralık Ayı'nda temsil etmiştir. Şekil 8.13'e göre ekstrem maksimum yağış, 1997 Aralık Ayı'nda Çanakkale'de kaydedilmiştir (269.4mm). Çanakkale, 105.1mm'lik ortalama yağışı ile bu ay için 100 mm ortalama toplam yağış sınırını geçen tek istasyon olmuştur (Çizelge 8.14).

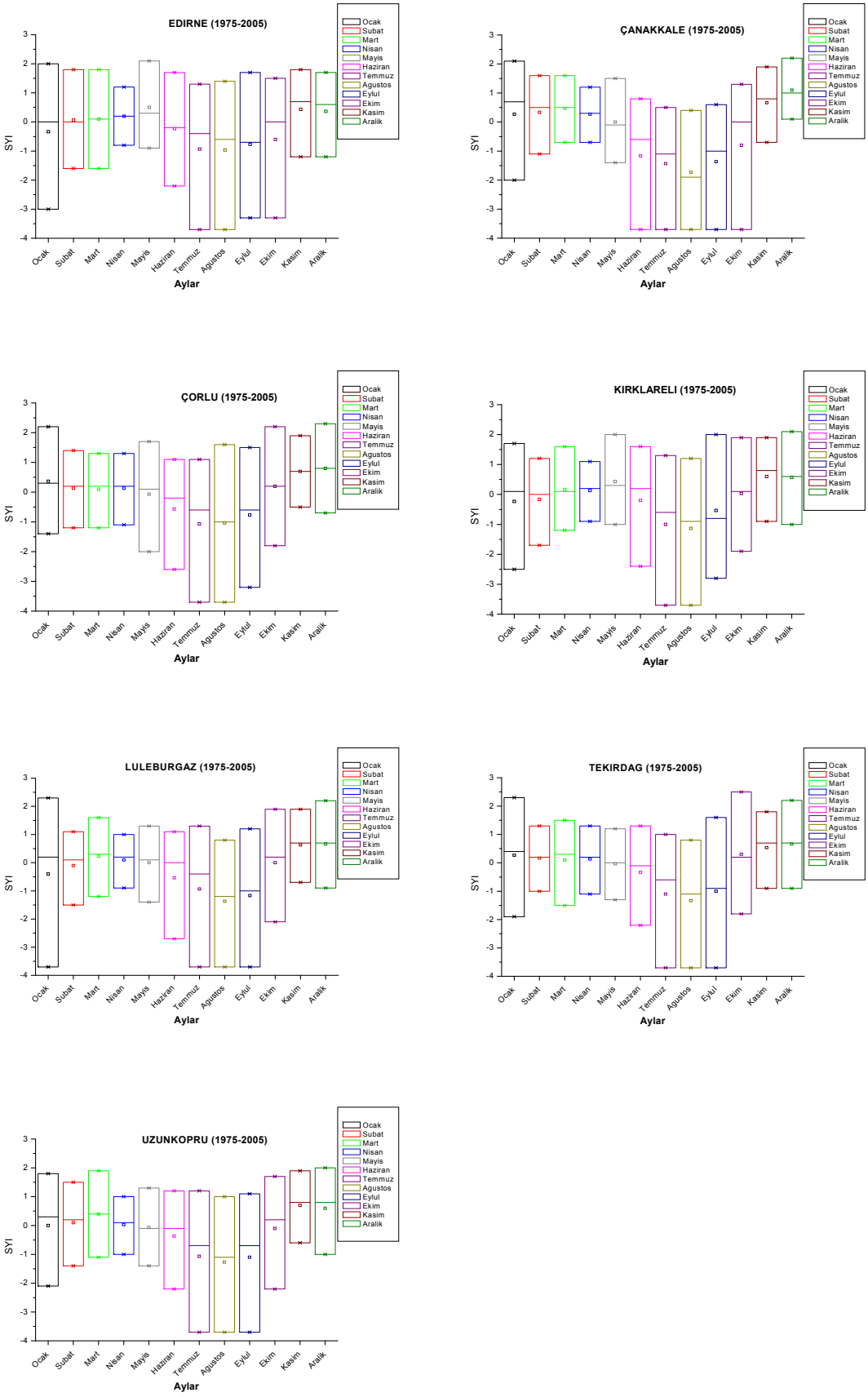
Çizelge 8.14 : Trakya Bölgesi'nde Aralık aylarına ait indeks değerleri.

	Çorlu	Edirne	Canakkale	Kırklareli	Lüleburgaz	Tekirdağ	Uzunköprü	
ortalama	77.2	67.9	105.1	65.5	78.7	80.3	91.7	
minimum	15.2	7.9	30.3	9.7	9.2	10.1	9.8	**(YAĞIŞ)**
maksimum	189.7	137.3	269.4	169.4	205.6	210.6	197.6	
ortalama	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
minimum	19.7	11.6	28.8	14.8	11.7	12.6	10.7	**(NY)**
maksimum	245.6	202.3	256.4	258.6	261.4	262.2	215.5	
ortalama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
minimum	-1.4	-1.6	-1.3	-1.3	-1.4	-1.4	-1.6	**(Z)**
maksimum	2.6	1.9	2.8	2.5	2.6	2.6	2.0	
ortalama	0.8	0.6	1.0	0.6	0.7	0.7	0.8	
minimum	-0.7	-1.2	0.1	-1.0	-0.9	-0.8	-1.0	**(SYİ)**
maksimum	2.3	1.7	2.2	2.1	2.2	2.2	2.0	

Bölgede en yüksek ortalama aylık yağışın gerçekleştiği 2001 yılında Tekirdağ, tüm istasyonlar arasında en yüksek NY değerine ulaşmıştır (NY=262.2). Ekstrem düşük yağışın sahibi Edirne de bu kaydın gerçekleştiği 1985 Aralık Ayı'nda sadece NY=11.6 değerine ulaşabilmiştir. z değerlerinin kurak ve sulak evreleri SYİ'lere oranla daha şiddetli göstermesi genel durumu, incelenen bu son ayda da devam etmiştir. Edirne, NY İndeks sonucunda olduğu gibi SYİ tarafından da 1984 Aralık Ayı'nın en kurak noktası olarak belirlenmiştir. z değerleri ise z=-1.6 şiddetli kuraklık olayının Edirne'ye ek olarak 1984 Aralık Ayı'nda Uzunköprü'de de geçerli olduğuna dikkat çekmiştir. Yağış ve SYİ değerlerinin bazı istatistikleri bu kısımda yer alan çizelgelerin ifade ettikleri değerlerin görsel yorumuna katkı amacıyla aşağıda Şekil 8.14'te, Şekil 8.15'te verilmiştir. NY ve z indeks değerleri için elde edilen grafikler de Ek Şekil A.17 ve Ek Şekil A.18'de sunulmuştur.



Şekil 8.14 : Aylık ortalama yağışların ortalama, minimum ve maksimum değerleri.



Şekil 8.15 : SYİ değerlerinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri.

8.1.1 İndeksler arası korelasyon analizi

Çalışmada hesaplanan kuraklık indekslerinin birbirleri ile ilişkileri, yağış verisi kullanılan her istasyon için araştırılmıştır. Sonuçta doğrusal ilişkinin varlığı konusunda aşağıdaki Çizelge 8.15 elde edilmiştir.

Çizelge 8.15 : Kuraklık indeksleri arasındaki doğrusal ilişki katsayıları.

	r^2 (NY-z)	r^2 (NY-SYİ)	r^2 (z-SYİ)
Çorlu	0,90	0,61	0,60
Edirne	0,94	0,69	0,67
Çanakkale	0,80	0,28	0,32
Kırklareli	0,92	0,63	0,63
Lüleburgaz	0,93	0,56	0,53
Tekirdağ	0,90	0,56	0,53
Uzunköprü	0,91	0,55	0,55

Özellikle NY-z ilişkisinin dikkat çekici seviyede olduğu, Çizelge 8.15'te görülmektedir. Genel olarak tüm ilişkiler Edirne'de en yüksek iken, Çanakkale'de tam tersi durum söz konusudur. Büyükten küçüğe ilişkiler ele alındığında, yüksek ilişki kombinasyonlarının genelde NY parametresini içerdiği, düşük r^2 değerlerinin ise çoğunda SYİ'nin mevcut olduğu gözlenmiştir (Çizelge 8.15).

9. BÜYÜME DERECE GÜN DEĞERLERİNİN ANALİZİ

Sıcaklık ile bitki gelişimi arasındaki ilişkiye dayanan ve tez çalışmasının amaçları arasında yer alan BDG, bitkinin içinde bulunduğu fenolojik aşamaların başlangıç ve bitiş tarihleri için ölçü olabilmektedir. BDG değerleri, dolaylı olarak verim tahmini ve iklim değişimi ile ilgili çalışmalar için de bilgilendiricidir. Bu çalışmada BDG hesabında model çalışmasında incelenen buğday ve çeltik bitkilerinin yanı sıra özellikle Edirne'de geniş arazilerde ekilen ayçiçeği bitkisi de BDG hesaplarına dahil edilmiştir. Taban sıcaklık seçimi için öncelikle Trakya Bölgesi için bugüne kadar yapılmış olabilecek çalışmaların varlığı araştırılmış, literatürde bu tür çalışmalara ulaşılamamasının ardından hesaplar, çeşitli kültür tipleri için dünyada yapılan çalışmalarda kullanılan taban sıcaklık değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Ardından bölgedeki meteoroloji istasyonundan alınan günlük sıcaklık verilerinin 30 yıllık ortalamaları hesaplanmış ve bitkilerin belirlenen taban sıcaklık değerleri için gelişme aşamaları boyunca kazandığı BDG miktarları hesaplanmıştır. Gelişme aşamalarının gerçekleşme tarihi de, yine bölgenin uzun yıllık fenolojik kayıtlarının ortalaması hesaplanarak elde edilmiştir.

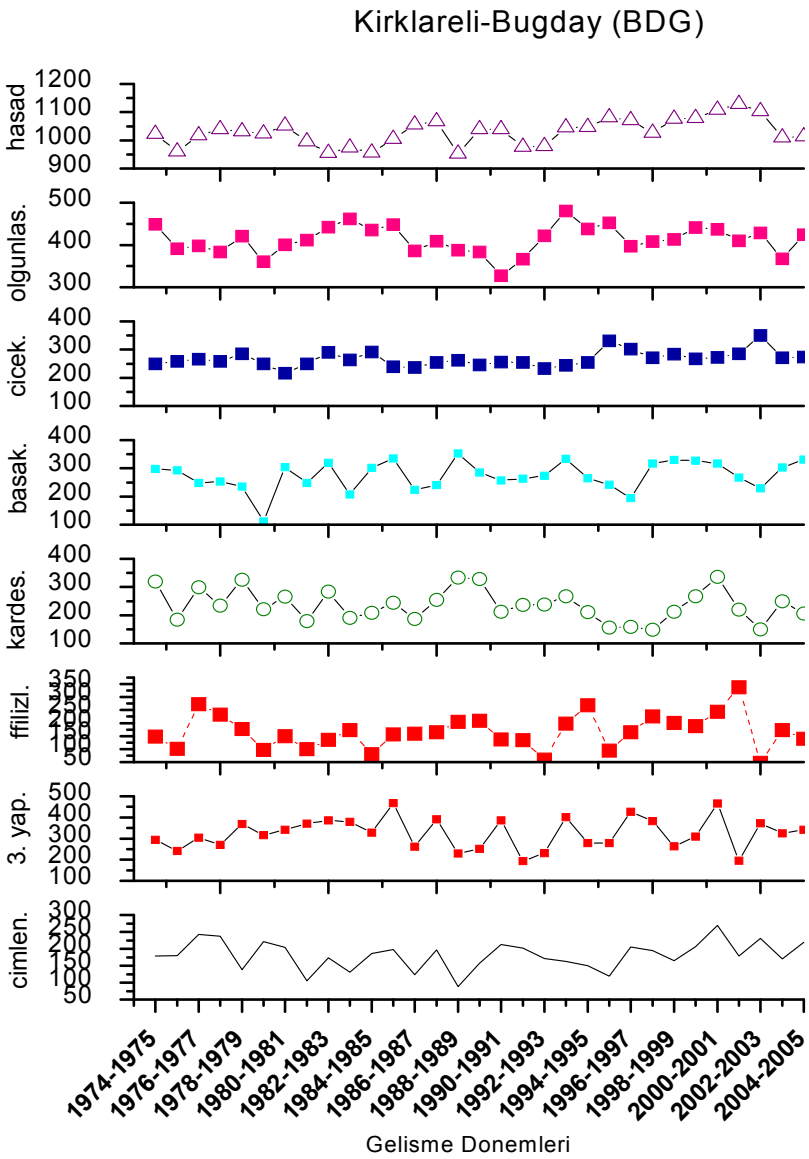
Kırklareli'nde buğdayın ortalama gelişme dönemi 261 gün sürmektedir. Ortalama en kısa gelişme aşamasının 17 gün ile çiçeklenmeye ait olduğu, en uzun aşamanın ise 70 gün ile 3. yaprak için gerçekleştiği Çizelge 4.1'de görülmektedir. Gelişme dönemi toplamda 252 gün süren Tekirdağ'da çiçeklenme aşaması ortalama 11 günde tamamlanırken, bitkinin 3. Yaprak aşamasına geçiş için ihtiyaç duyduğu süre, 111 günü bulmaktadır. Edirne'de kışlık buğday hasad aşamasına geçiş için olgunluktan sonra 16 güne ihtiyaç duyarken, başaklanma aşaması ortalama 71 güne uzanmaktadır.

9.1 Buğday'ın BDG Değerleri

Hesaplamalarda kışlık buğday için literatürde en çok dikkate alınan T_{baz}=0°C kullanılmıştır (Rawson ve Macpherson, 2000; Curtin ve Fraser, 2003; Ball ve diğ., 2004). İncelenen tüm bitkiler için alternatif olarak literatürde en çok tercih edilen

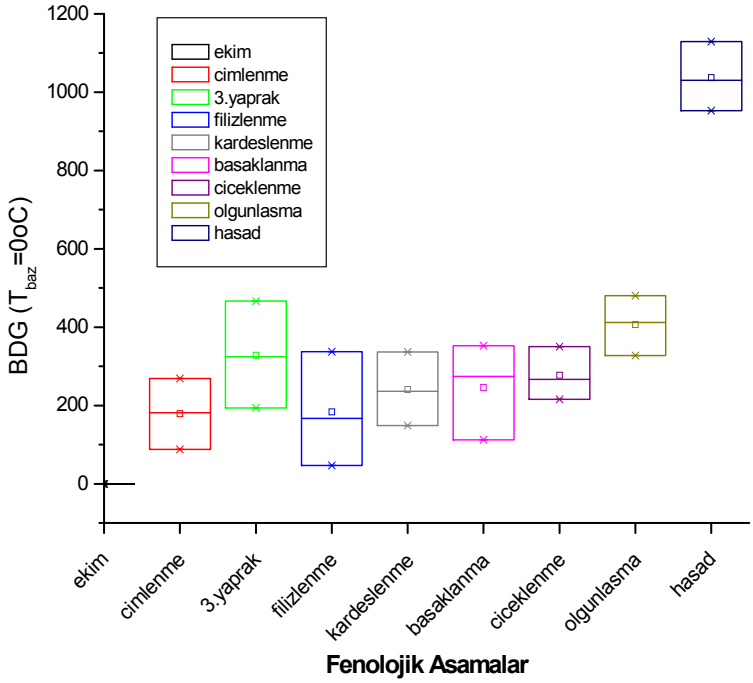
ikinci bir T_{baz} değeri de ayrıca incelenmiştir. Kışlık buğday için bu, T_{baz}=3°C olarak belirlenmiştir (Rao ve diğ., 2000). Ayrıntılı yorumlama, en çok kullanılan taban sıcaklık için gerçekleştirilmiş, alternatif T_{baz} değerleri de ek şekillerde sunulmuştur

Kırklareli'nde kışlık buğdayın gelişme dönemi boyunca kazandığı BDG değeri toplam 2892.5 olmuştur. Ekim aşamasından sonraki 8 aşamaya düşen ortalama BDG değeri 361.6, günlük ortalama BDG ise 11.1 olmuştur. Aşağıdaki Şekil 9.1, BDG değerlerinin 31 yıllık ortalama seyrini 0°C taban sıcaklığı için Kırklareli kışlık buğdayı açısından göstermektedir.



Şekil 9.1 : BDG değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Kırklareli).

Şekil 9.1 incelendiğinde, artan gün uzunluğu süresine bağlı olarak yükselen ortalama sıcaklıkların, ilerleyen gelişme aşamalarında BDG değerlerinin de artmasına neden olduğu anlaşılmaktadır. Buğdayın en büyük BDG değerlerini kazandığı dönem ise, 45 gün süren hasat olgunluğu aşaması olmuştur (BDG=1030). Hasad olgunluğu döneminde artan ortalama sıcaklıklarla birlikte bitkinin günlük ortalama BDG kazanımı 23.1 ile tüm gelişme aşamaları arasında en yüksek seviyede seyretmiştir. En küçük BDG değerleri ise, ortalama sıcaklıkların daha düşük olduğu ve kısa süren filizlenme aşamasında görülmüştür (BDG=166.9). Bu dönemde bitkinin günlük BDG kazanımı da ortalama 4.6 ile sınırlı kalmıştır. Kardeşlenmeden başlayarak kışlık buğdayın günlük ortalama BDG kazanımları, birbirini izleyen gelişme aşamaları boyunca istikrarlı artışlar göstermiştir. Gelişme dönemlerinin 1975-2005 arasındaki bazı istatistikleri, aşağıdaki Şekil 9.2'de görülebilir ve Çizelge 9.1'de incelenebilir.

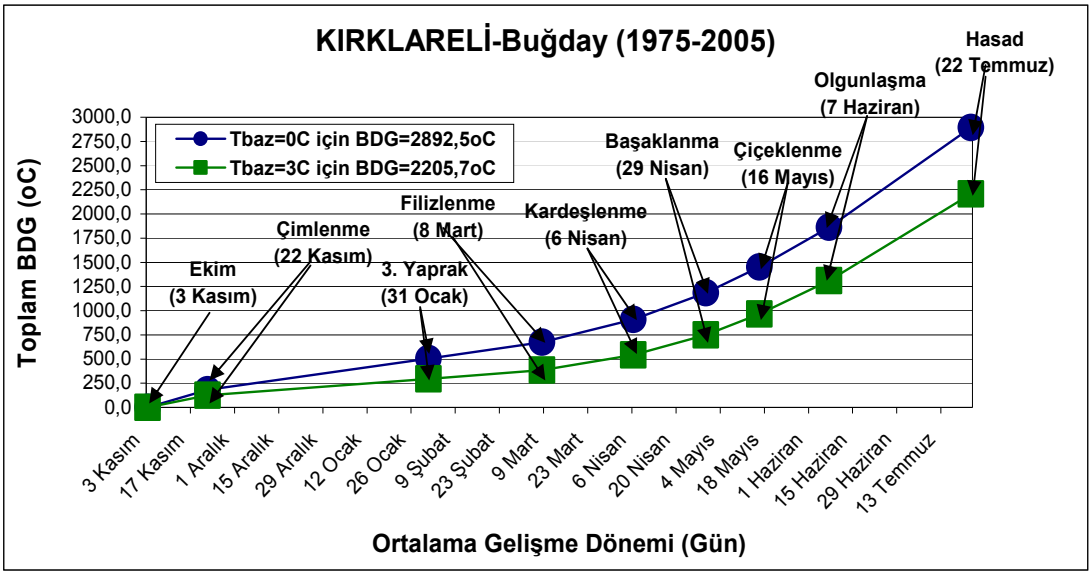


Şekil 9.2 : Taban sıcaklık (T_{baz}=0°C) için Kırklareli'nde kışlık buğdayın BDG istatistikleri.

Çizelge 9.1 : Kırklareli-Buğday İçin 1975-2005 arası dönemin BDG istatistikleri.

	çimlenme	3. yaprak	filizlenme	kardeşlenme	başaklanma	çiçeklenme	olgunlaşma	hasad
max	269.0	467.0	337.2	336.8	352.5	350.7	480.2	1128.9
min	87.9	193.6	46.7	148.9	112.1	215.6	327.5	952.4
ort	181.3	324.4	166.9	236.4	274.5	266.7	412.3	1030.0

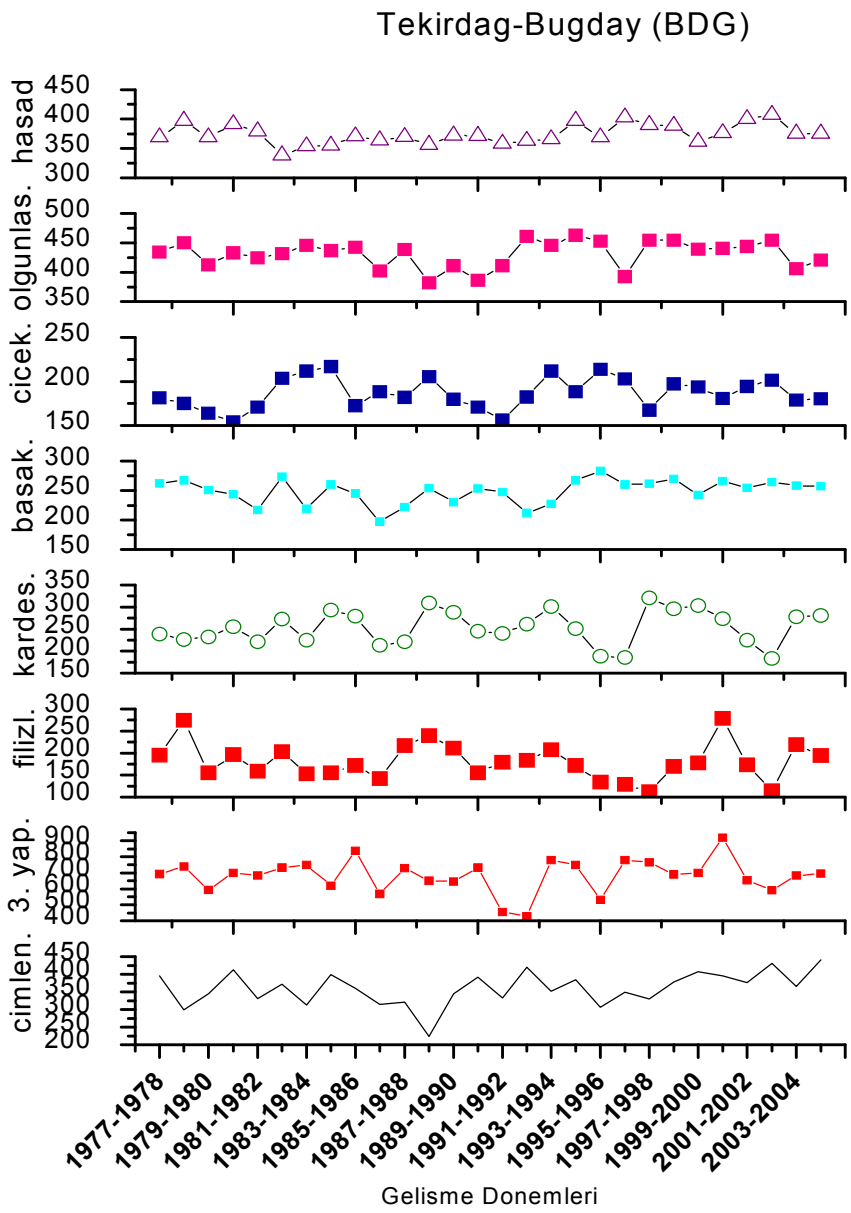
Son olarak aşağıdaki Şekil 9.3, her iki taban sıcaklık (T_{baz}=0°C ve T_{baz}=3°C) için gelişme dönemlerinin ortaya koyduğu genel ortalama durumu Kırklareli kışlık buğdayı için sergilemektedir.



Şekil 9.3 : Kırklareli-Buğday için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=0°C ve T_{baz}=3°C).

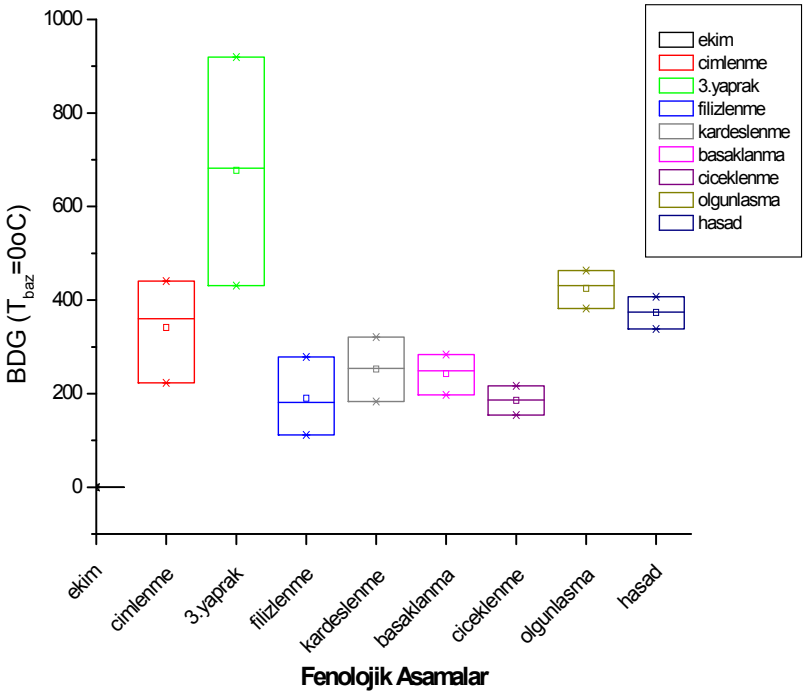
Şekil 9.3 incelendiğinde, T_{baz} değerindeki yükseltimin, doğal olarak BDG değerlerinde düşme ile neticeleneceği anlaşılmaktadır. Gelişme dönemleri boyunca T_{baz}=0°C uygulamasının ortalama BDG'ler bakımından T_{baz}=3°C uygulamasına oranı, 1.6 olarak hesaplanmıştır. Hasad aşamasında ulaşılan toplam BDG'lerin birbirine oranı ise 1.3 olarak gerçekleşmiştir. Alternatif taban sıcaklığına ait BDG zaman serisi ve istatistikleri, sırasıyla Ek Şekil A.19 ve Ek Şekil A.20'de verilmiştir.

Tekirdağ'da kışlık buğdayın gelişme döneminin tamamı için ulaştığı toplam BDG değeri 1975-2005 ortalaması için 2718.7 (T_{baz}=0°C) olmuştur. Gelişme dönemi boyunca gün başına düşen ortalama BDG değeri de 10.8 olarak elde edilmiştir. Kırklareli'nde olduğu gibi Tekirdağ'da da kışlık buğdayın günlük ortalama BDG kazanımının en yüksek olduğu dönem olgunlaşma-hasad olgunluğu arasıdır (BDG=21.3). Aşağıdaki Şekil 9.4, gelişme aşamalarının incelenen 29 yıllık dönem boyunca meydana getirdiği BDG seyirlerini, Tekirdağ kışlık buğdayı için içermektedir (T_{baz}=0°C).



Şekil 9.4 : BDG değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Tekirdağ).

En az günlük ortalama BDG kazanımı ile tamamlanan aşama ise 6.1 ile çimlenme-3. yaprak arasıdır. Tekirdağ'da kışlık buğdayın Kırklareli'ndeki davranışına bir başka benzerliği de, kardeşlenme aşamasından başlayarak sürekli artan gün başına ortalama BDG değerleridir. En büyük ortalama BDG kazanımı, çiçeklenme-olgunlaşma arasında kaydedilmiştir (BDG=431.2). Gelişme dönemlerinin 1975-2005 arasındaki bazı istatistikleri, aşağıdaki Şekil 9.5'te görülebilir ve Çizelge 9.2'de incelenebilir (T_{baz}=0°C).

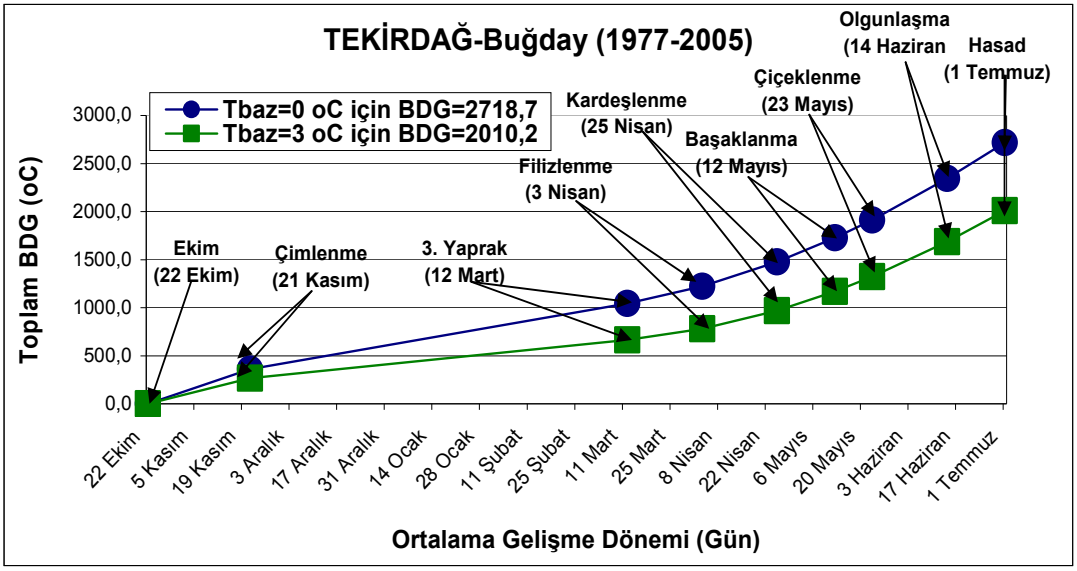


Şekil 9.5 : Taban sıcaklık (T_{baz}=0°C) için Tekirdağ'da kışlık buğdayın BDG istatistikleri.

Çizelge 9.2 : Tekirdağ-Buğday İçin 1977-2005 arası dönemin BDG istatistikleri.

	çimlenme	3. yaprak	filizlenme	kardeşlenme	başaklanma	çiçeklenme	olgunlaşma	hasad
max	440.4	919.4	278.7	321.1	283.6	216.9	462.9	407.4
min	223.2	431.2	111.7	183.4	197.4	154.4	381.8	338.4
ort	360.4	682.1	181.1	254.0	249.0	186.6	431.2	374.5

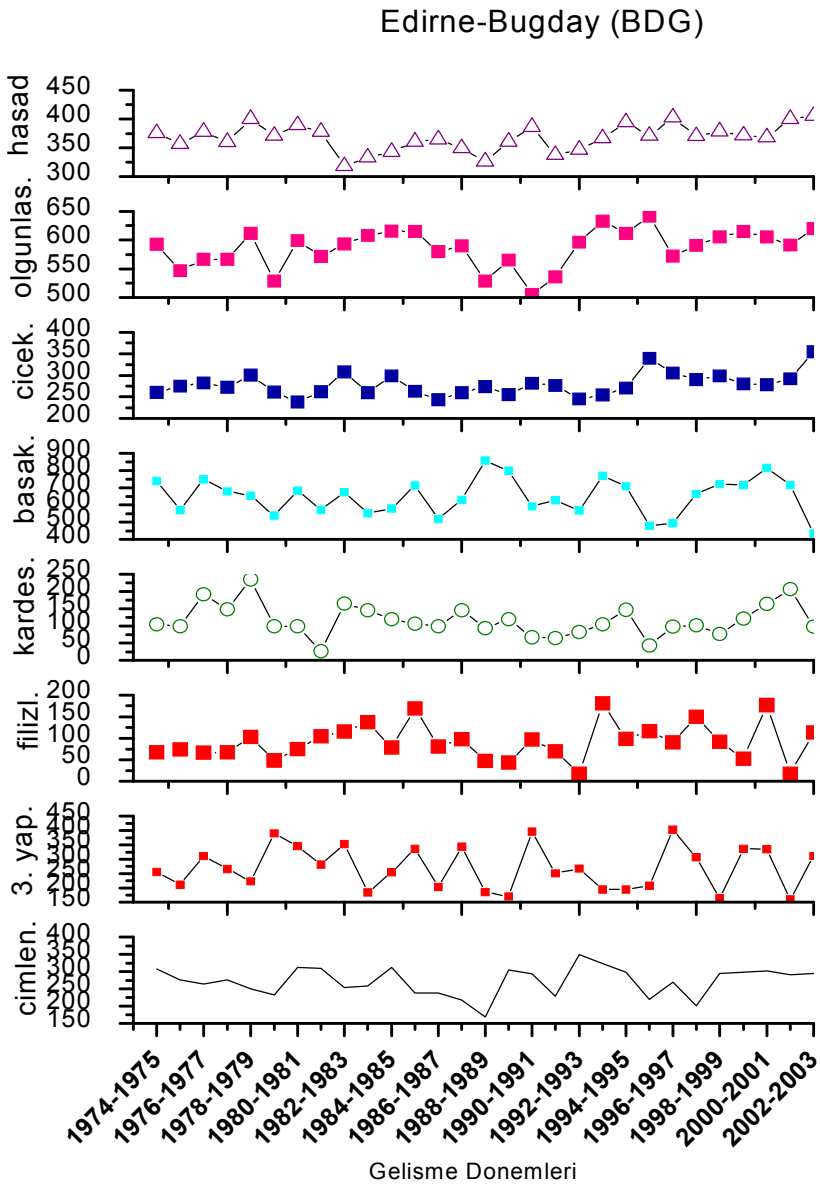
Aşağıdaki Şekil 9.6'da görüldüğü gibi buğday bu taban sıcaklıkta çimlenebilmek için toplam 360.4 BDG'ye ihtiyaç duymaktadır. Aynı şekilde, bitkinin T_{baz}=3°C durumu için ortaya koyduğu BDG diyagramı da yer almaktadır. BDG parametresinin 3. yaprak ve filizlenme için alması gereken toplam değerler sırası ile 682.1 ve 181.1 olarak hesaplanmıştır. Kardeşlenme için 254, başaklanma için 249 olan BDG; çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat olgunluğu aşamalarının gerçekleşebilmesi için ise sırasıyla 186.6, 431.2 ve 374.5 olmuştur (Şekil 9.5, Şekil 9.6, Çizelge 9.2).



Şekil 9.6 : Tekirdağ-Buğday için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=0°C ve T_{baz}=3°C)

Çizelge 9.2'de görülen değerler, Kırklareli kışlık buğdayının aynı amaçla elde edilmiş Çizelge 9.1 değerleri ile karşılaştırıldığında, çimlenme aşamasına geçilmesi için gerekli BDG toplamının Tekirdağ'da Kırklareli İlininkine oranla yüksek olduğu dikkat çekmiştir. Ortalama gelişme dönemi uzunluğu bakımından Kırklareli'nin gerisinde olan Tekirdağ için bu durum dikkat çekicidir. Buna karşın, olgunlaşma-hasad olgunluğu arası dönemi Tekirdağ'a nazaran uzun tamamlayan Kırklareli kışlık buğdayı bu dönemde Tekirdağ buğdayının elde ettiği toplam BDG'nin 2.8 katına ulaşarak, gelişme döneminin toplamında daha yüksek toplam BDG değeriyle temsil edilmiştir. T_{baz}=3°C uygulamasının istatistikleri, Ek Şekil A.21'de verilmiştir. Tekirdağ-Buğday için verilen istatistiklerin görsel yorumu da Ek Şekil A.22'de ayrıca incelenebilir.

Edirne'de kışlık buğday, gelişme dönemi (ortalama 255 gün) boyunca 0^oC taban sıcaklığı için toplam 2638.8 BDG değerine ulaşmıştır. Bu değer, aynı taban sıcaklığı için Tekirdağ'da ulaşılan toplamın yaklaşık 80 BDG aşağısındadır. Kırklareli'nin toplamından ise 254 BDG geridedir. Gelişme aşamalarına paylaştırılmış ortalama BDG değeri Edirne'de 329.8 olmuştur. Günlük ortalama BDG de, 30 yıllık dönem için 10.3 şeklinde gerçekleşmiştir. Bitkinin olgunlaşma-hasad olgunluğu arası dönemi tamamlaması için 16 gün yeterli olurken bu süre kardeşlenme-başaklanma arası için 71 günü aşmıştır. Buğday, olgunlaşma ve hasat olgunluğu arasında 367.9 BDG kazanmıştır (Şekil 9.7, Çizelge 9.3). Bu değer, Tekirdağ için hesaplanan miktara yakınken, Kırklareli'ninkinin oldukça gerisindedir.

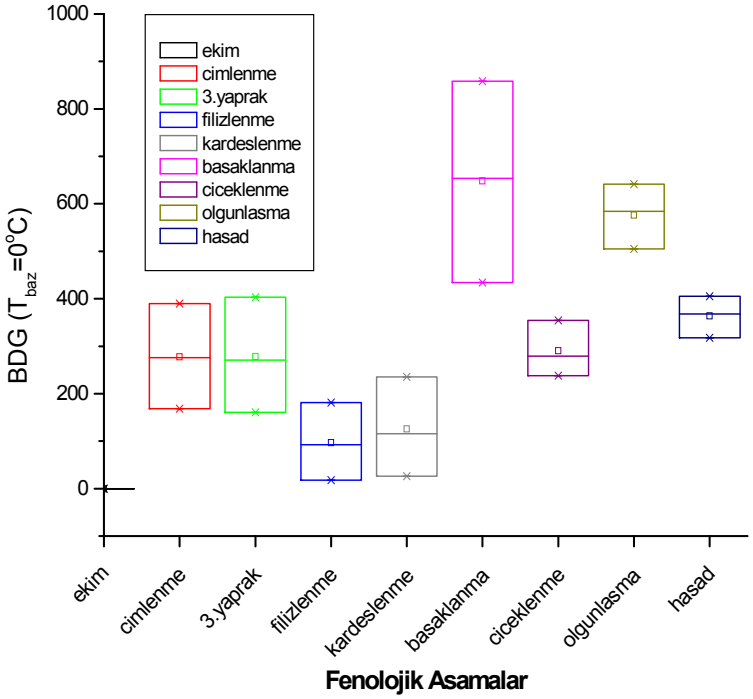


Şekil 9.7 : BDG değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Edirne).

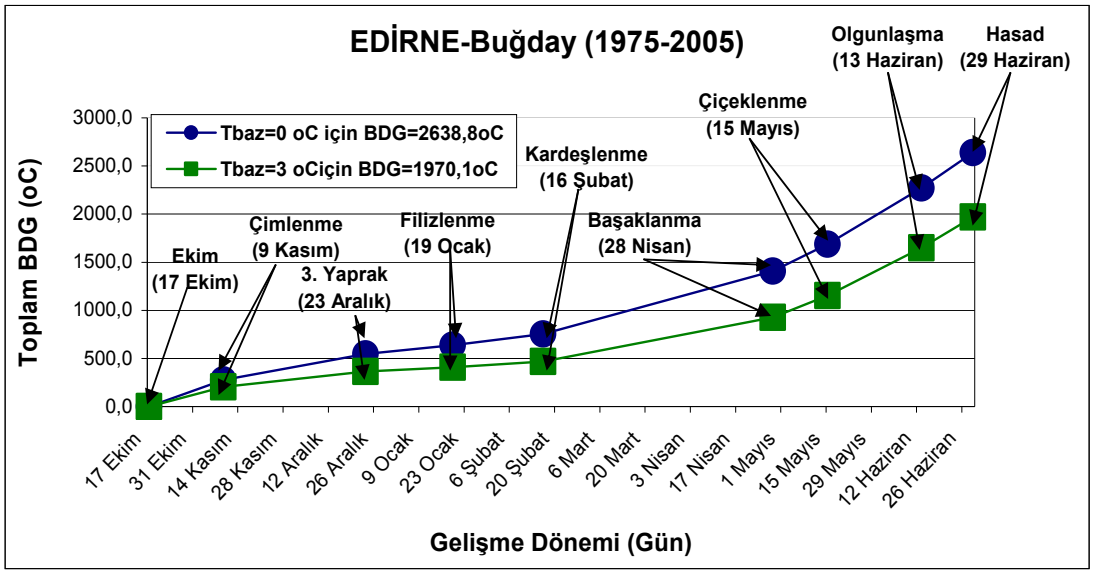
Çizelge 9.3 : Edirne-Buğday için 1975-2005 arası dönemin BDG istatistikleri.

	çimlenme	3. yaprak	filizlenme	kardeşlenme	başaklanma	çiçeklenme	olgunlaşma	hasad
max	389.7	403.3	181.4	235.4	858.2	354.6	641.4	405.5
min	168.3	160.6	17.6	26.2	434.5	238.0	504.9	318.0
ort	275.9	270.8	92.3	115.4	653.4	279.1	584.0	367.9

Edirne'de buğday gelişme dönemi Çizelge 9.3 ile aşağıdaki Şekil 9.8 ve Şekil 9.9 yardımıyla incelendiğinde, çimlenme aşaması için ortalama 275.9 BDG gerekirken bu değerin 3. yaprak için 270.8, filizlenme için ise 92.3 olduğu anlaşılmıştır. Buğday kardeşlenme için toplam 115.4 BDG'ye ihtiyaç duymuştur. Başaklanma, çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat için gereken toplam BDG değerleri ise sırasıyla 653.4, 279.1, 584 ve 367.9 olarak hesaplanmıştır. Buğday, olgunlaştıktan sonra hasat olgunluğuna varabilmek için günde ortalama 23.1 BDG'ye ihtiyaç duymuştur.



Şekil 9.8 : Taban sıcaklık (T_{baz}=0°C) için Edirne'de kışlık buğdayın BDG istatistikleri.



Şekil 9.9 : Edirne-Buğday için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=0°C ve T_{baz}=3°C)

Trakya Bölgesi'nde kışlık buğday gelişiminin incelendiği üç noktada BDG açısından atılan son adım, her gelişme aşaması için ekstrem istatistiklerin karşılaştırılması olmuştur. Sonuçta aşağıdaki Çizelge 9.4 elde edilmiştir.

Çizelge 9.4 : Trakya Bölgesi'nde kışlık buğday için gelişme dönemlerinin BDG ekstremleri.

	Maksimum BDG	**Minimum BDG**
Ekim	-	-
Çimlenme	440.4 (Tekirdağ; 2004-2005)	87.9 (Kırklareli; 1988-1989)
3. Yaprak	919.4 (Tekirdağ; 2000-2001)	160.6 (Edirne; 2001-2002)
Filizlenme	337.2 (Kırklareli; 2001-2002)	17.6 (Edirne; 2001-2002)
Kardeşlenme	336.8 (Kırklareli; 2000-2001)	26.2 (Edirne; 1981-1982)
Başaklanma	858.2 (Edirne, 1988-1989)	112.1 (Kırklareli; 1979-1980)
Çiçeklenme	354.6 (Edirne; 2002-2003)	154.4 (Tekirdağ; 1980-1981)
Olgunlaşma	641.4 (Edirne; 1995-1996)	327.5 (Kırklareli; 1990-1991)
Hasad	1128.9 (Kırklareli; 2001-2002)	318 (Edirne; 1982-1983)

Ortalama durumda BDG kazanımının en düşük gerçekleştiği aşamanın, kışlık buğday gelişiminin incelendiği her üç noktada da 3. yaprak-filizlenme arası olduğu görülmüştür. Maksimum BDG toplamına ulaşılan gelişme aşamaları ise üç noktada da farklıdır. Bu aşamalar Kırklareli'nde hasad olgunluğu (BDG=1030), Edirne'de başaklanma (BDG=653.4) ve Tekirdağ'da 3. Yaprak'tır (BDG=682.1).

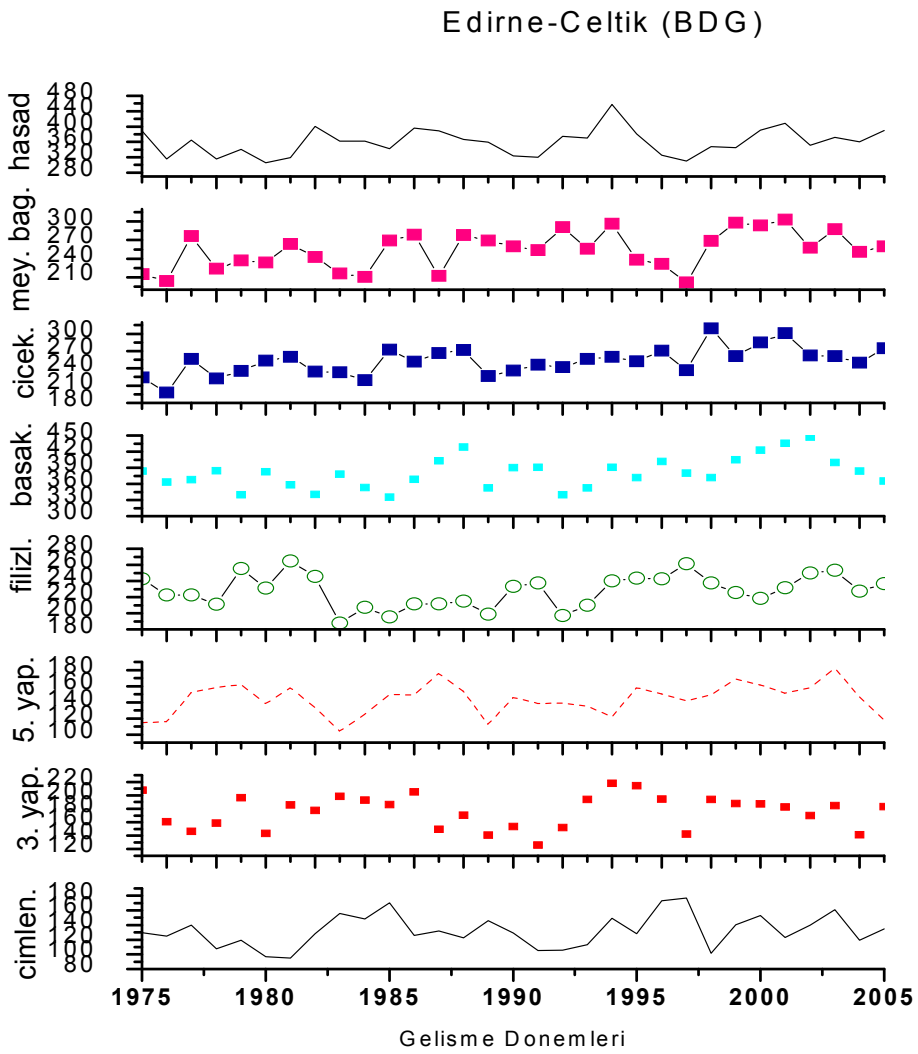
Trakya Bölgesi'nde kışlık buğday için yukarıda hesaplanan değerlerin Dünya üzerinde farklı bölgelerde yapılan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılması sonucunda geniş bir salınımın mevcut olduğu görülmüştür. Örneğin bu çalışmada T_{baz}=0°C için üç noktadan 30 yıl için elde edilen ortalama 2750 BDG değerine bir başka bölgede 3 yıllık bir inceleme sonunda ortalama 2500 BDG ile bu sefer T_{baz}=3°C için yaklaşılabilmektedir (Rao ve diğ., 2000). Böylece seçilen taban sıcaklığı kadar, ekilen kültürtiplerinin gelişme dönemleri boyunca sürekliliğinin ve ortalama durumu temsil etmesi amacıyla ele alınan zaman aralığının uzunluğunun da önemli birer faktör olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte söz konusu salınımın daralarak sonuçlardaki uyumun arttığı çalışmalar da literatürde mevcuttur. Örneğin

T_{baz}=0°C için ekim-çiçeklenme arası dönemin incelendiği bir çalışmanın sonuçları özellikle Kırklareli kışlık buğdayı için burada elde edilen sonuçlarla hemen hemen çakışmaktadır (Cook ve diğ., 1994). Söz konusu çalışmada elde edilen çimlenme için 180 BDG ve çiçeklenme için 1400 BDG toplamları, Kırklareli'nde aynı dönemler için sırasıyla 181.3 BDG ve 1450 BDG olarak hesaplanmıştır (Çizelge 9.1).

9.2 Çeltiğin BDG Değerleri

Trakya Bölgesi'nde özellikle Edirne'de geniş alanlarda yetiştirilen çeltik bitkisi için, bir önceki bölümde buğdaya yönelik yürütülen inceleme, yinelenmiştir. Taban sıcaklık seçiminde uluslararası literatürde en çok karşılaşılan T_{baz}=8°C'nin ortaya koyduğu durum ayrıntılı olarak incelenmiştir. T_{baz}=8°C değerinin dikkate alındığı taban sıcaklıklara verilebilecek çok sayıda çalışma arasından Sie ve diğ. (1998), Chantereau ve diğ. (2001) ve Sawano ve diğ. (2008) verilebilir. Literatürde T_{baz}=10°C için de çalışmaların bulunduğu göz önüne alınmıştır (Dingkuhn ve Ash, 1999; Zeng ve diğ., 2002; Zou ve diğ., 2004). Bu sebepten söz konusu taban sıcaklığa ait grafikler de Ek Şekil A.23 ile Ek Şekil A.24'te verilmiştir

Edirne-Çeltik için 1975-2005 arasına yönelik hesaplanan ortalama fenolojik aşamaların gerçekleşme tarihleri, daha önce Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Çizelge 4.2. incelendiğinde Edirne'de uzun yıllık ortalama çeltik gelişme döneminin 137 günü kapsadığı anlaşılmaktadır. Bu dönem gelişme aşamalarına paylaştırıldığında en büyük zaman aralığının ortalama yaklaşık 31 gün ile bitkinin meyve bağlamasından hasad aşamasına gelme dönemine ayrıldığı görülmektedir. En kısa gelişme dönemi de bitkinin 3. Yaprak aşamasından filizlenme aşamasına geçmesi için gereken 10 günlük süredir. Şekil 9.10, Edirne-Çeltik için BDG değişimini incelenen dönemler boyunca genel olarak göstermektedir.



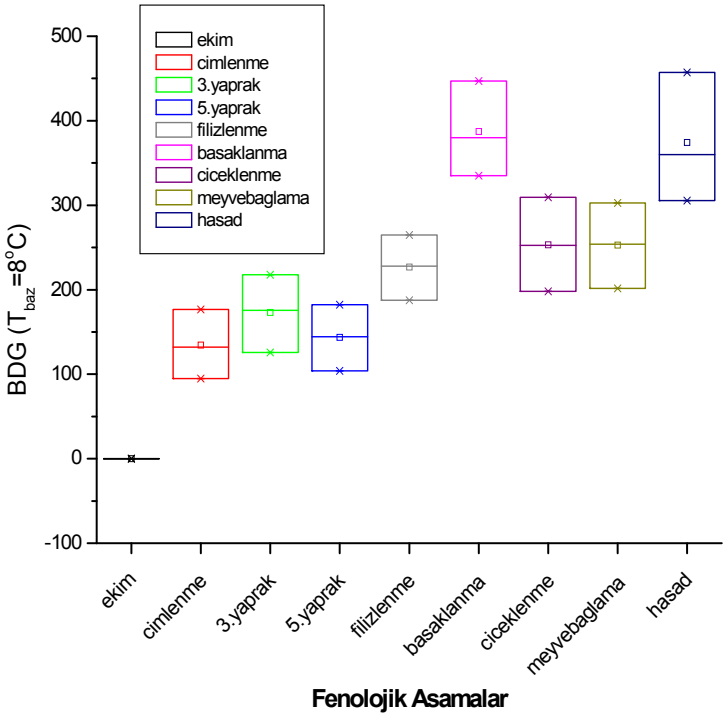
Şekil 9.10 : BDG Değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Edirne).

132.1, 175.5 ve 144.2, T_{baz}=8°C taban sıcaklık koşulunda çeltiğin sırasıyla çimlenmesi, 3. yaprağını oluşturması ve 5. Yaprağını oluşturması için gereken BDG toplamlarını temsil etmektedir. Bu değerler filizlenme için 228, başaklanma için 380.1, çiçeklenme için 252.5, meyve bağlama için 254 ve hasat olgunluğu için 360 BDG olarak belirlenmiştir. Gelişme dönemleri boyunca bitkinin çimlenebilmesi için günlük ortalama 9.9 BDG (minimum) yeterli olurken bu ihtiyaç başaklanma döneminde 16.9'a (maksimum) yükselmektedir. Gelişme dönemlerinin ortalama maksimum ve minimum BDG istatistikleri, aşağıdaki Çizelge 9.5'te sunulmuştur.

Çizelge 9.5 : Edirne-Çeltik için 1975-2005 arası dönemlerin BDG istatistikleri.

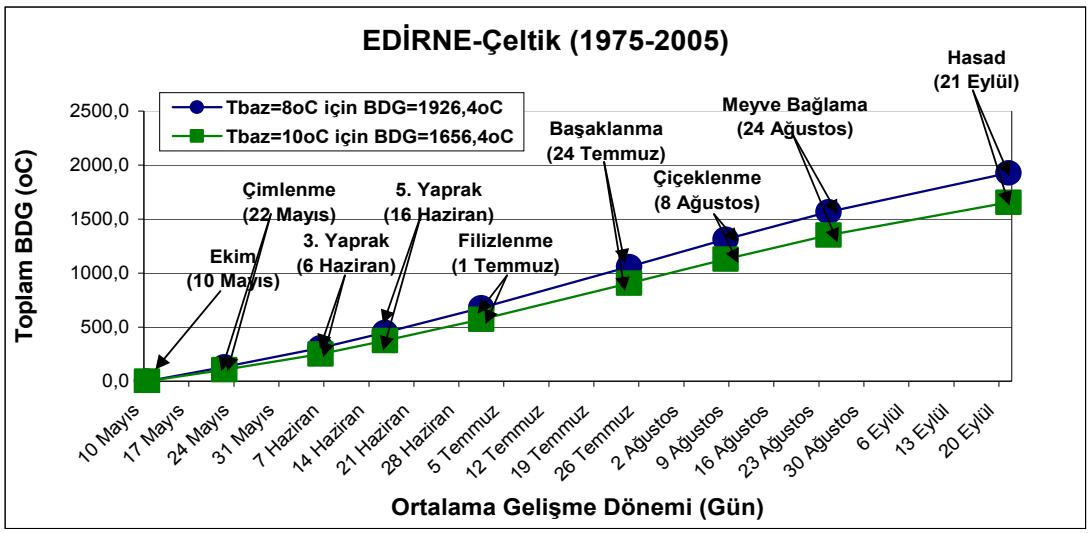
	çimlenme	3. yaprak	5. yaprak	filizlenme	başaklanma	çiçeklenme	meyve bağlama	hasad
max	176.8	217.9	182.3	264.6	447.0	309.5	302.7	457.3
min	94.8	125.8	104.0	187.7	334.9	197.9	201.5	305.6
ort	132.1	175.5	144.2	228.0	380.1	252.5	254.0	360.0

Bir gelişme aşamasından sonrakine geçiş için gerekli ortalama, maksimum ve minimum toplam BDG değerleri, Şekil 9.11'de verilmiştir.



Şekil 9.11 : Taban sıcaklık (T_{baz}=8°C) için Edirne'de çeltiğin BDG istatistikleri.

Çizelge 9.5, Şekil 9.11 ile birlikte incelendiğinde minimum sıcaklık toplamı (BDG=94.8) ile çimlenmenin 1981 yılında gerçekleştiği görülebilir. Meyve bağlamadan hasad aşamasına geçişte toplanan maksimum BDG (457.3) ise, 1994 yılı çeltik gelişme döneminde kaydedilmiştir. Ortalama gelişme dönemlerinin belirlenen iki taban sıcaklığı içerecek biçimde ele alındığı Şekil 9.12, aşağıdadır.



Şekil 9.12 : Edirne-Çeltik için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=8°C ve T_{baz}=10°C).

Çeltik, gelişimini T_{baz}=8°C durumunda 1926.4 BDG ile tamamlarken T_{baz}=10°C için bu değer 1656.4'e gerileyerek ilk değerin %90'ı ile temsil edilmektedir.

Edirne'de çeltik için elde edilen bu sonuçların Dünya'da yapılan benzer çalışmaların sonuçlarıyla uyuşabildiği görülmüştür. Örnek olarak T_{baz}=10°C için ekim ile çiçeklenmenin 30 gün öncesi arasındaki vejetatif dönemin toplam BDG değerlerinin incelendiği ve deniz seviyesinden farklı yüksekliklerde iki farklı kültürtipi için 386 BDG ile 521 BDG arası değerlerin ortaya çıktığı çalışma verilebilir (Dingkuhn ve Ash, 1999). Aynı dönemde Edirne-Çeltik için 425 BDG değeri hesaplanmıştır. Japonya'da yapılan araştırmaların sonuçları, çeltiğin enleme, mevsime ve kültürtipine bağlı olarak 5°C-15°C arasında değişen geniş bir taban sıcaklığı aralığına sahip olduğunu göstermiştir (Toriyama ve diğ., 1969). Genel olarak çeltiğin ortalama 25^{o}C sıcaklıkta gelişimini tamamlaması için ekim-hasad arası dönemde en az 2000 BDG'ye ihtiyacı olduğu belirlenmiştir (Yoshida, S., 1981). Edirne-Buğday için bu toplamın 8^{o}C taban sıcaklık için biraz altında kaldığı görülmektedir (Şekil 9.12). Bu durumun sebebi ise Edirne'de çeltik gelişme dönemi ortalama sıcaklığının da 25^{o}C'nin biraz altında (22.3^{o}C) seyretmesidir.

9.3 Ayçiçeğinin BDG Değerleri

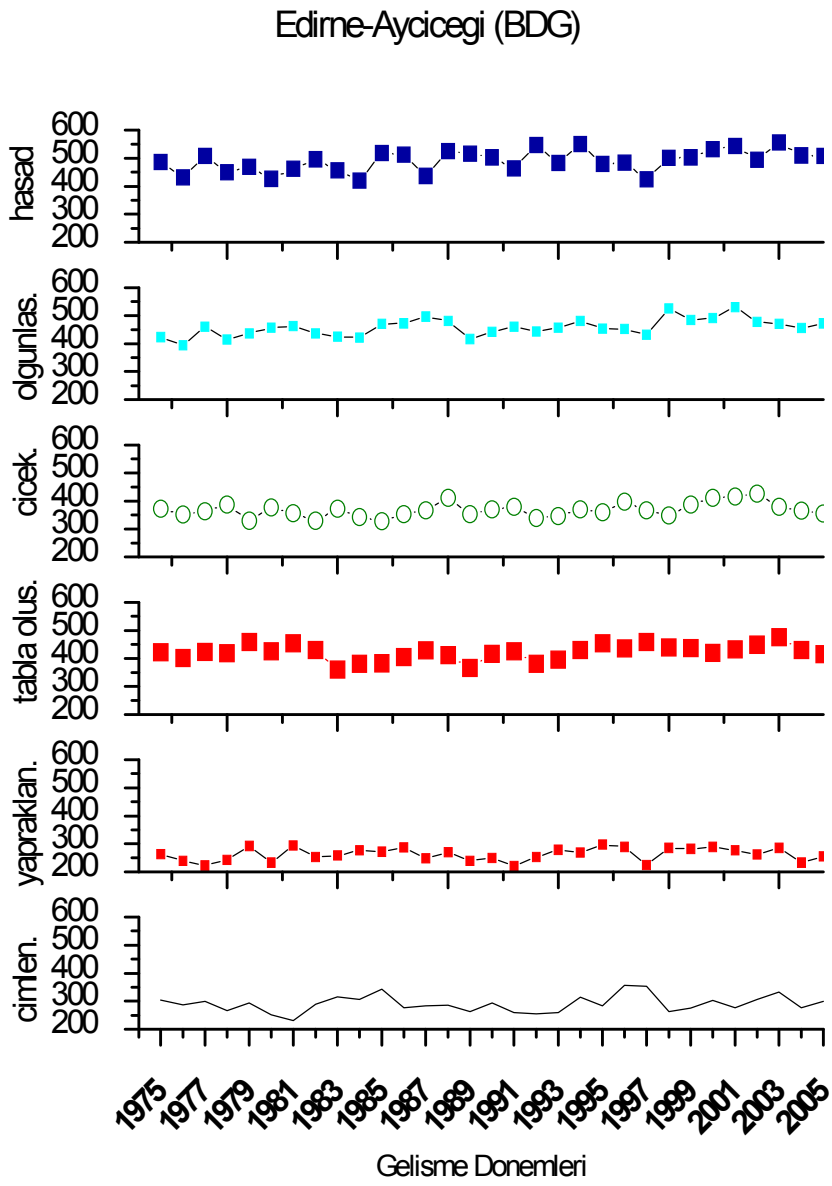
Ayçiçeği, Trakya Bölgesi'nde ekim alanları dikkate alınarak BDG analizlerine dahil edilmiştir. Yapılan ön araştırma, uluslararası literatürde ayçiçeğine yönelik çalışmaların taban sıcaklık olarak 4^{o}C değerinde yoğunlaştığını göstermiştir (Rodriguez ve ark. 1998; Villalobos ve Ritchie, 1992). Literatürde alternatif olarak sıkça rastlanan T_{baz}=6^{o}C değeri de ayçiçeği gelişimi için değerlendirilerek Ek Şekil A.25'te ve Ek Şekil A.26'da sunulmuştur. Aşağıdaki Çizelge 9.6, ayçiçeği gelişme aşamalarının ortalama gerçekleşme tarihlerini yansıtmaktadır.

Çizelge 9.6 : 1975-2005 gelişme dönemlerinde Trakya Bölgesi'nde (Edirne) ayçiçeği'nin fenolojik aşamaları.

	Ekim	**Çimlenme**	**Yapraklanma**	**Tabla Oluşumu**	**Çiçeklenme**	**Olgunlaşma**	**Hasad**
Edirne	5 Mayıs	25 Mayıs	10 Haziran	2 Temmuz	20 Temmuz	11 Ağustos	6 Eylül

Ayçiçeği, gelişimini Edirne'de 5 Mayıs-6 Eylül arasındaki yaklaşık 125 günde tamamlamaktadır (Çizelge 9.6). T_{baz}=4^{o}C için bitkinin çimlenmesi için ortalama

toplam 290.4 BDG gerekirken, yapraklanma 262.2, çiçek tablası oluşumu 420.9, çiçeklenme ise 368.1 BDG'ye ulaşıldığında meydana gelmiştir. 457.8 BDG toplamı ile olgunlaşan ayçiçeği, 490.3 BDG ile de hasad olgunluğu aşamasına varmıştır. Aşağıdaki Şekil 9.13, Edirne'de ayçiçeğinin ortalama gelişme dönemleri boyunca BDG durumunu göstermektedir.



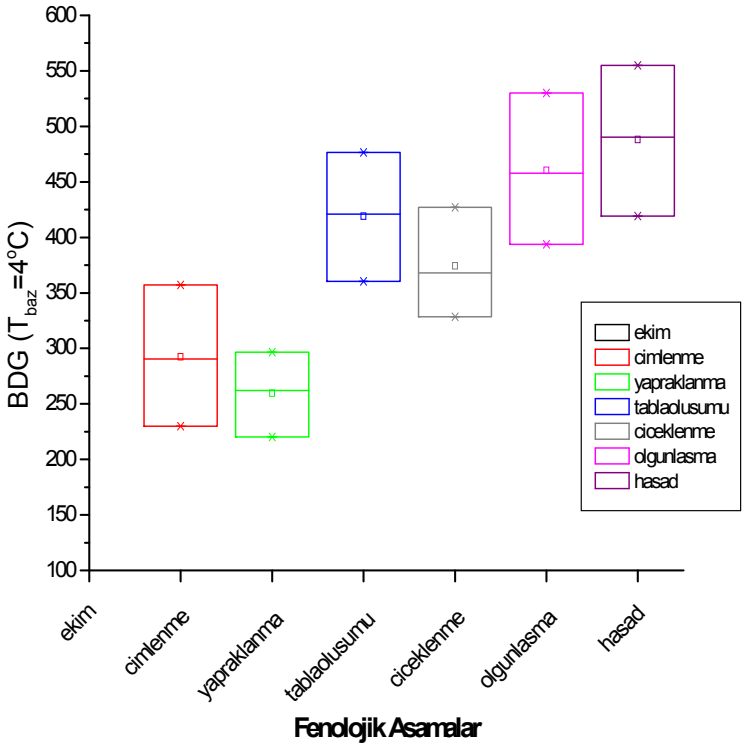
Şekil 9.13 : BDG değerlerinin fenolojik aşamalara bağlı ortalama seyri (Edirne).

Ayçiçeğinin gelişimi boyunca özellikle olgunlaşma ve hasad olgunluğu aşamalarına ulaşmak için yüksek BDG değerlerine ihtiyaç duyduğu, yukarıdaki şekillerden anlaşılmaktadır. Çimlenme-yapraklanma arasında ortalama 16 güne ihtiyaç duyan ayçiçeği, olgunlaşma ile hasad olgunluğu arasını ise yaklaşık 26 günde tamamlamaktadır. Gelişme dönemi boyunca gün başına düşen en az BDG değeri

ortalama 13.8 BDG/Gün (minimum) ile çimlenme aşamasına aittir. Bitki çiçeklenmeye başladıktan itibaren olgunlaşma aşamasına geçmek için ise 20.8 BDG/Gün'e (maksimum) ihtiyaç duymuştur. Çizelge 9.7, ve Şekil 9.14, Edirne'de ayçiçeği gelişme dönemlerinin bazı istatistiklerini içermektedir.

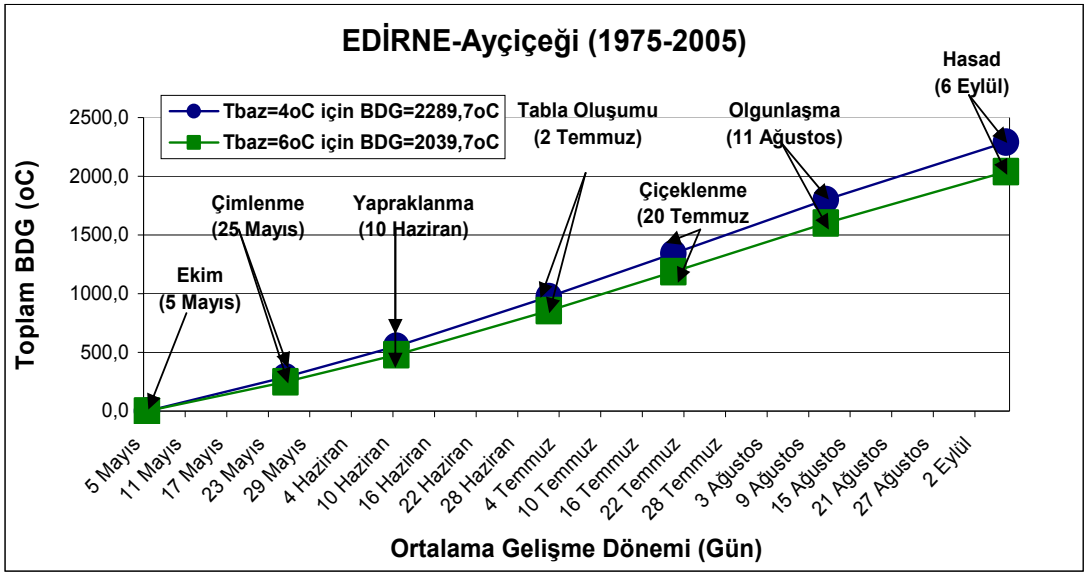
Çizelge 9.7 : Edirne-Ayçiçeği için 1975-2005 gelişme dönemlerinin BDG istatistikleri.

	çimlenme	yapraklanma	tabla oluş.	çiçeklenme	olgunlaşma	hasad
max	357.2	296.7	476.5	427.1	530.0	555.0
min	230.0	220.1	360.3	328.5	393.6	419.1
ort	290.4	262.2	420.9	368.1	457.8	490.3



Şekil 9.14 : Taban sıcaklık (T_{baz}=4°C) için Edirne'de ayçiçeğinin BDG istatistikleri.

Ekstrem düşük BDG kazanımının (220.1) meydana geldiği yapraklanma aşaması, 1991 yılına aittir. Tersi durum ise 2003 yılı ayçiçeği hasad aşaması için BDG=555 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 9.7, Şekil 9.14). Son olarak sunulan aşağıdaki Şekil 9.15, T_{baz}=4°C için ve alternatif taban sıcaklık olan T_{baz}=6°C için Edirne-Ayçiçeği'ne ait uzun yıllık ortalama durumu temsil etmektedir.



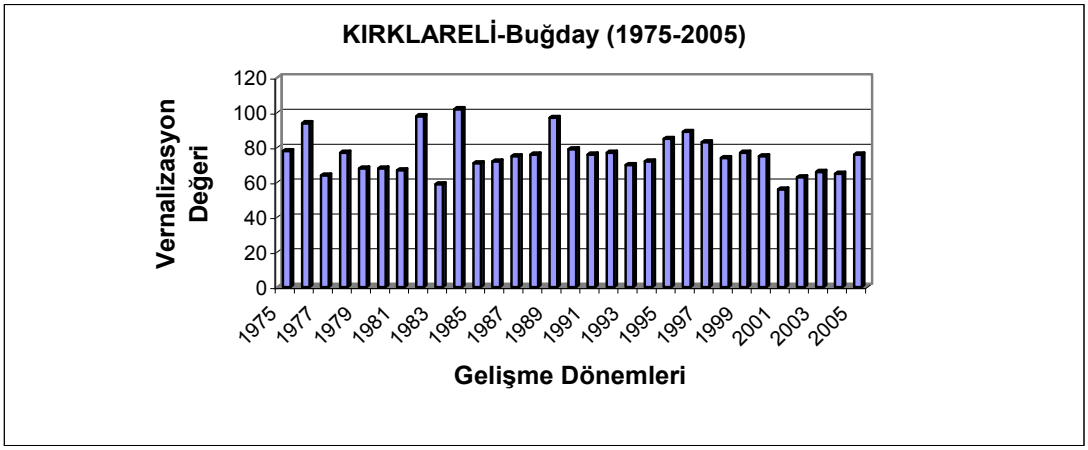
Şekil 9.15 : Edirne-Ayçiçeği için uzun yıllık BDG seyirleri (T_{baz}=4°C ve T_{baz}=6°C).

2039.7'lik toplam BDG değeri T_{baz}=6°C için elde edilmiş olup, söz konusu toplam, T_{baz}=4°C için hesaplanan 2289.7'lik toplamın %89'una karşılık gelmektedir. Elde edilen sonuçlar Dünya'da yapılan benzer araştırma sonuçları ile karşılaştırıldığında, daha önce buğday ve çeltik için saptanan kültürtipine, ekim zamanına ve bölgeye bağımlılık özelliklerinin ayçiçeği için de geçerli olduğu görülmüştür. Yapılan karşılaştırmalarda burada incelenen ortalama koşullardaki ayçiçeğinin literatür sonuçları ile geniş çerçevede uyuştuğu belirlenmiştir. Örneğin T_{baz}=6°C için farklı bölgelerde 6 farklı kültürtipi için yapılan bir çalışma, söz konusu dönemde BDG toplamlarının 833 ile 1196 arasında değiştiğini göstermiştir (Leon ve diğ., 2001). Edirne-ayçiçeği için uzun yıllık ortalama BDG ise ilgili dönem için 939.3 olup, bu aralıkta yer almaktadır.

9.4 Buğday için Vernalizasyon Hesabı

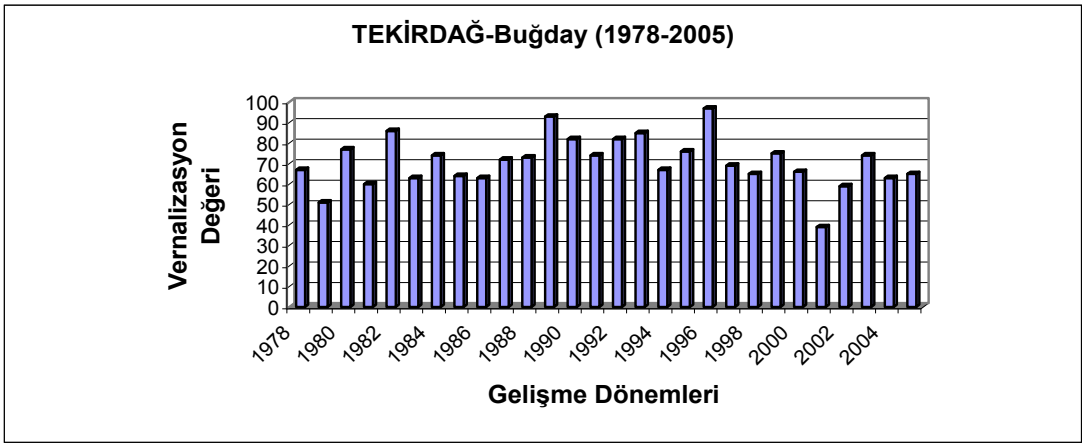
Vernalizasyon, bazı bitkilerin erken gelişme aşamalarında düşük sıcaklıklara maruz kalma ihtiyacı olup, kışlık buğday için de gerekli bir aşamadır. Özellikle ekim ile çiçeklenme arasında vernalizasyonun gerçekleşmesi önemlidir. Çiçeklenme aşamasının başlaması ve hızlı ilerlemesi büyük ölçüde vernalizasyona bağlıdır. Vernalizasyon çiçeklenmeyi, dolayısı ile de vejetatif dönemden generatif döneme geçişi dolaylı olarak önceden idare etmektedir. Bu çalışmada da incelenen kışlık buğdayın Kırklareli, Tekirdağ ve Edirne için vernalizasyon özellikleri, BDG değerlerine uygulandığı gibi otuzar yıllık dönemler için hesaplanmış ve ortaya

konmuştur. Konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, kışlık buğdayın Türkiye'de 0^oC ile 7^oC arasındaki sıcaklık değerlerinde vernalizasyona maruz kalabildiği belirlenmiştir. Aşağıdaki Şekil 9.16'da, Kırklareli için 30 yıllık dönemde vernalizasyonun seyri görülmektedir. Dikkate alınan zaman aralığı her gelişme dönemi için ekim ile çiçeklenme arası olmuştur (11 Kasım-16 Mayıs).



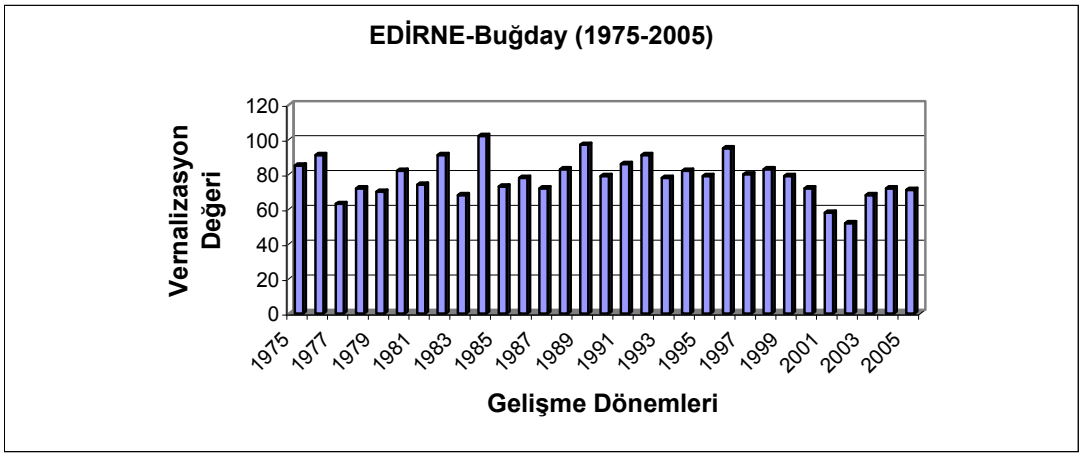
Şekil 9.16 : Kırklareli buğday vernalizasyon değerleri.

Vernalizasyonun 30 yıllık seyri incelendiğinde, 2000-2001 gelişme döneminde 56 vernalizasyon günü ile en az sayıda vernalizasyonlu gün yaşandığı anlaşılmıştır. En yüksek vernalizasyonlu gün sayısına ise 102 gün ile 1984 yılında ulaşıldığı, yine Şekil 9.16'da görülmektedir. 2001-2005 arası ayrıca incelendiğinde, vernalizasyonlu toplam gün sayısında belirgin bir azalma görülmektedir. Vernalizasyon hesabının Tekirdağ kışlık buğdayı için verdiği sonuçlar aşağıdaki Şekil 9.17'de sunulmuştur ($0^oC<T<7^oC$).



Şekil 9.17 : Tekirdağ'da buğday için hesaplanmış vernalizasyon değerleri.

Şekil 9.17'deki veriler ışığında, ele alınan dönem boyunca buğdayın ortalama toplam 71 vernalizasyonlu güne ihtiyaç duyduğu görülmüştür. 1978-2005 arasında buğday vernalizasyonunu en düşük 39 ile 2001 yılında gerçekleştirmiştir. Vernalizasyonun en yüksek değerle tamamlandığı yıl ise 1996 olmuştur (vernalizasyonlu gün sayısı=97). Son 10 yıllık dönemde buğdayın vernalizasyonunu tamamlamak için harcadığı gün sayısının 68'e düşmesi dikkat çekicidir. Vernalizasyon hesabının uygulandığı üçüncü bölge olan Edirne'de kışlık buğday için elde edilen sonuçlar aşağıdaki Şekil 9.18'de verilmiştir.



Şekil 9.18 : Edirne'de buğday için hesaplanmış vernalizasyon değerleri.

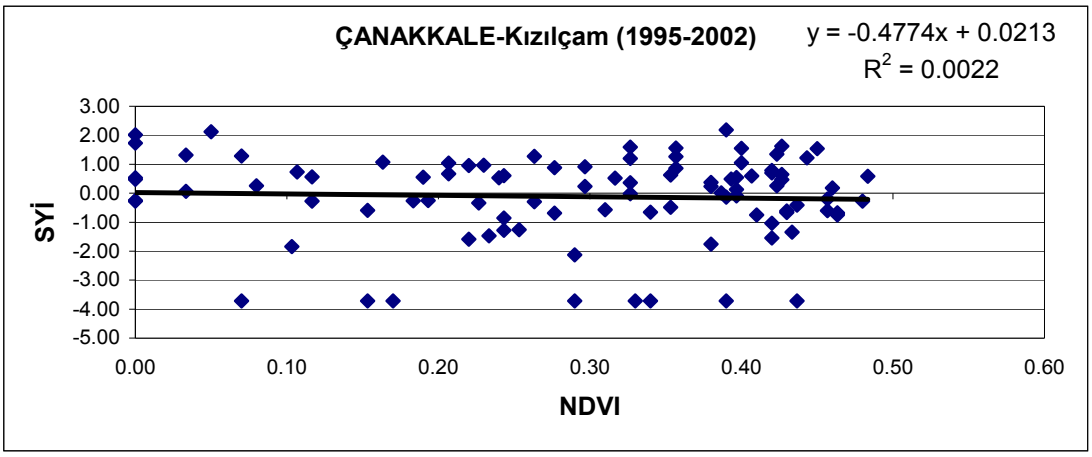
Yukarıdaki Şekil 9.18 incelendiğinde, buğdayın son 30 yıl boyunca ortalama toplam 78 günde vernalizasyonunu tamamladığı görülmüştür. Vernalizasyonun en düşük ve en yüksek sayıda gerçekleştiği yıllar sırasıyla 2002 ve 1984 olmuştur. 1984 yılında 102 olan toplam vernalizasyonlu gün sayısı 2002 de 52 değeri ile hemen hemen yarıya düşmüştür. Son 10 yılın buğday vernalizasyonu bakımından durumuna Edirne için bakıldığında 1996 senesinin, 95 günle bu zaman aralığının en yüksek vernalizasyon toplamına sahip olduğu görülmüştür. Ele alınan 3 ilde de buğdayın son 10 yıllık dönemde elde ettikleri vernalizasyonlu gün toplamları, 30 yıllık değerlerin altında çıkmıştır. Bu durum, son yıllarda kendini hissettiren küresel ısınma olgusunun varlığına da ayrıca işaret etmektedir.

10. NDVI-KURAKLIK İNDEKSİ İLİŞKİLERİ

10.1 NDVI-SYİ İlişkisinin İncelenmesi

Bu bölümde, bitki yüzeyinin yansıtma oranları ile bitkinin içinde bulunduğu olası kuraklık durumunu temsil eden indeks değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu amaçla, daha önce hesaplanan 3 tür indeks arasından SYİ seçilmiş ve karşılaştırmalı değerlendirmelerde kullanılmıştır. NDVI-SYİ ilişkisi öncelikle gelişme dönemlerinin tamamı boyunca dikkate alınmıştır.

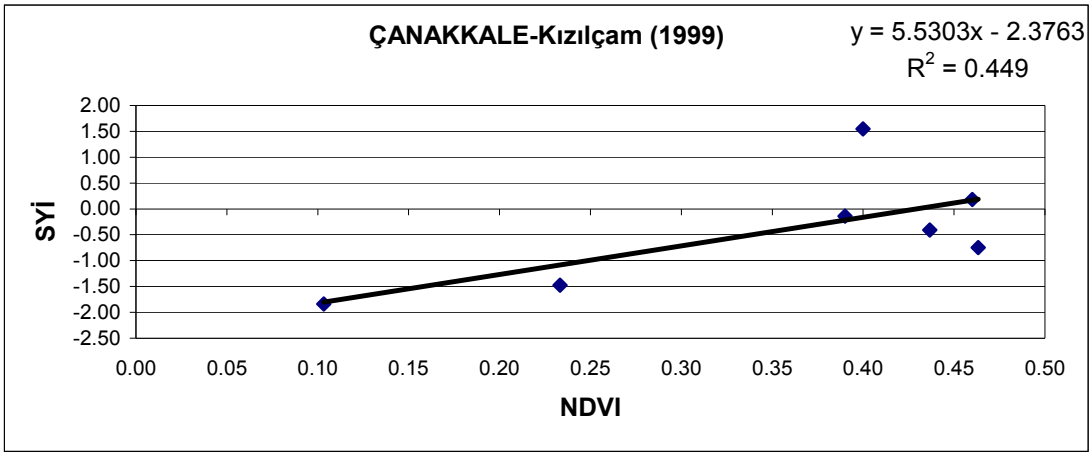
Seçilen orman alanlarından elde edilen NDVI verisinin, ilgili istasyonlar için hesaplanan SYİ değerleri ile karşılaştırılması, Çanakkale'de Kızılçam, Keşan'da Kayın ve Demirköy'de Meşe için gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki Şekil 10.1, ormanlık alanların NDVI-SYİ ilişkisine bir örnek teşkil etmektedir.



Şekil 10.1 : Çanakkale-kızılçam bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi.

Ormanlık alanlarda araştırılan söz konusu ilişkinin düşük olduğu, yukarıdaki Şekil 10.1'de görülmektedir. Olası ilişki için başka noktalara da bakılmış ve aynı sonuçla karşılaşılmıştır. Bitkilerin gelişmeye başladığı Mart ayından önceki aylarda NDVI verilerinin hem düşük olması hem de bulutluluk vb. sebeplerden yetersiz veri bu dönemde SYİ ile NDVI ilişkisinin kurulamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle NDVI-SYİ ilişkisi bitkinin gelişmeye başladığı Mart ayından itibaren Eylül ayına kadarki dönemde incelenmiştir. Bu durumda NDVI ile SYİ arasında aşağıdaki

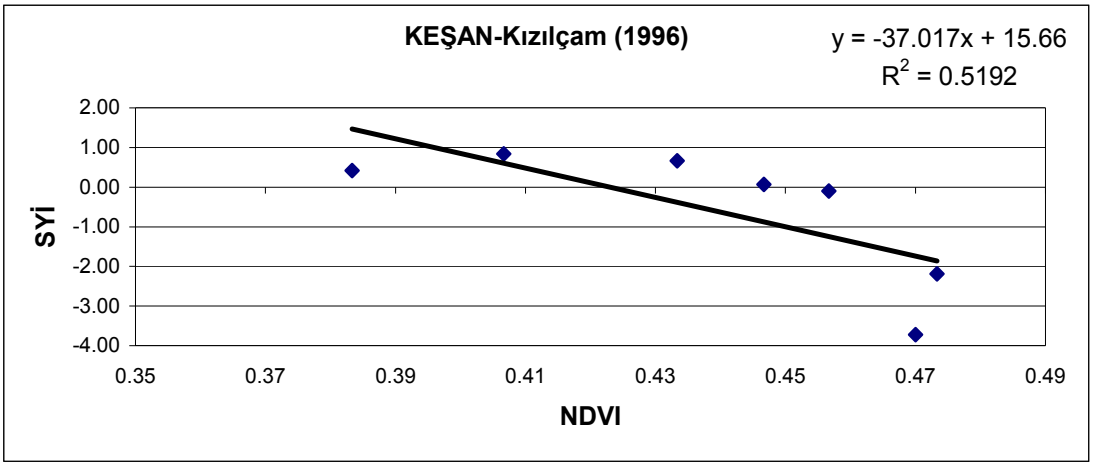
şekilde görüldüğü üzere Çanakkale'de (Eceabat) Kızılçam ormanında bazı yıllarda çok kuvvetli olmayan doğrusal ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 10.2).



Şekil 10.2 : Çanakkale-Kızılçam Bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi (1999).

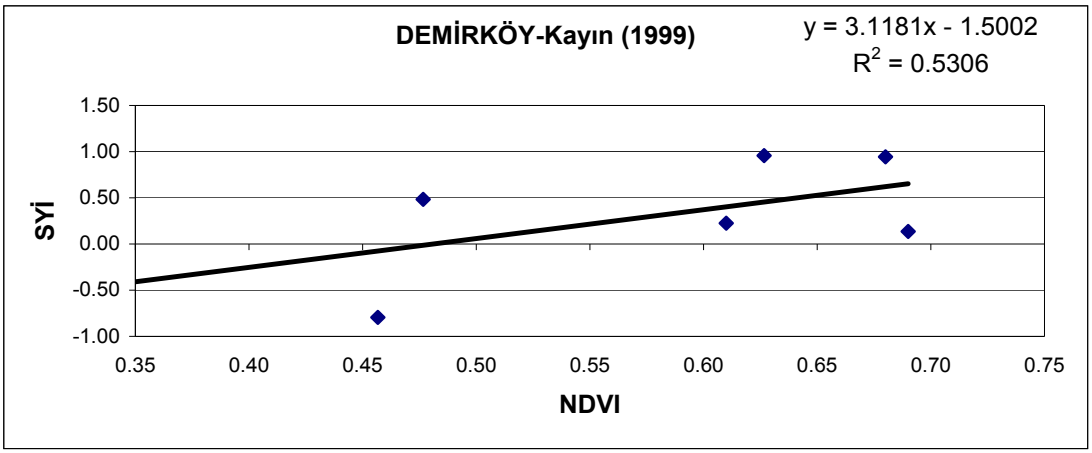
Yukarıdaki Şekil 10.2, 1995-2002 arası için elde edilen en yüksek SYİ-NDVI ilişkisini göstermekte olup, tek bir yılın incelenmesi durumunda ilişkinin artmakla birlikte yine de düşük kaldığını göstermektedir. Uydudan elde edilen görüntülerin sayısal veriye dönüştürüldüğü NDVI verisi üzerinde müteakip haftalardaki ekstremliklerin ve veri eksikliğinin bertaraf edilmesi amacıyla kayan ortalama yöntemi ile bir yumuşatma (smoothing) işleminin gerçekleştirilmesi, Dünya'da ilgili araştırmalarda izlenen bir yol olup, bu çalışmada da tercih edilmiştir. Sonuçta 8 yıl boyunca (1995-2002) her yıla ait haftalık verilerin maksimumları, aylık veri olarak ele alınıp "yumuşatılmış" tır. SYİ verisi ise, incelenen 30 yıl için hesaplanan indeks değerlerine karşılık gelmiştir. Ortaya çıkan düşük ilişkinin başta gelen sebebi, budur. Düşük ilişkinin bir sebebi de, Trakya Bölgesi'nde mümkün mertebe yoğun ve homojen arazi koordinatlarına sahip alanlardan derlenen NDVI verisinin doğal olarak negatif değerlere sahip olmaması, buna karşılık kurak dönemlerin SYİ değerlerinin negatife inebilmesidir. Ormanlık alan incelemesi yapılan Keşan-Kızılçam Bölgesi'nin SYİ-NDVI ilişkisine örnek, aşağıdaki Şekil 10.3'te verilmiştir. Dünya'da konuyla ilgili yapılan öteki çalışmalar incelenediğinde de SYİ ile NDVI arasında benzer ilişkiler bulunduğu görülmüştür. SYİ ile NDVI ilişkisinin zayıf çıkmasının ana sebebi, NDVI değerinin bitki yüzeyinin sadece ilgili yıldaki yansıtma değerlerini vermesi, SYİ değerlerinin ise ele alınan zaman aralığının geçmişteki verilerine de bağlı olmasıdır. Genel olarak 30 yıllık verilerin ortalama ve standart sapması

herhangi bir yıldaki ve aydaki SYİ değerini etkilerken; NDVI, önceki ve sonraki yılların NDVI değerlerinden bağımsız biçimde elde edilmektedir.



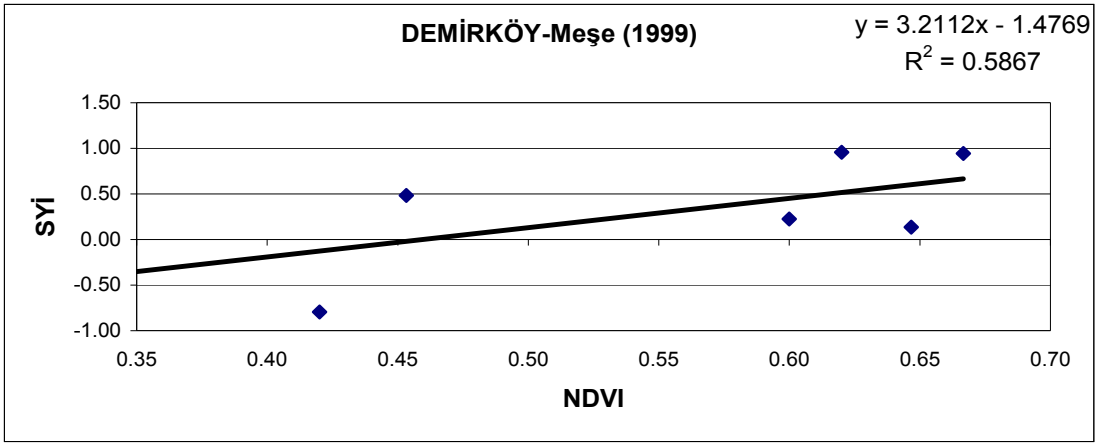
Şekil 10.3 : Keşan-Kızılçam bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi (1996).

Korelasyon katsayısının 1995-2002 arası için en yüksek sonucu verdiği dönem, 1996 (Mart-Eylül arası gelişme dönemi) olmuştur. Bu değere 1999 yılında aynı aylar arasında r^2=0.46 ile yaklaşılmıştır. Aşağıdaki Şekil 10.4, Demirköy-Kayın için Mart-Eylül arasındaki en yüksek SYİ-NDVI ilişkisinin hesaplandığı yılı temsil etmektedir.



Şekil 10.4 : Demirköy-Kayın bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi (1999).

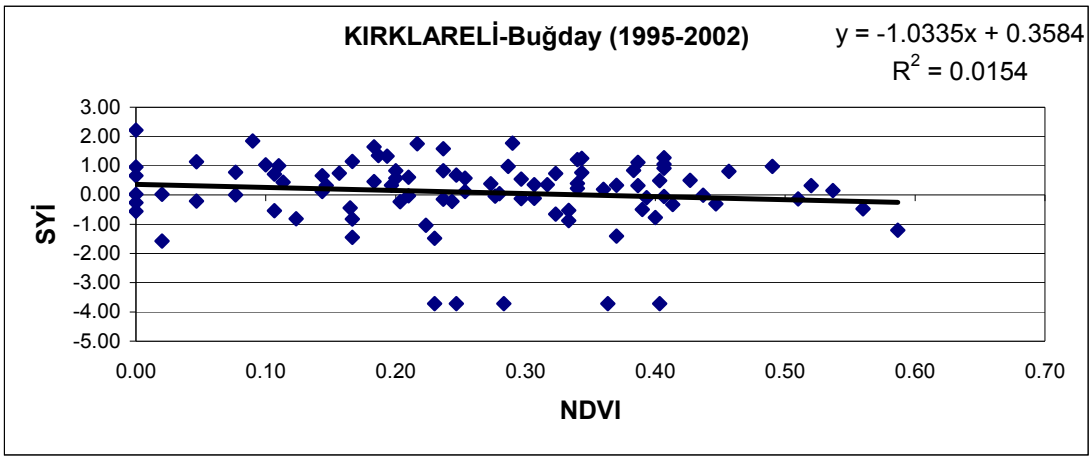
Yukarıdaki Şekil 10.4'te görüldüğü gibi, kayına yönelik hesapların en yüksek r^2 değerini verdiği yıl, 1999 olmuştur. Bu değere 1996 yılında r^2=0.52 ile yaklaşılmış, 1995-2002 arasının geri kalanı için ise oldukça düşük korelasyonlarla karşılaşılmıştır. Şekil 10.5, Demirköy Meşe ormanı için hesaplanan korelasyonu göstermektedir.



Şekil 10.5 : Demirköy-Meşe bölgesi için NDVI-SYİ ilişkisi (1999).

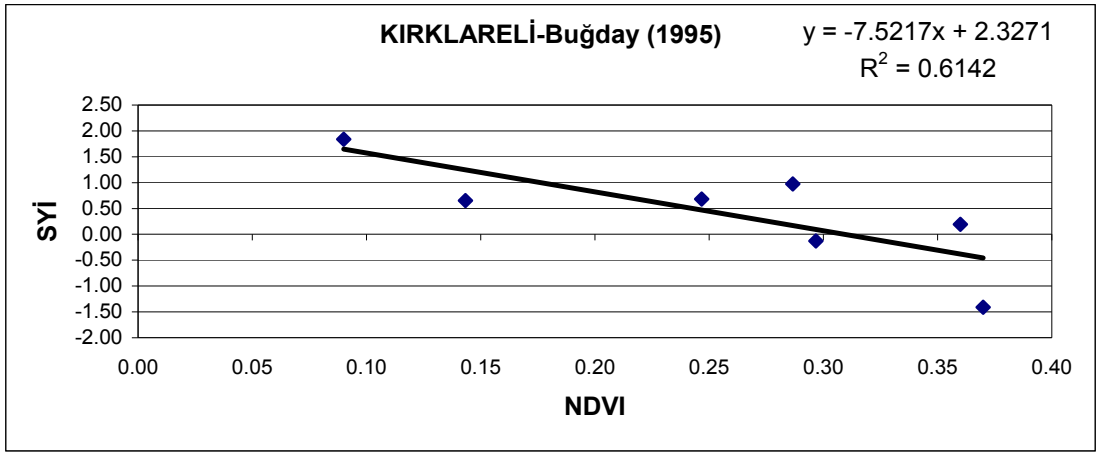
Demirköy'de incelenen Meşe Orman dokusu, korelasyonu hesaplanan yıllar içinde en yüksek r^2 değerini veren bölge olmuştur. Çanakkale'deki kızılçam örtüsü ise, en düşük SYİ-NDVI ilişkisine sahiptir.

Ormanlarda olduğu gibi buğday ve çeltik alanlarından elde edilen NDVI verileri ile SYİ arasındaki ilişki (1995 ve 2002 dönemi için) incelenmiş ve aşağıdaki Şekil 10.6'da görüldüğü gibi, NDVI ve SYİ değerleri arasında zayıf doğrusal bir ilişki bulunmuştur.



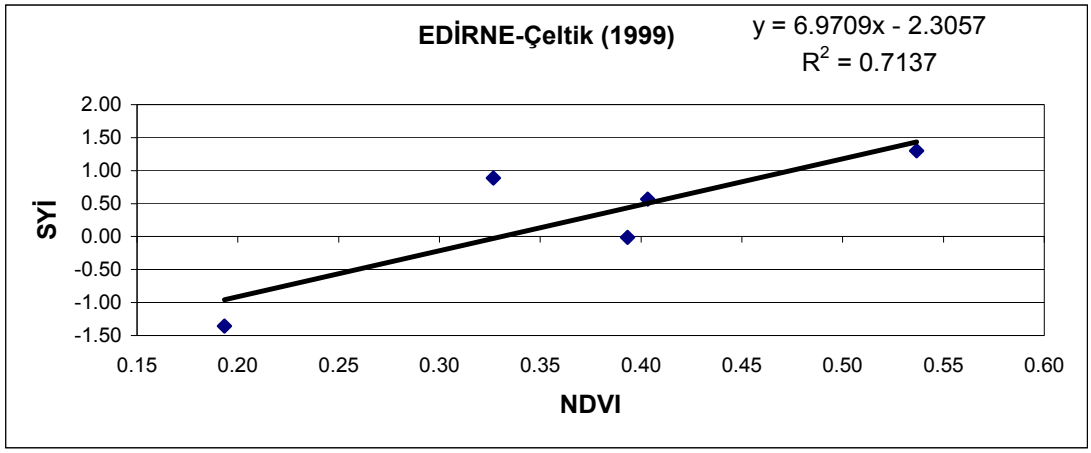
Şekil 10.6 : Kırklareli-buğday için NDVI-SYİ ilişkisi.

Ormanlarda olduğu gibi tarım alanlarında kış aylarındaki NDVI değerlerinin düşük olması (ya da ölçülememesi) nedeniyle zayıf ilişkilerin ortaya çıkması, beklenen bir durumdur. Bu nedenle veri inceleme aralığı, tarım bitkilerinde gelişmenin önemli oranda başladığı ve NDVI değerlerinin artmaya başladığı aydan, bitkilerin hasad edildiği aya kadarki döneme indirgenmiştir. Bu durumda bazı yıllarda NDVI ile SYİ arasında yüksek doğrusal ilişkiler olduğu belirlenmiştir (Şekil 10.7).



Şekil 10.7 : Kırklareli-buğday için NDVI-SYİ ilişkisi (1995).

Yukarıdaki Şekil 10.7 elde edilirken, her iki parametre (SYİ-NDVI) için de buğday yaprak gelişimi açısından anlamlı olan Ocak-Temmuz ayları arası ele alınmıştır. Edirne'de yetiştirilen çeltiğin SYİ-NDVI ilişkisi de incelemeye dahil edilmiş ve aralarında iyi bir ilişki bulunmuştur (Şekil 10.8).



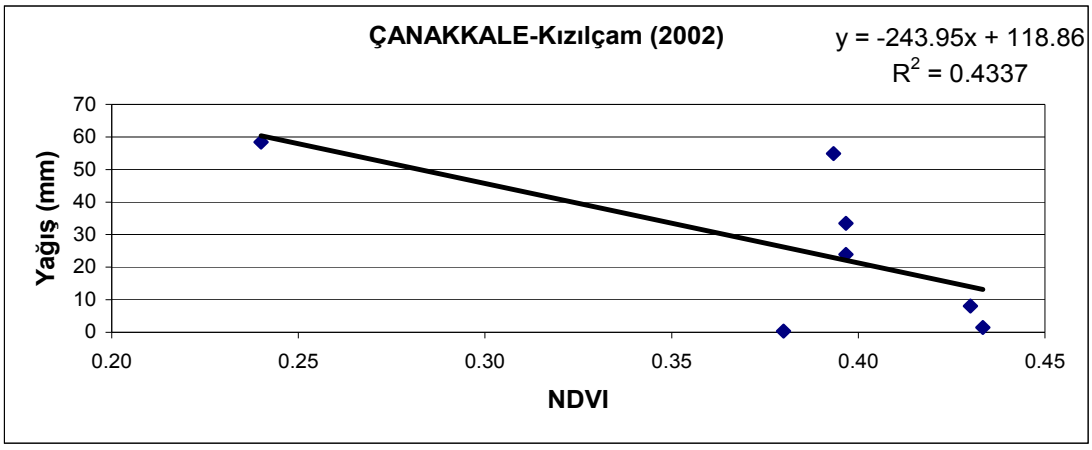
Şekil 10.8 : Edirne-çeltik için NDVI-SYİ ilişkisi (1999).

Yukarıdaki Şekil 10.8'de görülen grafik, 1995-2002 arasında Edirne-Çeltik için elde edilen maksimum SYİ-NDVI ilişkisini göstermektedir. Söz konusu dönem boyunca bu değere en yakın r^2 değeri, 1998 yılında r^2=0.4 ile elde edilmiştir. Genelde tarım alanlarında yapılan analizlerin ormanlık alanlarınkine nazaran yüksek SYİ-NDVI ilişkileri verdiği belirlenmiştir.

10.2 NDVI-Yağış İlişkisinin İncelenmesi

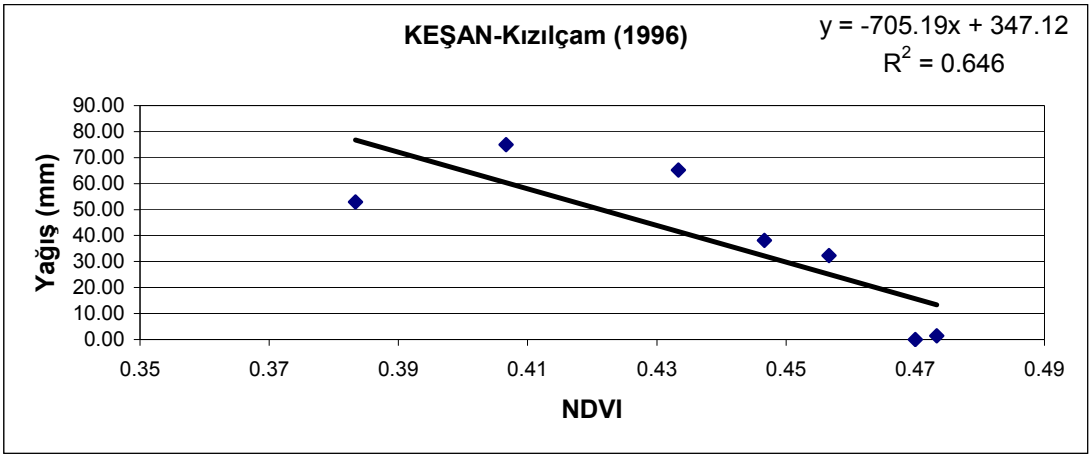
Bir önceki kısımda SYİ-NDVİ ilişkisi incelenmiş ve veri tabanlarının tamamı için yapılan karşılaştırmaların verdiği düşük korelasyon katsayılarının sebepleri üzerinde durulmuştur. Uzun yıllık verilerin ortalaması ve standart sapması gibi parametrelere bağlı hesaplanan indeks değerleri yerine, içinde bulunulan döneme ait yağış verisinin yine aynı dönem için temin edilmiş olan NDVI verisi ile ilişkisinin analiz edilmesi, verilerin ortak periyotlarda incelenmesini sağlayacağından, hesaplanacak ve yorumlanacak korelasyonlar açısından da daha sağlam bir dayanaktır. İlk etapta orman arazileri üzerindeki Yağış-NDVI ilişkisi ele alınmıştır.

Çanakkale-Kızılçam Bölgesi'nde 1995-2002 arası dönemin Mart-Eylül ayları arasını kapsayan Yağış-NDVI ilişkileri hesaplanmıştır. Sonuçta, incelenen zaman dilimi boyunca elde edilen ilişkinin yüksek olmadığı, aşağıdaki Şekil 10.9'da görülmüştür.



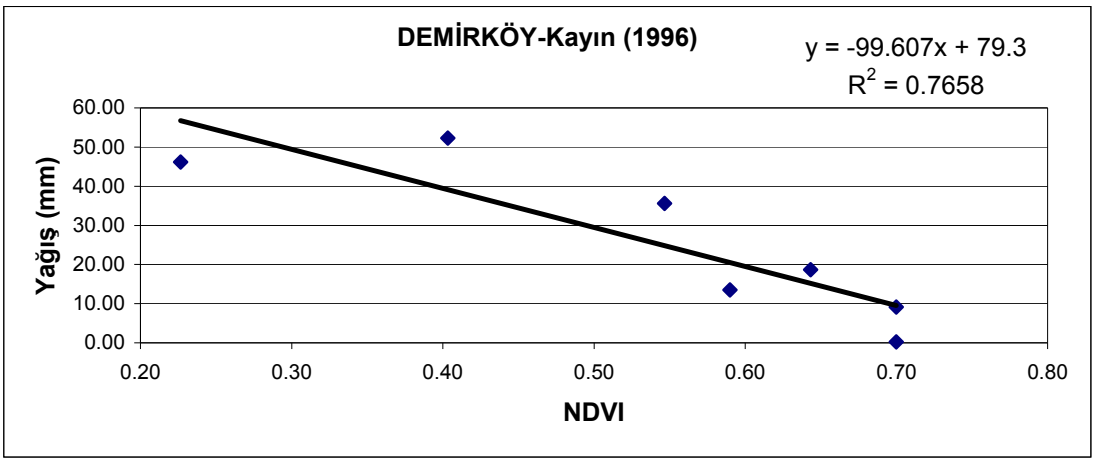
Şekil 10.9 : Çanakkale-kızılçam için NDVI-yağış ilişkisi (2002).

2002 yılı, 1995-2002 arasının Çanakkale-Kızılçam için en yüksek r^2 değerini vermiştir. Bu durumda yukarıdaki Şekil 10.9, SYİ yerine orijinal aylık yağış verisinin kullanılması durumunda da korelasyon değerinin Çanakkale-Kızılçam arazisinde düşük seyredeceğini göstermektedir. Kızılçama yönelik bir başka uygulama alanı olan Keşan'daki Yağış-NDVI ilişkisi de aşağıdaki Şekil 10.10'da incelenebilir.



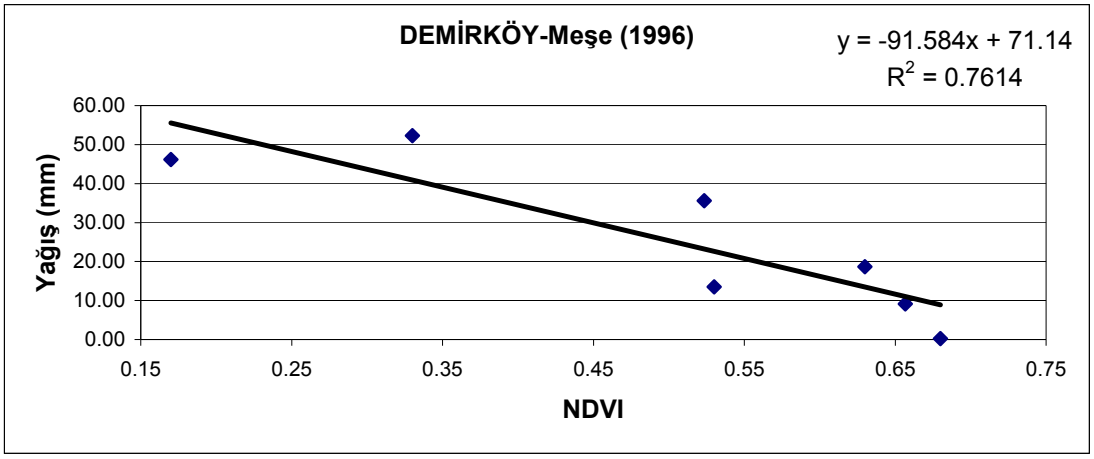
Şekil 10.10 : Keşan-kızılçam için NDVI-yağış ilişkisi (1996).

1996 yılına ait korelasyonu ifade eden yukarıdaki Şekil 10.10'a benzer durum, 1995-2002 arası için bir daha tekrarlanamamış, sadece 1995 Mart-Eylül ayları arasında r^2 değeri 0.5'in üzerine çıkabilmiştir. Demirköy'de NDVI ile olası korelasyon, SYİ için olduğu gibi yağış için de araştırılmış, en yüksek ilişkiyi veren grafik ise aşağıdaki Şekil 10.11'de görüldüğü gibi ortaya çıkmıştır.



Şekil 10.11 : Demirköy-kayın için NDVI-yağış ilişkisi (1996).

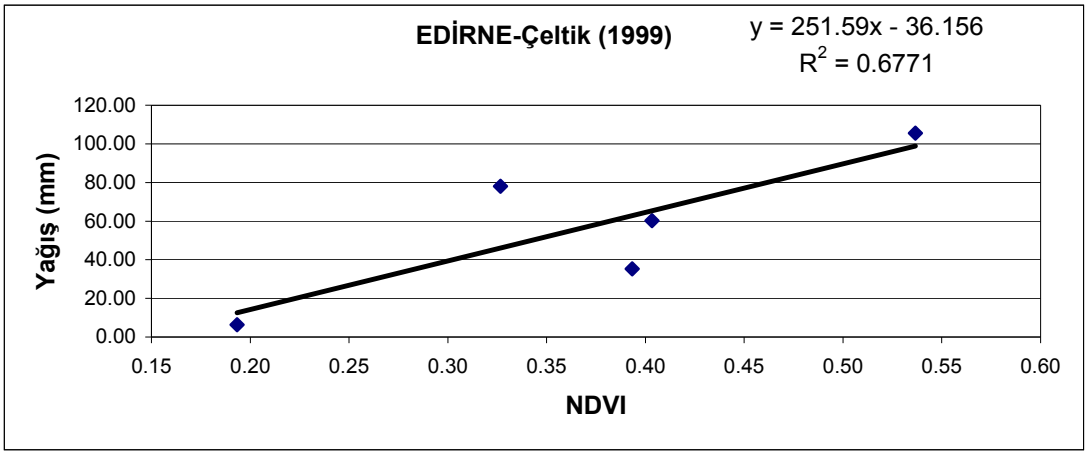
Demirköy'de en yüksek r^2, 1996 yılında elde edilmiştir. Bu durum, Keşan-kızılçam için elde edilen en yüksek korelasyonlu dönemle tam olarak çakışmaktadır. 1996 dışındaki Mart-Eylül ayları arası için ise sadece 1999 ve 2001 yıllarında 0.4'ü aşan r^2 değerlerine ulaşılabilmiştir. Geri kalan yılların gösterdiği ilişkiler, anlamlı değildir. Demirköy, Kayın'ın yanı sıra Meşe örtüsü için de Yağış-NDVI ilişkisinin incelendiği bir bölgedir (Şekil 10.12).



Şekil 10.12 : Demirköy-meşe için NDVI-yağış ilişkisi (1996).

Kabul edilebilir bir korelasyonu ifade eden yukarıdaki Şekil 10.12, 1996 yılı Mart-Eylül ayları arasına denk gelmekte, geri kalan yılların aynı zaman aralıkları için ise mantıklı bir Yağış-NDVI ilişkisi görülmemektedir.

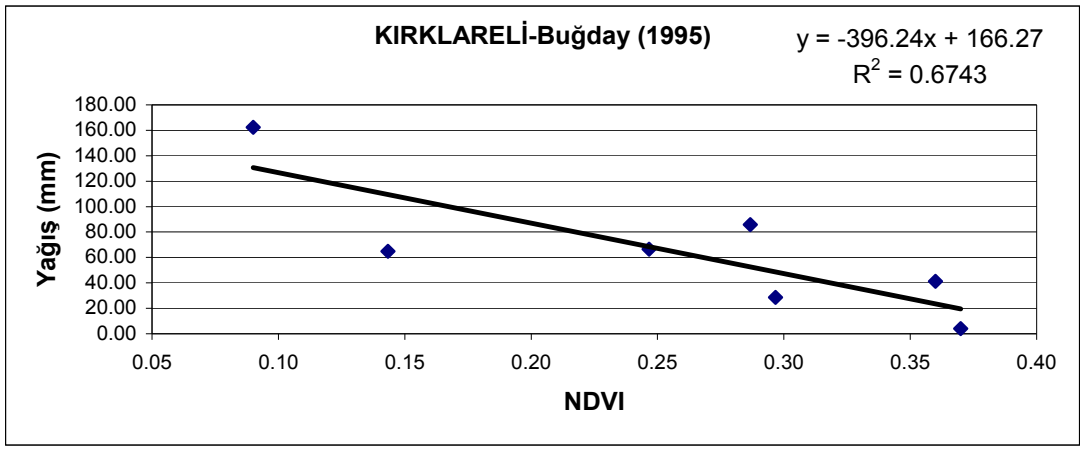
Tez çalışmasında orman arazilerinin yanı sıra buğday (Kırklareli-Lüleburgaz) ve Çeltik (Edirne-İpsala) için de koordinatları alınan tarlalara yönelik Yağış-NDVI ilişkisi incelenmiştir. Lüleburgaz'da bulunan Türkgeldi tarım arazisi için hesaplanan korelasyon, aşağıda Şekil 10.13'te görülmektedir.



Şekil 10.13 : Edirne-çeltik için NDVI-yağış ilişkisi (1999).

Farklı bitki türlerine ve gelişme dönemlerine ait olmakla birlikte maksimum Yağış-NDVI ilişkisi, ormanlık alanlar ile tarım alanlarının ikisinde de r^2=0.6-0.7 arasında değişmektedir. Şekil 10.13'te görülen ve çeltik gelişiminin gerçekleştiği 1999 Mayıs-Eylül arasına karşılık gelen ilişkiye 2000 yılının aynı ayları arasında r^2=0.50 ile biraz yaklaşılmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken, çeltiğin kısmen su ile kaplı tarlalarda yetiştirilmesi nedeni ile olası kuraklıktan etkilenme durumunun,

yağış verisindeki azalmalarla ilişkilendirilmesinin güçlüğüdür. Kırklareli-Lüleburgaz'da ekilen buğday için hesaplanan korelasyon ise aşağıdaki Şekil 10.14'te görülen grafikle temsil edilmiştir.

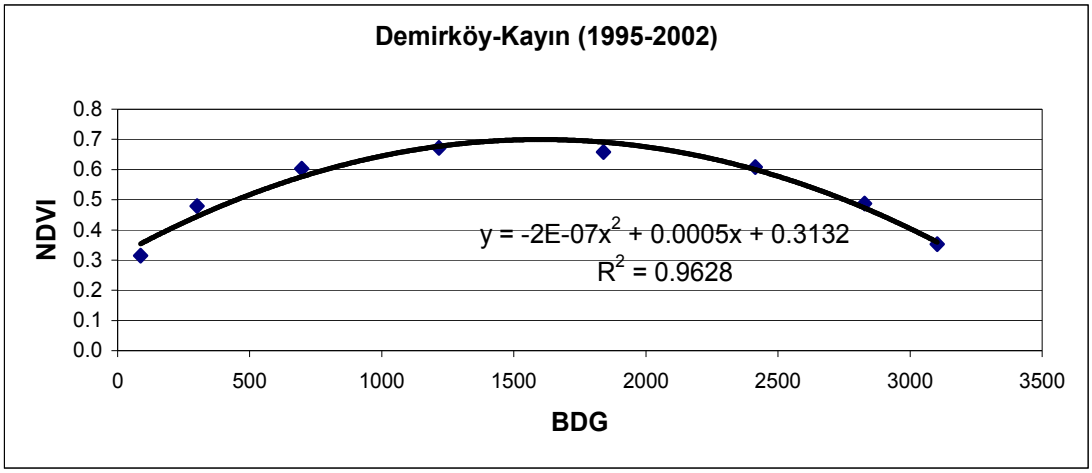


Şekil 10.14 : Kırklareli-buğday için NDVI-yağış ilişkisi (1999).

10.3 NDVI-BDG İlişkisinin İncelenmesi

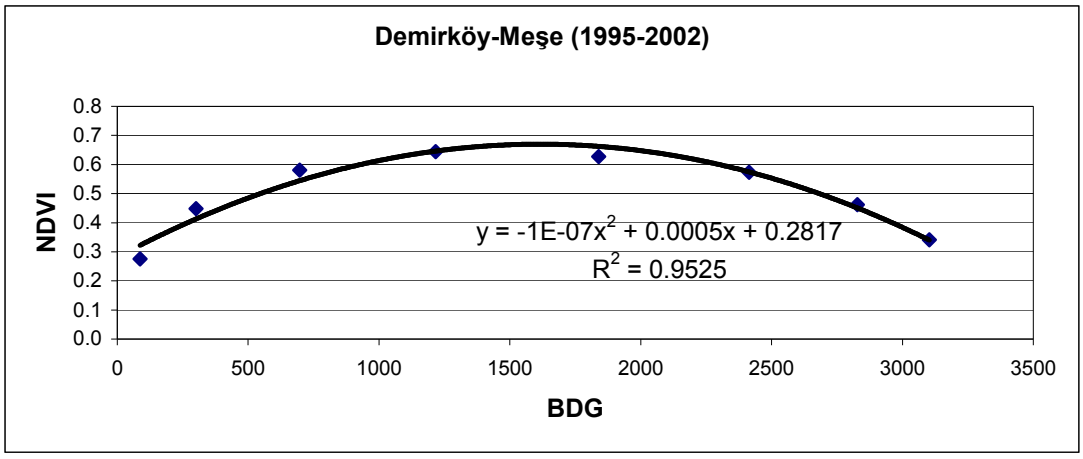
Tez çalışması için belirlenen orman ve tarım alanlarında hesaplanan BDG değerleri, yukarıda SYİ ve Yağış verileri için uygulanan NDVI ilişkisi araştırmasına tabi tutulmuştur. Bitkilerin gelişme dönemleri boyunca kazandıkları sıcaklık toplamlarının gelişme ile ve bitki yüzeyinin güneş radyasyonu yansıtma oranları ile de doğru orantılı olabileceği temel düşüncesi ile hareket edilmiştir. Elde edilen ilişkiler, SYİ ve yağış için elde edilenlerle karşılaştırıldığında, korelasyonların en iyi olduğu gelişme dönemlerinin yanı sıra tüm dönemlerin (1995-2002) BDG-NDVI korelasyonlarının da yüksek olduğu belirlenmiştir.

Orman alanlarında yapılan ve anlamlı korelasyonlar elde edilen hesaplamalara ilk örnek olarak, Kırklareli (Demirköy) Kayın ormanları verilmiştir. Aşağıdaki Şekil 10.15, 1995-2002 ortalama gelişme dönemleri için BDG-NDVI ilişkisini göstermektedir. Araştırmalar, yaprak yansıtma değerlerinin ortalama sıcaklıklarla ilişkisinin yüksek olduğu gelişme dönemlerinin orman alanları için Mart-Ekim ayları arası olduğunu, BDG hesabında seçilecek taban sıcaklığın ise 5°C olduğu sonucunu vermiştir.



Şekil 10.15 : Kırklareli-kayın için NDVI-BDG ilişkisi.

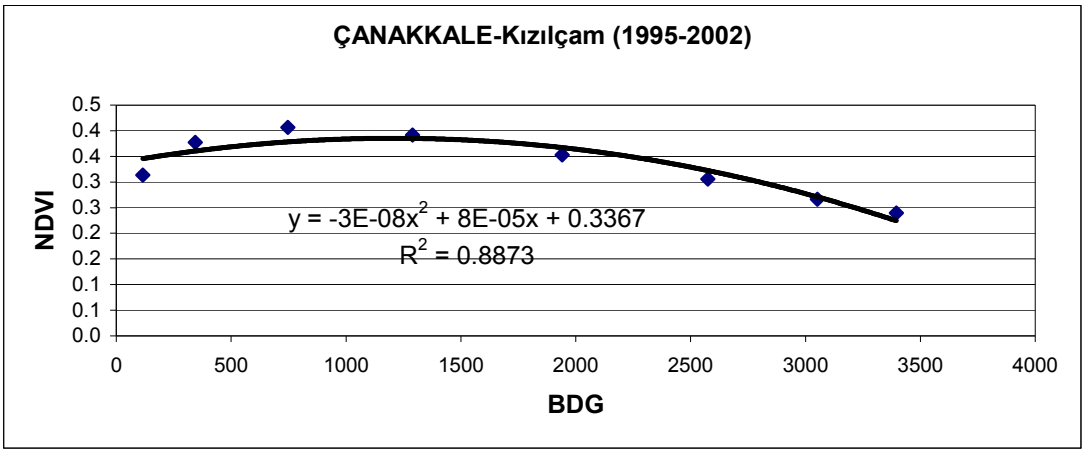
Yukarıdaki Şekil 10.15, Kırklareli-Demirköy'deki kayın örtüsü için r^2=0.96 gibi yüksek oranla ifade edilen ve doğrusal olamayan bir NDVI-BDG ilişkisi göstermektedir. 1995-2002 arası ortalama ağaç gelişme dönemleri boyunca kayın ağacı maksimum NDVI değerlerine (NDVI=0.7) Nisan ve Mayıs aylarında erişmekte, Mart-Ekim arası sezonluk gelişme ise 5°C taban sıcaklık için ortalama toplam 3102.8 BDG ile tamamlanmaktadır. Şekil 10.15, belirli bir NDVI değerinin kayın ağacının gelişme aşamasının tahmin edilmesine imkan tanıdığını, ya da BDG değeri bilinen bir yerde NDVI değerinin de tespit edilebileceğini göstermektedir. Aşağıdaki Şekil 10.16, yine Kırklareli-Demirköy'de bulunan Meşe Ormanının 1995-2002 arası dönemde ortalama NDVI-BDG ilişkisini göstermektedir.



Şekil 10.16 : Kırklareli-meşe için NDVI-BDG ilişkisi.

Kırklareli-Demirköy'deki meşe orman alanında maksimum NDVI değeri (NDVI=0.6), ortalama durumda kayın ormanı maksimumunun altında kalmakla birlikte, bu maksimum değeri koruma özelliğini Mayıs-Ağustos arası dönemde

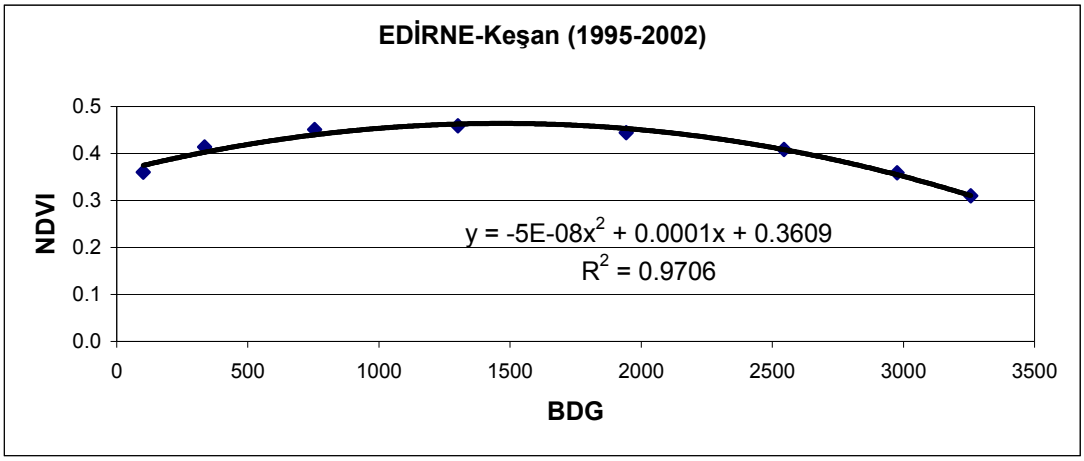
sürdürmektedir (Şekil 10.16). Bitkinin en düşük sıcaklık toplamı kazanımı Mart aylarında gerçekleşirken, Temmuz aylarının BDG toplamları ise maksimuma ulaşmaktadır. 2001 Temmuzu, BDG=670 toplamının aşıldığı ekstrem değeri temsil etmektedir. Meşe örtüsünün kayınınkine yakın olmakla birlikte nisbeten düşük NDVI maksimumlarına ulaştığı da, yine Şekil 10.15 ile Şekil 10.16'nın karşılaştırılması ile görülebilir. Bu durumun sebepleri arasında Kayın Ağacı'nın incelenen türler arasında en yoğun tepe örtüsüne sahip olması, sayılabilir. Kızılçam örtüsünün aynı yıllar ve dönemler arası genel durumuna örnek, aşağıda Çanakkale-Kızılçam ormanlık alanı için elde edilen Şekil 10.17'de görülmektedir.



Şekil 10.17 : Çanakkale-kızılçam için NDVI-BDG ilişkisi.

Kızılçam alanında da Mart-Ekim arası gelişme dönemi dikkate alınmıştır (Tolunay, 2009). Çanakkale-Kızılçam örtüsü, Keşan'da incelenen Kayın ve Meşe orman örtülerine nazaran düşük NDVI-BDG ilişkisi vermekle birlikte, söz konusu korelasyon 0.89 gibi yüksek bir değer olarak belirlenmiştir (Şekil 10.17). Bunun yanı sıra ortalama durumda kızılçam örtüsünün maksimum NDVI değerine Kayın ve Meşe örtülerine oranla daha erken ve daha düşük değerlerle ulaştığı görülmektedir. Kızılçam, iğne yapraklı olması itibarı ile kayının tersine geniş tepe aralıklarına sahip bir ağaç tipidir. Çanakkale'de Eceabat Milli Parkı'nda koordinat tespiti yapılan ve incelenen orman örtüsünün, 2002 yılında 8 yaşında olan genç bir alan olduğuna da ayrıca dikkat edilmelidir. Söz konusu alan, 1994 yılındaki büyük yangından sonra ağaçlandırılmış olup, ağaç tepelerinin altındaki diri örtü bakımından da oldukça zengindir. (Tolunay, 2009). Kızılçam örtüsünün incelendiği son bölge, Keşan'daki kızılçam arazisidir (Şekil 10.18). Çanakkale'de kızılçam arazisinin 1995-2002

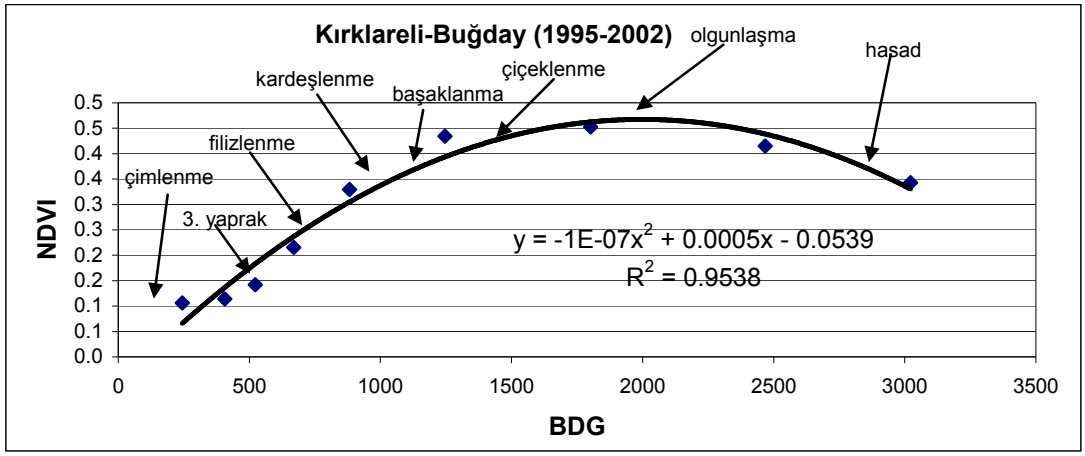
yıllarında Mart-Ekim arasında ortalama gelişme dönemi boyunca elde ettiği BDG toplamı, 3395.7 olmuştur



Şekil 10.18 : Keşan-kızılçam için NDVI-BDG ilişkisi.

Keşan'daki Kızılçam Ormanı, incelenen orman alanları arasında 0.97 ile en yüksek r^2 değerini vermiştir. Çanakkale-Kızılçam ormanı ile karşılaştırıldığında Keşan'ın ortalamada daha yüksek NDVI değerleri verdiği de, yine yukarıdaki Şekil 10.18'de görülmektedir. Keşan'da aynı yıllar ve aylar için ortalama BDG toplamı 3317.5 olarak gerçekleşmiş, bu değer Çanakkale-Kızılçam örtüsünün kazanımının %98'ine ulaşabilmiştir. Öte yandan Keşan'da 20 yaşın üzerinde olan ağaç örtüsü için ölçülen NDVI aylık 0.5 değerine ulaşmakta ve genç Çanakkale-Kızılçam arazisinin ortalama NDVI değerlerini bu özelliği ile geride bırakmaktadır.

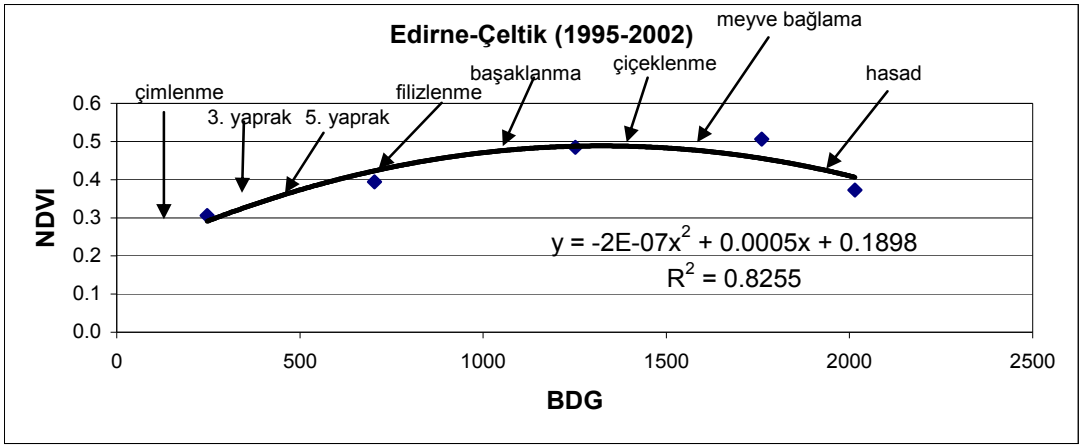
Tarım alanlarında, Kırklareli-Buğday ve Edirne-Çeltik için arazi üzerinde gerçekleştirilen koordinat ölçümlerine karşılık gelen NDVI-BDG ilişkileri incelenmiştir. Bu arazilerde son yıllara ait fenolojik kayıtlara ulaşılabildiğinden, hesaplanan ortalama fenolojik aşamalar da analizlere dahil edilmiştir. Bitki yüzey yansıtmasının en kuvvetli olduğu dönem, kışlık buğdayda gelişmenin gerçekleştiği Kasım-Temmuz arasını kapsayan 9 aydır. Aşağıdaki Şekil 10.19, Kırklareli (Lüleburgaz) için söz konusu zaman aralığına ait NDVI-BDG ilişkisini 1995-2002 yılları arasına yönelik olarak göstermektedir.



Şekil 10.19 : Kırklareli-buğday için NDVI-BDG ilişkisi.

Ortalama kışlık buğday gelişme dönemleri boyunca incelenen BDG değerlerinin (T_{baz}=0°C) NDVI ile sahip olduğu yüksek korelasyon, Şekil 10.19'da açıkça görülmektedir. İncelenen öteki alanlarda olduğu gibi Kırklareli'nde de bitkinin hangi gelişme döneminde hangi NDVI ve BDG değerlerine sahip olduğu belirlenebilir olup, söz konusu ilişki ilk kez ortaya konmuştur.

Edirne-İpsala'da üretimi gerçekleştirilen çeltiğin ortaya koyduğu NDVI-BDG ilişkisi ise, aşağıdaki Şekil 10.20'de sunulmuştur.



Şekil 10.20 : Edirne-çeltik için NDVI-BDG ilişkisi.

Fenolojik aşamalarla birlikte NDVI-BDG ilişkisinin seyri, yukarıdaki Şekil 10.20'deki gibi elde edilmiş ve ilgili korelasyon için r^2=0.83 değeri, bölgede yetiştirilen çeltik için ilk kez elde edilmiştir.

11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye'de ağırlıklı olarak tarımsal faaliyet yürütülen bir bölgede (Trakya Bölgesi) geniş alanlarda ekilen başlıca bitki türleri (buğday ve çeltik) için tarımsal meteorolojik özelliklerin araştırılması, belirlenmesi ve bunların olası iklim değişiminden etkilenme durumlarının ortaya konması hedeflenmiştir. Bölgenin orman dokusu da belirli türler (kayın, meşe, kızılçam) için araştırma kapsamına dahil edilmiştir. Bitki iklim modelleri, kuraklık indeksleri ve büyüme derece günler ile ilgili, tezin amaçlarına katkı sağlayabilecek ulusal ve uluslararası literatür taranmıştır. Veri analizine yönelik hesaplamalarda ve özellikle model kullanımında izlenen yol, ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Araştırma alanlarının özellikleri hakkında bilgi toplanması ve gerekli ölçümlerin yapılması, bölgeye gerçekleştirilen yolculuklarla sağlanmıştır. Elde edilen meteorolojik verinin analizi, Trakya Bölgesi'nde ilk kez bitkilerin gelişme dönemleri boyunca değerlendirilerek yorumlanmıştır. Bu amaçla bitki iklim modellerinin kullandığı meteorolojik değişkenlerden sıcaklığın gelişme dönemleri ortalamalarına bakıldığında kışlık buğday için Kırklareli'nde en yüksek (11.6°C) olduğu belirlenmiştir. Söz konusu dönemlerin en yüksek yağış miktarı ise ortalama 461.2mm ile Tekirdağ'da gerçekleşmiştir. Kuraklık indekslerinin belirlenmesinde kullanılacak yağış verisi ayrıca incelemeye tabi tutulmuş, sonuçta bölgede incelenen 7 istasyona ait verinin homojen ve gamma dağılımına uygun olduğu saptanmıştır. Yıllık toplam yağışların ortalaması bakımından en yüksek miktar, 646.4mm ile Uzunköprü'ye ait olmuştur. Bitki gelişme aşamalarının ortalama durumu, fenolojik kayıtlar kullanılarak buğday ve çeltik için elde edilmiştir. Sonuçta her bitki türü için gelişme döneminin ve aşamalarının ortalama süreleri ortaya çıkmıştır. Buna göre Trakya Bölgesi'nde buğday en erken (17 Ekim) Edirne'de ekilmekte ve yine Edirne'de en erken (29 Haziran) hasad edilmektedir. 1975-2005 arası gelişme dönemlerinde en şiddetli artış eğilimine giren meteorolojik parametre, toplam güneş radyasyonu (global) olarak belirlenmiştir. Sıcaklığın da özellikle Kırklareli kışlık buğday gelişme dönemlerinde anlamlı bir artış trendinde olduğu saptanmıştır.

Bitki iklim modellerinin girdi dosyaları, Trakya Bölgesi'nin uzun yıllık toprak, bitki ve atmosfer özellikleri dikkate alınarak düzenlenmiş, bu amaçla 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 edildiği simulasyonlarda 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, (R_g+%30;CO_2x4) 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 kombinasyolarda şiddetini arttırmakta olup, (T+5;P-%40) kombinasyonu Tekirdağ'da dane veriminin %57 oranında düşmesine sebebiyet verecektir. Küresel CO_2 artışları, birçok hassasiyet uygulamasının dikkat çekici sonuçlarına kaynak teşkil etmiştir. Edirne'de kışlık buğday verimi (T-1;CO_2x4) uygulamasına %75'e varan bir dane verimi artışı tepkisi vermiştir. Hassasiyet analiz simulasyonları, 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;CO_2x4) simulasyonu neticesinde dane verimi açısından Kırklareli'ni ve Tekirdağ'ı geride bırakabilecektir. Bu verim yükselişinde en önemli rolü, CO_2 artışı oynamaktadır. Çeltik, CO_2x2 simulasyonuna %28.2 gibi önemli bir verim artışı tepkisi göstermiştir. Çeltiğin Trakya Bölgesi'nde su dolu tavalarda yetiştirilmesi, bu bitkinin yağış azalışına verebileceği tepkilerin analizini zorlaştırmıştır. Buğday ve çeltik, dane veriminin yanı sıra toplam biyokütle, sap kütlesi ve yaprak alan indeksi çıktıları bakımından da hassasiyet analizine tabi tutulmuştur. Sıcaklığın 1°C düşmesi ve CO_2'nin 4 katına yükselmesi kombinasyonu, çeltik sap kütlesinin ortalamanın 2 katından fazla bir değere ulaşacağını öngörmektedir. Hassasiyet analizi uygulamasının ardından, bir bölgesel iklim modelinin (RegCm3) 2071-2100 arası için simule ettiği IPCC-A2 senaryo çıktıları, bitki gelişme dönemleri dikkate alınarak CERES-Wheat ve CERES-Rice bitki iklim modellerine aylık ve günlük bazda uygulanmıştır. Bölgesel iklim model sonuçları

incelendiğinde, söz konusu dönemde yağışın Edirne'de kışlık buğdayın ortalama gelişme dönemi boyunca önemli bir değişime uğramayacağı, geri kalan istasyonlarda ise önemli oranlarda azalacağı anlaşılmıştır. Sıcaklık, tüm gelişme dönemlerinde artış eğiliminde olacak, güneş radyasyonunda ise Edirne'deki azalma haricinde önemli bir değişme olmayacaktır. Özellikle yağış azalışının olumsuz etkisinin Edirne'de kışlık buğday için 2071-2100 arasında pek yaşanmayacak olması, 1975-2005 arası için kışlık buğday dane verimi açısından son sırada bulunan Edirne'nin, gelecekte Kırklareli ve Tekirdağ verim değerlerini geride bırakmasını sağlayabilecektir. 1975-2005 arası ortalama gelişme dönemlerinde gelişme dönemlerinin toplam buharlaşma değerleri, 2071-2100 döneminde Edirne haricindeki istasyonlarda artış gösterecektir. Güneş radyasyonu, incelenen bitkiler ve ortalama gelişme dönemleri boyunca Edirne dışında %5 civarında artış gösterecektir. Edirne'de kışlık buğday gelişme dönemi için ise %14 oranında global radyasyon azalışı beklenmektedir. Ortalama gelişme dönemi sıcaklıklarının 2.4°C civarında artış göstermesinin beklendiği Trakya Bölgesi'nde bu artışın Kırklareli'nde buğdayda 3°C civarında gerçekleşmesi olasıdır. Yağışın ise Edirne'de buğday için küçük bir azalma göstereceği, geri kalan alanlarda ise önemli düşüşler yaşanacağı ortaya çıkmıştır. Bu noktada Tekirdağ'da yetiştirilen buğday, günümüz yağışının yaklaşık yarısına 2071-2100 gelişme döneminde sahip olacakken, Edirne'de çeltik gelişme dönemi, 1975-2005 ortalamasının ancak %43'üne karşılık gelen bir toplam yağış altında gerçekleşebilecektir. Uzun yıllık ortalama dane verimi 2827 kg/ha olan Kırklareli kışlık buğdayı, 2071-2100 arası dönemlerde 3088 kg/ha'a yükselirken, 3597 kg/ha ortalama verime sahip Tekirdağ'da bu değer 3144 kg/ha olacaktır. Bitki gelişimi ve verimi, gelecekte sıcaklık ve yağış açısından ekstrem değerlere karşılık gelen gelişme dönemleri için ayrıca simule edilmiştir. Buna göre kışlık buğdayın ekstrem sıcak gelişme dönemi her 3 nokta için 2099-2100 olarak belirlenmiş, söz konusu sezonun ortalama CO_2 konsantrasyonunun ise günümüz ortalamasının 2.4 katını bulacağı anlaşılmıştır. Bu koşullar altında Kırklareli, günümüz ortalama kışlık buğday veriminin yaklaşık %6 üzerine çıkacaktır. En kurak sezonlar incelendiğinde, Edirne'de kışlık buğdayın dane veriminin (özellikle yağış azalışının olumsuz etkisi ile) günümüz ortalamasının %11 altında olacağı, CERES-Wheat Modeli tarafından tahmin edilmektedir. Tekirdağ ve Kırklareli'nde ise ekstrem kurak gelişme dönemleri kayda değer verim düşüşleri ile neticelenecektir. Ekstrem kurak sezonların verimleri 2071-2100 arası ortalama verim değerleri ile karşılaştırıldığında ise kışlık

buğday veriminin 3 noktada da azalacağı simule edilmiştir. Ekstrem sıcak sezonlar, ekstrem kurak sezonlara nazaran yüksek global CO_2 değerleri altında yer aldığından, daha yüksek verim değerleri sonucunu vermiştir.

Çeltik bitkisinin gelecekte de su stresinden uzak koşullarda yetiştirileceği kabulüne ve CO_2 beslemesine rağmen bitki üzerine olumsuz verim tepkilerinin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ekstrem sıcak gelişme dönemi (Mayıs 2099-Eylül 2099) dane verimi açısından 1975-2005 ortalamasının yaklaşık %24 altında bir miktarda simule edilmiştir.

Bitki yüzey yansıtımının ve gelişmişlik durumunun bir ölçüsü olan NDVI, 1995-2002 yılları arasında bölgede koordinatları belirlenen alanlar için incelenmiştir. 1999-2000 gelişme döneminde Mayıs ortalarında Kırklareli kışlık buğdayının da NDVI değerinin 0.55 ile en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Ortalama NDVI, buğdayda en yüksek değerini çiçeklenme aşaması içinde vermektedir. Edirne'de çeltik için belirlenen parselde de bitkinin meyve bağlama ve çiçeklenme aşamaları, 0.50'nin üzerinde NDVI ile en yüksek yansıtma değerlerinin gerçekleştiği aşamaları temsil etmiştir.

Orman alanlarının NDVI değerleri incelendiğinde, kapalılık özelliği en fazla olan kayın'ın, ortalama ve maksimum NDVI'lar bakımından meşe ve kızılçam ağaçlarını geçtiği görülmüştür. Ortalama durumda Mart ayı ile birlikte hızlı artışa geçen NDVI, Mayıs içinde maksimuma ulaşmış, Temmuz'dan itibaren ise düşme eğilimine girmiştir. Çanakkale ve Keşan kızılçam ormanları, bitki örtüsünün çeşitliliği ve yaşı dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Daha genç olan ve altında diri örtü barındıran Çanakkale kızılçam ormanı, ortalama durumda en fazla NDVI=0.4 değerine ulaşırken, Keşan kızılçamı NDVI=0.45'i geçmektedir.

Yağış değişkenine dayanan 3 tür kuraklık indeksi, meteorolojik kuraklığın tarımsal etkilerinin araştırılması amacıyla hesaplanarak karşılıklı değerlendirilmişir. Ekstrem değerlere karşı hassas olan ortalama ve standart sapma parametrelerini kullanan z indeksi, bu özelliği ile çoğu uygulamada SYİ'ye nazaran şiddetli kurak/sulak evreler tahmin etmiştir. Aylık olarak hesaplanan indeks değerlerinde kullanılan yağış verisi incelendiğinde, Çanakkale ve Uzunköprü'nün yüksek yağışa sahip olduğu görülmüştür. Kışlık buğdayın kardeşlenme, başaklanma ve çiçeklenme aşamaları boyunca en sulak il, Edirne'dir. Bu dönem Edirne'de çeltiğin de çimlenme ve 3.

yaprak aşamalarını kapsamaktadır. Ölçüm dönemlerinin son 5 yılı SYİ ortalamaları dikkate alındığında, kızılçam gelişiminin izlendiği Çanakkale (SYİ=-0.01) ile kışlık buğdayın izlendiği Kırklareli-Lüleburgaz'da (SYİ=-0.03) hafif şiddette kuraklığın hakim olduğu görülmüştür. Aynı dönemi Edirne (SYİ=0.07) ve Tekirdağ (SYİ=0.10) ise hafif şiddette sulak geçirmiştir. Hesaplanan kuraklık indeksleri arasında özellikle NY-z ilişkisi için r^2>0.90 genel durumu elde edilmiştir. NY-SYİ ile giderek zayıflayan korelasyonun en düşük ortalama r^2 değerlerini ise z-SYİ ilişkilerinde vermiştir.

BDG hesabında kullanılan fenolojik veri yardımıyla bitkilerin gelişme dönemlerinin ortalama süresi (örneğin Kırklareli kışlık buğdayı için 271 gün) ve her bir gelişme aşamasının kapsadığı ortalama süre (örneğin çeltik filizlenmesi için 10 gün) hesaplanmıştır. T_{baz}=0°C için Kırklareli'nde kışlık buğday yaklaşık 2900 BDG ile gelişimini tamamlamıştır. Bu değer Tekirdağ ve Edirne için BDG=2700 civarında seyretmiştir. Özellikle Kırklareli'nde olgunlaşma-hasad arası dönemde buğday için 1000'in üzerinde BDG toplamı gerektiği belirlenmiştir. Kışlık buğdayın vernalizasyon ihtiyacı da ekim-çiçeklenme arası dönemler için ayrıca incelenmiştir. 1975-2005 arasında Kırklareli'nde kışlık buğdayın ortalama 76 vernalizasyonlu günle gelişimini tamamladığı belirlenmiştir. Tekirdağ'da bu miktar 71 gün olarak gerçekleşmiş, Edirne ise 78 vernalizasyonlu güne ulaşmıştır. Son 10 yıllık dönemlerde kışlık buğdayın vernalizasyonlu gün sayısındaki düşüş, dikkat çekmiştir.

Kuraklık indekslerinin NDVI ile ilişkisi de araştırmalara dahil edilmiş ve uydu verisinin kapsadığı 1995-2002 yılları arasının tamamında orman ve tarım alanları için SYİ-NDVI ilişkisinin zayıf olduğu görülmüştür. Analiz aralığı tek bir yılla ve orman alanlarında bitki yüzeyi yansıtma değerlerinin önem kazandığı mart-eylül ayları arası ile sınırlandığında, aranan doğrusal ilişkinin Çanakkale-kızılçam orman alanı için 1999 yılında r^2=0.50 seviyesine ulaştığı belirlenmiştir. Benzer şekilde yine 1999 yılında Demirköy-Kayın için 0.50'nin biraz üzerinde bir ilişki katasyısı hesaplanmıştır. Tarım alanlarında da tek bir gelişme dönemine ait SYİ değerlerinin yine aynı dönemin NDVI değerleri ile yüksek ilişki verebildiği görülmüştür. Benzer durum, SYİ yerine yağış verisinin NDVI ile ilişkisinin incelendiği örneklerde de ortaya çıkmıştır. BDG-NDVI ilişkisi, aylık verilerin tamamı için 2. dereceden oldukça yüksek r^2 değerleri ile temsil edilmiştir. Demirköy'de hem kayın hem de meşe için r^2, 0.95'in üzerinde olmuştur. Edirne-Keşan'da kızılçam için 0.97'ye,

Çanakkale kızılçamı için ise 0.88'e denk gelen ilişki katsayıları bulunmuştur. NDVI-BDG ilişkisi tarım alanlarında da yüksek bulunmuş olup, r^2 Kırklareli buğdayı için 0.95, Edirne çeltiği için ise 0.82 olarak elde edilmiştir.

Tez çalışmasında karşılaşılan zorluklar arasında uydu verisi süreksizliği, model altyapı dosyası gereksinimlerinin fazlalığı, tarımsal ürünlerin her yıl aynı tarım alanında yetiştirilmemesi ve SYİ ile NDVI değerlerinin ortak periyotta analizinin zorluğu sayılabilir. Çalışmada kullanılan bitki iklim modelleri ile günümüzün kültürtiplerini dikkate alan simulasyonlar yapıldığı, orta ve uzun gelecekte inceleme alanlarında kurak ve sıcak koşullara uyumlu türlerin yetiştirilmeye başlanmasının, tez çalışmasında elde edilen sonuçları da doğal olarak etkileyebileceği dikkate alınmalıdır. Konuyla ilgili alanlarda ölçüm ağlarının kurularak sağlıklı veri tabanları ve veri akışı ile çalışılmasının sağlanması, birçoğu ülkemizde ilk kez hesaplanmaya çalışılan tez çıktılarının gelecekte daha kolay üretilmesini ve karar vericilere destek sağlanmasını kolaylaştıracaktır.

KAYNAKLAR

Army, T. J., 1959: Precipitation yield relationships in dryland wheat production on medium and fine textured soils of the southwestern high plains. *Agron. J.* **51,** 721-724.

Asker, S., 1993: İklim ve İnsan Sağlığı, İ.T.Ü. Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Lisans Tezi, 40 s.

Aslyng, H. C. and Hansen, S., 1982: Water balance and crop production simulation. Model WATCROS for local and regional application. Hydrotechnical Laboratory. The Royal Vet. and Agric. Univ., Copenhagen, 200p.

Asrar, G., Kanemasu, E. T. and Yoshida, M., 1985: Estimates of Leaf Area Index from Spectral Reflectance of Wheat and Different Cultural Practices and Solar Angles. *Rem. Sens. Environ.,* **17,** 1-11.

Badhwar, G. D., 1980: Crop Emergence Date Determination from Spectral Data. Photogramm. *Eng. Remote Sens.* **46,** 1980, pp. 369-377.

Baier, W. and Robertson, G. W., 1968: The Performance of Soil Moisture Estimates as Compared with the Direct use of Climatological Data for Estimating Crop Yields. *Agric. Meteorol.* **5:**17-31.

Baier, W., 1978: Crop-Weather Models and Their Use in Yield Assessment. WMO Technical Note.

Bakanoğulları, F., 1998: 1997 Su Yılı Kırklareli Hidrometeorolojik Rasat Verileri. T. C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Kırklareli Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 57.

Ball, D. A., Frost, S. M. and Gitelman, A. I., 2004: Predicting timing of downy brome (*Bromus tectorum*) seed production using growing degree days. *Weed Science* **52**(4):518-524.

Benli E., Balaban, A., Kodal, S., Tokgöz, M. A., Olgun, M., Öztürk, F., Selenay, M. F., Yıldırım, Y. E. ve Şaylan, L., 1990: Türkiye Buğday Üretiminin Tahmini. *A.Ü. Z.F. Yayınları.* **1191**. 654, 1-52.

Berger, F. H., 2001: Bestimmung des Energiehaushaltes am Erdboden mit Hilfe von Satellitendaten. *Tharandter Klimaprotokolle.* Technische Universitaet Dresden. pp. 206.

Bilgin, O. ve Korkut, K. Z., 2005: Bazı Ekmeklik Buğday (Triticum aestivum L.) Çeşit ve Hatlarının Tane Verimi ve Bazı Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. **2**(1): 57-65.

Boone, R. B. and Galvin, K. A., 2000: Generalizing El Nino effects upon Maasai livestock using hierarchical clusters of vegetation patterns. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **66**(6): 737-744.

Bootsma, A., Boisvert, J. and Dumanski, J., 1993: Climate-Based Estimates of Potential Forage Yields in Canada Using a Crop Growth Model. *Agricultural and Forest Meteorology,* **67** (1994), pp. 151-172.

Brouwer, R. and De Wit, C. T., 1969: A simulation model of plant growth with special attention to root growth and its consequences. In: W.J. Whittington, Editor, Root Growth, Butterworth, London, pp. 224–244.

Carlson, T. N. and Ripley, D. A., 1997: On the Relation Between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. *Rem. Sens. Environ.,* **62,** 241-252.

Chang J. T. Wetzel, P. J., 1997: Effects of spatial variation of soil moisture and vegetation on the evolution of a prestorm environment: A numerical case study. *Monthly Weather Review* **119**, pp. 1368-1390.

Chantereau, J., Trouche G, Rami J. F., Deu, M., Barro, C. and Grivet, L., 2001: RFLP mapping of QTLs for photoperiod response in tropical sorghum. *Euphytica,* Vol. **120,** Issue**:** 2, pp. 183-194.

Chipanshi, A. C., Ripley, E. A. and Lawford, R. G., 1997: Early prediction of spring wheat yields in Saskatchewan from current and historical wetaher data using the CERES-Wheat Model. *Agric. Forest Meteor.* **84,** pp. 223-232.

Cihlar, J. L. and Dyer, J. A., 1991: Relation between the normalized vegetation index and ecological variables. *Remote Sensing of Environment,* **35**, pp. 279-298.

Close, P. D., 1944: Selecting Winter Design temperature. *American Society of Heating Ventilation Engineering (ASHVE),* **50,** pp. 281-292.

Cook, G. H., Johlke, T. R. and Karow, R. S., 1994: Early Growth and Development of Wheat in Northeast Oregon. Extension Service of the Oregon State University, November 1994.
from: http://extension.oregonstate.edu/catalog/html/em/em8578.

Curran, P. J., 1983: Multispectral Remote Sensing for the Estimation of Green Leaf Area Index. *Philos. Trans. R. Lond. Ser.* **A 309**:257-270.

Curtin, D. and Fraser, P. M., 2003: Soil organic matter as influenced by straw management practices and inclusion of grass and clover seed crops in cereal rotations. *Australian Journal of Soil Research* **41**, (1): 95-106.

Çaldağ, B, L. Şaylan, H. Toros, S. Sırdaş and Bakanoğulları, F., 2004: Drought Analysis in northwest Turkey. *Agroenvironment 2004,* 20-24 October 2004, Udine, Italy, pp. 169-179.

Çaldağ, B., 2000: Meteorolojik Faktörlerin Bitki Gelişimine Etkisinin Bitki-İklim Modelleri ile Belirlenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü *Yüksek Lisans Tezi*, 174 s.

Çaldağ, B. and L. Şaylan, 2005: Sensitivity analysis of the CERES-Wheat model for variations in CO_2 and meteorological factors in northwest Turkey, *Int. J. Environment and Pollution,* **23,** 3, pp. 300-313.

Dağsöz, A. K., 1995: Türkiye'de Derece-Gün Sayıları, Ulusal Enerji Tasarrufu Politikası, Yapılarda ısı Yalıtımı. İ.T.Ü. Makine Fakültesi, ısı Geçişi ve Ekonomisi Birimi, İZOCAM A.Ş., İstanbul, 290 s.

Daughtry, C. S. T., Cochran, J. C. and Hollinger, S. E., 1984: Estimating Silking and Maturity Dates of Corn for Large Areas. *Agron. J.* **76**, pp. 415-420.

Diallo, O. and Diouf, A., 1991: AVHRR monitoring of savanna primary production in Senegal, West Africa: 1987-1988. *International Journal of Remote Sensing* **12**(6): 1259-1279.

Dingkuhn, M. and Asch, F., 1999: Phenological responses of Oryza sativa, O-glaberrima and inter-specific rice cultivars on a toposquence in West Africa. *Euphytica* Vol. **110,** Issue: 2, pp: 109-126.

Dirmhirn, I., Eitzinger, J., Franzini, E. and Şaylan, L., 1993: Agrarmeteorologische Untersuchungen an Mais, Sojabohne und Pferdebohne, Projekt nummer. L 569/89, Universitaet für Bodenkultur, Wien, Österreich 1989-1992.

DMİ, 2005: DMİ 2005 Yılı Raporları.

Duchemin, B., J. and Goubierand G. Courrier, 1999: Monitoring Phenological Key Stages and Cycle Duration of Temperate Deciduous Forest Ecosystems with NOAA/AVHRR Data. *Remote Sens. Environ.* **67,** pp. 68-82.

Dumanski, J. and Stewart, R. B., 1983: Crop Production Potentials for Land Evaluation in Canada. Agricultural Canada, Research Branch, Land Research Institute Contribution 1983-13E, Ottawa, Ont., 80 pp.

Durak, M. ve Şaylan, L., 1997: Ekstrem sıcaklıkların bitkisel üretime etkilerinin CRPSM modeli ile analizi, *Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Semp.,* Ankara, 390-399.

Durak, M. ve Şaylan, L., 1998: İklim değişiminin tarımsal meteorolojik etkilerinin modellerle belirlenmesi, *Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu,* 21-23 Ekim 1998, İTÜ, 292-295.

Erdoğan, F., 1989: Türkiye'de Yaygın Kuraklıklar. *Met. Müh. Odası Bülteni,* Sayı **2,** Ankara.

Erinç, S., 1965: Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. *İst. Üniv. Coğr. Enst. Yay.,* No. **41,** İstanbul.

Erinç, S., 1969: Klimatoloji ve Metodları. *İst. Üniv. Coğr. Enst. Yay.* No. **35,** İstanbul.

Eastwood, J. A., Yates, M. G., Thomson, A. G. and Fuller, R. M., 1997: The Reliability of Vegetation Indices for Monitoring Saltmarsh Vegetation Cover. *Int. J. Remote Sensing,* **18,** 3901-3907.

Eitzinger, J. und Şaylan, L., 1995: Einfluss der Witterungsparameter auf die Simulationsergebnisse eines Agrarmeteorologischen Modells, *Bulletin of the Technical University of Istanbul,* **48,** 481-494.

Erbs, D. G., Klein, S. A. and Beckman, W. A., 1985: Solar-Air Heating and Cooling Degree-Days for Saudi Arabia. *Energy,* **21**(1), 39-44.

Evsahibioğlu, N. ve Benli, B., 1998: EPIC Simulasyon Modeli Yardımıyla Bitki Verim Tahminleri. *Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu,* 21-23 Ekim 1998, İ.T.Ü., İstanbul, 296-300.

Ewert, F., Rodriguez, D., Jamieson, P., Semenov, M. A., Mitchell, R. A. C., Goudriaan, J., Porter, J. R., Kimball, B. A., Pinter Jr, P. J., Manderscheid, R., Weigel, H. J., Fangmeier, A., Fereres, E. and Villalobos, F., 2002: Effects of elevated CO_2 and drought on wheat: testing crop simulation models for different experimental and climatic conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* Vol. **93,** Issues 1-3, pp. 249-266.

FAO, 1978: Report on the Agroecological Workers in Western Canada, 1983. Printed by Agriculture Canada, Research Branch, Research Station, Lethbridge, Alta., 170 pp.

Ferrio, J. P., Villegas, D., Zarco, J., Aparicio, N., Araus, J. L. and Royo, C., 2005: Assessment of durum wheat yield using visible and near-infrared reflectance spectra of canopies. *Field Crops Research*, Vol. **94,** Issues 2-3, pp. 126-148.

Franzini, E., 1993: Agrarmeteorologische Untersuchungen an Pferdebohne (Vicia faba L.) und Sojabohne (Glycine max (L.) Merr.) Anhand Zweier Pflanzen-Wachstumssimulationsmodelle, *Diss.,* Inst. f. Meteorologie und Physik Universitaet für Bodenkultur, Wien, Österreich.

Friedl, M. A., 1996: Relationships Among remotely Sensed Data, Surface Energy Balance, and Area-Averaged Fluxes Over Partially Vegetated Land Surfaces. *J. Appl. Meteor.,* **35,** 2091-2103.

Gallo, K. P., and Flesh, T. K., 1989: Large-area Crop Monitoring with the NOAA/AVHRR: Estimating the Silking Stage of Corn Development. *Remote Sens. Environ.* **27,** 1989, pp. 73-80.

Gangopadhyaya, M. and Sarker, R. P., 1965: Influence of Rainfall Distribution on the Yield of Wheat Crop. *Agric. Meteorol.* **2:** pp. 331-350.

Gbeckor-Kove, N., 1989: Drought and Desertification. WMO/TD-No. 286. WCAP. No.7: 41-73, Geneva.

Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., Stark R. and Rundquist, D., 2002: Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction. *Remote Sensing of Environment* **80,** pp. 76-87.

Godwin, D. C., Ritchie, J. T., Singh, U. and Hunt, L., 1989: *A User's Guide to CERES-Wheat: v2.10.* Int. Fert. Development Center, Muscle Shoals. AL.

Goudriaan, J., 1977: *Crop Micrometeorology: A Simulation Study. Simulation Monographs*. Pudoc, Wageningen, pp. 236.

Goudriaan, J., 1986: A Simple and fast numerical Method for the Computation of daily totals of Crop photosynthesis. *Agricultural and Forest Meteorology* **38**: pp.249-254.

Goudriaan, J., Keulen, H. van and van Laar, H. H., 1990: The Greenhouse Effect and primary Productivity in European Agro-Ecosystems. Proceedings of the *International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect,* Wageningen, Netherlands, 5-10 April 1990.

Groten, S. M. E., 1993: NDVI-crop Monitoring and Early Yield Assess Faso. *International Journal of Remote Sensing* **14**: 1495.

Gülferi, İ., 1996: Meteorolojik Değerler Yardımıyla Kış için Dış hesap sıcaklığının Bulunmasında Kullanılacak Yeni Bir İstatistiksel Metot ve Türkiye'ye tatbikatı, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi,* 143 s.

Gültekin, M. L., 2001: Türkiye'de Derece-Günler Modellemesi ve Analizleri. *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi,* Eylül 2001, 165 s.

Habjorg, A., 1990: Effects of Climatic Changes on Growth and Development of North European Plants, *Proceedings of the International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect,* Wageningen, The Netherlands, 5-10 April 1990.

Hansen, G. K., 1986: HEJMDAL-Analysis and Simulation of Crop Growth, Water and Carbon Balance. Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 320 pp.

Haun, J. R., 1974: Prediction of Spring Wheat Yields From Temperature and Precipitation Data, *Agron. J.* **66**: 405-409.

Hayhoe, H. N., Lapen, D. R. and Andrews, **C. J.,** 2003: Using weather indices to predict survival of winter wheat in a cool temperature environment. *International Journal of Biometeorology*, Vol. **47,** No. 2, pp. 67-72.

Hendrickson, B. L. and Durkin, J. W., 1986: Growing Period and Drought Early Warning in Africa Using Satellite Data. *Int. J. Remote Sensing* **7,** pp. 1583-1608.

Hochman, Z., 1978: Wheat in a Semi-Arid Environment: A Field and Simulation Study of the Effects of Water Stress on Yield. *M. Sc. Thesis,* University of Sydney, Australia, 172 pp.

Hoogenboom, G., Jones, J. W., Wilkens, P. W., Batchelor, W. D., Bowen, W. T., Hunt, L. A., Pickering, N. B., Singh, U. Godwin, D. C., Baer, B., Boote, K. J., Ritchie, J. T. and White, J. W., 1994: Crop Models. *In: Tsuji, G. Y., Uehara, G. and Balas, S. (eds). DSSATv3. Vol. 2-2.* Uni. of Hawaii, Honolulu, Hawaii, USA.

Huete, A. R., Liu, H. Q, Batchily, K. and van Leeuwen, W., 1997: A Comparison of Vegetation Indices Over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS. Remote Sens. Environ. **59,** pp. 440-451.

Hussain, S. S. and Mudasser, M., 2007: Prospects for wheat production under changing climate in mountain areas of Pakistan–An econometric analysis. *Agricultural Systems,* Volume **94,** Issue 2, pp. 494-501.

IBSNAT, 1986: *Technical report 5: Documentation for IBSNAT Crop Model Input and Output Files for DSSATv2.1.* Dept. of Agronomy and Soil Sci., College of Tropical Agriculture and Human Res. Uni. of Hawaii, Honolulu, Hawaii, USA.

ICARDA, 2008 : Multicountry Partnership Framework Support Project on Sustainable Land Management Research, First Annual Report (July, 2007-July 2008). Project Code: ADB TA 6357.

Irmak, A., Kurter, A. ve Kantarcı, M. D.; 1980: *Trakya'nın Orman Yetişme Bölgelerinin Sınıflandırılması.* İ.Ü. Orman Fak. Yayınlan, İÜ Yay. No. 2636, Orman Fak. Yay. No. 276, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

Ja-Ha, K., Mi Oh, H. and Young Kim, K., 2001: Inter-Annual and Intra-Annual Variabilities of NDVI, LAI and Ts Estimated by AVHRR in Korea. *Korean Journal of Remote Sensing,* Vol. **17,** No. 2, pp. 111-119.

Jensen, R. E., 1975: A Summary of Estimated Impacts of Climatic Change on crop Productivity. Pages 87-96. In: *Th. M. hard and A. J. Broderick (Editors), proceedings of the Fourth Conference on the Climatic Impact Assessment Program.* National Technical Information Station service, Springfield, Va., pp. 87-96.

Johnston R., 1994: Applications of AVHRR in Agriculture-A Review. *Proceedings of the 7th Australian Remote Sensing Conference,* 1994.

Kadıoğlu, M. ve Kara, A. B., 1992: Sıcaklık Nem Bunaltıcılığı ve Halka SINEM Uyarısı, *İTÜ Dergisi,* **50** (3), 43-47.

Kadıoğlu, M. and Şen, Z., 1998: Power-law relationship in describing temporal and spatial precipitation pattern in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology,* Vol. **59,** Issue: 1-2**,** pp. 93-106.

Kadıoğlu, M., Özturk, N., Erdun, H. and Şen, Z., 1999: On the precipitation climatology of Turkey by harmonic analysis. *International Journal of Climatology,* Vol. **19,** Issue: 15, pp. 1717-1728.

Kadıoğlu, M. and Şaylan, L., 2001: Trends of growing degree-days in Turkey. *Water Air and Soil Pollution,* Vol. **126,** Issue: 1-2, pp. 83-96.

Kantarcı, D., 2004: Kişisel görüşme.

Karvonen, T. and Peltonen-Sainio, P., 1990: The Influence of CO2 and Air Temperature on Agricultural Productivity in Northern Latitudes. *Proceedings of the International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect,* Wageningen, The Netherlands, 5-10 April 1990.

Keulen, H. van and Seligman, N. G., 1987: *Simulation of Water Use, Nitrogen Nutrition and Growth of a Spring Wheat Crop,* Pudoc, Wageningen, 310 pp.

Keulen, H. van, Benjamin, R. W., Seligman, N. G. and Noy-Meir, I., 1983: *Actual and Potential Production From Semi-Arid Grasslands, Phase II.* Final Tecnical Report and Annotated Bibliography, Report Center for Agrobiological Research, Wageningen, Volcani Institute, Bet Dagan and Hebrew University, Jerusalem. 61 pp.

Kidwell, K. B., 1990: *Global Vegetation Index User's Guide.* U.S. Department of Commerce/National Oceanic and Atmospheric Administration/National Environmental Satellite.

Köksal, H., 1995: Çukurova koşullarında II. ürün bitkisi su-verim ilişkileri ve CERES-Maize bitki büyüme modelinin yöreye uyumluluğunun saptanması, *Doktora Tezi,* ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kustas, W. P., Daughtry, C. S. T. and van Oevelen, P. J., 1993: Analytical Treatment of the Relationship Between Soil Heat Flux/Net radiation Ratio and Vegetation Indices. *Rem. Sens. Environ.,* **46,** 319-330.

Lahrouni, A. and Ledent, J. F., 1990: Growth of Maize in Belgium and Temperature: Simulation Study of Weather Variables. *Field Crops Abst.,* 1989, 042-06952.

Lascano, R., J., Van Bavel, C. H. M., Hatfield, J. L. and Upchurch, E. R., 1987: Energy and Water Balance of a Sparse Crop: Simulation and Measured Soil and Crop Evaporation. *Soil Sci. Soc. Am. J.,* **51,** 1113-1121.

Lehman, R. L., 1987: Probability Distributions of Monthly Degree-Day Variables at U. S. Stations. *Journal of Climate and Applied Meteorology,* **26** (3), 329-340.

Leon, A. J., Lee M. and Andrade, F. H., 2001: Quantitative trait loci for growing degree days to flowering and photoperiod response in sunflower (Helianthus annuus L.). *Theoretical and Applied Genetics,* Vol. **102,** Issue: 4, pp. 497-503**.**

Li, Z. and Kafatos, M., 2000: Interannual variability of vegetation in the United States and its relation to El Nino/Southern Oscillation. *Remote Sensing of Environment* **71**(3): 239-247.

Lobell, D. B., Ortiz-Monasterio, J. I., Asner, G. P., Matson, P. A., Naylor, R. L. and Falcon, W. P., 2005: Analysis of wheat yield and climatic trends in Mexico. *Field Crops Research,* Volume **94,** Issues 2-3, pp. 250-256.

Lomas, J. and Shashoua, Y., 1973: The Effect of Rainfall on Wheat Yields in an Arid egion. In: *Plant Responses to Climatic Factors. Proceedings of the Uppsala Symp.* UNESCO. 531-538.

Lomas, J., 1972: Economic Significance of Dryland Farming in the Norther Negev of Israel. *Agric. Meteorol.* **10:** 383-392.

Ludwig, F. And Asseng, S., 2006: Climate change impacts on wheat production in a Mediterranean environment in Western Australia. *Agricultural Systems*, Volume **90,** Issues 1-3, pp. 159-179.

Lutgens, F. K. and Tarbuck, E. J., 1979: *The Atmosphere-An Introduction to Meteorology.* Prentice Hall, New Jersey, 491 pp.

Maas, S. J. and Arkin, G. F., 1980: TAMW: A Wheat Growth and Development Simulation Model. Program and Model Documentation. No. 80-3, Texas Agricultural Experiment Station, Blackland Research Center, Temple, Texas.

Mahmood, R., Legates, D. R. and Meo, M., 2004: The role of soil water availability in potential rainfed rice productivity in Bangladesh: applications of the CERES-Rice model. *Applied Geography,* Volume **24,** Issue 2, April 2004, pp.139-159.

Makineci, E., 1997: Trakya'da Orman Alanları ile Ormanların Ağaç Serveti Değişimi Üzerine Bir İnceleme. *Trakya'nın Bugünü ve Geleceği için Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu II,* Bildiriler Kitabı, 6-8 Kasım 1997, pp. 127-134.

Mandal, U. K., Singh, G., Victor, U. S. and Sharma, K. L., 2003: Green Manuring: Its Effect on Soil Properties and Crop Growth Under Rice-Wheat Cropping System. *European Journal of Agronomy,* Volume **19,** Issue 2, May 2003, pp. 225-237.

Mearns, L. O., Rosenzweig, C. and Goldberg, R., 1992: Effect of Changes in Interannual Climatic Variability on CERES-Wheat Yields: Sensitivity and 2xCO_2 General Circulation Model Studies. *Agric. For. Meteorol.,* **62:** 159-189.

Mirik, M., Michels Jr., G. J., Kassymzhanova-Mirik, S., Elliott, N. C., 2007: Reflectance characteristics of Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) stress and abundance in winter wheat. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume **57,** Issue 2, pp. 123-134.

Mitchell, R., 1990: Uncertainty in Prediction of Effects of Environmental Change on Wheat Yields. Proceedings of the International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect, Wageningen, The Netherlands, 5-10 April 1990.

Mo, X. and Liu, S., 2001: Simulating evapotranspiration and photosynthesis of winter wheat over the growing season. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume **109,** Issue 3, pp. 203-222.

Mor, A., 2005: Bitki İklim Modeli (DSSAT) kullanılarak Bursa'da Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Analizi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü *Doktora Tezi.*

Moran, M. S., Rahmann, A. F., Washburne, J. C., Goodrich, D. C., Weltz, M. A. and Kustas, W. P., 1996: Combining the Penman-Monteith Equation with Measurements of Surface Temperature and Reflectance to Estimate Evaporation Rates of Semiarid Grassland. *Agric. Forest Meteorol.* **80,** 87-109.

Morison, J. I. L., and Butterfield, R. E., 1990: Climatic Variability and Crop Development, *Proceedings of the International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect,* Wageningen, The Netherlands, 5-10 April 1990.

Narasimhan, B., and Srinivasan, R., 2005: Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for agricultural drought monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume **133,** Issues 1-4, pp. 69-88.

Nemani, R. R. and Running, S. W., 1989: Estimation of Regional Surface Resistance to Evaporation from NDVI and Thermal-IR AVHRR Data. *J. Clim. Appl. Meteor.* **28,** 276-284.

Newman, J. E., 1974: Applying Meteorology to Agriculture-Editorial. *Agric. Meteorol.* Vol. **13,** pp.1-3.

Nonhebel, S., 1990: The Impact of Changes in Weather and CO_2 Cncentration on Spring Wheat Yields in Western Europe. *Proceedings of the International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect,* Wageningen, The Netherlands, 5-10 April 1990, 48-50.

Nonhebel, S., 1993: Effects of Changes in temperature and CO_2 Concentration on Simulated Spring Wheat Yields in the Netherlands. *Climatic Change,* Vol. **24,** pp. 311-329.

Oesterheld, M. and DiBella, C. M., 1998: Relation between NOAA-AVHRR satellite data and stocking rate of rangelands. *Ecological Applications,* Vol. **8**(1): 207-212.

Okçu, D., 1999: Türkiye'de Bitki Örtüsü İndeksi Değerlerinin Değişimi ve Meteorolojik Parametrelerle İlişkilendirilmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü *Doktora Tezi,* İstanbul.

Olesen, J. E., 1989: In: *International Conference on Environmental Models; Emissions and Consequences.* Eds J. Fenhan et al., RisR International Laboratory, Denmark, 22-25 May 1989. Development in Environmental Modelling 15, pp. 139-147.

Olesen, J. E., 1990: Evaluating the effect of climatic change on productivity of agricultural crops in Denmark. *Proceedings of the International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect,* Wageningen, The Netherlands, 5-10 April 1990, pp. 53-56.

Önol, B., 2007: Downscaling Climate Change Scenario Using Regional Climate Model Over Eastern Mediterranean, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü *Doktora Tezi.*

Özen, U., 1997: Bitki-İklim Simulasyon Modeli Olan SOYGRO Modelinin Tarımsal Meteorolojide Kullanılması, Bitirme Çalışması, İTÜ Uçak ve Uzay Bil. Fak. Meteoroloji Müh. Böl. Bitirme Çalışması.

Özkarahan, A., 1954: Duyulan Sıcaklık, *Meteoroloji Kılavuzu Dergisi,* **13,** 1145-1152.

Özkoca, Y., Şaylan, L. ve Çaldağ, B., 2008: Edirne'de kuraklık durumunun ve hidrolojik döngü bileşenlerinin incelenmesi. *Taşkın Konferansı,* 19-20 Haziran 2008, Edirne, 153-161.

Palutikof, J. P., 1986: Drought Strategies in East Africa: the Climatologist's Role. *Climatic Change,* Vol. **9,** pp. 67-78.

Paruelo, J. M. and Epstein, H. E., 1997: ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland Region of the United States. *Ecology*, Vol. **78**(3): 953-958.

Pengra, R. F., 1952: Estimating significance of dryland farming in the norther Negev of Israel. *Agric. Meteorol.* **10,** 383-392.

Penning de Vries, F. W. T. Laaar, H. H. van. and Kropf, M. J., 1991: Simulation and systems analysis for rice production (SARP). Selected papers presented at workshops on crop simulation of a network of National and International Agricultural Reserach Centres of several Asian Countries and the Netrherland, 1990-1991. Pudoc, Wageningen.

Penning de Vries, F.W.T., Jansen, P.M., Ten Berge, H.F.M. and Bakema, A., 1989: Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops, Pudoc-Wageningen, 1-18.

Peters, A. J. and Eve, M. D., 1997: Analysis of desert plant community growth patterns with high temporal resolution satellite spectra. *Journal of Applied Ecology* **34:** 418-432.

Porter, J. R., 1990: Modeling the Effects of Climate Change on Cereal Production. *Proceedings of the International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect,* Wageningen, The Netherlands, 5-10 April 1990.

Potter, C. S. and Brooks, V., 1998: Global Analysis of Empirical Relations Between Annual Climate and Seasonality of NDVI. *Int. J. Remote Sensing,* Vol. **19,** pp.2921-2948.

Probert, M. E. and Keating, **B. A.,** 2000: What soil constraints should be included in crop and forest models?, *Agriculture, Ecosystems & Environment* Volume **82,** Issues 1-3, pp. 273-281.

Rao, S. C., Coleman, S. W. and Volesky, J. D., 2000: Yield and Quality of Wheat, Triticale, and Elytricum Forage in the Southern Plains. *Crop Science* **40:**1308-1312.

Rawson, H. M. and Macpherson, H. G., 2000: Irrigated Wheat (Managing Your Crop). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, ISBN92-5-104488-0.
from: http://fao.org/docrep/006/x8234e/x8234e09.htm.

Reed, B. C., Brown, J. F., VanderZee, D., Loveland, T. R., Merchant, J. W. and Ohlen, D. O., 1994: Variability of Land Cover Phenology in the United States. *J. Vegetation Sci.* **5,** pp. 703-714.

Ricotta, C. and Avena, G., 1999: Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series: statistical equivalence of cumulative vegetation indices. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **54**(5): 325-331.

Rinaldi, M., 2004: Water availability at sowing and nitrogen management of durum wheat: a seasonal analysis with the CERES-Wheat model. *Field Crops Research*, Volume **89,** Issue 1, pp. 27-37.

Ritchie, J. T. and Otter, S., 1984: CERES-Wheat: A User-oriented Wheat Yield Model, Preliminary Documentation, AGRISTARS Publication No. YM-U3-04442-JSC-18892.

Rodriguez, D., Zubillaga, M. M., Ploschuk, E. L., Keltjens, W. G., Goudriaan, J. and Lavado, R. S., 1998: Leaf area expansion and assimilate production in sunflower (Helianthus annuus L.) growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil,* Vol. **202,** Issue: 1, pp. 133-147.

Rosenzweig, C., 1989: Climate Change and CO_2 Effects on Wheat and Corn in the Great Plains. *19th Conference on Agricultural Forest Meteorology and the Ninth Conference on Biometeorology and Aerobiology,* March 7-10, Charleston, South Carolina, USA, J26-29.

Roy, D. P., Kennedy, P. and Folving, S., 1997: Combination of the Normalised Difference Vegetation Index and Surface Temperature for Regional Scale European Forest Cover Mapping Using AVHRR Data. *Int. J. Remote Sensing,* **18,** 1189-1195.

Sawano, S., Hasegawa, T., Goto, S., Konghakote, P., Polthanee, A., Ishigooka, Y., Kuwagata, T. and Toritani, H., 2008: Modeling the dependence of the crop calendar for rain-fed rice on precipitation in Northeast Thailand. *Paddy and Water Environment,* Vol. **6**(1), pp. 83-90.

Schmidt, H. and Karnieli, A., 2000: Remote sensing of the seasonal variability of vegetation in a semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* **45**(1): 43-60.

Schwartz, M. D. and Reed, B. C., 1999: Surface Phenology and Satellite Sensor-Derived Onset of Greenness: An Initial Comparison. *Int. J. Remote Sensing* **20,** pp. 3451-3457.

Schwartz, M. D., 1998: Green-Wave Phenology. *Nature* **394,** 839-840.

Serra, P. and Pons, X., 2008 : Monitoring farmers' decisions on Mediterranean irrigated crops using sattelite image time series. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. **29** (8), pp. 2293-2316.

Sezen, S. M., 1993: Çukurova koşullarında buğdayda su-verim ilişkilerinin belirlenmesi ve CERES-Wheat bitki büyüme modelinin test edilmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Ç. Ü. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Adana.

Sezen, S. M., Yazar, A., Kanber, R. ve Koç, M., 1998: CERES-Wheat v3 Bitki Büyüme Modelinin Çukurova Koşullarında Değerlendirilmesi, *Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu,* 21-23 Ekim 1998, İTÜ., İstanbul, 301-309.

Sezer, L. İ., 1988: İklim Vejetasyon Sınıflandırması Konusunda Yeni Bir İndis Denemesi. *Ege. Coğr. Derg.* Sayı.**4:** 161-202.

Sharma, T. C., 1997: A Drought Frequency Formula. *Hydrological Sciences,* Vol. **42**(6), pp. 803-814.

Sırdaş, S., 2003: Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü *Doktora Tezi,* 236 pp, İstanbul.

Sie, M., Dingkuhn, M., Wopereis, M. C. S. and Miezan, K. M., 1998: Rice crop duration and leaf appearance rate in a variable thermal environment. II. Comparison of genotypes. *Field Crops Research,* Volume **58,** Issue 2, pp. 129-140.

Spitters, C. J. T., van Kraalingen, D. W. G. and van Keulen, H., 1989: In: *Simulation and Systems Management in Crop Protection.* Eds R. Rabbinge, S. A. Ward and H. H. van Laar, Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen, pp. 147-181.

Squire, G. R. and Unsworth, M. H., 1988: Effects of CO_2 and Climatic Change on Agriculture. Contract report to the UK Department of the Environment, Department of Physiology and Environmental Science, University of Nottingham, Sutton Bonnington, UK., 31 pp.

Staple, W. F. and Lehane, J. J., 1954: Wheat Yield and Use of Moisture on Substations in Southern Saskatchewan. *Can. J. Agric. Sci.* **34:** 460-468.

Stern, R. D., 1980: Analysis of daily Rainfall at Samaru, Nigeria Using a Simple two-part Model. Arch. *Meteorol. Geophys. Bioklimatol.,* Ser. B, 28, 123-135.

Stewart, D. W. and Dwyer, L. M., 1990: A Model of Spring Wheat (Triticum Aestivum) for Large Area Yield Estimations on the Canadian Prairies, *Can. J. Plant Sci.* **70:** 19-32.

Stewart, R. B., 1983: Modelling Methodology for Assessing Crop Production Potentials in Canada. Agricultural Canada, Research Branch, Publ. No. 1983-12E, Ottawa, Ont., 29 pp.

Stewart, R. B., Dumanski, J. and Acton, D. F., 1984: Production Potential for Spring Wheat in the Canadian Prairie Provinces-an Estimate. *Agric. Ecosystems Environ.* **11,** 1-14.

Strain, B. R. and Cure, J. D., 1985: Direct Effects of Increasing Carbon Dioxide on Vegetation. United States Department of Energy, DOE/ER-0238, Washington DC, 286 pp.

Şaylan, L., 1993: Toprak su içeriğinin ve bitkisel üretimin simulasyonunda SIMWASER modelinin kullanımı, *Topraksu Dergisi,* **2 ,** 26-31.

Şaylan, L., 1994: Bitki gelişimi modelleri, *Hasad Dergisi,* **106,** 18-20.

Şaylan, L., 1995(a): Bitki gelişimine sıcaklığın etkileri. *Hasad Dergisi,* **126,** 16-19.

Şaylan, L., 1995(b), İklim değişikliğinin dünya tarımına etkileri, *Hasad Dergisi,* **127,** 29-32.

Şaylan, L., 1996: SIMWASER bitki gelişimi similasyon modeli ile soya bitkisinin gelişiminin belirlenmesi, TOPRAKSU dergisi, ISSN 1300-4409, 2, 8-13.

Şaylan, L., Şen, O., Kadıoğlu, M., Koçak, K., Toros, H., Çaldağ, B., Bakanoğulları, B., Avşar, F. ve Gürbüz, M. A., 2003: Trakya bölgesinde kuraklığın, asit yağışları ve yağış rejiminin belirlenmesi projesi (AF1531).

Şaylan, L. ve Çaldağ, B., 1999: Türkiye'de kullanılabilecek Tarımsal Meteorolojik Modellerin Analizi, İTÜ Araştırma Fonu Projesi Sonuç raporu.

Şaylan, L. ve Çaldağ, B., 2000: Meteorolojik Faktörlerin Bitki Gelişimine Etkisinin Bitki-İklim Modelleri ile Belirlenmesi, İ.T.Ü Araştırma Fonu Projesi, 1998-1999.

Şaylan, L. and Çaldağ, B., 2002: Evaluation of the effects of CO_2 variations on wheat growth by using a crop-weather model in Kırklareli, Turkey. *International Solid Waste Association (ISWA), Appropriate Environmental and Solid Waste Management and Rechnologies for Developing Countries Congress and Exhibition,* 8-12 July 2002, İstanbul, V. 4, 2185-2190.

Şaylan, L., Sönmez, K. ve Eitzinger, J., 1994: Bitki -İklim modelleri tarımsal kuraklığın analizine bir çözüm olabilir mi?, *I. Hidro-Meteoroloji Sempozyumu,* Mart 1994, İstanbul Teknik Üniversitesi, 72-81.

Şaylan, L, Şen, O. ve İncecik, S., 1995: Küresel Isınmanın Bitki Gelişimine Etkisinin Bitki İklim Modeli ile Analizi, *II. Hava Kirliliği ve Modellemesi Sempozyumu,* Mart 1995, İstanbul Teknik Üniversitesi, 269-279.

Şaylan, L. ve Özen, U., 1997: Çevresel değişimin tarımsal meteorolojik etkilerinin tahmini, *Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Semp. II,* Kırklareli, 6-8 Kasım 1997, 365-373.

Şaylan, L., Eitzinger, J. and Durak, M., 1998: Influence of climatic change on maize growth in Austria, *Trabzon Int. Energy and Environment Symposium (TIEES-98*), July 27-29 ,1998.

Şen, Z., 1989: The Theory of Runs with Applications to Drought Prediction-Comment. *Journal of Hydrology,* Vol. **110,** Issue: 3-4, pp. 383-390.

Şen, Z. and Kadıoğlu, M., 1998: Heating degree–days for arid regions. *Energy,* Volume **23,** Issue 12, pp. 1089-1094**.**

Tao, F., Hayashi, Y., Zhang, Z., Sakamoto, T. and Yokozawa, M., 2008: Global warming, rice production, and water use in China: Developing a probabilistic assessment, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume **148,** Issue 1, pp. 94-110

Thom, H. C. S., 1962: Normal Degree-Days Above Any Base by the Universal Truncation Coefficient. *Monthly Weather Review,* **94** (7), 461-465.

TKB, 2005: TKB Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ İl Müdürlükleri 2005 Yılı Tarım Raporları.

Tolunay, D., 1996: Saray-Safa Alan Kömürleri ile Çalıştırılacak Termik Santralın Trakya'daki Kara Ekosistemleri Üzerine Olumsuz Etkileri. *Trakya'nın Bugünü ve Geleceği için Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı,* 3-6 Ocak 1996, pp. 338-350.

Tolunay, D., 2009: Kişisel görüşme.

Tsuji, G. Y., Uehara,G., and Balas, S., 1994: *DSSAT Version 3,* IBSNAT Uni. of Hawaii, Honolulu, Hawaii, USA.

Toriyama, K., Sakamoto, S., Iwashita, T. and Hsu, C. S., 1969: Heading characteristics of japonica varieties planted at the places of different latitudes. *Bull. Chugoku Agric. Exp. Stn.,* Ser. A 17:1-16.

Tucker, C. J., J. H. Elgin, J. E. McMurtey and C. J. Fan, 1979: Monitoring Corn and Soybean Crop Development with Hand-held Radiometer Spectral Data. *Remote Sens. Environ.* **8** pp. 237-248.

Turner, D. P., Cohen, W. B., Kennedy, R. E., Fassnacht, K. S. and Briggs, J. M., 1999: Relationships Between Leaf Area Index and Landsat TM Spectral Vegetation Indices Across Three Temperate Zone Sites. *Remote Sensing of Envirronment* **70,** Issue 1, pp. 52-68.

Tümertekin, E., 1955: Türkiye'de Buğday Yetiştirme Devresi ile Kurak Aylar Arasındaki Zaman Münasebeti. *T. C. D.* Sayı: **13-14**: 107-124, İstanbul.

Tümertekin, E., 1956: Türkiye'de Kurak Mevsimler, *T.C.D.* Sayı: 15-16: 193-197, İstanbul.

Türkeş, M. Ve Tatlı, H., 2008: Aşırı Kurak ve Nemli Koşulların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Yeni-SPI): Türkiye'ye Uygulanması. *IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı,* 25-28 Mart 2008, pp. 528-538.

Uchida, S., 2004: Monitoring of Land Use in The Major Grain Crop Production Area Using Temporal Characteristics of Ndvi obtained from Coarse Resolution Satellite Data. *XXth ISPRS Congress,* Commission VII papers, Vol. **XXXV,** part B7, pp. 138-143.

Unsworth, M. H., 1990: Hazards to Productivity-the Changing Risks of Crop Losses. *Proceedings of the International Workshop on Primary Productivity of European Agriculture and the Greenhouse Effect,* Wageningen, The Netherlands, 5-10 April 1990.

Url-1 <*http://ivm.cr.usgs.gov/gifs/avhrspec.gif*>*,* alındığı tarih 21.05.2008.

Url-2 <*http://www.aeri.org.tr/pdf/bks/3-15.pdf*>, alındığı tarih 14.08.2008.

Url-3 <*http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr*>, alındığı tarih 01.09.2009.

Url-4 <*http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/kirklareli05.pdf*>, alındığı tarih 06.09.2009.

Url-5 <*http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/edirneicd2007.pdf*>, alındığı tarih 06.09.2009.

Url-6 <*http://www.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/tekirdagicd2007.pdf*>, alındığı tarih 06.09.2009.

Url-7 <*http://www.mam.gov.tr*>, alındığı tarih 09.10.2009.

Url-8 <*http:// earth.google.com*>, alındığı tarih 09.10.2009.

Veeneklaas, F. R., 1990: Dovetailing Technical and Economic Analysis. Erasmus Drukkerij, Rotterdam, 159 pp.

Villalobos, F. J. and Ritchie, J. T., 1992: The effect of temperature on leaf emergence rates of sunflower genotypes. *Field Crops Research,* Vol**. 29,** Issue:1, pp. 37-46.

Yoshida, S.,1981: *Fundamentals of Rice Crop Science.* International Rice Research Institute, 269 pp.

Williams, G. D. V. and Robertson, G. W., 1965: Estimating Most Probable Prairie Wheat Production from Precipitation Data. *Agric. Meteorol.* **9:** 265-283.

Williams, G. D. V., 1973: Estimates of Provincial Wheat Yields Based on Precipitation and Potential Evapotranspiration. *Can. J. Plant Sci.* **53:** 17-30.

Williams, G. D. V., Joynt, M. I. and McCormick, P. A., 1975: Regression Analyses of Canadian Prairie Crop-District Cereal Yields, 1961-1972, in Relation to Weather, Soil and Trend. *Can. J. Sol Sci.* **55:** 43-53.

WMO, 1990: Agricultural Meteorology Programme. Simulation of Primary Prediction. CAGM Report No. 33A, Geneva.

Woolhiser, D. A. and Pegram, G. G. S., 1979: Maximum Likelihood Estimation of Fourier Coefficients to Describe Seasonal Variations of Parameters in Stochastic Daily Precipitation Models. *J. Appl. Meteorol.,* **18,** 34-42.

Xin, J., Yu, Z., van Leeuwen, L. and Driessen, P. M., 2002: Mapping Crop Key Phenological Stages in the North China Plain Using NOAA Time Series Images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,* Vol. **4,** Issue 2, pp. 109-117.

Yu, Q., Liu, J., Zhang, Y. and Li, **J.,** 2002: Simulation of rice biomass accumulation by an extended logistic model including influence of meteorological factors. *Int. J. Biometeorol.* **46** (4) pp. 185–191.

Zaban, H., 1981: A Study to determine the Optimal Rainfed Land-Use Systems in A Semi-Arid Region of Israel. *Ph. D. Thesis,* University of Reading. 197 pp.

Zeng, L., Shannon, M. C. and Grieve, C. M., 2002: Evaluation of salt of tolerance in rice genotypes by multiple agronomic parameters. *Euphytica* Vol. **127,** Issue: 2, pp. 235-245.

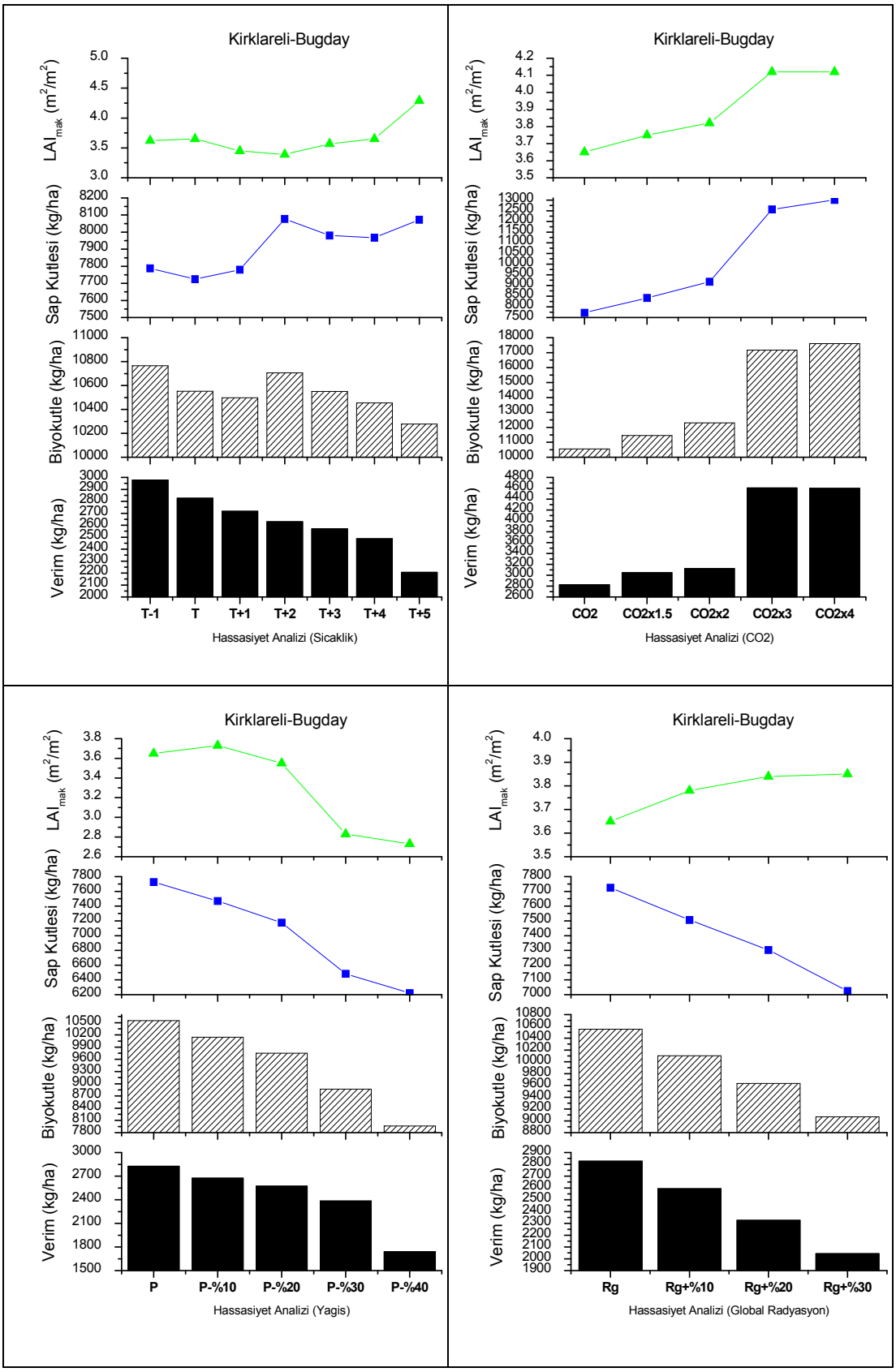
Zeng, W. and Heilman, J. L., 1997: Sensitivity of Evapotranspiration of Cotton and Sorghum in West Texas to Changes in Climate and CO_2.

Zhangshi Y. and Williams, T. H. L., 1997: Obtaining spatial and temporal vegetation data from landsat MSS and AVHRR/NOAA satellite images for a hydrologic model. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **63**(1): 69-77.

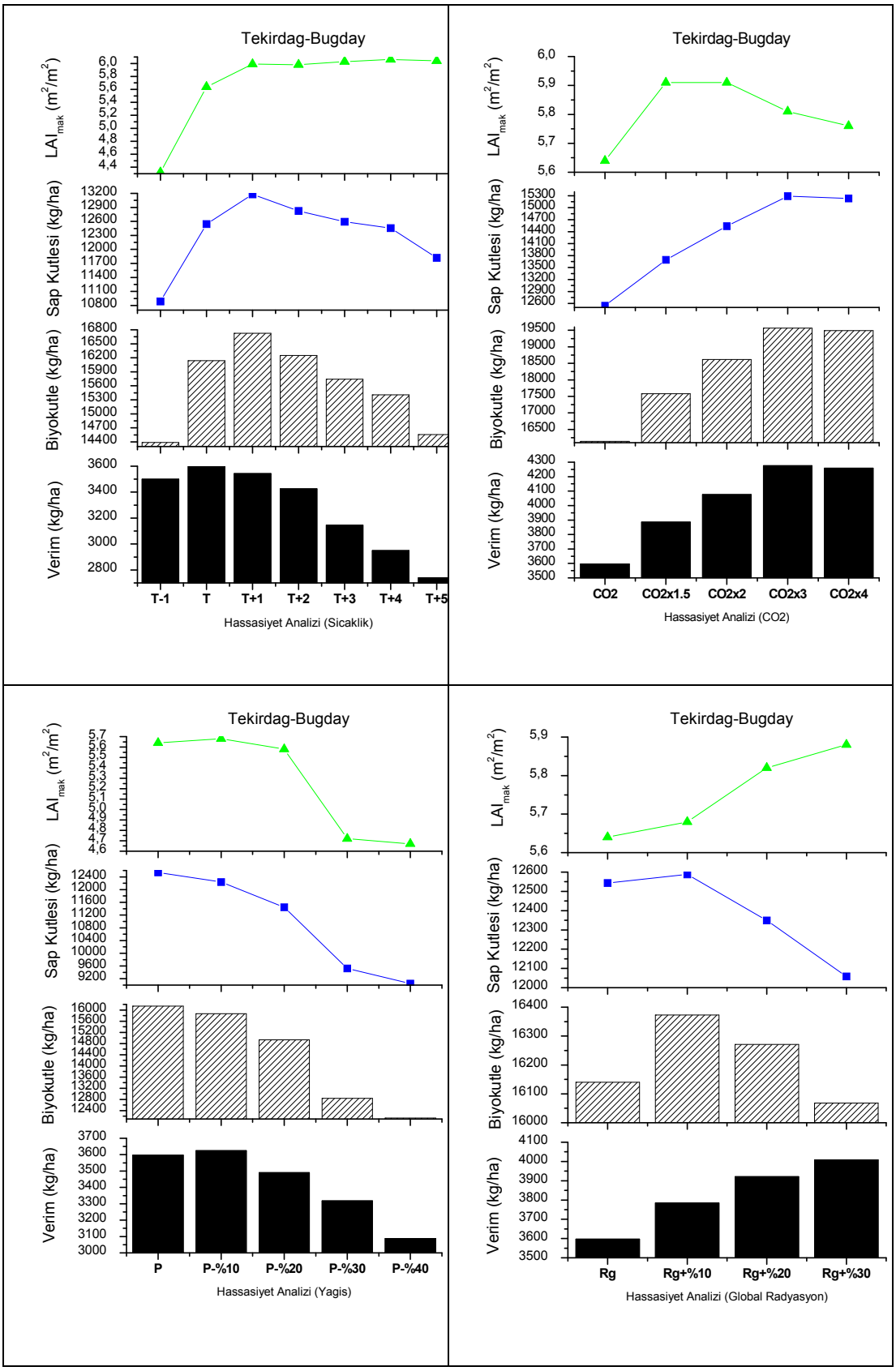
Zou L, Stout, M. J., Ring, D. R., 2004: Degree-day models for emergence and development of the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) in southwestern Louisiana. *Environmental Entomology* Vol. **33,** Issue: 6, pp. 1541-1548.

EKLER

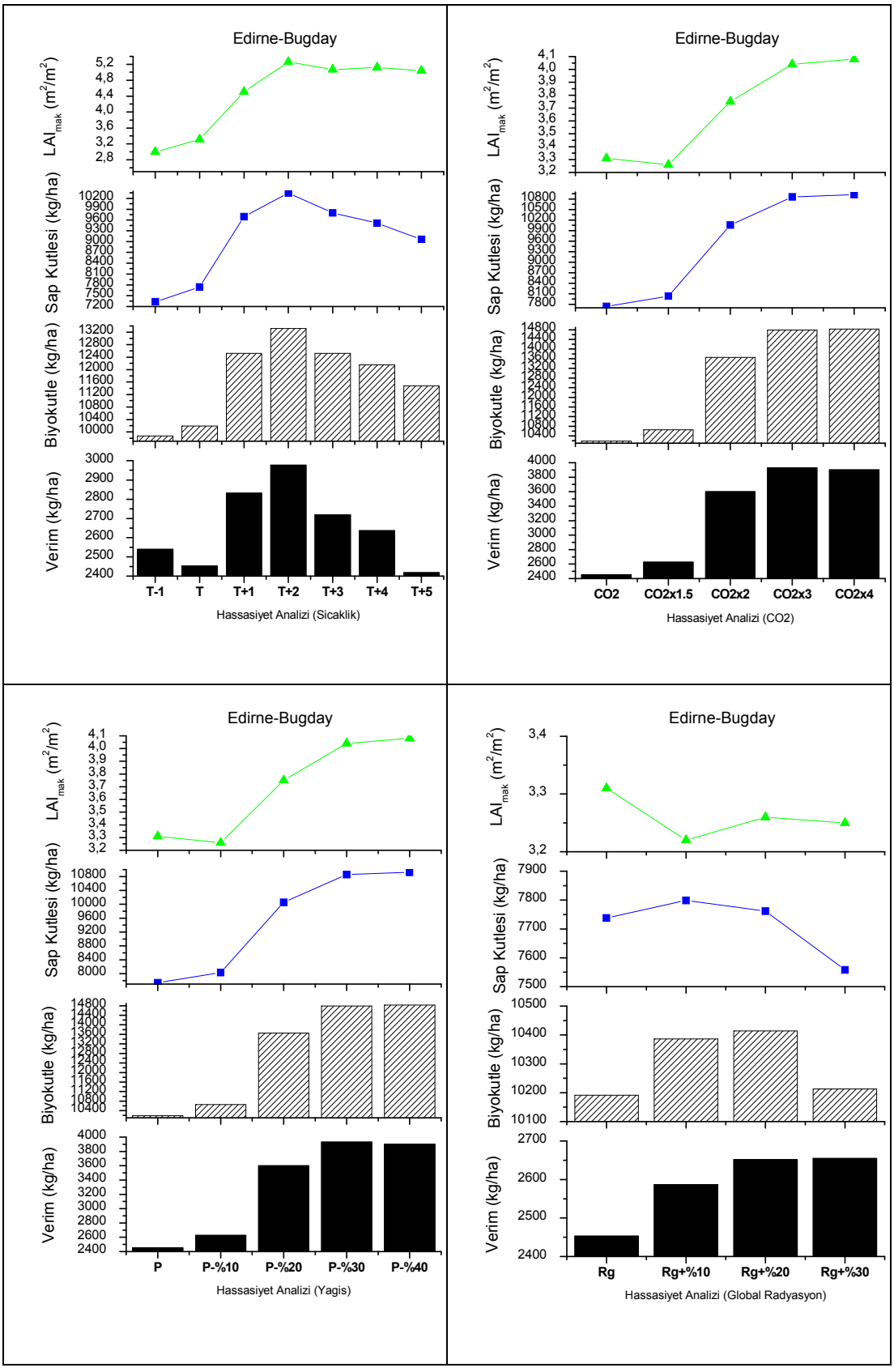
EK A.1 : Grafikler



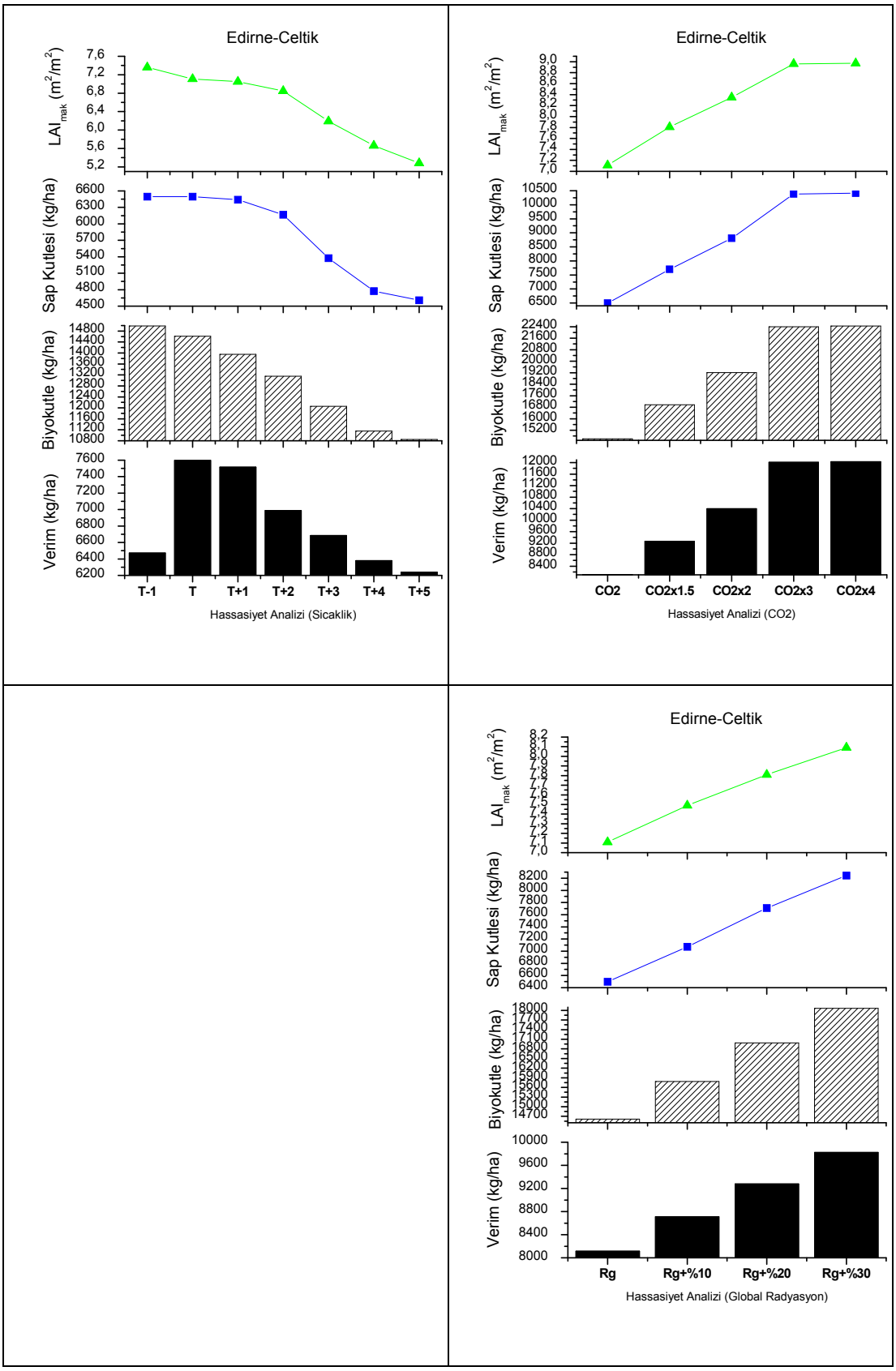
Şekil A.1 : Kırklareli-kışlık buğday için hassasiyet analizleri.



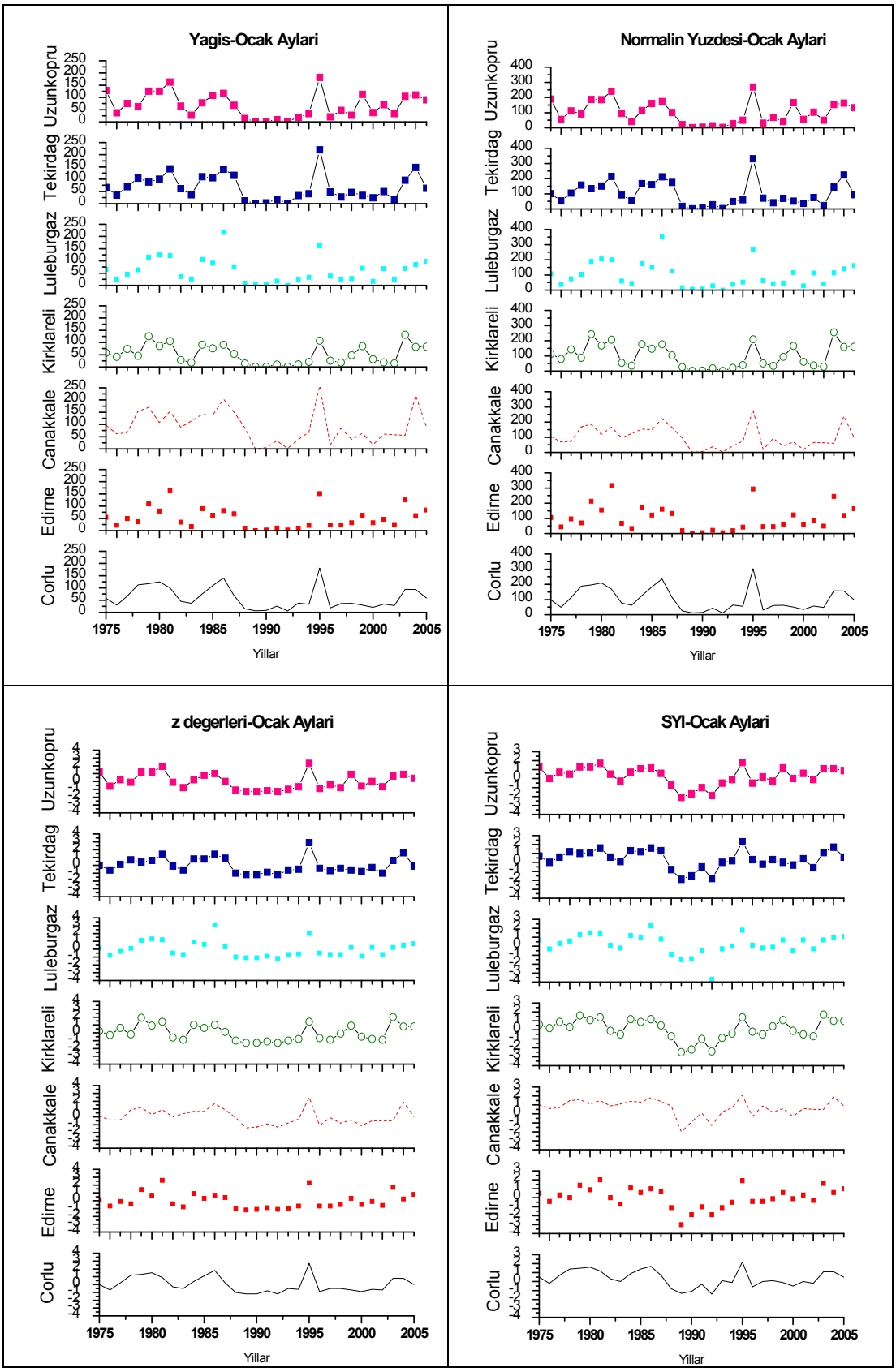
Şekil A.2 : Tekirdağ-kışlık buğday için hassasiyet analizleri.



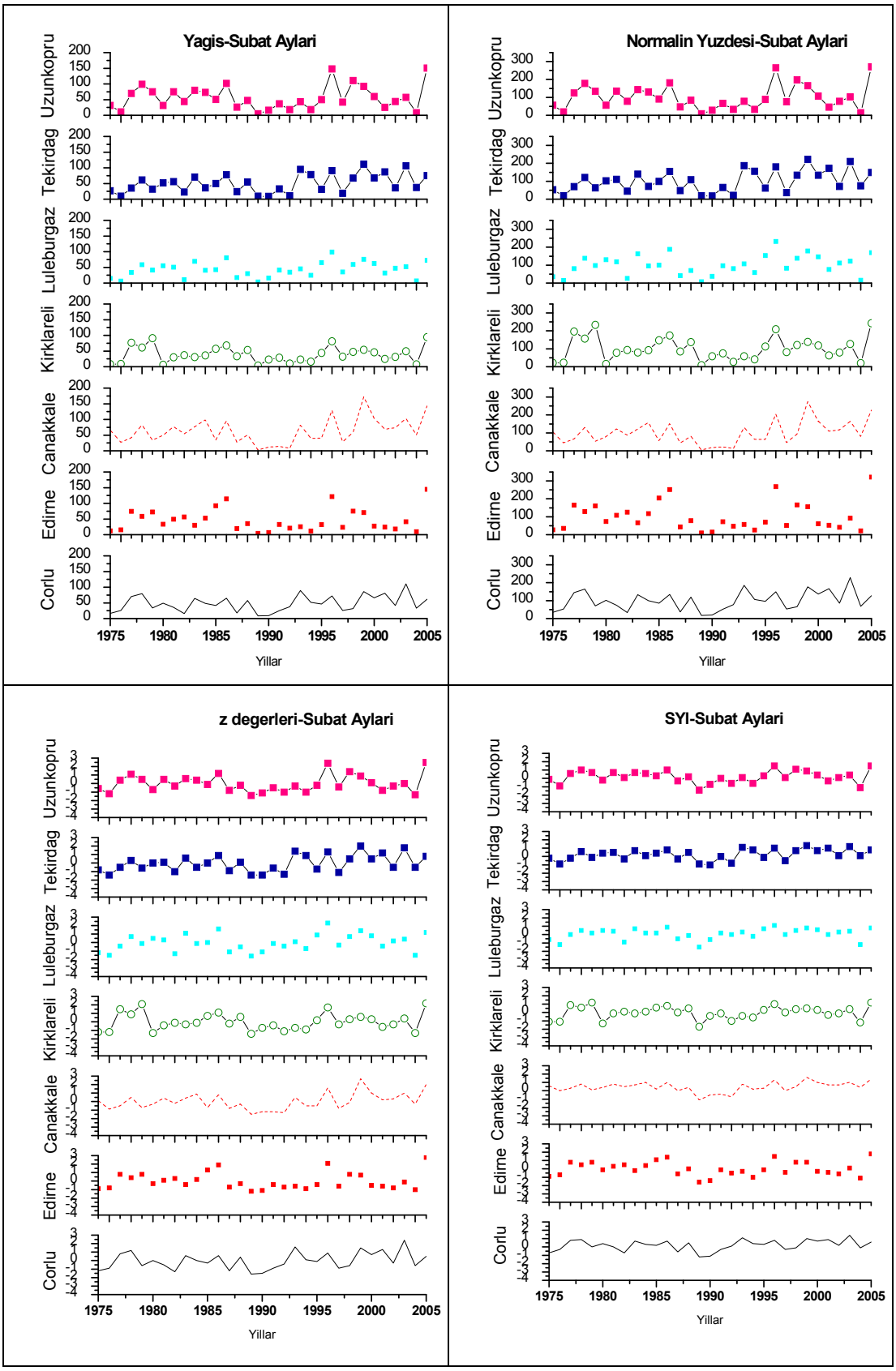
Şekil A.3 : Edirne-kışlık buğday için hassasiyet analizleri.



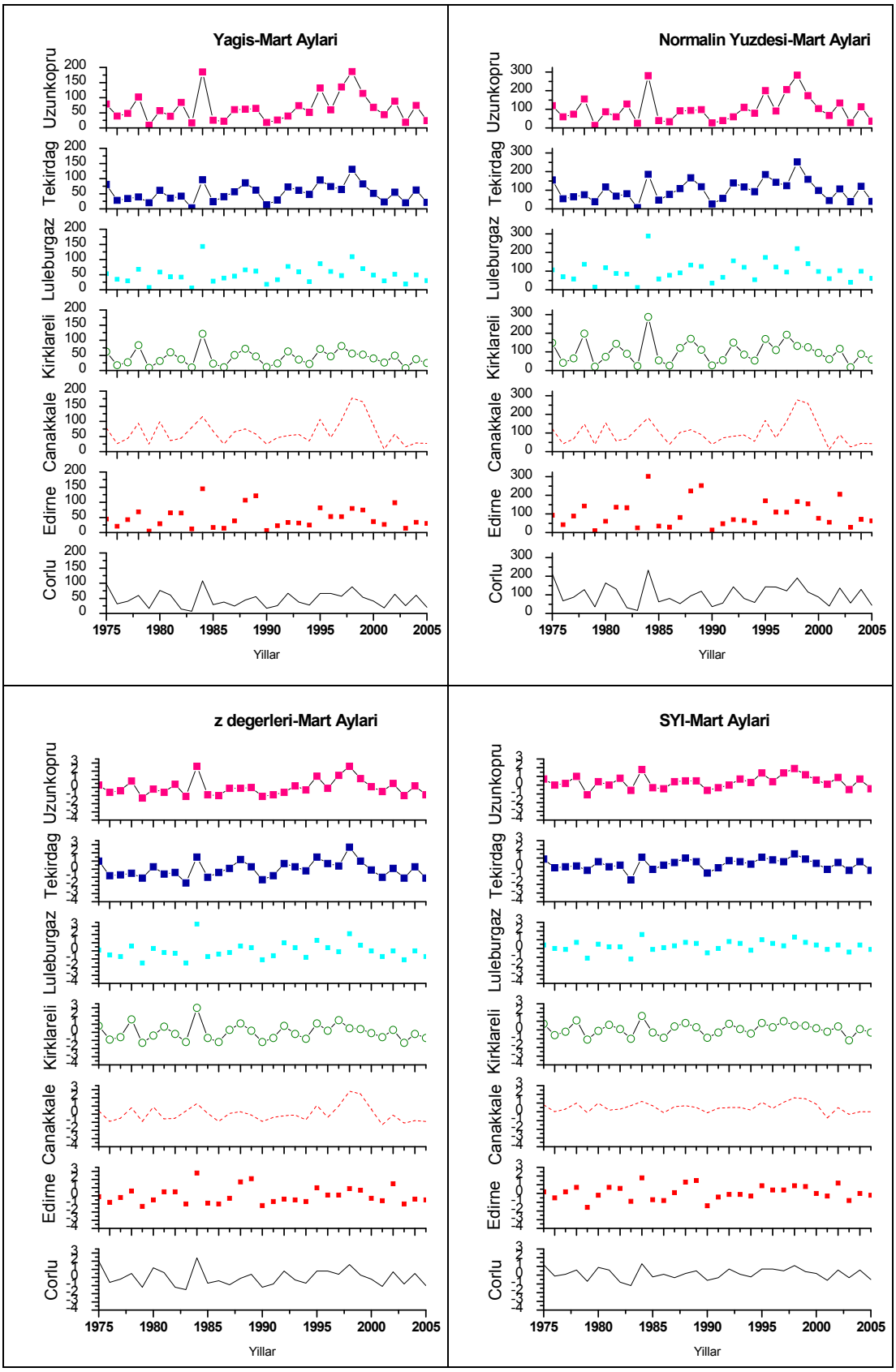
Şekil A.4 : Edirne-çeltik için hassasiyet analizleri.



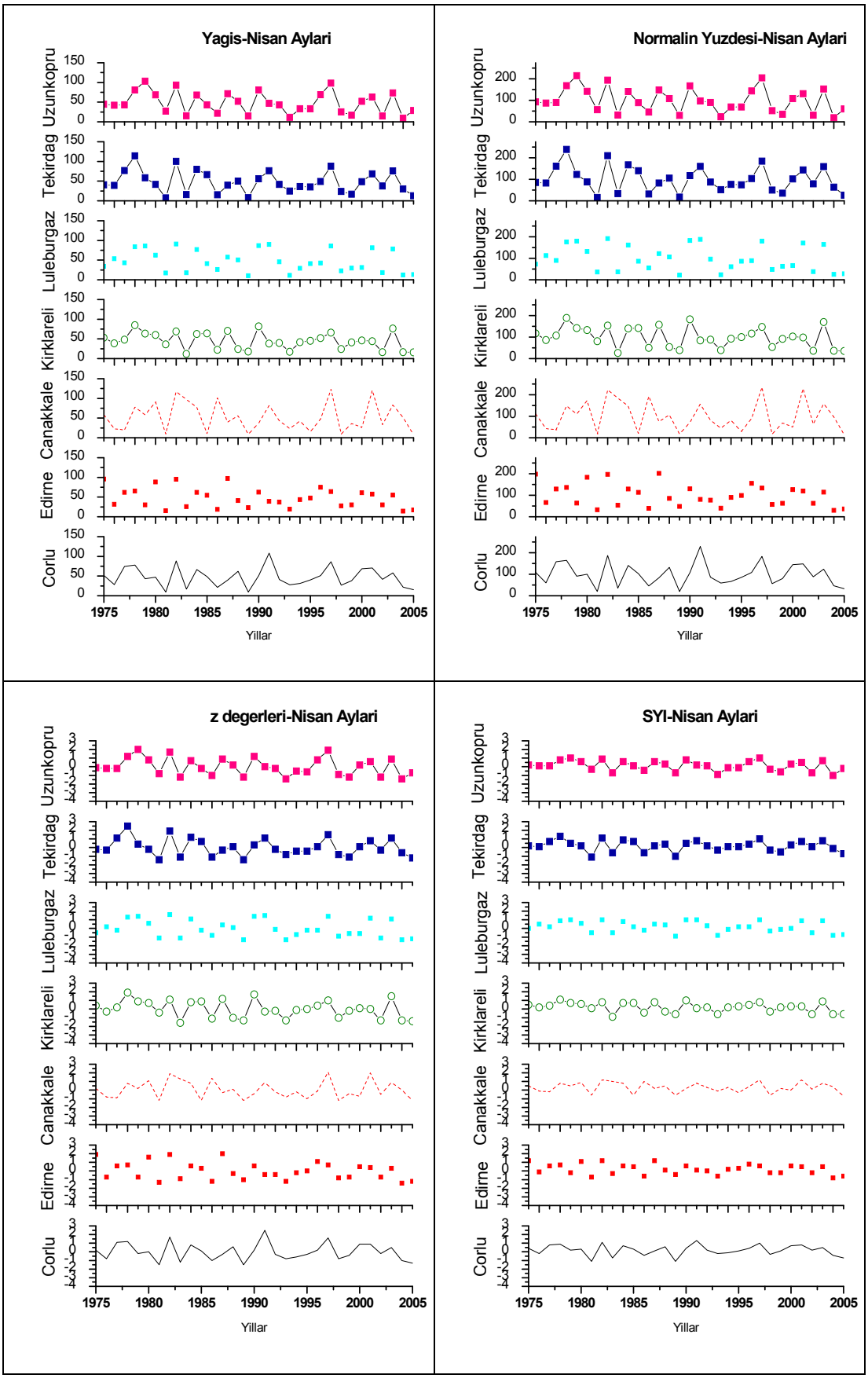
Şekil A.5 : Ocak aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



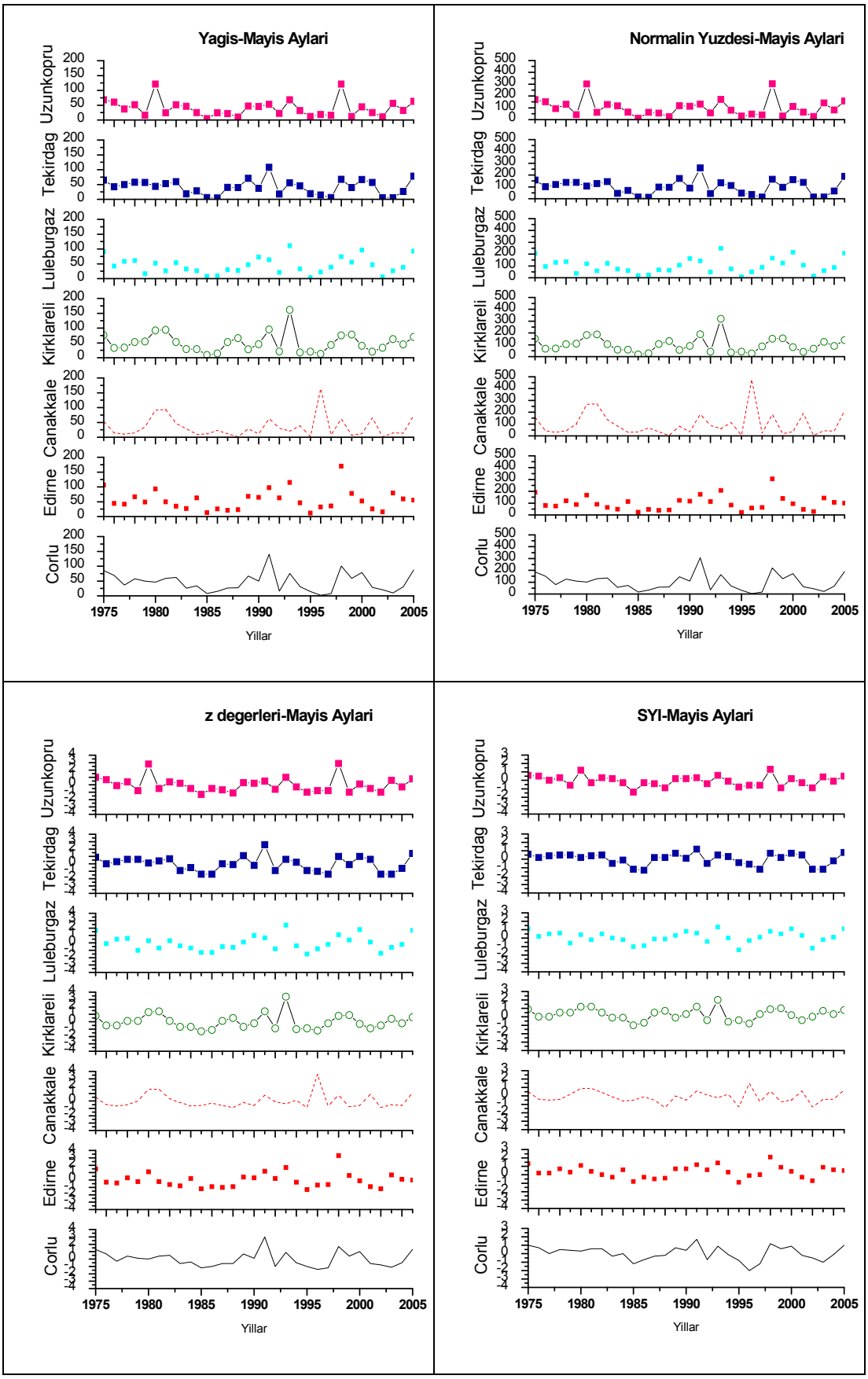
Şekil A.6 : Şubat aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



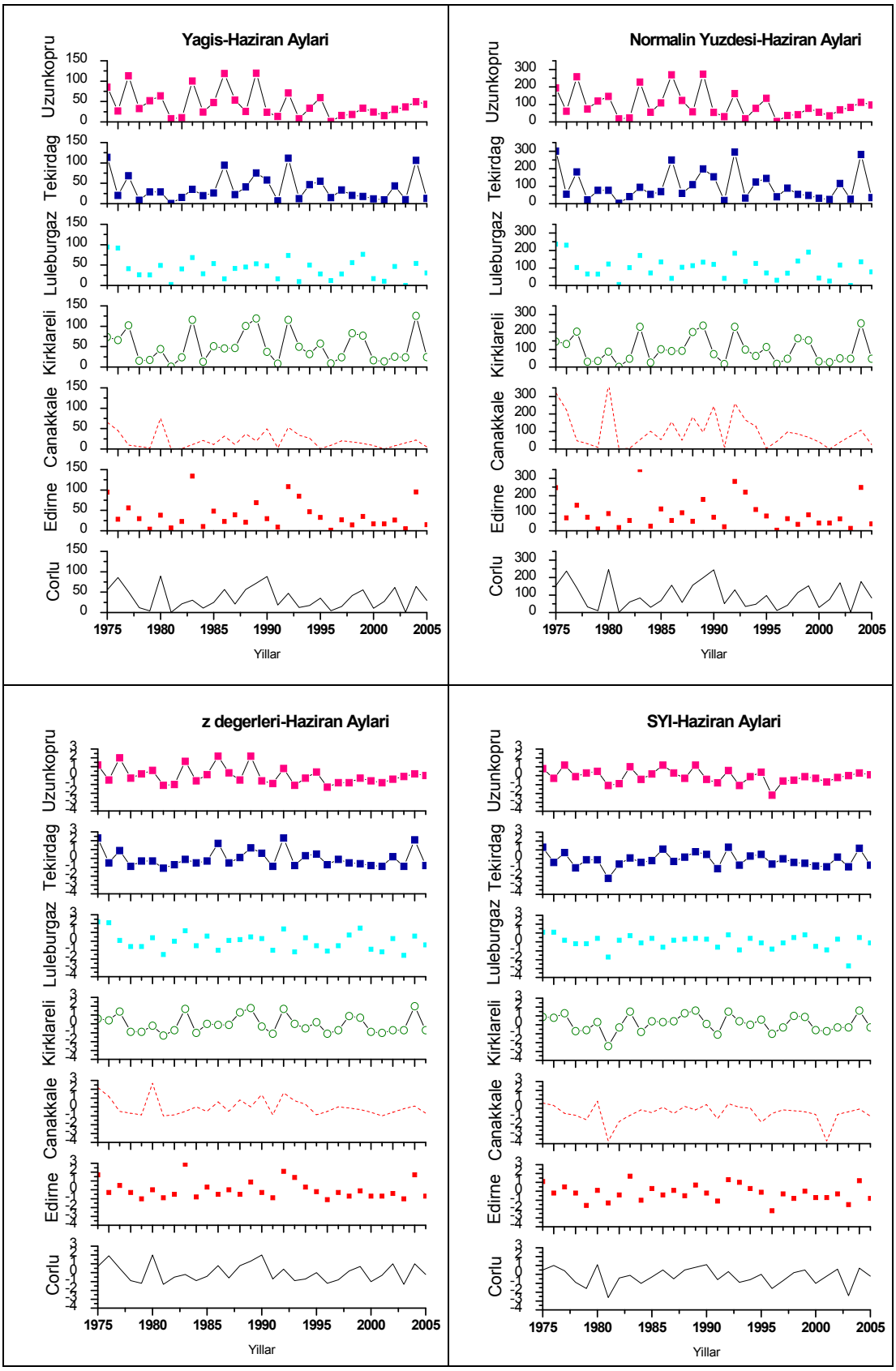
Şekil A.7 : Mart aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



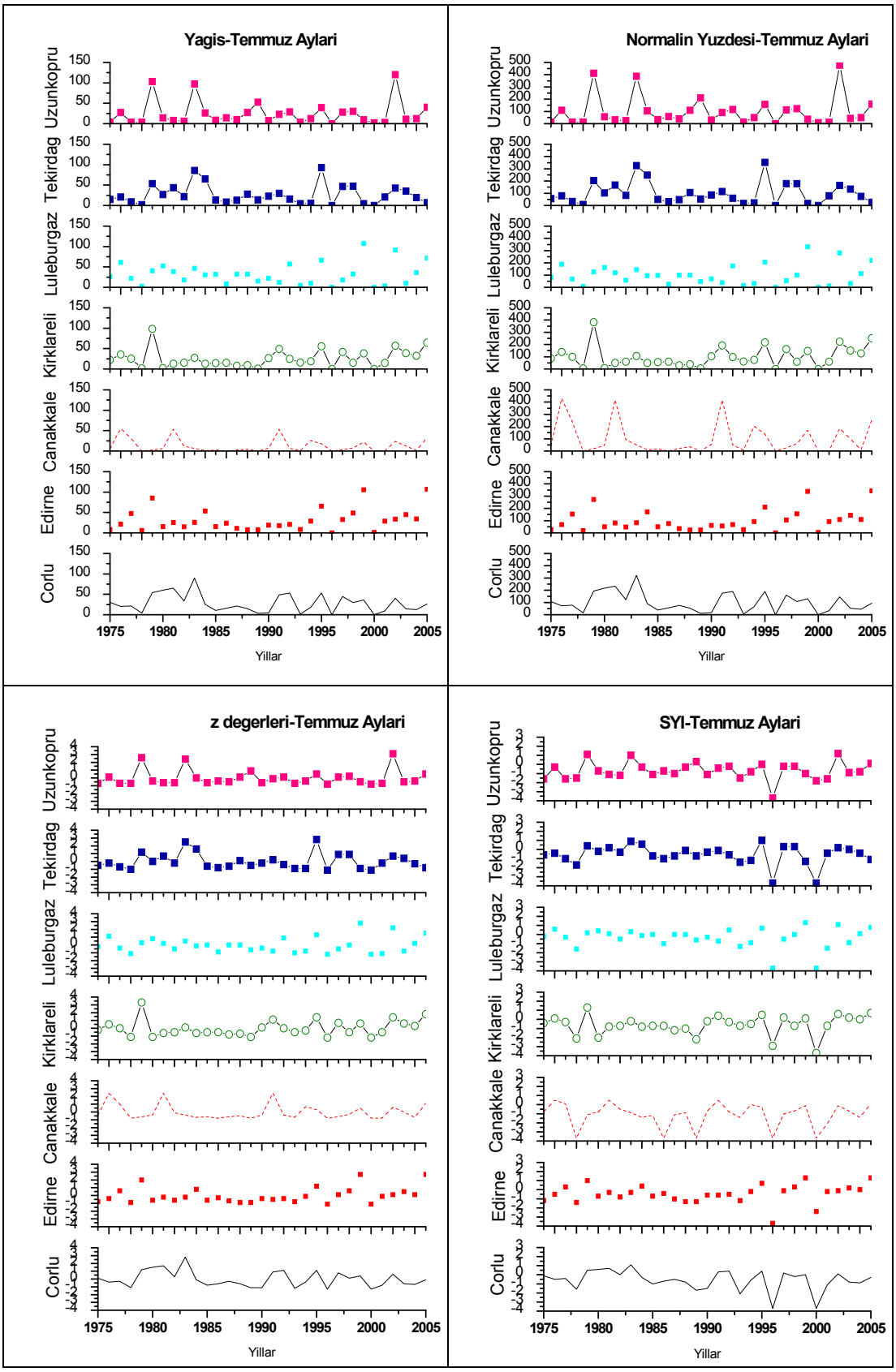
Şekil A.8 : Nisan aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



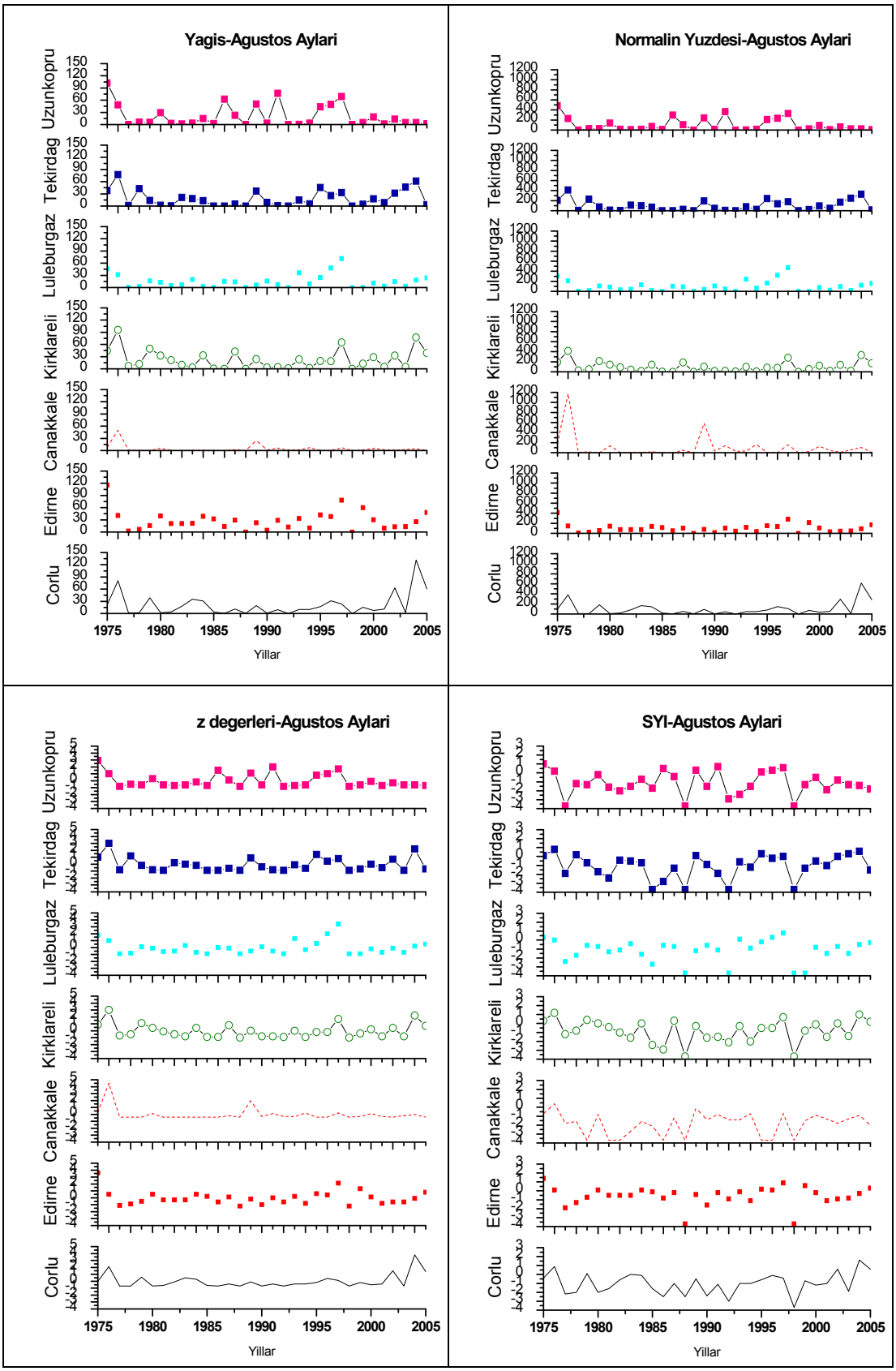
Şekil A.9 : Mayıs aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



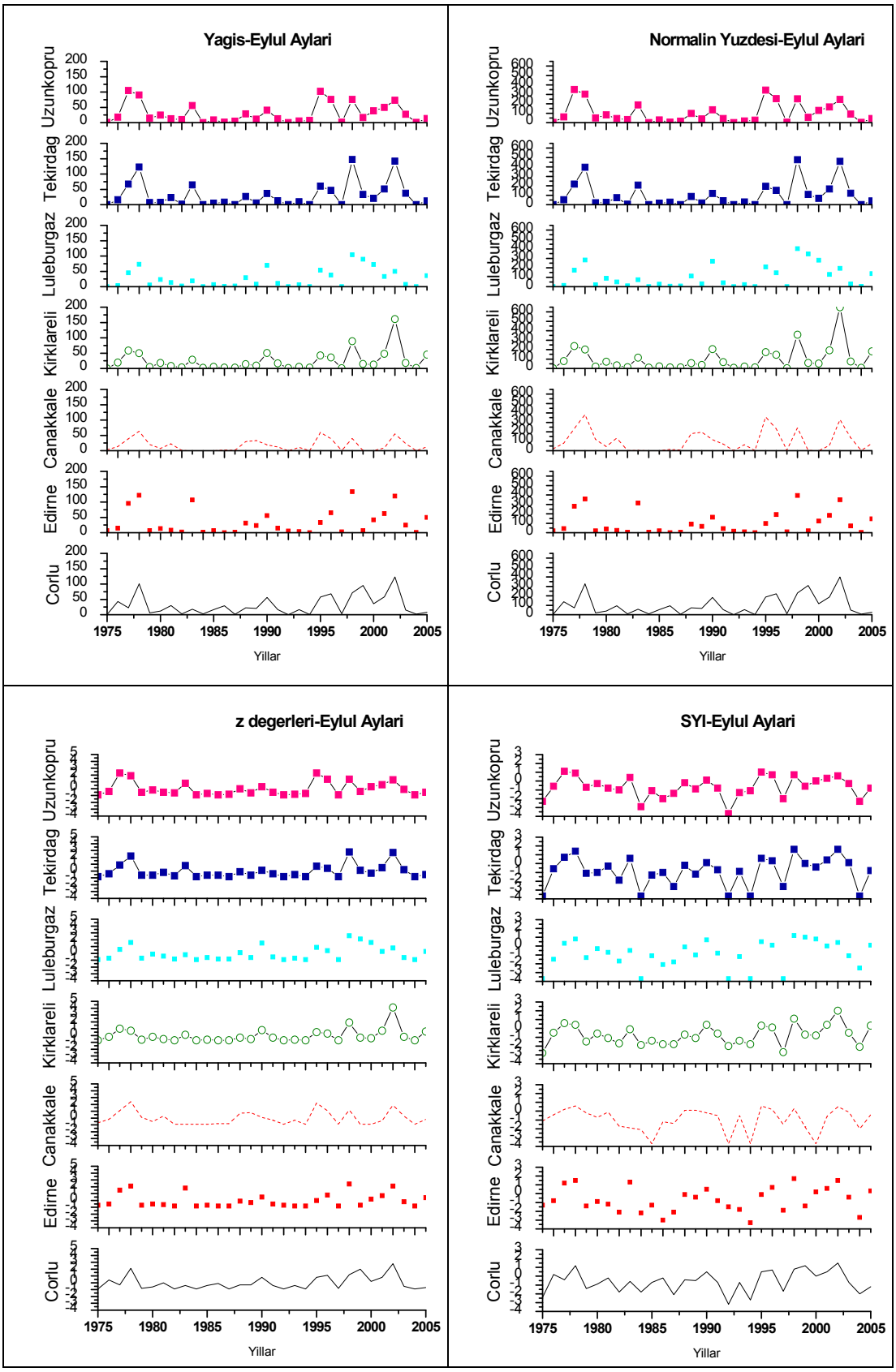
Şekil A.10 : Haziran aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



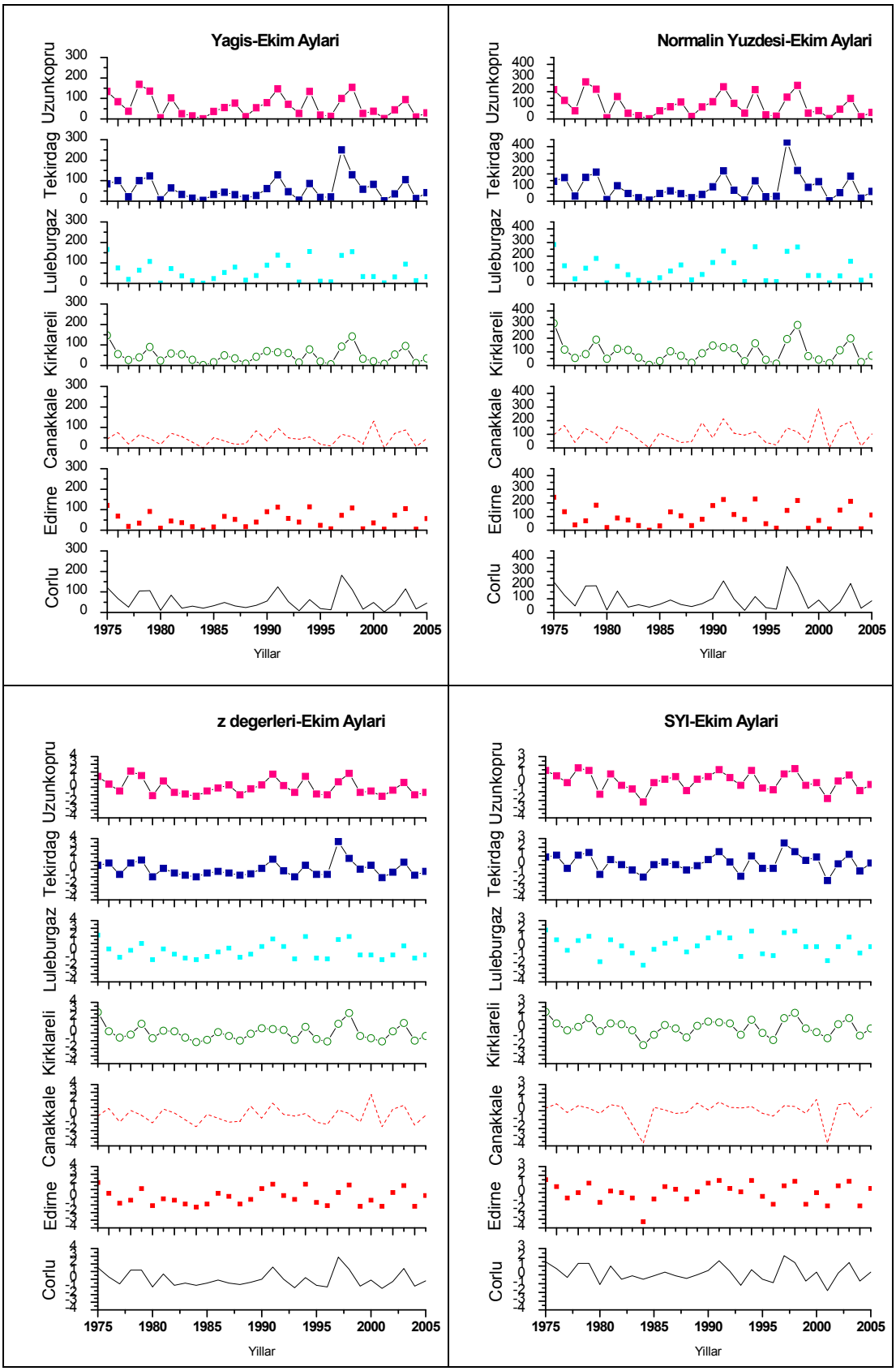
Şekil A.11 : Temmuz aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



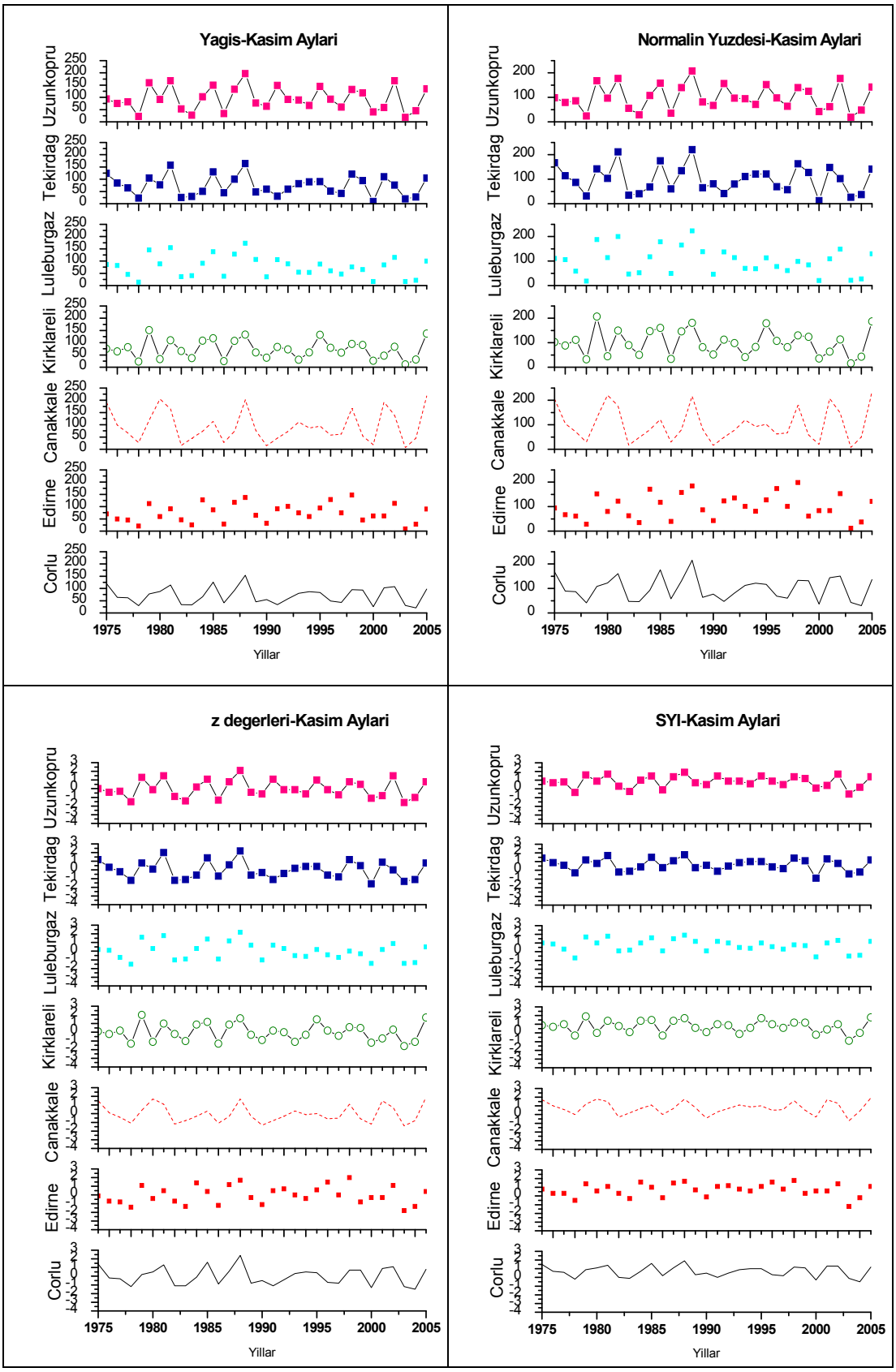
Şekil A.12 : Ağustos aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



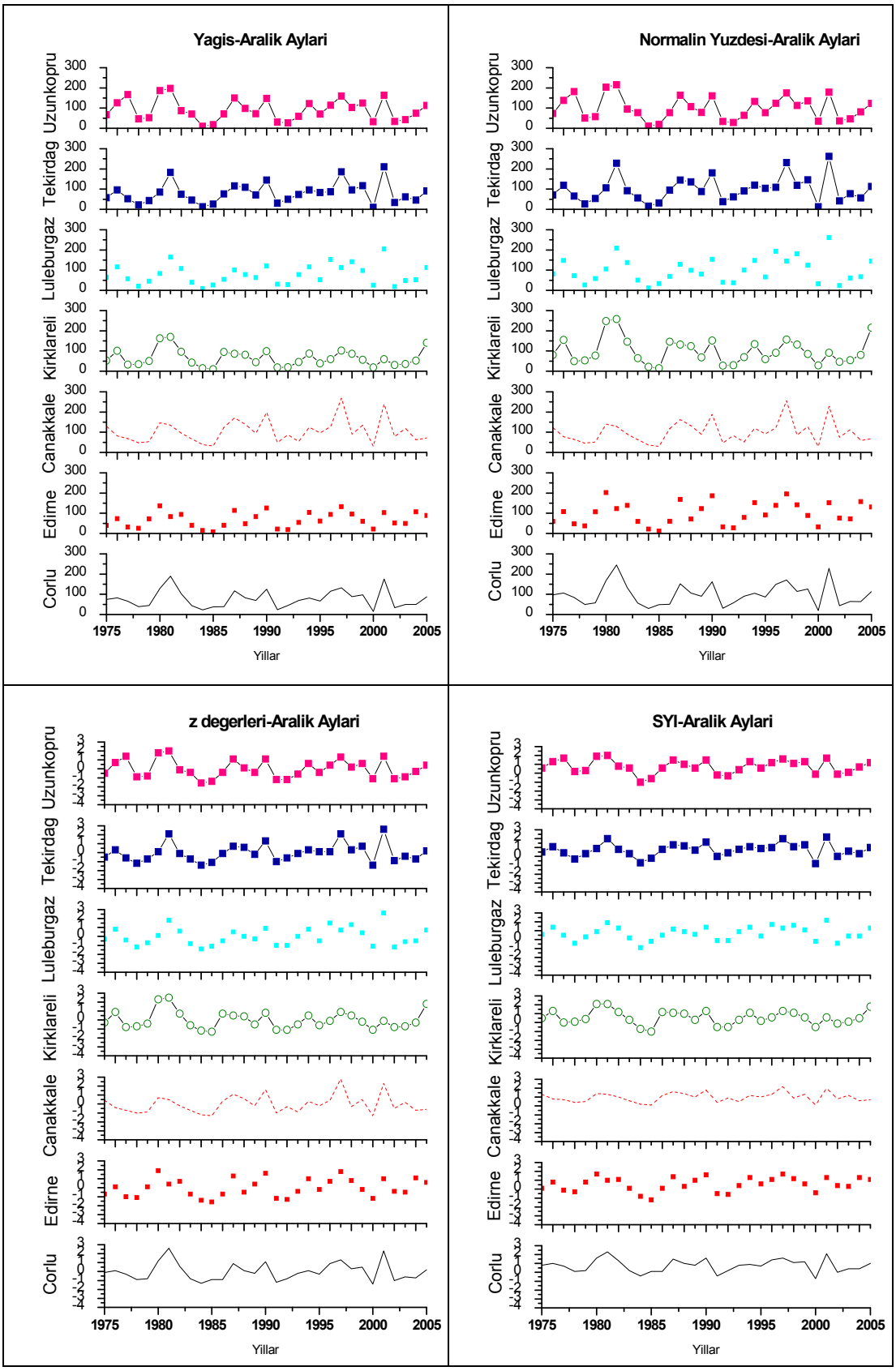
Şekil A.13 : Eylül aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



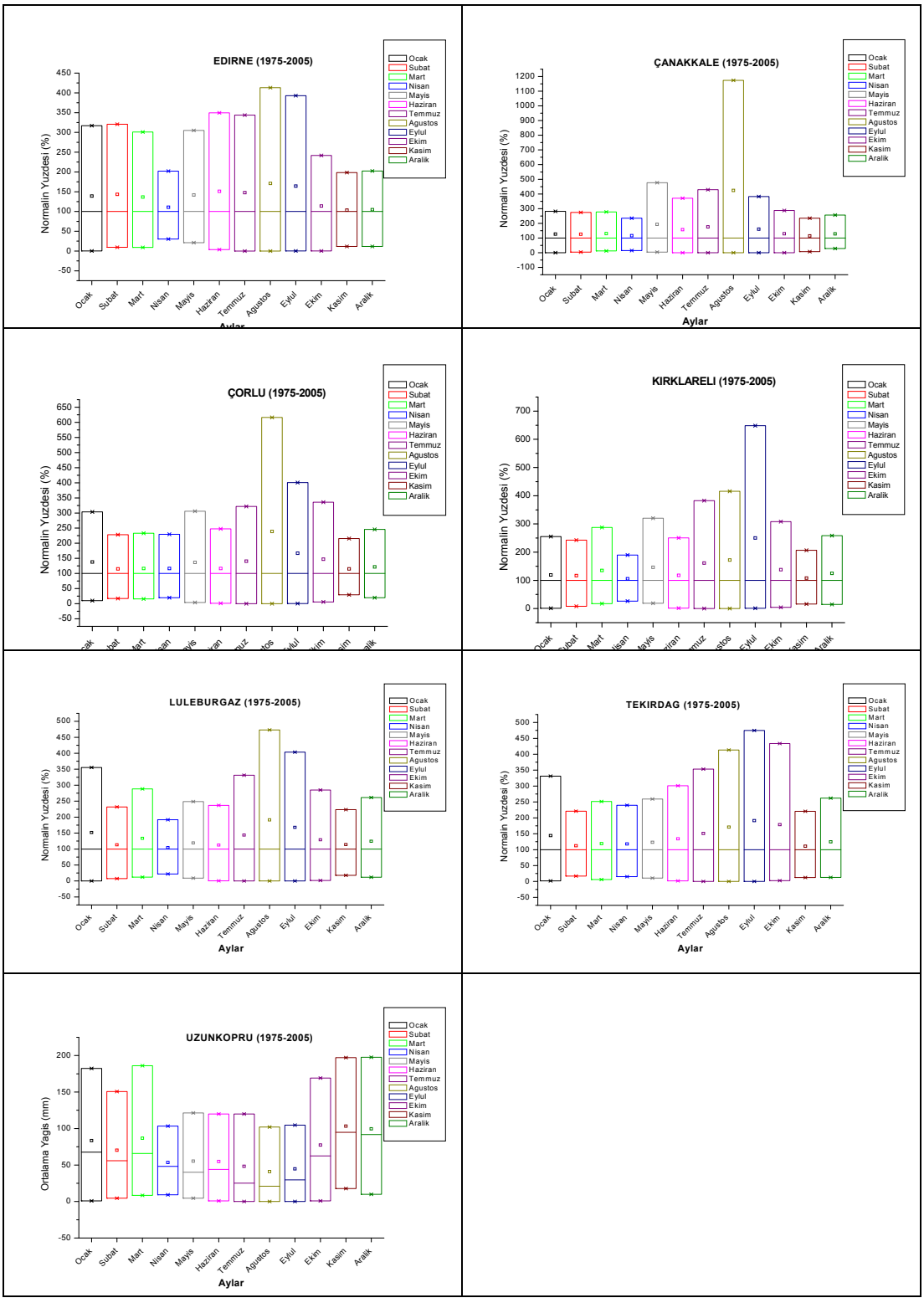
Şekil A.14 : Ekim aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



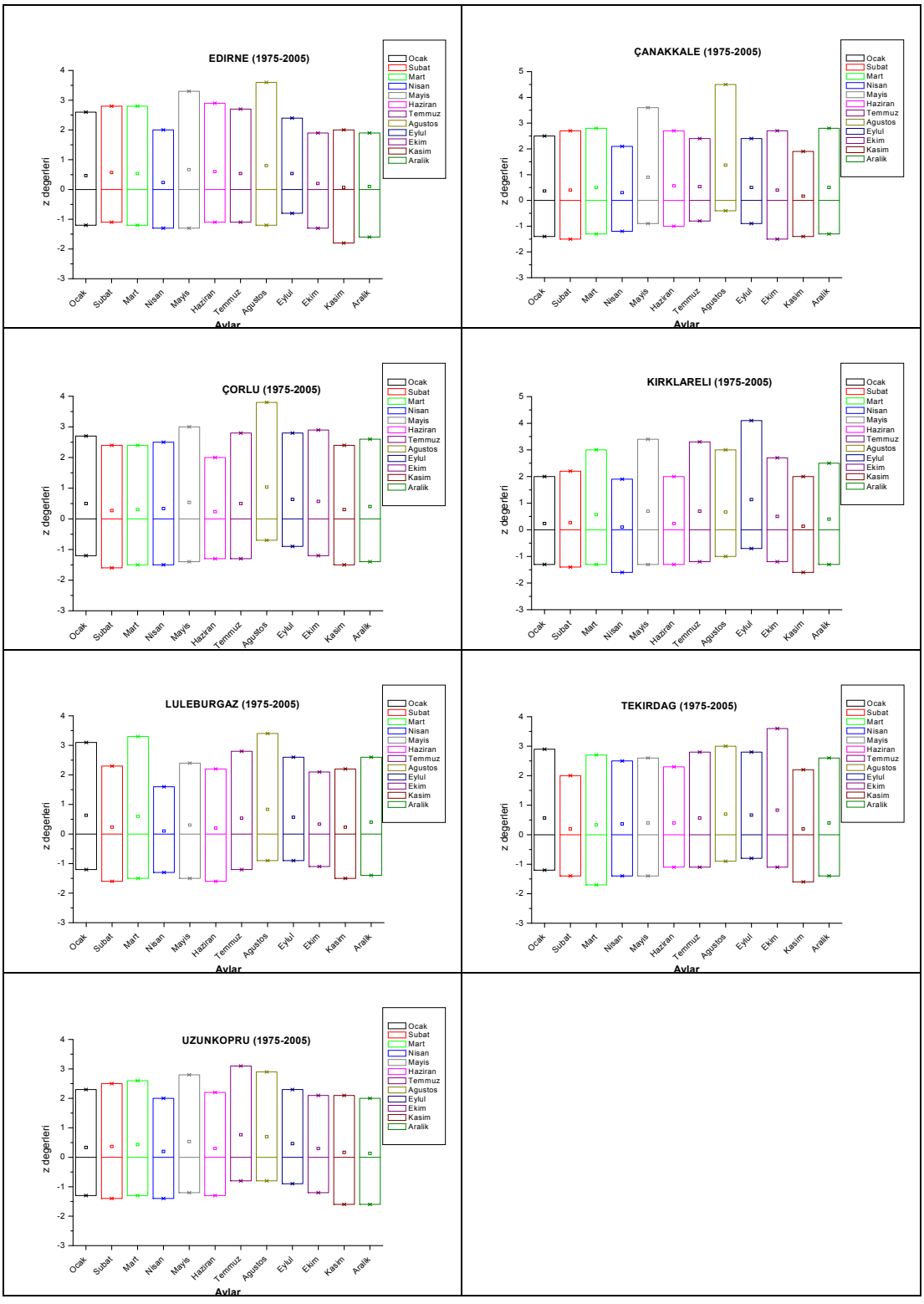
Şekil A.15 : Kasım aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



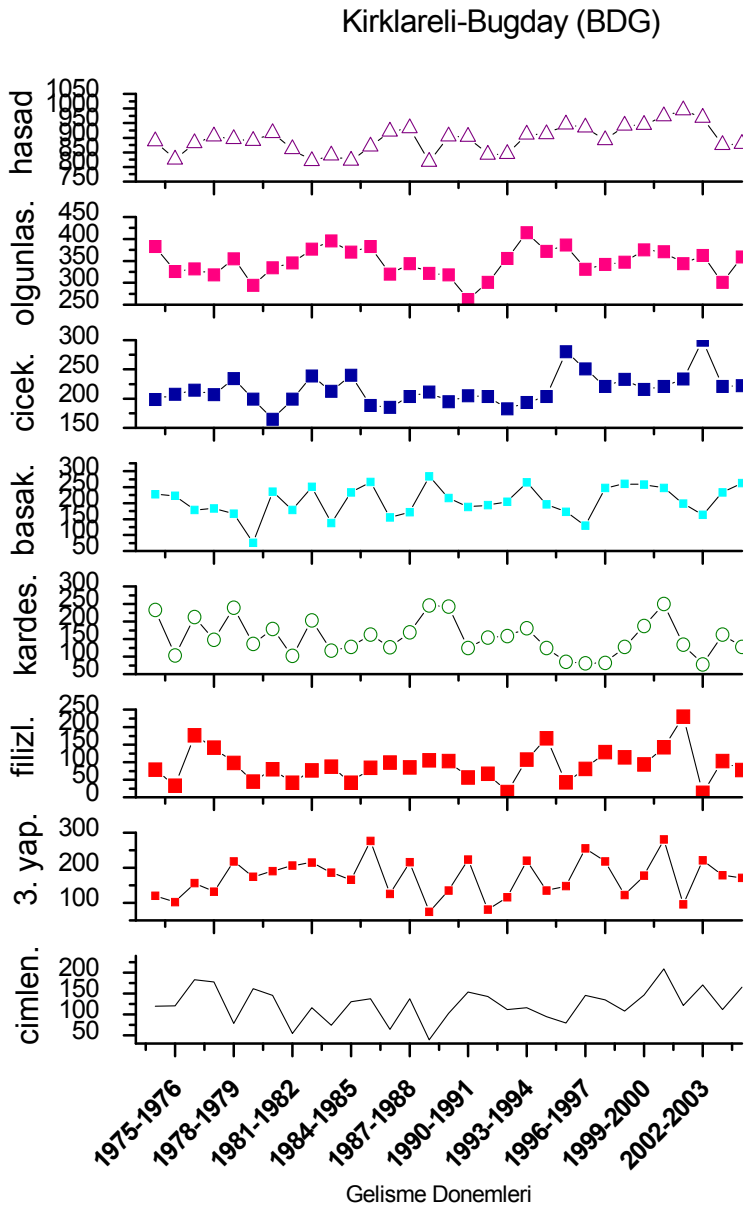
Şekil A.16 : Aralık aylarına ait yağış, NY, z ve SYİ zaman serileri.



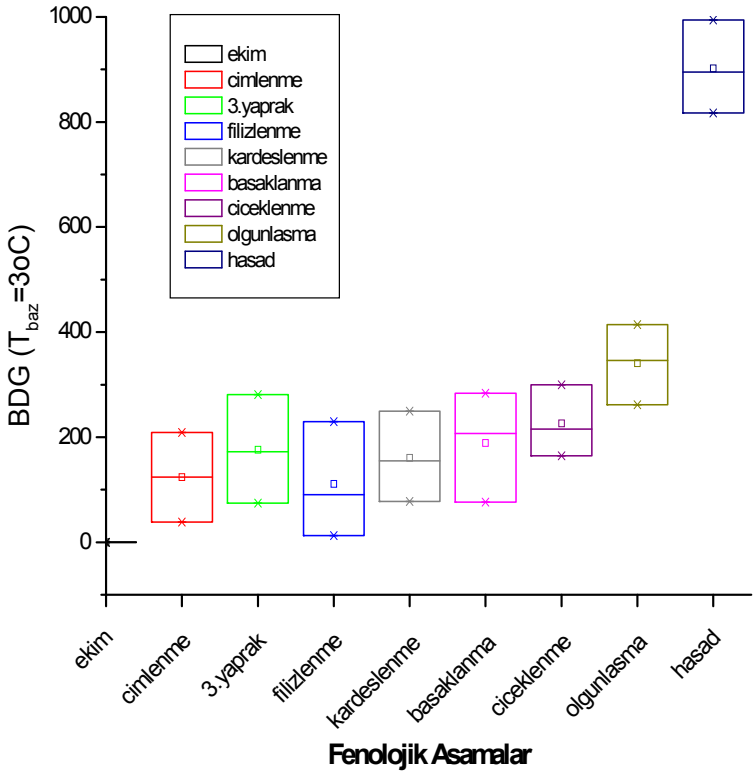
Şekil A.17 : NY indeksinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri.



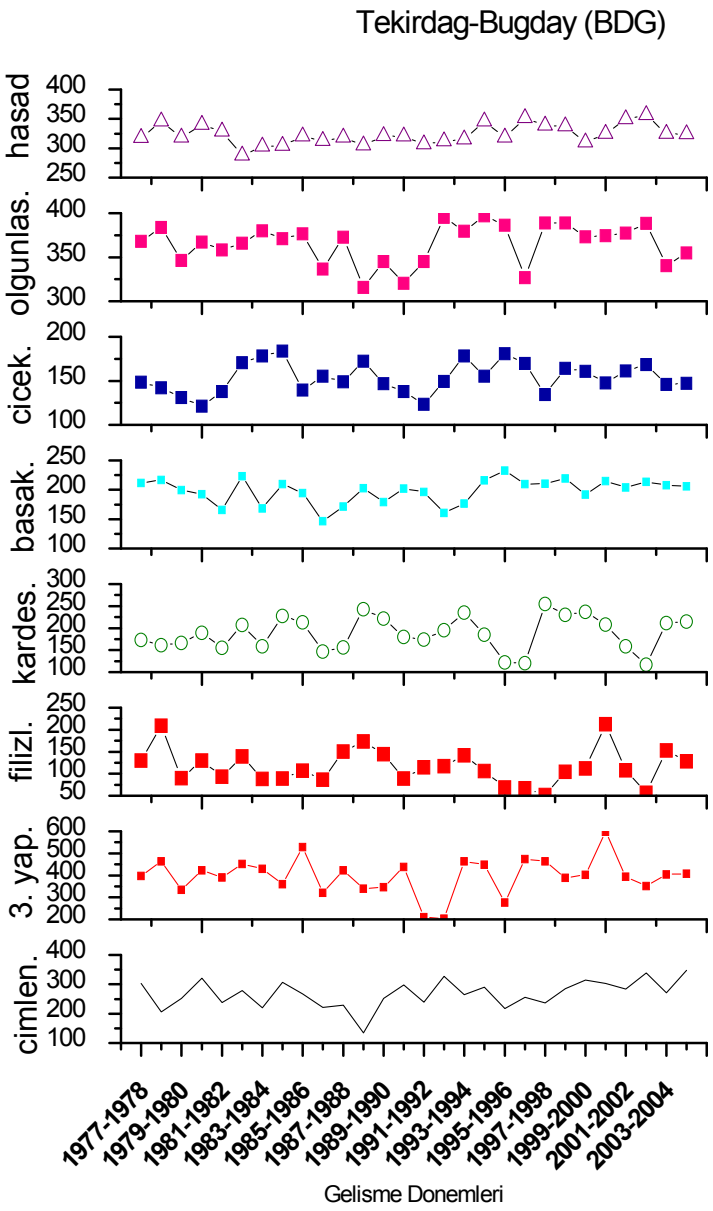
Şekil A.18 : z değerlerinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri.



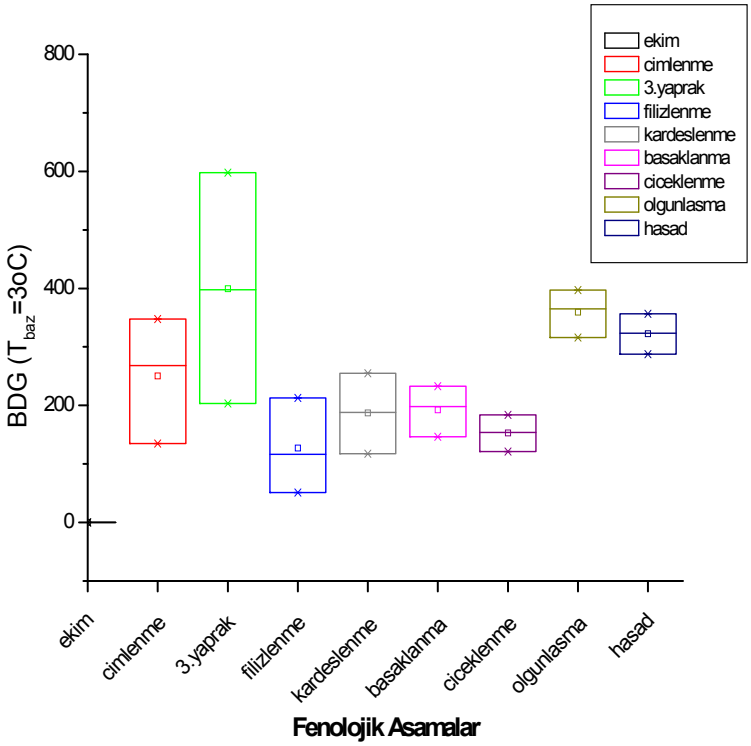
Şekil A.19 : Alternatif taban sıcaklık (T_{baz}=3°C) için Kırklareli'nde kışlık buğdayın BDG değişimi.



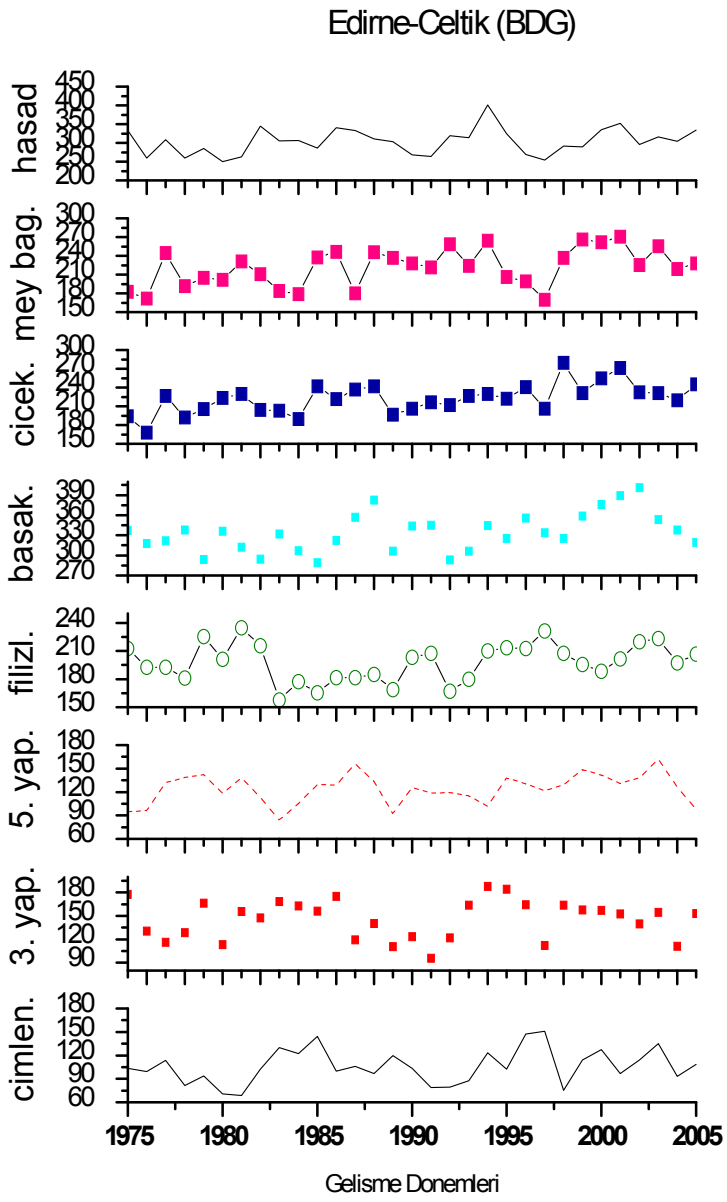
Şekil A.20 : Kırklareli-kışlık buğday için BDG istatistikleri.



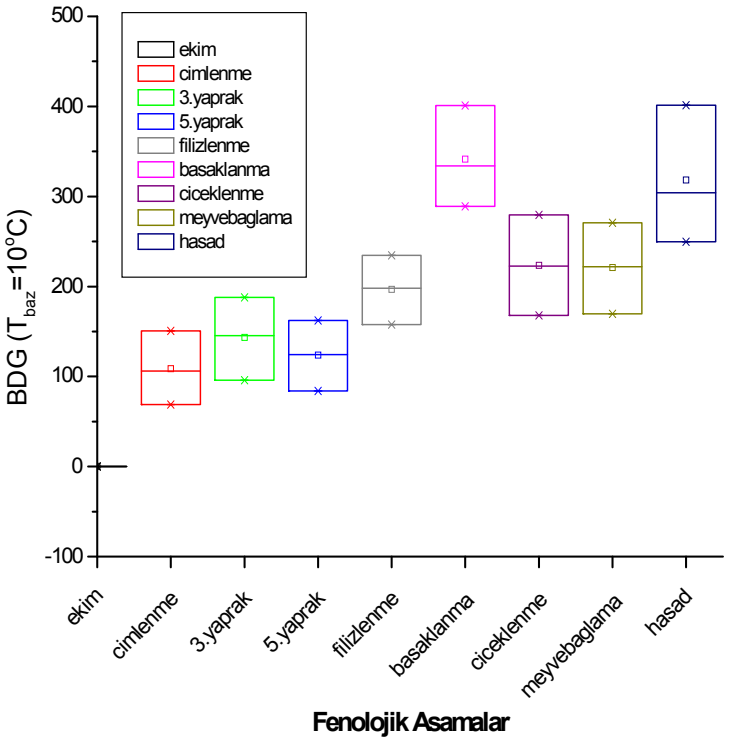
Şekil A.21 : Alternatif taban sıcaklık (T_{baz}=3°C) için Tekirdağ'da kışlık buğdayın BDG değişimi.



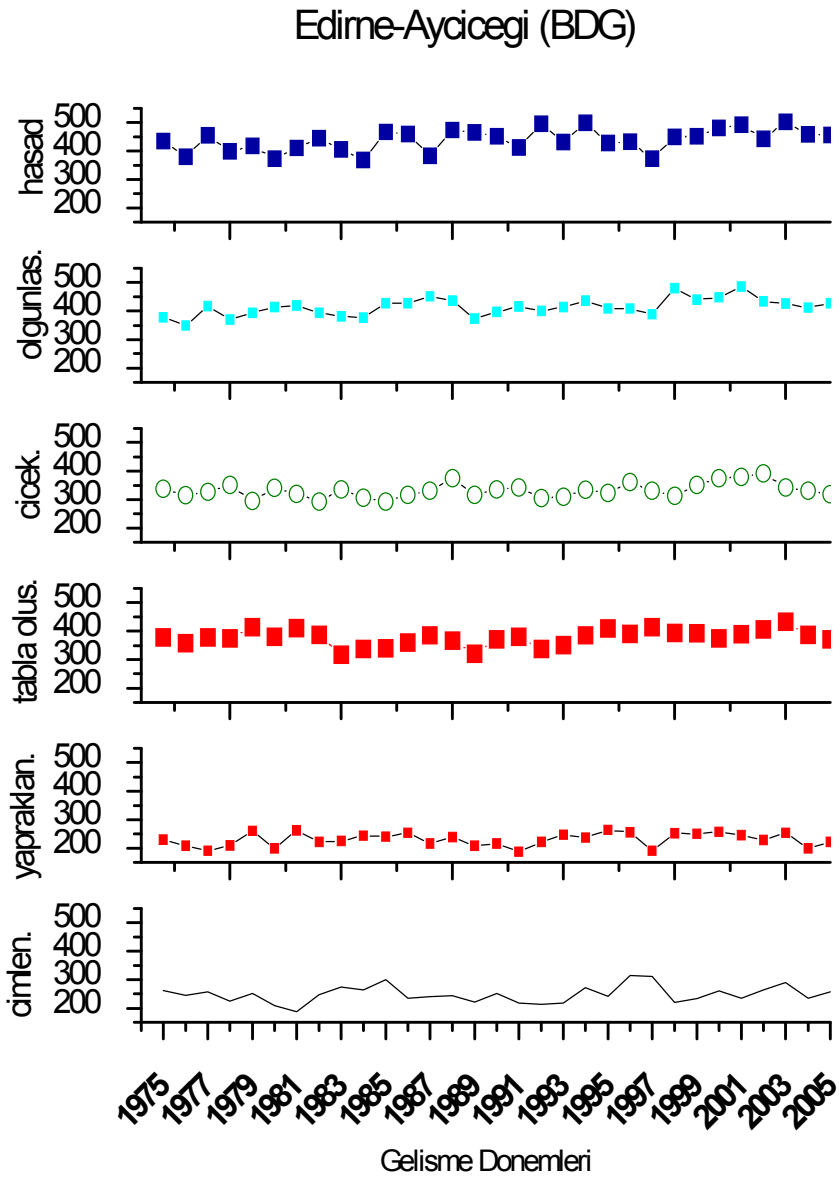
Şekil A.22 : Tekirdağ-kışlık buğday için BDG istatistikleri.



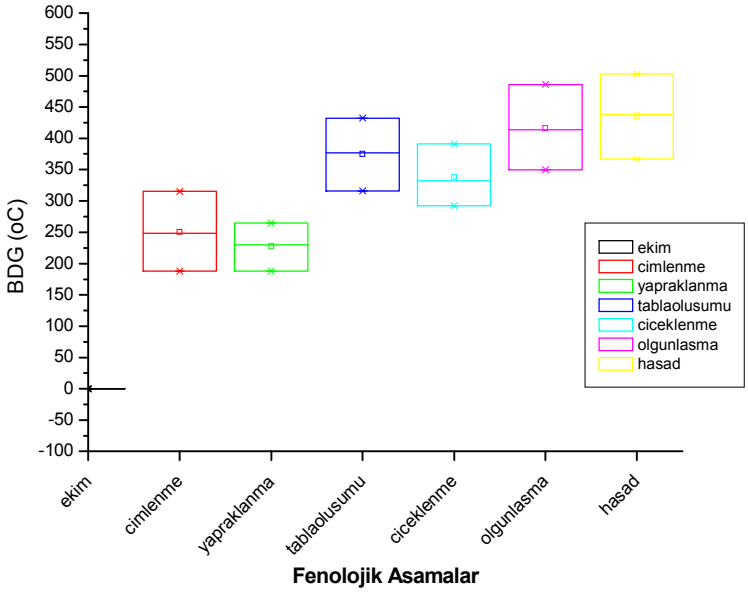
Şekil A.23 : Alternatif taban sıcaklık (T_{baz}=10°C) için Edirne'de çeltiğin BDG değişimi.



Şekil A.24 : Edirne-çeltik için BDG istatistikleri.



Şekil A.25 : Alternatif taban sıcaklık (T_{baz}=6°C) için Edirne'de ayçiçeğinin BDG değişimi.



Şekil A.26 : Edirne-ayçiçeği için BDG istatistikleri.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Barış Çaldağ

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 29/03/1975

Lisans Üniversite: İTÜ Uçak ve Uzay Bil. Fak. Meteoroloji Müh. Böl.

Lisansüstü Üniversite: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Meteoroloji Müh. Prog.

Yayın Listesi:

- **Çaldağ, B.,** Şaylan, L., 2005: Sensitivity analysis of the CERES-Wheat model for variations in CO_2 and meteorological factors in northwest Turkey, *Int. J. Environment and Pollution,* 23, 3, 300-313.

- **Çaldağ, B.,** H. Toros, L. Şaylan, T. Sever, O. Şen, F. Bakanoğulları, M. Yazgan, 2006. Distribution of precipitation water quality during the growing period of winter wheat. *Agroenvironment 2006,* Ghent, 4-7 September, 2006.

- **Çaldağ, B,** L. Şaylan, H. Toros, S. Sırdaş, F. Bakanoğulları, 2004, Drought Analysis in northwest Turkey, *Agroenvironment 2004,* 20-24 October 2004, Udine, Italy, 169-179.

- Şaylan, L. and **Çaldağ, B.,** 2002. Evaluation of the effects of CO_2 variations on wheat growth by using a crop-weather model in Kırklareli, Turkey. *International Solid Waste Association (ISWA), Appropriate Environmental and Solid Waste Management and Technologies for Developing Countries Congress and Exhibition,* 8-12 July 2002, İstanbul, 4, 2185-2190.

- **Çaldağ, B.,** Şaylan, L. and Kadıoğlu, M., 2001. Principal Components Analysis in Determination of the Interactions between Evaporation and atmospheric Factors, *Int. Symp. on Water Resources and Environmental Impact Assessment,* 11-13 July, 2001, Istanbul, Turkey, 451-460.

- **Çaldağ, B.,** Şaylan, L. and Şen, O., 2000: Prediction of Climate Change Effect on Wheat By a Crop-Weather Simulation Model. *2nd Int. Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications, AGROENVIRON-2000,* 18-20 October 2000, Tekirdag, Turkey, 274-280.

- Şaylan, L. and **Çaldağ, B.,** 2000. Potential Impacts of Climate Change on Agriculture. *2nd International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications, AGROENVIRON-2000,* 18-20 October 2000, Tekirdag, Turkey, Proceedings (Workshop) 8-11.